เครื่องจำหน่ายตั๋วรถไฟฟ้าอัตโนมัติ

AUTOMATIC MRT TICKET MACHINE

โดย

นายฉัตรชัย แววิริยะ

นายนพภคล สุจิณโณ

นายปรารพ จันทร์เชย

นายพิชาญ ปิยสมบุญ

นายไพศาล มีงบรรเจิดสุข

นายมนตรี ศรีกิตติประภัสร์

นายสมบูรณ์ สุวรรณ์

นายอนุชิต ประกอบกิจเสรี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องจำหน่ายตั๋วรถไฟฟ้าอัตโนมัติ

AUTOMATIC MRT TICKET MACHINE

ชื่อนักศึกษา นายฉัตรชัย แววว่องวิริยะ

นายนพภดล สุจิณโณ

นายปรารพ จันทร์เชย

นายพิชาญ ปิยสมบุญ

นายไพศาล มีงบรรเจิดสุข

นายมนตรี ศรีกิตติประภัสร์

นายสมบูรณ์ สุวรรณ์

นายอนุชิต ประกอบกิจเสรี

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ชวลิต เบญจางคประเสริฐ

อาจารย์ไพศาล สิทธิโยภาสกุล

ภาควิชา เทคนิคอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2537

คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังอนุมัติให้นับปริญญาฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

( )

..... กรรมการ

( )

..... กรรมการ

( )

ลิขสิทธิ์คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องจำหน่ายตั๋วรถไฟฟ้าอัตโนมัติ
	AUTOMATIC MRT TICKET MACHINE
ชื่อนักศึกษา	นายฉัตรชัย แววิริยะ
	นายนพภดล สุจิณโณ
	นายปรารพ จันทร์เชย
	นายพิชาญ ปิยสมบุญ
	นายไพศาล มิ่งบรรเจิดสุข
	นายมนตรี ศรีกิตติประภัสร์
	นายสมบูรณ์ สุวรรณ์
	นายอนุชิต ประกอบกิจเสรี
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ชวลิต เบญจางคประเสริฐ
	อาจารย์ไพศาล สิทธิโยภาสกุล
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2537

บทคัดย่อ

เครื่องจำหน่ายและตรวจตั๋วรถไฟฟ้าเป็นเครื่องควบคุมการทำงาน การบันทึกการอ่านข้อมูลบนแถบแม่เหล็ก โดยใช้สัญญาณดิจิตอลเป็นประเภทของสัญญาณและควบคุมอุปกรณ์ อินพุท, เอาท์พุท เพื่อให้การทำงานของเครื่องเป็นระบบอัตโนมัติโดยควบคุมการทำงานด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

ระบบจำหน่ายตั๋วรถไฟฟ้าอัตโนมัตินี้ จะมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนคือ

-เครื่องจำหน่ายตั๋ว

-เครื่องตรวจตั๋ว

เครื่องจำหน่ายตั๋วจะเป็นระบบหยอดเหรียญและจำหน่ายตั๋วชนิดแถบแม่เหล็กซึ่งภายในแถบแม่เหล็กจะบันทึกรหัสข้อมูลที่จำเป็นในการตรวจสอบ ในการเข้ารหัสข้อมูลจะอาศัยอุปกรณ์จำพวก GAL ทำงานควบคู่กับ Z-80-180 ซึ่งเป็น CPU ควบคุมการทำงานทั้งหมดของเครื่องพร้อมทั้งมีการคำนวนราคาค่าโดยสารในแต่ละสถานีโดยสาร และสามารถคืนเงินที่ผู้โดยสารหยอดเกินราคาได้

เครื่องตรวจตั๋วอาศัย CPU Z-80 และอุปกรณ์ INTERFACE สัญญาณในการถอดรหัสและตรวจสอบข้อมูลในบัตร โดยจะทำการตรวจสอบทั้งขาเข้าและขาออก เพื่อการโดยสารที่ถูกต้องตามสถานีต้น/ปลายทางที่ทำการซื้อตั๋วโดยสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROJECT REPORT TITLE	AUTOMATIC MRT TICKET MACHINE	
NAME	MR.CHATCHAI	VALVIRIYA
	MR.NOPPADON	SUJINNO
	MR.PROROP	JUNCHEY
	MR.PICHAN	PIYASOMBUN
	MR.PAISAN	MINGBANJERDSOOK
	MR.MONTRI	SRIKITIPRAPAT
	MR.SOMBON	SUWAN
	MR.ANUCHIT	PRAKOBKITSARI
PROJECT REPROT ADVISOR	MR.CHAWALIT	BENJANGKAPRASERT
	MR.PISAN	SITTHIYOPHASAKUN

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY

ACADEMIC YEAR 1994

ABSTRACT

Automatic MRT ticket machine is a ticket saler system for MRT project that compose of 2 importance parts

-Saler machine

-Ticket checker machine

Saler machine is a coin operation to supply the magnetic ticket which contain the particular coded data. Data is coded by programmable logic device and CPU control function Z-80-180 CPU will calculate any station price and give some change when have coin over the price.

Checker machine is controled by CPU Z-80 and interface device to decode and check magnetic data in the ticket checking are in both entrance and exit to make sure correcty tronsportation as in ticket.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของอาจารย์ชวลิตเบญจางคประเสริฐ และอาจารย์ไพศาล สิทธิโยภาสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ซึ่งท่านทั้งสองได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ทั้งในทางทฤษฎีและปฏิบัติรวมทั้งอนุญาตให้ใช้เครื่องมือและห้องทดลองมาด้วยดีตลอด ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอขอบคุณท่านอาจารย์ท่านอื่นๆ ที่มีส่วนร่วมในการให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นบางส่วนตลอดจนเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจจนทำให้ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ

กิตติกรรมประกาศ

บทที่

1. บทนำ 1

2. Z80-180 MPU 2

คุณสมบัติทั่วไป 2

โหมดการทำงาน 4

ส่วนจัดการหน่วยความจำ 8

CP-JR180 คอนโทรลบอร์ด 15

ข้อมูล บอร์ด JR-180 15

ส่วนของ MEMORY 17

ส่วนของ PORT 18

วงจร POWER RESET และ WATCH DOG 21

การนำไปใช้งาน และวงจรควบคุม 22

CP-Z80 V1 คอนโทรลบอร์ด 25

การต่อพัฒนาเขียนโปรแกรม 28

รายละเอียดการต่อขาและวงจรควบคุม 30

3. สื่อแม่เหล็กที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล 32

หัวเทป 33

อีควอไลเซชั่น 36

กระแสไบอัส 36

ช่องการบันทึกข้อมูล 37

รูปร่างภายนอกของเทปและหัวเทป 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การบันทึกและอ่านข้อมูลบนแถบแม่เหล็ก 40
การบันทึกข้อมูลบนแถบแม่เหล็ก 40
การอ่านข้อมูลบนแถบแม่เหล็ก 45
5. เทคโนโลยีของอุปกรณ์ลอจิกอะเรย์ 47
คุณสมบัติของ GAL 47
เอาท์พุตลอจิกมาโครเซลล์ 50
ซิมเบิ้ลโหมด 51
คอมเพล็กซ์โหมด 52
รีจีสเตอร์โหมด 54
อิเล็กทรอนิกส์นิกเนเจอร์ 54
ซีเคียวริตี้เซลล์ 55
อินพุตบัฟเฟอร์ 55
เอาท์พุตรีจีสเตอร์ปรีโหลด 56
การลบข้อมูลแบบมัลค์โหมด 56
เพาเวอร์อัพรีเซต 56
ตัวอย่างการออกแบบ GAL ประยุกต์ใช้งาน 56
การออกแบบวงจร COUNTER 66
การออกแบบวงจร START BIT 69
การออกแบบวงจร MANCHESSTER CODE 70
6. อินดักชั่นมอเตอร์หนึ่งเฟส 72
หลักการทำงานและส่วนประกอบของมอเตอร์ 72
สปลิทเฟสการควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียวโดย 79
การจุดชนวนควบคุมเฟส
7. สเตปเปอร์มอเตอร์ 81
ทฤษฎีการทำงาน 81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

คำจำกัดความ 84

สเตปเปอร์มอเตอร์กับการทดลอง 85

วงจรควบคุม 87

ข้อแนะนำในทางปฏิบัติ 91

8. ส่วนหยอดเหรียญ 93

วงจรอะสเตเบิ้ลและโมโนสเตเบิ้ล 93

หน้าที่ของขา IC 555 95

วงจรโมโนสเตเบิ้ล 98

ส่วนของวงจร SENSOR 99

วงจรบวก 102

วงจรการทด 104

วงจร Latch ข้อมูล 104

วงจรกำเนิด CLOCK 106

วงจรทอนเหรียญ 106

วงจรบวก 107

วงจร SENSOR 108

9. พอร์ตข้อมูลแบบขนาน 109

คุณสมบัติของไอซี 8255 109

ขาสัญญาณต่างๆ ของ 8255 110

รีจีสเตอร์ภายในของ 8255 111

โหมดการทำงาน 112

การทำงานโหมด 1 117

การทำงานโหมด 2 119

10. การอินเตอร์เฟส 121

โครงสร้างภายในของ LCD DV-12864 121

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

คำสั่งควบคุมของ LCD 125

การ INTERFACE กับ Z80-180 MPU 127

วงจรการเชื่อมต่อ 131

การ INTERFACE กับวงจรบันทึกข้อมูล 135

วงจร Latch ข้อมูล 136

วงจรถอดรหัสของพอร์ทเอาท์พุท 139

วงจรเซนเซอร์ (SENSOR) 141

วงจรแสดงผลออกทาง LED 142

วงจรตรวจความหนาของบัตร 143

11. บทสรุปและข้อเสนอแนะ 145

แนวโน้มในการพัฒนาเครื่องจำหน่ายตั๋ว 145
และตรวจตั๋วรถไฟฟ้า

บทสรุปและข้อเสนอแนะ 146

ภาคผนวก

-รูปแสดงเครื่องจำหน่ายและเช็คตั๋ว

-ขั้นตอนการใช้เครื่องและคำแนะนำ

-โปรแกรมควบคุมเครื่องจำหน่ายตั๋ว

-โปรแกรมควบคุมเครื่องตรวจเช็คบัตร

-รูปแสดงวงจรและลายปริ้น

เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ด้วยระบบขนส่งมวลชนขนาดใหญ่ที่สามารถโดยสารคนไปได้จำนวนมาก ๆ จะสามารถบรรเทาปัญหาการจราจรให้ลดลงไปได้ ตามเมืองสำคัญต่าง ๆ ทั่วโลกจึงหันมาให้ความสำคัญในการพัฒนาระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนให้สามารถโดยสารคนให้ไปได้ทีละมาก ๆ ด้วยความรวดเร็ว จนระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนกลายเป็นสิ่งสำคัญที่เมืองใหญ่ ๆ ในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก จะต้องมีไว้คอยให้บริการประชาชน

เพราะประสิทธิภาพในความรวดเร็วของระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนนี้เอง การจัดจำหน่าย (Check in) และการตรวจสอบ (Check out) จึงต้องให้บริการที่มีความรวดเร็วตามไปด้วย เพื่อที่จะไม่ให้มีการผิดพลาดจนทำให้เกิดความล่าช้าแก่ผู้โดยสาร และสะดวกต่อการตรวจสอบต่าง ๆ ที่จำเป็นขององค์กรที่รับผิดชอบการให้บริการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน คณะผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ชุดนี้มีความเห็นร่วมกันในการพัฒนาระบบการจำหน่ายและตรวจตั๋วรถไฟฟ้าดังกล่าวให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดและมีจุดประสงค์เพื่อที่สามารถนำความรู้และเทคโนโลยีที่ศึกษามาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและประเทศชาติ โดยคณะผู้จัดทำพัฒนาขึ้นมาเองทั้งหมดโดยได้รับแนวความคิดบางอย่างมาจากองค์การรถไฟฟ้ามหานคร และอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

อนึ่งถ้าหากส่วนใดในรายงานปริญญานิพนธ์ฉบับ จัดทำไม่สมบูรณ์หรืออาจจะเกิดความผิดพลาดประการใด ทางคณะผู้จัดทำขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

Z80-180 MPU

คุณสมบัติทั่วไป

1. ความถี่ในการทำงานสูง 10 MHZ
2. หน่วยจัดการหน่วยความจำจะสามารถขยาย Address Space
3. มี DMA 2 ช่อง
4. สร้างสัญญาณ WAIT STATE บน Chip ได้
5. มี UART 2 ช่อง
6. มี Timer ขนาด 16 บิท 2 ช่อง
7. มีส่วนควบคุมการอินเตอร์รัพธ์
8. สร้างสัญญาณ clock บนชิฟได้
9. คำสั่งเหมือนกับ Zilog 280 cpu.
10. มีคำสั่งเพิ่มเติม

เทคโนโลยีทางสถาปัตยกรรมของซีมอสชั้นสูงและหน่วยการทำงานขนาดเล็ก Z80-180 เป็น MPU ขนาด 8 บิทซึ่งทำให้ข้อจำกัดทางด้านราคาของระบบลดลงและพลังงานที่ใช้ในการทำงานต่ำ ในขณะที่มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง และสามารถใช้คำสั่งเหมือนกับ Z80 CPU อีกด้วย

ส่วนที่ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของ Z80-180 MPU สูงมีดังต่อไปนี้

1. ความถี่ในการทำงานสูง
2. เวลาของคำสั่งลดลง
3. คำสั่งในการทำงานเพิ่มขึ้น
4. มีส่วนจัดการหน่วยความจำบนชิพ โดยสามารถขยายหน่วยความจำได้ถึง 1 เมกกะไบต์

อีกหนึ่งสาเหตุที่ทำให้ระบบมีราคาลดลงเนื่องจากมีการรวมเข้าด้วยกันของอุปกรณ์ภายนอก,DMA,UART และ TIMER CHANNELS รวมทั้งส่วนควบคุมการรีเฟรช หน่วยความจำแบบไดนามิคแรมการสร้างสัญญาณ WAIT STATE และ CLOCK และการควบคุมการอินเตอร์รัพธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโหมดการทำงานปกติ Z80-180 จะใช้กระแสเพียงเล็กน้อย ส่วนใน โหมด SLEEP และ SYSTEM STOP ยังคงลดกำลังในการทำงานด้วย

รีจีสเตอร์คำสั่งและส่วนควบคุม (Instruction register and control) ในการกระทำการเฟทช์ซีพียูจะอ่านคำสั่งจากหน่วยความจำที่เป็น ส่วนของโปรแกรมโดยนำคำสั่งนั้นมาเก็บไว้ในIR เพื่อทำการถอดรหัสคำสั่งและ ส่งสัญญาณควบคุมการทำงานภายในซีพียู หรือควบคุมการทำงานของระบบสัญญาณ ควบคุมเหล่านี้จะออกมาในจังหวะต่าง ๆ กัน เพื่อใช้ควบคุมระบบในการทำงาน ต่อไป

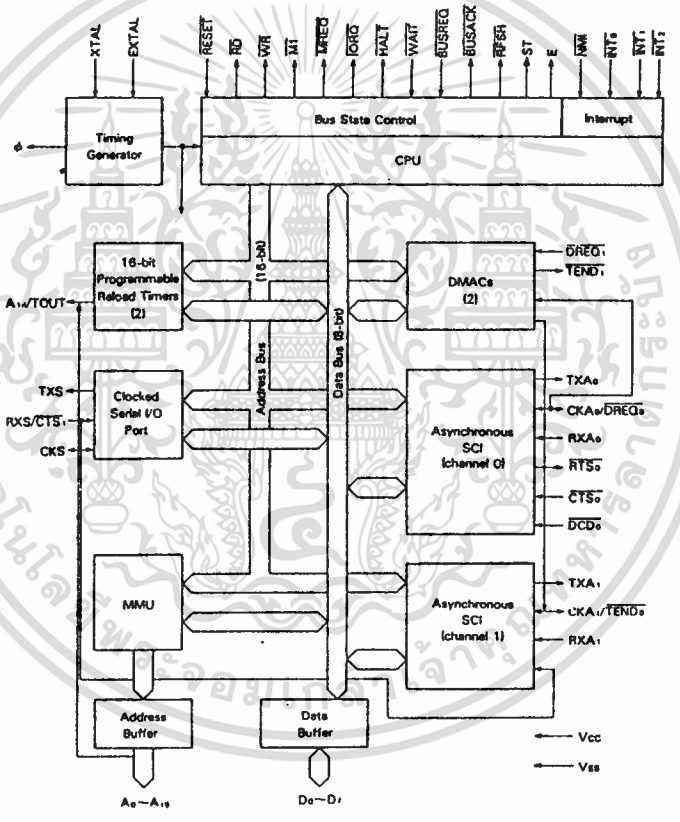


Figure 3. Block Diagram

รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของ Z80-180 MPU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาปัตยกรรมของ Z80-180

Z80-180 ประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลางที่มีการควบคุมการทำงานสูงพร้อมกับระบบที่มีความปลอดภัย หน่วยประมวลผลกลางจะประกอบด้วย 5 ฟังก์ชันดังต่อไปนี้

1. การกำเนิดสัญญาณ clock
2. การควบคุม BUS STATE
3. การควบคุมการอินเตอร์รัพท์
4. การจัดการหน่วยความจำ (MEMORY MONAGEMENT UNIT)
5. หน่วยประมวลผลกลาง (CONTROL PROCESSING UNIT)

ส่วนของอุปกรณ์อินพุทและเอาท์พุทจะประกอบด้วย 4 ฟังก์ชัน ดังต่อไปนี้

1. การจัดการหน่วยความจำโดยตรง (DIRECT MEMORY ACCESS)
2. การติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมแบบ Asynchronous
3. การโปรแกรมเวลา
4. CLOCK SERIAL I/O CHANNEL

โหมดการทำงาน

Z80-180 สามารถกำหนดการทำงานเหมือนกับ 64180 โหมดการทำงานนี้สามารถที่จะกำหนดได้โดยให้ผู้ใช้ควบคุมขาสัญญาณของM1, IORQ, WR และ RD ส่วนรีจีสเตอร์ที่ควบคุมโหมดการทำงานสามารถควบคุม M1, timing ของIORQ, RD และ WR และการทำงาน REIT

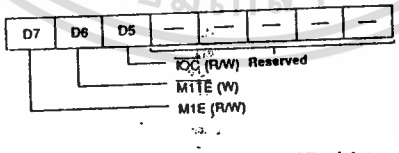


Figure 4. Operation Mode Control Register

รูปที่ 2.2 รีจีสเตอร์ควบคุมโหมดการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้.

(MI ENABLE) บิทนี้จะควบคุมให้เอาท์พุทของ $\overline{M1}$ และกำหนดเป็น "1" ในระหว่างรีเซต เมื่อ MTE = 1 เอาท์ของ $\overline{M1}$ จะเป็น 0 ในระหว่างไซเคิล การเฟสคำสั่งการตอบรับการอินเตอร์รัพท์แบบ INTO และแมชชีนไซเคิลแรกของการรับการอินเตอร์รัพท์แบบ NMI การเกิดแบบนี้จะเป็นสาเหตุทำให้สัญญาณ $\overline{M1}$ แอคตีฟ ระหว่างการทำคำสั่ง RETI และเมื่อ M1E = 0,เอาท์พุตของ $\overline{M1}$ แอคตีฟ ตามปกติ รูปที่ 2.3 timing การทำงานชั่วคราว

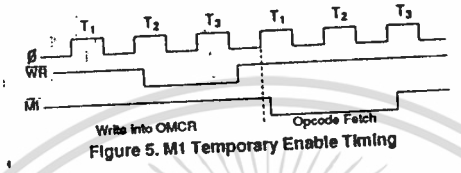


Figure 5. M1 Temporary Enable Timing

รูปที่ 2.3 timing diagram

MITE (MI TEMPORARY ENABLE) บิทนี้จะควบคุมการทำงานชั่วคราวของสัญญาณ MI โดยจะเซตเป็น 1 เสมอในระหว่างการรีเซต หน้าที่จะถูกใช้ในการอินเตอร์รัพท์ภายในของ Z80PIO เมื่อคำสั่งควบคุมเขียนถึง Z80PIO เพื่อทำการอินเตอร์รัพท์แต่จะไม่อินาเบิลสัญญาณ M1 จะแอคตีฟเมื่อ MITE= 1 จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงการทำงานของสัญญาณ M1 เมื่อ MITE = 0,เอาท์พุทของ M1 จะแอคตีฟที่ไซเคิลของการเฟสคำสั่งต่อไป

IOC : บิทนี้จะควบคุม time mingของ IORQ และ RD และจะเป็น 1 เมื่อรีเซตเมื่อ IOC =1,หน้าที่ของสัญญาณ IORQ และ RD จะเหมือนกับ Z64180

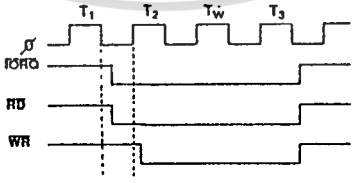


Figure 6. I/O Read and Write Cycles with $\overline{IOC}$ =1

รูปที่ 2.4 ไซเคิลการอ่านและเขียนอุปกรณ์ภายนอก เมื่อ IOC = 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ IOC = 0,หน้าที่ของสัญญาณ IORQ และ RD จะเหมือนกับ Z80

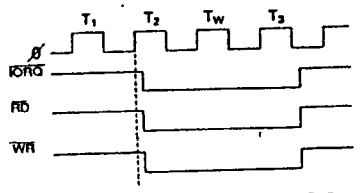


Figure 7. I/O Read and Write Cycles with $\overline{IOC}$ = 0

รูปที่ 2.5 ไซเคิลการอ่านและเขียนอุปกรณ์ภายนอก เมื่อ IOC = 0

Internal i/o register

Z80-180 จะอ้างถึง 64แอสเดรส I/O รวมทั้ง แอดเดรสที่สงวนไว้ รีจีสเตอร์เหล่านี้ จะมีโมดูลของอินเทอร์นอล I/O เช่น ASCI CSI/O และ PRT และมีหน้าที่ควบคุมการ DMAC,DRAM refresh,interrupt,การสร้างสัญญาณ Wait State การจัดการหน่วยความจำ และ I/O relocation ไม่ควรให้ตำแหน่งของ I/O ภายในตรงกับตำแหน่งของ I/O ภายนอก และตำแหน่ง I/O ภายในของ Z80180 สามารถที่จะใช้ แอดเดรสทั้งหมด 64 ไบท์ จาก 256 ไบท์ของพื้นที่ ของ I/O ขนาด 64 Kbytes

รีจิสเตอร์ควบคุม I/O (ICR)

ICRจะเป็นรีจีสเตอร์ที่กำหนดตำแหน่งของ I/O ภายในและ ICR จะใช้ในการควบคุมการตกลงและยกเลิก การทำงานในโหมด IOSTOP

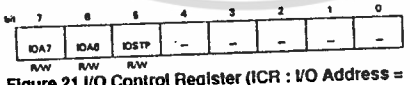


Figure 21 I/O Control Register (ICR : I/O Address = 3FH)

รูปที่ 2.6 รีจีสเตอร์ควบคุม I/O

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IOA7,6 เป็นบิทที่ใช้ในการกำหนดตำแหน่ง I/O

IOA7 และ IOA6 จะกำหนดตำแหน่งภายใน ดังรูป สังเกตุว่า 8 บิท ด้านสูงของตำแหน่ง I/O ภายในขนาด 16 บิทจะเป็น "0" เสมอ

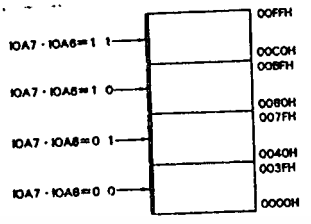


Figure 22. I/O Address Relocation

รูปที่ 2.7 I/O Address Relocation

IOSTOP กำหนดโหมดการทำงานเป็น IOSTOP

โหมด IOSTOP จะถูกกำหนดขึ้นเมื่อ IOSIP ถูกเซตเป็น "1" ตามปกติจะถูกรีเซตเป็น "0"

Internal I/O Registers Address Map

จะเป็นดังตารางที่ 2.1 ตำแหน่งเหล่านี้จะสัมพันธ์กับตำแหน่งขนาด64ไบท์ที่กำหนดใน ICE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Register	Mnemonic	Address	
			Binary	Hexadecimal
ASCI	ASCI Control Register A Ch 0	CNTLA0	XX000000	00H
	ASCI Control Register A Ch 1	CNTLA1	XX000001	01H
	ASCI Control Register B Ch 0	CNTLB0	XX000010	02H
	ASCI Control Register B Ch 1	CNTLB1	XX000011	03H
	ASCI Status Register Ch 0	STAT0	XX000100	04H
	ASCI Status Register Ch 1	STAT1	XX000101	05H
	ASCI Transmit Data Register Ch 0	TDR0	XX000110	06H
	ASCI Transmit Data Register Ch 1	TDR1	XX000111	07H
	ASCI Receive Data Register Ch 0	RDR0	XX001000	08H
	ASCI Receive Data Register Ch 1	RDR1	XX001001	09H
CSI/O	CSI/O Control Register	CNTR	XX001010	0AH
	CSI/O Transmit/Receive Data Register	TRDR	XX001011	0BH
Timer	Timer Data Register Ch 0L	TMDR0L	XX001100	0CH
	Timer Data Register Ch 0H	TMDR0H	XX001101	0DH
	Reload Register Ch 0L	RLDR0L	XX001110	0EH
	Reload Register Ch 0H	RLDR0H	XX001111	0FH
	Timer Control Register	TCR	XX010000	10H
	Reserved		XX010001	11H
			⋮	⋮
			XX010011	13H
	Timer Data Register Ch 1L	TMDR1L	XX010100	14H
	Timer Data Register Ch 1H	TMDR1H	XX010101	15H
	Reload Register Ch 1L	RLDR1L	XX010110	16H
	Reload Register Ch 1H	RLDR1H	XX010111	17H
Others	Free Running Counter	FRC	XX011000	18H
	Reserved		XX011001	19H
			⋮	⋮
			XX011111	1FH

Table 4. I/O Address Map

ตารางที่ 2.1 I/O Address Map

I/O Address Mode

ตำแหน่งรีจีสเตอร์ของ I/O ภายใน ได้ถูกกำหนดไว้ที่ตำแหน่ง 0000H-00FFH ดังนั้นการเข้าถึง รีจีสเตอร์ เหล่านี้ โดยการใช้คำสั่งของ I/O, 8 บิทด้านสูงของตำแหน่ง I/O ขนาด 16 บิท ต้องเป็น "0"

เพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้คำสั่งI/Oควรจะแทนข้อมูลของรีจีสเตอร์บน 8 บิทด้านสูงของแอดเดรสบัส และดังนั้นอาจจะยากที่จะใช้สำหรับการเข้าถึง I/O รีจีสเตอร์

ส่วนจัดการหน่วยความจำ (Memory Management Unit)

ในตัวของ Z80180จะมีหน่วยจัดการหน่วยความจำอยู่บนชิฟโดยจะจัดการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของหน่วยความจำขนาด 64 Kbytes ของ CPU เป็นตำแหน่งหน่วยความจำที่ใช้งานจริงขนาด 1 Mbytes ตำแหน่งที่เปลี่ยนแปลงนี้จะขึ้นอยู่กับการทำงานของCPU อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Logical Address Space

Logical Address Space ขนาด 64 Kbytes ของหน่วยประมวลผลกลาง จะถูกจัดการโดย ส่วนจัดการหน่วยความจำ ซึ่งจะประกอบด้วย ส่วนต่างๆ ดังนี้

- Common Area 0
- Bank Area
- Common Area 1

ในรูปที่ 2.8 การเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดของ logical address space จะเป็นไปได้โดยขอบเขต Common และ Bank Area จะถูกใช้หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมเพียง 4 Kbytes

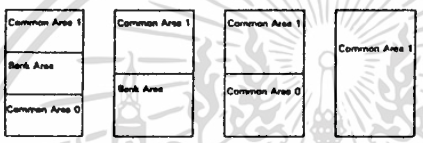


Figure 23. Logical Address Mapping Examples

รูปที่ 2.8 ตัวอย่างของแผนที่ logical address

Logical to Physical Address Translation

ในรูปที่ 2.9 แสดงตัวอย่างของส่วน logical address space ทั้ง 3 ส่วนที่ถูกกำหนดไว้ใน physical address space ขนาด 1 Mbytes ส่วนที่สำคัญจะสังเกตุเห็นว่าCommon และ Bank Area จะสามารถ overlap กันได้ และ commonarea 1 และ Bank Area สามารถจะวางอยู่ที่ตำแหน่งใด ๆ ก็ได้ ส่วน Common Area 0 จะถูกวางไว้ที่ตำแหน่ง 0000H เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
034889

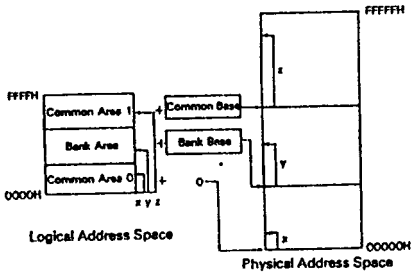


Figure 24. Physical Address Translation

รูปที่ 2.9 การแปลง physical address

MMU Block Diagram

บล็อกไดอะแกรมของ MMU ส่วนจัดการหน่วยความจำจะแปลง logical address ขนาด 16 บิท เป็น physical address ขนาด 20 บิท

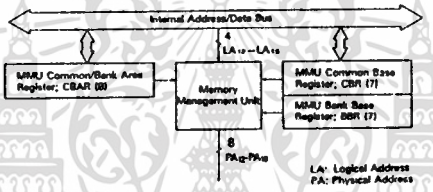


Figure 25. MMU Block Diagram

รูปที่ 2.10 บล็อกไดอะแกรมของ MMU

อย่างไรก็ดี การแปลง ตำแหน่งจะขึ้นอยู่กับ แบบของ CPU cycle ดังต่อไปนี้

1. Memory Cycle

การแปลงตำแหน่งจะเกิดขึ้น สำหรับไซเคิลที่เกี่ยวกับหน่วยความจำทั้งหมด รวมทั้งไซเคิลการเฟรชคำสั่งและเฟรช Opcode อ่านและเขียนข้อมูลจากหน่วยความจำ การเฟรชอินเตอร์รัพท์เวกเตอร์

2. I/O Cycle

ส่วนจัดการหน่วยความจำจะไม่แปลงตำแหน่งสำหรับI/O Cycle ดังนั้น LogicalI/O Address ขนาด 16 บิท จะตอบสนองโดยตรงกับ Physical I/O Addressขนาด 16 บิทสำหรับ บิทสูง (A_{16}-A_{19})ของ Physical Address จะเป็น "0" เสมอในระหว่าง I/O Cycle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

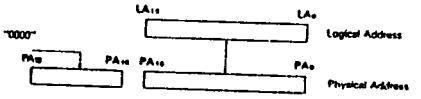


Figure 26. I/O Address Translation

รูปที่ 2.11 การแปลง I/O Address

3. DMA Cycle

เมื่อ DMAC บนชิบ Z80180 ใช้ติดต่อกับบัสภายนอก ส่วนจัดการหน่วยความจำจะไม่ถูกใช้ รีจีสเตอร์ ขนาด 20 บิท ใน DMAC คือเอาท์พุทโดยตรงของ Physical Address Bus (A_0-A_{19})

MMU Registers

จะถูกใช้ในโปรแกรม เพื่อกำหนด Logical และ Physical Memory

1. MMU Common/Bank Area Register (CBRA)
2. MMU Common/ Base Register (CBR)
3. MMU Bank Base Register (BBR)

CBAR

ถูกใช้ในการกำหนด logical memory ในขณะที่ CBR และ BBR จะถูกใช้ในการกำหนดพื้นที่ของlogical ภายใน physical address space ขนาด 1 Mbytes ผลลัพธ์สำหรับการกำหนด ขอบเขตภายใน logical space ภายใน physical space คือ4 Kbytes

CAR

ของ CBAR จะถูกใช้ในการกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของ common area 1 ส่วน BAR จะถูกใช้ในการกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของ bank area

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CA และ BA

ของ CBAR อาจจะถูกโปรแกรมแต่ส่วนมากแล้ว CA จะไม่ค่อยได้ใช้รูปที่ 2.12และ2.13 แสดงตัวอย่างของ Logical memory กับค่าที่แตกต่างของ CA และ BA

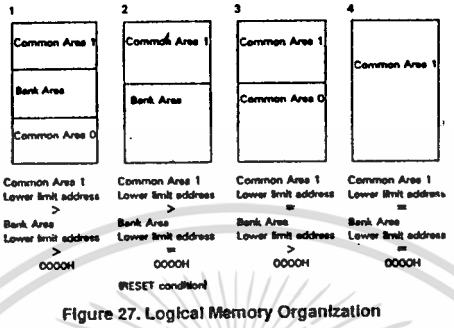


Figure 27. Logical Memory Organization

รูปที่ 2.12 Logical Memory Organization

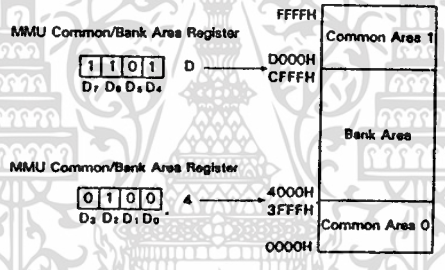


Figure 28. Logical Space Configuration (Example)

รูปที่ 2.13 Logical Space Configuration

รายละเอียดเกี่ยวกับ Register ของ MMU

MMU Common /Bank Area Register (CBAR)

CBAR จะถูกใช้ในการกำหนดขอบเขต ภายใน Z80180 ของ Logical Address Space ขนาด 64 Kbytes สำหรับ 3 Area

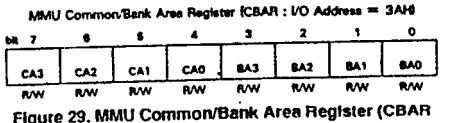


Figure 29. MMU Common/Bank Area Register (CBAR : I/O Address = 3AH)

รูปที่ 2.14 MMU COMMON/BANK AREA REGISTER (CBAR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CAS-CAO

CA จะถูกใช้ในการกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของ Common Area 1 ทุกบิท ของ CA เซตเป็น 1 ในระหว่างการ RESET

BA-BAO

BA จะถูกใช้ในการกำหนด ตำแหน่งเริ่มต้นของ Bank Area

MMU Common Base Register (CBR)

CBR จะใช้ในการกำหนดตำแหน่งหลัก ซึ่งถูกใช้ในการสร้าง Physical Addressขนาด 20 บิท สำหรับ Common Area

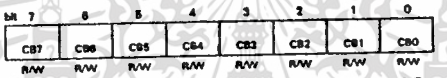


Figure 30. MMU Common Base Register (CBR : I/O Address = 38H)

รูปที่ 2.15 MMU COMMON BASE REGISTER

MMU Bank Base Register (CBAR)

BBF จะถูกใช้ในการกำหนด ตำแหน่งหลัก สำหรับการสร้างPhysical Address สำหรับ Bank Area

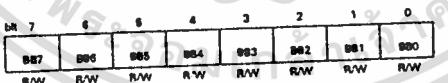


Figure 31. MMU Bank Base Register (BBR : I/O Address = 39H)

รูปที่ 2.16

MMU และรีเซต

ใน ระหว่างการรีเซต ทุกบิท ของ CA ของ CBAR จะเซตเป็น 1 ขณะที่ทุกบิท ของ BA CBAR, CBR และ BBR จะรีเซตเป็น 0,logical Address

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Space ขนาด64 Kbytes จะตอบสนองโดยตรงกับ 64 Kbytes ของ 1024 kbytes physical address space

MMU Register Address Timing

เมื่อข้อมูลถูกเขียนไปยัง CBAR CBR หรือ BBR ค่านี้จะมีผลทันทีจาก ไซเคิลการเขียน I/O โดยจะเปลี่ยนแปลง ข้อมูลใน Registers เหล่านี้

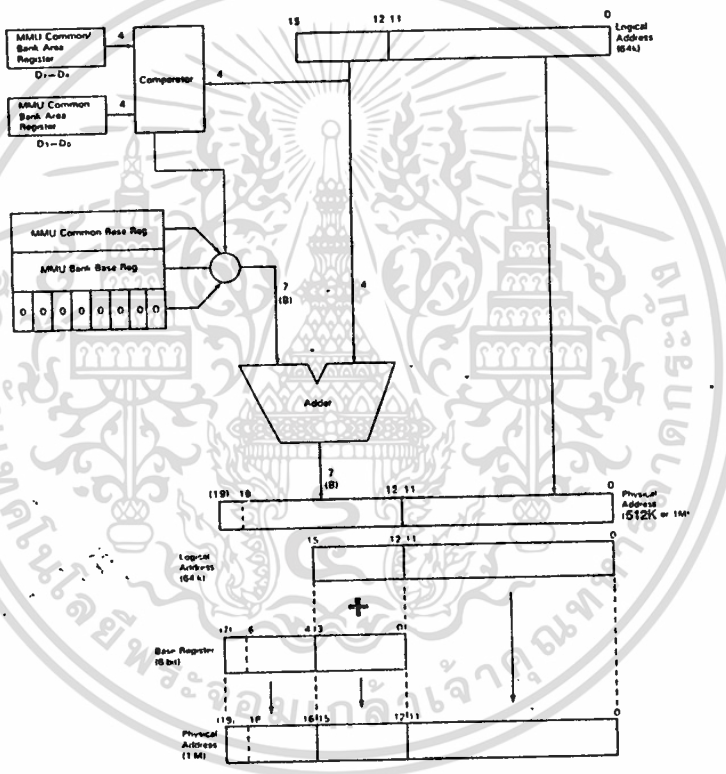


Figure 32. Physical Address Generation

รูปที่ 2.17 Physical Address Generation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CP-JR180 (Z80180 คอนโทรลบอร์ด)

บอร์ดเดียวมีครบในการใช้งานที่สำคัญ ๆ เช่น มี PORT LCD,PORT KEYBOARD POWER ON RESET, WATCH DOG, 2 SERIAL PORT ใช้ในงาน พร้อม REAL TIME CLOCK และใช้ CPU Z80180 RUN 6.144 MHZ ซึ่งเป็น CPU ตระกูล Z80 เป็น CPU หลักประจำบอร์ดอีกด้วยทั้งหมดนี้รวมอยู่ในบอร์ด ขนาดเล็กเพียง 9 cm * 12 cm เท่านั้น

คุณสมบัติโดยทั่วไปของ CP-JR180

- ใช้ CPU เบอร์ Z80180 แบบ 68 PIN PLCC TYPE RUN ด้วยความเร็ว 6.144MHZ (XTALK 12.288 MHZ) เป็น CPU ประจำบอร์ด
- อ้างอิงหน่วยความจำ RAM และ ROM ได้ถึง 128K BYTE ON BOARD
- มี PORT 82C55 ให้ใช้งาน 1 ตัว โดยเป็นแบบ CMOS TYPE และอยู่ในรูปตัวถัง SOP 40 PIN ขนาดเล็กทำให้สามารถลดขนาดของ PCB
- มีPORTต่อเข้ากับ ส่วนแสดงผลจอภาพแบบ LCD ได้ทั้ง LCDแบบ CHARACTER หรือแบบ GRAPHIC TYPE
- มี วงจรส่วน REAL TIME CLOCK เป็นฐานเวลาจริงให้กับระบบ โดยใช้เบอร์ 6242
- ใช้ ไอซีเฉพาะงาน DS1232 โดยเป็นวงจร POWER RESET และ เป็นวงจร WATCH DOG เพิ่มความมั่นใจในการใช้งานมากขึ้น
- ใช้กับแรงดัน 7-9 โวลท์ โดยมี ไอซี REGULATOR 7805 ในตัว
- มีคอนเน็กเตอร์มาตรฐานสามารถต่อเข้ากับบอร์ดต่างๆในท้องตลาด ได้เป็นอย่างดี
- มี 2 SEARIAL PORT ต่อใช้งานใช้ MAX 232

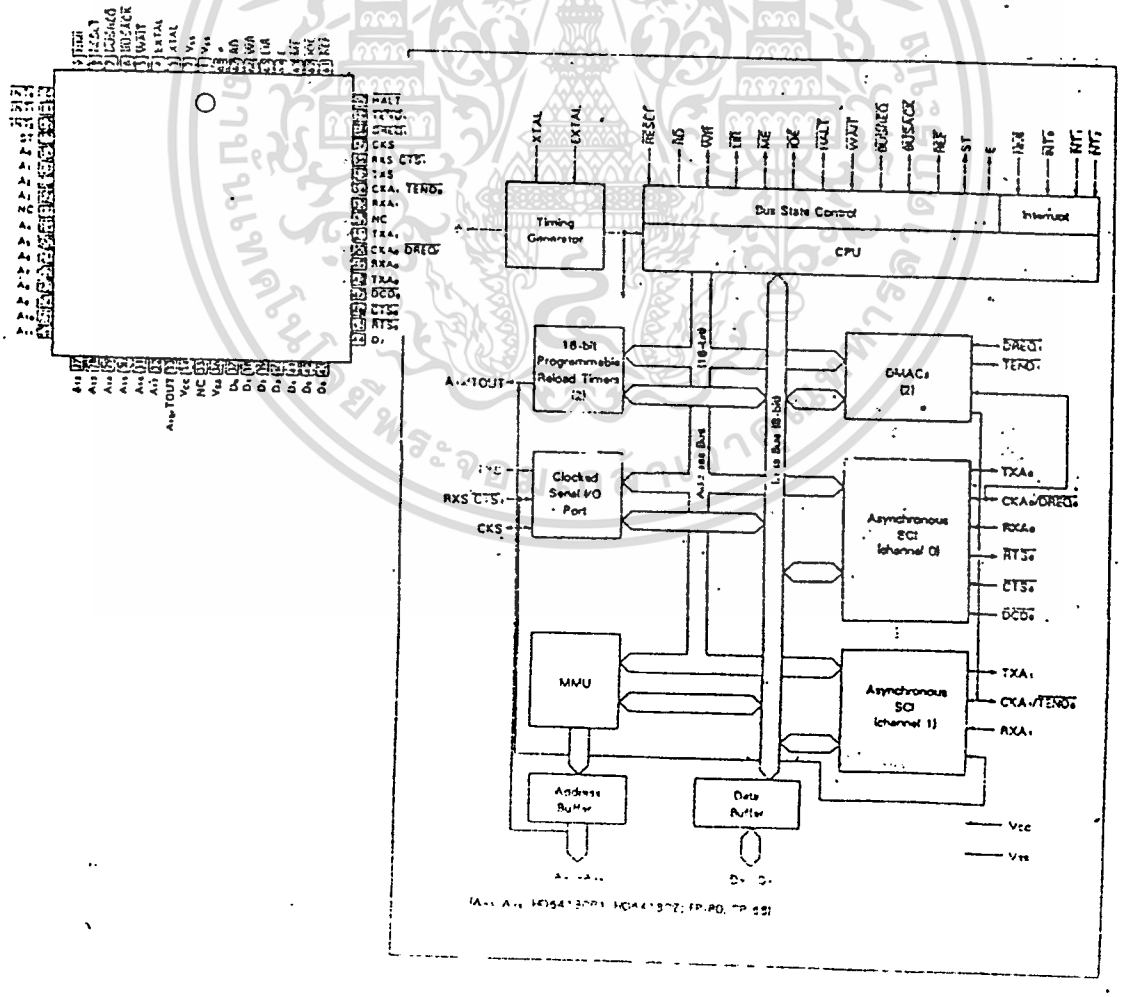
ข้อมูล BOARD JR-180

CPU ใช้ CPU Z80180 ของบริษัท ZILOG โดยเป็น SUPPER SET ของ CPU Z80 ใช้คำสั่งของ Z80 ได้ทั้งหมดและยังเพิ่มอีก 12 ชุด คำสั่งใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งาน เช่น คำสั่งคูณ (MLT), TST g (คำสั่ง TEST BIT ใน REGISTOR) เป็นต้น ในบอร์ด JR180 นี้เราเลือกใช้ Z80180 ความเร็วขนาด 6 MHZ แต่ก็สามารถ ใช้กับความถี่ 6.144 MHZ ได้ด้วย ทำให้การทำงาน 1 คำสั่ง ใช้เวลาเพียง 0.48 uSEC เท่านั้น ปัญหาที่ตามมาก็คือจำเป็นต้องใช้ EPROM หรือ RAM ที่มี ACCESS TIME ต่ำ ๆ ได้เท่านั้น หรือซึ่งในข้อนี้ทาง ZILOG ได้ออกแบบ ให้แก้ไขจุดนี้ได้ โดยสามารถ SET WAIT STATE ภายในตัว CPU ในการ READ, WRITE MEMORY หรือในการ READ, WRITE O DEVICE ได้ด้วยซึ่งเป็นข้อดี

ในตัวของ CPU Z80180 นี้ดีกว่า CPU ในตระกูล อื่นๆ จากรูปที่ข้างล่าง บล็อกไดอะแกรมโครงสร้างภายในของ Z80180



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของ MEMORY

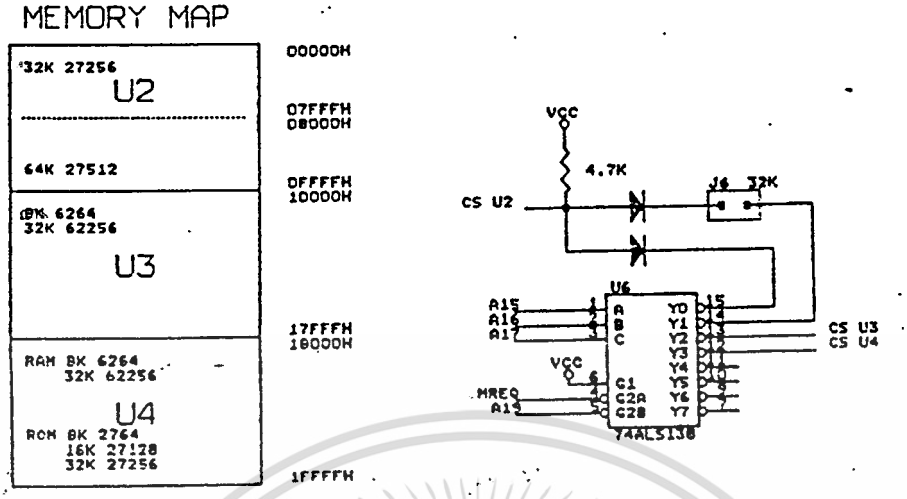
CP--JR180 สามารถต่อใส่หน่วยความจำได้สูงสุด 128K BYTE ON BOARD โดยใช้ ไอซี DECODE แบ่งหน่วยจำเป็นช่วงๆ ได้ 8 ช่วง ช่วงละ 32K BYTE ใช้ A15, A16, A17 มาเข้ายัง IC U6 เบอร์ 74ALS138 และใช้สัญญานควบคุม การติดต่อกับหน่วยความจำ MREQ และ A19 มาควบคุมขา G2A,G2B เพื่อให้เกิดสัญาณ CS เฉพาะ การติดต่อกับหน่วยความจำเท่านั้น

SOCKET U2 สามารถใส่ EPROM ขนาด 64K BYTE (27512) หรือ 32 BYTE (27256) ได้โดยใช้ JUMPER J1 เป็นตัว เลือกเบอร์ EPROM และเราใช้ DIODE เบอร์ 1N4148 2 ตัวต่อในลักษณะ AND GATE ให้ 2 ช่วง ADDRESS U2 นี้หน่วยความจำเริ่มจาก 0000H ถึง FFFFH

SOCKET U3 สามารถใส่ RAM ขนาด 32K BYTE (62256) หรือ 8K BYTE (6264) ได้โดยใช้ JUMPER J4 เป็นตัวเลือกเบอร์ RAM ในวงจรส่วนนี้เรา สามารถใส่ BATTERY ขนาด 3 VOLT เพื่อ BACKUP ข้อมูลใน RAM ได้ด้วย โดยใช้ MOSFET เบอร์ BS170 เป็นส่วนกันสัญญาณรบกวนจากการปิดเปิดระบบไฟไม่ให้เกิดเข้าไปรบกวนขา CSของ RAM เพื่อผลการ BACKUPที่ดี U3 นี้หน่วยความจำเริ่มจาก 10000H ถึง 17FFFH

SOCKET U4 เราสามารถใส่ RAM หรือ ROM ได้โดยใช้ JUMPER SW เป็นตัวเลือกเบอร์ ไอซี ที่เราจะใส่ และใช้ JUMPER J3 เป็นตัวประกอบในกรณีจะใช้ RAM. และก็ต้องการ BACKUP ข้อมูลด้วย U4 นี้หน่วยความจำเริ่มจาก 18000H ถึง 1FFFFH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ส่วนของ PORT

ในส่วนนี้เราใช้ ไอซี DECODE PORT U7 74ALS138 เป็นตัว DECODE แบ่งช่วง ADDRESS PORT โดยใช้สัญญาณควบคุม I/O DEVICE (IORQ)และ M1 มาควบคุมเพื่อให้เกิดสัญญาณ CS ขึ้นเฉพาะในการติดต่อกับส่วน I/O เท่านั้น

8255 PORT เราใช้ ไอซี PORT ใช้งานประจำบอร์ดโดยเป็น PORT ขนาด 8 BIT 3 PORT ใช้งานโดยมีตำแหน่ง ADDRESS ดังนี้

PORT A = 80 H

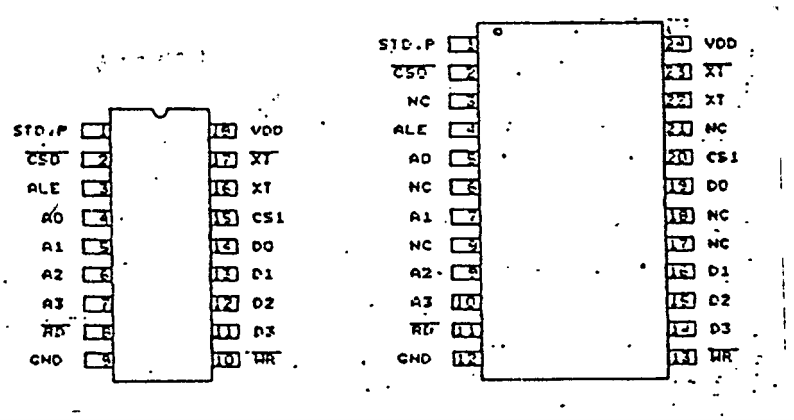
PORT B = 81 H

PORT C = 82 H

CONTROL PORT = 83 H

RTC PORT ใช้ ไอซี REAL TIME CLOCK / CALENDAR ชนิด CMOS เบอร์ 6264 โดยต่อขา ADDRESS BUS และ DATA BUS 4 บิท เข้าโดยตรงกับ CPU REAL TIME CLOCK ตัวนี้จะสามารถบอกได้ทั้ง วัน เดือน ปี วันในรอบสัปดาห์ ชั่วโมง นาที วินาที และปี ในส่วนของปีอธิกสุรทินได้ด้วย มีตำแหน่ง ADDRESS จาก A0H ถึง AFH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



18 Pin Plastic Dip Package 24 Pin Plastic Flat Package

A0-A3 : Address input

D0-D3 : Data input/output

CS0-CS1 : Chip Select 0,1

RD : Read Enable

WR : Write Eable

ALE : Address latch enable

SID.P : Standard pulse output

XT,XT : XTAL oscillator input/output

VDD : +5V Supply

GND : Ground

LCD PORT สามารถ ต่อเข้ากับโมดูล LCD ได้ทั้งแบบตัวอักษรและกราฟฟิก โดยตรงไม่ต้องต่อผ่านพอร์ตอีก โดยออกแบบให้ต่อเข้ากับบัสของ Z80180 ได้โดยตรง เราใช้สัญญาณ DECODE จาก U7 (Y6) ผ่าน INVERTOR U8B เพื่อกลับสถานะของสัญญาณ สร้างเป็นสัญญาณ E CLOCK ของ LCD ใช้ A1 และ A2 เป็นสัญญาณ RSและ R/W และใช้ U8C เป็นตัวกำหนดเพจ (PAGE) การทำงานของ LCD ในแบบกราฟฟิกจากสัญญาณแอดเดรส A0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REGISTER TABLE

Address Input	Address Input				Register Name	Data				Count value	Discription
	A_3	A_2	A_1	A_0		D_0	D_1	D_2	D_3		
0	0	0	0	0	S_1	S_0	S_1	S_2	S_3	0 ~ 9	1-second digit register
1	0	0	0	1	S_{10}	X	S_{11}	S_{12}	S_{13}	0 ~ 5	10-second digit register
2	0	0	1	0	MI_1	mi_0	mi_1	mi_2	mi_3	0 ~ 9	1-minute digit register
3	0	0	1	1	MI_{10}	X	mi_{11}	mi_{12}	mi_{13}	0 ~ 5	10-minute digit register
4	0	1	0	0	H_1	h_0	h_1	h_2	h_3	0 ~ 9	1-hour digit register
5	0	1	0	1	H_{10}	X	PM/AM	h_{12}	h_{13}	0 ~ 2 or 0~1	PM/AM, 10-hour digit register
6	0	1	1	0	D_1	d_0	d_1	d_2	d_3	0 ~ 9	1-day digit register
7	0	1	1	1	D_{10}	X	X	d_{12}	d_{13}	0 ~ 3	10-day digit register
8	1	0	0	0	MO_1	mo_0	mo_1	mo_2	mo_3	0 ~ 9	1-month digit register
9	1	0	0	1	MO_{10}	X	X	X	mo_{13}	0 ~ 1	10-month digit register
A	1	0	1	0	Y_1	y_0	y_1	y_2	y_3	0 ~ 9	1-year digit register
B	1	0	1	1	Y_{10}	y_{10}	y_{11}	y_{12}	y_{13}	0 ~ 9	10-year digit register
C	1	1	0	0	W	X	w_1	w_2	w_3	0 ~ 6	Week register
D	1	1	0	1	C_D	30sec. ADJ	IRQ	BUSY	HOLD	-	Control register D
E	1	1	1	0	C_E	t_1	t_0	ITRPT /STND	MASK	-	Control register E
F	1	1	1	1	C_F	TEST	24/12	STOP	REST	-	Control register F

REST = RESET

ITRPT/STND = INTERRUPT/STANDARD

Note 1) - Bit 3 does not exit (unrecognized during a write and held at "0" during a read).

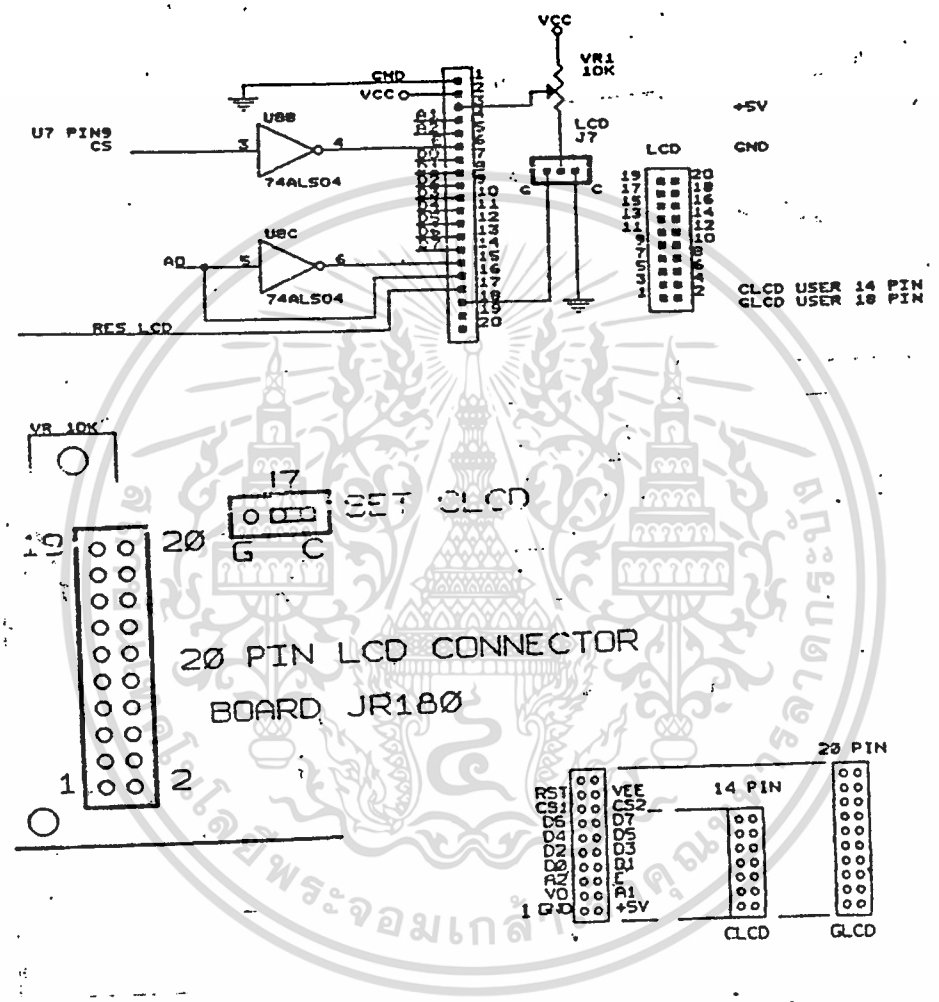
Note 2) - Be sure to mask the AM/PM bit when processing 10's of hour's data.

Note 3) - BUSY bit is read only. The IRQ FLAG bit can only be set to a "0". Setting the IRQ FLAG to a "1" is d

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LCD ADDRESS PORT

CHANNEL PORT	ADDRESS PORT
WRITE DATA INSTRUCTION	C0H
WRITE DATA TO CG OR DD RAM	C2H
READ BUSY FLAG AND ADDRESS	C4H

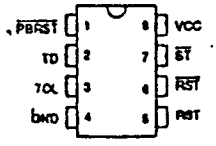


วงจร POWER RESET และ WATCH DOG

ใช้ไอซี ของบริษัท DALLAS SEMICONDUCTORเบอร์ DS1232เป็นวงจร POWER ON RESET และ WATCH DOGเพิ่มความมั่นใจในบอร์ดยิ่งขึ้น โดยในส่วนของ POWER ON RESET นั้นจะทำการ RESET CPU เมื่อ VOLT มากกว่าหรือต่ำกว่า 4.75 VOLTSและจะหน่วงเวลาในกรณี POWER ON ประมาณ 250mSEC

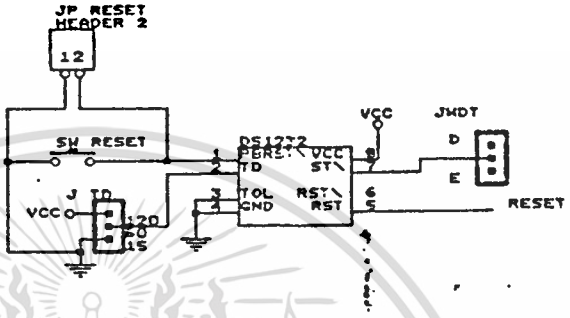
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึง 1 SEC และในส่วนของ WATCH DOG นั้น สามารถเลือกระยะเวลาในการทริกได้ ด้วย JUMPER TD โดยเลือกเวลาในการทริก WATCH DOG ได้ดังรูปข้างล่าง



PIN DESCRIPTION

PBRST	- Pushbutton Reset Input
TD	- Time Delay Set
TOL	- Selects 5% or 10% V_{CC} Detect
GND	- Ground
RST	- Reset Output (Active High)
$\overline{RST}$	- Reset Output (Active Low, Open Drain)
$\overline{ST}$	- Strobe Input
V_{CC}	- +5 Volt Power
NC	- No Connections



WATCHDOG TIMEOUTS Table 1

TD PIN	TIME-OUT		
	MIN	TYP	MAX
GND	62.5ms	150ms	250ms
Float	250ms	600ms	1000ms
V_{CC}	500ms	1200ms	2000ms

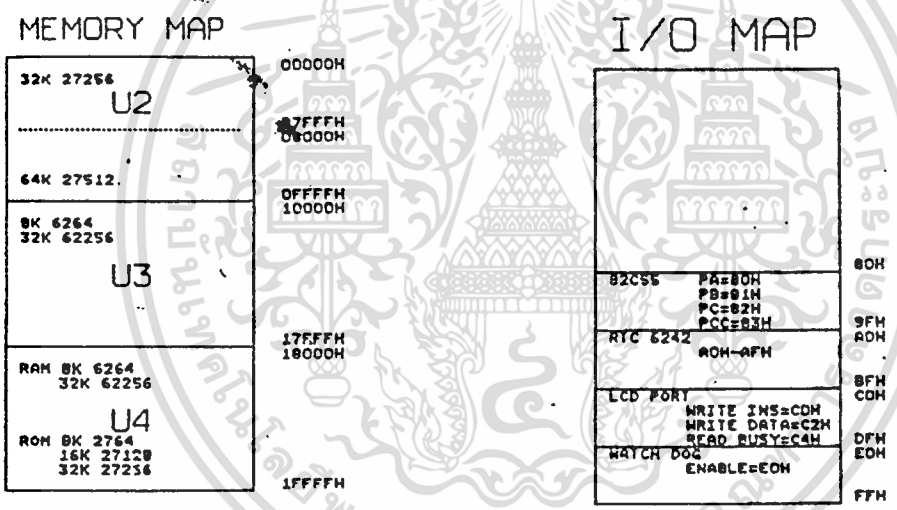
นอกจากนี้เรายังสามารถ set ให้วงจร WATCH DOG ทำงานหรือไม่ทำงานได้ด้วยการ SET JUMPER WDT ดังรูป และถ้า SET WATCH DOG ทำงานแล้วจะต้อง ทริก PORT E0H โดยจะใช้คำสั่ง IN หรือ OUT PORT ก็ได้ตามระยะเวลาที่เลือกเพื่อไม่ให้ วงจร WATCH DOG นั้นทำการ RESET CPU

การนำไปใช้งาน

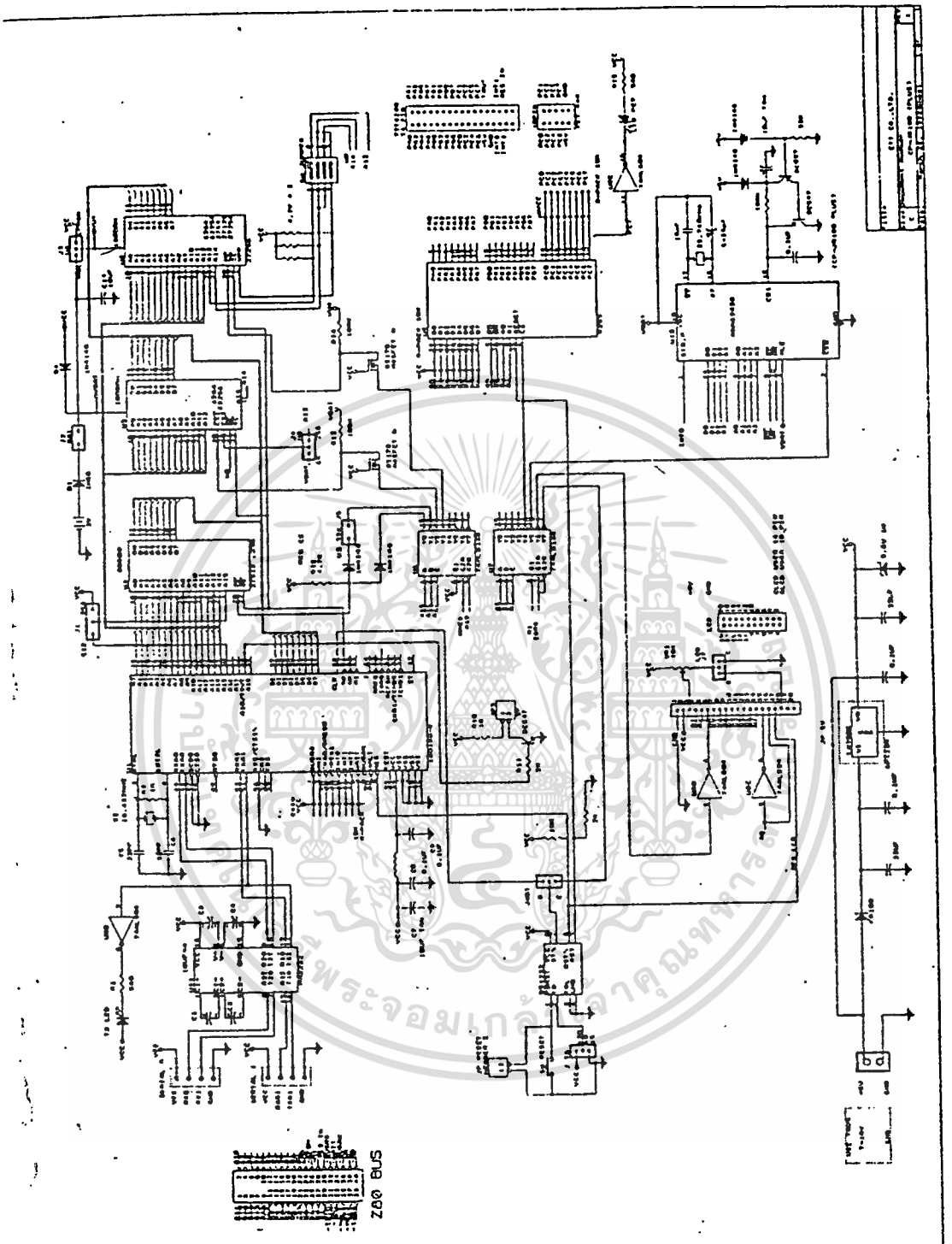
สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้มากมาย เพราะมีพอร์ตให้ใช้งานถึง 24 BIT ต่อร่วมกับโมดูล LCD ได้มีนาฬิกาในตัวต่อกับ SERIAL PORT ก็ได้เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมระบบเปิด/ปิด เครื่องใช้ไฟฟ้าตามเวลาที่ตั้งประยุกต์เพิ่มส่วนคีย์บอร์ดทำเป็นเครื่องคีย์ข้อมูลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ เป็นต้น และนอกจากนี้ บอร์ด JR180 นี้ยังมีอุปกรณ์ช่วยในการพัฒนาระบบโดยอาจจะใช้ชุด DEBUGGER JR180 ในการเขียนโปรแกรม ASSEMBLY ผ่านทางเครื่อง PC หรือจะใช้ชุด BASIC 180 เขียนโปรแกรมภาษา BASIC ด้วยก็ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

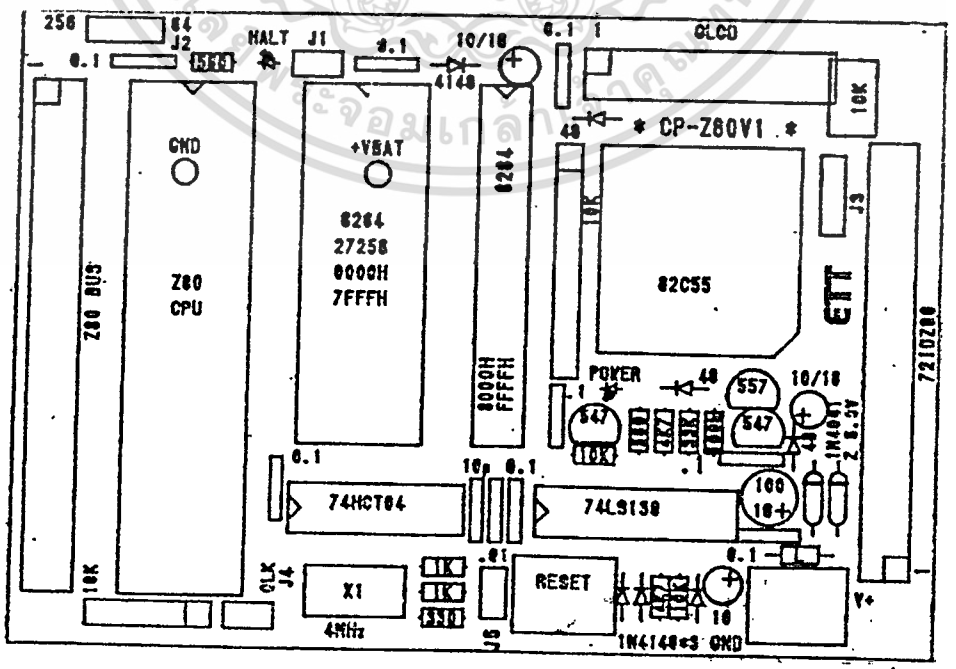
CP-Z80V1

ข้อมูลของ BOARD CP-280V1

CPU ใช้ CPU ยอดนิยม Z80 CPU เป็น CPU ประจำบอร์ดโดยใช้ Z84C00-6 (Z80 B แบบ CMOS) ซึ่งเป็น CPU Z80 แบบ CMOS กินกำลังงานต่ำสามารถใช้กับความถี่ได้สูงสุด 6MHz แต่ในบอร์ดนี้ เราจะใช้ความถี่ 4MHz เพื่อไม่จำเป็นต้องใช้ ROM หรือ RAM ที่มี ACSSE TIME ต่ำมากนักก็ได้ แต่ถ้าผู้ใช้จะเปลี่ยนเป็น RUN 6MHz ก็ได้โดยการเปลี่ยนเป็น X'TAL ใหม่จาก 4MHz เป็น 6MHz ก็ได้

ROM หรือ EPROM บอร์ด CP-Z80V1 จะต่อใช้ EPROM เป็น MONITOR PROGRAM ได้ 2 เบอร์ คือ เบอร์ 2764 และ 27256 โดยการเลือก JUMPER J2 หน่วยความจำนี้จะ DECODE อยู่ระหว่าง 0000H ถึง 7FFFH

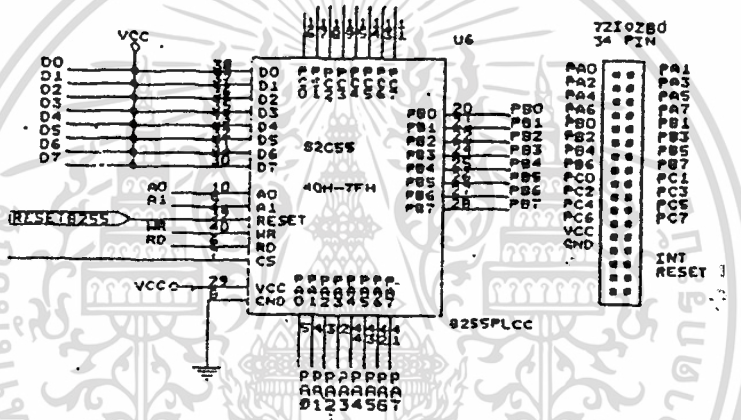
RAM บอร์ด CP-Z80V1 จะใช้ RAM ขนาด 8K BYTE ขนาดเล็กพิเศษ โดยตำแหน่งขาจะเป็นแบบ RAM 6264 ธรรมดาทุกประการ หน่วยความจำนี้จะ DECODE อยู่ในระหว่าง 8000H ถึง BFFFH (โดยตำแหน่ง 8000H-9FFFH และ A000H-BFFFH จะเป็นตำแหน่งเดียวกัน) ใน RAM นี้ยังสามารถต่อ BATTERY ขนาดเล็ก 3V เพื่อใช้ BACK UP ข้อมูลได้ด้วย โดยใช้ J1ในการ ON/OFF BATTERY



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PORT จะใช้ IC PORT เบอร์ 82C55 ขนาดเล็กพิเศษแบบ PLCC TYPE 44 PIN คุณภาพสูงเป็น PORT I/O ประจำบอร์ด ทำให้กินกำลังงานต่ำ โดยจะต่อออก PORT ทางขั้ว 34 PIN มาตรฐาน อีทีที ทำให้เลือกใช้อุปกรณ์บอร์ดต่าง.ๆ ของ อีทีที ได้ เช่น ET-SSRAC, ET-SMCC ฯลฯ

PORT A	=	40H
PORT B	=	41H
PORT C	=	42H
CONTROL PORT	=	43H



LCD PORT บอร์ด CP-Z80V1 นี้ มีขั้ว CONNECTOR ขนาด 20 PIN มาตรฐาน อีทีที สามารถต่อ DOT MATRIX LED หรือ GRAPHIC LCD ได้โดยตรง เพียงต่อสายต่อจาก LCD มายังขั้ว LCD PORT เท่านั้น ไม่เสีย PORT 82C55 ใช้ JUMPER J3 ในการเลือกว่าเป็น LCD แบบใดปรับค่าความคมชัดได้ด้วย VR 10K 10K บนบอร์ด

PORT LCD นี้จะ DECODE อยู่ในตำแหน่ง 80H - 86H

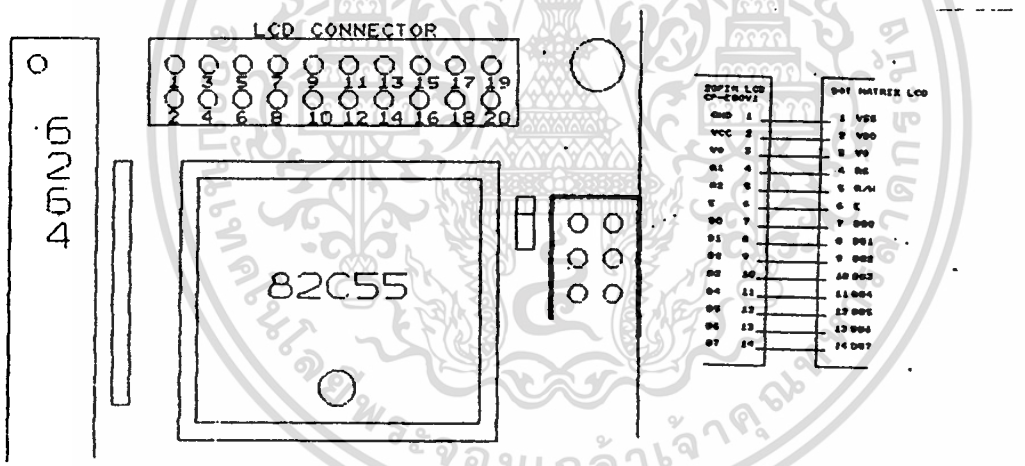
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

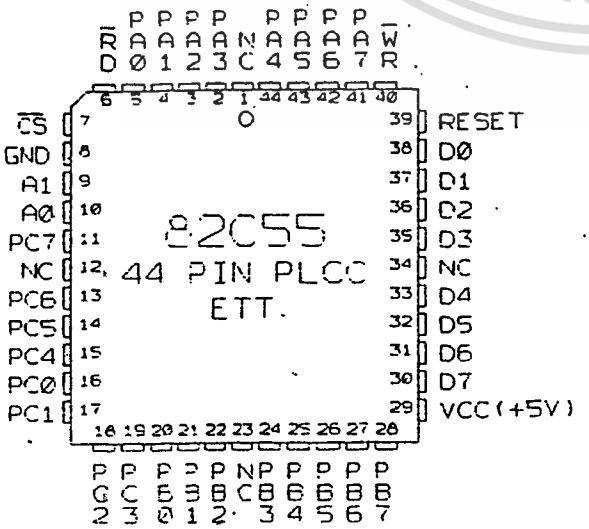
LCD ADDRESS PORT

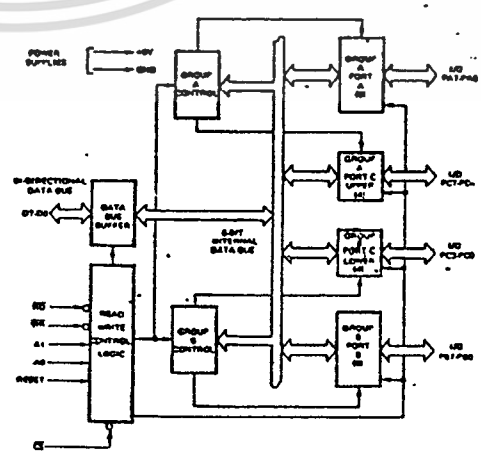
CHANNEL PORT	ADDRESS PORT
WRITE DATA INSTRUCTION	80H
WRITE DATA TO CGOR DD RAM	82H
READ BUSY FLAG AND ADDRESS	84H

40 PIN Z80 BUS สามารถต่อขยายบอร์ดได้ทาง 40 PIN Z80BUS โดย 40 PIN Z80 BUS นี้จะมีขาต่อออกมาเช่นเดียวกับขา IC CPUZ80

POWER SUPPLY ตัวบอร์ด CP-Z80V1 นี้จะต่อใช้ POWER SUPPLY +5V โดยใช้ไฟ +5V DC โดยต่อให้ถูกต้องด้วย และถ้าต่อกลับขั้ว ตัวบอร์ดจะมี DIODE 1N4001 ต่อไว้กันการต่อกลับขั้วไว้ พร้อมทั้งยังมี ZENER DIODE 5.6V 1W ต่อกันในกรณี POWER SUPPLY เกิน 5V อีกด้วย





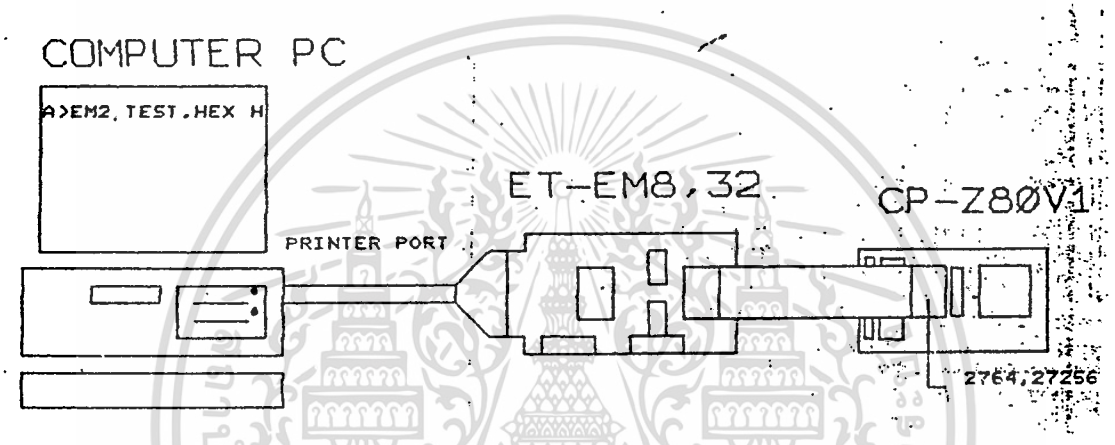


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อพัฒนาเขียนโปรแกรม

ตัวบอร์ด CP-Z80V1 นี้จะใช้เขียนโปรแกรมสั่งงานขึ้นมาใช้เองโดยอาจจะใช้การเขียนข้อมูลเข้า EPROM และนำ EPROM นั้น ๆ มาใส่ยัง SOCKET ROM บนบอร์ดแล้วเปิดไฟเข้าตัวบอร์ดเพื่อ TEST โปรแกรม ซึ่งเป็นวิธีหนึ่ง แต่เรามีวิธีที่ดีกว่านั้นมากถ้านำมาต่อร่วมกับอุปกรณ์ของทาง อีทีที ในการพัฒนาระบบ

1.ต่อใช้กับ EPROM EMULAIOR (ET-EM) เราสามารถเลือกต่อให้กับชุด ET-EM8 หรือ ET-EM32 ในการพัฒนาเขียนโปรแกรมได้ ดังรูปข้างล่าง

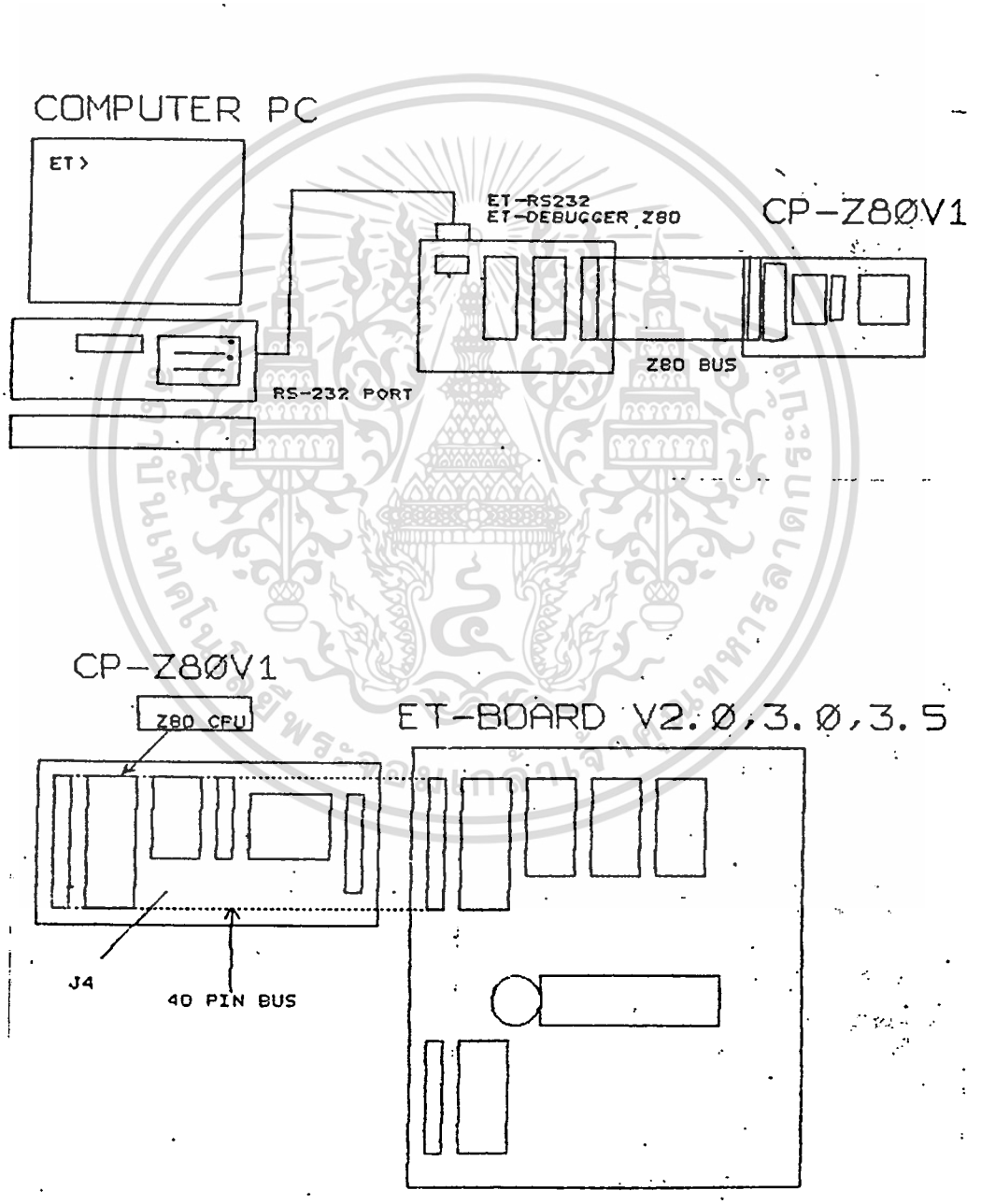


โดยเราสามารถเขียนโปรแกรม เป็นภาษา ASSEMBLER Z80 บนเครื่องคอมพิวเตอร์ PC แล้วให้เครื่องทำการแปลงเป็นภาษาเครื่อง จากนั้นใช้ ET-EM รับข้อมูลจากภาษาเครื่อง จากคอมพิวเตอร์ PC ส่งต่อมายังบอร์ดPC-Z80V1 เป็น EPROM MONITOR PROGRAM ใช้ TEST การทำงาน จากนั้นเมื่อ TEST จนเป็นที่พอใจแล้วก็มาทำการ COPY เป็น EPROM ใช้งานจริง

2.ต่อใช้กับ ET-RS232 และ ET-DEBUGGER Z80 ต่อใช้ CP-Z80V1 กับ ET-RS232 และ ET-DEBUGGER Z80 โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ PC ในการเขียน และพัฒนาระบบโดยเราจะสามารถใช้ PC คีย์ข้อมูลเข้าไปยัง PC-Z80V1 ผ่านทาง RS232 PORT ได้โดยตรงหรือจะทำการสั่ง RUN ได้จากเครื่อง PC ก็ได้ สามารถทำให้เราเหมือนกับมีชุด ชิงเกิ้ลบอร์ด CP-Z80V1 โดยใช้คีย์ และจอของเครื่อง PC แทน

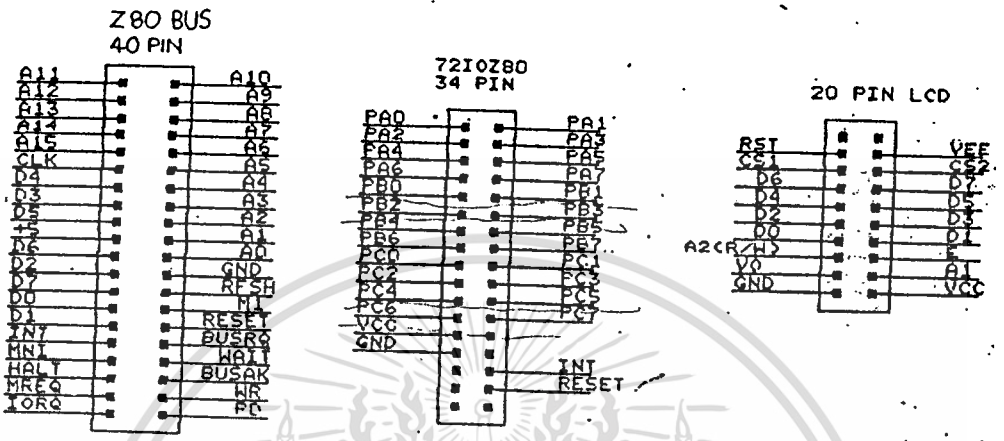
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.ต่อใช้กับ ET-BOARD เราสามารถต่อ CP-Z80V1 กับ ET-BOARD เข้าด้วยกันได้โดยต่อทาง Z80 BUS 40 PIN โดยให้ชุด ET-BOARD นั้นเข้าครอบครองระบบ BUS ของ CP-Z80V1 ด้วยวิธีการถอดตัว CPU Z80 บนบอร์ด CP-Z80V1 ออกและถอน JUMPER J4 (CLK) ออกและถอด IC หน่วยความจำที่อยู่ระหว่างบอร์ดทั้ง 2 ที่มีตำแหน่ง ADDRESS ตรงกันออกเสียก่อนด้วย จากนั้น ET-BOARD ก็สามารถครองระบบ BUS ของ CU-Z80V1 ได้

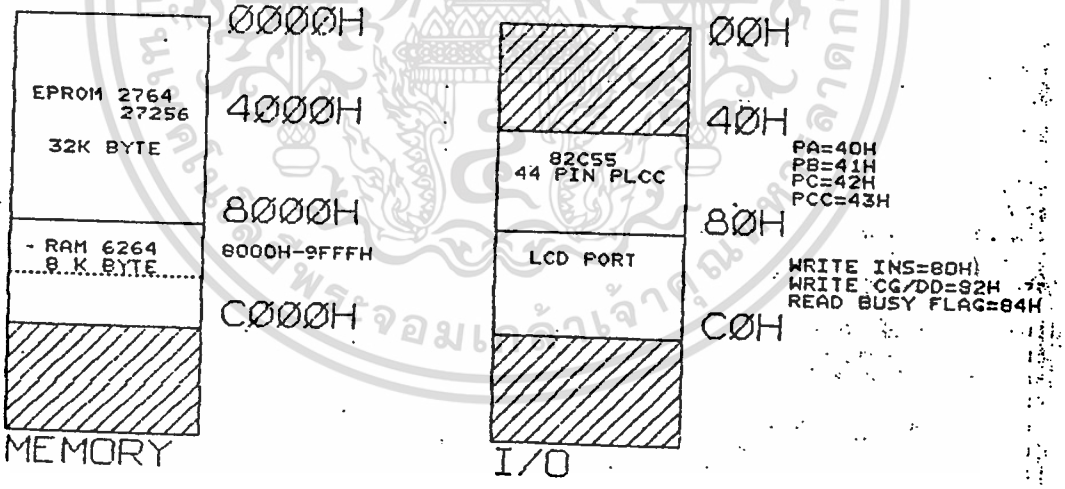


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

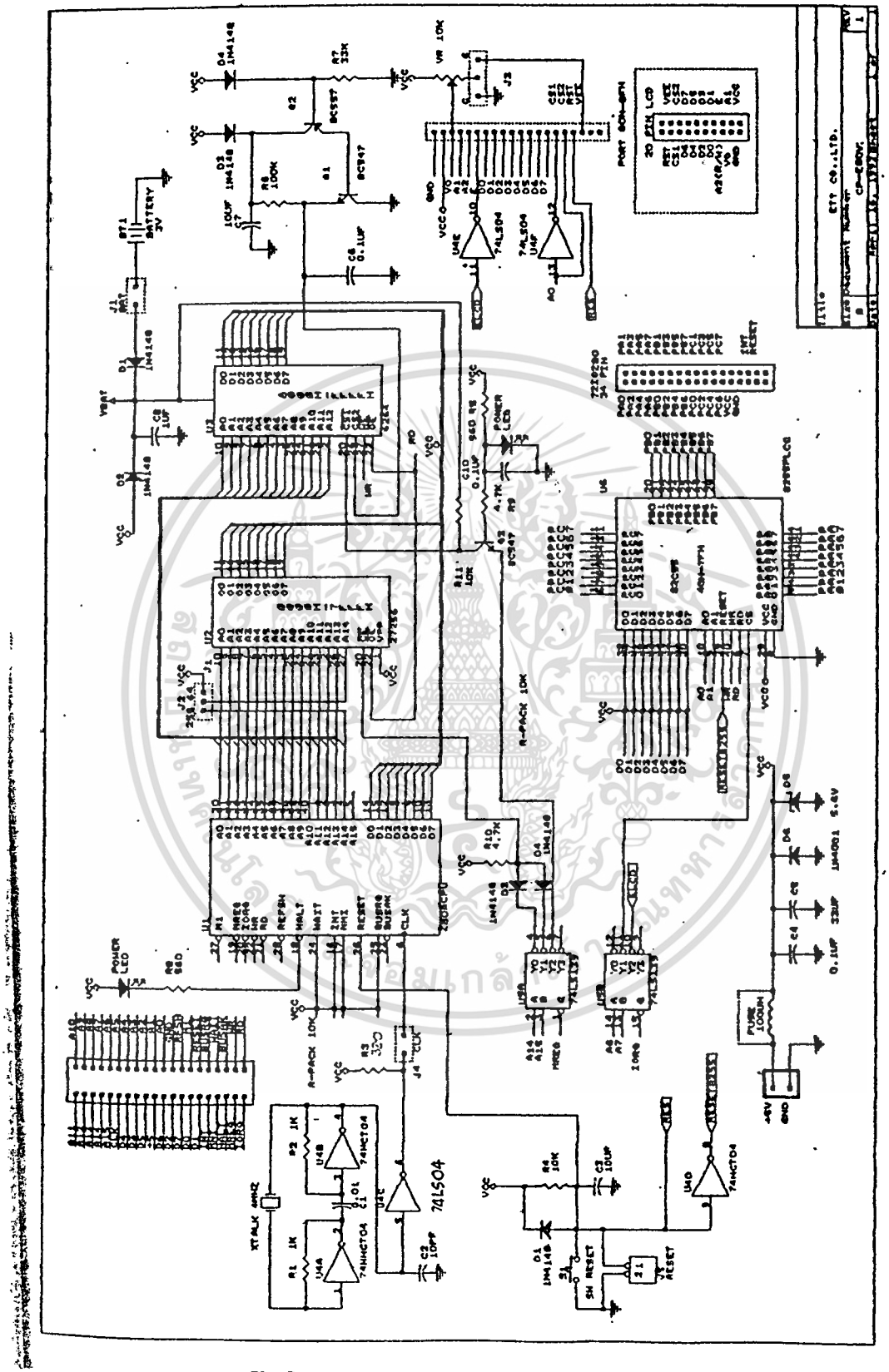
รายละเอียดขา CONNECTOR



MEMORY AND I/O DECODE CP-Z80V1



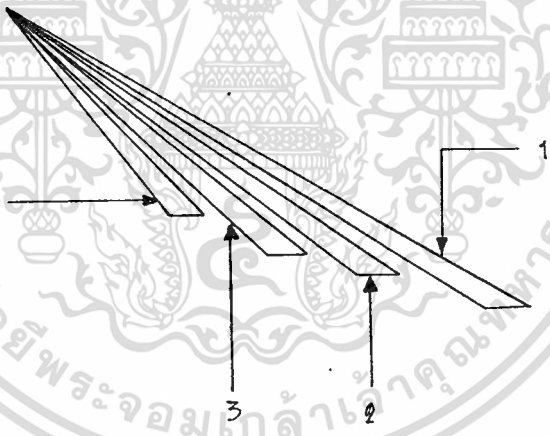
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
สื่อแม่เหล็กที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล

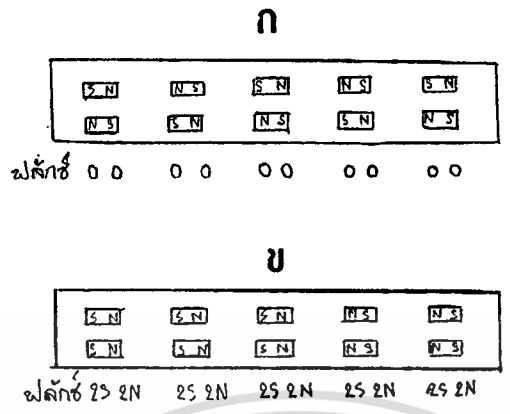
ปัจจุบันมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลที่เป็นแบบสารแม่เหล็กที่เป็นแบบสารแม่เหล็กหลายชนิด เช่น เทปบันทึกเสียง แผ่นดิสก์ ในอุปกรณ์เหล่านี้จะประกอบด้วยวัสดุหลาย ๆ ชิ้นมาซ้อนกันตามชนิดหรือรูปแบบการใช้งาน ตามรูปที่3.1 เทปแม่เหล็กหรือแผ่นดิสก์ของคอมพิวเตอร์ก็จะทำด้วยพีวีซี (POLYVINYL CHOLORIDE) เป็นโพลิเมอร์ที่ทนทาน และแข็งแรง โดยที่ชิ้นส่วนบนสุดของเทปจะเรียกว่า ทอปโค้ต (TOP COAT) ชั้นรองลงมาจะเป็นออกไซด์ของแม่เหล็ก (MAGNATIC OXIDE)



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของเทปแต่ละชั้น

1. ทอปโค้ต (TOP COAT)
2. ออกไซด์แม่เหล็ก (MAGNATIC OXIDE)
3. โพลีเอสเตอร์หรือ PVC
4. ส่วนหลังทำจากคาร์บอนป้องกันไฟฟ้าสถิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 การจัดวงจรโดเมนของเทปบันทึกแล้วกับเทปที่ยังไม่ได้บันทึก

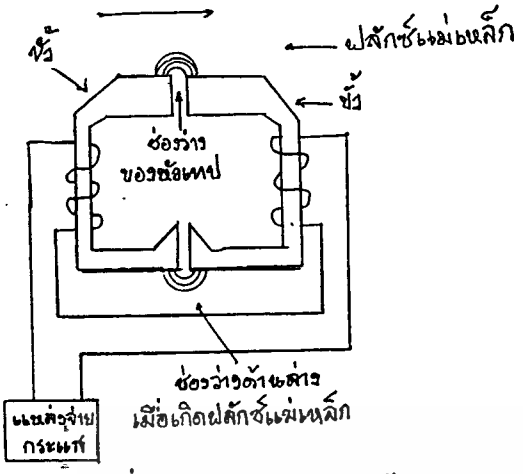
ก. โดเมนเทปที่ยังไม่ได้บันทึกทำให้ฟลักซ์มีค่าเป็นศูนย์
ข. โดเมนซึ่งเป็นผลมาจากฟลักซ์เฉลี่ยจากหัวเทป

แล้วมาถึงชั้นสอง PVC ส่วนล่างสุดเป็นคาร์บอน ซึ่งออกไซด์จะมีบทบาทสำคัญอย่างมากในการบันทึกข้อมูลและในการบันทึกกลับ ซึ่งโมเลกุลของออกไซด์ ในรีเจียน(REGION) เราเรียกว่าโดเมน (DOMAIN) ตามรูปที่ 2 ซึ่งจะประกอบด้วยแม่เหล็กถาวรชิ้นเล็ก ๆ หลาย ๆ ชิ้น อยู่บนเทปสารที่ไม่ได้เป็นสารแม่เหล็กซึ่งโดเมนจะมีทิศทางการหันเหไม่แน่นอน โดยมันจะพยายามทำให้แม่เหล็กเป็นศูนย์ทำให้ไม่มีสัญญาณเอาต์พุทออกมาในเวลาที่เราเอาเทปมาเล่น เมื่อเราทำการบันทึกเสียงลงไปบนเทป หัวเทปที่จะทำให้โดเมนหันไปตามทิศทางของสัญญาณที่บันทึกลงไปซึ่งจะทำให้ผลิตฟลักซ์แม่เหล็กลงบนเนื้อเทป และเราก็จะใช้สัญญาณนั้นเราเวลามาอ่านกลับ

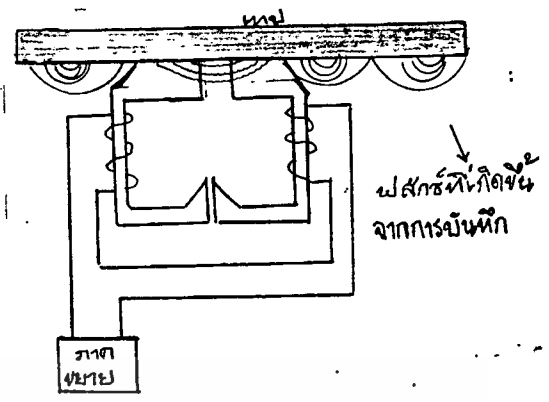
หัวเทป (MAGNITIC TAPE HEAD)

ระบบการบันทึกเสียงโดยทั่วไป จะใช้หัวเทปแม่เหล็ก ทำการบันทึก (RECORD) การลบ (ERASE) การเล่นกลับ (PLAYBACK) ในรูปที่ 3.3 เป็นหัวเทปที่ใช้สำหรับการบันทึกเสียง โดยจะมีหลักในการบันทึกเสียงคือ จะเปลี่ยนสัญญาณอินพุทเป็นแม่เหล็กถาวรชิ้นเล็ก ๆ ลงบนเส้นเทป โดยกระแสสัญญาณอินพุทจะไหลผ่านขดลวด ซึ่งพันรอบสารแม่เหล็ก ทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กไหลผ่านขั้วแต่ละข้าง ตัดกับช่องว่างระหว่างหัวเทป (HEADGAP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงถึงโครงสร้าง
และการทำงานของหัวบันทึกเทป



รูปที่ 3.4 แสดงการเกิดฟลักซ์
ของหัวเล่นกลับ

สนามแม่เหล็กที่ไหลเหมือนกระแสไฟฟ้านี้เราเรียกว่าฟลักซ์ (FLUX)และค่าความต้านทานฟลักซ์นี้ เรียกว่า รีลักแตนซ์ (RELUCTANCE) ช่องว่างระหว่างขั้วทั้งสองจะเป็นตัวสร้างรีลักแตนซ์ให้กับสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้น ออกไซด์แม่เหล็กของเทปจะให้ค่าความต้านทานของเส้นแรงแม่เหล็กต่ำกว่าช่องว่างที่ไม่เป็นแม่เหล็ก ดังนั้นฟลักซ์แม่เหล็กจึงเดินผ่านเทปจากขั้วหนึ่งไปยังอีกขั้วหนึ่ง การบันทึกสัญญาณจะเกิดขึ้นที่ปลายสุดของหัวเทปการหมุนของเทป เพราะว่าขอบเขตแม่เหล็กบนเทปจะรักษาขั้วหลังสุดและระดับความเข้มที่รับได้ก่อนออกจากช่องว่างของหัวเทป

หัวเทปสำหรับเล่นกลับ (REPRODUCE หรือ PLAY BACK HEAD)ตามรูปที่ 3.4 จะมีลักษณะคล้าย ๆ กับหัวเทปที่ใช้บันทึกเพียงแต่มีการทำงานที่กลับกัน คือเมื่อฟลักซ์ไหลผ่านช่องว่างของหัวเทปที่ใช้สำหรับเล่น ฟลักซ์จะทำการเหนี่ยวนำที่ขั้ว ทำให้มีกระแสไหลผ่านปิคอัพคอลย์ (PICKUP COLL) แล้วผ่านเข้าไปในวงจรขยายสัญญาณหรือในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวเทปนี้เป็นอุปกรณ์นอนลิเนียร์ (NON LINEAR) สัญญาณเอาท์พุทว่าเป็นสัดส่วนกันระหว่างจำนวนฟลักซ์แม่เหล็กเฉลี่ยของเทป กับอัตราการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์ซึ่งสามารถคำนวณค่าแรงดันเอาท์พุทได้ดังนี้

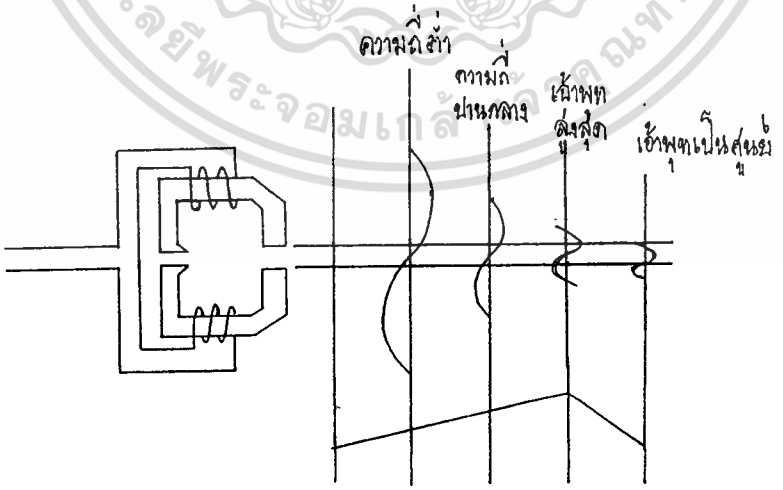
$$\frac{\phi}{t}$$

โดย ϕ คือค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์

t คือเวลาที่ใช้สำหรับ ϕ

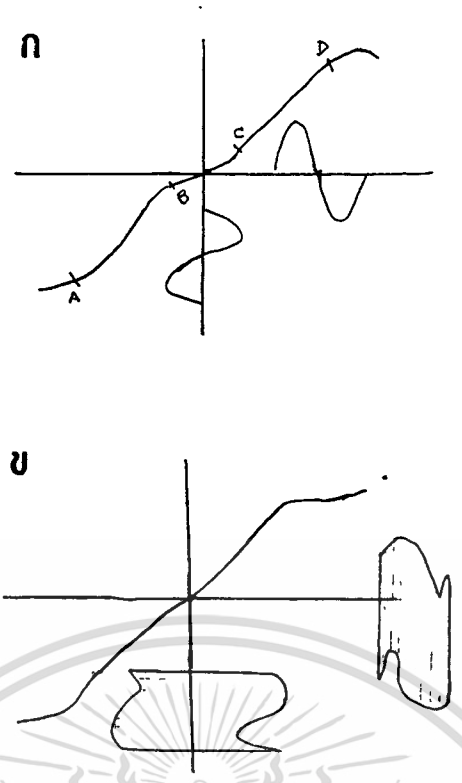
เอาท์พุตจะเป็นสัดส่วนโดยตรง กับอัตราการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็ก มักจะเป็นทวีคูณสำหรับในแต่ละเท่าของความถี่ตามรูปที่ 3.5 โดยที่จะเพิ่มขึ้นทีละ 6 dB ในแต่ละออคเตฟ (OCTAVE)

ความยาวของช่องว่างหัวเทป และความเร็วของเทปจะเป็นตัวกำหนดความถี่สูงสุดของหัวเทป ดังนั้นจึงเป็นตัวกำหนดแบนด์วิดธ์ (BAND WIDTH) ของระบบความยาวของสัญญาณที่มาบันทึกบนเทป เท่ากับความเร็วที่เทปเดินทางผ่านเทปเดินทางผ่านเทปหารด้วยความถี่ของสัญญาณ



รูปที่ 3.5 ผลตอบสนองต่อความถี่ต่าง ๆ ของช่องว่างของหัวเทปขณะทำการเล่นกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ผลของการไบแอสกระแสในการบันทึกเสียง

ก. กราฟของพลังงานแม่เหล็ก

ข. กราฟหลังจากการไบแอสกระแส

หัวลบเทป เป็นหัวเทปที่ทำให้อำนาจแม่เหล็กบนเส้นเทปมีค่าเป็นศูนย์เพื่อทำให้เทปได้มีการบันทึกเสียงใหม่ได้ โดยจะส่งสัญญาซายน์ความถี่สูง ทำให้อำนาจแม่เหล็กอิ่มตัวทั้งขั้วบวกและขั้วลบในเส้นเทป ระดับอำนาจแม่เหล็กเฉลี่ยจึงมีค่าเป็นศูนย์

อีควอไลเซชั่น (EQUALIZATION)

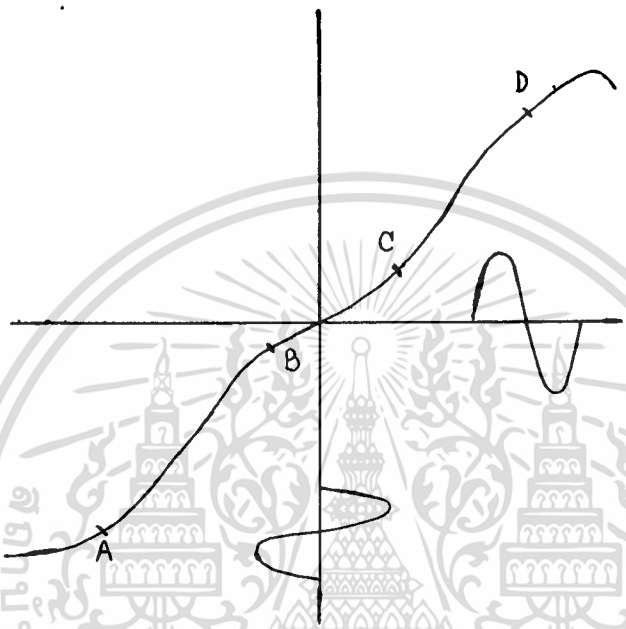
เป็นพารามิเตอร์หนึ่งในเนื้อเทป ซึ่งได้มาจากกระบวนการหนึ่งในการบันทึกเทปคือ จะมีการขยายหรือตัดความถี่ความถี่ใดความถี่หนึ่ง เพื่อที่ทำการเล่นกลับจะทำให้เสียงแฟลต FLAT) คือมีระดับเสียงทุ้มแหลมเท่ากันและจะทำให้มีระดับสัญญาณรบกวนต่ำ

กระแสไบแอส (BIAS CURRENT)

หมายถึงการป้อนสัญญาณความถี่สูงเข้าไปที่หัวบันทึกเสียงพร้อม ๆ กับสัญ

เอกสารนี้เป็น... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ญาณเสียง ที่ทำเช่นนี้เพื่อลดระดับเสียงรบกวนและความเพี้ยนต่าง ๆ โดยในเครื่องบันทึกเสียงจะมีปุ่ม bias นี้ไว้ให้ตั้งค่าโดยจะมีระดับต่ำกลางและสูง โดยที่ถ้าเป็นแถบธรรมดาใช้ค่าต่ำ ถ้าเป็นแถบโลหะ หรือเทปโครเมียมก็จะใช้ค่าสูงดังแสดงใน



รูปที่ 3.7 เป็นสัญญาณจากเทปแม่เหล็กซึ่งจะมีความเป็นเชิงเส้นระหว่างจุด A กับจุด B และระหว่างจุด C กับจุด D

ช่องการบันทึกข้อมูล (RECORDING CHANNALS)

ในแต่ละช่องของเครื่องบันทึกเทปก็จะมีลักษณะเหมือนกันทุกช่อง จากที่ผ่าน ๆ มาพบว่าหัวเทปจะมีการทำงานใน 3 รูปแบบคือ บันทึก เล่นกลับ และลบ ในเครื่องบันทึกเทปแต่ละช่องจะประกอบด้วย โมดุลซึ่งบรรจุไปด้วยการ์ด 3การ์ด ในแต่ละการ์ดก็จะทำหน้าที่หนึ่งใน 3 หน้าที่ในเครื่องบันทึกเทปสมัยใหม่นี้เป็นแบบมัลติแทร็ค ซึ่งจะใช้โมดุลอินพุท เอาท์พุต (I/O module) ซึ่งจะรวมทุก ๆ อย่างไว้บนแผ่นวงจรพิมพ์แผ่นเดียว ทำให้ง่ายในการควบคุมและปรับแต่ง ๆและโมดุลเหล่านี้จะถูกรวมไว้ในเมนแฟรม (MAIN FRAME) ชุดเดียวภายในเครื่องบันทึกเทป และโมดุลอินพุทเอาท์พุตเหล่านี้ก็จะสามารถสับเปลี่ยนกันได้ และโมดุลมีอิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้จะทำให้เราปรับระดับสัญญาณอินพุท เอาท์พุต สัญญาณซิงค์และอีควอไลเซอร์ได้อีกด้วย

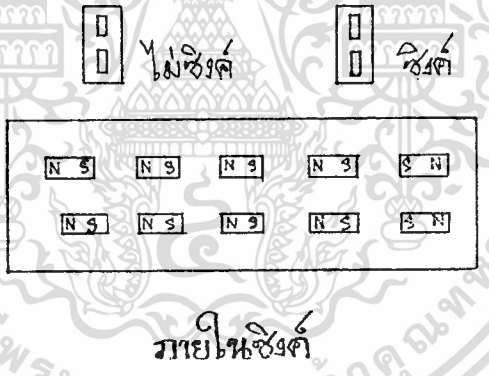
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณเอาท์พุตของเครื่องบันทึกเทปจะถูกสวิตช์ให้ทำงานในโหมด3 โหมดอินพุทเล่นกลับและโหมดซิงค์

ในโหมดอินพุท สัญญาณเอาท์พุตที่ได้จะมาจากสัญญาณอินพุทของแต่ละช่อง จะเห็นได้ว่ามิเตอร์หรือมอนิเตอร์ที่แสดงจะมีการตอบสนองโดยตรงจากสัญญาณอินพุท

ในโหมดการเล่นกลับ สัญญาณเอาท์พุตจะได้มาจากหัวเทปโดยตรงมิเตอร์ที่แสดงผลแต่ละช่องสัญญาณที่จะเป็นผลมาจากการเล่นกลับนี้

ในโหมดซิงค์ จำเป็นมากในการบันทึกเสียงแบบมัลติแทร็คดังแสดงในรูปที่ 3.8 เพราะว่าเป็นการบันทึกเสียงแยกกันหลาย ๆ แทร็คเราจำเป็นที่จะต้องให้จังหวะเข้ากันได้ดี ถึงไม่มีการซิงค์หรือการเข้าจังหวะกัน สัญญาณก็จะไม่สามารถสัมพันธ์กันได้

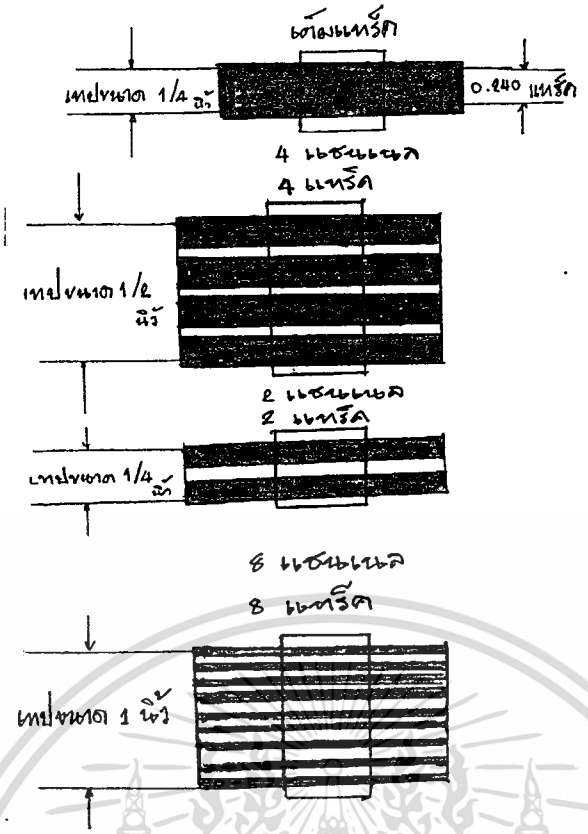


รูปที่ 3.8 การทำงานในโหมดซิงค์

รูปร่างภายนอกของเทปและหัวเทป

การแบ่งแยกเครื่องบันทึกเทปนั้นเราจะแบ่งตามจำนวนช่อง หรือความกว้างของเส้นเทป ซึ่งโดยทั่วไปจะมีขนาดดังนี้คือ 2 แทร็ค 1/4 นิ้ว, 4 แทร็ค1/2 นิ้ว, 8 แทร็ค 1 นิ้ว, 16 แทร็ค และ 24 แทร็ค 2 นิ้ว ตามรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ความกว้างและจำนวนแท็คของเทปที่ใช้ในการบันทึกเสียง

โดยทั่วไปแทร็คและความกว้างช่องว่างของหัวเทปจะมีขนาด 0.080 นิ้ว สำหรับเครื่องบันทึกเทปแบบ 1/4 นิ้ว 2 แทร็ค 0.070 นิ้ว สำหรับเครื่องบันทึกแบบ 1/2 นิ้ว 4 แทร็ค, 1 นิ้ว 8 แทร็ค และ 2 นิ้ว 16 แทร็คและขนาด 0.037 นิ้ว สำหรับเครื่องเทปแบบ 2 นิ้ว 24 แทร็ค ความกว้างของแทร็คน้อย ๆจะมีกว่าความกว้างมาก ๆ เพราะจะทำให้คุณภาพเสียงดีกว่า สัญญาณรบกวนน้อยส่วนช่องว่างที่มีอยู่ระหว่างแทร็คนั้นเราเรียกว่า การ์ดแบนด์ (GOURD BAND) ซึ่งเป็นตัวป้องกันสัญญาณรบกวนข้ามช่อง (CROSS TALK) สำหรับความเร็วเทปโดยทั่ว ๆ ไปที่ใช้ในการผลิตจะใช้ 7 1/2 นิ้วต่อวินาที, 15 นิ้วต่อวินาที และ 30 นิ้วต่อวินาที ซึ่งความเร็วขนาดนี้จะพบในเครื่องบันทึกเทปขนาด 1/4 และ 1/2 นิ้ว สำหรับ 7 1/2 นิ้วก็ยังใช้ได้ ในการบันทึกแบบมัลติแทร็ค ในปัจจุบันนิยมใช้ความเร็วขนาด 30 นิ้วต่อวินาที ซึ่งจะให้สัญญาณรบกวนต่ำ สัญญาณเอาท์พุตสูงและความเร็วนี้จะเป็นตัวลดทอน หรือกำจัดสัญญาณรบกวนออกไป

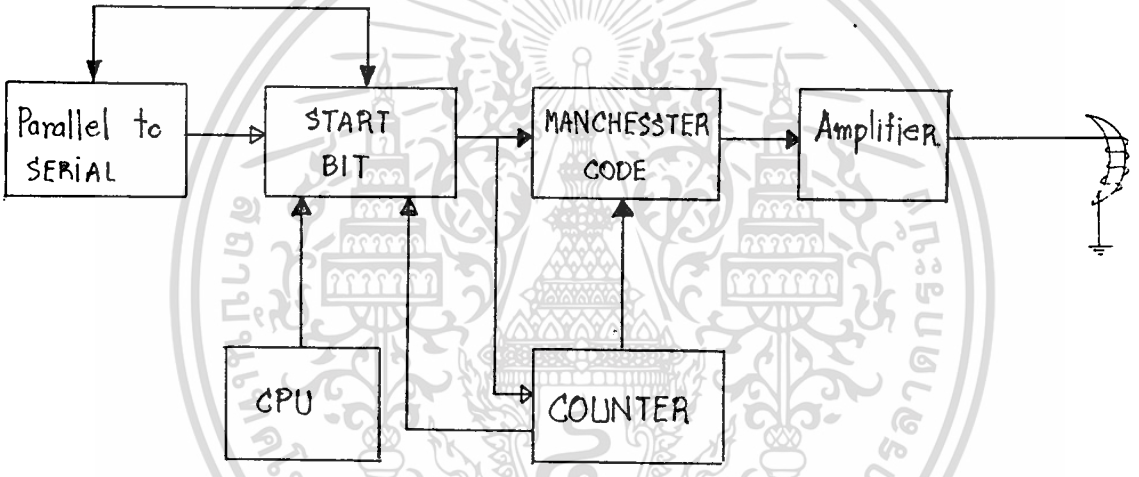
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การบันทึกและอ่านข้อมูลจากแถบแม่เหล็ก

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของวิธีการและวงจรบันทึกและอ่านข้อมูล โดยใช้สัญญาณดิจิตอล ที่ถูกเข้ารหัสเป็นประเภทของสัญญาณที่จะกระทำ

การบันทึกข้อมูลบนแถบแม่เหล็ก

ข้อมูลที่เป็นสัญญาณดิจิตอลจะถูกเข้ารหัสให้เป็น Manchesster Coad ก่อนจะบันทึกบนแถบแม่เหล็กและในส่วนของการบันทึกข้อมูล ได้มีการกำหนดรูปแบบของข้อมูลทั้งหมดซึ่งจะสอดคล้องกับหลักการทำงานตามบล็อกไดอะแกรม รูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมขอลการบันทึกข้อมูลบนแถบแม่เหล็ก

หลักการทำงาน

จากรูปที่ 4.1 เมื่อมีสัญญาณสโตรบจาก CPU เพื่อเริ่มบันทึกข้อมูลจะถูกส่งไปที่วงจร Start Bit เพื่อที่จะสร้างสัญญาณบิทเริ่มต้นจำนวน 4 บิทที่เป็นลอจิก "1"และที่วงขร Start Bit จะส่งสัญญาณไปที่วงจร Parallel to Seria เพื่อให้ส่งข้อมูลที่จะบันทึกมาที่วงจร Start Bit และจากนั้นข้อมูลจะถูกเข้ารหัส

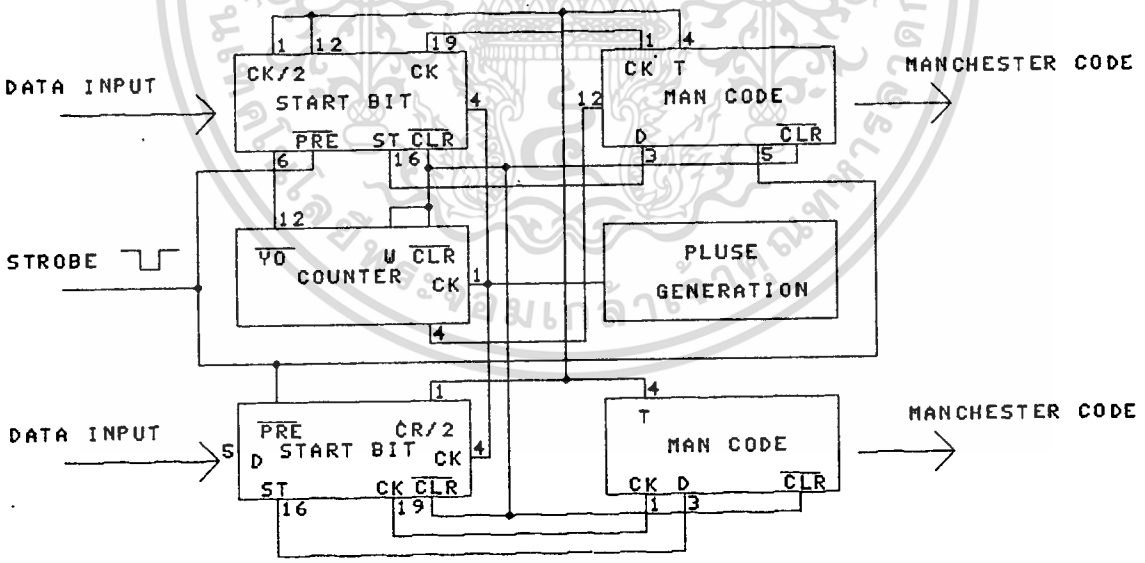
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยวงจร Manchesster Code และจะเพิ่มฮีตเตอร์รีซีต ของวงจรให้มีค่ามากขึ้นรวมทั้งจัดรูปร่างลักษณะของสัญญาณและขยายสัญญาณ ด้วยวงจร Schmitter และ Amplifier จากนั้นจึ้งส่งให้หัวบันทึกต่อไปอนึ่งวงจร Counterจะทำหน้าที่นับจำนวนบิทข้อมูลทั้งหมดที่จะบันทึกบนแถบแม่เหล็ก

เนื่องจากต้องการที่จะให้เกิดความเที่ยงตรงของข้อมูลที่จะบันทึกดังนั้น จึงใช้เทคโนโลยีของ IC GAL มาสร้างวงจรต่อไปนี้

- วงจรนับ (Counter)
- วงจรสตาร์ท (Start Bit)
- วงจรเข้ารหัส Manchesster

ถ้าหากสร้างวงจรทั้ง 3 ด้วยลอจิกเกต อาจจะทำให้เกิดการผิดพลาดของข้อมูลที่บันทึก ดังนั้นจึงใช้การสร้างฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์ของทั้ง 3 วงจรหลังจากนั้นจึงทำการโปรแกรม ใน IC GAL ต่อไป



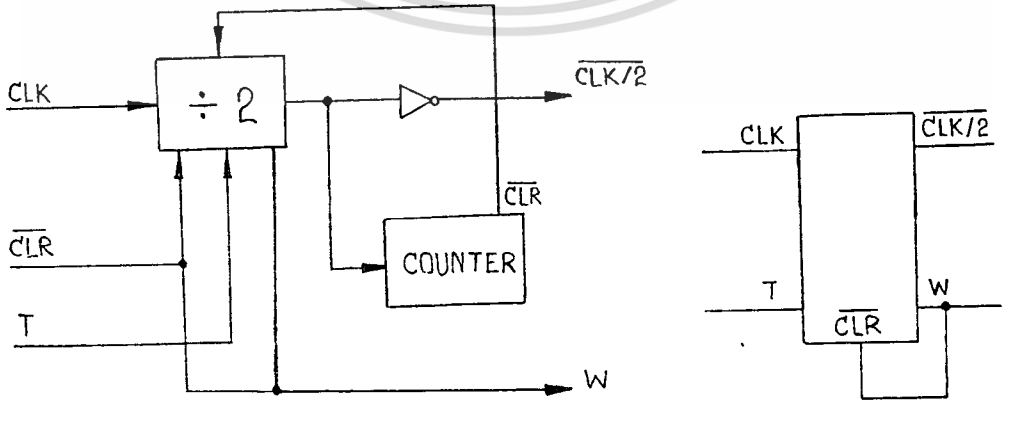
รูปที่ 4.2 วงจรสร้าง MANCHESTER CODE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.2 เป็นวงจรสร้างสัญญาณบิทเริ่มต้นและเข้ารหัสของสัญญาณเป็น Manchesster ในสภาวะเริ่มแรกสัญญาณเอาท์พุทของวงจร Start bit, Manchesster Code และ Counter จะมีสถานะเป็นลอจิก "0" ในตอนแรก ถ้าต้องการบันทึกข้อมูลลงบนแถบแม่เหล็กจะต้องมีการเปลี่ยนข้อมูลให้เป็น รหัส Manchesster โดยการส่งสัญญาณที่เป็นลอจิก 0 จาก CPU ไปที่ขา /PRE ของ U1,U2 และ U4 หลังจากนั้น U2 จะสร้างสัญญาณลอจิก 1 ส่งไปที่ขา 4 ของ U3 (Counter) ในขณะนี้ขา W ของ U3 จะมีระดับลอจิกเป็น 0 ดังนั้น U1,U2 ,U3,U4 และ U5 จึงพร้อมที่จะทำงาน โดย U3 จะสร้างสัญญาณ Pulse ที่มีความถี่เท่ากับครึ่งหนึ่งของสัญญาณ Pulse จากวงจร Generation ที่ขา 12 และส่งไปยังขา 6 ของ U1,U2,U4 และ U5 ที่ขา 1,4,1 และ 4 ตามลำดับ รวมทั้งส่วนของ วงจรเลื่อนข้อมูลจำนวน 32 บิททั้ง 2 ชุดด้วย จากนั้นวงจรสตาร์ทบิท (U1,U4) จะสร้างสัญญาณระดับลอจิก 1 จำนวน 4 บิทไปให้กับ U2, U5 ที่ทำหน้าที่ในการแปลงรหัส ในขณะเดียวกันก็จะมีข้อมูลจากวงจร Shift ข้อมูลจำนวน 32 บิท 2 ชุดส่งไปที่ขา D ของ U1 และ U4 ทำการเข้ารหัสสัญญาณและส่งไปวงจรขยายสัญญาณต่อไป

วงจรนับ

จากวงจรในรูปที่ 4.2 จะใช้ IC GAL เป็นวงจรนับ 72 สเตทโดยเมื่อนับครบก็ไม่จ่ายสัญญาณนาฬิกาให้กับอุปกรณ์ทุกตัว วงจรในส่วนของการบันทึกข้อมูลก็จะหยุดทำงานรวมทั้งวงจรเลื่อนข้อมูลด้วย

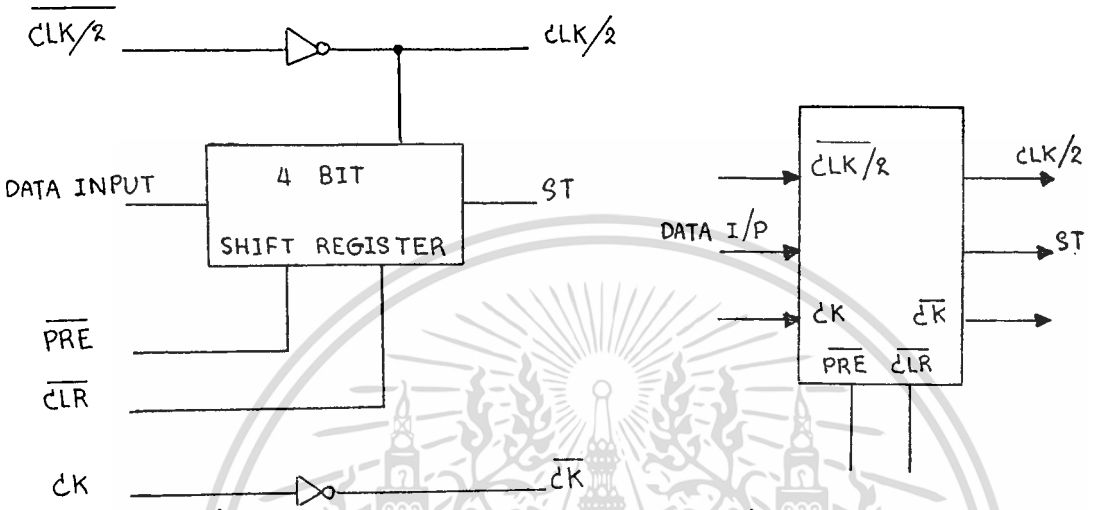


รูปที่ 4.3 บล็อกไดอะแกรมของ IC Counter และขาสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรสร้างบิทเริ่มต้น (Start Bit)

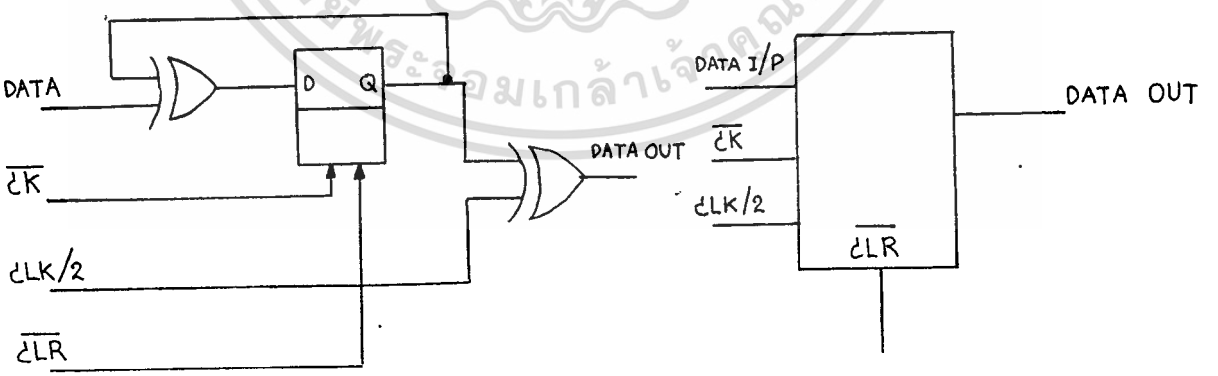
ในส่วนนี้ IC Start Bit จะสร้างสัญญาณบิทเริ่มต้นจำนวน 4 บิทโดยมีระดับสัญญาณเป็นลอจิก 1 หลังจากนั้นข้อมูลต่อไปก็จะมาจากส่วนที่มาจากวงจรเลื่อนข้อมูลและจะกลับเฟสของสัญญาณ CK และ CLK/2



รูปที่ 4.4 บล็อกไดอะแกรมของ IC Start Bit และขาสัญญาณ

วงจรเข้ารหัสเป็น Manchesster

ข้อมูลที่บันทึกบนแถบแม่เหล็กจะเป็นแบบอนุกรม และถูกเข้ารหัสเป็น Manchesster จากนั้นจึงส่งไปยังวงจรบันทึกต่อไป

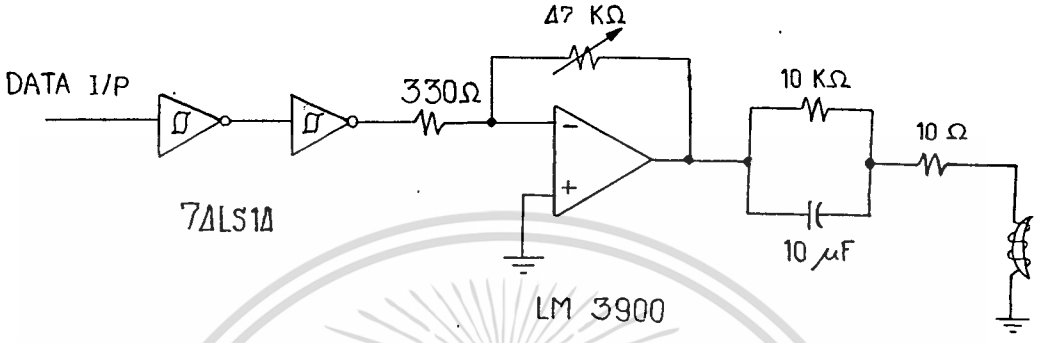


รูปที่ 4.5 บล็อกไดอะแกรมของ IC Manchesster และขาสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรบันทึกข้อมูล

หลังจากได้ข้อมูลที่เป็นรหัสที่เป็น Manchesster แล้วก็จะทำการบันทึกโดยหัวบันทึกด้วยวงจรบันทึกดังแสดงในรูปที่ 4.6

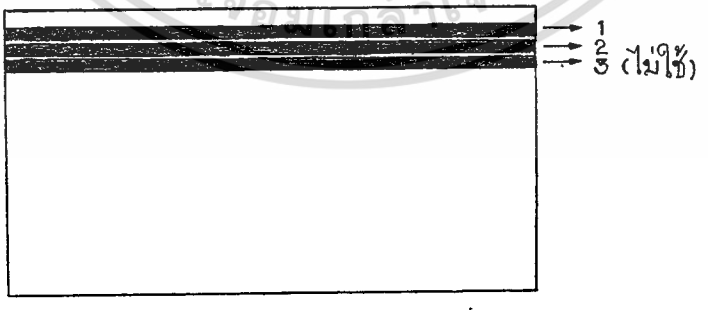


รูปที่ 4.6 วงจรบันทึกข้อมูล

ไอซี 74LS14 มีหน้าที่เป็นวงจร Schmitter Trigger ซึ่งจะเพิ่มอีสเตอร์รีซีสของสัญญาณให้มีค่ามากขึ้น จากนั้นจะขยายสัญญาณโดยใช้ LM3900 และจะผ่านวงจร Low Pass Filter และไปที่หัวบันทึกข้อมูลต่อไป

รูปแบบของข้อมูลที่บันทึกบนแถบแม่เหล็ก

จำนวนของข้อมูลที่บันทึกบนแถบแม่เหล็กเท่ากับ 72 บิทแต่จะใช้แทรคบันทึกข้อมูลจำนวน 2 แทรคโดยข้อมูลที่ทำการบันทึกจะเท่ากับ แทรคละ 36 บิทและจะใช้ความถี่ในการบันทึกเท่ากับ 300 Hz รูปที่ 4.7 แสดงตำแหน่งของแทรคที่จะบันทึกข้อมูล



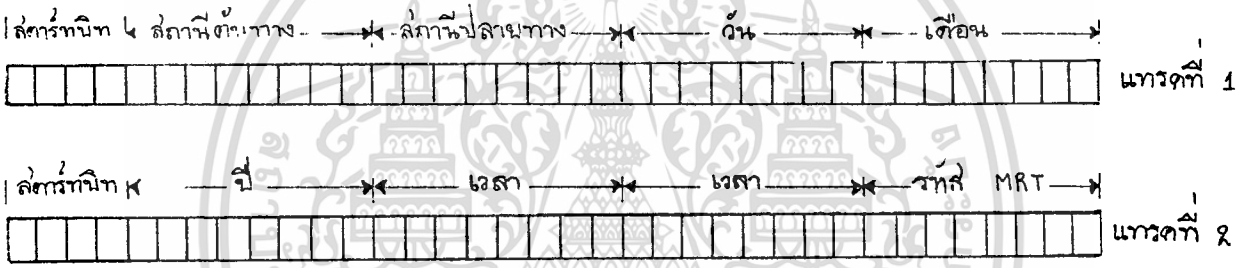
รูปที่ 4.7 แสดงตำแหน่งของแทรคที่จะบันทึกข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่จะบันทึกบนแถบแม่เหล็กจะต้องมีการกำหนดจำนวนบิทตามความเหมาะสมของการใช้งาน ดังจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- สถานีต้นทาง จำนวนข้อมูล 8 บิท
- สถานีปลายทาง จำนวนข้อมูล 8 บิท
- วัน/เดือน/ปี จำนวนข้อมูล 24 บิท
- เวลา จำนวนข้อมูล 16 บิท
- รหัส MRT จำนวนข้อมูล 8 บิท

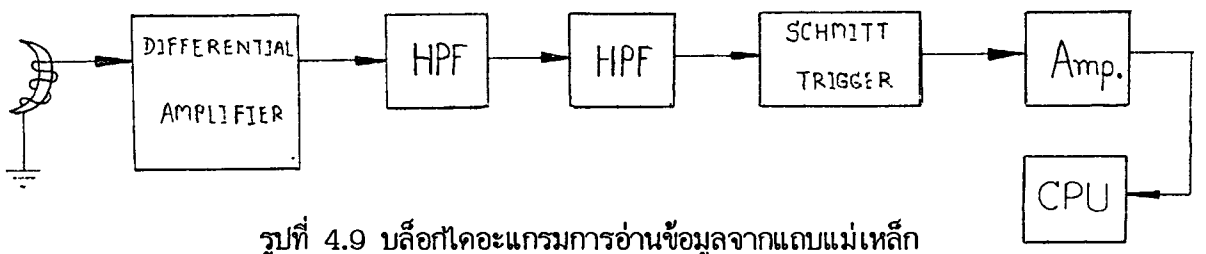
จำนวนของข้อมูลที่จะบันทึกบนแถบแม่เหล็ก ทั้งหมด 2 แทรคเมื่อรวมสตาร์ทบิทอีกจำนวน 8 บิทจะเท่ากับ 72 บิทโดยการวางตำแหน่งของข้อมูลดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ตำแหน่งของข้อมูลที่บันทึกที่แทรค 1 และ 2

การอ่านข้อมูลจากแถบแม่เหล็ก

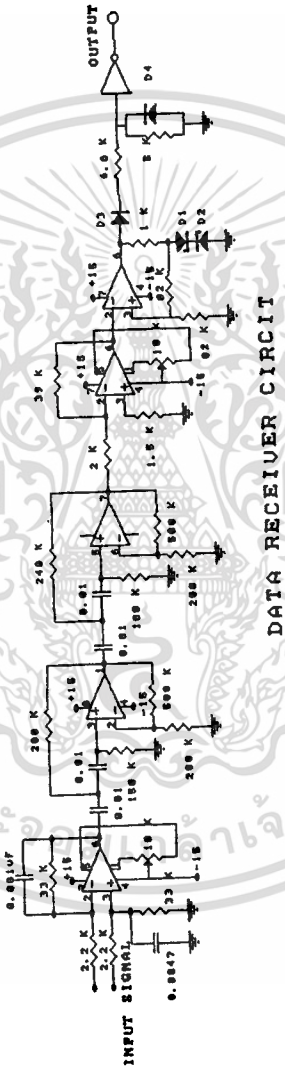
ในการอ่านข้อมูล จะมีวงจรอ่านข้อมูลจากหัวเทป และส่งสัญญาณไปที่ CPU ต่อไปและหน้าที่ของซอร์ฟแวร์จะช่วยจัดการการ Sync ของ Data และ Clock จากสัญญาณที่อ่านออกมาซึ่งจะสามารถทำงานได้ถูกต้องมากกว่าการใช้วงจรทาง Hardware



รูปที่ 4.9 บล็อกไดอะแกรมการอ่านข้อมูลจากแถบแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.9 สัญญาณจากัวเทปจะถูกขยายความแตกต่างของสัญญาณด้วยวงจร Differential Amplifier และจะกรองสัญญาณด้วยวงจร High Pass Filter จากนั้นจะขยายสัญญาณด้วยวงจร Amplifier และจะมีการเปรียบเทียบและแต่งสัญญาณด้วยวงจร Compensive & Schmit Trigger จากนั้นจึงกลับเฟสของสัญญาณและส่งไปยัง CPU เพื่อทำการประมวลผลต่อไป



รูปที่ 4.10 วงจรอ่านข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
เทคโนโลยีของอุปกรณ์ลอจิกอะ เรย์

จากอุปกรณ์ไอซีตระกูล PAL (Programable Array Logic)ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทางโรงงานผู้ผลิตได้บรรจุวงจรเกตพื้นฐานแบบต่าง ๆ เช่น AND เกต, OR เกต,อินเวอร์เตอร์รวมไว้ในตัวเดียวกัน ผู้ใช้สามารถออกแบบเชื่อมโยงวงจรเกตเหล่านี้เข้าด้วยกันได้เพื่อให้วงจรดิจิตอลลอจิกมีฟังก์ชันการทำงานตามความต้องการ อุปกรณ์ที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้นี้จะมีชื่อเรียกรวมกันว่า PLD (Programable Logic Device)ซึ่งก็มีอยู่หลายชนิดด้วยกัน และ PAL ก็เป็นอุปกรณ์ตัวหนึ่งในจำพวก PLD

เรื่องของ PAL นี้ เซมิฯได้เคยลงบทความไว้แล้วในฉบับที่ 83 และมีการนำไปประยุกต์ใช้งานในโครงงาน เรื่อง เครื่องตรวจสอบไอซีดิจิตอล TTL ในวงจรในเซมิฯฉบับที่ 104 ปัจจุบันได้มีการผลิตอุปกรณ์ PLD ชนิดใหม่ โดยมีชื่อว่าGAL (GenericArray Logic) เจ้า GAL (อ่านว่า "แกล") นี้จะเก่งกล้าหรือมีความสามารถสูงกว่าอุปกรณ์ PAL เดิมยังไงก็ต้องติดตามกันต่อไป

ทำความรู้จักกับ GAL

จากไอซี PAL ที่สามารถเลือกกันได้ เช่น ทำงานที่ลอจิก "H" (active high)หรือ "L" (active low) หรือเป็นแบบรีจิสเตอร์ที่สามารถออกแบบวงจรซีเควนเชียล(sequential) ได้ ทำให้มีการพัฒนามาเป็น GAL โดยที่ GAL 1 ตัว จะสามารถใช้แทนPAL แบบต่าง ๆ ได้มากมาย

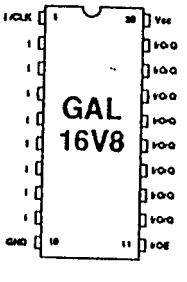
GAL ที่จะใช้แนะนำในบทความนี้ คือ GAL16V8 และ GAL20V8 ของบริษัท LatticeSemiconductor ทั้งสองตัวมีคุณสมบัติต่าง ๆ โดยสังเขปดังนี้

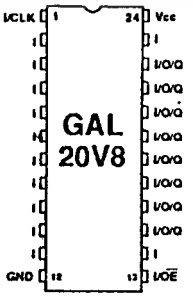
-ใช้เทคโนโลยี E2CMOS (Electrically Erasable CMOS)ในการผลิตมีข้อดีคือ

- เวลาหน่วง (prepagation delay) สูงสุด 15 นาโนวินาที
- ใช้งานความถี่สูงสุด 50 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

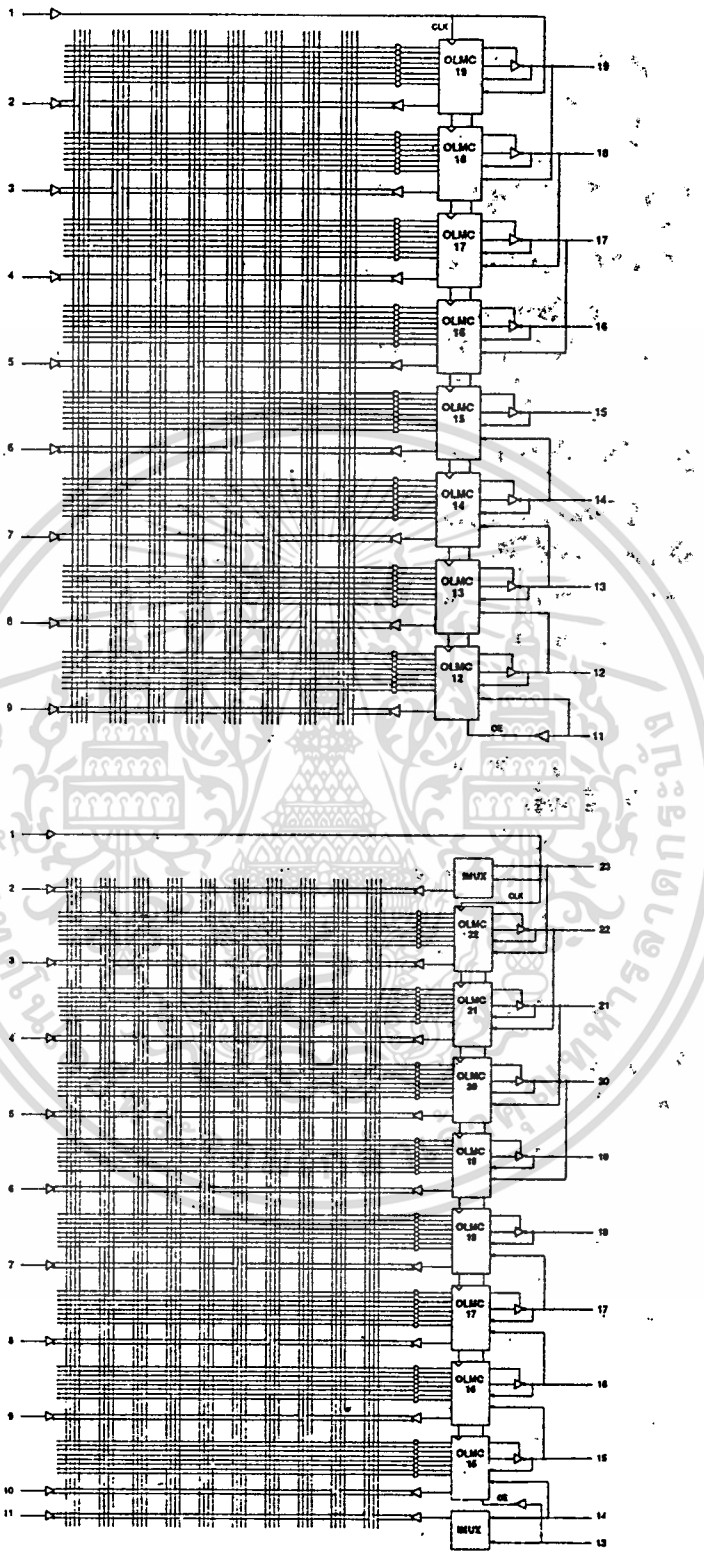
- เวลาที่ใช้สูงสุดจากคล็อกถึงการเปลี่ยนแปลงที่เอาต์พุต12นาโนวินาที
- คุณสมบัติทางเอาต์พุตเหมือนกับไอซีทีทีแอล (รับกระแสได้ 24 mA)
- ใช้พลังงานเพียงครึ่งเดียวของอุปกรณ์ไบโพลาร์ทั่วไปคือกินกระแสสูงสุด (Icc)เพียง 45 มิลลิแอมป์เท่านั้น
- โครงสร้างเป็น E2CELL ทำให้
  - สามารถกำหนดลอจิกการทำงานใหม่ได้
  - ผ่านการทดสอบและรับประกัน 100 เปอร์เซ็นต์เต็ม
  - ใช้ความเร็วในการลบโปรแกรมด้วยไฟฟ้าน้อยกว่า 50 มิลลิวินาที
  - เก็บรักษาข้อมูลที่โปรแกรมได้นานถึง 20 ปี
- มีเอาต์พุตลอจิกมาโครเซลล์ หรือ OLMC (Output Logic Macrocell) 8 เอาต์พุตทำให้
  - สะดวกต่อการออกแบบวงจรลอจิกที่ซับซ้อนมากได้
  - สามารถโปรแกรมเอาต์พุตให้ทำงานที่ลอจิก "H" หรือ "L" ได้
  - GAL16V8 สามารถนำมาใช้งานแทน PAL ขนาด 20 ขาได้หลายชนิดได้แบบเต็มฟังก์ชันการทำงาน
  - GAL20V8 สามารถจำลองใช้แทน PAL ขนาด 24 ขา
- มีการปรีโหลดและเพาเวอร์ ออนรีเซต (power-on resert) ของทุกรีจิสเตอร์





รูปที่ 5.1 แสดงการจัดขาและลักษณะตัวถังของ GAL16V8 และ GAL20V8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 ลอจิกไดอะแกรมของ GAL16V8 และ GAL20V8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการใช้ GAL16V8 และ GAL20V8 แทนอุปกรณ์ PAL ต่าง ๆ ได้สรุปไว้แล้วในตารางที่ 1 โดยจะเห็นได้ว่า GAL 1 ตัว สามารถแทน PAL ได้ถึง 21 เบอร์และด้วยเทคโนโลยี E2CMOS ในการผลิตจึงสามารถลบและเขียนโปรแกรมใหม่ได้ถึง 100 ครั้งโดยจะใช้กระแสไฟฟ้าในการลบโปรแกรม นอกจากนี้ GAL ยังกินกระแสน้อยเพียงครึ่งหนึ่งของแบบไบโพลาร์ธรรมดา (50 เปอร์เซ็นต์ หรือ 75 mA ในแบบ half power) และยังสามารถเลือกแบบกินกระแสเพียง 1/4 เท่าได้ด้วย (40 mA ในรุ่น quarter power)

จากบล็อกไดอะแกรมของ GAL ในรูปที่ 2 จะเห็นว่ามีวงจรแปลก ๆ ที่ชื่อ OLMC ซึ่งเจ้า OLMC หรือเอาต์พุตลอจิกมาโครเซลล์นี้จะเป็นหัวใจในการาที่ทำให้ GAL นี้สามารถใช้แทน PAL ได้หลาย ๆ เบอร์

GAL20V8 PAL Architecture Emulation	GAL16V8 PAL Architecture Emulation
20L8	16L8
20H8	16H8
20R8	16R8
20R6	16R6
20R4	16R4
20P8	16P8
20RP8	16RP8
20RP6	16RP6
20RP4	16RP4
14L8	10L8
16L6	12L6
18L4	14L4
20L2	16L2
14H8	10H8
16H6	12H6
18H4	14H4
20H2	16H2
14P8	10P8
16P6	12P6
18P4	14P4
20P2	16P2

ตารางที่ 5.1 แสดงไอซี PAL เบอร์ต่างๆ

เอาต์พุตลอจิกมาโครเซลล์ (OLMC)

บล็อกไดอะแกรมของเอาต์พุตลอจิกมาโครเซลล์ หรือ OLMC แสดงในรูปที่ 3 เอาต์พุตของแอนด์เกตในส่วนแอนด์อะเรย์จะป้อนเข้ามายัง OLMC แล้วใช้โปรแกรมการทำงานของOLMCได้ 3 โหมดเพื่อให้ได้เอาต์พุตลอจิกแบบต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามต้องการ ซึ่งการโปรแกรมเลือกโหมดการทำงานนี้จะถูกทำโดยซอฟต์แวร์หรือฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการออกแบบ GAL เองโดยอัตโนมัติ ซึ่งผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องไปสนใจวิธีการโปรแกรมมุ่นเลย

โหมดการทำงานของ OLMC มีด้วยกัน 3 โหมด คือ ซิมเปิลโหมด (simple mode)คอมเพล็กโหมด (complex mode) และรีจิสเตอร์โหมด (registered mode)

GAL®16V8 (20-PIN) PLD SERIES	
GAL20V8-15L	15ns t_{PD}, Half Power
GAL20V8-20L	20ns t_{PD}, Half Power
GAL20V8-20LM	20ns t_{PD}, Half Power (Military Temp.)
GAL20V8-20Q	20ns t_{PD}, Quarter Power
GAL20V8-20QM	20ns t_{PD}, Quarter Power (Military Temp.)
GAL20V8-25L	25ns t_{PD}, Half Power
GAL20V8-25Q	25ns t_{PD}, Quarter Power
ULTRA HIGH SPEED GAL®16V8A (20-PIN) PLD SERIES	
GAL16V8A-10L	10ns t_{PD}, Half Power
GAL16V8A-12L	12ns t_{PD}, Half Power
GAL®20V8 (24-PIN) PLD SERIES	
GAL16V8-15L	15ns t_{PD}, Half Power
GAL16V8-20L	20ns t_{PD}, Half Power
GAL16V8-20LM	20ns t_{PD}, Half Power (Military Temp.)
GAL16V8-20Q	20ns t_{PD}, Quarter Power
GAL16V8-20QM	20ns t_{PD}, Quarter Power (Military Temp.)
GAL16V8-25L	25ns t_{PD}, Half Power
GAL16V8-25Q	25ns t_{PD}, Quarter Power

ตารางที่ 5.2 แสดงแนวทางในการเลือกใช้ GAL

ซิมเปิลโหมด

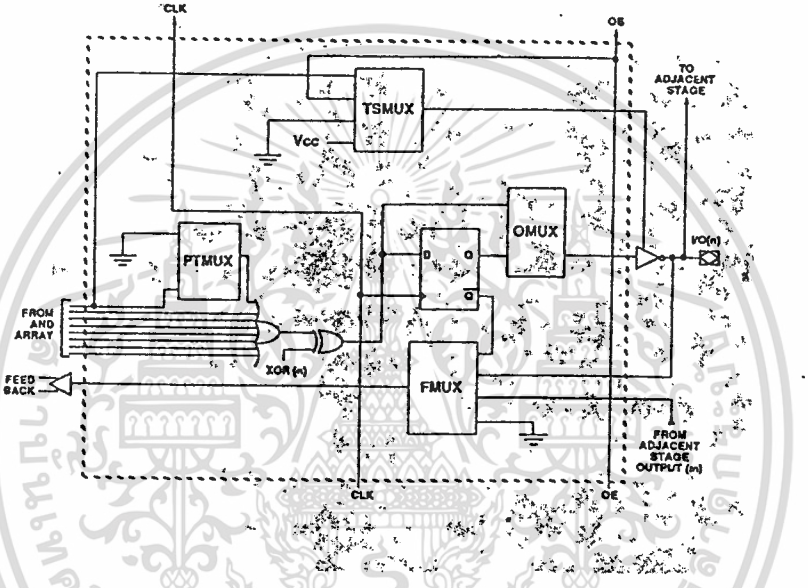
ในโหมดนี้ OLMC จะมีลักษณะการต่อวงจรดังรูปที่ 4 ในแต่ละขาของ GAL จะทำหน้าที่เป็นอินพุตหรือเอาต์พุตได้เพียงอย่างเดียว

. โครงสร้างเอาต์พุตจะเหมือนกับของ PAL10L8 18H4 และ 16P6 แต่สามารถโปรแกรมอินพุตและเอาต์พุตให้ทำงานที่ลอจิก "L" หรือ "H" ได้

เอาต์พุตทั้งหมดจะเป็นของข้อมูลจากโปรดักเทอม (จากเอาต์พุตทั้ง 6 ของ AND เกต)มาเข้า OR เกต โดยแต่ละเอาต์พุตสามารถโปรแกรมให้ทำงานที่ลอจิก "L" หรือ "H" ได้(programable polarity)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโหมดนี้ขา OE และ CLK (ขา 1 และ 11 ของ GAL16V8, ขา 1 และ 13 ของ20V8) จะไม่ได้ใช้ ทำให้ใช้เป็นขาอินพุตป้อนสัญญาณเข้า AND อะเรย์ได้แต่ OLMC ตัวที่อยู่ตรงกลางทั้งสองตัว (ขา 15 และ 16 ของ GAL 16V8, ขา 18และ 19 ของ 20V8) จะไม่สามารถใช้เป็นขาอินพุตได้



รูปที่ 5.3 บล็อกไดอะแกรมของเอ้าพุทลอจิกมาโครเซลล์

คอมเพล็กซ์โหมด

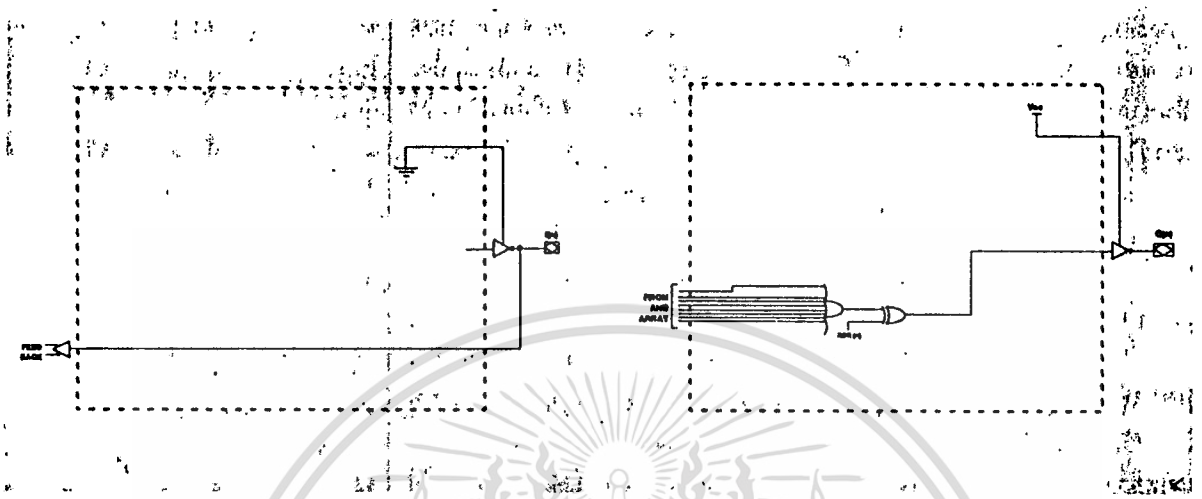
ในโหมดนี้ OLMC จะมีลักษณะการต่อวงจรดังรูปที่ 5 โดยจะต่อเป็นเอาต์พุตอย่างเดียวหรือต่อเป็นอินพุต/เอาต์พุต (I/O function) ก็ได้

การจัดโครงสร้างในลักษณะนี้จะด้วยการโปรแกรมโพลาริตี้ลงในแต่ละ OLMC ในโหมดนี้จะมีขาที่เป็นอินพุต/เอาต์พุตได้สูงสุด 6 ตัว (ขา) โดย OLMC อีก 2 ตัว(ขา 12 และ 19 ของ 16V8, ขา 15 และ 22 ของ 20V8) จะเป็นเอาต์พุตได้อย่างเดียวสัญญาณอินพุตหรือเอาต์พุตจะสามารถใช้เป็นส่วนหนึ่งของอินพุต/เอาต์พุตได้

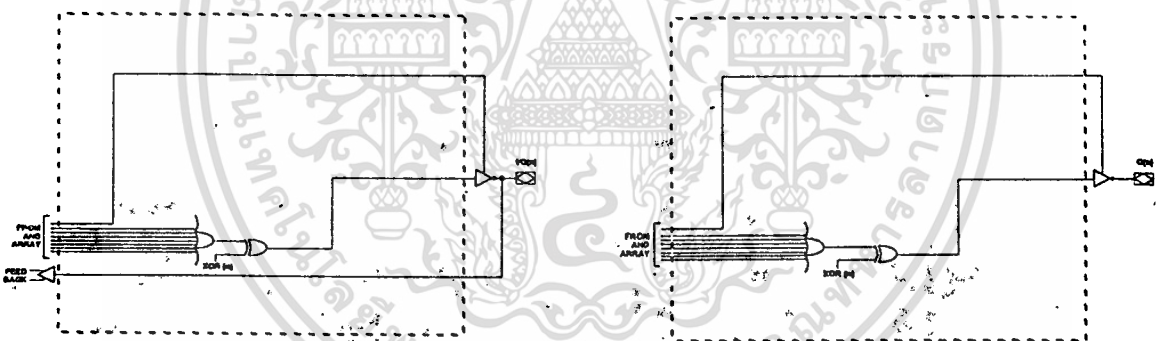
เอาต์พุตของ OLMC ทั้งหมดจะได้จากโปรดักเทอม 7 เทอม ต่อ 1 เอาต์พุต โดยจะเสียโปรดักเทอม 1 เทอม จะใช้ของ GAL16V8, ขา 1 และ ขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

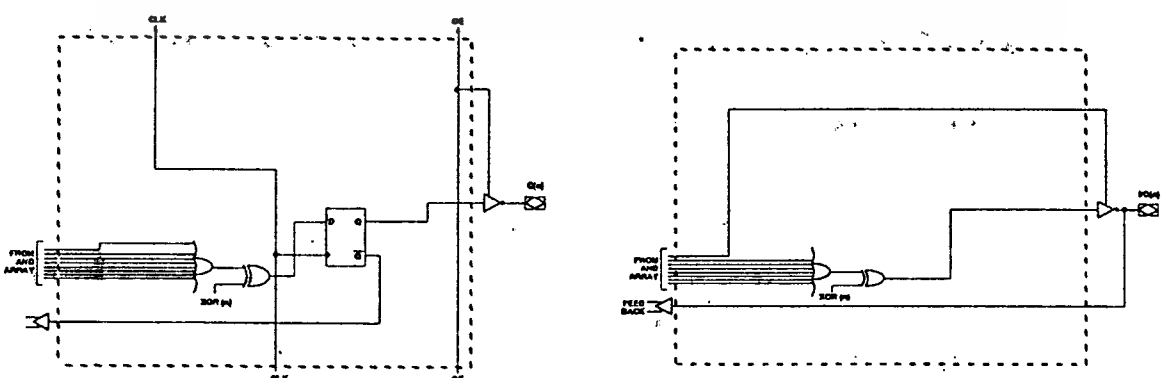
13 ของในการโปรแกรมสัญญาณ OE ซึ่งจะเหมือนกับชิมเบิลโหมดที่ขา 1 และ 11 20V8 สามารถใช้เป็นขาอินพุตป้อนข้อมูลไปยัง AND อะเรย์ได้



รูปที่ 5.4 ลักษณะการต่อวงจรภายในของ OLMC ใน SIMPLE MODE



รูปที่ 5.5 ลักษณะการต่อวงจรภายในของ OLMC ใน COMPLEX MODE



รูปที่ 5.6 ลักษณะการต่อวงจรภายในของ OLMC ใน REGISTER MODE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์โหมด

ในโหมดนี้ OLMC จะมีลักษณะการต่อวงจรดังรูปที่ 6 เอาต์พุตของ OLMC จะสามารถต่อเป็นรีจิสเตอร์เอาต์พุตหรือเป็นอินพุต/เอาต์พุตฟังก์ชันได้ จากลักษณะ ของโหมดนี้จะคล้ายกับPAL16R8, 20R8 และ 16RP4

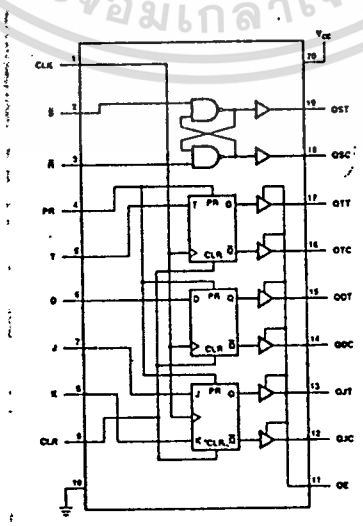
ในโหมดนี้ OLMC ทั้งหมดจะใช้สัญญาณ OE และ CLK ร่วมกัน OLMC แต่ละตัวจะสามารถทำงานเป็นรีจิสเตอร์หรืออินพุต/เอาต์พุตได้ โดยสามารถมีได้สูงสุด 8 ตัว สัญญาณอินพุตหรือเอาต์พุตสามารถนำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของอินพุต/เอาต์พุตได้

ถ้าต่อเป็นรีจิสเตอร์เอาต์พุต เอาต์พุตที่ได้จะเป็นของ 8 โปรดักเทอมต่อ 1 เอาต์พุตถ้าต่อเป็นอินพุต/เอาต์พุตจะมี 7 โปรดักเทอมต่อ 1 เอาต์พุต

อิเล็กทรอนิกส์ซิกเนเจอร์

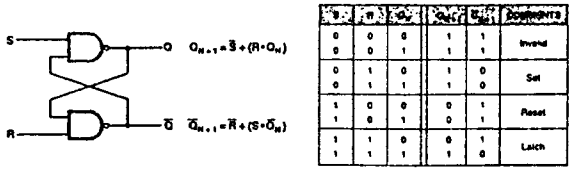
อิเล็กทรอนิกส์ซิกเนเจอร์หรือ ES (Electronic Signature) จะมีอยู่ใน GAL16V8และ GAL20V8 ทุกตัว ES นี้จะเป็นหน่วยความจำที่สามารถโปรแกรมใหม่ได้ มีขนาด64 บิต เพื่อให้ผู้ใช้สามารถป้อนข้อมูลของแต่ละคนได้ ES นี้จะไม่เกี่ยวข้องกับสถานะของซีเคียวริตี้เซลล์ (security cell)

ภายใน ES จะมีข้อมูลของ checksum ไว้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเมื่อเปลี่ยนข้อมูลของ ES จะทำให้ checksum เปลี่ยนค่าได้

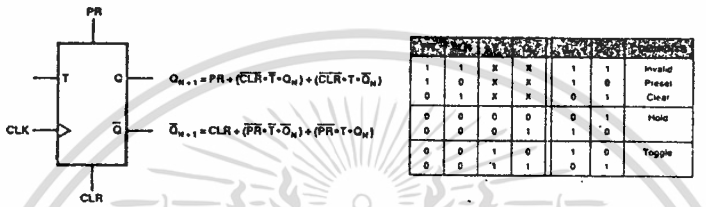


รูปที่ 5.7 แสดงการจัดขาของ GAL16V8 เมื่อใช้ฟลิปฟลอปต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8 ตารางการทำงานและสมการของ RS-LATCH



รูปที่ 5.9 T-FILPFLOP

ซีเคียวริตี้เซลล์

ซีเคียวริตี้เซลล์ (security cell) มีไว้เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้อื่นมาลอกเลียนแบบ(copy) ข้อมูลภายในตัว GAL ของเราได้ หลังจากที่เราโปรแกรมเซลล์นี้แล้ว จะทำให้ไม่สามารถอ่านข้อมูลภายใน AND อะเรย์ว่ามีการต่ออย่างไรเซลล์ชนิดนี้จะถูกลบได้อย่างเดียวด้วยการลบแบบบูลค์ (bulk erase cycle) ซึ่งข้อมูลทั้งหมดก็จะถูกลบไปพร้อมกันด้วย

อินพุตบัฟเฟอร์

อินพุตบัฟเฟอร์ของ GAL ทั้งสองเบอร์นี้ออกแบบเพื่อให้ใช้กับระดับแรงดันลอจิกของทีทีแอลได้ โดยจะมีอิมพีแดนซ์สูงทำให้กินกระแสจากวงจรที่นำมาต่อกับมันน้อย นอกจากนี้เอาต์พุตยังสามารถนำไปต่อขับอุปกรณ์ลอจิกอื่น ๆ ได้มากกว่าทีทีแอลแบบไบโพลาร์ทั่วไปด้วย

ที่อินพุตแต่ละตัวไม่มีการต่อพูลอัพภายใน ดังนั้นขาอินพุตและขาไอโอแบบสามสถานะที่ไม่ได้ใช้ควรจะนำไปต่อกับอินพุตอื่นที่ใช้งาน หรือต่อไฟเลี้ยงหรือกราวด์ เพื่อลดระดับสัญญาณรบกวนและช่วยให้มีกินกระแส (Icc) น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอาต์พุตรีจิสเตอร์ปรีโหลด (output register preload)

ในการทดสอบการทำงานในซีเควนเชียลโหมด จะสามารถตั้งค่าเอาต์พุตของรีจิสเตอร์ได้ว่าต้องการให้เป็น "L" หรือ "H" ได้ เพื่อกำหนดสถานะปัจจุบัน (presentstate) ได้ แล้วจึงป้อนอินพุตเพื่อทดสอบสถานะถัดไป (next state)ว่าจะเป็นไปตามค่าที่ต้องการหรือไม่ และยังสามารถทดสอบการใช้งานตามความเป็นจริงคือ หลังจากตั้งค่าเอาต์พุตของรีจิสเตอร์แล้วจะหยุดสัญญาณที่ป้อนกลับแล้วป้อนสัญญาณที่ผิดปกติ (ช่วงเปิดเครื่อง(power up), ไฟเลี้ยงที่ใช้มีกลิตช์แฝงมา ฯลฯ) เข้าไปยังรีจิสเตอร์แล้วตรวจสอบดูว่าเอาต์พุตของวงจรที่ทดสอบจะยังสามารถให้เอาต์พุตในสถานะถัดไปที่ถูกต้องได้หรือไม่

การลบข้อมูลแบบบัลค์โหมด (bulk erase mode)

ก่อนการโปรแกรมข้อมูล (pattern) จะต้องมีการลบข้อมูลเก่าทิ้งไปก่อน ซึ่งการลบข้อมูลนี้จะเป็นไปโดยอัตโนมัติจากเครื่องที่ใช้โปรแกรม โดยจะเป็นส่วนหนึ่งของไซเกิลการเขียนข้อมูล ซึ่งใช้เวลาในการลบทั้งหมด 50 มิลลิวินาที

เพาเวอร์อัพรีเซต

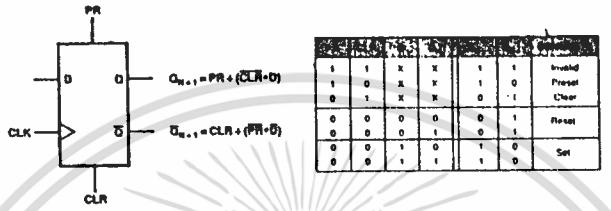
หลังจากที่ป้อนไฟเลี้ยงแล้วจะมีสัญญาณไปรีเซตรีจิสเตอร์ทุกตัว เมื่อเวลาผ่านไป(tRESET สูงสุด 45 .s) เอาต์พุต Q ของรีจิสเตอร์ทุกตัวจะถูกตั้งให้เป็น "L" ส่งผลให้ขาเอาต์พุต (ถ้ามีสัญญาณ OE มากระตุ้นให้ทำงาน) จะมีลอจิกเป็น "H" โดยไม่ขึ้นกับการกำหนดโพลาริตี้ ความสามารถอันนี้จะทำให้การออกแบบวงจรซีเควนเชียลได้ง่ายขึ้น โดยการกำหนดสถานะช่วงเริ่มต้นของไซเกิลการทำงานให้ปรากฏที่ช่วงเพาเวอร์อัพ

ตัวอย่างการออกแบบ GAL ไปประยุกต์ใช้งาน

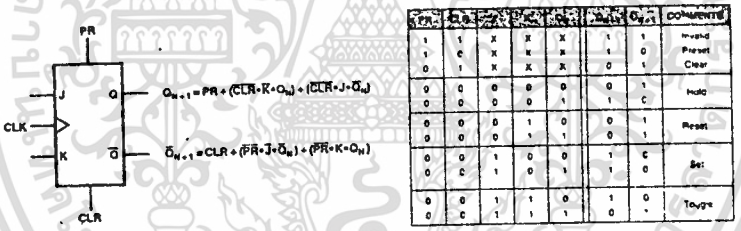
- **ใช้เป็นฟลิปฟลอป (FF) พื้นฐานแบบต่าง ๆ** เป็นการนำ GAL16V8 ไปใช้งานเป็นฟลิปฟลอปพื้นฐานทั้ง 4 แบบที่ได้แก่ RS-latch, T-ฟลิปฟลอป, D-ฟลิปฟลอป และJK ฟลิปฟลอป ซึ่งมีการจัดขาดังรูปที่ 5.7 และแสดงตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงาน (truth table)และสมการของฟลิปฟลอปแต่ละตัวได้ดังรูปที่ 5.8 -5.11ตามลำดับเป็นที่น่าสังเกตว่าฟลิปฟลอปในรูปที่ 5.8 -5.11 จะใช้สัญญาณ clock, preset และ clear เหมือนกัน ส่วน RS-latchจะไม่ใช้ ซึ่งเป็นการแสดงความสามารถพิเศษของ GAL16V8 ที่สามารถใช้งานได้กว้างขวางมาก



รูปที่ 5.10 D-FILPFLOP



รูปที่ 5.11 JK-FILPFLOP

อินพุตไฟล์ที่ป้อนให้CUPLแสดงได้ในรูปที่ 5.12 และซิมมูเลชันไฟล์แสดงได้ในรูปที่ 5.13ในส่วนของเอาต์พุตที่ต้องใช้สัญญาณนาฬิกาควบคุมในการป้อนสมการอินพุตและเอาต์พุตจะต้องเขียนเครื่องหมาย D ต่อท้ายตัวแปร เช่น เอาต์พุตของ T-ฟลิปฟลอป จะเขียนเป็นQTT.D รูปที่ 5.14 จะแสดงแผนผังของการระเบิดฟิวส์ในตัว GAL

- ใช้เป็นวงจรขยายสัญญาณคล็อก (clock stretcher)

วงจรนี้จะใช้เชื่อมต่อระหว่างไมโครโปรเซสเซอร์กับอุปกรณ์อินพุต, เอาต์พุตที่เป็นแบบ memory map ที่มีการทำงานช้า โดยจะสามารถถอดรหัสแอดเดรสสำหรับอุปกรณ์ได้5 ตัวด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/*************************************************************/
/*                                                           */
/*                      CUPL INPUT FILE                      */
/*      Flip-flops and latches implemented in a GAL16V8      */
/*                                                           */
/*************************************************************/
        PARTNO          456STX;
        NAME            FLIPFLOP;
        REV             1;
        DATE            4/11/86;
        DESIGNER        Jerry;
        COMPANY         Lattice Semiconductor;
        ASSEMBLY        Clock Board;
        LOCATION        U238;
/* RS latch */

        pin [2,3,19,18] = [S,R,QST,QSC];

/* T flip-flop */

        pin [5,17,16] = [T,QTT,QTC];

/* D flip-flop */

        pin [6,15,14] = [D,QDT,QDC];

/* JK flip-flop */

        pin [7,8,13,12] = [J,K,QJT,QJC];

/* control */

        pin [1,4,9,11] = [CLK,PR,CLR,OE];

/* logic equations */

        /* RS latch */

                QST = !S # (R & QST);
                QSC = !R # (S & QSC);

        /* T flip-flop */

                QTT.D = PR # (!CLR & !T & QTT) # (!CLR & T & QTC);
                QTC.D = CLR # (!PR & !T & QTC) # (!PR & T & QTT);

        /* D flip-flop */

                QDT.D = PR # (D & !CLR);
                QDC.D = CLR # (!D & !PR);

        /* JK flip-flop */

                QJT.D = PR # (J & QJC & !CLR) # (!K & QJT & !CLR);
                QJC.D = CLR # (!J & QJC & !PR) # (K & QJT & !PR);
```

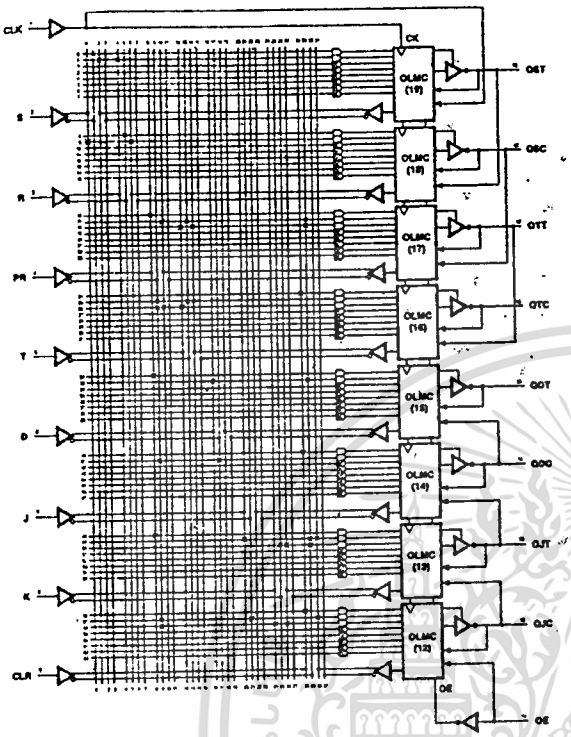
รูปที่ 5.12 ข้อมูลที่ป้อนให้ CUPL

จาก state diagram การทำงานในรูปที่ 5.15 จะมีการทำงานอยู่ใน 3 สถานะถ้าไม่ได้เพิ่มตัวแปร EXTND GAL16V8 จะทำงานอยู่ระหว่างสถานะ "01" และ "00"ถ้าเพิ่มเข้ามาในช่วงที่มีการติดต่อกับอุปกรณ์ที่ทำงานช้า GAL16V8 จะไปทำงานที่สถานะ"10" และรอจนกว่าจะได้รับสัญญาณ RDY จึงจะกลับไปที่สถานะ "01" และทำงานในโหมดปกติ

รูปการจัดขาของวงจรนี้แสดงได้ในรูปที่ 5.16 วงจรนี้สัญญาณนาฬิกาที่ใช้ต้องมีความถี่เป็น2 เท่าของสัญญาณคล็อกของ CPU ที่ใช้ เช่น CPU 12 MHz ซึ่งยังไม่เกินความสามารถของ GAL16V8

อินพุตของซอฟต์แวร์ CPUL แสดงได้ดังรูปที่ 5.17 และจำลองผลลัพธ์ของเอาต์พุตได้ในรูปที่ 5.18

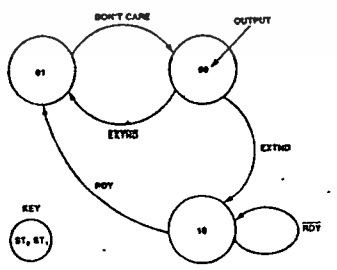
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



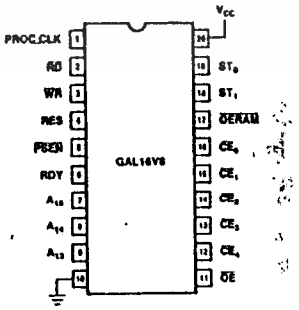
รูปที่ 5.13 ผลลัพธ์ของการทดสอบการทำงานของ CUPL

```
/*************************************************************/
/*                                                           */
/*                  CUPL SIMULATION FILE                     */
/*      Flip-flops and latches implemented in a GAL16V8      */
/*                                                           */
/*************************************************************/

      PARTNO        456STX;
      NAME          FLIPFLOP;
      REV           1;
      DATE          4/11/86;
      DESIGNER      Jerry;
      COMPANY       Lattice Semiconductor;
      ASSEMBLY      Clock Board;
      LOCATION      U238;

/* The Order statement specifies the layout of the vector table.
   $n = n spaces inserted between variables.                    */

order:  OE,%1,CLK,%2,S,R,%1,QST,QSC,%2,PR,%1,CLR,%2,
        T,%1,QTT,QTC,%2,D,%1,QDT,QDC,%2,J,K,%1,QJT,QJC;

vectors:
/*          RS-latch          T-FF          D-FF          JK-FF      */
/*OE CLK  SR QSTQSC  PR CLR  T QTTQTC  D QDTQDC  JK QJTQJC */
    0  X   01 H  L   X  X    X  X  X    X  X  X    XX  X  X  /* set */
    0  X   10 L  H   X  X    X  X  X    X  X  X    XX  X  X  /* reset */
    0  X   11 L  H   X  X    X  X  X    X  X  X    XX  X  X  /* latch */
    0  X   10 L  H   X  X    X  X  X    X  X  X    XX  X  X  /* reset */
    0  X   01 H  L   X  X    X  X  X    X  X  X    XX  X  X  /* set */
    0  X   11 H  L   X  X    X  X  X    X  X  X    XX  X  X  /* latch */

    0  C   11 H  H   1  0    X  H  L    X  H  H    XX  H  H  /* preset */
    0  C   11 H  H   0  1    X  L  H    X  H  H    XX  H  H  /* clear */
    0  C   11 H  H   0  0    0  L  H    X  X  X    XX  X  X  /* hold */
    0  C   11 H  H   0  0    1  H  L    X  X  X    XX  X  X  /* toggle */
    0  C   11 H  H   0  0    0  H  L    X  X  X    XX  X  X  /* hold */
    0  C   11 H  H   0  0    1  L  H    X  X  X    XX  X  X  /* toggle */
    0  C   11 H  H   0  0    1  H  L    X  X  X    XX  X  X  /* toggle */
    0  C   12 H  H   1  0    X  H  H    X  H  L    XX  H  H  /* preset */
    0  C   11 H  H   0  1    X  H  H    X  L  H    XX  H  H  /* clear */
    0  C   13 H  H   0  0    X  X  X    0  L  H    XX  X  X
    0  C   11 H  H   0  0    X  X  X    1  H  L    XX  X  X  /* test */
    0  C   11 H  H   0  0    X  X  X    1  H  L    XX  X  X
    0  C   11 H  H   0  0    X  X  X    0  L  H    XX  X  X

    0  C   11 H  H   1  0    X  H  H    X  H  H    XX  H  L  /* preset */
    0  C   11 H  H   0  1    X  H  H    X  H  H    XX  L  H  /* clear */
    0  C   11 H  H   0  0    X  X  X    X  X  X    01  L  H
    0  C   11 H  H   0  0    X  X  X    X  X  X    00  L  H  /* hold */
    0  C   11 H  H   0  0    X  X  X    X  X  X    11  H  L  /* toggle */
    0  C   11 H  H   0  0    X  X  X    X  X  X    10  H  L
    0  C   11 H  H   0  0    X  X  X    X  X  X    00  H  L  /* hold */
    0  C   11 H  H   0  0    X  X  X    X  X  X    11  L  H  /* toggle */
    0  C   11 H  H   0  0    X  X  X    X  X  X    10  H  L
    0  C   11 H  H   0  0    X  X  X    X  X  X    01  L  H
```

รูปที่ 5.14แผนผังการระเบิดของ GAL16V8



รูปที่ 5.15 สเตตไดอะแกรมการทำงาน



รูปที่ 5.16 ลักษณะการจัดขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/*************************************************************/
/*                                                           */
/*                    CUPL INPUT FILE                        */
/*          DESIGN INPUT FOR CLOCK STRETCHER CIRCUIT         */
/*                                                           */
/*************************************************************/
/*          Allowable Target Device Types: GAL16V8           */
/*************************************************************/

                PARTNO      CLST1 ;
                NAME        CLOCK STRETCHER ;
                DATE        10/16/85 ;
                REV         01 ;
                DESIGNER    Jerry Greiner;
                COMPANY     Lattice Semiconductor;
                ASSEMBLY    ONE;
                LOCATION    U15;

/** Inputs **/

PIN 1           = PROC_CLK ;
PIN 2           = !RD ;
PIN 3           = !WR ;
PIN 4           = RES ;
PIN 5           = !PSEN ;
PIN 6           = RDY ;
PIN [7..9]      = [A15..13] ;
PIN 11          = !OE ;

/** Outputs **/

PIN 19          = ST0 ;
PIN 18          = ST1 ;
PIN 17          = !OERAM ;
PIN 16          = !CE0 ;
PIN 15          = !CE1 ;
PIN 14          = !CE2 ;
PIN 13          = !CE3 ;
PIN 12          = !CE4 ;

/** Declarations and Intermediate Variable Definitions **/

EXTND = (RD # WR) & !A15 & !A14 & !A13 ;
ENCE = (RD # WR # PSEN) ;
OERAM = RD # PSEN ;
CE0 = ENCE & !A15 & !A14 & !A13 ;
CE1 = ENCE & !A15 & !A14 & A13 ;
CE2 = ENCE & !A15 & A14 & !A13 ;
CE3 = ENCE & !A15 & A14 & A13 ;
CE4 = ENCE & A15 & !A14 & !A13 ;
ST0.D = (!ST1 & !ST0 & EXTND & !RES) # (!ST1 & ST0 & !RDY & !RES) ;
ST1.D = (!ST1 & !ST0 & !RES & !EXTND) # (!ST1 & ST0 & RDY & !RES) ;
```

รูปที่ 5.17 ข้อมูลที่ป้อนให้ CUPL

```
/*************************************************************/
/*                                                           */
/*                  CUPL SIMULATION FILE                     */
/*              Simulation for Clock Stretcher               */
/*                                                           */
/*************************************************************/
/*          Allowable Target Device Types: GAL16V8           */
/*************************************************************/

                PARTNO      CLST1 ;
                NAME        CLOCK STRETCHER ;
                DATE        10/16/85 ;
                REV         01 ;
                DESIGNER    Jerry Greiner;
                COMPANY     Lattice Semiconductor;
                ASSEMBLY    ONE;
                LOCATION    U15;

ORDER:
PROC_CLK,%2,RES,%2,!RD,!WR,!PSEN,RDY,%2,A15,A14,A13,%2,!OE,
%4,ST0,ST1,%2,!OERAM,%2,!CE0,!CE1,!CE2,!CE3,!CE4 ;

VECTORS:                                          i       ";
$msg"                                             O       ";
$msg"              i                              E  !!!!! ";
$msg"              P                              R  CCCCC ";
$msg" C  R  !4SR  AAA  !                          E  EEEEE ";
$msg" L  E  RWED  111  O     SS  A  EEEEE        ";
$msg" K  S  DRNY  543  E     01  M  01234        ";
$msg"-------------------------------------------";

     0  1  1110  000  0     XX  H  HHHHH /* Initialization.   */
     C  1  1110  000  0     LL  H  HHHHH /* Toggle between 00, */
     0  0  1110  000  0     LL  H  HHHHH /* 01 for normal mode */
     C  0  1110  000  0     LH  H  HHHHH
     0  0  1110  000  0     LH  H  HHHHH
     C  0  1110  000  0     LL  H  HHHHH
     0  0  1110  000  0     LL  H  HHHHH
     C  0  1110  000  0     LH  H  HHHHH
     0  0  0110  000  0     LH  L  LHHHH /* READ active, Clock */
     C  0  0110  000  0     LL  L  LHHHH /* Stretch required  */
     0  0  0110  000  0     LL  L  LHHHH
     C  0  0110  000  0     HL  L  LHHHH /* Wait in state 10  */
     0  0  0110  000  0     HL  L  LHHHH /* until RDY         */
     C  0  0110  000  0     HL  L  LHHHH

     0  0  0111  000  0     HL  L  LHHHH /* RDY active, resume */
     C  0  0111  000  0     LH  L  LHHHH /* normal operation  */
     0  0  0110  000  0     LH  L  LHHHH
     C  0  0110  000  0     LL  L  LHHHH
     0  0  1110  000  0     LL  H  HHHHH
     C  0  1110  000  0     LH  H  HHHHH
     0  0  1010  001  0     LH  H  HLHHH /* WRITE (!WR) active */
     C  0  1010  001  0     LL  H  HLHHH /* No Clock Stretch  */
     0  0  1010  001  0     LL  H  HLHHH /* required this cycle*/
     C  0  1010  001  0     LH  H  HLHHH
     0  0  1010  001  0     LH  H  HLHHH
     C  0  1010  001  0     LL  H  HLHHH
     0  0  1110  000  0     LL  H  HHHHH /* !WR inactive,     */
     C  0  1110  000  0     LH  H  HHHHH /* resume normal mode */
```

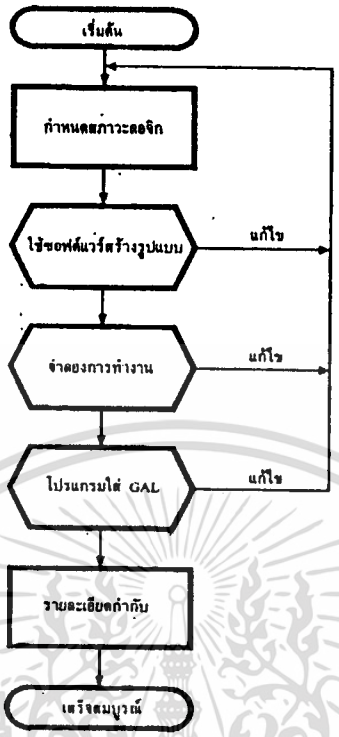
รูปที่ 5.18 ผลลัพธ์ของการทดสอบการทำงานของ CUPL

อุปกรณ์ช่วยออกแบบ

ในอดีตเครื่องมือที่ช่วยในการออกแบบและโปรแกรมอุปกรณ์พวก PLD ยังไม่มี (GAL เป็นอุปกรณ์ประเภทหนึ่งของ PLD) ผู้ออกแบบจะต้องออกแบบลดทอนฟังก์ชันกันเอง แล้วจึงนำไปเขียนในแผนที่ตำแหน่งฟิวส์ (Fuse Map) ที่มีจำนวน 1,000 ถึง 3,000 ตำแหน่งจากนั้นจึงป้อนเข้าเครื่องโปรแกรมทำการระเบิดฟิวส์ทีละตำแหน่ง เพื่อให้ได้ลอจิกกฟังก์ชันตามที่ต้องการ

วิธีการดังกล่าวจะทำให้เกิดความผิดพลาดมาก บางทีก็หลงลืม ระเบิดฟิวส์ได้ไม่ครบหรือเกินตำแหน่งไป ทำให้ PLD ที่โปรแกรมใช้งานไม่ได้ (เสีย) เป็นจำนวนมากมาในสมัยปัจจุบันจะมีซอฟแวร์คอมพิวเตอร์และฮาร์ดแวร์ (ตัว programmer ที่ใช้โปรแกรมข้อมูลลงในอุปกรณ์) ซึ่งการออกแบบอุปกรณ์ PLD จะมีขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 5.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.19 แสดงขั้นตอนในการออกแบบอุปกรณ์

ซอฟต์แวร์

ในปัจจุบันมีซอฟแวร์ที่ใช้ช่วยออกแบบหลายชนิดด้วยกันเริ่มจากระดับง่าย ๆ ที่เรียกว่าแอสเซมเบลอร์ (assembler) ซึ่งไม่ค่อยจะมีประสิทธิภาพมากนัก มาจนถึงซอฟต์แวร์ระดับสูง ๆ ที่เรียกว่า คอมไพเลอร์ (complier) ที่มีคุณสมบัติพิเศษช่วยทำให้การออกแบบได้ง่ายมากขึ้น

ซอฟต์แวร์คอมไพเลอร์ที่เป็นที่ยอมนิยมชื่อ CUPL และ ABEL ของบริษัท AssistedTechnology และ Data I/O Corp ตามลำดับ โดยจะสามารถใช้ออกแบบอุปกรณ์ PLDได้ทุกชนิด และยังใช้งานได้ง่ายด้วย

ฮาร์ดแวร์

การโปรแกรมหรือแพดเทอร์นิ่งอุปกรณ์ PLD เป็นขั้นตอนในการนำเอาข้อมูลไปโปรแกรมให้ PLD ทำงานตามฟังก์ชันที่เราต้องการ โดยการป้อนข้อมูลจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องป้อนพัลส์ที่มีคาบเวลาและระดับแรงดันที่เหมาะสมกับอุปกรณ์แต่ละตัว ฮาร์ดแวร์ดังกล่าวจะมีจำหน่ายให้เลือกแบบที่ใช้งานได้กว้าง (universal) และสามารถใช้โปรแกรม PLD ได้หลายชนิด

ข้อมูลที่ใช้ในการโปรแกรมจะได้จากอุปกรณ์ที่ผ่านการโปรแกรมแล้ว (master)หรือได้จากคอมพิวเตอร์ ข้อมูลที่ใช้กับเครื่องโปรแกรมส่วนใหญ่จะเป็นข้อมูลตามมาตรฐานของ JEDEC

การโปรแกรมข้อมูลของ GAL จะใช้การโปรแกรมแบบขนาน ทำให้เวลาที่ใช้ในการโปรแกรมแบบขนาน ทำให้เวลาที่ใช้ในการโปรแกรมรวดเร็วมาก (ไม่ถึงหนึ่งวินาที)หลังจากที่ผ่านการโปรแกรมแล้ว ขั้นสุดท้ายของทุก ๆ เซลล์ของ GAL จะถูกทดสอบแบบอะนาลอก เพื่อทดสอบให้แน่ใจว่าทุกเซลล์ถูกโปรแกรมแล้วและสามารถใช้งานได้ตามที่ต้องการ

ขั้นตอนการออกแบบ

ตัวอย่างที่จะใช้อธิบายเป็นตัวอย่างที่ใช้ซอฟต์แวร์ CUPL ออกแบบ ส่วนซอฟต์แวร์ตัวอื่น ๆ เช่น ABEL ก็จะมีโครงสร้างภาษา (syntax) และฟังก์ชันการทำงานที่ใกล้เคียงกัน จากตัวอย่างจะแสดงข้อมูลที่ป้อนและการทำงานของเครื่องโปรแกรมบนจอมอนิเตอร์ของเครื่องคอมพิวเตอร์พีซี (PC) ที่ใช้รัน CUPL ซึ่งรายละเอียดทั้งหมดจะต้องไปหาดูจากคู่มือของซอฟต์แวร์ CUPL เอง

เริ่มต้นส่วนแรกจะเป็นส่วนที่ผู้ใช้ต้องป้อนข้อมูลอุปกรณ์และชื่อของไฟล์ที่ใช้แล้วมาเป็นข้อมูลส่วนตัว เช่น ชื่อบริษัท ชื่อผู้ออกแบบ ซึ่งจะแสดงได้ดังนี้

```
/*************************************/
/*                                   */
/*    Tutorial Using a GAL16V8       */
/*                                   */
/*    Source File (101.PLD)          */
/*************************************/

    PARTNO 99;
    NAME CHAP4;
    REV 1;
    DATE 4/16/86;
    DESIGNER Dean Suhr;
    COMPANY Lattice Semiconductor;
    ASSEMBLY n/a;
    LOCATION n/a;
```

ต่อมาจะต้องกำหนดชื่อขาของอุปกรณ์ ชื่อขาที่ใช้นี้ควรจะตั้งให้มีความหมายเพื่อให้เข้าใจและจำได้ง่าย โดยตัวซอฟต์แวร์จะไม่สนใจว่าจะตั้งชื่ออะไร ยาวแค่ไหน และมีความหมายอย่างไร แสดงตัวอย่างดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        /* inputs */
pin [1,2] = [A,!B];
        /* output */
pin [18,19] = [Y,!Z];
```

จากตัวอย่างข้างบนจะเห็นได้ว่าจะกำหนดขาของอุปกรณ์ตามสถานะการทำงานจริงคือ สัญญาณที่ขา A และ Y จะทำงานที่ลอจิก "H" ขา B และ Z ทำงานที่ลอจิก "L"การกำหนดให้ซอฟต์แวร์รับตู้จะต้องใส่เครื่องหมายอัศเจรีย์หรือเครื่องหมายตกใจ (!)หน้าชื่อตัวแปรที่ต้องการ เช่น !B และ !Z ถ้าไม่ใส่มันจะเข้าใจว่าจะทำงานที่ลอจิก "H" ขั้นตอนต่อมาป้อนลอจิกฟังก์ชันที่ต้องการลงไป ในอดีตเราต้องป้อนเป็นสมการบูลลีน(boolean equation) แต่ในซอฟต์แวร์สมัยใหม่นี้สามารถป้อนเป็นตารางการทำงาน (truth table), สเตทแมชชีน (state machine) หรือจะป้อนเป็นรูปวงจรแสดงลักษณะการต่อเกตต่าง ๆ ก็ได้

ในตัวอย่างนี้จะป้อนเป็นสมการบูลลีน สมการที่ใช้จะมี AND ฟังก์ชันที่เอาต์พุต Y(ขา 18) และ XOR ฟังก์ชันที่เอาต์พุต Z (ขา 19) แต่เอาต์พุต Z นี้กำหนดให้ทำงานที่ลอจิก "L" ทำให้เอาต์พุตที่ 19 จะเป็นเอาต์พุตของ X NOR

```
        /* logic equations */
Y = A & B;
Z = A & B # !A & !B;
```

ตัวโอเปอเรเตอร์ (operators) ที่ใช้ใน CUPL จะมี "!" สหรับอินเวอร์เตอร์และ "&" สำหรับ AND ฟังก์ชัน "#" สำหรับ OR ฟังก์ชัน สมการที่ป้อนให้สามารถป้อนได้โดยตรงเลย

ในการอินเวอร์เตอร์ให้ทำงานที่ลอจิก "L" ที่ขาอินพุตและเอาต์พุตนั้น ตัวซอฟต์แวร์จะเป็นตัวแก้สมการให้ได้ตามที่ต้องการ และถ้าสมการที่ป้อนให้สามารถลดทอนลงได้ ตัวซอฟต์แวร์ที่ใช้จะลดทอนสมการให้และใช้อุปกรณ์ให้น้อยที่สุดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่ใช้ในการโปรแกรม PLD ที่ใช้กันมากจะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน JEDECจากข้อมูลข้างต้นเมื่อนำมาแปลงเป็น JEDEC file จะมีข้อมูของบิตควบคุม ซึ่งแสดงการทำงานของซีเคียวริตี้เซลล์และมี checksum ที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

```
*QP20
*QF2194
*G0
*F0
*L0000 10011111111111111111111111111111
*L0032 01101111111111111111111111111111
*L0256 10011111111111111111111111111111
*L2048 01000000000000000000000000000000
*L2112 00000000001111111111111111111111
*L2144 11111111111111111111111111111111
*L2176 11111111111111110
*C14D6
```

เทสเวกเตอร์จะแสดงถึงเอาต์พุตที่ได้จากฟังก์ชันที่ป้อนให้โปรแกรมซอฟต์แวร์ในsource file โดยจะทดลองป้อนอินพุตที่เป็นไปได้ แล้วแสดงเอาต์พุตของฟังก์ชันที่ป้อนให้เพื่อให้ผู้ออกแบบตรวจสอบว่าผลลัพธ์ที่ได้ตรงตามความต้องการหรือไม่ ข้อมูลที่ได้จะได้ดังนี้

ขั้นตอนการชิมมูเลตจะทดลองนำอินพุตที่เป็นไปได้ป้อนลงในฟังก์ชันที่ผ่านการลดทอนโดยใช้ซอฟต์แวร์ เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับฟังก์ชันเดิมที่ไม่ลดทอน ซึ่งจะแสดงผลลัพธ์ของเอาต์พุตได้ดังนี้ (เอาต์พุตที่ได้ถ้าเป็น X จะหมายถึงไม่สนใจ (don't care)ถ้าเป็น N จะหมายถึง ไม่ได้ทดสอบ (not test)

```
Device G16V8s  Library DLIB-d-55-8
Created        Wed Apr 16 04:52:24 1986

-----------------------------------------
        Expanded Product Terms
-----------------------------------------

Y => A & B

Z => A & B   #   !A & !B

-----------------------------------------
            Symbol Table
-----------------------------------------

Pin Variable          Pterms   Max
Pol   Name    Pin     Used     Pterms
--- --------  ---     -----    ------
    A          1        -        -
!   B          2        -        -
    Y         18        1        8
!   Z         19        2        8
```

```
-----------------------------------------
                Fuse Plot
-----------------------------------------

Syn   2192 - Ac0   2193 x

Pin #19  2048  Pol x  2120  Ac1 x

 0000 -xx----------------------------
 0032 x--x----------------------------
 0064 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 0096 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 0128 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 0160 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 0192 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 0224 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Pin #18  2049  Pol -  2121  Ac1 x
 0256 -xx----------------------------
 0288 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 0320 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 0352 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 0384 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 0416 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 0448 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 0480 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

      (continued ...)

LEGEND    X : fuse not blown
          - : fuse blown
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานในขั้นตอนต่อไป CUPL จะแปลงข้อความและสมการที่ป้อนให้เป็นข้อมูลที่สามารถใช้งานได้ โดยจะบอกชนิดของอุปกรณ์ที่ใช้ (G16V8 ในตัวอย่าง) ชื่อของแฟ้มข้อมูล ("401 ในตัวอย่าง) และฟังก์ชันที่เพิ่มเข้าไปซึ่งผู้ใช้จำเป็นต้องใช้ และจำนวนแฟลก (flag) ที่ใช้ ("-jlfxs") และเวลาที่ใช้ในแปลข้อมูล ซึ่งจะแสดงได้ดังนี้

```
CUPL -jlfxs G16V8 401

CUPL Version 2.10B1 Copyright (c)
1983,84,85 Assisted Technology,
Inc.

cuplx
time: 3 secs

cupla
time: 19 secs

cuplb
time: 7 secs

cuplm
time: 4 secs

cuplc
time: 15 secs

csima
time: 24 secs

total time: 73 secs
```

ขั้นสุดท้าย CUPL พิมพ์รายงานผลลัพธ์ที่เรียกว่า doccumentation ไฟล์ที่ประกอบด้วย สมการในขั้นสุดท้าย (ที่ผ่านการลดทอนแล้ว) แผนผังของเซลล์ (cell map) หรือฟิวส์ล็อต (fuse plot) ซึ่งแสดงตำแหน่งที่ต้องระเบิดฟิวส์และตำแหน่งของขาอุปกรณ์(ถ้าต้องการ) ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

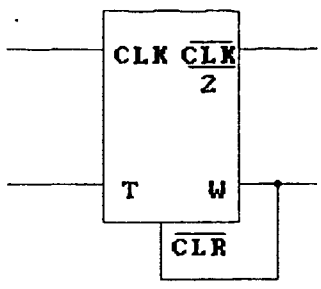
การออกแบบ GAL

จากคุณสมบัติของ GAL ที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้ ทำให้รู้ถึงข้อดีต่างๆ ของ GALและจากโครงงานชิ้นนี้ บางส่วนของวงจรต้องการความเที่ยงตรงสูง ดังนั้นจึงใช้ GAL นำมาออกแบบทำวงจร COUNTER,START BIT และ MANCHESSTER CODEแต่ที่จะกล่าวในส่วนต่อไปนี้ เราจะนำสมการทางคณิตศาตร์ที่จะนำมาเขียนใน EDITOR และตารางทดสอบการTEST รวมทั้ง PIN ต่างๆของ IC GAL มากล่าวแทน ส่วนขั้นตอนการออกแบบและรายละเอียดต่างๆ ได้กล่าวมาก่อนหน้านี้แล้ว จะไม่ขอกล่าวอีก

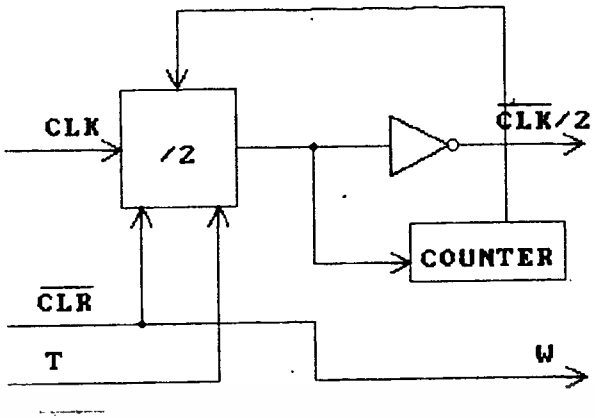
ในโครงการชิ้นนี้จะนำ GAL ทำเป็นวงจร START BIT,COUTER และ MANCHESTER CODE เพื่อใช้ในการแปลงและสร้างสัญญาณไปบันทึกลงบนแถบแม่เหล็ก ฉะนั้นวงจรในส่วนนี้จึงต้องการความปลอดภัยของข้อมูลสูง จึงใช้ GAL มาทำในส่วนนี้

การออกแบบวงจร COUNTER

จุดประสงค์ในการออกแบบวงจร COUNTER ก็เพื่อจะนับจำนวนข้อมูลทั้งหมดที่บันทึกบนแถบแม่เหล็ก โดยจะนำมาทำเป็นวงจรนับ 72 สเตท เช่น ในการทำงาน ถ้าหากวงจร COUNTER นับครบ 72 เมื่อใด ก็จะไม่จ่ายสัญญาณ PULSE ให้กับอุปกรณ์บางตัวที่ทำหน้าที่บันทึกข้อมูล และวงจร SHIFT ข้อมูล วงจรภายในจะเป็นดังรูปที่ 5.20



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.20 บล็อกไดอะแกรมของไอซี COUNTER และสัญญาณต่างๆ

สมการของวงจร COUNTER

```
PAL16R8
CK /CLR NC X NC NC NC NC NC GND
/OE /Y0 /Y1 /Y2 /Y3 /Y4 /Y5 NC W VCC

/W := /Y5*/Y4*/Y3*/Y2*/Y1*/Y0*/X
      +Y5*Y2*Y0 + Y5*Y2*Y1 +Y5*Y4 +CLR

Y0 := /Y5*/Y4*/Y3*/Y2*X*/Y1*/CLR
      +/Y4*/Y3*/Y2*Y1*/Y0*/X*/CLR
      +Y5*/Y4*/Y3*/Y1*/Y0*/X*/CLR
      +/Y4*/Y3*/Y2*Y0*X*/CLR
      +/Y5*Y2*/Y0*/X**/CLR
      +/Y5*Y3*/Y0*/X*/CLR
      +/Y5*Y4*/Y0*/X*/CLR
      +/Y5*Y0*X*/CLR

Y1 := /Y4*/Y3*/Y2*/Y1*/Y0*/X*/CLR
      +/Y4*/Y3*/Y2*Y1*/Y0*/CLR
```

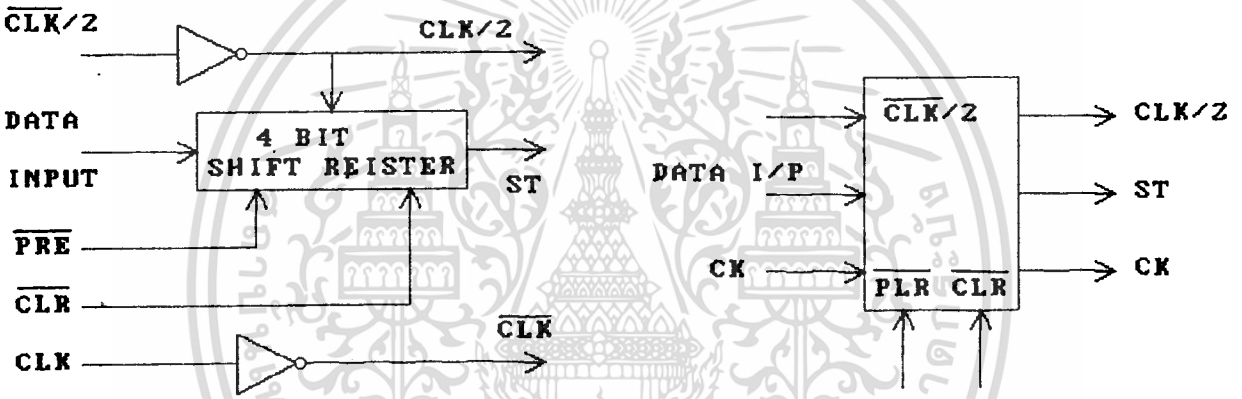
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        +/Y4*/Y3*/Y2*Y1*X*/CLR
        +/Y5*/Y1*Y0*/X*/CLR
        +/Y5*Y1*/Y0*/CLR
        +/Y5*/Y1*X*/CLR

Y2  := /Y4*/Y3*/Y2*Y1*Y0*/X*/CLR
        +/Y5*/Y2*Y1*Y0*/X*/CLR
        +/Y4*/Y3*Y2*/Y1*/Y0*/CLR
        +/Y5*Y2*/Y1*/CLR
        +/Y5*Y2*/Y0*/CLR
        +/Y5*Y2*X*/CLR

Y3  := /Y5*/Y3*Y2*Y1*Y0*/X*/CLR
        +/Y5*Y3*/Y2*/CLR
        +/Y5*Y3*/Y1*/CLR
        +/Y5*Y3*/Y0*/CLR
        +/Y5*Y3*X*/CLR

Y4  := /Y5*/Y4*/Y3*Y2*Y0*Y1*/X*/CLR
        +/Y5*Y4*/Y3*/CLR
        +/Y5*Y4*/Y2*/CLR
        +/Y5*Y4*/Y1*/CLR
        +/Y5*Y4*/Y0*/CLR
        +/Y5*Y4*X*/CLR

Y5  := /Y5*Y4*Y3*Y2*Y0*Y1*/X*/CLR
        +/Y5*/Y4*/Y3*/Y1*/Y0*/CLR
        +/Y5*/Y4*/Y3*/Y2*/CLR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบวงจร START BIT

รูปแบบของข้อมูลนี้จะบันทึกบนแถบแม่เหล็กที่บัตร ATM เรากำหนดว่าจะต้องมีบิทเริ่มต้นจำนวน 4 บิท เพื่อตรวจสอบการเริ่มต้นในการอ่านและเขียนข้อมูล และหลักจากข้อมูล 4 บิทเริ่มต้นแล้วจะเป็นข้อมูลที่จะบันทึกบนแถบแม่เหล็ก ดังนั้นเราจึงนำ GAL มาสร้างเป็นวงจรสตาร์ทบิท, SHIFT ข้อมูล และกลับเฟสของสัญญาณ CK และ CLK/2 ดังบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 5.21



รูปที่ 5.21บล็อกไดอะแกรมของวงจรสตาร์ทบิท และขาสัญญาณต่างๆ

สมการของวงจร START BIT

```
PAL16R6
CK%2 /CLR /PRE CLK X IN NC NC GND
/OE INO Y1 Y2 Y3 ST NC NC CK VCC

/CK := CLK
/Y1 := /X*/PRE
/Y2 := /Y1*/PRE
/Y3 := /Y2*/PRE
```

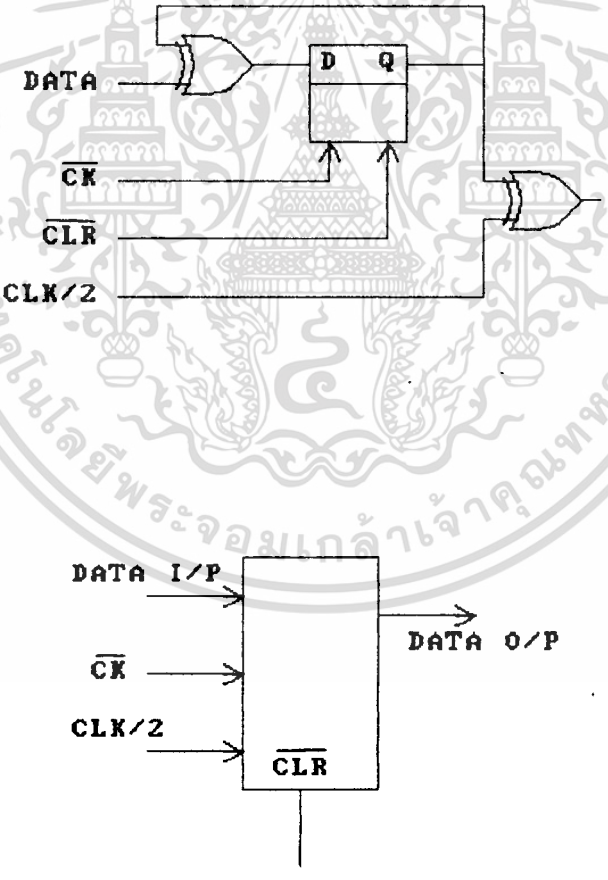
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

/ST := /Y3*/PRE

/INO := IN

การออกแบบวงจร MANCHESSTER CODE

ข้อมูลที่บันทึกบนแถบแม่เหล็กจะถูกแปลงเป็นรหัส และรหัสที่เลือกใช้จะเป็นรหัสMANCHESSTER หมายความว่า ที่บันทึกข้อมูลลอจิก "1" ความถี่จะเท่ากับความถี่ของ CLKแต่ถ้าเป็นลอจิก "0" ความถี่จะเท่ากับครึ่งหนึ่งของความถี่ของ CLK บล็อกไดอะแกรมของของวงจร MANCHESSTER CODE และ TIMMING จะเป็นดังรูปที่ 5.22



รูปที่ 5.22 บอล์กไดอะแกรมของ MANCHESSTER CODE และ TIMMING DIAGRAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการของวงจร MANCHESSTER CODE

```
PAL16R4
/CLK /CLR D T ST NC NC NC NC GND
/OE /SO NC NC NC NC F3 F1 NC NC VCC
/F1 = T*F3+/T*F3+CLR
/F3 = /D*/F3+D*F3+CLR
 SO = ST
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
อินดักชั่นมอเตอร์ 1 เฟส

มอเตอร์สปลิทเฟส (SPLIT PHASE MOTOR)

มอเตอร์สปลิทเฟสเป็นมอเตอร์จำพวกเอาท์พุทต่ำที่มีขนาดต่ำกว่าหนึ่งแรงม้าหรือที่เรียกว่าเศษส่วนของแรงม้า มีใช้งานมากมายเช่น เครื่องซักผ้า ปั๊มน้ำขนาดเล็ก ๆ เป็นต้น

ส่วนประกอบ มีโรเตอร์ สเตเตอร์ ฝาครอบหัวท้าย และสวิทช์อัตโนมัติเซนตริฟูกัล

โรเตอร์ของมอเตอร์สปลิทเฟส ซึ่งประกอบด้วยแกน (core) ที่ทำด้วยแผ่นเหล็กเหนียวบางๆที่เรียกว่า แผ่นลามิเนทส่วนประกอบอันที่สองก็คือเพลา (shaft)เป็นส่วนที่ยึดแกนให้ติดแน่น ส่วนประกอบอันที่สามคือ ขดลวดสไควเรลเกจซึ่งทำด้วยแท่งทองแดง หรือแท่งอะลูมิเนียม หรือแท่งโลหะผสมดังได้กล่าวมาแล้วซึ่งตัวนำเหล่านี้ก็จะอัดเข้าไปในสล็อทของโรเตอร์ และแท่งตัวนำเหล่านี้จะเชื่อมติดเข้าด้วยกันด้วยแหวนตัวนำทั้งสองข้างของแกน และยังมีครีบพัดลมสำหรับระบายความร้อนด้วย อย่างไรก็ตามตัวนำที่ฝังอยู่ในแกนโรเตอร์จะใช้วิธีหล่อสเตเตอร์สเตเตอร์ของสปลิทเฟสมอเตอร์ประกอบด้วยแกนที่ทำด้วยแผ่นเหล็กเหนียวลามิเนท และสล็อทมีลักษณะเป็นแบบกึ่งปิด(semiclosedslots)โครงทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กเหนียวและมีขดลวดสองชุดลวดที่ใช้พันขดลวดจะเป็นชนิดที่หุ้มด้วยฉนวนไฟฟ้า ขดลวดนี้จะพันลงไปในสล็อทของสเตเตอร์ ขดลวดชุดหนึ่งเรียกว่า ขดลวดเมน(main winding) หรือขดรัน(running winding) และขดลวดช่วย(auxiliary winding) ขดรันจะพันด้วยเส้นลวดทองแดงที่โตกว่าขดสตาร์ท

ฝาครอบ ฝาครอบหรือฝาปิดหัวท้าย(end plates)ยึดติดกับสเตเตอร์ให้แน่นด้วยสกรูและโบลท์(screw and bolt)หน้าที่หลักของฝาครอบก็คือ ก็คือรองรับโรเตอร์ที่เพลาด้วยแบริ่งให้ได้ศูนย์กลางไม่ให้โรเตอร์สัมผัสกับสเตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวิทช์อัตโนมัติเซนตริฟูกัล สวิทช์ชุดนี้จะติดตั้งอยู่ภายในมอเตอร์มีหน้าที่ตัดขดสตาร์ทออกจากวงจร ภายหลังจากที่โรเตอร์หมุนด้วยความเร็วประมาณ 75% ของความเร็วต้นเต็มพิกัด แบบที่ใช้กันอยู่ทั้งๆไปประกอบด้วยสองส่วนด้วยกันคือ ส่วนอยู่กับที่และส่วนเคลื่อนที่หรือส่วนหมุน ปกติแล้วสวิทช์ชุดนี้จะติดตั้งอยู่กับโรเตอร์และฝาครอบหน้าด้วยใน (ฝาครอบหน้าหมายถึงฝาครอบด้านที่ไม่มีเพลายื่นออกไป)ส่วนอยู่กับที่จะมีหน้าสัมผัสสองอัน เหมือนสวิทช์ SPST หรือสวิทช์หนึ่งขั้วสับทางเดียวและยึดติดกับฝาครอบหน้าด้านใน สำหรับส่วนเคลื่อนที่จะยึดติดกับโรเตอร์การทำงานของสวิทช์เซนตริฟูกัลนี้ กล่าวได้ดังนี้คือขณะที่มอเตอร์ยังไม่ทำงานคือโรเตอร์อยู่กับที่หน้าสัมผัสทั้งสองของส่วนอยู่กับที่ปิดด้วยแรงกดของสปริงจากส่วนเคลื่อนที่แต่พอมอเตอร์ทำงาน และโรเตอร์หมุนด้วยความเร็วประมาณ 75% ของความเร็วเต็มพิกัดแรงเหวี่ยงสู่ศูนย์กลางของโรเตอร์จะมากกว่าแรงกดของสปริงจึงทำให้หน้าสัมผัสทั้งสองเปิด เป็นเหตุให้ขดสตาร์ทถูกปลดออกจากวงจรไฟฟ้า แต่ถ้าความเร็วของมอเตอร์ลดต่ำลงจนถึงจุดหนึ่งกระทั่งหยุดนิ่งสวิทช์อัตโนมัตินี้จะปิดวงจรของขดสตาร์ทอีก

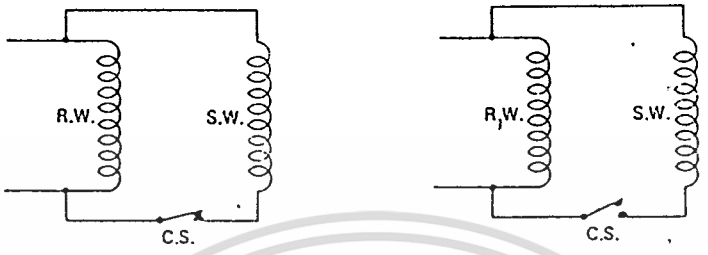
ก. สวิทช์ปิดเมื่อโรเตอร์อยู่กับที่ ข. สวิทช์เปิดเมื่อโรเตอร์หมุนด้วยความเร็วสูง

รูปที่ 6.1 แสดงการทำงานของสวิทช์เซตริฟูกัล

หลักการทำงาน

ในขณะที่ป้อนแรงดันไฟสลับให้กับมอเตอร์ ขดลวดทั้งสองของมอเตอร์คือ ขดสตาร์ทและขดรันจะต่อขนานกันตอนเริ่มทำงานให้พิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

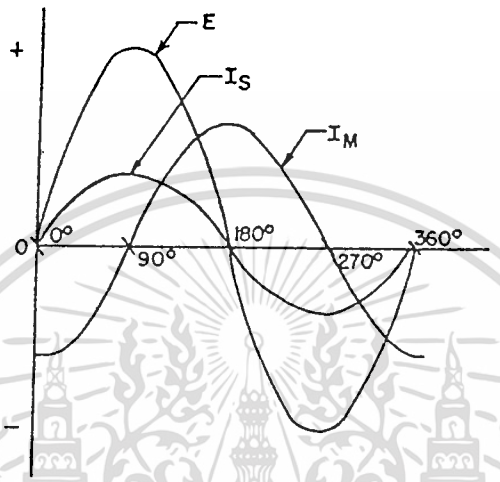


ก. ขณะมอเตอร์เริ่มหมุน ข. เมื่อมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วปกติ

รูปที่ 6.2 แสดงการต่อขดสตาร์ท(S.W.)และขดรัน (R.W.)ของมอเตอร์สปลิทเฟสและสวิทช์เซนตริฟูกัล (C.S.)

รูปนี้ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าขดรันพันด้วยลวดเส้นใหญ่ ความต้านทานจะต่ำและขดรันนี้จะพันอยู่ด้านล่างของสล๊อท ดังนั้นอินดักแตนซ์จะสูง จึงเป็นเหตุให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดรันนี้ล้าหลังแรงดันที่ป้อนให้เกือบ 90 องศาไฟฟ้าส่วนกระแสไฟที่ไหลผ่านขดสตาร์ทเกือบจะมีเฟสเดียวกันกับแรงดันที่ป้อนให้ ทั้งนี้ก็เพราะว่าขดสตาร์ทพันด้วยลวดเส้นเล็กจึงมีความต้านทานสูงและขดสตาร์ทมีความต้านทาน-สูง แต่มีอินดักแตนซ์ต่ำนี้เองจึงทำให้ได้กระแสเกือบจะมีเฟสเดียวกัน(inphase) กับแรงดันไฟฟ้าที่ต้านให้กับมอเตอร์ กระแส I และ I ซึ่งเป็นกระแสไหลผ่านขดรันและขดสตาร์ทจะมีมุมต่างเฟสกันเกือบ 90 องศา ไฟฟ้าและกระแสไฟทั้งสองส่วนนี้จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุน ในลักษณะเดียวกับมอเตอร์ไฟสลับสองเฟส ที่ได้กล่าวมาแล้วสนามแม่เหล็กหมุนจากสเตเตอร์นี้จะตัดกับตัวนำในโรเตอร์ ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นมากระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำนี้จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมา ที่โรเตอร์และทำให้เกิดแรงบิดขึ้นมาที่โรเตอร์หมุนได้ทิศทางการหมุนของโรเตอร์ จะหมุนไปในทิศทางเดียวกันกับสนามแม่เหล็กหมุนของสเตเตอร์ขณะที่มอเตอร์กำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

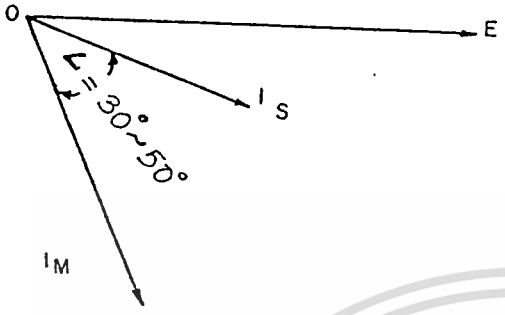


รูปที่ 6.3 แสดงกระแสไฟที่ไหลผ่านขดรัน (I) และไหลผ่านขดสตาร์ท(I) เมื่อเทียบกับแรงดันไฟฟ้า(E)

เร่งความเร็วขึ้นเรื่อย ๆ นี้สวิทช์อัตโนมัติเซนตริฟูกัลก็ยังต่อวงจรขดสตาร์ทอยู่ จนกระทั่งความเร็วของมอเตอร์สูงขึ้นประมาณ 75% ของความเร็วเต็มพิกัด (ratedspeed)สวิทช์เซนตริฟูกัลจะตัดวงจรขดสตาร์ทออก ปล่อยให้ขดรันทำงานต่อไปเพียงชุดเดียว

หลักการทำงานของมอเตอร์หนึ่งเฟสแบบนี้ อาศัยหลักการทำงานแบบมอเตอร์หนึ่งเฟสคือในตอนเริ่มเดินจะต้องให้มีขดลวดสองชุดและทำให้กระแสไฟที่ไหลผ่านขดลวดทั้งสองชุดมีมุมต่างเฟสกันมาก ๆ ประมาณเกือบ 90 องศาไฟฟ้า แต่พอมอเตอร์ทำงานแล้วจึงตัดหรือปลด (split) ขดลวดชุดสตาร์ทออกปล่อยให้ขดลวดชุดรันทำงานต่อไปเพียงชุดเดียวหรือเฟสเดียว จึงเรียกมอเตอร์หนึ่งเฟสแบบนี้ว่า มอเตอร์สปลิทเฟสสมมุติว่าสวิทช์เซนตริฟูกัลเกิดบกพร่อง คือหน้าสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

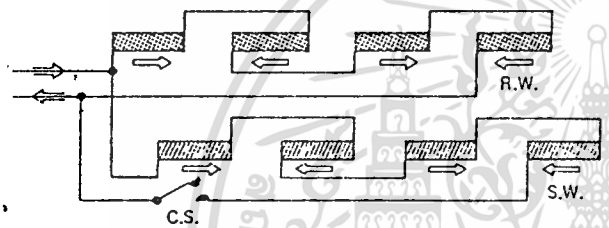


รูปที่ 6.4 เวคเตอร์ไดอะแกรมแสดงมุมต่างเฟสระหว่างกระแสไฟขดสตาร์ทและขดรัน

การต่อมอเตอร์สปลิทเฟสใช้งาน ในมอเตอร์หนึ่งเฟสแบบนี้ อาจจะมีหลายชนิดด้วยกันคือ ชนิดสองโพล ชนิดสี่โพล ชนิดหกโพล เป็นต้น ดังนั้น ถ้าเป็นชนิดสองโพลจะมีขดรันสองชุด และขดสตาร์ทสองชุด ถ้าเป็นชนิดสี่โพลจะมีขดรันสี่ชุด และขดสตาร์ทสี่ชุด ถ้าเป็นชนิดหกโพลจะมีขดรันหกชุดและขดสตาร์ทหกชุด เป็นอย่างนี้ไปเรื่อยๆ สมมุติว่าขณะนี้พิจารณามอเตอร์สปลิทเฟสชนิดสี่โพล ขดรันจะพันอยู่ด้านล่างของสล็อทและมีสี่ชุดเสาะมอเตอร์ชนิดสี่โพล ขดสตาร์ทจะอยู่ด้านนอกของสล็อทและมีสี่ชุดเหมือนกันขดลวดแต่ละชุดในขดรันจะมีปลายสายชุดละสองปลายและขดลวดแต่ละชุดในขดสตาร์ทจะมีปลายสายชุดละสองปลายเช่นเดียวกัน ถ้าจัดแผ่ขดลวดมอเตอร์ให้มีลักษณะที่เห็นได้ขดรันชุดที่หนึ่งกับขดรันชุดที่สองนั้นจะพันลงในสล็อทให้ห่างกัน 180 องศา และพันขดสตาร์ทลงระหว่างขดรันทั้งสองซึ่งหมายความว่า ขดสตาร์ทนี้จะพันลงในสล็อท ห่างจากขดรัน 90 องศาไฟฟ้านั่นเอง เมื่อแยกเอาเฉพาะขดรันหรือขดสตาร์ทออกมาเพื่อแสดงจะต่อขดลวดจะเห็นได้วิธีต่อง่ายๆก็คือ โดยการต่อปลายของขดลวดชุดที่ 1 หรือโพลที่ 1 เข้ากับปลายของขดลวดโพลที่ 2 ต่อไปเอาต้นของขดลวดโพลที่ 2 ต่อไปเอาต้นของขดลวดโพลที่ 2 ต่อเข้ากับต้นของขดลวดโพลที่ 3 ต่อไปเอาปลายของขดลวดโพลที่ 3 ต่อเข้ากับปลายของขดลวดโพลที่ 4 ในที่สุดจะเหลือปลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

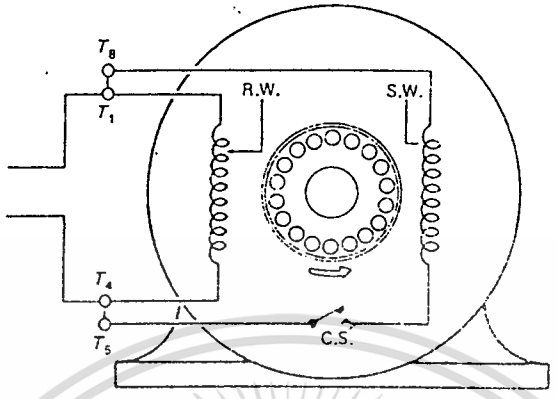
สายอีกสองปลายคือต้นของโพลที่ 1 และต้นของโพลที่4 วิธีต่อขดลวดแบบนี้ก็เพื่อให้ขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมาเป็นขั้วเหนือและขั้วใต้สลับกันไป ซึ่งการต่อขดลวดมอเตอร์ทั้งชุดรันและชุดสตาร์ทจะต่อเหมือนกัน เมื่อเอาขดลวดแต่ละชุดมาเขียนเป็นแท่งสี่เหลี่ยมและต่อให้ถูกต้องดังได้อธิบายไว้ข้างบนแล้ว และถ้าต่อสวิทช์เซนตริฟูกัลร่วมกับขดสตาร์ทแล้วจะได้วงจรดังรูปที่ 6.5 ถ้าจะต่อวงจรให้อยู่ในลักษณะ schematic diagram ก็จะได้ดังรูป



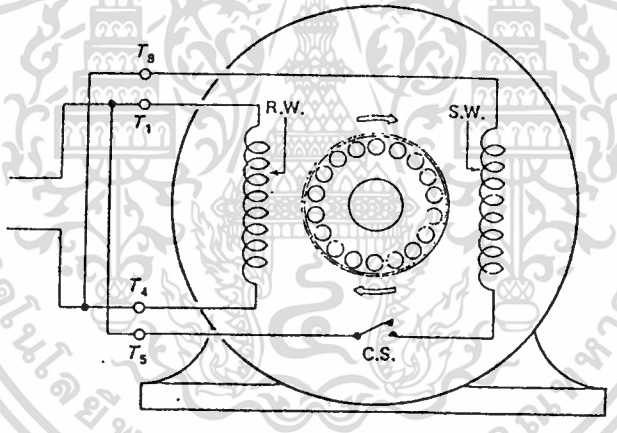
รูปที่ 6.5 แสดงวิธีต่อขดรันและขดสตาร์ทร่วมกับสวิทช์เซนตริฟูกัล

วิธีการต่อมอเตอร์ให้หมุนกลับทิศทางกระทำได้ดังนี้คือโดยการสลับปลายสายของขดลวดเพียงคู่หนึ่งคู่ใดเพียงคู่เดียวเช่นสลับปลายสายของขดสตาร์ทส่วนปลายสายของขดรันให้คงต่อเหมือนเดิมหรือสลับปลายสายของขดรัน ส่วนปลายสายของขดสตาร์ทให้คงต่อเหมือนเดิมสมมุติว่าวิธีต่อแบบนี้ทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทางทวนการเคลื่อนของเข็มนาฬิกาแต่ถ้าสลับปลายสายของขดสตาร์ทจะทำให้มอเตอร์หมุนในอีกทิศทางหนึ่งคือตามการเคลื่อนที่ของเข็มนาฬิกาตามปกติแล้วจะต้องต่อมอเตอร์ให้ทวนเข็มนาฬิกาเมื่อหันด้านที่มีเพลาโผล่ให้อยู่ตรงข้ามกับผู้ที่ทำการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.6 แสดงวิธีต่อขดลวดมอเตอร์แล้วสมมติว่าหมุนทวนเข็มนาฬิกา

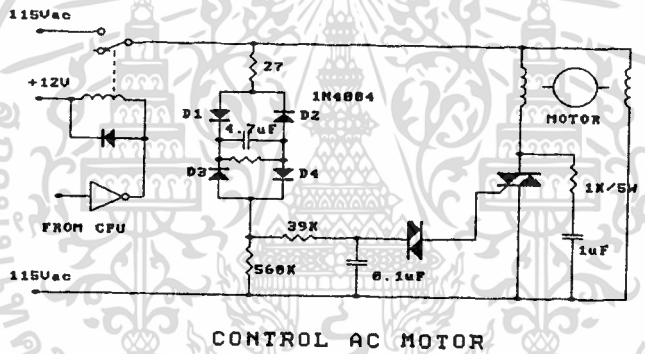


รูปที่ 6.7 แสดงวิธีต่อขดลวดมอเตอร์แล้วสมมติว่าหมุนตามเข็มนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดี่ยวโดยการจุดชนวนควบคุมเฟส

มอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดี่ยวที่สตาร์ทด้วยวิธีแยกเฟส หรือโดยอาศัยตัวเก็บประจุ (split-spase หรือ capacitor start Induction motor) สามารถควบคุมการสตาร์ทได้หลายวิธี โดยในขณะสตาร์ทมอเตอร์จะกินกระแสค่อนข้างมาก และเมื่อมอเตอร์หมุนด้วยอัตราเร็วปกติแล้วกระแสจะลดค่าลงมาก เป็นผลทำให้ขดลวดสตาร์ทหยุดทำงาน แต่มอเตอร์ยังคงหมุนต่อไปด้วยขดลวดหลัก



รูปที่ 6.8 วงจรสตาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบแยกเฟสประวิงเวลา

จากรูปแสดงวงจรสตาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบแยกเฟสโดยอาศัยการจุดชนวนประวิงเวลาเพื่อควบคุมขดลวดสตาร์ทของมอเตอร์ การประวิงเวลาเกิดขึ้นเนื่องจากผลของตัวเก็บประจุ ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้ แรกสุดเมื่อมีการสับสวิตช์SW ลงกระแสจะไหลเข้าประจุ C1 โดยผ่าน R1,R2 และ R3 แรงดันคร่อม R3 จะเข้าประจุ C2 ซึ่งเป็นการประวิงเวลาให้ช้าลงอีก เมื่อแรงดันตกคร่อม C2 มีค่าสูงพอเพียงก็จะจุดชนวน DIAC และจุดชนวนไตรแอ็ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีกต่อหนึ่ง อนึ่งในการจุดชนวนโดยการประจุ C1 เมื่อได้ถึงมุมจุดชนวน 90 แล้วก็จะไม่มีการจุดชนวนเกิดขึ้นอีก และขดลวดสตาร์ทจะหยุดทำงาน ดังนั้นเพื่อให้แน่ใจว่าขดลวดสตาร์ทหยุดทำงานได้จริงจะต้องเลือกค่า R1, R2 และ R3 เพื่อให้แรงดันยอดสูงสุดตกคร่อม R3 มีค่าน้อยกว่าแรงดันจุดชนวนต่ำสุดของไดแอ็ค และในการสตาร์ทใหม่เราต้องรอเวลาอยู่ชั่วขณะหนึ่ง มีค่าขึ้นอยู่กับค่าคงที่เวลา R2-C1 โดยที่เราต้องรอให้ C1 ถ่ายประจุออกโดยผ่าน R2 ซึ่งต้องการเวลารอคอยประมาณ 1 หรือ 2 วินาทีจึงจะสตาร์ทใหม่ได้อีก และเนื่องจากขดลวดสตาร์ทหยุดการทำงานทันทีจะทำให้เกิดแรงดันค่าหนึ่งมีค่าสูงมาก จะเกิดกระแสไหลผ่านไดแอ็คทำให้เสียหายได้ ดังนั้นจึงใช้วงจรสนับเบอร์ป้องกันการเกิดการเสียหายของไดแอ็คได้ โดยใช้ P5 และ G3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

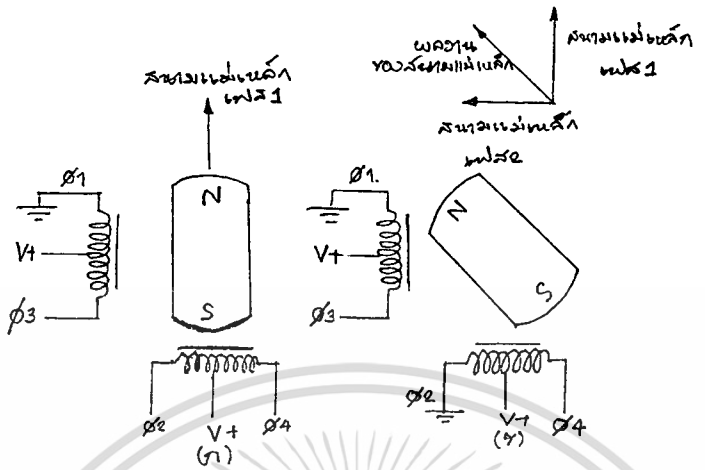
หลักการทำงานของสเตปเปอร์มอเตอร์

ทฤษฎีการทำงาน

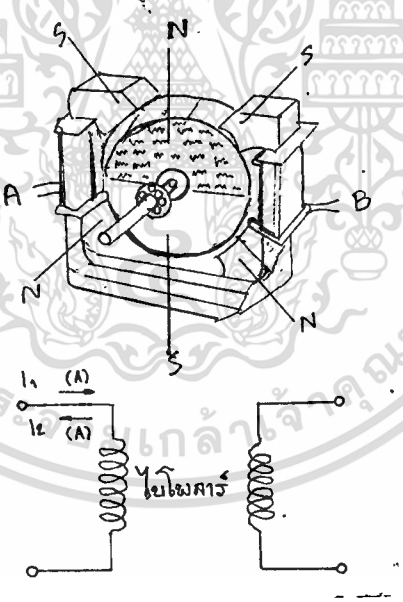
การทำงานคล้ายซิงโครนัสมอเตอร์คือมีสนามแม่เหล็กหมุนเหมือนกัน โดยชนิดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์จะแบ่งตามสนามแม่เหล็กหมุนนี้ ซึ่งเกิดจากการพันขดลวดบนตัวสเตเตอร์ แบ่งเป็นชนิดคือ ยูนิโพลาร์ (unipolar) กับไบโพลาร์ (bipolar)

ในรูปที่ 7-1 แสดงหลักการทำงานแบบง่ายๆ ของสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ 4 เฟสตัวโรเตอร์จะเป็นแม่เหล็กโดยจะเปลี่ยนทิศทางไปตามสนามแม่เหล็กการให้พลังงานแก่ขดลวดใดขดลวดหนึ่งโรเตอร์ก็จะหมุนไป90 องศา ดังรูปที่ 7-1(ก)แต่ถ้าให้ทีเดียว 2 ขดพร้อมกันโรเตอร์ก็จะหมุนเพียง5 องศา ดังรูปที่ 1 (ข) ซึ่งแบบหลังจะสร้างแรงบิดได้มากกว่าแบบแรก สเต็ปเปอร์มอเตอร์จะมีมุมของการเคลื่อนที่แต่ละสเต็ปเปอร์เป็น 1.8 องศา ดังนั้นที่โรเตอร์จะต้องมีขั้วแม่เหล็ก 50 ขั้ว (90 องศา / 50 องศา = 1.8 องศา) จากรูป 7-1 ที่เรียกว่าเป็นสเต็ปเปอร์มอเตอร์ 4 เฟส ซึ่งอันที่จริงแล้วยังไม่ถูกต้องนัก น่าจะเรียกว่าเป็นแบบ 2 เฟสมากกว่า ถึงแม้ว่าขดลวดจะมี 4 ขดก็ตาม แต่การทำงานของ $\phi 3$ หรือ $\phi 4$ มีค่าเท่ากับ $\phi 1$ หรือ $\phi 2$ การที่มี 4 ขด ก็เพื่อให้ง่ายต่อการควบคุม เพียงใช้สวิตช์ SPSI 4 ตัว หรือใช้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ส่วนในรูปที่ 7-2 เป็นขดลวดชนิดไบโพลาร์ เมื่อขดลวด A และ B ในรูปมีกระแสไหลผ่าน สเตเตอร์จะเกิดขั้วแม่เหล็กตามรูปเป็นผลให้โรเตอร์ที่มีขั้วแม่เหล็กต่างกับสเตเตอร์ถูกดูด ต่อมาเมื่อกระแสที่ไหลในขดลวด A เปลี่ยนทิศทางกลับ [I2(A)] จึงเป็นผลให้ขั้วแม่เหล็กที่แกน A เปลี่ยนขั้วจาก S เป็น N และจาก N เป็น S โรเตอร์จึงถูกผลักให้หมุนทวนเข็มไป 90 องศา ลำดับการหมุนใน1รอบ เป็นสเต็ปดังนี้ AB->AB->AB->AB->AB ,U 4 สเต็ป ๆ ละ 90องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7-1 หลักการทำงานของสเตปเปอร์มอเตอร์แบบยูนิโพล่าร์ 4 เฟส

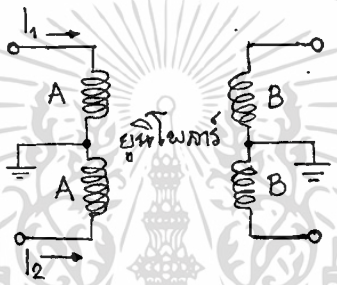


รูปที่ 7-2 ไบโพล่าร์ของสเตปเปอร์แบบ 2 เฟส

จะสังเกตได้ว่าเมื่อเวลากับขั้วแม่เหล็กในแต่ละเฟสจะต้องมีการหยุดกระแสก่อน แล้วกระแสจึงค่อยเปลี่ยนทิศทางจึงสรุปเป็นสเต็ปได้คือ AB->B->AB->A->AB->B->AB->A->AB การทำงานเป็นแบบกึ่งสเต็ปนี้ เป็นผลให้ค่าโมเมนต์มีค่าน้อยกว่าปกติ เพราะมีช่วงเวลาที่กระแสไหลแค่เฟสเดียว ส่วนสเต็ป

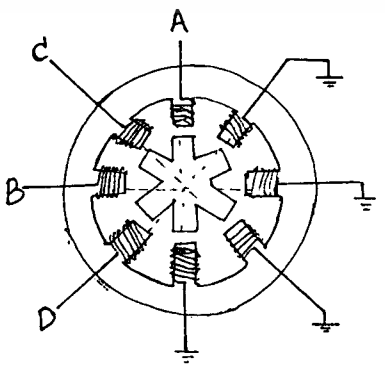
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์มอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ก็คล้ายๆกับไบโพลาร์โดยคิดเพียงขดเดียว ในแต่ละเฟสของยูนิโพลาร์จะมีแทปกลาง ซึ่งจะแบ่งเป็น 2 ขด ดังรูปที่ 7-3 ดังนั้นเมื่อสนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงกระแสไม่เปลี่ยนทิศทางการไหล เป็นที่แน่นอนว่าถ้าจำนวนขดลวดของยูนิโพลาร์พันเหมือนแบบไบโพลาร์ แต่ยูนิโพลาร์มีแทปจึงเป็นผลให้แอมแปร์-เทิร์น ซึ่งเป็นค่าฟล็กซ์แม่เหล็กมีค่าน้อนกว่าไบโพลาร์ เพราะฉะนั้นสนามแม่เหล็กที่ได้ก็น้อยตาม แรงบิดที่ขึ้นกับสนามแม่เหล็กก็น้อยกว่าด้วยเมื่อเทียบกับไบโพลาร์ขนาดเดียวกัน



รูปที่ 7-3 ยูนิโพล่าร์สเตปเปอร์มอเตอร์

ความต้องการในการให้มีการหมุนที่เที่ยงตรงและถูกต้อง การหมุนในแต่ละรอบต้องมีสเต็ปมากขึ้น เราจึงต้องสร้างตัวโรเตอร์และสเตเตอร์ให้มีหลายชั้นโดยแยกขดลวดแต่ละเฟสออกจากกัน ซึ่งในเวลาทำงานเฟสแต่ละเฟสจะต้องต่างเฟสกันเล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 7-4



รูปที่ 7-4 สเตปเปอร์ที่ใช้แกนเหล็กอ่อน

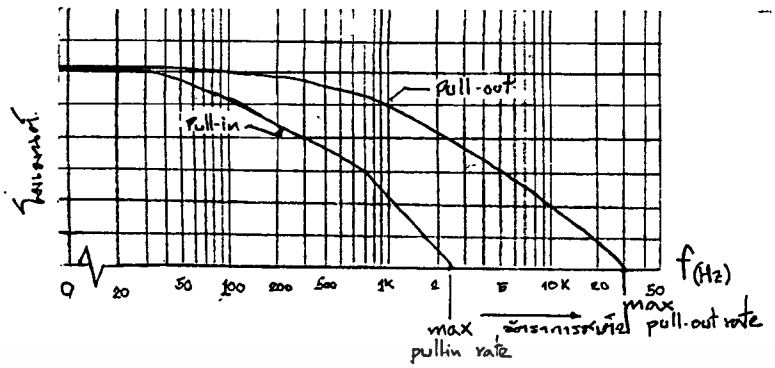
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนสเต็ปที่มากที่สุดของมอเตอร์ถูกกำหนดโดยส่วนประกอบของโรเตอร์ที่เป็นแม่เหล็ก ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเหนี่ยวนำแรงดันของขดลวดในสเตเตอร์นิยมใช้เหล็กอ่อนเป็นตัวโรเตอร์ และเป็นแบบยูนิโพลาร์

คำจำกัดความ

ก่อนที่จะได้รับทราบถึงหลักการปฏิบัติของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ควรจะทราบถึงลักษณะคุณสมบัติของมอเตอร์ก่อนดังในตารางที่ 2จะบอกถึงความหมายของข้อมูลแต่ละอย่างของมอเตอร์ แบ่งประเภทของความหมายได้ 2 ประเภทคือทางไฟฟ้าและทางกล ข้อมูลทางกลเป็นสิ่งที่เราต้องการใช้ ส่วนข้อมูลทางด้านไฟฟ้าใช้สำหรับในการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ควบคุม ตัวแปรที่มีความสำคัญที่จะต้องทราบคือ pull-in rate.(เป็นค่ามากสุดที่ยอมให้เกิดอัตราเร่งสเต็ป) ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของตัวโรเตอร์ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วค่าโมเมนต์ความเฉื่อยจะเพิ่มขึ้นได้ด้วยการถูกหมุนโดยตัวมอเตอร์แล้วผลที่ตามมาก็จะทำให้ pull-in rate ลดลง ดังรูปที่ 7-5 เป็นกราฟลักษณะคุณสมบัติระหว่าง โมเมนต์กับความถี่ จะเห็นได้ว่าเมื่อความถี่เพิ่มขึ้นค่าโมเมนต์จะลดลง ที่เป็นเช่น นี้ก็เพราะว่าเมื่อความถี่ที่เข้ามาสูงขึ้น จะทำให้ค่าอินดักแตนซ์ที่ขดลวดบนสเต็ป เตอร์สูงขึ้นกระแสจะไหลได้น้อยลง และเป็นผลให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยลงด้วย นอกจากนี้กระแสที่ไหลในขดลวดสเตเตอร์ก็ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้รวดเร็ว ด้วยซึ่งจากกราฟได้แสดงถึงค่าโมเมนต์ 2 โมเมนต์ คือ กราฟ pull-inและ กราฟ pull-out กราฟ pull-in ควรจะใช้เมื่อขับมอเตอร์ด้วยความถี่คงที่ ค่าโมเมนต์ก็จะอยู่ที่ค่าหนึ่ง ส่วนกราฟ pull-out ใช้กับการเร่งและการหน่วงความเร็วที่ราบรื่นไม่กระตุก ซึ่งค่าโมเมนต์จะสูงกว่ากราฟ pull-in แต่วงจรควบคุมซับซ้อนกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7-5 กราฟคุณสมบัติระหว่างโมเมนต์กับความถี่

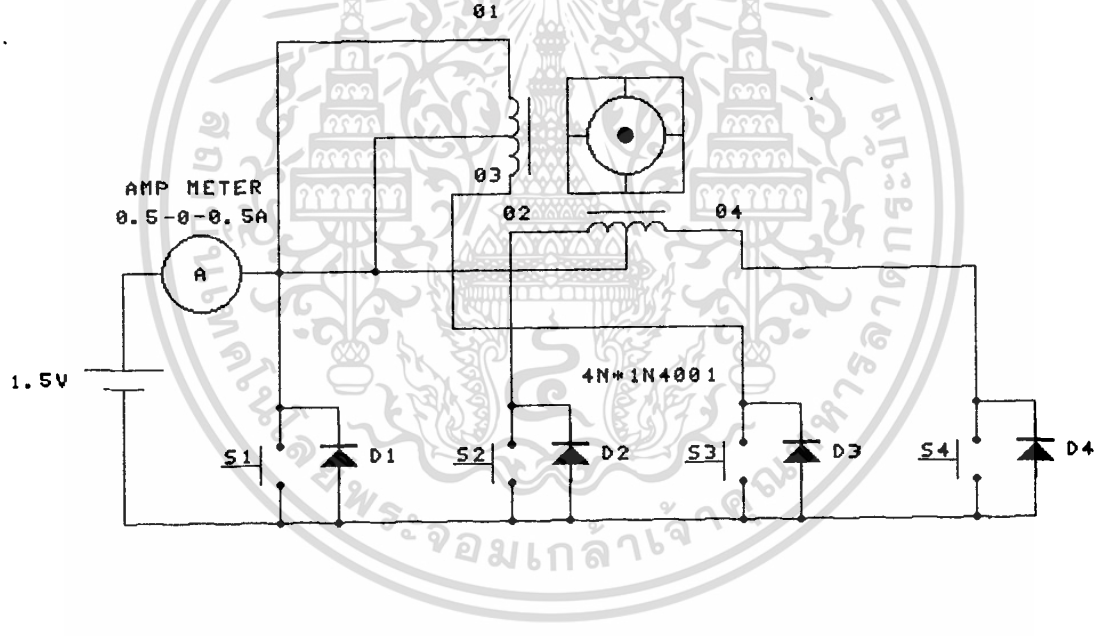
สเต็ปเปอร์มอเตอร์กับการทดลอง

วิธีการศึกษาการทำงานของสเต็ปเปอร์มอเตอร์มีวิธีง่าๆและสะดวกต่อการทดลองและทำความเข้าใจได้ง่าย ซึ่งก็โดยการนำเอาถ่านไฟฉายขนาด 1.5 โวลต์มาใช้ดังรูปที่ 7-6 ในการขับให้เกิดแรงบิดขึ้นที่ต้วมอเตอร์ โดยการใช้สวิตช์กด 4 ตัว เป็นตัวควบคุมมอเตอร์ให้ทำงานแบบเต็มลำดับหรือครึ่งลำดับ ไดโอด Di-D4 ป้องกันการสปาร์กที่เกิดขึ้นที่หน้าคอนแทคสวิตช์ และพลังงานสะสมของขดลวดจะย้อนกลับมาทำลายแบตเตอรี่ได้ สมมติว่าที่ขดลวด ⊿1 สวิตช์ S1 ปิดวงจรจะมีกระแส 300 มิลลิแอมป์ ไหลผ่านขดลวด ⊿1ลงกราวด์ และเมื่อสวิตช์ S1 เปิดวงจรก็จะทำให้เกิดกระแส 300 มิลลิแอมป์ ไหลผ่านขดลวด ⊿3 ผ่าน D3

ขณะที่กระแสไหลกลับไปยังแบตเตอรี่โดยตรงนั้น กระแสจะตกเป็นศูนย์และจะเป็นพลังงานสะสมย้อนกลับไปยังแหล่งจ่ายกำลังงานในขณะเดียวกันก็จะมีแรงดันตกคร่อมขดลวด⊿2 ขณะเปิดวงจร (เป็นแรงดันตกคร่อมไดโอด) ซึ่งจะมีขนาดแรงดันเป็น 2 เท่าของแรงดันในตอนแรก เพราะฉะนั้นการเลือกใช้ ทรานซิสเตอร์ต้องคำนึงถึงข้อนี้ด้วยเมื่อนำมาใช้ในการขับรถมอเตอร์แบบยูโพลาร์จากวงจรในรูปที่ 7-6 ที่ตารางการทำงานของขดลวดและสวิตช์ ซึ่งจะแสดงถึงการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ตามเข็มนาฬิกาเป็นแบบเต็มลำดับหรือครึ่งลำดับ การกลับทิศทางการหมุนก็เพียงแต่กดสวิตช์ถอยหลังส่วนใหญ่แล้วผู้ใช้สเต็ปเปอร์มอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตอร์มักใช้แรงบิดจากการป้อนแรงดันเพียง 1.5 โวลต์ที่ขดลวด โดยแรงดันสูงสุดที่นิยมใช้กันปกติก็เพียงแค่ 5 โวลต์ แต่ในวงจรขับจริงใช้ถึง 50 โวลต์ดีซี จริงๆแล้วต้องขึ้นอยู่กับความเร็วด้วย จากรูปที่ 7-6 ทดลองโดยไม่ต้องกดสวิตช์ทำการหมุนคานที่ติดอยู่กับแกนหมุนของมอเตอร์ แล้วหมุนไปให้เร็วประมาณ 60 รอบต่อนาที จะรู้สึกว่ามันผิดและสังเกตที่แอมป์มิเตอร์จะมีกระแสสูงถึง 500 มิลลิแอมป์ ไหลกลับไปยังแบตเตอรี่จากความต้องการที่จะให้มอเตอร์หมุนเร็วขึ้นจะต้องใช้แรงดันและกระแสสูงขึ้นและก็ต้องป้องกันขดลวดไหม้ด้วยขณะที่มอเตอร์หยุดหมุน



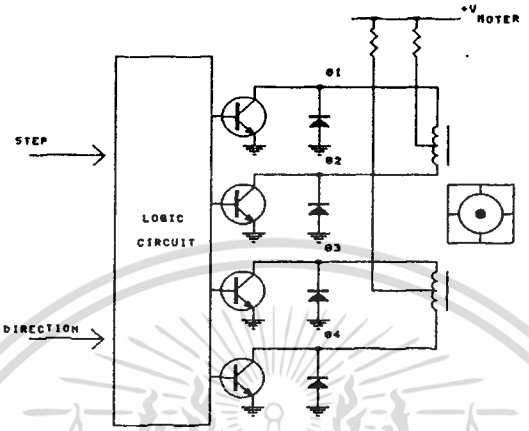
รูปที่ 7-6 การทดลองการทำงานของสเตปเปอร์มอเตอร์

จากวงจรควบคุมที่ใช้ทรานซิสเตอร์ ดังรูปที่ 7-7 กระแสที่ไหลผ่านขดลวดจะถูกจำกัดไว้ด้วยตัวต้านทาน ซึ่งจะใช้ตัวต้านทานเพียง 2 ตัว สำหรับมอเตอร์ 4 เฟส เป็นเพราะ ⊿1และ ⊿3 จะไม่ทำงานพร้อมกัน ⊿2 และ ⊿4 ก็เช่นกัน ในวงจรรูปที่ 8 ใช้ขับมอเตอร์กำลังต่ำจนถึงระดับกลาง ค่าแรงดันตกคร่อมขาคอล-เล็กเตอร์กับขาอิมิตเตอร์ (Vce) ของทรานซิสเตอร์จะต้องใช้ค่าที่สูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็น 2 เท่าของแรงกดดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์

ถ้าต้องการมอเตอร์กำลังสูงๆ ต้องใช้วิธีอื่นกล่าวคือ ความต้านทานที่ต่อจำกัดกระแสมอเตอร์ไว้อาจทำให้เกิดการสูญเสียกำลังมากเกินไป ดังนั้นจึงต้องใช้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวสวิตช์ซึ่งขับกระแสแบบคงที่แทน



รูปที่ 7-7 วงจรขับสเตปเปอร์โดยใช้ทรานซิสเตอร์

แรงบิดของเพลา (Shaft torque)

ในการประยุกต์ใช้งานนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบค่าแรงบิดของเพลา (มอเตอร์)ซึ่งจะสำคัญยิ่งเพราะที่แรงบิดสูงๆแล้วจะไม่สามารถเบรกได้เลย

การทดลองในรูปที่ 7-6 ให้เอาถ่าน 1.5 โวลต์ ออกแล้วกดสวิตช์ S1-S4 พร้อมกันและทดลองหมุนที่แกนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ซึ่งจะเกิดผลของการแคมป์ขึ้นเนื่องจากการ ที่ขดลวดชอร์ตถึงกันจะทำให้เกิดการเบรกตัวเองที่ความเร็วรอบเพียงไม่กี่รอบ

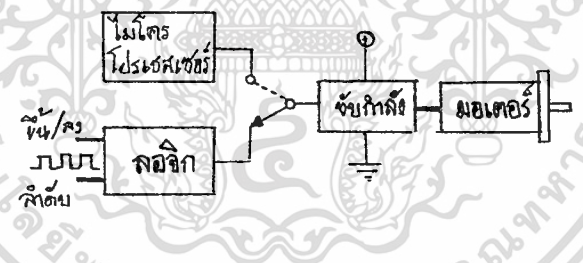
ใส่ถ่าน 1.5 โวลต์เข้าไปเหมือนเดิมแล้วลองที่หมุนที่มอเตอร์อย่างเร็ว จะเห็นได่ว่าสามารถหมุนได้ง่ายและไม่ฝืด เพราะว่ากระแสไฟฟ้าสลับที่เกิดขึ้นถูกจำกัดโดยขดลวดตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งจะสัมพันธ์กับความถี่ที่เพิ่มขึ้น

วงจรควบคุม

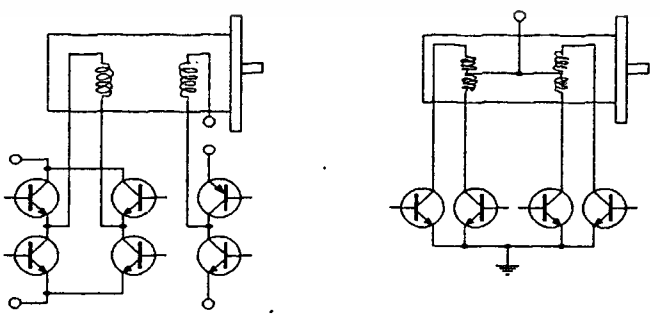
การนำเอาสเต็ปเปอร์มอเตอร์มาใช้งานนั้นมีความยุ่งยากมาก จำเป็นที่จะต้องศึกษาและทำความเข้าใจการทำงานตั้งแต่เพาเวอร์ซัพพลายไปจนถึงการเกิดสนามแม่เหล็กหมุน แต่ถึงอย่างไรก็ยังไม่ยากเกินไป และที่จะกล่าวนี้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำเอาวงจรอิเล็กทรอนิกส์มาใช้กับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ดังแสดงบล็อกไดอะแกรมตามรูปที่ 7-8 ซึ่งการขับด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์นี้ก็ต้องแยกด้วยว่าขับมอเตอร์ แบบไบโพลาร์หรือยูนิโพลาร์อีกทั้งยังขึ้นอยู่กับเฟสมอเตอร์ด้วยว่ามีจำนวนเฟส มากน้อยแค่ไหน ที่จะต้องควบคุม ดังแสดงในรูปที่ 7-9 ซึ่งวงจรขับมอเตอร์แบบยูนิ โพลาร์นั้น แสดงไว้ในรูปที่ 7-9 (ก) จากวงจรจะเห็นว่าจะใช้ทรานซิสเตอร์ขับ ขดลวดในลักษณะ 1 ขดต่อ ทรานซิสเตอร์ 1 ตัว ซึ่งจะแตกต่างจากการขับมอ เตอร์ชนิดไบโพลาร์ ซึ่งชนิดหลังนี้มอเตอร์ต้องการทรานซิสเตอร์ต่อกันแบบบริดจ์ เพื่อขับขดลวด โดยใช้ทรานซิสเตอร์ถึง 4 ตัว ต่อขดลวด 1 ขด ดังรูปที่ 7-9 (ข) ขดทางซ้ายมือ ส่วนขดทางขวามือนั้นต้องการทรานซิสเตอร์ 2 ตัว มาขับขดลวด 1 ขด แต่เพาเวอร์ซัพพลายที่จ่ายให้กับทรานซิสเตอร์ทั้ง 2 ชุด ในรูปที่ 7-9 (ข) นั้นไม่เหมือนกันให้สังเกตดูให้ดีแล้วในขดทางขวามือจะเป็นแรงดันแบบ บวก-กราวด์-ลบ



รูปที่ 7-8 ไดอะแกรมของสเตปเปอร์มอเตอร์



รูปที่ 7-9 การขับสเตปเปอร์มอเตอร์แบบยูนิโพล่าร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่กล่าวมาแล้วนั้นเมื่อความถี่เพิ่มขึ้นก็หมายความว่ากระแสที่สเตเตอร์ก็จะน้อยลงหรือเหมาะสมเพราะว่ากระแสจะไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำในระยะเวลาปกติที่ความถี่สูงๆ จะต้องให้ความสำคัญกับเวลาด้วย ดังนั้นการใช้กระแสมาขับมอเตอร์แทนการควบคุมด้วยแรงดันดูแล้วค่อนข้างจะดีกว่ามาก

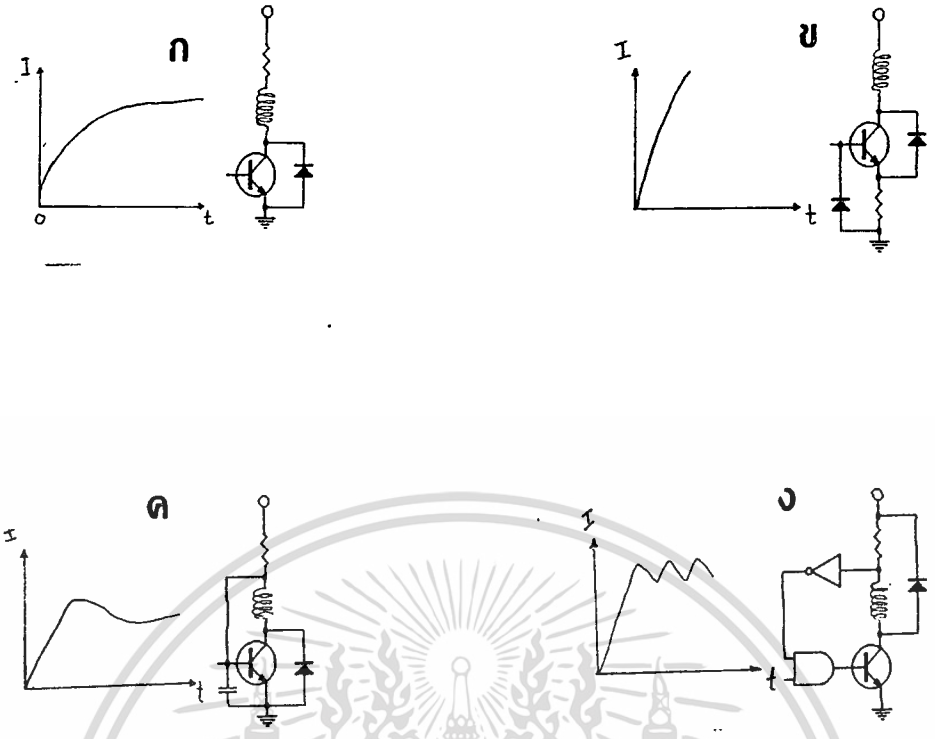
ในรูปที่ 7-10 (ก)-(ง) จะเป็นวงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์โดยจะมีกราฟแสดงการเพิ่มขึ้นของกระแสที่สเตเตอร์ซึ่งในรูปที่7-10 (ก) ตัวต้านทานที่อนุกรมเข้าไปนั้นจะลดค่าของคาบเวลาในการสวิตช์ทำงานของทรานซิสเตอร์ให้น้อยลง สำหรับโหลดที่มีค่าเหนี่ยวนำน้อย ซึ่งก็แน่นอนว่าจะต้องมีการสูยเสียกำลังงานไปบางส่วน

ในรูปที่7-10 (ข) เป็นวงจรที่ช่วยชดเชยค่าอินดัคแตนซ์ โดยใช้วงจร RC ซึ่งวงจรนี้จะกำเนิดแดมพ์ออสซิลเลชั่นดังรูป และก็ทำให้ค่าคงที่ในการแดมพ์น้อยที่สุดที่จะทำได้ด้วยค่า R และ C ค่าคูรสมบัติเหล่านี้จะถูกกำหนดโดยผู้ผลิตสเต็ปเปอร์มอเตอร์

ในรูปที่7-10 (ค) จะใช้ทรานซิสเตอร์เป็นแหล่งจ่ายกระแส ซึ่งจะทำให้ความชันของการสวิตช์ทำงานมีความชันมาก และจะต้องป้อนแรงดันให้สูงอย่างเพียงพอด้วยโดยเมื่อขณะเวลาที่กระแสไหลผ่านทรานซิสเตอร์ในระดับต่ำแล้วตัวทรานซิสเตอร์จะไม่อยู่ในสภาพอิ่มตัวนานนัก ซึ่งในวงจรนี้จะกินกำลังงานมาก ดังนั้นจึงต้องการระบายความร้อนออกมาในช่วงจังหวะนี้

ในรูปที่7-10 (ง) เป็นวงจรแหล่งจ่ายกระแสที่ดีมากเพราะเมื่อกระแสไหลจนถึงค่าๆหนึ่งในส่วนของคอมพาราเตอร์จะสวิตช์ ทำให้ทรานซิสเตอร์หยุดทำงานและจะทำให้สนามแม่เหล็กลดลงโดยผ่านไดโอดช้าๆ แล้วเมื่อกระแสตกคร่อมมอเตอร์ลดต่ำลงกว่าค่าที่กำหนดไว้ คอมพาราเตอร์ก็จะสวิสช์ให้ทรานซิสเตอร์ทำงานอีกครั้ง ดูได้จากกราฟ ในกรณีนี้ทรานซิสเตอร์จะไม่กินกำลังมากเหมือนในรูปที่ 7-10 (ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7-10 การใช้กระแสเพื่อเพิ่มโมเมนต์ขึ้นที่อัตราสเตปเปอร์สูงๆ

ถ้าต้องการควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์ด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อให้มอเตอร์ทำตามต้องการ สามารถต่อเอาต์พุตพอร์ตได้โดยตรงและสามารถสั่งงานโดยการใช้ซอฟแวร์ เพื่อสั่งงานให้มอเตอร์หมุนเดินหน้าหรือถอยหลังได้ตามความต้องการ และนอกจากนั้นยังสามารถเลือกได้ว่าจะหมุนเป็นลำดับหรือกึ่งลำดับก็ได้ จากการปรับช่วงห่างระหว่างเวลาแต่ละลำดับวิธีการควบคุมก็โดยอาศัยวงจรลอจิกนำเอาต์พุตไปควบคุมทรานซิสเตอร์ผ่านวงจร R-S ไบสเตเบิลเพื่อป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น เช่น กรณีของการนำกระแสพร้อมๆกันของทรานซิสเตอร์ทั้ง 4 ตัวแบบบริดจ์ ในบางกรณีลอจิกเกตจะถูกใช้เป็นตัวเซตและรีเซตวงจรไบสเตเบิลเพื่อกำหนดทิศทางการหมุนก็ได้

มีอุปกรณ์ไอซีที่ผลิตขึ้นมาเพื่อใช้ในการออกแบบเป็นวงจรควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ที่ควบคุมความเร็วด้วยการเปลี่ยนแปลงความเร็วของพัลส์ และที่มีขายก้นตามท้องตลาดก็เช่นกัน เบอร์ SAA 1027,L297 และ L298 หรือ TL376 ULN2002 - ULN2005 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อแนะนำในทางปฏิบัติ

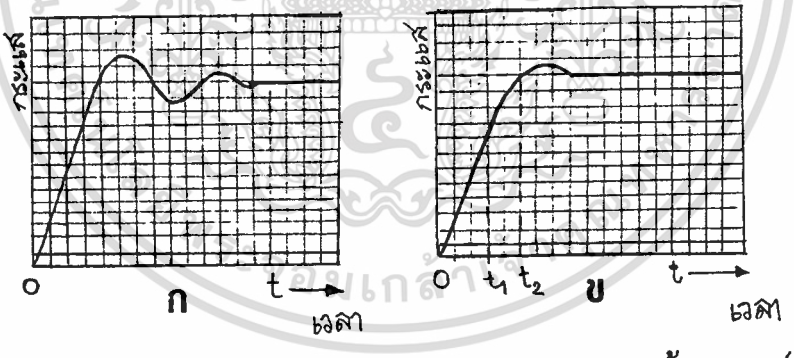
การใช้งานสเต็ปเปอร์มอเตอร์มีข้อพิจารณาอยู่หลายข้อ ดังจะอธิบายต่อไปนี้

คุณลักษณะของขดลวดเหนี่ยวนำ(L)ที่พันอยู่บนสเตเตอร์

การสวิตชิ่งกระแสที่ผ่านลวดเหนี่ยวนำจะทำให้เกิดแรงดันตามสมการ

$$V = L \frac{di}{dt}$$

ซึ่งอาจจะมีค่าสูงพอที่ทำลายวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมได้ ทางป้องกันคือการใช้ free wheeling diodes (ฟรีวิลลิ่งไดโอดคือ ไดโอดที่จะเปลี่ยนทิศทางการไหลของกระแสที่ไม่ต้องให้ไหลผ่านไดโอดแทน) กับขดลวดชนิดยูนิโพลาร์ และการใช้ความต้านมานเปลี่ยนค่าได้กับซีเนอร์ไดโอด กับขดลวดแบบไบโพลาร์



t1 เป็นเวลาที่เกิดโมเมนต์กับตัวโรเตอร์เรียกว่า เบรกกิ้งโมเมนต์

t2 เป็นการเริ่มสเต็ปปกติ

รูปที่ 7-11 (ก) เป็นการโอเวอร์ชู้ตหรือการเกิดแดมพ์ออสซิลเลชั่นเมื่อเกิดการเปลี่ยนตำแหน่งของตัวโรเตอร์ (ข) การเกิดโอเวอร์ชู้ตที่น้อยที่สุดโดยการให้มอเตอร์มีโมเมนต์ต้านในขณะเปลี่ยนสเต็ป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของการเกิดโอเวอร์ชู้ตเมื่อตัวโรเตอร์เปลี่ยนตำแหน่งในรูปที่ 7-11 (ก) ซึ่งจะมีผลมากกับดัตราความเร็วที่สเต็ปต่ำๆเนื่องจากสเต็ปเปอร์มอเตอร์ปกติจะไม่มีการส่งกำลังโดยการใช้ฟันเฟือง ถ้าหากว่าเราใช้ฟันเฟืองดังกล่าว การโอเวอร์ชู้ตก็จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและหมดไป แต่งานบางอย่างมักนิยมใช้ระบบสายพานเพราะสามารถยืดหยุ่นได้ แต่บางอย่างก็ใช้การขับโดยตรงเลย เป็นไปได้ว่าเราสามารถที่จะพัฒนาปรับปรุงผลจากการแดมป์นี้ ให้มันมีการสูญเสียพลังงาน โดยการเพิ่มแรงเสียดทานทางกลเข้าไป หรือว่าจะให้มันสูญเสียพลังงานไฟฟ้า โดยการทำให้มอเตอร์หมุนกลับทางก่อนที่ตัวโรเตอร์จะหมุนไปที่ตำแหน่งใหม่แล้วจึงค่อยหมุนไปตามปกติในเสี้ยววินาทีต่อมาดูรูปที่ 7-11(ข)ประกอบ ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่ยากทีเดียว

ความถูกต้องแม่นยำของการสเต็ป ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะทางเคลื่อนที่ระหว่างวัตถุกับสเตเตอร์ ดังรูปที่ 7-11 (ข) การผิดพลาดจะเกิดน้อยเมื่อจำนวนสเต็ปที่วิ่งมีค่าเท่ากับจำนวนเฟสที่ส่งเข้าไป

สรุปได้ว่า ถ้าต้องการควบคุมตำแหน่งให้ถูกต้อง โดยใช้สเต็ปเปอร์มอเตอร์จะต้องพยายามนำจำนวนสเต็ป ระหว่างจุดอ้างอิงกับตำแหน่งที่ต้องการ ให้มีค่าเท่ากับจำนวนครั้งที่สเตเตอร์ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8

ส่วนหยอดเหรียญ

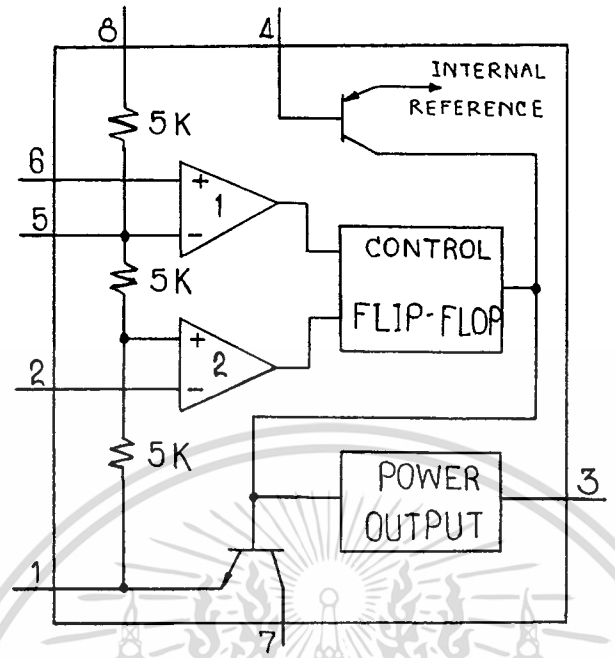
ส่วนหยอดเหรียญจะเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องจำหน่ายตั๋วรถไฟฟ้า โดยจะทำหน้าที่ตรวจเหรียญปลอม, เหรียญ 1 บาท,5 บาท,10 บาท และการทอนเงินด้วย โดยจะมีการส่งและรับสัญญาณควบคุมระหว่าง CPU รวมทั้งยังมีวงจร

- Senser
- Adding
- Display to Seven Segment
- Latch Data
- Clock Generation
- Magnetics

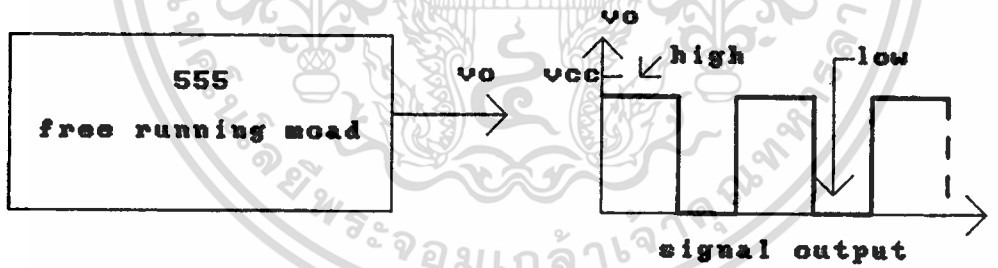
วงจรอะสเตเบิ้ลและโมโนสเตเบิ้ล

วงจรสเตเบิ้ลและโมโนสเตเบิ้ลใช้ IC Timer 555 เป็นหัวใจของวงจร ดังนั้นจะกล่าวถึงการทำงานและหน้าที่ของไอซีนี้ โดยประเภทของไอซี 555 จะแบ่งได้สองประเภท คือประเภทสร้างสัญญาณตลอดเวลาหรือเรียกว่าอะสเตเบิ้ลมัลติไวเบเตอร์และประเภทสร้างสัญญาณเพียงลูกเดียวหรือเรียกว่าวันชอตมัลติไวเบรเตอร์หรือโมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์

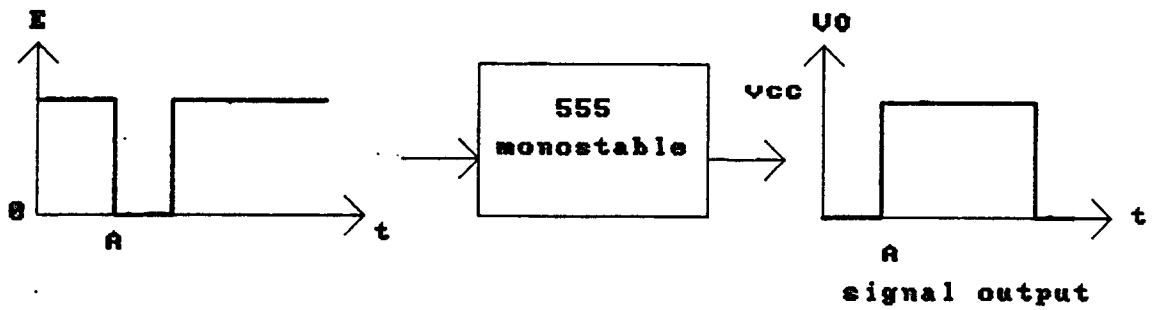
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.1 แสดงองค์ประกอบภายใน IC 555



รูปที่ 8.2 การทำงานประเภทสร้างสัญญาณคลอดเวลาหรืออะสเตเบิ้ล



รูปที่ 8.3 การทำงานประเภทวันชอตหรือโมโนสเตเบิ้ล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 8.2 เป็นการแสดงการทำงานประเภทอะสเตเบิ้ลของ IC 555 จะเห็นว่าสัญญาณแรงดันจะเปลี่ยนจากค่าแรงดันสูงเป็นค่าแรงดันต่ำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆไม่มีวันหยุดช่วงเวลาของเอาท์พุท ที่ได้นี้จะหาได้จากตัวต้านทานและตัวเก็บประจุที่นำมาต่อวงจรภายนอกIC 555 อีกที โดยค่าแรงดันเอาท์พุทในขณะที่มีค่าสูงสุดจะน้อยกว่าไฟเลี้ยง Vccเสมอและค่าแรงดันเอาท์พุทต่ำสุดมีค่าประมาณ 0.1 โวลต์

ในรูปที่ 8.3 จะมีข้อแตกต่างกับวงจรที่ผ่านมา ตรงว่าจะต้องมีสัญญาณภายนอกเข้ามากระตุ้นเท่านั้นจึงจะสร้างสัญญาณขึ้นมา 1 ลูก เมื่อมีสัญญาณจากภายนอกซึ่งมีแรงดันพอเหมาะเข้ามากระตุ้นวงจรแล้วแรงดันเอาท์พุทของIC 555 ก็จะเปลี่ยนจากสภาวะปกติจากต่ำไปสูงเป็นเวลาค่าหนึ่ง ซึ่งเวลาค่านี้จะสามารถหาได้จากค่าของตัวต้านทานและตัวเก็บประจุที่นำมาต่อเพิ่มเข้ากับวงจรนั้นเอง

หน้าที่ของขา IC 555

1.ขาเอาท์พุทเป็นขาที่ 3 จะเป็นได้ทั้งตัวดึงกระแสเข้า (Sink Current) และตัวให้กระแสไหลออก (Source Current)โดยเมื่อสัญญาณที่เอาท์พุทมีค่าต่ำไฟเลี้ยงจากภายนอกก็จะไหลเข้า IC 555 โดยในขณะนั้นซัพพลายโหลด (Floating Supply Load) ซึ่งเสมือน ถูกต่อลอยอยู่จะเริ่มทำงาน โดยทำหน้าที่เป็นตัวผ่านกระแสจากไฟเลี้ยงภายนอกเข้าสู่ตัวไอซีและเมื่อสัญญาณเอาท์พุทมีค่าสูง IC 555 ก็จะทำตัวเป็นผู้ให้กระแส โดยปล่อยจะกระแสให้ไหลสู่กราวด์โหลด (Ground Load) หรือโหลดภายนอกที่ต่ออยู่กับขานี้นั่นเอง

2.ขารีเซต เป็นขาที่ 4 ซึ่งทำให้ 555 สามารถยกเลิกหรือสั่งซ้ำต่อสัญญาณคำสั่งที่มาจากขา Trigger Input ในขณะที่ขานี้ยังไม่ได้ใช้ขานี้ควรต่อเข้ากับไฟเลี้ยงและเมื่อต่อขานี้เข้ากับกราวด์หรือมีระดับแรงดันน้อยกว่า 0.4 โวลต์ ทั้งขา 3 และ ขา 7 ก็จะมีค่าแรงดันต่ำทันที

3.ขาดิสชาร์จ เป็นขาที่ 7 หน้าที่ของขานี้จะเหมือนกับชื่อของขาคือเมื่อสัญญาณเอาท์พุทมีค่าต่ำขานี้จะใช้เพื่อการดิสชาร์จกระแสของตัวเก็บประจุและเมื่อสัญญาณเอาท์พุทมีค่าสูงขานี้จะทำหน้าที่เปิดวงจรและให้ตัวเก็บประจุเกิดการชาร์จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสจากแหล่งจ่ายไฟภายนอกเข้าตัวเก็บประจุจนกระทั้งแรงดันของตัวเก็บประจุมีค่าที่กำหนดไว้

4.ขาควบคุมแรงดัน ตัวเก็บประจุที่ทำหน้าที่เป็นฟิลเตอร์ขนาด 0.01 uF มักจะถูกนำมาต่อเข้ากับขานี้ซึ่งเป็นขาที่ 5 กับกราวด์ตัวเก็บประจุที่นำมาต่อที่ขานี้จะทำหน้าที่บายพาสหรือส่งผ่านสัญญาณรบกวนและแรงดันกระเพื่อม ที่มาจากแหล่งจ่ายไฟ (Ripple Voltage)ลงกราวด์ไป ทั้งนี้จะทำให้แรงดันเทรสโฮลด์มีค่าถูกต้อง สำหรับค่าแรงดันนี้คือ แรงดัน ณ ค่าหนึ่งที่เริ่มทำให้เกิดหารเปลี่ยนแปลงสถานะของเอาท์พุท นอกจากนี้ขาควบคุมแรงดันนี้ยังสามารถนำมาใช้เพื่อเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันที่ขาเทรสโฮลด์และทริกเกอร์ได้อีกด้วย

5.ขาทริกเกอร์และขาเทรสโฮลด์ ไอซี 555 มีการทำงาน 2 สถานะและมีสถานะการจำอยู่ โดยสถานะต่าง ๆเหล่านี้ขึ้นอยู่กับขา สองขาก็คือ ขาทริกเกอร์ (ขาที่ 2)และขาเทรสโฮลด์ (ขาที่ 6)สัญญาณอินพุทที่ป้อนให้กับขาทริกเกอร์จะถูกเปรียบเทียบกับขาคอมพาราเตอร์ ซึ่งถูกกำหนดให้เปรียบเทียบที่ค่าเทรสโฮลด์ค่าต่ำหรือ VLt (Lower Theshole Voltage) ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ VCC/3 สำหรับสัญญาณที่ป้อนให้กับขาเทรสโฮลด์จะถูกเปรียบเทียบกับคอมพาราเตอรี่อีกตัวหนึ่ง ซึ่งจะถูกกำหนดให้เปรียบเทียบที่ค่าเทรสโฮลด์ค่าสูง

ในการป้อนอินพุตแต่ละครั้งค่าแรงดันที่ป้อนเข้ามานั้นเป็นไปได้ที่จะมากว่าหรือน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าเทรสโฮลด์ทั้งสองอัน จะทำให้เกิด 4 สภาวะที่กล่าวมาแล้ว โดยเมื่ออยู่ในการทำงานแบบ A แรงดันอินพุทที่ป้อนเข้ามามีค่าต่ำกวาแรงดันอ้างอิงทั้งขาทริกเกอร์และขาเทรสโฮลด์ ดังนั้นแรงดันที่ขาเอาท์พุทของไอซี 555 ก็จะให้ค่าสูงในขณะที่การทำงานแบบ Dแรงดันอินพุทที่ป้อนเข้ามามีค่าสูงกว่า แรงดันอ้างอิงทั้งสอง แรงดันที่ขาเอาท์พุทไอซี 555 ก็จะให้ค่าต่ำ

สำหรับกรณีการทำงานแบบ B และ C เป็นสถาณะที่ไอซี 555 ยังคงจำสถาณะเดิมอยู่โดยเมื่อแรงดันที่ป้อนเข้ามาเพิ่มขึ้นจากค่า VLt ไปเกือบถึงค่า VUT หรือสภาวะ C วงจรยังคงจดจำสภาวะเดิมไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางสถานะการทำงาน IC 555

VUT = 2 Vcc / 3

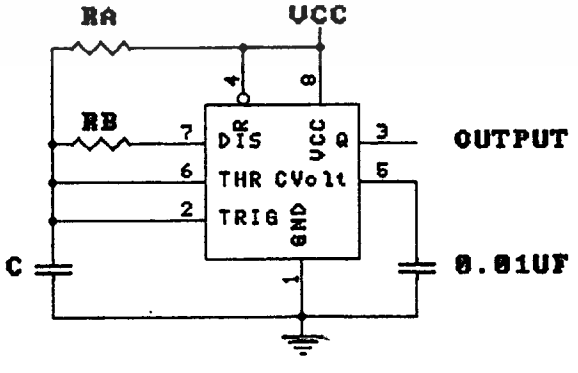
VLT = Vcc / 3

High = +Vcc

Low = 0,GND

ตารางการทำงานของไอซี 555

สถาณะการทำงาน	ขาทริกเกอร์	ขาเทรสโฮลด์	ผลลัพท์	
			ขาเอาท์พุท	ขาดิสชาร์จ
A	ต่ำกว่า VLI	ต่ำกว่า VUT	H	เปิดวงจร
B	ต่ำกว่า VLI	สูงกว่า VUT	สถาณะเดิม	
C	สูงกว่า VLI	ต่ำกว่า VUT	สถาณะเดิม	
D	สูงกว่า VLI	สูงกว่า VUT	L	กราวด์



รูปที่ 8.4 การทำงานแบบอะสเตเบิ้ล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IC 555 สามารถที่จะนำมาต่อเป็นวงจรอะสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์ไว้ดัง รูป 8.4 โดยเราสามารถนำมาเป็นวงจรกำเนิด CLOCK ได้

$$t_{high} = 0.695(Ra + Rb)C$$

$$t_{low} = 0.695\ Rb\ C$$

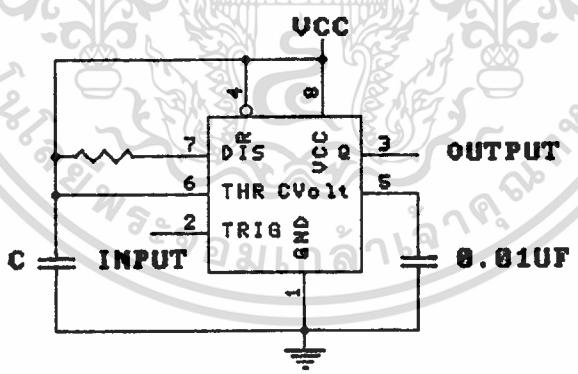
$$T = t_{hight} + t_{low} = 0.695\ (Ra + 2Rb)\ C$$

$$f = 1 / T = 1.44 / (Ra + 2Rb)\ C$$

โดยที่ค่าดิวตี้ไซเคิล

$$D = t_{low} / T = Rb / (Ra + 2Rb)$$

วงจรโมโนสเตเบิ้ล



รูปที่ 8.5 วงจรโมโนสเตเบิ้ล

เป็นวงจรกำเนิดพัลซ์เพียงลูกเดียวหรือที่เรียกว่า วงจรวันชอต

$$t_{high} = 1.1 * Ra * C$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของวงจร SENSOR

ในส่วนนี้ได้ใช้อุปกรณ์อินฟาเรด เป็นตัวคอยจับว่ามีเหรียญเข้ามาหรือไม่ รวมถึงการเช็คว่าเหรียญที่เข้ามานั้นเป็นเหรียญประเภทไหน (10,5,1 บาท) โดยการเช็คความสูงของเหรียญประเภทต่าง ๆ โดยการเช็คความเร็วของเหรียญด้วย โดยเราจะใช้ Senserชุดบน 3 ชุดและชุดล่าง 1 ชุด เพื่อจับการเข้ามาของเหรียญ ที่เล็กกว่าเหรียญ 1 บาท ก็จะส่งสัญญาณไปกระตุ้นวงจรทอนเหรียญ แต่เนื่องจากเรามี Senser อยู่ 3 ชุดดังนั้นการที่จะให้ O/P ออกไปเพียงชุดเดียวนั้นเพื่อไปเข้าวงจรบวก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวงจรกันการออกไปแสดงที่เอาท์พุทที่ละหลาย ๆ โดยใช้วงจรทางด้านลอจิกดังตาราง

ตารางแสดงผลของเหรียญทางลอจิก

10	5	1	Z
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
1	0	0	1
X	0	0	0
X	X	X	0

ภาควงจรทอนเหรียญ

ในส่วนของวงจรทอนเหรียญจะนำมาควบคุมโซลีนอยด์ในการทอน โดยโซลีนอยด์วาล์วดึงเข้า 1 ครั้งก็จะคือเหรียญ 1 เหรียญ โดยเครื่องขายตั๋วรถไฟฟ้าอัตโนมัตินี้จะทำการทอนเหรียญบาทกับเหรียญสิบเท่านั้น ดังนั้นเราจึงใช้โซลีนอยด์วาล์ว 2 ตัว โดยส่วนของการควบคุมการทอนเหรียญของโซลีนอยด์วาล์ว จะได้กล่าวถึงในส่วนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่เป็นตัวกำหนดว่าต้องทอนเหรียญเท่าไรจะถูกส่งมาจาก CPU ซึ่งจะส่งมาเป็น DATA แบบ BCD 2 หลักแบ่งเป็นหลักสิบกับหลักหน่วย ซึ่งการทอนเหรียญบาทกับเหรียญสิบจะมีส่วนของวงจรควบคุมโซเลนอยด์วาวล์ที่เหมือนกันจึงมีวงจรทอนเหรียญ 2 ชุดสำหรับเหรียญบาทและเหรียญสิบ 1ชุด โดยในวงจรทอนเหรียญนี้จะใช้ ไอซี 74LS190 Syscronous Up/Down Decade Counter With Down/Up Mode Control โดยเราจะให้วงจรทำงานใน Mode นับลง

IC 74LS190 เป็น IC ประเภท TIL มี 16 ขาแบ่งเป็น Input 8 ขา และขา Output 6 ขาที่เหลืออีก 2 ขา เป็น Ground และ Vcc ขา Inputแบ่งออกเป็นขารับ Data 4ขา (BCD) และอีก 4 ขา ที่เหลือคือขา Clock ทำหน้าที่รับสัญญาณ Clock จากวงจรกำเนิดสัญญาณ Clock เมื่อมี Clock Input เข้ามา 1 ลูก ก็จะทำการนับหนึ่งครั้งขา Load โดยปกติจะไม่มีสัญญาณ Load "Low" ป้อนเข้าสู่ IC 74LS190 ข้อมูลที่ขา Data Input ก็จะไม่ถูก Loadเข้าไปยัง IC ซึ่งโดยปกติขา Load จะถูกต่อเข้ากับสัญญาณระดับ "High" เมื่อต้องการนับลงก็ป้อน "Low" ให้ IC 1 ลูกขา Enableปกติต้องต่อลงGround"Low"วงจร 74LS190 ถึงจะทำงานได้ ขา Down/Up ใช้สำหรับเลือก Mode การทำงานโดยป้อนสัญญาณ "Low" นับขึ้นและ "High" นับลง ขา Outputของ 74LS190 ประกอบด้วยขา Data Output 4ขาอีก 2ขาคือ Ripple Clock กับ Min/Max โดยขา Ripple Clock ปกติจะแสดงสภาวะ "High" แต่เมื่อ Data Output เปลี่ยนจาก 9 เป็น 0 หรือ 1 เป็น 0 ก็จะเป็นสภาวะ "Low" ขา Min/Max ปกติก็จะแสดงสภาวะเป็น "Low" เมื่อ Data Output เปลี่ยนจาก 9 เป็น 0 หรือ 1 เป็น 0 ก็จะเปลี่ยนสภาวะเป็น "High"

ในการนำ 74LS190 มาใช้ในภาควงจรทอนเหรียญเราจะใช้มันทำงานใน Mode ทับลงจึงต่อขา 5 (o/p) เข้ากับไฟ Vcc เนื่องจากเราจะนำสัญญาณไปป้อนให้กับTransistor ที่ขับโซลีนอยด์วาล์วเป็น Clock จำนวนเท่ากับ Data Input ที่ส่งเข้ามาเราจึงต่อขา Minimax เข้ากับขา Enable กล่าวคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อวงจรทำการนับถึงศูนย์ก็จะมีสัญญาณ Clock ป้อนให้ขาเบสของTransistor พอดีเท่ากับ Data Input (จำนวนของเหรียญที่ต้องทอน) เนื่องจากวงจรจะทำงานก็ต่อเมื่อขา Enable เป็น "Low" แต่เมื่อวงจรนับลงจาก 1 เป็น 0 ก็จะป้อนสัญญาณ "High" จากขา Minmax ให้กับ Enable วงจรจึงหยุดทำงาน จนกว่าจะมี Data Input เข้ามาใหม่แล้วมีสัญญาณ Load ถูกป้อนเข้ามา ซึ่งในส่วนของสัญญาณ Output ที่จะนำไปป้อนให้กับ Transistor จะใช้ Not gate กับ And gate ในการ Decode สัญญาณให้เป็นไปตามต้องการดังแสดงไว้ดังรูปโดยส่วนวงจรกำเนิด Clock จะใช้ Ic timer 555 ในการสร้างสัญญาณโดยใช้วงจรอะสเตเบิลกับโมโนสเตเบิ้ล

ภาคแสดงผลทาง 7 Segment

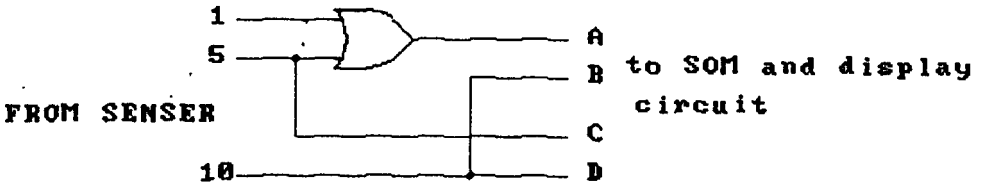
อุปกรณ์เบื้องต้นที่ใช้ในวงจร

1. Segment ขนาดตัวอักษร 1 นิ้ว 2 ชุด
2. IC 74LS47 จำนวน 2 ตัว
3. IC 74LS283 จำนวน 4 ตัว
4. IC 74LS75 จำนวน 2 ตัว
5. IC 74LS174 จำนวน 4 ตัว
6. IC 74LS32 จำนวน 2 ตัว
7. IC 74LS08 จำนวน 2 ตัว
8. IC 74LS04 จำนวน 1 ตัว
9. IC 555 จำนวน 2 ตัว

แนวความคิดชั้นเบื้องต้น

เนื่องจากเราได้สัญญาณที่ต่อมาจากส่วนของภาควงจร Sensor โดย จะส่งสัญญาณมาในลักษณะพัลซ์ โดยมีจำนวนของเส้นสัญญาณมาจำนวน 3 เส้น คือ สัญญาณที่ส่งมาให้รู้ว่ามีเหรียญขนาด 1 บาท 5 บาท 10 บาท และ 10 บาท โดยสัญญาณที่ส่งมานี้จะไม่มีโอกาสที่จะเกิด สัญญาณที่เป็นลอจิก "1" พร้อม ๆจะมีโอกาสเพียงเส้นเดียว ดังนั้นเราจำเป็นที่จะต้องเข้ารหัสจากสัญญาณเพียงเส้นเดียวให้เป็นรหัส BCD คือ 0-9 เสียก่อนในที่นี้ได้ใช้ IC 74LS32 1 ตัวในการเข้ารหัสโดยต่อในลักษณะดังรูป 8.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.6 วงจรเข้ารหัส

จากวงจรในรูปก็จะทำให้เราสามารถได้รหัส BCD ไปเข้าวงจรบวกเพื่อทำให้เกิดการแสดงขึ้นที่ Display ไปเรื่อยตามจำนวนของเงินที่ผู้ซื้อได้ใส่มาภายในเครื่อง จากนั้นก็จะจบการทำงานในส่วนนี้ โดยข้อมูลที่แสดงที่ 7-Segment นี้จะถูกนำไปเชื่อมเข้ากับชุดที่ทำหน้าที่ในการประมวลผลทางด้านส่วนถัดจากนี้ต่อไป

หลักการทำงานเบื้องต้น

จากรูปวงจรพบว่าวงจรในภาคนี้แบ่งออกได้เป็นส่วนย่อยได้อีกเพื่อทำให้เราสามารถเข้าใจหลักการทำงานได้โดยง่ายจะแบ่วในลักษณะดังนี้

1. ส่วนของวงจรบวก
2. ส่วนแสดงผลออกทาง 7-Segment
3. ส่วนที่แสดงการทด
4. ส่วนที่ใช้ในการ Latch ข้อมูล
5. ส่วนของวงจรกำเนิด Clock

ส่วนของวงจรบวก

ในส่วนของงวงจรบวกในที่นี้ได้ใช้ IC 74LS283 เป็นหลักโดยภายในตัวของ 74LS283 นี้จะบระกอบไปด้วยวงจรบวกเลขฐานสองขนาด 8 บิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจะทำการบวกแบบ Full Adder โดยจะคิดตัวทดแล้วนำมาบวกด้วย ลักษณะของ 74LS283 มีลักษณะดังนี้ คือ จะมี Vcc,GND,Co,A_1-A_4,B_1-B_4,Ci,S_1-S_4 โดย Vcc มีขนาด 5 โวลท์ Co คือ บิทสุดท้ายที่จะนำไปทดไปยังหลักต่อไป A_1-A_4 และ B_1-B_4 คือ ข้อมูลอินพุทที่จะนำไปบวกเพื่อจะนำเอาผลบวกแสดงออกไป Ci คือ ค่าที่นำมาบวกเพิ่มหรือตัวทดรับเข้าS_1-S_4 คือ แสดงค่าผลบวกของ A_1-A_4 ร่วมกับ B_1-B_4

ลักษณะของการนำมาใช้ต่อเป็นวงจรคือ นำเอา 74LS283 มาต่อในลักษณะคล้าย ๆกับการต่อในแบบขนานโดยจะใช้หลักหน่วย 2 ตัว และหลักสิบ 2 ตัวซึ่งเนื่องจาก 74LS283 เป็นการบวกเลขในลักษณะเลขฐานสอง ดังนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องใช้ 74LS283 2 ชุด เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ออกไปทาง S_1-S_4 เป็นเลขจำนวน BCD $(0-9)_{10}$ โดย 74LS283 ในตัวแรกนั้นจะทำการบวกแล้วได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นเลขฐานสองออกไปทาง S_1-S_4 ของ IC ตัวแรก ต่อจากนั้นผลลัพท์ที่ออกมามีค่า 0-9 ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องบวกค่าจำนวนหนึ่งเข้าไปเพื่อให้เลขที่ออกไปทาง S_1-S_4 ของ IC ตัวที่สอง แต่ถ้าค่าที่ออกมาจาก S_1-S_4 เกิน 9 คือ 10-15 นั้น เราจำเป็นที่จะต้องบวกค่าเพิ่มขึ้นจากเดิมอยู่ 6 $(0110)_2$ ถึงจะได้ค่าที่จะนำไปใช้ในการส่งออกไปส่วนแสดงผลออกมาทาง 7-Segment โดยใช้การเช็คบิทที่ 4,3,2 แล้วนำไปที่อินพุท B_1-B_4 เพื่อทำให้เกิดการบวกให้แสดงผลทางด้าน O/P ที่ถูกต้อง

ส่วนแสดงผลทาง 7-Segment

ในส่วนนี้จะใช้ IC 74LS47 คือตัวนี้เป็นการแปลงเลขฐาน BCD ให้เป็นรหัส แสดงออกทาง 7-Segment โดยทั่ว ๆ ไปจะรับข้อมูลทางอินพุท 4 เส้น และทำการดีโค้ดข้อมูล โดยใช้แบบเปิด Collector ทางด้านเอาท์พุทเพื่อนำไปใช้กับตัวแสดงในส่วนต่าง ๆ ให้ได้ค่าที่ถูกต้องโดยแต่ละเซกเมนต์ทางเอาท์พุทถูกขับให้มีกระแสขนาด 24 mAในการที่เป็น โลจิก "1" และ 15 V ที่สภาวะ "0" โดยมีกระแสรั่วไหลประมาณ 250 uA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่แสดงการทด

ในส่วนนี้ได้ใช้การเช็คโดยการ Detect บิทที่ออกมาจาก IC 74LS283 ตัวแรกโดยจะเช็คที่บิท 4,3,2 ของ S_1-S_4 เพื่อให้สามารถรู้ว่าบิทหลักหน่วยว่ามีการบวกกันเกิน 9หรือไม่ ถ้าเกินก็จะส่งบิทหนึ่งไปโดยเป็นลอจิก "1" ไปเข้าที่บิทต่ำสุดของหลักสิบของ LC 74LS283 ตัวแรกของหลักสิบ

ส่วนที่ใช้ในการ Latch ข้อมูล

เนื่องจากเราจำเป็นต้องทำการบวกเลขจำนวนเพิ่มขึ้นจากเดิมไปเรื่อย ๆ ดังนั้นเราจำเป็นต้องทำการเก็บข้อมูลทางด้านที่ออก O/P มาขอ เพื่อให้อินพุทเข้ามานำมาบวกกับค่าเดิมของมัน โดยเราจะใช้ IC 74LS75 ซึ่งภายในเป็นวงจร D F/F โดยมีขา G เป็น ตัว enable เพื่อให้มี O/P ตาม I/P ในการใส่วงจรการ Latch นี้เพื่อไม่ให้เกิดการบวก แบบทวีคูณไปเรื่อย ๆ ทำให้เกิดการกวนกันของสัญญาณ โดยขา G ของ 74LS75เราได้สัญญาณมาจากส่วนของวงจรกำเนิด Clock ซึ่งจะกล่าวในส่วนต่อไป

ส่วนวงจรกำเนิด Clock

จะใช้วงจรพื้นฐานของไอซี 555 คือการนำเอาไอซี 555 มาใช้เป็นวงจรแบบโมโนสเตเบิ้ล คือถ้าอินพุทมาเป็นลอจิก "0" ก็จะให้เอาท์พุทออกเป็นลอจิก "1" หนึ่งครั้งโดยคาบเวลาที่เอาท์พุทเป็นลอจิก "1" นี้จะนานเพียงไรก็จะขึ้นอยู่กับค่า time constant ที่กำหนดได้จาก ค่า R และ C ของวงจร โดยสามารถกำหนดได้ง่าย ๆ จากสูตรที่ว่า

$$T_t = 1.1\ R_t.C_t$$

จากวงจรนี้จะใช้ไอซี 555 2 ตัวนี้ โดยจะทำงานเป็นแบบ Sequence โดยจะเรียงกันตามลำดับโดย O/P จะออกก็ต่อเมื่ออินพุทเป็นลอจิก "0" โดยในช่วงนี้ O/P ของ 555 ตัวที่ 2 จะไม่มี O/P ออก พอหมดช่วงที่ไอซี 555 ตัวที่ 1 หมดช่วงลอจิก "1" O/P ที่ไอซี555 ตัวที่ 2 ถึงจะมี O/P ลอจิก "1"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

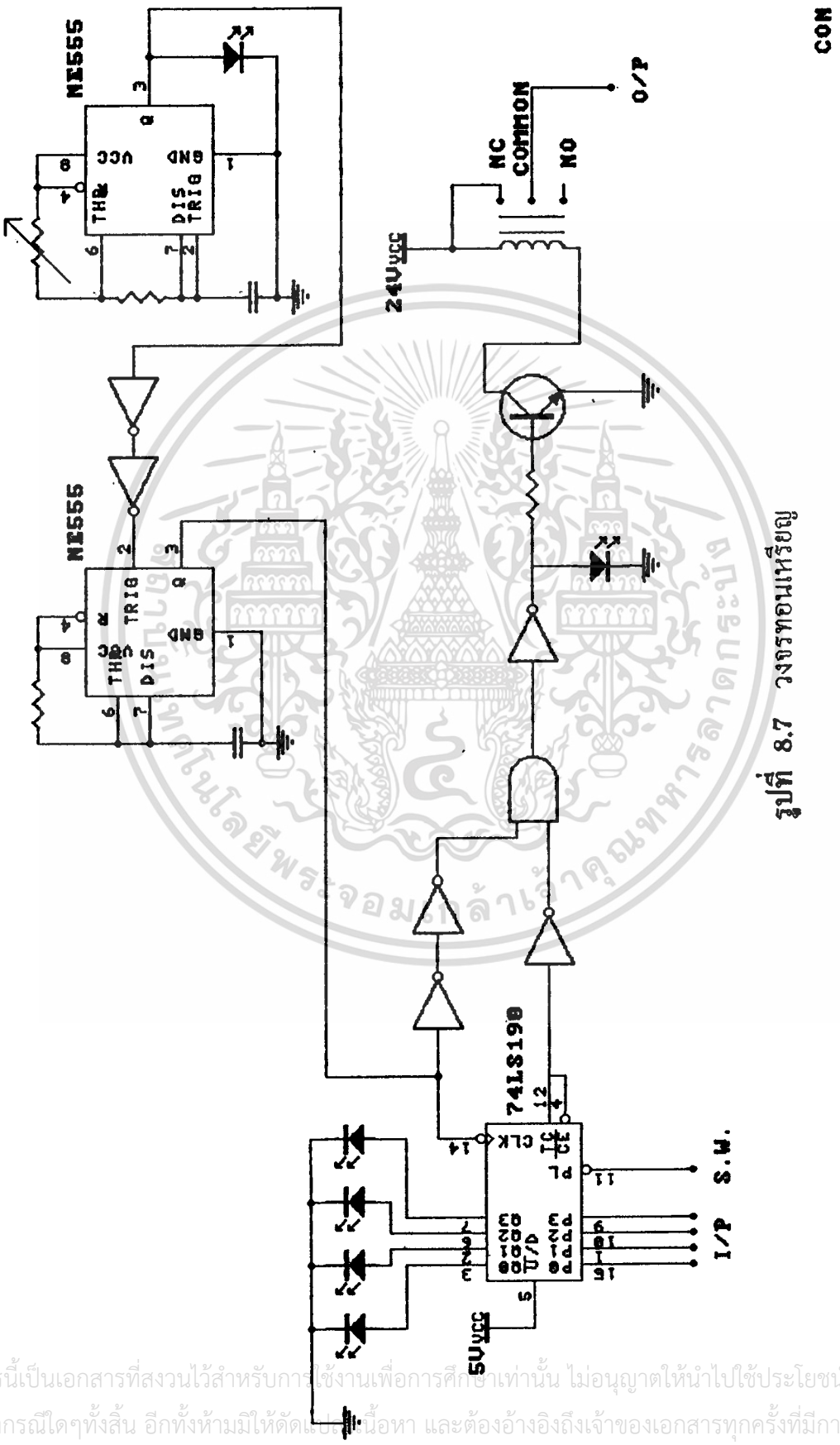
ออกพอหมดช่วงที่O/P ไอซี 555 ตัวที่ 2 เป็นลอจิก "0" ก็คือหมดช่วงการทำงานในรอบ ๆ หนึ่งแล้ว โดยควบคุมเวลาของไอซีทั้งสองตัวนี้ จะไม่เท่ากัน โดยเราได้กำหนดโดยประมาณค่าดังนี้

T_1 › 0.25 Sec

T_2 › 0.1 Sec

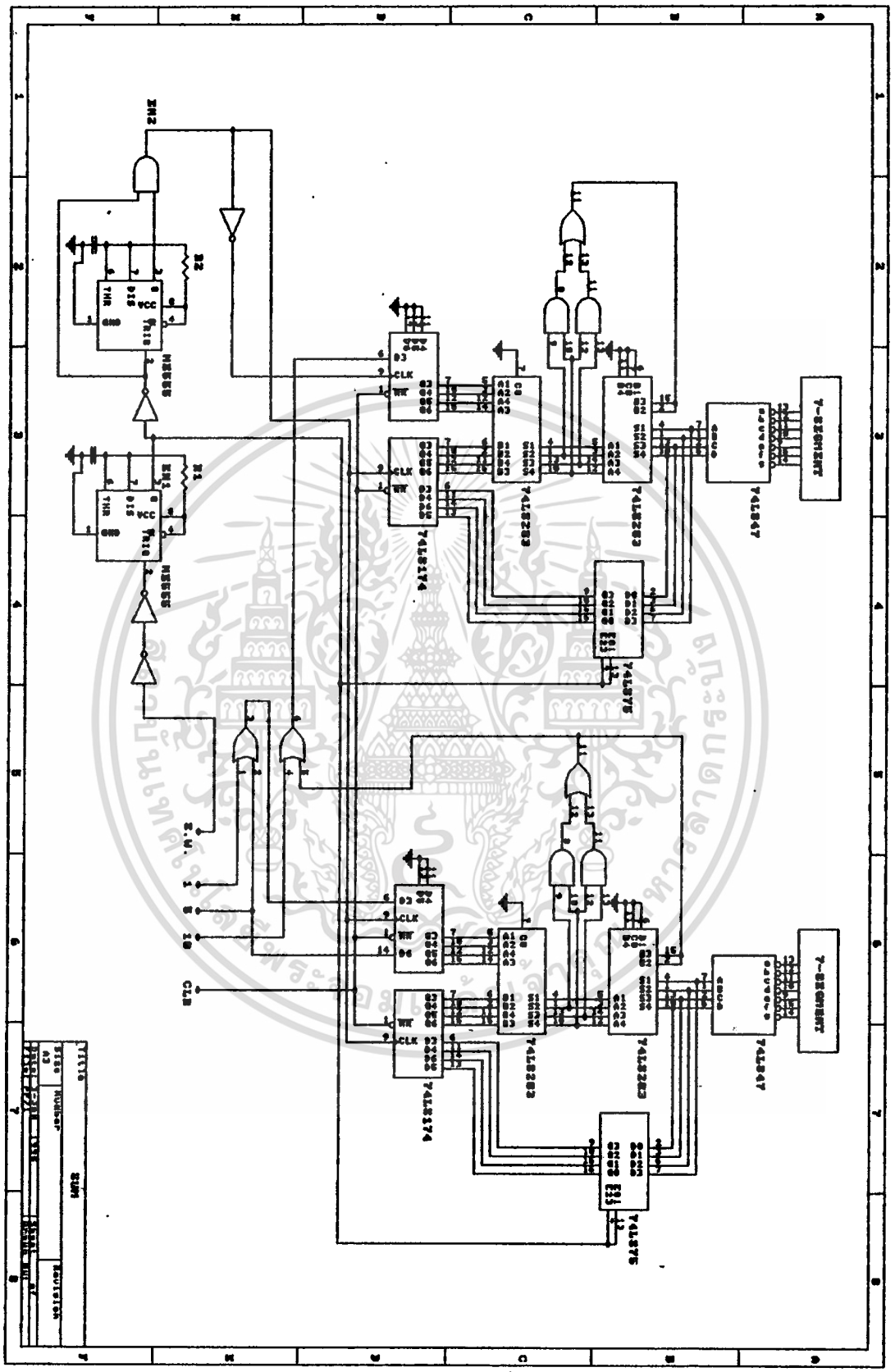
ดังนั้นในการบวกเลขจำนวนหนึ่ง ๆ นั้นจะใช้เวลาประมาณ 0.35 Sec ดังนั้นอัตราการหยอดเหรียญ จะต้องเว้นช่วงประมาณ 0.35 Sec เพื่อให้การบวกให้ได้ค่าที่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.7 วงจรทอนหรียญ

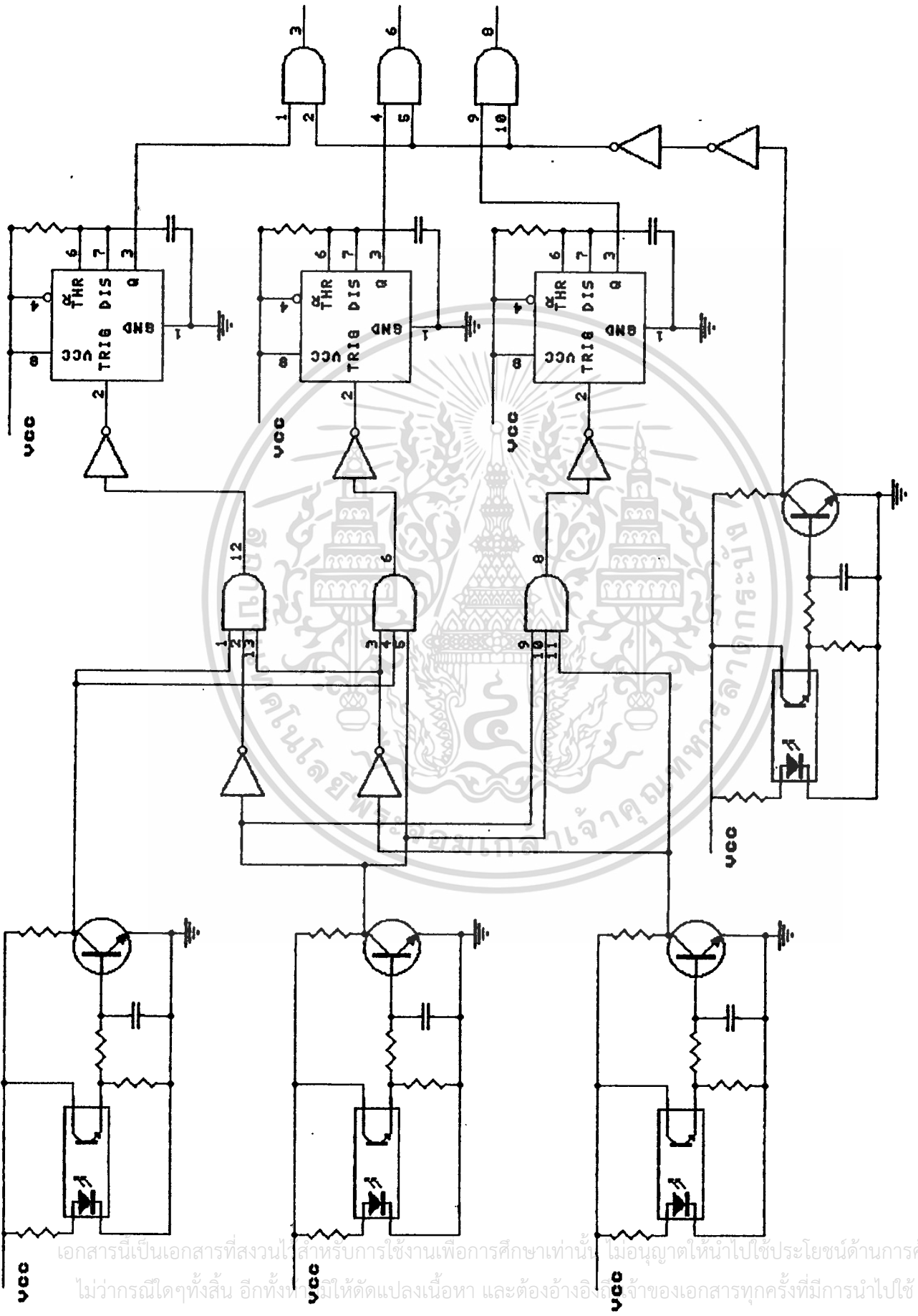
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.8 วงจรบวกเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 8.9 วงจร SENSOR

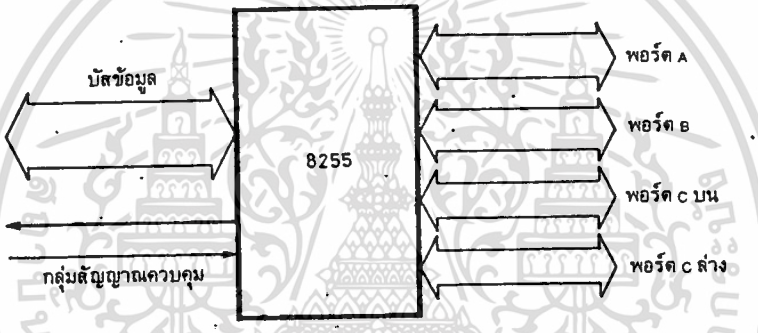


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 9

พอร์ตข้อมูลแบบขนาน

8255 เป็นไอซีที่มี 40 ขาได้รับการออกแบบมาให้มีสัญญาณเพื่อเชื่อมต่อกับ 8080 แต่สัญญาณนี้พอที่จะใช้กับ Z-80 ได้ดีเช่นเดียวกัน 8255 เป็นไอซีที่ต่อเป็นพอร์ตให้ไมโครโปรเซสเซอร์ได้ 3 พอร์ต โดยมีโครงสร้างพื้นฐานแสดงได้ดังรูปที่ 9-1

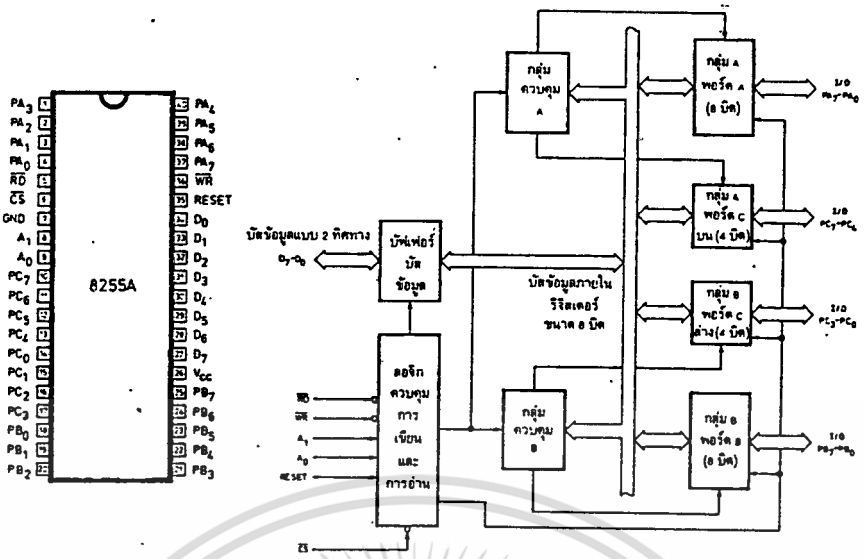


รูปที่ 9-1 แผนผังโครงสร้างของไอซี 8255

การเรียกพอร์ตของ 8255 จะเรียกพอร์ตต่างๆ ว่าพอร์ต A พอร์ต B และพอร์ต C โดยพอร์ต C แยกเป็น 2 ส่วนคือ พอร์ต C ล่างหรือตั้งแต่ PC0-PC3 มีจำนวน 4 บิตและพอร์ต C บนหรือตั้งแต่PC4 -PC7 ที่พิเศษคือ พอร์ตเป็นได้ทั้งพอร์ตอินพุตและพอร์ตเอาต์พุต

รูปที่ 9-2 เป็นแผนผังภายในของไอซีและการจัดวางขาของไอซี 8255 การทำงานของวงจรจะใช้สัญญาณควบคุมจากไปโครโปรเซสเซอร์มาควบคุมการทำงานไมโครโปรเซสเซอร์จะส่งคำสั่งมาโปรแกรมการทำวานหรือกำหนดรูปแบบของพอร์ตให้เป็นอินพุตหรือเอาต์พุตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9-2 แผนผังวงจรภายในและการจัดขาของไอซี 8255

ขาต่างๆ ของ 8255

เพื่อให้เข้าใจวิธีการต่อใช้งานระหว่าง Z-80 กับ 8255จึ้งจำเป็นต้องเข้าใจความหมายและตำแหน่งของขาต่างๆ เสียก่อน ขาทั้ง 40 ขาของไอซีประกอบด้วย

D0-D7 เป็นขาที่ข้อมูลอินพุตเอาต์พุตจะต้องผ่านเข้าออกจากส่วนนี้ D0-D7 จึงต่อเข้ากับระบบบัสของไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อให้ไมโครโปรเซสเซอร์สามารถอ่านหรือเขียนข้อมูลจากพอร์ตผ่านทางบัสนี้

$\overline{CS}$ (สัญญาณเลือกชิป)ขานี้เป็นขอินพุตที่รับสัญญาณจากภายนอกเพื่อเลือกชิป 8255โดยเมื่อขานี้เป็น "0" จะทำให้ 8255 ต่อเข้ากับระบบบัสของไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อให้ไมโครโปรเซสเซอร์เขียนหรืออ่านข้อมูลจากพอร์ตได้

$\overline{RD}$ (สัญญาณการอ่าน) เป็นสัญญาณอินพุตที่ต้องส่งมาจากซีพียูเมื่อสัญญาณที่ขานี้เป็น "0"และสัญญาณ $\overline{CS}$ เป็น "0" ด้วยไอซี 8255 จะทำให้ซีพียูอ่านข้อมูลจากบัสในขณะที่เป็นพอร์ตอินพุต

$\overline{WR}$ เป็นสัญญาณการเขียน จะแอคตีฟเมื่อสัญญาณ $\overline{WR}$ และสัญญาณ $\overline{CS}$ เป็น "0"สัญญาณนี้จะมาจากซีพียูเมื่อต้องการเขียนข้อมูลลงบนพอร์ตที่กำหนด

A0-A1 (สัญญาณแอดเดรส) ลอจิกของสัญญาณทั้งสองจะถอดรหัสออกเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 รหัสเพื่อกำหนดรีจีสเตอร์ภายในที่เชื่อมต่อกับพอร์ตอินพุตเอาต์พุตของ 8255

$\overline{\text{RESET}}$ (สัญญาณรีเซต) เป็นสัญญาณที่ส่งจากภายนอกเข้ามาทำการรีเซต 8255 เพื่อเครียรสถานต่างๆ ของ 8255 เมื่อ 8255 ได้รับการรีเซต ก็จะกลับเข้าสู่โหมดอินพุตหรือทุกพอร์ตที่เป็นพอร์ตอินพุต

PA0-PA7 เป็นสายสัญญาณที่เป็นพอร์ตของ 8255 ที่ชื่อพอร์ต A การเลือกพอร์ตจะเลือกโดยสัญญาณแอดเดรส A0-A1

PB0-PB7 เป็นสัญญาณที่เป็นพอร์ต B ของ 8255 ถูกเลือกโดยสัญญาณแอดเดรส A0-A1

PC0-PC7 เป็นสัญญาณที่เป็นพอร์ต C ของ 8255 การกำหนดพอร์ตนี้จะได้รับการกำหนดโดยสัญญาณแอดเดรส A0-A1 พอร์ต C นี้แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่ม PC0-PC3 และกลุ่ม PC4-PC7

รีจิสเตอร์ภายในของ 8255

เมื่อต่อ 8255 เข้ากับ Z-80 ได้แล้ว สิ่งที่ผู้ใช้จะต้องทำก็คือ การโปรแกรมให้ 8255 ทำงานตามที่ต้องการ จากการที่ 8255 มีพอร์ตที่ Z-80 มองเห็น 4 พอร์ต แต่ละพอร์ตจะเสมือนเป็นรรจิสเตอร์ที่สามารถเขียนและอ่านได้ รีจิสเตอร์แต่ละตัวนี้จึงถูกกำหนดด้วยแอดเดรสตามที่ตั้งไว้ เช่น ในกรณีที่เป็นแอดเดรส 80H,81H,82H และ 83H รีจิสเตอร์แต่ละตัวจะได้รับการกำหนดจะควบคู่กับสัญญาณ $\overline{\text{RD}}$ และ $\overline{\text{WR}}$ เพื่อแสดงความหมาย ตัวอย่างเช่น พอร์ต 10H เป็นพอร์ต A ซึ่งเมื่อเขียนที่พอร์ตนี้ จะเป็นการส่งข้อมูลเอาต์พุต และถ้าอ่านพอร์ตนี้ก็จะเป็นการอินพุตข้อมูลจากพอร์ตดังนั้นสัญญาณของขาควบคุมที่ประกอบกันจะแสดงความหมายดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\overline{RD}$	$\overline{WR}$	$\overline{A1}$	$\overline{A0}$	ความหมาย
1	0	0	0	เขียนพอร์ต A ซึ่งเป็นข้อมูล
0	1	0	0	อ่านพอร์ต A ซึ่งเป็นข้อมูล
1	0	0	1	เขียนพอร์ต B ซึ่งเป็นข้อมูล
0	1	0	1	อ่านพอร์ต B ซึ่งเป็นข้อมูล
1	0	1	0	เขียนพอร์ต C ซึ่งเป็นข้อมูล
0	1	1	0	อ่านพอร์ต C ซึ่งเป็นข้อมูล
1	0	1	1	เขียนข้อมูล ซึ่งเป็นรหัสควบคุม
0	1	1	1	อ่านเข้ามา ซึ่งไม่มีความหมายใด

รูปที่ 9-3 สัญญาณควบคุมการกระทำของ 8255

การใช้งาน 8255 จะต้องส่งรหัสควบคุม (Control code)เข้าไปยังพอร์ตข้อมูลควบคุมเพื่อควบคุมการทำงานของ 8255 โดยใช้สัญญาณควบคุมพอร์ตหมายเลข 13H การควบคุมการทำงานของ 8255 มีหมายเลข 8255 มีหลายโหมด แต่ละโหมดจะแตกต่างกันออกไป การโปรแกรมให้ 8255 ทำงานจะทำได้ 3 โหมดคือ โหมด 0 โหมด 1และโหมด2

โหมด 0 หรืออินพุตเอาต์พุตแบบพื้นฐาน

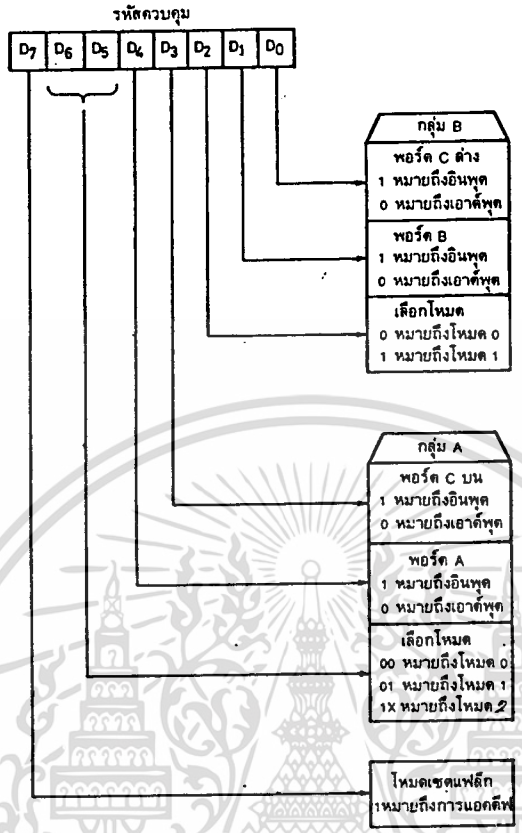
การกำหนดโหมดการทำงาน จะต้องส่งข้อมูลคำสั่งเข้าไปโปรแกรมในพอร์ตควบคุมของ 8255 ซึ่งในที่นี้ใช้พอร์ตหมายเลข 13H แต่ละบิตของข้อมูลที่ส่งไปจะมีความหมายในตัวเอง ลักษณะความหมายของแต่ละบิตในรหัสควบคุมแสดงได้

การโปรแกรม 8255 คือ การให้ค่ารหัสบิตต่างๆเข้าไปในรหัสควบคุมแล้วส่งไปยังรีจิสเตอร์ของพอร์ตควบคุม ความหมายของบิตต่าง ๆ มีดังนี้

บิต D7 เป็นบิตที่แสดงรหัสคำสั่งควบคุม ถ้าบิตนี้เป็น "1" หมายถึงรหัสควบคุมนี้จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเซตโหมดต่าง ๆ ของ 8255

บิต D5 และ D6 เป็นการเลือกโหมดของพอร์ต A ซึ่งมี 3 โหมดคือ โหมด 0 โหมด 1และโหมด 2 ดังแสดงในรูปที่ 9-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9-4 ความหมายของบิตต่างๆ ในรหัสควบคุม

บิต D4 ถ้ามีค่าเป็น "0" หมายถึงการกำหนดพอร์ต A เป็นเอาต์พุต ถ้ามีค่าเป็น "1"จะหมายถึงการกำหนดให้พอร์ต A เป็นอินพุต

บิต D3 เป็นบิตที่บอกถึงการเซตของพอร์ต C บน ถ้าเป็น "0" จะทำให้พอร์ต C บนเป็นเอาต์พุต

บิต D2 เป็นบิตที่บอกถึงการเซตโหมดของพอร์ต B ถ้าเป็น "0" หมายถึง การเลือกพอร์ต B เป็นโหมด 0 และถ้าเป็น "1" หมายถึงการเลือกโหมด 1

บิต D1 เป็นการกำหนดอินพุตเอาต์พุตของพอร์ต B ถ้าเป็น "0" หมายถึง เอาต์พุตถ้าเป็น "1" หมายถึงอินพุต

บิต D0 เป็นการกำหนดอินพุตเอาต์พุตของพอร์ต C ล่าง ถ้าเป็น "0" หมายถึงเอาต์พุต ถ้าเป็น "1" หมายถึงอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การโปรแกรม 8255

จะเริ่มจากการเซตค่าที่ต้องการแล้วเอาต์พุตไปยังพอร์ตควบคุม เช่น ถ้าต้องการโปรแกรมให้ทั้งพอร์ต A,B และC เป็นพอร์ตเอาต์พุตหมด เราจะเลือก 8255 ให้อยู่โหมด 0 โดยมีรหัสควบคุมเป็น 10000000 หรือ 80H ดังนั้นจึงเขียนคำสั่งได้เป็น

```
LD  A,80H      หมายถึงกำหนดรหัสควบคุม
OUT 83H,A      หมาถึงส่งไปยังพอร์ตควบคุม
```

หลังจากที่กระทำคำสั่ง OUT นี้ผ่านไปแล้ว พอร์ตA,B และ C จะเป็นพอร์ตเอาต์พุตหมดซึ่งก็จะส่งข้อมูลจากซีพียูไปยังพอร์ตต่างๆได้ เช่น ถ้าต้องการส่งข้อมูล 8AH ไปยังพอร์ต A ข้อมูล 41H ไปยังพอร์ต B และข้อมูล 25H ไปยังพอร์ต C คำสั่งที่ใช้คือ

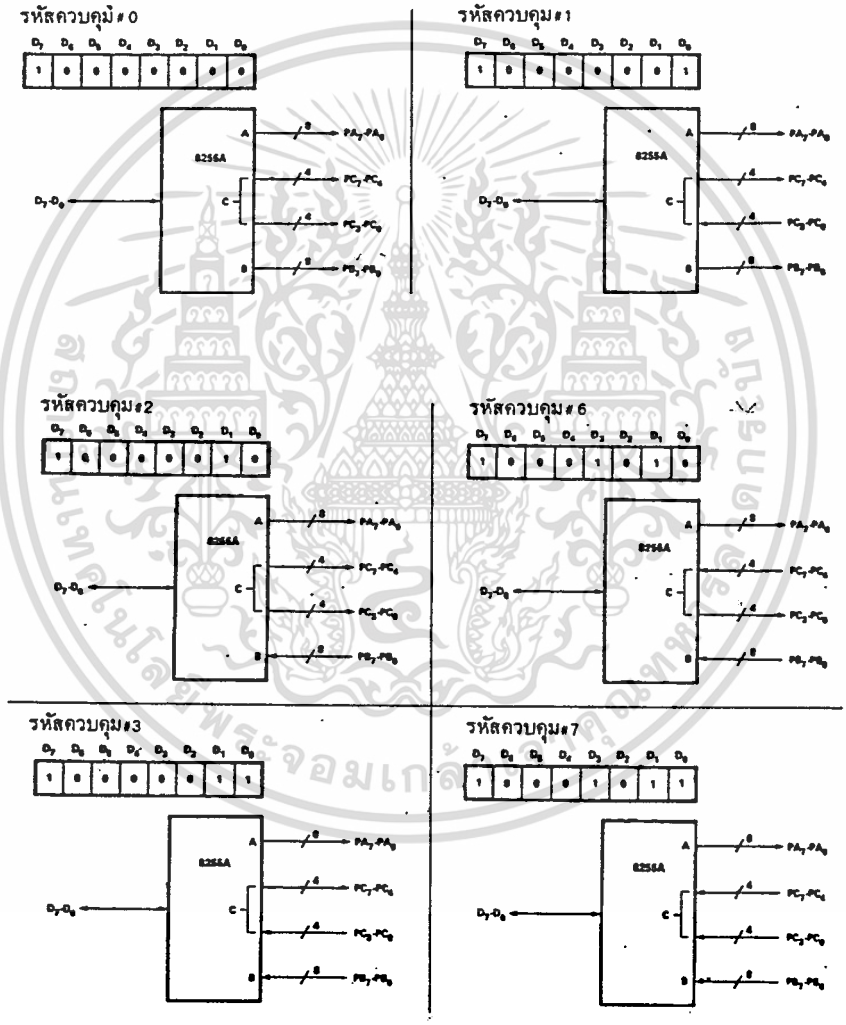
```
LD  A,8AH      หมายถึงเลือกค่า 8AH
OUT 80H,A      หมายถึงส่งให้พอร์ต A
LD  A,41H      หมายถึงเลือกค่า 41H
OUT 81H,A      หมายถึงส่งให้พอร์ต B
LD  A,25H      หมายถึงเลือกค่า 25H
OUT 82H,A      หมายถึงส่งให้พอร์ตC
```

เนื่องจากมีพอร์ตที่รับส่งข้อมูล 3 พอร์ต A พอร์ต B และพอร์ต C ซึ่งพอร์ต C จะแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ พอร์ต C ส่วนล่าง และพอร์ต C ส่วนบน เราสามารถโปรแกรมให้ทั้ง 4 พอร์ตนี้เป็นอินพุตหรือเอาต์พุตก็ได้ เช่น ถ้าให้รหัสควบคุมเป็น 82H จะทำให้พอร์ต B เป็นอินพุต พอร์ต A และพอร์ต C เป็นเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

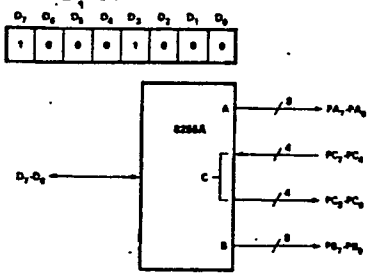
การทำงานในหมวด 0

โหมด 0 เป็นโหมดที่กำหนดให้พอร์ตทุกพอร์ตบนตัว 8255 เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบพื้นฐาน รูปแบบความเป็นไปได้จึงมีทั้งสิ้น 16 รูปแบบตามลักษณะของพอร์ต A พอร์ต B พอร์ต C ล่างลักษณะของรหัสควบคุมแต่ละแบบจะเป็นดังรูปที่ 9-4

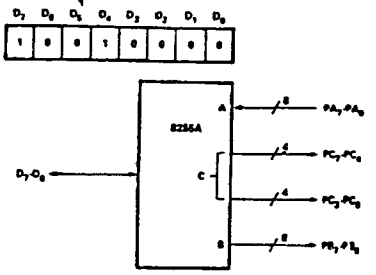


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

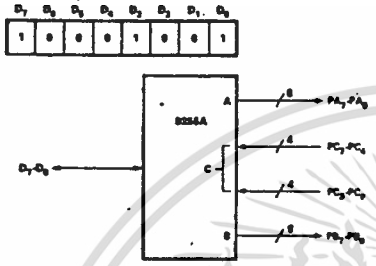
รหัสควบคุม # 4



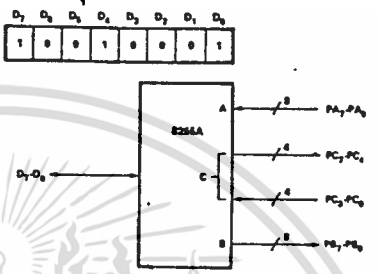
รหัสควบคุม # 8



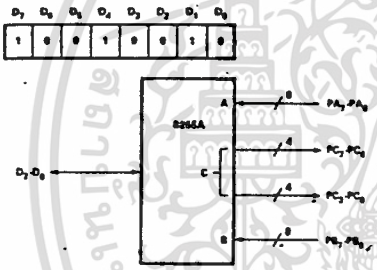
รหัสควบคุม # 5



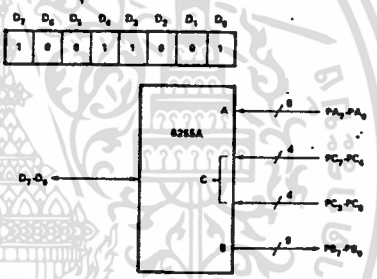
รหัสควบคุม # 9



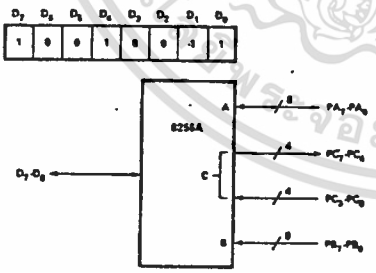
รหัสควบคุม # 10



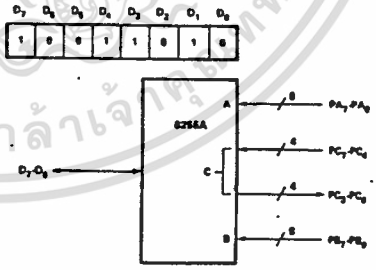
รหัสควบคุม # 13



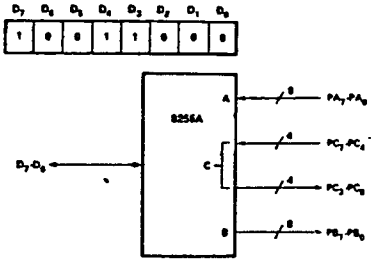
รหัสควบคุม # 11



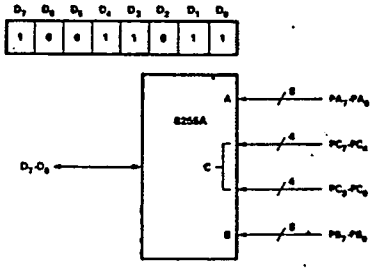
รหัสควบคุม # 14



รหัสควบคุม # 12



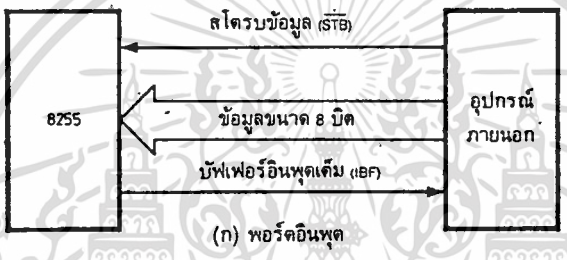
รหัสควบคุม # 15



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

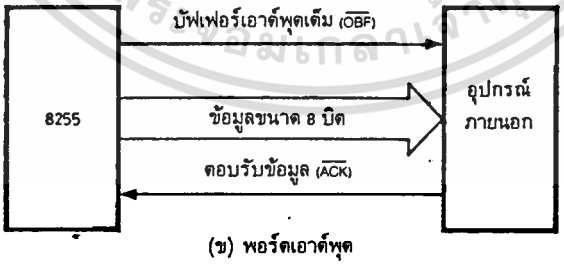
การทำงานของ 8255 ในโหมด 1

การทำงานของ 8255 ในโหมด 1 เป็นโหมดที่ทำให้อินพุตเอาต์พุตมีการตรวจสอบสัญญาณ (handshaking) โดยใช้อินพุตเอาต์พุตของพอร์ต A และพอร์ต B เป็นหลักและใช้พอร์ต C เป็นตัวตรวจสอบสัญญาณ (handshake) ของพอร์ต A ส่วนพอร์ต C ล่างเป็นตัวตรวจสอบสัญญาณของพอร์ต B การจัดสัญญาณต่างเหล่านี้แสดงได้ดังรูป 9-5



(ก) พอร์ตอินพุต

(ก) พอร์ตอินพุต



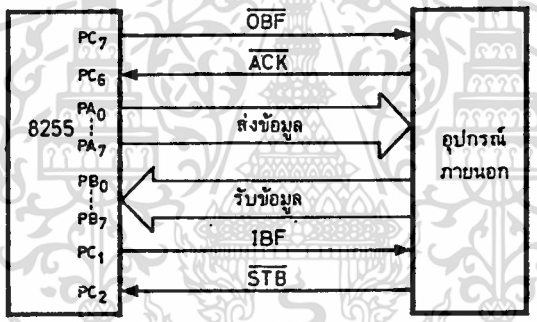
(ข) พอร์ตเอาต์พุต

(ข) พอร์ตเอาต์พุต

รูป 9-5 โครงสร้างตัวตรวจสอบสัญญาณของพอร์ตอินพุตและพอร์ตเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวความคิดของการใช้พอร์ตอินพุตโดยมีตัวตรวจสอบสัญญาณก็เพื่อให้มีการซิงโครไนซ์ระหว่างอุปกรณ์ภายนอกที่ทำงานได้ช้ากับการทำงานของคอมพิวเตอร์ที่ทำงานได้รวดเร็ว เช่นเครื่องพิมพ์ทำงานได้ช้า เมื่อคอมพิวเตอร์ส่งตัวอักษรตัวแรกมาพิมพ์เครื่องพิมพ์รับตัวอักษรและกำลังจะพิมพ์ คอมพิวเตอร์ก็ส่งตัวอักษรตัวที่ 2 ตัวที่ 3 ตามมา ทำให้การประมวลผลของอุปกรณ์เครื่องพิมพ์ทำงานไม่ทัน ซึ่งอาจทำให้ข้อมูลสูญหาย ดังนั้นเครื่องพิมพ์จึงส่งสัญญาณบอกคอมพิวเตอร์ว่า "อย่าเพิ่งส่งมาเพราะยังไม่พร้อมที่จะรับ" ลักษณะของการรับส่งข้อมูลอินพุตเอาต์พุตแบบมีตัวตรวจสอบสัญญาณดังรูป นั้นจะใช้ PA0- PA7เป็นเอาต์พุตและ PB0 -PB7 เป็นอินพุตโดยมีพอร์ต C เป็นตัวตรวจสอบสัญญาณ ดังแผนในรูป 9-6



รูปที่ 9-6 วงจรการต่อ 8255 ในโหมด 1

เมื่อโปรแกรม 8255 เป็นโหมด 1 แล้ว ตัว 8255 จะให้พอร์ต C เป็นสัญญาณควบคุมโดยแต่ละบิตของพอร์ตCเป็นไปตามที่กำหนดไว้ ดังตารางรูปที่ 7-7

โดยปกติ 8255 จะให้สัญญาณอินเตอร์รัพต์ไปบอกซีพียู สัญญาณอินเตอร์รัพต์ของ 8255 จะเกิดขึ้นที่ PC0 และ PC3 โดยที่เมื่อบัฟเฟอร์พร้อมแล้วและต้องการใช้รหัสควบคุมเป็น 101(I/O) 01(I/O)0 ในส่วน I/O หมายถึง ถ้าเป็นอินพุตก็คือ "1" ถ้าเป็นเอาต์พุตก็คือ "0" โดย I/O ตัวแรกเป็นของพอร์ต A ตัวที่ 2 เป็นของพอร์ต B เช่น ถ้าต้องการให้พอร์ต A เป็นเอาต์พุต และพอร์ต B เป็นอินพุตเราจะใช้รหัสควบคุมเป็น 10100110 หรือ A6H จากการพิจารณาการทำงานของซีพียูจะเห็นว่า ทำอย่างไรจึงจะเขียนหรืออ่านพอร์ตได้ถูกต้องวิธีง่ายวิธีหนึ่งคือ ซีพียูจะคอยตรวจสอบสัญญาณของ 8255 เช่น กรณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอาต์พุต ซีพียูจะคอยอ่านพอร์ต C แล้วตรวจสอบบิต 7 (OBF) หลังจากที่ส่งข้อมูลไปแล้ว ถ้าบิต 7 ยังเป็น "0" แสดงว่ายังไม่ได้รับการสโตรบ แต่ถ้าเป็น "1" แล้ว แสดงว่าอุปกรณ์ภายนอกรับข้อมูลไปแล้วสำหรับกรณีอินพุตก็คอยตรวจสอบจากสัญญาณ IBF ได้เช่นกันว่ามีข้อมูลใหม่เข้ามาหรือยัง คือ ตรวจสอบบิต PC5 ของพอร์ต C

ขา	กรณีอินพุต	กรณีเอาต์พุต
PC_0	$INTR_B$	$INTR_B$
PC_1	IBF_B	$\overline{OBF}_B$
PC_2	$\overline{STB}_B$	$\overline{ACK}_B$
PC_3	$INTR_A$	$INTR_A$
PC_4	$\overline{STB}_A$	I/O
PC_5	IBF_A	I/O
PC_6	I/O	$\overline{ACK}_A$
PC_7	I/O	$\overline{OBF}_A$

รูป 9-7 หน้าที่ของสัญญาณต่าง ๆ ของพอร์ต C ในการทำงานเป็นตัวตรวจสอบสัญญาณเมื่อ 2855 ทำงานในโหมด 1

การทำงานของ 8255 ในโหมด 2

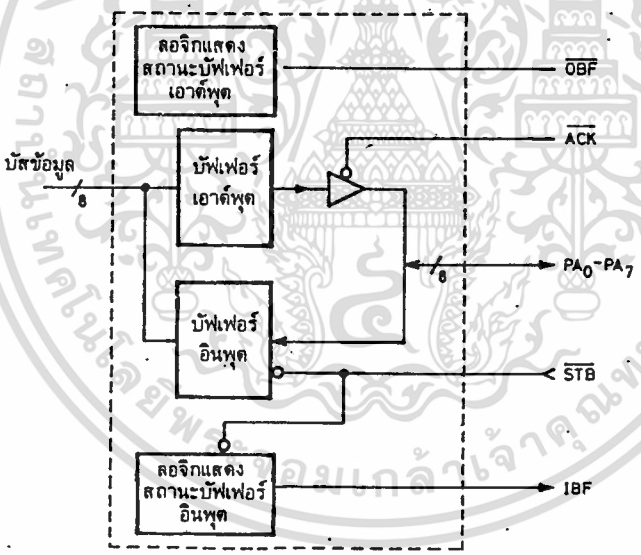
8255 ยังมีโหมดการทำงานอีกโหมดหนึ่งคือ โหมด 2 ซึ่งทำได้เฉพาะพอร์ต A ในโหมดนี้ 8255 จะใช้พอร์ต A ทำหน้าที่เป็นพอร์ตแบบ 2 ทิศทางคือสามาถเป็นได้ทั้งพอร์ตอนพุตและเอาต์พุต โดยโครงสร้างของพอร์ต A ทั้งอินพุตเอาต์พุตมีตัวตรวจสอบสัญญาณทั้งคู่ ส่วนพอร์ต C จะทำหน้าที่เป็นสัญญาณตรวจสอบ โดยมีสัญญาณแต่ละขาดังตารางรูปที่ 7-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ต C	ความหมาย
PC_0	I/O
PC_1	I/O
PC_2	I/O
PC_3	$INTR_A$
PC_4	$\overline{STB}_A$
PC_5	IBF_A
PC_6	$\overline{ACK}_A$
PC_7	$\overline{OBF}_A$

รูปที่ 9-8 ตารางหน้าที่ของพอร์ต C ในโหมด 2

และโครงสร้างของพอร์ต A ที่ทำงานแบบ 2 ทิศทาง แสดงได้ดังรูป 7-9



รูปที่ 9-9 โครงสร้างของพอร์ต A ที่ทำงานแบบพอร์ต 2 ทิศทาง

สังเกตว่า เมื่อโปรแกรมพอร์ต A เป็นโหมด 2 แล้ว พอร์ต B จะต้องโปรแกรมเป็นโหมด 0 หรือโหมด 1 ก็ได้ ซึ่งก็ทำงานแบบแยกอิสระอีก ในการใช้ได้กับงานบางประเภทเช่น ใช้ในการรับส่งข้อมูลของพอร์ตมาตราฐานบางประเภท เช่น IEEE 488 หรือใช้เชื่อมโยงระหว่างคอมพิวเตอร์กับคอมพิวเตอร์ในการรับส่งข้อมูลสลับกันไปและกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 10
วงจรการอินเตอร์เฟส

ในบทนี้จะกล่าวรายละเอียดของวงจรอินเตอร์ฟสแต่ละวงจรที่ติดต่อหน่วยประมวลผลกลางดังต่อไปนี้

DOT MATRIX LCD MODULE

เพื่อที่จะให้เกิดความสะดวกและความเข้าใจกันระหว่างเครื่องจำหน่ายตั๋วกับผู้โดยสารดังนั้นจึงใช้อุปกรณ์ในการแสดงผล ซึ่งในโครงการนี้ใช้ DOT MATRIX LCD MODULE เป็นอุปกรณ์ในการแสดงผล โดยจะแบ่งประเภทของ LCD ดังนี้

1. CHARACTER LCD MODULE
2. GRAPHIC LCD MODULE
3. SEGMENT DISPLAY TYPE LCD MODULE

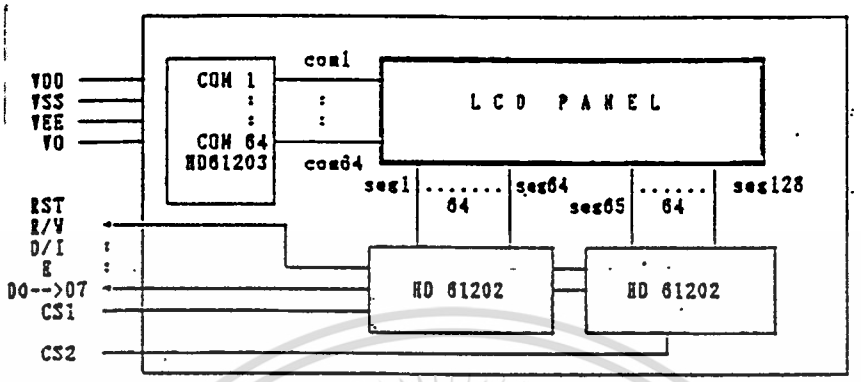
โดยในแต่ละแบบก็จะมีส่วนประกอบใหญ่ ๆ แบ่งได้เป็น

1. DOT MATRIX LCD MODULE เป็นตัวแสดงผลให้เรามองเห็นในลักษณะการปิดและเปิดตัวเองกับแสงก็คือ ส่วนที่เป็นกระจกบรรจุผลึก
2. DRIVER เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาจับผลึก อีกทีหนึ่ง
3. CONTROLLER เป็นตัวรับข้อมูลจากภายนอกมาและจัดการควบคุม LCD MODULE ให้ทำงานแสดงผลต่าง ๆ เช่น การลบจอภาพ การเกิดตัวอักษร เป็นต้น

โครงสร้างภายในของ LCD DV-12864

โครงสร้างภายในของ LCD จะประกอบด้วยส่วนของ Controller โดย HD61203จะควบคุมการอ้างถึง Page ของข้อมูล และ HD61202 จะควบคุมในการอ้าง Segment ซึ่งในการใช้งาน เราจะต้อง Control ส่วนเหล่านี้ โดยการส่งรหัสควบคุมไปที่ขาของ LCD ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10.1 แสดงโครงสร้างภายในและขาควบคุม

ขา RST เป็นขาที่ใช้ Reset การทำงานของ LCD

ขา E เป็นขา Enable การรับส่งข้อมูล จะทำงานที่ Logic High และขอบขาลง

ขา R/W เป็นขาที่ใช้กำหนด การอ่านหรือเขียนข้อมูล

ขา D/I ใช้บอกถึงข้อมูล ใน Data-bus ว่าเป็นรหัสควบคุมหรือเป็นส่วนของข้อมูล

ขา CS1 Chip Select ของ HD61201 ตัวแรก

ขา CS2 Chip Select ของ HD61201 ตัวที่สอง

ขา Data-bus เป็นขาใช้ส่งข้อมูลหรือรหัสควบคุม

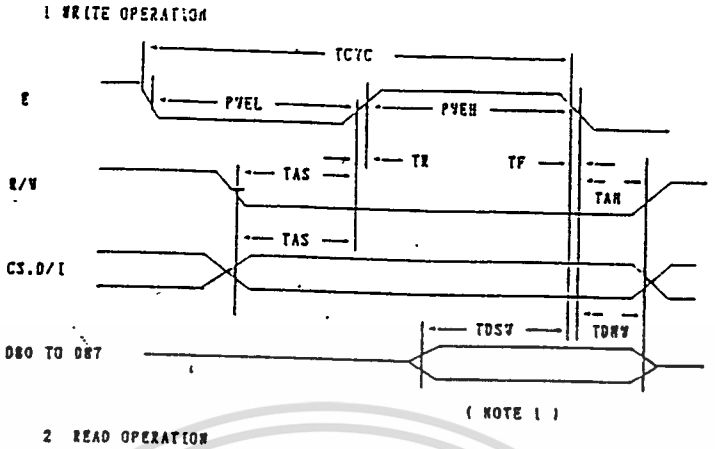
ขา VSS Ground

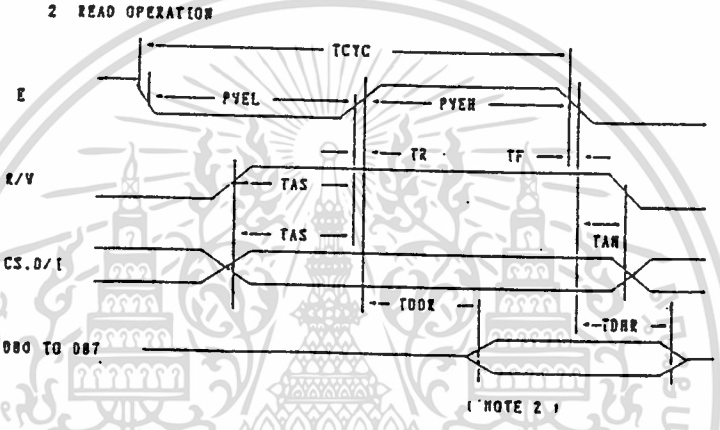
ขา VDD แรงดันไฟเลี้ยงวงจร Logic

ขา Vo แรงดันไฟเลี้ยงLCD

ขา VEE ขาจ่ายแรงดันไฟลบ โดยเมื่อต่อ VDD ให้วงจรขา VEE จะจ่าย แรงดันไฟลบออกมา (ใช้นำไปขับ LCD ที่ขา Vo)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





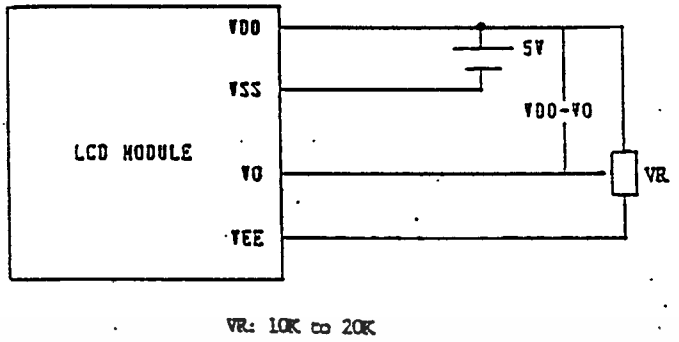
3 Bus timing Characteristics (VDD=5.0V ,Ta=-20 to +75°C)

ITEM	Symbol	Limit		NOTE
		min	max	
E Cycle Time	TCYC	1000	—	1, 2
E high level width	PWEH	450	—	1, 2
E low level width	PWEL	450	—	1, 2
E rise time	TR	—	25	1, 2
E fall time	TF	—	25	1, 2
Address setup time	TAS	140	—	1, 2
Address hold time	TAH	10	—	1, 2
Data setup time	TDSW	200	—	1
Data delay time	TDDR	—	320	2
Data hold time (Write)	TDHW	10	—	1
Data hold time (Read)	TDHR	20	—	2

Unit:nS

รูปที่ 10.2 Timing Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10.3 แสดงขาแหล่งจ่าย และการต่อใช้งาน

การเขียนข้อมูลเพื่อควบคุมการแสดงผลของ LCD DV-12864

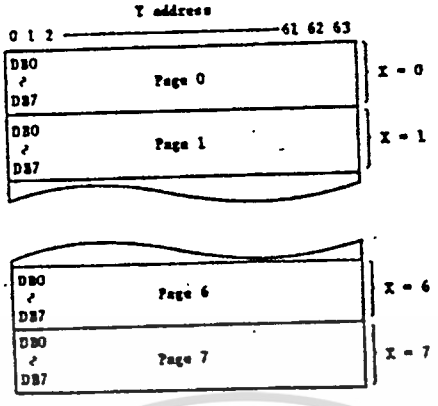
DV-12864เป็น LCD Graphic มีขนาด 128*64 Dot ซึ่งมี Controller ภายใน(HD61202,HD61203)โดยการทำงานของ Controller จะมีลักษณะแบ่งการควบคุมไว้ดังนี้

Line คือการอ้างถึงบรรทัดของข้อมูล ภายในจะแบ่งเป็น 64 แถว (com1-com64)

Page (X-address)เป็นการอ้างอิงถึงหน้าต่างของการแสดงผล ภายในหนึ่ง page จะประกอบไปด้วย 3 line ซึ่งจะเป็นการอ้างอิงถึงข้อมูลด้วย data-bus โดยตรง ภายในของ LCD จะประกอบด้วย 8 page ซึ่งจะถูกชี้โดย X-register โดยเมื่อต้องการให้ LCD แสดงผลที่หน้าต่างใดของหน้าจอเราจะต้องตั้งค่า X ให้กับ LCD ซึ่งเมื่อตั้งค่า X ให้กับ LCD แล้วค่า X นั้นจะ ไม่เปลี่ยนแปลง จนกระทั่งมีการตั้งค่าใหม่ให้กับ LCD

Segment (Y-address)เป็นค่าพอยท์เตอร์ในการชี้ที่อยู่ของข้อมูล ซึ่งภายใน LCD จะถูกควบคุมการชี้ของข้อมูล โดย HD61202 โดยในตัว HD61202 จะสามารถชี้ที่อยู่ของข้อมูลได้ 64 segment ซึ่ง HD61202 ทั้งสองก็สามารถ ทำการอ้าง segment ได้ถึง 128 segment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

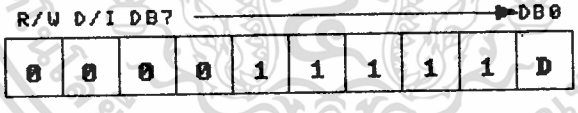


รูปที่ 10.4 แสดงการแบ่งการควบคุม

โดยการใช้งาน เมื่อทำการตั้งค่า Y แล้ว ค่า Y จะถูกเพิ่มค่าขึ้นเสมอ เมื่อมีการอ่านหรือเขียนข้อมูลลงบน LCD

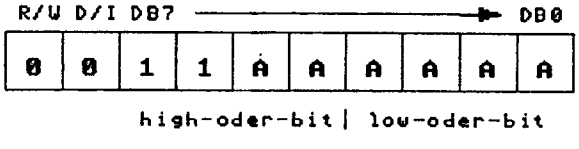
คำสั่งควบคุมของ LCD

1. Display ON/OFF



เป็นคำสั่งควบคุมการแสดงผลโดยการแสดงผลนั้นขึ้นอยู่กับค่า D (DB0) เมื่อค่า Dเป็น1 LCD จะทำการแสดงผล และเมื่อค่า D เป็น 0 LCD จะมไทำการแสดงผล ข้อมูลภายใน LCD จะไม่เปลียนแปลงเนื่องจากคำสั่งนี้

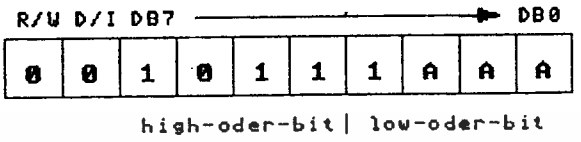
2. Display Start Line



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

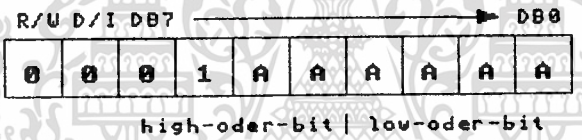
ค่า A จะเป็นค่าหมายเลขบรรทัด ที่จะให้ LCD แสดงผลเป็นบรรทัดแรกของจอภาพ

3. Set PAGE (X-address)



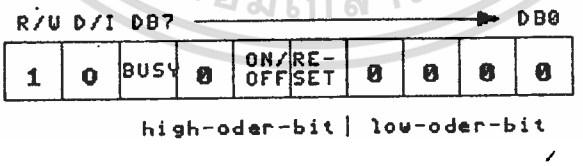
ค่า AAA ของคำสั่ง จะเป็นการตั้งค่า X-address ซึ่งหลังจากทำคำสั่งนี้แล้ว ข้อมูลจาก DB_0-DB_7 จะเป็นการติดต่อกับ RAM ที่ PAGE นี้ตลอดจนกว่า จะมีการตั้งค่าใหม่ให้กับ LCD

4. Set Y-address



ค่า A จะเป็นการตั้งค่าของ Y-address (ค่า Y จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-63)และค่า Y จะเพิ่มขึ้นครั้งละ 1 เมื่อมีการอ่านหรือเขียนข้อมูลจาก CPU

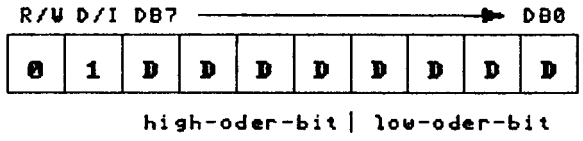
5. Status Read



เป็นการอ่านค่าสถานะของ LCD โดยถ้าค่า Busy เป็น "1" LCD จะทำงานในส่วนภายใน ซึ่งทำให้ไม่สามารถควบคุม LCD ในขณะนี้ได้เพราะฉะนั้นเพื่อให้แน่ใจ ในการควบคุมครั้งต่อไป จะต้องมีการตรวจค่าของ Busy ให้ได้ค่าเป็น "0" เสียก่อน

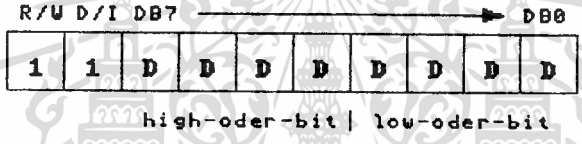
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Write Display Data



การเขียนข้อมูลเข้าไปใน LCD ซึ่งข้อมูล DDDDDDDD จะถูกเก็บใน LCD RAM และค่า Y จะถูกเพิ่มขึ้น 1

7. Read Display Data



เป็นการอ่านข้อมูลที่แสดงผล โดย LCD จะให้ค่าข้อมูลออกมาที่ Data bus ค่า Y จะถูกเพิ่มขึ้นค่า 1 เช่นเดียวกับการเขียนข้อมูล

การ INTERFACE กับ Z80-180 MPU

ในการ INTREFACE กับZ80-180 จะพิจารณาการ Control ขาต่าง ๆ ของ LCD กับ CPU ดังนี้

ขา RSI จะต่อกันโดยตรง

ขา R/W จะต่อจากขา RD ผ่านInverterเนื่องจาก cpu active low LCD Read High ซึ่งในกรณีที่ cpu ไม่มีการอ่านข้อมูล ให้ทำการ pull down ให้กับ LCD (ให้ LCD อยู่ในสภาวะรับข้อมูล)

ขา CS1,CS2 จะใช้การต่อ CS1 ผ่าน Inverter เข้ากับ CS2 และให้ CS2 ต่อกับ A0 (ใช้ A0 ในการชี้ CS1 และ CS2) โดยเมื่อ A0 เป็น Low ให้ทำการติดต่อ กับ CS1 และ เมื่อ A0 เป็น High ให้ทำการติดต่อกับ CS2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา D/I ใช้ต่อกับ A1 โดยตรง โดย A1 จะเป็นการกำหนดข้อมูลว่าเป็น Data หรือ Control

จากการต่อขา CS และขา D/I จะทำการควบคุม LCD เป็นดังนี้

A7-A2	A1	Ao	ความหมาย
–	0	0	ติดต่อกับ CS1 เป็น Control LCD
–	0	0	ติดต่อกับ CS2 เป็น Control LCD
–	0	0	ติดต่อกับ CS1 เป็น Data
–	0	0	ติดต่อกับ CS2 เป็น Data

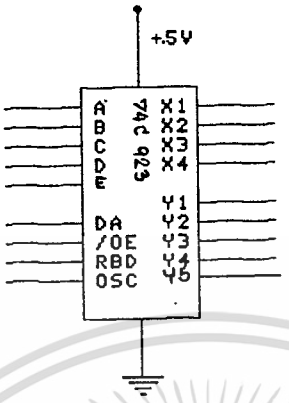
ขา E เป็นขาควบคุมการทำงานของ LCD ในการติดต่อกับภายนอก โดยขา E จะต้องใช้ Logic High ในการบอกให้รับทราบการติดต่อ และใช้ขอบขาลงของสัญญาณในการติดต่อกับข้อมูลทาง Data Bus การ Interface จึงใช้ D Flip-Flop ในการควบคุมการทำงาน โดยจะกำหนดให้มีการทำงานดังนี้

เมื่อมีการอ้างอิงพอร์ทของ LCD จะให้ขา E เป็น High (ต้องมีการอ่านหรือเขียนข้อมูลด้วย)ตามการทริกของ Clock (ขา CK จะทริก Logic จากขา D ไปขา Q) และเมื่อไม่มีการอ้างถึง Port ของ LCD จะให้ขา E มีสภาวะ Low

Soft Ware ของการ Interface

ในการเขียนโปรแกรมใช้งาน วงจร Interface ที่ 1-1 หมายเลขพอร์ทที่ใช้อ้างอิง LCD ก็คือ 40H-43H และขั้นตอนการทำงานสามารถดูได้จาก Flow Chart โดยโปรแกรมนี้จะเป็นการ นำเอาข้อมูลจาก Buffer Address 3B00H-3EFFH มาแสดงที่ LCD (ใช้งานใน Graphic Mode)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10.6 ขาสัญญาณต่างๆ ของไอซี 74C923

รายละเอียดขาสัญญาณ ของ IC 74C923

A,B,C,D,E เป็นขาสัญญาณ DATAOUTPUT ที่เป็นรหัสของคีย์บอร์ดที่ถูกกด และรหัสของสัญญาณที่ถูกกดจะเป็นเลขฐานสอง

$\overline{DA}$ (DATA AVALIABLE) เป็นขาสัญญาณ O/P จะ Active ที่ Logic "1" เมื่อคีย์ใดคีย์หนึ่งถูกกดและสามารถนำสัญญาณนี้ไปใช้สำหรับอินเตอร์รัพต์ เพื่อบ่งบอกการกดคีย์ในไมโครโปรเซสเซอร์ได้โดยจะมีวงจรแลตช์ เพื่อเก็บค่าของคีย์ที่ถูกกดไว้ หลังจากปล่อยนิ้วออกจากคีย์ เพื่อป้องกันการอ่านค่าผิดพลาดในขณะที่ ไมโครโปรเซสเซอร์กำลังทำงานอื่นอยู่

$\overline{OE}$ (OUTPUT ENABLE) เป็นขาสัญญาณอินพุต จะทำงานเมื่อระดับของสัญญาณเป็นลอจิก "O" จะทำให้ข้อมูลเลขฐานสองที่เป็นรหัสของคีย์บอร์ดนี้ถูกกดจะออกทางขา A, B, C, D และ E ซึ่งไมโครโปรเซสเซอร์สามารถอ่านค่าได้

$\overline{DB}$ (DEBOUNCE) จะเป็นขาสัญญาณอินพุต ที่ใช้ในการแก้เบาซ์ของคีย์บอร์ดทางฮาร์ดแวร์ โดยใช้ตัวเก็บประจุ 1 ตัว ซึ่งโดยปกติเมื่อมีการกดคีย์หน้าสัมผัส ของคีย์บอร์ดจะเปิด และปิดอย่างรวดเร็วหลาย ๆ ครั้ง ก่อนจะปิดสนิท และเหตุการณ์นี้จะเกิดขึ้นอีกครั้งเมื่อปล่อยคีย์ ในการแก้ปัญหาการเกิดดีเบาซ์ (DEBOUNCE)จะทำให้ IC 74C923 ไม่สนใจการกดคีย์ในช่อง 10 มิลลิวินาทีแรก เมื่อใช้ตัวเก็บประจุค่า 1 ไมโครฟารัด แต่หลังจากนั้นจะแลตช์ข้อมูลและ

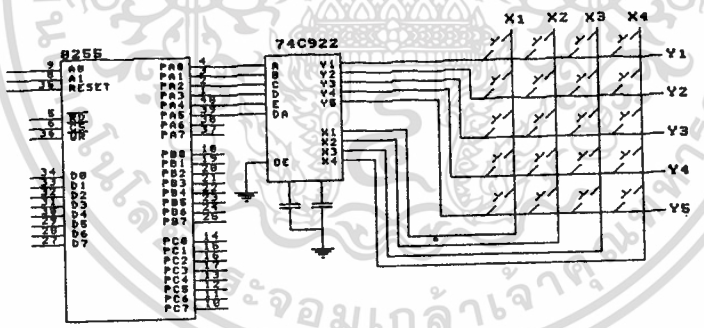
เอกสารนี้ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้ DA มีค่าเป็น "1" ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

OSC (OSCILLATOR) จะเป็นขาสัญญาณอินพุต ที่ใช้ในการกำหนดความถี่ ในการสแกนโดยจะใช้ตัวเก็บประจุในการกำหนดความถี่ X1-X4 และY1-Y5 เป็นขาสัญญาณอินพุต ที่ต่อคีย์บอร์ดเป็นแบบเมตริกซ์ โดยจะกำหนดจำนวนของแถวเท่ากับ 5 และคอลัมน์เท่ากับ 4

วงจรการเชื่อมต่อ

ในโครงงานนี้จะใช้ IC 74C923 มาต่อร่วมกับ คีย์บอร์ดเพื่อใช้ในการถอดรหัส และจะต่อร่วมกับระบบ ไมโครโปรเซสเซอร์โดยผ่านทาง IC 8255ที่ port A โดยวงจรการเชื่อมต่อจะเป็นดังรูปที่ 10.7



รูปที่ 10.7 วงจรการเชื่อมต่อ

หลักการทำงานของวงจรการเชื่อมต่อ

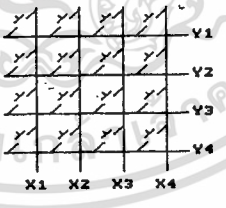
จากรูปที่ 10.7 เมื่อคีย์ใดคีย์หนึ่งถูกกด ขา DA (DATA AVALIABLE) จะสั่งสัญญาณลอจิก "1" ไปถึง ขา PA5 ของ 8255 ซึ่งในขณะนี้ที่ขาสัญญาณนี้จะติดต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อตรวจสอบ ขา PA5 เป็นลอจิก "1" หรือไม่ถ้าเป็นแสดงว่ามีการกดคีย์และในขณะนี้จะมีข้อมูลจากรหัสของคีย์ที่ถูกกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกมาที่ ขา ของ PA0 - PA4 จากนั้น ไมโครโปรเซสเซอร์จะอ่านข้อมูลโดยอ่าน 8255 ไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ และรอการประมวลผลต่อไป

ส่วนจำนวนบัตร, ตกลง และยกเลิก

ในส่วนนี้จะมีไว้เพื่อให้ความสะดวกแก่ผู้โดยสารที่จะซื้อบัตรจำนวนมากกว่า 1ใบ และจะมีปุ่มเพื่อถามความแน่ใจว่าจะยกเลิก หรือตกลงว่า ผู้โดยสารกำหนดสถานีปลายทาง และจำนวนบัตรถูกต้องหรือเปล่า โดยจะใช้คีย์บอร์ดทั้งหมด 12 คีย์ และคีย์บอร์ดที่ใช้จะเป็นแบบเมตริกซ์ 4x4 คือ มี 4 โรว์ และ 4 คอลัมน์ดังแสดงในรูปที่ 10.8

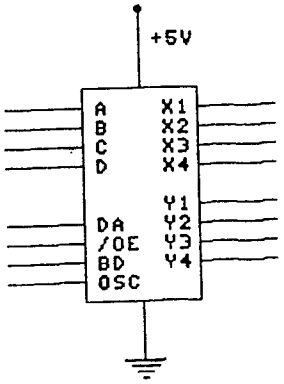


รูปที่ 10.8 MATRIX

การเข้ารหัสคีย์บอร์ด

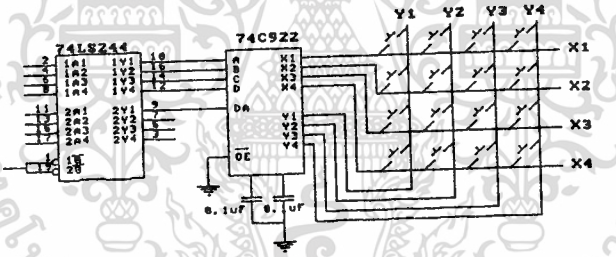
การเข้ารหัสคีย์บอร์ดแบบเมตริกซ์จะใช้ IC 94C923 โดยการเข้ารหัสดังแสดงในรูปที่ 10.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10.9 ขาสัญญาณของไอซี 74C922

วงจรการเชื่อมต่อ



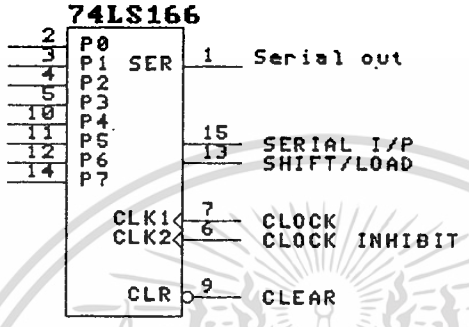
รูปที่ 10.10 วงจรสมบูรณ์ของการเชื่อมต่อ

หลักการทำงาน

จากรูปที่ 10.10 เมื่อใดที่คีย์ถูกกด ขา DA (DATA AVALIABLE)จะส่งสัญญาณลอจิก"1"ในขณะนี้จะต้องมีโปรแกรมเพื่ออ่านข้อมูลจาก 74LS244 อยู่ตลอดเวลา ดังนั้น 280180 จะรู้แล้วว่ามีการกดคีย์ 280180 ก็จะอ่านข้อมูลที่เป็น BCD จาก 74C922 จากขา A,B,C และ C ไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ และรอการประมวลผลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาสัญญาณต่าง ๆ ของ IC 74LS166



รายละเอียดของขาสัญญาณต่าง ๆ

A,B,C,D,E,F,G,H : เป็นขาสัญญาณอินพุตโดยจะป้อนข้อมูลแบบขนาน

SHIFT/LOAD : เป็นขาสัญญาณอินพุต ถ้าเป็นลอจิก "01" โอซีตัวนี้จะทำหน้าที่ในการ SHIFT ข้อมูลถ้าเป็นลอจิก"O"จะมีหน้าที่ในการโหลดข้อมูล

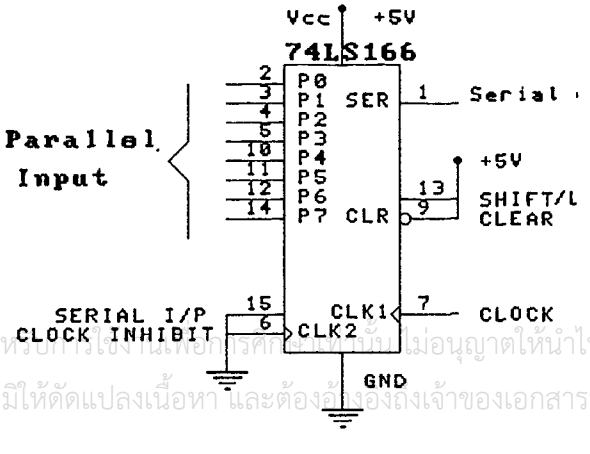
CLOCK INHIBIT : เป็นขาสัญญาณที่ใช้ในการ ENABLE สัญญาณ CLOCK ถ้าเป็น "O" จะ ENABLE และ "I" จะ DISABLE

CLOCK : สัญญาณนาฬิกา

QH : เป็นขาสัญญาณเอ้าพุต โดยจะมีข้อมูลเป็นแบบอนุกรม

Seriol input : เป็นขาสัญญาณอินพุตโดยจะป้อนข้อมูลแบบอนุกรม

CLEAR : เป็นขาสัญญาณที่ใช้ในการทำให้ OUTPUT เป็นลอจิก"O"



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

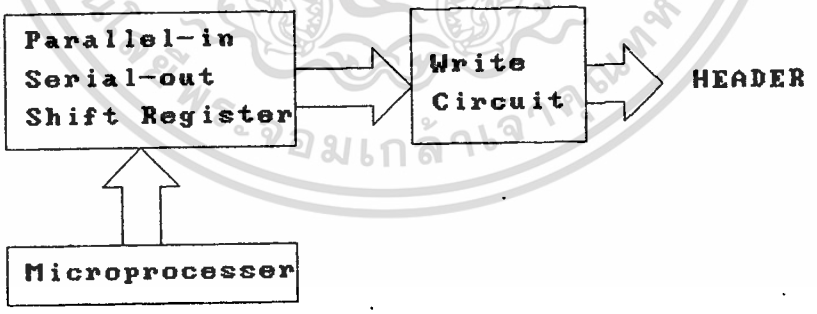
หลักการทำงาน

จากรูปที่ 10.10 เมื่อใดที่คีย์ถูกกด ขา DA(DATA AVALIABLE) จะส่งสัญญาณลอจิก"1" ในขณะนี้จะต้องมีโปรแกรมเพื่ออ่านข้อมูลจาก 74LS244 อยู่ตลอดเวลา ดังนั้น Z80180 จะรู้แล้วว่าถูกกดคีย์ Z80180 ก็จะอ่านข้อมูลเป็น BCD จาก 74C922 จากขา A,B,C และ C ไปเก็บไว้ในรีจีสเตอร์และรอการประมวลผลต่อไป

การอินเตอร์เฟสกับวงจรบันทึกข้อมูล

8 บิท Parallel-in/Serial-Out shift Register

เนื่องจากจะต้องทำการบันทึกข้อมูลแบบอนุกรม ไปที่แถบแม่เหล็กโดยหัวบันทึกดังนั้นข้อมูลที่ส่งไปบันทึกจะต้องเป็นแบบอนุกรมด้วย เพื่อให้สะดวกและง่ายต่อขบวนการส่งข้อมูลที่จะไปบันทึกในโครงงานชิ้นนี้จึงนำ IC 74SL166 เพื่อที่จะรับข้อมูลแบบขนานจากไมโครโปรเซสเซอร์ และส่งข้อมูลแบบอนุกรมไปยังภาคบันทึกข้อมูล ตามบล็อกไดอะแกรมข้างล่าง



รูปที่ 10.11 บล็อกไดอะแกรมของวงจรส่งข้อมูล

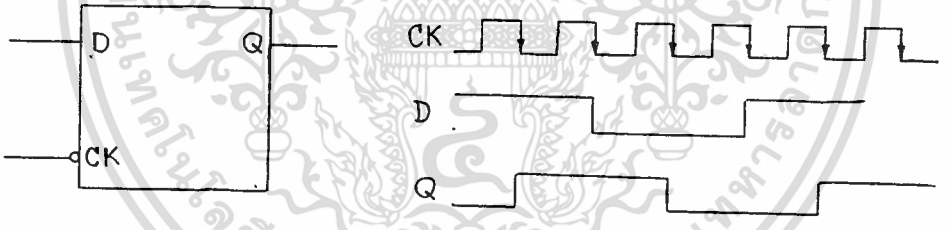
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงาน

จากรูปที่ ขา A, B, C, D, E, F, G, H และป้อนสัญญาณ CLOCK และ CLOCKINHIBIT เป็น ลอจิก "0" จะ ENABLE สัญญาณ CLOCK และจะได้สัญญาณเอ้าพุตเป็น Q_A ,Q_B ,Q_C ,Q_D ,Q_E ,Q_F ,Q_G ,Q_H ตามลำดับ และข้อมูลของ Seriol I/P

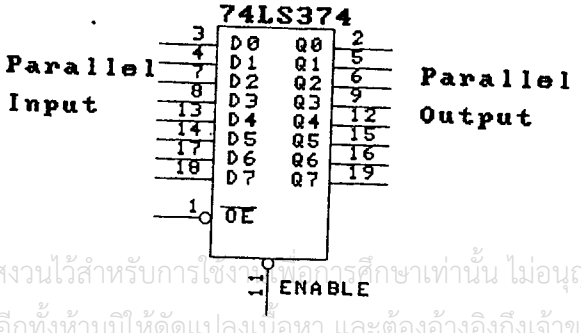
วงจรแลตช์ข้อมูล

ข้อมูลที่บันทึกบนแถบแม่เหล็กจะต้องมาจากไมโครโปรเซสเซอร์ แต่ไมโครโปรเซสเซอร์ส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงมาก ดังนั้นจึงต้องมีวงจรแลตช์ข้อมูล โดยใช้ D-F/F ดังแสดงในรูปที่ 10.12



รูปที่ 10.12 Timing Diagram

รายละเอียดและขาสัญญาณต่าง ๆ ของ 74LS374



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

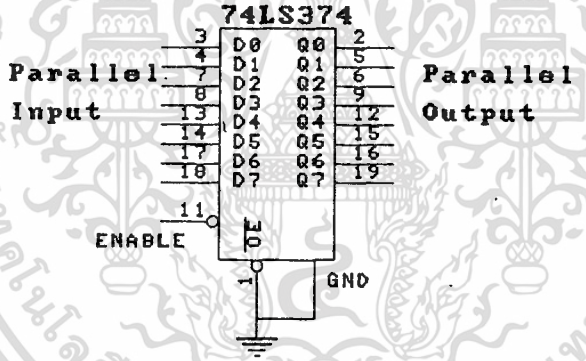
D0-D7 : เป็นขาสัญญาณอินพุต

Q0-Q7 : เป็นขาสัญญาณเอ้าพุต

/OE : เป็นขาสัญญาณอินพุต Active ที่ลอจิก "0" จะมีผลทำให้เกิดสัญญาณเอ้าพุตที่ขา Q0-Q7

/Enable : เป็นขาสัญญาณอินพุต ใช้ในการ strobeข้อมูลที่อินพุตไปแลตช์ที่เอ้าพุต

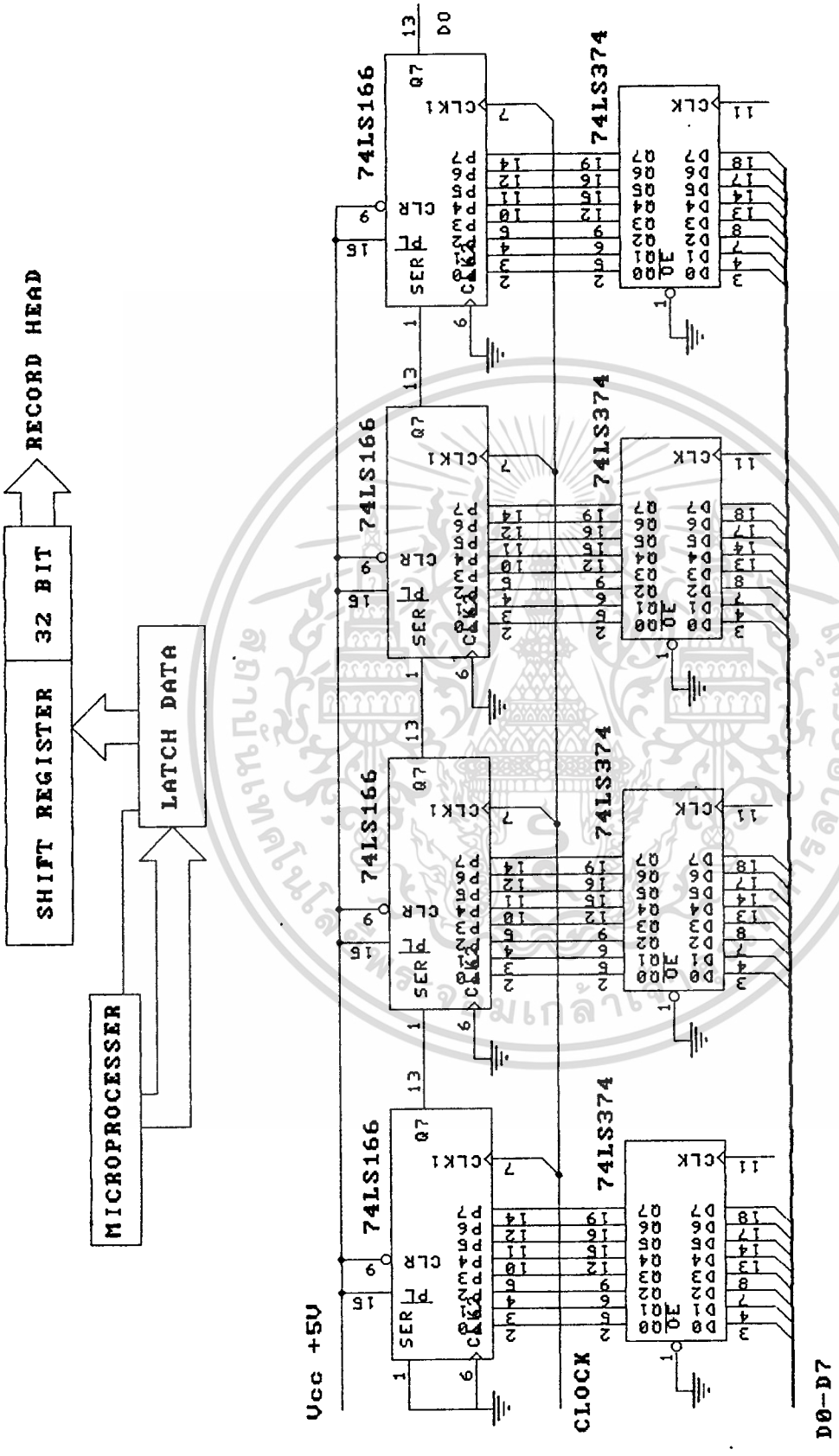
หลักการทำงาน



จากรูปจะเป็นวงจร แลตช์ข้อมูลขนาด 8 bit โดยที่เมื่อใดที่ขาสัญญาณ ENABLE มีสัญญาณนี้เป็น ลอจิก "0" มา STROBE เมื่อใดจะทำให้มีการแลตช์ข้อมูลจากอินพุตไปที่เอ้าพุต โดยให้ลอจิกที่ขา OE (output ENABLE)เป็นลอจิก "0"

คุณสมบัติของ IC74LS374 และ 74LS166 ที่กล่าวมาข้างต้นแล้วจะนำมาประกอบรวมกันเป็นวงจร SHIFT ข้อมูลอนุกรม ขนาด 32 bit โดยที่ IC 74LS374 จะแลตช์ข้อมูลที่จะบันทึกมาจาก ไมโครโปรเซสเซอร์ ตามหลักบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 10.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10.13 [illegible]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงาน

ไมโครโปรเซอร์เซอร์จะเลือกตำแหน่งของพอร์ทที่จะทำการส่งข้อมูลโดยมีทั้งหมด 4 พอร์ทจากนั้นก็ส่งข้อมูลที่จะบันทึกบนแถบแม่เหล็กจำนวน 32 บิท เมื่อส่งข้อมูลเรียบร้อยแล้ว CPU จะจ่ายสัญญาณ CLOCK ให้กับ IC 74LS166 ดังนั้นข้อมูลทั้งหมดที่แลตช์ค้างไว้จะถูกส่งออกแบบอนุกรมไปที่ขา 13 ของ IC 74LS166 ตัวที่ 4 เพื่อส่งให้กับวงจรบันทึกข้อมูลต่อไป

การถอดรหัสของพอร์ทเอ้าพุต

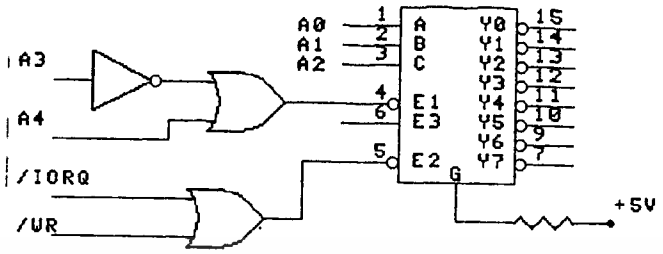
จากที่กล่าวมาแล้วว่า ข้อมูลที่จะบันทึกบนแถบแม่เหล็กจะต้องเป็นข้อมูลที่มาจากไมโครโปรเซสเซอร์ แต่ DATA BUS ของไมโครโปรเซสเซอร์จะมีเพียง 8 เส้นในขณะที่เราใช้ข้อมูลถึง 32 bit ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการส่งข้อมูลไปทีละ 8 bit จำนวน 4 ครั้ง โดยใช้หลักการการถอดรหัสของ พอร์ทที่จะส่งข้อมูลดังนี้

A4	A3	A2	A1	A0	Address Port
1	0	0	0	0	40
1	0	0	0	1	41
1	0	0	1	0	42
1	0	0	1	1	43
1	0	1	0	0	44
1	0	1	0	1	45
1	0	1	1	0	46
1	0	1	1	1	47

รูปที่ 10.14 พอร์ทเอาท์พุท

จะได้จำนวนตำแหน่งของพอร์ททั้งหมด 7 พอร์ท คือ 40H-47H ซึ่งสามารถที่จะส่งข้อมูลทั้งหมด 64 บิท และจะใช้ IC 74LS138 เป็นตัวถอดรหัสพอร์ทโดยจะจัดวางตำแหน่งขาดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10.15 วงจรถอดรหัสเอาท์พุท

จากรูปที่ 10.15 จะเห็นวงจรใช้ในการถอดรหัสพอร์ทเอาท์พุต เพื่อส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ภายนอกโดยจะใช้ขาสัญญาณ /IORQ และ WR จาก Z80-180 เป็นขาสัญญาณ ENABLE ร่วมกับ ADDRESS BUS ในการถอดรหัสโดยใช้ IC 74LS138 ซึ่งจะมีการทำงานตาม timing diagram รูปที่ 10.16

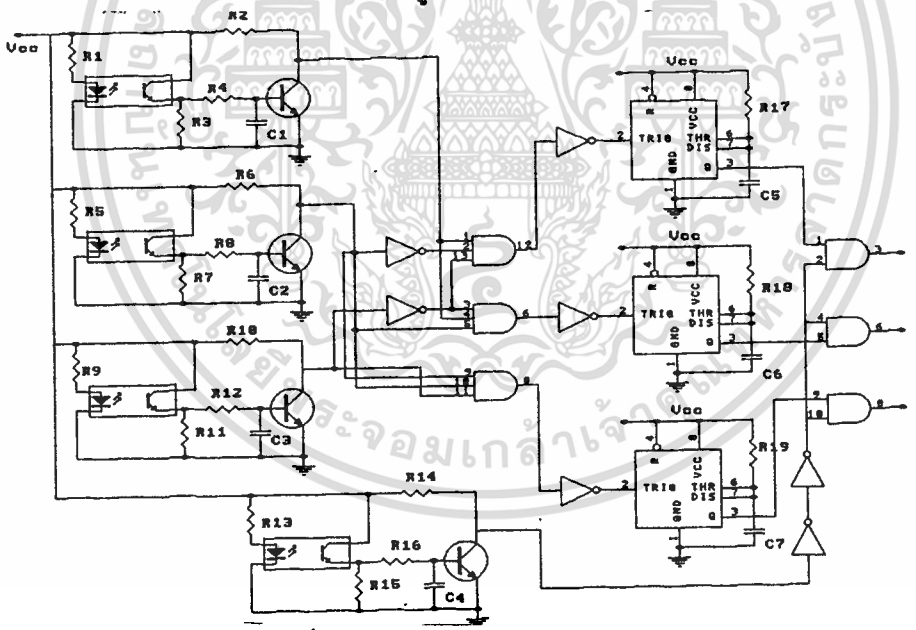
รูปที่ 10.16 Timing Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 10.16 เป็นวงจรสมบูรณ์ของการ SHIFT ข้อมูลขนาด 32 bit 2 ชุด รวมทั้งวงจรถอดรหัสและวงจรแลตช์ข้อมูล โดยจะมีตำแหน่งของพอร์ทตั้งแต่ 40H-47H และข้อมูลที่ SHIFT จะผ่านยังภาค START BIT เพื่อตรวจสอบ BIT เริ่มต้นของFORMAT DATA จากนั้นก็จะผ่านไปยังภาค MANCHESTER CODE ต่อไป

วงจรเซนเซอร์ (SENSOR)

เนื่องจากเราจะต้องมีการกำหนดเวลาของการบันทึกข้อมูล และอ่านข้อมูล ซึ่งโดยปกติเราจะติดตั้งตัว SENSOR ใกล้กับหัวเทปที่ใช้ในการบันทึก และอ่านข้อมูล และเมื่อใดบัตรวิ่งผ่านตัว SENSOR ที่ SENSOR จะส่งสัญญาณไปบอกให้ CPU เพื่อทำการบันทึกหรืออ่านข้อมูล แล้วแต่กรณีของการใช้งาน ในแต่ละครั้ง



รูปที่ 10.17 วงจร SENSOR

จากรูปที่ 10.17 วงจร SENSOR จะใช้อินฟาเรดแอลอีดี และโฟโต้ทรานซิสเตอร์ เป็นส่วนประกอบสำคัญ โดยที่อินฟาเรทแอลอีดี มีหน้าที่ส่งคลื่นแสงที่สายตาเรามองไม่เห็นไปให้ โฟโต้ ทรานซิสเตอร์

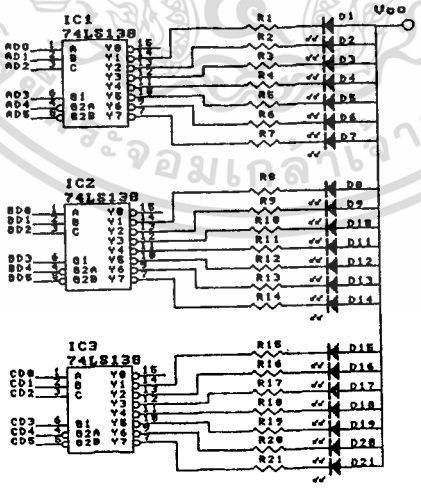
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงาน

อินฟาเรดแอลอีดีจะส่งคลื่นแสดงความถี่ประมาณ ไปให้โฟโต้ทรานซิสเตอร์ โดยความต้านทานค่า 330 โอห์ม จะทำหน้าที่จำกัดระแสให้กับ อินฟาเรดแอลอีดี ตัวโฟโต้ทรานซิสเตอร์จะได้รับคลื่นแสงจาก อินฟาเรดแอลอีดี ทำให้เกิดกระแสเบส I_B ไหลผ่านรอยต่อ ระหว่าง BASE กับ Emitter ทำให้โฟโต้ทรานซิสเตอร์นำกระแส และเกิดสภาวะของลอจิก ที่จุดA = "O" และ NOT GATE จะทำหน้าที่อินเวอร์สสัญญาณ และเป็นบัฟเฟอร์ให้กับอินพุทพอร์ทอีกทีหนึ่ง

วงจรแสดงผลออกทาง LED (LIGHT EMITTER DIODE)

เพื่อให้เกิดการสื่อสารที่ชัดเจนระหว่างเครื่องจำหน่ายตั๋วรถไฟฟ้ากับผู้โดยสาร ในกรณีที่ผู้โดยสารกดปุ่มเลือกสถานีปลายทาง ที่ LED ก็จะมีไฟดิดตามตำแหน่งของสถานีปลายทาง และก็จะติดค้างตลอดจนกว่าขั้นตอนการซื้อตั๋วเสร็จสิ้นรูปที่ 10.18 จะเป็นวงจรแสดงตำแหน่งของสถานีปลายทาง โดยใช้ IC 74LS138 ทำหน้าที่ในการเลือกตำแหน่งข้อมูล ส่วนความต้านทาน R_1-R_{21} จะมีหน้าที่ในการจำกัดกระแสดงไบอัสให้กับแอลอีดี

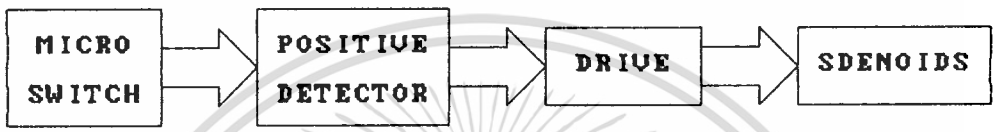


รูปที่ 10.18 วงจรแสดงตำแหน่งของสถานีปลายทางด้วย LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรตรวจความหนาบัตร

เป็นวงจรที่ทำหน้าที่ตรวจความหนาของบัตร โดยใช้ MicroSwitchเป็นตัวตรวจจับ เพื่อหาขนาดความหนาของบัตรถูกต้อง ก็จะไปควบคุมให้ไปไดรฟ์ Power Transistor เพื่อให้ Solenoid เปิดประตูของช่องบัตรต่อไป

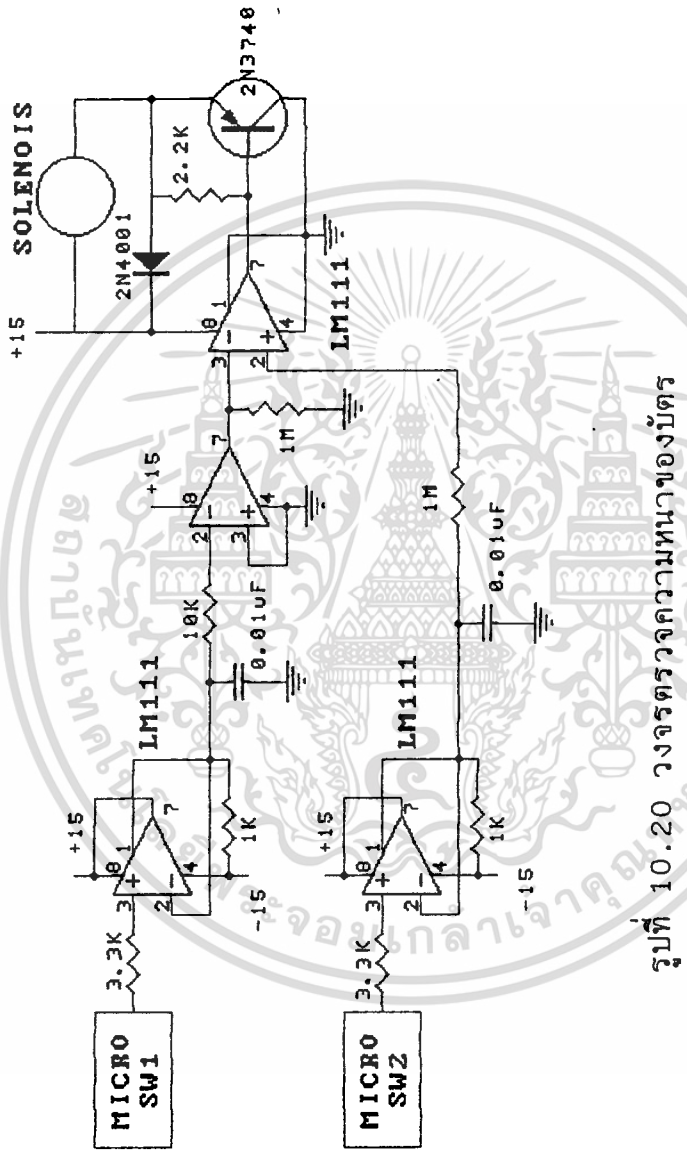


รูปที่ 10.19 บล็อกไดอะแกรมของวงจรตรวจความหนาของบัตร

หลักการทำงาน

เมื่อมีการสอดบัตรเข้าที่ช่องจำหน่ายตั๋ว ที่เอ้าพุตของไมโครสวิทช์จะเกิดแรงดันบวกประมาณ 0.25 โวลท์ ที่วงจร Positive Detector จะใช้IC LM111 ในการตรวจว่าเมื่อใดที่อินพุตขา 3 มีแรงดันเป็นบวก เอ้าพุตที่ขา 2 จะเป็นค่าเป็น 0 V จากนั้นจะผ่าน R = 10 k และ LM 111 เพื่อทำหน้าที่ อินเวอร์สสัญญาณ ให้เป็นลอจิก "1" ประมาณ 14 โวลท์ หลังจากนั้นจะทำการเปรียบเทียบสภาวะของลอจิกทั้งสองจากไมโครสวิทช์ทั้ง 2 ตัว และส่งสัญญาณไปไดร์ฟ POWER Transistor เบอร์ LN 3740 เมื่อเพิ่มกระแสให้กับโซลีนอยด์เพื่อทำการเปิดประตูต่อไป โดยไดโอด 2N 4001 ทำหน้าที่ลดแรงดันทรานเซียลที่เกิดจากการหยุดนำกระแส แบบทันทีของโซลีนอยด์ เพื่อป้องกันความเสียหายที่เอาท์พุตของวงจรคอมพาราเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10.20 วงจรตรวจความหนาของบัตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 11
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

1.แนวโน้มในการพัฒนาเครื่องจำหน่ายและตรวจตั๋วรถไฟฟ้า

เครื่องจำหน่ายตั๋วรถไฟฟ้า

ในส่วนของวงจรควรจะมีการเพิ่ม วงจรการอ่านข้อมูลในขณะบันทึกข้อมูล เพื่อตรวจความแน่นอนของการบันทึกข้อมูล รวมทั้งควรจะรวมวงจรต่าง ๆ มาไว้ในบอร์ดเดียวกัน ระบบฟีดบัตรควรจะมีการออกแบบหรือปรับปรุง ให้สามารถบรรจุบัตรได้ทีละจำนวนมาก ๆ และที่แผงด้านหน้า สวิตช์คีย์บอร์ด ควรจะให้ขนาดของสวิทช์ใหญ่กว่านี้ เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งาน รวมทั้งจอแสดงผล LCD ควรจะเปลี่ยนให้ใหญ่กว่านี้ หรืออาจจะเปลี่ยนเป็นจอ CRT ขนาดเล็กได้ และควรจะทำให้เครื่องจำหน่ายตั๋วมีขนาดเล็กกว่านี้ เพื่อให้เกิดความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและติดตั้ง ในกรณีใช้งานจริง ๆ

เครื่องตรวจตั๋วรถไฟฟ้า

ควรจะมีการออกแบบลายวงจรใหม่โดยใช้วงจรเดิมโดยแยกส่วนของวงจรควบคุม และวงจร digital และ Analog ออกจากกันเพื่อป้องกันความผิดพลาดของข้อมูลขณะอ่าน เพื่อทำการประมวลผลรวมทั้งทำเครื่อง CHECK-IN และ CHECK-OUT แยกออกจากกัน โดยที่ควรจะมีขนาดของเครื่องให้ใหญ่เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานจริงและระบบแมคคานิคของประตูเนื่องจากส่วนสิ้นสุดของเครื่องตรวจตั๋วรถไฟฟ้า อยู่ที่แสดงสัญญาณเพื่อแสดงว่าประตูเปิด โดยใช้ LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.บทสรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

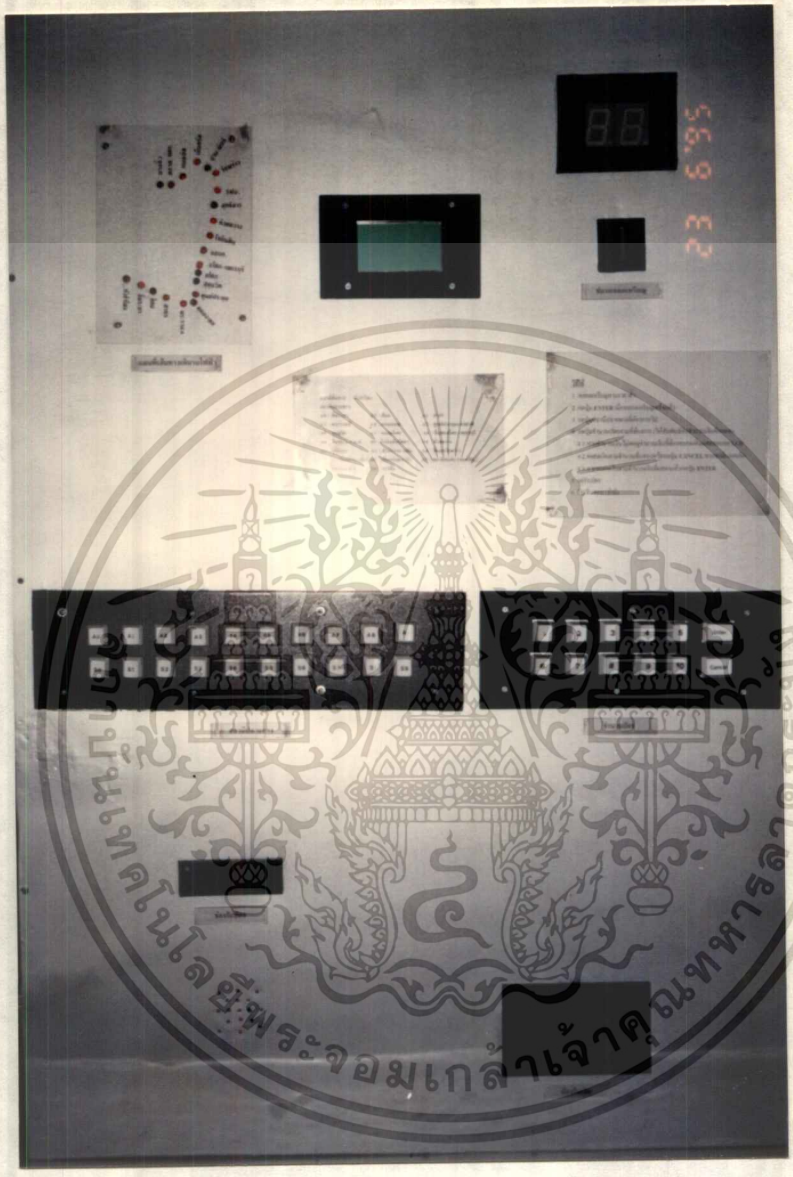
เนื่องจากโครงงานฉบับนี้ยังไม่มีนักศึกษาคนใดทำขึ้น ดังนั้นทุกคนในกลุ่มจึงต้องค้นคว้าหาข้อมูลให้มาก และจึงทำการทดลอง ถ้าทดลองและไม่ได้ผลก็จำเป็นต้องหาข้อมูลใหม่ และทำการทดลองใหม่ จึงทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการทำเพิ่มขึ้น โดยข้อมูลหรือวงจรที่ทดลองจะแยกหน้าที่การทำงานออกเป็นส่วน ๆ แล้วนำวงจรต่างๆ มารวมกัน เป็นเครื่องจำหน่ายตั๋วรถไฟฟ้า และเครื่องตรวจตั๋วรถไฟฟ้า หลังจากที่ทดลองวงจร และผลของการทำงานเป็นไปตามที่คาดไว้ และ จะมีข้อเสีย ที่ช่วงเวลาของขั้นตอนการซื้อตั๋วยังใช้เวลามาก เมื่อเทียบกับเครื่องจำหน่ายตั๋วที่ใช้งานจริงตามประเทศต่าง ๆ แต่โครงการฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อให้สามารถนำความรู้ที่ศึกษามาออกแบบ และประดิษฐ์เครื่องทั้ง 2 ได้ โดยที่ประสิทธิภาพจะไม่ทัดเทียมในระดับอินเตอร์เนชั่นแนลก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

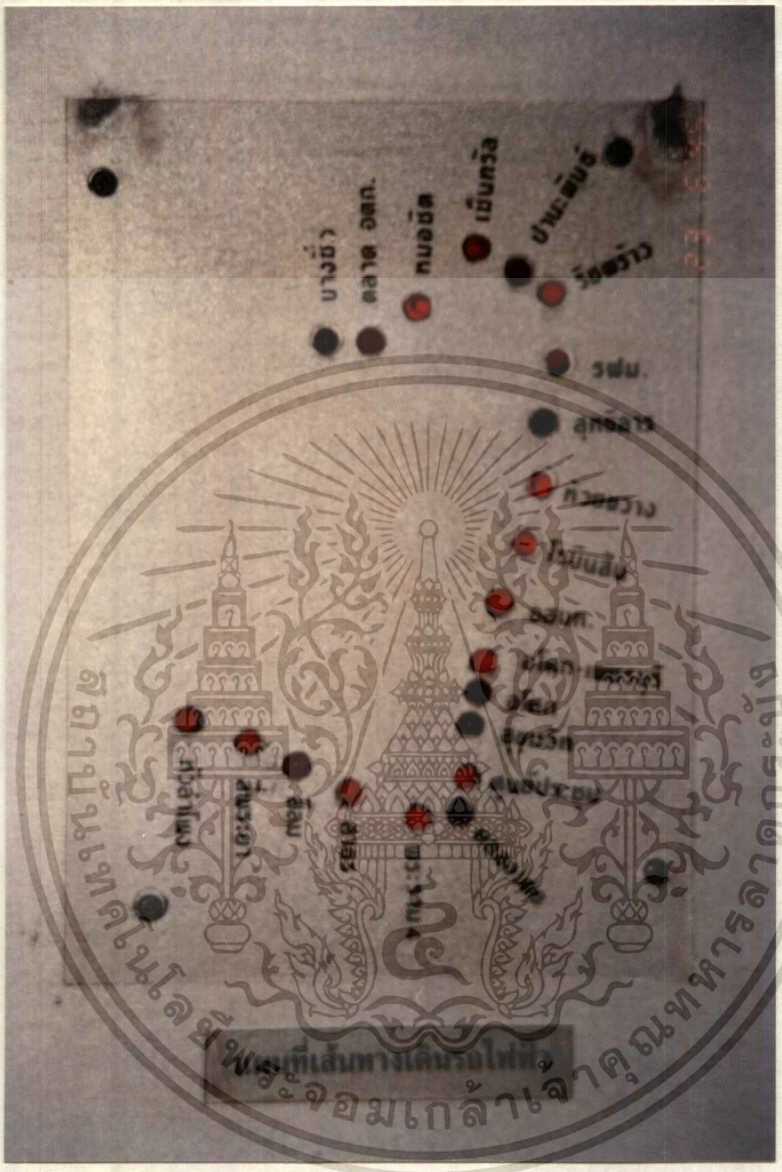
รูปถ่ายแสดงเครื่องจำหน่ายและตรวจตั๋วรถไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



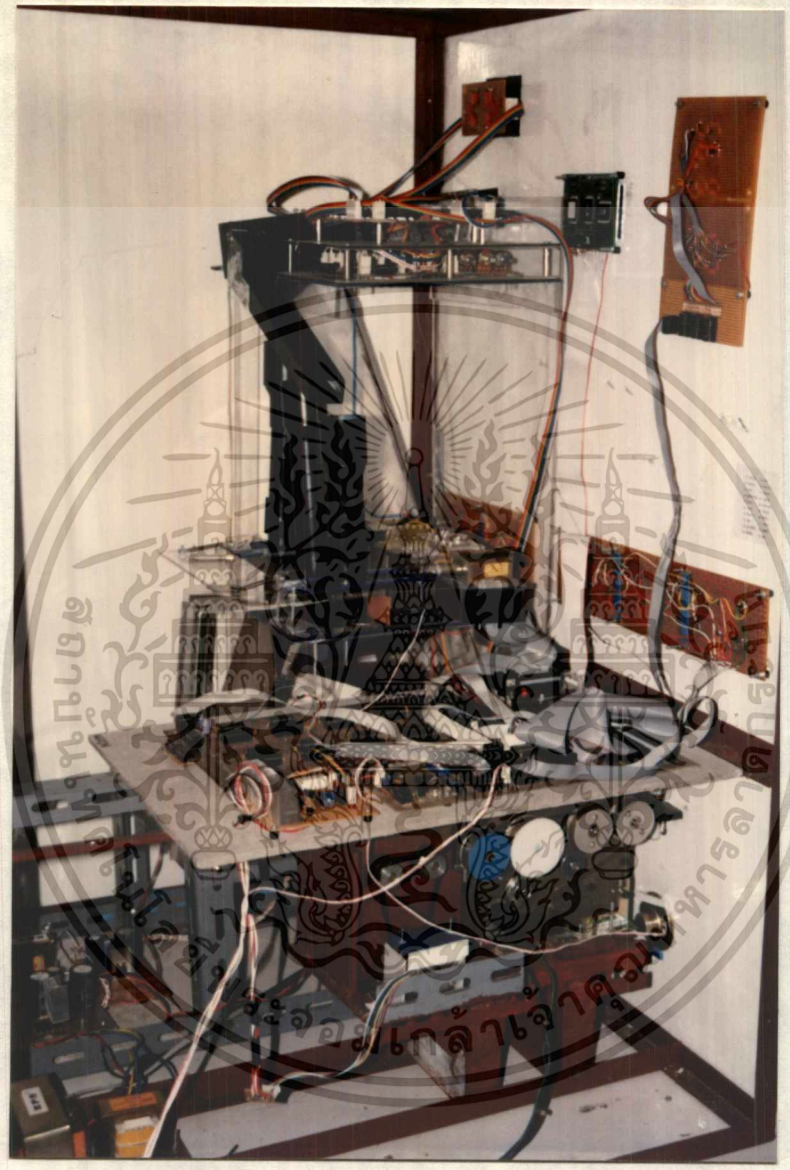
รูปด้านเครื่องขายตั๋วรถไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



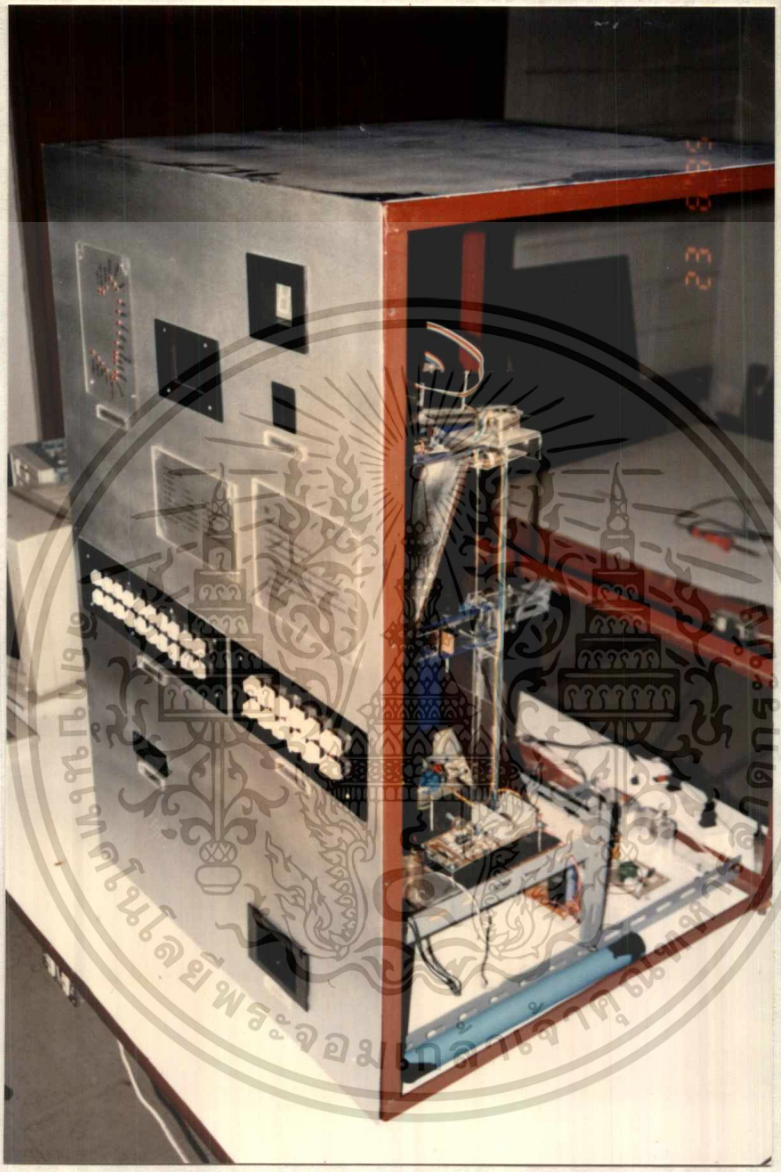
แสดงแผนที่เส้นทางเดินรถไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้.



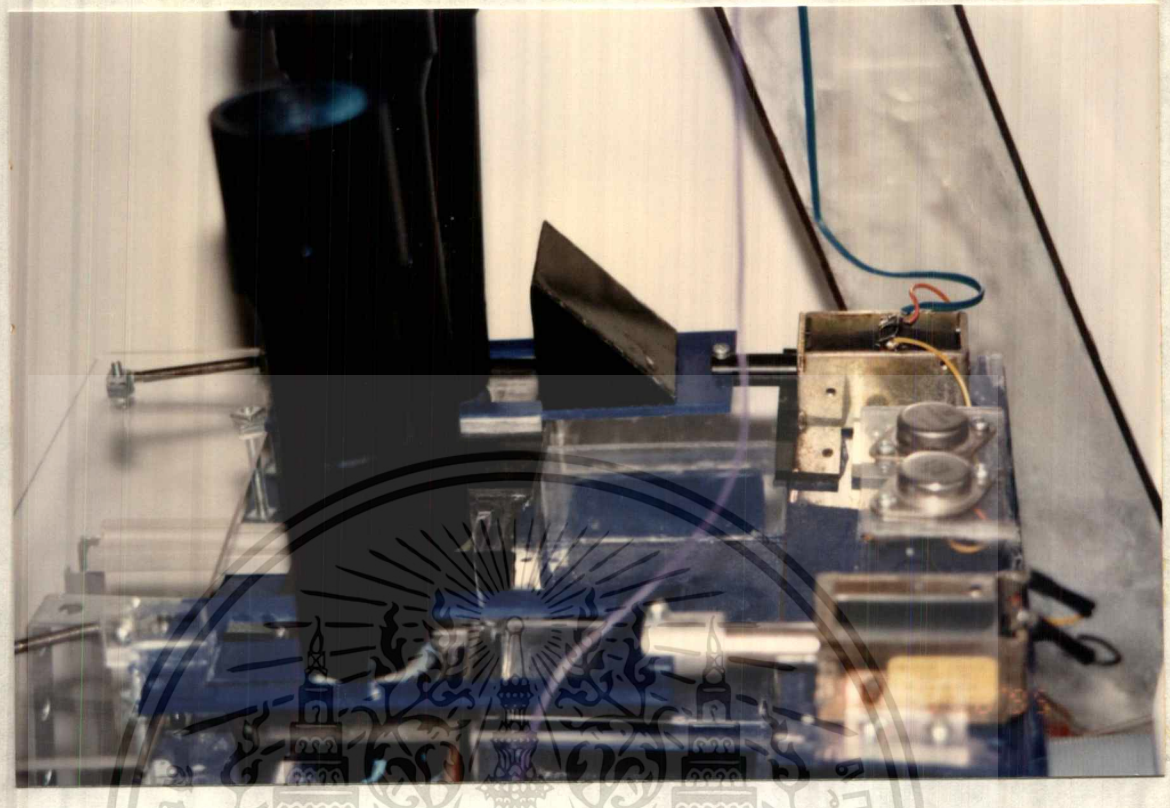
โครงสร้างภายในของเครื่องขายตั๋วรถไฟฟ้า

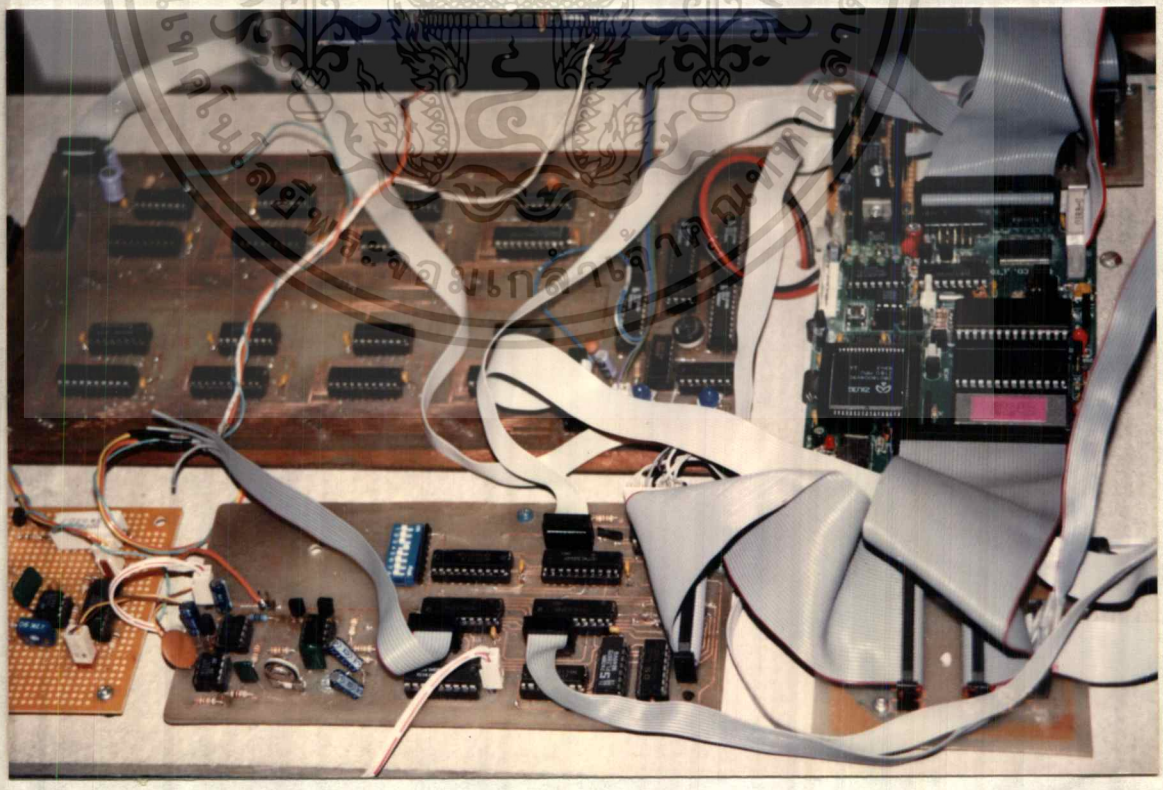
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



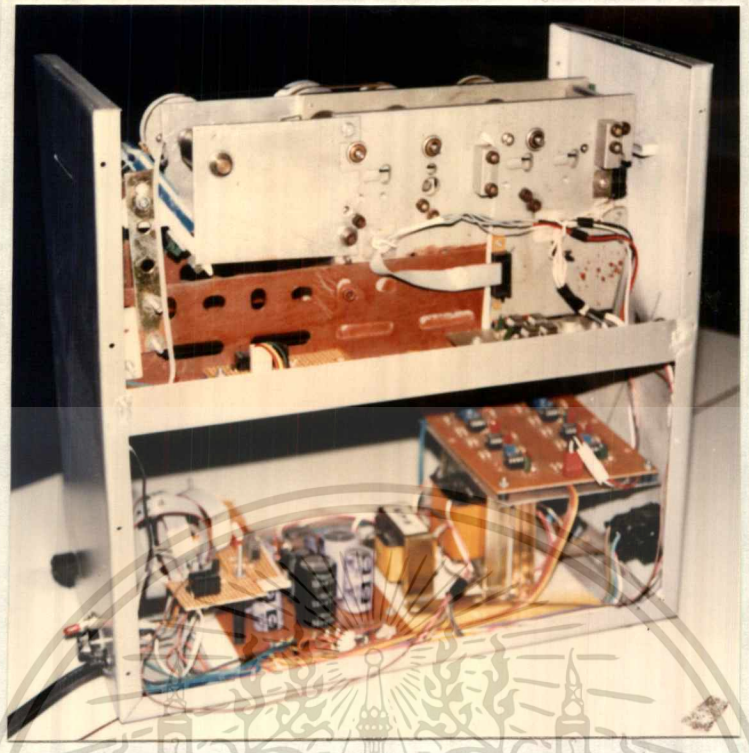
โครงสร้างโดยรวมทั้งหมดของเครื่องขายตั๋วรถไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปโครงสร้างภายในและภายนอกของเครื่องเช็คบัตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนและวิธีการใช้เครื่องจำหน่ายและตรวจตั๋วรถไฟฟ้า

โครงงานนี้จะประกอบด้วย 2 ส่วน คือเครื่องจำหน่วยตั๋วรถไฟฟ้าอัตโนมัติ และเครื่องตรวจตั๋วรถไฟฟ้า และตั๋วรถไฟฟ้าที่ใช้บันทึกข้อมูลจะเป็นแถบแม่เหล็ก ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับบัตร ATM ซึ่งมีใช้โดยทั่วไป ข้อดีประการหนึ่งของการบันทึกข้อมูลด้วยแถบแม่เหล็ก คือ สามารถนำบัตรมาใช้ได้ใหม่ (Recycle)โดยการลบข้อมูลบนแถบแม่เหล็ก

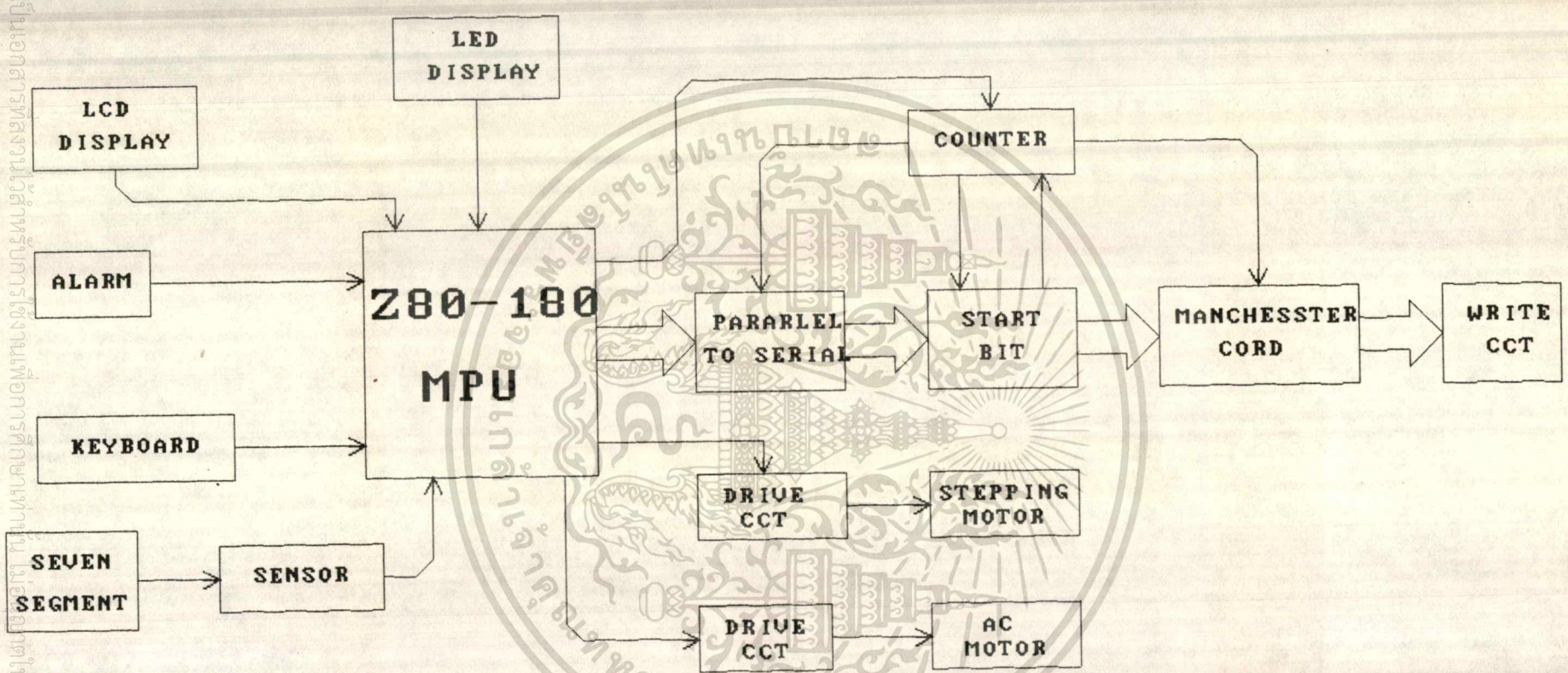
เครื่องจำหน่วยตั๋วรถไฟฟ้าอัตโนมัติ

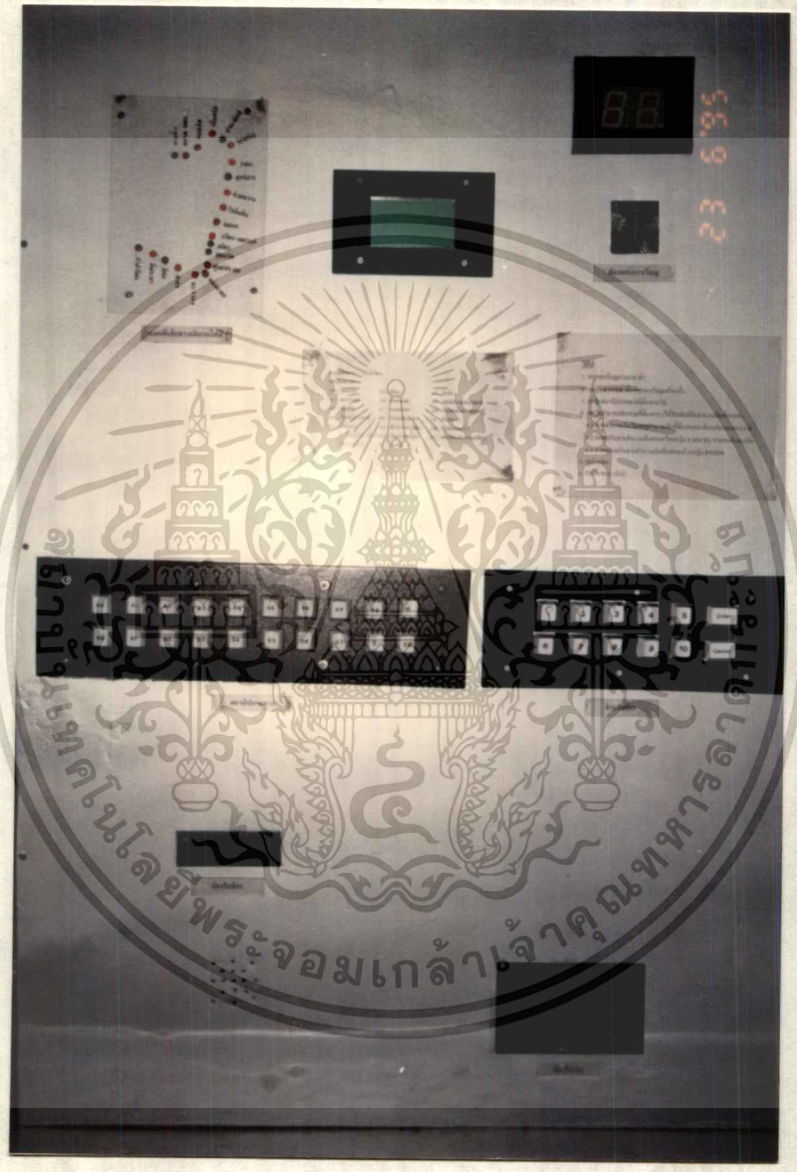
เครื่องจำหน่วยตั๋วรถไฟฟ้าอัตโนมัติ คือ เครื่องจำหน่ายตั๋วรถไฟฟ้าโดยใช้บัตรที่เป็นตั๋วรถไฟฟ้า เป็นบัตรแม่เหล็ก (MAGNETIC CARD) โดยข้อมูลที่จะบันทึกบนแถบแม่เหล็กจะประกอบดังต่อไปนี้

- สถานีต้นทาง
- สถานีปลายทาง
- วัน, เดือน, ปี
- เวลา
- รหัส MRT

รูปแบบของข้อมูล ที่บันทึกบนแถบแม่เหล็กจะเป็นสัญญาณดิจิตอล(digital) โดยผ่านการแปลงเป็นรหัส MANCHESSTER อีกทีหนึ่ง(รายละเอียดของการบันทึกข้อมูลจะได้กล่าวอีกทีในบทที่ 3) รูปที่ 1.1 จะเป็นบล็อกไดอะแกรมของเครื่องจำหน่ายตั๋วรถไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


LED
DISPLAY
LCD
DISPLAY
COUNTER
ALARM
Z80-180
MPU
PARARLEL
TO SERIAL
START
BIT
MANCHESSTER
CORD
WRITE
CCT
KEYBOARD
DRIVE
CCT
STEPPING
MOTOR
SEVEN
SEGMENT
SENSOR
DRIVE
CCT
AC
MOTOR

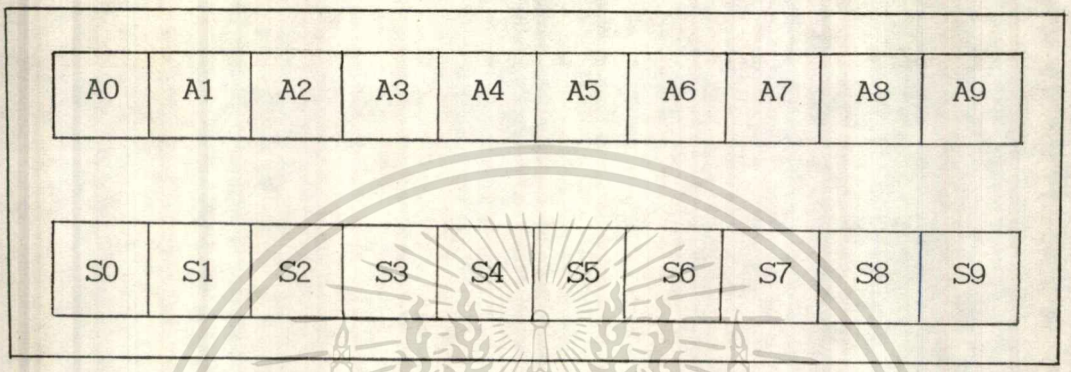


รูปที่ 1.2 แสดงแผงด้านหน้าของเครื่องจำหน่ายตั๋วรถไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปุ่มเลือกสถานีปลายทาง

เป็นปุ่มเลือกสถานีปลายทางที่ต้องการจะเดินทาง โดยสถานีต้นทางจะกำหนดที่เครื่องจำหน่ายของแต่ละสถานี โดยจะเลือกได้เพียง 1 สถานีเท่านั้น รูปที่ 3 เป็นรูปแสดงรายชื่อของสถานีปลายทาง ตามรหัสที่กำหนด



รูปที่ 1.3 แสดงตำแหน่งของรหัสสถานีปลายทาง

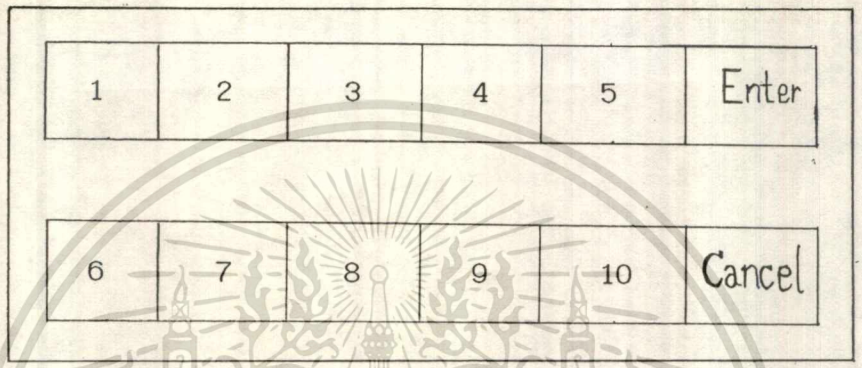
รายชื่อสถานีปลายทางตามรหัสที่กำหนด

A0	=	สี่พระยา	S0	=	โรบินรัชดา
A1	=	สีลม	S1	=	ห้วยขวาง
A2	=	สาธร	S2	=	สุทธิสาร
A3	=	พระรามสี่	S3	=	สำนักงาน ร.ฟ.ม.
A4	=	คลองเตย	S4	=	สี่แยกรัชพร้าว
A5	=	ศูนย์ประชุมแห่งชาติ	S5	=	โรงเรียนปานะพันธ์
A6	=	สุขุมวิท	S6	=	เซ็นทรัลพลาซ่า
A7	=	ซอยอโศก	S7	=	สถานีขนส่งหมอชิต
A8	=	สี่แยกอโศก-เพชรบุรี	S8	=	ตลาด อ.ต.ก.
A9	=	สี่แยก อ.ส.ม.ท.	S9	=	บางซื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปุ่มเลือกจำนวนบัตร

เป็นปุ่มเลือกจำนวนของบัตรที่จะซื้อ โดยจะกำหนดจำนวนของบัตรไว้ 10 ใบ โดยปุ่มนี้จะเพิ่มความสะดวกต่อผู้โดยสารที่ซื้อบัตรจำนวนหลายใบ รูปที่ 1.4 แสดงตำแหน่งของตัวเลขที่กำหนด



รูปที่ 1.4 แสดงตำแหน่งของตัวเลข

ปุ่มยืนยันหรือยกเลิกการซื้อตั๋วรถไฟฟ้า

ปุ่มนี้จะเป็นปุ่มสุดท้ายของขั้นตอนการซื้อตั๋ว เพื่อเครื่องจำหน่วยตั๋วจะรับการยืนยันเพื่อตกลงหรือยกเลิก กับผู้โดยสาร ถ้าผู้โดยสารแน่ใจว่าเลือกสถานีปลายทางถูกต้องกับราคาที่หยอดเหรียญ และจำนวนบัตรถูกต้อง ให้กดปุ่ม ENTER แต่ถ้าไม่แน่ใจกดปุ่ม CANCLE เครื่องจำหน่ายจะยกเลิกข้อมูลทั้งหมด และคืนเงินให้ผู้โดยสาร

ช่องรับตั๋วไฟฟ้า

เป็นช่องรับตั๋วไฟฟ้า หลังจากกดปุ่ม Enter เรียบร้อยแล้ว โดย

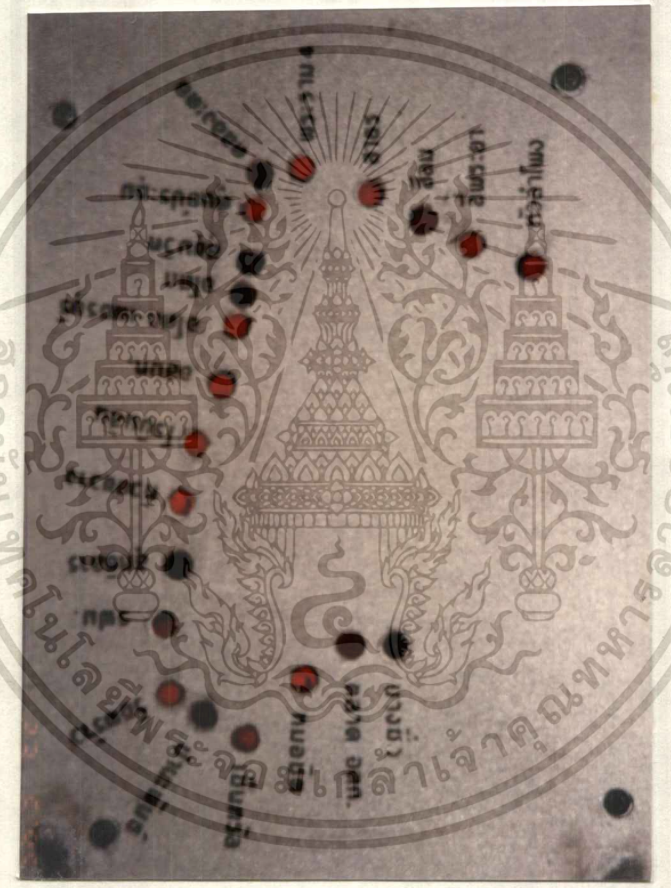
ช่องรับเงินทอน

ช่องนี้จะเป็นช่องคืนเงินทอน ในกรณีที่ยกเลิกการซื้อตั๋ว หรือยังคงมีเงินเหลือหลังจากซื้อตั๋วเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนแสดงตำแหน่งของสถานีต้นทางและปลายทาง

ในส่วนนี้จะใช้ LED (Light cmitter diode) เป็นอุปกรณ์แสดงผล โดยลักษณะของการแสดงผลจะเป็นดังนี้ สถานีต้นทาง LED จะติดค้างแต่ถึงเป็นสถานีปลายทาง LED จะกระพริบ รูปที่ 1.5 แสดงตำแหน่งของ LED กับสถานีต้นทางและสถานีปลายทาง

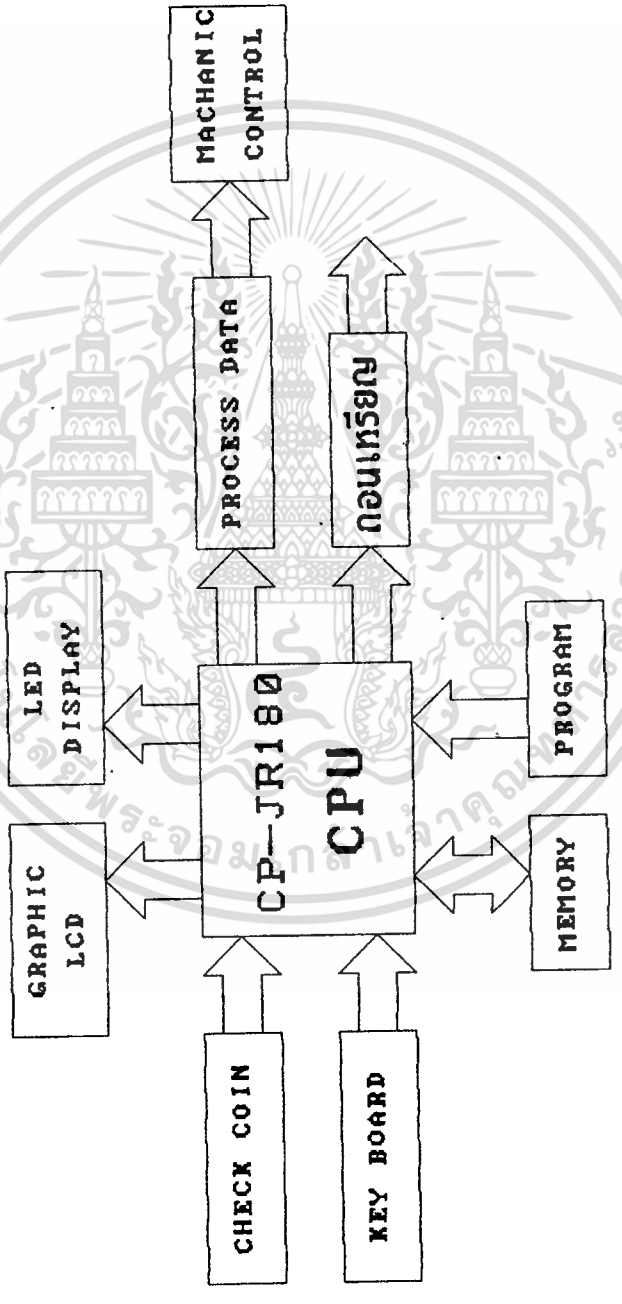


รูปที่ 1.5 แสดงตำแหน่งของ LED กับสถานีต้นทางและปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตรวจตั๋วรถไฟฟ้า

เครื่องตรวจตั๋วรถไฟฟ้า จะเป็นเครื่องตรวจข้อมูลที่อยู่บนตั๋วรถไฟฟ้าถ้าข้อมูลที่ตรวจถูกต้อง ประตูจะเปิด แต่ถ้าไม่ถูกต้องประตูจะปิด และจะคืนตั๋วให้ผู้โดยสาร และระบบ ALARM จะเตือนเพื่อเป็นการรักษาความปลอดภัยอีกทีหนึ่ง บล็อกไดอะแกรมของเครื่องตรวจตั๋วรถไฟฟ้าจะเป็นดังรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.6 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องตรวจตั๋วรถไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงาน

ผู้โดยสารจะใส่เหรียญ และก็จะแสดงราคาของเหรียญที่ใส่ในขณะเดียวกัน CPU จะอ่านข้อมูลที่เป็นราคามาเก็บไว้ในหน่วยความจำ หลังจากนั้นเลือกสถานีปลายทาง, จำนวนบัตร CPC จะประมวลผลข้อมูลระหว่าง ราคาของสถานีปลายทาง และจำนวนบัตร กับราคาของเงินที่ใส่มา ถ้าราคาของเงินมากกว่าหรือเท่ากับราคาของสถานีปลายทาง CPU ก็จะสั่งให้มีการบันทึกข้อมูลบนบัตรโดยที่ไปควบคุมสเตปเปอร์มอเตอร์ และ AC MOTOR เพื่อทำการยืดบัตรเข้าสู่ช่องทางการเคลื่อนที่ของบัตร

จากรูปที่ 1.2 แสดงแผงด้านหน้าของเครื่องจำหน่ายตั๋วรถไฟฟ้าประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ช่องหยอดเหรียญ และ SEVER SEGMENT
2. ปุ่มเลือกสถานีปลายทาง
3. ปุ่มเลือกจำนวนของบัตร
4. ปุ่มกดยืนยันการซื้อตั๋ว
5. ช่องรับตั๋วไฟฟ้า
6. ช่องรับเงินทอน
7. ส่วนแสดงตำแหน่งของ สถานีปลายทาง/ต้นทาง
8. จอแสดงข้อความ

ช่องหยอดเหรียญ

ช่องหยอดเหรียญจะให้ผู้โดยสารใส่เหรียญ 1 บาทเล็ก ๆ 5 บาทและเหรียญ 10 บาท และจะมีวงจรตรวจจับเหรียญปลอม โดยใช้หลักการให้เหรียญซึ่งผ่านตัว SENSOR และตรวจสอบเวลาการเคลื่อนที่ผ่านทางเหรียญจากนั้น นำเวลาอ้างอิงกับเวลาของเหรียญ ถ้าเท่ากันหรือใกล้เคียง แสดงว่าเหรียญจริง อนึ่งจะมีอุปกรณ์แสดงผลที่เรียกว่า SEVER SEGMENT แสดงราคาของเงินที่หยอดไป (รายละเอียดของวงจร และหลักการทำงาน จะอธิบายในบทที่ 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จอแสดงข้อความ

เป็นจอแสดงข้อความต่าง ๆ เพื่อติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องจำหน่ายตั๋วรถไฟฟ้ากับผู้โดยสาร ในระหว่างขั้นตอนการซื้อตั๋ว โดยประเภทของจอแสดงข้อความจะเป็น GRAPHICS LCD

ขั้นตอนการซื้อตั๋วรถไฟฟ้า

การซื้อตั๋วรถไฟฟ้าจากเครื่องจำหน่ายตั๋วรถไฟฟ้า จะมีขั้นตอนและเงื่อนไขที่ซึ่งจะอธิบายในส่วนต่อไปนี้ โดยที่ผู้โดยสารจะใช้เวลาไม่มากในขั้นตอนการซื้อ

1. ผู้โดยสารใส่เงินในช่องหยอดเหรียญเท่ากับราคาของสถานีปลายทางและจำนวนของบัตร

2. ผู้โดยสารระบุสถานีปลายทางที่ปุ่มกด สถานีปลายทาง

3. ผู้โดยสาร กำหนดจำนวนของบัตรที่ปุ่มเลือกจำนวนบัตร

4. หลักจากเสร็จขั้นตอนในข้อที่ 3 ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการยืนยันเพื่อตกลงหรือยกเลิก การซื้อตั๋วโดยกดปุ่ม Enter หรือ CANCLE

4.1 เมื่อกดปุ่ม ENTER เครื่องจำหน่ายจะใช้เวลาในการประมวลผลข้อมูลและบันทึกข้อมูลบนตั๋วรถไฟฟ้า

4.2 เมื่อกดปุ่ม CANCLE เครื่องจำหน่ายจะยกเลิกการซื้อบัตร และคืนเงินให้กับผู้โดยสารที่ช่องรับเงินทอน

5. ผู้โดยสารรอรับบัตรที่ช่องรับบัตร โดยจะมีการ ALARM เพื่อแสดงว่าและเตือนให้ผู้โดยสารดึงบัตรออก หากผู้โดยสารไม่ดึงบัตรออกเครื่องจำหน่ายตั๋วก็จะไม่เข้าสู่สภาวะการเริ่มต้นอีกครั้ง

6. ผู้โดยสารรอรับเงินทอน ที่ช่องรับเงินทอน หลังจากรับบัตรเรียบร้อยแล้ว จึงเป็นการเสร็จขั้นตอนการซื้อบัตรในขณะนี้กำลังซื้อตั๋วรถไฟฟ้า ก็จะมีการแสดงข้อความ ของเครื่องจำหน่ายตั๋วกับผู้โดยสาร เพื่อให้เกิดความถูกต้องต่อการซื้อตั๋ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงาน

เมื่อใส่บัตรในช่องตรวจบัตร จะมีวงจรตรวจความหนาของบัตรว่าตรงตามความหนาที่กำหนดหรือไม่ ถ้าตรงตามกำหนดก็จะมีการส่งสัญญาณไปขับโซลีนอยด์ให้เปิดประตูเพื่อรับบัตร และให้มอเตอร์หมุนเพื่อทำการยึดบัตรเข้าสู่ช่องตรวจบัตรต่อไป ในขณะที่บัตรวิ่งเข้าสู่ตัวช่องตรวจบัตรไปยังหัวอ่านข้อมูล (หัวเทป) จะมีเซนเซอร์ติดอยู่ใกล้กับหัวอ่านข้อมูล เมื่อบัตรเคลื่อนที่ถึงตัว SENSOR ตัว SENSORจะส่งสัญญาณไปที่ CPU (หน่วยประมวลผล) และ CPU ก็จะเริ่มอ่านข้อมูลจากบัตรมาเก็บไว้ที่หน่วยความจำของ CPU เพื่อทำการประมวลผลข้อมูลที่อ่านมา หลังจากอ่านข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้ว CPU จะส่งสัญญาณควบคุมให้ AC MOTOR หยุดหมุนหลังจากนั้นก็จะทำการประมวลผลข้อมูลที่อยู่ในหน่วยความจำ ถ้าข้อมูลถูกต้องCPU จะควบคุมให้ AC MOTOR หมุนออกไปอีกด้านหนึ่งและวงจร ALARM และ SHOW จะทำงาน แต่ถ้าข้อมูลที่อ่านไม่ถูกต้อง CPU จะควบคุมให้ AC MOTOR หมุนกลับทิศทาง เพื่อคืนบัตรให้กับผู้โดยสารและระบบ ALARM และ SHOW จะทำงานเช่นเดียวกัน

รูปที่ 1.7 แสดงแผงด้านหน้าและด้านหลังของเครื่องตรวจตั๋วรถไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่1.7 แสดงแผงด้านหน้าและด้านหลังของเครื่องจำหน่ายตั๋วรถ-ไฟฟ้า โดยจะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ช่องใส่บัตร
2. ALARM
3. SW-POWER
4. SW เลือก CHECK-IN หรือ CHECK-OUT
5. ช่องรับบัตร

ช่องใส่บัตร

เป็นช่องใส่บัตรเพื่อตรวจข้อมูลในบัตรและถ้าหากข้อมูลที่ตรวจไม่ถูกต้อง บัตรก็จะออกมาทางช่องนี้เช่นกัน โดยในช่องใส่บัตรนี้จะมีวงจรตรวจความหนาของบัตร

ALARM

เป็น LED สีเขียวและสีแดง เพื่อบอกแก่ผู้โดยสารว่า ข้อมูลในบัตรถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง ถ้าถูกต้อง LED สีเขียวจะสว่าง ถ้าไม่ถูกต้อง LED สีแดงจะสว่าง

SW-POWER

เป็นสวิทช์เปิดและปิด POWER SUPPLY

สวิทช์เลือก CHECK-IN และ CHECK-OUT

เนื่องจากไม่มีการแยกเครื่อง CHECK-IN และ CHECK-OUT จากกันแต่จะรวมไว้เป็นเครื่องเดียวกัน โดยถ้าเป็นเครื่อง CHECK-IN เครื่องตรวจตั๋วรถไฟฟ้าจะติดตั้งอยู่ที่ทาง ชานชาลา ขาเข้า สถานีต้นทางและถ้าเป็นเครื่อง CHECK-OUT จะถูกติดตั้งอยู่ที่ชานชาลาขาออก ของสถานีปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่องรับบัตร

ช่องรับบัตรนี้จะอยู่ที่ด้านหลังของเครื่องตรวจตั๋ว โดยจะรับบัตรไว้ในกรณีที่เครื่องตรวจตั๋วทำหน้าที่ในการ CHECK-IN

ขั้นตอนการตรวจตั๋วรถไฟฟ้า

ตรวจบัตรเข้าสถานีต้นทาง (CHECK-IN)

เข้าช่องใส่บัตรเพื่อตรวจความหนาของบัตร หลังจากนั้นรอสักครู่หนึ่งเครื่องจะตรวจสอบข้อมูลในบัตรถ้าถูกต้องจะมีไฟเขียวติด และรับบัตรเพื่อเข้าชานชาลา ที่ช่องรับบัตรด้านหนึ่ง ถ้าข้อมูลในบัตรที่ตรวจไม่ถูกต้อง จะมีไฟแดงติดและบัตรจะออกมาที่ช่องใส่บัตร

ตรวจบัตรออกจากสถานีปลายทาง (CHECK-OUT)

วิธีการจะเหมือนกับการตรวจบัตรเข้าสถานีต้นทางเพียงแต่แตกต่างกันตรงที่ไม่มีการยึดบัตรออกไปที่ช่องรับบัตร แต่จะยึดบัตร เพื่อที่จะนำบัตรกับมาใช้ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารเพิ่มเติม DV128064

เราสามารถต่อวงจรใช้งานกับ GRAPHIC LCD ได้อีกแบบหนึ่งดังรูป (BOARD EIT) ที่สามารถต่อโดยตรงกับ GRAPHIC LCD ได้มี CP-Z80V2, CP-Z84C11, CP-Z84C11 PLUS, CP-AT180, CP-AT32, CP-88)

LCD DV-12864

DV-12864 เป็น LCD Graphic ขนาด 128 * 64 Dot ซึ่งมี Controller ภายใน (HD61202, HD61203) โดยการทำงานของ Controller จะมีลักษณะการแบ่งการควบคุมไว้ดังนี้

line คือการอ้างถึงบรรทัดของข้อมูล ภายในจะแบ่งเป็น 64 แถว (com1-com64)

page (X-address) เป็นการอ้างถึงหน้าต่าง ของการแสดงผล ภายในหนึ่ง page จะประกอบไปด้วย 8 line ซึ่งจะเป็น

การอ้างถึงข้อมูลด้วย data-bus โดยตรง ภายในของ LCD จะประกอบด้วย 8 page ซึ่งถูกชี้โดย X-register โดยเมื่อต้องการให้ LCD แสดงผลที่หน้าต่างใดของจอเรา จะต้องตั้งค่า X ให้กับ LCD ซึ่งเมื่อตั้งค่า X ให้กับ LCD แล้ว ค่า X นั้นจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงจนกระทั่งจะมีการตั้งค่าใหม่ให้กับ LCD

segment (Y-address) เป็นค่าพอยท์เตอร์ ในการชี้ที่อยู่ของข้อมูล ซึ่งภายใน LCD จะถูกควบคุมการชี้ของข้อมูล โดย HD61202 จะสามารถชี้ที่อยู่ของข้อมูลได้ 64 segment ซึ่ง HD61202 ทั้งสองตัวก็จะสามารถทำการอ้าง segment ได้ถึง 120 segment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการใช้งาน เมื่อทำการตั้งค่า Y แล้ว ค่าจะถูกเพิ่มค่าขึ้นเสมอ เมื่อมีการอ่านหรือเขียนข้อมูลบน LCD

คำสั่งควบคุมของ LCD

1. display ON/OFF

เป็นคำสั่งควบคุมการแสดงผล โดยการแสดงผล จะขึ้นอยู่กับค่า D (DB0) เมื่อค่า D เป็น 1 LCD จะทำการแสดงผล และเมื่อค่า D เป็น 0 LCD จะไม่ทำการแสดงผล ข้อมูลภายใน LCD จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากคำสั่งนี้

2. Display start line

ค่า A จะเป็นค่าหมายเลขบรรทัดที่จะให้ LCD แสดงผลเป็นบรรทัดแรกของจอภาพ

3. Set PAGE (X-Address)

ค่า AAA ของคำสั่ง จะต้องการตั้งค่า X-Address ซึ่งหลังจากทำคำสั่งนี้แล้ว ข้อมูลจาก DB0-DB7 จะเป็นการติดต่อกับ RAM ที่ PAGE นี้ตลอดจนกว่าจะมีการตั้งค่าใหม่ให้กับ LCD

4. Set Y-Address

ค่า A จะเป็นการตั้งค่าของ Y-Address (ค่า Y จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-63) และค่า Y จะเพิ่มขึ้นครั้งละ 1 เมื่อมีการอ่านหรือเขียนข้อมูลจาก CPU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Status Read

เป็นการอ่านค่าสถานะของ LCD โดยถ้าค่า Busy เป็น 1 LCD จะทำงานในส่วนภายใน ซึ่งจะทำให้ไม่สามารถทำการควบคุม LCD ในขณะนี้ได้ เพราะฉะนั้นเพื่อให้แน่ใจในการควบคุมครั้งต่อไป จะต้องตรวจค่า Busy ให้ได้ค่าเป็น 0 เสียก่อน

6. Write Display Data

การเขียนข้อมูลเข้าไปใน LCD ซึ่งข้อมูล DDDDDDDD จะถูกเก็บใน LCD RAM และค่า Y จะถูกเพิ่มขึ้น 1

7. Read Display Data

เป็นการอ่านข้อมูลที่แสดงผล โดย LCD จะให้ค่าของข้อมูลออกมาที่ Date bus ค่า Y จะถูกเพิ่มค่าขึ้น 1 เช่นเดียวกับการเขียนข้อมูล

โครงสร้างภายในของ LCD

โครงสร้างภายในของ LCD จะประกอบด้วย ส่วนของ Controller โดย HD61203 จะควบคุมการอ้างถึง page ของข้อมูล และ HD6120 จะควบคุมในการอ้างของ Segment ซึ่งในการใช้งานเราจะต้อง Control ส่วนเหล่านี้ โดยการส่งระหัสควบคุมไปที่ขาของ LCD ดังนี้

ขา RST เป็นขาที่ใช้ Reset การทำงานของ LCD

ขา E เป็นขา Enable การรับส่งข้อมูลจะทำงานที่ Logic HIGH และขอบขาลง

ขา R/W เป็นขาที่ใช้กำหนด การอ่านหรือเขียนข้อมูล

ขา D/I ใช้บอกถึงข้อมูล ใน Data-bus ว่าเป็นระหัสควบคุมหรือเป็นส่วนของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา CS1 Chip Select ของ HD61201 ตัวแรก

ขา CS2 Chip Select ของ HD61201 ตัวที่สอง

ขา Data-Bis เป็นขาใช้ส่งข้อมูล หรือระหัสควบคุม

หมายเหตุ เมื่อ CS1 เป็น High และ CS2 เป็น Low จะเป็นการอ้างถึง segment ที่ 0-63 และเมื่อ CS1 เป็น Low CS2 เป็น High จะเป็นการอ้างถึง segment ที่ 64-127

นอกจากขาควบคุมต่าง ๆ แล้ว ยังมีขาของแหล่งจ่ายไฟ คือ

ขา VSS Ground

ขา VDD แรงดังไฟเลี้ยงวงจร Logic

ขา VO แรงดันไฟเลี้ยง LCD

ขา VEE ขาจ่ายแรงดันไฟลบ โดยเมื่อต่อ VDD ให้วงจร ขา VEE จะจ่ายแรงดันไฟลบออกมา (ใช้นำไปขับ LCD ที่ขา VO)

การ INTERFACE กับ Z-80 CPU

ในการ INTERFACE กับ Z-80 CPU จะพิจารณาการ Control ขาต่าง ๆ ของ LCD กับ CPC ดังนี้

ขา RSI จะต่อกันโดยตรง

ขา R/W จะต่อจากขา RD ผ่าน Inverter เนื่องจาก cpu active low, LCD Read High ซึ่งในกรณีที่ cpu ไม่มีการอ่านข้อมูล ให้ทำการ pull low ให้กับ LCD (ให้ LCD อยู่ในสภาวะรับข้อมูล)

ขา CS1, CS2 จะใช้การต่อ CS1 ผ่าน Inverter เข้ากับ CS2 และ CS2 ต่อกับ AO (ใช้ AO ในการชี้ CS1 และ CS2) โดยเมื่อ AO เป็น low ให้ทำการติดต่อกับ CS1 และ เมื่อ AO เป็น high ให้ทำการติดต่อกับ CS2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา D/I ใช้ต่อกับ A1 โดยตรง โดย A1 จะเป็นการกำหนดข้อมูลว่าเป็น Data หรือ Control

จากการต่อขา CS และขา D/I จะทำให้การควบคุม LCD เป็นดังนี้

ขา E เป็นขาควบคุมการทำงานของ LCD ในการติดต่อกับภายนอก โดยขา E จะใช้ Logic high ในการบอกให้รับทราบการติดต่อ และจะใช้ขอบขาลงของสัญญาณในการติดต่อกับข้อมูลทาง Data bus (ดูจาก Data Sheet) การ Interface จึงใช้ D flip-flop ในการควบคุมการทำงาน โดยจะกำหนดให้มีการทำงานดังนี้

เมื่อมีการอ้างถึงพอร์ทของ LCD จะให้ขา E เป็น high (ต้องมีการอ่านหรือเขียนข้อมูลด้วย) ตามการทริกของ clock (ขา CK จะทริก logic จากขา D ไปขา Q) และเมื่อไม่มีการอ้างถึง port ของ LCD จะให้ขา E มีสภาวะ low

Soft Ware ของการ Interface

ในการเขียนโปรแกรมใช้งาน วงจร Interface ที่ 1-1 หมายเลขพอร์ทที่ใช้อ้างถึง LCD ก็คือ 40H-43H และขั้นตอนการทำงานสามารถดูได้จาก Flow chart โดยโปรแกรมนี้จะเป็นการนำเอาข้อมูลจาก Ruffer Addr. 3B00H - 3EFFH มาแสดงผลที่ LCD (ใช้งานใน Graphic MODE)

ส่วนประกอบของโปรแกรม

ในโปรแกรมตัวอย่าง จะประกอบด้วย ส่วนของโปรแกรมย่อย โดยจะมีการทำงานในแต่ละโปรแกรมดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOURCE PROGRAM

Source Program ของเครื่องจำหน่ายตั๋วรถไฟฟ้า

Source Program จะเป็นโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี้ที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดของเครื่องจำหน่ายตั๋วรถไฟฟ้าอัตโนมัติ ตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดกระบวนการการซื้อตั๋ว โดยในโปรแกรมจะมีหน้าที่ควบคุมการทำงาน ดังต่อไปนี้

1.การอ่านข้อมูลของราคาเหรียญที่หยอดจากส่วนหยอดเหรียญและส่งข้อมูลที่เป็นจำนวนของเงินที่ทอน ไปที่ส่วนหยอดเหรียญ

2.การอ่านข้อมูลจากคีย์บอร์ด โดยเป็นข้อมูลของสถานีปลายทาง,จำนวนบัตร และปุ่มตกลงและยกเลิกการซื้อตั๋ว

3.ประมวลผลข้อมูลของ สถานีปลายทาง,สถานีต้นทางและจำนวนเงินจากส่วนหยอดเหรียญ

4.การส่งข้อมูลไปที่จอแสดงผล LCD ในระหว่างขั้นตอนการซื้อตั๋วรถไฟฟ้า

5.การส่งและรับสัญญาณควบคุมกับวงจรดังต่อไปนี้

- SENSOR
- STEPPING MOTOR
- AC MOTOR
- ALARM
- SHOW

6.การส่งข้อมูลที่จะบันทึกบนแถบแม่เหล็กบนตั๋วรถไฟฟ้า ไปที่วงจรบันทึกข้อมูล และการส่งสัญญาณเพื่อควบคุมการเริ่มบันทึกข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*************************************************************************
;              PROGRAM CONTROL AUTOMATIC MRT. TICKET MACHINE
;*************************************************************************
     ORG   8000H
CTRL:        EQU   83H        ;  CONTROL PORT 8255
C_MONEY:     EQU   82H        ;  PORT C CHANGE MONEY
MONEY:       EQU   81H        ;  PORT B MONEY INPUT
ST_KEY:      EQU   80H        ;  PORT A STATION KEYBOARD
MSCA:        EQU   41H        ;  MOTOR,STROBE,CHANGE,ALARM 74LS374
LED:         EQU   42H        ;  LED SHOW
DIPSW:       EQU   46H        ;  STATION
SENKEY:      EQU   47H        ;  D4,D5,D6 : D7,D3,D2,D1,D0 (SENSOR:KEYBOARD)
LCDCTRL1:    EQU  0C0H
LCDCTRL2:    EQU  0C1H
LCDDATA1:    EQU  0C2H
LCDDATA2:    EQU  0C3H
LCDREAD1:    EQU  0C4H
LCDREAD2:    EQU  0C5H
;
DISPON:      EQU  3FH
DISPOFF:     EQU  3EH
;
STARTLN0:    EQU  0C0H
LINE1:       EQU  0B8H
LINE2:       EQU  0B9H
LINE3:       EQU  0BAH
LINE4:       EQU  0BBH
LINE5:       EQU  0BCH
LINE6:       EQU  0BDH
LINE7:       EQU  0BEH
LINE8:       EQU  0BFH
COLUMN1:     EQU  40H
COLUMN2:     EQU  48H
COLUMN3:     EQU  50H
COLUMN4:     EQU  58H
COLUMN5:     EQU  60H
COLUMN6:     EQU  68H
COLUMN7:     EQU  70H
COLUMN8:     EQU  78H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;
;
START:      LD A,92H
    OUT (CTRL),A
    CALL INITLCD          ;INIT LCD SET DISPLAY ON
    CALL CLRSCR           ;CLS SCREEN LCD PAGE1,PAGE2
;
    LD A,1BH
    OUT (MSCA),A
    CALL DELAY
;
    LD A,98H
    OUT (MSCA),A
    CALL DELAYP
    LD A,9BH
    OUT (MSCA),A
    LD A,0AH              ; AMOUNT OF CARD
    LD HL,0F052H
    LD (HL),A
;
;
AG:         LD HL,0F000H        ; CLEAR MEMORY 0F000H-0F050H
FIRST:      XOR A
    LD (HL),A
    INC HL
    LD A,L
    CP 50H
    JR NZ,FIRST
    IN A,(DIPSW)
    CALL STSHOW
;
;           LCD SHOW
;
    CALL LCD1
    LD A,9DH
    OUT (MSCA),A
    CALL DELAY
    LD A,9FH
    OUT (MSCA),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;
;           WAIT FOR ENTER
;
ENTER:      CALL KEYA
    LD A,(HL)        ; VALUE IN 0F005H
    CALL CHECK2
    LD A,B
    CP 0EEH
    JR NZ,ENTER
    CALL CLRSCR      ; CLEAR LCD
    LD HL,0F000H      ; IF PRESS KEY ENTER
    IN A,(MONEY)     ; KEEP MONEY
    CP 00H
    JR Z,AG
    LD (HL),A
    CALL LCD2
;
;           KEEP 1ST STATION WEIGHT IN 0F001H
;
    CALL PAGE1
    IN A,(DIPSW)
    CALL CHECK0      ; NOW NAME OF 1ST STATION SHOW ON LCD2
    LD DE,0F001H
    LD A,B
    LD (DE),A        ; SAVE 1ST STATION WEIGHT 0F001H
    CALL KEYS        ; PRESS STATION KEY KEEP IN 0F004H
;
    LD HL,0F004H
    LD A,(HL)
    LD DE,0F026H
    LD (DE),A
    CALL PAGE2
    CALL CHECK1      ; NAME OF DESTINATION SHOW ON LCD
    LD A,B
    LD DE,0F002H      ; ADDRESS 0F002H KEEP DESTINATION WEIGHT
    LD (DE),A
    CALL PAGE1
    LD A,LINE2
    CALL GOTOLINE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    LD A,COLUMN8
    CALL GOTOCOL
    LD HL,MINUS
    CALL SHOW
;
;           FIND DISTANCE ?
;
    LD DE,0F002H
    LD HL,0F001H
    CALL SUB_DO
    LD A,(DE)           ; DISTANCE IN 0F002H
;
;           CALCULATE PRICE
;
    LD DE,0F003H        ; TICKET PRICE IN 0F003H
    CP 01H
    JR Z,PRICE_5
    CP 02H
    JR Z,PRICE_5
    CP 03H
    JR Z,PRICE_5
    CP 04H
    JR Z,PRICE_10
    CP 05H
    JR Z,PRICE_10
    CP 06H
    JR Z,PRICE_10
    CP 07H
    JR Z,PRICE_15
    CP 08H
    JR Z,PRICE_15
    CP 09H
    JR Z,PRICE_15
    CP 10H
    JR Z,PRICE_20
    CP 11H
    JR Z,PRICE_20
    CP 12H
    JR Z,PRICE_20
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    CP 13H
    JR Z,PRICE_25
    CP 14H
    JR Z,PRICE_25
    CP 15H
    JR Z,PRICE_25
    CP 16H
    JR Z,PRICE_30
    CP 17H
    JR Z,PRICE_30
    CP 18H
    JR Z,PRICE_30
    CP 19H
    JR Z,PRICE_35
    CP 20H
    JR Z,PRICE_35
;
;           TICKET PRICE = ?
;
PRICE_5:    LD A,05H
    LD (DE),A
    JP CONTINUE
PRICE_10:   LD A,10H
    LD (DE),A
    JP CONTINUE
PRICE_15:   LD A,15H
    LD (DE),A
    JP CONTINUE
PRICE_20:   LD A,20H
    LD (DE),A
    JP CONTINUE
PRICE_25:   LD A,25H
    LD (DE),A
    JP CONTINUE
PRICE_30:   LD A,30H
    LD (DE),A
    JP CONTINUE
PRICE_35:   LD A,35H
    LD (DE),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;
CONTINUE:   CALL PAGE2
    LD A,LINE5
    CALL GOTOLINE
    LD A,COLUMN3
    CALL GOTOCOL
    LD DE,0F003H
    LD A,(DE)
    CALL DIGIT      ; SHOW TICKET PRICE IN 0F003H ON LCD
;
;           HOW MANY TICKET ?
;
AMOUNT:     CALL KEYA
    LD A,(HL)       ; VALUE IN 0F005H
    CALL CHECK2
    LD HL,0F006H
    LD (HL),B       ; 0F006H KEEP AMOUNT
    LD A,B
    CP 0EEH         ; IF ENTER PRESS AGAIN
    JR Z,AMOUNT
    CP 0CCH         ; IF CANCEL PRESS AGAIN
    JR Z,AMOUNT
    CP 01H          ; IF ONE TICKET NO MULTIPLY
    JR Z,ONETICK
;
;           CHECK PRICE WITH PUSHED COINS
;
    LD HL,0F003H
    LD A,(HL)
    LD HL,0F017H
    LD (HL),A
    LD HL,0F019H
    LD (HL),A
    LD HL,0F006H
    LD B,(HL)
    DEC B
MUL:        CALL ADD_D      ; ADD (0F006)-1 TIMES
    DJNZ MUL
;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    LD HL,0F016H
    LD A,(HL)       ; CHECK CARRY
    CP 00H
    JR Z,SUB_D1     ; IF NO CARRY CALL SUB DECIMAL 1 BYTE
    JR NZ,SUB_D2    ; IF CARRY CALL SUB DECIMAL 2 BYTES
;
;
ONETICK:    LD DE,0F003H
    LD A,(DE)
    LD DE,0F017H
    LD (DE),A
;
;           SUB BCD CODE 1 BYTE
;           DE-HL
;
SUB_D1:     PUSH BC
    PUSH AF
    LD DE,0F000H
    LD HL,0F017H
N_SUB1:     XOR A
    LD A,(DE)
    SBC A,(HL)
    PUSH AF
    BIT 7,A         ; CHECK SIGN FLAG
    JR NZ,CHANGE1
    POP AF
    DAA
    LD C,A
    LD IX,0F01CH    ; IF FLAG = 1 THEN RESULTS KEEP IN 0F01DH
    LD A,(IX+0)
    CP 01H
    JR Z,SET_DE
    LD DE,0F01EH
    LD A,C
    LD (DE),A       ; CHANGE MONEY IN (0F01EH)
NEXT1:      POP AF
    POP BC
    JP CHECKMEM1
;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CHANGE1:    LD A,01H
            PUSH DE
            LD DE,0F01CH
            LD (DE),A       ; FLAG SET WHEN DE < HL
            POP DE
            EX DE,HL
            JP N_SUB1
;
SET_DE:     LD DE,0F01DH    ; NOT ENOUGH MONEY
            LD A,C
            LD (DE),A       ; RESULTS IN (DE)
            JP NEXT1
;
;           SUB BCD CODE 2 BYTES
;           DE-HL
;
SUB_D2:     PUSH BC
            PUSH AF
            LD HL,0F000H
            LD A,(HL)
            LD HL,0F01BH
            LD (HL),A
            LD IX,0F020H
            LD DE,0F016H    ; TICKET PRICE -
            LD HL,0F01AH    ; PUSHED MONEY
S_SUB2:     LD B,0
            LD C,02H
            ADD HL,BC
            EX DE,HL
            ADD HL,BC
            EX DE,HL
            LD B,C
            XOR A
N_SUB2:     DEC DE
            DEC HL
            LD A,(DE)
            SBC A,(HL)
            DAA
            CALL KEEP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    DJNZ N_SUB2
    POP AF
    POP BC
    JP CHECKMEM2
KEEP:       LD (IX+0),A      ; MONEY TO PUSH AGAIN AT (0F020H),(0F01FH)
    DEC IX
    RET
;
;
;
CHECKMEM1:  LD HL,0F01CH
    LD A,(HL)
    CP 00H                   ; IF NO FLAG CONTINUE
    JR Z,P_DATA
    LD DE,0F01DH
    CALL N_MONEY             ; IF FLAG PUSH COIN OR CANCEL
    LD A,B
    CP 00H
    JR Z,C_1                 ; CANCEL
    LD HL,0F01CH             ; IF COIN INPUT SUB AGAIN
    XOR A
    LD (HL),A                ; RESET FLAG
    LD DE,0F025H
    LD HL,0F01DH
    JP N_SUB1                ; PUSH COIN AGAIN
;
C_1:        CALL LCD7                ; CANCEL
    CALL PAGE1
    LD A,LINE6
    CALL GOTOLINE
    LD A,COLUMN6
    CALL GOTOCOL
    LD HL,0F000H
    LD A,(HL)
    CALL DIGIT
    LD A,(HL)
    CALL TON
    CALL DELAYS
    CALL DELAYS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    JP AG
;
;
;
CHECKMEM2:  LD DE,0F020H
    CALL N_MONEY
    LD A,B
    CP 00H
    JR Z,C_2                ; CANCEL
    LD DE,0F000H
    LD HL,0F020H
    LD A,(HL)
    LD HL,0F017H
    LD (HL),A
    LD DE,0F025H
    JP N_SUB1               ; PUSH COIN
;
C_2:        CALL LCD7               ; CANCEL OR MONEY <<<< ALL TICKET PRICE
    CALL PAGE1
    LD A,LINE6
    CALL GOTOLINE
    LD A,COLUMN6
    CALL GOTOCOL
    LD HL,0F000H
    LD A,(HL)
    CALL DIGIT
    LD A,(HL)
    CALL TON
    CALL DELAYS
    CALL DELAYS
    JP AG
;
;           LCD SHOW
;
P_DATA:     CALL LCD3_1
;
;           DAY MONTH YEAR ? IN RTC PORT #A0-#AF
;
    CALL DMY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;
;           OUT ALL DATA TO PORT #60H-#67H
;
    IN A,(DIPSW)
    LD C,63H
    OUT (C),A           ; PORT #63H = 1ST STATION
    CALL CHKSUM         ; D7=SOURCE STATION PARITY
    LD HL,0F026H
    LD A,(HL)
    DEC C
    OUT (C),A           ; PORT #62H = DESTINATION
    CALL CHKSUM         ; D6=DESTINATION PARITY
    LD HL,0F007H
    DEC C
    LD A,(HL)
    OUT (C),A           ; PORT #61H = MINUTE
    CALL CHKSUM         ; D5=MINUTE PARITY
    INC HL              ; INCREMENT ADDRESS 0F008H
    DEC C               ; PORT #60H = HOUR
    LD A,(HL)
    OUT (C),A           ; PORT #60H = HOUR
    CALL CHKSUM         ; D4=HOUR PARITY
    INC HL              ; INCREMENT ADDRESS 0F009H
    LD C,67H
;
OUTDATA:    LD A,(HL)
    OUT (C),A           ; PORT #67H,#66H,#65H = DAY MONTH YEAR
    CALL CHKSUM         ; D3,D2,D1=DAY,MONTH,YEAR PARITY
    INC HL              ; 0F009H,0F00AH,0F00BH
    DEC C
    LD A,C
    CP 64H
    JR NZ,OUTDATA
    LD C,64H
    LD HL,0F040H
    LD A,(HL)
    RR A
    OUT (C),A           ; PORT #64H PARITY D7-D1
N_CARD:     LD A,92H            ; CLEAR PORT C
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    OUT (CTRL),A
;
    LD A,9BH            ; NORMAL STATE OF MSCA PORT
    OUT (MSCA),A
    CALL DELAYK
    LD A,0DBH
    OUT (MSCA),A        ; MOTOR
;
    CALL DELAY
    LD A,0CBH
    LD B,10H
YUM:        OUT (MSCA),A        ; ON STEPPING
    DJNZ YUM
;
    LD B,05H
CONM:       CALL DELAYN         ; DELAY STEPPING MOTOR
    DJNZ CONM
    LD A,0DBH
    OUT (MSCA),A        ; OFF STEPPING MOTOR
;
;           NOW CARD PULLED INTO ROLLER WAIT FOR SENSOR RECORD
;
RECORD:     IN A,(SENKEY)
    BIT 6,A
    JR NZ,RECORD
    CALL DELAYN
;
;           WHEN CARD PASSES SENSOR RECORD CPU ON STORBE
;
    LD A,0DAH
    OUT (MSCA),A        ; ON STROBE FOR SEND DATA ACTIVE LOW
    CALL DELAYP
    LD A,0DBH
    OUT (MSCA),A
;
;           RECORD PROCESS WAS FINISHED WAIT FOR CARD RUN TO SENSOR
;           CARD OUT
;
CARDOUT:    IN A,(SENKEY)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    BIT 5,A             ; WAIT FOR CARD AT O/P
    JR NZ,CARDOUT
    LD B,02H
OFF_MOTOR:  CALL DELAYN
    DJNZ OFF_MOTOR
;
;           WHEN CARD IS AT OUTPUT ON ALARM TO TELL PROCESS HAS FINISHED
;
    LD A,9BH
    OUT (MSCA),A        ; STOP MOTOR
    CALL DELAYN
    LD A,0BBH
    OUT (MSCA),A        ; TURN ON ALARM
    CALL DELAYN         ;
    CALL LCD4           ;
OCARD:      IN A,(SENKEY)
    BIT 5,A
    JR Z,OCARD
    LD A,9BH
    OUT (MSCA),A        ; TURN OFF ALARM
;
;           NEXT CARD
;
    LD HL,0F052H
    LD C,(HL)
    DEC C
    LD (HL),C
    CALL Z,LCD9         ; CHECK CARD IN SLOT
;
    LD HL,0F006H
    LD C,(HL)
    DEC C
    LD (HL),C
    JR NZ,N_CARD
OUT_COIN:   LD HL,0F01EH
    LD A,(HL)
    CP 00H
    CALL Z,LCD8
    CALL DELAYK
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    JR Z,LAST
    CALL OUT_COIN1
    CALL DELAYS
    CALL DELAYS
LAST:       JP AG           ; CONTINUE PROCESS AGAIN
    HALT
;
;         *****  END OF PROGRAM ******
;
;         ******  SUB ROUTINE  *******
;
OUT_COIN1:  PUSH HL
    CALL LCD6
    CALL PAGE1
    LD A,LINE6
    CALL GOTOLINE
    LD A,COLUMN6
    CALL GOTOCOL
    POP HL
    LD A,(HL)
    CALL DIGIT
    LD A,(HL)
    CALL TON
    RET
;
;           GET VALUE FROM STATION KEYBOARD IN (0F004H)
;
KEYS:       LD HL,0F004H
KEYS_OFF:   IN A,(ST_KEY)
    BIT 1,A
    JR Z,KEYS_OFF
KEYS_ON:    IN A,(ST_KEY)
    BIT 1,A
    JR NZ,KEYS_ON
    CALL DELAYK
    CALL DELAYK
    AND 7CH
    LD (HL),A
    RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;
;       .     GET VALUE FROM AMOUNT ENTER OR CANCEL IN (HL)
;
KEYA:       LD HL,0F005H
KEYA_OFF:   IN A,(SENKEY)
    BIT 3,A
    JR Z,KEYA_OFF
KEYA_ON:    IN A,(SENKEY)
    BIT 3,A
    JR NZ,KEYA_ON
    CALL DELAYK
    CALL DELAYK
    AND 87H
    LD (HL),A
    RET
;
;           STROBE FOR CHANGE MONEY
;
TON:        PUSH AF
    LD A,9BH
    OUT (MSCA),A
    POP AF
    OUT (C_MONEY),A
    CALL DELAYK
    LD A,9FH
    OUT (MSCA),A
    RET
;
;
;************** LED SHOW SOURCE STATION ******************
;
;
STSHOW:     CP 10H          ; SHOW 1
    CALL Z,H1
    CP 00H          ; SHOW 2
    CALL Z,H2
    CP 08H          ; SHOW 3
    CALL Z,H3
    CP 18H          ; SHOW 4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    CALL Z,H4
    CP 14H          ; SHOW 5
    CALL Z,H5
    CP 1CH          ; SHOW 6
    CALL Z,H6
    CP 04H          ; SHOW 7
    CALL Z,H7
    CP 0CH          ; SHOW 8
    CALL Z,H8
    CP 50H          ; SHOW 9
    CALL Z,H9
    CP 40H          ; SHOW 10
    CALL Z,H10
    CP 20H          ; SHOW 11
    CALL Z,H11
    CP 38H          ; SHOW 12
    CALL Z,H12
    CP 28H          ; SHOW 13
    CALL Z,H13
    CP 30H          ; SHOW 14
    CALL Z,H14
    CP 3CH          ; SHOW 15
    CALL Z,H15
    CP 2CH          ; SHOW 16
    CALL Z,H16
    CP 24H          ; SHOW 17
    CALL Z,H17
    CP 34H          ; SHOW 18
    CALL Z,H18
    CP 48H          ; SHOW 19
    CALL Z,H19
    CP 58H          ; SHOW 20
    CALL Z,H20
    RET
;
;         **** SHOW LCD *****
;
H1:         PUSH AF
    LD A,15H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
H2:         PUSH AF
    LD A,14H
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
H3:         PUSH AF
    LD A,13H
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
H4:         PUSH AF
    LD A,12H
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
H5:         PUSH AF
    LD A,11H
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
H6:         PUSH AF
    LD A,10H
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
H7:         PUSH AF
    LD A,0FH
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
H8:         PUSH AF
    LD A,0EH
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
H9:         PUSH AF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    LD A,0DH
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
H10:    PUSH AF
    LD A,0CH
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
H11:    PUSH AF
    LD A,0BH
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
H12:    PUSH AF
    LD A,0AH
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
H13:    PUSH AF
    LD A,09H
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
H14:    PUSH AF
    LD A,08H
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
H15:    PUSH AF
    LD A,07H
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
H16:    PUSH AF
    LD A,06H
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
H17:        PUSH AF
    LD A,05H
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
H18:        PUSH AF
    LD A,04H
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
H19:        PUSH AF
    LD A,03H
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
H20:        PUSH AF
    LD A,02H
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
;
;
;*************** CHECK SOURCE STATION ******************
;
;
CHECK0:     CP 10H          ; STATION 1
    CALL Z,C0
    CP 00H          ; STATION 2
    CALL Z,C1
    CP 08H          ; STATION 3
    CALL Z,C2
    CP 18H          ; STATION 4
    CALL Z,C3
    CP 14H          ; STATION 5
    CALL Z,C4
    CP 1CH          ; STATION 6
    CALL Z,C5
    CP 04H          ; STATION 7
    CALL Z,C6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    CP 0CH          ; STATION 8
    CALL Z,C7
    CP 50H          ; STATION 9
    CALL Z,C8
    CP 40H          ; STATION 10
    CALL Z,C9
    CP 20H          ; STATION 11
    CALL Z,T0
    CP 38H          ; STATION 12
    CALL Z,T1
    CP 28H          ; STATION 13
    CALL Z,T2
    CP 30H          ; STATION 14
    CALL Z,T3
    CP 3CH          ; STATION 15
    CALL Z,T4
    CP 2CH          ; STATION 16
    CALL Z,T5
    CP 24H          ; STATION 17
    CALL Z,T6
    CP 34H          ; STATION 18
    CALL Z,T7
    CP 48H          ; STATION 19
    CALL Z,T8
    CP 58H          ; STATION 20
    CALL Z,T9
    RET
;
;       **** SHOW LCD *****
;
C0:         CALL IS1
    LD B,01H
    RET
C1:         CALL IS2
    LD B,02H
    RET
C2:         CALL IS3
    LD B,03H
    RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C3:         CALL IS4
    LD B,04H
    RET
C4:         CALL IS5
    LD B,05H
    RET
C5:         CALL IS6
    LD B,06H
    RET
C6:         CALL IS7
    LD B,07H
    RET
C7:         CALL IS8
    LD B,08H
    RET
C8:         CALL IS9
    LD B,09H
    RET
C9:         CALL IS10
    LD B,10H
    RET
T0:         CALL IS11
    LD B,11H
    RET
T1:         CALL IS12
    LD B,12H
    RET
T2:         CALL IS13
    LD B,13H
    RET
T3:         CALL IS14
    LD B,14H
    RET
T4:         CALL IS15
    LD B,15H
    RET
T5:         CALL IS16
    LD B,16H
    RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
T6:         CALL IS17
    LD B,17H
    RET
T7:         CALL IS18
    LD B,18H
    RET
T8:         CALL IS19
    LD B,19H
    RET
T9:         CALL IS20
    LD B,20H
    RET
;
;
;************** CHECK DESTINATION *****************
;
;
CHECK1:     CP 10H          ; STATION 1
    CALL Z,A0
    CP 00H          ; STATION 2
    CALL Z,A1
    CP 08H          ; STATION 3
    CALL Z,A2
    CP 18H          ; STATION 4
    CALL Z,A3
    CP 14H          ; STATION 5
    CALL Z,A4
    CP 1CH          ; STATION 6
    CALL Z,A5
    CP 04H          ; STATION 7
    CALL Z,A6
    CP 0CH          ; STATION 8
    CALL Z,A7
    CP 50H          ; STATION 9
    CALL Z,A8
    CP 40H          ; STATION 10
    CALL Z,A9
    CP 20H          ; STATION 11
    CALL Z,S0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    CP 38H          ; STATION 12
    CALL Z,S1
    CP 28H          ; STATION 13
    CALL Z,S2
    CP 30H          ; STATION 14
    CALL Z,S3
    CP 3CH          ; STATION 15
    CALL Z,S4
    CP 2CH          ; STATION 16
    CALL Z,S5
    CP 24H          ; STATION 17
    CALL Z,S6
    CP 34H          ; STATION 18
    CALL Z,S7
    CP 48H          ; STATION 19
    CALL Z,S8
    CP 58H          ; STATION 20
    CALL Z,S9
    RET
;
;       **** SHOW LCD *****
;
A0:         CALL IS2
    LD B,02H
    PUSH AF
    LD A,14H
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
A1:         CALL IS3
    LD B,03H
    PUSH AF
    LD A,13H
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
A2:         CALL IS4
    LD B,04H
    PUSH AF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    LD A,12H
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
A3:         CALL IS5
    LD B,05H
    PUSH AF
    LD A,11H
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
A4:         CALL IS6
    LD B,06H
    PUSH AF
    LD A,10H
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
A5:         CALL IS7
    LD B,07H
    PUSH AF
    LD A,0FH
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
A6:         CALL IS8
    LD B,08H
    PUSH AF
    LD A,0EH
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
A7:         CALL IS9
    LD B,09H
    PUSH AF
    LD A,0DH
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
A8:         CALL IS10
    LD B,10H
    PUSH AF
    LD A,0CH
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
A9:         CALL IS11
    LD B,11H
    PUSH AF
    LD A,0BH
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
S0:         CALL IS12
    LD B,12H
    PUSH AF
    LD A,0AH
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
S1:         CALL IS13
    LD B,13H
    PUSH AF
    LD A,09H
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
S2:         CALL IS14
    LD B,14H
    PUSH AF
    LD A,08H
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
S3:         CALL IS15
    LD B,15H
    PUSH AF
    LD A,07H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
S4:         CALL IS16
    LD B,16H
    PUSH AF
    LD A,06H
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
S5:         CALL IS17
    LD B,17H
    PUSH AF
    LD A,05H
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
S6:         CALL IS18
    LD B,18H
    PUSH AF
    LD A,04H
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
S7:         CALL IS19
    LD B,19H
    PUSH AF
    LD A,03H
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
S8:         CALL IS20
    LD B,20H
    PUSH AF
    LD A,02H
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
S9:         CALL IS21
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    LD B,21H
    PUSH AF
    LD A,01H
    OUT (LED),A
    POP AF
    RET
;
;
;*************** CHECK ENTER CANCEL AMOUNT *****************
;
;
CHECK2:     CP 82H          ; AMOUNT 1
    CALL Z,B1
    CP 80H          ; AMOUNT 2
    CALL Z,B2
    CP 81H          ; AMOUNT 3
    CALL Z,B3
    CP 83H          ; AMOUNT 4
    CALL Z,B4
    CP 03H          ; AMOUNT 5
    CALL Z,B5
    CP 00H          ; CANCEL
    CALL Z,B6
    CP 06H          ; AMOUNT 6
    CALL Z,B7
    CP 04H          ; AMOUNT 7
    CALL Z,B8
    CP 05H          ; AMOUNT 8
    CALL Z,B9
    CP 07H          ; AMOUNT 9
    CALL Z,B10
    CP 02H          ; AMOUNT 10
    CALL Z,B11
    CP 01H          ; ENTER
    CALL Z,B12
    RET
;
;
B1:     LD B,01H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    RET
B2:         LD B,02H
    RET
B3:         LD B,03H
    RET
B4:         LD B,04H
    RET
B5:         LD B,05H
    RET
B6:         LD B,0CCH      ; CANCEL
    RET
B7:         LD B,06H
    RET
B8:         LD B,07H
    RET
B9:         LD B,08H
    RET
B10:        LD B,09H
    RET
B11:        LD B,10H
    RET
B12:        LD B,0EEH      ; ENTER
    RET
;
;           SHOW VALUE IN REG.A ON LCD
;
DIGIT:      PUSH DE
    PUSH HL
    LD DE,0F021H
    LD (DE),A
    INC DE
    AND 0F0H
    LD (DE),A
    DEC DE
    LD A,(DE)
    AND 0FH
    LD (DE),A
    INC DE
    LD A,(DE)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    LD C,A
    LD B,04H
SHIFT:      SRL C
    DJNZ SHIFT
    LD A,C
    CALL COM_DIGIT1
    DEC DE
    LD A,(DE)
    CALL COM_DIGIT2
    POP HL
    POP DE
    RET
;
;           COMPARE DIGIT IN MEMORY
;
COM_DIGIT1: CP 00H
    CALL Z,S_BLANK
    CP 01H
    CALL Z,S_ONE
    CP 02H
    CALL Z,S_TWO
    CP 03H
    CALL Z,S_THREE
    CP 04H
    CALL Z,S_FOUR
    CP 05H
    CALL Z,S_FIVE
    CP 06H
    CALL Z,S_SIX
    CP 07H
    CALL Z,S_SEVEN
    CP 08H
    CALL Z,S_EIGHT
    CP 09H
    CALL Z,S_NINE
    RET
COM_DIGIT2: CP 00H
    CALL Z,S_ZERO
    CP 01H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    CALL Z,S_ONE
    CP 02H
    CALL Z,S_TWO
    CP 03H
    CALL Z,S_THREE
    CP 04H
    CALL Z,S_FOUR
    CP 05H
    CALL Z,S_FIVE
    CP 06H
    CALL Z,S_SIX
    CP 07H
    CALL Z,S_SEVEN
    CP 08H
    CALL Z,S_EIGHT
    CP 09H
    CALL Z,S_NINE
    RET
;
;           SHOW DIGIT ON LCD
;
S_ZERO:     LD HL,ZERO
    CALL SHOW
    RET
S_ONE:      LD HL,ONE
    CALL SHOW
    RET
S_TWO:      LD HL,TWO
    CALL SHOW
    RET
S_THREE:    LD HL,THREE
    CALL SHOW
    RET
S_FOUR:     LD HL,FOUR
    CALL SHOW
    RET
S_FIVE:     LD HL,FIVE
    CALL SHOW
    RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
S_SIX:      LD HL,SIX
    CALL SHOW
    RET
S_SEVEN:    LD HL,SEVEN
    CALL SHOW
    RET
S_EIGHT:    LD HL,EIGHT
    CALL SHOW
    RET
S_NINE:     LD HL,NINE
    CALL SHOW
    RET
S_BLANK:    LD HL,BLANK
    CALL SHOW
    RET
;
;
;**********************ROUTINE ADD (0F000) BY (0F025)************************
;
;
ADD_G:      PUSH BC
    PUSH AF
    LD DE,0F000H
    LD HL,0F025H
NO_ADDG:    LD B,0
    LD C,01H
    ADD HL,BC
    EX DE,HL
    ADD HL,BC
    EX DE,HL
    LD B,C
    XOR A
N1_ADDG:    DEC DE
    DEC HL
    LD A,(DE)      ; RESULT IN (DE)
    ADC A,(HL)
    DAA
    CALL C,SET_DATG
    LD (DE),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    DJNZ N1_ADDG
    POP AF
    POP BC
    RET
;
SET_DATG:   PUSH HL
    PUSH BC
    LD HL,0F024H
    LD C,(HL)
    INC C
    LD (HL),C
    POP BC
    POP HL
    RET
;
;
;**********************ROUTINE MUL (0F003) BY (0F006)************************
;                    * DE+DE:(0F006H-1)TIMES *
ADD_D:      PUSH BC
    PUSH AF
    LD DE,0F017H
    LD HL,0F019H
NO_ADD:     LD B,0
    LD C,01H
    ADD HL,BC
    EX DE,HL
    ADD HL,BC
    EX DE,HL
    LD B,C
    XOR A
N1_ADD:     DEC DE
    DEC HL
    LD A,(DE)     ; RESULT IN (DE)
    ADC A,(HL)
    DAA
    CALL C,SET_DAT
    LD (DE),A
    DJNZ N1_ADD
    POP AF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    POP BC
    RET
;
SET_DAT:    PUSH HL
    PUSH BC
    LD HL,0F016H
    LD C,(HL)
    INC C
    LD (HL),C
    POP BC
    POP HL
    RET
;
;*********************ROUTINE TO FIND DISTANCE*******************************
;                              * DE-HL *
SUB_D0:     PUSH BC
    PUSH AF
    LD B,0
    LD C,01H
    ADD HL,BC
    EX DE,HL
    ADD HL,BC
    EX DE,HL
    LD B,C
    XOR A
N_SUB0:     DEC DE
    DEC HL
    LD A,(DE)
    SBC A,(HL)
    DAA
    LD (DE),A
    DJNZ N_SUB0
    POP AF
    POP BC
    RET
;
;
;
DMY:        PUSH DE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PUSH HL
PUSH AF
PUSH BC
XOR A
LD HL,0F00CH
LD C,0A2H
IN A,(C)
AND 0FH
LD (HL),A          ; 1 MINUTE 0F00CH
INC HL
INC C
IN A,(C)
AND 0FH
LD (HL),A          ; 10 MINUTE 0F00DH
INC HL
INC C
IN A,(C)
AND 0FH
LD (HL),A          ; 1 HOUR 0F00EH
INC HL
INC C
IN A,(C)
AND 03H
LD (HL),A          ; 10 HOUR 0F00FH
INC HL
INC C
IN A,(C)
AND 0FH
LD (HL),A          ; 1 DAY 0F010H
INC HL
INC C
IN A,(C)
AND 0FH
LD (HL),A          ; 10 DAY 0F011H
INC HL
INC C
IN A,(C)
AND 0FH
LD (HL),A          ; 1 MOUNT 0F012H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        INC HL
        INC C
        IN A,(C)
        AND 01H
        LD (HL),A          ; 10 MOUNT 0F013H
        INC HL
        INC C
        IN A,(C)
        AND 0FH
        LD (HL),A          ; 1 YEAR 0F014H
        INC HL
        INC C
        IN A,(C)
        AND 0FH
        LD (HL),A          ; 10 YEAR 0F015H
;
        LD B,05H
        LD HL,0F00DH
        LD DE,0F00CH
P_DMY:  LD A,(DE)
        RLD
        INC HL
        INC HL
        INC DE
        INC DE
        DJNZ P_DMY
        LD B,05H
        LD DE,0F007H
        LD HL,0F00DH
MOVE:   LD A,(HL)
        LD (DE),A
        INC DE
        INC HL
        INC HL
        DJNZ MOVE
        POP BC
        POP AF
        POP HL
        POP DE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    RET
;
;           LCD SHOW NOT ENOUGH MONEY
;
N_MONEY:    LD HL,0F01FH
    LD A,(HL)
    CP 00H
    JR NZ,OVER_H
    CALL LCD32_1
    CALL PAGE2
    LD A,LINE3
    CALL GOTOLINE
    LD A,COLUMN4
    CALL GOTOCOL
    LD A,(DE)
    CALL DIGIT      ; SHOW VALUE IN 0F01DH,0F020H
;
;           CHECK FOR COIN OR CANCEL
;
CO_CA:      IN A,(SENKEY)
    BIT 3,A
    JR NZ,CANCEL
    BIT 4,A
    JR NZ,COIN
    JP CO_CA
;
CANCEL:     IN A,(SENKEY)
    BIT 3,A
    JR NZ,CANCEL
    CALL DELAYK
    AND 87H
    CALL CHECK2
    LD A,B
    CP 0CCH
    JR NZ,CO_CA
OVER_H:     LD B,00H
    RET
;
COIN:       CALL KEYA       ; WAIT FOR ENTER
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    LD A,(HL)        ; VALUE IN 0F005H
    CALL CHECK2
    LD A,B
    CP 0EEH
    JR NZ,COIN
    LD HL,0F025H
    IN A,(MONEY)
    LD (HL),A
    CALL ADD_G
    LD B,01H
    RET
;
;                    2
;
DELAYK:     PUSH AF
    PUSH BC
    PUSH DE
    PUSH HL
    LD BC,9500H
DELAY0:     DEC BC
    LD A,B
    OR C
    JR NZ,DELAY0
    POP HL
    POP DE
    POP BC
    POP AF
    RET
;
DELAY:      PUSH AF
    PUSH BC
    PUSH DE
    LD BC,0FFFH
DELAY1:     DEC BC
    LD A,B
    OR C
    JR NZ,DELAY1
    POP DE
    POP BC
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    POP AF
    RET
;
;
DELAYP:     PUSH AF
    PUSH BC
    PUSH DE
    LD BC,0200H
DELAY3:     DEC BC
    LD A,B
    OR C
    JR NZ,DELAY3
    POP DE
    POP BC
    POP AF
    RET
;
DELAYN:     PUSH AF
    PUSH BC
    PUSH DE
    LD BC,8000H
DELAY2:     DEC BC
    LD A,B
    OR C
    JR NZ,DELAY2
    POP DE
    POP BC
    POP AF
    RET
;
DELAYS:     PUSH AF
    PUSH BC
    PUSH DE
    LD D,10H
DELAY5:     LD BC,9000H
DELAY4:     DEC BC
    LD A,B
    OR C
    JR NZ,DELAY4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        DEC D
        JR NZ,DELAY5
        POP DE
        POP BC
        POP AF
        RET
;
;
;
CHKSUM:     PUSH BC
        PUSH DE
        LD D,00H
        LD B,08H
SET1:       RLC A
        CALL C,SET2
        DJNZ SET1
        LD A,D
        BIT 0,A
        CALL Z,EVEN
        CALL NZ,ODD
        POP DE
        POP BC
        RET
;
SET2:       INC D
        RET
;
EVEN:       PUSH HL
        LD HL,0F040H
        LD C,(HL)
        SET 0,C
        RLC C
        LD (HL),C
        POP HL
        XOR A
        RET
;
ODD:        PUSH HL
        LD HL,0F040H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    LD C,(HL)
    RES 0,C
    RLC C
    LD (HL),C
    POP HL
    RET
;
;                              LCD PATTERN
;*************************************************************************
;*************************************************************************
;
LCD1:    PUSH AF
 PUSH HL
 CALL OFFLCD
 CALL DELAYK
 CALL INITLCD
 CALL CLRSCR
 CALL PAGE1
 LD A,LINE2
 CALL GOTOLINE
 LD A,COLUMN7
 CALL GOTOCOL
 LD HL,KAI
 CALL SHOW
 LD HL,SHIP
 CALL SHOW
 LD A,LINE3
 CALL GOTOLINE
 LD A,COLUMN8
 CALL GOTOCOL
 LD HL,SARAU
 CALL SHOW
 LD A,LINE4
 CALL GOTOLINE
 LD A,COLUMN5
 CALL GOTOCOL
 LD HL,HEEP
 CALL SHOW
 LD HL,YAK
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CALL SHOW
LD HL,ANG
CALL SHOW
LD HL,DEK
CALL SHOW
LD A,LINE6
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN4
CALL GOTOCOL
LD HL,TORTOA
CALL SHOW
LD HL,SARAAR
CALL SHOW
LD HL,MAR
CALL SHOW
LD HL,SHIP
CALL SHOW
LD HL,SARAAR
CALL SHOW
CALL PAGE2
LD A,LINE2
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,NANE
CALL SHOW
LD HL,SARAAR
CALL SHOW
LD A,LINE3
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN3
CALL GOTOCOL
LD HL,SARAE
CALL SHOW
LD A,LINE4
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,SARAAA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CALL SHOW
LD HL,HEEP
CALL SHOW
LD HL,SHIP
CALL SHOW
LD HL,YAK
CALL SHOW
LD HL,YING
CALL SHOW
LD A,LINE5
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN3
CALL GOTOCOL
LD HL,TIGERHIGH
CALL SHOW
LD A,COLUMN5
CALL GOTOCOL
LD HL,YINGLOW
CALL SHOW
LD HL,SARAE
CALL SHOW
LD A,LINE6
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,BUFFALO
CALL SHOW
LD HL,SARAAR
CALL SHOW
LD HL,TIGER
CALL SHOW
LD HL,TUNG
CALL SHOW
LD HL,SARAAR
CALL SHOW
LD HL,HNOO
CALL SHOW
POP HL
POP AF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 RET
;*******************************************************************************
;*******************************************************************************
LCD2:    PUSH AF
 PUSH HL
 CALL OFFLCD
 CALL DELAYK
 CALL INITLCD
 CALL CLRSCR
 CALL PAGE1
 LD A,LINE4
 CALL GOTOLINE
 LD A,COLUMN6
 CALL GOTOCOL
 LD HL,TAWAHAN
 CALL SHOW
 LD A,LINE5
 CALL GOTOLINE
 LD A,COLUMN2
 CALL GOTOCOL
 LD HL,SHIP
 CALL SHOW
 LD HL,SARAAR
 CALL SHOW
 LD HL,BUFFALO
 CALL SHOW
 LD HL,SARAAR
 CALL SHOW
 LD HL,TORTOA
 CALL SHOW
 LD HL,WAN
 CALL SHOW
 LD A,LINE6
 CALL GOTOLINE
 LD A,COLUMN2
 CALL GOTOCOL
 LD HL,SARAUMHIGH
 CALL SHOW
 LD A,LINE7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN2
CALL GOTOCOL
LD HL,JAN
CALL SHOW
LD HL,SARAAR
CALL SHOW
LD HL,HNOO
CALL SHOW
LD HL,WAN
CALL SHOW
LD HL,HNOO
CALL SHOW
LD HL,STOP
CALL SHOW
LD HL,STOP
CALL SHOW
CALL PAGE2
LD A,LINE5
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN6
CALL GOTOCOL
LD HL,BAIMAI
CALL SHOW
LD HL,SARAAR
CALL SHOW
LD HL,TAHAN
CALL SHOW
LD A,LINE7
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,QUES
CALL SHOW
POP HL
POP AF
RET
;*************************************************************************
;*************************************************************************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LCD3_1:  PUSH AF
 PUSH HL
 CALL OFFLCD
 CALL DELAYK
 CALL INITLCD
 CALL CLRSCR
 CALL PAGE1
 LD A,LINE2
 CALL GOTOLINE
 LD A,COLUMN2
 CALL GOTOCOL
 LD HL,SARAUMHIGH
 CALL SHOW
 LD A,COLUMN7
 CALL GOTOCOL
 LD HL,SARAI
 CALL SHOW
 LD A,LINE3
 CALL GOTOLINE
 LD A,COLUMN1
 CALL GOTOCOL
 LD HL,JAN
 CALL SHOW
 LD HL,SARAAR
 CALL SHOW
 LD HL,HNOO
 CALL SHOW
 LD HL,WAN
 CALL SHOW
 LD HL,HNOO
 CALL SHOW
 LD HL,SARAAA
 CALL SHOW
 LD HL,NGU
 CALL SHOW
 LD HL,HNOO
 CALL SHOW
 LD A,LINE5
 CALL GOTOLINE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LD A,COLUMN8
CALL GOTOCOL
LD HL,XTRA1
CALL SHOW
LD A,LINE6
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN2
CALL GOTOCOL
LD HL,KAI
CALL SHOW
LD HL,SHIP
CALL SHOW
LD HL,NANE
CALL SHOW
LD HL,SARAAR
CALL SHOW
LD HL,SHIP
CALL SHOW
LD HL,ANG
CALL SHOW
LD HL,TIGER
CALL SHOW
LD A,LINE7
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN3
CALL GOTOCOL
LD HL,SARAU
CALL SHOW
CALL PAGE2
LD A,LINE2
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN3
CALL GOTOCOL
LD HL,MAITO
CALL SHOW
LD A,LINE3
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LD HL,TUNG
CALL SHOW
LD HL,KAI
CALL SHOW
LD HL,TORTOA
CALL SHOW
LD HL,ANG
CALL SHOW
LD HL,NGU
CALL SHOW
LD HL,STOP
CALL SHOW
LD HL,STOP
CALL SHOW
LD A,LINE4
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,SARAUU
CALL SHOW
LD A,LINE5
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN3
CALL GOTOCOL
LD HL,MAIAKE
CALL SHOW
LD A,LINE6
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,KAI
CALL SHOW
LD HL,BUFFALO
CALL SHOW
LD HL,SHIP
CALL SHOW
LD HL,STOP
CALL SHOW
LD HL,STOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 CALL SHOW
 LD HL,STOP
 CALL SHOW
 LD A,LINE7
 CALL GOTOLINE
 LD A,COLUMN3
 CALL GOTOCOL
 LD HL,SARAUU
 CALL SHOW
 POP HL
 POP AF
 RET
;*********************************************************************
;*********************************************************************
LCD32_1  PUSH AF
 PUSH HL
 CALL OFFLCD
 CALL DELAYK
 CALL INITLCD
 CALL CLRSCR
 CALL PAGE1
 LD A,LINE2
 CALL GOTOLINE
 LD A,COLUMN6
 CALL GOTOCOL
 LD HL,AKEI
 CALL SHOW
 LD HL,BLANK
 CALL SHOW
 LD HL,SARAE
 CALL SHOW
 LD A,LINE3
 CALL GOTOLINE
 LD A,COLUMN1
 CALL GOTOCOL
 LD HL,HEEP
 CALL SHOW
 LD HL,YAK
 CALL SHOW
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LD HL,ANG
CALL SHOW
LD HL,DEK
CALL SHOW
LD HL,SARAAA
CALL SHOW
LD HL,PAN
CALL SHOW
LD HL,MAR
CALL SHOW
LD HL,ANG
CALL SHOW
LD A,LINE4
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN8
CALL GOTOCOL
LD HL,SARAAUE
CALL SHOW
LD A,LINE5
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN7
CALL GOTOCOL
LD HL,HEEP
CALL SHOW
LD HL,SHIP
CALL SHOW
LD A,LINE6
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN6
CALL GOTOCOL
LD HL,XTRA2
CALL SHOW
LD A,LINE7
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,STAR
CALL SHOW
LD HL,STAR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CALL SHOW
LD HL,STAR
CALL SHOW
LD HL,KAI
CALL SHOW
LD HL,DEK
CALL SHOW
LD HL,PLAR
CALL SHOW
LD HL,MAR
CALL SHOW
LD HL,XTRA3
CALL SHOW
LD A,LINE8
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN6
CALL GOTOCOL
LD HL,SARAU
CALL SHOW
CALL PAGE2
LD A,LINE3
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,KAI
CALL SHOW
LD A,COLUMN6
CALL GOTOCOL
LD HL,BAIMAI
CALL SHOW
LD HL,SARAAR
CALL SHOW
LD HL,TAHAN
CALL SHOW
LD A,LINE5
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,ANG
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CALL SHOW
LD A,LINE6
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN4
CALL GOTOCOL
LD HL,SARAI
CALL SHOW
LD A,LINE7
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,YAK
CALL SHOW
LD HL,KAI
CALL SHOW
LD HL,SARAAA
CALL SHOW
LD HL,LING
CALL SHOW
LD HL,KAI
CALL SHOW
LD HL,STAR
CALL SHOW
LD HL,STAR
CALL SHOW
LD HL,STAR
CALL SHOW
POP HL
POP AF
RET
;*****************************************************************************
;*****************************************************************************
LCD4:   PUSH AF
PUSH HL
CALL OFFLCD
CALL DELAYK
CALL INITLCD
CALL CLRSCR
CALL PAGE1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LD A,LINE2
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN7
CALL GOTOCOL
LD HL,HUN
CALL SHOW
LD A,LINE3
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN3
CALL GOTOCOL
LD HL,KAI
CALL SHOW
LD HL,SHIP
CALL SHOW
LD HL,NANE
CALL SHOW
LD HL,SARAAR
CALL SHOW
LD HL,SHIP
CALL SHOW
LD HL,BAIMAI
CALL SHOW
LD A,LINE4
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN4
CALL GOTOCOL
LD HL,SARAU
CALL SHOW
CALL PAGE2
LD A,LINE2
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,HUN
CALL SHOW
LD A,LINE3
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LD HL,BAIMAI
CALL SHOW
LD HL,TORTOA
CALL SHOW
LD HL,SHIP
CALL SHOW
LD HL,STOP
CALL SHOW
LD HL,STOP
CALL SHOW
LD HL,STOP
CALL SHOW
POP HL
POP AF
RET
;*************************************************************************
;*************************************************************************
LCD6:   PUSH AF
PUSH HL
CALL OFFLCD
CALL DELAYK
CALL INITLCD
CALL CLRSCR
CALL PAGE1
LD A,LINE2
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN7
CALL GOTOCOL
LD HL,HUN
CALL SHOW
LD A,LINE3
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN3
CALL GOTOCOL
LD HL,KAI
CALL SHOW
LD HL,SHIP
CALL SHOW
LD HL,NANE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CALL SHOW
LD HL,SARAAR
CALL SHOW
LD HL,SHIP
CALL SHOW
LD HL,BAIMAI
CALL SHOW
LD A,LINE4
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN4
CALL GOTOCOL
LD HL,SARAU
CALL SHOW
CALL PAGE2
LD A,LINE2
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN2
CALL GOTOCOL
LD HL,SARAI
CALL SHOW
LD A,LINE3
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,SARAAA
CALL SHOW
LD HL,NGU
CALL SHOW
LD HL,HNOO
CALL SHOW
LD HL,TAHAN
CALL SHOW
LD HL,ANG
CALL SHOW
LD HL,HNOO
CALL SHOW
LD A,LINE6
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CALL GOTOCOL
LD HL,BAIMAI
CALL SHOW
LD HL,SARAAR
CALL SHOW
LD HL,TAHAN
CALL SHOW
POP HL
POP AF
RET
;*******************************************************************************
;*******************************************************************************
LCD7:   PUSH AF
PUSH HL
CALL OFFLCD
CALL DELAYK
CALL INITLCD
CALL CLRSCR
CALL PAGE1
LD A,LINE2
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN7
CALL GOTOCOL
LD HL,HUN
CALL SHOW
LD A,LINE3
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN3
CALL GOTOCOL
LD HL,KAI
CALL SHOW
LD HL,SHIP
CALL SHOW
LD HL,NANE
CALL SHOW
LD HL,SARAAR
CALL SHOW
LD HL,SHIP
CALL SHOW
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LD HL,BAIMAI
CALL SHOW
LD A,LINE4
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN4
CALL GOTOCOL
LD HL,SARAU
CALL SHOW
CALL PAGE2
LD A,LINE2
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN2
CALL GOTOCOL
LD HL,SARAI
CALL SHOW
LD HL,BLANK
CALL SHOW
LD HL,SARAAUE
CALL SHOW
LD A,LINE3
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,SARAAA
CALL SHOW
LD HL,NGU
CALL SHOW
LD HL,HNOO
CALL SHOW
LD HL,BUFFALO
CALL SHOW
LD HL,HNOO
CALL SHOW
LD A,LINE6
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN2
CALL GOTOCOL
LD HL,BAIMAI
CALL SHOW
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LD HL,SARAAR
CALL SHOW
LD HL,TAHAN
CALL SHOW
POP HL
POP AF
RET
;*************************THANKS*****************************************
;************************************************************************
LCD8:   PUSH AF
PUSH HL
CALL OFFLCD
CALL DELAYK
CALL INITLCD
CALL CLRSCR
CALL PAGE1
LD A,LINE4
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN3
CALL GOTOCOL
LD HL,TTAB
CALL SHOW
LD HL,HTAB
CALL SHOW
LD HL,ATAB
CALL SHOW
LD HL,NTAB
CALL SHOW
LD HL,KTAB
CALL SHOW
LD HL,STAB
CALL SHOW
CALL PAGE2
LD A,LINE4
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN2
CALL GOTOCOL
LD HL,YTAB
CALL SHOW
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LD HL,OTAB
CALL SHOW
LD HL,UTAB
CALL SHOW
LD HL,STOP
CALL SHOW
LD HL,STOP
CALL SHOW
POP HL
POP AF
RET
;**************************NOT ENOUGH CARD*********************************
;*************************************************************************
LCD9:   PUSH AF
PUSH HL
CALL OFFLCD
CALL DELAYK
CALL INITLCD
CALL CLRSCR
CALL PAGE1
LD A,LINE3
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN6
CALL GOTOCOL
LD HL,HUN
CALL SHOW
LD A,LINE4
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN6
CALL GOTOCOL
LD HL,BAIMAI
CALL SHOW
LD HL,TORTOA
CALL SHOW
LD HL,SHIP
CALL SHOW
CALL PAGE2
LD A,LINE4
CALL GOTOLINE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,STOP
CALL SHOW
LD HL,HEEP
CALL SHOW
LD HL,MAR
CALL SHOW
LD HL,DEK
CALL SHOW
ENT:    CALL KEYA
LD A,(HL)       ; VALUE IN 0F005H
CALL CHECK2
LD A,B
CP 0EEH
JR NZ,ENT
LD HL,0F052H
LD A,0AH
LD (HL),A
POP HL
POP AF
RET
;
;**********************HUA**LUM**PONG*****************************************
;*****************************************************************************
IS1:    PUSH AF
PUSH HL
LD A,LINE2
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,HEEP
CALL SHOW
LD HL,WAN
CALL SHOW
LD HL,LING
CALL SHOW
LD HL,SARAUM
CALL SHOW
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LD HL,SARAO
CALL SHOW
LD HL,PAN
CALL SHOW
LD HL,NGU
CALL SHOW
LD A,LINE1
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,HUN
CALL SHOW
LD HL,BLANK
CALL SHOW
LD HL,SARAUMHIGH
CALL SHOW
LD HL,BLANK
CALL SHOW
LD HL,SARAOHIGH
CALL SHOW
POP HL
POP AF
RET
;**********************SEE**PRA**YA*****************************************
;*************************************************************************
IS2:    PUSH AF
PUSH HL
LD A,LINE2
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,TIGER
CALL SHOW
LD HL,PAN
CALL SHOW
LD HL,SHIP
CALL SHOW
LD HL,SARAA
CALL SHOW
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LD HL,YAK
CALL SHOW
LD HL,SARAAR
CALL SHOW
LD A,LINE1
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,XTRA4
CALL SHOW
POP HL
POP AF
RET
;************************SEE**LOM*************************************************
;*********************************************************************************
IS3:    PUSH AF
PUSH HL
LD A,LINE2
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,TIGER
CALL SHOW
LD HL,LING
CALL SHOW
LD HL,MAR
CALL SHOW
LD A,LINE1
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,XTRA5
CALL SHOW
POP HL
POP AF
RET
;************************SA**THORN************************************************
;*********************************************************************************
IS4:    PUSH AF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PUSH HL
LD A,LINE2
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,TIGER
CALL SHOW
LD HL,SARAAR
CALL SHOW
LD HL,TONG
CALL SHOW
LD HL,SHIP
CALL SHOW
LD A,LINE1
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,TIGERHIGH
CALL SHOW
POP HL
POP AF
RET
;**********************RAMA**IV*************************************************
;***************************************************************************
IS5:    PUSH AF
PUSH HL
LD A,LINE2
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,PAN
CALL SHOW
LD HL,SHIP
CALL SHOW
LD HL,SARAA
CALL SHOW
LD HL,SHIP
CALL SHOW
LD HL,SARAAR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CALL SHOW
LD HL,MAR
CALL SHOW
LD HL,BLANK
CALL SHOW
LD HL,FOUR
CALL SHOW
POP HL
POP AF
RET
;*********************KLONG**TOEY*****************************************
;*****************************************************************************
IS6:    PUSH AF
PUSH HL
LD A,LINE2
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,BUFFALO
CALL SHOW
LD HL,LING
CALL SHOW
LD HL,ANG
CALL SHOW
LD HL,NGU
CALL SHOW
LD HL,SARAAA
CALL SHOW
LD HL,TORTOA
CALL SHOW
LD HL,YAK
CALL SHOW
POP HL
POP AF
RET
;*******************NATIONAL*CONVENTION*CENTER************************
;*****************************************************************************
IS7:    PUSH AF
PUSH HL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LD A,LINE2
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,SALA
CALL SHOW
LD HL,HNOO
CALL SHOW
LD HL,YAK
CALL SHOW
LD HL,PLAR
CALL SHOW
LD HL,SHIP
CALL SHOW
LD HL,SARAA
CALL SHOW
LD HL,CHANG
CALL SHOW
LD HL,MAR
CALL SHOW
LD A,LINE1
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,SALAHIGH
CALL SHOW
LD HL,BLANK
CALL SHOW
LD HL,KARAN
CALL SHOW
LD HL,PLARHIGH
CALL SHOW
LD A,LINE3
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,SARAUU
CALL SHOW
LD A,COLUMN7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CALL GOTOCOL
LD HL,SARAU
CALL SHOW
POP HL
POP AF
RET
;**********************SU**KHUM**VIT*************************************
;*****************************************************************************

IS8:    PUSH AF
PUSH HL
LD A,LINE2
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,TIGER
CALL SHOW
LD HL,KHAI
CALL SHOW
LD HL,MAR
CALL SHOW
LD HL,WAN
CALL SHOW
LD HL,TAHAN
CALL SHOW
LD A,LINE1
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,TIGERHIGH
CALL SHOW
LD A,LINE1
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN4
CALL GOTOCOL
LD HL,SARAI
CALL SHOW
LD A,LINE3
CALL GOTOLINE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,SARAU
CALL SHOW
LD HL,SARAU
CALL SHOW
POP HL
POP AF
RET
;*************************ASOKE*************************************
;*******************************************************************
IS9:    PUSH AF
PUSH HL
LD A,LINE2
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,ANG
CALL SHOW
LD HL,SARAO
CALL SHOW
LD HL,SALA
CALL SHOW
LD HL,KAI
CALL SHOW
LD A,LINE1
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN2
CALL GOTOCOL
LD HL,SARAOHIGH
CALL SHOW
LD HL,SALAHIGH
CALL SHOW
POP HL
POP AF
RET
;*******************ASOK**PECHARA*************************************
;*******************************************************************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
IS10:   PUSH AF
PUSH HL
LD A,LINE2
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,ANG
CALL SHOW
LD HL,SARAO
CALL SHOW
LD HL,SALA
CALL SHOW
LD HL,KAI
CALL SHOW
LD HL,SARAAA
CALL SHOW
LD HL,PAN
CALL SHOW
LD HL,CHANG
CALL SHOW
LD HL,SHIP
CALL SHOW
LD A,LINE1
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN2
CALL GOTOCOL
LD HL,SARAOHIGH
CALL SHOW
LD HL,SALAHIGH
CALL SHOW
POP HL
POP AF
RET
;************************MCOT*************************************************
;*****************************************************************************
IS11:   PUSH AF
PUSH HL
LD A,LINE2
CALL GOTOLINE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,ANG
CALL SHOW
LD HL,TIGER
CALL SHOW
LD HL,MAR
CALL SHOW
LD HL,TAHAN
CALL SHOW
LD HL,STOP
CALL SHOW
LD A,LINE1
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN2
CALL GOTOCOL
LD HL,TIGERHIGH
CALL SHOW
POP HL
POP AF
RET
;**********************RO**BIN**SON**************************************
;*****************************************************************************
IS12:   PUSH AF
PUSH HL
LD A,LINE2
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,SARAO
CALL SHOW
LD HL,SHIP
CALL SHOW
LD HL,BAIMAI
CALL SHOW
LD HL,HNOO
CALL SHOW
LD HL,TIGER
CALL SHOW
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LD HL,HNOO
CALL SHOW
LD A,LINE1
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,SARAOHIGH
CALL SHOW
LD HL,BLANK
CALL SHOW
LD HL,SARAI
CALL SHOW
LD HL,BLANK
CALL SHOW
LD HL,XTRA1
CALL SHOW
POP HL
POP AF
RET
;**********************HUAY**KHANG*************************************
;***************************************************************************
IS13:   PUSH AF
PUSH HL
LD A,LINE2
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,HEEP
CALL SHOW
LD HL,WAN
CALL SHOW
LD HL,YAK
CALL SHOW
LD HL,KHAI
CALL SHOW
LD HL,WAN
CALL SHOW
LD HL,SARAAR
CALL SHOW
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LD HL,NGU
CALL SHOW
LD A,LINE1
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,MAITO
CALL SHOW
POP HL
POP AF
RET
;********************SUT**THI**SARN*************************************
;****************************************************************************
IS14:   PUSH AF
PUSH HL
LD A,LINE2
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,TIGER
CALL SHOW
LD HL,TAHAN
CALL SHOW
LD HL,TONG
CALL SHOW
LD HL,TIGER
CALL SHOW
LD HL,SARAAR
CALL SHOW
LD HL,SHIP
CALL SHOW
LD A,LINE1
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN3
CALL GOTOCOL
LD HL,SARAI
CALL SHOW
LD A,LINE3
CALL GOTOLINE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,SARAU
CALL SHOW
LD A,LINE1
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,TIGERHIGH
CALL SHOW
LD A,COLUMN4
CALL GOTOCOL
LD HL,TIGERHIGH
CALL SHOW
POP HL
POP AF
RET
;************************MRT**OFFICE*************************************
;************************************************************************
IS15:   PUSH AF
PUSH HL
LD A,LINE2
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,SHIP
CALL SHOW
LD HL,FUN
CALL SHOW
LD HL,MAR
CALL SHOW
LD HL,STOP
CALL SHOW
LD A,LINE1
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN2
CALL GOTOCOL
LD HL,FUNHIGH
CALL SHOW
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
POP HL
POP AF
RET
;********************RACHADA*LADPROA*************************************
;*****************************************************************************
IS16:   PUSH AF
PUSH HL
LD A,LINE2
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,SHIP
CALL SHOW
LD HL,CHANG
CALL SHOW
LD HL,PAN
CALL SHOW
LD HL,SHIP
CALL SHOW
LD HL,SARAAR
CALL SHOW
LD HL,WAN
CALL SHOW
LD A,LINE1
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN4
CALL GOTOCOL
LD HL,MAITO
CALL SHOW
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,HUN
CALL SHOW
POP HL
POP AF
RET
;*********************PANAPUN*HIGHSCHOOL*********************************
;*****************************************************************************
IS17:   PUSH AF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PUSH HL
LD A,LINE2
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,PLAR
CALL SHOW
LD HL,SARAAR
CALL SHOW
LD HL,HNOO
CALL SHOW
LD HL,SARAA
CALL SHOW
LD HL,PAN
CALL SHOW
LD HL,HNOO
CALL SHOW
LD HL,TONG
CALL SHOW
LD A,LINE1
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,PLARHIGH
CALL SHOW
LD A,COLUMN5
CALL GOTOCOL
LD HL,HUN
CALL SHOW
LD HL,BLANK
CALL SHOW
LD HL,KARAN
CALL SHOW
POP HL
POP AF
RET
;*********************CENTRAL*PLAZA*****************************************
;*******************************************************************************
IS18:   PUSH AF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PUSH HL
LD A,LINE2
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,CTAB
CALL SHOW
LD HL,ETAB
CALL SHOW
LD HL,NTAB
CALL SHOW
LD HL,TTAB
CALL SHOW
LD HL,RTAB
CALL SHOW
LD HL,ATAB
CALL SHOW
LD HL,LTAB
CALL SHOW
POP HL
POP AF
RET
;******************NORTHEAST**BUS**TERMINAL*****************************
;************************************************************************
IS19:   PUSH AF
PUSH HL
LD A,LINE2
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,HEEP
CALL SHOW
LD HL,MAR
CALL SHOW
LD HL,ANG
CALL SHOW
LD HL,CHANG
CALL SHOW
LD HL,TORTOA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CALL SHOW
LD A,LINE1
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN4
CALL GOTOCOL
LD HL,SARAI
CALL SHOW
POP HL
POP AF
RET
;**********************A*T*K*********************************************
;*****************************************************************************
IS20:   PUSH AF
PUSH HL
LD A,LINE2
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,ANG
CALL SHOW
LD HL,TORTOA
CALL SHOW
LD HL,KAI
CALL SHOW
LD HL,STOP
CALL SHOW
POP HL
POP AF
RET
;**********************BANG**SUE*****************************************
;*****************************************************************************
IS21:   PUSH AF
PUSH HL
LD A,LINE2
CALL GOTOLINE
LD A,COLUMN1
CALL GOTOCOL
LD HL,BAIMAI
CALL SHOW
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;************ GOTO COLUMN# ************
;    SET COLUMN #
;    INPUT COLUMN REG (A)
;
GOTOCOL:  PUSH AF
  LD   A,(CPORT)
  LD   C,A
  POP  AF
  OUT  (C),A
  RET
;
;************ SET PAGE USER 1 ******
;
PAGE1:   PUSH AF
 LD   A,LCDCTRL1
 LD   (CPORT),A
 LD   A,LCDDATA1
 LD   (DPORT),A
 LD   A,LCDREAD1
 LD   (RPORT),A
 POP  AF
 RET
;
;************ SET PAGE USER 2 ******
;
PAGE2:   PUSH AF
 LD   A,LCDCTRL2
 LD   (CPORT),A
 LD   A,LCDDATA2
 LD   (DPORT),A
 LD   A,LCDREAD2
 LD   (RPORT),A
 POP  AF
 RET
; ******* CLEAR SCREEN **************
;   CLEAR SCREEN PAGE1,PAGE2
;
CLRSCR:  PUSH AF
  CALL PAGE1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 LD   A,STARTLN0
 CALL GOTOLINE
 CALL CLEAR
 CALL PAGE2
 LD   A,STARTLN0
 CALL GOTOLINE
 CALL CLEAR
 POP AF
 RET
;
; ******* CLEAR SCREEN************
; SUB PROGRAM CLRSCR
CLEAR:   PUSH DE
 PUSH BC
 PUSH AF
 LD E,LINE1
 LD D,08H
ANOTHER: LD A,(CPORT)
 LD C,A
 LD A,E
 CALL WBF
 OUT (C),A
 LD   B,48H
 LD   A,(DPORT)
 LD   C,A
LLC:     LD   A,00H
 OUT  (C),A
 CALL WBF
 DJNZ LLC
 INC  E
 DEC  D
 LD   A,00H
 CP   D
 JR   NZ,ANOTHER
 POP  AF
 POP  BC
 POP  DE
 RET
;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
; ********** INIT  LCD ON **********
;
INITLCD: PUSH HL
 PUSH AF
 PUSH DE
 PUSH BC
 CALL PAGE1
 LD   A,(CPORT)
 LD   C,A
 LD   A,DISPON
 OUT  (C),A
 CALL WBF
 LD   A,STARTLN0
 OUT  (C),A
 CALL WBF
 CALL PAGE2
 LD   A,(CPORT)
 LD   C,A
 LD   A,DISPON
 OUT  (C),A
 CALL WBF
 LD   A,STARTLN0
 OUT  (C),A
 CALL WBF
 POP BC
 POP DE
 POP AF
 POP HL
 RET
;
; ********** INIT  LCD OFF **********
;
OFFLCD:  PUSH HL
 PUSH AF
 PUSH DE
 PUSH BC
 CALL PAGE1
 LD   A,(CPORT)
 LD   C,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 LD   A,DISPOFF
 OUT  (C),A
 CALL PAGE2
 LD   A,(CPORT)
 LD   C,A
 LD   A,DISPOFF
 OUT  (C),A
 POP BC
 POP DE
 POP AF
 POP HL
 RET
;
; ************ CHECK BUSY FLAG LCD *********
;
WBF:     PUSH AF
 PUSH BC
BUSY1:   LD   A,(RPORT)
 LD   C,A
 IN   A,(C)
 NOP
 BIT  7,A
 JR   NZ,BUSY1
 POP  BC
 POP  AF
 RET
;
;************** DISPLAY LCD ONE CHAR ************
;   DISPLAY ONE CHAR = 8 BYTE
;   INPUT DATA  = (STBMAP)
;
DISPLAY: PUSH AF
 PUSH BC
 PUSH IX
 LD   IX,(STBMAP)
 LD   B,08H
 LD   A,(DPORT)
 LD   C,A
OUTDAT:  LD   A,(IX+0)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
OUT  (C),A
CALL WBF
INC  IX
DJNZ OUTDAT
POP  IX
POP  BC
POP  AF
RET
;
;************ DATA CHARACTERS GER ************
;
BLANK:          DB 00H,00H,00H,00H ;BLANK
DB 00H,00H,00H,00H
TOKJAI:         DB 00H,00H,0EH,0BFH ;!
DB 0EH,00H,00H,00H
KUMPUD:         DB 00H,00H,07H,00H  ; "
DB 07H,00H,00H,00H
NUMBER:         DB 00H,24H,0FFH,24H ; #
DB 24H,0FFH,24H,00H
DOLLAR:         DB 08H,54H,54H,0FEH ; $
DB 54H,54H,20H,00H
PERCENT:        DB 86H,46H,20H,10H  ; %
DB 08H,0C4H,0C2H,00H
AMPER:          DB 60H,94H,8EH,9AH  ; &
DB 6EH,44H,0B0H,80H
APOS:           DB 00H,00H,00H,05H  ; '
DB 03H,00H,00H,00H
WOPEN:          DB 00H,00H,3CH,42H  ; (
DB 81H,00H,00H,00H
WCLOSE:         DB 00H,00H,00H,81H  ; )
DB 42H,3CH,00H,00H
STAR:           DB 00H,08H,2AH,1CH ; *
DB 1CH,2AH,08H,00H
PLUS:           DB 00H,08H,08H,3EH ; +
DB 3EH,08H,08H,00H
COMMA:          DB 00H,00H,00H,0A0H ;,
DB 60H,00H,00H,00H
MINUS:          DB 00H,08H,08H,08H ; -
DB 08H,08H,08H,00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
STOP:           DB 00H,00H,00H,0C0H ;.
DB 0C0H,00H,00H,00H
SLASH:          DB 00H,0C0H,30H,18H ;/
DB 0CH,03H,00H,00H,
ZERO:           DB 00H,7EH,0C1H,0B1H; 0
DB 8DH,83H,7EH,00H
ONE:            DB 00H,00H,82H,0FFH ; 1
DB 80H,00H,00H,00H
TWO:            DB 00H,86H,0C1H,0A1H ; 2
DB 91H,89H,86H,00H
THREE:          DB 00H,42H,81H,89H   ; 3
DB 89H,89H,76H,00H
FOUR:           DB 60H,50H,48H,44H   ;4
DB 42H,0FFH,40H,00H
FIVE:           DB 4EH,85H,85H,85H   ; 5
DB 85H,49H,30H,00H
SIX:            DB 00H,7CH,92H,89H   ; 6
DB 89H,89H,70H,00H
SEVEN:          DB 00H,03H,01H,0C1H  ;7
DB 31H,0DH,03H,00H
EIGHT:          DB 00H,76H,89H,89H   ;8
DB 89H,89H,76H,00H
NINE:           DB 00H,0EH,91H,91H ;9
DB 91H,49H,3EH,00H
COLON:          DB 00H,00H,00H,66H ; :
DB 66H,00H,00H,00H
SEMI:           DB 00H,00H,80H,76H ; ;
DB 36H,00H,00H,00H
LESS:           DB 00H,00H,18H,24H ; <
DB 42H,81H,00H,00H
EQUAL:          DB 00H,24H,24H,24H ; =
DB 24H,24H,00H,00H
MORE:           DB 00H,00H,81H,42H ; >
DB 24H,18H,00H,00H
QUES:           DB 00H,06H,09H,0DH ; ?
DB 0B5H,09H,06H,00H
ATAB:           DB 0F8H,14H,12H,11H ; A
DB 12H,14H,0F8H,00H
BTAB:           DB 81H,0FFH,89H,89H ; B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DB 89H,89H,76H,00H
CTAB:           DB 00H,3CH,42H,81H  ; C
DB 81H,81H,42H,00H
DTAB:           DB 81H,0FFH,81H,81H ; D
DB 81H,42H,3CH,00H
ETAB:           DB 81H,0FFH,89H,89H ; E
DB 9DH,81H,0E3H,00H
FTAB:           DB 81H,0FFH,89H,09H ; F
DB 1DH,01H,03H,00H
GTAB:           DB 00H,7EH,81H,81H  ; G
DB 91H,51H,0F6H,00H
HTAB:           DB 00H,0FFH,08H,08H ; H
DB 08H,08H,0FFH,00H
ITAB:           DB 00H,00H,81H,0FFH ; I
DB 81H,00H,00H,00H
JTAB:           DB 00H,40H,80H,80H  ; J
DB 81H,7FH,01H,00H
KTAB:           DB 81H,0FFH,89H,14H ; K
DB 22H,0C1H,81H,80H
LTAB:           DB 00H,81H,0FFH,81H ; L
DB 80H,80H,0C0H,00H
MTAB:           DB 0FFH,02H,04H,18H ; M
DB 04H,02H,0FFH,00H
NTAB:           DB 81H,0FFH,83H,0CH ; N
DB 18H,61H,0FFH,01H
OTAB:           DB 00H, 7EH,81H,81H ; O
DB 81H,81H,7EH,00H
PTAB:           DB 00H,81H,0FEH,91H ; P
DB 11H,11H,0EH,00H
QTAB:           DB 00H,7EH,81H,91H  ; Q
DB 0A1H,0C1H,7FH,80H
RTAB:           DB 81H,0FFH,89H,19H ; R
DB 29H,0C9H,86H,80H
STAB:           DB 00H,0E6H,49H,89H ; S
DB 91H,92H,67H,00H
TTAB:           DB 03H,01H,81H,0FFH ; T
DB 81H,01H,03H,00H
UTAB:           DB 01H,7FH,81H,80H  ; U
DB 80H,81H,7FH,01H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
VTAB:           DB 07H,18H,60H,80H ; V
DB 60H,18H,0FH,00H
WTAB:           DB 3FH,0C0H,20H,10H ; W
DB 20H,0C0H,3FH,00H
XTAB:           DB 0C3H,27H,18H,18H ; X
DB 18H,27H,0C3H,00H
YTAB:           DB 01H,03H,84H,0F8H ; Y
DB 84H,03H,01H,00H
ZTAB:           DB 0C3H,0A1H,91H,89H ; Z
DB 85H,83H,0C1H,00H
;
; CHARACTERS THAI
;
KAI:            DB 00H,0FAH,05H,01H
DB 01H,01H,0FEH,00H
KHAI:           DB 00H,02H,05H,0FEH
DB 80H,7FH,00H,00H
BUFFALO:        DB 0FEH,21H,11H,29H
DB 11H,01H,0FEH,00H
RAKANG:         DB 62H,95H,0F2H,29H
DB 46H,80H,0FFH,00H
NGU:            DB 00H,10H,20H,42H
DB 85H,0FEH,00H,00H
JAN:            DB 02H,01H,09H,15H
DB 79H,81H,0FEH,00H
CHING:          DB 12H,0E9H,0B1H,41H
DB 21H,0FEH,0A0H,40H
CHANG:          DB 02H,75H,8DH,86H
DB 84H,07AH,01H,00H
SOO:            DB 02H,05H,02H,0FDH
DB 82H,7DH,00H,00H
CHER:           DB 7AH,0A5H,41H,41H
DB 0A1H,7EH,40H,0FFH
YING:           DB 7AH,0A5H,41H,01H
DB 0FEH,80H,80H,0FFH
YINGLOW:        DB 00H,00H,00H,00H
DB 06H,06H,04H,02H
CHADA:          DB 42H,0A5H,79H,01H
DB 01H,01H,0FEH,80H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CHADALOW:       DB 00H,00H,02H,05H
DB 02H,05H,07H,00H
PATAK:          DB 42H,0A5H,79H,01H
DB 81H,01H,0FEH,00H
PATAKLOW:       DB 02H,05H,02H,05H
DB 02H,04H,07H,00H
TORTAN:         DB 00H,02H,15H,2DH
DB 0F5H,85H,7AH,01H
TORTANLOW:      DB 10H,28H,10H,28H
DB 14H,2AH,1EH,00H
MONTO:          DB 02H,0E5H,12H,09H
DB 06H,02H,0FFH,00H
TORTHOA:        DB 0FEH,11H,2AH,52H
DB 0A2H,7EH,40H,0BFH
NANE:           DB 7AH,0A5H,41H,0FEH
DB 40H,0FFH,0AOH,40H
DEK:            DB 0FEH,81H,49H,35H
DB 19H,01H,0FEH,00H
TORTOA:         DB 0FEH,81H,49H,36H
DB 19H,01H,0FEH,00H
TUNG:           DB 7AH,0A5H,41H,01H
DB 01H,01H,0FEH,00H
TAHAN:          DB 02H,0F5H,0EH,04H
DB 02H,01H,0FEH,00H
TONG:           DB 00H,02H,05H,0FDH
DB 85H,85H,0FAH,01H
HNOO:           DB 02H,0F5H,8EH,40H
DB 20H,0FFH,0AOH,40H
BAIMAI:         DB 02H,85H,0FEH,80H
DB 80H,80H,0FFH,00H
PLARHIGH:       DB 00H,00H,00H,00H
DB 00H,00H,0F0H,00H
PLAR:           DB 02H,05H,0FEH,80H
DB 80H,80H,0FFH,00H
PUNG:           DB 00H,7EH,85H,42H
DB 40H,80H,7EH,00H
PHAHIGH:        DB 00H,00H,00H,00H
DB 00H,00H,0F0H,00H
PHA:            DB 00H,7EH,85H,42H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DB 40H,80H,7FH,00H
PAN:            DB 02H,05H,0FEH,40H
DB 30H,40H,0FFH,00H
FUNHIGH:        DB 00H,00H,00H,00H
DB 00H,00H,0F0H,00H
FUN:            DB 02H,05H,0FEH,40H
DB 30H,40H,0FFH,00H
POA:            DB 42H,0A5H,79H,01H
DB 01H,01H,0FEH,00H
MAR:            DB 42H,0A5H,0FEH,20H
DB 20H,40H,0FFH,00H
YAK:            DB 00H,6EH,95H,92H
DB 80H,80H,0FFH,00H
SHIP:           DB 00H,02H,05H,05H
DB 45H,0A5H,7AH,01H
LU:             DB 00H,7AH,0A5H,41H
DB 01H,01H,0FEH,00H
LULOW:          DB 00H,00H,00H,00H
DB 00H,00H,0FH,00H
LING:           DB 02H,71H,0A9H,45H
DB 09H,11H,0FEH,00H
WAN:            DB 00H,02H,01H,01H
DB 41H,0A1H,7EH,00H
SALAHIGH:       DB 00H,00H,00H,00H
DB 00H,80H,50H,20H
SALA:           DB 7EH,81H,79H,15H
DB 09H,01H,0FEH,00H
RUSI:           DB 02H,85H,0FEH,80H
DB 98H,90H,0FFH,10H
TIGERHIGH:      DB 00H,00H,00H,00H
DB 00H,80H,50H,20H
TIGER:          DB 02H,71H,0A9H,45H
DB 09H,11H,0FEH,00H
HEEP:           DB 02H,0FDH,26H,10H
DB 0AH,0DH,0FAH,00H
JURAHIGH:       DB 00H,00H,00H,00H
DB 40H,0A0H,0C0H,20H
JURA:           DB 02H,0F5H,4EH,20H
DB 20H,40H,0FFH,00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ANG:            DB 00H,72H,0A9H,91H
DB 81H,81H,7EH,00H
HOOKHIGH:       DB 00H,00H,00H,00H
DB 00H,00H,0A0H,40H
HOOK:           DB 00H,72H,0ADH,95H
DB 83H,81H,7EH,00H
SARAA:          DB 00H,66H,55H,0AAH
DB 88H,44H,22H,00H
TOAKUB:         DB 00H,14H,14H,14H
DB 14H,14H,00H,00H
SARAAR:         DB 00H,02H,01H,01H
DB 01H,01H,0FEH,00H
SARAUMHIGH:     DB 20H,50H,50H,20H
DB 00H,00H,00H,00H
SARAUM:         DB 00H,02H,01H,01H
DB 01H,01H,0FEH,00H
SARAAA:         DB 00H,7FH,0A0H,40H
DB 00H,00H,00H,00H
SARAAIR:        DB 00H,7FH,0A0H,40H
DB 7FH,0A0H,40H,00H
SARAOHIGH:      DB 10H,28H,0E8H,08H
DB 08H,08H,00H,00H
SARAO:          DB 00H,00H,0FFH,0C0H
DB 00H,00H,00H,00H
MAIMOONHIGH:    DB 38H,34H,04H,0FCH
DB 00H,00H,00H,00H
MAIMOON:        DB 00H,00H,00H,0FFH
DB 0C0H,00H,00H,00H
MALAIHIGH:      DB 08H,10H,20H,10H
DB 0F8H,00H,00H,00H
MALAI:          DB 00H,00H,00H,00H
DB 0FFH,0C0H,00H,00H
YAMOK:          DB 00H,0F0H,0D0H,20H
DB 10H,10H,0F0H,00H
YAMOKLOW:       DB 00H,00H,18H,04H
DB 02H,02H,01H,00H
PAIYAN:         DB 08H,14H,10H,10H
DB 08H,04H,0FEH,00H
SARAU:          DB 00H,00H,00H,00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TOHAN:          DB 10H,32H,10H,44H
DB 44H,44H,22H,11H
```

```
TEEHAN:          DB 70H,57H,75H,42H
DB 41H,47H,24H,17H
TAWAHAN:         DB 70H,50H,74H,44H
DB 4EH,44H,20H,10H
AKEI:            DB 00H,60H,50H,50H
DB 50H,50H,66H,00H
TOI:             DB 00H,60H,52H,56H
DB 54H,54H,62H,01H
TEEI:            DB 00H,6EH,5AH,54H
DB 52H,5EH,68H,07H
TAWAI:           DB 00H,60H,50H,52H
DB 52H,57H,62H,02H
KARANI:          DB 00H,60H,50H,50H
DB 50H,5CH,6AH,01H
AKEE:            DB 60H,50H,50H,50H
DB 50H,50H,7BH,00H
TOE:             DB 60H,52H,56H,54H
DB 54H,52H,79H,00H
TEEE:            DB 6EH,5AH,54H,52H
DB 5EH,54H,7AH,01H
TAWAE:           DB 60H,50H,52H,52H
DB 57H,52H,7AH,00H
XTRA1:           DB 00H,10H,28H,30H
DB 10H,8EH,48H,30H
XTRA2:           DB 00H,00H,00H,00H
DB 78H,00H,0F8H,00H
XTRA3:           DB 80H,80H,80H,80H
DB 80H,80H,80H,80H
XTRA4:           DB 30H,28H,28H,28H
DB 30H,0BBH,50H,20H
XTRA5:           DB 30H,28H,28H,28H
DB 30H,0B8H,50H,20H
XTRA6:           DB 00H,30H,48H,48H
DB 50H,58H,63H,78H
;
  ORG 0EFFEH
  DB 96H,0A3H
;
  ORG 0F200H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;******** RAM AREA ***********
CPORT:    DS  1H
DPORT:    DS  1H
RPORT:    DS  1H
STBMAP:   DS  2H
  END
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Source Program

Source Program ของเครื่องตรวจตั๋วรถไฟฟ้า

เป็นโปรแกรมภาษาแอสแซมบลี้ของ Z80 CPU ที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดของเครื่องตรวจตั๋วรถไฟฟ้า ตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุด ขบวนการการตรวจข้อมูลที่ตั๋วและเช่นเดียวกันในโปรแกรมจะมีหน้าที่ควบคุมการทำงานแยกเป็นข้อ ๆ ดังนี้

1. การอ่านข้อมูลบนแถบแม่เหล็กของตั๋วรถไฟฟ้าและนำมาประมวลผล
2. การส่งและรับสัญญาณควบคุม กับวงจรดังต่อไปนี้
   - SENSOR
   - AC MOTOR
   - ALARM
   - SHOW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*************************************************************************
;                  PROGRAM CONTROL IN/OUT CHECKING MACHINE
;                                    FOR
;                               MRT  PROJECT
;*************************************************************************
;
                                ORG 2000H
;
CTROL:              EQU 43H          ;CONTROL 8255
CPORT:              EQU 42H          ;SENSORS AND I/P DATA
BPORT:              EQU 41H          ;O/P CONTROL ACTION
APORT:              EQU 40H          ;STATION AGENCY
AELT1:              EQU 8000H        ;1st TRACK LOGIC ADDRESS
AELT2:              EQU 8002H        ;2nd TRACK LOGIC ADDRESS
ALCT1:              EQU 8004H        ;1st COUNTER ADD.
ALCT2:              EQU 8006H        ;2nd COUNTER ADD.
FSBA1:              EQU 8008H        ;FINAL START BIT ADD.(T1)
FSBA2:              EQU 800AH        ;FINAL START BIT ADD.(T2)
BITSA:              EQU 800CH        ;BIT STATUS ADD.
DTBY1:              EQU 800DH        ;1st BYTE DATA ADD.
DTBY2:              EQU 800FH        ;2nd BYTE DATA ADD.
DTBY5:              EQU 8015H        ;5th BYTE DATA ADD.
COUNT1:             EQU 8100H        ;1st TRACK COUNT.ADD.
COUNT2:             EQU 8500H        ;2nd TRACK COUNT.ADD.
LOGMEM:             EQU 8900H        ;LOGIC STATE ADD.
;
;
ORIGIN:     LD SP,9FFFH              ;PROVIDE SP @9FFFH
            LD HL,8000H              ;CLEAR RAM (8000H-9FFFH)
            LD DE,9FFFH
CLRAM:      LD A,00
            LD (HL),A
            INC HL
            DEC DE
            LD A,E
            OR D
            JR NZ,CLRAM
;
            LD A,99H                 ;CONTROL 8255
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                OUT (CTROL),A
;
;       ***************** INPUT TICKET CHECK **********************
;
DTREAD:         LD C,CPORT              ;CHECK TICKET INSERTED
CARDIN:         IN D,(C)
                BIT 3,D
                JR NZ,CARDIN
                LD A,41H
                OUT (BPORT),A           ;FEED FORWARD TICKET
;
CRDOUT:         IN D,(C)                ;I/P SENSOR RELEASE
                BIT 3,D
                JR Z,CRDOUT
;
                LD B,0FFH
LOOP2:          LD C,0FFH
LOOP1:          IN A,(CPORT)
                BIT 0,A
                JR NZ,STRD
                DEC C
                JR NZ,LOOP1
                DJNZ LOOP2
                JR DTREAD
;
;  ********************* DATA READING ***********************
;
;               1st TRACK
STRD:           CALL DELAY1
                LD HL,LOGMEM            ;LOGIC MEMORY
                LD IX,COUNT1            ;1st TRACK COUNTER MEMORY
STEND1:         IN A,(CPORT)
                BIT 4,A                 ;1st RISING EDGE SENCE
                JR NZ,LOGT1
;
                BIT 0,A                 ;NO RISING EDGE SENCED THEN
                JR NZ,STEND1            ;FEED TICKET BACK
                JP FDOUT
LOGT1:          SET 4,(HL)              ;NOTIFIED LOGIC IN MEMORY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
RDEND1:     LD A,(HL)
            BIT 4,A
            JR Z,HEDG1
;
            LD BC,(ALCT1)          ;INCREASE 1st TRACK COUTER
            INC BC                 ;IN MEMORY
            LD (ALCT1),BC
            IN A,(CPORT)
            BIT 4,A                ;FALLING EDGE SENCE
            JR NZ,COM1
            INC HL
            RES 4,(HL)
            JR LEDG1
;
HEDG1:      LD BC,(ALCT1)
            INC BC
            LD (ALCT1),BC
            IN A,(CPORT)
            BIT 4,A                ;RISING EDGE SENCE
            JR Z,COM1
            INC HL
            SET 4,(HL)
;
LEDG1:      CALL SAVT1             ;COLLECT No. COUNTER
COM1:       IN A,(CPORT)           ;IN MEMORY
            BIT 0,A
            JR NZ,RDEND1
            CALL DELAY2
            LD (AELT1),HL
            LD A,43H
            OUT (BPORT),A          ;FEED BACK TICKET TO CHECK
            CALL DELAY1            ;2nd TRACK
;
BACK:       IN A,(CPORT)
            BIT 3,A
            JR NZ,BACK
            LD A,41H
            OUT (BPORT),A          ;FEED FORWARD
            CALL DELAY1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;
STD:        IN A,(CPORT)
            BIT 0,A
            JR Z,STD
            CALL DELAY1
;
;           2nd TRACK
            LD HL,LOGMEM            ;LOGIC MEMORY
            LD IY,COUNT2            ;2nd TRACK COUNTER MEMORY
STEND2:     IN A,(CPORT)
            BIT 5,A                 ;1st RISING EDGE SENCE
            JR NZ,LOGT2
;
            BIT 0,A                 ;NO RISING EDGE PRESENT THEN
            JR NZ,STEND2            ;FEED TICKET BACK
            JP FDOUT
;
LOGT2:      SET 0,(HL)              ;NOTIFIED LOGIC IN MEMORY
RDEND2:     LD A,(HL)
            BIT 0,A
            JR Z,HEDG2
;
            LD DE,(ALCT2)           ;INCREASE 2nd TRACK COUNTER
            INC DE                  ;IN MEMORY
            LD (ALCT2),DE
            IN A,(CPORT)
            BIT 5,A                 ;FALLING EDGE SENCE
            JR NZ,COM2
            INC HL
            RES 0,(HL)
            JR LEDG2
;
HEDG2:      LD DE,(ALCT2)
            INC DE
            LD (ALCT2),DE
            IN A,(CPORT)
            BIT 5,A
            JR Z,COM2               ;RISING EDGE SENCE
            INC HL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SET 0,(HL)
;
LEDG2:          CALL SAVT2              ;COLLECT 2nd TRACK COUNTER
 COM2:          IN A,(CPORT)            ;IN MEMORY
                BIT 0,A
                JR NZ,RDEND2
                CALL DELAY2
;
                XOR A                   ;CLEAR CARRY FLAG &
                LD (AELT2),HL           ;PUT THE END OF LOGIC MEM.
                LD BC,(AELT1)
                SBC HL,BC
                JR NC,SUB1
                LD HL,(AELT1)
                JR SUB2
SUB1:           LD HL,(AELT2)
SUB2:           INC HL
                LD (HL),0FFH
                LD A,40H
                OUT (BPORT),A
;
;       *************** DATA CREATION ***************
;
                LD DE,LOGMEM            ;1st TRACK DATA CREATION
                LD IX,COUNT1
                CALL START
                LD (FSBA1),IX
                LD HL,DTBY1
                CALL DATCH
;
                LD DE,LOGMEM            ;2nd TRACK DATA CREATION
                LD IX,COUNT2
                CALL START
                LD (FSBA2),IX
                LD HL,DTBY5
                CALL DATCH
                NOP
                NOP
                NOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;
                LD C,APORT              ;CHECK OUT ACTION
                IN B,(C)                ;COMPAIR DIP-SW.DATA AND
                IN A,(CPORT)            ;MAGNATIC CARD DATA
                BIT 2,A                 ;IF CORRECTIVE RESULT
                JR NZ,DIST              ;THEN OPEN EXIT-GATE
                LD A,(DTBY2)            ;FOR A MINUTE
                CP B
                JP NZ,FDOUT
                LD A,71H
                OUT (BPORT),A
                CALL DELAY4
                LD A,31H
                OUT (BPORT),A
                CALL DELAY3
                JR MSTOP
;
DIST:           LD A,(DTBY1)            ;CHECK IN ACTION
                CP B                    ;COPAIR DIP-SW.DATA AND
                JP NZ,FDOUT             ;MAGNATIC CARD DATA
                LD A,41H                ;IF CORRECTIVE RESULT
                OUT (BPORT),A           ;CONTINUE FEED FORWARD
                CALL DELAY1
;
CDEXT:          IN A,(CPORT)
                BIT 1,A
                JR Z,CDEXT
                LD A,71H
                OUT (BPORT),A           ;ACTIVATE SOUND ALARM
                CALL DELAY1
;
CREXT:          IN A,(CPORT)
                BIT 1,A
                JR NZ,CREXT
MSTOP:          LD A,00
                OUT (BPORT),A           ;OFF MOTER/SOUND ALARM
                JP ORIGIN
;               END OF MAIN PROGRAM
;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;
; ************************* SUB RUTINE ****************************
;
;    ***************** START BIT RUTINE SUB ******************
;
START:      LD HL,BITSA          ;CHECK START BIT 4 BITS.
ST1:        CALL ZERO            ;NONE COUNT.VALUE CHECK
            XOR A
            CALL COM50I          ;COMPAIR COUNT > 50H
            JR NC,ST2
            CALL FFCHK
            CALL INCIX
            JR ST1
;
ST2:        CALL FFCHK
            CALL COMP10          ;COMPAIR COUNT > 10H
            JR C,ST3
            CALL INCIX
            JR ST1
;
ST3:        LD A,(DE)
            CP 11H
            JR Z,ST4
            CALL INCIX
            JR ST1
;
ST4:        XOR A
ST5:        SET 0,(HL)
            CALL COMP50
            JR NC,ST6
            CALL INCIX
            RES 0,(HL)
            JR ST1
;
ST6:        CALL COMP10
            JR C,ST7
            CALL INCIX
            RES 0,(HL)
            JR ST1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;
ST7:        INC A
            CP 07H
            JR NZ,ST5
            RET
;
;   ***************** DATA ASSOCIATION SUB *********************
DATCH:      LD B,04H
DAT1:       PUSH BC
            CALL CHECKO             ;BIT 7 CHECKING
            LD A,(BITSA)
            BIT 0,A
            CALL NZ,CHECK1
            BIT 4,A
            JR NZ,DAT2
            INC HL
            RES 7,(HL)
            DEC HL
            JR DAT3
DAT2:       INC HL
            SET 7,(HL)
            DEC HL
DAT3:       BIT 7,A
            JR NZ,DAT4
            RES 7,(HL)
            JR DAT5
DAT4:       SET 7,(HL)
;
DAT5:       CALL CHECKO
            LD A,(BITSA)
            BIT 0,A                 ;BIT 6 CHECKING
            CALL NZ,CHECK1
            BIT 4,A
            JR NZ,DAT6
            INC HL
            RES 6,(HL)
            DEC HL
            JR DAT7
DAT6:       INC HL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DEC HL
DAT15:          BIT 7,A
                JR NZ,DAT16
                RES 4,(HL)
                JR DAT17
DAT16:          SET 4,(HL)
;
DAT17:          CALL CHECK0
                LD A,(BITSA)
                BIT 0,A                 ;BIT 3 CHECKING
                CALL NZ,CHECK1
                BIT 4,A
                JR NZ,DAT18
                INC HL
                RES 3,(HL)
                DEC HL
                JR DAT19
DAT18:          INC HL
                SET 3,(HL)
                DEC HL
DAT19:          BIT 7,A
                JR NZ,DAT20
                RES 3,(HL)
                JR DAT21
DAT20:          SET 3,(HL)
;
DAT21:          CALL CHECK0
                LD A,(BITSA)
                BIT 0,A                 ;BIT 2 CHECKING
                CALL NZ,CHECK1
                BIT 4,A
                JR NZ,DAT22
                INC HL
                RES 2,(HL)
                DEC HL
                JR DAT23
DAT22:          INC HL
                SET 2,(HL)
                DEC HL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DAT23:      BIT 7,A
            JR NZ,DAT24
            RES 2,(HL)
            JR DAT25
DAT24:      SET 2,(HL)
;
DAT25:      CALL CHECK0
            LD A,(BITSA)
            BIT 0,A                 ;BIT 1 CHECKING
            CALL NZ,CHECK1
            BIT 4,A
            JR NZ,DAT26
            INC HL
            RES 1,(HL)
            DEC HL
            JR DAT27
DAT26:      INC HL
            SET 1,(HL)
            DEC HL
DAT27:      BIT 7,A
            JR NZ,DAT28
            RES 1,(HL)
            JR DAT29
DAT28:      SET 1,(HL)
;
DAT29:      CALL CHECK0
            LD A,(BITSA)
            BIT 0,A                 ;BIT 0 CHECKING
            CALL NZ,CHECK1
            BIT 4,A
            JR NZ,DAT30
            INC HL
            RES 0,(HL)
            DEC HL
            JR DAT31
DAT30:      INC HL
            SET 0,(HL)
            DEC HL
DAT31:      BIT 7,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JR NZ,DAT32
                RES 0,(HL)
                JR DAT33
DAT32:          SET 0,(HL)
DAT33:          INC HL
                INC HL
                POP BC
                DEC B
                JP NZ,DAT1
                RET
;
;       ****************  LOGIC "0" CHECKING SUB  ***************
;
CHECK0:         PUSH HL                 ;THIS SUB USE FOR CHECKING
                LD HL,BITSA             ;"0" LOGIC FROM COUNTING
                CALL COMP50             ;VALUE IN MEMMORY
                JR NC,CHK2              ;50 <COUNT> 85="0"
                CALL COMP85
                JR C,CHK1
                RES 7,(HL)
                RES 4,(HL)
                RES 0,(HL)
                POP HL
                RET
CHK1:           RES 7,(HL)
                SET 4,(HL)
                RES 0,(HL)
                POP HL
                RET
CHK2:           CALL COMP10
                JR NC,CHK3
                RES 7,(HL)
                RES 4,(HL)
                SET 0,(HL)
                POP HL
                RET
CHK3:           RES 7,(HL)
                SET 4,(HL)
                RES 0,(HL)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                POP HL
                RET
;
;       ***************  LOGIC "1" CHECKING  *****************
;
CHECK1:         PUSH HL                 ;THIS SUB USE FOR CHECKING
                LD HL,BITSA             ;"1" LOGIC  FROM COUNTING
                CALL COMP50             ;VALUE IN MEMORY
                JR NC,CHE1              ;10 <COUNT> 50 ="1"
                SET 7,(HL)
                SET 4,(HL)
                RES 0,(HL)
                LD A,(HL)
                POP HL
                RET
CHE1:           CALL COMP10
                JR NC,CHE2
                SET 7,(HL)
                RES 4,(HL)
                RES 0,(HL)
                LD A,(HL)
                POP HL
                RET
CHE2:           SET 7,(HL)
                SET 4,(HL)
                RES 0,(HL)
                LD A,(HL)
                POP HL
                RET
;
INCIX:          INC IX
                INC IX
                INC DE
                RET
;
COMP50:         PUSH HL
                INC IX
                INC IX
                INC DE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LD C,(IX+0)
                LD B,(IX+1)
                LD HL,0050H
                SBC HL,BC
                POP HL
                RET
;
COMP10:         PUSH HL
                LD C,(IX+0)
                LD B,(IX+1)
                LD HL,0010H
                SBC HL,BC
                POP HL
                RET
;
FFCHK:          PUSH AF
                LD A,(DE)
                CP 0FFH
                JR Z,FDOUT
                POP AF
                RET
;
FDOUT:          LD A,43H
                OUT (BPORT),A
                CALL DELAY1
FCH1:           IN A,(CPORT)
                BIT 3,A
                JR NZ,FCH1
                CALL DELAY4
                LD A,10H
                OUT (BPORT),A
                CALL DELAY1
FCH2:           IN A,(CPORT)
                BIT 3,A
                JR Z,FCH2
                LD A,00
                OUT (BPORT),A
                JP ORIGIN
;
```

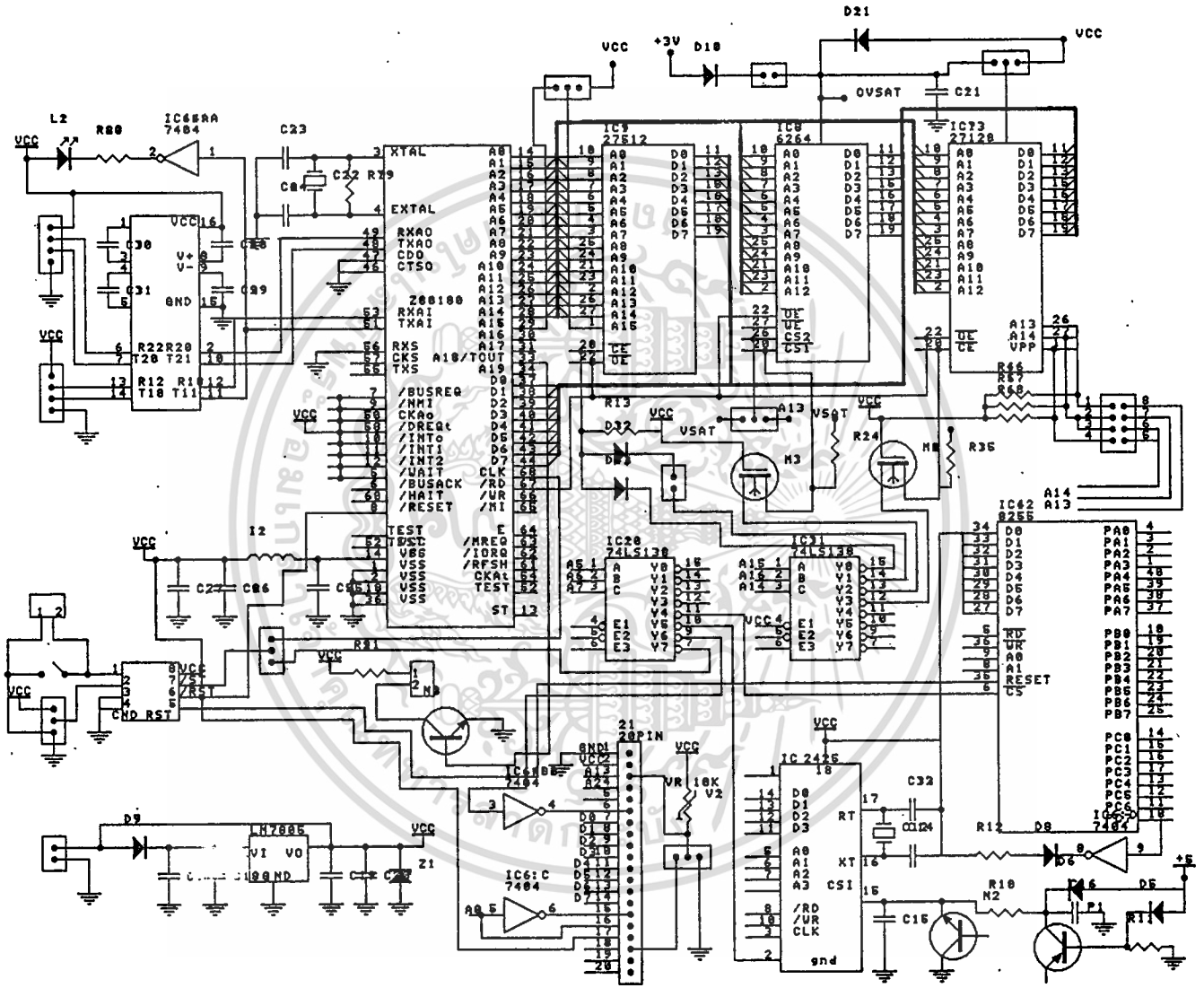
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ZERO:       LD C,(IX+0)
            LD B,(IX+1)
            LD A,C
            OR B
            RET NZ
            JR FDOUT
;
COMP85:     PUSH HL
            LD C,(IX+0)
            LD B,(IX+1)
            LD HL,0085H
            SBC HL,BC
            POP HL
            RET
;
COM50I:     PUSH HL
            LD C,(IX+0)
            LD B,(IX+1)
            LD HL,0050H
            SBC HL,BC
            POP HL
            RET
;
SAVT1:      LD (IX+0),C          ;KEEP T1 COUNT.IN MEMORY
            LD (IX+1),B
            INC IX
            INC IX
            LD BC,0000
            LD (ALCT1),BC
            RET
;
SAVT2:      LD (IY+0),E          ;KEEP T2 COUNT.IN MEMORY
            LD (IY+1),D
            INC IY
            INC IY
            LD DE,0000
            LD (ALCT2),DE
            RET
;
```

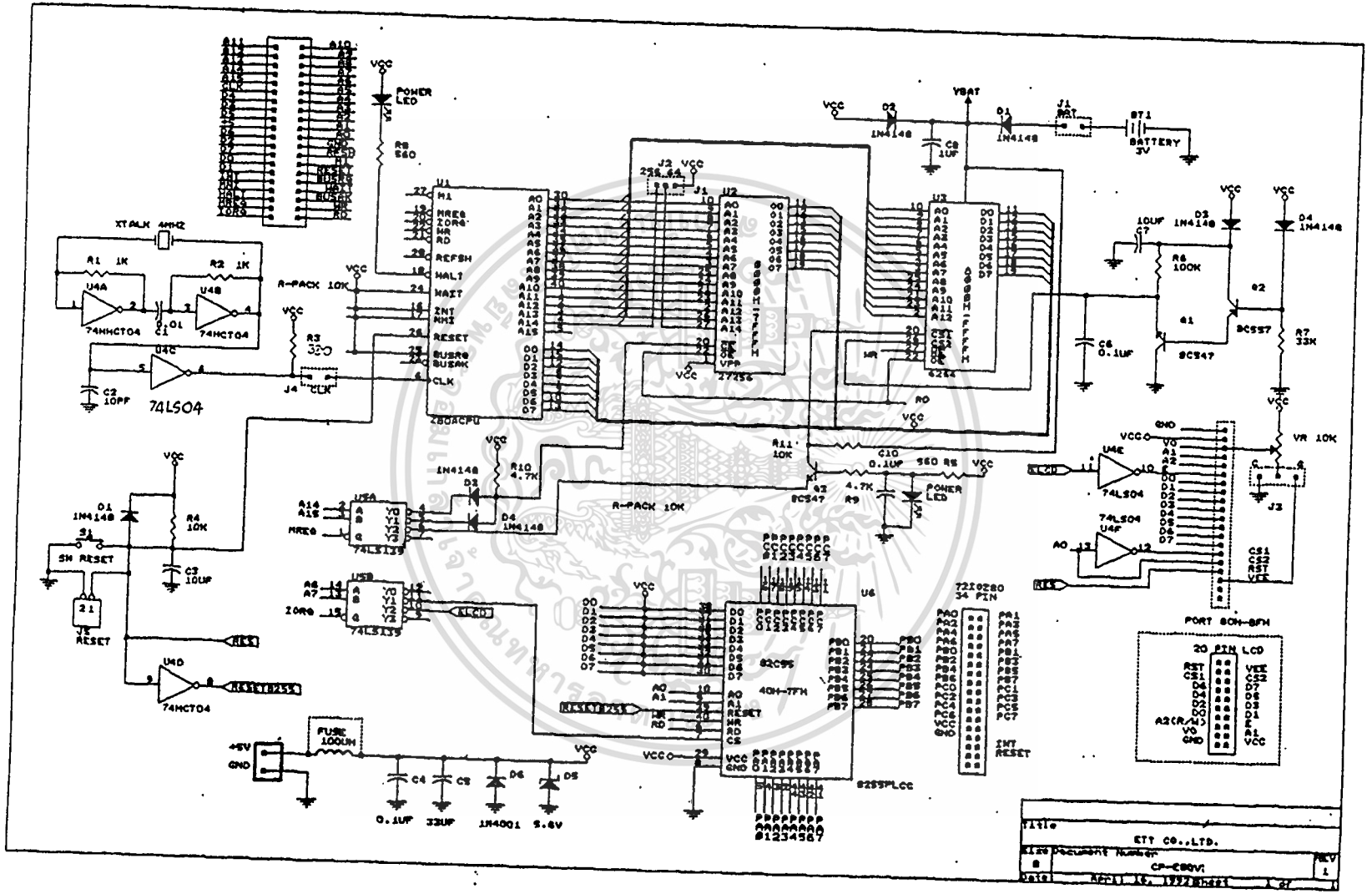
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DELAY:      LD BC,0FFFFH
DAY:        DEC BC
            LD A,C
            OR B
            JR NZ,DAY
            RET
;
DELAY1:     LD BC,6000H
DAY1:       DEC BC
            LD A,C
            OR B
            JR NZ,DAY1
            RET
;
DELAY2:     LD D,01H
DAY2:       CALL DELAY1
            DEC D
            JR NZ,DAY2
            RET
;
DELAY3:     LD D,10H
DAY3:       CALL DELAY
            DEC D
            JR NZ,DAY3
            RET
;
DELAY4:     LD D,04H
DAY4:       CALL DELAY1
            DEC D
            JR NZ,DAY4
            RET
            END
;*******************************************************************************
```

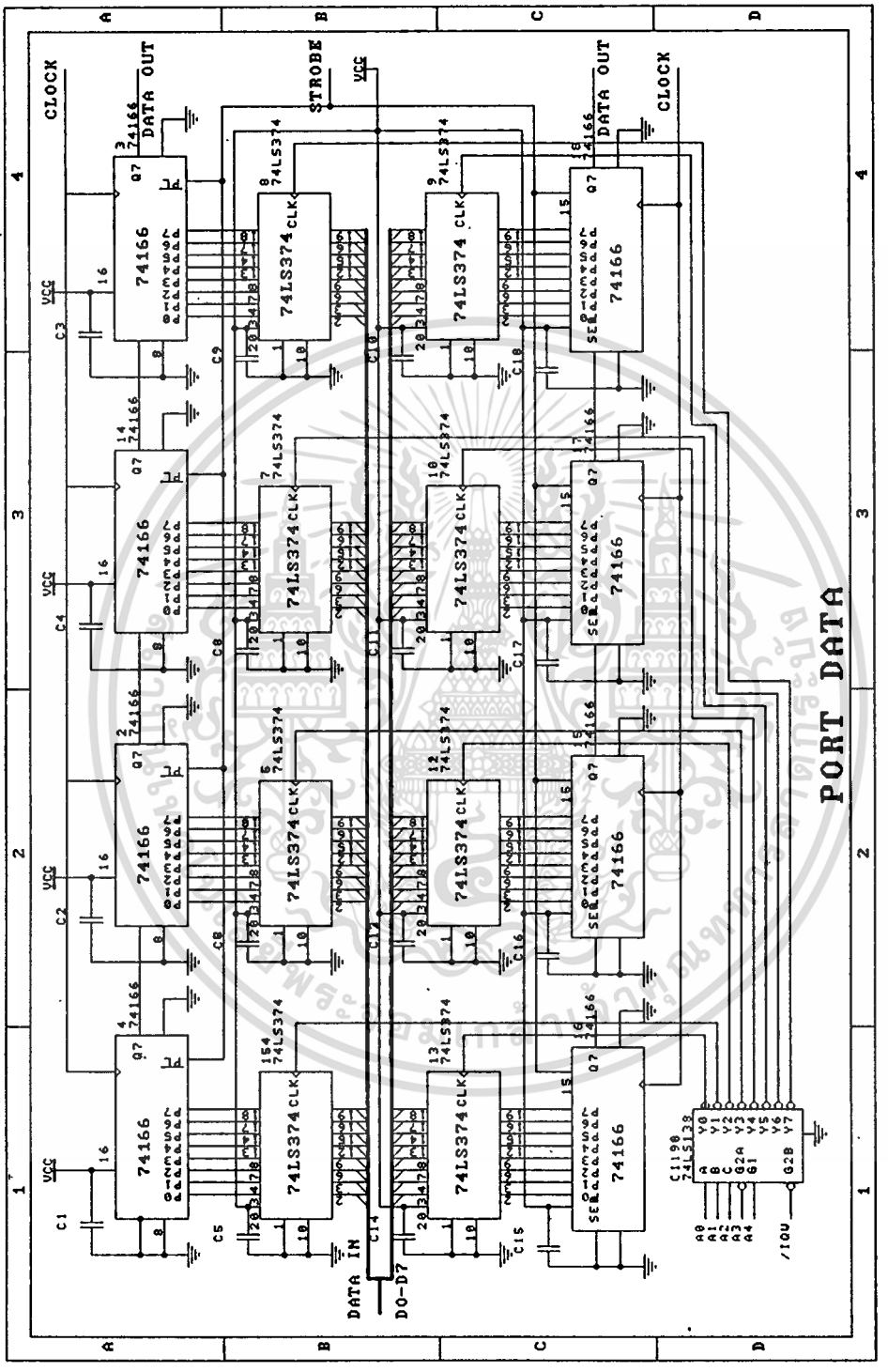
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



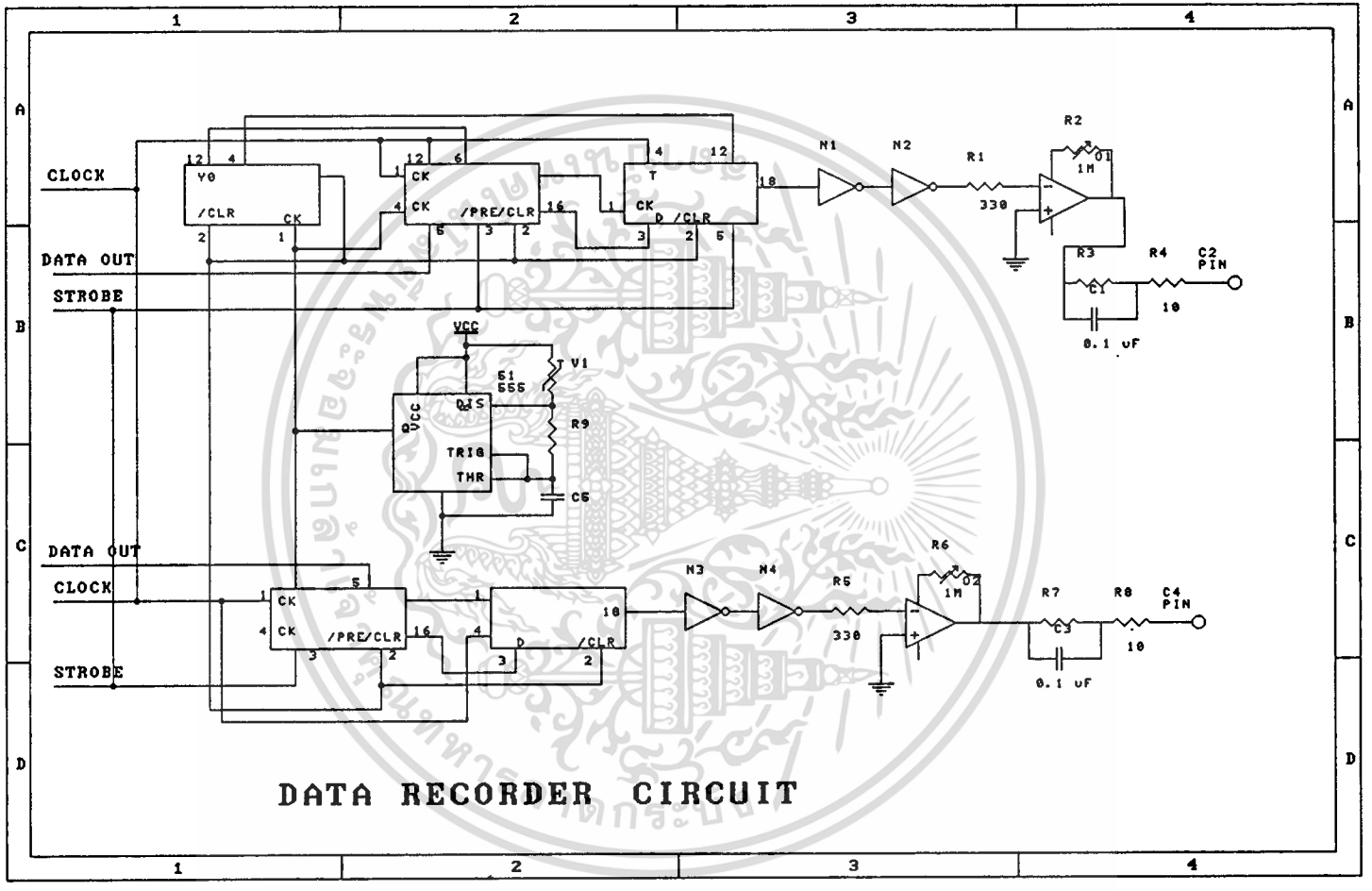
BOARD CONTROL

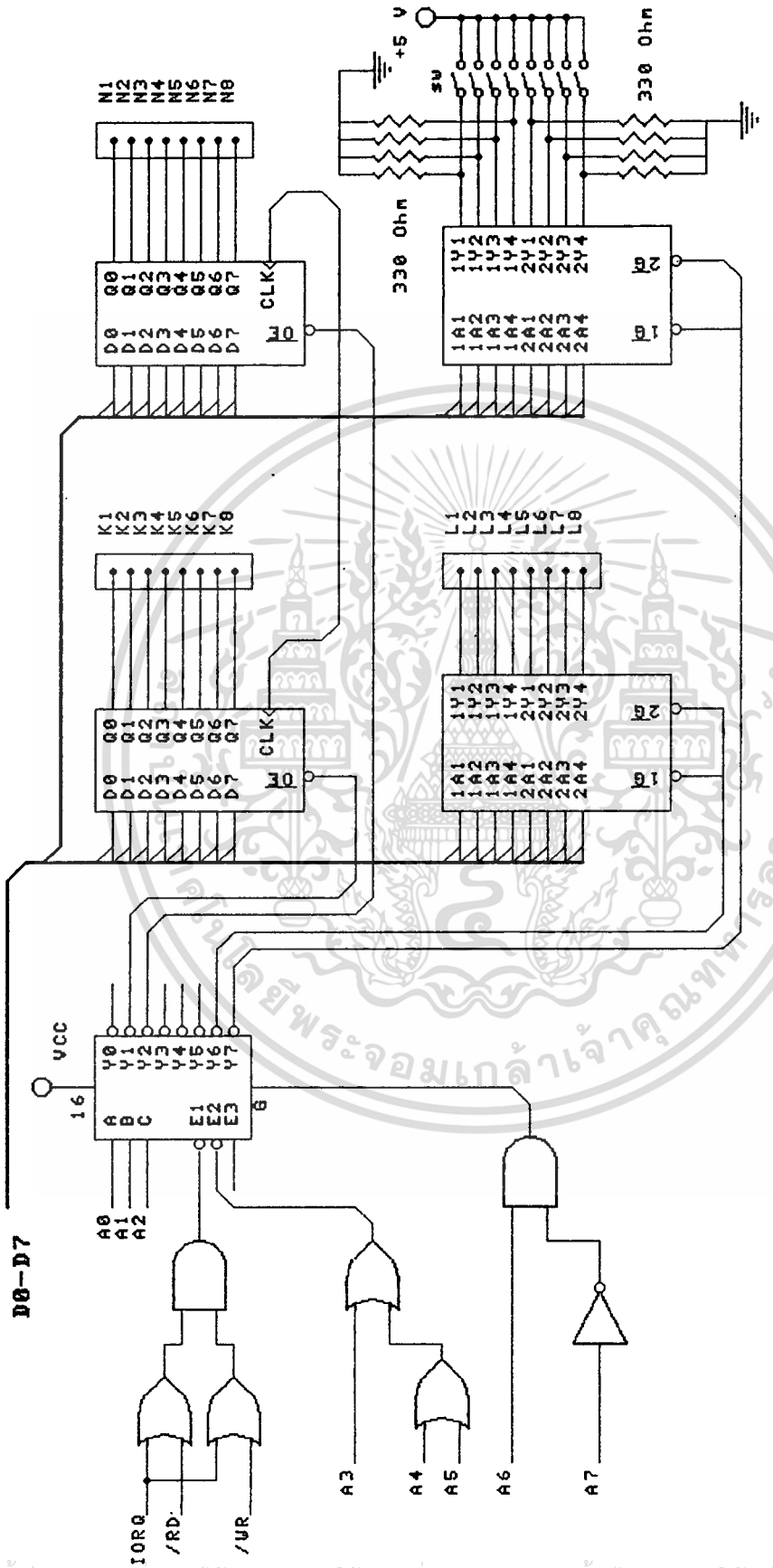


Title	ETT CO.,LTD.	
Size A	Document Number CP-C80V1	REV 1
Date: April 15, 1992	Sheet 1 of 1	

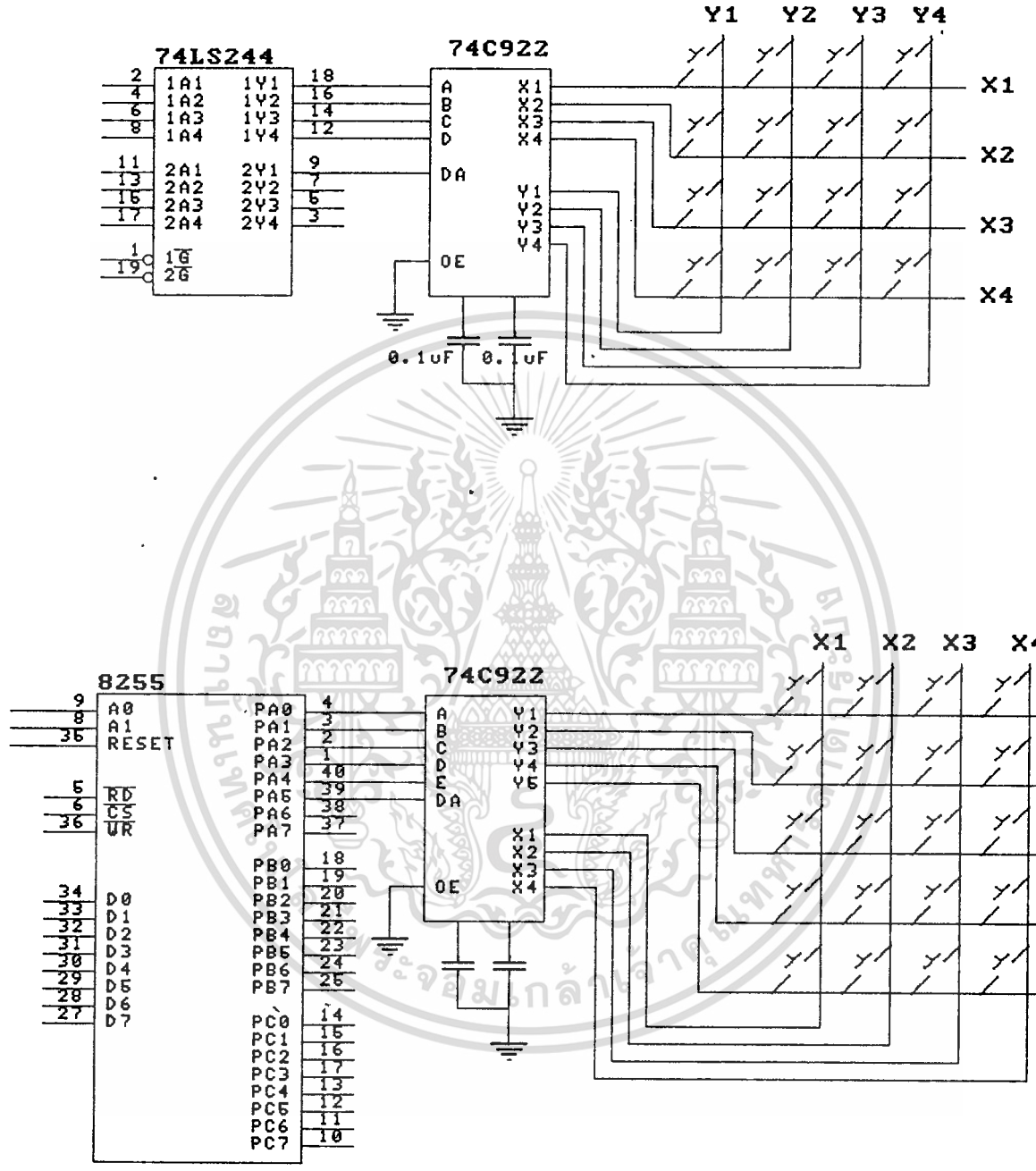


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


CLOCK
DATA OUT
STROBE
DATA OUT
CLOCK
STROBE
VCC
555
TRIG
THR
R9
C6
N1
N2
R1
330
R2
1M
R3
C1
R4
10
C2
PIN
0.1 uF
N3
N4
R5
330
R6
1M
R7
C3
R8
10
C4
PIN
0.1 uF
DATA RECORDER CIRCUIT

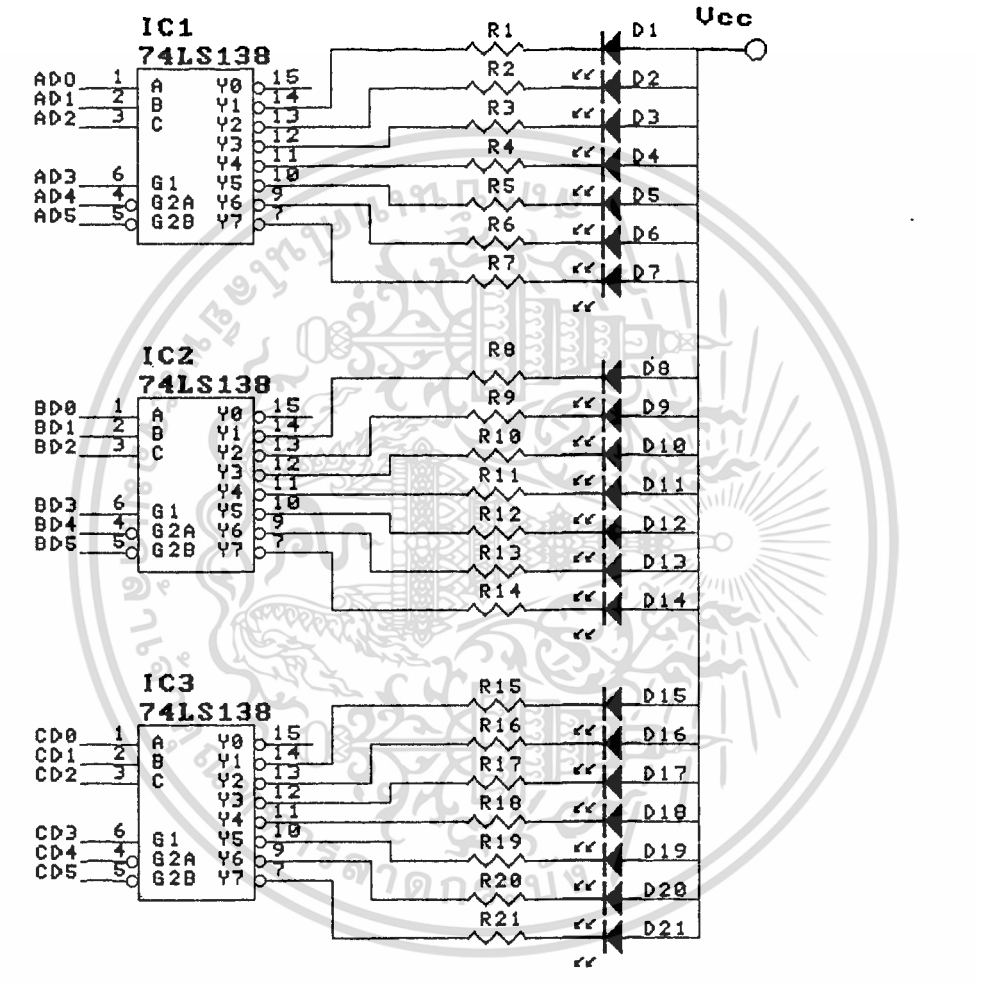


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

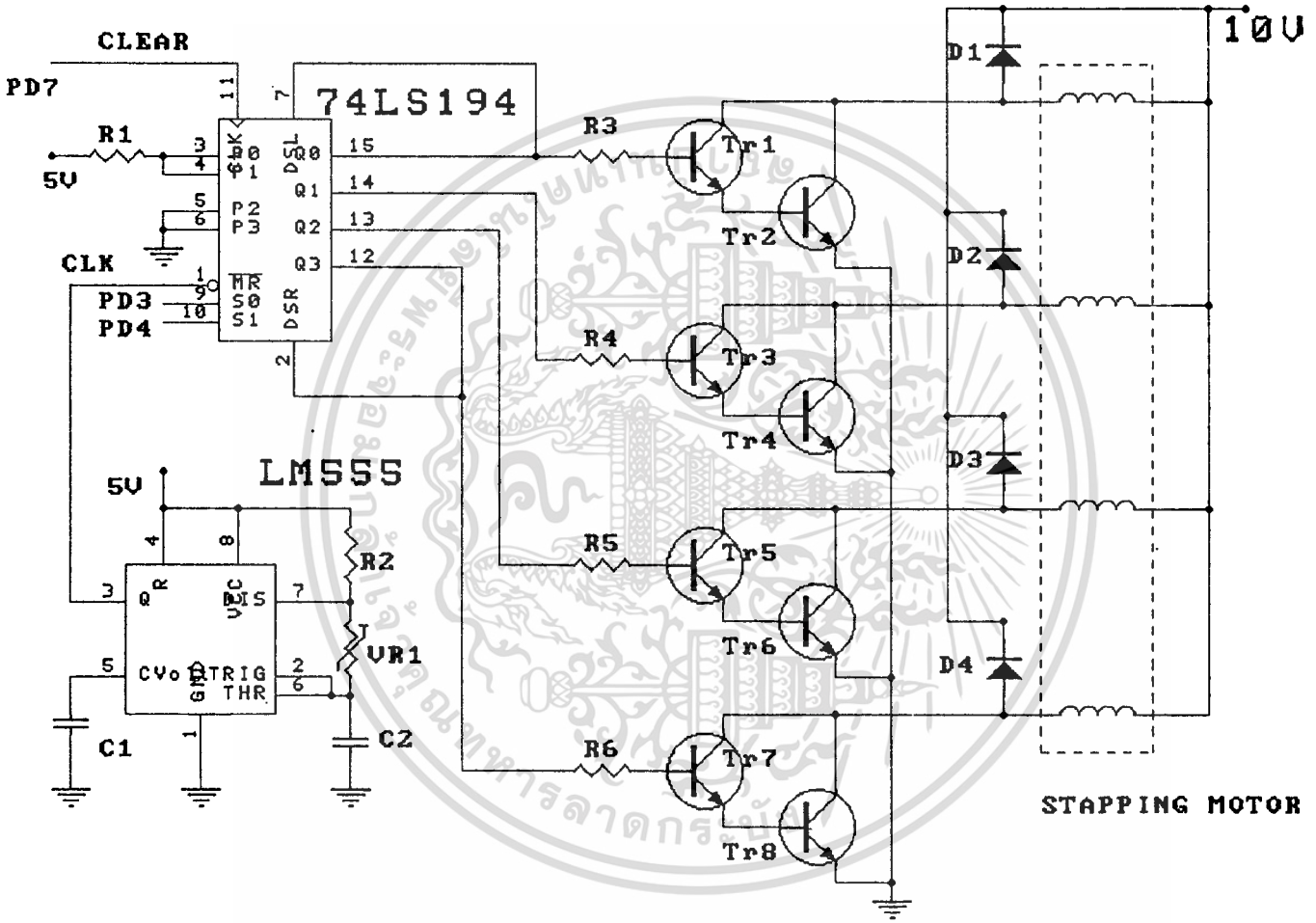


KEYBOARD CIRCUIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

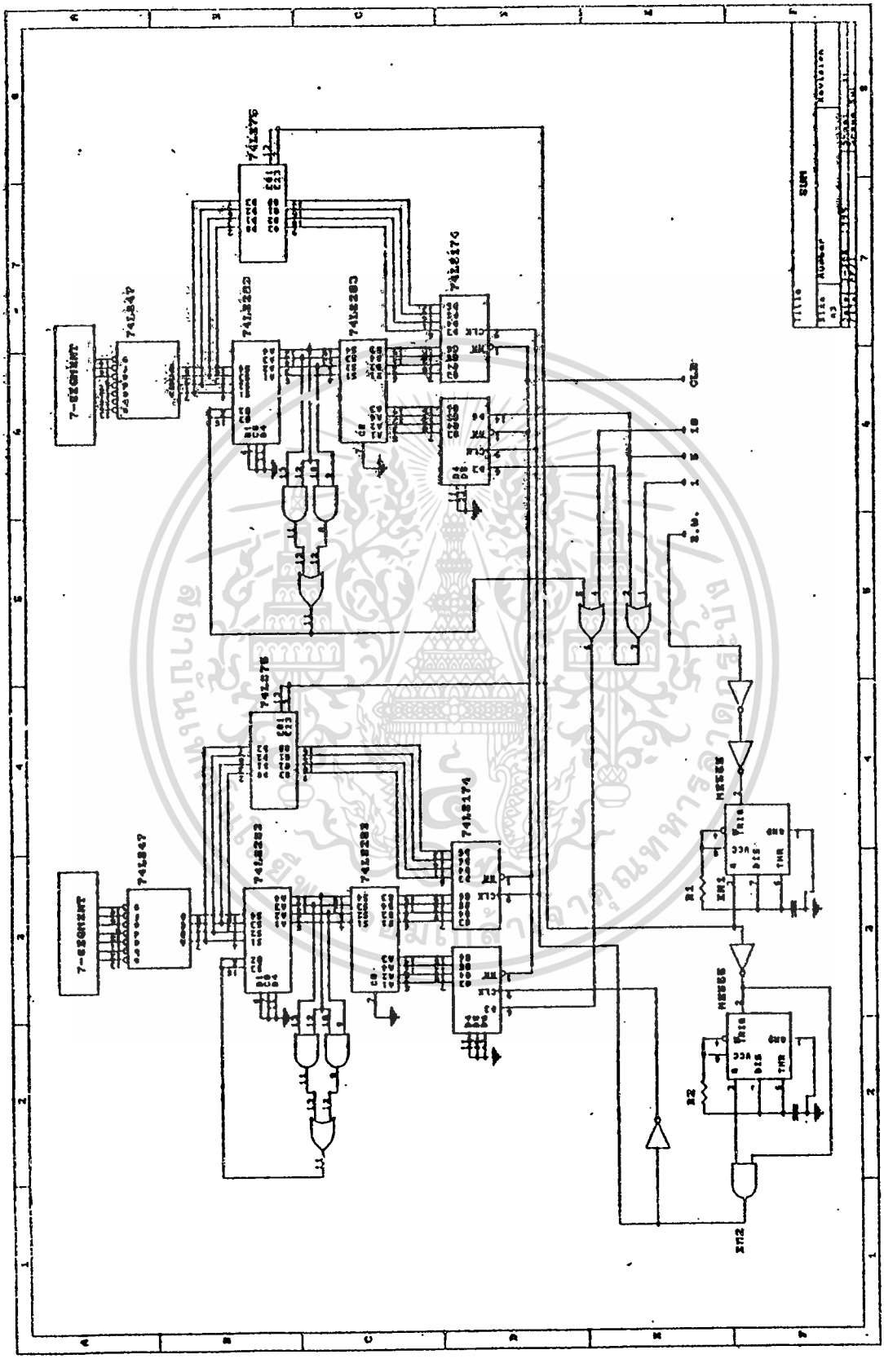


LED PISPLAY CIRCUIT

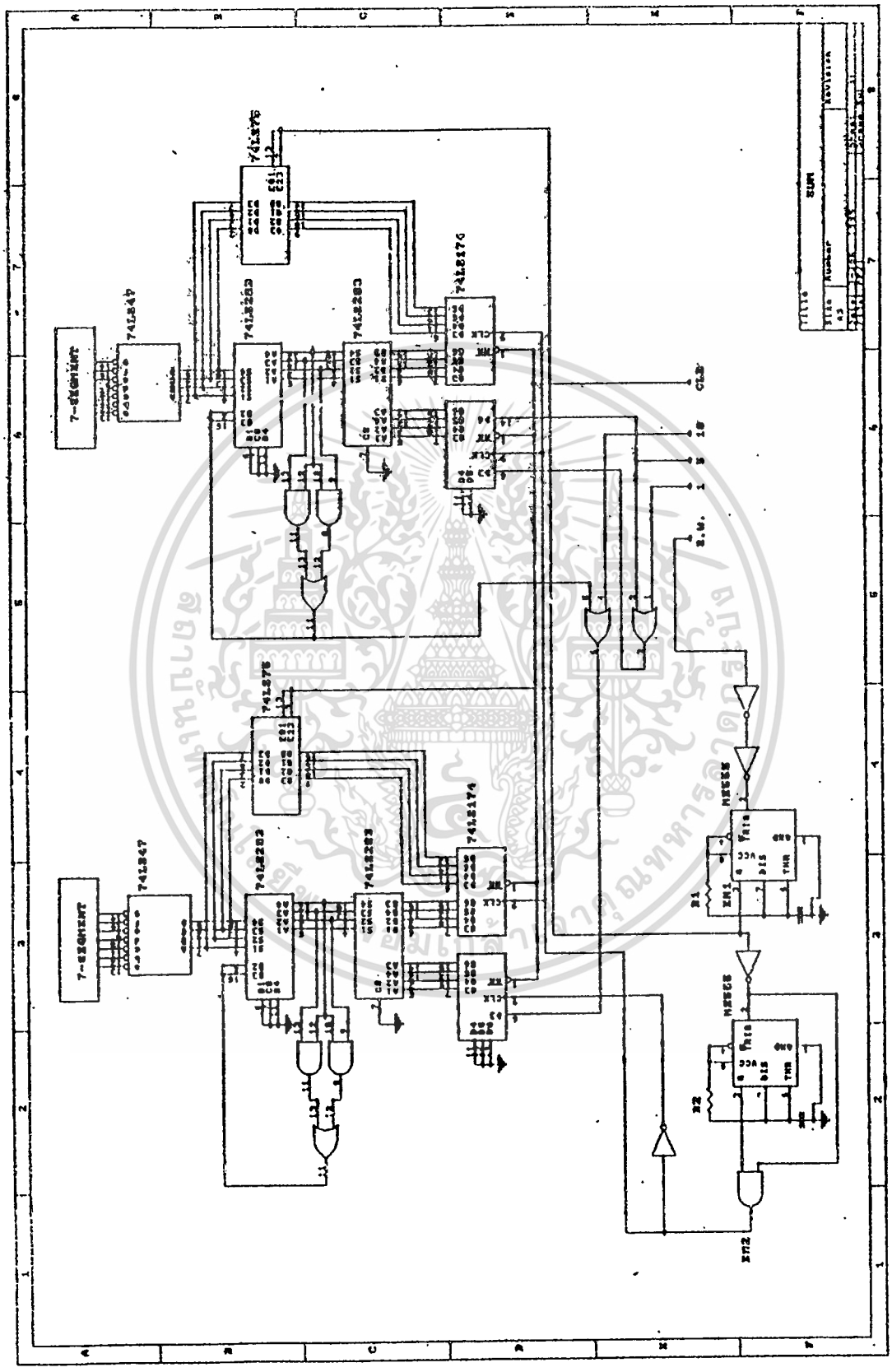


CONTROL STAPPING MOTOR

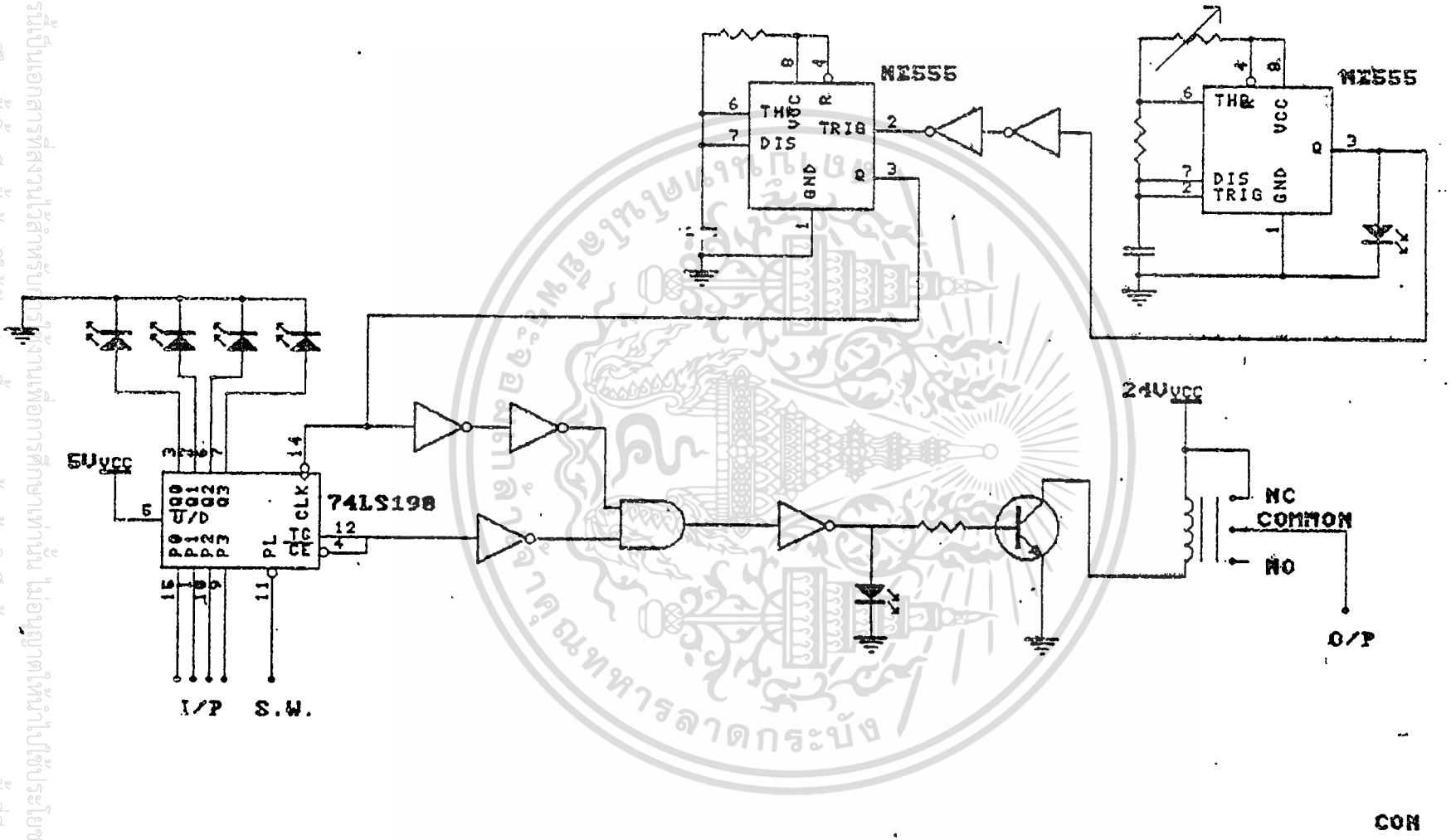
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

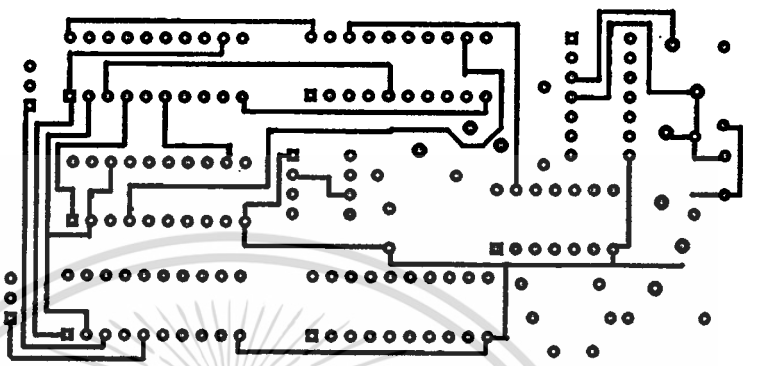


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

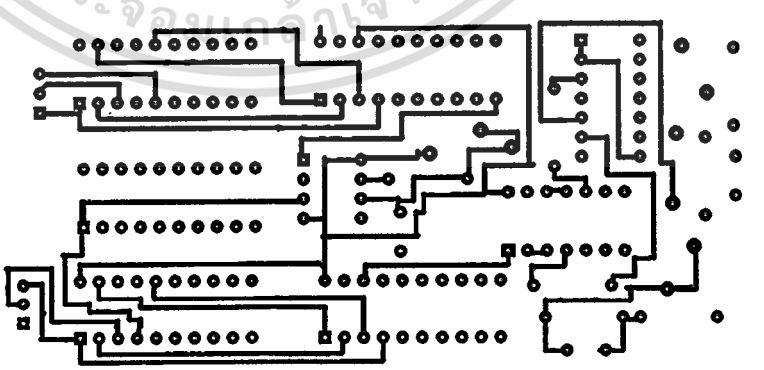


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


NE555
NE555
THR
TRIG
DIS
GND
VCC
Q
5Vvcc
24Vvcc
74LS198
I/P S.W.
NC
COMMON
NO
O/P
CON

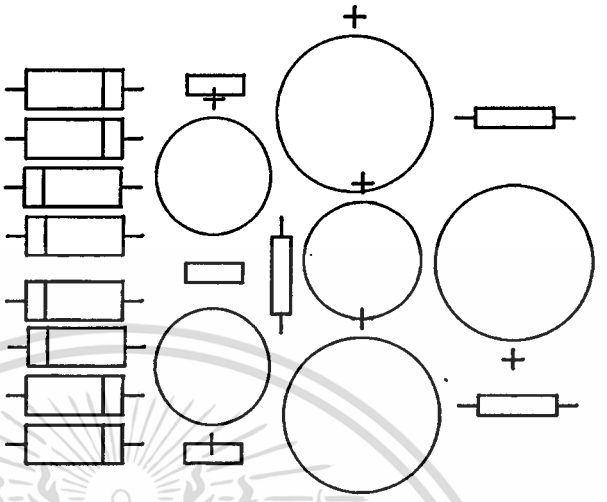


รูปแสดงลายปริ้นวงจรเข้ารหัสข้อมูลด้านบน



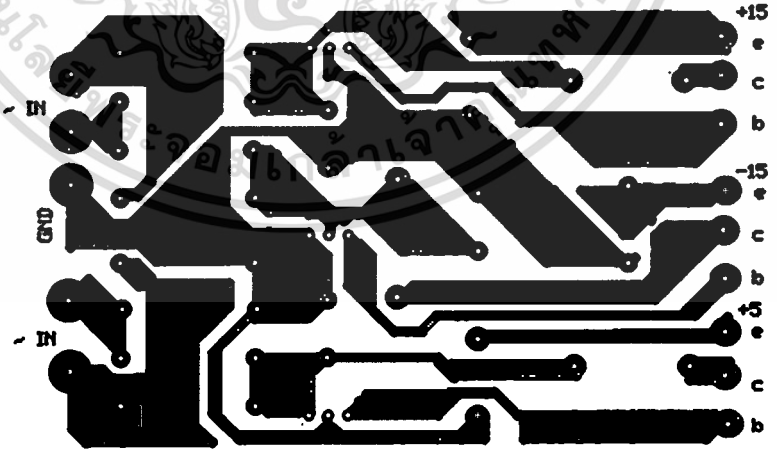
รูปแสดงลายปริ้นวงจรเข้ารหัสข้อมูลด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



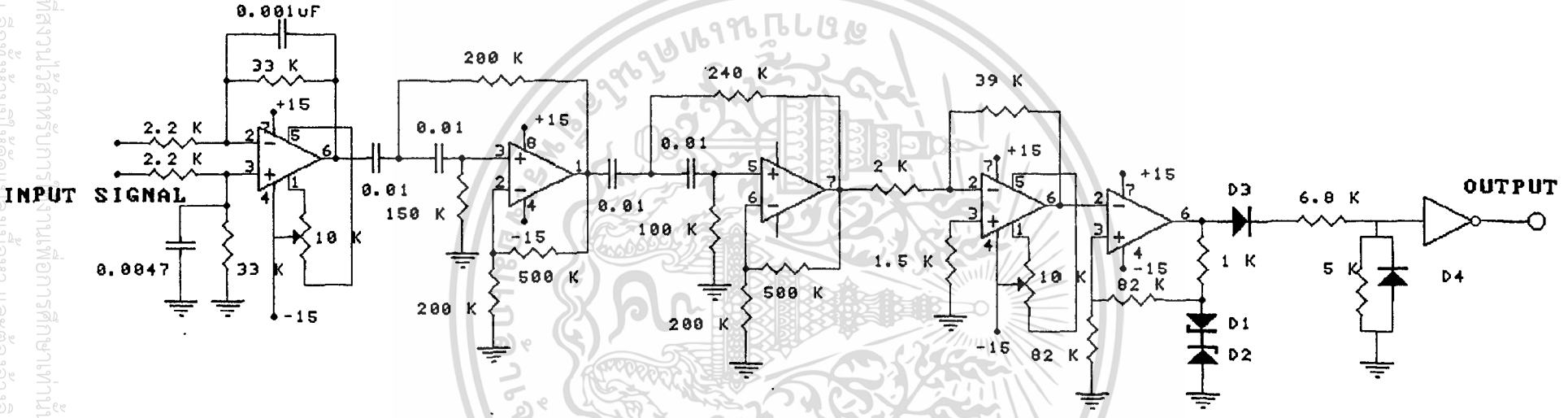
POWER Top Overlay

รูปแสดงลายปริ้นวงจร POWER SUPPY



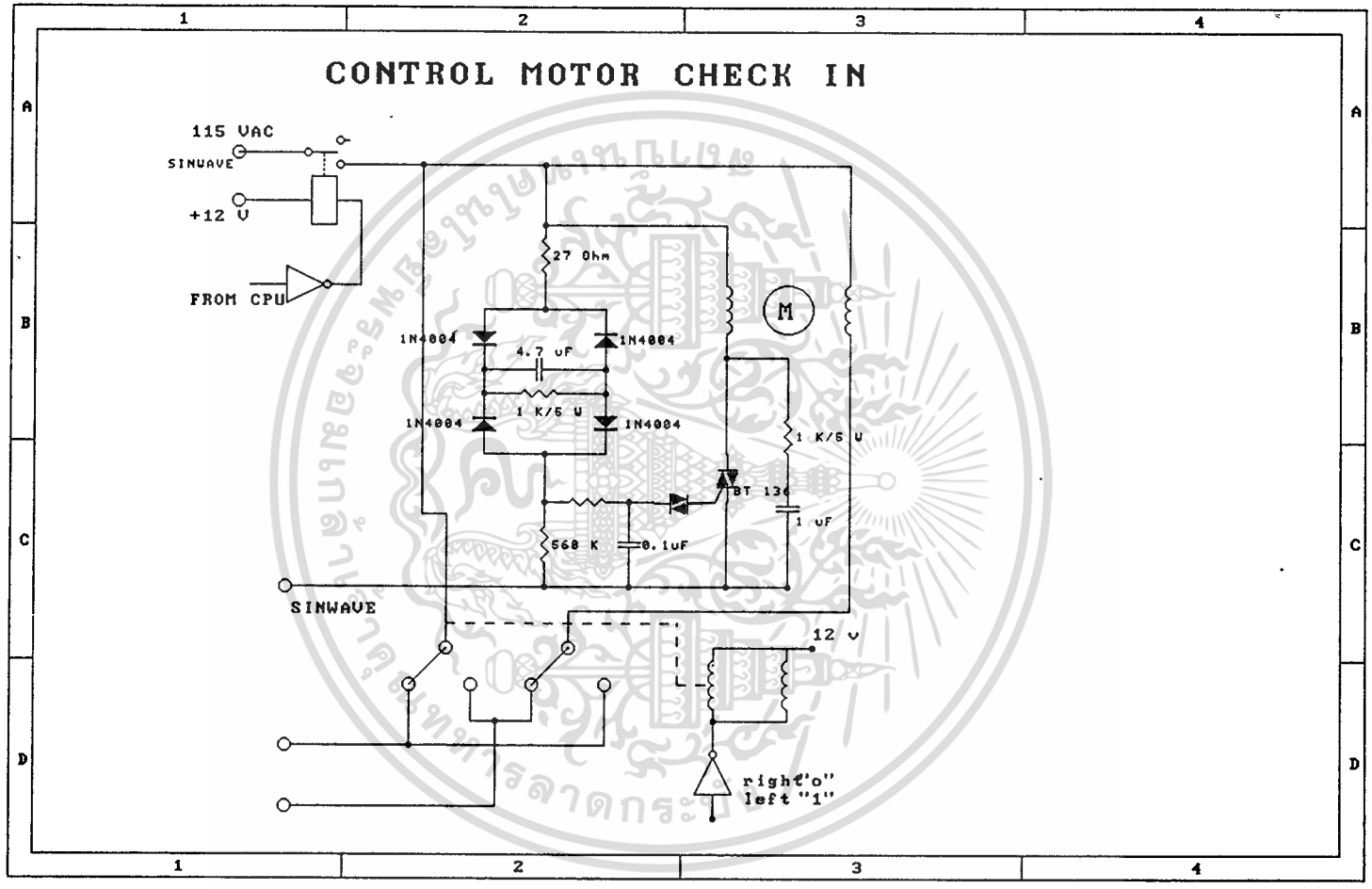
POWER Bottom Layer

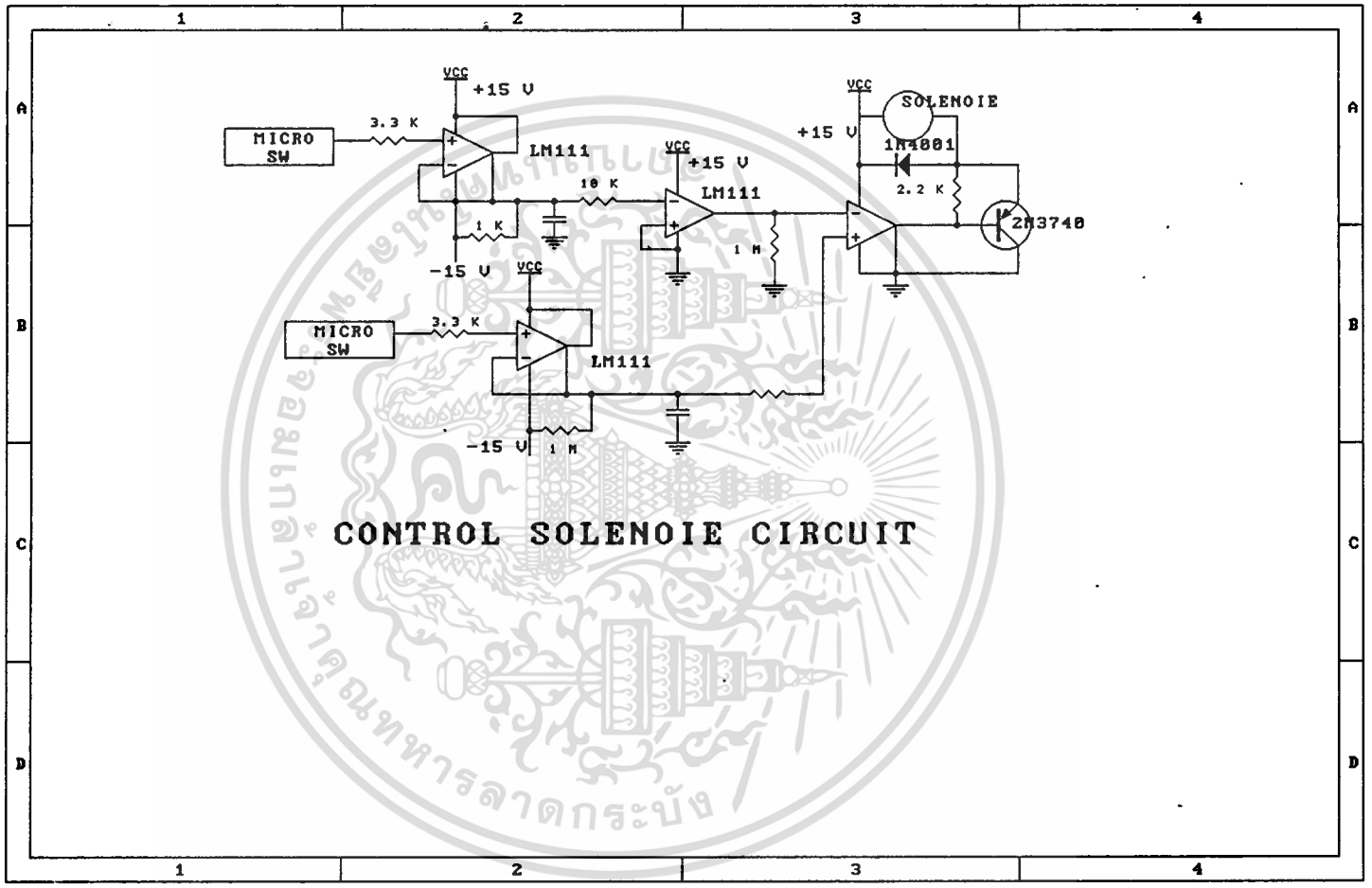
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



DATA RECEIVER CIRCIT

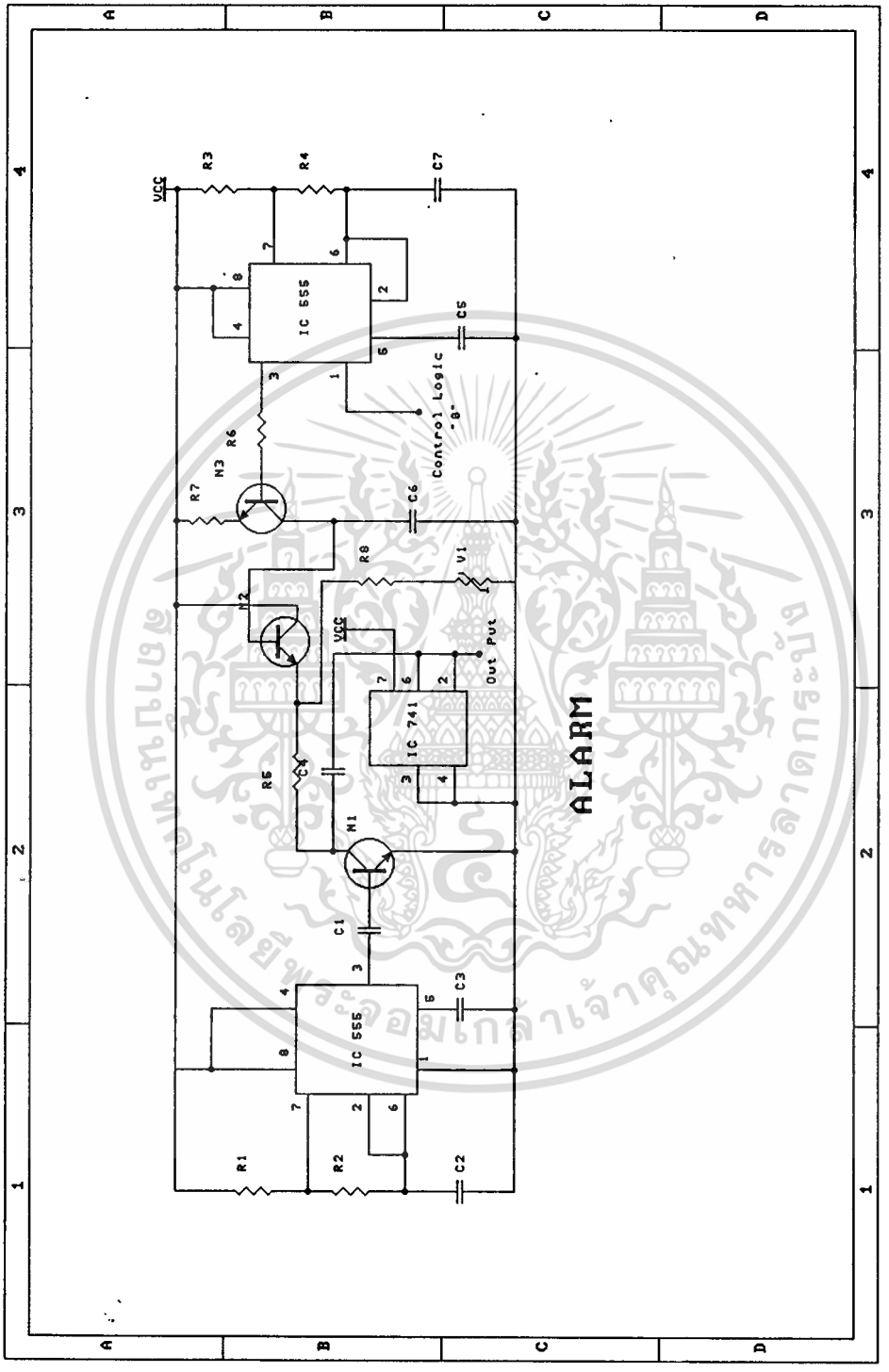
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


CONTROL MOTOR CHECK IN
115 VAC
SINUAVE
+12 V
FROM CPU
27 Ohm
M
1N4004
4.7 uF
1N4004
1 K/5 W
1N4004
1N4004
1 K/5 W
BT 136
1 uF
568 K
0.1uF
SINWAVE
12 v
right "0"
left "1"

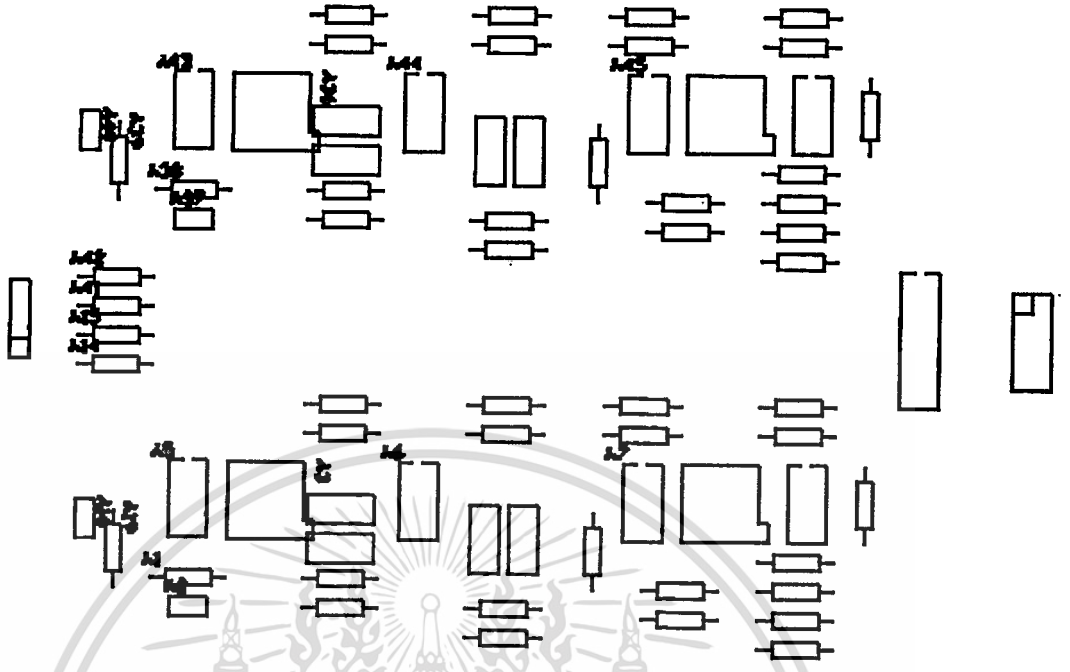


CONTROL SOLENOIE CIRCUIT

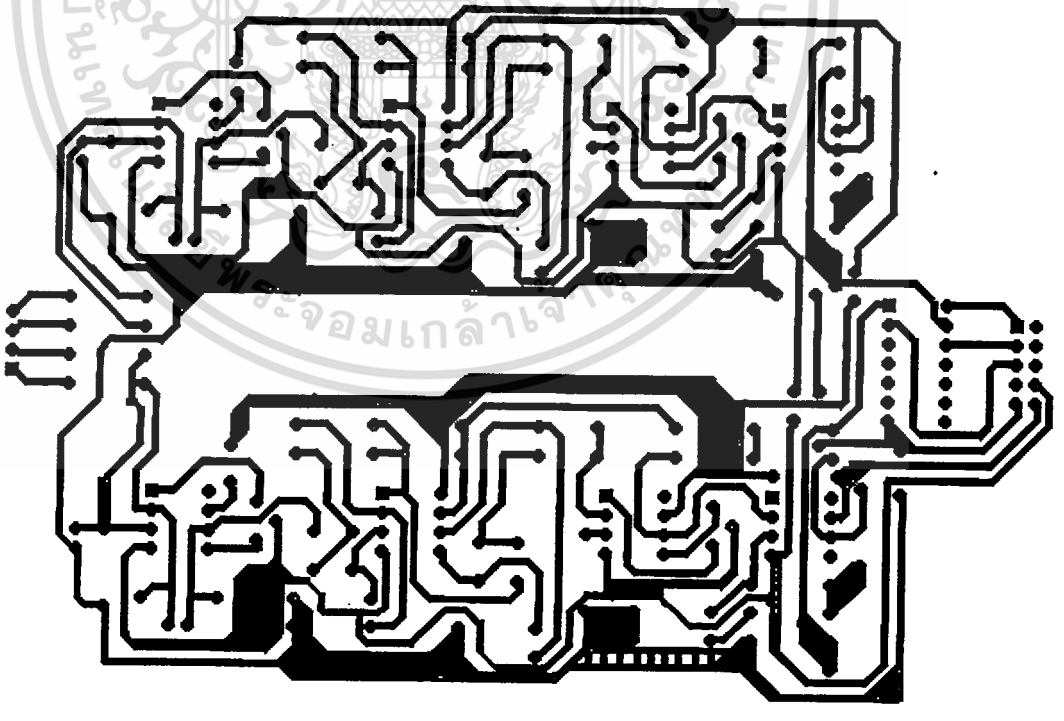
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



DATAREV.PCB Top Overlay



DATAREV.PCB Bottom Layer

รูปแสดงลายปริ้นวงจรรับข้อมูลจากแถบแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. JOHN WATKINSON

   "The art of Digital Audio 1988,1994"

2. น.ต.ธวัชชัย เลื่อนฉวี

   "ดิจิตอลเทคนิค เล่ม 1,2"

3. PAL Device Data Book Bipolar and CMOS 1990

   1990 Advanced Micro Devices, Inc.

4. General purpose Linear Devices Sata book

   National Semiconductor Corporation

5. คู่มือ/เทียบเบอร์ IC TIL บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้