สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องมือสื่อสารภาษาเบรลล์เพื่อคนตาบอด

นายสุรชัช หะรังษี

นางสาวลินดา อุโฆษอารามิก

นายสิริพงษ์ นาเวียง

ปพ.
ส 847ค
2538

เลขหมู่.........

เลขทะเบียน.........

วัน.เดือน.ปี.........

b12550057

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

An Instrument For Communication Using Braille Language For Blindmen

Mr. Surachat Harungsee

Miss. Linda U-kosaramic

Mr. Siripong Nawaing

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

For the Degree of Bachelor of Science

Department of Applied Physics

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	เครื่องมือสื่อสารภาษาเบรลล์เพื่อคนตาบอด
โดย	นายสุรชัช หะรังษี
	นางสาวลินดา อุโฆษอารามิก
	นายสิริพงษ์ นาเวียง
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. ศิริศักดิ์ เตชะทวีกุล
	อ. สุ่น จ่างประยูร

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

.... หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์
(รศ. สุรพล รักวิจัย)

คณะกรรมการโครงงานพิเศษ

.... ประธานกรรมการ
(ผศ. ศิริศักดิ์ เตชะทวีกุล)

.... กรรมการ
(อ. สุ่น จ่างประยูร)

.... กรรมการ
(ผศ. ดร. วราวุฒิ เถาลัดดา)

.... กรรมการ
(อ. ภารุจ บัณฑิตธาดาวิทย์)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษ	เครื่องมือสื่อสารภาษาเบรลล์เพื่อคนตาบอด
นักศึกษา	นายสุรชัช หะรังษี
	นางสาวลินดา อุโฆษอารามิก
	นายสิริพงษ์ นาเวียง
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. ศิริศักดิ์ เตชะหวีกุล
	อ. สุ่น จ่างประยูร
ระดับการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาฟิสิกส์ประยุกต์
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์
ปีการศึกษา	2538

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของโครงงานพิเศษนี้คือการสร้างเครื่องมือสื่อสารภาษาเบรลล์เพื่อคนตาบอด ซึ่งอุปกรณ์ที่ว่านี้ประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญคือ คีย์บอร์ดป้อนข้อมูล หน่วยแสดงผลและเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ ส่วนควบคุมฮาร์ดแวร์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MSC-51 อันได้แก่ คอนโทรลเลอร์ 8051 การ์ดใช้ควบคุมคีย์บอร์ดภาษเบรลล์และคอนโทรลเลอร์ 8951 การ์ดใช้ควบคุมเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ ส่วนแสดงผลอักษรเบรลล์จะใช้วิธีการเขียนเป็นภาษาแอสแซมบลีก่อน จากนั้นจึงแปลงเป็นรหัสแอสกีแล้วจึงส่งเป็นสัญญาณควบคุมไปยังเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ การทำงานของเครื่องมือสื่อสารภาษาเบรลล์เพื่อคนตาบอดนี้จะแสดงผลเฉพาะอักษรเบรลล์ในภาษาอังกฤษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	An Instrument For Communication Using Braille Language For Blindmen
Name	Mr. Surachat harungsee
	Miss. Linda U-kosaramic
	Mr. Siripong Nawaing
Speaial Project Adviser	Assit. Prof. Sirisak Techatawekul
	Ajarn. Sun Jàngprayun
Department	Applied Physics
Academic Year	1995

ABSTRACT

The purpose of this study was to build an instrument to used in communication using Braille language for blindmen. This instrument consist of three main parts ,namely data keyboard ,display unit and Braillle language printer. In an attempt to make them possible ,the 8051-series microcontroller was employed ,i.e. the 8031 controller card for Braille Language keyboard and the 8951 card for the printer. In the case ,MCS-51 Assembly language was written according to the Braille language rule and then it was converted into ASCII code in order to control the Braille printer . It is found that the system works well in some conditions.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเรื่อง เครื่องมือสื่อสารภาษาเบรลล์เพื่อคนตาบอดนี้ จะไม่สำเร็จเป็นอย่างดีได้ถ้าหากไม่ได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลหลาย ๆ ท่าน ขอขอบคุณ บิดา มารดา ที่เฝ้าอบรมและให้กำลังใจ ในการทำโครงงานให้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. ศิริศักดิ์ เตชะทวีกุล

อาจารย์สุ่น จ่างประยูร

ที่คอยให้คำแนะนำ คำปรึกษาที่มีค่า รวมถึงอุปกรณ์การทำโครงงานซึ่งช่วยให้เครื่องมือสื่อสารภาษาเบรลล์เพื่อคนตาบอดนี้ สำเร็จลงได้

ขอขอบคุณ อาจารย์ธวัชชัย ขาวประเสริฐ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ ศูนย์ซ่อมสร้างเครื่องมือวิทยาศาสตร์ ในการทำโครงงาน

ขอขอบคุณ พี่ๆ และ น้อง ๆ ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ที่คอยให้กำลังใจ และช่วยเหลือในการทำโครงงานมาตลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

เนื่องจากการติดต่อสื่อสารกันระหว่างมนุษย์เป็นเรื่องสำคัญ การสื่อสารกันด้วยภาษา ทั้งภาษาพูดและภาษาเขียนจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ และสำหรับในการสื่อสารระหว่างคนปกติกับคนตาบอด ถึงแม้จะไม่มีอุปสรรคในการสื่อสารกันด้วยภาษาพูด แต่สำหรับภาษาเขียนจะพบว่ามีอุปสรรคในการติดต่อกันมาก ทั้งนี้เนื่องจากภาษาที่ใช้ติดต่อกับคนตาบอดได้มิใช่ภาษาทั่วๆไปที่คนปกติใช้กัน แต่เป็นภาษาพิเศษที่จำต้องมีการเรียนรู้ มีกฎเกณฑ์การใช้ที่ค่อนข้างยุ่งยาก และมีข้อจำกัดในการใช้ ดังนั้นเราจึงพบว่า มีคนปกติน้อยคนนักที่จะรู้จักและใช้ภาษาเบลล์ได้ ทำให้เป็นอุปสรรคต่อคนตาบอดที่จะเข้ามาทำงาน ศึกษา และดำรงชีวิตในสังคมปกติ

โครงงานนี้มีแนวคิดในการจัดทำเครื่องมือต้นแบบเพื่อการสื่อสารภาษาเบลล์ที่สามารถทำการแปลงค่าจากการป้อนค่าภาษาปกติไปเป็นภาษาเบลล์ และจากภาษาเบลล์ให้เป็นภาษาปกติ รวมถึงการสร้างเครื่องพิมพ์ภาษาเบลล์ด้วย

ผู้จัดทำโครงงานหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการสร้างเครื่องมือต้นแบบประเภทนี้จะเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องมือชนิดนี้ และชนิดอื่นๆ เพื่อสร้างโอกาสทางสังคมใหกับคนตาบอดได้

คณะผู้จัดทำโครงงาน
(นายสุรชัช หะรังษี)
(นางสาวลินดา อุโฆษอารามิก)
(นายสิริพงษ์ นาเวียง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความสำคัญ/ที่มาของโครงงาน 1

ประวัติและความเป็นมาของอักษรเบลล์ 1

การเขียนอักษรเบลล์ 2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี 10

2.1 สเตปปิ้งมอเตอร์ 10

2.1.1 นิยามของสเตปปิ้งมอเตอร์ 10

2.1.2 หลักการทำงานของสเตปมอเตอร์ 11

2.1.3 การแบ่งชนิดของสเตปมอเตอร์ 12

2.1.4 ระบบสเตปมอเตอร์ 21

2.1.5 แรงบิด 22

2.1.6 การแกว่งเข้าสู่สภาวะคงตัว 23

2.1.7 การสเตปที่แตกต่างกัน 24

2.1.8 การกระตุ้น 24

2.1.9 การกำจัดสไปค์ 26

2.1.10 การพิจารณาวงจรขับมอเตอร์ 28

2.2 รีเลย์ 31

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 31

2.3.1 ฮาร์ดแวร์ของ MCS-51 31

2.3.2 สัญญาณนาฬิกาของ MCS-51 35

2.3.3 การวางหน่วยความจำ 36

2.3.4 การอินเตอร์รัปต์ 40

2.3.5 ส่วนคอนโทรลและซอฟแวร์ 45

บทที่ 3 การสร้างเครื่องมือสื่อสารภาษาเบลล์เพื่อคนตาบอด 55

3.1 ส่วนประกอบของเครื่องมือ 55

3.1.1 เครื่องพิมพ์อักษรเบลล์ 55

3.1.2 คีย์บอร์ดอักษรเบลล์ 68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการทดสอบเครื่องและข้อเสนอแนะ 77
หนังสืออ้างอิง
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่ 2.1 แสดงถึงสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในลักษณะต่าง ๆ	11
รูปที่ 2.2 แรงดึงดูดทำให้อเมเจอร์อยู่ในตำแหน่งสมดุลย์	11
รูปที่ 2.3 โครงสร้างของสเตปมอเตอร์แบบถาวรสี่เฟส	13
รูปที่ 2.4 สเตปมอเตอร์แบบรีลัคแตนซ์แปรค่าได้	14
รูปที่ 2.5 สเตปมอเตอร์แบบรีลัคแตนซ์แปรค่าได้สามเฟส	17
รูปที่ 2.6 โครงสร้างไฮบริดสเตเตอร์	18
รูปที่ 2.7 วงจรแม่เหล็กของไฮบริดสเตปมอเตอร์	20
รูปที่ 2.8 การพันขดลวดเฟสของสเตเตอร์	21
รูปที่ 2.9 แผนผังแสดงระบบสเตปมอเตอร์	21
รูปที่ 2.10 ผลตอบสนองในการเข้าสู่สภาวะคงตัว	23
รูปที่ 2.11 โค้งแสดงช่วงเวลาการเพิ่มความเร็วและลดความเร็วของมอเตอร์	24
รูปที่ 2.12 แสดงแผนภูมิเวลาของการกระตุ้นแบบเฟสเดียว	25
รูปที่ 2.13 กราฟแสดงผลตอบสนองต่อการกระตุ้นเฟสเดียว	25
รูปที่ 2.14 กราฟแสดงผลตอบสนองต่อการกระตุ้นสองเฟส	26
รูปที่ 2.15 การกำจัดสไปค์	27
รูปที่ 2.16 ตัวอย่างวงจรกำจัดแรงดันสไปค์	28
รูปที่ 2.17 แสดงวงจรสเตปมอเตอร์	29
รูปที่ 2.18 วงจรขับแบบสองสถานะ	30
รูปที่ 2.19 วงจรขับแบบชอปเปอร์	30
รูปที่ 2.20 โครงสร้างภายในของ 8051	32
รูปที่ 2.21 บล็อกไดอะแกรมภายในของ8051	33
รูปที่ 2.22 การต่อคริสตอลและแผนผังของเวลา	35
รูปที่ 2.23 การใช้ 8051 กับ TTL Oscillator	36
รูปที่ 2.24 ขนาดของหน่วยความจำทั้งหมดของ 8031	37
รูปที่ 2.25 โครงสร้างของแรม 8051	37
รูปที่ 2.26 ตำแหน่งแอดเดรส	39
รูปที่ 2.27 กระทำโปรแกรมเมื่อมีการอินเตอร์รัป	40
รูปที่ 2.28 โครงสร้างการอินเตอร์รัปภายในของ 8051	44
รูปที่ 3.1 เครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 ชุดหัวเข็มและมอเตอร์ 56
รูปที่ 3.3 โครงสร้างมอเตอร์แบบไบฟิลาร์ 56
รูปที่ 3.4 ชุดหัวเข็มอักษรเบรลล์ 57
รูปที่ 3.5 การติดหัวเข็มกับโซลินอยด์ 57
รูปที่ 3.6 แกนหมุนชุดหัวเข็ม 58
รูปที่ 3.7 การติดแบริ่งกับแกนหมุน 58
รูปที่ 3.8 โครงสร้าง VR MOTOR 58
รูปที่ 3.9 แกนหมุนกับโรลหมุนกระดาษ 59
รูปที่ 3.10 87C51 59
รูปที่ 3.11 การขับมอเตอร์แบบไบฟิลาร์ 60
รูปที่ 3.12 3718 61
รูปที่ 3.13 การเชื่อมต่อและควบคุม 3718 62
รูปที่ 3.14 การขับ VR MOTOR แบบสี่เฟส 63
รูปที่ 3.15 วงจรขับมอเตอร์ 2 64
รูปที่ 3.16 74LS244 64
รูปที่ 3.17 โซลิดสเตทรีเลย์ 65
รูปที่ 3.18 การควบคุมด้วยวิธี Active High 65
รูปที่ 3.19 การควบคุมด้วยวิธี Active Low 66
รูปที่ 3.20 โครงสร้างของเครื่องพิมพ์ 66
รูปที่ 3.21 คีย์บอร์ดอักษรเบรลล์ 67
รูปที่ 3.22 แสดงตำแหน่งต่าง ๆ บนบอร์ด 69
รูปที่ 3.23 แผนที่หน่วยความจำและอินพุท-เอาท์พุท 71
รูปที่ 3.24 แสดงรายละเอียดของ Connector 72
รูปที่ 3.25 รายละเอียดทางด้านวงจรของบอร์ด 72
รูปที่ 3.26 แสดงวงจรแสกนค่าคีย์บอร์ด 73
รูปที่ 3.27 แสดงวงจรของลำโพง 73
รูปที่ 3.28 ภาพแสดงวงจรขับรีเลย์ 74
รูปที่ 3.29 แสดงวงจรบัฟเฟอร์ 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1 บทนำ

ความสำคัญ/ที่มาของโครงงานพิเศษ

ในปัจจุบันคนตาบอดทั่วไปมีภาษาอ่านและภาษาเขียนที่ติดต่อกันได้อย่างเข้าใจคืออักษร เบลล์ ซึ่งอักษรเบลล์นี้จะมีลักษณะเป็นหกจุดเรียงตัวกัน โดยตัวอักษรเบลล์จะเป็นลักษณะของจุดที่นูนขึ้นมาเพื่อให้คนตาบอดใช้นิ้วสัมผัส ตำแหน่งของจุดที่นูนขึ้นมาจะเรียงสลับกันไปเพื่อใช้แทนตัวอักษรต่าง ๆ และในปัจจุบันนี้มีคนธรรมดาไม่มากนักที่เข้าใจในการเขียนหรืออ่านอักษรเบลล์ ดังนั้นจึงทำให้ขอบเขตของการติดต่อสื่อสารทางภาษาอ่านและภาษาเขียนระหว่างคนตาดีและคนตาบอดไม่ขยายกว้างเท่าไหร่นัก และในโครงงานพิเศษ **เครื่องมือสื่อสารภาษาเบลล์เพื่อคนตาบอด** นี้ จะเป็นการสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อที่จะช่วยให้คนตาบอดและคนตาดีสามารถติดต่อกันด้วยภาษาอ่านและภาษาเขียนได้

ประวัติและความเป็นมาของอักษรเบลล์

อักษรเบรลล์คือระบบการเขียนหนังสือสำหรับคนตาบอด อ่านโดยการสัมผัสด้วยปลายนิ้วมือระบบการอ่านเขียนหนังสือสำหรับคนตาบอดนี้ได้คิดประดิษฐ์โดย หลุยส์ เบรลล์ (Braile 1924)

หลุยส์ เบรลล์ เกิดเมื่อวันที่ 4 มกราคม ค.ศ. 1809 (พ.ศ. 2352) ในเมือง Coupray ในประเทศฝรั่งเศส เขาตาบอดโดยอุบัติเหตุเมื่ออายุ 3 ขวบ ตอนแรกเขาเรียนร่วมในโรงเรียนของคนตาดี แล้วต่อมาเรียนที่สถาบันคนตาบอดแห่งชาติที่ปารีส (L' Institution Nationale des Jeunnes Aveugles) และเมื่อสำเร็จการศึกษาเขาได้ทำงานเป็นครูสอนคนตาบอดที่นั่น เขามีความรู้สึกว่าหากคนตาบอดไม่มีอักษรสำหรับบันทึกข้อความแล้ว การศึกษาจะเป็นไปไม่ได้ดี ต่อมาเขาได้นำความคิดมาจาก กัปตันชารลส์ บาบิเอร์ นายทหารแห่งกองทัพฝรั่งเศส ซึ่งได้นำวิธีการส่งข่าวสารทางการทหารในเวลากลางคืนลองมาใช้กับคนตาบอดดู ระบบนี้ใช้ระบบจุด-ขีด-นูนเขียนลงบนกระดาษแข็ง ซึ่งเรียกว่า โซโนกราฟฟี (Sonography) แม้ระบบนี้ค่อนข้างยุ่งยากแต่ หลุยส์ เบรลล์ เห็นคุณค่าตั้งแต่นั้นมาจนถึงปัจจุบัน โดยที่ยังไม่เคยมีใครดัดแปลงให้เหมาะแก่การสัมผัสด้วยปลายนิ้วมือ หรือพัฒนาขึ้นอีกเลย นอกจากนำจุดอักษรนั้นมาปรับปรุงดัดแปลงให้เป็นระบบภาษาของตัวเอง เช่นการเขียนอักษรนูนภาษาไทย จึงนับว่าหลุยส์ เบรลล์ เป็นบุคคลสำคัญอย่างยิ่งที่เป็นผู้เริ่มบุกเบิกริเริ่มการศึกษาของคนตาบอด ทำให้คนตาบอดได้มีโอกาสได้ศึกษาเล่าเรียนทั้งในโรงเรียนและศึกษาด้วยตนเองเช่นเดียวกับเด็กปกติ เพื่อเป็นเกียรติแก่ท่าน อักษรนูนที่คนตาบอดใช้ จึงเรียกว่า อักษรเบรลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับอักษรเบรลล์ในประเทศไทย นางสาวเจเนวีฟ คอลฟิลด์ สุภาพสตรีตาบอดชาวอเมริกัน ซึ่งเป็นผู้ก่อตั้งโรงเรียนสอนคนตาบอดขึ้นในประเทศไทย เมื่อ พ.ศ. 2482 เป็นผู้ให้คำแนะนำในการปรับปรุงและดัดแปลงการเขียนอักษรเบรลล์ไทยครั้งแรก โดยอาศัยพื้นฐานการเขียนเบรลล์ ในภาษาอังกฤษที่มีเสียงเหมือนกันทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

การอ่านเขียนอักษรเบลล์

สำหรับอักษรเบลล์ที่ใช้กันเป็นสากลนั้นจะได้แก่อักษรเบลล์ภาษาอังกฤษ ซึ่งจะแบ่งออกได้เป็น 2 ระดับ คือ ระดับขั้นต้น (Grade 1) และระดับสูง (Grade 2)

ในภาษาระดับสูงนั้นจะมีการย่อคำที่ยาวลงเพื่อให้สะดวกขึ้น โดยจะมีกฎการย่อคำต่างๆ เหล่านั้น และโดยปกติแล้วภาษาระดับนี้จะยาก จึงมักใช้สำหรับนักเรียนที่เรียนขั้นสูงแล้ว และสำหรับในโครงงานนี้เราใช้ภาษาในระดับขั้นต้นเท่านั้น ซึ่งมีวิธีการอ่านเขียนดังต่อไปนี้

การนับจุดตัวอักษรเบลล์และการนับคีย์บอร์ดแสดงได้ดังภาพข้างล่างนี้

ตารางข้างล่างนี้เป็นตารางการแสดงอักษรเบลล์เทียบกับอักษรปกติ และตารางแสดงตัวเลขเบลล์เทียบกับตัวเลขปกติ

ตารางที่ 1 ตัวอักษรภาษาอังกฤษ

1 st	a ●○ ○○ ○○	b ●○ ●○ ○○	c ●● ○○ ○○	d ●● ○● ○○	e ●○ ○● ○○	f ●● ●○ ○○	g ●● ●● ○○	h ●○ ●● ○○	i ○● ●○ ○○	j ○● ●● ○○
2 nd	k ●○ ○○ ●○	l ●○ ●○ ●○	m ●● ○○ ●○	n ●● ○● ●○	o ●○ ○● ●○	p ●● ●○ ●○	q ●● ●● ●○	r ●○ ●● ●○	s ○● ●○ ●○	t ○● ●● ●○
3 rd	u ●○ ○○ ●●	v ●○ ●○ ●●	w ○● ●● ○●	x ●● ○○ ●●	y ●● ○● ●●	z ●○ ○● ●●				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 แสดงสัญญลักษณ์ต่างๆ

comma (,)	○○ ●○ ○○	open single quote (‘)	○○○○ ○○●○ ○●●●
semicolon (;)	○○ ●○ ●○	close double quote(”)	○○ ○● ●●
colon (:)	○○ ●● ○○	close single quote (’)	○○○○ ○●○○ ●●●○
period (.)	○○ ●● ○●	bar; oblique stroke; fraction-line sign	○● ○○ ●○
exclamation (!)	○○ ●● ●○	accent sign (‘)	○● ○○ ○○
hyphen (-)	○○ ○○ ●●	capital sign single	○○ ○○ ○●
open bracket ([)	○○○○ ○○●● ○●●●	capital sign double	○○○○ ○○○○ ○●○●
close bracket (])	○○○○ ●●○○ ●●●○	dash (--)	○○○○ ○○○○ ●●●●
apostrophe (’)	○○ ○○ ●○	dash, double(----)	○○○○○○○○ ○○○○○○○○ ●●●●●●●●
asterisk (*)	○○○○ ○●○● ●○●○	decimal point (.) ; italic sign single	○● ○○ ○●
number sign (#)	○● ○● ●●	italic sign double	○●○● ○○○○ ○●○●
ellipsis (...)	○○○○○○ ○○○○○○ ●○●○●○	letter sign	○○ ○● ○●
parentheses{ (,) } (open & close)	○○ ●● ●●	termination sign	○○○○ ○○○○ ○●●○
open double quote (“) I question mark (?)	○○ ●○ ●●		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงตัวเลขเบลล์

	เลขบน(ระดับสูง)	เลขล่าง(ระดับต่ำ)
1	● ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ● ○ ○ ○
2	● ○ ● ○ ○ ○	○ ○ ● ○ ● ○
3	● ● ○ ○ ○ ○	○ ○ ● ● ○ ○
4	● ● ○ ● ○ ○	○ ○ ● ● ○ ●
5	● ○ ○ ● ○ ○	○ ○ ● ○ ○ ●
6	● ● ● ○ ○ ○	○ ○ ● ● ● ○
7	● ● ● ● ○ ○	○ ○ ● ● ● ●
8	● ○ ● ● ○ ○	○ ○ ● ○ ● ●
9	○ ● ● ○ ○ ○	○ ○ ○ ● ● ○
0	○ ● ● ● ○ ○	○ ○ ○ ● ● ●

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 แสดงสัญญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์

เครื่องหมายนำเลข	○ ● ○ ● ● ●	เครื่องหมายทศนิยม	○ ● ○ ○ ○ ●
เครื่องหมายจุลภาค	○ ○ ○ ○ ○ ●	เครื่องหมายปฏิเสธ	○ ● ○ ○ ● ○
เครื่องหมายบวก	○ ● ○ ○ ● ●	เครื่องหมาย เพราะฉะนั้น	○ ○ ● ○ ○ ○ ○ ○ ○ ● ○ ●
เครื่องหมายลบ	○ ○ ○ ○ ● ●	เครื่องหมาย ถ้าเช่นนั้น	○ ● ○ ● ○ ○ ○ ○ ○ ○ ● ○
เครื่องหมายคูณ	○ ● ● ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ●	เครื่องหมายนำเศษ	● ● ○ ● ○ ●
เครื่องหมายหาร	○ ● ○ ● ○ ○ ○ ○ ○ ● ● ○	เครื่องหมายนำส่วน	○ ● ○ ○ ● ○
เครื่องหมายเท่ากับ	○ ● ● ○ ○ ○ ○ ○ ○ ● ● ○	เครื่องหมายปิด เศษส่วน	○ ● ○ ● ● ●
เครื่องหมายมากกว่า	○ ● ○ ○ ○ ○ ● ○ ○ ● ○ ○	เครื่องหมายน้อยกว่า	○ ○ ● ○ ○ ● ○ ○ ○ ○ ● ○

ในการเขียนอักษรเบลล์ถ้าเราต้องการเขียนให้เป็นอักษรตัวใหญ่จะต้องยึดกฎดังนี้

1. ถ้าเป็นการเขียนอักษรตัวใหญ่ตัวเดียว ให้นำหน้าอักษรนั้นๆ ด้วย CAPITAL SIGN (ดังแสดงในตารางข้างต้น) 1 ตัว

2. ถ้าเป็นการเขียนอักษรตัวใหญ่ติดกันหลายๆตัว ให้นำหน้าตัวอักษรนั้นๆ ด้วย CAPITAL SIGN เป็นจำนวน 2 ตัว

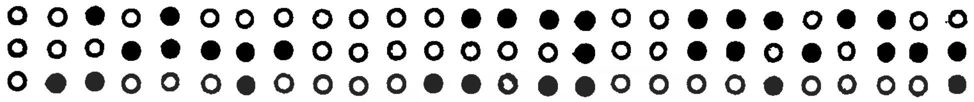
และในภาษาเบลล์จะใช้การเว้นวรรคเป็นการตัดคำ หรือแยกประเภทของคำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญลักษณ์บางชนิดจะมีข้อกำหนดในการใช้ ดังนี้

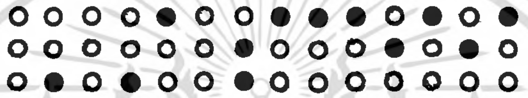
1. เครื่องหมายอัศเจรีย์ เครื่องหมายคำถาม ให้เขียนส่วนหน้าติดกับอักษรเลย แต่ต้องเว้นหลังเครื่องหมาย 1 ช่อง

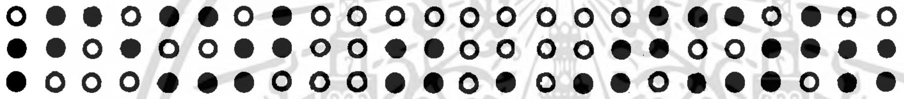
Oh! My god.



2.เครื่องหมายปิด-เปิดวงเล็บ เครื่องหมายปิด-เปิดคำพูด ให้เว้นหน้าและหลังเครื่องหมาย 1 ช่อง แต่ข้อความในวงเล็บให้เขียนติดกับเครื่องหมายเลย

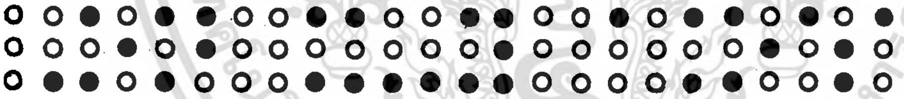
ASCII text (TXT)



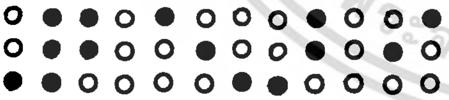


3. เครื่องหมายยติภังค์ (hyphen) และเครื่องหมายทับ(/) ไม่ต้องเว้นช่องหน้าและหลังเครื่องหมาย และถ้ามีตัวเลขอยู่หลังเครื่องหมายก็ไม่ต้องมีตัวนำเลข แต่ถ้าอยู่คนละบรรทัดต้องมีตัวนำเลขด้วย

On x-y axis



25-29



และสำหรับตัวเลขในภาษาเบลล์ก็จะแบ่งออกเป็นตัวเลขในระดับสูงและในระดับต่ำ โดยตัวเลขที่เราใช้กันโดยทั่วไปมีตั้งแต่เลข 0-9 ซึ่งนำมาผสมกันได้ตัวเลขจำนวนค่าต่างๆ และในการเขียนตัวเลขจะต้องมีการเขียนนำด้วยเครื่องหมายนำเลข (NUMBER SIGN) ดังตารางข้างต้นเสมอ

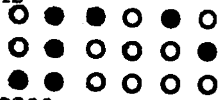
ตัวเลขในระดับสูงจะมีลักษณะคล้ายตัวอักษรภาษาอังกฤษ ซึ่งจะนำมาใช้สำหรับการเขียนจำนวนตัวเลขทั่วๆไป

แต่ถ้าเราต้องการเขียนตัวเลขในงานทางคณิตศาสตร์แล้ว เพื่อความไม่สับสนกับค่าตัวแปรซึ่งมักจะเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษ เราจะใช้ตัวเลขในระดับต่ำแทน

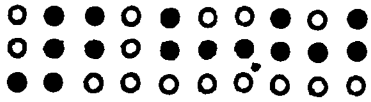
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการเขียนตัวเลขทั่วๆ ไปในระดับสูงแสดงได้ดังนี้

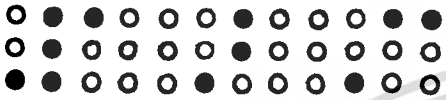
15



2800



1,2,3



10,785

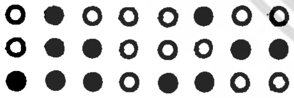
จะเห็นได้ว่าในการเขียนจำนวนหลักมาก เราจะต้องมีการใช้เครื่องหมายจุด 6 กั้นตัวเลขไว้ และการเขียนตัวเลขนั้นจะไม่ใช้การเว้นวรรคเหมือนปกติ เนื่องจากการมองไม่เห็น ดังนั้นจึงใช้เครื่องหมายจุลภาคเป็นจุดที่ 6 แทน ดังตัวอย่างข้างต้น

สำหรับการใช้เครื่องหมายทางคณิตศาสตร์จะมีข้อกำหนดเช่นกัน พิจารณาตัวอย่างการใช้เครื่องหมายคณิตศาสตร์กับตัวเลขระดับต่ำได้ดังนี้

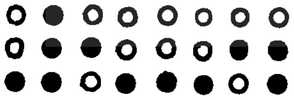
1. เครื่องหมายบวก ลบ คูณ หาร ทศนิยม

หลังเครื่องหมายเหล่านี้ไม่ต้องมีตัวนำเลข

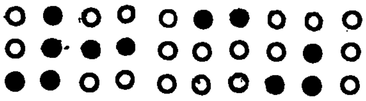
2+3



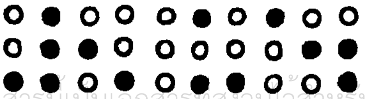
5-4



3*2

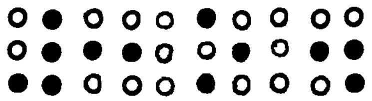


5/4



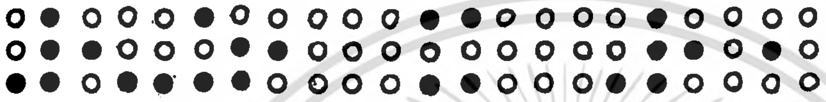
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.14



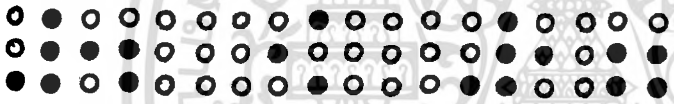
2.เครื่องหมายเท่ากับ มากกว่า น้อยกว่า เพราะฉะนั้น ถ้าเช่นนั้น
จะต้องเว้นช่องหน้าและหลังเครื่องหมาย

5+6 = 11



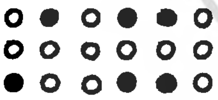
9 > 2

4 < 17

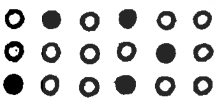


3.เครื่องหมายปฏิเสธ คือ "ไม่" ให้ใช้จุด 3-4 นำหน้าเครื่องหมายนั้นๆ และเว้นช่องหน้าและหลังเครื่องหมาย เช่น

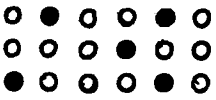
ไม่เท่ากับ



ไม่มากกว่า

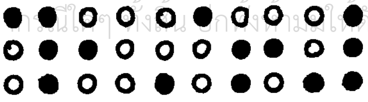


ไม่น้อยกว่า



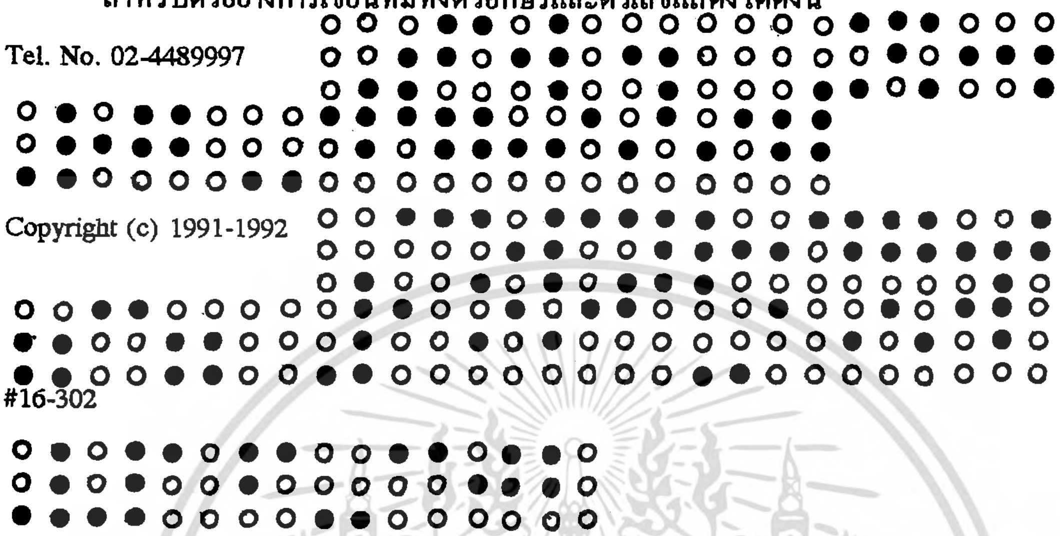
4. เครื่องหมายเศษส่วนจะต้องมีเครื่องหมายนำเศษ (จุด1-4-5-6) และเครื่องหมายนำส่วน (จุด 3-4) หลังเครื่องหมายนี้ไม่ต้องมีตัวนำเลข แต่ต้องจบลงด้วยจุด (3-4-5-6) ทุกครั้ง ดังตัวอย่าง

1/6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับตัวอย่างการเขียนที่มีทั้งตัวอักษรและตัวเลขแสดงได้ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี

2.1 สเตปปิ้ง มอเตอร์ (Stepping Motor)

สเตปปิ้งมอเตอร์เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าแบบหนึ่งที่ถูกออกแบบมาเป็นพิเศษโดยสามารถควบคุมความเร็วได้โดยการควบคุมดีซีพัลส์ที่ใช้ในขับเคลื่อนสเตปปิ้งมอเตอร์ ซึ่งลักษณะการป้อนกระแสไฟฟ้าแบบสวิชชิ่ง ทำให้มอเตอร์แบบนี้มีคุณสมบัติเป็นจักรกลแบบดิจิตอล

อาจกล่าวได้ว่า สเตปปิ้งมอเตอร์ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณข้อมูลแบบดิจิตอล (Digital information) ไปสู่การเคลื่อนที่ทางกล (Mechanical movement) อย่างได้สัดส่วนกัน โดยที่แกนหรือโรเตอร์ของมอเตอร์ชนิดนี้จะถูกควบคุมโดยให้หมุนเป็นสเตป (discontinous)

ประโยชน์จากการใช้งานสเตปปิ้งมอเตอร์ ที่มีการควบคุมโดยการใช้สัญญาณดิจิตอล คือ มีความถูกต้องเที่ยงตรงและสามารถเปลี่ยนตำแหน่งโหลดได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากแต่ละอินพุทพัลส์จะทำให้สเปปิ้งมอเตอร์เคลื่อนที่ไปหนึ่งสเตปอย่างเที่ยงตรง

เมื่อพิจารณาในแง่ทางกลจะพบว่า สเตปปิ้งมอเตอร์มีความเที่ยงตรงที่ยอมรับได้ ซึ่งในการเปลี่ยนตำแหน่งอย่างง่ายอาจใช้สวิทซ์ ในการคอนโทรลมอเตอร์ได้ง่ายถ้าต้องการเพิ่มประสิทธิ์ภาพของภาคการควบคุม (Controller) ให้ดีขึ้น อาจใช้ไอซีซึ่งมีความเร็วสูงเนื่องจากประกอบด้วยมอสเฟส อยู่ภายในจึงได้กำลังงานสูงและต้นทุนต่ำความสะดวกในการใช้งานนี้เองจึงทำให้นำไปสู่การใช้งานอย่างแพร่หลาย

2.1.1 นิยามของสเตปปิ้งมอเตอร์

- จะมีเพลาหมุนเป็นสเตป
- ป้อนอินพุทที่มีความถี่ค่าหนึ่ง
- จะสเตปไปแต่ละสเตปในแต่ล่ะพัลส์
- ขนาดของสเตปขึ้นอยู่กับการออกแบบสเตปปิ้งมอเตอร์
- จะสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยความถี่และความกว้างของพัลส์

การได้รับประโยชน์จากการใช้สเตปปิ้งมอเตอร์อย่างเต็มที่นั้นขึ้นอยู่กับการขับ (Driver) อย่างถูกต้องเหมาะสม ซึ่งภาคขับนี้จะต้องประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง, อิเล็คทรอนิก-สวิทซ์โดยอาจจะเป็นทรานซิสเตอร์หรือมอสเฟสและแหล่งจ่ายสัญญาณข้อมูลแบบดิจิตอล ซึ่งจะมีลักษณะเป็นพัลส์ เพื่อจะใช้ควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์

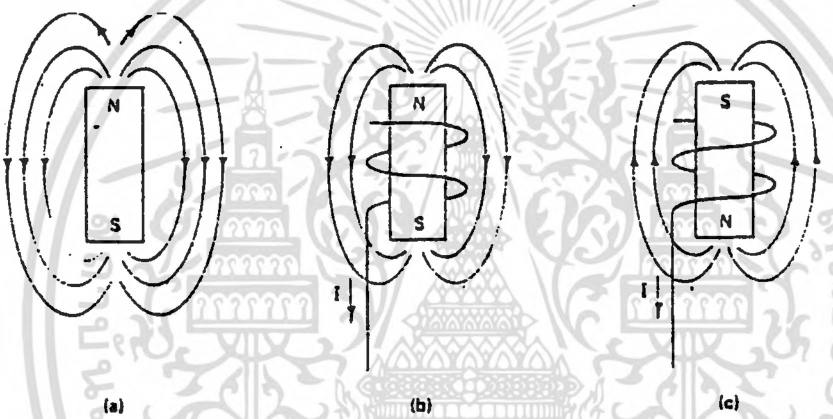
ทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าสู่สเตปปิ้งมอเตอร์ ถูกควบคุมด้วยอิเล็คทรอนิก-สวิทซ์ ดังนั้นสเตปปิ้งมอเตอร์จะหมุนไปในแต่ละสเตป ในแต่ละอินพุทพัลส์ที่ป้อนเข้าสู่วงจรอิเล็คทรอนิก-สวิทซ์ ขนาดของมุมที่สเตปไปจะขึ้นอยู่กับการออกแบบสเตปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีค่าตั้งแต่ 1.8°- 15° ถ้าส่งสัญญาณไปยังวงจรสวิทซ์ชิ่ง (Switching Network) 24 พัลส์ โดยมีค่าของหนึ่งสเตปเท่ากับ 15° สเตปมอเตอร์ก็จะหมุนไปครบ 1 รอบ ขึ้นอยู่กับอัตราการจ่ายสัญญาณพัลซ์ควบคุม (control Pulse) โดยสัญญาณนี้อาจถูกผลิตโดยวงจรกำเนิดสัญญาณที่ปรับความถี่ได้หรือจากไอซีควบคุม (Controller IC)

2.1.2 หลักการทำงานของสเตปมอเตอร์

ในรูปที่ 2.1 แสดงหลักการพื้นฐานของเส้นแรงแม่เหล็ก รูป a) แสดงสนามแม่เหล็กที่เกิดจากแม่เหล็กถาวร รูป b) แสดงสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากกระแส I ในรูป c) ขั้วแม่เหล็กกลับทิศทางเมื่อขดลวดถูกพันกลับทิศทางและทิศทางการไหลของกระแสไม่เปลี่ยนแปลง

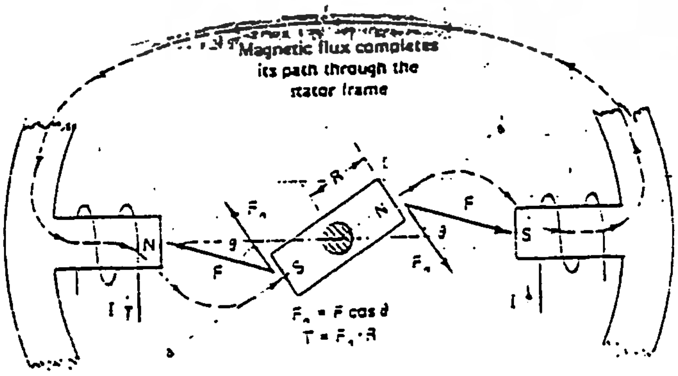


รูปที่ 2.1 แสดงถึงสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในลักษณะต่างๆ

a) สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากแม่เหล็กถาวรจะมีทิศทางพุ่งออกจากขั้วเหนือไปยังขั้วใต้

b) สนามแม่เหล็กของแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากกระแส I

c) ขั้วแม่เหล็กกลับทิศทาง เมื่อขดลวดถูกพันกลับทิศทางและทิศทางการไหลของกระแสไม่เปลี่ยนแปลง



รูปที่ 2.2 แสดงแรงดึงดูดทำให้เกิดแรงบิดที่หมุนอเมเจอร์ให้ไปอยู่ในตำแหน่งสมดุลย์

เอกสาร ... ยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.2 แท่งแม่เหล็กถาวรติดอยู่บนเพลาและหมุนได้อิสระเหมือนอาร์เมเจอร์ มีขั้วแม่เหล็กไฟฟ้า 2 ขั้ว ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงโลหะที่เป็นสเตเตอร์ ตำแหน่งแกนของขั้วแม่เหล็ก คือ *a-a*′ ซึ่งต่างไปจากแกนขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าเล็กน้อยเป็นมุม θ

แรงแม่เหล็กที่เกิดจากการดึงดูดของขั้วแม่เหล็กที่ต่างกันทำให้เกิดส่วนของแรง

$$F_n = F \cos \theta$$ (แรงทั้งหมดนี้ตั้งอยู่บนแกน *a-a*′)

แรงบิดหรือทอร์คผลรวม

$$T = F_n R$$

ทำให้อาร์เมเจอร์หมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาจนกว่าแกนของอาร์เมเจอร์ *a-a*′ จะอยู่ในแนวเดียวกับแกนของขั้วสเตเตอร์

ถ้าหากมีคู่ขั้วแม่เหล็กหลายๆ คู่ ขั้วรอบๆ สเตเตอร์และถ้าหากขั้วเหล่านี้ถูกกระตุ้นด้วยกระแสพัลส์ในรูปแบบที่เรียงลำดับกันไป อาร์เมเจอร์ก็จะหมุนในรูปลักษณะของสเตปที่เป็นตามการหมุน ของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากการสวิทซ์ที่เรียงลำดับของ ขดลวดขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าบนสเตเตอร์

2.1.3 การแบ่งชนิดของสเตปมอเตอร์

-สเตปมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet Stepping Motor)

-สเตปมอเตอร์แบบค่ารีอัลแตนซ์แปรค่าได้ (Variable Reluctance Stepping Motor)

-สเตปมอเตอร์แบบไฮบริด (Hybrid Stepping Motor)

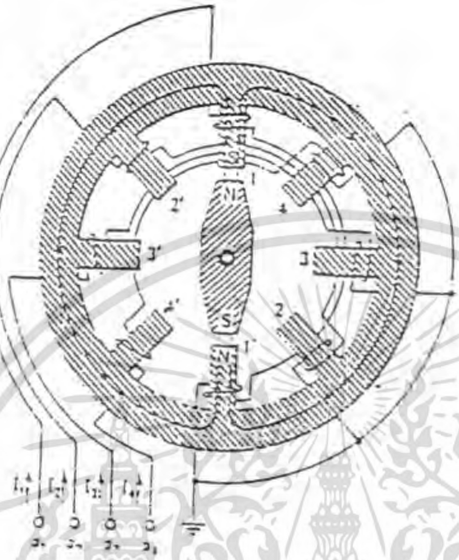
2.1.3.1 สเตปมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร

มุมสเตป (Step Angle) ของมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนขั้วแม่เหล็กบนส่วนที่อยู่กับที่หรือสเตเตอร์และจำนวนขั้วแม่เหล็กบนส่วนเคลื่อนที่หรือโรเตอร์ โรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวรรูปทรงกระบอกจำนวนขั้วแม่เหล็กจึงถูกจำกัดสูงสุดที่ค่าหนึ่ง การเพิ่มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของโรเตอร์ทำให้ได้จำนวนขั้วแม่เหล็กบนโรเตอร์เพิ่มขึ้นแต่มีข้อเสียคือเกิดแรงเฉื่อยเพิ่มมากตามไปด้วย ซึ่งจะลดประสิทธิภาพขณะเริ่มสตาร์ทมอเตอร์ สเตปมอเตอร์แบบนี้มีขนาดความกว้างของมุมสเตปมาก แต่สามารถลดลงได้โดยการทำให้มีหลายสแต็คหรือมากกว่าหนึ่งสแต็คขึ้นไปตามแนวความยาวของมอเตอร์ (สแต็คในที่นี้หมายถึงเฟสซึ่งประกอบด้วยโรเตอร์ที่เป็นซี่ฟันและโครงร่างของสเตเตอร์อยู่รอบนอก)

โครงสเตเตอร์อาจจะประกอบด้วยสองสเตเตอร์หรือมากกว่า โดยในแต่ละขั้วสเตเตอร์หรือมากกว่า โดยในแต่ละขั้วสเตเตอร์จะมีขดลวดพันอยู่ กระแสที่ไหลผ่านขดลวดจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก โดยมีขั้วเป็นเหนือหรือใต้ขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดสเตเตอร์อย่างต่อเนื่องนี้ จะสร้างสนามแม่เหล็กหมุน (Rotating Magnetoc Field) ซึ่งมีผลทำให้โรเตอร์แม่เหล็กถาวรถูกดึงดูดให้หมุนตาม โดยความเร็วการหมุนขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนทิศทางไหลของกระแสไฟฟ้าในขดสเตเตอร์และจำนวนขั้วแม่เหล็ก



รูปที่ 2.3 โครงสร้างของสเตปเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรมี 4 เฟส แต่ละเฟสพันด้วยขดลวดบน 2 ขั้วของสเตเตอร์มุมสเตปเท่ากับ 45 องศา

2.1.3.2 สเตปมอเตอร์แบบค่ารีลัคแตนซ์แปรค่าได้

การเคลื่อนที่ของสเตปมอเตอร์ชนิดนี้ อาศัยแรงดึงดูดระหว่างส่วนประกอบที่ถูกทำให้เป็นแม่เหล็ก(ขั้วสเตเตอร์)และส่วนประกอบที่ทำจากสารแม่เหล็ก (ขั้วโรเตอร์) โดยขั้วสเตเตอร์ที่ได้รับพลังงานจะกลายเป็นขั้วแม่เหล็กไฟฟ้า เส้นแรงแม่เหล็กจะออกจากซี่ฟันของสเตเตอร์ที่เป็นขั้วเหนือผ่านช่องว่างอากาศระหว่างสเตเตอร์กับโรเตอร์ไปเข้าที่ซี่ฟันของโรเตอร์ที่อยู่ใกล้ที่สุด(เส้นแรงแม่เหล็กในวงจรแม่เหล็กจะหาเส้นทางเดินที่มีค่ารีลัคแตนซ์ต่ำสุดช่องว่างอากาศระหว่างซี่ฟันจะทำให้เกิดค่ารีลัคแตนซ์ต่อเส้นแรงแม่เหล็กช่องว่างกว้างมากค่ารีลัคแตนซ์ก็จะมีค่ามาก)และออกจากโรเตอร์ตรงไปยังซี่ฟันของสเตเตอร์ที่เป็นขั้วใต้จึงครบวงจร

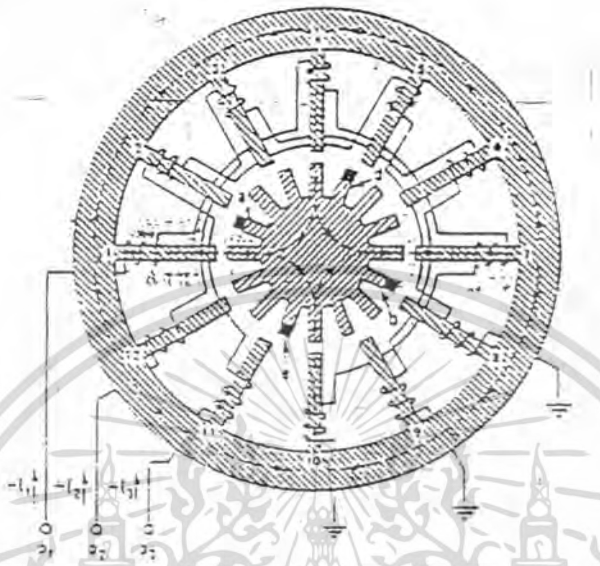
ดังนั้นขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์จะดึงดูดซี่ฟันของโรเตอร์ที่อยู่ใกล้ที่สุดเข้ามา ทำให้เกิดการเคลื่อนที่เป็นสเตปได้

<u>สเตปมอเตอร์แบบค่ารีลัคแตนซ์แปรค่าได้แบบสแต็กเดียว</u>

โครงสร้างของสเตปมอเตอร์แบบค่ารีลัคแตนซ์แปรค่าได้ จะแสดงดังรูปที่ 2.4 สเตปมอเตอร์แบบค่ารีลัคแตนซ์แปรค่าได้แบบสแต็คเดียวจะมีโรเตอร์เดียวและสเตปมอเตอร์แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่ารีลัคแตนซ์แปรค่าได้ แบบหลายสแต็คจะหมายถึงมีหลายโรเตอร์ ซึ่งโรเตอร์และสเตเตอร์ทำจากสารแม่เหล็ก ส่วนสเตปมอเตอร์ในรูปที่ 2.4 มี 3 เฟส แต่ละเฟสใช้ขดลวดพันบน 4 ขั้วหรือซี่ฟันของสเตเตอร์



รูปที่ 2.4 สเตปมอเตอร์แบบค่ารีลัคแตนซ์แปรค่าได้แบบสแต็กเดียว

ตัวอย่าง เฟสที่ 1 พันอยู่ที่ 1, 4, 7, 10 ของสเตเตอร์ ดังนั้นสเตเตอร์จะมี 12 ซี่ฟัน และในที่นี้กำหนดให้โรเตอร์มี 16 ซี่ฟัน ขั้วของสเตเตอร์ที่อยู่ตรงกันข้ามจะพันด้วยขดลวดในลักษณะที่ต่างกันเพื่อให้มีความสมดุลย์ระหว่างแม่เหล็กเข้าและออกจากโรเตอร์

โดยที่ เฟส 1 - 1, 4, 7, 10

เฟส 2 - 12, 3, 6, 9

เฟส 3 - 2, 5, 8, 11

สมมติว่ากระแส I_1 ป้อนให้กับเฟสที่ 1 ดังแสดงในรูป 2.4 และโรเตอร์ทั้ง 4 ซี่ฟัน จะอยู่ในแนวซี่ฟันที่ 1, 4, 7, 10 ของสเตเตอร์ เส้นแรงแม่เหล็กจะเข้าสู่โรเตอร์จากซี่ฟันที่ 4 และ 10 และออกจากโรเตอร์ไปยังซี่ฟันของสเตเตอร์ที่ 1 และ 7 ซึ่งเป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กที่ครบวงจรโดยผ่านโครงร่างของสเตเตอร์ จะสังเกตได้ว่าปลายซี่ฟันของโรเตอร์ซึ่งอยู่ในแนวเดียวกับซี่ฟันที่ 4 ของสเตเตอร์ จะเป็นเส้นทางผ่านเข้าไปยังโรเตอร์ของเส้นแรงแม่เหล็กอย่างต่อเนื่องผ่านช่องว่าง (Gap) ระหว่างซี่ฟันทั้งสองที่อยู่ในแนวเดียวกัน ส่วนซี่ฟันของสเตเตอร์และโรเตอร์ที่เหลืออีก 3 คู่ ก็เกิดลักษณะของแม่เหล็กในทำนองเดียวกัน

ในสภาวะต่อไป เราจะให้โรเตอร์หมุนไป 1 สเตปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา จะต้องจ่ายพลังงานให้กับเฟส 3 ที่มีขดลวดพันอยู่บนซี่ฟันที่ 2, 5, 8, 11 ของสเตเตอร์ด้วยกระแส I_3 หลังจากหยุดกระแส I_1 แล้วในตอนนี้เส้นแรงแม่เหล็กจะหาทางเดินที่ต่างไปจากเดิมเพื่อให้วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม่เหล็กครบวงจร เส้นแรงแม่เหล็กในวงจรแม่เหล็กจะหาทางเดินที่มีรีลัคแตนซ์ต่ำสุด ด้วยเหตุผลดังกล่าวเส้นแรงแม่เหล็กจะออกจากขั้วที่ 2 และ 8 ของสเตเตอร์ซึ่งทำให้เป็นขั้วเหนือ และเส้นแรงแม่เหล็กนี้จะกระโดดผ่านช่องว่างไปยังซีกซ้ายของโรเตอร์ที่ใกล้ที่สุด ซี่ฟัน a และ b ของโรเตอร์เป็นโรเตอร์ที่อยู่ใกล้ที่สุด และจะถูกเหนี่ยวนำให้เป็นขั้วใต้ เส้นแรงแม่เหล็กจะออกจากซี่ฟัน d และ e ของโรเตอร์ผ่านช่องว่างอากาศเข้าสู่ซี่ฟันที่ 5 และ 11 ของสเตเตอร์ ดังนั้นส่วนที่เหลือของวงจรแม่เหล็กจะสมบูรณ์โดยผ่านโครงร่างของสเตเตอร์ (ถูกเหนี่ยวนำเป็นขั้วเหนือ) และซี่ฟัน a ของโรเตอร์ (ถูกเหนี่ยวนำเป็นขั้วใต้) แรงดึงดูดจะเกิดขึ้นระหว่างคู่ขั้ว (11, e), (8, b), (5, d) ผลที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดทอร์คกระทำต่อโรเตอร์หมุนไปจนกระทั่งซี่ฟัน a, d, b, eของโรเตอร์อยู่ในแนวเดียวกับซี่ฟัน 2, 5, 8, 11 ของสเตเตอร์ตามลำดับ ขณะเวลาดังกล่าวช่องว่างระหว่างซี่ฟันตามลำดับจะมีค่าน้อยที่สุด ผลลัพธ์ของค่ารีลัคแตนซ์จะมีค่าต่ำสุดและเส้นแรงแม่เหล็กจะมีค่าสูงสุดผ่านวงจรแม่เหล็ก ที่ตำแหน่งนี้เป็นตำแหน่งที่สมดุลของการขับเฟส 3 ในขบวนการที่กล่าวมาแล้ว โรเตอร์จะเคลื่อนหนึ่งสเตปเป็นมุม 7.5 °

สัญลักษณ์ต่างๆ ของสเตปมอเตอร์แบบค่ารีลัคแตนซ์แปรค่าได้

N_r = จำนวนซี่ฟันของโรเตอร์

N_s = จำนวนซี่ฟันของสเตเตอร์

N_p = จำนวนเฟส

P_r = ความห่างระหว่างปลายซี่ฟันของโรเตอร์ (องศา)

P_s = ความห่างระหว่างปลายซี่ฟันของสเตเตอร์ (องศา)

θ_s = มุมสเตป (องศา)

R_s = อัตราสเตปหรือความเร็วในการสเตป (สเตป/รอบ)

X = N_s/N_p = จำนวนซี่ฟันของสเตเตอร์ต่อเฟส

<u>พารามิเตอร์ต่างๆ ของสเตปมอเตอร์</u>

1. ความห่างระหว่างปลายซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์ (Tooth Pitch)

$P_r = 360/N_r$ และ $P_s = 360/N_s$

2. มุมสเตป (Step Angle)

โรเตอร์จะเคลื่อนที่ในมุมขนาด P_r ได้เท่ากับ N_p สเตป ดังนั้นเราจะหามุมสเตปได้

$$\theta_s = P_r/N_p = N_r/N_p \quad \text{องศา/สเตป}$$

มุมสเตปจะเท่ากับความแตกต่างระหว่าง P_r และ P_s ดังนั้นเราหามุมสเตปได้เป็น

$$q_s = | P_r - P_s | \quad \text{องศา/สเตป}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อัตราการสเตป (Stepping Rate)

ความเร็วในการสเตปต่อรอบ (360 องศา) หาได้เป็น

R_s = $360/\theta_s$ = $N_s N_p$ สเตป/รอบ

4. ความเร็วของสเตปมอเตอร์ (Speed of Step Motor)

เมื่อเราป้อนอินพุทพัลส์ที่มีความถี่ (f) สเตปต่อพัลส์ให้กับสเตปมอเตอร์ มอเตอร์จะสเตปไปด้วยความเร็ว (สเตป/พัลส์) x f (พัลส์/วินาที)

$1/R_s$ (รอบ/สเตป) x f (พัลส์/วินาที)(สเตป/พัลส์) x 60 (วินาที/นาที)

ความเร็วของมอเตอร์ (w) = $60f/R_s$ = $60f/N_pN_r$ = $\theta_s f/6$ (rpm)

5. จำนวนของโพลสเตเตอร์ต่อเฟส (Number of Stetor Poles Per Phase)

จำนวนของโพลสเตเตอร์ต่อเฟส (x) = N_s/N_p

หรือ X = $R_s/N_p(N_p+1)$ = $N_r(N_p+1)$

จำนวนของโพลสเตเตอร์ต่อเฟส (X) จะสัมพันธ์กับอัตราการสเตปหรือจำนวนซี่ฟันของโรเตอร์ สเตปมอเตอร์ในรูป 2.4 เราสามารถสรุปเลือกพารามิเตอร์บางตัวของสเตปมอเตอร์ได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 พารามิเตอร์บางตัวของสเตปมอเตอร์

N_p	R_s	N_r	X	N_s
3	48	16	4	12
			8	24
4	48	12	4	16
4	64	16	?	?

<u>สเตปมอเตอร์แบบค่ารีลัคแตนซ์แปรค่าได้แบบหลายสแต็ค</u>

สแต็คในที่นี้หมายรวมไปถึงโรเตอร์ที่เป็นซี่ฟันและโครงร่างของสเตเตอร์อยู่รอบนอก สเตปมอเตอร์แบบค่ารีลัคแตนซ์แปรค่าได้แบบ 3 สแต็ค (หมายถึง 3 เฟส) มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.5 ซึ่งถูกออกแบบให้สเตปเตอร์ของแต่ละสแต็คประกอบด้วย 4 โพล และแต่ละโพลจะมีซี่ฟัน3 ซี่ซึ่งต่างจากสเตปมอเตอร์แบบค่ารีลัคแตนซ์แปรค่าได้แบบสแต็คแบบเดียว (แต่ละโพลจะมีซี่เดียว) ข้อสังเกตในแต่ละสแต็คจำนวนซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์จะมีจำนวนเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

กัน ซึ่งต่างกับสเตปมอเตอร์แบบค่ารีลัคแตนซ์แปรค่าได้แบบสแต็คเดียวคือ จำนวนซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์จะเท่ากันไม่ได้ถ้าหากมีจำนวนซี่ฟันเท่ากันมันจะไม่ทำงาน

จากรูป 2.5 โรเตอร์และสเตเตอร์ของแต่ละเฟส (สแต็ค) จะมี 12 ซี่ฟันและมุมสเตป (θ_s) เท่ากับ 10 องศา แต่ละเฟสของสเตเตอร์ที่เรียงลำดับต่อเนื่องกันจะถูกจัดตำแหน่งให้ต่างกันเท่ากับ 1/3 ของช่องห่างระหว่างซี่ฟันของโรเตอร์

การทำงานของสเตปมอเตอร์แบบค่ารีลัคแตนซ์แปรค่าได้ที่มี 3 สแต็ค

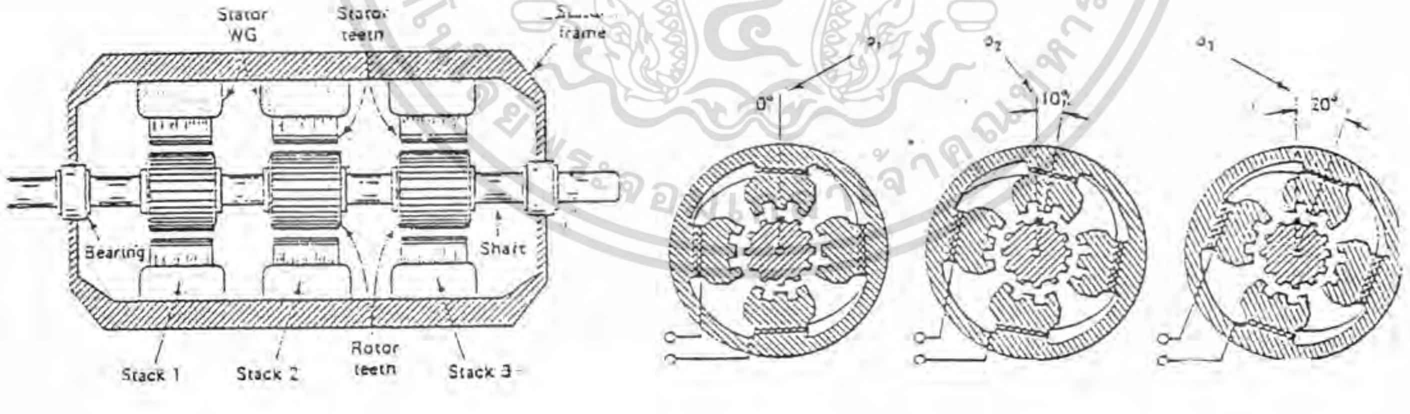
ไดอะแกรมส่วนล่างของรูปที่ 2.5 แสดงถึงโครงสร้างของโรเตอร์และสเตเตอร์ของสเตปมอเตอร์แบบค่ารีลัคแตนซ์แปรค่าได้ที่มี 3 สแต็ค โดยแต่ละสแต็คจะมี $N_r = N_s$ แต่ละสแต็คจะมีตำแหน่งของสเตเตอร์แตกต่างจากตำแหน่งถัดไป 10 องศา ส่วนซี่ฟันของโรเตอร์ทั้ง 3 อัน จะประกอบอยู่บนแกนเดียวกันและได้รับการปรับแต่งให้อยู่แนวเดียวกันอย่างสมบูรณ์

ตามปกติจะหาค่ามุมสเตป ได้จากสมการ

$$\theta_s = P_r/N_p = 360/N_r N_p$$

ในที่นี้จะหา θ_1 ได้จากสมการเดียวกันคือ

$$\theta_1 = P_r/N_p = \theta_s$$



รูปที่ 2.5 แสดงโครงสร้างของสเตปมอเตอร์แบบค่ารีลัคแตนซ์แปรค่าได้ที่มี 3 เฟส

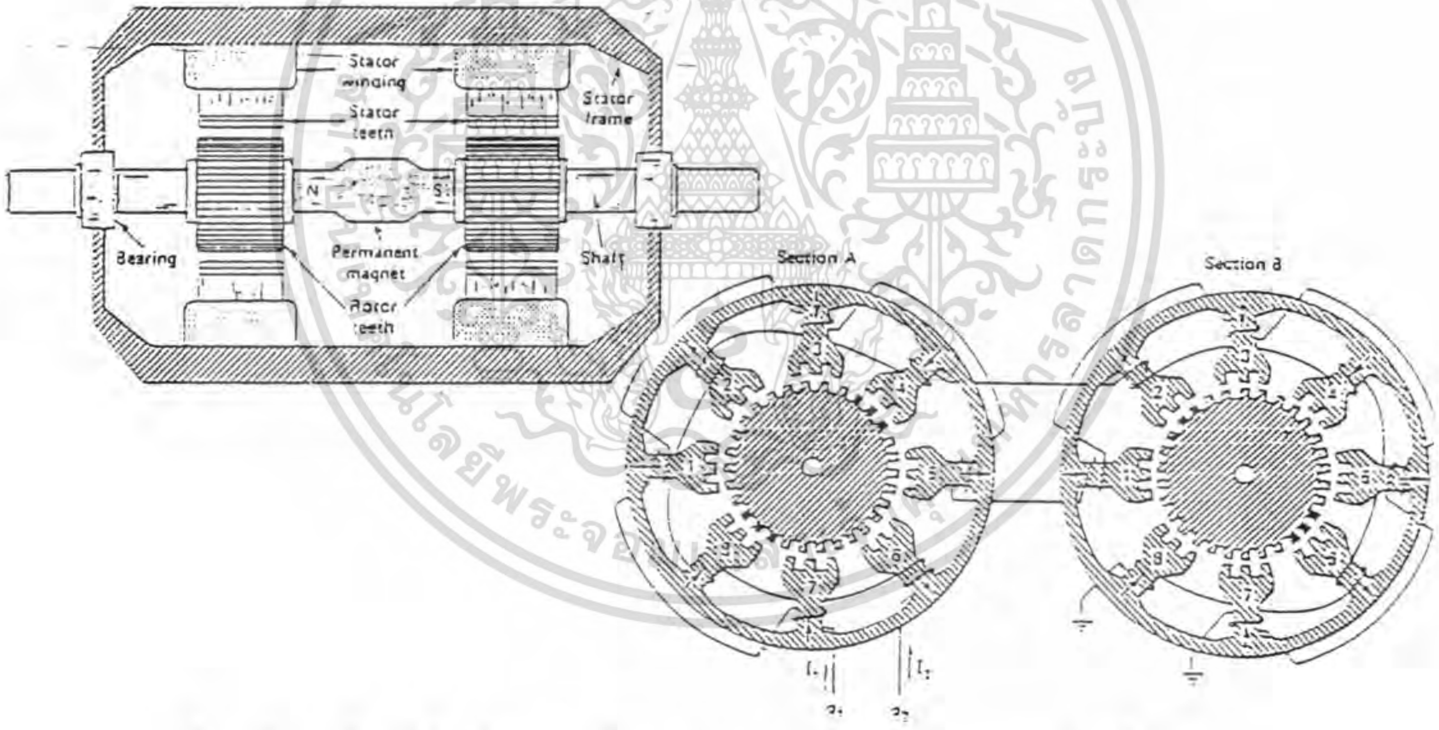
สเตปมอเตอร์แบบ 3 สแต็ค ถึงแม้ว่าโรเตอร์ทั้ง 3 อัน จะติดอยู่บนเพลาอันเดียวกัน สแต็คทั้ง 3 จะมีวงจรแม่เหล็กที่แยกกันดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเฟสที่ 1 ถูกขับด้วยกระแสเป็นเฟสที่เริ่มต้นให้ซี่ฟันของโรเตอร์ สเตเตอร์อยู่ในแนวเดียวกัน ส่วนของซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์ในสแต็คที่ 2 ในขณะนั้นจะมีตำแหน่งต่างกัน 10 องศา และซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์ในสแต็คที่ 3 จะมีตำแหน่งต่างกัน 20 องศา ต่อจากนั้นหยุดจ่ายกระแสในสแต็คที่ 1 และป้อนกระแสให้กับสแต็คที่ 2 โรเตอร์จะหมุนไป 10 องศา ซึ่งจะทำให้ซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์ในสแต็คที่ 1 อยู่ในแนวเดียวกัน ในขณะนั้นซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์ในสแต็คที่ 3 จะมีตำแหน่งต่างกัน 10 องศา ต่อจากนั้นจะหยุดจ่ายกระแสในสแต็คที่ 2 และป้อนกระแสในสแต็คที่ 3 โรเตอร์จะหมุนไปอีก 10 องศา ซึ่งจะทำให้ซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์ในสแต็คที่ 1 อยู่ในแนวเดียวกัน ส่วนซี่ฟันของโรเตอร์ในสแต็คที่ 1 จะมีตำแหน่งต่างกัน 10 องศา

2.1.3.3 สเตปมอเตอร์แบบไฮบริด

มอเตอร์ชนิดนี้เป็นแบบรวมระหว่างสเตปมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรกับสเตปมอเตอร์แบบค่ารีลัคแตนซ์แปรค่าได้ คือ ชุดโรเตอร์จะเป็นสเตปมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร ส่วนชุดสเตเตอร์จะเป็นสเตปมอเตอร์แบบค่ารีลัคแตนซ์แปรค่าได้



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของไฮบริดสเตเตอร์ $N_r = 30$, $N_s = 24$ ซี่ฟันของสเตเตอร์ ทั้ง 2 ตอน จะอยู่ในแนวเดิมกับส่วนซี่ฟันของโรเตอร์ทั้ง 2 ตัว จะมีตำแหน่งต่างกัน $(1/2)P_r = 6$ องศา, $\theta_s = 3$ องศา

ไฮบริดสเตปมอเตอร์มีวิธีการสร้างแรงบิด ซึ่งเป็นคุณลักษณะผสมของสเตปมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรและสเตปมอเตอร์แบบค่ารีลัคแตนซ์แปรค่าได้ สเตปมอเตอร์แบบนี้จะให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพในการทำงานสูงกว่าแบบอื่นๆ เนื่องจากมีขนาดเล็ก แรงเฉื่อยเกิดที่โรเตอร์น้อย และมีความกว้างของมุมสเตปน้อย

ไฮบริดสเตปมอเตอร์แสดงดังรูปที่ 2.6 แสดงถึงโครงสร้างของไฮบริดสเตปมอเตอร์ ประกอบด้วย 2 ตอนกับแถบแม่เหล็กอยู่ระหว่าง 2 ตอน แต่ละตอนประกอบด้วยซี่ฟันของโรเตอร์และโพลของสเตเตอร์ที่มีซี่ฟันเช่นกันและพันด้วยขดลวด รายละเอียดของโครงสร้างของสเตเตอร์และโรเตอร์แต่ละตอนแสดงในแผนภาพรูปที่ 2.6

ลักษณะโครงสร้างของไฮบริดสเตปมอเตอร์

-จำนวนซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์ไม่เท่ากัน

-ตอน A และตอน B มีโครงสร้างเหมือนกัน

-ซี่ฟันของสเตเตอร์ทั้ง 2 ตอน จะอยู่ในแนวเดียวกันอย่างถูกต้อง

-ส่วนซี่ฟันทั้ง 2 ของโรเตอร์ทั้ง 2 ตอน จะมีตำแหน่งที่แตกต่างกัน (1/2) P_r (ในรูปที่ 2.6 กำหนดให้ $P_r = 360/30 = 12$ องศา ดังนั้นตำแหน่งซี่ฟันของโรเตอร์ทั้ง 2 ตอนจะแตกต่างกัน 6 องศา)

-สเตเตอร์ของแต่ละตอนมี 8 โพล แบ่งออกเป็น 2 สเตเตอร์เฟส

-เฟสที่ 1 จะพันขดลวดบนสเตเตอร์โพลหมายเลข 1, 3, 5, 7 ของทั้งในตอน A และ B

-เฟสที่ 2 จะพันขดลวดบนสเตเตอร์โพลหมายเลข 2, 4, 6, 8 ของทั้งในตอน A และ B

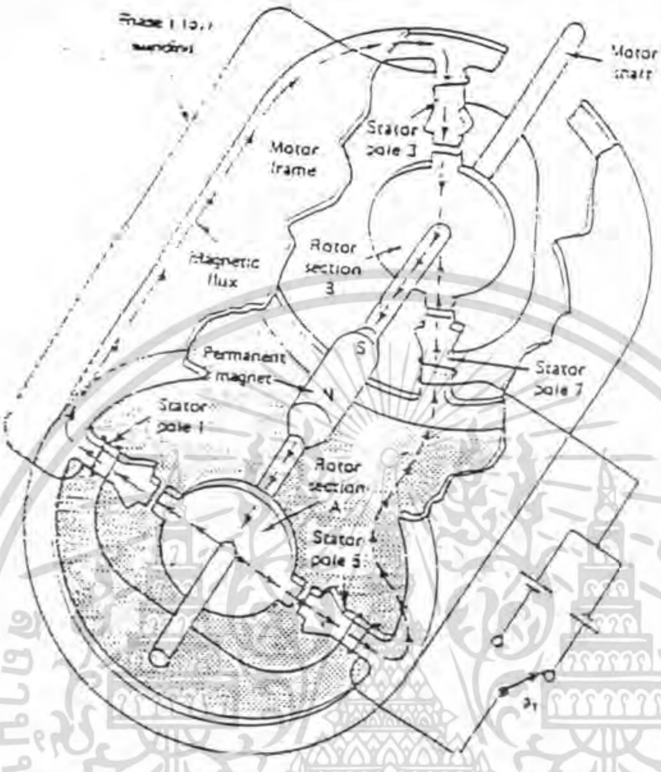
-แกนแม่เหล็กถาวรจะเหนี่ยวนำโรเตอร์ในตอนA ให้เป็นแม่เหล็กขั้วเหนือและโรเตอร์ในตอน B ให้เป็นแม่เหล็กขั้วใต้ ความซับซ้อนจะเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการแบ่งส่วนของขดลวดในเฟส 2 ตอน ทำให้ได้วงจรแม่เหล็กที่ซับซ้อน และได้เส้นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กที่แตกต่างกันเป็นวงกลม ทิศทางเดินของสนามแม่เหล็กของสเตเตอร์โพลจะขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของกระแสเฟส ดังแสดงด้วยลูกศรในรูปที่ 2.7

การทำงานของไฮบริดสเตปมอเตอร์

ขณะที่เฟสที่ 1 (ϕ_1) ได้รับพลังงานโดยการป้อนกระแส I_1 ในทิศทางดังแสดงด้วยลูกศร ซี่ฟันของโรเตอร์ในตอน A จะอยู่ในแนวเดียวกับซี่ฟันของสเตเตอร์ของโพลที่ 1 และโพลที่ 5 ส่วนของตอน B จะอยู่ในแนวเดียวกับซี่ฟันของโพลที่ 9 และโพลที่ 7 ดังแสดงในรูปที่ 2.5 เพื่อให้เพลาของมอเตอร์หมุนไป 1 สเตป จะต้องหยุดป้อนกระแส I_1 และป้อนกระแส I_2 ให้กับเฟสที่ 2 (ϕ_2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.6 ซี่ฟันของโรเตอร์ที่เป็นสีดำใช้สำหรับอ้างอิง ซี่ฟันสีดำจะอยู่ใกล้แนวซี่ฟันของสเตเตอร์ของโพลที่ 4 และโพลที่ 8 ในตอน A และโพลที่ 6 ในตอน B มากที่สุด (ซี่ฟันของโรเตอร์ที่เป็นสีดำอยู่ห่างจากซี่ฟันของสเตเตอร์ = 1 สเตปพอดี)



รูปที่ 2.7 วงจรแม่เหล็กของไฮบริดสเตปมอเตอร์ แสดงถึงเส้นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กเกิดขึ้นในตอน A จะผ่านโพลที่ 1 และโพลที่ 5 เข้าไปยังโรเตอร์ของตอน B ผ่านโพลที่ 3 เข้าไปยังโรเตอร์ของตอน B ผ่านโพลที่ 3 และโพลที่ 7 เข้าสู่ขั้วใต้ (S) ของแม่เหล็กถาวร

เราจะต้องป้อนกระแส I_2 ในทิศทางที่ถูกต้องคือ จะต้องให้โพลที่ 4 โพลที่ 8 และโพลที่ 6 ถูกเหนี่ยวนำเป็นแม่เหล็กในทิศทางที่ถูกต้อง (เกิดวงจรแม่เหล็กที่สมบูรณ์) ด้วย I_2 ในกรณีนี้ I_2 จะต้องเป็นลบ

ไฮบริดสเตปมอเตอร์จะทำงานด้วยกระแสเฟสที่มีการโพลได้สองทิศทาง ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องใช้แหล่งจ่ายไฟ 2 ตัว (Bipolar Drive)

การแก้ปัญหาด้วยการขับไฮบริดสเตปมอเตอร์ให้ทำงานด้วยแหล่งจ่ายไฟเพียงตัวเดียว (Unipolar Drive) ได้โดยดัดแปลงโครงสร้างการพันขดลวดเฟสของสเตเตอร์

การพันขดลวดเฟสของสเตเตอร์แบบไบฟิลาร์ (การพัน 2 แถวสลับกัน) สามารถขับได้ด้วยการขับแบบยูนิโพลาร์

ขดลวดแบบยูนิฟิลาร์ เราต้องกลับทิศทางของกระแสเพื่อกลับทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขดลวดแบบไบฟิลาร์ ถ้าเราต้องกลับทิศทางของเส้นแรงเป็น -B เราสามารถทำได้โดยป้อนกระแสขนาดเดิมจากแหล่งจ่ายไฟตัวเดิมเข้าที่ขดลวดที่เป็นเส้นประ จะทำให้ทิศทางการเหนี่ยวนำแม่เหล็กและทิศทางเส้นแรงแม่เหล็ก (-B) กลับทิศทางได้

รูปที่ 2.8 การพันขดลวดเฟสของสเตเตอร์

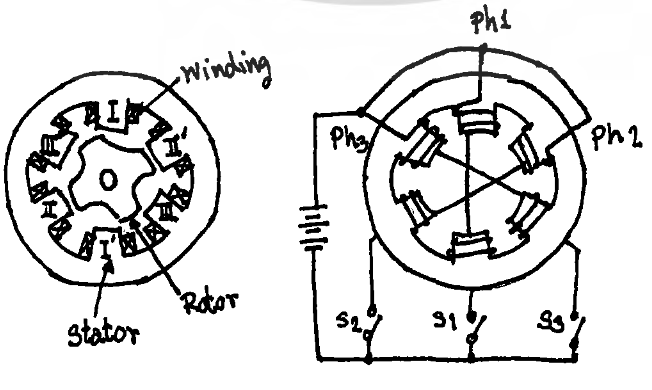
(a) แบบยูนิฟิลาร์ (b) แบบไบฟิลาร์

ถ้าหากไฮบริดสเตปมอเตอร์ ในรูปที่ 2.8 มีขดลวดเฟสของสเตเตอร์เป็นแบบไบฟิลาร์ ขดลวดเฟส ϕ_1 เดิมจะถูกแบ่งตัวเป็น 2 ขดลวดเฟส ϕ_1^+ และเฟส ϕ_1^-

ในตอนนี้ก็จะทำให้ได้ขดลวดเฟสถึง 4 เฟส และแต่ละเฟสสามารถขับได้ด้วยกระแสที่ไหลในทิศทางเดียว ส่วนเครื่องหมาย + และ - ใช้สำหรับแสดงถึง ทิศทางการเกิดสนามแม่เหล็กของสเตเตอร์โพล

2.1.4 ระบบสเตปมอเตอร์

การเลือกใช้สเตปมอเตอร์ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในงานบางอย่างนั้น จะต้องมีความเข้าใจคุณลักษณะของมอเตอร์และวงจรที่ใช้ขับมอเตอร์ในรูปที่ 2.9 แสดงแผนผังของระบบสเตปมอเตอร์



รูปที่ 2.9 แผนผังแสดงระบบสเตปมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถูกต้องเที่ยงตรงของมุมสเตปขณะที่ไม่มีโหลด จะถูกระบุสำหรับมอเตอร์แต่ละชนิด เช่น มอเตอร์ที่มีมุมสเตป 7.5° ความผิดพลาด ± 10 ลิปดา ขณะเคลื่อนที่ไป 1 สเตป เป็นต้น มอเตอร์ที่มีจำนวนสเตปต่อรอบเท่ากับ 4 จะมีค่าผิดพลาดเป็นศูนย์ เมื่อหมุนครบหนึ่งรอบเพราะขณะที่หมุนมา ณ ตำแหน่งเดิม ขณะเริ่มต้นขั้วแม่เหล็กและทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก (Flux) วงเดิม ด้วยเหตุนี้การเปลี่ยนตำแหน่งของสเตปมอเตอร์ที่ต้องการความถูกต้องสูงๆ จะต้องแบ่งจำนวนสเตปต่อรอบเป็นจำนวนเท่าของ 4 สเตป เพื่อลดการสะสมของข้อผิดพลาด (Step Angle Error) ซึ่งเป็นรูปแบบการทำงานแบบ 4 สเตป

ตัวอย่างของมุมสเตปแสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างของมุมสเตป

มุมสเตป (องศา)	จำนวนสเตปต่อรอบ
0.9	400
1.8	200
3.6	100
3.75	96
7.5	48
15.0	24

2.1.5 แรงบิด (Torque)

การทำงานของสเตปมอเตอร์ มีแรงบิดเกี่ยวข้องอยู่ 3 ชนิดคือ

1. โฮลดิ้งทอร์ค (Hoolding Torque) คือ แรงบิดที่ทำให้สเตปมอเตอร์เริ่มหมุนไป 2 สเตป จากขณะหยุดนิ่ง ถ้าแรงบิดที่ให้สเตปมอเตอร์มีขนาดมากกว่าระดับโฮลดิ้งทอร์คจะทำให้มอเตอร์สูญเสียการหมุนแบบสเตปกลายเป็นหมุนแบบต่อเนื่อง โดยปกติแรงบิดขณะทำงานของมอเตอร์จะน้อยกว่าระดับโฮลดิ้ง

2. ดิเตนท์ทอร์ค (Detent Torque) สเตปมอเตอร์แบบไฮบริดและแบบแม่เหล็กถาวรจะมีส่วนประกอบของโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวรซึ่งจะสร้างแรงบิดมาเบรคการหมุนของมอเตอร์อย่างสม่ำเสมอในขณะที่ไม่มีการป้อนกระแสเข้าขดสเตเตอร์ แรงบิดดังกล่าวนี้ เรียกว่า ดิเตนท์ทอร์ค

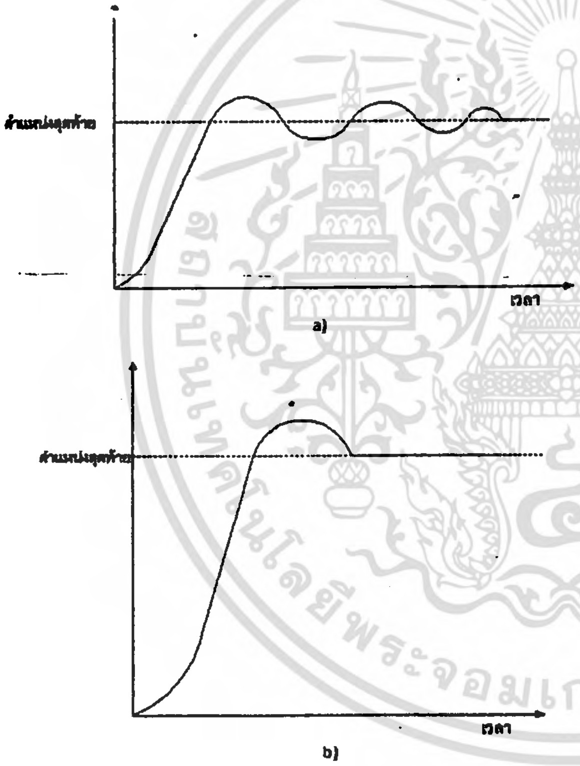
3. ไดนามิคทอร์ค (Dinamic or Working Torque) คือแรงบิดขณะทำงานซึ่งอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ เนื่องมาจากการปรับเปลี่ยนอัตราเร็วของมอเตอร์ โดยปกติการเปลี่ยนอัตราเร็วของมอเตอร์จะอยู่ในย่านระหว่างเส้นโค้งพูลอิน (Pull-In Curve) และเส้นโค้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พูลเอ้าท์ (Pull-Out Curve) เพราะถ้าปรับอัตราเร็ว ณ จุดนอกโค้งพูลเอ้าท์ มอเตอร์จะสูญเสียการหมุนแบบเป็นสเตปได้หรือเกิดการหมุนแบบต่อเนื่องนั่นเอง

2.1.6 การแกว่งเข้าสู่สภาวะคงตัว (Over Shoot)

ขณะที่มอเตอร์หมุนไปในแต่ละสเตป และหยุด ณ สเตปใดๆ จะเกิดการแกว่งหรือสั่นของโรเตอร์เข้าสู่ตำแหน่งสุดท้ายนั้นๆ และใช้เวลาช่วงหนึ่งในการเข้าสู่สภาวะคงตัวแสดงเปรียบเทียบได้ ดังรูปที่ 2.10(a) ซึ่งเป็นพฤติกรรมปกติของระบบที่ใช้สัญญาณพัลซ์ โดยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโหลดและกำลังงานที่ได้รับจากภาคขับมอเตอร์ ผลตอบสนองที่เกิดขึ้นสามารถเปลี่ยนแปลงคือลดเวลาในการเข้าสู่สภาวะคงตัวได้โดยการเพิ่มโหลดที่เป็นแรงเสียดทานเข้าไปในระบบ ซึ่งเป็นลักษณะการแก้ไขทางกล เช่น การใช้เครื่องต่อกำลังไปเพลาโดยใช้ความ



รูปที่ 2.10 ผลตอบสนองในการเข้าสู่สภาวะคงตัว

(a) ผลตอบสนองในการเข้าสู่สภาวะคงตัว

(b) ผลตอบสนองเมื่อมีการหน่วงทางไฟฟ้า

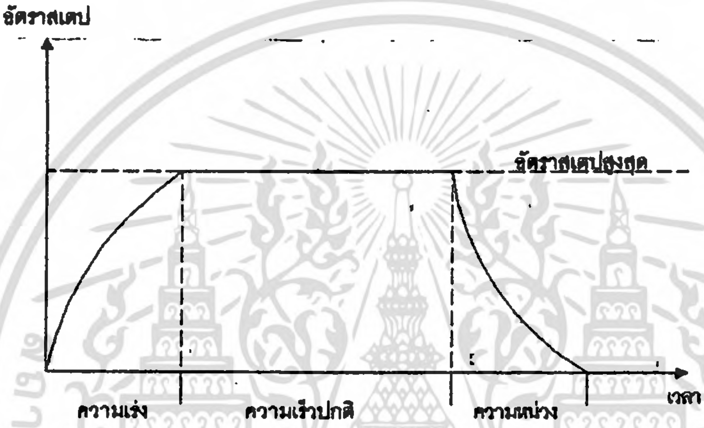
ส่วนวิธีการแก้ไขทางไฟฟ้าทำได้โดยการหน่วงสัญญาณพัลซ์ลูกสุดท้ายในขบวนพัลซ์ทั้งหมด โดยอาจถูกเปลี่ยนเป็น 3 ส่วนด้วยกันดังรูปที่ 2.10(b) โดยส่วนแรกที่เวลา t_0 จะเป็นฟอร์เวิร์ดพัลซ์ เวลา t_1 จะป้อนเป็นรีเวิร์สพัลซ์เพื่อชลอการหมุนของโรเตอร์ และส่วนสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เวลา t_2 จะเป็นฟอร์เวิร์ดพัลซ์ป้อนเพื่อให้โรเตอร์หยุด ณ ตำแหน่งที่ต้องการ ซึ่งวิธีการนี้จะสร้างแรงบิดน้อยกว่าปกติ ดังนั้นจึงลดการสั่นหรือการแกว่งได้

2.1.7 การสเตปที่แตกต่างกัน

มีหลายวิธีด้วยกันในการกำหนดจำนวนสเตปที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง เช่น หมุนไป 90° อาจใช้ทั้งหมด 6 สเตปๆ ละ 15° 12 สเตปๆ ละ 7.5° หรือ 50 สเตปๆ ละ1.8° โดยทั่วไปแล้วมอเตอร์ที่มีความกว้างของมุมสเตปน้อยจะลดการแกว่งหรือออสซิเลตและมีความแม่นยำดีกว่ามอเตอร์ที่มีความกว้างของมุมสเตปมาก



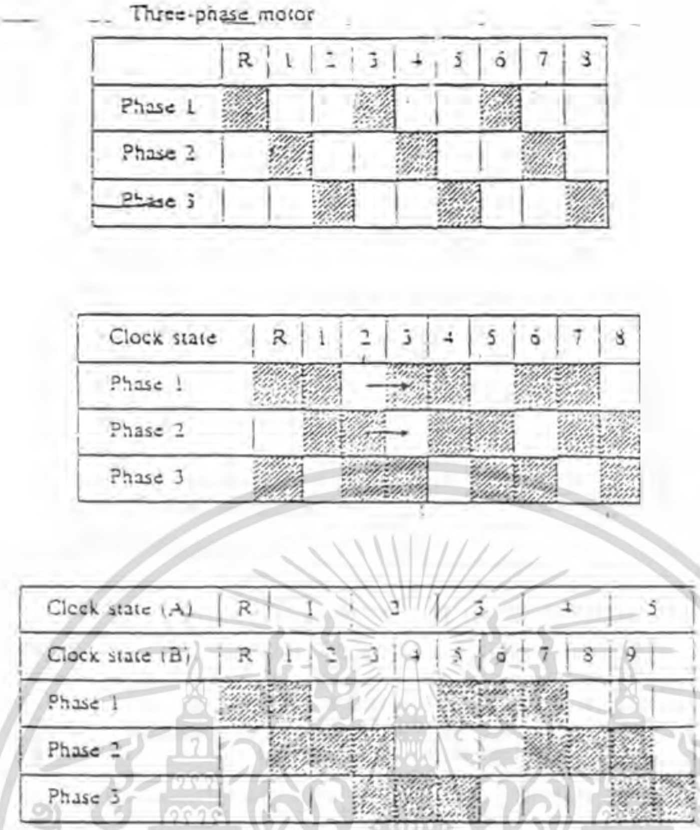
รูปที่ 2.11 โค้งแสดงช่วงเวลาการเพิ่มความเร็วและลดความเร็วของมอเตอร์

อัตราเร่งของมอเตอร์จะถูกควบคุมโดยวงจร VCO (Voltage Controlled Oscillator) และช่วงเวลาในการเก็บประจุ (RC Time Constant) ของตัวเก็บประจุจะกำหนดอัตราเร่งที่แตกต่างกัน ในรูปที่ 2.11 แสดงอัตราสเตปต่อเวลา ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือขณะสตาร์ทช่วงแรกมีความเร่งเพิ่มอัตราสเตปอย่างต่อเนื่อง ช่วงที่สองเป็นอัตราสเตปขณะใช้งานสูงสุดและช่วงสุดท้ายเกิดความหน่วง (deceleration) ลดความเร็วของมอเตอร์ลงมาจนกระทั่งหยุดนิ่ง

2.1.8 การกระตุ้น (Stepping Motor Excitation)

1. กระตุ้นเฟสเดียว (One Phase Excitation)
2. กระตุ้นสองเฟส (Two Phase Excitation)
3. กระตุ้นครึ่งสเตป (Half Step Excitation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 แสดงแผนภูมิเวลาของการกระตุ้นแบบต่างๆ

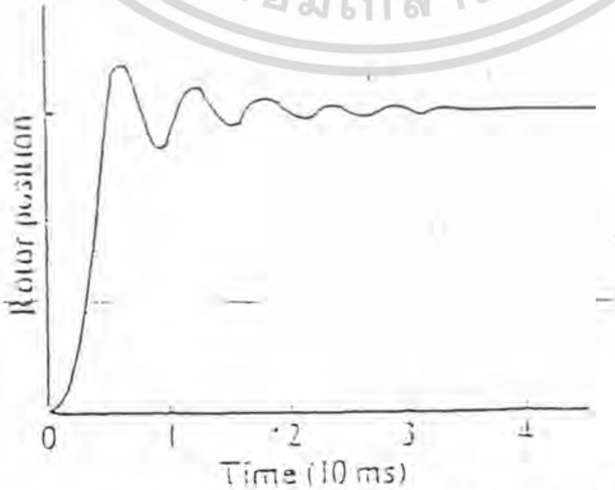
ก) กระตุ้นเฟสเดียว

ข) กระตุ้นสองเฟส

ค) กระตุ้นครึ่งสเตป

2.1.8.1 กระตุ้นเฟสเดียว

แบบนี้จะมีแรงบิดน้อยที่สุดทั้งในขณะเริ่มเคลื่อนที่และเคลื่อนที่อยู่มีการแกว่งเข้าสู่สภาวะคงตัวสูงเข้าสู่ตำแหน่งแต่ละสเตปช้า แต่เมื่อเข้าสู่สภาวะคงตัวแล้วจะไม่มีการออสซิเลท

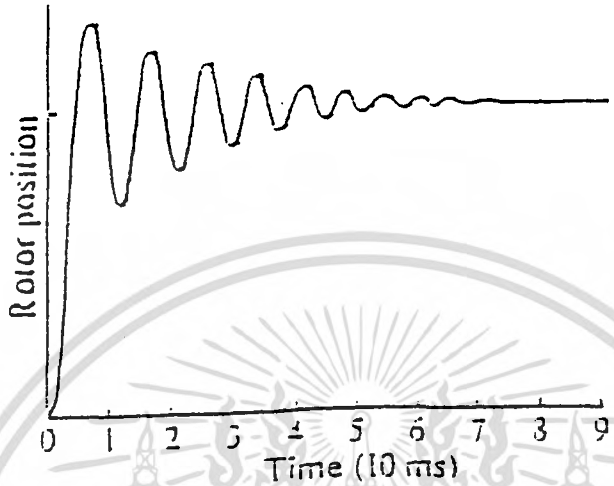


รูปที่ 2.13 กราฟแสดงผลตอบสนองสเตปมอเตอร์ต่อการกระตุ้นเฟสเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.8.2 กระตุ้นสองเฟส

การกระตุ้นแบบนี้มีแรงบิดขณะเริ่มต้นสูงมีการแกว่งเข้าสู่สภาวะคงตัวต่ำและมีออสซิเลทเล็กน้อยในสภาวะคงตัว



รูปที่ 2.14 กราฟแสดงผลตอบสนองของสเตปมอเตอร์ต่อการกระตุ้นสองเฟส

2.1.8.3 กระตุ้นครึ่งสเตป

สำหรับสเตปมอเตอร์ที่ใช้การกระตุ้นแบบครึ่งสเตป จะทำให้มุมองศาในแต่ละสเตปมีค่าลดลงจากค่าที่กำหนดไว้ครึ่งหนึ่งจากค่ามุมองศาที่กำหนดไว้ที่ข้อมูลของสเตปมอเตอร์ตัวนั้น การกระตุ้นแบบนี้จะรวมข้อดีของทั้ง 2 แบบไว้ โดยขณะเริ่มต้นจะกระตุ้นแบบสองเฟส ทำให้ได้แรงบิดสูงที่สุด และเมื่อเข้าสู่สภาวะคงตัวจะกระตุ้นเพียงเฟสเดียว ซึ่งจะทำให้ไม่เกิดการออสซิเลท แต่ข้อเสียของการกระตุ้นแบบนี้จะมีลักษณะเช่นเดียวกับการกระตุ้นเฟสเดียว กล่าวคือในขณะสภาวะคงตัวค่าแรงบิดจะมีค่าน้อย

2.1.9 การกำจัดสไปค์ (Spike Suppression)

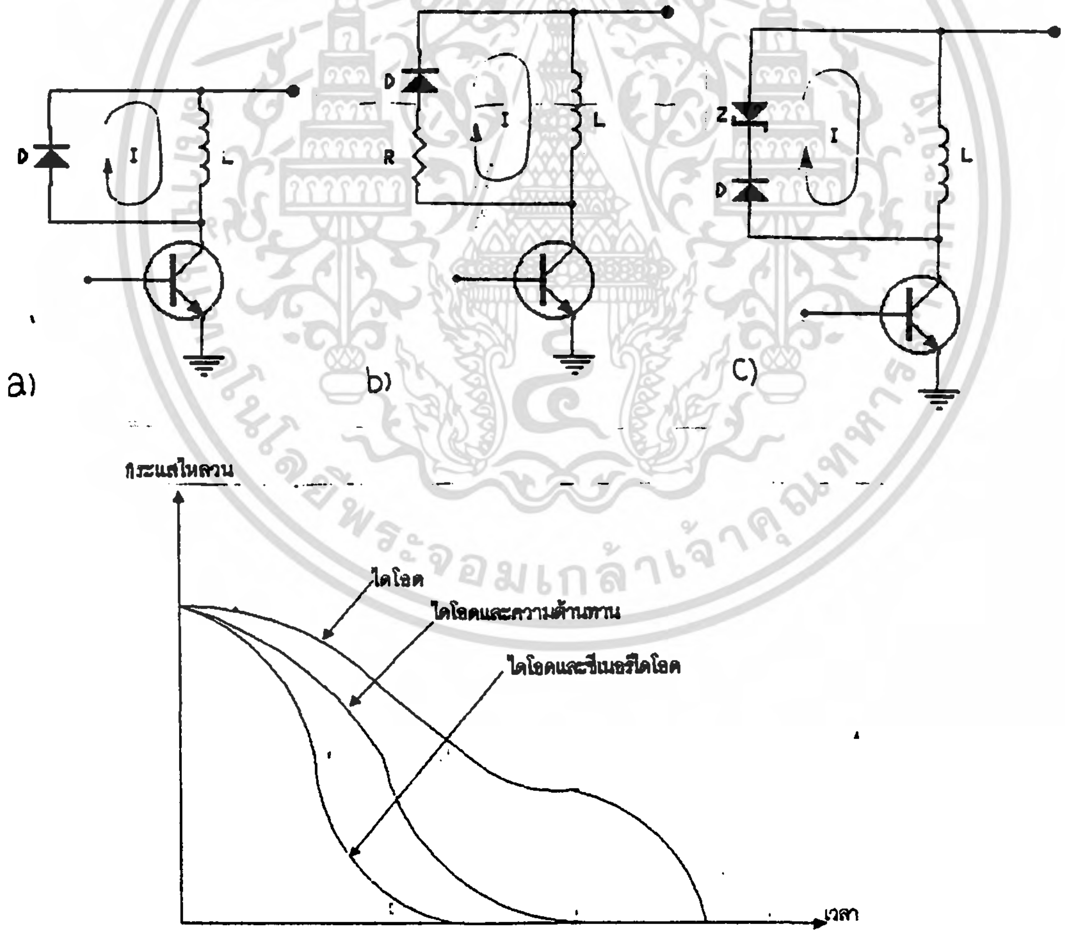
ขณะที่ทรานซิสเตอร์ในวงจรขับมอเตอร์หยุดนำกระแสจะทำให้เกิดค่าแรงดันสูง ซึ่งเกิดจากการยุบตัวของสนามแม่เหล็กในขดลวดตามสมการ $V = L\dfrac{di}{dt}$ แรงดันที่เกิดขึ้นนี้อาจทำให้รอยต่อของทรานซิสเตอร์เสียหายได้ถ้าไม่กำจัดออกไป ปัญหาเหล่านี้แก้ได้โดยใช้วงจรฟรีวิลลิ่ง (Freewheeling Circuit) เป็นทางผ่านของกระแสจากขดลวดขณะที่ทรานซิสเตอร์หยุดทำงาน ซึ่งมีรูปแบบดังนี้ คือ

-<u>การกำจัดโดยใช้ไดโอด (Diode Suppression)</u> คือการนำไดโอดมาต่อขนานกับขดลวด ดังรูปที่ 2.15(a) หลังจากที่ทรานซิสเตอร์หยุดนำกระแส จะเกิดกระแสไหลวนอยู่เป็นวงกลมรอบขดลวดและไดโอด กระแสนี้จะลดค่าลงตามเวลาวิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดแต่การทำให้กระแสไหลวนหมดต้องใช้เวลานาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-การกำจัดโดยใช้ไดโอดและความต้านทาน (Diode and Ressitor Suppression) คือการนำค่าความต้านทานมาอนุกรมกับไดโอด ดังรูป 2.15(b) ค่าความต้านทานช่วยให้กระแสไหลวนลดค่าลงเร็วขึ้น เพราะมีค่าเวลาคงตัว (time constant = L/R) น้อยลง

-การกำจัดโดยใช้ไดโอดและซีเนอร์ไดโอด (Zener Diode Suppression) คือการใช้ไดโอดเพียงอย่างเดียวในการกำจัดแรงดันสไปค์มีข้อเสีย คือ แรงบิดที่ได้รับจะลดน้อยลงไป นอกเสียจากว่าแรงดันตกคร่อมทรานซิสเตอร์จะมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 2 เท่าของแหล่งจ่ายแรงดัน ซึ่งแรงดันที่สูงขึ้นนี้จะให้สนามแม่เหล็กและกระแสไหลวนลดค่าลงอย่างรวดเร็ว ทำให้แรงบิดดีขึ้นด้วย เหตุนี้จึงใช้ความต้านทานต่ออนุกรมกับไดโอดหรือซีเนอร์ไดโอดต่ออนุกรมกับไดโอดแทน ดังรูปที่ 2.15(c) ซึ่งวิธีการใช้ซีเนอร์ไดโอดจะให้ผลดีที่สุด โดยเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการลดค่ากระแสไหลวน ดังรูปที่ 3.16(d) และรูปที่ 3.17 แสดงตัวอย่างวงจรที่ใช้ซีเนอร์ไดโอดและไดโอดต่ออนุกรมเพื่อลดแรงดันสไปค์สำหรับความต้านทาน R ในวงจรใช้สำหรับสร้างกระแสกระตุ้นขดลวดให้เร็วขึ้น

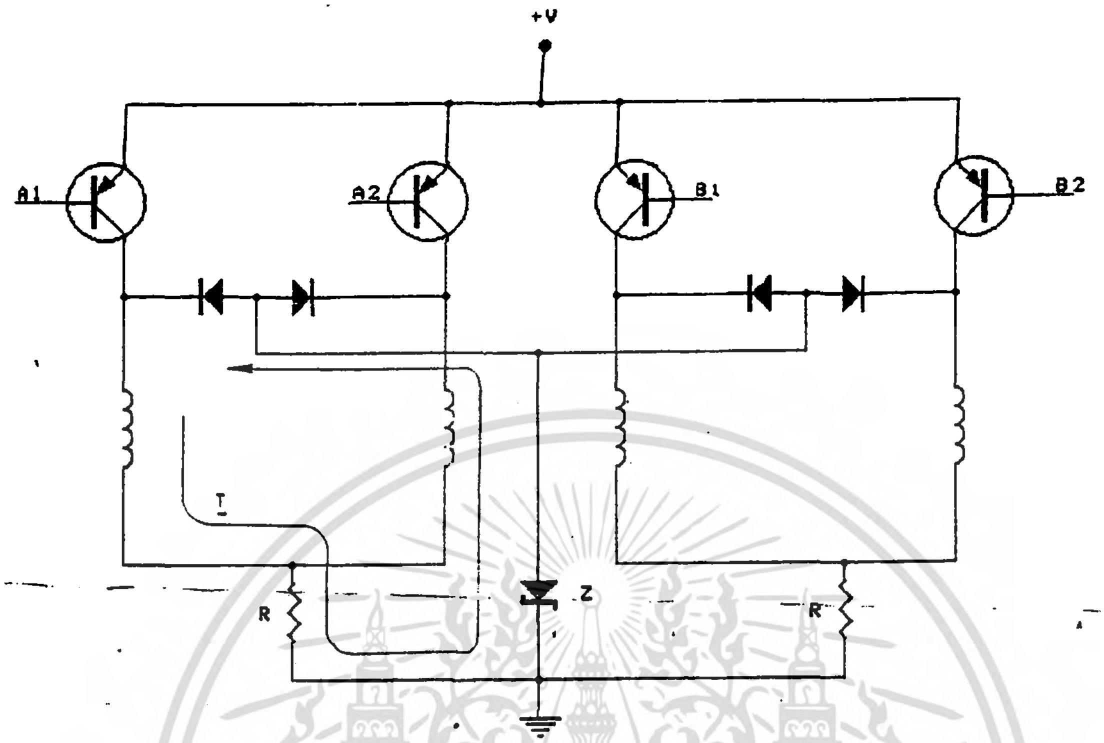


รูปที่ 2.15 การกำจัดสไปค์

(a) กำจัดด้วยไดโอด (b) กำจัดด้วยไดโอดและความต้านทาน

(c) กำจัดด้วยไดโอดและซีเนอร์ไดโอด(d) เปรียบเทียบการกำจัดด้วยวิธีต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



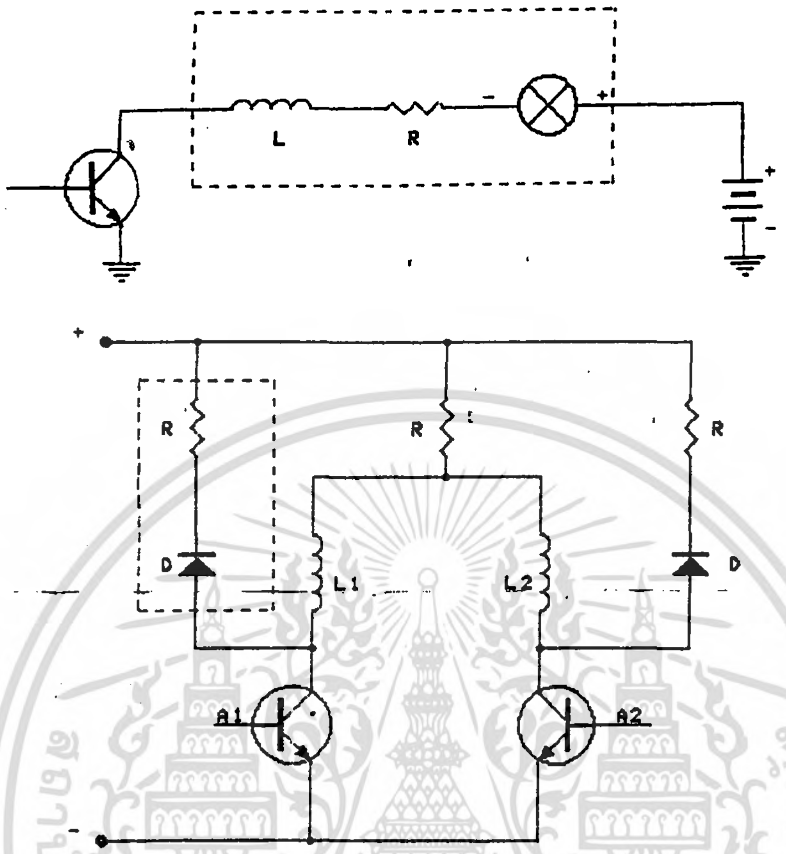
รูปที่ 2.16 ตัวอย่างวงจรกำจัดแรงดันสไปค์

2.1.10 การพิจารณาวงจรขับมอเตอร์

ในสภาวะที่มอเตอร์ทำงานด้วยระดับแรงดันคงที่ค่าหนึ่ง แรงบิดที่ได้จะมีค่าลดลง ถ้ามีการเพิ่มอัตราสเตปเนื่องมาจากการเพิ่มค่าของแรงดันต้านกลับ (Back EMF) และช่วงเวลาขาขึ้น (Rise Time) ของกระแสในขดลวดถูกจำกัดหรือมีค่ามาก วงจรเทียบเคียงของสเตปมอเตอร์ แสดงดังรูปที่ 2.17(a) การแก้ไขให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแสในขดลวดเร็วขึ้นทำได้โดยเพิ่มแรงดันของแหล่งจ่ายไฟให้สูงขึ้นเพื่อรักษาระดับกระแสให้คงที่ ขณะทำงานที่อัตราสเตปสูงๆ หรืออาจคงค่าแรงดันเอาไว้ แต่เพิ่มค่าความต้านทานอนุกรมเข้าไปในวงจร ดังรูปที่ 2.17(b) ค่าความต้านทานนี้เรียกว่า ความต้านทานฟอร์ซิง (Forcing Resistance)

ค่าความต้านทานที่ต่อเพิ่มนี้ จะลดค่าเวลาคงตัว (τ = L/R) ทำให้ใช้งานที่ความเร็วสูงได้ดี ดังนั้นถ้าเพิ่มความต้านทานมีค่า 3 เท่าของความต้านทานขดลวด จะทำให้มีค่าเวลาคงตัวเท่ากับ L/4R และควรเพิ่มขนาดแรงดันแหล่งจ่ายไฟเป็น 4 เท่าด้วย เพื่อรักษาระดับกระแสผ่านขดลวดให้คงที่ ซึ่งในกรณีนี้อาจมีปัญหาในเรื่องแหล่งจ่ายไฟ หรือเกิดการสูญเสียที่ความต้านทานฟอร์ซิง ในรูปของความร้อน ดังนั้นที่ความเร็วต่ำจึงไม่เหมาะที่จะนำวิธีการนี้มาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

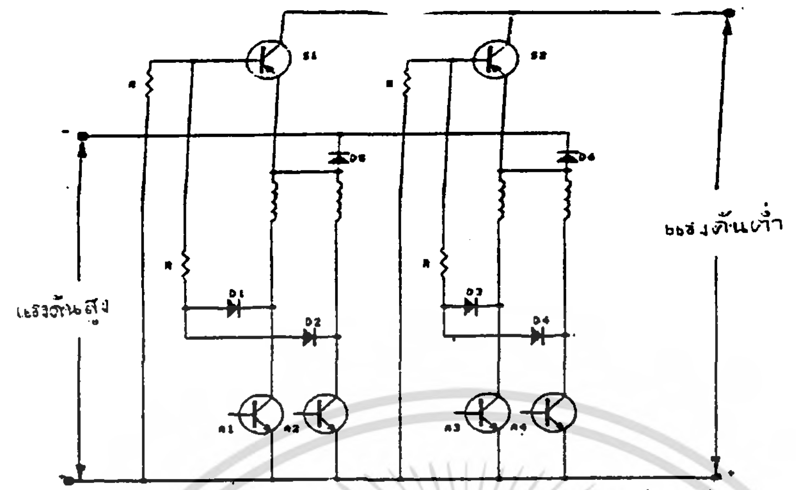


รูปที่ 2.17 (a) แสดงวงจรเทียบเคียงขดลวดของสเตปมอเตอร์
(b) แสดงวงจรขับที่มีความต้านทานฟอร์ซิง

ในการออกแบบวงจรขับมอเตอร์ ควรให้มีกำลังสูญเสียจากค่าความต้านทานฟอร์ซิงน้อยที่สุด วงจรขับที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้จะแก้ไขปัญหาเหล่านี้ได้

<u>วงจรขับแบบสองสถานะ (Bi-Level Drive)</u> วงจรขับแบบสองสถานะมีแรงดันที่จ่ายให้มอเตอร์สองค่าคือค่าสูงและต่ำ ขณะอัตราสเตปเป็นศูนย์จะรับแรงดันค่าต่ำกว่าขีดจำกัดของมอเตอร์และเมื่ออัตราสเตปเพิ่มจากค่าศูนย์ มอเตอร์จะทำงานที่ระดับแรงดันสูงกว่าขีดจำกัด จากวงจรขับแบบสองสถานะที่แสดงดังรูปที่ 2.18 แรงดันค่าต่ำถูกใช้ช่วงอัตราสเตปเป็นศูนย์จนกระทั่งระดับกระแสในขดลวดมีค่าระดับหนึ่งจึงต่อแรงดันค่าสูงเข้าไปแทนและแรงดันค่าต่ำถูกตัดออกไปโดยการหยุดนำกระแส (Cut-Off) ของ D_5 หรือ D_6 D_1, D_2, D_3, D_4 เป็นฟรีวิลลิงไดโอดและ R เป็นความต้านทานฟรีวิลลิง

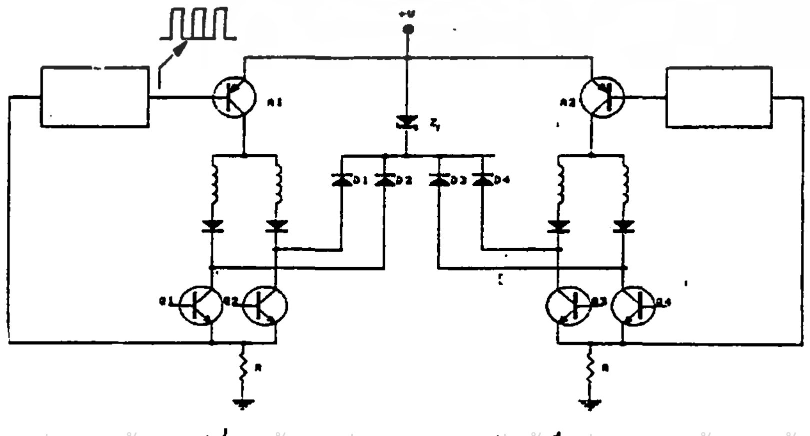
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 วงจรขับแบบสองสถานะ

<u>วงจรขับแบบชอปเปอร์(Chopper Drive)</u> วงจรขับแบบนี้ใช้ระดับแรงดันจากแหล่งจ่ายเพียงค่าเดียวจ่ายให้กับขดลวด ดังแสดงในรูปที่ 2.19 โดยกระแสที่จ่ายเข้ามอเตอร์จะถูกรักษาระดับที่ค่าเฉลี่ยค่าหนึ่ง การควบคุมระดับกระแสคือ วงจรออปแอมป์ดีเทคเตอร์จะตรวจสอบค่าของกระแสโดยเปรียบเทียบจากแรงดันที่ตกคร่อม R เมื่อกระแสสูงกว่าระดับเฉลี่ย วงจรออปแอมป์ดีเทคเตอร์จะหยุดขับทรานซิสเตอร์ กระแสที่ไหลผ่านขดลวดจึงลดค่าลง เมื่อลดลงมาต่ำกว่าระดับค่าเฉลี่ย ทรานซิสเตอร์ก็จะถูกขับให้นำกระแสเพื่อให้มีกระแสไหลผ่านขดลวดเพิ่มขึ้นและจะทำงานสลับกันไปเพื่อให้ได้ระดับกระแสเฉลี่ยค่าหนึ่ง

ลักษณะของสัญญาณที่ขับขา B ของทรานซิสเตอร์ A_1 หรือ A_2 เป็นลักษณะของไฟกระแสตรงที่ถูกชอปแรงดัน +V มีค่าประมาณ 5 ถึง 10 เท่าของระดับแรงดันปกติของมอเตอร์ D_1, D_2, D_3 และ D_4 เป็นฟรีวิลลิงไดโอดต่ออนุกรมกับซีเนอร์ไดโอด Z วงจรขับแบบนี้เหมาะสำหรับการใช้งานที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบอยู่เสมอหรือมีการเปลี่ยนแปลงความเร่งอย่างรวดเร็ว



รูปที่ 2.19 วงจรขับแบบชอปเปอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ... ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 รีเลย์ (Relay)

ตัวรีเลย์เป็นสวิตช์ที่ทำงานเปิดปิดวงจรโดยใช้แม่เหล็ก แทนที่จะใช้เปิดปิดวงจรแบบสวิตช์ปกติซึ่งใช้สปริงค์หน้าคอนเท็คจะกินกระแสเพียงเล็กน้อยเป็นมิลลิแอมป์ โดยจะทำงานเพื่อดึงหน้าคอนแท็คให้เปิดหรือปิดวงจร โดยทำหน้าที่ยอมให้กระแสผ่านถึง 10 แอมป์

ข้อดีของรีเลย์ตรงที่การปิดหน้าคอนแท็กจะเป็นไปอย่างรวดเร็วก็เนื่องจากแรงดึงของคอยล์โดยอำนาจแม่เหล็กจะทำให้ลดประกายไฟลงที่หน้าคอนแทคได้มาก

รีเลย์มีขนาดตั้งแต่เล็ก ๆ ใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ไปจนถึงงานขนาดกระแสเป็น 200 แอมป์ ในงานไฟฟ้ากำลังเป็นทั้งตัวป้องกันการลัดวงจร โดยยกสวิทซ์และอื่น ๆ ใช้บังคับการทำงานของมอเตอร์และอื่น ๆ ใช้เป็นตัวปิดเปิดไฟทั้งวงจร ทั้งตึก สำหรับงานแสงสว่าง งานแอร์ทั้งตึก และงานอื่น ๆ นอกจากนี้รีเลย์ยังใช้ในเครื่องใช้สำนักงาน เช่น เครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องควบคุมต่าง ๆ มากมาย

นอกจากนี้ยังมีรีเลย์ขนาดใหญ่ที่ใช้ควบคุมมอเตอร์ขนาดใหญ่ ๆ จะเป็นแม็กนีติกรีเลย์ขนาดใหญ่ ๆ สำหรับงานควบคุมทางไฟฟ้าโดยเฉพาะ ซึ่งสามารถต่อเชื่อมการควบคุมการทำงานผ่านรีเลย์เล็ก ๆ ก่อนเข้าไปควบคุมงานกำลังสูง ๆ

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

2.3.1 ฮาร์ดแวร์ของ MCS-51

โครงสร้างภายในของ MCS-51 จะเป็นดังรูปที่ 2.20 ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนสำคัญหลัก ๆ ดังนี้คือ

- ซีพียูขนาด 8 บิต ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ A acumulator และรีจิสเตอร์ B
- โปรแกรมเคาน์เตอร์ (PC) และด้าต้าพอยน์เตอร์ (data pointer;DPTR) ขนาด 16 บิต
- โปรแกรมหลักสเตตัสเวิร์ด (program status word; PSW) ขนาด 8 บิต
- สแต็กพอยเตอร์ (stack pointer; SP)ขนาด 8 บิต
- หน่วยความจำรอม (ROM) หรืออีพรอม (EPROM เฉพาะ 8751)ขนาด 0 กิโลไบต์ (8031) ถึง 4 กิโลไบต์ (8051)
- หน่วยความจำแรมภายในขนาด 128 ไบต์ ประกอบด้วย

1. รีจิสเตอร์แบงก์ 4 แบงก์ แต่ละแบงก์ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต จำนวน 8 รีจิสเตอร์ (R_0-R_7)

เอกสารนี้ได้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. มีหน่วยความจำจำนวน 16 ไบต์ ที่สามารถอ้างแอดเดรสเพื่อควบคุมการทำงานในระดับบิตได้

3. มีหน่วยความจำสำหรับใช้งานทั่วไป 80 ไบต์

- ขารับสัญญาณอินพุท/เอาท์พุท 32 ขา แบ่งออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 8 บิตได้ 4 กลุ่มคือ P0 ,P1, P2, P3

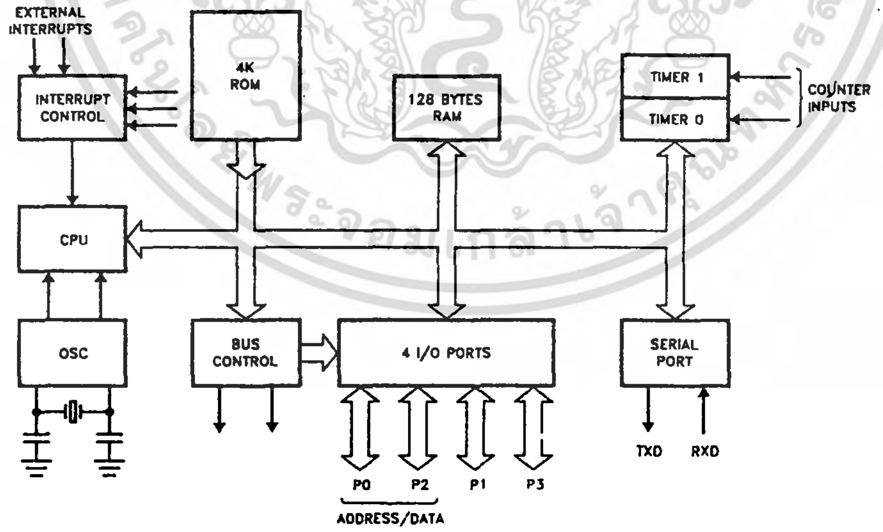
- ไทม์เมอร์/เคาท์เตอร์ขนาด 16 บิต สองชุดคือ T0 และ T1

- พอร์ตอนุกรมที่ใช้รับส่งสัญญาณแบบฟูลดูเพลกซ์ (full duplex) เรียกว่า SBUF

- รีจิสเตอร์ควบคุมได้แก่ TCON, TMOD,SCON,IP และ IE

-สามารถทำการอินเตอร์รัปได้ทั้งภายในและภายนอก การอินเตอร์รัปภายในได้มาจากแหล่งกำเนิดการอินเตอร์รัปสามแหล่ง การอินเตอร์รัปภายนอกได้มาจากแหล่งกำเนิดการอินเตอร์รัปจากภายนอกสองแหล่ง

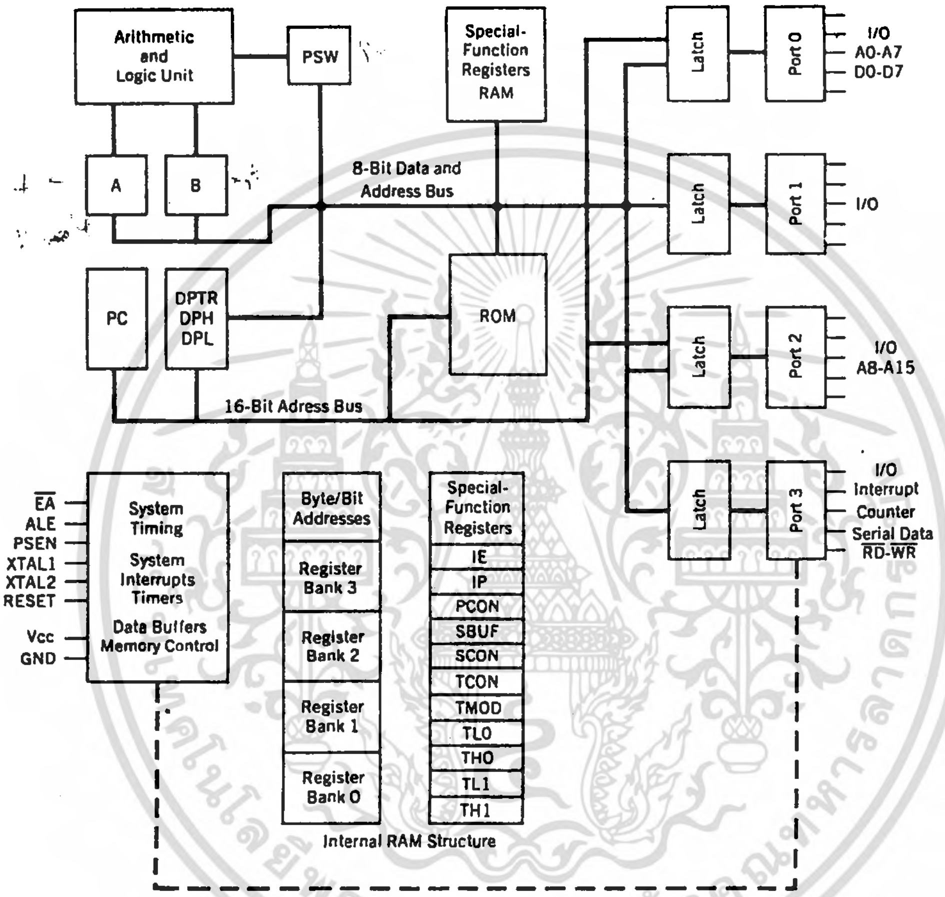
- ส่วนของออสซิลเลเตอร์ และวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายใน



รูปที่ 2.20 โครงสร้างภายในของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.20 เพื่อให้เข้าใจดีขึ้น จะเขียนเฉพาะส่วนที่สำคัญ ๆ เป็นบล็อกไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 บล็อกไดอะแกรมภายในของ8051

การใช้งานของขาต่าง ๆ พอกล่าวคราว ๆ ในขั้นต้นได้ดังนี้

พอร์ต 0 (ขา 32-39) เป็นพอร์ตที่ใช้งานสองหน้าที่ หน้าที่แรกใช้เป็นอินพุท/เอาต์พุทพอร์ต ส่วนอีกหน้าที่หนึ่งนั้นใช้ควบคุมหน่วยความจำภายนอก เมื่อต้องการขยายระบบให้ใหญ่ขึ้นโดยจะให้สัญญาณที่มัลติเพลกซ์ระหว่างบัสแอดเดรสกับบัสข้อมูลออกมา (AD7-AD0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ต 1 (ขา 1-8) ใช้เป็นอินพุท/เอาท์พุทพอร์ตอย่างเดียวใช้สัญญลักษณ์เรียงกันเป็น P1.0, P1.1 จนถึง P1.7 พอร์ตนี้ใช้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกหน้าที่เดียวเท่านั้น ยกเว้น 8032/8052 ที่ใช้ P1.0 และ P1.1 เป็นอินพุท/เอาท์พุท หรืออินพุทภายนอกของไทเมอร์ชุดที่สาม

พอร์ต 2 (ขา 21-28) เป็นพอร์ตที่ใช้งานสองหน้าที่เช่นกันหน้าที่แรกเป็นอินพุท/เอาท์พุท หน้าที่ที่สองใช้ควบคุมหน่วยความจำภายนอก โดยให้สัญญาณแอดเดรสไบต์สูง (A15-A8) ออกมา

พอร์ต 3 (ขา 10-17) เป็นพอร์ตที่ใช้งานสองหน้าที่เช่นกัน หน้าที่แรกเป็นอินพุท/เอาท์พุท หน้าที่ที่สองแยกออกได้หลายฟังชันก์ดังนี้

บิต	ชื่อ	ทำหน้าที่ย่อย
P3.0	RXD	รับข้อมูลสำหรับพอร์ตอนุกรมย่อย
P3.1	TXD	ส่งข้อมูลสำหรับพอร์ตอนุกรม
P3.2	/INT0	อินเตอรัปภายนอกหมายเลข 0
P3.3	/INT1	อินเตอรัปภายนอกหมายเลข 1
P3.4	T0	ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 (อินพุทจากภายนอก)
P3.5	T1	ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 1 (อินพุทจากภายใน)
P3.6	/WR	สัญญาณเขียนใช้ต่อกับหน่วยความจำภายนอก
P3.7	RD	สัญญาณอ่านใช้ต่อกับหน่วยความจำภายนอก

/PSEN (program store enable) (ขา29) เป็นสัญญาณเอาท์พุทใช้เป็นสัญญาณควบคุมการอีนาเบิล(enable)หน่วยความจำที่ใช้เก็บรหัสที่ต่ออยู่ภายนอก(external program (code) memory) โดยทั่วไปจะต่อกับขาเอาท์พุทอีนาเบิล(outputenable;/OE)ของอีพรอม

/PSEN จะใช้พัลส์ต่ำในขณะที่อยู่ในขั้นตอนเฟตซ์คำสั่งจากอีพรอม ข้อมูลจะถูกวางลงในบัสข้อมูลและถูกเรียกเก็บไว้ในตัว MCS-51เพื่อรอรับการถอดรหัสต่อไป เมื่อทำการรันโปรแกรมจากรอมภายนอกในตัว /PSEN จะมีระดับสัญญาณเป็น 1 ตลอด

ALE (address latch enable) (ขา30) เป็นสัญญาณเอาท์พุทใช้เป็นสัญญาควบคุมการแลตซ์ (latch) สัญญาณแอดเดรสที่ออกมาจากพอร์ต 0 เมื่อพอร์ต 0 ถูกใช้งานในหน้าที่ที่สอง (เป็นสัญญาณแอดเดรสและข้อมูลมัลติเพลกซ์กันออกมา) ความถี่ของ ALE จะมีค่าเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1/6 เท่าของความถี่ที่เกิดขึ้นภายในชิป เช่น ถ้าใช้คริสตอลความถี่ 12 เมกกะเฮิรตซ์สัญญาณ ALE จะมีความถี่เป็น 2 เมกกะเฮิรตซ์ ยกเว้นการทำคำสั่ง MOVX

EA(external access) (ขา31) ขา EA เป็นขาอินพุทเพื่อใช้ต่อกับ V_{CC} หรือกราวด์ ถ้าต่อกับ V_{CC} 8051/8052 จะรันโปรแกรมจากรอมภายในก่อนในช่วงที่หน่วยความจำ 4 K/8K แรก จากนั้นจึงออกมารันที่หน่วยความจำภายนอก ถ้าต่อกับกราวด์ 8051/8052 จะรับโปรแกรมจากหน่วยความจำภายนอกทั้งหมด ถ้าใช้ 8031/8032 ขา EA จะต้องต่อลงกราวด์ เนื่องจากตัวมันไม่มีหน่วยความจำรอมภายใน

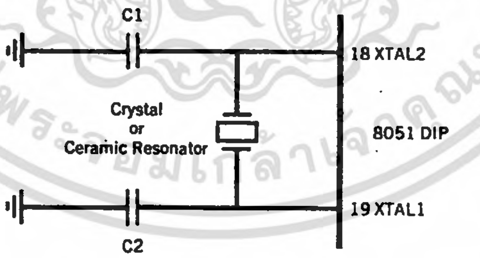
RST (reset) (ขา9) เป็นขาอินพุทใช้รีเซ็ต 8051 เมื่อสัญญาณที่ขา RST เป็นลอจิก 1 (อย่างน้อย 2 รอบวงแมชีน) ทำให้ 8051 ทำการรีเซ็ตระบบภายในของมันทั้งหมด

Oscillator input (ขา18-19) เนื่องจาก 8051 มีวงจรออสซิลเลเตอร์อยู่ภายในโดยเชื่อมต่อกับขาคริสตอลผ่านทางขา 18 และ 19 ในตระกูล MCS-51 สามารถใช้คริสตอลที่มีความถี่สูงกว่า 12 เมกกะเฮิรตซ์บางเบอร์เช่น 80C31 BH-1 สามารถใช้คริสตอลที่มีความถี่สูงถึง 12 เมกกะเฮิรตซ์

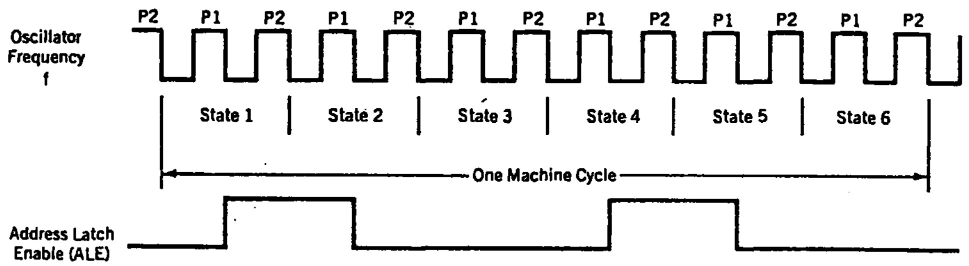
แหล่งจ่ายไฟ (ขา 40 และ 20) 8051 ใช้แหล่งจ่ายไฟแหล่งเดียวขนาด +5 โวลต์โดย V_{CC} ต่อกับขา 40 และกราวด์ต่อกับขา 20 จากนี้จะแยกกล่าวออกเป็นส่วน ๆ ดังนี้

2.3.2 สัญญาณนาฬิกาของ MCS-51

เนื่องจาก MCS-51 มีวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายในเพื่อทำหน้าที่สร้างสัญญาณนาฬิกาให้ระบบทำให้ระบบทำงานสอดคล้องกันทั้งหมด ผู้ใช้เพียงแต่ต่อคริสตอลและตัวเก็บประจุเข้าไปดังรูปที่ 2.22



Crystal or Ceramic Resonator Oscillator Circuit



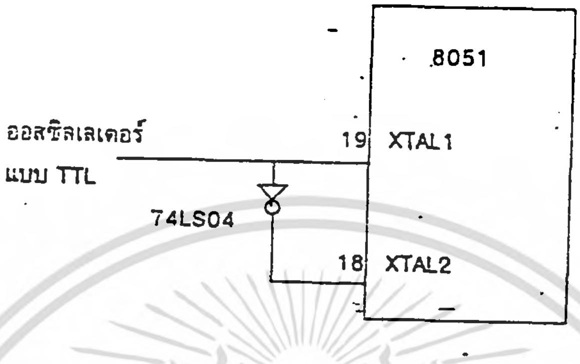
8051 Timing

รูป 2.22 การต่อคริสตอลและแผนผังของเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางโรงงานผู้ผลิตได้ออกแบบให้ MCS-51ทำงานได้ในช่วงความถี่ 1-16 เมกกะเฮิรตซ์ ถ้าใช้ความถี่สูงกว่านี้หรือต่ำกว่านี้จะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานผิดพลาด

ถ้าผู้ใช้ไม่ใช้คริสตอลดังกล่าวข้างต้น แต่จะใช้ TTL ออสซิลเลเตอร์จากแหล่งอื่นต้องทำการดัดแปลงเล็กน้อยเป็นดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 การใช้ 8051 กับ TTL Oscillator

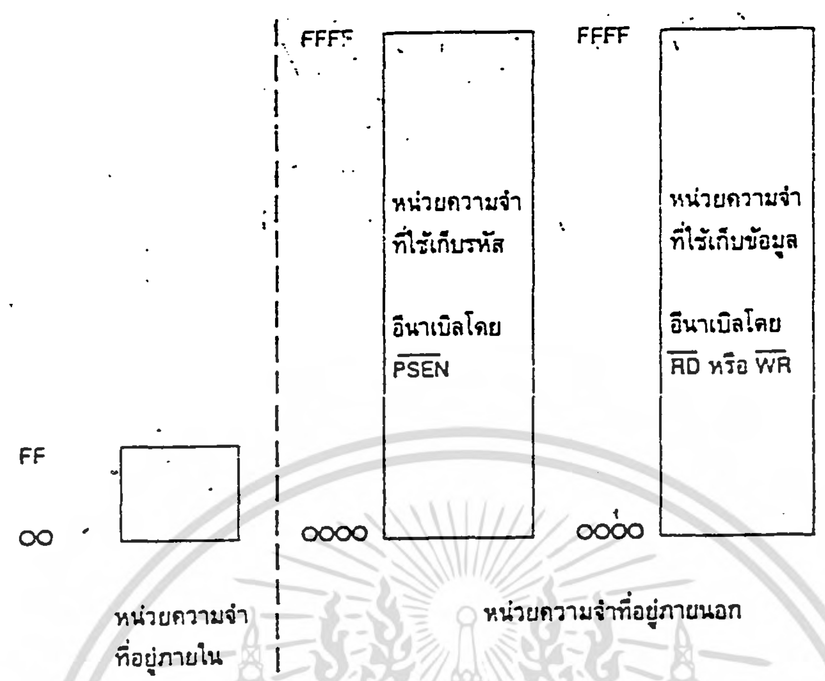
2.3.3 การจัดวางหน่วยความจำ

ไมโครโปรเซสเซอร์ส่วนมากมีการจัดวางหน่วยความจำแบบ Von Neuman ซึ่งใช้เนื้อที่ในหน่วยความจำร่วมกันระหว่างข้อมูลและโปรแกรม การใช้ในลักษณะนี้ก็เป็นเหตุผลที่ดีเพราะว่าโปรแกรมมักจะถูกเก็บอยู่ในแผ่นดิสก์เมื่อใช้งานจึงโหลดลงไปในแรมของระบบแล้วรัน แต่ในกรณีของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตัวมันไม่ได้ถูกใช้งานเป็นเพียงแค่ซีพียูในระบบคอมพิวเตอร์เหมือนกับไมโครโปรเซสเซอร์อื่น ๆ แต่เป็นศูนย์กลางของการควบคุมทั้งหมดในงานหนึ่ง ๆ การใช้หน่วยความจำจะไม่มาก โปรแกรมควบคุมถูกเก็บไว้ในรอมด้วยเหตุนี้ MCS-51 นี้จึงมีการจัดวางหน่วยความจำแบบ Harward ซึ่งแยกหน่วยความจำออกมาเป็นส่วนของโปรแกรม (เก็บรหัสคำสั่งและส่วนของข้อมูล) ดังตารางในหัวข้อ 2.2.20 หน่วยความจำที่ใช้เก็บรหัส (code memory) หรือใช้เก็บข้อมูล (data memory)ใช้ภายในตัวหรือขยายออกมาใช้ภายนอกก็ได้ MCS-51 สามารถขยายหน่วยความจำที่ใช้เก็บรหัสได้สูงสุด 64 กิโลไบต์ และขยายหน่วยความจำได้สูงสุด 64 กิโลไบต์

หน่วยความจำภายในของ MCS-51 ประกอบด้วยหน่วยความจำรอมหรืออีพรอมและหน่วยความจำแรม หน่วยความจำแรมภายในถูกนำมาใช้หลายหน้าที่ได้แก่ ใช้เก็บข้อมูลทั่วไป (ไบต์) เก็บข้อมูลในลักษณะของบิตทำเป็นรีจิสเตอร์แบงก์และรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่พิเศษมีข้อควรจำอยู่สองประการคือ

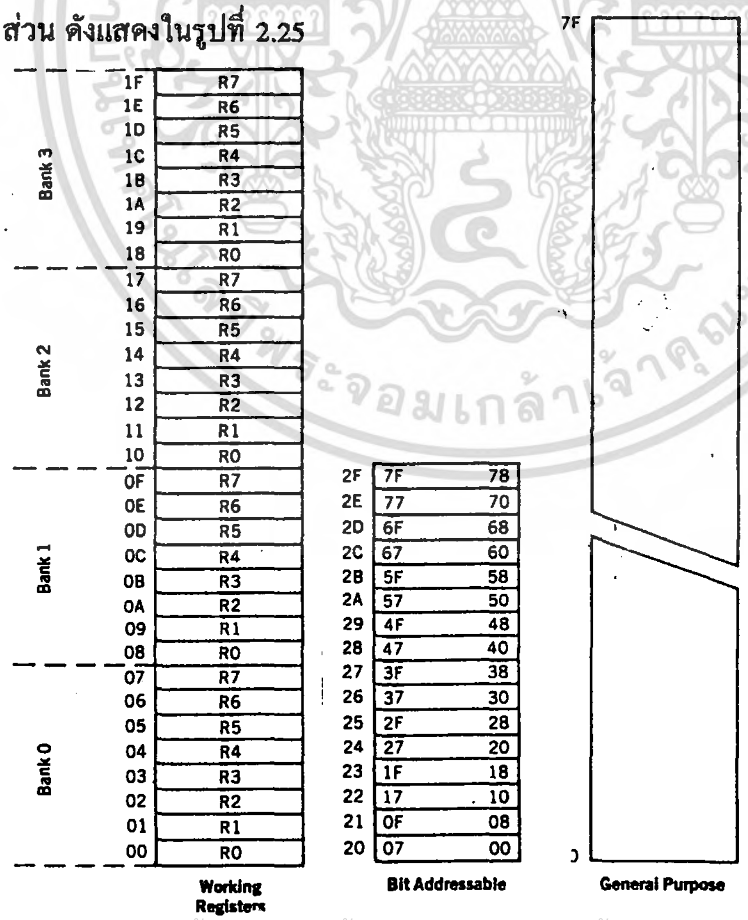
1. รีจิสเตอร์และอินพุท/เอาท์พุทพอร์ต ใช้การแมปในลักษณะเดียวกับหน่วยความจำ (memory-mapped) ดังนั้นการเรียกใช้งานอาจใช้การเรียกเช่นเดียวกับตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 ขนาดของหน่วยความจำทั้งหมดของ 8031

หน่วยความจำแรมภายในของ MCS-51 มีขนาด 128 ไบต์แยกการใช้งานออกเป็นสามส่วน ดังแสดงในรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 โครงสร้างของหน่วยความจำแรมภายใน8051

เอกสารนี้เป็นเอกสาร...ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานทั้งสามส่วนแยกออกเป็น

1. รีจิสเตอร์แบงก์ แรมในจำนวน 32 ไบต์จากแอดเดรส 00H ถึง 1FH ถูกนำมาเป็นตัวรีจิสเตอร์สำหรับใช้งาน โดยแยกออกเป็นสี่แบงก์ แบงก์ล่ะแปดรีจิสเตอร์ รีจิสเตอร์แต่ละแบงก์ก็มีหมายเลขกำกับเป็น แบงก์ 0 ถึง แบงก์ 3 และรีจิสเตอร์แต่ล่ะตัวจะอ้างตำแหน่งแอดเดรสโดยใช้ชื่อ (เมื่อแบงก์ใดแบงก์หนึ่งถูกเลือกใช้) หรืออ้างเป็นตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำแรมเลยก็ได้ เช่นถ้าต้องการอ้างถึงรีจิสเตอร์ R0 ของแบงก์ 3 ลองดูจากคำสั่งเคลื่อนย้ายข้อมูลจากรีจิสเตอร์ R0 มาไว้ยังแอคคิวมูเลเตอร์โดยสมมุติว่า แบงก์สามถูกเลือกใช้งานอยู่ในขณะนี้

MOV A,R0

คำสั่งนี้จะใช้ชื่อกำหนดลงไปตรง ๆ ผลที่ได้จะเป็นเช่นเดียวกับคำสั่งต่อไปนี้

MOV A,18H

สำหรับคำสั่งที่สองเป็นการอ้างตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำโดยตรงข้อดีของแบบแรกก็คือไม่ต้องจำตำแหน่งแอดเดรสส่วนข้อดีของแบบที่สองคือไม่ต้องสนใจว่าแบงก์ใดถูกเลือกใช้งานในขณะนี้

การเลือกให้รีจิสเตอร์แบงก์ใดทำงานสามารถกำหนดโดยการเซ็ตหรือเคลียร์บิต RS0 หรือ RS1 ในรีจิสเตอร์ PSW และรีจิสเตอร์แบงก์ใดที่ไม่ถูกเลือกใช้งานสามารถใช้เป็นหน่วยความจำแรมแบบปกติได้หลังจากทำการรีเซ็ตไมโครคอนโทรลเลอร์รีจิสเตอร์แบงก์ 0 จะถูกเลือกใช้งาน

2. หน่วยตวามจำแรมที่สามารถอ้างอิงแอดเดรสแบบบิต หน่วยความจำแรมที่เหนือจากรีจิสเตอร์แบงก์ขึ้นไป 16 ไบต์คือตั้งแต่แอดเดรส 20 H ถึง 2FH (หนึ่งตำแหน่งแอดเดรสคือหนึ่งไบต์) สามารถอ้างตำแหน่งได้สองแบบคือแบบแรกอ้างแบบไบต์คือแอดเดรส 20H แบบที่สองอ้างแบบบิตจะได้ทั้งหมด 128 ตำแหน่งคือแอดเดรส 00H ถึง 7FH (8บิตx16ไบต์ =128บิต)

การอ้างแอดเดรสแบบบิตอาศัยแนวความคิดจากความคล่องตัวและประสิทธิภาพการใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยที่สามารถเซตหรือเคลียร์บิตใดบิตหนึ่ง หรือทำการแอนด์ออร์บิตใดบิตหนึ่งได้ภายในหนึ่งคำสั่ง ยิ่งไปกว่านั้นอินพุท/เอาท์พุทพอร์ตของ MCS-51 สามารถเป็นแอดเดรสแบบบิตได้ จึงทำให้การเขียนซอฟแวร์ทำได้ง่ายขึ้นการควบคุมและตรวจสอบทำได้อย่างรวดเร็ว

ตำแหน่งแอดเดรสที่กล่าวมาข้างต้นจะอ้างแบบไบต์หรือแบบบิตก็ได้แล้วแต่คำสั่งที่ใช้ เช่นต้องการเซ็ตบิตที่ตำแหน่งแอดเดรสที่อ้างแบบบิต 67H ให้เป็น 1 คำสั่งที่จะใช้เป็นดังนี้

SETB 67H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ตำแหน่งแอดเดรสที่อ้างอิงแบบบิต 67H ก็คือบิตที่ 7 ของตำแหน่งแอดเดรสที่อ้างอิงแบบไบต์ที่ 2CH โดยการใช้คำสั่งที่ผ่านมาจะไม่มีผลกระทบต่อบิตข้างเคียงในตำแหน่งนี้ และนี่ก็คือข้อดีของไมโครคอนโทรลเลอร์

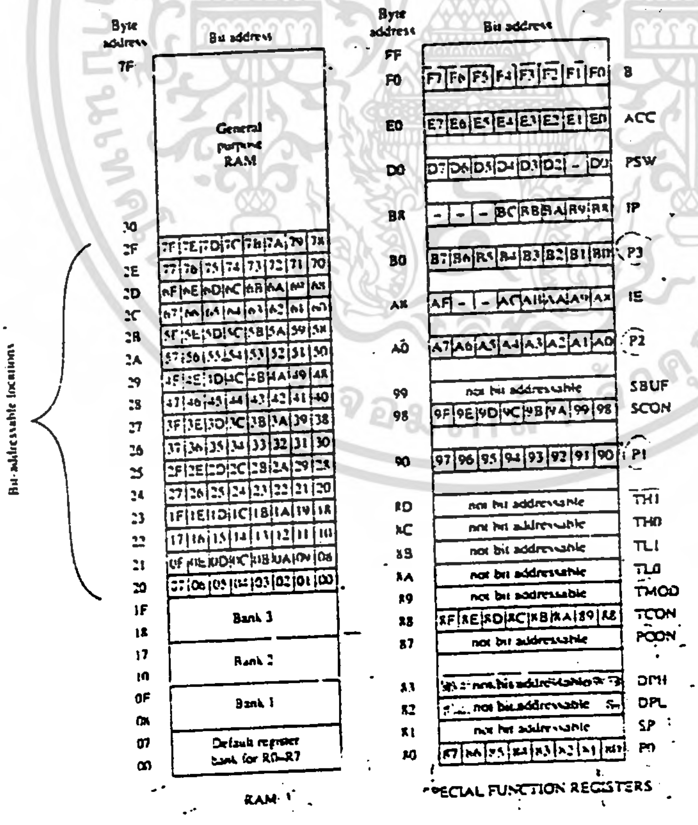
3. หน่วยความจำแรมที่ใช้งานทั่วไป ส่วนนี้จะอยู่เหนือบริเวณหน่วยความจำแรมที่อ้างอิงแอดเดรสแบบบิตขึ้นไป โดยเริ่มตั้งแต่แอดเดรส 30H จนกระทั่งถึง 7FH รวมทั้งสิ้น 80 ไบต์ ตำแหน่งแอดเดรสเหล่านี้ถูกอ้างอิงได้เฉพาะแบบไบต์เท่านั้นการอ้างอิงจะใช้แบบกำหนดแอดเดรสโดยตรงเช่น

```
MOV A,5FH
```

หรือใช้การอ้างอิงแอดเดรสทางอ้อมก็ได้ เช่น

```
MOV R0,#5FH
MOV A,@R0
```

ในลักษณะเช่นนี้ตำแหน่งแอดเดรสที่ต้องการจะใช้รีจิสเตอร์ R0 เป็นตัวชี้ตำแหน่งแอดเดรสที่กล่าวมาข้างต้นสามารถเขียนให้ชัดเจนได้ดังรูปที่ 2.26



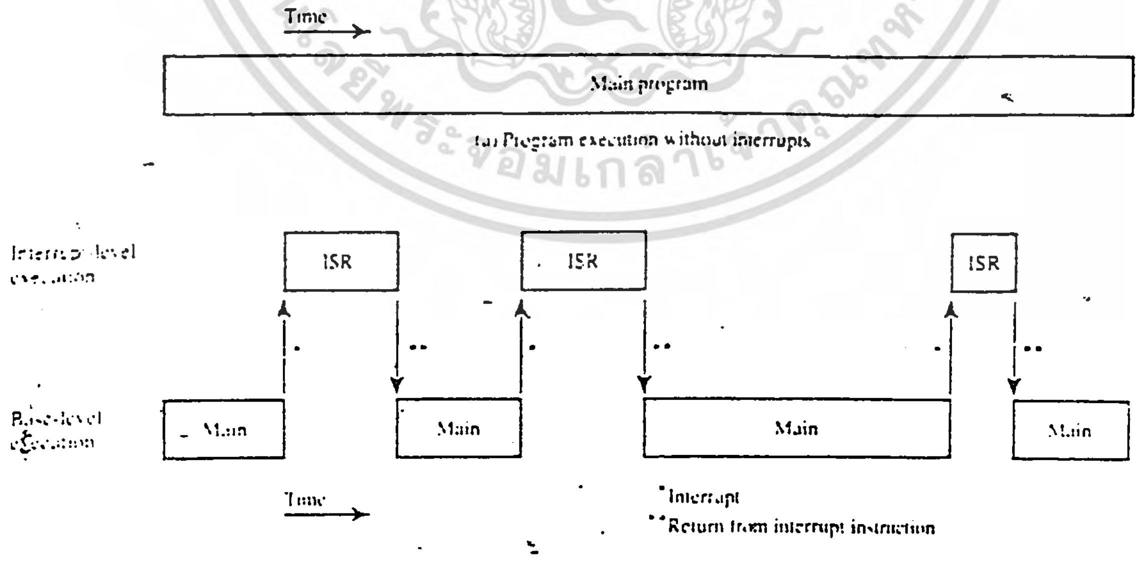
รูปที่ 2.26 ตำแหน่งแอดเดรส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special function registers (SFR) ภายใน MCS-51รีจิสเตอร์ภายในถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของหน่วยความจำแรมภายในชิป ดังนั้นแต่ล่ะรีจิสเตอร์จะมีตำแหน่งแอดเดรสที่แน่นอน ดังเช่น R0-R7 ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ในMCS-51จะมี SFR ซึ่งจะอยู่ส่วนบนสุดของหน่วยความจำแรมภายใน โดยมีตำแหน่งแอดเดรสจาก 80H-FFH แต่ทั้ง 128 แอดเดรสนี้ไม่ได้ใช้ทั้งหมดแต่ใช้เพียง 21 แอดเดรสเท่านั้น ในส่วนที่เว้นว่างไว้จะใช้เป็นหน่วยความจำแรมไม่ได้ (ข้อมูลที่ดึงออกมาจะไม่ยืนยันว่าถูกต้องเหมือนกับที่เขียนลงไป)

2.3.4 การอินเตอร์รัป

การอินเตอร์รัปเกิดจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นไปตามข้อกำหนดที่จัดตั้งไว้ก่อนล่วงหน้าทำให้โปรแกรมที่กำลังรันอยู่ถูกละทิ้งไว้ชั่วคราวเพื่อไปทำตามโปรแกรมอื่นที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์นั้น ๆ เมื่อเสร็จสิ้นแล้วจึงกลับมารันโปรแกรมเดิม โปรแกรมที่ถูกกระทำเมื่อเกิดอินเตอร์รัปขึ้นเรียกว่า โปรแกรมให้บริการอินเตอร์รัป (Interrupt service routine;ISR) ISR จะถูกกระทำก็ต่อเมื่อมีการอินเตอร์รัปเกิดขึ้น โดยทั่วไปจะเป็นการจัดการเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการอินพุท/เอาท์พุท เมื่ออินเตอร์รัปเกิดขึ้นโปรแกรมหลักจะถูกหยุดกระทำไว้ชั่วคราวแล้วกระโดดไปยัง ISR กระทำ ISR ISRจะถูกกระทำเสร็จสิ้นก็ต่อเมื่อทำคำสั่งกลับจากการอินเตอร์รัปต์ จากนั้นโปรแกรมหลักจะถูกกระทำต่อไป โดยทั่วไปเมื่ออ้างถึงโปรแกรมหลักจะถือว่าเป็นการกระทำโปรแกรมในระดับพื้นฐาน ส่วน ISR ถือว่าเป็นการกระทำโปรแกรมในระดับอินเตอร์รัปต์ ดังรูปที่ 2.27



รูปที่ 2.27 กระทำโปรแกรมเมื่อมีการอินเตอร์รัปต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการอินเตอร์รัปต์ตัวอย่างหนึ่งที่พบทั่ว ๆ ไปคือ การป้อนข้อมูลผ่านทางปุ่มของเตาไมโครเวฟ โปรแกรมหลักจะทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายพลังงานในรูปไมโครเวฟออกมาจากแหล่งพลังงานเมื่อใช้งานในขณะที่กำลังใช้งานเพื่อทำให้อาหารสุกระบบจะต้องตอบโต้กับการป้อนข้อมูลที่ฝาปิดด้านหน้า เช่นการตั้งเวลาให้สั้นหรือยาวเมื่อใช้งานเมื่อผู้ใช้กดปุ่มจะเกิดการอินเตอร์รัปต์ขึ้น โปรแกรมหลักจะถูกขัดจังหวะชั่วคราว โดยกระโดดไปทำงานที่โปรแกรมบริการเพื่ออ่านรหัสจากปุ่มและทำการปรับตั้งค่าใหม่ตามข้อมูลที่ป้อนเข้าไปเมื่อเสร็จสิ้นเรียบร้อยแล้วมักจะกลับมาทำงานในโปรแกรมหลักต่อไป

ในทางปฏิบัติ โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะแยกแยะข้อกำหนดในการตัดสินใจได้เพียงสองวิธีเท่านั้นคือ วิธีแรกใช้คำสั่งทางซอฟแวร์ทำการทดสอบค่าแฟล็กต่าง ๆ หรือการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่พอร์ตต่าง ๆ ถ้าตรงตามข้อกำหนดก็จะกระโดดไปยังโปรแกรมที่กำหนดไว้ ส่วนวิธีที่สองใช้สัญญาณทางฮาร์ดแวร์เข้ามากระตุ้นเพื่อให้กระโดดไปทำโปรแกรมที่ต้องการเช่น การกดปุ่มดังตัวอย่างที่ยกมาข้างต้น ซึ่งก็คือการอินเตอรัปนั่นเอง ข้อแตกต่างระหว่างวิธีการทั้งสองคือ การใช้เทคนิคทางซอฟแวร์จะต้องเสียเวลาไปส่วนหนึ่งในการตอยเฝ้าวนตรวจสอบข้อกำหนดต่าง ๆ อยู่ตลอดเวลาส่วนการใช้เทคนิคการอินเตอร์รัปต์จะเสียเวลาเฉพาะเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่กำหนดขึ้นเท่านั้น ฉะนั้นเวลาที่เหลืออยู่จึงใช้ไปทำงานอื่น ๆ ได้อีก

<u>แหล่งกำเนิดการอินเตอร์รัปต์ของ MCS-51</u>

MCS-51 ยอมให้เกิดอินเตอร์รัปต์ได้ทั้งหมด 5 แหล่งด้วยกัน สามแหล่งจะมาจากภายในตัว MCS-51 เองได้แก่ การอินเตอร์รัปต์ที่เกิดจากไทเมอร์แฟล็ก 0 ไทเมอร์แฟล็ก 1 และพอร์ตอนุกรม (R1 หรือ T1)การอินเตอร์รัปต์อีกสองแหล่งเกิดจากภายนอกตัว MCS-51โดยมีสัญญาณจากภายนอกกระตุ้นที่ขา INT0 และ INT1 การอินเตอร์รัปต์ทั้งหมดจะถูกควบคุมโดยโปรแกรมผ่านทางอินเตอร์รัปต์อีนาเบิลรีจิสเตอร์ (IE) อินเตอร์รัปต์ไพออริตี้รีจิสเตอร์ (IP) และรีจิสเตอร์ควบคุมไทเมอร์ (TCION)ซึ่งได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

รายละเอียดของ IE และIP จะเป็นดังนี้

	7	6	5	4	3	2	1	0	bit
IE	EA	-	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต	สัญญลักษณ์	รายละเอียด
7	EA	บิตแสดงการยอมให้มีการอินเตอร์รัปต์ เมื่อเซ็ตให้เป็น 1 แสดงว่าต้องการให้มีการอินเตอรัปเกิดขึ้นและเคลียร์ให้เป็น 0 เมื่อไม่ต้องการให้มีการอินเตอรัปเกิดขึ้น
6	-	ไม่ใช้งาน
5	ET2	สงวนไว้ใช้งานภายหน้า
4	ES	ยอมให้มีการอินเตอรัปเนื่องมาจากพอร์ตอนุกรมเซ็ตให้เป็น 1 เมื่อต้องการให้มีการอินเตอร์รัปต์จากพอร์ตอนุกรมเกิดขึ้นและเคลียร์เป็น 0 เมื่อไม่ต้องการให้มีการอินเตอร์รัปต์จากพอร์ตอนุกรม
3	ET1	ยอมให้มีการอินเตอร์รัปต์เนื่องมาจากไทเมอร์ 1 เกิดโอเวอร์โฟลว์เซ็ตให้เป็น 1 เมื่อต้องการให้มีการอินเตอร์รัปต์จากไทเมอร์ 1 และเคลียร์เป็น 0 เมื่อไม่ต้องการให้เกิดการอินเตอร์รัปต์
2	EX1	ยอมให้มีการอินเตอร์รัปต์จากภายนอกผ่านขา INT1 โดยเซ็ตเป็น 1 เมื่อต้องการให้อินเตอร์รัปต์และเคลียร์เป็น 0 เมื่อไม่ต้องการให้เกิดการอินเตอร์รัปต์
1	ET0	ยอมให้มีการอินเตอร์รัปต์เนื่องมาจากไทเมอร์ 0 เกิดจากโอเวอร์โฟลว์ ข้อกำหนดเป็นเช่นเดียวกับ ET1
0	EX0	ยอมให้มีการอินเตอรัปจากภายนอกผ่านขา INT0 โดยมีข้อกำหนดเดียวกับ EX1

ซึ่งรีจิสเตอร์นี้สามารถอ้างอิงแบบบิตแอดเดรสได้จาก IE0-IE7

	7	6	5	4	3	2	1	0	bit
IP	-	-	PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต	สัญลักษณ์	รายละเอียด
7	-	ไม่ใช้งาน
6	-	ไม่ใช้งาน
5	PT2	สงวนไว้ใช้ภายหน้า
4	PS	ลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัปจากพอร์ตอนุกรม
3	PT1	ลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัปจากไทเมอร์
2	PX1	ลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัปจากภายนอก INT1
1	PT0	ลำดับความสำคัญของการอินเตอรัปจากไทเมอร์ 0
0	PX0	ลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัปจากภายนอก INT0

ลำดับความสำคัญอาจเป็น 1 ซึ่งหมายถึงสูงสุดหรืออาจเป็น 0 ซึ่งหมายถึงต่ำสุดก็ได้ ขณะเดียวกันรีจิสเตอร์ IP สามารถอ้างอิงเป็นแบบแอดเดรสได้เช่นเดียวกันคือ IP0 ถึง IP7 การอินเตอร์รัปจากภายนอกที่ขา INT0 และ INT1 จะใช้รีจิสเตอร์ TCON เข้ามาช่วยกำหนดรูปแบบของสัญญาณที่จะเข้ามากระตุ้น (IE0,IE1) เช่นการกำหนดการอินเตอร์รัปเนื่องจาก INT0

- ให้เกิดอินเตอร์รัปที่ INT0 เซ็ตบิต EX0 ในรีจิสเตอร์ IE ให้เป็น 1
- ให้เกิดการอินเตอร์รัปที่บริเวณใดของสัญญาณที่เข้ามากระตุ้น
- ที่ระดับสัญญาณต่ำเป็น 0 เคลียร์ IT0 ในรีจิสเตอร์ TCON ให้เป็น 0
- ที่บริเวณขอบของสัญญาณ เซ็ต IT0 ในรีจิสเตอร์ TCON ให้เป็น 1
- IE0 ในรีจิสเตอร์ TCON จะถูกรีเซ็ตเป็น 1 เมื่อตรวจพบขอบสัญญาณขาลงที่ขา INT0 (SET BY HARDWARE)

ในกรณีที่เลือกให้เกิดอินเตอร์รัปที่ระดับสัญญาณต่ำ (low level) จะต้องทำให้สัญญาณนี้กลับเป็นระดับสัญญาณสูงก่อนที่จะทำคำสั่ง RET1 มิฉะนั้นจะเกิดการอินเตอร์รัปซ้อนขึ้นตลอดไปจนกว่าสัญญาณจะกลับเป็นระดับสัญญาณสูง (high level)

ตำแหน่งของการอินเตอร์รัป ตำแหน่งแอดเดรสที่โปรแกรมเรียก (call) เมื่อเกิดการอินเตอร์รัปจะถูกกำนดไว้แน่นอน ดังนี้

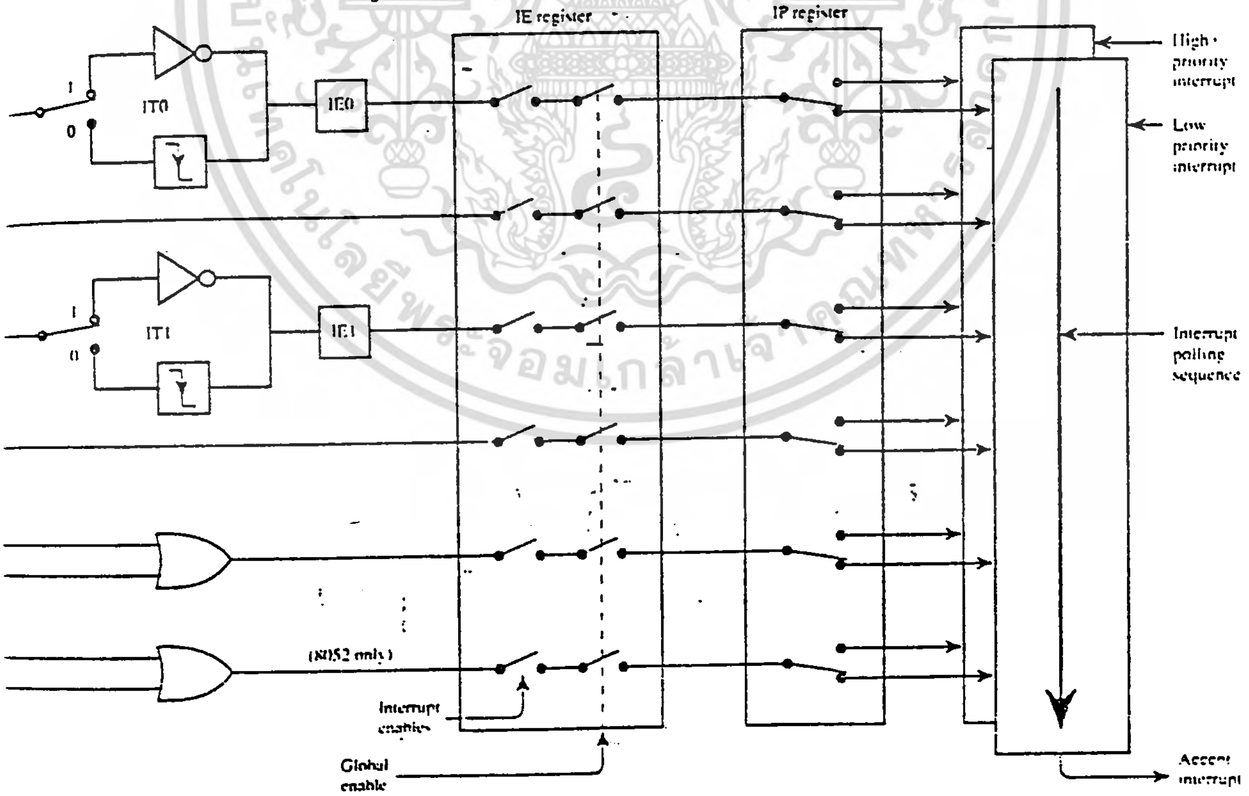
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอินเตอร์รัปต์ที่เกิดจาก	ตำแหน่งแอดเดรส
IE0	0003H
TF0	000BH
IE1	0013H
TF1	001BH
Serial	0023BH

ลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัป ในกรณีที่เกิดการอินเตอร์รัปขึ้นพร้อมกัน และมีการกำหนดความสำคัญไว้เป็น1 เหมือนกัน(หมายถึงผู้ใช้กำหนดลำดับความพร้อมไว้เท่ากัน) MCS-51 จะเข้าจัดลำดับความสำคัญใหม่เรียงกันไว้ดังนี้

1. IE0 (สูงสุด)
2. TF0
3. IE1
4. TF1
5. Serial (ต่ำสุด)

โครงสร้างจะเป็นดังรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.28 โครงสร้างการอินเตอร์รัปต์ภายใน 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ถ้าต้องการให้ลำดับสูงสุดก็ทำได้โดยเซ็ทบิต PS ใน IP รีจิสเตอร์ให้เป็น 1 เพียงบิตเดียวนอกจากนั้นให้เป็น 0 หมด ก็จะได้ผลตามต้องการ

2.3.5 ส่วนคอนโทรลและซอฟแวร์

การควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ในคีย์บอร์ดอักษรเบลล์

เราสามารถแบ่งหน้าที่ของคอนโทรลเลอร์ในคีย์บอร์ดอักษรเบลล์ได้เป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

1. ส่วนควบคุมคีย์บอร์ดและแปลงค่า
2. ส่วนควบคุมลำโพง
3. ส่วนควบคุมเข็มแสดงผล
4. ส่วนควบคุมเครื่องพิมพ์

สำหรับตารางแสดงหน้าที่ของพอร์ต INPUT/OUTPUT ต่างๆ บนบอร์ดคอนโทรลเลอร์สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1

PORT	*หน้าที่*
P1.0 - P1.3	ใช้ในส่วนของการติดต่อกับเครื่องพิมพ์
P1.4 - P1.5	ใช้ในส่วนของการรับสัญญาณจากคีย์บอร์ด
P1.6	ใช้ในส่วนของการส่งสัญญาณไปยังลำโพง
PA0 - PA7	ใช้ในส่วนของการติดต่อกับเครื่องพิมพ์
PB0 - PB5	ใช้ในส่วนของการควบคุมเข็มแสดงผล
PC0 - PC2	ใช้ในส่วนของการส่งสัญญาณไปแสกนคีย์บอร์ด
PC4 - PC7	ใช้ในส่วนของการติดต่อกับเครื่องพิมพ์

ส่วนควบคุมคีย์บอร์ดและแปลงค่า

ในการควบคุมส่วนนี้เราจะส่งสัญญาณไปยังตัวถอดรหัส (74LS145) โดยจะส่งสัญญาณ 3 บิตออกไปเพื่อควบคุมให้แต่ละขาของตัวถอดรหัสทำงานทีละขา แล้วจึงทำการรับค่าจาก P1.4 และ P1.5 เพื่อประมวลผลว่าคีย์ใดทำงาน

2.3.5.1 ALGORITHM ในการแสกนและรับค่าคีย์บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ส่งค่า 00H ถึง 07H ไปยัง PC0 - PC7 เพื่อแสกนคีย์บอร์ดทีละค่า

-รับค่าจาก P1.4 และ P1.5 เมื่อมีการส่งค่าแสกนแต่ละค่า

-ตรวจว่ามีสัญญาณปุ่มคีย์จาก P1.5 ปุ่มใดทำงานหรือไม่

ถ้ามีสัญญาณให้ตรวจว่าเป็นสัญญาณจากคีย์ใดแล้วกระทำตามโปรแกรมย่อยของคีย์นั้นๆ

ถ้าไม่มีสัญญาณให้เก็บค่าที่รับได้จาก P1.4 ไว้ และทำการ ANL ค่าที่รับได้จนกว่าจะมีการกดคีย์เว้นวรรค หรือมีการกดคีย์ขึ้นบรรทัดใหม่

- กลับไปทำการแสกนค่าต่อไป

2.3.5.2 ALGORITHM ของโปรแกรมย่อย (ฟังก์ชั่นคีย์)

1. คีย์เลื่อนไปทางซ้าย

   -เลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางซ้าย 1 ตัวอักษร โดยกระทำได้จากการลดค่า DPTR

2. คีย์เลื่อนไปทางขวา

   -เลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางขวา 1 ตัวอักษร โดยกระทำได้จากการเพิ่มค่า DPTR

3. คีย์เลื่อนขึ้น

   -เลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางซ้าย 30 ตัวอักษร (30 ตัวอักษร = 1 บรรทัด)

4. คีย์เลื่อนลง

   -เลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางขวา 30 ตัวอักษร (30 ตัวอักษร = 1 บรรทัด)

5. คีย์สุดบรรทัด

   -เลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางขวาจนกว่าจะพบรหัสเลื่อนบรรทัด และจะทำการเลื่อนเคอร์เซอร์จนพบรหัสเลื่อนบรรทัดตัวต่อไปถ้ามีการกดคีย์ซ้ำ

6. คีย์แทรก

   -จะทำการเคลียร์หรือเซ็ทบิตเพื่อเลือกวิธีการเก็บค่า

7. คีย์ลบ

   -เลื่อนค่าที่ตำแหน่งถัดไปทางขวามือมาเก็บที่ตำแหน่งที่ต้องการจะลบ โดยทำการเลื่อนค่าไปเรื่อยๆ จนกระทั่งสุดข้อความ

8. คีย์พิมพ์

   -แปลงรหัสตัวอักษรเบลล์เป็นรหัส ASCII

   -ทำการตัดคำโดยให้มีตัวอักษร 30 ตัวอักษรต่อบรรทัด

   -เมื่อข้อมูลครบ 1 บรรทัด หรือถึงรหัสขึ้นบรรทัดใหม่ ให้ส่งข้อมูลออกไปยังเครื่องพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5.3 ALGORITHM วิธีการเก็บค่า

1. เก็บค่าแบบเก็บทับตำแหน่งที่ชี้อยู่

-เก็บค่าที่รับได้จากคีย์บอร์ดอักษรเบลล์ลงบนตำแหน่งที่ DPTR ชี้อยู่

2. เก็บค่าแบบเลื่อนข้อมูลก่อน

-เลื่อนข้อมูลที่ตำแหน่งสุดท้ายไปทางขวาจนกระทั่งถึงตำแหน่งที่ DPTR ชี้อยู่

-เก็บค่าลงบนตำแหน่งที่ DPTR ชี้อยู่

2.3.5.4 ALGORITHM โปรแกรมการแปลงค่าและตัดคำ

-ตรวจสอบค่าแรกว่าเป็นค่าสัญญลักษณ์หรือไม่

ถ้าเป็นค่าสัญญลักษณ์ให้ตรวจสอบว่าเป็นตัวนำอักษรใหญ่ (CAPITAL SIGN) หรือตัวนำเลข(LETTER SIGN) หรือไม่

-ถ้าเป็นตัวนำอักษรใหญ่ให้ตรวจค่าตัวต่อไปว่าเป็นตัวนำอักษรใหญ่อีกหรือไม่

ถ้าเป็นให้เข้าไปเทียบที่ตารางอักษรใหญ่และเก็บค่าจนกระทั่งพบค่าการเว้นวรรค หรือขึ้นบรรทัด

ถ้าไม่เป็นให้เข้าไปเทียบค่าที่ตารางอักษรใหญ่และเก็บค่าหนึ่งครั้งจากนั้นให้ไปเทียบที่ตารางอักษรเล็กและเก็บค่าจนพบค่าการเว้นวรรค หรือขึ้นบรรทัดใหม่

-ถ้าเป็นตัวนำเลขให้เทียบตารางตัวเลขและเก็บค่าจนพบค่าการเว้นวรรค หรือขึ้นบรรทัด

-ถ้าไม่เป็นตัวนำอักษรใหญ่และตัวนำเลข ให้เก็บค่าและกลับเริ่มต้นทำค่าต่อไปใหม่

ถ้าไม่เป็นค่าสัญญลักษณ์ให้เทียบตารางอักษรเล็กและเก็บค่าจนพบค่าการเว้นวรรค หรือขึ้นบรรทัดใหม่

<u>ส่วนควบคุมลำโพง</u>

ส่วนนี้จะควบคุมโดยการส่งสัญญาณนาฬิการผ่านออกไปยัง P1.6 โดยมีการทำงานของโปรแกรมดังนี้

2.3.5.5 ALGORITHM ของสัญญาณนาฬิกา

-หน่วงเวลา

-ทำการ CLR P1.6

-หน่วงเวลา

-SETB P1.6

-ทำซ้ำตั้งแต่ต้นหลายๆ ครั้งเพื่อให้เกิดเสียงดังต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ส่วนควบคุมเข็มแสดงผล</u>

สำหรับในส่วนนี้จะใช้ PB0-PB5 ในการควบคุมเข็มแสดงผลแต่ละเข็ม โดยมีโปรแกรมการควบคุมเข็มดังนี้

2.3.5.6 ALGORITHM การควบคุมเข็มแสดงผล

-ลดค่า DPTR ลง 1 ค่า

-นำค่าใน DPTR ใหม่นี้ส่งออกมาทางพอร์ต B .

-กระทำการเปลี่ยนค่าทุกๆ ครั้งที่มีการรับค่าจากคีย์บอร์ดอักษรเบลล์ หรือมีการเลื่อนเคอร์เซอร์ตัวอักษร

<u>ส่วนควบคุมเครื่องพิมพ์</u>

การควบคุมเครื่องพิมพ์จะทำโดยส่งสัญญาณ /STROBE ออกไปเป็นเวลาอย่างน้อย 150 NS เพื่อให้มีการ LATCH ข้อมูลที่ขาขึ้นของสัญญาณ หลังจากนั้นทำการตรวจค่า /ACK ถ้าสัญญาณนี้ตกเป็น LOW แสดงว่าเครื่องพิมพ์พร้อมรับข้อมูลตัวต่อไปได้ แล้วจึงจะทำส่งค่าข้อมูลใหม่ออกไป

ตารางแสดงการทำงานของขาสัญญาณต่างๆ รวมถึงพอร์ตที่นำมาใช้ต่อกับขา CONNECTOR ขาต่างๆ แสดงได้ดังตารางที่ 3

<u>ตารางที่ 3</u>

CONNECTOR PIN	PORT PIN	SIGNAL	DIR	DESCRIPTION
1	P1.0	$\overline{STROBE}$	OUT	PULSE WIDTH MUST BE AT LEAST 150 NS
2	PA0	D0	OUT	DATA BIT 1
3	PA1	D1	OUT	DATA BIT 2
4	PA2	D2	OUT	DATA BIT 3
5	PA3	D3	OUT	DATA BIT 4
6	PA4	D4	OUT	DATA BIT 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7	PA5	D5	OUT	DATA BIT 6
CONNECTOR PIN	PORT PIN	SIGNAL	DIR	DESCRIPTION
8	PA6	D6	OUT	DATA BIT 7
9	PA7	D7	OUT	DATA BIT 8
10	P1.3	$\overline{ACK}$	IN	LOW (10 US) =PRINTER READY FOR MORE DATA
11	PC4	BUSY	IN	HIGH = PRINTER CAN'T RECEIVE DATA
12	PC5	PE	IN	HIGH = PRINTER IS OUT OF PAPER
13	PC6	SELEC T	IN	HIGH = PRINTER ON LINE
14	P1.1	AUTO FEED	OUT	NOT USE (SET HIGH)
15	PC7	$\overline{ERROR}$	IN	LOW = ERROR CONDITION IS ENCOUNTERED
16	P1.2	$\overline{INIT}$ $\overline{(RESET)}$	OUT	LOW = TO RESET PRINTER
17	-	SELEC T INPUT	OUT	NOT USE
18 - 25	GND	GND	-	LOGIC GROUND

2.3.5.7 ALGORITHM การติดต่อส่งข้อมูลไปยังเครื่องพิมพ์

-ส่งสัญญาณ STROBE ให้เป็น LOW

-ส่งข้อมูลไปรอที่พอร์ต

-ตรวจดูว่ามีสัญญาณแสดงสถานะที่ถูกต้องหรือไม่ ถ้ามีการ ERROR ใดๆ เกิดขึ้นให้รอจนอยู่ในสถานะที่ถูกต้องก่อน

-ส่งสัญญาณไปกำหนดค่าต่างๆ ให้ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ส่งสัญญาณ STROBE เป็น HIGH (หลังจากนั้นอาจจะทำให้ตกเป็น LOW อีกครั้งก็ได้)

-ตรวจสัญญาณ ACK รอจนกระทั่งตกเป็น LOW จึงทำการส่งค่าต่อไปจนครบ

<u>การควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ในเครื่องพิมพ์อักษรเบลล์</u>

ในเครื่องพิมพ์อักษรเบลล์นี้จะสามารถแบ่งหน้าที่ออกได้เป็น 5 ส่วน คือ

1. ส่วนรับค่าจากสวิทช์
2. ส่วนขับมอเตอร์แกน X และ Y
3. ส่วนการขับหัวเข็มพิมพ์
4. ส่วนติดต่อรับข้อมูลจากคีย์บอร์ด
5. ส่วนการแปลงค่าจากรหัส ASCII เป็นรหัสควบคุม

สามารถแยกหน้าที่ของพอร์ตต่างๆ ได้ตามตารางต่อไปนี้

PORT	หน้าที่
P0.0 - P0.7	ใช้ในส่วนของการติดต่อรับข้อมูลจากคีย์บอร์ด
P1.0 - P1.3	ใช้ในส่วนของการขับมอเตอร์แกน Y
P1.4 - P1.7	ใช้ในส่วนของการขับมอเตอร์แกน X
P2.0 - P2.7	ใช้ในส่วนของการติดต่อรับข้อมูลจากคีย์บอร์ด
P3.0 (RXD)	ใช้ในการรับค่าจากคีย์ START
P3.3	ใช้ในการรับค่าเพื่อทำการ INTERRUPT จากคีย์
(INT0)	STOP
P3.4 (TO)	ใช้ในการรับค่าจากคีย์ FEED กระดาษ
P3.5 - P3.7	ใช้ในการขับหัวเข็มพิมพ์

<u>ส่วนรับค่าจากสวิทช์</u>

ในส่วนนี้จะทำการต่อ INTERRUPT 0 ไว้กับปุ่มคีย์ STOP เพื่อทำการ INTERRUPT ให้หยุดชั่วคราว และในขณะที่หยุดนี้ผู้ใช้สามารถสั่งให้มีการ FEED กระดาษได้ โดยที่โปรแกรมจะเริ่มทำงานได้ก็ต่อเมื่อมีการกดคีย์ START เท่านั้น

ปุ่มคีย์ FEED กระดาษจะต่ออยู่กับพอร์ต P3.4 และปุ่มคีย์ START จะต่ออยู่กับพอร์ต P3.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5.8 ALGORITHM การ FEED กระดาษเริ่มต้น

-ที่ต้นโปรแกรมจะสั่งให้มีการรอรับค่าจนกระทั่งมีการกดปุ่ม FEED กระดาษเพื่อป้อนกระดาษเข้า จึงจะไปทำงานในส่วนอื่นๆ ได้

2.3.5.9 ALGORITHM โปรแกรมบริการการ INTERRUPT

-รอจนกระทั่งมีการกดปุ่มคีย์ START จึงจะออกจากโปรแกรมบริการการ INTERRUPT ได้ และในระหว่างที่รอจะสามารถทำการ FEED กระดาษได้ตลอดเวลา ซึ่งทำโดยการวน LOOP ตรวจสอบพอร์ต P3.4

<u>ส่วนขับมอเตอร์แกน X และ Y</u>

มอเตอร์ในแกน x เป็นมอเตอร์แบบ BIPOLAR ส่วนมอเตอร์ในแกน Y เป็นมอเตอร์แบบ 4 เฟส 5 สาย โดยที่มอเตอร์ทั้งสองใช้ไฟ 24 V ดังนั้นในการขับมอเตอร์ทั้งสองจึงมีวิธีการขับที่แตกต่างกัน

มอเตอร์ในแกน X จะต่ออยู่กับพอร์ต P1.4 - P1.8 โดยในโครงงานนี้จะใช้การขับแบบ HALF STEP

ซึ่งทำให้ต้องมีการป้อนค่า 8 ครั้ง มอเตอร์จึงจะหมุนครบ 1 รอบ

สำหรับมอเตอร์ในแกน Y จะต่ออยู่กับพอร์ต P1.0 - P1.3 ซึ่งจะต้องมีการป้อนค่า 4 ครั้งต่อการหมุน 1 รอบ

โปรแกรมในการขับมอเตอร์ทั้งสองจะเหมือนกัน ต่างกันแต่เพียงค่าที่ป้อนเข้าไป และจำนวนค่าที่ป้อนในแต่ละครั้งเพื่อให้มอเตอร์หมุนครบรอบ

2.3.5.10 ALGORITHM การขับมอเตอร์

1. มอเตอร์ในแกน X

-ทำการเทียบค่าจากตารางค่าการขับมอเตอร์แกน X ซึ่งมีทั้งหมด 8 ค่า

-ส่งค่าออกที่พอร์ตทีละค่าจนครบ 4 ค่า (1 รอบ)

-ทำซ้ำจนได้จำนวนรอบที่ต้องการ

-ถ้าต้องการให้มีการหมุนกลับทิศ ให้ป้อนค่าจากตารางจากค่าหลังมายังค่าข้างหน้า

2. มอเตอร์ในแกน Y

-กระทำเช่นเดียวกันมอเตอร์ในแกน X แต่เทียบค่าจากตารางค่าการขับมอเตอร์แกน Y ซึ่งมี 4 ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ส่วนขับหัวเข็มพิมพ์</u>

การขับหัวเข็มพิมพ์จะกระทำผ่านพอร์ต P3.5 - P3.6 ซึ่งการทำงานของโปรแกรมเป็นดังนี้

2.3.5.11 ALGORITHM การขับหัวเข็มพิมพ์

-ส่งค่าที่แปลงจากรหัส ASCII มาเป็นรหัสควบคุมมายังพอรต์ โดยส่งค่า 4 บิตต่ำ

-สั่งให้มอเตอร์แกน X ทำงานเพื่อเป็นการเว้นระยะระหว่างจุดอักษร

-ส่งค่า 4 บิตสูงมายังพอร์ต

-ให้มอเตอร์แกน X ทำงานเพื่อเว้นระยะระหว่างตัวอักษร

<u>ส่วนติดต่อรับข้อมูลจากคีย์บอร์ด</u>

ในส่วนนี้จะทำการติดต่อกับ PRINTER PORT ของคีย์บอร์ด โดยกระทำผ่านทางพอร์ต P0.0 - P0.7 และ P2.0 -P2.7 ซึ่งตารางขาสัญญาณและหน้าที่ต่างๆ แสดงได้ดังตารางข้างล่างนี้

CONNECTOR PIN	PORT PIN	SIGNAL	DIR	DESCRIPTION
1	**P2.7**	$\overline{STROBE}$	IN	**PULSE WIDTH MUST BE AT LEAST 150 NS**
2	**P0.0**	**D0**	IN	**DATA BIT 1**
3	**P0.1**	**D1**	IN	**DATA BIT 2**
4	**P0.2**	**D2**	IN	**DATA BIT 3**
5	**P0.3**	**D3**	IN	**DATA BIT 4**
6	**P0.4**	**D4**	IN	**DATA BIT 5**
7	**P0.5**	**D5**	IN	**DATA BIT 6**
8	**P0.6**	**D6**	IN	**DATA BIT 7**
9	**P0.7**	**D7**	IN	**DATA BIT 8**
10	**P2.6**	——	OUT	**LOW (10 US) =PRINTER READY FOR**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

				MORE DATA
11	**P2.5**	**BUSY**	**OUT**	**HIGH = PRINTER CAN'T RECEIVE DATA**
CONNECTOR PIN	PORT PIN	SIGNAL	DIR	DESCRIPTION
12	**P2.4**	**PE**	**OUT**	**HIGH = PRINTER IS OUT OF PAPER**
13	**P2.3**	**SELECT**	**OUT**	**HIGH = PRINTER ON LINE**
14	**P2.2**	**AUTO FEED**	**IN**	**NOT USE (SET HIGH)**
15	**P2.1**	***ERROE***	**OUT**	**LOW = ERROR CONDITION IS ENCOUNTERED**
16	**P2.0**	***INIT (RESET)***	**IN**	**LOW = TO RESET PRINTER**
17	**-**	**SELECT INPUT**	**IN**	**NOT USE**
18 - 25	**GND**	**GND**	**-**	**LOGIC GROUND**

2.3.5.12 ALGORITHM การติดต่อรับข้อมูลจากคีย์บอร์ดผ่านทาง PRINTER PORT

-ให้ ACK เป็น HIGH

-ส่งค่าบอกสถานะเครื่องพิมพ์ โดยให้ P2.4 ซึ่งเป็นขา PE เป็น HIGH ก่อน เพื่อบอกว่ายังไม่มีกระดาษ

-รอจนกระทั่งมีการ FEED กระดาษเริ่มต้นจึงจะ CLR P2.4

-รับค่า STROBE และค่าสัญญาณ RESET

-ตรวจดูว่ามีการ RESET เครื่องพิมพ์หรือไม่

ถ้ามีให้ไปเริ่มต้นทำงานใหม่ โดยผู้ใช้ต้องทำการกดปุ่มคีย์ STOP แล้วทำการ FEED กระดาษออก และกดคีย์ START แล้วจึงทำการ FEED กระดาษใหม่

ถ้าไม่มีการ RESET ให้ทำขั้นตอนต่อไป

-ตรวจค่า STROBE ที่รับได้ว่าเป็น LOW หรือ HIGH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเป็น HIGH ให้รอรับค่า STROBE ต่อไปเป็นเวลา 1 S ถ้าตกเป็น LOW ภายในเวลาดังกล่าวให้ทำการรับค่าข้อมูลไว้แล้วทำขั้นตอนต่อไป แต่ถ้าเกินเวลาแล้วยังไม่ตกเป็น LOW ให้ไปทำการแปลงค่าได้เลย

ถ้าเป็น LOW ให้รับค่าข้อมูลไว้แล้วทำขั้นตอนต่อไป

-ส่งค่า ACK เป็น LOW

<u>ส่วนการแปลงค่าจากรหัส ASCII เป็นรหัสควบคุม</u>

ในส่วนนี้จะเป็นการแปลงค่าเพื่อนำมาใช้ในการควบคุมหัวเข็มพิมพ์และมอเตอร์ โดยมีการทำงานของโปรแกรมดังนี้

2.3.5.13 ALGORITHM การแปลงค่ารหัส ASCII

-แปลงค่าจากรหัส ASCII เป็นรหัสควบคุมเพื่อพิมพ์ตัวอักษรเบลล์ โดย

ถ้าเป็นตัวเลขจะต้องนำด้วยค่าตัวนำเลข

ถ้าเป็นตัวอักษรตัวใหญ่ให้ตรวจว่าตัวข้างหน้าเป็นค่าอะไร

ถ้าตัวหน้าเป็นตัวใหญ่ให้ใส่ค่าที่แปลงได้ได้เลย

ถ้าตัวหน้าเป็นตัวเล็กให้ตรวจดูตัวข้างหลังตัวที่จะแปลง

-ถ้าตัวหลังเป็นตัวเล็กให้นำด้วยค่าตัวนำอักษรใหญ่ 1 ตัว

-ถ้าตัวหลังเป็นตัวใหญ่ให้นำด้วยค่าตัวนำอักษรใหญ่ 2 ตัว

ถ้าตัวหน้าเป็นอักษรชนิดอื่น ให้ทำเสมือนตัวหน้านี้เป็นอักษรตัวเล็ก

-ถ้ามีการเขียนตัวอักษรต่างชนิดกันติดกันโดยไม่มีการเว้นวรรค ให้ใส่ TERMINATION หน้าตัวอักษรนั้นๆ (แบ่งอักษรเป็น 3 ชนิด คือ อักษรเล็ก อักษรใหญ่ ตัวเลข โดยถือว่าค่าสัญญลักษณ์ต่างๆ ใช้ได้กับตัวอักษรทุกชนิด ยกเว้นสัญญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์)

-ถ้ามีค่ารหัสการเว้นวรรค การขึ้นบรรทัดใหม่ การ FEED กระดาษ ให้ทำการแปลงเป็นรหัสสำหรับการเลื่อนมอเตอร์แกน Y

-ทำการตัดคำและสั่งพิมพ์ทีละบรรทัด โดยจะกระทำการตัดคำและพิมพ์เมื่อพบรหัสขึ้นบรรทัดใหม่ รหัส FEED กระดาษ หรือเมื่อมีจำนวนข้อมูลที่แปลงได้ 30 ตัวอักษร (1 บรรทัด)

-ทำการเลื่อนบรรทัดด้วยมอเตอร์แกน Y

-รอรับข้อมูลต่อไป และพิมพ์จนกระทั่งได้จำนวน 24 บรรทัด (1 หน้า)

-รอจนกว่าจะมีการ FEED กระดาษแผ่นใหม่จึงเริ่มทำงานต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 การสร้างเครื่องมือสื่อสารภาษาเบลล์เพื่อคนตาบอด

3.1ส่วนประกอบของเครื่องมือ

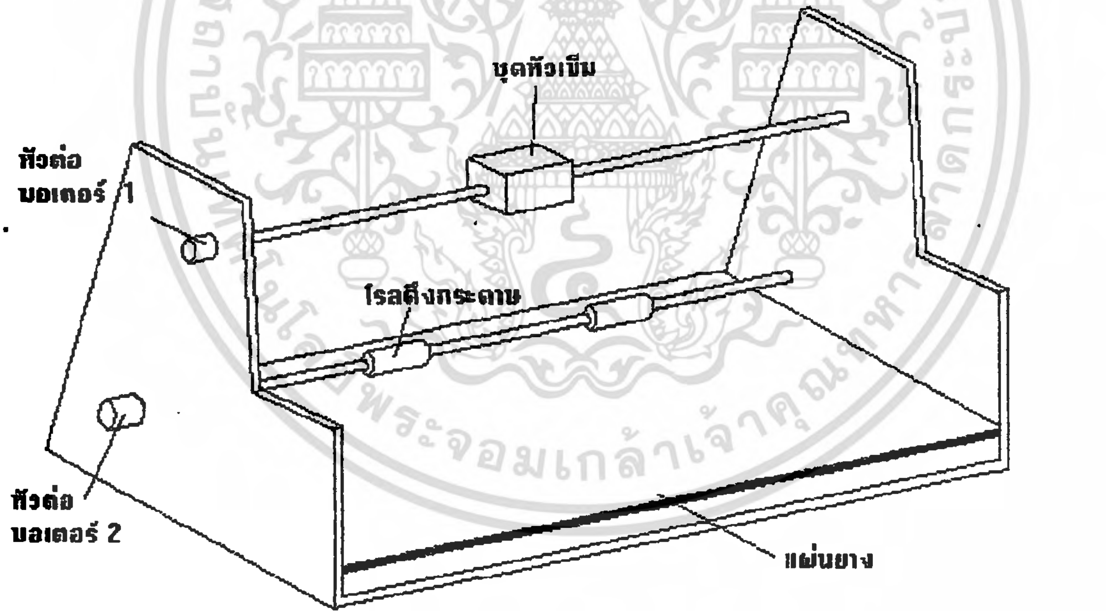
1. เครื่องพิมพ์อักษรเบลล์และไมโครคอนโทรลเลอร์
2. คีย์บอร์ดอักษรเบลล์และไมโครคอนโทรลเลอร์
3. เครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องพิมพ์

ในส่วนของเครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องพิมพ์นั้นเป็นอุปกรณ์ทั่ว ๆ ไปที่มีใช้กันอยู่อย่างแพร่หลาย ดังนั้นในส่วนของการสร้างเครื่องมือนี้จะเป็นการสร้างเครื่องพิมพ์และคีย์บอร์ดของอักษรเบลล์ซึ่งจะมีส่วนควบคุมเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์เท่านั้น ซึ่งรายละเอียดมีดังต่อไปนี้

เครื่องพิมพ์อักษรเบลล์และไมโครคอนโทรลเลอร์

3.1.1เครื่องพิมพ์อักษรเบลล์

ในการสร้างเครื่องพิมพ์อักษรเบลล์นี้เราได้อาศัยหลักการของเครื่องพล็อตเตอร์ (plotter) คือมีการเคลื่อนที่ในแนวแกน x และแนวแกน y ดังแสดงในรูปที่ 3.1



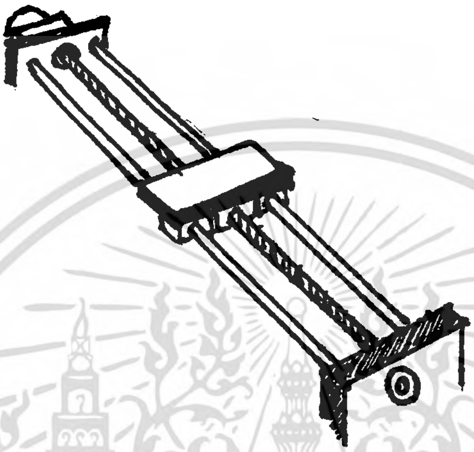
รูปที่ 3.1 เครื่องพิมพ์อักษรเบลล์

จากรูปที่ 3.1 เราใช้มอเตอร์ตัวที่ 1 เลื่อนชุดหัวเข็ม ถ้าให้แนวการเคลื่อนที่ของหัวเข็มเป็นไปตามแนวแกน x ดังนั้นแนวการเคลื่อนที่ของกระดาษจะเป็นแนวแกน y ซึ่งกระดาษนี้มีโรลเป็นตัวทำให้เคลื่อนที่ และโรลนี้ถูกหมุนโดยมอเตอร์ตัวที่ 2 ตัวของเครื่องพิมพ์เป็นเหล็กเกือบทั้งหมดฐานรองที่ใช้รองกระดาษเป็นเหล็กซึ่งถูกปูด้วยยางเพื่อให้เวลาที่หัวเข็มตอกลง

เอก ... ชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

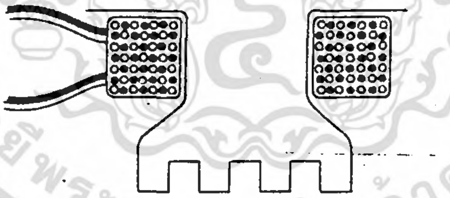
มากระดาษจะสามารถเป็นรอยออกมาเป็นอักษรเบลล์ได้ ซึ่งรายละเอียดทั้งหมดสามารถแยกอธิบายเป็นแต่ละส่วนได้ดังนี้

1. มอเตอร์ 1 และชุดหัวเข็ม



รูปที่ 3.2 ชุดหัวเข็มและมอเตอร์

มอเตอร์ 1 เป็นมอเตอร์ชนิดไบฟิลาร์ (Bifilar) 24 โวลต์ 1 แอมป์ 1.8° / สเตป ซึ่งมีโครงสร้างตามรูปที่ 3.3

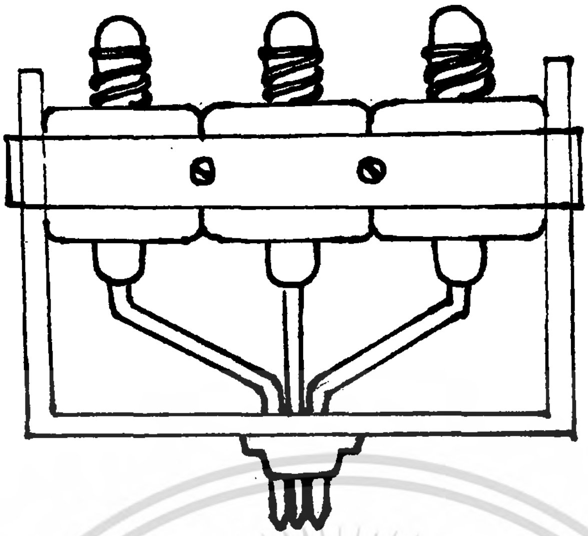


รูปที่ 3.3 โครงสร้างมอเตอร์แบบไบฟิลาร์

ในการออกแบบการติดตั้งมอเตอร์1 กับแกนหมุนของหัวเข็ม จากภาพเราต้องทำฐานยึดให้ตัวของมอเตอร์1 ลอยออกมานอกตัวเครื่องพิมพ์ และเชื่อมแกนหมุนของมอเตอร์กับแกนหมุนหัวเข็มด้วยตัวคัปปลิ้ง (Coupling)

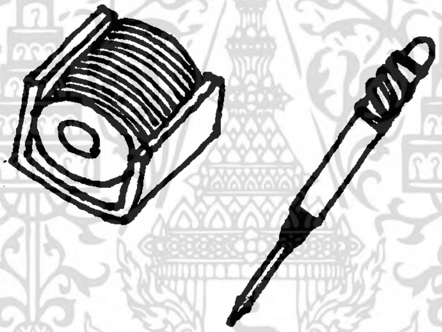
ในส่วนของหัวเข็มเป็นการใช้ขดลวดโซลินอยด์โดยที่ปลายข้างหนึ่งของแกนเหล็กตรงกลางขดลวดยึดติดอยู่กับหัวเข็มเหล็กซึ่งทำหน้าที่คล้ายเป็นปากกาในการเขียนอักษรเบลล์ดังแสดงในรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ชุดหัวเข็มอักษรเบลล์

โดยที่โครงสร้างของการติดหัวดเข็มกับขดลวดโซลินอยด์แสดงดังรูปที่ 3.5

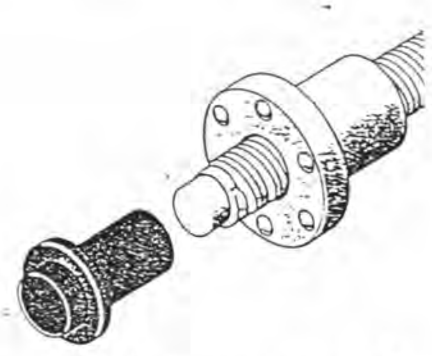


รูปที่ 3.5 การติดหัวเข็มกับโซลินอยด์

เมื่อเราต้องการให้เข็มตัวใดตอกลงบนกระดาษเราจะทำการป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดของโซลินอยด์ที่แกนกลางติดอยู่กับปลายหัวเข็มนั้น จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กภายในและดึงแกนกลางของขดลวดให้เคลื่อนที่ ดังนั้นหัวเข็มที่ติดอยู่ที่แกนกลางจะกระแทกลงบนกระดาษ และเมื่อตอกเสร็จแล้วสปริงที่ยึดแกนกลางของขดลวดอยู่จะดึงให้หัวเข็มกลับมาอยู่ในสภาพเดิม และจากลักษณะของตัวอักษรเบลล์มีสองคอลัมน์และสามแถว จากชุดหัวเข็มนี้เราได้ทำการติดหัวเข็มไว้เพียงสามตัวจึงสามารถตอกกระดาษได้เพียงทีละคอลัมน์ ดังนั้นต่ออักษรเบลล์หนึ่งตัวจึงต้องให้หัวเข็มเคลื่อนที่และทำการตอกสองครั้ง

การวางหัวเข็มซึ่งประกอบด้วยโซลินอยด์ให้ติดกับแกนหมุน เราทำการตัดกล่องพลาสติกแล้วเจาะกล่องเพื่อยึดน็อตติดกับวงแหวนที่ติดอยู่ที่แกนหมุน ซึ่งแกนหมุนจะมีลักษณะเป็นเกลียวและวงแหวนที่ติดอยู่กับแกนหมุนจะมีลูกปืนอยู่ภายในตัว ดังแสดงในรูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



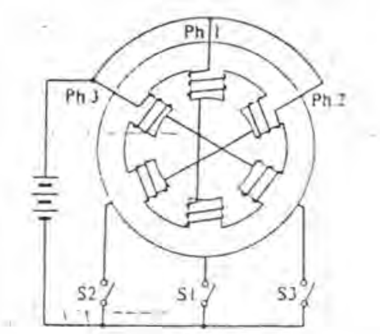
รูปที่ 3.6 แกนหมุนชุดหัวเข็ม

จากรูปที่ 3.6 เมื่อแกนหมุนถูกหมุนโดยมอเตอร์1 จะทำให้ตัวแหวนที่ยึดอยู่เคลื่อนที่ไปมาได้ และชุดหัวเข็มที่ยึดกับวงแหวนจะเคลื่อนที่ด้วย และในเครื่องพิมพ์นี้เราใช้แกนทั้งสิ้นสามแกน สองแกนด้านข้างเป็นเพียงตัวพยุงชุดหัวเข็มเท่านั้น ซึ่งจะยึดตายกับตัวเหล็กด้านข้างทั้งสองด้าน แต่ที่แกนกลางซึ่งเป็นแกนหมุนจะติดแบริ่ง(Baring) ซึ่งเป็นตลับลูกปืนในการยึดกับตัวเหล็กทำให้แกนกลางอิสระในการหมุนตามแรงมอเตอร์ดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 การติดแบริ่งกับแกนหมุน

2. มอเตอร์ 2 และโรลดึงกระดาษ

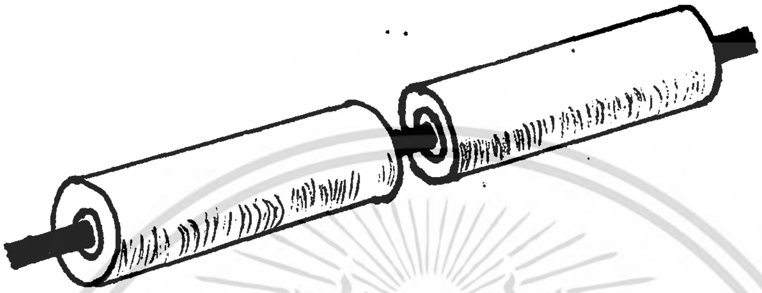
มอเตอร์ตัวที่ 2 เป็น VR Motor แบบ 4-เฟส 24 โวลต์ 0.18 แอมป์ 200 สเตปต่อรอบ มีโครงสร้างตามภาพ 3.8



รูปที่ 3.8 โครงสร้าง VR MOTOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

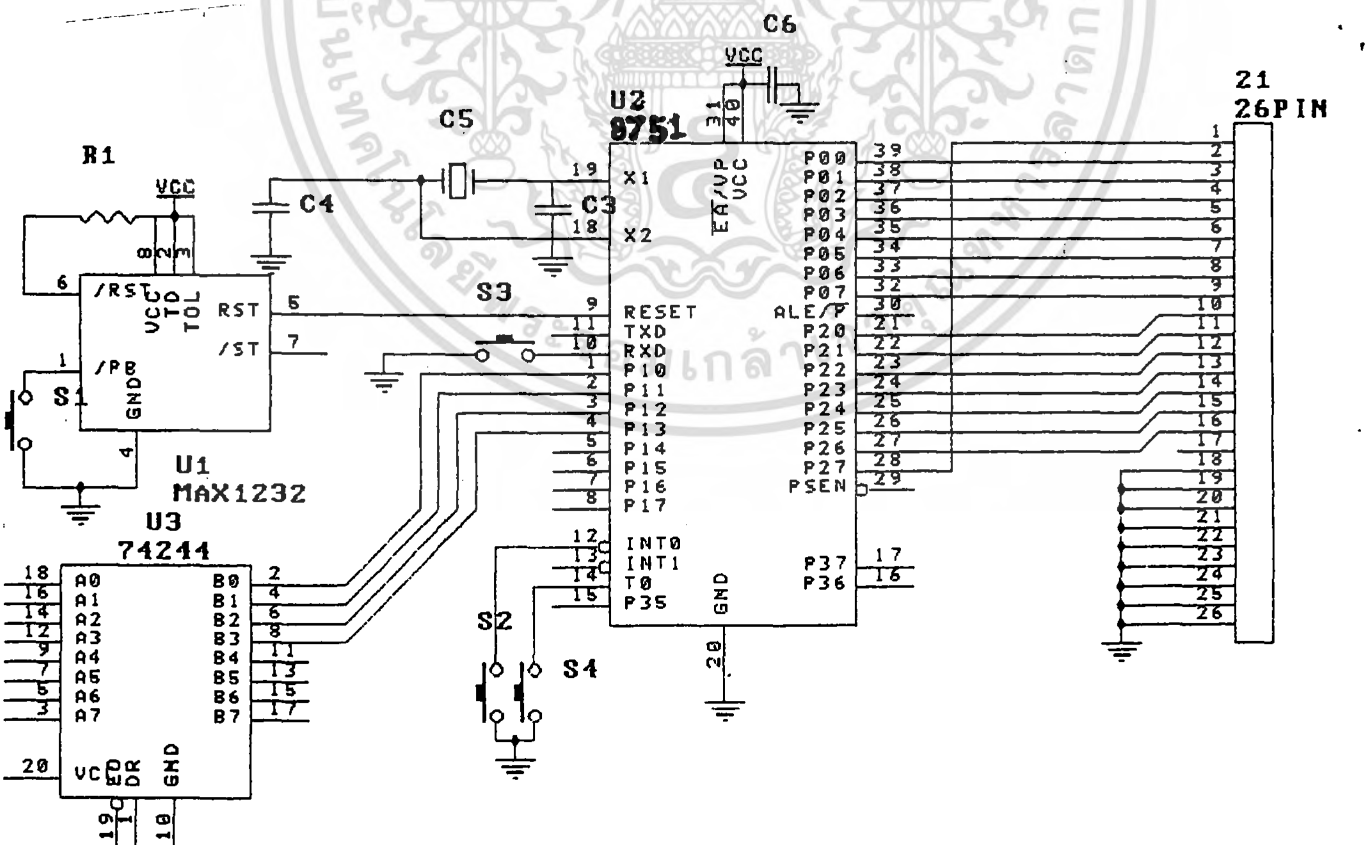
การติดตั้งตัวมอเตอร์ 2 เข้ากับแกนโรลดึงกระดาษ เราใช้มู่เลห์ซึ่งพ่วงด้วยสายพานเชื่อมกับแกนกลางของโรล เมื่อมอเตอร์หมุนสายพานจะดึงให้แกนโรลหมุนตามไปด้วย โดยที่แกนหมุนเป็นแกนเหล็กแต่โรลเป็นไม้หุ้มยางซึ่งเจาะรูตรงกลางแล้วสอดแกนเหล็กเข้าไป (รูปที่ 3.9) การวัดและเจาะรูนี้ต้องทำให้รูของไม้ไม่ใหญ่เกินไปนักเพราะจะทำให้แกนหมุนหลวมและไม่สามารถหมุนโรลได้



รูปที่ 3.9 แกนหมุนกับโรลหมุนกระดาษ

3.ไมโครคอนโทรลเลอร์ของเครื่องพิมพ์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ของเครื่องพิมพ์นี้เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 87C51 ซึ่งการใช้งานพอร์ตต่าง ๆ ของ 87C51นั้นแสดงดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 MCS 87C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ตต่าง ๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ 87C51นั้นแสดงดังนี้คือ

พอร์ต	หน้าที่
P0.0-P0.7	ติดต่อรับส่งข้อมูลกับคีย์บอร์ดธรรมดาและคีย์บอร์ดอักษรเบลล์
P2.0-P2.7	ติดต่อรับส่งข้อมูลกับคีย์บอร์ดธรรมดาและคีย์บอร์ดอักษรเบลล์
P1.0-P1.3	ควบคุมการหมุนของมอเตอร์ 2
P1.4-P1.7	ควบคุมการหมุนของมอเตอร์ 1
P3.5-P3.7	ควบคุมหัวเข็มสำหรับการพิมพ์อักษรเบลล์

การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมส่วนต่าง ๆ ของเครื่องพิมพ์นั้นจะแยกอธิบายเป็นส่วน ๆ ได้คือ

1. การควบคุมมอเตอร์ 1 ด้วยคอนโทรลเลอร์

มอเตอร์1 เป็นมอเตอร์แบบไบฟิลาร์ การขับมอเตอร์แบบนี้แสดงดังรูปที่ 3.11

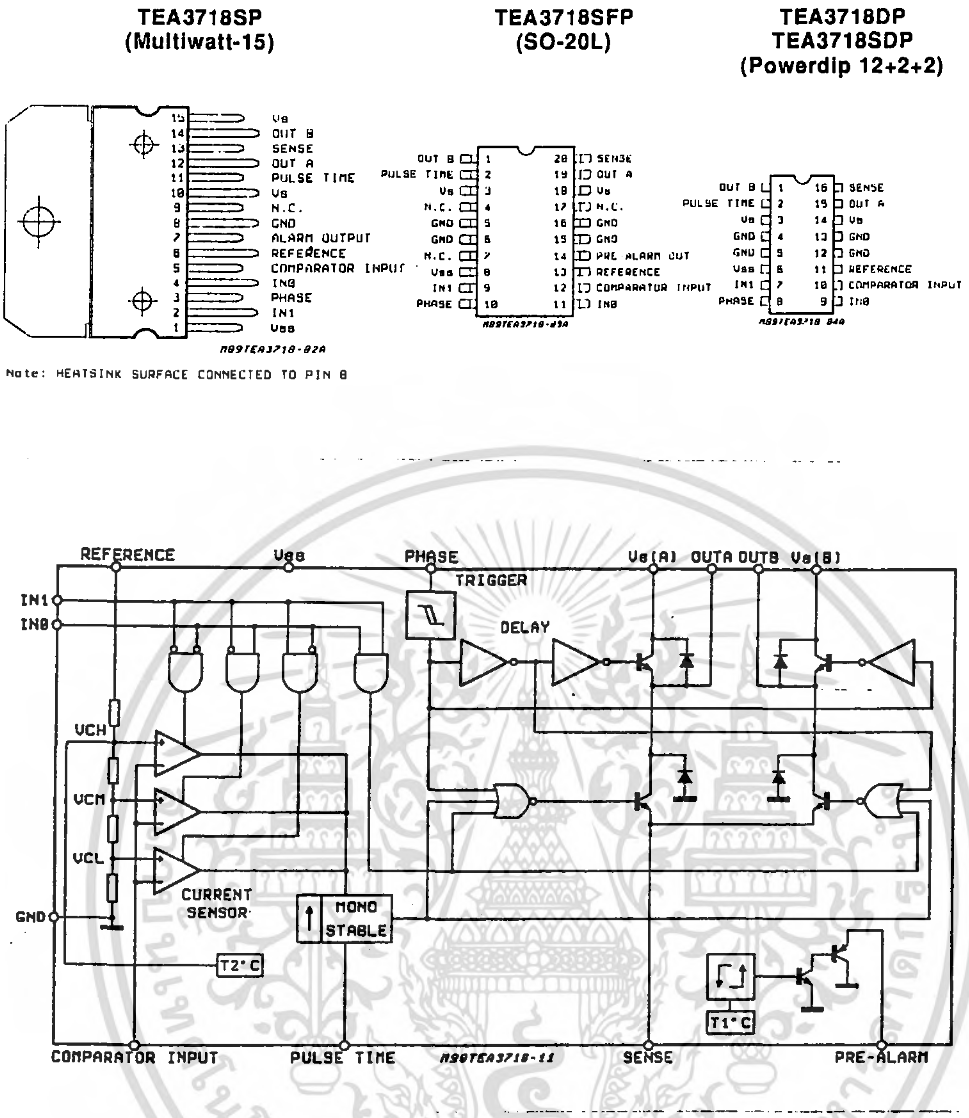
step	A	B	C	D
1	1	0	0	1
2	1	1	0	0
3	0	1	1	0
4	0	0	1	1

รูปที่ 3.11 การขับมอเตอร์แบบไบฟิลาร์

และในการขับมอเตอร์1 นี้เราใช้ IC เบอร์ TEA3718 เป็นตัวขับมอเตอร์ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 3.12 (ก) และ Block Diagram ของ TEA3718 แสดงตามรูปที่ 3.12 (ข)

ในส่วนของการนำ TEA3718 มาใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นแสดงในรูปที่ 3.13 (ก) ซึ่งที่ตัวพอร์ตที่เชื่อมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ แม้จะมีถึงสิบขา แต่มีขาที่ไม่ต้องใช้งานถึง 4 ขาคือขากราวน์ (GND)สองขาและขาเอ็นซี (NC) สองขา ดังนั้นขาที่นำมาใช้จึงมี PH0, PH1, I00, I01, I10 และ I11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

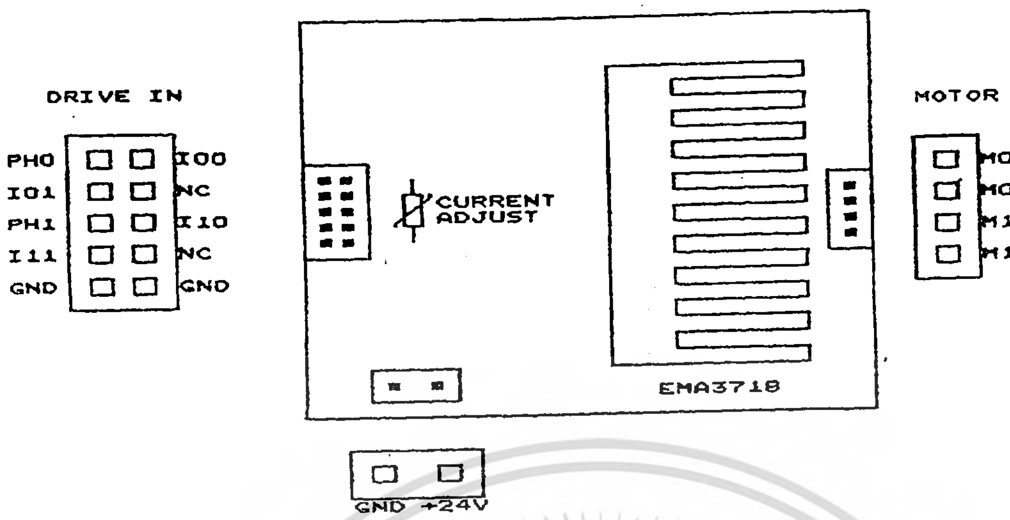


รูปที่ 3.12

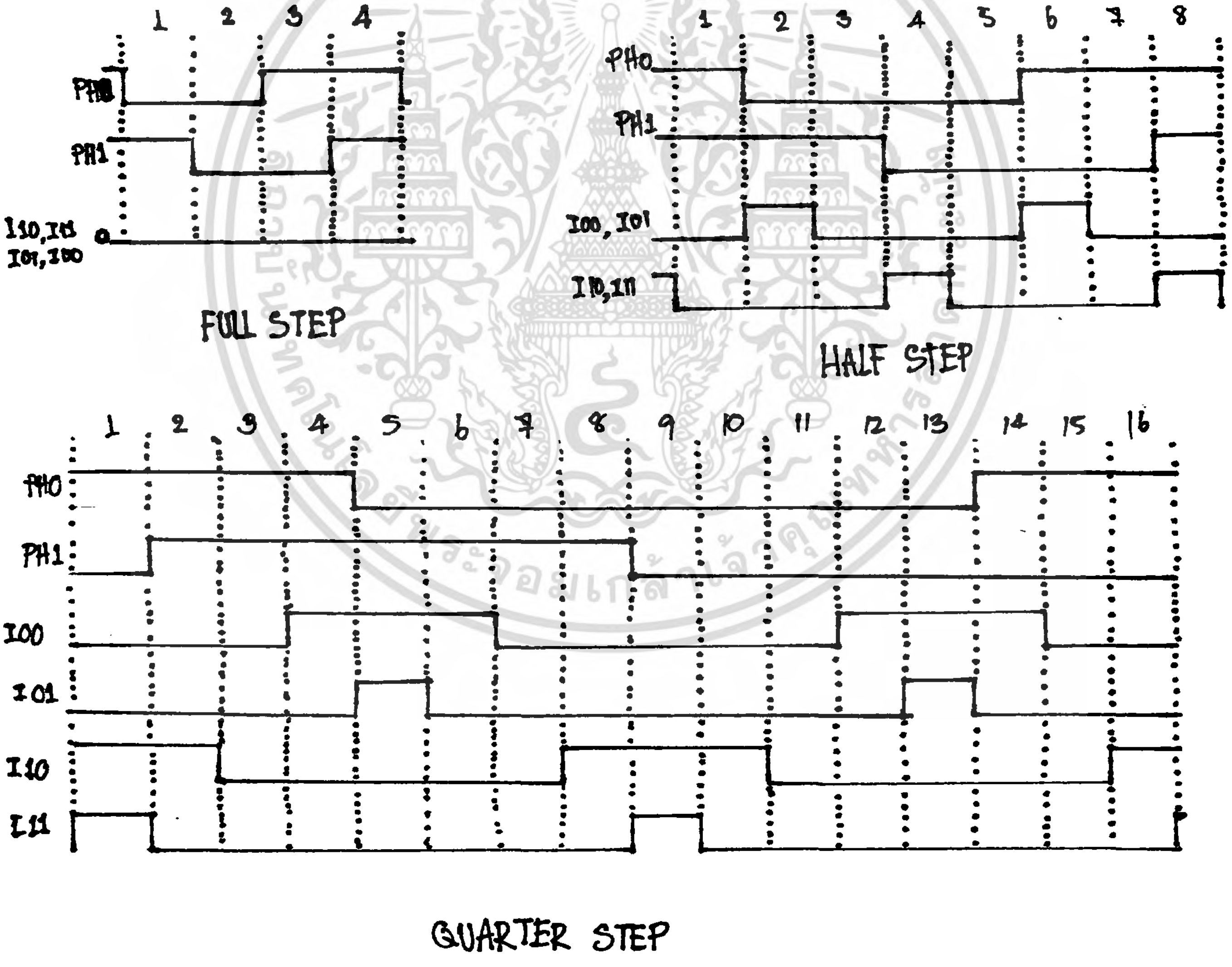
(ก) ลักษณะของ 3718(ข) Block Diagram

ในรูปที่ 3.13(ข) เป็นการแสดงถึงการขับมอเตอร์ซึ่งแบ่งออกเป็นสามวิธีการ คือ Full step, Half step และ Quarter step ในแต่ล่ะวิธีนั้นจะมีความละเอียดที่ต่างกันออกไป โดยวิธี Full step นั้นจะมีความละเอียดน้อยที่สุด ส่วนแบบ Quarter step จะมีความละเอียดมากที่สุด และกำลังของมอเตอร์ในการขับแต่ล่ะวิธีนั้นก็ต่างกันออกไปด้วย โดยวิธีแบบ Full step จะมีกำลังมากที่สุด และ Quarter step จะมีกำลังมากที่สุดซึ่งในการขับมอเตอร์ 1 เราใช้วิธีการขับแบบ Half step ดังนั้นเราจึงใช้พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นำมาควบคุมเพียงสี่บิต (bit)เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) การต่อ3718เข้ากับ MCS



(ข) การควบคุมการขับมอเตอร์ของ3718 ด้วยสัญญาณลอจิก

รูปที่ 3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์	พอร์ตของ 3718
P1.4	PH0
P1.5	PH1
P1.6	I00,I01
P1.7	I10,I11

2. การควบคุมมอเตอร์ 2 ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

การขับมอเตอร์2 ซึ่งเป็นแบบ 4-เฟส ทำได้ตามภาพ2.14

	R	1	2	3	4	5	6	7	8
Phase1	1	0	0	0	1	0	0	0	1
Phase2	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Phase3	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Phase4	0	0	0	1	0	0	0	1	0

	R	1	2	3	4	5	6	7	8
Phase1	1	1	0	0	1	1	0	0	1
Phase2	0	1	1	0	0	1	1	0	0
Phase3	0	0	1	1	0	0	1	1	0
Phase4	1	0	0	1	1	0	0	1	1

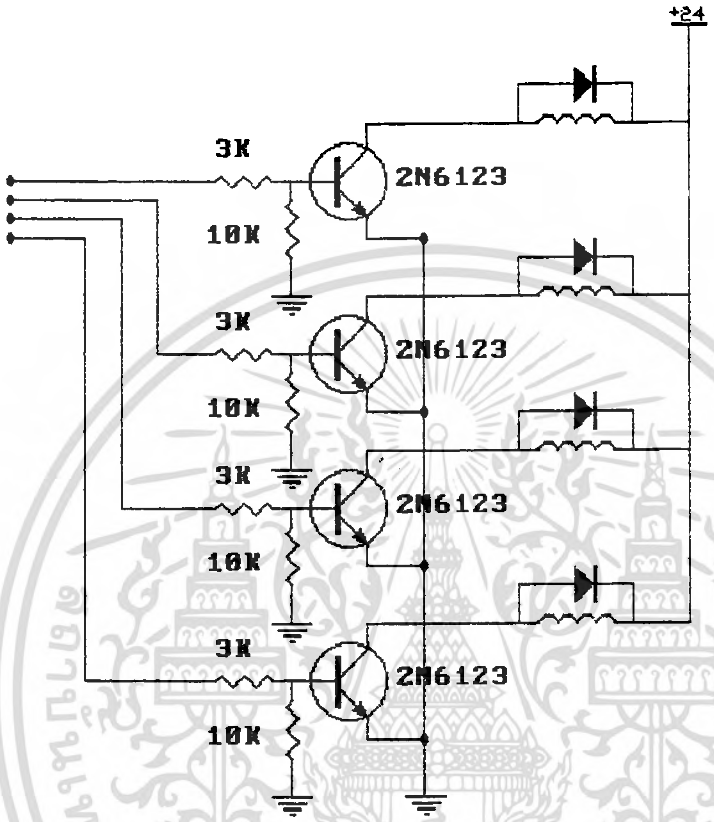
รูปที่ 3.14 การขับ VR MOTOR แบบ 4-เฟส

การขับมอเตอร์2 โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำได้ตามรูปที่ 3.15

จากรูปที่ 3.15 ใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เบอร์ 2N6123 ทำหน้าที่เป็นตัวสวิทชิ่ง โดยที่ขาคอลเล็คเตอร์ (Collector)ของทรานซิสเตอร์ต่ออยู่กับปลายเฟสหนึ่งของมอเตอร์2 ที่ขาเบส (Base) ต่ออยู่กับพอร์ตข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ และต่อกราวน์เข้ากับขาอีมิตเตอร์ (Emitter) และที่ขากลางของมอเตอร์2 ซึ่งเป็นขาที่ต่ออยู่กับทั้งสี่เฟส ในสภาพเช่นนี้กระแสไม่สามารถไหลผ่านขดลวดของเฟสต่าง ๆ ในมอเตอร์2 ได้ เมื่อเราต้องการให้กระแสไหลเข้าที่เฟสใดของมอเตอร์2 เราให้สัญญาณ “1” จากไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าไปที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ที่ต่ออยู่กับเฟสนั้นกระแสจะสามารถไหลจากขาคอลเล็คเตอร์ไปยังขาอีมิตเตอร์ได้ทำให้กระแสไหลผ่านขดลวดของเฟสนั้น ส่วนเฟสอื่นที่ไม่ต้องการให้มีกระแสไหลผ่านก็ให้ค่า “0” ที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ กระแสก็จะไม่สามารถไหลผ่าน

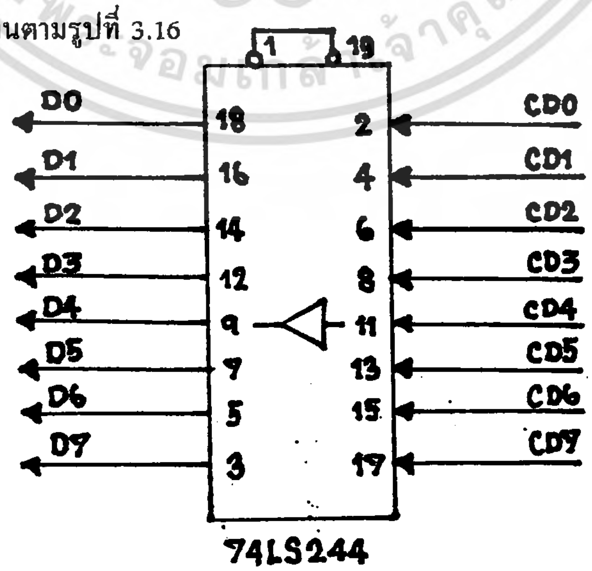
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขดลวดที่เฟสนั้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการควบคุมการขับมอเตอร์2 นั้นใช้ข้อมูลเพียง 4 บิตเช่นเดียวกับที่ใช้ขับมอเตอร์1 โดยที่ข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ควบคุมมอเตอร์2 นั้นมาจาก P1.0, P1.1, P1.2 และ P1.3 และก่อนที่ข้อมูลทั้งสี่บิตจากไมโครคอนโทรลเลอร์นี้



รูปที่ 3.15 วงจรขับมอเตอร์ 2

จะมาต่อกับชุดขับมอเตอร์2 จะต้องผ่านตัวบัฟเฟอร์(Buffer)เสียก่อน ซึ่งบัฟเฟอร์ใช้ IC เบอร์ 74244 ซึ่งมีลักษณะการทำงานตามรูปที่ 3.16

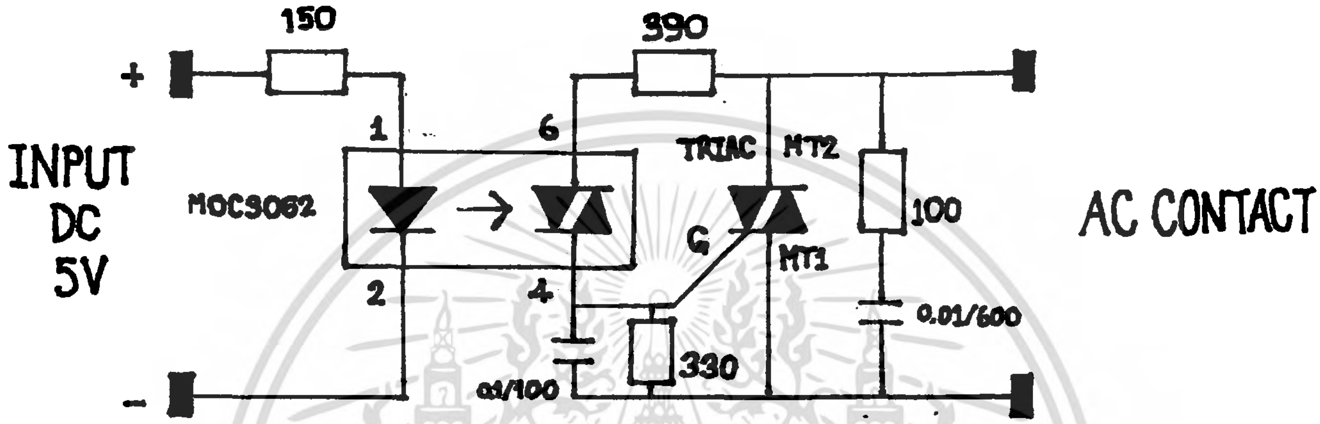


รูปที่ 3.16 74LS244

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

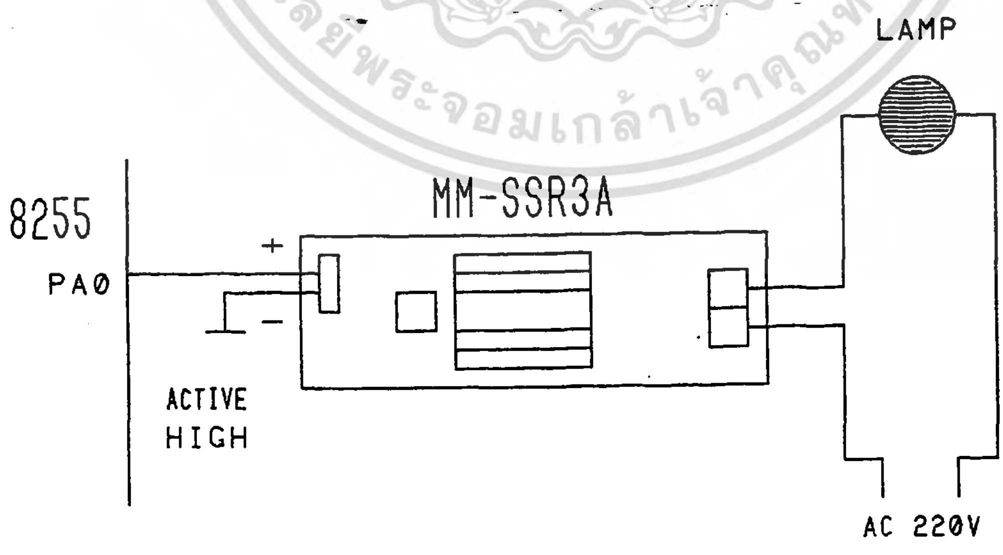
3. การควบคุมหัวเข็มด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าหัวเข็มของเครื่องพิมพ์นี้ทำมาจากขดลวดโซลินอยด์ ซึ่งต้องใช้ไฟฟ้า กระแสสลับในการกระตุ้นให้มันทำงาน ดังนั้นจึงควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์โดยตรงไม่ได้ และอุปกรณ์ที่ได้นำมาใช้เป็นตัวกลางนี้ก็คือ โซลิดสเตทรีเลย์ (Solid State Relay) ในรูปที่ 3.17



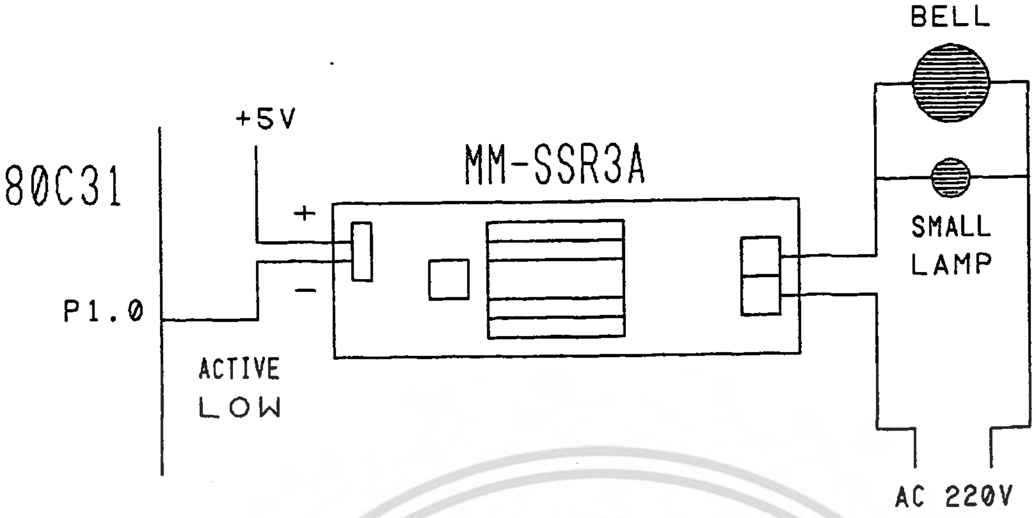
รูปที่ 3.17 โซลิดสเตทรีเลย์

โซลิดสเตทรีเลย์ ทำหน้าที่เป็นตัวตัดต่อแรงดันไฟกระแสสลับในลักษณะเช่นเดียวกับรีเลย์ โดยใช้ไทรแอค(Triac)เป็นตัวควบคุม ทั้งนี้จะไม่มีการตัดต่อแบบหน้าสัมผัส จึงตัดปัญหาเรื่องไฟสปาร์ก ทำให้มีอายุการใช้งานได้นานกว่า และไม่เกิดสัญญาณรบกวนต่อระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยที่การต่อเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำได้สองวิธีตามรูปที่ 3.18 และ3.19



รูปที่ 3.18 การควบคุมด้วยวิธี Active High

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

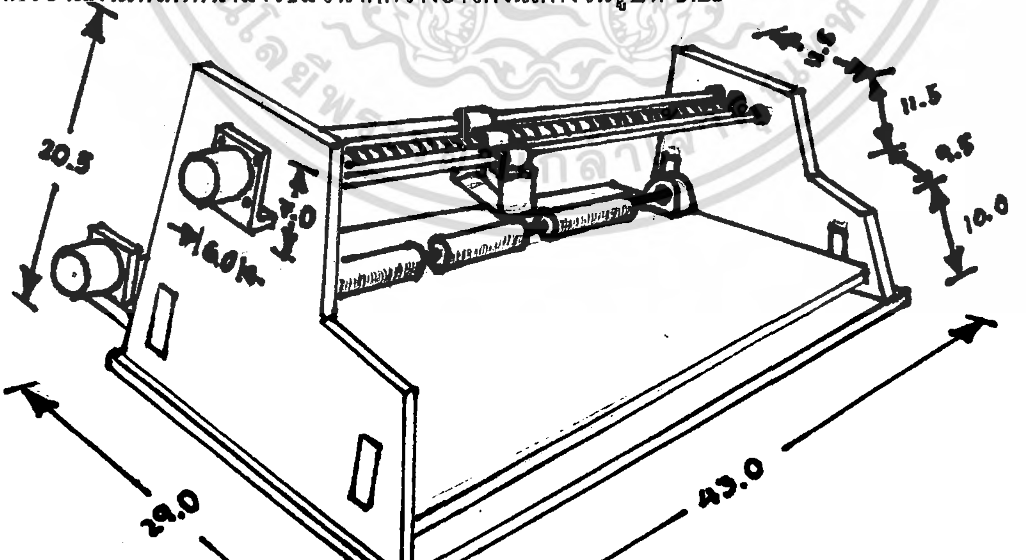


รูปที่ 3.19 การควบคุมด้วยวิธี Active Low

ในกรณีของเครื่องพิมพ์อักษรเบลล์ใช้การต่อแบบ Active Low และจากรูปที่ 3.19 จะต้องใช้บิตควบคุม 1 บิตต่อโซลินอยด์ 1 ตัวดังนั้นการควบคุมหัวเข็มสามหัวจึงใช้ข้อมูลสามบิต ซึ่งได้มาจากพอร์ตP3.5, P3.6 และ P3.7 ของไมโครคอนโทรลเลอร์

โครงสร้างของเครื่องพิมพ์

ตัวโครงสร้างของเครื่องพิมพ์ทำมาจากเหล็กนำมาเชื่อมต่อกันเพื่อเป็นฐานให้กับการยึดของแกนเลื่อนหัวเข็มและแกนหมุนกระดาษ รวมถึงมอเตอร์1 และมอเตอร์2 ซึ่งขนาดของแผ่นเหล็กที่นำมาใช้มีขนาดกว้างยาวดังแสดงในรูปที่ 3.20

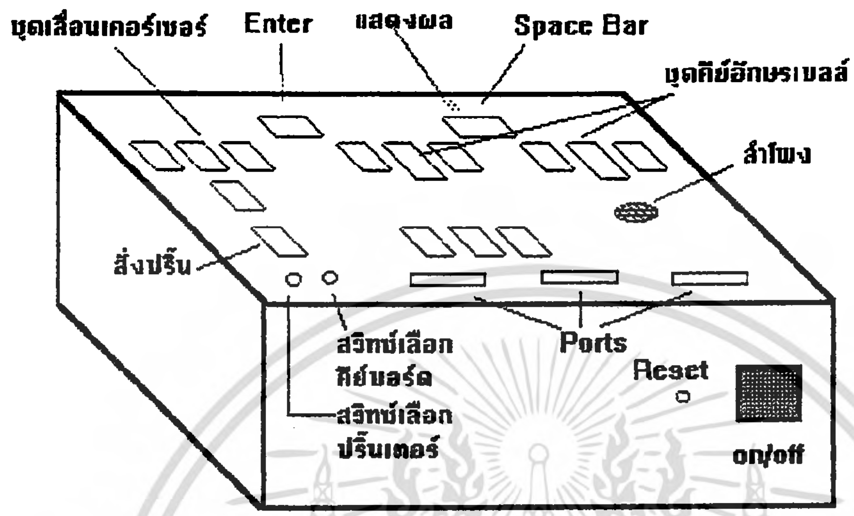


รูปที่ 3.20 โครงสร้างของเครื่องพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2คีย์บอร์ดอักษรเบลล์และส่วนเชื่อมต่อ

ตัวคีย์บอร์ดของการพิมพ์อักษรเบลล์และพอร์ตเชื่อมต่อจะมีลักษณะดังภาพ 3.21



รูปที่ 3.21 คีย์บอร์ดอักษรเบลล์

จากภาพประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. ปุ่มคีย์ ซึ่งมีทั้งสิ้น 16 ปุ่ม แบ่งเป็น
   - ปุ่มคีย์อักษรเบลล์ 6 ปุ่ม
   - ปุ่มคีย์เว้นวรรค 1 ปุ่ม
   - ปุ่มคีย์เลื่อนบรรทัด 1 ปุ่ม
   - ปุ่มคีย์เลื่อนเคอร์เซอร์ 4 ปุ่ม
   - ปุ่มคีย์แทรก 1 ปุ่ม
   - ปุ่มคีย์ลบ 1 ปุ่ม
   - ปุ่มคีย์สุดบรรทัด 1 ปุ่ม
   - ปุ่มคีย์สั่งพิมพ์ 1 ปุ่ม
2. พอร์ตเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้ง 4 อันได้แก่ คีย์บอร์ดธรรมดา ,คีย์บอร์ดอักษรเบลล์ ,เครื่องพิมพ์ธรรมดา และ เครื่องพิมพ์อักษรเบลล์
3. สวิทช์เลือกการทำงาน 2 ตัว
   - สวิทช์ตัวแรกจะทำหน้าที่เลือกการรับค่าระหว่างคีย์บอร์ดธรรมดาหรือคีย์บอร์ดอักษรเบลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-สวิทช์ตัวที่สองทำหน้าที่เลือกการส่งค่าไปยังเครื่องพิมพ์ธรรมดาหรือเครื่องพิมพ์อักษรเบลล์

4. ลำโพงสำหรับแสดงการทำงานผิดพลาด หรือสิ้นสุดระยะการพิมพ์
5. สวิทช์เปิด-ปิดเครื่อง
6. สวิทช์รีเซ็ท (Reset)

สำหรับภายในเครื่องคีย์บอร์ดอันนี้ประกอบด้วยบอร์ดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ดังนี้

1. บอร์ดคอนโทรลเลอร์
2. บอร์ดแสกนค่าคีย์
3. บอร์ดแสดงผล
4. บอร์ด บัฟเฟอร์ (Buffer)
5. บอร์ด Power supply 5V และ 24V 1A

บอร์ดคอนโทรลเลอร์

ประกอบด้วยคอนโทรลเลอร์เบอร์ 80C31 ซึ่งคอนโทรลเลอร์เบอร์นี้ไม่มีหน่วยความจำ ROM ภายในเราจึงนำหน่วยความจำ ROM ภายนอกซึ่งใช้ EPROM เบอร์ 27256 ซึ่งมีจำนวนหน่วยความจำ 32 KBYTE มาใช้ และเพื่อเพิ่มเนื้อที่ในการเก็บข้อมูลเราจะใช้หน่วยความจำ RAM ภายนอกจำนวน 8 KBYTE จาก IC เบอร์ 6264 ร่วมด้วย

สำหรับคุณสมบัติและส่วนประกอบต่างๆที่นำมาใช้งานแสดงได้ดังนี้

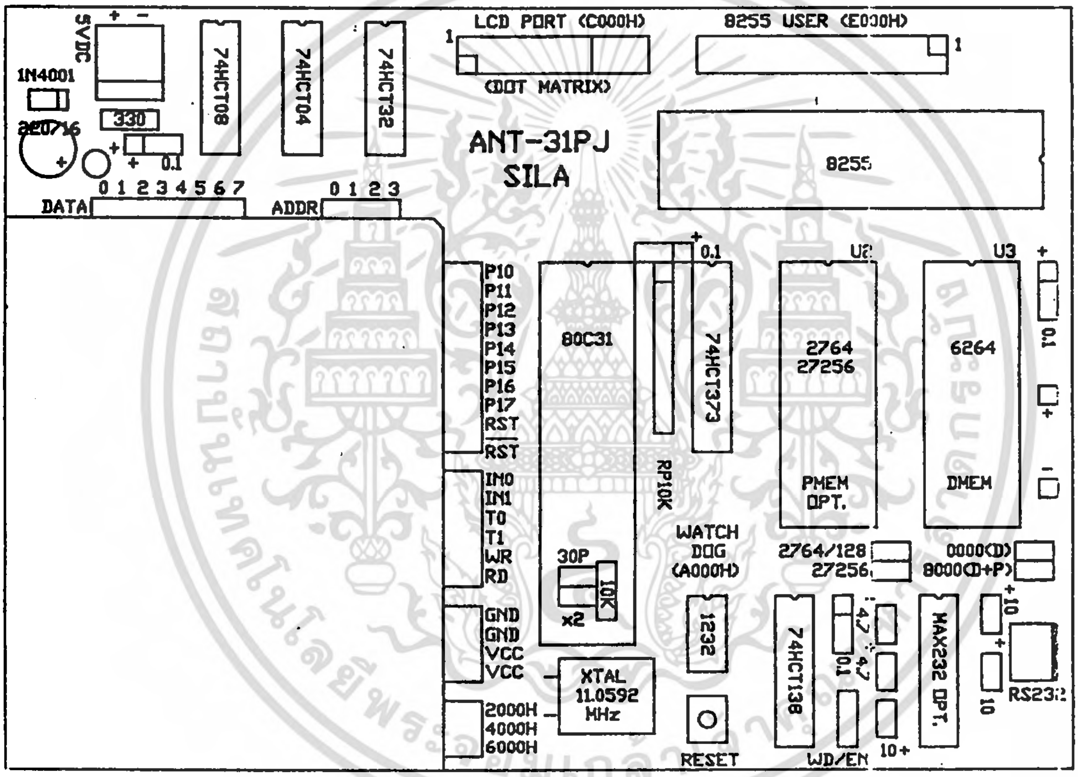
CPU	80C31 uC
CLOCK	11.0592 MHz
MEMORY	U2 32K EPROM (27256)
	0000-7FFFH (PMEM)
	U3 8K RAM (6264) ADDRESS SELECTABLE
	0000-1FFFH (DMEM) [OR 8000-9FFFH (DMEM+PMEM)
PORT	24 BIT 8255 USER PORT (26 PIN CONNECTOR)
	[LCD PORT (DOT MATRIX ONLY) (20 PIN CONNECTOR)]
	[SERIAL PORT (3 PIN CONNECTOR) (MAX232)]
ON BOARD	1 POWER LED
	1 2-PIN 5VDC CONNECTOR
	1 RESET SWITCH (MAX1232)
	1 2-WAYS JUMPER (WATCH-DOG ENALE/DISABLE)
POWER	5VDC CURRENT 80 mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ...เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SIZE 10.2 × 14.2 cm

Note [...] = Not use

และแผนภาพแสดงตำแหน่งต่างๆ บน บอร์ด แสดงในรูป 3. 22



รูปที่ 3.22 แสดงตำแหน่งต่าง ๆ บนบอร์ด

ในบอร์ดนี้ยังมีการนำ IC เบอร์ 8255 มาต่อร่วมเพื่อขยายการใช้งานพอร์ต Input-Output โดยจะสามารถควบคุมว่าจะให้เป็นแบบใดได้โดยการส่งค่าควบคุม (Control Code)ไปยังพอร์ตควบคุม (Control Port) ซึ่งจะเป็นการกำหนดคุณสมบัติต่างๆ ของ PORT A,B,C โดยในโครงงานนี้เราใช้งานในโหมด 0 ซึ่งมีตารางสรุปดังตาราง 8255 MODE 0 SUMMARY ข้างล่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PORT A	PORT B	PORT C0-C3	PORT C4-C7	CODE (HEX)
0	0	0	0	80
0	0	0	I	88
0	0	I	0	81
0	0	I	I	89
0	I	0	0	82
0	I	0	I	8A
0	I	I	0	83
0	I	I	I	8B
I	0	0	0	90
I	0	0	I	98
I	0	I	0	91
I	0	I	I	99
I	I	0	0	92
I	I	0	I	9A
I	I	I	0	93
I	I	I	I	9B

และสำหรับตำแหน่ง ADRESS ของ 8255 จะจัดอยู่ในส่วน DATA MEMORY โดยใช้ ADDRESS ดังต่อไปนี้

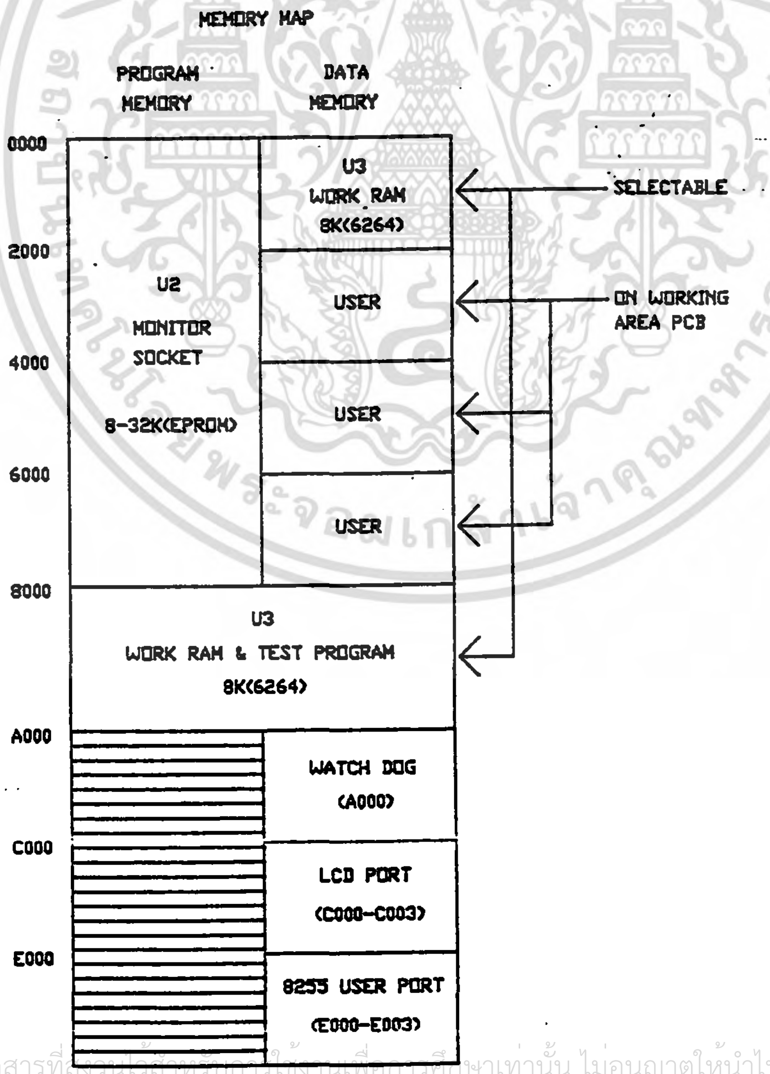
PORT	ADDRESS
PORT A	E000H
PORT B	E001H
PORT C	E002H
CONTROL	E003H

และเมื่อมีการรีเซ็ทจากปุ่มคีย์จากภายนอกกล่องก็จะเป็นการรีเซ็ทบนบอร์ดคอนโทรลเลอร์นั่นเอง โดยวงจรรีเซ็ทบนบอร์ดนี้จะใช้ชิพเบอร์ MAX1232 ซึ่งยังมีวงจร WATCH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

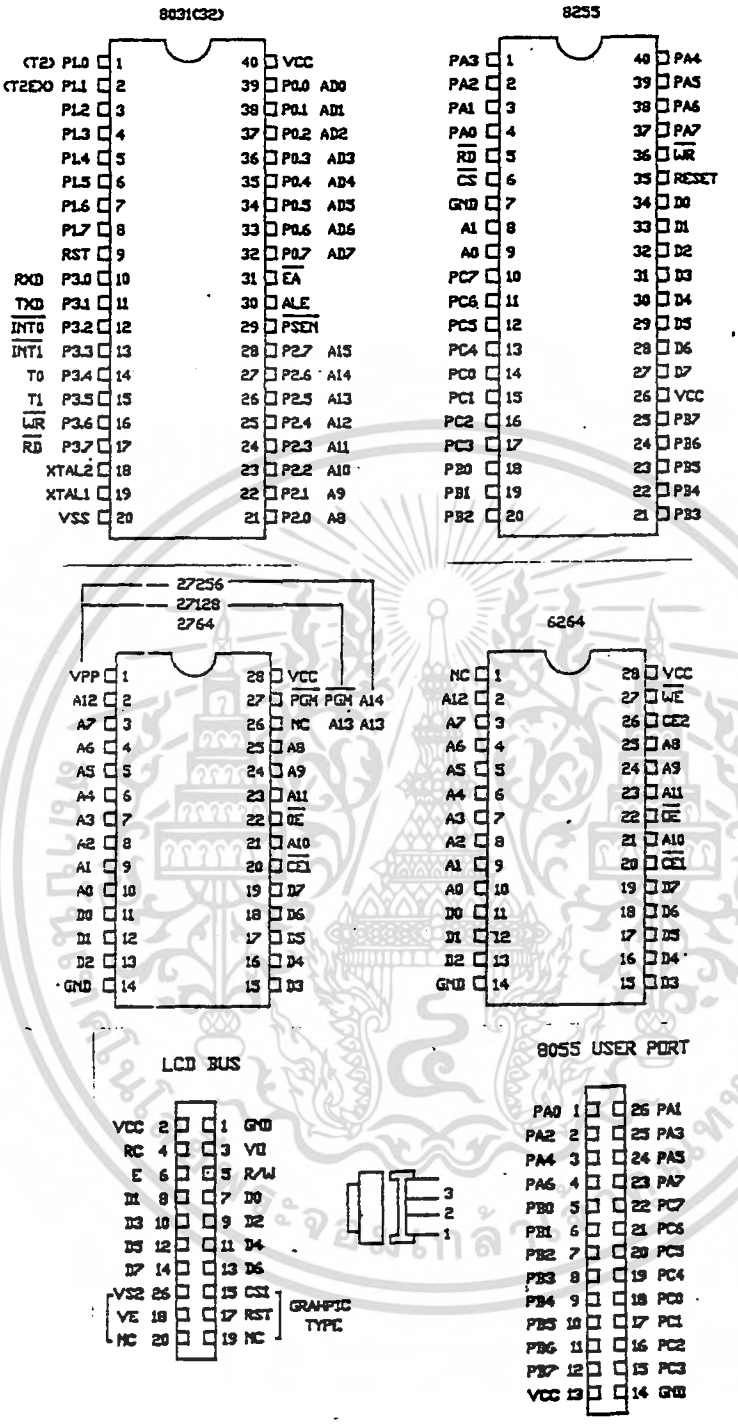
DOG ด้วย ซึ่งการรีเซ็ทแบบนี้จะให้ผลดีกว่าวงจรแบบ RC ทั่วๆ ไป โดยจะทำการรีเซ็ททั้งช่วง POWER UP และ DOWN จึงแน่ใจได้ว่าระบบจะไม่เกิดสภาพรวนจากการรีเซ็ทอย่างแน่นอน การรีเซ็ทจากชิพนี้จะตั้งระดับไว้ที่ 10% ของ VCC กล่าวคือระบบจะทำงานทันทีถ้าไฟ VCC ต่ำกว่า 4.5V

ส่วนวงจร WATCH DOG ก็จะยิ่งช่วยให้ระบบเกิดความเสถียรมากขึ้น โดยสามารถเลือก ENABLE หรือ DISABLE ได้ด้วย JUMPER ที่อยู่ด้านขวาของชิพ 74HCT138 ในกรณีที่ตั้งไว้ที่ DISABLE ระบบจะต่อขา /ST ของ MAX1232 เข้ากับขา A0 ของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งหมายความว่าจะมีสัญญาณมาตลอดเวลา แต่ถ้าตั้งไว้ที่ ENABLE ระบบจะต่อเข้ากับสัญญาณ DECODE ในตำแหน่ง A000H เพราะฉะนั้นโปรแกรมที่เขียนขึ้นจะต้องส่งสัญญาณมากระตุ้นที่ตำแหน่งนี้เสมอภายในเวลา 1.2 วินาที ในกรณีที่สัญญาณขาดหายไปซึ่งอาจจะเกิดจากการ HANG ของระบบ ตัว MAX1232 ก็จะทำการรีเซ็ทระบบทันทีโดยจะทำให้ระบบทั้งหมดกลับมาทำงานได้ตามปกติต่อไป ซึ่งในโครงงานนี้เราจะทำการ DISABLE ไว้



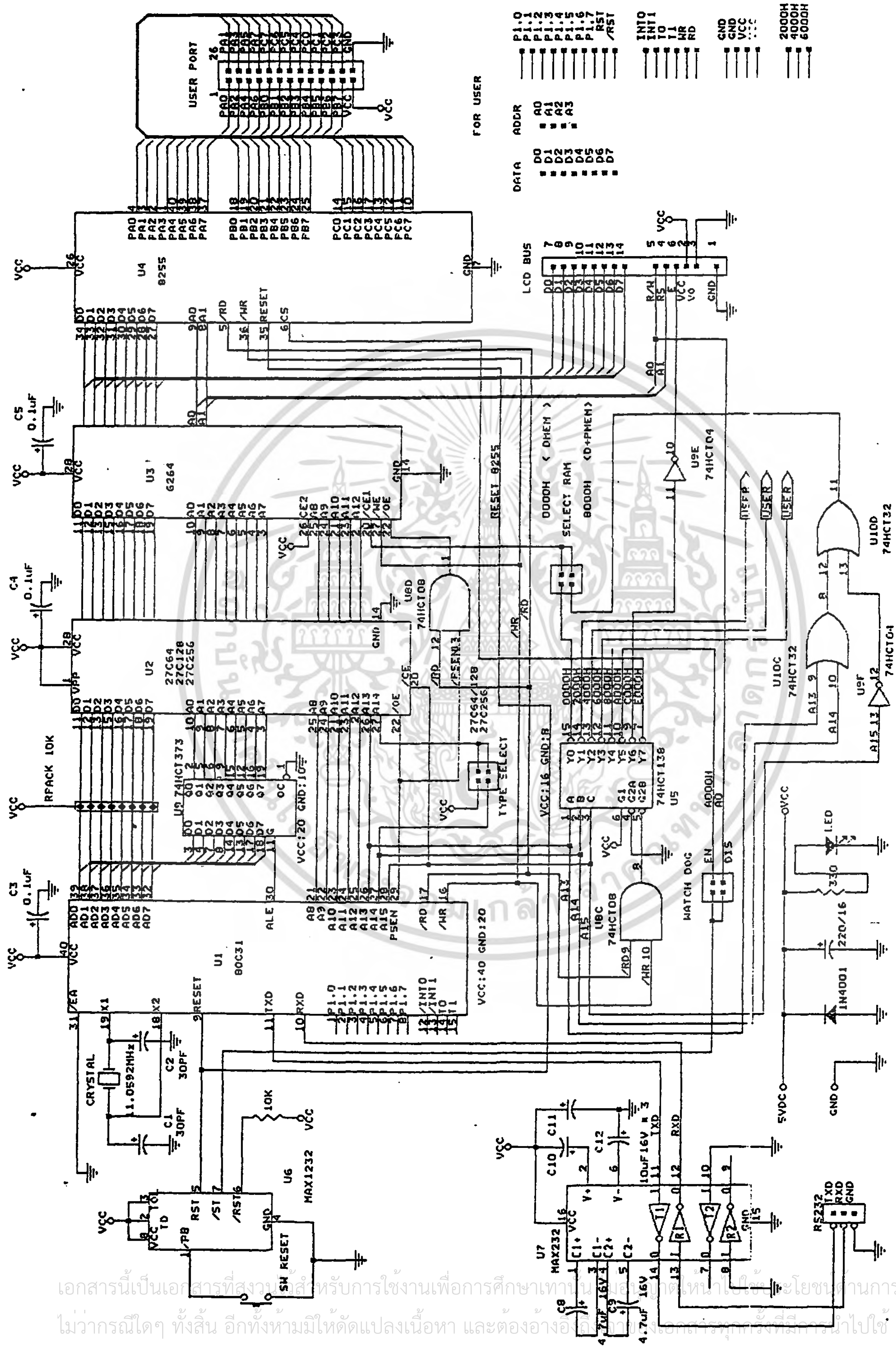
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ...ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา ...อ้างอิงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.23แสดงแผนที่หน่วยความจำ และ INPUT-OUTPUT



รูปที่ 3.24 แสดงรายละเอียดของ CONNECTOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



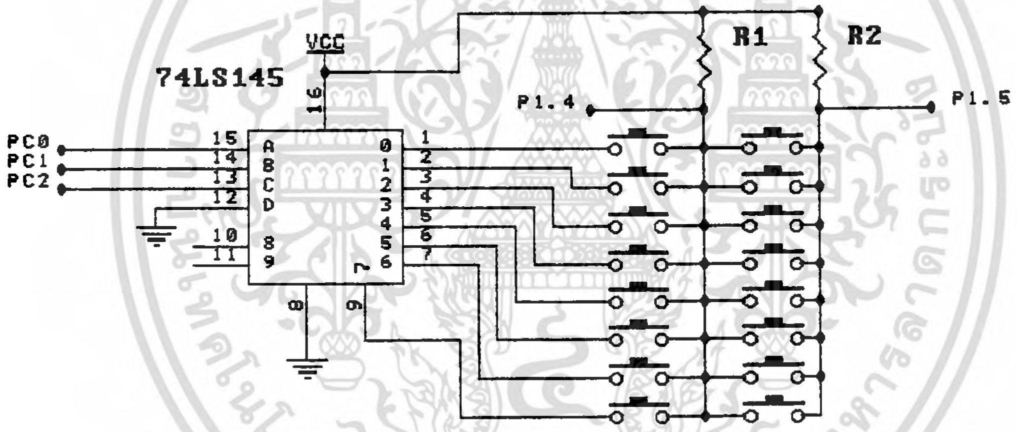
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.25แสดงรายละเอียดทางด้านวงจรของบอร์ด

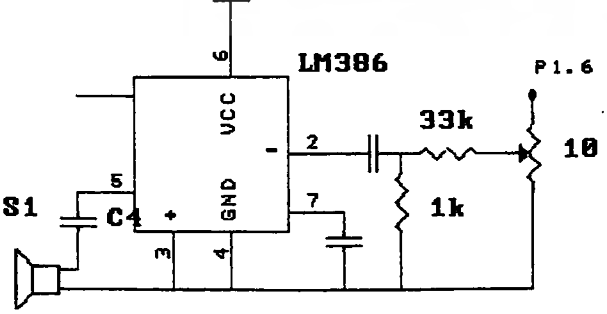
บอร์ดสแกนค่าคีย์

สำหรับการแสกนค่าคีย์จะทำในลักษณะคล้ายกับ DOT MATRIX โดยที่สัญญาณที่ส่งไปแสกนจะส่งออกมาจาก PORT C.0-C.2 ผ่านไปยัง IC ถอดรหัส ซึ่งเราใช้เบอร์ 74LS145 (OPEN COLLECTOR) สัญญาณที่ถอดรหัสได้จาก 3 BITนี้จะมีทั้งหมด 8 สัญญาณ และเรานำสวิทช์จำนวน 16 ตัวมาต่อกับสัญญาณทั้ง 8 โดยต่อสัญญาณละ 2 ตัว หลังจากนั้นทำการแบ่งสวิทช์ทั้งหมดออกเป็น 2 ส่วนดังภาพ 3.26 โดยที่สวิทช์แต่ละส่วนต่อกับขารับสัญญาณ PORT 1.4 และ 1.5 ตามลำดับ สำหรับปุ่มคีย์อักษรเบลล์ ,ปุ่มคีย์เว้นวรรค และปุ่มคีย์เลื่อนบรรทัด จะต่อกับ PORT1.4 ส่วนปุ่มคีย์อื่นๆ อีก 8 ปุ่มจะต่อกับ PORT 1.5

นอกจากนั้นในบอร์ดนี้ยังมีวงจรของลำโพงอยู่ด้วย โดยลำโพงนี้เป็นลำโพงที่ใช้สำหรับไฟ DC 5V ได้ และมีวงจรแสดงดังรูป3.27 โดยจะทำการควบคุมได้ด้วย PORT 1.6 ซึ่งจะส่งสัญญาณออกมาเป็นสัญญาณนาฬิกาผ่าน OPAMP เบอร์ LM386



ภาพ 3.26 แสดงวงจรแสกนค่าคีย์บอร์ด



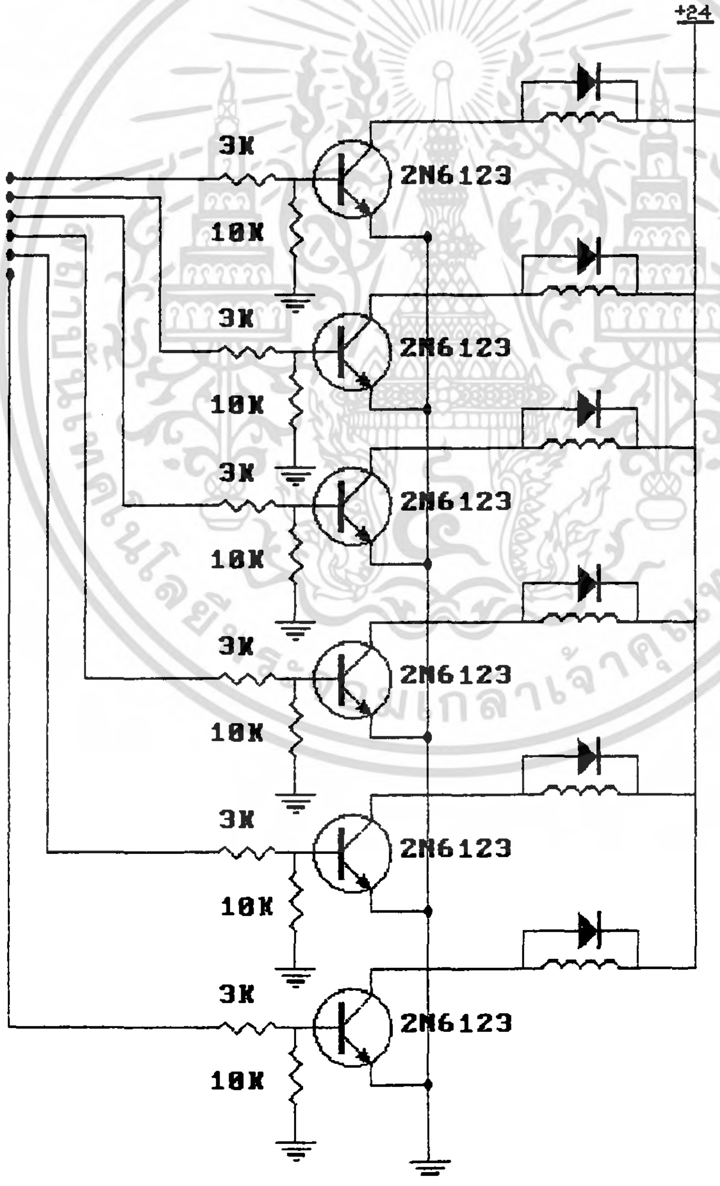
ภาพ 3.27 แสดงวงจรของลำโพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บอร์ดแสดงผล

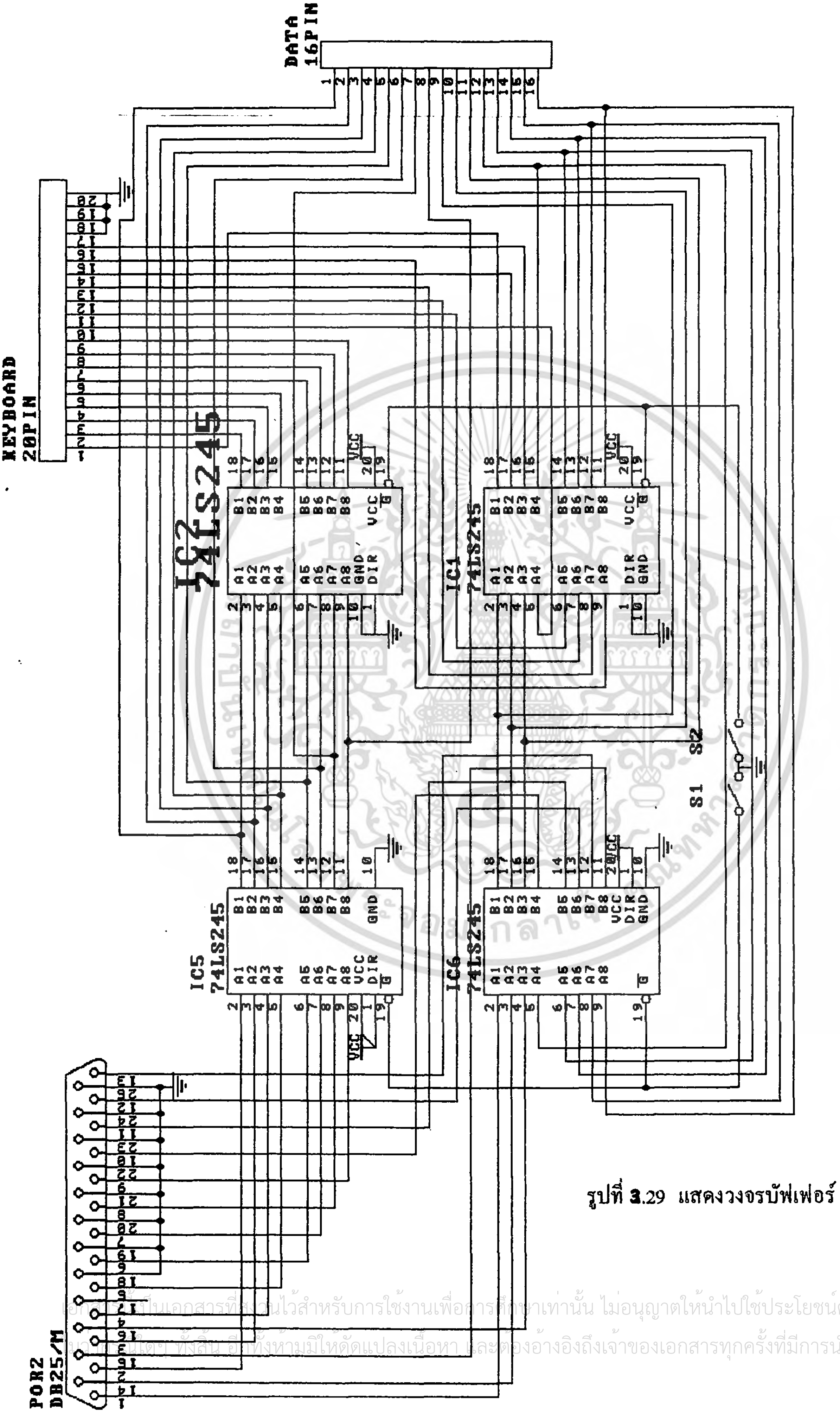
บอร์ดแสดงผลเป็นบอร์ดที่ใช้ควบคุมเข็มแสดงผลทั้ง 6 ซึ่งเรียงกันเป็นอักษรเบลล์ 1 ตัว ในบอร์ดนี้จะใช้รีเลย์ (RELAY) เป็นตัวควบคุมหัวเข็มแต่ละอัน

สำหรับรีเลย์ที่ใช้ เป็นรีเลย์สำหรับไฟ DC 24V 15A ดังนั้นการที่จะให้หัวเข็มสามารถควบคุมได้ด้วยคอนโทรลเลอร์ก็จะต้องทำการต่อผ่านทรานซิสเตอร์ (TRANSISTOR) ซึ่งในโครงงานนี้เราจะใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N6123 ซึ่งสามารถทำหน้าที่เป็นสวิทช์ นำมาต่อเป็นวงจรสำหรับขับ ตัวรีเลย์ดังรูป 3.28 โดยเราจะป้อนไฟเลี้ยง 24V และทำการควบคุมด้วยไฟ 5V จากคอนโทรลเลอร์ผ่านทางขาเบสของทรานซิสเตอร์ และมี IC 74LS245 ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ที่ขาเบส โดยที่ขาเข้าสัญญาณของบัฟเฟอร์จะต่อความต้านทาน PULL DOWN ไว้เพื่อป้องกันกระแสที่จะวิ่งมายังขาเข้าในขณะที่ไม่มีสัญญานส่งออกมาจากคอนโทรลเลอร์



รูป 3.28 ภาพแสดงวงจรขับรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.29 แสดงวงจรบัฟเฟอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บอร์ดบัฟเฟอร์

บอร์ดนี้เป็นบอร์ดที่ต่อบัฟเฟอร์สำหรับพอร์ตที่เราจะนำมาเชื่อมต่อกันทั้ง 4 พอร์ต ได้แก่ คีย์บอร์ดธรรมดา ,คีย์บอร์ดอักษรเบลล์ ,เครื่องพิมพ์ธรรมดา และ เครื่องพิมพ์อักษรเบลล์ ซึ่งเราใช้บัฟเฟอร์ 2 ทิศทาง เบอร์ 74LS245 เป็นบัฟเฟอร์ของพอร์ตเหล่านี้ สำหรับวงจรของบอร์ดนี้แสดงได้ดังรูป 3.29 โดยที่เรามีสวิทช์ เปิด-ปิด-เปิด ซึ่งเป็นสวิทช์ 3 ทิศทาง 2 ตัว เป็นสวิทช์เลือกให้บัฟเฟอร์ของพอร์ตใดพอร์ตหนึ่งระหว่างคีย์บอร์ดธรรมดากับอักษรเบลล์ และระหว่างเครื่องพิมพ์ธรรมดากับอักษรเบลล์ ทำงานตามลำดับ

โดยที่ถ้าบัฟเฟอร์ตัวใดไม่ถูกเลือกให้ทำงาน ก็จะไม่ทำการส่งสัญญาณที่ได้รับทางขาเข้าออกมายังทางขาออก

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการทดสอบเครื่องและข้อเสนอแนะ

ขั้นตอนการทดสอบเครื่องมือ

จากการสร้างเครื่องมือสื่อสารภาษาเบรลล์เพื่อคนตาบอดเราจะทำการทดสอบเครื่องมือโดยการพิมพ์อักษร A ถึง Z ผ่านเครื่องมือสื่อสารภาษาเบรลล์ ซึ่งจะได้ผลการทดลองออกมาตามที่ได้แสดงในส่วนของผลการทดลองในท้ายบทนี้

ข้อสเนอแนะ

ข้อดีของเครื่องมือ

1. ตัวอุปกรณ์ของคีย์บอร์ดอักษรเบรลล์เหมาะสมกับการวางนิ้ว และการใช้งาน

2. เครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์สามารถเลื่อนหัวเข็มได้ละเอียดมาก

3. เราสามารถควบคุมรอยนูนของตัวอักษรได้ถ้าใช้กระดาษที่มีความหนาต่างกัน เพราะเราสามารถเลื่อนฐานรองกระดาษได้ ดังนั้นเมื่อเราใช้กระดาษหนาก็เลื่อนฐานรองกระดาษให้เข้ามาใกล้หัวเข็มมากขึ้น แต่ถ้าใช้กระดาษบางก็เลื่อนให้ไกลออกไป

ข้อเสียของเครื่องมือ

1. การพิมพ์อักษรเบรลล์ยังทำได้ช้ามาก เพราะเราใช้มอเตอร์ในการขับแกนเลื่อนที่มีกำลังน้อย

2. ขนาดของตัวอักษรและช่องไฟ(ความห่างของตัวอักษร)ยังไม่ถูกต้องตามมาตรฐานอัษรเบรลล์ คือความสูงของตัวอักษรมากกว่ามาตรฐาน ช่องไฟก็ห่างกว่ามาตรฐาน ดังนั้นอาจทำให้คนตาบอดเกิดความสับสนในการอ่าน

3. เครื่องมือนี้ใช้ได้กับอักษรภาษาอังกฤษเท่านั้น

ข้อเสนอแนะ

1. ความเร็วของมอเตอร์เราสามารถทำให้มากขึ้นได้ด้วยการเปลี่ยนมอเตอร์ที่มีกำลังมากขึ้น แล้วทำการลดค่าหน่วงเวลา (Delay)ในโปรแกรม

2. ควรมีการจัดระบบหัวเข็มให้มีความถูกต้องมากกว่านี้

3. ควรทำการเพิ่มเติมการแปลงภาษาไทยเข้ามาเพื่อช่วยให้สามารถใช้งานได้มีประโยชน์มากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ส่วนที่ 1

โปรแกรมแอสแซมบลีควบคุมเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์

ส่วนที่ 2

โปรแกรมแอสแซมบลีแปลงค่าจากคีย์บอร์ดอักษรเบรลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
     ORG    0000H
     LJMP   MAIN
     ORG    0003H
     LJMP   FD
     ORG    0030H
N:   MOV    IE,#81H
     MOV    43H,#41H
     MOV    81H,#45H : STAG
:    MOV    C,P3.4
     JC     KKU ;SENT OUT OF PAPER
:    MOV    C,P3.4
     JNC    UKK
     ACALL  MO5
BE:  MOV    R1,#3DH
     MOV    R4,#18H
     MOV    26H,#20H   ;SET 26H TO SPACE FOR FIRST CHANGE
     MOV    R0,#27H
     CLR    09H
     CLR    0FH
     ACALL  MO6
     AJMP   RECEE
EV:  MOV    R0,#2CH
EE:  CLR    08H
EI:  SETB   P2.6
     SETB   P2.1
     SETB   P2.3
     CLR    P2.4
     CLR    P2.5
EX:  PUSH   04H
     MOV    R4,#70H ;112 CYCLE = 1 S
CE:  MOV    C,P2.7
     MOV    0F0H,C     ;CHECK BIT ADD
     MOV    C,P2.0
     JNC    REC_04
     JB     0F0H,RCCC
     MOV    @R0,P0
     CJNE   @R0,#0AH,TO_04
     POP    04H
     AJMP   RECE2
_04: POP    04H
     LJMP   RECBE
04:  POP    04H
     AJMP   TO2
CC:  DJNZ   R4,RECE
     POP    04H
     AJMP   RECE4
2:   INC    R0
     CJNE   R0,#3BH,RECE2
     AJMP   RECE1
CE4: SETB   09H
     CJNE   R0,#27H,TO1
     AJMP   RECE1
1:   MOV    @R0,#0F9H ;FORM FEED ASCII CODE
     INC    R0
E1:  SETB   08H
     ACALL  CHAN
E2:  CLR    p2.6
     MOV    R5,#05H
     DJNZ   R5,$
     JB     08H,RECE3
     SJMP   RECEX
CE3: JB     09H,RECE5
     SJMP   RECEV
```

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CE5: LJMP   RECBE

N:    CJNE   R0,#27H,CHAN1
      LJMP   ENN
N1:   MOV    R0,#27H
:     CLR    0AH
      CLR    0BH
      CLR    0CH
      CLR    0DH
      MOV    22H,#0BH ;0BH
      PUSH   01H   ;POP R1 (#3D FIRST) AT BEGIN OF LOOP FILL
      MOV    R1,#3BH ;3BH
      MOV    20H,#00H
      PUSH   01H
      PUSH   00H
      DEC    R0
      LCALL  BEGIN
      POP    00H
      POP    01H
      MOV    20H,#00H
      LCALL  BEGIN
      MOV    R6,20H
      PUSH   00H    ;POP WHEN FINISH CHAN
      MOV    3EH,R0 ;08H
      CJNE   R6,#01H,CHHH
      INC    R1
      LCALL  DECH          ;6
      CJNE   R7,#03H,CCCH
      LCALL  DECH          ;5
      CJNE   R7,#01H,W1
      SETB   0BH
      AJMP   TER
H:    AJMP   CHAN2
H:    AJMP   CHA11
      CJNE   R7,#03H,JJHH
      LCALL  DECH          ;4
      CJNE   R7,#01H,X1
      SETB   0BH
      AJMP   TER
H:    AJMP   W2
      CJNE   R7,#03H,X2
      LCALL  DECH            ;3
      CJNE   R7,#01H,Y1
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      CJNE   R7,#03H,Y2
      LCALL  DECH                ;2
      CJNE   R7,#01H,Z1
      SETB   0BH
      ajmp   TER
      CJNE   R7,#03H,Z2
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      CJNE   R7,#07H,Z3
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      CJNE   R7,#0FH,Z4
      SETB   0AH
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      CJNE   R7,#07H,Y3
      LCALL  DECH
      CJNE   R7,#01H,V1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      CJNE   R7,#03H,V2
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      CJNE   R7,#07H,V3
      SETB   0AH
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      CJNE   R7,#0FH,V4
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      SETB   0BH
      AJMP   TER

      CJNE   R7,#0FH,Y4
      SETB   0AH
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      CJNE   R7,#07H,X3
      LCALL  DECH
      CJNE   R7,#01H,U1
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      CJNE   R7,#03H,U2
      LCALL  DECH
      CJNE   R7,#01H,T_1
      SETB   0BH
      AJMP   TER
:     CJNE   R7,#03H,T2
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      CJNE   R7,#07H,T3
      SETB   0AH
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      CJNE   R7,#0FH,T4
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      CJNE   R7,#07H,U3
      SETB   0AH
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      CJNE   R7,#0FH,U4
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      CJNE   R7,#0FH,X4
      SETB   0AH
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      CJNE   R7,#07H,W3
      LCALL  DECH
      CJNE   R7,#01H,S1
      SETB   0BH
      AJMP   TER
:     CJNE   R7,#03H,S2
      LCALL  DECH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
     CJNE   R7,#01H,RR1
     SETB   0BH
     AJMP   TER
:    CJNE   R7,#03H,RR2
     LCALL  DECH
     CJNE   R7,#01H,Q1
     SETB   0BH
     AJMP   TER
     CJNE   R7,#03H,Q2
     SETB   0BH
     AJMP   TER
     CJNE   R7,#07H,Q3
     SETB   0AH
     SETB   0BH
     AJMP   TER
     CJNE   R7,#0FH,Q4
     SETB   0BH
     AJMP   TER
     SETB   0BH
     AJMP   TER
:    CJNE   R7,#07H,RR3
     SETB   0AH
     SETB   0BH
     AJMP   TER
:    CJNE   R7,#0FH,RR4
     SETB   0BH
     AJMP   TER
:    SETB   0BH
     AJMP   TER
     CJNE   R7,#07H,S3
     SETB   0AH
     SETB   0BH
     AJMP   TER
     CJNE   R7,#0FH,S4
     SETB   0BH
     AJMP   TER
     SETB   0BH
     AJMP   TER
     CJNE   R7,#0FH,W4
     SETB   0AH
     SETB   0BH
     AJMP   TER
     SETB   0BH
     AJMP   TER

11:  CJNE   R7,#07H,HCHC
     LCALL  DECH
     CJNE   R7,#01H,CHAA1
     SETB   0BH
     AJMP   TER
C:   AJMP   CHA12
A1:  CJNE   R7,#03H,CHAA2
     LCALL  DECH
     CJNE   R7,#01H,A1
     SETB   0BH
     AJMP   TER
     CJNE   R7,#03H,A2
     LCALL  DECH
     CJNE   R7,#01H,B1
     SETB   0BH
     AJMP   TER
     CJNE   R7,#03H,B2
     LCALL  DECH
     CJNE   R7,#01H,C1
     SETB   0BH
```

เอกสารนี้มีไว้เพื่อการสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      AJMP   TER
      CJNE   R7,#03H,C2
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      CJNE   R7,#07H,C3
      SETB   0AH
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      CJNE   R7,#0FH,C4
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      CJNE   R7,#07H,B3
      SETB   0AH
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      CJNE   R7,#0FH,B4
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      CJNE   R7,#07H,A3
      SETB   0AH
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      CJNE   R7,#0FH,A4
      SETB   0BH
      AJMP   TER
      SETB   0BH
      AJMP   TER
A2:   CJNE   R7,#07H,CHAA3
      SETB   0AH
      SETB   0BH
      AJMP   TER
A3:   CJNE   R7,#0FH,CHAA4
      SETB   0BH
      AJMP   TER
A4:   SETB   0BH
      AJMP   TER

12:   CJNE   R7,#0FH,CHA13
      SETB   0AH
      SETB   0BH
      AJMP   TER
13:   CJNE   R7,#1FH,CHA14
      SETB   0BH
      AJMP   TER
14:   SETB   0BH
      AJMP   TER

N2:   CJNE   R6,#03H,CHAN3
      INC    R1
      lcALL  INCH
      MOV    A,3BH ;3BH
      CJNE   A,#0F3H,QUOE ;OPEN SINGLE QUOTE
      MOV    A,3CH ;3CH
      CJNE   A,#00H,QUOT ;SPACE CODE
      MOV    3BH,#0F4H ;3BH    ;CLOSE SINGLE QUOTE
      AJMP   QUOT
E:    CJNE   A,#64H,QUOT ;OPEN DOUBLE QUOTE OR QUESTION MARK
      MOV    A,0BH ;0BH
      CJNE   A,#00H,QUOT  ;00H MEAN THAT IS OPEN DOUBLE QUOTE
      MOV    A,3CH ;3CH
      CJNE   A,#00H,QUOT  ;SPACE (SOLINOID) CODE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV    3BH,#46H:3BH :CLOSE DOUBLE QUOTE
T:      SETB   0BH
        AJMP   TER

I:      AJMP   CHAN4
N3:     CJNE   R6,#07H,CHCH
        INC    R1
        LCALL  DECH
        CJNE   R7,#01H,CHAB1
        ljmp   UPPER
31:     CJNE   R7,#03H,CHAB2
        LCALL  DECH
        CJNE   R7,#01H,L01
        ljmp   UPPER
:       CJNE   R7,#03H,L02
        LCALL  DECH
        CJNE   R7,#01H,C01
        ljmp   UPPER
:       CJNE   R7,#03H,C02
        LCALL  DECH
        CJNE   R7,#01H,F01
        ljmp   UPPER
:       CJNE   R7,#03H,F02
        LCALL  DECH
        CJNE   R7,#01H,S01
        ljmp   UPPER
:       CJNE   R7,#03H,S02
        SETB   0BH
        AJMP   TER
:       CJNE   R7,#07H,S03
        SETB   0BH
        AJMP   TER
:       CJNE   R7,#0FH,S04
        ljmp   UPPER
:       LJmp   BEYOND;1FH

:       CJNE   R7,#07H,F03
        SETB   0BH
        AJMP   TER
:       CJNE   R7,#0FH,F04
        ljmp   UPPER
:       Ljmp   BEYOND;1FH

:       CJNE   R7,#07H,C03
        SETB   0BH
        AJMP   TER
:       CJNE   R7,#0FH,C04
        ljmp   UPPER
:       Ljmp   BEYOND;1FH

:       CJNE   R7,#07H,L03
        SETB   0BH
        AJMP   TER
:       CJNE   R7,#0FH,L04
        ljmp   UPPER
:       Ljmp   BEYOND;1FH

B2:     CJNE   R7,#07H,CHAB3
        SETB   0BH
        LJMP   TER
B3:     CJNE   R7,#0FH,CHAB4
        ljmp   UPPER
B4:     Ljmp   BEYOND;1FH

N4:     CJNE   R6,#0FH,HHCC
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        INC     R1
        LCALL   DECH
        CJNE    R7,#01H,CHAC1
        SETB    0AH
        AJMP    TER
C:      AJMP    CHAN5
C1:     CJNE    R7,#03H,CHAC2
        LCALL   DECH
        CJNE    R7,#01H,K1
        SETB    0AH
        AJMP    TER
        CJNE    R7,#03H,K2
        LCALL   DECH
        CJNE    R7,#01H,L1
        SETB    0AH
        AJMP    TER
        CJNE    R7,#03H,L2
        LCALL   DECH
        CJNE    R7,#01H,M1
        SETB    0AH
        AJMP    TER
        CJNE    R7,#03H,M2
        LCALL   DECH
        CJNE    R7,#01H,N1
        SETB    0AH
        AJMP    TER
        CJNE    R7,#03H,N2
        SETB    0BH
        AJMP    TER
        CJNE    R7,#07H,N3
        SETB    0AH
        AJMP    TER
        CJNE    R7,#0FH,N4
        SETB    0BH
        AJMP    TER
        AJMP    TER
        CJNE    R7,#07H,M3
        SETB    0AH
        AJMP    TER
        CJNE    R7,#0FH,M4
        SETB    0BH
        AJMP    TER
        AJMP    TER
        CJNE    R7,#07H,L3
        SETB    0AH
        AJMP    TER
        CJNE    R7,#0FH,L4
        SETB    0BH
        AJMP    TER
        AJMP    TER
        CJNE    R7,#07H,K3
        SETB    0AH
        AJMP    TER
        CJNE    R7,#0FH,K4
        SETB    0BH
        AJMP    TER
        AJMP    TER
C2:     CJNE    R7,#07H,CHAC3
        SETB    0AH
        AJMP    TER
C3:     CJNE    R7,#0FH,CHAC4
        SETB    0BH
        AJMP    TER
C4:     AJMP    TER
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
N5:  SETB   0BH
     AJMP   TER


:    POP    00H
     POP    01H
     PUSH   04H
     JB     0AH,TERR
L:   JB     0BH,FILL
     JB     0CH,LSS
     JB     0DH,SLL
     AJMP   NS
:    AJMP   LS
R:   MOV    @R1,#0F5H   ;;TERMINAL LETTER
     acall  cut ;ajmp  CUT
     INC    R1
     CLR    0FH
     AJMP   TER1
     MOV    @R1,#47H   ::NUMBER SIGN
     acall  cut;ajmp  CUT
     INC    R1
     AJMP   FILL
     MOV    R4,#01H
     AJMP   LS1
:    MOV    R4,#02H
:    MOV    @R1,#04H   ;CAPITAL SIGN
     ACALL  CUT
     INC    R1
     DJNZ   R4,LS1
L:   POP    04H
     MOV    @R1,3BH ;3BH
     acall  cut
     INC    R1
     INC    R0
     MOV    A,3BH ;3BH
     CJNE   A,#0F9H,OT1   ;CHECK NOW DATA = FORM FEED
     AJMP   ENN
:    MOV    A,R0
     CJNE   A,#36H,OT;36H
     LCALL  TRANS
     AJMP   ENN
     1JMP   GBB
:    RET

:    PUSH    00H
     MOV     A,@R1
     CJNE    A,#0FAH,CUT3   ;END LINE CODE
     DEC     R4
     ACALL   CUT7
     MOV     R1,#3CH ;3CH
     AJMP    CUTT
3:   CJNE    A,#0F9H,CUT1   ;FORM FEED CODE
     Acall    PRINT ;FOR PRINT LOOP,MOV 09H,R1 &PRINT UNTIL R1=09H
     AJMP    CUTT
1:   CJNE    R1,#40H,NEW1 ;5AH;30 LETTERS PER LINE
     AJMP    NEW
'1:  CJNE    A,#0F0H,NEW2
     AJMP    NEWB
'2:  CJNE    A,#0F1H,NEW3
     AJMP    NEWB
'3:  CJNE    A,#0F2H,NEW4
     AJMP    NEWB
'4:  CJNE    A,#0F3H,NEW5
     AJMP    NEWB
'5:  CJNE    A,#0F4H,NEW6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      AJMP    NEWB
5:    CJNE    A,#0F5H,NEW7
      AJMP    NEWB
7:    CJNE    A,#0F6H,NEW8
      AJMP    NEWB
3:    CJNE    A,#0F7H,NEW9
      AJMP    NEWB
9:    CJNE    A,#0F8H,NEWA
      AJMP    NEWB
3:    MOV     A,R1
      CJNE    A,43H,NEWC
      AJMP    NEW
C:    DEC     43H
A:    MOV     A,R1
      CJNE    A,43H,CUUT
V:    DEC     R4
5:    MOV     A,@R1
      CJNE    A,#0F5H,CUT2   ;TERMINATION CODE
      MOV     @R1,#0FAH   ;INSTEAD END LINE ON TERMINATION CODE
      AJMP    CUT0
2:    CJNE    A,#00H,CUT4;SPACE
      MOV     @R1,#0FAH   ;INSTEAD END LINE ON TERMINATION CODE
      AJMP    CUT0
4:    DEC     R1
      CJNE    R1,#3CH,CUT6 ;3CH
      PUSH    01H
      MOV     R1,43H ;43H ;REPLACE 5BH
      MOV     44H,@R1 ;44H REPLACE 0CH
      MOV     @R1,#0FAH
      POP     01H
      ACALL   CUT7
      MOV     R1,#3DH ;3DH
      MOV     @R1,44H   ;44H
      AJMP    CUTT
0:    ACALL   CUT7
      MOV     R0,#3DH ;3DH
:     MOV     A,R1;INC     R1
      CJNE    A,43H,CU2 ;5BH;CJNE    R1,#38H,CU2
      AJMP    CUT5
:     INC     R1
      MOV     A,@R1
      MOV     @R0,A
      INC     R0
      AJMP    CU1
5:    DEC     R0
      MOV     A,R0
      MOV     R1,A
T:    MOV     43H,#41H ;43H ;5BH
T:    POP     00H
      RET

7:    ACALL PRINT
      CJNE  R4,#00H,CUT8
      ACALL MO6
      ACALL QD
      ;SENT FORM FEED & PRINT & WAIT UNTIL PUSH SWITCH
      MOV   R4,#18H
8:    RET

      mov   c,p3.4
      Jc    QD1
:     mov   c,p3.4
      JNc   Qd3
      LCALL MO5
:     mov   c,p3.0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Jc      QD
        mov     c,p3.0
        JNc     Qd2
        RET

JT:     PUSH    01H
        PUSH    00H
        MOV     R0,#00H ;COUNT X-AXIS CYCLE (CYCLE OF DRIVE1,2)
        MOV     09H,R1   ;09H (PC/DPL)
        MOV     R1,#3DH ;3DH
P0:     CJNE    @R1,#0F0H,COMP1
        MOV     @R1,#04H
        MOV     0DH,#66H ;0dh
        SETB    18H
        AJMP    COMP
P1:     CJNE    @R1,#0F1H,COMP2
        MOV     @R1,#66H
        MOV     0DH,#40H ;0dh
        SETB    18H
        AJMP    COMP
P2:     CJNE    @R1,#0F2H,COMP3
        MOV     @R1,#42H
        MOV     0DH,#42H ;0dh
        SETB    18H
        AJMP    COMP
P3:     CJNE    @R1,#0F3H,COMP4
        MOV     @R1,#04H
        MOV     0DH,#64H ;0dh
        SETB    18H
        AJMP    COMP
P4:     CJNE    @R1,#0F4H,COMP5
        MOV     @R1,#46H
        MOV     0DH,#40H ;0dh
        SETB    18H
        AJMP    COMP
P5:     CJNE    @R1,#0F5H,COMP6
        MOV     @R1,#04H
        MOV     0DH,#40H ;0dh
        SETB    18H
        AJMP    COMP
P6:     CJNE    @R1,#0F6H,COMP7
        MOV     @R1,#05H
        MOV     0DH,#50H ;0dh
        SETB    18H
        AJMP    COMP
P7:     CJNE    @R1,#0F7H,COMP8
        MOV     @R1,#05H
        MOV     0DH,#20H ;0dh
        SETB    18H
        AJMP    COMP
P8:     CJNE    @R1,#0F8H,COMP9
        MOV     @R1,#02H
        MOV     0DH,#50H ;0dh
        SETB    18H
        AJMP    COMP
P9:     CJNE    @R1,#0F9H,COMPA ;FORM FEED
        ACALL   MO6
        ACALL   QD
        AJMP    PP3
IPA:    CJNE    @R1,#0FAH,COMP ;NEW LINE
        ACALL   MO4
        AJMP    PP3
IP:     MOV     0CH,@R1    ;24
        ACALL   OUTT
        JNB     18H,PP1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     0CH,0DH     ;24 & 0dh
        ACALL   OUTT
:       MOV     A,R1
        CJNE    A,09H,PP2 ;09H
        AJMP    PP3
:       INC     R1
        AJMP    COMP0
        ;MOTOR , SOLINOID ,1SWITCH 1)FEED BEGIN 2)FORM FEED
:       CJNE    R0,#00H,PP4
        AJMP    PP5
:       ACALL   MO3 ; DJNZ  R0,PP4
:       POP     00H
        POP     01H
        ret

T:      ACALL   EXTE
        ACALL   MO1
        MOV     A,0CH;22H
        SWAP    A
        MOV     0CH,A;22h
        ACALL    EXTE
        ACALL   MO2
        RET


E:      MOV     C,16H
        MOV     P3.5,C ; REPLACE 1 ON 3    ;1.5
        ACALL   DELAY
        SETB    P3.5
        ACALL   DELAY
        MOV     C,15H
        MOV     P3.6,C                     ;1.6
        ACALL   DELAY
        SETB    P3.6
        ACALL   DELAY
        MOV     C,14H
        MOV     P3.7,C                     ;1.7
        ACALL   DELAY
        SETB    P3.7
        ACALL   DELAY
        RET

:       PUSH    02H
        MOV     R2,#03H
:       ACALL   DRIVE1
        INC     R0
        DJNZ    R2,MOT
        POP     02H
        RET

:       PUSH    02H
        MOV     R2,#05H
:       ACALL   DRIVE1
        INC     R0
        DJNZ    R2,MOR
        POP     02H
        RET

:       ACALL   DRIVE2
        DJNZ    R0,MO3
        RET

:       PUSH    02H
        MOV     R2,#01H
:       ACALL   DRIVE3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
     DJNZ   R2,MOO
     POP    02H
     RET

:    PUSH   02H
     MOV    R2,#06H   ;INITIAL FEED
:    ACALL  DRIVE3
     DJNZ   R2,MMO
     POP    02H
     RET

:    PUSH   02H
     MOV    R2,#1FH
:    ACALL  DRIVE3
     DJNZ   R2,MOM
     POP    02H
     RET
/E1: PUSH   04H
     PUSH   03H
     MOV    R4,#0AH ;XXXH
l:   MOV    R3,#00H
2:   MOV    DPTR,#TB2
     MOV    A,R3
     MOVC   A,@A+DPTR
     MOV    C,0E0H
     MOV    P1.4,C ;OUT DATA (P1)   ;1.4
     MOV    C,0E1H
     MOV    P1.5,C                  ;1.5
     MOV    C,0E2H
     MOV    P1.6,C                  ;1.6
     MOV    C,0E3H
     MOV    P1.7,C ;IF NOT WORK ,USE MOV P1 BUT LOW BIT MUST SENT 0H/FH;1.7
     ACALL  DELAY1
     inc    r3
     cjne   r3,#08h,drv2
     DJNZ   R4,DRV1
     POP    03H
     POP    04H
     RET

VE2: PUSH   04H
     PUSH   03H
     MOV    R4,#0AH ;XXXH
3:   MOV    R3,#00H
4:   MOV    DPTR,#TB1
     MOV    A,R3
     MOVC   A,@A+DPTR
     MOV    C,0E0H
     MOV    P1.4,C ;OUT DATA (P1)   ;1.4
     MOV    C,0E1H
     MOV    P1.5,C                  ;1.5
     MOV    C,0E2H
     MOV    P1.6,C                  ;1.6
     MOV    C,0E3H
     MOV    P1.7,C ;IF NOT WORK ,USE MOV P1 BUT LOW BIT MUST SENT 0H/FH;1.7
     ACALL  DELAY1
     inc    r3
     cjne   r3,#08h,drv4
     DJNZ   R4,DRV3
     POP    03H
     POP    04H
     RET

VE3: PUSH   04H
     PUSH   03H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      MOV    R4.#0AH ;XXXH
 :    MOV    R3,#00H
 i:   MOV    DPTR,#TB3
      MOV    A,R3
      MOVC   A,@A+DPTR
      MOV    C,0E0H
      MOV    P1.0,C ;OUT DATA (P1)
      MOV    C,0E1H
      MOV    P1.1,C
      MOV    C,0E2H
      MOV    P1.2,C
      MOV    C,0E3H
      MOV    P1.3,C ;IF NOT WORK ,USE MOV P1 BUT HIGH BIT MUST SENT FH/etc.
      ACALL  DELAY2
      inc    r3
      cjne   r3,#04h,drv6
      DJNZ   R4,DRV5
      POP    03H
      POP    04H
      RET

AY:   PUSH   04H
      PUSH   05H
      MOV    R4,#0D0H
l:    MOV    R5,#0FFH
      DJNZ   R5,$
      DJNZ   R4,GGG1
      POP    05H
      POP    04H
      RET

AY1:  PUSH   04H
      PUSH   05H
      MOV    R4,#02H
1:    MOV    R5,#0FFH
      DJNZ   R5,$
      DJNZ   R4,DDD1
      POP    05H
      POP    04H
      RET

AY2:  PUSH   04H
      PUSH   05H
      MOV    R4,#0FH
1:    MOV    R5,#0FFH
      DJNZ   R5,$
      DJNZ   R4,EEE1
      POP    05H
      POP    04H
      RET

NS:   PUSH   01H
      PUSH   00H
      MOV    R0,#31h ;31H
      MOV    R1,#22H
:     MOV    A,@R0
      MOV    @R1,A
      INC    R0
      INC    R1
      CJNE   R1,#2CH,TRA   ;2ch (28h)
      POP    00H
      POP    01H
      RET

H:    DEC    R0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV    20H,#00H
        lCALL  BEGIN
        MOV    R7,20H
        RET

:       INC    R0
        MOV    20H,#00H
        lCALL   BEGIN
        MOV    R7,20H
        RET

R:      MOV    R0,08H ;08H
        lcall  INCH
        CJNE   R7,#01H,O01
        SETB   0AH
        SETB   0DH
        lcall   TER
        CJNE   R7,#03H,XTT
        lcall  INCH
        CJNE   R7,#01H,O11
        SETB   0AH
        SETB   0DH
        ljmp   TER
        LJMP   O02
        CJNE   R7,#03H,O1_1
        lcall  INCH
        CJNE   R7,#01H,O21
        SETB   0AH
        SETB   0DH
        ljmp   TER
:       ajmp   o12
        CJNE   R7,#03H,O22
        lcall  INCH
        CJNE   R7,#01H,O31
        SETB   0AH
        SETB   0DH
        ljmp   TER
        CJNE   R7,#03H,O32
        lcall  INCH
        CJNE   R7,#01H,O41
        SETB   0AH
        SETB   0DH
        ljmp   TER
:       CJNE   R7,#03H,O42
        SETB   0AH
        SETB   0DH
        ljmp   TER
:       CJNE   R7,#07H,O43
        SETB   0AH
        SETB   0CH
        ljmp   TER
:       CJNE   R7,#0FH,O44
        SETB   0AH
        SETB   0DH
        ljmp   TER
:       SETB   0AH
        SETB   0DH
        ljmp   TER
:       CJNE   R7,#07H,O33
        SETB   0AH
        SETB   0CH
        ljmp   TER
:       CJNE   R7,#0FH,O34
        SETB   0AH
        SETB   0DH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ljmp   TER
 :      SETB   0AH
        SETB   0DH
        ljmp   TER
 :      CJNE   R7,#07H,O23
        SETB   0AH
        SETB   0CH
        LJMP   TER
 :      CJNE   R7,#0FH,O24
        SETB   0AH
        SETB   0DH
        LJMP   TER
 :      SETB   0AH
        SETB   0DH
        LJMP   TER
 :      CJNE   R7,#07H,O13
        SETB   0AH
        SETB   0CH
        LJMP   TER
 :      CJNE   R7,#0FH,O14
        SETB   0AH
        SETB   0DH
        LJMP   TER
 :      SETB   0AH
        SETB   0DH
        LJMP   TER
 :      CJNE   R7,#07H,O03
        SETB   0AH
        SETB   0CH
        LJMP   TER
 :      CJNE   R7,#0FH,O04
        SETB   0AH
        SETB   0DH
        LJMP   TER
 :      SETB   0AH
        SETB   0DH
        LJMP   TER

'OND:   mov    r0,08h ;08H
        LCALL  INCH
        CJNE   R7,#01H,P01
        SETB   0DH
        LJMP   TER
l:      CJNE   R7,#03H,TTX
        LCALL  INCH
        CJNE   R7,#01H,P11
        SETB   0DH
        LJMP   TER
(:      LJMP   P02
l:      CJNE   R7,#03H,P12
        LCALL  INCH
        CJNE   R7,#01H,P21
        SETB   0DH
        LJMP   TER
1:      CJNE   R7,#03H,P22
        LCALL  INCH
        CJNE   R7,#01H,P31
        SETB   0DH
        LJMP   TER
1:      CJNE   R7,#03H,P32
        LCALL  INCH
        CJNE   R7,#01H,P41
        SETB   0DH
        LJMP   TER
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CJNE    R7,#03H,P42
        SETB    0DH
        LJMP    TER
:       CJNE    R7,#07H,P43
        SETB    0CH
        LJMP    TER
:       CJNE    R7,#0FH,P44
        SETB    0DH
        LJMP    TER
:       SETB    0DH
        LJMP    TER
:       CJNE    R7,#07H,P33
        SETB    0CH
        LJMP    TER
:       CJNE    R7,#0FH,P34
        SETB    0DH
        LJMP    TER
:       SETB    0DH
        LJMP    TER
:       CJNE    R7,#07H,P23
        SETB    0CH
        LJMP    TER
:       CJNE    R7,#0FH,P24
        SETB    0DH
        LJMP    TER
:       SETB    0DH
        LJMP    TER
:       CJNE    R7,#07H,P13
        SETB    0CH
        LJMP    TER
:       CJNE    R7,#0FH,P14
        SETB    0DH
        LJMP    TER
:       SETB    0DH
        LJMP    TER
:       CJNE    R7,#07H,P03
        SETB    0CH
        LJMP    TER
:       CJNE    R7,#0FH,P04
        SETB    0DH
        LJMP    TER
:       SETB    0DH
        LJMP    TER


IN:     MOV     R2,#00H
        MOV     A,@R0
1:      SETB    00H
        CJNE    A,#61H,NOL2
        AJMP    PASS
2:      INC     R2
        CJNE    A,#62H,NOL3
        AJMP    PASS
3:      INC     R2
        CJNE    A,#63H,NOL4
        AJMP    PASS
4:      INC     R2
        CJNE    A,#64H,NOL5
        AJMP    PASS
5:      INC     R2
        CJNE    A,#65H,NOL6
        AJMP    PASS
6:      INC     R2
        CJNE    A,#66H,NOL7
        AJMP    PASS
```

สาร...นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
:     INC    R2
      CJNE   A,#67H,NOL8
      AJMP   PASS
:     INC    R2
      CJNE   A,#68H,NOL9
      AJMP   PASS
:     INC    R2
      CJNE   A,#69H,NOL10
      AJMP   PASS
0:    INC    R2
      CJNE   A,#6AH,NOL11
      AJMP   PASS
1:    INC    R2
      CJNE   A,#6BH,NOL12
      AJMP   PASS
2:    INC    R2
      CJNE   A,#6CH,NOL13
      AJMP   PASS
3:    INC    R2
      CJNE   A,#6DH,NOL14
      AJMP   PASS
4:    INC    R2
      CJNE   A,#6EH,NOL15
      AJMP   PASS
15:   INC    R2
      CJNE   A,#6FH,NOL16
      AJMP   PASS
16:   INC    R2
      CJNE   A,#70H,NOL17
      AJMP   PASS
17:   INC    R2
      CJNE   A,#71H,NOL18
      AJMP   PASS
18:   INC    R2
      CJNE   A,#72H,NOL19
      AJMP   PASS
19:   INC    R2
      CJNE   A,#73H,NOL20
      AJMP   PASS
20:   INC    R2
      CJNE   A,#74H,NOL21
      AJMP   PASS
21:   INC    R2
      CJNE   A,#75H,NOL22
      AJMP   PASS
22:   INC    R2
      CJNE   A,#76H,NOL23
      AJMP   PASS
23:   INC    R2
      CJNE   A,#77H,NOL24
      AJMP   PASS
24:   INC    R2
      CJNE   A,#78H,NOL25
      AJMP   PASS
25:   INC    R2
      CJNE   A,#79H,NOL26
      AJMP   PASS
26:   INC    R2
      CJNE   A,#7AH,SIM1
      AJMP   PASS
1:    SETB   01H
      INC    R2
      CJNE   A,#2CH,SIM2
      AJMP   PASS
2:    INC    R2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CJNE   A,#3BH,SIM3
        AJMP   PASS
3:      INC    R2
        CJNE   A,#3AH,SIM4
        AJMP   PASS
4:      INC    R2
        CJNE   A,#2EH,SIM5
        AJMP   PASS
5:      INC    R2
        CJNE   A,#21H,SIM6
        AJMP   PASS
6:      INC    R2
        CJNE   A,#2DH,SIM7
        AJMP   PASS
7:      INC    R2
        CJNE   A,#5BH,SIM8
        AJMP   PASS
8:      INC    R2
        CJNE   A,#5DH,SIM9
        AJMP   PASS
9:      INC    R2
        CJNE   A,#27H,SIM10
        AJMP   PASS
10:     INC    R2
        CJNE   A,#2AH,SIM11
        AJMP   PASS
11:     INC    R2
        CJNE   A,#23H,SIM12
        AJMP   PASS
12:     INC    R2
        CJNE   A,#28H,SIM13
        AJMP   PASS
13:     CJNE   A,#29H,SIM14
        AJMP   PASS
14:     INC    R2
        CJNE   A,#22H,SIM15
        AJMP   PASS
15:     CJNE   A,#3FH,SIM16
        MOV    22H,#01H ;0BH
        AJMP   PASS
16:     INC    R2
        CJNE   A,#60H,SIM17
        AJMP   PASS
17:     INC    R2
        CJNE   A,#2FH,SIM18
        AJMP   PASS
18:     INC    R2
        CJNE   A,#5FH,SIM19
        AJMP   PASS
19:     INC    R2
        CJNE   A,#7EH,BIL1
        AJMP   PASS
1:      SETB   02H
        CJNE   A,#41H,BIL2
        MOV    R2,#00H
        AJMP   PASS
2:      CJNE   A,#42H,BIL3
        MOV    R2,#01H
        AJMP   PASS
3:      CJNE   A,#43H,BIL4
        MOV    R2,#02H
        AJMP   PASS
4:      CJNE   A,#44H,BIL5
        MOV    R2,#03H
        AJMP   PASS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
5:      CJNE    A,#45H,BIL6
        MOV     R2,#04H
        AJMP    PASS
6:      CJNE    A,#46H,BIL7
        MOV     R2,#05H
        AJMP    PASS
7:      CJNE    A,#47H,BIL8
        MOV     R2,#06H
        AJMP    PASS
8:      CJNE    A,#48H,BIL9
        MOV     R2,#07H
        AJMP    PASS
9:      CJNE    A,#49H,BIL10
        MOV     R2,#08H
        AJMP    PASS
10:     CJNE    A,#4AH,BIL11
        MOV     R2,#09H
        AJMP    PASS
11:     CJNE    A,#4BH,BIL12
        MOV     R2,#0AH
        AJMP    PASS
12:     CJNE    A,#4CH,BIL13
        MOV     R2,#0BH
        AJMP    PASS
13:     CJNE    A,#4DH,BIL14
        MOV     R2,#0CH
        AJMP    PASS
14:     CJNE    A,#4EH,BIL15
        MOV     R2,#0DH
        AJMP    PASS
15:     CJNE    A,#4FH,BIL16
        MOV     R2,#0EH
        AJMP    PASS
16:     CJNE    A,#50H,BIL17
        MOV     R2,#0FH
        AJMP    PASS
17:     CJNE    A,#51H,BIL18
        MOV     R2,#10H
        AJMP    PASS
18:     CJNE    A,#52H,BIL19
        MOV     R2,#11H
        AJMP    PASS
19:     CJNE    A,#53H,BIL20
        MOV     R2,#12H
        AJMP    PASS
20:     CJNE    A,#54H,BIL21
        MOV     R2,#13H
        AJMP    PASS
21:     CJNE    A,#55H,BIL22
        MOV     R2,#14H
        AJMP    PASS
22:     CJNE    A,#56H,BIL23
        MOV     R2,#15H
        AJMP    PASS
23:     CJNE    A,#57H,BIL24
        MOV     R2,#16H
        AJMP    PASS
24:     CJNE    A,#58H,BIL25
        MOV     R2,#17H
        AJMP    PASS
25:     CJNE    A,#59H,BIL26
        MOV     R2,#18H
        AJMP    PASS
26:     CJNE    A,#5AH,NUL1
        MOV     R2,#19H
```

เอกสารนี้จัดทำไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        AJMP   PASS
:       SETB   03H
        CJNE   A,#30H,NUL2
        MOV    R2,#09H
        AJMP   PASS
2:      CJNE   A,#31H,NUL3
        MOV    R2,#00H
        AJMP   PASS
3:      CJNE   A,#32H,NUL4
        MOV    R2,#01H
        AJMP   PASS
4:      CJNE   A,#33H,NUL5
        MOV    R2,#02H
        AJMP   PASS
5:      CJNE   A,#34H,NUL6
        MOV    R2,#03H
        AJMP   PASS
6:      CJNE   A,#35H,NUL7
        MOV    R2,#04H
        AJMP   PASS
7:      CJNE   A,#36H,NUL8
        MOV    R2,#05H
        AJMP   PASS
8:      CJNE   A,#37H,NUL9
        MOV    R2,#06H
        AJMP   PASS
9:      CJNE   A,#38H,NUL10
        MOV    R2,#07H
        AJMP   PASS
10:     CJNE   A,#39H,NUL11
        MOV    R2,#08H
        AJMP   PASS
11:     INC    R2
        CJNE   A,#2BH,NUL12
        AJMP   PASS
12:     INC    R2
        CJNE   A,#3DH,NUL13
        AJMP   PASS
13:     INC    R2
        CJNE   A,#3EH,NUL14
        AJMP   PASS
14:     INC    R2
        CJNE   A,#3CH,SPEC1
        AJMP   PASS
C1:     SETB   04H
        INC    R2
        CJNE   A,#20H,SPEC2
        AJMP   PASS
C2:     INC    R2
        CJNE   A,#0DH,FEED
        AJMP   PASS
D:      INC    R2
        CJNE   A,#0CH,ELSE
        AJMP   PASS
E:      INC    R2
S:      MOV    A,20H
        CJNE   A,#03H,PAS1
        JNB    0FH,PAS3
        CJNE   R2,#1AH,PA1  ;ASCII CODE OF COMMA , LETTER BRAILLE CODE(04H)
        MOV    R2,#33H      ;NUB BRAILLE CODE (40H)
        AJMP   PAS3
:       CJNE   R2,#1DH,PAS3;ASCII CODE OF POINT , LETTER BRAILLE CODE(64H)
        MOV    R2,#34H      ;NUB BRAILLE CODE (50H)
        AJMP   PAS3
1:      CJNE   A,#0FH,PAS2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        SETB   0FH
        AJMP   PAS3
2:      CLR    0FH
3:      MOV    DPTR,#TAB1
        MOV    A,R2
        MOVC   A,@A+DPTR
        MOV    @R1,A
        ret

:       DB     03H,06H,02H,08H,00H,05H,01H,0BH
:       DB     01H,05H,00H,08H,02H,06H,03H,0BH
:       DB     01H,02H,04H,08H

1:      DB     10H,30H,11H,13H,12H,31H,33H,32H,21H,23H,50H,70H,51H ;NO&BI&NU
        DB     53H,52H,71H,73H,72H,61H,63H,54H,74H,27H,55H,57H,56H ;NO&BI&NU
        DB     20H,60H,22H,26H,62H,44H,0F0H,0F1H,40H,0F2H,47H,66H,64H ;SIM
        DB     0F3H,41H,05H,06H                                    ;SIM
        DB     45H,0F6H,0F7H,0F8H                                  ;NU
        DB     00H,0FAH; DATA FOR DRIVE MOTOR TO NEW LINE          ;SPC
        DB     0F9H                                                ;FEED
        DB     0FFH                                                ;ELS
        DB     04H,05H                                             ;PASS

        LCALL  QD
        RETI

        END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PART 2

```
        ORG     0000H
 L      EQU     0E003H
.T      EQU     0E000H
.T      EQU     0E001H
.T      EQU     0E002H
        MOV     DPTR,#PCTRL
        MOV     A,#88H
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     1DH,#00H
;ST:     MOV     81H,#5DH ;STAG POINTER
        MOV     R0,#20H
        CLR     2DH ; INS CHECK
        MOV     DPTR,#8100H ;BEGINING ADDRESS
        MOV     A,1DH
        CJNE    A,#00H,MAIN
        MOV     R4,82H
        MOV     R5,83H

I:      MOV     22H,#00H
        ACALL   SHOW
        ACALL   A2
        MOV     A,@R0
        JNZ     XX
        MOV     A,23H
        ORL     22H,A
        JNB     17H,SPACE
        ACALL   A2
        JB      1FH,CCC
        ANL     22H,#80H
        AJMP    READY
CE:     JNB     10H,OOR
CE:     ACALL   A2
        JB      18H,EEE
        CLR     10H
)Y:     JB      2DH,M1
        LCALL   NKEEP
        AJMP    M2
        LCALL   IKEPT
        SJMP    MAIN

        PUSH    00H
        MOV     R0,#21H
        ACALL   A2
        MOV     A,@R0
        JNZ     X1
        POP     00H
        JNB     00H,CH1
        LCALL   RIGHT
        SJMP    MAIN
:       JNB     01H,CH2
        LCALL   LEFT
        SJMP    MAIN
:       JNB     02H,CH3
        LCALL   DOWN
        SJMP    MAIN
:       JNB     03H,CH4
        LCALL   UP
        SJMP    MAIN
:       JNB     04H,CH5
        LCALL   BACK
        SJMP    MAIN
:       JNB     05H,CH6
        LCALL   DEL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        SJMP   MAIN
        JNB    06H,CH7
        LCALL  INS
        SJMP   MAIN
        LCALL  PRINT
        MOV    1DH,#0FFH
        LJMP   RETEST

 -------------------------------------------------------

':      PUSH   83H
        PUSH   82H
        MOV    A,82H
        CJNE   A,#00H,SH1
        MOV    A,83H
        CJNE   A,#88H,SH1
        MOV    A,#00H
        AJMP   SH3
        MOV    A,82H
        CJNE   A,#00H,SH2
        DEC    83H
        DEC    82H
        MOVX   A,@DPTR
        CJNE   A,#80H,SH3
        MOV    A,#7FH
        RR     A
        MOV    DPTR,#BPORT
        MOVX   @DPTR,A
        POP    82H
        POP    83H
        RET

        PUSH   83H
        PUSH   82H
        MOV    R2,#00H
        MOV    DPTR,#CPORT
        MOV    A,R2
        MOVX   @DPTR,A
        MOV    R7,#0FFH
        DJNZ   R7,$
        MOV    C,P1.4
        MOV    2EH,C
        MOV    C,P1.5
        CPL    C
        CPL    2EH
        MOV    A,@R0
        RRC    A
        MOV    @R0,A
        MOV    C,2EH
        MOV    A,23H
        RRC    A
        MOV    23H,A
        INC    R2
        CJNE   R2,#08H,A1
        POP    82H
        POP    83H
        RET

T:      MOV    A,82H
        CJNE   A,#00H,L2
        MOV    A,83H
        CJNE   A,#88H,L1
        ACALL  BH
        SETB   2CH
        AJMP   L3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      DEC    83H
      DEC    82H
      RET

IT:   MOV    A,R4
      CJNE   A,82H,RI1
      MOV    A,R5
      CJNE   A,83H,RI1
      ACALL  BI
      SETB   2CH
      AJMP   RI2
      INC    DPTR
      RET

I:    CLR    2CH
      MOV    R6,#1EH
      ACALL  RIGHT
      JB     2CH,DO2
      DJNZ   R6,DO1
      RET

      CLR    2CH
      MOV    R6,#1EH
:     ACALL  LEFT
      JB     2CH,UP2
      DJNZ   R6,UP1
:     RET

C:    CLR    27H
l:    MOV    A,R4
      CJNE   A,82H,BAC2
      MOV    A,R5
      CJNE   A,83H,BAC2
      ACALL  BI
      AJMP   BAC5
2:    INC    DPTR
      MOVX   A,@DPTR
      JB     27H,BAC3
      MOV    24H,A
      AJMP   BAC1
3:    CJNE   A,#80H,BAC5
      MOV    A,82H
      CJNE   A,#00H,BAC4
      DEC    83H
4:    DEC    82H
5:    RET

:     CPL    2DH
      RET

:     MOV    A,R4
      CJNE   A,82H,D1
      MOV    A,R5
      CJNE   A,83H,D1
      ACALL  BI
      AJMP   D6
      PUSH   83H
      PUSH   82H
      MOV    1EH,82H
      MOV    1FH,83H
      INC    DPTR
      MOV    A,R4
      CJNE   A,82H,D3
      MOV    A,R5
      CJNE   A,83H,D3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
     AJMP   D4
     MOVX   A,@DPTR
     PUSH   83H
     PUSH   82H
     MOV    82H,1EH
     MOV    83H,1FH
     MOVX   @DPTR,A
     POP    82H
     POP    83H
     AJMP   D2
     CJNE   R4,#00H,D5
     DEC    R5
     DEC    R4
     POP    82H
     POP    83H
     RET

 T:  MOV    82H,R4
     MOV    83H.R5
     LCALL  CONVERT
     RET

 P:  CLR    2FH
     MOV    A,R4
     CJNE   A,82H,N1
     MOV    A,R5
     CJNE   A,83H,N1
     SETB   2FH
     CJNE   R4,#0FCH,N1
     CJNE   R5,#09FH,N1
     ACALL  BI
     ACALL  DY
     ACALL  BI
     AJMP   N2
     MOV    A,22H
     MOVX   @DPTR,A
     INC    DPTR
     JNB    2FH,N2
     MOV    R4,82H
     MOV    R5,83H
     RET

'T:  CJNE   R4,#0FCH,I0
     CJNE   R5,#9FH,I0
     ACALL  BI
     ACALL  DY
     ACALL  BI
     AJMP   I6
     MOV    R2,82H
     MOV    R3,83H
     MOV    82H,R4
     MOV    83H,R5
     MOV    A,82H
     CJNE   A,02H,I2
     MOV    A,83H
     CJNE   A,03H,I2
     AJMP   I4
     MOV    R7,83H
     MOV    R6,82H
     MOV    A,82H
     CJNE   A,#00H,I3
     DEC    83H
     DEC    82H
     MOVX   A,@DPTR
     PUSH   83H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      PUSH.  82H
      MOV    83H,R7
      MOV    82H,R6
      MOVX   @DPTR,A
      POP    82H
      POP    83H
      AJMP   I1
      MOV    A,22H
      MOVX   @DPTR,A
      INC    DPTR
      CJNE   R4,#0FFH,I5
      INC    R5
      INC    R4
      RET

      PUSH    03
      MOV     R3,#1FH
      AJMP    BJ
      PUSH    03
      MOV     R3,#5FH
      ACALL   DELA
      CLR     P1.6
      ACALL   DELA
      SETB    P1.6
      DJNZ    R3,BJ
      POP     03
      RET

      PUSH    04
      MOV     R4,#0FFH
      AJMP    DELY
i:    PUSH    04
      MOV     R4,#01H
':    PUSH    02
      MOV     R2,#0DFH
      DJNZ    R2,$
      DJNZ    R4,DD
      POP     02
      POP     04
      RET
----------------------------------------------------------------

/ERT:MOV      DPTR,#8100H
      MOV     R0,#21H
:     MOV     A,R4
      CJNE    A,82H,CON0
      MOV     A,R5
      CJNE    A,83H,CON0
      AJMP    CON5
):    MOVX    A,@DPTR
      SETB    02H
      CLR     01H
      SETB    04H
      ACALL   CAPS27
      CJNE    R1,#2EH,CONA
      AJMP    CON4
A:    CJNE    R1,#1AH,CONB
      AJMP    CON1
B:    CJNE    R1,#24H,CONC
      PUSH    01H
      ACALL   MORE
      ACALL   NUMB1
      CJNE    R1,#1FH,CON3
      POP     01H
```

...ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ACALL   CAPSS
 :      AJMP    CON

 :      ACALL   MORE
        CJNE    A,#40H,CON2
        ACALL   MORE
        CLR     02H
        CLR     01H
        CLR     04H
        CLR     03H
        ACALL   CAPS
        AJMP    CON
 :      CLR     02H
        CLR     01H
        SETB    04H
        CLR     03H
        ACALL   CAPS
        SETB    01H
        CLR     04H
        ACALL   CAPS
        AJMP    CON
 :      POP     01H
        CLR     02H
        SETB    01H
        CLR     04H
        SETB    03H
        ACALL   NUMB1
        AJMP    CON
 :      CLR     02H
        SETB    01H
        CLR     04H
        CLR     03H
        ACALL   CAPS
        AJMP    CON
 :      MOV     @R0,#0CH
        ACALL   ASC
        RET

****************************************

S:      MOVX    A,@DPTR
        MOV     R1,#00H
        CJNE    A,#02H,CAPS2
        AJMP    CAPSS
S2:     INC     R1
        CJNE    A,#06H,CAPS3
        AJMP    CAPSS
S3:     INC     R1
        CJNE    A,#12H,CAPS4
        AJMP    CAPSS
S4:     INC     R1
        CJNE    A,#32H,CAPS5
        AJMP    CAPSS
S5:     INC     R1
        CJNE    A,#22H,CAPS6
        AJMP    CAPSS
S6:     INC     R1
        CJNE    A,#16H,CAPS7
        AJMP    CAPSS
S7:     INC     R1
        CJNE    A,#36H,CAPS8
        AJMP    CAPSS
S8:     INC     R1
        CJNE    A,#26H,CAPS9
        AJMP    CAPSS
```

เอกสารนี้เป็น...ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 9:  INC    R1
     CJNE   A,#14H,CAPS10
     AJMP   CAPSS
 10: INC    R1
     CJNE   A,#34H,CAPS11
     AJMP   CAPSS
 11: INC    R1
     CJNE   A,#0AH,CAPS12
     AJMP   CAPSS
 12: INC    R1
     CJNE   A,#0EH,CAPS13
     AJMP   CAPSS
 13: INC    R1
     CJNE   A,#1AH,CAPS14
     AJMP   CAPSS
 14: INC    R1
     CJNE   A,#3AH,CAPS15
     AJMP   CAPSS
 15: INC    R1
     CJNE   A,#2AH,CAPS16
     AJMP   CAPSS
 16: INC    R1
     CJNE   A,#1EH,CAPS17
     AJMP   CAPSS
 17: INC    R1
     CJNE   A,#3EH,CAPS18
     AJMP   CAPSS
 18: INC    R1
     CJNE   A,#2EH,CAPS19
     AJMP   CAPSS
 19: INC    R1
     CJNE   A,#1CH,CAPS20
     AJMP   CAPSS
S20: INC    R1
     CJNE   A,#3CH,CAPS21
     AJMP   CAPSS
S21: INC    R1
     CJNE   A,#4AH,CAPS22
     AJMP   CAPSS
S22: INC    R1
     CJNE   A,#4EH,CAPS23
     AJMP   CAPSS
S23: INC    R1
     CJNE   A,#74H,CAPS24
     AJMP   CAPSS
S24: INC    R1
     CJNE   A,#5AH,CAPS25
     AJMP   CAPSS
S25: INC    R1
     CJNE   A,#7AH,CAPS26
     AJMP   CAPSS
S26: INC    R1
     CJNE   A,#6AH,CAPS27
     AJMP   CAPSS
S27: JNB    02H,CD1
     MOV    R1,#1AH
     AJMP   CD2
:    INC    R1
:    CJNE   A,#04H,CAPS28
     AJMP   CAPSS
S28: INC    R1
     CJNE   A,#0CH,CAPS29
     AJMP   CAPSS
S29: INC    R1
     CJNE   A,#24H,CAPS30
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      AJMP    CAPSS
 30:  INC     R1
      CJNE    A,#64H,CAPS31
      AJMP    CAPSS
 31:  INC     R1
      CJNE    A,#2CH,CAPS32
      AJMP    CAPSS
 32:  INC     R1
      CJNE    A,#48H,CAPS33
      AJMP    CAPSS
 33:  INC     R1
      CJNE    A,#40H,CAPS34
      ACALL   MORE
      CJNE    A,#6CH,CAPS_A
      AJMP    CAPSS
 _A:  CJNE    A,#4CH,CAP_B1
      MOV     R1,#16H
      AJMP    CAPSS
 B1:  CJNE    A,#08H,CAP_B2
      AJMP    CAC
 B2:  ACALL   LESS
      MOV     R1,#1AH
      JNB     02H,CA_AA
      AJMP    CCA
 A:   AJMP    CAPSS
 34:  INC     R1
      CJNE    A,#6CH,CAPS35
      ACALL   MORE
      CJNE    A,#08H,CAPS_C
      AJMP    CAPSS
 _C:  CJNE    A,#00H,CAP_C1
      AJMP    CAP_C2
 C1:  CJNE    A,#80H,CAP_C3
 C2:  ACALL   LESS
      MOV     R1,#2FH
      AJMP    CAPSS
 C3:  ACALL   LESS
      MOV     R1,#30H
      AJMP    CAPSS
 35:  INC     R1
      CJNE    A,#08H,CAPS36
      ACALL   MORE
      CJNE    A,#08H,CAPS_F
      ACALL   MORE
      CJNE    A,#08H,CAPS_E
      MOV     R7,#02H
S_D:  ACALL   FILL
      INC     R0
      DJNZ    R7,CAPS_D
      AJMP    CAPSS
S_E:  ACALL   LESS
S_F:  ACALL   LESS
      MOV     R1,#28H
      AJMP    CAPSS
S36:  INC     R1
      CJNE    A,#28H,CAPS37
      ACALL   MORE
      CJNE    A,#28H,CAPS_G
      AJMP    CAPSS
S_G:  ACALL   LESS
      AJMP    ELSE
S37:  INC     R1
      CJNE    A,#78H,CAPS38
      JNB     02H,CA_BB ;BITD
      AJMP    CCA
```

เอกสารนี้ใช้เอกสารที่จัดทำขึ้นสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
B:   AJMP   CAPSS
38:  INC    R1
     CJNE   A,#4CH,CAPS39
     ACALL  MORE
     CJNE   A,#00H,CAPS_H
     AJMP   CAP_H1
_H:  CJNE   A,#80H,CAP_H2
H1:  ACALL  LESS
     AJMP   CAPSS
H2:  ACALL  LESS
     MOV    R1,#31H
     AJMP   CAPSS
39:  INC    R1
     CJNE   A,#68H,CAPS40
     ACALL  MORE
     CJNE   A,#08H,CAPS_I
     AJMP   CAPSS
_I:  ACALL  LESS
     MOV    R1,#31H
     AJMP   CAPSS
40:  INC    R1
     CJNE   A,#18H,CAPS41
     AJMP   CAPSS
41:  INC    R1
     CJNE   A,#10H,CAPS42
     AJMP   CAPSS
42:  INC    R1
     CJNE   A,#50H,CAPS43
     AJMP   CAPSS
43:  INC    R1
     CJNE   A,#60H,CAPS44
     AJMP   CAPSS
44:  INC    R1
     CJNE   A,#00H,CAPS45
     ACALL  FILL
     AJMP   CAA
45:  CJNE   A,#80H,ELSE
     INC    R1
     ACALL  FILL
     INC    R0
     INC    R1
     ACALL  FILL
     ACALL  ASC
     AJMP   CAC
E:   MOV    R1,#2EH
     JNB    02H,CAPSS ;BITD
     AJMP   CCA
*******************************************************

SS:  ACALL  FILL
     INC    R0
     INC    DPTR
     CJNE   R0,#5CH,CCCA
     MOV    @R0,#0AH
     ACALL  ASC
A:   MOV    A,R4
     CJNE   A,82H,ACAC
     MOV    A,R5
     CJNE   A,83H,ACAC
     AJMP   CCA
C:   JB     04H,CCA
     JB     03H,CA
     AJMP   CAPS
     AJMP   NUMB1
:    INC    R0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
       CJNE    R0,#5CH,CAC
       MOV     @R0,#0AH
       ACALL   ASC
       INC     DPTR
       RET

 :     INC     DPTR
       MOVX    A,@DPTR
       RET

 :     MOV     A,82H
       CJNE    A,#00H,LESS1
       DEC     83H
 1:    DEC     82H
       RET

 :     PUSH    83H
       PUSH    82H
       JB      01H,FILL1
       MOV     DPTR,#TB1
       AJMP    FILL3
 1:    JB      03H,FILL2
       MOV     DPTR,#TB2
       AJMP    FILL3
 2:    MOV     DPTR,#TB3
 3:    MOV     A,R1
       MOVC    A,@A+DPTR
       MOV     @R0,A
       POP     82H
       POP     83H
       RET

       PUSH    83H
       PUSH    82H
       PUSH    06H
       CLR     P1.0
       MOV     A,R0
       MOV     R0,#21H
       SUBB    A,R0
       MOV     R6,A
       INC     R6
 :     MOV     DPTR,#APORT
       MOV     A,@R0
       MOVX    @DPTR,A
       INC     R0
       MOV     DPTR,#CPORT
2:     MOVX    A,@DPTR
       ANL     A,#0F0H
       CJNE    A,#0C0H,ASC2
       SETB    P1.1
       SETB    P1.2
       SETB    P1.0
       CLR     P1.0
3:     MOV     C,P1.3
       JC      ASC4
       DJNZ    R6,ASC1
       AJMP    ASC5
4:     AJMP    ASC3
5:     MOV     R0,#21H
       POP     06H
       POP     82H
       POP     83H
       RET
***************************************************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
31:  MOVX   A,@DPTR
     MOV    R1,#00H
     CJNE   A,#02H,NUMB2
     JNB    02H,NUMA
     AJMP   CCA
A:   AJMP   CAPSS
32:  INC    R1
     CJNE   A,#06H,NUMB3
     JNB    02H,NUMB
     AJMP   CCA
B:   AJMP   CAPSS
33:  INC    R1
     CJNE   A,#12H,NUMB4
     JNB    02H,NUMC
     AJMP   CCA
C:   AJMP   CAPSS
34:  INC    R1
     CJNE   A,#32H,NUMB5
     JNB    02H,NUMD
     AJMP   CCA
D:   AJMP   CAPSS
35:  INC    R1
     CJNE   A,#22H,NUMB6
     JNB    02H,NUME
     AJMP   CCA
E:   AJMP   CAPSS
36:  INC    R1
     CJNE   A,#16H,NUMB7
     JNB    02H,NUMF
     AJMP   CCA
F:   AJMP   CAPSS
37:  INC    R1
     CJNE   A,#36H,NUMB8
     JNB    02H,NUMG
     AJMP   CCA
G:   AJMP   CAPSS
B8:  INC    R1
     CJNE   A,#26H,NUMB9
     JNB    02H,NUMH
     AJMP   CCA
H:   AJMP   CAPSS
B9:  INC    R1
     CJNE   A,#14H,NUMB10
     JNB    02H,NUMI
     AJMP   CCA
I:   AJMP   CAPSS
B10: INC    R1
     JNB    02H,NUMJ
     CJNE   A,#34H,EL
     AJMP   CCA
     AJMP   ELSE
J:   CJNE   A,#34H,NUMB11
     AJMP   CAPSS
B11: INC    R1
     CJNE   A,#58H,NUMB12
     AJMP   CAPSS
B12: INC    R1
     CJNE   A,#0CH,NUMB13
     AJMP   CAPSS
B13: INC    R1
     CJNE   A,#24H,NUMB14
     AJMP   CAPSS
B14: INC    R1
     CJNE   A,#64H,NUMB15
     AJMP   CAPSS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่มอบให้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;15:  INC    R1
      CJNE   A,#2CH,NUMB16
      AJMP   CAPSS
;16:  INC    R1
      CJNE   A,#48H,NUMB17
      AJMP   CAPSS
;17:  INC    R1
      CJNE   A,#40H,NUMB18
      ACALL  MORE
      CJNE   A,#6CH,NUMB_A
      AJMP   CAPSS
;_A:  CJNE   A,#4CH,NUM_B1
      MOV    R1,#16H
      AJMP   CAPSS
_B1:  CJNE   A,#08H,NUM_B2
      AJMP   CAC
_B2:  ACALL  LESS
      MOV    R1,#20H
      AJMP   CAPSS
;18:  INC    R1
      CJNE   A,#6CH,NUMB19
      ACALL  MORE
      CJNE   A,#40H,NUMB_C
      AJMP   CAPSS
;_C:  CJNE   A,#00H,NUM_C1
      AJMP   NUM_C2
_C1:  CJNE   A,#80H,NUM_C3
_C2:  ACALL  LESS
      MOV    R1,#21H
      AJMP   CAPSS
_C3:  ACALL  LESS
      MOV    R1,#22H
      AJMP   CAPSS
;19:  INC    R1
      CJNE   A,#08H,NUMB20
      ACALL  MORE
      CJNE   A,#08H,NUMB_F
      ACALL  MORE
      CJNE   A,#08H,NUMB_E
      MOV    R7,#02H
3_D:  ACALL  FILL
      INC    R0
      DJNZ   R7,NUMB_D
      AJMP   CAPSS
B_E:  ACALL  LESS
B_F:  ACALL  LESS
      MOV    R1,#18H
      AJMP   CAPSS
B20:  INC    R1
      CJNE   A,#28H,NUMB21
      ACALL  MORE
      CJNE   A,#28H,NUMB_G
      AJMP   CAPSS
B_G:  ACALL  LESS
      AJMP   ELS
B21:  INC    R1
      CJNE   A,#78H,NUMB22
      AJMP   CAPSS
B22:  INC    R1
      CJNE   A,#4CH,NUMB23
      ACALL  MORE
      CJNE   A,#00H,NUMB_H
      AJMP   NUM_H1
B_H:  CJNE   A,#80H,NUM_H2
_H1:  ACALL  LESS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่อนุญาตให้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
     AJMP    CAPSS
H2:  ACALL   LESS
     MOV     R1,#23H
     AJMP    CAPSS
23:  INC     R1
     CJNE    A,#68H,NUMB24
     ACALL   MORE
     CJNE    A,#08H,NUMB_I
     AJMP    CAPSS
_I:  ACALL   LESS
     MOV     R1,#23H
     AJMP    CAPSS
24:  INC     R1
     CJNE    A,#18H,NUMB25
     AJMP    CAPSS
25:  INC     R1
     CJNE    A,#10H,NUMB26
     AJMP    CAPSS
26:  INC     R1
     CJNE    A,#50H,NUMB27
     ACALL   MORE
     CJNE    A,#0AH,NUMB_J
     AJMP    CAPSS
_J:  CJNE    A,#04H,NUMB_K
     MOV     R1,#24H
     AJMP    CAPSS
_K:  CJNE    A,#18H,NUMB_L
     MOV     R1,#17H
     AJMP    CAPSS
_L:  ACALL   LESS
     MOV     R1,#0DH
     AJMP    CAPSS
27:  INC     R1
     CJNE    A,#20H,NUMB28
     ACALL   MORE
     CJNE    A,#0AH,NUMB_M
     AJMP    CAPSS
_M:  ACALL   LESS
     AJMP    ELS
28:  INC     R1
     CJNE    A,#60H,NUMB29
     AJMP    CAPSS
29:  INC     R1
     CJNE    A,#00H,NUMB30
     ACALL   FILL
     AJMP    CAA
30:  CJNE    A,#80H,ELS
     INC     R1
     ACALL   FILL
     INC     R0
     INC     R1
     ACALL   FILL
     ACALL   ASC
     AJMP    CAC
:    MOV     R1,#1FH
     JNB     02H,NUMK
     AJMP    CCA
K:   AJMP    CAPSS


:    DB      41H,42H,43H,44H,45H,46H,47H,48H,49H,4AH,4BH,4CH,4DH
     DB      4EH,4FH,50H,51H,52H,53H,54H,55H,56H,57H,58H,59H,5AH
     DB      2CH,3BH,3AH,2EH,21H,2DH,5BH,5DH,2EH,2AH,23H,3FH,60H
     DB      2FH,27H,5FH,7EH,20H,0DH,0AH,40H,29H,28H,22H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        DB      61H,62H,63H,64H,65H,66H,67H,68H,69H,6AH,6BH,6CH,6DH
        DB      6EH,6FH,70H,71H,72H,73H,74H,75H,76H,77H,78H,79H,7AH
        DB      2CH,3BH,3AH,2EH,21H,2DH,5BH,5DH,2EH,2AH,23H,3FH,60H
        DB      2FH,27H,5FH,7EH,20H,0DH,0AH,40H,29H,28H,22H

        DB      30H,31H,32H,33H,34H,35H,36H,37H,38H,39H,2BH,3BH,3AH
        DB      2EH,21H,2DH,5BH,5DH,2EH,2AH,23H,3FH,60H,2FH,27H,3DH
        DB      3CH,7EH,20H,0DH,0AH,40H,2CH,29H,28H,22H,3EH

        END
END
```

• เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. Takashi Kenjo, " **Stepping motors and their microprocessor controls** ", CLARENDON.OXFORD, 1986

2. Kenneth J. Ayala, " **The 8051 Microcontroller,** ARCHITECTURE, PROGRAMMING, and APPLICATIONS ", WEST PUBLISHING COMPANY, 1991

3. ทัศนีย์ กาญจนิษฐิติ, " **อักษรสำหรับคนตาบอด** " , โรงเรียนสอนคนตาบอด กรุงเทพฯ, 123 หน้า, 2529

4. จิติ หนูแก้ว, " **เทคนิคการเชื่อมต่อ IBM PC**", บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2521

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้