สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบควบคุมตำแหน่งสายอากาศแบบทิศทาง

ANTENNA POSITION CONTROL SYSTEM



โดย

นายนิติ สดศรี 41014220

นายรังสี เลาห์ขจร 41014351

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ เกียรติวรรณ ทรงสัตย์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 45729
วัน, เดือน, ปี 13 ก.พ. 2546

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ b11925481

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2544

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมตำแหน่งสายอากาศแบบทิศทาง

Antenna Position Control System

ผู้จัดทำ

1. นายนิติ สดศรี
2. นายรังสี เลาห์ขจร

อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ เกียรติวรรณ ทรงสัตย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมตำแหน่งสายอากาศแบบทิศทาง

ANTENNA POSITION CONTROL SYSTEM

โดย

นาย นิติ สดศรี

นาย รังสี เลาห์ขจร

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์เกียรติวรรณ ทรงสัตย์

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการอ ออกแบบระบบควบคุมตำแหน่งสายอากาศแบบทิศทาง โดยการนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์ใช้งาน องค์ประกอบของระบบแบ่งออกเป็น 4 หน่วย คือหน่วยควบคุมและประมวลผล หน่วยการติดต่อกับผู้ใช้งาน หน่วยการขับเคลื่อนสายอากาศ และหน่วยการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ สำหรับส่วนควบคุมและประมวลผลได้นำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลเอ็มซีเอส-51 มาประยุกต์ใช้ในการควบคุม ในส่วนการขับเคลื่อนสายอากาศเลือกใช้สเตปปิ้งมอเตอร์ที่สามารถควบคุมความถูกต้องของตำแหน่งในการเคลื่อนที่ได้ดี สำหรับในส่วนการติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นใช้การสื่อสารผ่านทางพอร์ตอนุกรมในการติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้ภาษาวิชวลเบสิคในการรองรับการทำงาน

ABSTRACT

This project presents the design of Antenna Position Control System by using the application of microcontroller. This system composes of four units; processing and control unit, user interface unit, rotation unit, and PC interface unit. Processing and control unit uses microcontroller MCS-51 to control this system. Rotation unit uses stepping motor to control the accuracy of movement position. PC Interface Unit uses serial port communication to connect to computer, which supported by Visual Basic program

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	**I**
สารบัญ	**II**
สารบัญรูป	**IV**
สารบัญตาราง	**VII**
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 บทนำ	1
1.2 ความเป็นมา	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	**3**
2.1 โครงสร้างและหลักการทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์	3
2.1.1 ชนิดของสเตปปิ้งมอเตอร์	4
2.1.2 ลักษณะการพันขดลวดบนมอเตอร์	9
2.1.3 การกระตุ้นสเตปปิ้งมอเตอร์	10
2.1.4 หลักการออกแบบวงจรขับสเตปปิ้งมอเตอร์	12
2.1.5 ปัญหาของวงจรขับสเตปปิ้งมอเตอร์และการแก้ปัญหา	13
2.2 ความรู้พื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51	16
2.2.1 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51	16
2.2.2 หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory)	18
2.2.3 หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory)	19
2.2.4 ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ (Timer/Counter)	19
2.2.5 พอร์ตอนุกรม (Serial Port)	23
2.2.6 การอินเตอร์รัปต์ (Interrupt)	25
2.3 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232	26
2.3.1 คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ	27
2.4 การใช้งานแอลซีดีโมดูล (LCD Module)	29
2.4.1 ขาสัญญาณของแอลซีดีโมดูล	29
2.4.2 การต่อเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 โครงสร้างและการออกแบบระบบ	**32**
3.1 การออกแบบระบบในส่วนฮาร์ดแวร์ (Hardware)	32
3.1.1 ส่วนประมวลผลและการควบคุม (Processing and Control Unit)	32
3.1.2 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface Unit)	34
3.1.3 ส่วนการหมุนสายอากาศ (Rotation Unit)	37
3.1.4 ส่วนติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ (PC Interface Unit)	39
3.2 การออกแบบระบบในส่วนซอฟต์แวร์ (Software)	40
บทที่ 4 ผลการทดลอง	**52**
4.1 การทำงานในรูปแบบทั่วไป	53
4.1.1 การควบคุมโดยตรง	53
4.1.2 การบันทึกค่าตำแหน่งของสถานีลงในหน่วยความจำ (Save Mode)	54
4.1.3 การเรียกค่าตำแหน่งสถานีจากหน่วยความจำ (Load Mode)	54
4.2 การทำงานในรูปแบบพิเศษ	55
4.2.1 การจัดส่งข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์ (Upload Mode)	55
4.2.2 การดึงข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ (Download Mode)	56
4.3 โปรแกรมรองรับบนคอมพิวเตอร์	56
บทที่ 5 บทวิจารณ์ และสรุป	**60**
5.1 บทสรุป	60
5.2 บทวิจารณ์	60
5.3 ปัญหาที่พบ	60
5.4 แนวทางในการพัฒนา	61
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 แสดงการนำชุดควบคุมสายอากาศไปใช้งาน 2

รูปที่ 2.1 แสดงแรงดึงดูดทำให้เกิดทอร์กที่หมุนโรเตอร์ให้ไปอยู่ในตำแหน่งที่สมดุล 3

รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของสเตปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร 4

รูปที่ 2.3 แสดงการทำงานในสเตปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรขนาด 4 เฟส 4

รูปที่ 2.4 แสดงสเตปปิ้งมอเตอร์แบบแปรค่ารีลักแตนท์ได้ 5

รูปที่ 2.5 แสดงตำแหน่งสมดุลเมื่อเฟสใดเฟสหนึ่งของสเตปปิ้งมอเตอร์ถูกกระตุ้น 6

รูปที่ 2.6 แสดงการเปลี่ยนลำดับสเต็ปในการเคลื่อนที่ของสเตปปิ้งมอเตอร์
แบบแปรค่ารีลักแตนท์ ได้ 6

รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างของสเตปปิ้งมอเตอร์แบบไฮบริดจ์ 8

รูปที่ 2.8 แสดงหลักการทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์แบบไฮบริดจ์ 9

รูปที่ 2.9 แสดงวงจรสมมูลของสเตปปิ้งมอเตอร์ 12

รูปที่ 2.10 วงจรจำกัดแรงดันเกินโดยใช้ไดโอด 14

รูปที่ 2.11 แสดงวงจรป้องกันแรงดันเกินที่ใช้ ไดโอด-ความต้านทาน 15

รูปที่ 2.12 แสดงวงจรป้องกันแรงดันเกินโดยใช้ซีเนอร์ไดโอด 15

รูปที่ 2.13 แสดงการเพิ่มตัวเก็บประจุที่แต่ละส่วนของวงจรจำกัดแรงดัน 15

รูปที่ 2.14 แสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสต่อเวลาของการใช้วงจรป้องกันต่าง ๆ 16

รูปที่ 2.15 แสดงวงจรไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 1 โหมด 0 20

รูปที่ 2.16 แสดงวงจรไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 1 โหมด 2 21

รูปที่ 2.17 แสดงวงจรไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 โหมด 3 21

รูปที่ 2.18 คอนเน็กเตอร์อนุกรม 9 ขา หรือแบบ DB-9 (มองจากทางหลังคอมพิวเตอร์) 27

รูปที่ 2.19 คอนเน็กเตอร์อนุกรม 25 ขา หรือแบบ DB-25 (มองจากทางหลังคอมพิวเตอร์) 28

รูปที่ 2.20 การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ Null Modem 28

รูปที่ 2.21 การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ RS-232
โดยใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น 28

รูปที่ 2.22 แสดงการต่อแอลซีดีโมดูลแบบ Memory Map 30

รูปที่ 2.23 แสดงการต่อแอลซีดีโมดูลแบบอินพุต/เอาท์พุทพอร์ต 31

รูปที่ 3.1 แสดงองค์ประกอบต่างๆ ของโครงงาน 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.2 แสดงตำแหน่งต่างๆ ของอุปกรณ์บนคอนโทรลเลอร์บอร์ดรุ่น CP SB-31 33

รูปที่ 3.3 แสดงการติดต่อระหว่างคีย์แพดกับบอร์ด CP SB-31 36

รูปที่ 3.4 แสดงตำแหน่งคีย์ต่างๆ บนคีย์แพด 37

รูปที่ 3.5 แสดงวงจรขับสำหรับสเตปปิ้งมอเตอร์ 1 เฟส 37

รูปที่ 3.6 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด CP SB-31 กับเครื่องคอมพิวเตอร์ 39

รูปที่ 3.7 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานทั้งหมด 40

รูปที่ 3.8 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของการตรวจสอบคีย์ 41

รูปที่ 3.8 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของการตรวจสอบคีย์ (ต่อ) 42

รูปที่ 3.9 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของการกดคีย์ Enter 43

รูปที่ 3.10 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของกดคีย์ Reset 44

รูปที่ 3.11 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของกดคีย์ Increase 45

รูปที่ 3.12 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของกดคีย์ Decrease 46

รูปที่ 3.13 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของกดคีย์ Shift 47

รูปที่ 3.14 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของกดคีย์ Save 48

รูปที่ 3.15 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของกดคีย์ Load 49

รูปที่ 3.16 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของกดคีย์ Upload 50

รูปที่ 3.17 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของกดคีย์ Download 51

รูปที่ 4.1 แสดงหน้าจอเมื่อเริ่มเปิดเครื่อง 52

รูปที่ 4.2 แสดงหน้าจอของการควบคุมโดยตรง 53

รูปที่ 4.3 แสดงหน้าจอของการกลับค้นหาช่องสัญญาณไปเรื่อยๆ ทีละ 1 องศา 53

รูปที่ 4.4 แสดงหน้าจอของการกลับสู่จุดศูนย์ 53

รูปที่ 4.5 แสดงหน้าจอของการบันทึกค่าตำแหน่งของสถานีลงในหน่วยความจำ 54

รูปที่ 4.6 แสดงหน้าจอของการเรียกค่าตำแหน่งสถานีจากหน่วยความจำ 55

รูปที่ 4.7 แสดงหน้าจอของการจัดส่งข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์ 55

รูปที่ 4.8 แสดงหน้าจอของการดึงข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ 56

รูปที่ 4.9 แสดงหน้าจอหลักของโปรแกรมรองรับบนเครื่องคอมพิวเตอร์ 57

รูปที่ 4.10 แสดงหน้าจอของการดูข้อมูลในโปรแกรมฐานข้อมูล 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.11 แสดงหน้าจอของการแก้ไขหรือเพิ่มเติมข้อมูลในโปรแกรมฐานข้อมูล 58
รูปที่ 4.12 แสดงหน้าจอการค้นหาข้อมูลในโปรแกรมฐานข้อมูล 58
รูปที่ 4.13 แสดงหน้าจอของการถ่ายโอนข้อมูลในโปรแกรมฐานข้อมูล 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 การกระตุ้นสเตปปิ้งมอเตอร์แบบเวฟ 10
ตารางที่ 2.2 การกระตุ้นสเตปปิ้งมอเตอร์แบบ 2 เฟส 11
ตารางที่ 2.3 การกระตุ้นสเตปปิ้งมอเตอร์แบบฮาฟเวฟ 12
ตารางที่ 2.4 แสดงรายละเอียดบิตควบคุมในรีจิสเตอร์ TMOD 22
ตารางที่ 2.5 แสดงการเลือกโหมดการทำงานของรีจิสเตอร์ TMOD 22
ตารางที่ 2.6 แสดงรายละเอียดบิตควบคุมในรีจิสเตอร์ TCON 22
ตารางที่ 2.7 แสดงรายละเอียดบิตควบคุมในรีจิสเตอร์ SCON 24
ตารางที่ 2.8 แสดงตัวกำหนดการใช้งานพอร์ตอนุกรม 24
ตารางที่ 2.9 แสดงการจัดระดับความสำคัญของแต่ละแหล่ง 25
ตารางที่ 2.10 แสดงค่าตำแหน่งที่จะกระโดดไปทำงานเมื่อถูกอินเตอร์รัปต์ 25
ตารางที่ 2.11 แสดงรายละเอียดบิตควบคุมของรีจิสเตอร์ IE 26
ตารางที่ 2.12 การจัดขาของคอนเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 ทั้งแบบ DB-9 และแบบ DB-25 27
ตารางที่ 2.13 แสดงขาสัญญาณของแอลซีดีโมดูล 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 บทนำ

ในปัจจุบันมีการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างแพร่หลายในการควบคุมการทำงานในระบบขนาดเล็ก เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ในปัจจุบันนี้ได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องจนมีความสามารถในการทำงานต่างๆ ได้เป็นอย่างดี อีกทั้งมีราคาถูกทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายไปได้มาก เพราะในงานขนาดเล็กที่ต้องการใช้ระบบประมวลผลและควบคุม ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เพราะไมโครคอนโทรลเลอร์ก็สามารถทำงานได้ จะเห็นได้ว่าประหยัดไปได้มาก สำหรับโครงงานนี้ก็เป็นอีกหนึ่งงานซึ่งแสดงออกถึงขีดความสามารถในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เป็นอย่างดี

โครงงานระบบควบคุมตำแหน่งสายอากาศแบบทิศทางนี้ เป็นโครงงานที่มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องควบคุมการหมุนของสายอากาศแบบทิศทางที่ใช้งานในสถานีของนักวิทยุสมัครเล่นให้สามารถหันไปในทิศทางที่ถูกต้องตรงตามที่ผู้ใช้ต้องการ เนื่องจากอุปกรณ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีราคาสูง และมีอยู่น้อยมากดังนั้น ถ้าเราสามารถสร้างได้ในราคาที่ต่ำ และมีฟังก์ชันพิเศษเพื่อสนับสนุนการทำงานของระบบนี้ ออกมาได้ก็จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

1.2 ความเป็นมาของโครงงาน

ระบบควบคุมตำแหน่งสายอากาศที่ทำนี้จะถูกนำไปใช้ในการควบคุมสายอากาศแบบทิศทางในงานของนักวิทยุสมัครเล่น ก่อนอื่นมาทำความรู้จักกับวิทยุสมัครเล่นและสายอากาศแบบทิศทางกันก่อน เพื่อจะได้เข้าใจว่าทำไมจึงต้องมีเครื่องควบคุมการหมุนของสายอากาศชนิดนี้

ระบบวิทยุสมัครเล่นมีการใช้สื่อสารกันอยู่ในย่านความถี่ 144 เมกะเฮิร์ต ถึง 144.025 เมกะเฮิร์ต โดยจะทำการแบ่งช่องสัญญาณออกเป็น 80 ช่องสัญญาณ แต่ละช่องสัญญาณจะห่างกันช่องละ 25 เมกะเฮิร์ต คือจะเป็น 144.00 เมกะเฮิร์ต, 144.025 เมกะเฮิร์ต ,1440.50 เมกะเฮิร์ต ไปเรื่อยๆ จนถึง 146.00 เมกะเฮิร์ต ซึ่งการใช้งานจำเป็นจะต้องทำการจดทะเบียนกับทางราชการ ในแต่ละช่องสัญญาณจะมีกลุ่มผู้ใช้เฉพาะกลุ่ม มีพิกัดที่ตั้งแตกต่างกันไป ดังนั้นอุปกรณ์ที่สำคัญของระบบวิทยุสื่อสารคือสายอากาศ

สายอากาศเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกไป จะทำการติดตั้งอยู่บนเสาอากาศ สายอากาศจะทำการแปลงสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ ไปเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่วิทยุ แล้วทำการแผ่กระจายคลื่นออกไปในอากาศ มีอยู่หลายรูปแบบ สายอากาศทิศทางเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะหนึ่งของสายอากาศสำหรับติดตั้งประจำสถานี สำหรับการติดต่อระยะไกล สายอากาศชนิดนี้จะมีขนาดใหญ่ ซึ่งที่ใช้กันอยู่มีอยู่ 3 แบบ คือ

1.สายอากาศแบบกระจายคลื่นรอบตัว

2.สายอากาศแบบกระจายคลื่นกึ่งทิศทาง

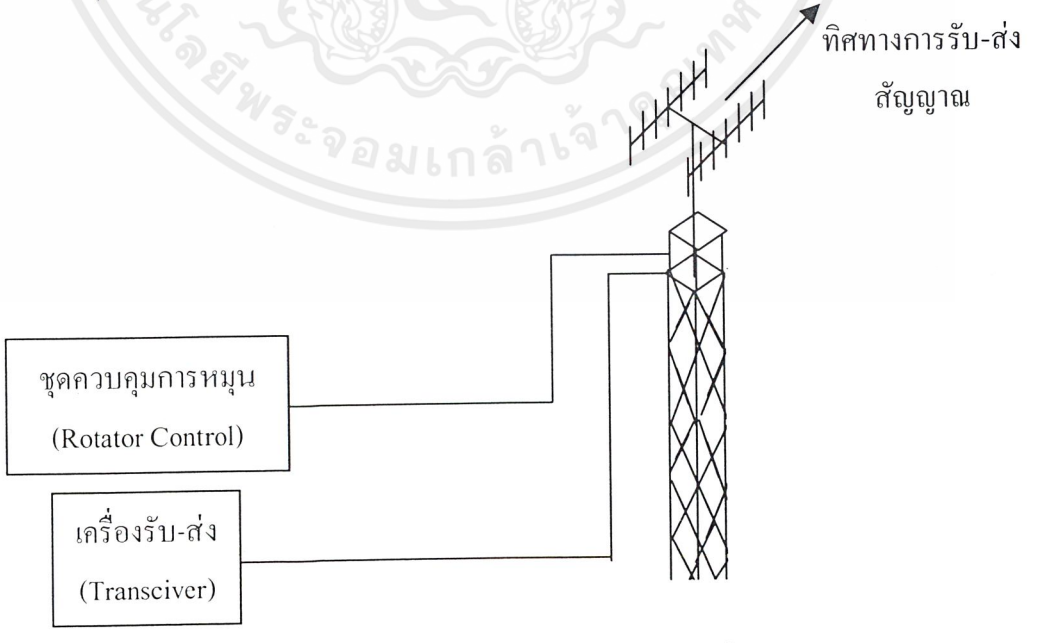
3.สายอากาศกระจายคลื่นแบบทิศทาง

ในที่นี้เราจะขออธิบายถึงลักษณะของสายอากาศกระจายคลื่นแบบทิศทาง หรือที่เรียกว่าสายอากาศแบบทิศทางเท่านั้น

สายอากาศแบบทิศทางนี้เป็นสายอากาศที่ใช้เทคนิคพิเศษในการออกแบบ ให้สามารถรวบรวมพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าให้แผ่พุ่งออกไปในทิศทางเดียวหรือ สองทิศทางได้ ทำให้สามารถติดต่อได้ไกลมากเป็นพิเศษเฉพาะทิศทางที่ต้องการ เหมาะสำหรับการติดต่อในกิจกรรมพิเศษ หรือต้องการหลบสัญญาณรบกวน หรือใช้ในการหาทิศทางของคู่สถานี หรือผู้ส่งสัญญาณรบกวน

ข้อเสียของสายอากาศแบบทิศทางคือจะส่งและรับสัญญาณจากทิศทางอื่นๆ ได้น้อยมากหรือไม่ได้เลย ดังนั้นในระบบจึงต้องมีชุดหมุนสายอากาศ (Rotator) สำหรับหมุนสายอากาศอยู่ด้วยเพื่อทำหน้าที่หมุนสายอากาศไปในทิศทางที่ผู้ใช้ต้องการได้

เนื่องมาจากชุดหมุนสายอากาศในปัจจุบันมีอยู่น้อยรายที่ผลิตจำหน่ายจึงทำให้มีราคาค่อนข้างสูง โครงงานนี้จึงมุ่งที่จะสร้างเครื่องควบคุมสายอากาศแบบทิศทาง ให้มีความสามารถในการควบคุมทิศทางได้อย่างแม่นยำ ใช้งานได้ง่าย มีความสามารถพิเศษที่สนับสนุนการทำงานของผู้ใช้งาน และมีต้นทุนที่ต่ำมาใช้งาน



รูปที่ 1.1 แสดงการนำชุดควบคุมสายอากาศไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 โครงสร้างและหลักการทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์

จากรูปที่ 2.1 แท่งแม่เหล็กถาวรติดอยู่บนเพลา และสามารถหมุนได้อย่างอิสระในขณะที่ไม่มีขั้วไฟฟ้าที่สเตเตอร์ ถ้าก่อนมีขั้วไฟฟ้า ตำแหน่งของโรเตอร์แม่เหล็กอยู่ตามแกน a-a' ซึ่งทำมุม 0 กับแกนของขั้วแม่เหล็กไฟฟ้า

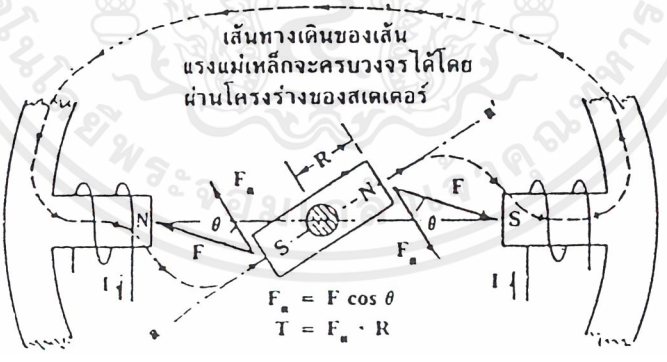
ดังนั้นจะได้แรงแม่เหล็กที่เกิดจากการดึงดูดของขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าที่ต่างกันทำให้เกิดส่วนของแรงบิดปกติ

$$F_n = F \cos \theta \text{ (แรงนี้ตั้งฉากกับแกน a-a')}$$

จะได้ทอร์กผลรวม

$$T = F_n . R$$

(ทำให้โรเตอร์หมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาจนกว่าแกนของโรเตอร์ a-a' จะอยู่ในแนวเดียวกับแกนของสเตเตอร์)



รูปที่ 2.1 แสดงแรงดึงดูดทำให้เกิดทอร์กที่หมุนโรเตอร์ให้ไปอยู่ในตำแหน่งที่สมดุล

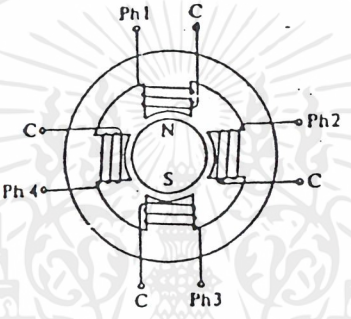
ถ้าหากมีขั้วคู่แม่เหล็กไฟฟ้าหลาย ๆ ขั้วรอบ ๆ สเตเตอร์และถ้าหากขั้วเหล่านั้นถูกกระตุ้นด้วยกระแสพัลส์ ในรูปแบบที่เรียงลำดับกันไปโรเตอร์ก็จะหมุนในรูปลักษณะของสเต็ปที่เป็นไปตามการหมุนของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากการสวิทช์ที่เรียงลำดับของขดลวดขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าของสเตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ชนิดของสเตปปิ้งมอเตอร์

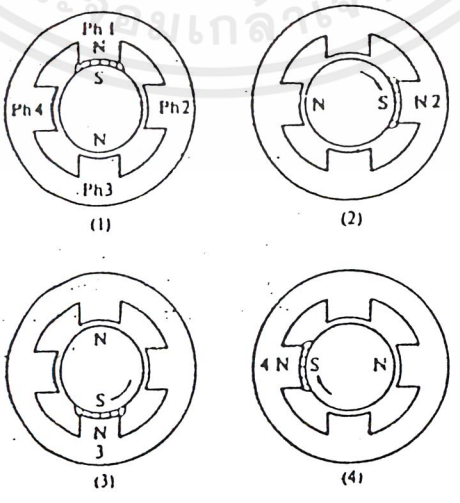
1) สเตปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร

สเตปปิ้งมอเตอร์ชนิดนี้ใช้แม่เหล็กถาวรเป็นโรเตอร์ และมีซี่ฟันของสเตเตอร์ล้อมรอบ ซี่ฟันของสเตเตอร์ถูกพันด้วยขดลวดสำหรับสร้างสนามแม่เหล็ก เมื่อต้องการให้สเตปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรมีขนาดมุม สเต็ปเล็กลงจะต้องเพิ่มจำนวนขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์และจำนวนซี่ฟันของสเตเตอร์ แต่ก็มีขีดจำกัดในการเพิ่มจำนวนขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์ เนื่องจากการสร้างแม่เหล็กถาวรสร้างให้มีโครงสร้างแบบมีขั้วแม่เหล็กหลายขั้วทำได้ยาก



รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของสเตปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร

ตัวอย่างการทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร สมมติว่าสเตปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรขนาด 4 เฟส มีโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวรทรงกระบอกและสเตเตอร์มีซี่ฟันซึ่งรอบ ๆ พันด้วยขดลวดมีรูปแบบพื้นฐานของการทำงานคือ เมื่อสร้างสัญญาณกระตุ้นตามลำดับเฟสโรเตอร์จะหมุนไปตามทิศทางของการกระตุ้นดังแสดงในรูปที่ 2.3



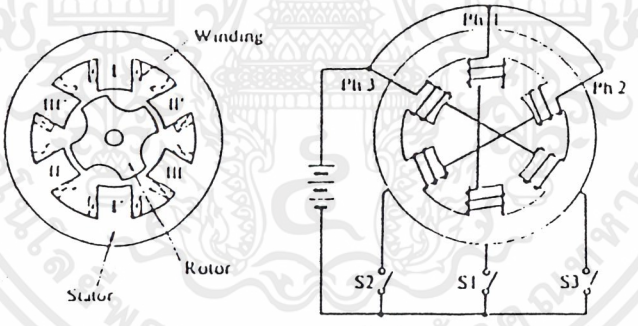
รูปที่ 2.3 แสดงการทำงานในสเตปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรขนาด 4 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสียของสเตปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร คือมีขนาดมุมสเต็ปใหญ่ทำให้มีความละเอียดของสเต็ปต่อรอบน้อยเนื่องจากโครงสร้างของโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร การสร้างแม่เหล็กถาวรให้มีหลายขั้วทำได้ยากทำให้ไม่สามารถสร้างสเต็ปขนาดเล็กได้ สเตปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างขนาดเล็ก ทำให้ค่าทอร์กที่ได้ต่อหน่วยปริมาตรมีค่าต่ำ ถ้าต้องการปรับปรุงประสิทธิภาพในเรื่องของทอร์กแม่เหล็กถาวรที่ใช้จะต้องทำจากสารแม่เหล็กที่มีสภาพความเป็นแม่เหล็กสูง แต่สารแม่เหล็กที่มีสภาพความเป็นแม่เหล็กมากราคาสูง สารแม่เหล็กราคาถูกเช่น เฟอร์ไรท์มีสภาพความเป็นแม่เหล็กน้อยจึงให้ค่าทอร์กต่ำ

2) สเตปปิ้งมอเตอร์แบบแปรค่ารีลักแตนท์ได้

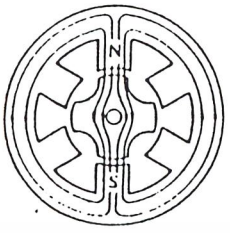
โครงสร้างของสเตปปิ้งมอเตอร์แบบแปรค่ารีลักแตนท์ได้ มีโรเตอร์และสเตเตอร์ทำจากโลหะซิลิคอนซึ่งเป็นสารแม่เหล็กซึ่งมีสภาพซึมซับได้ทางแม่เหล็กสูงและยอมให้สนามแม่เหล็กจำนวนมากไหลผ่านได้



รูปที่ 2.4 แสดงสเตปปิ้งมอเตอร์แบบแปรค่ารีลักแตนท์ได้

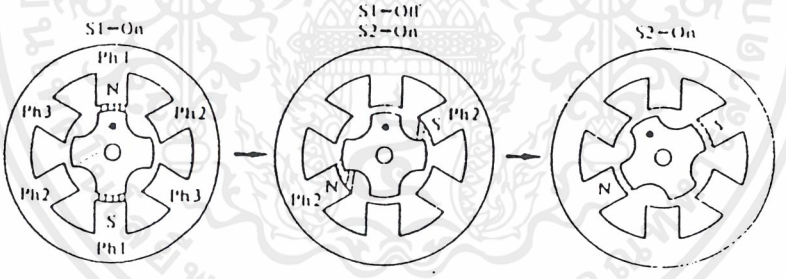
ในรูปที่ 2.4 เป็นสเตปปิ้งมอเตอร์แบบแปรค่ารีลักแตนท์ได้ขนาด 3 เฟสโดยโครงสร้างของโรเตอร์มี 4 ซี่ฟันและสเตเตอร์มี 6 ซี่ฟันและแต่ละเฟสของสเตเตอร์มี 2 ซี่ฟันที่อยู่ตรงกันข้ามกันและอยู่ห่างกัน 180 องศาต่ออนุกรมกันอยู่ ทั้งสองซี่ฟันของเฟสหนึ่งของสเตเตอร์จะมีขั้วตรงข้ามกัน ดังนั้นจากซี่ฟัน I , II , III จะเป็นขั้วเหนือและ I' ,II' ,III' จะเป็นขั้วใต้ เมื่อมอเตอร์ได้รับการกระตุ้น เมื่อเฟสหนึ่งถูกกระตุ้นสนามแม่เหล็กจะเกิดขึ้นดังรูปที่ 2.4 ดังนั้นถ้าโรเตอร์ I และ I' จะวางอยู่ในแนวเดียวกันซึ่งมีค่ารีลักแตนท์น้อยที่สุด สถานะนี้เป็นสถานะที่จุดสมดุลเป็นจุดซึ่งเส้นแรงแม่เหล็กสั้นที่สุดแสดงดังรูปที่ 2.5

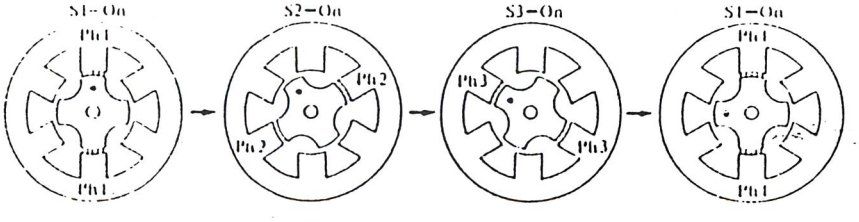
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงตำแหน่งสมดุลเมื่อเฟสใดเฟสหนึ่งของสเตปปิ้งมอเตอร์ถูกกระตุ้น

จากรูปที่ 2.5 สมมติว่าโรเตอร์และสเตเตอร์ไม่ได้อยู่ในแนวเดียวกันเส้นแรงของเฟสที่ถูกกระตุ้นมีค่ารีลักแตนท์มาก สเตปปิ้งมอเตอร์แบบแปรค่ารีลักแตนท์ได้จะทำตัวให้มีค่ารีลักแตนท์ต่ำที่สุดโดยวางตัวอยู่ในแนวเดียวกันกับแนวของเส้นแรงแม่เหล็ก





รูปที่ 2.6 แสดงการเปลี่ยนลำดับสเต็ปในการเคลื่อนที่ของสเตปปิ้งมอเตอร์แบบแปรค่ารีลักแตนท์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติพื้นฐานสำหรับโครงสร้างของสเตปปิ้งมอเตอร์แบบแปรค่ารีลักแตนท์ได้

1) ช่องว่างอากาศระหว่างซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์ต้องเล็กที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อให้ค่าทอร์กมากขึ้นและมีความถูกต้องแม่นยำทางตำแหน่งที่ดีขึ้น เนื่องจากที่ระดับแมกนีโตโมทีฟฟอร์ซ (Magnetomotive force) ระดับเดียวกัน ช่องอากาศขนาดเล็กจะให้ค่าฟลักซ์แม่เหล็กสูงกว่าซึ่งมีผลทำให้มีค่าทอร์กสูงกว่า และทำให้มีความคลาดเคลื่อนในการเคลื่อนที่จากจุดสมดุลมีน้อยกว่าช่องอากาศขนาดใหญ่

2) สำหรับโครงสร้างที่ต้องการมุมสเต็ปขนาดเล็กความสัมพันธ์ระหว่างมุมสเต็ป (Φ_m) มุมเฟส (m) จำนวนซี่ฟันของโรเตอร์ (Nr) และจำนวนสเต็ป (S) หาได้จากสมการ

$$S = (360 / \Phi_m) - mNr$$

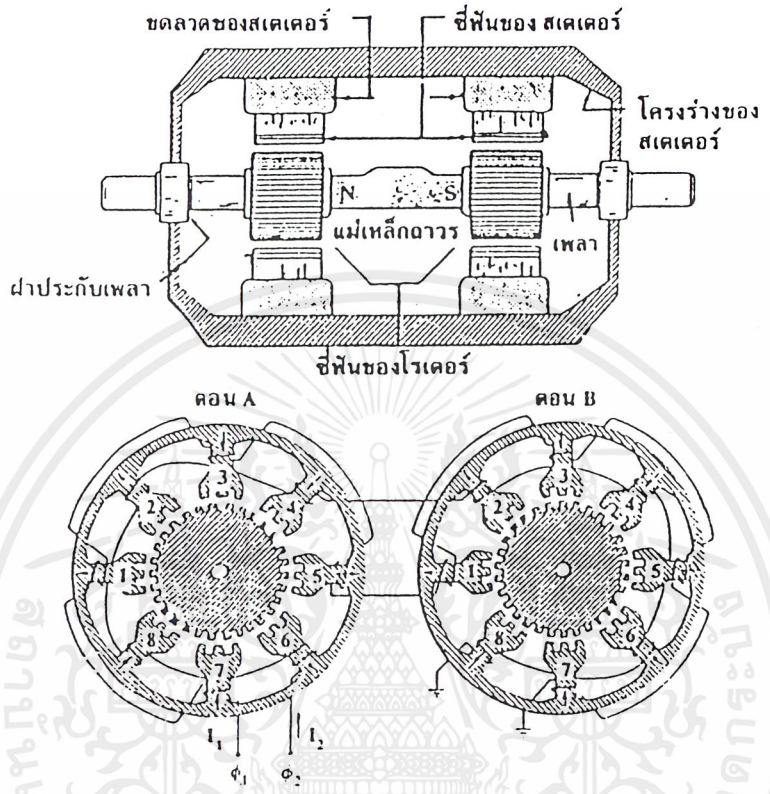
เพื่อจะลดขนาดมุมสเต็ปลง จำนวนซี่ฟันของโรเตอร์จะต้องเพิ่มขึ้น ซี่ฟันของสเตเตอร์จะต้องเพิ่มขึ้นด้วย โดยโครงสร้างแต่ละขั้วของเฟสใดๆ จะมีหลายซี่ฟันแต่จำนวนซี่ฟันของสเตเตอร์ไม่ใช่องค์ประกอบโดยตรงที่จะกำหนดมุมสเต็ปของสเตปปิ้งมอเตอร์

3) การสร้างสเตปปิ้งมอเตอร์ให้มีโครงสร้างแบบหลายสแตค เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในเรื่องของทอร์การสร้างสเตปปิ้งมอเตอร์แบบแปรค่ารีลักแตนท์ได้ให้มีโครงสร้างแบบหลายสแตคนี้แต่ละสแตคจะถูกกำหนดเป็นหนึ่งเฟสโดยโรเตอร์และสเตเตอร์จะมีซี่ฟันเหมือนกัน เพื่อช่วยเพิ่มทอร์กต่อหน่วยปริมาตรของโรเตอร์ ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของแมชชีน (Machine)

3) สเตปปิ้งมอเตอร์แบบไฮบริดจ์

เป็นรูปแบบหนึ่งของสเตปปิ้งมอเตอร์ซึ่งมีโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร ไฮบริดจ์หมายถึงการทำงานร่วมกันของมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร และมอเตอร์แบบแปรค่ารีลักแตนท์ได้ ไฮบริดจ์สเตปปิ้งมอเตอร์มีโครงสร้างของ สเตเตอร์คล้ายกับโครงสร้างของสเตปปิ้งมอเตอร์แบบแปรค่ารีลักแตนท์ได้ โดยการต่อขดลวดต่างกันโดยในหนึ่งเฟสของสเตปปิ้งมอเตอร์แบบแปรค่ารีลักแตนท์ได้จะมีสองขดลวด และขดลวดทั้งสองจะพันอยู่ที่ขั้วเดียวกันโดยที่ขั้วหนึ่งจะมีแค่หนึ่งเฟส ขณะที่ไฮบริดจ์มอเตอร์จะมีขดลวดของสองเฟสถูกพันอยู่ที่ขั้วเดียวกัน โดยที่ขั้วหนึ่งจะไม่เป็นของเฟสใดเฟสหนึ่ง โครงสร้างของขดลวดสองขดลวดที่ถูกพันที่ขั้วเดียวกันถูกเรียกว่าเป็นรูปแบบของไบโพลาร์ (bipolar) ซึ่งจะให้ขั้วแม่เหล็กที่แตกต่างกันในการกระตุ้นแต่ละครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

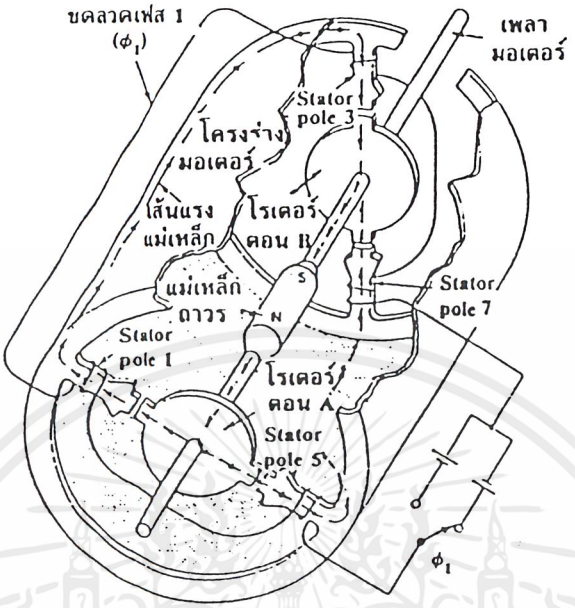


รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างของสเตปปิ้งมอเตอร์แบบไฮบริดจ์

คุณสมบัติที่สำคัญของสเตปปิ้งมอเตอร์แบบไฮบริดจ์คือ โครงสร้างของมอเตอร์มีแม่เหล็กถาวรอยู่ที่กึ่งกลางระหว่างเฟสทั้งสอง การเหนี่ยงนำสนามแม่เหล็กทำได้โดยใช้สนามแม่เหล็กซึ่งสร้างจากสเตเตอร์ซึ่งเป็นสนามแม่เหล็กเฮทเทอโรโพล่าร์ (Heteropolar field) ดังนั้นทอร์กเกิดจากการทำงานร่วมกันของสนามแม่เหล็กสองชนิดคือสนามจากแม่เหล็กถาวร และสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำที่เกิดจากการกระตุ้นขดลวดแต่ละขด โครงสร้างของซี่ฟันของสเตเตอร์จะใหญ่กว่าซี่ฟันของโรเตอร์เล็กน้อย เพื่อเพิ่มความถูกต้องแม่นยำทางตำแหน่งของการเคลื่อนที่

หลักการทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์แบบไฮบริดจ์ที่แตกต่างจากสเตปปิ้งมอเตอร์แบบแปรค่ารีลักแตนท์ได้คือแรงบิดที่เกิดขึ้นจากสนามแม่เหล็กจะไม่ขึ้นอยู่กับกระแสที่ผ่านขดลวดอย่างเดียวแต่ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของซี่ฟันด้วย ซึ่งซี่ฟันถูกออกแบบเพื่อให้ได้โครงสร้างขนาดเล็ก และใช้แม่เหล็กถาวรเป็นแกนกลางเพื่อลดผลของการออสซิลเลททางแมคคานิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงหลักการทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์แบบไฮบริดจ์

ข้อดีของสเตปปิ้งมอเตอร์แบบไฮบริดจ์ คือ มีขนาดสเต็ปขนาดเล็ก มีความละเอียดของสเต็ปต่อรอบสูง มีค่าทอร์กสูงกว่าสเตปปิ้งมอเตอร์แบบแปรค่ารีลักแตนท์ได้แต่สเตปปิ้งมอเตอร์แบบแปรค่ารีลักแตนท์ได้มีแรงเฉื่อยทางแมคคานิกส์น้อยกว่าสเตปปิ้งมอเตอร์แบบไฮบริดจ์

นอกจากสเตปปิ้งมอเตอร์ทั้งสามชนิดที่กล่าวมาแล้วนั้น ยังมีสเตปปิ้งมอเตอร์ชนิดอื่นๆที่ยังไม่ได้กล่าวถึงอีกเช่น ลิเนียร์สเตปปิ้งมอเตอร์ซึ่งเป็นมอเตอร์ที่ได้รับการออกแบบให้มีการเคลื่อนที่แบบเป็นเชิงเส้น อิเลคโตรไฮดรอลิกสเตปปิ้งมอเตอร์ซึ่งเป็นสเตปปิ้งมอเตอร์กำลังสูงสำหรับใช้ในอุตสาหกรรม เป็นต้น

2.1.2 ลักษณะการพันขดลวดบนมอเตอร์

การพันขดลวดบนมอเตอร์ของสเตปปิ้งมอเตอร์มีด้วยกัน 2 วิธีคือ

1) ไบโพลาร์ (Bipolar) จะมีการพันขดลวดบนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์จะถูกกำหนดโดยทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งสามารถทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้ามได้เพียงการกลับทิศทางของการไหลของกระแสไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ยูนิโพลาร์ (Unipolar) จะมีการพันขดลวดสองขดบนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ทำให้แต่ละขดเกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้าม และการกลับทิศทางขั้วแม่เหล็กทำได้โดยใช้วงจรสวิตช์ซึ่งให้กระแสไฟฟ้าไหลสลับจากขดลวดหนึ่งไปยังอีกขดลวดหนึ่งเท่านั้น

การพันขดลวดทั้งสองแบบที่กล่าวมานั้นมีคุณสมบัติที่ต่างกัน คือ แบบยูนิโพลาร์จะทำให้เกิดแรงบิดที่น้อยกว่าแบบไบโพลาร์ซึ่งเราสามารถสังเกตความแตกต่างของมอเตอร์ทั้งสองชนิดนี้ได้จากสายไฟที่ต่อมาจากตัวสเตปปิ้งมอเตอร์ซึ่งแบบไบโพลาร์จะมี 4 สาย (2 เฟส) ส่วนแบบยูนิโพลาร์จะมี 5 สายหรือ 6 สาย (4เฟส หรือมากกว่า) ทั้งนี้วงจรขับก็จะต่างกันเพราะไบโพลาร์มี 2 เฟสจึงต้องมีการป้องกันโวลเตจป้อนกลับ

2.1.3 การกระตุ้นสเตปปิ้งมอเตอร์

การควบคุมและสั่งงานให้สเตปปิ้งมอเตอร์ทำงานไปทีละสเต็ปสามารถทำได้โดยการจ่ายกำลังไฟไปยังขดลวดในแต่ละขดบนสเตเตอร์ โดยการป้อนจะทำในลักษณะเป็นลำดับหรือเรียกว่าซีเควนเชียลลูปที่ถูกต้องซึ่งจะแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบ คือ เวฟ, 2 เฟส, และฮาฟสเต็ป ทั้งสามแบบนี้ก็จะมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไป

1) การกระตุ้นสเตปปิ้งมอเตอร์แบบเวฟ (Wave) ทำการกระตุ้นขดลวดทีละขดในเวลาหนึ่งๆ เรียงกันไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทิศทางที่เราจะให้มอเตอร์หมุนไป วงจรที่นำมากระตุ้นนั้นจะมีราคาค่อนข้างจะถูกกว่าและง่ายกว่า สามารถเขียนขั้นตอนการทำงานออกมาได้ดังนี้

สเต็ปที่	เฟส 1	เฟส 2	เฟส 3	เฟส 4
1	ON			
2		ON		
3			ON	
4				ON
5	ON			
6		ON		

ตารางที่ 2.1 การกระตุ้นสเตปปิ้งมอเตอร์แบบเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การกระตุ้นสเตปมิ้งมอเตอร์แบบสองเฟส (2 phase) แบบนี้ก็จะคล้ายกับการกระตุ้นในแบบเวฟ แต่จะต่างกันตรงที่แบบ 2 เฟส จะกระตุ้นทีละ 2 ขดที่อยู่ใกล้กันในเวลาเดียวกัน และจะเรียงลำดับกันไปดังเช่นแบบเดียวกับเวฟ ข้อดีของการที่เราจะเพิ่มจำนวนขดลวดที่ถูกกระตุ้นจะทำให้ได้แรงบิดมากกว่าแบบเวฟ ซึ่งโรเตอร์จะหมุนด้วยแรงดึงแบบเต็มๆ แรงทั้ง 2 ขดลวดที่กระตุ้นพร้อมกัน แต่ก็มีข้อเสียคือการกระตุ้นแบบ 2 เฟสจะกระตุ้นขดลวดนั้นต้องใช้กำลังไฟมากขึ้นเป็น 2 เท่าของแบบเวฟ เราสามารถเขียนลำดับการกระตุ้นของขดลวดแบบ 2 เฟสได้ดังตารางต่อไปนี้

สเต็ปที่	เฟส 1	เฟส 2	เฟส 3	เฟส 4
1	ON	ON		
2		ON	ON	
3			ON	ON
4	ON			ON
5	ON	ON		
6		ON	ON	

ตารางที่ 2.2 การกระตุ้นสเตปมิ้งมอเตอร์แบบ 2 เฟส

3) การกระตุ้นสเตปมิ้งมอเตอร์แบบฮาฟเวฟ (Half Wave) การกระตุ้นแบบนี้เป็นรูปแบบผสมผสานของการกระตุ้นระหว่างการกระตุ้นแบบเวฟ และแบบ 2 เฟส เพื่อให้ได้จำนวนรอบของสเต็ปเพิ่มมากขึ้นเป็น 2 เท่า

<u>ข้อดีและข้อเสียของการกระตุ้นแบบฮาฟเวฟ</u>

<u>ข้อดี</u> - การกระตุ้นแบบนี้จะทำให้แรงบิดที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากช่วงสเต็ปที่มีระยะสั้นลง
- แต่ละสเต็ปเกิดแรงดึงจากขดลวด 2 ขดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกันเป็นผลให้ค่าตำแหน่งความถูกต้องมากขึ้นไปด้วย

<u>ข้อเสีย</u> - การกระตุ้นขดลวดจะต้องใช้กำลังไฟฟ้ามากขึ้นเป็น 2 เท่าของแบบเวฟ

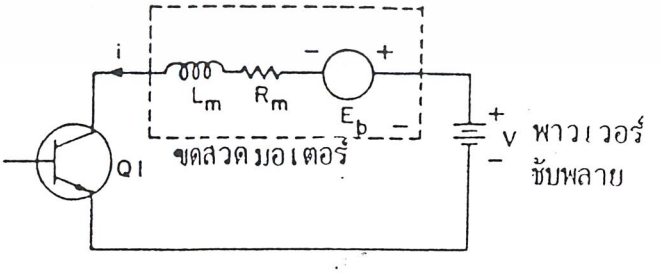
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเต็ปที่	เฟส 1	เฟส 2	เฟส 3	เฟส 4
1	ON			
2	ON	ON		
3		ON		
4		ON	ON	
5			ON	
6			ON	ON
7				ON
8	ON			ON
9	ON			
10	ON	ON		

ตารางที่ 2.3 การกระตุ้นสเตปปิ้งมอเตอร์แบบฮาฟเวฟ

2.1.4 หลักการออกแบบวงจรขับสเตปปิ้งมอเตอร์

การพิจารณาหลักการออกแบบวงจรขับกำลังได้คำนึงถึงหลายแฟกเตอร์ด้วยกัน เนื่องจากการหยุดหมุนของสเตปปิ้งมอเตอร์จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าย้อนกลับ (Back emf) ซึ่งจะมีทิศทางตรงกันข้ามกับแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงซึ่งจะเขียนวงจรสมมูล (Equivalent Circuit) ของ 1 เฟสของสเตปปิ้งมอเตอร์ได้ดังในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงวงจรสมมูลของสเตปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเตปปิ้งมอเตอร์ถูกออกแบบให้สามารถทนความร้อนได้สูงถึง 100 องศาเซลเซียส แต่ในการใช้งานจริงจะถูกใช้งานที่เงื่อนไขต่ำกว่าจุดอิ่มตัวที่กำหนดมา แต่ในการขับสเตปปิ้งมอเตอร์ต้องเลือกใช้อุปกรณ์ที่กินกระแสสูงเนื่องจากแต่ละเฟสต้องออนและออฟอยู่ตลอดเวลาดังนั้นจึงต้องออกแบบป้องกันทรานซิสเตอร์กำลังจากสไปค์โวลเตจที่เกิดขึ้นจากการเหนี่ยวนำของกระแสในขดลวด (Inductive Turn off Spike Voltage) และโวลเตจเบรคดาวน์ (Breakdown Voltage) เพื่อป้องกันการเสียหายของทรานซิสเตอร์กำลัง

2.1.5 ปัญหาของวงจรขับสเตปปิ้งมอเตอร์และการแก้ปัญหา

- **<u>วงจรจำกัดแรงดันเกิน (Suppression circuit)</u>**

ปัญหาหลักสองอย่างของการควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์ คือ การยกระดับกระแส (Build up Current) และการลดระดับของกระแส (decay) เมื่อมีการออนและออฟของวงจรขับในแต่ละเฟส และเมื่อใช้งานสเตปปิ้งมอเตอร์ที่ความถี่สูงขึ้น เวลาในการออนของแต่ละเฟส จะไม่เพียงพอที่จะทำให้การยกระดับกระแสมาถึงระดับที่ต้องการได้ทัน ซึ่งขึ้นอยู่กับการเหนี่ยวนำของขดลวดในแต่ละเฟส และเมื่อหยุดจ่ายพลังงานให้กับเฟสที่ถูกกระตุ้น กระแสไม่ได้ลดลงทันทีแต่จะมีการลดระดับของกระแสลงช้าๆ มีผลทำให้ผลตอบสนองของเฟสต่อมาช้าลงหรือตอบสนองไม่ทันซึ่งมีผลทำให้สเตปปิ้งมอเตอร์หยุดทำงานได้

พิจารณาวงจรสมมูลของการจ่ายพลังงานให้แต่ละเฟส เมื่อไม่สนใจโวลเตจตกคร่อมทรานซิสเตอร์ Q_1 กระแสคงตัวในขดลวดมีค่าเท่ากับ V / R_m เมื่อทรานซิสเตอร์ Q_1 หยุดนำกระแสพลังงานที่เหลืออยู่ในขดลวดพยายามไหลในทิศทางเดิม การหยุดนำกระแสของทรานซิสเตอร์ Q_1 โวลเตจตกคร่อมทรานซิสเตอร์ Q_1 จะมีค่าเท่ากับ $L_m . di / dt$ จะเกิดโวลเตจสไปค์ ซึ่งมีค่ามากกว่า V_{CS} จึงเป็นสาเหตุให้เกิดการเบรคดาวน์ของทรานซิสเตอร์ เนื่องจากลักษณะการพันขดลวดของสเตปปิ้งมอเตอร์เป็นสาเหตุให้เกิดสไปค์โวลเตจได้ง่าย ดังนั้นจึงต้องป้องกันสไปค์โวลเตจให้อยู่ในระดับที่ทรานซิสเตอร์สามารถทำงานได้อย่างปลอดภัยดังนั้นวงจรขับควรจะมีวงจรจำกัดแรงดันเกินสำหรับป้องกันการเกิดสไปค์โวลเตจให้กับทรานซิสเตอร์กำลัง รูปแบบของวงจรจำกัดแรงดันเกินแสดงดังต่อไปนี้

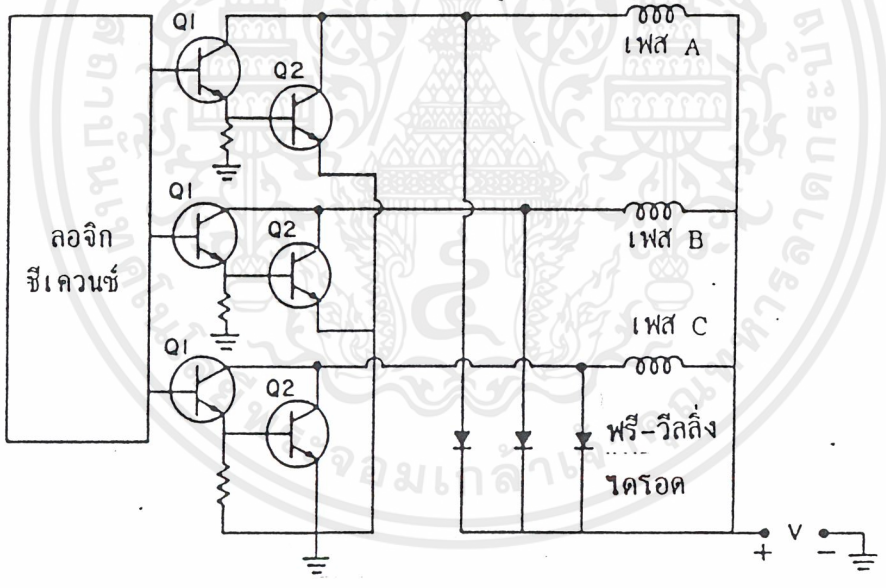
1. วงจรจำกัดแรงดันเกินโดยใช้ไดโอด (Diode Suppression Circuit) เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดสำหรับวงจรจำกัดแรงดัน ซึ่งต่อไดโอดในลักษณะฟรีวีลลิ่งไดโอด (Free Wheeling Diode) คร่อมแต่ละเฟสของมอเตอร์ ระหว่างที่เฟสนำกระแสไดโอดจะถูกไบอัสกลับทาง ซึ่งเหมือนกับมีอิมพีแดนซ์สูงขนานอยู่กับขดลวด เมื่อหยุดจ่ายพลังงานให้กับขดลวด ขั้วทั้งสองของขดลวดจะกลับขั้วไดโอดจะกลับสภาพเป็นได้รับการไบอัสตรง (Forward Bias) และมีอิมพีแดนซ์ต่ำค่าโวลเตจตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คร่อมที่ไดโอดได้รับจะเปลี่ยนจากV_{CS} ไปเป็น +V ดังนั้น ทรานซิสเตอร์ Q_1 ต้องมีอัตราของการทนต่อโวลเตจมากกว่า +V

เมื่อหยุดจ่ายกระแสให้กับเฟสนั้น พลังงานที่เก็บอยู่ในขดลวดจะสูญเสียผ่านทางความต้านทาน R ของวงจรซึ่งรวมทั้งความต้านทานของขดลวด และความต้านทานเมื่อมีการไบอัสตรงของฟรีวีลลิ่งไดโอด ซึ่งมีค่าความต้านทานของไดโอดขณะไบอัสตรงมีค่าน้อยมากที่จะตัดทิ้งได้ ค่าเวลาคงตัว (Time Constant) ของการลดระดับของกระแส (Decay) ฝขขณะที่ใช้ความเร็วต่ำมีค่ามากทำให้กระแสของแต่ละเฟสจะลดลงช้าเมื่อมีการออฟของวงจรขับ ผลของการออฟของแต่ละเฟสของมอเตอร์นี้ ทำให้เกิดทอร์กหน่วง (Retarding Torque)

การเลือกอัตราการนำกระแสของไดโอด เลือกค่าที่ไดโอดหยุดนำกระแสธรรมดาประมาณ ½ เท่าของกระแสสูงสุด ถ้าใช้อัตราเร็วของการสเต็ปต่ำ ค่ากระแสเฉลี่ยที่เห็นโดยไดโอดจะมีค่าน้อยมากและไดโอดจะกำจัดออกโดยปราศจากการแดมป์ของทรานซิสเตอร์กำลัง

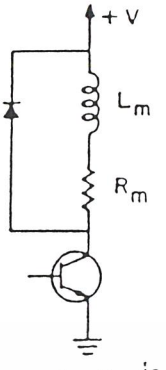


รูปที่ 2.10 วงจรจำกัดแรงดันเกินโดยใช้ไดโอด

2. การใช้ความต้านทาน-ไดโอด

เมื่อต้องการอัตราเร็วที่สูงขึ้น พลังงานในขดลวดของเฟสที่ออฟจะต้องกระจายออกอย่างรวดเร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ซึ่งทำได้โดยเพิ่มความต้านทาน R_m อนุกรมเข้ากับฟรีวีลลิ่งไดโอดเพื่อลดค่าเวลาคงตัวของวงจร เวลาคงตัวระหว่างที่กระแสลดลงตอนนี้กลายเป็น $L_m / (R_m + R_S)$ ค่าสูงสุดของความต้านมานที่ใช้จำกัดระดับโวลเตจ (Suppression Resistance) R_m ขึ้นอยู่กับโวลเตจเบรคดาวร์ของ V_{CS}

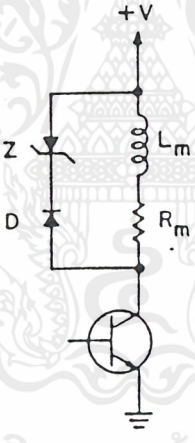
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



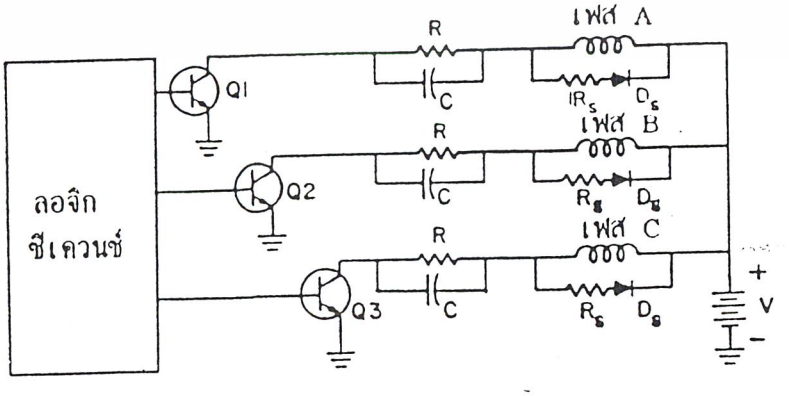
รูปที่ 2.11 แสดงวงจรป้องกันแรงดันเกินที่ใช้ ไดโอด-ความต้านทาน

3.การใช้ซีเนอร์ไดโอด

สำหรับการลดลงของกระแสที่เร็วกว่าการใช้ไดโอด-ความต้านทาน ได้มีการนำซีเนอร์ไดโอดมาใช้แทน โดยโวลเตจของเฟสที่ออฟจะเพิ่มขึ้นสู่ระดับที่ทำให้ซีเนอร์ไดโอดเกิดการเบรคดาวน์และเริ่มนำกระแส พลังงานจะถูกกระจายไปในรูปของความร้อน สำหรับการเปรียบเทียบอัตราการลดลงของกระแสของวงจรจำกัดแรงดันเกินแต่ละแบบแสดงดังรูปที่ 2.14



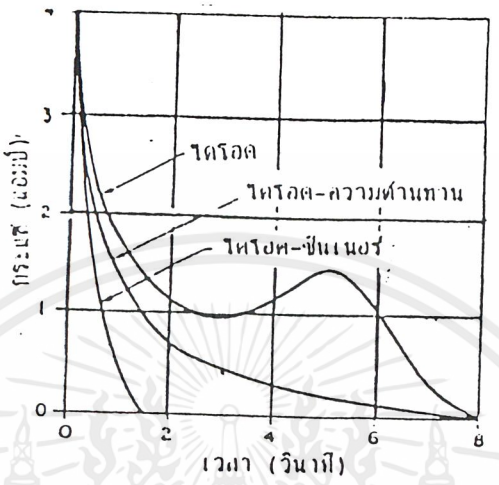
รูปที่ 2.12 แสดงวงจรป้องกันแรงดันเกินโดยใช้ซีเนอร์ไดโอด



รูปที่ 2.13 แสดงการเพิ่มตัวเก็บประจุที่แต่ละส่วนของวงจรจำกัดแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเพิ่มตัวเก็บประจุในแต่ละส่วนของวงจรจำกัดแรงดันสามารถช่วยรักษาระดับโวลเตจ โดยเฉพาะเมื่อวงจรทำงานมาใกล้ขีดจำกัดสูงสุดของแรงดันที่ทรานซิสเตอร์ทนได้



รูปที่ 2.14 แสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสต่อเวลาของการใช้วงจรป้องกันต่าง ๆ

2.2 ความรู้พื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51

ในงานระบบควบคุมอัตโนมัตินั้น อุปกรณ์ที่สำคัญและมีบทบาทอย่างมากชนิดหนึ่ง คือ ไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งก็มีการใช้งานค่อนข้างยุ่งยากเพราะจำเป็นต้องมีการต่ออุปกรณ์ร่วมอื่นๆอีกมาก ทำให้มีการพัฒนานำเอาระบบอุปกรณ์ที่จำเป็นเช่น หน่วยความจำ พอร์ตต่างๆ ฯลฯ มารวมไว้ในชิพตัวเดียวกันกับไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งเราเรียกว่าไมโครโปรเซสเซอร์นั่นเอง

2.2.1 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรมและขาใช้งานพื้นฐานเหมือนกัน โดยมีรายละเอียดขั้นต้นดังนี้

- ขาวีซีซี (Vcc) ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5 โวลท์
- ขาจีเอ็นดี(GND) เป็นขากราวด์ สำหรับต่อกราวด์ของระบบ
- ขาพอร์ต 0 (P0.0 - P0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (Float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0 – A7) และขาข้อมูล (D0 – D7) โดยใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานเป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรสและขาข้อมูล

- ขาพอร์ต 1 (P1.0 – P1.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" เข้าไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย
- ขาพอร์ต 2 (P2.0 – P2.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" เข้าไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8 – A15)
- ขาพอร์ต 3 (P3.0 – P3.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" เข้าไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่การใช้งานพิเศษ ดังมีรายละเอียดขั้นต้นต่อไปนี้

  P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RxD

  P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD

  P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา $\overline{\text{INT0}}$

  P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง1 หรือขา $\overline{\text{INT1}}$

  P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา T0

  P3.5 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง1หรือขาT1

  P3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ $\overline{\text{WR}}$ ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

  P3.7 ใช้เป็นขาสัญญาณ $\overline{\text{RD}}$ ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก
- ขารีเซต (Reset) ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดนในการป้อนสัญญาณเพื่อ รีเซตสถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 แมชีนไซเกิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างเป็นปกติ
- ขา ALE/PROG (Address Latch Enable / Program Pulse Input) เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตช์ของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนั้นขานี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

45729

ยังใช้เป็นขาสำหรับรับพัลส์ของการโปรแกรมสำหรับโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบ EPROM

- ขา PSEN (Program Store Enable) ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ตัว ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้ง ในแต่ละแมชีนไซเกิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณใด ๆ ออกมา
- ขา EA/Vpp (External Access Enable / Programming Voltage Input) ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าหากขานี้เป็น "0" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แต่ถ้าหากขานี้เป็น "1" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ติดต่อกับหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ขานี้ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับแรงดันไฟสูงสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51 แบบแฟลชต้องการแรงดันสำหรับการโปรแกรม +12 V.
- ขา XTAL1 และ XTAL2 เป็นขาสำหรับต่อคริสตอลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2.2 หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory)

หน่วยความจำโปรแกรมใช้เก็บข้อมูลของโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์หรือที่เรียกว่า "โปรแกรมมอนิเตอร์" หากใช้หน่วยความจำภายนอก มักบรรจุอยู่ในหน่วยความจำชนิด EPROM ซึ่งสามารถทำการอ่านได้เพียงอย่างเดียว

หน่วยความจำโปรแกรมมีแอดเดรสเริ่มต้นที่ 0000H เมื่อซีพียูได้รับการรีเซตให้เริ่มต้นการทำงาน จะต้องมาเริ่มต้นที่แอดเดรส 0000H นี่เสมอ อย่างไรก็ตามในพื้นที่ของหน่วยความจำโปรแกรมไม่ว่าจะใช้งานจากภายในหรือภายนอกก็ตาม ต้องมีการสงวนพื้นที่บางตำแหน่งเอาไว้สำหรับการบริการอินเตอร์รัปต์ 6 ประเภท ประเภทละ 8 ไบต์ ประกอบด้วย

- พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์ 0 จากภายนอก กำหนดไว้ที่แอดเดรส 0003H
- พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์จากไทเมอร์ 0 กำหนดไว้ที่แอดเดรส 000BH
- พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์ 1 จากภายนอก กำหนดไว้ที่แอดเดรส 0013H
- พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์ 0 จากไทเมอร์ 1 กำหนดไว้ที่แอดเดรส 001BH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์ของการสื่อสารอนุกรม กำหนดไว้ที่แอดเดรส 0023H
- พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์จากไทเมอร์ 2 กำหนดไว้ที่แอดเดรส 002BH

2.2.3 หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory)

มีด้วยกัน 2 แบบคือ หน่วยความจำข้อมูลภายนอกและภายใน โดยไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89 สามารถติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้สูงสุด 64 กิโลไบต์ โดยการใช้คำสั่ง MOVX ในการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก การติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51 แบบแฟลชนี้จะเห็นได้ว่ามีลักษณะคล้ายคลึงกับการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แตกต่างกันที่มีสัญญาณที่ใช้สำหรับอ่านและเขียนหน่วยความจำข้อมูลภายนอก นั่นคือ ขา $\overline{RD}$ และ $\overline{WR}$

ในเบอร์ AT89C51 มีหน่วยความจำข้อมูลภายในขนาด 128 ไบต์ ในขณะที่เบอร์ AT89C52 มีขนาด 256 ไบต์ สำหรับการจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลภายในแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ หน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง (Lower), ส่วนบน (Upper) และรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (SFR: Special Function Register) แต่ละส่วนมีขนาด 128 ไบต์

จะเห็นได้ว่าหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน และรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (SFR) มีตำแหน่งทับซ้อนกัน แต่จะใช้การติดต่อที่แตกต่างกัน และในไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51 บางเบอร์จะไม่มีหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน

ขนาดของหน่วยความจำข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51 แบบแฟลชโดยแท้จริงแล้วมีเพียง 256 ไบต์ แต่ด้วยการจัดการเข้าถึงที่แตกต่างกัน จึงดูเสมือนว่าไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส-51 แบบแฟลช มีหน่วยความจำข้อมูลภายในสูงถึง 384 ไบต์ โดยในหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่างขนาด 128 ไบต์ มีแอดเดรสอยู่ที่ 00H-7FH สามารถเข้าถึงได้โดยตรงและโดยอ้อม สำหรับหน่วยความจำข้อมูลส่วนบนมีขนาด 128 ไบต์เช่นกัน มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H-FFH สามารถเข้าถึงแบบโดยอ้อมเท่านั้น ในขณะที่รีจิสเตอร์ SFR มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H-FFH เช่นเดียวกับหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน แต่สำหรับรีจิสเตอร์ SFR ใช้การเข้าถึงแบบโดยตรง ดังนั้นเพื่อความสะดวกและง่ายตลอดจนป้องกันความสับสนในการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เริ่มต้น จึงควรใช้หน่วยความจำข้อมูลภายในเพียง 128 ไบต์จากหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่างร่วมกับรีจิสเตอร์ SFR

2.2.4 ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ (Timer/Counter)

ในเอ็มซีเอส-51 จะมีตัวจับเวลา/ตัวนับ ขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว คือ ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 และ 1 โดยแต่ละตัวจะสามารถที่กำหนดให้ทำงานเป็นตัวจับเวลาหรือตัวนับได้โดยการเซต หรือเคลียร์บิต $C/\overline{T}$ ที่ตัวรีจิสเตอร์ควบคุม TMOD ซึ่งอยู่ในกลุ่มรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ

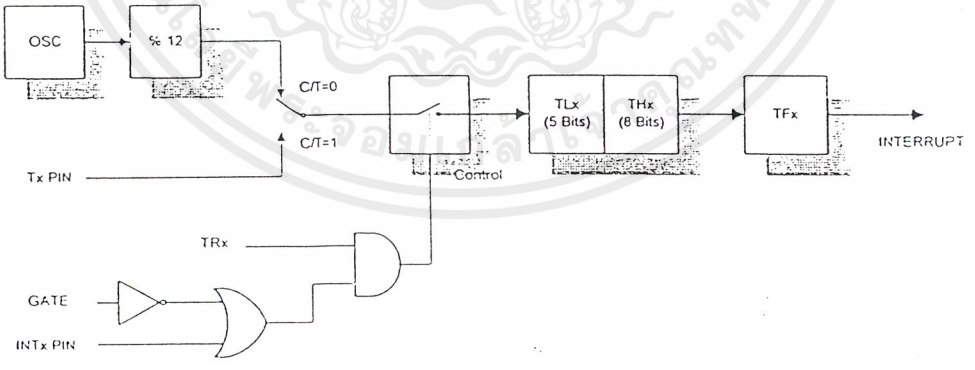
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการกำหนดให้ทำงานเป็นตัวจับเวลา ตัวรีจิสเตอร์ TH1 และ TL1 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเก็บจำนวนพัลซ์ที่เข้ามาจะเพิ่มค่าทุกๆแมชชีนไซเคิล โดยแต่ละแมชชีนไซเคิลจะประกอบด้วย 12 คาบออสซิลเลเตอร์ ดังนั้นอัตราการนับแต่ละครั้งจะใช้เวลาเท่ากับ 1/12 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ในงานอินเตอร์รัปต์

และถ้าให้ทำงานเป็นตัวนับ รีจิสเตอร์ตัวนับจะเพิ่มค่าทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะจาก " 1 " เป็น "0" ที่ขา T0 หรือ T1 โดยอัตราความถี่สูงสุดที่สามารถนับได้ต้องไม่เกิน 1/24 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์

ไทเมอร์/เคาน์เตอร์สามารถโปรแกรมให้มันทำงานได้ต่างกันถึง 4 โหมด โดยการตั้งค่าในรีจิสเตอร์ TMOD ซึ่งจะกล่าวถึงการทำงานของแต่ละโหมดดังนี้

โหมด 0 รีจิสเตอร์ตัวนับจะถูกกำหนดให้มี 13 บิต ประกอบด้วย รีจิสเตอร์ TH 8 บิตและ TL 5 บิตต่ำ ซึ่งสามารถกำหนดให้เป็นตัวจับเวลาหรือตัวนับได้โดยเซตหรือเคลียร์ที่บิต $C/\overline{T}$ ในรีจิสเตอร์ TMOD การทำงานของรีจิสเตอร์ตัวนับจะนับครั้งละ 1 เมื่อมีสัญญาณเข้ามา 1 ลูก และเมื่อนับจนเป็น "1" หมดทุกบิต ก็จะกลับมาเป็น "0" หมดทุกบิตใหม่ ซึ่งจะเป็นการเกิดโอเวอร์โฟลว์ไปทดแฟลกอินเตอร์รัปต์ TF ให้เป็น "1" ลักษณะวงจรเป็นดังรูปที่ 2.15

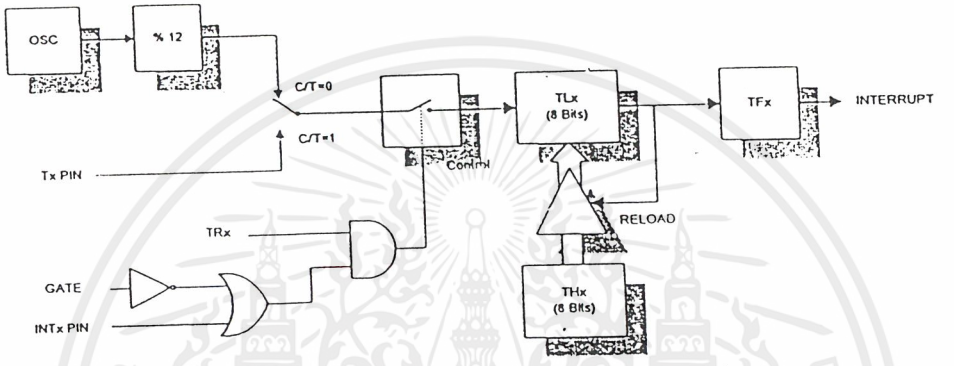


รูปที่ 2.15 แสดงวงจรไทเมอร์/เคาน์เตอร์1 โหมด 0

โหมด 1 การทำงานจะเหมือนกับโหมด 0 ทุกอย่างยกเว้นรีจิสเตอร์ตัวนับจะเป็นขนาด 16 บิต

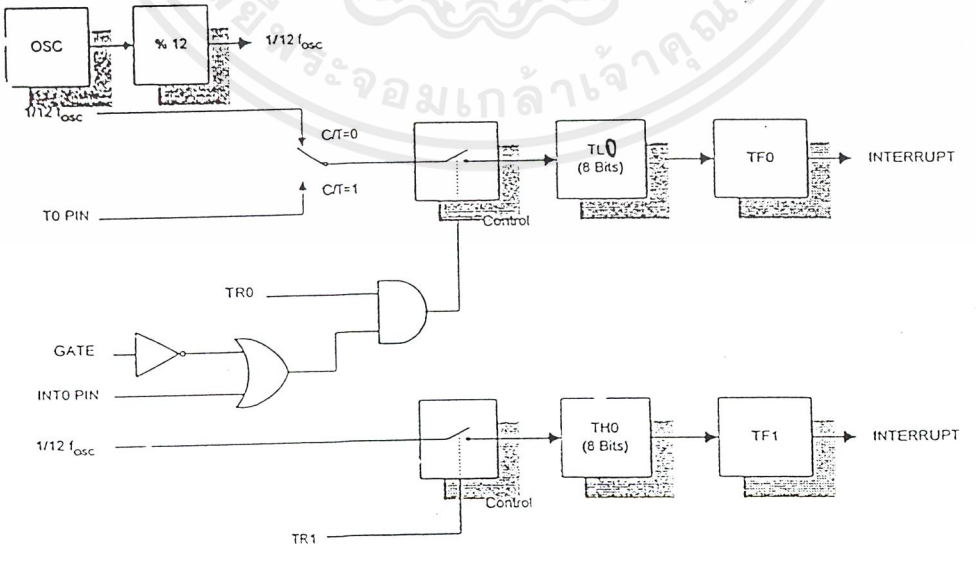
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมด 2 จะใช้รีจิสเตอร์ TL เป็นตัวนับเพียงตัวเดียวและเมื่อ TL นับจนเป็น "1" หมดทุกบิต ก็จะมีการโหลดค่าจากรีจิสเตอร์ TH เข้าไปไว้ใน TL โดยอัตโนมัติ และทำการทดแฟลกอินเตอร์รัปต์ TF ให้เป็น "1" ในค่า TH นี้เราสามารถตั้งค่าได้ด้วยซอฟต์แวร์ ลักษณะวงจรแสดงในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 แสดงวงจรไทเมอร์/เคาน์เตอร์1 โหมด 2

โหมด 3 เป็นการเพิ่มตัวจับเวลาขึ้นอีก 1 ตัวแต่จะเป็นขนาด 8 บิตทั้งคู่ ซึ่งลักษณะการทำงานอื่นๆจะเหมือนกับโหมด 0 การทำงานแสดงในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 แสดงวงจรไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 โหมด 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับรายละเอียดบิตควบคุมในรีจิสเตอร์ TMOD และ รีจิสเตอร์ TCON แสดงในตารางที่ 2.4 และตารางที่ 2.6 ตามลำดับ

ตัวจับเวลา/ตัวนับ 1				ตัวจับเวลา/ตัวนับ 2			
GATE	C/$\overline{T}$	M1	M0	GATE	C/$\overline{T}$	M1	M0

ตารางที่ 2.4 แสดงรายละเอียดบิตควบคุมในรีจิสเตอร์ TMOD

GATE : เซตเป็น “1” จะเป็นการเอ็นเอเบิล ตัวจับเวลา/ตัวนับให้ถูกควบคุมด้วยขา INT ต้องมีสถานะสูง และบิต TR ใน TCON ต้องเซตเป็น “1” จึงจะเริ่มทำงาน แต่ถ้า GATE เป็น “0” ตัวจับเวลา / ตัวนับจะถูกควบคุมให้เริ่มทำงานด้วยบิต TR เท่านั้น

C/$\overline{T}$: เป็นบิตควบคุมในการเลือกทำงานเป็นตัวจับเวลา หรือตัวนับ ถ้าเป็น “0” จะทำงานเป็นตัวจับเวลา ถ้าเป็น “1” ทำงานเป็นตัวนับ

M1, M0 : เป็นตัวเลือกโหมดการทำงานดังนั้น

M1	M0	โหมดการทำงาน
0	0	โหมด 0
0	1	โหมด 1
1	0	โหมด 2
1	1	โหมด 3

ตารางที่ 2.5 แสดงการเลือกโหมดการทำงานของรีจิสเตอร์ TMOD

TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

ตารางที่ 2.6 แสดงรายละเอียดบิตควบคุมในรีจิสเตอร์ TCON

TFx : เป็นแฟลกอินเตอร์รัปต์จะถูกเซตด้วยฮาร์ดแวร์ เมื่อเกิดโอเวอร์โฟลว์ของไทเมอร์ / เคาน์เตอร์ และจะเคลียร์ตัวเองโดยอัตโนมัติ เมื่อทำงานอินเตอร์รัปต์นั้นเสร็จเรียบร้อย

TRx : เป็นบิตควบคุมให้ตัวจับเวลา/ตัวนับเริ่มทำงานโดยการเซตให้เป็น “1” และให้หยุดทำงานด้วยการเคลียร์ให้เป็น “0” โดยซอฟต์แวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IEx : เป็นแฟลกอินเตอร์รัปต์จากสัญญาณภายนอก เซตด้วยฮาร์ดแวร์เมื่อมีสัญญาณขอการอินเตอร์รัพท์ปรากฏที่ขา INTx และจะเคลียร์ตัวเองโดยอัตโนมัติ เมื่อกระโดดไปทำงานบริการอินเตอร์รัปต์ที่ขอมาเรียบร้อยแล้ว

ITx : เป็นบิตควบคุมรูปแบบสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอก จะเซต/เคลียร์ด้วยซอฟต์แวร์ โดยถ้าเซตเป็น "1" จะถูกอินเตอร์รัปต์ด้วยสัญญาณขอบขาลงและถ้าเคลียร์เป็น "0" จะถูกอินเตอร์รัพท์ด้วยสัญญาณระดับแรงดันต่ำ

หมายเหตุ x หมายถึง เลข 0 หรือ เลข 1

2.2.5 พอร์ตอนุกรม (Serial Port)

เอ็มซีเอส-51จะมีพอร์ตอนุกรมเป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์ สามารถที่จะส่งและรับข้อมูลได้พร้อมกันเพราะมีบัฟเฟอร์ 2 ตัว ใช้ในการรับตัวหนึ่งและส่งตัวหนึ่ง โดยโครงสร้างของรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ทั้ง 2 ตัวนี้จะแยกกันแต่การติดต่อจะใช้ชื่อเดียวกันคือ SBUF พอร์ตอนุกรมของเอ็มซีเอส-51 สามารถที่จะโปรแกรมให้ทำงานได้แตกต่างกัน 4 โหมด

โหมด 0 ข้อมูลจะเข้าและออกทางขา RXD โดยการเลื่อนสัญญาณนาฬิกาออกที่ขา TXD ข้อมูลจะเป็น 8 บิต โดยจะส่งบิตนัยสำคัญต่ำ (LSB) ก่อน อัตราบ็อดจะคงที่ที่ 1/12 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์

โหมด 1 เป็นการรับ/ส่งข้อมูลขนาด 10 บิต โดยการส่งออกทางขา TXD และรับเข้าทางขา RXD รูปแบบบิตจะประกอบด้วย 1 บิตสตาร์ตเป็น "0", 8 บิตข้อมูล และ 1 สต็อปบิตเป็น "1" อัตราบ็อด (baud rate) แปรผันได้ตามการตั้งตัวจับเวลาตัวที่ 1 โดยมีสูตรดังนี้

$$\text{อัตราบ็อด} = \frac{(2^{SMOD}) * \text{ความถี่ออสซิลเลเตอร์}}{32 * 12 * (256 - TH_1)}$$

โหมด 2 เป็นการรับส่งข้อมูลขนาด 11 บิต เข้าทางขา RXD และส่งออกทางขา TXD ประกอบด้วยบิตสตาร์ตมีค่า "0", 9 บิตข้อมูล และ 1 บิตสต็อป โดยการรับข้อมูลบิตที่ 9 จะถูกนำมาเก็บที่บิต RB8 ใน SCON ส่วนการส่ง จะต้องใส่บิตที่ 9 ไว้ใน TB8 ของ SCON ก่อน อัตราบ็อดสามารถเลือกได้ 2 อัตรา คือ 1/32 หรือ 1/64 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ขึ้นอยู่กับการเซตบิต SMOD ในรีจิสเตอร์ SCON ซึ่งรายละเอียดของรีจิสเตอร์ SCON แสดงในตารางที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

ตารางที่ 2.7 แสดงรายละเอียดบิตควบคุมในรีจิสเตอร์ SCON

SM0, SM1 : เป็นตัวกำหนดโหมดการใช้งานของพอร์ตอนุกรมดังนี้

SM0	SM1	โหมด
0	0	0
0	1	1
1	0	2
1	1	3

ตารางที่ 2.8 แสดงตัวกำหนดการใช้งานพอร์ตอนุกรม

SM2: ควบคุมเอ็นเนเบิลการใช้โปรเซสเซอร์หลายตัวในการสื่อสารซึ่งกันและกันใน โหมด 2 และโหมด 3

REN: ตัวเอ็นเนเบิลอนุกรมการรับเมื่อเซตเป็น "1" และถ้าเป็น "0" เป็นการดิสเอเบิล

TB8: เป็นตัวเก็บข้อมูลบิตที่ 9 ที่จะส่งในโหมด 2 และ 3

RB8: เป็นตัวรับข้อมูลบิตที่ 9 ในโหมด 2 และ 3 ส่วนในโหมด 1 จะเป็นสต็อปบิต

TI: เป็นแฟลกอินเตอร์รัปต์การเซตด้วยฮาร์ดแวร์ที่ปลายช่วงของบิตที่ 8ในโหมด 0 หรือที่จุดเริ่มต้นของ บิตสต็อปในโหมดอื่น ในการส่งแบบอนุกรมของทุกโหมด จะต้องเคลียร์บิตนี้ด้วยโปรแกรมหลังการส่ง

RI: เป็นแฟลกอินเตอร์รัปต์การรับ เซตด้วยฮาร์ดแวร์ที่ปลายช่วงบิตที่ 8 ในโหมด 0 หรือจุดครึ่งของช่วง บิตสต็อปในโหมดอื่น ในการรับแบบอนุกรมจะต้องเคลียร์ บิตนี้ด้วยโปรแกรมหลังการรับทุกครั้ง

โหมด 3 จะเหมือนกับโหมด 2 ทุกอย่าง ยกเว้นอัตราบ็อดจะแปรผันตามการตั้งจับเวลาตาม โหมด 1 ซึ่งจะใช้สูตรเดียวกับโหมด 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6 การอินเตอร์รัปต์ (Interrupt)

ในระบบของเอ็มซีเอส-51จะอินเตอร์รัพท์ได้จาก 5 แหล่ง โดยสามารถตั้งระดับความสำคัญได้ 2 ระดับคือ ระดับสูงและระดับต่ำ

การอินเตอร์รัปต์ความสำคัญต่ำ สามารถที่จะถูกอินเตอร์รัปต์จากอินเตอร์รัปต์ตัวอื่นที่มีความสำคัญสูงได้ แต่ไม่สามารถที่จะอินเตอร์รัปต์จากอินเตอร์รัปต์ตัวอื่นที่มีระดับเดียวกันได้ แต่ถ้าเป็นการอินเตอร์รัปต์จากตัวที่มีความสำคัญสูงจะไม่สามารถถูกอินเตอร์รัปต์จากตัวอื่นได้เลย โดยเราสามารถตั้งระดับความสำคัญของแต่ละแหล่งอินเตอร์รัปต์ได้ที่รีจิสเตอร์ IP และถ้าในเหตุการณ์ที่มีการร้องขออินเตอร์รัปต์ในระดับความสำคัญเดียวกันพร้อมกัน ก็จะต้องมีการจัดระดับความสำคัญของแต่ละแหล่ง ดังตารางที่ 2.9

แหล่งการอินเตอร์รัปต์	ลำดับความสำคัญ
อินเตอร์รัปต์ 0 จากภายนอก	1
อินเตอร์รัปต์โอเวอร์โฟลว์ของตัวจับเวลา/ตัวนับที่ 0	2
อินเตอร์รัปต์ 1 จากภายนอก	3
อินเตอร์รัปต์โอเวอร์โฟลว์ของตัวจับเวลา/ตัวนับที่ 1	4
อินเตอร์รัปต์ของพอร์ตอนุกรม	5

ตารางที่ 2.9 แสดงการจัดระดับความ สำคัญของแต่ละแหล่ง

การถูกขัดจังหวะให้มาทำงานบริการอินเตอร์รัปต์แต่ละแหล่ง ก็จะต้องมีตำแหน่งที่จะกระโดดไปทำงานอย่างแน่นอน ในเอ็มซีเอส-51จะกำหนดตำแหน่งที่จะกระโดดไปทำงานเมื่อถูกอินเตอร์รัปต์ดังตารางที่ 2.10 ส่วนรายละเอียดบิตควบคุมของรีจิสเตอร์ IE แสดงในตารางที่ 2.11

แหล่งอินเตอร์รัปต์	ตำแหน่งที่อยู่ในการกระโดดทำงาน
อินเตอร์รัปต์ 0 จากภายนอก	0003H
อินเตอร์รัปต์โอเวอร์โฟลว์ของตัวจับเวลา/ตัวนับที่ 0	000BH
อินเตอร์รัปต์ 1 จากภายนอก	0013H
อินเตอร์รัปต์โอเวอร์โฟลว์ของตัวจับเวลา/ตัวนับที่ 1	001BH
อินเตอร์รัปต์ของพอร์ตอนุกรม	0023H

ตารางที่ 2.10 แสดงค่าตำแหน่งที่จะกระโดดไปทำงานเมื่อถูกอินเตอร์รัปต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EA	-	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

ตารางที่ 2.11 แสดงรายละเอียดบิตควบคุมของรีจิสเตอร์ IE

EA : ถ้า EA = 0 จะดิสเอเบิลการอินเตอร์รัปต์ทั้งหมด ถ้า EA = 1 จะสามารถอินเตอร์รัปต์ได้ โดยแต่ละแหล่งอินเตอร์รัปต์จะมีอิสระในการเซต/เคลียร์ให้เอ็นเอเบิลหรือดิสเอเบิลได้

ETx : จะเป็นบิตควบคุมการยอมรับอินเตอร์รัปต์โอเวอร์โฟลว์ของตัวจับเวลา / ตัวนับ x

ES : เป็นบิตควบคุมการยอมรับอินเตอร์รัปต์พอร์ตอนุกรม

EXx : เป็นบิตควบคุมการยอมรับอินเตอร์รัปต์จากภายนอกที่ขา INTx

หมายเหตุ โดยที่ทุกบิตถ้าเซตเป็น "1" จะยอมรับการอินเตอร์รัปต์ แต่ถ้าเป็น "0"จะไม่ตอบสนองต่อการอินเตอร์รัปต์

2.3 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS-232 ปืนมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง โดยมาตรฐาน RS-232 ในอดีตนั้นถูกออกแบบมาเพื่อการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียว เพื่อที่จะนำข้อมูลจากโมเด็มนี้สื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์อีกชุดซึ่งอยู่ห่างไกลกัน โดยคณะกรรมการที่เรียกว่า สมาคาอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industries Association: EIA) ได้วางมาตรฐานที่มีชื่อเรียกกันว่า EIA RS-232 มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเน็กเตอร์เป็นแบบ DB-25 โดยกำหนดความยาวสูงสุดของสายสัญญาณไว้ที่ 50 ฟุต มีระดับสัญญาณตั้งแต่ –3 ถึง –12 โวลท์แสดงว่ามีข้อมูล(Mark) และ +3 ถึง +12 โวลท์แสดงว่าเป็นช่องว่าง (Space)

มาตรฐาน RS-232 ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal Equipment: DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง(Data Circuit Terminating: DCE) ไว้ว่าอุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่ต้องมีการประมวลผลในตัว เช่นไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างบิตข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ DCE จะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น โดยการรับส่งระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะกระทำผ่านมาตรฐาน RS-232

สำหรับการใช้งานบนคอมพิวเตอร์ พอร์ตอนุกรม RS-232 มักถูกใช้เชื่อมต่อกับโมเด็มหรือเมาส์ โดยสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความยาวของสายสัญญาณสูงสุดถึง 20 เมตร

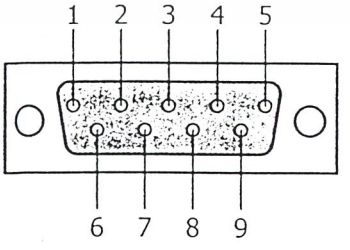
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232 จะใช้คอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 ตัวผู้ หรือคอนเน็กเตอร์แบบ DB-9 ตัวผู้ ซึ่งคอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 ตัวผู้จะมีขาต่อใช้งานเพียง 9 เส้นเช่นเดียวกับคอนเน็กเตอร์แบบ DB-9 เนื่องจากขาอื่นที่เคยใช้ในอดีต ปัจจุบันมีการใช้งานไม่มากนัก จึงถูกยกเลิกไป โดยแสดงรูปร่างและตำแหน่งขาในรูปที่ 2.19 และ 2.10

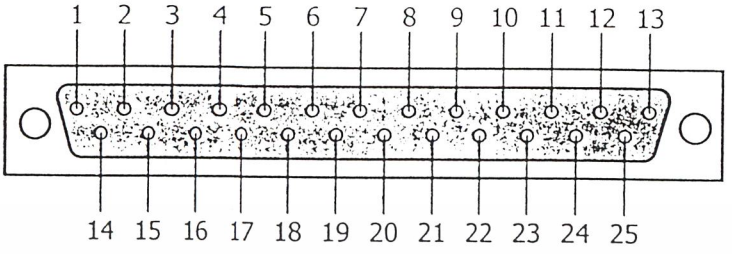
คอนเน็กเตอร์ DB-9	คอนเน็กเตอร์ DB-25	ชื่อของสายสัญญาณ	ชนิดของสายสัญญาณ
1	8	Data Carrier Detect:DCD	อินพุต
2	3	Received Data:RxD	อินพุต
3	2	Transmitted Data:TxD	เอาต์พุต
4	20	DataTerminalReady:DTR	เอาต์พุต
5	7	Single Ground:GND	-
6	6	Data Set Ready:DSR	อินพุต
7	4	Request To Sent:RTS	เอาต์พุต
8	5	Clear To Send:CTS	อินพุต
9	22	Ring Indicator:RI	อินพุต

ตารางที่ 2.12 การจัดขาของคอนเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 ทั้งแบบ DB-9 และแบบ DB-25



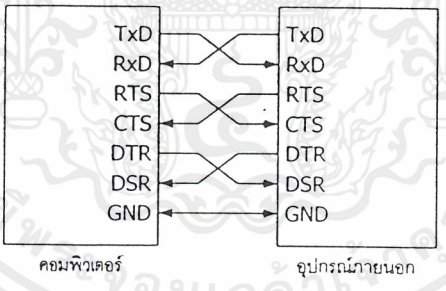
รูปที่ 2.18 คอนเน็กเตอร์อนุกรม 9 ขา หรือแบบ DB-9 (มองจากทางหลังคอมพิวเตอร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

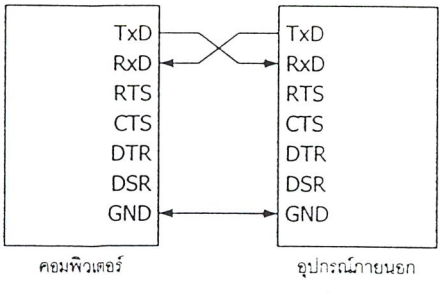


รูปที่ 2.19 คอนเน็กเตอร์อนุกรม 25 ขา หรือแบบ DB-25 (มองจากทางหลังคอมพิวเตอร์)

สำหรับการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกแสดงดังในรูปที่ 2.20 และ 2.21 ลูกศรในรูปแสดงถึงทิศทางของข้อมูล ในรูปที่ 2.20 เป็นการเชื่อมต่อแบบ Null Modem หรือการเชื่อมต่อโดยตรงโดยไม่ผ่านโมเด็ม โดยมีการตรวจสอบหรือแฮนด์เช็กเต็มรูปแบบ ส่วนในรูปที่ 2.21 เป็นการเชื่อมต่อแบบNull Modem ในลักษณะที่ใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้นโดยเส้นหนึ่งสำหรับส่งข้อมูล อีกเส้นสำหรับรับข้อมูล และเส้นสุดท้ายเป็นกราวน์



รูปที่ 2.20 การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ Null Modem



รูปที่ 2.21 การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ RS-232
โดยใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การใช้งานแอลซีดีโมดูล (LCD Module)

2.4.1 ขาสัญญาณของแอลซีดีโมดูล

PIN	SYMBOL	LEVEL	FUNCTION
1	Vss	-	0 V GND
2	Vcc	-	+5 V Power Supply
3	Vee	-	+V For Liquid Crystal Drive
4	RS	H/L	Register Select H: Data Input L: Instruction Input
5	R/W	H/L	H: Data Read L: Data Write
6	E	H	Enable Signal (L->H)
7	DB 0	H/L	Data Bus Bit 0
8	DB 1	H/L	Data Bus Bit 1
9	DB 2	H/L	Data Bus Bit 2
10	DB 3	H/L	Data Bus Bit 3
11	DB 4	H/L	Data Bus Bit 4
12	DB 5	H/L	Data Bus Bit 5
13	DB 6	H/L	Data Bus Bit 6
14	DB 7	H/L	Data Bus Bit 7

ตารางที่ 2.13 แสดงขาสัญญาณของ แอลซีดีโมดูล

2.4.2 การต่อเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

แอลซีดีโมดูลจะต่อเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ 2 ลักษณะดังได้กล่าวไปแล้ว ซึ่งทั้งสองแบบนี้จะมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป โดยแต่ละแบบจะมีหลักการดังนี้

การต่อแบบ Memory map

1. สามารถต่อเข้ากับชิพเบอร์ทั่วๆไปได้ เช่น 8051 หรือ z80 โดยจะทำให้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์มองเห็นแอลซีดีโมดูลในลักษณะของหน่วยความจำได้ทันที

2. ผู้ใช้สามารถเขียนและอ่านข้อมูลจากแอลซีดีโมดูลได้ ทำให้มองเสมือนว่าเป็นบัฟเฟอร์ของหน่วยความจำไปในตัว

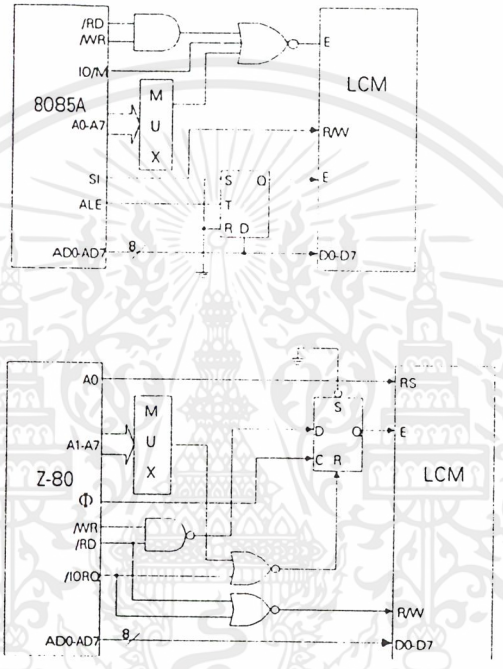
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เนื่องจากสามารถ อ่านข้อมูลกลับได้ จึงทำให้สามารถตรวจสอบแฟลกความพร้อมในขณะที่แอลซีดีโมดูลกำลังทำงานได้

4. ใช้ได้กับบอร์ดที่มีแอลซีดีบัสมาให้พร้อมเท่านั้น

5. ทำให้กินพื้นที่ของหน่วยความจำไปส่วนหนึ่ง และต้องมีการถอดรหัสละเอียดพอสมควร

6. การจัดขาสัญญาณจะต้องเป็นไปตามแบบของชิพ



รูปที่ 2.22 แสดงการต่อแอลซีดีโมดูลแบบ Memory Map

การต่อแบบ I/O พอร์ต

1. สามารถต่อเข้ากับ I/O พอร์ตใดๆก็ได้ โดยใช้สายสัญญาณจำนวน 11 เส้น และใช้โปรแกรมเป็นตัวสร้างสัญญาณขึ้นมา ให้ตรงกับข้อกำหนดของแอลซีดีโมดูล

2. ผู้ใช้จะเขียนข้อมูลให้แอลซีดีโมดูลได้อย่างเดียว ซึ่งผู้ใช้ควรจะกำหนดหน่วยความจำส่วนหนึ่งให้เสมือนบัฟเฟอร์ให้กับ แอลซีดีโมดูล

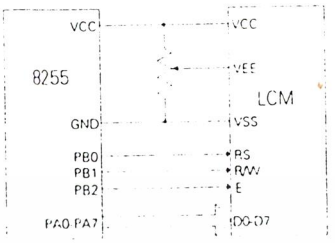
3. เนื่องจากไม่สามารถอ่านข้อมูลกลับได้ จึงต้องใช้การหน่วงเวลาของระบบเอง เพื่อรอให้แอลซีดีโมดูลกระทำกระบวนการต่างๆ

4. ใช้ได้กับบอร์ดทั่วๆไปที่มีพอร์ต

5. ไม่เปลืองส่วนของหน่วยความจำในการใช้งาน

6. การจัดขาสัญญาณกระทำได้อย่างอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 การต่อแอลซีดีโมดูลแบบ I/O พอร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

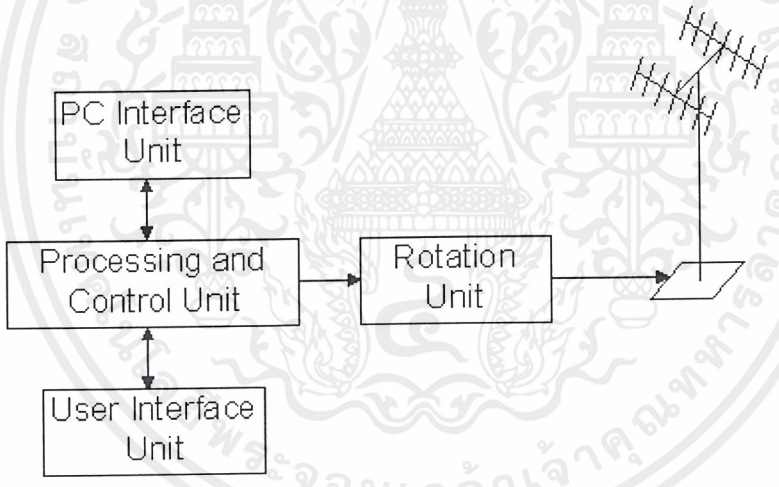
บทที่ 3

โครงสร้างและการออกแบบระบบ

3.1 การออกแบบระบบในส่วนฮาร์ดแวร์ (Hardware)

โครงงานระบบควบคุมตำแหน่งสายอากาศแบบทิศทางนี้ในการออกแบบชิ้นงานได้แบ่งโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ (Hardware) ออกเป็น 4 ส่วนดังต่อไปนี้

1. ส่วนควบคุมและประมวลผล (Processing and Control Unit)
2. ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface Unit)
3. ส่วนการหมุนสายอากาศ (Rotation Unit)
4. ส่วนติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ (PC Interface Unit)



รูปที่ 3.1 แสดงองค์ประกอบต่างๆ ของโครงงาน

3.1.1 ส่วนประมวลผลและการควบคุม (Processing and Control Unit)

ส่วนประมวลผลและการควบคุม (Processing and Control Unit) นั้นเราได้เลือกคอนโทรลเลอร์บอร์ด(Controller Board) แบบกึ่งสำเร็จรูปของบริษัท อีทีที จำกัด (ETT.CO.,LTD.) รุ่น CP-SB31 มาใช้งานซึ่งมีโครงสร้างทางกายภาพดังต่อไปนี้

ลักษณะของบอร์ด PC-SB31

ซีพียู (CPU) - 8031,8032,8052,8751

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำ(MEMORY)- มี ซอกเก็ต (Socket) ขนาด 28 ขา(Pin) 2 ตัว สามารถใส่หน่วยความจำได้สูงสุด 96 กิโลไบต์ (KB)

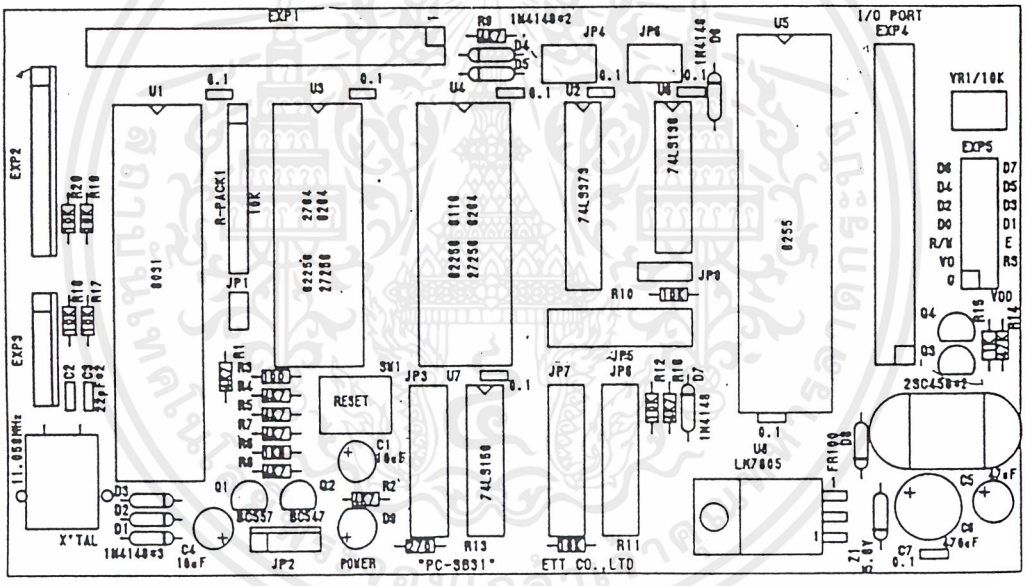
อุปกรณ์ภายนอก(I/O) - 8 x 3 บิต INPUT/OUTPUT (8255)

- 8 x 1 บิต INPUT/OUTPUT (PORT 1)

- 1 SERIAL PORT (RS 232)

POWER - 10 VDC JACK

- 5 VDC (REGULATE) ON BOARD



รูปที่ 3.2 แสดงตำแหน่งต่างๆ ของอุปกรณ์บนคอนโทรลเลอร์บอร์ดรุ่น CP SB-31

จากคุณสมบัติทางกายภาพของบอร์ดรุ่น CP SB-31 ที่กล่าวมาแล้วนั้น จะเห็นว่ามีคุณสมบัติที่สนับสนุนการการทำงานที่ใช้ได้อย่างเหมาะสมกับชิ้นงานนี้ดังต่อไปนี้

1. ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูลเอ็มซีเอส-51 (MCS-51) ซึ่งมีราคาถูก ใช้งานได้ง่ายมีขีดจำกัดความสามารถเพียงพอที่จะนำมาใช้ในงาน นี้โดยเฉพาะความสามารถในส่วนของการทำการติดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านทาง พอร์ตอนุกรมทางพอร์ตอนุกรม (Serial Interface) โดยในที่นี้เราจะเลือกไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูลเอ็มซีเอส-51 (MCS-51) เบอร์ 8031 ของบริษัท Intel มาใช้เป็นตัวคอนโทรลเลอร์ของระบบ

2. ตามคุณสมบัติของ CP SB-31 ถ้าไม่มีการต่ออุปกรณ์เพิ่มจะสามารถมีหน่วยความจำได้สูงสุดถึง 96 กิโลไบต์ (KB) เราจะใช้คุณสมบัตินี้ในการสร้างพื้นที่หน่วยความจำโดยแบ่งเป็นส่วนของหน่วยความจำโปรแกรมและส่วนของหน่วยความจำข้อมูล เนื่องจากการที่เรามีส่วนที่ต้องติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ (PC Interface Unit) ในการส่งข้อมูลระหว่างชิ้นงานกับเครื่องคอมพิวเตอร์ จึงจำเป็นจะต้องมีที่พักสำหรับข้อมูลเหล่านั้นโดยในที่นี้เราได้ติดตั้งหน่วยความจำเพื่อเป็นหน่วยความจำโปรแกรมโปรแกรมด้วย Rom ขนาด 32 กิโลไบต์ (KB) และหน่วยความจำสำหรับเป็นหน่วยความจำข้อมูลด้วย Ram ขนาด 8 กิโลไบต์ (KB) ซึ่งในอนาคตยังสามารถที่จะขยายขนาดของพื้นที่หน่วยความจำได้อีก

3. มีพอร์ตอนุกรม (Serial port (RS-232)) ให้1 พอร์ตซึ่งสามารถนำมาใช้ในการส่งข้อมูลระหว่างชิ้นงานกับเครื่องคอมพิวเตอร์

4. มีพอร์ตสำหรับแอลซีดีโมดูล (LCD Module) โดยเฉพาะไม่ต้องไปแบ่งอินพุต/เอาท์พุตพอร์ตมาใช้ ซึ่งทำให้เราสะดวกในการติดตั้งใช้งานแอลซีดีโมดูล สำหรับใช้เป็นส่วนแสดงผลของส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface Unit)

5. มีอินพุต/เอาท์พุตพอร์ตให้ใช้ได้ 4 พอร์ต เนื่องจากบน CP SB-31 มีการต่อใช้งาน IC-8255 ซึ่งเป็นตัวขยายอินพุต/เอาท์พุตพอร์ตให้ระบบ ทำให้เรามีอินพุต/เอาท์พุตพอร์ตเพิ่มขึ้น โดย IC-8255 จะต่ออยู่กับพอร์ต 2 ของ 8031 อีกทั้งเรายังมีพอร์ต 1 ของ 8031 เหลืออีก 1 พอร์ตด้วย ซึ่งเราจะใช้งานอินพุต/เอาท์พุต พอร์ตในการติดต่อกับส่วนการหมุนสายอากาศ (Rotation Unit) และส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface Unit)

3.1.2 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface Unit)

ในส่วนติดต่อกับผู้ใช้ เราได้ออกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. ส่วนแสดงผล (Display)

2. คีย์แพด

ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.2.1 ส่วนแสดงผล (Display)

ในส่วนนี้เราได้เลือกใช้หน้าจอแสดงผลเป็นจอแอลซีดี (LCD Display) แบบดอทเมตริกซ์(Dot Matrix) ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

1. แสดงตัวอักษรด้วย ดอทเมตริกซ์ขนาด 5*8 dot/character

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สามารถต่อเข้ากับระบบไมโครโปรเซสเซอร์ได้โดยขาสัญญาณทั้งหมด 14 ขา

3. การใช้งานง่ายและสะดวก ระบบไมโครโปรเซสเซอร์เพียงแค่ส่งข้อมูลให้กับจอแอลซีดีเท่านั้นข้อความก็จะปรากฏบนแผงแสดง และจะค้างไว้ตลอดทำให้ไม่ต้องเสียเวลาของระบบ

4. มีคำสั่งพิเศษสำหรับอำนวยความสะดวกมากมาย เช่น Clear Display, Cursor at Home, Display Shift, Display ON/OFF เป็นต้น

5. สามารถแสดงผลเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษและตัวเลขได้ 160 ตัวและสัญลักษณ์พิเศษอีก 32 ตัว รวมทั้งสามารถกำหนดอักษรที่ออกแบบเองได้อีก 8 ตัว

6. กินกระแสน้อยและมีน้ำหนักเบา รวมทั้งทำงานได้ด้วยไฟเลี้ยงระดับ 5 โวลท์เท่านั้น

โดยที่เราออกแบบการติดต่อและควบคุมจอแอลซีดีผ่านทางพอร์ตสำหรับติดต่อและควบคุมจอแอลซีดีที่มีอยู่แล้วบน CP-SB31 โดยจะต่อจอแอลซีดีเข้าทาง EXP5 ซึ่ง EXP5 ถูกดีโคด (Decode) ไว้ที่พอร์ตหมายเลขดังนี้

- F0C0H = พอร์ตเกี่ยวกับการเขียนคำสั่งไปยัง LCD (RS=0,R/W=0)
- F0C1H = พอร์ตอ่าน BUSY FLAG และแอดเดรสของ CURSOR (RS=0,R/W=1)
- F0C2H = พอร์ตเขียนข้อมูลไปยัง DDRAM หรือ CGRAM (RS=1,R/W=0)
- F0C3H = พอร์ตอ่านข้อมูลจาก DDRAM หรือ CGRAM (RS=1,R/W=1)

3.1.2.2 คีย์แพด(Keypad)

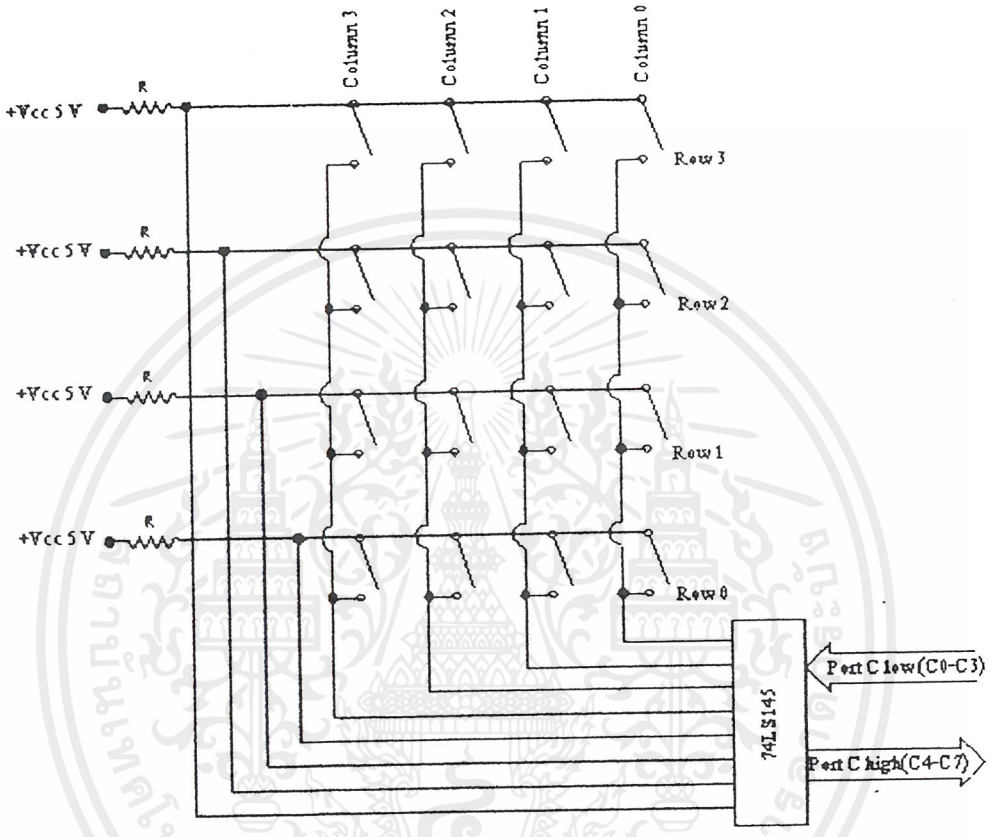
เป็นส่วนที่ทำหน้าที่รับอินพุทจากผู้ใช้เข้ามาให้กับระบบ ในที่นี้เราเลือกใช้สวิทช์แบบเมตริกซ์สวิทช์ หรือคีย์แพดขนาด 4 x 4

โดยที่เราได้ออกแบบการต่อ คีย์แพด เข้ากับ บอร์ด CP SB-31 โดยต่อผ่านทางพอร์ตซี (Port C) ของ 8255 เนื่องจากพอร์ตซีของ 8255 มีคุณสมบัติที่สามารถจะแบ่งออกเป็น 4 บิต 2 ชุดในการทำงานได้ โดยเรากำหนดให้พอร์ตซีล่าง เป็นพอร์ตที่ทำหน้าที่สแกนคอลัมน์ (column) และให้พอร์ตซีบนทำหน้าที่รับค่าแถว(row) เข้ามาตรวจสอบที่ ไมโครคอนโทรลเลอร์

การตรวจสอบการรับ อินพุท จาก คีย์แพด ได้จาก โปรแกรม ที่เราเขียนขึ้น โดยใช้วิธีการสแกนคีย์ (Scan key) แบบ XY เมตริกซ์กล่าวคือ การที่เราทำการต่อสวิทช์ แบบเมตริกซ์จะทำให้สวิทช์แต่ละตัวเกิดค่าแถวกับหลักของตัวเองเกิดขึ้น เราจะทำการส่งค่า "0" ออกมาให้กับหลักทีละหลัก ในขณะเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันก็ทำการตรวจสอบว่ามีแถวใดเป็น "0" หรือไม่ ถ้ามีค่า "0" เกิดขึ้นแสดงว่าที่คีย์ที่มีค่าแถวและหลักที่เราพบนั้นถูกกดก็ไปทำการถอดรหัสต่อไปว่าเป็นคีย์ใดและต้องทำอะไร

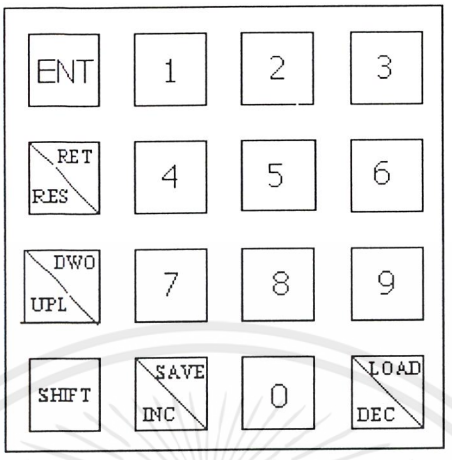


รูปที่ 3.3 แสดงการติดต่อระหว่างคีย์แพดกับบอร์ด CP SB-31

สำหรับคีย์ต่างๆ ที่ปรากฏบนคีย์แพดมีดังต่อไปนี้

1. ตัวเลข (Numeric Key) 0 - 9
2. ฟังก์ชัน (Function Key)
   - Enter (ENT)
   - Reset or Return Home (RES/RET)
   - Shift (SHF)
   - Increase or Save (INC / SAVE)
   - Decrease or Load (DEC / LOAD)
   - Upload or Download (UPL / DWO)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

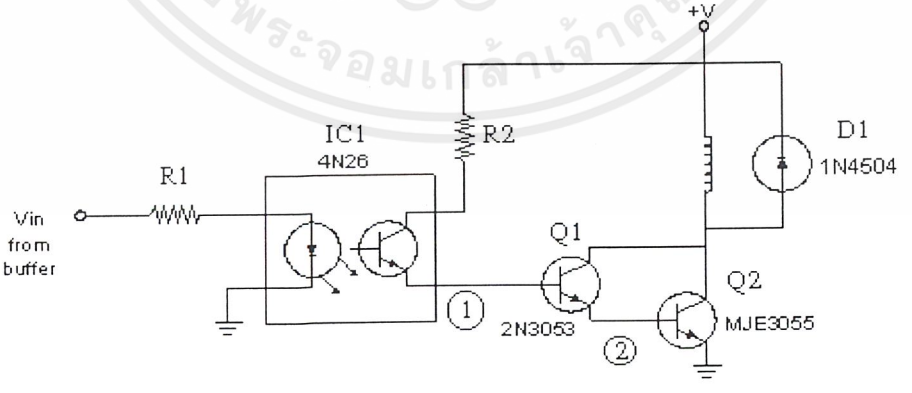


รูปที่ 3.4 แสดงตำแหน่งคีย์ต่างๆ บนคีย์แพด

3.1.3 ส่วนการหมุนสายอากาศ (Rotation Unit)

ในการหมุนสายอากาศเราจะใช้สเตปปิ้งมอเตอร์แบบไฮบริดจ์มาใช้งานเนื่องจากระบบของเราเป็นระบบที่ต้องการความถูกต้องของตำแหน่งในระดับ 1 องศา และไม่ต้องการความเรียบ (Smooth) ในการหมุนมากนักและต้องการควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ง่ายคือสามารถควบคุมด้วยสัญญาณ ดิจิตอลได้ง่าย

ในการออกแบบขับสเตปปิ้งมอเตอร์ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือขดลวดของสเตปปิ้งมอเตอร์ต้องการกระแสและแรงดันเท่าไร เพื่อที่จะทำให้สเตปปิ้งมอเตอร์สามารถทำงานได้ การออกแบบวงจรใช้หลักการการเปิด-ปิดกระแสผ่านขดลวดสเตปปิ้งมอเตอร์ ดังแสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงวงจรขับสำหรับสเตปปิ้งมอเตอร์ 1 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปเมื่อสัญญาณควบคุมเป็น High เอาท์พุทที่จุด 1 จะเป็น High ซึ่งจะทำให้ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ได้รับการไบอัสจึงมีกระแสคอลเลคเตอร์ (I_{C1})และทรานซิสเตอร์ Q2 ได้รับการไบอัสที่ขาเบสที่จุด 2 ทรานซิสเตอร์ Q2 จึงนำกระแสทำให้มีกระแสไหลผ่านขดลวดของสเตปปิ้งมอเตอร์ ซึ่งทรานซิสเตอร์ Q2 ทำหน้าที่เสมือนเป็นสวิทช์เปิด-ปิดเพื่อทำให้มีกระแสไหลผ่านขดลวดสเตปปิ้งมอเตอร์

เมื่อสัญญาณควบคุมเป็น Low เอาท์พุทที่จุด 1 จะเป็น Low ซึ่งจะทำให้ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 เป็น 0 ทรานซิสเตอร์ Q1 จึงไม่มีการนำกระแสซึ่งเป็นผลให้ทรานซิสเตอร์ Q2 ไม่นำกระแสด้วยและส่งผลให้ไม่มีกระแสไหลผ่านขดลวดของสเตปปิ้งมอเตอร์ด้วย

หลักสำคัญในการออกแบบวงจรขับสเตปปิ้งมอเตอร์

1. แรงดันคอลเลคเตอร์-อีมิตเตอร์ (V_{CC})

เป็นแรงดันสูงสุดระหว่างขาคอลเลคเตอร์กับอีมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์แต่ในการใช้งานจริงแล้วจะไม่ใช้แรงดันของแหล่งจ่ายสูงกว่าค่า V_{CC} เนื่องจากคุณสมบัติของขดลวด เมื่อตัดกระแสที่จ่ายเข้าจะเกิดแรงดันย้อนกลับ (Back EMF) จากเหตุผลนี้เองจึงต้องมีการต่อไดโอดขนานกับขดลวดเพื่อบายพาสกระแสที่เกิดจากแรงดันย้อนกลับ (Back EMF) เมื่อต่อไดโอดเข้าในวงจรแรงดันคอลเลคเตอร์จะมีค่าเป็น V1+V2

โดยที่ V1 คือแรงดันแหล่งจ่าย

V2 คือแรงดันฟอร์เวิร์ดของไดโอด

ดังนั้นในการออกแบบใช้งานจริงควรจะเลือกใช้ทรานซิสเตอร์ที่มีค่า V_{CC} ตั้งแต่ 2 เท่าของแรงดันแหล่งจ่ายไฟ (V1) จึงจะไม่มีปัญหา

2. กระแสคอลเลคเตอร์(I_C)

กระแสที่ไหลผ่านขดลวดนั้นจะต้องไม่เกินค่ากระแสคอลเลคเตอร์สูงสุดของทรานซิสเตอร์

3. แรงดันอิ่มตัวของทรานซิสเตอร์-อีมิตเตอร์ (V_{CC}(Sat))

V_{CC}(Sat) ของทรานซิสเตอร์จะเป็นแรงดันตกคร่อมระหว่างคอลเลคเตอร์กับอีมิตเตอร์เมื่อทรานซิสเตอร์ "ON" เต็มที่ซึ่งถ้าค่า V_{CC}(Sat) มีค่าน้อย ประสิทธิภาพในการขับขดลวดจะดี

4. ค่าสูญเสียของทรานซิสเตอร์(P_C)

เป็นค่ากำลังงานสูญเสียของทรานซิสเตอร์ซึ่งมีค่าเท่ากับ V_{CC}(Sat) * I_C ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อ V_{CC} (Sat) มีค่ายิ่งต่ำค่าสูญเสียก็ยิ่งน้อย และถ้าใช้งานทรานซิสเตอร์ให้มีค่า P_C สูงกว่าค่าที่กำหนดจะทำให้ทรานซิสเตอร์ชำรุดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากหลักการที่กล่าวมาแล้วนั้นจะออกแบบได้วงจรขับที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

- IC1 เป็น OPTOISOLATORS ซึ่งจะประกอบด้วย โฟโต้ไดโอดและโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ทำหน้าที่ในการส่งผ่านค่าแรงดันไฟฟ้าโดยอาศัยหลักการการแปลงพลังงานทางไฟฟ้าไปเป็นพลังงานแสงแล้วส่งผ่านไปเพื่อแปลงกลับมาเป็นพลังงานทางไฟฟ้าอีกครั้ง

- Q1 และ Q2 เป็นทรานซิสเตอร์ที่ต่อในลักษณะเป็นแบบดาร์ลิงตัน

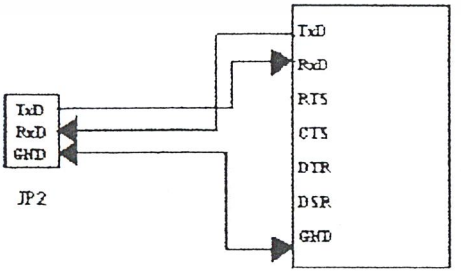
- D1 เป็นไดโอดที่ต่อเพื่อป้องกันแรงดันย้อนกลับ (Back EMF) ป้องกันไม่ให้ทรานซิสเตอร์เสียหาย ซึ่งไดโอดนี้จะต้องทนกระแสได้ไม่น้อยกว่า 2 เท่าของกระแสที่ใช้กับขดลวดสเตปปิ้งมอเตอร์

ดังนั้นจำนวนอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรขับทั้งหมดมีดังนี้

R1	ใช้ 150 Ω	4 ตัว
R2	ใช้ 1KΩ	4 ตัว
D1	ใช้ 1N5404	4 ตัว
IC1	ใช้ 4N26	4 ตัว
Q1	ใช้ 2N3053	4 ตัว
Q2	ใช้ MJE 3055	4 ตัว

3.1.4 ส่วนติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ (PC Interface Unit)

ในส่วนนี้จะถูกสร้างขึ้นเพื่อทำหน้าที่ในการ ถ่ายโอนข้อมูลตำแหน่งของสายอากาศระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับชุดควบคุม และยังช่วยให้ผู้ใช้สามารถเก็บฐานข้อมูลต่างๆเกี่ยวกับตำแหน่งของคู่สถานี โดยในการออกแบบในส่วนนี้เราได้นำโปรแกรมวิชวลเบสิค (Visual Basic) มาช่วยในการสร้างโปรแกรมฐานข้อมูลและใช้การส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ทอนุกรม (RS-232) ในการถ่ายโอนข้อมูลระหว่างระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับชุดควบคุม โดยมีการใช้คอนเน็กเตอร์อนุกรมแบบ 9 ขา (DB-9) ในการเชื่อมต่อกับบอร์ด CP SB-31 โดยมีลักษณะการเชื่อมต่อโดยใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3. 6 การเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด CP SB-31 กับเครื่องคอมพิวเตอร์

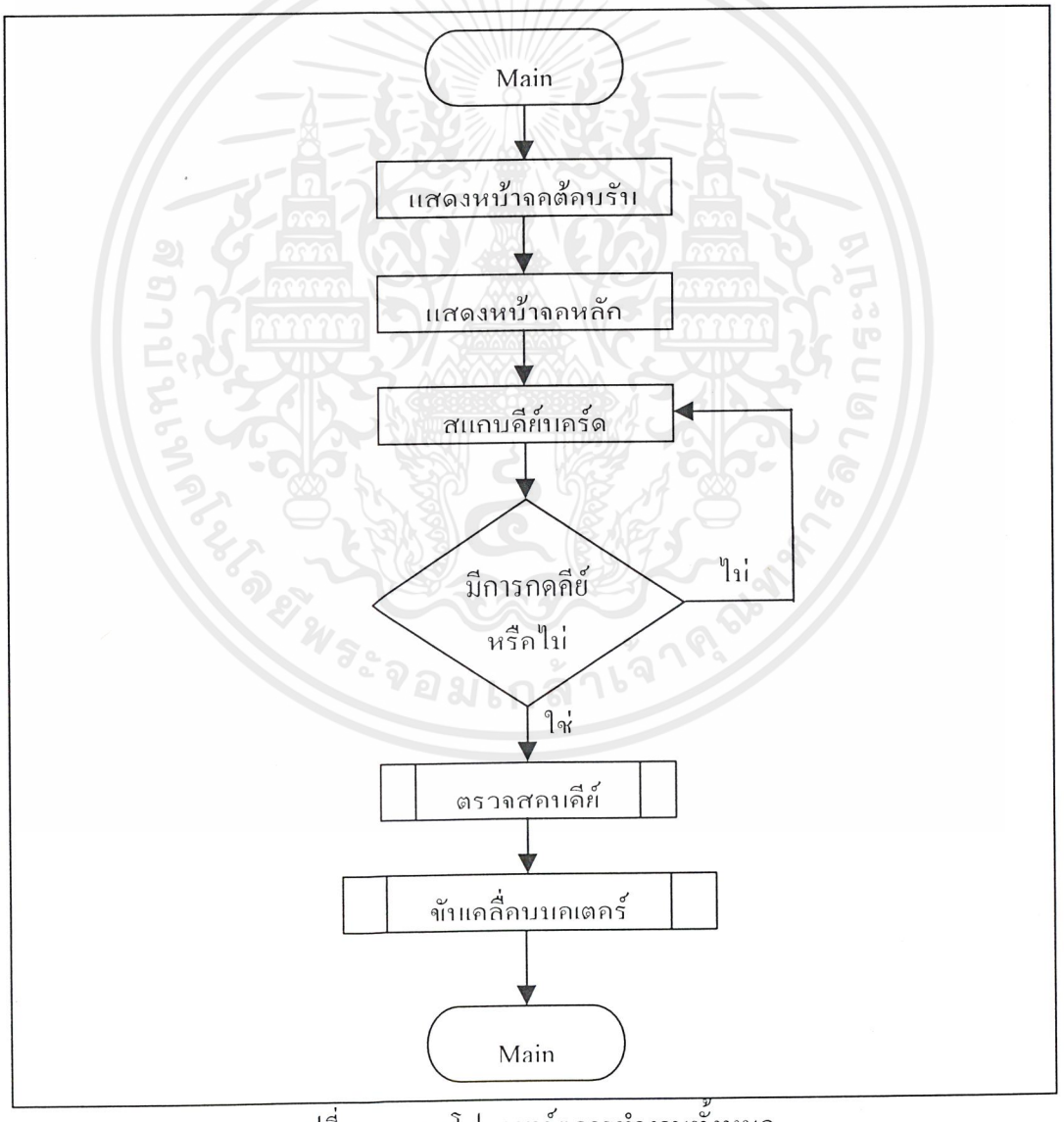
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับรายละเอียดของโปรแกรมฐานข้อมูลบนเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นจะแบ่งออกเป็นฟังก์ชันต่าง ๆ มีดังนี้

1. การเก็บข้อมูลพิกัดสถานีและรายละเอียดของข้อมูลของสมาชิกผู้ใช้สถานีนั้น ๆ
2. การค้นหาข้อมูลของผู้ใช้สถานีต่าง ๆ
3. การถ่ายโอนข้อมูลพิกัดของสถานีนั้น ๆ ให้กับชุดควบคุม

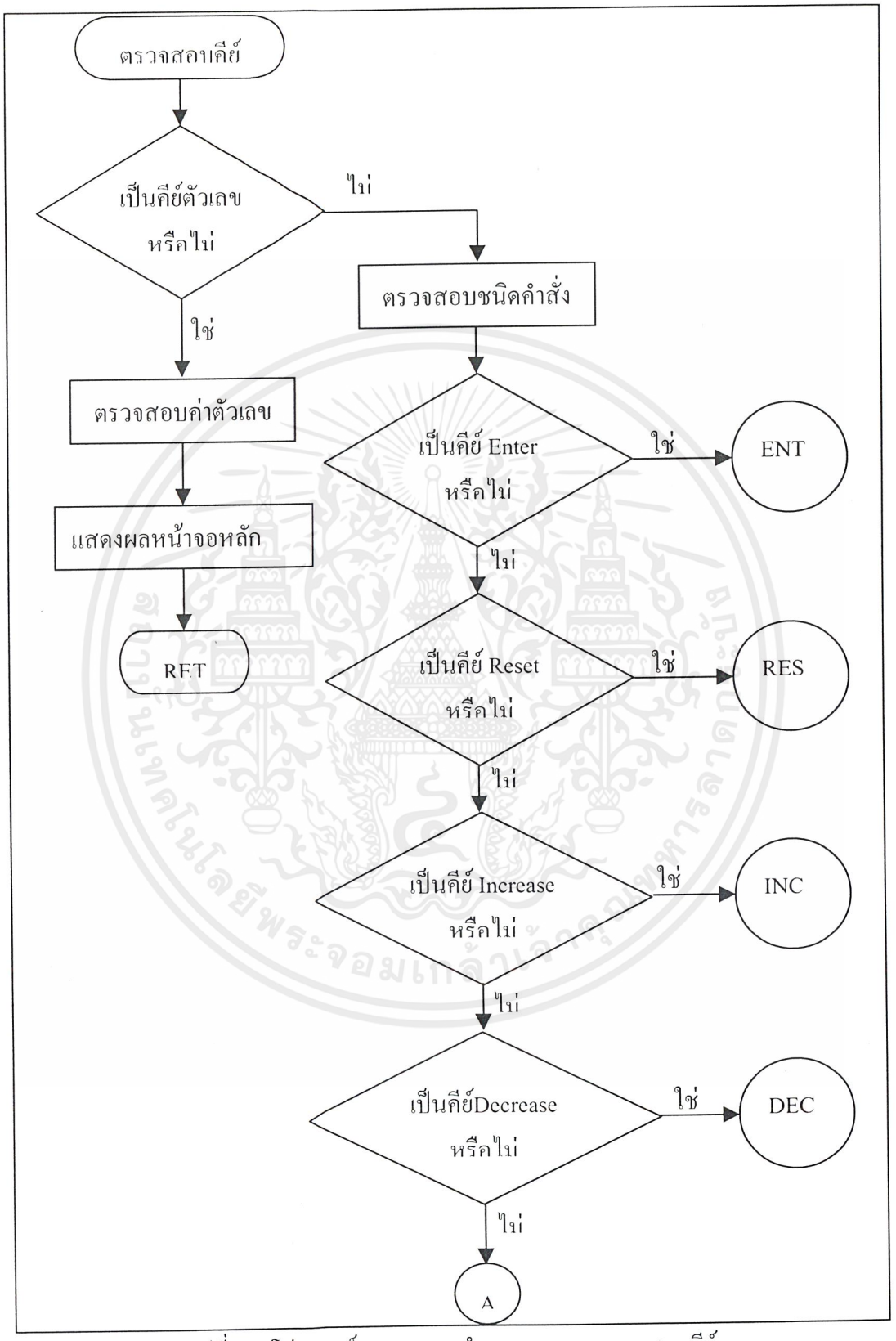
3.2 การออกแบบระบบในส่วนซอฟต์แวร์ (Software)

ในส่วนซอฟต์แวร์นั้นได้ออกแบบระบบให้มีโฟลวชาร์ตการทำงานดังนี้



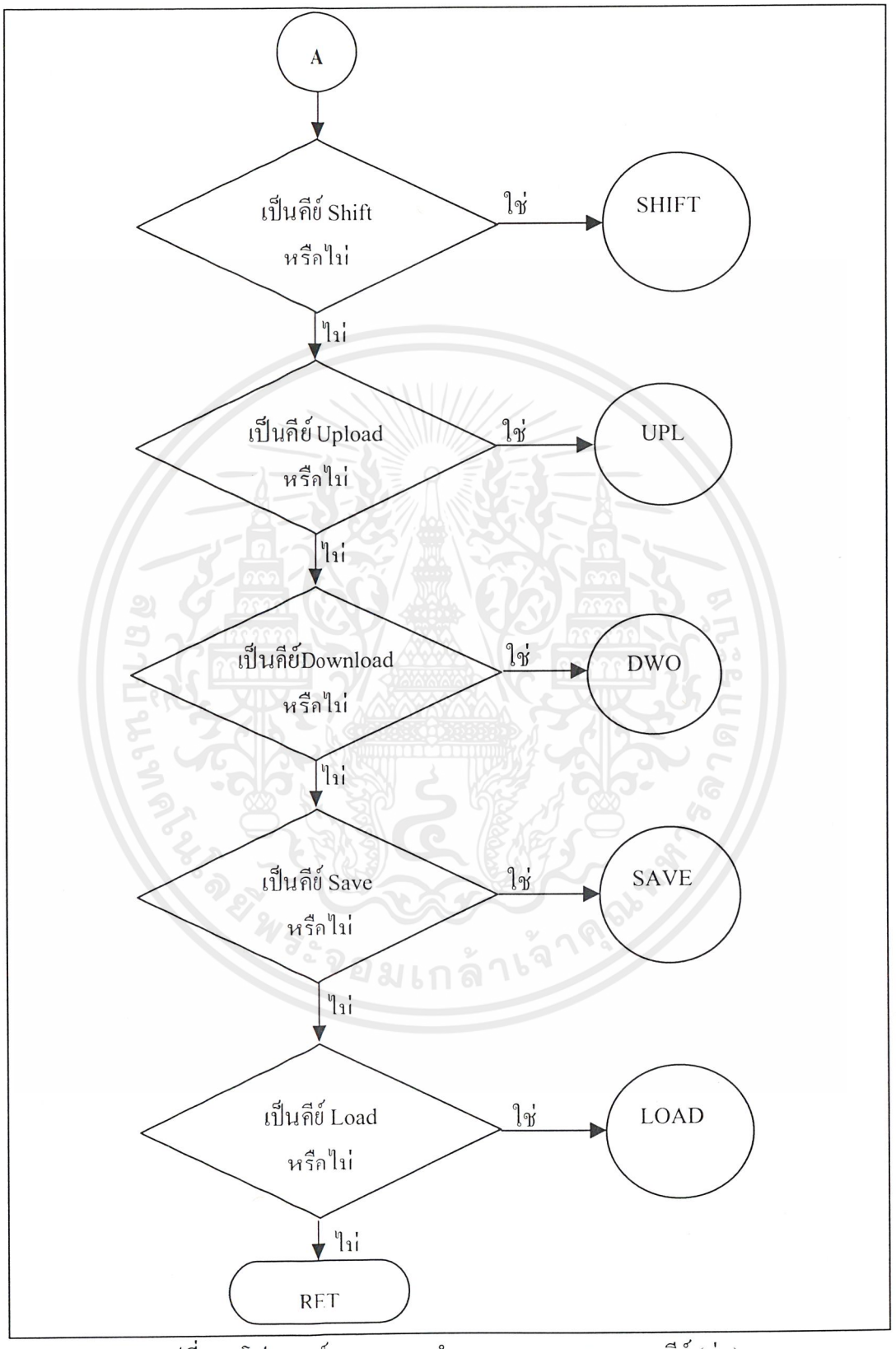
รูปที่ 3.7 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



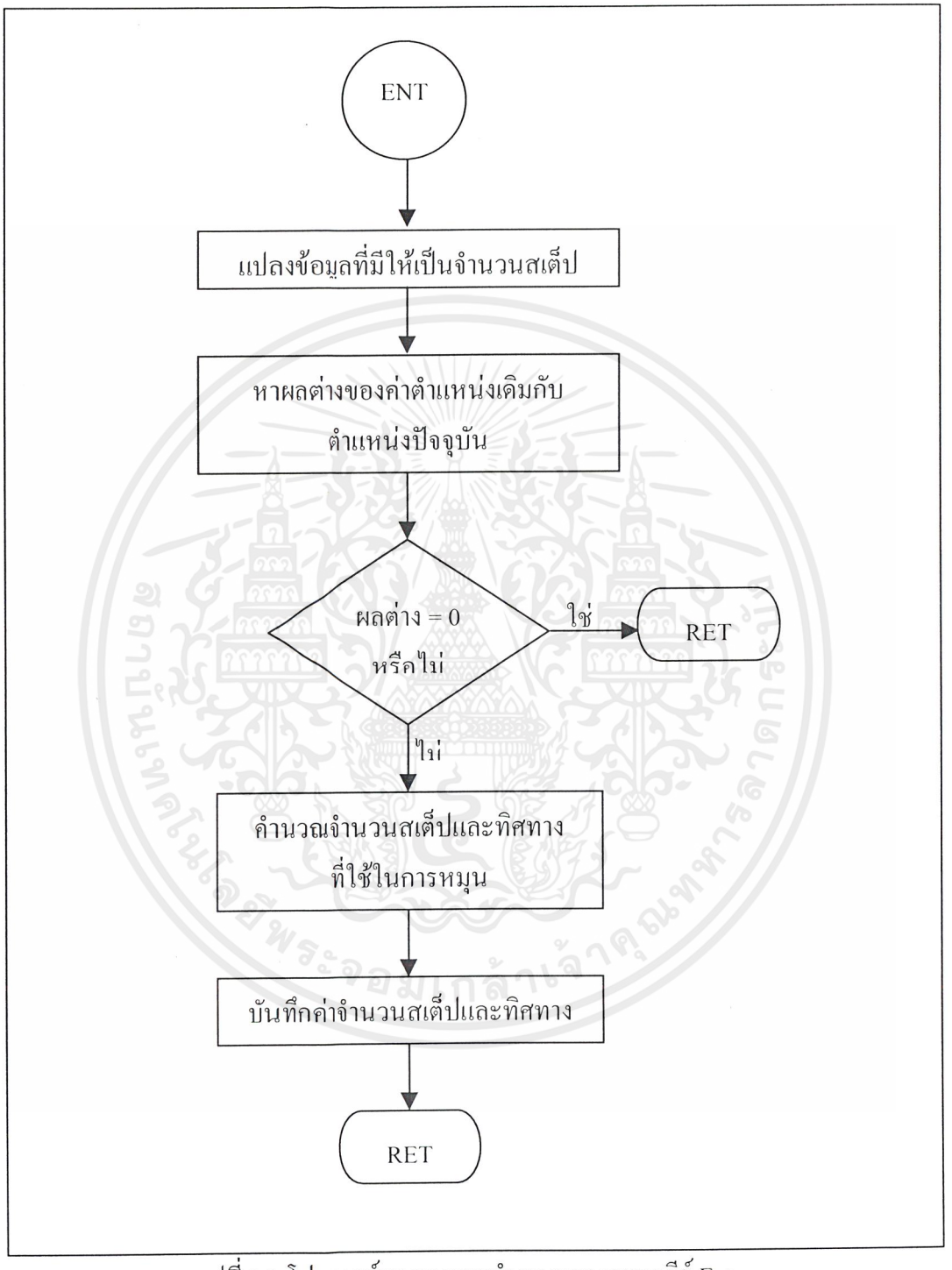
รูปที่ 3.8 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของการตรวจสอบคีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



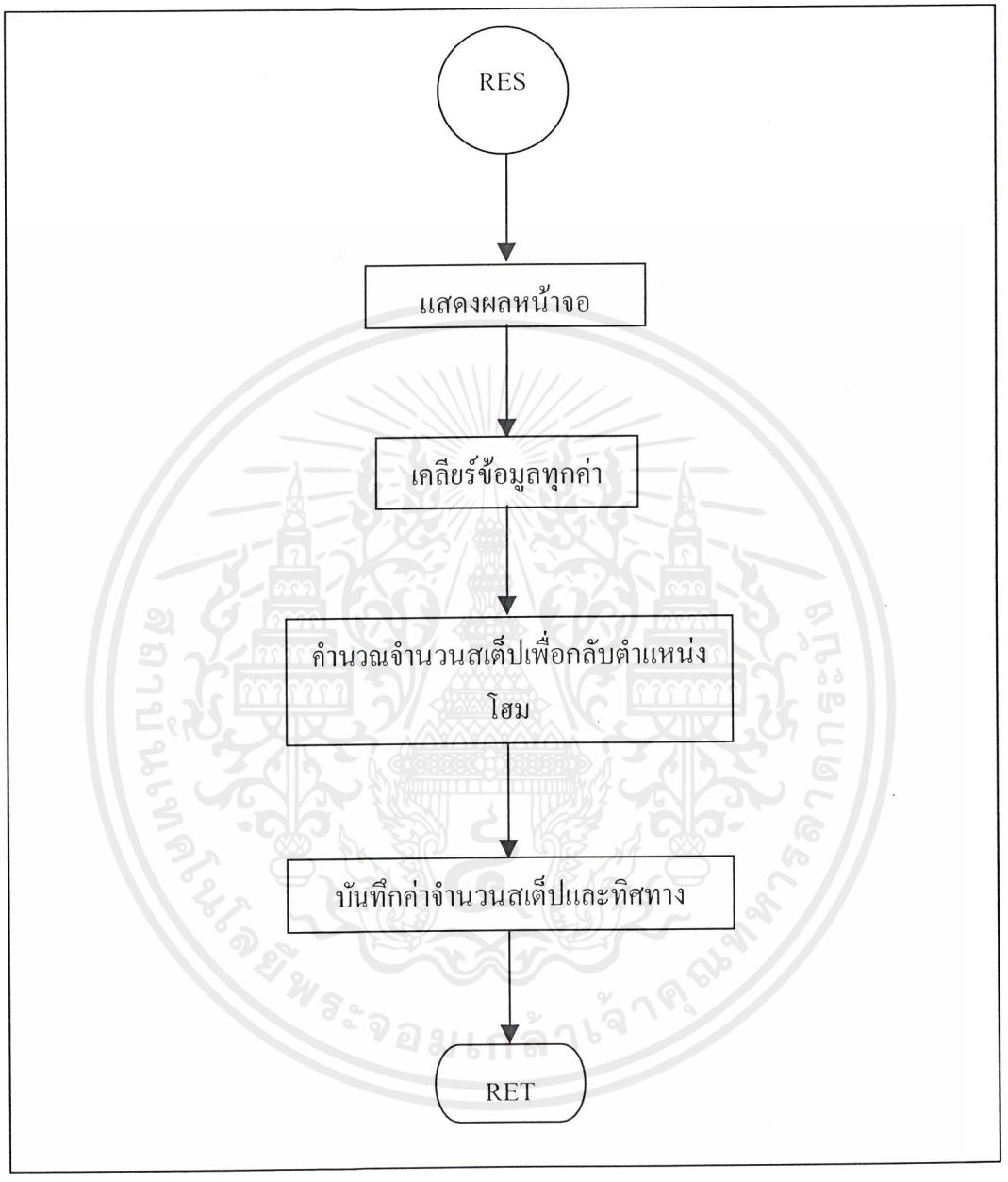
รูปที่ 3.8 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของการตรวจสอบคีย์ (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



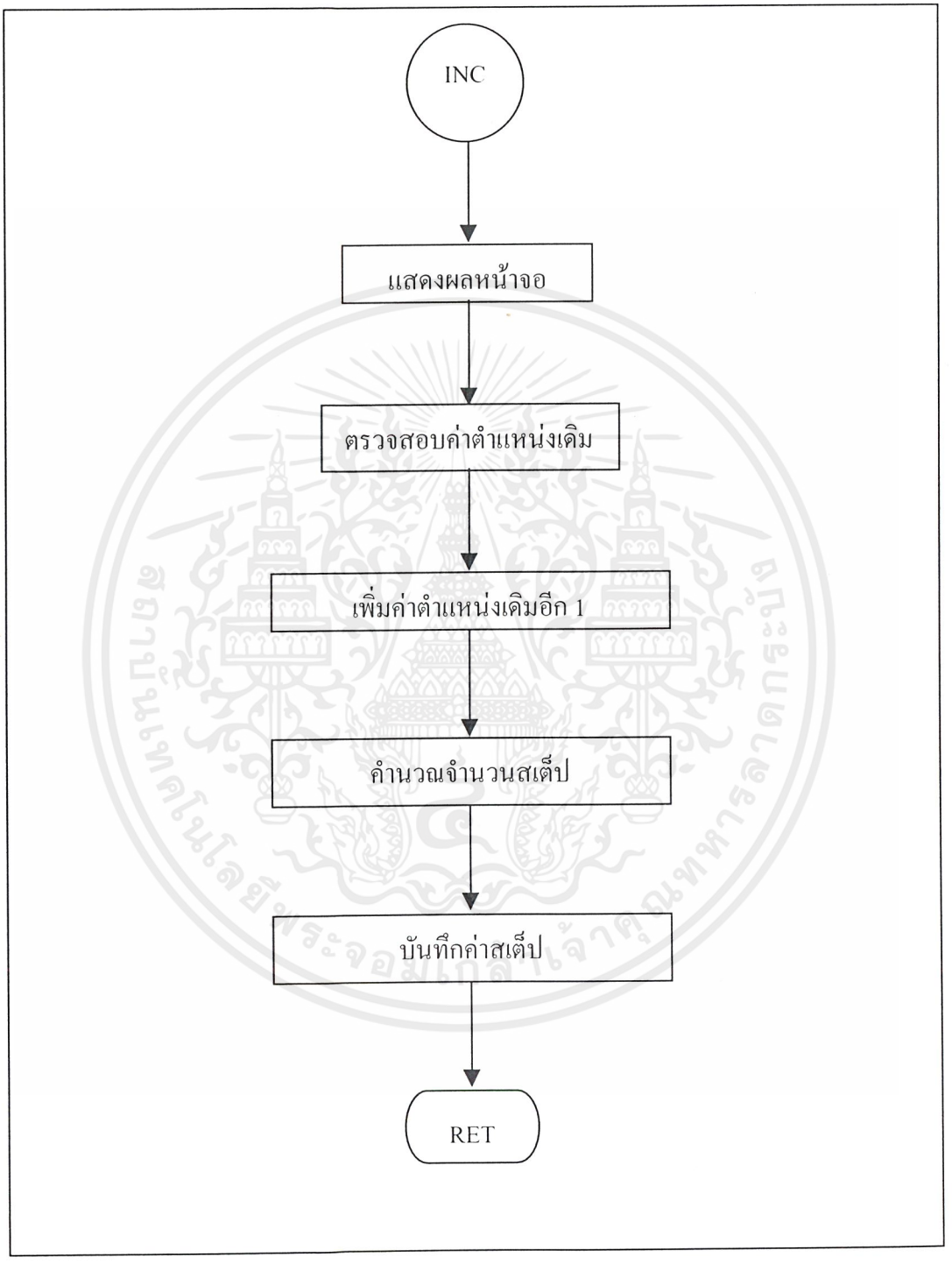
รูปที่ 3.9 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของการกดคีย์ Enter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



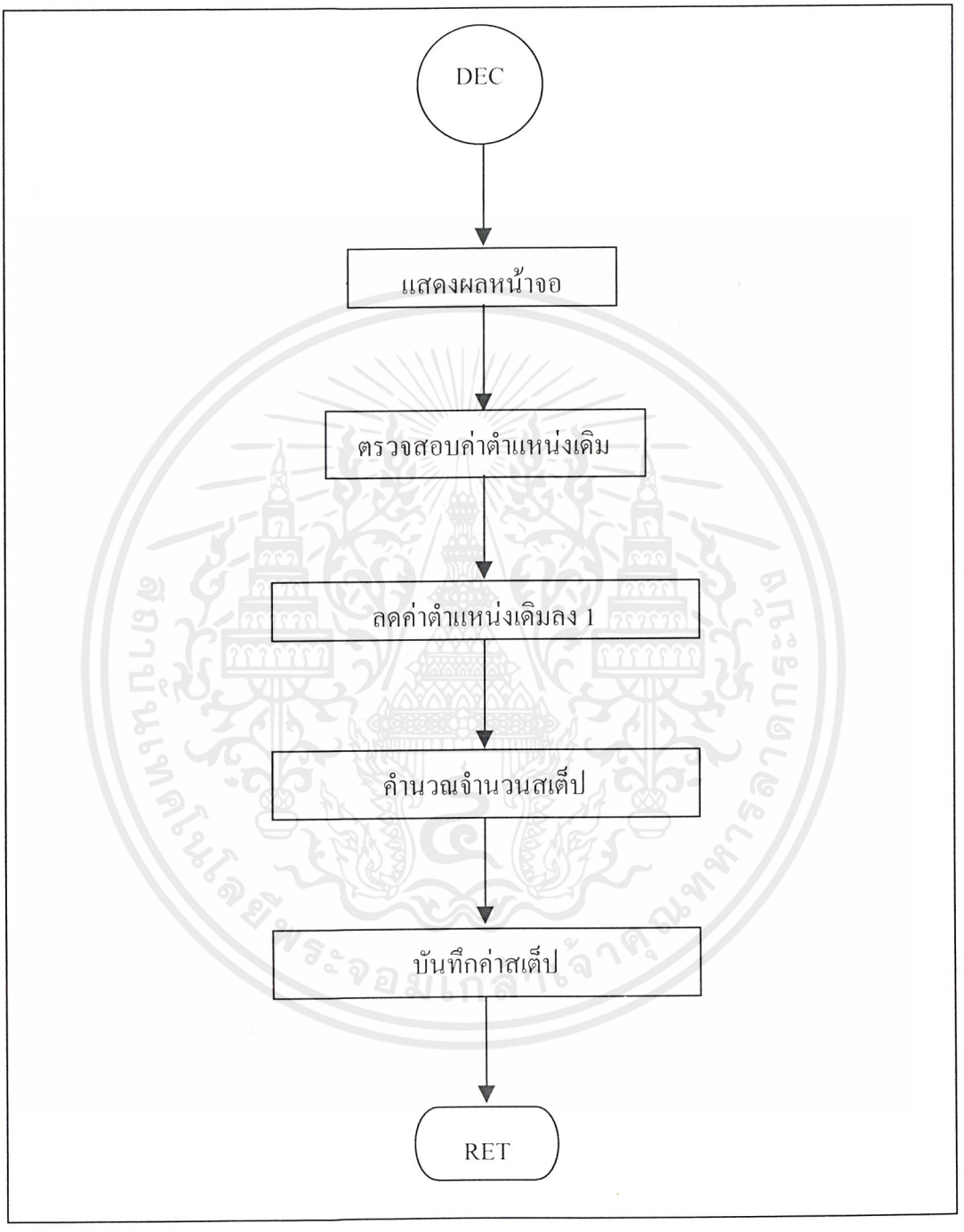
รูปที่ 3.10 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของกดคีย์ Reset

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



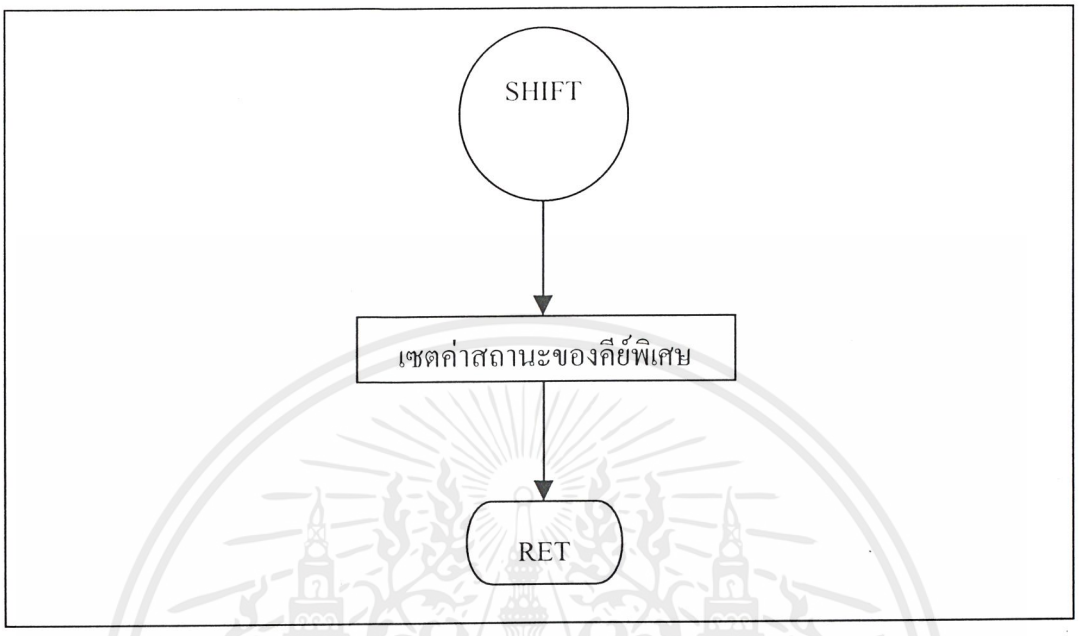
รูปที่ 3.11 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของกดคีย์ Increase

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



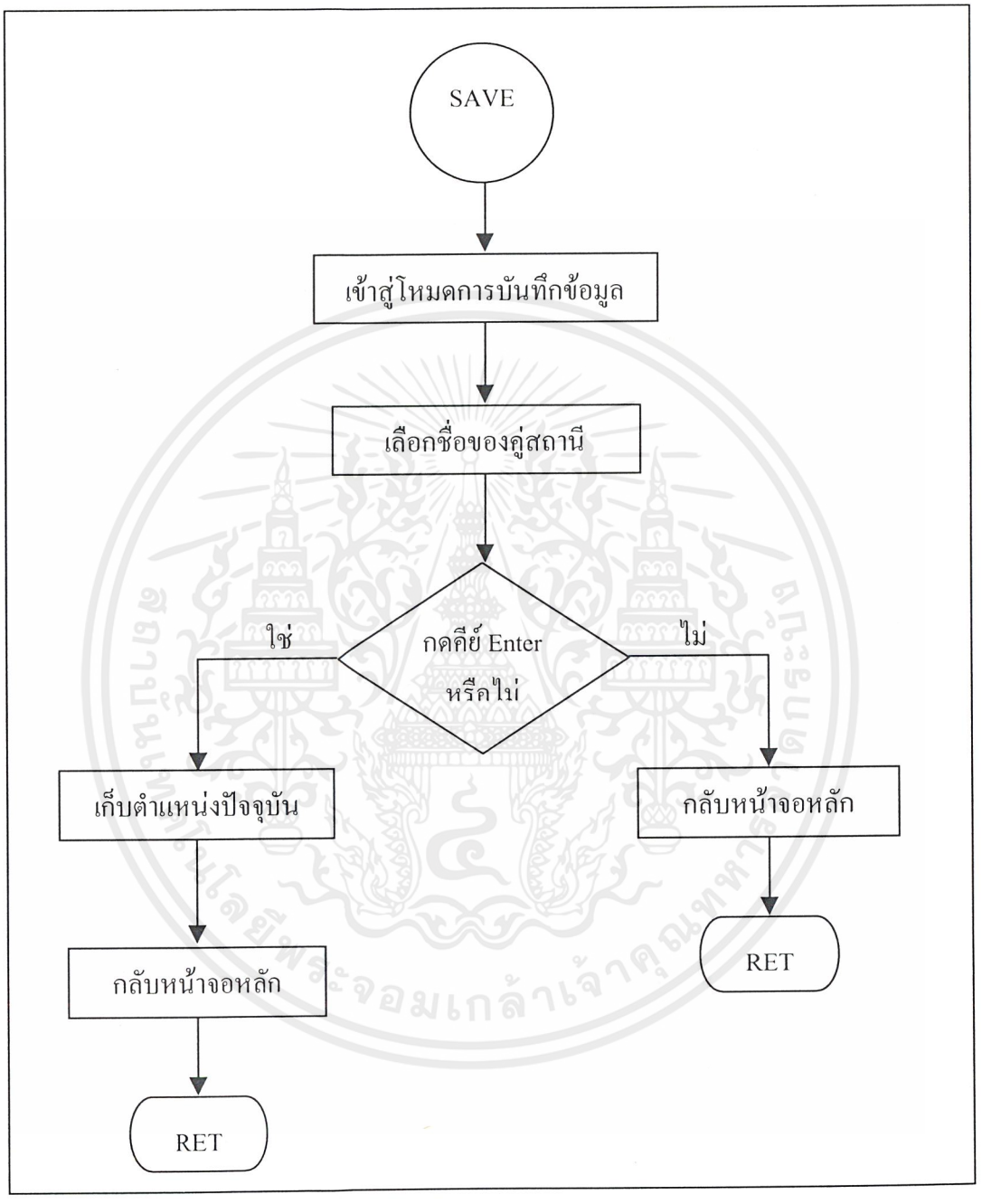
รูปที่ 3.12 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของกดคีย์ Decrease

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



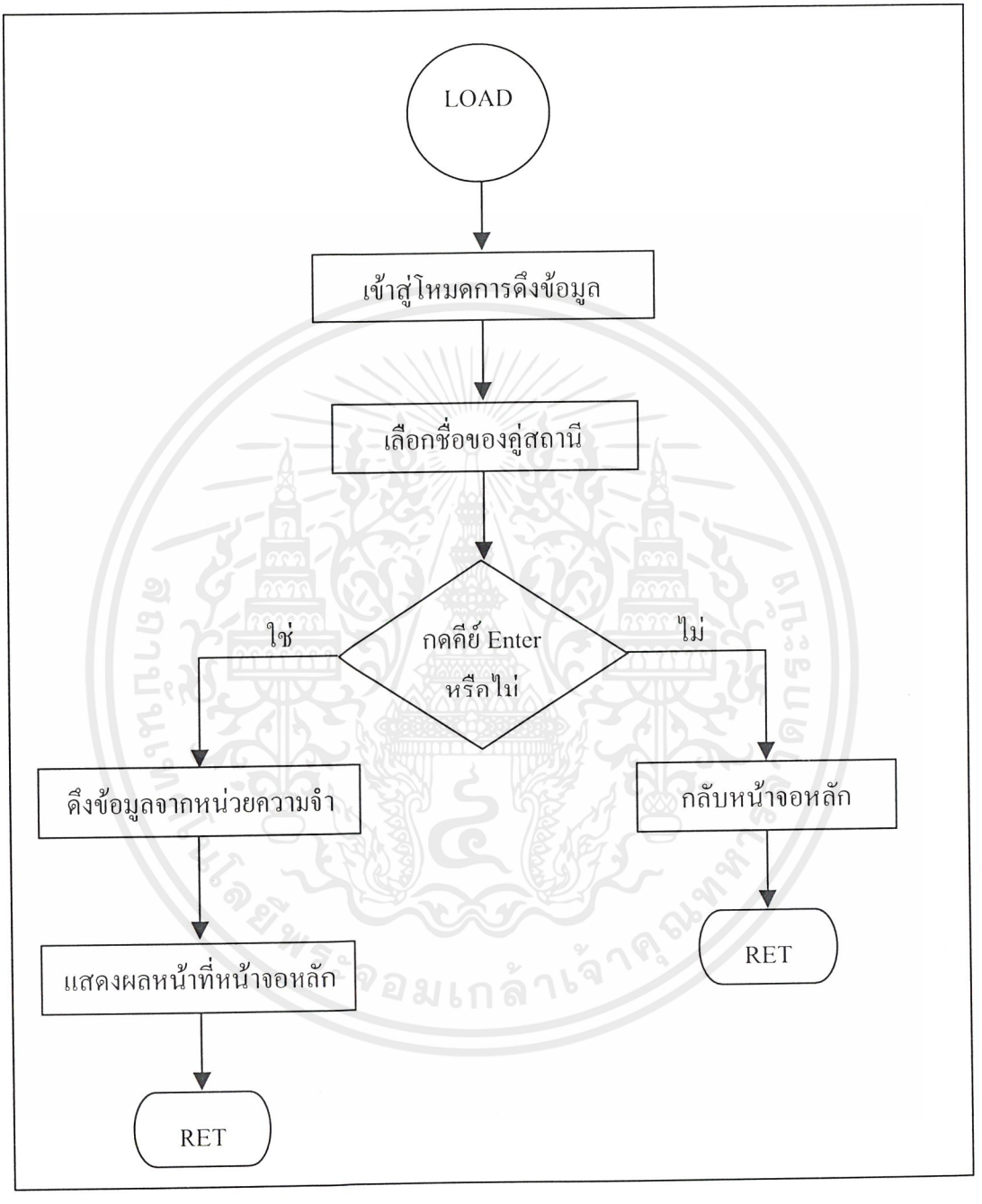
รูปที่ 3.13 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของกดคีย์ Shift

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



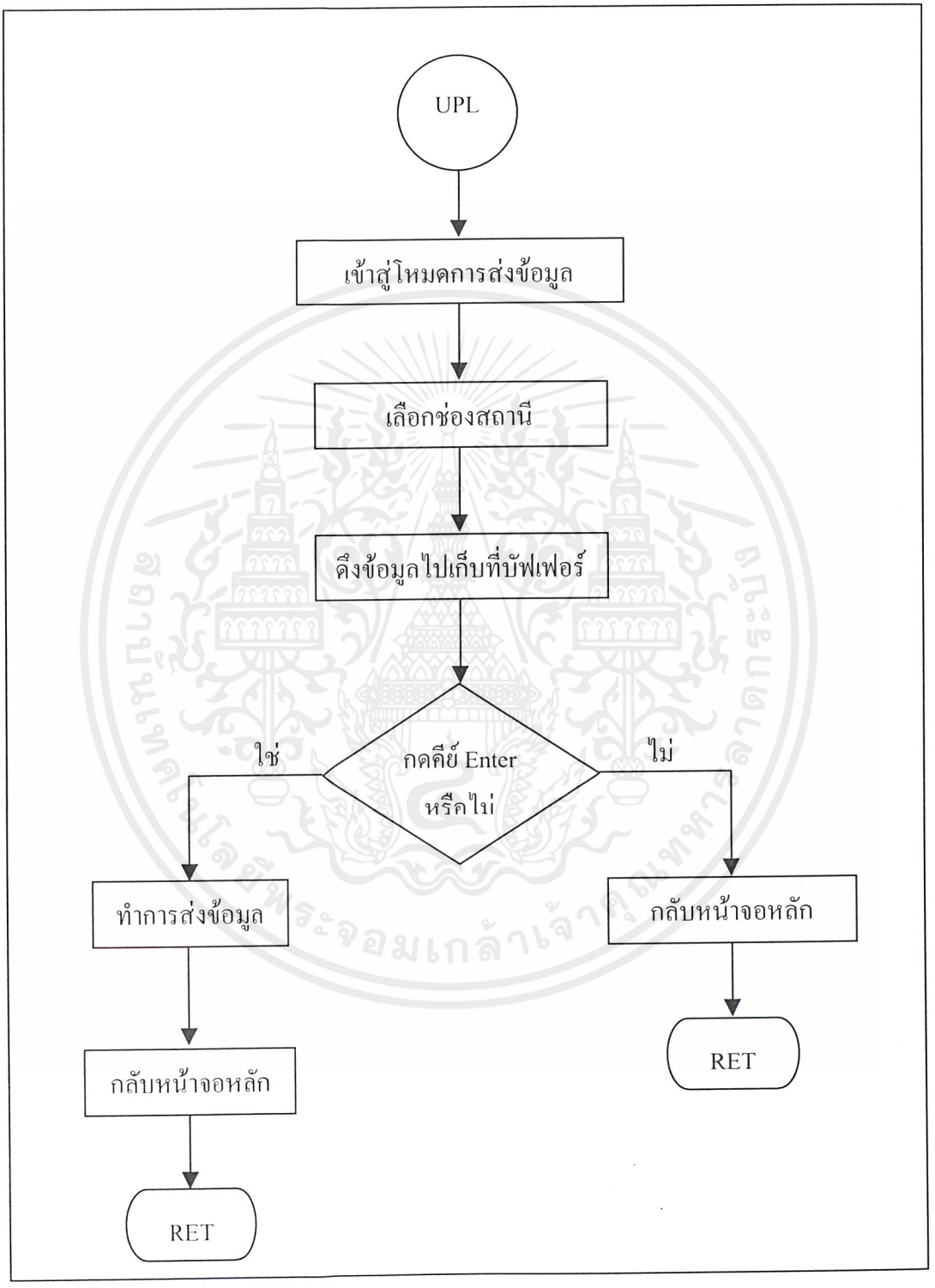
รูปที่ 3.14 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของกดคีย์ Save

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



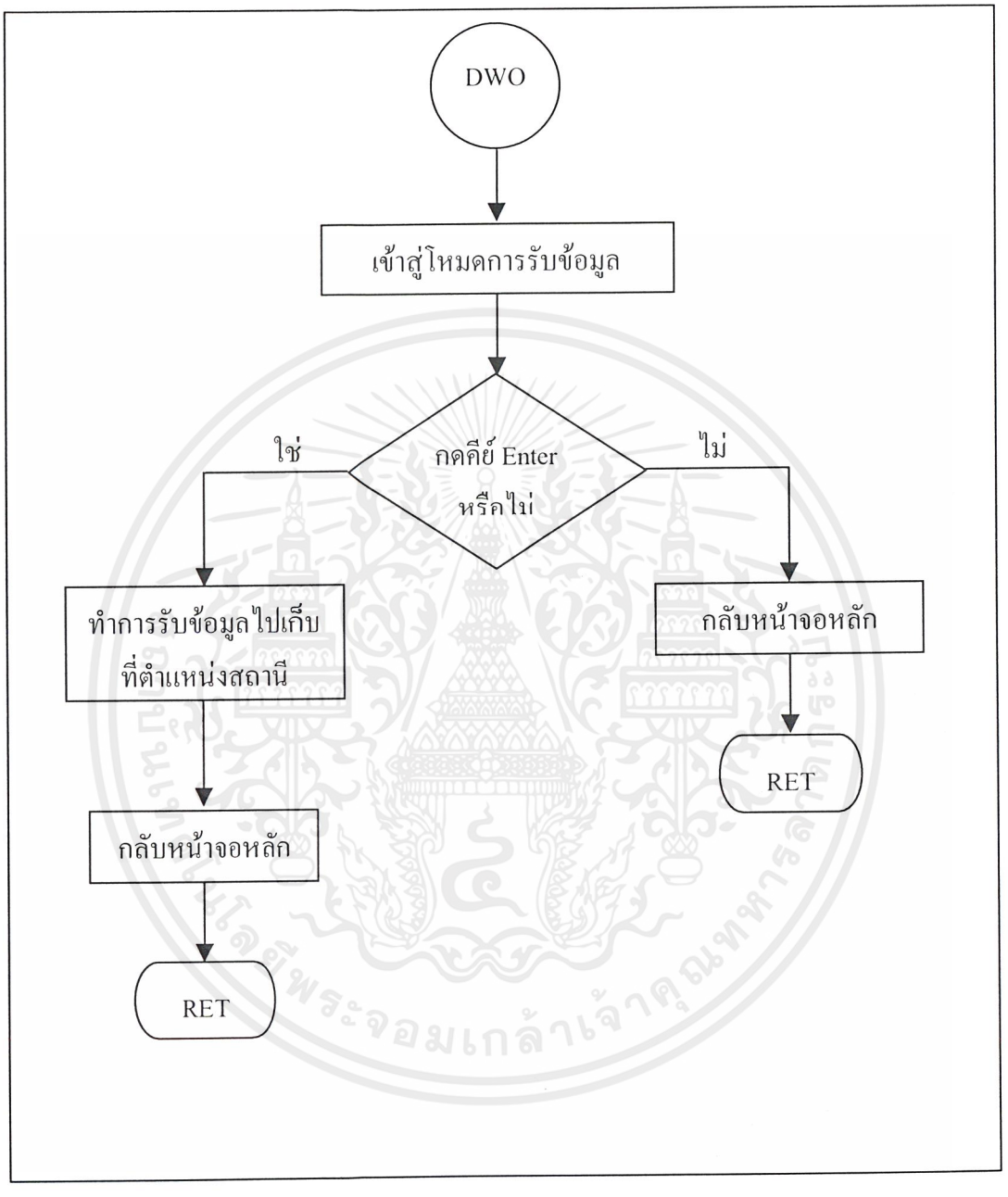
รูปที่ 3.15 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของกดคีย์ Load

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของกดคีย์ Upload

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของกดคีย์ Download

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

ผลการทดลอง

เครื่องควบคุมสายอากาศแบบทิศทางที่ได้ที่ทำการสร้าง มีวิธีในการใช้งานใน 2 รูปแบบดังจะกล่าวต่อไปนี้

1. รูปแบบทั่วไป ในรูปแบบนี้จะมีการทำงานอยู่ 3 ลักษณะ คือ

1.1 การควบคุมโดยตรง ผู้ใช้สามารถป้อนค่ามุมที่ต้องการให้กับเครื่องได้โดยผ่านคีย์แพด โดยข้อมูลที่ป้อนให้ต้องไม่เกิน 360 องศา

1.2 การเก็บค่าข้อมูลลงในหน่วยความจำ (Save Mode) เพื่อเก็บเป็นข้อมูลชั่วคราว ในส่วนนี้เครื่องจะทำการเก็บค่าข้อมูลที่ต้องการลงในหน่วยความจำของอุปกรณ์ ซึ่งเป็นหน่วยความจำชนิดแรม (Ram) ซึ่งสามารถจะเก็บค่าข้อมูลที่เป็นค่าตำแหน่งและชื่อของคู่สถานีเอาไว้

1.3 การนำค่าที่ทำการบันทึกไว้ออกมาใช้งาน (Load Mode) โดยเครื่องจะทำการนำเอาข้อมูลที่เก็บไว้ในหน่วยความจำออกมาปรากฏบนหน้าจอเพื่อให้ผู้ใช้ทำการสั่งการต่อไป

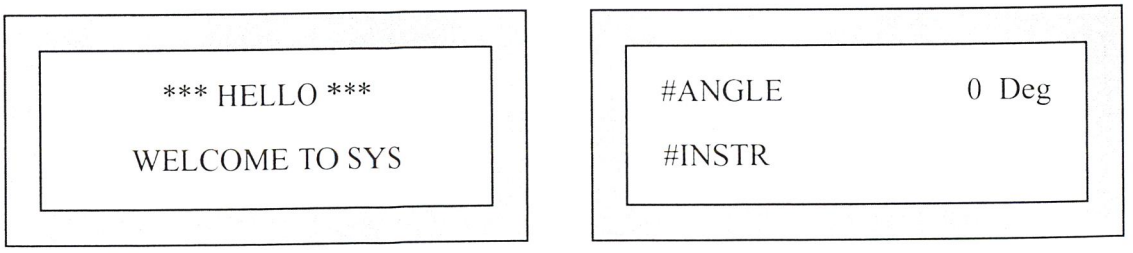
2. รูปแบบพิเศษ ในรูปแบบนี้คือการทำงานติดต่อกับฐานข้อมูลที่อยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่ในการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับคู่สถานีจัดเก็บเอาไว้เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ได้ในโอกาสที่ต้องการ ในส่วนนี้จะมีลักษณะการทำงานอยู่ 2 ลักษณะคือ

2.1 การจัดส่งข้อมูลให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ (Upload Mode) ในที่นี้จะทำการจัดเก็บข้อมูลเฉพาะตำแหน่งและชื่อของคู่สถานีเท่านั้น ในส่วนข้อมูลอื่นๆผู้ใช้จะต้องทำการกรอกลงในเครื่องคอมพิวเตอร์เอง

2.2 การดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลบนเครื่องคอมพิวเตอร์ (Download Mode) โดยข้อมูลที่ได้รับจะถูกจัดเก็บในส่วนของหน่วยความจำเดียวกับการเก็บค่าในการทำงานแบบทั่วไป

ขั้นตอนการทำงาน

เปิดปุ่ม Power เครื่องจะเริ่มทำงาน โดยหน้าจอจะปรากฏดังภาพ



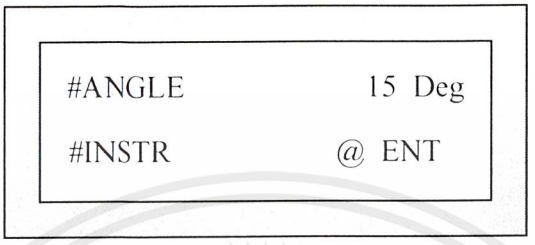
รูปที่ 4.1 แสดงหน้าจอเมื่อเริ่มเปิดเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 การทำงานในรูปแบบทั่วไป

4.1.1 การควบคุมโดยตรง

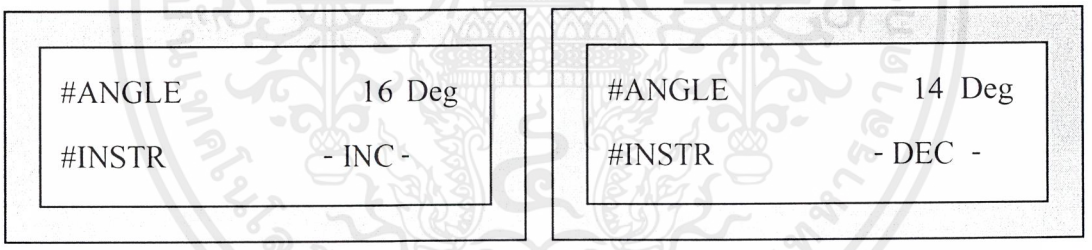
1. ป้อนค่ามุมที่ต้องการ แล้วกด ENT เครื่องจะทำการขับเคลื่อนสายอากาศไปในตำแหน่งที่ต้องการ



รูปที่ 4.2 แสดงหน้าจอของการควบคุมโดยตรง

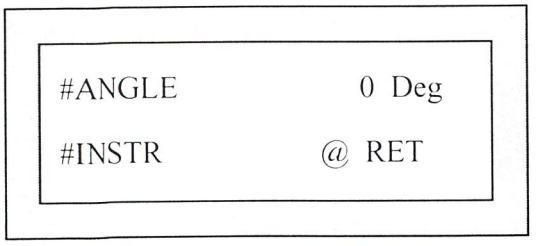
2. ถ้าต้องหมุนครั้งต่อไป ให้ทำ ข้อ 1.อีกครั้งโดยเปลี่ยนค่ามุมตามต้องการ

3. ถ้าต้องการที่จะค้นหาช่องสัญญาณไปเรื่อย ให้กดปุ่ม INC/SAVE หรือ DEC/LOAD ค่าของตำแหน่งจะเพิ่มหรือลง ที่ละ 1 องศา โดยที่ตำแหน่งของสายอากาศก็จะเปลี่ยนตามไปพร้อมกัน โดยทั้ง 2 ปุ่มมีช่วงการทำงานอยู่ตั้งแต่ 0- 360 องศา



รูปที่ 4.3 แสดงหน้าจอของการค้นหาช่องสัญญาณไปเรื่อยๆ ทีละ 1 องศา

4. ถ้าต้องการที่จะกลับสู่จุดศูนย์หรือพบว่ามีการผิดเพี้ยนของตำแหน่งให้กดปุ่ม SHIFT แล้วกดปุ่ม RES/RET เครื่องจะทำการหมุนสายอากาศกลับไปที่จุดศูนย์องศา (ทิศเหนือ)



รูปที่ 4.4 แสดงหน้าจอของการกลับสู่จุดศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

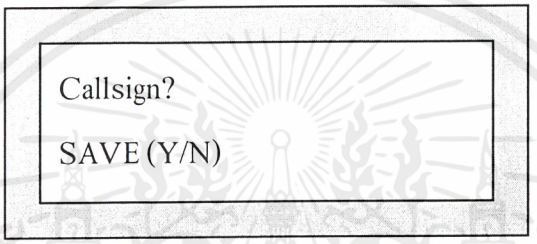
4.1.2 การบันทึกค่าตำแหน่งของสถานีลงในหน่วยความจำ (Save Mode)

1. เมื่อต้องการบันทึกข้อมูลให้กดปุ่ม SHIFT + ปุ่ม INC/SAVE จะปรากฏหน้าจอดังรูปที่ 4.5 (ก)

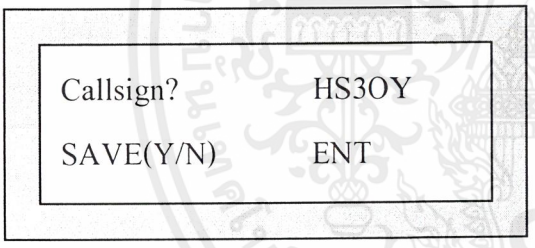
2. ป้อนชื่อของคู่สถานีตามด้วยกด ENT เครื่องจะทำการเก็บค่าให้และทำการกลับไปสู่หน้าจอหลัก ดังรูปที่ 4.5 (ข)

3. ถ้าต้องการยกเลิกการเก็บข้อมูลให้กดปุ่ม RES/RET เครื่องจะกลับสู่หน้าจอหลัก

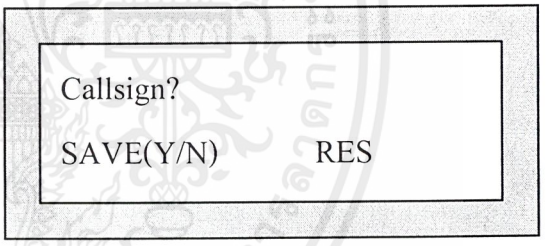
4. เมื่อกลับสู่หน้าจอหลักแล้วสามารถทำการสั่งงานเครื่องได้ตามปกติ



รูป 4.5 (ก)



รูป 4.5 (ข)



รูป 4.5 (ค)

รูปที่ 4.5 แสดงหน้าจอของการบันทึกค่าตำแหน่งของสถานีลงในหน่วยความจำ

4.1.3 การเรียกค่าตำแหน่งสถานีจากหน่วยความจำ (Load Mode)

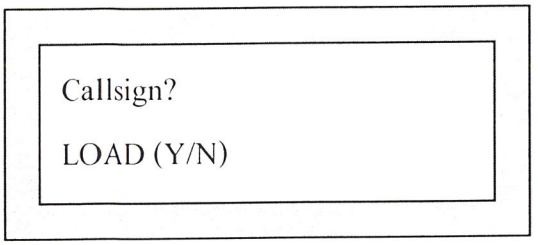
1. เมื่อต้องการดึงข้อมูลจากหน่วยความจำ ให้กดปุ่ม SHIFT + ปุ่ม DEC/LOAD จะปรากฏหน้าจอดังรูปที่ 4.6 (ก)

2. ป้อนชื่อของคู่สถานีตามด้วยการกดปุ่ม ENT เครื่องจะทำการนำข้อมูลออกมาและทำการกลับไปสู่หน้าจอหลัก ซึ่งจะปรากฏค่าที่ได้บนหน้าจอ

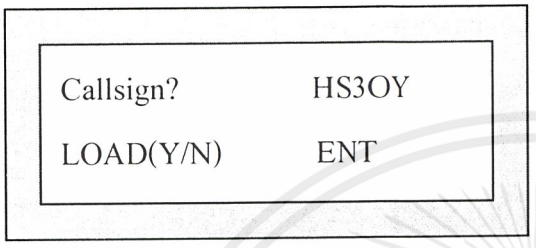
3. กดปุ่ม ENT อีกครั้ง เครื่องจะทำงานไปยังตำแหน่งที่ต้องการ

4. ถ้าต้องการยกเลิกการเก็บข้อมูลให้กดปุ่ม RES/RET เครื่องจะกลับสู่หน้าจอหลัก

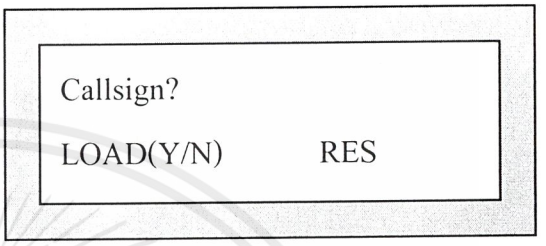
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.6(ก)



รูป 4.6(ข)



รูป 4.6 (ค)

รูปที่ 4.6 แสดงหน้าจอของการเรียกค่าตำแหน่งสถานีจากหน่วยความจำ

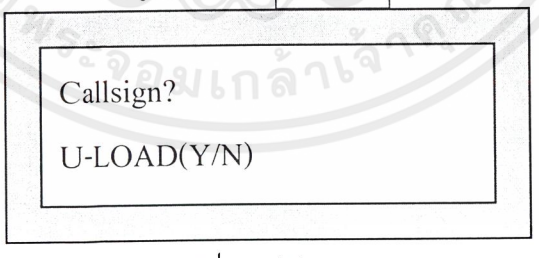
4.2 การทำงานในรูปแบบพิเศษ

4.2.1 การจัดส่งข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์ (Upload Mode)

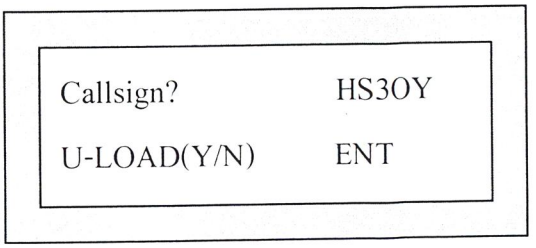
1. เมื่อต้องการทำการส่งค่าไปจัดเก็บในคอมพิวเตอร์ ให้กดปุ่ม UPL/DWO จะปรากฏหน้าจอดังรูปที่ 4.7 (ก)

2. ป้อนชื่อของคู่สถานีจากนั้นตามด้วยปุ่ม ENT เครื่องจะทำการส่งค่าตำแหน่งและชื่อของคู่สถานีไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำการจัดเก็บต่อไป จากนั้นระบบจะกลับเข้าสู่หน้าจอหลักโดยแสดงค่าตำแหน่งก่อนที่จะทำการเข้าสู่การส่งข้อมูลบนหน้าจอ

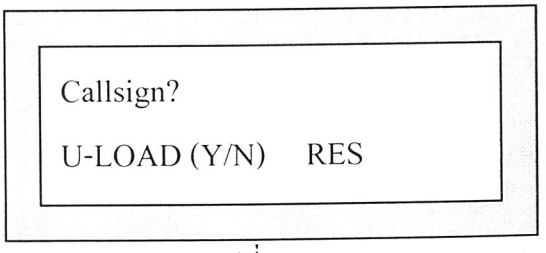
3. ถ้าต้องการยกเลิกการเก็บข้อมูลให้กดปุ่ม RES/RET เครื่องจะกลับสู่หน้าจอหลัก



รูป 4.7 (ก)



รูป 4.7 (ข)



รูปที่ 4.7(ค)

รูปที่ 4.7 แสดงหน้าจอของการจัดส่งข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์

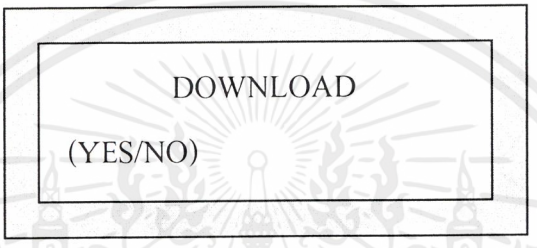
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การดึงข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ (Download Mode)

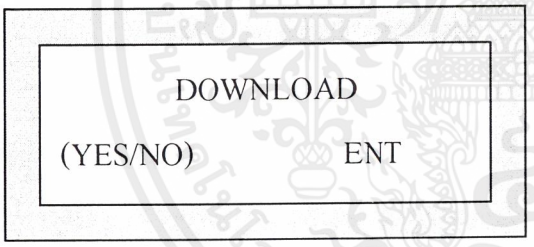
1. เมื่อต้องการดึงข้อมูลจากคอมพิวเตอร์มาจัดเก็บรอไว้ในเครื่อง ให้กดปุ่ม SHIFT + ปุ่ม UPL/DWO จะปรากฏหน้าจอดังรูปที่ 4.8 (ก)

2. กดปุ่ม ENT เครื่องจะทำการรอรับค่าสถานีจากคอมพิวเตอร์แล้วนำมาจัดเก็บ จากนั้นระบบจะกลับเข้าสู่หน้าจอหลักโดยแสดงค่าตำแหน่งก่อนที่จะทำการเข้าสู่การดึงข้อมูลบนหน้าจอ

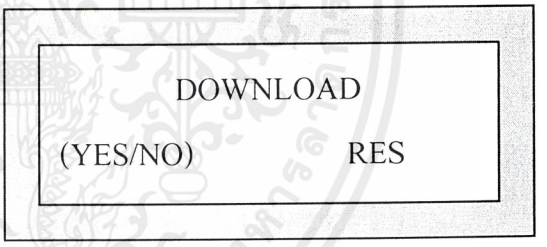
3. ถ้าต้องการยกเลิกการเก็บข้อมูลให้กดปุ่ม RES/RET เครื่องจะกลับสู่หน้าจอหลัก



รูป 4.8 (ก)



รูป 4.8 (ข)



รูป 4.8 (ค)

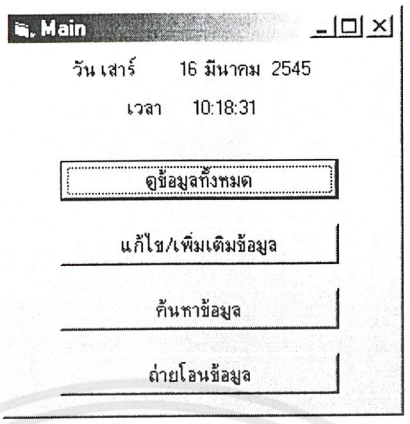
รูปที่ 4.8 แสดงหน้าจอของการดึงข้อมูลจากคอมพิวเตอร์

*** ก่อนที่จะทำการถ่ายโอนข้อมูลระหว่างชุดควบคุมกับเครื่องคอมพิวเตอร์จะต้องตั้งเครื่องควบคุมให้อยู่ในสถานะพร้อมที่จะรับข้อมูลก่อนแล้วจึงเริ่มส่งข้อมูลได้จากโปรแกรมรองรับบนเครื่องคอมพิวเตอร์

4.3 โปรแกรมรองรับบนคอมพิวเตอร์

สำหรับโปรแกรมรองรับบนเครื่องคอมพิวเตอร์ ได้ถูกเขียนขึ้นด้วยโปรแกรมวิชวลเบสิค (Visual Basic) เพื่อติดต่อกับผู้ใช้และใช้ในการรับส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรม (RS-232) โดยจะมีแบ่งโหมดการทำงาน 4 ลักษณะ ตามหน้าจอหลัก ดังแสดงในรูปที่ 4.9

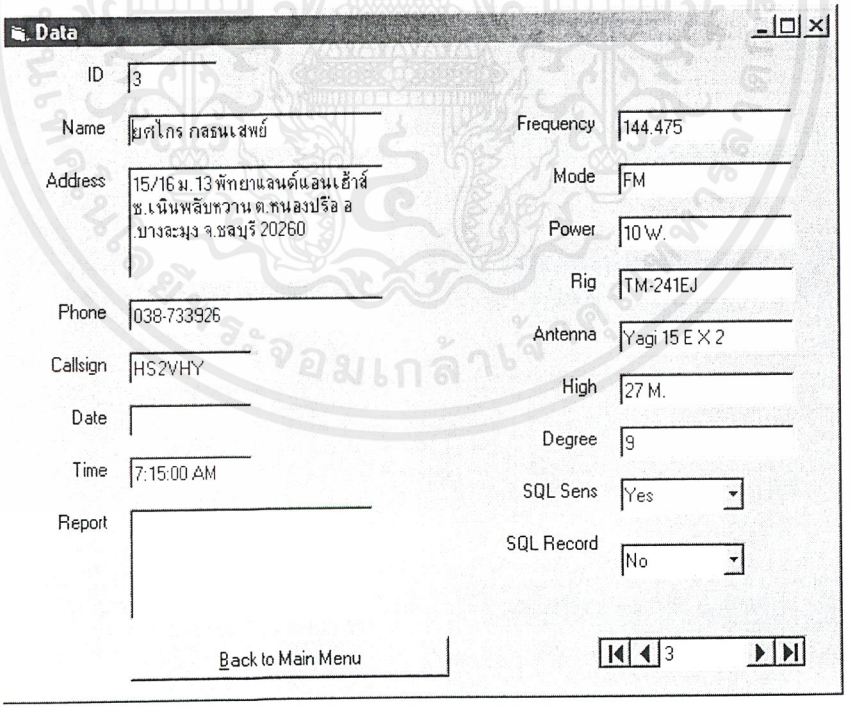
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดงหน้าจอหลักของโปรแกรมรองรับบนเครื่องคอมพิวเตอร์

รายละเอียดของโปรแกรมรองรับบนเครื่องคอมพิวเตอร์มีดังนี้

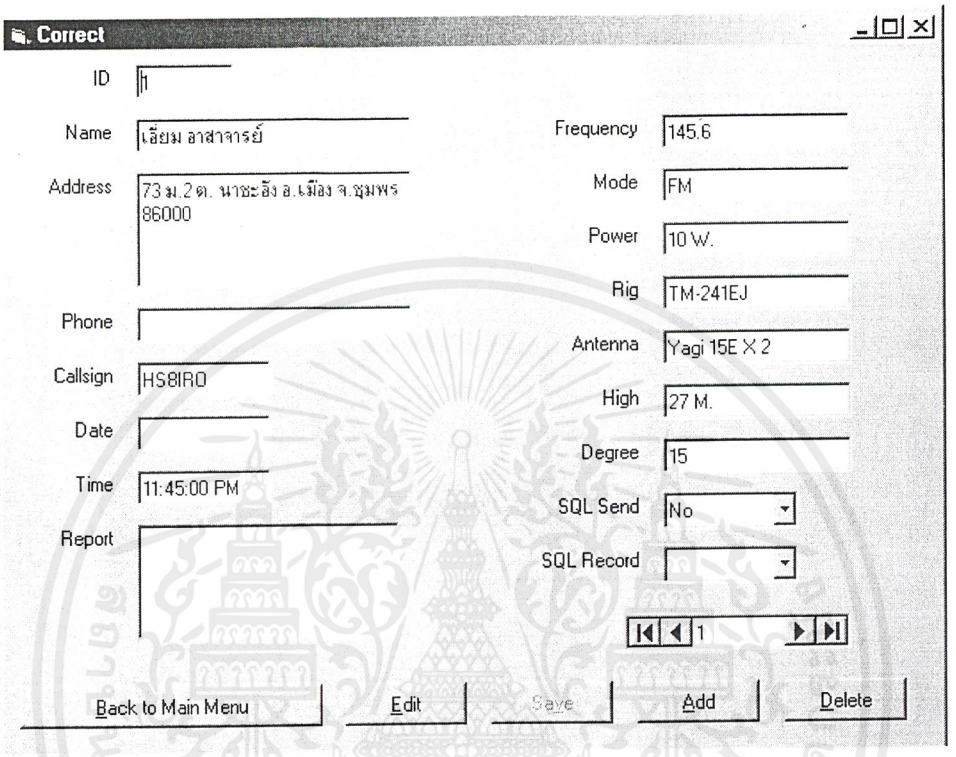
1. ดูข้อมูลทั้งหมด เป็นการดูข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้ทั้งหมดในฐานข้อมูลแต่จะไม่สามารถแก้ไขข้อมูลในโปรแกรมฐานข้อมูลได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แสดงหน้าจอของการดูข้อมูลในโปรแกรมฐานข้อมูล

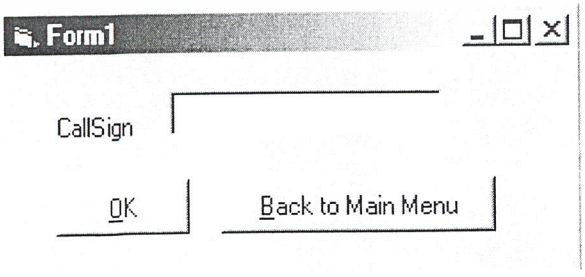
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แก้ไข/เพิ่มเติมข้อมูล สามารถที่จะทำการแก้ไขข้อมูล การบันทึกข้อมูลของคู่สถานีใหม่เข้าไป และการลบข้อมูลของสถานีที่ไม่ต้องการออกไปด้วย ดังแสดงในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 แสดงหน้าจอของการแก้ไขหรือเพิ่มเติมข้อมูลในโปรแกรมฐานข้อมูล

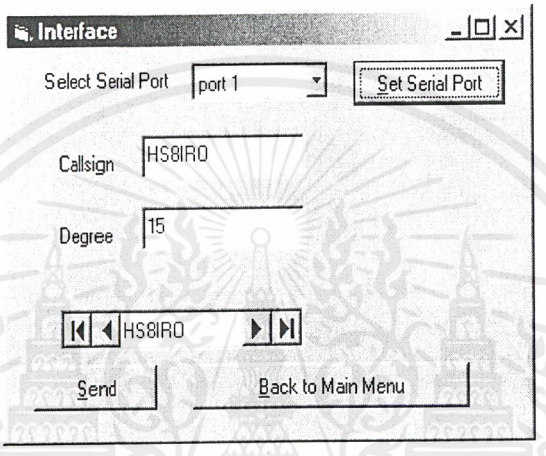
3. ค้นหาข้อมูล ใช้เพื่อค้นหาข้อมูลของคู่สถานีใดๆ โดยเมื่อคลิกเข้ามาแล้วจะปรากฏหน้าจอดังรูปที่ 4.12 ผู้ใช้จะต้องทำการใส่ค่าคอลไซน์ (Callsign) เพื่อทำการสืบค้นข้อมูลในโปรแกรมฐานข้อมูล



รูปที่ 4.12 แสดงหน้าจอการค้นหาข้อมูลในโปรแกรมฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ถ่ายโอนข้อมูล จะเป็นการเข้าสู่การถ่ายโอนข้อมูลให้กับเครื่องควบคุมตำแหน่งสายอากาศ โดยเมื่อผู้ใช้คลิกเข้ามาแล้วจะปรากฏหน้าจอดังรูปที่ 4.13 ผู้ใช้จะต้องทำการติดตั้งหมายเลขพอร์ตอนุกรมให้เรียบร้อยก่อนถึงจะมีการส่งข้อมูลให้เครื่องควบคุมตำแหน่งสายอากาศ และจะต้องตั้งค่าการทำงานของเครื่องควบคุมให้อยู่ในสถานะรอรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ก่อนจึงจะทำการส่งข้อมูลได้



รูปที่ 4.13 แสดงหน้าจอของการถ่ายโอนข้อมูลในโปรแกรมฐานข้อมูล

ในส่วนของการรับข้อมูลจากเครื่องควบคุมนั้นก็ต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่ามีการตั้งหมายเลขพอร์ตอนุกรมว่าถูกต้องหรือไม่ และเมื่อมีการรับข้อมูลจากเครื่องควบคุมแล้วโปรแกรมจะขึ้นหน้าจอแก้ไข/เพิ่มเติมข้อมูล และจะมีค่าตำแหน่งและชื่อของคู่สถานีให้จากนั้นผู้ใช้จะต้องทำการกรอกข้อมูลอื่นๆ เอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์ และสรุป

5.1 บทสรุป

การนำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์ ในตระกูลเอ็มซีเอส-51 (MCS-51) มาประยุกต์ใช้ในโครงงานระบบควบคุมตำแหน่งสายอากาศแบบทิศทาง พบว่าสามารถทำงานควบคุมระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความยืดหยุ่นในการงานสูง และสนับสนุนการพัฒนาระบบต่อไปในอนาคต การที่เลือกใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์มาใช้เป็นชุดขับเคลื่อนสายอากาศ ทำให้สามารถควบคุมทิศทางของสายอากาศได้โดยไม่ต้องมีการป้อนกลับ แต่อาศัยการคำนวณทางคณิตศาสตร์แทนซึ่งทำให้ลดความซับซ้อนของระบบลง รวมถึงต้นทุนที่ใช้ในการสร้างระบบควบคุมตำแหน่งสายอากาศแบบทิศทางก็อยู่ในระดับไม่สูงมาก อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ

5.2 บทวิจารณ์

ในการออกแบบระบบควบคุมตำแหน่งสายอากาศแบบทิศทางยังมีปัญหาในการตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่ง แต่ในการออกแบบได้เลือกใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มีความแน่นอนของตำแหน่งในการหมุนสูงมาใช้ในส่วนการขับเคลื่อนสายอากาศ ทำให้ได้ตำแหน่งที่ถูกต้องพอควร แต่ในขณะที่ไม่มีการหมุนต้องมีระบบล็อกตำแหน่งไม่ให้สายอากาศหมุนไปโดยที่เราไม่ต้องการ ในส่วนนี้ยังไม่สามารถออกแบบให้มีประสิทธิภาพได้เท่าที่ควรนัก แต่โดยรวมแล้วโครงงานสามารถทำได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้เป็นที่น่าพอใจ

5.3 ปัญหาที่พบ

ปัญหาที่พบที่สำคัญคือการออกแบบชุดขับเคลื่อน เนื่องจากจัดหาซื้อชุดเฟืองทดตามที่ต้องการได้ล่าช้าทำให้โครงงานล่าช้าไปด้วย และยังไม่สามารถออกแบบชุดล็อกตำแหน่งให้มีประสิทธิภาพตามที่ต้องการได้

แนวทางในการแก้ปัญหา ทางผู้จัดทำได้ทำการสั่งทำชุดเฟืองทดเพื่อใช้ในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

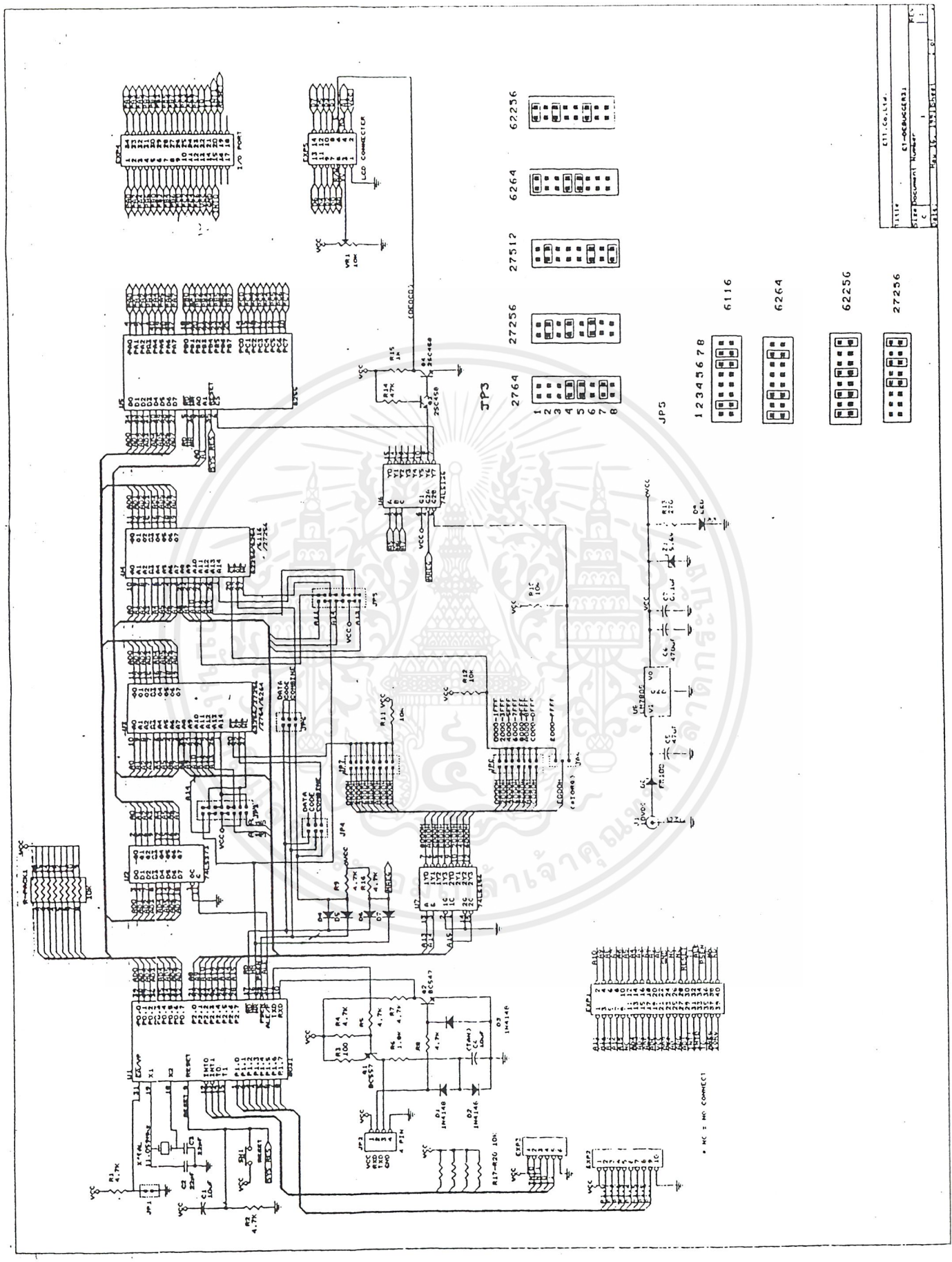
5.4 แนวทางในการพัฒนา

สำหรับในการพัฒนาโครงงานต่อไปในอนาคต ทางด้านของโปรแกรมนั้น เอ็มซีเอส-51 มีความสามารถในการพัฒนารองรับเป็นอย่างดี และยังสามารถขยายพื้นที่หน่วยความจำเพื่อใช้ในงานในอนาคตต่อไปได้อีกมาก ระบบจึงยังมีความยืดหยุ่นสามารถพัฒนาได้อีกในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8-bit CMOS Microcontroller 0-60 MHz

1. Description

TEMIC TS80C31X2 is high performance CMOS and ROMless versions of the 80C51 CMOS single chip 8-bit microcontroller.

The TS80C31X2 retains all features of the TEMIC TSC80C31 with 128 bytes of internal RAM, a 5-source, 4 priority level interrupt system, an on-chip oscilator and two timer/counters.

In addition, the TS80C31X2 has a dual data pointer, a more versatile serial channel that facilitates multiprocessor communication (EUART) and a X2 speed improvement mechanism.

The fully static design of the TS80C31X2 allows to reduce system power consumption by bringing the clock frequency down to any value, even DC, without loss of data.

The TS80C31X2 has 2 software-selectable modes of reduced activity for further reduction in power consumption. In the idle mode the CPU is frozen while the timers, the serial port and the interrupt system are still operating. In the power-down mode the RAM is saved and all other functions are inoperative.

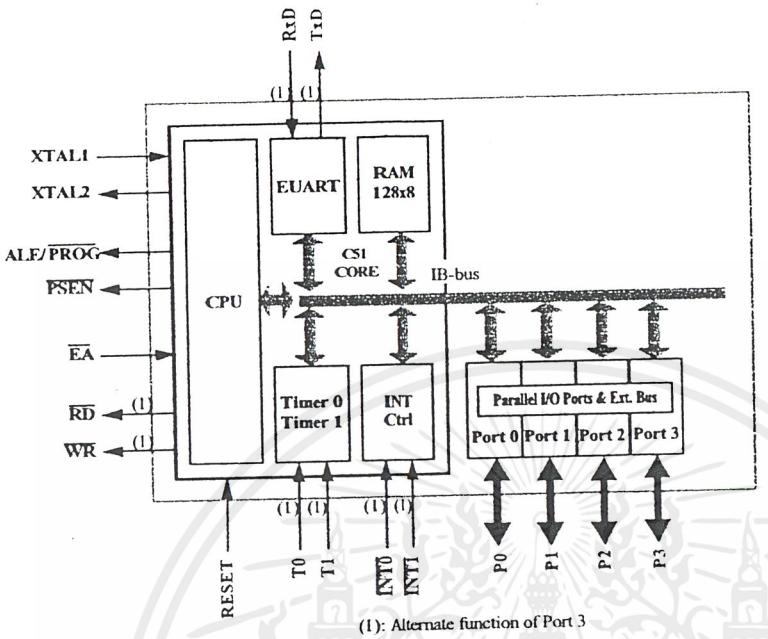
2. Features

- 80C31 Compatible
  - 8031 pin and instruction compatible
  - Four 8-bit I/O ports
  - Two 16-bit timer/counters
  - 128 bytes scratchpad RAM
- High-Speed Architecture
  - 40 MHz @ 5V, 30MHz @ 3V
  - X2 Speed Improvement capability (6 clocks/ machine cycle)

    30 MHz @ 5V, 20 MHz @ 3V (Equivalent to 60 MHz @ 5V, 40 MHz @ 3V)
- Dual Data Pointer
- Asynchronous port reset
- Interrupt Structure with
  - 5 Interrupt sources,
  - 4 priority level interrupt system
- Full duplex Enhanced UART
  - Framing error detection
  - Automatic address recognition
- Power Control modes
  - Idle mode
  - Power-down mode
  - Power-off Flag
- Once mode (On-chip Emulation)
- Power supply: 4.5-5.5V, 2.7-5.5V
- Temperature ranges: Commercial (0 to 70°C) and Industrial (-40 to 85°C)
- Packages: PDIL40, PLCC44, VQFP44 1.4, PQFP F1 (13.9 footprint)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Block Diagram



(1): Alternate function of Port 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. SFR Mapping

The Special Function Registers (SFRs) of the TS80C31X2 fall into the following categories:

- C51 core registers: ACC, B, DPH, DPL, PSW, SP, AUXR1
- I/O port registers: P0, P1, P2, P3
- Timer registers: TCON, TH0, TH1, TMOD, TL0, TL1
- Serial I/O port registers: SADDR, SADEN, SBUF, SCON
- Power and clock control registers: PCON
- Interrupt system registers: IE, IP, IPH
- Others: CKCON

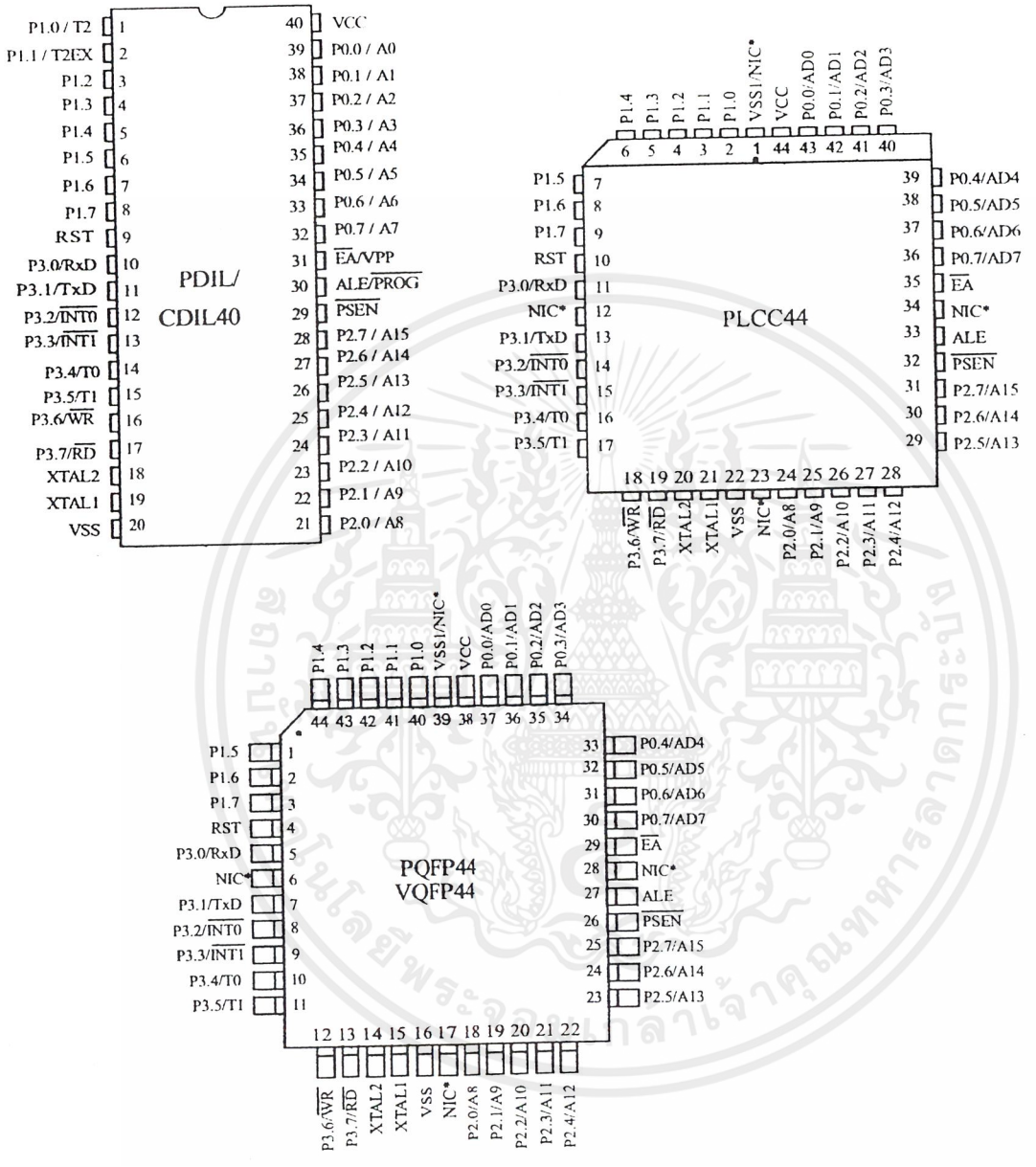
Table 1. All SFRs with their address and their reset value

	Bit address-able	Non Bit addressable							
	0/8	1/9	2/A	3/B	4/C	5/D	6/E	7/F	
F8h									FFh
F0h	B 0000 0000								F7h
E8h									EFh
E0h	ACC 0000 0000								E7h
D8h									DFh
D0h	PSW 0000 0000								D7h
C8h									CFh
C0h									C7h
B8h	IP XXX0 0000	SADEN 0000 0000							BFh
B0h	P3 1111 1111							IPH XXX0 0000	B7h
A8h	IE 0XX0 0000	SADDR 0000 0000							AFh
A0h	P2 1111 1111		AUXR1 XXXX XXX0						A7h
98h	SCON 0000 0000	SBUF XXXX XXXX							9Fh
90h	P1 1111 1111								97h
88h	TCON 0000 0000	TMOD 0000 0000	TL0 0000 0000	TL1 0000 0000	TH0 0000 0000	TH1 0000 0000		CKCON XXXX XXX0	8Fh
80h	P0 1111 1111	SP 0000 0111	DPL 0000 0000	DPH 0000 0000				PCON 00X1 0000	87h
	0/8	1/9	2/A	3/B	4/C	5/D	6/E	7/F	

reserved

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Pin Configuration



*NIC: No Internal Connection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. Electrical Characteristics

7.1 Absolute Maximum Ratings (1)

Ambiant Temperature Under Bias:	
C = commercial	0°C to 70°C
I = industrial	-40°C to 85°C
Storage Temperature	-65°C to + 150°C
Voltage on V_{CC} to V_{SS}	-0.5 V to + 7 V
Voltage on V_{PP} to V_{SS}	-0.5 V to + 13 V
Voltage on Any Pin to V_{SS}	-0.5 V to V_{CC} + 0.5 V
Power Dissipation	1 W(2)

NOTES

1. Stresses at or above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions may affect device reliability.

2. This value is based on the maximum allowable die temperature and the thermal resistance of the package.

7.2 Power consumption measurement

Since the introduction of the first C51 devices, every manufacturer made operating Icc measurements under reset, which made sense for the designs were the CPU was running under reset. In TEMIC new devices, the CPU is no more active during reset, so the power consumption is very low but is not really representative of what will happen in the customer system. That's why, while keeping measurements under Reset, TEMIC presents a new way to measure the operating Icc:

Using an internal test ROM, the following code is executed:

Label: SJMP Label (80 FE)

Ports 1, 2, 3 are disconnected, Port 0 is tied to FFh, EA = Vcc, RST = Vss, XTAL2 is not connected and XTAL1 is driven by the clock.

This is much more representative of the real operating Icc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3 DC Parameters for Standard Voltage

T_A = 0°C to +70°C; V_{SS} = 0 V; V_{CC} = 5 V ± 10%; F = 0 to 40 MHz.
T_A = -40°C to +85°C; V_{SS} = 0 V; V_{CC} = 5 V ± 10%; F = 0 to 40 MHz.

Table 14. DC Parameters in Standard Voltage

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit	Test Conditions
V_{IL}	Input Low Voltage	-0.5		0.2 V_{CC} - 0.1	V	
V_{IH}	Input High Voltage except XTAL1, RST	0.2 V_{CC} + 0.9		V_{CC} + 0.5	V	
V_{IH1}	Input High Voltage, XTAL1, RST	0.7 V_{CC}		V_{CC} + 0.5	V	
V_{OL}	Output Low Voltage, ports 1, 2, 3 (6)			0.3 0.45 1.0	V V V	I_{OL} = 100 µA(4) I_{OL} = 1.6 mA(4) I_{OL} = 3.5 mA(4)
V_{OL1}	Output Low Voltage, port 0 (6)			0.3 0.45 1.0	V V V	I_{OL} = 200 µA(4) I_{OL} = 3.2 mA(4) I_{OL} = 7.0 mA(4)
V_{OL2}	Output Low Voltage, ALE, $\overline{PSEN}$			0.3 0.45 1.0	V V V	I_{OL} = 100 µA(4) I_{OL} = 1.6 mA(4) I_{OL} = 3.5 mA(4)
V_{OH}	Output High Voltage, ports 1, 2, 3	V_{CC} - 0.3 V_{CC} - 0.7 V_{CC} - 1.5			V V V	I_{OH} = -10 µA I_{OH} = -30 µA I_{OH} = -60 µA V_{CC} = 5 V ± 10%
V_{OH1}	Output High Voltage, port 0	V_{CC} - 0.3 V_{CC} - 0.7 V_{CC} - 1.5			V V V	I_{OH} = -200 µA I_{OH} = -3.2 mA I_{OH} = -7.0 mA V_{CC} = 5 V ± 10%
V_{OH2}	Output High Voltage,ALE, $\overline{PSEN}$	V_{CC} - 0.3 V_{CC} - 0.7 V_{CC} - 1.5			V V V	I_{OH} = -100 µA I_{OH} = -1.6 mA I_{OH} = -3.5 mA V_{CC} = 5 V ± 10%
R_{RST}	RST Pulldown Resistor	50	90 (5)	200	kΩ	
I_{IL}	Logical 0 Input Current ports 1, 2 and 3			-50	µA	Vin = 0.45 V
I_{LI}	Input Leakage Current			±10	µA	0.45 V < Vin < V_{CC}
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current, ports 1, 2, 3			-650	µA	Vin = 2.0 V
C_{IO}	Capacitance of I/O Buffer			10	pF	Fc = 1 MHz T_A = 25°C
I_{PD}	Power Down Current		20 (5)	50	µA	2.0 V < V_{CC} < 5.5 V(3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit	Test Conditions
I_{CC} under RESET	Power Supply Current Maximum values, X1 mode: (7)			1 + 0.4 Freq (MHz) @12MHz 5.8 @16MHz 7.4	mA	V_{CC} = 5.5 V (1)
I_{CC} operating	Power Supply Current Maximum values, X1 mode: (7)			3 + 0.6 Freq (MHz) @12MHz 10.2 @16MHz 12.6	mA	V_{CC} = 5.5 V (8)
I_{CC} idle	Power Supply Current Maximum values, X1 mode: (7)			0.25+0.3 Freq (MHz) @12MHz 3.9 @16MHz 5.1	mA	V_{CC} = 5.5 V (2)

7.4 DC Parameters for Low Voltage

TA = 0°C to +70°C; V_{SS} = 0 V; V_{CC} = 2.7 V to 5.5 V ± 10%; F = 0 to 30 MHz.
TA = -40°C to +85°C; V_{SS} = 0 V; V_{CC} = 2.7 V to 5.5 V ± 10%; F = 0 to 30 MHz.

Table 15. DC Parameters for Low Voltage

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit	Test Conditions
V_{IL}	Input Low Voltage	-0.5		0.2 V_{CC} - 0.1	V	
V_{IH}	Input High Voltage except XTAL1, RST	0.2 V_{CC} + 0.9		V_{CC} + 0.5	V	
V_{IH1}	Input High Voltage, XTAL1, RST	0.7 V_{CC}		V_{CC} + 0.5	V	
V_{OL}	Output Low Voltage, ports 1, 2, 3 (6)			0.45	V	I_{OL} = 0.8 mA (4)
V_{OL1}	Output Low Voltage, port 0, ALE, $\overline{PSEN}$ (6)			0.45	V	I_{OL} = 1.6 mA (4)
V_{OH}	Output High Voltage, ports 1, 2, 3	0.9 V_{CC}			V	I_{OH} = -10 µA
V_{OH1}	Output High Voltage, port 0, ALE, $\overline{PSEN}$	0.9 V_{CC}			V	I_{OH} = -40 µA
I_{IL}	Logical 0 Input Current ports 1, 2 and 3			-50	µA	Vin = 0.45 V
I_{LI}	Input Leakage Current			±10	µA	0.45 V < Vin < V_{CC}
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current, ports 1, 2, 3			-650	µA	Vin = 2.0 V
R_{RST}	RST Pulldown Resistor	50	90 (5)	200	kΩ	
CIO	Capacitance of I/O Buffer			10	pF	Fc = 1 MHz TA = 25°C
I_{PD}	Power Down Current		20 (5) 10 (5)	50 30	µA	V_{CC} = 2.0 V to 5.5 V (3) V_{CC} = 2.0 V to 3.3 V (3)
I_{CC} under RESET	Power Supply Current Maximum values, X1 mode: (7)			1 + 0.2 Freq (MHz) @12MHz 3.4 @16MHz 4.2	mA	V_{CC} = 3.3 V (1)

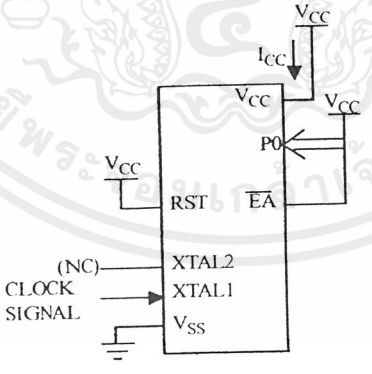
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit	Test Conditions
I_{CC} operating	Power Supply Current Maximum values, X1 mode: (7)			1 + 0.3 Freq (MHz) @12MHz 4.6 @16MHz 5.8	mA	V_{CC} = 3.3 V(8)
I_{CC} idle	Power Supply Current Maximum values, X1 mode: (7)			0.15 Freq (MHz) + 0.2 @12MHz 2 @16MHz 2.6	mA	V_{CC} = 3.3 V(2)

NOTES

1. *I_{CC} under reset is measured with all output pins disconnected; XTAL1 driven with T_{CLCH}, T_{CHCL} = 5 ns (see Figure 13.), V_{IL} = V_{SS} + 0.5 V, V_{IH} = V_{CC} - 0.5V; XTAL2 N.C.; $\overline{EA}$ = RST = Port 0 = V_{CC}. I_{CC} would be slightly higher if a crystal oscillator used..*
2. *Idle I_{CC} is measured with all output pins disconnected; XTAL1 driven with T_{CLCH}, T_{CHCL} = 5 ns, V_{IL} = V_{SS} + 0.5 V, V_{IH} = V_{CC} - 0.5 V; XTAL2 N.C; Port 0 = V_{CC}; $\overline{EA}$ = RST = V_{SS} (see Figure 11.).*
3. *Power Down I_{CC} is measured with all output pins disconnected; $\overline{EA}$ = V_{SS}, PORT 0 = V_{CC}; XTAL2 NC.; RST = V_{SS} (see Figure 12.).*
4. *Capacitance loading on Ports 0 and 2 may cause spurious noise pulses to be superimposed on the V_{OL}s of ALE and Ports 1 and 3. The noise is due to external bus capacitance discharging into the Port 0 and Port 2 pins when these pins make 1 to 0 transitions during bus operation. In the worst cases (capacitive loading 100pF), the noise pulse on the ALE line may exceed 0.45V with maxi V_{OL} peak 0.6V. A Schmitt Trigger use is not necessary.*
5. *Typicals are based on a limited number of samples and are not guaranteed. The values listed are at room temperature and 5V.*
6. *Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:*
   Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA
   Maximum I_{OL} per 8-bit port:
   Port 0: 26 mA
   Ports 1, 2 and 3: 15 mA
   Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA

   If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.
7. *For other values, please contact your sales office.*
8. *Operating I_{CC} is measured with all output pins disconnected; XTAL1 driven with T_{CLCH}, T_{CHCL} = 5 ns (see Figure 13.), V_{IL} = V_{SS} + 0.5 V, V_{IH} = V_{CC} - 0.5V; XTAL2 N.C.; $\overline{EA}$ = Port 0 = V_{CC}; RST = V_{SS}. The internal ROM runs the code 80 FE (label: SJMP label). I_{CC} would be slightly higher if a crystal oscillator is used. Measurements are made with OTP products when possible, which is the worst case.*



All other pins are disconnected.

Figure 9. I_{CC} Test Condition, under reset

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

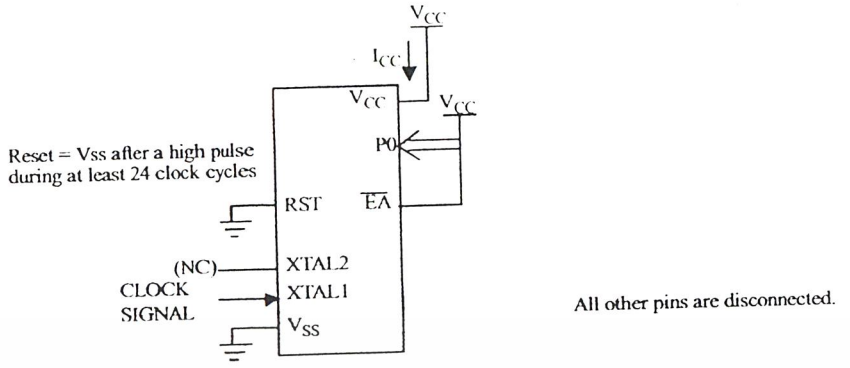


Figure 10. Operating I_{CC} Test Condition

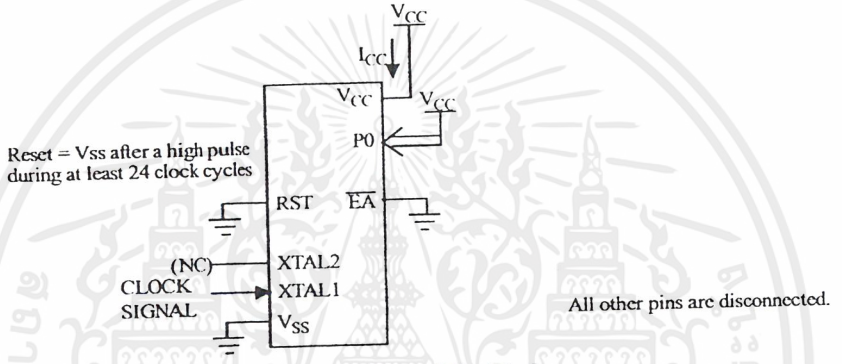


Figure 11. I_{CC} Test Condition, Idle Mode

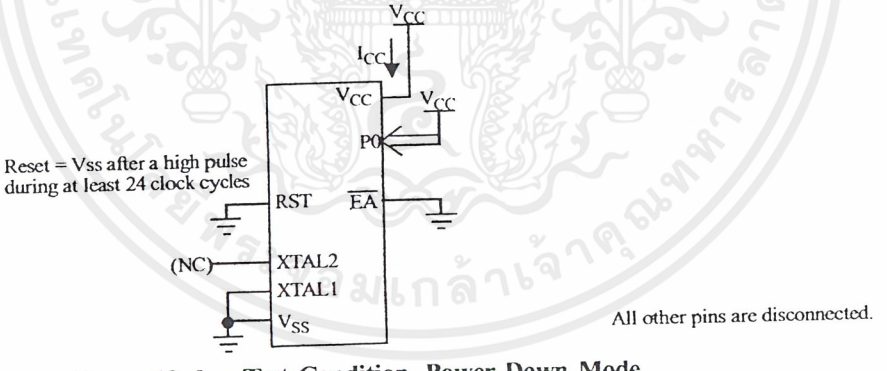


Figure 12. I_{CC} Test Condition, Power-Down Mode

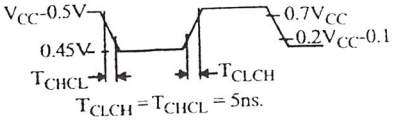


Figure 13. Clock Signal Waveform for I_{CC} Tests in Active and Idle Modes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.5 AC Parameters

7.5.1 Explanation of the AC Symbols

Each timing symbol has 5 characters. The first character is always a "T" (stands for time). The other characters, depending on their positions, stand for the name of a signal or the logical status of that signal. The following is a list of all the characters and what they stand for.

Example: T_{AVLL} = Time for Address Valid to ALE Low.
T_{LLPL} = Time for ALE Low to $\overline{PSEN}$ Low.

TA = 0 to +70°C (commercial temperature range); V_{SS} = 0 V; V_{CC} = 5 V ± 10%; -M and -V ranges.
TA = -40°C to +85°C (industrial temperature range); V_{SS} = 0 V; V_{CC} = 5 V ± 10%; -M and -V ranges.
TA = 0 to +70°C (commercial temperature range); V_{SS} = 0 V; 2.7 V < V_{CC} < 5.5 V; -L range.
TA = -40°C to +85°C (industrial temperature range); V_{SS} = 0 V; 2.7 V < V_{CC} < 5.5 V; -L range.

Table 16. gives the maximum applicable load capacitance for Port 0, Port 1, 2 and 3, and ALE and $\overline{PSEN}$ signals. Timings will be guaranteed if these capacitances are respected. Higher capacitance values can be used, but timings will then be degraded.

Table 16. Load Capacitance versus speed range, in pF

	-M	-V	-L
Port 0	100	50	100
Port 1, 2, 3	80	50	80
ALE / $\overline{PSEN}$	100	30	100

Table 18., Table 21. and Table 24. give the description of each AC symbols.

Table 19., Table 22. and Table 25. give for each range the AC parameter.

Table 20., Table 23. and Table 26. give the frequency derating formula of the AC parameter. To calculate each AC symbols, take the x value corresponding to the speed grade you need (-M, -V or -L) and replace this value in the formula. Values of the frequency must be limited to the corresponding speed grade:

Table 17. Max frequency for derating formula regarding the speed grade

	-M X1 mode	-M X2 mode	-V X1 mode	-V X2 mode	-L X1 mode	-L X2 mode
Freq (MHz)	40	20	40	30	30	20
T (ns)	25	50	25	33.3	33.3	50

Example:
T_{LLIV} in X2 mode for a -V part at 20 MHz (T = $1/20^{E6}$ = 50 ns):
x= 25 (Table 20.)
T= 50ns
T_{LLIV}= 2T - x = 2 x 50 - 25 = 75ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.5.2 External Program Memory Characteristics

Table 18. Symbol Description

Symbol	Parameter
T	Oscillator clock period
T_{LHLL}	ALE pulse width
T_{AVLL}	Address Valid to ALE
T_{LLAX}	Address Hold After ALE
T_{LLIV}	ALE to Valid Instruction In
T_{LLPL}	ALE to $\overline{PSEN}$
T_{PLPH}	$\overline{PSEN}$ Pulse Width
T_{PLIV}	$\overline{PSEN}$ to Valid Instruction In
T_{PXIX}	Input Instruction Hold After $\overline{PSEN}$
T_{PXIZ}	Input Instruction FloatAfter $\overline{PSEN}$
T_{PXAV}	$\overline{PSEN}$ to Address Valid
T_{AVIV}	Address to Valid Instruction In
T_{PLAZ}	$\overline{PSEN}$ Low to Address Float

Table 19. AC Parameters for Fix Clock

Speed	-M 40 MHz		-V X2 mode 30 MHz 60 MHz equiv.		-V standard mode 40 MHz		-L X2 mode 20 MHz 40 MHz equiv.		-L standard mode 30 MHz		Units
Symbol	**Min**	**Max**	**Min**	**Max**	**Min**	**Max**	**Min**	**Max**	**Min**	**Max**	
T	25		33		25		50		33		ns
T_{LHLL}	40		25		42		35		52		ns
T_{AVLL}	10		4		12		5		13		ns
T_{LLAX}	10		4		12		5		13		ns
T_{LLIV}		70		45		78		65		98	ns
T_{LLPL}	15		9		17		10		18		ns
T_{PLPH}	55		35		60		50		75		ns
T_{PLIV}		35		25		50		30		55	ns
T_{PXIX}	0		0		0		0		0		ns
T_{PXIZ}		18		12		20		10		18	ns
T_{AVIV}		85		53		95		80		122	ns
T_{PLAZ}		10		10		10		10		10	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 20. AC Parameters for a Variable Clock: derating formula

Symbol	Type	Standard Clock	X2 Clock	-M	-V	-L	Units
T_{LHLL}	Min	2 T - x	T - x	10	8	15	ns
T_{AVLL}	Min	T - x	0.5 T - x	15	13	20	ns
T_{LLAX}	Min	T - x	0.5 T - x	15	13	20	ns
T_{LLIV}	Max	4 T - x	2 T - x	30	22	35	ns
T_{LLPL}	Min	T - x	0.5 T - x	10	8	15	ns
T_{PLPH}	Min	3 T - x	1.5 T - x	20	15	25	ns
T_{PLIV}	Max	3 T - x	1.5 T - x	40	25	45	ns
T_{PXIX}	Min	x	x	0	0	0	ns
T_{PXIZ}	Max	T - x	0.5 T - x	7	5	15	ns
T_{AVIV}	Max	5 T - x	2.5 T - x	40	30	45	ns
T_{PLAZ}	Max	x	x	10	10	10	ns

7.5.3 External Program Memory Read Cycle

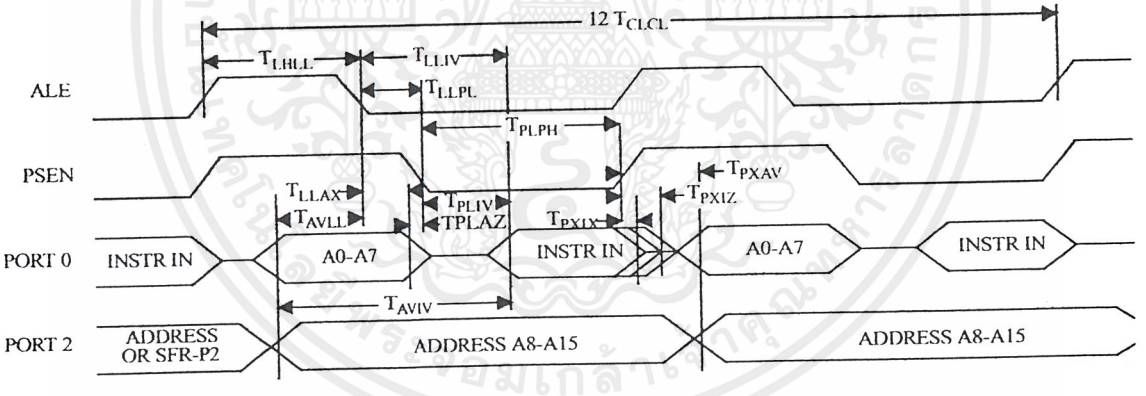


Figure 14. External Program Memory Read Cycle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.5.4 External Data Memory Characteristics

Table 21. Symbol Description

Symbol	Parameter
T_{RLRH}	$\overline{RD}$ Pulse Width
T_{WLWH}	$\overline{WR}$ Pulse Width
T_{RLDV}	$\overline{RD}$ to Valid Data In
T_{RHDX}	Data Hold After $\overline{RD}$
T_{RHDZ}	Data Float After $\overline{RD}$
T_{LLDV}	ALE to Valid Data In
T_{AVDV}	Address to Valid Data In
T_{LLWL}	ALE to $\overline{WR}$ or $\overline{RD}$
T_{AVWL}	Address to $\overline{WR}$ or $\overline{RD}$
T_{QVWX}	Data Valid to $\overline{WR}$ Transition
T_{QVWH}	Data set-up to $\overline{WR}$ High
T_{WHQX}	Data Hold After $\overline{WR}$
T_{RLAZ}	$\overline{RD}$ Low to Address Float
T_{WHLH}	$\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ High to ALE high

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 22. AC Parameters for a Fix Clock

Speed	-M 40 MHz		-V X2 mode 30 MHz 60 MHz equiv.		-V standard mode 40 MHz		-L X2 mode 20 MHz 40 MHz equiv.		-L standard mode 30 MHz		Units
Symbol	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
T_{RLRH}	130		85		135		125		175		ns
T_{WLWH}	130		85		135		125		175		ns
T_{RLDV}		100		60		102		95		137	ns
T_{RHDX}	0		0		0		0		0		ns
T_{RHDZ}		30		18		35		25		42	ns
T_{LLDV}		160		98		165		155		222	ns
T_{AVDV}		165		100		175		160		235	ns
T_{LLWL}	50	100	30	70	55	95	45	105	70	130	ns
T_{AVWL}	75		47		80		70		103		ns
T_{QVWX}	10		7		15		5		13		ns
T_{QVWH}	160		107		165		155		213		ns
T_{WHQX}	15		9		17		10		18		ns
T_{RLAZ}		0		0		0		0		0	ns
T_{WHLH}	10	40	7	27	15	35	5	45	13	53	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 23. AC Parameters for a Variable Clock: derating formula

Symbol	Type	Standard Clock	X2 Clock	-M	-V	-L	Units
T_{RLRH}	Min	6 T - x	3 T - x	20	15	25	ns
T_{WLWH}	Min	6 T - x	3 T - x	20	15	25	ns
T_{RLDV}	Max	5 T - x	2.5 T - x	25	23	30	ns
T_{RHDX}	Min	x	x	0	0	0	ns
T_{RHDZ}	Max	2 T - x	T - x	20	15	25	ns
T_{LLDV}	Max	8 T - x	4T -x	40	35	45	ns
T_{AVDV}	Max	9 T - x	4.5 T - x	60	50	65	ns
T_{LLWL}	Min	3 T - x	1.5 T - x	25	20	30	ns
T_{LLWL}	Max	3 T + x	1.5 T + x	25	20	30	ns
T_{AVWL}	Min	4 T - x	2 T - x	25	20	30	ns
T_{QVWX}	Min	T - x	0.5 T - x	15	10	20	ns
T_{QVWH}	Min	7 T - x	3.5 T - x	15	10	20	ns
T_{WHQX}	Min	T - x	0.5 T - x	10	8	15	ns
T_{RLAZ}	Max	x	x	0	0	0	ns
T_{WHLH}	Min	T - x	0.5 T - x	15	10	20	ns
T_{WHLH}	Max	T + x	0.5 T + x	15	10	20	ns

7.5.5 External Data Memory Write Cycle

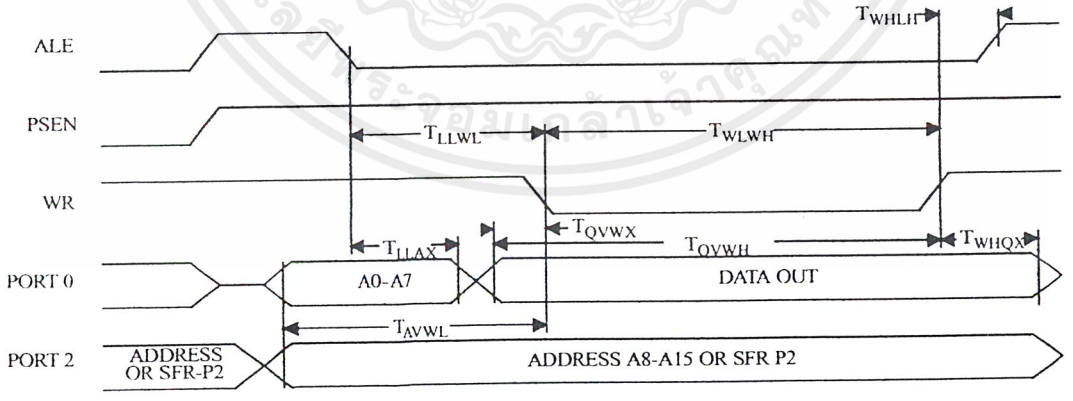


Figure 15. External Data Memory Write Cycle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.5.6 External Data Memory Read Cycle

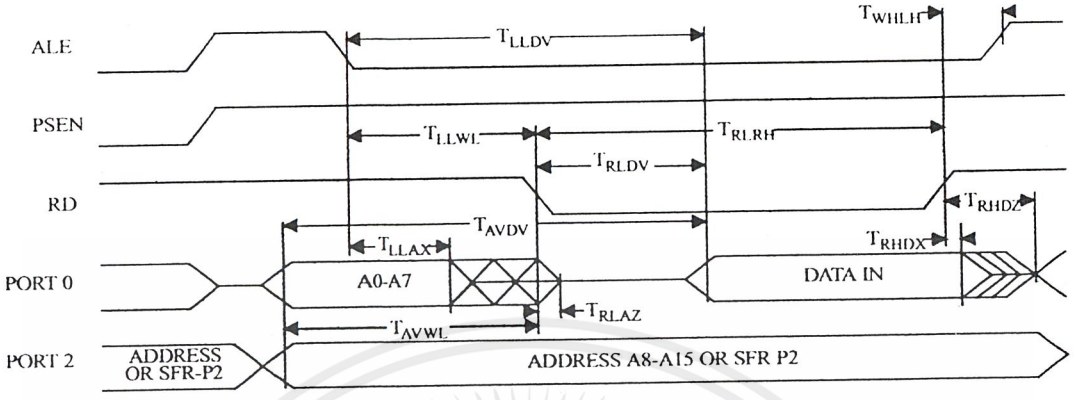


Figure 16. External Data Memory Read Cycle

7.5.7 Serial Port Timing - Shift Register Mode

Table 24. Symbol Description

Symbol	Parameter
T_{XLXL}	Serial port clock cycle time
T_{QVHX}	Output data set-up to clock rising edge
T_{XHQX}	Output data hold after clock rising edge
T_{XHDX}	Input data hold after clock rising edge
T_{XHDV}	Clock rising edge to input data valid

Table 25. AC Parameters for a Fix Clock

Speed	-M 40 MHz		-V X2 mode 30 MHz 60 MHz equiv.		-V standard mode 40 MHz		-L X2 mode 20 MHz 40 MHz equiv.		-L standard mode 30 MHz		Units
Symbol	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
T_{XLXL}	300		200		300		300		400		ns
T_{QVHX}	200		117		200		200		283		ns
T_{XHQX}	30		13		30		30		47		ns
T_{XHDX}	0		0		0		0		0		ns
T_{XHDV}		117		34		117		117		200	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 26. AC Parameters for a Variable Clock: derating formula

Symbol	Type	Standard Clock	X2 Clock	-M	-V	-L	Units
T_{XLXL}	Min	12 T	6 T				ns
T_{QVHX}	Min	10 T - x	5 T - x	50	50	50	ns
T_{XHQX}	Min	2 T - x	T - x	20	20	20	ns
T_{XHDX}	Min	x	x	0	0	0	ns
T_{XHDV}	Max	10 T - x	5 T- x	133	133	133	ns

7.5.8 Shift Register Timing Waveforms

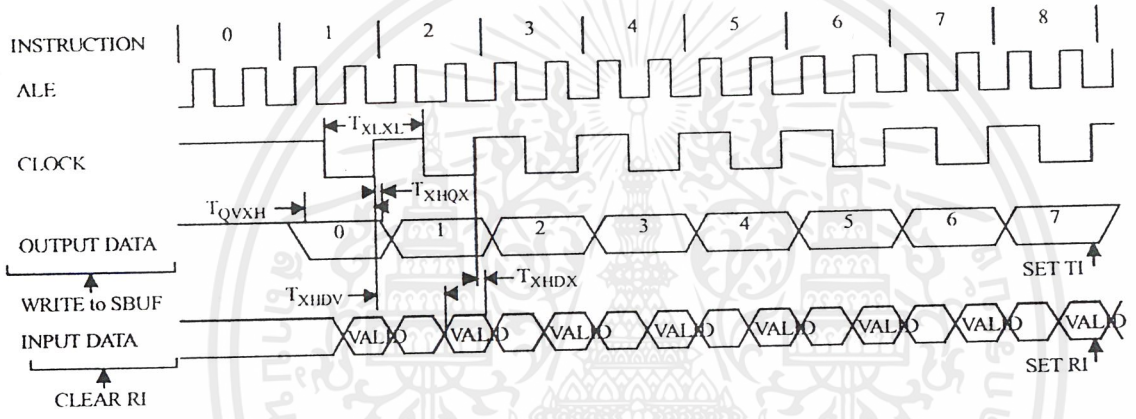


Figure 17. Shift Register Timing Waveforms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.5.9 External Clock Drive Characteristics (XTAL1)

Table 27. AC Parameters

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
T_{CLCL}	Oscillator Period	25		ns
T_{CHCX}	High Time	5		ns
T_{CLCX}	Low Time	5		ns
T_{CLCH}	Rise Time		5	ns
T_{CHCL}	Fall Time		5	ns
T_{CHCX}/T_{CLCX}	Cyclic ratio in X2 mode	40	60	%

7.5.10 External Clock Drive Waveforms

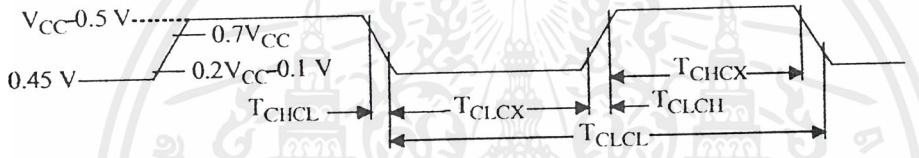


Figure 18. External Clock Drive Waveforms

7.5.11 AC Testing Input/Output Waveforms



Figure 19. AC Testing Input/Output Waveforms

AC inputs during testing are driven at V_{CC} - 0.5 for a logic "1" and 0.45V for a logic "0". Timing measurement are made at V_{IH} min for a logic "1" and V_{IL} max for a logic "0".

7.5.12 Float Waveforms

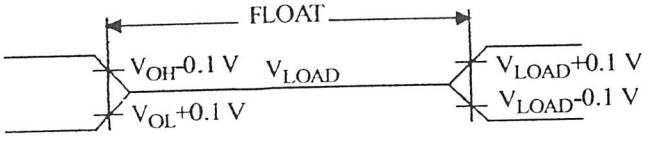


Figure 20. Float Waveforms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

For timing purposes a port pin is no longer floating when a 100 mV change from load voltage occurs and begins to float when a 100 mV change from the loaded V_{OH}/V_{OL} level occurs. $I_{OL}/I_{OH} \geq \pm$ 20mA.

7.5.13 Clock Waveforms

Valid in normal clock mode. In X2 mode XTAL2 signal must be changed to XTAL2 divided by two.

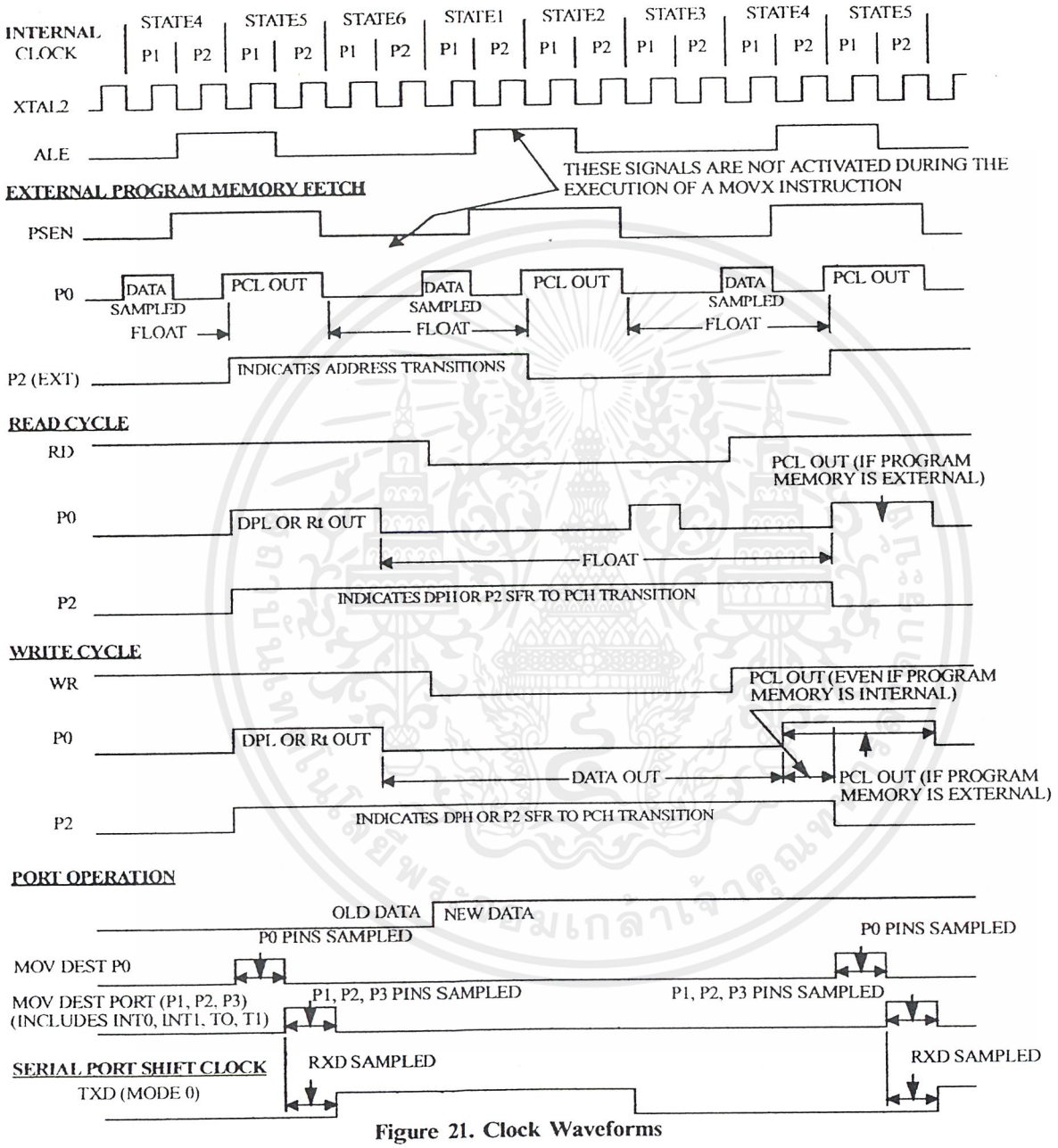


Figure 21. Clock Waveforms

This diagram indicates when signals are clocked internally. The time it takes the signals to propagate to the pins, however, ranges from 25 to 125 ns. This propagation delay is dependent on variables such as temperature and pin loading. Propagation also varies from output to output and component. Typically though (T_A=25°C fully loaded) $\overline{RD}$ and $\overline{WR}$ propagation delays are approximately 50ns. The other signals are typically 85 ns. Propagation delays are incorporated in the AC specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์เกียรติวรรณ ทรงสัตย์ เป็นอย่างสูงที่ชี้แนะและเป็นที่ปรึกษาให้กับพวกเรา รวมทั้งความเอื้อเฟื้ออุปกรณ์การทำงาน และสถานที่ในการทำโครงงานเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณท่านอาจารย์ทุกๆท่านที่ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม ที่ให้ความรู้แก่นักศึกษาอย่างเต็มกำลัง รวมทั้งความรักความเมตตาที่มอบให้

ขอขอบคุณคุณพ่อ คุณแม่ผู้ให้ความดูแลเลี้ยงดู อบรมสั่งสอนตลอดมา

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจ ให้ความความช่วยเหลือ และมีความเป็นเพื่อนที่ดีตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. กฤษฎา ใจเย็น, "เรียนรู้และปฏิบัติการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม", บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด, 163 หน้า
2. โยธิน เปรมปราณีรัชต์, "ระบบเซอร์โวและอิเลคทรอนิกส์คอนโทรลมอเตอร์", Japan International Corporation Agency (JICA), 503 หน้า, 2533
3. สุนทร วิทูสุรพจน์, "การโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี้ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051", บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 198 หน้า
4. Takashi Kenjo and Akira Sugarawa , "Stepping Motor and Their Microprocessor Controls", Second Edition, Oxford Science Publications, 279p ,1994

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้