สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบควบคุมตำแหน่งสายอากาศแบบทิศทาง

(ANTENNA POSITION CONTROL SYSTEM)

T050198

โดย

นายเจษฎาพร สถานทรัพย์ 43015300

นายเอกชัย รัตนรุ่งชัย 43015347

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ เกียรติวรรณ ทรงสัตย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 50198
วัน,เดือน,ปี 27 มิ.ย. 2547
b.....
i.....
ลิขสิทธิ์ของสถาบันฯ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2545

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมตำแหน่งสายอากาศแบบทิศทาง

(Antenna Position Control System)

ผู้จัดทำ

1. นายเจษฎาพร สถานทรัพย์

2.นายเอกชัย รัตนรุ่งชัย

อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ เกียรติวรรณ ทรงสัตย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมตำแหน่งสายอากาศแบบทิศทาง
ANTENNA POSITION CONTROL SYSTEM

นายเจษฎาพร สถานทรัพย์
นายเอกชัย รัตนรุ่งชัย
อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์ เกียรติวรรณ ทรงสัตย์
ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการออกแบบระบบควบคุมตำแหน่งสายอากาศแบบทิศทาง โดยการนำไมโครคอลโทรลเลอร์มาประยุกต์ใช้งาน องค์ประกอบของระบบแบ่งออกเป็น 4 หน่วย คือ หน่วยควบคุมและประมวลผล หน่วยการติดต่อกับผู้ใช้งาน หน่วยการขับเคลื่อนสายอากาศ และหน่วยการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ สำหรับหน่วยควบคุมและประมวลผลได้นำเอาไมโครคอลโทรลเลอร์ตระกูลเอ็มซีเอส-51 มาประยุกต์ใช้ในการควบคุม ในส่วนหน่วยการขับเคลื่อนสายอากาศเลือกใช้สเตปปิ้งมอเตอร์ที่สามารถควบคุมความถูกต้องของตำแหน่งในการเคลื่อนที่ได้ดี สำหรับในส่วนการติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นใช้การสื่อสารผ่านทางพอร์ตอนุกรมในการติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมวิชวลเบสิคในการรองรับการทำงาน

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 uses stepping motor to control the accuracy of movement position. PC Interface unit uses serial communication to connect to computer, which supported by Visual Basic program.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	I
สารบัญ	II
สารบัญภาพ	IV
สารบัญตาราง	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 กล่าวนำ	1
1.2 ความเป็นมาของโครงงาน	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 สเตปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor)	4
2.1.1 การทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์	4
2.1.2 ชนิดของสเตปปิ้งมอเตอร์	4
2.1.3 การจำแนกชนิดของสเตปปิ้งมอเตอร์ด้วยการพันคอยล์	5
2.1.4 การกระตุ้นและควบคุมการหมุนของสเตปปิ้งมอเตอร์	7
2.1.5 หลักการออกแบบวงจรขับสเตปปิ้งมอเตอร์	9
2.1.6 ปัญหาของวงจรขับสเตปปิ้งมอเตอร์และการแก้ปัญหา	9
2.2 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS –51	13
2.2.1 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051	13
2.2.2 โครงสร้างหน่วยความจำของ 8051	15
2.2.3 ทามเมอร์ (TIMER)	20
2.2.4 การอินเตอร์รัพท์	30
2.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพอร์ทอนุกรม	36
2.3.1 การสื่อสารแบบอนุกรม	36
2.3.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส	37
2.3.3 มาตรฐานพอร์ทอนุกรมแบบ RS-232	38
2.3.4 คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ท RS-232 และการเชื่อมต่อ	39
2.3.5 อุปกรณ์ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (UART)	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

2.4 การใช้งานแอลซีดีโมดูล (LCD Module) 43

2.4.1 ขาสัญญาณของแอลซีดีโมดูล 43

2.4.2 การต่อเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ 43

2.5 เอร์คกิ่งสำเร็จ SILA ANT-32 V3.0 44

2.6 เฟือง 47

2.6.1 ลักษณะและคำจำกัดความ 49

2.6.2 เฟืองโค้งอินโวลูทขบกัน 52

2.6.3 แนวขบกันและอัตราส่วนขบกัน 54

บทที่ 3 โครงสร้างและการออกแบบระบบ 56

3.1 การออกแบบในส่วนของฮาร์ดแวร์ (Hardware) 56

3.1.1 ส่วนควบคุมและประมวลผล (Processing and Control Unit) 56

3.1.2 การติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface Unit) 58

3.1.3 ส่วนการหมุนสายอากาศ(Rotation Unit) 61

3.1.4 ส่วนการติดต่อกับคอมพิวเตอร์(PC Interface Unit) 67

3.2 การออกแบบในส่วนของซอฟต์แวร์ (Software) 68

บทที่4 ผลการทดลอง 81

4.1 การปรับความเร็วในการหมุนสายอากาศ (ค่าเวลาที่จะหน่วงในโปรแกรม) 81

4.2 ทดสอบการใช้งานของระบบควบคุมสายอากาศแบบทิศทาง 82

4.3 โปรแกรมรองรับบนเครื่องคอมพิวเตอร์ 85

บทที่5 บทสรุป 89

5.1 บทสรุป 89

5.2 บทวิจารณ์ 89

5.3 ปัญหาที่พบ 89

5.4 แนวทางการพัฒนาต่อ 90

ภาคผนวก

กิตติกรรมประกาศ

หนังสืออ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 สายอากาศแบบยากิ 3 อิลิแมนท์	2
1.2 ลักษณะการกระจายคลื่นของเสาอากาศแบบทิศทาง	3
1.3 แสดงการนำชุดควบคุมสายอากาศไปใช้งาน	3
2.1 โครงสร้างภายในของสเตปปิ้งมอเตอร์แบบไฮบริดจ์ (Hybrid)	5
2.2 แสดงการพันขดลวดบนสเตเตอร์ของสเตปปิ้งมอเตอร์	6
2.3 แสดงวงจรจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับสเตปปิ้งทั้ง 2 แบบ	7
2.4 แสดงวงจรสมมูลของสเตปปิ้งมอเตอร์	9
2.5 วงจรจำกัดแรงดันเกินโดยใช้ไดโอด	10
2.6 แสดงวงจรป้องกันแรงดันเกินโดยใช้ไดโอดกับความต้านทาน	11
2.7 แสดงวงจรป้องกันแรงดันเกินโดยใช้ซีเนอร์ไดโอด	11
2.8 แสดงการเพิ่มตัวเก็บประจุที่แต่ละส่วนของวงจรจำกัดแรงดัน	12
2.9 แสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสต่อเวลาของการใช้วงจรป้องกันต่าง ๆ	12
2.10 การจัดขาของ 8051	14
2.11 แสดงหน่วยความจำโปรแกรมของ 8051	15
2.12 แสดงหน่วยความจำข้อมูลของ 8051	16
2.13 แสดงหน่วยความจำข้อมูลภายใน	17
2.14 แสดงรายละเอียดของ Special Function Register	18
2.15 แสดงตำแหน่งการอ้างอิงระดับบิตของรีจีสเตอร์ SFR	19
2.16 รีจีสเตอร์ที่ใช้เป็น Timer	20
2.17 การทำงานของ Timer ในโหมดต่าง	24
2.18 ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่เข้าขา Timer	26
2.19 การใช้บิตควบคุม TR	27
2.20 ระบบทั้งหมดของ Timer 1	28
2.21 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเมื่อถูกอินเตอร์รัพท์	31
2.22 รีจิสเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการอินเตอร์รัพท์	33
2.23 ไดอะแกรมเวลาของการสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส	36
2.24 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

2.25 คอนเน็กเตอร์อนุกรม 9 ขา (DB-9)	40
2.26 คอนเน็กเตอร์อนุกรม 25 ขา (DB-25)	41
2.27 การจัดขาสัญญาณของพอร์ทอนุกรมในแบบต่าง ๆ และหน้าที่การทำงาน	41
2.28 การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ทอนุกรมในรูปแบบต่าง ๆ	42
2.29 แสดงบอร์ดและตำแหน่งจัมพ์เปอร์	45
2.30 การหมุนของล้อเสียดทาน	47
2.31 ฟันเฟืองถูกเพิ่มเข้าไปบนล้อเสียดทาน	48
2.32 การสร้างส่วน โค้งอินโวลุท	49
2.33 ลักษณะพื้นฐานของเฟืองตรง	49
2.34 ขนาดของฟันเฟือง	51
2.35 วงกลมฐานเส้นกระทำและแนวของอินโวลุท	53
2.36 เส้นกระทำและมุมกด	53
2.37 ความสัมพันธ์ระหว่าง แนวขบกันกับมุมกด	54
2.38 แนวขบกัน	55
3.1 แสดงส่วนประกอบของระบบ	56
3.2 โครงสร้างของบอร์ดกึ่งสำเร็จ ANT 32	57
3.3 แสดงวงจรภายในของคีย์แพด	60
3.4 ลักษณะคีย์ที่ใช้งาน	60
3.5 แสดงการต่อใช้งานของส่วนประกอบต่างๆกับบอร์ดแบบกึ่งสำเร็จ ANT-32	61
3.6 วงจรขับสเตปปิ้งมอเตอร์ที่สมบูรณ์	63
3.7 เสาอากาศที่มีชุดเฟืองทดติดตั้งอยู่	64
3.8 ลักษณะการวางตำแหน่งชุดเฟือง	65
3.9 ชิ้นงานจริงของชุดเฟืองทด	66
3.10 ชิ้นงานจริงของเสาอากาศ	66
3.11 แสดงโฟลวชาร์จการทำงานทั้งหมด	68
3.12 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของการตรวจสอบคีย์	69
3.13 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของการตรวจสอบคีย์(ต่อ)	70
3.14 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของการกดคีย์Enter	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

3.15 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของการกดคีย์CLEAR 72

3.16 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของการกดคีย์Increase 73

3.17 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของการกดคีย์Decrease 74

3.18 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของการกดคีย์ SHIFT 75

3.19 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของการกดคีย์ HELP 76

3.20 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของการกดคีย์ HELP (SEARCH MODE) 77

3.21 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของการกดคีย์ HELP (SAVE MODE) 78

3.22 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของการกดคีย์ DOWNLOAD 79

3.23 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของการกดคีย์ UPLOAD 80

4.1 แสดงหน้าจอเมื่อเริ่มเปิดเครื่อง 82

4.2 แสดงหน้าจอของการควบคุมโดยตรง 83

4.3 แสดงหน้าจอการหาช่องสัญญาณไปเรื่อยๆครั้งละ 1 องศา 83

4.4 แสดงหน้าจอการกลับตำแหน่ง 0 องศา(Home) 83

4.5 หน้าจอการเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำและการนำค่าที่บันทึกไว้ออกมาใช้ 84

4.6 หน้าจอการเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำ 84

4.7 หน้าจอการนำค่าที่บันทึกไว้ออกมาใช้ 84

4.8 แสดงหน้าจอหลักของโปรแกรมรองรับบนเครื่องคอมพิวเตอร์ 85

4.9 แสดงหน้าจอการดูข้อมูลที่บันทึกไว้ทั้งหมดในฐานข้อมูล 86

4.10 แสดงหน้าจอแก้ไขหรือเพิ่มเติมข้อมูล 87

4.11 การค้นหาข้อมูลและการถ่ายโอนข้อมูล 88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นเฟสแบบเวฟ	7
2.2 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบ 2 เฟส	8
2.3 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบครึ่งสเตป	8
2.4 หน้าที่พิเศษของขาต่าง ๆ ของ PORT 3	13
2.5 รีจีสเตอร์ที่ใช้เป็น Timer	21
2.6 รีจีสเตอร์ TMOD (Timer Mode)	22
2.7 การใช้ Timer โหมดต่าง ๆ	22
2.8 แสดงความหมายแต่ละบิตของรีจีสเตอร์ TCON (Timer Control)	23
2.9 ค่าสูงสุดของการใช้ Timer โหมดต่าง ๆ	30
2.10 บิตต่าง ๆ ของรีจีสเตอร์ IE	32
2.11 บิตและหน้าที่ต่าง ๆ ของรีจีสเตอร์ IP	34
2.12 แฟลกที่จะทำงานเมื่อถูกอินเตอร์รัพท์	34
2.13 อินเตอร์รัพท์เวกเตอร์ของอินเตอร์รัพท์ต่าง ๆ	35
2.14 แสดงขาสัญญาณของแอลซีดีโมดูล	43
2.15 ขนาดของเฟืองมาตรฐาน	52
2.16 มาตรฐานของฟันเฟือง	55
4.1 การปรับความเร็วในการหมุนสายอากาศ	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 กล่าวนำ

ในปัจจุบันมีการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างแพร่หลายในการควบคุมการทำงานในระบบขนาดเล็ก เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ในปัจจุบันนี้ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนมีความสามารถในการทำงานต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี อีกทั้งมีราคาถูกทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายไปได้มาก เพราะในงานขนาดเล็กที่ต้องการใช้ระบบประมวลผลและควบคุม ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เพราะไมโครคอนโทรลเลอร์ก็สามารถทำงานได้ จะเห็นได้ว่าประหยัดไปได้มาก สำหรับโครงงานนี้ก็เป็นอีกหนึ่งงานซึ่งแสดงออกถึงขีดความสามารถในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เป็นอย่างดี

โครงงานระบบควบคุมตำแหน่งสายอากาศแบบทิศทางนี้ เป็นโครงงานที่มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องควบคุมการหมุนของสายอากาศแบบทิศทางที่ใช้งานในสถานีของนักวิทยุสมัครเล่นให้สามารถหันไปในทิศทางที่ถูกต้องตรงตามที่ผู้ใช้ต้องการ เนื่องจากอุปกรณ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีราคาสูง และมีอยู่น้อยมาดังนี้ ถ้าเราสามารถสร้างได้ในราคาที่ต่ำ และมีฟังก์ชันพิเศษเพื่อสนับสนุนการทำงานของระบบนี้ ออกมาได้ก็เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

1.2 ความเป็นมาของโครงงาน

ระบบควบคุมตำแหน่งสายอากาศที่ทำนี้จะถูกนำไปใช้ในการควบคุมสายอากาศแบบทิศทางในการงานของนักวิทยุสมัครเล่น ก่อนอื่นมาทำความรู้จักกับนักวิทยุสมัครเล่นและสายอากาศแบบทิศทางกันก่อน เพื่อจะได้เข้าใจว่าทำไมจึงต้องมีเครื่องควบคุมการหมุนของสายอากาศชนิดนี้

ระบบวิทยุสมัครเล่นมีการใช้สื่อสารกันอยู่ในย่านความถี่ 144 เมกะเฮิร์ต ถึง 146 เมกะเฮิร์ต โดยจะทำการแบ่งช่องสัญญาณออกเป็น 80 ช่องสัญญาณ แต่ละช่องสัญญาณจะห่างกันช่องละ 25 กิโลเฮิร์ต คือจะเป็น 144.00 เมกะเฮิร์ต, 144.025 เมกะเฮิร์ต,144.50 เมกะเฮิร์ต ไปเรื่อย ๆ จนถึง 146.00 เมกะเฮิร์ต ซึ่งการใช้งานจำเป็นจะต้องทำการจดทะเบียนกับทางราชการ ในแต่ละช่องสัญญาณจะมีกลุ่มผู้ใช้เฉพาะกลุ่ม มีพิกัดที่ตั้งแตกต่างกันไป ดังนั้นอุปกรณ์ที่สำคัญของระบบวิทยุสื่อสารคือสายอากาศ

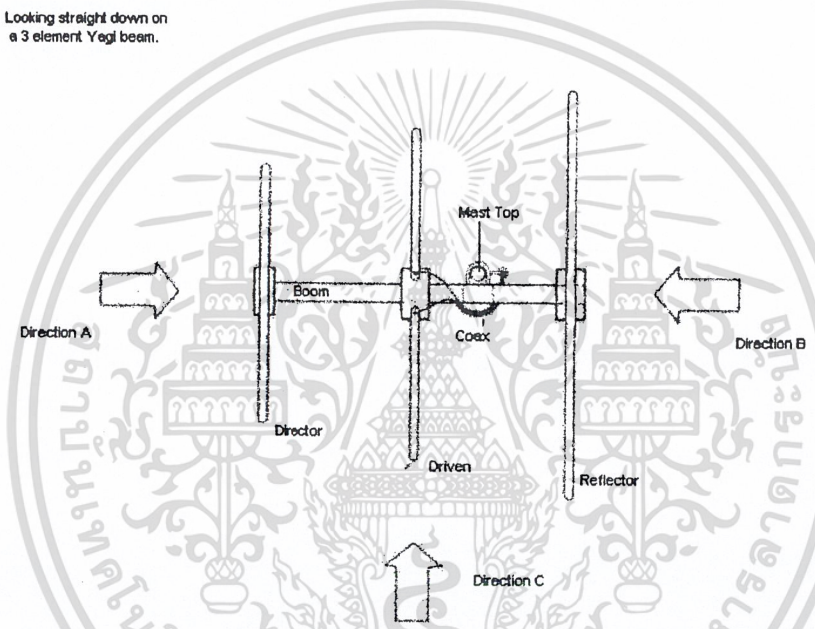
สายอากาศเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกไป จะทำการติดตั้งอยู่บนเสาอากาศ สายอากาศจะทำการแปลงสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ ไปเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่วิทยุ แล้วทำการแผ่กระจายคลื่นออกไปในอากาศ มีอยู่หลายรูปแบบ สายอากาศทิศทางเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะหนึ่งของสายอากาศสำหรับติดตั้งประจำสถานี สำหรับการติดต่อระยะไกล สายอากาศชนิดนี้จะมีขนาดใหญ่ ซึ่งที่ใช้กันอยู่มีอยู่ 3 แบบ คือ

1. สายอากาศแบบกระจายคลื่นรอบตัว
2. สายอากาศแบบกระจายคลื่นกึ่งทิศทาง
3. สายอากาศกระจายคลื่นแบบทิศทาง

ในที่นี้เราจะขออธิบายถึงลักษณะของสายอากาศกระจายคลื่นแบบทิศทาง หรือที่เรียกว่าสายอากาศแบบทิศทางเท่านั้น

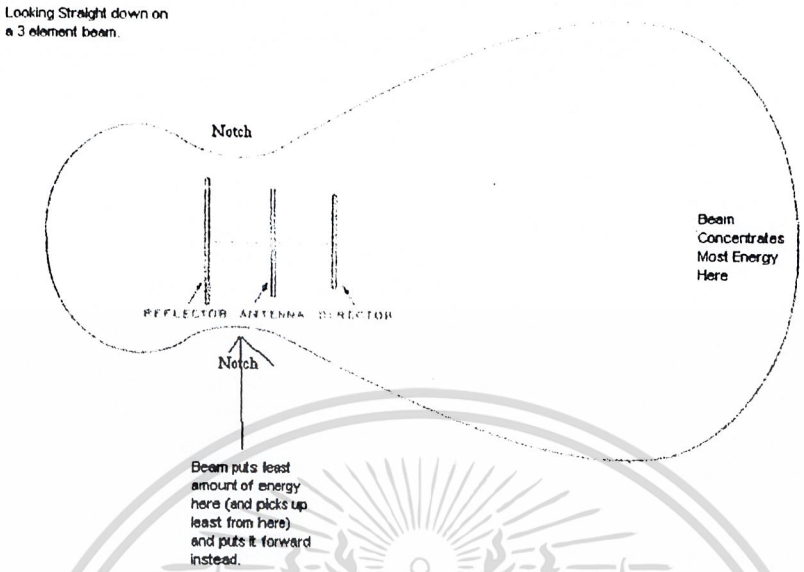


รูปที่ 1.1 สายอากาศแบบยากิ 3 อิลิแมนท์

สายอากาศแบบทิศทางเป็นสายอากาศใช้เทคนิคพิเศษในการออกแบบ ให้สามารถรวบรวมพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าให้แผ่พุ่งออกไปในทิศทางเดียวกันหรือสองทิศทางได้ ทำให้สามารถติดต่อได้ไกลมากเป็นพิเศษเฉพาะทิศทางที่ต้องการ เหมาะสำหรับการติดต่อในกิจกรรมพิเศษ หรือต้องการหลบสัญญาณรบกวน หรือใช้ในการหาทิศทางของคู่สถานี หรือผู้ส่งสัญญาณรบกวน

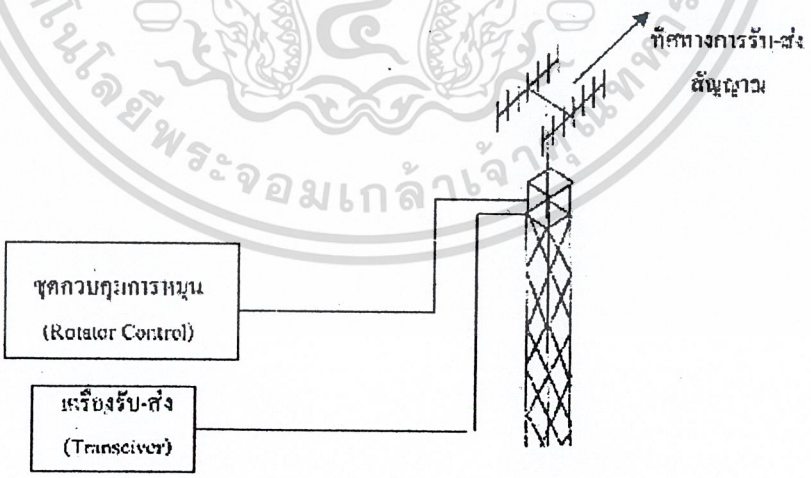
ข้อเสียของสายอากาศแบบทิศทางคือจะส่งและรับสัญญาณจากทิศทางอื่น ๆ ได้น้อยมาก หรือไม่ได้เลย ดังนั้นในระบบจึงต้องมีชุดหมุนสายอากาศ (Rotator) สำหรับหมุนสายอากาศอยู่ด้วย เพื่อทำหน้าที่หมุนสายอากาศไปในทิศทางที่ผู้ใช้ต้องการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.2 ลักษณะการกระจายคลื่นของเสาอากาศแบบทิศทาง

เนื่องมาจากชุดหมุนสายอากาศในปัจจุบันมีอยู่น้อยรายที่ผลิตจำหน่ายจึงทำให้มีราคาค่อนข้างสูง โครงงานนี้จึงมุ่งที่จะสร้างเครื่องควบคุมสายอากาศแบบทิศทาง ให้มีความสามารถในการควบคุมทิศทางได้อย่างแม่นยำ ใช้งานได้ง่าย มีความสามารถพิเศษที่สนับสนุนการทำงานของผู้ใช้งาน และมีต้นทุนที่ต่ำมาใช้งาน



รูปที่ 1.3 แสดงการนำชุดควบคุมสายอากาศไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 สเตปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor)

2.1.1 การทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์

สเตปปิ้งมอเตอร์มีความแตกต่างจากมอเตอร์ทั่ว ๆ ไป โดยเมื่อป้อนกำลังไฟฟ้าให้กับมัน มันจะหมุนเพียงเล็กน้อยตามเส้นรอบวงและหยุด ซึ่งแตกต่างจากมอเตอร์ทั่ว ๆ ไป ซึ่งจะหมุนทันทีและตลอดเวลาเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้า สเต็ปเปอร์มอเตอร์สามารถกำหนดตำแหน่งของการหมุนด้วยตัวเลขได้อย่างละเอียดโดยการใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวกำหนดและจัดเก็บตัวเลขเหล่านั้นไว้

สเตปปิ้งมอเตอร์โดยทั่วไปมีจำนวนของขั้วแม่เหล็กหรือจำนวนสเตปต่อรอบเป็นจำนวนมากปกติอยู่ที่ประมาณ 100 – 400 สเตป(Step)ต่อรอบ การมีจำนวนสเตปมาก ๆ นี้ไม่ได้เพิ่มจำนวนขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าที่ สเตเตอร์(Stator) แต่ทำได้โดยการเพิ่มจำนวนซี่ของขั้วแม่เหล็กที่โรเตอร์จำนวนสเตปต่อรอบทั้งหมดจะได้จากการคูณจำนวนขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์และจำนวนซี่ที่โรเตอร์ ดังเช่น ถ้ามีขั้วแม่เหล็ก 3 ขั้วบนสเตเตอร์ และ 8 ซี่ขั้วแม่เหล็กบนโรเตอร์(Rotor) สเตปปิ้งมอเตอร์นี้จะทำงานที่ 24สเตปต่อรอบหรือหมุนไปเป็นมุม15องศาต่อสเตป

การใช้วงจรดิจิตอลคอนโทรลการจ่ายกำลังไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวดบนสเตเตอร์แบบซีเควนเชียลทำให้สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ทุกสเตปได้เช่นเดียวกับการควบคุมในวงจรดีซีเซอร์โว (DC servo)แต่การควบคุมด้วยดิจิตอลไม่จำเป็นต้องมีการป้อนกลับ การเคลื่อนที่ทุกสเตปได้จากคำนวณจำนวนรอบหรือมุมในการหมุนที่ต้องการ แล้วจึงส่งข้อมูลที่ได้ไปควบคุมการหมุนของมอเตอร์,พิกัดในการทำงาน อาทิเช่น ความเร็ว,มุมในการเคลื่อนที่,ตำแหน่งของเพลา ทั้งหมดนี้จะถูกควบคุมด้วยข้อมูลที่ส่งมาควบคุม

2.1.2 ชนิดของสเตปปิ้งมอเตอร์

สเตปปิ้งมอเตอร์แบ่งตามพื้นฐานได้เป็น 3 ชนิด คือ

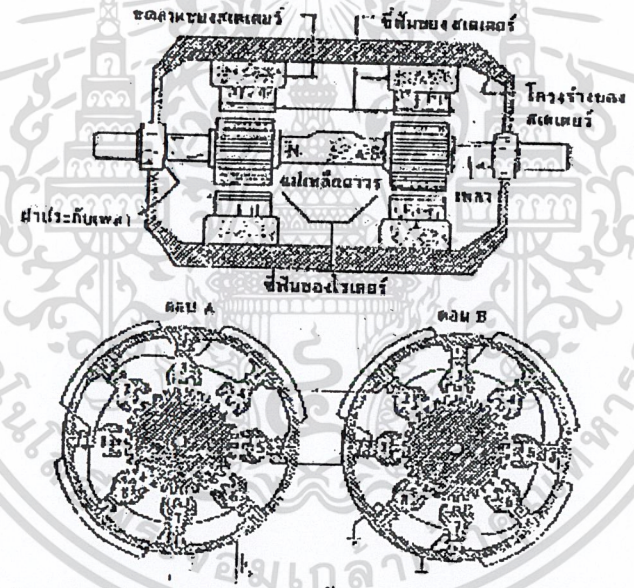
1) วาริเอเบิลรีลักแตนซ์ (Variable Reluctance: VR) ชนิดวาริเอเบิลรีลักแตนซ์มีโครงสร้างของโรเตอร์แบบมัลติทูธ (Multi – tooth) ทำจากเหล็กอ่อนเราจะทราบได้ว่าเป็นมอเตอร์ชนิดนี้โดยการทดสอบได้ง่ายมากคือใช้นิ้วหมุนเพลาของมอเตอร์ และสังเกตมอเตอร์ชนิดนี้ที่โรเตอร์จะไม่ปรากฏการณ์ทางแม่เหล็ก (Magnetism) มันจึงหมุนได้ตลอดโดยไม่ติดขัด

2) เพอร์มาเนนต์แมกเน็ต (Permanent Magnet: PM) ชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ตมีโครงสร้างของโรเตอร์แบบเรียบไม่มีซี่ขั้นแม่เหล็กและบนโรเตอร์จะเป็นแบบแม่เหล็กถาวร การควบคุมทำได้โดยป้อนพัลซ์กระตุ้นที่ขดลวดบนสเตเตอร์ เช่น ถ้าเป็นสเตปปิ้งมอเตอร์แบบ 4 เฟส จะมีขั้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม่เหล็กอยู่ 4 ขั้วซึ่งมีคอยล์พันอยู่แยกจากกัน ขั้วแม่เหล็กถาวรบนโรเตอร์จะถูกดึงดูดจากขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์ เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวดโรเตอร์จะอยู่คงที่ ที่ขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์นั้นถึงแม้ว่าจะไม่ป้อนกระแสไฟฟ้าอีกต่อไป ทำให้เกิดเป็นแรงยึดหน่วงขึ้น สเตปปิ้งมอเตอร์ชนิดนี้มีข้อดีในเรื่องของความถูกต้องของตำแหน่ง และความเร็วมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดอื่น

3) แบบไฮบริดจ์ (Hybrid) ชนิดไฮบริดจ์เป็นชนิดที่นิยมใช้งานกันมากที่สุด โดยเฉพาะนำมาใช้ งานอย่างมากในอุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ ชนิดไฮบริดจ์มีโครงสร้างภายในซึ่งได้จากการรวมเอาโครงสร้างของ สเตเตอร์ชนิดวาริเอเบิลรีลักแตนซ์ และโครงสร้างของโรเตอร์จากชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ตมาประกอบเข้าด้วยกันจึงทำให้เป็นมอเตอร์ชนิดที่มีแรงยึดหน่วงสูง,มีแรงบิดดึงและผลักได้ดีซึ่งมีความคงที่และทำงานได้ดีถึงแม้ว่าจะมีสเตปต่อรอบในการหมุนสูง



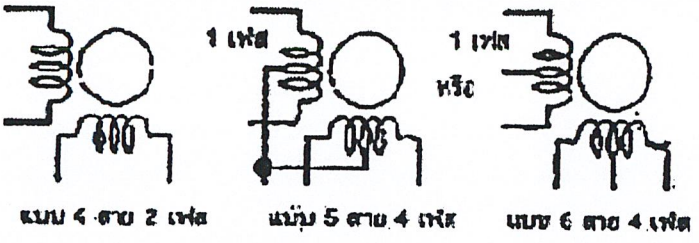
รูปที่ 2.1 โครงสร้างภายในของสเตปปิ้งมอเตอร์แบบไฮบริดจ์ (Hybrid)

2.1.3 การจำแนกชนิดของสเตปปิ้งมอเตอร์ด้วยการพันคอยล์

การพันขดลวดหรือคอยล์บนสเตปปิ้งมอเตอร์มีอยู่ 2 วิธี คือ แบบไบโพลาร์ (Bipolar) และแบบ ยูนิโพลาร์ (Unipolar) ดังแสดงในรูปที่ 2.2

สเตปปิ้งมอเตอร์แบบไบโพลาร์มีการพันขดลวด 1 ขดบนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ ขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้นบนสเตเตอร์ถูกำหนดโดยทิศทางของกระแสไฟฟ้าและสามารถทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงข้ามได้โดยการกลับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าซึ่งการกำหนดทิศทางการไหล และการกลับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าทำได้โดยการใช้วงจรสวิทชิงกลับขั้วไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.2 แสดงการพันขดลวดบนสเตเตอร์ของสเตปปิ้งมอเตอร์

ก. สเตปปิ้งแบบไบโพลาร์

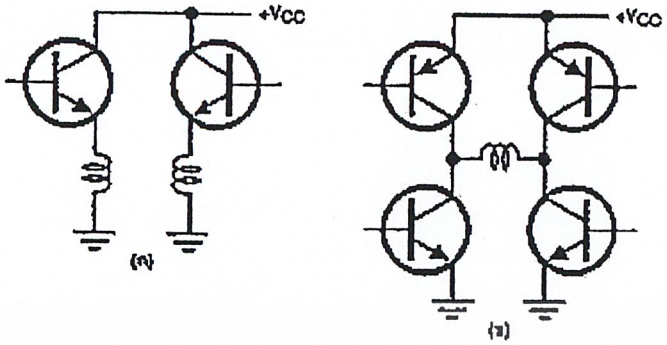
ข. แบบยูนิโพลาร์ทั้งแบบ 5 สายและ 6 สาย ชนิด 4 เฟส

สำหรับยูนิโพลาร์จะมีการพันขดลวด 2 ขด บนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ ซึ่งแต่ละขวดจะทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้าม การกลับขั้วแม่เหล็กเปลี่ยนไปมาทำได้โดยการสวิทชิงกระแสไฟฟ้าจากขดลวดขดหนึ่งแทนเท่านั้น โดยปกติขดลวดทั้งสองจะมีการเชื่อมต่อกันหรือมีจุดร่วมเพื่อลดจำนวนของสายไฟที่ต่อจากมอเตอร์ วงจรจ่ายกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ทำได้กว่าชนิดไบโพลาร์ เพราะมันต้องการเพียงสวิทช์ธรรมดาในการเปิดและปิดกำลังไฟฟ้าให้กับขดลวดบนสเตเตอร์ในทิศทางที่ต้องการให้หมุนได้ทันที รูปที่ 2.3 แสดงวงจรจ่ายไฟฟ้าซึ่งใช้ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นตัวสวิทชิงให้กับสเตปปิ้งมอเตอร์ ที่มีการพันขดลวดทั้ง 2 แบบ จะเห็นได้ว่าในแบบยูนิโพลาร์ เป็นวงจรที่ง่ายและไม่มีความซับซ้อนเลย

อย่างไรก็ตามการพันขดลวดแบบยูนิโพลาร์ก็มีจุดด้อยตรงที่การพันแบบนี้จะทำให้เกิดแรงบิดน้อยกว่าแบบไบโพลาร์เพราะจะมีเพียงครึ่งหนึ่งของขดลวดที่ถูกกระตุ้นให้ทำงานเท่านั้นในระยะเวลาหนึ่ง

การพิจารณาว่าสเตปปิ้งมอเตอร์ตัวใดมีการพันขดลวดแบบใดสังเกตได้ง่ายโดยถ้าเป็นแบบไบโพลาร์จะมีสายไฟต่อออกจากมอเตอร์เพียง 4 สาย และถ้าเป็นแบบยูนิโพลาร์จะมี 5 สาย หรือ 6 สายหรือทราบได้โดยการอ่านจากป้าย (Name plate) ที่ติดอยู่กับมอเตอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงวงจรจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับสเตปปิ้งทั้ง 2 แบบ

ก.สำหรับชนิดยูนิโพลาร์ ซึ่งใช้ทรานซิสเตอร์สวิทช์เพียงตัวเดียวต่อ 1 คอยล์

ข.สำหรับชนิดไบโพลาร์ ซึ่งต้องใช้ทรานซิสเตอร์สวิทช์ 4 ตัวต่อ 1 คอยล์

2.1.4 การกระตุ้นและควบคุมการหมุนของสเตปปิ้งมอเตอร์

การกระตุ้นและควบคุมการหมุนของมอเตอร์ให้เคลื่อนที่ไปแต่ละสเต็ปทำได้โดยจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังขดลวดแต่ละขดบนสเตเตอร์ ซึ่งต้องป้อนเป็นแบบซีเควนเชียลในรูปแบบที่ถูกต้องแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบ คือ แบบเวฟ (Wave), แบบ 2 เฟส (Two phase) และแบบครึ่งสเตป (Half step) ทั้ง 3 แบบต่างก็มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไป

แบบเวฟ เป็นการกระตุ้นรูปแบบที่ง่ายที่สุด โดยทำการกระตุ้นขดลวดทีละขดในเวลาหนึ่งและเรียงถัดกันไป ดังเช่นขดที่ 1,2,3,4,1 หรือ 1,4,3,2,1 ขึ้นอยู่กับทิศทางที่ต้องการให้หมุน ดังนั้นจึงมีขดลวดเพียงขดเดียวในเวลาหนึ่งที่ถูกกระตุ้นเท่านั้นวงจรกระตุ้นแบบเวฟจึงมีราคาถูก

ตารางที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นเฟสแบบเวฟ

STEP	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	ทำงาน	-	-	-
2	-	ทำงาน	-	-
3	-	-	ทำงาน	-
4	-	-	-	ทำงาน

แบบ 2 เฟส เป็นการกระตุ้นอีกรูปแบบหนึ่งซึ่งคล้ายกับแบบเวฟแต่การกระตุ้นแบบนี้จะทำโดยการจ่ายกำลังไฟฟ้าไปที่ขดลวด 2 ขดที่อยู่ใกล้กันในเวลาเดียวกันและเรียงถัดกันไปเช่นเดียวกับแบบเวฟคือขดลวดที่ถูกกระตุ้น 12,23,34,41,14 หรือ 14,43,32,21,14 ขึ้นอยู่กับทิศทางการหมุนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มจำนวนของขดลวดที่ถูกกระตุ้นนี้ทำให้เพิ่มแรงบิดได้มากกว่าแบบเวฟ โรเตอร์จะเคลื่อนที่ได้ด้วยแรงดึงแบบเต็มแรง จาก 2 ขดลวดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกันและต่อไปด้วยแรงดึงจากอีก 2 ขดลวดถัดไป สำหรับข้อเสียคือ การกระตุ้นแบบนี้ต้องใช้แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ามากขึ้น

ตารางที่ 2.2 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบ 2 เฟส

STEP	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	ทำงาน	ทำงาน	-	-
2	-	ทำงาน	ทำงาน	-
3	-	-	ทำงาน	ทำงาน
4	ทำงาน	-	-	ทำงาน

แบบครึ่งสเตปเป็นรูปแบบที่เกิดจากการผสมผสานระหว่างการกระตุ้นแบบเวฟและแบบ 2 เฟสเพื่อเพิ่มจำนวนของสเตปต่อรอบอีกเท่าตัวหนึ่ง ในระบบนี้จะทำการกระตุ้นขดลวดเรียงกันไปเป็นลำดับดังนี้ ขดลวดที่ถูกกระตุ้น 1,12,2,23,3,34,4,41,1 หรือในการหมุนอีกทิศทางหนึ่งได้เป็น 1,14,4,43,3,32,2,21,1 แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นแบบนี้จะเพิ่มมากขึ้น เพราะช่วงสเตปมีระยะสั้นลงและแต่ละสเตปเกิดแรงดึงจากขดลวด 2 ขดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน ความถูกต้องของตำแหน่งมีเพิ่มมากขึ้นแต่ต้องพึงระวังไว้อีกประการหนึ่งว่าเมื่อถูกกระตุ้นให้ทำงานในรูปแบบนี้จะต้องทำการหมุนถึง 2สเตปจึงจะได้เท่ากับ 1สเตปเต็มเหมือนกับในการควบคุมแบบ 2 แบบแรก ขั้นตอนการทำงานต่างๆดังแสดงในตารางที่ 2.3

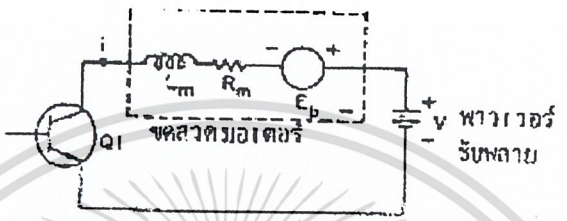
ตารางที่ 2.3 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบครึ่งสเตป

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 หลักการออกแบบวงจรขับสเตปปิ้งมอเตอร์

การพิจารณาหลักการออกแบบวงจรขับกำลังได้คำนึงถึงหลายแฟกเตอร์ด้วยกัน เนื่องจากการหยุดหมุนของสเตปปิ้งมอเตอร์จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าย้อนกลับ (Back emf) ซึ่งจะมีทิศทางตรงกันข้ามกับแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงซึ่งจะเขียนวงจรสมมูล (Equivalent Circuit) ของ 1 เฟส ของสเตปปิ้งมอเตอร์ได้ดังรูปที่ 2.4



รูปที่2.4 แสดงวงจรสมมูลของสเตปปิ้งมอเตอร์

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

2.1.6 ปัญหาของวงจรขับสเตปปิ้งมอเตอร์และการแก้ปัญหา

วงจรจำกัดแรงดันเกิน (Suppression circuit)

ปัญหาหลักสองอย่างของการควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์ คือ การยกระดับกระแส (Build up Current) และการลดระดับของกระแส (Decay) เมื่อมีการออนและออฟของวงจรขับในแต่ละเฟส และเมื่อใช้งานสเตปปิ้งมอเตอร์ที่ความถี่สูงขึ้น เวลาในการออนของแต่ละเฟสจะไม่เพียงพอที่จะทำให้การยกระดับกระแสมาถึงระดับที่ต้องการได้ทัน ซึ่งขึ้นอยู่กับการเหนี่ยวนำของขดลวดในแต่ละเฟส และเมื่อหยุดจ่ายพลังงานให้กับเฟสที่ถูกกระตุ้น กระแสไม่ได้ลดลงทันทีแต่จะมีการลดระดับของกระแสลงช้า ๆ 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 เนื่องจากลักษณะการพันขดลวดของสเตปปิ้ง

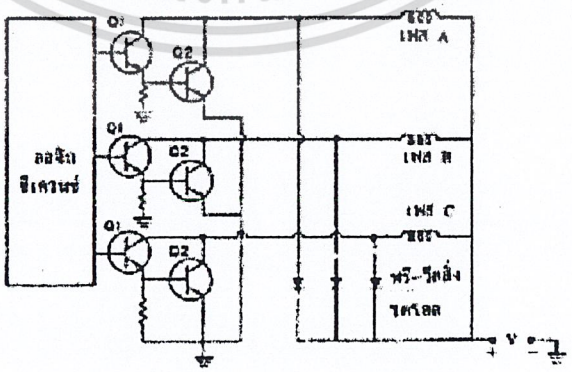
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์เป็นสาเหตุให้เกิดสไปค์โวลเตจได้ง่าย ดังนั้นจึงต้องป้องกันสไปค์โวลเตจให้อยู่ในระดับที่ทรานซิสเตอร์สามารถทำงานได้อย่างปลอดภัยดังนั้น วงจรขับควรจะมีวงจรจำกัดแรงดันเกินสำหรับป้องกันการเกิดสไปค์โวลเตจให้กับทรานซิสเตอร์กำลัง รูปแบบของวงจรจำกัดแรงดันเกินแสดงดังต่อไปนี้

1. วงจรจำกัดแรงดันเกินโดยใช้ไดโอด (Diode Suppression Circuit) เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดสำหรับ วงจรจำกัดแรงดัน ซึ่งต่อไดโอดในลักษณะฟรีวีลลิ่งไดโอด (Free Wheeling Diode) คร่อมแต่ละเฟสของมอเตอร์ ระหว่างที่เฟสนำกระแสไดโอดจะถูกไบอัสกลับทาง ซึ่งเหมือนกับมีอิมพีแดนซ์สูงขนานอยู่กับขดลวด เมื่อหยุดจ่ายพลังงานให้กับขดลวด ขั้วทั้งสองของขดลวดจะกลับขั้ว ไดโอดจะกลับสภาพเป็นได้รับการไบอัสตรง (Forward Bias) และมีอิมพีแดนซ์ต่ำค่าโวลเตจตกคร่อมไดโอดได้รับจะเปลี่ยนจาก V_{cs} ไปเป็น +V ดังนั้น ทรานซิสเตอร์ Q_1 ต้องมีอัตราของการทนต่อโวลเตจมากกว่า +V

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

การเลือกอัตราการนำกระแสของไดโอด เลือกค่าที่ไดโอดหยุดนำกระแสธรรมดาประมาณ ½ เท่าของกระแสสูงสุด ถ้าใช้อัตราเร็วของการสเตปต่ำ ค่ากระแสเฉลี่ยที่เห็นโดยไดโอดจะมีค่าน้อยมากและไดโอดจะกำจัดออกโดยปราศจากการแคมป์ของทรานซิสเตอร์กำลัง

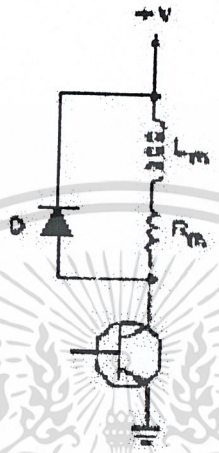


รูปที่ 2.5 วงจรจำกัดแรงดันเกินโดยใช้ไดโอด

2. การใช้ความต้านทาน-ไดโอด เมื่อต้องการอัตราเร็วที่สูงขึ้น พลังงานในขดลวดของเฟสที่ออฟจะต้องกระจายออกอย่างรวดเร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ซึ่งทำได้โดยเพิ่มความต้านทาน R_m

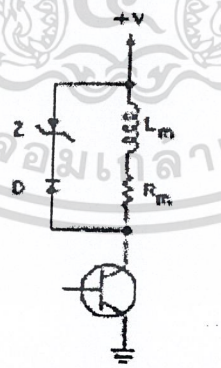
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการใช้

อนุกรมเข้ากับฟรีวีลลิ่งไดโอดเพื่อลดค่าเวลาคงตัวระหว่างที่กระแสลดลงตอนนี้กลายเป็น $L_m/(R_m+R_s)$ ค่าสูงสุดของความต้านทานที่ใช้จำกัดระดับโวลเตจ (Suppression Resistance) R_m ขึ้นอยู่กับโวลเตจเบรคดาวร์ของ V_{cs}



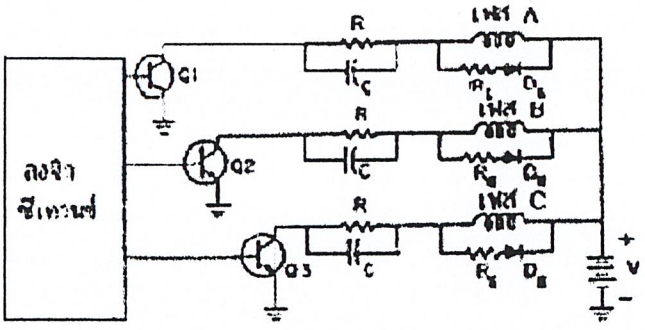
รูปที่ 2.6 แสดงวงจรป้องกันแรงดันเกินโดยใช้ไดโอดกับความต้านทาน

3. การใช้ซีเนอร์ไดโอด โวลเตจของเฟสที่ออฟจะเพิ่มขึ้นสู่ระดับที่ทำให้ซีเนอร์ไดโอดเกิดการเบรคดาวน์และเริ่มนำกระแส พลังงานจะถูกกระจายไปในรูปของความร้อน สำหรับการเปรียบเทียบอัตราการลดลงของกระแสของวงจรจำกัดเกินแต่ละแบบ



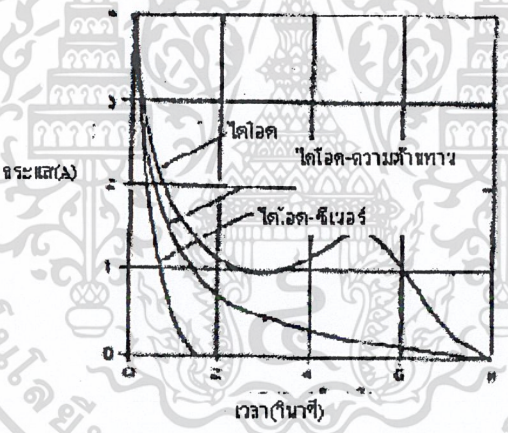
รูปที่ 2.7 แสดงวงจรป้องกันแรงดันเกินโดยใช้ซีเนอร์ไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงการเพิ่มตัวเก็บประจุที่แต่ละส่วนของวงจรจำกัดแรงดัน

การเพิ่มตัวเก็บประจุในแต่ละส่วนของวงจรจำกัดแรงดันสามารถช่วยรักษาระดับโวลเตจ โดยเฉพาะเมื่อวงจรทำงานมาใกล้ขีดจำกัดสูงสุดของแรงดันที่ทรานซิสเตอร์ทนได้



รูปที่ 2.9 แสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสต่อเวลาของการใช้วงจรป้องกันต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS –51

2.2.1 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051

V_{cc} : สำหรับแหล่งจ่ายไฟฟ้า (+5v.)

V_{ss} : สำหรับต่อกราวด์

P0 : เป็นขาพอร์ต 0 ของ 8051 ที่มีขนาด 8 บิตชนิดสองทิศทาง ซึ่งแต่ละบิตสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไปหากต้องการให้เป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังบิตนั้น โดยแต่ละบิตเมื่อเป็นเอาต์พุตจะสามารถต่อพ่วงกับอุปกรณ์ TTL แบบ LS ได้ 8 ตัว และยังเป็นขาให้สัญญาณ Multiplex ระหว่างสัญญาณข้อมูลกับสัญญาณ Address 8 บิตแรก ในกรณีที่ใช้หน่วยความจำภายนอก

P1 : เป็นขาพอร์ต 1 ของ 8051 ขนาด 8 บิตชนิดสองทิศทางแบบ Quasi bi-directional ซึ่งแต่ละบิตสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไปหากต้องการให้เป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังบิตนั้น และสามารถต่อพ่วงกับอุปกรณ์ LS TTL ได้ 4 ตัว

P2 : เป็นขาพอร์ต 2 ของ 8051 ขนาด 8 บิต ชนิดสองทิศทางแบบ Quasi bi-directional เช่นเดียวกับพอร์ต 1 นอกจากนี้พอร์ต2นี้ยังทำหน้าที่ให้สัญญาณ Address 8 บิตบน ในกรณีที่ใช้หน่วยความจำภายนอก ในกรณีอ้าง Address หน่วยความจำขนาด 16 บิต ดังนั้นขณะที่ใช้หน่วยความจำภายนอก จะต้องไม่มีการเขียนข้อมูลใด ๆ ไปที่พอร์ต 2 จะทำให้เกิดความผิดพลาดการทำงานได้

P3 : เป็นขาพอร์ต 3 ของ 8051 ขนาด 8 บิต ชนิดสองทิศทางแบบ Quasi bi-directional เช่นเดียวกับขาพอร์ต 1 และพอร์ต 2 แต่พอร์ต 3 นี้จะมีหน้าที่พิเศษดังตารางที่ 2.4

ขาพอร์ต	หน้าที่พิเศษ
P3.0	R x D (สำหรับรับข้อมูลแบบอนุกรม)
P3.1	T x D (สำหรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม)
P3.2	INT0 (ขาอินเตอร์รัพท์ภายนอก 0)
P3.3	INT1 (ขาอินเตอร์รัพท์ภายนอก 1)
P3.4	T0 (ขาอินพุตของ Timer 0)
P3.5	T1 (ขาอินพุตของ Timer 1)
P3.6	WR (สำหรับสัญญาณเขียนหน่วยความจำข้อมูลภายนอก)
P3.7	RD (สำหรับสัญญาณอ่านหน่วยความจำข้อมูลภายนอก)

ตารางที่ 2.4 หน้าที่พิเศษของขาต่าง ๆ ของ PORT 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น เมื่อมีการใช้สัญญาณดังกล่าว จึงไม่ควรเขียนข้อมูลไปที่พอร์ต 3 จะทำให้การทำงานของ 8051 ผิดพลาดได้

RST : เป็นขาสำหรับรีเซตการทำงานของ 8051 โดยการให้ลอจิกหนึ่งเป็นเวลาอย่างน้อย 2 ช่วง Machine Cycle

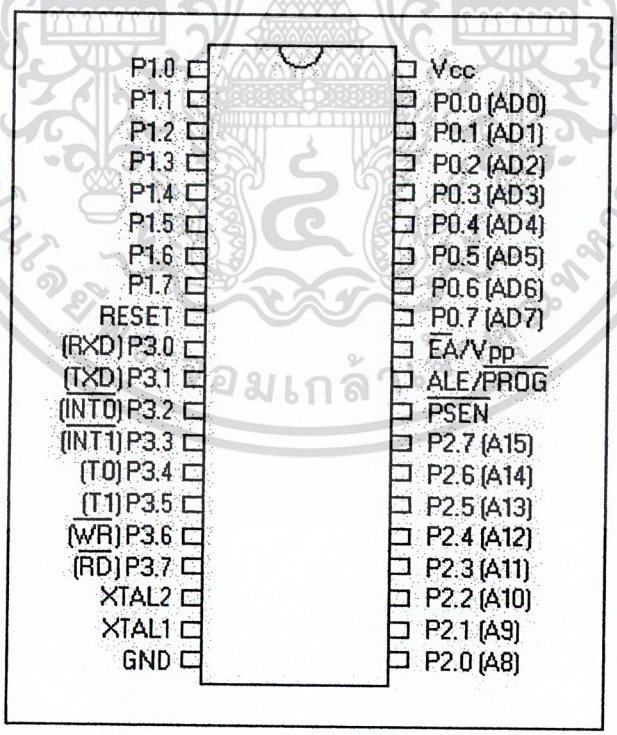
ALE : เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตซ์ของขา พอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก

PSEN : เป็นขาสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

EA : เป็นขาใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกหรือภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยที่ให้ลอจิก 0 จะอ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก และลอจิก 1 จะอ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายใน

XTAL1 : ขาเข้าของวงจรกำเนิดความถี่อ้างอิงภายในของ 8051

XTAL2 : ขาออกของวงจรกำเนิดความถี่อ้างอิงภายในของ 8051

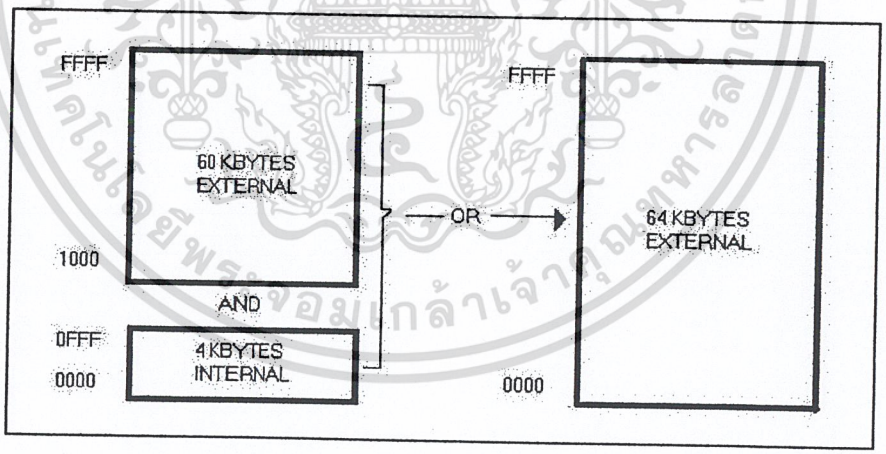


รูปที่ 2.10 การจัดขาของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 โครงสร้างหน่วยความจำของ 8051

ดังที่กล่าวมาแล้ว 8051 จะแบ่งหน่วยความจำออกเป็นสองส่วน ได้แก่ หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมและหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล โดยมีขนาดของแต่ละส่วนเท่ากับ 64 กิโลไบต์ ในส่วนของหน่วยความจำโปรแกรมจะเป็นส่วนหน่วยความจำสำหรับอ่านอย่างเดียว โดยที่ 8051 จะใช้สัญญาณ PSEN ในการอ่านเท่านั้น แต่หน่วยความจำข้อมูลของ 8051 จะสามารถอ่านและเขียนได้โดยใช้สัญญาณ RD และ WR ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม ผู้ใช้สามารถรวมหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลเข้าด้วยกันได้โดยนำสัญญาณ RD และ PSEN มาต่อเข้าวงจรแอนเกต สำหรับสร้างสัญญาณในการอ่านหน่วยความจำนอกจากนี้หน่วยความจำโปรแกรมยังแบ่งออกเป็นภายนอกและภายในของ 8051 ดังแสดงในรูปที่ 2.11 รูปที่ 2.12 โดยรูปที่ 2.11 แสดงหน่วยความจำโปรแกรมในกรณีที่เลือกใช้หน่วยความจำภายนอกและภายใน ในด้านซ้ายมือเป็นส่วนหนึ่งของหน่วยความจำโปรแกรมภายในที่มีขนาด 4 กิโลไบต์ของ 8051 ส่วนที่เหลือจะเป็นหน่วยความจำภายนอก ส่วนด้านขวามือแสดงหน่วยความจำโปรแกรมเมื่อเลือกให้ติดต่อหน่วยความจำภายนอกทั้งหมด

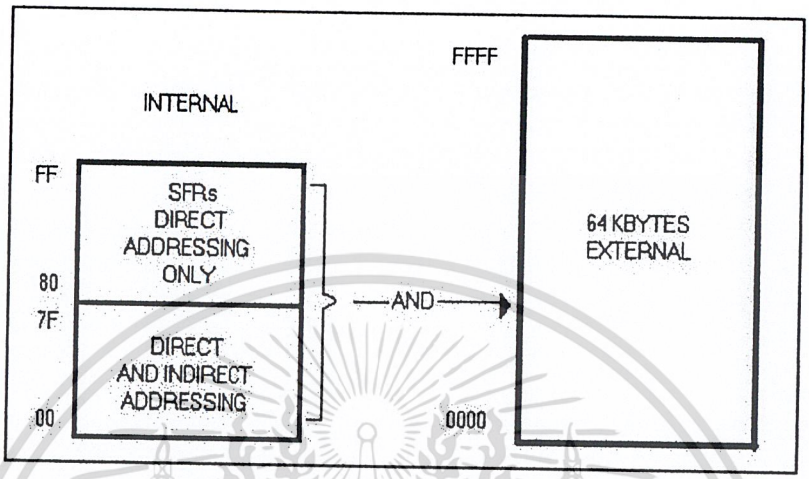


รูปที่ 2.11 แสดงหน่วยความจำโปรแกรมของ 8051

สำหรับหน่วยความจำข้อมูลของ 8051 สามารถแบ่งออกเป็นภายนอกและภายใน โดยหน่วยความจำภายนอกแสดงไว้ด้านขวามือของรูปที่ 2.11 ซึ่งมีขนาด 64 กิโลไบต์ ส่วนหน่วยความจำข้อมูลภายในแสดงไว้ด้านซ้ายของรูปที่ 2.11 โดยหน่วยความจำภายในของ 8051 แบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่ ส่วนของหน่วยความจำข้อมูลที่สามารถอ้างอิงแบบ Direct และ Indirect ซึ่งมีขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

128 ไบต์ กับหน่วยความจำที่อ้างอิงได้เฉพาะแบบ Direct หรือในส่วนนี้จะเรียกอีกแบบหนึ่งว่า SFR (Special Function Register) โดยจะแบ่งกล่าวได้ดังนี้



รูปที่ 2.12 แสดงหน่วยความจำข้อมูลของ 8051

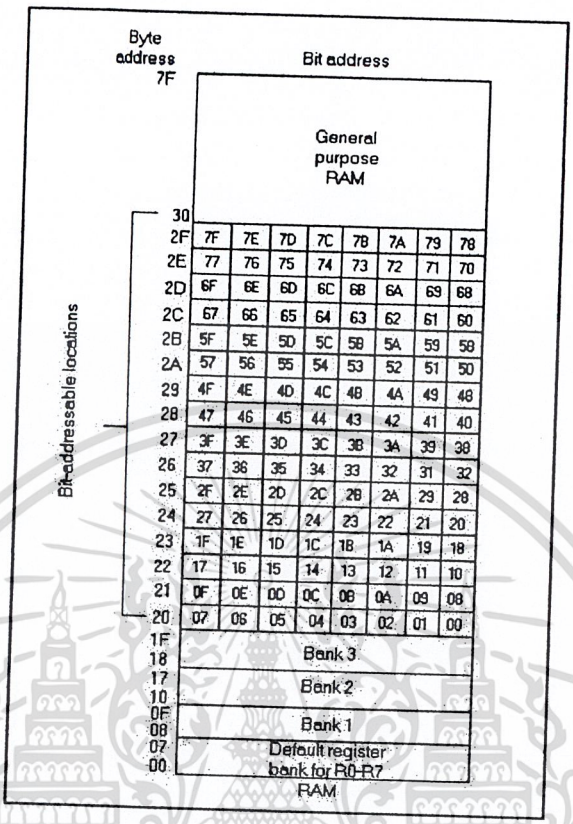
ในส่วนของหน่วยความจำข้อมูลภายในที่อ้างอิงแบบ Direct และ Indirect นั้นจะสามารถแบ่งออกได้ 3 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 2.13 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ส่วนที่ 1 เรียกว่า Register Banks 0-3 ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่งความจำข้อมูลภายใน ตั้งแต่ 00H ถึง 1FH จำนวน 32 ไบต์ โดยจะแบ่งออกเป็นชุด ชุดละ 8 ไบต์จำนวน 4 ชุด ซึ่งแต่ละชุดจะมีชื่อเรียกเป็น R0 ถึง R7 จะเป็น Register ที่ใช้งาน โดยเมื่อ 8051 ถูกรีเซต Register Bank 0 จะถูกเลือกใช้

ส่วนที่ 2 เรียกว่า Bit Addressable Area ซึ่งมีขนาด 16 ไบต์ที่ตำแหน่งหน่วยความจำข้อมูล 20H ถึง 2FH ในส่วนนี้สามารถที่จะอ้างอิงข้อมูลได้เป็นระดับบิตถึง 128 บิต โดยการอ้างอิงตำแหน่งโดยตรงในลักษณะบิต ตั้งแต่ตำแหน่ง 00H ถึง 7FH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.13 แสดงหน่วยความจำข้อมูลภายใน

ส่วนที่ 3 เรียกว่า Scratch Pad Area จะอยู่ที่ตำแหน่งตั้งแต่ 30H ถึง 7FH ซึ่งเป็นบริเวณหน่วยความจำข้อมูลภายในเอนกประสงค์ที่ผู้ใช้สามารถใช้ได้โดยตรง นอกจากนี้ยังสามารถใช้หน่วยความจำข้อมูลบริเวณนี้สำหรับการเก็บข้อมูลแบบ Stack ได้ด้วย

ในส่วนของหน่วยความจำข้อมูลภายในที่ใช้อ้างอิงแบบ Direct เพียงอย่างเดียวหรือที่เรียกว่า SFR ซึ่งเป็นส่วนสำหรับเก็บหรือกำหนดการทำงานภายในของ 8051 ดังแสดงในรูปที่ 2.14

ในส่วนของบริเวณนี้จะมีขนาด 128 ไบต์แต่ในการใช้งานนั้นใช้ได้เฉพาะตำแหน่งซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 2.5เท่านั้น หากผู้ใช้อ้างตำแหน่งนอกเหนือจากนี้นั้นจะได้ข้อมูลที่คาดเดาไม่ได้ โดยแต่ละตำแหน่งจะมีหน้าที่ดังนี้

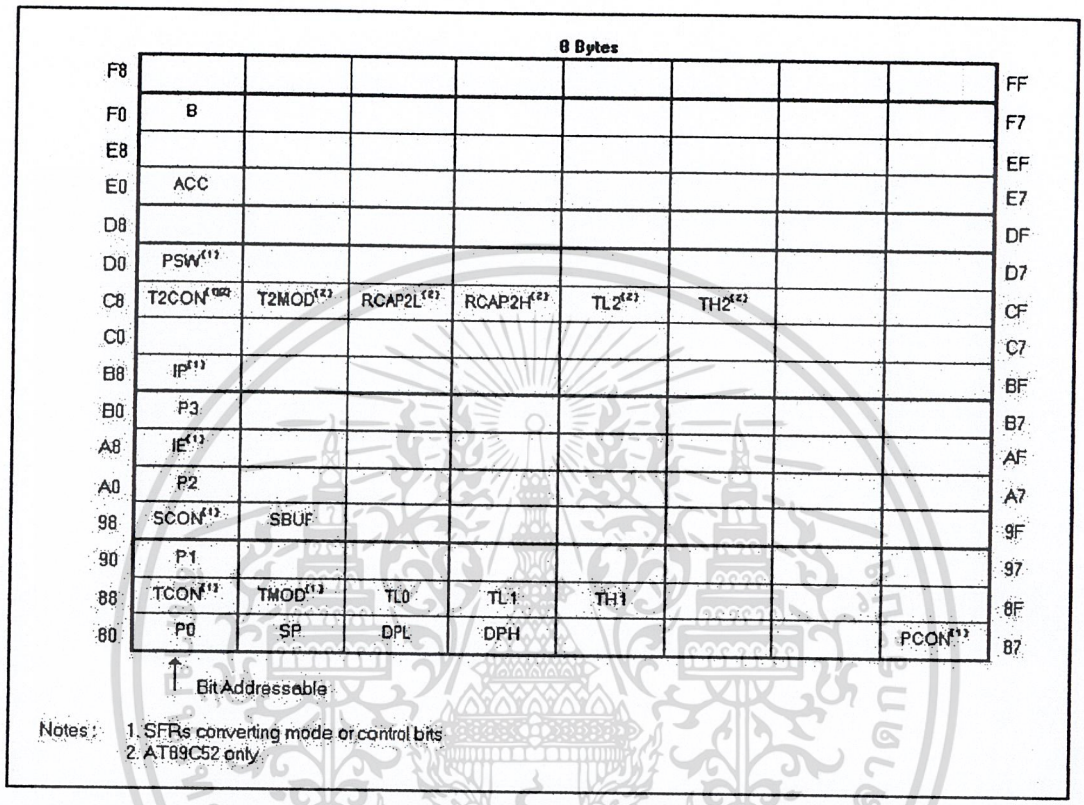
ACC : เป็น Accumulator ซึ่งเป็นรีจีสเตอร์สำหรับการประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิก โดยผู้ใช้สามารถอ้างอิงได้ในรูปแบบของไบต์หรือระดับบิตได้

B : เป็นรีจีสเตอร์พิเศษสำหรับใช้กับคำสั่งในการคูณหรือหาร นอกจากนี้ยังใช้เป็นรีจีสเตอร์สำหรับเก็บพักข้อมูลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50198

PSW : เป็นรีจีสเตอร์ Program Status Word หรือแฟลกจะแสดงสถานะการทำงานของ 8051 สำหรับการตรวจสอบซึ่งจะอธิบายรายละเอียดในภายหลัง



รูปที่ 2.14 แสดงรายละเอียดของ Special Function Register

SP : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับชี้หน่วยความจำข้อมูลภายในสำหรับการเก็บแบบ Stack

DPTR : เป็นรีจีสเตอร์ขนาด 16 บิต โดยแบ่งเป็น 8 บิตบนและ 8 บิตล่าง ให้สำหรับชี้ตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลภายนอกหรือสำหรับการอ่านตารางข้อมูลของหน่วยความจำโปรแกรม

P0 : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับพอร์ต 0 ของ 8051

P1 : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับพอร์ต 1 ของ 8051

P2 : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับพอร์ต 2 ของ 8051

P3 : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับพอร์ต 3 ของ 8051

IP : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับกำหนดลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัพท์ของ 8051

IE : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับกำหนดการรับหรือไม่รับการอินเตอร์รัพท์ของ 8051

TMOD : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับควบคุมหน้าที่ของ Timer/Counter ของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCON : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของ Timer/Counter ของ 8051

T2CON: เป็นรีจีสเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของ Timer/Counter 2 ของ 8052

TH0 : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter 0 8บิตบน

TL0 : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter 0 8บิตล่าง

TH1 : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter 1 8บิตบน

TL1 : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter 1 8บิตล่าง

TH2 : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter 2 8บิตบนของ 8052

TL2 : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter 2 8บิตล่างของ 8052

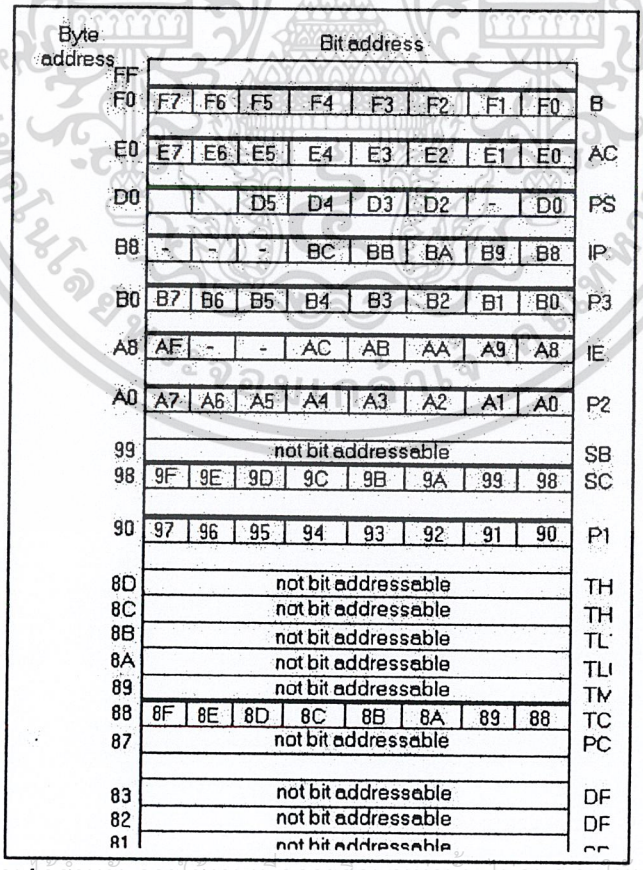
RCAP2H: เป็น Capture Register ของ Timer/Counter 2 8บิตบนของ 8052

SCON : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับควบคุมการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมของ 8051

SBUF : เป็นรีจีสเตอร์เก็บพักข้อมูลที่ได้จากการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมของ 8051

PCON : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของ 8051 เกี่ยวกับการใช้กำลังไฟฟ้า

ในส่วนของรีจีสเตอร์ SFR นี้สามารถที่จะอ้างอิงในระดับบิตได้โดยตำแหน่งการอ้างอิงระดับบิตแสดงไว้ในตารางต่อไปนี้

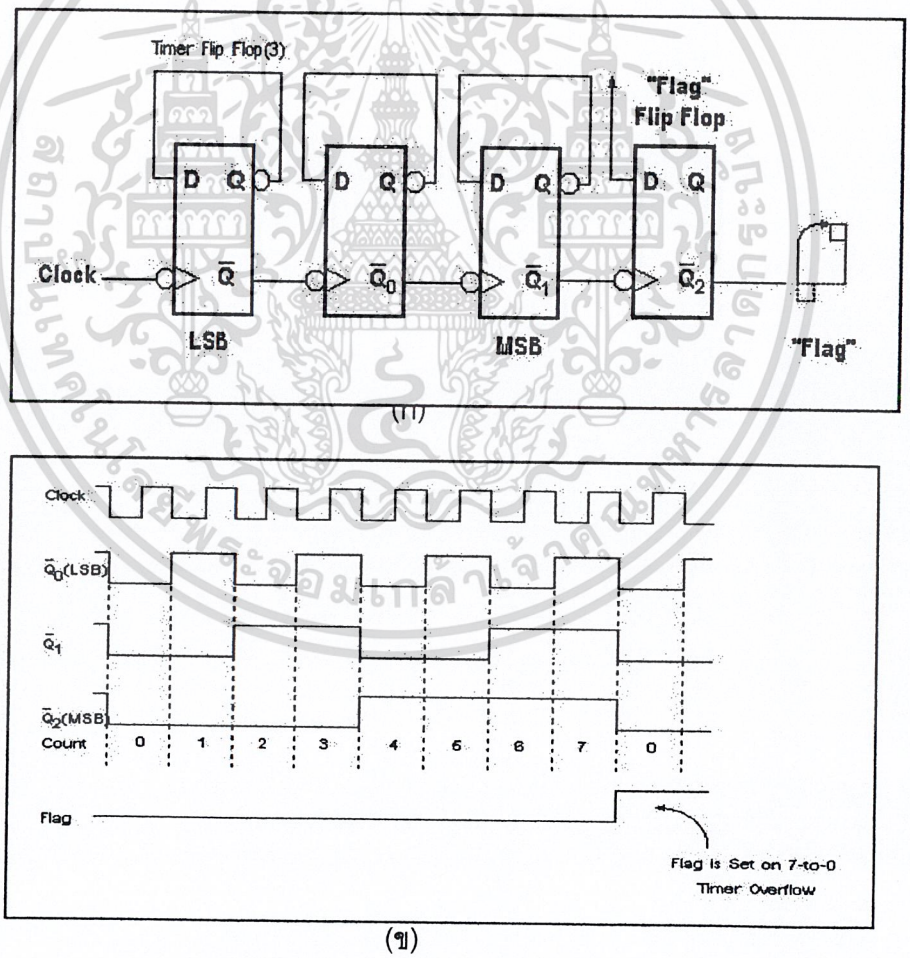


รูปที่ 2.15 แสดงตำแหน่งการอ้างอิงระดับบิตของรีจีสเตอร์ SFR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 TIMER

ตัว Timer อาจพิจารณาได้ง่าย ๆ ว่าเป็นตัวฟลิปฟลอปมาต่อเรียงกันโดยมี Clock เป็นอินพุต สำหรับเอาต์พุตที่ออกมาจากฟลิปฟลอปแต่ละตัวจะถูกหารด้วย 2 พิจารณาการต่อฟลิปฟลอปตามรูปที่ 2.16 ถ้าใส่ Clock เข้าไปในฟลิปฟลอปตัวแรก ความถี่ของ Clock ที่ออกจากเอาต์พุตตัวแรกจะถูกหารด้วย 2 และเอาต์พุตนี้จะต่อกับฟลิปฟลอปตัวที่สอง และสัญญาณที่ออกมาจะถูกหารด้วย 2 อีก ดังนั้น ถ้ามีฟลิปฟลอปต่ออยู่ n Stages จะหารสัญญาณนาฬิกาได้ 2^n ถ้าให้เอาต์พุต Stage สุดท้ายของ Timer เป็น Overflow Flip-Flop หรือ Flag และจะให้เอาต์พุตออกมาเมื่อการนับเป็น Overflow เช่น ถ้าเป็นตัวนับแบบ 16 บิต (มีฟลิปฟลอปต่ออยู่ 16 ตัว) วงจรจะนับตั้งแต่ 0000H ถึง FFFFH เมื่อฟลิปฟลอปเปลี่ยนจาก FFFFH เป็น 0000H จะให้บิต Overflow ออกมา



รูปที่ 2.16 รีจีสเตอร์ที่ใช้เป็น Timer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณารูป 2.16(ก) เป็น 3-bit Timer โดยฟลิปฟลอปแต่ละตัวจะนำขา Q มาต่อกับ D ซึ่งอาจเรียกว่าเป็นการใช้ฟลิปฟลอปแบบ Divide-by-two Mode โดยความถี่ของสัญญาณที่ได้จากฟลิปฟลอปแต่ละตัวจะมีค่าหารสองจากสัญญาณนาฬิกาที่เข้ามา เมื่อนับไปถึงค่า 111 (หรือ $Q_2 = 1$, $Q_1 = 1$, $Q_0 = 1$) และเปลี่ยนกลับมาเป็น 000 จะให้บิต Flag ออกมา ดังแสดงในรูปที่ 2.16(ข)

ใน MCS – 51 จะมีตัวจับเวลาอยู่ภายในชิพ ถ้าเป็นเบอร์ 8051 หรือ 8031 จะมี 2 ตัว คือ Timer 0 และ Timer 1 แต่ถ้าเป็นเบอร์ 8052 จะมีเพิ่มอีกหนึ่งตัวคือ Timer 2 รีจิสเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ Timer แสดงได้ดังตารางที่ 2.5 ซึ่งจะเห็นว่ามีรีจิสเตอร์บางตัวสามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ด้วย นอกจากนี้ตัว Timer สามารถใช้เป็นตัวนับ (Counter) ได้อีกด้วย โดยการโปรแกรมในรีจิสเตอร์ TMOD

รีจิสเตอร์	หน้าที่	ตำแหน่ง	สามารถอ้างอิงตำแหน่งบิต
TCON	Control	88H	Yes
TMOD	Mode	89H	No
TL0	Timer 0 Low-byte	8AH	No
TL1	Timer 1 Low-byte	8BH	No
TH0	Timer 0 High-byte	8CH	No
TH1	Timer 1 High-byte	8DH	No
T2CON*	Timer 2 Control	C8H	Yes
RCAP2L*	Timer 2 Low-byte Capture	CAH	No
RCAP2H*	Timer 2 High-byte Capture	CBH	No
TL2*	Timer 2 Low-byte	CCH	No
TH2*	Timer 2 High-byte	CDH	No

* มีในเบอร์ 8032 / 8052

ตารางที่ 2.5 รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็น Timer

1) Timer Mode Register (TMOD)

ตัวรีจิสเตอร์ TMOD เป็นรีจิสเตอร์ควบคุม Timer จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 4 บิต โดย 4 บิตบนจะเป็นการควบคุม Timer 1 ส่วน 4 บิตล่างจะเป็นการควบคุม Timer 0 ความหมายของแต่ละบิตดูในตารางที่ 2.6 ซึ่งตัวรีจิสเตอร์นี้เป็นตัวเลือกการทำงานว่าจะให้ตัว Time/Counter ทำงานในโหมดใด และเป็น Timer หรือ Counter รีจิสเตอร์ TCON ไม่สามารถจะโปรแกรมเข้าไปในระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิตได้ (Not Bit-Addressable) ซึ่งการใช้งานมักจะโปรแกรมเข้าไปครั้งเดียวในตำแหน่งเริ่มต้นของโปรแกรม

บิต	ชื่อ	Timer	ความหมาย
7	GATE	1	Gate bit ถ้าบิตนี้เซตวงจรจะทำงาน เมื่อ INT1 เป็น High
A	C/T	1	เป็นบิตเลือก Counter / Timer 1 = ใช้เป็น Counter 0 = ใช้เป็น Timer
5	M1	1	Mode bit 1 (ดูตาราง 5-3)
4	M0	1	Mode bit 0 (ดูตาราง 5-3)
3	GATE	0	บิต Gate ของ Timer 0
2	C/T	0	บิตเลือก Counter / Timer ของ Timer 0
1	M1	0	Timer 0 M1 bit
0	M0	0	Timer 0 M0 bit

ตารางที่ 2.6 รีจีสเตอร์ TMOD (Timer Mode)

M1	M0	Mode	ความหมาย
0	0	0	ใช้เป็น Timer แบบ 13-bit (8048 Mode)
0	1	1	ใช้เป็น Timer แบบ 16-bit
1	0	2	ใช้เป็น Timer แบบ 8-bit Auto-reload Mode
1	1	3	Split Timer Mode : แยก Timer 0 ออกเป็น Timer 8 บิตสองตัวคือ TL0 และ TH0 โดยไม่ใช้ Timer 1

ตารางที่ 2.7 การใช้ Timer โหมดต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

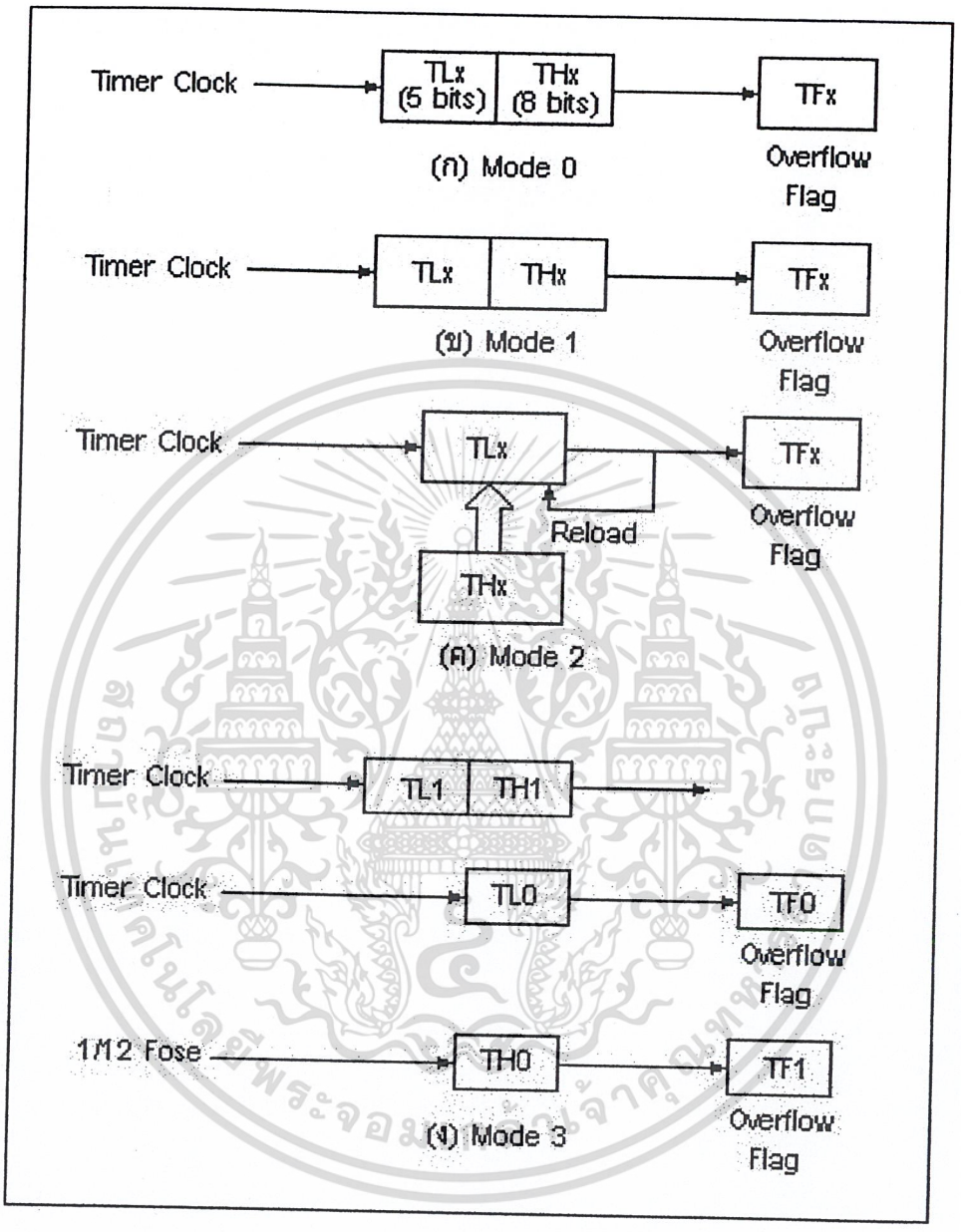
2) Timer Control Register (TCON)

บิต	ชื่อ	ตำแหน่งบิต	ความหมาย
TCON.7	TF1	8FH	บิตแฟลกแสดงการโอเวอร์โฟลว์ของ Timer 1 จะ Set โดย Hardware และ Clear โดย Software
TCON.6	TR1	8EH	บิตควบคุมการปิด-เปิด Timer 1 Set และ Clear โดย Software
TCON.5	TF0	8DH	แฟลกแสดงการโอเวอร์โฟลว์ของ Timer 0
TCON.4	TR0	8CH	บิตควบคุมการปิด-เปิด Timer 0
TCON.3	IE1	8BH	บิตแฟลกแสดงการอินเทอร์รัพท์จาก INT1 จะ Set โดย Hardware และสามารถ Clear ได้ด้วย Software
TCON.2	IT1	8AH	บิตเลือกชนิดของสัญญาณอินเทอร์รัพท์จากอินเทอร์รัพท์ภายนอก INT1 สามารถ Set และ Clear ได้ด้วย Software
TCON.1	IE0	89H	บิตแฟลกแสดงการอินเทอร์รัพท์จาก INT0
TCON.0	IT0	88H	บิตเลือกชนิดของสัญญาณอินเทอร์รัพท์จากอินเทอร์รัพท์ภายนอก INT0

ตารางที่ 2.8 แสดงความหมายแต่ละบิตของรีจีสเตอร์ TCON (Timer Control)

รีจีสเตอร์ TCON เป็นรีจีสเตอร์ที่บอกสถานะและควบคุมบิต Timer 0 และ Timer 1 ซึ่งดูได้จากตารางที่ 2.8 รีจีสเตอร์นี้สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 การทำงานของ Timer ในโหมดต่าง

3) Timer Mode And Overflow Flag

เมื่อใช้ Timer 0 และ Timer 1 จะต้องใช้รีจีสเตอร์คู่ TLx และ THx โดยค่า x จะเป็นตัวบอกว่าเป็น Timer 0 หรือ Timer 1 การใช้ Timer สามารถใช้งานได้หลายโหมด ดังแสดงในรูปที่ 2.17 ซึ่งเราสามารถเซตค่าโหมดการทำงานได้ โดยการโปรแกรมในรีจีสเตอร์ TMOD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13-Bit Timer Mode (Mode 0)

การทำงานในโหมด 0 นี้จะเป็นการใช้ Timer แบบ 13 บิต ดังแสดงในรูป 2.17(ก) ซึ่งจะใช้ 5 บิตล่างของ TLx โดยไม่สนใจ 3 บิตที่เหลือ และ 8 บิต ของ THx การทำงานในโหมดนี้ เมื่อบิตของ TLx นับไปจนเป็น "1" ทุกบิตจะส่ง Clock 1 ลูกให้ หนึ่งลูกให้ THx นับต่อและเมื่อนับเป็น "1" ทุกบิต และเปลี่ยนกลับเป็น "0" จะเกิด Overflow Flag เกิดขึ้น

16-Bit Timer Mode (Mode 1)

การทำงานในโหมดนี้จะเหมือนกับการทำงานในโหมด 0 แต่เป็น Timer แบบ 16 บิต ซึ่งการนับจะเริ่มตั้งแต่ 0000H,0001H,0002H ไปเรื่อย ๆ และจะเกิด Overflow ขึ้น เมื่อมีการเปลี่ยนจาก FFFFH เป็น 0000H ดังรูปที่ 2.17(ข) ซึ่งเป็นการเซต Overflow Flag และค่านี้จะเกิดขึ้นในบิต TFx ของรีจีสเตอร์ TCON ซึ่งสามารถอ่านและเขียนด้วยโปรแกรม

การใช้ตัว Timer นี้ค่าของบิตสูงสุด (MSB) คือค่าบิต 7 ของ THx ส่วนบิตต่ำสุด (LSB) คือ บิต 0 ของ TLx บิต LSB จะเป็น Toggles เมื่อมีสัญญาณอินพุตเข้ามา ถูกหารด้วย 2 ดังนั้นจะพบว่าบิต MSB จะ Toggles ด้วยค่าความถี่ของสัญญาณอินพุตหารด้วย 65,536 (2^{16}) และค่า Timer รีจีสเตอร์นี้ (TLx/THx) สามารถอ่านและเขียนได้ด้วยการโปรแกรม ดังนั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ตามต้องการ

8-Bit Auto – Reload Mode (Mode 2)

การทำงานในโหมด 2 เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า 8-bit Auto – reload Mode โดยใช้ Timer ไบต์ต่ำ (TLx) เป็น Timer แบบ 8 บิต เมื่อไบต์ต่ำเกิด Overflows หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงจาก FFH เป็น 00H จะมีการโหลดค่าที่เก็บไว้ในไบต์สูง (THx) ไปเก็บไว้ในไบต์ต่ำ (TLx) ซึ่งจะเป็นค่าเริ่มต้นของการนับครั้งต่อไป นิยมใช้สร้างเป็นฐานเวลาที่สามารถโปรแกรมได้ การทำงานในโหมดนี้แสดงดังรูปที่ 2.17(ค)

Split Timer Mode (Mode 3)

การทำงานในโหมด 3 นี้ ตัว Timer 1 จะไม่ทำงาน ตัว Timer 0 จะแยกเป็น 2 ตัว ตัวละ 8 บิต คือ TL0 และ TH0 เมื่อ Timer เกิด Overflows จะมีการเซตบิต TF0 และ TF1 ดังแสดงในรูปที่ 2.17(ง)

การทำงานในโหมด 3 นี้ Timer 1 จะไม่ถูกใช้งานแต่เราสามารถสวิตช์ให้ Timer 1 ไปทำงานในโหมดอื่นได้ แต่การทำงานของ Timer 1 จะไม่มีการอินเทอร์รัพท์เกิดขึ้น เพราะบิต TF1 ถูกใช้ในการนับของ TH0 ในการทำงานของโหมด 3 ไปแล้ว เราอาจมองว่าถ้าให้ Timer ทำงานในโหมด 3 ทำให้เรามี Timer เพิ่มขึ้น คือ TH0 และTL0 ในTimer 0 โหมด 3 และโปรแกรมให้ Timer 1ไปทำงานในโหมดอื่น ๆ

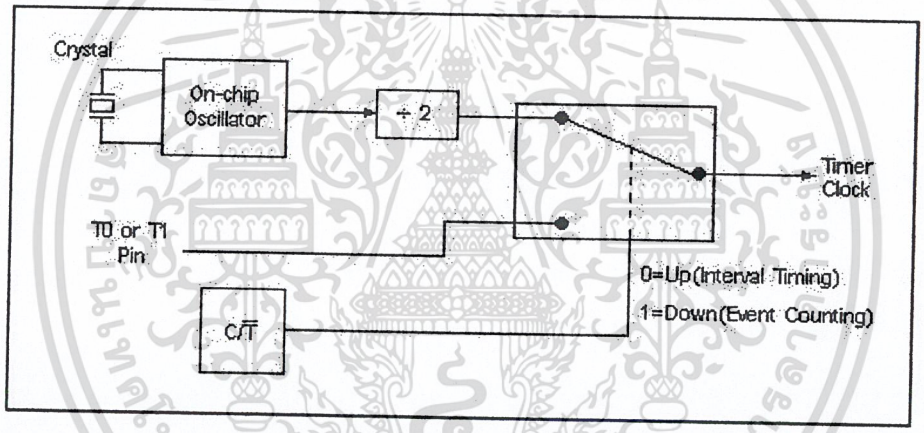
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) Clocking Source

ในรูปที่ 2.17 ไม่ได้แสดงว่า Timer Clock นำมาจากที่ใดซึ่งการใช้ Timer นี้สามารถใช้ได้ 2 หน้าที่ คือเป็นตัวจับเวลา (Timer) และเป็นตัวนับ (Counter) ซึ่งสามารถโปรแกรมได้โดยการเซต หรือรีเซตบิต C / Tในรีจีสเตอร์ TMOD

การใช้เป็นตัวจับเวลา (Timer)

ถ้าบิต C / Tใน TMOD เป็นลอจิก "0" จะเป็นการเลือกให้ Timer นำ Clock มาจากวงจร Oscillator ในชิพ ซึ่งสัญญาณนาฬิกาจะเข้ามาทุก ๆ Machine Cycle หรืออาจกล่าวได้ว่าค่าใน THx และ TLx จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยอัตราการนับแต่ละครั้งใช้เวลาเท่ากับ 1/12 ของความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ใช้บนชิพ ดังแสดงในรูปที่ 2.18 ถ้า MCS – 51 ใช้สัญญาณนาฬิกา 12 MHz การนับจะมีความถี่เท่ากับ 1 MHz



รูปที่ 2.18 ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่เข้าขา Timer

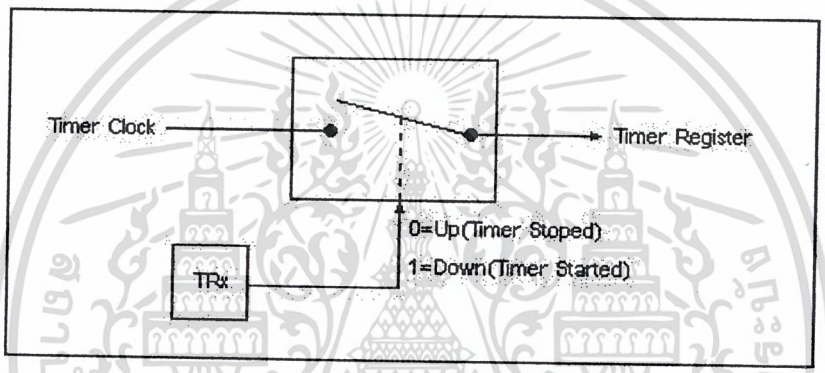
การใช้เป็นตัวนับ (Counter)

ถ้าบิต C / T เป็น "1" ตัว Timer จะนำ Clock มาจากภายนอกโดยใช้ขา P3.4 หรือ T0 เป็นขา Input Clock ให้กับ Timer 0 และใช้ขา P3.5 หรือ T1 เป็น Input Clock ให้กับ Timer 1 ดังรูปที่ 2.18 หรืออาจมองว่า ถ้าจะให้นับอะไรสัญญาณที่จะนับให้ต่อกับขา T0 และ T1 ในการใช้เป็น Counter สัญญาณที่เข้ามามีการเปลี่ยนแปลงจาก "1" เป็น "0" จะทำให้วงจรนับ TLx มีค่าเพิ่มขึ้น 1 ภายใน MCS – 51 นี้จะตรวจสอบขาอินพุต T0 และ T1 ในช่วงเวลาเฟส 2 ของ State 5 (S5P2) ถ้าพบว่ามีค่าเป็น "1" ต่อมาในอีกหนึ่ง Machine Cycle ที่เฟส 2 ของ State 5 (S5P2) ลอจิกอินพุตเปลี่ยนเป็น "0" จะทำให้ค่าใน Timer เพิ่มขึ้น 1 ดังนั้น จะเห็นได้ว่าการนับ 1 ครั้งจะต้องใช้เวลา 2 Machine Cycles ดังนั้นความถี่สูงสุดที่จะให้ Timer ทำงานเป็น Counter นับได้ จะมีค่ามากที่สุด 500 kHz ถ้า MCS – 51 ทำงานที่ความถี่สัญญาณนาฬิกา 12 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) การเริ่ม, หยุด และการควบคุม Timer

ในรูปที่ 2.17 จะแสดงลักษณะของ Timer Registers ซึ่งจะเห็นว่าประกอบด้วย TLx และ THx และเมื่อเกิด Overflow จะเกิดเอาต์พุตที่บิต TFx สำหรับสัญญาณนาฬิกาที่จะเข้าไปใน Time จะมาจาก 2 ส่วนดังแสดงในรูปที่ 2.18 ต่อไปจะกล่าวถึงว่าเราจะควบคุมให้เริ่ม , หยุดตัว Timer ได้อย่างไร วิธีเริ่มและหยุดตัว Timers สามารถควบคุมได้ที่บิต TRx ในรีจีสเตอร์ TCON โดยปกติแล้ว TRx จะเคลียร์หลังจากที่ระบบถูกรีเซต ซึ่งจะเป็นการให้ Timer ไม่นับและ TRx นี้จะเซตได้จากชุดคำสั่ง หรือการโปรแกรม พิจารณารูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 การใช้บิตควบคุม TR

ตัวบิต TRx จะเป็นส่วนที่สามารถเข้าถึงข้อมูลในระดับบิตได้ (Bit Addressable)ใน รีจีสเตอร์ TCON ถ้าจะให้ TIMER 0 เริ่มทำงานจะเขียนคำสั่งได้ดังนี้

SETB TR0

ถ้าจะหยุดทำงานเขียนคำสั่งได้ดังนี้

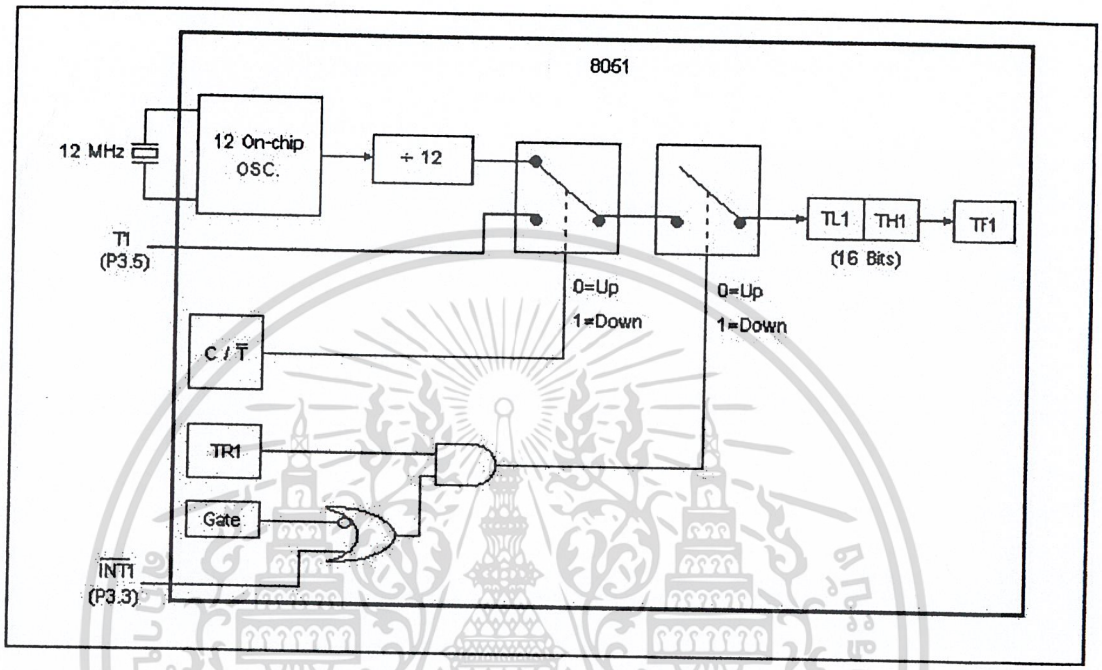
CLR TR0

ในการเขียนโปรแกรมภาษาแอสแซมบลี สามารถใช้สัญลักษณ์ TR0 ในคำสั่ง SETB TR0 เลยได้ เพราะตัวแอสแซมบลีจะตีความ TR0 เป็น Bit Address ตำแหน่ง 8CH

วิธีควบคุม Timer สามารถควบคุมได้ที่บิต GATE ใน TMOD และขาอินเตอร์รัพท์จากภายนอก INTx ถ้า INT0 เป็นลอจิก “0” และโปรแกรมให้ Timer 0 ทำงานในโหมด 2 เมื่อ TL0/TH0 = 0000H, GATE = 1 และ TR0 = 1 เมื่อ INT0 ขึ้นเป็นลอจิก “1” ตัว Timer จะ “Gate On” และจะให้สัญญาณนาฬิกาความถี่ 1 MHz เมื่อ INT0 ลงเป็น “0” ตัว Timer “ Gate Off “ สัญญาณที่ได้จะมีความกว้างของสัญญาณนาฬิกา 1 μS ส่งเข้าไปใน TL0/TH0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.20 จะเป็นระบบที่สมบูรณ์ของ Timer 1 เมื่อทำงานในโหมด 1 ซึ่งเป็น 16-bit Timer โดยใช้รีจีสเตอร์ TL1 / TH1 และ Overflow Flag TF1 ในรูปจะเห็นถึงการควบคุมแหล่งกำเนิด Clock การเริ่มทำงาน และการหยุดทำงาน



รูปที่ 2.20 ระบบทั้งหมดของ Timer 1

6) Initializing And Accessing Timer Register

การใช้งาน Timer เริ่มแรกจะต้องโปรแกรมเพื่อเลือกโหมดการทำงานของ Timer ก่อนเมื่อเริ่มใช้งานก็โปรแกรมให้ เริ่มทำงาน, หยุดทำงาน, อ่าน และ เคลียร์ค่า Flag Bits อ่านค่า Timer Registers ตามลำดับ เพื่อนำไปประยุกต์การใช้งานต่อไป

TMOD คือ รีจีสเตอร์ที่ต้องโปรแกรม โดยเซตโหมดการทำงานก่อน ตัวอย่างเช่น ถ้าให้ Timer 1 เป็น 16-bits Timer (โหมด 1) นับสัญญาณนาฬิกาบนชิพ สามารถเขียนคำสั่งได้ดังนี้

MOV TMOD, #00010000B

ผลที่ได้จากคำสั่งข้างบนคือ เซตบิต M1 = 0 และ M0 = 1 ซึ่งเป็นการเลือกโหมด 1 และให้ C / T= 0 และ GATE = 0 ซึ่งเป็นการใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายในหรือใช้เป็น Timer และตัว Timer นี้จะยังไม่ทำงาน ถ้าบิตควบคุม TR1 ยังไม่ได้เซต

ถ้าให้ Timer นี้นับขึ้นโดยใช้รีจีสเตอร์ TL1 / TH1 และจะเซตบิต Overflow Flag เมื่อรีจีสเตอร์เปลี่ยนจาก FFFFH เป็น 0000H โดยให้นับเวลาไป 100 μS หรือให้ TL1 / TH1 นับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาฬิกาได้ 100 ลูก ดังนั้นค่าเริ่มต้นของ TL1 / TH1 จะไม่เริ่มที่ 0000H จะต้องเริ่มที่ FFFFH ลบด้วย 100 ลูก หรือ FF9CH เพื่อให้นับไปถึง FFFFH และเปลี่ยนเป็น 0000H ได้สัญญาณนาฬิกา 100 ลูก พอดี สามารถเขียนคำสั่งได้ดังนี้

```
MOV TL1 , # 9CH
MOV TH1 , # 0FFH
```

ถ้าให้ Timer เริ่มทำงานก็ให้บิตควบคุมดังนี้

```
SETB TR1
```

จากนั้นบิต Overflow Flag จะส่งออกมาหลังเวลาผ่านไป 100 μS ซึ่งเราสามารถเขียนโปรแกรมเป็นโปรแกรมวนลูป 100 μS ได้ โดยตรวจสอบบิต TF1 ว่าถูกเซตหรือไม่ ถ้าไม่เซตก็ให้วนลูปต่อไปดังนี้

```
CLR TR1
CLR TF1
```

การใช้แบบ Reading a Timer "On the Fly"

การใช้งานแบบประยุกต์บางงานจะต้องอ่านค่าจาก Timer Register เนื่องจากตัว Timer Register มีขนาด 2 ไบต์ ถ้าหากไบต์ต่ำเกิด Overflow จะทดเข้าไบต์สูง ถ้าหากเขียนโปรแกรมให้อ่านค่าจากไบต์ต่ำก่อน แล้วจึงอ่านไบต์สูงข้อมูลที่ได้อาจเกิดข้อผิดพลาดได้เนื่องจากไบต์ต่ำมีการเปลี่ยนแปลงเร็วกว่าไบต์สูง การอ่านข้อมูลควรอ่านจากไบต์สูงก่อน แล้วจึงกลับมาอ่านไบต์ต่ำ จากนั้นอ่านข้อมูลไบต์สูงอีกครั้ง ถ้าค่าไบต์สูงที่อ่านได้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงให้ใช้ค่านั้นได้เลย แต่ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงให้อ่านอีกครั้ง ถ้าต้องการอ่านข้อมูลจาก TL1 / TH1 เข้าในรีจีสเตอร์ R6 / R7 อาจเขียนโปรแกรมได้ดังนี้

```
AGAIN :  MOV A, TH1
         MOV R6, TL1
         CJNE A, TH1, AGAIN
         MOV R7, A
```

7) Short Intervals And Long Intervals

ถ้า MCS – 51 ทำงานที่ความถี่สัญญาณนาฬิกา 12 MHz ถ้าให้ Timers ใช้วงจร Oscillator บนชิพ สัญญาณนาฬิกาจะถูกหารด้วย 12 และ Timer จะทำงานด้วยความถี่ 1 MHz ถ้าต้องการใช้โปรแกรมสร้างสัญญาณนาฬิกาออกมาอาจทำได้โดยง่าย ซึ่งพิจารณาจากการทำงานชุดคำสั่งต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ MCS – 51 ใน 1 Machine Cycle จะใช้เวลา 1μS ในตารางที่ 2.9 จะแสดงความกว้างของสัญญาณที่สร้างขึ้นจาก MCS – 51 ที่ทำงานด้วย Crystal ความถี่ 12 MHz

Maximum Interval in Microseconps	Technique
≈10	Software Turning
256	8 – bit Timer with Auto-reload
65536	8 – bit Timer
No Limit	16 – bit Timer Plus Software Loops

ตารางที่ 2.9 ค่าสูงสุดของการใช้ Timer โหมดต่าง ๆ

2.2.4 การอินเตอร์รัพท์

การทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไปมักมีอุปกรณ์ภายนอกต่อร่วมอยู่ ถ้าคอมพิวเตอร์ต้องการทำงานกับอุปกรณ์ภายนอกจะต้องคอยตรวจสอบอุปกรณ์เหล่านั้นเสมอ ตัวอย่างเช่น ถ้าหากให้คอมพิวเตอร์พอร์ทหนึ่งต่ออยู่กับหลอด LED 7 ส่วน อีกพอร์ทหนึ่งต่อกับสวิตช์ ถ้าระบบของเราทำงานเป็นนาฬิกาเดินไปให้คอยตรวจสอบสวิตช์ด้วยว่ามีการกดหรือยัง การทำงานแบบนี้เรียกว่า Polling Method คือตัวไมโครโปรเซสเซอร์จะต้องคอยตรวจสอบอุปกรณ์อินพุตตลอดเวลาว่ามีข้อมูลเข้ามาหรือยัง การทำงานแบบนี้ ถ้ามีอุปกรณ์ภายนอกหลายตัวระบบต้องตรวจสอบอุปกรณ์ภายนอกหลายตัว ทำให้เสียเวลาในการทำงานหลักไป การทำงานอีกแบบหนึ่งจะให้ CPU ทำงานหลัก ถ้ามีการกดสวิตช์เมื่อไรให้นาฬิกาหยุดเดินทันที การทำงานในลักษณะนี้ CPU ไม่ต้องเสียเวลาในการตรวจอุปกรณ์ภายนอก ถ้าอุปกรณ์ภายนอกต้องการติดต่อกับ CPU อุปกรณ์ภายนอกจะส่งสัญญาณมาบอก CPUเอง ระบบนี้เรียกว่า การอินเทอร์รัพท์ (Interrupt)

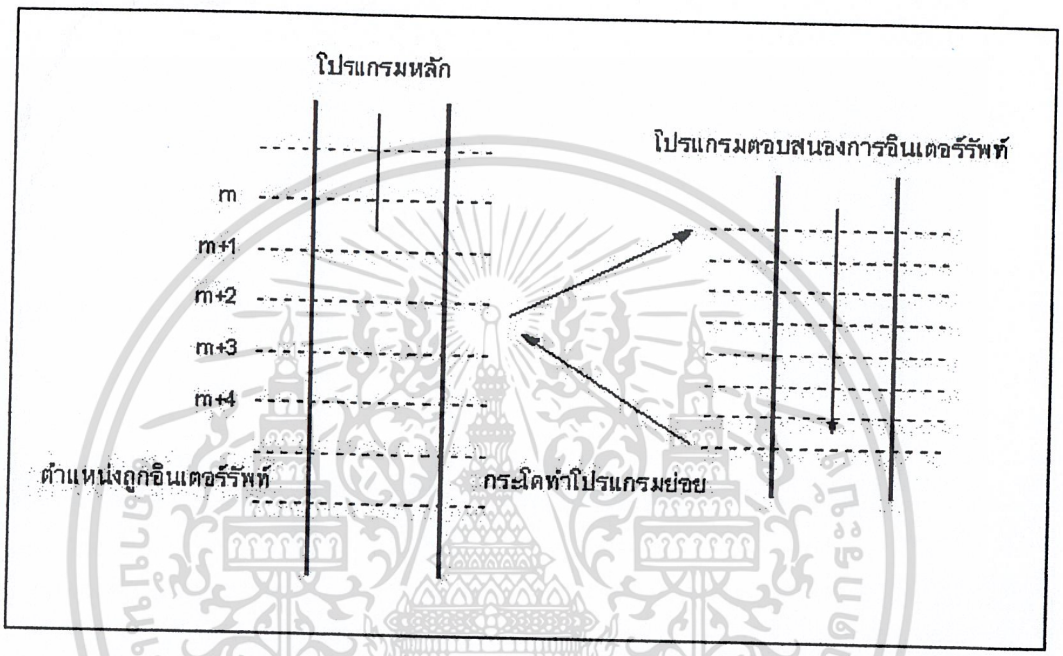
1) ขบวนการเกิดอินเตอร์รัพท์

ถ้าหากคอมพิวเตอร์กำลังทำงานโปรแกรมหลักอยู่เมื่อมีการอินเทอร์รัพท์เข้ามา คอมพิวเตอร์จะละทิ้งโปรแกรมหลัก แต่ไปทำงานโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์ (Interrupt Service Routine) เมื่อทำโปรแกรมตอบสนองอินเตอร์รัพท์เสร็จ คอมพิวเตอร์จะกลับมาทำโปรแกรมเดิม พิจารณารูปที่ 2.21

ถ้า CPU กำลังทำงานโปรแกรมหลักอยู่ เช่นกำลังทำคำสั่งในตำแหน่งของหน่วยความจำที่ m, m+1, m+2 ไปเรื่อย ๆ โดย PC จะชี้ที่ตำแหน่งที่จะอ่านค่าคำสั่งถัดมา เมื่อโปรแกรมทำงานมาถึงตำแหน่งที่ m+3 แล้วเกิดการอินเตอร์รัพท์ขึ้น (ขณะนั้น PC อยู่ที่ m+4) โปรแกรมจะต้องทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์ โดยย้าย PC ไปที่ตำแหน่งที่เก็บโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์ จากนั้นจะเก็บค่า PC เดิมลงในหน่วยความจำสแตค เมื่อคอมพิวเตอร์ทำงานโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์เสร็จสิ้นลง จะคืนค่าในสแตค (m+4) ให้กับ PC ทำโปรแกรมหลักต่อไป



รูปที่ 2.21 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเมื่อถูกอินเตอร์รัพท์

2) สัญญาณอินเตอร์รัพท์

แหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัพท์ที่ใช้กับ MCS – 51 มีสองชนิดคือ อินเตอร์รัพท์ภายในและภายนอก โดยอินเทอร์รัพท์ภายในจะเกิดขึ้นจากภายในตัว MCS – 51 เอง ได้แก่สัญญาณจากไทเมอร์แฟลก 0 (TF0) ไทเมอร์แฟลก 1 (TF1) และพอร์ทอนุกรม สำหรับอินเตอร์รัพท์ภายนอกเกิดจากสัญญาณที่กระตุ้นเข้ามาทางขา INT0 และ INT1 เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัพท์จากแหล่งต่าง ๆ เข้ามา เราสามารถโปรแกรมได้ว่าจะให้ MCS – 51 ยอมให้มีการอินเตอร์รัพท์ได้หรือไม่ โดยการโปรแกรมไปที่ รีจีสเตอร์ IE (Interrupt Enable) และถ้ามีสัญญาณอินเตอร์รัพท์มากจากแหล่งต่าง ๆ หลายแหล่งพร้อมกันเราสามารถจัดลำดับได้ว่า จะให้อินเตอร์รัพท์ใดเกิดก่อน โดยการโปรแกรมไปที่ อินเตอร์รัพท์ไพออริตี้ IP (Interrupt Priority) รีจีสเตอร์ทั้งสองตัวมีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Interrupt Enables

เป็นรีจีสเตอร์ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ ใช้สำหรับกำหนดค่าว่าถ้าเกิดการอินเตอร์รัพท์จากแหล่งต่าง ๆ จะทำอินเตอร์รัพท์เหล่านั้นหรือไม่ รายละเอียดของบิตต่าง ๆมีดังตารางที่ 2.10

บิต 7 บิต 0

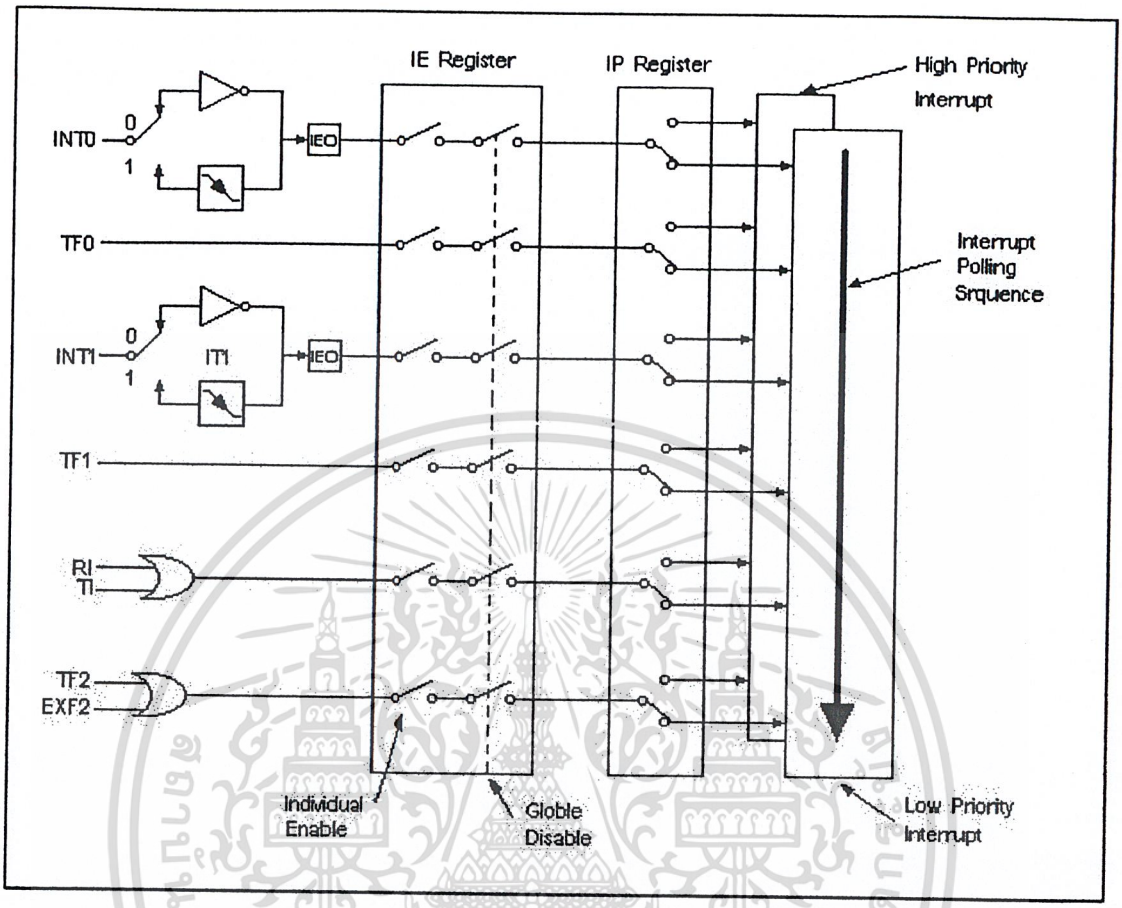
EA	X	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

บิต	ชื่อบิต	ตำแหน่งบิต	รายละเอียด
IE.7	EA	AFH	ถ้าเซตยอมให้มีการอินเตอร์รัพท์
IE.6	-	AEH	ไม่ใช้งาน
IE.5	ET2	ADH	Enable อินเตอร์รัพท์จาก Timer 2 (ใช้กับ 8052)
IE.4	ES	ACH	Enable อินเตอร์รัพท์จากพอร์ทอนุกรม
IE.3	ET1	ABH	Enable อินเตอร์รัพท์จาก Timer 1
IE.2	EX1	AAH	Enable อินเตอร์รัพท์จาก INT1
IE.1	ET0	A9H	Enable อินเตอร์รัพท์จาก Timer 0
IE.0	EX0	A8H	Enable อินเตอร์รัพท์จาก INT0

ตารางที่ 2.10 บิตต่าง ๆ ของรีจีสเตอร์ IE

ลำดับ	อินเตอร์รัพท์
1 (สูงสุด)	IE0
2	TF0
3	IE1
4	TF1
5 (ต่ำสุด)	Serial Port

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 รีจิสเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการอินเตอร์รัพท์

Interrupt Priority

เป็นรีจีสเตอร์ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ใช้ในการจัดลำดับความสำคัญของการอินเทอร์รัพท์ซึ่งสามารถจัดได้สองลำดับ ถ้าเป็น "1" หมายความว่ามีความสำคัญสูงสุด ถ้าเป็น "0" หมายความว่ามีลำดับความสำคัญต่ำสุด ความหมายของบิตต่าง ๆ แสดงได้ดังตารางที่ 2.11 ถ้าหากกำหนดให้มีความสำคัญเป็น "1" เหมือนกันหมด MCS – 51 จะจัดลำดับความสำคัญใหม่ดังตารางที่ 2.11

จากรูปที่ 2.22 แสดงการอินเตอร์รัพท์จากแหล่งต่าง ๆ ที่มีผลกับ MCS – 51 ถ้าเป็นเบอร์ 8051 8031 จะถูกอินเตอร์รัพท์ได้ 5 แหล่ง ถ้าเป็นเบอร์ 8052,8032 จะถูกอินเตอร์รัพท์ได้ 6 แหล่ง โดยเพิ่มอินเตอร์รัพท์จาก Timer 2 ในรูปที่ 2.13 จะแสดงให้เห็นว่า ถ้า MCS – 51 จะถูกอินเตอร์รัพท์ได้จะต้องเซตค่า Global Enable ในรีจีสเตอร์ IE นอกจากนี้ยังกำหนดได้ว่าจะให้อินเตอร์รัพท์ใดเกิดได้ โดยการเซตค่า Interrupt Enable ของอินเตอร์รัพท์จากแหล่งต่าง ๆ ในรีจีสเตอร์ IE จากรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังแสดงให้เห็นอีกว่าเมื่อมีการอินเทอร์รัพท์เข้ามาจะมีผลต่อแฟลกใด เช่นถ้า INT0 เป็น "1" บิต IE0 จะเป็น "1" หมายความว่าถูกอินเตอร์รัพท์ โดยแฟลกต่าง ๆ ที่มีผลจากการถูกอินเตอร์รัพท์แสดง

บิต	ชื่อบิต	ตำแหน่งบิต	รายละเอียด
IP.7	-	-	ไม่ใช้งาน
IP.6	-	-	ไม่ใช้งาน
IP.5	PT2	0BDH	ใช้กับ Timer 2 (8052)
IP.4	PS	0BCH	ใช้กับพอร์ทอนุกรม
IP.3	PT1	0BBH	ใช้กับ Timer 1
IP.2	PX1	0BAH	ใช้กับอินเทอร์รัพท์จาก INT1
IP.1	PT0	0B9H	ใช้กับ Timer 0
IP.0	PX0	0B8H	ใช้กับอินเทอร์รัพท์จาก INT0

ตารางที่ 2.11 บิตและหน้าที่ต่าง ๆ ของรีจีสเตอร์ IP

อินเตอร์รัพท์	แฟลก	ประกอบอยู่ในรีจีสเตอร์
External 0	IE0	TCON.1
External 1	IE1	TCON.3
Timer 1	TF1	TCON.7
Timer 0	TF0	TCON.5
Serial port	T1	SCON.1
Serial port	RI	SCON.0
Timer 2	TF2	T2CON.7 (8052)
Timer 2	EXF2	T2CON.6 (8052)

ตารางที่ 2.12 แฟลกที่จะทำงานเมื่อถูกอินเตอร์รัพท์

จากตารางจะเห็นว่า ถ้ามีการอินเตอร์รัพท์จากภายนอกเข้ามา ตัวที่จะอินเตอร์รัพท์ MCS – 51 คือ บิตแฟลก IE0 ซึ่งอยู่ในรีจีสเตอร์ TCON ถ้ามีการสื่อสารแบบอนุกรม เมื่อข้อมูลถูกส่งไปหมดแล้วจะอินเตอร์รัพท์ MCS – 51 ทางบิตแฟลก TI ถ้ารับข้อมูลหมดแล้วจะอินเตอร์รัพท์ MCS –

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

51 ทางบิตแฟลก RI ซึ่งอยู่ในรีจีสเตอร์ SCON และถ้าใช้ Timer 0 ในการนับเมื่อเกิด Overflow สามารถอินเตอร์รัพท์ MCS – 51 ได้ทางบิต TF0

3) การทำงานของระบบหลังถูกอินเตอร์รัพท์

เมื่อ MCS – 51 ถูกอินเทอร์รัพท์จะต้องกระโดดไปทำโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์โดยตำแหน่งที่จะกระโดดไปเรียกว่า อินเตอร์รัพท์เวกเตอร์ (Interrupt Vectors) เมื่อทำโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์เรียบร้อยแล้ว MCS – 51 จะกระโดดมาทำงานยังตำแหน่งเดิม โดยก่อนที่จะกระโดดไปทำโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์จะต้องเก็บค่าตำแหน่งเดิมไว้ โดยเก็บค่า PC ลงหน่วยความจำสแตคซึ่งอยู่ที่หน่วยความจำที่ถูกชี้โดยรีจีสเตอร์ SP เมื่อทำโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์เสร็จแล้วจะคืนค่าในหน่วยความจำสแตคให้ PC ตามเดิม ค่าอินเตอร์รัพท์เวกเตอร์ของ MCS – 51 แสดงได้ดังตารางที่ 2.13

อินเตอร์รัพท์	อินเตอร์รัพท์เวกเตอร์
System Reset	0000H
External 0	0003H
Timer 0	000BH
External 1	0013H
Timer 1	001BH
Serial Port	0023H
Timer 2	002BH

ตารางที่ 2.13 อินเตอร์รัพท์เวกเตอร์ของอินเตอร์รัพท์ต่าง ๆ

จากตารางจะเห็นว่าถ้าระบบถูกอินเตอร์รัพท์จากภายนอกทาง INT0 ตัว MCS – 51 จะกระโดดไปทำงานที่ตำแหน่ง 0003H ถ้าระบบถูกอินเตอร์รัพท์จาก Timer 0 จะกระโดดไปทำงานตำแหน่ง 000BH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพอร์ทอนุกรม

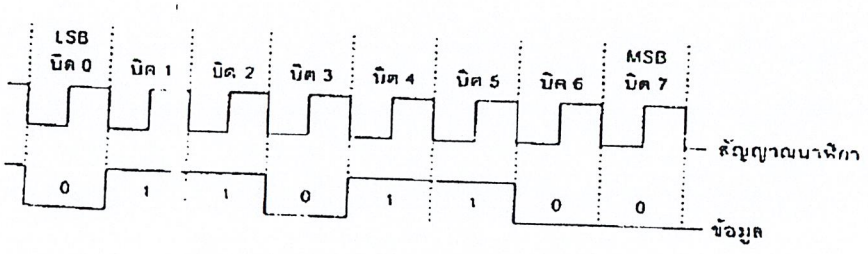
การเคลื่อนย้ายข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ต่อพ่วงภายนอกหรือคอมพิวเตอร์ด้วยกัน มีด้วยกัน 2 รูปแบบคือ รับส่งข้อมูลแบบขนานและรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

การรับส่งข้อมูลแบบขนานเป็นการรับหรือส่งข้อมูลคราวละ 4 หรือ 8 บิตในเวลาเดียวกัน ทำให้การรับและส่งข้อมูลมีความเร็วสูง ทว่าจำนวนของรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการถ่ายทอดข้อมูลต้องมีมากเท่ากับจำนวนบิตของข้อมูลที่ทำการถ่ายทอดด้วย นอกจากนี้ยังมีสายที่ใช้สำหรับควบคุมและตรวจสอบการรับส่งข้อมูลด้วย ซึ่งอาจต้องใช้สายมากเป็น 2 เท่าของจำนวนบิตของข้อมูลก็ได้ ส่งผลให้ราคาของสายที่ใช้ในการเชื่อมต่อแบบขนานมักจะมีราคาแพง อีกข้อจำกัดหนึ่งของการถ่ายทอดข้อมูลแบบขนานคือ ระยะทางในการถ่ายทอดข้อมูล โดยปกติจะอยู่ที่ประมาณ 10-15 ฟุต

ในขณะที่การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะเป็นการรับส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต โดยมีรูปแบบการรับส่งที่เป็นมาตรฐาน ต้องมีการตรวจสอบความพร้อมในการรับและส่งข้อมูลของตัวรับและตัวส่ง การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมมีข้อดีในเรื่องของจำนวนสายสัญญาณที่น้อยมากและไม่แปรผันตามจำนวนบิตของข้อมูล ระยะทางการรับส่งสูงกว่าแบบขนานมาก โดยปกติถ้าเป็นพอร์ทอนุกรม RS-232 จะสามารถต่อสายได้ยาว 50 ฟุต โดยประมา

2.3.1 การสื่อสารแบบอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ การสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัสและการสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส การสื่อสารแบบซิงโครนัสจะมีสัญญาณนาฬิการ่วมอยู่กับการรับและสัญญาณด้วย ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสก็คือคีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ ซึ่งสายเส้นหนึ่งจะเป็นสายของสัญญาณนาฬิกา ส่วนสายอีกเส้นจะเป็นสายของข้อมูล ดังนั้นการติดต่อกันแบบซิงโครนัสนี้จะต้องใช้สายในการเชื่อมต่ออย่างน้อยที่สุด 3 เส้นคือ สัญญาณนาฬิกาข้อมูลและกราวด์ รูปนี้ แสดงให้เห็นไดอะแกรมเวลาของการสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส



รูปที่2.23 ไดอะแกรมเวลาของการสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

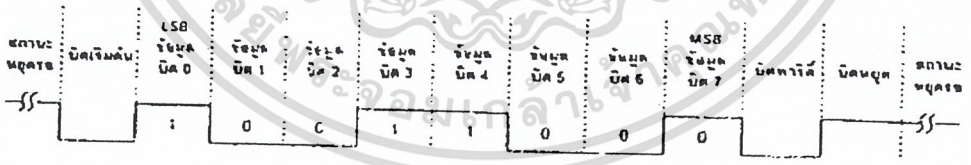
2.3.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือการรับส่งข้อมูลโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิการ่วมด้วย แต่จะใช้การกำหนดค่าอัตราเร็วในการรับและส่งข้อมูลให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกอัตราเร็วนี้ว่าอัตราบอดหรือบอดเรต (baud rate) มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที (bit per second : bps)

รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือ

1. บิตเริ่มต้น (start bit) มีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูลแบบอนุกรม มีขนาด 5, 6, 7 หรือ 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี้ (parity bit) มีขนาด 1 บิตหรือไม่มี
4. บิตปิดท้ายหรือบิตหยุด (stop bit) มีขนาด 1, 1.5 หรือ 2 บิต

รูปข้างล่างนี้ แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส เมื่อไม่มีการส่งข้อมูล ขา DATA จะมีสถานะลอจิก "1" เรียกสถานะนี้ว่า สถานะหยุดรอ (waiting stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่มจากการให้ขา DATA มีลอจิก "0" ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต เรียก 1 บิตนี้ว่าบิตเริ่มต้น (start bit) จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไปโดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุดหรือบิต LSB ก่อนซึ่งข้อมูลที่ต้องการส่งอาจมีจำนวน 5, 6, 7 หรือ 8 บิตก็ได้ จากนั้นตามด้วยบิตพาริตี้ (parity) ซึ่งใช้ในการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่จะส่งคือ บิตปิดท้ายหรือบิตหยุด (stop bit) โดยเป็นการทำให้ขา DATA มีสถานะลอจิก "1" อีกครั้งด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1 บิต, 1.5 บิต หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว



รูปที่2.24 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

อัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลของการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสหรืออัตราบอดหรือบอดเรตที่ใช้สำหรับพอร์ทอนุกรม RS-232 มีด้วยกันหลายค่า ได้แก่ 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 และ 19200 บิตต่อวินาที โดยมีค่าเพิ่มขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ เนื่องจากบอดเรต คือค่าของจำนวนบิตที่สามารถส่งได้ใน 1 วินาที สมมติว่าข้อมูลอนุกรมมีขนาด 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ มีบิตเริ่มต้น 1 บิต และบิตปิดท้าย1 บิต ความยาวข้อมูล 1 ไบต์จะมีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยาวเท่ากับ 10 บิต ถ้าใช้บอดเรตในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9600 บิตต่อวินาที ก็จะสามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 960 ไบต์ต่อวินาที

การตรวจสอบพาริตี้สามารถกำหนดให้เป็นแบบคี่ (odd), แบบคู่ (even) หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ก็ได้ พาริตี้คี่หรือพาริตี้คู่แสดงถึงจำนวนลอจิก "1" ทั้งหมดภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์ รวมบิตพาริตี้ว่ามีจำนวนเลขคู่หรือเลขคี่ ยกตัวอย่าง ข้อมูลที่จะทำการส่งมีขนาด 8 บิต มีค่าเท่ากับ 99H หรือ 10011001B จะเห็นว่าข้อมูลในไบต์นี้มีจำนวนลอจิก "1" จำนวน 4 ตัวซึ่งเป็นเลขคู่ ดังนั้น ถ้ากำหนดค่าพาริตี้เป็นคู่ ค่าของพาริตี้จะต้องมีลอจิกเป็น "0" แต่ถ้ากำหนดพาริตี้เป็นคี่ ค่าของบิตพาริตี้จะต้องเป็น "1" เพื่อให้ข้อมูล 1 ไบต์รวมทั้งบิตพาริตี้เป็นคี่

บิตพาริตี้ถูกสร้างขึ้นจากภาคส่งข้อมูลของ UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter : เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับและส่งข้อมูลอนุกรม ซึ่งจะกล่าวถึงในรายละเอียดภายหลัง) ซึ่งทางภาครับจะต้องกำหนดคุณสมบัติการตรวจสอบพาริตี้ที่ตรงกันไว้ว่าจะตรวจสอบพาริตี้คี่หรือพาริตี้คู่ จากนั้นภาครับของ UART จะทำการตรวจสอบค่าพาริตี้ที่เกิดขึ้นว่าเป็นคู่หรือเป็นคี่ โดยการนับจำนวนลอจิก "1" ทั้งหมดรวมทั้งบิตพาริตี้ด้วย ถ้ากำหนดพาริตี้ไว้เป็นคู่แต่อ่านค่าในการนับตัวเลขออกมาเป็นคี่ ทางภาครับจะแสดงข้อผิดพลาดออกมาให้ผู้ใช้ทราบ กระบวนการดังกล่าวเป็นวิธีการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการรับส่งข้อมูลที่ง่ายที่สุด แต่มันสามารถตรวจได้เมื่อมีบิตข้อมูลที่ทำการรับส่งผิดพลาดเพียงบิตเดียวเท่านั้น ถ้าข้อมูลที่ทำการส่งมีบิตที่ผิดพลาดมากกว่า 1 บิต การตรวจสอบด้วยวิธีนี้จะไม่ได้ผล สำหรับการตั้งพาริตี้บิตเป็น NONE นั้นทั้งภาครับและภาคส่ง จะไม่มีการตรวจสอบพาริตี้

คอมพิวเตอร์ในรุ่น AT เกือบทั้งหมดจะใช้ไอที UART เบอร์ 16450 และ 16550 ส่วนคอมพิวเตอร์ในรุ่น XT ใช้ไอที UART เบอร์ 8250 ไอซี UART เหล่านี้มีระดับแรงดันของลอจิกเป็นแบบทีทีแอล (+5V) แต่เพื่อให้มีแรงดันเป็นไปตามมาตรฐาน RS-232 และเพื่อให้การรับและส่งข้อมูลสามารถทำได้ที่ระยะทางไกลมากขึ้น ระดับแรงดันทีทีแอลจะถูกแปลงเป็นระดับแรงดันที่สูงขึ้น โดยลอจิก "0" จะมีระดับแรงดัน –3V ถึง –12V และลอจิก "1" มีระดับแรงดัน +3V ถึง +12V

2.3.3มาตรฐานพอร์ทอนุกรมแบบ RS-232

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS-232 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง โดยมาตรฐาน RS-232 ในอดีตนั้นถูกออกแบบมาเพื่อการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียว เพื่อที่จะนำข้อมูลจากโมเด็มนี้ส่งผ่านสายโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์อีกชุดซึ่งอยู่ห่างไกลกัน โดยสมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industries Association : EIA) ได้วางมาตรฐานที่มีชื่อเรียกกันว่า EIA RS-232 มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเน็กเตอร์เป็นแบบ DB-25 โดยกำหนดความยาวสูงสุดของ

เอกสารนี้มีไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายสัญญาณไว้ที่ 50 ฟุต มีระดับสัญญาณตั้งแต่ –3V ถึง –12V แสดงว่ามีข้อมูล (mark) และ +3V ถึง +12V แสดงว่าเป็นช่องว่าง (space)

มาตรฐาน RS-232 ถูกใช้ในการกำหนดรูปแบบการสื่อสารข้อมูลกันระหว่างอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal Equipment: DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง (Data Circuit Terminating: DCE) อุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัวเช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างบิตข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ DCE ทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น

ข้อแตกต่างของอุปกรณ์ DTE และอุปกรณ์ DCE อย่างหนึ่งที่เห็นได้ชัดคือ คอนเน็กเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนคอนเน็กเตอร์ของ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนคอนเน็กเตอร์ที่อยู่ที่โมเด็มจะเป็นแบบ DCE

สำหรับการใช้งานในคอมพิวเตอร์ พอร์ทอนุกรม RS-232 ถูกใช้เพื่อเชื่อมต่อกับโมเด็ม, เมาส์ และเครื่องพิมพ์ที่สามารถติดต่อทางพอร์ทอนุกรมได้

2.3.4 คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ท RS-232 และการเชื่อมต่อ

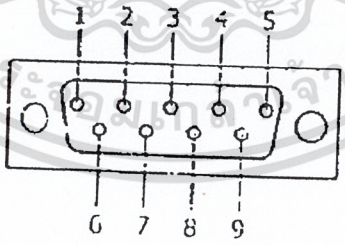
มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232 จะใช้คอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 ตัวผู้ หรือ DB-9 ตัวผู้ ซึ่งคอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 จะมีขาต่อการใช้งาน เพียง 9 เส้นเช่นเดียวกับคอนเน็กเตอร์แบบ DB-9 เนื่องจากขาอื่น ๆ ที่เคยมีการใช้งานมาในอดีตไม่ค่อยมีความสำคัญมากนักจึงถูกยกเลิกไป

- ขา Data Carrier Detect: DCD หรืออาจเรียกว่า Carrier Detect: CD ขานี้จะแยกดีฟเมื่อมีการส่งสัญญาณพาร์จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล เช่น โมเด็ม สำหรับการใช้งานปกติ ขานี้จะไม่ได้ถูกใช้งานมากนัก
- ขา Receive Data: RD หรือ RxD ขานี้ใช้เพื่อรับสัญญาณอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่อ่านได้ไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์
- ขา Transmitted: TD หรือ TxD ขานี้ใช้เพื่อส่งข้อมูลอนุกรมออกจากคอมพิวเตอร์ โดยการนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลออกไป
- ขา Data Terminal Ready: DTR เป็นขาเอาท์พุทที่ใช้สำหรับส่งสัญญาณออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่าต้องการติดต่อกับอุปกรณ์ปลายทาง โดยขา DTR นี้จะต้องเชื่อมต่อกับขา DDSR ของอุปกรณ์ปลายทาง และขา DTR ของอุปกรณ์ปลายทางจะต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของคอมพิวเตอร์และถ้าใช้การเชื่อมต่อแบบ 3 สาย ต้องเชื่อมต่อขา DTR และ DSR ของพอร์ทอนุกรมเข้าด้วยกัน และจะต้องเชื่อมเข้ากับขา DCD ด้วยในกรณีที่โปรแกรมสื่อสารที่ใช้มีการตรวจจับสัญญาณพาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

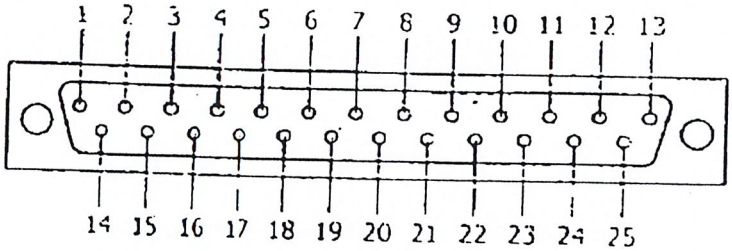
- ขา Signal Ground: GND เป็นขากราวด์ของสัญญาณ
- ขา Data Set Ready: DSR ขานี้จะใช้ควบคู่กับ DTR เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทาง ซึ่งขา DSR นี้จะเป็นขาสำหรับข้อมูลจากภายนอก
- ขา Request To Send: RTS เป็นขาเอาท์พุทสำหรับส่งสัญญาณร้องขอให้อุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลมาให้คอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณ RTS ก็คือขา CTS ซึ่งในกรณีที่มีการเชื่อมต่อแบบ 3 สาย จะต้องเชื่อมต่อขา RTS และ CTS เข้าด้วยกัน เพื่อให้การรับและส่งข้อมูลเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา
- ขา Clear To Send: CTS เป็นขาอินพุททำหน้าที่รอรับสัญญาณที่ส่งเข้ามา เมื่อมีการส่งสัญญาณเข้ามาที่ขานี้ ข้อมูลที่ขา TxD จะถูกส่งออกไป ขานี้ใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมที่รับข้อมูลแล้วหรือยัง
- ขา Ring Indicator: RI ใช้แสดงสถานะสัญญาณหรือจากสายโทรศัพท์ ปกติในการสื่อสารโดยทั่วไปสายนี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้งานก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับโมเด็มแล้วยังมีความต้องการตรวจสอบสัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์

สำหรับการเชื่อมต่อสายระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกแสดงดังรูป ลูกศรในรูปแสดงถึงทิศทางของข้อมูล การเชื่อมต่อในรูป ก เป็นการเชื่อมต่อแบบ NULL MODEM หรือการเชื่อมต่อโดยตรงไม่ต้องผ่านโมเด็ม ส่วนการเชื่อมต่อในรูป ข เป็นการเชื่อมต่อโดยใช้สายสัญญาณน้อยที่สุดเพียง 3 เส้น โดยเส้นหนึ่งสำหรับส่งข้อมูล อีกเส้นสำหรับรับข้อมูล และอีกเส้นเป็นกราวด์



รูปที่2.25 คอนเน็กเตอร์อนุกรม 9 ขา (DB-9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

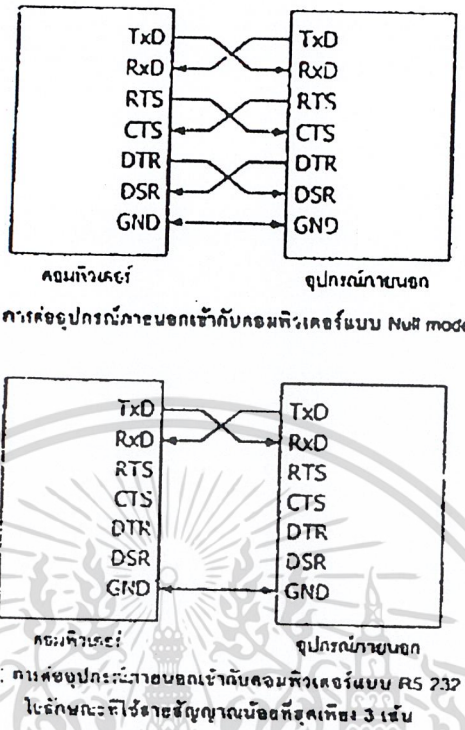


รูปที่2.26 คอนเน็กเตอร์อนุกรม 25 ขา (DB-25)

คอนเน็กเตอร์ DB-9	คอนเน็กเตอร์ DB-25	ชื่อของสายสัญญาณ	ชนิดของสายสัญญาณ
1	8	Data Carrier Detech: DCD	อินพุท
2	3	Received Data: RxD	อินพุท
3	2	Transmitted Data TxD	เอาท์พุท
4	20	Data Terminal Ready: DTR	เอาท์พุท
5	7	Signal Ground: GND	-
6	6	Data Set Ready: DSR	อินพุท
7	4	Request To Send: RTS	เอาท์พุท
8	5	Clear To Send: CTS	อินพุท
9	22	Ring Indicator: RI	อินพุท

รูปที่2.27 การจัดขาสัญญาณของพอร์ทอนุกรมในแบบต่าง ๆ และหน้าที่การทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.28 การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ทอนุกรมในรูปแบบต่าง ๆ

2.3.5 UART

UART มาจากคำว่า Universal Asynchronous Receiver Transmitter ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนั่นเอง สำหรับการสื่อสารอนุกรมบนคอมพิวเตอร์แล้ว UART ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการสื่อสารอนุกรม

หน้าที่หลักของ UART คือแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบขนานจากซีพียูให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัส แล้วทำการส่งออกไป และแปลงสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัสที่ป้อนเข้ามายัง UART ให้เป็นแบบขนานก่อนที่จะส่งเข้าซีพียู ซึ่งนอกจาก UART จะส่งข้อมูลไปยังซีพียูแล้ว ยังแจ้งรายละเอียดอื่น ๆ ของข้อมูลให้คอมพิวเตอร์รับทราบอีกด้วย อาทิ อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลหรือบอดเรต, รูปแบบการส่งข้อมูล, ความผิดพลาดที่เกิดระหว่างการส่งข้อมูล เช่น ผิดพลาดจากพาริตี้, เฟรมข้อมูล, โอเวอร์รัน เป็นต้น

ภายใน UART จะมีวงจรสร้างบอดเรตโปรแกรมได้ (programmable baudrate generator) โดยกำหนดค่าตัวหารให้กับสัญญาณนาฬิกาของ UART โดยตัวหารนี้จะมีขนาด 16 บิต ดังนั้นจะสามารถกำหนดตัวหารอยู่ในช่วง 1-65,535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การใช้งานแอลซีดีโมดูล (LCD Module)

2.4.1 ขาสัญญาณของแอลซีดีโมดูล

PIN	SYSBOL	LEVEL	FUNCTION
1	Vss	-	0V GND
2	Vcc	-	+5V 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	DB0	H/L	Data Bus Bit 0
8	DB1	H/L	Data Bus Bit 1
9	DB2	H/L	Data Bus Bit 2
10	DB3	H/L	Data Bus Bit 3
11	DB4	H/L	Data Bus Bit 4
12	DB5	H/L	Data Bus Bit 5
13	DB6	H/L	Data Bus Bit 6
14	DB7	H/L	Data Bus Bit 7

ตารางที่ 2.14 แสดงขาสัญญาณของแอลซีดีโมดูล

2.4.2 การต่อเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

แอลซีดีโมดูลจะต่อเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ 2 ลักษณะ ซึ่งทั้งสองแบบจะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป โดยแต่ละแบบจะมีหลักการดังนี้

การต่อแบบ Memory map

1.สามารถต่อเข้ากับชิพเบอร์ทั่วไปได้ เช่น 8051 โดยจะทำให้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์มองเห็นแอลซีดีโมดูลในลักษณะของหน่วยความจำได้ทันที

2.ผู้ใช้สามารถเขียนและอ่านข้อมูลจากแอลซีดีโมดูลได้ ทำให้มองเสมือนว่าเป็นบัฟเฟอร์ของหน่วยความจำไปในตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.เนื่องจากสามารถอ่านข้อมูลกับได้จึงทำให้สามารถตรวจสอบเฟรกความพร้อมในขณะที่แอลซีดีโมดูลกำลังทำงานได้

4.ใช้ได้กับบอร์ดที่มีแอลซีดีบัสมาให้พร้อมเท่านั้น

5.ทำให้กินพื้นที่ของหน่วยความจำไปส่วนหนึ่งและต้องมีการถอดรหัสละเอียดพอสมควร

6.การจัดขาสัญญาณจะต้องเป็นไปตามแบบของชิพ

การต่อแบบI/Oพอร์ต

1.สามารถต่อเข้ากับI/Oพอร์ตใดๆก็ได้ โดยใช้สายสัญญาณจำนวน11เส้นและใช้โปรแกรมเป็นตัวสร้างสัญญาณขึ้นมาให้ตรงกับข้อกำหนดของแอลซีดีโมดูล

2.ผู้ใช้จะเขียนข้อมูลให้กับแอลซีดีโมดูลได้อย่างเดียว ซึ่งผู้ใช้ควรกำหนดหน่วยความจำส่วนหนึ่งให้เสมือนบัฟเฟอร์ให้กับแอลซีดีโมดูล

3.เนื่องจากไม่สามารถอ่านข้อมูลกับได้จึงต้องใช้ก่รหน่วงเวลาของระบบเองเพื่อรอให้แอลซีดีโมดูลกระทำกระบวนการต่างๆ

4.ใช้ได้กับบอร์ดทั่วๆไปที่มีพอร์ต

5.ไม่เปลืองส่วนของหน่วยความจำในการใช้งาน

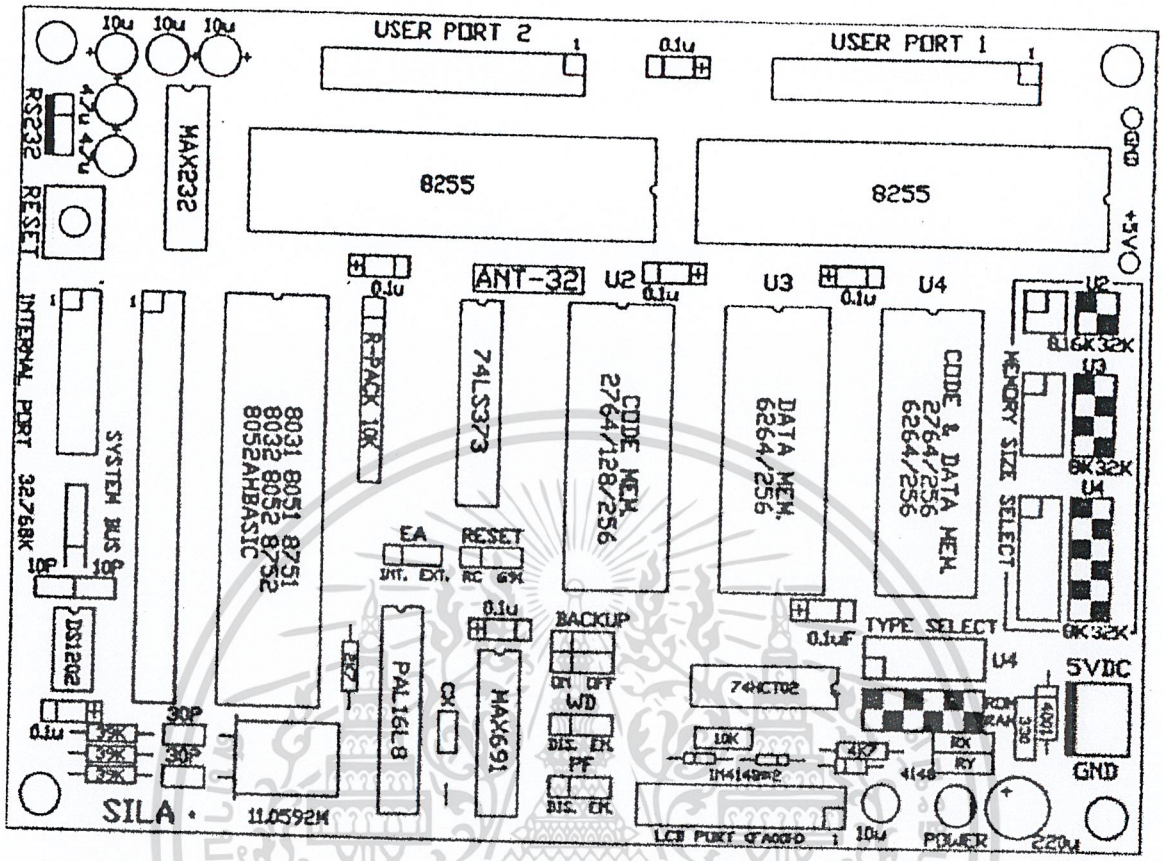
6.การจัดขาสัญญาณกระทำได้อย่างอิสระ

2.5 บอร์ดกึ่งสำเร็จ SILA ANT-32 V3.0

ชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานกับระบบควบคุมอัตโนมัติในระดับ 8 บิทที่โดดเด่นมากตัวหนึ่งก็คือ ชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MSC-51 ของ INTEL ซึ่งประกอบไปด้วย CPU เบอร์ต่าง ๆ ได้แก่ 8031, 8051, 8032, 8052, 8751, 8752 และ 8052 AHBASIC

ANT-32 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์นำไปใช้งานในลักษณะ EMBEDDED CONTROLLER กล่าวคือ เป็นบอร์ดที่ถูกออกแบบมาเพื่องานควบคุมโดยเฉพาะ โดยถูกติดตั้งอยู่ในเครื่องมือเครื่องจักรกล เครื่องใช้ไฟฟ้า รวมทั้งระบบอัตโนมัติต่าง ๆ บอร์ดนี้สามารถใช้กับ CPU เบอร์ดังที่กล่าวมาแล้วได้ทั้งสิ้น ANT-32 ได้ถูกออกแบบมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องมานานพอสมควรจนปัจจุบันเป็นเวอร์ชั่นที่ 3 ซึ่งเพียบพร้อมไปด้วยวงจรในส่วนของ Watchdog Timer Battery Backup และ Power Fail Detector ใช้ชิพ MAX691 วงจร Real Time Clock ใช้ชิพ DS1202 และได้ปรับปรุงวงจรในส่วนอื่น ๆ ให้ดียิ่งขึ้น แต่ยังคงคุณสมบัติของเวอร์ชั่นแรกไว้ครบถ้วนทุกประการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.29 แสดงบอร์ดและตำแหน่งจัมพ์เปอร์

คุณสมบัติของบอร์ด ANT-32

- เป็นบอร์ดคอนโทรลใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 (8031/8032) ใช้ CPU เบอร์ 80C32 ทำงานที่ความถี่สัญญาณนาฬิกา 11.50592 MHz
- ใช้งานหน่วยความจำบนบอร์ดได้ 3 ตำแหน่งด้วยกัน คือ

  -U2 เป็นหน่วยความจำโปรแกรม (PROGRAM MEMORY) ใช้กับ EPROM ขนาด 8-32 KByte เบอร์ 2764, 27128 หรือ 27256

  -U3 เป็นหน่วยความจำข้อมูล (DATA MEMORY) ใช้กับ RAM ขนาด 8 KByte เบอร์ 6264 หรือ 32 Kbyte เบอร์ 62256 สามารถแบคอัพข้อมูลได้โดยใช้แบตเตอรี่ลิเธี่ยม

  -U4 เป็นหน่วยความจำโปรแกรมและข้อมูล (PROGRAM AND DATA MEMORY) ใช้กับ EPROM, RAM หรือ EEPROM ขนาด 8-32 KByte โดยใช้ EPROM เบอร์ 2764, 27256 ใช้ RAM เบอร์ 6264, 62256 หรือ EEPROM เบอร์ 2864 (A), 28256(A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีพอร์ต I/O เบอร์ 8255 จำนวน 2 ตัว (48 บิท) สำหรับต่อไปใช้งานภายนอก
- มีพอร์ต LCD สำหรับการต่อการใช้งานกับ LCD แบบ DOT MATRIX
- มีวงจร SERIAL INTERFACE DRIVER RS232 ด้วยชิพเบอร์ MAX232 สำหรับต่อเข้ากับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์
- มีวงจร Watchdog Timer, Powerup/down Reset ด้วยชิพเบอร์ MAX691
- มีวงจร RTC (Real Time Clock) ใช้ชิพเบอร์ DS1202
- มีคอนเน็คเตอร์สำหรับ PORT 1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยเฉพาะ
- มีคอนเน็คเตอร์สำหรับ SYSTEM BUS ทำให้ขยายระบบได้ง่าย และสามารถใช้กับบอร์ดขยายต่าง ๆ ที่จะมีขึ้นในอนาคต
- สามารถเลือกเบอร์และชนิดหน่วยความจำ หรือกำหนดคุณสมบัติต่าง ๆ ของบอร์ดได้ด้วยจัมพ์เปอร์
- สามารถพัฒนาโปรแกรมได้ทั้งภาษาเบสิค และแอสเซมบลี้ โดยใช้ซอท์ฟพรอม BASIC32 และ REM31

ก่อนการใช้งานบอร์ด ANT-32 ผู้ใช้จำเป็นต้องเลือกขนาด, เบอร์ของหน่วยความจำและกำหนดคุณสมบัติต่าง ๆ ของบอร์ดให้ถูกต้องด้วยจัมพ์เปอร์ ซึ่งมีทั้งหมด 9 ชุดดังนี้

จัมพ์เปอร์ EA สำหรับเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรม (PROGRAMMEMORY) ตำแหน่งแอดเดรสเริ่มต้น 0000H เป็น INT. (INTERNAL) หรือ EXT. (EXTERNAL)

จัมพ์เปอร์ RESET สำหรับเลือกสัญญาณรีเซท CPU จากวงจร RC หรือ MAX691

จัมพ์เปอร์ U2 SIZE สำหรับเลือกขนาดหน่วยความจำโปรแกรม U2 (EPROM) เป็น 8, 16 KByte (2764, 27128) หรือ 32 KByte (27256)

จัมพ์เปอร์ U3 SIZE สำหรับเลือกขนาดหน่วยความจำข้อมูล U3 (RAM) เป็น 8 KByte (6264) หรือ 32 KByte (62256)

จัมพ์เปอร์ U4 SIZE สำหรับเลือกขนาดหน่วยความจำโปรแกรมและข้อมูล U4 เป็น EPROM (หน่วยความจำโปรแกรม) หรือ RAM (หน่วยความจำข้อมูล)

จัมพ์เปอร์ U4 SIZE สำหรับเลือกขนาดหน่วยความจำโปรแกรมและข้อมูล U4 เป็น 8 KByte (XX256)

จัมพ์เปอร์ BACKUP สำหรับเลือก ON/OFF การสำรองข้อมูล (MAX691) ของ U3

จัมพ์เปอร์ WD สำหรับเลือก EN. (ENABLE) / DIS. (DISABLE) วงจร WATCHDOG (MAX691)

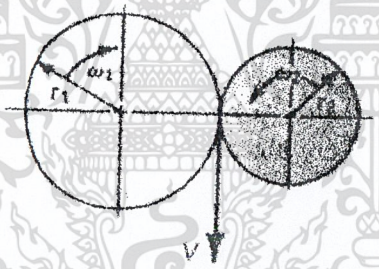
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จัมพ์เปอร์ PF สำหรับเลือก EN. (ENABLE) / DIS. (DISABLE) วงจร POWER FALL DETECTOR (MAX691)

จัมพ์เปอร์ BACKUP, WD และ PF จะใช้งานได้ก็ต่อเมื่อเสียบใช้งานชิพ MAX691 ด้วย
ส่วนประกอบต่างๆของบอร์ดกึ่งสำเร็จ SILA ANT-32 V3.0 สามารถดูได้ที่ภาคผนวก

2.6 เฟือง

การส่งถ่ายกำลังจากเพลาหนึ่งไปยังอีกเพลาหนึ่ง โดยที่กำลังที่จะส่งนั้นมีไม่มากเกินไป และมีความเร็วไม่สูงมากนัก อาจใช้ลูกล้อเสียดทาน (Friction drive) จำนวน 2 ล้อได้ (ตามรูปที่ 2.27) เมื่อไม่มีการลื่นเกิดขึ้น ความเร็วสัมผัส V (tangential velocity) ที่จุดสัมผัสของล้อเสียดทานทั้งสองย่อมเท่ากัน



รูปที่ 2.30 การหมุนของล้อเสียดทาน

จากวิชาฟิสิกส์เราทราบว่า $V = wr$ เมื่อ w เป็นความเร็วเชิงมุมและ r เป็นรัศมีของการหมุน และเนื่องจาก $V = w_1 r_1$ และ $V = w_2 r_2$ จะได้ว่า

$$w_1 r_1 = w_2 r_2$$

นั่นคือ

$$\frac{w1}{w2} = \frac{r2}{r1}$$

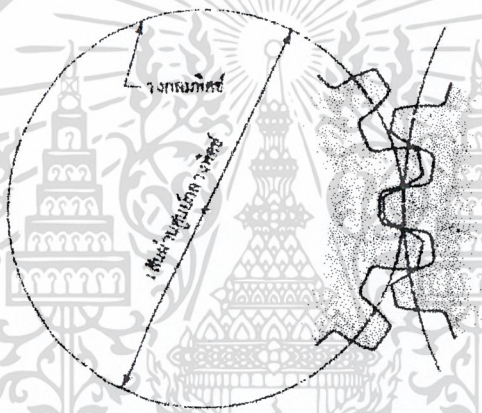
เมื่อ $\frac{w1}{w2}$ = อัตราทดความเร็วเชิงมุม m_w ถ้าเราหาร w ด้วย 2π และคูณด้วย 60 เราจะได้ความเร็วรอบ/นาที ดังนั้น

$$m_w = \frac{w1}{w2} = \frac{r2}{r1} = \frac{d2}{d1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสียของล้อเสียดทานก็คือ อาจเกิดการลื่นระหว่างล้อทั้งสองก็ได้ เมื่อถ่ายทอดกำลังมาก ดังนั้นจึงนิยมใช้เฉพาะในงานที่มีโมเมนต์บิดน้อย ๆ เช่น เครื่องเล่นจานเสียง เป็นต้น

การป้องกันมิให้มีการลื่น ในการส่งถ่ายกำลังมาก ๆ จำเป็นต้องใช้ฟันขบกัน ตามรูปที่ 2.31 ล้อกลมที่มีฟันเราเรียกว่าเฟือง (Gear) เฟืองขนาดเล็กเรียกวา พินเนียน (Pinion) และมักจะเป็นเฟืองขับ เป็นส่วนมาก เส้นผ่านศูนย์กลางของล้อเสียดทานเดิมเรียกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อเสียดทานเดิมเรียกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ (Pitch Diameter) ส่วนโค้งของฟันจะต้องมีลักษณะพิเศษที่จะไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง m_w ในขณะที่ฟันเฟืองทั้งสองขบกัน ผิวโค้งดังกล่าวเราเรียกว่า ส่วนโค้งคอนจูเกท (Conjugate curves) ซึ่งเป็นกฎในการคำนวณออกแบบฟันเฟือง

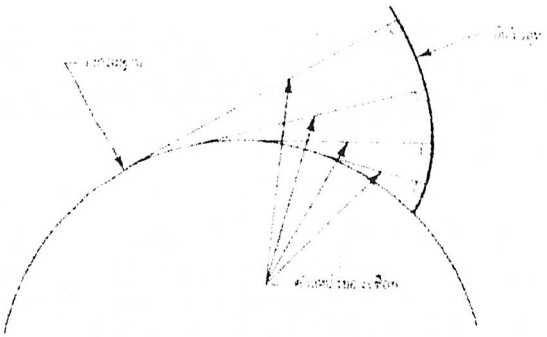


รูปที่ 2.31 ฟันเฟืองถูกเพิ่มเข้าไปบนล้อเสียดทาน

ส่วนโค้งชนิดคอนจูเกท ที่เรานิยมใช้เป็นผิวโค้งของฟันเฟืองเรียกว่า ส่วนโค้งอินโวลุท (Involute Curve) ดูในรูปที่ 2.32

ในเฟืองตรง (Spur Gear) ซึ่งเป็นเฟืองที่ง่ายที่สุดในบรรดาเฟืองทั้งหลายเฟืองตรงมีฟันเฟืองที่ตรง และขนานกับแกนหมุนของเฟือง ลักษณะคุณสมบัติของเฟืองตรงนี้มีส่วนใกล้เคียงกับเฟืองอื่น ๆ มากพอควรจึงนิยมใช้เป็นคำอธิบายลักษณะ และส่วนประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



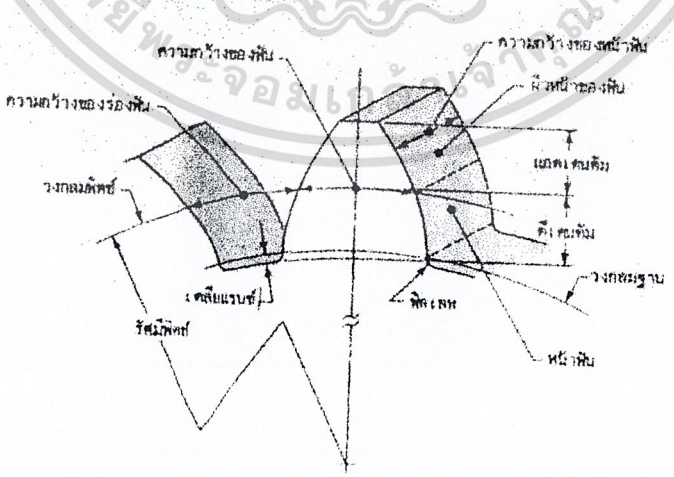
รูปที่ 2.32 การสร้างส่วนโค้งอินโวลุท

2.6.1 ลักษณะและคำจำกัดความ

รูปที่ 2.33 และ รูปที่ 2.36 ใช้ดูประกอบคำอธิบายดังต่อไปนี้

จุด P (รูปที่ 2.36) เป็นจุดสัมผัสพิตช์ (Pitch Point) ของวงกลมพิตช์ (Pitch Circle) ของเฟืองทั้งสองที่ขบกันอยู่ และเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ D_p (Pitch Diameter) เป็นศูนย์กลางของวงกลมพิตช์ ซึ่งเป็นสองเท่าของรัศมีพิตช์ (Pitchs Radius)

แอดเดนดัม (Addendum มาจากคำว่า Add ที่แปลว่าเพิ่มขึ้น) คือระยะทางตามแนวรัศมี จากวงกลมพิตช์ถึงยอด (Crest) ของฟันเฟือง ดีเดนดัม (Dedendum มาจากคำว่า Deduct ที่แปลว่าหักออก) คือระยะทางตามแนวรัศมี จากวงกลมพิตช์ถึงฐาน (Root) ของฟันเฟือง เคลียแรนซ์ (Clearance) คือความแตกต่างระหว่างดีเดนดัมของเฟืองตัวหนึ่ง กับแอดเดนดัมของเฟืองอีกตัวหนึ่ง เนื่องจากว่าดีเดนดัม ของเฟืองตัวหนึ่งต้องมากกว่าแอดเดนดัมของอีกเฟืองหนึ่ง เพื่อไม่ให้ขัดกัน



รูปที่ 2.33 ลักษณะพื้นฐานของเฟืองตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิตช์วงกลม P_C (Circular Pitch) เป็นระยะทางที่วัดบนวงกลมพิตช์จากตำแหน่งหนึ่งของฟันเฟืองตัวหนึ่งถึง ตำแหน่งเดียวกันบนฟันเฟืองถัดไป พิตช์ศูนย์กลาง P_d (Diametral Pitch) คือ จำนวนฟันเฟืองต่อ 1 นิ้ว ของเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ D_p ความสัมพันธ์ระหว่าง P_C และ P_d คือ

$$P_d x P_C = \pi$$

เส้นเชื่อมศูนย์กลาง (Line of Centers) คือเส้นตรงซึ่งลากผ่านและเชื่อมจุดศูนย์กลางของเฟืองทั้งสองตัว ระยะทาง C ซึ่งเชื่อมศูนย์กลางดังกล่าว จึงเป็นผลบวกของรัศมีพิตช์ของเฟืองที่ขบกันทั้งสองตัวหรือ

$$C=\frac{Dp1 + Dp2}{2}$$

ความกว้างของฟัน (Tooth Width) T_W วัดตามแนวของวงกลมพิตช์ และบางครั้งอาจเรียกมิตินี้ว่า ความหนาของฟัน (tooth thickness) ช่องว่างระหว่างฟัน (Space Width) S_W วัดตามแนวของวงกลมพิตช์ จะเห็นได้ว่า

$$T_W + S_W = P_C$$

ความกว้างของหน้าฟัน (Face Width) วัดตามแนวแกนของเฟือง วงกลมที่ใช้เป็นฐานของส่วนโค้งอินโวลูทเรียกว่า วงกลมฐาน (Base Circle) ระยะเผื่อขบ (Backlash) คือ S_W - T_W เป็นระยะเผื่อขบที่ผู้ผลิตได้กำหนดขึ้นสำหรับเฟืองขนาดต่าง ๆ

ความลึกใช้งาน (Working Depth) เป็นผลบวกของแอดเดนดัมของเฟืองทั้งสองที่กำลังขบกันอยู่ หากเป็นเฟืองมาตรฐาน ความลึกใช้งานก็จะเป็นสองเท่าของแอดเดนดัม

พิตช์ฐาน (Base Pitch) มีส่วนคล้ายคลึงกับพิตช์วงกลม P_C ตรงที่ว่าวัดตามแนววงกลมฐานแทนที่จะวัดตามแนววงกลมพิตช์ เราอาจเห็นได้จากรูปที่ 2.36 ว่า

$$R_b = R_p \cos \Phi$$

เมื่อ R_b = รัศมีฐาน (Base radius)

R_p = รัศมีพิตช์ (Pitch radius)

Φ = มุมกดดัน (Pressure angle)

เนื่องจากว่า สำหรับมุมใด ๆ อัตราส่วนของเส้นโค้งที่รองรับมุมนั้นต่อรัศมีของเส้นโค้งนั้นย่อมมีค่าคงตัวเราจึงอาจกล่าวได้ว่า

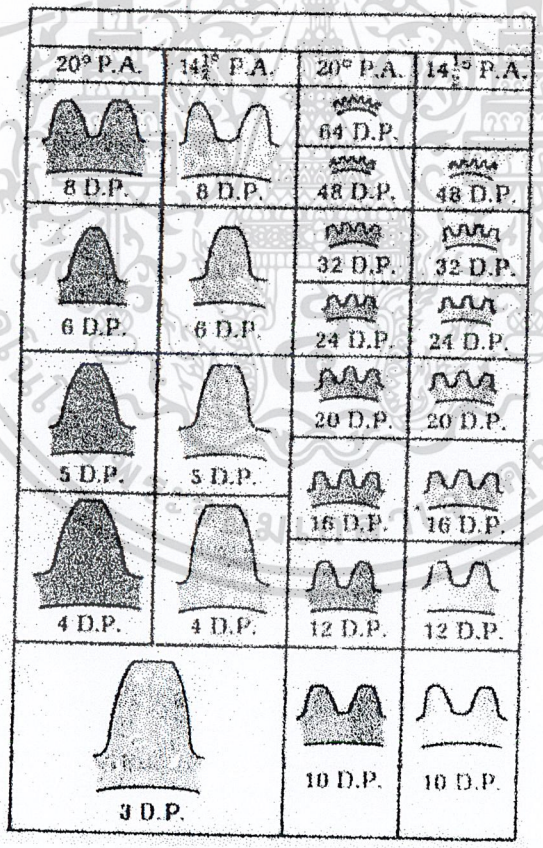
$$P_b = P_c \cos \Phi$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ P_b = พิตช์ฐาน (Base Pitch)

คำนิยามของมุมกดดันก็คือ มุมซึ่งเกิดขึ้นจากเส้นสัมผัสร่วมของวงกลมฐานทั้ง 2 วง (ก็คือเส้นกระทบใหญ่ในรูปที่ 2.37) และเส้นสัมผัสร่วมของวงกลมพิตช์ทั้ง 2 วง ที่จุดสัมผัสพิตช์ (Pitch Point) ในปัจจุบันนี้ค่า Φ ที่นิยมใช้กันมากสำหรับเฟืองตรง คือ 20° โมดูล M (Module) เป็นอัตราส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ต่อจำนวนฟันของเฟือง เป็นหน่วยวัดของ SI ใช้เป็นตัวเลขดัชนีสำหรับบอกขนาดของฟัน เช่นเดียวกับ P_d และ P_C ซึ่งนิยมใช้เป็นเลขดัชนีในระบบอังกฤษ

เพื่อที่จะให้การถ่ายทอดกำลังมีผลสมบูรณ์ขึ้น การขบกันระหว่างฟันที่ดีแล้ว ฟันเฟืองทั้งสองควรจะมี 1. พิตช์เท่ากัน 2. มุมกด Φ เท่ากัน เป็นที่น่าสังเกตว่า เมื่อ P_d มีค่าสูง ความหนาของฟันจะลดลง ตามรูปที่ 2.34 และเมื่อ M เป็นส่วนกลับของ P_d เราก็จะพบว่าความหนาของฟันจะเพิ่มขึ้น เมื่อค่า M สูงขึ้น



รูปที่ 2.34 ขนาดของฟันเฟือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดเฟืองมาตรฐานที่สอดคล้องกับอุปกรณ์ตัดเฟืองที่มีอยู่ทั้งระบบอังกฤษ และ SI ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.15

โมดุล m, mm	โมดุล m, mm	โมดุล m, mm	ไดอะมิทรัลพิตช์ P, in.$^{-1}$	ไดอะมิทรัลพิตช์ P, in.	ไดอะมิทรัลพิตช์ P, in.
1	4	16	20	5	1.25
1.25	5	20	16	4	1
1.5	6	25	12	3	0.75
2	8	32	10	2.5	0.625
2.5	10	40	8	2	0.50
3	12	50	6	1.5	

ตารางที่ 2.15 ขนาดของเฟืองมาตรฐาน

เนื่องจากจำนวนฟันของเฟืองสองอัน เป็นสัดส่วนโดยตรงกับเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ D_p จะเป็นการสะดวกมากกว่า หากว่าเราจะแสดงอัตราทดความเร็ว m_w อยู่ในรูปของจำนวนฟันมากกว่า D_p ดังนั้น

$$m_w = \frac{rpm1}{rpm2} = \frac{N2}{N1}$$

เมื่อ N_1 = จำนวนฟันของเฟืองขับ

N_2 = จำนวนฟันของเฟืองตาม

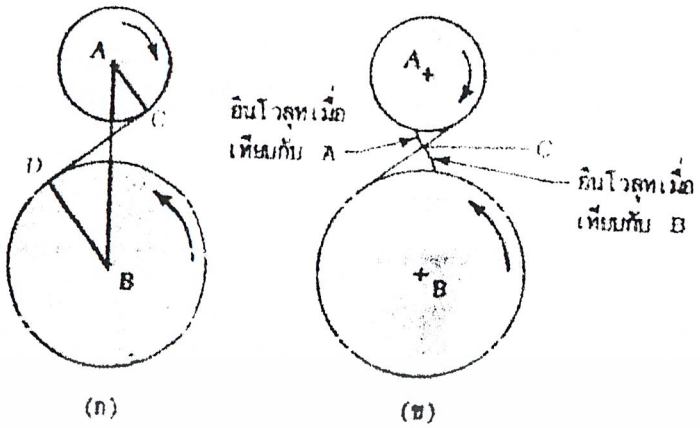
2.6.2 เฟืองโค้งอินโวลุทขบกัน

กำหนดให้ A และ B เป็นวงกลมฐาน ของเฟืองที่มีฟันอินโวลุทขบกันสองตัว (รูปที่ 2.35 ก) CD คือเส้นสัมผัสร่วมของวงกลมฐานทั้งสอง และ AB คือเส้นเชื่อมศูนย์กลาง

สมมติว่า CD เป็นส่วนหนึ่งของเส้นเชือกที่กำลังคลายตัวออกจากวงกลม A และจะเอามาพันรอบวงกลม B ในขณะที่ A กับ B กำลังหมุนอยู่ด้วยกัน โดยทำให้ CD ดึงอยู่ตลอดเวลา

เมื่อ A กับ B กำลังจะเริ่มหมุนจุด C บนเส้นเชือกก็จะเริ่มหลุดออกจาก A เคลื่อนที่เข้าหา B ในแนวโค้งของอินโวลุทเมื่อเทียบกับวงกลม A

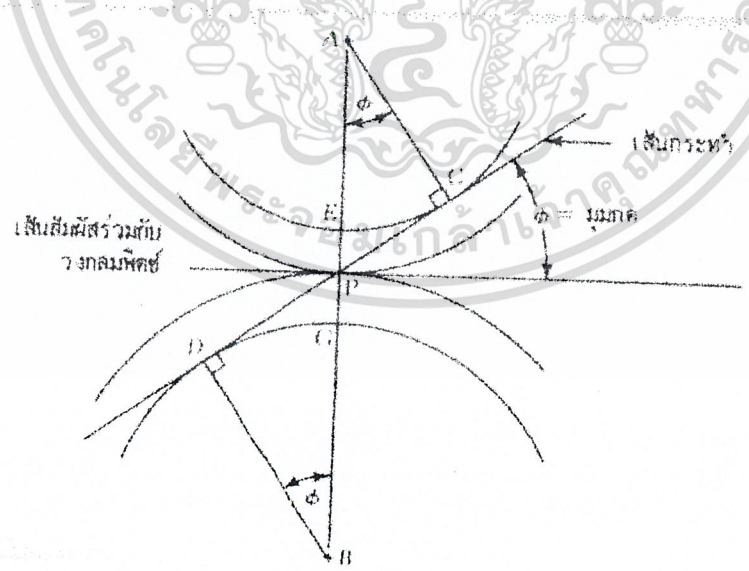
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.35 วงกลมฐานเส้นกระทำและแนวของอินโวลูท

ในขณะเดียวกันเราอาจสังเกตเห็นว่าจุด C กำลังจะเคลื่อนที่เข้าหา B ในแนวอินโวลูทเมื่อเทียบกับวงกลม เมื่อประสานต่อแนวอินโวลูททั้งสองเข้าด้วยกันจะได้แนวอินโวลูทตามรูป 2.35 ข

เส้นตรง CD นี้จริง ๆ แล้วก็คือเส้นกระทำ (Line of Action) มุมที่เส้นนี้กระทำต่อเส้นสัมผัสร่วมของวงกลมพิตช์คือ มุมกด Φ (Pressure Angle) ตามรูปที่ 2.36



รูปที่ 2.36 เส้นกระทำและมุมกด BP = รัศมีพิตช์ = R_p; BD = รัศมีฐาน R_b;$R_b = R_p \cos \Phi$

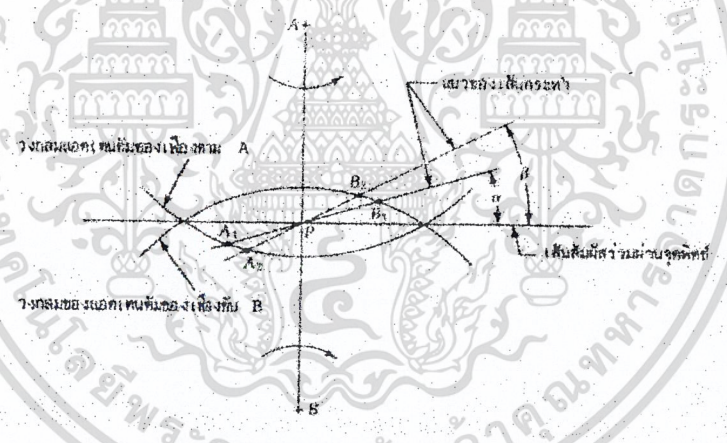
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 แนวขบกันและอัตราส่วนขบกัน

แนวขบกันคือ เส้นทางเดินของจุดที่ขบกันของเฟือง 2 ตัว ในระหว่างการหมุนในเฟืองอินโวลุท แนวขบกันก็คือเส้นกระทำหรือเส้นสัมผัสร่วมของวงกลมฐานทั้งสองเส้นดังกล่าวเริ่มต้นเมื่อวงกลมแอดเดนดัมของเฟืองตามตัดกับเส้นกระทำ และสิ้นสุดเมื่อวงกลมแอดเดนดัมของเฟืองขับตัดกับเส้นกระทำ (รูปที่ 2.37 และ 2.38) เราอาจสังเกตได้จากรูป 2.37 ว่าการเพิ่มค่ามุมกดจะลดความยาวของแนวขบกัน มุมกด $\propto$ จะน้อยกว่า β และทางปะทะ $A_1 B_1$ จะยาวกว่า $A_2 B_2$

อัตราส่วนการขบ m_{cv} เป็นจำนวนซึ่งแสดงว่าจำนวนฟันโดยเฉลี่ยที่ปะทะกันสำหรับเฟืองคู่หนึ่ง m_c จะหาได้โดย ใช้พิตช์ฐาน P_b เข้าไปหารความยาวกระทำ Z (Length of Action) นั่นคือ

$$m_c = \frac{Z}{Pb}$$



รูปที่ 2.37 ความสัมพันธ์ระหว่าง แนวขบกันกับมุมกด

สำหรับกรณีตามทฤษฎีเส้นโค้งคอนจูเกท อัตราส่วนการขบที่เหมาะสม คือ 1 แต่ในทางปฏิบัติ m_w จะอยู่ระหว่าง 1 ถึง 2 ฟัน ค่า Z อาจหาได้จาก

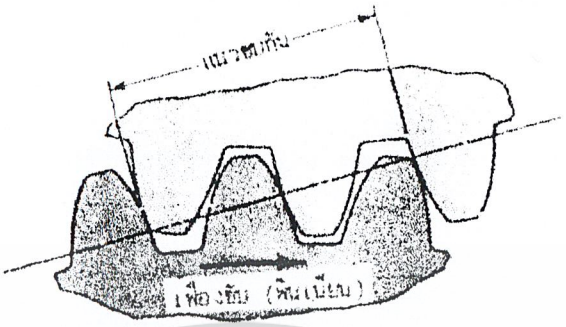
$$Z = [R^2_{a2} - R^2_{a2}]^{1/2} + [R^2_{a1} - R_{a2}]^{1/2} - C \sin \Phi$$

เมื่อ R_{a1} และ R_{a2} เป็นรัศมีของวงกลมแอดเดนดัมของเฟืองขับ และเฟืองตาม

R_{b1} และ R_{b2} เป็นรัศมีของวงกลมฐานของเฟืองขับ และเฟืองตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C เป็นระยะห่างระหว่างศูนย์กลางซึ่งเท่ากับ



รูปที่ 2.38 แนวขบกัน

และ $P_b = P_c \cos \Phi$

$P_c = \pi M.$ ในระบบ SI

ตารางที่ 2 แสดงมาตรฐานของฟันที่มีแนวโค้งอินโวลูท ในระบบ SI และอังกฤษ กล่าวคือ ในเทอมของโมดูล M และ พิตช์ศูนย์กลาง P_d ตามลำดับ

รายละเอียด	$14\frac{1}{2}°$ FD	20° FD ฟันสั้น	20° FD ฟันเต็ม		
แอดเดนดัม	m	m	m	0.8m	m
ดีเดนดัม	1.157m	1.25m	1.2 m+0.05	m	1.25m
เคลียรันซ์	0.157m	0.25m	0.2m +0.05	0.2m	0.25m
ความสูงใช้งาน	2m	2m	2m	1.6m	2m
ความสูงทั้งหมด	2.157m	2.25m	2.2m +0.05	1.8m	2.25m
แอดเดนดัม	$\frac{1}{P}$	$\frac{1}{P}$	$\frac{1}{P}$	$\frac{0.8}{P}$	$\frac{1}{P}$
ดีเดนดัม	$\frac{1.157}{P}$	$\frac{1.25}{P}$	$\frac{1.2}{P} + 0.002$	$\frac{1}{P}$	$\frac{1.25}{P}$
เคลียรันซ์	$\frac{0.157}{P}$	$\frac{0.25}{P}$	$\frac{0.2}{P} + 0.002$	$\frac{0.2}{P}$	$\frac{0.25}{P}$
ความสูงใช้งาน	$\frac{2}{P}$	$\frac{2}{P}$	$\frac{2}{P}$	$\frac{1.6}{P}$	$\frac{2}{P}$
ความสูงทั้งหมด	$\frac{2.157}{P}$	$\frac{2.25}{P}$	$\frac{2.2}{P} + 0.002$	$\frac{1.8}{P}$	$\frac{2.25}{P}$

ตารางที่ 2.16 มาตรฐานของฟันเฟือง

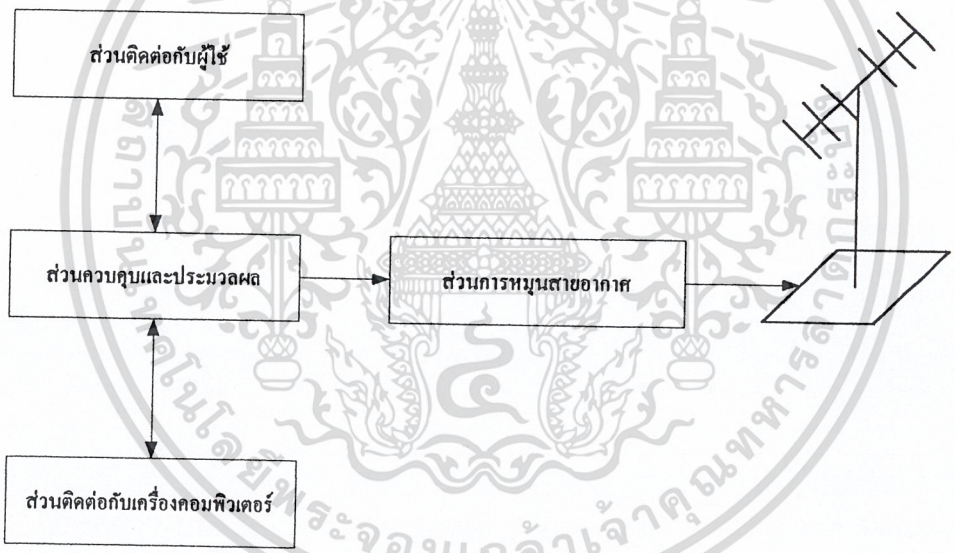
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
โครงสร้างและการออกแบบระบบ

3.1 การออกแบบในส่วนของฮาร์ดแวร์ (Hardware)

การออกแบบชิ้นงานในส่วนของฮาร์ดแวร์ (Hardware) ได้แบ่งโครงสร้าง ออกเป็น 4 ส่วน ดังต่อไปนี้

1. ส่วนควบคุมและประมวลผล(Processing and Control Unit)
2. ส่วนการติดต่อกับผู้ใช้งาน(User Interface Unit)
3. ส่วนการขับเคลื่อนสายอากาศ(Rotation Unit)
4. ส่วนการติดต่อกับคอมพิวเตอร์(PC Interface Unit)

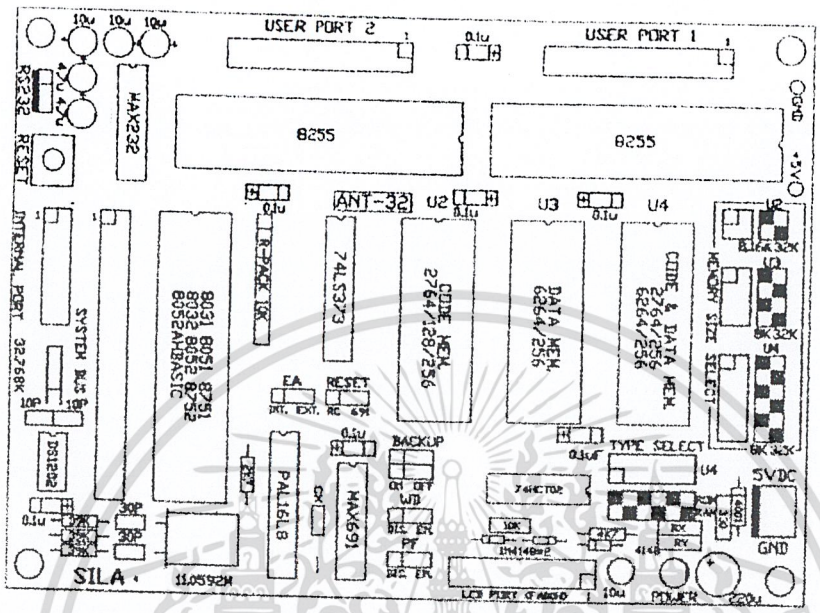


รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบของระบบ

3.1.1 ส่วนควบคุมและประมวลผล (Processing and Control Unit)

ส่วนควบคุมและประมวลผล(Processing and Control Unit) เราเลือกใช้คอนโทรลเลอร์บอร์ด(Controller Board) แบบกึ่งสำเร็จของบริษัท ศิลารีเสิร์ช จำกัด(SILA RESEARCH CO., LTD.) รุ่นANT-32 V 3.0 มาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3. 2 โครงสร้างของบอร์ดกึ่งสำเร็จ ANT 32

ซึ่งมีโครงสร้างทางกายภาพดังต่อไปนี้

1. เป็นบอร์ดคอนโทรลใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 (8031/8032) ใช้ CPU เบอร์ 80C32 ทำงานที่ความถี่สัญญาณนาฬิกา 11.50592 MHz
2. ใช้งานหน่วยความจำบนบอร์ดได้ 3 ตำแหน่งด้วยกัน คือ

U2 เป็นหน่วยความจำโปรแกรม (PROGRAM MEMORY) ใช้กับ EPROM ขนาด 8-32 KByte เบอร์ 2764, 27128 หรือ 27256

U3 เป็นหน่วยความจำข้อมูล (DATA MEMORY) ใช้กับ RAM ขนาด 8 KByte เบอร์ 6264 หรือ 32 Kbyte เบอร์ 62256 สามารถแบคอัพข้อมูลได้โดยใช้แบตเตอรี่ลิเธี่ยม

U4 เป็นหน่วยความจำโปรแกรมและข้อมูล (PROGRAM AND DATA MEMORY) ใช้กับ EPROM, RAM หรือ EEPROM ขนาด 8-32 KByte โดยใช้ EPROM เบอร์ 2764, 27256 ใช้ RAM เบอร์ 6264, 62256 หรือ EEPROM เบอร์ 2864 (A), 28256(A)

3. มีพอร์ต I/O เบอร์ 8255 จำนวน 2 ตัว (48 บิท) สำหรับต่อไปใช้งานภายนอก
4. มีพอร์ต LCD สำหรับการต่อการใช้งานกับ LCD แบบ DOT MATRIX
5. มีวงจร SERIAL INTERFACE DRIVER RS232 ด้วยชิพเบอร์ MAX232 สำหรับต่อเข้ากับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. มีคอนเน็คเตอร์สำหรับ PORT 1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยเฉพาะ
7. สามารถเลือกเบอร์และชนิดหน่วยความจำ หรือกำหนดคุณสมบัติต่าง ๆ ของบอร์ดได้ด้วยจัมพ์เปอร์
8. สามารถพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาแอสเซมบลี

จากคุณสมบัติดังกล่าวจะเห็นว่ามีคุณสมบัติที่สนับสนุนการทำงานที่ใช้ได้อย่างเหมาะสมกับชิ้นงานดังต่อไปนี้

1.ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51ซึ่งมีราคาถูกและใช้งานได้ง่าย มีขีดความสามารถเพียงพอที่จะนำมาใช้ในงานนี้ ในโครงงานนี้เราเลือกใช้เบอร์ 89C52 ของบริษัท ATMEL มาใช้เป็นคอนโทรลเลอร์ของระบบ

2. หน่วยความจำโปรแกรม (PROGRAM MEMORY) ใช้ EPROM ขนาด 32 KByte เบอร์ 2764 หน่วยความจำข้อมูล (DATA MEMORY) ใช้ RAM32 Kbyte เบอร์ 62256 แบคอัพข้อมูลโดยใช้แบตเตอรี่ลิเธี่ยม 3 โวลท์

3. มีพอร์ตอนุกรม(Serial Port) RS232 ให้1พอร์ตซึ่งสามารถนำมาใช้ในการส่งข้อมูลระหว่างชิ้นงานกับเครื่องคอมพิวเตอร์

4.มีพอร์ตสำหรับแอลซีดีโมดูล(LCD Module) โดยไม่ต้องไปแบ่งอินพุท/เอาท์พุทมาใช้ ซึ่งทำให้สะดวกในการติดตั้งใช้งานแอลวีดีโมดูล สำหรับใช้เป็นส่วนแสดงผลของส่วนการติดต่อกับผู้ใช้งาน(User Interface Unit)

5. มีอินพุท/เอาท์พุทพอร์ต ซึ่งใช้ IC 8255 เราใช้ติดต่อกับคีย์แพดทางพอร์ต Cของ 8255 ตัวที่หนึ่ง(User port 1)

6. มีคอนเน็คเตอร์สำหรับ PORT 1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยเฉพาะโดยเราใช้ส่งเอาท์พุทไปให้กับชุดขับสเตปปิ้งมอเตอร์

3.1.2 ส่วนการติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface Unit)

ในส่วนการติดต่อกับผู้ใช้ เราแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1.ส่วนแสดงผล(Display)

2.คีย์แพด

ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ส่วนแสดงผล(Display)

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

เอกสารนี้สงวนไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.แสดงตัวอักษรด้วยดอทเมตริกซ์ขนาด 5*8dot/character

2.สามารถติดต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์ได้โดยขาสัญญาณทั้งหมด14ขา

3.การใช้งานง่ายและสะดวก ระบบไมโครโปรเซสเซอร์เพียงแค่ส่งข้อมูลให้กับจอแอลซีดีเท่านั้นข้อความก็จะปรากฏบนแผงแสดง

4.กินกระแสน้อยและมีน้ำหนักเบา รวมทั้งทำงานได้ด้วยไฟเลี้ยงระดับ5โวลท์เท่านั้น

โดยเราออกแบบการติดต่อและควบคุมจอแอลซีดีผ่านทางพอร์ตที่มีอยู่บน ANT-32 ให้พร้อมสำหรับการต่อใช้งานโดยสามารถต่อเข้ากับ LCD MODULE แบบ DOT MATRIX ได้ทันที ซึ่งจะใช้ขาสัญญาณทั้งหมด 14 ขา และสำหรับการใช้งาน LCD PORT นั้น จะมีการจัดวงจรในแบบ MEMORY MAP ซึ่งจะช่วยให้การเขียนโปรแกรมทำได้ง่าย โดยจะมองเห็นตำแหน่งต่าง ๆ ที่สรุปได้ดังนี้

ADDRESS	**ลักษณะของ PORT ที่ติดต่อ**
FA00H	สำหรับเขียนคำสั่ง (RS=0 R/W=0)
FA01H	สำหรับอ่านค่า BUSY (RS=0 R/W=1)
FA02H	สำหรับเขียนข้อมูล (RS=1 R/W=0)
FA03H	สำหรับอ่านข้อมูล (RS=1 R/W=1)

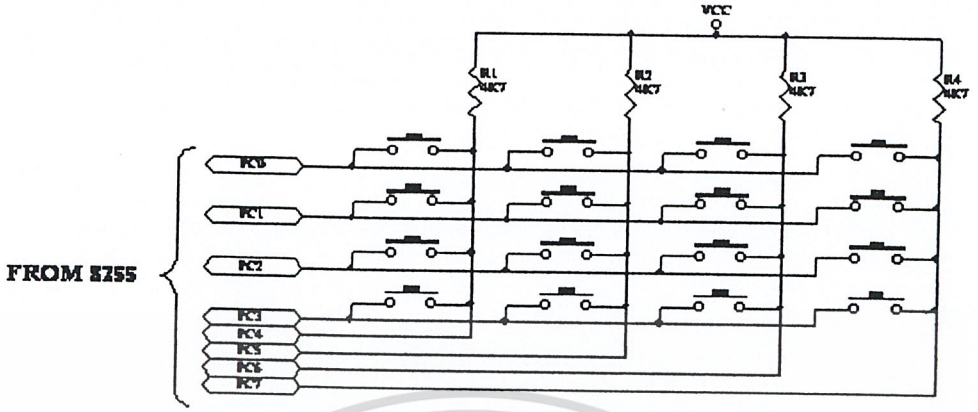
คีย์แพด(Keypad)

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่รับอินพุทจากผู้ใช้เข้ามาในระบบ เราเลือกใช้คีย์แพดขนาด 4x4 หรือสวิทช์แบบเมตริกซ์สวิทช์

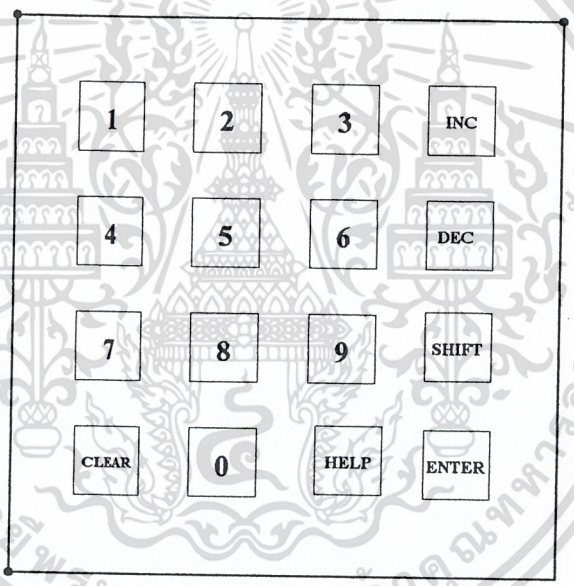
โดยเราออกแบบให้ต่อเข้าทาง Port C ของ IC 8255 ตัวที่หนึ่งซึ่งตำแหน่งแอสเดรสคือ F800H+02H=F802H เนื่องจากมีคุณสมบัติที่สามารถแบ่งออกเป็น4บิต2ชุดในการทำงานได้โดยเรากำหนดให้ Port C ล่างเป็นพอร์ตที่ทำหน้าที่สแกนคอลัมน์(column) และ Port C บนทำหน้าที่รับค่าแถว(row) เข้ามาตรวจสอบที่ไมโครคอนโทรลเลอร์

เราได้เขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี เพื่อตรวจสอบการรับค่าอินพุทจากคีย์แพด โดยใช้วิธีการสแกนคีย์แบบ XY เมตริกซ์กล่าวคือ การที่เราทำการต่อสวิทช์แบบเมตริกซ์จะทำให้สวิทช์แต่ละตัวเกิดค่าแถวกับหลักของตัวเองเกิดขึ้น เราจะทำการส่งค่า"0"ออกมาให้กับหลักทีละหลัก ในขณะเดียวกันก็ทำการตรวจสอบว่าแถวใดเป็น"0"เกิดขึ้นแสดงว่าที่คีย์ที่มีค่าแถวและหลักที่เราพบนั้นถูกกดก็ไปทำการถอดรหัสต่อไปว่าเป็นคีย์ใดและต้องทำอะไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงวงจรภายในของคีย์แพด



รูปที่ 3.4 ลักษณะคีย์ที่ใช้งาน

1.ตัวเลข(Numeric Key) 0-9

2.ฟังก์ชัน(Function Key)

-Enter (ENT)

-HELP

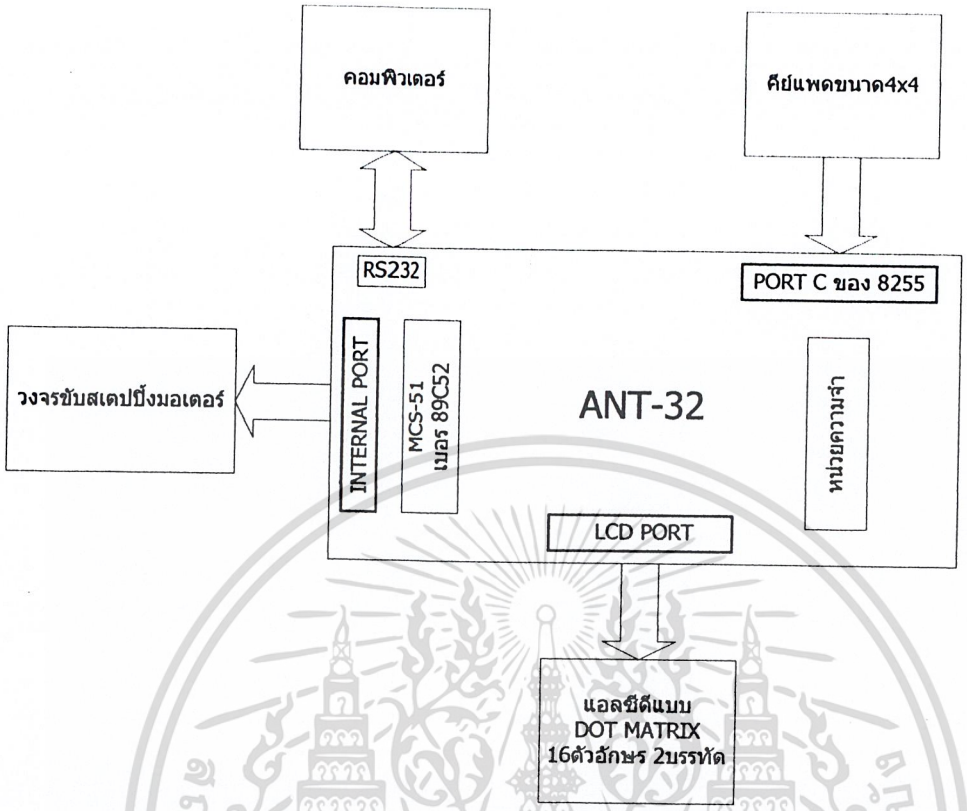
-SHIFT (SHF)

-CLEAR or Home (CLEAR or HOME)

- Increase (INS)

-Decrease (DEC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงการต่อใช้งานของส่วนประกอบต่างๆกับบอร์ดแบบกึ่งสำเร็จ ANT-32

3.1.3 ส่วนการหมุนสายอากาศ(Rotation Unit)

ในส่วนการหมุนสายอากาศจะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

1.สเตปปิ้งมอเตอร์ 6 v 1.2 A และวงจรขับ

2. ชุดเฟืองทด

1.สเตปปิ้งมอเตอร์และวงจรขับ

ในการหมุนสายอากาศเราจะใช้สเตปปิ้งมอเตอร์แบบไฮบริดจ์มาใช้งานเนื่องจากระบบของเราต้องการความถูกต้องของตำแหน่งในระดับ 1 องศา และไม่ต้องความเรียบในการหมุนมากนัก และต้องการควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ง่ายคือสามารถควบคุมด้วยสัญญาณดิจิตอลได้ง่าย

ในการออกแบบวงจรขับสิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือขดลวดของสเตปปิ้งมอเตอร์ต้องการกระแสและแรงดันเท่าไร เพื่อจะทำให้สามารถทำงานได้ การออกแบบวงจรใช้หลักการการเปิด-ปิดกระแสผ่านขดลวดของสเตปปิ้งมอเตอร์

หลักสำคัญในการออกแบบวงจรขับสเตปปิ้งมอเตอร์

1.แรงดันคอลเลคเตอร์-อิมิตเตอร์(V_{cc})

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นแรงดันสูงสุดระหว่างขาคอลเลคเตอร์กับอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์แต่ในการใช้งานจริงจะไม่ใช้แรงดันของแหล่งจ่ายสูงกว่าค่า V_{cc} เนื่องจากคุณสมบัติของขดลวดเมื่อตัดกระแสที่จ่ายเข้าจะเกิดแรงดันย้อนกลับ(Back EMF) จากเหตุผลนี้จึงต้องมีการต่อไดโอดเพื่อบายพาสกระแสที่เกิดขึ้น

ดังนั้นในการออกแบบใช้งานจริงควรจะเลือกใช้ทรานซิสเตอร์ที่มีค่า V_{cc} ตั้งแต่ 2 เท่าของแรงดันแหล่งจ่ายไฟ

2.กระแสคอลเลคเตอร์ (Ic)

กระแสที่ไหลผ่านขดลวดจะต้องไม่เกินกระแสคอลเลคเตอร์สูงสุดของทรานซิสเตอร์

3.แรงดันอิ่มตัวของทรานซิสเตอร์-อิมิตเตอร์(V_{cc}Sat)

V_{cc}Sat ของทรานซิสเตอร์จะเป็นแรงดันตกคร่อมระหว่างคอลเลคเตอร์กับอิมิตเตอร์เมื่อทรานซิสเตอร์"ON" เต็มที่ซึ่งถ้าค่า V_{cc}Sat มีค่าน้อย ประสิทธิภาพในการขับขดลวดจะดี

ดังนั้นจำนวนอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรขับทั้งหมดมีดังนี้

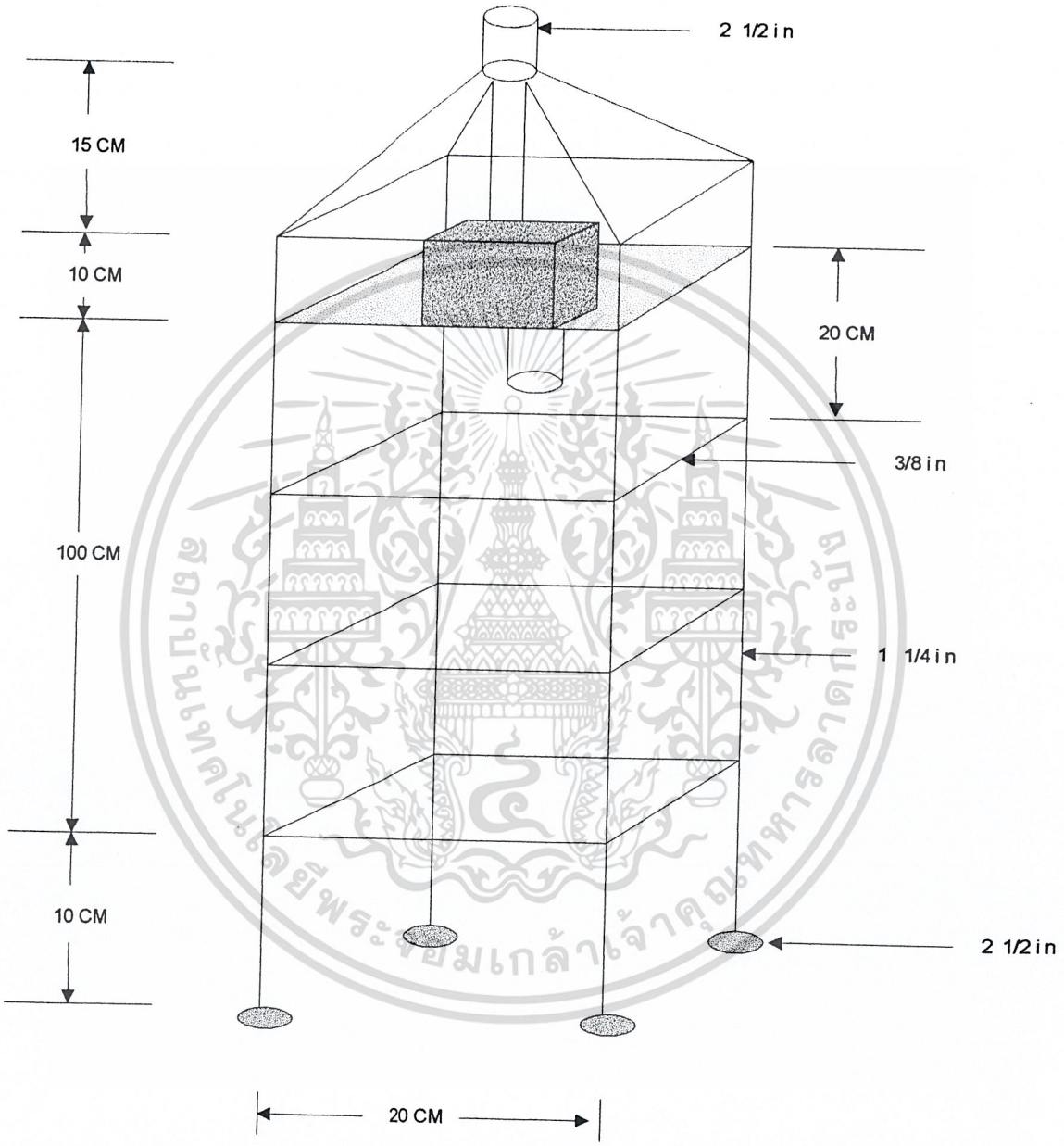
R1=75 Ω	4ตัว
R2=20 KΩ	4ตัว
R3=4.7 KΩ	4ตัว
D1=1N4504	4ตัว
Q1=2N3053	4ตัว
Q2=MJE3055	4ตัว
IC1=4N26	4ตัว
IC2=ULN2003	1ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.6 วงจรขับมอเตอร์สเต็ปเปอร์ 7 ขดลวด

2.ชุดเฟืองทด

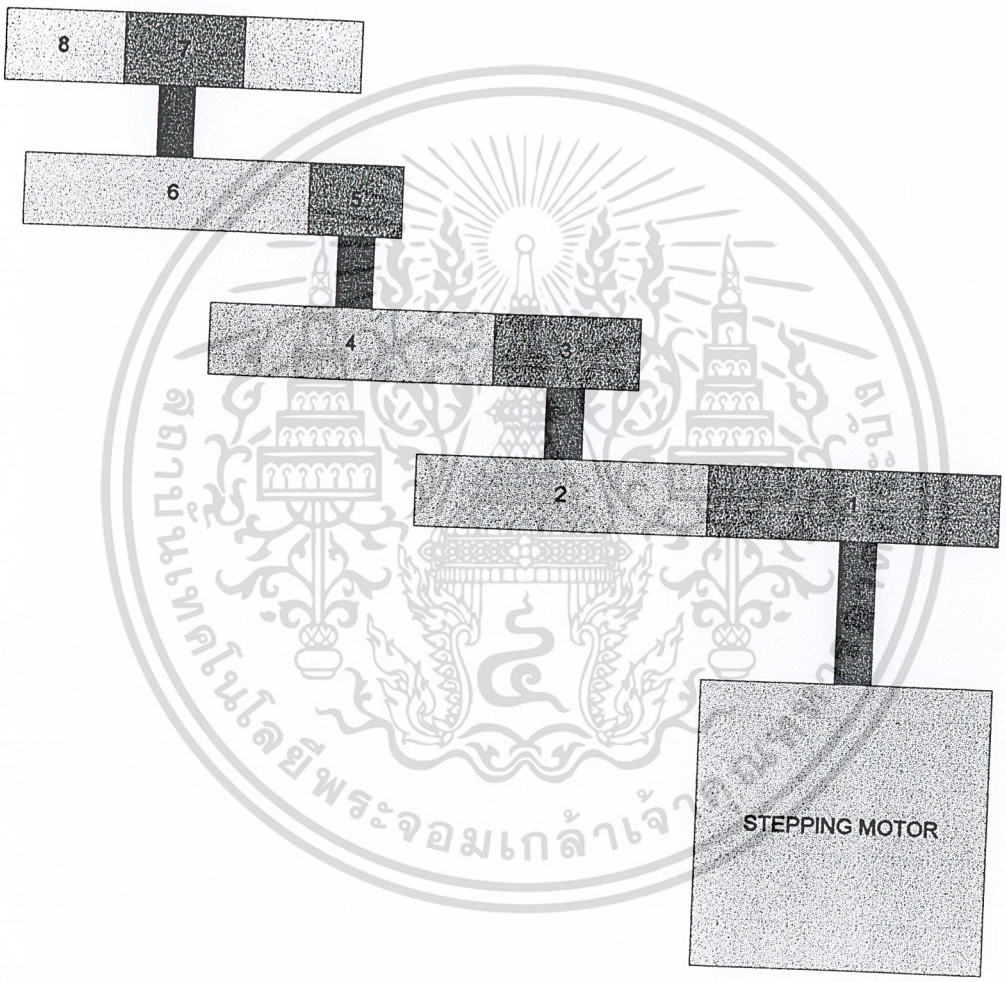
การออกแบบเสาอากาศที่มีชุดเฟืองทดติดตั้งอยู่



รูปที่ 3.7 เสาอากาศที่มีชุดเฟืองทดติดตั้งอยู่

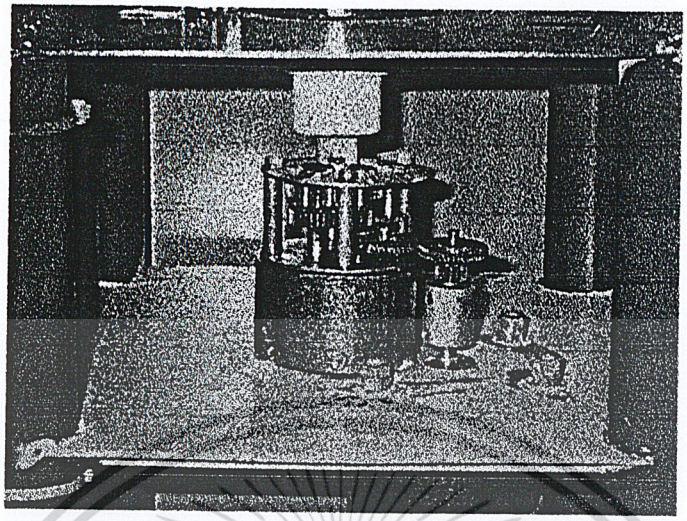
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแนวคิดที่ว่าสเตปปิ้งมอเตอร์หมุน 1 สเตป =1.8 องศา ทำให้สายอากาศหมุน1 สเตป = 1 องศา ดังนั้นอัตราทดจะเท่ากับ 1.8:1 แต่เนื่องจากเราต้องการกำลังในการขับสายอากาศที่เพิ่มขึ้นพอสมควรและสะดวกในการออกแบบชุดเฟืองเราจึงกำหนดอัตราทดเป็น 18:1 นั้นคือให้สเตปปิ้งมอเตอร์หมุน 10 สเตปทำให้สายอากาศหมุน1 สเตป = 1องศา
เราได้ออกแบบชุดเฟืองทดดังนี้

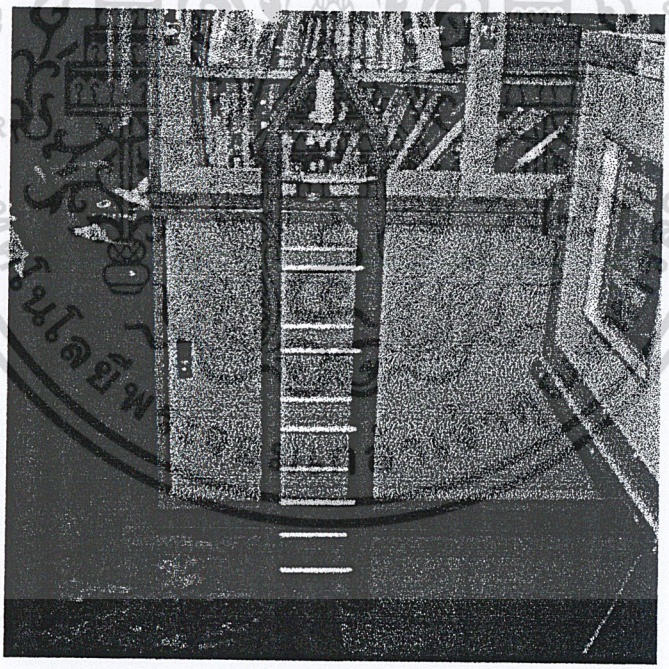


รูปที่ 3.8 ลักษณะการวางตำแหน่งชุดเฟือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ชิ้นงานจริงของชุดเฟืองทด



รูปที่ 3.10 ชิ้นงานจริงของเสาอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.8 ขนาดของเฟืองจะคำนวณได้โดยพิจารณาจากสมการ

$$\text{อัตราทด} = \frac{rpm1}{rpm2} = \frac{N2}{N1} = \frac{d2}{d1}$$

rpm1= ความเร็วรอบของเฟืองตัวที่1

rpm2= ความเร็วรอบของเฟืองตัวที่2

N1= จำนวนฟันเฟืองของเฟืองตัวที่1

N2= จำนวนฟันเฟืองของเฟืองตัวที่2

d1= เส้นผ่านศูนย์กลางของเฟืองตัวที่1

d2= เส้นผ่านศูนย์กลางของเฟืองตัวที่2

เฟืองตัวที่1มีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง2ซม.และเฟืองตัวที่2มีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง2ซมดังนั้น

อัตราทด=1:1

เฟืองตัวที่3มีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง1ซม.และเฟืองตัว4ที่มีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง2ซมดังนั้น

อัตราทด=1:2

เฟืองตัวที่5มีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง0.75ซม.และเฟืองตัว6ที่มีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง2ซมดังนั้น

อัตราทด=1:2.667

เฟืองตัวที่7มีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง0.9ซม.และเฟืองตัว8ที่มีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง3ซมดังนั้น

อัตราทด=1:3.333

ดังนั้นเมื่อหาอัตราทดทั้งหมดจะได้คือ

(อัตราทด=1:1)x(อัตราทด=1:2)x(อัตราทด=1:2.667)x(อัตราทด=1:3.333)

=1:(1x2x2.667x3.333)

=1:17.78 หรือ1:18 ;มีค่าerrorที่ยอมรับได้

3.1.4 ส่วนการติดต่อกับคอมพิวเตอร์(PC Interface Unit)

ในส่วนนี้สร้างขึ้นเพื่อทำหน้าที่ในการถ่ายโอนข้อมูลตำแหน่งของสายอากาศระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับชุดควบคุม และยังช่วยให้ผู้ใช้สามารถเก็บฐานข้อมูลต่างเกี่ยวกับตำแหน่งของดู่สถานี โดยส่วนนี้เราได้นำโปรแกรมวีชวลเบสิค(Visual Basic)มาช่วยในการสร้างโปรแกรมฐานข้อมูลและใช้การส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรม(RS232)

สำหรับรายละเอียดของโปรแกรมฐานข้อมูลบนเครื่องคอมพิวเตอร์จะแบ่งออกเป็นฟังก์ชั่นต่างๆดังนี้

1.การเก็บข้อมูลพิกัดสถานีและรายละเอียดของสมาชิกผู้ใช้สถานีนั้น

2.การค้นหาข้อมูลของผู้ใช้สถานีต่างๆ

3. การถ่ายโอนข้อมูลพิกัดของสถานีนั้นๆให้กับชุดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

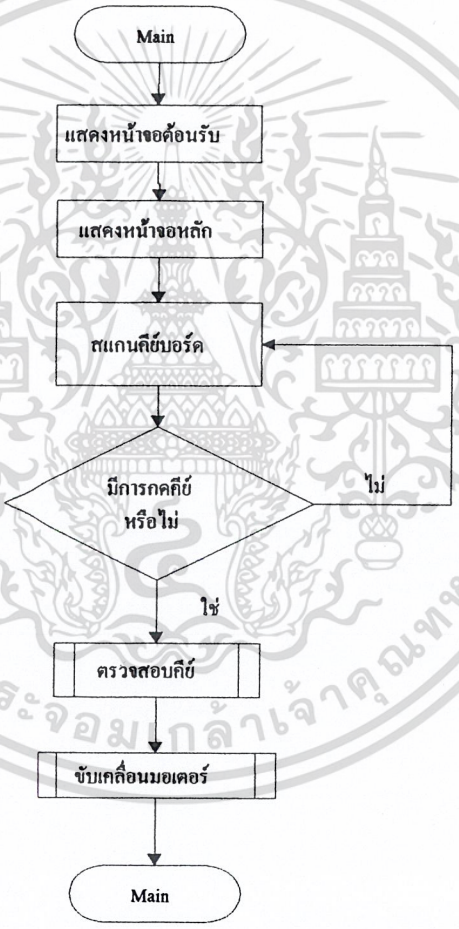
3.2 การออกแบบในส่วนของซอฟต์แวร์ (Software)

แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. โปรแกรมที่ใช้ในการรองรับการทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์

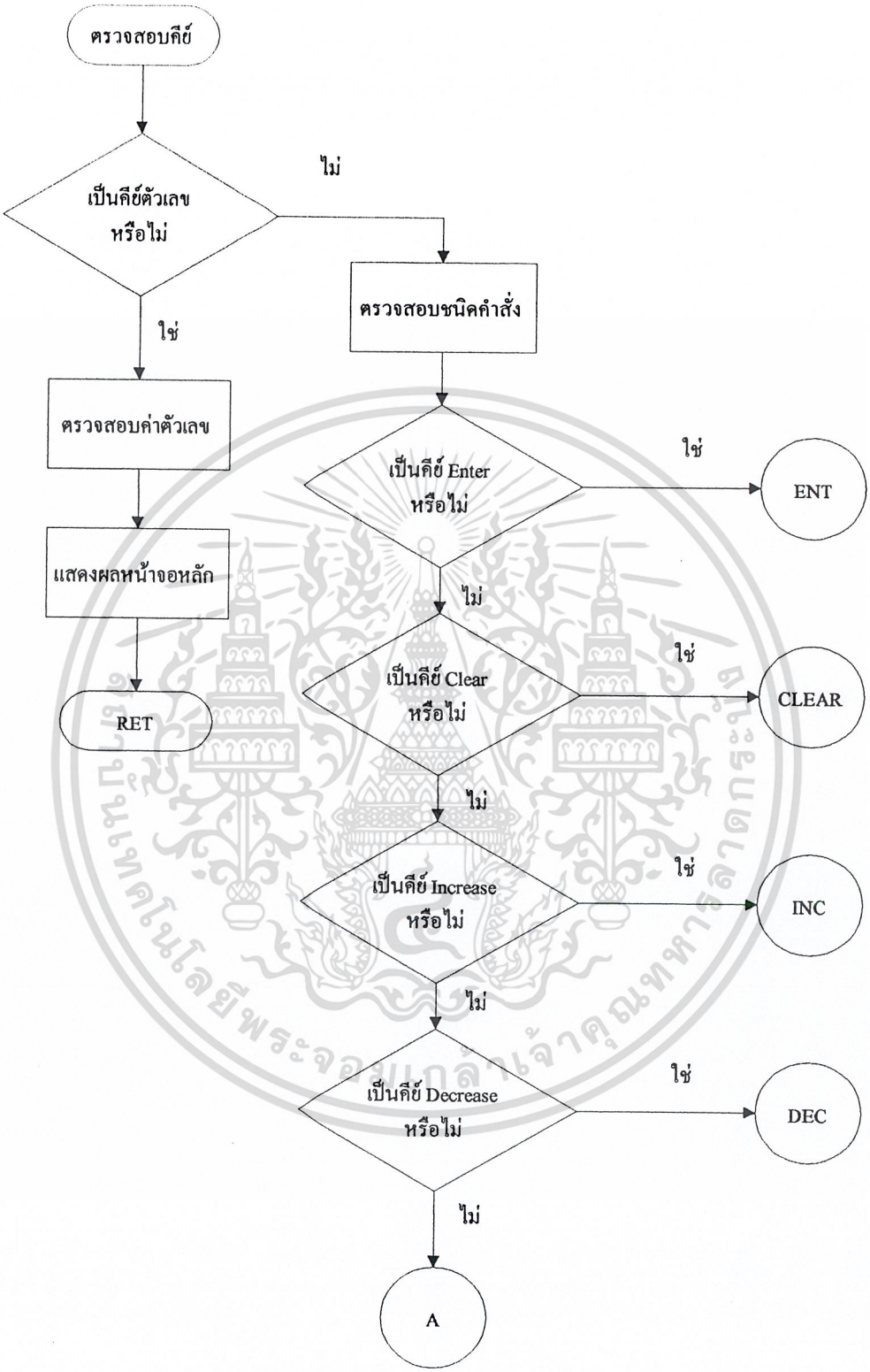
เราใช้โปรแกรมวีชวลเบสิค(Visual Basic)มาช่วยในการสร้างโปรแกรมฐานข้อมูลและใช้การส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรม(RS232)

2.โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องควบคุมการหมุนของสายอากาศเราใช้ภาษาแอสเซมบลีเขียนเพื่อควบคุมการทำงานของไมโครคอลโทรลเลอร์ได้ออกแบบระบบให้มีโฟลว์ชาร์ตการทำงานดังนี้



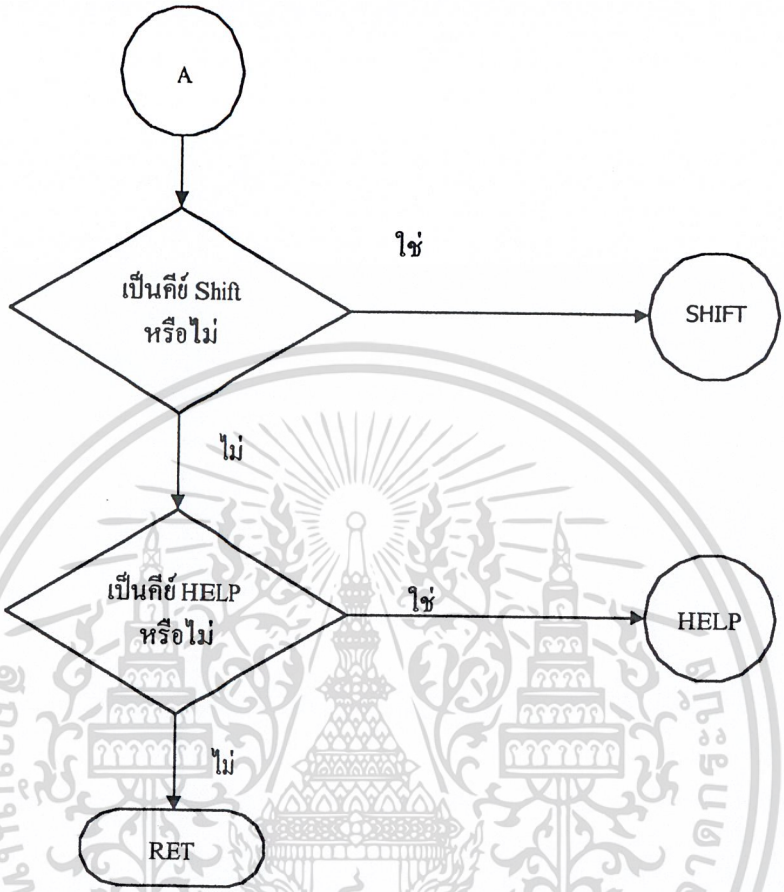
รูปที่ 3.11 แสดงโฟลวชาร์จการทำงานทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



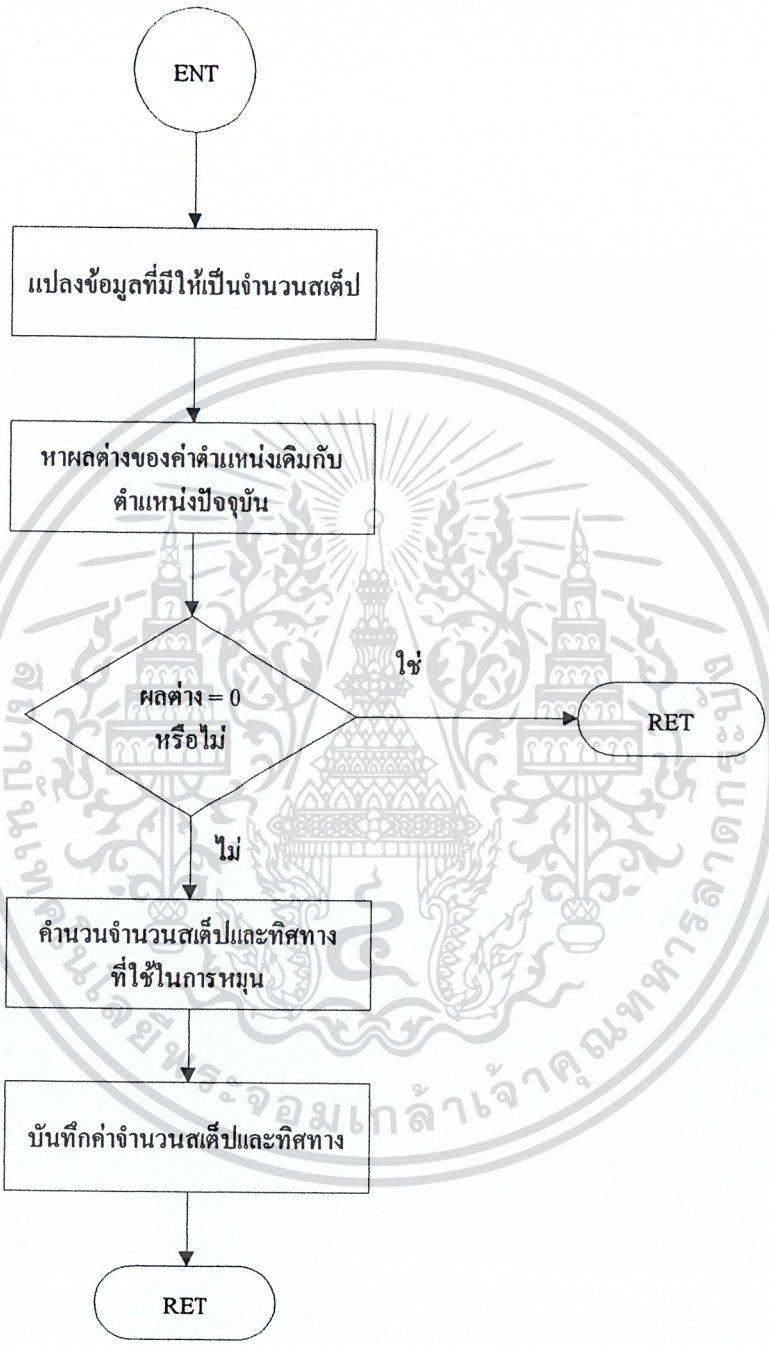
รูปที่ 3.12 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของการตรวจสอบคีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



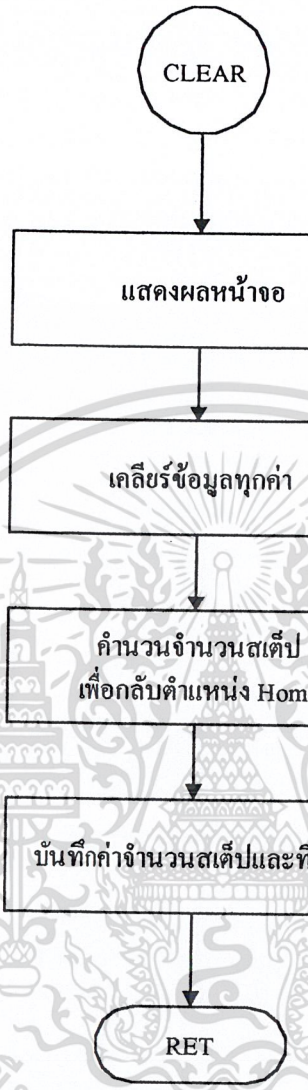
รูปที่ 3.13 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของการตรวจสอบคีย์(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



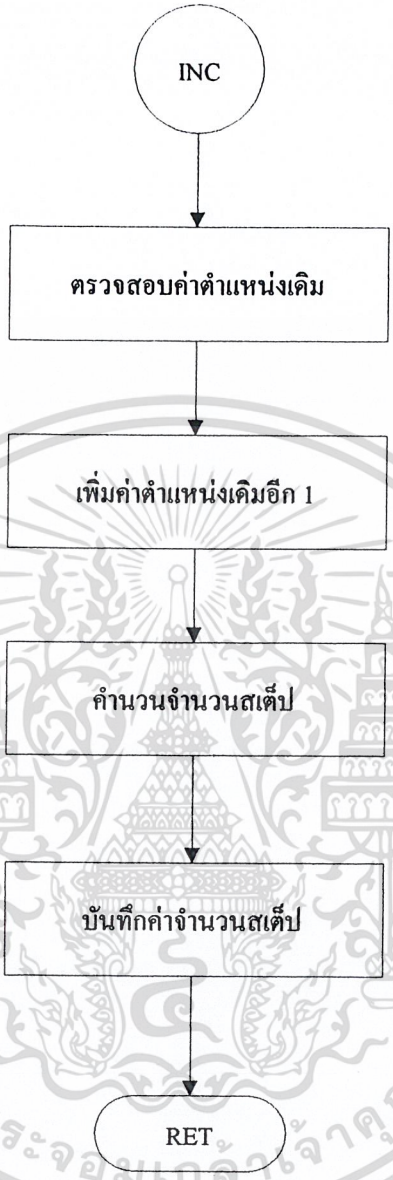
รูปที่ 3.14 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของการกดคีย์Enter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



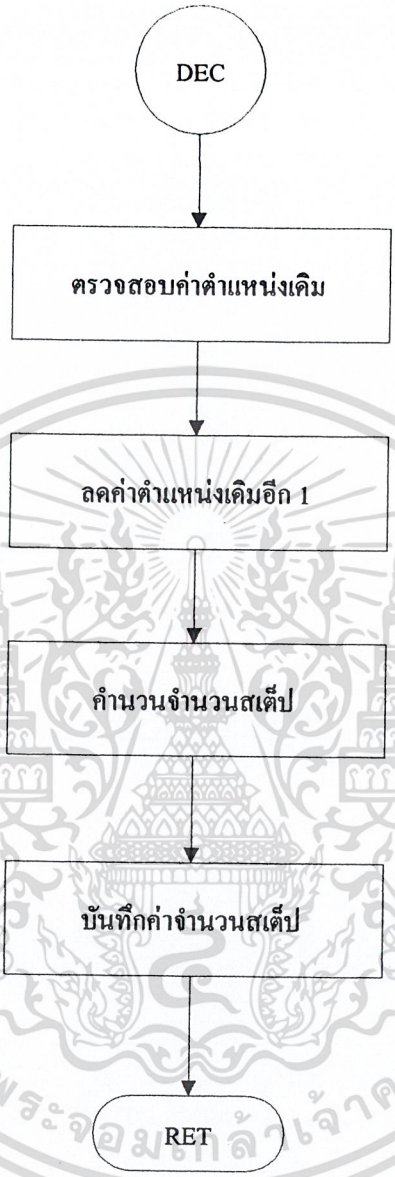
รูปที่ 3.15 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของการกดคีย์CLEAR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



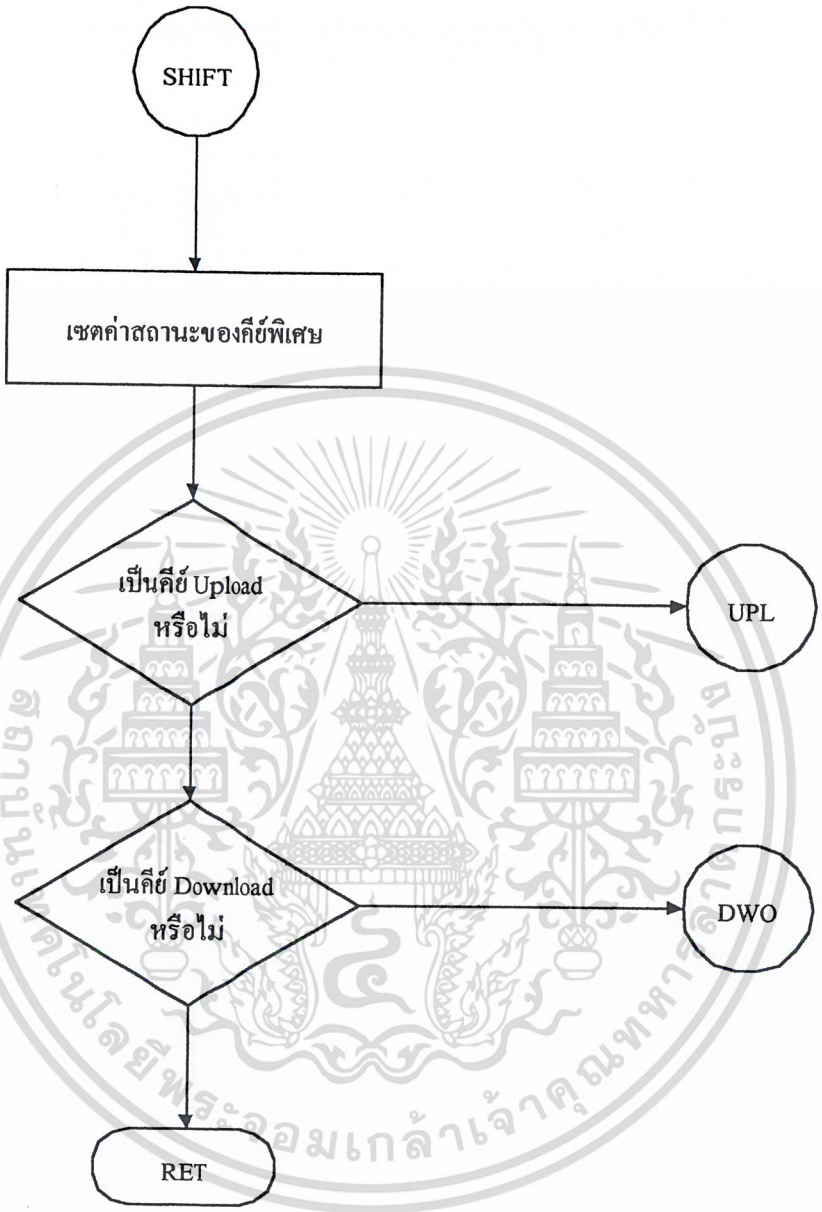
รูปที่ 3.16 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของการกดคีย์Increase

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



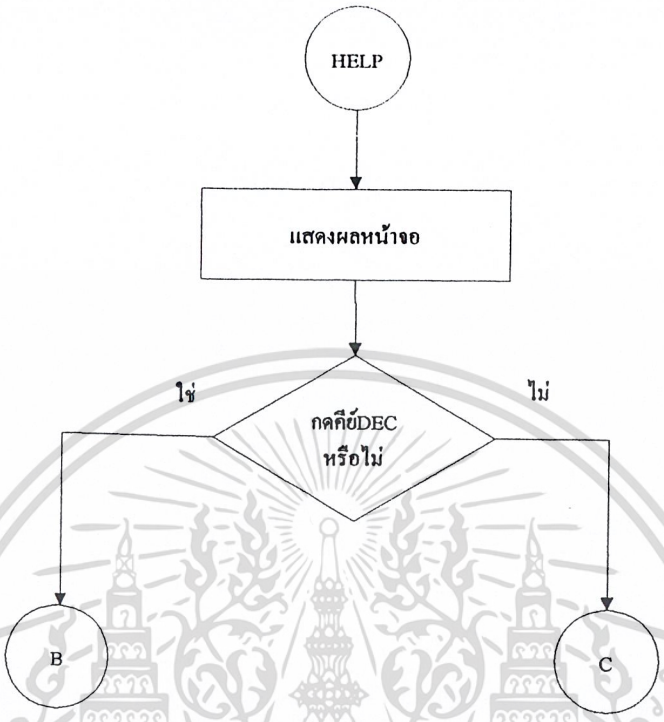
รูปที่ 3.17 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของการกดคีย์Decrease

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



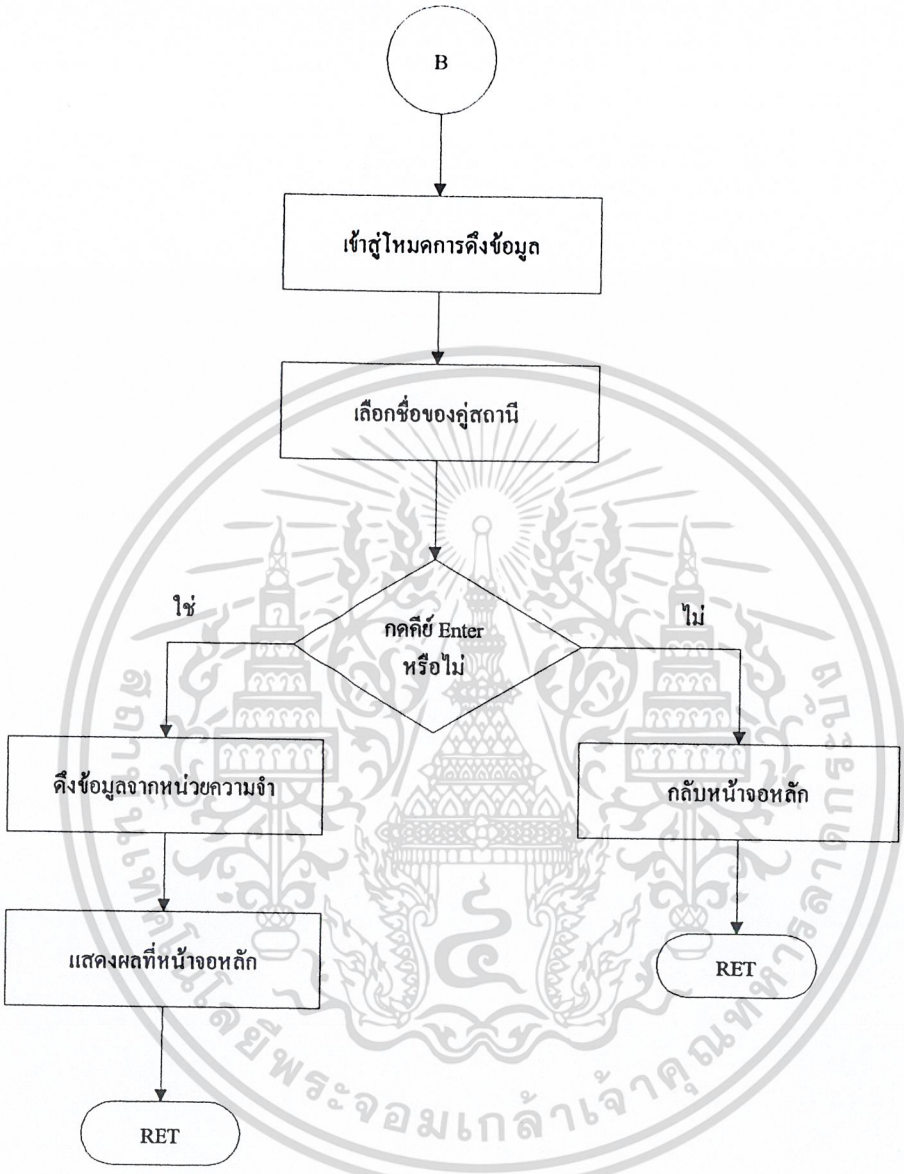
รูปที่ 3.18 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของการกดคีย์ SHIFT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



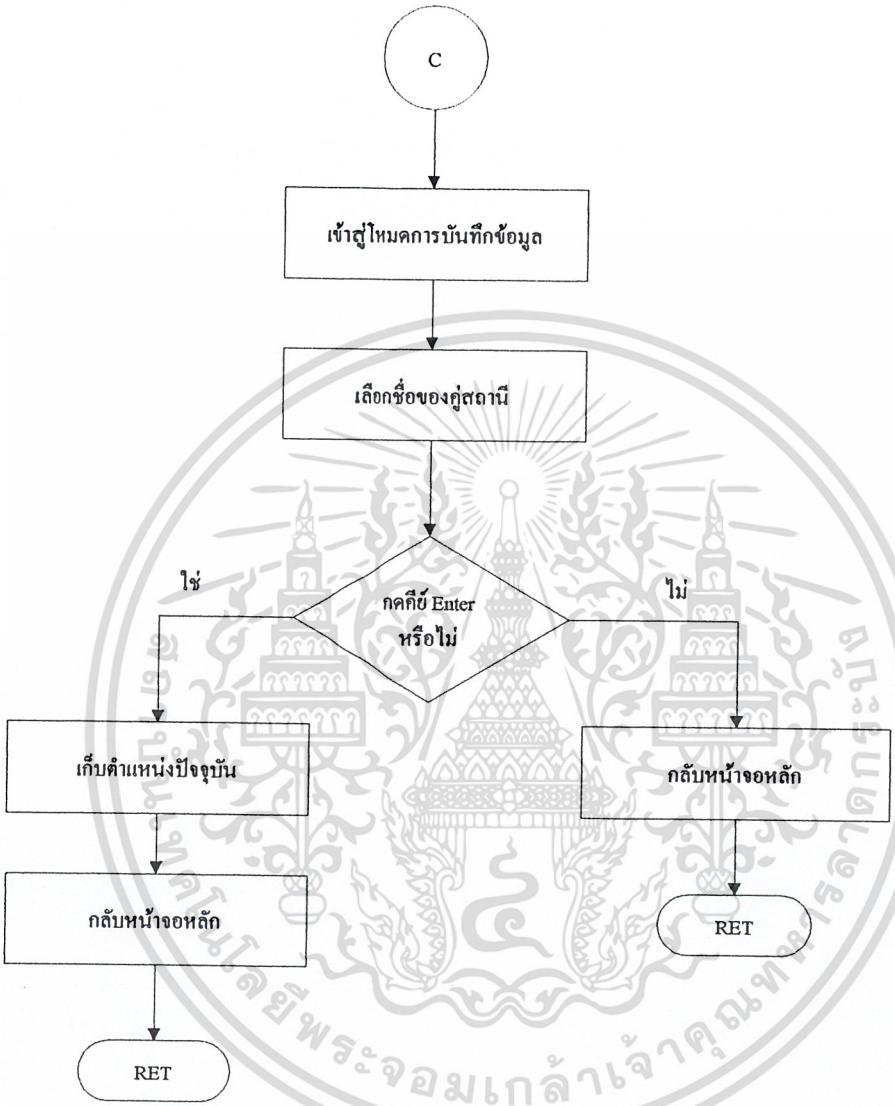
รูปที่ 3.19 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของการกดคีย์ HELP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



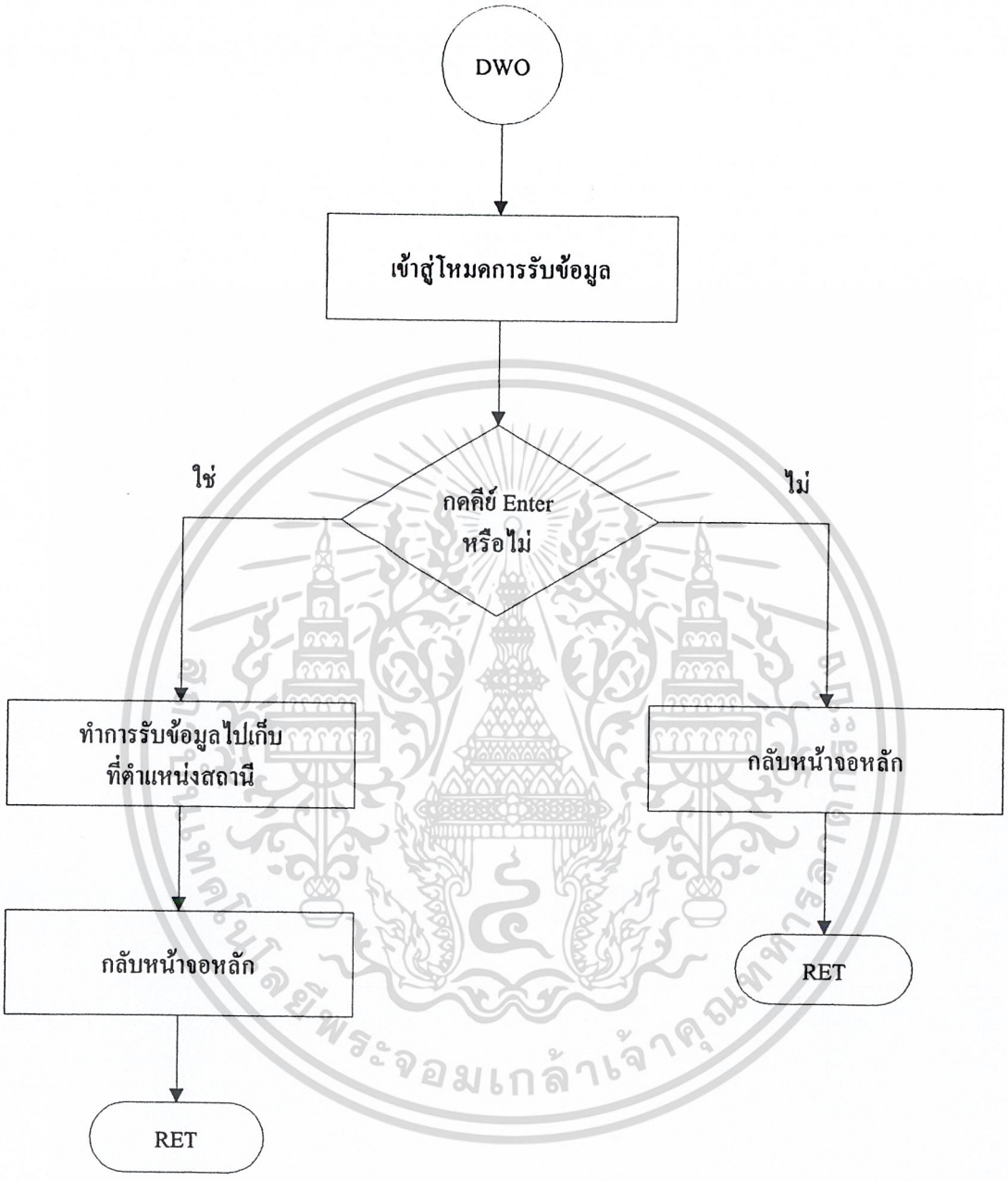
รูปที่ 3.20 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของการกดคีย์ HELP (SEARCH MODE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของการกดคีย์ HELP (SAVE MODE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 แสดงโฟลวชาร์ตการทำงานของการกดคีย์ DOWNLOAD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4
ผลการทดลอง

4.1 การปรับความเร็วในการหมุนสายอากาศ (ค่าเวลาที่จะหน่วงในโปรแกรม)

การหน่วงเวลาในโปรแกรมต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติของ STEPPING MOTOR ด้วยถ้าหน่วงเวลาน้อยเกินไปจะทำให้ STEPPING MOTOR ทำงานไม่ทันโดยปกติความถี่ที่จะทำให้ STEPPING MOTOR เกิดการ OSCILLATE จะอยู่ที่ประมาณ 500 Hz จากการทดลองและคำนวนค่าเวลาที่จะหน่วงในโปรแกรมจึงสรุปได้ออกมาเป็นตารางเพื่อใช้ในการพิจารณาเลือกค่าความเร็วของการหมุนตัวเสาตามความเหมาะสมในการใช้งาน

เวลาที่หน่วงในโปรแกรม	นาที/รอบ	วินาที/รอบ
100 ms	6	360
50 ms	3	180
25 ms	1.5	90
20 ms	1.2	72
10 ms	0.6	36
5 ms	0.3	18
1 ms	0.06	3.6
0.5 ms	0.03	1.8
0.1 ms	0.015	0.9

ตารางที่4.1

จากตารางที่4.1สามารถลดเวลาในการหน่วงได้น้อยกว่านี้อีก แต่จะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติของชุดขับเคลื่อน (ชุดเฟืองทด) ว่าสามารถรองรับความเร็วได้แค่ไหนซึ่งมีองค์ประกอบหลายๆอย่าง เช่น วัสดุที่ใช้ทำตัวเฟือง โมดูลของเฟือง การขบกันของฟันเฟือง การติดตั้ง STEPPING MOTOR เข้ากับชุดเฟือง อีกทั้งน้ำหนักของตัวเสาที่กดทับลงมา ถ้าไม่ระมัดระวังอาจจะทำให้ชุดเฟืองเกิดความเสียหายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ทดสอบการใช้งานของระบบควบคุมสายอากาศแบบทิศทาง

ระบบควบคุมสายอากาศแบบทิศทางที่ได้ทำการสร้าง มีวิธีในการใช้งาน 2 รูปแบบดังจะกล่าวต่อไปนี้

1.รูปแบบทั่วไป ในรูปแบบนี้จะทำงานได้ 3 ลักษณะ คือ

1.1 การควบคุมโดยตรง ผู้ใช้สามารถป้อนค่ามุมที่ต้องการให้กับเครื่องได้โดยผ่านคีย์แพด โดยข้อมูลที่ป้อนให้จะต้องไม่เกิน 359 องศา

1.2 การเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำ(Save Mode) เพื่อเก็บเป็นข้อมูลชั่วคราว ในส่วนนี้เครื่องจะเก็บค่าข้อมูลที่ต้องการลงในหนวยความจำของอุปกรณ์ ซึ่งเป็นหน่วยความจำชนิดแรม(RAM) ซึ่งสามารถจะเก็บข้อมูลที่เป็นค่าตำแหน่งและชื่อคู่สถานีเอาไว้

1.3 การนำค่าที่บันทึกไว้ออกมาใช้ (Search Mode) โดยเครื่องจะนำค่าข้อมูลที่เก็บไว้ในหน่วยความจำออกมาปรากฏบนหน้าจอเพื่อให้ผู้ใช้สั่งการต่อไป

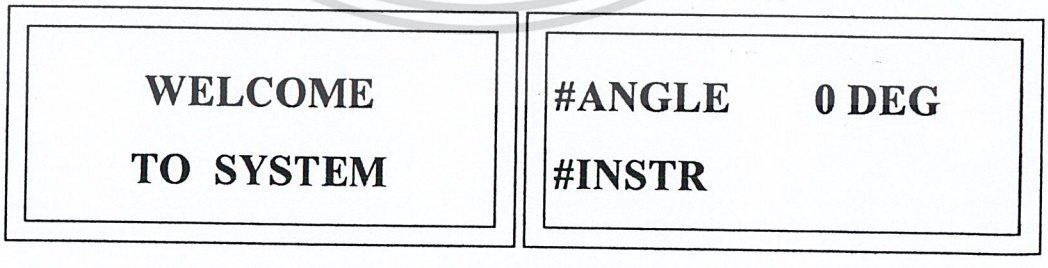
2.รูปแบบพิเศษ ในรูปแบบนี้คือการทำงานติดต่อกับฐานข้อมูลที่อยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่ในการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับคู่สถานีจัดเก็บเอาไว้เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ได้ในโอกาสที่ต้องการ ในส่วนนี้จะมีลักษณะในการทำงานอยู่ 2 ลักษณะคือ

2.1.การจัดส่งข้อมูลให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์(Upload Mode) ในที่นี้จะจัดเก็บข้อตำแหน่งและชื่อของคู่สถานีเท่านั้น ในส่วนข้อมูลอื่นๆผู้ใช้จะต้องทำการกรอกลงในเครื่องคอมพิวเตอร์เอง

2.2. การดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลบนเครื่องคอมพิวเตอร์(Download Mode) โดยข้อมูลที่ได้รับจะถูกจัดเก็บในส่วนของหน่วยความจำเดียวกับการเก็บค่าในการทำงานทั่วไป

ขั้นตอนการทำงาน

เปิดสวิตช์เครื่องจะเริ่มทำงาน โดยหน้าจอจะปรากฏดังรูปที่ 4.1



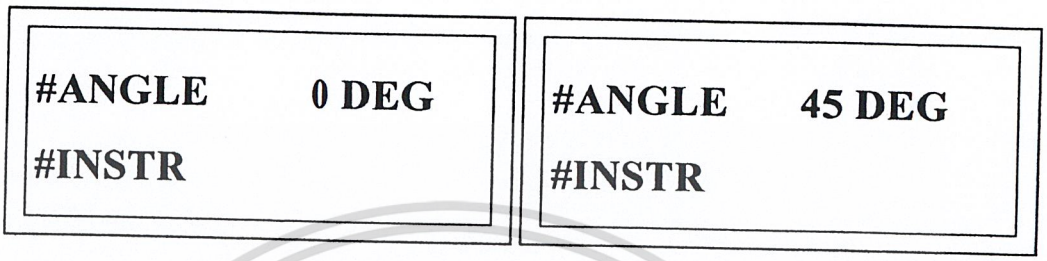
รูปที่ 4.1แสดงหน้าจอเมื่อเริ่มเปิดเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 .การทำงานในรูปแบบทั่วไป

1.1 การควบคุมโดยตรง

1.กดเลข 4 แล้วป้อนค่ามุมที่ต้องการแล้วกด ENTER เครื่องจะทำการขับเคลื่อนสายอากาศไปในตำแหน่งที่ต้องการ



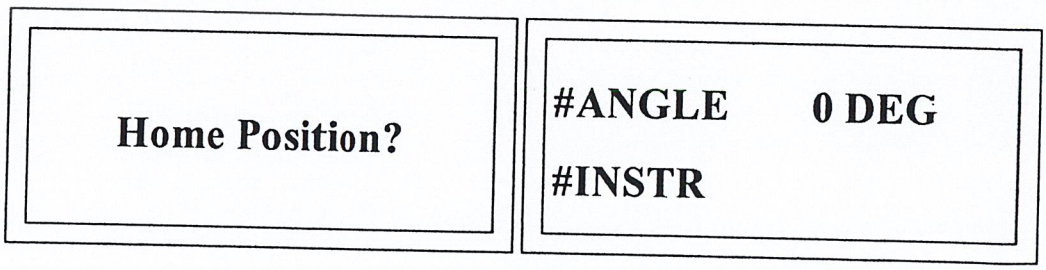
รูปที่ 4.2 แสดงหน้าจอของการควบคุมโดยตรง

2.ถ้าต้องการหมุนอีกครั้ง ให้ทำ ข้อ 1.อีกครั้งโดยเปลี่ยนค่ามุมตามต้องการ

3.ถ้าต้องการหาช่องสัญญาณไปเรื่อยๆ ให้กด INC หรือ DEC ค่าตำแหน่งจะเพิ่มหรือลดครั้งละ 1 องศา

รูปที่ 4.3 แสดงหน้าจอการหาช่องสัญญาณไปเรื่อยๆครั้งละ 1 องศา

4.ถ้าต้องการกลับที่จุด 0 องศาให้กด CLEAR แล้วกด ENTER เครื่องจะทำการขับเคลื่อนสายอากาศไปในตำแหน่งทิศเหนือหน้าจอจะขึ้นดังรูปที่4.4

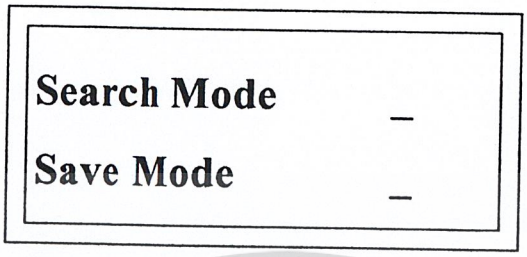


รูปที่4.4 แสดงหน้าจอการกลับตำแหน่ง 0 องศา(Home)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 การเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำ (Save Mode)

1.เมื่อต้องการเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำให้กด HELP จะปรากฏหน้าจอตามรูปที่4.5



รูปที่4.5

2.เลือก SAVE MODE โดยการกด DEC แล้วกด ENTER จะปรากฏหน้าจอตามรูปที่4.6

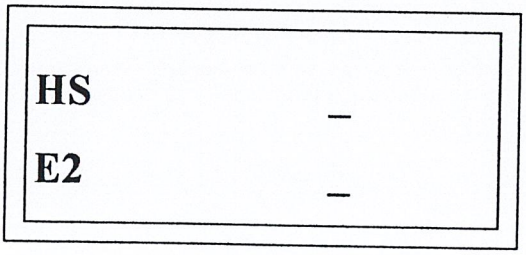
รูปที่ 4.6

3.เลือกรหัสCallsignถ้าอยู่ในกรุงเทพฯเลือก HS แต่ถ้าอยู่ต่างจังหวัดเลือก E2 แล้วกด ENTER ต่อจากนั้นป้อนค่าCallsign และองศาแล้วกด ENTER

1.3 การนำค่าที่บันทึกไว้ออกมาใช้ (Search Mode)

1. เมื่อต้องการนำค่าที่บันทึกไว้ออกมาใช้ ให้กด HELP จะปรากฏหน้าจอตามรูปที่4.5

2. เลือก SEARCH MODE แล้วกด ENTER จะปรากฏหน้าจอตามรูปที่4.7



รูปที่4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เลือกรหัสCallsignถ้าอยู่ในกรุงเทพฯเลือก HS แต่ถ้าอยู่ต่างจังหวัดเลือก E2 แล้วกด **ENTER** ต่อจากนั้นป้อนค่าCallsign แล้วกด **ENTER**

2. การทำงานในรูปแบบพิเศษ

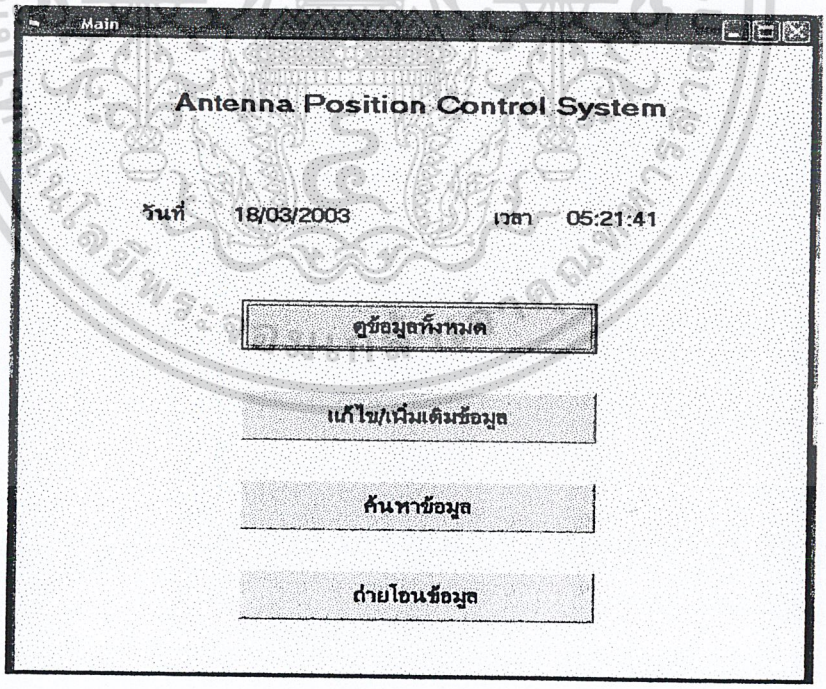
ในรูปแบบนี้คือการทำงานติดต่อกับฐานข้อมูลที่อยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งทำหน้าที่ในการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับคู่สถานีจัดเก็บเอาไว้เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ได้ในโอกาสที่ต้องการ ในส่วนนี้จะมีลักษณะในการทำงานอยู่ 2 ลักษณะคือ

2.1.การจัดส่งข้อมูลให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์(Upload Mode) ในที่นี้จะจัดเก็บค่าตำแหน่งและชื่อของคู่สถานีเท่านั้น ในส่วนข้อมูลอื่นๆผู้ใช้จะต้องทำการกรอกลงในเครื่องคอมพิวเตอร์เอง

2.2. การดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลบนเครื่องคอมพิวเตอร์(Download Mode) โดยข้อมูลที่ได้รับจะถูกจัดเก็บในส่วนของหน่วยความจำเดียวกับการเก็บค่าในการทำงานทั่วไป

4.3 โปรแกรมรองรับบนเครื่องคอมพิวเตอร์

โดยส่วนนี้เราได้นำโปรแกรมวิชวลเบสิค(Visual Basic)มาช่วยในการสร้างโปรแกรมฐานข้อมูลและใช้การส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรม(RS232) โดยจะมีโหมดการทำงาน 4 ลักษณะ ตามหน้าจอหลักดังรูปที่ 4.8

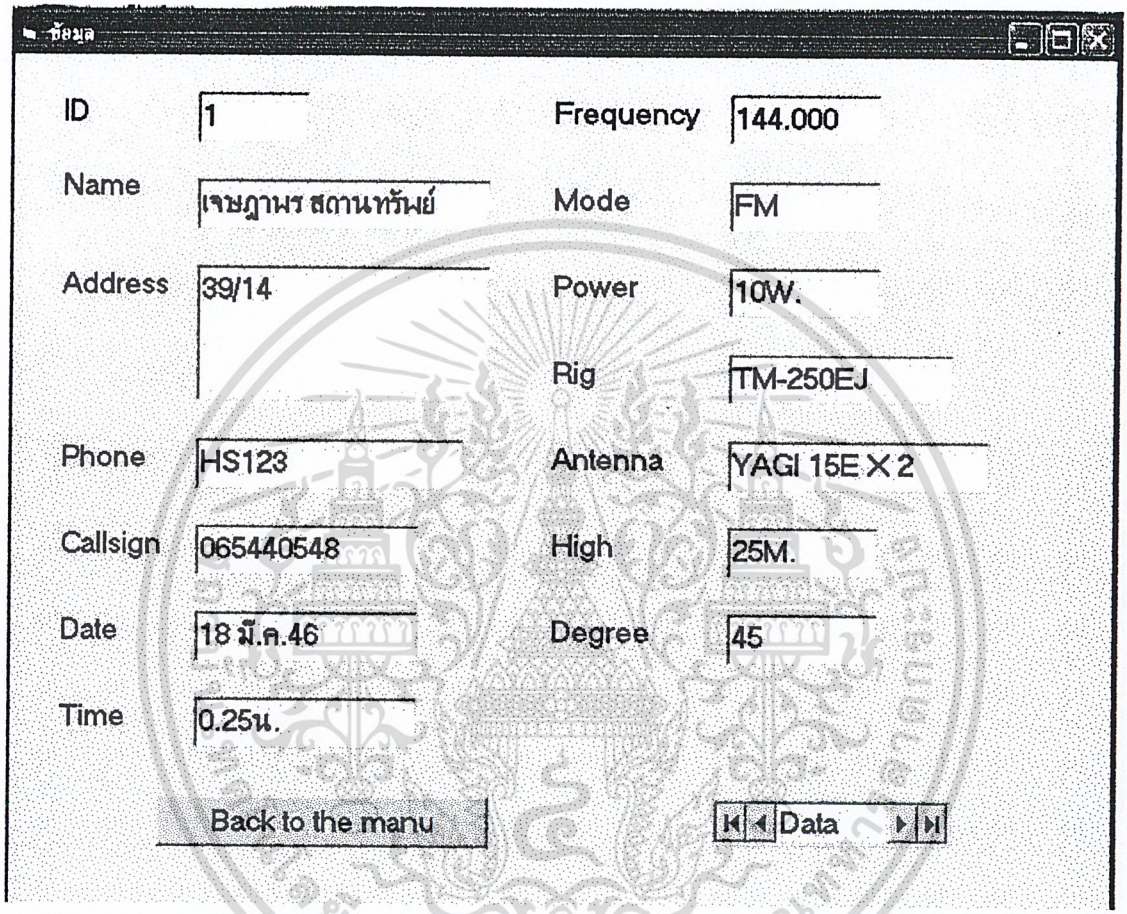


รูปที่ 4.8 แสดงหน้าจอหลักของโปรแกรมรองรับบนเครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของโปรแกรมรองรับบนเครื่องคอมพิวเตอร์มีดังนี้

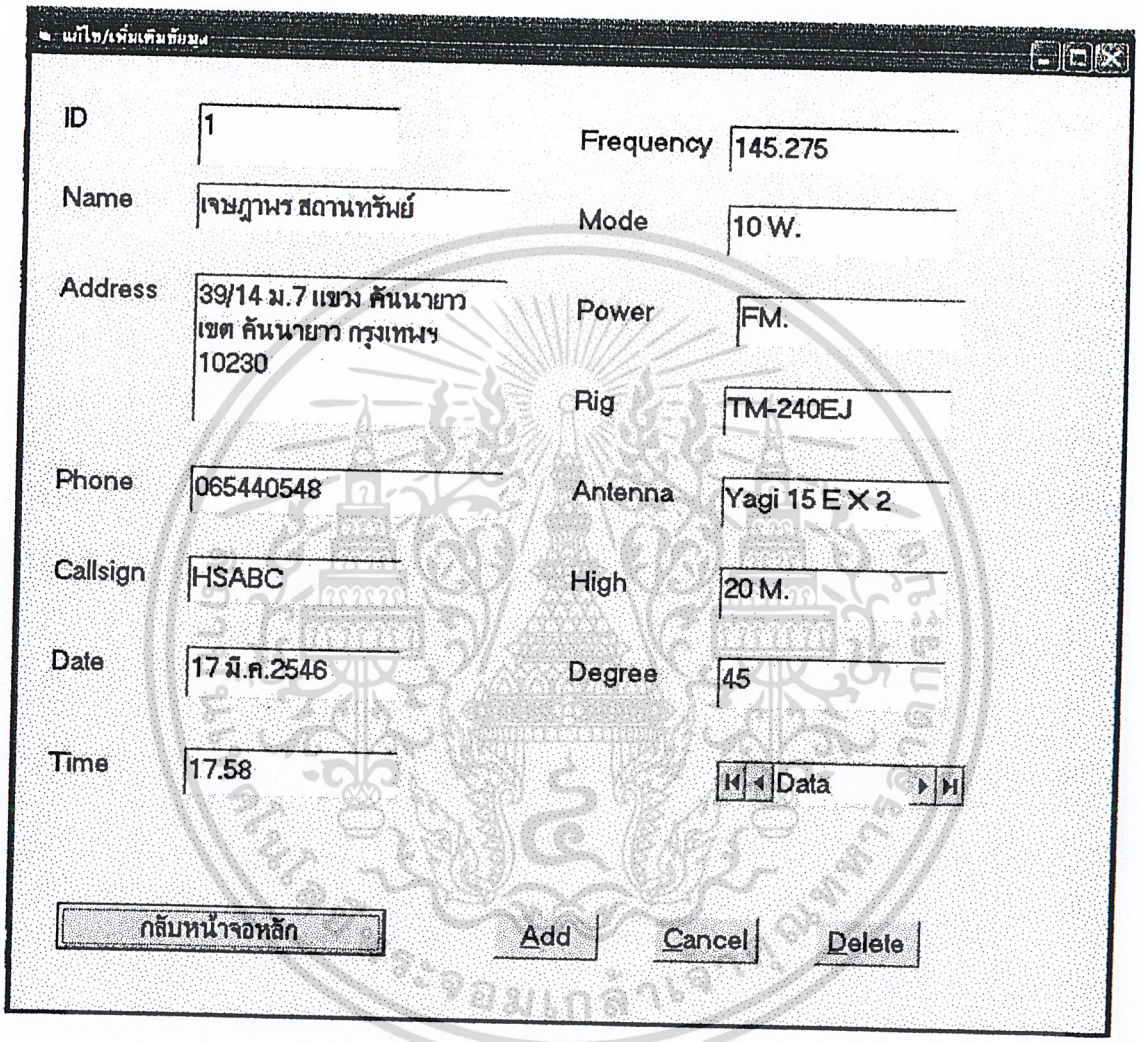
1.ดูข้อมูลทั้งหมด เป็นการดูข้อมูลที่บันทึกไว้ทั้งหมดในฐานข้อมูลแต่ไม่สามารถแก้ข้อมูลได้ ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 แสดงหน้าจอการดูข้อมูลที่บันทึกไว้ทั้งหมดในฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

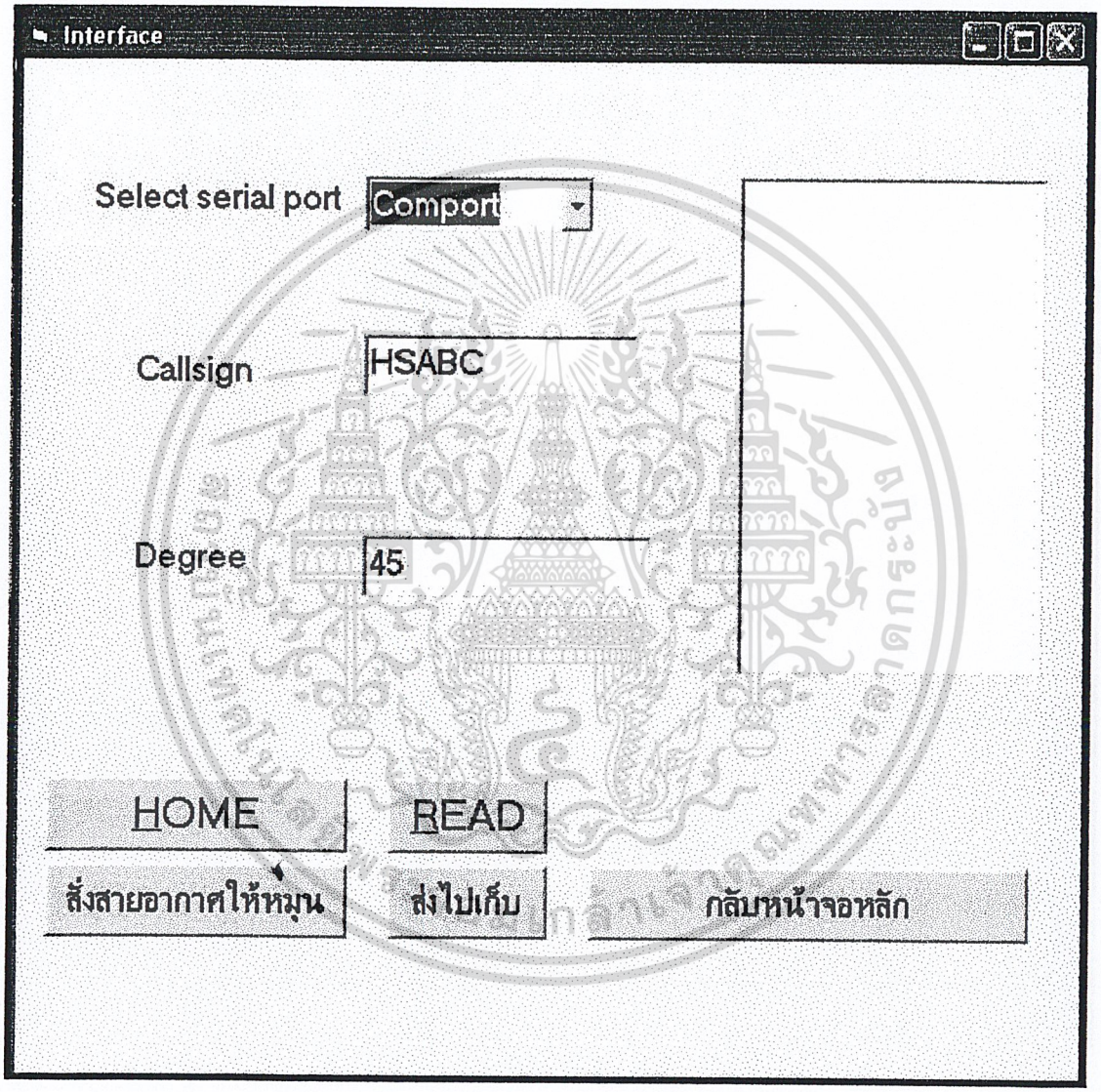
2.แก้ไข/เพิ่มเติมข้อมูล สามารถที่จะแก้ไขหรือเพิ่มเติมข้อมูล แล้วทำการบันทึกข้อมูลเข้าไปไม่ว่าจะเป็นคู่สถานีเก่าหรือคู่สถานีใหม่ รวมถึงการลบคู่สถานีที่ไม่ต้องการออก ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แสดงหน้าจอแก้ไขหรือเพิ่มเติมข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.การค้นหาข้อมูลและการถ่ายโอนข้อมูล เป็นฟันก์ชั่นที่ทำไว้เพื่อรองรับการติดต่อกับเครื่องควบคุมสายอากาศแบบทิศทาง โดยสามารถที่จะค้นหาข้อมูลที่เก็บไว้ที่เครื่องควบคุมรวมทั้งสามารถที่จะสั่งให้สายอากาศทำงานได้โดยการส่งรหัสCallsignและองศาไปให้ที่เครื่องควบคุมและสามารถที่จะส่งข้อมูลอย่าง Callsignและองศาไปเก็บที่เครื่องควบคุม



รูปที่ 4.11 การค้นหาข้อมูลและการถ่ายโอนข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่5
บทสรุป

5.1 บทสรุป

การนำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูลเอ็มซีเอส-51(MCS-51)มาประยุกต์ใช้ในโครงงานระบบควบคุมตำแหน่งสายอากาศแบบทิศทางสามารถทำงานควบคุมระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูงและสนับสนุนการพัฒนาระบบต่อไปในอนาคต การเลือกใช้สเตปปิ้งมอเตอร์มาใช้เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนสายอากาศ ทำให้สามารถควบคุมทิศทางของสายอากาศได้โดยไม่ต้องมีการป้อนกลับ แต่อาศัยการคำนวณทางคณิตศาสตร์แทนซึ่งทำให้ลดความซับซ้อนของระบบลง ชุดเฟืองที่ออกแบบขึ้นสามารถทำงานได้อย่างแม่นยำแต่บางครั้งก็มีความผิดพลาดประมาณ 1 องศาแต่โดยรวมแล้วเป็นที่น่าพอใจ

5.2 บทวิจารณ์

การออกระบบควบคุมตำแหน่งสายอากาศแบบทิศทางเลือกใช้สเตปปิ้งมอเตอร์ที่มีความแน่นอนของตำแหน่งในการหมุนสูงมาใช้ในส่วนขับเคลื่อน ทำให้ได้ตำแหน่งที่ถูกต้อง แต่ชุดเฟืองตัวขับที่ติดอยู่กับสเตปปิ้งมอเตอร์กับตัวตามเป็นเฟืองพลาสติก ต้องเปลี่ยนเป็นเฟืองเหล็กเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการขับโหลดที่มีน้ำหนักมากๆ แต่โดยรวมแล้วโครงงานสามารถทำตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

5.3 ปัญหาที่พบ

ปัญหาที่สำคัญคือการออกแบบชุดเฟือง เนื่องจากเฟืองที่มีขนาดตามที่เราต้องการมีราคาสูงมากและหาได้อยากทำให้โครงงานล่าช้าไปด้วย ทางผู้จัดทำแก่ปัญหาโดยการประยุกต์ใช้ชุดเฟืองของมอเตอร์เกียร์ที่คำนวณได้มีอัตราทด 1:17.78 โดยประมาณซึ่งสามารถนำมาทดแทนได้ดี ด้านโปรแกรมมีความซับซ้อนมากต้องอาศัยความรอบครอบในการเขียนสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 แนวทางการพัฒนาต่อ

ในการพัฒนาโครงงานต่อไปในอนาคต ทางด้านของโปรแกรมนั้น MCS-51 มีความสามารถในการรองรับการพัฒนาได้เป็นอย่างดี และยังสามารถขยายหน่วยความจำเพื่อใช้งานในอนาคตต่อไปได้อีกมาก

ด้านชุดขับเคลื่อนถ้าต้องการที่จะขับโหลดสูงๆสามารถที่จะเปลี่ยนอัตราทดที่เพิ่มขึ้นเช่น 180:1 เป็นต้น รวมถึงชุดเฟืองตัวขับที่ติดอยู่กับสเตปปิ้งมอเตอร์กับตัวตามเป็นเฟืองพลาสติก ต้องเปลี่ยนเป็นเฟืองเหล็กเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการขับโหลดที่มีน้ำหนักมากๆ ระบบโดยรวมยังมีความยืดหยุ่นสามารถทีจะพัฒนาได้อีกในอนาคต

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PORTA       EQU     0F800H
PORTB       EQU     0F801H
PORTC       EQU     0F802H
PORCTL      EQU     0F803H
LCD_ADDR    EQU     20H
LCD_DATA    EQU     21H
DATA        EQU     22H
TEMP        EQU     23H
ASCII_DATA  EQU     24H
FLAG        EQU     2FH
C_SHIFT     BIT     FLAG.0
DATA_TEMP1  EQU     30H
DATA_TEMP2  EQU     31H
DATA_TEMP3  EQU     32H
AD_LCD      EQU     33H
DEC_DATA    EQU     34H
HEX_DATA    EQU     35H
LOW_HEX     EQU     36H
HIGH_HEX    EQU     37H
LOW_DEC     EQU     38H
HIGH_DEC    EQU     39H
LP_TRUE     EQU     3AH
HP_TRUE     EQU     3BH
ROI         EQU     3CH
CHK_FUNC    EQU     3DH
CHK_FUNC1   EQU     3EH
CHK_FUNC3   EQU     3FH
CHK_START1  EQU     40H
CHK_SHIFT   EQU     41H
ID_SEARCH   EQU     42H
ID_SAVE     EQU     43H
COUNT_SAVE  EQU     44H
H_CODE1     EQU     45H
H_CODE2     EQU     46H
H_CODE3     EQU     47H
ID_SE       EQU     48H
DATA_STEP   EQU     49H
TRUE_L      EQU     4AH
TRUE_H      EQU     4BH
OLD_L       EQU     4CH
OLD_H       EQU     4DH
HP_OLD      EQU     4EH
LP_OLD      EQU     4FH
LP_TEMP     EQU     50H
HP_TEMP     EQU     51H
CHK_HELP    EQU     52H
CHK_REP     EQU     53H
REP_ID      EQU     54H
COUNT_ID    EQU     55H
COUNT_DEL   EQU     56H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CODE            EQU     57H
B_SAVE1         EQU     58H
C_CODE          EQU     59H
PROGRAM1        EQU     8000H
PROGRAM2        EQU     8010H
PROGRAM3        EQU     8020H
PROGRAM4        EQU     8030H
PROGRAM5        EQU     8040H
PROGRAM6        EQU     8050H
PROGRAM7        EQU     8060H
PROGRAM8        EQU     8070H
PROGRAM9        EQU     8080H
PROGRAM10       EQU     8090H
PROGRAM11       EQU     80A0H
PROGRAM12       EQU     80B0H
PROGRAM13       EQU     80C0H
PROGRAM14       EQ      80D0H
PROGRAM15       EQ      80E0H
PROGRAM16       EQ      80F0H
PROGRAM17       EQ      8100H
PROGRAM18       EQU     8110H
PROGRAM19       EQU     8120H
PROGRAM20       EQU     8130H
BCOUNT_SAVE     EQU     8200H
BHP_TRUE        EQU     8201H
BLP_TRUE        EQU     8202H
B_SAVE          EQU     8203H
B_VALUE         EQU     8204H
                ORG     0000H
                LCALL   DELAY_100MS
                MOV     P1,#0F0H
                LJMP    MAIN
                ORG     0023H
                MOV     CODE,#0FFH
                JNB     RI,$
                MOV     A,SBUF
                CLR     RI
                MOV     CODE,A
                RETI

;*****************************INITIAL*****************************;
MAIN:           MOV     SCON,#0D8H
                MOV     TMOD,#20H
                MOV     TH1,#0FDH
                SETB    TR1
                SETB    EA
                CLR     RI
                SETB    ES
                SETB    REN
                MOV     DPTR,#PORCTL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     A,#88H
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     CHK_FUNC,#0FH
        MOV     CHK_FUNC1,#0FH
        MOV     CHK_FUNC3,#0FH
        MOV     CHK_START1,#00H
        MOV     CHK_SHIFT,#00H
        MOV     ID_SAVE,#00H
        MOV     ID_SEARCH,#00H
        MOV     DATA_STEP,#03H
        MOV     CHK_HELP,#00H
        MOV     CODE,#0FFH
        LCALL   LBACK_UP
        MOV     ID_SAVE,#00
        MOV     A,B_SAVE1
        CJNE    A,#10,NO_ZERO
        LJMP    MAIN_SKIP1
NO_ZERO:
        MOV     HP_TRUE,#00
        MOV     LP_TRUE,#00
        LCALL   INIT_LCD
MAIN_SKIP1:
        CLR     CHK_SHIFT
        LCALL   START
        LCALL   SHOW_VALUE
INC_DEC:
        SETB    ES
        LCALL   CHECK_COM
        SETB    P1.4
        MOV     CHK_FUNC,#0FH
        MOV     CHK_FUNC1,#0FH
        MOV     CHK_FUNC3,#0FH
        MOV     A,P1
        ANL     A,#0F0H
        MOV     P1,A
        LCALL   SCAN
        CJNE    R3,#7EH,KEY_DOWN
BOUND106:
        LCALL   SCAN
        LCALL   DELAY_100MS
        LCALL   DELAY_100MS
        CJNE    R3,#0FFH,BOUND106
        LCALL   INC_VALUE
        LCALL   SHOW_VALUE
        LCALL   CALC_DATA
        LCALL   SBACK_UP
        LJMP    INC_DEC
KEY_DOWN:
        CJNE    R3,#07DH,KEY_HELP
BOUND107:
        LCALL   SCAN
        LCALL   DELAY_100MS
        LCALL   DELAY_100MS
        CJNE    R3,#0FFH,BOUND107
        LCALL   DEC_VALUE
        LCALL   SHOW_VALUE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    LCALL   CALC_DATA
                    LCALL   SBACK_UP
                    LJMP    INC_DEC
KEY_HELP:           CJNE    R3,#0B7H,MANUAL_MODE
BOUND201:           LCALL   SCAN
                    LCALL   DELAY_100MS
                    CJNE    R3,#0FFH,BOUND201
                    LCALL   SEARCH_MODE
                    LCALL   SHOW_VALUE
                    LCALL   SBACK_UP
                    LJMP    INC_DEC
MANUAL_MODE:        CJNE    R3,#0EDH,HOME_MODE
M_BOUND1:           LCALL   SCAN
                    LCALL   DELAY_100MS
                    CJNE    R3,#0FFH,M_BOUND1
                    LCALL   KEY_POSIT
                    LCALL   SHOW_VALUE
                    LCALL   SBACK_UP
                    LJMP    INC_DEC
HOME_MODE:          CJNE    R3,#0E7H,INC_DECX
M_BOUND2:           LCALL   SCAN
                    LCALL   DELAY_100MS
                    CJNE    R3,#0FFH,M_BOUND2
                    LCALL   M_HOME
                    LCALL   SHOW_VALUE
                    LCALL   SBACK_UP
INC_DECX:           LJMP    INC_DEC

;*********************************CHECK COM*********************************;
CHECK_COM:          MOV     A,CODE
                    CJNE    A,#'A',CODE2        ;COM
MANUAL              MOV     CODE,#0FFH
                    CLR     ES
                    LCALL   COM_POSITION
                    LCALL   CALC_DATA
                    LCALL   DELAY_1S
                    LCALL   COMPLETE
                    RET
CODE2:              CJNE    A,#'B',CODE3        ;READ
                    MOV     CODE,#0FFH
                    CLR     ES
                    RET
CODE3:              CJNE    A,#'C',CODE4        ;HOME
                    MOV     CODE,#0FFH
                    CLR     ES
                    LCALL   COM_HOME
                    LCALL   COMPLETE
                    RET
CODE4:              CJNE    A,#'D',CODE5        ;POSITION
                    MOV     CODE,#0FFH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR     ES
                LCALL   SEND_POSITION
                LCALL   COMPLETE
                RET
CODE5:          CJNE    A,#'E',CODE6    ;SAVE
                MOV     CODE,#0FFH
                CLR     ES
                LCALL   SAVE_COM
                LCALL   COMPLETE
CODE6:          RET
COMPLETE:       LCALL   DELAY_100MS
                MOV     A,#'1'
                MOV     SBUF,A
                JNB     TI,$
                CLR     TI
                RET

;**********COM SAVE**********;
SAVE_COM:       LCALL   LCD_CLR
                MOV     LCD_ADDR,#40H
                LCALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#SAVING
                LCALL   WRLINE_LCD
                JNB     RI,$
                MOV     A,SBUF
                SWAP    A
                MOV     ID_SAVE,A
                CLR     RI
                JNB     RI,$
                MOV     A,SBUF
                MOV     H_CODE1,A
                CLR     C
                MOV     A,#9
                SUBB    A,H_CODE1
                JC      NUMBER1
                MOV     A,H_CODE1
                ANL     A,#0FH
                MOV     H_CODE1,A
NUMBER1:        CLR     RI
                JNB     RI,$
                MOV     A,SBUF
                MOV     H_CODE2,A
                CLR     C
                MOV     A,#9
                SUBB    A,H_CODE2
                JC      NUMBER2
                MOV     A,H_CODE2
                ANL     A,#0FH
                MOV     H_CODE2,A
NUMBER2:        CLR     RI
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JNB     RI,$
                MOV     A,SBUF
                MOV     H_CODE3,A
                CLR     C
                MOV     A,#9
                SUBB    A,H_CODE3
                JC      NUMBER3
                MOV     A,H_CODE3
                ANL     A,#0FH
                MOV     H_CODE3,A
NUMBER3:        CLR     RI
                JNB     RI,$
                MOV     A,SBUF
                MOV     HEX_DATA,A
                LCALL   HEX_DEC
                MOV     DATA_TEMP1,DEC_DATA
                CLR     RI
                JNB     RI,$
                MOV     A,SBUF
                MOV     HEX_DATA,A
                LCALL   HEX_DEC
                MOV     DATA_TEMP2,DEC_DATA
                CLR     RI
SAVE_OK1:       MOV     A,COUNT_SAVE
                CJNE    A,#00H,SAVE_PLACE00
                LJMP    SAVE_REPLACE22
SAVE_PLACE00:   LCALL   CHECK_REPLACE1
                MOV     A,CHK_REP
                CJNE    A,#00H,SAVE_REPLACE11
                LCALL   SHOW_VALUE
                RET
SAVE_REPLACE11: CJNE    A,#01H,SAVE_REPLACE22
                PUSH    COUNT_SAVE
                MOV     COUNT_SAVE,REP_ID
                LCALL   CHK_PROGRAM
                POP     COUNT_SAVE
                LJMP    SAVE_DA11
SAVE_REPLACE22: INC     COUNT_SAVE
                LCALL   CHK_PROGRAM
SAVE_DA11:      MOV     A,ID_SAVE
                MOVX    @DPTR,A
                INC     DPTR
                MOV     A,H_CODE1
                MOVX    @DPTR,A
                INC     DPTR
                MOV     A,H_CODE2
                MOVX    @DPTR,A
                INC     DPTR
                MOV     A,H_CODE3
                MOVX    @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                INC         DPTR
                MOV         A,DATA_TEMP1
                MOVX        @DPTR,A
                INC         DPTR
                MOV         A,DATA_TEMP2
                MOVX        @DPTR,A
                MOV         ID_SAVE,#00H
                MOV         CHK_FUNC,#0FH
                LCALL       SHOW_VALUE
                RET

;*************************SCAN DATA FOR SAVE ************************************;
CHECK_REPLACE1: MOV         R5,#01H
CHK_PR222:      PUSH        COUNT_SAVE
                MOV         COUNT_SAVE,R5
                LCALL       CHK_PROGRAM
                POP         COUNT_SAVE
                MOVX        A,@DPTR
                MOV         ID_SE,A
                CJNE        A,ID_SAVE,NO_REP1
                INC         DPTR
                MOVX        A,@DPTR
                CJNE        A,H_CODE1,NO_REP1
                INC         DPTR
                MOVX        A,@DPTR
                CJNE        A,H_CODE2,NO_REP1
                INC         DPTR
                MOVX        A,@DPTR
                CJNE        A,H_CODE3,NO_REP1
                INC         DPTR
                MOVX        A,@DPTR
                MOV         HP_TEMP,A
                INC         DPTR
                MOVX        A,@DPTR
                MOV         LP_TEMP,A
                MOV         ID_SEARCH,#00H
                MOV         CHK_FUNC,#0FH
                LCALL       LCD_CLR
                MOV         LCD_ADDR,#00H
                LCALL       SET_ADDR_LCD
                MOV         DPTR,#REPLACE2
                LCALL       WRLINE_LCD
                LCALL       FOUND_SHOW
                MOV         CHK_REP,#01H
                MOV         REP_ID,R5
                RET
NO_REP1:        MOV         A,R5
                CJNE        A,COUNT_SAVE,INC_PRO222
                MOV         CHK_REP,#02H
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
INC_PRO222:     INC     R5
                LJMP    CHK_PR222

;*****************************************SEND POSITION*****************************************;
SEND_POSITION:  LCALL   DELAY_100MS
                MOV     DEC_DATA,LP_TRUE
                LCALL   DEC_HEX
                MOV     A,HEX_DATA
                MOV     SBUF,A
                JNB     TI,$
                CLR     TI
                LCALL   DELAY_100MS
                MOV     DEC_DATA,HP_TRUE
                LCALL   DEC_HEX
                MOV     A,HEX_DATA
                MOV     SBUF,A
                JNB     TI,$
                CLR     TI
                LCALL   DELAY_100MS
                RET

;*****************************************HOME MODE*****************************************;
M_HOME:         LCALL   LCD_CLR
                MOV     LCD_ADDR,#40H
                LCALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#HOME1
                LCALL   WRLINE_LCD
HOME_ESC:       LCALL   SCAN
                CJNE    R3,#0E7H,HOME_ENT
H_BOUND201:     LCALL   SCAN
                LCALL   DELAY_100MS
                CJNE    R3,#0FFH,H_BOUND201
                LCALL   SHOW_VALUE
                RET
HOME_ENT:       CJNE    R3,#77H,HOME_ESC
H_BOUND :       LCALL   SCAN
                LCALL   DELAY_100MS
                CJNE    R3,#0FFH,H_BOUND1
HOME_T1:        MOV     R4,DATA_STEP
HOME_T2:        PUSH    ACC
                MOV     A,P1
                ANL     A,#0F0H
                ORL     A,R4
                MOV     P1,A
                POP     ACC
                MOV     A,R4
                LCALL   DELAY_10MS
                LCALL   DELAY_10MS
                MOV     C,ACC.3
                RLC     A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR     C
                ANL     A,#1FH
                CJNE    A,#18H,HOME_T3
                MOV     R4,09H
                LJMP    HOME_T2
HOME_T3:        MOV     R4,A
                MOV     DATA_STEP,R4
                JB      P1.4,HOME_T1
                MOV     LP_TRUE,#00H
                MOV     HP_TRUE,#00H
                LCALL   SHOW_VALUE
                LCALL   SBACK_UP
                MOV     A,P1
                ANL     A,#0F0H
                MOV     P1,A
                RET

;**********************************COM HOME**********************************;
COM_HOME:       LCALL   DELAY_100MS
                LCALL   LCD_CLR
                MOV     LCD_ADDR,#40H
                LCALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#HOME1
                LCALL   WRLINE_LCD
HOME_C1:        MOV     R4,DATA_STEP
HOME_C2:        PUSH    ACC
                MOV     A,P1
                ANL     A,#0F0H
                ORL     A,R4
                MOV     P1,A
                POP     ACC
                MOV     A,R4
                LCALL   DELAY_10MS
                LCALL   DELAY_10MS
                MOV     C,ACC.3
                RLC     A
                CLR     C
                ANL     A,#1FH
                CJNE    A,#18H,HOME_C3
                MOV     R4,09H
                LJMP    HOME_C2
HOME_C3:        MOV     R4,A
                MOV     DATA_STEP,R4
                JB      P1.4,HOME_C1
                MOV     LP_TRUE,#00H
                MOV     HP_TRUE,#00H
                LCALL   SHOW_VALUE
                LCALL   SBACK_UP
                MOV     A,P1
                ANL     A,#0F0H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     P1,A
                RET

;**********RECIEVE DATA FROM COMPUTER**********;
COM_POSITION:   MOV     LP_OLD,LP_TRUE
                MOV     HP_OLD,HP_TRUE
                JNB     RI,$
                MOV     A,SBUF
                MOV     HP_TRUE,A
                CLR     RI
                JNB     RI,$
                MOV     A,SBUF
                MOV     LP_TRUE,A
                CLR     RI
                MOV     HEX_DATA,HP_TRUE
                LCALL   HEX_DEC
                MOV     HP_TRUE,DEC_DATA
                MOV     HEX_DATA,LP_TRUE
                LCALL   HEX_DEC
                MOV     LP_TRUE,DEC_DATA
                LCALL   SHOW_VALUE
                RET

;**********COM SEARCH**********;
COM_SEARCH:     JNB     RI,$
                MOV     A,SBUF
                MOV     C_CODE,A
                CLR     RI
                JNB     RI,$
                MOV     A,SBUF
                MOV     H_CODE1,A
                CLR     RI
                JNB     RI,$
                MOV     A,SBUF
                MOV     H_CODE2,A
                CLR     RI
                JNB     RI,$
                MOV     A,SBUF
                MOV     H_CODE3,A
                CLR     RI
                MOV     R5,#01H
S_PR2:          MOV     COUNT_ID,R5
                PUSH    COUNT_SAVE
                MOV     COUNT_SAVE,R5
                LCALL   CHK_PROGRAM
                POP     COUNT_SAVE
                MOVX    A,@DPTR
                MOV     ID_SE,A
                CJNE    A,ID_SEARCH,S_PROGRAM1
                INC     DPTR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,H_CODE1,S_PROGRAM1
                INC     DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,H_CODE2,S_PROGRAM1
                INC     DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,H_CODE3,S_PROGRAM1
                INC     DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                MOV     HP_TEMP,A
                INC     DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                MOV     LP_TEMP,A
                MOV     ID_SEARCH,#00H
                MOV     CHK_FUNC,#0FH
                LCALL   LCD_CLR
                MOV     LCD_ADDR,#00H
                LCALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#FOUND1
                LCALL   WRLINE_LCD
                LCALL   FOUND_SHOW
                CLR     TI
                MOV     A,#'1'
                MOV     SBUF,A
                CLR     TI
                RET
S_PROGRAM1:     MOV     A,R5
                CJNE    A,COUNT_SAVE,S_PRO1
                LJMP    NOT_FOUND1
S_PRO1:         INC     R5
                LJMP    S_PR2
NOT_FOUND1:     LCALL   LCD_CLR
                MOV     LCD_ADDR,#40H
                LCALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#NOT_F
                LCALL   WRLINE_LCD
                LCALL   DELAY_1S
                MOV     ID_SEARCH,#00H
                MOV     CHK_FUNC,#0FH
                LCALL   SHOW_VALUE
                CLR     TI
                MOV     A,#'2'
                MOV     SBUF,A
                CLR     TI
                RET

;**********CALCULATE POSITION**********;
CALC_DATA:      MOV     A,HP_OLD
                CJNE    A,HP_TRUE,TRUE_MAX2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    MOV     A,LP_OLD
                    CJNE    A,LP_TRUE,TRUE01
                    RET
TRUE01:             MOV     A,LP_OLD
                    SUBB    A,LP_TRUE
                    JC      TRUE_MAX1
TRUE_MAX3:          LCALL   STEP_L
                    RET
TRUE_MAX1:          LCALL   STEP_R
                    RET
TRUE_MAX2:          CLR     C
                    MOV     A,HP_OLD
                    SUBB    A,HP_TRUE
                    JC      TRUE_MAX1
                    LJMP    TRUE_MAX3

;**********************************BACK UP**********************************;
SBACK_UP:           MOV     DPTR,#BCOUNT_SAVE
                    MOV     A,COUNT_SAVE
                    MOVX    @DPTR,A
                    MOV     DPTR,#BHP_TRUE
                    MOV     A,HP_TRUE
                    MOVX    @DPTR,A
                    MOV     DPTR,#BLP_TRUE
                    MOV     A,LP_TRUE
                    MOVX    @DPTR,A
                    MOV     DPTR,#B_SAVE
                    MOV     A,#10
                    MOVX    @DPTR,A
                    RET
LBACK_UP:           MOV     DPTR,#BCOUNT_SAVE
                    MOVX    A,@DPTR
                    MOV     COUNT_SAVE,A
                    MOV     DPTR,#BHP_TRUE
                    MOVX    A,@DPTR
                    MOV     HP_TRUE,A
                    MOV     DPTR,#BLP_TRUE
                    MOVX    A,@DPTR
                    MOV     LP_TRUE,A
                    MOV     DPTR,#B_SAVE
                    MOVX    A,@DPTR
                    MOV     B_SAVE1,A
                    RET

;*********************************DRIVE STEPPING*********************************;
STEP_L:             MOV     HIGH_DEC,HP_TRUE
                    MOV     LOW_DEC,LP_TRUE
                    LCALL   DEC_HEX16
                    MOV     TRUE_L,LOW_HEX
                    MOV     TRUE_H,HIGH_HEX
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     HIGH_DEC,HP_OLD
                MOV     LOW_DEC,LP_OLD
                LCALL   DEC_HEX16
                MOV     OLD_L,LOW_HEX
                MOV     OLD_H,HIGH_HEX
STEP7:          MOV     R1,#10
                MOV     R4,DATA_STEP
STEP1:          PUSH    ACC
                MOV     A,P1
                ANL     A,#0F0H
                ORL     A,R4
                MOV     P1,A
                POP     ACC
                MOV     A,R4
                LCALL   DELAY_10MS
                LCALL   DELAY_10MS
                MOV     C,ACC.3
                RLC     A
                CLR     C
                CJNE    A,#18H,STEP2
                MOV     R4,09H
                LJMP    STEP3
STEP2:          MOV     R4,A
                MOV     DATA_STEP,R4
STEP3:          DJNZ    R1,STEP1
                INC     TRUE_L
                MOV     A,TRUE_L
                CJNE    A,OLD_L,STEP5
                MOV     A,TRUE_H
                CJNE    A,OLD_H,STEP5
                MOV     A,P1
                ANL     A,#0F0H
                MOV     P1,A
                RET
STEP5:          MOV     A,TRUE_L
                CJNE    A,#00H,STEP7
                MOV     A,TRUE_H
                CJNE    A,OLD_H,STEP8
                LJMP    STEP7
STEP8:          INC     TRUE_H
                LJMP    STEP7
STEP_R:         MOV     HIGH_DEC,HP_TRUE
                MOV     LOW_DEC,LP_TRUE
                LCALL   DEC_HEX16
                MOV     TRUE_L,LOW_HEX
                MOV     TRUE_H,HIGH_HEX
                MOV     HIGH_DEC,HP_OLD
                MOV     LOW_DEC,LP_OLD
                LCALL   DEC_HEX16
                MOV     OLD_L,LOW_HEX
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    MOV     OLD_H,HIGH_HEX
STEP70:             MOV     R1,#10
                    MOV     R4,DATA_STEP
STEP10:             PUSH    ACC
                    MOV     A,P1
                    ANL     A,#0F0H
                    ORL     A,R4
                    MOV     P1,A
                    POP     ACC
                    MOV     A,R4
                    LCALL   DELAY_10MS
                    LCALL   DELAY_10MS
                    RRC     A
                    MOV     ACC.3,C
                    CLR     C
                    ANL     A,#0FH
STEP20:             MOV     R4,A
                    MOV     DATA_STEP,R4
STEP30:             DJNZ    R1,STEP10
                    INC     OLD_L
                    MOV     A,OLD_L
                    CJNE    A,TRUE_L,STEP50
                    MOV     A,OLD_H
                    CJNE    A,TRUE_H,STEP50
                    MOV     A,P1
                    ANL     A,#0F0H
                    MOV     P1,A
                    RET
STEP50:             MOV     A,OLD_L
                    CJNE    A,#00H,STEP70
                    MOV     A,OLD_H
                    CJNE    A,TRUE_H,STEP80
                    LJMP    STEP70
STEP80:             INC     OLD_H
                    LJMP    STEP70

;**************************************SEARCH MODE**************************************;
SEARCH_MODE:        MOV     LCD_ADDR,#00H
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     DPTR,#SEARCH1
                    LCALL   WRLINE_LCD
                    MOV     LCD_ADDR,#40H
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     DPTR,#SAVE1
                    LCALL   WRLINE_LCD
SCAN_SEARCH:        MOV     LCD_ADDR,CHK_FUNC
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    LCALL   LCD_BLINK
                    LCALL   SCAN
                    CJNE    R3,#7EH,MODE2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
BOUND301:       LCALL   SCAN
                LCALL   DELAY_100MS
                CJNE    R3,#0FFH,BOUND301
                MOV     CHK_FUNC,#0FH
                LJMP    SCAN_SEARCH
MODE2:          CJNE    R3,#7DH,SEARCH_ESC
BOUND302:       LCALL   SCAN
                LCALL   DELAY_100MS
                CJNE    R3,#0FFH,BOUND302
                MOV     CHK_FUNC,#4FH
                LJMP    SCAN_SEARCH
SEARCH_ESC:     CJNE    R3,#0E7H,SEARCH_END
S_BOUND11:      LCALL   SCAN
                LCALL   DELAY_100MS
                CJNE    R3,#0FFH,S_BOUND11
                LCALL   SHOW_VALUE
                RET
SEARCH_END:     CJNE    R3,#77H,SCAN_SEARCH
BOUND303:       LCALL   SCAN
                LCALL   DELAY_100MS
                CJNE    R3,#0FFH,BOUND303
                MOV     A,CHK_FUNC
                CJNE    A,#0FH,SCAN_SAVE
                MOV     A,COUNT_SAVE
                CJNE    A,#00H,P_SEARCH
                LJMP    NO_SEARCH
P_SEARCH:       LCALL   SEARCH_DATA
                MOV     CHK_SHIFT,#00H
                MOV     ID_SEARCH,#00H
                MOV     CHK_FUNC1,#0FH
                MOV     CHK_FUNC3,#0FH
                MOV     CHK_FUNC,#0FH
                RET
NO_SEARCH       LCALL   LCD_CLR
                MOV     LCD_ADDR,#40H
                LCALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#NO_MEM
                LCALL   WRLINE_LCD
                LCALL   DELAY_1S
                LCALL   DELAY_1S
                MOV     CHK_SHIFT,#00H
                MOV     ID_SAVE,#00H
                MOV     CHK_FUNC1,#0FH
                MOV     CHK_FUNC3,#0FH
                MOV     CHK_FUNC,#0FH
                RET
SCAN_SAVE:      MOV     A,COUNT_SAVE
                CJNE    A,#21,P_SAVE
                LJMP    NO_SAVE
P_SAVE:         LCALL   SAVE_DATA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     CHK_SHIFT,#00H
                MOV     ID_SAVE,#00H
                MOV     CHK_FUNC1,#0FH
                MOV     CHK_FUNC3,#0FH
                MOV     CHK_FUNC,#0FH
                RET
NO_SAVE:        LCALL   LCD_CLR
                MOV     LCD_ADDR,#40H
                LCALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#MEM_EMPTY
                LCALL   WRLINE_LCD
                LCALL   DELAY_1S
                LCALL   DELAY_1S
                MOV     CHK_SHIFT,#00H
                MOV     ID_SAVE,#00H
                MOV     CHK_FUNC1,#0FH
                MOV     CHK_FUNC3,#0FH
                MOV     CHK_FUNC,#0FH
                RET

;*********************************SEARCH DATA*********************************;
SEARCH_DATA:    MOV     CHK_SHIFT,#00H
                MOV     LCD_ADDR,#00H
                CALL    SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#SEARCH2
                LCALL   WRLINE_LCD
                MOV     LCD_ADDR,#40H
                CALL    SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#SAVE2
                LCALL   WRLINE_LCD
SCAN_SEARCH1:   MOV     LCD_ADDR,CHK_FUNC1
                CALL    SET_ADDR_LCD
                LCALL   LCD_BLINK
                LCALL   SCAN
                CJNE    R3,#7EH,MODE21
BOUND401:       LCALL   SCAN
                LCALL   DELAY_100MS
                CJNE    R3,#0FFH,BOUND401
                MOV     CHK_FUNC1,#0FH
                MOV     ID_SEARCH,#00H
                LJMP    SCAN_SEARCH1
MODE21:         CJNE    R3,#7DH,SEARCH_END1
BOUND402:       LCALL   SCAN
                LCALL   DELAY_100MS
                CJNE    R3,#0FFH,BOUND402
                MOV     CHK_FUNC1,#4FH
                MOV     ID_SEARCH,#40H
                LJMP    SCAN_SEARCH1
SEARCH_END1:    CJNE    R3,#77H,SCAN_SEARCH1
BOUND403:       LCALL   SCAN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    LCALL   DELAY_100MS
                    CJNE    R3,#0FFH,BOUND403
                    MOV     LCD_ADDR,#0FH
                    LCALL   SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,#' '
                    LCALL   WRCHAR_LCD
SEARCH_SCAN10:      LCALL   SCAN
                    CJNE    R3,#0FFH,DATA_SEARCH1
                    LJMP    SEARCH_SCAN10
DATA_SEARCH1:       CJNE    R3,#7BH,DATA_SEARCH2
BOUND702:           LCALL   SCAN
                    LCALL   DELAY_100MS
                    CJNE    R3,#0FFH,BOUND702
                    MOV     FLAG,CHK_SHIFT
                    CPL     FLAG.0
                    MOV     CHK_SHIFT,FLAG
                    LJMP    SEARCH_SCAN10
DATA_SEARCH2:       LCALL   KEY
                    MOV     H_CODE1,DATA
BOUND701:           LCALL   SCAN
                    LCALL   DELAY_100MS
                    CJNE    R3,#0FFH,BOUND701
                    MOV     A,DATA
                    CJNE    A,#0FFH,SEARCH_SCAN0
                    LJMP    SEARCH_SCAN10
SEARCH_SCAN0        MOV     A,CHK_SHIFT
                    CJNE    A,#00H,DATA_SHIFT11
                    MOV     ASCII_DATA,DATA
                    LCALL   ASCII
                    MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA
                    LJMP    DATA_TRUE1
DATA_SHIFT11:       MOV     LCD_DATA,DATA
DATA_TRUE1:         MOV     A,#02H
                    ADD     A,ID_SEARCH
                    MOV     LCD_ADDR,A
                    LCALL   SET_ADDR_LCD
                    LCALL   WRCHAR_LCD
SEARCH_SCAN20:      LCALL   SCAN
                    CJNE    R3,#0FFH,DATA_SEARCH21
                    LJMP    SEARCH_SCAN20
DATA_SEARCH21:      CJNE    R3,#7BH,DATA_SEARCH20
BOUND703:           LCALL   SCAN
                    LCALL   DELAY_100MS
                    CJNE    R3,#0FFH,BOUND703
                    MOV     FLAG,CHK_SHIFT
                    CPL     FLAG.0
                    MOV     CHK_SHIFT,FLAG
                    LJMP    SEARCH_SCAN20
DATA_SEARCH20:      LCALL    KEY
                    MOV     H_CODE2,DATA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
BOUND704:       LCALL   SCAN
                LCALL   DELAY_100MS
                CJNE    R3,#0FFH,BOUND704
                MOV     A,DATA
                CJNE    A,#0FFH,SEARCH_SCAN00
                LJMP    SEARCH_SCAN20
SEARCH_SCAN00:  MOV     A,CHK_SHIFT
                CJNE    A,#00H,DATA_SHIFT22
                MOV     ASCII_DATA,DATA
                LCALL   ASCII
                MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA
                LJMP    DATA_TRUE2
DATA_SHIFT22:   MOV     LCD_DATA,DATA
DATA_TRUE2:     MOV     A,#03H
                ADD     A,ID_SEARCH
                MOV     LCD_ADDR,A
                LCALL   SET_ADDR_LCD
                LCALL   WRCHAR_LCD
SEARCH_SCAN30:  LCALL   SCAN
                CJNE    R3,#0FFH,DATA_SEARCH31
                LJMP    SEARCH_SCAN30
DATA_SEARCH31:  CJNE    R3,#7BH,DATA_SEARCH30
BOUND705:       LCALL   SCAN
                LCALL   DELAY_100MS
                CJNE    R3,#0FFH,BOUND705
                MOV     FLAG,CHK_SHIFT
                CPL     FLAG.0
                MOV     CHK_SHIFT,FLAG
                LJMP    SEARCH_SCAN30
DATA_SEARCH30:  LCALL   KEY
                MOV     H_CODE3,DATA
BOUND706:       LCALL   SCAN
                LCALL   DELAY_100MS
                CJNE    R3,#0FFH,BOUND706
                MOV     A,DATA
                CJNE    A,#0FFH,SEARCH_SCAN000
                LJMP    SEARCH_SCAN30
SEARCH_SCAN000: MOV     A,CHK_SHIFT
                CJNE    A,#00H,DATA_SHIFT33
                MOV     ASCII_DATA,DATA
                LCALL   ASCII
                MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA
                LJMP    DATA_TRUE3
DATA_SHIFT33:   MOV     LCD_DATA,DATA
DATA_TRUE3:     MOV     A,#04H
                ADD     A,ID_SEARCH
                MOV     LCD_ADDR,A
                LCALL   SET_ADDR_LCD
                LCALL   WRCHAR_LCD
E_SEARCH:       LCALL   SCAN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CJNE    R3,#77H,E_SEARCH
B_BOUND:        LCALL   SCAN
                LCALL   DELAY_100MS
                CJNE    R3,#0FFH,B_BOUND
                MOV     R5,#01H
CHK_PR2:        MOV     COUNT_ID,R5
                PUSH    COUNT_SAVE
                MOV     COUNT_SAVE,R5
                LCALL   CHK_PROGRAM
                POP     COUNT_SAVE
                MOVX    A,@DPTR
                MOV     ID_SE,A
                CJNE    A,ID_SEARCH,INC_PROGRAM1
                INC     DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,H_CODE1,INC_PROGRAM1
                INC     DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,H_CODE2,INC_PROGRAM1
                INC     DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,H_CODE3,INC_PROGRAM1
                INC     DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                MOV     HP_TEMP,A
                INC     DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                MOV     LP_TEMP,A
                MOV     ID_SEARCH,#00H
                MOV     CHK_FUNC,#0FH
                LCALL   LCD_CLR
                MOV     LCD_ADDR,#00H
                LCALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#FOUND1
                LCALL   WRLINE_LCD
                LCALL   FOUND_SHOW
X_SEARCH1:      LCALL   SCAN
                CJNE    R3,#0E7H,SEARCH_DEL
S_BOUND1:       LCALL   SCAN
                LCALL   DELAY_100MS
                CJNE    R3,#0FFH,S_BOUND1
                LCALL   SHOW_VALUE
                RET
SEARCH_ENT2:    LJMP    SEARCH_ENT1
INC_PROGRAM1:   LJMP    INC_PROGRAM
SEARCH_DEL:     CJNE    R3,#0EDH,SEARCH_ENT2
D_BOUND1:       LCALL   SCAN
                LCALL   DELAY_100MS
                CJNE    R3,#0FFH,D_BOUND1
                MOV     LCD_ADDR,#00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    LCALL   SET_ADDR_LCD
                    MOV     DPTR,#DELETE1
                    LCALL   WRLINE_LCD
WAIT_DEL:           LCALL   SCAN
                    CJNE    R3,#077H,DEL_ESC
DE_BOUND:           LCALL   SCAN
                    LCALL   DELAY_100MS
                    CJNE    R3,#0FFH,DE_BOUND
                    LCALL   LCD_CLR
                    MOV     LCD_ADDR,#40H
                    LCALL   SET_ADDR_LCD
                    MOV     DPTR,#DELETE2
                    LCALL   WRLINE_LCD
                    LCALL   DELAY_1S
                    LCALL   DELAY_1S

;**********************************DELETE**********************************;
SUB_DEL4:           MOV     A,COUNT_ID
                    CJNE    A,COUNT_SAVE,SUB_DEL3
                    DEC     COUNT_SAVE
                    LCALL   SHOW_VALUE
                    RET
SUB_DEL3:           MOV     A,COUNT_ID
                    ADD     A,#01
                    PUSH    COUNT_SAVE
                    MOV     COUNT_SAVE,A
                    LCALL   CHK_PROGRAM
                    POP     COUNT_SAVE
                    MOV     R0,#60H
SUB_DEL1:           LCALL   DELAY_10MS
                    MOVX    A,@DPTR
                    MOV     @R0,A
                    INC     R0
                    INC     DPTR
                    CJNE    R0,#66H,SUB_DEL1
                    PUSH    COUNT_SAVE
                    MOV     COUNT_SAVE,COUNT_ID
                    LCALL   CHK_PROGRAM
                    POP     COUNT_SAVE
                    MOV     R0,#60H
SUB_DEL2:           LCALL   DELAY_10MS
                    MOV     A,@R0
                    MOVX    @DPTR,A
                    INC     R0
                    INC     DPTR
                    CJNE    R0,#66H,SUB_DEL2
                    INC     COUNT_ID
                    LJMP    SUB_DEL4
DEL_ESC:            CJNE    R3,#0E7H,WAIT_DEL
ES_BOUND:           LCALL   SCAN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    LCALL   DELAY_100MS
                    CJNE    R3,#0FFH,ES_BOUND
                    RET
X_SEARCH2:          LJMP    X_SEARCH1
SEARCH_ENT1:        CJNE    R3,#77H,X_SEARCH2
S_BOUND2:           LCALL   SCAN
                    LCALL   DELAY_100MS
                    CJNE    R3,#0FFH,S_BOUND2
                    MOV     LP_OLD,LP_TRUE
                    MOV     HP_OLD,HP_TRUE
                    MOV     LP_TRUE,LP_TEMP
                    MOV     HP_TRUE,HP_TEMP
                    LCALL   SHOW_VALUE
                    LCALL   CALC_DATA
                    RET
INC_PROGRAM:        MOV     A,R5
                    CJNE    A,COUNT_SAVE,INC_PRO1
                    LJMP    NOT_FOUND
INC_PRO1:           INC     R5
                    LJMP    CHK_PR2
NOT_FOUND:          LCALL   LCD_CLR
                    MOV     LCD_ADDR,#40H
                    LCALL   SET_ADDR_LCD
                    MOV     DPTR,#NOT_F
                    LCALL   WRLINE_LCD
                    LCALL   DELAY_1S
                    MOV     ID_SEARCH,#00H
                    MOV     CHK_FUNC,#0FH
                    LCALL   SHOW_VALUE
                    RET

;*********************************SAVE DATA*********************************;
SAVE_DATA:          MOV     CHK_FUNC3,#0FH
                    MOV     LCD_ADDR,#00H
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     DPTR,#SEARCH3
                    LCALL   WRLINE_LCD
                    MOV     LCD_ADDR,#40H
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     DPTR,#SAVE3
                    LCALL   WRLINE_LCD
SCAN_SEARCH2:       MOV     LCD_ADDR,CHK_FUNC3
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    LCALL   LCD_BLINK
                    LCALL   SCAN
                    CJNE    R3,#7EH,MODE22
BOUND501:           LCALL   SCAN
                    LCALL   DELAY_100MS
                    CJNE    R3,#0FFH,BOUND501
                    MOV     CHK_FUNC3,#0FH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    MOV     ID_SAVE,#00H
                    LJMP    SCAN_SEARCH2
MODE22:             CJNE    R3,#7DH,SEARCH_END2
BOUND502:           LCALL   SCAN
                    LCALL   DELAY_100MS
                    CJNE    R3,#0FFH,BOUND502
                    MOV     CHK_FUNC3,#4FH
                    MOV     ID_SAVE,#40H
                    LJMP    SCAN_SEARCH2
SEARCH_END2:        CJNE    R3,#77H,SCAN_SEARCH2
BOUND503:           LCALL   SCAN
                    LCALL   DELAY_100MS
                    CJNE    R3,#0FFH,BOUND503
                    MOV     LCD_ADDR,#0FH
                    LCALL   SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,#' '
                    LCALL   WRCHAR_LCD
SAVE_SCAN10:        LCALL   SCAN
                    CJNE    R3,#0FFH,DATA_SAVE1
                    LJMP    SAVE_SCAN10
DATA_SAVE1:         CJNE    R3,#7BH,DATA_SAVE2
BOUND712:           LCALL   SCAN
                    LCALL   DELAY_100MS
                    CJNE    R3,#0FFH,BOUND712
                    MOV     FLAG,CHK_SHIFT
                    CPL     FLAG.0
                    MOV     CHK_SHIFT,FLAG
                    LJMP    SAVE_SCAN10
DATA_SAVE2:         LCALL   KEY
BOUND711:           LCALL   SCAN
                    LCALL   DELAY_100MS
                    CJNE    R3,#0FFH,BOUND711
                    MOV     A,DATA
                    CJNE    A,#0FFH,SAVE_SCAN0
                    LJMP    SAVE_SCAN10
SAVE_SCAN0:         MOV     H_CODE1,DATA
                    MOV     A,CHK_SHIFT
                    CJNE    A,#00H,DATA_SHIFT111
                    MOV     ASCII_DATA,DATA
                    LCALL   ASCII
                    MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA
                    LJMP    DATA_TRUE11
DATA_SHIFT111:      MOV     LCD_DATA,DATA
DATA_TRUE11:        MOV     A,#02H
                    ADD     A,ID_SAVE
                    MOV     LCD_ADDR,A
                    LCALL   SET_ADDR_LCD
                    LCALL   WRCHAR_LCD
SAVE_SCAN20:        LCALL   SCAN
                    CJNE    R3,#0FFH,DATA_SAVE21
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    LJMP    SAVE_SCAN20
DATA_SAVE21:        CJNE    R3,#7BH,DATA_SAVE20
BOUND713:           LCALL   SCAN
                    LCALL   DELAY_100MS
                    CJNE    R3,#0FFH,BOUND713
                    MOV     FLAG,CHK_SHIFT
                    CPL     FLAG.0
                    MOV     CHK_SHIFT,FLAG
                    LJMP    SAVE_SCAN20
DATA_SAVE20:        LCALL   KEY
BOUND714:           LCALL   SCAN
                    LCALL   DELAY_100MS
                    CJNE    R3,#0FFH,BOUND714
                    MOV     A,DATA
                    CJNE    A,#0FFH,SAVE_SCAN00
                    LJMP    SAVE_SCAN20
SAVE_SCAN00:        MOV     H_CODE2,DATA
                    MOV     A,CHK_SHIFT
                    CJNE    A,#00H,DATA_SHIFT222
                    MOV     ASCII_DATA,DATA
                    LCALL   ASCII
                    MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA
                    LJMP    DATA_TRUE22
DATA_SHIFT222:      MOV     LCD_DATA,DATA
DATA_TRUE22:        MOV     A,#03H
                    ADD     A,ID_SAVE
                    MOV     LCD_ADDR,A
                    LCALL   SET_ADDR_LCD
                    LCALL   WRCHAR_LCD
SAVE_SCAN30:        LCALL   SCAN
                    CJNE    R3,#0FFH,DATA_SAVE31
                    LJMP    SAVE_SCAN30
DATA_SAVE31:        CJNE    R3,#7BH,DATA_SAVE30
BOUND715:           LCALL   SCAN
                    LCALL   DELAY_100MS
                    CJNE    R3,#0FFH,BOUND715
                    MOV     FLAG,CHK_SHIFT
                    CPL     FLAG.0
                    MOV     CHK_SHIFT,FLAG
                    LJMP    SAVE_SCAN30
DATA_SAVE30:        LCALL   KEY
BOUND716:           LCALL   SCAN
                    LCALL   DELAY_100MS
                    CJNE    R3,#0FFH,BOUND716
                    MOV     A,DATA
                    CJNE    A,#0FFH,SAVE_SCAN000
                    LJMP    SAVE_SCAN30
SAVE_SCAN000:       MOV     H_CODE3,DATA
                    MOV     A,CHK_SHIFT
                    CJNE    A,#00H,DATA_SHIFT333
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    MOV     ASCII_DATA,DATA
                    LCALL   ASCII
                    MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA
                    LJMP    DATA_TRUE33
DATA_SHIFT333:      MOV     LCD_DATA,DATA
DATA_TRUE33:        MOV     A,#04H
                    ADD     A,ID_SAVE
                    MOV     LCD_ADDR,A
                    LCALL   SET_ADDR_LCD
                    LCALL   WRCHAR_LCD
                    MOV     CHK_SHIFT,#00H
                    SAVE_P1:LCALL   SCAN
                    CJNE    R3,#0FFH,SAVE_PO1
                    LJMP    SAVE_P1
SAVE_PO1:           LCALL   KEY
                    MOV     DATA_TEMP1,DATA
A_BOUND1:           LCALL   SCAN
                    LCALL   DELAY_100MS
                    CJNE    R3,#0FFH,A_BOUND1
                    MOV     A,DATA
                    CJNE    A,#0FFH,P01_OK
                    LJMP    SAVE_P1
P01_OK:             MOV     A,#07
                    ADD     A,ID_SAVE
                    MOV     LCD_ADDR,A
                    LCALL   SET_ADDR_LCD
                    MOV     ASCII_DATA,DATA
                    LCALL   ASCII
                    MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA
                    LCALL   WRCHAR_LCD
SAVE_P2:            LCALL   SCAN
                    CJNE    R3,#0FFH,SAVE_PO2
                    LJMP    SAVE_P2
SAVE_PO2:           LCALL   KEY
                    MOV     DATA_TEMP2,DATA
A_BOUND2:           LCALL   SCAN
                    LCALL   DELAY_100MS
                    CJNE    R3,#0FFH,A_BOUND2
                    MOV     A,DATA
                    CJNE    A,#0FFH,P02_OK
                    LJMP    SAVE_P2
P02_OK:             MOV     A,#08
                    ADD     A,ID_SAVE
                    MOV     LCD_ADDR,A
                    LCALL   SET_ADDR_LCD
                    MOV     ASCII_DATA,DATA
                    LCALL   ASCII
                    MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA
                    LCALL   WRCHAR_LCD
SAVE_P3:            LCALL   SCAN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CJNE    R3,#0FFH,SAVE_PO3
                LJMP    SAVE_P3
SAVE_PO3:       LCALL   KEY
                MOV     DATA_TEMP3,DATA
A_BOUND3:       LCALL   SCAN
                LCALL   DELAY_100MS
                CJNE    R3,#0FFH,A_BOUND3
                MOV     A,DATA
                CJNE    A,#0FFH,P03_OK
                LJMP    SAVE_P3
P03_OK:         MOV     A,#09
                ADD     A,ID_SAVE
                MOV     LCD_ADDR,A
                LCALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     ASCII_DATA,DATA
                LCALL   ASCII
                MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA
                LCALL   WRCHAR_LCD
ENTER_R1:       LCALL   SCAN
                CJNE    R3,#077H,ENTER_R1
A_BOUND4:       LCALL   SCAN
                LCALL   DELAY_100MS
                CJNE    R3,#0FFH,A_BOUND4
                MOV     A,DATA_TEMP1
                CLR     C
                SUBB    A,#04
                JNC     LOOP_SAVE
                MOV     A,DATA_TEMP1
                CJNE    A,#03H,SAVE_SKIP4
                MOV     A,DATA_TEMP2
                CLR     C
                SUBB    A,#06
                JNC     LOOP_SAVE
SAVE_SKIP4:     CJNE    A,#06H,SAVE_OK
                MOV     A,DATA_TEMP3
                SUBB    A,#00H
                JNC     LOOP_SAVE
                LJMP    SAVE_OK
LOOP_SAVE:      MOV     A,ID_SAVE
                ADD     A,#07
                MOV     LCD_ADDR,A
                LCALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     LCD_DATA,#' '
                LCALL   WRCHAR_LCD
                MOV     A,ID_SAVE
                ADD     A,#08
                MOV     LCD_ADDR,A
                LCALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     LCD_DATA,#' '
                LCALL   WRCHAR_LCD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    MOV     A,ID_SAVE
                    ADD     A,#09
                    MOV     LCD_ADDR,A
                    LCALL   SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,#' '
                    LCALL   WRCHAR_LCD
                    LJMP    SAVE_P1
SAVE_OK:            MOV     A,COUNT_SAVE
                    CJNE    A,#00H,SAVE_PLACE0
                    LJMP    SAVE_REPLACE2
SAVE_PLACE0:        LCALL   CHECK_REPLACE
                    MOV     A,CHK_REP
                    CJNE    A,#00H,SAVE_REPLACE1
                    LCALL   SHOW_VALUE
                    RET
SAVE_REPLACE1:      CJNE    A,#01H,SAVE_REPLACE2
                    PUSH    COUNT_SAVE
                    MOV     COUNT_SAVE,REP_ID
                    LCALL   CHK_PROGRAM
                    POP     COUNT_SAVE
                    LJMP    SAVE_DA1
SAVE_REPLACE2:      INC     COUNT_SAVE
                    LCALL   CHK_PROGRAM
SAVE_DA1:           MOV     A,ID_SAVE
                    MOVX    @DPTR,A
                    INC     DPTR
                    MOV     A,H_CODE1
                    MOVX    @DPTR,A
                    INC     DPTR
                    MOV     A,H_CODE2
                    MOVX    @DPTR,A
                    INC     DPTR
                    MOV     A,H_CODE3
                    MOVX    @DPTR,A
                    INC     DPTR
                    MOV     A,DATA_TEMP1
                    MOVX    @DPTR,A
                    INC     DPTR
                    MOV     A,DATA_TEMP2
                    SWAP    A
                    ORL     A,DATA_TEMP3
                    MOVX    @DPTR,A
                    LCALL   LCD_CLR
                    MOV     LCD_ADDR,#40H
                    LCALL   SET_ADDR_LCD
                    MOV     DPTR,#SAVING
                    LCALL   WRLINE_LCD
                    LCALL   DELAY_1S
                    MOV     ID_SAVE,#00H
                    MOV     CHK_FUNC,#0FH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        RET

;*****************************SCAN DATA FOR SAVE ****************************;
CHECK_REPLACE:  MOV     R5,#01H
CHK_PR22:       PUSH    COUNT_SAVE
                MOV     COUNT_SAVE,R5
                LCALL   CHK_PROGRAM
                POP     COUNT_SAVE
                MOVX    A,@DPTR
                MOV     ID_SE,A
                CJNE    A,ID_SAVE,NO_REP
                INC     DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,H_CODE1,NO_REP
                INC     DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,H_CODE2,NO_REP
                INC     DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,H_CODE3,NO_REP
                INC     DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                MOV     HP_TEMP,A
                INC     DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                MOV     LP_TEMP,A
                MOV     ID_SEARCH,#00H
                MOV     CHK_FUNC,#0FH
                LCALL   LCD_CLR
                MOV     LCD_ADDR,#00H
                LCALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#REPLACE2
                LCALL   WRLINE_LCD
                LCALL   FOUND_SHOW
REP_ESC:        LCALL   SCAN
                CJNE    R3,#0E7H,REP_ENTER
R_BOUND2:       LCALL   SCAN
                LCALL   DELAY_100MS
                CJNE    R3,#0FFH,R_BOUND2
                MOV     CHK_REP,#00H
                RET
REP_ENTER:      CJNE    R3,#077H,REP_ESC
R_BOUND3:       LCALL   SCAN
                LCALL   DELAY_100MS
                CJNE    R3,#0FFH,R_BOUND3
                MOV     CHK_REP,#01H
                MOV     REP_ID,R5
                RET
NO_REP:         MOV     A,R5
                CJNE    A,COUNT_SAVE,INC_PRO22
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    MOV     CHK_REP,#02H
                    RET
INC_PRO22:          INC     R5
                    LJMP    CHK_PR22

;**********FOUND POSITION SHOW**********:
FOUND_SHOW:         MOV     A,COUNT_ID
                    ANL     A,#0FH
                    MOV     ASCII_DATA,A
                    LCALL   ASCII
                    MOV     LCD_ADDR,#41H
                    LCALL   SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA
                    LCALL   WRCHAR_LCD
                    MOV     A,COUNT_ID
                    SWAP    A
                    ANL     A,#0FH
                    MOV     ASCII_DATA,A
                    LCALL   ASCII
                    MOV     LCD_ADDR,#40H
                    LCALL   SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA
                    LCALL   WRCHAR_LCD
                    MOV     LCD_ADDR,#42H
                    LCALL   SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,#'.'
                    LCALL   WRCHAR_LCD
                    MOV     A,ID_SE
                    CJNE    A,#00H,DIS_E2
                    MOV     LCD_ADDR,#43H
                    LCALL   SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,#'H'
                    LCALL   WRCHAR_LCD
                    MOV     LCD_ADDR,#44H
                    LCALL   SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,#'S'
                    LCALL   WRCHAR_LCD
                    LJMP    DISP_POS
DIS_E2:             MOV     LCD_ADDR,#43H
                    LCALL   SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,#'E'
                    LCALL   WRCHAR_LCD
                    MOV     LCD_ADDR,#44H
                    LCALL   SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,#'2'
                    LCALL   WRCHAR_LCD
DISP_POS:           MOV     ASCII_DATA,H_CODE1
                    MOV     A,H_CODE1
                    CLR     C
                    SUBB    A,#10
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JNC     DIS_NUM1
                MOV     ASCII_DATA,H_CODE1
                LCALL   ASCII
DIS_NUM1:       MOV     LCD_ADDR,#45H
                LCALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA
                LCALL   WRCHAR_LCD
                MOV     ASCII_DATA,H_CODE2
                MOV     A,H_CODE2
                CLR     C
                SUBB    A,#10
                JNC     DIS_NUM2
                MOV     ASCII_DATA,H_CODE2
                LCALL   ASCII
DIS_NUM2:       MOV     LCD_ADDR,#46H
                LCALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA
                LCALL   WRCHAR_LCD
                MOV     ASCII_DATA,H_CODE3
                MOV     A,H_CODE3
                CLR     C
                SUBB    A,#10
                JNC     DIS_NUM3
                MOV     ASCII_DATA,H_CODE3
                LCALL   ASCII
DIS_NUM3:       MOV     LCD_ADDR,#47H
                LCALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA
                LCALL   WRCHAR_LCD
                MOV     ASCII_DATA,HP_TEMP
                LCALL   ASCII
                MOV     LCD_ADDR,#49H
                LCALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA
                LCALL   WRCHAR_LCD
                MOV     A,LP_TEMP
                SWAP    A
                ANL     A,#0FH
                MOV     ASCII_DATA,A
                LCALL   ASCII
                MOV     LCD_ADDR,#4AH
                LCALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA
                LCALL   WRCHAR_LCD
                MOV     A,LP_TEMP
                ANL     A,#0FH
                MOV     ASCII_DATA,A
                LCALL   ASCII
                MOV     LCD_ADDR,#4BH
                LCALL   SET_ADDR_LCD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA
                LCALL   WRCHAR_LCD
                MOV     LCD_ADDR,#4DH
                LCALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     LCD_DATA,#'D'
                LCALL   WRCHAR_LCD
                MOV     LCD_ADDR,#4EH
                LCALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     LCD_DATA,#'e'
                LCALL   WRCHAR_LCD
                MOV     LCD_ADDR,#4FH
                LCALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     LCD_DATA,#'g'
                LCALL   WRCHAR_LCD
                LCALL   DELAY_1S
                RET

;**********************CHECK PROGRAM**********************;
CHK_PROGRAM:    MOV     A,COUNT_SAVE
CHK_PRO1:       CJNE    A,#01,CHK_PRO2
                MOV     DPTR,#PROGRAM1
                RET
CHK_PRO2:       CJNE    A,#02,CHK_PRO3
                MOV     DPTR,#PROGRAM2
                RET
CHK_PRO3:       CJNE    A,#03,CHK_PRO4
                MOV     DPTR,#PROGRAM3
                RET
CHK_PRO4:       CJNE    A,#04,CHK_PRO5
                MOV     DPTR,#PROGRAM4
                RET
CHK_PRO5:       CJNE    A,#05,CHK_PRO6
                MOV     DPTR,#PROGRAM5
                RET
CHK_PRO6:       CJNE    A,#06,CHK_PRO7
                MOV     DPTR,#PROGRAM6
                RET
CHK_PRO7:       CJNE    A,#07,CHK_PRO8
                MOV     DPTR,#PROGRAM7
                RET
CHK_PRO8:       CJNE    A,#08,CHK_PRO9
                MOV     DPTR,#PROGRAM8
                RET
CHK_PRO9:       CJNE    A,#09,CHK_PRO10
                MOV     DPTR,#PROGRAM9
                RET
CHK_PRO10:      CJNE    A,#10,CHK_PRO11
                MOV     DPTR,#PROGRAM10
                RET
CHK_PRO11:      CJNE    A,#11,CHK_PRO12
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    MOV         DPTR,#PROGRAM11
                    RET
CHK_PRO12:          CJNE        A,#12,CHK_PRO13
                    MOV         DPTR,#PROGRAM12
                    RET
CHK_PRO13:          CJNE        A,#13,CHK_PRO14
                    MOV         DPTR,#PROGRAM13
                    RET
CHK_PRO14:          CJNE        A,#14,CHK_PRO15
                    MOV         DPTR,#PROGRAM14
                    RET
CHK_PRO15:          CJNE        A,#15,CHK_PRO16
                    MOV         DPTR,#PROGRAM15
                    RET
CHK_PRO16:          CJNE        A,#11,CHK_PRO17
                    MOV         DPTR,#PROGRAM16
                    RET
CHK_PRO17:          CJNE        A,#12,CHK_PRO18
                    MOV         DPTR,#PROGRAM17
                    RET
CHK_PRO18:          CJNE        A,#13,CHK_PRO19
                    MOV         DPTR,#PROGRAM18
                    RET
CHK_PRO19:          CJNE        A,#14,CHK_PRO20
                    MOV         DPTR,#PROGRAM19
                    RET
CHK_PRO20:          CJNE        A,#14,CHK_PRO21
                    MOV         DPTR,#PROGRAM20
CHK_PRO21:          RET

;*************************************INC POSITION DATA*************************************;
INC_VALUE:          MOV         LP_OLD,LP_TRUE
                    MOV         HP_OLD,HP_TRUE
                    MOV         DEC_DATA,LP_TRUE
                    LCALL       DEC_HEX
                    MOV         A,HEX_DATA
                    CJNE        A,#59,SKIP_INC1
                    MOV         A,HP_TRUE
                    CJNE        A,#03H,SKIP_INC1
                    RET
SKIP_INC1:          INC         HEX_DATA
                    MOV         A,LP_TRUE
                    CJNE        A,#99H,NO_MAX1
                    INC         HP_TRUE
NO_MAX1:            LCALL       HEX_DEC
                    MOV         LP_TRUE,DEC_DATA
                    RET

;*************************************DEC POSITION DATA*************************************;
DEC_VALUE:          MOV         LP_OLD,LP_TRUE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     HP_OLD,HP_TRUE
                MOV     DEC_DATA,LP_TRUE
                LCALL   DEC_HEX
                MOV     A,HEX_DATA
                CJNE    A,#00,SKIP_DEC1
                MOV     A,HP_TRUE
                CJNE    A,#00,SKIP_DEC1
                RET
SKIP_DEC1:      DEC     HEX_DATA
                MOV     A,LP_TRUE
                CJNE    A,#00H,NO_MAX2
                MOV     HEX_DATA,#99
                DEC     HP_TRUE
NO_MAX2:        LCALL   HEX_DEC
                MOV     LP_TRUE,DEC_DATA
                RET

;*************************************LCD SHOW POSITION VALUE*************************************;
SHOW_VALUE:     MOV     LCD_ADDR,#00H
                CALL    SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#ANGLE1
                CALL    WRLINE_LCD
                MOV     LCD_ADDR,#40H
                CALL    SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#INSTR1
                CALL    WRLINE_LCD
                MOV     A,LP_TRUE
                ANL     A,#0FH
                MOV     ASCII_DATA,A
                LCALL   ASCII
                MOV     LCD_ADDR,#0BH
                CALL    SET_ADDR_LCD
                MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA
                LCALL   WRCHAR_LCD
                MOV     A,HP_TRUE
SHOW_VALUE3:    CJNE    A,#00H,SHOW_VALUE4
                MOV     DEC_DATA,LP_TRUE
                LCALL   DEC_HEX
                MOV     A,HEX_DATA
                CLR     C
                SUBB    A,#10
                JNC     SHOW_VALUE4
                MOV     LCD_ADDR,#0AH
                CALL    SET_ADDR_LCD
                MOV     LCD_DATA,#' '
                LCALL   WRCHAR_LCD
                RET
SHOW_VALUE4:    MOV     A,LP_TRUE
                SWAP    A
                ANL     A,#0FH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     ASCII_DATA,A
                LCALL   ASCII
                MOV     LCD_ADDR,#0AH
                CALL    SET_ADDR_LCD
                MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA
                LCALL   WRCHAR_LCD
CHK_ROI:        MOV     DEC_DATA,HP_TRUE
                LCALL   DEC_HEX
                MOV     A,HEX_DATA
                CLR     C
                SUBB    A,#01
                JNC     SHOW_VALUE2
                MOV     LCD_ADDR,#09H
                CALL    SET_ADDR_LCD
                MOV     LCD_DATA,#' '
                LCALL   WRCHAR_LCD
                RET
SHOW_VALUE2:    MOV     A,HP_TRUE
                ANL     A,#0FH
                MOV     ASCII_DATA,A
                LCALL   ASCII
                MOV     LCD_ADDR,#09H
                CALL    SET_ADDR_LCD
                MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA
                LCALL   WRCHAR_LCD
                RET

;*********************HEX SHOW POSITION VALUE*********************;
SHOW_HEX:       MOV     HIGH_DEC,HP_TRUE
                MOV     LOW_DEC,LP_TRUE
                LCALL   DEC_HEX16
                MOV     A,LOW_HEX
                ANL     A,#0FH
                MOV     ASCII_DATA,A
                LCALL   ASCII
                MOV     LCD_ADDR,#4BH
                CALL    SET_ADDR_LCD
                MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA
                LCALL   WRCHAR_LCD
                MOV     A,LOW_HEX
                SWAP    A
                ANL     A,#0FH
                MOV     ASCII_DATA,A
                LCALL   ASCII
                MOV     LCD_ADDR,#4AH
                CALL    SET_ADDR_LCD
                MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA
                LCALL   WRCHAR_LCD
                MOV     A,HIGH_HEX
                ANL     A,#0FH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    MOV     ASCII_DATA,A
                    LCALL   ASCII
                    MOV     LCD_ADDR,#49H
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA
                    LCALL   WRCHAR_LCD
                    RET

;**************************************KEY POSITION**************************************;
KEY_POSIT:          MOV     LCD_ADDR,#00H
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     DPTR,#MANUAL1
                    LCALL   WRLINE_LCD
                    MOV     LCD_ADDR,#40H
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     DPTR,#MANUAL2
                    LCALL   WRLINE_LCD
LOOP:               LCALL   SCAN
                    CJNE    R3,#0FFH,KEY_DATA1
                    LJMP    LOOP
KEY_DATA1:          MOV     DATA,#0FFH
                    LCALL   KEY
BOUND101:           LCALL   SCAN
                    LCALL   DELAY_100MS
                    CJNE    R3,#0FFH,BOUND101
                    MOV     DATA_TEMP1,DATA
                    MOV     A,DATA
                    CJNE    A,#0FFH,SKIP1
                    MOV     CHK_START1,#01
                    RET
SKIP1:              MOV     ASCII_DATA,DATA
                    LCALL   ASCII
                    MOV     LCD_ADDR,#4BH
                    LCALL   SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA
                    LCALL   WRCHAR_LCD
                    LCALL   DELAY_100MS
LOOP1:              LCALL   SCAN
SCAN_AGAIN1         CJNE    R3,#0FFH,KEN1
                    LJMP    LOOP1
KEN1:               CJNE    R3,#077H,KEY_DATA2
BOUND108:           LCALL   DELAY_100MS
                    LCALL   SCAN
                    CJNE    R3,#0FFH,BOUND108
                    MOV     DATA_TEMP3,DATA_TEMP1
                    MOV     DATA_TEMP1,#00H
                    MOV     DATA_TEMP2,#00H
                    LJMP    DATA_OK
KEY_DATA2:          MOV     DATA,#0FFH
                    LCALL   KEY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
BOUND102:   LCALL   SCAN
            LCALL   DELAY_100MS
            CJNE    R3,#0FFH,BOUND102
            MOV     DATA_TEMP2,DATA
            MOV     A,DATA
            CJNE    A,#0FFH,SKIP2
            LJMP    SCAN_AGAIN1
SKIP2:      MOV     ASCII_DATA,DATA
            LCALL   ASCII
            MOV     LCD_ADDR,#4BH
            LCALL   SET_ADDR_LCD
            MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA
            LCALL   WRCHAR_LCD
            MOV     ASCII_DATA,DATA_TEMP1
            LCALL   ASCII
            MOV     LCD_ADDR,#4AH
            LCALL   SET_ADDR_LCD
            MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA
            LCALL   WRCHAR_LCD
            LCALL   DELAY_100MS
LOOP9:      LCALL   SCAN
SCAN_AGAIN2: CJNE   R3,#0FFH,KEN2
            LJMP    LOOP9
KEN2:       CJNE    R3,#077H,KEY_DATA3
BOUND109:   LCALL   DELAY_100MS
            LCALL   SCAN
            CJNE    R3,#0FFH,BOUND109
            MOV     A,DATA_TEMP1
            MOV     B,DATA_TEMP2
            MOV     DATA_TEMP3,B
            MOV     DATA_TEMP2,A
            MOV     DATA_TEMP1,#00H
            LJMP    DATA_OK
KEY_DATA3:  MOV     DATA,#0FFH
            LCALL   KEY
BOUND103:   LCALL   SCAN
            LCALL   DELAY_100MS
            CJNE    R3,#0FFH,BOUND103
            MOV     DATA_TEMP3,DATA
            MOV     A,DATA
            CJNE    A,#0FFH,SKIP3
            LJMP    SCAN_AGAIN2
SKIP3:      MOV     ASCII_DATA,DATA
            LCALL   ASCII
            MOV     LCD_ADDR,#4BH
            LCALL   SET_ADDR_LCD
            MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA
            LCALL   WRCHAR_LCD
            MOV     ASCII_DATA,DATA_TEMP2
            LCALL   ASCII
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    MOV     LCD_ADDR,#4AH
                    LCALL   SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA
                    LCALL   WRCHAR_LCD
                    MOV     ASCII_DATA,DATA_TEMP1
                    LCALL   ASCII
                    MOV     LCD_ADDR,#49H
                    LCALL   SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA
                    LCALL   WRCHAR_LCD
WAIT_ENTER:         LCALL   SCAN
                    CJNE    R3,#0E7H,D_ENT1
W_BOUND1:           LCALL   SCAN
                    LCALL   DELAY_100MS
                    CJNE    R3,#0FFH,W_BOUND1
                    LCALL   SHOW_VALUE
                    RET
D_ENT1:             CJNE    R3,#77H,WAIT_ENTER
BOUND105:           LCALL   SCAN
                    LCALL   DELAY_100MS
                    CJNE    R3,#0FFH,BOUND105
                    MOV     A,DATA_TEMP1
                    CLR     C
                    SUBB    A,#04
                    JNC     LOOP_MAIN
                    MOV     A,DATA_TEMP1
                    CJNE    A,#03H,SKIP4
                    MOV     A,DATA_TEMP2
                    CLR     C
                    SUBB    A,#06
                    JNC     LOOP_MAIN
SKIP4:              CJNE    A,#06H,DATA_OK
                    MOV     A,DATA_TEMP3
                    SUBB    A,#00H
                    JNC     LOOP_MAIN
                    LJMP    DATA_OK
LOOP_MAIN:          LJMP    KEY_POSIT
DATA_OK:            MOV     LP_OLD,LP_TRUE
                    MOV     HP_OLD,HP_TRUE
                    MOV     A,DATA_TEMP2
                    SWAP    A
                    ORL     A,DATA_TEMP3
                    MOV     LP_TRUE,A
                    MOV     HP_TRUE,DATA_TEMP1
                    LCALL   CALC_DATA
                    RET

;*********************************************HEX DEC 16 BIT*********************************************;
HEX_DEC16:          MOV     HIGH_DEC,#00
                    MOV     A,HIGH_HEX
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CJNE    A,#01H,HEX_HIGH0
                MOV     HIGH_DEC,#02
                MOV     A,LOW_HEX
                CLR     C
                ADD     A,#56
NO_CARRY:       MOV     HEX_DATA,A
                LCALL   HEX_DEC
                MOV     A,ROI
                ADD     A,HIGH_DEC
                MOV     HIGH_DEC,A
                MOV     LOW_DEC,DEC_DATA
                RET
HEX_HIGH0:      MOV     HEX_DATA,LOW_HEX
                LCALL   HEX_DEC
                MOV     LOW_DEC,DEC_DATA
                MOV     HIGH_DEC,ROI
                RET
HEX_DEC:        PUSH    ACC
                MOV     A,HEX_DATA
                MOV     B,#100
                DIV     AB
                MOV     ROI,A
                MOV     A,B
                MOV     B,#10
                DIV     AB
                SWAP    A
                ORL     A,B
                MOV     DEC_DATA,A
                POP     ACC
                RET

;*********************************DEC HEX 16 BIT*********************************
DEC_HEX16:      MOV     A,HIGH_DEC
                CJNE    A,#03H,LOOP2
                MOV     HIGH_HEX,#01H
                MOV     DEC_DATA,LOW_DEC
                LCALL   DEC_HEX
                MOV     A,HEX_DATA
                ADD     A,#44
                MOV     LOW_HEX,A
                RET
LOOP2:          CJNE    A,#02H,LOOP5
                MOV     DEC_DATA,LOW_DEC
                LCALL   DEC_HEX
                MOV     A,HEX_DATA
                CLR     C
                SUBB    A,#56
                JNC     LOOP4
                MOV     HIGH_HEX,#00H
                LJMP    LOOP3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LOOP4:      MOV     HIGH_HEX,#01H
            MOV     DEC_DATA,LOW_DEC
            LCALL   DEC_HEX
            MOV     A,HEX_DATA
            CLR     C
            SUBB    A,#56
            MOV     LOW_HEX,A
            RET
LOOP3:      MOV     DEC_DATA,LOW_DEC
            LCALL   DEC_HEX
            MOV     A,HEX_DATA
            ADD     A,#200
            MOV     LOW_HEX,A
            RET
LOOP5:      CJNE    A,#01H,LOOP6
            MOV     HIGH_HEX,#00H
            MOV     DEC_DATA,LOW_DEC
            LCALL   DEC_HEX
            MOV     A,HEX_DATA
            ADD     A,#100
            MOV     LOW_HEX,A
            RET
LOOP6:      CJNE    A,#00H,LOOP6
            MOV     HIGH_HEX,#00H
            MOV     DEC_DATA,LOW_DEC
            LCALL   DEC_HEX
            MOV     LOW_HEX,HEX_DATA
            RET
DEC_HEX:    PUSH    ACC
            MOV     A,DEC_DATA
            SWAP    A
            ANL     A,#0FH
            MOV     B,#06
            MUL     AB
            MOV     B,A
            MOV     A,DEC_DATA
            SUBB    A,B
            MOV     HEX_DATA,A
            POP     ACC
            RET

;**********START**********;
START:      MOV     LCD_ADDR,#00H
            CALL    SET_ADDR_LCD
            MOV     DPTR,#HEAD1
            CALL    WRLINE_LCD
            MOV     LCD_ADDR,#40H
            CALL    SET_ADDR_LCD
            MOV     DPTR,#HEAD2
            CALL    WRLINE_LCD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL   DELAY_1S
                LCALL   DELAY_1S
                LCALL   DELAY_1S
                LCALL   DELAY_1S
                LCALL   DELAY_1S
                LCALL   LCD_CLR
                MOV     LCD_ADDR,#00H
                CALL    SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#ANGLE1
                CALL    WRLINE_LCD
                MOV     LCD_ADDR,#40H
                CALL    SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#INSTR1
                CALL    WRLINE_LCD
                RET

;***************************************INITIAL LCD*************************************;
INIT_LCD:       CALL    DELAY_100MS
                PUSH    DPL
                PUSH    DPH
                MOV     DPTR,#0FA00H
                MOV     A,#00111000B
                MOVX    @DPTR,A
                POP     DPH
                POP     DPL
                CALL    LCD_CLK
                CALL    DELAY_10MS
                CALL    LCD_OFF
                CALL    LCD_CLR
                CALL    MODE_ENTRY
                CALL    LCD_HOME
                RET

;***************************************CLR LCD*****************************************;
LCD_CLR:        PUSH    DPH
                PUSH    DPL
                MOV     DPTR,#0FA00H
                MOV     A,#00000001B
                MOVX    @DPTR,A
                POP     DPH
                POP     DPL
                CALL    LCD_CLK
                RET

;***************************************MODE_ENTRY**************************************;
MODE_ENTRY:     PUSH    DPH
                PUSH    DPL
                MOV     DPTR,#0FA00H
                MOV     A,#00000110B
                MOVX    @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                POP     DPH
                POP     DPL
                CALL    LCD_CLK
                RET

;*************************************LCD_HOME*************************************;
LCD_HOME:       PUSH    DPH
                PUSH    DPL
                MOV     DPTR,#0FA00H
                MOV     A,#00000010B
                MOVX    @DPTR,A
                POP     DPH
                POP     DPL
                CALL    LCD_CLK
                RET

;*************************************OFF LCD**************************************;
LCD_OFF:        PUSH    DPH
                PUSH    DPL
                MOV     DPTR,#0FA00H
                MOV     A,#00001000B
                MOVX    @DPTR,A
                POP     DPH
                POP     DPL
                CALL    LCD_CLK
                RET

;*************************************LCD CLK**************************************;
LCD_CLK:        PUSH    DPH
                PUSH    DPL
                MOV     DPTR,#0FA00H
                DATA,#8         ;8
                RET
KEY8:           CJNE    R3,#0D7H,KEY9
                MOV     DATA,#0         ;0
                RET
KEY9:           CJNE    R3,#0BEH,KEY10
                MOV     DATA,#3         ;3
                RET
KEY10:          CJNE    R3,#0BDH,KEY11
                MOV     DATA,#6         ;6
                RET
KEY11:          CJNE    R3,#0BBH,KEY12
                MOV     DATA,#9         ;9
                RET
KEY12:          CJNE    R3,#0B7H,KEY13
                MOV     DATA,#0FFH      ;
                RET
KEY13:          CJNE    R3,#07EH,KEY14
                MOV     DATA,#0FFH      ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                RET
KEY14:          CJNE    R3,#07DH,KEY15
                MOV     DATA,#0FFH      ;
                RET
KEY15:          CJNE    R3,#7BH,KEY16
                MOV     DATA,#0FFH
                RET
KEY16:          CJNE    R3,#77H,KEY_END
                MOV     DATA,#0FFH
                RET
KEY_SHIFT:      CJNE    R3,#0EEH,KEY22
                MOV     DATA,#'A'       ;A
                RET
KEY22:          CJNE    R3,#0EDH,KEY33
                MOV     DATA,#'D'       ;D
                RET
KEY33:          CJNE    R3,#0EBH,KEY44
                MOV     DATA,#0FFH      ;
                RET
KEY44:          CJNE    R3,#0E7H,KEY55
                MOV     DATA,#0FFH      ;
                RET
KEY55:          CJNE    R3,#0DEH,KEY66
                MOV     DATA,#'B'       ;B
                RET
KEY66:          CJNE    R3,#0DDH,KEY77
                MOV     DATA,#'E'       ;E
                RET
KEY77:          CJNE    R3,#0DBH,KEY88
                MOV     DATA,#0FFH      ;
                RET
KEY88:          CJNE    R3,#0D7H,KEY99
                MOV     DATA,#0FFH      ;
                RET
KEY99:          CJNE    R3,#0BEH,KEY110
                MOV     DATA,#'C'       ;C
                RET
KEY110:         CJNE    R3,#0BDH,KEY111
                MOV     DATA,#'F'       ;F
                RET
KEY111:         CJNE    R3,#0BBH,KEY112
                MOV     DATA,#0FFH      ;
                RET
KEY112:         CJNE    R3,#0B7H,KEY113
                MOV     DATA,#0FFH      ;
                RET
KEY113:         CJNE    R3,#07EH,KEY114
                MOV     DATA,#0FFH      ;
                RET
KEY114:         CJNE    R3,#07DH,KEY115
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

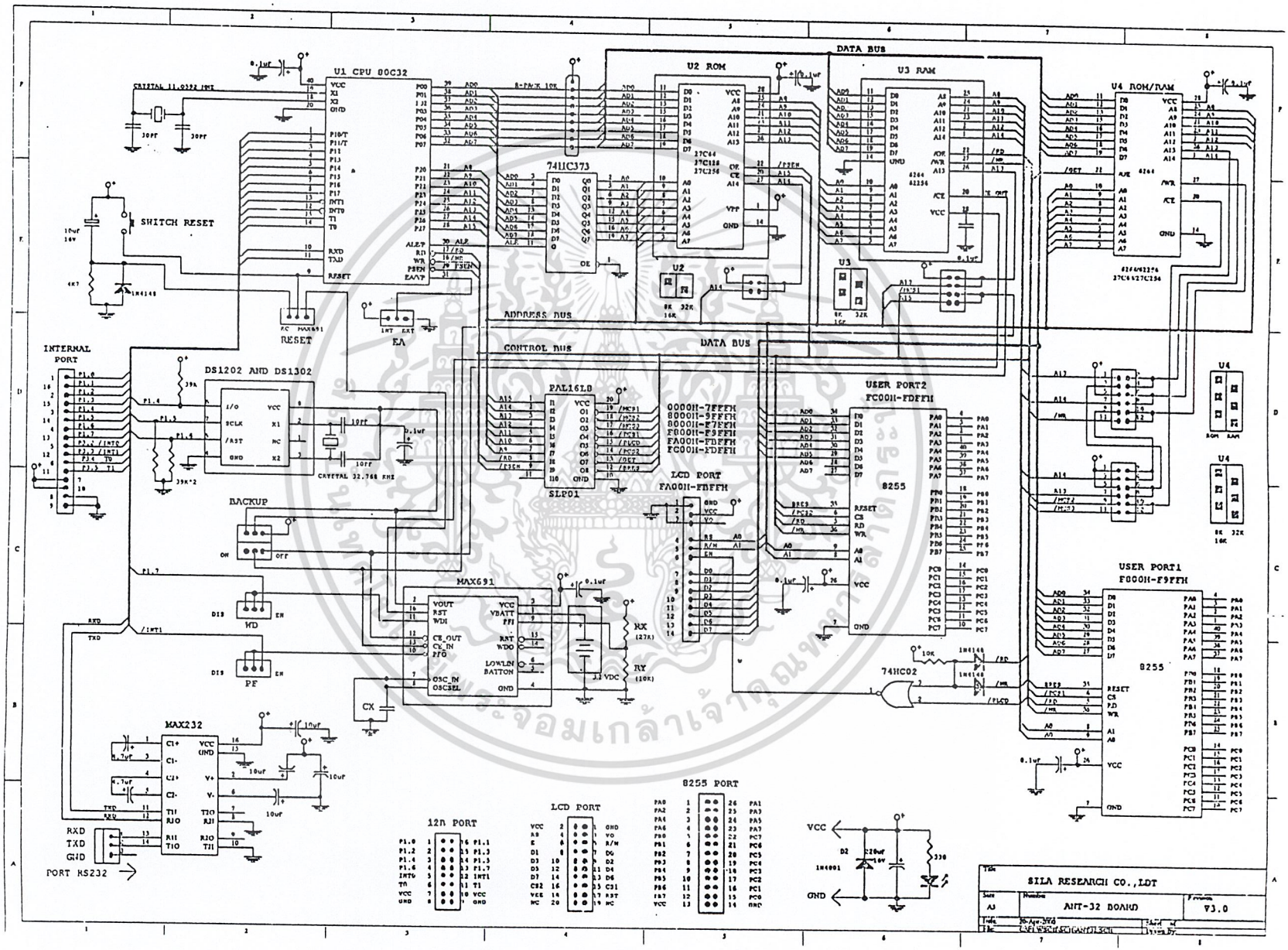
```
                    MOV     DATA,#0FFH      ;
                    RET
KEY115:             CJNE    R3,#7BH,KEY116
                    MOV     DATA,#0FFH
                    RET
KEY116:             CJNE    R3,#77H,KEY_END
                    MOV     DATA,#0FFH
KEY_END:            RET

;*********************************ACSII*************************************;
ASCII:              MOV     A,ASCII_DATA
                    PUSH    ACC
                    SWAP    A
                    LCALL   HTOAS
                    MOV     R4,A
                    POP     ACC
                    LCALL   HTOAS
                    MOV     ASCII_DATA,A
                    RET
HTOAS:              ANL     A,#0FH
                    CJNE    A,#0AH,$+3
                    JNC     HTOAS1
                    ORL     A,#30H
                    RET
HTOAS1:             SUBB    A,#9
                    ORL     A,#40H
                    RET
;********************************* DELAY 70H-74H *****************************;
LCD_DELAY:          MOV     70H,#02
LCD_DELAY_1:        MOV     71H,#0E6H
LCD_DELAY_2         NOP
                    NOP
                    DJNZ    71H,LCD_DELAY_2
                    DJNZ    70H,LCD_DELAY_1
                    RET
DELAY_10MS:         MOV     72H,#10
DELAY_10MS_1:       MOV     73H,#0E6H
DELAY_10MS_2:       NOP
                    NOP
                    DJNZ    73H,DELAY_10MS_2
                    DJNZ    72H,DELAY_10MS_1
                    RET
DELAY_100MS:        MOV     72H,#100
DELAY_100MS_1:      MOV     73H,#0E6H
DELAY_100MS_2:      NOP
                    NOP
                    DJNZ    73H,DELAY_100MS_2
                    DJNZ    72H,DELAY_100MS_1
                    RET
DELAY_1S:           MOV     74H,#100
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DELAY_1S_1:     CALL    DELAY_10MS
                DJNZ    74H,DELAY_1S_1
                RET
HEAD1:          DB      '   WELCOME         '
HEAD2:          DB      '   TO SYSTEM       '
ANGLE1:         DB      '   #ANGLE    Deg   '
INSTR1:         DB      '   #INSTR          '
SEARCH1:        DB      '   SEARCH MODE     '
SAVE1:          DB      '   SAVE MODE       '
SEARCH2:        DB      '   HS              '
SAVE2:          DB      '   E2              '
SEARCH3:        DB      '   HS      Deg     '
SAVE3:          DB      '   E2      Deg     '
SAVING:         DB      '   !...Saving...!  '
NOT_F:          DB      '   !..Not Found..! '
MEM_EMPTY:      DB      '   !.Memory Full.! '
NO_MEM:         DB      '   !...No Data...! '
MANUAL1:        DB      '   POSITION        '
MANUAL2:        DB      ' #ANGLE      0 Deg '
REPLACE1:       DB      '   !..Over Write..!'
REPLACE2:       DB      '   Replace?        '
FOUND1:         DB      '   <- Found ->     '
DELETE1:        DB      '   Delete?         '
DELETE2:        DB      '   !..Deleting..!  '
HOME1:          DB      '   Home Position?  '
END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


U1 CPU 80C32
U2 ROM
U3 RAM
U4 ROM/RAM
DATA BUS
ADDRESS BUS
CONTROL BUS
74HC373
SWITCH RESET
RESET
EA
INTERNAL PORT
DS1202 AND DS1302
BACKUP
PAL16L8
SLP01
0000H-7FFFH
8000H-9FFFH
A000H-E7FFH
E800H-F9FFH
FA00H-FDFFH
FC00H-FDFFH
USER PORT2
FC00H-FDFFH
LCD PORT
FA00H-FDFFH
8255
USER PORT1
F800H-F9FFH
MAX691
WD
PF
MAX232
74HC02
12n PORT
LCD PORT
8255 PORT
PORT RS232
RXD
TXD
GND
SILA RESEARCH CO.,LDT
AMT-32 BOARD
V3.0

COMMAND BYTES/DEFINITION

REGISTER	FUNCION	COMMAND ADDRESS (HEX)	WRITE=R	RANGE DATA (BCD)	REGISTER DEFINITION							
					7	6	5	4	3	2	1	0
0	SECONDS	80 81	W R	00-59	CH	10 SEC			SEC			
1	MINUTES	82 83	W R	00-59	0	10 MIN			MIN			
2	12HRS 24HRS	84 85	W R	01-12 00-23	12 24	0 0	AP 10	HR HR	HOUR			
3	DATE	86 87	W R	01-31	0	0	10 DATE		DATE			
4	MONTH	88 89	W R	01-12	0	0	0	10 M	MONTH			
5	DAY	8A 8B	W R	01-07	0	0	0	0	DAY			
6	YEAR	8C 8D	W R	00-99	10 YEAR				YEAR			
7	WRITE PROTECT	8E 8F	W R	00-80	WP	ALWAYS ZERO						

ANT-32 SPECIFICATION

CPU.....80C32 CHMOS 8-bits Microcontroller

CLOCK SPEED.....11.0592 MHz

INTERNAL RAM.....256 Byte

PROGRAM MEMORY.....U2 8-32KByte:2764 27128 27256 (EPROM)

Default = 28 pins socket

DATA MEMORY.....U3 8-32KByte:6264 62256 (RAM-backup)

Default = 28 pins socket

PROGRAM & DATA MEMORY.....U4 8-32KByte:2764 27256 (EPROM)

6264 62256 (RAM)

2864 28256 (EEPROM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Default = 6264 8KByte RAM
INTERNAL PORT	12 bits I/O (PORT TO TI INTO INT1)
PORT	USER PORT 1, 2 48 bits 8255 I/O
	LCD PORT (DOT MATRIX ONLY)
SERIAL INTERFACE	RS232C use MAX232 chip
BACKUP, WATCHDOG, PF DETECTOR	use MAX691 chip (options)
REAL TIME CLOCK	use DS1202 chip (options)
DATA RETENTION TIME	over 4 Years for RAM and RTC
CONNECTOR	40 pins - System Expansion
	26 pins x 2 - User Port 1, 2
	16 pins - Internal Port
	14 pins - LCD Port
	3 pins - RS232C Port
	2 pins - 5VDC Power Supply
POWER CONSUMTION	+5VDC 168 mA (approximate)
SIZE	10.2 cm. x 14.2 cm.

ANT-32 MEMORY MAP

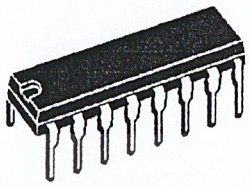
0000H	U2 (0000H-7FFFH CODE PROGRAM EPROM 2764 27128 27256	U3 (0000H-7FFFH) DATA MEMORY RAM (backup) 6264 62256
800H	U4 (8000H-F7FFH) CODE AND DATA MEMORY EPROM EEPROM RAM 2764 2864 6264 27256 28256 62256	
F800H	U10 (F800H-F9FFH) 8255 USER PORT 1	
FA00H	(FA00H-FBFFH) LCD PORT	
FC00H	U11 (FC00H-FDFFH) 8255 USER PORT 2	
FE00H	RESERVE	
FFFFH		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ULN2001A-ULN2002A
ULN2003A-ULN2004A

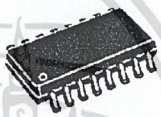
SEVEN DARLINGTON ARRAYS

- SEVEN DARLINGTONS PER PACKAGE
- OUTPUT CURRENT 500mA PER DRIVER (600mA PEAK)
- OUTPUT VOLTAGE 50V
- INTEGRATED SUPPRESSION DIODES FOR INDUCTIVE LOADS
- OUTPUTS CAN BE PARALLELED FOR HIGHER CURRENT
- TTL/CMOS/PMOS/DTL COMPATIBLE INPUTS
- INPUTS PINNED OPPOSITE OUTPUTS TO SIMPLIFY LAYOUT



DIP16

ORDERING NUMBERS: ULN2001A/2A/3A/4A



SO16

ORDERING NUMBERS: ULN2001D/2D/3D/4D

DESCRIPTION

The ULN2001A, ULN2002A, ULN2003 and ULN2004A are high voltage, high current darlington arrays each containing seven open collector darlington pairs with common emitters. Each channel rated at 500mA and can withstand peak currents of 600mA. Suppression diodes are included for inductive load driving and the inputs are pinned opposite the outputs to simplify board layout.

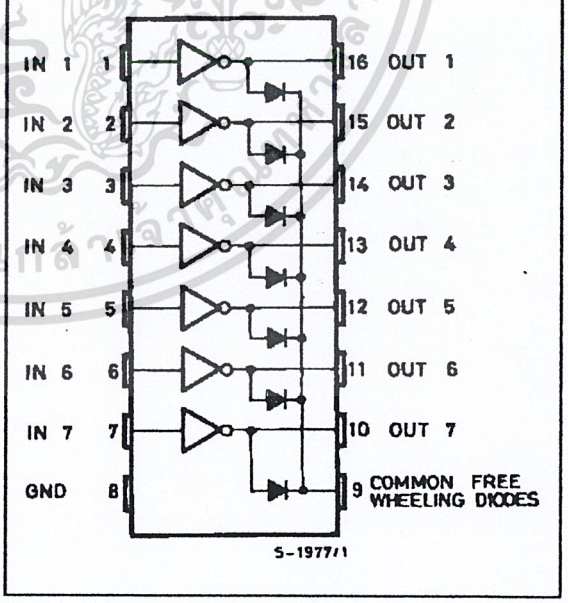
The four versions interface to all common logic families :

ULN2001A	General Purpose, DTL, TTL, PMOS, CMOS
ULN2002A	14-25V PMOS
ULN2003A	5V TTL, CMOS
ULN2004A	6–15V CMOS, PMOS

These versatile devices are useful for driving a wide range of loads including solenoids, relays DC motors, LED displays filament lamps, thermal printheads and high power buffers.

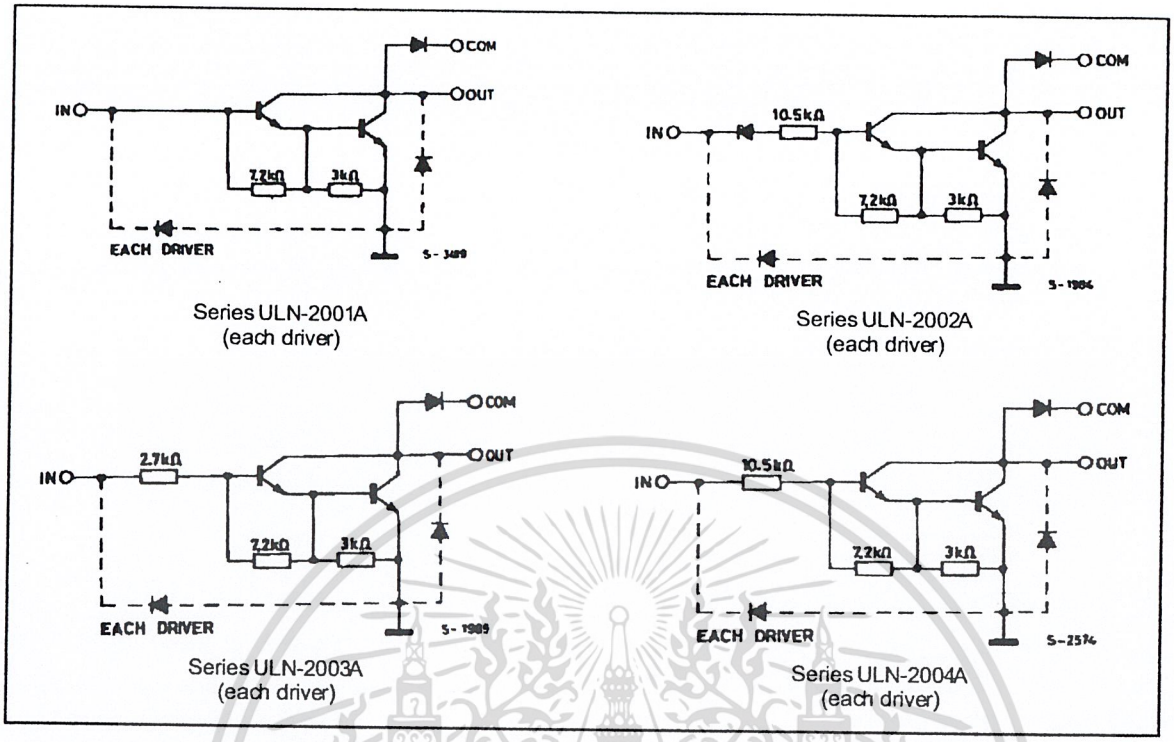
The ULN2001A/2002A/2003Aand 2004A are supplied in 16 pin plastic DIP packages with a copper leadframe to reduce thermal resistance. They are available also in small outline package (SO-16) as ULN2001D/2002D/2003D/2004D.

PIN CONNECTION



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCHEMATIC DIAGRAM



Series ULN-2001A (each driver)

Series ULN-2002A (each driver)

Series ULN-2003A (each driver)

Series ULN-2004A (each driver)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_o	Output Voltage	50	V
V_{in}	Input Voltage (for ULN2002A/D - 2003A/D - 2004A/D)	30	V
I_c	Continuous Collector Current	500	mA
I_b	Continuous Base Current	25	mA
T_{amb}	Operating Ambient Temperature Range	– 20 to 85	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range	– 55 to 150	°C
T_j	Junction Temperature	150	°C

THERMAL DATA

Symbol	Parameter		DIP16	SO16	Unit
$R_{th\ j\text{-}amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max.	70	100	°C/W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_{amb} = 25°C unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	Fig.
I_{CEX}	Output Leakage Current	V_{CE} = 50V T_{amb} = 70°C, V_{CE} = 50V T_{amb} = 70°C for ULN2002A V_{CE} = 50V, V_i = 6V for ULN2004A V_{CE} = 50V, V_i = 1V			50 100 500 500	µA µA µA µA	1a 1a 1b 1b
$V_{CE(sat)}$	Collector-emitter Saturation Voltage	I_C = 100mA, I_B = 250µA I_C = 200 mA, I_B = 350µA I_C = 350mA, I_B = 500µA		0.9 1.1 1.3	1.1 1.3 1.6	V V V	2 2 2
$I_{i(on)}$	Input Current	for ULN2002A, V_i = 17V for ULN2003A, V_i = 3.85V for ULN2004A, V_i = 5V V_i = 12V		0.82 0.93 0.35 1	1.25 1.35 0.5 1.45	mA mA mA mA	3 3 3 3
$I_{i(off)}$	Input Current	T_{amb} = 70°C, I_C = 500µA	50	65		µA	4
$V_{i(on)}$	Input Voltage	V_{CE} = 2V for ULN2002A I_C = 300mA for ULN2003A I_C = 200mA I_C = 250mA I_C = 300mA for ULN2004A I_C = 125mA I_C = 200mA I_C = 275mA I_C = 350mA			 13 2.4 2.7 3 5 6 7 8	V	5
h_{FE}	DC Forward Current Gain	for ULN2001A V_{CE} = 2V, I_C = 350mA	1000				2
C_i	Input Capacitance			15	25	pF	
t_{PLH}	Turn-on Delay Time	0.5 V_i to 0.5 V_o		0.25	1	µs	
t_{PHL}	Turn-off Delay Time	0.5 V_i to 0.5 V_o		0.25	1	µs	
I_R	Clamp Diode Leakage Current	V_R = 50V T_{amb} = 70°C, V_R = 50V			50 100	µA µA	6 6
V_F	Clamp Diode Forward Voltage	I_F = 350mA		1.7	2	V	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEST CIRCUITS

Figure 1a.

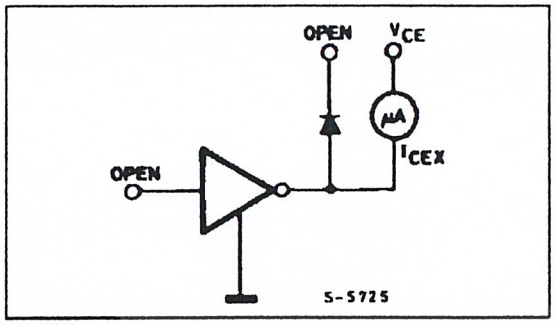


Figure 1b.

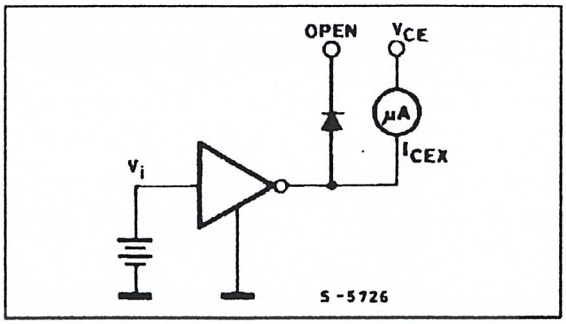


Figure 2.

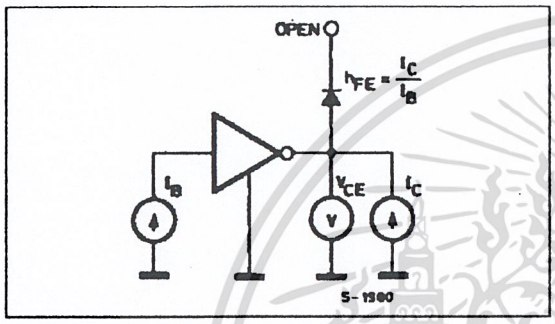


Figure 3.

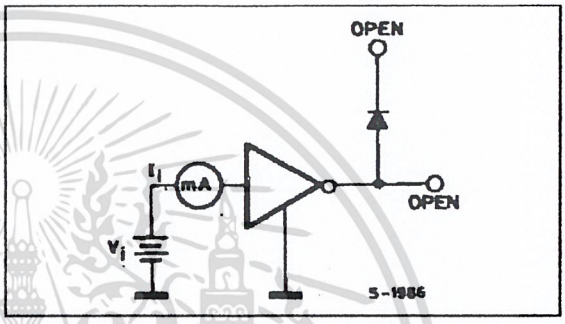


Figure 4.

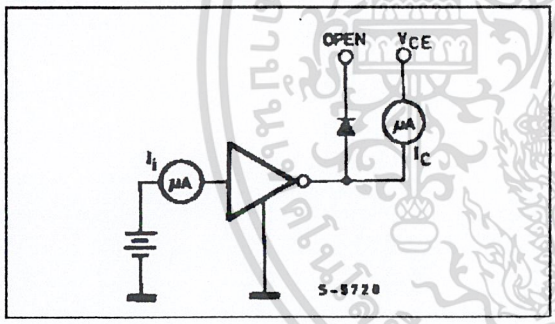


Figure 5.

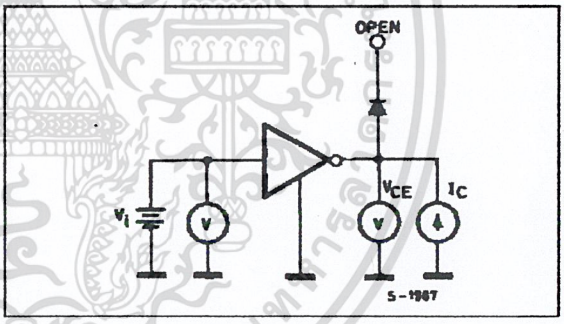


Figure 6.

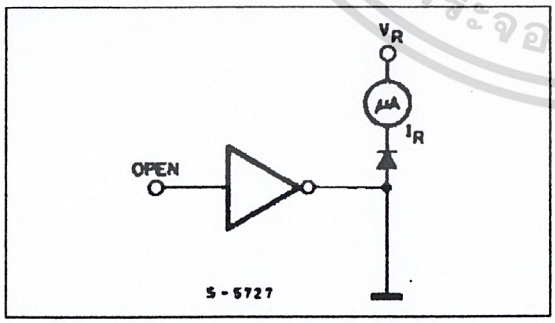
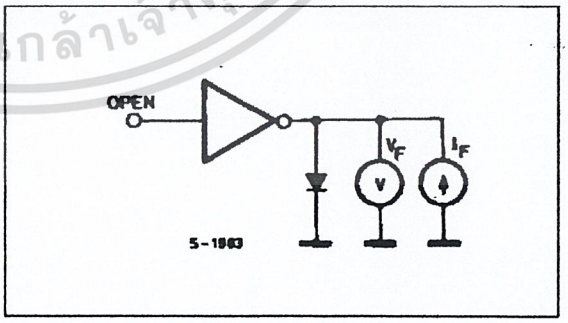


Figure 7.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 8: Collector Current versus Input Current

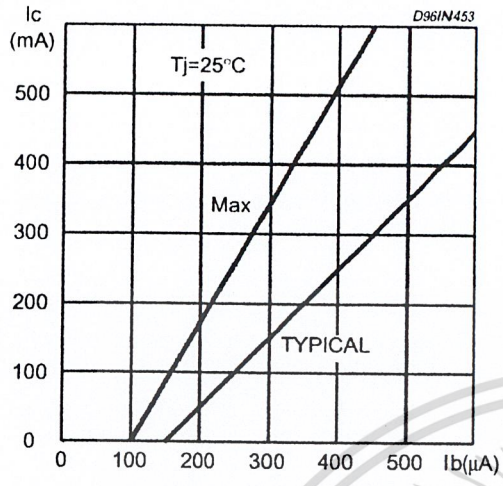


Figure 9: Collector Current versus Saturation Voltage

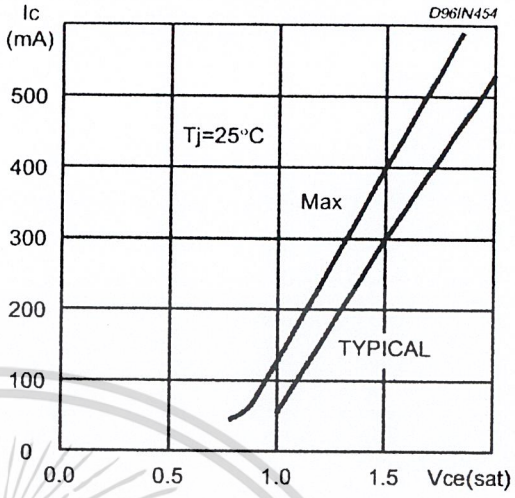


Figure 10: Peak Collector Current versus Duty Cycle

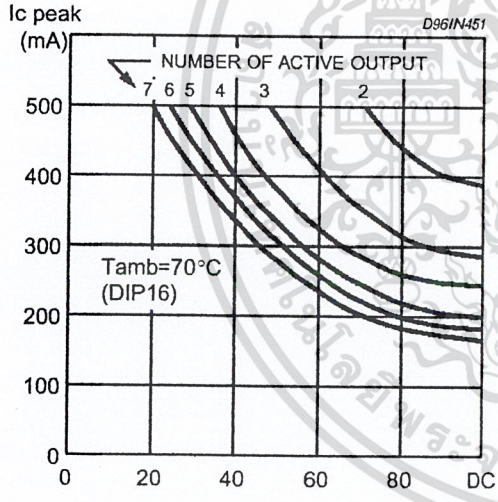
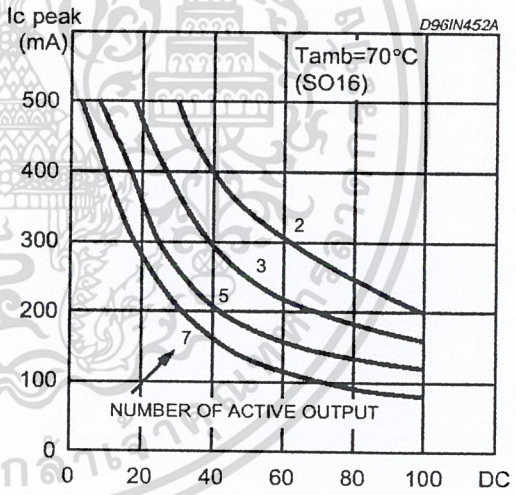


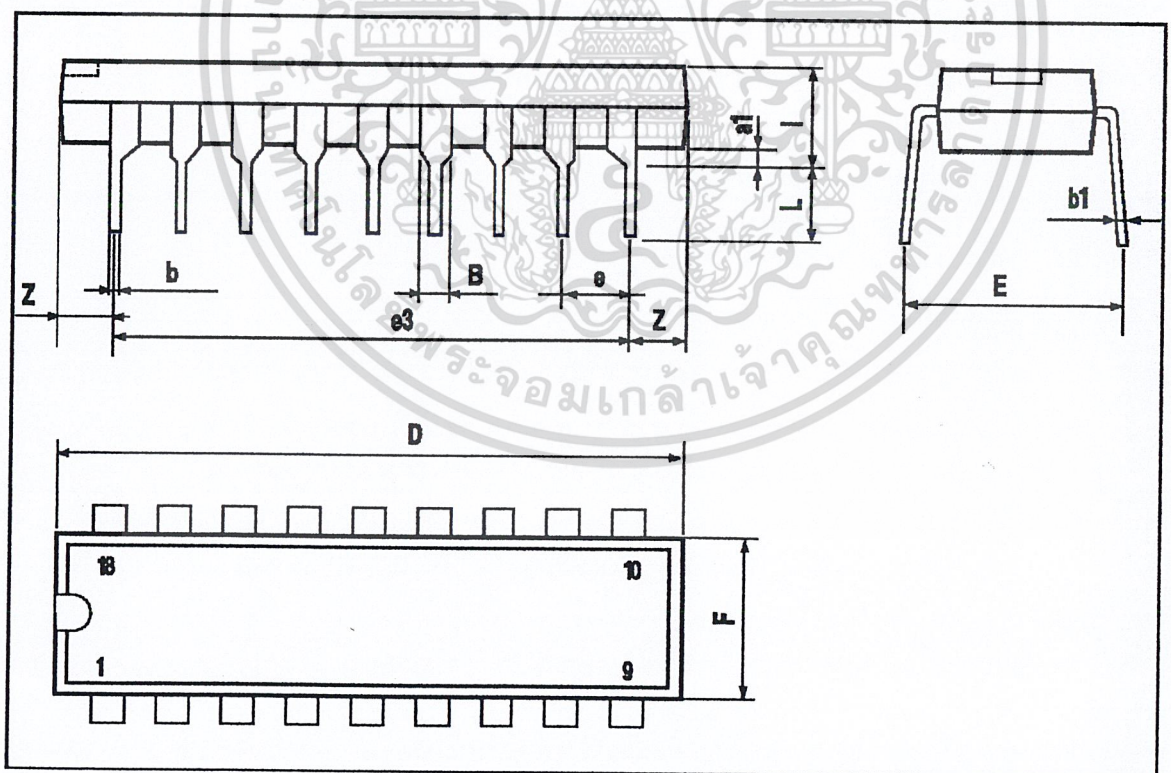
Figure 11: Peak Collector Current versus Duty Cycle



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIP16 PACKAGE MECHANICAL DATA

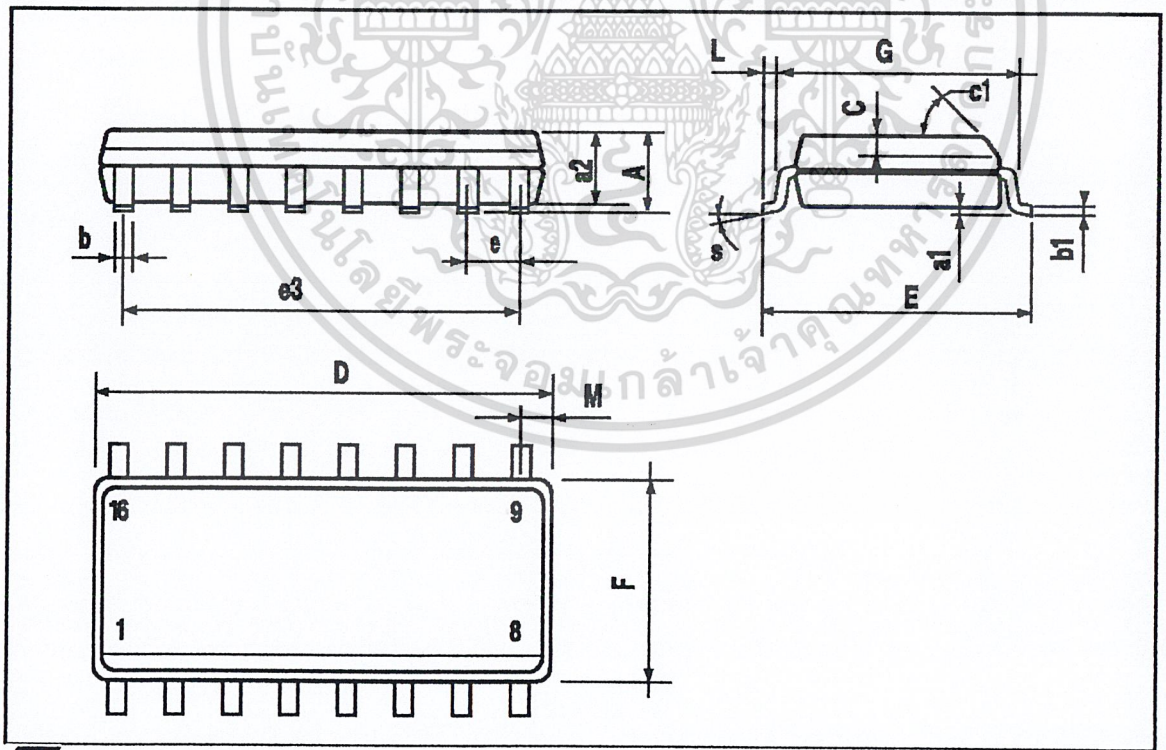
DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.51			0.020		
B	0.77		1.65	0.030		0.065
b		0.5			0.020	
b1		0.25			0.010	
D			20			0.787
E		8.5			0.335	
e		2.54			0.100	
e3		17.78			0.700	
F			7.1			0.280
I			5.1			0.201
L		3.3			0.130	
Z			1.27			0.050



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SO16 PACKAGE MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			1.75			0.069
a1	0.1		0.25	0.004		0.009
a2			1.6			0.063
b	0.35		0.46	0.014		0.018
b1	0.19		0.25	0.007		0.010
C		0.5			0.020	
c1	45 (typ.)					
D	9.8		10	0.386		0.394
E	5.8		6.2	0.228		0.244
e		1.27			0.050	
e3		8.89			0.350	
F	3.8		4.0	0.150		0.157
L	0.4		1.27	0.016		0.050
M			0.62			0.024
S	8 (max.)					



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19-4323; Rev 6; 3/96

MAXIM

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

General Description

The MAX220-MAX249 family of line drivers/receivers is intended for all EIA/TIA-232E and V.28/V.24 communications interfaces, and in particular, for those applications where ±12V is not available.

These parts are particularly useful in battery-powered systems, since their low-power shutdown mode reduces power dissipation to less than 5µW. The MAX225, MAX233, MAX235, and MAX245-MAX247 use no external components and are recommended for applications where printed circuit board space is critical.

Applications

Portable Computers
Low-Power Modems
Interface Translation
Battery-Powered RS-232 Systems
Multi-Drop RS-232 Networks

Features

Superior to Bipolar

- ♦ **Operate from Single +5V Power Supply (+5V and +12V—MAX231/MAX239)**
- ♦ **Low-Power Receive Mode in Shutdown (MAX223/MAX242)**
- ♦ **Meet All EIA/TIA-232E and V.28 Specifications**
- ♦ **Multiple Drivers and Receivers**
- ♦ **3-State Driver and Receiver Outputs**
- ♦ **Open-Line Detection (MAX243)**

Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX220CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX220CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX220CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX220C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX220EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX220ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX220EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX220EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX220MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP

Ordering Information continued at end of data sheet.
**Contact factory for dice specifications.*

Selection Table

Part Number	Power Supply (V)	No. of RS-232 Drivers/Rx	No. of Ext. Caps	Nominal Cap. Value (µF)	SHDN & Three-State	Rx Active in SHDN	Data Rate (kbps)	Features
MAX220	+5	2/2	4	4.7/10	No		120	Ultra-low-power, industry-standard pinout
MAX222	+5	2/2	4	0.1	Yes		200	Low-power shutdown
MAX223 (MAX213)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	✔	120	MAX241 + receivers active in shutdown
MAX225	+5	5/5	0	–	Yes	✔	120	Available in SO
MAX230 (MAX200)	+5	5/0	4	1.0 (0.1)	Yes		120	5 drivers with shutdown
MAX231 (MAX201)	+5 and +7.5 to +13.2	2/2	2	1.0 (0.1)	No		120	Standard +5/+12V or battery supplies; same functions as MAX232
MAX232 (MAX202)	+5	2/2	4	1.0 (0.1)	No		120 (64)	Industry standard
MAX232A	+5	2/2	4	0.1	No		200	Higher slew rate, small caps
MAX233 (MAX203)	+5	2/2	0	–	No		120	No external caps
MAX233A	+5	2/2	0	–	No		200	No external caps, high slew rate
MAX234 (MAX204)	+5	4/0	4	1.0 (0.1)	No		120	Replaces 1488
MAX235 (MAX205)	+5	5/5	0	–	Yes		120	No external caps
MAX236 (MAX206)	+5	4/3	4	1.0 (0.1)	Yes		120	Shutdown, three state
MAX237 (MAX207)	+5	5/3	4	1.0 (0.1)	No		120	Complements IBM PC serial port
MAX238 (MAX208)	+5	4/4	4	1.0 (0.1)	No		120	Replaces 1488 and 1489
MAX239 (MAX209)	+5 and +7.5 to +13.2	3/5	2	1.0 (0.1)	No		120	Standard +5/+12V or battery supplies; single-package solution for IBM PC serial port
MAX240	+5	5/5	4	1.0	Yes		120	DIP or flatpack package
MAX241 (MAX211)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes		120	Complete IBM PC serial port
MAX242	+5	2/2	4	0.1	Yes	✔	200	Separate shutdown and enable
MAX243	+5	2/2	4	0.1	No		200	Open-line detection simplifies cabling
MAX244	+5	8/10	4	1.0	No		120	High slew rate
MAX245	+5	8/10	0	–	Yes	✔	120	High slew rate, int. caps, two shutdown modes
MAX246	+5	8/10	0	–	Yes	✔	120	High slew rate, int. caps, three shutdown modes
MAX247	+5	8/9	0	–	Yes	✔	120	High slew rate, int. caps, nine operating modes
MAX248	+5	8/8	4	1.0	Yes	✔	120	High slew rate, selective half-chip enables
MAX249	+5	6/10	4	1.0	Yes	✔	120	Available in quad flatpack package

For free samples & the latest literature: http://www.maxim-ic.com, or phone 1-800-998-8800

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX220/222/232A/233A/242/243

Supply Voltage (V_{CC}) ..... -0.3V to +6V
Input Voltages
T_{IN} ..... -0.3V to (V_{CC} - 0.3V)
R_{IN} ..... ±30V
T_{OUT} (Note 1) ..... ±15V
Output Voltages
T_{OUT} ..... ±15V
R_{OUT} ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
Driver/Receiver Output Short Circuited to GND ..... Continuous
Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) ... 842mW
18-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C) ... 889mW
20-Pin Plastic DIP (derate 8.00mW/°C above +70°C) ... 440mW
16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C) ... 696mW
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) ... 762mW
18-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) ... 762mW
20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C) ... 800mW
20-Pin SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C) ... 640mW
16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C) ... 800mW
18-Pin CERDIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) ... 842mW
Operating Temperature Ranges
MAX2_ _AC_ _, MAX2_ _C_ _ ..... 0°C to +70°C
MAX2_ _AE_ _, MAX2_ _E_ _ ..... -40°C to +85°C
MAX2_ _AM_ _, MAX2_ _M_ _ ..... -55°C to +125°C
Storage Temperature Range ..... -65°C to +160°C
Lead Temperature (soldering, 10sec) ..... +300°C

Note 1: Input voltage measured with T_{OUT} in high-impedance state, $\overline{SHDN}$ or V_{CC} = 0V.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243

(V_{CC} = +5V ±10%, C1-C4 = 0.1µF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 TRANSMITTERS						
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND		±5	±8		V
Input Logic Threshold Low				1.4	0.8	V
Input Logic Threshold High			2	1.4		V
Logic Pull-Up/Input Current	Normal operation			5	40	µA
	$\overline{SHDN}$ = 0V, MAX222/242, shutdown			±0.01	±1	
Output Leakage Current	V_{CC} = 5.5V, $\overline{SHDN}$ = 0V, V_{OUT} = ±15V, MAX222/242			±0.01	±10	µA
	V_{CC} = $\overline{SHDN}$ = 0V, V_{OUT} = ±15V			±0.01	±10	
Data Rate	Except MAX220, normal operation			200	116	kbits/ sec
	MAX220			22	20	
Transmitter Output Resistance	V_{CC} = V+ = V- = 0V, V_{OUT} = ±2V		300	10M		Ω
Output Short-Circuit Current	V_{OUT} = 0V			±7	±22	mA
RS-232 RECEIVERS						
RS-232 Input Voltage Operating Range					±30	V
RS-232 Input Threshold Low	V_{CC} = 5V	Except MAX243 $R2_{IN}$	0.8	1.3		V
		MAX243 $R2_{IN}$ (Note 2)	-3			
RS-232 Input Threshold High	V_{CC} = 5V	Except MAX243 $R2_{IN}$		1.8	2.4	V
		MAX243 $R2_{IN}$ (Note 2)		-0.5	-0.1	
RS-232 Input Hysteresis	Except MAX243, V_{CC} = 5V, no hyst. in shdn.		0.2	0.5	1	V
	MAX243			1		
RS-232 Input Resistance			3	5	7	kΩ
TTL/CMOS Output Voltage Low	I_{OUT} = 3.2mA			0.2	0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	I_{OUT} = -1.0mA		3.5	V_{CC} - 0.2		V
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing V_{OUT} = GND		-2	-10		mA
	Shrinking V_{OUT} = V_{CC}		10	30		
TTL/CMOS Output Leakage Current	$\overline{SHDN}$ = V_{CC} or $\overline{EN}$ = V_{CC} ($\overline{SHDN}$ = 0V for MAX222), 0V ≤ V_{OUT} ≤ V_{CC}			±0.05	±10	µA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243 (continued)

(V_{CC} = +5V ±10%, C1-C4 = 0.1µF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
$\overline{EN}$ Input Threshold Low	MAX242			1.4	0.8	V
$\overline{EN}$ Input Threshold High	MAX242		2.0	1.4		V
POWER SUPPLY						
Operating Supply Voltage			4.5		5.5	V
V_{CC} Supply Current ($\overline{SHDN}$ = V_{CC}), Figures 5, 6, 9, 19	No load	MAX220		0.5	2	mA
		MAX222/232A/233A/242/243		4	10	
	3kΩ load both inputs	MAX220		12		
		MAX222/232A/233A/242/243		15		
Shutdown Supply Current	MAX222/242	T_A = +25°C		0.1	10	µA
		T_A = 0° to +70°C		2	50	
		T_A = -40° to +85°C		2	50	
		T_A = -55° to +125°C		35	100	
$\overline{SHDN}$ Input Leakage Current	MAX222/242				±1	µA
$\overline{SHDN}$ Threshold Low	MAX222/242			1.4	0.8	V
$\overline{SHDN}$ Threshold High	MAX222/242		2.0	1.4		V
AC CHARACTERISTICS						
Transition Slew Rate	C_L = 50pF to 2500pF, R_L = 3kΩ to 7kΩ, V_{CC} = 5V, T_A = +25°C, measured from +3V to -3V or -3V to +3V	MAX222/232A/233A/242/243	6	12	30	V/µs
		MAX220	1.5	3	30	
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (normal operation), Figure 1	t_{PHLT}	MAX222/232A/233A/242/243		1.3	3.5	µs
		MAX220		4	10	
	t_{PLHT}	MAX222/232A/233A/242/243		1.5	3.5	
		MAX220		5	10	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (normal operation), Figure 2	t_{PHLR}	MAX222/232A/233A/242/243		0.5	1	µs
		MAX220		0.6	3	
	t_{PLHR}	MAX222/232A/233A/242/243		0.6	1	
		MAX220		0.8	3	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (shutdown), Figure 2	t_{PHLS}	MAX242		0.5	10	µs
	t_{PLHS}	MAX242		2.5	10	
Receiver-Output Enable Time, Figure 3	t_{ER}	MAX242		125	500	ns
Receiver-Output Disable Time, Figure 3	t_{DR}	MAX242		160	500	ns
Transmitter-Output Enable Time ($\overline{SHDN}$ goes high), Figure 4	t_{ET}	MAX222/242, 0.1µF caps (includes charge-pump start-up)		250		µs
Transmitter-Output Disable Time ($\overline{SHDN}$ goes low), Figure 4	t_{DT}	MAX222/242, 0.1µF caps		600		ns
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	t_{PHLT} - t_{PLHT}	MAX222/232A/233A/242/243		300		ns
		MAX220		2000		
Receiver + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	t_{PHLR} - t_{PLHR}	MAX222/232A/233A/242/243		100		ns
		MAX220		225		

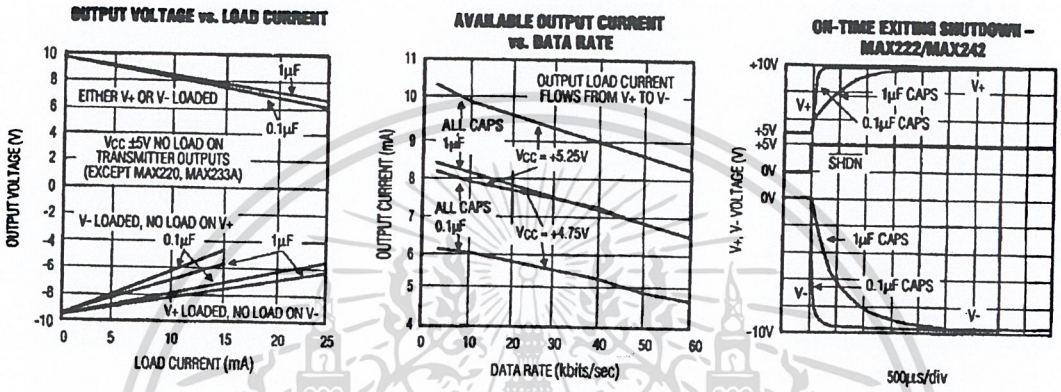
Note 2: MAX243 $R2_{OUT}$ is guaranteed to be low when $R2_{IN}$ is ≥ 0V or is floating.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

Typical Operating Characteristics

MAX220/MAX222/MAX232A/MAX233A/MAX242/MAX243



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX223/MAX230-MAX241

V_{CC} ..... -0.3V to +6V
$V+$ ..... (V_{CC} - 0.3V) to +14V
$V-$ ..... +0.3V to -14V
Input Voltages
T_{IN} ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
R_{IN} ..... ±30V
Output Voltages
T_{OUT} ..... (V+ + 0.3V) to (V- - 0.3V)
R_{OUT} ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
Short-Circuit Duration, T_{OUT} ..... Continuous
Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
14-Pin Plastic DIP (derate 10.00mW/°C above +70°C)....800mW
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C)....842mW
20-Pin Plastic DIP (derate 11.11 mW/°C above +70°C)...889mW
24-Pin Narrow Plastic DIP
(derate 13.33mW/°C above +70°C) 1.07W
24-Pin Plastic DIP (derate 9.09mW/°C above +70°C).....500mW
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C).....762mW
20-Pin Wide SO (derate 10 00mW/°C above +70°C).....800mW
24-Pin Wide SO (derate 11.76mW/°C above +70°C).....941mW
28-Pin Wide SO (derate 12.50mW/°C above +70°C) 1W
44-Pin Plastic FP (derate 11.11 mW/°C above +70°C) 889mW
14-Pin CERDIP (derate 9.09mW/°C above +70°C).....727mW
16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C).....800mW
20-Pin CERDIP (derate 11.11mW/°C above +70°C).....889mW
24-Pin Narrow CERDIP
(derate 12.50mW/°C above +70°C) 1W
24-Pin Sidebraze (derate 20.0mW/°C above +70°C).....1.6W
28-Pin SSOP (derate 9.52mW/°C above +70°C).....762mW
Operating Temperature Ranges
MAX2 _ _ C _ _ ..... 0°C to +70°C
MAX2 _ _ E _ _ ..... -40°C to +85°C
MAX2 _ _ M _ _ ..... -55°C to +125°C
Storage Temperature Range ..... -65°C to +160°C
Lead Temperature (soldering, 10sec) ..... +300°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX223/MAX230-MAX241

(MAX223/230/232/234/236/237/238/240/241 V_{CC} = +5V ±10%, MAX233/MAX235 V_{CC} = 5V ±5%, C1-C4 = 1.0µF MAX231/MAX239 V_{CC} = 5V ±10%, V+ = 7.5V to 13.2V, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to ground		±5.0	±7.3		V
V_{CC} Power-Supply Current	No load, T_A = +25°C	MAX232/233		5	10	mA
		MAX223/230/234-238/240/241		7	15	
		MAX231 /239		.4	1	
V+ Power-Supply Current		MAX231		1.8	5	mA
		MAX239		5	15	
Shutdown Supply Current	T_A = +25°C	MAX223		15	50	µA
		MAX230/235/236/240/241		1	10	
Input Logic Threshold Low	T_{IN}; EN, $\overline{SHDN}$ (MAX223), $\overline{EN}$, SHDN (MAX230/235-241)				0.8	V
Input Logic Threshold High	T_{IN}		2.0			V
	EN, $\overline{SHDN}$ (MAX223), $\overline{EN}$, SHDN (MAX230/235/236/240/241)		2.4			
Logic Pull-Up Current	T_{IN} = 0V			1.5	200	µA
Receiver Input Voltage Operating Range			-30		30	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX223/MAX230-MAX241 (continued)

(MAX223/230/232/234/236/237/238/240/241 V_{CC} = +5V ±10%, MAX233/MAX235 V_{CC} = 5V ±5%, C1-C4 = 1.0µF MAX231/MAX239 V_{CC} = 5V ±10%, V+ = 7.5V to 13.2V, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

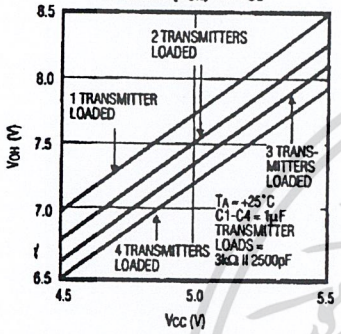
PARAMETER	CONDITIONS			MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 Input Threshold Low	T_A = +25°C, V_{CC} = 5V	Normal operation $\overline{SHDN}$ = 5V (MAX223) SHDN = 0V (MAX235/236/240/241)		0.8	1.2		V
		Shutdown (MAX223) $\overline{SHDN}$ = 0V, EN = 5V ($R4_{IN}$, $R5_{IN}$)		0.6	1.5		
RS-232 Input Threshold High	T_A = +25°C, V_{CC} = 5V	Normal operation $\overline{SHDN}$ = 5V (MAX223) SHDN = 0V (MAX235/236/240/241)			1.7	2.4	V
		Shutdown (MAX223) $\overline{SHDN}$ = 0V, EN = 5V ($R4_{IN}$, $R5_{IN}$)			1.5	2.4	
RS-232 Input Hysteresis	V_{CC} = 5V; no hysteresis in shutdown			0.2	0.5	1.0	V
RS-232 Input Resistance	T_A = +25°C, V_{CC} = 5V			3	5	7	kΩ
TTL/CMOS Output Voltage Low	I_{OUT} = 1.6mA (MAX231-233 I_{OUT} = 3.2mA)					0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	I_{OUT} = -1mA			3.5	V_{CC} - 0.4		V
TTL/CMOS Output Leakage Current	0V ≤ R_{OUT} ≤ V_{CC}; EN = 0V (MAX223); $\overline{EN}$ = V_{CC} (MAX235-241)				0.05	±10	µA
Receiver Output Enable Time	Normal operation	MAX223			600		ns
		MAX235/236/239/240/241			400		
Receiver Output Disable Time	Normal operation	MAX223			900		ns
		MAX235/236/239/240/241			250		
Propagation Delay	RS-232 IN to TTL/CMOS OUT, C_L = 150pF	Normal operation			0.5	10	µs
		$\overline{SHDN}$ = 0V (MAX223)	t_{PHLS}		4	40	
			t_{PLHS}		6	40	
Transition Region Slew Rate	MAX223/MAX230/MAX234-241 T_A = +25°C, V_{CC} = 5V, R_L = 3kΩ to 7kΩ, C_L = 50pF to 2500pF, measured from +3V to -3V or -3V to +3V			3	5.1	30	V/µs
	MAX231/MAX232/MAX233 T_A = +25°C, V_{CC} = 5V, R_L = 3kΩ to 7kΩ, C_L = 50pF to 2500pF, measured from +3V to -3V or -3V to +3V				4	30	
Transmitter Output Resistance	V_{CC} = V+ = V- = 0V, V_{OUT} = ±2V			300			Ω
Transmitter Out Short-Circuit Current					±10		mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

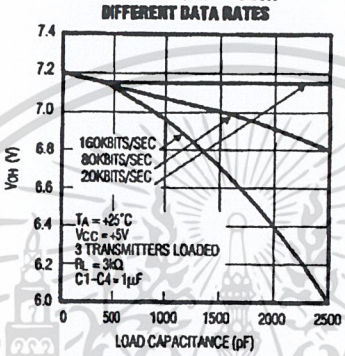
Typical Operating Characteristics

MAX223/MAX230–MAX241

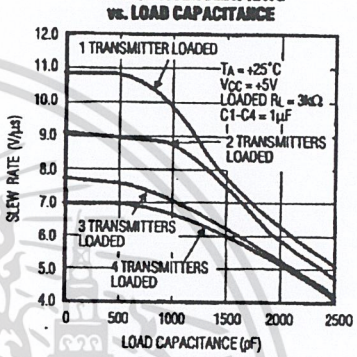
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V_{OH}) vs. V_{CC}



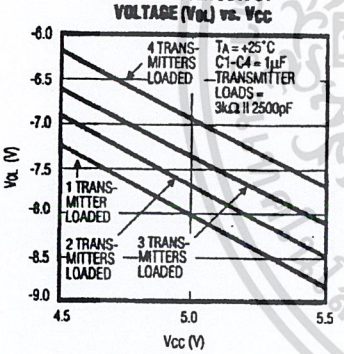
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V_{OH}) vs. LOAD CAPACITANCE AT DIFFERENT DATA RATES



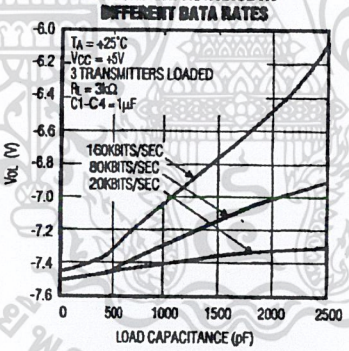
TRANSMITTER SLEW RATE vs. LOAD CAPACITANCE



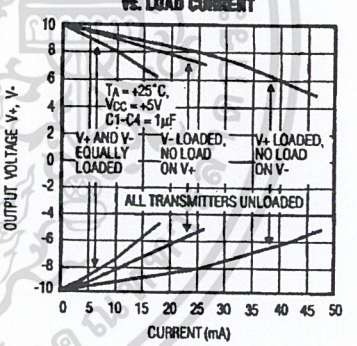
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V_{OL}) vs. V_{CC}



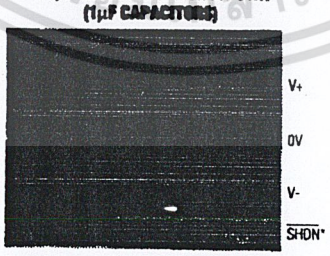
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V_{OL}) vs. LOAD CAPACITANCE AT DIFFERENT DATA RATES



TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE V+, V- vs. LOAD CURRENT



V+, V- WHEN EXITING SHUTDOWN (1µF CAPACITORS)



*SHUTDOWN POLARITY IS REVERSED FOR THE MAX241

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX225/MAX244-MAX249

Supply Voltage (V_{CC}) ..... -0.3V to +6V
Input Voltages
T_{IN}, $\overline{ENA}$, $\overline{ENB}$, $\overline{ENR}$, $\overline{ENT}$, $\overline{ENRA}$, $\overline{ENRB}$, $\overline{ENTA}$, $\overline{ENTB}$ ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
R_{IN} ..... ±25V
T_{OUT} (Note 3) ..... ±15V
R_{OUT} ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
Short Circuit (one output at a time)
T_{OUT} to GND ..... Continuous
R_{OUT} to GND ..... Continuous

Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
28-Pin Wide SO (derate 12.50mW/°C above +70°C) 1W
40-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C) ... 611mW
44-Pin PLCC (derate 13.33mW/°C above +70°C) 1.07W
Operating Temperature Ranges
MAX225C_ _, MAX24 C_ _ ..... 0°C to +70°C
MAX225E_ _, MAX24_E_ _ ..... -40°C to +85°C
Storage Temperature Range ..... -65°C to +160°C
Lead Temperature (soldering, 10sec) ..... +300°C

Note 3: Input voltage measured with transmitter output in a high-impedance state, shutdown, or V_{CC} = 0V.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX225/MAX244-MAX249

(MAX225 V_{CC} = 5.0V ±5%; MAX244-MAX249 V_{CC} = +5.0V ±10%, external capacitors C1-C4 = 1µF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 TRANSMITTER						
Input Logic Threshold Low				1.4	0.8	V
Input Logic Threshold High			2	1.4		V
Logic Pull-Up/Input Current	Tables 1a-1d	Normal operation		10	50	µA
		Shutdown		±0.01	±1	
Data Rate	Tables 1a-1d, normal operation			120	64	kbits/sec
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3Ωk to GND		±5	±7.5		V
Output Leakage Current (shutdown)	Tables 1a-1d	$\overline{ENA}$, $\overline{ENB}$, $\overline{ENT}$, $\overline{ENTA}$, $\overline{ENTB}$ = V_{CC}, V_{OUT} = ±15V		±0.01	±25	µA
		V_{CC} = 0V, V_{OUT} = ±15V		±0.01	±25	
Transmitter Output Resistance	V_{CC} = V+ = V- = 0V, V_{OUT} = ±2V (Note 4)		300	10M		Ω
Output Short-Circuit Current	V_{OUT} = 0V		±7	±30		mA
RS-232 RECEIVERS						
RS-232 Input Voltage Operating Range					±25	V
RS-232 Input Threshold Low	V_{CC} = 5V		0.8	1.3		V
RS-232 Input Threshold High	V_{CC} = 5V			1.8	2.4	V
RS-232 Input Hysteresis	V_{CC} = 5V		0.2	0.5	1.0	V
RS-232 Input Resistance			3	5	7	kΩ
TTL/CMOS Output Voltage Low	I_{OUT} = 3.2mA			0.2	0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	I_{OUT} = -1.0mA		3.5	V_{CC} - 0.2		V
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing V_{OUT} = GND		-2	-10		mA
	Shrinking V_{OUT} = V_{CC}		10	30		
TTL/CMOS Output Leakage Current	Normal operation, outputs disabled, Tables 1A-1D, 0V ≤ V_{OUT} ≤ V_{CC}, $\overline{ENR}$_ = V_{CC}			±0.05	±0.10	µA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX225/MAX244-MAX249 (continued)

(MAX225 V_{CC} = 5.0V ±5%; MAX244-MAX249 V_{CC} = +5.0V ±10%, external capacitors C1-C4 = 1µF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
POWER SUPPLY AND CONTROL LOGIC						
Operating Supply Voltage		MAX225	4.75		5.25	V
		MAX244-MAX249	4.5		5.5	
V_{CC} Supply Current (normal operation)	No load	MAX225		10	20	mA
		MAX244-MAX249		11	30	
	3kΩ loads on all outputs	MAX225		40		
		MAX244-MAX249		57		
Shutdown Supply Current	T_A = +25°C			8	25	µA
	T_A = T_{MIN} to T_{MAX}				50	
Control Input	Leakage current				±1	µA
	Threshold low			1.4	0.8	V
	Threshold high		2.4	1.4		
AC CHARACTERISTICS						
Transition Slew Rate	C_L = 50pF to 2500pF, R_L = 3kΩ to 7kΩ, V_{CC} = 5V, T_A = +25°C, measured from +3V to -3V or -3V to +3V		5	10	30	V/µs
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (normal operation), Figure 1	t_{PHLT}			1.3	3.5	µs
	t_{PLHT}			1.5	3.5	
Receiver Propagation Delay TLL to RS-232 (normal operation), Figure 2	t_{PHLR}			0.6	1.5	µs
	t_{PLHR}			0.6	1.5	
Receiver Propagation Delay TLL to RS-232 (low-power mode), Figure 2	t_{PHLS}			0.6	10	µs
	t_{PLHS}			3.0	10	
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	t_{PHLT} - t_{PLHT}			350		ns
Receiver + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	t_{PHLR} - t_{PLHR}			350		ns
Receiver-Output Enable Time, Figure 3	t_{ER}			100	500	ns
Receiver-Output Disable Time, Figure 3	t_{DR}			100	500	ns
Transmitter Enable Time	t_{ET}	MAX246-MAX249 (excludes charge-pump start-up)		5		µs
		MAX225/MAX245-MAX249 (includes charge-pump start-up)		10		ms
Transmitter Disable Time, Figure 4	t_{DT}			100		ns

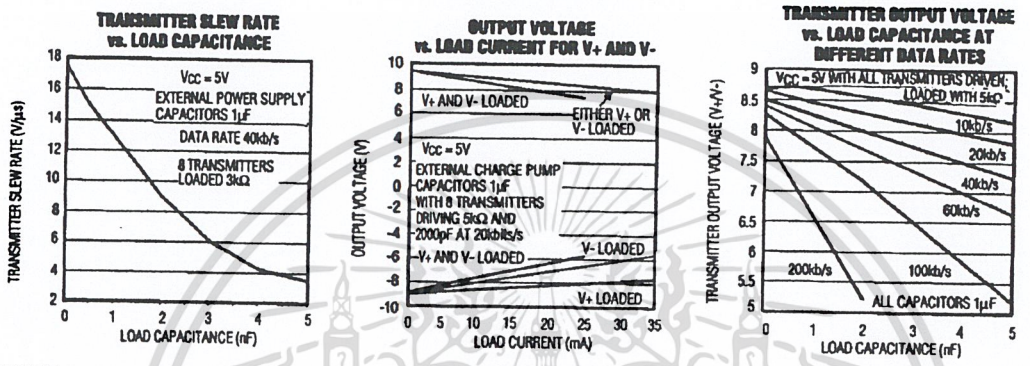
Note 4: The 300Ω minimum specification complies with EIA/TIA-232E, but the actual resistance when in shutdown mode or V_{CC} = 0 is 10MΩ as is implied by the leakage specification.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

Typical Operating Characteristics

MAX225/MAX244-MAX249



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

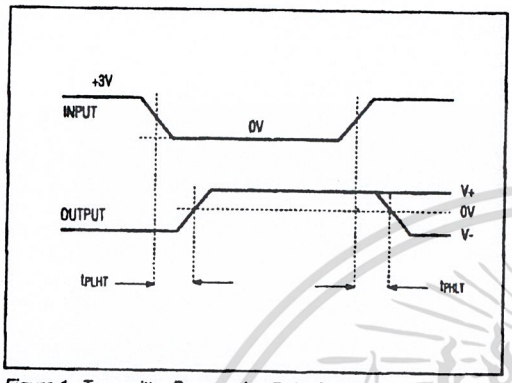


Figure 1. Transmitter Propagation Delay Timing

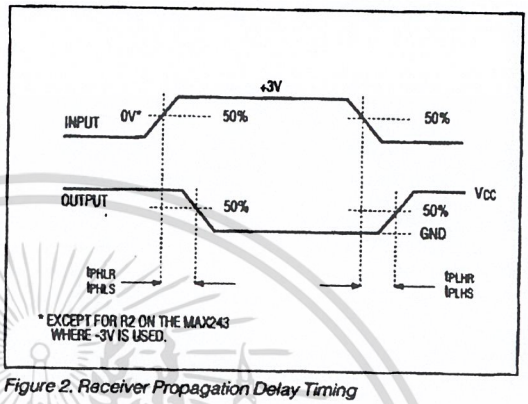


Figure 2. Receiver Propagation Delay Timing

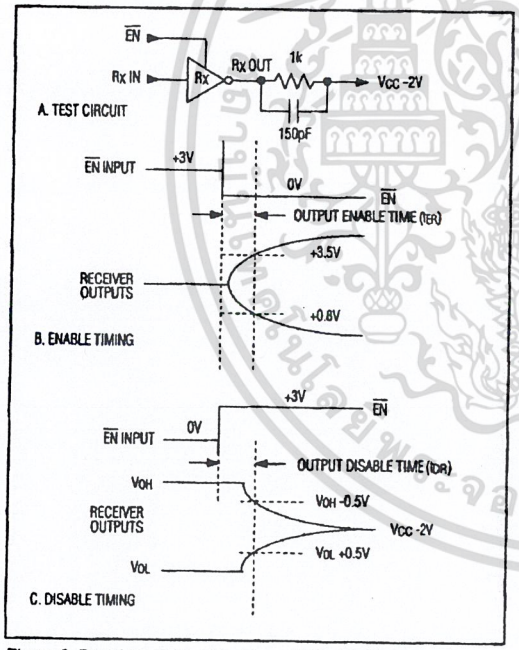


Figure 3. Receiver-Output Enable and Disable Timing

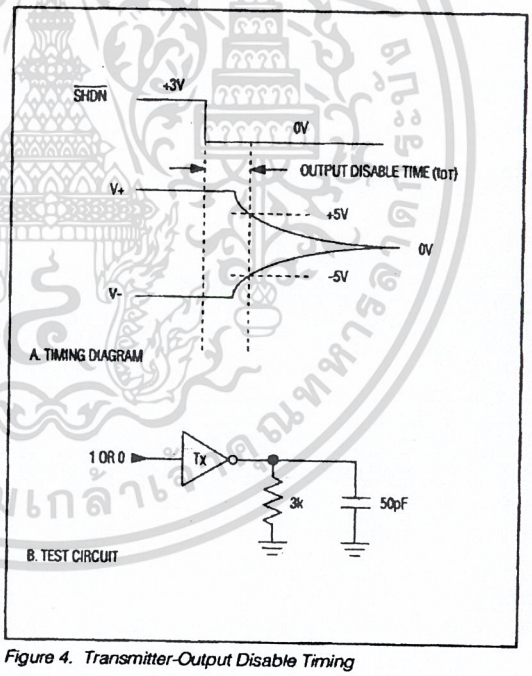


Figure 4. Transmitter-Output Disable Timing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1a. MAX225 Control Pin Configurations

ENT	ENR	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS	RECEIVERS
0	0	Normal Operation	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All 3-State
1	0	Shutdown	All 3-State	All Low-Power Receive Mode
1	1	Shutdown	All 3-State	All 3-State

Table 1b. MAX245 Control Pin Configurations

ENT	$\overline{ENR}$	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS		RECEIVERS	
			TA1-TA4	TB1-TB4	RA1-RA5	RB1-RB5
0	0	Normal Operation	All Active	All Active	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All Active	RA1-RA4 3-State RA5 Active	RB1-RB4 3-State RB5 Active
1	0	Shutdown	All 3-State	All 3-State	All Low Power Receiver Mode	All Low Power Receiver Mode
1	1	Shutdown	All 3-State	All 3-State	RA1-RA4 3-State RA5 Low-Power Receiver Mode	RB1-RB4 3-State RA5 Low-Power Receiver Mode

Table 1c. MAX246 Control Pin Configurations

$\overline{ENA}$	$\overline{ENB}$	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS		RECEIVERS	
			TA1-TA4	TB1-TB4	RA1-RA5	RB1-RB5
0	0	Normal Operation	All Active	All Active	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All 3-State	All Active	RB1-RB4 3-State RB5 Active
1	0	Shutdown	All 3-State	All Active	RA1-RA4 3-State RA5 Active	All Active
1	1	Shutdown	All 3-State	All 3-State	RA1-RA4 3-State RA5 Low-Power Receiver Mode	RB1-RB4 3-State RA5 Low-Power Receiver Mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1d. MAX247/248/249 Control Pin Configurations

ENTA	ENTB	ENRA	ENRB	OPERATION STATUS		TRANSMITTERS		RECEIVERS	
					MAX247	TA1–TA4	TB1–TB4	RA1–RA4	RB1–RB5
					MAX248	TA1–TA4	TB1–TB4	RA1–RA4	RB1–RB4
					MAX249	TA1–TA3	TB1–TB3	RA1–RA5	RB1–RB5
0	0	0	0	Normal Operation		All Active	All Active	All Active	All Active
0	0	0	1	Normal Operation		All Active	All Active	All Active	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
0	0	1	0	Normal Operation		All Active	All Active	All 3-State	All Active
0	0	1	1	Normal Operation		All Active	All Active	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
0	1	0	0	Normal Operation		All Active	All 3-State	All Active	All Active
0	1	0	1	Normal Operation		All Active	All 3-State	All Active	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
0	1	1	0	Normal Operation		All Active	All 3-State	All 3-State	All Active
0	1	1	1	Normal Operation		All Active	All 3-State	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
1	0	0	0	Normal Operation		All 3-State	All Active	All Active	All Active
1	0	0	1	Normal Operation		All 3-State	All Active	All Active	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
1	0	1	0	Normal Operation		All 3-State	All Active	All 3-State	All Active
1	0	1	1	Normal Operation		All 3-State	All Active	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
1	1	0	0	Shutdown		All 3-State	All 3-State	Low-Power Receive Mode	Low-Power Receive Mode
1	1	0	1	Shutdown		All 3-State	All 3-State	Low-Power Receive Mode	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
1	1	1	0	Shutdown		All 3-State	All 3-State	All 3-State	Low-Power Receive Mode
1	1	1	1	Shutdown		All 3-State	All 3-State	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

Detailed Description

The MAX220-MAX249 contain four sections: dual charge-pump DC-DC voltage converters, RS-232 drivers, RS-232 receivers, and receiver and transmitter enable control inputs.

Dual Charge-Pump Voltage Converter

The MAX220-MAX249 have two internal charge-pumps that convert +5V to ±10V (unloaded) for RS-232 driver operation. The first converter uses capacitor C1 to double the +5V input to +10V on C3 at the V+ output. The second converter uses capacitor C2 to invert +10V to -10V on C4 at the V- output.

A small amount of power may be drawn from the +10V (V+) and -10V (V-) outputs to power external circuitry (see Typical Operating Characteristics), except on the MAX225 and MAX245-MAX247, where these pins are not available. V+ and V- are not regulated, so the output voltage drops with increasing load current. Do not load V+ and V- to a point that violates the minimum ±5V EIA/TIA-232E driver output voltage when sourcing current from V+ and V- to external circuitry.

When using the shutdown feature in the MAX222, MAX225, MAX230, MAX235, MAX236, MAX240, MAX241, and MAX245-MAX249 avoid using V+ and V- to power external circuitry. When these parts are shut down, V- falls to 0V, and V+ falls to +5V. For applications where a +10V external supply is applied to the V+ pin (instead of using the internal charge pump to generate +10V), the C1 capacitor must not be installed and the $\overline{SHDN}$ pin must be tied to V_{CC}. This is because V+ is internally connected to V_{CC} in shutdown mode.

RS-232 Drivers

The typical driver output voltage swing is ±8V when loaded with a nominal 5kΩ RS-232 receiver and V_{CC} = +5V. Output swing is guaranteed to meet the EIA/TIA-232E and V.28 specification, which calls for ±5V minimum driver output levels under worst-case conditions. These include a minimum 3kΩ load, V_{CC} = +4.5V, and maximum operating temperature. Unloaded driver output voltage ranges from (V+ -1.3V) to (V- +0.5V).

Input thresholds are both TTL and CMOS compatible. The inputs of unused drivers can be left unconnected since 400kΩ input pull-up resistors to V_{CC} are built-in. The pull-up resistors force the outputs of unused drivers low because all drivers invert. The internal input pull-up resistors typically source 12µA, except in shutdown mode where the pull-ups are disabled. Driver outputs turn off and enter a high-impedance state—where leakage current is typically microamperes (maximum 25µA)—when in shutdown mode, in three-state mode, or when device power is removed. Outputs can be driven to ±15V. The power-supply current typically drops to 8µA in shutdown mode.

The MAX239 has a receiver 3-state control line, and the MAX223, MAX225, MAX235, MAX236, MAX240, and MAX241 have both a receiver 3-state control line and a low-power shutdown control. The receiver TTL/CMOS outputs are in a high-impedance, 3-state mode whenever the 3-state $\overline{EN}$able line is high, and are also high-impedance whenever the shutdown control line is high.

When in low-power shutdown mode, the driver outputs are turned off and their leakage current is less than 1µA with the driver output pulled to ground. The driver output leakage remains less than 1µA, even if the transmitter output is backdriven between 0V and (V_{CC} + 6V). Below -0.5V, the transmitter is diode clamped to ground with 1kΩ series impedance. The transmitter is also zener clamped to approximately V_{CC} + 6V, with a series impedance of 1kΩ.

The driver output slew rate is limited to less than 30V/µs as required by the EIA/TIA-232E and V.28 specifications. Typical slew rates are 24V/µs unloaded and 10V/µs loaded with 3Ω and 2500pF.

RS-232 Receivers

EIA/TIA-232E and V.28 specifications define a voltage level greater than 3V as a logic 0, so all receivers invert. Input thresholds are set at 0.8V and 2.4V, so receivers respond to TTL level inputs as well as EIA/TIA-232E and V.28 levels.

The receiver inputs withstand an input overvoltage up to ±25V and provide input terminating resistors with nominal 5kΩ values. The receivers implement Type 1 interpretation of the fault conditions of V.28 and EIA/TIA-232E.

The receiver input hysteresis is typically 0.5V with a guaranteed minimum of 0.2V. This produces clear output transitions with slow-moving input signals, even with moderate amounts of noise and ringing. The receiver propagation delay is typically 600ns and is independent of input swing direction.

Low-Power Receive Mode

The low-power receive-mode feature of the MAX223, MAX242, and MAX245-MAX249 puts the IC into shutdown mode, but still allows it to receive information. This is important for applications where systems are periodically awakened to look for activity. Using low-power receive mode, the system can still receive a signal that will activate it on command and prepare it for communication at faster data rates. This operation conserves system power.

Negative Threshold—MAX243

The MAX243 is pin compatible with the MAX232A, differing only in that RS-232 cable fault protection is removed on one of the two receiver inputs. This means that control lines such as CTS and RTS can either be driven or left floating without interrupting communication. Different cables are not needed to interface with different pieces of equipment.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The input threshold of the receiver without cable fault protection is -0.8V rather than +1.4V. Its output goes positive only if the input is connected to a control line that is actively driven negative. If not driven, it defaults to the 0 or "OK to send" state. Normally, the MAX243's other receiver (+1.4V threshold) is used for the data line (TD or RD), while the negative threshold receiver is connected to the control line (DTR, DTS, CTS, RTS, etc.).

Other members of the RS-232 family implement the optional cable fault protection as specified by EIA/TIA-232E specifications. This means a receiver output goes high whenever its input is driven negative, left floating, or shorted to ground. The high output tells the serial communications IC to stop sending data. To avoid this, the control lines must either be driven or connected with jumpers to an appropriate positive voltage level.

Shutdown—MAX222-MAX242

On the MAX222, MAX235, MAX236, MAX240, and MAX241, all receivers are disabled during shutdown. On the MAX223 and MAX242, two receivers continue to operate in a reduced power mode when the chip is in shutdown. Under these conditions, the propagation delay increases to about 2.5µs for a high-to-low input transition. When in shutdown the receiver acts as a CMOS inverter with no hysteresis. The MAX223 and MAX242 also have a receiver output enable input ($\overline{EN}$) that allows receiver output control independent of $\overline{SHDN}$. With all other devices, $\overline{SHDN}$ also disables the receiver outputs.

The MAX225 provides five transmitters and five receivers, while the MAX245 provides ten receivers and eight transmitters. Both devices have separate receiver and transmitter-enable controls. The charge pumps turn off and the devices shut down when a logic high is applied to the ENT input. In this state, the supply current drops to less than 25µA and the receivers continue to operate in a low-power receive mode. Driver outputs enter a high-impedance state (three-state mode). On the MAX225, all five receivers are controlled by the $\overline{ENR}$ input. On the MAX245, eight of the receiver outputs are controlled by the $\overline{ENR}$ input, while the remaining two receivers (RA5 and RB5) are always active. RA1-RA4 and RB1-RB4 are put in a three-state mode when $\overline{ENR}$ is a logic high.

Receiver and Transmitter Enable Control Inputs

The MAX225 and MAX245-MAX249 feature transmitter and receiver enable controls.

The receivers have three modes of operation: full-speed receive (normal active), three-state (disabled), and low-power receive (enabled receivers continue to function at lower data rates). The receiver enable inputs control the full-speed receive and three-state modes. The transmitters have two modes of operation: full-speed transmit (normal active) and three-state (disabled). The transmitter enable inputs also control the shutdown mode. The device enters shutdown mode when all transmitters are disabled. Enabled receivers function in the low-power receive mode when in shutdown.

Tables 1a-1d define the control states. The MAX244 has no control pins and is not included in these tables.

The MAX246 has ten receivers and eight drivers with two control pins, each controlling one side of the device. A logic high at the A-side control input ($\overline{ENA}$) causes the four A-side receivers and drivers to go into a three-state mode. Similarly, the B-side control input ($\overline{ENB}$) causes the four B-side drivers and receivers to go into a three-state mode. As in the MAX245, one A-side and one B-side receiver (RA5 and RB5) remain active at all times. The entire device is put into shutdown mode when both the A and B sides are disabled ($\overline{ENA}$ = $\overline{ENB}$ = +5V).

The MAX247 provides nine receivers and eight drivers with four control pins. The $\overline{ENRA}$ and $\overline{ENRB}$ receiver enable inputs each control four receiver outputs. The $\overline{ENTA}$ and $\overline{ENTB}$ transmitter enable inputs each control four drivers. The ninth receiver (RB5) is always active. The device enters shutdown mode with a logic high on both $\overline{ENTA}$ and $\overline{ENTB}$.

The MAX248 provides eight receivers and eight drivers with four control pins. The $\overline{ENRA}$ and $\overline{ENRB}$ receiver enable inputs each control four receiver outputs. The $\overline{ENTA}$ and $\overline{ENTB}$ transmitter enable inputs control four drivers each. This part does not have an always-active receiver. The device enters shutdown mode and transmitters go into a three-state mode with a logic high on both $\overline{ENTA}$ and $\overline{ENTB}$.

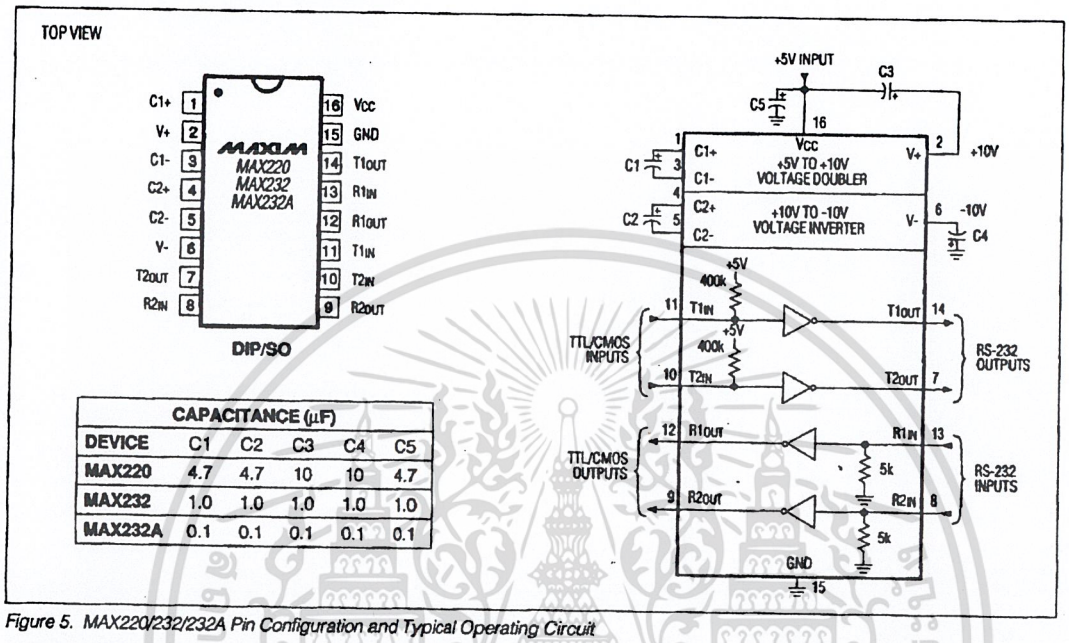
The MAX249 provides ten receivers and six drivers with four control pins. The $\overline{ENRA}$ and $\overline{ENRB}$ receiver enable inputs each control five receiver outputs. The $\overline{ENTA}$ and $\overline{ENTB}$ transmitter enable inputs control three drivers each. There is no always-active receiver. The device enters shutdown mode and transmitters go into a three-state mode with a logic high on both $\overline{ENTA}$ and $\overline{ENTB}$. In shutdown mode, active receivers operate in a low-power receive mode at data rates up to 20kbits/s.

Applications Information

Figures 5 through 25 show pin configurations and typical operating circuits. In applications that are sensitive to power-supply noise, V_{CC} should be decoupled to ground with a capacitor of the same value as C1 and C2 connected as close as possible to the device.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers



CAPACITANCE (µF)					
DEVICE	C1	C2	C3	C4	C5
MAX220	4.7	4.7	10	10	4.7
MAX232	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
MAX232A	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Figure 5. MAX220/232/232A Pin Configuration and Typical Operating Circuit

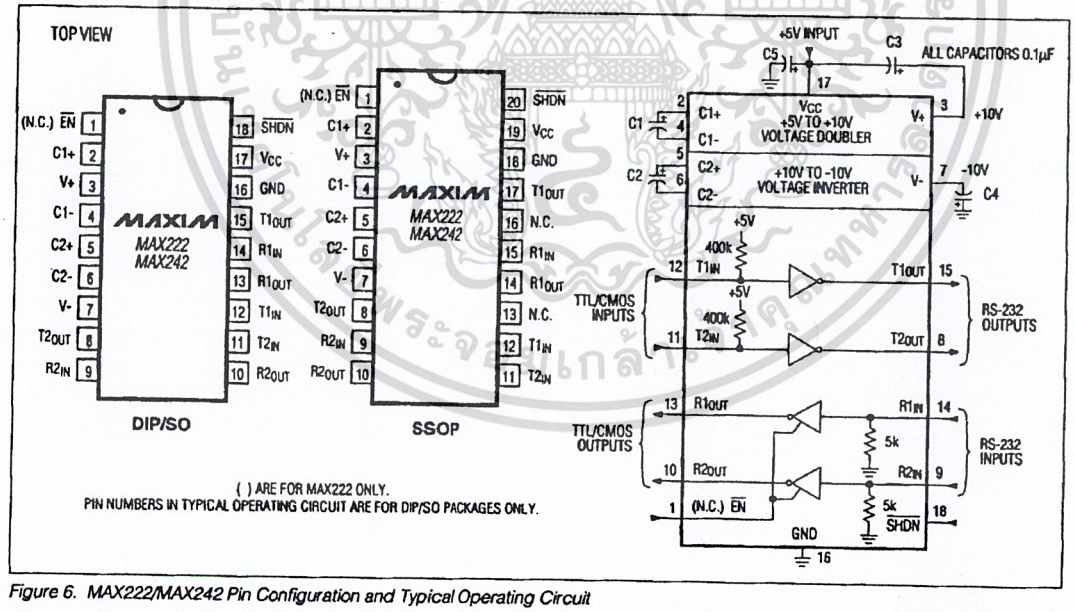


Figure 6. MAX222/MAX242 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

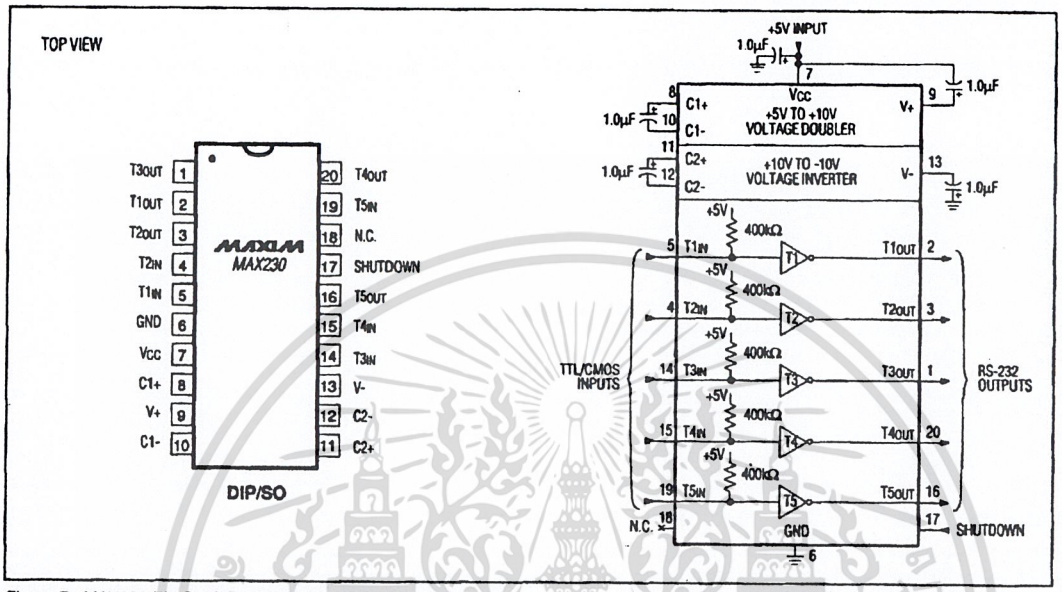


Figure 7. MAX230 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

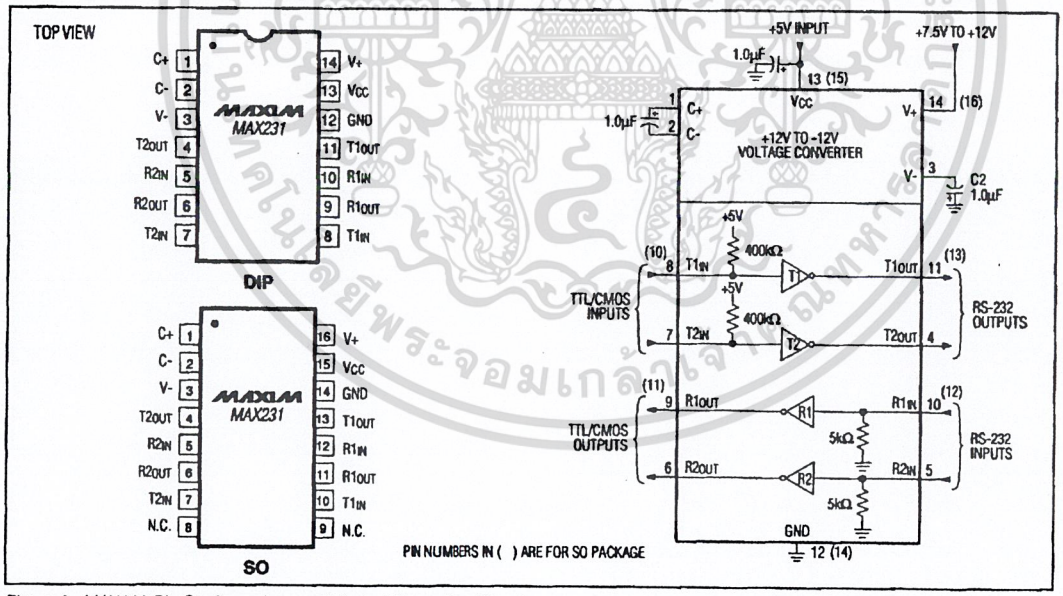


Figure 8. MAX230 Pin Configurations and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

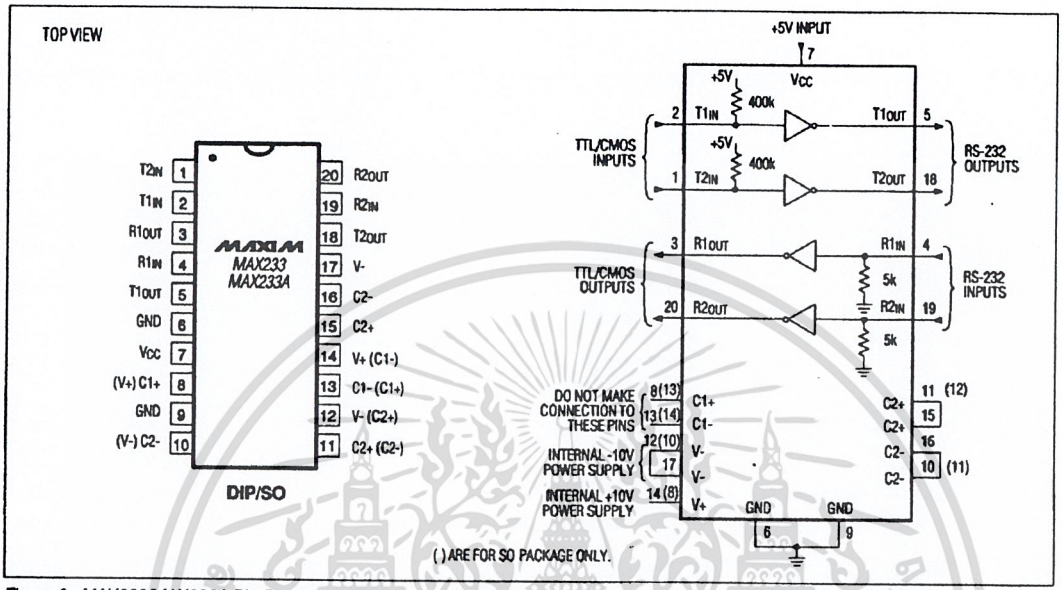


Figure 9. MAX233/MAX233A Pin Configuration and Typical Operating Circuit

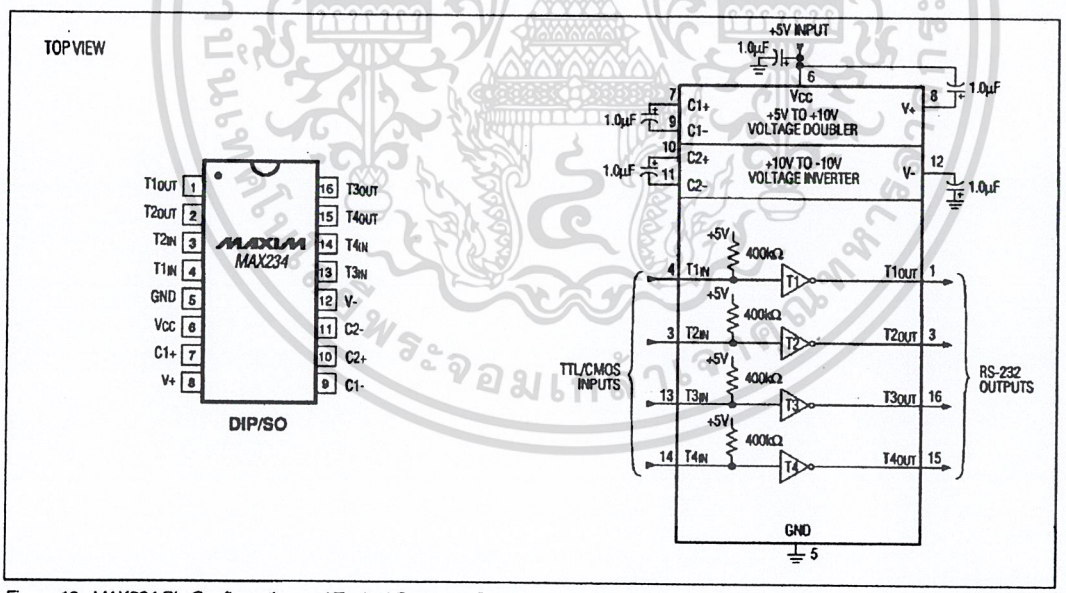


Figure 10. MAX234 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

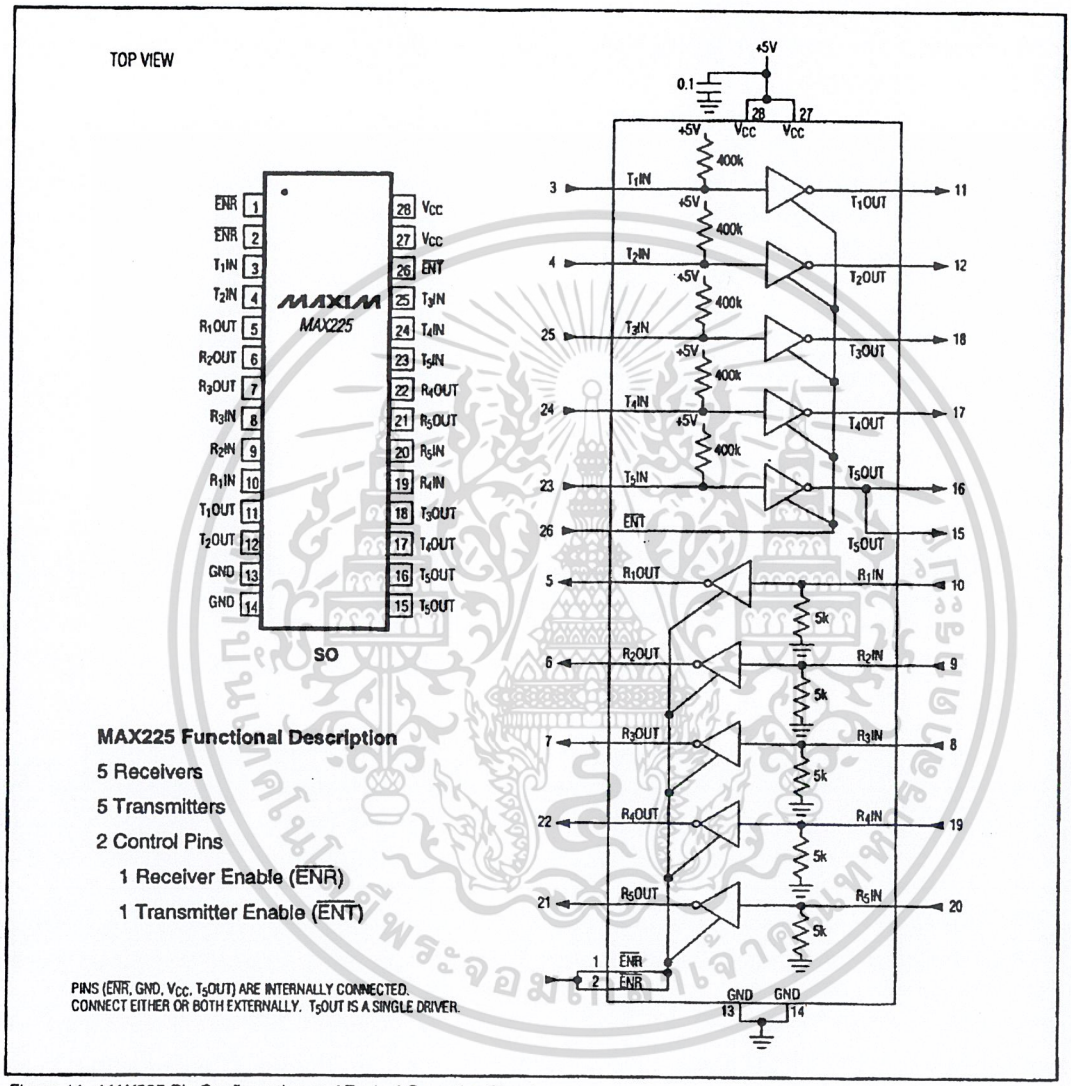


Figure 11. MAX225 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

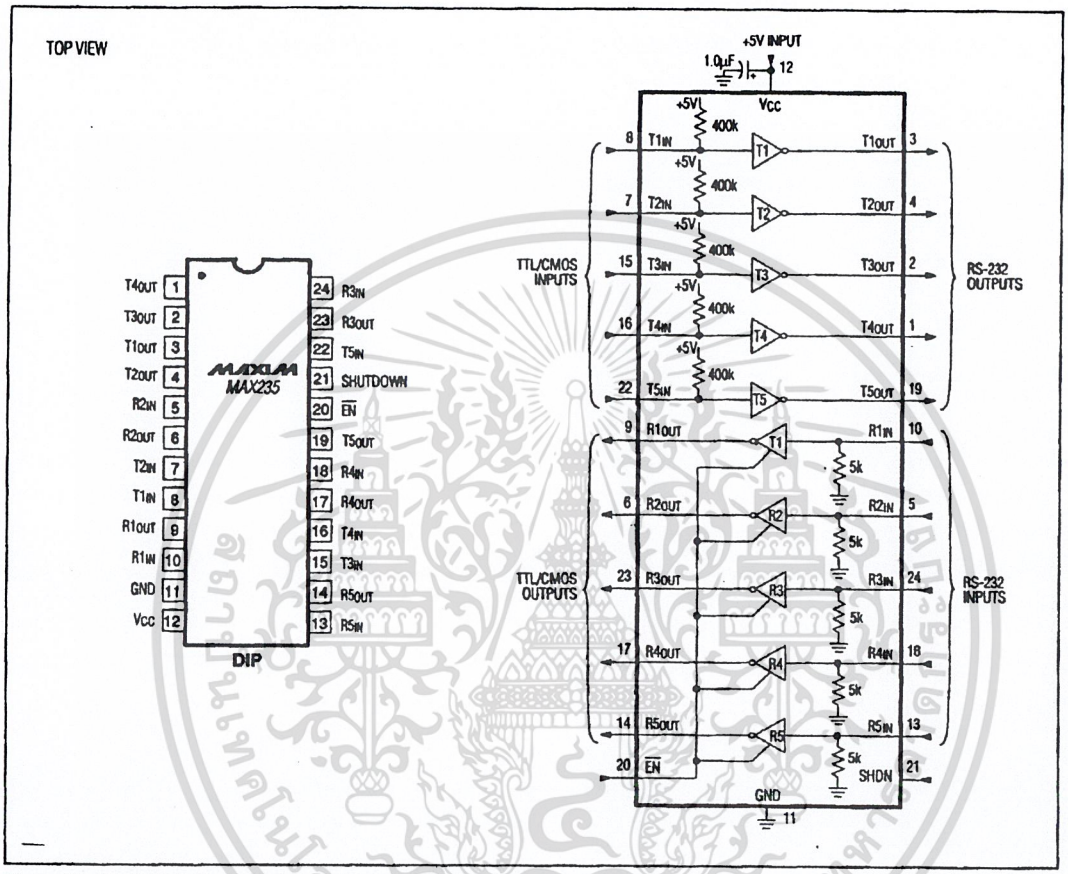


Figure 12. MAX235 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

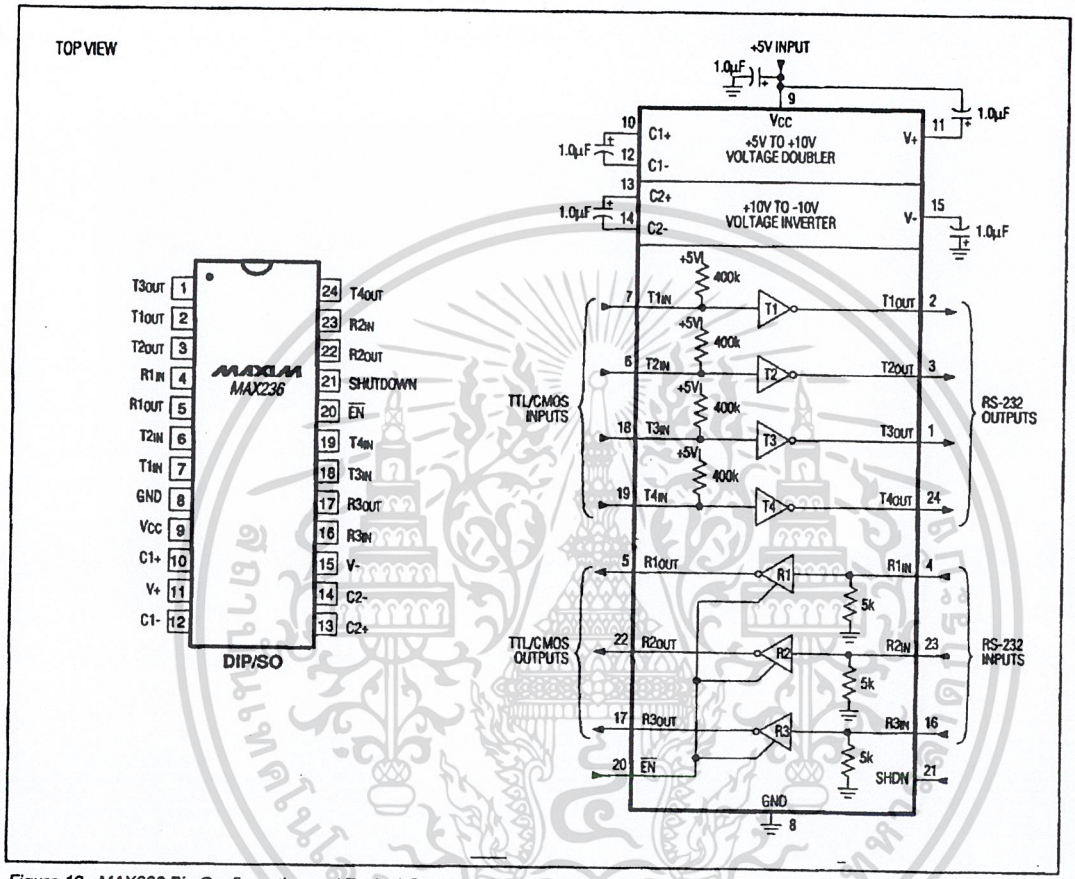


Figure 13. MAX236 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

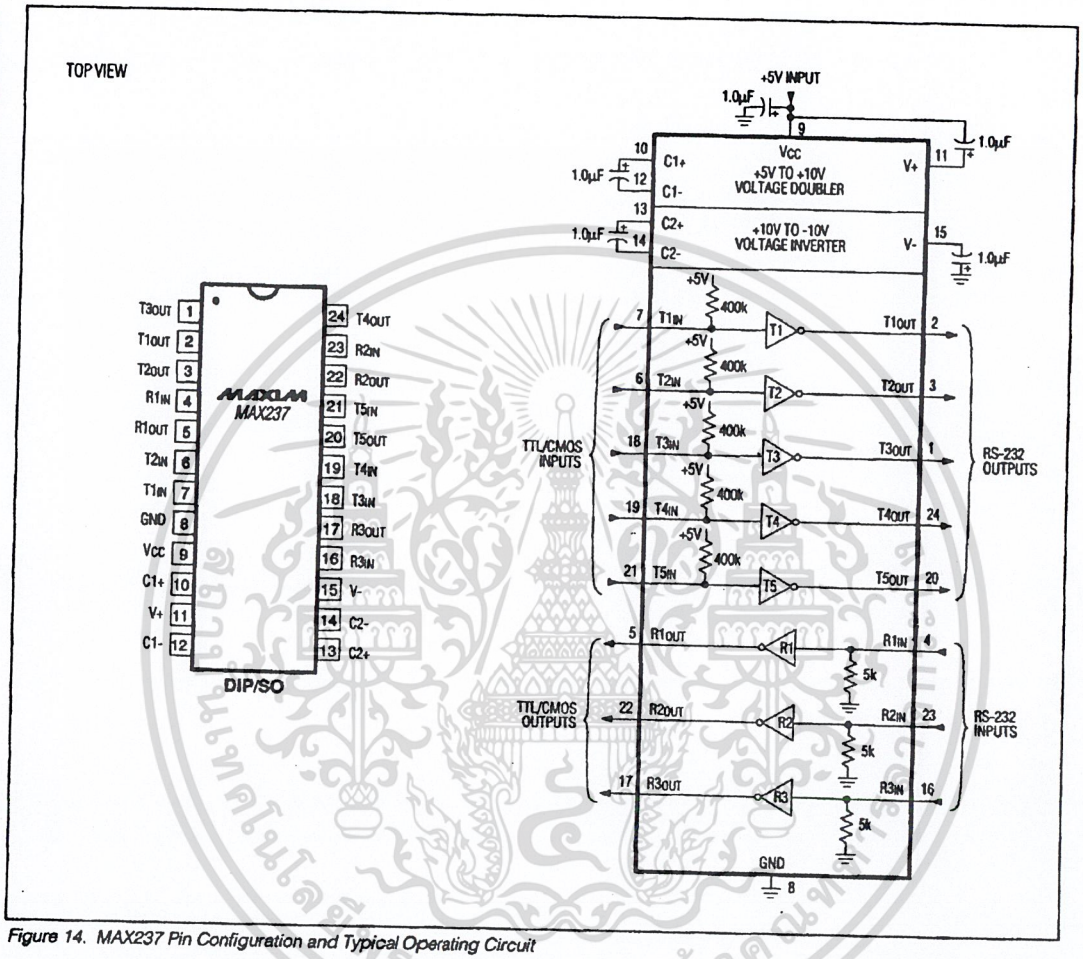


Figure 14. MAX237 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

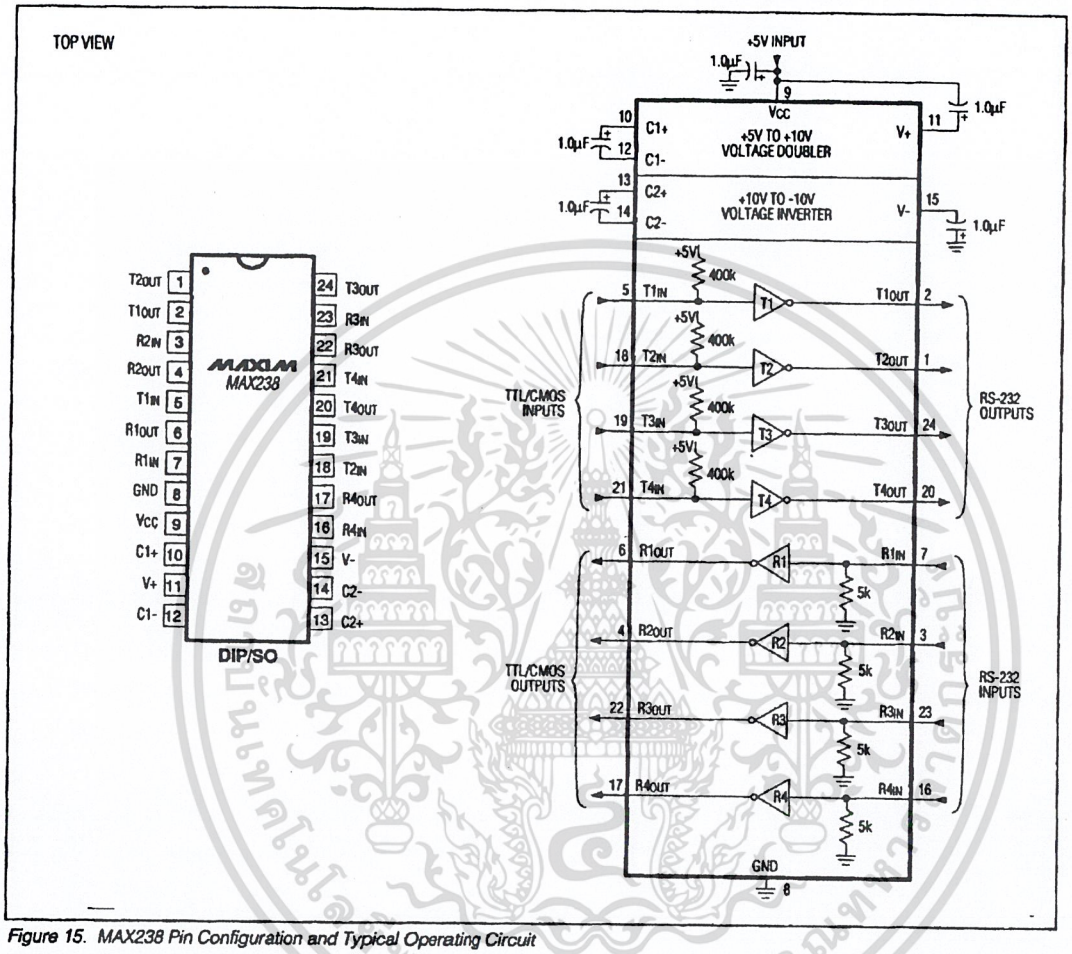


Figure 15. MAX238 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

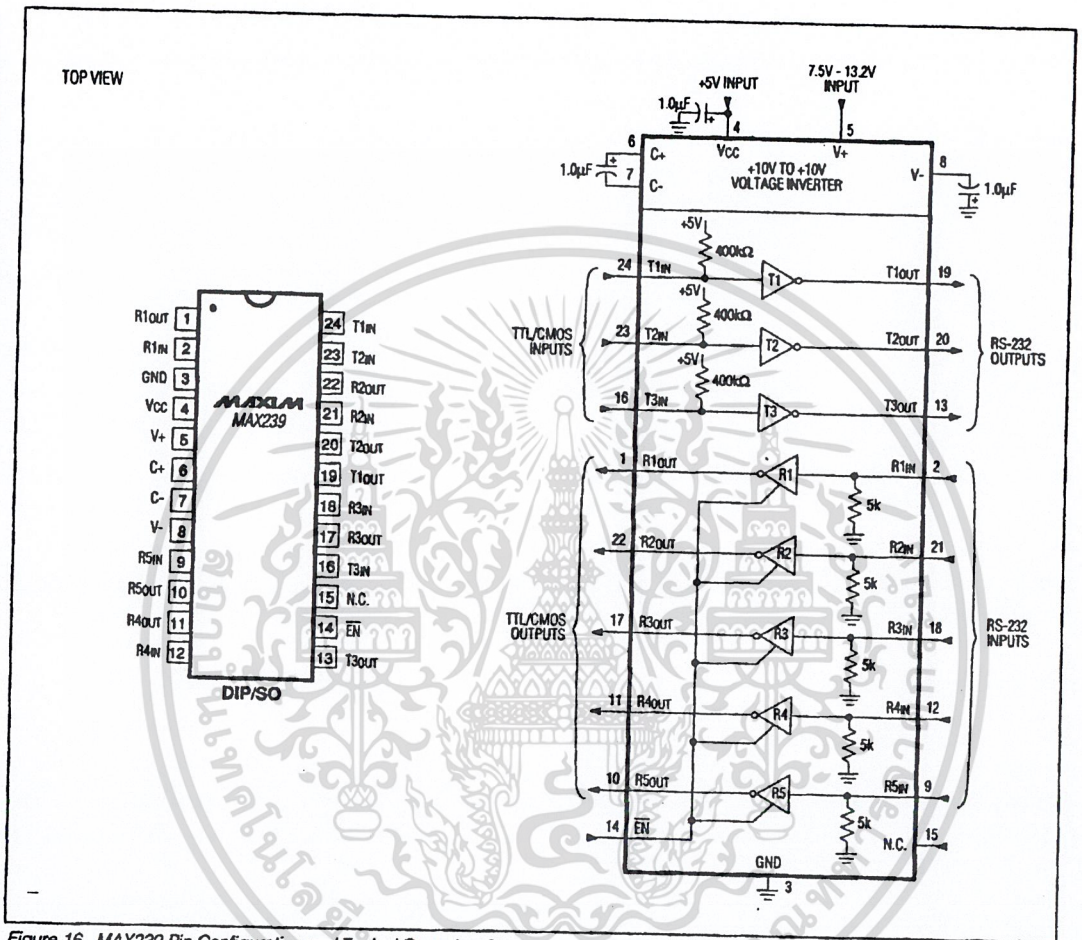


Figure 16. MAX239 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

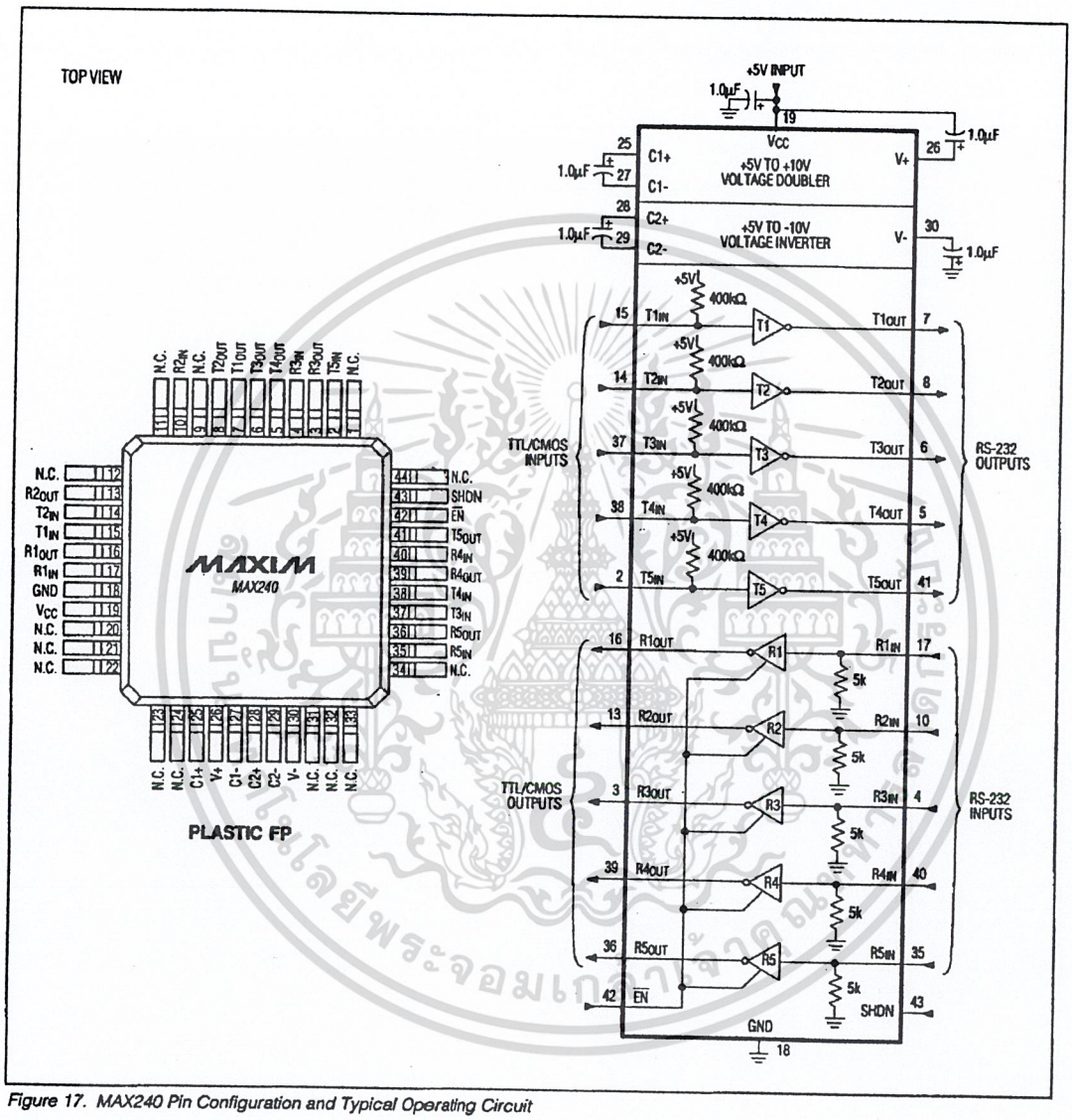


Figure 17. MAX240 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

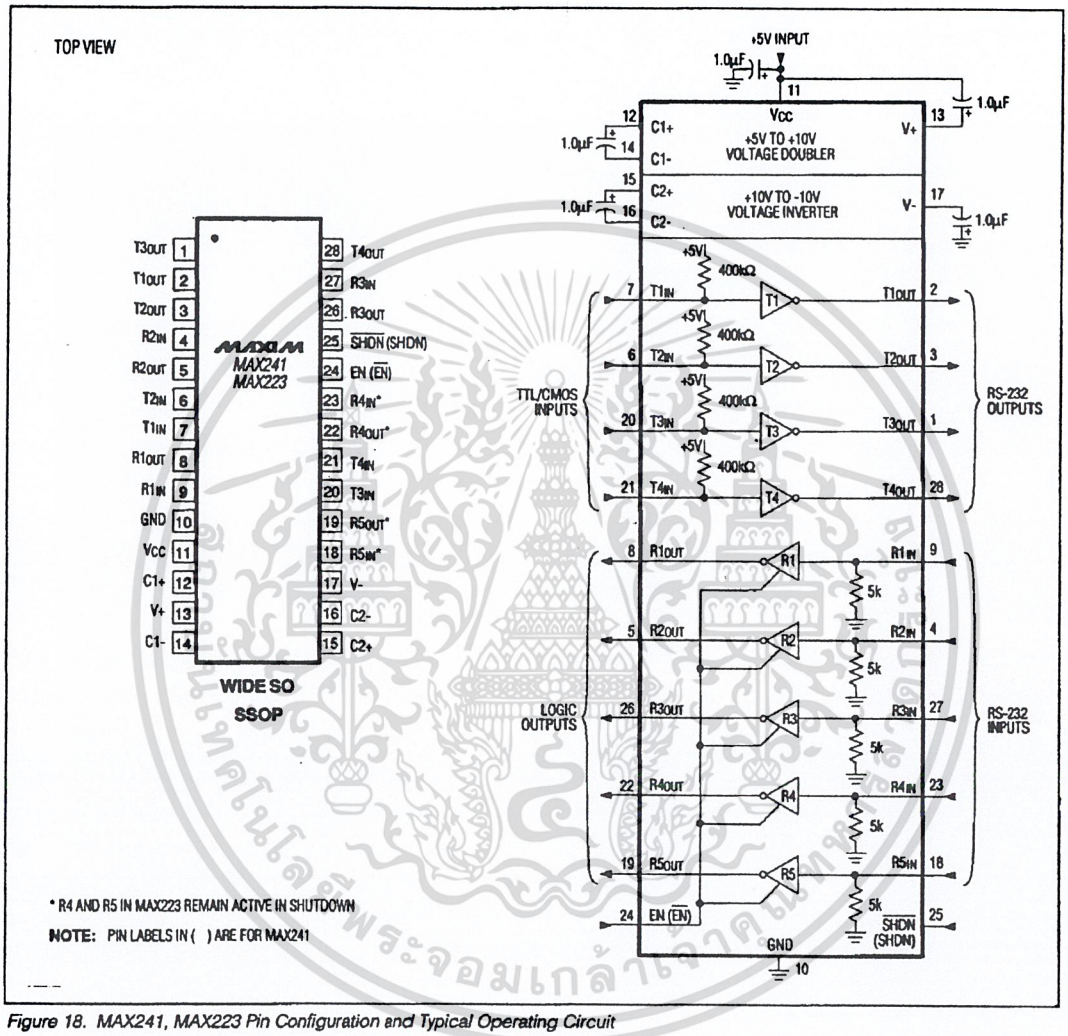


Figure 18. MAX241, MAX223 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

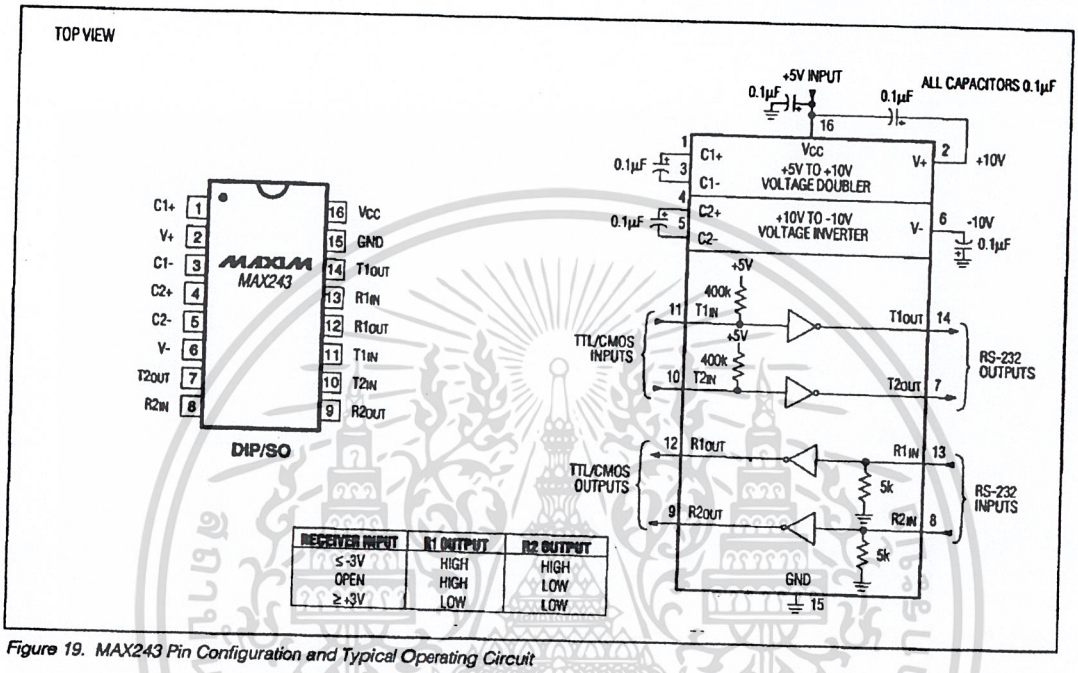
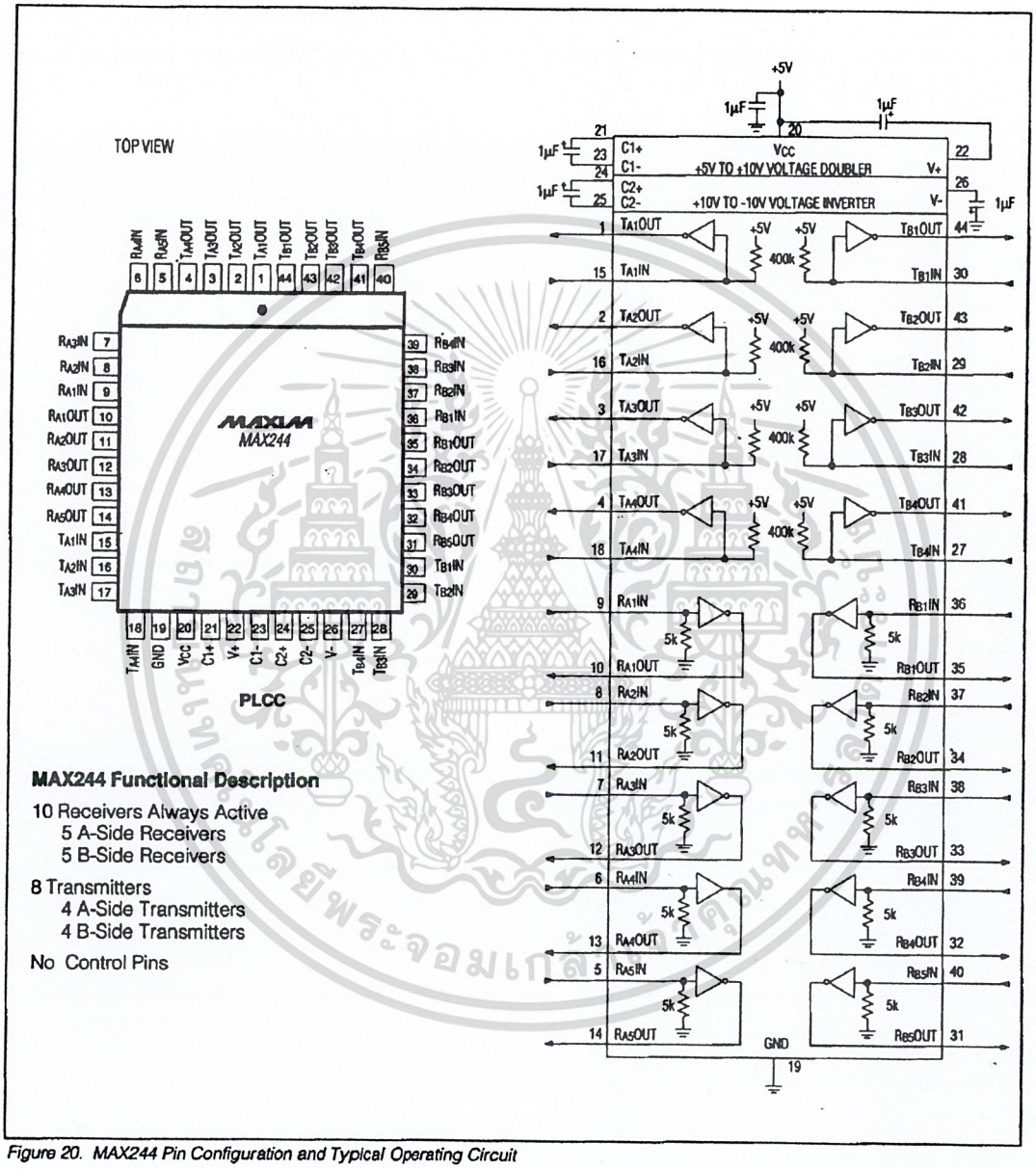


Figure 19. MAX243 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers



MAX244 Functional Description

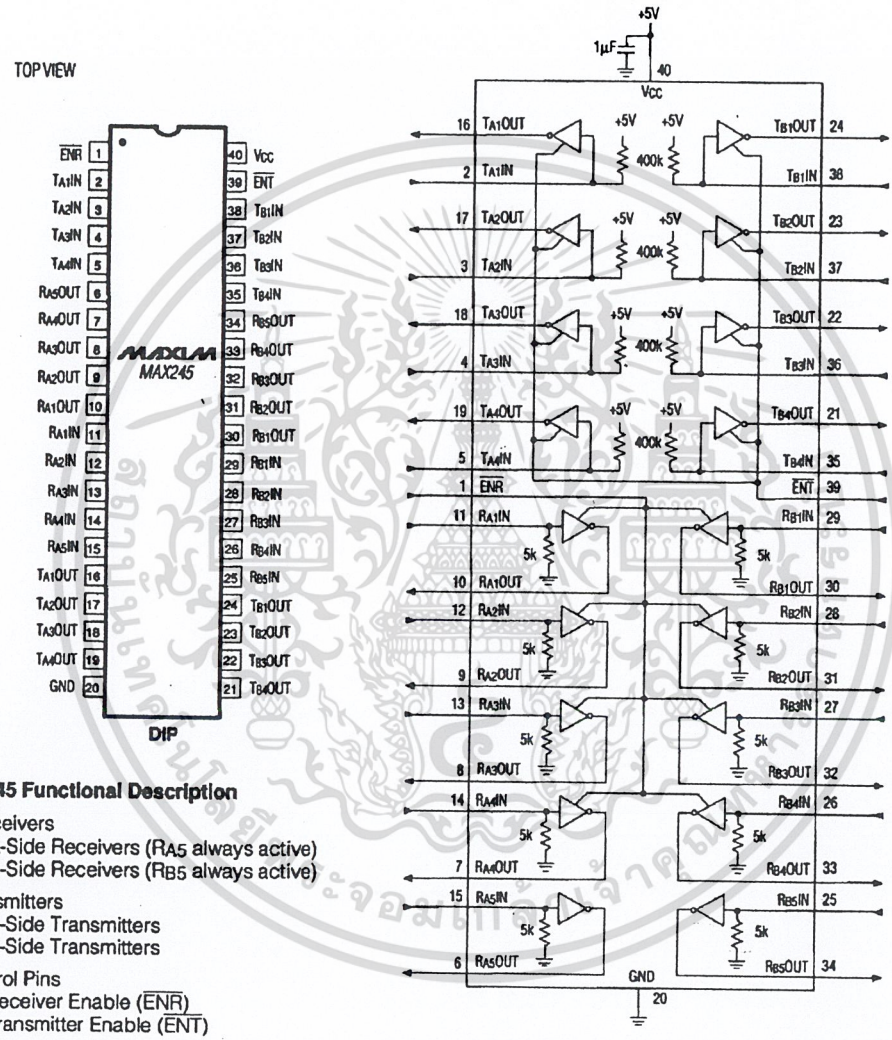
10 Receivers Always Active
- 5 A-Side Receivers
- 5 B-Side Receivers

8 Transmitters
- 4 A-Side Transmitters
- 4 B-Side Transmitters

No Control Pins

Figure 20. MAX244 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



MAX245 Functional Description

10 Receivers
- 5 A-Side Receivers (R_{A5} always active)
- 5 B-Side Receivers (R_{B5} always active)

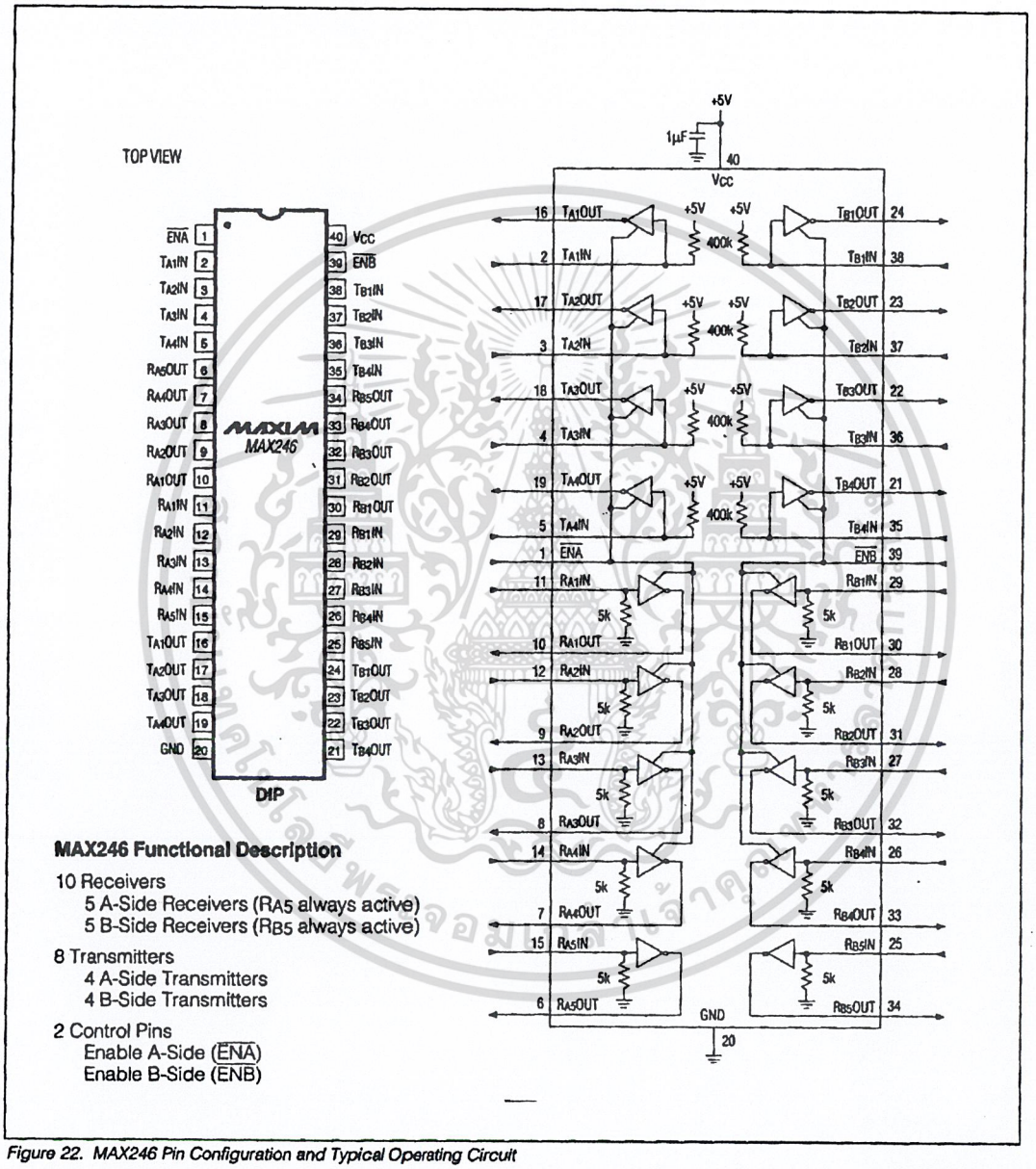
8 Transmitters
- 4 A-Side Transmitters
- 4 B-Side Transmitters

2 Control Pins
- 1 Receiver Enable ($\overline{ENR}$)
- 1 Transmitter Enable ($\overline{ENT}$)

Figure 21. MAX245 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers



MAX246 Functional Description

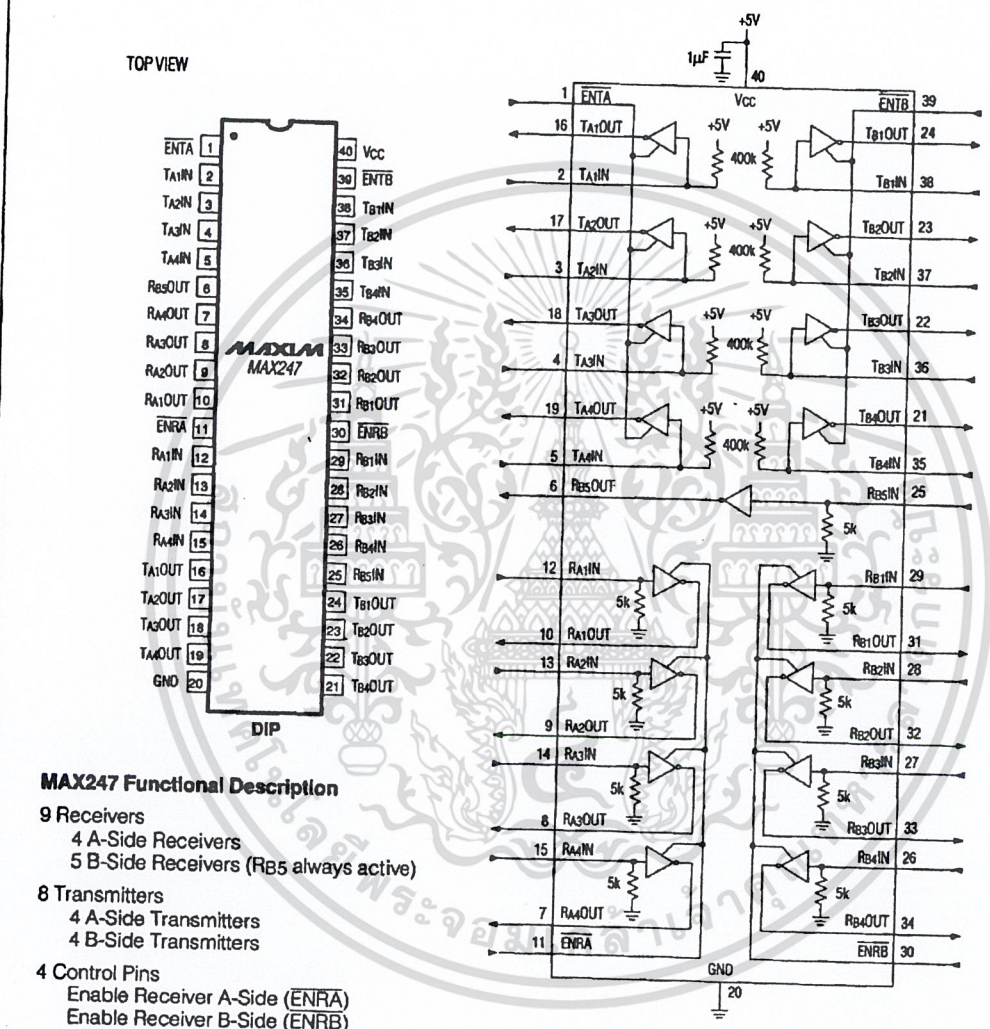
10 Receivers
- 5 A-Side Receivers (R_{A5} always active)
- 5 B-Side Receivers (R_{B5} always active)

8 Transmitters
- 4 A-Side Transmitters
- 4 B-Side Transmitters

2 Control Pins
- Enable A-Side ($\overline{ENA}$)
- Enable B-Side ($\overline{ENB}$)

Figure 22. MAX246 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



MAX247 Functional Description

9 Receivers
- 4 A-Side Receivers
- 5 B-Side Receivers (R_{B5} always active)

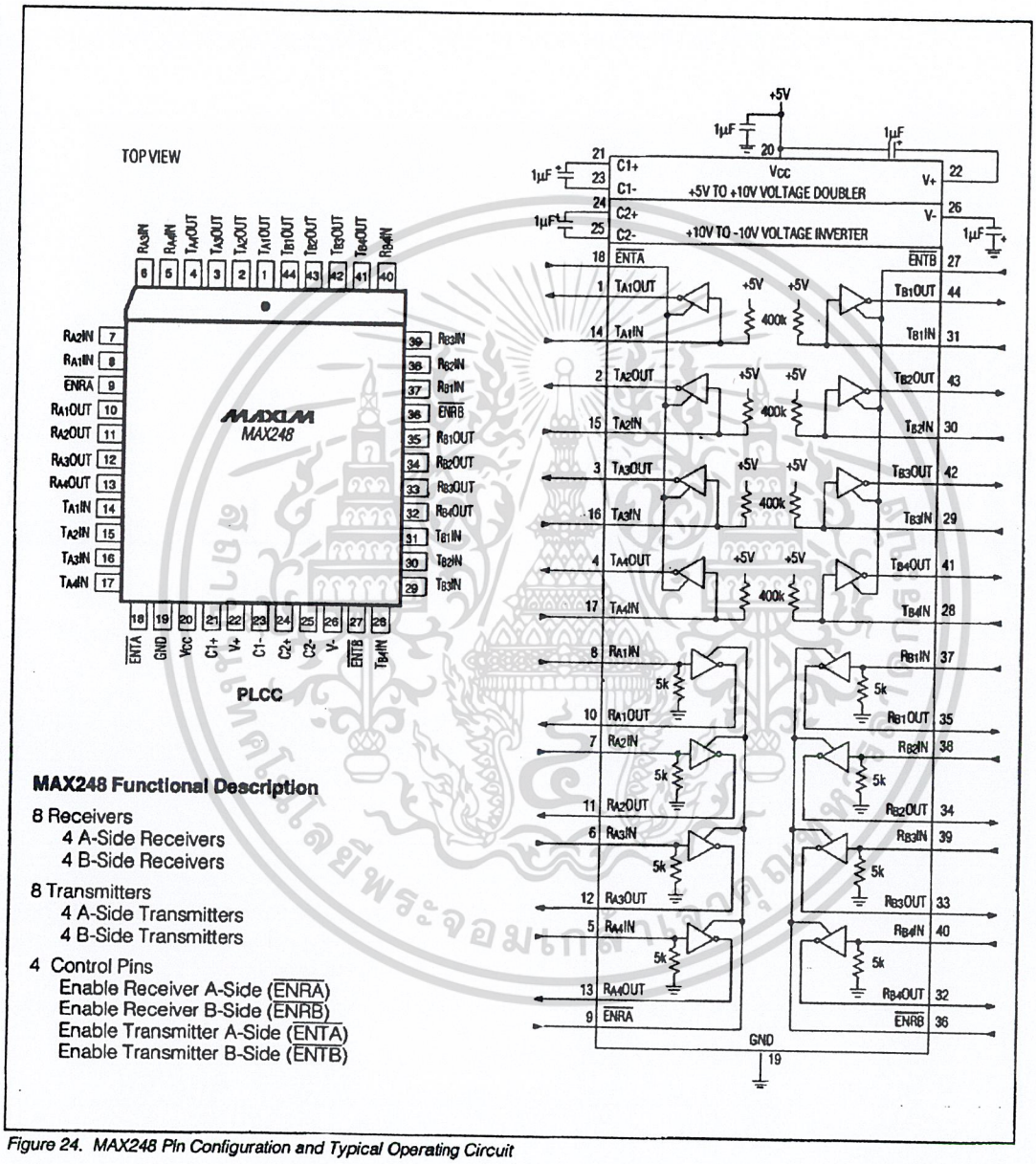
8 Transmitters
- 4 A-Side Transmitters
- 4 B-Side Transmitters

4 Control Pins
- Enable Receiver A-Side ($\overline{ENRA}$)
- Enable Receiver B-Side ($\overline{ENRB}$)
- Enable Transmitter A-Side ($\overline{ENTA}$)
- Enable Transmitter B-Side ($\overline{ENTB}$)

Figure 23. MAX247 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers



MAX248 Functional Description

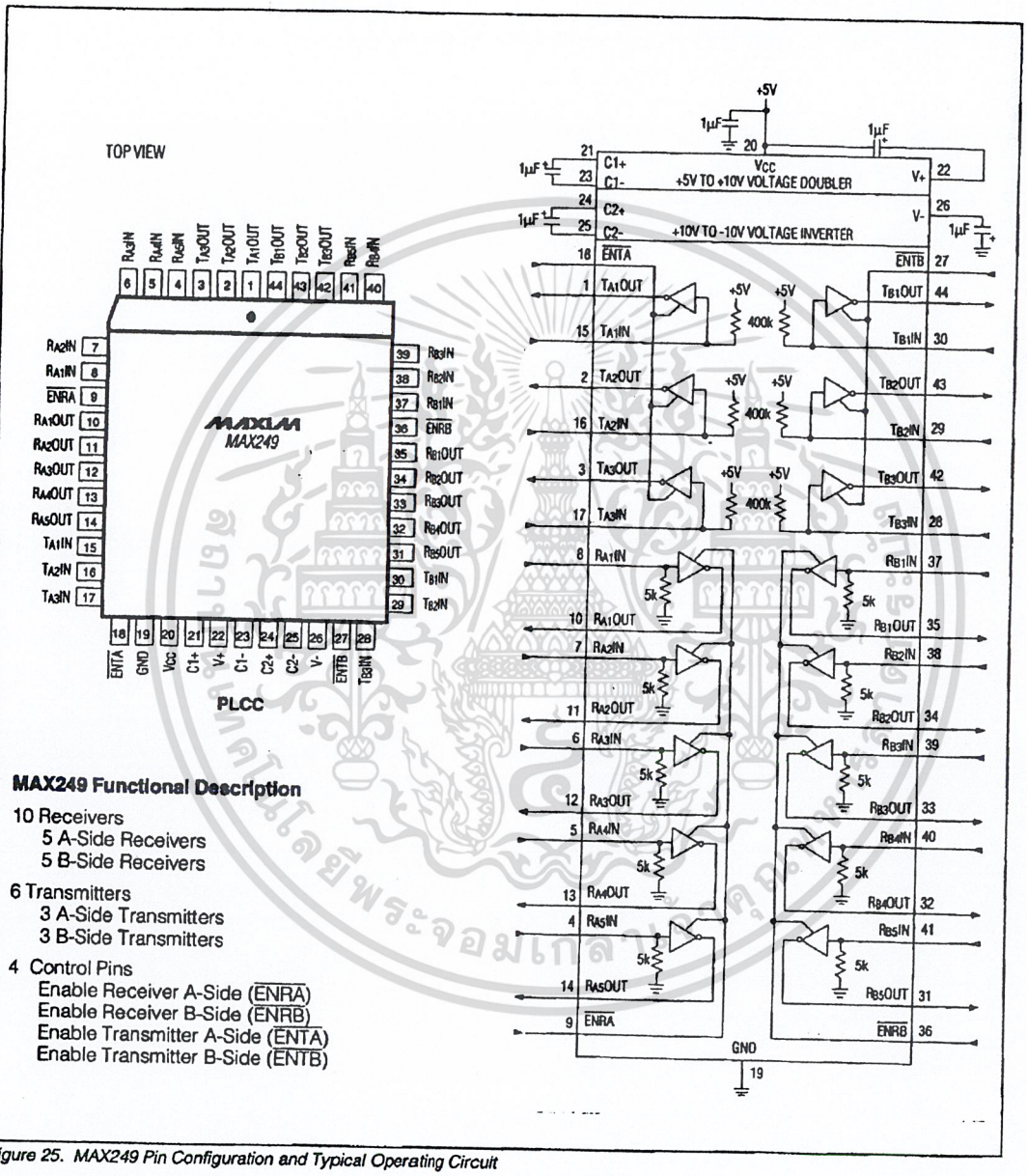
8 Receivers
- 4 A-Side Receivers
- 4 B-Side Receivers

8 Transmitters
- 4 A-Side Transmitters
- 4 B-Side Transmitters

4 Control Pins
- Enable Receiver A-Side ($\overline{ENRA}$)
- Enable Receiver B-Side ($\overline{ENRB}$)
- Enable Transmitter A-Side ($\overline{ENTA}$)
- Enable Transmitter B-Side ($\overline{ENTB}$)

Figure 24. MAX248 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



MAX249 Functional Description

10 Receivers
- 5 A-Side Receivers
- 5 B-Side Receivers

6 Transmitters
- 3 A-Side Transmitters
- 3 B-Side Transmitters

4 Control Pins
- Enable Receiver A-Side ($\overline{ENRA}$)
- Enable Receiver B-Side ($\overline{ENRB}$)
- Enable Transmitter A-Side ($\overline{ENTA}$)
- Enable Transmitter B-Side ($\overline{ENTB}$)

Figure 25. MAX249 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

Ordering Information (continued)

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX222CPN	0°C to +70°C	18 Plastic DIP
MAX222CWN	0°C to +70°C	18 Wide SO
MAX222C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX222EPN	-40°C to +85°C	18 Plastic DIP
MAX222EWN	-40°C to +85°C	18 Wide SO
MAX222EJN	-40°C to +85°C	18 CERDIP
MAX222MJN	-55°C to +125°C	18 CERDIP
MAX223CAI	0°C to +70°C	28 SSOP
MAX223CWI	0°C to +70°C	28 Wide SO
MAX223C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX223EAI	-40°C to +85°C	28 SSOP
MAX223EWI	-40°C to +85°C	28 Wide SO
MAX225CWI	0°C to +70°C	28 Wide SO
MAX225EWI	-40°C to +85°C	28 Wide SO
MAX230CPP	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX230CWP	0°C to +70°C	20 Wide SO
MAX230C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX230EPP	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
MAX230EWP	-40°C to +85°C	20 Wide SO
MAX230EJP	-40°C to +85°C	20 CERDIP
MAX230MJP	-55°C to +125°C	20 CERDIP
MAX231CPD	0°C to +70°C	14 Plastic DIP
MAX231CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX231CJD	0°C to +70°C	14 CERDIP
MAX231C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX231EPD	-40°C to +85°C	14 Plastic DIP
MAX231EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX231EJD	-40°C to +85°C	14 CERDIP
MAX231MJD	-55°C to +125°C	14 CERDIP
MAX232CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX232CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX232CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX232C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX232EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX232ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX232EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX232EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX232MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
MAX232MLP	-55°C to +125°C	20 LCC
MAX232ACPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX232ACSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX232ACWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX232AC/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX232AEPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX232AESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX232AEWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX232AEJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX232AMJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
MAX232AMLP	-55°C to +125°C	20 LCC
MAX233CPP	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX233EPP	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
MAX233ACPP	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX233ACWP	0°C to +70°C	20 Wide SO
MAX233AEPP	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
MAX233AEWP	-40°C to +85°C	20 Wide SO
MAX234CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX234CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX234C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX234EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX234EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX234EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX234MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
MAX235CPG	0°C to +70°C	24 Wide Plastic DIP
MAX235EPG	-40°C to +85°C	24 Wide Plastic DIP
MAX235EDG	-40°C to +85°C	24 Ceramic SB
MAX235MDG	-55°C to +125°C	24 Ceramic SB
MAX236CNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX236CWG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX236C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX236ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX236EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX236ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX236MRG	-55°C to +125°C	24 Narrow CERDIP
MAX237CNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX237CWG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX237C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX237ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX237EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX237ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX237MRG	-55°C to +125°C	24 Narrow CERDIP
MAX238CNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX238CWG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX238C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX238ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP

** Contact factory for dice specifications.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information (continued)

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX238EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX238ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX238MRG	-55°C to +125°C	24 Narrow CERDIP
MAX239CNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX239CWG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX239C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX239ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX239EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX239ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX239MRG	-55°C to +125°C	24 Narrow CERDIP
MAX240CMH	0°C to +70°C	44 Plastic FP
MAX240C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX241CAI	0°C to +70°C	28 SSOP
MAX241CWI	0°C to +70°C	28 Wide SO
MAX241C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX241EAI	-40°C to +85°C	28 SSOP
MAX241EWI	-40°C to +85°C	28 Wide SO
MAX242CAP	0°C to +70°C	20 SSOP
MAX242CPN	0°C to +70°C	18 Plastic DIP
MAX242CWN	0°C to +70°C	18 Wide SO
MAX242C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX242EPN	-40°C to +85°C	18 Plastic DIP
MAX242EWN	-40°C to +85°C	18 Wide SO
MAX242EJN	-40°C to +85°C	18 CERDIP
MAX242MJN	-55°C to +125°C	18 CERDIP

MAX243CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX243CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX243CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX243C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX243EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX243ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX243EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX243EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX243MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
MAX244CQH	0°C to +70°C	44 PLCC
MAX244C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX244EQH	-40°C to +85°C	44 PLCC
MAX245CPL	0°C to +70°C	40 Plastic DIP
MAX245C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX245EPL	-40°C to +85°C	40 Plastic DIP
MAX246CPL	0°C to +70°C	40 Plastic DIP
MAX246C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX246EPL	-40°C to +85°C	40 Plastic DIP
MAX247CPL	0°C to +70°C	40 Plastic DIP
MAX247C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX247EPL	-40°C to +85°C	40 Plastic DIP
MAX248CQH	0°C to +70°C	44 PLCC
MAX248C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX248EQH	-40°C to +85°C	44 PLCC
MAX249CQH	0°C to +70°C	44 PLCC
MAX249EQH	-40°C to +85°C	44 PLCC

*Contact factory for dice specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SC1602H (16 CHARACTERS x 2 LINES)

■ FEATURES

- ◆ 5 x 7 DOTS WITH CURSOR
- ◆ BUILT-IN CONTROLLER (KS0066 OR EQUIVALENT)
- ◆ 5 V POWER SUPPLY
- ◆ 1/16 DUTY CYCLE
- ◆ 4.2 V LED FORWARD VOLTAGE

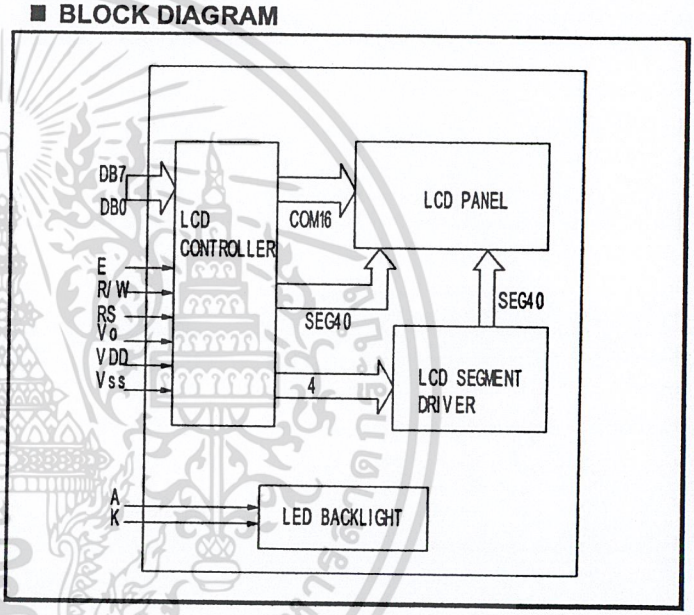
■ ELECTRICAL CHARACTERISTICS

ITEM		SYMBOL	CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
LCD Operating Voltage		V_{DD}-V_O	T=0 °C	-	4.8	-	V
			T=25 °C	-	4.5	-	V
			T=50 °C	-	4.2	-	V
Supply Voltage		V_{DD}-V_{SS}	-	4.7	5	5.3	V
Supply Current		I_{DD}	-	-	2	4	mA
Input Voltage	"HIGH" Level	V_{IH}	-	2.2	-	V_{DD}	V
	"LOW" Level	V_{IL}	-	0	-	0.6	V
Output Voltage	"HIGH" Level	V_{OH}	-	2.4	-	-	V
	"LOW" Level	V_{OL}	-	-	-	0.4	V

■ MECHANICAL DATA

ITEM	DIMENSIONS	UNIT
Module Size (W x H x T)	84.0 x 44.0 x 8.8 (12.7 LED)	mm
Viewing Area (W x H)	65.0 x 16.0	mm
Character Size (W x H)	2.96 x 5.56	mm
Character Pitch (W x H)	3.55 x 5.94	mm
Dot Size (W x H)	0.56 x 0.66	mm
Dot Pitch (W x H)	0.60 x 0.70	mm

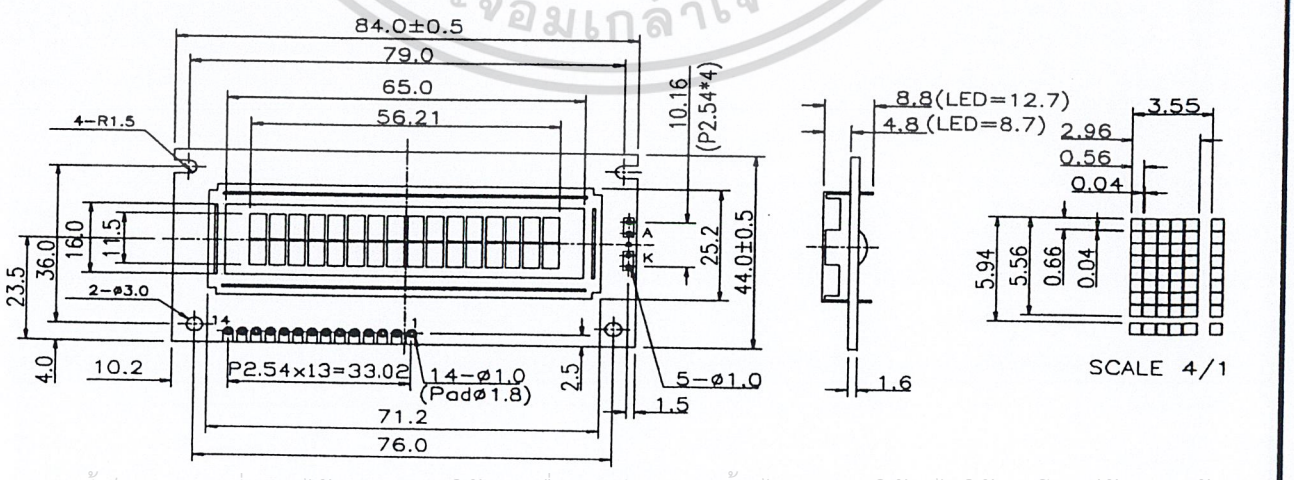
■ BLOCK DIAGRAM



■ INTERFACE PIN CONNECTIONS

NO.	SYMBOL	FUNCTION	NO.	SYMBOL	FUNCTION
1	Vss	Supply Ground	9	DB2	Data Bit 2
2	V_{DD}	Supply Voltage	10	DB3	Data Bit 3
3	Vo	Contrast Adj.	11	DB4	Data Bit 4
4	RS	Register Select	12	DB5	Data Bit 5
5	R/W	Read/Write	13	DB6	Data Bit 6
6	E	Enable Signal	14	DB7	Data Bit 7
7	DB0	Data Bit 0			
8	DB1	Data Bit 1			

■ EXTERNAL DIMENSIONS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. TAKASHI KENJO,AKIRA SUKAWARA,"STEPPING MOTOR AND THEIR MICROPROCESSOR CONTROLS",Oxford University Press,1994.
2. สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร,"Visual basic6",สำนักพิมพ์ อินโฟเพรส,392 หน้า,2544.
3. กฤษฎา ใจเย็น,ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตวิไล,"เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์",อินโนเวทิฟ เอกซ์เพอริเมนท์,399หน้า.
4. ยืน ภู่วรวรรณ,"ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์"บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด,304หน้า,2532.
5. กฤษฎา ใจเย็น,ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตวิไล,"เรียนรู้การเชื่อมต่อ PC กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ทอนุกรม",119หน้า,2542.
6. ชิดา เด่นพฤกษ์ธรรม,"คู่มือนักวิทยุ",196หน้า,2544.
7. "Dot Matrix LCD Module",บริษัท ETT จำกัด,กรุงเทพฯ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ปุยที่แนะนำสถานที่ทำชุดเฟือง อาร์มที่ช่วยแนะนำแนวทางและอุปกรณ์ และที่ลืมไม่ลง สิทธิที่ช่วยแนะนำโปรแกรมดีๆรวมทั้งช่วยคิด ช่วยแก้ไข และช่วยวางแผนในการเขียนโปรแกรมจนงานสำเร็จลงด้วยความเรียบร้อย

ขอขอบคุณอาจารย์เกียรติวรรณ ทรงสัตย์ ที่ให้เงินทุนสนับสนุนเพิ่มเติม ให้คำปรึกษาและแนวทางในการแก้ปัญหาจนเราพบสัจธรรมข้อหนึ่งว่า ความพยายามอยู่ที่ไหน ความสำเร็จอยู่ที่นั่น

ขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ อาจารย์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ พ่อกับแม่ที่ให้ลูกได้เกิดมาและท้ายที่สุดนี้อยากจะบอกกับทุกคนว่า

“ คุณธรรมและจริยธรรมควรฝังตัวในพลวัตทางความคิดของมนุษย์”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้