สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บริการฐานข้อมูลทางโทรศัพท์

DATABASE ON TELEPHONE SERVICE

T042192

โดย

นายสมเกียรติ พรชัยวิวัฒน์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42192
วัน, เดือน, ปี 15 พ.ค. 2545

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริการฐานข้อมูลทางโทรศัพท์

DATABASE ON TELEPHONE SERVICE

โดย

นายสมเกียรติ พรชัยวิวัฒน์ 41013032

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์สุรพล บุญจันทร์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2543

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **บริการฐานข้อมูลทางโทรศัพท์**

DATABASE ON TELEPHONE SERVICE

ผู้จัดทำ

นายสมเกียรติ พรชัยวิวัฒน์ 41013032

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์สุรพล บุญจันทร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริการฐานข้อมูลทางโทรศัพท์

DATABASE ON TELEPHONE SERVICE

โดย นายสมเกียรติ พรชัยวิวัฒน์ 41013032

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สุรพล บุญจันทร์

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการสร้างเครื่องบริการฐานข้อมูลทางโทรศัพท์เพื่อช่วยให้ทราบผลการเรียนของนักศึกษา และที่อยู่ที่สามารถติดต่อกับนักศึกษาได้ โครงงานนี้จะลดปัญหาความล่าช้าและความไม่สะดวกในการเดินทางเข้ามาติดต่อถึงสถาบัน ซึ่งการทำงานจะใช้กับโทรศัพท์แบบโทนในการเลือกการติดต่อ โดยการให้บริการจะให้บริการครั้งละ 1 คู่สาย โครงสร้างของชุดเครื่องบริการฐานข้อมูลทางโทรศัพท์จะประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของฮาร์ดแวร์เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณกระดิ่งโทรศัพท์เมื่อมีผู้เรียกเข้ามา และส่วนโปรแกรมควบคุมการทำงาน โดยใช้โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ควบคุม ใช้โปรแกรม Microsoft Access สร้างระบบฐานข้อมูล ใช้โปรแกรม Visual Basic 6 จัดการระบบฐานข้อมูล ชุดเครื่องบริการฐานข้อมูลทางโทรศัพท์นี้สามารถใช้ได้กับโทรศัพท์-มือถือ โทรศัพท์สาธารณะและโทรศัพท์สายตรง

ABSTRACT

This project is aimed to invent the telephone data service machine for the purpose of indicating the students' learning results as well as their available addresses, which would make the co-operation with the institute faster and more convenient than ever. In the process, toning telephones are utilized once for one line pair to function as we set . The machine comprises of two components; One is the hardware which detects the signal when one calls. Another is the software controller in which MCS-51 is employed to control the system, Microsoft Access is used to produce the database, Visual Basic 6 is utilized to manage the data. The machine can be operated together with all mobile, public and direct phones, additionally.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ 1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากปริญญานิพนธ์ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ทฤษฎีโทรศัพท์และระบบสัญญาณต่าง ๆ ทางโทรศัพท์ 3

2.2 ส่วนการถอดรหัสสัญญาณโทรศัพท์ระบบ DTMF 10

2.3 ไมโครคอนโทรเลอร์ (MCS-8051) 20

2.4 การติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม 41

2.5 การเขียนโปรแกรมเพื่อใช้งานพอร์ตอนุกรม 57

บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง

3.1 ศึกษารูปแบบของโครงงาน 74

3.2 การออกแบบทางฮาร์ดแวร์ (Hardware) 75

3.2.1 วงจรภาคตรวจสอบสัญญาณกระดิ่งโทรศัพท์ 75

3.2.2 วงจรภาคยกหูและวางหูโทรศัพท์ 75

3.2.3 วงจรภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF 76

3.2.4 วงจรภาคเชื่อมต่อข้อมูลไมโครคอมพิวเตอร์กับโทรศัพท์ 77

3.2.5 วงจรภาคเชื่อมต่อข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์กับไมโครคอมพิวเตอร์ 77

3.2.6 วงจรภาคควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ 78

3.3 การออกแบบทางซอฟแวร์ 78

3.3.1 การออกแบบการทำงานของภาคควบคุมระบบ (MCS-51) 78

3.3.2 การออกแบบโปรแกรมของไมโครคอมพิวเตอร์โดยใช้ Visual Basic 6 80

3.3.3 การออกแบบ FORM ต่างๆ ในVisual Basic 6 84

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดสอบภาคตรวจสอบสัญญาณกระดิ่งโทรศัพท์ 86

4.2 การทดสอบภาคยกและวางหูโทรศัพท์ 87

4.3 การทดสอบภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF 88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป

5.1 บทสรุป 91

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข 92

ภาคผนวก

กิตติกรรมประกาศ

หนังสืออ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
2.1.1	แสดงสัญลักษณ์ของเครื่องส่งและเครื่องรับ	3
2.1.2	แสดงเครื่องส่งแบบคาร์บอน	4
2.1.3	แสดงส่วนประกอบของไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรง	4
2.1.4	แสดงการแยกส่วนประกอบของไฟฟ้ากระแสสลับกับไฟฟ้ากระแสตรง	5
2.1.5	แสดงรูปเครื่องรับ	5
2.1.6	แสดงสัญญาณพัลส์หมายเลข "3"	6
2.1.7	แสดงไฟกระแสตรงเลี้ยงคู่สาย	7
2.1.8	แสดงสัญญาณ DIAL TONE	8
2.1.9	แสดงสัญญาณ BUSY TONE	8
2.1.10	แสดงสัญญาณ RINGING BACK TONE	8
2.1.11	แสดงสัญญาณ RINGING TONE	9
2.1.12	แสดงตำแหน่งหมายเลขบนแผงโทรศัพท์	9
2.2.1	แสดงค่าความถี่ประจำหมายเลขในระบบโทรศัพท์แบบกดปุ่ม	10
2.2.2	แสดงลักษณะสัญญาณ DTMF ที่ได้จากโทรศัพท์	11
2.2.3	แสดงรายละเอียดขาของ MT8870	11
2.2.4	แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่	12
2.2.5	โครงสร้างภายในของ MT8870	12
2.2.6	แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณ และการกำหนดเวลาการ์ดไทม์	14
2.2.7	แสดงแผนภูมิเวลา (Timing Diagram) ของ MT8870	15
2.2.8	แสดงการต่อวงจรภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง	16
2.2.9	แสดงการต่อวงจรผลิตความถี่	17
2.2.10	แสดงวงจรใช้งานของ MT8870	17
2.2.11	แสดงวงจรแบบแรกๆ	19
2.2.12	แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบ DTMF	19
2.2.13	แสดงชนิดของปุ่มกดและรูปสัญญาณ	20
2.3.1	แสดงไดอะแกรมโครงสร้างของ 8051	20
2.3.2	แสดงแผนภูมิหน่วยความจำของ 8051	23
2.3.3	แสดงสถาปัตยกรรมภายในของ 8051	25
2.3.4	แสดงไดอะแกรมขาของ 8051 แบบ DIP	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.3.5	แสดงโครงสร้างของพอร์ท 0	27
2.3.6	แสดงโครงสร้างของพอร์ท 1	28
2.3.7	แสดงโครงสร้างของพอร์ท 2	29
2.3.8	แสดงโครงสร้างของพอร์ท 3	30
2.3.9	แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน 8051	33
2.3.10	แสดง 8051 ที่ทำงานโดยสัญญาณที่มาจากภายนอก	33
2.3.11	แสดงลำดับสถานะการทำงานใน MCS-51	35
2.3.12	แสดงTiming Diagram ของการอ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำภายนอก	37
2.3.13	แสดงวงจรที่มี Program Memory อยู่ภายนอก 8051	37
2.3.14	แสดงTiming Diagram ของการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051	38
2.3.15	แสดงTiming Diagram ของการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051	39
2.3.16	แสดงวงจรที่มีหน่วยความจำสำหรับข้อมูลที่อยู่ภายนอก 8051	40
2.3.17	แสดงไดอะแกรมตามเวลาของการรีเซ็ท	40
2.4.1	แสดงรูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรม	42
2.4.2	แสดงรูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส	43
2.4.3	แสดงการจัดขาของคอนเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 ทั้งแบบ DB-9 และDB-25	45
2.4.4	แสดงการต่ออุปกรณ์ภายนอกกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ในลักษณะต่างๆ	46
2.4.5	แสดงไดอะแกรมการทำงานภายในของพอร์ตอนุกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์	49
2.4.6	แสดงไดอะแกรมแสดงโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของพอร์ตอนุกรม	56
2.5.1	แสดงหน้าต่างของโปรแกรม DEBUG แสดงตำแหน่งของพอร์ตอนุกรม	58
2.5.2	แสดงตำแหน่งของพอร์ตอนุกรมบนวินโดวส์ 95/98	58
2.5.3	แสดงรายละเอียดของพอร์ตอนุกรมบนวินโดวส์ 95/98	58
3.1.1	แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงาน	74
3.2.1	แสดงวงจรภาคตรวจสอบสัญญาณกระดิ่งโทรศัพท์	75
3.2.2	แสดงวงจรภาคยกหูวางหูโทรศัพท์	76
3.2.3	แสดงวงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF	76
3.2.4	แสดงวงจรภาคเชื่อมต่อข้อมูลไมโครคอมพิวเตอร์กับโทรศัพท์	77
3.2.5	แสดงวงจรภาคเชื่อมต่อข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์กับไมโครคอมพิวเตอร์	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.2.6	แสดงวงจรภาคควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	78
3.3.1	แสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุม (MCS-51)	79
3.3.2	แสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Visual Basic 6	80
3.3.3	แสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Visual Basic 6 (ต่อ)	81
3.3.4	แสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Visual Basic 6 (ต่อ)	82
3.3.5	แสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Visual Basic 6 (ต่อ)	83
3.3.6	แสดง FORM Main	84
3.3.7	แสดง FORM Student	84
3.3.8	แสดง FORM Subject	85
3.3.9	แสดง FORM Grade	85
4.1.1	แสดงสัญญาณโทรศัพท์ในสภาวะปกติที่จุดต่อของคู่สายโทรศัพท์	86
4.1.2	แสดงสัญญาณโทรศัพท์ในสภาวะที่มีการเรียกเข้ามาที่จุดต่อของคู่สายโทรศัพท์	87
4.1.3	แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณที่ input และ output ของภาคตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง	87
4.2.1	แสดงสัญญาณโทรศัพท์ในสภาวะที่มีการยกหูโทรศัพท์ที่จุดต่อของคู่สายโทรศัพท์	88
4.3.1	แสดงรูปสัญญาณ DTMF ที่ได้จากการกดหมายเลข 1	88
4.3.2	แสดงรูปสัญญาณ DTMF ที่ได้จากการกดหมายเลข 3	89
4.3.3	แสดงรูปสัญญาณ DTMF ที่ได้จากการกดหมายเลข 5	89
4.3.4	แสดงรูปสัญญาณของ Std (ขาที่ 14 ของ MT 8870)	89
4.3.5	แสดงการเปรียบเทียบของรูปสัญญาณ DTMF ที่ได้จากการกดหมายเลข 1 กับสัญญาณ Std	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1.1	แสดงสภาวะต่างๆ ของสัญญาณ	10
2.1.2	แสดงความถี่ประจำหมายเลขบนแผงกดปุ่ม	10
2.2.1	แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ	13
2.2.2	แสดงความถี่ผสมที่ใช้ในโทรศัพท์แบบกดปุ่ม	18
2.3.1	ค่าของรีจิสเตอร์เมื่อเกิดการรีเซ็ท 8051	31
2.4 1	แสดงบิตพาริตี้ของข้อมูล	43
2.4.2	แสดงข้อมูลในแอดเดรส 0000:0411H ที่ใช้แจ้งจำนวนพอร์ตอนุกรม	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ในชีวิตประจำวันจะพบว่าระบบการสื่อสารมีความสำคัญอย่างยิ่ง ทำให้การติดต่อถึงกันไม่ว่าในแง่ของธุรกิจ การถามข่าวสาร การโทรศัพท์ไต่ถามความสุขความสบายของกันและกัน และอื่นๆอีกมากมายล้วนก็ก่อให้เกิดประโยชน์ทั้งสิ้นที่ใดมีความเจริญทางด้านการสื่อสารมากที่นั่นจะมีความเจริญก้าวหน้าของบ้านเมืองตามไปด้วยซึ่งในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาวิวัฒนาการเทคโนโลยีทางด้านระบบการสื่อสารโทรคมนาคมและคอมพิวเตอร์เจริญก้าวหน้าขึ้นอย่างรวดเร็ว มีการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ มาพัฒนาและประยุกต์ใช้เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก เพื่อตอบสนองความต้องการอันไร้ขีดจำกัดของมนุษย์ ในยุคข่าวสารข้อมูลการพัฒนาเทคโนโลยีโทรคมนาคมและระบบคอมพิวเตอร์ได้ผลักดันให้เกิดระบบและเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคมและคอมพิวเตอร์รูปแบบใหม่ๆ ขึ้นมากมายหลากหลาย ซึ่งได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจและสังคมมนุษย์ การพัฒนารูปแบบใหม่ๆ ของการให้บริการโทรคมนาคมไม่ว่าจะบริการตามสายหรือไร้สาย เช่น บริการโทรศัพท์หรืออินเตอร์เน็ต ต่างก็เกิดขึ้นเพื่อรองรับการแสวงหาข่าวสารข้อมูลของมนุษย์ให้รวดเร็วทันใจ และมีประสิทธิภาพที่สุด ด้วยคุณภาพที่ดีขึ้น และค่าใช้จ่ายต่ำกว่าเดิม

ปัจจุบันเทคโนโลยีการติดต่อสื่อสารมีความเจริญก้าวหน้ามาก แต่การรับรู้ข้อมูลจะเป็นในลักษณะของการติดต่อกับบุคคลที่ทราบเรื่องนั้นไม่ว่าจะเป็นการโทรศัพท์ หรือเดินทางไปหากับบุคคลนั้นโดยตรง ในบางครั้งบุคคลผู้ทราบเรื่องไม่อยู่ ดังนั้นจำเป็นต้องเดินทางไปติดต่อ หรือโทรศัพท์ไปหาหลายครั้ง ซึ่งทำให้ผู้ต้องการที่จะทราบข้อมูลข่าวสารเสียเวลาเกิดความล่าช้าในการรับรู้ข้อมูลข่าวสารตลอดจนต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น ซึ่งโครงงานนี้ก็มีวัตถุประสงค์เช่นเดียวกันโดยได้นำเอาระบบโทรศัพท์แบบ DTMF (Dual Tone Multi Frequency) มาประยุกต์ใช้ IC เบอร์ MT8870 ซึ่งเป็น DTMF Decoder จะแปลงความถี่ที่ได้จากการกดหมายเลขบนแป้นโทรศัพท์เป็นเลขBinary และเอาเลข Binary นี้ไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด และไมโครคอมพิวเตอร์เป็นตัวเก็บบันทึกฐานข้อมูล ซึ่งจะทำให้เกิดความรวดเร็วสะดวกสบาย ประหยัดค่าใช้จ่าย และช่วยลดปัญหาความคับคั่งของการจราจรด้วย โดยผู้ใช้บริการไม่ต้องเสียเวลาเดินทางมาติดต่อสอบถามด้วยตนเอง ซึ่งการพัฒนาและการประยุกต์นำเอาระบบโทรศัพท์ร่วมกับระบบคอมพิวเตอร์มาใช้ในการติดต่อสื่อสารข้อมูล จึงมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในชีวิตประจำวันอีกวิธีหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1.2.1. เพื่อศึกษาระดับแรงดันและสัญญาณต่างๆ ที่ใช้ในคู่สายโทรศัพท์

1.2.2. เพื่อศึกษาหลักการถอดรหัส (Decode) ความถี่สัญญาณโทรศัพท์

1.2.3. เพื่อนำเอาชุมสายระบบ DTMF มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

1.2.4. เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมและการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.5. เพื่อศึกษาและเขียนโปรแกรมข้อมูลนักศึกษาโดยใช้โปรแกรม Visual Basic 6

1.2.6. เพื่อศึกษาและสร้างระบบฐานข้อมูลนักศึกษาโดยใช้โปรแกรม Windows Access

1.2.7 เพื่อศึกษาการสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม หรือ RS-232 ระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์กับชุดโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

โครงงานนี้การออกแบบโครงสร้างสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ

1.3.1. การออกแบบโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ (Hardware)

ในการจัดทำโครงงานนี้ได้ดำเนินการออกแบบวงจร และทดลองผลการทำงานของวงจรภาคต่างๆ ให้ ทำงานตามจุดประสงค์ที่ได้กำหนดไว้เรียบร้อยแล้วทุกภาคดังนี้คือ ภาค Ringing Detector, ภาค DTMF Receiver, ส่วนฮาร์ดแวร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์, ส่วนของการสื่อสารผ่าน RS-232 , ภาค Audio Amp & Matching ซึ่งจะกล่าวถึงในบทต่อๆ ไป

1.3.2. การออกแบบโครงสร้างทางซอฟแวร์ (Software)

การจัดทำโครงสร้างทางซอฟแวร์จะดำเนินการเขียนโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลMCS-51เพื่อทำหน้าที่ควบคุมระบบการทำงานทั้งหมดและการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาVisual Basic Version 6.0 สำหรับไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อทำหน้าที่ควบคุมการจัดการระบบแฟ้มข้อมูลซึ่งการดำเนินงานในโครงงานนี้จะนำมาเสนอในบทที่ 3 ต่อไป

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากปริญญานิพนธ์

1.4.1. เป็นประโยชน์แก่ขณะผู้เสนอโครงงานและผู้ที่สนใจที่จะมีโอกาสศึกษาเรื่องโทรศัพท์ การเชื่อมต่อข้อมูล (Interface) กับเครื่องคอมพิวเตอร์ ตลอดจนรู้จักวิธีแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

1.4.2. เพิ่มความสะดวกในการตรวจสอบผลการเรียน และสอบถามที่อยู่ของนักศึกษาผ่านโทรศัพท์โดยไม่ต้องมาทำการติดต่อถึงที่สถาบัน

1.4.3. สามารถรับข่าวสารได้ทุกเวลาที่ต้องการ ไม่ว่ากลางวันหรือกลางคืน

1.4.4. ข่าวสารที่ได้รับมีความถูกต้องแม่นยำ

1.4.5. เพิ่มทางเลือกของวิธีประหยัดค่าใช้จ่าย ประหยัดเวลา ของผู้ที่ต้องการทราบข้อมูล

1.4.6. นำความรู้ที่ได้จากการศึกษาโครงงานไปประยุกต์ใช้งานในลักษณะอื่นๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ทฤษฎีโทรศัพท์และระบบสัญญาณต่างๆ ทางโทรศัพท์

ในการศึกษาข้อมูลทางทฤษฎีของโครงงานนี้นั้นเบื้องต้นมีทฤษฎีพอสรุปได้คือ พื้นฐานของระบบโทรศัพท์ การถอดระหัสความถี่ของโทรศัพท์โดยการพัลส์หลายความถี่โดยใช้เสียงคู่ (Dual Tone Multi-Frequency ; DTMF) ซึ่งต่อไปนี้จะขอเรียกว่า DTMF ให้เป็นเลขฐานสิบใช้รหัสเลขฐานสอง (Binary Coded Decimal ; BCD) ขนาด 4 บิต การใช้งานไมโครคอนโทรสเลอร์ MCS-51 การเชื่อมต่อข้อมูลร่วมกับไมโครคอมพิวเตอร์

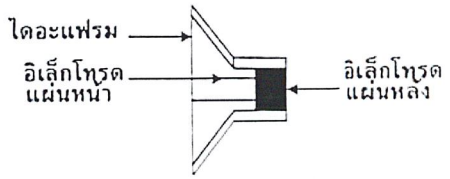
2.1.1 หลักการเบื้องต้นของเครื่องโทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์ (Telephone) ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่สำคัญคือเครื่องส่ง (Transmitter), เครื่องรับ (Reciever), กระดิ่ง (Ringer), สวิทตช์ขอ (Hook Switch) และหน้าปัทม์สำหรับหมุน/กดเลขหมาย (Dial) สำหรับเครื่องส่งและเครื่องรับรวมกันเรียกว่าปากพูดหูฟัง (Handset) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ใช้งานสำหรับเปลี่ยนพลังงานเสียงที่เกิดจากการพูดให้เป็นพลังงานไฟฟ้าและเปลี่ยนพลังไฟฟ้าที่ได้รับกลับเป็นพลังงานเสียงอีกครั้งหนึ่ง โดยจะใช้เครื่องส่งเป็นตัวเปลี่ยนพลังงานเสียงให้เป็นพลังงานไฟฟ้าและเครื่องรับเป็นตัวเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานเสียงสัญลักษณ์ที่ใช้สำหรับเครื่องส่งและเครื่องรับแสดงดังรูปที่ 2.1.1

รูปที่ 2.1.1 แสดงสัญลักษณ์ของเครื่องส่งและเครื่องรับ

สำหรับเครื่องส่งที่ใช้เป็นแบบผงถ่านเนื่องจากมีประสิทธิภาพและความไวสูงซึ่งประกอบด้วยชิ้นส่วนเล็กๆ ของคาร์บอน เรียกวาผงถ่าน แผ่นอิเล็กโทรดแบบคาร์บอน 2 แผ่น และแผ่นไดอะแฟรมแสดงดังรูปที่ 2.1.2

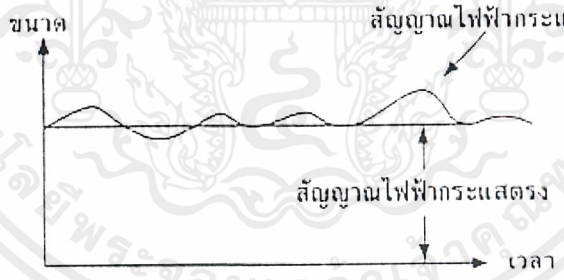
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1.2 แสดงเครื่องส่งแบบคาร์บอน

หลักการทำงานคือเมื่อคลื่นเสียงกระทบกับแผ่นไดอะแฟรมจะทำให้แผ่นไดอะแฟรมสั่นพลังงานเสียงก็จะเปลี่ยนเป็นพลังงานกล เมื่อแผ่นไดอะแฟรมถูกกดจะทำให้อิเล็กโทรดแผ่นหน้าเคลื่อนที่เข้า เป็นผลทำให้ผงถ่านถูกอัดกันติดมากยิ่งขึ้น การอัดตัวของผงถ่านนี้จะทำให้ความต้านทานระหว่างแผ่นอิเล็ก-โทรดทั้งสองมีค่าลดลง ในทางตรงกันข้ามเมื่อแผ่นไดอะแฟรมเคลื่อนที่ออก ก็จะเป็นผลทำให้อิเล็กโทรดแผ่นหน้าเคลื่อนที่ออกด้วย จึงทำให้ความต้านทานของเครื่องส่งเพิ่มขึ้น

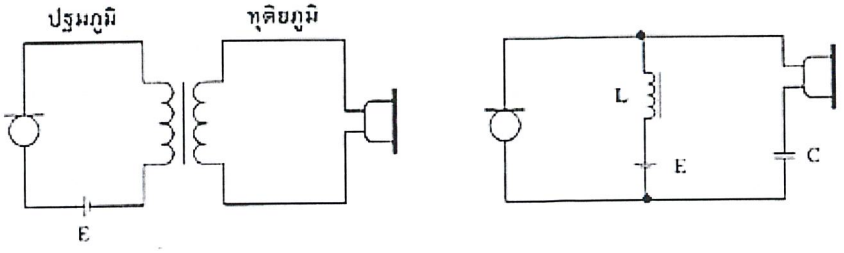
เมื่อเอาแบตเตอรี่ต่อเข้าระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดทั้งสองไฟฟ้ากระแสตรงจะไหลผ่านผงถ่านและเนื่องจากความต้านทานของเครื่องส่งมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับสัญญาณเสียง ดังนั้นกระแสที่ไหลผ่านเครื่องส่งเปลี่ยนแปลงไปด้วย นั่นคือพลังงานเสียงสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้



รูปที่ 2.1.3 แสดงส่วนประกอบของไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรง

จากรูปที่2.1.3 จะเห็นว่าไฟฟ้ากระแสสลับที่เกิดจากสัญญาณเสียงจะเกิดการซ้อนทับกับไฟฟ้ากระแสตรง ส่วนประกอบของไฟฟ้ากระแสสลับนี้จะถูกแยกออกจากไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้หม้อแปลงหรือตัวเก็บประจุเป็นตัวแยก และถูกส่งไปยังเครื่องรับ แสดงดังรูปที่ 2.1.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

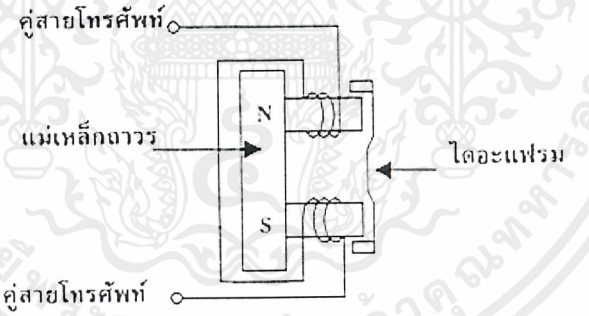


(ก) (ข)

รูปที่ 2.1.4 แสดงการแยกส่วนประกอบของไฟฟ้ากระแสสลับกับไฟฟ้ากระแสตรง

รูปที่ 2.1.4(ก) ไฟฟ้ากระแสสลับในขดปฐมภูมิของหม้อแปลงจะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ซึ่งจะเหนี่ยวนำให้เกิดมีกระแสไหลในขดทุติยภูมิ จึงทำให้มีไฟฟ้ากระแสสลับไหลผ่านเครื่องรับ ส่วนไฟฟ้ากระแสตรงจะไหลอยู่ในขดปฐมภูมิเท่านั้น

รูปที่ 2.1.4 (ข) ไฟฟ้ากระแสตรงจะไหลผ่านขดลวด (L) ซึ่งมีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำและไหลผ่านเครื่องส่งได้แต่จะไม่ไหลผ่านเครื่องรับเนื่องจากมีตัวเก็บประจุ (C) กั้นไว้ ส่วนไฟฟ้ากระแสสลับจะไหลผ่านเครื่องรับโดยผ่านเครื่องส่งและตัวเก็บประจุได้แต่จะไม่ไหลผ่านขดลวดเนื่องจากมีค่าอิมพีแดนซ์สูงในขณะที่สัญญาณเสียงที่รับได้จากสายโทรศัพท์มีค่าน้อยมาก ดังนั้นเครื่องรับที่ใช้จึงควรออกแบบให้มีประสิทธิภาพที่จะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานเสียงให้มากที่สุด



รูปที่ 2.1.5 แสดงรูปเครื่องรับ

หลักการของเครื่องรับดังแสดงตามรูปที่ 2.1.5 อธิบายคือขดลวดที่พันอยู่ที่ขั้วทั้งสองของแม่เหล็กถาวรที่ต่อกันแบบอนุกรม แต่ขดลวดจะพันกลับทิศทางกันแม่เหล็กถาวรนี้จะมีอำนาจแม่เหล็กดึงดูดแผ่นไดอะแฟรมเข้ามา เมื่อมีไฟฟ้ากระแสสลับ(Speech Current)ไหลผ่านขดลวดก็จะมีผลทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้น ทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กมีทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางของกระแสที่ไหลในวงจร ซึ่งอาจจะไปเสริมหรือต้านเส้นแรงแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวรแผ่นไดอะแฟรมก็จะเคลื่อนที่เข้าหรือออกตามขนาดและความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับ (Speech Current) ซึ่งมีผลทำให้เกิดคลื่นเสียงที่มีขนาดและความถี่เท่ากับไฟฟ้ากระแสสลับ(Speech Current) ที่ไหลเข้ามาในวงจร คลื่นเสียงที่เกิดขึ้นนั้นย่อมจะมีการสูญเสียไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ้างเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงรูปพลังงาน ดังนั้นเอาท์พุทของคลื่นเสียงจะน้อยกว่าอินพุทของพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับที่เครื่องรับ

2.1.2 กระดิ่งของเครื่องโทรศัพท์ (Ringer)

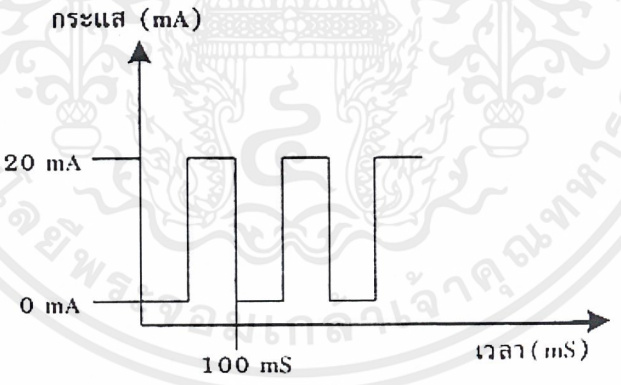
เมื่อมีการเรียกกระดิ่งที่เครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียกจะดังขึ้น ซึ่งจะหมายถึงชุมสายโทรศัพท์ได้ทำการส่งไฟฟ้ากระแสสลับ(กระแสไฟฟ้าของสัญญาณกระดิ่ง)มาป้อนที่กระดิ่งของเครื่องโทรศัพท์โดยทั่วไปแล้วกระแสไฟฟ้าของสัญญาณกระดิ่งจะมีค่าประมาณ 75-100 โวลต์ ความถี่ 18-25 เฮิรตซ์

สำหรับสัญญาณหมายเลขมีอยู่ 2 ลักษณะคือ

1. เป็นพัลส์ ที่เกิดจากกระแสลูป ซึ่งมีในโทรศัพท์แบบหมุน
2. เป็นความถี่ของแต่ละหมายเลข ซึ่งมีในโทรศัพท์แบบกดปุ่ม

อธิบายรายละเอียดของโทรศัพท์แต่ละแบบได้ ดังนี้

1) สัญญาณโทรศัพท์แบบหมุน(Rotary Dial) โทรศัพท์ชนิดนี้สร้างสัญญาณจากกระแส-ลูปโดยต่อเข้ากับอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่ "เปิด" และ "ปิด" เข้ากับกลไกการหมุนหมายเลขในเครื่องทำให้กระแสพัลส์ตอบสนองเข้ากับหมายเลขที่ทำการหมุน พิจารณารูปที่ 2.1.6 แสดงสัญญาณพัลส์ที่ได้จากการหมุนเลข "3" จากรูปแต่ละช่วงเวลาของสัญญาณพัลส์ 1 ลูกมีค่า 100 มิลลิวินาที และมีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 40 เปอร์เซ็นต์ และจากการใช้มือหมุนพบช่วงเวลาเฉลี่ยก่อนที่จะหมุนหมายเลขแต่ละค่ามีค่าประมาณ 0.5 วินาที ถึง 3 วินาที



รูปที่ 2.1.6 แสดงสัญญาณพัลส์หมายเลข "3"

2) สัญญาณโทรศัพท์แบบกดปุ่ม(Touch-Tone) โทรศัพท์ชนิดนี้สร้างสัญญาณ DTMF จากการกดปุ่มของแต่ละหมายเลขและแต่ละปุ่มกดมีความถี่เฉพาะสร้างขึ้นมาสองความถี่ส่งออกไปพร้อมกันแสดงตำแหน่งของปุ่มกดและความถี่ของแต่ละปุ่ม คู่ของความถี่ที่ส่งออกไปนั้นมีค่าประมาณ 40 มิลลิ-วินาที และช่วงเวลาระหว่างหมายเลขมีค่า 60 มิลลิวินาที เป็นอย่างต่ำโทรศัพท์แบบกดปุ่มใช้เวลาทำงานเร็วกว่าแบบหมุนอยู่ถึง 10 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ระบบสัญญาณต่างๆ ทางโทรศัพท์

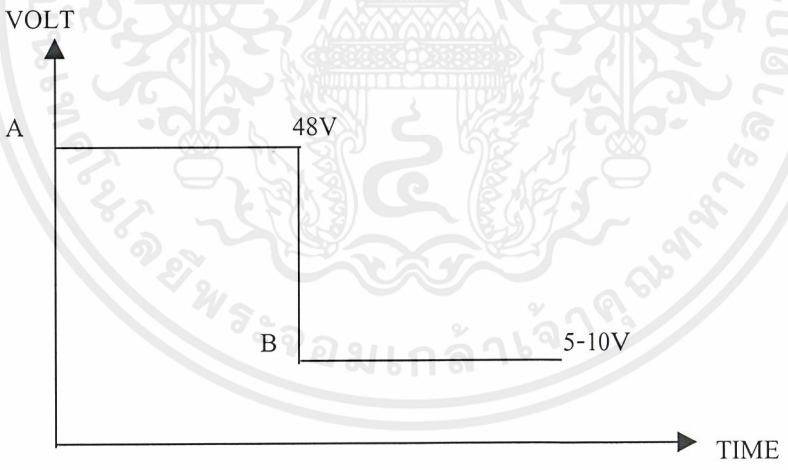
ขั้นตอนการทำงานของโทรศัพท์แบ่งออกเป็นสองกรณี คือผู้เรียก(CALLING) กับผู้ถูกเรียก (CALLED)

-กรณีผู้เรียก (CALLING SUBSCRIBER)

ขณะที่หูโทรศัพท์วางไว้นั้นจะมีไฟ กระแสตรงตกคร่อม คู่สายโทรศัพท์อยู่ +48 โวลท์ และเมื่อหูโทรศัพท์ถูกยกขึ้นไฟกระแสตรงที่ตกคร่อมคู่สายโทรศัพท์ +48 โวลท์ จะตกลงมาเหลือ 5-10 โวลท์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระบบชุมสายย่อยขณะเดียวกันนั้นก็จะมีสัญญาณส่งมาจากชุมสายเสียงที่เราได้ยินคือสัญญาณ DIAL TONE แสดงว่าพร้อมที่จะหมุนเลขหมายได้หรือพร้อมที่จะกดเลขหมายได้ ถ้าเลขหมายที่ถูกเรียกไม่ว่าง ผู้เรียกจะได้ยินเสียง BUSY TONE ในกรณีที่คู่สายเลขหมายชุมสายว่างจะต่อหมายเลขที่เรียกให้ได้ยินเสียงสัญญาณ RING BACK TONE หรือ RINGING TONE แสดงว่าเลขหมายที่เรียกไปพร้อมจะพูดได้ให้คอยจนกว่าผู้ถูกเรียกจะยกหูรับ

-กรณีผู้ถูกเรียก (CALLED SUVSCRIBER)

ขณะที่คู่สายว่างจะมีไฟกระแสตรงคร่อมคู่สาย +48 โวลท์ และเมื่อมีการเรียกเลขหมายทางชุมสายจะต่อให้จะส่งสัญญาณเรียก RINGING เป็นแรงดันไฟสลับประมาณ 110-150 โวลท์ และเมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ทำให้วงจรภายในของเครื่องรับโทรศัพท์มีอิมพีเดนซ์ ประมาณ 600 โอห์ม ต่อเข้ากับชุมสายในขณะเดียวกันชุมสายจะหยุดส่งสัญญาณ RINGING และทำการต่อคู่สายโทรศัพท์ให้



ช่วง A ขณะที่ว่างคู่สายโทรศัพท์อยู่มีไฟ DC ตกคร่อม +48 โวลท์

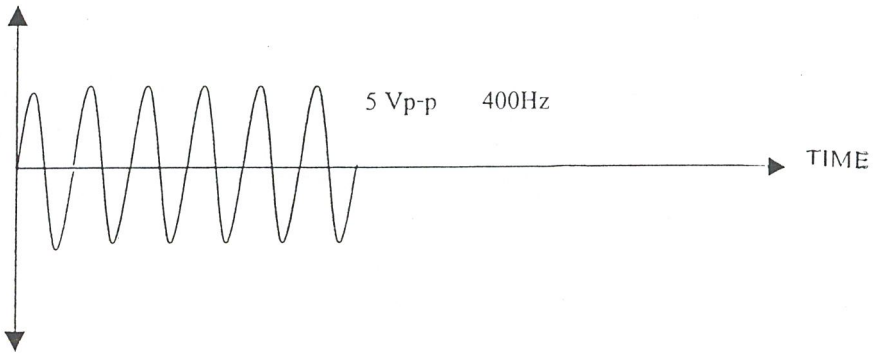
ช่วง B ขณะที่หูโทรศัพท์ถูกยกขึ้นมีไฟ DC ตกคร่อม 5-10 โวลท์

รูปที่ 2.1.7 แสดงไฟกระแสตรงเลี้ยงคู่สาย

ความถี่สัญญาณต่างๆ ที่เป็นมาตรฐานขององค์การโทรศัพท์

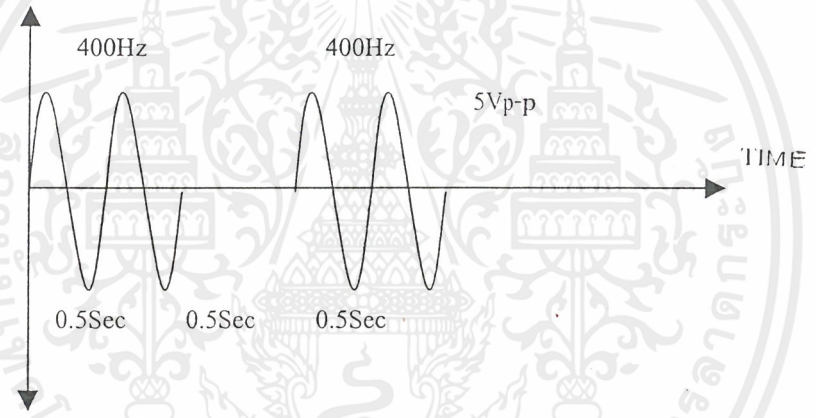
-DIAL TONE ใช้เพื่อแสดงให้ผู้เช่าทราบว่าขณะนี้ผู้เช่าสามารถที่จะเรียกไปยังหมายเลขอื่นได้ลักษณะสัญญาณเป็นดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



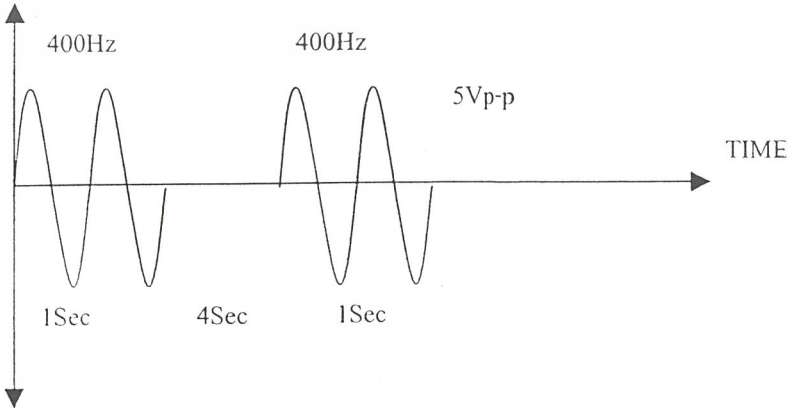
รูปที่ 2.1.8 แสดงสัญญาณ DIAL TONE

-BUSY TONE ใช้เพื่อให้ผู้เรียกทราบว่าโทรศัพท์หมายเลขที่ต้องการติดต่อด้วยขณะนี้ยังไม่ว่างควรจะวางหูสักระยะหนึ่งก่อนจึงเรียกหมายเลขใหม่อีกทีลักษณะสัญญาณเป็นดังรูป



รูปที่ 2.1.9 แสดงสัญญาณ BUSY TONE

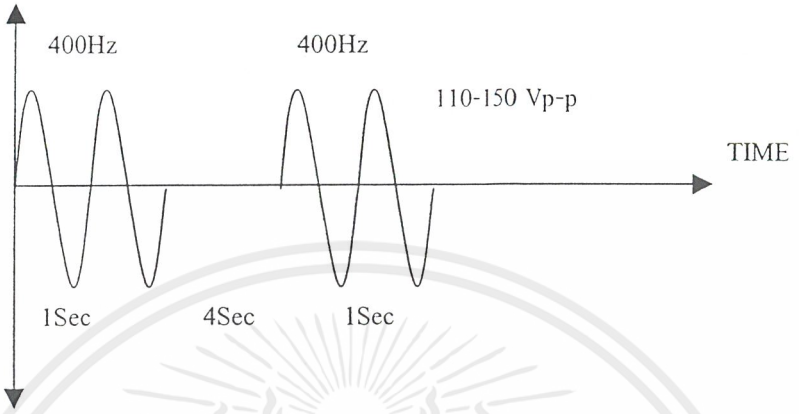
-RINGING BACK TONE ใช้แสดงให้ผู้เรียกทราบว่าสามารถที่จะติดต่อกับผู้ที่จะติดต่อสนทนาด้วยได้แล้ว แต่อยู่ระหว่างรอการยกหู โดยลักษณะสัญญาณเป็นดังรูป



รูปที่ 2.1.10 แสดงสัญญาณ RINGING BACK TONE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-RINGING TONE ใช้พร้อมกับ RINGING BACK TONE เมื่อสัญญาณเรียกดังก็จะมีสัญญาณเรียกดังพร้อมๆกัน แต่สัญญาณนี้ดังแรงมากเพื่อไปทำให้กระดิ่งในเครื่องโทรศัพท์ดัง โดยลักษณะสัญญาณเป็นดังรูป



รูปที่ 2.1.11 แสดงสัญญาณ RINGING TONE

	C1	C2	C3
R1	1	2	3
R2	4	5	6
R3	7	8	9
R4	*	0	#

รูปที่ 2.1.12 แสดงตำแหน่งหมายเลขบนแผงโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1.1 แสดงสภาวะต่างๆ ของสัญญาณ

สภาวะการยกหู	มีการเรียกเข้า	สัญญาณที่ออก
ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
ไม่มี	มี	RINGING
มี	ไม่มี	DIAL
มี	ไม่	BUSY

ตารางที่ 2.1.2 แสดงความถี่ประจำหมายเลขบนแผงกดปุ่ม

อินพุต	ความถี่ (Hz)	%ผิดพลาด
R1	679	+0.31
R2	770	-0.49
R3	852	0.54
R4	941	-0.54
C1	1209	+0.74
C2	1336	-0.32
C3	1447	-0.35

2.2 ส่วนการถอดรหัสสัญญาณโทรศัพท์ระบบ DTMF

โทรศัพท์ชนิดกดปุ่มระบบ TONE ประกอบด้วยปุ่มกดจำนวน 12 ปุ่ม มีการทำงานเป็นแบบ DUAL MULTI FREQUENCY แป้นกดจะแบ่งเป็น ROW 4 แถว และ COLUMN 3 แถว ประกอบกันเป็นรูป MATRIX ในแต่ละ Row แต่ละ COLUMN จะมีค่าประจำตำแหน่งอยู่ดังรูปที่ 2.2.1

	C1 1209Hz	C2 1336Hz	C3 1447Hz
697Hz	1	2	3
770Hz	4	5	6
852Hz	7	8	9
941Hz	*	0	#

1	2	3
4	5	6
7	8	9
*	0	#

รูปที่ 2.2.1 แสดงค่าความถี่ประจำหมายเลขในระบบโทรศัพท์แบบกดปุ่ม

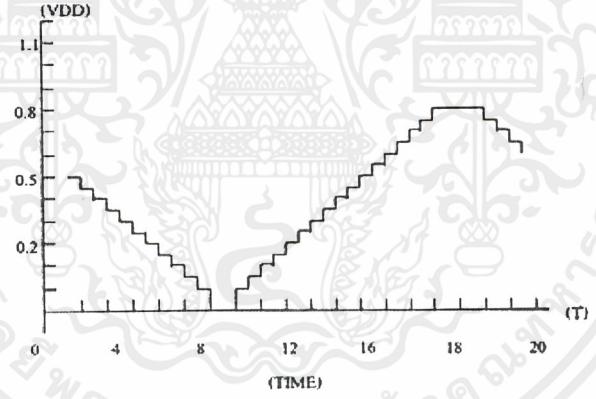
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงาน เมื่อกดหมายเลขใดหมายเลขหนึ่งจะประกอบด้วยTONEเสียง2 ความถี่ด้วยกันคือความถี่สูงและความถี่ต่ำ (ความถี่ทางด้าน COLUMN และ ROW ตามลำดับ) ซึ่งแต่ละหมายเลขจะให้ความถี่ออกมา 2 ความถี่ด้วยกัน จากปุ่มกดจะพบว่าหมายเลข 1,2,3 อยู่ใน ROW ที่ 1 ตัวเลขแต่ละตัวเป็นการพบกันของความถี่ทาง ROW(ความถี่ต่ำ) และความถี่ทาง COLUMN(ความถี่สูง) ยกตัวอย่างเช่น เมื่อกดปุ่มหมายเลข "5" จะอยู่ใน COLUMNของ 1366 Hz และ 770 Hz ดังนั้นจะได้ความถี่ OUTPUT ออกมา 2 ความถี่คือ 1336 Hz และ 770 Hz ซึ่งเรียกว่า DTMF

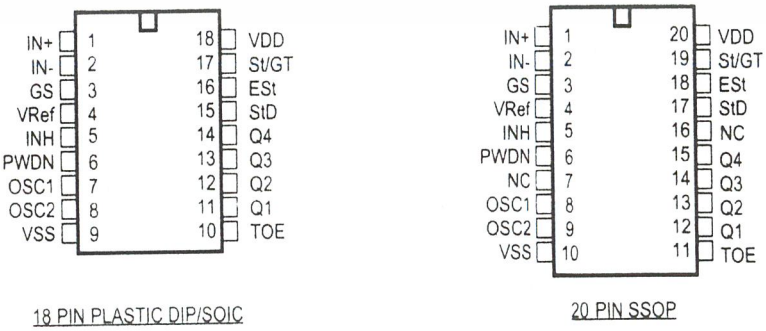
ดังนั้นในการสร้างวงจรเพื่อถอดค่ารหัสความถี่เหล่านั้นนั่นเอง ในปัจจุบันได้มีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่นี้โดยเฉพาะ คือ IC#MT8870 ของบริษัท INTEL ซึ่งจะทำหน้าที่รับสัญญาณ DTMF มาแปลงให้เป็นค่าเลขฐานสองขนาด 4 บิท ดังนั้นโครงงานนี้จึงเลือกใช้ IC เบอร์นี้มาทำเป็นวงจรถอดรหัส DTMF

2.2.1 MT8870 DTMF DECODER

IC เบอร์ MT8870 นี้จะทำหน้าที่รับสัญญาณ DTMF ซึ่งเป็นสัญญาณอะนาลอก (Analog) 2 ความถี่ได้อย่างดี ถึงแม้ว่าสัญญาณที่ได้จากการกดปุ่มของโทรศัพท์แบบทัชโทนจะมีลักษณะไม่เป็นคลื่นซายน์ที่แท้จริงดังรูปที่ 2.2.2 IC เบอร์นี้ก็ยังสามารถยอมรับและถอดรหัสออกมาได้



รูปที่ 2.2.2 แสดงลักษณะสัญญาณ DTMF ที่ได้จากโทรศัพท์

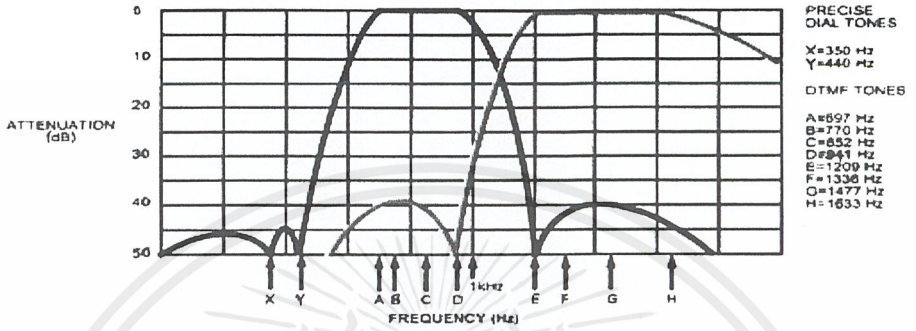


รูปที่ 2.2.3 แสดงรายละเอียดขาของ MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 คุณสมบัติของ MT8870

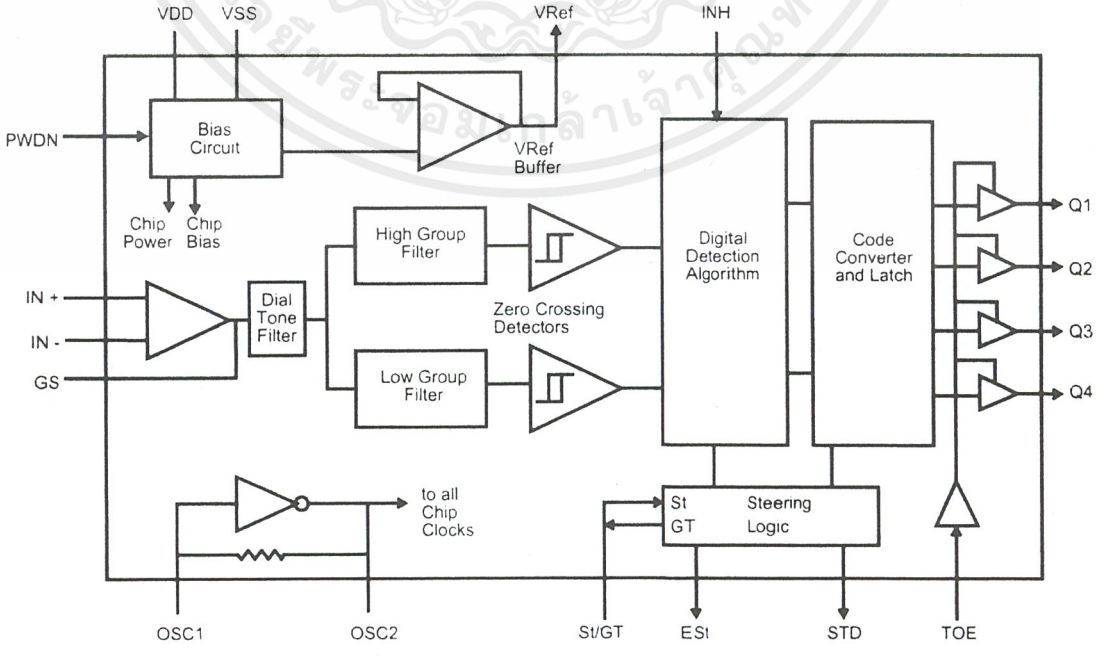
- เป็นตัวรับและถอดรหัสความถี่ DTMF
- กินไฟน้อย ใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับ TTL
- สามารถตั้งอัตราขยายภายในตัวไอซีได้
- สามารถปรับการ์ดไทม์ (Guard Time) ได้ และเป็นไอซีคุณภาพสูง



รูปที่ 2.2.4 แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่

2.2.3 โครงสร้างภายในของ MT8870

IC#MT8870ประกอบไปด้วยวงจรกรองความถี่และวงจรถอดรหัสฟังก์ชั่นทางดิจิตอล (Digital)ในส่วนของวงจรกรองความถี่ใช้เทคนิคของสวิทช์ Capacitor Filter สำหรับกรองความถี่สูงและต่ำ ส่วนวงจรถอดรหัส (Decode) ใช้เทคนิคการนับทางดิจิตอลเพื่อตรวจจับและถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ ออกเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิท และตรวจสอบช่วงเวลาที่สัญญาณเข้ามา ส่วนภาคอินพุตเป็นออปแอมป์ที่สามารถปรับอัตราการขยายได้ โดยต่ออุปกรณ์ภายนอกเอาต์พุตเป็นวงจรแลทช์ 3 สถานะ



รูปที่ 2.2.5 โครงสร้างภายในของ MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ฟังก์ชั่นการทำงานภายใน MT8870 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วนคือ

1. ภาคกรองความถี่(Filter Section) ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณDTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่คือช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองแถบความถี่อันดับ 6 ชนิดสวิทช์คาปาซิเตอร์ (Six-Order Switched Capacitor Band Pass Filter) ซึ่งความถี่ที่แยกได้มี 2 ช่วงคือ ช่วงความถี่สูงและช่วงควมถี่ต่ำ

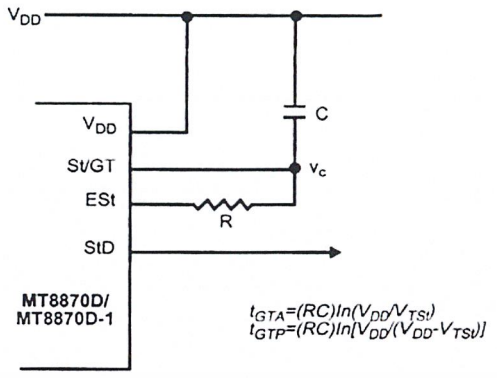
2. ภาคถอดรหัส (Decoder Section) ความถี่ DTMF ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้วจะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลขโดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอลและมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐานDTMFหรือไม่เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสม เมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้องสัญญาณที่ขา Est (Early Steering) ก็จะแอกตีฟ สำหรับค่าถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ นั้นแสดงในตารางที่ 2.2.1

ตารางที่ 2.2.1 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ

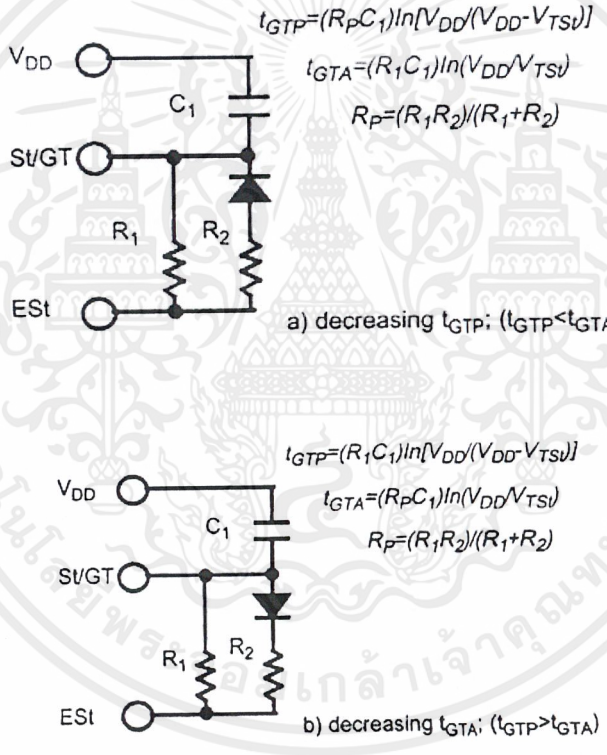
FLOW	FHIGH	NO	TOE	Q4	Q3	Q2	Q1
697	1209	1	H	0	0	0	1
697	1336	2	H	0	0	1	0
679	1477	3	H	0	0	1	1
770	1209	4	H	0	1	0	0
770	1336	5	H	0	1	0	1
770	1477	6	H	0	1	1	0
852	1209	7	H	0	1	1	1
852	1336	8	H	1	0	0	0
852	1477	9	H	1	0	0	1
941	1336	0	H	1	0	1	0
941	1209	*	H	1	0	1	1
941	1477	#	H	1	1	0	0

3. ภาคตรวจสอบสัญญาณ(steering Circuit) ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปที่เอาท์-พุทจะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่มให้มีความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควรมิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับโดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูก-ต้องส่วนช่วงเวลายาวเท่าใดสามารถตั้งได้โดยใช้ RC ต่อภายนอก สัญญาณที่ขา Est จะเป็น “สูง” นานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่มีความถี่ DTMF เข้ามา จากรูปที่ 2.2.6 เมื่อขา Est เป็น “สูง” ทำให้ Vc สูงขึ้น ตัวเก็บ-ประจุ C จะคายประจุทำให้แรงดัน Vc สูงขึ้นจนถึงค่าเทรชโฮลด์ วงจรถอดรหัสจึงจะถอดรหัสออกเป็นตัว-เลขขนาด 4 บิท รายละเอียดการทำงานสามารถดุได้จากแผนภูมิเวลา (Timing Diagram) ในรูปที่ 2.2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

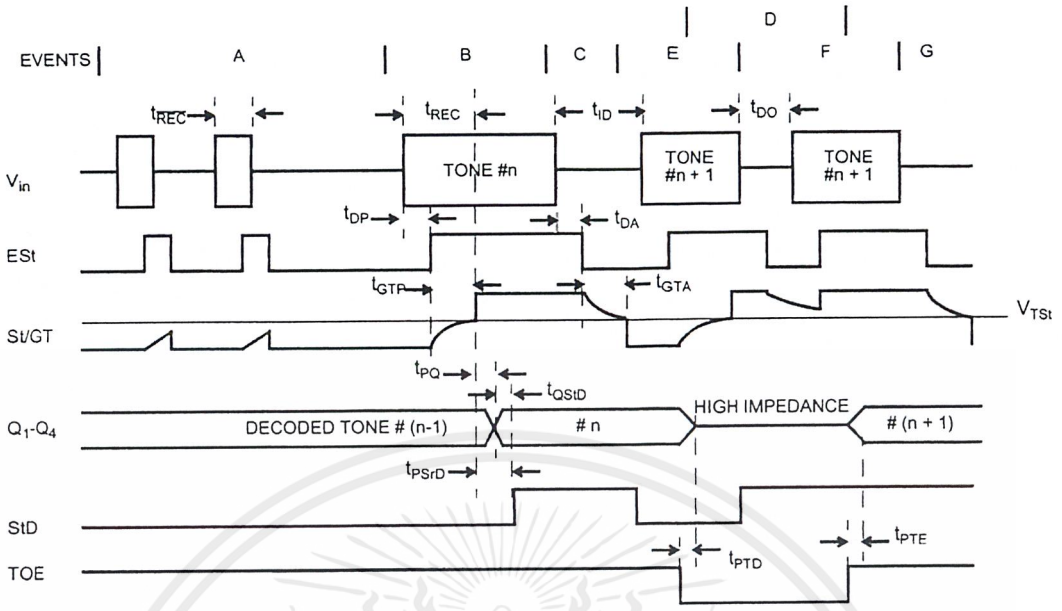


รูปที่ 2.2.6 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณ และการกำหนดเวลาการ์ดไทม์



รูปที่ 2.2.6 (ต่อ) แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณ และการกำหนดเวลาการ์ดไทม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2.7 แสดงแผนภูมิเวลา (Timing Diagram) ของ MT8870

ขั้นตอนการทำงาน

A-ตรวจพบความถี่เข้ามาแต่คาบเวลาไม่ถูกต้องเอาท์พุทไม่เปลี่ยน

B-ความถี่ #n ถูกตรวจพบและมีคาบเวลาที่ถูกต้องความถี่ถูกถอดรหัสและแลทช์ไว้ที่เอาต์พุต

C-เอาต์พุตเปลี่ยนเป็นไฮอิมพิแดนซ์

E-ความถี่# n+1 ถูกตรวจพบคาบเวลาถูกต้องความถี่ถูกถอดรหัสและแลทช์อยู่

F-ความถี่ #n+1 หายไปช่วงห่างไม่ถูกต้องเอาท์พุตยังคงแลทช์อยู่

G-จบความถี่ #n+1 ช่วงห่างถูกต้องเอาต์พุตยังคงแลท์อยู่จนถึงความถี่ใหม่ที่ถูกต้อง

หน้าที่ของขาต่างๆ

- Vin สัญญาณความถี่ DTMF ที่เข้ามา
- EST (Eatly Steering Output) ใช้แสดงความถี่ที่ถูกต้อง
- St/GT (Steering Input/Guard Time Output) สำหรับต่อกับ RC ภายนอก
- Q1-Q4 เอาท์พุท BCD ขนาด 4 บิท
- StD (Delayed Steering Output) ใช้แสดงค่าความถี่ที่ได้รับหรือหายไป มีคาบเวลาตามที่กำหนดเพื่อแสดงความถูกต้องของสัญญาณ
- TOE (Tone Output Enable) อินพุตใช้ควบคุม Q1-Q4 ให้เป็นไฮอิมพีแดนซ์
- $t_{\overline{REC}}$ คาบเวลาสั้นที่สุดที่ตรวจพบความถี่ DTMF แล้วยังไม่ถูกต้อง
- t_{REC} คาบเวลาสั้นสุดที่ต้องการเพื่อแสดงว่าสัญญาณถูกต้อง
- t_{ID} เวลาสั้นสุดระหว่างสัญญาณ DTMF ที่ถูกต้อง 2 สัญญาณ
- t_{DO} เวลานานสุดที่ยอมให้สัญญาณหายไปได้ในคาบเวลาความถี่ที่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- t_{DP} เวลาที่ใช้ในการตรวจพบสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง
- t_{DA} เวลาที่ใช้ในการตรวจการหายไปของสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง
- t_{GTP} การ์ดไทม์ของการปรากฏความถี่ DTMF
- t_{GTA} การ์ดไทม์ของการหายไปของความถี่ DTMF

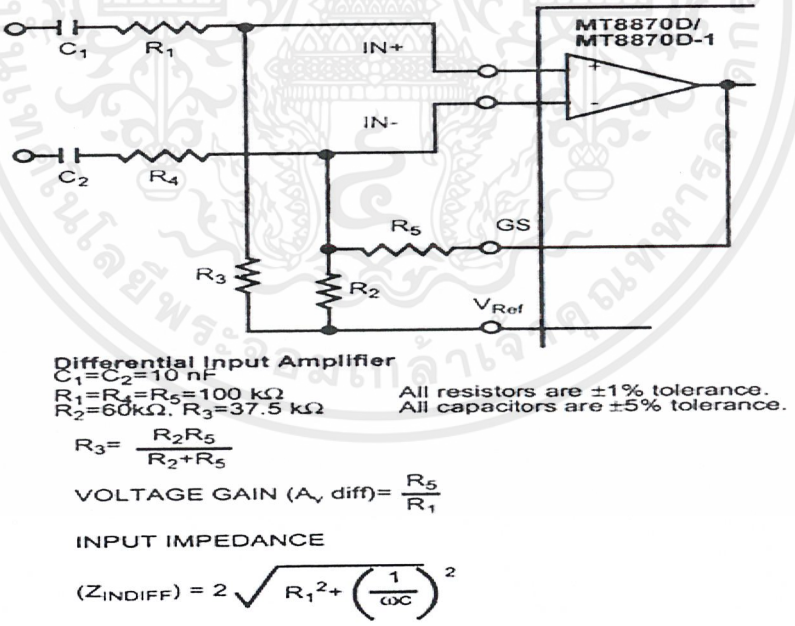
สำหรับค่าว่าการ์ดไทม์ (Guard Time) นั้นหมายถึง ช่วงคาบเวลาของความถี่ที่เข้ามาซึ่งจะต้องนานเท่ากับหรือมากกว่าช่วงเวลาที่เราตั้งไว้ จึงจะได้รับการยอมรับสัญญาณความถี่นั้นถูกต้อง หรือพูดได้ว่าเวลาที่เราตั้งไว้โดย RC ก็คือ การ์ดไทม์นั่นเอง เมื่อสัญญาณความถี่เข้ามานานเท่ากับหรือมากกว่าเวลาที่ตั้งไว้ จึงจะสามารถแปลงเป็นตัวเลขออกไป การตั้งเวลาและคำนวณเวลาดูได้จากรูปที่ 2.2.6

4. ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง(Differential Input) วงจรส่วนอินพุตของMT8870 เป็นภาคขยายออปแอมป์ที่สามารถปรับอัตราขยายโดยต่อวงจรภายนอกเพิ่มเข้าไปดังรูปที่ 2.2.8 ซึ่งสามารถคำนวณอัตราขยายความแตกต่างของอินพุตและอิมพิแดนซ์ได้ดังนี้

อัตราขยาย (Av diff) = R5/R1

อินพุตอิมพีแดนซ์ (Zin diff) $= 2/R1^2+(1/wc)^2$

R3 = (R2×R5)/(R2+R5)

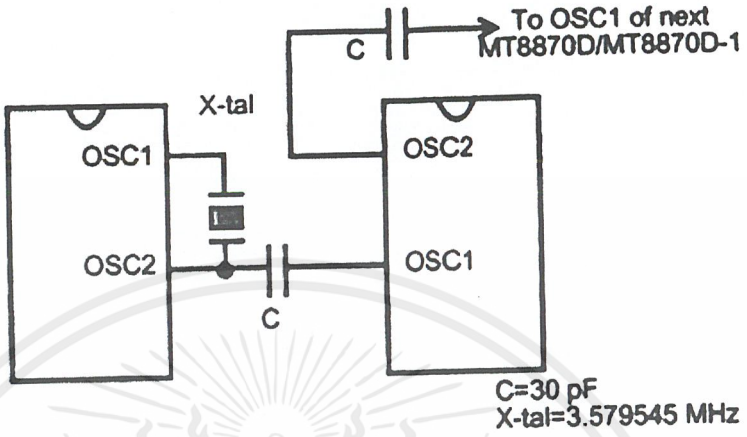


รูปที่ 2.2.8 แสดงการต่อวงจรภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

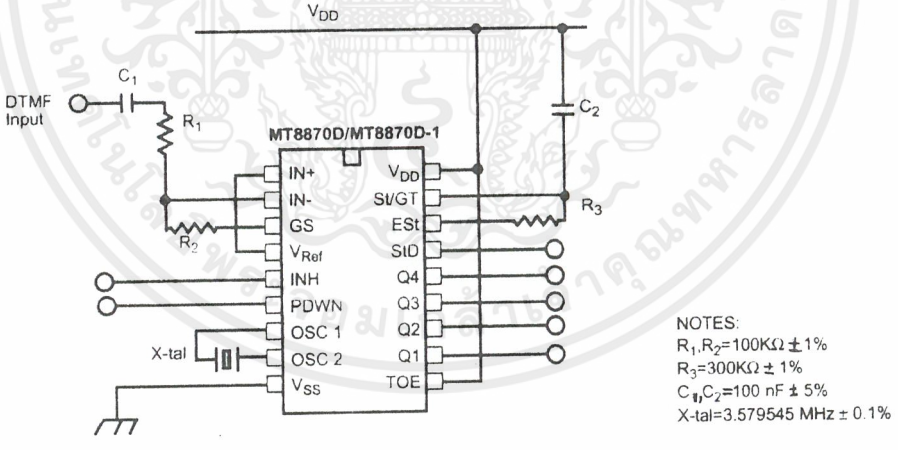
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

5. ภาคกำหนดความถี่ (Oscillator) ในภาคนี้ภายในไอซีมีวงจรเวลาอยู่ภายในเพียงแต่ต่อ X-TAL ขนาด 3.579 MHz ก็สามารถใช้งานได้ทันที ลักษณะการต่อวงจรดังแสดงในรูปที่ 2.2.9



รูปที่ 2.2.9 แสดงการต่อวงจรผลิตความถี่

วงจรใช้งาน



รูปที่ 2.2.10 แสดงวงจรใช้งานของ MT8870

จากคุณสมบัติและโครงสร้างของ MT8870 ที่กล่าวมาจึงได้นำมาประกอบเป็นวงจรดังรูปที่ 2.2.10 ซึ่งจะมีการทำงานดังนี้

สัญญาณความถี่DTMF จะเข้ามาทางขานอน-อินเวิร์ตติ้ง (ขา2) โดยผ่าน C1 เป็นตัวคัปปลิ้งสัญญาณ และจะมี R1,R2 เป็นตัวปรับอัตราการขยายให้เหมาะสม ส่วน R3,C2 จะเป็นตัวกำหนดการ์ดไทม์เอาต์พุต ในที่นี้ใช้ค่า R3=300 KΩ, C2=0.1μF ซึ่งจะได้ค่าการ์ดไทม์ประมาณ 20 ms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42192

ในขณะที่ MT8870 ทำการถอดรหัสสัญญาณ DTMF ออกมานั้น มันจะส่งสัญญาณ STD ออกมาที่ขา 15 เพื่อไปบอกให้ CPU รู้ว่าขณะนี้มีข้อมูลที่จะส่งให้ CPU แล้วเมื่อ CPU รู้ก็จะส่งสัญญาณ CS3 มาเข้าที่ขา TOE ของ MT8870 เพื่อเป็นเอาท์พุทอีนาเบิลให้กับ MT8870 ที่ขา TOE นี้หากได้รับลอจิก "0" จะทำให้ Q1-Q4 มีสถานะเป็นไฮอิมพีแดนซ์ฉะนั้นหาก CPU รับรู้ว่ามีการถอดรหัสสัญญาณ DTMF และต้องการข้อมูล ก็จะส่ง CS3 มาให้ สัญญาณที่ได้จากการถอดรหัสจะออกมาเป็นรหัสเลขฐานสอง โดยเป็นข้อมูล D0-D3 เพื่อให้กับ CPU เพื่อให้กับ CPU นำไปประมวลผลต่อไป

จากวงจรและการทำงานที่กล่าวมานี้ เมื่อนำมาประกอบวงจรทดลองเพื่อเลือกค่าอุปกรณ์ RC ที่เหมาะสมปรากฏว่าค่าของR3 และ C2 นั้นมีความสำคัญมากเพราะจะเป็นการกำหนดช่วงเวลาของสัญญาณ DTMF ที่จะยอมรับ ซึ่งค่า C2 นั้น ทางบริษัทที่ผลิตไอซีเบอร์นี้ได้แนะนำให้ใช้ค่า 0.1 μF แล้วเลือกค่า R3 ตามต้องการ ซึ่งค่า 300KΩ นั้นเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการใช้งานโทรศัพท์ของคนทั่วไปที่จะกดปุ่มโทรศัพท์และทำให้ไอซี MT 8870 รับรหัสตัวเลขได้ทุกตัวและถูกต้อง

ส่วนสร้างสัญญาณ DTMF

เนื่องจากโทรศัพท์กดปุ่ม จะมีการทำงานโดยถ้าเรากดปุ่มเครื่องจะทำการสร้างความถี่ขึ้น 2 ชนิด แล้วทำการรวมสัญญาณ เพื่อส่งไปตามสายโทรศัพท์เข้าชุมสาย โดยจะมีความถี่ดังนี้

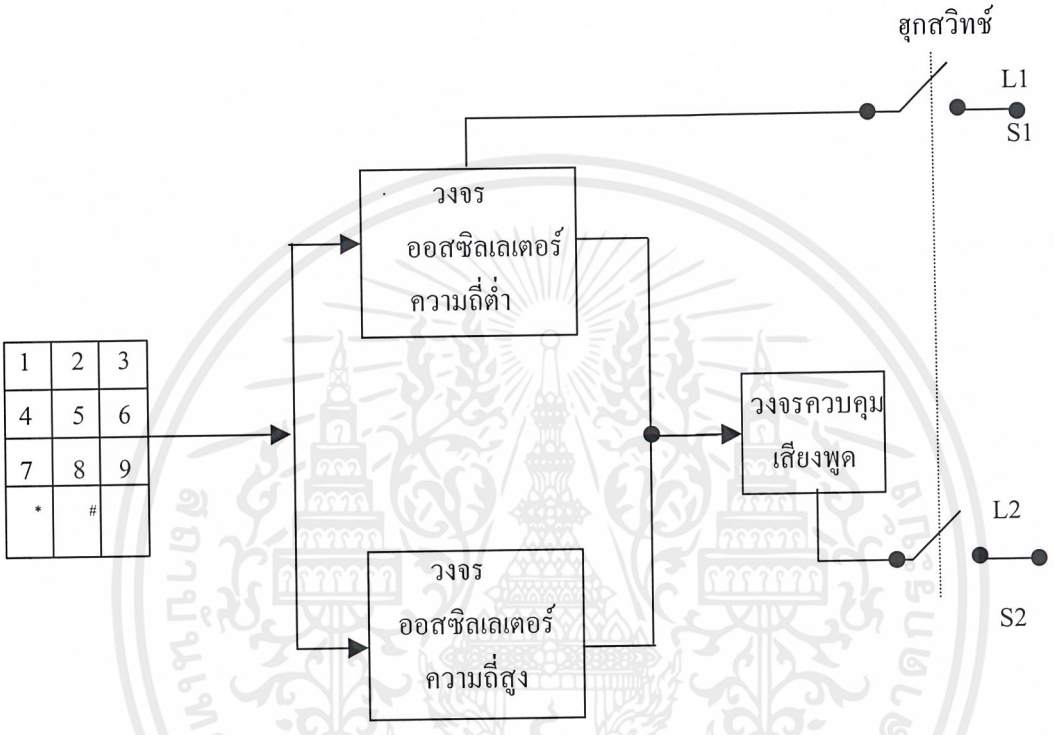
	1209	1336	1477	1633	
697	1	2	3	A	R1
770	4	5	6	B	R2
852	7	8	9	C	R3
641	*	0	#	D	R4
	C1	C2	C3	C4	

ตารางที่ 2.2.2 แสดงความถี่ผสมที่ใช้ในโทรศัพท์แบบกดปุ่ม

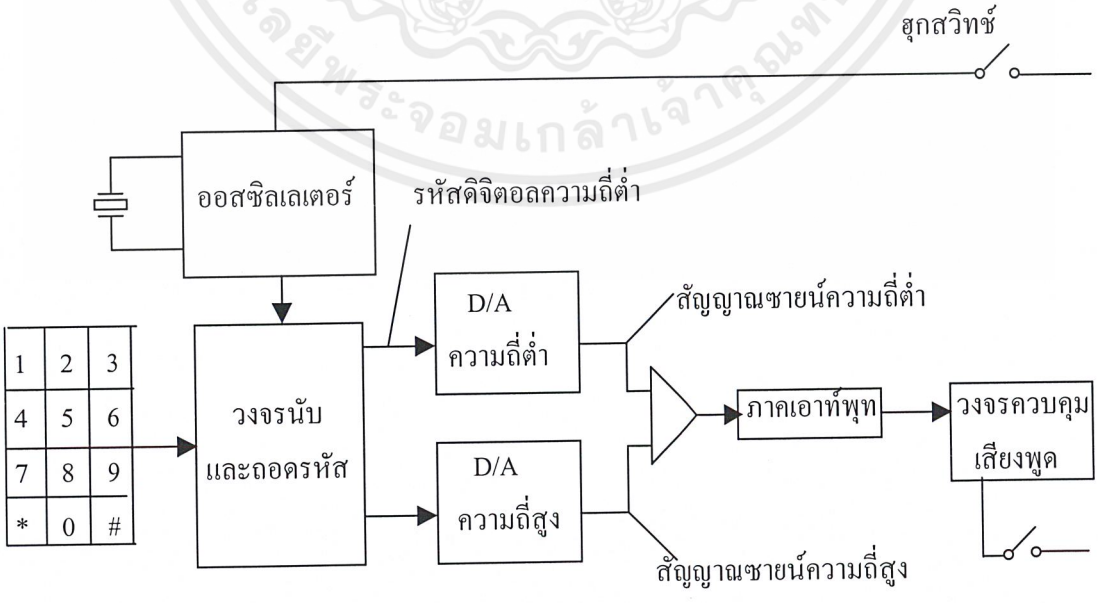
ในรูปที่ 2.2.11 เป็นบล็อกไดอะแกรมของการส่งสัญญาณแบบ DTMF ซึ่งในระบบนี้ยังคงต้องใช้อุปกรณ์จำพวกพาสซีฟ(PassiveElements)ในการนำมาสร้างวงจรออสซิลเลเตอร์ซึ่งปัญหาที่พบคือความคลาดเคลื่อนเนื่องจากสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนไปและอายุการใช้งาน ผลที่ตามมาก็คือความถี่ที่ผลิตออกมาย่อมมีค่าเปลี่ยนแปลงไปด้วย สิ่งที่เกิดขึ้นมีผลต่อการทำงานของระบบชุมสายมีโอกาสทำงานผิดพลาดในการติดต่อกับผู้ที่ถูกเรียก ดังนั้นการนำไอซีสำเร็จรูปมาใช้งานแทนอุปกรณ์พาสซีฟย่อมที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ในระดับหนึ่ง ในรูปที่ 2.2.12 เป็นบล็อกไดอะแกรมของไอซีที่นำมาใช้สร้างสัญญาณในระบบ DTMF ซึ่งวงจรภายในจะประกอบด้วยวงจรนับ และถอดรหัสซึ่งวงจรถอดรหัสก็จะแยกแยะว่าการกดหมายเลขแต่ละครั้งจะตรงกับตำแหน่งใดบ้างในแนวโรและแนวคอลัมน์ เมื่อทำการถอดรหัสจากการกดได้แล้ว ก็นำค่าในแนวโรและแนวคอมลัมน์ ไปหารจากค่าความถี่หลัก สัญญาณที่ออกจากวงจรนับและถอดรหัสก็จะได้สัญญาณดิจิตอลสัญญาณที่มีความถี่แตกต่างกัน จากนั้นก็นำทั้งสองสัญญาณไปผ่านวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปลงสัญญาณจากดิจิตอลไปเป็นอะนาลอก (D/A converter) และนำมารวมกันโดยการนำไปผ่านวงจรรวมและขยายสัญญาณแล้วจึงถูกส่งผ่านไปยังวงจรควบคุมเสียงพูด (Speech network) และผ่านต่อไปยังชุมสายโทรศัพท์ ในที่สุดไอซีอาจถูกออกแบบมาให้ใช้ร่วมกับแป้นปุ่มหมายเลข(key pad) ชนิด DPST (Dual-Pole Single Throw) ซึ่งจะมีหน้าสัมผัส 2 หน้า หรืออาจเป็นชนิด SPST(Single-Pole Single Throw) ก็ได้ ในรูปที่ 2.2.13 เป็นแผนภาพและรูปของสัญญาณเมื่อมีการกดปุ่มหมายเลขใดๆ จะสังเกตว่าในการดีโค้ดของแนวโรจะแอกตีฟที่ลอจิก “1”

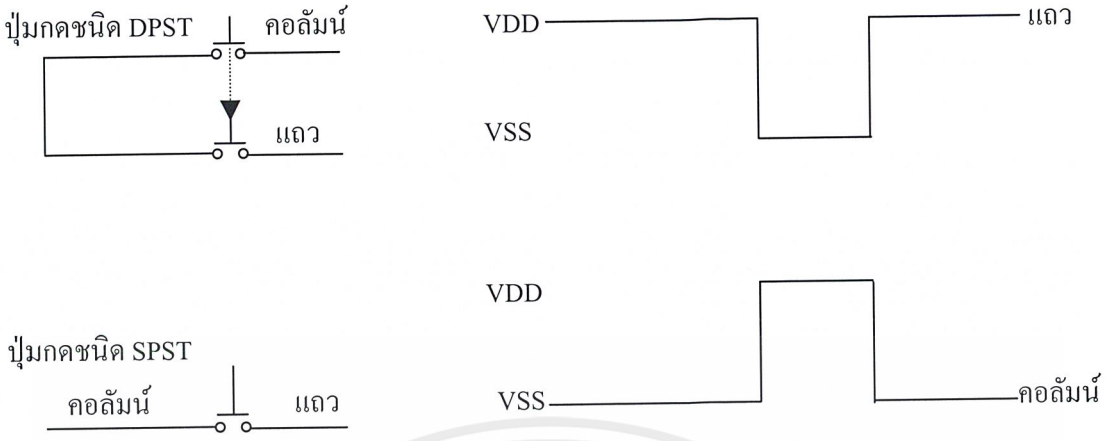


รูปที่ 2.2.11 แสดงวงจรแบบแรกๆ



รูปที่ 2.2.12 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบ DTMF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

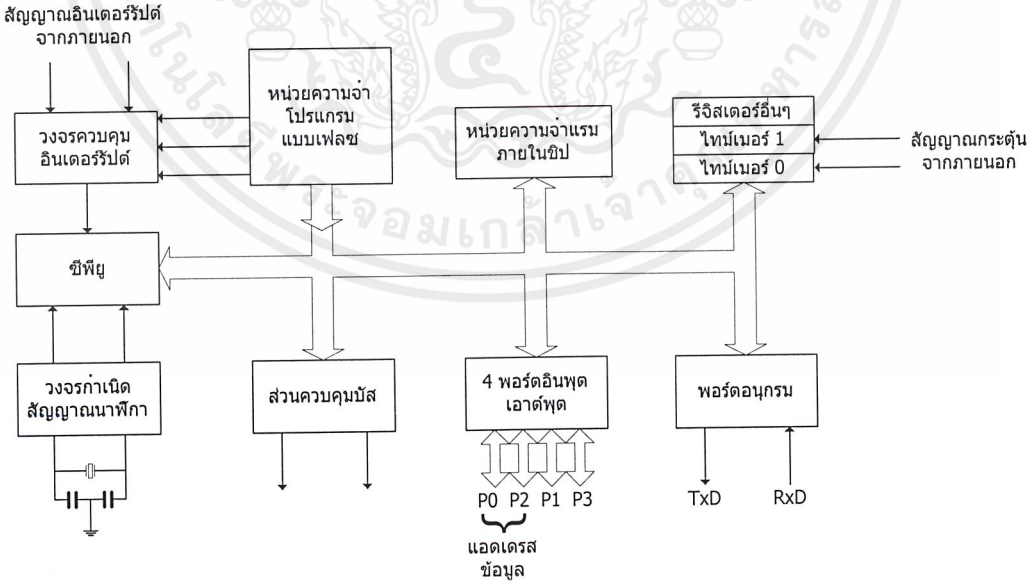


รูปที่ 2.2.13 แสดงชนิดของปุ่มกดและรูปสัญญาณ

2.3 ไมโครคอนโทรเลอร์ (MCS-8051)

โครงสร้างของ 8051

ภายใน 8051 จะประกอบขึ้นด้วย GATE ต่างๆ เช่น AND,OR,NOT ซึ่ง GATE เหล่านี้จะถูกนำมาออกแบบให้มีหน้าที่การทำงานต่างๆเช่นวงจรถอดรหัสคำสั่ง(InstructionDecoder)วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา(Clock Signal Generator) โครงสร้างภายในของ8051 จะประกอบด้วยส่วนย่อยๆ ดังไดอะแกรมในรูป 2.3.1



รูปที่ 2.3.1 แสดงไดอะแกรมโครงสร้างของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดอะแกรมในรูปที่ 2.3.1 เป็นโครงสร้างใหญ่ของ 8051 เป็นคอมพิวเตอร์ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ

ส่วนที่ 1 คือCPU(Central Processing Unit) หรือตัวประมวลผล ส่วนนี้จะมีวงจรที่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมในการติดต่อกับส่วนอื่นๆ เรียกว่าวงจรควบคุม(Control Unit) สัญญาณที่สร้างจากวงจรควบคุมได้แก่ สัญญาณสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำ อุปกรณ์รับข้อมูลเข้าหรือส่งออกจากตัว8051 ซึ่งส่วนควบคุมด้วยการขัดจังหวะ(Interrupt Control) ส่วนควบคุมบัส(Bus Control) ก็เป็นส่วนหนึ่งของวงจรควบคุมด้วยการสร้างสัญญาณควบคุมจากส่วน CPU นี้จะทำการสร้างสัญญาณโดยการถอดรหัสคำสั่ง (Instruction)ตามที่กำหนดไว้และสัญญาณที่สร้างขึ้นมาจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาจากวงจรออสซิลเลเตอร์เพื่อให้ทุกๆส่วนในวงจรทำงานประสานกัน(Synchronize)อย่างถูกต้อง ในCPUนี้ยังประกอบด้วยส่วนย่อยอีกส่วนที่เรียกว่าส่วนประมวลผล (Arithmetic Logic Unit) ส่วนนี้จะทำหน้าที่ประมวลผล เช่น การบวก, การลบ, การคูณ หรือหารข้อมูลแล้วผลลัพธ์ไปเก็บไว้ในรีจีสเตอร์หรือหน่วยความจำที่ต้องการ

ส่วนที่ 2 คือหน่วยความจำ(Memory) มีไว้สำหรับจดจำข้อมูล ถ้าจะให้เห็นภาพพจน์ของหน่วยความจำได้ดีก็คือหน่วยความจำเปรียบเหมือนกล่องเก็บเอกสารจำนวนมากที่จำมาต่อเรียงไว้แต่ละกล่องก็มีเอกสาร1แผ่น ถ้าต้องการเอกสารจากกล่องใดหรือเอาเอกสารไปเก็บที่กล่องใดจะต้องรู้หมายเลขของกล่องข้อมูลเสียก่อน ซึ่งถ้าเป็นหน่วยความจำแล้วหมายเลขของกล่องก็คือตำแหน่งของหน่วยความจำหรือ แอดเดรส (Address) นั่นเองการเอาข้อมูลไปเก็บในหน่วยความจำเรียกว่าการเขียน(Write) ข้อมูลและการเอาข้อมูลออกจากหน่วยความจำจะเรียกว่าการอ่าน(Read) ข้อมูลซึ่งแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะเก็บข้อมูลได้เพียงค่าเดียวเท่านั้น ในไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไปรวมทั้ง 8051 นั้นข้อมูลในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะมีค่าได้เพียง 8 หลักของเลขฐาน 2 (8 บิทเท่ากับ 1 ไบท์) ดังนั้นแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะเก็บข้อมูลมีค่าได้ระหว่าง 0 ถึง 225 (00000000 ถึง 11111111 ในเลขฐาน 2) แต่จำนวนตำแหน่งที่จะเก็บข้อมูลได้ขึ้นกับไมโครโปรเซสเซอร์แต่ละเบอร์การติดต่อกับหน่วยความจำจะต้องมีสัญญาณ 3 กลุ่มคือ

1. แอดเดรสหรือค่าตำแหน่งที่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำใน 8051 จะติดต่อกับหน่วยความจำประเภท Program Memory หรือ Data Memory ได้สูงสุดชนิดละ 65536 ตำแหน่ง ดังนั้นการอ้างอิงแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะต้องใช้เส้นแสดงตำแหน่งในเลขฐาน 2 ทั้งหมด 16 เส้น (2 ^16 เท่ากับ 64× 1024 = 65536)

2. ข้อมูลที่อ่านหรือเขียนกับหน่วยความจำเพื่อบอกหน่วยความจำว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูล

3. สัญญาณควบคุมที่จะส่งไปยังหน่วยความจำ เพื่อบอกหน่วยความจำว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลสัญญาณเหล่านี้จะถูกวงจรควบคุมภายใน 8051 สร้างมาจากวงจรถอดรหัสของคำสั่งที่ 8051 อ่านจากหน่วยความจำ Program Memory เข้าไปทำงานนั้นเอง ในรูปที่ 2.3.1 หน่วยความจำได้แก่ 4k ROM และ 128 Byte RAM ซึ่งขนาดหน่วยความจำนี้มีขนาดต่างๆกันตามเบอร์ของไมโครคอนโทรเลอร์ ส่วนที่ 3 อุปกรณ์อินพุท-เอาท์พุท (Input /Output Device) เป็นส่วนที่จะใช้ส่งข้อมูลหรือออกจาก 8051 ทำให้ 8051 ติดต่อกับภายนอกได้ ดังในไดอะแกรมรูปที่ 2.3.1 อุปกรณ์อินพุทและเอาท์พุท ได้แก่ 4 I/O Port, Time 0 Timer 1, Serial Port การทำงานของแต่ละส่วน มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. 4 I/0 Port คำว่าพอร์ทหมายถึงจุดที่จะติดต่อกับส่วนที่อยู่ภายนอก 4 I/0 Port ของ 8051 เป็นที่ใช้สำหรับรับ - ส่งข้อมูลซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอลเข้าหรือออกจากตัว MCS-51 พอร์ท มีทั้งหมด 4 พอร์ท โดยแต่ละพอร์ทจะรับ-ส่งข้อมูลได้ 8 บิท พอร์ท PO,P1,P2 และ P3 บางพอร์ทจะใช้ทำงานมากกว่า 1 อย่าง ก็ได้ เช่น พอร์ท PO และ P2 จะใช้สำหรับการส่งค่าตำแหน่ง (Address) ของหน่วยความจำที่ต้องการติดต่อ และพอร์ทPOจะใช้รับส่งข้อมูลเมื่อติดต่อกับหน่วยความจำได้ด้วย แต่สิ่งเหล่านี้ไม่ได้เกิดขึ้นที่เวลาเดียวกัน แต่จะใช้วิธีทำงานตามลำดับโดยควบคุมจากสัญญาณควบคุม(Control)ที่ถอดรหัสมาจากแต่ละคำสั่งที่ให้ คอมพิวเตอร์ทำงานนั้นเอง และสัญญาณทั้งหมดจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกา

2. Timer 0 และ Timer 1 เป็นวงจรนับที่สามารถกำหนดให้ทำการกำหนดให้ทำการนับจำนวน ไซเคิลของสัญญาณที่ต่อจากภายนอก 8051 หรือจำนวนไซเคิลของสัญญาณนาฬิกาภายใน 8051 ก็ได้ ค่า จากการนับจะถูกอ่านหรือตั้งค่าเริ่มต้นของการนับได้โดย CPU

3. Serial Port หรือพอร์ทอนุกรม CPU จะอ่านและเขียนข้อมูลกับ Serial Port เป็นแบบ 8 บิท แต่ ข้อมูลจะถูกส่งออกจาก 8051 เรียงไปทีละบิทออกจากขา TxD และในการรับข้อมูลเข้าก็รับเข้ามาทีละบิท ทางขา RxD แล้วจัดเรียงใหม่เป็น 8 บิทเพื่อให้ CPU อ่านไปใช้งานต่อไป

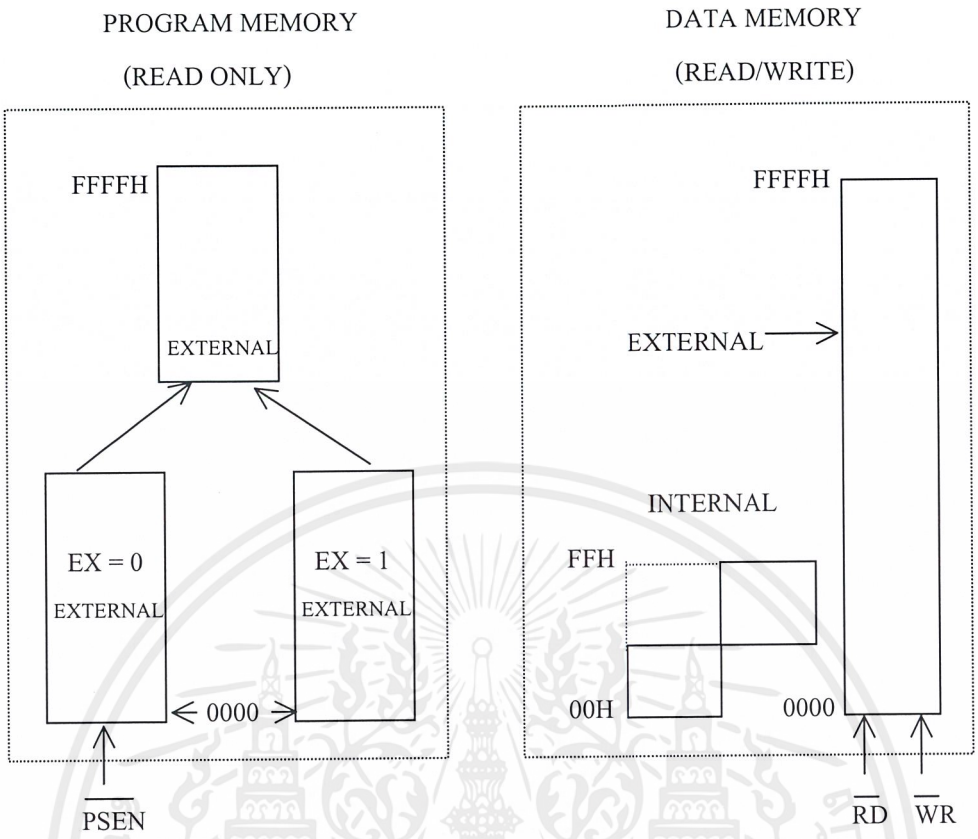
8051มีพอร์ทให้ใช้งานได้หลายแบบทำให้สะดวกแก่การนำไปใช้งานต่างๆ มากมายการจะนำพอร์ท เหล่านี้ไปใช้งานได้จะต้องเขียนโปรแกรมขึ้นมาควบคุมที่จะได้กล่าวต่อไป

การจัดหน่วยความจำของ 8051

แบ่งออกไว้เป็น 2 แบบตามลักษณะของการใช้งานคือ

1. Program Memory เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บคำสั่งในรูปรหัสภาษาเครื่อง(Machine Language) ซึ่งต้องการให้8051ทำงาน เมื่อ 8051ทำงานก็จะอ่านข้อมูลที่เก็บในหน่วยความจำประเภทนี้เข้าไปถอดรหัส แล้วสร้างสัญญาณควบคุมส่วนอื่นๆ ตามการทำงานของแต่ละคำสั่งนั้น หน่วยความจำแบบนี้จะต้องเป็น แบบ Read Only Memory (ROM) แล้วผู้ใช้ต้องเขียนข้อมูลในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำเป็นรหัส-ภาษาเครื่องของ 8051 ตามลำดับการทำงานที่ต้องการ (หน่วยความจำแบบ ROM เป็นแบบ Non volatile ซึ่ง เมื่อเปิดไฟแล้วข้อมูลก็ไม่มีการสูญหาย) การเขียนข้อมูลลงไปบน ROM จะต้องใช้เครื่องมือพิเศษ ใน ระหว่างการทำงานของ8051ผู้ใช้จะไม่สามารถใช้คำสั่งทำการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำแบบนี้ได้ จำนวนตำแหน่งสูงสุดของหน่วยความจำแบบนี้ที่ 8051 จะใช้งานได้คือ 65536 ตำแหน่ง ค่าของตำแหน่ง (Address) จะเขียนเป็นเลขฐาน 16 ตั้งแต่ 0000H ถึง FFFFH หน่วยความจำตำแหน่ง 0000H ถึง OFFFH จำนวน 4 กิโลไบท์นั้นผู้ใช้จะเลือกได้ว่าเป็นตำแหน่งของ ROM ส่วนนี้ได้ ถึง 8 กิโลไบท์ ตำแหน่ง 0000H ถึง 1FFFH) ถ้าต้องการให้ 8051 ทำงานตามคำสั่งที่เก็บไว้ในROMภายใน8051ก็ให้ป้อนสัญญาณสภาวะ ลอจิก High (1) เข้าที่ขา $\overline{EA}$ ของ 8051 ส่วนหน่วยความจำที่ตำแหน่ง 1FFFH ถึง FFFFH จะต้องต่ออยู่ภาย นอก 8051 เสมอดังแสดงในแผนภูมิหน่วยความจำ(Memory Map) ในรูปที่ 2.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3.2 แสดงแผนภูมิหน่วยความจำของ 8051

Internal Memory หมายถึงหน่วยความจำนั้นอยู่ภายใน8051 ส่วน External Memory หมายถึงหน่วยความจำนั้นอยู่ภายนอก 8051

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์8031,8051และ 8751 นั้น โดยโครงสร้างและรหัสคำสั่งจะเหมือนกันทุกประการแตกต่างกันที่

-8051 จะไม่มี ROM ขนาด 4 กิโลไบท์อยู่ภายใน ผู้ใช้จะต้องเลือกการใช้งาน Program Memory อยู่ภายนอกวงจรรวมทั้งหมด 64 กิโลไบท์

-8051 จะมี ROM ขนาด 4 กิโลไบท์อยู่ภายใน ถ้าต้องการเก็บคำสั่งควบคุมการทำงานไว้ในหน่วยความจำส่วนนี้จะต้องส่งโปรแกรมคำสั่งไปให้โรงงานผู้ผลิตทำการเขียนใส่ในROMให้ตั้งแต่ในขั้นตอนของการผลิตวงจรรวมผู้ใช้ไม่สามารถแก้ไขโปรแกรมได้เองถ้าจะนำมาใช้งานโดยเก็บโปรแกรมไว้ในหน่วยความจำช่วง 4 กิโลไบท์แรกอยู่ภายนอกก็สามารถทำได้โดยการต่อ ROMไว้ภายนอก แล้วต่อขา $\overline{EA}$ ของ 8051 ไว้กับสัญญาณที่มีสภาวะลอจิกเป็น 0

-8751 จะมีหน่วยความจำขนาด 4 กิโลไบท์เป็นแบบ EPROM(Erasable Program Read Only Memory) อยู่ภายในวงจรรวมเอาไว้ใช้เก็บโปรแกรมคำสั่งที่จะให้ 8751 ทำงาน ผู้ใช้สามารถเขียนคำสั่งลงไปวงจรภายใน ตามเวลาที่กำหนดในคู่มือเฉพาะ(Data sheet) ของ 8751 จากนั้นก็ใช้เครื่องโปรแกรม EPROM เขียนโปรแกรมลงไปใหม่ 8751 นี้จะสะดวกมากสำหรับการพัฒนาโปรแกรม

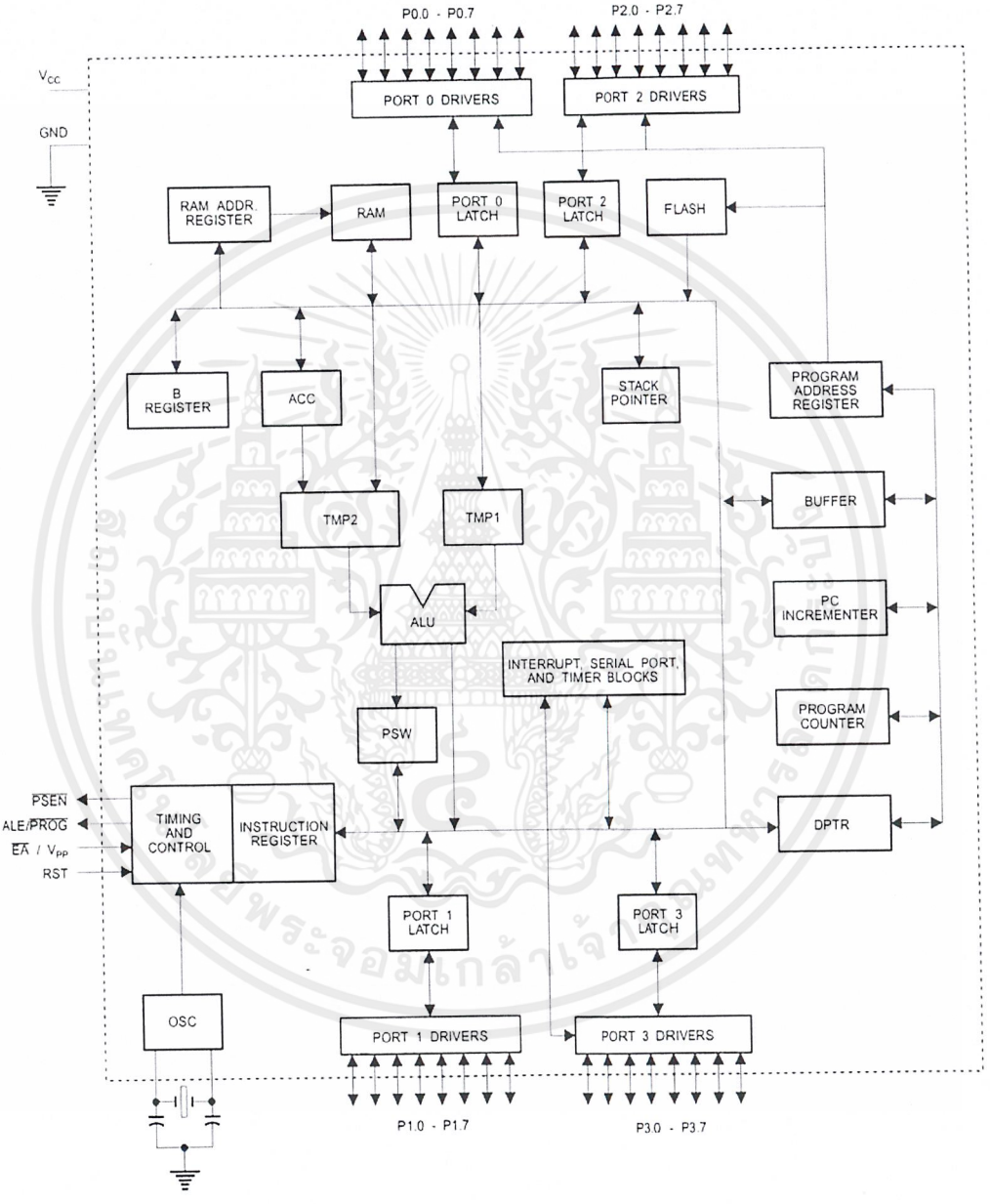
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Data Memory เป็นหน่วยความจำที่ 8051 จะใช้สำหรับพัก, เก็บข้อมูลแล้วเรียกมาใช้ใหม่ในระหว่างการทำงานของ8051การอ่านหรือเขียนข้อมูลหน่วยความจำจะกระทำโดยคำสั่งที่เก็บไว้ใน Program Memory หน่วยความจำแบบนี้เป็นประเภท Random Access Memory (RAM) ถ้ามีไฟเลี้ยงอยู่ข้อมูลที่เก็บไว้จะไม่สูญหาย แต่ถ้าปิดเครื่องหรือไม่จ่ายไฟให้แก่ RAM แล้วข้อมูลใน RAM ก็จะสูญหายไป การสูญหายของข้อมูลไม่ได้หมายความว่าไม่มีอะไรอยู่เลยแต่เป็นการที่มีข้อมูลใหม่ซึ่งไม่ใช้ข้อมูลที่เก็บไว้เดิมเข้ามาอยู่แทนที่ เช่น เดิมที่เก็บข้อมูล 18H ไว้ที่ตำแหน่ง 1900H เมื่อปิดไฟแล้วเปิดใหม่ข้อมูลที่ตำแหน่ง 1900H จะไม่ใช่ 18H อาจเป็นค่าอะไรก็ได้ ซึ่งเรียกการเกิดลักษณะแบบนี้ว่าข้อมูลสูญหายไปหน่วยความจำแบบ Data Memory ของ 8051 จะมีอยู่ 2 ชุด ชุดหนึ่งอยู่ภายใน 8051 จำนวน 128 ไบท์ที่ตำแหน่ง 00H ถึง 7FH (เบอร์ 8052 จะมี 256 ไบท์อยู่ที่ตำแหน่ง 00H ถึง FFH) และอีกชุดหนึ่งจะต้องต่ออยู่ภายนอกของวงจรรวม 8051มีได้สูงสุด 65536 ไบท์(64 กิโลไบท์) อยู่ที่ตำแหน่ง 80H ถึง FFH นั้นไม่ได้มีอยู่ทุกตำแหน่งจะมีเฉพาะในบางตำแหน่งซึ่งเรียกหน่วยความจำบางตำแหน่งนี้ว่า Special Function Register (SFR) เพราะจะใช้หน่วยความจำเหล่านี้สำหรับงานพิเศษเท่านั้น แต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำแบบ SFR นี้อาจเป็น RAM หรือวงจรนับ(Counter) วงจรตั้งเวลา(Timer) ก็ได้เช่นเป็น Timer 0, Timer 1 ดังนั้นใน 8051 จึงไม่ถือว่า SFR เป็น Data Memory ถ้าเป็น 8052 ซึ่งมี Data Memory ขนาด 256 ไบท์ จะใช้บางตำแหน่งของหน่วยความจำช่วงตำแหน่ง 80H ถึง FFH เป็น SFR ส่วนตำแหน่งอื่นที่เหลือก็เป็น RAM เหมือนกับหน่วยความจำช่วง 00H ถึง 7FH นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

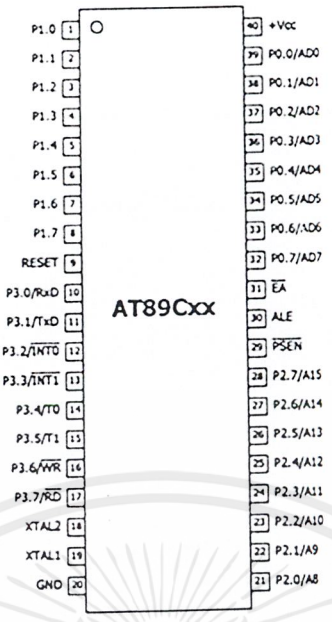
สถาปัตยกรรมของ 8051

ในรูปที่ 2.3.3 เป็นสถาปัตยกรรมภายในของ 8051 ซึ่งจะอธิบายถึงส่วนย่อยๆ ของภายใน 8051 เพียงชิพเดียว และสัญญาณจากภายในจะต่อออกสู่ภายนอกทางขา (Pin) ของ 8051 ที่มีอยู่ 40 ขา



รูปที่ 2.3.3 แสดงสถาปัตยกรรมภายในของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3.4 แสดงไดอะแกรมขาของ 8051 แบบ DIP

8051 ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่บรรจุอยู่ในวงจรรวมแบบ Dual inline package (DIP) ซึ่งแต่ละข้างของ 8051 มีอยู่ข้างละ 20 ขารวมทั้งหมด 40 ขา นั้นจะใช้งานต่างๆ กันดังนี้คือ

Vcc

ขา 40 เป็นขาที่ต้องป้อนไฟเลี้ยง+ 5 โวลท์เข้าไปเพื่อให้วงจรรวมทำงานได้ระดับโวลต์เตจของลอจิก 0 และ 1 ของ 8051 จึงต่อเข้ากับอุปกรณ์ลอจิกแบบ TTL ได้โดยตรง

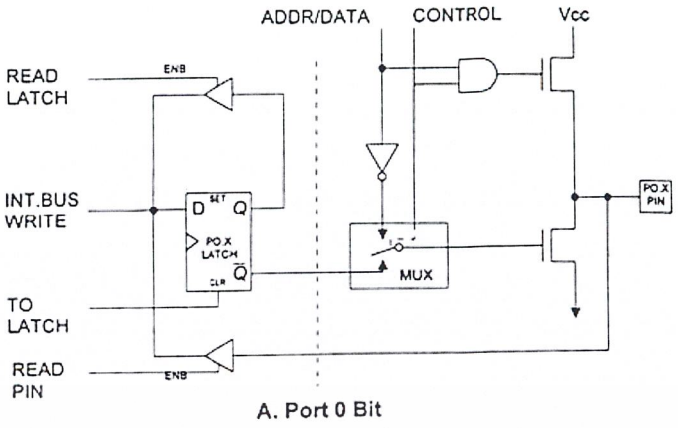
Vss

ขา 20 เป็นขาที่ต้องต่อกับกราวด์(Ground) ของแหล่งจ่ายไฟ การต่ออุปกรณ์ทั้งหมดจะต้องมีกราวด์ของอุปกรณ์ต่อเข้าด้วยกัน

Port 0

เป็นพอร์ทขนานขนาด 8 บิท อยู่ที่ขา 39 ถึง 32 เริ่มจากบิท 0 ถึงบิท 7 ตามลำดับดังรูปที่ 2.3.4 แต่ละขาจะเขียนว่า P0.0,P0.1,..,P0.7 นั้น P0.7 หมายถึงบิท 7 ของพอร์ท 0 ซึ่งเป็นบิทที่มีนับสำคัญสูงสุด(Most Significant) และ P0.0 คือบิท 0 ของพอร์ท 0 เป็นบิทที่มีนัยสำคัญต่ำสุด(Least Significant) พอร์ท 0 นี้ใช้ได้ทั้งการรับ-ส่ง ตำแหน่งและข้อมูลกับหน่วยความจำหรือใช้เป็นพอร์ทรับ-ส่งข้อมูลก็ได้ ข้อมูลที่ส่งออกทางพอร์ท 0 จะถูก Latch ไว้ที่ขาของพอร์ท โครงสร้างแต่ละบิทของพอร์ท 0 เป็น แบบ Open Drain Bidirection ดังรูปที่ 2.3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3.5 แสดงโครงสร้างของพอร์ท 0

ในรูปที่ 2.3.5 เมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 2.3.3 ส่วนที่ 1 ของรูป 2.3.5 ก็คือ Port0 Lacth ในรูปที่ 2.3.3 และส่วนที่ 2 ของรูป 2.3.5 ก็คือ Port 0 Driver ของรูปที่ 2.3.3 นั่นเอง

จากโครงสร้างในรูปที่ 2.3.5 เมื่อมีคำสั่งการเขียนข้อมูลมายังพอร์ท 0 ข้อมูลจาก Internal Data Bus จะถูก Latch ไว้ที่ D-FF โดยสัญญาณ "Write to Lacth" ที่ถูกสร้างมาจากส่วน Timing and Control และในการอ่านข้อมูลจากพอร์ท 0 จะอ่านได้ 2 แบบคือการอ่านข้อมูลที่ส่งไปเก็บไว้ที่พอร์ทก็จะมีสัญญาณ Read Latch มาเพื่ออ่านข้อมูลจาก D-FF กลับเข้าไปยัง Internal Data Bus การอ่านข้อมูลอีกแบบก็คือการอ่านสภาวะของสัญญาณที่เข้ามาทางพอร์ท 0 ก็จะมีสัญญาณ Read pin มาควบคุมการอ่าน พอร์ท 0 จะใช้งานหลายอย่างดังนี้

1. ใช้สำหรับส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำภายนอกที่ต้องการติดต่อด้วยตำแหน่งหน่วยความจำสูงสุดที่จะติดต่อได้ก็คือ 64 kbyte จึงมีค่าตำแหน่งหน่วยความจำ 16 บิท ของเลขฐาน 2 ค่าตำแหน่งหน่วยความจำ 8 บิทล่างจะถูกส่งไปทางพอร์ท 0 และ 8 บิทบนจะส่งออกไปทางพอร์ท 2
2. ใช้รับ-ส่งข้อมูลกับ Data Memory หรือใช้รับข้อมูลจาก Program Memory
3. ใช้รับ-ส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ทโดยตรงในกรณีที่ยังไม่มีหน่วยความจำของProgramMemory หรือ Data memory ภายนอก

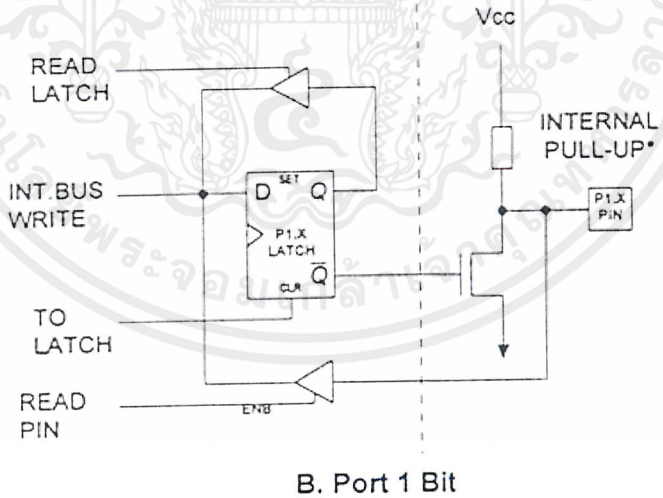
วงจรภายในส่วน Timing and control จะเป็นตัวสร้างสัญญาณมาควบคุมวงจรในรูปที่ 2.4.5 เพื่อให้การทำงานแต่ละอย่างข้างต้น เมื่อแต่ละบิทของพอร์ท 0 ทำงานตามข้อมูล 1 และ 2 ข้างต้น วงจร Timing and Control จะทำให้สภาวะลอจิกของขา Control เป็น 1 ซึ่งทำให้สวิทซ์ MUX อยู่ในตำแหน่งข้างบน เมื่อพอร์ท 0 จะส่งข้อมูลซึ่งเป็นค่าตำแหน่งหน่วยความจำหรือข้อมูลที่จะเขียนออกไปยังหน่วยความจำภายนอกก็จะส่งค่าดังกล่าวมายัง ADDR/DATA ถ้าข้อมูลที่ส่งมาเป็น1 จะทำให้สัญญาณออกจาก AND GATE เป็น 1 และสัญญาณที่ออกจาก Inverter เป็น 0 ดังนั้น ON (สภาวะ ON ของ FET คือความต้านทานระหว่างขา D กับ S มีค่าต่ำมากเสมือนกับเป็นวงจรปิด) ส่วน FET ตัวล่าง OFF (สภาวะลอจิกที่ขา P0.X PIN จะเป็น 1 แต่ถ้าข้อมูลที่ส่งออกมากยัง ADDK/DATA เป็น 0 ก็จะทำให้สัญญาณจาก AND GATE เป็น 0 และสัญญาณที่ออกจาก Inverter เป็น 1 ดังนั้น FET ตัวบนจะ OFF ส่วน FET ตัวล่างจะ ON ทำให้สภาวะลอจิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ขา P0.X PIN เป็น 0 เมื่อ 8051 ต้องการใช้พอร์ท 0 สำหรับการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก หรือใช้ทำในข้อ 3 ข้างบน ก็จะทำได้โดยวงจร Timing and Control ทำให้สภาวะลอจิกของสัญญาณ Control ในรูปเป็น 0 ทำให้เอาท์พุทจาก AND GATE เป็น 0 FETตัวบนจะ OFF และ สวิทช์ MUX จะอยู่ในตำแหน่งข้างล่าง ดังนั้น FET ตัวล่างจะมายัง D-FF ก็จะมีสัญญาณ Write to latch มายัง D-FF ด้วย ถ้าข้อมูลที่เขียนมาเป็น 1 ก็จะทำให้ขา Q มีสภาวะลอจิกเป็น 0 ทำให้ FET ทั้งสองตัว OFF ดังนั้นขา P0.X จะอยู่ในสภาวะอิมพีแดนซ์สูง (High Impedance) เพราะ FET ทั้ง 2 ตัว OFF แต่ถ้าข้อมูลที่เขียนมายังD-FF เป็น 0 จะทำให้ FET ตัวล่าง ON แต่ตัวบน OFF ทำให้สภาวะลอจิกที่ขา P0.X เป็น 1 ดังนั้น PORT 0 เมื่อไม่ทำงานเป็นพอร์ทส่งข้อมูล(ไม่ใช่ส่งตำแหน่งหน่วยความจำ)จะไม่สามารถแสดงสภาวะลอจิก1ได้จึงต้องต่อตัวต้านทาน Pull Up ไว้ภายนอกระหว่างขา P0.X กับไฟเลี้ยงวงจร ถ้าจะใช้พอร์ท 0 สำหรับส่งข้อมูลเข้าจะต้องเขียน 1 มาเก็บไว้ยัง D-FF ทำให้ Q เป็น 0 และ Q เป็น 1 ซึ่งทำให้ FET ตัวล่าง ON สัญญาณที่ต่อเข้ามาที่ขา P0.X ม่ว่าจะมีสภาวะลอจิกใดจะถูกดึงลงกราวด์ ดังนั้นเมื่ออ่านข้อมูลเข้าไปก็จะพบว่าเป็น 0 เสมอ ในการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอกนั้นวงจร Timing and Control ก็จะเขียนข้อมูลมายัง D-FF ให้เป็น 1 และสัญญาณ Control ให้มีลอจิกเป็น 0 ก่อนจะอ่านข้อมูลเข้าไปด้วย

Port 1

เป็นพอร์ทขนาด 8 บิท ในรูปที่ 2.3.4 คือขา P1.7 (ขา 1-8) P1.0 หมายถึงบิท 0 ของพอร์ท ซึ่งเป็นบิท Least Singificant Bit และบิท P1.7 หมายถึงบิทที่ 7 ของพอร์ท 1 ซึ่งเป็นบิท Most Singificant bitโครง-สร้างของพอร์ท 1 แต่ละบิทมีดังรูปที่ 2.3.6



B. Port 1 Bit

รูปที่ 2.3.6 แสดงโครงสร้างของพอร์ท 1

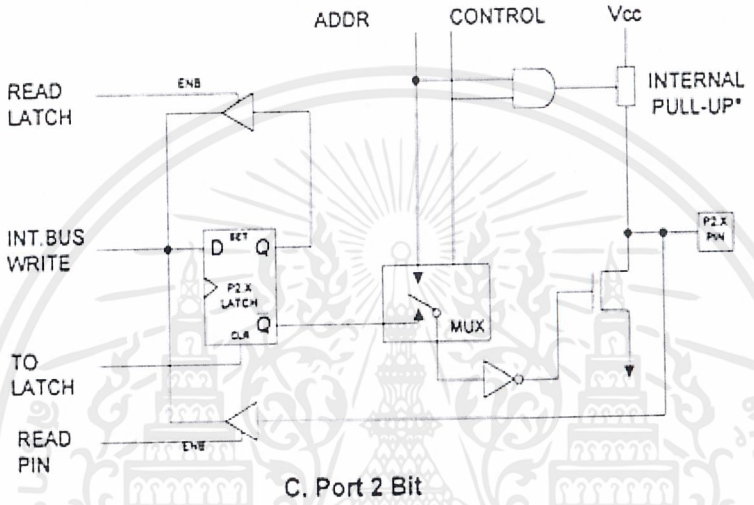
ส่วนที่ 1 คือ Port Latch ในรูปที่ 2.3.3 ซึ่งจะมีการทำงานเหมือนส่วนที่ 1 ของพอร์ท 0 ในรูปที่ 2.3.5 ส่วนที่ 2 คือ Port 1 Driver ในรูปที่ 2.3.3 Port 1 Driver นี้จะมีตัวต้านทานต่ออยู่เป็น Internal Pull Up พอร์ท 1 นี้จะใช้ทำหน้าที่เป็นตัวรับ-ส่งข้อมูลที่ส่งออกมาทางพอร์ท 1 จะถูก Latch ไว้แล้วส่งออกไปทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ละขา ก่อนที่จะอ่านข้อมูลเข้าไปทางพอร์ท 1 จะต้องเขียน 1 ไปยังทุกบิทของพอร์ท์ 1 เสียก่อนเพื่อให้ FET อยู่ในสภาวะ on ดังนั้นถ้าสัญญาณภายนอกส่งเข้ามาที่ขานี้ก็จะถูกลัดวงจรลงกราวด์ โดยไม่สนใจว่าสภาวะลอจิกของสัญญาณที่เข้ามาจะเป็นอะไร ข้อมูลที่อ่านเข้าไปจึงจะเป็น 0 เสมอ

Port 2

พอร์ทขนานขนาด 8 บิท คือขา P2.0 ถึง P2.7 (บิท 0 ถึงบิท 7 ของพอร์ท 2) ในรูปที่ 2.3.4 โครงสร้างของพอร์ท 2 แต่ละบิทจะมีดังรูปที่ 2.3.7



รูปที่ 2.3.7 แสดงโครงสร้างของพอร์ท 2

ลักษณะโครงสร้างจะเหมือนกับ Port 0 แตกต่างกันที่ใน Port 2 นั้นภาค Driver จะใช้งานเพียง 2 ลักษณะคือ

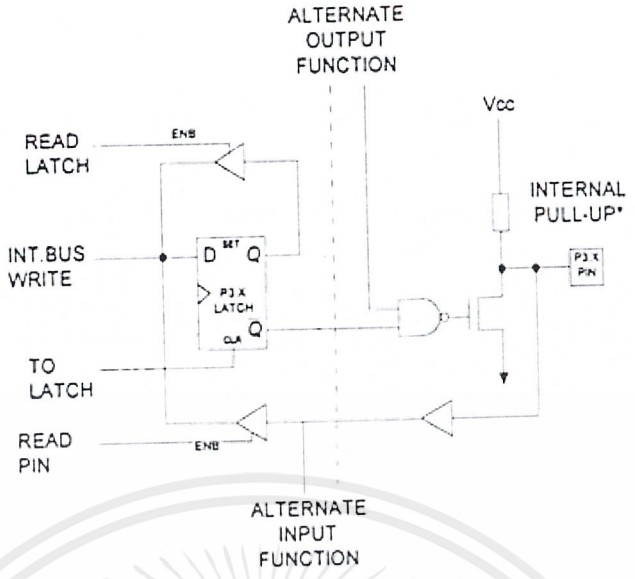
1. ใช้ส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำภายนอกที่ต้องการติดต่อ ค่าตำแหน่งนี้เป็น 8 บิทบน
2. ใช้เป็นพอร์ทรับและส่งข้อมูลกับภายนอก

ดังนั้นภาค Driver ของพอร์ท 2 จึงแตกต่างจาก Driver ของพอร์ท 0 โดยที่ในพอร์ท 2 นั้นจะมีเฉพาะ ADDR(ตำแหน่งหน่วยความจำ) เข้ามาที่ MUX (Multiplexed) เท่านั้น นอกนั้นแล้วการทำงานจะเหมือนกัน และที่เอาท์พุทของพอร์ท 2 จะมี Internal Pull-up ซึ่งเป็นตัวต้านทานและจะทำให้เอาท์พุทของพอร์ท 2 แสดงสถานะลอจิกเป็น 1 ได้ ถ้า FET อยู่ในสภาวะOFF บางครั้งเรียกว่า "Quasibidirection"เมื่อใช้เป็นพอร์ทอินพุทก็สามารถทำได้โดยการต่อสัญญาณภายนอกเข้าโดยตรง ถ้าสัญญาณภายนอกเป็น 0 ก็จะมีกระแสไหลออกจากพอร์ท (Source Current) ในการที่จะใช้พอร์ทนี้เป็นพอร์ทรับข้อมูลเข้า จะต้องเขียน 1 ไปยังแต่ละบิทของพอร์ทเสียก่อน ดังได้อธิบายในเรื่อง Port 0 และ Port1

Port3

คือขา P3.0 ถึง P3.7 หรือขา 10-17 ตามลำดับในรูปที่ 2.3.4 พอร์ทนี้มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3.8 แสดงโครงสร้างของพอร์ท 3

ส่วนที่ 1 ในรูปที่ 2.3.8 เป็นส่วน Latch ข้อมูลที่เขียนมายังพอร์ท 3 ทาง Internal Bus เหมือนกับพอร์ทอื่นๆ และพอร์ท 3 จะมี Internal pull up อยู่ทุกบิท แต่พอร์ท 3 นี้ แต่ละบิทจะใช้ในการทำงานอื่นได้โดยใช้คำสั่งควบคุมการทำงาน ในส่วนที่ 2 จะมีสัญญาณ Alternative Output Function ที่สร้างมาจากส่วน Timing and Control สัญญาณ Alternative Output Function เป็นสัญญาณที่ส่งออกในกรณีที่ใช้พอร์ท 3 ทำงานในฟังก์ชั่นอื่น และจุด Alternative Input Function เป็นจุดที่จะเอาสัญญาณไปเข้ากับส่วนอื่นตามการทำงานของบิทนั้น แต่ละบิทของพอร์ท 3 จะมีฟังก์ชั่นอื่นดังนี้

P3.0/RXD (Serial Input Port) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม

P3.1/TXD (Serial Output Port) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม

P3.2/INTO (External Interrupt) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

P3.3/INT1 (External Interrupt) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

P3.4/T0 (Timer/Counter O External Input) ขารับสัญญาณเข้าไปยังวงจร Timer/Counter 0 ที่ทำหน้าที่นับจำนวนไซเคิลของสัญญาณ TO นี้หรือสัญญาณนาฬิกาก็ได้

P3.5/T1 (Timer/Counter 1 External Input) ขารับสัญญาณเข้าไปยัง Timer/Counter 1 ซึ่งมีการทำงานเหมือนกับ TO

P3.6/WR (External Data Memory Write Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051

P3.7/RD (External Data Memory Read Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก

RST

ขารีเซ็ทขานี้จะใช้ทำการรีเซ็ทการทำงานของ 8051 ที่ขา RST ภายใน 8051 จะมีตัวต้านทานต่อระหว่างขานี้กับกราวด์(Ground)ถ้าป้อนสัญญาณที่มีสภาวะลอจิก 1 เข้าไปที่ขานี้จะเป็นการรีเซ็ทการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ 8051 ดังนั้นจึงสามารถต่อตัวเก็บประจุ (Capacitor) ภายนอกระหว่างขา RESET กับไฟเลี้ยง +5 โวลท์ เพื่อให้เกิดการรีเซ็ทเมื่อเริ่มป้อนไฟเลี้ยงให้กับ 8051 ซึ่งเรียกว่า Power On Reset การรีเซ็ทจะทำให้ค่าในรีจิสเตอร์ต่างๆ เปลี่ยนไปเป็นค่าหนึ่งดังในตารางรูปที่ 2.3.1

ตารางที่ 2.3.1 ค่าของรีจิสเตอร์เมื่อเกิดการรีเซ็ท 8051

REGISTER	CONTENT
PC	0000H
ACC	00H
B	00H
PSW	00H
SP	00H
DPTR	0000H
P0-P3	0FFH
IP	00H
IE	0X000000B
TMOD	00H
TCON	00H
T2CON	00H
TH0	00H
TL0	00H
TH1	00H
TL1	00H
TH2	00H
TL2	00H
RCAP2H	00H
RCAP2L	00H
SCON	00H
SBUF	indeterminate
IOCON	00H

ในตารางที่2.3.1ช่องทางขวาเป็นค่าของรีจิสเตอร์ที่อยู่ทางซ้ายเมื่อสิ้นสุดการรีเซ็ทในรีจิสเตอร์ SBUFเมื่อสิ้นสุดการรีเซ็ทจะมีค่าที่ไม่แน่นอนและพอร์ทจะอยู่ในสภาวะลอจิก1ทุกบิทตลอดเวลาที่สัญญาณของขา RST เป็น HIGH อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสัญญาณที่ขา RST กลับเป็น 0 ก็จะออกจากการรีเซ็ท 8051 จะเริ่มทำงานจากคำสั่งที่อยู่ใน Program memory ตำแหน่ง 0000H เพราะค่าของรีจิสเตอร์PC(Program Counter) ซึ่งใช้ชี้ตำแหน่งโปรแกรมที่จะทำงานถูกเปลี่ยนให้เป็น H ดังนั้นผู้ใช้จะต้องเขียนโปรแกรมมาเก็บไว้ที่ตำแหน่ง 0000H นี้ เรียกว่ามอนิเตอร์โปรแกรม (Monitor program) ที่คอยรับการกดแป้นพิมพ์ (Keyboard) และแสดงผลทางตัวแสดงผล (Display) แบบ 7 Segment

ALE

Address Latch Enable ขานี้จะส่งสัญญาณที่มีความถี่ 1/6 เท่าของสัญญาณนาฬิกาจากออสซิลเลเตอร์ สัญญาณนี้จะส่งออกมาตลอดเวลายกเว้นบางครั้งของการติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051 สัญญาณนี้จะใช้บอกกับอุปกรณ์ภายนอก 8051 ว่าขณะนี้สัญญาณนี้ Active (เป็นลอจิก1) จะมีการส่งข้อมูลที่เป็น 8 บิทล่างของตำแหน่งหน่วยความจำภายนอก 8051 ที่ต้องการติดต่อออกไปทางพอร์ท 0 อุปกรณ์ภายนอกจะใช้สัญญาณนี้ในการLatch ข้อมูลไว้เพราะพอร์ท 0 จะส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำออกมาเพียงชั่วขณะเท่านั้น ซึ่งในเวลาต่อมาพอร์ท0จะใช้รับ-ส่งข้อมูลกับหน่วยความจำภายนอกสัญญาณ ALE จะสามารถต่อเข้ากับอุปกรณ์ TTL ชนิด LS ได้ถึง 8 อินพุท

PSEN

Program Store Enable เป็นขาที่29 ในรูปที่ 2.3.4 ขานี้ปกติจะให้ลอจิก 1 แต่จะส่งลอจิก 0 เมื่อต้องการอ่านคำสั่ง (Fetch Instruction) ที่จะนำไปทำงานมาจากหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายนอก 8051 ในกรณีที่อ่านคำสั่งซึ่งเก็บอยู่ในหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายใน 8051 แล้วสัญญาณนี้จะไม่เปลี่ยนลอจิกเป็น 0 ขา PSEN นี้สามารถต่อไปยังขาอินพุทของ TTL ชนิด LS ได้ถึง 8 อินพุท

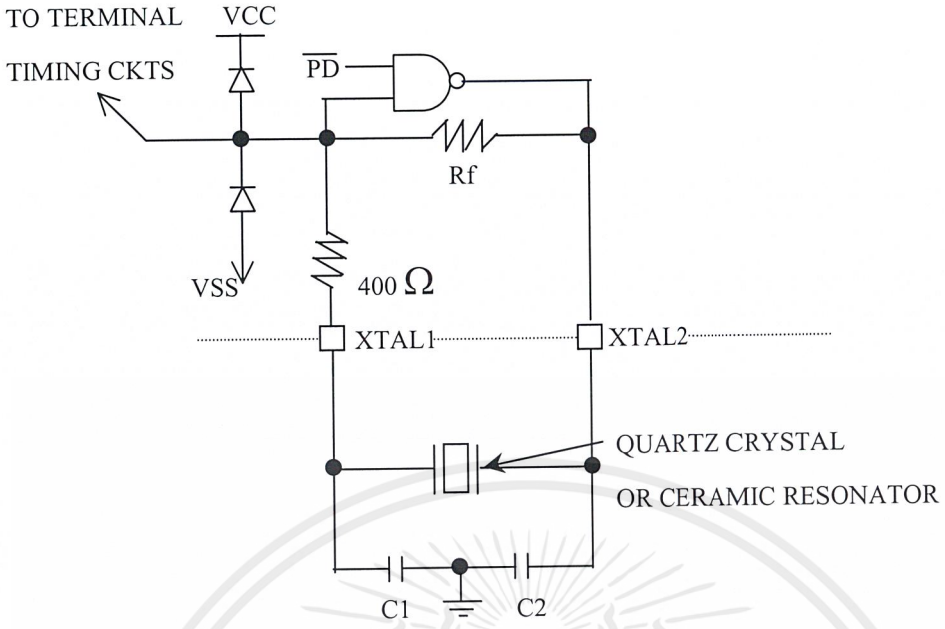
EA

External Access ขา 31 ของรูป 2.3.4 ขานี้เป็นขาอินพุทที่ต่อเข้าไปยังวงจร Timing and Control เพื่อควบคุมการสร้างสัญญาณ PSEN ถ้าป้อนสัญญาณลอจิก 0 เข้าไปที่ขา EA นี้แสดงว่าโปรแกรมในตำแหน่ง 0000H ถึง 0FFFH ที่ต้องการให้ทำงานถูกเก็บไว้ภายนอก 8051 จะต้องสร้างสัญญาณ PSEN ออกไปยังภายนอกเพื่อทำการFETCHคำสั่งเข้ามาทำงานแต่ถ้าสัญญาณที่ป้อนให้ขาEAเป็น 1 หมายความว่าโปรแกรมในตำแหน่ง 0000H ถึง 0FFFH ถูกเก็บไว้ภายใน 8051 การทำงานในตำแหน่งหน่วยความจำช่วงนี้จะอ่านคำสั่งต่างๆ จาก ROM ภายใน 8051

XTAL1

ขาที่ 19 ของรูปที่ 2.3.4 ขานี้จะต่อเข้ากับขาของ Inverting Amplifier(วงจรขยายแบบป้อนกลับเฟสสัญญาณ)ที่ประกอบเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ ในรูปที่ 2.3.9 จะเห็นวงจรภายในของออสซิลเลเตอร์ NAND gate จะทำหน้าที่เป็นวงจรขยายแบบกลับเฟสของสัญญาณที่จะควบคุมให้มีการออสซิลเลตหรือไม่ก็ขึ้นอยู่กับสัญญาณ PD ซึ่งต่อมาจากบิท PS ของรีจิสเตอร์ PCON ถ้าต้องการใช้สัญญาณนาฬิกา(Clock Signal)จากภายนอกมาเป็นสัญญาณนาฬิกาควบคุมการทำงานของ8051ก็ให้ป้อนสัญญาณเข้ามาที่จุดนี้แต่ถ้าต้องการใช้วงจรออสซิลเลเตอร์ภายในก็ให้ต่อ Crystal หรือเซรามิคเรโซเนเตอร์ดังรูปที่ 2.3.9 คาปาซิเตอร์ในวงจรควรมีค่าประมาณ 20 PF

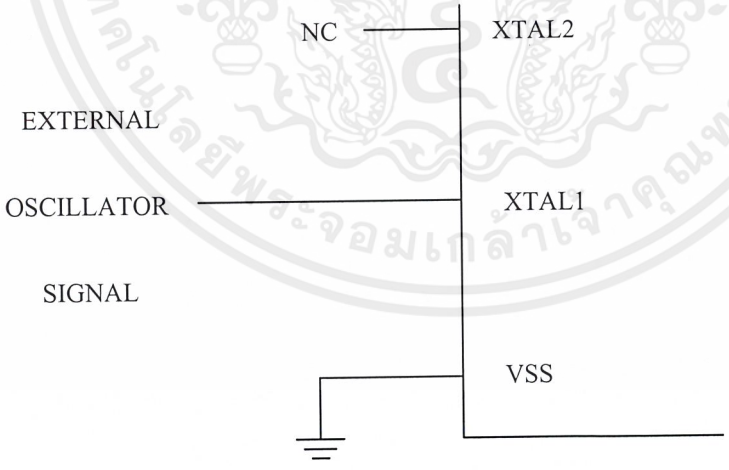
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3.9 แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน 8051

XTAL 2

ขาที่ 18 ของรูปที่ 2.3.4 ขานี้เป็นจุดเอาท์พุทของวงจรขยายแบบกลับเฟสสัญญาณที่ประกอบเป็นวงจรออสซิลเตอร์ (อินพุทคือขา XTAL 1) ถ้าจะให้สัญญาณนาฬิกาที่สร้างมาจากภายนอกมาเป็นสัญญาณนาฬิกาของ 8051 แล้ว ให้ปล่อยขานี้ลอยไว้แล้วป้อนสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกเข้ามาที่ขา XTAL 1 ดังรูปที่ 2.3.10



รูปที่ 2.3.10 แสดง 8051 ที่ทำงานโดยสัญญาณที่มาจากภายนอก

การทำงานของ 8051

คอมพิวเตอร์จะทำงานด้วยวงจรที่เรียกว่าฮาร์ดแวร์ (Hardware) ประกอบขึ้นมาเพียงอย่างเดียวไม่ได้ จะต้องมีโปรแกรมหรือคำสั่งที่จัดเรียงกันไว้ให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามลำดับใน 8051 ก็เช่นกัน ผู้ใช้จะต้องเขียนโปรแกรมเป็นภาษาเครื่อง ซึ่งอยู่ในรูปของเลขฐาน 2 เก็บไว้ในหน่วยความจำประเภท Program

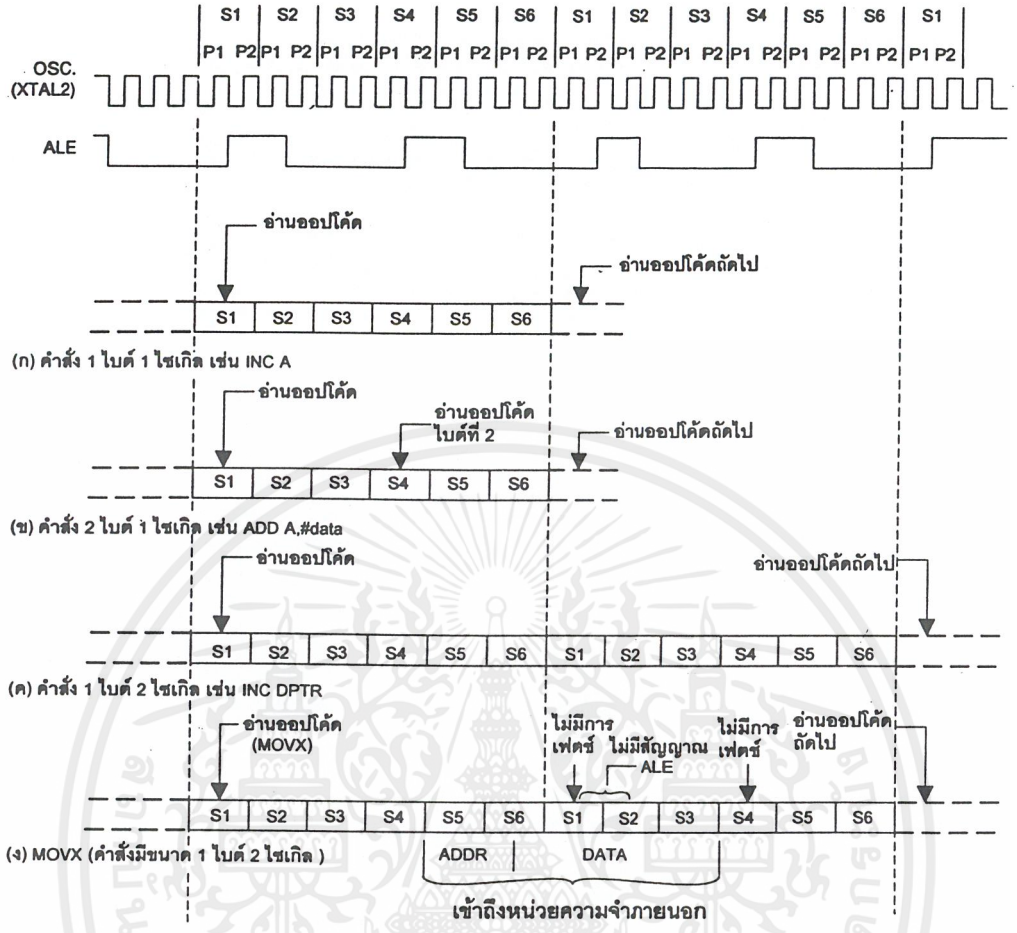
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Memory แต่ละคำสั่งของ 8051 อาจประกอบด้วย 1,2 หรือ 3 ไบท์แล้วแต่ว่าจะเป็นคำสั่งให้ทำงานอะไร คอมพิวเตอร์ก็จะเหมือนกับคนที่จะต้องทำงานตามคำสั่ง เมื่อรับคำสั่งแล้วก็จะไปทำตามคำสั่งนั้นเสร็จสิ้นแล้วก็กลับมารับคำสั่งต่อไป

จากรูปที่ 2.3.3 เมื่อเริ่มป้อนไฟเลี้ยงให้กับ 8051 ซึ่งมีวงจร Power on reset ต่ออยู่จะมีการรีเซ็ทเกิดขึ้น การทำงานภายใน 8051 จะเริ่มจากบล็อก Program Counter ซึ่งเป็นวงจรนับ (Counter Circuit) ชนิดหนึ่งส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมลงไปบนบัส (Bus) หมายเลข 1 บัสนี้มีขนาด 16 บิท ค่าตำแหน่งหน่วยความจำนี้จะถูกส่งไปเก็บไว้ที่ Program ADDR Register ที่เป็นวงจร Latch ข้อมูลซึ่งเป็นค่าตำแหน่งหน่วยความจำจะปรากฏที่บนบัส 16 บิทหมายเลข 2 ถ้าเป็นค่าตำแหน่งหน่วยความจำแรกจากการรีเซ็ท ค่าตำแหน่งหน่วยความจำจะเป็น 0000H หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมจะเลือกได้ว่าเป็น ROM ภายในให้ส่งข้อมูลที่เป็นคำสั่งจากตำแหน่งที่ถูกชี้ด้วยค่าตำแหน่งที่ส่งมาทางบัสหมายเลข2 โดยข้อมูลจาก ROM จะถูกส่งลงไปยังบัสหมายเลข 3 ที่เรียกว่า Internal Data แล้วนำไปเก็บไว้ที่ Instruction Register (เป็นวงจร Latch) เพื่อส่งต่อไปให้กับวงจร Timing and Control ทำการถอดรหัสแล้วควบคุมการทำงานส่วนอื่นๆ ต่อไปแล้วแต่ว่าเป็นคำสั่งให้ทำอะไร ในกรณีที่เลือก ROM ภายนอก 8051โดยป้อนสัญญาณลอจิก 1 เข้าไปที่ขา EA จะทำให้วงจร Timing and Control ส่งสัญญาณไปบังพอร์ท 0 และพอร์ท 2 เพื่อส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำบนบัสหมายเลข 2 ออกไปชี้หน่วยความจำภายนอกจากนั้นจะอ่านข้อมูลที่เป็นคำสั่งกลับเข้ามาทางพอร์ท 0 ไปยัง Internal Data Bus แล้วไปเก็บที่ Instruction Register เพื่อทำงานต่อไปเหมือนกับตอนอ่านคำสั่งจาก ROM ภายในการทำงานในช่วงส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำไปยังหน่วยความจำแล้วอ่านข้อมูลที่เป็นคำสั่งกลับเข้ามาเก็บไว้ในInstruction Register เรียกว่าเป็นช่วงของการ Fetch(Fetch Cycle) ช่วงต่อไปจะเป็นช่วงของการทำงานตามคำสั่งเรียกว่าExecute Cycle เช่นถ้าเป็นคำสั่งให้บวกข้อมูลในรีจิสเตอร์ Accumulator กับข้อมูลจากหน่วยความจำ Data Memory ภายใน RAM ตำแหน่ง 23H ลงไปยัง Internal Data Bus แล้วนำข้อมูลไปเก็บไว้ที่ RAM ADDR Register เพื่อใช้ชี้ตำแหน่งหน่วยความจำ RAM จากนั้น Timing and Control จะสั่งให้ RAM ส่งให้ RAM ส่งข้อมูลไปเก็บไว้ที่ TMP1 (วงจร Latch) ขณะเดียวกันวงจรTiming and Control ก็จะส่งสัญญาณไปยัง ACC ให้ส่งข้อมูลมายัง TMP2(วงจร Latch) วงจร ALU ซึ่งโครงสร้างเป็นวงจรทำการคำนวณทางคณิตศาสตร์(บวก, ลบ, คูณ, หาร) และยังสามารถทำงานทางลอจิก(AND, OR, NOT, XOR) จะทำการบวกเลขจาก TMP1 และ TMP2 เข้าด้วยกันผลลัพธ์ที่ได้จะส่งผ่าน Internal data Bus กลับไปเก็บยัง ACC PSW (Program Status Word) ซึ่งจะทำหน้าที่เก็บสถานะผลลัพธ์ของการทำงานใน ALU เช่น ผลลัพธ์การบวกมีค่าเกิน 8 บิท ก็จะทำให้บิทหนึ่งในPSW ถูก SET เป็น 1

การทำงานที่กล่าวมาข้างต้นจะขึ้นกับสัญญาณควบคุมที่สร้างมาจากวงจร Timing and Control และสัญญาณที่สร้างขึ้นนี้จะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่สร้างมาจากวงจรOscillator ทำให้การทำงานต่างๆ เป็นไปตามลำดับที่ผู้ผลิตได้ออกแบบไว้ ดังในรูปที่ 2.3.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3.11 แสดงลำดับสถานะการทำงานใน MCS-51

คำสั่งแต่ละคำสั่งของ 8051 จะใช้เวลาทำงาน 1, 2 หรือ 3 ไซเคิลของเครื่อง (Machine Cycle) แล้วแต่ว่าเป็นคำสั่งประเภทใด 1 ไซเคิลของเครื่องจะใช้เวลา 12 ไซเคิลของสัญญาณนาฬิกา ดังนั้นแต่ละคำสั่งของ 8051 จะใช้เวลาการทำงาน 12, 24 หรือ 36 ไซเคิลของสัญญาณนาฬิกานั่นเอง แต่ละไซเคิลของเครื่องจะถูกแบ่งออกเป็น 6 State หรือ S1, S2, S3, S4, S5 และ S6 แต่ละ State จะประกอบด้วย 2 ไซเคิลของสัญญาณนาฬิกา ในไซเคิลแรกจะเรียกว่าเฟส 1 (P1) และไซเคิลที่ 2 เรียกเฟส 2 (P2) ในแต่ละเฟสจะนับตั้งแต่ขอบขาลงของสัญญาณนาฬิกาถึงขอบขาลงของสัญญาณนาฬิกาที่อยู่ถัดไปดังในรูปที่ 2.3.11 เมื่อ 8051 ทำงานเสร็จ 1 ไซเคิลของเครื่องก็จะเริ่มทำงาน State 1 Phase 1 (S1P1) ของไซเคิลต่อไปใน 1 ไซเคิลของเครื่องวงจร Timing and Control จะสร้างสัญญาณ ALE ออกมา 2 ไซเคิลเพื่อ Fetch คำสั่งเข้าไป 2 ครั้งเสมอ ที่บริเวณขอบขาขึ้นของสัญญาณ ALE คำสั่งใดจะมีกี่ไบท์หรือใช้เวลาทำงานกี่ไซเคิลจะดูได้จากตารางชุดคำสั่ง 8051 ที่จะกล่าวต่อไป

คำสั่งประเภทที่ 1 ไบท์ 1 ไซเคิลของเครื่องได้แก่คำสั่ง INC A จะมีการอ่านคำสั่งจากหน่วยความจำสำหรับโปรแกรม 2 ครั้ง ที่เวลาประมาณขอบขาขึ้นของสัญญาณ ALE เมื่อคำสั่งแรกถูกอ่านเข้าไปที่เวลาขอบขาขึ้นของสัญญาณ ALE แรก แล้วนำไปเก็บที่ Instruction Register เพื่อให้วงจร Timing and Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถอดรหัส แล้วเข้าอยู่การ Execute ขณะเดียวกันก็จะเริ่มต้นการ Fetch คำสั่งที่อยู่ในหน่วยความจำตำแหน่งถัดไปเข้ามาและคำสั่งที่ 2 จะถูกอ่านเข้ามาที่เวลาขอบขาขึ้นของสัญญาณ ALE ถัดไป วงจร Timing and Control เมื่อถอดรหัสคำสั่งแรกก็จะทราบว่าการทำงานคำสั่งนี้ให้สิ้นสุดจะใช้คำสั่งเพียง 1 ไบท์ดังนั้นคำสั่งที่ถูกอ่านมาไบท์ที่ 2 จะไม่ถูกนำมาทำงานเพียงแต่อ่านข้ามแล้วทิ้งไป (Discard) ดังในรูปที่ 2.3.11a

คำสั่งประเภท 2 ไบท์ และใช้เวลา 1 ไซเคิลของเครื่องได้แก่คำสั่ง ADD A,#data ในหนึ่งไซเคิลของเครื่องนี้จะมีการอ่านคำสั่งเข้ามา 2 ไบท์เหมือนกับคำสั่งประเภท 1 ไบท์ 1 ไซเคิลของเครื่อง แตกต่างกันที่ไบท์ที่ 2 จะถูกนำมาใช้งานด้วยไม่ได้ถูกทิ้งไปดังใน รูปที่ 2.3.11b

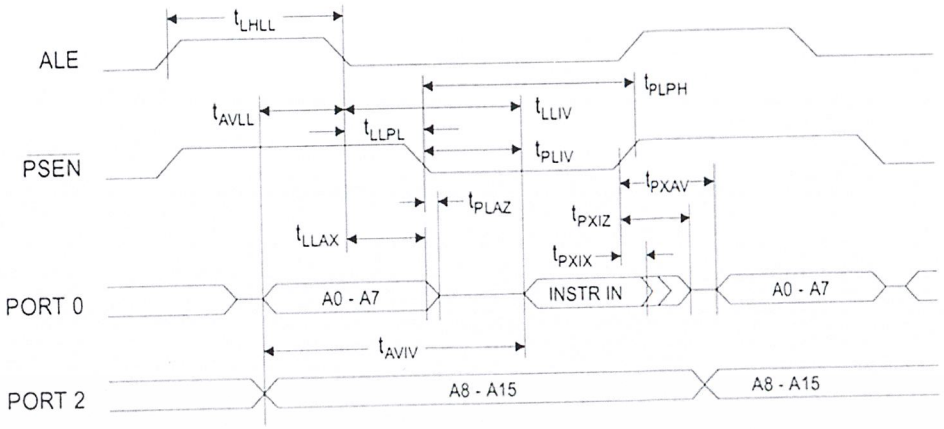
ตัวอย่างของคำสั่ง ADD A, #33H จะเขียนเป็นภาษาเครื่องได้ 2 ไบท์ คือ24 33 เมื่ออ่านคำสั่งไบท์-แรกคือ 24 เข้าไปไว้ที่ Instruction Register แล้ว Timing and Control จะถอดรหัสพบว่าเป็นคำบวกเลข ก็จะส่งสัญญาณไปยังAccumulator ให้เอาข้อมูลไปไว้ที่TMP1 เมื่อคำสั่งที่2 ถูกอ่านเข้ามาที่ Instruction Register แล้ว Timing and Control จะสั่งให้เอาข้อมูลไบท์ที่ 2 ส่งลงไปยัง Internal Data Bus ไปเก็บยังTMP1 จากนั้นวงจรALU จะนำเอาข้อมูลTMP1และ TMP2 มาบวกกันผลลัพธ์ที่ได้จะส่งออกจาก ALU ไปยัง Internal Data Bus แล้วไปเก็บไว้ที่ Accumulator

คำสั่งประเภท 1, 2, หรือ 3 ไบท์ ที่ใช้เวลาทำงาน 2 ไซเคิลของเครื่องเช่น คำสั่ง INC DPTR จะมีการอ่านคำสั่งเข้าไป 4 ครั้งทุกๆ ขอบขาขึ้นของสัญญาณ ALE ที่มี 2 ครั้งต่อ 1 ไซเคิลของเครื่อง ถ้าเป็นคำสั่งประเภท 1, 2 หรือ 3 ไบท์ วงจรTiming and Control จะเอาคำสั่ง 1, 2 หรือ 3 ไบท์แรกเท่านั้นไปทำงาน ส่วนคำสั่งที่เหลือทิ้งไปดังในรูปที่ 2.3.11c คำสั่งที่ 1 ไบท์ เวลาทำงาน 2 ไซเคิลของเครื่องที่กล่าวมาแล้วจะไม่รวมถึงคำสั่ง MOVX ซึ่งใช้ในการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับหน่วยความจำ Data Memory ภายนอก การทำงานของคำสั่งนี้จะมีการ Fetch คำสั่งเข้าไป 2 ไบท์ในไซเคิลของเครื่องแรก ในไซเคิลของเครื่องที่ 2 จะไม่มีการ Fetch คำสั่งเข้าไป แต่จะเป็นช่วงเวลาของการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับ Data Memory ภายนอก สัญญาณ ALE ซึ่งปกติจะเปลี่ยนเป็น 1 ที่ S1P2 ก็จะไม่เปลี่ยนเป็น 1 ในไซเคิลของเครื่องที่ 2 โดยจะเป็น 0 อยู่ จนกว่าจะถึงเวลา S4P2 ของไซเคิลของเครื่องที่ 2 สัญญาณ ALE จะเปลี่ยนเป็น 1 เพื่อทำการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับ Data Memory ภายนอก

ไดอะแกรมเวลาของการติดต่อกับหน่วยความจำ

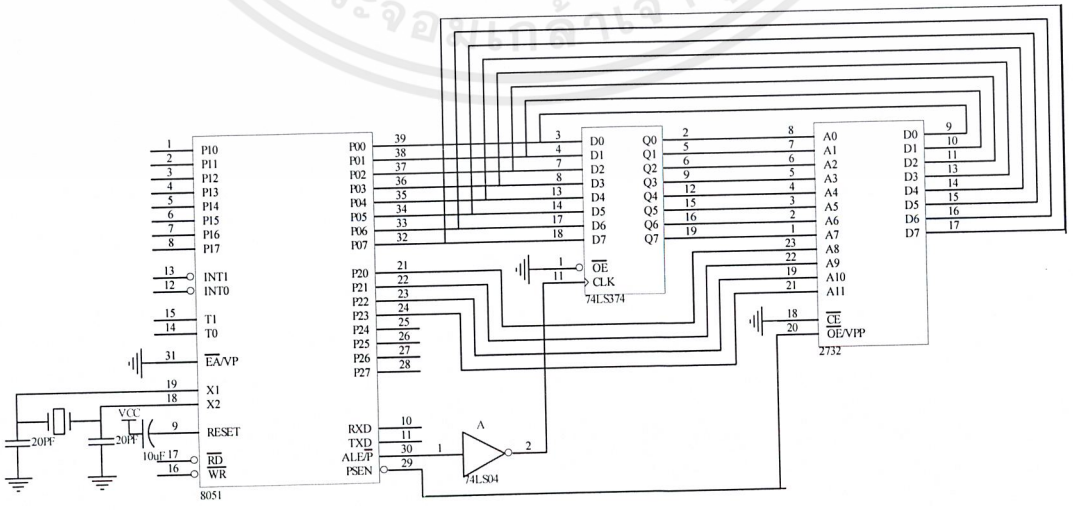
การอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายนอกจาก8051นั้น ลำดับสัญญาณตามเวลา (Timing Diagram) ของสัญญาณที่ทำการอ่านคำสั่งมีดังรูปที่ 2.3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3.12 แสดงTiming Diagram ของการอ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำภายนอก

การอ่านคำสั่ง (Fetch) จาก Program area ภายนอกจะเริ่มจาก 8051 ส่งสัญญาณลอจิก 1 ออกมาทางขา ALE ขณะนี้สัญญาณที่ขา PSEN จะเป็น 1 จากนั้น Port 0 จะส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำ 8 บิทล่างและพอร์ท 2 จะส่งตำแหน่งหน่วยความจำ 8 บิท บนออกมาแล้วสัญญาณ ALE จะกลับเป็น 0 อุปกรณ์ภายนอกจะสามารถใช้ขอบขาลงสัญญาณ ALE เพื่อ Latch ตำแหน่งหน่วยความจำที่พอร์ท 0 ไว้นอกนั้นพอร์ท 0 ก็จะยกเลิกการส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำเข้าสู่สภาวะ High Impedance และสัญญาณ PSEN จะเป็น 0 เพื่อเตรียมรับคำสั่งที่ส่งออกจากหน่วยความจำภายนอกเข้าไปยัง 8051 เพื่อทำงานต่อไป เมื่อคำสั่งถูกอ่านเข้าไปเก็บใน Instruction Register (ดูรูป 2.3.3) แล้วสัญญาณ PSEN จะกลับเป็น 1 พร้อมกับสัญญาณ ALE ก็จะกลับเป็น High เพื่อการอ่านคำสั่งต่อไปทำงาน ข้อมูลในพอร์ท 2 จะคงที่ตลอดเวลา ตั้งแต่สัญญาณ ALE เป็น1 จนกระทั่งสัญญาณALE เปลี่ยนเป็น 0 และกลับเป็น 1 อีกครั้งหนึ่งจากนั้นจะเริ่มลำดับการFetch ข้อมูลไบท์ที่ 2 จากหน่วยความจำสำหรับโปรแกรม ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณตามเวลาเหมือนกับการ Fetch ไบท์แรกนั่นเอง จาก Timing Diagram ดังกล่าวจะออกแบบวงจรที่มี Program Memory อยู่ภายนอก 8051 ได้ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.3.13



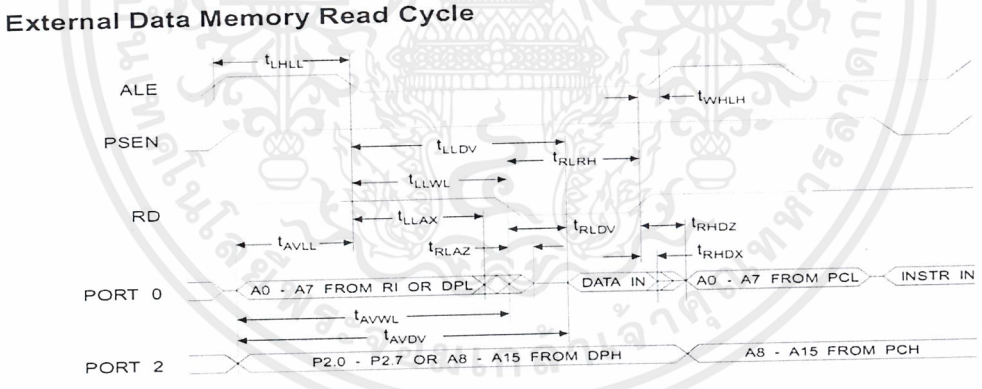
รูปที่ 2.3.13 แสดงวงจรที่มี Program Memory อยู่ภายนอก 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

74LS374 ในรูปที่ 2.3.13 จะทำหน้าที่ Latch ตำแหน่งในหน่วยความจำ 8 บิทล่างที่เวลาขอบขาลงของสัญญาณ ALE ซึ่งสัญญาณ ALE จะถูกกลับให้ตรงข้ามโดย inverter 74LS04 ก่อนที่จะป้อนให้กับขา CK ของ 74LS374 และที่ขอบขาขึ้นของสัญญาณที่ออกจาก 74LS04 จะ Latch ตำแหน่งหน่วยความจำข้อมูลที่ออกจาก 74LS374 จะเป็นค่า 8 บิทล่างของตำแหน่งหน่วยความจำที่ต้องการติดต่อ ในวงจรได้ต่อค่าตำแหน่งหน่วยความจำ 8 บิทเข้ากับ A0 ถึง A7 ของ EPROM และข้อมูลจากพอร์ท 2 บิท P2.3 จะต่อเข้ากับ A8-A11 ของ EPROM โดยตรงเพราะค่าตำแหน่งหน่วยความจำ 8 บิทบนที่ออกจากพอร์ท 2 จะคงที่ตลอดเวลา ขา PSEN ของ 8051 จะถูกต่อเข้ากับขา OE ของ EPROM 2716 ดังนั้นเมื่อสัญญาณ PSEN จะมีสภาวะลอจิกเป็น 0 ก็จะส่งคำสั่งที่เก็บใน EPROM ณ ตำแหน่งที่ชี้โดยข้อมูลที่ขา A0 ถึง A11 ออกมายังพอร์ท 0 และถูก 8051 เก็บไปทำงานต่อไป

การอ่าน-เขียนข้อมูลกับหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก

การอ่าน-เขียนข้อมูลกับ Data Memory ภายใน 8051 นั้นจะมีสัญญาณสร้างมาจากส่วน Timing and Control โดยที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นจะต้องทำความเข้าใจ แต่การอ่าน-เขียนข้อมูลกับ Data Memory ภายนอกอันเนื่องมาจากคำสั่ง MOVX นั้น เมื่อคำสั่งดังกล่าวถูกอ่านเข้ามายัง Instruction Register แล้ว Timing and Control จะทำการถอดรหัสแล้วสร้างสัญญาณควบคุมดังนี้ การอ่านข้อมูลจาก External Data Memory จะมีไดอะแกรมสัญญาณตามเวลาดังรูปที่ 2.3.14



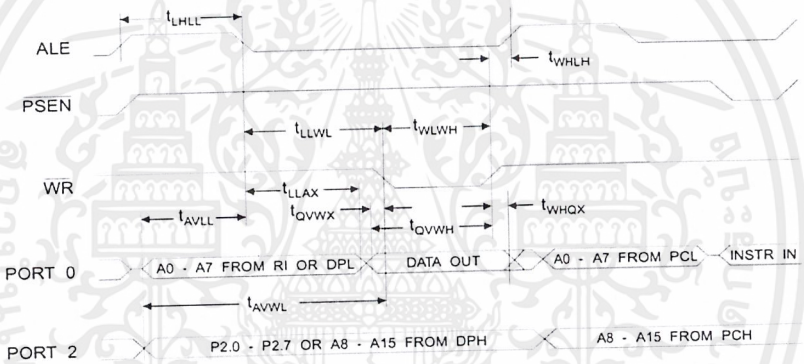
รูปที่ 2.3.14 แสดงTiming Diagram ของการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051

การทำงานจะเริ่มจากการส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำภายนอก 8 บิทล่างทางพอร์ท 0 และ 8 บิทบนออกทางพอร์ท 2 เมื่อส่งค่าตำแหน่งแล้วสัญญาณ ALE ซึ่งเดิมมีลอจิกเป็น 1 จะกลับมาเป็น 0 เพื่อให้อุปกรณ์ภายนอกสามารถ Latch ตำแหน่งหน่วยความจำไว้เหมือนกับในการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายนอก 8051 เพื่อส่งไปยังหน่วยความจำแม้ว่าข้อมูลบนพอร์ท 0 จะเปลี่ยนแปลงไปก็จะยังมีค่าตำแหน่งหน่วยความจำส่งไปยังหน่วยความจำส่งไปยังหน่วยความจำ ในระหว่างการติดต่อกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data Memory นี้สัญญาณ PSEN จะเป็น 1 ตลอดเพราะสัญญาณ PSEN จะ Active(เป็น 0) ก็ต่อเมื่อเป็นการติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายนอก 8051 เท่านั้น 8051 จะส่งสัญญาณลอจิก 0 ออกมาทางขา RD(P3.7) เพื่อบอกกับหน่วยความจำภายนอกว่าต้องการอ่านข้อมูลเข้าไปเมื่อ 8051 ส่งสัญญาณ RD เป็นลอจิก 0 จะทำให้พอร์ท 0 เข้าสู่สถานะ High Impedance พร้อมที่จะให้หน่วยความจำภายนอกส่งข้อมูลมาบนพอร์ท 0 ข้อมูลบนพอร์ท 0 ซึ่งส่งมาจากหน่วยความจำภายนอกจะถูกอ่านเข้าไปเก็บที่เวลาขอบขาขึ้นของสัญญาณ RD จากนั้นสัญญาณ ALE ก็จะกลับเป็น 1 เพื่อเริ่มการทำงานในคำสั่งต่อไปในระหว่างการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอกนี้พอร์ท 2 จะส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำ 8 บิทบนออกมาตลอดเวลา

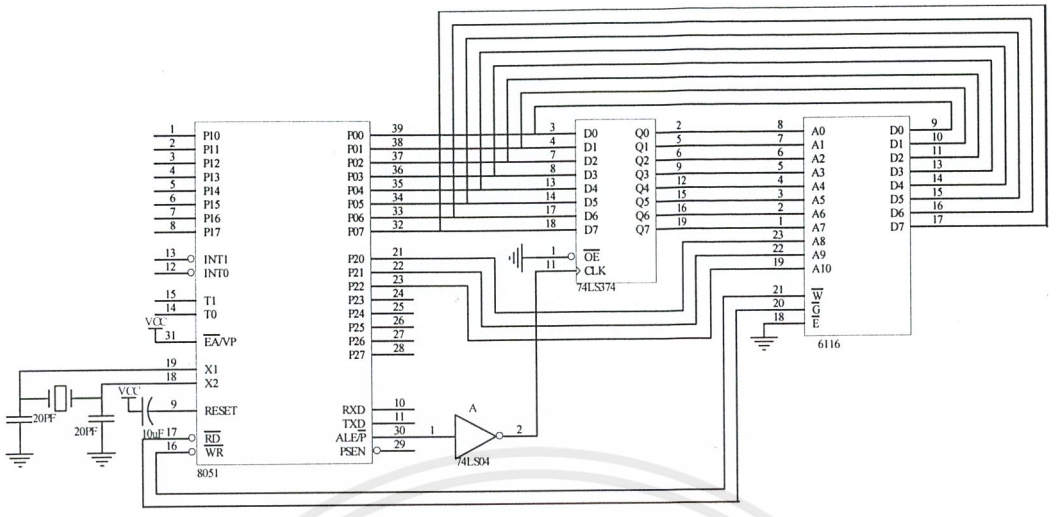
การเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051 จะมีไดอะแกรมสัญญาณตามเวลาดังรูปที่ 2.3.15



รูปที่ 2.3.15 แสดงTiming Diagram ของการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051

เมื่อ 8051 ส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำ 8 บิทล่างไปทางพอร์ท 0 และ 8 บิทบนลงไปทางพอร์ท 2 แล้วสัญญาณ ALE จะกลับเป็น 0 อุปกรณ์ภายนอกจะสามารถใช้สัญญาณนี้ในการLatch ค่าตำแหน่งหน่วยความจำบนพอร์ท 0 เหมือนกับในการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก เมื่อสัญญาณ ALEเป็น0 แล้ว 8051 จะส่งข้อมูลที่ต้องการเขียนไปยังพอร์ท 0 แล้วจะให้สัญญาณWR เปลี่ยนสถาวะลอจิกเป็น 0 ขณะนี้หน่วยความจำภายนอกจะต้องเขียนข้อมูลไปเก็บยังตำแหน่งที่กำหนด จากนั้นสัญญาณ WR จะกลับเป็น 1 เพื่อเป็นการบอกสิ้นสุดการเขียนข้อมูลแล้วสัญญาณ ALE ก็จะกลับเป็น 1 เพื่อ Fetch คำสั่งต่อไปมาทำงานหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอกที่สามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้ จะสามารถเขียนเป็นวงจรได้ดังรูปที่ 2.3.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

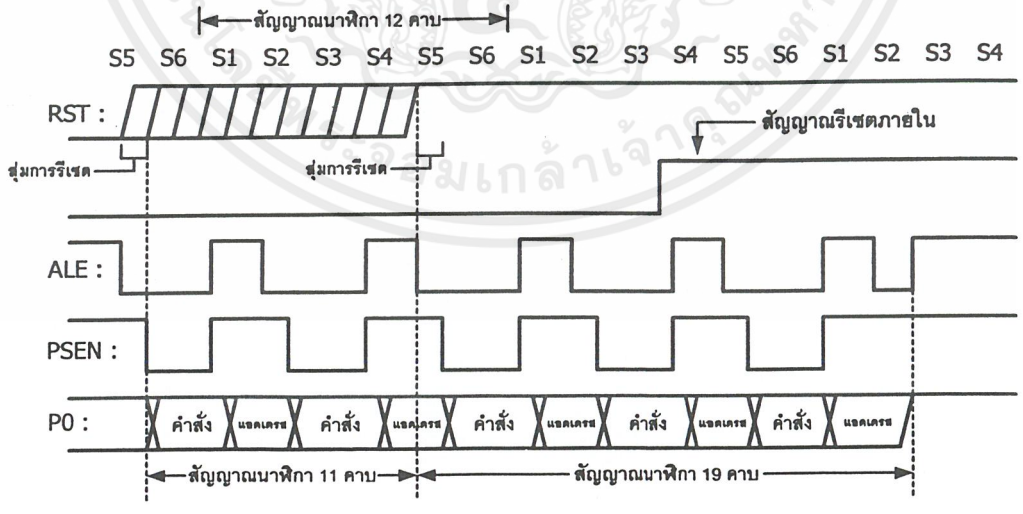


รูปที่ 2.3.16 แสดงวงจรที่มีหน่วยความจำสำหรับข้อมูลที่อยู่ภายนอก 8051

74LS374 ในรูปจะใช้สำหรับ Latch ค่าตำแหน่งหน่วยความจำ 8 บิทล่างไว้แม้ว่าข้อมูลบนพอร์ท 2 จะเปลี่ยนไป สัญญาณ RD และ WR จะอ่านหรือเขียนข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก 6116 เป็นหน่วยความจำแบบ RAM ที่สามารถจะอ่านและเขียนข้อมูลได้

การรีเซ็ท

เมื่อป้อนสัญญาณที่มีสภาวะลอจิก 1 เข้าไปทางขา RST จะไม่ได้เกิดการรีเซ็ท ขึ้นทันทีทันใด แต่ลำดับการเกิดรีเซ็ทจะแสดงได้ดังไดอะแกรมตามเวลาในรูปที่ 2.3.17



รูปที่ 2.3.17 แสดงไดอะแกรมตามเวลาของการรีเซ็ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.3.17 เป็น Timing Diagram ของการรีเซ็ท สภาวะลอจิกของสัญญาณที่ขา RST จะถูกอ่านเข้ามาที่เวลา S5P2 (เฟส 2 State 5) ของทุกๆ ไซเคิลของเครื่อง ในกรณีที่เป็นคำสั่งซึ่งมีการทำงานเสร็จสิ้นใน 2 ไซเคิลของเครื่องก็จะตรวจสอบเฉพาะสัญญาณที่อ่านเข้ามาในไซเคิลที่ 2 ของการทำงานดังนั้นในการรีเซ็ทจะต้องป้อนสัญญาณที่มีสภาวะลอจิก 1 เข้าไปที่ขานี้เป็นเวลาอย่างน้อย 2 ไซเคิลของเครื่อง หรือ 24 ไซเคิลของสัญญาณนาฬิกาที่สร้างจากวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน 8051 เพื่อให้แน่ใจว่าสัญญาณนาฬิกาที่สร้างจากวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน 8051 ออสซิลเลเตอร์จึงจะต้องทำงานอยู่ด้วย เมื่อ 8051 สุ่มข้อมูลที่ขา RST แล้วตรวจพบว่าเป็นสภาวะลอจิก 1 ก็สร้างสัญญาณรีเซ็ทขึ้นภายใน ที่เวลา S2P4 ของไซเคิลเครื่องถัดไปข้อมูลที่แต่ละพอร์ทส่งออกมาจะยังคงปรากฏที่พอร์ทจนกว่าจะเกิดการรีเซ็ทขึ้นซึ่งต้องใช้เวลา19 ไซเคิลของสัญญาณจากออสซิลเลเตอร์นับตั้งแต่เวลา S5P2 คำสั่งเข้าไปทำงานได้อยู่สภาวะของสัญญาณลอจิกที่ขา RST จะถูกอ่านเข้าไปตรวจสอบที่เวลา S5P2 ของทุกๆ ไซเคิลของเครื่อง ดังนั้นถึงแม้ว่าสัญญาณที่ขา RST จะมีลอจิกเป็น 1 มาก่อนก็จะยังไม่เกิดการตรวจสอบสัญญาณรีเซ็ท สัญญาณที่ขา RST อาจเป็น 1 มาตั้งแต่ State ที่ 6 ก็จะไม่เกิดอะไรขึ้นจนกระทั่ง 1 ไซเคิลของออสซิลเลเตอร์ต่อมาซึ่งเป็นเวลา S5P2 จึงจะเกิดการตรวจสอบสัญญาณที่ขา RST ถ้าคำสั่งนั้นมีการทำงานมากกว่า 1 ไซเคิลของเครื่อง 8051 ก็จะต้องทำงานในคำสั่งนั้นให้เสร็จสิ้นเสียก่อนจึงจะเริ่มการรีเซ็ทได้ โดย 8051 จะดูสภาวะของสัญญาณที่ขา RST ของ S2P2 ในไซเคิลของเครื่องสุดท้ายเท่านั้น

2.4 การติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

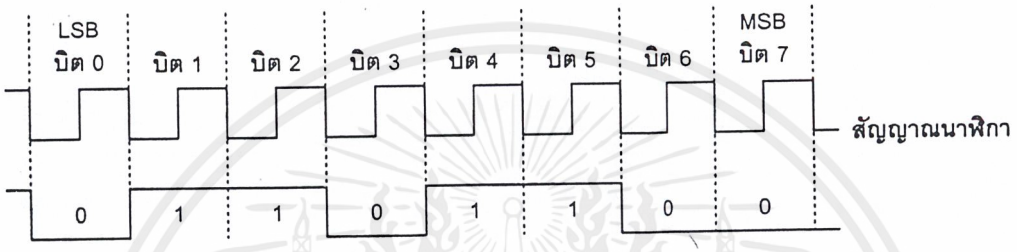
มีทางเลือกอยู่ 2 ทาง ในการที่จะเคลื่อนย้ายข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่นๆ หรือคอมพิวเตอร์ด้วยกัน นั่นคือการรับส่งข้อมูลแบบขนานและการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม การรับส่งข้อมูลแบบขนาน จะเป็นการรับหรือส่งข้อมูลคราวละ 4 หรือ 8 บิต ในเวลาเดียวกัน ซึ่งจะทำการรับและส่งข้อมูลทำได้ที่ความเร็วสูง ซึ่งก็หมายความว่าจำนวนของสายที่ใช้ในการส่งจะต้องมีมากเท่ากับจำนวนบิตของข้อมูลที่จะส่งด้วย นอกจากนี้ยังจะต้องรวมถึงสายที่ใช้สำหรับการควบคุมและการตรวจสอบการรับส่งข้อมูลด้วย ซึ่งอาจจะต้องใช้สายมากเป็น 2 เท่าของจำนวนบิตข้อมูลที่จะส่งก็ได้ ซึ่งก็เป็นปัญหาในเรื่องราคาของสายที่ใช้ในการเชื่อมต่อแบบขนานมักจะมีราคาแพง

ในขณะที่การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมเป็นการรับส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต แต่ก็สามารถรับส่งข้อมูลได้คราวละหลายๆ บิตได้ หากแต่จะต้องมีการตกลงกันระหว่างตัวส่งและตัวรับว่า จะรับส่งข้อมูลคราวละกี่บิต ตัวรับจะต้องรอข้อมูลมาให้ครบทุกบิตเสียก่อนจึงทำการประมวลผล ส่งผลให้การสื่อสารข้อมูลอนุกรมอาจมีความเร็วต่ำกว่าแบบขนาน ในด้านจำนวนสายสัญญาณการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะใช้จำนวนสายที่น้อยกว่ามาก อย่างน้อยที่สุดใช้เพียง 2-3 เส้นเท่านั้น แต่อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลอาจต่ำกว่าแบบขนาน อย่างไรก็ตามการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมสามารถใช้สายสัญญาณที่มีความยาวมากกว่าแบบขนาน ทำให้ระยะทางในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมสามารถทำได้มากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสื่อสารแบบอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 แบบคือการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส และการสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส การสื่อสารแบบซิงโครนัสจะมีสัญญาณนาฬิการ่วมอยู่กับการรับและส่งสัญญาณด้วย ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสก็คือคีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ ซึ่งสายเส้นหนึ่งจะเป็นสายของสัญญาณนาฬิกา ส่วนสายอีกเส้นจะเป็นสายของข้อมูล ดังนั้นการติดต่อกันแบบซิงโครนัสนี้จะต้องใช้สายในการเชื่อมต่ออย่างน้อยที่สุด 3 เส้นคือ สัญญาณนาฬิกา,ข้อมูลและกราวด์ รูปที่ 2.4.1 แสดงให้เห็นถึงไทมิ่งไดอะแกรมของการส่งข้อมูบแบบซิงโครนัส



รูปที่ 2.4.1 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรม

การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

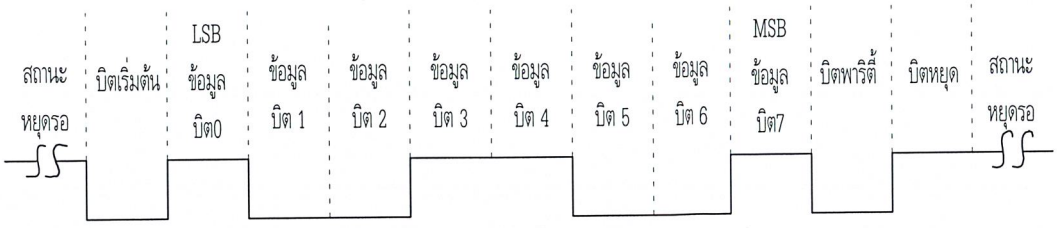
การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือการรับและส่งข้อมูลไปในสายโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิการ่วมด้วยเหมือนกับการรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส แต่จะใช้การกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาทั้งภาครับและภาคส่งให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดค่าให้ภาครับ และภาคส่งนี้ว่าอัตราการถ่ายทอดข้อมูล หรือ บอดเรต (baudrate) มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bit per secone :bps)

รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือ

1. บิตเริ่มต้น (Start Bit) ซึ่งจะมีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูลแบบอนุกรมจะมีขนาด 5,6,7 หรือ 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี้ (Parit Bit) จะมีขนาด 1 บิตหรือไม่มี
4. บิตปิดท้าย (Stop Bit) จะมีขนาด 1,1.5 หรือ 2 บิต

รูปที่ 2.4.2 แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัสซึ่งเมื่อไม่มีข้อมูลที่จะส่งขา DATA จะมีสถานะลอจิก “1” ซึ่งจะเรียกสถานะนี้ว่าสถานะหยุดรอ (waiting stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่มจากการให้ขา DATA มีลอจิก “0” ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต ซึ่งจะเรียกบิตนี้ว่าบิตเริ่มต้น จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไป โดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด(LSB) ก่อน ซึ่งข้อมูลในไบต์ที่จะส่งอาจจะมีจำนวนบิต 5,6,7 หรือ 8 บิตก็ได้ จากนั้นจะตามด้วยบิตพาริตี้ ซึ่งใช้เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่จะส่งคือบิตปิดท้ายซึ่งจะให้ขาดาต้ามีสถานะลอจิก 1 อีกครั้งด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1 บิต, 1.5 บิต หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4.2 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

อุปกรณ์พิเศษที่ได้รับการออกแบบมาสำหรับการรับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสเรียกว่า Universal Asynchronous Receiver/Transmitter หรือ UART อัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลของการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือ ค่าบอดเรต ซึ่งก็คือค่าจำนวนบิตต่อวินาทีที่ใช้ในการรับและส่งข้อมูล บอดเรตมาตรฐานที่ใช้สำหรับพอร์ตอนุกรม RS-232 ได้แก่ 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600และ19200บิตต่อวินาที และมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ซึ่งการรับส่งแบบอนุกรมโดยไม่ผ่านโมเด็มอาจจะสามารถกำหนดค่าบอดเรตได้สูงถึง 115200 บิตต่อวินาที เนื่องจากบอดเรตคือจำนวนบิตของข้อมูลที่สามารถถ่ายทอดได้ภายใน 1 วินาที ยกตัวอย่าง ข้อมูลอนุกรมถูกส่งในลักษณะ 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี้มีบิตเริ่มต้น 1 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิตความยาวของข้อมูลที่รับส่งนี้เท่ากับ 10 บิต ถ้าใช้บอดเรตในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9600 บิตต่อวินาทีก็จะสามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 960 ไบต์ต่อวินาที และถ้ามีการใช้พาริตี้ความเร็วในการรับส่งข้อมูลจะเหลือเป็น 872 ไบต์ต่อวินาที

การตรวจสอบพาริตี้สามารถกำหนดให้เป็นแบบคี่ (odd), แบบคู่ (even) หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ก็ได้ การตรวจสอบพาริตี้เป็นการตรวจสอบจำนวนรวมของบิตที่เป็นลอจิก “1” ภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์ว่ามีจำนวนรวมเป็นเลขคู่หรือเลขคี่โดยต้องรวมบิตพาริตี้เข้าไปด้วย ยกตัวอย่างข้อมูลที่จะทำการส่งมีขนาด 8 บิตและมีค่าเท่ากับ 99 ฐานสิบหกหรือ 10011001 ฐานสองจะเห็นว่าข้อมูลในไบต์นี้มีจำนวนลอจิก “1” จำนวน 4 ตัวซึ่งเป็นเลขคู่ ดังนั้นถ้ากำหนดค่าพาริตี้เป็นคู่ ค่าในบิตพาริตี้ จะต้องมีลอจิกเป็น “0” แต่ถ้าพาริตี้เป็นคี่ ค่าที่บิตพาริตี้จะต้องเป็น “1” เพื่อให้ข้อมูล 1 ไบต์รวมทั้งบิตพาริมีจำนวนบิตที่เป็นลอจิก “1” มีจำนวนรวมกันเป็นเลขคี่ ในตารางที่ 2.4.1 แสดงตัวอย่างของบิตพาริตี้ในการรับส่งข้อมูลอนุกรม

ตารางที่ 2.4.1 แสดงบิตพาริตี้ของข้อมูล

ข้อมูล	บิตพาริตี้คู่	บิตพาริตี้คี่
00000000	0	1
00000001	1	0
00000010	1	0
00000011	0	1
00000100	1	0
11111110	0	1
11111111	1	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิตพาริตี้จะถูกสร้างขึ้นจากภาคส่งข้อมูลของ UART ซึ่งทางภาครับจะต้องทำการกำหนดคุณสมบัติการตรวจสอบพาริตี้ให้ตรงกันว่าจะตรวจสอบพาริตี้คี่หรือพาริตี้คู่ จากนั้นภาครับของ UART จะทำการตรวจสอบค่าพาริตี้ที่เกิดขึ้นว่าเป็นคู่หรือเป็นคี่ โดยการนับจำนวนลอจิก "1" ทั้งหมดรวมทั้งบิตพาริตี้ด้วย ถ้ากำหนดพาริตี้ไว้เป็นคู่แต่อ่านค่าตัวเลขในการนับออกมาได้ตัวเลขเป็นคี่ในการถ่ายทอดข้อมูลที่ง่ายที่สุดแต่จะเชื่อถือได้เมื่อมีบิตข้อมูลที่ทำการส่งผิดพลาดเพียงบิตเดียวเท่านั้น ถ้าข้อมูลที่ทำการส่งมีบิตที่ผิดพลาดมากกว่า 1 บิต การตรวจสอบด้วยวิธีนี้จะไม่ได้ผล สำหรับการตั้งพาริตี้บิตเป็น NONE นั้นทั้งภาครับและภาคส่ง จะไม่มีการตรวจสอบพาริตี้

คอมพิวเตอร์ในรุ่น AT เกือบทั้งหมดจะใช้ UART เบอร์ 16450 และ 16550 ส่วนคอมพิวเตอร์ในรุ่น XT ใช้ UARTเบอร์ 8250 UART ชิปเหล่านี้มีระดับแรงดันเป็นแบบทีทีแอล(0 และ +5V) แต่เพื่อให้มีแรงดันเป็นไปตามมาตรฐาน RS-232 และเพื่อให้การรับส่งข้อมูลสามารถทำได้ที่ระยะทางไกลมากขึ้น ระดับแรงดันทีทีแอลจะถูกแปลงเป็นระดับแรงดันที่สูงขึ้น โดยลอจิก "0" มีระดับแรงดัน +3V ถึง +12Vในขณะที่ลอจิก "1" มีระดับแรงดัน –3V จนถึง –12V

มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS-232 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง โดยมาตรฐาน RS-232 ในอดีตนั้นถูกออกแบบมาเพื่อการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียว เพื่อที่จะนำข้อมูลจากโมเด็มนี้สื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์อีกชุดซึ่งอยู่ห่างไกลกัน โดยคณะกรรมการที่เรียกว่า สมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industries Association : EIA) ได้วางมาตรฐานที่มีชื่อเรียกกันว่า EIA RS-232 มาตราฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเน็กเตอร์เป็นแบบ DB-25 โดยกำหนดความยาวสูงสุดของสายสัญญาณไว้ที่ 50 ฟุต มีระดับสัญญาณตั้งแต่ –3 ถึง –12V แสดงว่ามีข้อมูล (Mark) และ +3 ถึง +12 V แสดงว่าเป็นช่องว่าง (space)

มาตรฐาน RS-232 ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล(Data Terminal Equipment : DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง(Data Circuit Terminating : DCE) ไว้ว่า อุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัวเช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างบิตข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ DCE จะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น โดยการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะกระทำผ่านมาตรฐาน RS-232

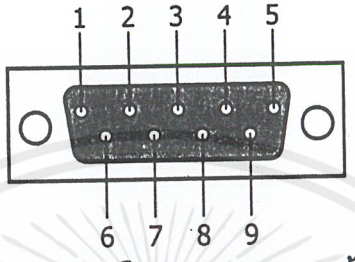
ข้อแตกต่างของอุปกรณ์ DTE และอุปกรณ์ DCE อย่างหนึ่งที่เห็นได้ชัดคือ คอนเน็กเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนคอนเน็ตเตอร์ของ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนคอนเน็ตเตอร์ที่อยู่ที่โมเด็มจะเป็นแบบ DCE

สำหรับการใช้งานบนคอมพิวเตอร์พอร์ตอนุกรม RS-232 มักถูกใช้เชื่อมต่อกับโมเด็มหรือเมาส์ โดยสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความยาวของสายสัญญาณสูงสุดถึง 20 เมตร

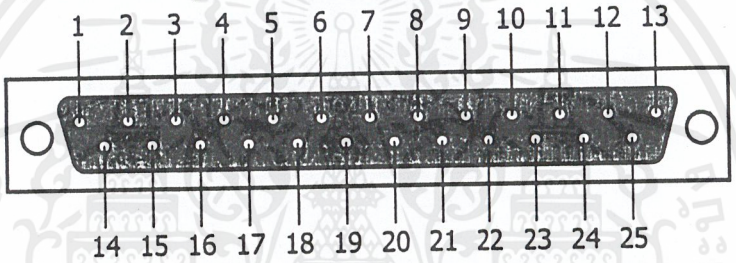
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232 จะใช้คอนเน็ตเตอร์แบบ DB-25 ตัวผู้หรือ DB-9 ตัวผู้ซึ่งคอนเน็ตเตอร์แบบ DB-25 จะมีขาต่อใช้งานเพียง 9 เส้นเช่นเดียวกับคอนเน็กเตอร์แบบ DB-9 เนื่องจากขาอื่นๆ ที่เคยใช้งานในอดีตปัจจุบันมีการใช้งานไม่มากนัก จึงถูกยกเลิกไป โดยแสดงรูปร่างและตำแหน่งขาในรูปที่ 2.4.3



(ก) คอนเน็กเตอร์อนุกรม 9 ขาหรือแบบ DB-9 (มองจากด้านหลังคอมพิวเตอร์)

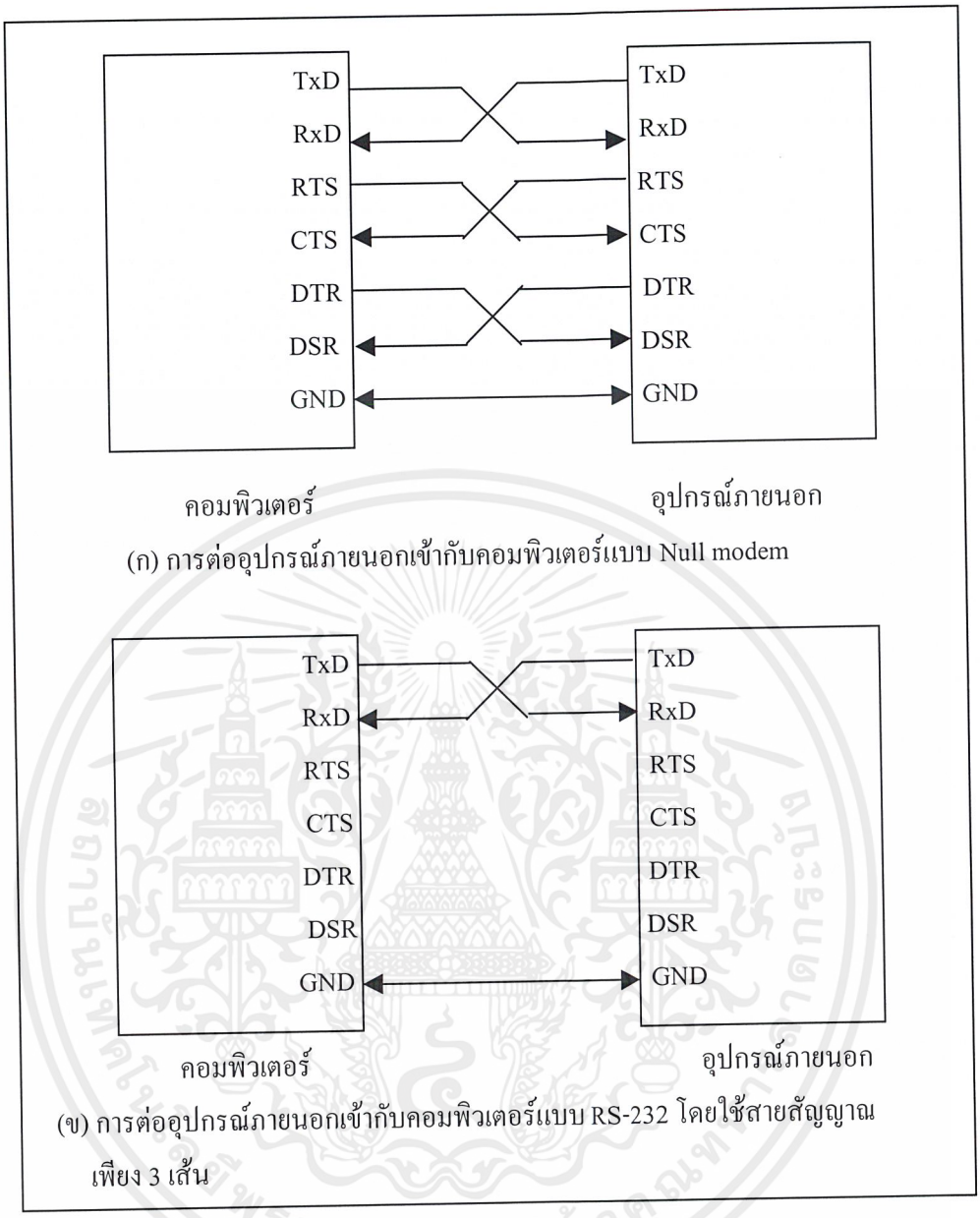


(ข) คอนเน็กเตอร์อนุกรม 25 ขาหรือแบบ DB-25 (มองจากด้านหลังคอมพิวเตอร์)

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

รูปที่ 2.4.3 แสดงการจัดขาของคอนเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 ทั้งแบบ DB-9 และDB-25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4.4 การต่ออุปกรณ์ภายนอกกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ในลักษณะต่างๆ

สำหรับการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกแสดงดังรูปที่ 2.4.4 ลูกศรในรูปแสดงถึงทิศทางของข้อมูล ในรูปที่ 2.4.4 (ก) เป็นการเชื่อมต่อแบบ Null modem หรือการเชื่อมต่อโดยตรงโดยไม่ต้องผ่านโมเด็ม โดยมีการตรวจสอบหรือแฮนด์เช็กเต็มรูปแบบ ส่วนในรูปที่ 2.4.4 (ข) เป็นการเชื่อมต่อแบบ Null modem ในลักษณะที่ใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น โดยเส้นหนึ่งสำหรับส่งข้อมูล อีกเส้นสำหรับรับข้อมูล และเส้นสุดท้ายเป็นกราวด์ สำหรับรายละเอียดหน้าที่การทำงานในแต่ละขาของพอร์ตอนุกรม RS-232 มีดังนี้

Data Carrier Detect : DCD หรืออาจเรียกว่า Carrier Detect : CD ขานี้จะแอกตีฟเมื่อมีการส่งสัญญาณพาห์จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล เช่น โมเด็ม สำหรับการใช้งานปกติขานี้จะไม่ได้ถูกใช้งานมากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Receive Data : RD หรือ RxD ขานี้ใช้เพื่อรับสัญญาณอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์โดยนำข้อมูลที่อ่านได้เก็บไว้ในรีจิสเตอร์ บัฟเฟอร์

Transmitted Data : TD หรือ TxD ขานี้ใช้เพื่อส่งข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลส่งออกไป

Data Terminal Ready : DTR เป็นขาสัญญาณที่ส่งออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่า ต้องการติดต่อด้วย โดยขา DTR นี้จะต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของอุปกรณ์ปลายทาง และขา DTR ของอุปกรณ์ปลายทางจะต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของคอมพิวเตอร์ ถ้าใช้การเชื่อมต่อเป็นแบบ Null Modem ซึ่งใช้สายในการเชื่อมต่อเพียง 3 เส้น จะต้องต่อขา DTR และ DSR ของตัวมันเองเข้าด้วยกันและต้องต่อกับขา DCD ด้วยในกรณีที่โปรแกรมสื่อสารที่ใช้มีการตรวจจับสัญญาณพาห์

Signal Ground : GND ขากราวด์ของระบบ

Data Set Ready DSR ขานี้จะใช้คู่กับขา DTR เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทาง ซึ่งขา DSR นี้จะเป็นขาสำหรับรับข้อมูลจากภายนอกซึ่งถูกส่งมาจากขาDTR

Request To Send : RTS เป็นขาสำหรับส่งสัญญาณร้องขอให้ทางอุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมายังคอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณ RTS ก็คือขา CTS ในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อแบบ Null modem 3 สาย จะต้องเชื่อมต่อขา RTS และ CTS ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน เพื่อจะให้การรับและส่งข้อมูลสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา

Clear To Send : CTS ขานี้จะคอยรับสัญญาณจากขา RTS เมื่อรับสัญญาณได้ ข้อมูลที่ขา TxD จะถูกส่งออกไป ดังนั้นขานี้จึงถูกใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่

Ring Indicator : RI ใช้แสดงสถานะสัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์ ปกติในการสื่อสารโดยทั่วไปสายนี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้งานก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับโมเด็มและโปรแกรมมีการตรวจสอบสัญญาณนี้เท่านั้น

UART

UART มาจากคำว่า *Universal Asynchronous Receiver Transmitter* ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนั่นเอง สำหรับการสื่อสารอนุกรมบนคอมพิวเตอร์แล้ว UART ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการสื่อสารอนุกรม

หน้าที่หลักของ UART คือทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบขนานจากคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัส แล้วส่งออกไป และทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัสที่ป้อนเข้ามายังUARTให้เป็นแบบขนานก่อนที่จะส่งเข้าสู่คอมพิวเตอร์ ซึ่งนอกจาก UART จะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แล้ว ยังแจ้งข้อมูลอื่นๆ ให้คอมพิวเตอร์รับทราบด้วย เช่นอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล (บอดเรต), รูปแบบการส่งข้อมูล,ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล(ผิดพลาดจากพาริตี้,เฟรมข้อมูล,โอเวอร์รัน) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในUARTจะมีส่วนของวงจรสร้างบอดเรตแบบโปรแกรมได้(programmable buadrate generator) โดยการกำหนดค่าตัวหารให้กับสัญญาณนาฬิกาของ UART โดยตัวหารนี้มีขนาด 16 บิต ดังนั้นจึงสามารถกำหนดตัวหารอยู่ในช่วง 1-65,535 UART สามารถรับส่งข้อมูลได้ทั้งแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (half duplex)และฟูลดูเพล็กซ์ (full duplex)โดยการส่งแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์เป็นการส่งแบบทิศทางเดียว ส่วนการส่งแบบฟูลดูเพล็กซ์นั้นสามารถรับและส่งข้อมูลได้ในคราวเดียวกัน

ชนิดของ UART

ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปมี UART ที่ใช้งานกันอยู่ 2 เบอร์คือ 8250 ซึ่งเป็น UART มาตราฐานที่มีใช้กันมายาวนาน UART เบอร์นี้จะมีบัฟเฟอร์สำหรับรับและส่งข้อมูลตำแหน่งเดียวกัน ทำให้การรับและส่งข้อมูลถูกจำกัดความเร็วอยู่ที่ 57.6 กิโลบิตต่อวินาทีเท่านั้น แต่ UART เบอร์นี้ก็ถือว่าเป็นต้นแบบของ UART ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ทุกๆ รุ่นจะต้องสนับสนุนการทำงานตามรูปแบบของ UART เบอร์นี้

UART อีกเบอร์หนึ่งคือ 16450 มีความสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 115,200 บิตต่อวินาที และเพิ่มรีจิสเตอร์สำหรับพักข้อมูลสำหรับ UART นอกจากนั้นยังเพิ่มส่วนของชิฟต์รีจิสเตอร์แบบ FIFO (First In First Out) ขนาด 16 ไบต์เข้าไปทำให้สามารถสนับสนุนความเร็วในการรับข้อมูลที่ 256 กิโลบิตต่อวินาทีได้ โดยคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันใช้ UARTเบอร์นี้หรือใหม่กว่า เช่น เบอร์ TL16C750 ซึ่งมีรีจิสเตอร์แบบ FIFO ขนาด 64 ไบต์ ทำงานได้ที่ระดับแรงดัน +5V และ +3V มีโหมดประหยัดพลังงานสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 1 เมกะบิตต่อวินาทีเมื่อใช้สัญญาณนาฬิกา 16 MHz

อย่างไรก็ตาม ความเร็วในการส่งข้อมูลที่มากมายของ UART เบอร์ใหม่ๆ ก็ไม่ได้ช่วยให้การรับส่งข้อมูลของคอมพิวเตอร์เร็วขึ้น เนื่องจากว่าคอมพิวเตอร์ยังใช้ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาในการแปลงข้อมูลเพียง 1.8432 MHz เท่านั้น

วงจรภายในและรีจิสเตอร์ของพอร์ตอนุกรม RS-232

เครื่องคอมพิวเตอร์โดยทั่วไปสามารถต่อพอร์ตอนุกรม RS-232 สูงสุดได้ 4 พอร์ต ซึ่งจะมีชื่อเรียกเป็น COM1,COM2,COM3และ COM4 ซึ่งพอร์ตอนุกรมแต่ละตัวต่างก็ใช้งาน UART ภายในคอมพิวเตอร์ในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกเช่นเดียวกัน

ในรูป 2.4.5 แสดงไดอะแกรมการทำงานภายในของพอร์ตอนุกรม ซึ่งประกอบด้วยรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต 8 ตัวที่ใช้งานร่วมกับ UART แอดเดรสของรีจิสเตอร์ภายในพอร์ตอนุกรมสามารถคำนวณได้จากค่ารีจิสเตอร์พื้นฐานของพอร์ตอนุกรม ยกตัวอย่าง พอร์อนุกรม COM1มีแอดเดรสอยู่ที่ 3F8H ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ต่างๆ จะเป็นตำแหน่งที่บวกเข้าไปกับค่า 3F8H โดยรีจิสเตอร์ที่ใช้งานกับพอร์ตอนุกรมมีดังนี้

00H เป็นรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับเก็บข้อมูลที่รับเข้ามาหรือเตรียมข้อมูลก่อนที่จะส่งออกไป

01H รีจิสเตอร์อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์ ใช้ในการเซ็ตโหมดการอินเตอร์รัปต์ของพอร์ตอนุกรม

02H รีจิสเตอร์แสดงโหมดการอินเตอร์รัปต์ใช้เพื่อตรวจสอบโหมดของการอินเตอร์รัปต์เมื่อมีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้น

03H รีจิสเตอร์กำหนดรูปแบบของข้อมูล

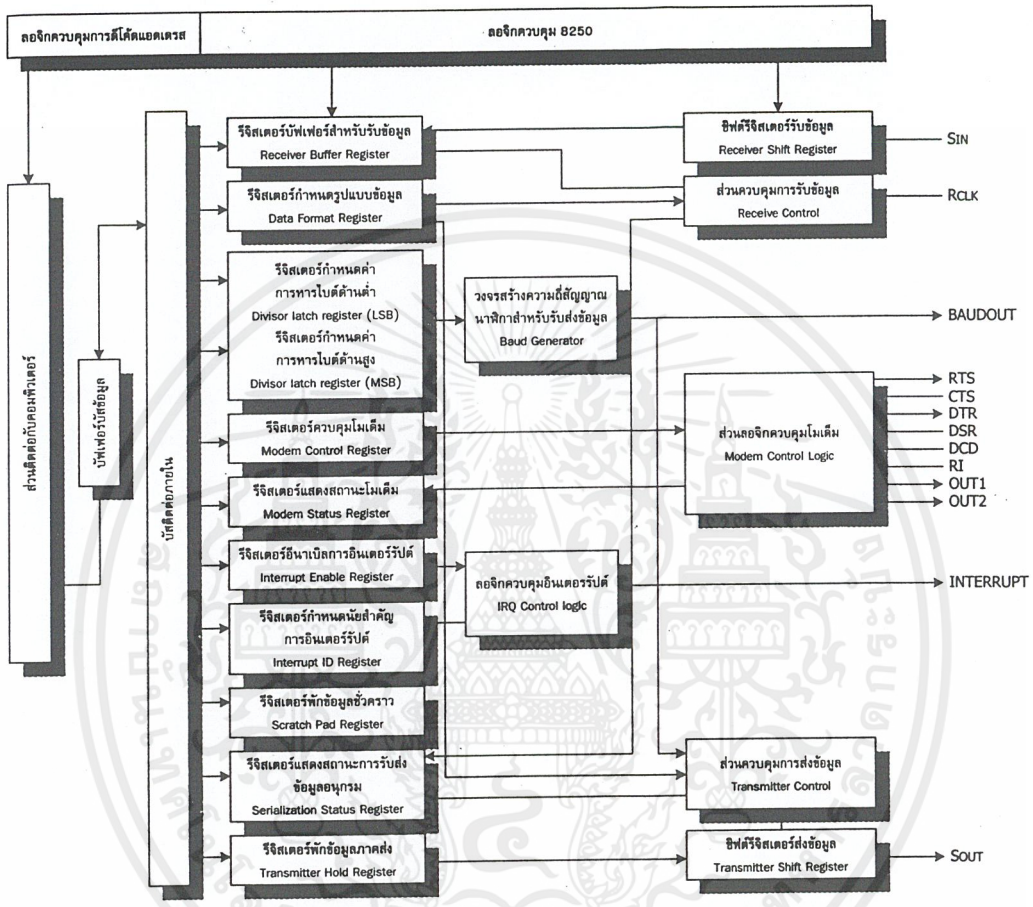
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

04H รีจิสเตอร์ควบคุมโมเด็ม ใช้ตรวจสอบบิตสำหรับติดต่อกับโมเด็ม เช่น RTS หรือ DTR

05H รีจิสเตอร์แสดงสถานะการับและการส่งข้อมูลแบบอนุกรม

06H รีจิสเตอร์แสดงสถานะของโมเด็ม ซึ่งจะแสดงสถานะของขา DCD, RI, DSR และ CTS

07H รีจิสเตอร์สำหรับการเก็บข้อมูลชั่วคราว



รูปที่ 2.4.5 ไดอะแกรมการทำงานภายในของพอร์ตอนุกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์

รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 00H : รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์

เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลที่รับเข้ามาและข้อมูลที่จะส่งออกไป โดยการติดต่อกับรีจิสเตอร์นี้ เพื่อเก็บข้อมูลที่ต้องการจะส่งจะต้องกำหนดให้บิต DLAB ในรีจิสเตอร์กำหนดรูปแบบข้อมูล(03H) จะต้องมีสถานะเป็น 0 ซึ่งการเขียนข้อมูลมายังแอดเดรสนี้ เป็นการส่งข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์ส่งข้อมูลและข้อมูลจะถูกส่งออกไปแบบอนุกรมสำหรับการรับข้อมูลเมื่อข้อมูลที่รับเข้ามาเรียบร้อยและแปลงเป็นแบบขนานแล้ว ข้อมูลจะถูกส่งมายังรีจิสเตอร์เก็บข้อมูล หลังจากมีการอ่านรีจิสเตอร์นี้ออกไปรีจิสเตอร์นี้จะถูกเคลียร์ และเตรียมพร้อมสำหรับการรับข้อมูลในไบต์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 01H : รีจิสเตอร์อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์

เป็นรีจิสเตอร์สำหรับการอีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์ ซึ่งเป็นการกำหนดให้ UART สร้างสัญญาณอินเตอร์รัปต์ขึ้นมา ฟังก์ชันการทำงานในแต่ละบิตของรีจิสเตอร์นี้มีดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
O	O	O	O	SINP	ERBK	TBE	RxRD

บิต4-7 บิตเหล่านี้ไม่ถูกใช้งาน กำหนดให้เท่ากับ “0”

SINP อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนสถานะที่ขาอินพุต CTS, DSR, DCD หรือขา RI

ERBK อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากเกิดความผิดพลาดขึ้นด้วยสาเหตุจาก พาริตี้, โอเวอร์รัน, เฟรมข้อมูล หรือการเบรกข้อมูล
“1” อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์
“0” ไม่มีการใช้อินเตอร์รัปต์รูปแบบนี้หรือดิสเอเบิล

TBE อีนาเบิกการอินเตอร์รัปต์เมื่อรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลว่าง
“1” อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์
“0” ไม่มีการใช้อินเตอร์รัปต์รูปแบบนี้หรือดิสเอเบิล

RxRD อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ได้รับข้อมูลเรียบร้อย
“1” อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์
“0” ไม่มีการใช้อินเตอร์รัปต์รูปแบบนี้หรือดิสเอเบิล

รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 02H : รีจิสเตอร์แสดงโหมดและสถานะการอินเตอร์รัปต์

มีรายละเอียดของแต่ละบิตดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
O	O	O	O	O	ID1	ID0	PND

บิต 3-7 ไม่ได้ใช้งาน อ่านค่าได้เท่ากับ “0”

ID1,ID0 ใช้งานร่วมกันเพื่อแจ้งสาเหตุของการเกิดอินเตอร์รัปต์
“00” เกิดการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของขาอินพุตขึ้นการอินเตอร์รัปต์แบบนี้มีนัยสำคัญเป็นอันดับ 4
“01” เกิดการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ส่งข้อมูลว่างขึ้นการอินเตอร์รัปต์แบบนี้มีนัยสำคัญเป็นอันดับ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"10" เกิดการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากข้อมูลถูกเก็บลงในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว การอินเตอร์รัปต์แบบนี้มีนัยสำคัญเป็นอันดับ 2

"11" เกิดการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากความผิดพลาดในการถ่ายทอดข้อมูลหรือเกิดการเบรก (break : เกิดการหยุดถ่ายทอดข้อมูลกระทันหัน)การอินเตอร์รัปต์แบบนี้มีนัยสำคัญเป็นอันดับ 1 หรือมีนัยสำคัญสูงสุด

PND ใช้แสดงสถานะของการเกิดอินเตอร์รัปต์

"1" แสดงว่าไม่มีการอินเตอร์รัปต์

"0" แสดงว่ามีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้น

เมื่อมีการสร้างสัญญาณอินเตอร์รัปต์ขึ้นจะต้องมีการเคลียร์ค่าก่อนที่จะให้เกิดอินเตอร์รัปต์ครั้งต่อไป โดยสามารถทำได้ดังนี้คือ

- ถ้าเกิดอินเตอร์รัปต์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของขาอินพุตจะต้องอ่านค่าจากรีจิสเตอร์แสดงสถานะของโมเด็ม(รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 06H) เพื่อเคลียร์ค่าการอินเตอร์รัปต์
- ถ้าเกิดการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากบัฟเฟอร์ส่งข้อมูลว่าง จะต้องเขียนข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์บัฟ-ฟอร์ส่งข้อมูล(รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 00H) หรืออ่านค่ารีจิสเตอร์แสดงสถานะอินเตอร์รัปต์ (รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 02H) เพื่อเคลียร์ค่าการอินเตอร์รัปต์
- ถ้าเกิดอินเตอร์รัปต์เนื่องจากการเก็บข้อมูลลงในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับข้อมูลเรียบร้อยจะต้องเคลียร์ค่าอินเตอร์รัปต์โดยการอ่านข้อมูลจากรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์
- ถ้าเกิดอินเตอร์รัปต์เนื่องจากความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูลหรือเกิดการเบรก จะต้องเคลียร์ค่าอินเตอร์รัปต์โดยการอ่านค่ารีจิสเตอร์แสดงสถานะการรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรม

รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 03H : รีจิสเตอร์กำหนดรูปแบบของข้อมูล

มีรายละเอียดหน้าที่ของแต่ละบิตดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
DLAB	BRK	PAR2	PAR1	PAR0	STOP	DAB1	DAB0

DLAB ใช้ในการกำหนดหน้าที่การทำงานของรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ (00H)

"1" เป็นการเข้าสู่โหมดการหารค่าบอดเรต

"0"เป็นการเข้าถึงรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ (รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 00H)และรีจิสเตอร์สำหรับอีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์(รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 01H) เมื่อบิต DLAB เป็น "1" รีจิสเตอรบัฟเฟอร์ (00H) และ รีจิสเตอร์อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์ (01H) จะใช้สำหรับโหลดค่าการหารความถี่สำหรับกำหนดค่าบอดเรตโดยรีจิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

00H เก็บค่าตัวหารไบต์ต่ำ ส่วนรีจิสเตอร์ 01H ใช้เก็บค่าตัวหารไบต์สูง การหาค่าบอดเรตสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

บอดเรต = 115200/ค่าตัวหาร 16 บิต

ค่าตัวเลข 115200 มาจากความถี่ของคริสตอลในวงจร UART ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยคริสตอลที่ใช้มีความถี่ 1.8432 MHz วงจรภายใน UART จะทำการหารค่าความถี่นี้ด้วย 16 ทำให้ได้ค่าความถี่ 115200 Hz ออกมา

ค่าตัวหาร 16 บิต = ข้อมูลในรีจิสเตอร์ 00H +(256 x ข้อมูลในรีจิสเตอร์ 01H)

สมมติว่าต้องการค่าบอดเรตเท่ากับ 9600 ค่าตัวหารที่ใช้จะต้องมีค่าเท่ากับ 12 ซึ่งค่านี้จะต้องถูกโหลดลงในรีจีสเตอร์ 00H และโหลดค่า 0 ลงไปในรีจิสเตอร์ 01H ค่าตัวหารที่ทำให้เกิดค่าบอดเรตสูงสุดที่ 115200 บิตต่อวินาทีคือค่า 0001 นั่นคือรีจิสเตอร์ 00H มีค่าเท่ากับ 1 และรีจิสเตอร์ 01H มีค่าเท่ากับ 0

BRK ใช้ควบคุมการหยุดถ่ายทอดข้อมูล

"1" สามารถหยุดหรือเบรกได้

"0" ไม่มีการหยุดหรือเบรกได้

PAR2,PAR1,PAR0 ใช้เพื่อกำหนดบิตพาริตี้

"000" ไม่ใช้บิตพารีตี้

"001" กำหนดพาริตี้คี่

"011" กำหนดพาริตี้คู่

"101" มาร์ก (mark)

"111" ช่องว่าง (space)

STOP ใช้กำหนดจำนวนบิตปิดท้าย

"1" มีบิตปิดท้าย 2 บิต

"0" มีบิตปิดท้าย 1 บิต

DAB1,DAB0 ใช้ร่วมกันในการกำหนดจำนวนบิตของข้อมูลที่ต้องการถ่ายทอด

"00" จำนวนบิตข้อมูลเท่ากับ 5บิต

"01" จำนวนบิตข้อมูลเท่ากับ 6 บิต

"10" จำนวนบิตข้อมูลเท่ากับ 7 บิต

"11" จำนวนบิตข้อมูลเท่ากับ 8 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 04H : รีจิสเตอร์ควบคุมโมเด็ม

มีรายละเอียดหน้าที่ของแต่ละบิตดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
O	O	O	LOOP	OUT2	OUT1	RTS	DTR

บิต 5-7 ไม่มีการใช้งาน อ่านค่าได้เท่ากับ 0

LOOP "1" อีนาเบิลการส่งค่ากลับ
"0" ดิสเอเบิล

OUT1, OUT2 "1" อีนาเบิลการใช้งานภายใน
"0" ดิสเอเบิล

RTS ใช้ควบคุมการทำงานของขา RTS (Ready To Send)
"1" อีนาเบิล
"0" ดิสเอเบิล

DTR ใช้ควบคุมการทำงานของขา DTR (Data Terminal Ready)
"1" อีนาเบิล
"0" ดิสเอเบิล

รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 05H : รีจิสเตอร์แสดงสถานะการรับและส่งข้อมูลอนุกรมของ UART

ใช้งานร่วมกับรีจิสเตอร์แสดงโหมดและสถานะของการอินเตอร์รัปต์ (รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 02H) เพื่อแสดงสาเหตุของการเกิดอินเตอร์รัปต์ มีรายละเอียดหน้าที่ของแต่ละบิตดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
O	TXE	TBE	BREK	FRME	PARE	OVFE	RxRD

TXE (Transmitter Empty) "1" แสดงว่ารีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลว่าง
"0" แสดงว่ายังคงมีข้อมูล 1ไบต์เก็บอยู่ในรีจิสเตอร์บัฟ-เฟอร์สำหรับส่งข้อมูล

TXE (Transmitter Buffer Empty) "1" รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลว่าง
"0" ยังคงมีข้อมูล 1 ไบต์เก็บอยู่ในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล

BREK (Break) "1" UART ตรวจพบการเบรก
"0" ไม่มีการเบรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FRME (Frame Error)	"1"	UART ตรวจพบความผิดพลาดด้านเฟรมข้อมูล
	"0"	ไม่พบความผิดพลาดด้านเฟรมข้อมูล
PARE (Parity Error)	"1"	UART ตรวจพบความผิดพลาดทางพาริตี้
	"0"	ไม่พบความผิดพลาดทางพาริตี้
OVRE (Overrun Error)	"1"	UART ตรวจพบความผิดพลาดแบบโอเวอร์รัน
	"0"	ไม่พบความผิดพลาดแบบโอเวอร์รัน
RxRD (Received Data Ready)	"1"	มีการรับข้อมูลเข้ามาเก็บไว้ในบัฟเฟอร์
	"0"	ไม่มีข้อมูล

รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 06H : รีจิสเตอร์แสดงสถานะของโมเด็ม

ใช้เพื่อกำหนดสถานะสัญญาณอินพุตของพอร์ตอนุกรม RS-232 ซึ่งได้แก่ สัญญาณ DCD, DSR, CTS และ RI สำหรับการเชื่อมต่อใช้งานแบบอเนกประสงค์ ดังมีรายละเอียดหน้าที่ของแต่ละบิตต่อไปนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
DCD	RI	DSR	CTS	DDCD	DRI	DDSR	DCTS

DCD ใช้แสดงสภาวะของขา DCD

"1" แสดงว่าที่ขา DCD เป็นลอจิก "1"

"0" แสดงว่าที่ขา DCD เป็นลอจิก "0"

RI ใช้แสดงสภาวะของขา RI

"1" แสดงว่าที่ขา RI เป็นลอจิก "1"

"0" แสดงว่าที่ขา RI เป็นลอจิก "0"

DSR ใช้แสดงสภาวะของขา SDR

"1" แสดงว่าที่ขา DSR เป็นลอจิก "1"

"0" แสดงว่าที่ขา DSR เป็นลอจิก "0"

DCTS (Delta Clear To Send) ใช้แจ้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของบิต CTS

"1" แสดงว่าบิต CTS (Clear To Send) เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบจากการอ่านค่าครั้งที่แล้ว

"0" แสดงว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับการอ่านค่าครั้งที่แล้ว

DDSR (Delta Data Set Ready) ใช้แจ้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของบิต DSR

"1" แสดงว่าบิต DSR (Data Set Ready) เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบจากการอ่านค่าครั้งที่แล้ว

"0" แสดงว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับการอ่านค่าครั้งที่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DRI (Delta Ring Indicator) ใช้แจ้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของบิต RI

"1" แสดงว่าบิต RI (Ringing Indicator) เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบจากการอ่านค่าครั้งที่แล้ว

"0" แสดงว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับการอ่านค่าครั้งที่แล้ว

DDCD (Delta Data Carrier Detect) ใช้แจ้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของบิต DDCD

"1" แสดงว่าบิต CTS (Clear To Send) เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบจากการอ่านค่าครั้งที่แล้ว

"0" แสดงว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับการอ่านค่าครั้งที่แล้ว

DCTS (Delta Clear To Send) ใช้แสดงสภาวะของขา CTS

"1" แสดงว่าที่ขา CTS เป็นลอจิก "1"

"0" แสดงว่าที่ขา CTS เป็นลอจิก "0"

รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 07H : รีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลชั่วคราว

ทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำแรมขนาด 1 ไบต์ การอ่านและเขียนข้อมูลที่รีจิสเตอร์ตัวนี้ไม่ส่งผลใดๆ ต่อการใช้งาน UART

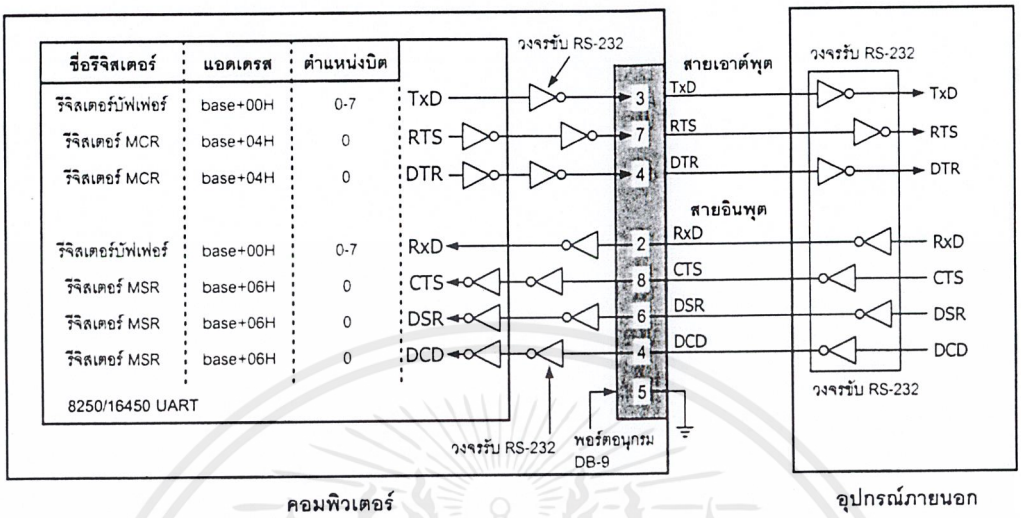
ลักษณะสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของพอร์ต RS-232

สัญญาณเอาต์พุตที่ใช้ควบคุม (RTS และ DTR)และสัญญาณแสดงสถานะอินพุต (CTS, DSR และ DCD) ของพอร์ตอนุกรม RS-232 จะถูกกลับสถานะภายในตัว UART ส่วนสัญญาณข้อมูลทั้งภาคส่งและรับจะไม่ถูกกลับสถานะ UART จะให้ระดับสัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นแบบทีทีแอลเท่านั้น ดังนั้นเมื่อสัญญาณถูกส่งออกมาจากUARTจะให้ระดับสัญญาณเข้าสู่วงจรขับเพื่อปรับระดับแรงดันให้ได้ระดับสัญญาณเป็นไปตามมาตรฐาน RS-232 ก่อนส่งออกไปจากคอมพิวเตอร์ สำหรับอุปกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางก็จะต้องมีวงจรขับในลักษณะนี้เช่นเดียวกัน เพื่อให้ได้ระดับสัญญาณในระดับเดียวกัน แต่วงจรขับที่ใช้ทั้งภายในคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางนั้นจะถูกกลับสถานะ ดังแสดงเป็นบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 2.4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอดเดรสของพอร์ตอนุกรม

แอดเดรสพื้นฐานของพอร์ตอนุกรมมี 4 ตำแหน่งดังนี้คือ



รูปที่ 2.4.6 แสดงไดอะแกรมแสดงโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของพอร์ตอนุกรม

COM1 : 3F8H

COM2 : 2F8H

COM3 : 3E8H

COM4 : 2E8H

เมื่อเริ่มเปิดเครื่องเพื่อใช้งานคอมพิวเตอร์ ไบออสภายในคอมพิวเตอร์จะทำการตรวจสอบแอดเดรสของพอร์ตอนุกรมทั้งหมด ถ้าไบออสตรวจพบแอดเดรสของพอร์ตอนุกรม ไบออสจะนำแอดเดรสที่ตรวจพบไปเก็บไว้ในหน่วยความจำขนาด 2 ไบต์ สำหรับพอร์ตอนุกรม COM1 จะเก็บไว้ที่แอดเดรส 0000:0400H และ 0000:0401H ส่วนตำแหน่งอื่นๆ มีรายละเอียดดังนี้

COM2 = 0000:0402H – 0000:0403H

COM3 = 0000:0404H – 0000:0405H

COM4 = 0000;0406H – 0000:0407H

นอกจากนี้ที่หน่วยความจำแอดเดส 0000:0411H ยังใช้สำหรับแสดงจำนวนของพอร์ตอนุกรมที่มีใช้อยู่ในคอมพิวเตอร์อีกด้วย โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2.4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4.2 แสดงข้อมูลในแอดเดรส 0000:0411H ที่ใช้แจ้งจำนวนพอร์ตอนุกรม

บิต 3	บิต 2	บิต 1	จำนวนพอร์ต
0	0	0	ไม่มีพอร์ตอนุกรม
0	0	1	มีพอร์ตอนุกรม 1 พอร์ต
0	1	0	มีพอร์ตอนุกรม 2 พอร์ต
0	1	1	มีพอร์ตอนุกรม 3 พอร์ต
1	0	0	มีพอร์ตอนุกรม 4 พอร์ต

2.5 การเขียนโปรแกรมเพื่อใช้งานพอร์ตอนุกรม

การหาค่าตำแหน่งแอดเดรสของพอร์ตอนุกรม

การหาค่าตำแน่งแอดเดรสของพอร์ตอนุกรมสามารถทำได้หลายวิธี

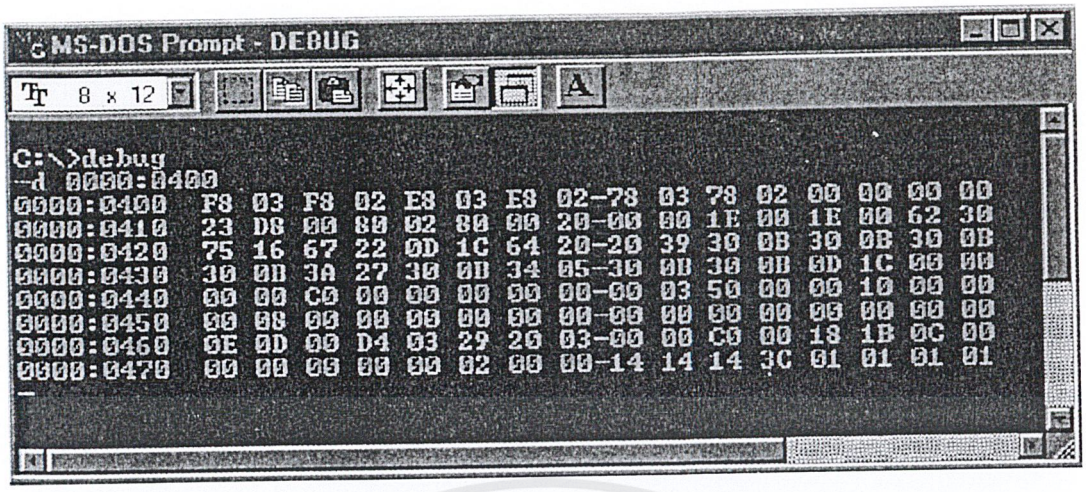
วิธีที่ 1 โดยการใช้โปรแกรม Debug ไปดูค่าตำแหน่งแอดเดรสที่ตำแหน่ง 0000:0400H โดยใช้พิมพ์คำสั่งที่ดอสพร้อมดังแสดงในรูปที่ 2.5.1

ค่าที่เห็นในรูปแสดงว่า พอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์เครื่องนี้มีถึง 4 พอร์ต มีตำแหน่งแอดเดรสไล่เรียงกันตั้งแต่หน่วยความจำตำแหน่งที่ 0000:0400H – 0000:0407H ตัวอย่างเช่นที่ตำแหน่งหน่วยความจำ 0000 : 0400H – 0000 : 0401H แสดงตัวเลข F8 03 ซึ่งหมายความว่าแอดเดรสของพอร์ต COM1 คือ 03F8H นั่นเอง สำหรับจำนวนของพอร์ตอนุกรมที่ระบุอยู่ที่หน่วยความจำตำแหน่ง 0000 : 0411H มีค่าเท่ากับ D8H ซึ่งเมื่อแปลงเป็นเลขฐานสองจะได้ค่าเป็น 11011000 บิตที่ 1-3 มีค่าเท่ากับ 100 หมายความว่ามีจำนวนพอร์ตอนุกรมทั้งหมด 4 พอร์ตดังที่ได้กล่าวไปแล้วตอนต้น

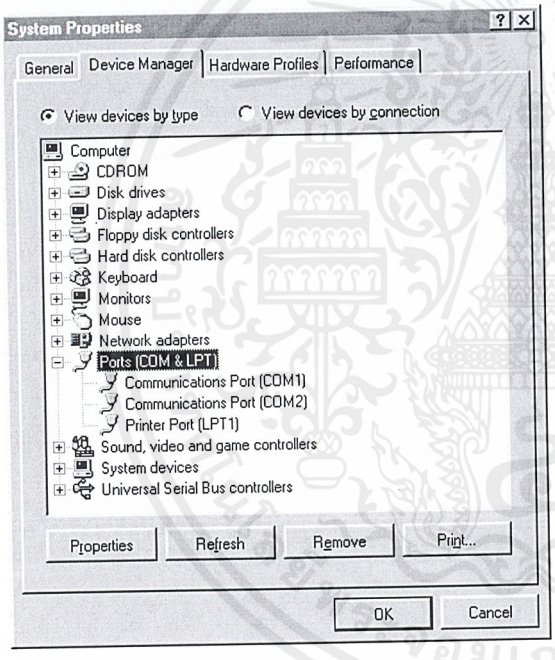
วิธีที่ 2 สามารถดูได้จากวินโดวส์ 95 โดยไปที่ Control Panel เรียก System => Device Manager => Port (COM&LPT) จากนั้นเลือกพอร์ตอนุกรมที่ต้องการดูค่าแล้วดังแสดงในรูปที่ 2.5.2 แล้วเลือก Properties => Resources ดังแสดงในรูปที่ 2.5.3 ซึ่งในหน้าต่างนี้จะแสดงทั้งตำแหน่งแอดเดรสของพอร์ตอนุกรมนั้นๆ รวมถึงตำแหน่งของอินเตอร์รัปต์ที่ใช้ด้วย

วิธีที่ 3 การเขียนโปรแกรมเพื่ออ่านค่า โดยสามารถใช้โปรแกรมภาษาใดๆ ก็ได้เพื่ออ่านค่าแต่ในตัวอย่างนี้จะใช้QBASIC ในการแสดงค่าแอดเดรสของพอร์ตอนุกรมโดยจะใช้คำสั่ง PEEK ซึ่งเป็นคำสั่งที่ใช้อ่านค่าจากหน่วยความจำ นอกจากนี้ยังอ่านค่าจำนวนของพอร์ตอนุกรมออกมาโดยใช้คำสั่งเดียวกัน แต่จะใช้คำสั่ง AND เข้าช่วยเพื่อเลือกเอาเฉพาะบิตที่ต้องการอ่านค่าเท่านั้น จากนั้นก็ทำการเลื่อนบิตไปทางขวา 1 บิต โดยใช้วิธีการหารด้วย 2 เพื่อให้บิตที่ต้องการไปอยู่ด้านขวามือสุดและแสดงค่าจำนวนพอร์ตที่แท้จริงออกมาคำสั่ง HEX$ ช่วยให้การแสดงผลตำแหน่งแอดเดรสของพอร์ตอนุกรมที่ออกมาเป็นค่าเลขฐานสิบหก ส่วนการคูณค่าด้วย 100H นั้นก็เพื่อที่จะเลื่อนบิตไปด้านหน้า 1 ไบต์ทำให้เมื่อเวลานำมาบวกแล้วจะได้ค่าเป็น 2 ไบต์พอดี มีโปรแกรมตัวอย่างแสดงดังนี้

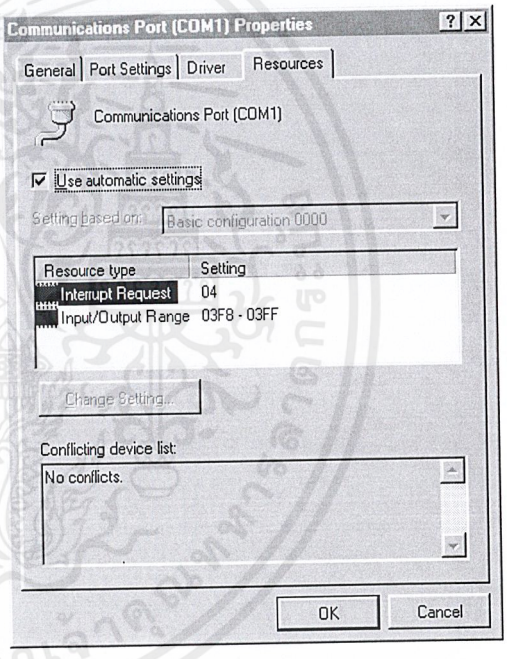
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5.1 แสดงหน้าต่างของโปรแกรม DEBUG แสดงตำแหน่งของพอร์ตอนุกรม



รูปที่ 2.5.2 แสดงตำแหน่งของพอร์ตอนุกรมบนวินโดวส์ 95/98



รูปที่ 2.5.3 หน้าต่างแสดงรายละเอียดของพอร์ตอนุกรมบนวินโดวส์ 95/98

```
DEF  SEG = 0
CLS
PRINT  "Address of COM1 :" , HEX$ ((PEEK (&H401) * &H100) + PEEK (&H400))
PRINT  "Address of COM2 :" , HEX$ ((PEEK (&H403) * &H100) + PEEK (&H402))
PRINT  "Address of COM3 :" , HEX$ ((PEEK (&H405) * &H100) + PEEK (&H404))
PRINT  "Address of COM4 :" , HEX$ ((PEEK (&H407) * &H100) + PEEK (&H406))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PRINT "Number of RS-232 Port in This Computer :", (PEEK (&H411) AND &HE) /
2
END
```

การกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับพอร์ตอนุกรม

ก่อนการใช้งานพอร์ตอนุกรมนั้นจะต้องมีการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับตัวมันก่อนซึ่งก็คือการกำหนดจำนวนบิตข้อมูลที่ต้องการส่ง, จำนวนบิตปิดท้าย, ชนิดของพาริตี้ที่ใช้ และบอดเรต

การกำหนดสามารถทำได้หลายวิธี วิธีแรกเป็นการกำหนดจากดอสพร้อมพ์ โดยใช้คำสั่ง MODE ซึ่งมีวิธีการใช้งานดังนี้

MOED COMm : baud=b, parity=p, stop=s, retry=r

หรือ MOED COMm : b,p,d,s,r

ตัวอย่าง MODE COM1 : 9600,n,8,1 จะเป็นการกำหนดให้พอร์ตอนุกรม COM1 มีบอดเรตเท่ากับ 9,600 บิตต่อวินาที ไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ รับส่งข้อมูลแบบ 8 บิต และมีบิตปิดท้าย 1 บิต

วิธีที่ 2 เป็นการกำหนดโดยใช้อินเตอร์รัปต์ของดอส ตำแหน่งที่ 14H ซึ่งการใช้งานต้องกำหนดค่าต่างๆ ลงในรีจิสเตอร์ด้วยโดยจะต้องกำหนดให้รีจิสเตอร์AH มีค่าเท่ากับ 0 รีจิสเตอร์ DX เก็บค่าของพอร์ตอนุกรมที่ต้องการกำหนดค่าเริ่มต้นโดย

DX = 0 จะกำหนดให้กับพอร์ตอนุกรม COM1

DX = 1 จะกำหนดให้กับพอร์ตอนุกรม COM2

DX = 2 จะกำหนดให้กับพอร์ตอนุกรม COM3

DX = 3 จะกำหนดให้กับพอร์ตอนุกรม COM4

รีจิสเตอร์ AL ซึ่งมีขนาด 8 บิตใช้เก็บค่าเริ่มต้นต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
BD2	BD1	BD0	PAR1	PAR0	STOP	DA1	DA0

BD2,BD1,BD0 ใช้สำหรับกำหนดค่าบอดเรต

"111" บอดเรตเท่ากับ 9,600 บิตต่อวินาที

"110" บอดเรตเท่ากับ 4,800 บิตต่อวินาที

"100" บอดเรตเท่ากับ 1,200 บิตต่อวินาที

"011" บอดเรตเท่ากับ 600 บิตต่อวินาที

"110" บอดเรตเท่ากับ 300 บิตต่อวินาที

"001" บอดเรตเท่ากับ 150 บิตต่อวินาที

"000" บอดเรตเท่ากับ 110 บิตต่อวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างโปรแกรมย่อยเทอร์โบปาสคาลสำหรับการกำหนดค่าให้กับพอร์ตอนุกรม โดยกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับพอร์ตอนุกรม COM1 มีอัตราบอดเท่ากับ 9600 ไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ บิตข้อมูล 8 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต เขียนได้ดังนี้

```
procedue initial ;
var regis : registers ;
begin
        with regis do begin
                ah := 0 ;
                al := $0e3 ;                    {11100011 00 1 EIS}
                dx := 0 ;
                intr ($14 , regis) ;
        end ;
end ;
```

PAR1,PARO ใช้กำหนดค่าพาริตี้โดย
"00" หรือ "10" ไม่มีการตรวจสอบพาริตี้
"01" พาริตี้คี่
"11" พาริตี้คู่

STOP ใช้กำหนดจำนวนของบิตปิดท้าย
"1" มีบิตปิดท้ายเท่ากับ 2 บิต
"0" มีบิตปิดท้ายเท่ากับ 1 บิต

DA1,DA0 ใช้กำหนดความยาวของข้อมูลโดย
"10" ความยาวข้อมูลเท่ากับ 7 บิต
"11" ความยาวข้อมูลเท่ากับ 8 บิต

การรับส่งและส่งข้อมูลแบบอนุกรม

มีหลากหลายวิธีในการรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232 เช่น ใช้คำสั่งพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ เรียกอินเตอร์รัปต์ของไบออสหรือของดอส การเขียนหรืออ่านไปยังแอดเดรสของพอร์ตโดยตรง วิธีสุดท้ายเป็นวิธีที่มีความยืดหยุ่นในการใช้งานที่สุด ยกตัวอย่าง ถ้าต้องการส่งข้อมูลไปยังพอร์ตอนุกรมCOM1สามารถเขียนข้อมูลโดยตรงไปที่รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล(แอดเดรส 3F8H) โดยใช้คำสั่งภาษา QBASIC ง่ายๆ ดังนี้

```
OUT &H3F8,X
```

ค่า X ในที่นี้หมายถึงข้อมูลที่ต้องการส่ง มีขนาด 8 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการอ่านข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม จะเป็นการอ่านข้อมูลมาจากรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูล (แอดเดรส 3F8H เช่นเดียวกัน) ซึ่งสามารถเขียนโปรแกรมง่ายๆ ได้ดังนี้

Y = INP (&H3F8)

ค่า Y ในที่นี้คือค่าที่อ่านได้จากรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับข้อมูล โดยมีขนาด 8 บิต

สำหรับการเขียนโปรแกรมด้วย TURBO PASCAL ก็สามารถใช้คำสั่ง

PORT [$3F8]

สำหรับการอ่านข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม

แต่เมื่อใช้คำสั่งนี้ในขณะที่โปรแกรมทำงานผ่านระบบปฏิบัติการวินโดวส์ จะไม่สามารถใช้งานได้ เนื่องจากระบบปฏิบัติการวินโดว์ได้เข้าฝังตัวพอร์ตอนุกรมเข้าเป็นส่วนหนึ่งของระบบปฏิบัติการแล้วดังนั้นการเรียกใช้งานจึงจำเป็นต้องเรียกผ่านเครื่องมือที่ติดต่อผ่านระบบปฏิบัติการ เช่น การใช้คอนโทรล MSCOMM32.OCX ของโปรแกรม Visual BASIC

คอนโทรล MSComm

สำหรับการใช้งาน Visual BASIC ตั้งแต่เวอร์ชัน 2 เป็นต้นมา ใน Visual BASIC จะมีคัสตอม-คอนโทรลสำหรับการสื่อสารอนุกรมผ่านทางพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์มาให้ โดยใน Visual BASIC เวอร์ชัน 2 และเวอร์ชัน 3 จะใช้ชื่อว่า MSCOMM.VBX ส่วนเวอร์ชัน 4 ใช้ชื่อว่า MSCOMM16.OCX สำหรับการทำงานกับระบบปฏิบัติการ 16 บิต และMSCOMM32.OCX สำหรับการทำงานกับระบบปฏิบัติ-การ 32 บิต สำหรับใน Visual BASIC เวอร์ชัน 5 จะมีเพียง MSCOMM32.OCX เท่านั้นเพราะถูกออกแบบมาให้ใช้งานกับระบบปฏิบัติการ 32 บิต

MSComm จัดเตรียมทางเลือกเอาไว้ 2 ทางเพื่อความสะดวกในการสื่อสารข้อมูล ทางแรกคือ การสื่อสารข้อมูลที่กระตุ้นด้วยเหตุการณ์ (event-driven communications) เป็นรูปแบบการใช้งานที่มีประสิทธิภาพมากสำหรับการตอบสนองแบบทันทีทันใด เช่น เมื่อตัวอักษรถูกส่งมาที่พอร์ตอนุกรมหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ขาData Carrier Detect (DCD) หรือขา Request To Send (RTS) เหตุการณ์ Oncomm ของ MSCommจะสามารถตรวจจับสัญญาณนั้นได้ทันที ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อคุณสมบัติ CommEvent ต่อไป ส่วนทางเลือกที่สองเป็นการคอยตรวจสอบค่าเหตุการณ์และความผิดพลาดที่เกิดขึ้นด้วยการดูค่าที่เปลี่ยนแปลงภายในคุณสมบัติ CommEvent หลังจากให้โปรแกรมทำงานในฟังก์ชั่นต่างๆ ไปเรียบร้อยแล้ว ซึ่งวิธีนี้ใช้งานได้ดีในกรณีที่โปรแกรมมีขนาดเล็ก

คอนโทรล MSComm1 ตัวสามารถควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรมได้1 พอร์ต ถ้าในโปรแกรมที่ใช้งานต้องการติดต่อกับพอร์ตอนุกรมมากกว่า 1 พอร์ตจะต้องใช้คอนโทรล MSComm มากกว่า 1 ตัว เพื่อควบคุมพอร์ตอนุกรมในแต่ละพอร์ต แอดเดรสของพอร์ตอนุกรมและแอดเดรสของการเกิดอินเตอร์-รัปต์สามารถเปลี่ยนแปลงได้จากการแก้ไขค่าที่ Control Panel ถึงแม้ว่า คอนโทรล MSComm จะมีคุณสมบัติ (property) มากมาย แต่สามารถทำความเข้าใจได้ไม่ยากดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CommPort

ใช้ในการกำหนดและอ่านค่าพอร์ตอนุกรมที่ติดต่ออยู่ (COM1, COM2, COM3, COM4)

รูปแบบการใช้งาน

object. CommPort [= value]

โดย Value เป็นค่าของพอร์ตอนุกรม ชนิดของข้อมูลเป็น Integer ค่า Value สามารถกำหนดได้ในช่วง 1-16 (ค่าเริ่มต้นกำหนดไว้ที่ 1) เมื่อมีการกำหนดค่าแล้วทำการเปิดพอร์ตโดยใช้คุณสมบัติ PortOpen แต่ว่าพอร์ตนั้นไม่มีอยู่ในระบบ MSComm จะสร้างสัญญาณแสดงข้อผิดพลาด error 68 ขึ้นมา ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ตัวนี้ไม่มีอยู่ในระบบ ดังนั้นการเขียนโปรแกรมจึงจำเป็นต้องกำหนดตำแหน่งของพอร์ตอนุกรมก่อนที่ใช้คำสั่ง OpenPort

Setting

ใช้ในการกำหนดและอ่านค่าอัตราบอด,พาริตี้,จำนวนของบิตข้อมูล,จำนวนของบิตปิดท้าย

รูปแบบการใช้งาน

object. Settings [= value]

ค่า Value มีชนิดข้อมูลเป็นแบบ String มีรูปแบบเป็น "BBBB,P,D,S" โดย BBBB เป็นค่าอัตราบอด,P เป็นค่าพาริตี้, D เป็นจำนวนของบิตข้อมูลและ S เป็นจำนวนของบิตปิดท้ายปกติแล้วค่านี้ถูกกำหนดไว้เป็น "9600,N,8,1"

ค่าบอดเรตมาตรฐานที่ใช้กับ MSComm มีดังนี้

110 บิตต่อวินาที
300 บิตต่อวินาที
600 บิตต่อวินาที
1,200 บิตต่อวินาที
2,400 บิตต่อวินาที
9,600 บิตต่อวินาที (ค่าปกติ)
14,400 บิตต่อวินาที
19,200 บิตต่อวินาที
28,800 บิตต่อวินาที
38,400 บิตต่อวินาที (สงวน)
56,000 บิตต่อวินาที (สงวน)
128,000 บิตต่อวินาที (สงวน)
256,000 บิตต่อวินาที (สงวน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับค่ามาตรฐานในการกำหนดค่าพาริตี้มีดังนี้

สัญลักษณ์	รายละเอียด
E	พาริตี้คู่ (Even)
M	ลอจิก "1" (MARK)
N	ไม่ใช้ (ค่าปกติ)
O	พาริตี้คี่ (Odd)
S	ลอจิก "0" (Space)

ค่าที่ใช้ในการกำหนดจำนวนบิตมี 5 ค่าคือ 4,5,6,7 และ 8 (เป็นค่าปกติ)

ค่าที่ระบุจำนวนบิตปิดท้ายมี 3 ค่าคือ 1 (เป็นค่าปกติ), 1.5 และ 2

ตัวอย่างการใช้งานคำสั่ง Settingsโดยจะเป็นการกำหนดค่าบอดเรตเท่ากับ 9600 ไม่มีพาริตี้จำนวนบิตข้อมูล 8 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต สามารถเขียนโปรแกรมได้ดังนี้

```
MSComm1. Settings = "9600,N,8,1"
```

หมายเหตุ สาเหตุที่ค่าที่กำหนดจะต้องอยู่ภายในเครื่องหมายคำพูด "" เนื่องจาก ค่าที่กำหนดนี้อยู่ในรูปตัวแปร String

PortOpen

ใช้ในการกำหนดและอ่านค่าสถานะของพอร์ตอนุกรม เพื่อเปิดและปิดพอร์ตอนุกรม

รูปแบบการใช้งาน

```
object. PortOpen  [ = value ]
```

ค่า Value มีชนิดข้อมูลเป็นแบบบูลีนคือ True กับ False โดย True หมายถึงการเปิดพอร์ตอนุกรม และ False หมายถึงการปิดพอร์ตอนุกรม สำหรับการปิดพอร์ตนั้นจะมีการเคลียร์บัฟเฟอร์รับข้อมูลและบัฟเฟอร์ส่งข้อมูลด้วย คอนโทรล MSComm จะปิดพอร์ตอนุกรมโดยอัตโนมัติเมื่อออกจากโปรแกรม ก่อนที่จะใช้คุณสมบัติ PorOpen ต้องตรวจสอบให้แน่ใจก่อนว่าคุณสมบัติ CommPort นั้นได้ทำการกำหนดตำแหน่งของพอร์ตอนุกรมไว้ถูกต้องหรือไม่ มิเช่นนั้น MSComm จะแสดงข้อผิดพลาด Error 68 แจ้งแก่ผู้ใช้งาน หรือถ้าพอร์ตอนุกรมนั้นถูกเปิดเอาไว้แล้ว โปรแกรมก็จะแจ้งข้อผิดพลาดออกมาเช่นเดียวกัน

ถ้าคุณสมบัติ DTREnable หรือ RTSEnable ถูกกำหนดให้เป็น True ก่อนที่จะทำการเปิดพอร์ต ค่าคุณสมบัติของ DTREnable หรือ RRSEnmable จะถูกเซตเป็น False หลังจากปิดพอร์ต แต่ถ้าเซตเป็น False หลังจากปิดโปรแกรมแล้ว ค่าที่กำหนดไว้จะเป็นค่าเดิม

ตัวอย่างการใช้คำสั่งเปิดพอร์ต เพื่อติดต่อสื่อสารกับพอร์ตอนุกรม COM1 และมีบอดเรต 9,600 บิตต่อวินาที ไม่มีพาริตี้ จำนวนบิตข้อมูล 8 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต มีดังนี้

```
MSComm1. Settings = "9600,n,8,1"
MSComm1. CommPort = 1
MSComm1. PortOpen = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Input

อ่านค่าและลบค่าขบวนข้อมูลจากบัฟเฟอร์ภาครับ

รูปแบบการใช้งาน

object.Input

คุณสมบัติ InputLen เป็นตัวกำหนดจำนวนของอักษรที่จะอ่านโดยคุณสมบัติ Input การกำหนดค่าให้InputLen เท่ากับ 0 เป็นการกำหนดให้คุณสมบัติ Input ทำการอ่านค่าข้อมูลในบัฟเฟอร์รับข้อมูลทั้งหมด

คุณสมบัติ InputMode เป็นตัวกำหนดชนิดของข้อมูลที่คุณสมบัติ Input รับเข้ามา ถ้า InputMode ถูกกำหนดเป็น comInputModeText คุณสมบัติ Input จะส่งค่าข้อมูลกลับมาในรูปแบบของข้อความชนิดข้อมูลเป็นแบบ Variant ถ้า InputMode กำหนดเป็น comInputModeBinary คุณสมบัติ Input จะส่งข้อมูลกลับมาในรูปของไบนารี่และชนิดข้อมูลเป็นแบบ Variant

ตัวอย่างโปรแกรมแสดงให้เห็นถึงวิธีในการรับข้อมูลจากบัฟเฟอร์รับข้อมูลทั้งหมด

```
Private Sub Command1_ Click()
Dim InString as String
    MSComm1. InputLen = 0                ' Retrieve all available data.
    If MsComm1. InBufferCount Then       ' Check for data.
      InString = MSComm1. Input                  ' Read data.
    End If
End Sub
```

InBufferCount

ส่งค่าจำนวนของตัวอักษรที่อยู่ในบัฟเฟอร์ภาครับ

รูปแบบการใช้งานคำสั่ง

object.InBufferCount [= value]

คำสั่ง InBufferCount จะแสดงค่าจำนวนของตัวอักษรซึ่งรับมาจากภายนอกและยังเก็บอยู่ในบัฟเฟอร์ภาครับ เพื่อให้ผู้ใช้งานอ่านค่าออกไป สำหรับการเคลียร์ค่าบัฟเฟอร์ภาครับทำได้โดยกำหนดให้ InBufferCount มีค่าเป็น 0

หมายเหตุ อย่าสับสนระหว่างคำสั่ง InBufferSize และ InBufferCount คำสั่ง InBufferSize นั้นใช้เพื่อกำหนดขนาดของบัฟเฟอร์ภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

InBufferSize

กำหนดและคืนค่าขนาดของบัฟเฟอร์ภาครับในหน่วยเป็นไบต์

รูปแบบการใช้งานคำสั่ง

object.InBufferSize [= value]

คำสั่งInBufferSizeใช้เพื่อกำหนดขนาดของบัฟเฟอร์ภาครับโดยค่าเริ่มต้นถูกกำหนดไว้ที่ 1,024 ไบต์

หมายเหตุ การกำหนดค่าบัฟเฟอร์ภาครับขนาดใหญ่จะทำให้หน่วยความจำที่เหลือสำหรับการใช้งานส่วนอื่นๆจะเหลือน้อยอย่างไรก็ตามการกำหนดค่าบัฟเฟอร์ภาครับที่น้อยเกินไปจะทำให้เกิดการโอเวอร์โฟลวหรือข้อมูลล้นบัฟเฟอร์เว้นแต่จะมีการใช้แฮนด์เช็ก ดังนั้นค่าปานกลางที่เหมาะสมก็คือค่า 1,024 ซึ่งเป็นค่าเริ่มต้นนั่นเอง แต่ถ้าโปรแกรมมีการเกิดโอเวอร์โฟลวแล้วจึงค่อยปรับเพิ่มค่าขนาดของบัฟเฟอร์ให้มีค่ามากขึ้น

InputLen

กำหนดค่าและคืนค่าจำนวนของตัวอักษรที่อ่านจากบัฟเฟอร์ภาครับ

รูปแบบการใช้งานคำสั่ง

object . InputLen [= value]

ค่าเริ่มต้นของคุณสมบัติ InputLen มีค่าเท่ากับ “0” การกำหนดค่าเท่ากับ “0” จะทำให้คำสั่ง Input ของ MSComm อ่านค่าข้อมูลที่อยู่ภายในบัฟเฟอร์ภาครับทั้งหมด

ถ้าไม่มีข้อมูลอยู่ในบัฟเฟอร์ภาครับมากเท่ากับจำนวน InputLen คำสั่ง Input จะส่งค่าว่าง (“”) กลับออกมา ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบข้อมูลในบัฟเฟอร์ภาครับได้โดยใช้คุณสมบัติ InBufferCount โดยกำหนดให้มีข้อมูลอยู่ในบัฟเฟอร์ภาครับก่อนแล้วจึงค่อยอ่านข้อมูลจากบัฟเฟอร์ภาครับ

คุณสมบัตินี้มักใช้กับการอ่านค่าข้อมูลจากเครื่องมือหรือเครื่องจักรที่มีการกำหนดค่าขนาดความยาวของข้อมูลเอาไว้แล้ว

ตัวอย่างโปรแกรมการอ่านค่าตัวอักษรออกมา 10 ตัวอักษร

```
Private  Command1 _ Click ()
Dim CommData as String
    MSComm1. InputLen = 10                  ‘ Specify a 10 character block of data.
    CommData = MSComm1. Input               ‘ Read data.
End Sub
```

InputMode

กำหนดค่าและคืนค่าชนิดของข้อมูลที่รับโดยคำสั่ง Input

รูปแบบการใช้งานคำสั่ง

object. InputMode [= value]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติ InputMode ใช้กำหนดว่าข้อมูลชนิดไหนที่รับเข้ามาผ่านคำสั่ง Input โดยข้อมูลจะเลือกได้ 2 ประเภทคือ

comInputModeText สำหรับข้อมูลที่อยู่ในรูปข้อความตัวอักษรตามมาตรฐาน ANSI โดยจะต้องกำหนดค่าเป็น "0" และค่าเริ่มต้นของการรับค่าข้อมูลก็จะเป็นค่านี้

comInputModeBinary สำหรับข้อมูลอื่นๆ ซึ่งจะเก็บในรูปไบนารี่รวมกันอยู่เป็นไบต์ข้อมูล

ตัวอย่างการใช้งาน InputMode ต่อไปนี้จะทำการอ่านค่าข้อมูล 10 ไบต์จากพอร์ตอนุกรมและเก็บข้อมูลไว้ในตัวแปรแบบอาเรย์ ชนิดข้อมูลเป็นแบบไบต์

```
Private Sub Command1_Click ()
Dim Buffer as Variant
Dim Arr () as Byte
    MsComm1. CommPort = 1 ' Set and open port
    MsComm1. PortOpen = True
    MSComm1.InputMode = comInputModeBinary  ' Set InputMode to read binary data
Do Until MsComm1. InBufferCount  < 10          ' Wait until 10 bytes are in theInput buffer
DoEvents
Loop
    Buffer = MSComm1. Input                          ' Store binary data in buffer
    Arr = Buffer                                          Assign to byte array for
                                                          processing
End Sub
```

Output

ใช้ในการส่งขบวนของข้อมูลไปยังบัฟเฟอร์ส่งข้อมูล

รูปแบบการใช้งาน

```
object. Output  [ = value ]
```

ค่า value เป็นค่าของตัวอักษรที่เขียนไปยังบัฟเฟอร์ส่งข้อมูล คุณสมบัติ Output สามารถใช้ในการส่งข้อมูลตัวอักษรหรือข้อมูลไบนารี่ก็ได้ โดยการส่งข้อมูลเป็นรูปแบบตัวอักษรจะต้องกำหนดข้อมูลเป็นแบบ Variant และมีข้อมูลภายในเป็นแบบString สำหรับการส่งข้อมูลไบนารี่จะต้องกำหนดชนิดของข้อมูลเป็นแบบ Variant และมีข้อมูลภายในเป็นแบบ Byte

ตัวอย่างโปรแกรมการส่งค่าที่ป้อนจากคีย์บอร์ดไปยังพอร์ตอนุกรม โดยใช้คุณสมบัติ Output

```
Private  Sub Form _ KeyPress  (KeyAscii As Integer)
Dim Buffer as Variant
    MsComm1. CommPort – 1                ' Use COM1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MsComm1. PortOpen = True                ' Open port
Buffer = Chr$ (KeyAscii)
MsComm1.Output = Buffer                 ' Send DATA
End Sub
```

OutBufferCount

คืนค่าจำนวนของข้อมูลตัวอักษรที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์ภาคส่ง และสามารถใช้คำสั่งนี้เพื่อเคลียร์บัฟเฟอร์ภาคส่งได้ด้วย

รูปแบบการใช้งานคำสั่ง

object. OutBufferCount [= value]

ผู้ใช้งานสามารถเคลียร์บัฟเฟอร์ภาคส่งได้โดยการกำหนดค่า OutBufferCount เท่ากับ "0"

หมายเหตุ ระวังการสับสนระหว่างคุณสมบัติOutBufferCountกับOutBufferSize ซึ่ง OutBufferSize ใช้เพื่อกำหนดขนาดของบัฟเฟอร์ภาคส่ง

OutBufferSize

กำหนดค่าและคืนค่าขนาดของบัฟเฟอร์ภาคส่ง ชนิดตัวแปรเป็นแบบไบต์

รูปแบบการใช้งานคำสั่ง

object. OutBufferSize [= object]

คุณสมบัติ OutBufferSize ใช้สำหรับกำหนดขนาดของบัฟเฟอร์ภาคส่ง โดยค่าปกติที่ใช้งานจะมีค่าเท่ากับ 512 ไบต์

หมายเหตุ การกำหนดค่าบัฟเฟอร์ภาคส่งที่มากเกินไปจะทำให้ มีหน่วยความจำเหลือใช้งานน้อย แต่อย่างไรก็ตามถ้ากำหนดค่าน้อยเกินไป จะทำให้เกิดข้อมูลล้นบัฟเฟอร์ขึ้นได้ ยกเว้นจะมีการใช้ แฮนด์เช็ค วิธีการที่ถูกต้องในกำหนดค่าคือ ทดลองใช้ค่าเริ่มต้นคือค่า 512 ไบต์ดูก่อน ถ้าโปรแกรมทำงานแล้วเกิดการล้นของข้อมูลค่อยเพิ่มค่าของ OutBufferSize ให้มากขึ้น

ParityReplace

กำหนดและคืนค่าตัวอักษรที่วางแทนในตำแหน่งที่เกิดข้อผิดพลากจากพาริตี้

รูปแบบการใช้งานคำสั่ง

object.ParityReplace [= value]

บิตพาริตี้เป็นบิตที่ทางภาคส่งข้อมูลทำการส่งมาพร้อมกับข้อมูลเพื่อตรวจสอบข้อผิดพลาดของข้อมูล โดยเมื่อมีการใช้บิตพาริตี้ คอนโทรล MSCOM จะทำการบอกบิตทุกบิตที่มีค่าลอจิก "1" ในแต่ละไบต์และทำการตรวจสอบผลลัพธ์ว่าบิตที่อ่านได้นั้นมีจำนวนลอจิก "1" เป็นเลขคู่หรือคี่และตรงกับค่าที่กำหนดไว้แต่ต้นหรือไม่ ถ้าค่าที่นำมาบวกแล้วมีพาริตี้ไม่ตรงแสดงว่าการรับส่งข้อมูลผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับ ParityReplace นั้นกำหนดให้ใช้เครื่องหมาย (?) ไปวางไว้ที่ตำแหน่งที่เกิดพาริตี้ผิดพลาด ถ้ากำหนดค่าParityReplaceให้เป็นค่าว่าง("") จะเป็นการยกเลิกการใช้งาน ParityReplace และไม่มีการป้อนข้อมูลแทนเมื่อตรวจพบข้อผิดพลาด

ParityReplace ใช้ชนิดข้อมูลเป็นแบบสตริง แต่จะการกำหนด จะกำหนดได้เพียงไบต์เดียวเท่านั้น ซึ่งจะสามารถใช้ค่าใดๆ ก็ได้ที่เป็นโค้ด ANSI มีค่าอยู่ระหว่าง 0-255

DTREnable

ใช้ในการกำหนดสถานะลอจิกของขาData Terminal Ready(DTR) โดยสัญญาณของขาDTR จะส่งจากคอมพิวเตอร์ไปโมเด็มเพื่อแสดงว่าคอมพิวเตอร์พร้อมที่จะรับข้อมูลแล้วชนิดของข้อมูลเป็นแบบบูลีน

รูปแบบการใช้งาน

object . DTREnable [= value]

ค่า Value เป็นค่าสถานะ True หรือ False เพื่อกำหนดลอจิกของขา DTR ให้เป็น "0" หรือ "1" โดย

True หมายถึง ให้ขา DTR มีลอจิก "1"

False หมายถึง ให้ขา DTR มีลอจิก "0" (เป็นค่าปกติ)

หมายเหตุ เมื่อขา DTR ถูกกำหนดสถานะให้เป็น True ที่ขา DTR จะมีสถานะลอจิก "1" เมื่อทำการเปิดพอร์ตและจะมีสถานะเป็น "0" เมื่อมีการปิดพอร์ต เมื่อขา DTR ถูกกำหนดสถานะเป็น False ที่ขา DTR จะมีสถานะลอจิก "0" ตลอดเวลาไม่ว่าจะใช้คำสั่งเปิดพอร์ตหรือปิดพอร์ต

สำหรับการใช้งานกับโมเด็ม การทำให้ขา DTR เป็นลอจิก "0" จะเป็นการวางหูโทรศัพท์หรือยกเลิกการติดต่อ

RTSEnable

ใช้เพื่อกำหนดสถานะลอจิกให้ขา Request To Send (RTS) โดยขา RTS จะเป็นสัญญาณที่ส่งจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพื่อร้องขอส่งข้อมูล ชนิดของข้อมูลเป็นแบบ Boolean

รูปแบบการใช้งาน

object . RTSEnable [= value]

ค่า Value เป็นค่าสถานะ True หรือ False เพื่อกำหนดลอจิก "0" หรือ "1" ให้ขา RTS โดย

True หมายถึง ให้ขา RTS มีลอจิก "1"

False หมายถึง ให้ขา RTS มีลอจิก "0" (เป็นค่าปกติ)

หมายเหตุ เมื่อขา RTSEnable ถูกกำหนดให้เป็น True ขา RTS จะมีสถานะลอจิก "1" เมื่อเปิดพอร์ตและมีสถานะลอจิก "0" เมื่อปิดพอร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EOFEnable

ถ้าการกำหนดให้ MSComm รอสัญญาณแสดงส่วนท้ายสุดของไฟล์ (End of file : EOF) ระหว่างการรับอินพุตเข้ามา ถ้าพบสัญลักษณ์ EOF ภาคอินพุตจะหยุดรับข้อมูล และเหตุการณ์ OnComm จะถูกกระตุ้นให้ทำงาน คุณสมบัติ CommEvent จะมีค่าเท่ากับ 7 หรือ ComEvEOF

รูปแบบการใช้งาน

object . EOFEnable [= value]

โดย value เป็นค่าสถานะ True หรือ False เพื่ออีนาเบิลหรือดิสเอเบิลการทำงานของเหตุการณ์ OnComm เมื่อตรวจพบสัญลักษณ์ EOF โดย

True หมายถึง เหตุการณ์ OnComm จะถูกกระตุ้นให้ทำงานด้วย EOF

False หมายถึง เหตุการณ์ OnComm จะไม่ถูกกระตุ้นให้ทำงานด้วย EOF (เป็นค่าปกติ)

เมื่อ EOFEnable กำหนดให้เป็น False ส่วนควบคุมจะไม่มีการตรวจสอบสัญลักษณ์ EOF

CTSHolding

ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบการทำงานของขา Clear To Send (CTS) ได้ว่ามีสถานะลอจิก “0” หรือ “1” โดยค่าที่อ่านได้จะเป็นบูลีน True และ False ถ้าค่า CTSHolding เป็น Trueขา CTS จะมีสถานะลอจิกเป็น “1” ถ้าค่า CTSHolding เป็น False ขา CTS จะมีสถานะลอจิกเป็น “0”

รูปแบบการใช้งาน

object . CTSHolding

เมื่อขา CTS เป็นลอจิก “0” (CTSHolding = False) และเกิดไทม์เอาต์ คอนโทรล MSComm จะกำหนดให้คุณสมบัติ CommEvent มีค่าเป็น comEventCTSTO (Clear To Send Timeout) และกระตุ้นให้เกิดเหตุการณ์ OnComm

CDHolding

ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบการทำงานของขา Data Carrier Detect (DCD) ได้ว่ามีสถานะลอจิกเป็น “1” หรือ “0” โดยค่าที่อ่านได้จะเป็นบูลีน True และ False ถ้าค่า CDHolding เป็น True ขา DCD จะมีสถานะลอจิก “1” ถ้าค่า CDHolding เป็น False ขา DCD จะมีสถานะลอจิก “0”

รูปแบบการใช้งาน

object . CDHolding

เมื่อขา DCD มีลอจิก “1” (CDHolding = True) และเกิดไทม์เอาต์คอนโทรล MSComm จะกำหนดให้คุณสมบัติ CommEvent มีค่าเป็น comEventCDTO (Carrier Detect Timeout Error) และกระตุ้นให้เกิดเหตุการณ์ OnComm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DSRHolding

ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบการทำงานของขา DSR (DSR) ได้ว่ามีสถานะลอจิก "1" หรือ "0" โดยค่าที่อ่านได้จะเป็นบูลีน True และ False ถ้าค่า DSRHolding เป็น True ขา DSR จะมีสถานะลอจิก "1" ถ้าค่า DSRHolding เป็น False ขา DSR จะมีสถานะลอจิก "0"

รูปแบบการใช้งาน

object . DSRHolding

เมื่อขา DSR เป็นลอจิก "1" (DSRHolding =True) และเกิดไทม์เอาต์ คอนโทรล MSComm จะกำหนดให้คุณสมบัติ CommEvent มีค่าเป็น comEventDSRTO (Data Set Ready Timeout) และกระตุ้นให้เกิดเหตุการณ์ OnComm

Handshaking

กำหนดคุณสมบัติและคืนค่ารูปแบบแฮนด์เช็กทางฮาร์ดแวร์

รูปแบบการใช้งานคำสั่ง

object . Handshaking [= value]

ค่าตัวแปร Value ที่ใช้กำหนดค่ากำหนดได้ 4 รูปแบบด้วยกันคือ

1. comNone ค่าที่กำหนดคือ 0 เป็นการกำหนดให้ไม่มีการแฮนด์เช็ก (เป็นค่าเริ่มต้น)
2. comXOnXOff ค่าที่กำหนดคือ 1 เป็นการกำหนดให้ใช้แฮนด์เช็กแบบ XON/XOFF
3. comRTS ค่าที่กำหนดคือ 2 เป็นการกำหนดให้ใช้ขา RTS/CTS (Request To Send/Clear To Send)
4. comRTSXOnXOff ค่าที่กำหนดคือ 3 เป็นการกำหนดให้ใช้ทั้งแบบ Request To Send และ XON/XOFF

คุณสมบัติHandshaking ใช้เพื่อกำหนดรูปแบบการสื่อสารภายในระหว่างที่ข้อมูลถูกส่งไปยังบัฟเฟอร์ภาครับ เมื่อข้อมูลตัวอักษรถูกส่งมาถึงพอร์ตอนุกรม อุปกรณ์สื่อสารข้อมูลจะทำการย้ายข้อมูลไปยังบัฟเฟอร์ภาครับ เพื่อที่จะให้โปรแกรมสามารถอ่านค่าไปใช้งานได้ ถ้าไม่มีบัฟเฟอร์ภาครับโปรแกรมที่ใช้งานจะต้องทำการอ่านค่าข้อมูลโดยตรงจากฮาร์ดแวร์ของพอร์ตอนุกรม ซึ่งผู้ใช้งานจะเกิดปัญหาข้อมูลสูญหายได้ เนื่องจากว่าการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่ส่งเข้ามามีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

คุณสมบัติHandshaking ช่วยให้ผู้ใช้งานแน่ใจได้ว่าข้อมูลที่ได้รับมานั้นไม่มีการสูญหายเมื่อบัฟเฟอร์ภาครับที่รับข้อมูลนั้นเกิดข้อมูลล้นหรือโอเวอร์โฟลว(overflow) โดยใช้วิธีการตรวจสอบความพร้อมของบัฟเฟอร์ว่าพร้อมรับข้อมูลหรือไม่ก่อนที่จะส่งข้อมูลมาให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Break

ใช้ในการเซ็ตและเคลียร์ค่าสัญญาณ Break ชนิดของข้อมูลเป็นแบบ Boolean

รูปแบบการใช้งาน

object . break [= value]

โดย Value เป็นค่าบูลีน ถ้า Value = True หมายถึง การส่งสัญญาณ Break ออกไป ถ้า Value = False หมายถึงการเคลียร์สัญญาณ Break

เมื่อกำหนดให้สัญญาณ Break เป็น True จะเป็นการหยุดการส่งข้อมูลชั่วคราวจนกว่าจะมีการสั่งให้สัญญาณ Break เป็น False

ตัวอย่าง เป็นวิธีการส่งสัญญาณ Break ออกไปเป็นช่วงเวลาสั้น ๆ ที่ 1/10 ของวินาที

```
MSComm1.Break = True                ' Set the Break condition.
Duration ! = Timer + .1             ' Set duration to 1/10 second.
Do Until Timer > Duration!          ' Wait for the duration to pass.
Dummy = DoEvents ()
Loop
MSComm1. Break = False              ' Clear the Break condition.
```

เหตุการณ์ OnComm

เหตุการณ์ OnComm จะถูกสร้างขึ้นเมื่อค่าของคุณสมบัติ CommEvent มีการเปลี่ยนแปลงเพื่อแสดงผลการเปลี่ยนแปลงเหล่านั้นแบบทันทีทันใดหรือแสดงข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น ตัวอย่างโปรแกรมย่อย OnComm เพื่อนำเหตุการณ์ CommEvent มาแสดง

```
Private Sub MsComm _ OnComm ()
        Select Case MsComm1. CommEvent
        ' Handle each event or error by placing
        ' code below each case statement
        ' Errors
                Case comEventBreak          ' A Break was received.
                Case comEventCDTO           ' CD ZRLSD) Timeout.
                Case comEventCTSTO          ' CTS Timeout.
                Case comEventDSRTO          ' DSR Timeout.
                Case comEventFrame          ' Framing Error
                Case comEventOverrun        ' Data Lost.
                Case comEventRxOver         ' Receive buffer overflow.
                Case comEventRxParity       ' Parity Error.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Case comEventTxFull                 ' Transmit buffer full.
        ' Events
                Case  comEvCD       ' Change in the CD line.
                Case  comEvCTS      ' Change in the CTS line.
                Case  comEvDSR      ' Change in the DSR line.
                Case  comEvRing     ' Change in the Ring Indicator.
                Case  comEvReceive  ' Received RThreshold # of chars.
                Case  comEvSend     'SThreshold number in the'transmit  buffer.
                Case  comEvEof      ' An EOF charater was found in the input stream
        End Select
End Sub
```

ค่าคงที่คุณสมบัติของคอนโทรล MSComm

ค่าคงที่สำหรับคุณสมบัติ Handshake

ค่าคงที่	ค่า	รายละเอียด
comNone	0	ไม่ใช่การตรวจสอบแฮนด์เชก
comXonXoff	1	ใช้การตรวจสอบแฮนด์เชกแบบ Xon/Xoff
comRTS	2	ใช้การตรวจสอบแฮนด์เชกผ่านทางขา RTS และ CTS
comRTSXOnXOff	3	กำหนดการตรวจสอบแฮนด์เชกทั้งแบบ RTS, CTS และ Xon/Xoff

ค่าคงที่สำหรับคุณสมบัติ OnComm

ค่าคงที่	ค่า	รายละเอียด
comEvSend	1	ส่งค่าเหตุการณ์ (send event)
comEvReceive	2	รับค่าเหตุการณ์ (receive event)
comEvCTS	3	มีการเปลี่ยนแปลงที่ขา CTS
comEvDSR	4	มีการเปลี่ยนแปลงที่ขา DSR
comEvCD	5	มีการเปลี่ยนแปลงที่ขา DCD
comEvRing	6	ตรวจจับสัญญาณกระดิ่งของโทรศัพท์
comEvEOF	7	ตรวจพบตำแหน่งท้ายสุดของไฟล์ (End of file)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าคงที่สำหรับคุณสมบัติ Error

ค่าคงที่	ค่า	รายละเอียด
comEventBreak	1001	ได้รับสัญญาณ Break
comEventCTSTO	1002	ขา CTS เกิดไทม์เอาต์
comEventDSRTO	1003	ขา DSR เกิดไทม์เอาต์
comEventFrame	1004	เกิดข้อผิดพลาดที่เฟรมข้อมูล (framing error)
comEventOverrun	1006	พอร์ตอนุกรมเกิดโอเวอร์รัน (Port overrun)
comEventCDTO	1007	ขา DCD เกิดไทม์เอาต์
comEventRxOver	1008	บัฟเฟอร์รับข้อมูลเกิดโอเวอร์โฟลว
comEventRxParity	1009	เกิดข้อผิดพลาดที่พาริตี้ (Parity error)
comEventTxFull	1010	บัฟเฟอร์ส่งข้อมูลเต็ม

ค่าคงที่สำหรับคุณสมบัติ InputMode

ค่าคงที่	ค่า	รายละเอียด
comInputModeText	0	ข้อมูลที่รับมีคุณสมบัติเป็นข้อความ (ค่าปกติ)
cominputModeBinary	1	ข้อมูลที่รับเข้ามาเป็นข้อมูลไบนารี่

การใช้ MSComm เพื่อการติดต่อฮาร์แวร์

จากรายละเอียดของ MSComm ที่กล่าวไปตอนต้นนั้น จะเห็นได้ว่าวิธีการที่จะอ่านค่าหรือเขียนค่าไปยังขาสถานะและขาควบคุมของพอร์ตอนุกรมสามารถทำได้ง่ายดายมาก โดยใช้คำสั่งเหล่านี้

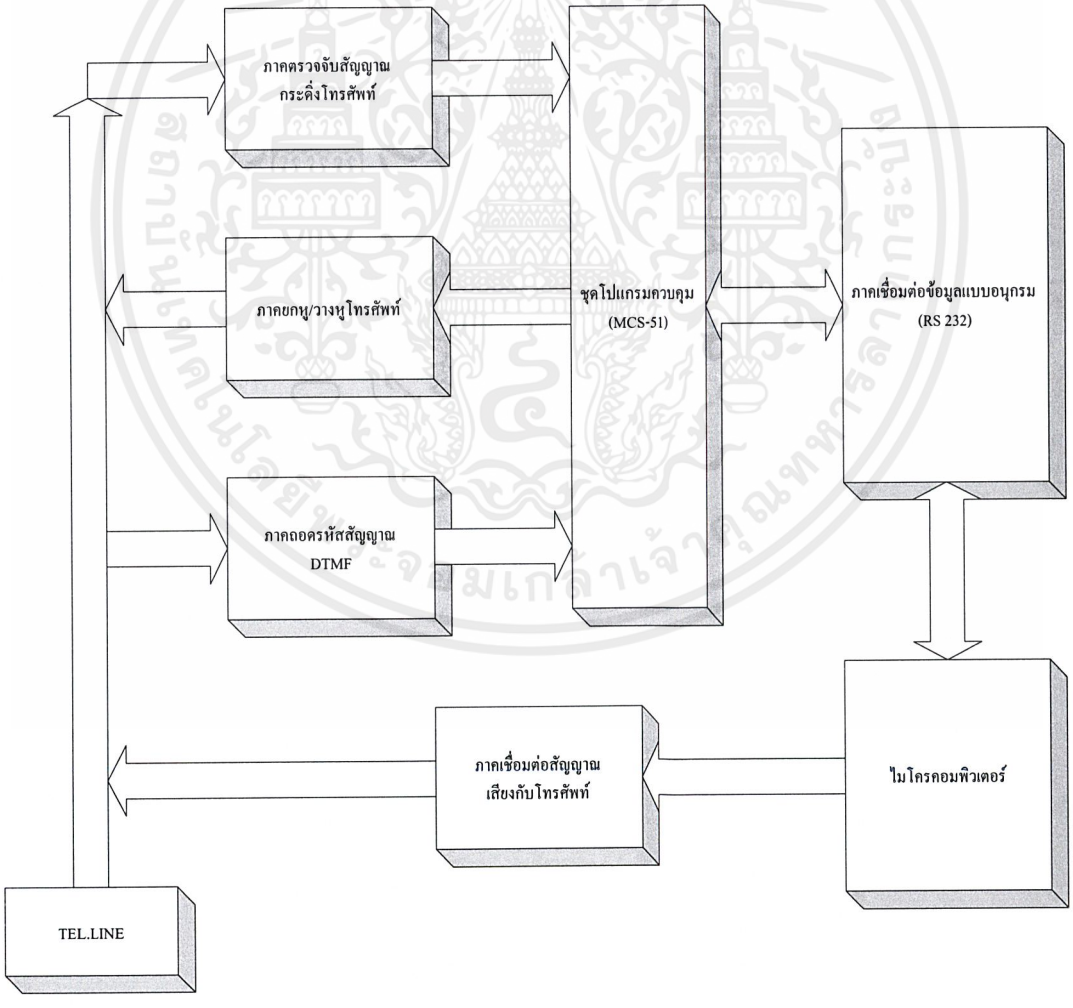
DTREnable	สำหรับสั่งให้ขา DTR มีลอจิก “0” หรือ “1”
RTSEnable	สำหรับสั่งให้ขา RTS มีลอจิก “0” หรือ “1”
CTSHolding	สำหรับอ่านค่าสถานะจากขา CTS ว่ามีลอจิก “0” หรือ “1”
CDHolding	สำหรับอ่านค่าสถานะจากขา DCD ว่ามีลอจิก “0” หรือ “1”
DSRHolding	สำหรับอ่านค่าสถานะจากขา DSR ว่ามีลอจิก “0” หรือ “1”
Break	สำหรับการสั่งให้ขา Txd มีลอจิก “0” หรือ “1”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง

3.1 ศึกษารูปแบบของโครงงาน

หลักการเบื้องต้น เริ่มจากการที่มีผู้ใช้บริการทำการหมุนหมายเลขโทรศัพท์มายังเลขหมายที่ตัวโครงงานประจำอยู่ เมื่อตัวเครื่องได้รับสัญญาณเรียกก็จะมีระบบเสียงตอบรับให้ทำการกดรหัสประจำตัวนักศึกษาจากนั้นผู้ใช้บริการก็สามารถทำการกดปุ่มที่ตัวเครื่องโทรศัพท์เพื่อเลือกรายวิชา ซึ่งทำงานด้วยตัวตรวจสอบสัญญาณการกดปุ่มโดยใช้ ไอซี MT8870 จากนั้นจะนำหมายเลขที่ได้จากการกดปุ่มที่ตัวเครื่องโทรศัพท์มาทำการเปิดแฟ้มฐานข้อมูลของนักศึกษา โดยลักษณะการตรวจสอบผลการเรียนของแต่ละรายวิชาจะใช้รหัสของแต่ละวิชาเป็นรหัสผ่านเป็นตัวกำหนดวิชาที่ต้องการจะตรวจสอบ โดยมีโปรแรมควบคุมการทำงานแล้วจะส่งสัญญาณเสียงตอบกลับไปในสายโทรศัพท์ที่ความถี่ย่าน 300-3400 เฮิรตซ์ โดยพิจารณาได้จากรูปที่ 3.1.1



รูปที่ 3.1.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมทำงาน

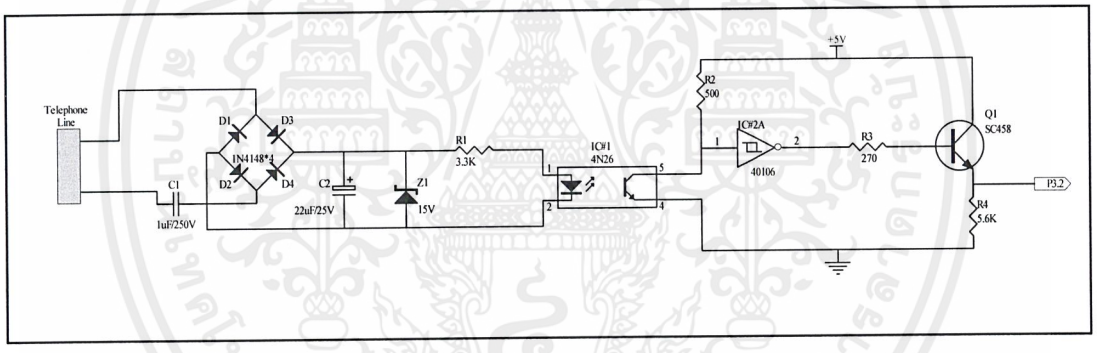
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบทางฮาร์ดแวร์ (Hardware)

3.2.1 วงจรภาคตรวจสอบสัญญาณกระดิ่งโทรศัพท์

วัตถุประสงค์ การสร้างภาคตรวจสอบสอบสัญญาณกระดิ่งโทรศัพท์เพื่อที่ว่าเวลามีการเรียกเข้ามาที่คู่สายโทรศัพท์ที่ตัวโครงงานประจำอยู่ (มีสัญญาณ Ringing) แล้วส่งสัญญาณนี้ให้อินพุตภาคตรวจสอบสัญญาณกระดิ่งโทรศัพท์มีสัญญาณระดับสูง (Active High) ส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

การออกแบบ ในการออกแบบนั้นเมื่อสัญญาณเรียกเข้ามา โดยจะทราบแล้วว่าสัญญาณเรียกเข้า (Ringing) เป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับมีค่าแรงดันประมาณ 75-110 โวลต์ และมีความถี่ประมาณ 18-25 เฮิรตซ์ ดังนั้นจึงต้องทำการแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยใช้วงจรเรียงกระแส ซึ่งในโครงงานนี้เลือกใช้วงจรแบบบริดจ์ในการแปลงสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้ไดโอด 1N4148 เชื่อมต่อกับคู่สายโทรศัพท์ โดยมีตัวเก็บประจุ 1 ไมโครฟารัด 250 โวลต์ ต่อไว้เพื่อป้องกันไฟฟ้ากระแสตรงจากคู่สายโทรศัพท์ ต่อจากวงจรภาคเรียงกระแสจะส่งเข้าจำกัดสัญญาณและรักษาระดับแรงดันโดยซีเนอร์ไดโอด 15 โวลต์ ผ่านตัวต้านทานแบ่งแรงดันให้กับไอซี 4N26 ซึ่งเป็นอุปกรณ์โฟโต้ทรานซิสเตอร์ โดยมีทรานซิสเตอร์ SC458 ต่อเป็นภาคขับแบบสภาวะสูงให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่ P3.2 ต่อไป ดังรูปวงจรในรูปที่ 3.2.1



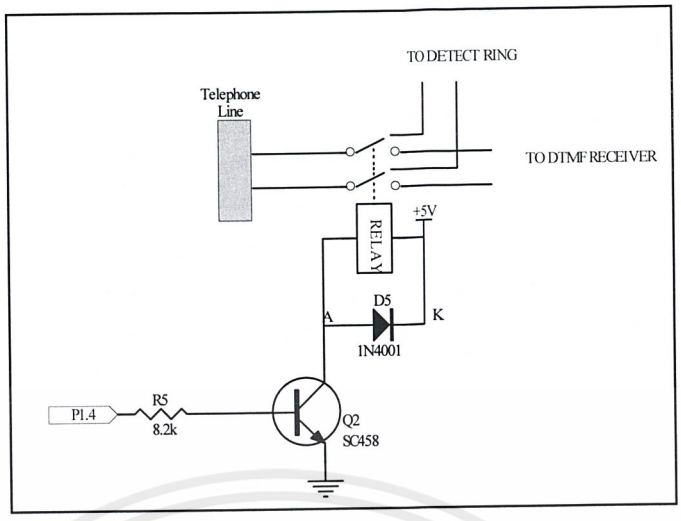
รูปที่ 3.2.1 แสดงวงจรภาคตรวจสอบสัญญาณกระดิ่งโทรศัพท์

3.2.2 วงจรภาคยกหูและวางหูโทรศัพท์

วัตถุประสงค์ ในการออกแบบวงจรภาคยกหูและวางหูโทรศัพท์นั้น เพราะต้องการให้ระบบของโครงงานที่ออกแบบสามารถเชื่อมต่อเข้ากับคู่สายโทรศัพท์ได้เอง เมื่อได้รับสัญญาณเรียกเข้ามาจากคู่สายโทรศัพท์

การออกแบบ ในการส่งให้ทำการยกหูนั้นจะควบคุมโดยหน้าสัมผัสของรีเลย์ (Relay) โดยขดลวดของรีเลย์ รับสัญญาณควบคุมจาก P1.4 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยมีทรานซิสเตอร์ SC458 ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์ตัดต่อแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ให้กับรีเลย์โดยหน้าสัมผัสของรีเลย์นั้นต่อกับแมทชิ่งทรานฟอร์เมอร์ (Transformer Matching) 600 โอห์ม ซึ่งส่งต่อให้กับภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF ต่อไป ดังรูปที่ 3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

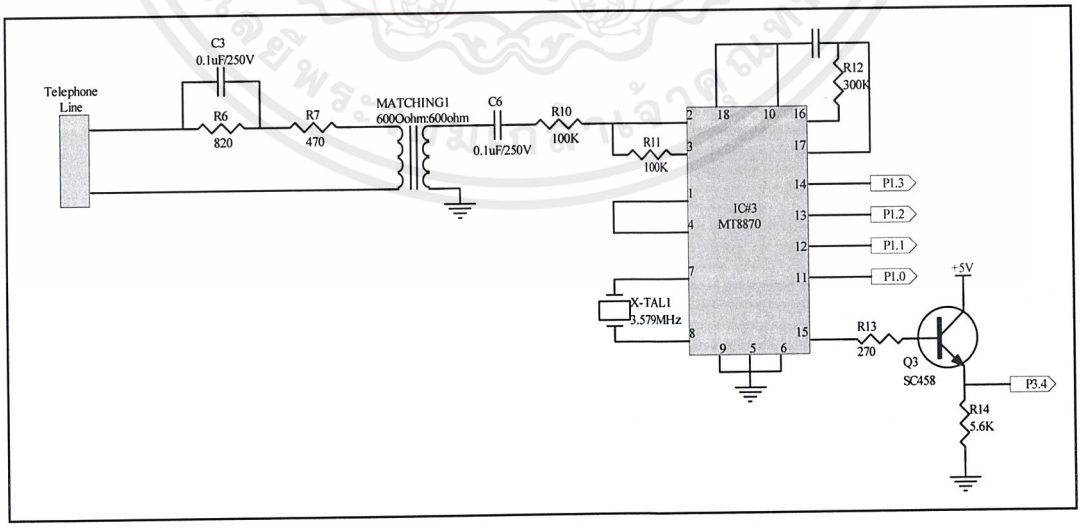


รูปที่ 3.2.2 แสดงวงจรภาคยกหูวางหูโทรศัพท์

3.2.3 วงจรภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF

วัตถุประสงค์ เพื่อทำการถอดรหัสสัญญาณที่รับมาจากคู่สายโทรศัพท์ กรณีผู้ใช้บริการทำการกดหมายเลขโทรศัพท์หมายเลขใดเข้ามาจากเครื่องโทรศัพท์แบบกดปุ่ม

การออกแบบ วงจรภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF จะเลือกไอซี MT 8870 เป็นไอซีสำเร็จรูปที่มีให้กันอยู่แพร่หลาย และมีการต่อใช้งานที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน สำหรับวงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF นั้น เมื่อมีผู้ใช้บริการกดหมายเลขเข้ามา สัญญาณความถี่สองความถี่ที่ผสมกันมาจะเข้าสู่วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF เมื่อถอดรหัสแล้วจะได้เอาต์พุตออกเป็นรหัสไบนารี่ 4 บิต พร้อมทั้งบิตควบคุมการกดปุ่ม (Std) ส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ประมวลผลต่อไปดังวงจรในรูปที่ 3.2.3

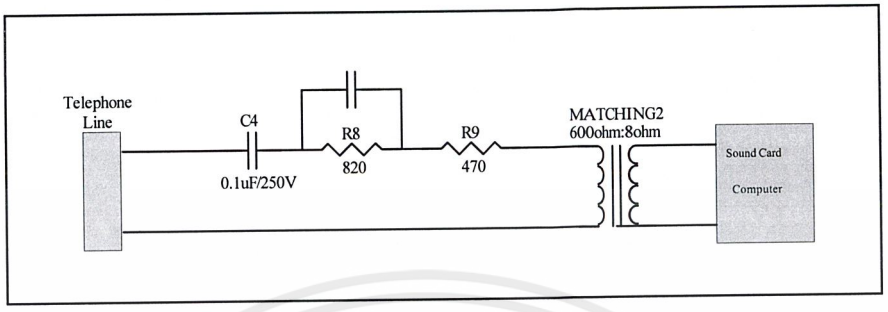


รูปที่ 3.2.3 แสดงวงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 วงจรภาคเชื่อมต่อข้อมูลไมโครคอมพิวเตอร์กับโทรศัพท์

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ไมโครคอมพิวเตอร์ติดต่อส่งเสียงตอบรับจากไมโครคอมพิวเตอร์ให้กับผู้ใช้บริการสอบถามข้อมูลทางโทรศัพท์ผ่านทางคู่สายโทรศัพท์ การออกแบบจะใช้แมทชิ่งทรานฟอร์เมอร์ 600 โอห์ม ดังรูป 3.2.4

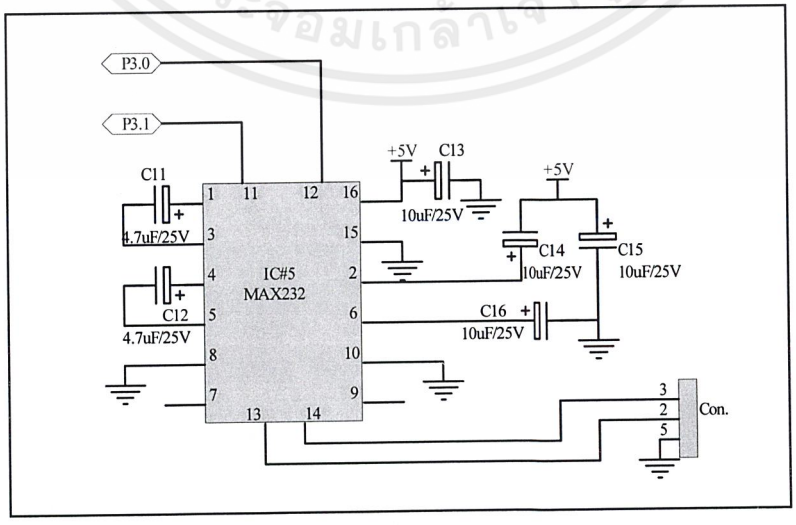


รูปที่ 3.2.4 แสดงวงจรภาคเชื่อมต่อข้อมูลไมโครคอมพิวเตอร์กับโทรศัพท์

3.2.5 วงจรภาคเชื่อมต่อข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์กับไมโครคอมพิวเตอร์

วัตถุประสงค์ เพื่อให้โครงงานในส่วนของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สามารถเชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ได้เพื่อทำการค้นหาข้อมูลในฐานข้อมูล แล้วตอบรับเป็นสัญญาณเสียงกลับไปยังผู้ใช้บริการต่อไป

การออกแบบ เนื่องจากในการเชื่อมต่อแบบอนุกรมเข้ากับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ และการแทนความหมายของระดับลอจิกตามมาตรฐานนี้แตกต่างไปจากที่ใช้งานกันในระบบดิจิตอลทั่วไป โดยระดับสัญญาณของ RS-232C เป็นแบบไบโพลาร์ (Bipolar) ระดับแรงดันไฟฟ้าทางด้านลบช่วง -3 โวลต์ ถึง -15 โวลต์ แทนค่าลอจิก 1 และ แรงดันไฟฟ้าทางด้านบวกช่วง +3 โวลย์ ถึง +15 โวลต์ แทนค่าลอจิก 0 ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเพิ่มเติมอุปกรณ์หรือวงจรพิเศษเข้าไป เพื่อเปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าจากระบบ 0 โวลต์ ถึง +5 โวลต์ จากขาสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นระดับแรงดันไฟฟ้าที่สูงกว่าค่ำ +3.0 โวลต์ หรือต่ำกว่า -3.0 โวลต์ ก่อนที่จะทำการส่งออกไปในสายนำสัญญาณต่อไปยังเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์โดยใช้ไอซี MAX232 ดังรูปที่ 3.2.5



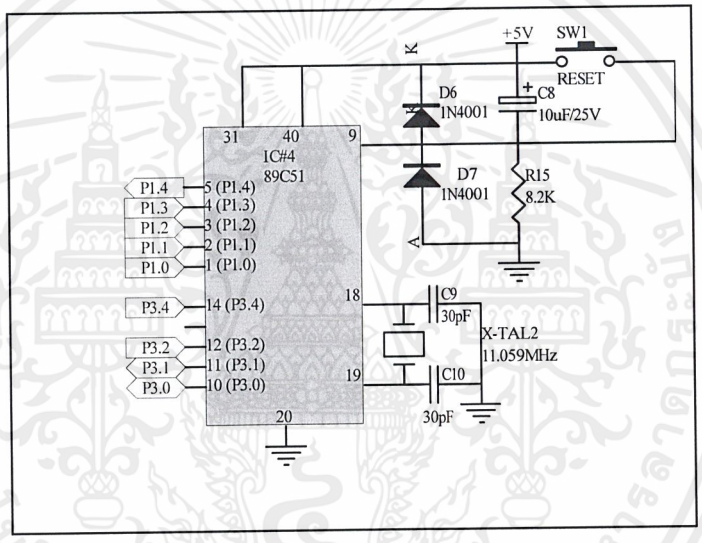
รูปที่ 3.2.5 แสดงวงจรภาคเชื่อมต่อข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์กับไมโครคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 วงจรภาคควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานหลักในส่วนของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ตั้งแต่การสั่งทำการยกหูวางหูโทรศัพท์ผู้ใช้บริการ ถอดรหัสสัญญาณไปนาริ่ที่ได้จากภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF เป็นเลขฐานสิบก่อนส่งต่อไปยังภาคเชื่อมโยงข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์กับไมโครคอมพิวเตอร์

การออกแบบ วงจรภาคนี้จะเป็นตัวควบคุมหลักของโครงงาน ซึ่งใช้ไอซี AT89C51 เป็นตัวควบคุม เริ่มตั้งแต่รับสัญญาณพัลส์ที่มาจากวงจรภาคตรวจสอบสัญญาณกระดิ่งที่ P3.2 นับสัญญาณพัลส์ให้ได้ประมาณ 2 พัลส์ แล้วส่งลอจิก "1" ให้วงจรภาคยกหูวางหูโทรศัพท์ทำการยกหูโทรศัพท์ออกที่ P1.4 รวมทั้งรอรับเลขไบนาริ่ 4 บิต จากภาคถอดสัญญาณ DTMF ที่ P1.0-P1.3 สัญญาณจับการกดปุ่ม (Std) ที่ P3.4 ทำการประมวลผลและส่งต่อไปยังภาคเชื่อมโยงข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์กับไมโครคอมพิวเตอร์ที่ขา 11,12 ของ ไอซี MAX232 ทาง P3.0,P3.1 ดังรูปที่ 3.2.6



รูปที่ 3.2.6 วงจรภาคควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

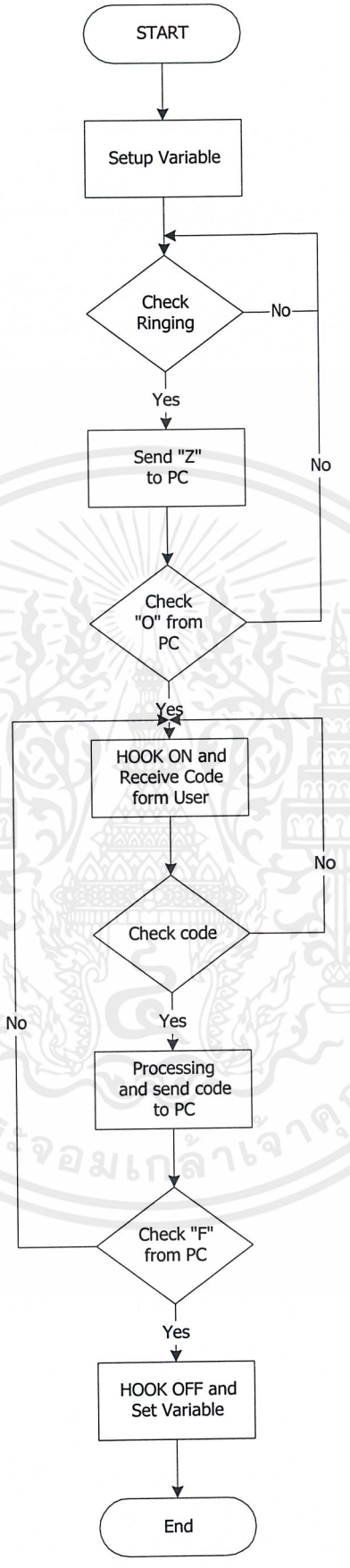
3.3 การออกแบบทางซอฟแวร์

ในการออกแบบโปรแกรมแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ในการออกแบบในส่วนของโปรแกรมควบคุมระบบโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และในส่วนการจัดการฐานข้อมูล (Data Base) ซึ่งเขียนโดยใช้ Visual Basic 6

3.3.1 การออกแบบการทำงานของภาคควบคุมระบบ (MCS-51)

การทำงานของส่วนควบคุมระบบจะเริ่มต้นจากการรอรับสัญญาณ Ringing จากคู่สายโทรศัพท์(ขา P3.2) ที่ผู้ใช้เรียกเข้ามายังเบอร์ของโครงงานที่กำหนดไว้ และส่งสัญญาณไปยังไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อบอกให้ทราบว่ามีสัญญาณเข้ามา และในขณะเดียวกันก็จะรอสัญญาณให้ทำการ HOOK ON ที่จะส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ และจะส่งสัญญาณ HOOK ON (ขา P1.4) ไปทำการต่อคู่สายเพื่อให้ระบบทำงานตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

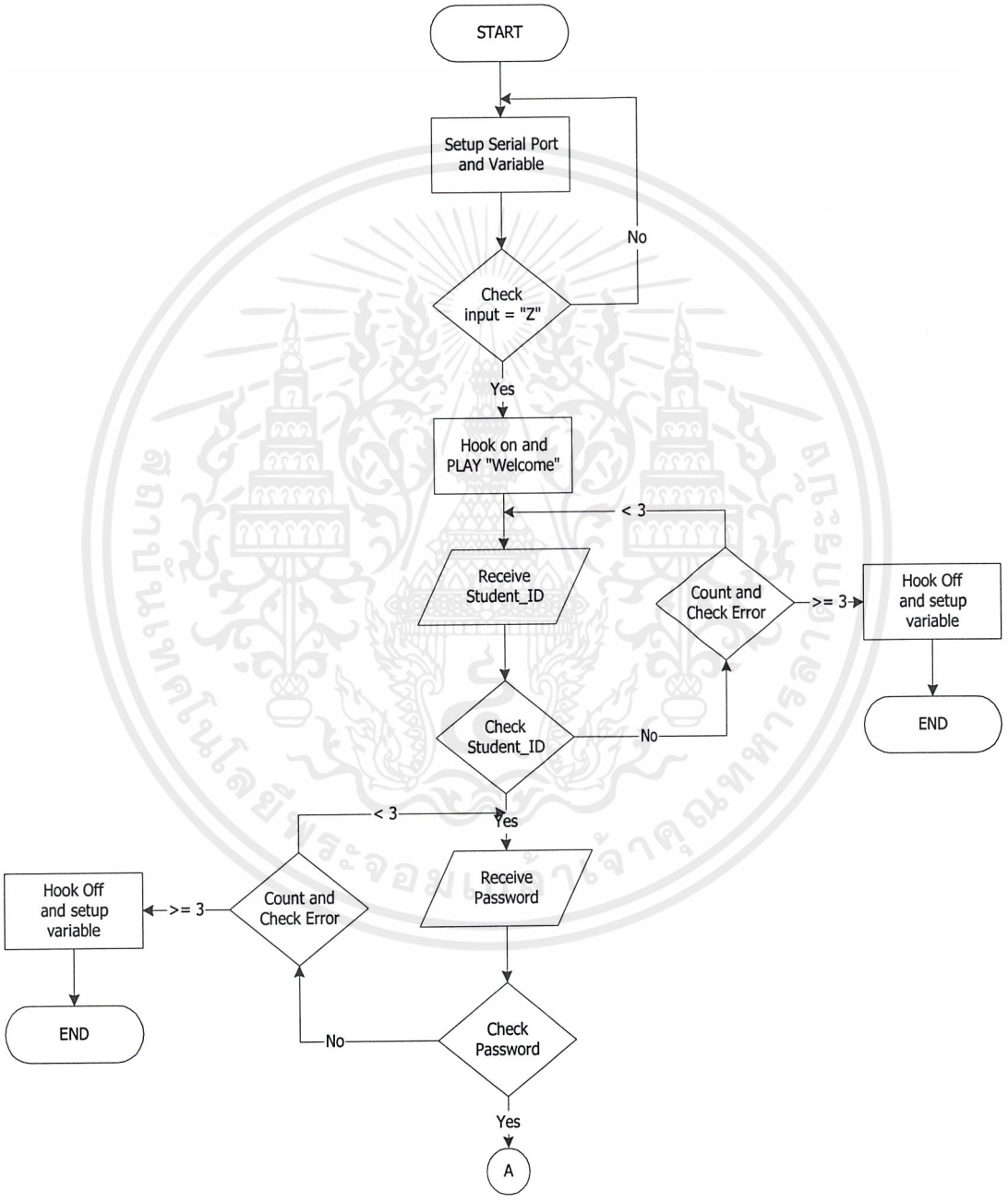


รูปที่ 3.3.1 แสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุม (MCS-51)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

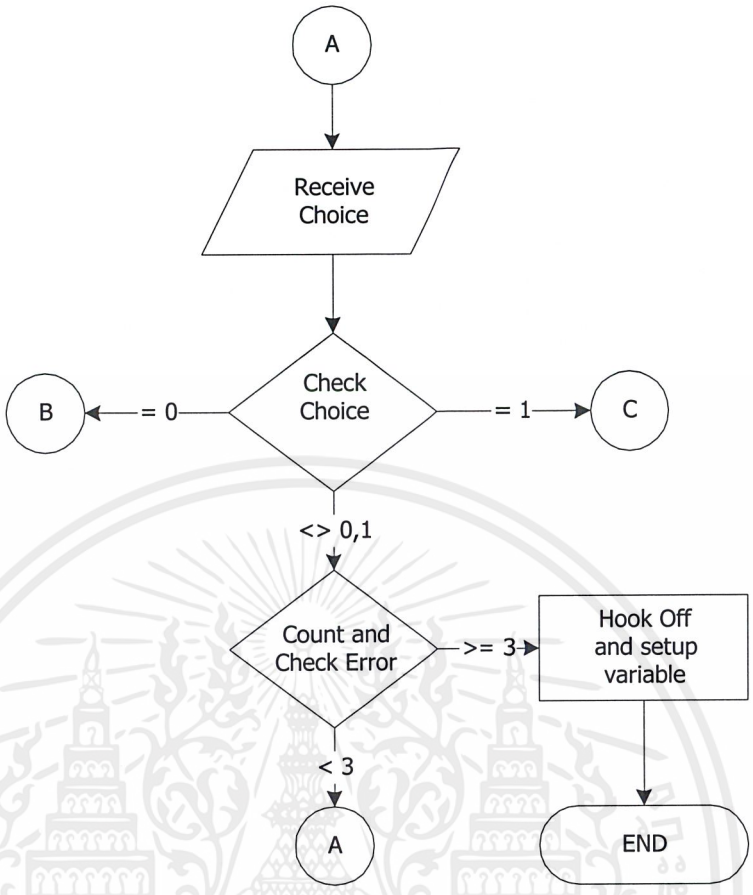
3.3.2 การออกแบบโปรแกรมของไมโครคอมพิวเตอร์โดยใช้ Visual Basic 6

การทำงานจะเริ่มต้นจากการได้รับ "Z" จากไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นจะสั่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการ Hook On จากนั้นจะเริ่มทำการรับค่า input การกดหมายเลขต่าง ๆ ของ User แล้วทำงานต่าง ๆ ตามที่ได้ออกแบบไว้ ตาม iput ที่ได้จาก User จนกระทั่ง User ออกจากการทำงานก็จะทำการสั่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์Hook Off



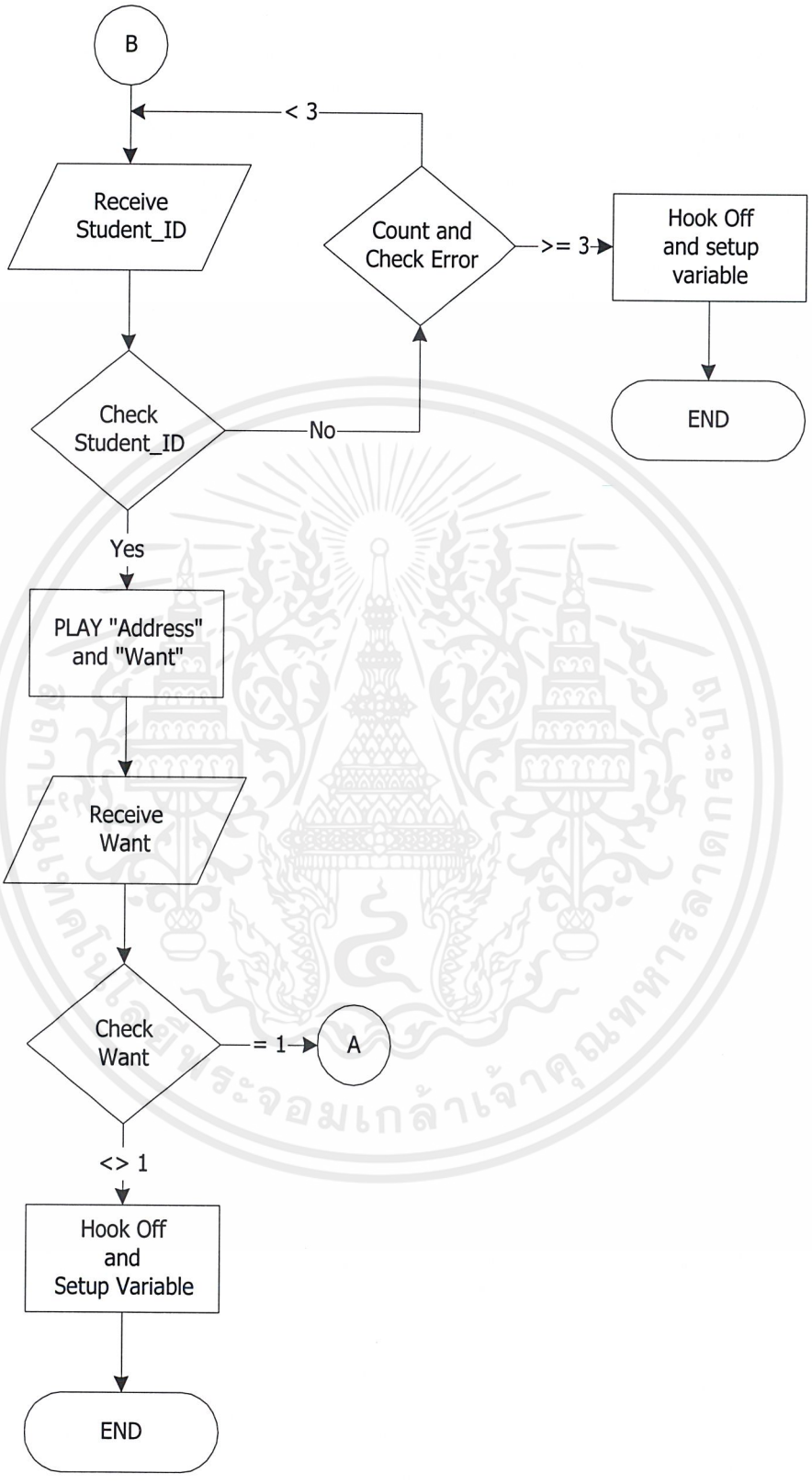
รูปที่ 3.3.2 แสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Visual Basic 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



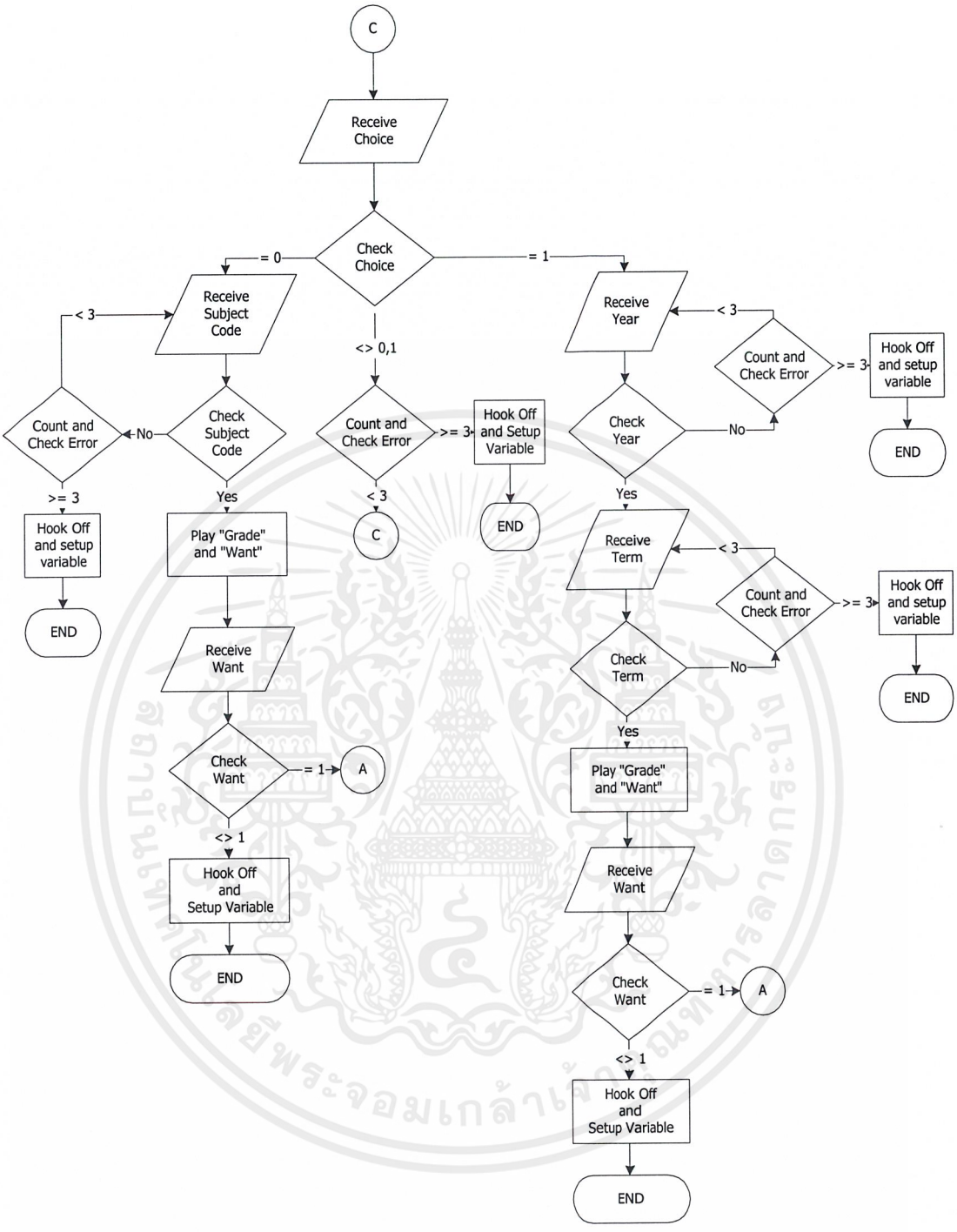
รูปที่ 3.3.3 แสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Visual Basic 6 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3.4 แสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Visual Basic 6 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



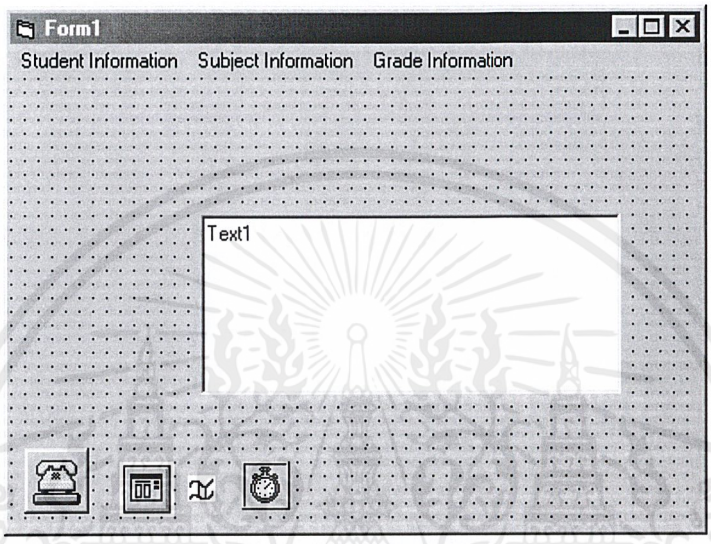
รูปที่ 3.3.5 แสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Visual Basic 6 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

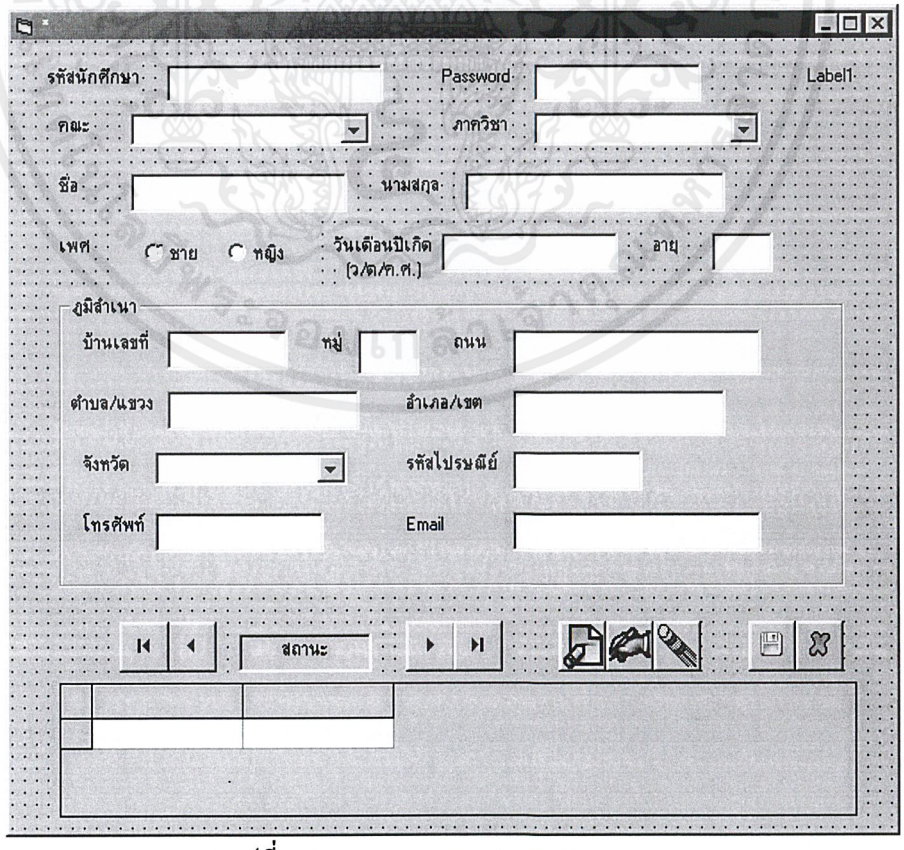
3.3.3 การออกแบบ FORM ต่างๆ ในVisual Basic 6

FORM ต่างๆ ใน Visual Basic 6 มีดังนี้.

1. Form Main
2. Form Student
3. Form Subject
4. Form Grade

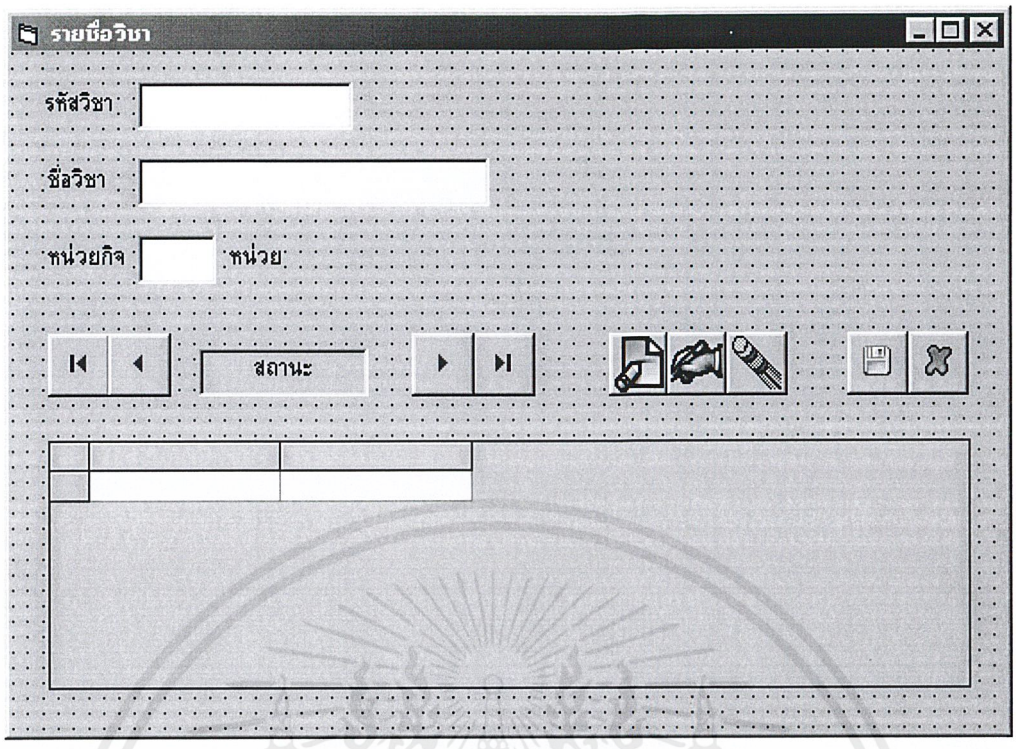


รูปที่ 3.3.6 แสดง FORM frmMain

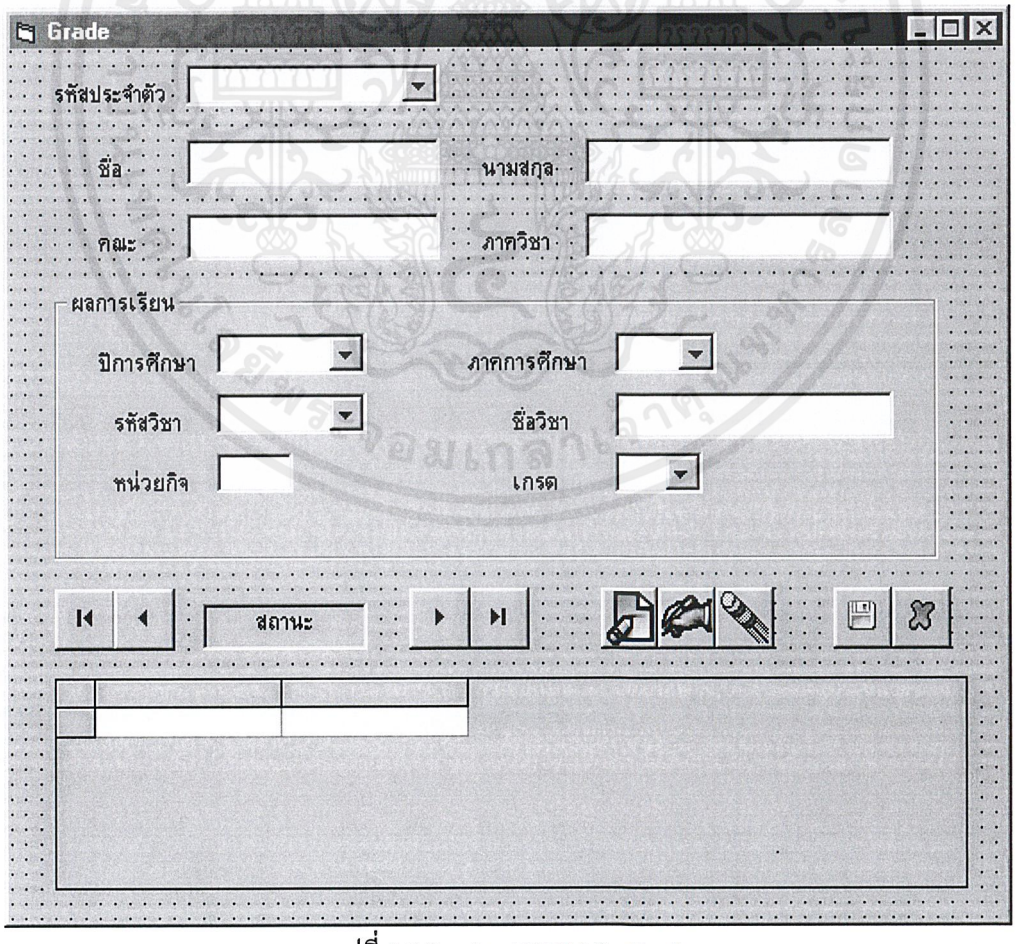


รูปที่ 3.3.7 แสดง FORM frmStudent

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3.8 แสดง FORM frmSubject



รูปที่ 3.3.9 แสดง FORM frmGrade

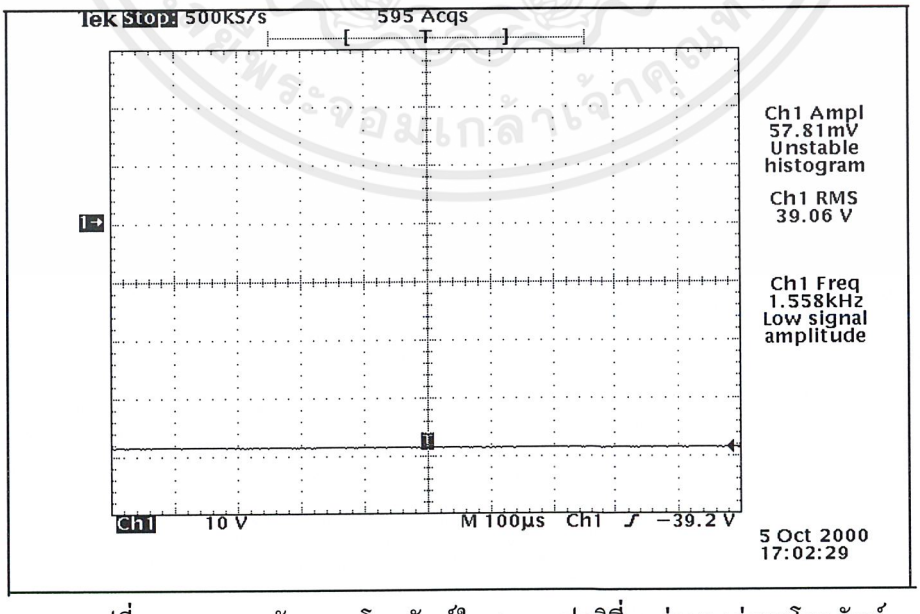
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดสอบภาคตรวจสอบสัญญาณกระดิ่งโทรศัพท์

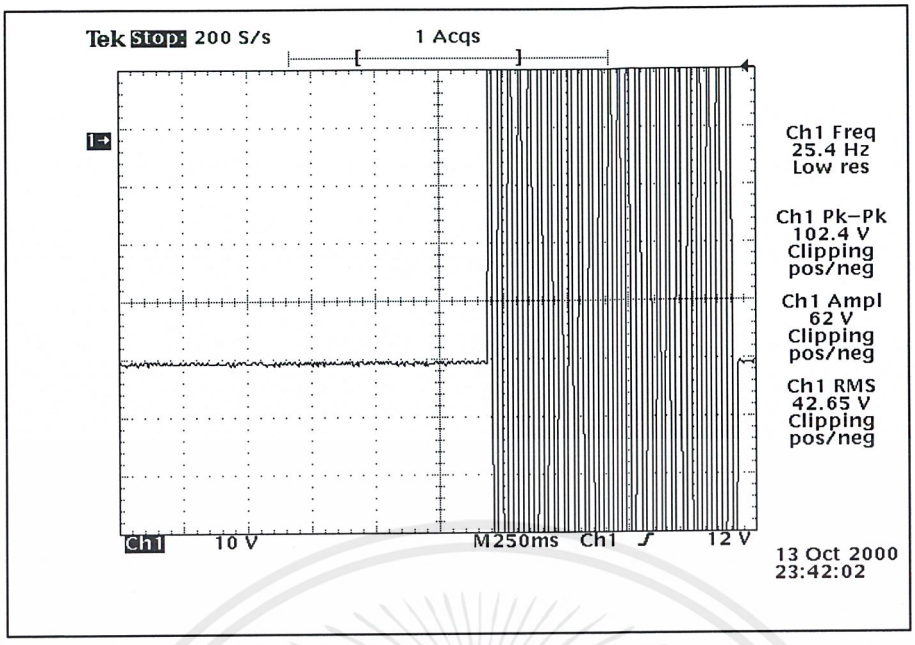
การยกหูโทรศัพท์ โดยอาศัยพื้นฐานทางสัญญาณในขณะสายว่างคู่สายโทรศัพท์จะมีแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงประมาณ 48 โวลต์ซึ่งจ่ายมาจากชุมสายโทรศัพท์ และเมื่อผู้เรียกเรียกเข้ามาทางชุมสายโทรศัพท์จะจ่ายสัญญาณกระดิ่งมามีแรงดันไฟฟ้าประมาณ 100 Vp-p เป็นเวลา 1 วินาที และหยุดเป็นเวลา 4 วินาทีเป็นจังหวะติดต่อกัน แรงดันนี้จะทำให้กระดิ่งภายในเครื่องโทรศัพท์ทำงานทางชุมสายจะรับทราบการยกหูโทรศัพท์จากการที่ทำการยกหูโทรศัพท์ สวิตช์ภายในโทรศัพท์จะต่อคู่สายเข้ากับวงจรภายในที่มีความต้านทานทางกระแสตรงต่ำก็จะเกิดการครบวงจรขึ้นทำให้แรงดันไฟฟ้า 48 โวลต์ ลดลงเหลือ 5-10 เมื่อชุมสายรับรู้แล้วก็จะต่อคู่สายกับผู้เรียกเข้าด้วยกัน จากหลักการดังกล่าวส่วนของการตรวจสอบสัญญาณกระดิ่งโทรศัพท์อาศัยช่วงสัญญาณกระดิ่ง (กรณีที่มีผู้เรียกเข้ามา) มาทำการดีเท็ค (Detect Ringing) แล้วส่งสัญญาณที่ได้ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ให้รู้ว่ามีการเรียกเข้ามา ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะส่งสัญญาณไปให้ส่วนควบคุมการยกหูทำการยกหู เพื่อการติดต่อและถ่ายทอดสัญญาณระหว่างชุดบริการฐานข้อมูลผ่านคู่สายโทรศัพท์ต่อไป

ผลจากการออกแบบจากรูปที่3.2.1ให้มีส่วนตรวจสอบสัญญาณกระดิ่งแทนการเฝ้ารอคอยสัญญาณกระดิ่งของพนักงาน ซึ่งกรณีนี้ได้ใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสง (Opto Couple) เพื่อกันการรบกวนจากสัญญาณต่างๆ ที่สอดแทรกเข้ามาในคู่สาย ซึ่งผลของสัญญาณที่ได้จากวงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่งนี้เป็นไปตามหลักการทำงานของวงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่งตามที่ได้ออกแบบไว้จากวงจรภาค-ตรวจสอบสัญญาณกระดิ่งโทรศัพท์ ดังรูปที่ 4.1.1 แสดงสัญญาณโทรศัพท์ในสภาวะปกติที่จุดต่อของคู่สายโทรศัพท์ และรูปที่ 4.1.2 แสดงสัญญาณโทรศัพท์ในสภาวะที่มีการเรียกเข้ามาที่จุดต่อของคู่สายโทรศัพท์

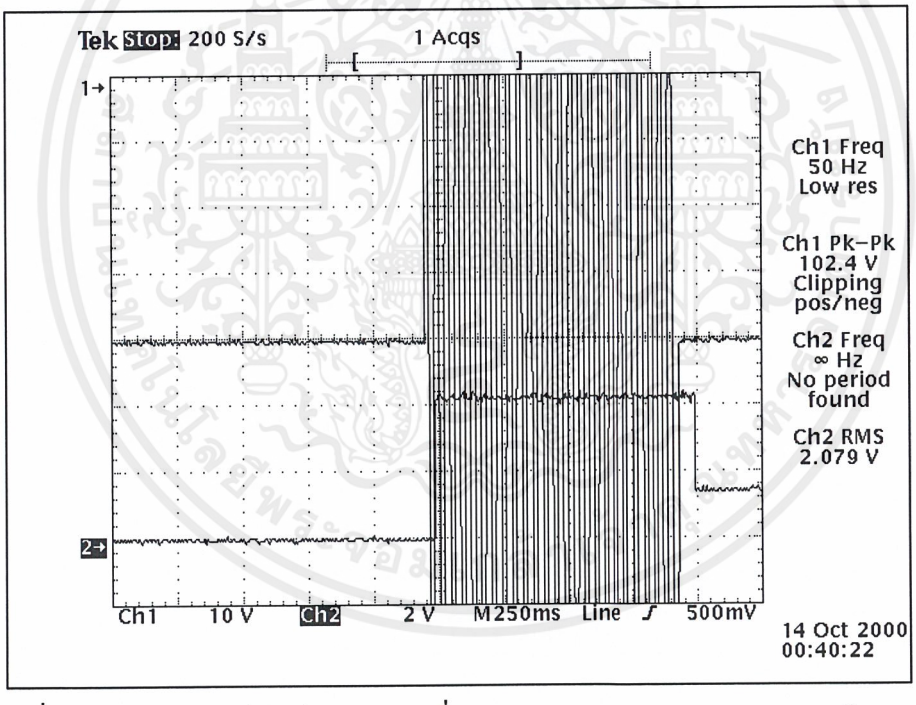


รูปที่ 4.1.1 แสดงสัญญาณโทรศัพท์ในสภาวะปกติที่จุดต่อของคู่สายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1.2 แสดงสัญญาณโทรศัพท์ในสภาวะที่มีการเรียกเข้ามาที่จุดต่อของคู่สายโทรศัพท์

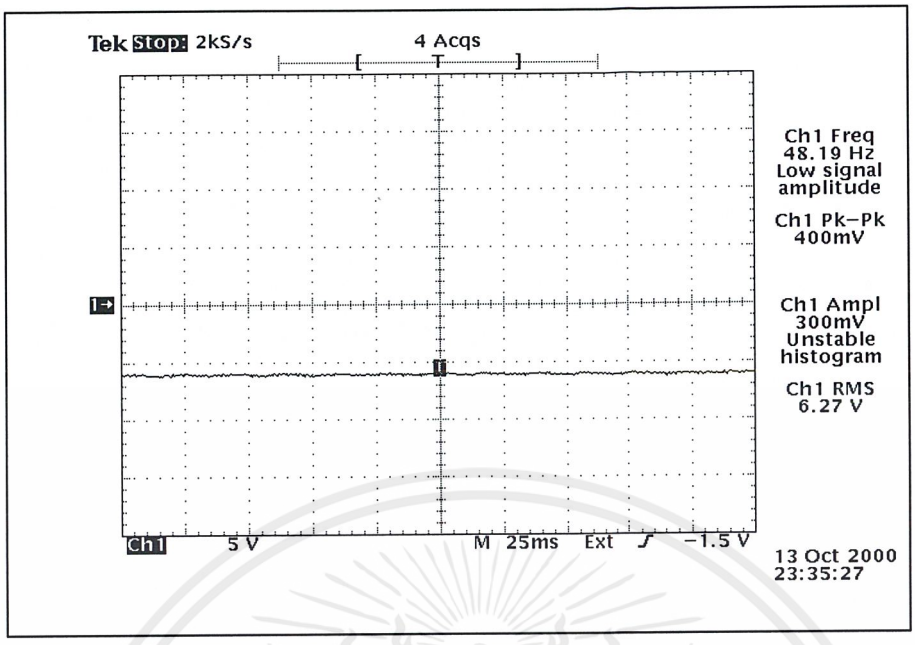


รูปที่ 4.1.3 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณที่ input และ output ของภาคตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง

4.2 การทดสอบภาคยกและวางหูโทรศัพท์

ภาคยกและวางหูโทรศัพท์ ทำหน้าที่ต่อสัญญาณเรียกจากผู้ใช้บริการเข้ากับระบบของตัวโครงงาน โดยควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งใช้หลักการของการต่อด้วยหน้าสัมผัสของรีเลย์ และภาคนี้ยังทำหน้าที่ส่งผ่านสัญญาณการกดปุ่มหมายเลขโทรศัพท์ให้กับภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF ดังรูปที่ 4.2.1 แสดงสัญญาณโทรศัพท์ในสภาวะที่มีการยกหูโทรศัพท์ที่จุดต่อของคู่สายโทรศัพท์

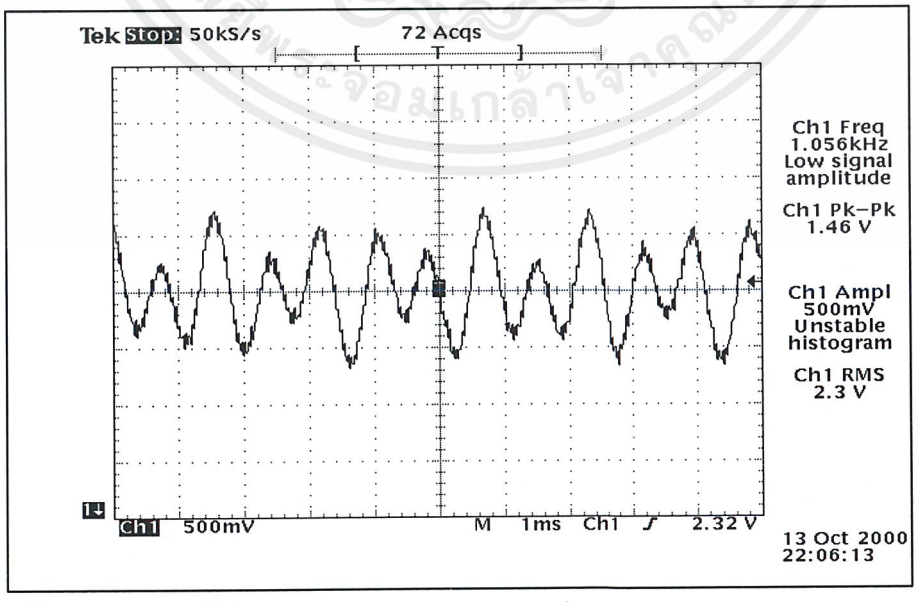
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2.1 แสดงสัญญาณโทรศัพท์ในสภาวะที่มีการยกหูโทรศัพท์ที่จุดต่อของคู่สายโทรศัพท์

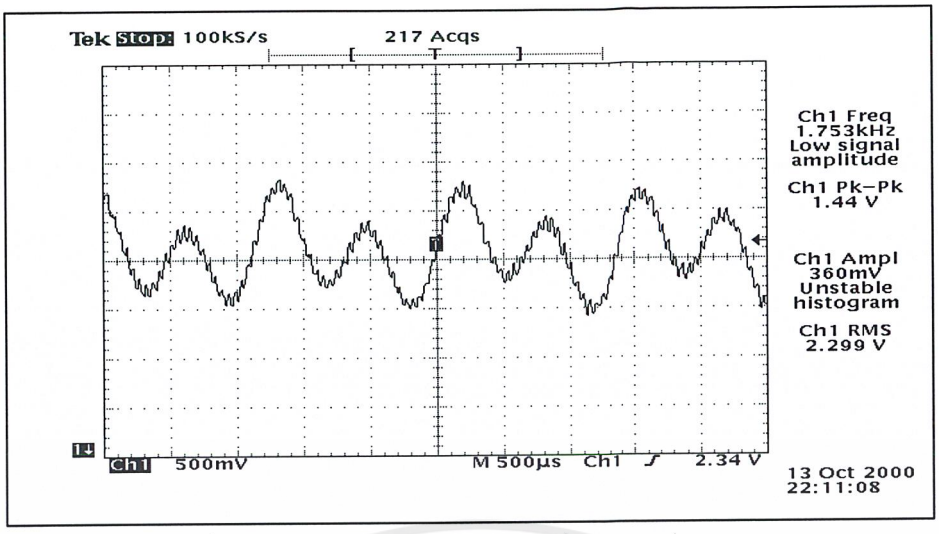
4.3 การทดสอบภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF

ภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF ทำหน้าที่ในการถอดรหัสการกดปุ่มที่เครื่องโทรศัพท์ของผู้ใช้บริการว่าเป็นหมายเลขอะไรแล้วส่งผลการถอดรหัสสัญญาณที่ได้นั้นให้กับภาคควบคุมต่อไป ซึ่งผลที่ต่อให้นี้จะอยู่ในลักษณะของเลขไบนารี่ขนาด 4 บิต ตามรูปที่ 3.2.3 แสดงถึงวงจรของภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF จะเห็นว่ามีการนำเอาไอซี MT8870 มาใช้ในการถอดรหัสสำหรับการถอดรหัสสัญญาณโทรศัพท์ จะเลือกใช้ไอซีสำเร็จรูป MT8870 ในการถอดรหัสสัญญาณ DTMF เนื่องจากเป็นไอซีที่หาได้ง่ายและมีประสิทธิภาพดี เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย ดังรูปที่ 4.3.1 แสดงสัญญาณความถี่จากการกดหมายเลขจากเครื่องโทรศัพท์

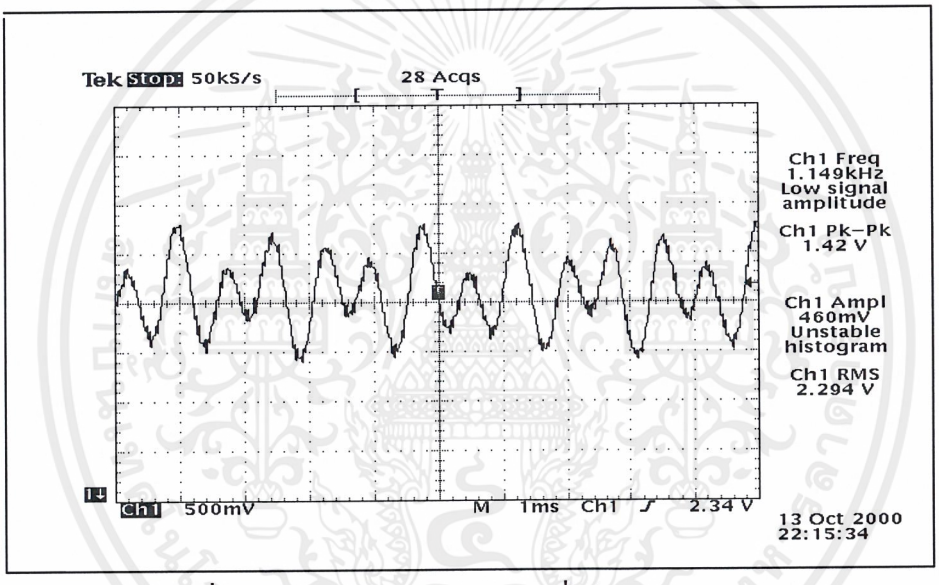


รูปที่ 4.3.1 แสดงรูปสัญญาณ DTMF ที่ได้จากการกดหมายเลข 1

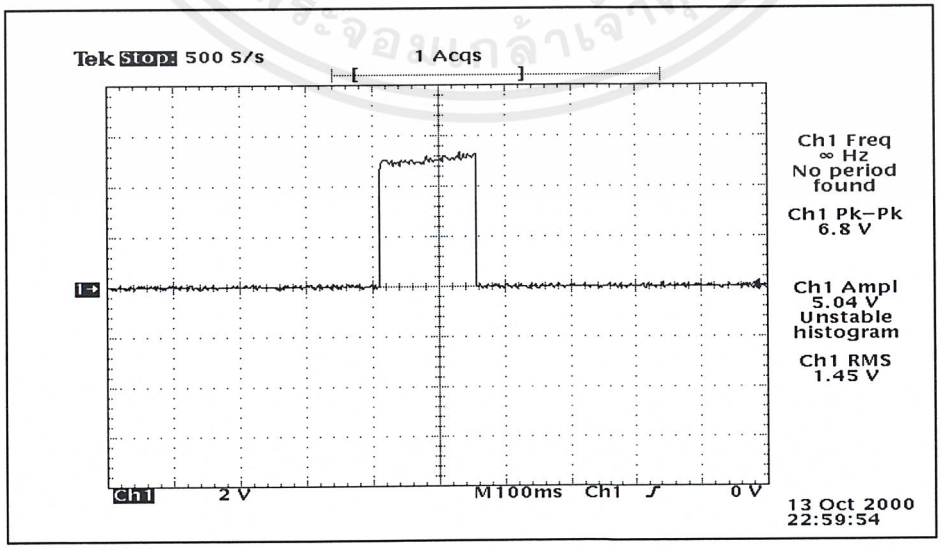
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3.2 แสดงรูปสัญญาณ DTMF ที่ได้จากการกดหมายเลข 3

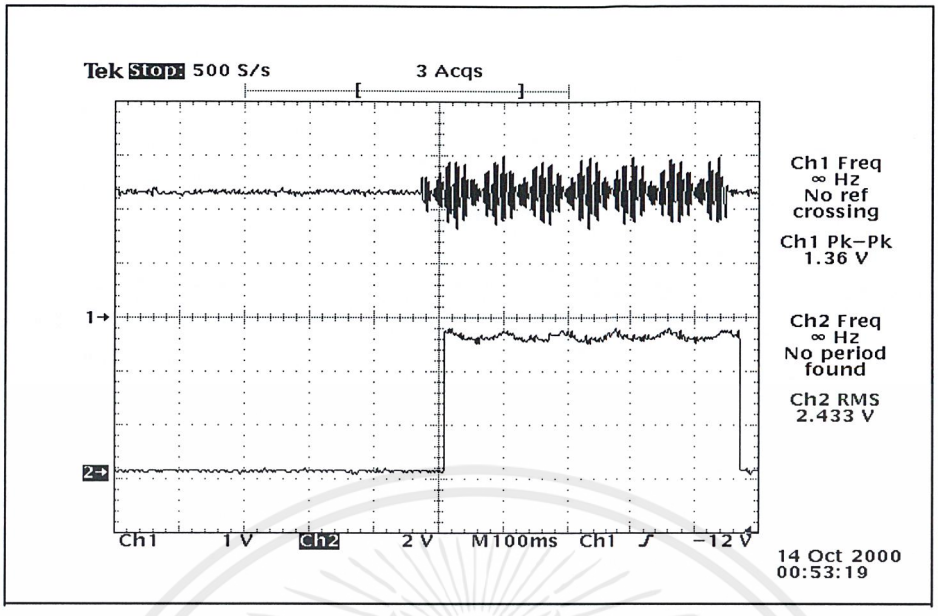


รูปที่ 4.3.3 แสดงรูปสัญญาณ DTMF ที่ได้จากการกดหมายเลข 5



รูปที่ 4.3.4 แสดงรูปสัญญาณของ Std (ขาที่ 15 ของ MT 8870)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3.5 แสดงการเปรียบเทียบของรูปสัญญาณ DTMF ที่ได้จากการกดหมายเลข 1 กับสัญญาณ Std

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และบทสรุป

5.1 บทสรุป

หลังจากที่ได้ทำการศึกษาหัวข้อของโครงงานและศึกษาเกี่ยวกับระบบสัญญาณต่างๆของโทรศัพท์แล้ว จึงได้ทำการกำหนดขอบเขตการทำงานของส่วนต่างๆ ของโครงงานซึ่งแบ่งเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

1. ภาคตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง
2. ภาคยกหูและวางหูโทรศัพท์
3. ภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF
4. ภาคเชื่อมต่อไมโครคอมพิวเตอร์กับโทรศัพท์
5. ภาคเชื่อมต่อข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์กับไมโครคอมพิวเตอร์
6. ภาคควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

เมื่อแบ่งแยกส่วนต่างๆ ทางฮาร์ดแวร์ได้แล้วก็จะนำอุปกรณ์เหล่านี้มาทำการทดสอบในส่วนที่สามารถทดสอบได้ เช่น ในส่วนของการตรวจจับสัญญาณกระดิ่งว่าที่เอาท์พุทได้สัญญาณที่ตรงกับทฤษฎีหรือไม่ หรือในกรณีภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF ว่าทำการถอดรหัสได้ตรงตามทฤษฎีหรือไม่

เมื่อทำการทดสอบเรียบร้อยแล้ว ก็จะนำอุปกรณ์เหล่านี้มาประกอบรวมกันเป็นฮาร์ดแวร์ที่สำเร็จรูปและทำการออกแบบแผ่น PCB ต่อไป ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าส่วนประกอบต่างๆ ทางฮาร์ดแวร์ จะเป็นอุปกรณ์ที่ค่อนข้างที่จะมาตรฐาน ซึ่งการประยุกต์ใช้งานจะไปทำการออกแบบทางซอฟแวร์ ซึ่งจะทำให้ระบบหรือโครงงานนี้ค่อนข้างที่จะยืดหยุ่นคือ สามารถที่จะปรับเปลี่ยนหรือควบคุมการทำงานโดยการไปปรับเปลี่ยนค่าทางซอฟแวร์แทนที่จะต้องปรับเปลี่ยนที่ฮาร์ดแวร์

เมื่อทำการออกแบบทางฮาร์ดแวร์เรียบร้อยแล้วก็จะมาทำการเขียน FLOW CHART ของการทำงานในส่วนการควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้ทำการสื่อสารกันเข้าใจระหว่างในส่วนของฮาร์ดแวร์และไมโครคอมพิวเตอร์แล้วทำการเขียนโปรแกรมในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วทำการโปรแกรมเข้าในตัวไอซี AT89C51 จากนั้นทำการทดสอบในส่วนของไมโครคอนโทรลลเลอร์ว่าทำการส่งสัญลักษณ์หรือรหัสที่ตรงกับที่ทำการออกแบบหรือไม่ เช่น ทำการออกแบบว่าเมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาให้ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการส่งตัว Z ออกไปให้กับไมโครคอมพิวเตอร์ ก็จะมีการตรวจสอบว่ามีการส่งตัว Z ออกไปจริงหรือไม่ เป็นต้น

เมื่อทำการโปรแกรมในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์เรียบร้อยแล้ว จากนั้นจะมาทำการออกแบบในส่วนของโปรแกรมของไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะใช้โปรแกม Visual Basic 6 ในการออกแบบเพื่อทำการดึงข้อมูลในส่วนจัดเก็บให้กับผู้ใช้บริการตามที่ผู้ใช้บริการต้องการ โดยไมโครคอมพิวเตอร์จะติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีการใช้สัญลักษณ์หรือรหัสต่างๆ ตามที่กำหนดเพื่อให้สามารถเข้าใจในรหัสต่างๆ ที่ส่งไปมาได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

5.2.1 การนำชุดเครื่องบริการฐานข้อมูลทางโทรศัพท์ คู่สายโทรศัพท์ที่นำมาใช้จะต้องเป็นคู่สายโทรศัพท์ที่มีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำ เพื่อจะไม่ทำให้เกิดการสูญเสียของสัญญาณ DTMF ในคู่สายโทรศัพท์ที่ได้จากการกดที่เครื่องโทรศัพท์ของผู้ใช้บริการ สำหรับคู่สายที่มีการสูญเสียหรือมีสัญญาณรบกวนมากก็จะทำให้ระดับสัญญาณ DTMF ที่ชุดเครื่องให้บริการข้อมูลทางโทรศัพท์รับได้มีความแรงของสัญญาณต่ำไปด้วย ซึ่งจะส่งผลให้การทำงานของที่ชุดเครื่องให้บริการข้อมูลทางโทรศัพท์เกิดข้อผิดพลาดเกิดขึ้นได้ กล่าวคือ ภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF จะไม่สามารถทำการถอดรหัสสัญญาณ DTMF จากการกดที่เครื่องโทรศัพท์ของผู้ใช้บริการได้ สำหรับแนวทางในการแก้ไข อาจจะทำได้โดยเลือกคู่สายโทรศัพย์ที่มีสัญญาณรบกวนต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้

5.2.2 เนื่องจากยังไม่ได้ทำการโปรแกรมในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งทำให้ในบางสภาวะ การทดสอบของภาคต่างๆ อาจจะผิดพลาดหรือ errorไปบ้าง เช่น ภาคตัดต่อคู่สายโทรศัพท์ กรณีที่ยังไม่มีการโปรแกรมในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้ที่ขา P1.4 มีสัญญาณไฟในสภาวะเริ่มต้นทำให้เกิดการ ON ของ RELAY ทำให้ไม่สามารถติดต่อเข้ามายังอุปกรณ์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์
และ Visual Basic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOURCE CODE OF VISUAL BASIC 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

‘CODE FORM frmGrade

```
Option Explicit
Dim rsStudent As New ADODB.Recordset
Dim rsGrade As New ADODB.Recordset
Dim SQL As String
Dim rsSubjectCode As New ADODB.Recordset
Dim Flag As String
Dim rsTemp As New ADODB.Recordset
Dim rsSgrade As New ADODB.Recordset
Dim MSG As String

Sub SetControls(cboSID As Boolean, txtSName As Boolean, txtSSurname_
    As Boolean,txtSFaculty As Boolean, txtSMajor As Boolean,cboSYear_
    As Boolean,cboSTerm As Boolean,cboSCodeSub As Boolean,txtSNameSub_
    As Boolean,txtSCredit As Boolean,CboSGrade As Boolean, cmdSFirst _
    As Boolean, cmdSPrevious As Boolean, cmdSNext As Boolean,cmdSLast_
    As Boolean, cmdSAdd As Boolean, cmdSEdit As Boolean, cmdSDelete _
    Boolean, cmdSSave As Boolean, cmdSCancel As Boolean)

            Me.cboID.Locked = cboSID
            Me.txtName.Locked = txtSName
            Me.txtSurname.Locked = txtSSurname
            Me.txtFaculty.Locked = txtSFaculty
            Me.txtMajor.Locked = txtSMajor
            Me.cboYear.Locked = cboSYear
            Me.cboTerm.Locked = cboSTerm
            Me.cboCodeSub.Locked = cboSCodeSub
            Me.txtNameSub.Locked = txtSNameSub
            Me.txtCredit.Locked = txtSCredit
            Me.cboGrade.Locked = CboSGrade

            Me.cmdFirst.Enabled = cmdSFirst
            Me.cmdPrevious.Enabled = cmdSPrevious
            Me.cmdNext.Enabled = cmdSNext
            Me.cmdLast.Enabled = cmdSLast
            Me.cmdAdd.Enabled = cmdSAdd
            Me.cmdEdit.Enabled = cmdSEdit
            Me.cmdDelete.Enabled = cmdSDelete
            Me.cmdSave.Enabled = cmdSSave
            Me.cmdCancel.Enabled = cmdSCancel
End Sub

Private Sub cboCodeSub_Click()
    rsSubjectCode.MoveFirst
    rsSubjectCode.Find "subjectcode = '" & cboCodeSub & "'", ,
adSearchForward
    Me.txtNameSub = rsSubjectCode.Fields("subjectname")
    Me.txtCredit = rsSubjectCode!Credit
End Sub


Private Sub cboID_Click()
    rsStudent.MoveFirst
    rsStudent.Find "id_no='" & cboID.Text & "' ", , adSearchForward
    If cboID.Text = "" Then
        MsgBox ("กรุณาเลือกรหัสนักศึกษา")
        Exit Sub
    End If

    Me.txtName = rsStudent!Name
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Me.txtSurname = rsStudent!surname
    Me.txtFaculty = rsStudent!faculty
    Me.txtMajor = rsStudent!Major

    ReSgrade
    Call ShowData
End Sub

Private Sub cmdAdd_Click()
    Me.cboYear = ""
    Me.cboTerm = ""
    Me.cboCodeSub = ""
    Me.txtNameSub = ""
    Me.txtCredit = ""
    Me.cboGrade = ""

    Flag = "Add"

    lblPosition.Caption = "เพิ่มข้อมูล"
    Call SetControls(1,1,1,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1)
    Me.cboYear.SetFocus
End Sub

Private Sub cmdCancel_Click()
    Call SetControls(0,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,0,0)
    Flag = ""
    Call ShowData
End Sub

Private Sub cmdDelete_Click()
Dim Criteria As String
    MSG = "คุณต้องการลบข้อมูลของ" & txtName & "" & txtSurname & " ใช่หรือไม่ ?"
    If MsgBox(MSG, vbYesNo + vbQuestion) = vbYes Then
      Criteria = "ID_No = '" & cboID & "'and subjectcode = '" & _
      cboCodeSub & "' "
            rsGrade.MoveFirst
            rsGrade.Filter = Criteria
            rsGrade.Delete
            rsGrade.Filter = ""
    End If
    ReSgrade
    Call ShowData
End Sub

Private Sub cmdEdit_Click()
 Dim Criteria As String
    Criteria = "ID_No LIKE " & cboID.Text
    rsGrade.MoveFirst
    rsGrade.Find Criteria, , adSearchForward

    Flag = "Edit"
    lblPosition.Caption = "Edit Mode"
    Call SetControls(1,1,1,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1)
    Me.cboYear.SetFocus
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub cmdFirst_Click()
    If rsSgrade.RecordCount > 0 Then rsSgrade.MoveFirst
    Call ShowData
End Sub

Private Sub cmdLast_Click()
    rsSgrade.MoveLast
    Call ShowData
End Sub

Private Sub cmdNext_Click()
    If rsSgrade.RecordCount < 1 Then Exit Sub
        rsSgrade.MoveNext
    If rsSgrade.EOF Then rsSgrade.MoveLast
    Call ShowData
End Sub

Private Sub cmdPrevious_Click()
    If rsSgrade.RecordCount < 1 Then Exit Sub
        rsSgrade.MovePrevious
    If rsSgrade.BOF Then rsSgrade.MoveFirst
        Call ShowData
End Sub

Private Sub cmdSave_Click()
Dim oldPosition As Variant
    On Error GoTo hErr
    'เมื่อกดปุ่ม Add หรือ Edit
        If Flag = "Add" Then
            If DuplicateID Then
               MSG = "ข้อมูลวิชา : " & txtNameSub & " นั้นมีอยู่แล้ว. กรุณากำหนดรหัสวิชาใหม่"
                MsgBox MSG, vbCritical + vbOKOnly, "ข้อมูลวิชาซ้ำ"
                cboCodeSub.SetFocus
                Exit Sub
            End If
            rsGrade.AddNew
        End If

        rsGrade!id_no = cboID.Text
        rsGrade!Year = cboYear.Text
        rsGrade!Term = cboTerm.Text
        rsGrade!SubjectCode = cboCodeSub.Text
        rsGrade!Grade = cboGrade.Text
        rsGrade.Update
        rsSgrade.Requery
    Call SetControls(0,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,0,0)
    Call ShowData

    Flag = ""
    Exit Sub

hErr:
    MsgBox Err.Number & " : " & Err.Description
End Sub

Private Sub Form_Load()
    SQL ="SELECT id_no,name,surname,faculty,major FROM project ORDER_
         BY id_no"
    rsStudent.Open SQL, Cnn, adOpenKeyset, adLockPessimistic
    Do Until rsStudent.EOF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Me.cboID.AddItem rsStudent!id_no
        rsStudent.MoveNext

    Loop
    SQL = "SELECT subjectcode,subjectname,credit from subject order _
           by subjectcode"
    rsSubjectCode.Open SQL, Cnn, adOpenKeyset, adLockPessimistic
    Do Until rsSubjectCode.EOF
        Me.cboCodeSub.AddItem rsSubjectCode!SubjectCode
        rsSubjectCode.MoveNext
    Loop

    SQL = "SELECT * FROM Grade "
    rsGrade.Open SQL, Cnn, adOpenKeyset, adLockPessimistic
    Me.cboID.ListIndex = 0
    Call ShowData
End Sub

Sub ShowData()
    On Error GoTo hErr
    'แสดงผลข้อมูล

    Me.cboYear.Text = ""
    Me.cboTerm.Text = ""
    Me.cboCodeSub.Text = ""
    Me.txtNameSub.Text = ""
    Me.txtCredit.Text = ""
    Me.cboGrade.Text = ""

    If rsSgrade.RecordCount < 1 Then
        MSG = "No current record"
        MsgBox MSG, vbInformation + vbOKOnly, "Message"
        lblPosition.Caption = "ไม่มีข้อมูล"
        Call SetControls(0,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,0,0,0,0,1,0,0,0,0)
    Else
        Me.cboYear = rsSgrade!Year
        Me.cboTerm = rsSgrade!Term
        Me.cboCodeSub = rsSgrade!SubjectCode
        cboCodeSub_Click
        Me.cboGrade = rsSgrade!Grade
        Call SetControls(0,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,0,0)
        lblPosition.Caption ="Record " & rsSgrade.AbsolutePosition &_
        " of " & rsSgrade.RecordCount
    End If
    Exit Sub
hErr:
    MsgBox Err.Number & " : " & Err.Description
End Sub

Private Function DuplicateID() As Boolean
    SQL = "SELECT grade from grade where id_no = '" & Me.cboID.Text &
"' and subjectcode = '" & Me.cboCodeSub & "' and grade = '" &
Me.cboGrade.Text & "'"
    Set rsTemp = Cnn.Execute(SQL)
    If rsTemp.RecordCount = 0 Then
        DuplicateID = False
    Else
        DuplicateID = True
    End If
    rsTemp.Close
End Function
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub ReSgrade()
    'show subject of student
    SQL = "SELECT * FROM Grade WHERE id_no='" & cboID.Text & "' "
    Set rsSgrade = Cnn.Execute(SQL)
    Set Me.dtgShow.DataSource = rsSgrade
End Sub
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'CODE FORM   frmStudent
Option Explicit
Dim SQL As String, MSG As String
Dim rsTemp As New ADODB.Recordset
Dim rs1 As New ADODB.Recordset
Dim SQL1 As String
Dim r1 As New ADODB.Recordset
Dim Flag As String

Sub SetControls(txtSID As Boolean,txtSPassword As Boolean,cboSFaculty_
    As Boolean, cboSMajor As Boolean,txtSName As Boolean,txtSSurname_
    As Boolean, txtSBirthDate As Boolean, txtSAge As Boolean,_
    txtSAddress As Boolean, txtSMoo As Boolean, txtSRoad As Boolean,_
    txtSTambol As Boolean, txtSAmphur As Boolean, cboSProvince As _
    Boolean,txtSZipcode As Boolean, txtSTelephone As Boolean,_
    txtSEmail As Boolean, cmdSFirst As Boolean, cmdSPrevious As _
    Boolean, cmdSNext As Boolean, cmdSLast As Boolean, cmdSAdd As _
    Boolean, cmdSEdit As Boolean, cmdSDelete As Boolean, cmdSSave As_
    Boolean, cmdSCancel As Boolean)

    Me.txtID.Locked = txtSID
    Me.txtPassword = txtSPassword
    Me.cboFaculty.Locked = cboSFaculty
    Me.cboMajor.Locked = cboSMajor
    Me.txtName.Locked = txtSName
    Me.txtSurname.Locked = txtSSurname
    Me.txtBirthDate.Locked = txtSBirthDate
    Me.txtAge.Locked = txtSAge
    Me.txtAddress.Locked = txtSAddress
    Me.txtMoo.Locked = txtSMoo
    Me.txtRoad.Locked = txtSRoad
    Me.txtTambol.Locked = txtSTambol
    Me.txtAmphur.Locked = txtSAmphur
    Me.cboProvince.Locked = cboSProvince
    Me.txtZipcode.Locked = txtSZipcode
    Me.txtTelephone.Locked = txtSTelephone
    Me.txtEmail.Locked = txtSEmail

    Me.cmdFirst.Enabled = cmdSFirst
    Me.cmdPrevious.Enabled = cmdSPrevious
    Me.cmdNext.Enabled = cmdSNext
    Me.cmdLast.Enabled = cmdSLast
    Me.cmdAdd.Enabled = cmdSAdd
    Me.cmdEdit.Enabled = cmdSEdit
    Me.cmdDelete.Enabled = cmdSDelete
    Me.cmdSave.Enabled = cmdSSave
    Me.cmdCancel.Enabled = cmdSCancel
End Sub

Private Sub cboFaculty_Click()
Dim a1 As String
If Flag <> "" Then
   cboMajor.Clear
   a1 = "SELECT major From PartFaculty WHERE (((PartFaculty.Faculty)_
        like '" & cboFaculty.Text & "')) "
   r1.Open a1, Cnn, adOpenKeyset, adLockPessimistic
   Do While Not r1.EOF
        cboMajor.AddItem r1!Major
        r1.MoveNext
   Loop
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    If Me.cboMajor.ListCount > 0 Then Me.cboMajor.ListIndex = 0
    r1.Close
End If
End Sub

Private Sub cmdSave_Click()
Dim oldPosition As Variant, birth As String
    On Error GoTo hErr
    'เมื่อกดปุ่ม Add หรือ Edit
        If txtID = "" Or Not IsNumeric(txtID) Then
            MSG = "รหัสนักศึกษาไม่มีหรือผิดรูปแบบ ต้องกำหนดเป็นตัวเลขเท่านั้น !"
            MsgBox MSG, vbOKOnly + vbCritical, "Error Message"
            txtID.SetFocus
            Exit Sub
        End If

        If txtPassword = "" Then
            MsgBox "โปรดใส่ Password", vbOKOnly + vbInformation
            txtPassword.SetFocus
            Exit Sub
        End If

        If txtName = "" Then
            MsgBox "โปรดใส่ชื่อนักศึกษา", vbOKOnly + vbInformation
            txtName.SetFocus
            Exit Sub
        End If

        If Flag = "Add" Then
            If DuplicateID Then
                MSG = "รหัส : " & txtID & " นั้นมีอยู่แล้ว. กรุณากำหนดรหัสนักศึกษาใหม่"
                MsgBox MSG, vbCritical + vbOKOnly, "Duplicate ID"
                txtID.SetFocus
                Exit Sub
            End If
            rs.AddNew
        End If

        rs!id_no = txtID
        rs!Password = txtPassword
        rs!faculty = cboFaculty.Text
        rs!Major = cboMajor.Text
        rs!Name = txtName
        rs!surname = txtSurname

        If Me.optFemale.Value = True Then
            rs!Sex = "F"
        Else
            rs!Sex = "M"
        End If

        If Me.txtBirthDate = "" Then Me.txtBirthDate = Now()
        birth = CVDate(txtBirthDate)
        rs!BirthDate = DateSerial(Year(birth), Month(birth), Day _
                       (birth))
        Me.txtAge = getAge(rs!BirthDate)
        rs!Age = txtAge
        rs!Address = txtAddress
        rs!Moo = Val(txtMoo)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        rs!Road = txtRoad
        rs!Tambol = txtTambol
        rs!Amphur = txtAmphur
        rs!Province = cboProvince.Text
        rs!Zipcode = txtZipcode
        rs!Telephone = txtTelephone
        rs!Email = txtEmail
        rs.Update

    Call SetControls(1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1, _
         1, 0, 0)

    Call ShowData
    Flag = ""
    Exit Sub
hErr:
    MsgBox Err.Number & " : " & Err.Description
End Sub

Private Sub dtgShow_RowColChange(LastRow As Variant,ByVal LastCol As_
            Integer)
    If rs.EOF Then rs.MoveLast
    If rs.BOF Then rs.MoveFirst
    Call ShowData
End Sub

Private Sub Form_Load()
    'Add Province into combo Province
    SQL = "select * from Province order by PROVINCE"
    rsTemp.Open SQL, Cnn, adOpenKeyset, adLockPessimistic
    Do While Not rsTemp.EOF
        cboProvince.AddItem rsTemp!Province
        rsTemp.MoveNext
    Loop
        SQL1 = " select * from FACULTY order by Faculty"
        rs1.Open SQL1, Cnn, adOpenKeyset, adLockPessimistic
    Do While Not rs1.EOF
        cboFaculty.AddItem rs1!faculty
        rs1.MoveNext
    Loop
        rsTemp.Close
        rs1.Close
    Set dtgShow.DataSource = rs
    Call ShowData
    Call SetControls(1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1_
         0,0)
End Sub


Sub ShowData()
    On Error GoTo hErr
    'แสดงผลข้อมูล
      Me.txtID = ""
      Me.txtPassword = "'"
      Me.cboFaculty.Text = ""
      Me.cboMajor.Text = ""
      Me.txtName = ""
      Me.txtSurname = ""
      Me.txtBirthDate = ""
      Me.txtAge = ""
      Me.txtAddress = ""
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Me.txtMoo = ""
    Me.txtRoad = ""
    Me.txtTambol = ""
    Me.txtAmphur = ""
    Me.cboProvince.Text = ""
    Me.txtZipcode = ""
    Me.txtTelephone = ""
    Me.txtEmail = ""

If rs.RecordCount < 1 Then
    MSG = "No current record"
    MsgBox MSG, vbInformation + vbOKOnly, "Message"
    lblPosition.Caption = "          "
    Call SetControls(1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,0,0,0,0,1 _
        , 0, 0, 0, 0)
 Else
    Me.txtID = rs!id_no
    Me.txtPassword = rs!Password
    Me.cboFaculty = rs!faculty
    Me.cboMajor = rs!Major
    Me.txtName = rs!Name
    Me.txtSurname = rs!surname

  If rs!Sex = "F" Then
    Me.optFemale.Value = True
  Else
    Me.optMale.Value = True
  End If

    Me.txtBirthDate = Day(rs!BirthDate)& "/" & Month(rs!BirthDate)_
                      & "/" & Year(rs!BirthDate) + 543
    Me.txtAge = getAge(rs!BirthDate)
    Me.txtAddress = rs!Address
    Me.txtMoo = rs!Moo
    Me.txtRoad = rs!Road
    Me.txtTambol = rs!Tambol
    Me.txtAmphur = rs!Amphur
    Me.cboProvince = rs!Province
    Me.txtZipcode = rs!Zipcode
    Me.txtTelephone = rs!Telephone
    Me.txtEmail = rs!Email

  If FileExists(App.Path&"\sound\"&rs!id_no& ".mp3 ") = True Then
    Me.Label1.Caption = "Sound : OK"
  Else
    Me.Label1.Caption = "Sound : No"
  End If

    lblPosition.Caption = "Record " & rs.AbsolutePosition & " of "_
                          & rs.RecordCount


  End If
  Exit Sub
hErr:
  MsgBox Err.Number & " : " & Err.Description
End Sub

Private Sub cmdAdd_Click()
    Me.txtID = ""
    Me.txtPassword = "'"
    Me.cboFaculty.Text = ""
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Me.cboMajor.Text = ""
    Me.txtName = ""
    Me.txtSurname = ""
    Me.txtBirthDate = ""
    Me.txtAge = "'"
    Me.txtAddress = ""
    Me.txtMoo = ""
    Me.txtRoad = ""
    Me.txtTambol = ""
    Me.txtAmphur = ""
    Me.cboProvince.Text = ""
    Me.txtZipcode = ""
    Me.txtTelephone = ""
    Me.txtEmail = ""

    Flag = "Add"
    lblPosition.Caption = "เพิ่มข้อมูล"
    Call SetControls(0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,_
         0, 1, 1)
    Me.txtID.SetFocus
End Sub

Private Sub cmdCancel_Click()
    Call SetControls(1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,_
         1, 0, 0)
    Flag = ""
    Call ShowData
End Sub

Private Sub cmdDelete_Click()
Dim Criteria As String
    Criteria = "ID_No =  " & txtID
    rs.MoveFirst
    rs.Find Criteria, , adSearchForward

    MSG = "คุณต้องการลบข้อมูลของ " & txtName & " " & txtSurname & " ใช่หรือไม่ ?"
    If MsgBox(MSG, vbYesNo + vbQuestion) = vbYes Then
       rs.Delete
       If rs.RecordCount < 1 Then
            Me.txtID = ""
            Me.txtPassword = ""
            Me.cboFaculty.Text = ""
            Me.cboMajor.Text = ""
            Me.txtName = ""
            Me.txtSurname = ""
            Me.txtBirthDate = ""
            Me.txtAge = "'"
            Me.txtAddress = ""
            Me.txtMoo = ""
            Me.txtRoad = ""
            Me.txtTambol = ""
            Me.txtAmphur = ""
            Me.cboProvince.Text = ""
            Me.txtZipcode = ""
            Me.txtTelephone = ""
            Me.txtEmail = ""

            lblPosition.Caption = "          "
            GoTo spacey
         End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        rs.MoveNext
        If rs.EOF Then rs.MoveLast
spacey:
        Call ShowData
    End If
End Sub

Private Sub cmdEdit_Click()
    Dim Criteria As String
    Criteria = "ID_No LIKE " & txtID
    rs.MoveFirst
    rs.Find Criteria, , adSearchForward
    Flag = "Edit"
    lblPosition.Caption = "Edit Mode"
    Call SetControls(1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,_
         0, 1, 1)
    Me.txtPassword.SetFocus
End Sub

Private Sub cmdFirst_Click()
    rs.MoveFirst
    Call ShowData
End Sub

Private Sub cmdLast_Click()
    rs.MoveLast
    Call ShowData
End Sub

Private Sub cmdNext_Click()
    If rs.RecordCount < 1 Then Exit Sub
    rs.MoveNext
    If rs.EOF Then rs.MoveLast
    Call ShowData
End Sub

Private Sub cmdPrevious_Click()
    If rs.RecordCount < 1 Then Exit Sub
    rs.MovePrevious
    If rs.BOF Then rs.MoveFirst
    Call ShowData
End Sub

Private Function DuplicateID() As Boolean
    SQL = "SELECT ID_No FROM Project  WHERE ID_No='" & txtID & "' "
    Set rsTemp = Cnn.Execute(SQL)
    If rsTemp.RecordCount = 0 Then
        DuplicateID = False
    Else
        DuplicateID = True
    End If
    rsTemp.Close
End Function

Private Sub txtBirthDate_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    KeyAscii = IIf(CheckNumber(KeyAscii, "/-", 1) Or (KeyAscii = 8),
KeyAscii, 0)
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Function FileExists(FullFileName As String) As Boolean
On Error GoTo MakeF
   'If file does Not exist, there will be an Error
   Open FullFileName For Input As #1
   Close #1
   'no error, file exists
   FileExists = True
   Exit Function
MakeF:
   'error, file does Not exist
   FileExists = False
   Exit Function
End Function
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'CODE FORM SUBJECT
Option Explicit
Dim SQL As String, MSG As String
Dim rsTemp As New ADODB.Recordset
Dim rsSubject As New ADODB.Recordset
Dim SQL1 As String
Dim r1 As New ADODB.Recordset
Dim Flag As String

Sub SetControls(txtSCodeSub As Boolean, txtSNameSub As Boolean, _
    txtSCredit As Boolean, cmdSFirst As Boolean, cmdSPrevious As_
    Boolean,cmdSNext As Boolean, cmdSLast As Boolean, cmdSAdd As_
    Boolean, cmdSEdit As Boolean, cmdSDelete As Boolean,cmdSSave_
    As Boolean, cmdSCancel As Boolean)

    Me.txtCodeSub.Locked = txtSCodeSub
    Me.txtNameSub.Locked = txtSNameSub
    Me.txtCredit.Locked = txtSCredit

    Me.cmdFirst.Enabled = cmdSFirst
    Me.cmdPrevious.Enabled = cmdSPrevious
    Me.cmdNext.Enabled = cmdSNext
    Me.cmdLast.Enabled = cmdSLast
    Me.cmdAdd.Enabled = cmdSAdd
    Me.cmdEdit.Enabled = cmdSEdit
    Me.cmdDelete.Enabled = cmdSDelete
    Me.cmdSave.Enabled = cmdSSave
    Me.cmdCancel.Enabled = cmdSCancel

End Sub

Private Sub cmdSave_Click()
Dim oldPosition As Variant
    On Error GoTo hErr
    'เมื่อกดปุ่ม Add หรือ Edit
        If txtCodeSub = "" Or Not IsNumeric(txtCodeSub) Then
            MSG = "รหัสวิชาไม่มีหรือผิดรูปแบบ ต้องกำหนดเป็นตัวเลขเท่านั้น !"
            MsgBox MSG, vbOKOnly + vbCritical, "Error Message"
            txtCodeSub.SetFocus
            Exit Sub
        End If

        If txtNameSub = "" Then
            MsgBox "โปรดใส่ชื่อวิชา", vbOKOnly + vbInformation
            txtNameSub.SetFocus
            Exit Sub
        End If

        If txtCredit = "" Or Not IsNumeric(txtCredit) Then
           MSG = "หน่วยกิจไม่มีหรือผิดรูปแบบ ต้องกำหนดเป็นตัวเลขเท่านั้น !"
            MsgBox MSG, vbOKOnly + vbCritical, "Error Message"
            txtCredit.SetFocus
            Exit Sub
        End If
        If Flag = "Add" Then
            If DuplicateID Then
                MSG = "รหัสวิชา : " & txtCodeSub & "นั้นมีอยู่แล้ว.กรุณาใส่รหัสวิชาใหม่"
                MsgBox MSG, vbCritical + vbOKOnly, "Duplicate ID"
                txtCodeSub.SetFocus
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                Exit Sub
            End If
            rsSubject.AddNew
        End If

        rsSubject!SubjectCode = txtCodeSub
        rsSubject!SubjectName = txtNameSub
        rsSubject!Credit = txtCredit
        rsSubject.Update
    Call SetControls(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0)
    Call ShowData
    Flag = ""
    Exit Sub
hErr:
    MsgBox Err.Number & " : " & Err.Description
End Sub

Private Sub dtgShow_RowColChange(LastRow As Variant,ByVal LastCol As_
            Integer)
        If rsSubject.EOF Then rsSubject.MoveLast
        If rsSubject.BOF Then rsSubject.MoveFirst
        Call ShowData
End Sub

Private Sub Form_Load()
    SQL = "SELECT * FROM subject ORDER BY SubjectCode"
    rsSubject.Open SQL, Cnn, adOpenKeyset, adLockPessimistic
    Set dtgShow.DataSource = rsSubject
    Call ShowData
    Call SetControls(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0)
End Sub

Sub ShowData()
    On Error GoTo hErr
    '
    Me.txtCodeSub = ""
    Me.txtNameSub = ""
    Me.txtCredit = ""

    If rsSubject.RecordCount < 1 Then
        MSG = "No current record"
        MsgBox MSG, vbInformation + vbOKOnly, "Message"
        lblPosition.Caption = "                "
        Call SetControls(1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0)
    Else
        Me.txtCodeSub = rsSubject!SubjectCode
        Me.txtNameSub = rsSubject!SubjectName
        Me.txtCredit = rsSubject!Credit

        lblPosition.Caption = "Record " & rsSubject.AbsolutePosition
 & " of " & rsSubject.RecordCount
    End If
    Exit Sub
hErr:
    MsgBox Err.Number & " : " & Err.Description
End Sub

Private Sub cmdAdd_Click()
    Me.txtCodeSub = ""
    Me.txtNameSub = ""
    Me.txtCredit = ""
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Flag = "Add"
    lblPosition.Caption = "เพิ่มข้อมูล"
    Call SetControls(0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1)
    Me.txtCodeSub.SetFocus
End Sub

Private Sub cmdCancel_Click()
    Call SetControls(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0)
    Flag = ""
    Call ShowData
End Sub

Private Sub cmdDelete_Click()
    Dim Criteria As String
    Criteria = "SubjectCode =  " & txtCodeSub
    rsSubject.MoveFirst
    rsSubject.Find Criteria, , adSearchForward

    MSG = "คุณต้องการลบวิชา " & txtNameSub & " ใช่หรือไม่ ?"
    If MsgBox(MSG, vbYesNo + vbQuestion) = vbYes Then
        rsSubject.Delete
        If rsSubject.RecordCount < 1 Then
            Me.txtCodeSub = ""
            Me.txtNameSub = ""
            Me.txtCredit = "'"
            lblPosition.Caption = "ไม่มีข้อมูล"
            GoTo spacey
        End If
        rsSubject.MoveNext

    If rsSubject.EOF Then rsSubject.MoveLast
spacey:
    Call ShowData
    End If
End Sub

Private Sub cmdEdit_Click()
    Dim Criteria As String
    Criteria = "SubjectCode LIKE " & txtCodeSub
    rsSubject.MoveFirst
    rsSubject.Find Criteria, , adSearchForward

    Flag = "Edit"
    lblPosition.Caption = "Edit Mode"
    Call SetControls(1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1)
    Me.txtNameSub.SetFocus
End Sub

Private Sub cmdFirst_Click()
    rsSubject.MoveFirst
    Call ShowData
End Sub

Private Sub cmdLast_Click()
    rsSubject.MoveLast
    Call ShowData
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub cmdNext_Click()
    If rsSubject.RecordCount < 1 Then Exit Sub
    rsSubject.MoveNext
    If rsSubject.EOF Then rsSubject.MoveLast
    Call ShowData
End Sub

Private Sub cmdPrevious_Click()
    If rsSubject.RecordCount < 1 Then Exit Sub
    rsSubject.MovePrevious
    If rsSubject.BOF Then rsSubject.MoveFirst
    Call ShowData
End Sub

Private Function DuplicateID() As Boolean
    SQL = "SELECT SubjectCode FROM Subject  WHERE SubjectCode='" &
txtCodeSub & "' "
    Set rsTemp = Cnn.Execute(SQL)
    If rsTemp.RecordCount = 0 Then
        DuplicateID = False
    Else
        DuplicateID = True
    End If
    rsTemp.Close
End Function
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'CODE FORM frmMain
Option Explicit
Dim Z As String
Dim C  As Integer
Dim ring_num As Integer
Dim a As String
Dim i As Integer
Dim buffer As String
Dim Inputt As String
Dim NextLevel As String
Dim SID As String
Dim PID As String
Dim ID  As String
Dim tmpLevel As String
Dim Grade As String
Dim Choice As String
Dim Subject As String
Dim weigh As Integer
Dim Year As String
Dim Term As String
Dim Wantt As String
Dim SONG As String
Dim rsCheck  As New ADODB.Recordset
Dim rsCredit  As New ADODB.Recordset
Dim SQL As String
Dim Variable As String
Dim ErrorCount  As Integer
Dim Creditt As Integer
Dim Points As Single
Dim Div As Single
Private Sub Command1_Click()
 MSComm1.Output = "O"
 MsgBox Format(4, "0.00")
End Sub

Private Sub Command2_Click()
 MSComm1.Output = "F"
End Sub

Private Sub Form_Load()
    Call DMC1.InitBASS(Me.hWnd, 44100, False, False)
    MSComm1.Settings = "9600,N,8,1"
    MSComm1.CommPort = 1
    MSComm1.PortOpen = True
    text1.Text = ""
    NextLevel = "1_1"
    MSComm1.Output = "F"
End Sub

Sub Restarttime()
    Timer1.Enabled = False
    Timer1.Enabled = True
End Sub

Private Sub mnuAdd_Grade_Click()
    frmGrade.Show
    frmGrade.cmdAdd.Value = True
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub mnuAdd_Student_Click()
    frmStudent.Show
    frmStudent.cmdAdd.Value = True
End Sub

Private Sub mnuAdd_Subject_Click()
    frmSubject.Show
    frmSubject.cmdAdd.Value = True
End Sub

Private Sub mnuEdit_Grade_Click()
    frmGrade.Show
    frmGrade.cmdEdit.Value = True
End Sub

Private Sub mnuEdit_Student_Click()
    frmStudent.Show
    frmStudent.cmdEdit.Value = True
End Sub

Private Sub mnuEdit_Subject_Click()
    frmSubject.Show
    frmSubject.cmdEdit.Value = True
End Sub

Private Sub mnuOpen_Grade_Click()
    frmGrade.Show
End Sub

Private Sub mnuOpen_Student_Click()
    frmStudent.Show
End Sub

Private Sub mnuOpen_Subject_Click()
    frmSubject.Show
End Sub

'รับหมายเลข
Private Static Sub MSComm1_OnComm()
        Restarttime

Select Case MSComm1.CommEvent
       Case comEvReceive
       Inputt = MSComm1.Input
       Z = Z & Inputt
       Me.text1.Text = Z
End Select
       Call Selectt
End Sub

Private Sub Play()
       DMC1.StopStream
       Call DMC1.OpenStream(SONG)
       Call DMC1.PlayStream(False)
End Sub

Private Sub Selectt()
    Select Case Inputt
      Case "Z"
          Call L1_1
      Case "0", "1", "2", "3", "4", "5", "6", "7", "8", "9", "*", "#"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Select Case NextLevel
          Case "2_2_1"
               Call L2_2_1
          Case "2_2_2"
               Call L2_2_2
          Case "2_2_3"
               Call L2_2_3
          Case "2_2_4"
               Call L2_2_4
          Case "2_2_5"
               Call L2_2_5
          Case "2_2_6"
               Call L2_2_6
          Case "2_2_7"
               Call L2_2_7
          Case "2_2_8"
               Call L2_2_8
          Case "3_1_1"
               Call L3_1_1
          Case "3_1_2"
               Call L3_1_2
          Case "3_1_3"
               Call L3_1_3
          Case "3_1_4"
               Call L3_1_4
          Case "3_1_5"
               Call L3_1_5
          Case "4_1"
               Call L4_1
          Case "5_1_1"
               Call L5_1_1
          Case "5_1_2"
               Call L5_1_2
          Case "5_1_3"
               Call L5_1_3
          Case "5_1_4"
               Call L5_1_4
          Case "5_1_5"
               Call L5_1_5
          Case "5_1_6"
               Call L5_1_6
          Case "5_1_7"
               Call L5_1_7
          Case "5_1_8"
               Call L5_1_8
          Case "7_2"
               Call L7_2
          Case "8_1_1"
               Call L8_1_1
          Case "8_1_2"
               Call L8_1_2
          Case "8_1_3"
               Call L8_1_3
          Case "8_1_4"
               Call L8_1_4
          Case "8_1_5"
               Call L8_1_5
          Case "8_1_6"
               Call L8_1_6
          Case "8_1_7"
               Call L8_1_7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    Case "8_1_8"
                         Call L8_1_8
                    Case "9_1_1"
                         Call L9_1_1
                    Case "9_1_2"
                         Call L9_1_2
                    Case "9_1_3"
                         Call L9_1_3
                    Case "9_1_4"
                         Call L9_1_4
                    Case "10_1"
                         Call L10_1
                    Case "Want"
                         Call Want
                End Select
            End Select
End Sub

Sub L1_1()
    ring_num = 3
    If Inputt = "Z" Then
            C = C + 1
            If C < ring_num Then
                Exit Sub
            Else
                NextLevel = "2_2_1"
                MSComm1.Output = "O"
                SONG = "c:\Project\Hello.wav"
                Call Play
            End If
    Else
            C = 0
    End If
End Sub

Sub L2_2_1()
    DMC1.StopStream
    NextLevel = "2_2_2"
    SID = Inputt
End Sub

Sub L2_2_2()
    NextLevel = "2_2_3"
    SID = SID & Inputt
End Sub

Sub L2_2_3()
    NextLevel = "2_2_4"
    SID = SID & Inputt
End Sub

Sub L2_2_4()
    NextLevel = "2_2_5"
    SID = SID & Inputt
End Sub

Sub L2_2_5()
    NextLevel = "2_2_6"
    SID = SID & Inputt
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub L2_2_6()
    NextLevel = "2_2_7"
    SID = SID & Inputt
End Sub

Sub L2_2_7()
    NextLevel = "2_2_8"
    SID = SID & Inputt
End Sub

Sub L2_2_8()
    SID = SID & Inputt
    If CheckCode Then
        NextLevel = "3_1_1"
        SONG = "c:\Project\PlayPassword.wav"
        Call Play
    Else
        ErrorCount = ErrorCount + 1
        If ErrorCount < 3 Then
            NextLevel = "2_2_1"
            SID = ""
            SONG = "c:\project\errorSID.wav"
            Call Play
            Exit Sub
        Else
            Call SetupVariable
        End If
   End If
         ErrorCount = 0
End Sub

Sub L3_1_1()
    DMC1.StopStream
    NextLevel = "3_1_2"
    PID = Inputt
End Sub

Sub L3_1_2()
    NextLevel = "3_1_3"
    PID = PID & Inputt
End Sub

Sub L3_1_3()
    NextLevel = "3_1_4"
    PID = PID & Inputt
End Sub

Sub L3_1_4()
    NextLevel = "3_1_5"
    PID = PID & Inputt
End Sub

Sub L3_1_5()
    NextLevel = "4_1"
    PID = PID & Inputt
    If CheckPass Then
        NextLevel = "4_1"
        SONG = "c:\Project\PlayChoice.wav"
        Call Play
    Else
        ErrorCount = ErrorCount + 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        If ErrorCount < 3 Then
            NextLevel = "3_1_1"
            PID = ""
            SONG = "c:\project\errorPID.wav"
            Call Play
            Exit Sub
        Else
            Call SetupVariable
        End If
    End If
        ErrorCount = 0
End Sub

Sub L4_1()
    Choice = Inputt
    If Choice = "0" Then
        NextLevel = "5_1_1"
        SONG = "C:\project\PlayAddress.wav"
        Call Play
    ElseIf Choice = "1" Then
        NextLevel = "7_2"
        SONG = "c:\project\PlayGrade.wav"
        Call Play
     Else
        ErrorCount = ErrorCount + 1
        If ErrorCount < 3 Then
            SONG = "c:\project\ErrorChoice.wav"
            Call Play
            Exit Sub
        Else
            Call SetupVariable
        End If
 End If
    ErrorCount = 0
    Choice = ""
 End Sub

 Sub L5_1_1()
    DMC1.StopStream
    NextLevel = "5_1_2"
    ID = Inputt
 End Sub

 Sub L5_1_2()
    NextLevel = "5_1_3"
    ID = ID & Inputt
 End Sub

 Sub L5_1_3()
    NextLevel = "5_1_4"
    ID = ID & Inputt
 End Sub

 Sub L5_1_4()
    NextLevel = "5_1_5"
    ID = ID & Inputt
 End Sub


 Sub L5_1_5()
    NextLevel = "5_1_6"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ID = ID & Inputt
End Sub

Sub L5_1_6()
    NextLevel = "5_1_7"
    ID = ID & Inputt
End Sub

Sub L5_1_7()
    NextLevel = "5_1_8"
    ID = ID & Inputt
End Sub

Sub L5_1_8()
    ID = ID & Inputt
    If  CheckCodeID Then
        NextLevel = "Want"
        tmpLevel = NextLevel
        SONG = "c:\Project\" & ID & ".wav"
        Call Play
        Call Delay

        If NextLevel <> tmpLevel Then Exit Sub
        SONG = "c:\Project\Want.wav"
        Call Play

    Else
        ErrorCount = ErrorCount + 1
        If ErrorCount < 3 Then
          NextLevel = "5_1_1"
          ID = ""
          SONG = "c:\project\errorAdd.wav"
          Call Play
          Exit Sub
        Else
            Call SetupVariable
        End If
    End If
        ErrorCount = 0
End Sub

Sub L7_2()
    Choice = Inputt
    If Choice = "0" Then
        NextLevel = "8_1_1"
        SONG = "C:\project\PlaySubject.wav"
        Call Play
    ElseIf Choice = "1" Then
        NextLevel = "9_1_1"
        SONG = "c:\project\PlaySubjectYear.wav"
        Call Play
    Else
        ErrorCount = ErrorCount + 1
        If ErrorCount < 3 Then
            SONG = "c:\project\ErrorChoiceSubject.wav"
            Call Play
            Exit Sub
        Else
            Call SetupVariable
        End If
    End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ErrorCount = 0
    Choice = ""
End Sub

Sub L8_1_1()
    DMC1.StopStream
    NextLevel = "8_1_2"
    Subject = Inputt
End Sub

Sub L8_1_2()
    NextLevel = "8_1_3"
    Subject = Subject & Inputt
End Sub

Sub L8_1_3()
    NextLevel = "8_1_4"
    Subject = Subject & Inputt
End Sub

Sub L8_1_4()
    NextLevel = "8_1_5"
    Subject = Subject & Inputt
End Sub

Sub L8_1_5()
    NextLevel = "8_1_6"
    Subject = Subject & Inputt
End Sub

Sub L8_1_6()
    NextLevel = "8_1_7"
   Subject = Subject & Inputt
End Sub

Sub L8_1_7()
    NextLevel = "8_1_8"
    Subject = Subject & Inputt
End Sub

Sub L8_1_8()
    Subject = Subject & Inputt
    If CheckSubject Then
        NextLevel = "Want"
         tmpLevel = NextLevel
        SONG = "c:\Project\" & Subject & ".wav"
        Call Play
        Call Delay

        If NextLevel <> tmpLevel Then Exit Sub
        Grade = rsCheck!Grade
        SONG = "c:\Project\" & Grade & ".wav  "
        Call Play
        rsCheck.Close
        Call Delay

        If NextLevel <> tmpLevel Then Exit Sub
        SONG = "c:\Project\Want.wav"
        Call Play

    Else
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ErrorCount = ErrorCount + 1
        If ErrorCount < 3 Then
            NextLevel = "8_1_1"
            ID = ""
            SONG = "c:\project\errorSubject.wav"
            Call Play
            Exit Sub
        Else
            Call SetupVariable
        End If
    End If
        ErrorCount = 0
End Sub

Sub L9_1_1()
    Call DMC1.StopStream
    NextLevel = "9_1_2"
    Year = Inputt
End Sub

Sub L9_1_2()
    NextLevel = "9_1_3"
    Year = Year & Inputt
End Sub

Sub L9_1_3()
    NextLevel = "9_1_4"
    Year = Year & Inputt
End Sub

Sub L9_1_4()
    Year = Year & Inputt
    If CheckYear Then
        NextLevel = "10_1"
        SONG = "c:\Project\PlaySubjectTerm.wav"
        Call Play
    Else
        ErrorCount = ErrorCount + 1
        If ErrorCount < 3 Then
            NextLevel = "9_1_1"
            Year = ""
            SONG = "c:\project\ErrorYear.wav"
            Call Play
            Exit Sub
        Else
            Call SetupVariable
        End If
    End If
        ErrorCount = 0
End Sub

Sub L10_1()
Dim progress As Boolean
Dim avr As String, i As Integer, grd As String
    Term = Inputt
    If CheckTerm Then
        NextLevel = "Want"
        SQL = "SELECT grade.subjectcode,grade,credit  from Grade,_
              Subject where id_no = '" & SID & "' and year = '" & _
              Year & "'and Term = '" &Term & "'and Grade.subjectcode
              = subject.subjectcode"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        rsCredit.Open SQL, Cnn, adOpenKeyset, adLockPessimistic
                Points = 0
                Div = 0
        Do Until rsCredit.EOF
           If rsCredit!Grade = "I" Then progress = True
              Points = Points+Credit(rsCredit!Grade) _
                        *ValrsCredit!Credit)
              Div = Div + Val(rsCredit!Credit)
              tmpLevel = NextLevel
              SONG = "c:\Project\" & rsCredit!SubjectCode & ".wav"
              Call Play
              Call Delay

              If NextLevel <> tmpLevel Then Exit Sub
                 SONG = "c:\Project\" & rsCredit!Grade & ".wav  "
                 Call Play
                 Call Delay
              rsCredit.MoveNext
        Loop
        avr = Format(Points / Div, "0.00")

        SONG = "c:\Project\Average.wav"
        Call Play
        Call Delay
        If progress = False Then
            For i = 1 To 4
                grd = Mid(avr, i, 1)
                If grd = "." Then grd = "_"
                SONG = "c:\Project\" & grd & ".wav"
                Call Play
                Call Delay
            Next
                SONG = "c:\Project\Want.wav"
                Call Play
        Else
                SONG = "c:\Project\unsuccess.wav"
                Call Play
                Call Delay
                SONG = "c:\Project\Want.wav"
                Call Play
        End If
    Else
        ErrorCount = ErrorCount + 1
        If ErrorCount < 3 Then
            SONG = "c:\project\ErrorTerm.wav"
            Call Play
            Exit Sub
        Else
            Call SetupVariable
        End If
    End If
        rsCredit.Close
        ErrorCount = 0
End Sub

Sub Want()
    Wantt = Inputt
    If Wantt = "1" Then
        Choice = ""
        ID = ""
        NextLevel = "4_1"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        SONG = "c:\Project\PlayChoiceAgain.wav"
        Call Play
    Else
        Call SetupVariable

    End If
End Sub

Sub SetupVariable()
    SID = ""
    PID = ""
    ID = ""
    Choice = ""
    Year = ""
    Term = ""
    C = 0
    ErrorCount = 0
    NextLevel = "1_1"
    MSComm1.Output = "F"
    Call DMC1.StopStream
End Sub

Private Function CheckCode() As Boolean
    SQL = "SELECT id_no FROM project  WHERE id_no='" & SID & "' "
    Set rsCheck = Cnn.Execute(SQL)
    If rsCheck.RecordCount = 0 Then
        CheckCode = False
    Else
        CheckCode = True
    End If
    rsCheck.Close
End Function

Private Function CheckPass() As Boolean
    SQL = "SELECT password from project where id_no = '" & SID & "'_
          and password = '" & PID & "'"
    Set rsCheck = Cnn.Execute(SQL)
    If rsCheck.RecordCount = 0 Then
        CheckPass = False

    Else
        CheckPass = True
    End If
    rsCheck.Close
End Function

Private Function CheckCodeID() As Boolean
    SQL = "SELECT id_no FROM project  WHERE id_no='" & ID & "' "
    Set rsCheck = Cnn.Execute(SQL)
    If rsCheck.RecordCount = 0 Then
        CheckCodeID = False
    Else
        CheckCodeID = True
    End If
    rsCheck.Close
End Function

Private Function CheckSubject() As Boolean
    SQL = "SELECT Grade,subjectcode FROM Grade WHERE (id_no = '" &
SID & "' and Subjectcode = '" & Subject & "')"
    Set rsCheck = Cnn.Execute(SQL)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    If rsCheck.RecordCount = 0 Then
        CheckSubject = False
    Else
        CheckSubject = True
    End If
End Function

Private Function CheckYear() As Boolean
    SQL = "SELECT Year from Grade where id_no = '" & SID & "' and _
          Year = '" & Year & "'"
    Set rsCheck = Cnn.Execute(SQL)
    If rsCheck.RecordCount = 0 Then
        CheckYear = False
    Else
        CheckYear = True
    End If
    rsCheck.Close
End Function

Private Function CheckTerm() As Boolean
   SQL = "SELECT Term from Grade where id_no = '" & SID & "'and year_
         = '" & Year & "'  and Term = '" & Term & "'"
    Set rsCheck = Cnn.Execute(SQL)
    If rsCheck.RecordCount = 0 Then
        CheckTerm = False
    Else
        CheckTerm = True
    End If
    rsCheck.Close
End Function
Private Sub Timer1_Timer()
    Call SetupVariable
End Sub
Sub Delay()
        Do Until DMC1.StreamIsActive = False
            DoEvents
        Loop
End Sub

Function Credit(weigh) As Single
        Select Case weigh
                Case "A"
                   Credit = 4
                Case "B+"
                   Credit = 3.5
                   Case "B"
                   Credit = 3
                Case "C+"
                   Credit = 2.5
                Case "C"
                   Credit = 2
                Case "D+"
                   Credit = 1.5
                Case "D"
                   Credit = 1
                Case "F"
                   Credit = 0
         End Select

   End Function
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'CODE FORM MODULE
Option Explicit
Public Cnn As New ADODB.Connection
Public rsMain As New ADODB.Recordset
Public rs As New ADODB.Recordset

Sub Main()
    Call OpenDB
End Sub

Sub OpenDB()
    Dim SQL As String
    Cnn.ConnectionString ="Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.3.51;Persist_
                           Security Info=False;Data Source="&App.Path_
                           & "\Project5.mdb"
    Cnn.CursorLocation = 3
    Cnn.Open
    SQL = "SELECT * from Project"
    rs.Open SQL, Cnn, adOpenKeyset, adLockPessimistic
    frmMain.Show
End Sub

Function CheckNumber(Key As Integer, Spec As String, IsCase As _
                     Integer) As Integer
Dim chk As String
If IsCase = 0 Then
   Spec = LCase(Spec)
End If
If (InStr(1, Spec, Chr(Key)) > 0) Or (Key >= 48 And Key <= 57) Then
       CheckNumber = Key
    Else
       CheckNumber = 0
End If
End Function

Function getAge(birth As Date) As Integer
    Dim bday As Integer, bmonth As Integer, byear As Integer
    bday = Day(birth)
    bmonth = Month(birth)
    byear = Year(birth)
    byear = Year(Now) - byear
    If bmonth > Month(Now) Then
        getAge = byear - 1
        Exit Function
    ElseIf bmonth = Month(Now) Then
        If bday > Day(Now) Then
            getAge = byear - 1
        Else
            getAge = byear
        End If
        Exit Function
    Else
        getAge = byear
    End If
End Function

Function NotNull(s As Variant) As Variant
    If IsNull(s) Then
        NotNull = ""
    Else
        NotNull = s
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    End If
End Function
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOURCE CODE OF MICROCONTROLER MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
FLAG_RECV       BIT   7FH

                ORG   0000H
                LJMP  MAIN
                ORG   0003H
                LJMP  SUB_RINGGING    ;interrupt INT0 (P3.2) service
                ORG   000BH
                LJMP  SUB_KEY         ;interrupt Timer0 (P3.4) service
                ORG   0013H
                LJMP  SUB_BUSY        ;interrupt INT1 (P3.3) service
                ORG   001BH
                RETI
                ORG   0023H
                ljmp  serial_interrupt

MAIN:           MOV   A,#0FFH
                MOV   TH0,A
                MOV   TL0,A
                MOV   TMOD,#26H
                SETB  TR0
                lcall initialize_com
                lcall init_serial
                MOV   A,#0FH
                MOV   P1,A            ;P1 = INPUT
                MOV   R0,#00H
      CLR       P1.4                  ;Off relay * Port P1.4
                                        is Port control Relay


      MOV       A,#'R'
      SETB      TI

RELAY: JNB      FLAG_RECV,RELAY
       CLR      FLAG_RECV
       CJNE     R3,#'O',OFF
       CLR      EX0
       SETB     P1.4              ;On relay * Port P1.4 is Port
                                    control Relay
       SJMP     RELAY
OFF:   CJNE     R3,#'F',RELAY
       CLR      P1.4              ;Off relay * Port P1.4 is Port
                                  control Relay
       SETB     EX0
       SJMP     RELAY


SUB_RINGGING:
      MOV       A,#'Z'        ;Send Z to PC if have Ringging
      SETB      TI
      RETI


SUB_BUSY:
      INC       R0
      CJNE      R0,#64H,CCC
      MOV       R0,#00H
      CLR       P1.4      ;Off relay if have BUSY * Port P1.4 is
                           Port control Relay

      MOV   A,#'S'
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      SETB  TI
      SETB  EX0
CCC:  RETI


SUB_KEY:
      MOV   A,P1          ;Send Assci Data from KEY to PC if  have  STD
      ANL   A,#0FH
      MOV   DPTR,#TABLE
      MOVC  A,@A+DPTR
      SETB  TI
      RETI

TABLE:DB    'N123'
      DB    '4567'
      DB    '890*'
      DB    '#NNN'


;subroutine
INITIALIZE_COM:
            mov pcon,#00h
            ret
INIT_SERIAL:
            MOV A,#0FDH
            MOV TH1,A
            MOV TL1,A
; MOV TMOD,#00100000b
             SETB EA
             SETB ES
             SETB ET0
             SETB EX0
             SETB EX1                ;use  INT1 (P3.3)
             CLR  ET1
             SETB TR1
             SETB PS
             SETB P3.2
             SETB P3.3               ;use  INT1 (P3.3)
             SETB TCON.0
             SETB TCON.2             ;use  INT1 (P3.3)
             MOV  SCON,#01010000B
             RET

 SERIAL_INTERRUPT:
 ;output:register R3 for recv
 ;input: register ACC for send
 ;EX. if send
 ;mov a,#data
 ;setb TI
                PUSH IE
                CLR ES
                JBC RI,RECV
                SJMP SEND
 RECV:
                MOV R3,SBUF
                SETB FLAG_RECV
                SJMP OUT_INT
 SEND:
                CLR TI
                MOV SBUF,A
                JNB TI,$
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

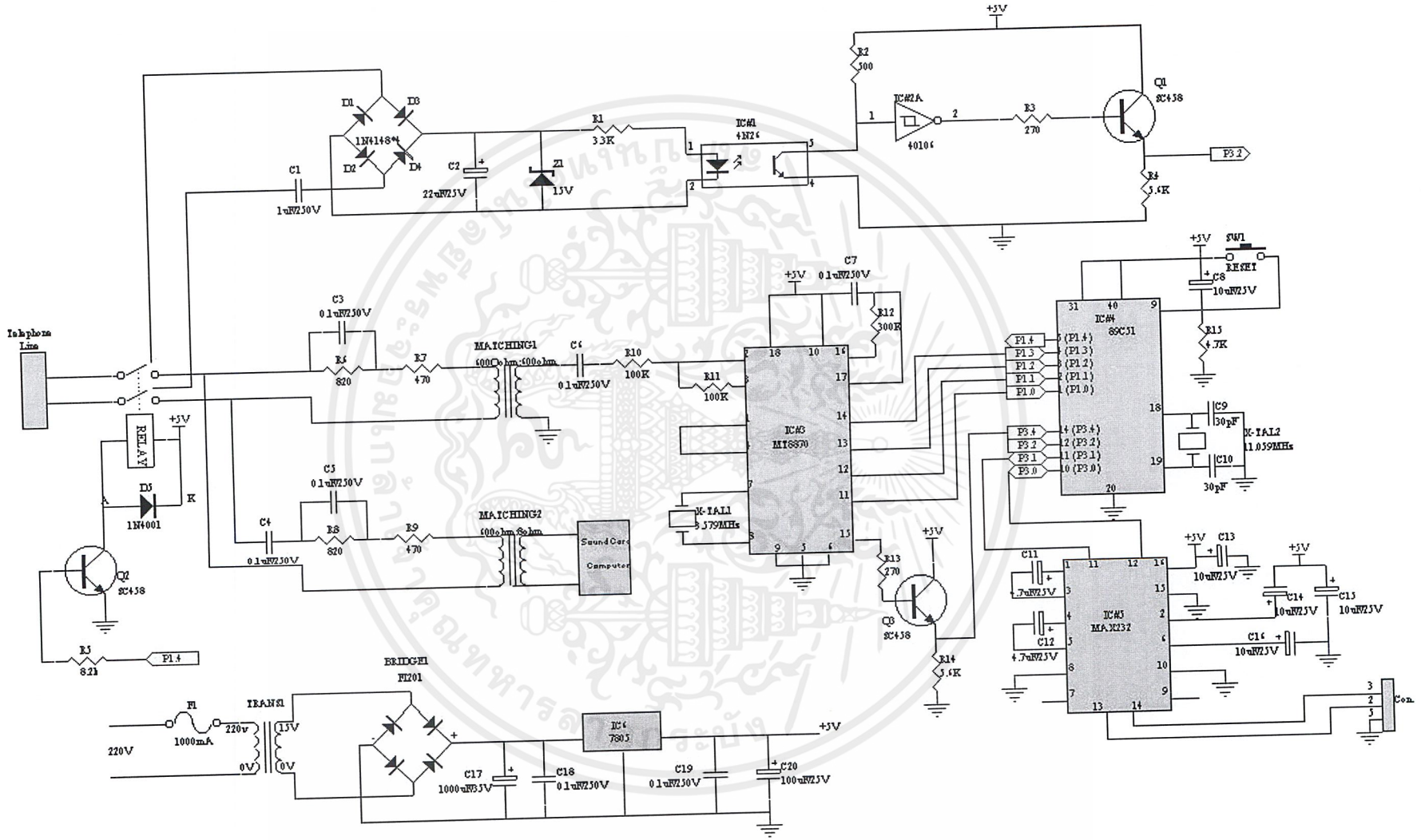
```
                CLR TI
OUT_INT:
                POP IE
                RETI

                END
```

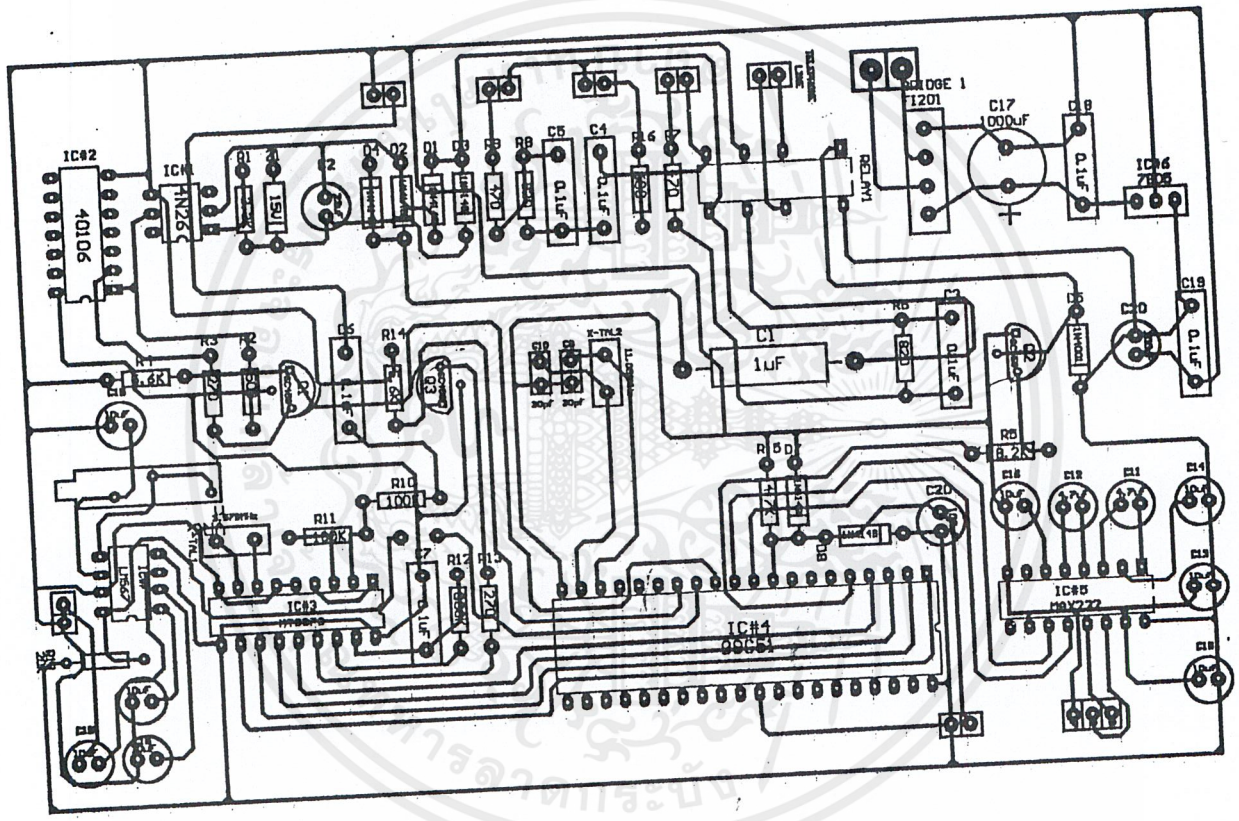

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
วงจร,ลายวงจรพิมพ์และรูปชิ้นงาน

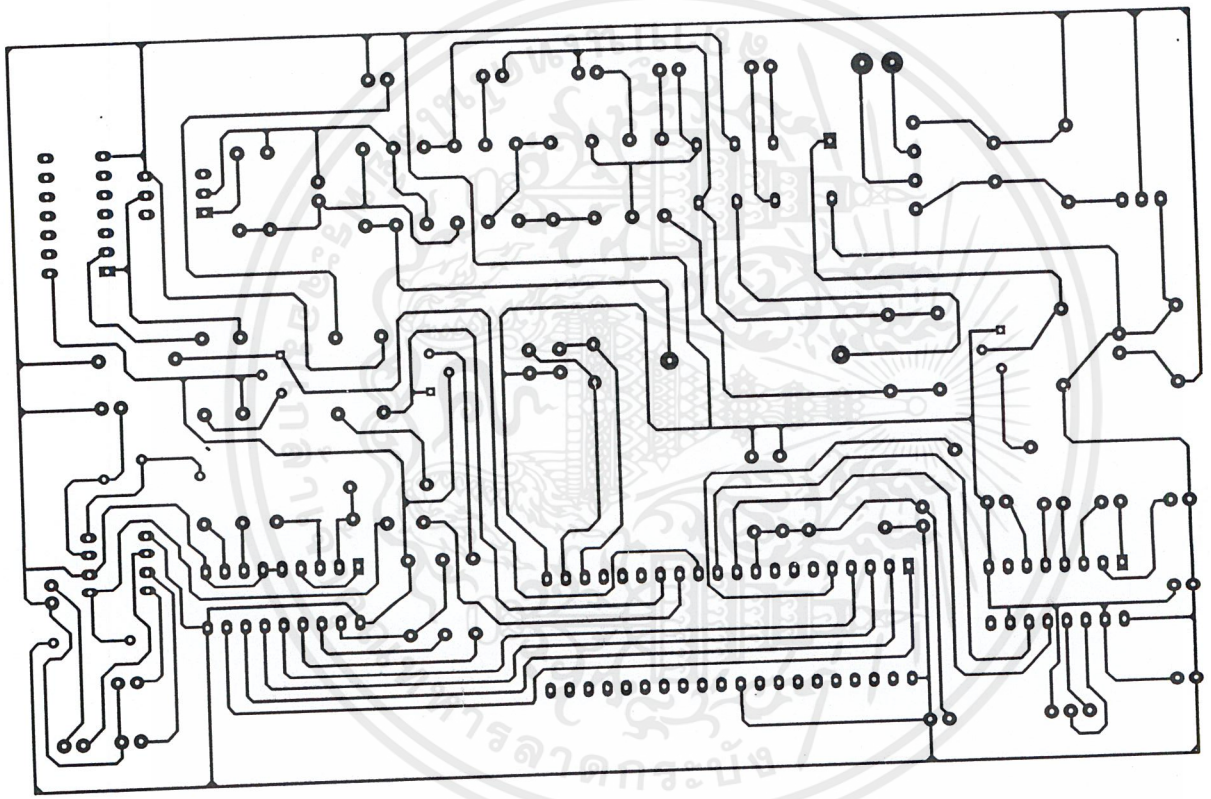
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



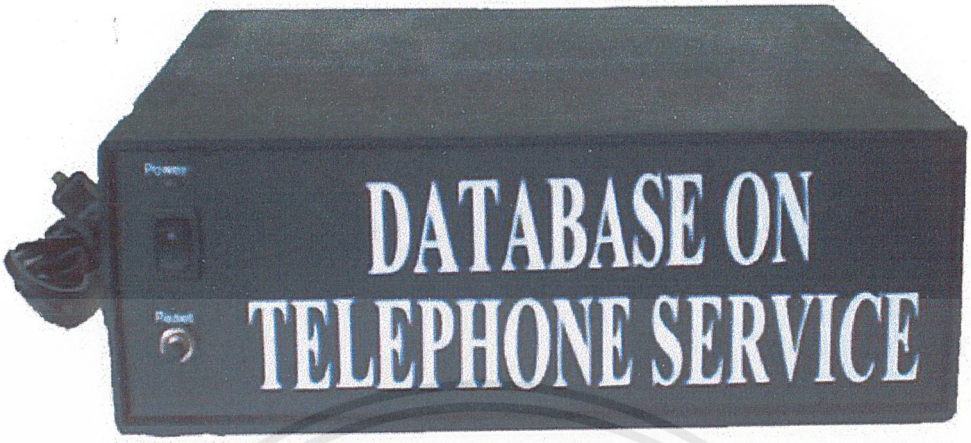
รูปแสดงวงจรทั้งหมด



รูป แสดงการวางตำแหน่งของอุปกรณ์บนแผ่นพิมพ์



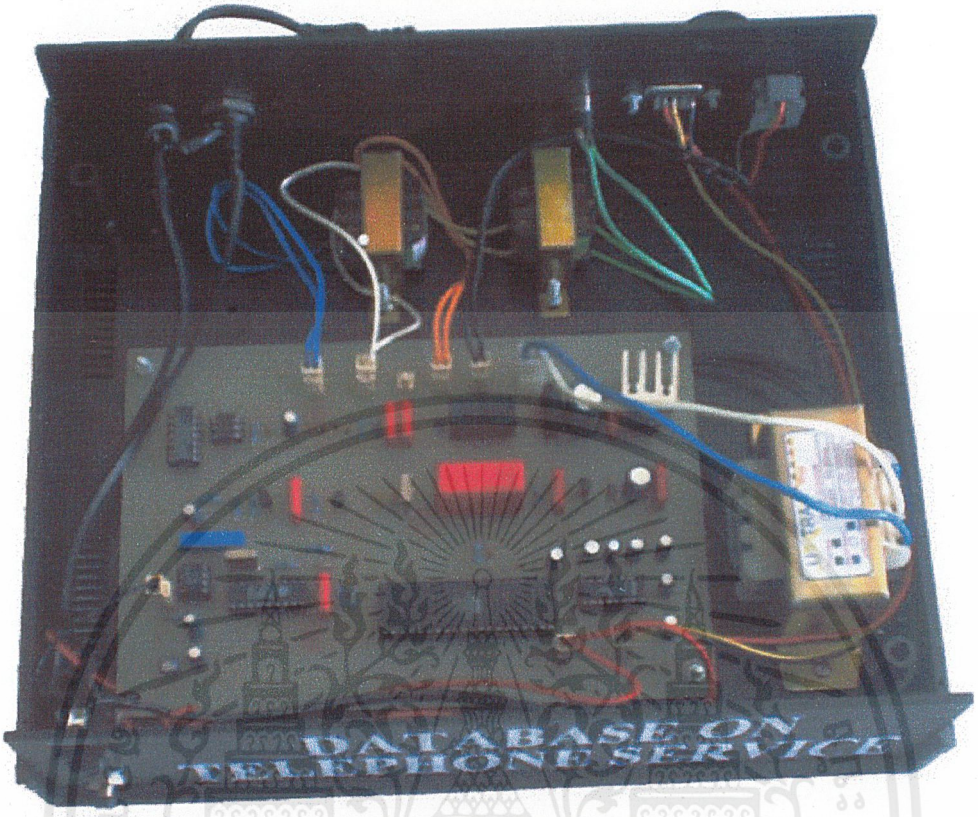
รูป แสดงลายวงจรพิมพ์



รูป แสดงด้านหน้าของชิ้นงาน

รูป แสดงด้านหลังของชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป แสดงการวางอุปกรณ์ภายในของชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
รายละเอียดข้อมูลของไอซีที่ใช้งาน

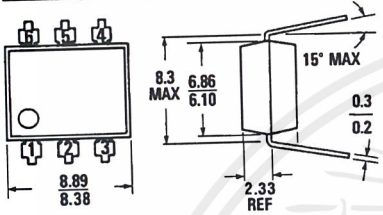
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

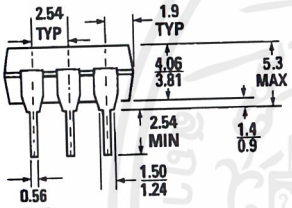
QT OPTOELECTRONICS

PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLERS

4N25 4N27
4N26 4N28

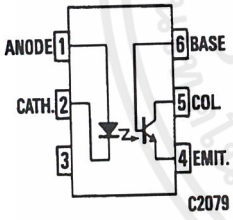
PACKAGE DIMENSIONS





DIMENSIONS IN mm
PACKAGE CODE K

ST1603A



Equivalent Circuit

DESCRIPTION

The 4N25, 4N26, 4N27, and 4N28 series of optocouplers have an NPN silicon planar phototransistor optically coupled to a gallium arsenide diode.

FEATURES & APPLICATIONS

- AC line/digital logic isolator
- Digital logic/digital logic isolator
- Telephone/telegraph line receiver
- Twisted pair line receiver
- High frequency power supply feedback control
- Relay contact monitor
- Power supply monitor
- Small package size and low cost
- Excellent frequency response
- UL recognized—File E90700

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

TOTAL PACKAGE

*Storage temperature ..... −55°C to 150°C
*Operating temperature at junction ..... −55°C to 100°C
*Lead temperature (soldering, 10 sec) ..... 260°C
*Total package power dissipation at 25°C ambient (LED plus detector) ..... 250 mW
*Derate linearly from 25°C ..... 3.3 mW/°C

INPUT DIODE

*Forward DC current continuous ..... 80 mA
*Reverse voltage ..... 3.0 V
*Peak forward current (300 μs, 2% duty cycle) ..... 3.0 A
*Power dissipation at 25°C ambient ..... 150 mW
*Derate linearly from 25°C ..... 2.0 mW/°C

OUTPUT TRANSISTOR

*Collector emitter voltage (BV_{CEO}) ..... 30 V
*Collector base voltage (BV_{CBO}) ..... 70 V
*Emitter collector voltage (BV_{ECO}) ..... 7 V
*Power dissipation at 25°C ambient ..... 150 mW
*Derate linearly from 25°C ..... 2.0 mW/°C

*Indicates JEDEC Registered Data.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS
(25°C Free Air Temperature Unless Otherwise Specified)

INDIVIDUAL COMPONENT CHARACTERISTICS

CHARACTERISTICS	SYMBOL	MIN.	TYP.	GUAR. MAX.	UNITS	TEST CONDITIONS
INPUT DIODE						
*Forward voltage	V_F		1.20	1.50	V	I_F=10 mA
Capacitance	C		150		pF	V_F=0 V, f=1 MHz
*Reverse leakage current			.05	100	μA	V_R=3.0 V, R_L=1.0 MΩ
DETECTOR						
DC forward current gain	h_{FE}		250			V_{CE}=5 V, I_C=500 μA
*Collector to emitter breakdown voltage	BV_{CEO}	30	65		V	I_C=1.0 mA, I_B=0
*Collector to base breakdown voltage	BV_{CBO}	70	165		V	I_C=100 μA, I_E=0
*Emitter to collector breakdown voltage	BV_{ECO}	7	14		V	I_E=100 μA, I_B=0
*Collector to emitter leakage current (4N25, 4N26, 4N27)	I_{CEO}		3.5	50	nA	V_{CE}=10 V Base Open
*Collector to emitter leakage current (4N28)				100	nA	
*Collector to base leakage current	I_{CBO}		0.1	20	nA	V_{CB}=10 V Emitter Open

TRANSFER CHARACTERISTICS

DC CHARACTERISTICS	SYMBOL	MIN.	TYP.	GUAR. MAX.	UNITS	TEST CONDITIONS
*Collector output current (a) (4N25, 4N26)	I_C	2.0	5.0	—	mA	V_{CE}=10 V, I_F=10 mA, I_B=0
(4N27, 4N28)		1.0	3.0	—		
*Collector-emitter saturation	$V_{CE(SAT)}$		0.2	0.5	V	I_C=2.0 mA, I_F=50 mA

TRANSFER CHARACTERISTICS

AC CHARACTERISTICS	SYMBOL	TYP.	UNITS	TEST CONDITIONS
Non-saturated Collector Delay time	t_d	0.5	μs	R_L=100 Ω, I_C=2 mA, V_{CC}=10 V
Rise time	t_r	2.5	μs	(Fig. 10 and 11)
Fall time	t_f	2.6	μs	
Non-saturated Collector Delay time	t_d	2.0	μs	R_L=1kΩ, I_C 2 mA, V_{CC}=10 V
Rise time	t_r	15	μs	(Fig. 10 and 11)
Fall time	t_f	15	μs	

*Indicates JEDEC Registered Data.
(a) Pulse Test: Pulse Width=300 μs, Duty Cycle ≤2.0%
(b) For this test LED pins 1 and 2 are common and Phototransistor pins 4, 5 and 6 are common.
(c) If adjusted to yield I_C=2 mA and i_c=0.7 mA RMS; Bandwidth referenced to 10 kHz.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS
(25°C Free Air Temperature Unless Otherwise Specified) (Cont'd)

TRANSFER CHARACTERISTICS (Cont'd)

AC CHARACTERISTICS	SYMBOL	MIN.	TYP.	GUAR. MAX.	UNITS	TEST CONDITIONS
Saturated t_{on} (from 5 V to 0.8 V)	t_{on} (SAT)		5		μs	R_L=2kΩ, I_F=15 mA, V_{CC}=5 V
t_{off} (from SAT to 2.0 V)	t_{off} (SAT)		25		μs	R_B=Open (Fig. 10)
Saturated t_{on} (from 5 V to 0.8 V)	t_{on} (SAT)		5		μs	R_L=2kΩ, I_F=20 mA, V_{CC}=5 V
t_{off} (from SAT to 2.0 V)	t_{off} (SAT)		18		μs	R_B=100kΩ (Fig. 10)
Non-saturated Base—Collector photo diode Rise time	t_r		175		ns	R_L=1kΩ, V_{CB}=10 V
Fall time	t_f		175		ns	
Isolation voltage (b)						I_{I-O} ≤ 1 μA
(4N25, 4N26, 4N27, 4N28)	V_{ISO}	5300	—	—	V	RMS, t=1 minute
*(4N26, 4N27)		1500	—	—	V	Peak
*(4N28)		500	—	—	V	Peak
Isolation resistance (b)			10^{11}		Ω	V=500 VDC
Isolation capacitance (b)			1.3		pF	V=0, f=1.0 MHz
Bandwidth (c) (also see note 2)	B_W		300		kHz	I_C=2.0 mA, R_L=100 Ω (Fig. 12)

*Indicates JEDEC Registered Data.
(a) Pulse Test: Pulse Width=300 μs, Duty Cycle <2.0%
(b) For this test LED pins 1 and 2 are common and Phototransistor pins 4, 5 and 6 are common.
(c) If adjusted to yield I_C=2 mA and i_c=0.7 mA RMS; Bandwidth referenced to 10 kHz.

TYPICAL ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTIC CURVES
(25°C Free Air Temperature Unless Otherwise Specified)

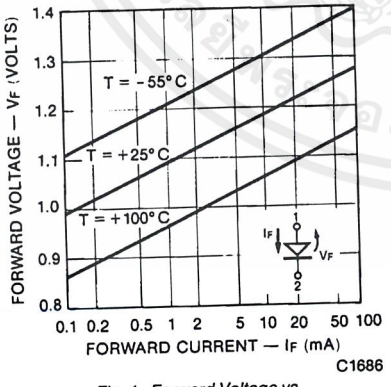


Fig. 1. Forward Voltage vs. Current

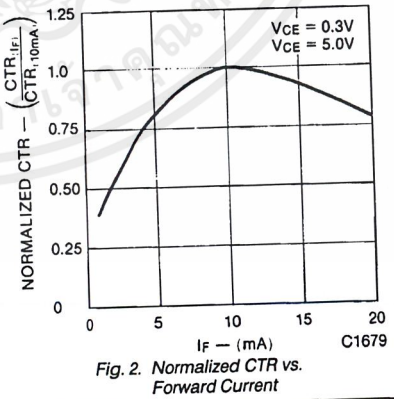


Fig. 2. Normalized CTR vs. Forward Current

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTIC CURVES

(25°C Free Air Temperature Unless Otherwise Specified) (Cont'd)

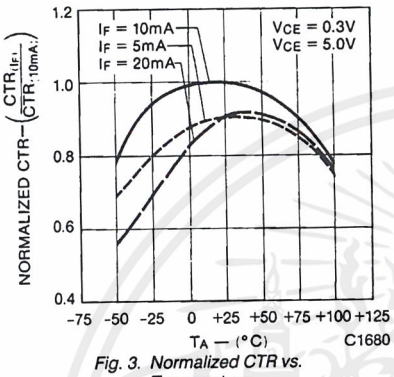


Fig. 3. Normalized CTR vs. Temperature

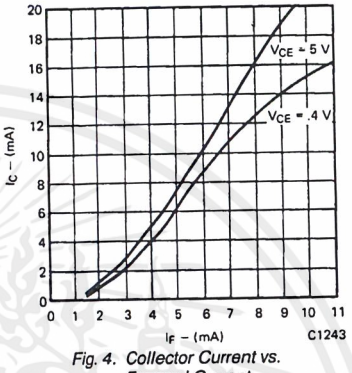


Fig. 4. Collector Current vs. Forward Current

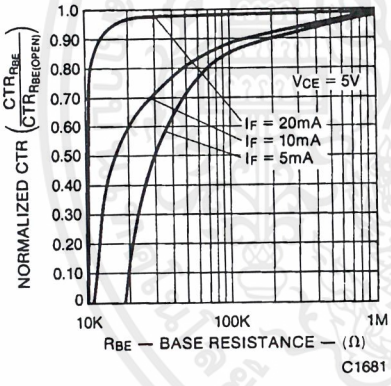


Fig. 5. CTR vs. RBE (Unsaturated)

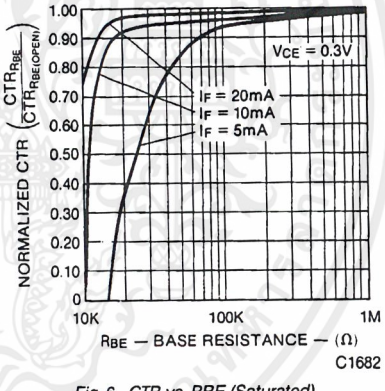


Fig. 6. CTR vs. RBE (Saturated)

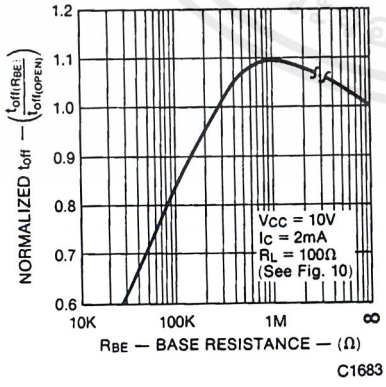


Fig. 7. Normalized T_{OFF} vs. RBE

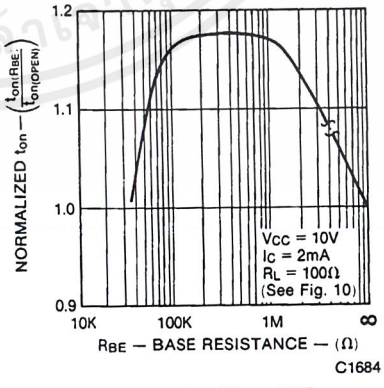


Fig. 8. Normalized T_{ON} vs. RBE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTIC CURVES
(25°C Free Air Temperature Unless Otherwise Specified) (Cont'd)

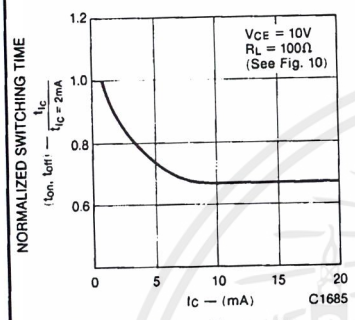


Fig. 9. Switching Time vs. IC

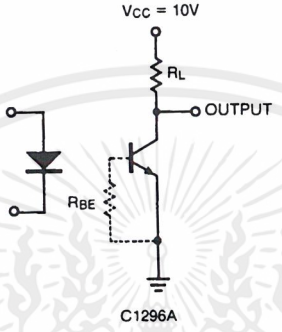


Fig. 10. Switching Time Test Circuit

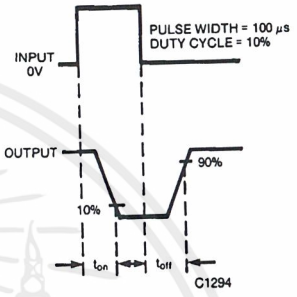


Fig. 11. Switching Time Waveforms

OPERATING SCHEMATICS

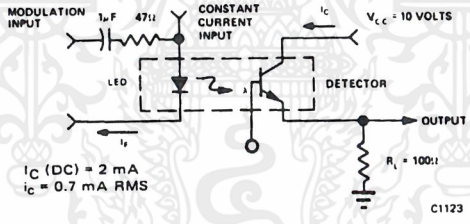


Fig. 12. Modulation Circuit Used to Obtain Output vs. Frequency Plot

NOTES

1. The current transfer ratio (I_C/I_F) is the ratio of the detector collector current to the LED input current with V_{CE} at 10 volts.
2. The frequency at which i_c is 3dB down from the 10 kHz value.
3. Rise time (t_r) is the time required for the collector current to increase from 10% of its final value to 90%.
   Fall time (t_f) is the time required for the collector current to decrease from 90% of its initial value to 10%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISO²-CMOS MT8870D/MT8870D-1
Integrated DTMF Receiver

ISSUE 5 March 1997

Features
- Complete DTMF Receiver
- Low power consumption
- Internal gain setting amplifier
- Adjustable guard time
- Central office quality
- Power-down mode
- Inhibit mode
- Backward compatible with MT8870C/MT8870C-1

Applications
- Receiver system for British Telecom (BT) or CEPT Spec (MT8870D-1)
- Paging systems
- Repeater systems/mobile radio
- Credit card systems
- Remote control
- Personal computers
- Telephone answering machine

Ordering Information

MT8870DE/DE-1	18 Pin Plastic DIP
MT8870DS/DS-1	18 Pin SOIC
MT8870DN/DN-1	20 Pin SSOP

-40 °C to +85 °C

Description

The MT8870D/MT8870D-1 is a complete DTMF receiver integrating both the bandsplit filter and digital decoder functions. The filter section uses switched capacitor techniques for high and low group filters; the decoder uses digital counting techniques to detect and decode all 16 DTMF tone-pairs into a 4-bit code. External component count is minimized by on chip provision of a differential input amplifier, clock oscillator and latched three-state bus interface.

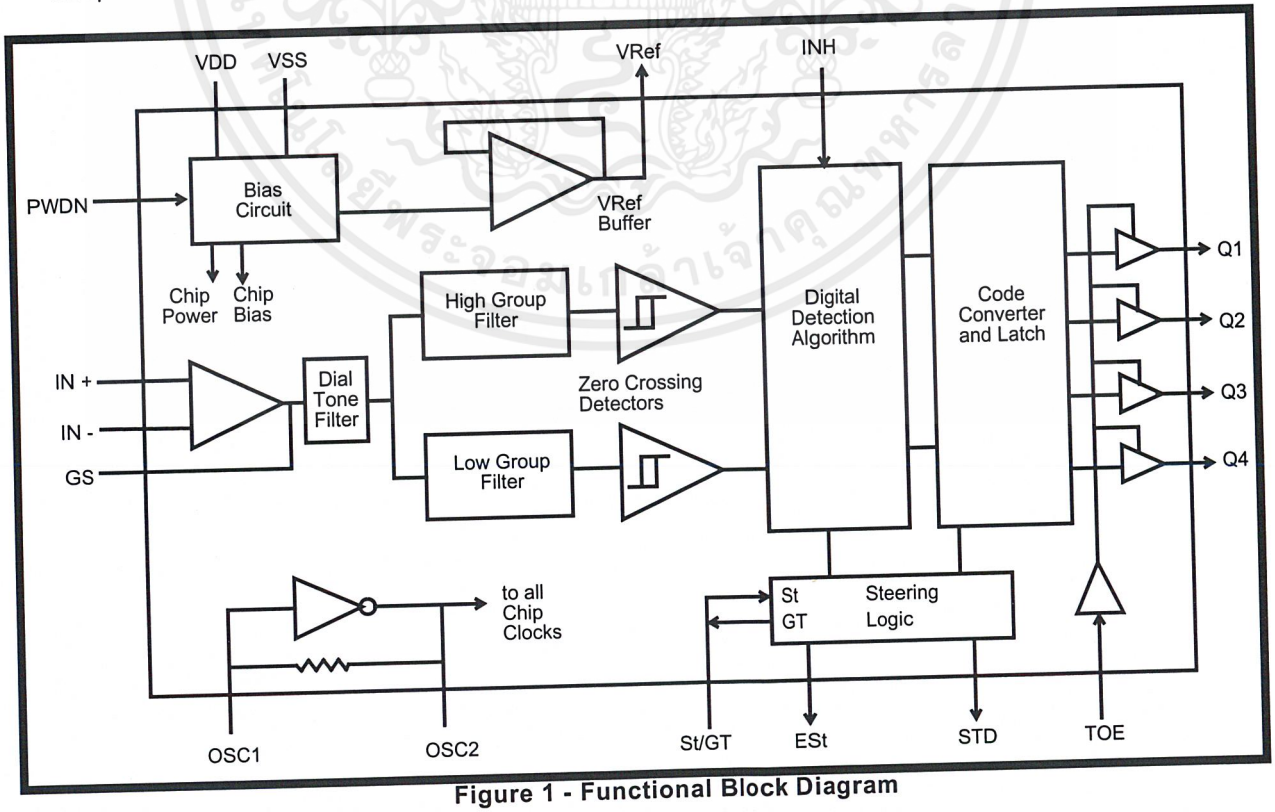


Figure 1 - Functional Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

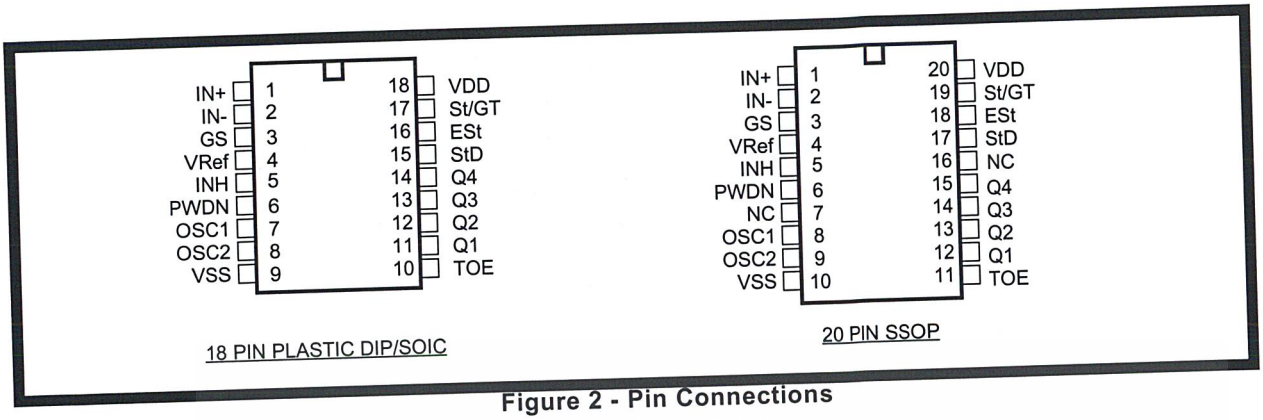


Figure 2 - Pin Connections

Pin Description

Pin #		Name	Description
18	20		
1	1	IN+	**Non-Inverting Op-Amp (Input).**
2	2	IN-	**Inverting Op-Amp (Input).**
3	3	GS	**Gain Select.** Gives access to output of front end differential amplifier for connection of feedback resistor.
4	4	V_{Ref}	**Reference Voltage (Output).** Nominally $V_{DD}/2$ is used to bias inputs at mid-rail (see Fig. 6 and Fig. 10).
5	5	INH	**Inhibit (Input).** Logic high inhibits the detection of tones representing characters A, B, C and D. This pin input is internally pulled down.
6	6	PWDN	**Power Down (Input).** Active high. Powers down the device and inhibits the oscillator. This pin input is internally pulled down.
7	8	OSC1	**Clock (Input).**
8	9	OSC2	**Clock (Output).** A 3.579545 MHz crystal connected between pins OSC1 and OSC2 completes the internal oscillator circuit.
9	10	V_{SS}	**Ground (Input).** 0V typical.
10	11	TOE	**Three State Output Enable (Input).** Logic high enables the outputs Q1-Q4. This pin is pulled up internally.
11-14	12-15	Q1-Q4	**Three State Data (Output).** When enabled by TOE, provide the code corresponding to the last valid tone-pair received (see Table 1). When TOE is logic low, the data outputs are high impedance.
15	17	StD	**Delayed Steering (Output).**Presents a logic high when a received tone-pair has been registered and the output latch updated; returns to logic low when the voltage on St/GT falls below V_{TSt}.
16	18	ESt	**Early Steering (Output).** Presents a logic high once the digital algorithm has detected a valid tone pair (signal condition). Any momentary loss of signal condition will cause ESt to return to a logic low.
17	19	St/GT	**Steering Input/Guard time (Output) Bidirectional.** A voltage greater than V_{TSt} detected at St causes the device to register the detected tone pair and update the output latch. A voltage less than V_{TSt} frees the device to accept a new tone pair. The GT output acts to reset the external steering time-constant; its state is a function of ESt and the voltage on St.
18	20	V_{DD}	**Positive power supply (Input).** +5V typical.
	7, 16	NC	No Connection.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

The MT8870D/MT8870D-1 monolithic DTMF receiver offers small size, low power consumption and high performance. Its architecture consists of a bandsplit filter section, which separates the high and low group tones, followed by a digital counting section which verifies the frequency and duration of the received tones before passing the corresponding code to the output bus.

Filter Section

Separation of the low-group and high group tones is achieved by applying the DTMF signal to the inputs of two sixth-order switched capacitor bandpass filters, the bandwidths of which correspond to the low and high group frequencies. The filter section also incorporates notches at 350 and 440 Hz for exceptional dial tone rejection (see Figure 3). Each filter output is followed by a single order switched capacitor filter section which smooths the signals prior to limiting. Limiting is performed by high-gain comparators which are provided with hysteresis to prevent detection of unwanted low-level signals. The outputs of the comparators provide full rail logic swings at the frequencies of the incoming DTMF signals.

Decoder Section

Following the filter section is a decoder employing digital counting techniques to determine the frequencies of the incoming tones and to verify that they correspond to standard DTMF frequencies. A complex averaging algorithm protects against tone simulation by extraneous signals such as voice while providing tolerance to small frequency deviations and variations. This averaging algorithm has been developed to ensure an optimum combination of immunity to talk-off and tolerance to the presence of interfering frequencies (third tones) and noise. When the detector recognizes the presence of two valid tones (this is referred to as the "signal condition" in some industry specifications) the "Early Steering" (ESt) output will go to an active state. Any subsequent loss of signal condition will cause ESt to assume an inactive state (see "Steering Circuit").

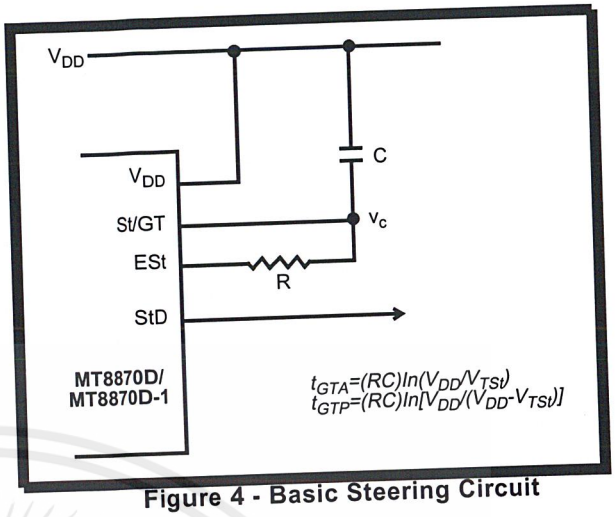


Figure 4 - Basic Steering Circuit

Steering Circuit

Before registration of a decoded tone pair, the receiver checks for a valid signal duration (referred to as character recognition condition). This check is performed by an external RC time constant driven by ESt. A logic high on ESt causes v_c (see Figure 4) to rise as the capacitor discharges. Provided signal

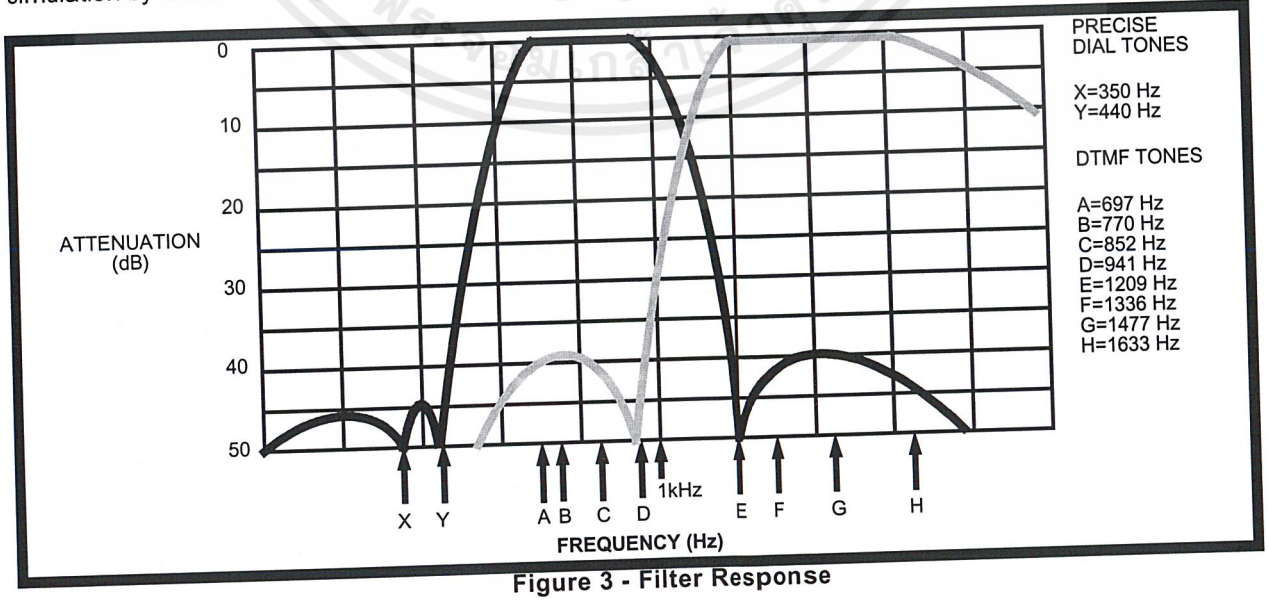


Figure 3 - Filter Response

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

condition is maintained (ESt remains high) for the validation period (t_{GTP}), v_c reaches the threshold (V_{TSt}) of the steering logic to register the tone pair, latching its corresponding 4-bit code (see Table 1) into the output latch. At this point the GT output is activated and drives v_c to V_{DD}. GT continues to drive high as long as ESt remains high. Finally, after a short delay to allow the output latch to settle, the delayed steering output flag (StD) goes high, signalling that a received tone pair has been registered. The contents of the output latch are made available on the 4-bit output bus by raising the three state control input (TOE) to a logic high. The steering circuit works in reverse to validate the interdigit pause between signals. Thus, as well as rejecting signals too short to be considered valid, the receiver will tolerate signal interruptions (dropout) too short to be considered a valid pause. This facility, together with the capability of selecting the steering time constants externally, allows the designer to tailor performance to meet a wide variety of system requirements.

Digit	TOE	INH	ESt	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1
ANY	L	X	H	Z	Z	Z	Z
1	H	X	H	0	0	0	1
2	H	X	H	0	0	1	0
3	H	X	H	0	0	1	1
4	H	X	H	0	1	0	0
5	H	X	H	0	1	0	1
6	H	X	H	0	1	1	0
7	H	X	H	0	1	1	1
8	H	X	H	1	0	0	0
9	H	X	H	1	0	0	1
0	H	X	H	1	0	1	0
*	H	X	H	1	0	1	1
#	H	X	H	1	1	0	0
A	H	L	H	1	1	0	1
B	H	L	H	1	1	1	0
C	H	L	H	1	1	1	1
D	H	L	H	0	0	0	0
A	H	H	L	undetected, the output code will remain the same as the previous detected code			
B	H	H	L				
C	H	H	L				
D	H	H	L				

Table 1. Functional Decode Table

L=LOGIC LOW, H=LOGIC HIGH, Z=HIGH IMPEDANCE
X = DON'T CARE

Guard Time Adjustment

In many situations not requiring selection of tone duration and interdigital pause, the simple steering circuit shown in Figure 4 is applicable. Component values are chosen according to the formula:

$$t_{REC}=t_{DP}+t_{GTP}$$
$$t_{ID}=t_{DA}+t_{GTA}$$

The value of t_{DP} is a device parameter (see Figure 11) and t_{REC} is the minimum signal duration to be recognized by the receiver. A value for C of 0.1 µF is recommended for most applications, leaving R to be selected by the designer.

Different steering arrangements may be used to select independently the guard times for tone present (t_{GTP}) and tone absent (t_{GTA}). This may be necessary to meet system specifications which place both accept and reject limits on both tone duration and interdigital pause. Guard time adjustment also allows the designer to tailor system parameters such as talk off and noise immunity. Increasing t_{REC} improves talk-off performance since it reduces the probability that tones simulated by speech will maintain signal condition long enough to be registered. Alternatively, a relatively short t_{REC} with a long t_{DO} would be appropriate for extremely noisy environments where fast acquisition time and immunity to tone drop-outs are required. Design information for guard time adjustment is shown in Figure 5.

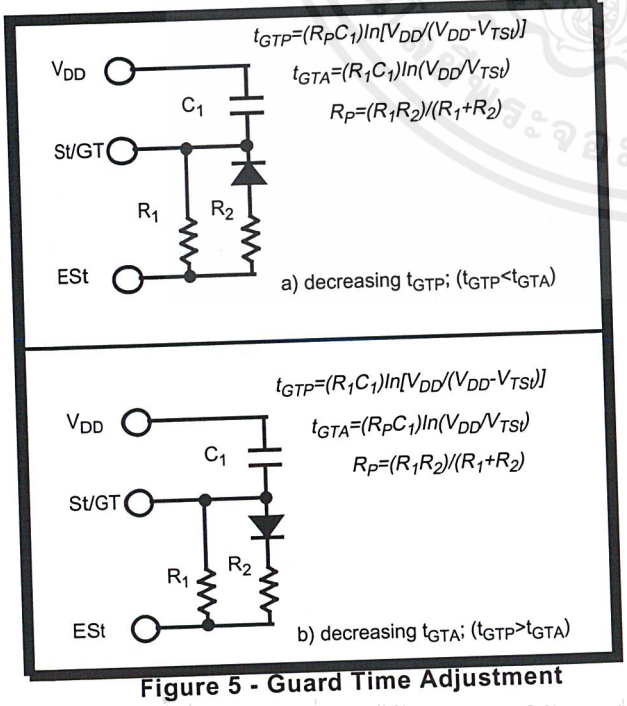


Figure 5 - Guard Time Adjustment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Power-down and Inhibit Mode

A logic high applied to pin 6 (PWDN) will power down the device to minimize the power consumption in a standby mode. It stops the oscillator and the functions of the filters.

Inhibit mode is enabled by a logic high input to the pin 5 (INH). It inhibits the detection of tones representing characters A, B, C, and D. The output code will remain the same as the previous detected code (see Table 1).

Differential Input Configuration

The input arrangement of the MT8870D/MT8870D-1 provides a differential-input operational amplifier as well as a bias source (V_{Ref}) which is used to bias the inputs at mid-rail. Provision is made for connection of a feedback resistor to the op-amp output (GS) for adjustment of gain. In a single-ended configuration, the input pins are connected as shown in Figure 10 with the op-amp connected for unity gain and V_{Ref} biasing the input at $^1/_2V_{DD}$. Figure 6 shows the differential configuration, which permits the adjustment of gain with the feedback resistor R_5.

Crystal Oscillator

The internal clock circuit is completed with the addition of an external 3.579545 MHz crystal and is normally connected as shown in Figure 10 (Single-Ended Input Configuration). However, it is possible to configure several MT8870D/MT8870D-1 devices employing only a single oscillator crystal. The oscillator output of the first device in the chain is coupled through a 30 pF capacitor to the oscillator input (OSC1) of the next device. Subsequent devices are connected in a similar fashion. Refer to Figure 7 for details. The problems associated with unbalanced loading are not a concern with the arrangement shown, i.e., precision balancing capacitors are not required.

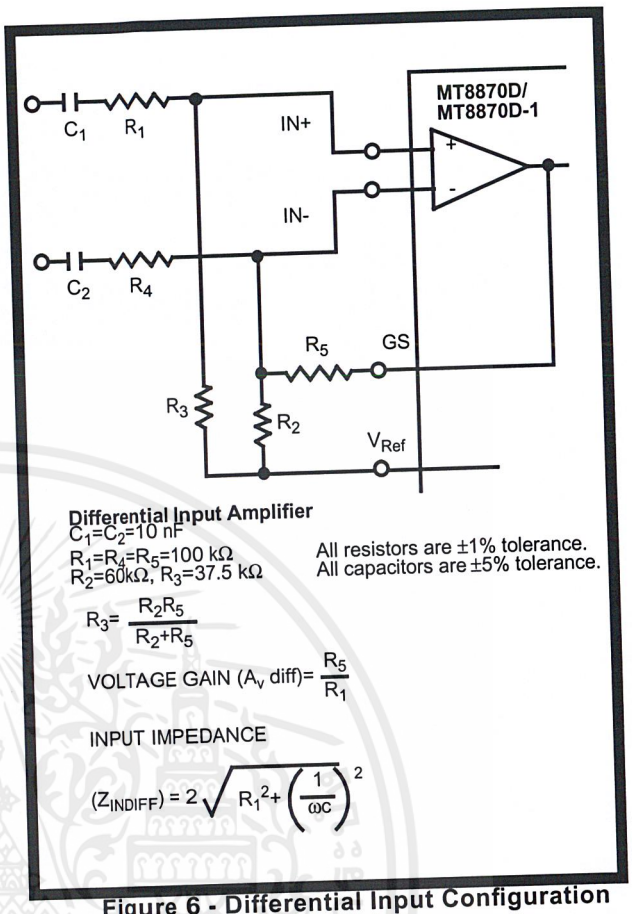


Figure 6 - Differential Input Configuration

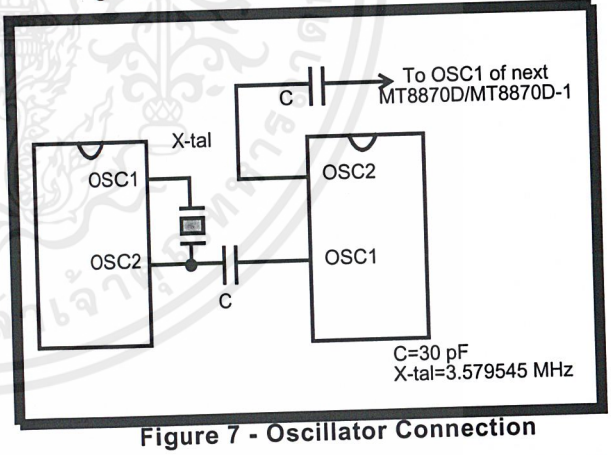


Figure 7 - Oscillator Connection

Parameter	Unit	Resonator
R1	Ohms	10.752
L1	mH	.432
C1	pF	4.984
C0	pF	37.915
Qm	-	896.37
Δf	%	±0.2%

Table 2. Recommended Resonator Specifications

Note: Qm=quality factor of RLC model, i.e., $1/2\Pi fR1C1$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Applications

RECEIVER SYSTEM FOR BRITISH TELECOM SPEC POR 1151

The circuit shown in Fig. 9 illustrates the use of MT8870D-1 device in a typical receiver system. BT Spec defines the input signals less than -34 dBm as the non-operate level. This condition can be attained by choosing a suitable values of R_1 and R_2 to provide 3 dB attenuation, such that -34 dBm input signal will correspond to -37 dBm at the gain setting pin GS of MT8870D-1. As shown in the diagram, the component values of R_3 and C_2 are the guard time requirements when the total component tolerance is 6%. For better performance, it is recommended to use the non-symmetric guard time circuit in Fig. 8.

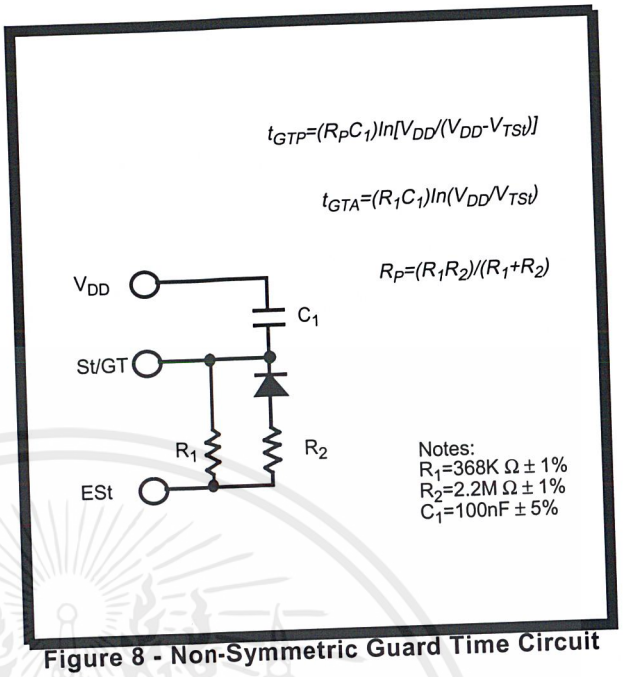


Figure 8 - Non-Symmetric Guard Time Circuit

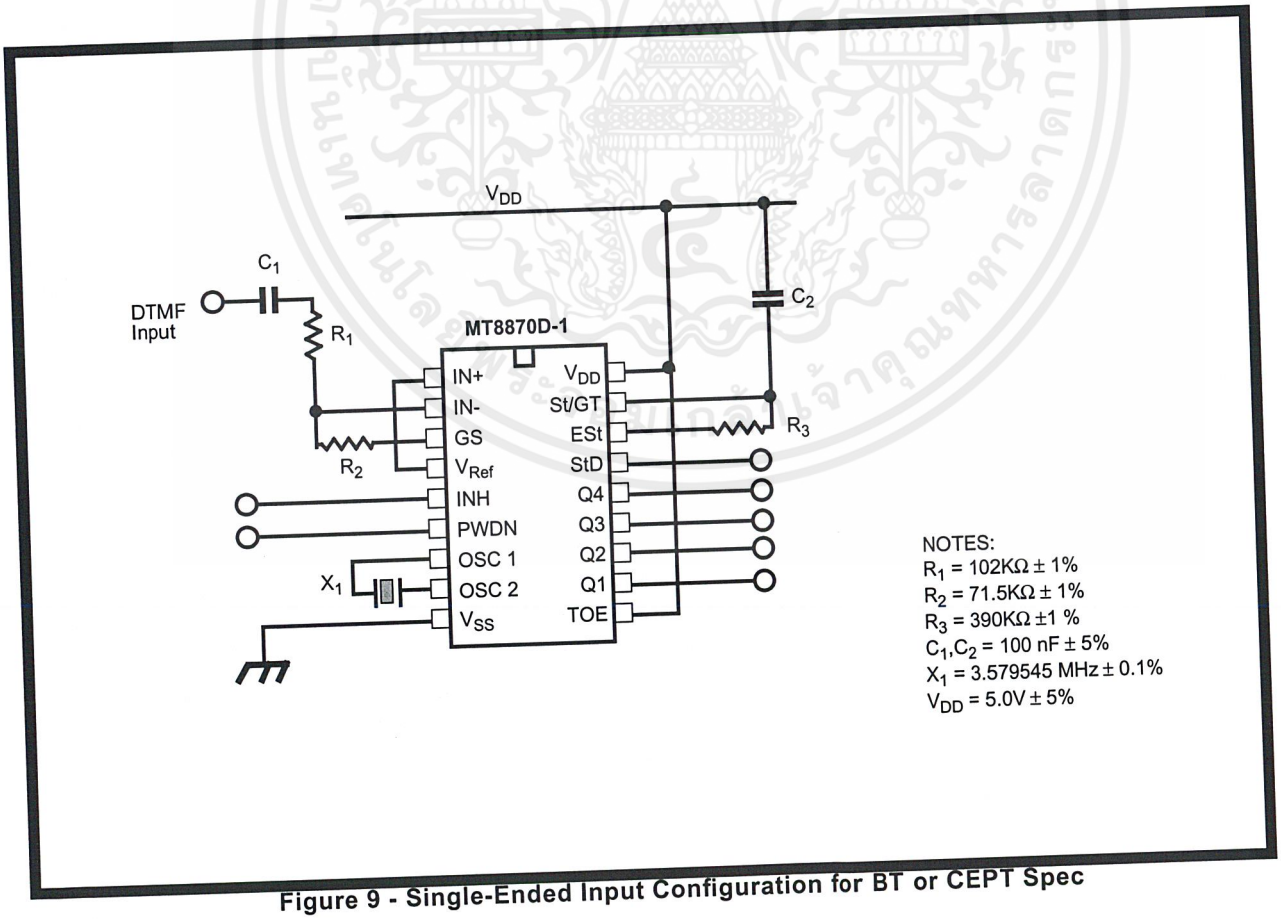


Figure 9 - Single-Ended Input Configuration for BT or CEPT Spec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings†

	Parameter	Symbol	Min	Max	Units
1	DC Power Supply Voltage	V_{DD}		7	V
2	Voltage on any pin	V_I	V_{SS}-0.3	V_{DD}+0.3	V
3	Current at any pin (other than supply)	I_I		10	mA
4	Storage temperature	T_{STG}	-65	+150	°C
5	Package power dissipation	P_D		500	mW

† Exceeding these values may cause permanent damage. Functional operation under these conditions is not implied.
Derate above 75 °C at 16 mW / °C. All leads soldered to board.

Recommended Operating Conditions - Voltages are with respect to ground (V_{SS}) unless otherwise stated.

	Parameter	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions
1	DC Power Supply Voltage	V_{DD}	4.75	5.0	5.25	V	
2	Operating Temperature	T_O	-40		+85	°C	
3	Crystal/Clock Frequency	fc		3.579545		MHz	
4	Crystal/Clock Freq.Tolerance	Δfc		±0.1		%	

‡ Typical figures are at 25°C and are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

DC Electrical Characteristics - V_{DD}=5.0V± 5%, V_{SS}=0V, -40°C ≤ T_O ≤ +85°C, unless otherwise stated.

		Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions
1	SUPPLY	Standby supply current	I_{DDQ}		10	25	µA	PWDN=V_{DD}
2		Operating supply current	I_{DD}		3.0	9.0	mA	
3		Power consumption	P_O		15		mW	fc=3.579545 MHz
4	INPUTS	High level input	V_{IH}	3.5			V	V_{DD}=5.0V
5		Low level input voltage	V_{IL}			1.5	V	V_{DD}=5.0V
6		Input leakage current	I_{IH}/I_{IL}		0.1		µA	V_{IN}=V_{SS} or V_{DD}
7		Pull up (source) current	I_{SO}		7.5	20	µA	TOE (pin 10)=0, V_{DD}=5.0V
8		Pull down (sink) current	I_{SI}		15	45	µA	INH=5.0V, PWDN=5.0V, V_{DD}=5.0V
9		Input impedance (IN+, IN-)	R_{IN}		10		MΩ	@ 1 kHz
10		Steering threshold voltage	V_{TSt}	2.2	2.4	2.5	V	V_{DD} = 5.0V
11	OUTPUTS	Low level output voltage	V_{OL}			V_{SS}+0.03	V	No load
12		High level output voltage	V_{OH}	V_{DD}-0.03			V	No load
13		Output low (sink) current	I_{OL}	1.0	2.5		mA	V_{OUT}=0.4 V
14		Output high (source) current	I_{OH}	0.4	0.8		mA	V_{OUT}=4.6 V
15		V_{Ref} output voltage	V_{Ref}	2.3	2.5	2.7	V	No load, V_{DD} = 5.0V
16		V_{Ref} output resistance	R_{OR}		1		kΩ	

‡ Typical figures are at 25°C and are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Operating Characteristics - V_{DD}=5.0V±5%, V_{SS}=0V, -40°C ≤ T_O ≤ +85°C ,unless otherwise stated.

Gain Setting Amplifier

	Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions
1	Input leakage current	I_{IN}			100	nA	$V_{SS} \le V_{IN} \le V_{DD}$
2	Input resistance	R_{IN}	10			MΩ	
3	Input offset voltage	V_{OS}			25	mV	
4	Power supply rejection	PSRR	50			dB	1 kHz
5	Common mode rejection	CMRR	40			dB	0.75 V ≤ V_{IN} ≤ 4.25 V biased at V_{Ref} =2.5 V
6	DC open loop voltage gain	A_{VOL}	32			dB	
7	Unity gain bandwidth	f_C	0.30			MHz	
8	Output voltage swing	V_O	4.0			V_{pp}	Load ≥ 100 kΩ to V_{SS} @ GS
9	Maximum capacitive load (GS)	C_L			100	pF	
10	Resistive load (GS)	R_L			50	kΩ	
11	Common mode range	V_{CM}	2.5			V_{pp}	No Load

MT8870D AC Electrical Characteristics - V_{DD}=5.0V ±5%, V_{SS}=0V, -40°C ≤ T_O ≤ +85°C , using Test Circuit shown in Figure 10.

	Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Notes*
1	Valid input signal levels (each tone of composite signal)		-29		+1	dBm	1,2,3,5,6,9
			27.5		869	mV_{RMS}	1,2,3,5,6,9
2	Negative twist accept				8	dB	2,3,6,9,12
3	Positive twist accept				8	dB	2,3,6,9,12
4	Frequency deviation accept		±1.5% ± 2 Hz				2,3,5,9
5	Frequency deviation reject		±3.5%				2,3,5,9
6	Third tone tolerance			-16		dB	2,3,4,5,9,10
7	Noise tolerance			-12		dB	2,3,4,5,7,9,10
8	Dial tone tolerance			+22		dB	2,3,4,5,8,9,11

‡ Typical figures are at 25 °C and are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

***NOTES**
1. dBm= decibels above or below a reference power of 1 mW into a 600 ohm load.
2. Digit sequence consists of all DTMF tones.
3. Tone duration= 40 ms, tone pause= 40 ms.
4. Signal condition consists of nominal DTMF frequencies.
5. Both tones in composite signal have an equal amplitude.
6. Tone pair is deviated by ±1.5 %± 2 Hz.
7. Bandwidth limited (3 kHz) Gaussian noise.
8. The precise dial tone frequencies are (350 Hz and 440 Hz) ± 2 %.
9. For an error rate of better than 1 in 10,000.
10. Referenced to lowest level frequency component in DTMF signal.
11. Referenced to the minimum valid accept level.
12. Guaranteed by design and characterization.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MT8870D-1 AC Electrical Characteristics - V_{DD}=5.0V±5%, V_{SS}=0V, -40°C ≤ T_O ≤ +85°C , using Test Circuit shown in Figure 10.

	Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Notes*
1	Valid input signal levels (each tone of composite signal)		-31		+1	dBm	Tested at V_{DD}=5.0V 1,2,3,5,6,9
			21.8		869	mV_{RMS}	
2	Input Signal Level Reject		-37			dBm	Tested at V_{DD}=5.0V 1,2,3,5,6,9
			10.9			mV_{RMS}	
3	Negative twist accept				8	dB	2,3,6,9,13
4	Positive twist accept				8	dB	2,3,6,9,13
5	Frequency deviation accept		±1.5%± 2 Hz				2,3,5,9
6	Frequency deviation reject		±3.5%				2,3,5,9
7	Third zone tolerance			-18.5		dB	2,3,4,5,9,12
8	Noise tolerance			-12		dB	2,3,4,5,7,9,10
9	Dial tone tolerance			+22		dB	2,3,4,5,8,9,11

‡ Typical figures are at 25 °C and are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

***NOTES**
1. dBm= decibels above or below a reference power of 1 mW into a 600 ohm load.
2. Digit sequence consists of all DTMF tones.
3. Tone duration= 40 ms, tone pause= 40 ms.
4. Signal condition consists of nominal DTMF frequencies.
5. Both tones in composite signal have an equal amplitude.
6. Tone pair is deviated by ±1.5 %± 2 Hz.
7. Bandwidth limited (3 kHz) Gaussian noise.
8. The precise dial tone frequencies are (350 Hz and 440 Hz) ± 2 %.
9. For an error rate of better than 1 in 10,000.
10. Referenced to lowest level frequency component in DTMF signal.
11. Referenced to the minimum valid accept level.
12. Referenced to Fig. 10 input DTMF tone level at -25dBm (-28dBm at GS Pin) interference frequency range between 480-3400Hz.
13. Guaranteed by design and characterization.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics - V_{DD}=5.0V±5%, V_{SS}=0V, -40°C ≤ To ≤ +85°C , using Test Circuit shown in Figure 10.

		Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Conditions
1	TIMING	Tone present detect time	t_{DP}	5	11	14	ms	Note 1
2		Tone absent detect time	t_{DA}	0.5	4	8.5	ms	Note 1
3		Tone duration accept	t_{REC}			40	ms	Note 2
4		Tone duration reject	$t_{\overline{REC}}$	20			ms	Note 2
5		Interdigit pause accept	t_{ID}			40	ms	Note 2
6		Interdigit pause reject	t_{DO}	20			ms	Note 2
7	OUTPUTS	Propagation delay (St to Q)	t_{PQ}		8	11	µs	TOE=V_{DD}
8		Propagation delay (St to StD)	t_{PStD}		12	16	µs	TOE=V_{DD}
9		Output data set up (Q to StD)	t_{QStD}		3.4		µs	TOE=V_{DD}
10		Propagation delay (TOE to Q ENABLE)	t_{PTE}		50		ns	load of 10 kΩ, 50 pF
11		Propagation delay (TOE to Q DISABLE)	t_{PTD}		300		ns	load of 10 kΩ, 50 pF
12	PDWN	Power-up time	t_{PU}		30		ms	Note 3
13		Power-down time	t_{PD}		20		ms	
14	CLOCK	Crystal/clock frequency	f_C	3.5759	3.5795	3.5831	MHz	
15		Clock input rise time	t_{LHCL}			110	ns	Ext. clock
16		Clock input fall time	t_{HLCL}			110	ns	Ext. clock
17		Clock input duty cycle	DC_{CL}	40	50	60	%	Ext. clock
18		Capacitive load (OSC2)	C_{LO}			30	pF	

‡ Typical figures are at 25°C and are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

***NOTES:**
1. Used for guard-time calculation purposes only.
2. These, user adjustable parameters, are not device specifications. The adjustable settings of these minimums and maximums are recommendations based upon network requirements.
3. With valid tone present at input, t_{PU} equals time from PDWN going low until ESt going high.

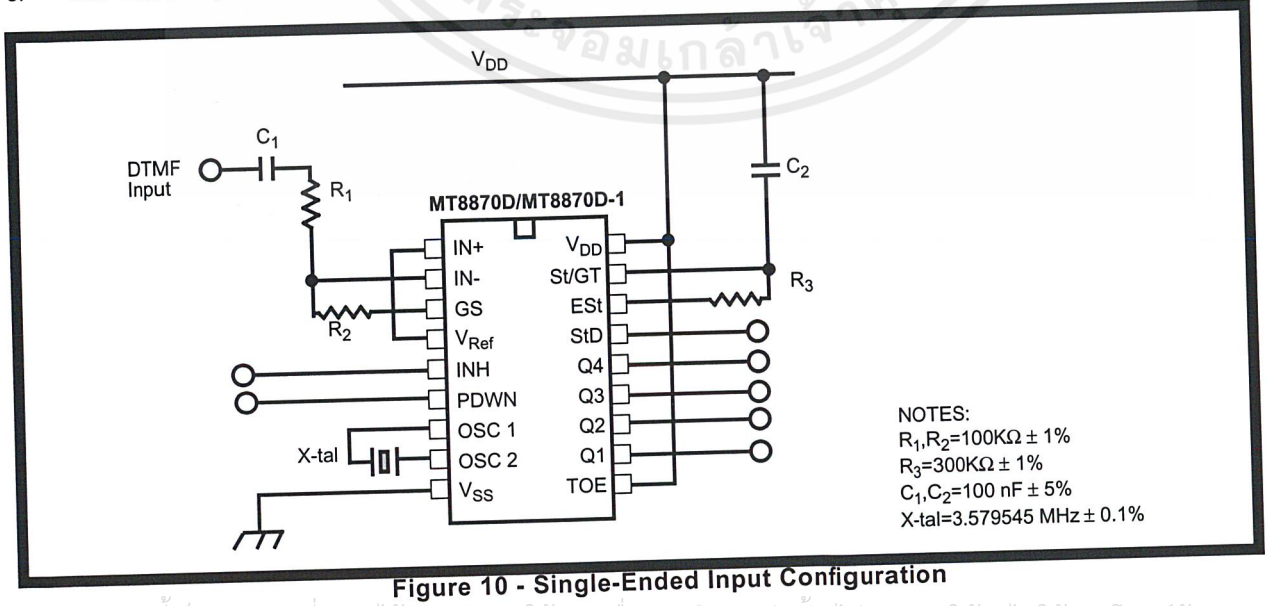
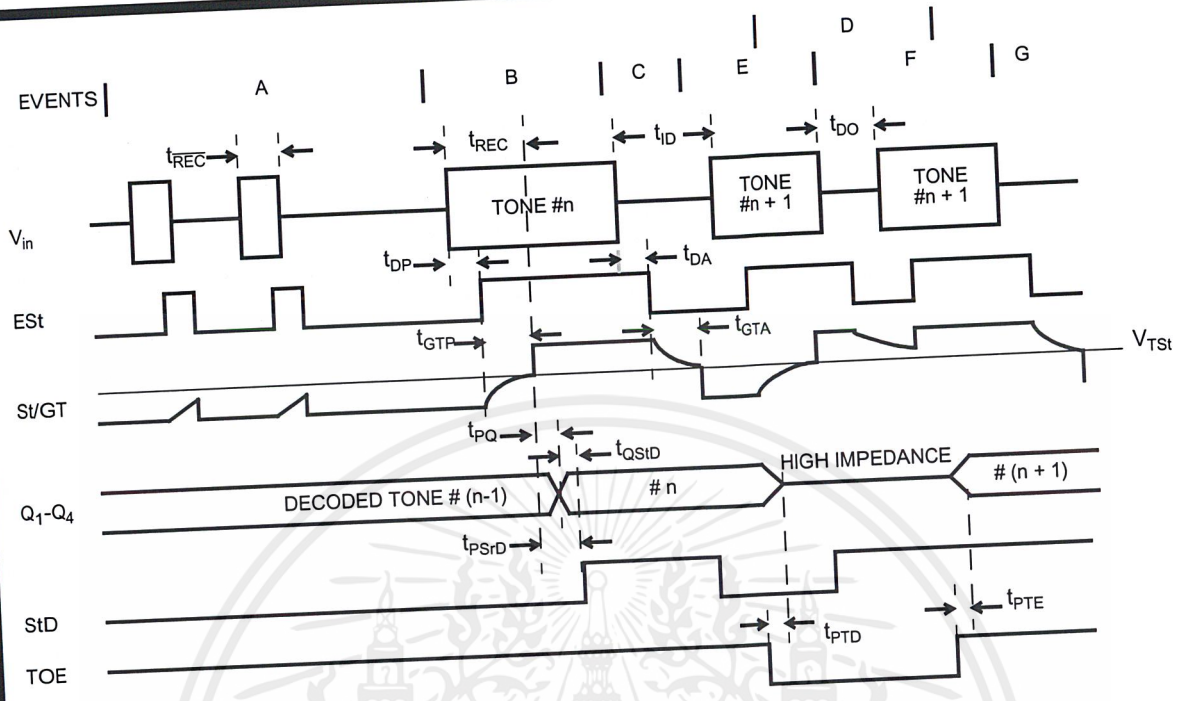


Figure 10 - Single-Ended Input Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



EXPLANATION OF EVENTS

A) TONE BURSTS DETECTED, TONE DURATION INVALID, OUTPUTS NOT UPDATED.
B) TONE #n DETECTED, TONE DURATION VALID, TONE DECODED AND LATCHED IN OUTPUTS
C) END OF TONE #n DETECTED, TONE ABSENT DURATION VALID, OUTPUTS REMIAN LATCHED UNTIL NEXT VALID TONE.
D) OUTPUTS SWITCHED TO HIGH IMPEDANCE STATE.
E) TONE #n + 1 DETECTED, TONE DURATION VALID, TONE DECODED AND LATCHED IN OUTPUTS (CURRENTLY HIGH IMPEDANCE).
F) ACCEPTABLE DROPOUT OF TONE #n + 1, TONE ABSENT DURATION INVALID, OUTPUTS REMAIN LATCHED.
G) END OF TONE #n + 1 DETECTED, TONE ABSENT DURATION VALID, OUTPUTS REMAIN LATCHED UNTIL NEXT VALID TONE.

EXPLANATION OF SYMBOLS

V_{in} DTMF COMPOSITE INPUT SIGNAL.
ESt EARLY STEERING OUTPUT. INDICATES DETECTION OF VALID TONE FREQUENCIES.
St/GT STEERING INPUT/GUARD TIME OUTPUT. DRIVES EXTERNAL RC TIMING CIRCUIT.
Q_1-Q_4 4-BIT DECODED TONE OUTPUT.
StD DELAYED STEERING OUTPUT. INDICATES THAT VALID FREQUENCIES HAVE BEEN PRESENT/ABSENT FOR THE REQUIRED GUARD TIME THUS CONSTITUTING A VALID SIGNAL.
TOE TONE OUTPUT ENABLE (INPUT). A LOW LEVEL SHIFTS Q_1-Q_4 TO ITS HIGH IMPEDANCE STATE.
$t_{\overline{REC}}$ MAXIMUM DTMF SIGNAL DURATION NOT DETECED AS VALID
t_{REC} MINIMUM DTMF SIGNAL DURATION REQUIRED FOR VALID RECOGNITION
t_{ID} MAXIMUM TIME BETWEEN VALID DTMF SIGNALS.
t_{DO} MAXIMUM ALLOWABLE DROP OUT DURING VALID DTMF SIGNAL.
t_{DP} TIME TO DETECT THE PRESENCE OF VALID DTMF SIGNALS.
t_{DA} TIME TO DETECT THE ABSENCE OF VALID DTMF SIGNALS.
t_{GTP} GUARD TIME, TONE PRESENT.
t_{GTA} GUARD TIME, TONE ABSENT.

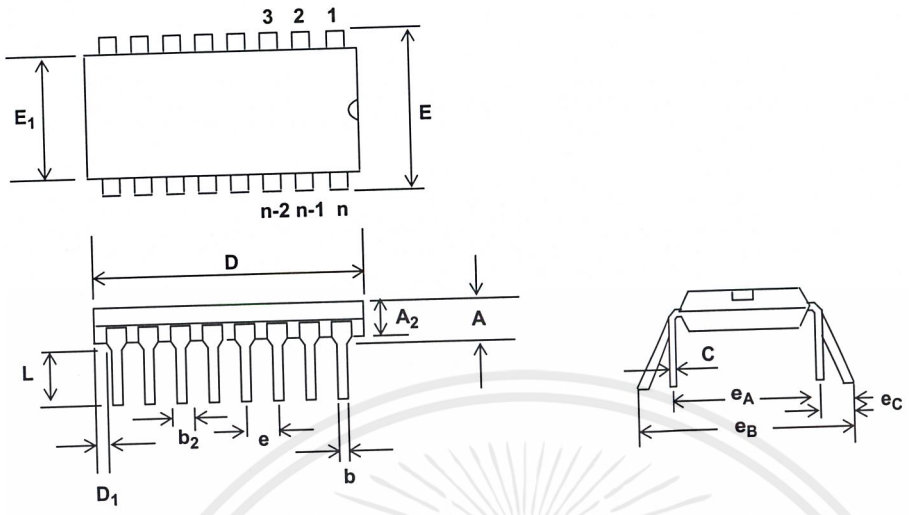
Figure 11 - Timing Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Notes:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Outlines



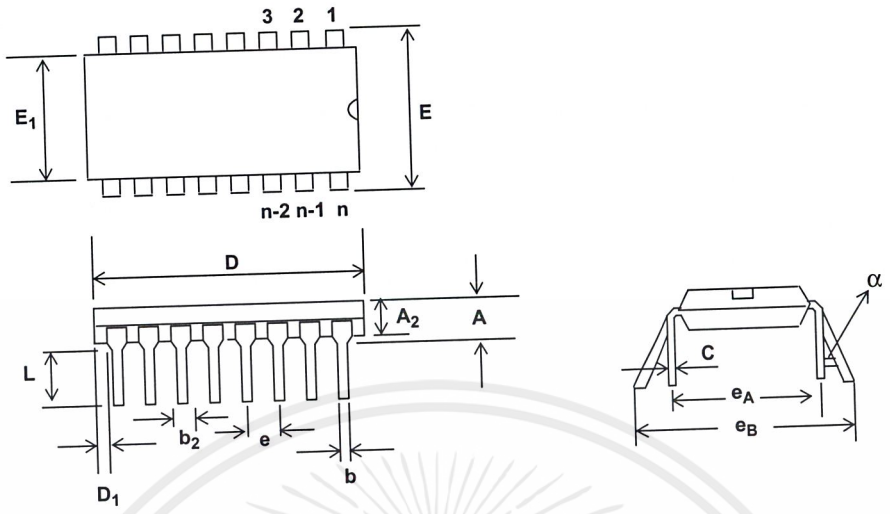
Notes:
1) Not to scale
2) Dimensions in inches
3) (Dimensions in millimeters)

Plastic Dual-In-Line Packages (PDIP) - E Suffix

DIM	8-Pin		16-Pin		18-Pin		20-Pin	
	Plastic		Plastic		Plastic		Plastic	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
A		0.210 (5.33)		0.210 (5.33)		0.210 (5.33)		0.210 (5.33)
A_2	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)
b	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)
b_2	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)
C	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)	0.008 (0.203)	0.014(0.356)	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)
D	0.355 (9.02)	0.400 (10.16)	0.780 (19.81)	0.800 (20.32)	0.880 (22.35)	0.920 (23.37)	0.980 (24.89)	1.060 (26.9)
D_1	0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)	
E	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)
E_1	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)
e	0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)	
e_A	0.300 BSC (7.62)		0.300 BSC (7.62)		0.300 BSC (7.62)		0.300 BSC (7.62)	
L	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)
e_B		0.430 (10.92)		0.430 (10.92)		0.430 (10.92)		0.430 (10.92)
e_C	0	0.060 (1.52)	0	0.060 (1.52)	0	0.060 (1.52)	0	0.060 (1.52)

NOTE: Controlling dimensions in parenthesis ( ) are in millimeters.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



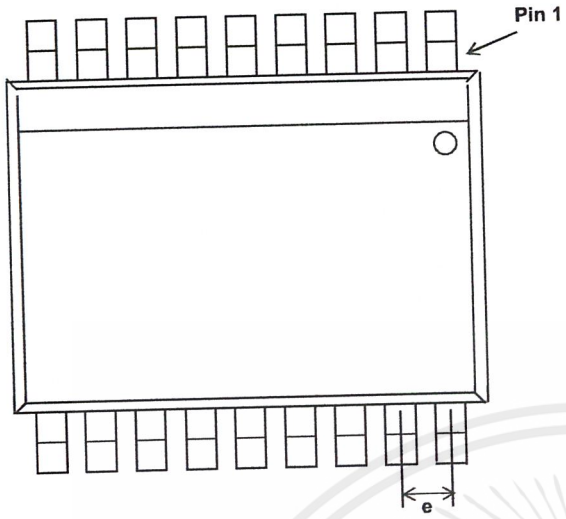
Notes:
1) Not to scale
2) Dimensions in inches
3) (Dimensions in millimeters)

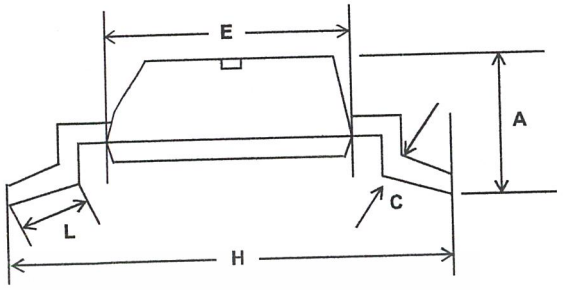
Plastic Dual-In-Line Packages (PDIP) - E Suffix

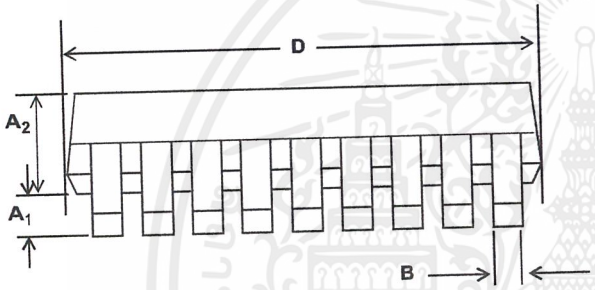
DIM	22-Pin Plastic		24-Pin Plastic		28-Pin Plastic		40-Pin Plastic	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
A		0.210 (5.33)		0.250 (6.35)		0.250 (6.35)		0.250 (6.35)
A_2	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)
b	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)
b_2	0.045 (1.15)	0.070 (1.77)	0.030 (0.77)	0.070 (1.77)	0.030 (0.77)	0.070 (1.77)	0.030 (0.77)	0.070 (1.77)
C	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)
D	1.050 (26.67)	1.120 (28.44)	1.150 (29.3)	1.290 (32.7)	1.380 (35.1)	1.565 (39.7)	1.980 (50.3)	2.095 (53.2)
D_1	0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)	
E	0.390 (9.91)	0.430 (10.92)	0.600 (15.24)	0.670 (17.02)	0.600 (15.24)	0.670 (17.02)	0.600 (15.24)	0.670 (17.02)
E			0.290 (7.37)	.330 (8.38)				
E_1	0.330 (8.39)	0.380 (9.65)	0.485 (12.32)	0.580 (14.73)	0.485 (12.32)	0.580 (14.73)	0.485 (12.32)	0.580 (14.73)
E_1			0.246 (6.25)	0.254 (6.45)				
e	0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)	
e_A	0.400 BSC (10.16)		0.600 BSC (15.24)		0.600 BSC (15.24)		0.600 BSC (15.24)	
e_A			0.300 BSC (7.62)					
e_B				0.430 (10.92)				
L	0.115 (2.93)	0.160 (4.06)	0.115 (2.93)	0.200 (5.08)	0.115 (2.93)	0.200 (5.08)	0.115 (2.93)	0.200 (5.08)
α		15°		15°		15°		15°

Shaded areas for 300 Mil Body Width 24 PDIP only

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





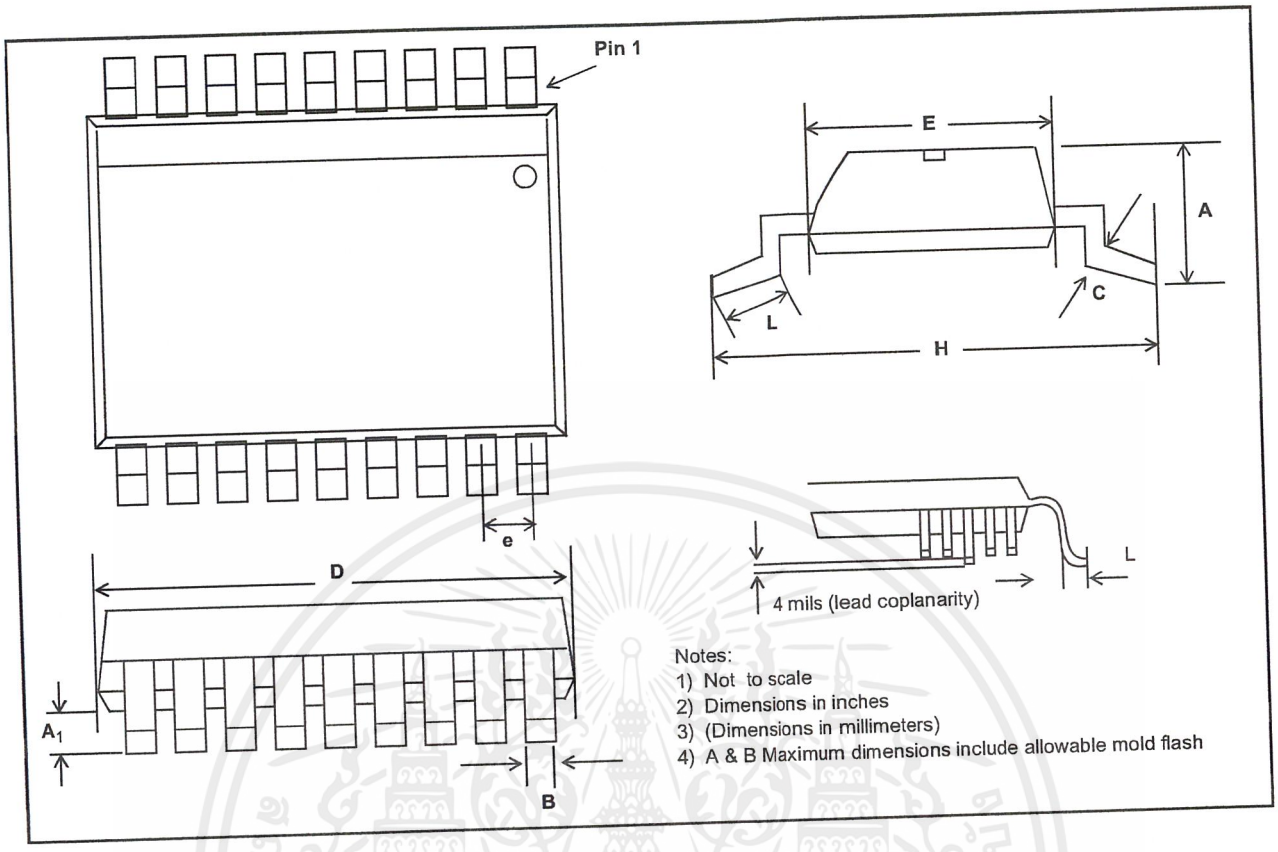


Notes:
1) Not to scale
2) Dimensions in inches
3) (Dimensions in millimeters)
4) Ref. JEDEC Standard M0-150/M0118 for 48 Pin
5) A & B Maximum dimensions include allowable mold flash

Dim	20-Pin		24-Pin		28-Pin		48-Pin	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
A		0.079 (2)	-	0.079 (2)		0.079 (2)	0.095 (2.41)	0.110 (2.79)
A_1	0.002 (0.05)		0.002 (0.05)		0.002 (0.05)		0.008 (0.2)	0.016 (0.406)
B	0.0087 (0.22)	0.013 (0.33)	0.0087 (0.22)	0.013 (0.33)	0.0087 (0.22)	0.013 (0.33)	0.008 (0.2)	0.0135 (0.342)
C		0.008 (0.21)		0.008 (0.21)		0.008 (0.21)		0.010 (0.25)
D	0.27 (6.9)	0.295 (7.5)	0.31 (7.9)	0.33 (8.5)	0.39 (9.9)	0.42 (10.5)	0.62 (15.75)	0.63 (16.00)
E	0.2 (5.0)	0.22 (5.6)	0.2 (5.0)	0.22 (5.6)	0.2 (5.0)	0.22 (5.6)	0.291 (7.39)	0.299 (7.59)
e	0.025 BSC (0.635 BSC)		0.025 BSC (0.635 BSC)		0.025 BSC (0.635 BSC)		0.025 BSC (0.635 BSC)	
A_2	0.065 (1.65)	0.073 (1.85)	0.065 (1.65)	0.073 (1.85)	0.065 (1.65)	0.073 (1.85)	0.089 (2.26)	0.099 (2.52)
H	0.29 (7.4)	0.32 (8.2)	0.29 (7.4)	0.32 (8.2)	0.29 (7.4)	0.32 (8.2)	0.395 (10.03)	0.42 (10.67)
L	0.022 (0.55)	0.037 (0.95)	0.022 (0.55)	0.037 (0.95)	0.022 (0.55)	0.037 (0.95)	0.02 (0.51)	0.04 (1.02)

Small Shrink Outline Package (SSOP) - N Suffix

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



DIM	16-Pin		18-Pin		20-Pin		24-Pin		28-Pin	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
A	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)
A_1	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)
B	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)	0.013 (0.33)	0.030 (0.51)	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)
C	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)
D	0.398 (10.1)	0.413 (10.5)	0.447 (11.35)	0.4625 (11.75)	0.496 (12.60)	0.512 (13.00)	0.5985 (15.2)	0.614 (15.6)	0.697 (17.7)	0.7125 (18.1)
E	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)
e	0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)	
H	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)
L	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)

Lead SOIC Package - S Suffix

NOTES: 1. Controlling dimensions in parenthesis ( ) are in millimeters.
2. Converted inch dimensions are not necessarily exact.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MITEL

SEMICONDUCTOR

http://www.mitelsemi.com

World Headquarters - Canada
Tel: +1 (613) 592 2122
Fax: +1 (613) 592 6909

North America
Tel: +1 (770) 486 0194
Fax: +1 (770) 631 8213

Asia/Pacific
Tel: +65 333 6193
Fax: +65 333 6192

Europe, Middle East, and Africa (EMEA)
Tel: +44 (0) 1793 518528
Fax: +44 (0) 1793 518581

Information relating to products and services furnished herein by Mitel Corporation or its subsidiaries (collectively "Mitel") is believed to be reliable. However, Mitel assumes no liability for errors that may appear in this publication, or for liability otherwise arising from the application or use of any such information, product or service or for any infringement of patents or other intellectual property rights owned by third parties which may result from such application or use. Neither the supply of such information or purchase of product or service conveys any license, either express or implied, under patents or other intellectual property rights owned by Mitel or licensed from third parties by Mitel, whatsoever. Purchasers of products are also hereby notified that the use of product in certain ways or in combination with Mitel, or non-Mitel furnished goods or services may infringe patents or other intellectual property rights owned by Mitel.

This publication is issued to provide information only and (unless agreed by Mitel in writing) may not be used, applied or reproduced for any purpose nor form part of any order or contract nor to be regarded as a representation relating to the products or services concerned. The products, their specifications, services and other information appearing in this publication are subject to change by Mitel without notice. No warranty or guarantee express or implied is made regarding the capability, performance or suitability of any product or service. Information concerning possible methods of use is provided as a guide only and does not constitute any guarantee that such methods of use will be satisfactory in a specific piece of equipment. It is the user's responsibility to fully determine the performance and suitability of any equipment using such information and to ensure that any publication or data used is up to date and has not been superseded. Manufacturing does not necessarily include testing of all functions or parameters. These products are not suitable for use in any medical products whose failure to perform may result in significant injury or death to the user. All products and materials are sold and services provided subject to Mitel's conditions of sale which are available on request.

M Mitel (design) and ST-BUS are registered trademarks of MITEL Corporation
Mitel Semiconductor is an ISO 9001 Registered Company
Copyright 1999 MITEL Corporation
All Rights Reserved
Printed in CANADA

TECHNICAL DOCUMENTATION - NOT FOR RESALE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 4K Bytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
  - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-Level Program Memory Lock
- 128 x 8-Bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-Bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low Power Idle and Power Down Modes

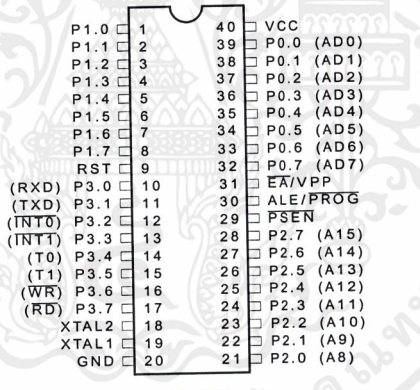
Description

The AT89C51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 4K bytes of Flash Programmable and Erasable Read Only Memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard MCS-51™ instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C51 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

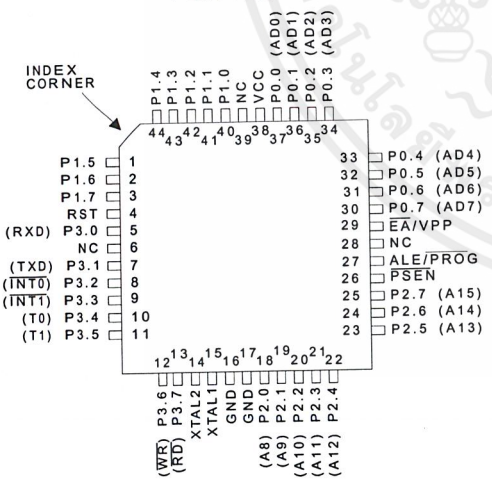
(continued)

Pin Configurations

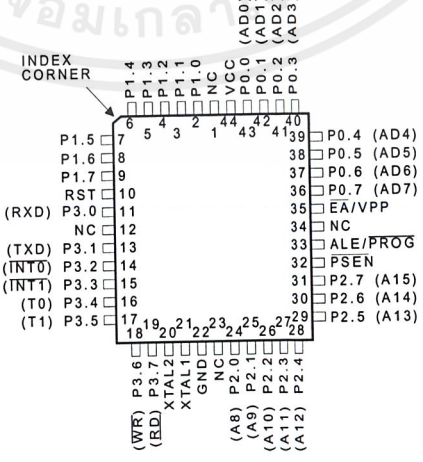
PDIP



PQFP/TQFP



PLCC



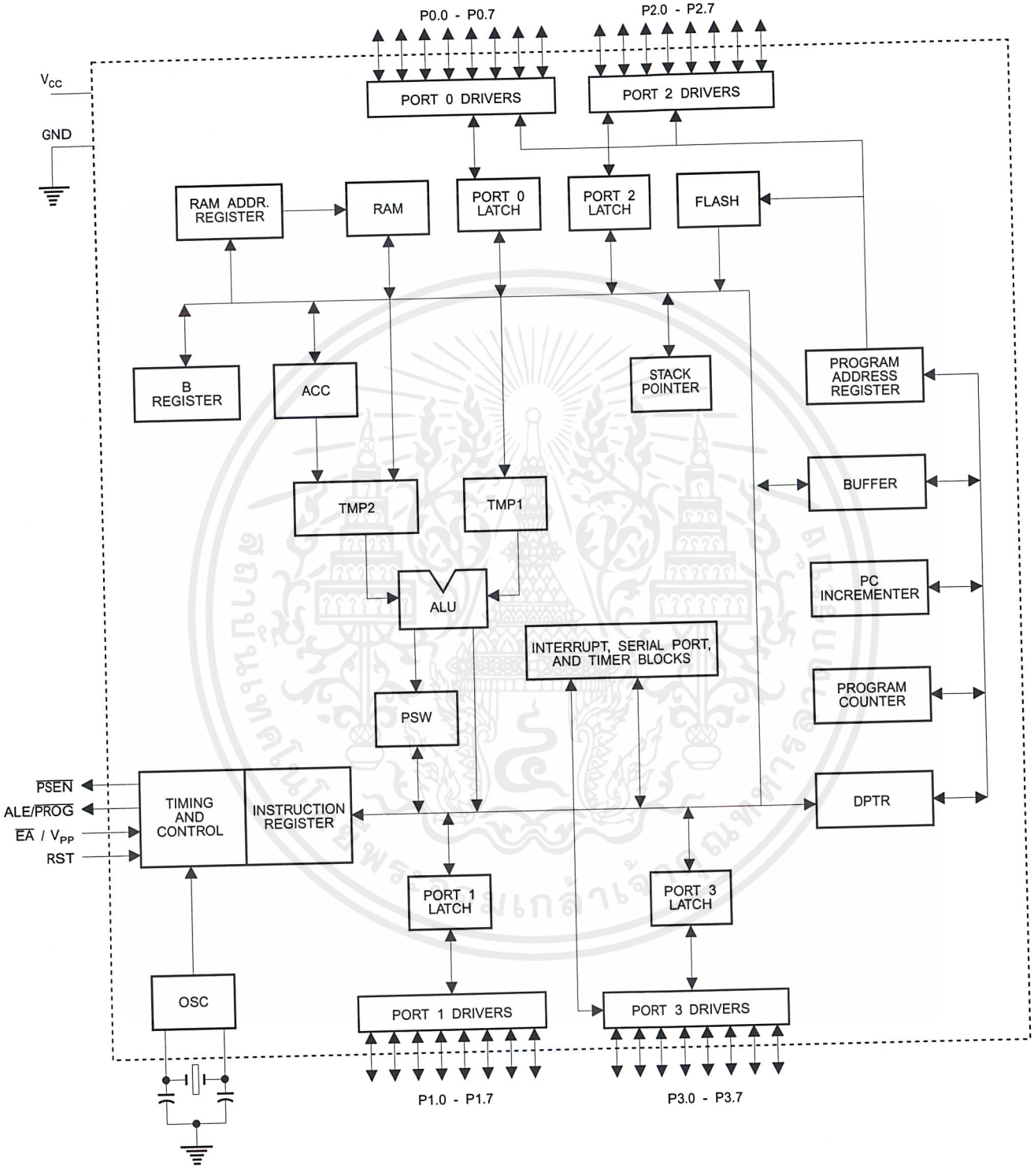
8-Bit Microcontroller with 4K Bytes Flash

AT89C51

0265F-A–12/97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The AT89C51 provides the following standard features: 4K bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C51 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port and interrupt system to continue functioning. The Power Down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator disabling all other chip functions until the next hardware reset.

Pin Description

V_{CC}
Supply voltage.

GND
Ground.

Port 0
Port 0 is an 8-bit open drain bidirectional I/O port. As an output port each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 may also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode P0 has internal pullups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming, and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

Port 1
Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port 2
Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application it uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

Port 3
Port 3 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C51 as listed below:

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{INT0}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{INT1}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	$\overline{WR}$ (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{RD}$ (external data memory read strobe)

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and verification.

RST
Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

ALE/$\overline{PROG}$
Address Latch Enable output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input ($\overline{PROG}$) during Flash programming.

In normal operation ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency, and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external Data Memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

$\overline{PSEN}$
Program Store Enable is the read strobe to external program memory.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

When the AT89C51 is executing code from external program memory, $\overline{PSEN}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{PSEN}$ activations are skipped during each access to external data memory.

$\overline{EA}$/V_{PP}
External Access Enable. $\overline{EA}$ must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, $\overline{EA}$ will be internally latched on reset.

$\overline{EA}$ should be strapped to V_{CC} for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming, for parts that require 12-volt V_{PP}.

XTAL1
Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2
Output from the inverting oscillator amplifier.

Oscillator Characteristics

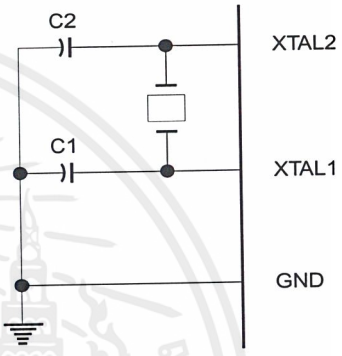
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven as shown in Figure 2. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Idle Mode

In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

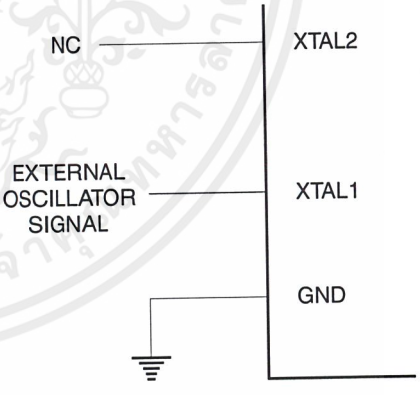
It should be noted that when idle is terminated by a hard ware reset, the device normally resumes program execution, from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when Idle is terminated by reset, the instruction following the one that invokes Idle should not be one that writes to a port pin or to external memory.

Figure 1. Oscillator Connections



Note: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

Figure 2. External Clock Drive Configuration



Status of External Pins During Idle and Power Down Modes

Mode	Program Memory	ALE	$\overline{PSEN}$	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Idle	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power Down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power Down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Power Down Mode

In the power down mode the oscillator is stopped, and the instruction that invokes power down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the power down mode is terminated. The only exit from power down is a hardware reset. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before V_{CC} is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

Program Memory Lock Bits

On the chip are three lock bits which can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the table below:

When lock bit 1 is programmed, the logic level at the $\overline{EA}$ pin is sampled and latched during reset. If the device is powered up without a reset, the latch initializes to a random value, and holds that value until reset is activated. It is necessary that the latched value of $\overline{EA}$ be in agreement with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

Lock Bit Protection Modes

Program Lock Bits				Protection Type
	LB1	LB2	LB3	
1	U	U	U	No program lock features.
2	P	U	U	MOVC instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, $\overline{EA}$ is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash is disabled.
3	P	P	U	Same as mode 2, also verify is disabled.
4	P	P	P	Same as mode 3, also external execution is disabled.

Programming the Flash

The AT89C51 is normally shipped with the on-chip Flash memory array in the erased state (that is, contents = FFH) and ready to be programmed. The programming interface accepts either a high-voltage (12-volt) or a low-voltage (V_{CC}) program enable signal. The low voltage programming mode provides a convenient way to program the AT89C51 inside the user's system, while the high-voltage programming mode is compatible with conventional third party Flash or EPROM programmers.

The AT89C51 is shipped with either the high-voltage or low-voltage programming mode enabled. The respective top-side marking and device signature codes are listed in the following table.

	V_{PP} = 12V	V_{PP} = 5V
Top-Side Mark	AT89C51 xxxx yyww	AT89C51 xxxx-5 yyww
Signature	(030H)=1EH (031H)=51H (032H)=FFH	(030H)=1EH (031H)=51H (032H)=05H

The AT89C51 code memory array is programmed byte-by-byte in either programming mode. *To program any non-blank byte in the on-chip Flash Memory, the entire memory must be erased using the Chip Erase Mode.*

Programming Algorithm: Before programming the AT89C51, the address, data and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figures 3 and 4. To program the AT89C51, take the following steps.

1. Input the desired memory location on the address lines.
2. Input the appropriate data byte on the data lines.
3. Activate the correct combination of control signals.
4. Raise $\overline{EA}/V_{PP}$ to 12V for the high-voltage programming mode.
5. Pulse ALE/$\overline{PROG}$ once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 1.5 ms. Repeat steps 1 through 5, changing the address and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

$\overline{Data}$ Polling: The AT89C51 features $\overline{Data}$ Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written datum on PO.7. Once the write cycle has been completed, true data are valid on all outputs, and the next cycle may begin. $\overline{Data}$ Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

Ready/$\overline{Busy}$: The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/$\overline{BSY}$ output signal. P3.4 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate BUSY. P3.4 is pulled high again when programming is done to indicate READY.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Program Verify: If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed code data can be read back via the address and data lines for verification. The lock bits cannot be verified directly. Verification of the lock bits is achieved by observing that their features are enabled.

Chip Erase: The entire Flash array is erased electrically by using the proper combination of control signals and by holding ALE/$\overline{PROG}$ low for 10 ms. The code array is written with all "1"s. The chip erase operation must be executed before the code memory can be re-programmed.

Reading the Signature Bytes: The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 030H,

031H, and 032H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

(030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
(031H) = 51H indicates 89C51
(032H) = FFH indicates 12V programming
(032H) = 05H indicates 5V programming

Programming Interface

Every code byte in the Flash array can be written and the entire array can be erased by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

Flash Programming Modes

Mode		RST	$\overline{PSEN}$	ALE/$\overline{PROG}$	$\overline{EA}$/V_{PP}	P2.6	P2.7	P3.6	P3.7
Write Code Data		H	L		H/12V	L	H	H	H
Read Code Data		H	L	H	H	L	L	H	H
Write Lock	Bit - 1	H	L		H/12V	H	H	H	H
	Bit - 2	H	L		H/12V	H	H	L	L
	Bit - 3	H	L		H/12V	H	L	H	L
Chip Erase		H	L	(1)	H/12V	H	L	L	L
Read Signature Byte		H	L	H	H	L	L	L	L

Note: 1. Chip Erase requires a 10-ms PROG pulse.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 3. Programming the Flash

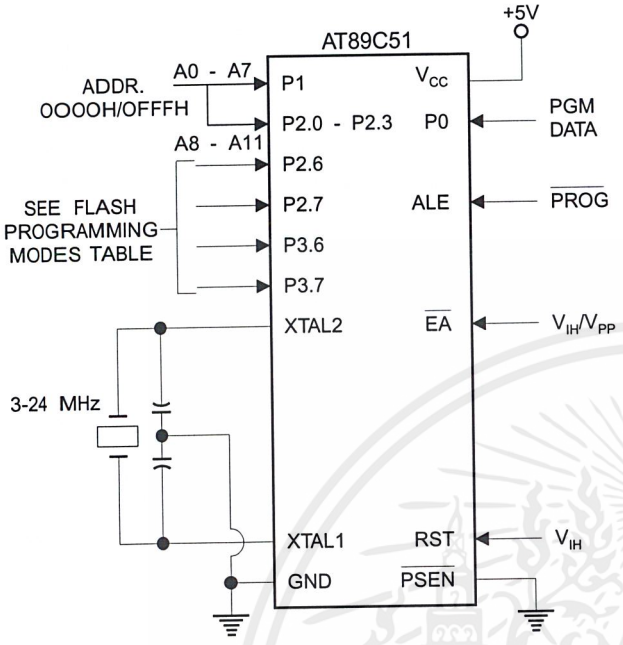
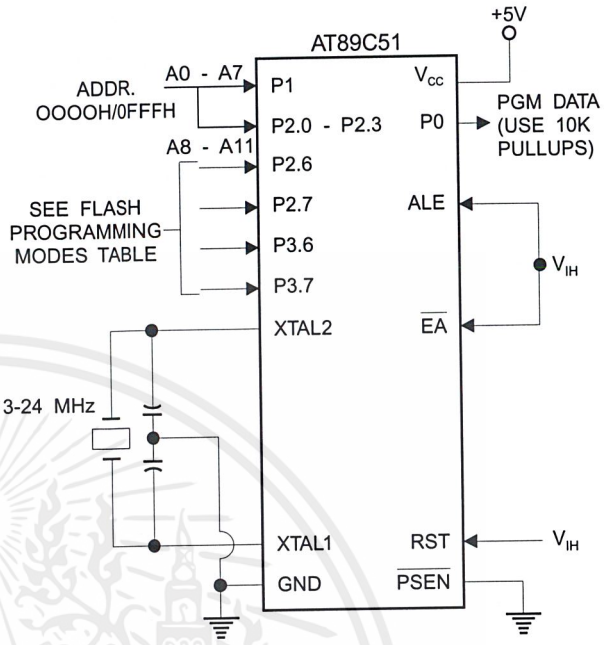


Figure 4. Verifying the Flash



Flash Programming and Verification Characteristics

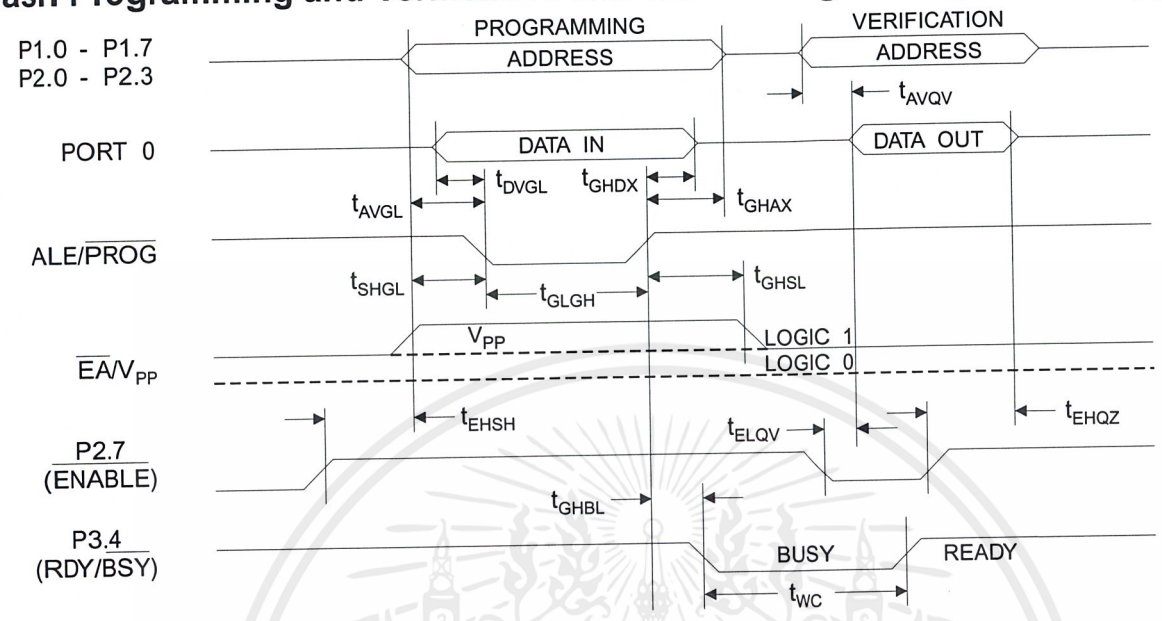
T_A = 0°C to 70°C, V_{CC} = 5.0 ± 10%

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
V_{PP}(1)	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
I_{PP}(1)	Programming Enable Current		1.0	mA
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3	24	MHz
t_{AVGL}	Address Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHAX}	Address Hold After $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
t_{DVGL}	Data Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHDX}	Data Hold After $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
t_{EHSH}	P2.7 ($\overline{ENABLE}$) High to V_{PP}	$48t_{CLCL}$		
t_{SHGL}	V_{PP} Setup to $\overline{PROG}$ Low	10		µs
t_{GHSL}(1)	V_{PP} Hold After $\overline{PROG}$	10		µs
t_{GLGH}	$\overline{PROG}$ Width	1	110	µs
t_{AVQV}	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{ELQV}	$\overline{ENABLE}$ Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{EHQZ}	Data Float After $\overline{ENABLE}$	0	$48t_{CLCL}$	
t_{GHBL}	$\overline{PROG}$ High to $\overline{BUSY}$ Low		1.0	µs
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

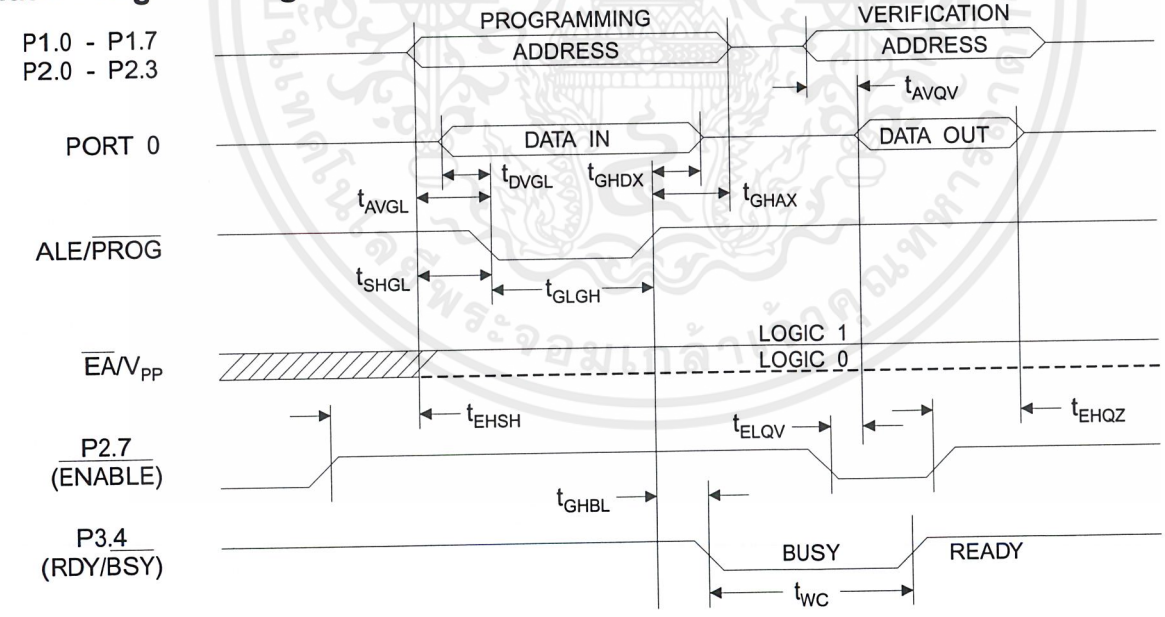
Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flash Programming and Verification Waveforms - High Voltage Mode (V_{PP} = 12V)



Flash Programming and Verification Waveforms - Low Voltage Mode (V_{PP} = 5V)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature	-55°C to +125°C
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage	6.6V
DC Output Current	15.0 mA

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

DC Characteristics

T_A = -40°C to 85°C, V_{CC} = 5.0V ± 20% (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low Voltage	(Except $\overline{EA}$)	-0.5	0.2 V_{CC} - 0.1	V
V_{IL1}	Input Low Voltage ($\overline{EA}$)		-0.5	0.2 V_{CC} - 0.3	V
V_{IH}	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	0.2 V_{CC} + 0.9	V_{CC} + 0.5	V
V_{IH1}	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	0.7 V_{CC}	V_{CC} + 0.5	V
V_{OL}	Output Low Voltage(1) (Ports 1,2,3)	I_{OL} = 1.6 mA		0.45	V
V_{OL1}	Output Low Voltage(1) (Port 0, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OL} = 3.2 mA		0.45	V
V_{OH}	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OH} = -60 µA, V_{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -25 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -10 µA	0.9 V_{CC}		V
V_{OH1}	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	I_{OH} = -800 µA, V_{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -300 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -80 µA	0.9 V_{CC}		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 0.45V		-50	µA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 2V, VCC = 5V ± 10%		-650	µA
I_{LI}	Input Leakage Current (Port 0, $\overline{EA}$)	0.45 < V_{IN} < V_{CC}		±10	µA
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	KΩ
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, T_A = 25°C		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		20	mA
		Idle Mode, 12 MHz		5	mA
	Power Down Mode(2)	V_{CC} = 6V		100	µA
		V_{CC} = 3V		40	µA

Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:
Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA
Maximum I_{OL} per 8-bit port: Port 0: 26 mA
Ports 1, 2, 3: 15 mA
Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA
If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.

2. Minimum V_{CC} for Power Down is 2V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Characteristics

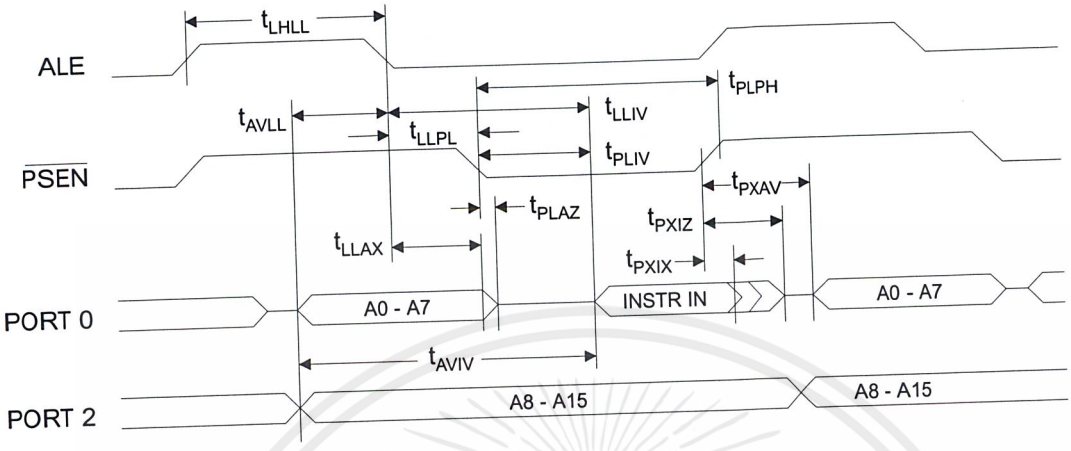
(Under Operating Conditions; Load Capacitance for Port 0, ALE/$\overline{PROG}$, and $\overline{PSEN}$ = 100 pF; Load Capacitance for all other outputs = 80 pF)

External Program and Data Memory Characteristics

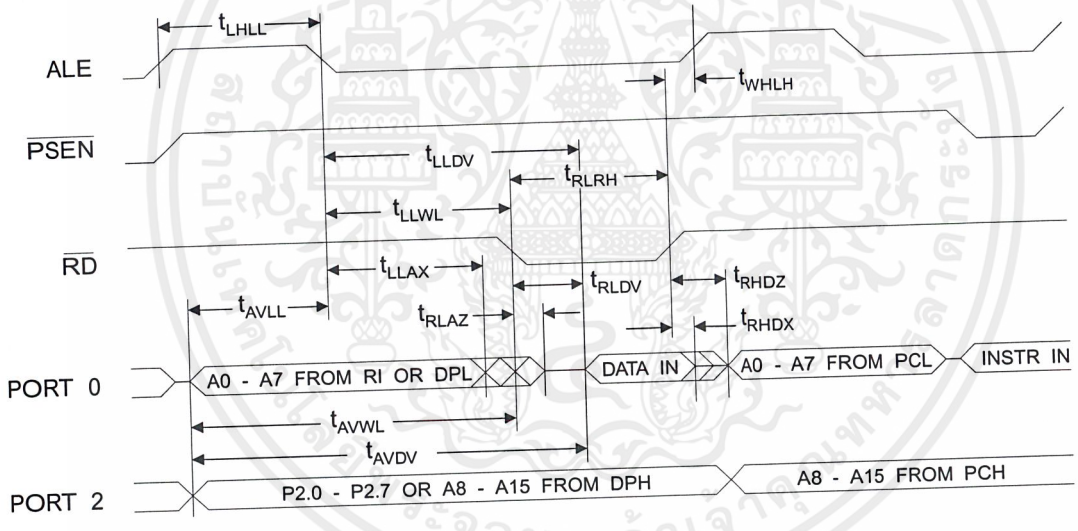
Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		16 to 24 MHz Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency			0	24	MHz
t_{LHLL}	ALE Pulse Width	127		$2t_{CLCL}$-40		ns
t_{AVLL}	Address Valid to ALE Low	43		t_{CLCL}-13		ns
t_{LLAX}	Address Hold After ALE Low	48		t_{CLCL}-20		ns
t_{LLIV}	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{CLCL}$-65	ns
t_{LLPL}	ALE Low to $\overline{PSEN}$ Low	43		t_{CLCL}-13		ns
t_{PLPH}	$\overline{PSEN}$ Pulse Width	205		$3t_{CLCL}$-20		ns
t_{PLIV}	$\overline{PSEN}$ Low to Valid Instruction In		145		$3t_{CLCL}$-45	ns
t_{PXIX}	Input Instruction Hold After $\overline{PSEN}$	0		0		ns
t_{PXIZ}	Input Instruction Float After $\overline{PSEN}$		59		t_{CLCL}-10	ns
t_{PXAV}	$\overline{PSEN}$ to Address Valid	75		t_{CLCL}-8		ns
t_{AVIV}	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{CLCL}$-55	ns
t_{PLAZ}	$\overline{PSEN}$ Low to Address Float		10		10	ns
t_{RLRH}	$\overline{RD}$ Pulse Width	400		$6t_{CLCL}$-100		ns
t_{WLWH}	$\overline{WR}$ Pulse Width	400		$6t_{CLCL}$-100		ns
t_{RLDV}	$\overline{RD}$ Low to Valid Data In		252		$5t_{CLCL}$-90	ns
t_{RHDX}	Data Hold After $\overline{RD}$	0		0		ns
t_{RHDZ}	Data Float After $\overline{RD}$		97		$2t_{CLCL}$-28	ns
t_{LLDV}	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{CLCL}$-150	ns
t_{AVDV}	Address to Valid Data In		585		$9t_{CLCL}$-165	ns
t_{LLWL}	ALE Low to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	200	300	$3t_{CLCL}$-50	$3t_{CLCL}$+50	ns
t_{AVWL}	Address to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	203		$4t_{CLCL}$-75		ns
t_{QVWX}	Data Valid to $\overline{WR}$ Transition	23		t_{CLCL}-20		ns
t_{QVWH}	Data Valid to $\overline{WR}$ High	433		$7t_{CLCL}$-120		ns
t_{WHQX}	Data Hold After $\overline{WR}$	33		t_{CLCL}-20		ns
t_{RLAZ}	$\overline{RD}$ Low to Address Float		0		0	ns
t_{WHLH}	$\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ High to ALE High	43	123	t_{CLCL}-20	t_{CLCL}+25	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Program Memory Read Cycle

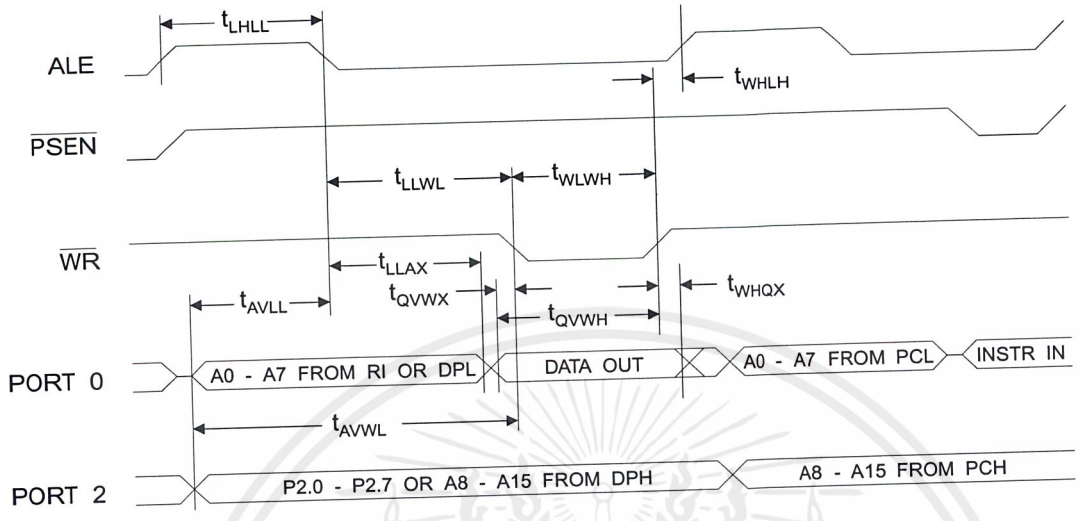


External Data Memory Read Cycle

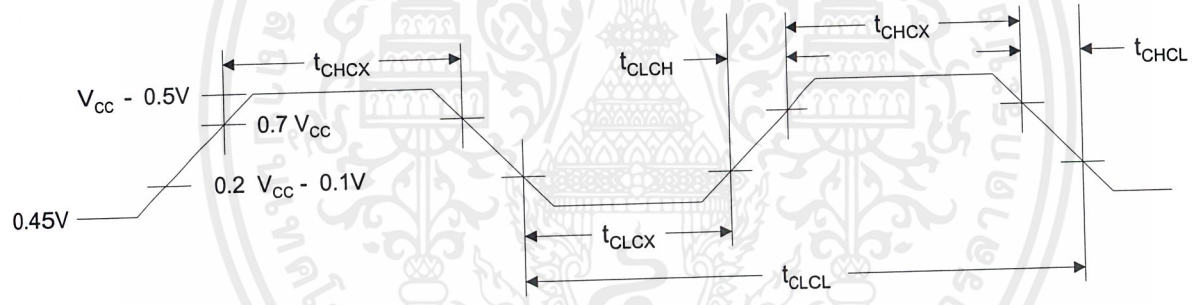


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	24	MHz
t_{CLCL}	Clock Period	41.6		ns
t_{CHCX}	High Time	15		ns
t_{CLCX}	Low Time	15		ns
t_{CLCH}	Rise Time		20	ns
t_{CHCL}	Fall Time		20	ns

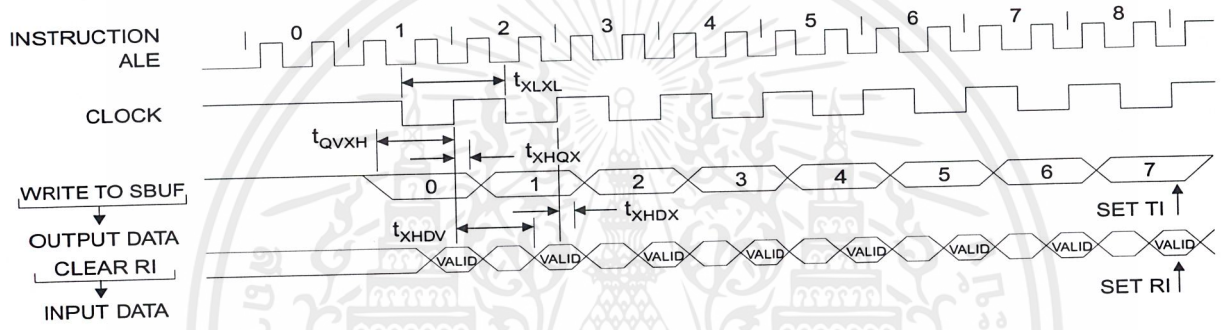
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

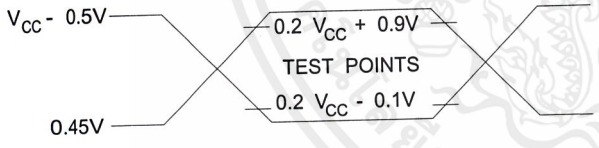
(V_{CC} = 5.0 V ± 20%; Load Capacitance = 80 pF)

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
t_{XLXL}	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		µs
t_{QVXH}	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}$-133		ns
t_{XHQX}	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}$-117		ns
t_{XHDX}	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
t_{XHDV}	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLCL}$-133	ns

Shift Register Mode Timing Waveforms

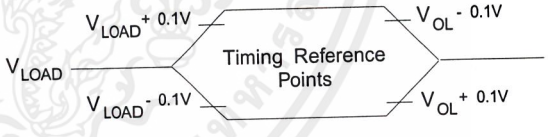


AC Testing Input/Output Waveforms(1)



Note: 1. AC Inputs during testing are driven at V_{CC} - 0.5V for a logic 1 and 0.45V for a logic 0. Timing measurements are made at V_{IH} min. for a logic 1 and V_{IL} max. for a logic 0.

Float Waveforms(1)



Note: 1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a 100 mV change from load voltage occurs. A port pin begins to float when 100 mV change from the loaded V_{OH}/V_{OL} level occurs.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
12	5V ± 20%	AT89C51-12AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-12JC	44J	
		AT89C51-12PC	40P6	
		AT89C51-12QC	44Q	
		AT89C51-12AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C51-12JI	44J	
		AT89C51-12PI	40P6	
		AT89C51-12QI	44Q	
		AT89C51-12AA	44A	Automotive (-40°C to 105°C)
		AT89C51-12JA	44J	
		AT89C51-12PA	40P6	
		AT89C51-12QA	44Q	
16	5V ± 20%	AT89C51-16AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-16JC	44J	
		AT89C51-16PC	40P6	
		AT89C51-16QC	44Q	
		AT89C51-16AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C51-16JI	44J	
		AT89C51-16PI	40P6	
		AT89C51-16QI	44Q	
		AT89C51-16AA	44A	Automotive (-40°C to 105°C)
		AT89C51-16JA	44J	
		AT89C51-16PA	40P6	
		AT89C51-16QA	44Q	
20	5V ± 20%	AT89C51-20AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-20JC	44J	
		AT89C51-20PC	40P6	
		AT89C51-20QC	44Q	
		AT89C51-20AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C51-20JI	44J	
		AT89C51-20PI	40P6	
		AT89C51-20QI	44Q	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
24	5V ± 20%	AT89C51-24AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-24JC	44J	
		AT89C51-24PC	44P6	
		AT89C51-24QC	44Q	
		AT89C51-24AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C51-24JI	44J	
		AT89C51-24PI	44P6	
		AT89C51-24QI	44Q	

Package Type	
44A	44 Lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
44J	44 Lead, Plastic J-Leaded Chip Carrier (PLCC)
40P6	40 Lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
44Q	44 Lead, Plastic Gull Wing Quad Flatpack (PQFP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19-0175; Rev 3; 5/96

MAXIM

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

General Description

The MAX202E–MAX213E, MAX232E/MAX241E line drivers/receivers are designed for RS-232 and V.28 communications in harsh environments. Each transmitter output and receiver input is protected against ±15kV electrostatic discharge (ESD) shocks, without latchup. The various combinations of features are outlined in the *Selection Guide*. The drivers and receivers for all ten devices meet all EIA/TIA-232E and CCITT V.28 specifications at data rates up to 120kbps, when loaded in accordance with the EIA/TIA-232E specification.

The MAX211E/MAX213E/MAX241E are available in 28-pin SO packages, as well as a 28-pin SSOP that uses 60% less board space. The MAX202E/MAX232E come in 16-pin narrow SO, wide SO, and DIP packages. The MAX203E comes in a 20-pin DIP/SO package, and needs no external charge-pump capacitors. The MAX205E comes in a 24-pin wide DIP package, and also eliminates external charge-pump capacitors. The MAX206E/MAX207E/MAX208E come in 24-pin SO, SSOP, and narrow DIP packages. The MAX232E/MAX241E operate with four 1µF capacitors, while the MAX202E/MAX206E/MAX207E/MAX208E/MAX211E/MAX213E operate with four 0.1µF capacitors, further reducing cost and board space.

Applications

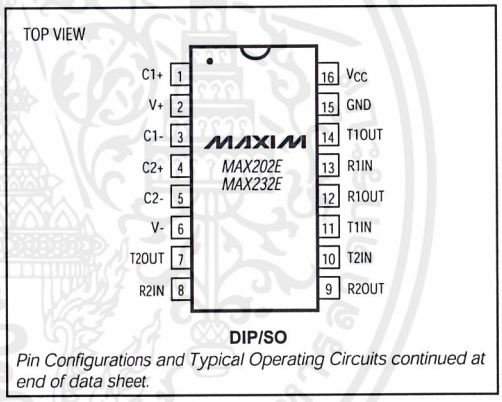
Notebook, Subnotebook, and Palmtop Computers
Battery-Powered Equipment
Hand-Held Equipment

Ordering Information appears at end of data sheet.

Features

- **ESD Protection for RS-232 I/O Pins:**
  ±15kV—Human Body Model
  ±8kV—IEC1000-4-2, Contact Discharge
  ±15kV—IEC1000-4-2, Air-Gap Discharge
- **Latchup Free (unlike bipolar equivalents)**
- **Guaranteed 120kbps Data Rate—LapLink™ Compatible**
- **Guaranteed 3V/µs Min Slew Rate**
- **Operate from a Single +5V Power Supply**

Pin Configurations



DIP/SO

Pin Configurations and Typical Operating Circuits continued at end of data sheet.

Selection Guide

PART	No. of RS-232 DRIVERS	No. of RS-232 RECEIVERS	RECEIVERS ACTIVE IN SHUTDOWN	No. of EXTERNAL CAPACITORS	LOW-POWER SHUTDOWN	TTL THREE-STATE
MAX202E	2	2	0	4 (0.1µF)	No	No
MAX203E	2	2	0	None	No	No
MAX205E	5	5	0	None	Yes	Yes
MAX206E	4	3	0	4 (0.1µF)	Yes	Yes
MAX207E	5	3	0	4 (0.1µF)	No	No
MAX208E	4	4	0	4 (0.1µF)	No	No
MAX211E	4	5	0	4 (0.1µF)	Yes	Yes
MAX213E	4	5	2	4 (0.1µF)	Yes	Yes
MAX232E	2	2	0	4 (1µF)	No	No
MAX241E	4	5	0	4 (1µF)	Yes	Yes

LapLink is a registered trademark of Traveling Software, Inc.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V_{CC} ..... -0.3V to +6V
V+ ..... (V_{CC} - 0.3V) to +14V
V- ..... -14V to +0.3V
Input Voltages
T_IN ..... -0.3V to (V+ + 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)
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) 842mW
16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C) 696mW
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
20-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C) 889mW
20-Pin SO (derate 10.00mW/°C above +70°C) 800mW
24-Pin Narrow Plastic DIP
(derate 13.33mW/°C above +70°C) 1.07W
24-Pin Wide Plastic DIP
(derate 14.29mW/°C above +70°C) 1.14W
24-Pin SO (derate 11.76mW/°C above +70°C) 941mW
24-Pin SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C) 640mW
28-Pin SO (derate 12.50mW/°C above +70°C) 1W
28-Pin SSOP (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
Operating Temperature Ranges
MAX2_ _EC_ _ ..... 0°C to +70°C
MAX2_ _EE_ _ ..... -40°C to +85°C
Storage Temperature Range ..... -65°C to +165°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

(V_{CC} = +5V ±10% for MAX202E/206E/208E/211E/213E/232E/241E; V_{CC} = +5V ±5% for MAX203E/205E/207E; C1–C4 = 0.1µF for MAX202E/206E/207E/208E/211E/213E; C1–C4 = 1µF for MAX232E/241E; T_A = T_{MIN} to T_{MAX}; unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
DC CHARACTERISTICS							
V_{CC} Supply Current	I_{CC}	No load, T_A = +25°C	MAX202E/203E		8	15	mA
			MAX205E–208E		11	20	
			MAX211E/213E		14	20	
			MAX232E		5	10	
			MAX241E		7	15	
Shutdown Supply Current		T_A = +25°C, Figure 1	MAX205E/206E		1	10	µA
			MAX211E/241E		1	10	
			MAX213E		15	50	
LOGIC							
Input Pull-Up Current		T_IN = 0V (MAX205E–208E/211E/213E/241E)			15	200	µA
Input Leakage Current		T_IN = 0V to V_{CC} (MAX202E/203E/232E)				±10	µA
Input Threshold Low	V_{IL}	T_IN; EN, $\overline{SHDN}$ (MAX213E) or $\overline{EN}$, SHDN (MAX205E–208E/211E/241E)				0.8	V
Input Threshold High	V_{IH}	T_IN		2.0			V
		EN, $\overline{SHDN}$ (MAX213E) or $\overline{EN}$, SHDN (MAX205E–208E/211E/241E)		2.4			
Output Voltage Low	V_{OL}	R_OUT; I_{OUT} = 3.2mA (MAX202E/203E/232E) or I_{OUT} = 1.6mA (MAX205E/208E/211E/213E/241E)				0.4	V
Output Voltage High	V_{OH}	R_OUT; I_{OUT} = -1.0mA		3.5	V_{CC} - 0.4		V
Output Leakage Current		$\overline{EN}$ = V_{CC}, EN = 0V, 0V ≤ R_{OUT} ≤ V_{CC}, MAX205E–208E/211E/213E/241E outputs disabled			±0.05	±10	µA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{CC} = +5V ±10% for MAX202E/206E/208E/211E/213E/232E/241E; V_{CC} = +5V ±5% for MAX203E/205E/207E; C1–C4 = 0.1µF for MAX202E/206E/207E/208E/211E/213E; C1–C4 = 1µF for MAX232E/241E; T_A = T_{MIN} to T_{MAX}; unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
EIA/TIA-232E RECEIVER INPUTS							
Input Voltage Range				-30		30	V
Input Threshold Low		T_A = +25°C, V_{CC} = 5V	All parts, normal operation	0.8	1.2		V
			MAX213E, $\overline{SHDN}$ = 0V, EN = V_{CC}	0.6	1.5		
Input Threshold High		T_A = +25°C, V_{CC} = 5V	All parts, normal operation		1.7	2.4	V
			MAX213E (R4, R5), $\overline{SHDN}$ = 0V, EN = V_{CC}		1.5	2.4	
Input Hysteresis		V_{CC} = 5V, no hysteresis in shutdown		0.2	0.5	1.0	V
Input Resistance		T_A = +25°C, V_{CC} = 5V		3	5	7	kΩ
EIA/TIA-232E TRANSMITTER OUTPUTS							
Output Voltage Swing		All drivers loaded with 3kΩ to ground (Note 1)		±5	±9		V
Output Resistance		V_{CC} = V+ = V- = 0V, V_{OUT} = ±2V		300			Ω
Output Short-Circuit Current					±10	±60	mA
TIMING CHARACTERISTICS							
Maximum Data Rate		R_L = 3kΩ to 7kΩ, C_L = 50pF to 1000pF, one transmitter switching		120			kbps
Receiver Propagation Delay	t_{PLHR}, t_{PHLR}	C_L = 150pF	All parts, normal operation		0.5	10	µs
			MAX213E (R4, R5), $\overline{SHDN}$ = 0V, EN = V_{CC}		4	40	
Receiver Output Enable Time		MAX205E/206E/211E/213E/241E normal operation, Figure 2			600		ns
Receiver Output Disable Time		MAX205E/206E/211E/213E/241E normal operation, Figure 2			200		ns
Transmitter Propagation Delay	t_{PLHT}, t_{PHLT}	R_L = 3kΩ, C_L = 2500pF, all transmitters loaded			2		µs
Transition-Region Slew Rate		T_A = +25°C, V_{CC} = 5V, R_L = 3kΩ to 7kΩ, C_L = 50pF to 1000pF, measured from -3V to +3V or +3V to -3V, Figure 3		3	6	30	V/µs
ESD PERFORMANCE: TRANSMITTER OUTPUTS, RECEIVER INPUTS							
ESD-Protection Voltage		Human Body Model			±15		kV
		IEC1000-4-2, Contact Discharge			±8		
		IEC1000-4-2, Air-Gap Discharge			±15		

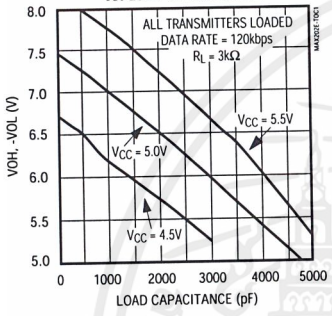
Note 1: MAX211EE_ _ tested with V_{CC} = +5V ±5%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

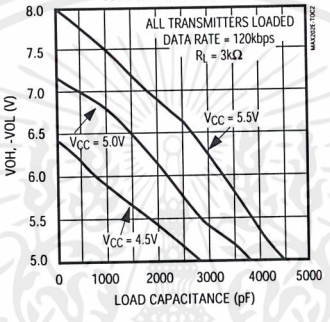
Typical Operating Characteristics

(Typical Operating Circuits, V_{CC} = +5V, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

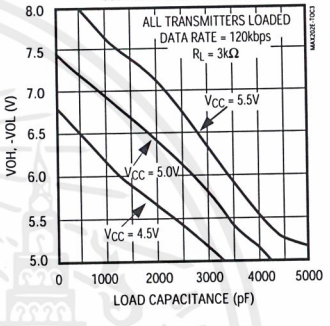
MAX232E
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE
vs. LOAD CAPACITANCE



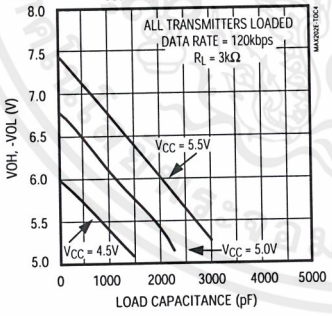
MAX202E/MAX203E
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE
vs. LOAD CAPACITANCE



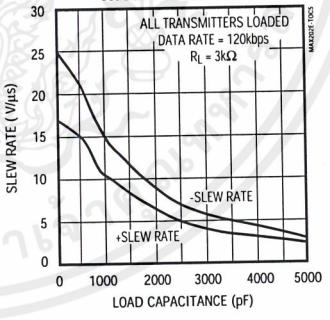
MAX241E
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE
vs. LOAD CAPACITANCE



MAX211E/MAX213E
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE
vs. LOAD CAPACITANCE



MAX211E/MAX213E/MAX241E
TRANSMITTER SLEW RATE
vs. LOAD CAPACITANCE

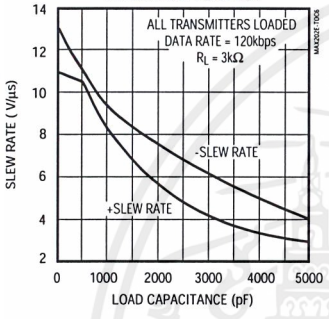


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

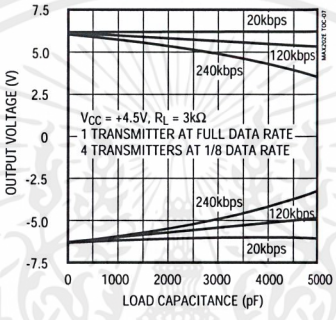
Typical Operating Characteristics (continued)

(Typical Operating Circuits, V_{CC} = +5V, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

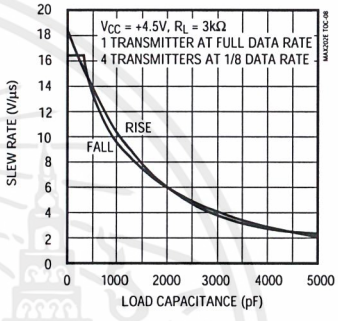
MAX202E/MAX203E/MAX232E TRANSMITTER SLEW RATE vs. LOAD CAPACITANCE



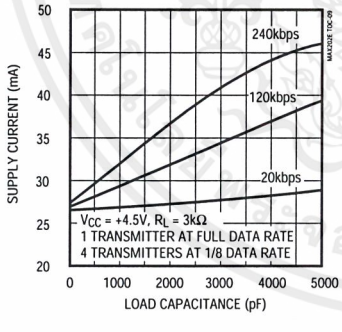
MAX205E–MAX208E TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE vs. LOAD CAPACITANCE



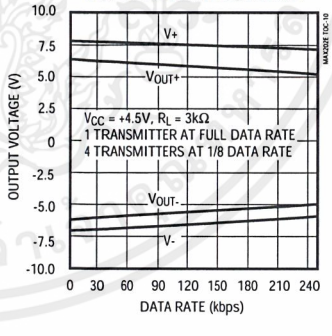
MAX205E–MAX208E TRANSMITTER SLEW RATE vs. LOAD CAPACITANCE



MAX205E–MAX208E SUPPLY CURRENT vs. LOAD CAPACITANCE



MAX205E–MAX208E OUTPUT VOLTAGE vs. DATA RATE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Descriptions

MAX202E/MAX232E

PIN		NAME	FUNCTION
DIP/SO	LCC		
1, 3	2, 4	C1+, C1-	Terminals for positive charge-pump capacitor
2	3	V+	+2V_{CC} voltage generated by the charge pump
4, 5	5, 7	C2+, C2-	Terminals for negative charge-pump capacitor
6	8	V-	-2V_{CC} voltage generated by the charge pump
7, 14	9, 18	T_OUT	RS-232 Driver Outputs
8, 13	10, 17	R_IN	RS-232 Receiver Outputs
9, 12	12, 15	R_OUT	RS-232 Receiver Outputs
10, 11	13, 14	T_IN	RS-232 Driver Inputs
15	19	GND	Ground
16	20	V_{CC}	+4.5V to +5.5V Supply-Voltage Input
—	1, 6, 11, 16	N.C.	No Connect—not internally connected.

MAX203E

PIN		NAME	FUNCTION
DIP	SO		
1, 2	1, 2	T_IN	RS-232 Driver Inputs
3, 20	3, 20	R_OUT	RS-232 Receiver Outputs
4,19	4, 19	R_IN	RS-232 Receiver Inputs
5,18	5, 18	T_OUT	RS-232 Transmitter Outputs
6, 9	6, 9	GND	Ground
7	7	V_{CC}	+4.5V to +5.5V Supply-Voltage Input
8	13	C1+	Make no connection to this pin.
10, 16	11, 16	C2-	Connect pins together.
12, 17	10, 17	V-	-2V_{CC} voltage generated by the charge pump. Connect pins together.
13	14	C1-	Make no connection to this pin.
14	8	V+	+2V_{CC} voltage generated by the charge pump
11, 15	12, 15	C2+	Connect pins together.

MAX205E

PIN	NAME	FUNCTION
1–4, 19	T_OUT	RS-232 Driver Outputs
5, 10, 13, 18, 24	R_IN	RS-232 Receiver Inputs
6, 9, 14, 17, 23	R_OUT	TTL/CMOS Receiver Outputs. All receivers are inactive in shutdown.
7, 8, 15, 16, 22	T_IN	TTL/CMOS Driver Inputs. Internal pull-ups to V_{CC}.
11	GND	Ground
12	V_{CC}	+4.75V to +5.25V Supply Voltage
20	$\overline{EN}$	Receiver Enable—active low
21	SHDN	Shutdown Control—active high

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Descriptions (continued)

MAX206E

PIN	NAME	FUNCTION
1, 2, 3, 24	T_OUT	RS-232 Driver Outputs
4, 16, 23	R_IN	RS-232 Receiver Inputs
5, 17, 22	R_OUT	TTL/CMOS Receiver Outputs. All receivers are inactive in shutdown.
6, 7, 18, 19	T_IN	TTL/CMOS Driver Inputs. Internal pull-ups to V_{CC}.
8	GND	Ground
9	V_{CC}	+4.5V to +5.5V Supply Voltage
10, 12	C1+, C1-	Terminals for positive charge-pump capacitor
11	V+	+2V_{CC} generated by the charge pump
13, 14	C2+, C2-	Terminals for negative charge-pump capacitor
15	V-	-2V_{CC} generated by the charge pump
20	$\overline{EN}$	Receiver Enable—active low
21	SHDN	Shutdown Control—active high

MAX207E

PIN	NAME	FUNCTION
1, 2, 3, 20, 24	T_OUT	RS-232 Driver Outputs
4, 16, 23	R_IN	RS-232 Receiver Inputs
5, 17, 22	R_OUT	TTL/CMOS Receiver Outputs. All receivers are inactive in shutdown.
6, 7, 18, 19, 21	T_IN	TTL/CMOS Driver Inputs. Internal pull-ups to V_{CC}.
8	GND	Ground
9	V_{CC}	+4.75V to +5.25V Supply Voltage
10, 12	C1+, C1-	Terminals for positive charge-pump capacitor
11	V+	+2V_{CC} generated by the charge pump
13, 14	C2+, C2-	Terminals for negative charge-pump capacitor
15	V-	-2V_{CC} generated by the charge pump

MAX208E

PIN	NAME	FUNCTION
1, 2, 20, 24	T_OUT	RS-232 Driver Outputs
3, 7, 16, 23	R_IN	RS-232 Receiver Inputs
4, 6, 17, 22	R_OUT	TTL/CMOS Receiver Outputs. All receivers are inactive in shutdown.
5, 18, 19, 21	T_IN	TTL/CMOS Driver Inputs. Internal pull-ups to V_{CC}.
8	GND	Ground
9	V_{CC}	+4.5V to +5.5V Supply Voltage
10, 12	C1+, C1-	Terminals for positive charge-pump capacitor
11	V+	+2V_{CC} generated by the charge pump
13, 14	C2+, C2-	Terminals for negative charge-pump capacitor
15	V-	-2V_{CC} generated by the charge pump

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Descriptions (continued)

MAX211E/MAX213E/MAX241E

PIN	NAME	FUNCTION
1, 2, 3, 28	T_OUT	RS-232 Driver Outputs
4, 9, 18, 23, 27	R_IN	RS-232 Receiver Inputs
5, 8, 19, 22, 26	R_OUT	TTL/CMOS Receiver Outputs. For the MAX213E, receivers R4 and R5 are active in shutdown mode when EN = 1. For the MAX211E and MAX241E, all receivers are inactive in shutdown.
6, 7, 20, 21	T_IN	TTL/CMOS Driver Inputs. Only the MAX211E, MAX213E, and MAX241E have internal pull-ups to V_{CC}.
10	GND	Ground
11	V_{CC}	+4.5V to +5.5V Supply Voltage
12, 14	C1+, C1-	Terminals for positive charge-pump capacitor
13	V+	+2V_{CC} voltage generated by the charge pump
15, 16	C2+, C2-	Terminals for negative charge-pump capacitor
17	V-	-2V_{CC} voltage generated by the charge pump
24	$\overline{EN}$	Receiver Enable—active low (MAX211E, MAX241E)
	EN	Receiver Enable—active high (MAX213E)
25	SHDN	Shutdown Control—active high (MAX211E, MAX241E)
	$\overline{SHDN}$	Shutdown Control—active low (MAX213E)

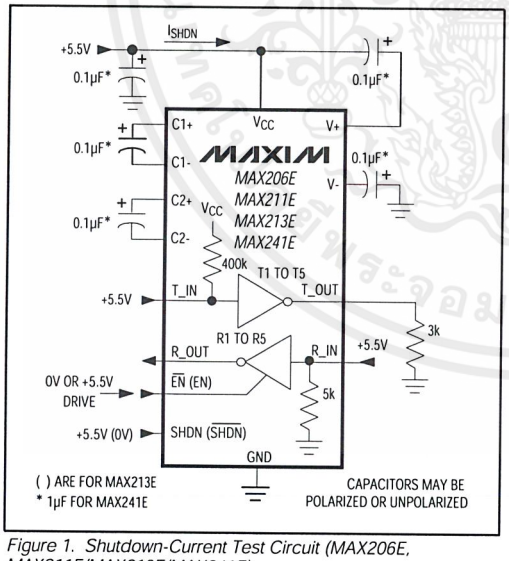


Figure 1. Shutdown-Current Test Circuit (MAX206E, MAX211E/MAX213E/MAX241E)

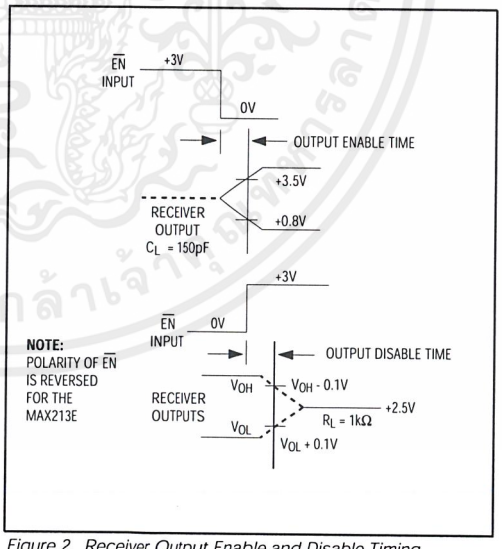


Figure 2. Receiver Output Enable and Disable Timing (MAX205E/MAX206E/MAX211E/MAX213E/MAX241E)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

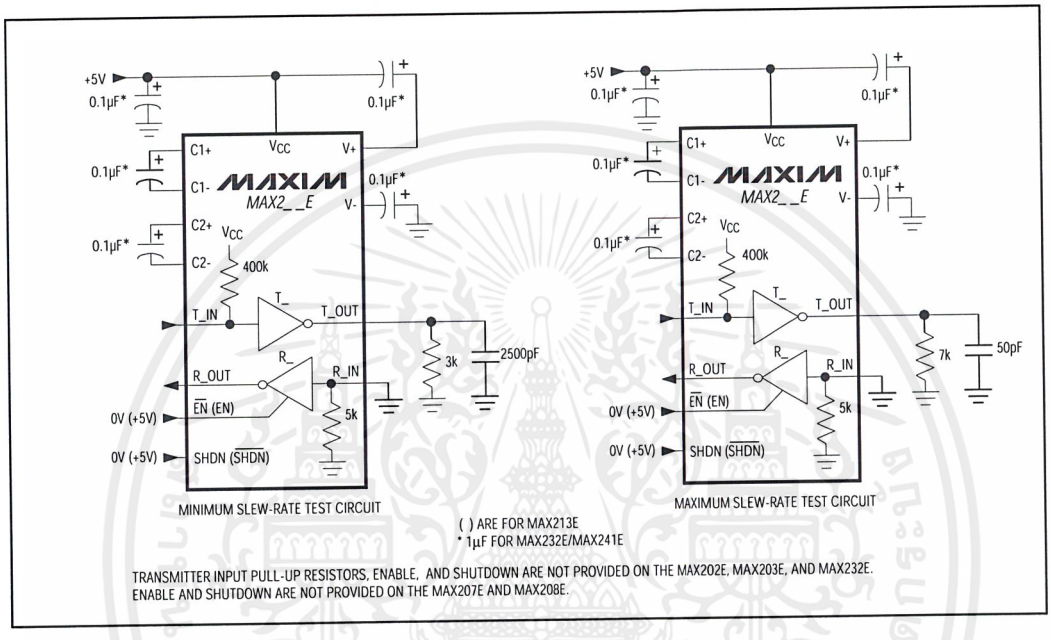


Figure 3. Transition Slew-Rate Circuit

Detailed Description

The MAX202E–MAX213E, MAX232E/MAX241E consist of three sections: charge-pump voltage converters, drivers (transmitters), and receivers. These E versions provide extra protection against ESD. They survive ±15kV discharges to the RS-232 inputs and outputs, tested using the Human Body Model. When tested according to IEC1000-4-2, they survive ±8kV contact-discharges and ±15kV air-gap discharges. The rugged E versions are intended for use in harsh environments or applications where the RS-232 connection is frequently changed (such as notebook computers). The standard (non-"E") MAX202, MAX203, MAX205–MAX208, MAX211, MAX213, MAX232, and MAX241 are recommended for applications where cost is critical.

+5V to ±10V Dual Charge-Pump Voltage Converter

The +5V to ±10V conversion is performed by dual charge-pump voltage converters (Figure 4). The first charge-pump converter uses capacitor C1 to double the +5V into +10V, storing the +10V on the output filter capacitor, C3. The second uses C2 to invert the +10V into -10V, storing the -10V on the V- output filter capacitor, C4.

In shutdown mode, V+ is internally connected to V_{CC} by a 1kΩ pull-down resistor, and V- is internally connected to ground by a 1kΩ pull-up resistor.

RS-232 Drivers

With V_{CC} = 5V, the typical driver output voltage swing is ±8V when loaded with a nominal 5kΩ RS-232 receiver. The output swing is guaranteed to meet EIA/TIA-232E and V.28 specifications that call for ±5V minimum output levels under worst-case conditions. These include a 3kΩ load, minimum V_{CC}, and maximum operating temperature. The open-circuit output voltage swings from (V+ - 0.6V) to V-.

Input thresholds are CMOS/TTL compatible. The unused drivers' inputs on the MAX205E–MAX208E, MAX211E, MAX213E, and MAX241E can be left unconnected because 400kΩ pull-up resistors to V_{CC} are included on-chip. Since all drivers invert, the pull-up resistors force the unused drivers' outputs low. The MAX202E, MAX203E, and MAX232E do not have pull-up resistors on the transmitter inputs.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

When in low-power shutdown mode, the MAX205E/MAX206E/MAX211E/MAX213E/MAX241E driver outputs are turned off and draw only leakage currents—even if they are back-driven with voltages between 0V and 12V. Below -0.5V in shutdown, the transmitter output is diode-clamped to ground with a 1kΩ series impedance.

RS-232 Receivers

The receivers convert the RS-232 signals to CMOS-logic output levels. The guaranteed 0.8V and 2.4V receiver input thresholds are significantly tighter than the ±3V thresholds required by the EIA/TIA-232E specification. This allows the receiver inputs to respond to TTL/CMOS-logic levels, as well as RS-232 levels.

The guaranteed 0.8V input low threshold ensures that receivers shorted to ground have a logic 1 output. The 5kΩ input resistance to ground ensures that a receiver with its input left open will also have a logic 1 output.

Receiver inputs have approximately 0.5V hysteresis. This provides clean output transitions, even with slow rise/fall-time signals with moderate amounts of noise and ringing.

In shutdown, the MAX213E's R4 and R5 receivers have no hysteresis.

Shutdown and Enable Control (MAX205E/MAX206E/MAX211E/MAX213E/MAX241E)

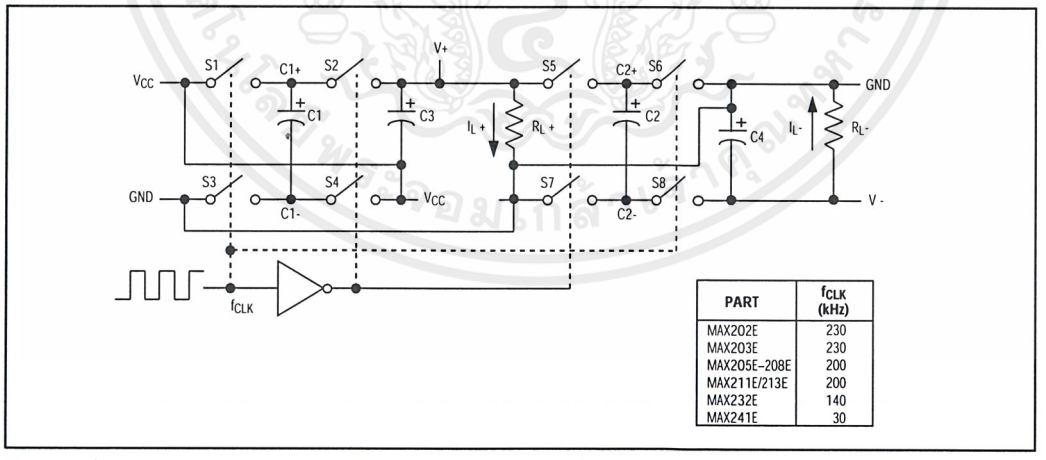
In shutdown mode, the charge pumps are turned off, V+ is pulled down to V_{CC}, V- is pulled to ground, and the transmitter outputs are disabled. This reduces supply current typically to 1µA (15µA for the MAX213E). The time required to exit shutdown is under 1ms, as shown in Figure 5.

Receivers

All MAX213E receivers, except R4 and R5, are put into a high-impedance state in shutdown mode (see Tables 1a and 1b). The MAX213E's R4 and R5 receivers still function in shutdown mode. These two awake-in-shutdown receivers can monitor external activity while maintaining minimal power consumption.

The enable control is used to put the receiver outputs into a high-impedance state, to allow wire-OR connection of two EIA/TIA-232E ports (or ports of different types) at the UART. It has no effect on the RS-232 drivers or the charge pumps.

Note: The enable control pin is active low for the MAX211E/MAX241E ($\overline{EN}$), but is active high for the MAX213E (EN). The shutdown control pin is active high for the MAX205E/MAX206E/MAX211E/MAX241E (SHDN), but is active low for the MAX213E ($\overline{SHDN}$).



PART	f_{CLK} (kHz)
MAX202E	230
MAX203E	230
MAX205E–208E	200
MAX211E/213E	200
MAX232E	140
MAX241E	30

Figure 4. Charge-Pump Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The MAX213E's receiver propagation delay is typically 0.5µs in normal operation. In shutdown mode, propagation delay increases to 4µs for both rising and falling transitions. The MAX213E's receiver inputs have approximately 0.5V hysteresis, except in shutdown, when receivers R4 and R5 have no hysteresis.

When entering shutdown with receivers active, R4 and R5 are not valid until 80µs after $\overline{SHDN}$ is driven low. When coming out of shutdown, all receiver outputs are invalid until the charge pumps reach nominal voltage levels (less than 2ms when using 0.1µF capacitors).

±15kV ESD Protection

As with all Maxim devices, ESD-protection structures are incorporated on all pins to protect against electrostatic discharges encountered during handling and assembly. The driver outputs and receiver inputs have extra protection against static electricity. Maxim's engineers developed state-of-the-art structures to protect these pins against ESD of ±15kV without damage. The ESD structures withstand high ESD in all states: normal operation, shutdown, and powered down. After an ESD event, Maxim's E versions keep working without latchup, whereas competing RS-232 products can latch and must be powered down to remove latchup.

ESD protection can be tested in various ways; the transmitter outputs and receiver inputs of this product family are characterized for protection to the following limits:

1) ±15kV using the Human Body Model
2) ±8kV using the contact-discharge method specified in IEC1000-4-2
3) ±15kV using IEC1000-4-2's air-gap method.

ESD Test Conditions

ESD performance depends on a variety of conditions. Contact Maxim for a reliability report that documents test set-up, test methodology, and test results.

Human Body Model

Figure 6a shows the Human Body Model, and Figure 6b shows the current waveform it generates when discharged into a low impedance. This model consists of a 100pF capacitor charged to the ESD voltage of interest, which is then discharged into the test device through a 1.5kΩ resistor.

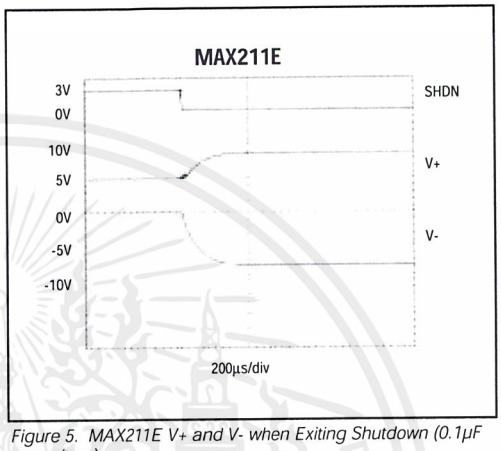


Figure 5. MAX211E V+ and V- when Exiting Shutdown (0.1µF capacitors)

Table 1a. MAX205E/MAX206E/MAX211E/ MAX241E Control Pin Configurations

SHDN	$\overline{EN}$	OPERATION STATUS	Tx	Rx
0	0	Normal Operation	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All High-Z
1	X	Shutdown	All High-Z	All High-Z

X = Don't Care

Table 1b. MAX213E Control Pin Configurations

$\overline{SHDN}$	EN	OPERATION STATUS	Tx 1–4	Rx	
				1–3	4, 5
0	0	Shutdown	All High-Z	High-Z	High-Z
0	1	Shutdown	All High-Z	High-Z	Active*
1	0	Normal Operation	All Active	High-Z	High-Z
1	1	Normal Operation	All Active	Active	Active

**Active = active with reduced performance*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

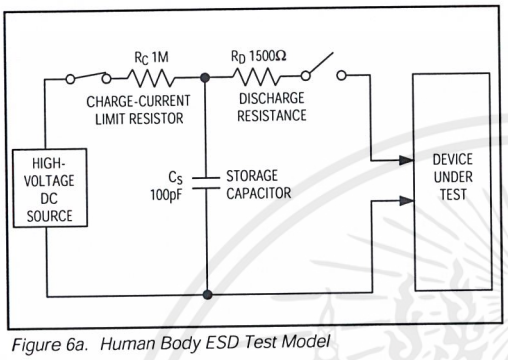


Figure 6a. Human Body ESD Test Model

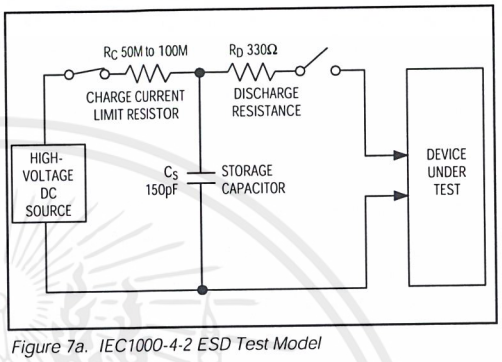


Figure 7a. IEC1000-4-2 ESD Test Model

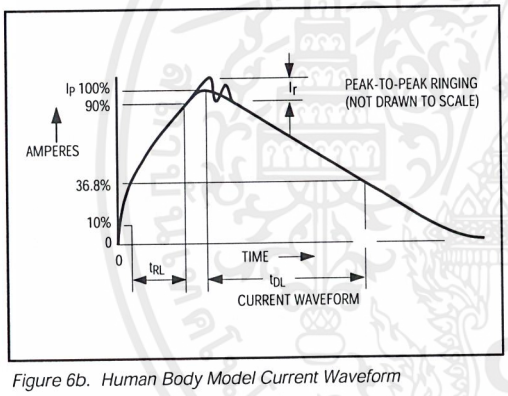


Figure 6b. Human Body Model Current Waveform

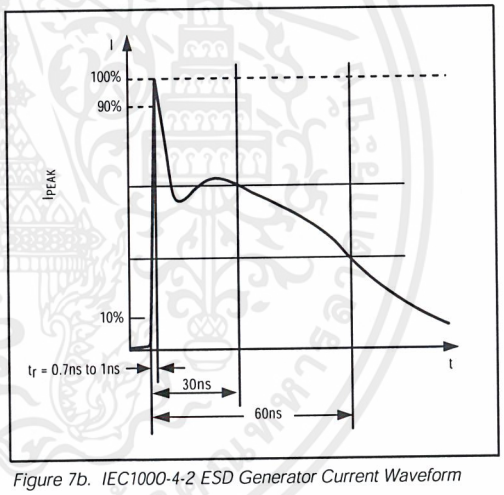


Figure 7b. IEC1000-4-2 ESD Generator Current Waveform

IEC1000-4-2

The IEC1000-4-2 standard covers ESD testing and performance of finished equipment; it does not specifically refer to integrated circuits. The MAX202E/MAX203E–MAX213E, MAX232E/MAX241E help you design equipment that meets level 4 (the highest level) of IEC1000-4-2, without the need for additional ESD-protection components.

The major difference between tests done using the Human Body Model and IEC1000-4-2 is higher peak current in IEC1000-4-2, because series resistance is lower in the IEC1000-4-2 model. Hence, the ESD withstand voltage measured to IEC1000-4-2 is generally lower than that measured using the Human Body Model. Figure 7b shows the current waveform for the 8kV IEC1000-4-2 level-four ESD contact-discharge test.

The air-gap test involves approaching the device with a charged probe. The contact-discharge method connects the probe to the device before the probe is energized.

Machine Model

The Machine Model for ESD tests all pins using a 200pF storage capacitor and zero discharge resistance. Its objective is to emulate the stress caused by contact that occurs with handling and assembly during manufacturing. Of course, all pins require this protection during manufacturing, not just RS-232 inputs and outputs. Therefore, after PC board assembly, the Machine Model is less relevant to I/O ports.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Applications Information

Capacitor Selection

The capacitor type used for C1–C4 is not critical for proper operation. The MAX202E, MAX206–MAX208E, MAX211E, and MAX213E require 0.1µF capacitors, and the MAX232E and MAX241E require 1µF capacitors, although in all cases capacitors up to 10µF can be used without harm. Ceramic, aluminum-electrolytic, or tantalum capacitors are suggested for the 1µF capacitors, and ceramic dielectrics are suggested for the 0.1µF capacitors. When using the minimum recommended capacitor values, make sure the capacitance value does not degrade excessively as the operating temperature varies. If in doubt, use capacitors with a larger (e.g., 2x) nominal value. The capacitors' effective series resistance (ESR), which usually rises at low temperatures, influences the amount of ripple on V+ and V-.

Use larger capacitors (up to 10µF) to reduce the output impedance at V+ and V-. This can be useful when "stealing" power from V+ or from V-. The MAX203E and MAX205E have internal charge-pump capacitors.

Bypass V_{CC} to ground with at least 0.1µF. In applications sensitive to power-supply noise generated by the charge pumps, decouple V_{CC} to ground with a capacitor the same size as (or larger than) the charge-pump capacitors (C1–C4).

V+ and V- as Power Supplies

A small amount of power can be drawn from V+ and V-, although this will reduce both driver output swing and noise margins. Increasing the value of the charge-pump capacitors (up to 10µF) helps maintain performance when power is drawn from V+ or V-.

Driving Multiple Receivers

Each transmitter is designed to drive a single receiver. Transmitters can be paralleled to drive multiple receivers.

Driver Outputs when Exiting Shutdown

The driver outputs display no ringing or undesirable transients as they come out of shutdown.

High Data Rates

These transceivers maintain the RS-232 ±5.0V minimum driver output voltages at data rates of over 120kbps. For data rates above 120kbps, refer to the Transmitter Output Voltage vs. Load Capacitance graphs in the *Typical Operating Characteristics*. Communication at these high rates is easier if the capacitive loads on the transmitters are small; i.e., short cables are best.

Table 2. Summary of EIA/TIA-232E, V.28 Specifications

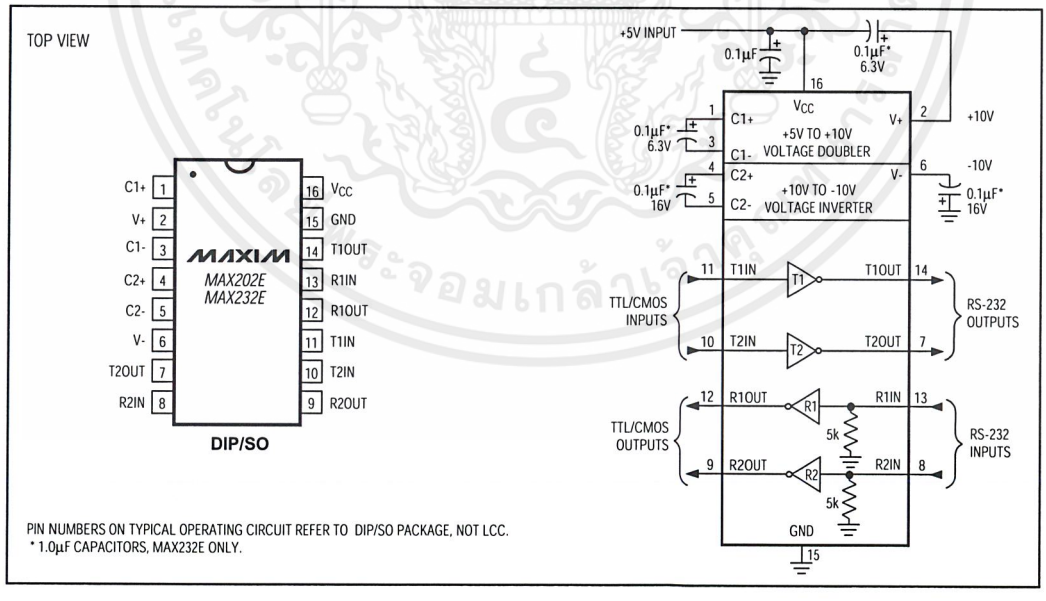
PARAMETER		CONDITIONS	EIA/TIA-232E, V.28 SPECIFICATIONS
Driver Output Voltage	0 Level	3kΩ to 7kΩ load	+5V to +15V
	1 Level	3kΩ to 7kΩ load	-5V to -15V
Driver Output Level, Max		No load	±25V
Data Rate		$3k\Omega \le R_L \le 7k\Omega$, $C_L \le 2500pF$	Up to 20kbps
Receiver Input Voltage	0 Level		+3V to +15V
	1 Level		-3V to -15V
Receiver Input Level			±25V
Instantaneous Slew Rate, Max		$3k\Omega \le R_L \le 7k\Omega$, $C_L \le 2500pF$	30V/µs
Driver Output Short-Circuit Current, Max			100mA
Transition Rate on Driver Output		V.28	1ms or 3% of the period
		EIA/TIA-232E	4% of the period
Driver Output Resistance		$-2V < V_{OUT} < +2V$	300Ω

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 3. DB9 Cable Connections Commonly Used for EIA/TIAE-232E and V.24 Asynchronous Interfaces

PIN	CONNECTION	
1	Received Line Signal Detector (sometimes called Carrier Detect, DCD)	Handshake from DCE
2	Receive Data (RD)	Data from DCE
3	Transmit Data (TD)	Data from DTE
4	Data Terminal Ready	Handshake from DTE
5	Signal Ground	Reference point for signals
6	Data Set Ready (DSR)	Handshake from DCE
7	Request to Send (RTS)	Handshake from DTE
8	Clear to Send (CTS)	Handshake from DCE
9	Ring Indicator	Handshake from DCE

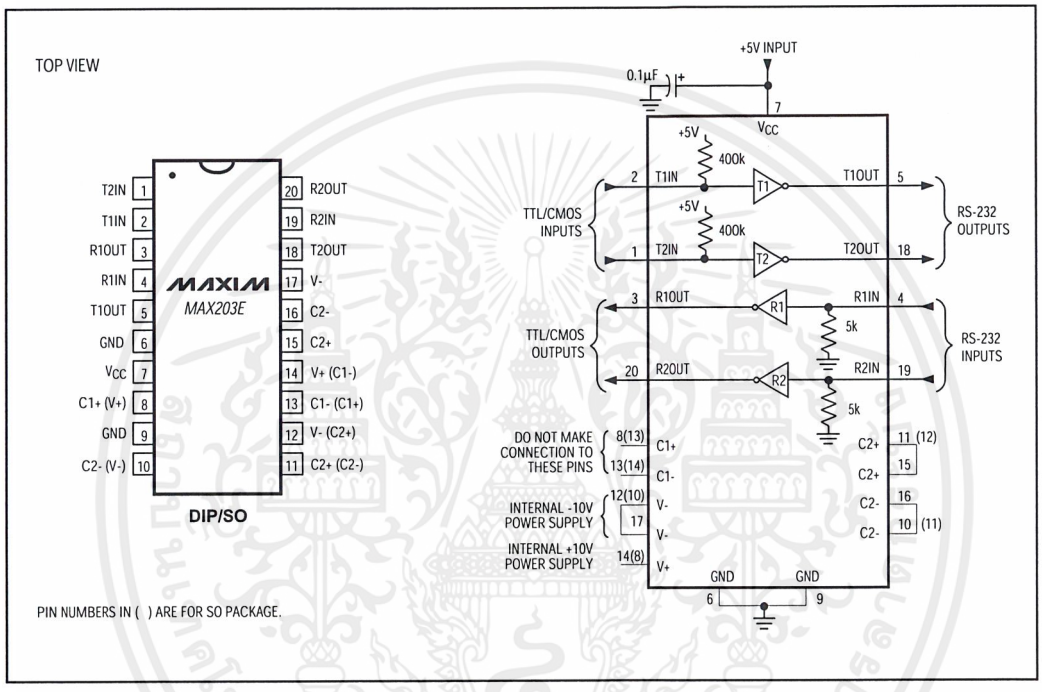
Pin Configurations and Typical Operating Circuits (continued)



PIN NUMBERS ON TYPICAL OPERATING CIRCUIT REFER TO DIP/SO PACKAGE, NOT LCC.
* 1.0µF CAPACITORS, MAX232E ONLY.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

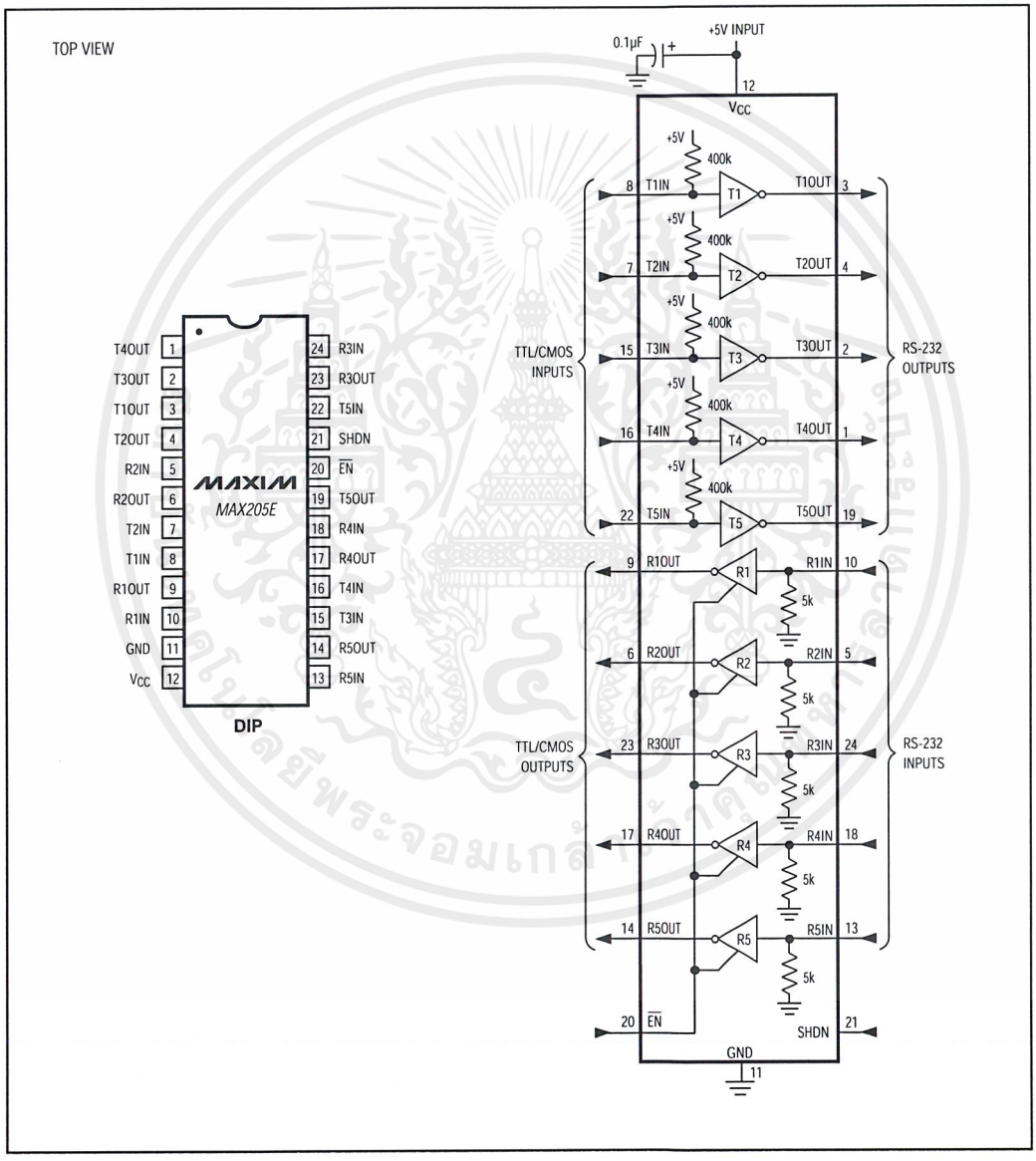
Pin Configurations and Typical Operating Circuits (continued)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

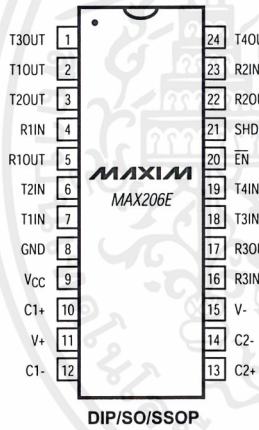
Pin Configurations and Typical Operating Circuits (continued)



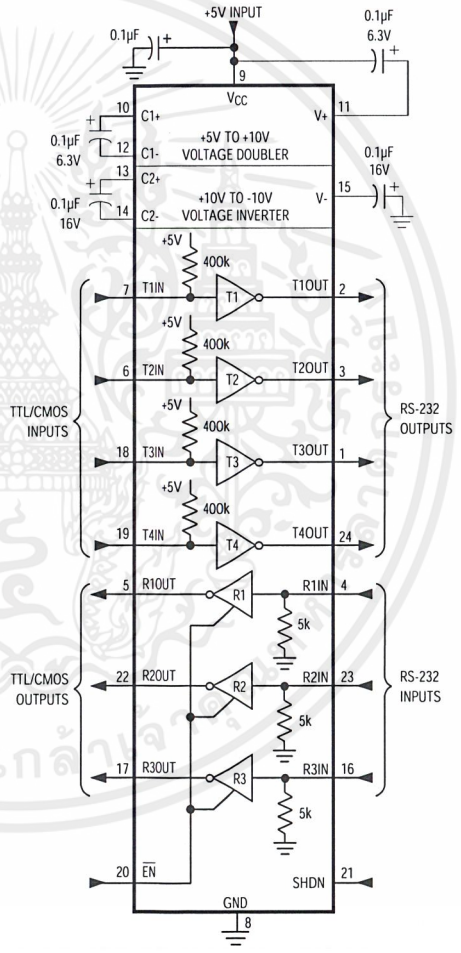
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Configurations and Typical Operating Circuits (continued)

TOP VIEW

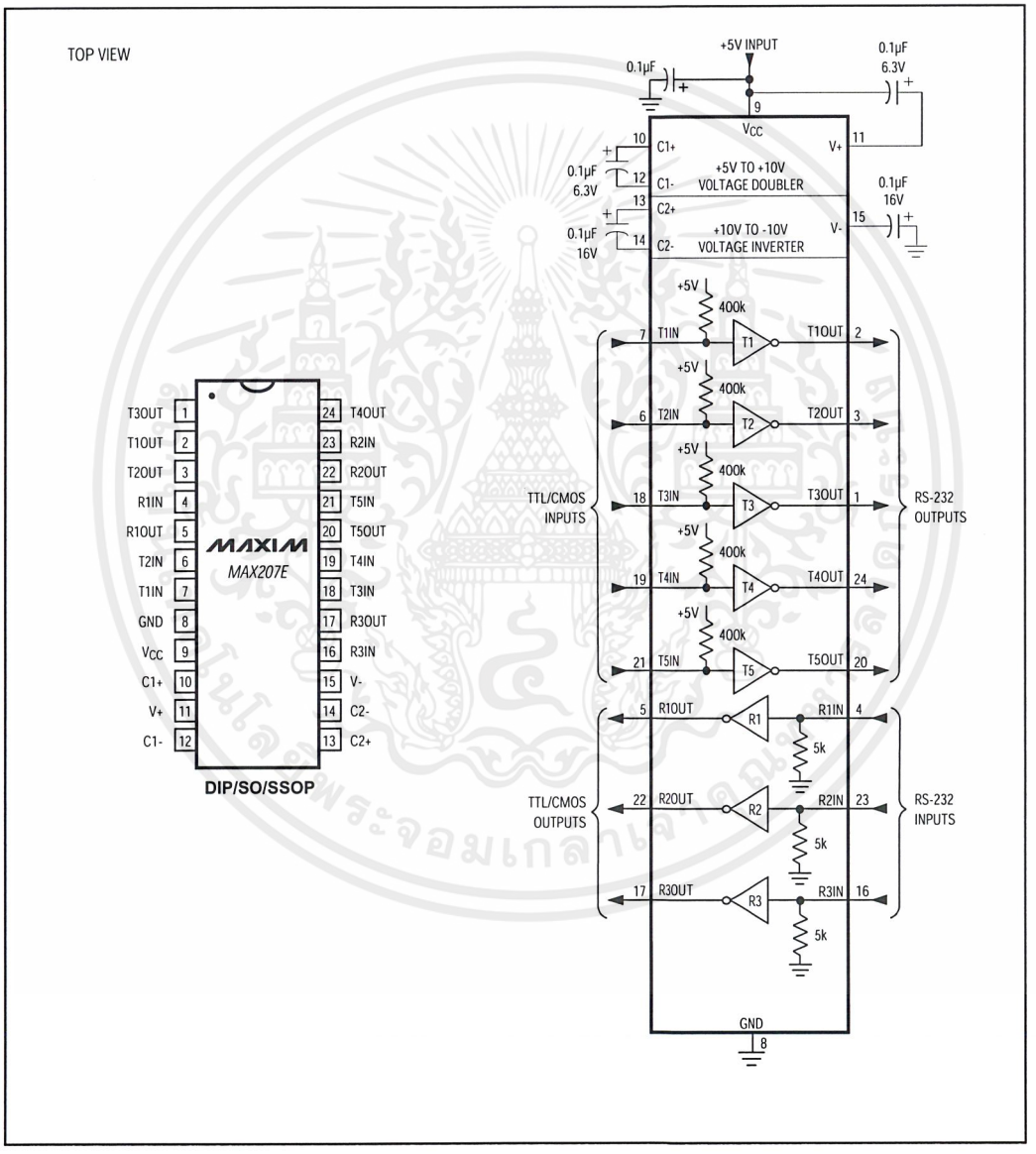


DIP/SO/SSOP



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

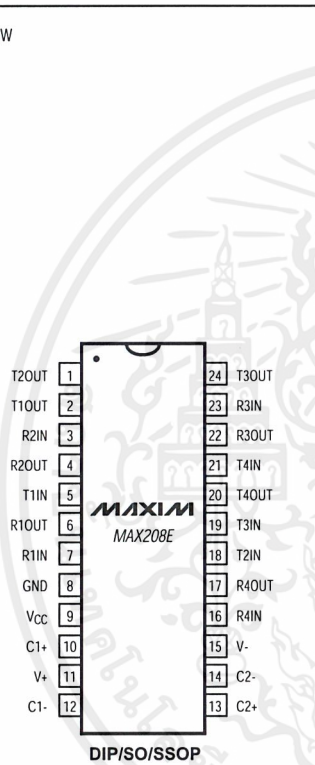
Pin Configurations and Typical Operating Circuits (continued)

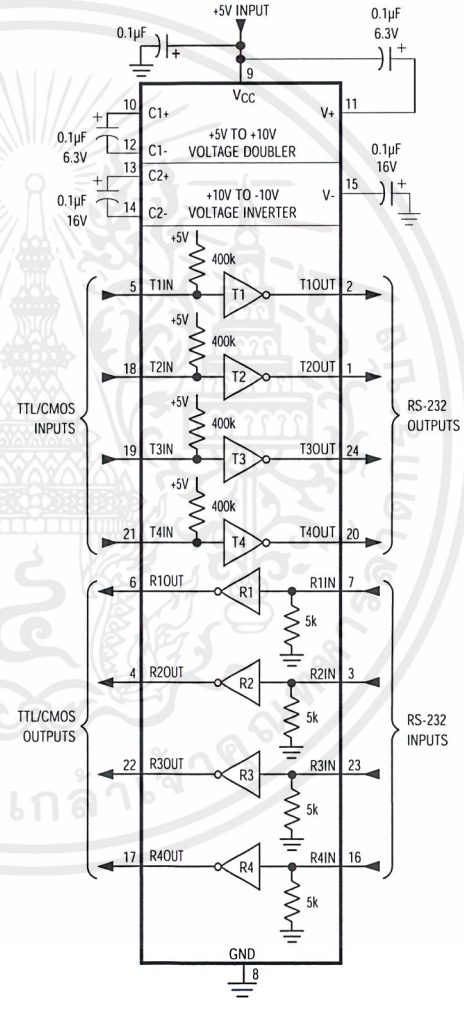


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Configurations and Typical Operating Circuits (continued)

TOP VIEW

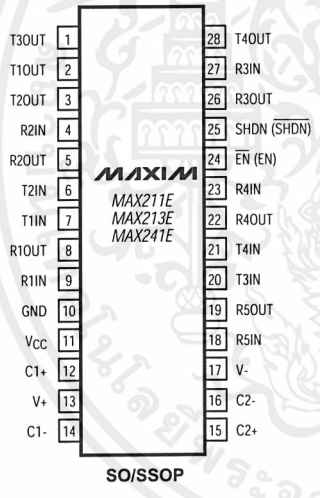


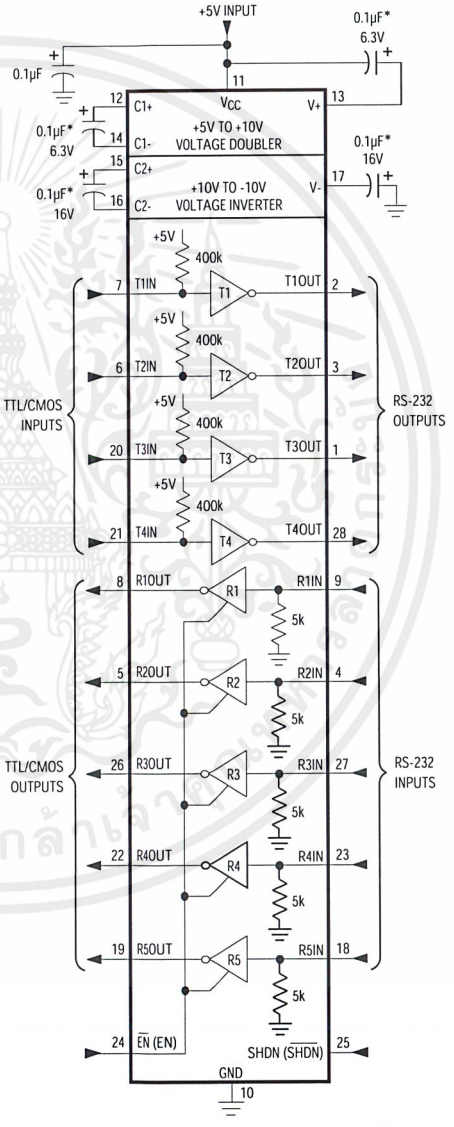


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Configurations and Typical Operating Circuits (continued)

TOP VIEW





( ) ARE FOR MAX213E ONLY
* 1.0µF CAPACITORS, MAX241E ONLY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX202ECPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX202ECSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX202ECWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX202EC/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX202EEPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX202EESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX202EEWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX203ECPP	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX203ECWP	0°C to +70°C	20 SO
MAX203EEPP	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
MAX203EEWP	-40°C to +85°C	20 SO
MAX205ECPG	0°C to +70°C	24 Wide Plastic DIP
MAX205EEPG	-40°C to +85°C	24 Wide Plastic DIP
MAX206ECNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX206ECWG	0°C to +70°C	24 SO
MAX206ECAG	0°C to +70°C	24 SSOP
MAX206EENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX206EEWG	-40°C to +85°C	24 SO
MAX206EEAG	-40°C to +85°C	24 SSOP
MAX207ECNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX207ECWG	0°C to +70°C	24 SO
MAX207ECAG	0°C to +70°C	24 SSOP
MAX207EENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX207EEWG	-40°C to +85°C	24 SO
MAX207EEAG	-40°C to +85°C	24 SSOP

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX208ECNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX208ECWG	0°C to +70°C	24 SO
MAX208ECAG	0°C to +70°C	24 SSOP
MAX208EENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX208EEWG	-40°C to +85°C	24 SO
MAX208EEAG	-40°C to +85°C	24 SSOP
MAX211ECWI	0°C to +70°C	28 SO
MAX211ECAI	0°C to +70°C	28 SSOP
MAX211EEWI	-40°C to +85°C	28 SO
MAX211EEAI	-40°C to +85°C	28 SSOP
MAX213ECWI	0°C to +70°C	28 SO
MAX213ECAI	0°C to +70°C	28 SSOP
MAX213EEWI	-40°C to +85°C	28 SO
MAX213EEAI	-40°C to +85°C	28 SSOP
MAX232ECPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX232ECSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX232ECWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX232EC/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX232EEPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX232EESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX232EEWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX241ECWI	0°C to +70°C	28 SO
MAX241ECAI	0°C to +70°C	28 SSOP
MAX241EEWI	-40°C to +85°C	28 SO
MAX241EEAI	-40°C to +85°C	28 SSOP

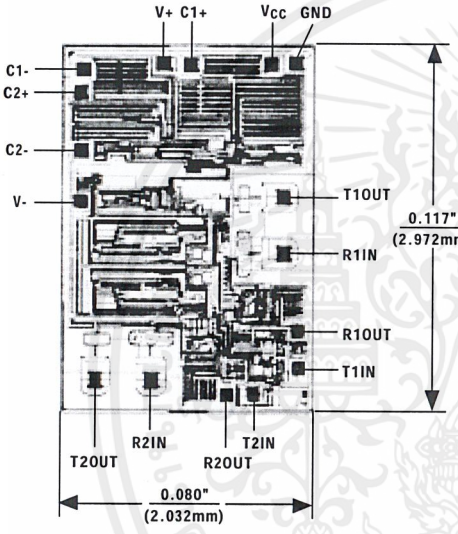
*Dice are specified at T_A = +25°C.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

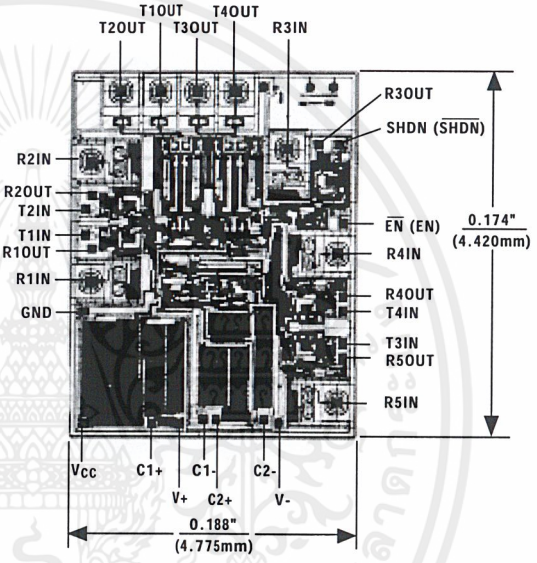
Chip Topographies

MAX202E/MAX232E



TRANSISTOR COUNT: 123
SUBSTRATE CONNECTED TO GND

MAX211E/MAX213E/MAX241E



( ) ARE FOR MAX213E ONLY

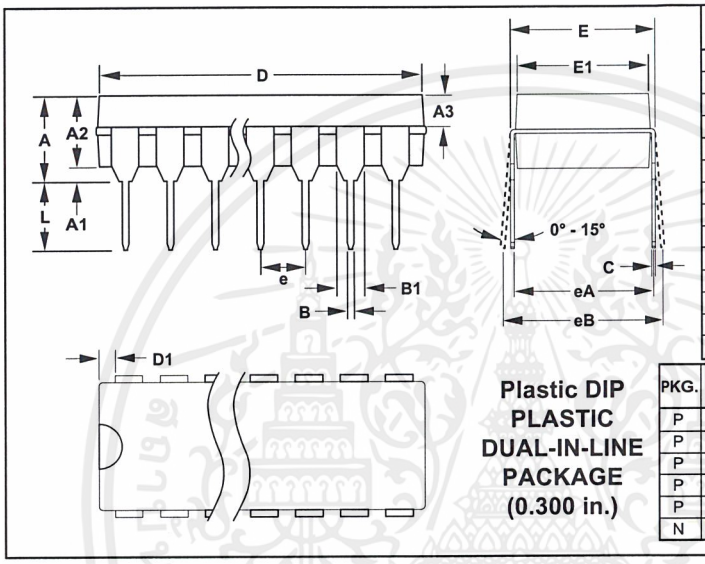
TRANSISTOR COUNT: 542
SUBSTRATE CONNECTED TO GND

Chip Information

MAX205E/MAX206E/MAX207E/MAX208E
TRANSISTOR COUNT: 328
SUBSTRATE CONNECTED TO GND

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Information

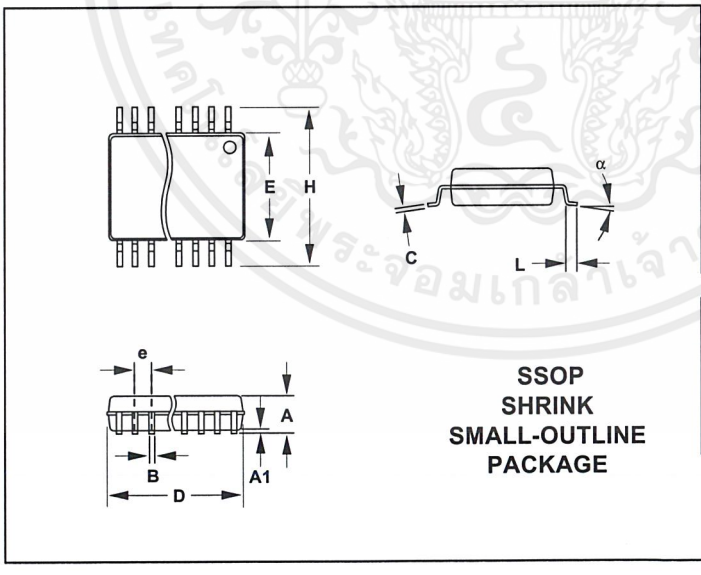


Plastic DIP
PLASTIC
DUAL-IN-LINE
PACKAGE
(0.300 in.)

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	–	0.200	–	5.08
A1	0.015	–	0.38	–
A2	0.125	0.175	3.18	4.45
A3	0.055	0.080	1.40	2.03
B	0.016	0.022	0.41	0.56
B1	0.045	0.065	1.14	1.65
C	0.008	0.012	0.20	0.30
D1	0.005	0.080	0.13	2.03
E	0.300	0.325	7.62	8.26
E1	0.240	0.310	6.10	7.87
e	0.100	–	2.54	–
eA	0.300	–	7.62	–
eB	–	0.400	–	10.16
L	0.115	0.150	2.92	3.81

PKG.	DIM	PINS	INCHES		MILLIMETERS	
			MIN	MAX	MIN	MAX
P	D	8	0.348	0.390	8.84	9.91
P	D	14	0.735	0.765	18.67	19.43
P	D	16	0.745	0.765	18.92	19.43
P	D	18	0.885	0.915	22.48	23.24
P	D	20	1.015	1.045	25.78	26.54
N	D	24	1.14	1.265	28.96	32.13

21-0043A



SSOP
SHRINK
SMALL-OUTLINE
PACKAGE

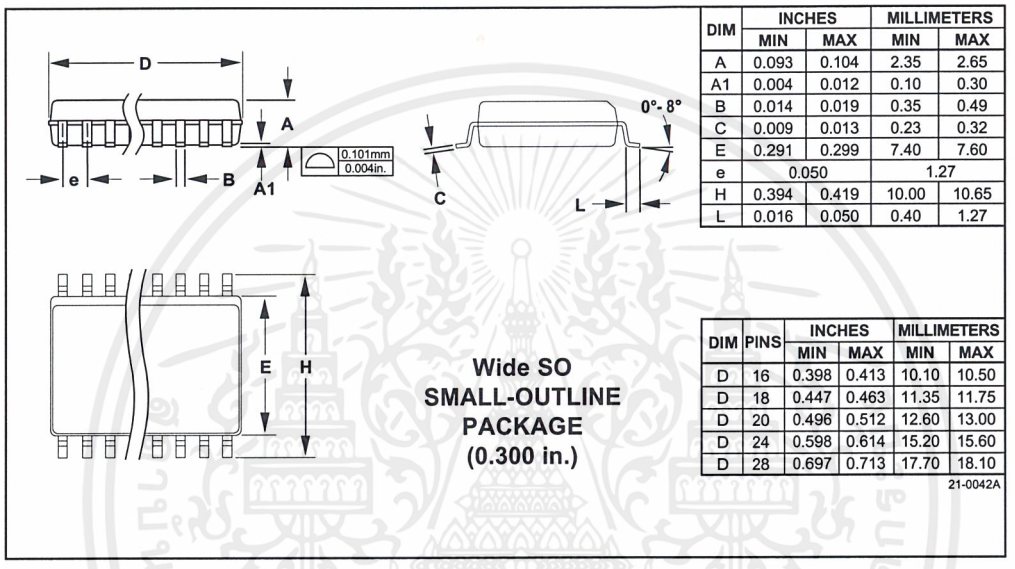
DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.068	0.078	1.73	1.99
A1	0.002	0.008	0.05	0.21
B	0.010	0.015	0.25	0.38
C	0.004	0.008	0.09	0.20
D	SEE VARIATIONS			
E	0.205	0.209	5.20	5.38
e	0.0256 BSC		0.65 BSC	
H	0.301	0.311	7.65	7.90
L	0.025	0.037	0.63	0.95
α	0°	8°	0°	8°

DIM	PINS	INCHES		MILLIMETERS	
		MIN	MAX	MIN	MAX
D	14	0.239	0.249	6.07	6.33
D	16	0.239	0.249	6.07	6.33
D	20	0.278	0.289	7.07	7.33
D	24	0.317	0.328	8.07	8.33
D	28	0.397	0.407	10.07	10.33

21-0056A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Information (continued)



DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.093	0.104	2.35	2.65
A1	0.004	0.012	0.10	0.30
B	0.014	0.019	0.35	0.49
C	0.009	0.013	0.23	0.32
E	0.291	0.299	7.40	7.60
e	0.050		1.27	
H	0.394	0.419	10.00	10.65
L	0.016	0.050	0.40	1.27

DIM	PINS	INCHES		MILLIMETERS	
		MIN	MAX	MIN	MAX
D	16	0.398	0.413	10.10	10.50
D	18	0.447	0.463	11.35	11.75
D	20	0.496	0.512	12.60	13.00
D	24	0.598	0.614	15.20	15.60
D	28	0.697	0.713	17.70	18.10

21-0042A

Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

© 1996 Maxim Integrated Products Printed USA MAXIM is a registered trademark of Maxim Integrated Products.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จาก อาจารย์สุรพล บุญจันทร์ ที่ให้คำปรึกษาด้วยดี และขอขอบคุณผู้ให้การสนับสนุนและคำปรึกษาในส่วนของเนื้อหาวิชาการในส่วนต่างๆ อีกทั้งในส่วนของเนื้อหาที่สำคัญในปริญญานิพนธ์ของรุ่นพี่ที่เป็นพื้นฐานในการออกแบบ และการประยุกต์ ที่เกี่ยวกับผลงานชิ้นนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. เจน สงสมพันธ์, และนิคม อนันนต์ทิพย์, "คู่มือไอซี.1(ฉบับภาษาไทย)" , กรุงเทพมหานคร : หจก. เม็ดทรายพริ้นติ้ง, 2533.
2. ธวัชชัย เลื่อนฉวี, น.อ., "เทคโนโลยีโทรศัพท์", พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ศุภาลัย, 2527.
3. ปรเมษฐ์ ประนยานันทน์,ปิยพงศ์ เผ่าวนิช., "คู่มือและการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์", กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2536.
4. วสันต์ อาเดโชผล, "ระบบโทรศัพท์ดิจิตอล", พิมพ์ครั้งที่ 1,กรุงเทพมหานคร : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2536.
5. สมยศ จุณณะปิยะ, ผศ., "การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล 8051", กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2537.
6. กฤษดา ใจเย็น, อรรถพร บุญยะโภคา, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, “เรียนรู้และปฏิบัติการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม”, พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพมหานคร : อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์, 2542
7. กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, จำลอง ครูอุตสาหะ, “Visual Basic 6”, พิมพ์ครั้งที่ 8, กรุงเทพมหานคร : หจก.ไทยเจริญการพิมพ์, 2543
8. สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร, , “Visual Basic 6”, พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพมหานคร : ด่านสุทธาการพิมพ์, 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้