สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

อุปกรณ์สื่อสารเพื่อผู้พิการด้านการรับรู้ทางเสียง

COMMUNICATE EQUIPMENT FOR DEFORMED PERSON IN VOICE ACKNOWLEDGE



โดย

นายวันชัย ระวัง

นายสุชาติ บรรทัดเที่ยง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 46416
วัน, เดือน, ปี 1 เม.ย. 2546

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์สื่อสารเพื่อผู้พิการด้านการรับรู้ทางเสียง

COMMUNICATE EQUIPMENT FOR DEFORMED PERSON IN VOICE ACKNOWLEDGE

โดย

นายวันชัย ระวัง 42015031

นายสุชาติ บรรทัดเที่ยง 42015039

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. ณรงค์ เหมกรณ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2544

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **อุปกรณ์สื่อสารเพื่อผู้พิการด้านการรับรู้ทางเสียง**

COMMUNICATE EQUIPMENT FOR DEFORMED PERSON IN VOICE ACKNOWLEDGE

ผู้จัดทำ

1. นายวันชัย ระวัง **42015031**

2. นายสุชาติ บรรทัดเที่ยง **42015039**

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. ณรงค์ เหมกรณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์สื่อสารเพื่อผู้พิการด้านการรับรู้ทางเสียง
COMMUNICATE EQUIPMENT FOR DEFORMED PERSON IN VOICE ACKNOWLEDGE

โดย นายวันชัย ระวัง 42015031
นายสุชาติ บรรทัดเที่ยง 42015039

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. ณรงค์ เหมกรณ์

บทคัดย่อ

อุปกรณ์ที่จะสร้างขึ้นนี้ เป็นอุปกรณ์สื่อสารเพื่อผู้พิการด้านการรับรู้ทางเสียง คือ คนใบ้ คนหูหนวก ซึ่งไม่สามารถสื่อสารกับบุคคลอื่นในระยะทางไกล ๆ ได้ อุปกรณ์นี้จะทำให้บุคคลดังกล่าวสามารถสื่อสารกับกับบุคคลอื่นได้ในลักษณะข้อความ โดยใช้วิธีการป้อนข้อความทางคีย์บอร์ด และทำการประมวลผลการเข้ารหัสและถอดรหัส, การแสดงผลข้อความบนจอแอลซีดี ด้วยไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล MCS-51 ผ่านคู่สายโทรศัพท์

ABSTRACT

The construct equipment is the communicate equipment for deformed person in voice acknowledge. That is deaf person, dumb person. That person can not communicate with other person in long distance by voice. This equipment helps them to communicate with other person by feeding the massages on keyboard via telephone line. Then display the massages on the LCD in characters mode. The processes encoding and decoding, display massages by a microcontroller MCS-51.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน 1

1.2 โครงสร้างของระบบ 1

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

2.1 คำนำ 3

2.2 วิถีการสื่อสาร 3

2.2.1. การติดต่อทางเดียว 3

2.2.2 การติดต่อกึ่งสองทาง 3

2.2.3 การติดต่อสองทาง 3

2.3 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม 3

2.3.1 การสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส 3

2.3.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส 3

2.4 ระดับสัญญาณมาตรฐาน RS232 5

2.5 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคีย์บอร์ด 6

2.5.1 การทำงานของคีย์บอร์ด 6

2.5.2 การรับส่งข้อมูลของคีย์บอร์ด 7

2.5.3 ตำแหน่งขาสัญญาณของคีย์บอร์ด 8

2.5.4 การจัดวางตำแหน่งคีย์บอร์ด 8

2.5.5 ลักษณะการเกิดสัญญาณจากการกดคีย์บอร์ด 13

2.6 การใช้งานพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ 14

2.6.1 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ 14

2.6.2 โหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรมใน MCS-51 15

2.6.3 อัตราการส่งข้อมูลของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ 17

2.6.4 การกำหนดค่าของไทเมอร์เพื่อเลือกอัตราการส่งข้อมูล 17

2.6.5 การเขียนหรือส่งข้อมูลออกจากพอร์ตอนุกรม 18

2.6.6 การอ่านหรือรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม 18

2.6.7 หลักการสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ 18

2.7 การใช้งานโมดูลแสดงผลแบบผลึกเหลว 19

2.7.1 คุณสมบัติ 19

2.7.2 คุณลักษณะ 19

2.7.3 การใช้งานในโหมดตัวอักษร 19

2.7.4 คำสั่งใช้งานโมดูลแอลซีดี 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

2.7.4 ตำแหน่งตัวอักษร 20
2.7.5 การเลือกดิปสวิตช์ 20
2.7.6 ตัวอย่างการต่อสายสัญญาณควบคุมการแสดงผลโมดูลแอลซีดี 21
2.7.7 การปรับความเข้ม 21
2.7.8 ค่ารหัสแอสกีที่ใช้ควบคุมการแสดงตัวอักษร 21
2.8 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์ 22
2.8.1 ระบบโทรศัพท์ 22
2.8.2 เครื่องโทรศัพท์ 23
2.8.3 สัญญาณพื้นฐาน 24
2.8.4 ระบบการติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับโทรศัพท์ 25
2.9 การมอดูเลตและดีมอดูเลตสัญญาณ 26
2.9.1 การมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK 27
2.9.2 การดีมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK 31

บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง

3.1 คำนำ 32
3.2 การออกแบบลักษณะการทำงาน 32
3.2.1 เมื่อเป็นผู้เรียก 32
3.2.2 เมื่อเป็นผู้ถูกเรียก 32
3.3 ฮาร์ดแวร์ที่เลือกใช้ 32
3.3.1 คีย์บอร์ด 32
3.3.2 โมดูลแอลซีดี 33
3.3.3 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 33
3.4 การเชื่อมต่อคีย์บอร์ดและโมดูลแอลซีดีกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 33
3.4.1 การเชื่อมต่อคีย์บอร์ดเข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 33
3.4.2 การเชื่อมต่อโมดูลแอลซีดีกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 33
3.5 การคำนวณหาค่าต่างๆ ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม 34
3.5.1 ค่าของไทเมอร์เพื่อเลือกบอดเรตส่งข้อมูลควบคุมโมดูลแอลซีดี 34
3.5.2 ค่าของไทเมอร์เพื่อเลือกบอดเรตรับข้อมูลจากคีย์บอร์ด 34
3.5.3 ค่าของไทเมอร์เพื่อเลือกบอดเรตรับข้อมูลที่ภาคดีมอดูเลต และส่งข้อที่ภาคมอดูเลต 35
3.5.4 จำนวนบิตข้อมูลสูงสุดที่สามารถรับได้ถูกต้อง 35
3.5.5 ค่าคาบเวลาใน 1 แมชีนไซเคิล 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6 กำหนดค่าแป้นพิมพ์แต่ละตัวอักษรเพื่อใช้เป็นค่าในการมอดูเลต 36
3.7 เขียนโฟลว์ชาร์ตการทำงานโปรแกรม 37
3.7.1 โฟลว์ชาร์ตการขั้นตอนการทำงานรวมของโปรแกรมโครงงาน 37
3.7.2 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมหลักของโครงงาน 39
3.7.3 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์รับส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม 41
3.7.4 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยแสดงข้อความที่รับจากคีย์บอร์ด 42
3.7.5 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยส่งคำสั่งไปยังโมดูลแอลซีดี 43
3.7.6 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยแสดงข้อความที่รับจากภาคดีมอดูเลต 43
3.7.7 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยลบข้อมูล 1 บล็อก 44
3.8 วงจรโทรเรียกเลขหมายปลายทาง 44
3.9 วงจรตรวจสอบสัญญาณกริ่งเรียก 45
3.10 วงจรตรวจสอบสัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรียกลับ 45
3.11 วงจรมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK 47
3.12 วงจรดีมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK 48

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

4.1 คำนำ 50
4.2 การทดลองวัดค่ารหัสคีย์และความถี่สัญญาณนาฬิกาของคีย์บอร์ด 50
4.2.1 การจัดเตรียมอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลอง 50
4.2.2 ทำการวัดสัญญาณคีย์บอร์ด 51
4.3 การทดลองวงจรโทรเรียกเลขหมายปลายทาง 52
4.4 การทดลองจรตรวจสอบสัญญาณสายไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับ 54
4.5 การทดลองวงจรตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียก 55
4.6 การทดลองการทำงานวงจรมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK 57
4.7 การทดลองวงจรดีมอดูเลตแบบ FSK 59
4.8 การทดลองการทำงานโปรแกรมรวม 60
4.8.1 การทดลองวัดสัญญาณที่ตำแหน่ง 1 61
4.8.2 การทดลองวัดสัญญาณที่ตำแหน่ง 2 61
4.8.3 การทดลองกดคีย์ Enter ของคีย์บอร์ด 62

บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป 65

ภาคผนวก

กิตติกรรมประกาศ

หนังสืออ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมอุปกรณ์สื่อสารสำหรับผู้พิการด้านการรับรู้ทางเสียง 1

รูปที่ 2.1 รูปแบบข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 4

รูปที่ 2.2 ความผิดพลาดจากความถี่ 5

รูปที่ 2.3 ระดับสัญญาณมาตรฐาน RS-232 6

รูปที่ 2.4 การรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัลของคีย์บอร์ด 7

รูปที่ 2.5 ตัวอย่างการรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส 7

รูปที่ 2.6 คอนเน็คเตอร์และขาสัญญาณของคีย์บอร์ดแบบ DIN 8

รูปที่ 2.7 ตัวอย่างคีย์บอร์ดแบบ AT MF-II (101 คีย์ หรือ 102 คีย์) 9

รูปที่ 2.8 การจัดวางตำแหน่งของคีย์บอร์ด (แบบ AT MF-II 101 คีย์ หรือ 102 คีย์) 10

รูปที่ 2.9 ข้อมูลที่ได้จากคีย์บอร์ด ภายหลังจากการกดคีย์บอร์ด 13

รูปที่ 2.10 ข้อมูลที่ได้จากคีย์บอร์ด ภายหลังจากการปล่อยคีย์บอร์ด 13

รูปที่ 2.11 รีจีสเตอร์ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรม 14

รูปที่ 2.12 ตำแหน่งดิปสวิตช์ 20

รูปที่ 2.13 การเชื่อมต่อสายสายสัญญาณสำหรับการติดต่อสื่อสารแบบ RS-232 และ RS-422 21

รูปที่ 2.14 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องโทรศัพท์ 24

รูปที่ 2.15 ระบบการติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับโทรศัพท์ 26

รูปที่ 2.16 การมมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK 27

รูปที่ 2.17 ตำแหน่งของกวามถี่กลาง 28

รูปที่ 2.18 สเปคตรัมความถี่ 30

รูปที่ 2.19 บล็อกไดอะแกรมวงจรเฟสล็อคลูป FSK ดีมอดูเลตเตอร์ 31

รูปที่ 3.1 การเชื่อมต่อคีย์บอร์ดกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 33

รูปที่ 3.2 การเชื่อมต่อโมดูลแอลซีดีกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 34

รูปที่ 3.3 โฟลว์ชาร์ตการขั้นตอนการทำงานรวมของโปรแกรมโครงงาน 38

รูปที่ 3.4 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมหลักของโครงงาน 39

รูปที่ 3.5 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์รับส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม 41

รูปที่ 3.6 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยแสดงข้อความที่รับจากคีย์บอร์ด 42

รูปที่ 3.7 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยส่งคำสั่งไปยังแอลซีดี 43

รูปที่ 3.8 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยแสดงข้อความที่รับจากภาคดีมอดูเลต 43

รูปที่ 3.9 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยลบข้อมูล 1 บล็อก 44

รูปที่ 3.10 วงจรโทรเรียกเลขหมายปลายทาง 44

รูปที่ 3.11 วงจรตรวจสอบสัญญาณกริ่งเรียก 45

รูปที่ 3.12 วงจรตรวจสอบสัญญาณสายไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับ 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.13 วงจรมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK 47

รูปที่ 3.14 วงจรดีมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK 48

รูปที่ 4.1 อุปกรณ์ที่ใช้และตำแหน่งที่ต้องการวัดในการทดลอง 50

รูปที่ 4.2 สัญญาณเอาต์พุทของการกดคีย์ A ของคีย์บอร์ดตัวที่ 1 (ยี่ห้อ Certified) 51

รูปที่ 4.3 สัญญาณเอาต์พุทของการปล่อยคีย์ A ของคีย์บอร์ดตัวที่ 1 (ยี่ห้อ Certified) 51

รูปที่ 4.4 สัญญาณเอาต์พุทของการกดคีย์ A ของคีย์บอร์ดตัวที่ 2 (ยี่ห้อ STONY) 52

รูปที่ 4.5 สัญญาณ DTMF จากการกดคีย์หมายเลข 1 53

รูปที่ 4.6 สัญญาณ DTMF จากการกดคีย์หมายเลข 2 53

รูปที่ 4.7 วงจรตรวจสอบสัญญาณสายไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับที่ใช้ทดลอง 54

รูปที่ 4.8 สัญญาณเอาต์พุทที่ได้จากวงจรตามรูปที่ 4.7 เมื่อมีสัญญาณสายไม่ว่างเข้ามา 54

รูปที่ 4.9 สัญญาณเอาต์พุทที่ได้จากวงจรตามรูปที่ 4.7 เมื่อมีสัญญาณเรียกกลับเข้ามา 55

รูปที่ 4.10 วงจรตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียกที่ใช้ทดลอง 55

รูปที่ 4.11 สัญญาณเอาต์พุทที่ได้จากกระดิ่ง 56

รูปที่ 4.12 สัญญาณเอาต์พุทที่ได้จากไดโอดเปล่งแสง 56

รูปที่ 4.13 วงจรมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK ที่ใช้ทดลอง 57

รูปที่ 4.14 ผลการมอดูเลตสัญญาณของวงจรมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK 57

รูปที่ 4.15 ผลการมอดูเลตตัวอักษร C ของวงจรมอดูเลตสัญญาณ FSK 58

รูปที่ 4.16 วงจรดีมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK ที่ใช้ทดลอง 59

รูปที่ 4.17 สัญญาณต้นกำเนิดกับสัญญาณที่ได้จากการดีมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK 59

รูปที่ 4.18 ผลการดีมอดูเลตตัวอักษร C ของวงจรดีมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK 60

รูปที่ 4.19 การเชื่อมต่อโมดูลแอลซีดี คีย์บอร์ด และบอร์ดไมโครคอรโทรลเลอร์เข้าด้วยกัน พร้อมทั้งตำแหน่งที่ทำการวัดสัญญาณ 60

รูปที่ 4.20 สัญญาณการคีย์ A ที่ขา RxD ของ MCS-51 เทียบกับที่ขา TxD ของ MCS-51 61

รูปที่ 4.21 สัญญาณที่ส่งไปควบคุมให้จอแอลซีดีแสดงเป็นตัวอักษร A ที่ขาTxD ของ MCS-51 เทียบกับที่ขา TX ,RX ของไอซี L232CPE 62

รูปที่ 4.22 ขั้นตอนการแสดงผลของโปรแกรมรวมโครงงาน 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ค่ารหัสของคีย์ 11

ตารางที่ 2.2 คำสั่งใช้งานแอลซีดี 20

ตารางที่ 2.3 ตำแหน่งตัวอักษร 20

ตารางที่ 2.4 อัตราการส่งข้อมูล 21

ตารางที่ 2.5 รหัสแอสกี 22

ตารางที่ 2.6 เบสเซลฟังก์ชัน 30

ตารางที่ 3.1 ค่าที่ใช้ในการมอดูเลตแป้นพิมพ์แต่ละตัวอักษร 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

ในการติดต่อสื่อสารผ่านทางโทรศัพท์พื้นฐานในปัจจุบันยังจำกัดอยู่ที่การติดต่อกันต้องใช้เสียงเท่านั้น ซึ่งทำให้กลุ่มบุคคลผู้พิการด้านการรับรู้ทางเสียงไม่สามารถเข้ามาใช้บริการได้ จึงมีแนวคิดที่จะสร้างอุปกรณ์ที่ใช้ในการสื่อสารผ่านคู่สายโทรศัพท์ โดยที่ผู้พิการด้านการรับรู้ทางเสียงสามารถเข้ามาใช้บริการนี้ได้ ซึ่งสามารถทำได้โดยการสร้างอุปกรณ์สื่อสารที่ใช้การรับส่งข่าวสารเป็นตัวอักษรแทนการใช้เสียง

การติดต่อสื่อสารโดยใช้การรับส่งข่าวสารเป็นตัวอักษร นอกจากจะเหมาะสำหรับผู้พิการด้านการรับรู้ทางเสียงแล้ว บุคคลทั่วไปก็ยังสามารถใช้ได้เช่นเดียวกัน ตัวอุปกรณ์ที่จะสร้างขึ้นมานี้ อยู่ภายใต้เงื่อนไขในการสร้างดังต่อไปนี้

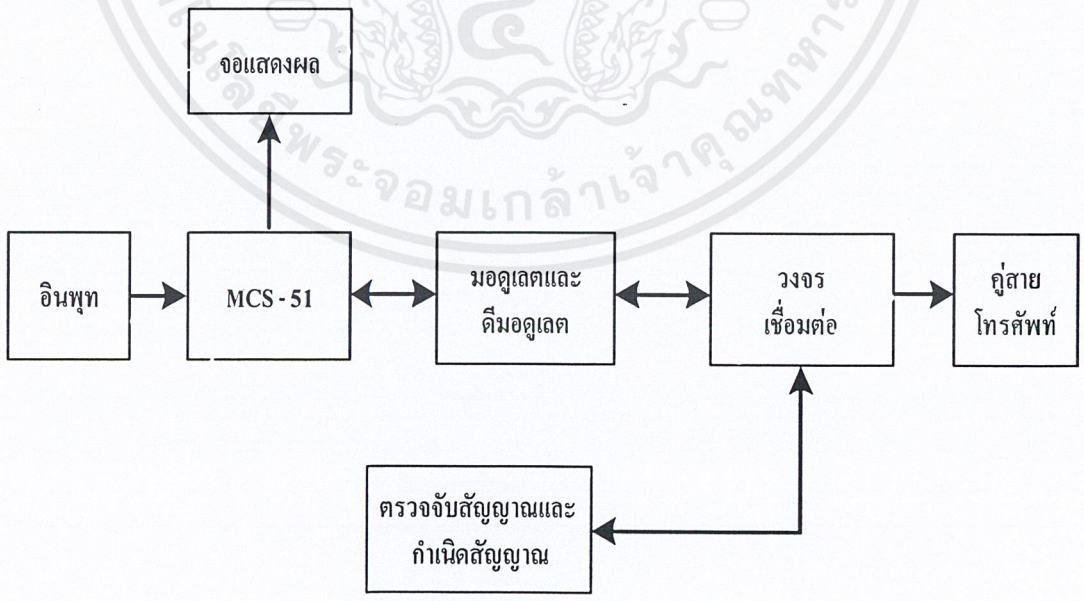
ก. การใช้งานง่ายและสะดวก

ข. ราคาต้องไม่แพงจนเกินไป

ค. สามารถนำไปต่อเข้ากับคู่สายโทรศัพท์แล้วใช้งานได้เลย โดยไม่ต้องมีอุปกรณ์เสริม หรือถ้ามีก็ให้น้อยที่สุด

1.2 โครงสร้างของระบบ

จากแนวคิดที่กล่าวมาสามารถนำมาเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมการทำงานดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมอุปกรณ์สื่อสารเพื่อผู้พิการด้านการรับรู้ทางเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 1.1 สามารถอธิบายการทำงานของระบบได้ดังนี้

ก. เมื่อเป็นผู้เรียก

- เริ่มจากกดปุ่มโทรเรียกเลขหมายปลายทางโดยส่งสัญญาณ DTMF จากภาคตรวจจับสัญญาณและกำเนิดสัญญาณ ไปยังชุมสายเพื่อร้องขอติดต่อไปยังปลายทาง

- เมื่อชุมสายอนุญาตก็สามารถติดต่อสื่อสารกันได้โดยป้อนข้อความทางภาคอินพุท ซึ่งใช้คีย์บอร์ดเป็นอินพุท สัญญาณจากคีย์บอร์ดจะถูกส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผล จากนั้นส่งไปที่ภาคแสดงผลซึ่งใช้จอแอลซีดี และส่งไปยังภาคมอดูเลตเพื่อส่งไปยังปลายทาง ที่ปลายทางก็จะรับสัญญาณเข้ามาจากภาคดีมอดูเลตและส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อประมวลผลข้อมูลแล้วก็จะแสดงผลออกทางจอแอลซีดี

ข. เมื่อเป็นผู้ถูกเรียก

- เมื่อมีสัญญาณกริ่งเรียกเข้ามาวงจรตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียกก็จะแสดงผลออกมาโดยทำให้กระดิ่งมีเสียงดัง และอีกส่วนหนึ่งไปทำให้ไดโอดเปล่งแสงกระพริบตามสัญญาณกริ่งเรียก ทำให้ทราบว่ามีผู้เรียกการติดต่อเข้ามา

- ทำการเชื่อมต่อระบบเข้ากับคู่สายโทรศัพท์แล้วทำการสนทนากันผ่านคีย์บอร์ด เมื่อเสร็จสิ้นการสนทนาก็ทำการยกเลิกการเชื่อมต่อระบบก็จะกลับสู่สภาวะปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 คำนำ

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎี ซึ่งเป็นความรู้พื้นฐานที่ใช้ในการออกแบบโครงงาน เนื้อหาที่เป็นส่วนประกอบสำคัญได้แก่ รูปแบบการสื่อสารแบบอนุกรม ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคีย์บอร์ดว่ามีการส่งข้อมูลเป็นแบบใด ข้อมูลที่ได้ในการกดคีย์แต่ละคีย์มีค่าเป็นอย่างไร การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานอย่างไร การควบคุมการแสดงผลของโมดูลแอลซีดี ในโหมดตัวอักษร ระบบและสัญญาณโทรศัพท์เบื้องต้น การมอดูเลตและดีมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK

2.2 วิถีการสื่อสาร

วิถีของการสื่อสารในการส่งข้อมูลแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทได้แก่

2.2.1. การติดต่อทางเดียว (Simplex) เมื่ออุปกรณ์หนึ่งส่งข้อมูล อุปกรณ์อีกชุด จะต้องเป็นฝ่ายรับข้อมูลเสมอ ตัวอย่างการใช้งานเช่น ในระบบสนามบิน คอมพิวเตอร์แม่จะทำหน้าที่ ติดตามเวลาขึ้นและลงของเครื่องบิน และส่งผลไปให้มอนิเตอร์ที่วางอยู่หลาย ๆ จุดให้ผู้โดยสารได้ทราบข่าวสาร คอมพิวเตอร์แม่ทำหน้าที่เป็นผู้ส่งข้อมูล มอนิเตอร์ต่าง ๆ ทำหน้าที่เป็นผู้รับข้อมูล ไม่มีการเปลี่ยนทิศทางของข้อมูล เป็นการส่งข้อมูลแบบทางเดียว

2.2.2 การติดต่อกึ่งสองทาง (Half duplex) เป็นการเปลี่ยนเส้นทางในการส่งข้อมูลได้ แต่คนละเวลา กล่าวคือข้อมูลจะไหลไปในทิศทางเดียว ณ เวลาใด ๆ ตัวอย่างการใช้งานเช่น การติดต่อระหว่างเทอร์มินัลกับคอมพิวเตอร์แม่ ผู้ใช้ที่เทอร์มินัลเคาะแป้นเพื่อสอบถามข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แม่ต้องใช้เวลาชั่วขณะคอมพิวเตอร์แม่จึงจะส่งข่าวสารกลับมาที่เทอร์มินัลนั้น ไม่ว่าจะเป็นเทอร์มินัลหรือคอมพิวเตอร์แม่เมื่ออุปกรณ์หนึ่งเป็นผู้ส่งข้อมูล อุปกรณ์ที่เหลือก็จะเป็นผู้รับข้อมูลในเวลาขณะนั้น

2.2.3 การติดต่อสองทาง (Full duplex) เป็นการติดต่อกันได้สองทาง กล่าวคือเป็น ผู้รับข้อมูลและผู้ส่งข้อมูลในเวลาเดียวกันได้ ตัวอย่างการใช้งาน เช่น การติดต่อระหว่างเทอร์มินัลกับคอมพิวเตอร์แม่บางชนิดที่ไม่ต้องใช้เวลารอสามารถโต้ตอบได้ทันที หรือการพูดคุยทางโทรศัพท์ เป็นต้น

2.3 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

2.3.1 การสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส

การสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส คือการรับส่งข้อมูลโดยจำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิกาเพื่อให้เครื่องรับและเครื่องส่งมีความเข้าใจในตำแหน่งข้อมูลตรงกัน

2.3.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

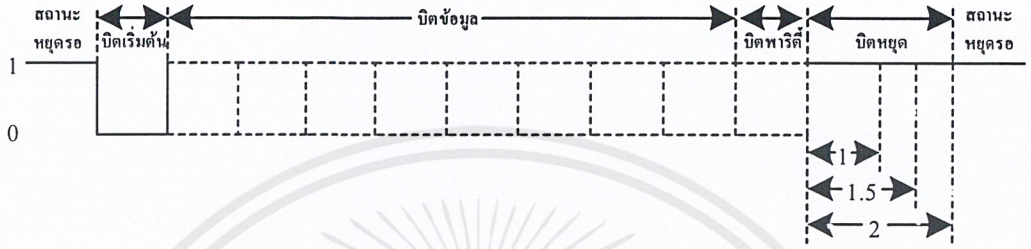
การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือการรับส่งข้อมูลโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิการ่วมด้วยแต่จะใช้การกำหนดค่าอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกอัตราเร็วนี้ว่า อัตราการส่งข้อมูล หรือบอดเรต (Baud rate) มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (Bit per second:bps)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. รูปแบบข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือ

- บิตเริ่มต้น (Start bit) มีขนาด1 บิต
- บิตข้อมูลแบบอนุกรม (Data bit) มีขนาด 8 บิต
- บิตตรวจสอบพาริตี้ (Parity bit) มีขนาด 1 บิตหรือไม่มี
- บิตปิดท้ายหรือบิตหยุด (Stop bit) มีขนาด 1 ถึง 2 บิต



รูปที่ 2.1 รูปแบบข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

รูปที่ 2.1 แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส เมื่อไม่มีการส่งข้อมูลจะมีสถานะลอจิก "1" เรียกสถานะนี้ว่า สถานะหยุดรอ (Waiting stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่มจากการให้มีลอจิก "0" ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต เรียกบิตนี้ว่า บิตเริ่มต้น จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไป โดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุดหรือบิต LSB ก่อน ซึ่งข้อมูลที่ต้องการส่งมีจำนวน 8 บิต จากนั้นตามด้วย บิตพาริตี้ ซึ่งใช้ในการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่จะส่งคือ บิตปิดท้าย หรือบิตหยุด โดยจะเป็นการทำให้มีสถานะลอจิก "1" อีกครั้งด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1 บิต, 1.5 บิต หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว

อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลของการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสหรือบอดเรตหรือบอดเรตที่ใช้สำหรับพอร์ตอนุกรม RS-232 มีด้วยกันหลายค่า ตั้งแต่ 110 ถึง 19,200 บิตต่อวินาที โดยมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ เนื่องจากบอดเรตคือค่าของจำนวนบิตที่สามารถส่งได้ใน 1 วินาที สมมติว่า ข้อมูลอนุกรมมีขนาด 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ มีบิตเริ่มต้น 1 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต ความยาวของข้อมูล 1 ไบต์ จะมีความยาวเท่ากับ 10 บิต ถ้าใช้บอดเรตในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9,600 บิตต่อวินาที ก็สามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 960 ไบต์ต่อวินาที

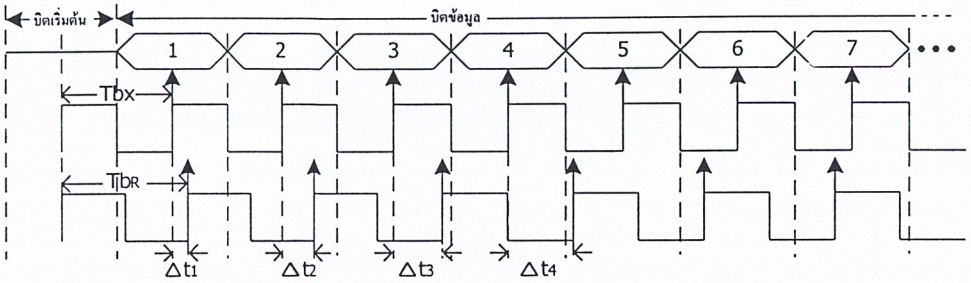
ข. ความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัสจะมีความผิดพลาดจากความถี่ (Frequency error) และความผิดพลาดจากเฟส (Phase error) ของเครื่องรับและเครื่องไม่เท่ากันทำให้จำกัดจำนวนบิตที่สามารถรับได้ถูกต้อง

- ความผิดพลาดจากความถี่ (Frequency error)

เป็นความผิดพลาดอันเนื่องมาจากความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่เครื่องรับและเครื่องส่งไม่เท่ากัน หรืออีกนัยหนึ่ง อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลของเครื่องรับและเครื่องส่งไม่เท่ากัน ในที่นี้เราจะให้เฟสของสัญญาณเครื่องรับและเครื่องส่งมีจุดเริ่มต้นตรงกันแสดงดังรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ความผิดพลาดจากความถี่

จากรูปที่ 2.2 จะเห็นว่าการสุ่มข้อมูลจะใช้การสุ่มที่ตำแหน่งกึ่งกลางบิต ซึ่งเป็นการสุ่มที่ดีที่สุด คาบเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูล 1 บิต (Tbx) และ คาบเวลาที่ใช้ในการรับข้อมูล 1 บิต (T_{bR}) ไม่เท่ากันจึงทำให้การรับข้อมูลผิดพลาดในบิตที่ 4 เพราะไปรับข้อมูลบิตที่ 5 มาแทน ซึ่งทำให้การรับข้อมูลถูกต้องเพียง 3 บิตเท่านั้น และจากรูปที่ 2.2 จะเห็นว่าค่าความต่างของเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลบิตที่ 4 (Δt_4) มีค่ามากกว่าครึ่งหนึ่งของเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูล ($\Delta t_4 > Tbx/2$) ทำให้การรับข้อมูลในบิตที่ 4 ผิดพลาด ดังนั้นจำนวนข้อมูลที่รับได้ถูกต้องสูงสุด (n_{MAX}) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$n_{MAX} = \frac{Tbx}{2\left|TbR - Tbx\right|} \qquad \ldots (2.1)$$

การแก้ปัญหาในการรับข้อมูลผิดพลาดทำโดยกำหนดจำนวนบิตข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลในแต่ละครั้งเป็นบล็อก บล็อกละไม่เกิน 12 บิต (ข้อมูล 8 บิต บิตเริ่มต้น 1 บิต พาริตี้ 1 บิต บิตหยุด 2 บิต)

- ความผิดพลาดจากเฟส (Phase error)

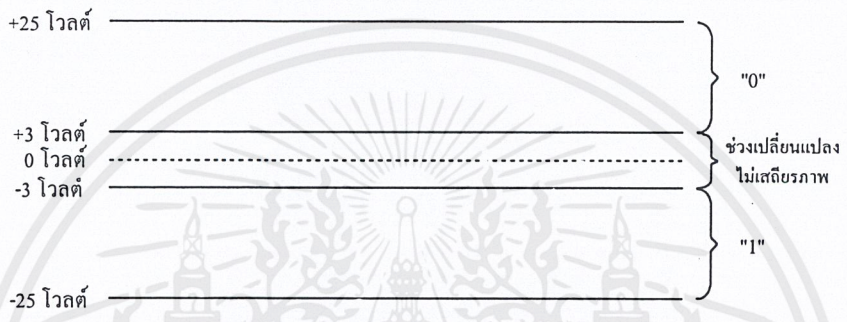
เป็นความผิดพลาดอันเนื่องมาจากเฟสของสัญญาณนาฬิกาของเครื่องรับและเครื่องส่งมีจุดเริ่มต้นไม่ตรงกัน ซึ่งในทางปฏิบัติจะแก้ไขโดยใช้สัญญาณนาฬิกา 16 ลูก ในการรับข้อมูล 1 บิต ดังนั้นความผิดพลาดจากเฟสจึงเกิดขึ้นน้อยมาก เป็นผลทำให้ความผิดพลาดจริงนั้นจะเกิดจากความถี่

2.4 ระดับสัญญาณมาตรฐาน RS-232

RS-232 หรือ V.24 เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์รับส่งปลายทาง (DTE) กับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล (DCE) เพื่อใช้ในการส่งทอดข้อมูลไบนารี (Binary) แบบอนุกรม โดยที่ RS-232 เป็นมาตรฐานที่กำหนดขึ้นมาจากสมาคมอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม (Electronic Industries Association หรือ EIA) ซึ่งเกิดขึ้นมาด้วยความร่วมมือของบริษัท Bell ซึ่งเป็นบริษัทผู้ผลิตคอมพิวเตอร์และโมเด็มเพื่อใช้เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อ ตัวอักษรภาษาอังกฤษของคำว่า “RS” ย่อมาจาก “Recommended Standard” แล้วตามด้วยเลข 3 ตัว และปิดท้ายตัวเลขทั้ง 3 ด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษ A,B,C และ D เป็นการแสดงถึงรุ่นที่ได้รับการพัฒนา มาตรฐาน RS-232 ที่สร้างขึ้นโดยสมาคมอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรมหรือ EIA จะเทียบเท่ากับมาตรฐาน V ที่สร้างโดยองค์การสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศหรือ CCITT แรงดันไฟบวกในช่วง +3 ถึง +25 โวลต์ แทน “0” หรือ “ON” และใช้แรงดันไฟลบในช่วง –3 ถึง –25 โวลต์แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต “1” หรือ “OFF” ส่วนแรงดันไฟฟ้าในช่วง –3 ถึง +3 โวลต์นั้นเป็นช่วงที่เปลี่ยนแปลงและไม่มีเสถียรภาพ ระดับของสัญญาณแสดงให้เห็นดังรูปที่ 2.3 ความเร็วสูงสุดในการส่งข้อมูลสำหรับ RS-232C คือ 20 กิโลบิตต่อวินาที โดยใช้สายเคเบิลยาว 15 เมตร แต่ในทางปฏิบัติ ถ้าต้องการส่งข้อมูลมากกว่า 20 กิโลบิตต่อวินาทีก็สามารถทำได้ แต่จะต้องใช้สายเคเบิลสั้นกว่า 15 เมตร ถ้าให้สายเคเบิลยาวมากกว่า 15 เมตรจะต้องให้ความเร็วในการส่งข้อมูลลดลงจาก 20 กิโลบิตต่อวินาที สัญญาณที่รับได้จึงสามารถใช้แปลความหมายได้ในปัจจุบันมีผู้ผลิตสายเคเบิลที่มีคุณสมบัติสูงกว่ามาตรฐานของ RS-232ได้โดยการชีลด์เพื่อลดสัญญาณรบกวนและการลดความต้านทานของตัวนำไฟฟ้า เป็นผลทำให้สามารถส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงกว่า 20 กิโลบิตต่อวินาที ขณะที่ความยาวสายคงเดิม 15 เมตร



รูปที่ 2.3 ระดับสัญญาณมาตรฐาน RS-232

2.5 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคีย์บอร์ด

คีย์บอร์ดที่ใช้งานโดยทั่วไปแบ่งเป็น 3 มาตรฐาน ได้แก่ คีย์บอร์ดแบบเริ่มแรก PC/XT (Original PC/XT keyboards) มี 83 คีย์ คีย์บอร์ดแบบ AT MF-I (AT MF-I keyboards) มี 84 คีย์ และคีย์บอร์ดแบบ AT MF-II (AT MF-II keyboards) มี 101 หรือ 102 คีย์ คอนเน็กเตอร์ของคีย์บอร์ดมี 2 แบบคือแบบ DIN มี 5 ขา และแบบ PS/2 มี 6 ขา

2.5.1 การทำงานของคีย์บอร์ด

ก.ไม่ว่าเราจะใช้คีย์บอร์ดชนิดใดก็ตาม เมื่อกดคีย์ลงไป จะทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าขึ้น

ข.ไมโครโปรเซสเซอร์ที่อยู่ภายในคีย์บอร์ดอย่างเช่น Intel 8048 จะคอยสแกนแผ่นวงจรในคีย์บอร์ด สม่ำเสมอ เพื่อตรวจขสอบว่ามีกระแสไฟฟ้าไหลในแผ่นวงจรหรือไม่และจากคีย์ใดการคอยตรวจสอบการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของกระแสไฟฟ้านี้ ทำให้ตัวประมวลผลเบอร์ 8048 รู้ว่าเมื่อไรมีการกดคีย์และปล่อยคีย์ ซึ่งแต่ละคีย์จะมีค่ารหัสประจำตัวของมันเอง และเพื่อป้องกันกันความสับสนระหว่างกระแสไฟฟ้าที่เกิดการคีย์ กับกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากการกระเพื่อมของกระแสไฟฟ้า ไมโครโปรเซสเซอร์จะทำการสแกนด้วยความถี่หลายร้อยครั้งต่อวินาที ซึ่งสัญญาณที่ถูกสแกนพบหลายครั้งจะเป็นสัญญาณที่เกิดจากการกดคีย์

ค. เมื่อไมโครโปรเซสเซอร์พบว่ามีการกดคีย์ มันจะดูว่าเป็นคีย์ใดและเก็บค่ารหัสของคีย์ (scan code: ซึ่งเป็นเอกลักษณ์เฉพาะแต่ละคีย์) ไว้ในหน่วยความจำ โดยปกติ 1 คีย์จะมีค่ารหัสอยู่ 2 ค่าซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดขึ้นจากค่าการกดคีย์และอีกค่าเมื่อปล่อยคีย์ เมื่อมีข้อมูลพร้อมโปรเซสเซอร์จะนำค่ารหัสนี้ไปไว้ในส่วนที่ติดต่อกับพอร์ต (Port) คอมพิวเตอร์ แล้วส่งสัญญาณอินเตอร์รัปต์ (Interrupt) หรือสัญญาณสอดขวาง ผ่านสายเคเบิลไปยังคอมพิวเตอร์ เพื่อบอกให้คอมพิวเตอร์หยุดงานที่กำลังกระทำอยู่ และมาอ่านข้อมูลที่ได้เตรียมไว้ให้

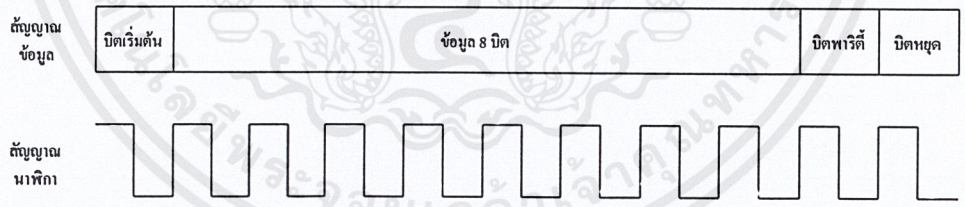
ง. ไบออส (BIOS) อ่านค่ารหัสจากพอร์ตและส่งสัญญาณไปที่คีย์บอร์ด เพื่อให้คีย์บอร์ดลบค่าดังกล่าวออกจากหน่วยความจำในคีย์บอร์ด

จ. หากค่ารหัสที่อ่านเข้ามาเป็นค่ารหัสของชิฟต์คีย์ (Shift keys) หรือเป็นคีย์พิเศษอื่น ๆ (เช่น Ctrl, Alt, Num Lock,Caps Lock,Scroll Lock หรือ Insert เป็นต้น) ไบออสจะใช้หน่วยความจำที่มีขนาด 2 ไบต์เพื่อบันทึกชนิดของคีย์พิเศษเหล่านี้ว่ามีคีย์ใดบ้างที่ถูกกด

ฉ. หากค่ารหัสที่อ่านเข้ามาเป็นคีย์ปกติ ไบออสจะทำการตรวจสอบสถานะของคีย์พิเศษว่ามีคีย์ใดบ้างที่ถูกกด แล้วแปลงค่ารหัสกับสถานะของคีย์พิเศษขณะนั้นให้เป็นรหัสแอสกี (ASCII) ที่เหมาะสม ซึ่งอักษรตัวเล็กและตัวใหญ่ที่เกิดจากการกดคีย์จะมีค่ารหัสแอสกีที่แตกต่างกันไบออสจะเก็บค่ารหัสแอสกีเหล่านี้ไว้ในหน่วยความจำ เพื่อให้ระบบจัดการ (DOS) หรือโปรแกรมอื่น ๆ นำไปใช้งาน

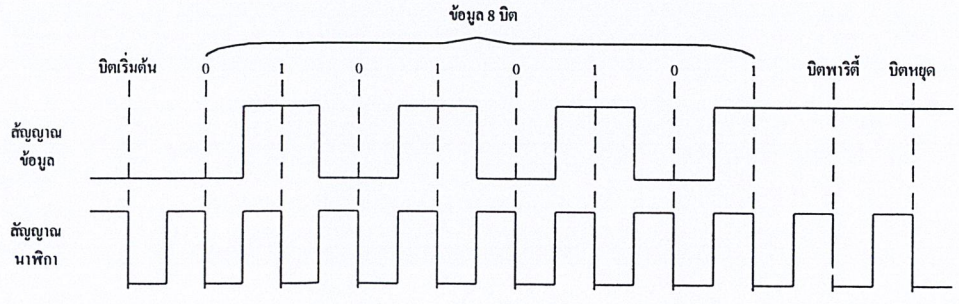
2.5.2 การรับส่งข้อมูลของคีย์บอร์ด

การรับส่งข้อมูลของคีย์บอร์ดเป็นแบบซิงโครนัส ซึ่งประกอบด้วยสัญญาณข้อมูลและสัญญาณนาฬิกา โดยสัญญาณข้อมูล 1 ชุด จะมีขนาด 11 บิต จำแนกได้เป็น บิตแรกเป็นบิตเริ่มต้น มีสภาวะเป็นลอจิก “0” ตามด้วยบิตข้อมูลขนาด 8 บิต, 1 บิตพาริตี้ โดยใช้เป็นพาริตี้คี่ (Odd Parity) และบิตสุดท้ายจะเป็นบิตหยุด ซึ่งจะมีสภาวะเป็นลอจิก “1” การรับส่งข้อมูลจะอาศัยสัญญาณนาฬิกาเพื่อสร้างความสอดคล้องกับอุปกรณ์ที่นำมาเชื่อมต่อ โดยสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสของคีย์บอร์ด

ตัวอย่างเช่น ข้อมูลที่ส่งออกมาคีย์บอร์ดเป็น OAAH สัญญาณที่วัดได้จะเป็น

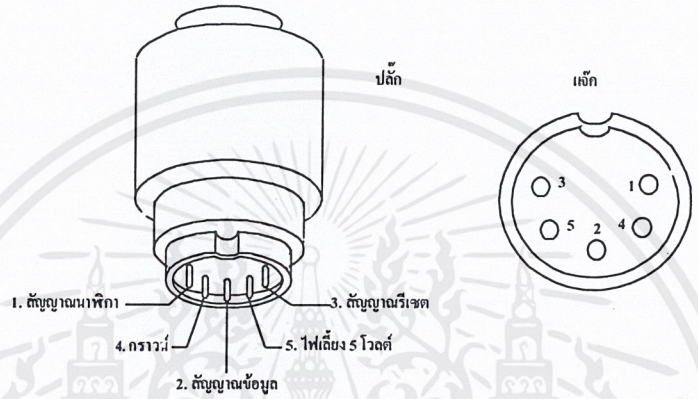


รูปที่ 2.5 ตัวอย่างการรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 2.5 ข้อมูลบิตแรก (ทางซ้ายมือ) เป็นบิตเริ่มต้น มีสภาวะเป็นลอจิก “0” ตามด้วยข้อมูล 8 บิต (10101010B) โดยลักษณะของการส่งข้อมูลจะส่งบิตนัยสำคัญต่ำสุดก่อน ในที่นี้คือ “0” แล้วตามด้วยบิตนัยสำคัญสูงสุด จากนั้นจะเป็นบิตพาริตี้ จากข้อมูล 8 บิต (10101010B) สังเกตว่ามีข้อมูลที่เป็นลอจิก “1” อยู่ 4 บิตดังนั้นบิตพาริตี้จะเป็นลอจิก “1” เพื่อให้บิตที่มีสภาวะเป็นลอจิก “1” เป็นเลขคี่ และบิตสุดท้ายบิตหยุด ซึ่งจะมีสภาวะเป็นลอจิก “1”

2.5.3 ตำแหน่งขาสัญญาณของคีย์บอร์ด



รูปที่ 2.6 คอนเน็คเตอร์และขาสัญญาณของคีย์บอร์ดแบบ DIN

จากรูป 2.6 เป็นคอนเน็คเตอร์ (Connecttor) แสดงขาสัญญาณของคีย์บอร์ด โดยมีรายละเอียดดังนี้

ก. สัญญาณนาฬิกา (Keyboard Clock) เป็นขาสัญญาณที่สร้างความสอดคล้องระหว่างคีย์บอร์ดกับอุปกรณ์ที่มาเชื่อมต่อ ปกติจะมีสภาวะเป็นลอจิก “1” จะเป็นขาสัญญาณนาฬิกา (Clock) เมื่อมีการใช้งานคีย์บอร์ด

ข. สัญญาณข้อมูล (Keyboard Data) สภาวะปกติเป็นลอจิก “1” จะเป็นสัญญาณข้อมูลเมื่อมีการใช้งานคีย์บอร์ด เมื่อมีการกดคีย์บอร์ดข้อมูลที่ออกมาที่ขาสัญญาณนี้จะขึ้นอยู่กับคีย์ที่กด (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 2.1)

ค. สัญญาณรีเซต (Keyboard Reset) เป็นสัญญาณอินพุทในการใช้งานปกติไม่ต้องต่อสัญญาณใด ๆ

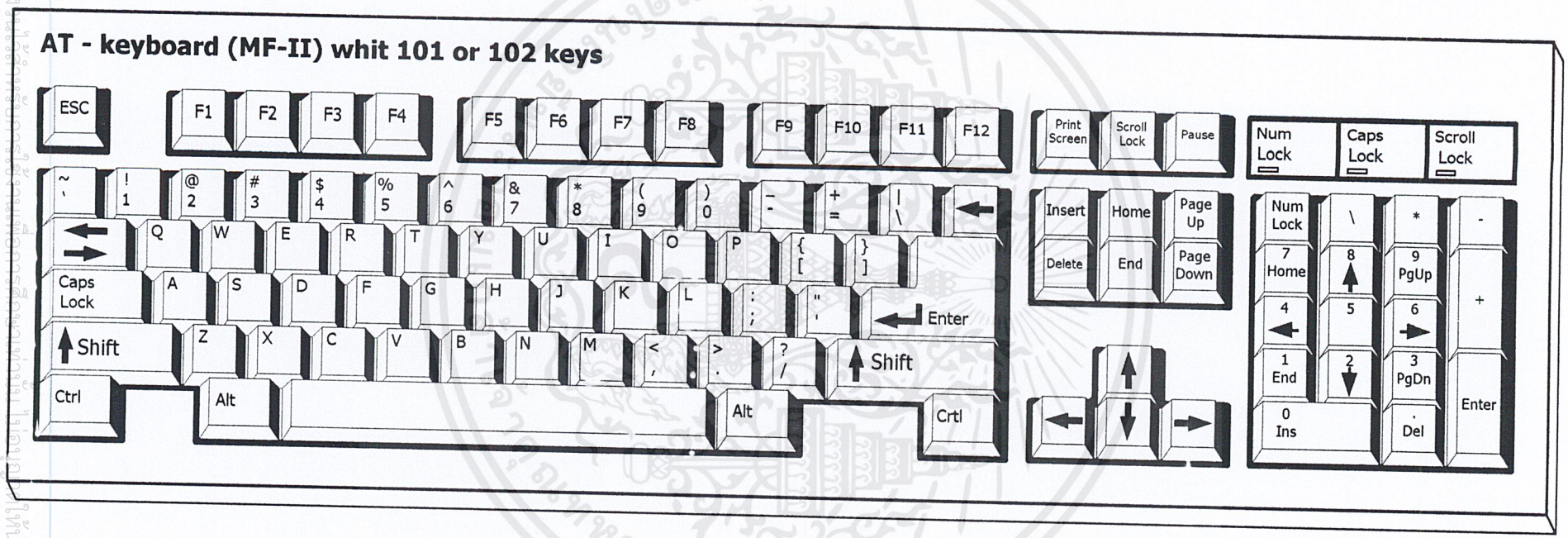
ง. กราวน์ (Ground)

จ. ไฟเลี้ยง 5 โวลต์ (Vcc)

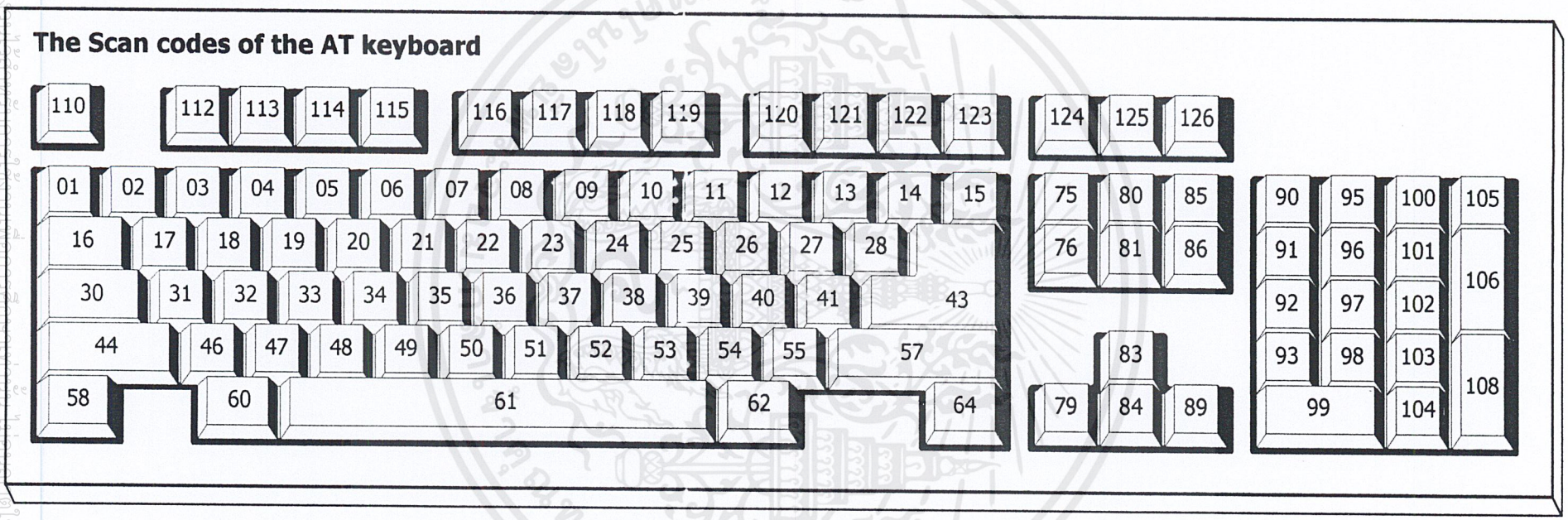
2.5.4 การจัดวางตำแหน่งคีย์บอร์ด

จากรูปที่ 2.7 และ 2.8 เป็นการจัดวางตำแหน่งคีย์ต่าง ๆ ของคีย์บอร์ด ซึ่งประกอบด้วยส่วนคีย์ที่เป็นตัวอักษรภาษาไทย ภาษาอังกฤษ และฟังก์ชันคีย์ โดยรายละเอียดของสัญญาณที่ได้เมื่อมีการกดคีย์แสดงในตาราง 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างคีย์บอร์ดแบบ AT MF-II (101 คีย์ หรือ 102 คีย์)



รูปที่ 2.8 การจัดวางตำแหน่งของคีย์บอร์ด (แบบ AT MF-II 101 คีย์ หรือ 102 คีย์)

ตารางที่ 2.1 ค่ารหัสของคีย์

หมายเลขคีย์	ข้อมูลการกดคีย์	ข้อมูลการปล่อยคีย์	หมายเลขคีย์	ข้อมูลการกดคีย์	ข้อมูลการปล่อยคีย์
1	0EH	F0H 0EH	32	1BH	F0H 1BH
2	16H	F0H 16H	33	23H	F0H 23H
3	1EH	F0H 1EH	34	2BH	F0H 2BH
4	26H	F0H 26H	35	34H	F0H 34H
5	25H	F0H 25H	36	33H	F0H 33H
6	2EH	F0H 2EH	37	3BH	F0H 3BH
7	36H	F0H 36H	38	42H	F0H 42H
8	3DH	F0H 3DH	39	4BH	F0H 4BH
9	3EH	F0H 3EH	40	4CH	F0H 4CH
10	46H	F0H 46H	41	52H	F0H 52H
11	45H	F0H 45H	42	----	---- ----
12	4EH	F0H 4EH	43	5AH	F0H 5AH
13	55H	F0H 55H	44	12H	F0H 12H
14	5DH	F0H 5DH	45	61H	F0H 61H
15	66H	F0H 66H	46	1AH	F0H 1AH
16	0DH	F0H 0DH	47	22H	F0H 22H
17	15H	F0H 15H	48	21H	F0H 21H
18	1DH	F0H 1DH	49	2AH	F0H 2AH
19	24H	F0H 24H	50	32H	F0H 32H
20	2DH	F0H 2DH	51	31H	F0H 31H
21	2CH	F0H 2CH	52	3AH	F0H 3AH
22	35H	F0H 35H	53	41H	F0H 41H
23	3CH	F0H 3CH	54	49H	F0H 49H
24	43H	F0H 43H	55	4AH	F0H 4AH
25	44H	F0H 44H	56	----	---- ----
26	4DH	F0H 4DH	57	59H	F0H 59H
27	54H	F0H 54H	58	14H	F0H 14H
28	5BH	F0H 5BH	59	----	----- ----
29	-----	----- -----	60	11H	F0H 11H
30	58H	F0H 58H	61	29H	F0H 29H
31	1CH	F0H 1CH	62	E0H 11H F0H	E0H 11H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1(ต่อ) ค่ารหัสของคีย์

หมายเลขคีย์	ข้อมูลการกดคีย์	ข้อมูลการปล่อยคีย์	หมายเลขคีย์	ข้อมูลการกดคีย์	ข้อมูลการปล่อยคีย์
63	---- ---- ----	---- ----	101	7DH	F0H 7DH
64	E0H 14H F0H	E0H 14H	102	74H	F0H 74H
65	---- ---- ----	---- ----	103	7AH	F0H 7AH
.	.	.	104	71H	F0H 71H
74	---- ---- ----	---- ----	105	7BH	F0H 7BH
75	E0H 70H E0H	F0H 70H	106	79H	F0H 79H
76	E0H 71H E0H	F0H 71H	107	----	---- ----
77	---- ---- ----	---- ----	108	E0H 5AH	F0H E0H 5AH
78	---- ---- ----	---- ----	109	----	---- ----
79	E0H 6BH	E0H F0H 6BH	110	76H	F0H 76H
80	E0H 6CH	E0H F0H 6CH	111	----	---- ----
81	E0H 69H	E0H F0H 69H	112	05H	F0H 05H
82	---- ----	---- ----	113	06H	F0H 06H
83	E0H 75H	E0H F0H 75H	114	04H	F0H 04H
84	E0H 72H	E0H F0H 72H	115	0CH	F0H 0CH
85	E0H 7DH	E0H F0H 7DH	116	03H	F0H 03H
86	---- ----	---- ----	117	0BH	F0H 0BH
87	---- ----	---- ----	118	83H	F0H 83H
88	E0H 7AH	E0H F0H 7AH	119	0AH	F0H 0AH
89	E0H 74H	E0H F0H 74H	120	01H	F0H 01H
90	77H	F0H 77H	121	09H	F0H 09H
91	6CH	F0H 6CH	122	78H	F0H 78H
92	6BH	F0H 6BH	123	07H	F0H 07H
93	69H	F0H 69H	124	E0H 12H	E0H F0H 7CH
94	---- ----	---- ----		E0H 7CH	E0H F0H 12H
95	E0H 95H	E0H F0H 95H	125	7EH	F0H 7EH
96	75H	F0H 75H	126	---- ----	---- ----
97	73H	F0H 73H	127	---- ----	---- ----
98	72H	F0H 72H	128	---- ----	---- ----
99	70H	F0H 70H	----	---- ----	---- ----
100	7CH	F0H 7CH	----	---- ----	---- ----

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.5 ลักษณะการเกิดสัญญาณจากการกดคีย์บอร์ด

จากตารางที่ 2.1 แสดงข้อมูลที่ได้จากการกดคีย์ โดยข้อมูลจะขึ้นกับคีย์ที่กด โดยมีเงื่อนไขดังนี้

ก. กดคีย์ 1 ครั้ง แล้วปล่อยคีย์จะได้ข้อมูลการกดคีย์ (Make Code) และข้อมูลการปล่อยคีย์ (Break Code)

ข. กดคีย์ค้างไว้แล้วปล่อยคีย์ จะได้ข้อมูลของการกดคีย์ออกมาอย่างต่อเนื่องจนกว่าจะมีการปล่อยคีย์

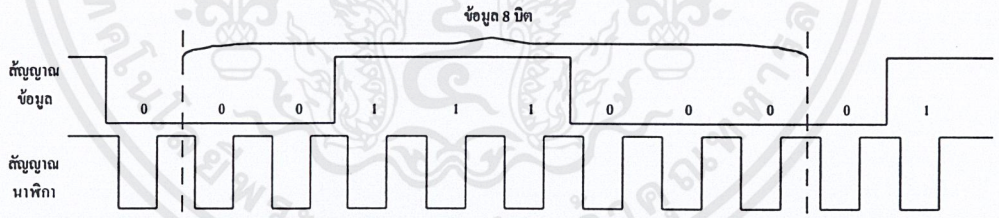
ค. กรณีที่มีการกดคีย์บอร์ด มากกว่า 1 คีย์ เช่น

- กดชิฟต์คีย์ค้างไว้ ตามด้วยตัวอักษร "A" แล้วปล่อยคีย์ จะได้ข้อมูลของการกดชิฟต์คีย์ออกมาอย่างต่อเนื่อง จนกว่าจะมีการกดคีย์ตัวอักษร "A" หลังจากนั้น ข้อมูลการกดชิฟต์คีย์ ก็หายไปโดยข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลการกดคีย์ "A"

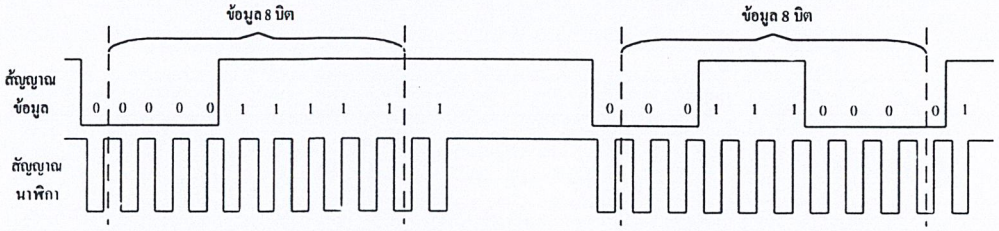
- เมื่อปล่อยชิฟต์คีย์ หรือ "A" จะได้ข้อมูลของการปล่อยคีย์

- กดชิฟต์คีย์และคีย์ของตัวอักษร "A" ค้างไว้ จะได้ข้อมูลชิฟต์คีย์ออกมาอย่างต่อเนื่องจนกว่าจะมีการกดคีย์ตัวอักษร "A" หลังจากนั้นข้อมูลการกดชิฟต์คีย์ก็หายไป โดยข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลของคีย์ของตัวอักษร "A" ออกมาอย่างต่อเนื่องเช่นกัน เมื่อปล่อยชิฟต์คีย์หรือ "A" จะได้ข้อมูลการปล่อยคีย์

ตัวอย่างข้อมูลที่สามารถแสดงได้จากเครื่องวิเคราะห์สัญญาณ เช่น กดคีย์หมายเลข 31 (แป้นพิมพ์ A) แล้วปล่อยข้อมูลที่ออกมาที่ขาข้อมูลของคีย์บอร์ด คือ 1CH, 0F0H 1CH โดยที่ข้อมูล 1CH คือข้อมูลการกดคีย์ และ 0F0H 1CH คือข้อมูลการปล่อยคีย์ โดยแสดงดังรูป 2.9 และ 2.10 ตามลำดับ



รูปที่ 2.9 ข้อมูลที่ได้จากคีย์บอร์ด ภายหลังจากการกดคีย์บอร์ด (Make Code)



รูปที่ 2.10 ข้อมูลที่ได้จากคีย์บอร์ด ภายหลังจากการปล่อยคีย์บอร์ด (Break Code)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การใช้งานพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ก่อนอื่นขอให้ผู้อ่านเข้าใจว่า คำว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ในรายงานฉบับนี้หมายถึงไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ไมโครคอนโทรลเลอร์มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์ 1 ชุด โดยใช้ขาสัญญาณของพอร์ต 3 คือ ขา P3.0 เป็นขารับข้อมูลเข้าหรือ RxD และขา P3.1 เป็นขาส่งข้อมูลออกหรือ TxDโดยวงจรสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบแฟลชเป็นแบบอะซิงโครนัสปกติแล้วพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะใช้ในการติดต่อสื่อสารกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ โดยใช้มาตรฐาน RS-232 แต่ในปัจจุบันสามารถติดต่อกันในมาตรฐาน RS-422 หรือ RS-485 ได้แล้วโดยใช้ไอซีพิเศษที่ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณการสื่อสารดังกล่าว

บิตพาริตี้ถูกสร้างขึ้นจากภาคส่งข้อมูลของ UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter: เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลอนุกรม) ซึ่งทางภาครับต้องกำหนดการตรวจสอบพาริตี้ ที่ตรงกันเอาไว้ว่าจะตรวจสอบพาริตี้คี่หรือคู่ จากนั้นภาครับของ UART จะทำการตรวจสอบค่าพาริตี้ที่เกิดขึ้นว่าเป็นคู่หรือเป็นคี่ โดยการนับจำนวนลอจิก “1” ทั้งหมดรวมทั้งบิตพาริตี้ด้วย ถ้ากำหนดพาริตี้ไว้เป็นคู่แต่อ่านตัวเลขในการนับออกมาได้ตัวเลขเป็นคี่ ทางภาครับจะแสดงข้อผิดพลาดออกมาให้ผู้ใช้ทราบ กระบวนการดังกล่าวเป็นวิธีการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการรับส่งข้อมูลที่ง่ายที่สุด แต่มันสามารถตรวจสอบได้เมื่อมีบิตข้อมูลที่ทำการรับส่งผิดพลาดเพียงบิตเดียวเท่านั้น ถ้าข้อมูลที่ทำการส่งมีบิตที่ผิดพลาดมากกว่า 1 บิต การตรวจสอบด้วยวิธีนี้จะไม่ได้ผลสำหรับการตั้งพาริตี้เป็น NONE นั้นทั้งภาครับส่งจะไม่มีการตรวจสอบพาริตี้

2.6.1 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์

ในการทำงานของพอร์ตอนุกรมนไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องอยู่ 2 ตัว

ก. รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ของพอร์ตอนุกรม หรือ SBUF (Serial data buffer register) มีแอดเดรสอยู่ที่ 99H ในพื้นที่ของรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษหรือ SFR มีขนาด 8 บิต แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล (Transmit buffer register) และรับข้อมูล (Receive buffer register) เมื่อมีการเขียนข้อมูลมายังรีจิสเตอร์ SBUF ข้อมูลนั้นจะถูกส่งต่อไปยังบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล เพื่อส่งออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางขา TxD หรือขา P3.1 ในกรณีที่มีการอ่านข้อมูลจากรีจิสเตอร์ SBUF ข้อมูลจะถูกส่งผ่านไปยังรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูลเพื่อส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับการรับข้อมูลอนุกรมจากภายนอกนั้นจะผ่านทางขา RxD หรือ P3.0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

ข. รีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของพอรต์อนุกรม หรือ SCON (Serial Port Control Register) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 98H ในพื้นที่ของรีจิสเตอร์ SFR สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิตมีรายละเอียดการทำงานดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

รูปที่ 2.11 รีจีสเตอร์ควมคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **SM0-SM1** (Serial port mode bit 0-1) : ใช้ในการเลือกโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

- **SM2** : ใช้ในการเอ็นเอเบิลการสื่อสารในแบบมัลติโปรเซสเซอร์ (Multiprocessor) ในการทำงานของโหมด 2 และ 3 ของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ถ้าบิตนี้เป็น "1" บิต RI จะไม่แอกตีฟถ้าบิตที่ 9 เข้ารับมาเป็น "0" (ข้อมูลบิตที่ 9 เก็บไว้ที่บิต RB8) ในการทำงานโหมด 1 ถ้าบิตนี้เซต บิต RI จะไม่แอกตีฟถ้ายังไม่ได้รับบิตหยุด ส่วนในโหมด 0 บิตนี้ไม่มีการใช้งาน

- **REN** : (Enable serial reception) ใช้ในการเอ็นเอบิลการรับข้อมูลของพอร์ตอนุกรมทำการเซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์ถ้าต้องการให้มีการรับข้อมูลต้องเซตบิตนี้ให้เป็น "1"

- **TB8** : ใช้สำหรับเก็บข้อมูลบิตที่ 9 ที่ต้องการส่งออกไปในการทำงานโหมด 2 และ 3 ของพอร์ตอนุกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

- **RB8** : ใช้สำหรับข้อมูลบิตที่ 9 ที่เข้ามาในการทำงานโหมด 2 และ 3 ของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แต่ถ้าหากพอร์ตอนุกรมทำงานอยู่ในโหมด 1 และบิต SM2 เป็น "0" ข้อมูลที่บิต RB8 คือข้อมูลของบิตหยุดสำหรับในการทำงานโหมด 0 บิตนี้จะไม่ใช้งาน บิต RB8 นี้สามารถเซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

- **TI** (Transmit Interrupt flag) : ใช้ในการแสดงการเกิดอินเตอร์รัปต์เมื่อมีการส่งข้อมูลออกจากพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถเซตได้ด้วยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์เมื่อทำการส่งข้อมูลบิตที่ 8 ไปเรียบร้อยแล้วในการทำงานโหมด 0 ส่วนในการทำงานโหมดอื่น บิตนี้จะเซตเมื่อมีการเริ่มต้นส่งบิตหยุดออกไป การเคลียร์บิตนี้ต้องใช้กระบวนการทางซอฟต์แวร์เท่านั้น

- **RI** (Recevie Interrupt flag) : ใช้แสดงการเกิดอินเตอร์รัปต์เมื่อมีการรับข้อมูลเข้าสู่พอร์ตอนุกรม สามารถเซตได้ด้วยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์ เมื่อทำการรับข้อมูลบิตที่ 8 เรียบร้อยแล้วในการทำงานโหมด 0 ส่วนในการทำงานโหมดอื่น บิตนี้จะเซตเมื่อมีสามารถรับบิตหยุดของข้อมูลอนุกรมไปได้ครึ่งทางแล้ว ยกเว้นในกรณีที่บิต SM2 มีการเซต บิตนี้จะเซตได้ต่อเมื่อการรับบิตหยุดหรือบิตที่ 9 เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์แล้ว การเคลียร์บิตนี้ต้องใช้กระบวนการซอฟต์แวร์เท่านั้น

2.6.2 โหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรมใน MCS-51

พอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถเลือกการทำงานได้ถึง 4 โหมดคือ

ก. โหมด 0 เป็นการกำหนดให้พอร์ตอนุกรมทำงานในลักษณะชิฟต์รีจสเตอร์ สื่อสารอนุกรม 8 บิต โดยส่งจะเลื่อนออกที่ละบิตโดยส่งบิตนัยสำคัญต่ำสุดออกไปก่อนทางขา RxD และไม่มีการส่งบิตเริ่มต้น แต่จะส่งสัญญาณนาฬิกาเลื่อน (Shift clock) ทางขา TxD

ข. โหมด 1 เป็นการกำหนดให้เป็น URAT 10 บิต ข้อมูล 8 บิต 1 บิตเริ่มต้น 1 บิตหยุด สามารถเลือกอัตราการส่งข้อมูลได้ โดยส่งข้อมูลออกทางขา P3.1 หรือ TxD และรับข้อมูลเข้าทางขา P3.0 หรือ RxD ข้อมูลทั้ง 10 บิตประกอบด้วย บิตเริ่มต้น (มีค่าเป็น "1") ในการรับข้อมูลบิตข้อมูล 8 บิต โดยรับหรือส่งข้อมูลในบิต LSB ก่อน และบิตหยุด (มีค่าเป็น "1") ในการรับข้อมูลบิตหยุดจะถูกเก็บไว้ในบิต RB8 ในรีจิสเตอร์ SCON อัตราการส่งข้อมูลในโหมดนี้ได้รับการกำหนดโดยอัตราการเกิด โอเวอร์โฟลว์ของไทเมอร์ 1 ใน AT89C51 ส่วนในไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถเลือกใช้อัตราการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของไทเมอร์ 1 หรือไทเมอร์ 2 ในการกำหนดอัตราการส่งข้อมูลได้

กระบวนการส่งข้อมูลเริ่มต้นด้วยการแอกตีฟสัญญาณเขียนข้อมูลมายังรีจิสเตอร์ SBUF ส่งมายังวงจรควบคุมการส่ง (TX control) จากนั้นวงจรควบคุมจะทำการแอกตีฟสัญญาณ SEND ทีสเตต 1 เฟส 1 ของแมชีนไซเกิลต่อมา โดยสัญญาณ SEND จะเป็น "0" ตลอดการส่งข้อมูล เมื่อสัญญาณ SEND แอกตีฟจะทำการส่งบิตเริ่มต้นก่อนเป็นบิตแรก โดยมีคาบเวลาของบิตเริ่มต้นเท่ากับ 1 แมชีนไซเกิล จากนั้นตามด้วยการส่งบิตข้อมูล 8 บิต เรียงลำดับจากบิต LSB โดยข้อมูลที่ทำการส่งถูกเรียกออกมาจากรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับการส่งข้อมูล ในทุก ๆ บิตข้อมูลที่ทำการส่งออกไป จะเกิดสัญญาณพัลส์ SHIFT ขึ้น เพื่อให้เรียกข้อมูลในแต่ละบิตจากรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ การกำหนดจังหวะการส่งข้อมูลใช้สัญญาณนาฬิกา การส่ง (TX clock) เป็นตัวกำหนด โดยสัญญาณนาฬิกานี้ได้มาจากการหารสัญญาณ TCLK จากไทเมอร์ 1 ด้วย 16 หลังจากการส่งบิตข้อมูลก็จะทำการส่งบิตหยุดหรือบิตปิดท้าย 1 บิต ดังนั้นการส่งข้อมูลจะใช้สัญญาณนาฬิกาทั้งหมด 10 ลูก เมื่อทำการส่งข้อมูลครบเรียบร้อยแล้ว จะทำการเซตบิต TI ในรีจิสเตอร์ SCON หากการอินเตอร์รัปต์จากพอร์ตอนุกรมได้รับการเอ็นเอบิล ไว้ก็จะเกิดการอินเตอร์รัปต์ขึ้นในระบบ หลังจากที่ทำการบริการอินเตอร์รัปต์หรือส่งข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ต้องทำการเคลียร์บิต TI ก่อนเป็นอันดับแรก เพื่อให้การรับส่งข้อมูลทางพอร์ตอนุกรมดำเนินต่อไปได้

ด้านการรับข้อมูล จะทำการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจาก "1" เป็น "0" ที่ขา RxD โดยใช้อัตราการสุ่มเท่ากับ 1/16 เท่าของอัตราการส่งข้อมูล เมื่อตรวจจับพบ ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ที่ใช้ในการกำหนดอัตราการส่งข้อมูลจะรีเซตและทำการเขียนข้อมูล 1FFH ไปยังชิฟต์รีจิสเตอร์ ข้อมูลจะเริ่มเดินทางเข้าสู่พอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางขา RxD ในการตีความว่าบิตที่เข้ามาเป็น "0" หรือ "1" จะใช้ผลการสุ่มข้างมาก โดยบิตของข้อมูลที่เข้ามาได้รับการแบ่งออกเป็น 16 สเตต การสุ่มข้อมูลจะทำการสุ่มสเตตที่ 7,8 และ 9 หาก 2 ใน 3 ของการสุ่มพบว่าข้อมูลเป็นลอจิกใด จะตีความข้อมูลในบิตนั้นเป็นตามเสียงข้างมาก ยกตัวอย่าง "1" 2 ใน 3 ครั้ง จะตีความว่าบิตของข้อมูลที่รับได้นั้นเป็น "1"

ลำดับของการรับข้อมูลมีลักษณะเดียวกับการส่งข้อมูลคือ เริ่มด้วยบิตเริ่มต้นก่อน ตามด้วยบิตข้อมูล และบิตปิดท้าย ในทุก ๆ การรับข้อมูลได้ 1 บิต จะมีพัลส์ SHIFT เกิดขึ้น เพื่อทำการเลื่อนข้อมูลเข้าสู่รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์การรับข้อมูล การกำหนดจังหวะการรับข้อมูลใช้สัญญาณนาฬิการับข้อมูล (RX clock) หลังจากสัญญาณนาฬิกาลูกสุดท้าย อันหมายถึงสามารถรับข้อมูลได้ครบแล้ว วงจรควบคุมการรับข้อมูลจะทำการส่งข้อมูลจากรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ไปยังรีจิสเตอร์ SBUF และบิต RB8 ในรีจิสเตอร์ SCON โดยข้อมูลในบิต RB8 ก็คือข้อมูลของบิตหยุดนั่นเอง พร้อมกันนั้นยังทำการเซตบิต RI ในรีจิสเตอร์ SCON ด้วย หากการอินเตอร์รัปต์จากพอร์ตอนุกรมได้รับการเอ็นเอบิลไว้ก็จะเกิดการอินเตอร์รัปต์ขึ้นในระบบ หลังจากบริการอินเตอร์รัปต์หรือรับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ต้องทำการเคลียร์บิต RI ก่อน เพื่อให้การรับส่งข้อมูลทางพอร์ตอนุกรมดำเนินต่อไปได้

ค.โหมด 2 เป็นการกำหนดให้เป็น URAT 11 บิต ข้อมูล 9 บิต 1 บิตเริ่มต้น 1 บิตหยุด ลักษณะการทำงานคล้ายกับโหมด 1 โดยส่วนใหญ่ แตกต่างกันที่จำนวนบิตของข้อมูลที่ในโหมด 2 จะมีเพิ่มมาอีก 1 บิต โดยส่วนใหญ่จะใช้เป็นบิตตรวจสอบพาริตี้โดยมีอัตราการส่งข้อมูลคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ง. โหมด 3 เป็นการกำหนดให้เป็น URAT 11 บิต ข้อมูล 9 บิต 1 บิตเริ่มต้น 1 บิตหยุด ลักษณะการทำงานคล้ายกับโหมด 2 แตกต่างกันที่สามรถเลือกอัตราการส่งข้อมูลได้โดยการกำหนดข้อมูลให้แก่บิต SM0 และ SM1 ในรีจิสเตอร์ SCON

2.6.3 อัตราการส่งข้อมูลของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์

ก. โหมด 0

อัตราการส่งข้อมูลของโหมดนี้มีค่าคงที่ โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ

บอดเรต = ความถี่สัญญาณนาฬิกา 1/12 หน่วยเป็น บิตต่อวินาที ...(2.2)

ข. โหมด 1 และ 3

เนื่องจากทั้งสองโหมดนี้สามารถเลือกแหล่งกำเนิดอัตราการส่งข้อมูลได้ 2 แหล่งคือจากอัตราโอเวอร์โฟลว์ของไทเมอร์ 1 และ 2 สำหรับอัตราการส่งข้อมูลเมื่อใช้การโอเวอร์โฟลว์ของไทเมอร์ 1 จะต้องใช้ค่าของบิต SMOD ในรีจิสเตอร์ PCON มาพิจารณาประกอบด้วย สามารถคำนวณค่าอัตราการส่งข้อมูลได้จากสมการ

$$\text{บอดเรต} = (2^{\text{ค่าของบิต SMOD}}/32) \times (\text{ความถี่สัญญาณนาฬิกา}/\{12X[256-(TH1)]\}) \quad ...(2.3)$$

ค. โหมด 2

ในโหมดนี้บอดเรตจะขึ้นอยู่กับค่าของบิต SMOD ในรีจิสเตอร์ PCON ถ้า SMOD เป็น “0” บอดเรตจะเท่ากับ 1/64 ของความถี่สัญญาณนาฬิกา ในกรณีที่ SMODเป็น “1” บอดเรตจะเท่ากับ 1/32 ของความถี่สัญญาณนาฬิกา สามารถแสดงเป็นสูตรคำนวณทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\text{บอดเรต} = (2^{\text{ค่าของบิต SMOD}}/64) \times \text{ความถี่สัญญาณนาฬิกา} \quad ...(2.4)$$

2.6.4 การกำหนดค่าของไทเมอร์เพื่อเลือกอัตราการส่งข้อมูล

ในการใช้งานพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สิ่งที่ต้องให้ความสนใจมากที่สุดประการหนึ่งคือ อัตราการส่งข้อมูล หรือ บอดเรต ซึ่งการกำหนดบอดเรตนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกาเป็นหลัก สำหรับโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรมที่สามารถเลือกบอดเรตได้อย่างอิสระ คือโหมด 1 และ 3 โดยกำหนดได้จากอัตราการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของไทเมอร์ 1 ถ้าหากไทเมอร์ 1 มีการเกิดโอเวอร์โฟลว์ในอัตราที่สูงมากเท่าใด บอดเรตก็จะมีค่าสูงมากขึ้นตาม นั่นหมายความว่าอัตราในการถ่ายทอดข้อมูลจะสูงมาก สามารถถ่ายทอดข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว

ในการใช้ไทเมอร์ 1 เพื่อกำหนดบอดเรตในโหมด 1 และ 3 ของพอร์ตอนุกรมจะต้องกำหนดให้ไทเมอร์ 1 ทำงานในโหมด 2 หรือโหมด 8 บิตแบบตั้งค่าการนับอัตโนมัติ และการกำหนดค่ารีโหลดให้รีจิสเตอร์ TH1 จึงเป็นตัวแปรหลักที่ใช้ในการกำหนดบอดเรตให้แก่พอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เริ่มต้นด้วยการเคลียร์บิต SMOD ซึ่งเป็นบิต 7 ของรีจิสเตอร์ PCON ให้เป็น “0” ค่าของการรีโหลดให้แก่ TH1 สามารถคำนวณได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

46416

TH1 = 256 - (ค่าความถี่ของคริสตรอล/384)/บอดเรต ...(2.5)

แต่ถ้าบิต SMOD เกิดการเซต จะเป็นการเอ็นเอบิลการทวีคูณของบอดเรต ดังนั้นการกำหนดค่าให้แก่ TH1 จึงต้องคำนวณจาก

TH1 = 256 - (ค่าความถี่ของคริสตรอล/192)/บอดเรต ...(2.6)

2.6.5 การเขียนหรือส่งข้อมูลออกจากพอร์ตอนุกรม

ข้อมูลที่ต้องการส่งออกทุกค่าต้องนำไปเก็บไว้รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ของพอร์ตอนุกรม ซึ่งก็คือรีจิสเตอร์ SBUF ดังตัวอย่าง

```
MOV SBUF,# 'A'
```

จากคำสั่งข้างต้นเป็นการส่งข้อมูลของตัวอักษร A ออกไปยังพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ อย่างไรก็ตามก่อนทำการส่งข้อมูลทุกครั้งต้องแน่ใจว่าบิต TI เคลียร์หรือมีค่าเป็น "0" และเมื่อทำการส่งข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ก็จะเกิดการเซตบิต TI เพื่อแจ้งให้ทราบ ดังตัวอย่างโปรแกรมต่อไปนี้

```
CLR   TI          ; เคลียร์บิต TI เพื่อเตรียมการส่งข้อมูลออก
MOV   SBUF,#  'A'   ; ส่งข้อมูลของตัวอักษร A ไปยังพอร์ตอนุกรม
JUB   TI,$        ; รอการเซตของบิต TI เพื่อแจ้งการส่งข้อมูลที่เสร็จสมบูรณ์
```

2.6.6 การอ่านหรือรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม

การรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรมสามารถกระทำได้ง่ายมาก เพียงทำการตรวจสอบว่าบิต RI เกิดการเซตขึ้นหรือไม่ ถ้าพบว่ามีการเซตเกิดขึ้นแล้ว ให้ทำการอ่านค่าจากรีจิสเตอร์ SUBF โดยต้องทำการโอนย้ายข้อมูลผ่านทางแอกคิวมูเลเตอร์หรือรีจิสเตอร์ A ดังตัวอย่าง

```
CLR    RI          ; เคลียร์บิต TI เพื่อเตรียมการส่งข้อมูลออก
JUB    RI,$        ; รอคอยการเซตของบิต RI อันเป็นการแจ้งให้ทราบว่าการ
                   ;รับข้อมูลเสร็จสมบูรณ์และมีข้อมูลเกิดขึ้นที่รีจิสเตอร์SBUF
MOV    A,SBUF      ; อ่านค่าจากรีจิสเตอร์ โดยการโอนย้ายข้อมูลผ่านทาง
                   ; รีจิสเตอร์ A
CLR    RI          ; หลังจากทำการอ่านข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ต้องทำการเคลียร์
                   ; บิต RI เสมอ
```

2.6.7 หลักการสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

การสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น ทำได้ 2 วิธี คือ

ก. ใช้อินเตอร์รัปต์ เป็นวิธีที่ให้ผลการทำงานเร็วที่สุด แต่มีความยุ่งยากในการทำงานมากกว่า เนื่องจากตำแหน่งของการอินเตอร์รัปต์ ทั้งการรับและการส่งข้อมูลนั้นอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน ต้องพิจารณาจากแฟลก TI หรือ RI ก่อนว่าเกิดการอินเตอร์รัปต์จากสาเหตุใด และต้องพิจารณาการใช้รีจิสเตอร์ในช่วงเวลานั้น ๆ ด้วยว่ามีโอกาสซ้อนทับกันหรือไม่ ทำให้โปรแกรมของการทำงานในส่วนนี้มีความซับซ้อนมากกว่า ซึ่งในการใช้งานจะต้องกำหนดให้อินเตอร์รัปต์ชี้ไปที่ตำแหน่งแอดเดรส 0023H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. วนโปรแกรมตรวจสอบแฟลก เป็นวิธีที่มีความซับซ้อนน้อยกว่า โดยเขียนโปรแกรมให้วนตรวจสอบอยู่ตลอดเวลา จนกว่าจะเกิดการเปลี่ยนแปลง ยกตัวอย่าง เมื่อต้องการตรวจสอบการส่งข้อมูล ให้ทำการวนตรวจสอบแฟลก TI ว่าถูกเซต แสดงว่ามีการส่งข้อมูลเกิดขึ้นเรียบร้อยแล้ว จากนั้นให้ทำการเคลียร์แฟลก TI แล้วทำการส่งข้อมูลตัวถัดไป หรือทำงานในคำสั่งต่อไปได้

ในกรณีที่ต้องการตรวจสอบการรับข้อมูล ให้ทำการตรวจสอบแฟลก RI ว่าถูกเซตหรือไม่ เมื่อตรวจสอบได้ว่าถูกเซตแสดงว่าเกิดการรับข้อมูลขึ้น ให้ทำการเคลียร์แฟลก RI แล้วนำค่าจากรีจิสเตอร์ SBUF มาใช้ได้ทันทีแต่วิธีการนี้มีข้อเสียตรงที่เป็นการทำงานแบบเรียงลำดับ ทำให้ขั้นตอนในการทำงานช้ากว่าการใช้อินเตอร์รัปต์

2.7 การใช้งานโมดูลแสดงผลแบบผลึกเหลว

โมดูลแสดงผลแบบผลึกเหลวหรือ LCD ซึ่งย่อยมาจากคำว่า “Liguid Crystal Display” ซึ่งจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ตัวแสดงผล (Display), ตัวควบคุม (Controller) และ ตัวขับ (Driver) ซึ่งปัจจุบันมีผู้ผลิตโมดูลแอลซีดี ออกมาจำหน่ายกันมาก ทำให้การเขียนโปรแกรมควบคุมการแสดงผลทำได้สะดวก ตัวอย่างโมดูลแอลซีดี ที่ใช้เป็นรุ่น ET-LCDG240 ซึ่งรายละเอียดดังนี้

2.7.1 คุณสมบัติ

- สนับสนุนการแสดงผลภาษาไทย
- ทำงานในโหมดตัวอักษร และโหมดกราฟิก
- ใช้การติดต่อสื่อสารแบบ RS 232 หรือ RS 485/422
- บอดเรต 2400 – 19200

2.7.2 คุณลักษณะ

- ขนาดตัวอักษร 180 x75x35 มิลลิเมตร
- แหล่งจ่ายไฟน้อยกว่า 2 วัตต์
- ระดับแรงดันไฟตรง 9 – 15 โวลต์
- เวลาที่ใช้เซตการทำงานเมื่อทำการจ่ายไฟ 20 มิลลิวินาที
- รูปแบบข้อมูลที่ใช้ควบคุมการแสดงผล ข้อมูล 8 บิต,ไม่มีพาริตี้บิต, 1 บิตหยุด (8,N,1)

2.7.3 การใช้งานในโหมดตัวอักษร

โมดูลแอลซีดี รับข้อมูลแล้วแสดงผลตามรหัสแอสกี รวมถึงรหัสแอสกีภาษาไทย แสดงผลได้ 4 บรรทัด บรรทัดละ 30 ตัวอักษร

ก. เลือกโหมดการทำงานและบอดเรตจากดิปสวิตช์เลื่อน (Dip switch) ตามต้องการ

ข.ใช้โปรแกรมเทอร์มินอล หรือไฮเปอร์เทอร์มินอล ส่งข้อมูลไปยังแอลซีดี

2.7.4 คำสั่งใช้งานโมดูลแอลซีดี

แสดงรายละเอียดในตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 คำสั่งใช้งานโมดูลแอลซีดี

คำสั่ง	คีย์	หน้าที่	พารามิเตอร์	การตอบสนอง
03H	Crtl C	Goto Possitinn	0-77H*	none
04H	Crtl D	Curser On	none	none
05H	Crtl E	Curser Off	none	none
06H	Crtl F	Reset LCD	none	none
07H	-	-	-	-
08H	Crtl H	Back Space	none	none
1BH	Esc	Clear Screen	none	none

หมายเหตุ * หมายถึงตำแหน่งที่ต้องการแสดงผลข้อมูล

Back Space = เลื่อนเคอร์เซอร์ไปด้านซ้ายหนึ่งตำแหน่งพร้อมกับลบหนึ่งตัวอักษร

2.7.4 ตำแหน่งตัวอักษร แสดงรายละเอียดในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ตำแหน่งตัวอักษร

0	1	2	3	4	5	6	7	...	1D
1E	1F	20	21	22	23	24	25	...	3B
3C	3D	3E	3F	40	41	42	43	...	59
5A	5B	5C	5D	5E	5F	60	61	...	77

2.7.5 การเลือกดิปสวิตช์

การเลือกดิปสวิตช์จะมีผลหลังจากการรีเซตแอลซีดี



รูปที่ 2.12 ตำแหน่งดิปสวิตช์

จากรูปที่ 2.12 เราสามารถเลือกดิปสวิตช์ควบคุมได้ดังนี้

- ตำแหน่ง 1 เลือกโหมดการทำงาน

  OFF = โหมดตัวอักษร

  ON = โหมดกราฟิก

- ตำแหน่ง 2 ใช้สำหรับทดสอบการแสดงผลของแอลซีดี

  OFF = โหมดทดสอบไม่ทำงาน

  ON = โหมดทดสอบทำงาน

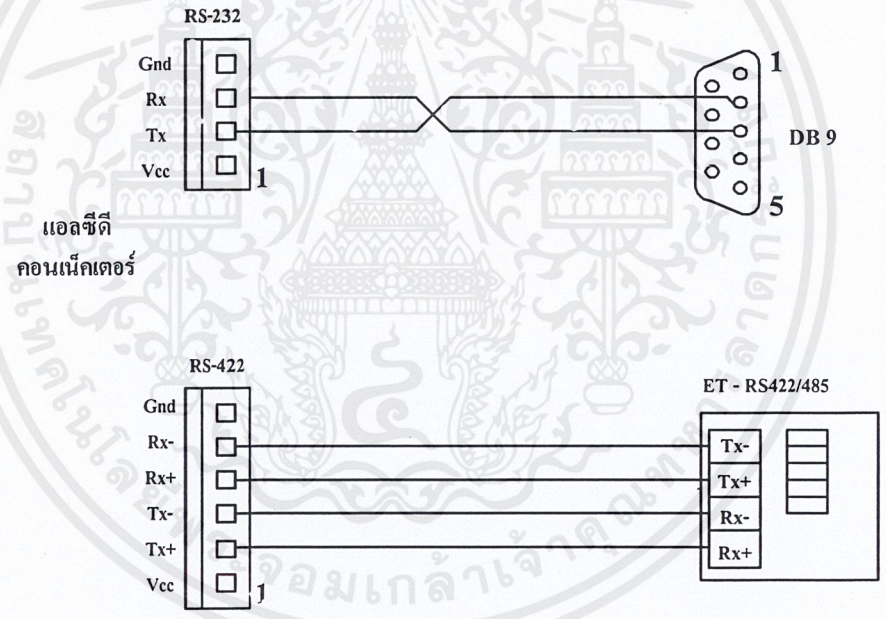
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตำแหน่ง 3,4 เลือกอัตราการส่งข้อมูล แสดงค่าอัตราการส่งข้อมูลดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 อัตราการส่งข้อมูล

ตำแหน่งดิปสวิตช์		อัตราการส่งข้อมูล	
3	4	โหมดตัวอักษร	โหมดกราฟฟิก
OFF	OFF	1200	1200
OFF	ON	2400	2400
ON	OFF	4800	9600
ON	ON	9600	19200

2.7.6 ตัวอย่างการต่อสายสัญญาณควบคุมการแสดงผลของโมดูลแอลซีดี



รูปที่ 2.13 การเชื่อมต่อสายสายสัญญาณสำหรับการติดต่อสื่อสารแบบ RS-232 และ RS-422

2.7.7 การปรับความเข้ม (Contrast)

การปรับความเข้มการแสดงผลของแอลซีดี ทำได้โดยปรับตัวต้านทานปรับค่าได้ที่ด้านหลังของแอลซีดี โดยหมุนทวนเข็มนาฬิกาเพื่อเพิ่มความเข้ม หมุนตามเข็มนาฬิกาเพื่อลดความเข้ม

2.7.8 ค่ารหัสแอสกีที่ใช้ควบคุมการแสดงตัวอักษร

แสดงรายละเอียดในตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 รหัสแอสกี

DEC	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	NA	NA	Spc	!	"	#	$	%	&	'
4	(	)	*	+	,	-	.	/	0	1
5	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;
6	<	=	>	?	@	A	B	C	D	E
7	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
8	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
9	Z	[	\	]	^	_	`	a	b	c
10	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
11	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w
12	x	y	z	{	¦	}	~	NA	NA	NA
13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
14	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
15	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
16	NA	ก	ข	ฃ	ค	ฅ	ฆ	ง	จ	ฉ
17	ช	ซ	ฌ	ญ	ฎ	ฏ	ฐ	ฑ	ฒ	ณ
18	ด	ต	ถ	ท	ธ	น	บ	ป	ผ	ฝ
19	พ	ฟ	ภ	ม	ย	ร	ฤ	ล	ฦ	ว
20	ศ	ษ	ส	ห	ฬ	อ	ฮ	ฯ	ะ	ั
21	า	ำ	ิ	ี	ึ	ื	ุ	ู	NA	NA
22	NA	NA	NA	NA	เ	แ	โ	ใ	ไ	NA
23	ๆ	็	่	้	๊	๋	์	NA	NA	NA
24	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
25	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

NA = Space

2.8 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์

2.8.1 ระบบโทรศัพท์

ระบบโทรศัพท์ คือ ระบบสื่อสารที่มีโครงข่ายชุมสายบริการระหว่างสมาชิก และผู้รู้เลขหมายสมาชิกสามารถเรียกเพื่อติดต่อสนทนาธุระต่าง ๆ โดยลดการเดินทางที่ไม่จำเป็นได้ โดยทั่วไประบบโทรศัพท์มีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. เครื่องใช้โทรศัพท์

ผู้ใช้โทรศัพท์จะต้องมีเครื่องใช้โทรศัพท์ประจำอยู่ สิ่งแรกที่เห็นได้ชัด คือปากพูดหูฟัง หรือส่วนที่ทำหน้าแปลงเสียงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า และแปลงสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณเสียง หน้าปัดท์สำหรับหมุนหรือกดเลขหมาย เป็นต้น

ข. สายโทรศัพท์หรือข่ายสายโทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์จะต้องมีคู่สายอย่างน้อย 1 คู่สาย เพื่อทำการเชื่อมโยงและทำหน้าที่เป็นสื่อกลางในการนำกระแสไฟฟ้าจากเครื่องหนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่ง

ค. ชุมสายโทรศัพท์หรือเครื่องชุมสาย

โดยที่เรียกว่าเครื่องชุมสายก็เพราะว่า สายทุกคู่แต่ละเลขหมายจะไปปรากฏที่หัวหมุดที่ชุมสายเพื่อรอคอยการเชื่อมต่อระหว่างผู้เรียกและผู้ถูกเรียก

การเรียกทางโทรศัพท์ คือ การเรียกผ่านระบบโทรศัพท์ระหว่างผู้เรียก และผู้รับ

ผู้เรียก คือ ผู้เริ่มต้นการเรียก จะด้วยการแจ้งให้พนักงานช่วยต่อกับผู้รับ หมุนหรือกดเลขหมายของผู้รับเมื่อโทรศัพท์นั้นเป็นคู่สายของชุมสายอัตโนมัติ

ผู้ถูกเรียก คือ ผู้ที่ตอบรับการเรียกทางโทรศัพท์ เมื่อได้ยินสัญญาณกริ่งเรียก

เครื่องชุมสายอัตโนมัติ คือ เครื่องที่ทำหน้าที่ต่อสลับคู่สายระหว่างสมาชิกผู้เรียก และสมาชิกผู้รับโดยอัตโนมัติ

เครื่องโทรศัพท์ คือ อุปกรณ์สำรับสมาชิก ใช้พูดและฟังในการสนทนาผ่านโครงข่ายโทรศัพท์

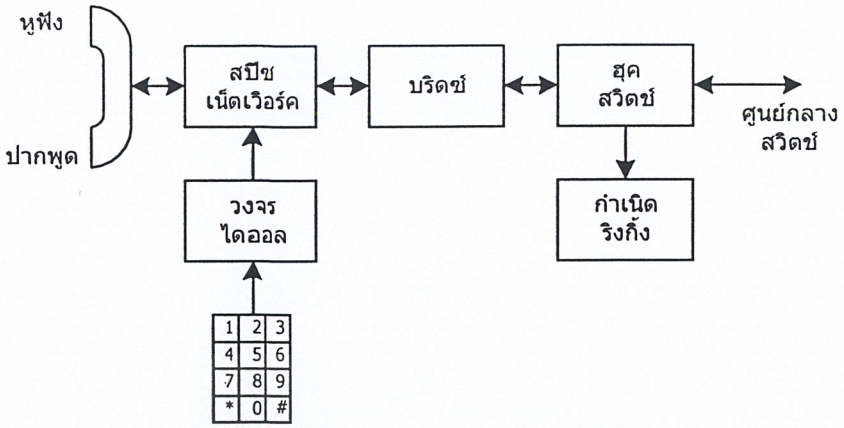
2.8.2 เครื่องโทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์จะประกอบด้วยองค์ประกอบหลักใหญ่ๆ 7 อย่างด้วยกัน ได้แก่

1. ส่วนรับ (Receiver)
2. ส่วนส่ง (Transmitter)
3. กระดิ่ง (Ringer)
4. สปีช เน็ตเวิร์ค (Speech Network)
5. ฮุคสวิตช์ (Hook Switch)
6. ไดอัลเลอร์ (Dialer)
7. วงจรแปลงสัญญาณไฟตรง (Bridge Rectifier)

จากรูปที่ 2.14 ตำแหน่งของส่วนส่งและส่วนรับ ปกติจะติดอยู่กับปากพูดหูฟัง (Handset) ของเครื่องโทรศัพท์ ซึ่งในส่วนส่งมีหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า (Electrical Signal) ซึ่งสัญญาณนี้จะถูกส่งไปยังสวิตซ์ชิ่งเซ็นเตอร์ (Switching Center) แต่ส่วนรับมีหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณเสียง สัญญาณที่ส่วนรับนั้นจะประกอบไปด้วยสัญญาณแถบความถี่เสียง (Voiceband Signal) จากสวิตซ์ชิ่งเซ็นเตอร์ และจะคอยลดทอนการป้อนกลับจากส่วนส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องโทรศัพท์

สำหรับสปีชเน็ตเวิร์ค (Speech Network) จะมีหน้าที่แยกสัญญาณส่งและรับในเครื่องโทรศัพท์ ดังนั้นสัญญาณทั้งหมดระหว่าง สวิตช์ชิ่งเซ็นเตอร์และเครื่องโทรศัพท์ อาจจะส่งไปในคู่สายเดียวกันได้

ฮุคสวิตช์ (Hook Switch) มีอยู่ 2 สถานะคือ ฮุคออฟ (Hook-Off) เป็นสภาวะที่ผู้เช่ายกหูโทรศัพท์ และอีกสถานะคือ ฮุคออน (Hook-On) เป็นสภาวะที่ผู้เช่าวางหูโทรศัพท์ หรือสภาวะสายว่าง

วงจรแปลงสัญญาณไฟตรง ทำหน้าที่ผ่านกระแสไฟตรงจากคู่สายโทรศัพท์ไปเลี้ยงวงจรโทรศัพท์ ฮุคสวิตช์อยู่ในสภาวะฮุคออฟ และทำหน้าที่ให้สัญญาณทั้งด้านบวกและด้านลบผ่านในวงจรโทรศัพท์ได้

ส่วนของวงจรหมุนเลขหมาย (Dial Circuit) ทำหน้าที่ส่งหมายเลขโทรศัพท์ปลายทางไปยังสวิตช์ชิ่งเซ็นเตอร์ เพื่อที่จะทำการติดต่อไปยังปลายทางต่อไป

ในการส่งหมายเลขโทรศัพท์สามารถทำได้ 2 วิธี วิธีแรก เป็นแบบหมุนหมายเลขเป็นการส่งสัญญาณพัลซ์ต่าง ๆ กัน แทนค่าหมายเลขที่ส่ง และอีกวิธีเป็นแบบกดปุ่มเป็นการส่งสัญญาณที่เป็นความถี่ต่าง ๆ กัน โดยค่าตัวเลขจะถูกแทนค่าด้วยความถี่ 2 ค่าที่มอดดูเลตกัน

ข้อดีของการใช้การส่งสัญญาณหมายเลขแบบกดปุ่มเมื่อเทียบกับแบบหมุนหมายเลข

- สามารถลดเวลาในการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ลงได้ ทำให้มีผลคือเวลาเฉลี่ยที่ใช้โทรศัพท์ลดลง ซึ่งทำให้ชุมสายโทรศัพท์สามารถรองรับการร้องขอติดต่อไปยังปลายทางได้มากขึ้น

- สามารถใช้วงจรทางโซลิดสเตทอิเล็กโทรนิกส์ (Solid state electronics) แทนอุปกรณ์ทางด้านแมคคานิคส์ (Mechanics) ทำให้มีความรวดเร็วและแม่นยำในการส่งหมายเลข

- สามารถเพิ่มปุ่มกดได้ เพื่อใช้ในการส่งสัญญาณบริการอื่นๆ

- มีความเหมาะสมที่จะใช้กับชุมสายระบบ สโตร์โปรแกรมคอนโทรล (Stored program control)

2.8.3 สัญญาณพื้นฐาน

สัญญาณ คือ ข่าวสารที่ใช้ติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสาย หรือข่าวสารที่ติดต่อกันระหว่างชุมสายกับชุมสาย หน้าที่ทั่วๆไปของสัญญาณที่ใช้กับโทรศัพท์ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. สัญญาณที่ส่งจากผู้เช่ากับชุมสาย

- ฮุคออฟ(Hook-off) คือ สภาพผู้เช่ายกหูโทรศัพท์ สายจะมีสภาพลูปปิด (Close loop)
- ฮุคออน(Hook-on) คือ สภาพผู้เช่าวางหูโทรศัพท์สายจะมีสภาพลูปเปิด(Open loop)
- ไดล์ลิ่ง (Dialing) คือ สภาพที่ผู้เช่าหมุนหรือกดหมายเลข

ข. สัญญาณที่ส่งจากชุมสาย

- สัญญาณให้หมุน (Dial tone) คือ สัญญาณที่บอกถึงสภาพการว่างของอุปกรณ์ชุมสาย และ ชุมสายพร้อมจะรับสัญญาณเลขหมาย สัญญาณให้หมุน นี้เป็นสัญญาณต่อเนื่องความถี่ 425 เฮิรตซ์ มอดูเลตกับความถี่ 50 เฮิรตซ์ ผู้เช่าจะได้ยินเสียงเมื่อยกหูโทรศัพท์

- สัญญาณสายไม่ว่าง (Busy tone) คือ สัญญาณที่บอกให้ทราบว่า อุปกรณ์ชุมสายไม่ว่าง ถ้ายกหูแล้วได้ยินสัญญาณนี้แสดงว่า อุปกรณ์ในชุมสายไม่ว่าง และถ้าได้ยินเสียงนี้หลังจากหมุนหมายเลขไปแล้วแสดงว่า ผู้เช่าฝ่ายถูกเรียกไม่ว่าง สัญญาณสายไม่ว่างเป็นสัญญาณความถี่ 425 เฮิรตซ์ ดัง 0.5 วินาที หยุด 0.5 วินาที สลับกัน

- สัญญาณเรียกกลับ (Ring back tone) คือสัญญาณที่ผู้เรียกได้ยินหลังจากหมุนหมายเลขเสร็จแล้ว ที่ชุมสายโทรศัพท์จะแจ้งให้ทราบว่าการต่อได้สำเร็จแล้ว สัญญาณเรียกกลับเป็นสัญญาณความถี่ 425 เฮิรตซ์ ดัง 1 วินาที หยุด 4 วินาที

- สัญญาณกริ่งเรียก (Ringing tone) คือ สัญญาณที่ส่งไปให้ผู้ถูกเรียกทราบว่า มีการติดต่อเข้ามาสัญญาณกริ่งเรียกเป็นสัญญาณความถี่ 25 เฮิรตซ์ ส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที

- สัญญาณอื่น ๆ เช่น Nu tone เป็นสัญญาณที่บอกให้ทราบว่าหมายเลขที่หมุนยังไม่มีการใช้งาน

2.8.4 ระบบการติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับโทรศัพท์

จากรูปที่ 2.15 แสดงระบบการติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับโทรศัพท์ สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

ก. ด้านเครื่องส่ง

- ขณะที่ไม่ได้มีการยกหูโทรศัพท์ จะมีศักดาตกคร่อมสายโทรศัพท์เป็นสัญญาณไฟกระแสตรง แรงดัน 48 โวลต์

- เมื่อผู้เรียกยกหูโทรศัพท์ ศักดาจะลดลงเหลือประมาณ 8 โวลต์ พร้อมทั้งมีสัญญาณให้หมุน เมื่อกดรหัสสัญญาณความถี่หมายเลขโทรศัพท์แล้ว สัญญาณให้หมุนก็จะหายไป

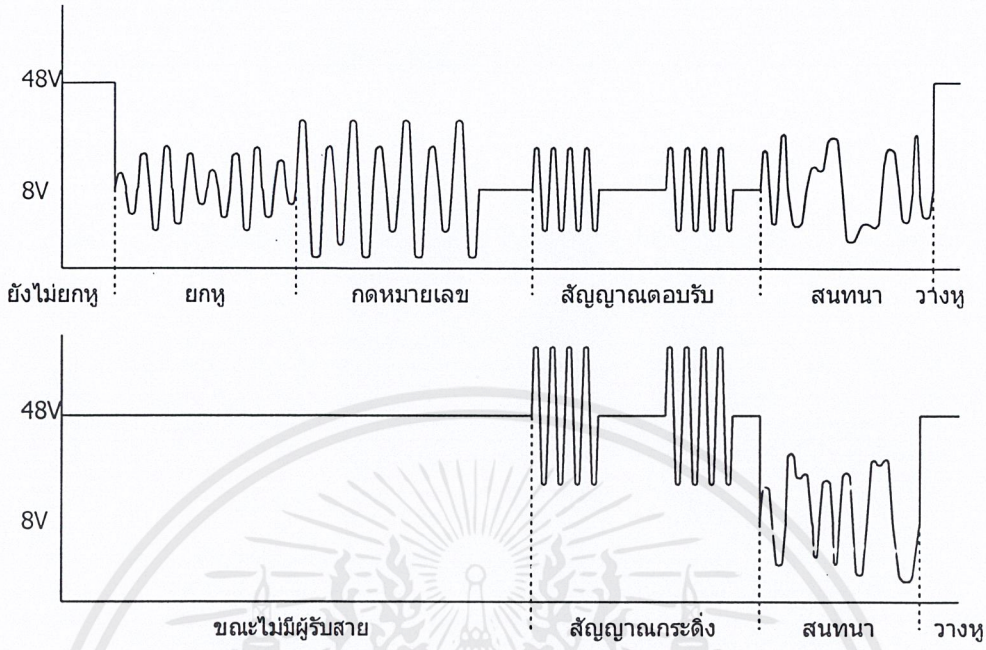
- กดรหัสสัญญาณหมายเลขโทรศัพท์ รหัสสัญญาณหมายเลขโทรศัพท์จะเป็นสัญญาณ DTMF (Dial Tone Multi Frequency)

- ขณะที่รอการรับสายจากผู้ถูกเรียก จะมีสัญญาณตอบรับ 2 แบบ เพื่อจะบอกว่าสายว่างหรือไม่ คือสัญญาณสายไม่ว่าง และสัญญาณเรียกกลับ

- เมื่อผู้ถูกเรียกรับสายแล้ว สัญญาณจะอยู่ที่ระดับ สัญญาณกระแสตรง 8 โวลต์ และมีการกระเพื่อมตามลักษณะความถี่เสียงและความดังของเสียง

- เมื่อผู้เรียกวางหูโทรศัพท์ ขนาดศักดาจะตกคร่อมสายโทรศัพท์เป็น 48 โวลต์ดังเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 ระบบการติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับโทรศัพท์

ข. ด้านเครื่องรับ

- ขณะที่ไม่ได้มีการยกหูโทรศัพท์ จะมีศักดาตกคร่อมสายโทรศัพท์ เป็นสัญญาณกระแสตรงขนาด 48 โวลต์

- เมื่อมีผู้เรียก เรียกเข้ามา จะมีสัญญาณกริ่งเรียกเข้ามา ซึ่งจะตรงกับสัญญาณเรียกกลับของผู้เรียก

- เมื่อผู้ถูกเรียกยกหูโทรศัพท์ ขนาดของศักดาตกคร่อมสายโทรศัพท์ จะเหลือประมาณ 8 โวลต์ และจะมีการกระเพื่อมตามลักษณะความถี่เสียงและความดังของเสียงพูด

- เมื่อผู้ถูกเรียกวางหูโทรศัพท์ ขนาดศักดาตกคร่อมสายโทรศัพท์ จะไปที่ 48โวลต์ดังเดิม

2.9 การมอดูเลตและดีมอดูเลตสัญญาณ

วิธีการมอดูเลตสัญญาณข่าวสารอนาล็อกกับคลื่นพาห์รูปซายน์และขบวนพัลซ์ ล้วนเป็นการรับส่งสัญญาณอนาล็อก ส่วนการมอดูเลตสัญญาณข่าวสารดิจิตอลกับคลื่นพาห์ เป็นการรับส่งสัญญาณดิจิตอล เทคนิคที่ใช้มีหลายวิธีด้วยกัน ได้แก่

- **แอมปลิจูดชิพคีย์อิ้ง** (Amplitude shift keying หรือ ASK) คือวิธีการที่ทำให้คลื่นพาห์เปลี่ยนแปลงแอมปลิจูดตามสัญญาณดิจิตอลอินพุท

- **ฟรีเควนซี่ชิพค์อิ้ง** (Frequency shift keying หรือ FSK) คือวิธีการที่ทำให้คลื่นพาห์เปลี่ยนแปลงความถี่ตามสัญญาณดิจิตอลอินพุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

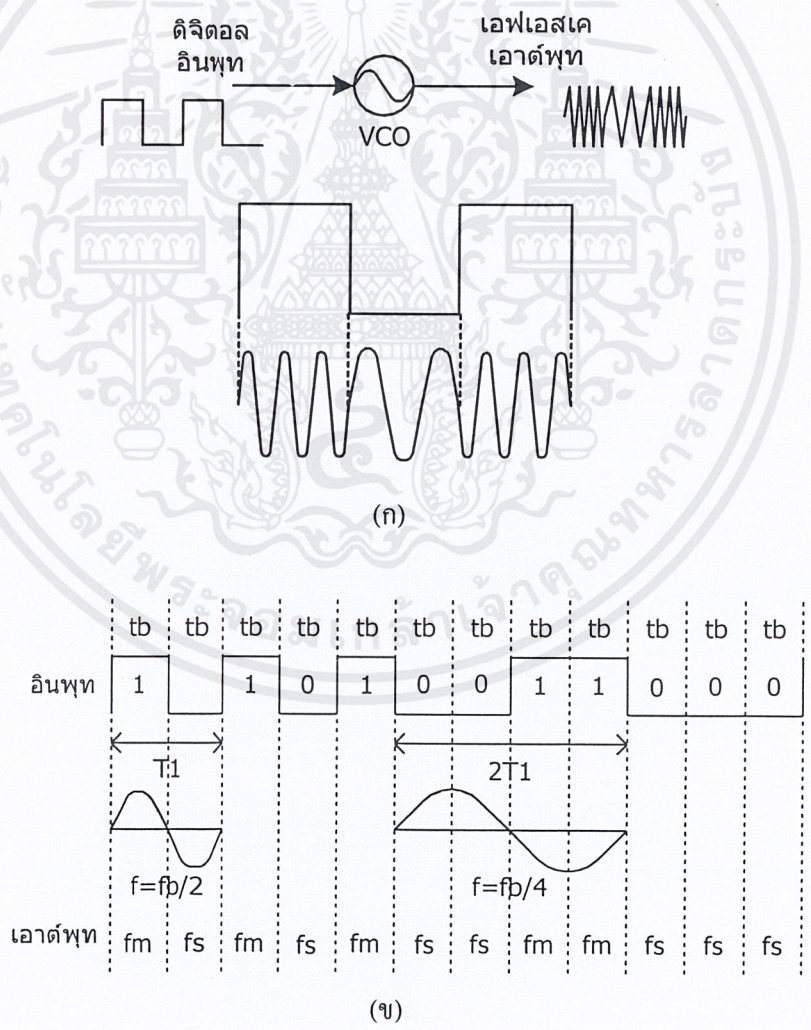
- **เฟสชิพคีย์อิ้ง** (Phase shift keying หรือ PSK) คือวิธีการที่ทำให้คลื่นพาห์เปลี่ยนแปลงเฟสตามสัญญาณดิจิตอลอินพุท

- **ควอเดรนเจอร์แอมปลิจูดมอดูเลตชั่น** (Quadrature amplitude modulation หรือ QAM) คือ วิธีการที่ทำให้คลื่นพาห์เปลี่ยนแปลงทั้งแอมปลิจูดและเฟสตามสัญญาณดิจิตอลอินพุท

เนื่องจากในโครงงานนี้ได้เลือกใช้วิธีการมอดูเลตและดีมอดูเลตสัญาณแบบ FSK ดังนั้นจึงกล่าวเฉพาะรายละเอียดการมอดูเลตและดีมอดูเลตสัญาณแบบ FSK เท่านั้น

2.9.1 การมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK

การมอดูเลตสัญญาณ FSK เป็นวิธีการมอดูเลตชั่นทางความถี่เหมือนกับการมอดูเลตสัญญาณเอฟเอ็ม (Frequency modulation หรือ FM) เพียงแต่เปลี่ยนสัญญาณข่าวสารจากสัญญาณดิจิตอลให้เป็นสัญญาณ อนาล็อก



รูปที่ 2.16 การมมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานของการมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK คือ ให้สัญญาณเอาต์พุทมีความถี่เบี่ยงเบนไปจากความถี่คลื่นพาห์สองความถี่ จากรูปที่ 2.16 ก. ใช้วงจรแรงดันควบคุมออสซิเลทเตอร์ (Voltage control oscillator หรือ VCO) เมื่อสัญญาณอินพุทเปลี่ยนจากรหัส "1" เป็นรหัส "0"(หรือในทางกลับกันคือเปลี่ยนจากรหัส "0"เป็นรหัส "1") สัญญาณเอาต์พุทก็จะเลื่อนความถี่ระหว่างสองความถี่ด้วยกัน คือ ความถี่ที่รหัส "1" หรือความถี่มาร์ค (f_m) และความถี่ที่รหัส "0" หรือความถี่สเปสซ์ (f_s)

แบนด์วิดท์ของสัญญาณ FSK (FSK Bandwidth)

ในการสื่อสารข้อมูลด้วยสัญญาณความถี่นั้นแบนด์วิดท์เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องพิจารณาเป็นอันดับแรกทางเนื่องจากวิธีการของสัญญาณ FSKอยู่บนพื้นฐานเดียวกับวิธีการของการมอดูเลตความถี่ดังนั้นการอธิบายถึงสูตรต่างๆ ก็ใช้หลักการของการมอดูเลตทางความถี่ทุกอย่าง

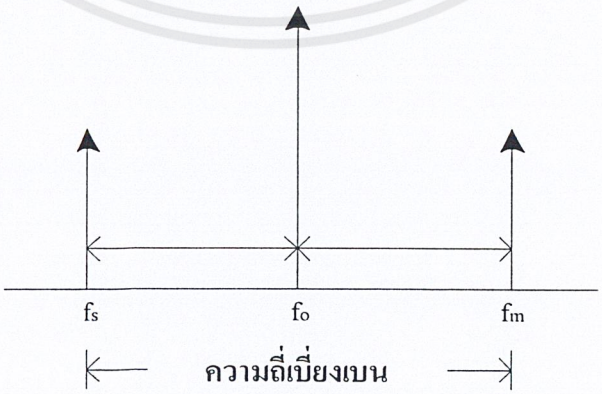
จากรูปที่ 2.16 ข. จะเห็นได้ว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เร็วที่สุดของสัญญาณอินพุทจะเกิดขึ้นเมื่อรหัสข้อมูลมีลักษณะเป็น "1" และ "0" สลับกัน ซึ่งก็คือสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม (Square wave) นั่นเอง ตามตัวอย่างในรูปที่ 2.16 ข. เป็นสัญญาณในช่วง T1

ความถี่หลักของคลื่นสี่เหลี่ยมจะเท่ากับครึ่งหนึ่งของอัตราการส่งข้อมูล ดังนั้นถ้าพิจารณาเฉพาะความถี่หลักเพียงอย่างเดียว แล้วความถี่สูงสุดของสัญญาณดิจิตอลที่ต้องการนำมามอดูเลตแบบ FSK จะเท่ากับครึ่งหนึ่งของอัตราการส่งข้อมูล คือ

$$f_{a(max)} = \frac{\text{Bit Rate}}{2} \qquad \ldots(2.7)$$

เมื่อ $f_{a(max)}$ คือความถี่สูงสุดของสัญญาณดิจิตอลที่จะนำมามอดูเลต หน่วยเป็นเฮิรตซ์

ความถี่กลาง (Center frequency หรือ f_0) ของวงจรแรงดันควบคุมออสซิลเลเตอร์ จะอยู่ในตำแหน่งกลางระหว่างความถี่มาร์คกับความถี่สเปซ ดังแสดงในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 ตำแหน่งของความถี่กลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงข้อมูลทางด้านอินพุท จะทำให้ความถี่เอาต์พุทของวงจรแรงดันควบคุมออสซิลเลเตอร์เบี่ยงแบนกลับไปมาระหว่างความถี่มาร์คกับความถี่สเปซดังนั้นดัชนีการมอดูเลต (Modulate index หรือ MI) สามารถหาได้จากสมการ

$$MI = \frac{\Delta f}{f_a} \qquad \ldots(2.8)$$

เมื่อ MI คือ ดัชนีการมอดูเลต

Δf คือ การเบี่ยงเบนของความถี่ใดๆ จากความถี่กลาง (เฮิรตซ์)

f_a คือ ความถี่ของสัญญาณที่นำมามอดูเลต (เฮิรตซ์)

ค่า MI ที่ยอมให้ได้สูงสุด คือ ค่า MI ที่ทำให้แบนด์วิดท์กว้างที่สุด ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อการเบี่ยงเบนของความถี่ถูกมอดูเลตแล้ว และความถี่ของสัญญาณที่นำมามอดูเลตมีค่าสูงสุด

ใน FSK ค่า Δf เป็นการเบี่ยงเบนของความถี่สูงสุด (Peak Frequency Deviation) ของสัญญาณที่ถูกมอดูเลต ซึ่งมีค่าเท่ากับความแตกต่างระหว่างความถี่มาร์คกับความถี่กลาง หรือ ความถี่กลางกับความถี่สเปซ ซึ่งก็คือครึ่งหนึ่งของความแตกต่างระหว่าง ความถี่มาร์คกับ ความถี่สเปซนั่นคือ

$$\Delta f = \frac{f_s - f_m}{2} \qquad \ldots(2.9)$$

การเบี่ยงเบนของความถี่ขึ้นอยู่กับขนาดของสัญญาณที่นำมามอดูเลต(สัญญาณดิจิตอล) เมื่อสถานะทางลอจิกเป็น "1" จะให้แรงดันออกมาค่าหนึ่งคงที่ตาม (เช่น 5 โวลต์) หรือ ถ้าลอจิกเป็น "0" แรงดันก็จะออกมาในระดับคงที่อีกค่าหนึ่ง (เช่น –5 โวลต์)

ความถี่ของข้อมูลทางอินพุท f_b ซึ่งจะทำให้แบนด์วิดท์กว้างที่สุด เมื่อ f_a = Bit Rate / 2 เท่านั้น สามารถหาค่า MI ได้จาก

$$MI = \frac{f_s - f_m}{f_b} \qquad \ldots(2.10)$$

เมื่อ $f_s - f_m$ คือ ความถี่เบี่ยงเบนสูงสุด

f_b คือ อัตราบิตของสัญญาณอินพุท

ในการส่งมอดูเลตทางความถี่โดยทั่วๆไป ความกว้างของแบนด์วิดท์ จะแปรผันตรงกับค่า MI ซึ่งเช่นเดียวกับ FSK MI โดยทั่วไปจะต้องมีค่าต่ำกว่า 1.0 เพื่อให้เป็นเอฟเอ็มแบนด์แคบ ค่าแบนด์วิดท์ที่แคบที่สุดเรียกว่า Minimum Nyquist Bandwidth (f_n) ตัวอย่างเช่น การส่งข้อมูลแบบ FSK มีความถี่กลาง (f_0) 7 KHz ความถี่สเปซ(f_s) 8KHzและความถี่มาร์ค(f_m) 6 KHz ข้อมูลทางด้านอินพุทมีบิตเรต = 2 Kbps สามารถหาดัชนีการมอดูเลตได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

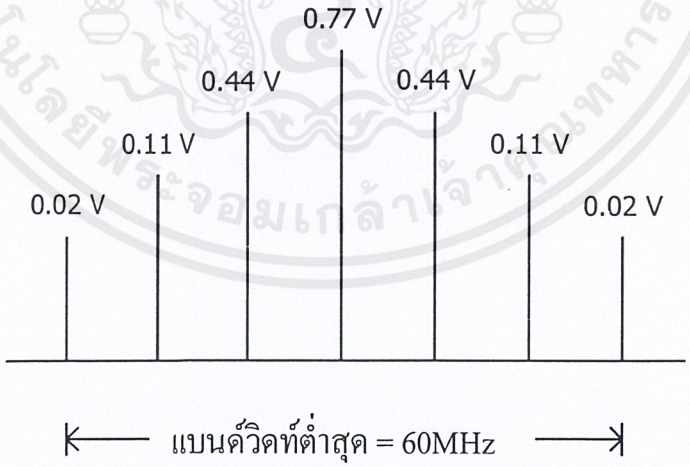
$$MI = \frac{8\,kHz - 6kHz}{2kHz}$$

$$MI = 1.0$$

ตารางที่ 2.6 เบสเซลฟังก์ชัน

MI	J0	J1	J2	J3	J4
0.0	1.0				
0.25	0.98	0.12			
0.5	0.94	0.24	0.03		
1.0	0.77	0.44	0.11	0.02	
1.5	0.51	0.50	0.23	0.06	0.01
2.0	0.22	0.258	0.35	0.13	0.03

จากตารางเบสเซลฟังก์ชัน ในตารางที่ 2.6 เมื่อ MI = 1.0 จะได้แถบความถี่ข้าง (Sideband frequency) ออกมาข้างละ 3 ความถี่ โดยแต่ละความถี่ห่างจากความถี่กลาง 1 KHz (R / 2 เมื่อ R คือ Bit Rate = 2 Kbps) สามารถเขียนเป็นสเปคตรัมความถี่ได้ดังรูปที่ 2.18



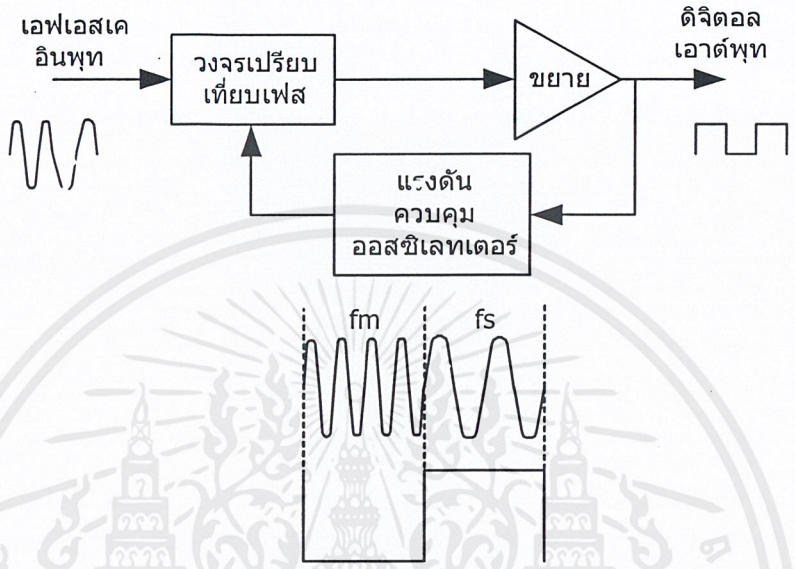
รูปที่ 2.18 สเปคตรัมความถี่

ข้อสังเกตคือ MI มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 1.0 จะทำให้ค่าแบนด์วิดท์มีค่าประมาณ 2 -3 เท่าของอัตราการส่งข้อมูลเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 การดีมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK

การดีมอดูเลตสัญญาณ FSK คือภาครับสัญญาณ FSK (FSK Receiver) จะเป็นตัวแยกสัญญาณรหัสดิจิตอลออกจากสัญญาณ FSK โดยส่วนมากจะใช้วงจรเฟสล็อคลูป (Phase look loop หรือ PLL) ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 บล็อกไดอะแกรมวงจรเฟสล็อคลูป FSK ดีมอดูเลตเตอร์

วงจรเฟสล็อคลูปใน FSK ดีมอดูเลตเตอร์ มีหลักการทำงานเหมือนกับวงจรเฟสล็อคลูปในเอฟเอ็มดีเท็คเตอร์ (FM Detector) ทุกอย่าง คือจะมีความถี่ฟรีรันนิ่งเท่ากับความถี่กลาง และในขณะที่ความถี่อินพุทของเฟสล็อคลูปเลื่อนไปมาระหว่างความถี่มาร์คกับความถี่สเปซจะทำให้เกิดแรงดันคลาดเคลื่อนไฟตรง (DC Error voltage) ซึ่งเป็นผลมาจากการเปรียบเทียบทางเฟส (Phase comparator) ของสัญญาณอินพุท เนื่องจากความถี่อินพุทที่เข้ามายังวงจรเฟสล็อคลูปมีเพียง 2 ความถี่ คือ ความถี่มาร์คและความถี่สเปซ ดังนั้นค่าแรงดันดังกล่าวจึงมีเพียง 2 ระดับเท่านั้น ซึ่งสามารถแทนด้วยค่าลอจิก “1” และลอจิก “0” เมื่อความถี่อินพุทเป็นความถี่มาร์คและความถี่สเปซตามลำดับ เราจึงได้สัญญาณเอาต์พุทของวงจรเฟสล็อคลูปกลับมาเป็นข้อมูลไบนารีเหมือนกับตอนแรกที่ส่งมาทุกประการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง

3.1 คำนำ

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบการทำงานของโครงงาน ฮาร์ดแวร์ที่ใช้งาน การออกแบบวงจรที่ใช้ทำงานในส่วนต่าง การคำนวณค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม, จำนวนบิตข้อมูลสูงสุดที่สามารถรับได้ถูกต้องอันเนื่องจากบอดเรตของเครื่องรับและเครื่องส่งไม่เท่ากัน โฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมรวมที่ได้ออกแบบไว้และนำไปเขียนโปรแกรมใช้งานจริง โฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมย่อยในส่วนที่สำคัญ สำหรับรายละเอียดของโปรแกรมทั้งหมดสามารถดูได้ที่ ภาคผนวก ก.

3.2 การออกแบบลักษณะการทำงาน

ออกแบบลักษณะการทำงานโดยใช้วิถีการสื่อสารแบบกึ่งสองทางซึ่งบล็อกไดอะแกรมการทำงานได้แสดงไว้ในรูปที่ 1.1 ซึ่งการลักษณะการทำงานแบ่งเป็น 2 กรณี

3.2.1 เมื่อเป็นผู้เรียก

จะทำการโทรเรียกเลขหมายปลายทางซึ่งมีอุปกรณ์การสื่อสารอยู่เหมือนกัน เมื่อทำการกดเลขหมายปลายทาง จะแสดงสายไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับด้วยไดโอดเปล่งแสง โดยดูจากระยะเวลาการกระพริบของไดโอดเปล่งแสงถ้ากระพริบในลักษณะ ติด 0.5 วินาที ดับ 0.5 วินาที แสดงว่าเลขหมายปลายทางสายไม่ว่าง ถ้ากระพริบในลักษณะติด 4 วินาที ดับ 1 วินาที แสดงว่ามีสัญญาณเรียกกลับ และเมื่อไดโอดเปล่งแสงของสัญญาณเรียกกลับหยุดแสดงว่ามีผู้รับสายแล้วจะมีข้อความแสดงที่จอแอลซีดีในบรรทัดที่ 3 และ 4 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ใช้แสดงข้อความจากคู่สนทนาของผู้เรียก จากนั้นก็ทำการตอบกลับโดยการพิมพ์ข้อความที่คีย์บอร์ดซึ่งแสดงข้อความที่จอแอลซีดี ในบรรทัดที่ 1 และ 2 และเมื่อข้อความที่ต้องสนทนาถูกต้องแล้ว ก็ให้กดปุ่ม Enter เพื่อส่งข้อความไปยังผู้ถูกเรียกและจะทำการพิมพ์ข้อความสนทนาได้อีกก็ต่อเมื่อคู่สนทนาของผู้เรียกตอบรับข้อความมาแล้วเท่านั้น

3.2.2 เมื่อเป็นผู้ถูกเรียก

เมื่อมีสัญญาณกริ่งเรียกเข้ามาจะแสดงให้ผู้ถูกเรียกรู้โดยไดโอดเปล่งแสงและเสียงกระดิ่ง ทำการรับโดยการเลื่อนสวิตซ์ไปเชื่อมต่อกับคู่สาย จากนั้นก็ทำการสนทนาในลักษณะเดียวกับการเป็นผู้เรียก

3.3 ฮาร์ดแวร์ที่เลือกใช้

ฮาร์ดแวร์ที่เลือกใช้ในที่นี้มี 3 อุปกรณ์หลักดังต่อไปนี้

3.3.1 คีย์บอร์ด เลือกใช้คีย์บอร์ดยี่ห้อ STONY แบบ AT MF-II ซึ่งมีทั้งหมด 108 คีย์ ใช้แหล่งจ่ายไฟตรง 5 โวลต์ กระแสไม่เกิน 250 มิลลิแอมป์ ระดับแรงดันเอาต์พุทแบบ ทีทีแอล อัตราการส่งข้อมูล 12500 บิตต่อวินาที เป็นคอนเน็คเตอร์แบบ DIN ซึ่งลักษณะต่าง ๆ ของคีย์บอร์ดจะคล้ายกับรูปที่ 2.7 และ 2.8 ต่างกันที่จำนวนคีย์มากกว่ากันเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

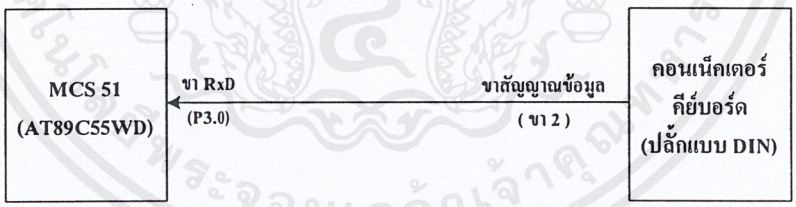
3.3.2 โมดูลแอลซีดี เลือกใช้ของบริษัท อีทีที รุ่น ET-LCDG240 เลือกการการติดต่อสื่อสารแบบ RS-232 ทำงานในโหมดตัวอักษร อัตราการรับข้อมูล (บอดเรต) 9600 บิตต่อวินาที ซึ่งรายละเอียดทั้งหมดได้กล่าวไว้บทที่ 2 หัวข้อที่ 2.7 แล้ว

3.3.3 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เลือกใช้ของบริษัท อีทีที รุ่น CP-S8252 ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89S8252 ความถี่ของคริสตอล 18.432 เมกกะเฮิรตซ์ มีหน่วย ET-SPI ที่ใช้ทำการดาวน์โหลดโปรแกรมลงในหน่วยความจำถาวรจากคอมพิวเตอร์ได้ และมีหน่วยการติดต่อสื่อสาร RS-232 ซึ่งสามารถนำไปใช้ควบคุมการแสดงผลของโมดูลแอลซีดี ที่เลือกไว้ได้ โดยใช้ไอซี L232CPE เป็นตัวเปลี่ยนระดับแรงดันทีทีแอลเป็นระดับแรงดันมาตรฐาน RS232 (±3 โวลต์ ถึง ±12 โวลต์)

3.4 การเชื่อมต่อคีย์บอร์ดและโมดูลแอลซีดีกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

3.4.1 การเชื่อมต่อคีย์บอร์ดกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

เป็นการเชื่อมต่อเพื่อรับข้อมูลจากคีย์บอร์ด จากความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคีย์บอร์ดมีการการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบซิงโคนัส แต่เรานำมาประยุกต์ใช้งานให้สื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์แบบอะซิงโคนัสโดยไม่ใช้ขาสัญญาณนาฬิกาของคีย์บอร์ด แต่ใช้ขาสัญญาณข้อมูลของคีย์บอร์ดสื่อสารกับพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ และกำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการสื่อสารข้อมูลอนุกรมในโหมด 3 ซึ่งมีรูปแบบข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัสเหมือนกันคือสัญญาณข้อมูล 1 ชุด จะมีจำนวน 11 บิต (ข้อมูล 9 บิต 1 บิตเริ่มต้น 1 บิตหยุด) และสามารถกำหนดบอดเรตได้ การเชื่อมต่อคีย์บอร์ดเข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงให้เห็น ดังรูปที่ 3.1

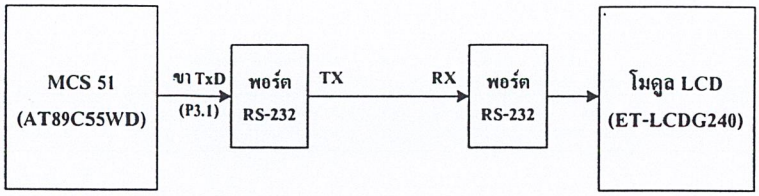


รูปที่ 3.1 การเชื่อมต่อคีย์บอร์ดกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

3.4.2 การเชื่อมต่อโมดูลแอลซีดีบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

เป็นการเชื่อมต่อเพื่อควบคุมการแสดงผลของจอแอลซีดี กำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการสื่อสารข้อมูลอนุกรมในโหมด 1 ไม่มีการรับข้อมูล (RX Disable) ซึ่งมีรูปแบบข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัสเหมือนกันคือสัญญาณข้อมูล 1 ชุด จะมีจำนวน 10 บิต (ข้อมูล 8 บิต 1 บิตเริ่มต้น 1 บิตหยุด) และสามารถกำหนดบอดเรตได้ การเชื่อมต่อโมดูลแอลซีดี เข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงให้เห็น ดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 การเชื่อมต่อโมดูลแอลซีดีกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

3.5 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม

ในที่นี้เลือกไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้คริสตอลความถี่ 18.432 เมกกะเฮิรตซ์ ใช้ไทเมอร์ 1 ค่าของบิตของ SMOD เป็นลอจิก "0"

3.5.1 ค่าของไทเมอร์เพื่อเลือกบอดเรตส่งข้อมูลควบคุมโมดูลแอลซีดี

การเลือกโมดูลแอลซีดี ในโครงงานนี้เลือกใช้ค่าบอดเรต 9600 บิตต่อวินาที ในการส่งข้อมูลจากสมการที่ 2.5 ในบทที่ 2 สามารถคำนวณหาค่ารีโหลดของไมโครคอนโทรลเลอร์จะเท่ากับ

$$TH1 = 256 - \left(\frac{18432000}{384 \times 9600} \right) = 256 - 5 = 251_{10} = FB_{16} = FBH$$

3.5.2 ค่าของไทเมอร์เพื่อเลือกบอดเรตรับข้อมูลจากคีย์บอร์ด

การเลือกคีย์บอร์ดในโครงงานนี้มีค่าบอดเรต 12500 บิตต่อวินาที ในการส่งข้อมูล จากสมการที่ 2.5 ในบทที่ 2 สามารถคำนวณหาค่ารีโหลดของไมโครคอนโทรลเลอร์จะเท่ากับ

$$TH1 = 256 - \left(\frac{18432000}{384 \times 12500} \right) = 256 - 3.84 = 252.16_{10} \approx FC.28_{16}$$

จากการคำนวณจะเห็นว่าค่าที่ได้เป็นทศนิยมแต่การกำหนดค่าใน TH1 ไม่สามารถกำหนดค่าเป็นทศนิยมได้ ดังนั้นต้องเลือกค่าใกล้เคียงแทน

ถ้าเลือกกำหนดค่าใน TH1 = FCH จะคำนวณบอดเรตจากสมการที่ 2.3 ในบทที่ 2 ได้ดังนี้

$$\text{บอดเรต} = \frac{2^0 \times 18432000}{32 \times 12 \times (256 - 252)} = 12000 \text{ บิตต่อวินาที}$$

และถ้าเลือกกำหนดค่าใน TH1 = FDH จะคำนวณบอดเรตจากสมการที่ 2.3 ในบทที่ 2 ได้ดังนี้

$$\text{บอดเรต} = \frac{2^0 \times 18432000}{32 \times 12 \times (256 - 253)} = 16000 \text{ บิตต่อวินาที}$$

จากการคำนวณจะเห็นว่าค่าที่เราจะกำหนดให้ TH1 แล้วทำให้บอดเรตใกล้เคียงกับ 12500 มากสุดคือ FCH จึงเลือกใช้ค่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 ค่าของไทเมอร์เพื่อเลือกบอดเรตรับข้อมูลที่ภาคดีมอดูเลตและส่งข้อที่ภาคมอดูเลต

การเลือกบอดเรตในการมอดูเลตและดีมอดูเลตสัญญาณใช้บอดเรต 1200 บิตต่อวินาที จากสมการที่ 2.5 ในบทที่ 2 สามารถคำนวณหาค่ารีโหลดของไมโครคอนโทรเลอร์จะเท่ากับ

$$TH1 = 256 - \left(\frac{18432000}{384 \times 1200} \right) = 256 - 40 = 216_{10} = D8_{16} = D8H$$

3.5.4 จำนวนบิตข้อมูลสูงสุดที่สามารถรับได้ถูกต้อง

จากหัวข้อที่ 3.5.2 ที่ผ่านมาเมื่อบอดเรตของไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถกำหนดค่าบอดเรตให้เท่ากันได้ รูปแบบข้อมูล 1 ชุด ในการรับส่งข้อมูลระหว่างพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์กับคีย์บอร์ดมี 11 บิตดังนั้นเราจะต้องคำนวณหาจำนวนบิตข้อมูลสูงสุดที่สามารถรับได้ถูกต้องว่าจะมีค่าถึง 11 บิตหรือไม่ จากหัวข้อที่ 2.3.2 ในเรื่องความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส อันเกิดจากความผิดพลาดจากเฟสและความผิดพลาดจากความถี่ ค่าความผิดพลาดจากเฟสถือว่ามีค่าน้อยมาก เพราะว่าการรับข้อมูลในพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้การตีความว่าบิตที่เข้ามาเป็น "0" หรือ "1" จะใช้ผลการสุ่มข้างมาก โดยบิตของข้อมูลที่เข้ามาได้รับการแบ่งออกเป็น 16 สเตต การสุ่มข้อมูลจะทำการสุ่มสเตตที่ 7,8 และ 9 หาก 2 ใน 3 ของการสุ่มพบว่าข้อมูลเป็นลอจิกใด จะตีความข้อมูลในบิตนั้นเป็นตามเสียงข้างมาก ยกตัวอย่าง "1" 2 ใน 3 ครั้ง จะตีความว่าบิตของข้อมูลที่รับได้นั้นเป็น "1" จึงไม่นำมาคำนวณ ดังนั้นจำนวนบิตข้อมูลสูงสุดที่สามารถรับได้ถูกต้องคำนวณได้จากสมการ 2.1 ในบทที่ 2 ดังนี้

ให้ TbX เป็นคาบเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลของเครื่องส่ง (คีย์บอร์ด) มีค่าเป็นดังนี้

$$TbX = \frac{1}{12500 \text{บิตต่อวินาที}} = 80 \quad \text{ไมโครวินาที}$$

ให้ TbR เป็นคาบเวลาที่ใช้ในการรับข้อมูลของเครื่องรับ (พอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์) มีเป็นค่าเป็นดังนี้

$$TbR = \frac{1}{12000 \text{บิตต่อวินาที}} = 83.33 \text{ ไมโครวินาที}$$

แทนค่าในสมการที่ 2.1 จะได้

$$n_{MAX} = \frac{80 \times 10^{-6}}{2\left|83.33 \times 10^{-6} - 80 \times 10^{-6}\right|}$$

$$n_{MAX} = 12.01$$

จากการคำนวณจำนวนบิตข้อมูลสูงสุดที่สามารถรับได้ถูกต้องประมาณ 12 บิต ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จึงสามารถใช้บอดเรต 12000 บิตต่อวินาที รับข้อมูลจากคีย์บอร์ดที่มีบอดเรต 12500 บิตต่อวินาที ซึ่งมีการส่งข้อมูลแต่ละครั้งชุดละ 11 บิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.5 ค่าคาบเวลาใน 1 แมชีนไซเคิล

และในการทำการเขียนโปรแกรมจะต้องมีการเขียนโปรแกรมหน่วงเวลาดังนั้นจึงต้องรู้ค่าคาบเวลาใน 1 แมชีนไซเคิล ว่ามีค่าเท่าใด จากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เลือกใช้คริสตอลความถี่ 18.432 เมกกะเฮิรตซ์ ดังนั้น

ที่ 18.432 เมกกะเฮิรตซ์ แต่ 1 แมชีนไซเคิลใช้สัญญาณนาฬิกา 12 ลูก

$$\text{คาบเวลาใน 1 แมชีนไซเคิล} = 12\left\{\frac{1}{18.432 \times 10^{6}}\right\} = 0.6510416666 \text{ ไมโครวินาที}$$

3.6 กำหนดค่าแป้นพิมพ์แต่ละตัวอักษรเพื่อใช้เป็นค่าในการมอดูเลต

เนื่องการกดแป้นพิมพ์ตัวอักษร 1 ตำแหน่ง สามารถเป็นตัวอักษรที่แตกต่างกันถึง 4 ตัวอักษร แต่ค่าของรหัสคีย์ 1 ตำแหน่ง มีเพียงหนึ่งค่า ดังนั้นหลังจากที่ทำการตรวจว่าเป็นตัวอักษรได้แล้วจะต้องกำหนดค่ารหัสของคีย์ตัวอักษรแต่ละตัวเสียใหม่ เพื่อให้ข้อมูลตัวง่ายต่อการเขียนโปรแกรมตรวจสอบตัวอักษรที่เข้ามาจากภาคดีมอดูเลตสัญญาณ ซึ่งลักษณะการกำหนดค่าจะเรียงค่าตามลำดับของตัวอักษรตามตารางที่ 2.5 เพื่อให้ง่ายต่อการตรวจสอบแก้ไขโปรแกรม ค่าแป้นพิมพ์แต่ละตัวอักษรที่ใช้ในการมอดูเลตแสดงให้เห็นในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าที่ใช้ในการมอดูเลตแป้นพิมพ์แต่ละตัวอักษร

แป้นพิมพ์	ค่ามอดูเลต	แป้นพิมพ์	ค่ามอดูเลต	แป้นพิมพ์	ค่ามอดูเลต	แป้นพิมพ์	ค่ามอดูเลต
Space Bar	00H	0	10H	@	20H	P	30H
!	01H	1	11H	A	21H	Q	31H
"	02H	2	12H	B	22H	R	32H
#	03H	3	13H	C	23H	S	33H
$	04H	4	14H	D	24H	T	34H
%	05H	5	15H	E	25H	U	35H
&	06H	6	16H	F	26H	V	36H
'	07H	7	17H	G	27H	W	37H
(	08H	8	18H	H	28H	X	38H
)	09H	9	19H	I	29H	Y	39H
*	0AH	:	1AH	J	2AH	Z	3AH
+	0BH	;	1BH	K	2BH	[	3BH
,	0CH	<	1CH	L	2CH	\	3CH
-	0DH	=	1DH	M	2DH	]	3DH
.	0EH	>	1EH	N	2EH	^	3EH
/	0FH	?	1FH	O	2FH	_	3FH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) ค่าที่ใช้ในการมอดูเลตแป้นพิมพ์แต่ละตัวอักษร

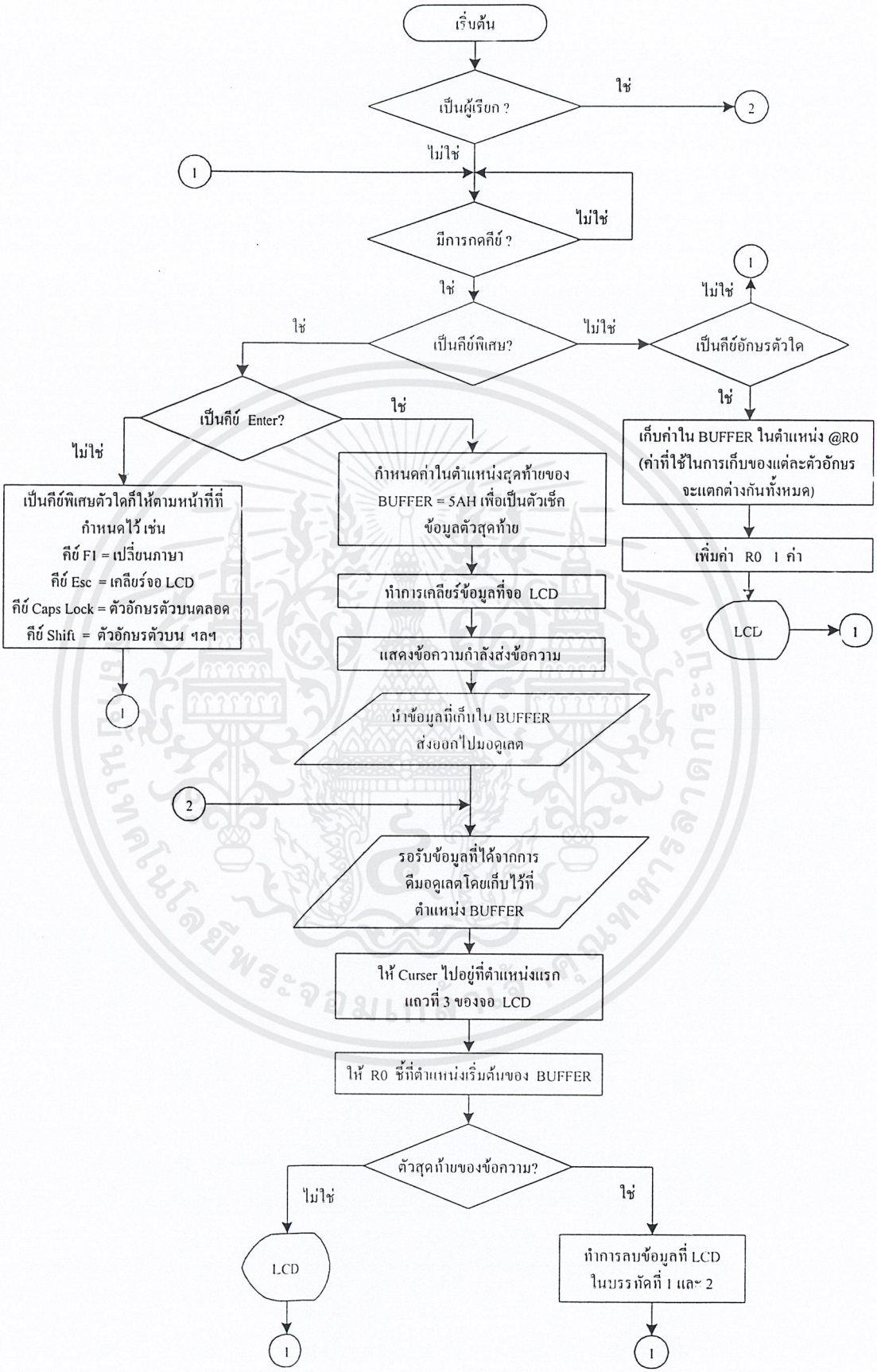
แป้นพิมพ์	ค่ามอดูเลต	แป้นพิมพ์	ค่ามอดูเลต	แป้นพิมพ์	ค่ามอดูเลต	แป้นพิมพ์	ค่ามอดูเลต
`	40H	y	59H	ด	72H	อ	8BH
a	41H	z	A4H	ต	73H	ฮ	8CH
b	42H	{	5BH	ถ	74H	ฯ	8DH
c	43H	|	5CH	ท	75H	ะ	8EH
d	44H	}	5DH	ธ	76H	ั	8FH
e	45H	~	5EH	น	77H	า	90H
f	46H	ก	5FH	บ	78H	ำ	91H
g	47H	ข	60H	ป	79H	ิ	92H
h	48H	ฃ	61H	ผ	7AH	ี	93H
i	49H	ค	62H	ฝ	7BH	ึ	94H
j	4AH	ฅ	63H	พ	7CH	ื	95H
k	4BH	ฆ	64H	ฟ	7DH	ุ	96H
l	4CH	ง	65H	ภ	7EH	ู	97H
m	4DH	จ	66H	ม	7FH	เ	98H
n	4EH	ฉ	67H	ย	80H	แ	99H
o	4FH	ช	68H	ร	81H	โ	9AH
p	50H	ซ	69H	ฤ	82H	ใ	9BH
q	51H	ฌ	6AH	ล	83H	ไ	9CH
r	52H	ญ	6BH	ฦ	84H	ๆ	9DH
s	53H	ฎ	6CH	ว	85H	็	9EH
t	54H	ฏ	6DH	ศ	86H	่	9FH
u	55H	ฐ	6EH	ษ	87H	้	A0H
v	56H	ฑ	6FH	ส	88H	๊	A1H
w	57H	ฒ	70H	ห	89H	๋	A2H
x	58H	ณ	71H	ฬ	8AH	์	A3H

3.7 เขียนโฟลว์ชาร์ตการทำงานโปรแกรม

3.7.1 โฟลว์ชาร์ตการขั้นตอนการทำงานรวมของโปรแกรมโครงงาน

โฟลว์ชาร์ตการขั้นตอนการทำงานรวมนี้จะเป็นส่วนที่แสดงให้เห็นโครงร่างโปรแกรมทั้งหมด ซึ่งจะทำให้มองเห็นภาพรวมการเขียนโปรแกรมย่อยแต่ละส่วนและการทำงานทั้งหมดของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

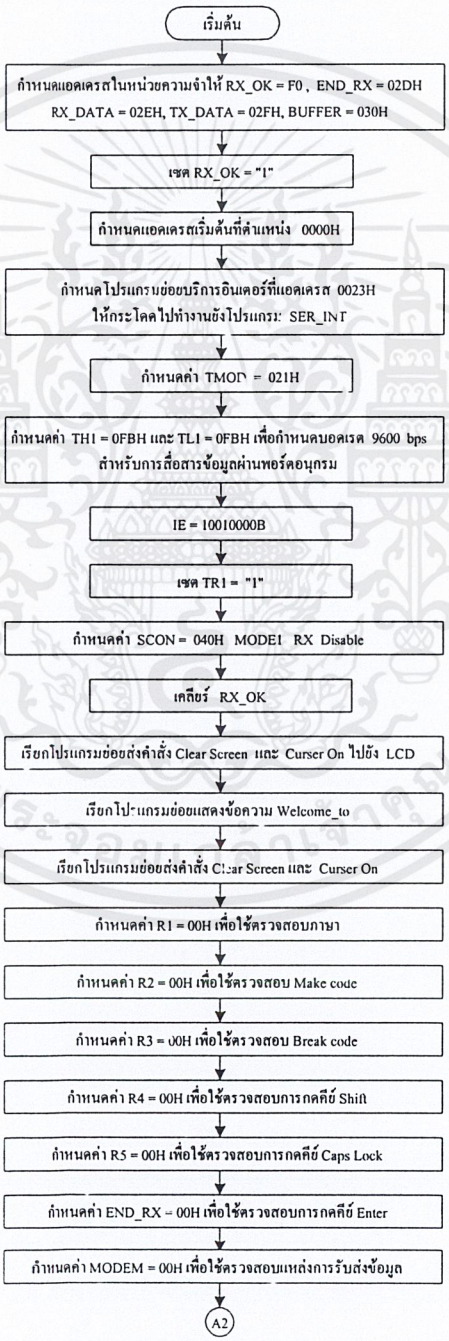


รูปที่ 3.3 โฟลว์ชาร์ตการขั้นตอนการทำงานรวมของโปรแกรมโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

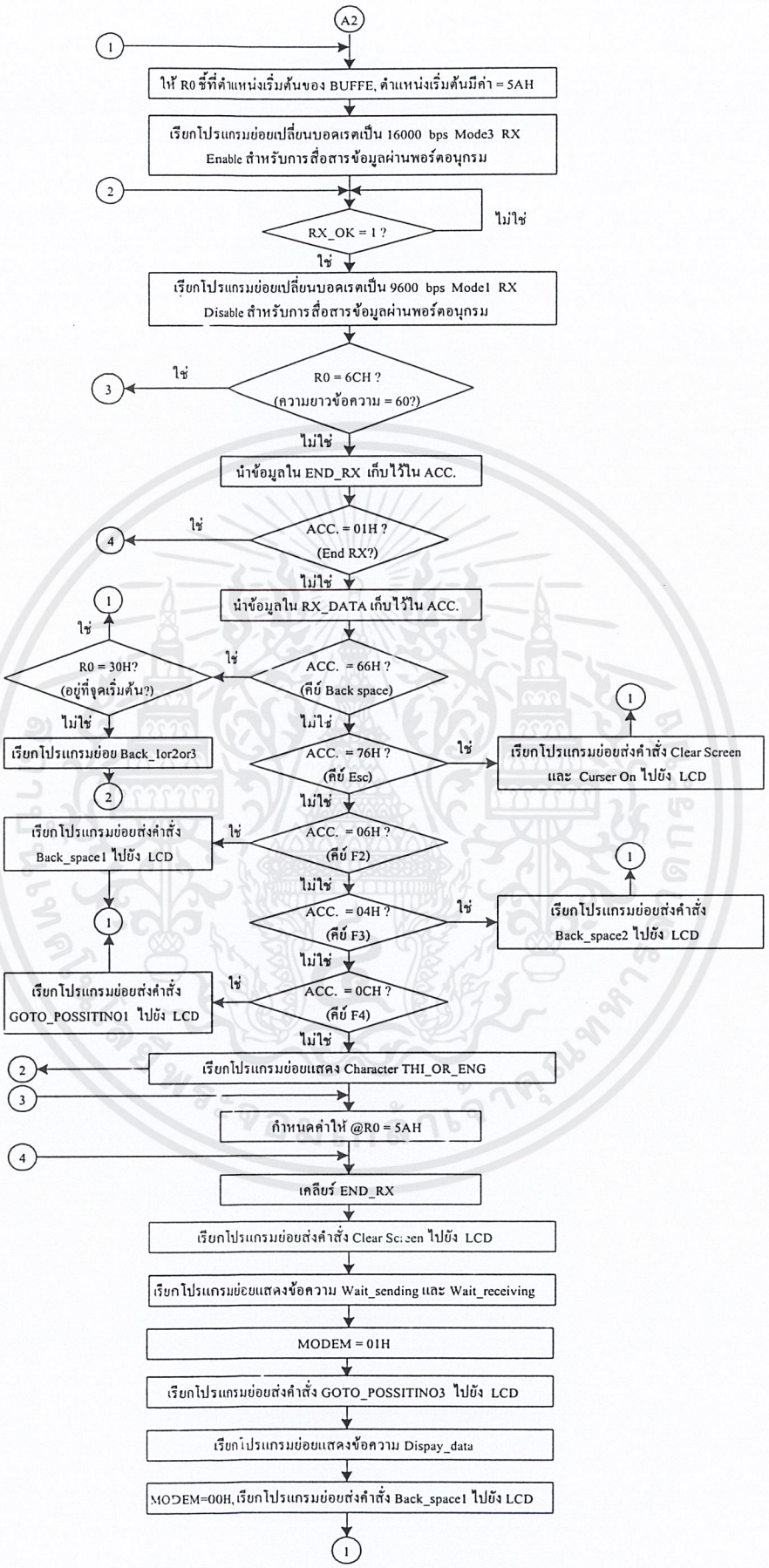
3.7.2 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมหลักของโครงงาน

โฟลว์ชาร์ตนี้เป็นส่วนของโปรแกรมที่เขียนรับส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้อินเตอร์รัปต์ให้โปรแกรมทำการรับข้อมูลจากคีย์บอร์ดและแสดงผลข้อความที่ต้องการที่จอแอลซีดี ได้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ความยาวข้อความที่สามารถรับได้ไม่เกิน 60 ตัวอักษร (รวมสระและวรรณยุกต์ด้วย) ถ้าหากรับมาเกินจะทำการส่งความอัตโนมัติโดยไม่ต้องกดคีย์ Enter และจะส่งข้อมูลให้ไปทำการมอดูเลตและรอรับมูลจากภาคดีมอดูเลต ข้อมูลได้จะนำไปตรวจสอบว่าเป็นตัวอักษรใดเพื่อนำมาแสดงผลที่จอแอลซีดี ในบรรทัดที่ 3 และ 4 จากนั้นก็จะรอรับการป้อนข้อมูลจากคีย์บอร์ดใหม่ แสดงให้เห็นดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมหลักของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

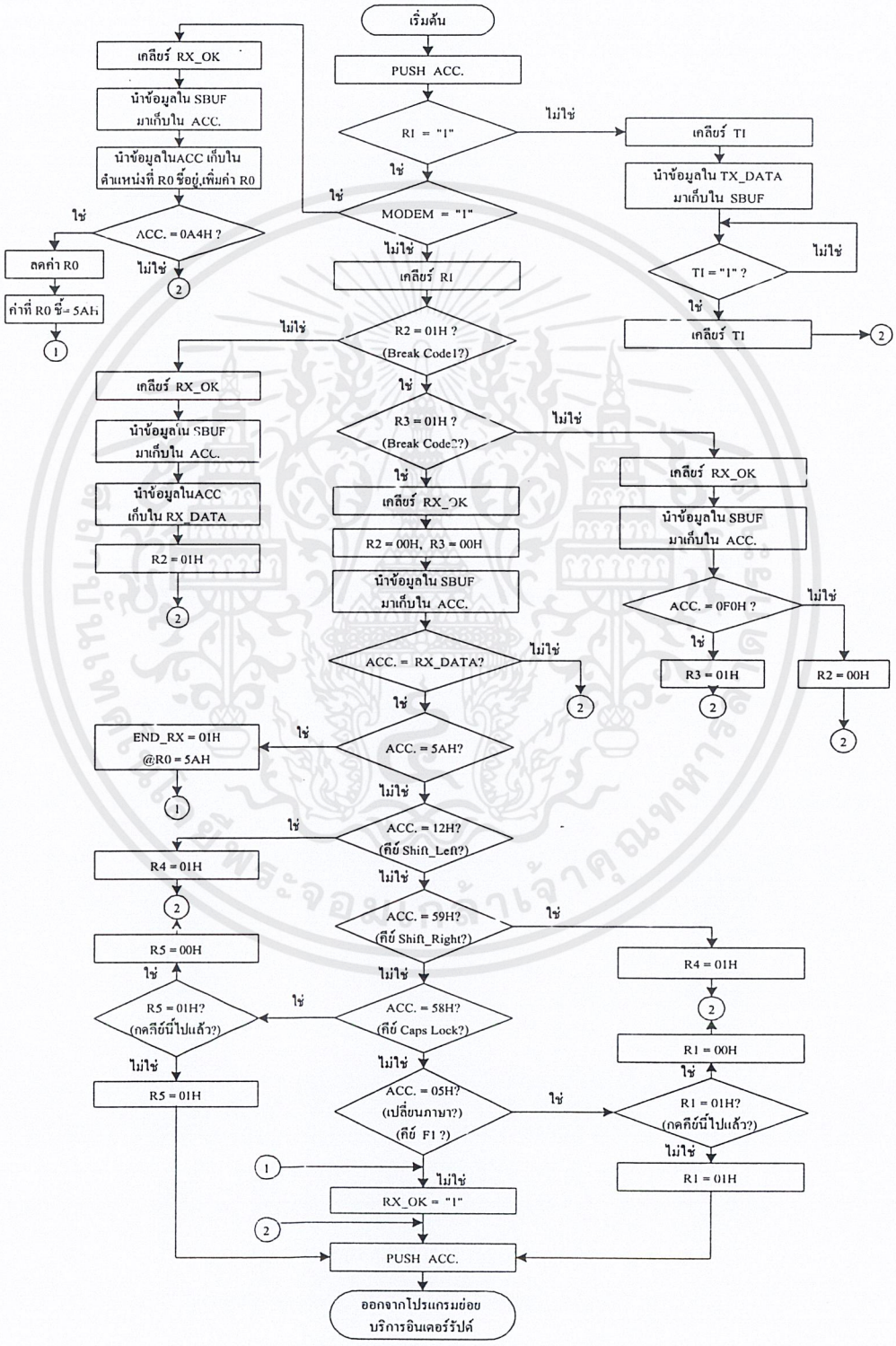


รูปที่ 3.4 (ต่อ) โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมหลักของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.3 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์รับส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม

การทำงานจะทำการตรวจสอบข้อมูลการกดคีย์และข้อมูลการปล่อยคีย์ทั้งสองค่า ถ้ากดคีย์ค้างไว้จะถือว่าคีย์นั้นไม่ได้กด และถ้ากดคีย์ในตำแหน่งที่ไม่ได้กำหนดไว้ในแต่ละภาษาก็จะไม่มีการนำค่าคีย์นั้นมาแสดงผล การรอรับข้อมูลก็จะตรวจก่อนว่าจะรับข้อมูลจากคีย์บอร์ดหรือจากภาคดีมอดูเลต แสดงดังในรูปที่ 3.5

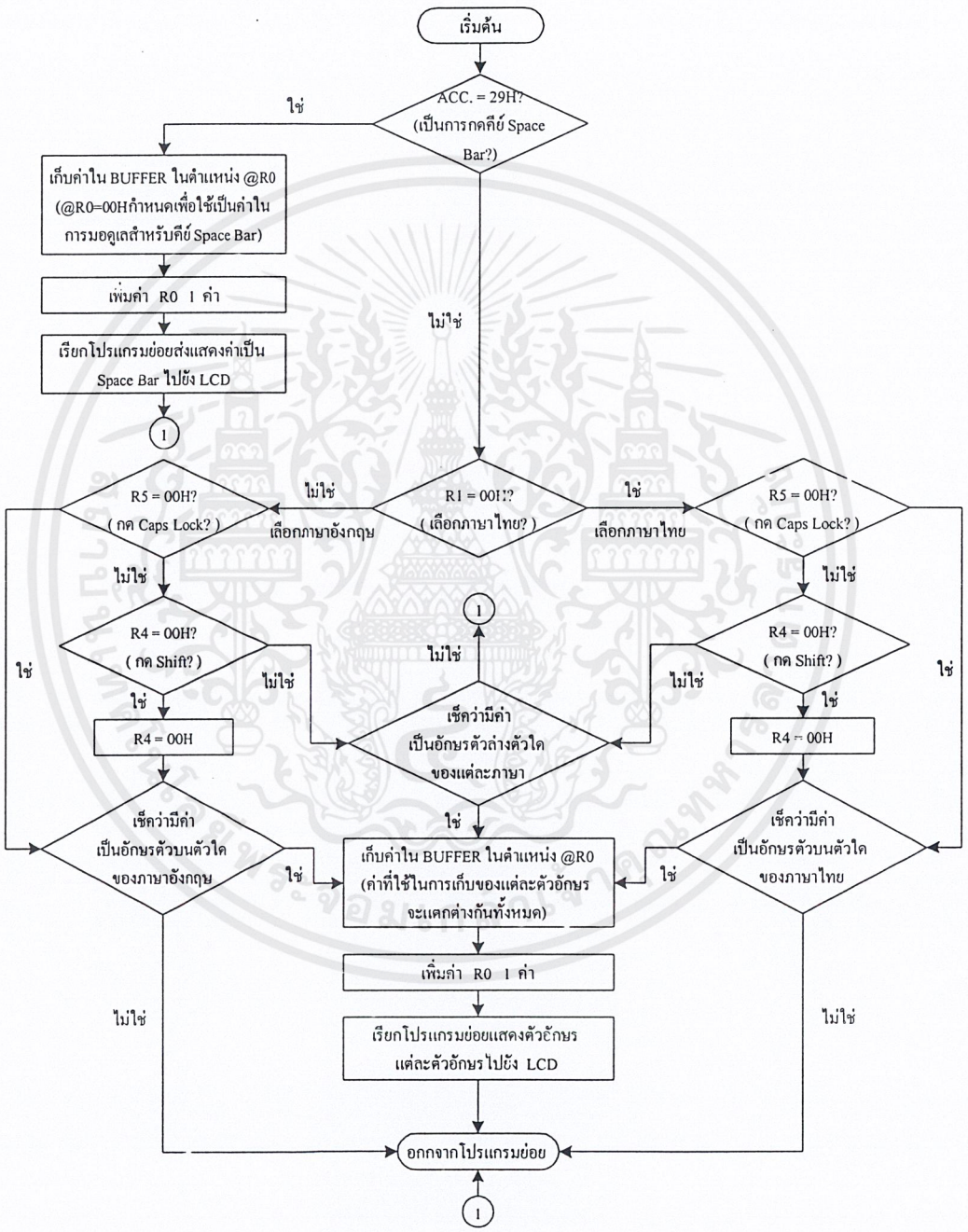


รูปที่ 3.5 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์รับส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.4 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยแสดงข้อความที่รับจากคีย์บอร์ด

เป็นโปรแกรมแสดงข้อความที่รับมาจากคีย์บอร์ดพร้อมทั้งทำการเข้ารหัสตัวอักษรแต่ละตัวที่รับเข้ามา ค่าที่ใช้ในการเข้ารหัสใช้ค่าตามตารางที่ 3.1 การทำงานจะทำการตรวจสอบภาษาก่อนจากนั้นก็ตรวจสอบว่าเป็นอักษรตัวบนหรือตัวล่างแล้วจึงแสดงตัวอักษรที่จอแอลซีดี แสดงให้เห็นดังรูปที่ 3.6

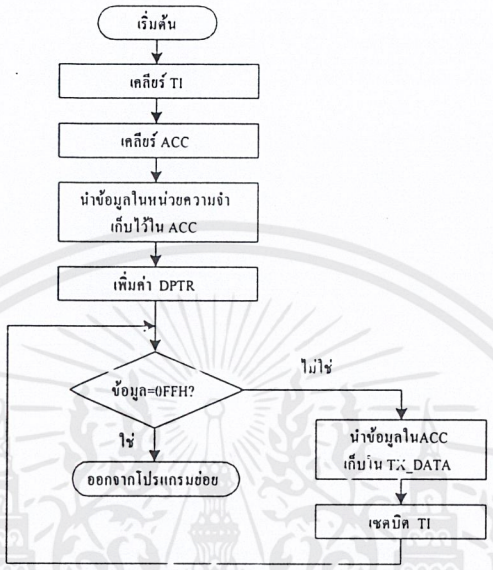


รูปที่ 3.6 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยแสดงข้อความที่รับจากคีย์บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.5 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยส่งคำสั่งไปยังโมดูลแอลซีดี

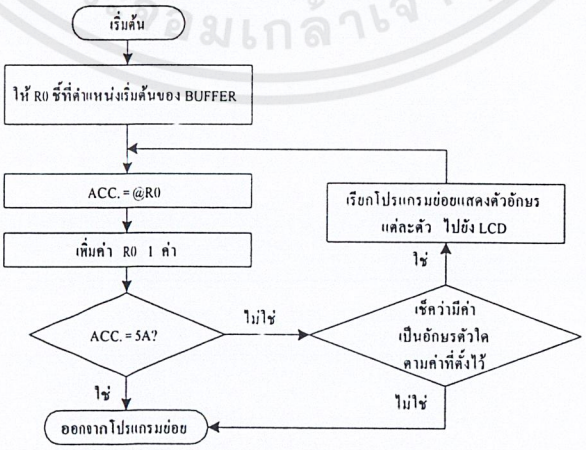
เป็นโปรแกรมย่อยทำหน้าที่ส่งคำสั่งไปยังโมดูลแอลซีดี ใช้การส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้บริการอินเตอร์รัปต์ จะหยุดส่งข้อมูลเมื่อค่าของข้อมูลมีค่าเท่ากับ 0FFH ขั้นตอนการทำงานแสดงให้เห็นดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยส่งคำสั่งไปยังแอลซีดี

3.7.6 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยแสดงข้อความที่รับจากภาคดีมอดูเลต

เป็นโปรแกรมย่อยทำหน้าที่แสดงข้อความที่รับข้อมูลมาจากภาคดีมอดูเลต ที่เก็บไว้ในตำแหน่ง BUFFER ใช้การส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้บริการอินเตอร์รัปต์ จะหยุดส่งข้อมูลเมื่อค่าของข้อมูลมีค่าเท่ากับ 05AH ขั้นตอนการทำงานแสดงให้เห็นดังรูปที่ 3.8

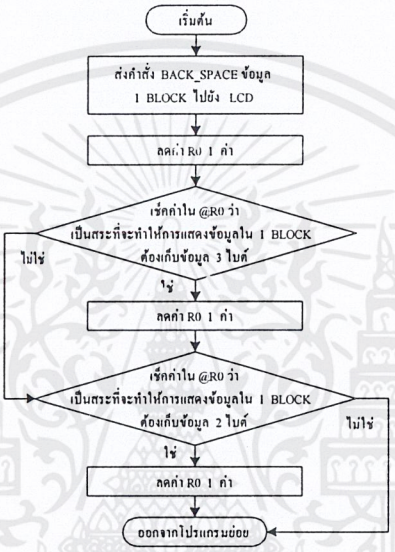


รูปที่ 3.8 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยแสดงข้อความที่รับจากภาคดีมอดูเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.7 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยลบข้อมูล 1 บล็อก

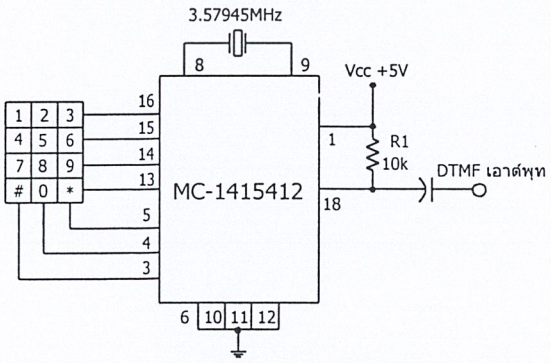
เป็นโปรแกรมย่อยทำหน้าที่ลบข้อมูล 1 บล็อก เนื่องการกดคีย์ Back Space 1 ครั้งใช้หลักการเขียนโปรแกรมโดยการลดตัวชี้ตำแหน่งข้อมูลลง 1 ค่า แต่ใน 1 บล็อก อาจใช้ตำแหน่งในการเก็บข้อมูลมากกว่า 1 ตำแหน่ง ซึ่งโอกาสที่ 1 บล็อก จะใช้ตำแหน่งในการเก็บข้อมูลมากสุด 3 ตำแหน่งเช่น คำว่า "ที่" ใช้ตำแหน่งในการเก็บข้อมูล 3 ตำแหน่ง คือ เก็บ "ท" 1 ตำแหน่ง, "ี" 1 ตำแหน่ง, "ˋ" 1 ตำแหน่ง และคำว่า "ดี" ใช้ตำแหน่งในการเก็บข้อมูล 2 ตำแหน่ง คือ เก็บ "ด" 1 ตำแหน่ง, "ี" 1 ตำแหน่ง ดังนั้นจำเป็นต้องมีการตรวจว่าการกดคีย์ Back Space 1 ครั้ง หลังจากลดตัวชี้ตำแหน่งข้อมูลลง 1 ค่า แล้วจะต้องทำการลดเพิ่มอีก 1 หรือ 2 ค่าหรือไม่ ขั้นตอนการทำงานแสดงให้เห็นดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยลบข้อมูล 1 บล็อก

3.8 วงจรโทรเรียกเลขหมายปลายทาง

วงจรโทรเรียกเลขหมายปลายทางใช้วงจรเข้ารหัสสัญญาณ DTMF จะมีหน้าที่สร้างสัญญาณ DTMF ที่ได้จากการกดคีย์หมายเลขโทรศัพท์ อุปกรณ์ที่สำคัญได้แก่ ไอซีเบอร์ MC-145412 ซึ่งเป็นตัวสร้างสัญญาณ DTMF เพื่อใช้ในการโทรเรียกติดต่อไปยังเลขหมายปลายทาง การต่อวงจรแสดงดังรูปที่ 3.10

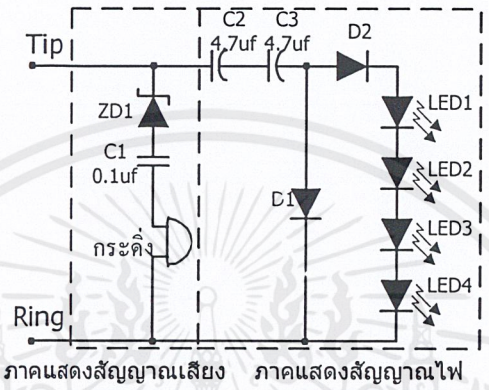


รูปที่ 3.10 วงจรโทรเรียกเลขหมายปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานของวงจร คือเมื่อเรากดคีย์โทรศัพท์ก็จะเป็นการทำให้วงจรกำเนิดสัญญาณ DTMF ครบวงจร ซึ่งค่าความถี่ DTMF จะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับว่าเรากดคีย์ในแถวและหลักใด ซึ่งแต่ละแถวจะเป็นความถี่ต่ำ คือ 697,770,852 และ 941 เฮิรตซ์ และแต่ละหลักจะเป็นความถี่สูงคือ 1209,1336 และ 1447 เฮิรตซ์

3.9 วงจรตรวจสอบสัญญาณกริ่งเรียก



รูปที่ 3.11 วงจรตรวจสอบสัญญาณกริ่งเรียก

จากรูปที่ 3.11 เป็นวงจรตรวจสอบสัญญาณกริ่งเรียก ซึ่งจะแสดงผลออกมาในรูปของเสียงจากกระดิ่งและแสงไฟจากไดโอดเปล่งแสง จากวงจรสามารถแยกวงจรออกเป็น 2 ภาค คือ ภาคแสดงสัญญาณไฟและภาคแสดงสัญญาณเสียง (ตามเส้นประ) ตามปกติสัญญาณคู่สายโทรศัพท์ จะมีแรงดันไฟกระแสตรงประมาณ 48 โวลต์ เมื่อมีการโทรศัพท์เข้ามาจะมีสัญญาณกระดิ่งที่เป็นคลื่นรูปไซน์เวฟมีขนาดประมาณ 100 โวลต์เข้ามายังเครื่องโทรศัพท์ ที่ภาคแสดงสัญญาณไฟและภาคแสดงสัญญาณเสียงซึ่งต่อร่วม กันในลักษณะขนาน ดังนั้นเมื่อมีสัญญาณกริ่งเรียกเข้ามาในคู่สายจึงทำให้ภาคแสดงสัญญาณไฟและภาคแสดงสัญญาณเสียงทำงานพร้อมกันตามจังหวะสัญญาณกริ่งเรียก

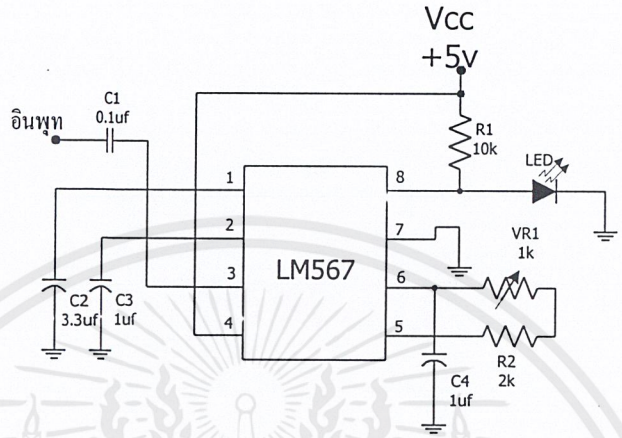
วงจรภาคแสดงสัญญาณไฟ ที่สายทิป มี C2 ต่ออนุกรมกับ C3 ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ไฟกระแสตรงไหลผ่านไปยัง LED1-LED4 เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งซึ่งเป็นรูปไซน์เวฟจึงสามารถผ่าน C2 และ C3 ได้ จากนั้น D2 ก็ทำการเร็คติไฟร์ได้เป็นไฟกระแสตรงผ่านไปยัง LED1-LED4 ที่ต่ออนุกรมกัน ทำให้ LED ทั้ง 4 กระพริบตามสัญญาณกระดิ่งที่ส่งมา ส่วน D1 ทำหน้าที่ตัดสัญญาณกระดิ่งช่วงลบไม่ให้ผ่านไปยัง D2

3.10 วงจรตรวจสอบสัญญาณสายไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับ

จากรูปที่ 3.12 วงจรตรวจสอบสัญญาณสายไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับ ใช้ไอซีเบอร์ LM567 ซึ่งเป็นไอซีที่ใช้ในการตรวจจับสัญญาณโทนต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานก็คือ เมื่อมีสัญญาณอินพุทเข้ามาที่ขา 3 มีความถี่ตรงกับช่วงความถี่โทนที่ออกแบบไว้ (ในที่นี้คือ 425 เฮิรตซ์ ซึ่งเป็นความถี่ของสัญญาณสายไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับ) ก็จะให้เอาต์พุท ที่ขา 8 ออกมาเป็น "0" และเมื่อสัญญาณอินพุทเป็นความถี่อื่นที่ไม่ตรงกับความถี่โทนที่ออกแบบไว้ก็จะให้เอาต์พุทออกมาเป็น "1"



รูปที่ 3.12 วงจรตรวจสอบสัญญาณสายไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับ

จากหลักการข้างต้นเนื่องจากสัญญาณสายไม่ว่างถูกส่งมาทุกๆ 0.5 วินาที ทำให้ได้สัญญาณเอาต์พุท เป็นรูปพัลซ์ไปขับไดโอดเปล่งแสงให้กระพริบ สลับกันด้วยความไวประมาณ 0.5 วินาทีต่อครั้ง และในทำนองเดียวกันเมื่อมีสัญญาณเรียกกลับเข้ามา ก็จะมีผลทำให้ไดโอดเปล่งแสงกระพริบ โดยติดประมาณ 1 วินาที แล้วดับ 4 วินาที

โดยที่ R2 และ C4 เป็นตัวกำหนดความถี่ศูนย์กลางของสัญญาณโทนที่ต้องการตรวจจับ ส่วน VR1 มีไว้เพื่อปรับความถี่ศูนย์กลาง ซึ่งสามารถหาได้จากสมการ

$$f_o = \frac{1}{1.1(R2.C4)}$$

ในการออกแบบต้องการให้ตรวจจับสัญญาณความถี่ 425 เฮิรตซ์ ซึ่งสามารถคำนวณหาค่า R2 และ C4 ได้ดังนี้

$$R2.C4 = \frac{1}{1.1(425)}$$

$$= 2.14\times10^{-3}$$

เลือกใช้ C4 = 1uf จะได้ R2 = 2.14 kΩ ค่าอุปกรณ์ที่ใช้งานจริงคือ C4 = 1 uf และ R2 = 2 kΩ แล้วใช้ VR1 ปรับค่าให้ได้ตามค่าที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.11 วงจรมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK

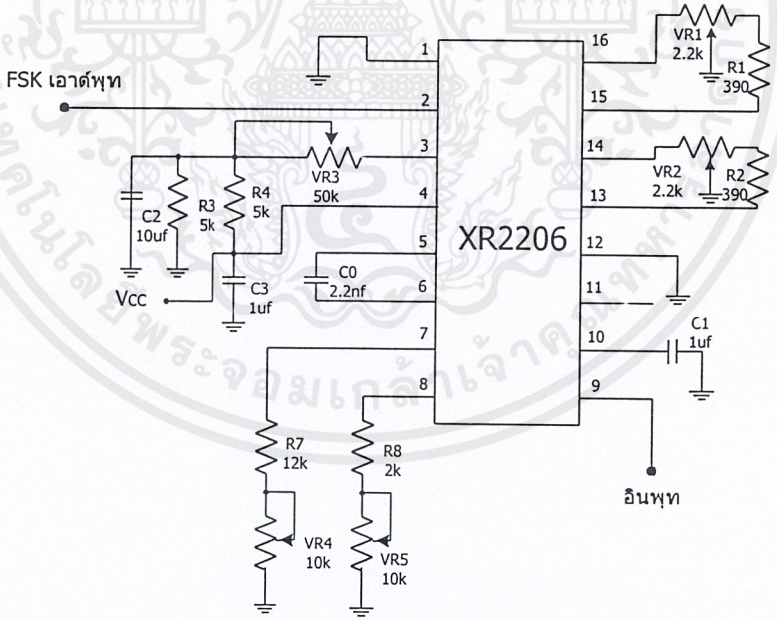
ใช้ไอซีเบอร์ XR 2206 ทำหน้าที่ในการมอดูเลตสัญญาณดิจิตอล ซึ่งสามารถใช้ได้กับสัญญาณอินพุทที่เป็น TTL หรือ CMOS ก็ได้ สามารถที่จะให้ค่ารูปคลื่นซายน์เอาต์พุทได้ประมาณ 3Vp-p และค่าความผิดเพี้ยนของสัญญาณที่เกิดขึ้นจะอยู่ระหว่าง 0.5% ถึง 2.5%

วงจรใช้งานแสดงดังรูป 3.13 โดยที่นำสัญญาณ TTL มาเข้าที่ขา 9 ของ XR 2206 ระดับศักดาไฟตรงของ FSK เอาต์พุทที่ขา 2 ประมาณเท่ากับศักดาไฟตรงที่ไบอัส เข้าที่ขา 3 ของ XR 2206 ซึ่งจะเท่ากับครึ่งหนึ่งของค่า Vcc เราสามารถปรับค่าศักดาไฟตรงที่เอาต์พุทได้โดยใช้ VR3 ในส่วนของ VR1 มีไว้เพื่อปรับความผิดเพี้ยนของสัญญาณให้มีการผิดเพี้ยนน้อยที่สุด และ VR2 มีไว้เพื่อปรับความสมมาตรของสัญญาณซายน์

ในส่วนของความถี่ f_s เมื่อลอจิกเป็น “0” และ f_m เมื่อลอจิกเป็น “1” สามารถที่จะกำหนดได้ดังสมการต่อไปนี้

$$f_m = \frac{1}{R_5 C_0} \qquad \ldots(3.1)$$

และ $$f_s = \frac{1}{R_4 C_0} \qquad \ldots(3.2)$$



รูปที่ 3.13 วงจรมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK

หรือเรียก f_m ว่า f_H และ f_s ว่า f_L ก็ได้ ในการออกแบบสร้างนั้น เนื่องจากใช้การติดต่อสื่อสารแบบกึ่งสองทาง จึงใช้ความถี่ตามมาตรฐานของเบล 202 ซึ่งใช้ความถี่ f_H = 2200 Hz และ f_L = 1200 Hz สามารถออกแบบเพื่อหาค่าต่างๆ ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>วงจรมอดูเลต</u> มอดูเลตที่ความถี่ $f_H = 2200\ \text{Hz}$, $f_L = 1200$ เลือกใช้ $C_0 = 22\ \text{nf}$

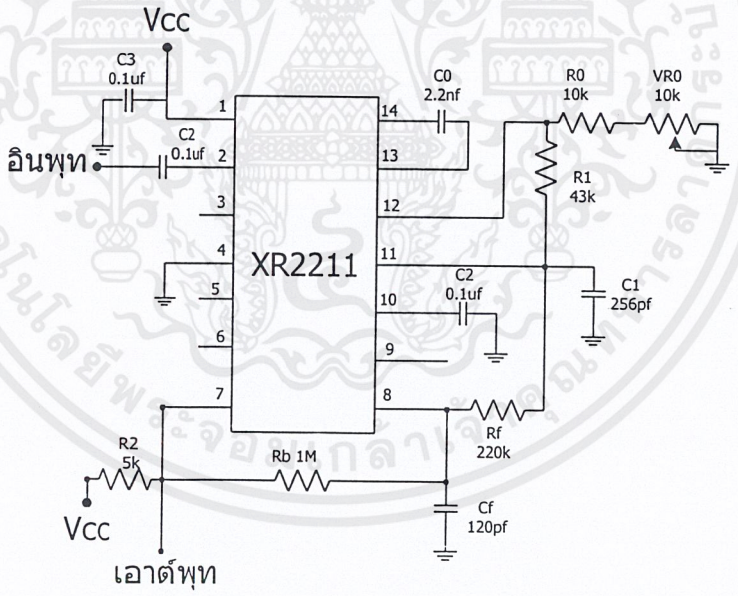
$$R7 = \frac{1}{f_H . C_0} = \frac{1}{(2200)(22\text{x}10^{-9})} = 20.66\ \text{k}\Omega$$

$$R8 = \frac{1}{f_L . C_0} = \frac{1}{(1200)(22\text{x}10^{-9})} = 37.88\ \text{k}\Omega$$

3.12 วงจรดีมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK

วงจรดีมอดูเลตแบบ FSK จะใช้ไอซีเบอร์ XR 2211 เป็นตัวดีมอดูเลตสัญญาณ ซึ่งสามารถทำงานในช่วงกว้างของไฟเลี้ยง 4.5 โวลท์ ถึง 20 โวลท์ และมีช่วงความถี่กว้างอยู่ในช่วง 0.01 เฮิรตซ์ ถึง 300 เฮิรตซ์ สามารถใช้สัญญาณอนาล็อกได้ในช่วง 2 มิลลิโวล์ ถึง 3 โวลท์ วงจรใช้งานแสดงดังรูปที่ 3.14

หน้าที่การทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ก็มีดังนี้ R0 และ C0 จะเป็นตัวกำหนดความถี่ศูนย์กลาง (f_0) ของเฟสล็อคลูป, R1 เป็นตัวกำหนดแถบความถี่ของระบบ, C1 จะกำหนดค่าเวลาคงตัวในวงจรกรองของวงรอบ, CF และ RF เป็นตัวกรองข้อมูลสำหรับเอาต์พุทของสัญญาณ FSK, Rb ทำหน้าที่ป้อนกลับแบบบวกสำหรับตัวเปรียบเทียบแรงดันของสัญญาณ FSK เพื่อทำให้เกิดความรวดเร็วในการเปลี่ยนสถานะของลอจิก



รูปที่ 3.14 วงจรดีมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK

ในการออกแบบสร้างนั้น ได้ออกแบบวงจรดีมอดูเลตที่ความถี่ $f_H = 2200$ เฮิรตซ์ , $f_L = 1200$ เฮิรตซ์ สูตรที่ใช้ในการออกแบบคำนวณมีดังนี้

$$f_0 = \frac{f_H - f_L}{2} \qquad \ldots(3.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f_0 = \frac{1}{R0.C0} \qquad \ldots(3.4)$$

$$f_H - f_L = \frac{R0.f_0}{R1} \qquad \ldots(3.5)$$

จากสมการสามารถออกแบบเพื่อหาค่าต่างๆ ได้ดังนี้

<u>วงจรดีมอดูเลต</u> ดีมอดูเลตที่ความถี่ f_H = 2200 Hz, f_L = 1200 Hz และใช้ C0 = 27 nf

$$f_0 = \frac{f_H + f_L}{2} = \frac{2200+1200}{2} = 1700 \text{ Hz}$$

$$R0 = \frac{1}{f_0 C0} = \frac{1}{(1700)(27\times10^{-9})} = 21.786 \text{ k}\Omega$$

$$R1 = \frac{R0 \cdot f_0}{f_H - f_L} = \frac{(21.786\times10^{3})(1700)}{2200-1200} = 37.036 \text{ k}\Omega$$

เลือกใช้ค่าความต้านทานที่ใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้ แล้วใช้ความต้านทานปรับค่าได้มาต่ออนุกรม เพื่อปรับค่าให้ได้ตามค่าที่ได้ออกแบบไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 คำนำ

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองการวัดสัญญาณต่าง ๆ ของคีย์บอร์ด โดยใช้คีย์บอร์ด 2 ตัว มาทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบความถี่ของสัญญาณนาฬิกา ทดสอบการทำงานทั้งหมดของโปรแกรม การทดลองวัดสัญญาณเอาต์พุทของวงจรตรวจสอบสัญญาณกริ่งเรียก สัญญาณสายไม่ว่าง สัญญาณเรียกกลับ ลักษณะการแสดงผลการทำงานของวงจรสัญญาณกริ่งเรียก สัญญาณที่ได้จากวงจรมอดูเลตและดีมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK

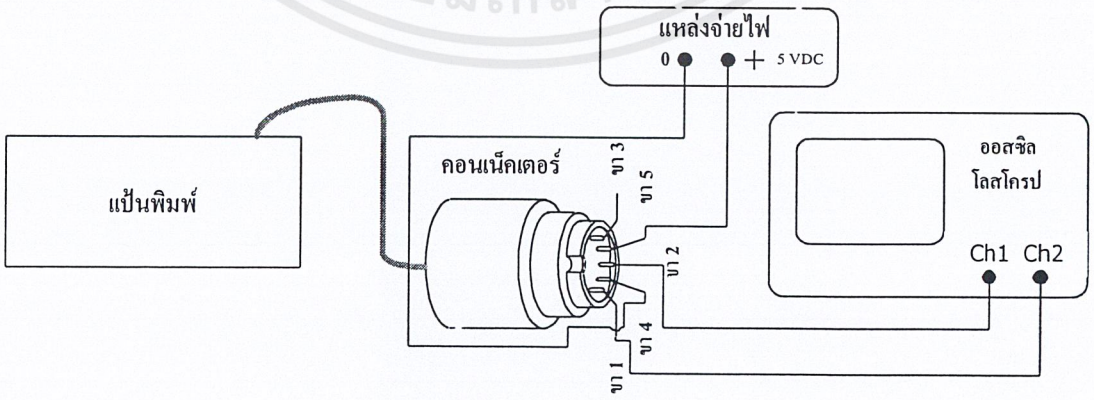
4.2 การทดลองวัดค่ารหัสของคีย์และความถี่สัญญาณนาฬิกาของคีย์บอร์ด

การทดลองในส่วนนี้จะทำการวัดความถี่สัญญาณนาฬิกาเพื่อตรวจสอบว่ามีค่าความถี่จริงเท่าใด เพื่อนำไช้ประโยชน์การเขียนโปรแกรม และก็เพื่อเปรียบค่าของรหัสคีย์มีค่าตรงกับทฤษฎีหรือไม่โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.2.1 การจัดเตรียมอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลอง

เริ่มด้วยการใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดัน 5 โวลต์ จ่ายไฟบวก 5 โวลต์ที่ขาไฟเลี้ยง(ขา 5 คอนเน็คเตอร์คีย์บอร์ด) และกราวน์ที่ขา 4 ของคอนเน็คเตอร์คีย์บอร์ด ที่การวัดสัญญาณจะวัดสัญญาณโดยใช้ออสซิโลสโคป ช่องที่ 1 (Ch1) วัดขาสัญญาณข้อมูล (ขา 2ของคอนเน็คเตอร์คีย์บอร์ด) และช่องที่ 2 (Ch2) วัดขาสัญญาณนาฬิกา (ขา 1 ของคอนเน็คเตอร์คีย์บอร์ด) ตำแหน่งของคอนเน็คเตอร์คีย์บอร์ดดูรูปที่ 2.6 ในบทที่ 2

การวัดสัญญาณข้อมูลจะทำให้เราทราบค่าของรหัสคีย์ของคีย์บอร์ดแต่ละคีย์ที่เรากด การวัดสัญญาณนาฬิกาจะทำให้เราทราบค่าอัตราการส่งข้อมูล โดยตำแหน่งที่การวัดแสดงให้เห็นดังรูปที่ 4.1

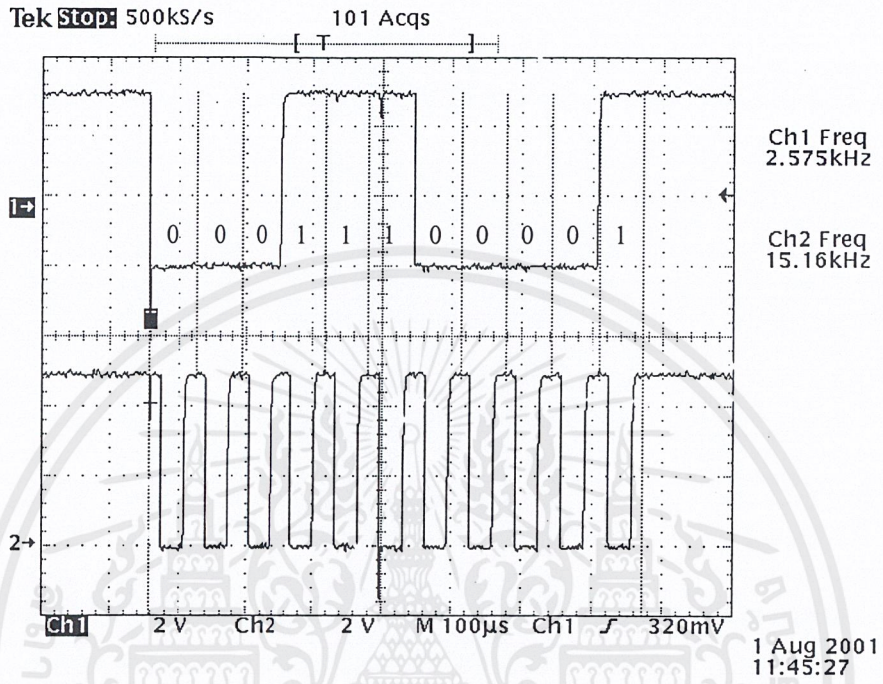


รูปที่ 4.1 อุปกรณ์ที่ใช้และตำแหน่งที่ต้องการวัดในการทดลอง

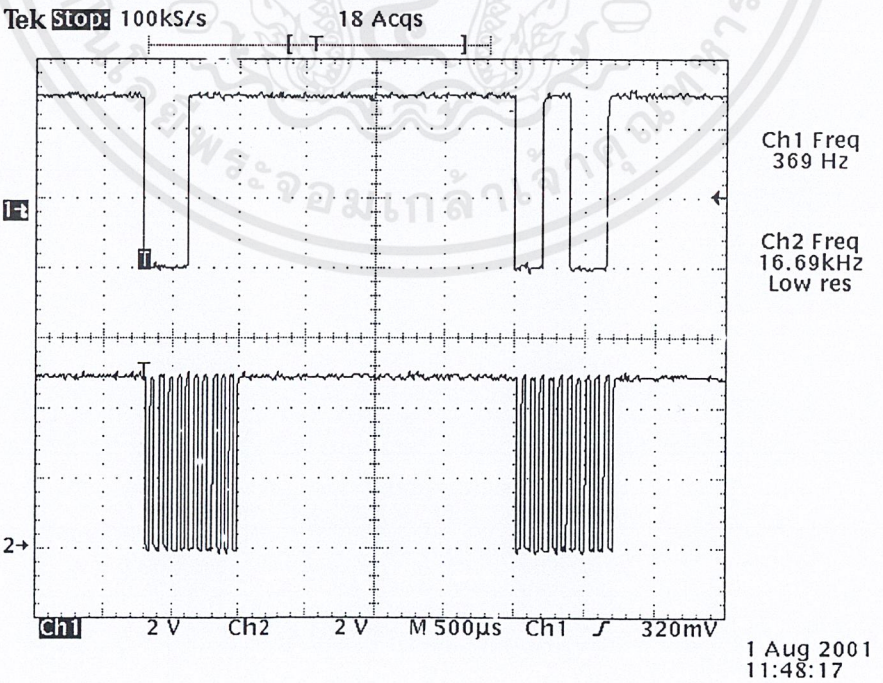
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ทำการวัดสัญญาณคีย์บอร์ด

การทดลองนี้ได้ใช้คีย์บอร์ด 2 ตัว ซึ่งเป็นคีย์บอร์ดคนละยี่ห้อกันมาทำการทดลอง ผลของสัญญาณที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.2 รูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4

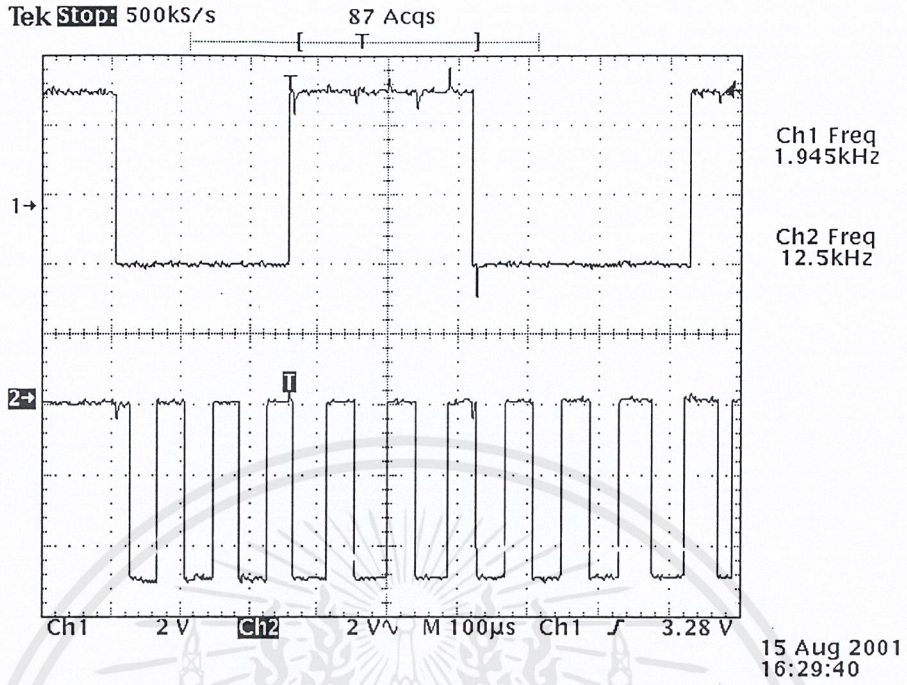


รูปที่ 4.2 สัญญาณเอาต์พุทของการกดคีย์ A ของคีย์บอร์ดตัวที่ 1 (ยี่ห้อ Certified)



รูปที่ 4.3 สัญญาณเอาต์พุทของการปล่อยคีย์ A ของคีย์บอร์ดตัวที่ 1 (ยี่ห้อ Certified)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 สัญญาณเอาต์พุทของการกดคีย์ A ของคีย์บอร์ดตัวที่ 2 (ยี่ห้อ STONY)

จากรูปที่ 4.2 เป็นสัญญาณเอาต์พุทของการกดคีย์ของคีย์บอร์ดตัวที่ 1 สัญญาณข้อมูลที่ได้(Ch1) มี 11 บิต คือ 0 0011 1000 01B ตัดบิตเริ่มต้น บิตพาริตี้ และบิตหยุดออก แล้วทำการเรียงข้อมูลใหม่ เพราะค่าที่ได้บิตทางด้านซ้ายเป็นบิตนัยสำคัญต่ำสุด(จากทฤษฎีของคีย์บอร์ด) ค่าที่ได้คือ 0001 1100B ซึ่งเท่ามีค่า 1CH ตรงกับค่ารหัสของคีย์ตำแหน่งที่ 31 ในตารางที่ 2.1 และสัญญาณนาฬิกา(Ch2)ที่มีความถี่ประมาณ 15.16 กิโลเฮิรตซ์ สัญญาณนาฬิกาถูกปล่อยออกมาช้ากว่าสัญญาณเข้ามูลเล็กน้อย

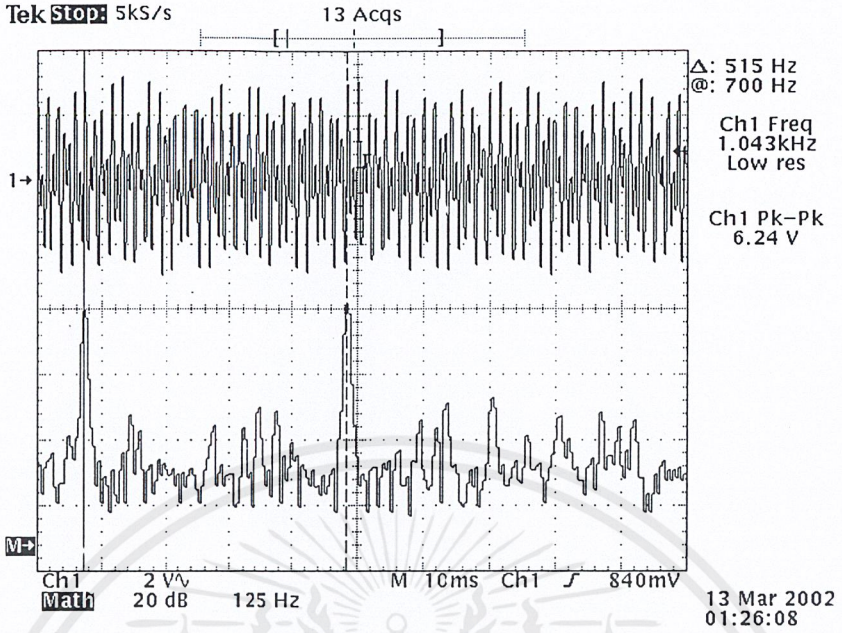
จากรูปที่ 4.3 สัญญาณเอาต์พุทของการปล่อยคีย์ จะมีสัญญาณสองชุด สัญญาณการปล่อยคีย์ชุดที่ 1 มีค่าเป็น 0 0000 1111 11B = 1111 0000B = 0F0H สัญญาณการปล่อยคีย์ชุดที่ 2 จะมีค่าเท่ากับสัญญาณการกดคีย์ คือ 1CH

รูปที่ 4.4 เป็นสัญญาณเอาต์พุทของการกดคีย์ของคีย์บอร์ดตัวที่ 2 ค่าของสัญญาณข้อมูลเหมือนกันแต่ต่างกันที่ความถี่ของสัญญาณนาฬิกามีค่าประมาณ 12.5 กิโลเฮิตรซ์ ทำให้ทราบว่าคีย์บอร์แต่ละตัวซึ่งผลิตคนละรุ่นหรือต่างยี่ห้อกันมักอาจจะมีความถี่สัญญาณนาฬิกาไม่เท่ากัน

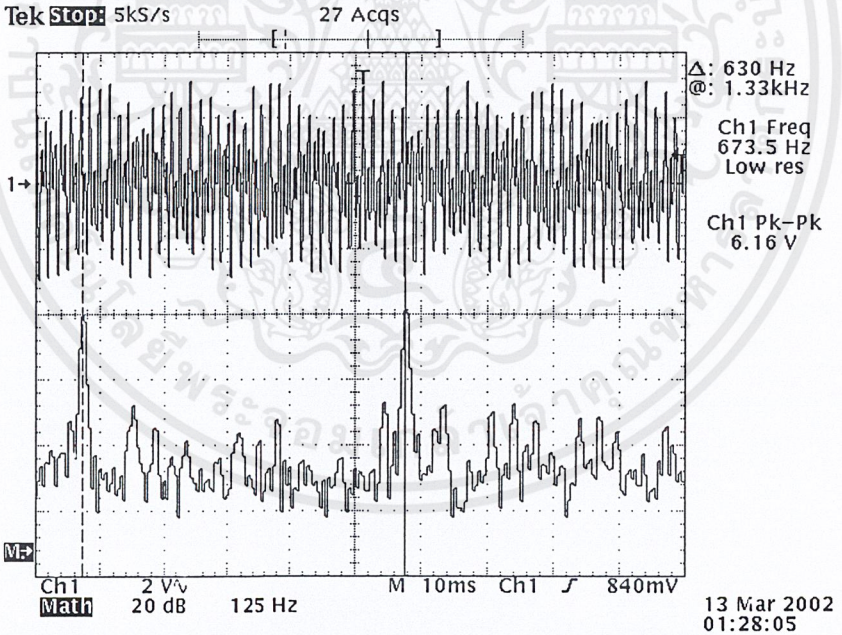
4.3 การทดลองวงจรโทรเรียกเลขหมายปลายทาง

จากวงจรในรูปที่ 3.10 เมื่อกดคีย์หมายเลข 1 วงจรจะให้กำเนิดสัญญาณความถี่ขึ้นมาสองความถี่ ซึ่งได้แก่ความถี่ 697 เฮิรตซ์ และ 1209 เฮิรตซ์ เพื่อส่งไปยังชุมสายปลายทาง รูปสัญญาณที่วัดได้แสดงให้เห็นดังรูปที่ 4.5 และจากรูปที่ 4.5 ช่องสัญญาณที่ 1 แสดงสัญญาณ DTMF ที่วงจรกำเนิดสัญญาณผลิตออกมาขณะกดคีย์หมายเลข 1 ส่วนช่องสัญญาณที่ 2 แสดงสเปคตรัมของสัญญาณในช่องสัญญาณที่ 1 ซึ่งจะเห็นว่าความหนาแน่นของกำลังงานส่วนใหญ่ของสัญญาณจะอยู่ที่ความถี่ 697 เฮิรตซ์ และ 1209 เฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 สัญญาณ DTMF จากการกดคีย์หมายเลข 1



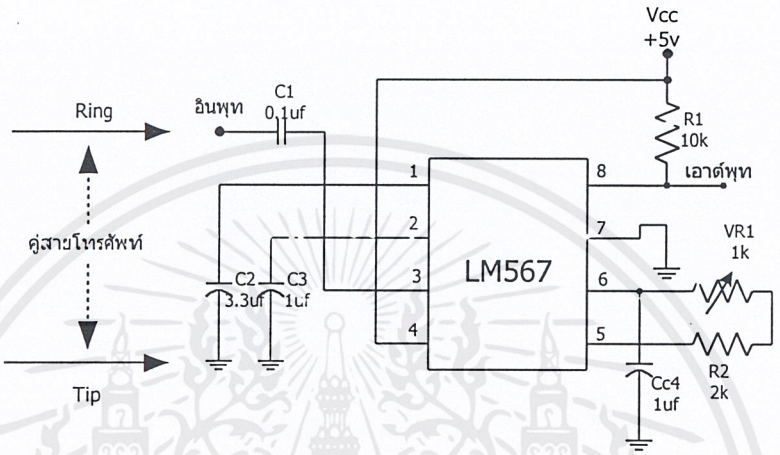
รูปที่ 4.6 สัญญาณ DTMF จากการกดคีย์หมายเลข 2

จากรูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณ DTMF และสเปคตรัมของสัญญาณจากการกดคีย์หมายเลข 2 จะเห็นว่าความหนาแน่นของกำลังงานส่วนใหญ่ของสัญญาณจะอยู่ที่ความถี่ 697 เฮิรตซ์ และ 1336 เฮิรตซ์ ซึ่งเป็นความถี่ของสัญญาณ DTMF จากการกดคีย์หมายเลข 2 ในทำนองเดียวกันถ้าเรากดคีย์หมายเลขอื่น สัญญาณ DTMF ที่ได้ ก็จะแตกต่างกันออกไปตามหมายเลขที่กด

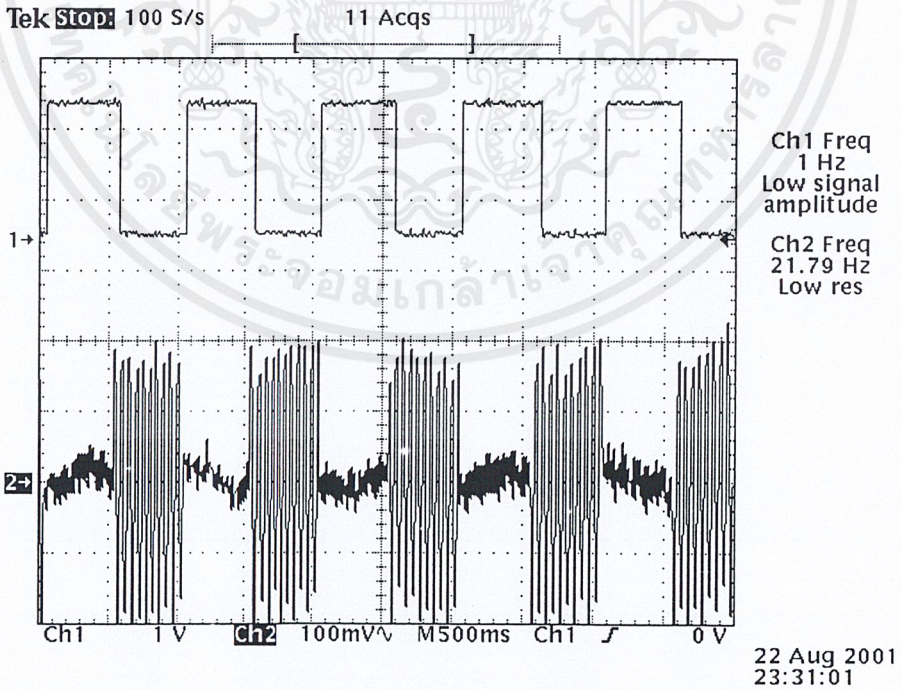
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองวงจรตรวจสอบสัญญาณสายไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับ

จากรูปที่ 4.7 เมื่อมีสัญญาณสายไม่ว่างเข้ามาที่อินพุท (Ch2) ทำให้วัดสัญญาณที่เอาต์พุท (Ch1)ได้เป็นรูปพัลซ์ ดังรูปที่ 4.8 กล่าวคือเมื่อมีสัญญาณสายไม่ว่างเข้ามาจะได้เอาต์พุทเป็น สัญญาณแรงดันต่ำ และเมื่อไม่มีสัญญาณสายไม่ว่างก็จะได้เอาต์พุทเป็นแรงดันไฟสูง และเมื่อนำสัญญาณเอาต์พุทจุดนี้ไปผ่านอินเวอร์เตอร์แล้วส่งไปขับไดโอดเปล่งแสง จะทำให้ไดโอดเปล่งแสงติดประมาณ 0.5 วินาที ดับ 0.5 วินาที

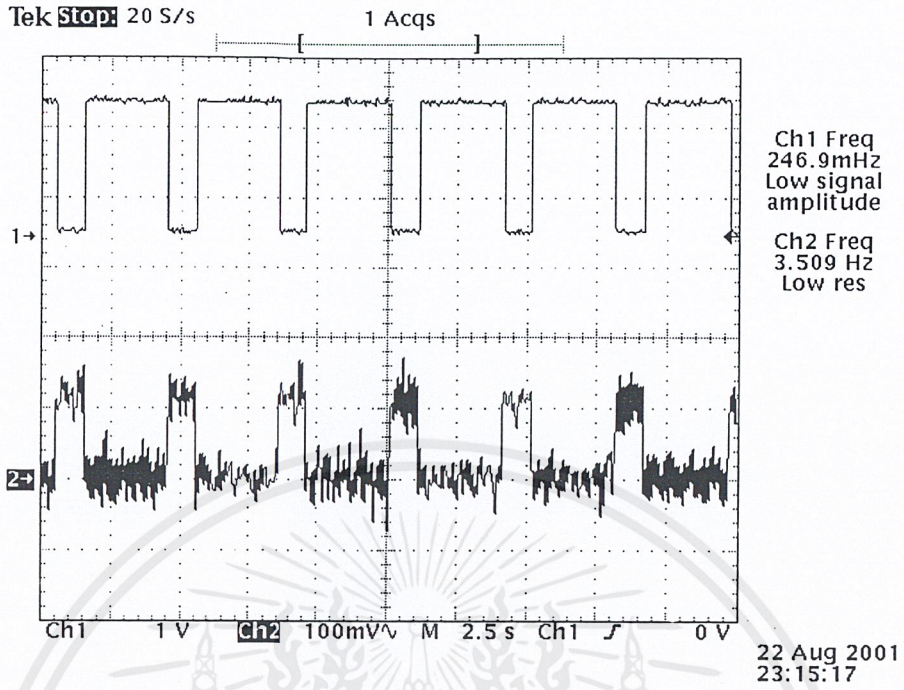


รูปที่ 4.7 วงจรตรวจสอบสัญญาณสายไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับที่ใช้ทดลอง



รูปที่ 4.8 สัญญาณเอาต์พุทที่ได้จากวงจรตามรูปที่ 4.7 เมื่อมีสัญญาณสายไม่ว่างเข้ามา

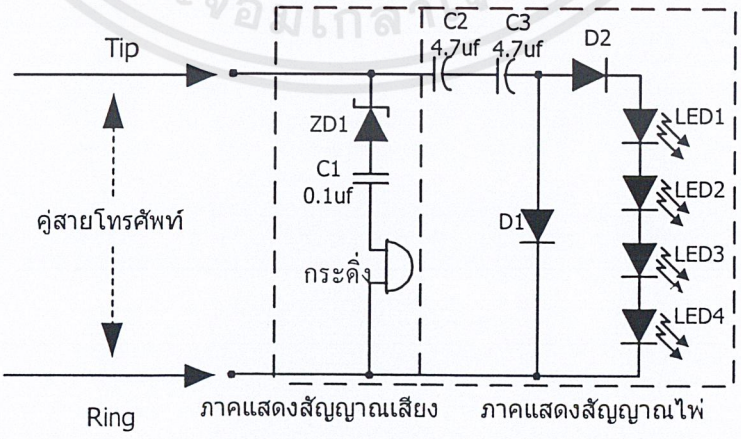
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 สัญญาณเอาต์พุทที่ได้จากวงจรตามรูปที่ 4.7 เมื่อมีสัญญาณเรียกกลับเข้ามา

จากรูปที่ 4.7 เมื่อมีสัญญาณเรียกกลับเข้ามาที่อินพุท (Ch2) ทำให้วัดสัญญาณที่เอาต์พุท (Ch1)ได้เป็นรูปพัลซ์ดังรูปที่ 4.9 กล่าวคือเมื่อมีสัญญาณเรียกกลับเข้ามาจะได้เอาต์พุทเป็น สัญญาณแรงดันต่ำ และเมื่อไม่มีสัญญาณสายไม่ว่างก็จะได้เอาต์พุทเป็นแรงดันไฟสูง และเมื่อนำสัญญาณเอาต์พุทจุดนี้ไปขับไดโอดเปล่งแสง จะทำให้ไดโอดเปล่งแสงติดประมาณ 4 วินาที ดับ 1 วินาที

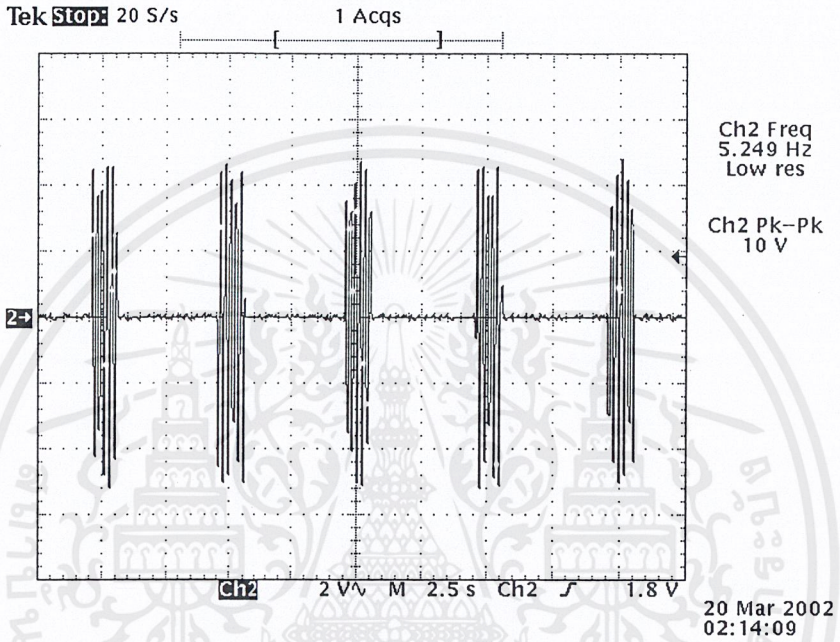
4.5 การทดลองวงจรตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียก



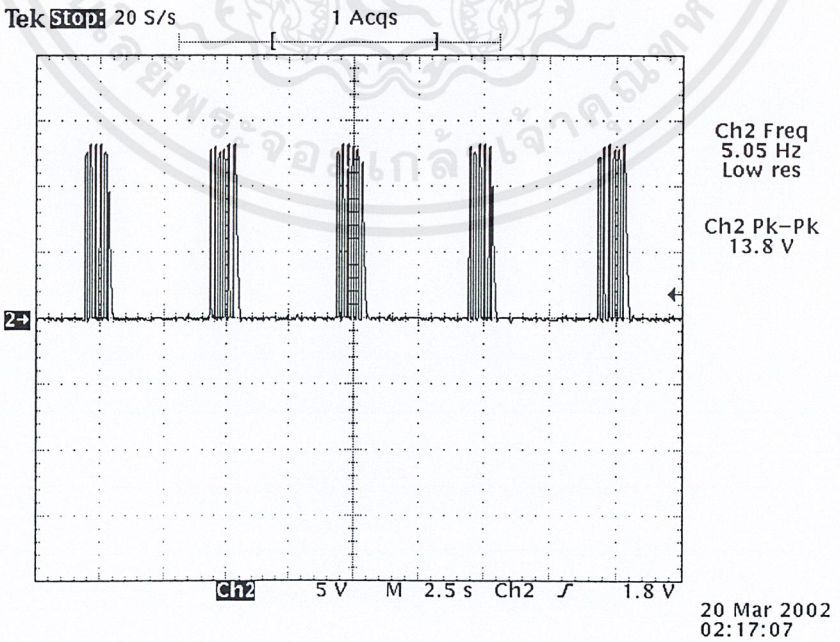
รูปที่ 4.10 วงจรตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียกที่ใช้ทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองเมื่อมีสัญญาณกริ่งเรียกเข้ามาทำให้วงจรตรวจจับแสดงผลออกมาโดยไดโอดจะกระพริบเปล่งแสงออกมาตามสัญญาณกริ่งเรียกคือติด 1 วินาที ดับ 4 วินาที และสัญญาณอีกส่วนหนึ่งจะผ่านวงจรกำเนิดเสียงทำให้กระดิ่งมีเสียงดังประมาณ 1 วินาที หยุด 4 วินาที โดยลักษณะสัญญาณเอาต์พุทที่ได้จากกระดิ่งแสดงดังรูปที่ 4.11 ซึ่งเป็นสัญญาณกระแสสลับมีแรงดันประมาณ 100 โวลต์ (ใช้สายโพรบสัญญาณ ที่ X10) และสัญญาณเอาต์พุทที่ได้จากไดโอดเปล่งแสงแสดงดังรูปที่ 4.12 ซึ่งลักษณะสัญญาณจะเป็นสัญญาณกระแสตรงแรงดันประมาณ 13.8 โวลต์



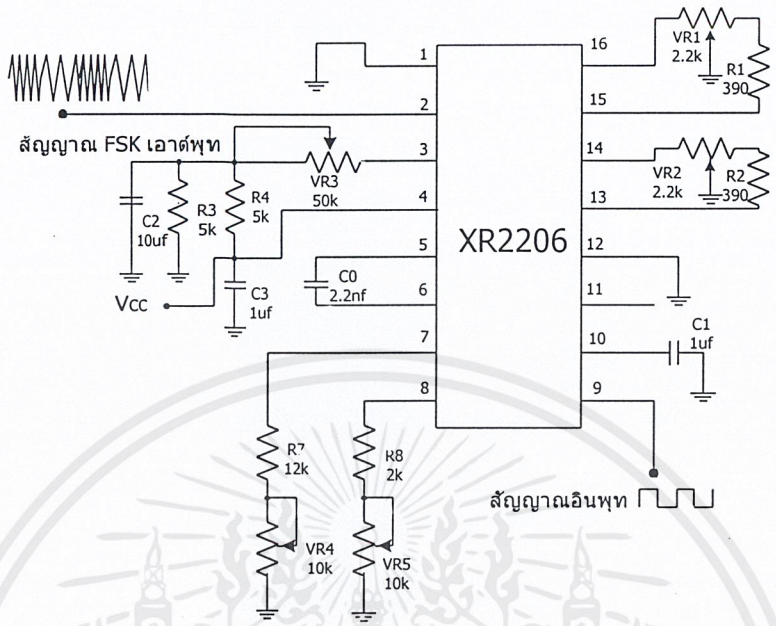
รูปที่ 4.11 สัญญาณเอาต์พุทที่ได้จากกระดิ่ง



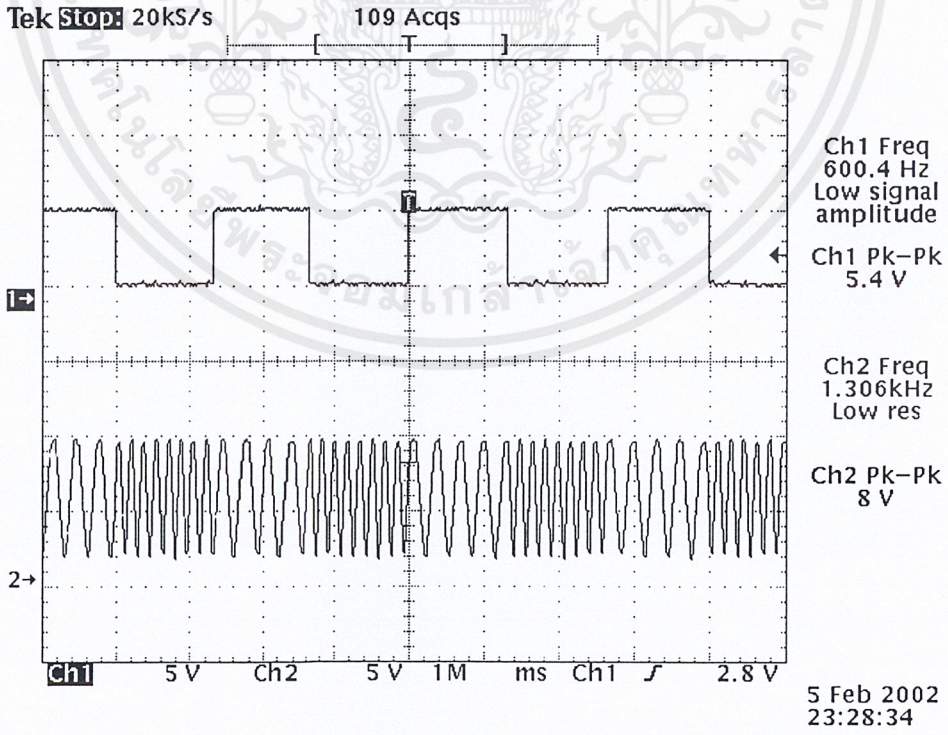
รูปที่ 4.12 สัญญาณเอาต์พุทที่ได้จากไดโอดเปล่งแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การทดลองการทำงานวงจรมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK



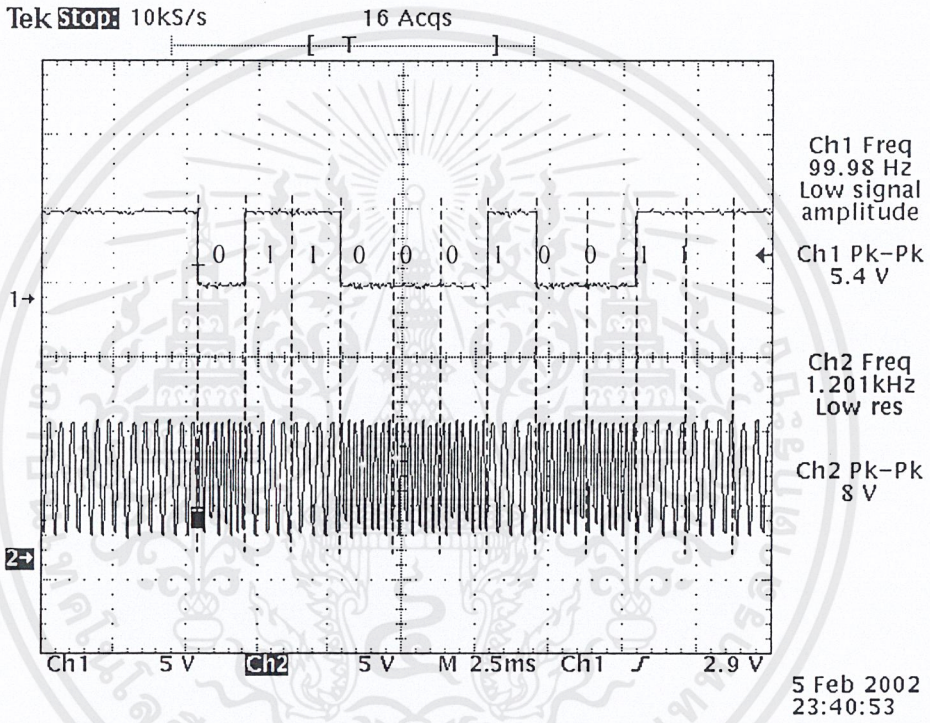
รูปที่ 4.13 วงจรมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK ที่ใช้ทดลอง



รูปที่ 4.14 ผลการมอดูเลตสัญญาณของวงจรมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.13 เมื่อป้อนสัญญาณข้อมูลดิจิตอลเข้าที่ขา 9 ของไอซี XR2206 ก็จะได้สัญญาณเอาต์พุทเป็นสัญญาณ FSK ดังแสดงในรูปที่ 4.14 ช่องสัญญาณที่ 1 คือ สัญญาณอินพุทที่เป็นข้อมูลดิจิตอล ส่วนช่องสัญญาณที่ 2 คือ สัญญาณเอาต์พุทจากการมอดูเลตแบบ FSK โดยที่เมื่อสัญญาณอินพุทเป็น "0" สัญญาณเอาต์พุทที่ได้จะเป็นสัญญาณรูปซายน์ความถี่สูง และเมื่อสัญญาณอินพุทเป็น "1" สัญญาณเอาต์พุทที่ได้จะเป็นสัญญาณรูปซายน์ความถี่ต่ำโดยเราสามารถปรับวามถี่สูงและความถี่ต่ำได้ที่ VR4 และ VR5 ตามลำดับ ส่วน VR1 ใช้สำหรับปรับความผิดเพี้ยนของสัญญาณเอาต์พุท และ VR2 ใช้สำหรับปรับความสมมาตรของสัญญาณ

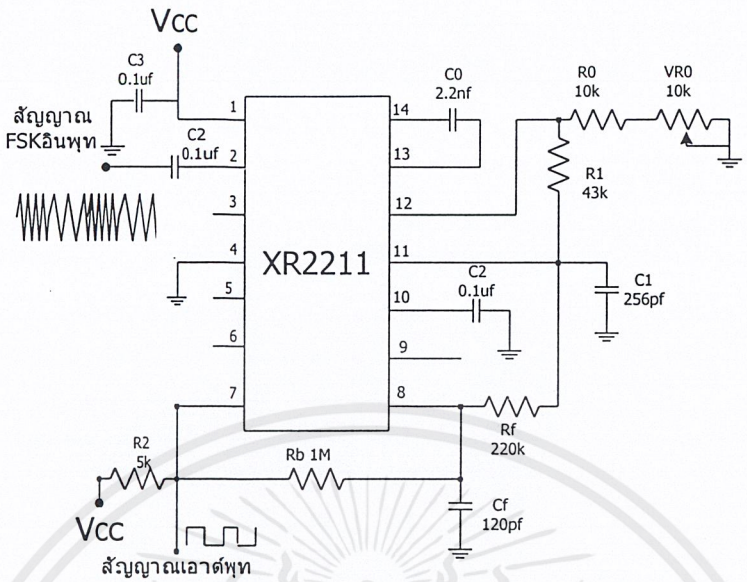


รูปที่ 4.15 ผลการมอดูเลตตัวอักษร C ของวงจรมอดูเลตสัญญาณ FSK

จากรูปที่ 4.15 เป็นการผลการทดลองมอดูเลตสัญญาณตัวอักษร C ซึ่งช่องสัญญาณที่ 1 เป็นสัญญาณที่ใช้ในการป้อนเป็นอินพุท 11 บิต คือ 0 1100 0100 11 ตัดบิตเริ่มต้น บิตพาริตี้ และบิตหยุดออกแล้วทำการเรียงข้อมูลใหม่ เพราะค่าที่ได้บิตทางด้านซ้ายเป็นบิตนัยสำคัญต่ำสุด ค่าที่ได้คือ 0010 0011B ซึ่งเท่ามีค่า 23H ซึ่งเป็นค่าที่กำหนดไว้ในการมอดูเลตตัวอักษร C ตามตารางที่ 3.1 ส่วนช่องสัญญาณที่ 2 เป็นผลการมอดูเลตจากวงจรมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK เราจะเห็นได้ว่าค่าสัญญาณเอาต์พุทที่ได้จะเป็นสัญญาณรูปซายน์ความถี่ต่ำตามช่วงเวลาที่อินพุทมีสถานะลอจิก 1 และเป็นสัญญาณรูปซายน์ความถี่สูงตามช่วงเวลาที่อินพุทมีสถานะลอจิกเป็น 0

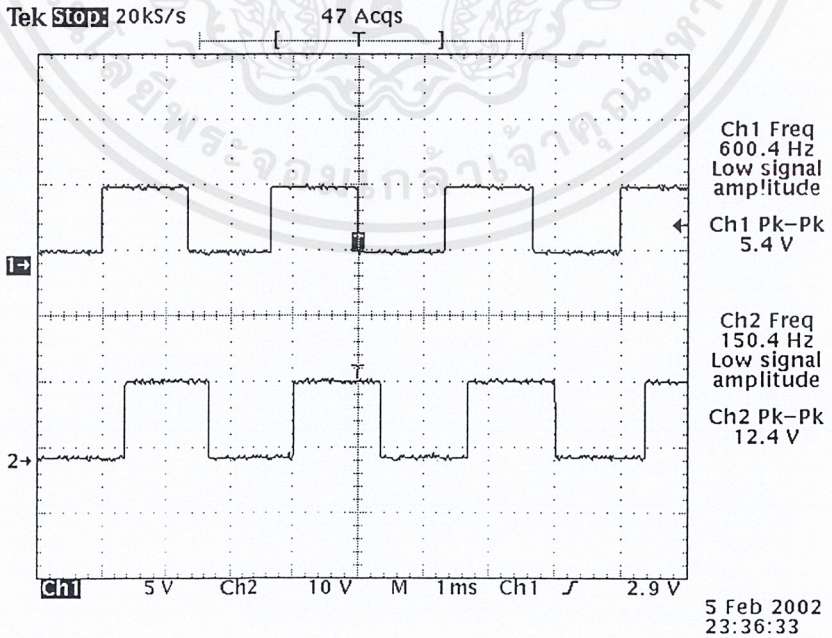
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 การทดลองวงจรดีมอดูเลตแบบ FSK



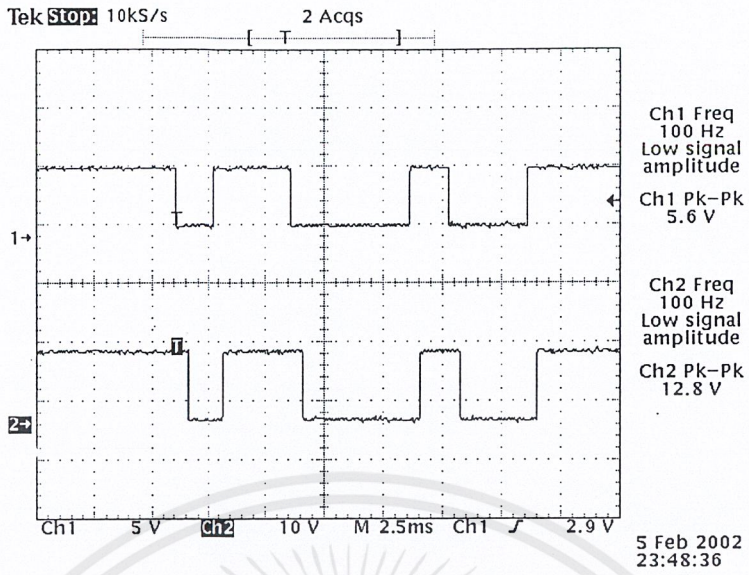
รูปที่ 4.16 วงจรดีมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK ที่ใช้ทดลอง

จากรูปที่ 4.16 เมื่อนำสัญญาณ FSK ป้อนเข้าที่อินพุทของวงจร จะได้สัญญาณเอาต์พุท เป็นสัญญาณดิจิตอลกลับมาดังเดิม เพื่อให้ได้สัญญาณที่มีค่าดิวตี้ไซเคิล 50 เปอร์เซ็น จะต้องปรับจูนความถี่กลางของวงจร VCO ที่ VR0 สัญญาณที่วัดได้จากวงจร แสดงดังรูปที่ 4.17 ช่องสัญญาณที่ 1 คือ สัญญาณต้นกำเนิด ส่วนช่องสัญญาณที่ 2 เป็นสัญญาณดิจิตอลที่ได้จากการดีมอดูเลต ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าสัญญาณเอาต์พุทที่ได้จะมีรดับความมมแรงของสัญญาณประมาณ 12 โวลต์ และเกิดการหน่วงเวลา



รูปที่ 4.17 สัญญาณต้นกำเนิดกับสัญญาณที่ได้จากการดีมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

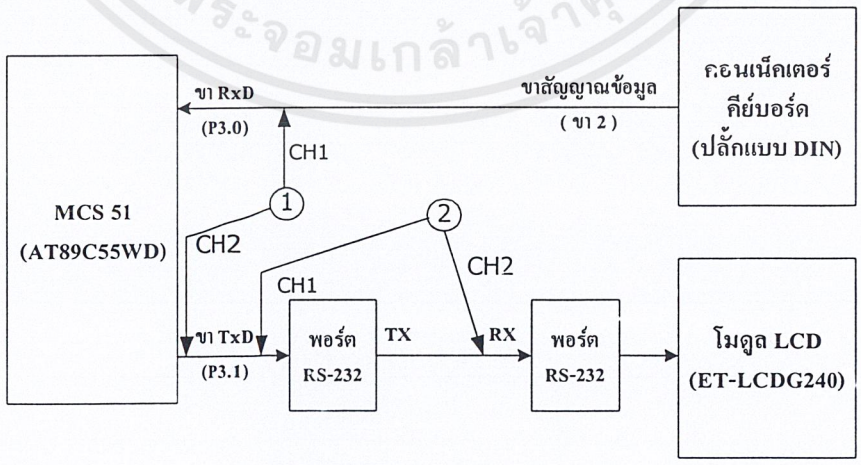


รูปที่ 4.18 ผลการดีมอดูเลตตัวอักษร C ของวงจรดีมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK

ในรูปที่ 4.18 เป็นสัญญาณที่ได้จากการดีมอดูเลตสัญญาณตัวอักษร C ซึ่งในช่องสัญญาณที่ 1 เป็นสัญญาณต้นกำเนิด ส่วนช่องสัญญาณที่ 2 เป็นสัญญาณที่ได้จากการดีมอดูเลต คาบเวลาการเป็นสภาวะลอจิก 1 และ 0 จะเท่ากับสัญญาณต้นกำเนิดจะมากน้อยเท่าใดจะขึ้นอยู่กับการปรับความถี่กลางที่ใช้ในการตรวจสอบเฟสของสัญญาณอินพุทที่รับเข้ามา

4.8 การทดลองการทำงานโปรแกรมรวม

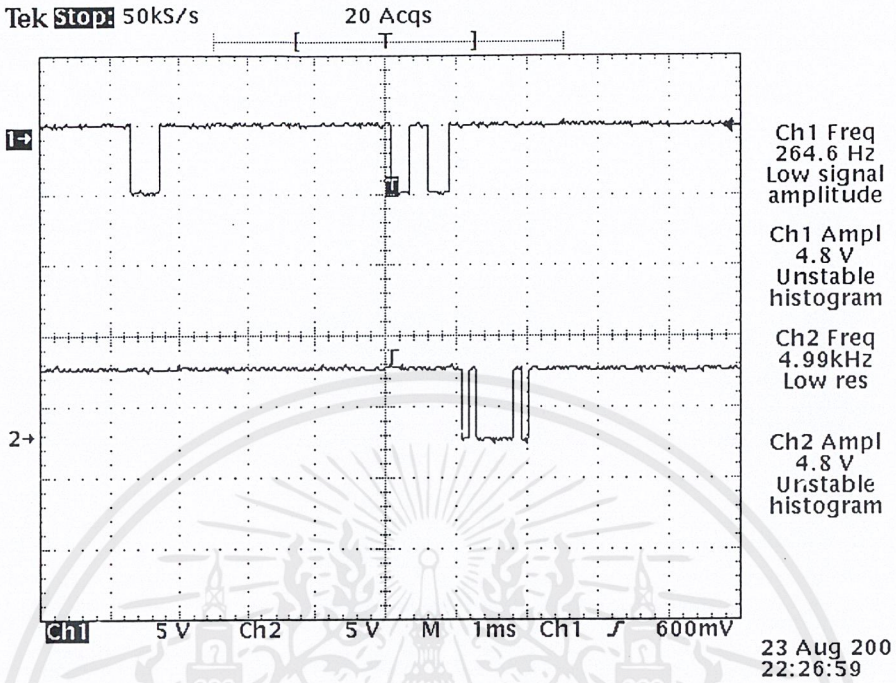
การทดลองนี้ใช้คีย์บอร์ดยี่ห้อ STONY เริ่มการทดลองโดยเชื่อมต่อโมดูลแอลซีดี คีย์บอร์ด และบอร์ดไมโครคอรโทรลเลอร์เข้าด้วยกันตามที่ออกแบบไว้ในหัวข้อที่ 3.4 ในบทที่ 3 โปรมแกรมที่ใช้ทำการทดลองได้แสดงรายละเอียดทั้งหมดไว้ที่ ภาคผนวก ก. แล้ว แสดงการเชื่อมต่อและจุดที่ทำการวัดสัญญาณดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 การเชื่อมต่อโมดูลแอลซีดี คีย์บอร์ด และบอร์ดไมโครคอรโทรลเลอร์เข้าด้วยกัน พร้อมทั้งตำแหน่งที่ทำการวัดสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8.1 การทดลองวัดสัญญาณที่ตำแหน่ง 1



รูปที่ 4.20 สัญญาณการคีย์ A ที่ขา RxD ของ MCS-51 เทียบกับที่ขา TxD ของ MCS-51

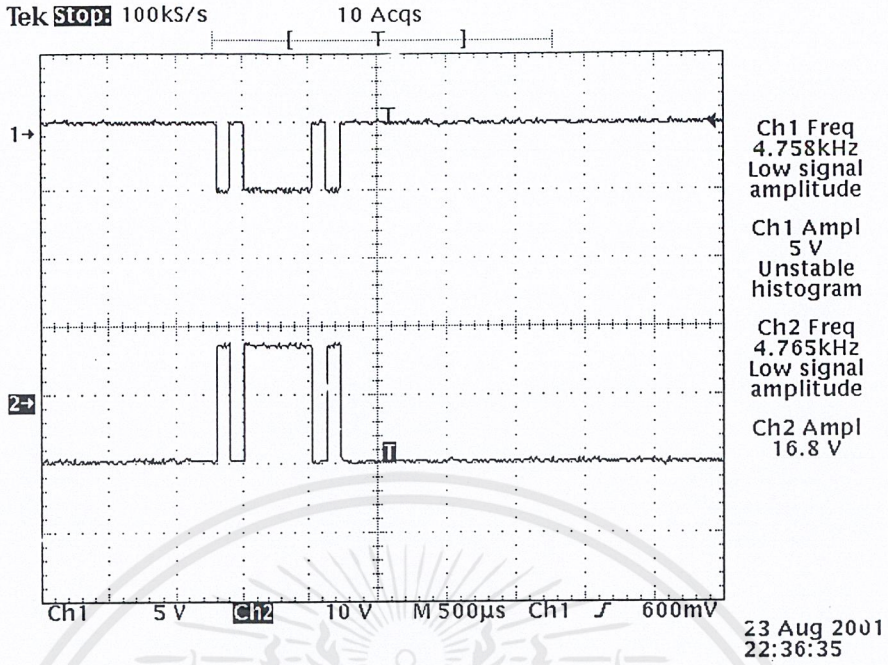
การทดลองนี้ต้องการให้แสดงตัวอักษร A ที่จอแอลซีดี สัญญาณที่ได้จากรูปที่ 4.19 แสดงให้เห็นว่า เมื่อเรากดคีย์บอร์ดที่ต้องการให้แสดงค่าที่จอแอลซีดี เป็นตัวอักษร A โดยการกดคีย์เลือกภาษาอังกฤษ กดปุ่มชิฟต์คีย์แล้วกดคีย์ปุ่ม A ตาม สัญญาณเอาต์พุท(Ch1) ที่วัดได้เป็นสัญญาณของการปล่อยคีย์ ของสัญญาณค่ารหัสของคีย์ ของคีย์ตำแหน่งที่ 31 (ปุ่ม A) ซึ่งมีค่าเท่ากับ F0H 1CH เมื่อกระทำการกดคีย์ตามที่ได้กล่าวไปแล้วนั้น โปรแกรมก็จะตรวจสอบได้ว่าต้องการส่งตัวอักษร A ก็จะทำการส่งคำสั่งให้แอลซีดีแสดงตัวอักษร A ด้วยค่า 65 เลขฐานสิบตามตาราง 2.5 (ตารางรหัสแอสกี) แต่ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้เลขฐานสิบหกในการส่งข้อมูลดัง นั้นสัญญาณเอาต์พุท (Ch2) จึงมีค่าเป็น 41H (65D =41H)

4.8.2 การทดลองวัดสัญญาณที่ตำแหน่ง 2

เป็นการวัดเพื่อดูการทำงานของไอซี L232CPE เป็นตัวเปลี่ยนระดับแรงดันทีทีแอลเป็นระดับแรงดันมาตรฐาน RS232 (±3 โวลต์ ถึง ±12 โวลต์) ผลการวัดแสดงให้เห็นดังรูปที่ 4.20

จากรูปที่ 4.20 จะเห็นว่าระดับสัญญาณเปลี่ยนจาก 0 ถึง 5 โวลต์ ไปเป็นระดับสัญญาณประมาณในช่วงบวก 9 โวลต์ ถึง ลบ 9 โวลต์ จากสัญญาณทั้งสองช่องของออสซิลโลสโคป จะเห็นว่าค่าแรงดันของสัญญาณจะมีค่าตรงข้ามกัน แต่ค่าที่อ่านได้เท่ากันคือ 41H เพราะว่ามาตรฐาน RS232 จะแทนลอจิก “0” ด้วยแรงดันค่าเป็นบวก และแทนลอจิก “1” ด้วยแรงดันค่าลบ

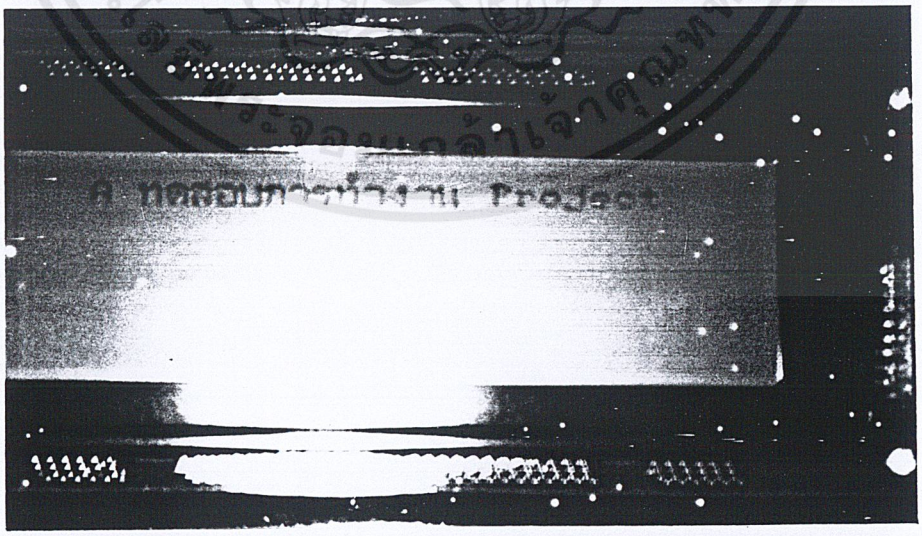
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 สัญญาณที่ส่งไปควบคุมให้จอแอลซีดีแสดงเป็นตัวอักษร A ที่ขา TxD ของ MCS-51 เทียบกับที่ขา TX ,RX ของไอซี L232CPE

4.8.3 การทดลองกดคีย์ Enter ของคีย์บอร์ด

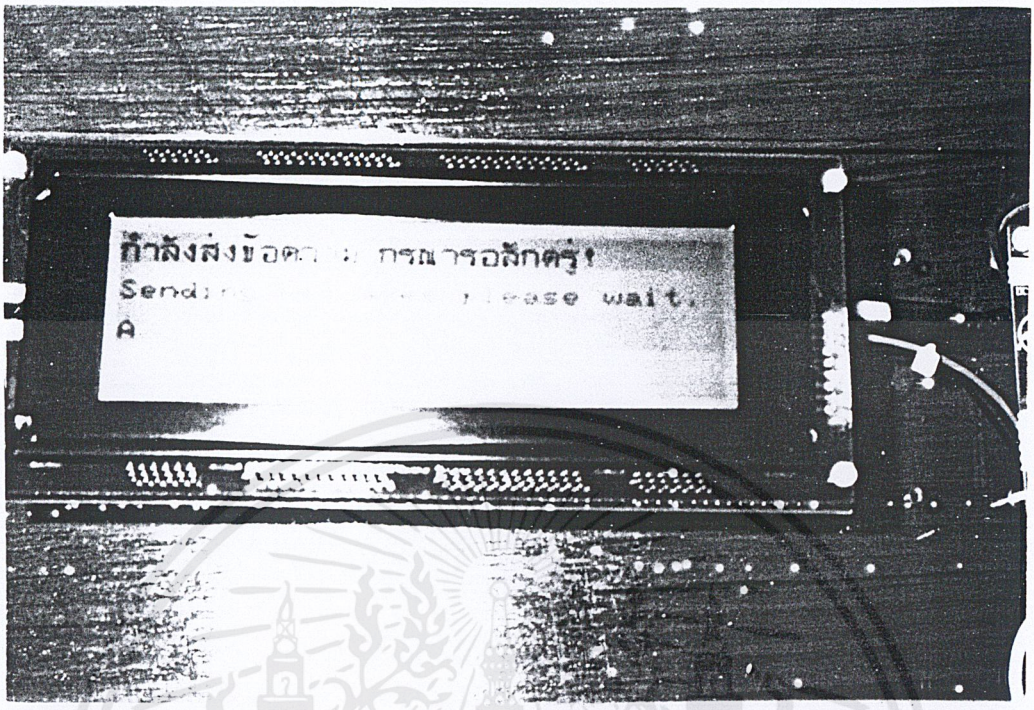
การทดลองนี้ในครั้งแรกผู้ถูกเรียกจะเป็นผู้ได้พิมพ์ข้อความในการสนทนาก่อน ส่วนผู้เรียกจะต้องรอการตอบข้อความความจากผู้ถูกเรียกก่อน หลังจากผู้ถูกรียกได้พิมพ์ตัวอักษร A แล้ว ได้ทำการพิมพ์ข้อความต่อ อีกว่า "ทดสอบการทำงาน Project" หลังจากนั้นก็กดคีย์ Enter ผลการแสดงข้อความแสดงให้ดูดังรูปที่ 4.22



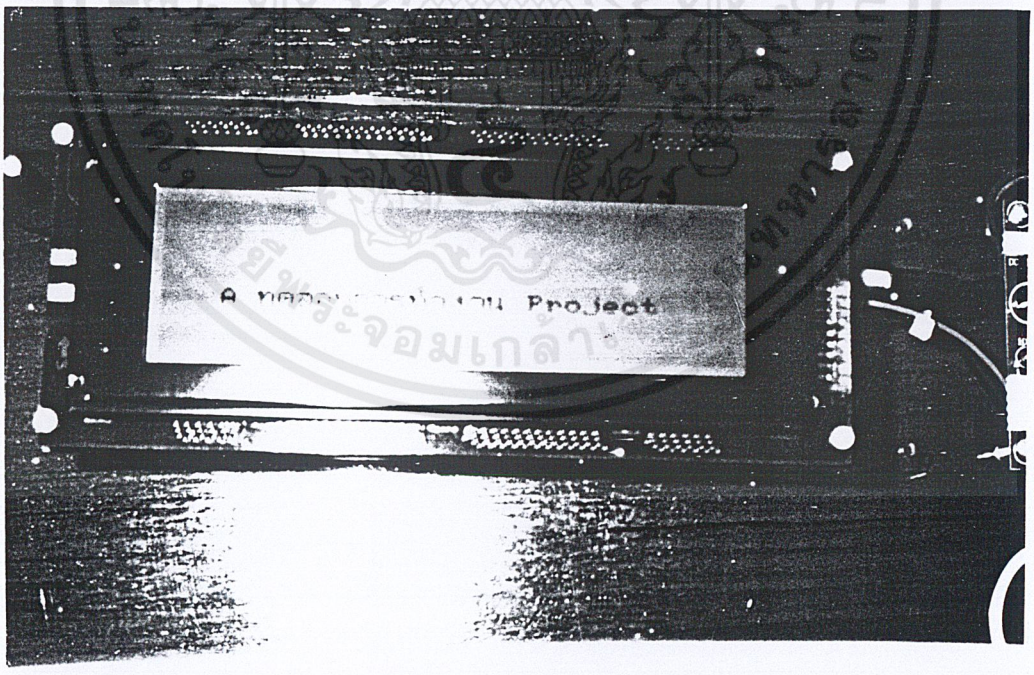
ก. ก่อนกดคีย์ Enter แสดงข้อความที่ป้อนจากคีย์บอร์ดของผู้ถูกเรียก

รูปที่ 4.22 ขั้นตอนการแสดงผลของจอโปรแกรมรวมโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข. หลังกดคีย์ Enter แสดงข้อความของโปรแกรมในฝั่งผู้ถูกเรียก



ค. ฝั่งผู้เรียกแสดงข้อความที่รับได้จากผู้ถูกเรียก

รูปที่ 4.22 (ต่อ) ขั้นตอนการแสดงผลของโปรแกรมรวมโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.22 จะเห็นว่าการทำงานได้เป็นไปตามโฟลว์ชาร์ตโปรแกรมที่ได้เขียนไว้ในหัวข้อที่ 3.7 คือฝั่งผู้ถูกเรียกรับข้อความมาแสดงในบรรทัดที่ 1 และ 2 ของจอแอลซีดี เมื่อกดคีย์ Enter ก็จะลบข้อความในบรรทัดที่ 1 และ 2 แสดงข้อความในบรรทัดที่ 1 ว่า “กำลังส่งข้อความกรุณารอสักครู่!” และจากนั้นก็จะแสดงข้อความ “กำลังรอรับข้อความกรุณารอสักครู่!” จากนั้นที่ฝั่งผู้เรียกที่แสดงข้อความ “กำลังรอรับข้อความกรุณารอสักครู่!” เมื่อได้รับข้อความจากฝั่งผู้ถูกเรียกแล้วก็จะลบข้อความในบรรทัดที่ 1 และ 2 และแสดงข้อความที่รับมาจากผู้ถูกเรียกในบรรทัดที่ 3 และ 4 และก็จะเลื่อนเคอร์เซอร์ไปที่บรรทัดที่ 1 ในหลักที่ 1 เพื่อให้ผู้เรียกได้พิมพ์ข้อความตอบกลับไปยังผู้ถูกเรียกต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และบทสรุป

โครงสร้างทั้งหมดของโครงงาน

โครงสร้างทั้งหมดของโครงงานประกอบด้วย ภาคต่าง ๆ ดังนี้

1. ภาคอินพุท โดยใช้คีย์บอร์ด
2. ภาคประมวลผล การรับส่งข้อความ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
3. ภาคแสดงผล โดยใช้จอแอลซีดี
4. ภาคตรวจสอบสัญญาณกริ่งเรียก สัญญาณเรียกกลับ และสัญญาณสายไม่ว่าง ของระบบโทรศัพท์
5. ภาคโทรเรียกเลขหมายปลายทางแบบกดปุ่มโดยใช้ไอซีกำเนิดสัญญาณ DTMF
6. ภาคมอดูเลตชั่นและดีมอดูเลตชั่น โดยใช้การมอดูเลตและดีมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK

ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

จากการศึกษาและทดลอง ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขในการปฏิบัติงานมีดังต่อไปนี้

1. จากการทดลองวัดสัญญาณคีย์บอร์ดพบว่าคีย์บอร์ดแต่ละตัวอาจมีความถี่สัญญาณนาฬิกาไม่เท่ากันได้ เพราะว่าคีย์บอร์ดได้ออกแบบไว้ใช้การสื่อสารแบบซิงโครนัส ดังนั้นในการใช้คีย์บอร์ดตัวใหม่ที่มีความถี่สัญญาณนาฬิกาไม่เท่าเดิมทำให้โปรแกรมที่ใช้ไม่สามารถรับข้อมูลจากคีย์บอร์ดได้ หากต้องการที่จะใช้คีย์บอร์ดตัวอื่นที่มีความถี่สัญญาณนาฬิกาไม่เท่าเดิม ต้องแก้ไขโดยเปลี่ยนค่าบอดเรตที่ต้องกำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ใหม่ ในส่วนของโปรแกรมที่ใช้รับข้อมูลจากคีย์บอร์ดให้มีค่าเท่ากับหรือใกล้เคียงกับความถี่สัญญาณนาฬิกาของคีย์บอร์ดตัวที่ต้องการ

2. โปรแกรมที่ใช้ทำงานในการรับคีย์บอร์ดตอนแรกที่ออกแบบ ถ้าต้องกดคีย์ชิฟต์ค้างไว้เพื่อต้องการค่าตัวอักษรตัวบนจะทำงานไม่เสถียรภาพ จึงทำการเปลี่ยนโฟลว์ชาร์ตการรับคีย์ชิฟต์ใหม่เป็นการกดคีย์แล้วปล่อย แล้วตามด้วยการกดคีย์ตัวอักษรตัวบนที่ต้องการจะทำงานได้เสถียรภาพ

3. ในการทดลองวงจรตรวจสอบสัญญาณสายไม่ว่าง สัญญาณเรียกกลับ วงจรมอดูเลต และวงจรดีมอดูเลตสัญญาณ ที่ต้องมีการปรับตัวต้านทานปรับค่าได้ ในครั้งแรกใช้ตัวต้านทานปรับค่าแบบหยาบทำให้ไม่สามารถปรับเพื่อให้ได้สัญญาณตามต้องการได้ จึงทดลองเปลี่ยนมาใช้ตัวต้านทานปรับค่าแบบละเอียดจึงสามารถปรับให้ได้สัญญาณตามต้องการ

4. การทดลองในส่วนของภาคมอดูเลตและดีมอดูเลต ในตอนแรกได้ออกแบบวงจรมอดูเลตและดีมอดูเลต โดยใช้มาตรฐานความถี่ของโมเด็ม 103 คือ ด้านต้นทางกับด้านปลายทางจะใช้คนละความถี่ในการติดต่อสื่อสารกัน (ต้นทางใช้ความถี่ 1070 เฮิรตซ์ และ 1270 เฮิรตซ์ ส่วนปลายทางใช้ความถี่ 2025 เฮิรตซ์ และ 2225 เฮิรตซ์) ผลการทดลองปรากฏว่าในส่วนของวงจรดีมอดูเลตนั้นทำงานผิดพลาด อันเนื่องมาจากเกิดการรบกวนกันของความถี่ระหว่างต้นทางกับปลายทาง จึงเปลี่ยนการออกแบบใหม่เป็นการมอดูเลตและดีมอดูเลตโดยใช้มาตรฐานความถี่ของเบล 202 คือด้านรับกับด้านส่งจะใช้ความถี่เดียวกันในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งสัญญาณ (ใช้ความถี่ 1070 เฮิรตซ์ และ 1270 เฮิรตซ์) เพียงแต่ส่งกันคนละเวลา ผลจากการทดลองวงจรสามารถทำงานได้ดี

5. เมื่อทำการเชื่อมต่อระบบทั้งหมดเข้าด้วยกัน และทำการทดลองรับส่งข้อความผ่านภาคมอดูเลตและดีมอดูเลตระหว่างเครื่องต้นแบบทั้งสอง โดยยังไม่ผ่านชุมสายโทรศัพท์ ปรากฏว่าในระยะแรกสามารถรับส่งข้อความได้ค่อนข้างดี มีความผิดเพี้ยนน้อยมาก แต่เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 3 – 4 นาที การรับส่งข้อความก็เริ่มผิดเพี้ยนมาก จนในที่สุดก็ไม่สามารถสื่อสารกันได้ แต่หลังจากปิดเครื่องระยะหนึ่งแล้วทำการทดลองใหม่ ผลการทดลองก็ยังเป็นไปในลักษณะเดิมตามที่กล่าวมาข้างต้น สำหรับสาเหตุของข้อนี้สันนิษฐานว่าวงจรภาคมอดูเลตและดีมอดูเลตทำงานไม่เสถียรภาพ

แนวทางในการพัฒนาต่อ

เพื่อที่จะให้สำเร็จผลตามวัตถุประสงค์ของโครงงานนี้อย่างสมบูรณ์ ควรใช้อุปกรณ์สำเร็จรูปมาประยุกต์ใช้งานในภาคมอดูเลตและภาคดีมอดูเลต เพราะจะมีประสิทธิภาพในการทำงานดีกว่าการสร้างภาคดังกล่าวด้วยตนเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก.
ซอร์ดโค๊ดโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซอร์ดโค๊ดโปรแกรมอุปกรณ์การสื่อสารเพื่อผู้พิการด้านการรับรู้ทางเสียง

```
;*********************************************************************
; Program               : The Project Commmunicate Equipment
;                       : for  Deformed Person in Voice Acknowledge
; Filename              : Project.asm
; Assembler             : RAD51
;*********************************************************************
RX_OK           BIT   F0    ; Define bit to keep received already
                            ; F0 = 1
;---------------------------------------------------------------------
; Define User Register
;---------------------------------------------------------------------

MODEM           EQU   02CH              ; For check modem or not
END_RX          EQU   02DH              ; For Check key Enter
RX_DATA         EQU   02EH              ; For keep RX Data
TX_DATA         EQU   02FH              ; For keep TX Data
BUFFER          EQU   030H              ; Buffer

;---------------------------------------------------------------------
;                       Main Program.
;---------------------------------------------------------------------
                ORG   0000H             ; Reset Vector
                AJMP  MAIN              ; Jump to Main

                ORG   0023H             ; TI+RI Vector
                AJMP  SER_INT           ; Goto Serial interrupt
                                        ; subroutine
MAIN:           MOV   TMOD,#021H        ; T1 8Bit Auto, T0 16Bit
                MOV   TH1,#0FBH         ; 9600 bps Timer1 Default
                MOV   TL1,#0FBH         ;
                MOV   PCON,#00H         ; SMOD 0
                MOV   IE,#10010000B     ; En. EA, ES
                SETB  TR1               ; Start Timer1

                MOV   SCON,#040H        ; Mode1 RX Disable
                CLR   RX_OK             ; Clear RX_OK flag

                SETB  P1.0              ; Not Modem ***************
                CLR   P1.1
                ACALL DELAY_100ms

                MOV   DPTR,#CLEAR_SCREEN; Set Pointer Serial TX
                ACALL TX_TEXT           ; TX LCD command
                ACALL DELAY_100ms       ; Delay time
                MOV   DPTR,#WELCOME_TO  ; Set Pointer Serial TX
                ACALL TX_TEXT           ; TX LCD command
                ACALL DELAY_SHOW
                MOV   DPTR,#CLEAR_SCREEN; Set Pointer Serial TX
                ACALL TX_TEXT           ; TX LCD command
                ACALL DELAY_100ms       ; Delay time
                MOV   DPTR,#PROJECT_OWNER; Set Pointer Serial TX
                ACALL TX_TEXT           ; TX LCD command
                ACALL DELAY_SHOW
                MOV   DPTR,#CLEAR_SCREEN; Set Pointer Serial TX
                ACALL TX_TEXT           ; TX LCD command
                ACALL DELAY_100ms           ; Delay time
                MOV   DPTR,#CURSER_ON   ; Set Pointer Serial TX
                ACALL TX_TEXT           ; TX LCD command
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;-------------------------------------------------------------------
; Define Language  IF R1=0 is Thai Language, R1=1 is English Language
;-------------------------------------------------------------------
                MOV   R1,#00H           ; Begining Thai Language
;-------------------------------------------------------------------
; Check Make code or Break code IF R2=0 is Make code
; R2=1 is Break code
;-------------------------------------------------------------------
                MOV   R2,#00H           ; No Make code
;-------------------------------------------------------------------
; Check Break code1(F0) or Break code2 IF R3=0 is Break code1
; R=1 is Break code2
;-------------------------------------------------------------------
                MOV   R3,#00H           ; No Break code
;-------------------------------------------------------------------
; Check press key Shift?IF R4=0 is not press key Shift
; R4=1 is press key Shift
;-------------------------------------------------------------------
                MOV   R4,#00H           ; Not Press key shift
;-------------------------------------------------------------------
; Check press key caps Lock?IF R5=0 is not press caps Lock
; R5=1 is press
;-------------------------------------------------------------------
                MOV   R5,#00H           ; Not Press Caps Lock
;-------------------------------------------------------------------
; Check press key Enter?IF END_RX=0 is not press Enter
; END_RX=1 is press Enter
;-------------------------------------------------------------------
                MOV   END_RX,#00H       ; Not Press Enter
;-------------------------------------------------------------------
; Check Modem?IF MODEM=0 is not MODEM,MODEM=1 is MODEM
;-------------------------------------------------------------------
                MOV   MODEM,#00H        ; Not Modem
;-------------------------------------------------------------------
; Wait Revice in MODE 3 RX Enable    16000 bps Timer1 Default
;-------------------------------------------------------------------
                MOV   R0,#BUFFER  ; Clear BUFFER to start pointer
                MOV   @R0,#5AH          ; Protect enter eror
                JB    P1.2,YOU_RECEIVER
START_LOOP1:    MOV   R0,#BUFFER  ; Clear BUFFER to start pointer
START_LOOP2:    ACALL INTI_RX     ; Change to RX Enable 16000 bps
LOOP1:          JNB   RX_OK,$     ; Wait message received
                                  ; Jmp when RX_OK = 0
                ACALL INTI_TX     ; Change to RX Disable 9600 bps
                CJNE  R0,#6CH,SEND_END  ; Check length message
                                        ; equal 60 character?
                AJMP  SEND_BUFFER1      ; To send message
SEND_END:       MOV   A,END_RX
                CJNE  A,#00H,SEND_BUFFER2     ; End of Buffer?
                MOV   A,RX_DATA         ; Not End of Buffer text
REPAIR_DATA:    CJNE  A,#66H,CLEAR_SCR  ; Press key Backspace?
                CJNE  R0,#30H,BACK_CON  ;Back space to point start?
                AJMP  START_LOOP1 ; Jmp to start_loop1 no Dec R0
BACK_CON:       ACALL BACK_1OR2OR3; Go to how much to Back space
                AJMP  START_LOOP2 ; Back to received next
                                  ; character not clear buffer
CLEAR_SCR:      CJNE   A,#76H,DEL_TX    ; Press key Esc?
                MOV   DPTR,#CLEAR_SCREEN; Clear screen
                ACALL TX_TEXT           ; TX LCD command
                ACALL DELAY_100ms       ; DELAY TIME
                MOV   DPTR,#CURSER_ON   ; Curser on
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    ACALL TX_TEXT      ; TX LCD command
                    AJMP  START_LOOP1  ; Back to received next
                                       ; character and clear buffer
DEL_TX:             CJNE  A,#06H,DEL_RX      ; Press key F2?
                    ACALL BACK_SPACE1  ; Delete message will to send
                    AJMP  START_LOOP1  ; Back to received next
                                       ; character and clear buffer
DEL_RX:             CJNE  A,#04H,GOTO_POSITION; Press key F3?
                    ACALL BACK_SPACE2  ; Delete recive message
                    AJMP  START_LOOP1  ; Back to received next
                                       ; character and clear buffer
GOTO_POSITION:      CJNE  A,#0CH,SHOW_DATA  ; Press key F4?
                    MOV   DPTR,#GOTO_POSITION1; Go to position 1
                    ACALL TX_TEXT      ; TX LCD command
                    AJMP  START_LOOP1  ; Back to received next character
SHOW_DATA:          ACALL THI_OR_ENG   ; Go to LCD Display
                    AJMP  START_LOOP2  ; Back to received next
                                       ; character not clear buffer
SEND_BUFFER1:       MOV   @R0,#0A4H    ; Define end of message
                    INC   R0
                    MOV   @R0,#5AH
SEND_BUFFER2:       MOV   END_RX,#00H ; Clear END_RX wait next message
                    CJNE  R0,#30H,SEND_NEXT ; End_RX when R0 = 30H ?
                    AJMP  START_LOOP1       ; It end_rx by not
                                            ; information
SEND_NEXT:          MOV   DPTR,#CLEAR_SCREEN; Set Pointer Serial TX
                    ACALL TX_TEXT           ; TX LCD command
                    ACALL DELAY_100ms       ; Delay time
                    MOV   DPTR,#WAIT_SENDING; Set Pointer Serial TX
                    ACALL TX_TEXT           ; TX LCD command
                    ACALL DELAY_SHOW        ; Delay time before to send
                    ACALL BACK_SPACE1 ; Delete message wait sending
                    ACALL DELAY_100ms
YOU_RECEIVER:       MOV   DPTR,#WAIT_RECEIVING; Set Pointer Serial TX
                    ACALL TX_TEXT           ; TX LCD command
                    ACALL INTI_MODEM        ; *************************
                    CLR   P1.0              ; MODEM *******************
                    SETB  P1.1
                    ACALL DELAY_RELAY       ; Delay time
                    ACALL TX_BUFFER         ; *************************
                    CLR   P1.1
                    MOV   MODEM,#01H        ; *************************
                    MOV   R0,#BUFFER        ; *************************
                    CLR   RX_OK
LOOP2:              JNB   RX_OK,$           ; *************************
                    ACALL INTI_TX
                    SETB  P1.0              ; *************************
                    CLR   P1.1
                    ACALL DELAY_RELAY
                    MOV   DPTR,#CLEAR_SCREEN; Set Pointer Serial TX
                    ACALL TX_TEXT           ; TX LCD command
                    ACALL DELAY_100ms       ; Delay time
                    MOV   DPTR,#GOTO_POSITION3; Set Pointer Serial TX
                    ACALL TX_TEXT           ; TX LCD command
                    LCALL DISPLAY_RX        ; Go to LCD Display
                    ACALL DELAY_SHOW
                    MOV   DPTR,#GOTO_POSITION1; Set Pointer Serial TX
                    ACALL TX_TEXT           ; TX LCD command Serial
                    MOV   MODEM,#00H        ; *************************
                    AJMP  START_LOOP1       ; Back to received next
                                            ; message and clear buffer
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;-----------------------------------------------------------------------
; How much to back space character
;-----------------------------------------------------------------------
BACK_1OR2OR3:     MOV   DPTR,#BACK_SPACE  ; Backspace data 1 block
                  ACALL TX_TEXT           ; TX LCD command
                  DEC   R0                ; Decrease R0
                  CJNE  @R0,#8FH,ONE1
                  DEC   R0                ; Decrease R0
                  AJMP  TWO1
ONE1:             CJNE  @R0,#92H,ONE2
                  DEC   R0                ; Decrease R0
                  AJMP  TWO1
ONE2:             CJNE  @R0,#93H,ONE3
                  DEC   R0                ; Decrease R0
                  AJMP  TWO1
ONE3:             CJNE  @R0,#94H,ONE4
                  DEC   R0                ; Decrease R0
                  AJMP  TWO1
ONE4:             CJNE  @R0,#95H,ONE5
                  DEC   R0                ; Decrease R0
                  AJMP  TWO1
ONE5:             CJNE  @R0,#96H,ONE6
                  DEC   R0                ; Decrease R0
                  AJMP  TWO1
ONE6:             CJNE  @R0,#97H,ONE7
                  DEC   R0                ; Decrease R0
                  AJMP  TWO1
ONE7:             CJNE  @R0,#9EH,ONE8
                  DEC   R0                ; Decrease R0
                  AJMP  TWO1
ONE8:             CJNE  @R0,#9FH,ONE9
                  DEC   R0                ; Decrease R0
                  AJMP  TWO1
ONE9:             CJNE  @R0,#0A0H,ONE10
                  DEC   R0                ; Decrease R0
                  AJMP  TWO1
ONE10:            CJNE  @R0,#0A1H,ONE11
                  DEC   R0                ; Decrease R0
                  AJMP  TWO1
ONE11:            CJNE  @R0,#0A2H,ONE12
                  DEC   R0                ; Decrease R0
                  AJMP  TWO1
ONE12:            CJNE  @R0,#0A3H,TWO1
                  DEC   R0                ; Decrease R0
TWO1:             CJNE  @R0,#8FH,TWO2
                  DEC   R0                ; Decrease R0
                  AJMP  NORMAL
TWO2:             CJNE  @R0,#92H,TWO3
                  DEC   R0                ; Decrease R0
                  AJMP  NORMAL
TWO3:             CJNE  @R0,#93H,TWO4
                  DEC   R0                ; Decrease R0
                  AJMP  NORMAL
TWO4:             CJNE  @R0,#94H,TWO5
                  DEC   R0                ; Decrease R0
                  AJMP  NORMAL
TWO5:             CJNE  @R0,#95H,TWO6
                  DEC   R0                ; Decrease R0
                  AJMP  NORMAL
TWO6:             CJNE  @R0,#96H,TWO7
                  DEC   R0                ; Decrease R0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                AJMP    NORMAL
TWO7:           CJNE    @R0,#97H,TWO8
                DEC     R0                  ; Decrease R0
                AJMP    NORMAL
TWO8:           CJNE    @R0,#9EH,TWO9
                DEC     R0                  ; Decrease R0
                AJMP    NORMAL
TWO9:           CJNE    @R0,#9FH,TWO10
                DEC     R0                  ; Decrease R0
                AJMP    NORMAL
TWO10:          CJNE    @R0,#0A0H,TWO11
                DEC     R0                  ; Decrease R0
                AJMP    NORMAL
TWO11:          CJNE    @R0,#0A1H,TWO12
                DEC     R0                  ; Decrease R0
                AJMP    NORMAL
TWO12:          CJNE    @R0,#0A2H,TWO13
                DEC     R0                  ; Decrease R0
                AJMP    NORMAL
TWO13:          CJNE    @R0,#0A3H,NORMAL
                DEC     R0                  ; Decrease R0
NORMAL:         RET
;-------------------------------------------------------------------
; TX Serial Text from ROM Pointer
;-------------------------------------------------------------------
TX_TEXT:        CLR     TI                  ; Clear TI
TX_TEXT_LOOP:   CLR     A                   ; Clear ACC.
                MOVC    A,@A+DPTR           ; Get Data from ROM
                INC     DPTR                ; Increase Pointer
                CJNE    A,#0FFH,TX_TEXT_CHAR; Check 0FFH End of Text.
                CLR     RX_OK               ; Clear RX_OK flag
                RET                         ; End => Return
TX_TEXT_CHAR:   MOV     TX_DATA,A           ; Send Data to SBUF
                SETB    TI          ; Set TI to SER_INT subroutine
                AJMP    TX_TEXT_LOOP        ; Wait for TX
;-------------------------------------------------------------------
; TX Buffer Text from ROM Pointer
;-------------------------------------------------------------------
TX_BUFFER:      CLR     TI                  ; Clear TI
                MOV     R0,#BUFFER  ; Set BUFFER to start pointer
TX_BUFFER_LOOP: MOV     A,@R0       ; Get Data from ROM
                INC     R0          ; Increase buffer pointer
                CJNE    A,#5AH,TX_BUFFER_CHAR;Check 5AH End of Text.
                CLR     RX_OK               ; Clear RX_OK flag
                RET                         ; End => Return
TX_BUFFER_CHAR: MOV     TX_DATA,A           ; Send Data to SBUF
                SETB    TI          ; Set TI to SER_INT subroutine
                AJMP    TX_BUFFER_LOOP      ; Wait for TX

;-------------------------------------------------------------------
; Serial interrupt subroutine
;-------------------------------------------------------------------
SER_INT:        PUSH    ACC                 ; Push ACC. to stack
                JBC     RI,SER_RX_MAKE      ; RX or TX?If RX then
                                            ; received and clear RI
SER_TX:         CLR     TI                  ; Clear TI
                MOV     SBUF,TX_DATA
SER_TX_WAIT:    JBC     TI,SER_EXIT2        ; Wait until TX already
                                            ; (TI=1) then clear TI
                AJMP    SER_TX_WAIT         ; Wait for TX
SER_RX_MAKE:    MOV     A,MODEM             ; **********************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CJNE  A,#00H,RX_MODEM    ; Modem or Not Modem?****
                CJNE  R2,#00H,BREAK_CODE1; Make code or Break code?
                CLR   RX_OK              ; Clear RI
                MOV   A,SBUF             ; Get data to ACC.
                MOV   RX_DATA,A          ; Keep make code
                MOV   R2,#01H            ; To recive Break code
                AJMP  SER_EXIT2
BREAK_CODE1:    CJNE  R3,#00H,BREAK_CODE2; Check break code1(F0)
                                         ; or break code2
                CLR   RX_OK              ; Clear RI
                MOV   A,SBUF             ; Get data to ACC.
                CJNE  A,#0F0H,NO_FO      ; Break code1(F0)?
                MOV   R3,#01H            ; Break code1(F0)
                AJMP  SER_EXIT2
NO_FO:          MOV   R2,#00H      ; Clear R2 wait next character
                AJMP  SER_EXIT2
BREAK_CODE2:    CLR   RX_OK        ; Clear RI
                MOV   R2,#00H      ; Clear R2 wait next Make code
                MOV   R3,#00H      ; Clear R3 wait next break code1
                MOV   A,SBUF       ; Get data to ACC.
                CJNE  A,RX_DATA,SER_EXIT2; Make code = Break code?
                CJNE  A,#5AH,SHIFT_LEFT ; Cheack End of Buffer
                MOV   END_RX,#01H        ; End of Buffer text
                MOV   @R0,#0A4H          ; OR MOV @R0,A
                INC   R0
                MOV   @R0,#5AH
                AJMP  SER_EXIT1
SHIFT_LEFT:     CJNE  A,#12H,SHIFT_RIGHT; Press Key Shift?
                MOV   R4,#01H            ; Press Key Shift.
                AJMP  SER_EXIT2
SHIFT_RIGHT:    CJNE  A,#59H,CAPS_LOCK   ; Press Key Shift?
                MOV   R4,#01H            ; Press Key Shift.
                AJMP  SER_EXIT2
CAPS_LOCK:      CJNE  A,#58H,CHANGE_LANGUA; Press key Caps Lock?
                CJNE  R5,#00H,CAPS
                MOV   R5,#01H            ; Press key Caps Lock
                AJMP  SER_EXIT2
CAPS:           MOV   R5,#00H            ; Rturn to not Caps Lock
                AJMP  SER_EXIT2
CHANGE_LANGUA:  CJNE  A,#05H,SER_EXIT1   ; Press key F1?
                CJNE  R1,#00H,CHANGE
                MOV   R1,#01H      ; Change to English language
                AJMP  SER_EXIT2
CHANGE:         MOV   R1,#00H      ; Change to Thai    language
                AJMP  SER_EXIT2
SER_EXIT1:      SETB  RX_OK        ; Set RX_OK received complete.
SER_EXIT2:      POP   ACC          ; Pop Acc. to Main
                RETI               ; Return interrupt

RX_MODEM:       CLR   RX_OK
                MOV   A,SBUF
                MOV   @R0,A        ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0           ; Increase R0
                CJNE  R0,#6EH,KEEP_NEXT ; Check length message
                AJMP  EXIT_RXMOD
KEEP_NEXT:      CJNE  A,#0A4H,EXIT_MOD
EXIT_RXMOD:     DEC   R0
                MOV   @R0,#5AH
                SETB  RX_OK
EXIT_MOD:       POP   ACC                ; Pop Acc. to Main
                RETI                     ; Return interrupt
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;-------------------------------------------------------------------
; Intial mode TX and RX
;-------------------------------------------------------------------
INTI_TX:          CLR   TR1
                  MOV   TMOD,#021H        ; T1 8Bit Auto, T0 16Bit
                  MOV   TH1,#0FBH         ; 9600 bps Timer1 Default
                  MOV   TL1,#0FBH
                  MOV   IE,#10010000B     ; En. EA, ES
                  SETB  TR1               ; Start Timer1
                  MOV   SCON,#040H        ; Mode1 RX Disable
                  CLR   RX_OK             ; Clear RX_OK
                  RET
INTI_RX:          CLR   TR1
                  MOV   TMOD,#021H        ; T1 8Bit Auto, T0 16Bit
                  MOV   TH1,#0FCH         ; 12000 bps Timer1 Default
                  MOV   TL1,#0FCH         ;
                  MOV   IE,#10010000B     ; En. EA, ES
                  SETB  TR1               ; Start Timer1
                  MOV   SCON,#0D0H        ; Mode1 RX Enable
                  CLR   RX_OK             ; Clear RX_OK
                  RET
INTI_MODEM:       CLR   TR1
                  MOV   TMOD,#021H        ; T1 8Bit Auto, T0 16Bit
                  MOV   TH1,#0D8H         ; 1200 bps Timer1 Default
                  MOV   TL1,#0D8H
                  MOV   IE,#10010000B     ; En. EA, ES
                  SETB  TR1               ; Start Timer1
                  MOV   SCON,#050H        ; Mode1 RX Enable
                  CLR   RX_OK             ; Clear RX_OK
                  RET
;-------------------------------------------------------------------
; Delet Message from possition 3BH to 00H
;-------------------------------------------------------------------
BACK_SPACE1:      MOV   DPTR,#GOTO_POSITION2; Set Pointer Serial TX
                  ACALL TX_TEXT           ; TX LCD command
                  MOV   R6,#00H
DEL1:             MOV   DPTR,#BACK_SPACE  ; Set Pointer Serial TX
                  ACALL TX_TEXT           ; TX LCD command
                  INC   R6
                  CJNE  R6,#3BH,DEL1      ; Back space 30 position
                  MOV   DPTR,#GOTO_POSITION1; Set Pointer Serial TX
                  ACALL TX_TEXT           ; TX LCD command
                  RET
;-------------------------------------------------------------------
; Delet Message from possition 77H to 3DH
;-------------------------------------------------------------------
BACK_SPACE2:      MOV   DPTR,#GOTO_POSITION4; Set Pointer Serial TX
                  ACALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                  MOV   R6,#00H
DEL2:             MOV   DPTR,#BACK_SPACE  ; Set Pointer Serial TX
                  ACALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                  INC   R6
                  CJNE  R6,#3BH,DEL2      ; Back space 30 position
                  MOV   DPTR,#GOTO_POSITION3; Set Pointer Serial TX
                  ACALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                  RET
;-------------------------------------------------------------------
; Dummy Delay time 100ms
; 1 Machine Cycle = 12(1/18,432,000 Hz)= 0.651041666 Micro Sec
;-------------------------------------------------------------------
DELAY_100ms:      MOV   R7,#97H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DELAY_100ms_1:    MOV   R6,#0FEH
DELAY_100ms_2:    NOP
                  NOP
                  DJNZ  R6,DELAY_100ms_2
                  DJNZ  R7,DELAY_100ms_1
                  RET
;-------------------------------------------------------------------
; Dummy Delay time (20)(100)ms
;-------------------------------------------------------------------
DELAY_SHOW:       MOV   2BH,#00H
DELAY1:           ACALL DELAY_100ms       ; Delay time
                  INC   2BH
                  MOV   A,2BH
                  CJNE  A,#14H,DELAY1     ; Delay Many times
                  RET
;-------------------------------------------------------------------
; Dummy Delay time (10)(100)ms
;-------------------------------------------------------------------
DELAY_RELAY:      MOV   2BH,#00H
DELAY2:           ACALL DELAY_100ms       ; Delay time
                  INC   2BH
                  MOV   A,2BH
                  CJNE  A,#0AH,DELAY1     ; Delay Many times
                  RET
;-------------------------------------------------------------------
; Dummy Delay time (10)(100)ms
;-------------------------------------------------------------------
DELAY_MODEM:      MOV   2BH,#00H
DELAY3:           ACALL DELAY_100ms       ; Delay time
                  INC   2BH
                  MOV   A,2BH
                  CJNE  A,#05H,DELAY1     ; Delay Many times
                  RET

;-------------------------------------------------------------------
; Compare Data In Put from keyboard With Database and display to LCD
;-------------------------------------------------------------------
THI_OR_ENG:       CJNE  A,#29H,NO_SPACEBAR; Key = Spacebar?
                  MOV   @R0,#00H          ; Keep data to Buffer @R0
                  INC   R0                ; Increase R0
                  MOV   DPTR,#TEXT_10     ; Spacebar
                  LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                  RET
NO_SPACEBAR:      CJNE  R1,#00H,ENGLISH_LANG;Thaior English Language?
                  AJMP  THAI_LANGUAGE     ; Go to thai language
ENGLISH_LANG:     CJNE  R5,#00H,UP_KEYALL1; Press Key Caps Lock?
                  CJNE  R4,#00H,UP_KEY1   ; Press key shift?
                  AJMP  DOWN_KEY1         ; Go to down key
UP_KEY1:          MOV   R4,#00H           ; Clear to not press shift
UP_KEYALL1:       CJNE  A,#16H,A12
                  MOV   @R0,#01H          ; Keep data to Buffer @R0
                  INC   R0                ; Increase R0
                  MOV   DPTR,#TEXT_11     ; ! Up Key
                  LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                  RET
A12:              CJNE  A,#52H,A13
                  MOV   @R0,#02H          ; Keep data to Buffer @R0
                  INC   R0                ; Increase R0
                  MOV   DPTR,#TEXT_12     ; " Up Key
                  LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                  RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
A13:    CJNE  A,#26H,A14
        MOV   @R0,#03H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_13     ; # Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A14:    CJNE  A,#25H,A15
        MOV   @R0,#04H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_14     ; $ Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A15:    CJNE  A,#2EH,A16
        MOV   @R0,#05H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV    DPTR,#TEXT_15    ; % Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A16:    CJNE  A,#3DH,A17
        MOV   @R0,#06H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_16     ; & Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A17:    CJNE  A,#46H,A18
        MOV   @R0,#08H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_18     ; ( Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A18:    CJNE  A,#45H,A19
        MOV   @R0,#09H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_19     ; ) Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A19:    CJNE  A,#3EH,A20
        MOV   @R0,#0AH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_20     ; * Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A20:    CJNE  A,#55H,A21
        MOV   @R0,#0BH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_21     ; + Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A21:    CJNE  A,#4CH,A22
        MOV   @R0,#1AH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_26     ; : Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A22:    CJNE  A,#41H,A23
        MOV   @R0,#1CH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_28     ; < Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
A23:    CJNE  A,#49H,A24
        MOV   @R0,#1EH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_30     ; > Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A24:    CJNE  A,#4AH,A25
        MOV   @R0,#1FH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV    DPTR,#TEXT_31    ; ? Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A25:    CJNE  A,#1EH,A26
        MOV   @R0,#20H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_32     ; @ Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A26:    CJNE  A,#1CH,A27
        MOV   @R0,#21H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_A      ; A Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A27:    CJNE  A,#32H,A28
        MOV   @R0,#22H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_B      ; B Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A28:    CJNE  A,#21H,A29
        MOV   @R0,#23H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_C      ; C Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A29:    CJNE  A,#23H,A30
        MOV   @R0,#24H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_D      ; D Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A30:    CJNE  A,#24H,A31
        MOV   @R0,#25H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_E      ; E Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A31:    CJNE  A,#2BH,A32
        MOV   @R0,#26H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_F      ; F Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A32:    CJNE  A,#34H,A33
        MOV   @R0,#27H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_G      ; G Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
A33:    CJNE  A,#33H,A34
        MOV   @R0,#28H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_H      ; H Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A34:    CJNE  A,#43H,A35
        MOV   @R0,#29H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_I      ; I Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A35:    CJNE  A,#3BH,A36
        MOV   @R0,#2AH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV    DPTR,#TEXT_J     ; J Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A36:    CJNE  A,#42H,A37
        MOV   @R0,#2BH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_K      ; K Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A37:    CJNE  A,#4BH,A38
        MOV   @R0,#2CH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_L      ; L Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A38:    CJNE  A,#3AH,A39
        MOV   @R0,#2DH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_M      ; M Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A39:    CJNE  A,#31H,A40
        MOV   @R0,#2EH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_N      ; N Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A40:    CJNE  A,#44H,A41
        MOV   @R0,#2FH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_O      ; O Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A41:    CJNE  A,#4DH,A42
        MOV   @R0,#30H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_P      ; P Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A42:    CJNE  A,#15H,A43
        MOV   @R0,#31H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_Q      ; Q Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
A43:    CJNE  A,#2DH,A44
        MOV   @R0,#32H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_R      ; R Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A44:    CJNE  A,#1BH,A45
        MOV   @R0,#33H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_S      ; S Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A45:    CJNE  A,#2CH,A46
        MOV   @R0,#34H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_T      ; T Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A46:    CJNE  A,#3CH,A47
        MOV   @R0,#35H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_U      ; U Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A47:    CJNE  A,#2AH,A48
        MOV   @R0,#36H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_V      ; V Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A48:    CJNE  A,#1DH,A49
        MOV   @R0,#37H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_W      ; W Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A49:    CJNE  A,#22H,A50
        MOV   @R0,#38H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_X      ; X Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A50:    CJNE  A,#35H,A51
        MOV   @R0,#39H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_Y      ; Y Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A51:    CJNE  A,#1AH,A52
        MOV   @R0,#3AH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_Z      ; Z Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
A52:    CJNE  A,#36H,A53
        MOV   @R0,#3EH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_36     ; ^ Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
A53:            CJNE  A,#4EH,A54
                MOV   @R0,#3FH          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_37     ; _
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
A54:            CJNE  A,#54H,A55
                MOV   @R0,#5BH          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_39     ; { Up Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
A55:            CJNE  A,#5DH,A56
                MOV   @R0,#5CH          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_40     ; |
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
A56:            CJNE  A,#5BH,A57
                MOV   @R0,#5DH          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_41     ; } Up Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
A57:            CJNE  A,#0EH,SPACE1
                MOV   @R0,#5EH          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_42     ; ~ Up Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
SPACE1:         RET
DOWN_KEY1:      CJNE  A,#52H,B12
                MOV   @R0,#07H          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_17     ; ' Down Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
B12:            CJNE  A,#41H,B13
                MOV   @R0,#0CH          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_22     ; , Down Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
B13:            CJNE  A,#4EH,B14
                MOV   @R0,#0DH          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_23     ; - Down Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
B14:            CJNE  A,#49H,B15
                MOV   @R0,#0EH          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_24     ; . Down Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
B15:            CJNE  A,#4AH,B16
                MOV   @R0,#0FH          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_25     ; / Down Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
B16:    CJNE  A,#45H,B17
        MOV   @R0,#10H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_0      ; 0 Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B17:    CJNE  A,#16H,B18
        MOV   @R0,#11H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_1      ; 1 Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B18:    CJNE  A,#1EH,B19
        MOV   @R0,#12H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_2      ; 2 Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B19:    CJNE  A,#26H,B20
        MOV   @R0,#13H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_3      ; 3 Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B20:    CJNE  A,#25H,B21
        MOV   @R0,#14H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_4      ; 4 Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B21:    CJNE  A,#2EH,B22
        MOV   @R0,#15H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_5      ; 5 Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B22:    CJNE  A,#36H,B23
        MOV   @R0,#16H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_6      ; 6 Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B23:    CJNE  A,#3DH,B24
        MOV   @R0,#17H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_7      ; 7 Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B24:    CJNE  A,#3EH,B25
        MOV   @R0,#18H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_8      ; 8 Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B25:    CJNE  A,#46H,B26
        MOV   @R0,#19H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_9      ; 9 Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
B26:    CJNE  A,#4CH,B27
        MOV   @R0,#1BH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_27     ; ; Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B27:    CJNE  A,#55H,B28
        MOV   @R0,#1DH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_29     ; = Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B28:    CJNE  A,#54H,B29
        MOV   @R0,#3BH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_33     ; [ Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B29:    CJNE  A,#5DH,B30
        MOV   @R0,#3CH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_34     ; \ Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B30:    CJNE  A,#5BH,B31
        MOV   @R0,#3DH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_35     ; ] Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B31:    CJNE  A,#0EH,B32
        MOV   @R0,#40H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_38     ; ' Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B32:    CJNE  A,#1CH,B33
        MOV   @R0,#41H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_AA     ; a Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B33:    CJNE  A,#32H,B34
        MOV   @R0,#42H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_BB     ; b Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B34:    CJNE  A,#21H,B35
        MOV   @R0,#43H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_CC     ; c Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B35:    CJNE  A,#23H,B36
        MOV   @R0,#44H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_DD     ; d Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
B36:    CJNE  A,#24H,B37
        MOV   @R0,#45H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_EE     ; e Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B37:    CJNE  A,#2BH,B38
        MOV   @R0,#46H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_FF     ; f Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B38:    CJNE  A,#34H,B39
        MOV   @R0,#47H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_GG     ; g Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B39:    CJNE  A,#33H,B40
        MOV   @R0,#48H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_HH     ; h Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B40:    CJNE  A,#43H,B41
        MOV   @R0,#49H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_II     ; i Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B41:    CJNE  A,#3BH,B42
        MOV   @R0,#4AH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_JJ     ; j Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B42:    CJNE  A,#42H,B43
        MOV   @R0,#4BH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_KK     ; k Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B43:    CJNE  A,#4BH,B44
        MOV   @R0,#4CH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_LL     ; l Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B44:    CJNE  A,#3AH,B45
        MOV   @R0,#4DH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_MM     ; m Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B45:    CJNE  A,#31H,B46
        MOV   @R0,#4EH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_NN     ; n Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
B46:    CJNE  A,#44H,B47
        MOV   @R0,#4FH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_OO     ; o Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B47:    CJNE  A,#4DH,B48
        MOV   @R0,#50H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_PP     ; p Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B48:    CJNE  A,#15H,B49
        MOV   @R0,#51H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_QQ     ; q Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B49:    CJNE  A,#2DH,B50
        MOV   @R0,#52H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_RR     ; r Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B50:    CJNE  A,#1BH,B51
        MOV   @R0,#53H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_SS     ; s Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B51:    CJNE  A,#2CH,B52
        MOV   @R0,#54H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_TT     ; t Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B52:    CJNE  A,#3CH,B53
        MOV   @R0,#55H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_UU     ; u Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B53:    CJNE  A,#2AH,B54
        MOV   @R0,#56H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_VV     ; v Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B54:    CJNE  A,#1DH,B55
        MOV   @R0,#57H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_WW     ; w Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
B55:    CJNE  A,#22H,B56
        MOV   @R0,#58H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_XX     ; x Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
B56:            CJNE  A,#35H,B57
                MOV   @R0,#59H          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_YY     ; y
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
B57:            CJNE  A,#1AH,SPACE2
                MOV   @R0,#0A4H         ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_ZZ     ; z
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
SPACE2:         RET

THAI_LANGUAGE:  CJNE  R5,#00H,UP_KEYALL2; Press Key Caps Lock?
                CJNE  R4,#00H,UP_KEY2   ; Press key shift?
                LJMP  DOWN_KEY2         ; Go to down key
UP_KEY2:        MOV   R4,#00H           ; Clear to not press shift
UP_KEYALL2:     CJNE  A,#1DH,C12
                MOV   @R0,#02H          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_12     ; " Up Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
C12:            CJNE  A,#1AH,C13
                MOV   @R0,#08H          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_18     ; ( Up Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
C13:            CJNE  A,#22H,C14
                MOV   @R0,#09H          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_19     ; ) Up Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
C14:            CJNE  A,#16H,C15
                MOV   @R0,#0BH          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_21     ; + Up Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
C15:            CJNE  A,#5BH,C16
                MOV   @R0,#0CH          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_22     ; , Up Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
C16:            CJNE  A,#52H,C17
                MOV   @R0,#0EH          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_24     ; . Up Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
C17:            CJNE  A,#3AH,C18
                MOV   @R0,#1FH          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_31     ; ? Up Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C18:            CJNE  A,#15H,C19
                MOV   @R0,#10H          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_0      ; 0 Up Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
C19:            CJNE  A,#1EH,C20
                MOV   @R0,#11H          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_1      ; 1 Up Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
C20:            CJNE  A,#26H,C21
                MOV   @R0,#12H          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_2      ; 2 Up Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
C21:            CJNE  A,#25H,C22
                MOV   @R0,#13H          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_3      ; 3 Up Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
C22:            CJNE  A,#2EH,C23
                MOV   @R0,#14H          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_4      ; 4 Up Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
C23:            CJNE  A,#3EH,C24
                MOV   @R0,#15H          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_5      ; 5 Up Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
C24:            CJNE  A,#46H,C25
                MOV   @R0,#16H          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_6      ; 6 Up Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
C25:            CJNE  A,#45H,C26
                MOV   @R0,#17H          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_7      ; 7 Up Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
C26:            CJNE  A,#4EH,C27
                MOV   @R0,#18H          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_8      ; 8 Up Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
C27:            CJNE  A,#55H,C28
                MOV   @R0,#19H          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_9      ; 9 Up Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C28:    CJNE  A,#5DH,C29
        MOV   @R0,#63H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_47     ; (165) Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET

C29:    CJNE  A,#1BH,C30
        MOV   @R0,#64H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_48     ; (166) Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
C30:    CJNE  A,#21H,C31
        MOV   @R0,#67H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_51     ; (169) Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
C31:    CJNE  A,#4CH,C32
        MOV   @R0,#69H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_53     ; (171) Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
C32:    CJNE  A,#34H,C33
        MOV   @R0,#6AH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_54     ; (172) Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
C33:    CJNE  A,#4DH,C34
        MOV   @R0,#6BH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_55     ; (173) Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
C34:    CJNE  A,#24H,C35
        MOV   @R0,#6CH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                        ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_56     ; (174) Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
C35:    CJNE  A,#23H,C36
        MOV   @R0,#6DH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_57     ; (175) Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
C36:    CJNE  A,#54H,C37
        MOV   @R0,#6EH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_58     ; (176) Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
C37:    CJNE  A,#2DH,C38
        MOV   @R0,#6FH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_59     ; (177) Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C38:    CJNE  A,#41H,C39
        MOV   @R0,#70H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_60     ; (178) Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
C39:    CJNE  A,#43H,C40
        MOV   @R0,#71H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_61     ; (179) Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
C40:    CJNE  A,#2CH,C41
        MOV   @R0,#76H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_66     ; (184) Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
C41:    CJNE  A,#1CH,C42
        MOV   @R0,#82H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_78     ; (196) Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
C42:    CJNE  A,#4AH,C43
        MOV   @R0,#84H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_80     ; (198) Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
C43:    CJNE  A,#4BH,C44
        MOV   @R0,#86H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_82     ; (200) Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
C44:    CJNE  A,#42H,C45
        MOV   @R0,#87H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_83     ; (201) Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
C45:    CJNE  A,#49H,C46
        MOV   @R0,#8AH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_86     ; (204) Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
C46:    CJNE  A,#2AH,C47
        MOV   @R0,#8CH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_88     ; (206) Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
C47:    CJNE  A,#44H,C48
        MOV   @R0,#8DH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_89     ; (207) Up Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C48:            CJNE  A,#36H,C49
                MOV   @R0,#97H          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_99     ; (217) Up Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
C49:            CJNE  A,#2BH,C50
                MOV   @R0,#9AH          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_102    ; (226) Up Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
C50:            CJNE  A,#33H,C51
                MOV   @R0,#9EH          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_106    ; (231) Up Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
C51:            CJNE  A,#3CH,C52
                MOV   @R0,#0A1H         ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_109    ; (234) Up Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
C52:            CJNE  A,#3BH,C53
                MOV   @R0,#0A2H         ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_110    ; (235) Up Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
C53:            CJNE  A,#31H,SPACE3
                MOV   @R0,#0A3H         ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_111    ; (236) Up Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
SPACE3:         RET
DOWN_KEY2:      CJNE  A,#26H,D12
                MOV   @R0,#0DH          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_23     ; - Down Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
D12:            CJNE  A,#1EH,D13
                MOV   @R0,#0FH          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_25     ; / Down Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
D13:            CJNE  A,#23H,D14
                MOV   @R0,#5FH          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_43     ; (161) Down Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
D14:            CJNE  A,#4EH,D15
                MOV   @R0,#60H          ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_44     ; (162) Down Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
D15:    CJNE  A,#5DH,D16
        MOV   @R0,#61H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_45     ; (163) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D16:    CJNE  A,#3EH,D17
        MOV   @R0,#62H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_46     ; (164) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D17:    CJNE  A,#52H,D18
        MOV   @R0,#65H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_49     ; (167) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D18:    CJNE  A,#45H,D19
        MOV   @R0,#66H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_50     ; (168) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D19:    CJNE  A,#55H,D20
        MOV   @R0,#68H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_52     ; (170) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D20:    CJNE  A,#2BH,D21
        MOV   @R0,#72H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_62     ; (180) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D21:    CJNE  A,#46H,D22
        MOV   @R0,#73H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_63     ; (181) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D22:    CJNE  A,#2EH,D23
        MOV   @R0,#74H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_64     ; (182) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D23:    CJNE  A,#3AH,D24
        MOV   @R0,#75H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_65     ; (183) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D24:    CJNE  A,#44H,D25
        MOV   @R0,#77H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_67     ; (185) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
D25:    CJNE  A,#54H,D26
        MOV   @R0,#78H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_68     ; (186) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D26:    CJNE  A,#22H,D27
        MOV   @R0,#79H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_69     ; (187) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D27:    CJNE  A,#1AH,D28
        MOV   @R0,#7AH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_70     ; (188) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D28:    CJNE  A,#4AH,D29
        MOV   @R0,#7BH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_71     ; (189) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D29:    CJNE  A,#2DH,D30
        MOV   @R0,#7CH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_72     ; (190) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D30:    CJNE  A,#1CH,D31
        MOV   @R0,#7DH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_73     ; (191) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D31:    CJNE  A,#25H,D32
        MOV   @R0,#7EH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_74     ; (192) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D32:    CJNE  A,#41H,D33
        MOV   @R0,#7FH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_75     ; (193) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D33:    CJNE  A,#4DH,D34
        MOV   @R0,#80H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_76     ; (194) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D34:    CJNE  A,#43H,D35
        MOV   @R0,#81H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_77     ; (195) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
D35:    CJNE  A,#5BH,D36
        MOV   @R0,#83H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_79     ; (197) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D36:    CJNE  A,#4CH,D37
        MOV   @R0,#85H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_81     ; (199) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D37:    CJNE  A,#4BH,D38
        MOV   @R0,#88H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_84     ; (202) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D38:    CJNE  A,#1BH,D39
        MOV   @R0,#89H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_85     ; (203) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D39:    CJNE  A,#2AH,D40
        MOV   @R0,#8BH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_87     ; (205) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D40:    CJNE  A,#2CH,D41
        MOV   @R0,#8EH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_90     ; (208) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D41:    CJNE  A,#35H,D42
        MOV   @R0,#8FH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_91     ; (209) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D42:    CJNE  A,#42H,D43
        MOV   @R0,#90H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_92     ; (210) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D43:    CJNE  A,#24H,D44
        MOV   @R0,#91H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_93     ; (211) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D44:    CJNE  A,#32H,D45
        MOV   @R0,#92H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_94     ; (212) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
D45:    CJNE  A,#3CH,D46
        MOV   @R0,#93H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_95     ; (213) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D46:    CJNE  A,#3DH,D47
        MOV   @R0,#94H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_96     ; (214) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D47:    CJNE  A,#31H,D48
        MOV   @R0,#95H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_97     ; (215) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D48:    CJNE  A,#36H,D49
        MOV   @R0,#96H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_98     ; (216) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D49:    CJNE  A,#34H,D50
        MOV   @R0,#98H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_100    ; (224) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D50:    CJNE  A,#21H,D51
        MOV   @R0,#99H          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_101    ; (225) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D51:    CJNE  A,#49H,D52
        MOV   @R0,#9BH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_103    ; (227) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D52:    CJNE  A,#1DH,D53
        MOV   @R0,#9CH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_104    ; (228) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D53:    CJNE  A,#15H,D54
        MOV   @R0,#9DH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_105    ; (230) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
D54:    CJNE  A,#3BH,D55
        MOV   @R0,#9FH          ; Keep data to Buffer @R0
        INC   R0                          ; Increase R0
        MOV   DPTR,#TEXT_107    ; (232) Down Key
        LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
D55:            CJNE  A,#33H,SPACE4
                MOV   @R0,#0A0H         ; Keep data to Buffer @R0
                INC   R0                ; Increase R0
                MOV   DPTR,#TEXT_108    ; (233) Down Key
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                RET
SPACE4:         RET

;---------------------------------------------------------------------
; Compare Data In Put from External With Database and display to LCD
;---------------------------------------------------------------------
DISPLAY_RX:     MOV   R0,#BUFFER  ; Set BUFFER to start pointer
TX_RX_LOOP:     MOV   A,@R0       ; Get Data from ROM
                INC   R0                ; Increase buffer pointer
                CJNE  A,#5AH,NOT_END_RX ; Check 05AHEnd ofText har.
                CLR   RX_OK       ; Clear RX_OK flag
                RET
NOT_END_RX:     CJNE  A,#00H,E_01
                MOV   DPTR,#TEXT_10     ; Spacebar(32)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_01:           CJNE  A,#01H,E_02
                MOV   DPTR,#TEXT_11     ; !(33)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_02:           CJNE  A,#02H,E_03
                MOV   DPTR,#TEXT_12     ; "(34)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_03:           CJNE  A,#03H,E_04
                MOV   DPTR,#TEXT_13     ; #(35)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_04:           CJNE  A,#04H,E_05
                MOV   DPTR,#TEXT_14     ; $(36)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_05:           CJNE  A,#05H,E_06
                MOV   DPTR,#TEXT_15     ; %(37)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_06:           CJNE  A,#06H,E_07
                MOV   DPTR,#TEXT_16     ; &(38)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_07:           CJNE  A,#07H,E_08
                MOV   DPTR,#TEXT_17     ; '(39)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_08:           CJNE  A,#08H,E_09
                MOV   DPTR,#TEXT_18     ; ((40)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_09:           CJNE  A,#09H,E_0A
                MOV   DPTR,#TEXT_19     ; )(41)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_0A:           CJNE  A,#0AH,E_0B
                MOV   DPTR,#TEXT_20     ; *(42)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
E_0B:           CJNE  A,#0BH,E_0C
                MOV   DPTR,#TEXT_21     ; +(43)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_0C:           CJNE  A,#0CH,E_0D
                MOV   DPTR,#TEXT_22     ; ,(44)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_0D:           CJNE  A,#0DH,E_0E
                MOV   DPTR,#TEXT_23     ; -(45)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_0E:           CJNE  A,#0EH,E_0F
                MOV   DPTR,#TEXT_24     ; .(46)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_0F:           CJNE  A,#0FH,E_10
                MOV   DPTR,#TEXT_25     ; /(47)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_10:           CJNE  A,#10H,E_11
                MOV   DPTR,#TEXT_0      ; 0(48)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_11:           CJNE  A,#11H,E_12
                MOV   DPTR,#TEXT_1      ; 1(49)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_12:           CJNE  A,#12H,E_13
                MOV   DPTR,#TEXT_2      ; 2(50)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_13:           CJNE  A,#13H,E_14
                MOV   DPTR,#TEXT_3      ; 3(51)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_14:           CJNE  A,#14H,E_15
                MOV   DPTR,#TEXT_4      ; 4(52)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_15:           CJNE  A,#15H,E_16
                MOV   DPTR,#TEXT_5      ; 5(53)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_16:           CJNE  A,#16H,E_17
                MOV   DPTR,#TEXT_6      ; 6(54)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_17:           CJNE  A,#17H,E_18
                MOV   DPTR,#TEXT_7      ; 7(55)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_18:           CJNE  A,#18H,E_19
                MOV   DPTR,#TEXT_8      ; 8(56)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_19:           CJNE  A,#19H,E_1A
                MOV   DPTR,#TEXT_9      ; 9(57)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
E_1A:           CJNE  A,#1AH,E_1B
                MOV   DPTR,#TEXT_26     ; :(58)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_1B:           CJNE  A,#1BH,E_1C
                MOV   DPTR,#TEXT_27     ; ;(59)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_1C:           CJNE  A,#1CH,E_1D
                MOV   DPTR,#TEXT_28     ; <(60)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_1D:           CJNE  A,#1DH,E_1E
                MOV   DPTR,#TEXT_29     ; =(61)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_1E:           CJNE  A,#1EH,E_1F
                MOV   DPTR,#TEXT_30     ; >(62)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_1F:           CJNE  A,#1FH,E_20
                MOV   DPTR,#TEXT_31     ; ?(63)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_20:           CJNE  A,#20H,E_21
                MOV   DPTR,#TEXT_32     ; @(64)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_21:           CJNE  A,#21H,E_22
                MOV   DPTR,#TEXT_A      ; A(65)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_22:           CJNE  A,#22H,E_23
                MOV   DPTR,#TEXT_B      ; B(66)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_23:           CJNE  A,#23H,E_24
                MOV   DPTR,#TEXT_C      ; C(67)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_24:           CJNE  A,#24H,E_25
                MOV   DPTR,#TEXT_D      ; D(68)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_25:           CJNE  A,#25H,E_26
                MOV   DPTR,#TEXT_E      ; E(69)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_26:           CJNE  A,#26H,E_27
                MOV   DPTR,#TEXT_F      ; F(70)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_27:           CJNE  A,#27H,E_28
                MOV   DPTR,#TEXT_G      ; G(71)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_28:           CJNE  A,#28H,E_29
                MOV   DPTR,#TEXT_H      ; H(72)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
E_29:           CJNE  A,#29H,E_2A
                MOV   DPTR,#TEXT_I      ; I(73)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_2A:           CJNE  A,#2AH,E_2B
                MOV   DPTR,#TEXT_J      ; J(74)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_2B:           CJNE  A,#2BH,E_2C
                MOV   DPTR,#TEXT_K      ; K(75)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_2C:           CJNE  A,#2CH,E_2D
                MOV   DPTR,#TEXT_L      ; L(76)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_2D:           CJNE  A,#2DH,E_2E
                MOV   DPTR,#TEXT_M      ; M(77)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_2E:           CJNE  A,#2EH,E_2F
                MOV   DPTR,#TEXT_N      ; N(78)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_2F:           CJNE  A,#2FH,E_30
                MOV   DPTR,#TEXT_O      ; O(79)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_30:           CJNE  A,#30H,E_31
                MOV   DPTR,#TEXT_P      ; P(80)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_31:           CJNE  A,#31H,E_32
                MOV   DPTR,#TEXT_Q      ; Q(81)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_32:           CJNE  A,#32H,E_33
                MOV   DPTR,#TEXT_R      ; R(82)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_33:           CJNE  A,#33H,E_34
                MOV   DPTR,#TEXT_S      ; S(83)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_34:           CJNE  A,#34H,E_35
                MOV   DPTR,#TEXT_T      ; T(84)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_35:           CJNE  A,#35H,E_36
                MOV   DPTR,#TEXT_U      ; U(85)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_36:           CJNE  A,#36H,E_37
                MOV   DPTR,#TEXT_V      ; V(86)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_37:           CJNE  A,#37H,E_38
                MOV   DPTR,#TEXT_W      ; W(87)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
E_38:           CJNE  A,#38H,E_39
                MOV   DPTR,#TEXT_X      ; X(88)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_39:           CJNE  A,#39H,E_3A
                MOV   DPTR,#TEXT_Y      ; Y(89)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_3A:           CJNE  A,#3AH,E_3B
                MOV   DPTR,#TEXT_Z      ; Z(90)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_3B:           CJNE  A,#3BH,E_3C
                MOV   DPTR,#TEXT_33     ; [(91)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_3C:           CJNE  A,#3CH,E_3D
                MOV   DPTR,#TEXT_34     ; \(92)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_3D:           CJNE  A,#3DH,E_3E
                MOV   DPTR,#TEXT_35     ; ](93)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_3E:           CJNE  A,#3EH,E_3F
                MOV   DPTR,#TEXT_36     ; ^(94)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_3F:           CJNE  A,#3FH,E_40
                MOV   DPTR,#TEXT_37     ; _(95)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_40:           CJNE  A,#40H,E_41
                MOV   DPTR,#TEXT_38     ; '(96)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_41:           CJNE  A,#41H,E_42
                MOV   DPTR,#TEXT_AA     ; a(97)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_42:           CJNE  A,#42H,E_43
                MOV   DPTR,#TEXT_BB     ; b(98)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_43:           CJNE  A,#43H,E_44
                MOV   DPTR,#TEXT_CC     ; c(99)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_44:           CJNE  A,#44H,E_45
                MOV   DPTR,#TEXT_DD     ; d(100)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_45:           CJNE  A,#45H,E_46
                MOV   DPTR,#TEXT_EE     ; e(101)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_46:           CJNE  A,#46H,E_47
                MOV   DPTR,#TEXT_FF     ; f(102)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
E_47:           CJNE  A,#47H,E_48
                MOV   DPTR,#TEXT_GG     ; g(103)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_48:           CJNE  A,#48H,E_49
                MOV   DPTR,#TEXT_HH     ; h(104)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_49:           CJNE  A,#49H,E_4A
                MOV   DPTR,#TEXT_II     ; i(105)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_4A:           CJNE  A,#4AH,E_4B
                MOV   DPTR,#TEXT_JJ     ; j(106)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_4B:           CJNE  A,#4BH,E_4C
                MOV   DPTR,#TEXT_KK     ; k(107)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_4C:           CJNE  A,#4CH,E_4D
                MOV   DPTR,#TEXT_LL     ; l(108)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_4D:           CJNE  A,#4DH,E_4E
                MOV   DPTR,#TEXT_MM     ; m(109)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_4E:           CJNE  A,#4EH,E_4F
                MOV   DPTR,#TEXT_NN     ; n(110)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_4F:           CJNE  A,#4FH,E_50
                MOV   DPTR,#TEXT_OO     ; o(111)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_50:           CJNE  A,#50H,E_51
                MOV   DPTR,#TEXT_PP     ; p(112)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_51:           CJNE  A,#51H,E_52
                MOV   DPTR,#TEXT_QQ     ; q(113)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_52:           CJNE  A,#52H,E_53
                MOV   DPTR,#TEXT_RR     ; r(114)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_53:           CJNE  A,#53H,E_54
                MOV   DPTR,#TEXT_SS     ; s(115)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_54:           CJNE  A,#54H,E_55
                MOV   DPTR,#TEXT_TT     ; t(116)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_55:           CJNE  A,#55H,E_56
                MOV   DPTR,#TEXT_UU     ; u(117)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
E_56:           CJNE  A,#56H,E_57
                MOV   DPTR,#TEXT_VV     ; v(118)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_57:           CJNE  A,#57H,E_58
                MOV   DPTR,#TEXT_WW     ; w(119)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_58:           CJNE  A,#58H,E_59
                MOV   DPTR,#TEXT_XX     ; x(120)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_59:           CJNE  A,#59H,E_5A
                MOV   DPTR,#TEXT_YY     ; y(121)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_5A:           CJNE  A,#0A4H,E_5B
                MOV   DPTR,#TEXT_ZZ     ; z(122)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_5B:           CJNE  A,#5BH,E_5C
                MOV   DPTR,#TEXT_39     ; {(123)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_5C:           CJNE  A,#5CH,E_5D
                MOV   DPTR,#TEXT_40     ; |(124)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_5D:           CJNE  A,#5DH,E_5E
                MOV   DPTR,#TEXT_41     ; }(125)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_5E:           CJNE  A,#5EH,E_5F
                MOV   DPTR,#TEXT_42     ; ~(126)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_5F:           CJNE  A,#5FH,E_60
                MOV   DPTR,#TEXT_43     ; (161)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_60:           CJNE  A,#60H,E_61
                MOV   DPTR,#TEXT_44     ; (162)
                LCALL TX_TEXT     ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_61:           CJNE  A,#61H,E_62
                MOV   DPTR,#TEXT_45     ; (163)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_62:           CJNE  A,#62H,E_63
                MOV   DPTR,#TEXT_46     ; (164)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_63:           CJNE  A,#63H,E_64
                MOV   DPTR,#TEXT_47     ; (165)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_64:           CJNE  A,#64H,E_65
                MOV   DPTR,#TEXT_48     ; (166)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
E_65:           CJNE  A,#65H,E_66
                MOV   DPTR,#TEXT_49     ; (167)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_66:           CJNE  A,#66H,E_67
                MOV   DPTR,#TEXT_50     ; (168)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_67:           CJNE  A,#67H,E_68
                MOV   DPTR,#TEXT_51     ; (169)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_68:           CJNE  A,#68H,E_69
                MOV   DPTR,#TEXT_52     ; (170)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_69:           CJNE  A,#69H,E_6A
                MOV   DPTR,#TEXT_53     ; (171)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_6A:           CJNE  A,#6AH,E_6B
                MOV   DPTR,#TEXT_54     ; (172)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_6B:           CJNE  A,#6BH,E_6C
                MOV   DPTR,#TEXT_55     ; (173)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_6C:           CJNE  A,#6CH,E_6D
                MOV   DPTR,#TEXT_56     ; (174)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_6D:           CJNE  A,#6DH,E_6E
                MOV   DPTR,#TEXT_57     ; (175)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_6E:           CJNE  A,#6EH,E_6F
                MOV   DPTR,#TEXT_58     ; (176)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_6F:           CJNE  A,#6FH,E_70
                MOV   DPTR,#TEXT_59     ; (177)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_70:           CJNE  A,#70H,E_71
                MOV   DPTR,#TEXT_60     ; (178)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_71:           CJNE  A,#71H,E_72
                MOV   DPTR,#TEXT_61     ; (179)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_72:           CJNE  A,#72H,E_73
                MOV   DPTR,#TEXT_62     ; (180)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_73:           CJNE  A,#73H,E_74
                MOV   DPTR,#TEXT_63     ; (181)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
E_74:           CJNE  A,#74H,E_75
                MOV   DPTR,#TEXT_64     ; (182)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_75:           CJNE  A,#75H,E_76
                MOV   DPTR,#TEXT_65     ; (183)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_76:           CJNE  A,#76H,E_77
                MOV   DPTR,#TEXT_66     ; (184)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_77:           CJNE  A,#77H,E_78
                MOV   DPTR,#TEXT_67     ; (185)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_78:           CJNE  A,#78H,E_79
                MOV   DPTR,#TEXT_68     ; (186)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_79:           CJNE  A,#79H,E_7A
                MOV   DPTR,#TEXT_69     ; (187)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_7A:           CJNE  A,#7AH,E_7B
                MOV   DPTR,#TEXT_70     ; (188)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_7B:           CJNE  A,#7BH,E_7C
                MOV   DPTR,#TEXT_71     ; (189)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_7C:           CJNE  A,#7CH,E_7D
                MOV   DPTR,#TEXT_72     ; (190)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_7D:           CJNE  A,#7DH,E_7E
                MOV   DPTR,#TEXT_73     ; (191)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_7E:           CJNE  A,#7EH,E_7F
                MOV   DPTR,#TEXT_74     ; (192)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_7F:           CJNE  A,#7FH,E_80
                MOV   DPTR,#TEXT_75     ; (193)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_80:           CJNE  A,#80H,E_81
                MOV   DPTR,#TEXT_76     ; (194)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_81:           CJNE  A,#81H,E_82
                MOV   DPTR,#TEXT_77     ; (195)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_82:           CJNE  A,#82H,E_83
                MOV   DPTR,#TEXT_78     ; (196)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
E_83:           CJNE  A,#83H,E_84
                MOV   DPTR,#TEXT_79     ; (197)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_84:           CJNE  A,#84H,E_85
                MOV   DPTR,#TEXT_80     ; (198)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_85:           CJNE  A,#85H,E_86
                MOV   DPTR,#TEXT_81     ; (199)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_86:           CJNE  A,#86H,E_87
                MOV   DPTR,#TEXT_82     ; (200)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_87:           CJNE  A,#87H,E_88
                MOV   DPTR,#TEXT_83     ; (201)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_88:           CJNE  A,#88H,E_89
                MOV   DPTR,#TEXT_84     ; (202)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_89:           CJNE  A,#89H,E_8A
                MOV   DPTR,#TEXT_85     ; (203)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_8A:           CJNE  A,#8AH,E_8B
                MOV   DPTR,#TEXT_86     ; (204)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_8B:           CJNE  A,#8BH,E_8C
                MOV   DPTR,#TEXT_87     ; (205)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_8C:           CJNE  A,#8CH,E_8D
                MOV   DPTR,#TEXT_88     ; (206)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP

E_8D:           CJNE  A,#8DH,E_8E
                MOV   DPTR,#TEXT_89     ; (207)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_8E:           CJNE  A,#8EH,E_8F
                MOV   DPTR,#TEXT_90     ; (208)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_8F:           CJNE  A,#8FH,E_90
                MOV   DPTR,#TEXT_91     ; (209)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_90:           CJNE  A,#90H,E_91
                MOV   DPTR,#TEXT_92     ; (210)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_91:           CJNE  A,#91H,E_92
                MOV   DPTR,#TEXT_93     ; (211)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
E_92:           CJNE  A,#92H,E_93
                MOV   DPTR,#TEXT_94     ; (212)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_93:           CJNE  A,#93H,E_94
                MOV   DPTR,#TEXT_95     ; (213)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_94:           CJNE  A,#94H,E_95
                MOV   DPTR,#TEXT_96     ; (214)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_95:           CJNE  A,#95H,E_96
                MOV   DPTR,#TEXT_97     ; (215)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_96:           CJNE  A,#96H,E_97
                MOV   DPTR,#TEXT_98     ; (216)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_97:           CJNE  A,#97H,E_98
                MOV   DPTR,#TEXT_99     ; (217)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_98:           CJNE  A,#98H,E_99
                MOV   DPTR,#TEXT_100    ; (224)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_99:           CJNE  A,#99H,E_9A
                MOV   DPTR,#TEXT_101    ; (225)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_9A:           CJNE  A,#9AH,E_9B
                MOV   DPTR,#TEXT_102    ; (226)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_9B:           CJNE  A,#9BH,E_9C
                MOV   DPTR,#TEXT_103    ; (227)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_9C:           CJNE  A,#9CH,E_9D
                MOV    DPTR,#TEXT_104   ; (228)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_9D:           CJNE  A,#9DH,E_9E
                MOV   DPTR,#TEXT_105    ; (230)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_9E:           CJNE  A,#9EH,E_9F
                MOV   DPTR,#TEXT_106    ; (231)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_9F:           CJNE  A,#9FH,E_A0
                MOV   DPTR,#TEXT_107    ; (232)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
E_A0:           CJNE  A,#0A0H,E_A1
                MOV   DPTR,#TEXT_108    ; (233)
                LCALL TX_TEXT           ; TX Text to Serial Port
                LJMP  TX_RX_LOOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
E_A1:               CJNE  A,#0A1H,E_A2
                    MOV   DPTR,#TEXT_109     ; (234)
                    LCALL TX_TEXT            ; TX Text to Serial Port
                    LJMP  TX_RX_LOOP
E_A2:               CJNE  A,#0A2H,E_A3
                    MOV   DPTR,#TEXT_110     ; (235)
                    LCALL TX_TEXT            ; TX Text to Serial Port
                    LJMP  TX_RX_LOOP
E_A3:               CJNE  A,#0A3H,EXIT
                    MOV   DPTR,#TEXT_111     ; (236)
                    LCALL TX_TEXT            ; TX Text to Serial Port
EXIT:               LJMP  TX_RX_LOOP
;-------------------------------------------------------------------
;     Define Constant < Store in Flash EEPROM Program Memory >
;-------------------------------------------------------------------
GOTO_POSITION1:   DB 03H,00H,0FFH          ;LCD Command
GOTO_POSITION2:   DB 03H,3BH,0FFH          ;LCD Command
GOTO_POSITION3:   DB 03H,3CH,0FFH          ;LCD Command
GOTO_POSITION4:   DB 03H,77H,0FFH          ;LCD Command
CURSER_ON:        DB 04H,0FFH              ;LCD Command
CURSER_OFF:       DB 05H,0FFH              ;LCD Command
RESET_LCD:        DB 06H,0FFH              ;LCD Command
BACK_SPACE:       DB 08H,0FFH              ;LCD Command
CLEAR_SCREEN:     DB 1BH,0FFH              ;LCD Command
DEL_MOVE_RIGHT:   DB 20H,0FFH              ;LCD Command
PROJECT_OWNER:    DB 32,32,32,32,205,216,187,161,195,179,236,161,210
                  DB 195,202,215,232,205,202,210,195,224,190,215,232
                  DB 205,188,217,233,190,212,161,210,195,00AH,00DH
                  DB 180,233,210,185,161,210,195,195,209,186,195,217
                  DB 233,183,210,167,224,202,213,194,167,32,40,75,77
                  DB 73,84,76,32,50,48,48,49,46,41
                  DB 226,180,194,32,49,46,185,210,194,202,216,170,210
                  DB 81,212,32,186,195,195,183,209,180,224,183,213
                  DB 232,194,167,32,52,50,95,48,51,57
                  DB 32,32,32,32,50,46,185,210,194,199,209,185,170
                  DB 209,194,32,195,208,199,209,167,32,32,32,32,32
                  DB 32,52,50,95,48,51,49,0FFH
WAIT_SENDING:     DB 161,211,197,209,167,202,232,167,162,233,205,164
                  DB 99,210,193,32,161,195,216,179,210,195,205,202
                  DB 209,161,164,195,217,232,33,00AH,00DH
                  DB 83,101,110,100,105,110,103,32,109,101,115,115,97
                  DB 103,101,115,32,112,108,101,97,115,101,32,119,97
                  DB 105,116,46,0FFH
WAIT_RECEIVING:   DB 161,211,197,209,167,195,205,195,209,186,162,233
                  DB 205,164,199,210,193,32,161,195,216,179,210,
                  DB 195,205,202,209,161,164,195,217,232,33,00AH,00DH
                  DB 82,101,99,101,105,118,105,110,103,32,109,101
                  DB 115,115,97,103,101,32,112,108,101,97,115,101,32
                  DB 119,97,105,116,46,0FFH
WELCOME_TO:       DB 00AH,00DH,32,32,32,32,32,32,32,32,32,32,194,212
                  DB 185,180,213,181,233,205,185,195,209,186,202,217
                  DB 232,00AH,00DH,32,32,32,32,32,32,32,32,32,32,87,
                  DB 69,76,67,79,77,69,32,84,79,0FFH
;-------------------------------------------------------------------
;     Define Constant < Store in Flash EEPROM Program Memory >
;                     English Language
;-------------------------------------------------------------------
TEXT_10:    DB    32,0FFH              ; Spacebar
TEXT_11:    DB    33,0FFH              ; !  Up Key
TEXT_12:    DB    34,0FFH              ; "  English Up    Thai Up
TEXT_13:    DB    35,0FFH              ; #  Up Key
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TEXT_14:    DB    36,0FFH          ; $  Up Key
TEXT_15:    DB    37,0FFH          ; %  Up Key
TEXT_16:    DB    38,0FFH          ; &  Up Key
TEXT_17:    DB    39,0FFH          ; '  Down Key
TEXT_18:    DB    40,0FFH          ; (  English Up    Thai Up
TEXT_19:    DB    41,0FFH          ; )  English Up    Thai Up
TEXT_20:    DB    42,0FFH          ; *  Up Key
TEXT_21:    DB    43,0FFH          ; +  English Up    Thai Up
TEXT_22:    DB    44,0FFH          ; ,  English Down  Thai Up
TEXT_23:    DB    45,0FFH          ; -  English Down Thai Down
TEXT_24:    DB    46,0FFH          ; .  English Down  Thai Up
TEXT_25:    DB    47,0FFH          ; /  English Down Thai Down
TEXT_0:     DB    48,0FFH          ; 0  English Down  Thai Up
TEXT_1:     DB    49,0FFH          ; 1  English Down  Thai Up
TEXT_2:     DB    50,0FFH          ; 2  English Down  Thai Up
TEXT_3:     DB    51,0FFH          ; 3  English Down  Thai Up
TEXT_4:     DB    52,0FFH          ; 4  English Down  Thai Up
TEXT_5:     DB    53,0FFH          ; 5  English Down  Thai Up
TEXT_6:     DB    54,0FFH          ; 6  English Down  Thai Up
TEXT_7:     DB    55,0FFH          ; 7  English Down  Thai Up
TEXT_8:     DB    56,0FFH          ; 8  English Down  Thai Up
TEXT_9:     DB    57,0FFH          ; 9  English Down  Thai Up
TEXT_26:    DB    58,0FFH          ; :  Up   Key
TEXT_27:    DB    59,0FFH          ; ;  Down Key
TEXT_28:    DB    60,0FFH          ; <  Up   Key
TEXT_29:    DB    61,0FFH          ; =  Down Key
TEXT_30:    DB    62,0FFH          ; >  Up   Key
TEXT_31:    DB    63,0FFH          ; ?  English Up Thai Up
TEXT_32:    DB    64,0FFH          ; @  Up   Key
TEXT_A:     DB    65,0FFH          ; A  Up   Key
TEXT_B:     DB    66,0FFH          ; B  Up   Key
TEXT_C:     DB    67,0FFH          ; C  Up   Key
TEXT_D:     DB    68,0FFH          ; D  Up   Key
TEXT_E:     DB    69,0FFH          ; E  Up   Key
TEXT_F:     DB    70,0FFH          ; F  Up   Key
TEXT_G:     DB    71,0FFH          ; G  Up   Key
TEXT_H:     DB    72,0FFH          ; H  Up   Key
TEXT_I:     DB    73,0FFH          ; I  Up   Key
TEXT_J:     DB    74,0FFH          ; J  Up   Key
TEXT_K:     DB    75,0FFH          ; K  Up   Key
TEXT_L:     DB    76,0FFH          ; L  Up   Key
TEXT_M:     DB    77,0FFH          ; M  Up   Key
TEXT_N:     DB    78,0FFH          ; N  Up   Key
TEXT_O:     DB    79,0FFH          ; O  Up   Key
TEXT_P:     DB    80,0FFH          ; P  Up   Key
TEXT_Q:     DB    81,0FFH          ; Q  Up   Key
TEXT_R:     DB    82,0FFH          ; R  Up   Key
TEXT_S:     DB    83,0FFH          ; S  Up   Key
TEXT_T:     DB    84,0FFH          ; T  Up   Key
TEXT_U:     DB    85,0FFH          ; U  Up   Key
TEXT_V:     DB    86,0FFH          ; V  Up   Key
TEXT_W:     DB    87,0FFH          ; W  Up   Key
TEXT_X:     DB    88,0FFH          ; X  Up   Key
TEXT_Y:     DB    89,0FFH          ; Y  Up   Key
TEXT_Z:     DB    90,0FFH          ; Z  Up   Key
TEXT_33:    DB    91,0FFH          ; [  Down Key
TEXT_34:    DB    92,0FFH          ; \  Down Key
TEXT_35:    DB    93,0FFH          ; ]  Down Key
TEXT_36:    DB    94,0FFH          ; ^  Up   Key
TEXT_37:    DB    95,0FFH          ; _  Up   Key
TEXT_38:    DB    96,0FFH          ; '  Down Key
```

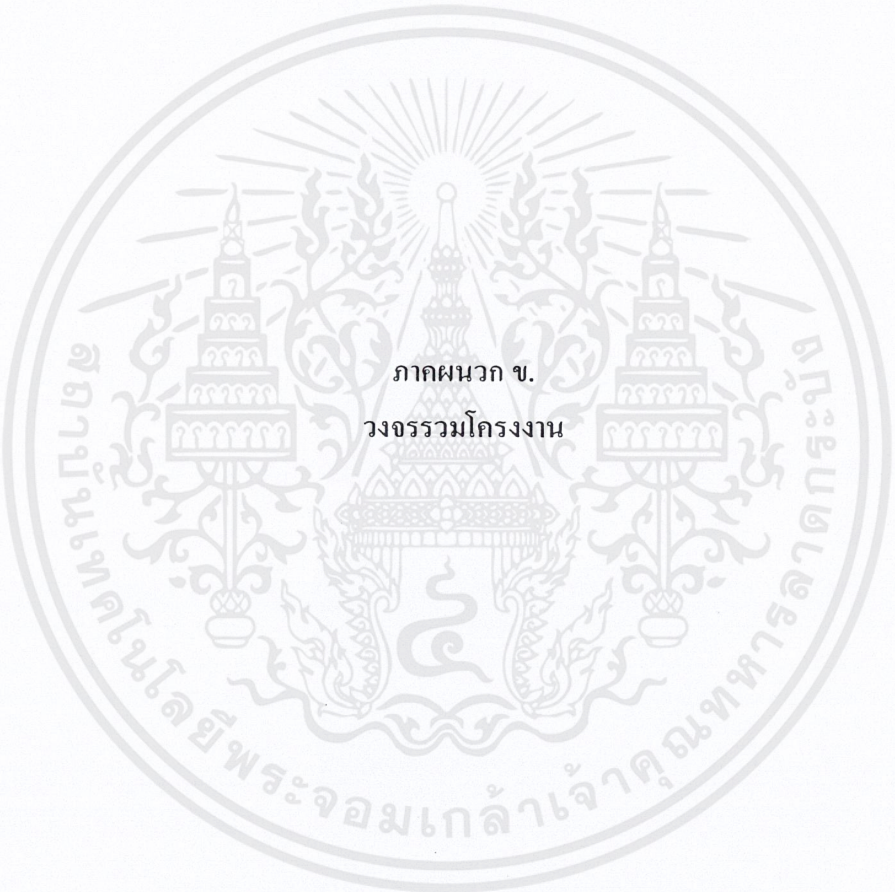
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TEXT_AA:    DB    97,0FFH          ; a  Down Key
TEXT_BB:    DB    98,0FFH          ; b  Down Key
TEXT_CC:    DB    99,0FFH          ; c  Down Key
TEXT_DD:    DB    100,0FFH         ; d  Down Key
TEXT_EE:    DB    101,0FFH         ; e  Down Key
TEXT_FF:    DB    102,0FFH         ; f  Down Key
TEXT_GG:    DB    103,0FFH         ; g  Down Key
TEXT_HH:    DB    104,0FFH         ; h  Down Key
TEXT_II:    DB    105,0FFH         ; i  Down Key
TEXT_JJ:    DB    106,0FFH         ; j  Down Key
TEXT_KK:    DB    107,0FFH         ; k  Down Key
TEXT_LL:    DB    108,0FFH         ; l  Down Key
TEXT_MM:    DB    109,0FFH         ; m  Down Key
TEXT_NN:    DB    110,0FFH         ; n  Down Key
TEXT_OO:    DB    111,0FFH         ; o  Down Key
TEXT_PP:    DB    112,0FFH         ; p  Down Key
TEXT_QQ:    DB    113,0FFH         ; q  Down Key
TEXT_RR:    DB    114,0FFH         ; r  Down Key
TEXT_SS:    DB    115,0FFH         ; s  Down Key
TEXT_TT:    DB    116,0FFH         ; t  Down Key
TEXT_UU:    DB    117,0FFH         ; u  Down Key
TEXT_VV:    DB    118,0FFH         ; v  Down Key
TEXT_WW:    DB    119,0FFH         ; w  Down Key
TEXT_XX:    DB    120,0FFH         ; x  Down Key
TEXT_YY:    DB    121,0FFH         ; y  Down Key
TEXT_ZZ:    DB    122,0FFH         ; z  Down Key
TEXT_39:    DB    123,0FFH         ; {  Up   Key
TEXT_40:    DB    124,0FFH         ; |  Up   Key
TEXT_41:    DB    125,0FFH         ; }  Up   Key
TEXT_42:    DB    126,0FFH         ; ~  Up   Key
;-------------------------------------------------------------------
;     Define Constant < Store in Flash EEPROM Program Memory >
;                       Thai Language
;-------------------------------------------------------------------
TEXT_43:    DB    161,0FFH         ; Down key
TEXT_44:    DB    162,0FFH         ; Down key
TEXT_45:    DB    163,0FFH         ; Down key
TEXT_46:    DB    164,0FFH         ; Down key
TEXT_47:    DB    165,0FFH         ; Up   Key
TEXT_48:    DB    166,0FFH         ; Up   Key
TEXT_49:    DB    167,0FFH         ; Down key
TEXT_50:    DB    168,0FFH         ; Down key
TEXT_51:    DB    169,0FFH         ; Up   Key
TEXT_52:    DB    170,0FFH         ; Down key
TEXT_53:    DB    171,0FFH         ; Up   Key
TEXT_54:    DB    172,0FFH         ; Up   Key
TEXT_55:    DB    173,0FFH         ; Up   Key
TEXT_56:    DB    174,0FFH         ; Up   Key
TEXT_57:    DB    175,0FFH         ; Up   Key
TEXT_58:    DB    176,0FFH         ; Up   Key
TEXT_59:    DB    177,0FFH         ; Up   Key
TEXT_60:    DB    178,0FFH         ; Up   Key
TEXT_61:    DB    179,0FFH         ; Up   Key
TEXT_62:    DB    180,0FFH         ; Down key
TEXT_63:    DB    181,0FFH         ; Down key
TEXT_64:    DB    182,0FFH         ; Down key
TEXT_65:    DB    183,0FFH         ; Down key
TEXT_66:    DB    184,0FFH         ; Up   Key
TEXT_67:    DB    185,0FFH         ; Down key
TEXT_68:    DB    186,0FFH         ; Down key
TEXT_69:    DB    187,0FFH         ; Down key
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TEXT_70:    DB    188,0FFH          ; Down key
TEXT_71:    DB    189,0FFH          ; Down key
TEXT_72:    DB    190,0FFH          ; Down key
TEXT_73:    DB    191,0FFH          ; Down key
TEXT_74:    DB    192,0FFH          ; Down key
TEXT_75:    DB    193,0FFH          ; Down key
TEXT_76:    DB    194,0FFH          ; Down key
TEXT_77:    DB    195,0FFH          ; Down key
TEXT_78:    DB    196,0FFH          ; Up   Key
TEXT_79:    DB    197,0FFH          ; Down key
TEXT_80:    DB    198,0FFH          ; Up   Key
TEXT_81:    DB    199,0FFH          ; Down key
TEXT_82:    DB    200,0FFH          ; Up   Key
TEXT_83:    DB    201,0FFH          ; Up   Key
TEXT_84:    DB    202,0FFH          ; Down key
TEXT_85:    DB    203,0FFH          ; Down key
TEXT_86:    DB    204,0FFH          ; Up   Key
TEXT_87:    DB    205,0FFH          ; Down key
TEXT_88:    DB    206,0FFH          ; Up   Key
TEXT_89:    DB    207,0FFH          ; Up   Key
TEXT_90:    DB    208,0FFH          ; Down key
TEXT_91:    DB    209,0FFH          ; Down key
TEXT_92:    DB    210,0FFH          ; Down key
TEXT_93:    DB    211,0FFH          ; Down key
TEXT_94:    DB    212,0FFH          ; Down key
TEXT_95:    DB    213,0FFH          ; Down key
TEXT_96:    DB    214,0FFH          ; Down key
TEXT_97:    DB    215,0FFH          ; Down key
TEXT_98:    DB    216,0FFH          ; Down key
TEXT_99:    DB    217,0FFH          ; Up   Key
TEXT_100:   DB    224,0FFH          ; Down key
TEXT_101:   DB    225,0FFH          ; Down key
TEXT_102:   DB    226,0FFH          ; Up   Key
TEXT_103:   DB    227,0FFH          ; Down key
TEXT_104:   DB    228,0FFH          ; Down key
TEXT_105:   DB    230,0FFH          ; Down key
TEXT_106:   DB    231,0FFH          ; Up   Key
TEXT_107:   DB    232,0FFH          ; Down key
TEXT_108:   DB    233,0FFH          ; Down key
TEXT_109:   DB    234,0FFH          ; Up   Key
TEXT_110:   DB    235,0FFH          ; Up   Key
TEXT_111:   DB    236,0FFH          ; Up   Key
;-------------------------------------------------------------------------
;                          End of Program
;-------------------------------------------------------------------------
```

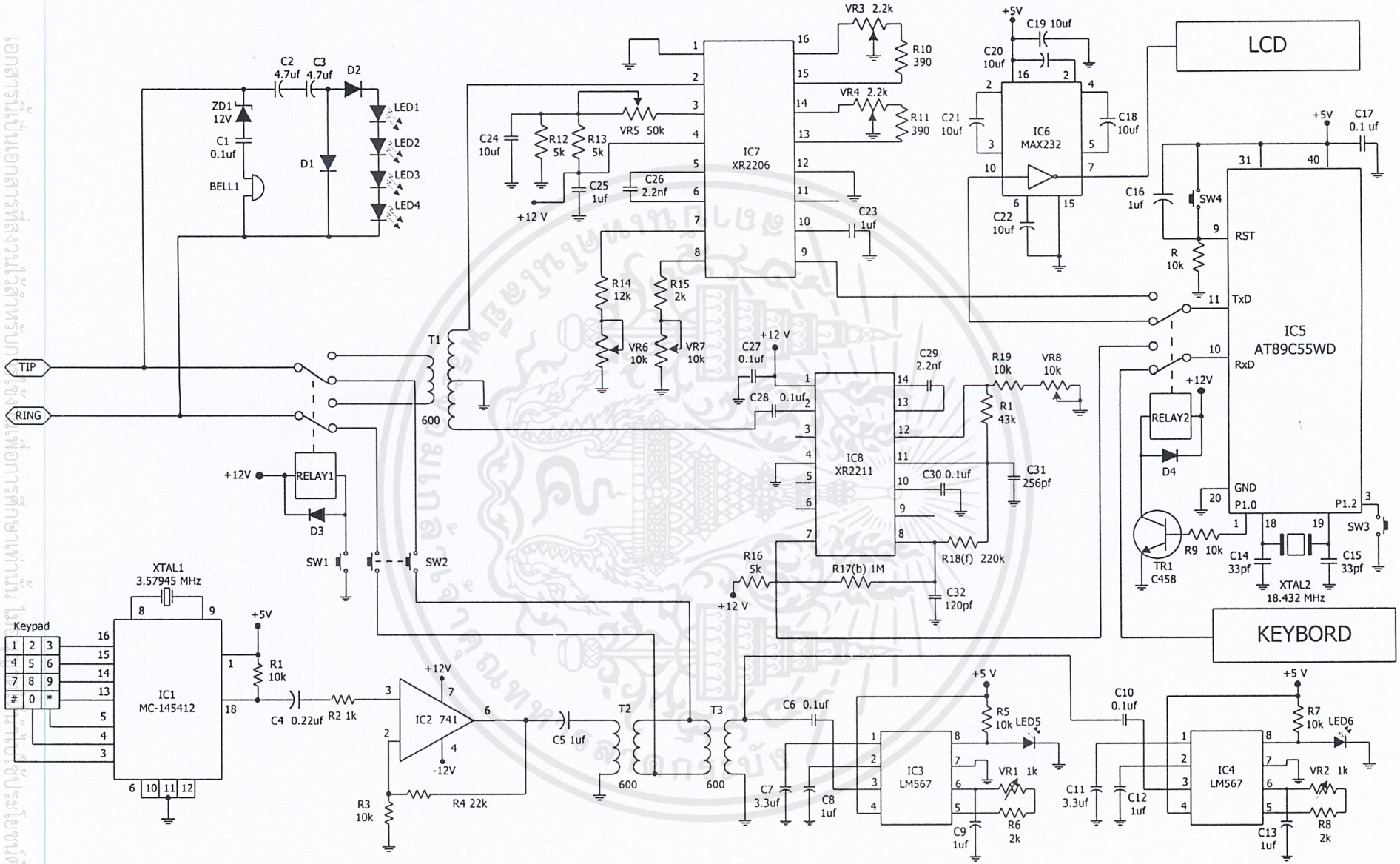
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข.

วงจรรวมโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

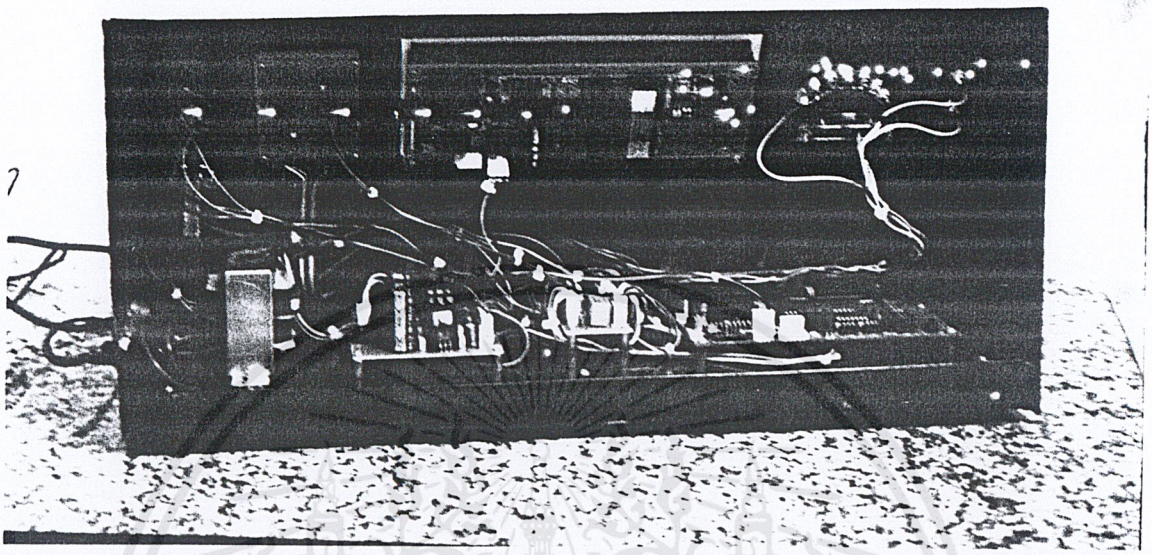


รูปแสดงวงจรรวมโครงงานอุปกรณ์สื่อสารเพื่อผู้พิการด้านการรับรู้ทางเสียง

ภาคผนวก ค.

รูปชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

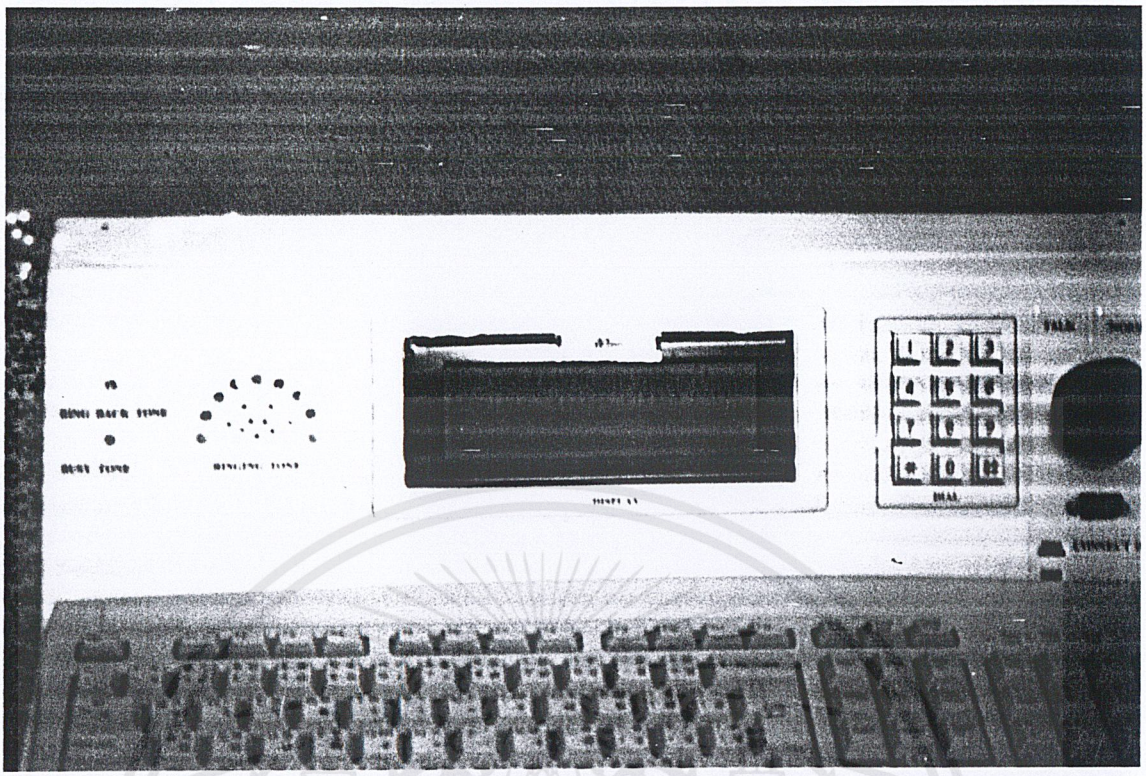


รูปแสดงการจัดวางอุปกรณ์ภายในชิ้นงาน

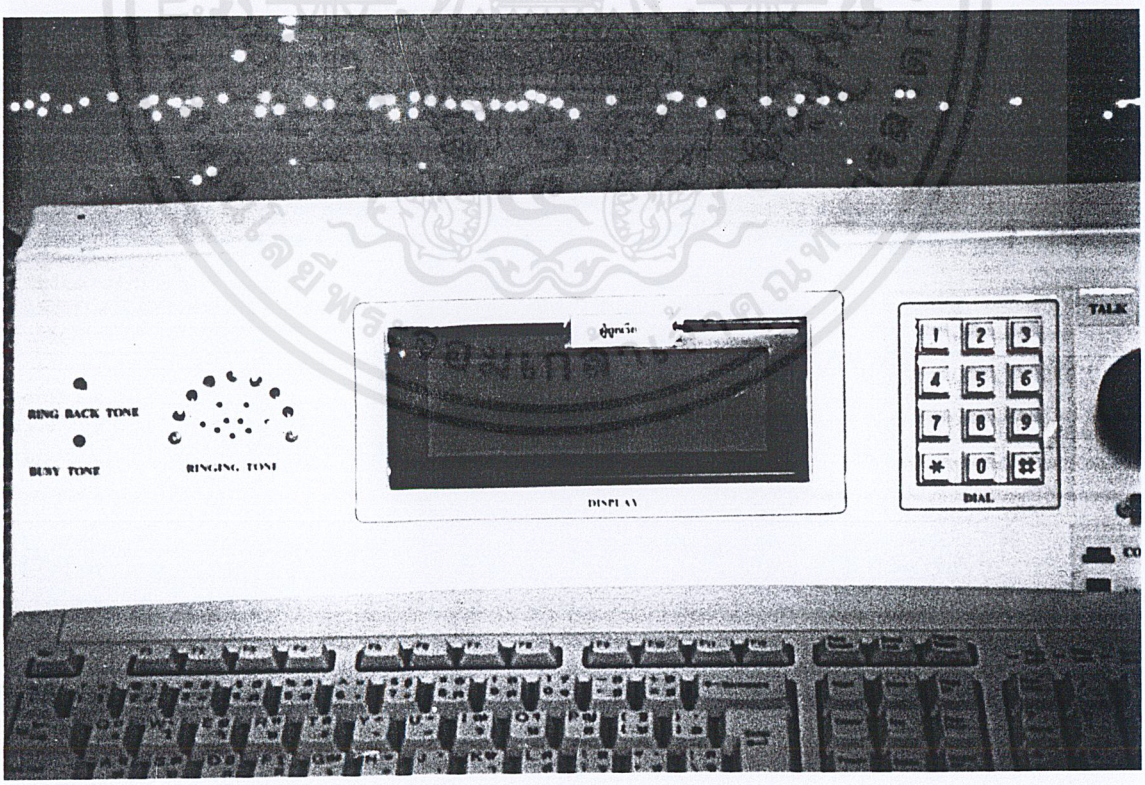


รูปแสดงการจัดวางอุปกรณ์ภายนอกชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

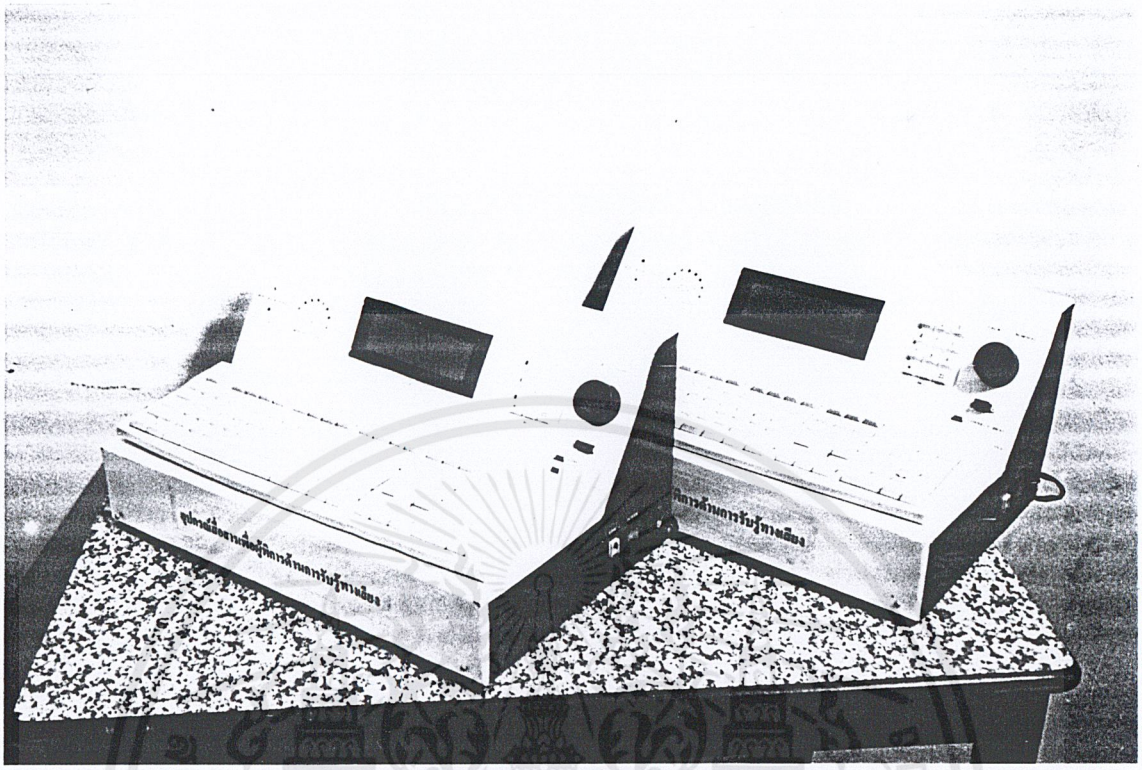


รูปแสดงการทำงานเมื่อเป็นผู้เรียก



รูปแสดงการการทำงานเมื่อเป็นผู้ถูกเรียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



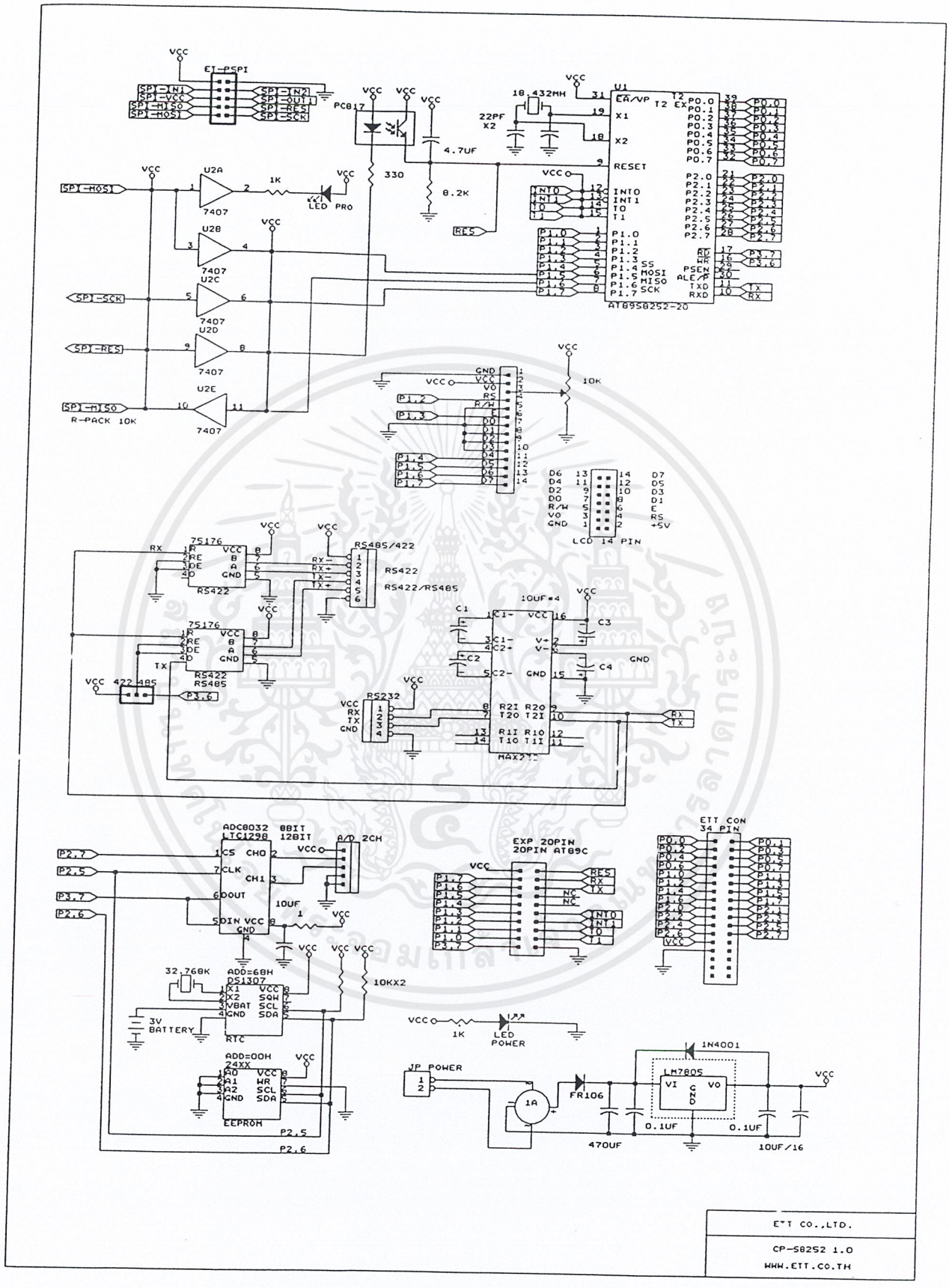
รูปแสดงชิ้นงานทั้งสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

Data Sheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วงจรโครงสร้างภายในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น CP-S8252 V1.0 ของบริษัทอีทีที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

May 1999

LM567/LM567C
Tone Decoder

General Description

The LM567 and LM567C are general purpose tone decoders designed to provide a saturated transistor switch to ground when an input signal is present within the passband. The circuit consists of an I and Q detector driven by a voltage controlled oscillator which determines the center frequency of the decoder. External components are used to independently set center frequency, bandwidth and output delay.

Features

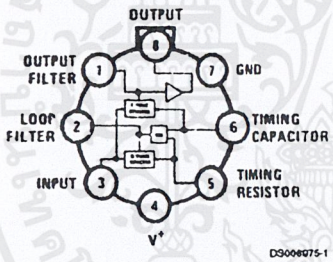
- 20 to 1 frequency range with an external resistor
- Logic compatible output with 100 mA current sinking capability
- Bandwidth adjustable from 0 to 14%
- High rejection of out of band signals and noise
- Immunity to false signals
- Highly stable center frequency
- Center frequency adjustable from 0.01 Hz to 500 kHz

Applications

- Touch tone decoding
- Precision oscillator
- Frequency monitoring and control
- Wide band FSK demodulation
- Ultrasonic controls
- Carrier current remote controls
- Communications paging decoders

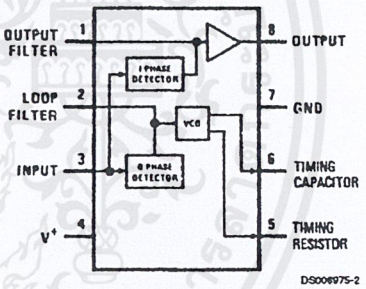
Connection Diagrams

Metal Can Package



Top View
Order Number LM567H or LM567CH
See NS Package Number H08C

Dual-In-Line and Small Outline Packages



Top View
Order Number LM567CM
See NS Package Number M08A
Order Number LM567CN
See NS Package Number N08E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage Pin	9V
Power Dissipation (Note 2)	1100 mW
V_8	15V
V_3	−10V
V_3	V_4 + 0.5V
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C

Operating Temperature Range	
LM567H	−55°C to +125°C
LM567CH, LM567CM, LM567CN	0°C to +70°C
Soldering Information	
Dual-In-Line Package	
Soldering (10 sec.)	260°C
Small Outline Package	
Vapor Phase (60 sec.)	215°C
Infrared (15 sec.)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

Electrical Characteristics

AC Test Circuit, T_A = 25°C, V^+ = 5V

Parameters	Conditions	LM567			LM567C/LM567CM			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Power Supply Voltage Range		4.75	5.0	9.0	4.75	5.0	9.0	V
Power Supply Current Quiescent	R_L = 20k		6	8		7	10	mA
Power Supply Current Activated	R_L = 20k		11	13		12	15	mA
Input Resistance		18	20		15	20		kΩ
Smallest Detectable Input Voltage	I_L = 100 mA, $f_i = f_o$		20	25		20	25	mVrms
Largest No Output Input Voltage	I_C = 100 mA, $f_i = f_o$	10	15		10	15		mVrms
Largest Simultaneous Outband Signal to Inband Signal Ratio			6			6		dB
Minimum Input Signal to Wideband Noise Ratio	B_n = 140 kHz		−6			−6		dB
Largest Detection Bandwidth		12	14	16	10	14	18	% of f_o
Largest Detection Bandwidth Skew			1	2		2	3	% of f_o
Largest Detection Bandwidth Variation with Temperature			±0.1			±0.1		%/°C
Largest Detection Bandwidth Variation with Supply Voltage	4.75–6.75V		±1	±2		±1	±5	%V
Highest Center Frequency		100	500		100	500		kHz
Center Frequency Stability (4.75–5.75V)	$0 < T_A < 70$ $-55 < T_A < +125$		35 ± 60 35 ± 140			35 ± 60 35 ± 140		ppm/°C ppm/°C
Center Frequency Shift with Supply Voltage	4.75V–6.75V 4.75V–9V		0.5	1.0 2.0		0.4	2.0 2.0	%/V %/V
Fastest ON-OFF Cycling Rate			f_o/20			f_o/20		
Output Leakage Current	V_8 = 15V		0.01	25		0.01	25	µA
Output Saturation Voltage	e_i = 25 mV, I_8 = 30 mA e_i = 25 mV, I_8 = 100 mA		0.2 0.6	0.4 1.0		0.2 0.6	0.4 1.0	V
Output Fall Time			30			30		ns
Output Rise Time			150			150		ns

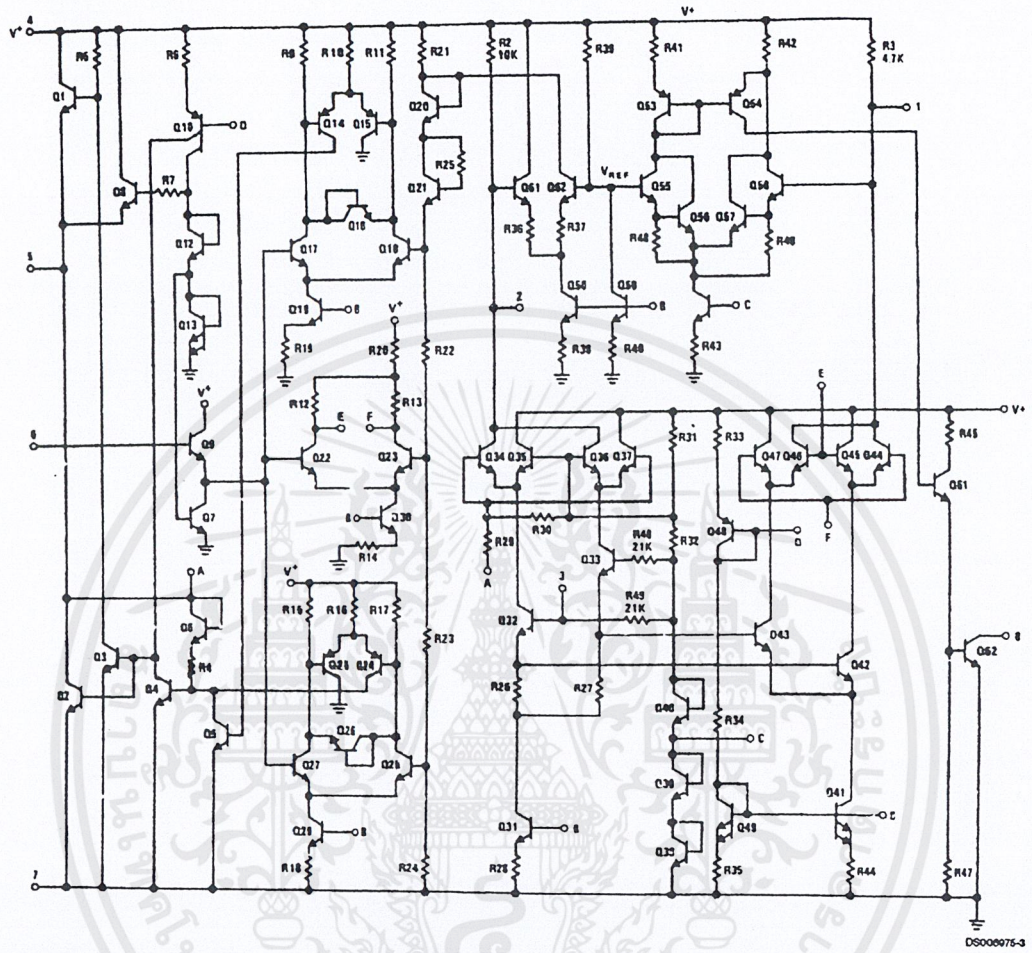
Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits. Electrical Characteristics state DC and AC electrical specifications under particular test conditions which guarantee specific performance limits. This assumes that the device is within the Operating Ratings. Specifications are not guaranteed for parameters where no limit is given, however, the typical value is a good indication of device performance.

Note 2: The maximum junction temperature of the LM567 and LM567C is 150°C. For operating at elevated temperatures, devices in the TO-5 package must be derated based on a thermal resistance of 150°C/W, junction to ambient or 45°C/W, junction to case. For the DIP the device must be derated based on a thermal resistance of 110°C/W, junction to ambient. For the Small Outline package, the device must be derated based on a thermal resistance of 160°C/W, junction to ambient.

Note 3: Refer to RETS567X drawing for specifications of military LM567H version.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

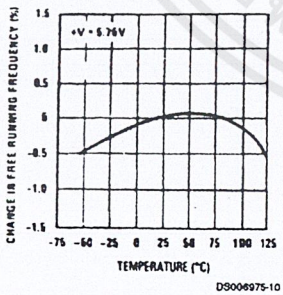
Schematic Diagram



DS006975-3

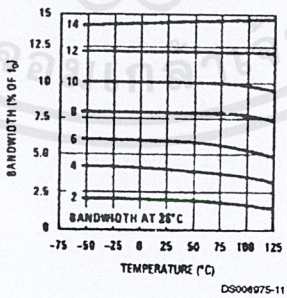
Typical Performance Characteristics

Typical Frequency Drift



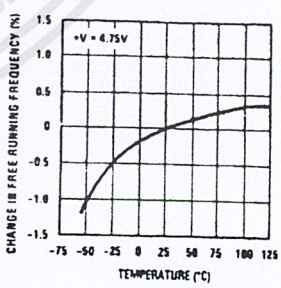
DS006975-10

Typical Bandwidth Variation



DS006975-11

Typical Frequency Drift

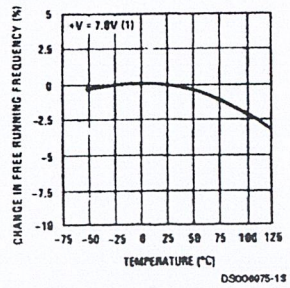


DS006975-12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

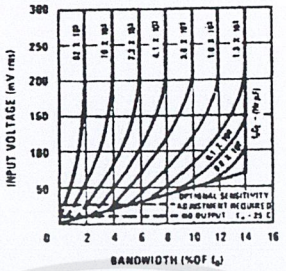
Typical Performance Characteristics (Continued)

Typical Frequency Drift



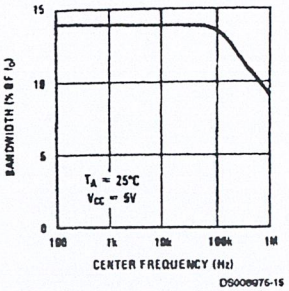
DS006975-13

Bandwidth vs Input Signal Amplitude



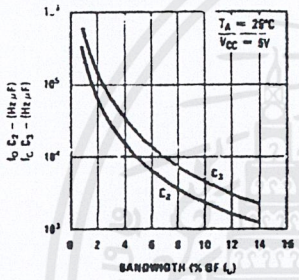
DS006975-14

Largest Detection Bandwidth



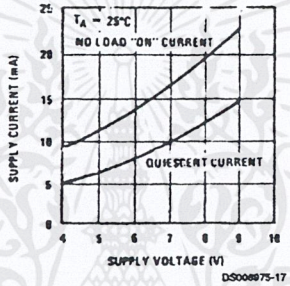
DS006975-15

Detection Bandwidth as a Function of C_2 and C_3



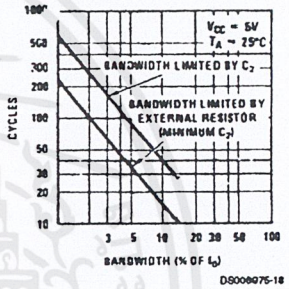
DS006975-16

Typical Supply Current vs Supply Voltage



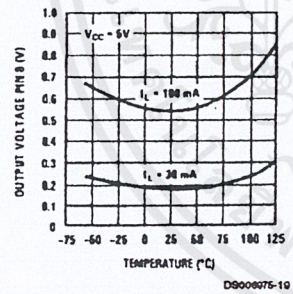
DS006975-17

Greatest Number of Cycles Before Output



DS006975-18

Typical Output Voltage vs Temperature

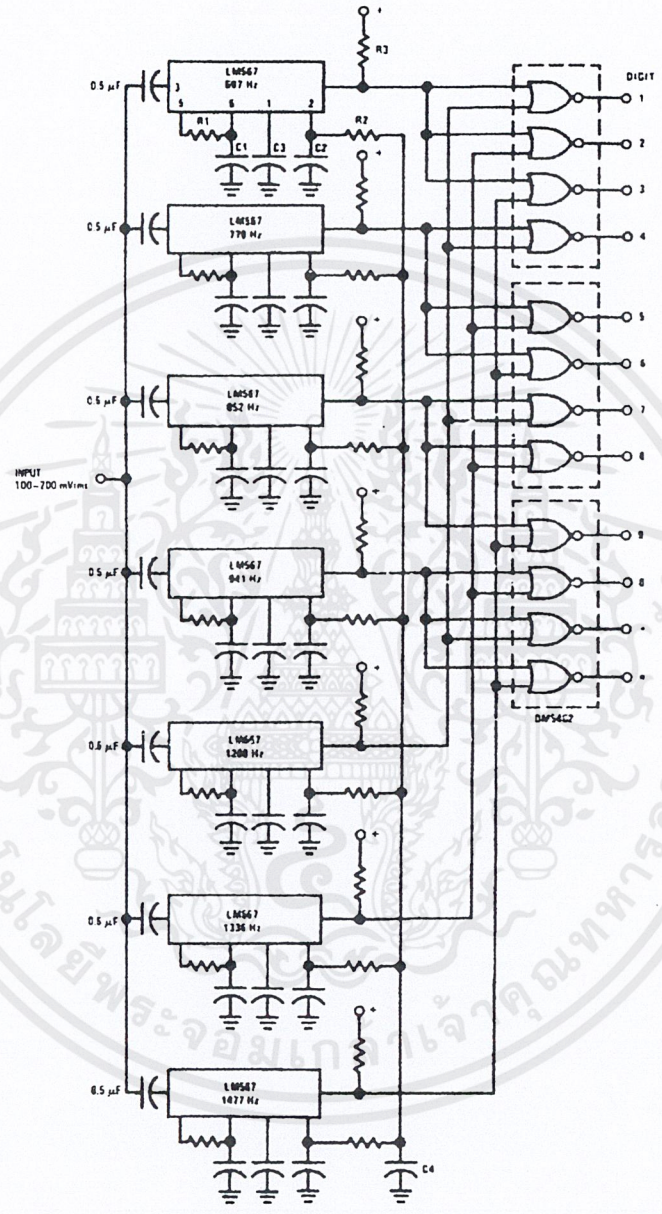


DS006975-19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications

Touch-Tone Decoder



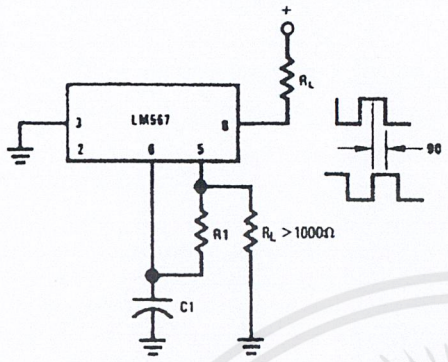
DS006975-5

Component values (typ)
R1 6.8 to 15k
R2 4.7k
R3 20k
C1 0.10 mfd
C2 1.0 mfd 6V
C3 2.2 mfd 6V
C4 250 mfd 6V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

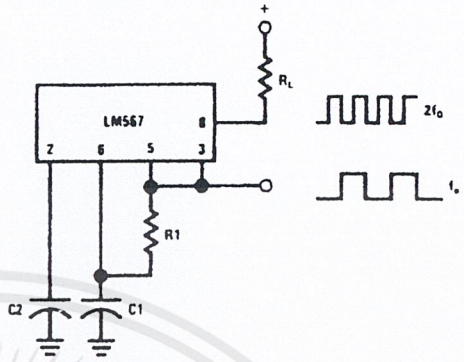
Oscillator with Quadrature Output



DS006975-6

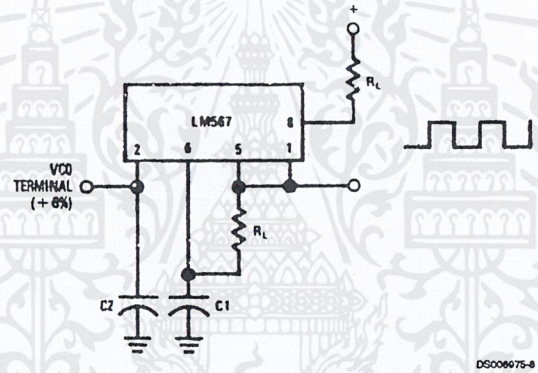
Connect Pin 3 to 2.8V to Invert Output

Oscillator with Double Frequency Output



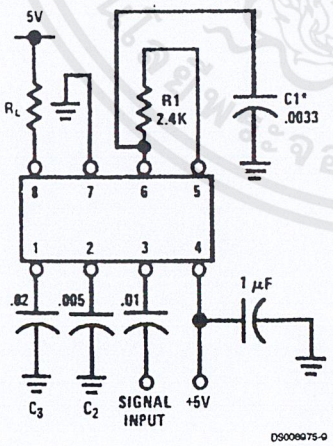
DS006975-7

Precision Oscillator Drive 100 mA Loads



DS006975-8

AC Test Circuit



DS006975-9

f_i = 100 kHz ÷ 5V

***Note:** Adjust for f_o = 100 kHz.

Applications Information

The center frequency of the tone decoder is equal to the free running frequency of the VCO. This is given by

$$f_o \cong \frac{1}{1.1\ R_1 C_1}$$

The bandwidth of the filter may be found from the approximation

$$BW = 1070 \sqrt{\frac{V_i}{f_o C_2}} \text{ in \% of } f_o$$

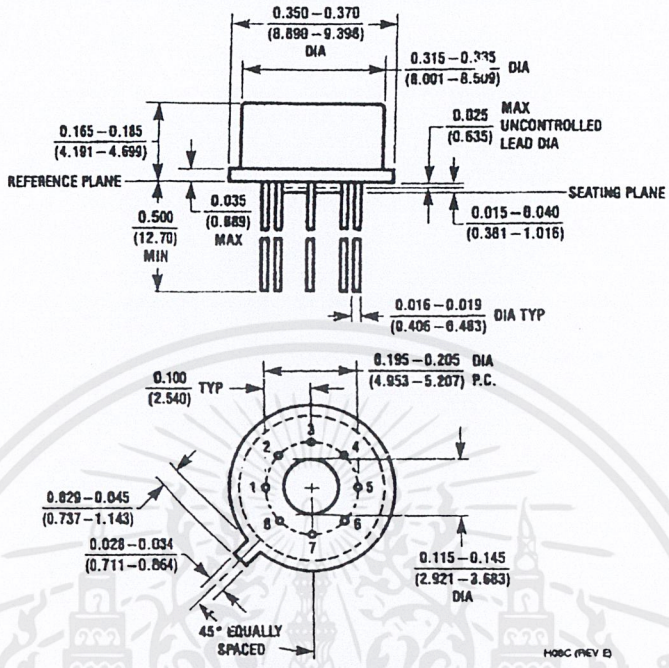
Where:

V_i = Input voltage (volts rms), $V_i \leq 200$ mV

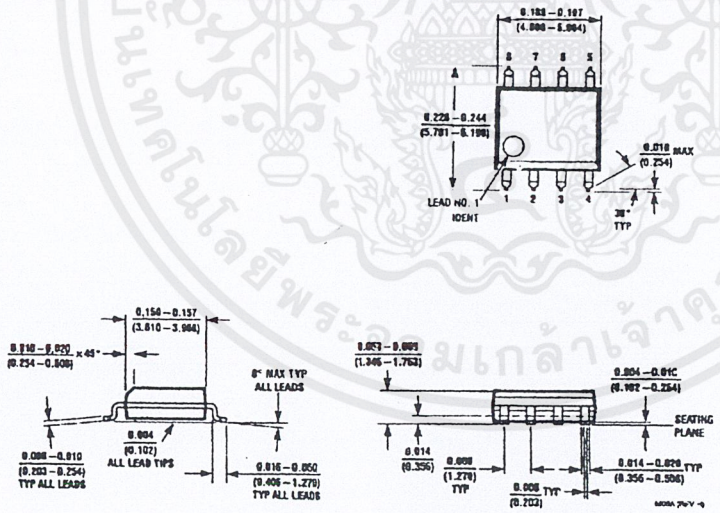
C_2 = Capacitance at Pin 2 (µF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



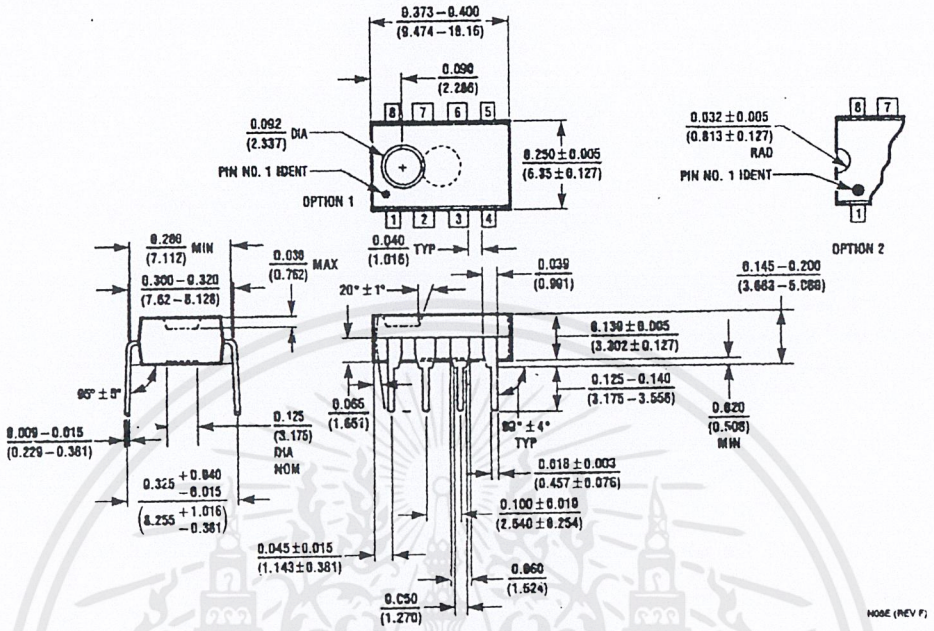
Metal Can Package (H)
Order Number LM567H or LM567CH
NS Package Number H08C



Small Outline Package (M)
Order Number LM567CM
NS Package Number M08A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



Molded Dual-In-Line Package (N)
Order Number LM567CN
NS Package Number N08E

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor Corporation
Americas
Tel: 1-800-272-9959
Fax: 1-800-737-7018
Email: support@nsc.com

www.national.com

National Semiconductor Europe
Fax: +49 (0) 1 80-530 85 86
Email: europe.support@nsc.com
Deutsch Tel: +49 (0) 1 80-530 85 85
English Tel: +49 (0) 1 80-532 78 32
Français Tel: +49 (0) 1 80-532 93 58
Italiano Tel: +49 (0) 1 80-534 16 80

National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group
Tel: 65-2544466
Fax: 65-2504466
Email: sea.support@nsc.com

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-3-5639-7560
Fax: 81-3-5639-7507

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ARCHER®

TECHNICAL DATA

AN EXCLUSIVE RADIO SHACK SERVICE TO THE EXPERIMENTER

XR-2206 Monolithic Function Generator

Description

The XR-2206 is a monolithic function generator integrated circuit capable of producing high quality sine, square, triangle, ramp and pulse waveforms of high stability and accuracy. The output waveforms can be both amplitude and frequency modulated by an external voltage. Frequency of operation can be selected externally over a range of 0.01 Hz to more than 1 MHz.

The XR-2206 is ideally suited for communications, instrumentation, and function generator applications requiring sinusoidal tone, AM, FM or FSK generation. It has a typical drift specification of 20 ppm/°C. The oscillator frequency can be linearly swept over a 2000:1 frequency range with an external control voltage with very little affect on distortion.

As shown in Figure 1, the monolithic circuit is comprised of four functional blocks: a voltage-controlled oscillator (VCO); an analog multiplier and sine-shaper; a unity gain buffer amplifier; and a set of current switches. The internal current switches transfer the oscillator current to any one of the two external timing resistors to produce two discrete frequencies selected by the logic level at the FSK input terminal (pin 9).

Features

- Low Sinewave Distortion (THD .5%), insensitive to signal sweep
- Excellent Stability (20 ppm/°C, typ)
- Wide Sweep Range (2000:1, typ)
- Low Supply Sensitivity (0.01%/V, typ)
- Linear Amplitude Modulation
- Adjustable Duty-Cycle (1% to 99%)
- TTL Compatible FSK Controls
- Wide Supply Range (10V to 26V)

Applications

- Waveform Generation
  Sine, Square, Triangle, Ramp
- Sweep Generation
- AM/FM Generation
- FSK and PSK Generation
- Voltage-to-Frequency Conversion
- Tone Generation
- Phase-Locked Loops

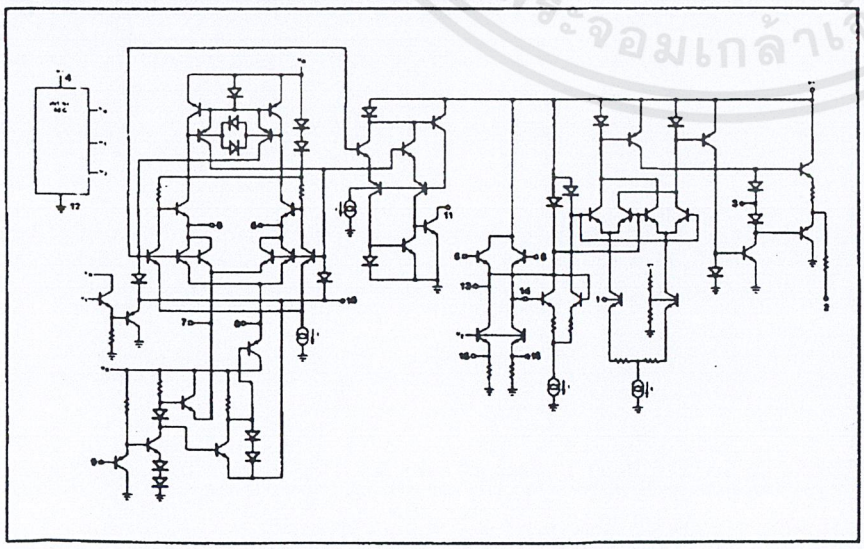
Absolute Maximum Ratings

Power Supply	**26V**
Power Dissipation	**625mW**
Derate above +25°C	**5 mW/°C**
Storage Temperature Range	**−65°C to +150°C**
Operating Temperature Range	**0°C to +75°C**

EQUIVALENT SCHEMATIC DIAGRAM

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM

EQUIVALENT SCHEMATIC DIAGRAM



FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM

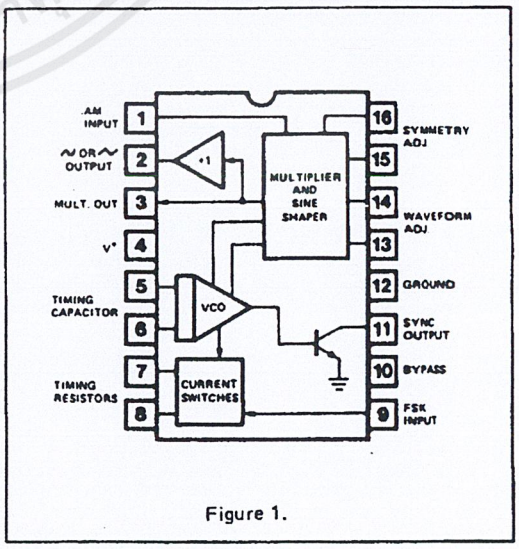


Figure 1.

CUSTOM PACKAGED IN USA BY RADIO SHACK, A DIVISION OF TANDY CORPORATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Test Conditions: Test Circuit of Fig. 2, $V^+ = 12V$, $T_A = 25°C$, $C = 0.01\ \mu F$, $R_1 = 100\ K\Omega$, $R_2 = 10\ K\Omega$ $R_3 = 25\ K\Omega$ unless otherwise specified. S_1 open for triangle, closed for sinewave.

CHARACTERISTICS	MIN.	TYP.	MAX.	UNITS	CONDITIONS
Supply Voltage					
Single Supply	10		26	V	
Split Supply	±5		±13	V	
Supply Current		14	20	mA	$R_1 \geq 10\ K\Omega$
Oscillator Section					
Max. Operating Frequency	0.5	1		MHz	C = 1000 pF, $R_1 = 1\ K\Omega$
Lowest Practical Frequency		0.01		Hz	C = 50 μF, $R_1 = 2\ M\Omega$
Frequency Accuracy		±2		% of f_0	$f_0 = 1/R_1C$
Temperature Stability		±20		ppm/°C	$0° C \leq T_A \leq 75°C$, $R_1 = R_2 = 20\ K\Omega$
Supply Sensitivity		0.01		%/V	$V_{LOW} = 10V$, $V_{HIGH} = 20V$, $R_1 = R_2 = 20\ K\Omega$
Sweep Range		2000:1		f_H=f_L	f_H@R = 1 KΩ
Sweep Linearity					f_L@R_1 = 2 MΩ
10:1 Sweep		2		%	f_L = 1 kHz, f_H = 10 kHz
1000:1 Sweep		8		%	f_L = 100 Hz, f_H = 100 kHz
FM Distortion		0.1		%	±10% Deviation
Recommended Timing Components					
Timing Capacitor: C	0.001		100	μF	See Figure 5
Timing Resistors: R_1 & R_2	1		2000	KΩ	
Triangle/Sinewave Output					See Note 1, Fig. 3
Triangle Amplitude		160		mV/KΩ	Fig. 2 S_1 Open
Sinewave Amplitude		60		m/VKΩ	Fig. 2 S_1 Closed
Max. Output Swing		6		Vpp	
Output Impedance		600		Ω	
Triangle Linearity		1		%	
Amplitude Stability		0.5		dB	For 1000:1 Sweep
Sinewave Amplitude Stability		−4800		ppm/°C	See Note 2
Sinewave Distortion					$R_1 = 30\ K\Omega$
Without Adjustment		2.5		%	See Figure 8
With Adjustment		0.5	1.5	%	See Figure 9
Amplitude Modulation					
Input Impedance	50	100		KΩ	
Modulation Range		100		%	
Carrier Suppression		55		dB	
Linearity		2		%	For 95% modulation
Square Wave Output					Measured at Pin 11
Amplitude		12		Vpp	
Rise Time		250		nsec	C_L=10 pF
Fall Time		50		nsec	C_L=10 pF
Saturation Voltage		0.2	0.6	V	I_L=2 mA
Leakage Current		0.1	100	μA	V_{11}=26 V
FSK Keying Level (Pin 9)	0.8	1.4	2.4	V	See Section on Circuit Controls
Reference Bypass Voltage	2.5	3	3.5	V	Measured at Pin 10.

Note 1: Output Amplitude is directly proportional to the resistance R_3 on Pin 3. See Figure 3.
Note 2: For maximum amplitude stability R_3 should be a positive temperature coefficient resistor.

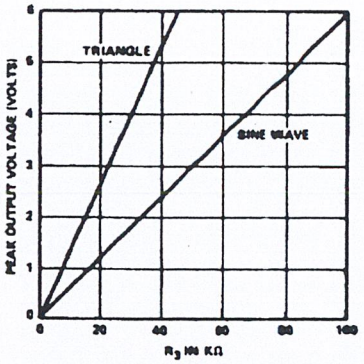


Figure 3. Output Amplitude as a Function of Resistor R_3 at Pin 3.

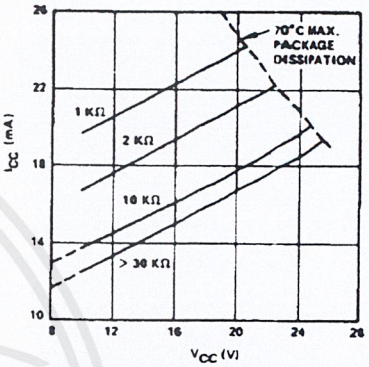


Figure 4. Supply Current vs Supply Voltage, Timing R

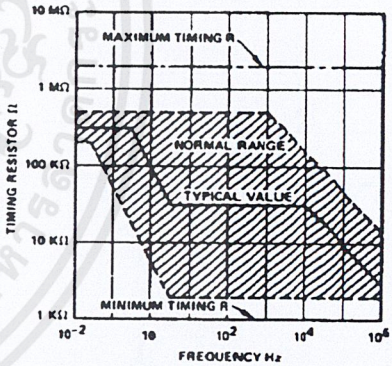


Figure 5. R vs Oscillation Frequency

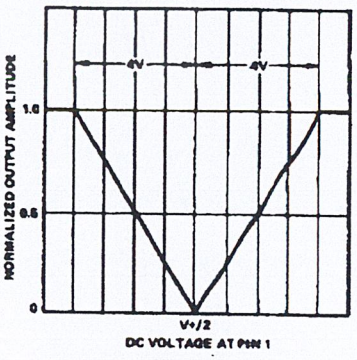


Figure 6. Normalized Output Amplitude vs DC Bias at AM Input (Pin 1).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

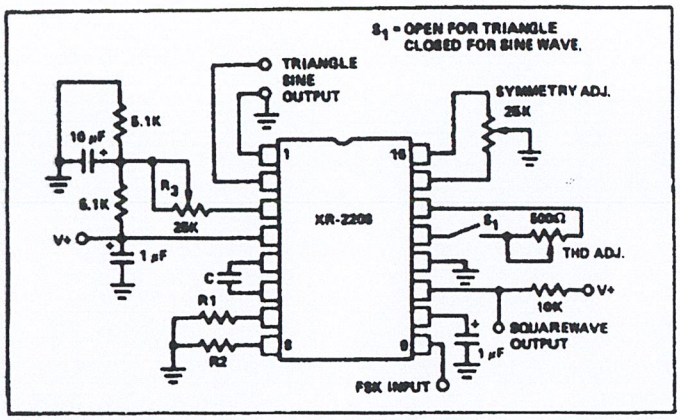


Figure 2. Basic Test Circuit

DESCRIPTION OF CIRCUIT CONTROLS

Frequency of Operation:

The frequency of oscillation, f_0, is determined by the external timing capacitor C across pins 5 and 6, and by the timing resistor R connected to either pin 7 or pin 8. The frequency is given as

$$f_0 = \frac{1}{RC} \text{ Hz}$$

and can be adjusted by varying either R or C. The recommended values of R for a given frequency range are shown in Figure 5. Temperature-stability is optimum for 4 KΩ < R < 200 KΩ. Recommended values of C are from1000 pF to 100 µF.

Frequency Sweep And Modulation

Frequency of oscillation is proportional to the *total* timing current I_T drawn from pin 7 or 8

$$f = \frac{3201_T \text{ (mA)}}{C \text{ (µF)}} \text{ Hz}$$

Timing terminals (pins 7 or 8) are low impedance points and are internally biased at +3V, with respect to pin 12. Frequency varies linearly with I_T over a wide range of current values, from 1 µA to 3 mA. The frequency can be controlled by applying a control voltage, V_C, to the activated timing pin as shown in Figure 7. The frequency of oscillation is related to V_C as:

$$f = \frac{1}{RC}\left[1 + \frac{R}{RC}\left(1 - \frac{V_C}{3}\right)\right] \text{ Hz}$$

where V_C is in volts. The voltage-to-frequency conversion gain, K, is given as:

$$K = \partial f/\partial V_C = -\frac{0.32}{R_C C} \text{ Hz/V}$$

NOTE: For safe operation of the circuit I_T should be limited to ≤3 mA.

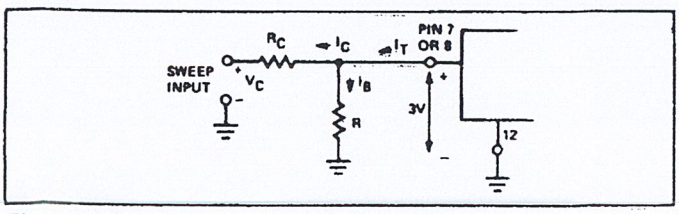


Figure 7: Circuit Connection for Frequency Sweep

Output Characteristics:

Output Amplitude: Maximum output amplitude is directly proportional to external resistor R_3 connected to Pin 3 (See Fig. 3). For sinewave output, amplitude is approximately 60mV peak per KΩ of R_3; for triangle, the peak amplitude is approximately 160 mV peak per KΩ of R_3. Thus, for example, R_3 = 50 KΩ would produce approximately ±3V sinusoidal output amplitude.

Amplitude Modulation: Output amplitude can be modulated by applying a dc bias and a modulating signal to Pin 1. The internal impedance at Pin 1 is approximately 100 KΩ. Output amplitude varies linearly with the applied voltage at Pin 1, for values of dc bias at this pin, within ±4 volts of $V^+/2$ as shown in Fig. 6. As this bias level approaches $V^+/2$, the phase of the output signal is reversed; and the amplitude goes through zero. This property is suitable for phase-shift keying and suppressed-carrier AM generation. Total dynamic range of amplitude modulation is approximately 55 dB.

Note: AM control must be used in conjunction with a well-regulated supply since the output amplitude now becomes a function of V^+

Frequency-Shift Keying

The XR-2206 can be operated with two separate timing resistors, R_1 and R_2, connected to the timing pins 7 and 8, respectively, as shown in Figure 13. Depending on the polarity of the logic signal at pin 9, either one or the other of these timing resistors is activated. If pin 9 is open-circuited or connected to a bias voltage ≤ 2V, only R_1 is active. Similarly, if the voltage level at pin 9 is ≤ 1V, only R_2 is activated. Thus, the output frequency can be keyed between two levels, f_1 and f_2 as:

$f_1 = 1/R_1C$ and $f_2 = 1/R_2C$

For split-supply operation, the keying voltage at pin 9 is referenced to V^-.

Output DC Level Control

The dc level at the output (pin 2) is approximately the same as the dc bias at pin 3. In Figures 8, 9 and 10, pin 3 is biased mid-way between V^+ and ground, to give an output dc level of ≈ $V^+/2$.

APPLICATIONS INFORMATION

Sinewave Generation

A) Without External Adjustment

Figure 8 shows the circuit connection for generating a sinusoidal output from the XR-2206. The potentiometer R_1 at pin 7 provides the desired frequency tuning. The maximum output swing is greater than $V^+/2$ and the typical distortion (THD) is < 2.5%. If lower sinewave distortion is desired, additional adjustments can be provided as described in the following section.

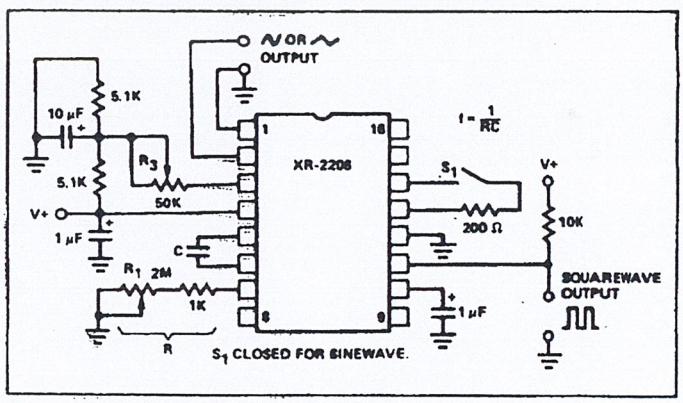


Figure 8: Circuit for Sinewave Generation Without External Adjustment. (See Fig. 3 for choice of R_3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The circuit of Figure 8 can be converted to split supply operation simply by replacing all ground connections with V−. For split supply operation, R_3 can be directly connected to ground.

B) With External Adjustment

The harmonic content of sinusoidal output can be reduced to ≈0.5% by additional adjustments as shown in Figure 9. The potentiometer R_A adjusts the sine-shaping resisitor; and R_B provides the fine-adjustment for the waveform symmetry. The adjustment procedure is as follows:

1. Set R_B at mid-point and adjust R_A for minimum distortion.
2. With R_A set as above, adjust R_B to further reduce distortion.

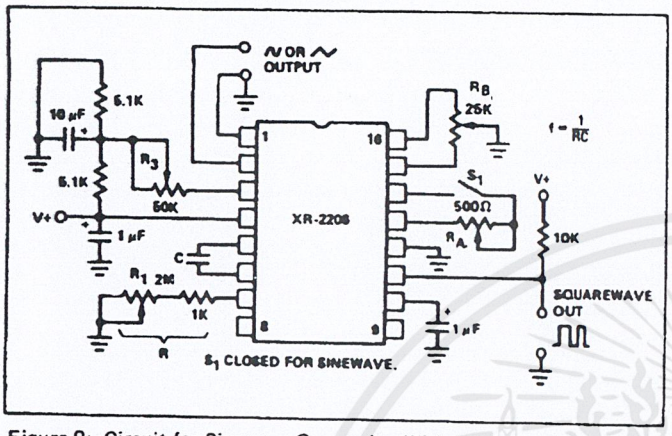


Figure 9: Circuit for Sinewave Generation With Minimum Harmonic Distortion. (R_3 Determines output Swing — See Fig. 3)

Triangle Wave Generation

The circuits of Figures 8 and 9 can be converted to triangle wave generation by simply open circuiting pins 13 and 14 (i.e., S_1 open). Amplitude of the triangle is approximately twice the sinewave output.

FSK Generation

Figure 10 shows the circuit connection for sinusoidal FSK signal generation. Mark and space frequencies can be independently adjusted by the choice of timing resistors R_1 and R_2; and the output is phase-continuous during transitions. The keying signal is applied to pin 9. The circuit can be converted to split-supply operation by simply replacing ground with V−.

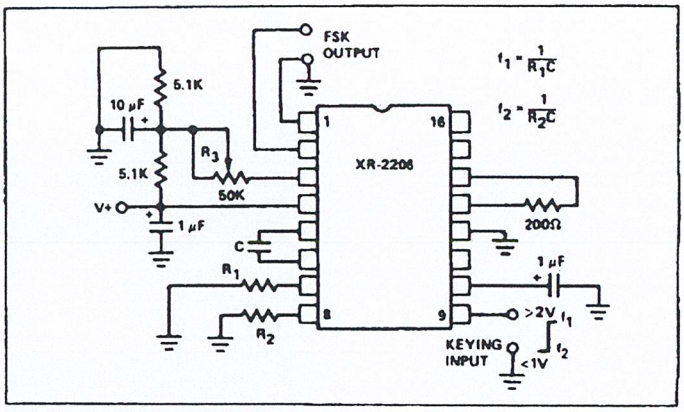


Figure 10: Sinusoidal FSK Generator

Pulse And Ramp Generation

Figure 11 shows the circuit for pulse and ramp waveform generation. In this mode of operation, the FSK keying terminal (pin 9) is shorted to the square-wave output (pin 11); and the circuit automatically frequency-shift keys itself between two separate frequencies during the positive and negative going output waveforms. The pulse-width and the duty cycle can be adjusted from 1% to 99% by the choice of R_1 and R_2. The values of R_1 and R_2 should be in the range of 1 KΩ to 2 MΩ.

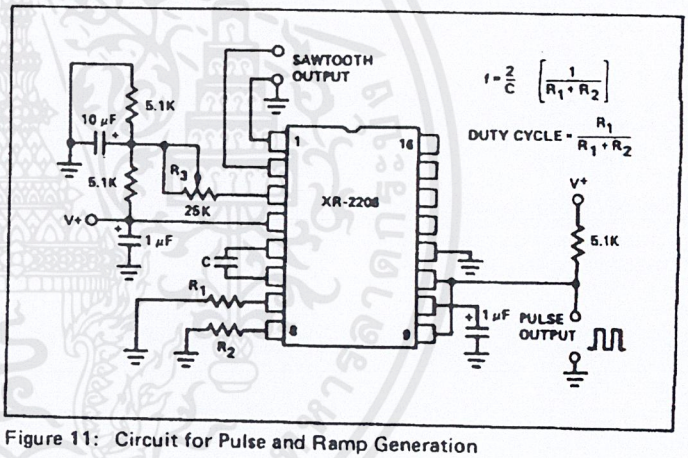


Figure 11: Circuit for Pulse and Ramp Generation

RADIO SHACK, A DIVISION OF TANDY CORPORATION

U.S.A.: FORT WORTH, TEXAS 76102
CANADA: BARRIE, ONTARIO L4M 4W5

TANDY CORPORATION

AUSTRALIA	BELGIUM	U. K.
91 KURRAJONG AVENUE MOUNT DRUITT, N.S.W. 2770	PARC INDUSTRIEL DE NANINNE 5140 NANINNE	BILSTON ROAD WEDNESBURY WEST MIDLANDS WS10 7JN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Printed in USA

XR-2211

FSK Demodulator/ Tone Decoder

EXAR ...the analog plus company™

June 1997-3

FEATURES

- Wide Frequency Range, 0.01Hz to 300kHz
- Wide Supply Voltage Range, 4.5V to 20V
- HCMOS/TTL/Logic Compatibility
- FSK Demodulation, with Carrier Detection
- Wide Dynamic Range, 10mV to 3V rms
- Adjustable Tracking Range, ±1% to 80%
- Excellent Temp. Stability, ±50ppm/°C, max.

APPLICATIONS

- Caller Identification Delivery
- FSK Demodulation
- Data Synchronization
- Tone Decoding
- FM Detection
- Carrier Detection

GENERAL DESCRIPTION

The XR-2211 is a monolithic phase-locked loop (PLL) system especially designed for data communications applications. It is particularly suited for FSK modem applications. It operates over a wide supply voltage range of 4.5 to 20V and a wide frequency range of 0.01Hz to 300kHz. It can accommodate analog signals between 10mV and 3V, and can interface with conventional DTL, TTL, and ECL logic families. The circuit consists of a basic PLL for tracking an input signal within the pass band, a quadrature phase detector which provides carrier detection, and an FSK voltage comparator which provides FSK demodulation. External components are used to independently set center frequency, bandwidth, and output delay. An internal voltage reference proportional to the power supply is provided at an output pin.

The XR-2211 is available in 14 pin packages specified for military and industrial temperature ranges.

ORDERING INFORMATION

Part No.	Package	Operating Temperature Range
XR-2211M	14 Pin CDIP (0.300")	-55°C to +125°C
XR-2211N	14 Pin CDIP (0.300")	-40°C to +85°C
XR-2211P	14 Pin PDIP (0.300")	-40°C to +85°C
XR-2211ID	14 Lead SOIC (Jedec, 0.150")	-40°C to +85°C

©1992

TQM™

EXAR Corporation, 48720 Kato Road, Fremont, CA 94538 ◆ (510) 668-7000 ◆ FAX (510) 668-7017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BLOCK DIAGRAM

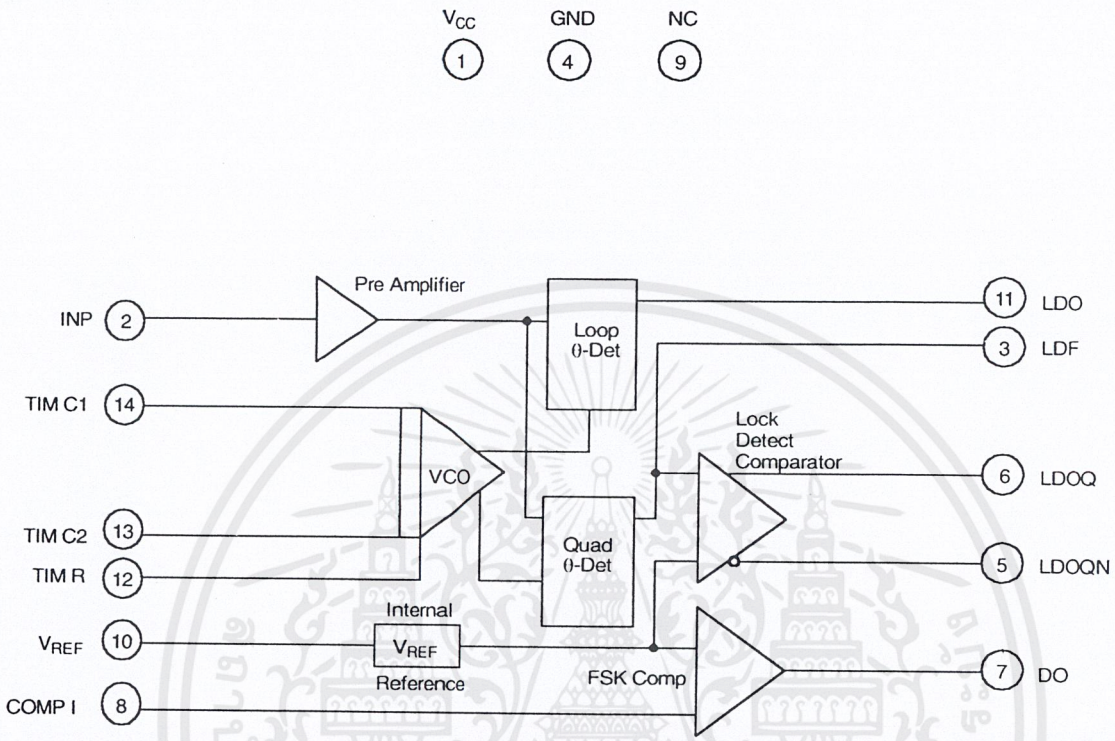
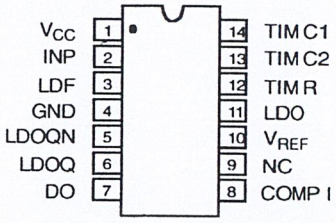


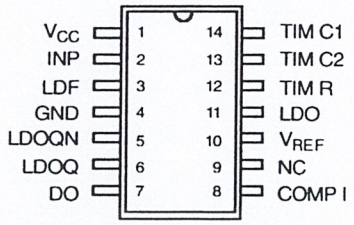
Figure 1. XR-2211 Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN CONFIGURATION



14 Lead CDIP, PDIP (0.300")



14 Lead SOIC (Jedec, 0.150")

PIN DESCRIPTION

Pin #	Symbol	Type	Description
1	V_{CC}		**Positive Power Supply.**
2	INP	I	**Receive Analog Input.**
3	LDF	O	**Lock Detect Filter.**
4	GND		**Ground Pin.**
5	LDOQN	O	**Lock Detect Output Not.** This output will be low if the VCO is in the capture range.
6	LDOQ	O	**Lock Detect Output.** This output will be high if the VCO is in the capture range.
7	DO	O	**Data Output.** Decoded FSK output.
8	COMP I	I	**FSK Comparator Input.**
9	NC		**Not Connected.**
10	V_{REF}	O	**Internal Voltage Reference.** The value of V_{REF} is $V_{CC}/2$ - 650mV.
11	LDO	O	**Loop Detect Output.** This output provides the result of the quadrature phase detection.
12	TIM R	I	**Timing Resistor Input.** This pin connects to the timing resistor of the VCO.
13	TIM C2	I	**Timing Capacitor Input.** The timing capacitor connects between this pin and pin 14.
14	TIM C1	I	**Timing Capacitor Input.** The timing capacitor connects between this pin and pin 13.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Test Conditions: V_{CC} = 12V, T_A = +25°C, R_O = 30KΩ, C_O = 0.033μF, unless otherwise specified.

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit	Conditions
General					
Supply Voltage	**4.5**		**20**	V	
Supply Current		4	**7**	mA	$R_0 \geq$ 10KΩ. See *Figure 4.*
Oscillator Section					
Frequency Accuracy		±1	**±3**	%	Deviation from $f_O = 1/R_0 C_0$
Frequency Stability					
Temperature		±20	±50	ppm/°C	See *Figure 8.*
Power Supply		0.05	**0.5**	%/V	V_{CC} = 12 ±1V. See *Figure 7.*
		0.2		%/V	V_{CC} = + 5V. See *Figure 7.*
Upper Frequency Limit	**100**	300		kHz	R_0 = 8.2KΩ, C_0 = 400pF
Lowest Practical Operating Frequency			0.01	Hz	R_0 = 2MΩ, C_0 = 50μF
Timing Resistor, R_0 - See *Figure 5*					
Operating Range	**5**		2000	KΩ	
Recommended Range	5			KΩ	See *Figure 7* and *Figure 8.*
Loop Phase Dectector Section					
Peak Output Current	**±150**	±200	**±300**	μA	Measured at Pin 11
Output Offset Current		1		μA	
Output Impedance		1		MΩ	
Maximum Swing	**±4**	± 5		V	Referenced to Pin 10
Quadrature Phase Detector					Measured at Pin 3
Peak Output Current	**100**	300		μA	
Output Impedance		1		MΩ	
Maximum Swing		11		V_{PP}	
Input Preampt Section					Measured at Pin 2
Input Impedance		20		KΩ	
Input Signal					
Voltage Required to Cause Limiting		2	10	mV rms	

Notes

Parameters are guaranteed over the recommended operating conditions, but are not 100% tested in production.
***Bold face parameters** are covered by production test and guaranteed over operating temperature range.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (CONT'D)

Test Conditions: V_{CC} = 12V, T_A = +25°C, R_0 = 30KΩ, C_0 = 0.033μF, unless otherwise specified.

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit	Conditions
Voltage Comparator Section					
Input Impedance		2		MΩ	Measured at Pins 3 and 8
Input Bias Current		100		nA	
Voltage Gain	55	70		dB	R_L = 5.1KΩ
Output Voltage Low		300	**500**	mV	I_C = 3mA
Output Leakage Current		0.01	**10**	μA	V_O = 20V
Internal Reference					
Voltage Level	**4.9**	5.3	**5.7**	V	Measured at Pin 10
Output Impedance		100		Ω	AC Small Signal
Maximum Source Current		80		μA	

Notes
Parameters are guaranteed over the recommended operating conditions, but are not 100% tested in production.
***Bold face parameters** are covered by production test and guaranteed over operating temperature range.*

Specifications are subject to change without notice

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Power Supply 20V
Input Signal Level ..... 3V rms
Power Dissipation 900mW

Package Power Dissipation Ratings
CDIP 750mW
Derate Above T_A = 25°C ..... 8mW/°C
PDIP 800mW
Derate Above T_A = 25°C ..... 60mW/°C
SOIC 390mW
Derate Above T_A = 25°C ..... 5mW/°C

SYSTEM DESCRIPTION

The main PLL within the XR-2211 is constructed from an input preamplifier, analog multiplier used as a phase detector and a precision voltage controlled oscillator (VCO). The preamplifier is used as a limiter such that input signals above typically 10mV rms are amplified to a constant high level signal. The multiplying-type phase detector acts as a digital exclusive or gate. Its output (unfiltered) produces sum and difference frequencies of the input and the VCO output. The VCO is actually a current controlled oscillator with its normal input current (f_O) set by a resistor (R_0) to ground and its driving current with a resistor (R_1) from the phase detector.

The output of the phase detector produces sum and difference of the input and the VCO frequencies (internally connected). When in lock, these frequencies are f_{IN}+ f_{VCO} (2 times f_{IN} when in lock) and f_{IN} - f_{VCO} (0Hz when lock). By adding a capacitor to the phase detector output, the 2 times f_{IN} component is reduced, leaving a DC voltage that represents the phase difference between the two frequencies. This closes the loop and allows the VCO to track the input frequency.

The FSK comparator is used to determine if the VCO is driven above or below the center frequency (FSK comparator). This will produce both active high and active low outputs to indicate when the main PLL is in lock (quadrature phase detector and lock detector comparator).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRINCIPLES OF OPERATION

Signal Input (Pin 2): Signal is AC coupled to this terminal. The internal impedance at pin 2 is 20KΩ. Recommended input signal level is in the range of 10mV rms to 3V rms.

Quadrature Phase Detector Output (Pin 3): This is the high impedance output of quadrature phase detector and is internally connected to the input of lock detect voltage comparator. In tone detection applications, pin 3 is connected to ground through a parallel combination of R_D and C_D (see *Figure 3*) to eliminate the chatter at lock detect outputs. If the tone detect section is not used, pin 3 can be left open.

Lock Detect Output, Q (Pin 6): The output at pin 6 is at "low" state when the PLL is out of lock and goes to "high" state when the PLL is locked. It is an open collector type output and requires a pull-up resistor, R_L, to V_{CC} for proper operation. At "low" state, it can sink up to 5mA of load current.

Lock Detect Complement, (Pin 5): The output at pin 5 is the logic complement of the lock detect output at pin 6. This output is also an open collector type stage which can sink 5mA of load current at low or "on" state.

FSK Data Output (Pin 7): This output is an open collector logic stage which requires a pull-up resistor, R_L, to V_{CC} for proper operation. It can sink 5mA of load current. When decoding FSK signals, FSK data output is at "high" or "off" state for low input frequency, and at "low" or "on" state for high input frequency. If no input signal is present, the logic state at pin 7 is indeterminate.

FSK Comparator Input (Pin 8): This is the high impedance input to the FSK voltage comparator. Normally, an FSK post-detection or data filter is connected between this terminal and the PLL phase detector output (pin 11). This data filter is formed by R_F and C_F (see *Figure 3.*) The threshold voltage of the comparator is set by the internal reference voltage, V_{REF}, available at pin 10.

Reference Voltage, V_{REF} (Pin 10): This pin is internally biased at the reference voltage level, V_{REF}: $V_{REF} = V_{CC}/2 - 650mV$. The DC voltage level at this pin forms an internal reference for the voltage levels at pins 5, 8, 11 and 12. Pin 10 must be bypassed to ground with a 0.1μF capacitor for proper operation of the circuit.

Loop Phase Detector Output (Pin 11): This terminal provides a high impedance output for the loop phase detector. The PLL loop filter is formed by R_1 and C_1 connected to pin 11 (see *Figure 3.*) With no input signal, or with no phase error within the PLL, the DC level at pin 11 is very nearly equal to V_{REF}. The peak to peak voltage swing available at the phase detector output is equal to $2 \times V_{REF}$.

VCO Control Input (Pin 12): VCO free-running frequency is determined by external timing resistor, R_0, connected from this terminal to ground. The VCO free-running frequency, f_O, is:

$$f_O = \frac{1}{R_0 \cdot C_0} \; Hz$$

where C_0 is the timing capacitor across pins 13 and 14. For optimum temperature stability, R_0 must be in the range of 10KΩ to 100KΩ (see *Figure 9.*)

This terminal is a low impedance point, and is internally biased at a DC level equal to V_{REF}. The maximum timing current drawn from pin 12 must be limited to ≤ 3mA for proper operation of the circuit.

VCO Timing Capacitor (Pins 13 and 14): VCO frequency is inversely proportional to the external timing capacitor, C_0, connected across these terminals (see *Figure 6.*) C_0 must be non-polar, and in the range of 200pF to 10μF.

VCO Frequency Adjustment: VCO can be fine-tuned by connecting a potentiometer, R_X, in series with R_0 at pin 12 (see *Figure 10.*)

VCO Free-Running Frequency, f_O: XR-2211 does not have a separate VCO output terminal. Instead, the VCO outputs are internally connected to the phase detector sections of the circuit. For set-up or adjustment purposes, the VCO free-running frequency can be tuned by using the generalized circuit in *Figure 3*, and applying an alternating bit pattern of O's and 1's at the known mark and space frequencies. By adjusting R_0, the VCO can then be tuned to obtain a 50% duty cycle on the FSK output (pin 7). This will ensure that the VCO f_O value is accurately referenced to the mark and space frequencies.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

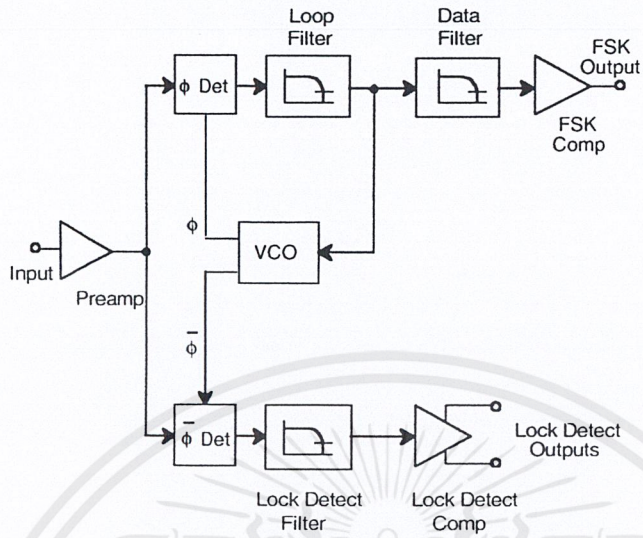


Figure 2. Functional Block Diagram of a Tone and FSK Decoding System Using XR-2211

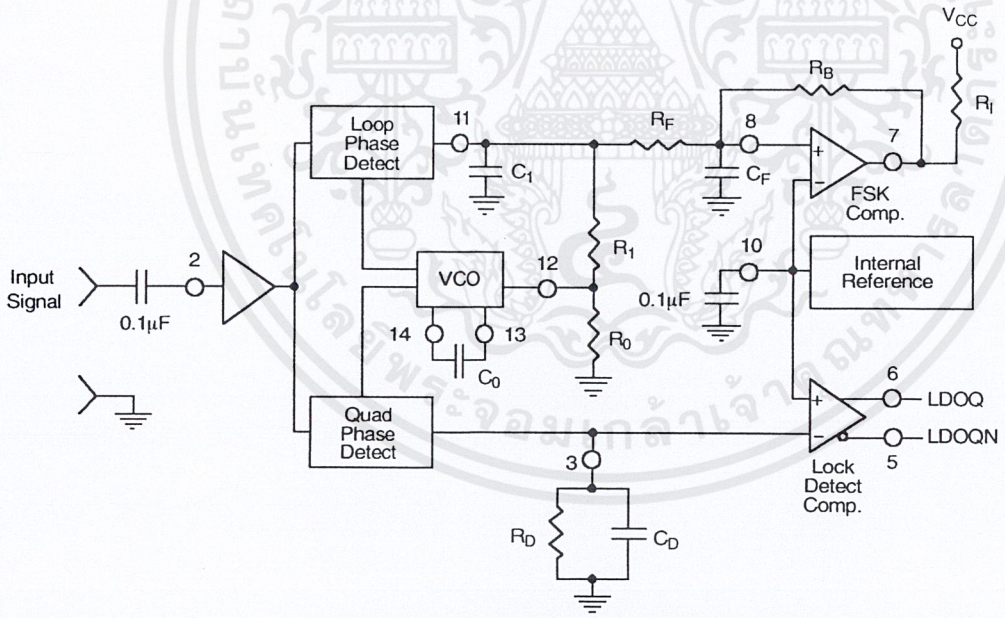


Figure 3. Generalized Circuit Connection for FSK and Tone Detection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN EQUATIONS

(All resistance in Ω, all frequency in Hz and all capacitance in farads, unless otherwise specified)

(See *Figure 3* for definition of components)

1. VCO Center Frequency, f_O:

$$f_O = \frac{1}{R_0 \cdot C_0}$$

2. Internal Reference Voltage, V_{REF} (measured at pin 10):

$$V_{REF} = \left(\frac{V_{CC}}{2}\right) - 650mV \text{ in volts}$$

3. Loop Low-Pass Filter Time Constant, τ:

$$\tau = C_1 \cdot R_{PP} \text{ (seconds)}$$

where:

$$R_{PP} = \left(\frac{R_1 \cdot R_F}{R_1 + R_F}\right)$$

if R_F is ∞ or C_F reactance is ∞, then $R_{PP} = R1$

4. Loop Damping, ς:

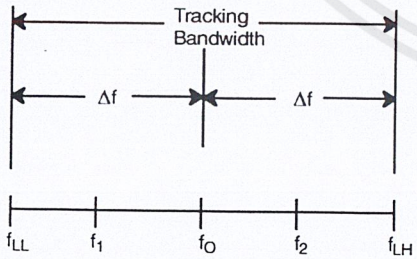
$$\zeta = \sqrt{\left(\frac{1250 \cdot C_0}{R_1 \cdot C_1}\right)}$$

Note: *For derivation/explanation of this equation, please see TAN-011.*

5. Loop-tracking

bandwidth, $\pm = \frac{\Delta f}{f_0}$

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{R_0}{R_1}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. FSK Data filter time constant, tF:

$$\tau_F = \frac{R_B \cdot R_F}{(R_B + R_F)} \cdot C_F \ (seconds)$$

7. Loop phase detector conversion gain, Kd: (Kd is the differential DC voltage across pin 10 and pin11, per unit of phase error at phase detector input):

$$K_d = \frac{V_{REF} \cdot R_1}{10,000 \cdot \pi} \left[\frac{volt}{radian}\right]$$

Note: *For derivation/explanation of this equation, please see TAN-011.*

8. VCO conversion gain, Ko: (Ko is the amount of change in VCO frequency, per unit of DC voltage change at pin 11):

$$K_0 = \frac{-2\pi}{V_{REF} \cdot C_0 \cdot R_1} = \left(\frac{radian/second}{volt}\right)$$

9. The filter transfer function:

$$F(s) = \frac{1}{1 + SR_1 \cdot C_1} \quad at\ 0\ Hz. \qquad S = j\omega \text{ and } \omega = 0$$

10. Total loop gain. K_T:

$$K_T = K_O \cdot K_d \cdot F(s) = \left(\frac{R_F}{5,000 \cdot C_0 \cdot (R_1 + R_F)}\right)\left[\frac{1}{seconds}\right]$$

11. Peak detector current I_A:

$$I_A = \frac{V_{REF}}{20,000} \ (V_{REF} \text{ in volts and } I_A \text{ in amps})$$

Note: *For derivation/explanation of this equation, please see TAN-011.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATIONS INFORMATION

FSK Decoding

Figure 10 shows the basic circuit connection for FSK decoding. With reference to *Figure 3* and *Figure 10*, the functions of external components are defined as follows: R_0 and C_0 set the PLL center frequency, R_1 sets the system bandwidth, and C_1 sets the loop filter time constant and the loop damping factor. C_F and R_F form a one-pole post-detection filter for the FSK data output. The resistor R_B from pin 7 to pin 8 introduces positive feedback across the FSK comparator to facilitate rapid transition between output logic states.

Design Instructions:

The circuit of *Figure 10* can be tailored for any FSK decoding application by the choice of five key circuit components: R_0, R_1, C_0, C_1 and C_F. For a given set of FSK mark and space frequencies, f_O and f_1, these parameters can be calculated as follows:

(All resistance in Ω's, all frequency in Hz and all capacitance in farads, unless otherwise specified)

a) Calculate PLL center frequency, f_O:

$$f_O = \sqrt{F_1 \cdot F_2}$$

b) Choose value of timing resistor R_0, to be in the range of 10KΩ to 100KΩ. This choice is arbitrary. The recommended value is R_0 = 20KΩ. The final value of R_0 is normally fine-tuned with the series potentiometer, R_X.

$$R_O = R_O + \frac{R_X}{2}$$

c) Calculate value of C0 from design equation (1) or from *Figure 7*:

$$C_O = \frac{1}{R_0 \cdot f_0}$$

d) Calculate R1 to give the desired tracking bandwidth (See design equation 5).

$$R_1 = \frac{R_0 \cdot f_0}{(f_1 - f_2)} \cdot 2$$

e) Calculate C1 to set loop damping. (See design equation 4):

Normally, $\varsigma = 0.5$ is recommended.

$$C_1 = \frac{1250 \cdot C_0}{R_1 \cdot \varsigma^2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

f) The input to the XR-2211 may sometimes be too sensitive to noise conditions on the input line. *Figure 4* illustrates a method of de-sensitizing the XR-2211 from such noisy line conditions by the use of a resistor, Rx, connected from pin 2 to ground. The value of Rx is chosen by the equation and the desired minimum signal threshold level.

$$V_{IN}\ minimum\ (peak) = V_a - V_b = \Delta V \pm 2.8mV\ offset = V_{REF}\frac{20,000}{(20,000 + R_X)}\ or\ R_X = 20,000\left(\frac{V_{REF}}{\Delta V} - 1\right)$$

V_{IN} minimum (peak) input voltage must exceed this value to be detected (equivalent to adjusting V threshold)

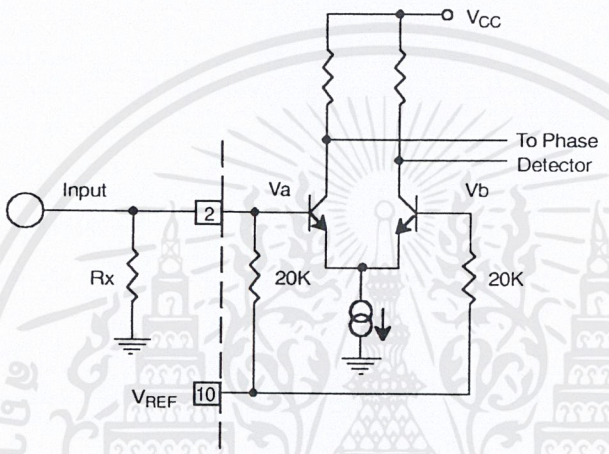


Figure 4. Desensitizing Input Stage

g) Calculate Data Filter Capacitance, C_F:

$$R_{sum} = \frac{(R_F + R_1)\cdot R_B}{(R_1 + R_F + R_B)}$$

$$C_F = \frac{0.25}{(R_{sum}\cdot Baud\ Rate)} \qquad Baud\ rate\ in\ \frac{1}{seconds}$$

Note: *All values except R_0 can be rounded to nearest standard value.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

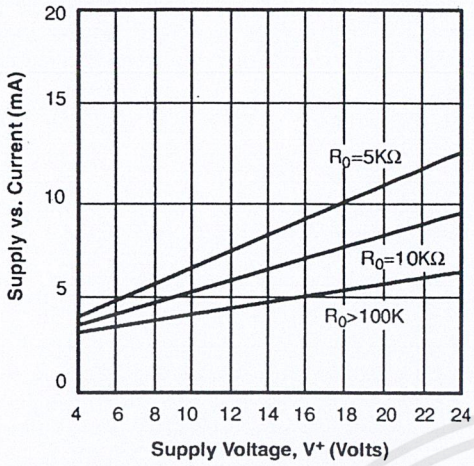


Figure 5. Typical Supply Current vs. V+ (Logic Outputs Open Circuited)

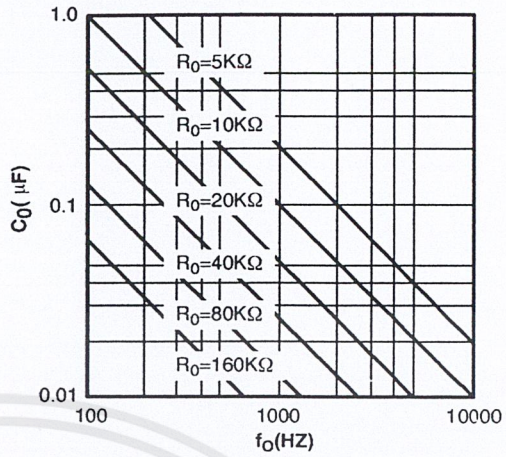


Figure 6. VCO Frequency vs. Timing Resistor

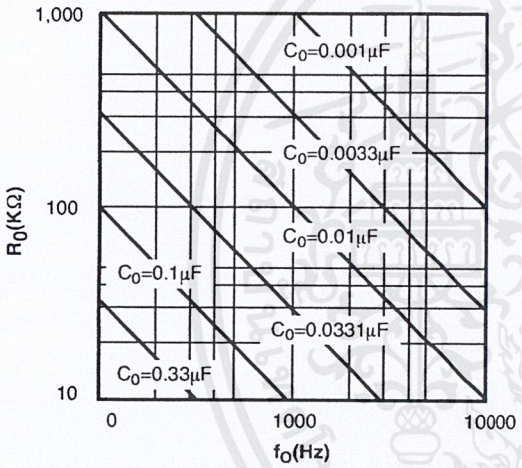


Figure 7. VCO Frequency vs. Timing Capacitor

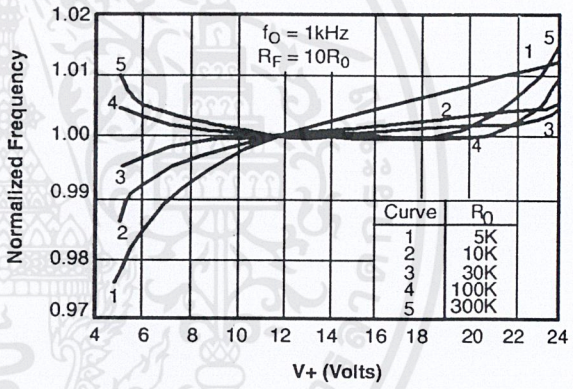


Figure 8. Typical f_O vs. Power Supply Characteristics

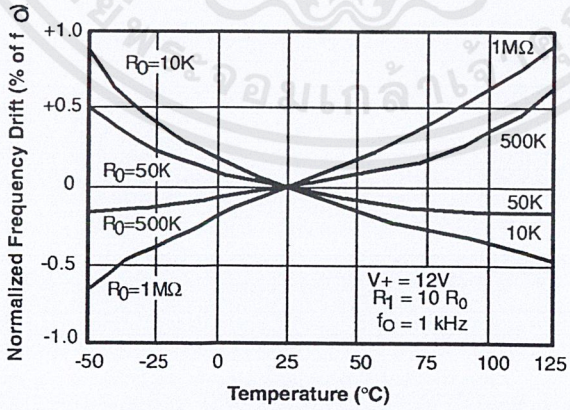


Figure 9. Typical Center Frequency Drift vs. Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Design Example:

1200 Baud FSK demodulator with mark and space frequencies of 1200/2200.

Step 1: Calculate f_O: from design instructions

(a) $f_O = \sqrt{1200 \cdot 2200} = 1624$

Step 2: Calculate R_0 : R_0 =10K with a potentiometer of 10K. (See design instructions (b))

(b) $R_T = 10 + \left(\frac{10}{2}\right) = 15K$

Step 3: Calculate C_0 from design instructions

(c) $C_O = \frac{1}{15000 \cdot 1624} = 39nF$

Step 4: Calculate R_1 : from design instructions

(d) $R_1 = \frac{20000 \cdot 1624 \cdot 2}{(2200-1200)} = 51,000$

Step 5: Calculate C_1 : from design instructions

(e) $C_1 = \frac{1250 \cdot 39nF}{51000 \cdot 0.5^2} = 3.9nF$

Step 6: Calculate R_F : R_F should be at least five times R_1, $R_F = 51{,}000 \cdot 5 = 255\ K\Omega$

Step 7: Calculate R_B : R_B should be at least five times R_F, $R_B = 255{,}000 \cdot 5 = 1.2\ M\Omega$

Step 8: Calculate R_{SUM} :

$$R_{SUM} = \frac{(R_F + R_1) \cdot R_B}{(R_F + R_1 + R_B)} = 240K\Omega$$

Step 9: Calculate C_F :

$$C_F = \frac{0.25}{(R_{SUM} \cdot Baud\ Rate)} = 1nF$$

Note: *All values except R_0 can be rounded to nearest standard value.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

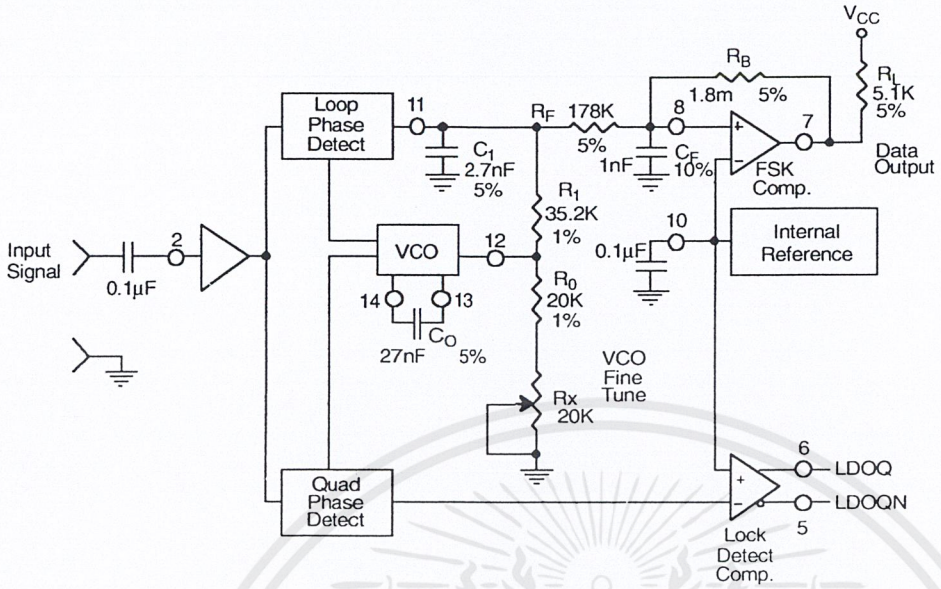


Figure 10. Circuit Connection for FSK Decoding of Caller Identification Signals (Bell 202 Format)

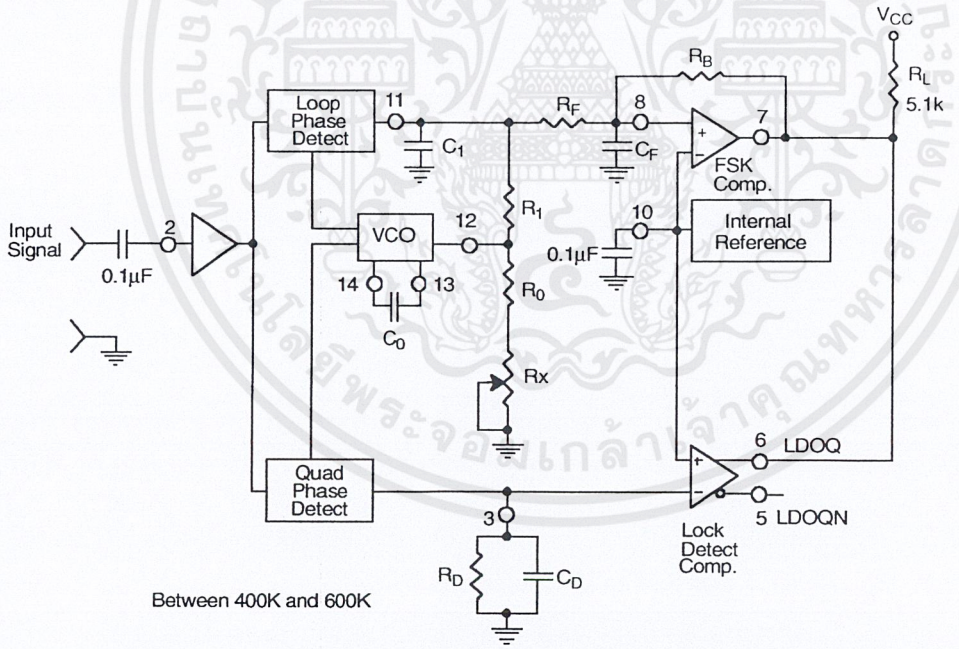


Figure 11. External Connectors for FSK Demodulation with Carrier Detect Capability

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

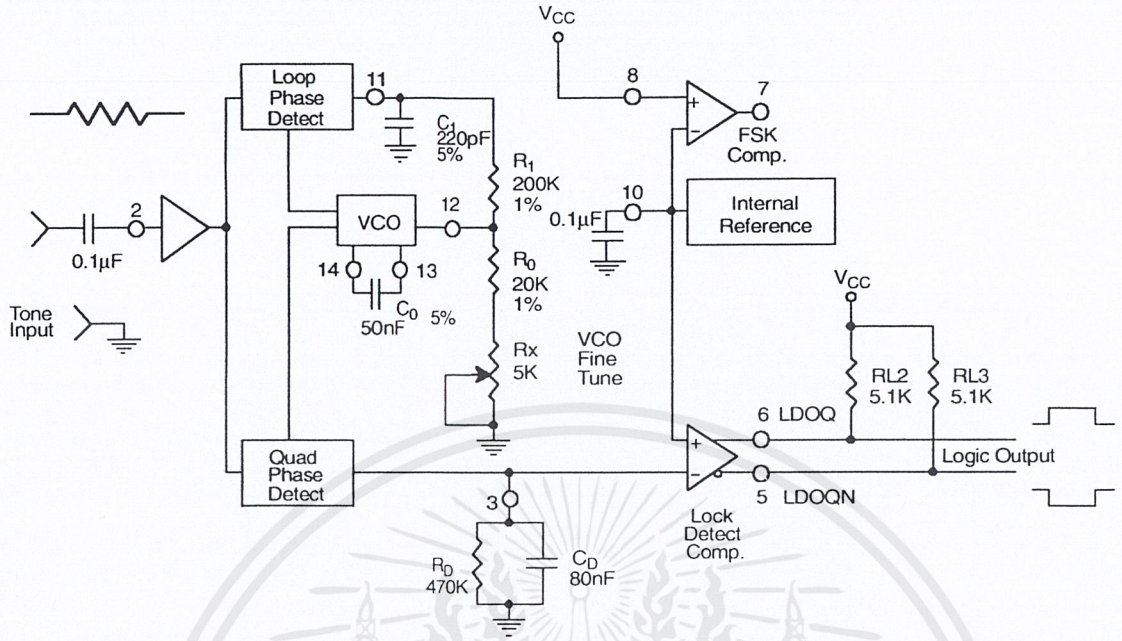


Figure 12. Circuit Connection for Tone Detection

FSK Decoding with Carrier Detect

The lock detect section of XR-2211 can be used as a carrier detect option for FSK decoding. The recommended circuit connection for this application is shown in *Figure 11*. The open collector lock detect output, pin 6, is shorted to data output (pin 7). Thus, data output will be disabled at "low" state, until there is a carrier within the detection band of the PLL and the pin 6 output goes "high" to enable the data output.

Note: *Data Output is "Low" When No Carrier is Present.*

The minimum value of the lock detect filter capacitance C_D is inversely proportional to the capture range, $\pm\Delta fc$. This is the range of incoming frequencies over which the loop can acquire lock and is always less than the tracking range. It is further limited by C_1. For most applications, $\Delta fc > \Delta f/2$. For $R_D = 470K\Omega$, the approximate minimum value of C_D can be determined by:

$$C_D > \frac{16}{\Delta f} \quad C \text{ in } \mu F \text{ and } f \text{ in Hz.}$$

C in µF and f in Hz.

With values of C_D that are too small, chatter can be observed on the lock detect output as an incoming signal frequency approaches the capture bandwidth. Excessively large values of C_D will slow the response time of the lock detect output. For Caller I.D. applications choose $C_D = 0.1\mu F$.

Tone Detection

Figure 12 shows the generalized circuit connection for tone detection. The logic outputs, LDOQN and LDOQ at pins 5 and 6 are normally at "high" and "low" logic states, respectively. When a tone is present within the detection band of the PLL, the logic state at these outputs become reversed for the duration of the input tone. Each logic output can sink 5mA of load current.

Both outputs at pins 5 and 6 are open collector type stages, and require external pull-up resistors R_{L2} and R_{L3}, as shown in *Figure 12*.

With reference to *Figure 3* and *Figure 12*, the functions of the external circuit components can be explained as follows: R_0 and C_0 set VCO center frequency; R_1 sets the detection bandwidth; C_1 sets the low pass-loop filter time constant and the loop damping factor.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Design Instructions:

The circuit of *Figure 12* can be optimized for any tone detection application by the choice of the 5 key circuit components: R_0, R_1, C_0, C_1 and C_D. For a given input, the tone frequency, f_S, these parameters are calculated as follows:

(All resistance in Ω's, all frequency in Hz and all capacitance in farads, unless otherwise specified)

a) Choose value of timing resistor R_0 to be in the range of 10KΩ to 50KΩ. This choice is dictated by the max./min. current that the internal voltage reference can deliver. The recommended value is $R_0 = 20K\Omega$. The final value of R_0 is normally fine-tuned with the series potentiometer, R_X.

b) Calculate value of C_0 from design equation (1) or from *Figure 7* $f_S = f_O$:

$$C_O = \frac{1}{R_0 \cdot fs}$$

c) Calculate R_1 to set the bandwidth $\pm\Delta f$ (See design equation 5):

$$R_1 = \frac{R_0 \cdot f_0 \cdot 2}{\Delta f}$$

Note: *The total detection bandwidth covers the frequency range of* $f_O \pm \Delta f$

d) Calculate value of C_1 for a given loop damping factor:

Normally, $\varsigma = 0.5$ is recommended.

$$C_1 = \frac{1250 \cdot C_0}{R_1 \cdot \varsigma^2}$$

Increasing C_1 improves the out-of-band signal rejection, but increases the PLL capture time.

e) Calculate value of the filter capacitor C_D. To avoid chatter at the logic output, with $R_D = 470K\Omega$, C_D must be:

$$C_D > \frac{16}{\Delta f} \quad C \text{ in } \mu F$$

Increasing C_D slows down the logic output response time.

Design Examples:

Tone detector with a detection band of ± 100Hz:

a) Choose value of timing resistor R_0 to be in the range of 10KΩ to 50KΩ. This choice is dictated by the max./min. current that the internal voltage reference can deliver. The recommended value is $R_0 = 20\,K\Omega$. The final value of R_0 is normally fine-tuned with the series potentiometer, R_X.

b) Calculate value of C_0 from design equation (1) or from *Figure 6* $f_S = f_O$:

$$C_0 = \frac{1}{R_0 \cdot f_S} = \frac{1}{20,000 \cdot 1,000} = 50nF$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

c) Calculate R_1 to set the bandwidth $\pm\Delta f$ (See design equation 5):

$$R_1 = \frac{R_0 \cdot f_O \cdot 2}{\Delta f} = \frac{20,000 \cdot 1,000 \cdot 2}{100} = 400K$$

Note: *The total detection bandwidth covers the frequency range of* $f_O \pm \Delta f$

d) Calculate value of C_0 for a given loop damping factor:

Normally, $\varsigma = 0.5$ is recommended.

$$C_1 = \frac{1250 \cdot C_0}{R_1 \cdot \varsigma^2} = \frac{1250 \cdot 50 \cdot 10^{-9}}{400,000 \cdot 0.5^2} = 6.25pF$$

Increasing C_1 improves the out-of-band signal rejection, but increases the PLL capture time.

e) Calculate value of the filter capacitor C_D . To avoid chatter at the logic output, with $R_D = 470K\Omega$, C_D must be:

$$C_D = \frac{16}{\Delta f} \geq \frac{16}{200} \geq 80nF$$

Increasing C_D slows down the logic output response time.

f) Fine tune center frequency with $5K\Omega$ potentiometer, R_X.

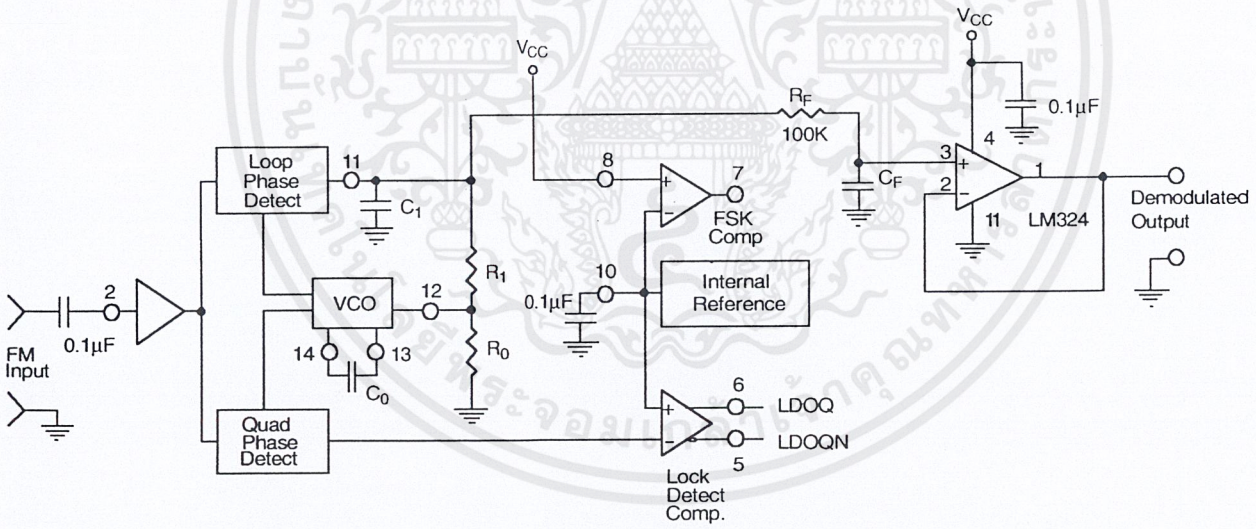


Figure 13. Linear FM Detector Using XR-2211 and an External Op Amp.
(See Section on Design Equation for Component Values.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Linear FM Detection

XR-2211 can be used as a linear FM detector for a wide range of analog communications and telemetry applications. The recommended circuit connection for this application is shown in *Figure 13*. The demodulated output is taken from the loop phase detector output (pin 11), through a post-detection filter made up of R_F and C_F, and an external buffer amplifier. This buffer amplifier is necessary because of the high impedance output at pin 11. Normally, a non-inverting unity gain op amp can be used as a buffer amplifier, as shown in *Figure 13*.

The FM detector gain, i.e., the output voltage change per unit of FM deviation can be given as:

$$V_{OUT} = \frac{R_1 \cdot V_{REF}}{100 \cdot R_0}$$

where VR is the internal reference voltage ($V_{REF} = V_{CC}/2$ - 650mV). For the choice of external components R_1, R_0, C_D, C_1 and C_F, see the section on design equations.

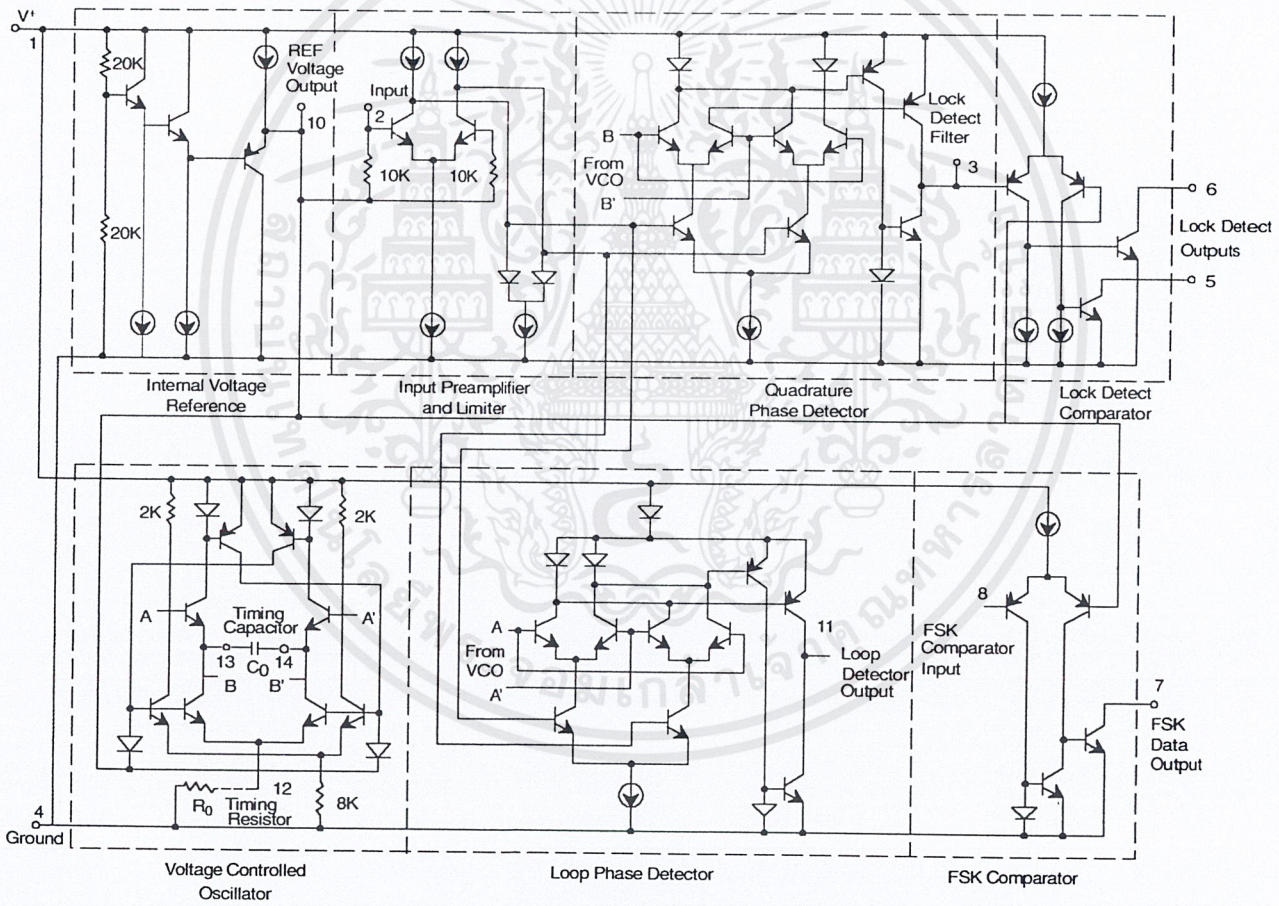
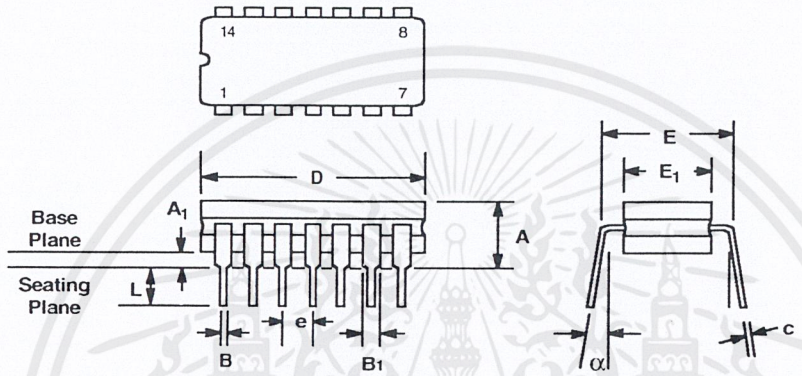


Figure 14. Equivalent Schematic Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14 LEAD CERAMIC DUAL-IN-LINE (300 MIL CDIP)

Rev. 1.00



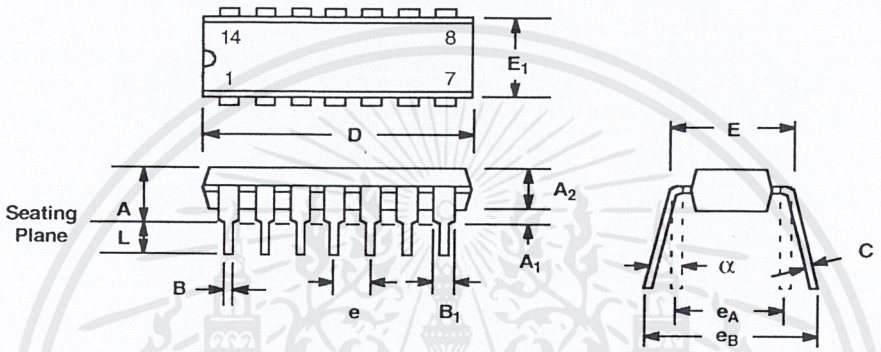
SYMBOL	INCHES MIN	INCHES MAX	MILLIMETERS MIN	MILLIMETERS MAX
A	0.100	0.200	2.54	5.08
A_1	0.015	0.060	0.38	1.52
B	0.014	0.026	0.36	0.66
B_1	0.045	0.065	1.14	1.65
c	0.008	0.018	0.20	0.46
D	0.685	0.785	17.40	19.94
E_1	0.250	0.310	6.35	7.87
E	0.300 BSC		7.62 BSC	
e	0.100 BSC		2.54 BSC	
L	0.125	0.200	3.18	5.08
α	0°	15°	0°	15°

Note: The control dimension is the inch column

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14 LEAD PLASTIC DUAL-IN-LINE (300 MIL PDIP)

Rev. 1.00



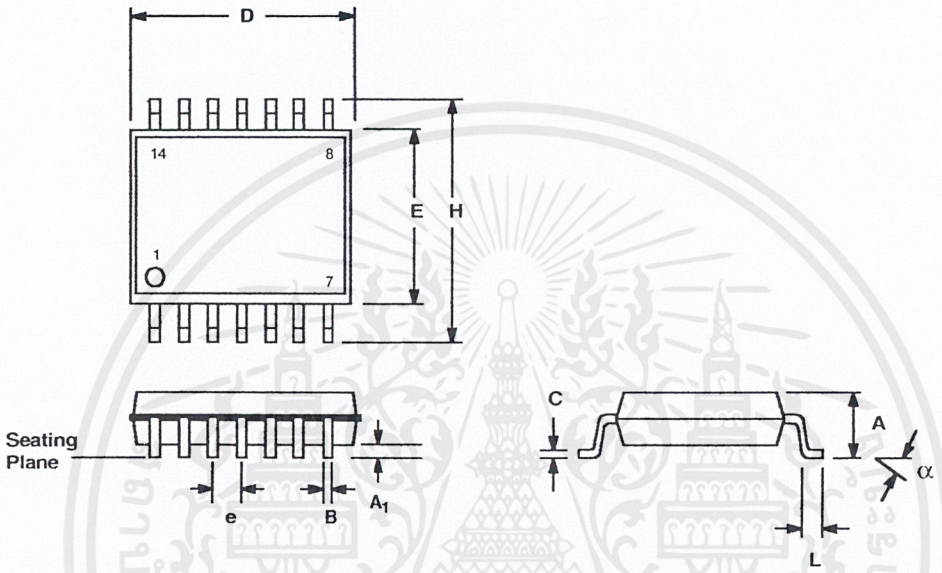
SYMBOL	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.145	0.210	3.68	5.33
A_1	0.015	0.070	0.38	1.78
A_2	0.115	0.195	2.92	4.95
B	0.014	0.024	0.36	0.56
B_1	0.030	0.070	0.76	1.78
C	0.008	0.014	0.20	0.38
D	0.725	0.795	18.42	20.19
E	0.300	0.325	7.62	8.26
E_1	0.240	0.280	6.10	7.11
e	0.100 BSC		2.54 BSC	
e_A	0.300 BSC		7.62 BSC	
e_B	0.310	0.430	7.87	10.92
L	0.115	0.160	2.92	4.06
α	0°	15°	0°	15°

Note: The control dimension is the inch column

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14 LEAD SMALL OUTLINE (150 MIL JEDEC SOIC)

Rev. 1.00



SYMBOL	INCHES MIN	INCHES MAX	MILLIMETERS MIN	MILLIMETERS MAX
A	0.053	0.069	1.35	1.75
A_1	0.004	0.010	0.10	0.25
B	0.013	0.020	0.33	0.51
C	0.007	0.010	0.19	0.25
D	0.337	0.344	8.55	8.75
E	0.150	0.157	3.80	4.00
e	0.050 BSC		1.27 BSC	
H	0.228	0.244	5.80	6.20
L	0.016	0.050	0.40	1.27
α	0°	8°	0°	8°

Note: The control dimension is the millimeter column

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOTICE

EXAR Corporation reserves the right to make changes to the products contained in this publication in order to improve design, performance or reliability. EXAR Corporation assumes no responsibility for the use of any circuits described herein, conveys no license under any patent or other right, and makes no representation that the circuits are free of patent infringement. Charts and schedules contained here in are only for illustration purposes and may vary depending upon a user's specific application. While the information in this publication has been carefully checked; no responsibility, however, is assumed for inaccuracies.

EXAR Corporation does not recommend the use of any of its products in life support applications where the failure or malfunction of the product can reasonably be expected to cause failure of the life support system or to significantly affect its safety or effectiveness. Products are not authorized for use in such applications unless EXAR Corporation receives, in writing, assurances to its satisfaction that: (a) the risk of injury or damage has been minimized; (b) the user assumes all such risks; (c) potential liability of EXAR Corporation is adequately protected under the circumstances.

Copyright 1995 EXAR Corporation
Datasheet June 1997
Reproduction, in part or whole, without the prior written consent of EXAR Corporation is prohibited.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ณรงค์ เหมกรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำปรึกษาต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำโครงงาน ขอบพระคุณอาจารย์ นภัทร สระเอี่ยม ที่กรุณาให้ยืมหนังสือเพื่อใช้เป็นแหล่งข้อมูลในการค้นคว้าประกอบการทำโครงงาน และขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่ช่วยเหลือให้คำปรึกษาในด้านต่าง ๆ จึงทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ครูบาอาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง ที่ได้อบรมสั่งสอนประสิทธิ์ประศาธน์วิชาความรู้แก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. Michael Tischer "PC INTERN System programming", Abacus, USA., 1992.
2. Miller G.M. "Moder Electronic Communication", 5th ed.,Prentice Hall, USA., 1995.
3. ประสิทธิ์ ทีฆพุฒิ "การสื่อสารโทรคมนาคมภาคพื้นฐาน", เม็ดทรายพริ้นติ้ง, 2539.
4. ปราโมทย์ วาดเขียน, วิวัฒน์ กิตานนท์ "พื้นฐานการสื่อสารข้อมูล", ดุรุสภาลาดพร้าว, 2536.
5. วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล "เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช", อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์, มปป.
6. วิโรจน์ อัศวรังสี, พุธพร แสงรัตนเดช "คอมพิวเตอร์ทางานอย่างไร", ประชุมช่าง, 2538.
7. วุฒิเลิส ดาบบัง, ฮิเดยูกิ ฟูจิฮาระ "ระบบมอดูเลชั่น", นิรุตต์พ รมพรรณา, 2541.
8. สมยส จุณะปิยะ "การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51", 2543.
9. สุวิพล สิทธิชีวภาค "พื้นฐานแห่งการสื่อสารข้อมูล", ด่านสุทธาการพิมพ์, มปป.
10. สิริโภคา อีเล็คทรอนิกส์ "โครงงาน HOBBY ELECTRONIC 4", เม็ดทรายพริ้นติ้ง, 2539.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้