สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องอำนวยความสะดวกในการใช้โทรศัพท์

FACILITIES TELEPHONY

โดย

นางสาวแพรวพรรณ ตอพล

นางสาวหรรษา ชาเวียง

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 37146
วัน, เดือน, ปี - 4 ก.ย. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องอำนวยความสะดวกในการใช้โทรศัพท์

FACILITIES TELEPHONY

โดย

นางสาวแพรวพรรณ ตอพล 39014377

นางสาวหรรษา ชาเวียง 39014634

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.กอบชัย เดชหาญ

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2542

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **เครื่องอำนวยความสะดวกในการใช้โทรศัพท์**

FACILITIES TELEPHONY

ผู้ร่วมงาน

1.นางสาวแพรวพรรณ	**ตอพล**	**39014377**
2.นางสาวหรรษา	**ชาเวียง**	**39014634**

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.กอบชัย เดชหาญ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องอำนวยความสะดวกในการใช้โทรศัพท์

FACILITIES TELEPHONY

โดย นางสาวแพรวพรรณ ตอพล 39014377
นางสาวพรรษา ชาเวียง 39014634

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. กอบชัย เดชหาญ

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันโทรศัพท์นับเป็นอุปกรณ์สื่อสารที่มีประโยชน์และจำเป็นต่อมนุษย์อย่างมากในการติดต่อสื่อสารกัน เมื่อมนุษย์เพิ่มมากขึ้นความต้องการในการใช้โทรศัพท์ก็เพิ่มขึ้นตามลำดับ ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆขึ้นมาเพื่ออำนวยความสะดวกแก่มนุษย์ในการใช้โทรศัพท์ โครงงานนี้ก็เป็นโครงงานที่เกี่ยวข้องกับการอำนวยความสะดวกในการใช้โทรศัพท์ โดยจะทำการบันทึกเลขหมายในการโทรออกและจับเวลาในการโทรออก โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เป็นตัวควบคุมการทำงาน โดยจะมีส่วนของวงจรการทำงานต่างๆที่จะทำงานสัมพันธ์กับโปรแกรมที่ออกแบบไว้

ABSTRACT

Nowadays, the telephone is a communicative device which useful and necessary for human communication. Because of increase in telephone using demand , the technology of facilities telephone is developed. This project is about facilities telephone , telephone number and time recording in calling , controlled by microcontroller MCS-51. All of circuits work relatively by designed program.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	ทฤษฎีและหลักการทำงาน	3
2.1	ระบบโทรศัพท์	3
2.2	เครื่องโทรศัพท์	7
2.3	การถอดรหัสสัญญาณ DTMF	13
2.4	โครงสร้างของ MT8870	14
2.5	ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	19
2.6	แนวทางการใช้ LCD MODULE	25
บทที่ 3	การคำนวณและการสร้าง	34
3.1	แผนผังสำหรับการควบคุมการทำงานของวงจร	34
3.2	วงจรตรวจจับสัญญาณโทรศัพท์	37
บทที่ 4	การทดลองและผลการทดลอง	39
4.1	วงจรตรวจสอบการยกหู วางหู	39
4.2	วงจรตรวจจับสัญญาณหมุนหมายเลข	40
4.3	วงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับ	41
4.4	วงจรตรวจจับสัญญาณสายไม่ว่าง	41
4.5	การทดสอบในส่วนของโปรแกรม	42
บทที่ 5	บทวิจารณ์และบทสรุป	45
ภาคผนวก ก		
ภาคผนวก ข		
ภาคผนวก ค		
กิตติกรรมประกาศ		
หนังสืออ้างอิง		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
2.1	แสดงหน้าที่พิเศษของขาพอร์ต 3	22
2.2	แสดงระบบรีจิสเตอร์ของ 8255	24
2.3	แสดงข้อมูลทางขาสัญญาณ	24
2.4	แสดงแอดเดรสของรีจิสเตอร์	25
2.5	แสดงขาสัญญาณของ LCD MODULE	26
2.6	แสดงชุดคำสั่ง	27
2.7	แสดงการ CLEAR DISPLAY	29
2.8	แสดงการกำหนดค่า DDRAM ADDRESS	29
2.9	แสดงMODE SET	29
2.10	แสดงการ ON/OFF	30
2.11	แสดงการเลื่อน	30
2.12	แสดงการเซ็ตฟังก์ชั่น	30
2.13	แสดงการกำหนดแอดเดรสของ CGRAM	31
2.14	แสดงการกำหนดแอดเดรสของ DDRAM	31
2.15	แสดงการกำหนดแอดเดรสของ DDRAM ที่ใช้งาน	31
2.16	แสดงการอ่านค่า BF	32
2.17	แสดงการเขียนข้อมูล DDRAM OR CGRAM	32
2.18	แสดงการอ่านข้อมูล DDRAM OR CGRAM	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	ชื่อภาพ	หน้า
2.1	แสดงลักษณะของไลดอลลูป	6
2.2	แสดงส่วนประกอบของกระแสไฟตรงและกระแสสลับ	6
2.3	แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของโทรศัพท์	9
2.4	แสดงระบบโทรศัพท์แบบหมุน	9
2.5	แสดงพัลส์หมายเลขของระบบโทรศัพท์แบบหมุน	10
2.6	แสดงแป้นกดหมายเลขและค่าความถี่ในแนวนอนและแนวตั้งของหมายเลขนั้นๆ	11
2.7	แสดงวงจรพื้นฐานที่ใช้อุปกรณ์แบบแยกชิ้นของโทรศัพท์ที่ใช้ระบบ DTMF	12
2.8	แสดงวงจรถอดรหัสความถี่โทรศัพท์	14
2.9	แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่	16
2.10	แสดงค่าที่รหัสได้จากความถี่ต่างๆ	17
2.11	แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณอย่างง่าย การกำหนดเวลาการ์ดไทม์	18
2.12	แสดงการต่อวงจรอินพุต	18
2.13	แสดงการต่อวงจรผลิตความถี่	19
2.14	แสดงโครงสร้างภายในของ 8051	20
2.15	แสดงขาสัญญาณของ MCS-51	21
2.16	แสดงตารางหน้าที่พิเศษของพอร์ต 3	21
2.17	แสดงขาสัญญาณต่างๆของ 8255	23
3.1	แสดงบล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนประกอบสำคัญต่างๆของวงจร	34
3.2	แสดงแผงผังโปรแกรมควบคุมการทำงานของวงจรทั้งหมด	35
3.3	แสดงวงจรตรวจสอบการยกหู	37
3.4	แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณหมุนหมายเลข,สัญญาณเรียกกลับ,สัญญาณสายไม่ว่าง	38
4.1	แสดงรูปสัญญาณที่ได้จากวงจรตรวจสอบการยกหู วางหู	39
4.2	แสดงรูปสัญญาณที่ได้จากวงจรตรวจจับสัญญาณหมุนหมายเลข	40
4.3	แสดงรูปสัญญาณที่ได้จากวงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับ	41
4.4	แสดงรูปสัญญาณที่ได้จากวงจรตรวจจับสัญญาณสายไม่ว่าง	42
4.5	แสดงผลหลังจากวงจรตรวจพบสัญญาณหมุนเลขหมาย	42
4.6	แสดงผลการจับเวลาในการสนทนา	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบัน การสื่อสารระหว่างคนด้วยกัน หรือระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยกันก็มีบทบาทมากขึ้น และมีแนวโน้มที่จะเป็น สังคม ข่าวสาร(Information Society)อย่างชัดเจน เป็นเหตุให้เกิดบริการทางการสื่อสารมากชนิดกว่าแต่ก่อน อย่างเช่น

- การให้บริการโทรศัพท์ระบบดิจิตอล
- การให้บริการลักษณะ และรูปแบบของ ข่าวสารผ่านเครือข่ายโทรศัพท์
- การให้บริการสื่อสารแบบเคลื่อนที่
- การให้บริการด้านสื่อสารข้อมูล ฯลฯ

ในปัจจุบันการสื่อสารโทรคมนาคม ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวัน ในวันหนึ่ง ๆ เราต้องพบกับระบบสื่อสารต่าง ๆ มากมาย โทรศัพท์ก็เป็นสิ่งจำเป็นสิ่งหนึ่งในการติดต่อสื่อสาร และใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากโทรศัพท์ สามารถติดต่อกันได้ง่ายและสะดวกรวดเร็ว โดยผู้รับและผู้ส่งสามารถติดต่อกันได้โดยตรง ซึ่งเพียงแค่กดปุ่มหรือหมุนโทรศัพท์เพียงไม่กี่วินาทีก็สามารถติดต่อถึงกันได้แล้ว

โดยทั่ว ๆ ไป แล้วโทรศัพท์ จะมีอยู่ 2 แบบคือ แบบกดปุ่มและแบบหมุน โดยโทรศัพท์ทั้ง 2 แบบนี้ ส่วนการทำงานจะคล้ายกัน จะต่างกันตรงที่ภาคส่ง โดยโทรศัพท์แบบแรกจะส่งสัญญาณความถี่ที่แตกต่างกัน แต่อีกแบบหนึ่งจะส่งสัญญาณเป็นจำนวนพัลส์

ในการส่งสัญญาณไฟฟ้าจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ไม่ว่าจะเป็นการส่งสัญญาณแบบอะนาล็อกหรือดิจิตอลก็ตาม สิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้คือสิ่งรบกวน (Noise) และความเพี้ยน (Distortion) ซึ่งเกิดขึ้นตลอดเส้นทางของการส่งในการรักษาคุณภาพของสัญญาณที่รับได้ที่ปลายทาง ไว้ให้ดีที่สุดก็ควรจะให้สิ่งรบกวนและความเพี้ยนอยู่ในขีดจำกัดอันพึงยอมรับได้ การส่งสัญญาณใด ๆ เราสามารถส่งในลักษณะของการส่งแบบอะนาล็อกหรือการส่งแบบดิจิตอล ก็ได้แต่ในปัจจุบันเริ่มนิยมส่งสัญญาณ อะนาล็อก ในลักษณะของการส่งแบบดิจิตอล ด้วยกรรมวิธีของ Time Division Multiplex-Pulse Code Modulation (TDM - PCM) มากขึ้น

เนื่องจากชุมสายโทรศัพท์ระบบ Stored Program Control (SPC) ได้นำเอาเทคนิคทางดิจิตอลมาใช้ในการรับส่งสัญญาณและข้อมูลต่าง ๆ โดยเฉพาะในภาค โครงข่ายสวิตชิ่งสัญญาณ อะนาล็อก จะถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล ทั้งสิ้น ดังนั้นในการที่จะศึกษาเครื่องชุมสายโทรศัพท์ระบบ Stored Program Control (SPC)จึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาหลักการเบื้องต้นเกี่ยวกับระบบ Pulse Code Modulation (PCM) ก่อน

ดังนั้นการสื่อสารด้านโทรศัพท์ในปัจจุบัน โทรศัพท์จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการสื่อสารเป็นอย่างมาก เมื่อมนุษย์เพิ่มมากขึ้นความต้องการใช้โทรศัพท์ก็มากขึ้นด้วยทำให้โทรศัพท์เป็นสิ่งจำเป็น และสมควรที่จะได้รับการพัฒนาเพื่อให้เป็นอุปกรณ์การสื่อสารที่อำนวยความสะดวกให้กับมนุษย์ได้เป็นอย่างดี ในปัจจุบันได้มีการศึกษาถึงเรื่องเทคโนโลยีในการพัฒนาอุปกรณ์ต่างๆเพื่อใช้ในการอำนวยความสะดวกต่างๆในการใช้โทรศัพท์ เช่น การบันทึกหมายเลขหมายโทรศัพท์ เครื่องตอบรับโทรศัพท์ การสั่งงานเครื่องใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการใช้โทรศัพท์ เช่น การบันทึกหมายเลขหมายโทรศัพท์ เครื่องตอบรับโทรศัพท์ การสั่งงานเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยผ่านทางโทรศัพท์ การจับเวลาในการโทรศัพท์ การคิดค่าบริการโทรศัพท์ เป็นต้น ซึ่งเทคโนโลยีต่างๆเหล่านี้เรียกว่า " เครื่องอำนวยความสะดวกในการใช้โทรศัพท์ " (Facilities Telephony) ในโครงงานชิ้นนี้ก็เป็นการพัฒนาอุปกรณ์เพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้โทรศัพท์ โดยจะทำการบันทึกเลขหมายโทรศัพท์ที่มีการโทรออกและทำการจับเวลาในการใช้โทรศัพท์ ซึ่งจะทำให้เราสามารถตรวจสอบได้ว่ามีเบอร์ใดบ้างที่เราไม่ได้โทรออก และจับเวลาในการโทรแต่ละครั้งเพื่อให้ผู้ใช้โทรศัพท์ทราบว่าควรใช้โทรศัพท์อีกนานเท่าไหร่ ในรายงานนี้จะเริ่มกล่าวถึงตั้งแต่ทฤษฎีต่างๆของโทรศัพท์เพื่อเป็นการสร้างความเข้าใจในการทำโครงงาน และส่วนของวงจรต่างๆว่ามีโครงสร้างและหลักการทำงานอย่างไร นอกจากนี้จะมีส่วนของภาคทฤษฎีของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์

โครงสร้างของโครงงานแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1.ทางด้านฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย

- 1.1วงจรตรวจสอบการยกหูวางหู
- 1.2 วงจรตรวจจับสัญญาณโทรศัพท์
- 1.3 วงจรถอดรหัสสัญญาณDTMF
- 1.4 ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์
- 1.6 ส่วนของวงจรแสดงผลแบบLCD

2.ทางด้านซอฟท์แวร์

- 2.1 โปรแกรมตรวจสอบการยกหู วางหู
- 2.2 โปรแกรมตรวจสอบสัญญาณโทรศัพท์
- 2.3 โปรแกรมตรวจสอบรหัสเลขหมายโทรศัพท์และเปลี่ยนเป็นรหัสแอสกี
- 2.4 โปรแกรมเก็บหมายเลขโทรศัพท์
- 2.5 โปรแกรมแสดงผลแอลซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการทำงาน

2.1 ระบบโทรศัพท์

ระบบโทรศัพท์ คือ ระบบสื่อสารที่โครงข่ายชุมสายบริการระหว่างสมาชิกผู้เรียกและผู้รู้เลขหมายสมาชิก ให้สามารถเรียกทำการติดต่อระหว่างคู่สนทนาต่างๆ โดยลดการเดินทางที่ไม่จำเป็นออกไปได้

โทรศัพท์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมี 2 ระบบ คือ ระบบครอสบาร์ กับ ระบบดีทีเอ็มเอฟ (Dual Tone Multi Frequency) ซึ่งระบบครอสบาร์ เป็นระบบเดิมที่ใช้มาตั้งแต่เริ่มมีการใช้โทรศัพท์ ส่วนระบบ DTMF เป็นระบบใหม่ที่ใช้แทนที่ระบบครอสบาร์เพราะมีประสิทธิภาพสูงกว่า ใช้เวลาในการส่งหมายเลขน้อยกว่า และการใช้ระบบดีทีเอ็มเอฟ ที่ชุมสายจะใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีความทนทาน และมีอายุการใช้งานนานกว่าระบบครอสบาร์ ซึ่งเป็นระบบแม็คคานิกส์ ที่มีการสึกหรอและเสียง่าย ซึ่งในรายงานนี้จะกล่าวถึงเฉพาะระบบดีทีเอ็มเอฟ ซึ่งเป็นระบบที่ใช้อยู่มากในปัจจุบัน

2.1.1 ส่วนประกอบของระบบโทรศัพท์

1. การเรียกทางโทรศัพท์ (Telephone call) คือ การเรียกผ่านระบบโทรศัพท์ระหว่างผู้เรียกและผู้รับ ที่ทำการสนทนากันอยู่

2. เครื่องโทรศัพท์ (Telephone set) คือ อุปกรณ์สำหรับผู้เรียกและผู้รับ ที่ใช้ฟังและพูดในการสนทนาของโครงข่ายโทรศัพท์ เมื่อต้องการเรียก ก็หมุนหรือกดหมายเลขของผู้รับที่หน้าปัทม์

3. ผู้เรียก (Calling subscriber) คือ ผู้เริ่มต้นการเรียก จะช่วยให้การแจ้งให้พนักงานช่วยต่อกับผู้รับ หมุนหรือกดหมายเลขของผู้รับเมื่อเครื่องโทรศัพท์นั้นเป็นคู่สายของชุมสายอัตโนมัติ

4. ผู้รับ (Calling subscriber) คือ ผู้ที่ตอบรับการเรียกทางโทรศัพท์เมื่อได้ยินสัญญาณกริ่งเรียก

5. คู่สาย(Subscriber line) คือ คู่ตัวนำกระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนมาจากเสียงพูดแจกจ่ายออกมาจากสถานีที่ตั้งชุมสายท้องถิ่น ไปยังบ้านของผู้เช่าหรือสมาชิกแต่ละรายอย่างอิสระ

6. ชุมสายโทรศัพท์(อัตโนมัติ) (Automatic telephone switching) คือ มีหน้าที่ทำการติดต่อระหว่างคู่สนทนา เป็นชุมสายที่ทำการพัฒนาแล้ว

การสนทนา จะเกิดขึ้นได้ดังนี้

เมื่อปลายสายหรือผู้เรียกหรือผู้ถูกเรียกยกหูโทรศัพท์ขึ้น การทำงานในส่วนวงจรควบคุมของชุมสายโทรศัพท์ก็จะหยุด เพื่อที่จะรอทำงานให้กับผู้อื่นที่เรียกเข้ามาต่อไป แต่หน้าที่ของชุมสายสำหรับตอนนี้ก็คือ การทำงานของมิเตอร์สำหรับเรียกเก็บค่าบริการในภายหลัง ในระหว่างที่ทำการสนทนาอยู่เครื่องโทรศัพท์ก็จะทำงาน 2 รูปแบบไปพร้อม ๆ กัน คือแปลงจากสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณเสียง (Acoustic Energy) ซึ่งจะเรียกว่ารูปแบบการรับสัญญาณ (Receiver Mode) และในทางกลับกัน รูปแบบที่ทำหน้าที่แปลงจากสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า จะเรียกว่า รูปแบบการส่งสัญญาณ (Transmitter Mode) ในรูปแบบหลังนี้เองที่มีเรื่องของการป้อนกลับของสัญญาณเข้ามาเกี่ยวข้องนั่นก็คือ การที่ผู้พูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถได้ยินเสียงของตนเองจากหูฟังด้วย เรียกเสียงนี้ว่า Side Tone ซึ่งจำเป็นอย่างมากที่จะต้องป้อนกลับมา เพราะไม่เช่นนั้นจะไม่สามารถรับรู้ได้เลยว่าควรพูดให้มีเสียงดังให้อยู่ในระดับใดจึงจะพอเหมาะที่คู่สนทนาจะได้ยินเสียงผู้พูดของผู้เรียกได้อย่างชัดเจน เมื่อสิ้นสุดการสนทนาทั้ง 2 ฝ่าย และวางหูโทรศัพท์ลง สัญญาณจาก ฮุกสวิตช์ก็จะบอกให้ชุมสายโทรศัพท์ทำการเปิดวงจรที่ทำการติดต่ออยู่ออกอุปกรณ์ต่างๆ ก็จะว่าง และพร้อมสำหรับการติดต่อครั้งต่อไป

2.1.2 สัญญาณ(Signalling)

สัญญาณ(Signalling) คือ ข่าวสารที่ใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสาย หรือ ข่าวสารที่ติดต่อกันระหว่างชุมสายกับชุมสาย

หน้าที่ทั่วๆไปของสัญญาณที่ใช้กับโทรศัพท์ในปัจจุบัน คือ

1. การเตรียมพร้อม(Alerting)
2. การส่งที่อยู่ของข่าวสาร(Transmitting address information)
3. การตรวจตรา(Supervising)
4. การส่งสัญญาณข่าวสาร(Transmitting information signalling)

2.1.3 ประเภทของสัญญาณโทรศัพท์

1. สัญญาณระหว่างผู้เช่ากับชุมสาย(Subscriber Signalling)

1.1 สัญญาณที่ส่งจากผู้เช่ากับชุมสาย

Off-hook คือ สภาพที่ผู้เช่ายกหูโทรศัพท์สายจะมีสภาพ Closed loop (Low impedance)

On-hook คือ สภาพผู้เช่าวางหู หรือ สภาพว่าง สายจะมีสภาพ Open loop (High impedance)

Dilling คือ สภาพที่ผู้เช่าหมุนหมายเลขเข้าเครื่องเป็น Rotary dial สัญญาณจะเป็น Pulsing ค่า Impedance จะสูง,ต่ำ สลับกันไปตามที่หมุนเลขหมาย ถ้าเป็นเครื่องแบบกดปุ่ม Touch – Tone สัญญาณออกจะเป็น ความถี่ DTMF ส่งออกไปชุมสาย

1.2 สัญญาณที่ส่งมาจากชุมสาย

Dialling tone คือ สัญญาณที่บอกถึงสภาพการว่างของอุปกรณ์ชุมสาย และชุมสายพร้อมที่จะรับ Code ที่ทำการหมุนเข้ามา สัญญาณ Dialling tone นี้จะเป็นสัญญาณต่อเนื่องความถี่ 400 เฮิรตซ์ มอดูเลต ด้วย 50 เฮิรตซ์ ผู้เช่าจะได้ยินเมื่อทำการยกหูโทรศัพท์

Busy tone คือ สัญญาณที่บอกให้ทราบว่า อุปกรณ์ชุมสายไม่ว่าง แต่ถ้ายกหูแล้วได้ยินสัญญาณนี้แสดงว่า อุปกรณ์ในชุมสายไม่ว่างและถ้าได้ยินเสียงนี้หลังจากหมุนหมายเลขไปแล้ว แสดงว่าผู้เช่าฝ่ายถูกเรียกไม่ว่าง ในกรณีเรียกต่างชุมสาย ลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่ส่งจะเป็นสัญญาณที่ขาดตอนเป็นช่วงๆ ส่ง 0.5 วินาที หยุด 0.5 วินาที ความถี่ของสัญญาณ 400 เฮิรตซ์ รูปคลื่นไซน์

Ringing tone เป็นสัญญาณที่ผู้เรียกได้ยินหลังจากหมุนหมายเลขครบแล้ว เพื่อบอกให้ทราบว่าการต่อทำได้สำเร็จ ในขณะนี้จะส่งสัญญาณเรียก (Ringing signal) ไปยังผู้ถูกเรียก ความถี่ของสัญญาณ 400 เฮิรตซ์รูปคลื่นไซน์โดยจะส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที

Ringing signal เป็นสัญญาณต่อเนื่องความถี่ของสัญญาณ 25 เฮิรตซ์ ค่าแรงดัน 70-90 Vrm โดยส่งไปยังผู้เช่าฝ่ายถูกเรียก ส่ง 4 วินาที หยุด 4 วินาที

สัญญาณโทนอื่นๆ เช่น Nu tone (Number Unobtainble Tone) บอกให้ทราบว่าเลขหมายที่หมุนมาไม่มีการใช้งานอยู่ เป็นต้น

2. สัญญาณติดต่อระหว่างชุมสายกับชุมสาย(Inter Exchange Signalling)
สัญญาณพื้นฐาน มี อยู่ 5 ประเภท คือ

1. Seizure (สัญญาณจับวงจร) เป็นสัญญาณให้ชุมสายปลายทางทราบว่า คู่สายขณะนี้ถูก ใช้งานอยู่ ชุมสายปลายทางจะทำการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่รับเลขหมายของผู้ถูกเรียกที่จะทำการส่งมา

2. Address information เป็นบอกหมายเลข หรือ ประเภทของผู้เช่า

3. Answer signal (สัญญาณตอบรับ) สัญญาณนี้ถูกส่งเมื่อผู้เช่า B ยกหูรับ หน้าที่หลักของสัญญาณนี้ คือ

- เริ่มต้นคิดเงิน
- ส่งสัญญาณคิดเงิน
- ตัดวงจรการจับเวลาการใช้อุปกรณ์

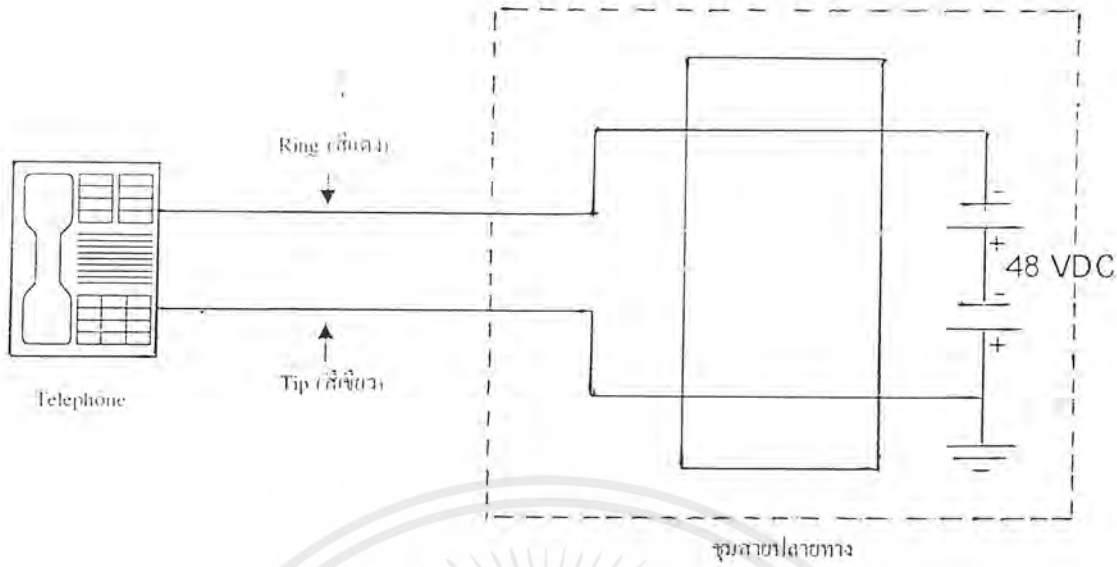
4. Clear - Forward (สัญญาณยกเลิกการต่อตรง) จะถูกส่ง เมื่อฝ่าย A วางหู ผลของสัญญาณนี้จะทำให้วงจรทางด้านปลายทางการยกเลิกการต่อวงจรต่างๆ

5. Clear - Back (สัญญาณยกเลิกการต่อกลับ) จะถูกส่งเมื่อผู้เช่าฝ่าย B วางหู ผลของสัญญาณนี้จะทำให้ชุมสายต้นทาง เริ่มต้นการจับเวลา เมื่อเวลาผ่านไป 90-120 วินาที ชุมสายต้นทางจะยกเลิกการติดต่อมาพร้อมกับการส่งสัญญาณ Clear – Forward ออกไปเพื่อให้ชุมสายปลายทางยกเลิกเช่นกัน

2.1.4 Local Loop

: ความหมายของ Local Loop คือ สายส่ง 2-wire จากเครื่องโทรศัพท์ไปชุมสายปลายทางและมีค่าอิมพีแดนซ์ของสายเองประมาณ 500-1000 โอห์ม แต่ค่าที่ใช้ทั่วไป 600 โอห์ม ถ้าในชุมสายปลายทางมีการติดตั้ง แหล่งจ่ายไฟร่วม DC ขนาด 48 โวลต์ ให้แต่ละลูปของผู้ใช้โทรศัพท์ ลวดตัวนำ 2 เส้นในลูป มีชื่อว่า ทิป(Tip) และ ริง(Ring) โดยริงจะต่อกับสัญญาณไฟ – 48 โวลต์(DC) ทิปจะต่อกับ กราวด์ ดังรูปที่ 2.1 ต่อไปนี้

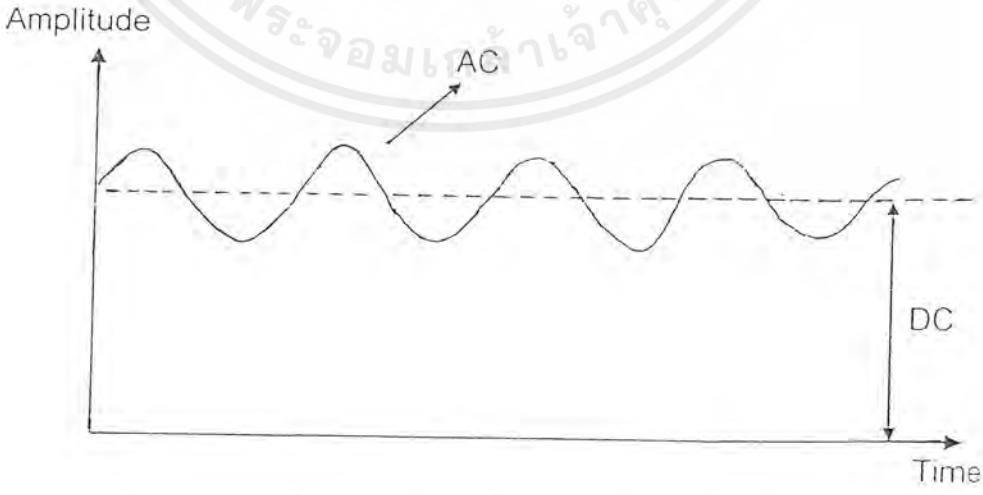
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะของโลคอลลูป

เมื่อใช้โทรศัพท์ยกหูโทรศัพท์ มีผลทำให้อุกสวิตช์ปิดลง(Hook off) จากนั้นกระแสไฟตรง DC ขนาด 20 มิลลิแอมป์ ไหลวนอยู่ในลูปซึ่งสภาวะยกหูโทรศัพท์นี้ ระดับแรงดันไฟฟ้าระหว่างทิปกับริง มีค่าลดลงเหลือประมาณ 4 V

สัญญาณเสียงพูดจากเรื่องโทรศัพท์ถูกส่งไปในทิศใดทิศหนึ่งในลูป โดยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ภายในกระแสลูป (20 mA) ซึ่งเกิดจากสัญญาณ AC ทับบนกระแสลูป DC แสดงดังรูปที่ 2.2 นี้



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของกระแสไฟตรงและกระแสสลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 การติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับโทรศัพท์

ด้านเครื่องส่ง

- ขณะที่ไม่ได้มีการยกหูโทรศัพท์ จะมีแรงดันตกคร่อมสายโทรศัพท์เป็นสัญญาณกระแสตรง 48 โวลต์

- เมื่อผู้เรียกยกหูโทรศัพท์แรงดันจะลดลงเหลือ 6-8 โวลต์ พร้อมทั้งมีสัญญาณให้หมุนซึ่งเป็นสัญญาณกระแสสลับขนาด 250 มิลิโวลต์ ความถี่ 350 เฮิรตซ์ กับ 440 เฮิรตซ์ มอดูเลตรวมกัน ซึ่งเมื่อกดรหัสสัญญาณเลขหมายแล้ว สัญญาณให้หมุนนี้จะหายไป

- กดรหัส (Code) เบอร์โทรศัพท์ทั้งหมด รหัสความถี่ที่ส่งจะเป็นสัญญาณผสมสองความถี่ เป็นความถี่สูงและความถี่ต่ำผสมกัน แต่ละเลขหมายจะมี DTMF อยู่หนึ่งคู่

- ขณะที่รอรับสายจะมีสัญญาณตอบกลับมา 2 แบบ เพื่อจะบอกว่าสายว่างหรือไม่ว่าง คือ สัญญาณเรียกกลับและสัญญาณสายไม่ว่าง ตามลำดับ

- เมื่อมีการรับสายแล้ว สัญญาณเสียงจะขึ้นอยู่กับความดังและความถี่ของเสียงพูดตามสาย

- เมื่อวางหูโทรศัพท์เลิกการติดต่อ ขนาดแรงดันจะกลับมาเป็นที่ 48 โวลต์เหมือนเดิม

ด้านเครื่องรับ

- ขณะที่วางหูอยู่จะมีแรงดันตกคร่อมอยู่ 48 โวลต์

- เมื่อสัญญาณกริ่งเรียกจะมีขนาดประมาณ 100 Vrms จังหวะดัง 1 วินาที หยุด 4 วินาที ซึ่งจะตรงกับสัญญาณเรียกกลับที่เครื่องส่ง

- จากนั้นเมื่อผู้รับยกหูโทรศัพท์ ขนาดแรงดันจะเหลือเป็น 6-8 โวลต์ และมีการกระเพื่อมตามขนาดและความถี่ของเสียงพูด

- เมื่อวางหูโทรศัพท์ ขนาดแรงดันก็จะกลับไปที่ 48 โวลต์ เหมือนเดิม

2.2 เครื่องโทรศัพท์ (Telephone Set)

จัดเป็นอุปกรณ์ปลายทางอย่างหนึ่ง ทำหน้าที่ รับ-ส่ง สัญญาณเสียงพูดระหว่างผู้เช่า (Subscriber) โดยทำหน้าที่แปลงพลังงานเสียงเป็นพลังงานไฟฟ้า ส่งไปในสายและในทางกลับกันก็เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า กลับมาเป็นพลังงานเสียง นอกจากนั้นเครื่องโทรศัพท์ยังทำ หน้าที่ต่อไปนี้

1 ทำหน้าที่ส่งสัญญาณเรียกไปยังชุมสายท้องถิ่น (Local – Exchange),(Hook – off)

2. ทำหน้าที่ส่งสัญญาณ Code ที่ใช้แทนหมายเลขของผู้ถูกเรียก (B.Subscriber)

3. ทำหน้าที่รับเสียงโทน (Tone) ที่ตอบรับจากชุมสาย ตลอดจนสัญญาณเรียก (Ringing Tone)

4. ทำหน้าที่ส่งสัญญาณยกเลิกการติดต่อเรียกไปชุมสาย (Hook – off)

ส่วนประกอบหลักของเครื่องโทรศัพท์ แบ่งออกได้ 3 ส่วน ดังนี้

1. ส่วน รับ-ส่ง สัญญาณเสียงพูด (Speech Transmisson)

2. ส่วนกำเนิดสัญญาณ (Generator Tone) Code เลขหมายของผู้ถูกเรียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ส่วนที่รับสัญญาณเรียกจาก ชุมสาย (Ringing Tone) นอกจากนี้

2.2.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโทรศัพท์

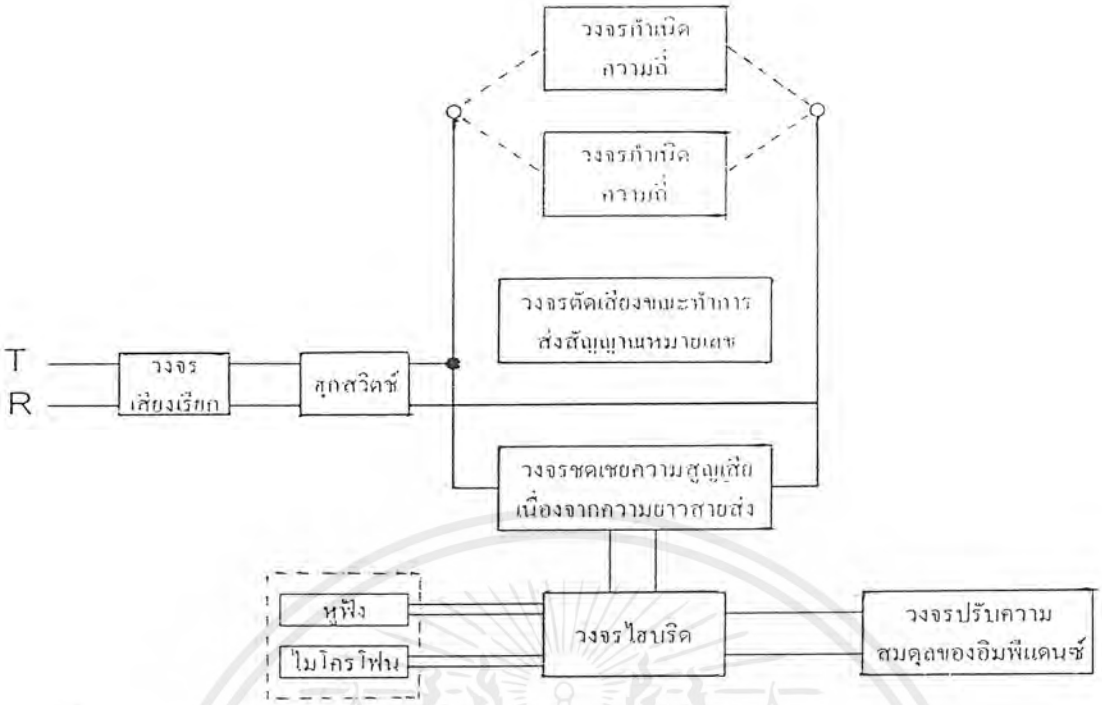
ในรูปที่ 2.3 เป็นบล็อกไดอะแกรมแสดงของส่วนต่างๆที่จำเป็นในเครื่องโทรศัพท์ โดยจะเชื่อมต่อกับชุมสายด้วยสาย T(tip) และ R(ring) วงจรแรกที่เชื่อมต่อระหว่างวงจรภายใน เครื่องโทรศัพท์กับอุปกรณ์ของชุมสาย ก็คือ วงจรกำเนิดเสียง(Ringer) ซึ่งจะส่งสัญญาณเรียก(Ringing signal) เมื่อมีการติดต่อมาจากผู้อื่น เหตุผลประการสำคัญที่ต้องนำวงจรส่วนนี้มาเชื่อมต่อกับชุมสายโดยตรง ก็คือ เมื่อวางหูโทรศัพท์ไว้กับที่วางตามปกติ ฮุกสวิตช์จะถูกเปิดวงออก ทำให้ไม่มีแรงดันจากชุมสายผ่านไปยังวงจรส่วนที่อยู่หลังฮุกสวิตช์ได้ ดังนั้นถ้าวงจรกำเนิดสัญญาณเรียก อยู่หลังจากฮุกสวิตช์ ก็จะไม่สามารถสร้างสัญญาณเรียกได้ในเวลาที่มีผู้ ติดต่อเข้ามา

เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น ฮุกสวิตช์ S_1 และฮุกสวิตช์ S_2 ในรูปที่ 2.4 ก็จะปิดวงจร ทำให้มีกระแสจากชุมสายไหลครบวงจรผ่านเครื่องโทรศัพท์ได้ ในขณะเดียวกันกระแสค่าเดียวกันนี้ก็จะไหลผ่านขดลวดรีเลย์ ที่ชุมสายด้วย ทำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์ที่ชุมสายถูกปิดลง เพื่อที่จะให้อุปกรณ์ต่างๆในชุมสายพร้อมที่จะทำการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ จากนั้นชุมสายก็จะทำการส่งสัญญาณหมุนหมายเลข(Dial tone) ไปยังผู้ที่ยกหูโทรศัพท์ เพื่อให้ผู้นั้นส่งหมายเลขโทรศัพท์ของผู้ที่ต้องการจะติดต่อด้วยมายังชุมสายหลังจากที่ชุมสายได้รับหมายเลขแรกที่ส่งเข้ามาแล้ว ชุมสายก็จะเลิกส่งสัญญาณหมุน ซึ่งกระบวนการตอนนี้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

ในส่วนของวงจรตัดเสียงขณะทำการส่งหมายเลข จะช่วยให้การส่งหมายเลขมีความชัดเจนถูกต้องไม่รบกวนด้วยสัญญาณเสียงพูด และขณะที่วงจรชดเชยการสูญเสีย เนื่องจากความยาวของสายส่งจะทำให้สัญญาณที่ติดต่อระหว่างต้นทางและปลายทางมีความแรงและชัดเจนมากที่สุด แม้ว่าต้นทางและปลายทางจะมีความห่างกันแค่ไหนก็ตามวงจรไฮบริดจ์ทำหน้าที่เสมือนวงจรขยาย 2 ทิศทาง หรือสามารถให้สัญญาณผ่านเข้าออกได้ตลอดเวลา จึงมีเสียงจากปลายทางมาปรากฏที่หูฟัง ในขณะที่สัญญาณจากปากพูดก็จะผ่านออกไปทางคู่สายได้ สุดท้ายวงจรปรับความสมดุลย์ของอิมพีแดนซ์ มีไว้เพื่อทำให้อิมพีแดนซ์ของส่วนต่างๆในโทรศัพท์เหมาะสม เพื่อให้การถ่ายทอดสัญญาณเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

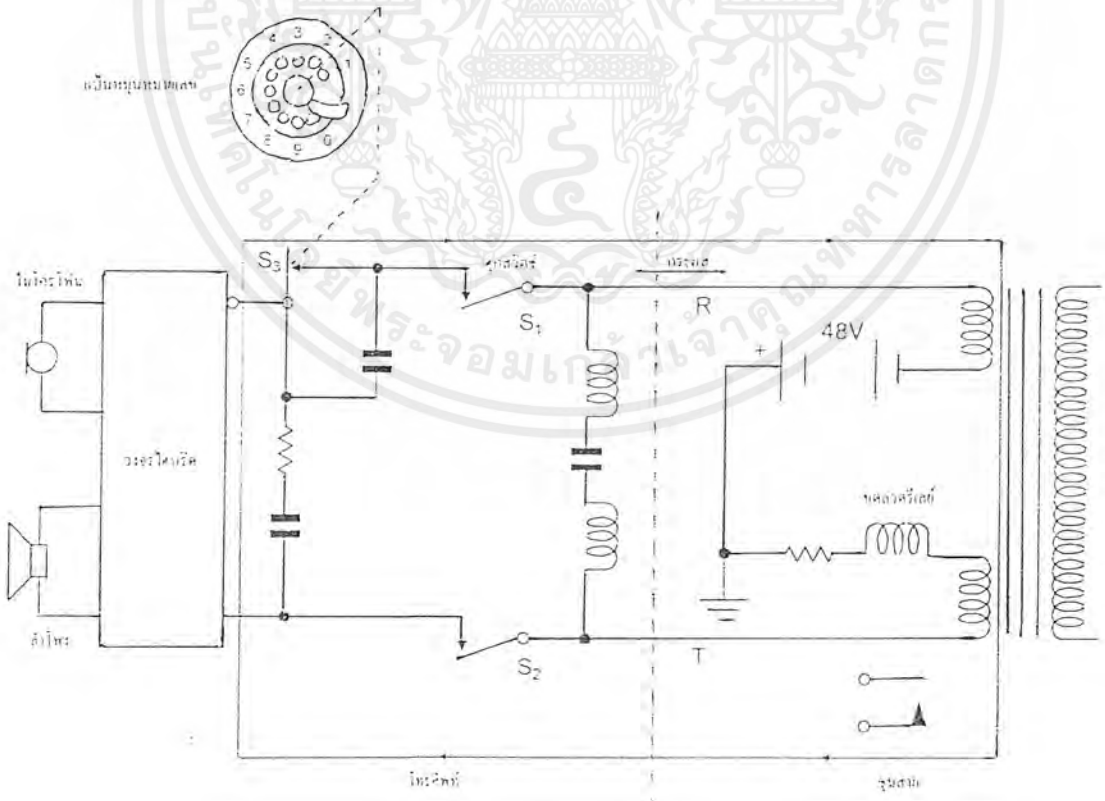
การส่งหมายเลขโทรศัพท์ไปยังชุมสายนั้น สามารถกระทำได้ 2 วิธี วิธีแรกเป็น การส่งสัญญาณพัลส์ที่แสดงถึงค่าของหมายเลขต่างๆและอีกวิธีหนึ่งคือการส่งสัญญาณเป็นความถี่ต่างๆกัน โดยค่าของตัวเลขจะถูกแทนด้วยความถี่ 2 ความถี่ที่มอดูเลตกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโทรศัพท์

2.2.2 เครื่องโทรศัพท์ยังแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ



รูปที่ 2.4 แสดงโทรศัพท์แบบหมุน

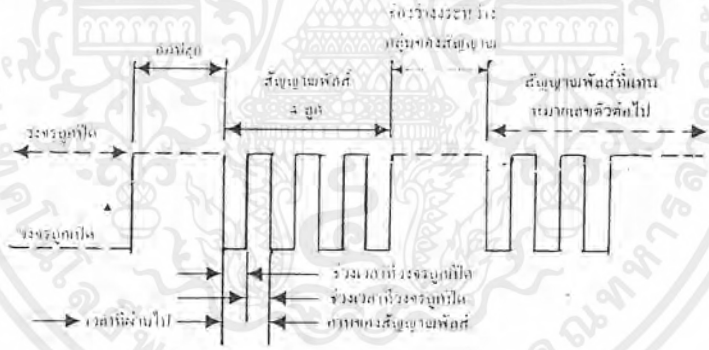
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แบบหมุน (Rotary dial)

โทรศัพท์ชนิดนี้ สร้างสัญญาณจากกระแสลูปโดยต่อเข้ากับอุปกรณ์สวิตช์ ทำหน้าที่ "เปิด" และปิด" เข้ากับกลไกการหมุนเลขหมายในเครื่อง ทำให้กระแสพัลส์ตอบสนอง เข้ากับหมายเลขที่หมุน

ในรูปที่ 2.4 จะเป็นวงจรที่ใช้ในการส่งหมายเลขโทรศัพท์แบบหมุน จะเห็นว่าสวิตช์ S_3 จะถูกเปิดวงจรออกเมื่อมีการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ เมื่อสวิตช์ S_3 ถูกเปิดวงจรออกก็จะไม่มีกระแสไหลผ่านเข้าไปในวงจรส่วนที่อยู่ถัดไปได้ จึงเสมอว่าเป็นการขัดจังหวะ(Interruption) การไหลของกระแสสำหรับจำนวนครั้งที่สวิตช์ S_3 ถูกเปิดออกจะขึ้นอยู่กับ ระยะห่างของแป้นหมุน(Dialer) ที่ถูกหมุนไป กับตำแหน่งปกติ ในขณะที่ไม่มีการหมุนหมายเลขใดๆเป็นต้นว่า ถ้าหมุนหมายเลข 3 สวิตช์ S_3 ก็จะถูกเปิดออก 3 ครั้ง หรือหมุนหมายเลข 6 สวิตช์ S_3 ก็จะถูกเปิดออก 6 ครั้ง ซึ่งสวิตช์ S_3 จะถูกเปิดวงจรในช่วงที่แป้นหมุนกลับสู่ตำแหน่งเดิมเท่านั้น ไม่ได้เกิดขึ้นในระหว่างที่ทำการหมุนหมายเลขอยู่

ในรูปที่ 2.5 จะแสดงถึงลักษณะของรูปสัญญาณ เมื่อมีการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ จากรูปนี้จะเห็นว่า ตอนปกติโทรศัพท์อยู่ในสภาวะออนฮุก(On-hook) คือ สภาพที่หูโทรศัพท์จะถูกวางอยู่ ที่ว่างหูโทรศัพท์ ปกติจะไม่มีกระแสไหลจากชุมสายเข้าสู่โทรศัพท์ เพราะขณะนี้วงจรจะถูกเปิดออกโดยฮุกสวิตช์ แต่เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น โทรศัพท์จะอยู่ในสภาวะฮุกออฟ(Off-hook) ฮุกสวิตช์จะถูกปิดวงจรลง ทำให้มีกระแสไหลครบวงจรได้ และเมื่อมีการหมุนหมายเลข โดยในรูปนี้จะแสดงการหมุนหมายเลข "4" ก็จะทำให้วงจรถูกเปิดออกด้วยสวิตช์ S_3 เป็นจำนวน 4 ครั้ง ก็จะได้สัญญาณออกมาดังรูปที่ 2.5 นี้



รูปที่ 2.5 แสดงพัลส์หมายเลขของระบบโทรศัพท์แบบหมุน

จากรูปที่ 2.5 ช่วงพัลส์แต่ละลูกจะมีค่าเท่ากับ 100 มิลลิวินาที และจากการใช้มือหมุนพบว่าช่วงเวลาเฉลี่ยก่อนหมุนแต่ละหมายเลข มีค่าประมาณ 0.5 วินาที ถึง 3 วินาที

ในระบบโทรศัพท์แบบที่ส่งสัญญาณด้วยจำนานพัลส์นี้จะถูกกำหนดให้ สามารถส่งสัญญาณในอัตรา 10 พัลส์ต่อวินาที หรือ 10 pps(Pulse Per Second) และเพื่อความเข้าใจที่ตรงกัน ในการพิจารณาสัญญาณที่เกิดขึ้น จึงควรที่จะทราบความหมายของคำต่อไปนี้

- คาบของสัญญาณพัลส์(pulse period) มีค่าเท่ากับ ช่วงที่วงจรถูกเปิด(break duration) บากกับ ช่วงที่วงจรถูกปิด (make doration) ซึ่งคาบของสัญญาณพัลส์จะถูกออกแบบให้มีค่าอย่างต่ำ 100 มิลลิวินาที

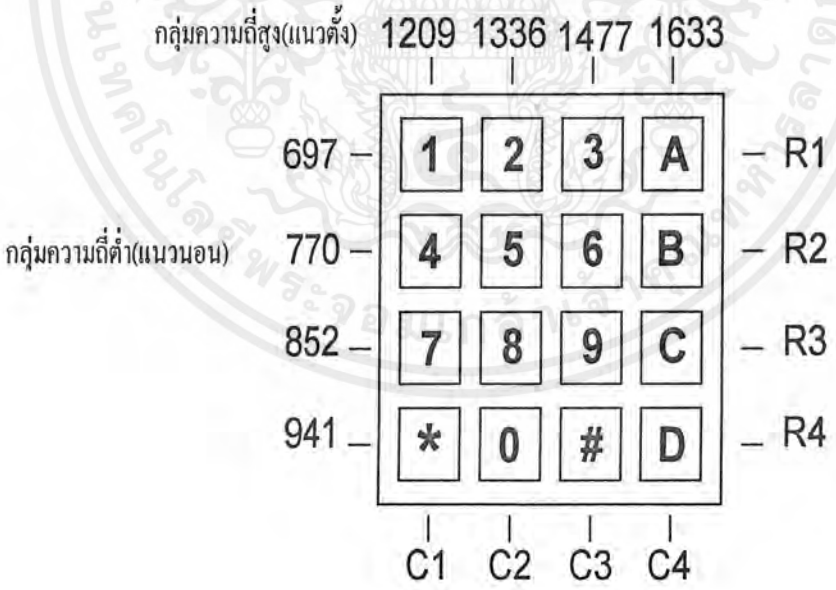
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อัตราการส่งของพัลส์(pulse rate) มีค่าเท่ากับ จำนวนพัลส์ที่ส่งออกไปใน 1 วินาที เท่ากับ 100 หารด้วยคาบเวลาของสัญญาณพัลส์
- เปอร์เซนต์ของการเปิดวงจร(percent break) มีค่าเท่ากับ 100 คูณ อัตราส่วนของการเปิดวงจร(break ratio) เท่ากับ 100 คูณช่วงเวลาที่วงจรเปิด/คาบของสัญญาณพัลส์
- ช่วงเวลาระหว่างกลุ่มของสัญญาณ(interdigit inetval) ถูกกำหนดให้มีค่าอย่างต่ำ 700 มิลลิวินาที

สำหรับในสหรัฐอเมริกาจะกำหนดค่ามาตรฐานของสัญญาณไว้แน่นอน เช่น ช่วงเวลาที่วงจรถูกเปิดจะต้องไม่ต่ำกว่า 60 มิลลิวินาที หรืออัตราการเปิดวงจรเท่ากับ 60% สำหรับประเทศอื่นๆมักจะใช้ที่อัตรา 67% เป็นส่วนใหญ่

2.แบบกดปุ่ม(Touch Tone)

ระบบนี้มีวิธีการส่งหมายเลขของผู้ที่ต้องการจะติดต่อด้วย โดยการส่งสัญญาณสองความถี่ ที่มอดูเลตกันไป ซึ่งจะเป็นตัวแทนของหมายเลขที่กด และความถี่ที่ส่งออกไป จะอยู่ในย่านของความถี่เสียงพูด(0 ถึง 4 กิโลเฮิรตซ์) ซึ่งค่าความถี่ที่ต่ำกว่า จะเป็นความถี่ที่แสดงในแนวนอน และอีกค่าหนึ่งก็จะเป็นความถี่ในแนวตั้ง ค่าต่างๆแสดงได้ดังรูปที่ 2.6 เช่น การกดหมายเลข 1 จะได้ค่าความถี่ 597 เฮิรตซ์ และ 1209 เฮิรตซ์ ที่มอดูเลตกันออกมา

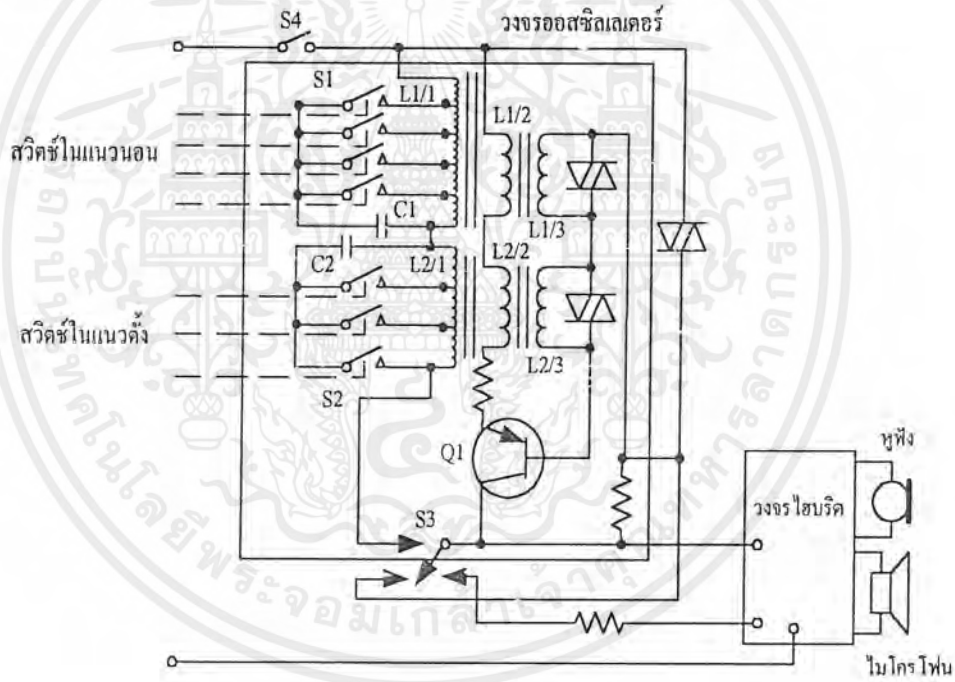


รูปที่ 2.6 แสดงแป้นกดหมายเลขและค่าความถี่ในแนวนอนและแนวตั้งของหมายเลขนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรออสซิลเลเตอร์ที่สร้างความถี่เหล่านี้ก็คือวงจรในรูปที่ 2.7 เป็นวงจรที่ยังคงใช้อุปกรณ์ต่างๆมาต่อรวมกันเป็นวงจรอยู่ ซึ่งปัจจุบันมีการใช้อุปกรณ์ที่ผลิตในรูปไอซีสำเร็จรูปมาใช้งานมากกว่า แต่เนื่องจากต้องการให้เข้าใจถึงหลักการของระบบจึงนำวงจรพื้นฐานมาประกอบการอธิบาย

การทำงานของวงจรนี้จะเริ่มจากสวิตช์ S_1 (สวิตช์ในแนวนอน) S_2 (สวิตช์ในแนวตั้ง) และS_3 จะถูกเปิดวงจรอยู่ เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น กระแสจากชุมสายจะผ่าน RV_1 ,L_{1A} และ L_{2A} ทรานซิสเตอร์ Q_1 จะไม่นำกระแส เมื่อมีการกดหมายเลข สวิตช์ S_1 ,S_2 จะถูกปิดลงตามตำแหน่งของหมายเลขที่ถูกกด C_1 ,C_2 จะถูกต่อเข้ากับ L_{1A} และ L_{2A} ตามลำดับ เกิดเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ขึ้น โดย L_{1A} และ C_1 จะเป็นออสซิลเลเตอร์ที่ผลิตความถี่ที่ต่ำกว่าความถี่ที่เกิดจาก L_{2A} และ C_2 และขณะนี้ S_3 จะถูกปิดลงเช่นกัน ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_1 ทำหน้าที่มอดูเลตสัญญาณจากออสซิลเลเตอร์ทั้งสองเข้าด้วยกันและส่งไปยังชุมสาย ในขณะที่ทำการกดหมายเลขอยู่นั้นส่วนของหูฟังและไมโครโฟนก็จะถูกต่อขนานกัน จึงทำให้ได้ยินสัญญาณที่เกิดขึ้นจากวงจรออสซิลเลเตอร์ด้วย สำหรับทางชุมสายก็จะมีวงจรตรวจจับเอาสัญญาณไปประมวลต่อไป และยังต้องมีวงจรกรองความถี่ป้องกันไม่ให้มีความถี่แปลกปลอมอื่นๆเข้าไปในชุมสายด้วย



รูปที่ 2.7 แสดงวงจรพื้นฐานที่ใช้อุปกรณ์แบบแยกชิ้นของโทรศัพท์ที่ใช้ระบบ DTMF

2.2.3 ข้อควรคำนึงในการเชื่อมต่อระบบ DTMF กับสายส่งสัญญาณ

- ระดับแรงดันและกระแสลูป จะต้องรักษาให้คงที่ ตลอดระยะทางของสายส่งสัญญาณ
- ความถี่ที่ถูกผลิตขึ้นจะต้องไม่มีความผิดเพี้ยนทั้งคาบและขนาดของสัญญาณ
- วงจรออสซิลเลเตอร์จะต้องมีอิมพีแดนซ์ที่ สมดุล(matching) กับสายส่งสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจากข้อสรุปข้างบน ถ้าจะแยกรายละเอียดของแต่ละหัวข้อก็จะมีพารามิเตอร์ที่ต้องคำนึงถึงมีดังต่อไปนี้

ความผิดเพี้ยนของสัญญาณ

- สัญญาณอื่นที่แทรกสอดเข้ามาในสายส่งสัญญาณรวมกันแล้วจะต้องน้อยกว่าระดับของสัญญาณที่ถูกส่งออกไปจริงอย่างน้อย 20 เดซิเบล

ความสูญเสียที่เกิดจากการสะท้อนกลับของสัญญาณ

- เป็นค่าพารามิเตอร์อีกตัวที่จะต้องควบคุมโดยกำหนดค่าความสูญเสียในการสะท้อนกลับของสัญญาณ หรือ RL ดังสมการต่อไปนี้

$$RL = 20\log\left(\frac{\left(Z_L - Z_G\right)}{\left(Z_L + Z_G\right)}\right)$$

โดยที่ Z_L คือ อิมพิแดนซ์ของสายส่งสัญญาณ

Z_g คือ อิมพิแดนซ์ของเครื่องโทรศัพท์

ค่ามาตรฐานสำหรับ RL จะต้องมากกว่า 14 เดซิเบล ในช่วงความถี่ระหว่าง 300 เฮิรตซ์ ถึง 3400 เฮิรตซ์ และมากกว่า 10 เดซิเบล ในช่วงความถี่ 50 เฮิรตซ์ ถึง300 เฮิรตซ์ และ 3400 ถึง 20000 เฮิรตซ์

2.2.4 ข้อดีสำหรับระบบการส่งแบบ DTMF

มีดังต่อไปนี้

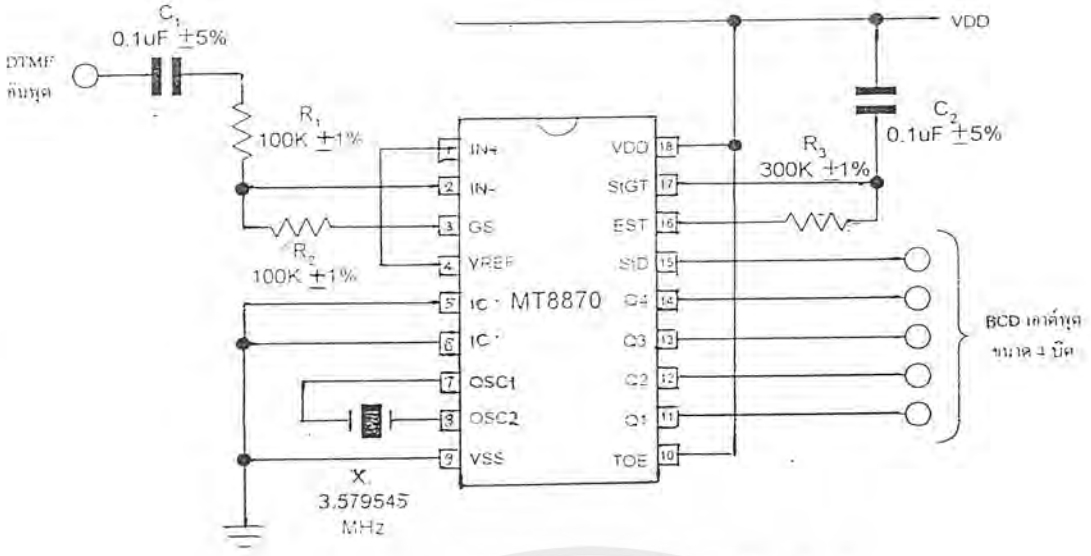
- ลดระยะเวลาในการส่งหมายเลขโทรศัพท์ไปยังชุมสาย
- สามารถใช้วงจรที่ใช้อุปกรณ์โซลิดสเตทได้ ซึ่งจะทำให้เกิดความประหยัด และความสะดวก
- ลดอุปกรณ์จำพวกหน่วยความจำที่ใช้ภายในชุมสาย
- สามารถนำไปใช้เชื่อมกับอุปกรณ์ภายในชุมสายอย่างมีประสิทธิภาพ

2.3 การถอดรหัสสัญญาณ DTMF

ใช้ IC MT8870 เป็นตัวสร้างสัญญาณดิจิตอล เพื่อใช้ควบคุมการทำงานของการถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ หมายถึง การแปลงสัญญาณความถี่ซึ่งเกิดจากการกดปุ่มตัวเลขของโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม ให้เป็นระบบตัวเลขทางดิจิตอล ซึ่งไอซี MT8870 ใช้แปลงความถี่โทรศัพท์ให้เป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิต

วงจรที่ทำหน้าที่หมายเลขที่ส่งแบบดีทีเอ็มเอฟ ในช่วงแรกๆจะใช้วงจรถอดรหัส 1 วงจรต่อ 1 คู่สาย เมื่อมีการขยายการใช้งานโทรศัพท์มากขึ้น ภายในชุมสายจะมีคู่สายที่ถูกควบคุมเป็นจำนวนมาก การใช้งานของวงจรถอดรหัสนี้จึงเปลี่ยนเป็นลักษณะการใช้งานร่วมกันหลายๆคู่สาย ดังนั้นจึงเกิดความซับซ้อนในการสร้าง ปัจจุบันมีวงจรที่อยู่ในรูปไอซีสำเร็จรูป ซึ่งมีราคาถูกและง่ายต่อการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงวงจรถอดรหัสความถี่โทรศัพท์

ข้อกำหนดของวงจรถอดรหัสหมายเลขแบบดีทีเอ็มเอฟ

ข้อกำหนดต่างๆจำเป็นเพื่อที่จะไม่ทำให้การถอดรหัส เกิดการผิดพลาดขึ้น มีดังต่อไปนี้

1. วงจรจะยังคงถอดรหัสได้อย่างถูกต้อง ถึงแม้สัญญาณที่รับเข้ามาจะมีความเบี่ยงเบนไปจากค่าที่กำหนดไว้เป็นค่ามาตรฐาน แต่ต้องไม่เกินบวกลบ 2 เปอร์เซ็นต์

2. วงจรถอดรหัสจะทำการถอดรหัสได้ ก็ต่อเมื่อได้รับสัญญาณเข้ามามีระยะเวลาอย่างน้อย 40 มิลลิวินาที

3. วงจรถอดรหัสจะทำการถอดรหัสได้ถูกต้อง ก็ต่อเมื่อสัญญาณดีทีเอ็มเอฟที่รับเข้ามาในวงจรจะต้องมีช่วงเวลาเท่ากับสัญญาณดีทีเอ็มเอฟที่รับเข้ามาก่อนหน้านี้ เป็นเวลาอย่างน้อย 35 มิลลิวินาที

4. วงจรถอดรหัสจะสามารถถอดรหัสที่มีไดนามิกเรนจ์สูงกว่า 27.5 เดซิเบล ได้โดยไม่เกิดความผิดพลาด และยังสามารถทำงานได้ในกรณีที่สัญญาณ 2 ความถี่ ที่มีแอมปลิจูดแตกต่างกันมากกว่า 6 เดซิเบล

5. วงจรถอดรหัสยังคงทำงานได้ตลอดเวลา ไม่ว่าขณะนั้นจะปรากฏเสียงพูดหรือมีสัญญาณรบกวนจากภายนอกเข้ามายังวงจรถอดรหัสก็จะไม่ทำให้การถอดรหัสผิดพลาด

2.4 โครงสร้างของ MT8870

MT8870 เป็นไอซีถอดรหัสความถี่ (INTEGRATED DTMF RECEIVER) หรือเป็นตัวแปลงสัญญาณ DTMF เป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งมี

คุณสมบัติดังนี้

- เป็นตัวรับและถอดรหัสความถี่ (DTMF receiver)
- กินไฟน้อย ใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับ TTL
- สามารถตั้งอัตราขยายภายในตัวไอซีได้
- สามารถปรับการ์ดไทม์ (Guard time) ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เป็นไอซีคุณภาพสูง

การนำ MT8870 ไปใช้งาน

- นำไปใช้งานด้านรีโมทคอนโทรล
- เครื่องป้องกันโทรศัพท์ทางไกล
- ใช้ในงานเกี่ยวกับเครดิตการ์ด
- ใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์
- ใช้ในเครื่องชุมสายขนาดย่อยหรือ PABX
- ใช้ในงานทางด้านโทรศัพท์ทั่วไป
- เครื่องกันขโมย
- การควบคุมอุปกรณ์ทางโทรศัพท์
- ใช้ทำเครื่องสอบถามทางโทรศัพท์

โครงสร้างภายในของ MT8870 ประกอบไปด้วยวงจรกรองความถี่และวงจรถอดรหัสฟังก์ชันทางดิจิตอล ความถี่ใช้เทคนิคของสวิตช์คาปาซิเตอร์สำหรับกรองความถี่สูงต่ำ วงจรถอดรหัสใช้เทคนิคการนับทางดิจิตอลเพื่อตรวจจับและถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ออกเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิต และเช็คช่วงเวลาที่สัญญาณเข้ามา ส่วนภาคอินพุตเป็นออปแอมป์ซึ่งสามารถปรับอัตราขยายได้โดยต่ออุปกรณ์ภายนอกเอาท์พุตเป็นวงจรแล็ตช์ 3 สถานะ

ฟังก์ชันการทำงานภายใน MT8870

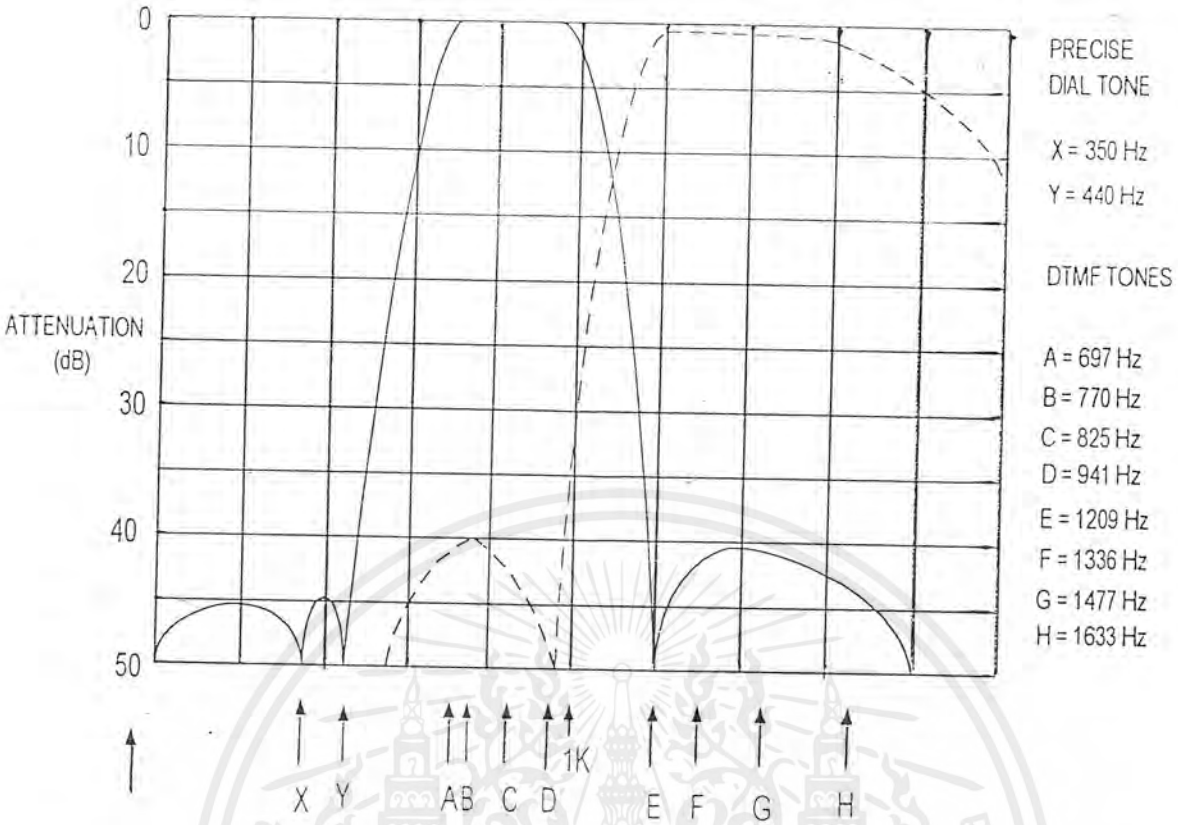
ภายใน MT8870 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วน คือ

- ภาคกรองความถี่(filter section)
- ภาคถอดรหัส(decoder section)
- ภาคตรวจสอบสัญญาณ (steering circuit)
- ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง (differentail input)
- ภาคกำเนิดความถี่ (oscillator)

ภาคกรองสัญญาณความถี่

ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณดีทีเอ็มเอฟที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่ คือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองแถบความถี่อันดับ 6 ชนิดสวิตช์คาปาซิเตอร์ (six-order switched capacitor band pass filter) ซึ่งความถี่ที่แยกได้มี 2 ช่วง คือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่

ภาคถอดรหัสสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ

สัญญาณที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้ว จะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอล และมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาเป็นความถี่มาตรฐานดีทีเอ็มเอฟหรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นที่เข้ามาผสม เมื่อตรวจสอบแล้วว่าความถี่ที่เข้ามานั้นถูกต้อง สัญญาณที่ขา EST(early steering) ก็จะแอกทีฟ สำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆนั้นแสดงได้ในตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

Flow	Fhigh	On	TOE	Q4	Q3	Q2	Q1
697	1209	1	H	0	0	0	1
697	1336	2	H	0	0	1	0
697	1447	3	H	0	0	1	1
770	1209	4	H	0	1	0	0
770	1336	5	H	0	1	0	1
770	1447	6	H	0	1	1	0
852	1209	7	H	0	1	1	1
852	1336	8	H	1	0	0	0
852	1447	9	H	1	0	0	1
941	1633	0	H	1	0	1	0
941	1209	*	H	1	0	1	1
941	1447	#	H	1	1	0	0
697	1633	A	H	1	1	0	1
770	1633	B	H	1	1	1	0
852	1633	C	H	1	1	1	1
941	1633	D	-	0	0	0	0
-	-	ANY	L	Z	Z	Z	Z

รูปที่2.10 แสดงค่าที่รหัสได้จากความถี่ต่างๆ

ภาคการตรวจสอบสัญญาณ

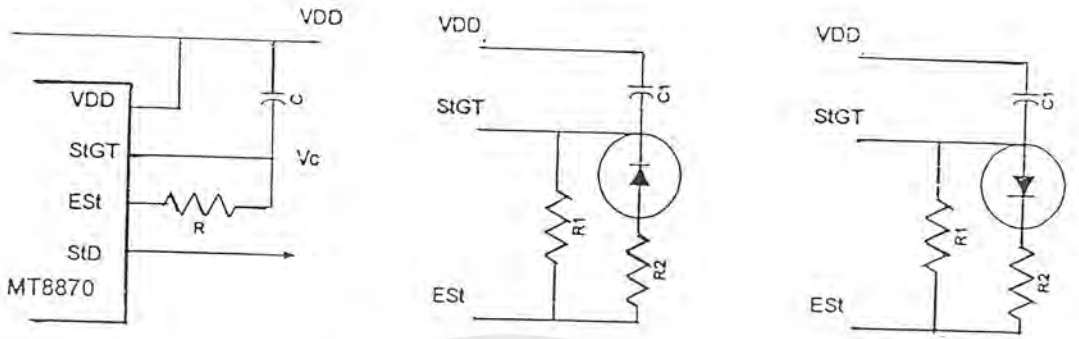
ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปที่เอาท์พุต จะมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่ม ซึ่งต้องกดปุ่มให้มีความถี่ออกเป็นช่วงเวลาพอสมควร มิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับโดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลายาวเท่าใดสามารถตั้งได้โดยใช้ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ(RC) ต่อภายนอก สัญญาณที่ขา EST จะเป็นสถานะสูง (high) นานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่มีความถี่แบบดีทีเอ็มเอฟเข้ามา จากรูปที่ 2.11 เมื่อขา EST เป็นสถานะสูง ทำให้แรงดันคร่อมตัวเก็บประจุสูงขึ้น ตัวเก็บประจุจะคายประจุทำให้แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุสูงขึ้นจนถึงค่าเทรชโฮลด์ วงจรถอดรหัสจึงถอดรหัสออกเป็นตัวเลขขนาด 4 บิต

สำหรับคำว่าการ์ดไทม์ (guard time) นั้นหมายถึง ช่วงคาบเวลาของความถี่ที่เข้ามา ซึ่งจะต้องนานเท่ากับหรือมากกว่าช่วงเวลาที่เราตั้งไว้ จึงจะได้รับการยอมรับว่าสัญญาณความถี่นั้นถูกต้อง หรือกล่าวได้ว่าเวลาที่เราตั้งไว้โดยตัวต้านทานและตัวเก็บประจุหรือการ์ดไทม์นั่นเอง เมื่อสัญญาณความถี่เข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

37146

มานานเท่ากับหรือมากกว่าเวลาที่ตั้งไว้จึงสามารถแปลงเป็นตัวเลขได้ถ้าสัญญาณความถี่ที่เข้ามาสั้นกว่าก็จะไม่มีการถอดรหัสเป็นตัวเลขออกไป



tGTA = (RC)ln(VDD/Vtst)
tGTP = (RC)ln[VDD/(VDD-Vtst)]

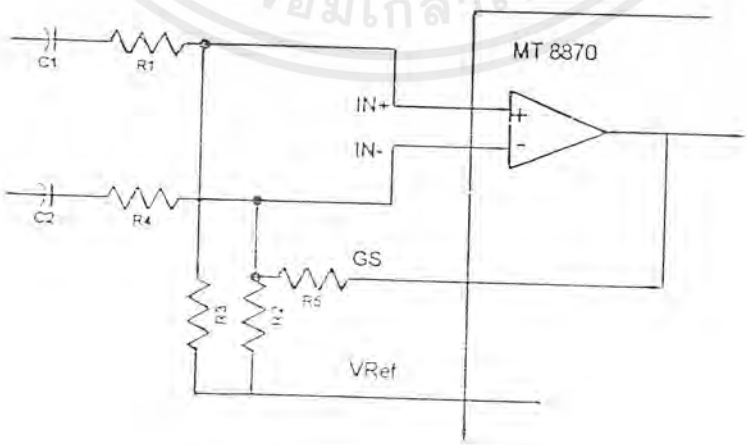
tGTP = (RpC1)ln[VDD/(VDD-Vtst)]
tGTA = (R1C1)ln(VDD/Vtst)
Rp = R1//R2

tGTP = (R1C1)ln[VDD/(VDD-Vtst)]
tGTA = (RpC1)ln(VDD/Vtst)
Rp = R1//R2

รูปที่ 2.11 วงจรตรวจสอบสัญญาณอย่างง่าย การกำหนดเวลาการ์ดไทม์

ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง

วงจรส่วนอินพุตของ MT8870 เป็นภาคขยายออปแอมป์ที่สามารถปรับอัตราขยายโดยต่อวงจรภายนอกเพิ่มเข้าไป ดังรูปที่ 2.12 แสดงการต่อวงจรภายนอกเข้ากับอินพุตซึ่งสามารถคำนวณอัตราการขยายความแตกต่างของสัญญาณอินพุตและอิมพิแดนซ์ได้



รูปที่ 2.12 แสดงการต่อวงจรอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

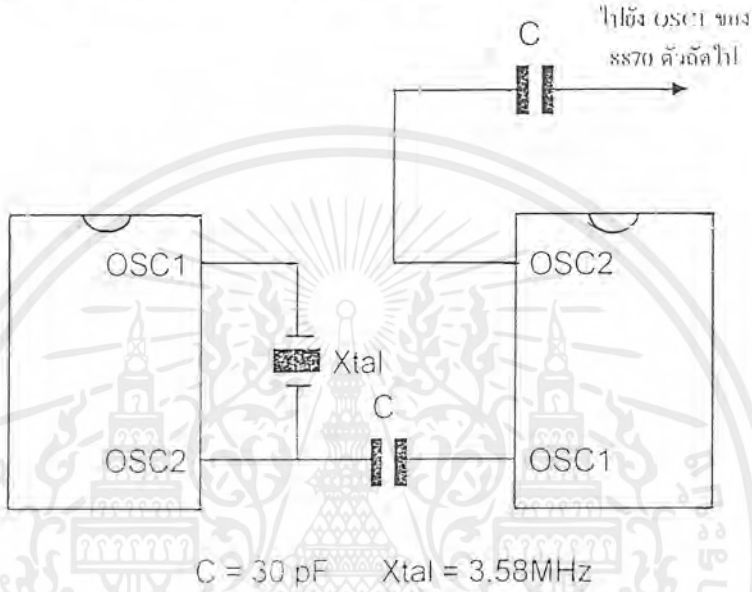
จากรูปที่ 2.12 สามารถคำนวณอัตราขยายความแตกต่างของอินพุตและอิมพีแดนซ์ได้ดังนี้

$$\text{อัตราขยาย} \quad (A_v\text{diff}) = \frac{R_s}{R_1}$$

$$\text{อินพุตอิมพีแดนซ์} \left(Z_{IN}\text{diff}\right) = 2\left(R_1^2 + \left(\frac{1}{\omega c}\right)^2\right)^{1/2}$$

ภาคกำเนิดความถี่

ในภาคนี้ภายในไอซีจะมีวงจรเวลาอยู่ภายใน เพียงแต่ต่อคริสตอลขนาด 3.58 เมกกะเฮิรตซ์ ก็สามารถใช้งานได้ทันทีการต่อวงจรกำเนิดความถี่แสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 การต่อวงจรผลิตความถี่

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 ที่ผลิตโดยบริษัทอินเทล ได้มีการนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย โดยได้ทำการเพิ่มประสิทธิภาพและหน่วยการทำงานต่างๆมากขึ้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 มีด้วยกันหลายเบอร์ขึ้นอยู่กับโครงสร้างภายใน เช่น บางเบอร์มีหน่วยความจำแบบ ROM บางเบอร์เป็นแบบ EPROM บางเบอร์ไม่มีหน่วยความจำภายใน เป็นต้น อย่างไรก็ตามลักษณะขาต่างๆจะเหมือนกัน ในโครงงานนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ MCS-51 ซึ่งมีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบ EPROM ซึ่งโครงสร้างหลักๆได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค.

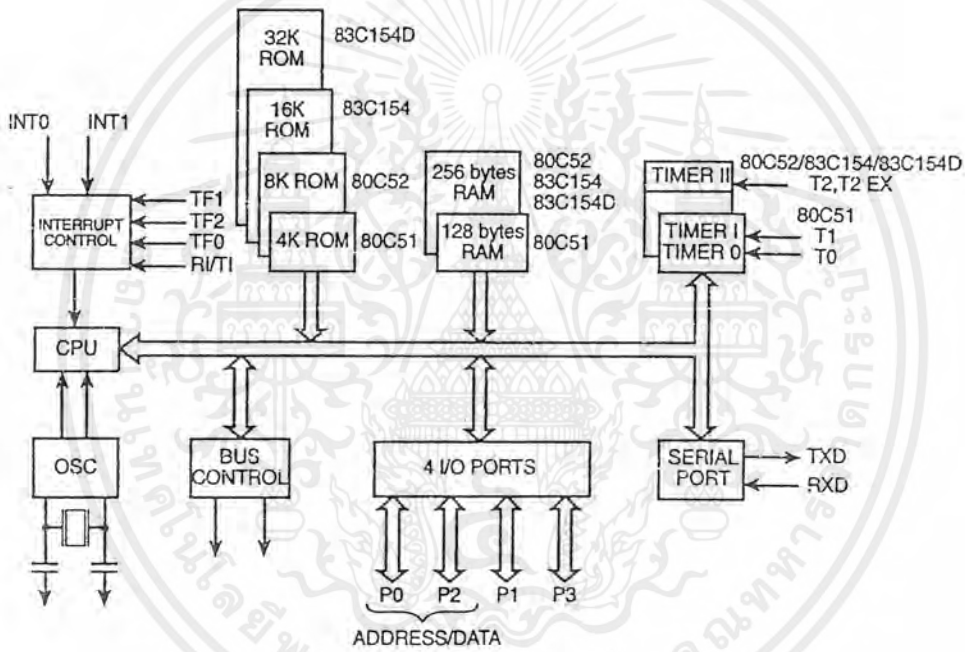
2.5.1 คุณลักษณะพื้นฐานของ MCS-51

- หน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิต
- มีความสามารถประมวลผลของลอจิกระดับบิต
- มีขนาดของหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมทำงานได้ถึง 64 กิโลไบต์ (Program Memory)
- มีขนาดของหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลได้ถึง 64 กิโลไบต์ (Data Memory)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

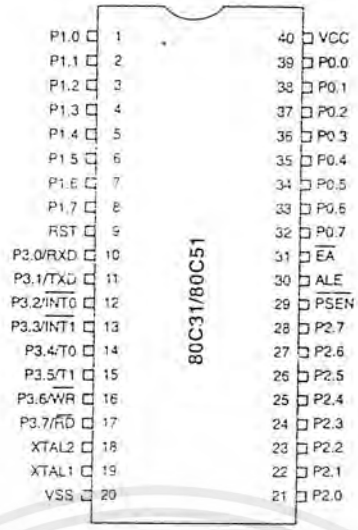
- มีหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายในขนาด 4 กิโลไบต์
- มีหน่วยความจำข้อมูลภายในขนาด 128 กิโลไบต์
- มีพอร์ตสำหรับควบคุม 4 พอร์ตสามารถอ้างอิงพอร์ตได้ระดับบิตต่อบิต
- มีชุด Timer/Counter ขนาด 16 บิต 2 ชุด
- วงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์(Full Duplex UART)
- วงจรควบคุมการอินเตอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณ 6 ประเภท พร้อมการกำหนดระดับความสำคัญได้ 2 ระดับ
- มีวงจรออสซิเลเตอร์ภายใน

2.5.2 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051



รูปที่ 2.14 แสดงโครสร้างภายในของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 แสดงขาสัญญาณของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์จะมีตำแหน่งขาพื้นฐานที่เหมือนกันดังแสดงในรูปที่ 2.15 อธิบายได้ดังต่อไปนี้

- Vss (20) ต่อลงกราวด์
- Vcc(40) ต่อแหล่งจ่ายกระแส 5 โวลต์
- พอร์ต 0 (32-39) มีขา 8 ขา(8 บิต P0.0-P0.7) พอร์ตนี้สามารถใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตทั่วไปได้ โดยหากใช้งานเป็นอินพุตพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้เพื่อบังคับเอาท์พุตพอร์ต นอกจากนี้ พอร์ต 0 ยังใช้งานติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลภายนอกชิปได้ด้วย โดยส่งค่าแอดเดรสบัสไบต์ต่ำ(A0-A7) มัลติเพล็กซ์กับการรับ-ส่งข้อมูล(D0-D7) จากหน่วยความจำภายนอก ในระหว่างการเขียนหรืออ่านข้อมูล โดยมีวงจรพูลอัพอยู่ภายใน
- พอร์ต 1 (1-8) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 1 (P1.0-P1.7) สามารถใช้งานเป็นอินพุตหรือเอาท์พุตพอร์ตทั่วไปได้ หากต้องการใช้งานเป็นอินพุตพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้ เพื่อให้มีสถานะ High Impedance โดยมีวงจรพูลอัพภายใน P1.0-P1.1
- พอร์ต 2 (21-28) ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 2 (P2.0-P2.7) ขนาด 8 บิต หากใช้งานเป็นอินพุตพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้ เพื่อบังคับให้อยู่ในสถานะ High Impedance นอกจากนี้พอร์ต 2 ยังทำหน้าที่ให้สัญญาณ Address 8 บิตบนสำหรับกรณีที่ใช้หน่วยความจำภายนอก ในกรณีอ้าง Address หน่วยความจำขนาด 16 บิต ดังนั้นขณะที่ใช้หน่วยความจำภายนอกจะต้องมีการเขียนข้อมูลใดๆไปที่พอร์ต 2 จะทำให้เกิดความผิดพลาดการทำงานได้
- พอร์ต 3 (10-17) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 3 (P3.0-P3.7)สามารถใช้งานเป็นอินพุตเอาท์พุตพอร์ตทั่วไปได้ หากใช้งานเป็นอินพุตพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้ เพื่อบังคับให้ขาอยู่ในสถานะ High Impedance โดยมีวงจรพูลอัพอยู่ภายใน นอกจากนี้ยังใช้งานในหน้าที่พิเศษ ดังตารางข้างล่างดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 หน้าที่พิเศษของขาพอร์ต 3

ขาพอร์ต	หน้าที่พิเศษ
P3.0	RXD - สำหรับรับข้อมูลแบบอนุกรม
P3.1	TXD - สำหรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม
P3.2	INT0 - ใช้เป็นอินพุตเพื่อรับส่งสัญญาณอินเตอร์รัป 0
P3.3	INT1 - ใช้เป็นอินพุตเพื่อรับส่งสัญญาณอินเตอร์รัป 1
P3.4	T0 - สัญญาณอินพุตให้เคาท์เตอร์หาไทม์เมอร์ 0
P3.5	T1 - สัญญาณอินพุตให้เคาท์เตอร์หาไทม์เมอร์ 1
P3.6	WR - ใช้เป็นขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป
P3.7	RD - สำหรับอ่านหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอกชิป

ดังนั้นเมื่อมีการใช้สัญญาณดังกล่าวจึงไม่ควรเขียนข้อมูลไปที่พอร์ต 3 จะทำให้การทำงานผิดพลาดได้

- RST (9) ใช้สำหรับรีเซ็ตวงจรทุกอย่างภายในชิป เพื่อเริ่มต้นการทำงานใหม่ การรีเซ็ตใช้เมื่อเริ่มจ่ายพลังงาน หรือเมื่อโปรแกรมทำงานผิดพลาด เมื่อต้องการรีเซ็ตชิปต้องมีสถานะเป็น 1 อย่างน้อย 2 ไซเคิล ระหว่างที่ออสซิลเลเตอร์ยังทำงานอยู่ โดยต้องต่อตัวต้านทานค่า 8.2 กิโลโอห์ม เพื่อทำหน้าที่พูลดาวน์(รักษาสถานะแรงดันไฟฟ้าให้มีสถานะเป็นกลาง) เพื่อให้ชิปรีเซ็ตเองเมื่อจ่ายพลังงาน ให้ต่อตัวเก็บประจุ ขนาด 10 ไมโครฟารัด คร่อมระหว่าง RST กับ Vcc

- ALE/PROG เป็นขาสำหรับส่งสัญญาณออกไปภายนอก เพื่อควบคุม Address Lath Enable จากพอร์ต 0 ในระหว่างการติดต่อหน่วยความจำ สำหรับเก็บโปรแกรมหรือข้อมูลภายนอก ปกติเมื่อไม่มีการติดต่อหน่วยความจำภายนอกขานี้จะส่งสัญญาณพัลส์ออกมาด้วยความถี่ 1/8 ของความถี่ของออสซิลเลเตอร์ที่ใช้ตลอดเวลา ดังนั้นเราสามารถใช้ความถี่ที่ได้จากขานี้ไปใช้งานอื่นได้ แต่ความถี่ที่ขานี้จะลดลงครึ่งหนึ่งในระหว่างการติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่ภายนอกชิป นอกจากนี้ขา ALE ยังใช้สำหรับการควบคุมการเขียนโปรแกรมลงไปใน EPROM สำหรับ MCS-51 เบอร์ที่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปเป็น EPROM

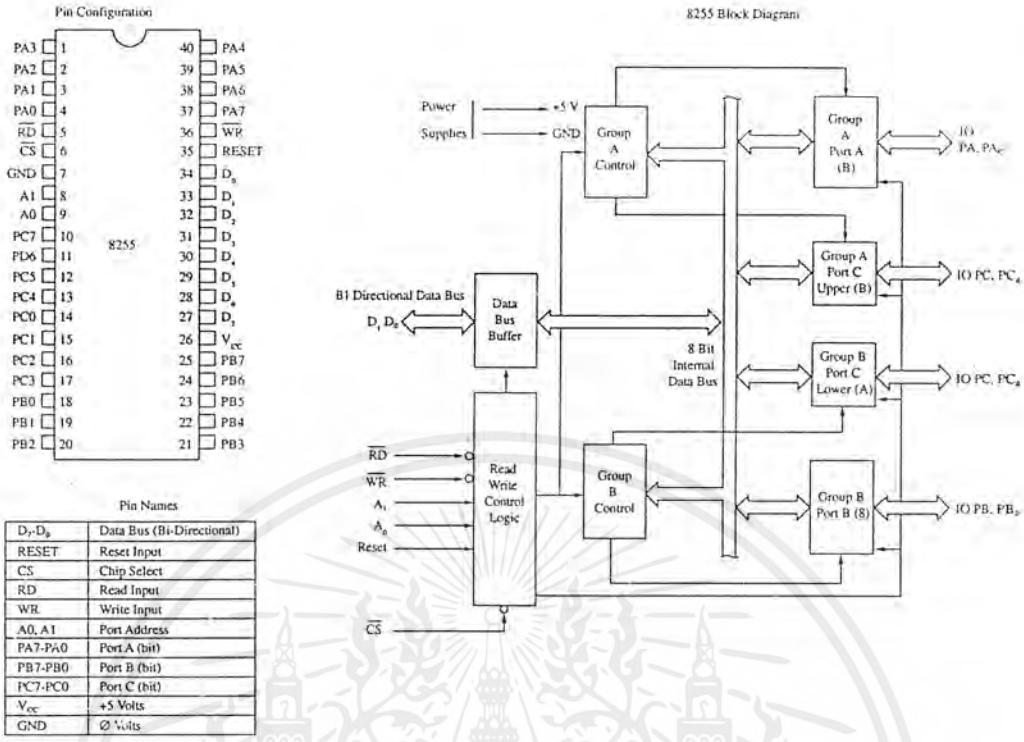
- PSEN (29) เป็นขาสัญญาณ Program Store Enable ใช้สำหรับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

- EA/Vpp (31) เป็นขาใช้เลือกให้ MCS-51 ทำงานจากโปรแกรมที่อยู่ภายในหรือภายนอกชิป โดยหากขานี้มีสถานะเป็น 0 หมายถึงให้ใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมภายนอก หากมีสถานะเป็น 1 จะใช้โปรแกรมภายในชิป สำหรับ MCS-51 ที่ไม่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บหน่วยความจำภายใน ให้ต่อขานี้ลงกราวด์

- XTAL1 (19) เป็นขาต่อคริสตอลภายนอก จะเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรออสซิลเลเตอร์

- XTAL1 (18) เป็นขาต่อคริสตอลภายนอก จะเป็นเอาท์พุตเข้าสู่วงจรออสซิลเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 แสดงขาสัญญาณต่างๆของ 8255

2.5.3 ลักษณะพื้นฐานของ 8255

ไอซี 8255 ได้รับการออกแบบมาเพื่อทำหน้าที่เป็นพอร์ต สำหรับการรับ-ส่งข้อมูลแบบขนานระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถเปลี่ยนแปลงลักษณะการทำงานของพอร์ตให้เป็นอินพุตหรือเอาท์พุต ได้สะดวก

8255 ประกอบกับส่วนที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก โดยตรงผ่านเส้นสัญญาณ ที่ระบุชื่อว่า PA0-PA7,PB0-PB7 และ PC0-PC7กลุ่มสัญญาณเหล่านี้จำแนกออกเป็น 3 กลุ่ม คือ พอร์ต A (PA) พอร์ต B (PB) และพอร์ต C(PC) นอกจากนี้ Group A Control และ Group B Control ทำหน้าที่กำหนดการทำงานของพอร์ตทั้งสาม สองส่วนนี้เชื่อมต่อกับส่วนอื่นๆผ่านทางบัสข้อมูลภายใน 8255 เอง สำหรับส่วนการทำงานที่มีชื่อว่า Data bus buffer และ read/write control logic ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างระบบบัสของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ กับ 8255 เพื่อรับส่งข้อมูลระหว่างกันตามระดับลอจิกของขาสัญญาณ RD/ และ WR/ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 การเชื่อมต่อ 8255 กับ 8051

เมื่อพิจารณาแผนภาพของ 8255 จะเห็นว่ามีขาสัญญาณแอดเดรสจำนวน 32 เส้น คือ A0 และ A1 ทำให้ตำแหน่งของแดเดรสที่จะอ้างถึงได้มีค่าเป็น 2^2 หรือเท่ากับ 4 ตำแหน่ง ซึ่งแต่ละตำแหน่งมีความหมายถึงการระบบรีจีสเตอร์หรือพอร์ตภายใน 8255 ดังนี้

ตารางที่ 2.2 ระบบรีจีสเตอร์ของ 8255

A1	A0	ชื่อรีจีสเตอร์
0	0	พอร์ต A
0	1	พอร์ต B
1	0	พอร์ต C
0	1	รีจีสเตอร์ควบคุม

เมื่อพิจารณาค่าของแอดเดรสเหล่านี้ร่วมกับระดับลอจิกของขาสัญญาณ RD/WR จะเป็นการอ่านหรือเขียน ข้อมูลทางขาสัญญาณ D0-D7 ให้กับรีจีสเตอร์นั้นตามลำดับ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.3 ข้อมูลทางขาสัญญาณ

RD/	WR/	A1	A2	ความหมาย
0	1	0	0	ส่ง(เขียน)ข้อมูลให้กับพอร์ต A
1	0	0	0	ส่ง(อ่าน)ข้อมูลให้กับพอร์ต A
0	1	0	1	ส่ง(เขียน)ข้อมูลให้กับพอร์ต B
1	0	0	1	ส่ง(อ่าน)ข้อมูลให้กับพอร์ต B
0	1	1	0	ส่ง(เขียน)ข้อมูลให้กับพอร์ต C
1	0	1	0	ส่ง(อ่าน)ข้อมูลให้กับพอร์ต C
0	1	1	1	ส่ง(เขียน)ข้อมูลให้กับพอร์ตควบคุม
1	0	1	1	เป็นสถานะที่ไม่ถูกต้อง

ดังนั้นโดยทั่วไปจึงมักจะกำหนดให้ address ของ 8255 ทั้ง 4 ตำแหน่งนี้ อยู่ในแอดเดรสช่วงใดช่วงหนึ่งของระบบ เช่น 10h,11h,12h และ 13h โดยขาสัญญาณ address ที่นอกเหนือไปจาก A0 และA1 นำมาเข้ายังตัวถอดรหัสแอดเดรส เพื่อสร้างสัญญาณเลือกอุปกรณ์ CS\ นี้จะเป็นสภาวะลอจิก "low" ต่อเมื่อค่าในบัสแอดเดรส A2-A7 มีค่าเท่ากับ 0000100XX (ตัวอักษร XX ใช้ระบุถึงรีจีสเตอร์ภายใน 8255 เพื่อทำการอ่านหรือเขียนข้อมูล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจากวงจรนี้แอดเดรสของรีจิสเตอร์ภายใน 8255 จะมีค่าตามตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.4 แอดเดรสของรีจิสเตอร์

ตำแหน่งแอดเดรส	ความหมาย
10h	พอร์ต A
11h	พอร์ต B
12h	พอร์ต C
13h	รีจิสเตอร์ควบคุม

ขาสัญญาณควบคุมอื่นๆ RD\ และ WR\ มักจะเชื่อมต่อเข้ากับขาสัญญาณชื่อเดียวกับของ 8051 โดยตรง ทำให้ address ของ 8255 อยู่ในพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลของ 8051 สำหรับขาสัญญาณรีเซ็ตของ 8255 ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการรีเซ็ตหรือสภาวะการทำงานใหม่เมื่อ ระดับของขาสัญญาณเป็น logic "high" ดังนั้นหากว่าขาสัญญาณการรีเซ็ตเดียวกับของ 8051 เพื่อที่จะรีเซ็ต 8255 ด้วยก็สามารถต่อได้โดยตรง

ส่วนขาสัญญาณ D0-D7 ก็สามารถนำไปเชื่อมต่อโดยตรงเข้ากับบัสของ 8051 ได้เช่นกัน

2.6 แนวทางการใช้ LCD MODULE

ในปัจจุบัน LCD เป็นที่นิยมกันเป็นอย่างมาก สำหรับการแสดงผลในเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ ทั้งนี้เนื่องจากมีความเหมาะสมหลายๆด้าน เช่นการใช้กระแสต่ำ สามารถแสดงผลเป็นเป็นตัวอักษรและตัวเลขหรือแสดงเป็นกราฟฟิก (เฉพาะรุ่น) จะมีปัญหาคือในด้านวงจร ซึ่งมีระบบการทำงานที่สับซ้อนและหาอุปกรณ์ได้ค่อนข้างยาก แต่ในขณะนี้ผู้ผลิต LCD จะทำรุ่นที่เป็น LCD จะผลิตเป็น module ออกมาคือเป็น module ที่มีตัว LCD และ วงจรควบคุมมาให้พร้อม ซึ่งสามารถทำให้ผู้ใช้ต่อเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้ง่ายและสะดวกสำหรับการเขียนโปรแกรม รวมทั้งมีจำหน่ายกันอย่างกว้างขวางและมีราคาที่เหมาะสม ทำให้ผู้ใช้ทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ หันมาใช้แผงแสดงผลด้วย LCD module กันมากขึ้น

LCD module มีอยู่หลายรุ่น และคุณสมบัติแตกต่างกันไป ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลักคือ แบบ Dot matrix และ Graphic โดยแบบ Dot matrix จะแสดงผลเป็นเป็นตัวอักษรขนาด 5×8 Dot และมีจำนวนอักษรและบรรทัดแตกต่างกันในแต่ละรุ่น ส่วนแบบ Graphic จะสามารถแสดงผลในแบบ Bit map คือ จะสร้างเป็นภาพใดๆ ก็ได้ตามต้องการ แนวทางในการใช้งานของทั้ง 2 แบบ จะมีลักษณะใกล้เคียงกัน การใช้งานโดยทั่วไปมักจะใช้แบบ Dot matrix มากกว่าเนื่องจากราคาถูกกว่า และเพียงพอต่องานส่วนใหญ่ คุณสมบัติของ Dot matrix LCD module สามารถสรุปเป็นข้อๆ ดังนี้

1. มีให้เลือกหลายรุ่นตามตามต้องการใช้งาน โดยมีจำนวนตัวอักษร และบรรทัดแตกต่างกันไป
2. ตัวอักษรแสดงด้วย Dot matrix ขนาด 5×8 Dot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สามารถต่อเข้ากับระบบได้ 2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ลักษณะคือ แบบ Memory map และแบบผ่าน 8255 พอร์ต ซึ่งจะใช้ขาสัญญาณทั้งหมด 14 PIN
4. การใช้งานง่ายและสะดวก ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ เพียงแค่ส่งข้อมูลให้กับ LCD module เท่านั้น ข้อความก็จะปรากฏบนแผงแสดง และจะค้างไว้ตลอดทำให้ไม่ต้องเสียเวลาของระบบ
5. มีคำสั่งพิเศษสำหรับอำนวยความสะดวกมากเช่น CLEAR,DISPLAY,HOME,CURSORR ON OFF,BLANK CHARACTER และอื่นๆอีก
6. สามารถแสดงผลเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษและตัวเลขได้ 160 ตัว และสัญญาณพิเศษอีก 32 ตัว รวมทั้งสามารถ กำหนดอักษรที่ออกแบบเองได้อีก 8 ตัว
7. กินกระแสน้อยและมีน้ำหนัก รวมทั้งทำงานได้ด้วยไฟเลี้ยงระดับ 5 โวลต์ เท่านั้น

2.6.1 ขาสัญญาณของ LCD MODULE

ตารางที่ 2.5 ขาสัญญาณของ LCD MODULE

PIN	SYMBOL	LEVEL	FUNCTION
1	V_{SS}	-	0 V GND
2	V_{CC}	-	+5 V POWER SUPPLY
3	V_{EE}	-	+V FOR LIQUID CRYSTAL DRIVE
4	RS	H/L	REGISTER SELECT H: Data input L: introdruction input
5	R/W	H/L	H: Data read L: Data write
6	E	H	Enable signal
7	DB 0	H/L	Data Bus Bit 0
8	DB 1	H/L	Data Bus Bit 1
9	DB 2	H/L	Data Bus Bit 2
10	DB 3	H/L	Data Bus Bit 3
11	DB 4	H/L	Data Bus Bit 4
12	DB 5	H/L	Data Bus Bit 5
13	DB 6	H/L	Data Bus Bit 6
14	DB 7	H/L	Data Bus Bit 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 การต่อเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

LCD module จะต่อเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ 2 ลักษณะดังกล่าวไปแล้ว 2 ลักษณะดังได้กล่าวไปแล้ว ซึ่งทั้งสองแบบนี้จะมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป โดยแต่ละแบบจะมีหลักการดังนี้

ในโครงงานนี้ ใช้การต่อแบบ การต่อแบบ I/P Port ซึ่งมีลักษณะดังนี้

1. สามารถต่อเข้ากับ I/P port ใดๆก็ได้ โดยใช้สายสัญญาณจำนวน 11 เส้น และใช้โปรแกรมเป็นตัวสร้างสัญญาณขึ้นมา ให้ตรงกับ LCD module
2. ผู้ใช้ จะเขียนข้อมูลให้ LCD module ได้อย่างเดียว ซึ่งผู้ใช้ควรจะกำหนด memory ส่วนหนึ่งให้เสมือน Buffer ให้กับ LCD module
3. เนื่องจากไม่สามารถอ่านข้อมูลกลับได้ จึงต้องใช้การหน่วงเวลาของระบบเอง เพื่อรอให้ LCD module LCD module กระทำขบวนการต่างๆ
4. ใช้ได้กับบอร์ดทั่วไป ที่มี Port
5. ไม่เปลืองส่วนของ memory ในการใช้งาน
6. การจัดขาสัญญาณกระทำได้อย่างอิสระ

2.6.3 ชุดคำสั่งควบคุมและการแสดงข้อความ

ขาสัญญาณ VEE มีไว้สำหรับกำหนด ความเข้มของตัวอักษร โดยถ้าต่อกับ GND จะมีความเข้มสูงสุด แต่ถ้าต่อกับ VCC จะมีความเข้มต่ำสุด ปกติ LCD รุ่นธรรมดา อาจจะต่อกับ GND ไว้เลยก็ได้ ไม่ต้องใส่ VR ให้สิ้นเปลือง แต่ถ้าเป็นรุ่น STN (มุมมองกว้าง) ให้ใช้ R 2 K ต่อลงกราวด์ อีกที เพื่อให้ความเข้มมีความเหมาะสม การเขียนหรืออ่านข้อมูลกับ LCD module ก็คือการกำหนดคุณสมบัติต่างๆในการใช้งานของ LCD ตามชุดคำสั่งควบคุม และรวมไปถึงการเขียนข้อมูลที่เป็นข้อความ เพื่อให้ปรากฏบนแผงแสดงด้วย โดยมีรายละเอียดแสดงตามตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.6 ชุดคำสั่ง

INSTRUCTION	RS	R/W	DATA BIT								EXE.TIME
			7	6	5	4	3	2	1	0	
CLEAR DISPLAY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1640
CURSOR AT HOME	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*	1640
ENTRY MODE SET	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	40
DISPLAY	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ON/OFF											
DISPLAY SHIFT	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*	40
FUNCTION SET	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*	40
SET CGRAM ADD	0	0	0	1	CGRAM ADDRESS						40
SET DDRAM ADD	0	0	1	DDRAM ADDRESS							40
BUSY,ADD.READ	0	1	BF								40
CGRAM,DDRAM WR	1	0	WRITE DATA								40
CGRAM,DDRAM RD	1	1	READ DATA								40

2.6.4 ความเข้าใจพื้นฐาน

1. การเขียนข้อมูลให้กับ LCD module จะแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ introduction และ data โดยจะกำหนดด้วยขาสัญญาณ RS คือถ้า RS = 0 จะหมายถึงส่งสัญญาณควบคุม introduction LCD module หรือค่า Flag สภาพการทำงานของ LCD module และถ้า RS = 1 จะหมายถึงการเขียนหรืออ่าน Data กับ LCD module

2. หลักในการเขียนข้อมูลให้ LCD module นี้ คือ เมื่อมีการเขียนข้อมูลไปแล้ว ตัว LCD MODULE จะต้องใช้เวลาในการทำงานใช้ส่งขณะหนึ่ง(ตามค่า execute time ในตาราง) ซึ่งระบบไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถตรวจสอบได้จาก Busy Flag (BF) และถ้าเรียบร้อยแล้ว จึงสามารถเขียนข้อมูลอันต่อไปได้ ในกรณีที่การต่อวงจรเป็นแบบ I/O port คือไม่สามารถอ่านข้อมูลย้อนกลับได้ ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะต้องใช้วิธีการหน่วงเวลาแทน

3. การเขียนข้อมูลให้กลับ LCD module นี้สามารถทำได้ทั้งแบบ 8 บิต และแบบ 4 บิต โดยกรณี 4 บิต ใช้สายสัญญาณ Data เพียง 4 เส้น คือ DB4-DB7 (ใช้สำหรับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ แบบ 4 บิต หรือเพื่อการประหยัดสาย) การเขียนข้อมูลจะกระทำการเหมือน 4 บิต เพียงแต่ให้เขียน 2 ครั้งคือ DB4-DB7 แล้วตามด้วย DB0-DB3 และจะต้องกำหนดคุณสมบัติตามค่า DL ในคำสั่ง Function set ด้วย

4. DDRAM(Display Data Ram) คือหน่วยความจำภายในตัว LCD module ที่เป็น Buffer ของข้อมูลโดยถ้าเขียนรหัส ASCII ใดๆลงไปในหน่วยความจำนี้ จะปรากฏเป็นตัวอักษรที่แผงแสดงทันที

5. CGRAM(Character Generator Ram) คือหน่วยความจำภายในตัว LCD module สำหรับเก็บภาพตัวอักษรที่ผู้ใช้สามารถสร้างได้เอง (8 ตัว) โดยจะอ้าง Address ได้ทั้งหมด 64 ไบต์ คือ 8 ตัวอักษร คูณกับ 8 row

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.5 รายละเอียดของแต่ละคำสั่ง

1. CLEAR DISPLAY

สำหรับการClear Display โดยจะทำการเขียนตัวอักษร Space ลงไปใน DDRAM ทั้งหมด และทำการกำหนดค่า DDRAM Address ให้เป็น 0 พร้อมทั้ง Cursor จะกลับไปที่ตำแหน่งซ้ายบนสุดของจอภาพ

ตารางที่ 2.7 แสดงการ clear display

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

2. CURSOR AT HOME

สำหรับกำหนดค่า DDRAM Address ให้เป็น 0 พร้อมทั้ง Cursor จะไปอยู่ที่ตำแหน่งซ้ายบนสุดของจอภาพ โดยที่ข้อมูลใน DDRAM ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 2.8 แสดงการ กำหนดค่า DDRAM Address

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	*

2. ENTRY MODE SET

ตารางที่ 2.9 แสดง การ mode set

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

I/D=0 กำหนดทิศทางของ Cursor และ DDRAM ให้เป็นแบบ Decrement

I/D=1 กำหนดทิศทางของ Cursor และ DDRAM ให้เป็นแบบ Increment

S=0 เมื่อเขียนข้อมูลแล้ว ตัว Cursor จะถูกเลื่อนไปตามทิศทางของค่า I/D

เมื่อเขียนข้อมูลแล้ว ตัว Cursor จะอยู่กับที่ และตัวอักษรจะถูกดันไปตามทิศทางของค่า I/D

การกำหนด I/D และ S นี้ให้กำหนดก่อนการเขียนข้อมูลใน DDRAM และเมื่อกำหนดแล้วจะต้องไม่ใช้คำสั่ง Clear Display อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. DISPLAY ON/OFF

ตารางที่ 2.10 แสดงการ ON/OFF

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	1	1	0	0

D=0 กำหนดให้ Off Display

D=1 กำหนดให้ On Display

C=0 กำหนดให้ Off Cursor

C=1 กำหนดให้ Cursor โดย Cursor จะเป็นเส้นขีดใต้ตัวอักษร

B=0 กำหนดให้ไม่มีการกระพริบที่ตำแหน่ง Cursor

B=1 กำหนดให้มีการกระพริบที่ตำแหน่ง Cursor(กระพริบเป็นรูปสี่เหลี่ยม)

5.DISPLAY SHIFT

ตารางที่ 2.11 แสดงการ เลื่อน

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*

S/C=0 กำหนดให้เลื่อน Cursor ตามทิศทาง R/L ไป 1 ตำแหน่ง

S/C=1 กำหนดให้เลื่อนข้อความบนแผงแสดงตามทิศทาง R/L ไป 1 Column (เลื่อนทุกบรรทัด)

R/L =0 กำหนดให้มีทิศทางไปทางซ้าย

R/L =1 กำหนดให้มีทิศทางไปทางขวา

6.FUNCTION SET

ตารางที่ 2.12 แสดงการเซ็ตฟังก์ชั่น

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*

DL=0 กำหนดให้การติดต่อกับ LCD module เป็นแบบ 4 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DL=1 กำหนดให้การติดต่อกับ LCD module เป็นแบบ 8 bit จะสังเกตว่า การกำหนดค่า D/L นี้ สามารถกระทำได้ที่ DB4-DB7 ซึ่งถ้ามีการกำหนดให้เป็นแบบ 4 บิต ตั้งแต่ครั้งแรก หลังจากจ่ายไฟเลี้ยงก็จะทำให้ LCD module มีการรับข้อมูลแบบ 4 บิต ทันที

N=0 กำหนดจำนวนบรรทัดแบบ 1/8 Duty และ 1/16 Duty

N=1 กำหนดจำนวนบรรทัดแบบ 1/16 Duty

F=0 กำหนดให้ตัวอักษรเป็นแบบ 5×7 Dots

F=1 กำหนดให้ตัวอักษรเป็นแบบ 5×10 Dots

(ในกรณีที่ LCD module เป็นแบบ 5×7 อยู่แล้ว ก็จะไม่มีผลอะไร)

7. SET CGRAM ADDRESS

สำหรับการกำหนด Address ของ CGRAM เมื่อได้ทำการกำหนดไว้แล้วการอ่านและเขียน Data ที่ต่อจากนี้ จะเป็นไปตาม Address ที่กำหนดทันที

ตารางที่ 2.13 แสดงการกำหนดแอดเดรสของ CGRAM

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	D2	DB1	DB0
0	0	0	1	CGRAM ADDRESS					

8. SET DDRAM ADDRESS

ตารางที่ 2.14 แสดงการกำหนดแอดเดรสของ DDRAM

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	D2	DB1	DB0
0	0	1	DDRAM ADDRESS						

สำหรับการกำหนด Address ของ DDRAM เมื่อได้ทำการกำหนดไว้แล้วการอ่านและเขียน Data ที่ต่อจากนี้ จะเป็นไปตาม Address ที่กำหนดทันที ตำแหน่งของ Address ในแต่ละรุ่นจะมีความแตกต่างกันบ้าง เพราะจำนวนตัวอักษรต่อบรรทัดไม่เท่ากัน ซึ่งแสดงดังตารางต่อไปนี้

(ตารางนี้จะกำหนดให้บิทที่ 1 เท่ากับ "1" เสมอเพื่อความสะดวกในการเรียกใช้)

ซึ่ง LCD แบบ 16 ตัว อักษร 2 บรรทัด มีการกำหนดตำแหน่ง DDRAM ADDRESS ดังนี้

ตารางที่ 2.15 แสดงการกำหนดแอดเดรสของ DDRAM ที่ใช้งาน

80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	8A	8B	8C	8D	8E	8F
C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	CA	CB	CC	CD	CE	CF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. BUSY FLAG AND ADDRESS READ

ตารางที่ 2.16 แสดงการอ่านค่า BF

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	RF	ADDRESS						

สำหรับการอ่านค่า BF(Busy Flag ซึ่งบอกถึงความพร้อมของ LCD module ในการรับข้อมูลถ้า BF=0 หมายความว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลต่อไปได้ แต่ถ้า BF=1 หมายความว่ายังไม่พร้อม นอกจากนี้ยังเป็นการอ่านค่า Address ของ CGRAM หรือ DDRAM ด้วย

2.6.6 การอ่านและเขียนข้อมูลกับ DDRAM/ CGRAM

1. WRITE DATA TO DDRAM OR CGRAM

ตารางที่ 2.17 แสดงการเขียนข้อมูล DDRAM OR CGRAM

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	0	DATA							

สำหรับการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำ DDRAM หรือ CGRAM โดยเมื่อทำการเขียนแล้ว Address จะถูกเพิ่มหรือลงโดยอัตโนมัติตามที่กำหนดจากค่า I/D ในคำสั่ง Entry mode set และการเขียนจะเป็น DDRAM หรือ CGRAM ก็ขึ้นอยู่กับว่า ก่อนหน้าคำสั่งนี้มีการกำหนด Address ที่ใด

2. READ DATA FROM DDRAM OR CGRAM

ตารางที่ 2.18 แสดงการอ่านข้อมูล DDRAM OR CGRAM

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	1	DATA							

สำหรับการอ่านข้มูลจากหน่วยความจำ DRAM หรือ CGRAM โดยเมื่อทำการเขียนแล้ว จะถูกเพิ่มหรือลดโดยอัตโนมัติ ตามที่กำหนดจากค่า I/D ในคำสั่ง Entry mode set และการอ่านจะเป็น DDRAM หรือ CGRAM ก็ขึ้นกับว่า ก่อนหน้าคำสั่งนี้มีการกำหนด Address ที่ใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.7 แนวทางการเขียนโปรแกรมควบคุม

1. เมื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้กับ LCD module ครั้งแรก ภายในจะมีการ Reset ระบบโดยอัตโนมัติซึ่งจะใช้เวลา 10 mS หลังจากที่ระดับแรงดันไฟขึ้นถึง 4.5 โวลต์ แล้วทั้งนี้ระบบ Reset ดังกล่าวจะกระทำสิ่งต่างๆต่อไปนี้

- ทำการ Clear จอภาพทั้งหมด(Clear Display)

- กำหนดคุณสมบัติด้วยคำสั่ง Function set คือ DL=1 (ติดต่อกับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ในแบบ 8 บิต),N=0

(แสดงข้อมูล 1 บรรทัด) , F=0 (กำหนดตัวอักษรแบบ 5×7 Dots)

- กำหนดคุณสมบัติด้วยคำสั่ง Display ON/OFF คือ D=0 (ไม่แสดงข้อมูล), C=0(Cursor OFF) ,B=0 (Blank OFF)

- กำหนดคุณสมบัติด้วยคำสั่ง Entry mode set คือ I/D=1(increment),S=0(No shift)

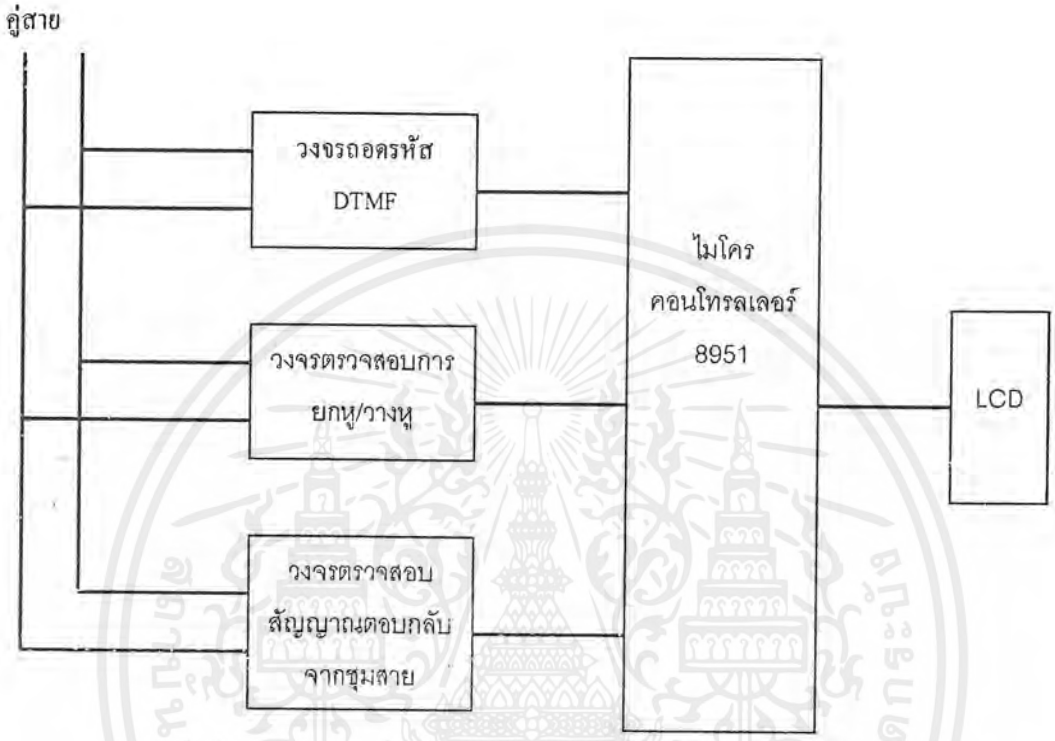
การใช้งาน LCD module ต้องรอให้ขบวนการ Reset ภายในการทำงานเรียบร้อยก่อนซึ่งจะตรวจสอบได้ด้วย BF(Busy Flag) หรืออาจจะใช้การหน่วงเวลาก็ได้

2. การใช้งาน LCD module จะต้องเกี่ยวข้องกับทางด้านโปรแกรมเป็นส่วนใหญ่ ชุดคำสั่งต่างๆ รวมทั้งการอ่านหรือเขียนข้อมูลนั้น จะถูกกำหนดด้วยขาสัญญาณทั้งหมดที่มีอยู่โดยปกติโปรแกรมจะต้องกำหนดคุณสมบัติต่างๆที่ต้องการไว้ที่ส่วนต้น จากนั้นก็จะเป็นการเขียนข้อมูลลงใน ซึ่งก็คือข้อความที่จะให้แสดงผลนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง

3.1 ส่วนประกอบหลักๆของโครงงาน

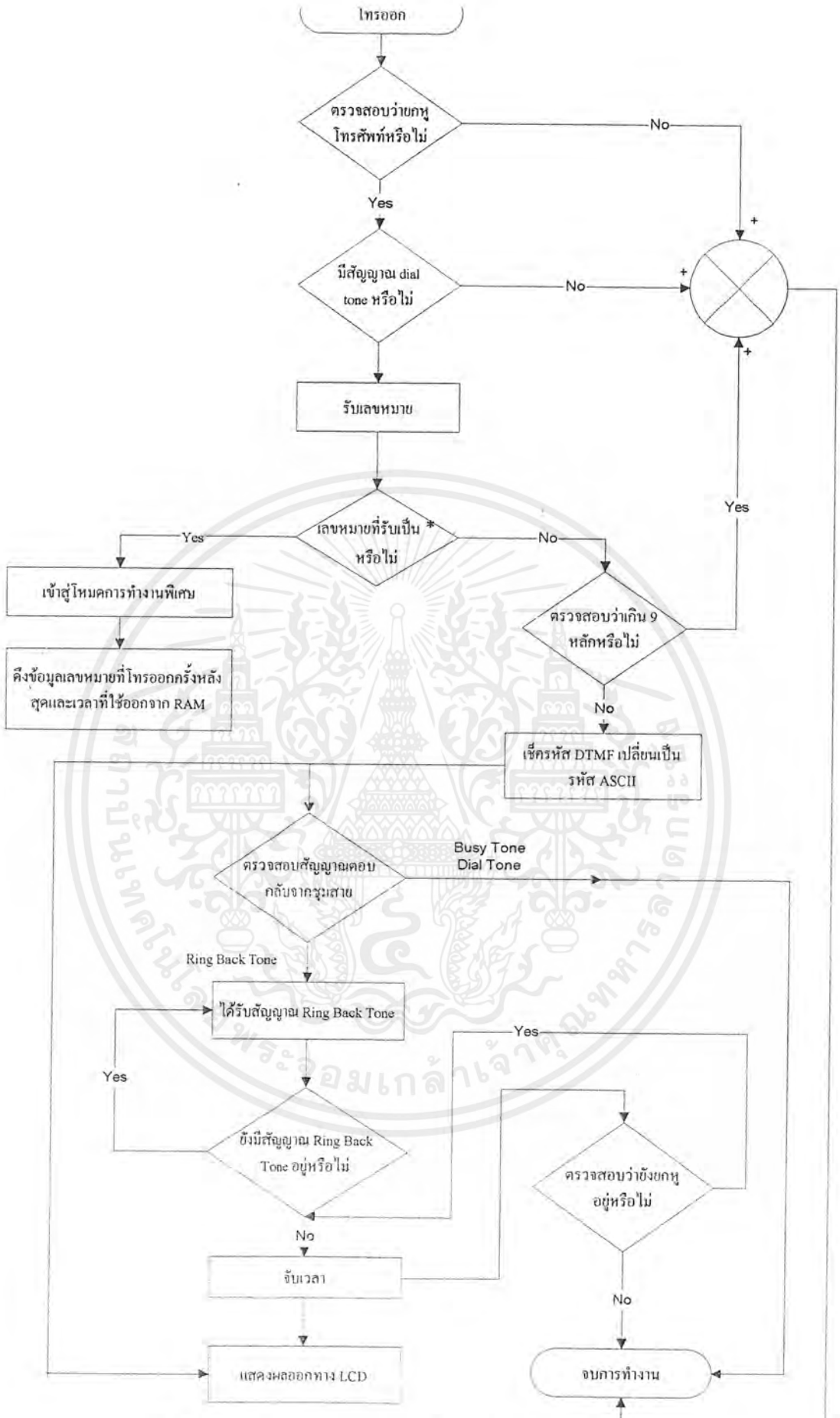


รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนประกอบสำคัญต่างๆของวงจร

จากรูปที่ 3.1 จะพบว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ 8951 จะเป็นศูนย์กลางในการควบคุมการทำงานทั้งหมดของอุปกรณ์ โดยที่วงจรส่วนต่างๆจะถูกต่อเข้าโดยตรงกับ 8951 และจะถูกโปรแกรมและควบคุมลำดับขั้นการทำงานให้เป็นไปอย่างเหมาะสม โดยเริ่มต้นการทำงาน 8951 จะสั่งให้ตรวจสอบสัญญาณการยกหูวางหู หลังจากนั้นจะสั่งให้ทำการตรวจสอบสัญญาณหมุนหมายเลขจากวงจรตรวจสอบสัญญาณตอบกลับจากชุมสาย เมื่อตรวจพบว่ามีสัญญาณหมุนเลขหมาย 8951จะสั่งให้นำค่าสัญญาณจากคู่สายที่ผ่านการถอดรหัสจากวงจรถอดรหัสดีทีเอ็มเอฟมาแปลงเป็นรหัสแอสกีเพื่อส่งออกทางแอลซีดีต่อไป

ในส่วนของโปรแกรมในการควบคุมการทำงานต่างๆของวงจรมีลำดับขั้นในการทำงานดังแสดงได้ในรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



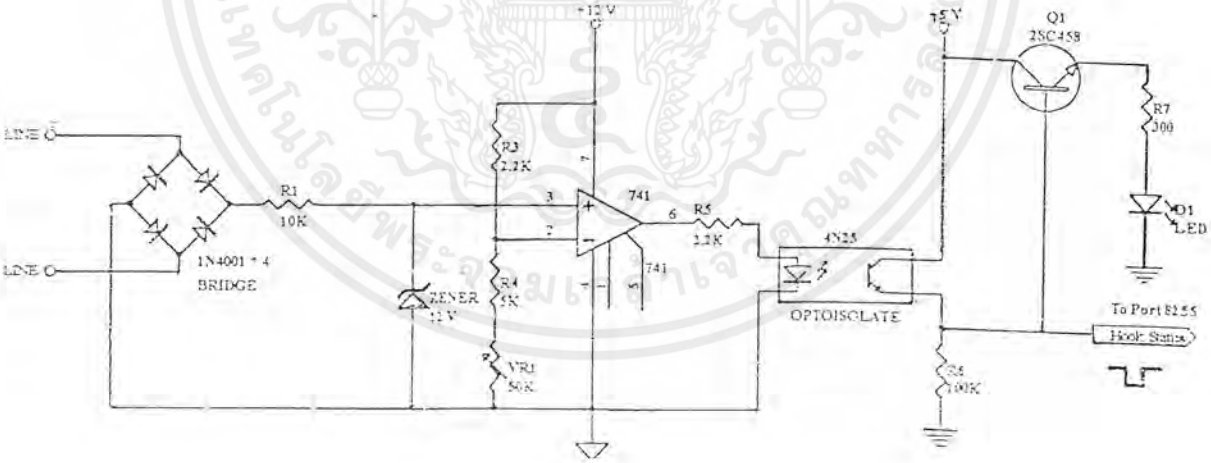
รูปที่ 3.2 แผนผังแสดงโปรแกรมควบคุมการทำงานของวงจรทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.2 สามารถอธิบายขั้นตอนต่างๆของโปรแกรมได้ดังนี้ เริ่มต้นการโทรออกโปรแกรมจะถูกสั่งให้มีการตรวจสอบสัญญาณการยกหูวางหู ถ้ามีการยกหูโปรแกรมจะสั่งให้ไปเช็คสัญญาณหมุนหมายเลขถ้าวางหูโปรแกรมจะสั่งให้จบการทำงาน จากนั้นเมื่อตรวจพบว่ามีสัญญาณหมุนหมายเลขโปรแกรมจะสั่งให้แสดงข้อความในการสั่งให้กดเลขหมายออกทางจอแอลซีดี หลังจากผู้เรียกกดเลขหมายตัวแรก โปรแกรมจะสั่งให้ไปเช็คดูว่าเลขหมายที่กดเป็น * หรือไม่ ถ้าเป็นจะเข้าสู่ส่วนการทำงานของฟังก์ชั่นพิเศษ ถ้าไม่เป็นจะเข้าสู่โหมดการโทรออกและจะทำการถอดรหัสแอสกีเพื่อส่งออกแอลซีดี หลังจากนั้นจะตรวจสอบดูว่ากดเลขหมายที่ต้องการครบหรือยังด้วยการเช็ครหัสของสัญลักษณ์ # ถ้าตรวจพบว่ามีการกดแล้วจะสั่งให้ทำงานขั้นต่อไปคือการตรวจสอบสัญญาณจากวงจรตรวจสอบสัญญาณเรียกกลับว่าเป็นสัญญาณเรียกกลับหรือไม่ ถ้าเป็นสัญญาณเรียกกลับก็จะตรวจสอบจนพบว่าสัญญาณเรียกกลับหยุดไปก็จะเริ่มทำการจับเวลา จากนั้นโปรแกรมจะสั่งให้มีการตรวจสอบการยกหูวางหูทุกๆ1 วินาทีถ้ายังไม่วางหูก็จะทำการจับเวลาต่อไป จนกระทั่งพบว่ามีการวางหูจะสั่งให้มีการหน่วงเวลาไปประมาณ 2 วินาทีจะขึ้นข้อความสิ้นสุดการติดต่อ ส่วนการทำงานในโหมดพิเศษคือการดึงข้อมูลของเลขหมายก่อนหน้านั้นและเวลาที่ใช้ออกจากหน่วยความจำภายในเพื่อแสดงผลออกทางจอแอลซีดี

3.2 วงจรตรวจจับสัญญาณโทรศัพท์

ประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.3 แสดงวงจรตรวจสอบการยกหูวางหู

วงจรส่วนนี้หลักการทำงานคือ ใช้การเปรียบเทียบแรงดันของสัญญาณการยกหูและวางหู การทำงานของวงจรในสภาวะปกติ (วางหู) จะมีแรงดันคร่อมคู่สายโทรศัพท์ประมาณ 48 โวลต์ เมื่อยกหูจะมีแรงดันลดลงเหลือประมาณ 6-10 โวลต์แล้วแต่ชนิดของโทรศัพท์แต่ละเครื่อง วงจรทำงานจะใช้ออป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอมป์ตั้งระดับแรงดับอ้างอิงที่ขา 2 ไว้ที่ระดับ 11 โวลต์ และใช้ออปโต้ไอโซเลเตอร์เป็นตัวเปลี่ยนระดับแรงดันจาก 12 โวลต์ เป็น 5 โวลต์

ขณะที่วางหู แรงดันไฟตรง 48 โวลต์ จะผ่านวงจรบริดจ์ซึ่งจะทำให้ขั้วของแรงดันแน่นอน หลังจากนั้นจะคร่อมตัวต้านทานและซีเนอร์ไดโอด 12 โวลต์ ดังนั้นแรงดันที่ตกคร่อมที่ขา 3 มีค่าสูงสุดได้แค่ 12 โวลต์เพราะซีเนอร์จำกัดแรงดันไว้ เมื่อแรงดันที่เข้ามามีค่ามากกว่าแรงดันอ้างอิง ทำให้เอาท์พุตของออปแอมป์มีค่าประมาณ 12 โวลต์ เป็นผลทำให้เกิดการนำกระแสของแอลอีดีในออปโต้ไอโซเลเตอร์ และไปกระตุ้นให้ทรานซิสเตอร์นำกระแสตามไปด้วย เกิดแรงดันตกคร่อมตัวตานทาน 100 กิโลโอห์มที่เอาท์พุตเป็น 5 โวลต์ จะแทนด้วยระดับลอจิก "1"

ขณะที่ยกหู แรงดันไฟตรงลดลงเหลือประมาณ 6-9 โวลต์ ตกคร่อมที่ขา 3 ของออปแอมป์ ทำให้มีแรงดันเข้ามาน้อยกว่าแรงดันอ้างอิง ทำให้เอาท์พุตของออปแอมป์มีค่าประมาณ 0 โวลต์ เป็นผลทำให้แอลอีดีและทรานซิสเตอร์ในออปโต้ไอโซเลเตอร์ไม่นำกระแส แรงดันที่เอาท์พุตจึงตกลงเป็น 0 โวลต์ จะแทนด้วยระดับลอจิก "0"

3.2.2 วงจรตรวจสอบสัญญาณหมุนหมายเลข,สัญญาณเรียกกลับ,สัญญาณสายไม่ว่าง

การทำงานของวงจร จากสัญญาณหมุนหมายเลข,สัญญาณเรียกกลับ,สัญญาณสายไม่ว่าง จะมีลักษณะเป็นคลื่นรูปไซน์ความถี่เท่ากันประมาณ 400 เฮิรตซ์ จะต่างกันที่ช่วงเวลาของการเกิดสัญญาณแต่ละสัญญาณเท่านั้น ในการทดลองจึงใช้ไอซีเบอร์ LM567 ทำหน้าที่เป็นตัวจับสัญญาณความถี่ 400 เฮิรตซ์ คือ ถ้าความถี่ที่เข้ามาไม่ตรงกับความถี่ที่อ้างอิงไว้ เอาท์พุตจะมีลอจิก "1" การกำหนดค่าความถี่ที่ต้องการดึงออกมาหาได้ดังนี้

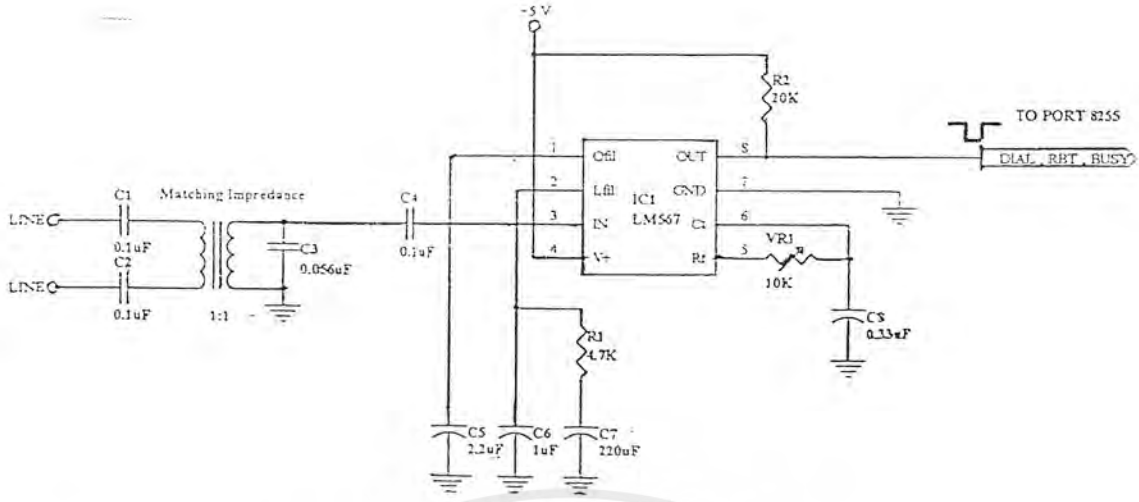
$$f = \frac{1}{(1.1 \times R \times C)}$$

จากวงจร C8 และ VR1 เป็นตัวกำหนดความถี่ที่ออกมา

สัญญาณที่เอาท์พุตจะมีลักษณะเป็นพัลส์สแควร์เวฟ ดังนี้

1. สัญญาณหมุนหมายเลข เป็นสัญญาณต่อเนื่องยาว ความถี่ 400 เฮิรตซ์ เอาท์พุตที่ออกมาเป็นลอจิก "0" ยาวติดกันตลอด
2. สัญญาณเรียกกลับ เป็นสัญญาณความถี่ 400 เฮิรตซ์ ส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที สลับกันไปเรื่อยๆ เอาท์พุตที่ออกมาเป็นลอจิก "0" 1 วินาที และลอจิก "1" 4 วินาที
3. สัญญาณสายไม่ว่าง เป็นสัญญาณความถี่ 400 เฮิรตซ์ ส่ง 0.5 วินาที หยุด 0.5 วินาที สลับกันไป เอาท์พุตที่ออกมาเป็นลอจิก "0" 0.5 วินาที่ และลอจิก "1" 0.5 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณหมุนหมายเลข,สัญญาณเรียกกลับ,สัญญาณสายไม่ว่าง

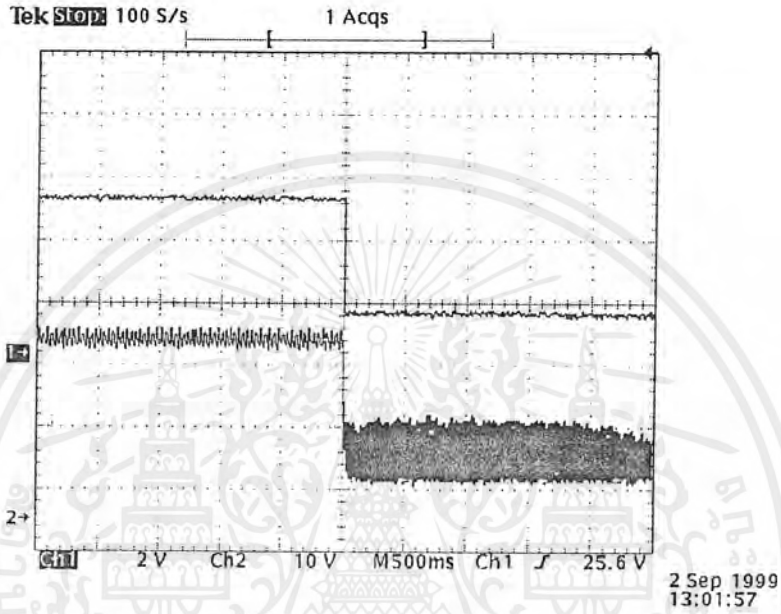
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 วงจรตรวจสอบการยกหูวางหู

จากวงจรในบทที่ 3 รูปที่ 3.4 ได้ผลการทดลองออกมาดังต่อไปนี้



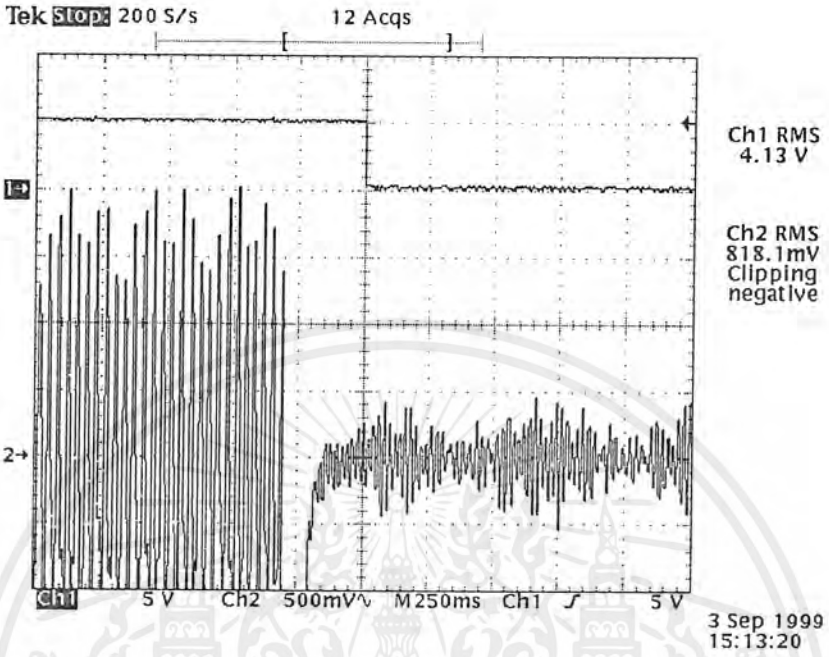
รูปที่ 4.1 แสดงรูปสัญญาณที่ได้จากวงจรตรวจสอบการยกหู วางหู

จากรูปที่ 4.1 แสดงรูปสัญญาณที่ได้จากวงจรตรวจสอบการยกหู วางหู รูปสัญญาณช่องที่หนึ่งเป็นรูปสัญญาณที่วัดคร่อมวงจรตรวจสอบการยกหู วางหู และรูปสัญญาณช่องที่สองเป็นสัญญาณที่วัดคร่อมคู่สายโดยตรง ซึ่งขณะวางหูอยู่จะมีแรงดันไฟ 48 โวลต์ จะถูกเปลี่ยนให้เป็นแรงดันไฟ 5 โวลต์ แทนระดับแรงดันลอจิก "1" ส่วนขณะยกหูแทนระดับจะลดลงเป็น 0 โวลต์ แทนระดับลอจิก "0"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 วงจรตรวจจับสัญญาณหมุนหมายเลข

จากวงจรในบทที่ 3 รูปที่ 3.5 ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.2 แสดงรูปสัญญาณที่ได้จากวงจรตรวจจับสัญญาณหมุนหมายเลข

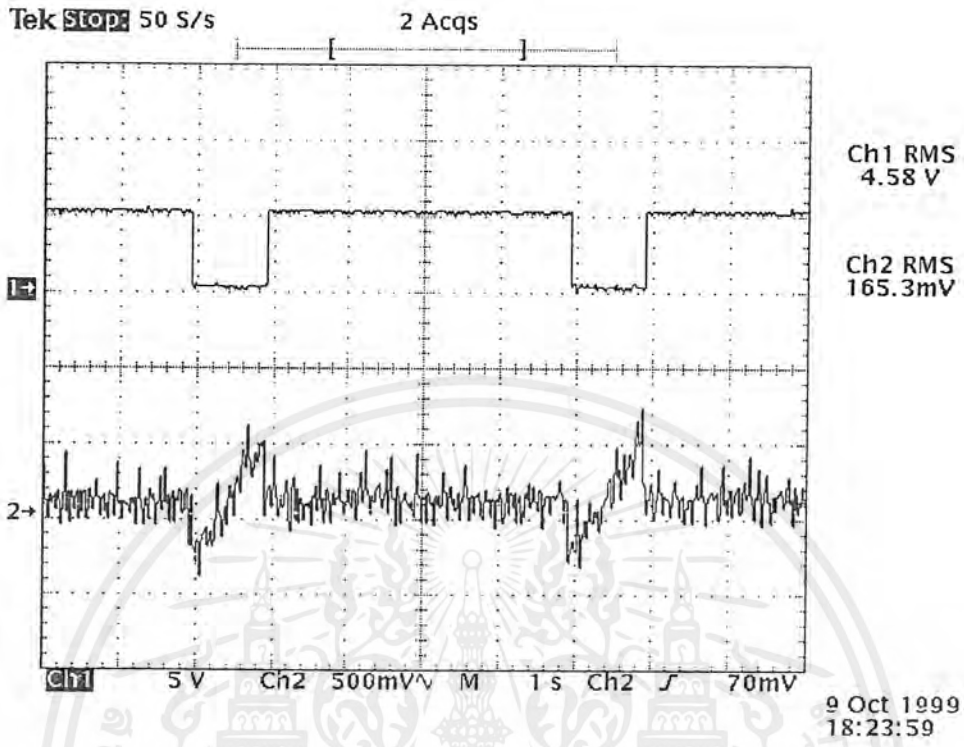
จากรูปที่ 4.2 แสดงรูปสัญญาณที่ได้จากวงจรตรวจจับสัญญาณหมุนหมายเลข รูปสัญญาณช่องที่หนึ่ง เป็นรูปสัญญาณที่วัดคร่อมวงจรตรวจสอบการยกหู วางหู และรูปสัญญาณช่องที่สอง เป็นสัญญาณที่วัดคร่อมคู่สายโดยตรง

เป็นสัญญาณหมุนหมายเลขจะเกิดขึ้นขณะที่มีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นแล้วชุมสายก็จะส่งสัญญาณนี้กลับมาที่ต้นทางเพื่อทำให้ทราบว่าพร้อมที่จะทำการติดต่อแล้ว วงจรตรวจจับก็จะทำการตรวจจับสัญญาณนี้ โดยถ้ามีสัญญาณนี้เกิดขึ้นเอาท์พุตที่ออกมาก็จะมีค่าเป็น 0 โวลต์ แทนด้วยระดับลอจิก "0" และถ้าไม่สัญญาณนี้มีเอาท์พุตก็มีค่า 5 โวลต์ แทนด้วยระดับลอจิก "1" ซึ่งช่วงเวลาในการเกิดนั้นจะยาวไปตลอดจนกว่าจะเริ่มป้อนเลขหมายเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 วงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับ

จากวงจรในบทที่ 3 รูปที่ 3.5 ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้



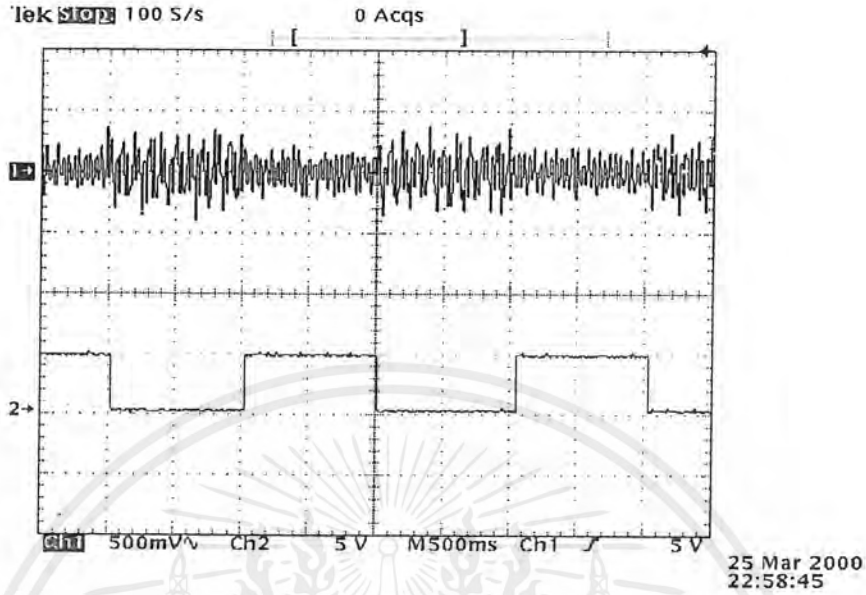
รูปที่ 4.3 แสดงรูปสัญญาณที่ได้จากวงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับ

จากรูปที่ 4.3 เป็นสัญญาณเรียกกลับ รูปสัญญาณช่องที่หนึ่ง เป็นรูปสัญญาณที่วัดคร่อมวงจรตรวจสอบการยกหู วางหู และรูปสัญญาณช่องที่สอง เป็นสัญญาณที่วัดคร่อมคู่สายโดยตรง จะเกิดขึ้นเมื่อมีการกดหมายเลขเสร็จเรียบร้อยแล้วถ้าหมายเลขปลายทางนั้นยังว่างอยู่ จะทำให้ได้ยินสัญญาณเรียกกลับนี้ตอบกลับมาที่ต้นทางแสดงได้ดังรูปข้างต้น จะเป็นสัญญาณ 400 เฮิรตซ์ คือจะเกิดสัญญาณเรียกกลับ 1 วินาที และหยุด 4 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 วงจรตรวจจับสัญญาณสายไม่ว่าง

จากรูปวงจรในบทที่ 3 รูปที่ 3.5 ได้ผลการทดลองดังนี้



รูปที่ 4.4 แสดงรูปสัญญาณที่ได้จากวงจรตรวจจับสัญญาณสายไม่ว่าง

จากรูปที่ 4.4 เป็นสัญญาณที่ได้จากวงจรตรวจจับสัญญาณสายไม่ว่างรูปสัญญาณช่องที่หนึ่ง เป็นรูปสัญญาณที่วัดคร่อมวงจรตรวจสอบการยกหู วางหู และรูปสัญญาณช่องที่สอง เป็นสัญญาณที่วัดคร่อมคู่สายโดยตรง

สายไม่ว่างจะเกิดขึ้นเมื่อหลังจากทำการกดหมายเลขของปลายทางไปแล้ว ทางปลายทางทำการใช้คู่สายอยู่จะทำให้ผู้เรียกต้นทางได้ยินสัญญาณสายไม่ว่างนี้กลับมา เป็นสัญญาณ 400 เฮิรตซ์ คือเกิดสัญญาณ 1 วินาที หยุด 1 วินาที

4.5 การทดลองในส่วนของโปรแกรมควบคุมการทำงานวงจรทั้งหมด

โครงงานนี้จะมีศูนย์กลางควบคุมการทำงานทั้งหมดอยู่ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8951 ซึ่งจะถูกโปรแกรมให้ควบคุมการทำงานและลำดับขั้นตอนการทำงานของวงจรแต่ละส่วนให้สัมพันธ์กัน การทดลองและผลการทดลองแสดงเป็นลำดับขั้นตอนต่างๆดังต่อไปนี้

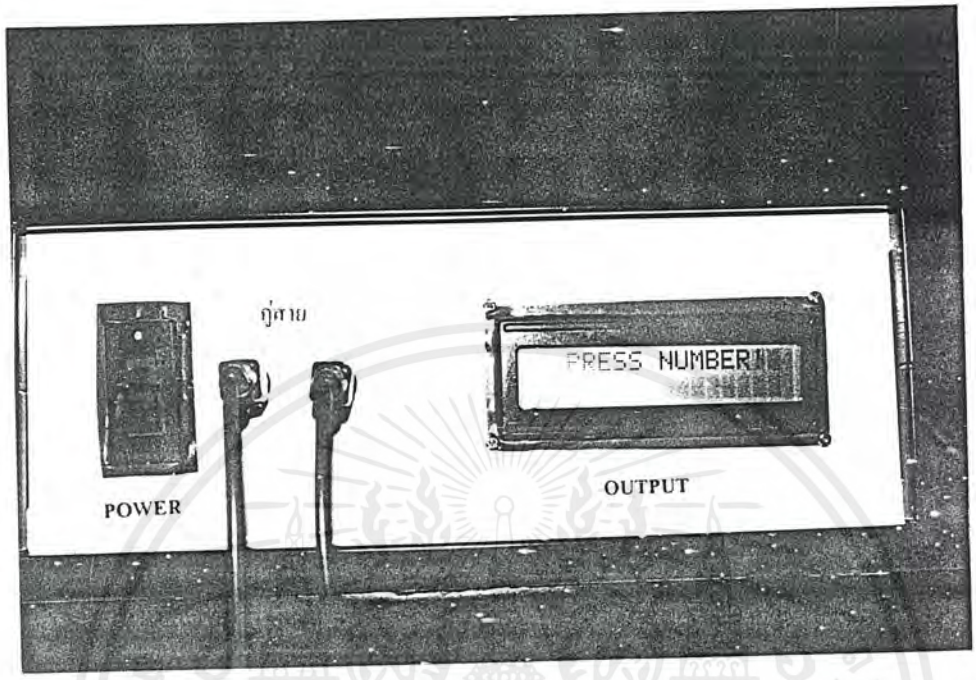
4.5.1 เมื่อเปิดสวิตช์จะเป็นการเริ่มต้นการทำงานของวงจรทั้งหมด จะมีไฟเลี้ยงจ่ายให้แก่วงจรแต่ละส่วน และที่หน้าจอแอลซีดีจะปรากฏข้อความว่า " FACILITIES TELEPHONY "

4.5.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้ไปตรวจสอบสภาวะของวงจรยกหู/วางหู ถ้าอยู่ในสภาวะวางหูหน้าจอแอลซีดีจะปรากฏข้อความ " STATUS HOOKON " ถ้ามีการยกหู 8951 จะสั่งให้ไปตรวจสอบสถานะของวงจรตรวจสอบสัญญาณเรียกกลับ

4.5.3 ถ้า 8951 ตรวจพบว่าไม่มีสัญญาณหมุนเลขหมาย หมายความว่าเป็นการยกหูเมื่อมีการโทรเข้า 8951 จะสั่งให้หน่วงเวลาไว้ประมาณ 5 วินาที จากนั้นจะมีการวนเช็คสถานะการยกหู/วางหู จนกว่าจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวางหู ที่หน้าจอแอลซีดีจะปรากฏข้อความว่า " FINISH CONNECTION " ถ้าตรวจพบว่ามีสัญญาณหมุนเลขหมายแสดงว่าเป็นการโทรออก หลังจากนั้นที่หน้าจอแอลซีดีจะปรากฏข้อความว่า " PRESS NUMBER " ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แสดงผลหลังจากวงจรตรวจเจอสัญญาณหมุนหมายเลข

4.5.4 จากนั้นเมื่อผู้เรียกทำการกดหมายเลขโทรศัพท์แล้วจะปรากฏหมายเลขที่กดขึ้นบนบรรทัดแรกของจอแอลซีดี

4.5.5 เมื่อกดเลขหมายครบตามที่ต้องการแล้วต้องกด "# " เพื่อเป็นการตัดการทำงานเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

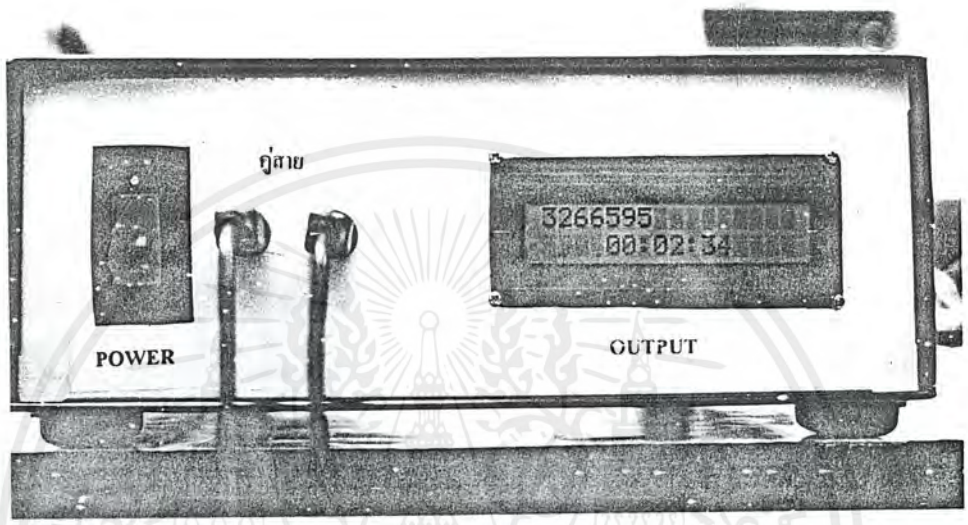
4.5.6 หลังจากทำการกดเลขหมายสิ้นสุดลง 8951 จะสั่งให้ไปเช็คสัญญาณเรียกกลับจากฝ่ายผู้รับถ้าพบว่าสัญญาณเรียกกลับหยุดไป ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเริ่มทำการนับเวลา แต่ในการทดลองจริงปรากฏว่าไมโครคอนโทรลเลอร์จะเริ่มจับเวลาก่อนหรือหลังที่จะมีคนรับสายซึ่งปัญหาส่วนนี้เกิดจากการที่เสียงพูดไปกวนวงจรตรวจสอบสัญญาณเรียกลับ ทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นการแก้ปัญหาอาจจะทำได้โดยการใส่วงจรกรองความถี่ต่ำที่ความถี่คัทออฟ 480 เฮิรตซ์เข้าไปหลังภาควงจรตรวจสอบสัญญาณเรียกกลับอีกทีจะทำให้ทำงานได้ดีขึ้น แสดงผลของการจับเวลาได้ดังรูปที่ 4.6

4.5.7 ถ้าฝ่ายผู้เรียกยังไม่วางหู 8951 ก็จะทำการจับเวลาไปเรื่อยๆ โดยที่จะทำการตรวจจับสัญญาณยกหูวางหู ทุกๆ 1 วินาที เมื่อตรวจพบว่าฝ่ายผู้เรียกวางหูก็จะหยุดทำการจับเวลาแล้วจากนั้นประมาณ 2 วินาที จะขึ้นข้อความแสดงการสิ้นสุดการทำงานว่า "FINISH CONNECTION"

4.5.8 ในโหมดการทำงานพิเศษของอุปกรณ์ซึ่งจะสามารถแสดงเลขหมายและเวลาที่ผู้เรียกทำการโทรออกไปก่อนหน้านั้น เริ่มต้นการทำงานโดยการกด * ซึ่งจะปรากฏข้อความว่า "WELCOME TO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIAL MODE" รอประมาณ 5 วินาที จะปรากฏข้อความ "SHOW LAST NUMBER AND TIME" จากนั้น 8951 จะดึงข้อมูลเลขหมายและเวลาที่ใช้ในการโทรออกซึ่งเก็บไว้ในหน่วยความจำภายนอกออกมาแสดงผลบนหน้าจอต่อไป



รูปที่ 4.6 แสดงผลการจับเวลาในการสนทนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและวิจารณ์

จากผลการทดลองพบว่ามีข้อผิดพลาดบางประการเกิดขึ้นในส่วนของการตรวจสอบสัญญาณเรียกกลับ อันเนื่องมาจากมีเสียงพูดเข้าไปรบกวนในวงจรทำให้วงจรทำงานผิดพลาด ส่งผลให้โปรแกรมเริ่มจับเวลาในการโทรออกผิดพลาดตามไปด้วย เช่น ถ้าฝ่ายรับพูดขึ้นมาทันทีหลังจากยกหูขึ้นรับ เสียงที่เปล่งออกมาจะถูกตรวจจับด้วยวงจรตรวจสอบสัญญาณเรียกกลับออกมาเป็นพัลส์ 0 หรือ 1 ตามจังหวะการพูดทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าใจว่าขณะที่ผู้รับยกหูขึ้นสัญญาณเรียกกลับยังไม่หยุด ทำให้ไม่เริ่มนับเวลา ในกรณีเช่นนี้วิธีการที่จะช่วยแก้ปัญหาได้ คือการใส่วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำเข้าไปหลังวงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับเพื่อกรองความถี่ที่เป็นเสียงพูดออกไป ทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการเริ่มนับเวลาน้อยลง ปัญหาอีกประการหนึ่งที่พบคือ ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณจาก 0 เป็น 1 ที่ขอบขาลงจะต้องใช้เวลาช่วงนี้ประมาณ 5 วินาที ซึ่งจะทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการเริ่มจับเวลาอาจจะเป็นก่อนหรือหลังการรับสายของฝ่ายผู้รับ แต่ถือว่าเป็นค่าผิดพลาดที่เป็นที่ยอมรับได้เพราะเป็นหน่วยวินาที นอกจากนั้นปัญหาที่พบส่วนใหญ่จะเป็นปัญหาเกี่ยวกับเรื่องความถี่ของสัญญาณโทรศัพท์ที่มีสัญญาณรบกวนค่อนข้างมากทำให้เกิดข้อผิดพลาดบางประการขึ้นในการทดลอง

แนวทางการพัฒนาต่อ โครงงานนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานต่อในการคิดค่าบริการโทรศัพท์โดยทำการเพิ่มเติมในส่วนของโปรแกรมในการคิดค่าบริการเข้าไป หรืออาจจะเพิ่มเติมในส่วนของเครื่องตอบรับอัตโนมัติหรือการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ก็จะทำให้สามารถอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้บริการโทรศัพท์ได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

โปรแกรมที่ใช้ในโครงงานเครื่องอำนวยความสะดวกในการใช้โทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PORTA   EQU     0000H
PORTB   EQU     0001H
PORTC   EQU     0002H
PORT_C  EQU     0003H
DTIME   EQU     70H
        ORG     0000H
        LJMP    MAIN
        ORG     0100H
MAIN:   MOV     R2,#1
        LCALD   DELAY
        MOV     DPTR,#PORT_C        ; INITIALIZE 8255
        MOV     A,#89H              ; PORTA,B=OUTPUT PORTC=INPUT
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     A,#00111000B        ; FUNCTION SET
        LCALL   LCDWI
        MOV     A,#00111000B        ; FUNCTION SET
        LCALL   LCDWI
        MOV     A,#00111000B        ; FUNCTION SET
        LCALL   LCDWI
        MOV     A,#00111000B        ; FUNCTION SET
        LCALL   LCDWI
        MOV     A,#00001110B        ; DISPLAY ON/OFF
        LCALL   LCDWI
        MOV     A,#06H              ; ENTRY MODE SET
        LCALL   LCDWI
        MOV     R2,#2
        LCALL   DELAY
        MOV     DPTR,#PAGE0
        LCALL   LCDLD
        MOV     R2,#10
        LCALL   DELAY
KK:     MOV     DPTR,#PORTC
        MOV     A,#0FFH
        MOVX    @DPTR,A
        MOVX    A,@DPTR
        JNB     ACC.0,KK
        MOV     R2,#10
        LCALL   DELAYT
        MOV     DPTR,#PORTC
        MOV     A,#0FFH
        MOVX    @DPTR,A
        MOVX    A,@DPTR
        JB      ACC.1,NORMAL
        LJMP    DELAYR
NORMAL: MOV     A,#01H
        LCALL   LCDWI
        MOV     A,#82H
        LCALL   LCDWI
        MOV     DPTR,#8000H
        MOV     R0,#30H
FIRST:  JNB     P1.4,$              ; CHECK FOR DTMF TONE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     A,P1            ; DATA FROM P1
        CLR     ACC.7
        CLR     ACC.6
        CLR     ACC.5
        CLR     ACC.4
        CJNE    A,#0BH,THEN
        LJMP    SPECIAL
THEN:   LCALL   CH_DTMF
        JB      P1.4,S
        SJMP    FIRST
LINE:   LCALL   LINE2
        LCALL   CHKRING
        LCALL   TIME
EXIT:   MOV     DPTR,#PAGE6
        LCALL   LCDLD
        MOV     R2,#10
        LCALL   DELAY
        LJMP    MAIN
CHKRING: MOV    DTIME,#1
        MOV     DPTR,#PORTC
SS:     MOV     A,#0FFH
        MOVX    @DPTR,A
        MOVX    A,@DPTR
        LCALL   ELAYS
        JNB     ACC.1,SS
SA:     MOV     A,#0FFH
        MOVX    @DPTR,A
        MOVX    A,@DPTR
        MOV     R2,#1
        LCALL   DELAYT
        JB      ACC.1,SA
        MOV     R7,#15
SB:     MOV     A,#0FFH
        MOVX    @DPTR,A
        MOVX    A,@DPTR
        LCALL   DELAYS
        JB      ACC.1,SS
        DJNZ    R7,SB
        RET

CH_HOOK:
        MOV     DPTR,#PORTC
        MOVX    A,@DPTR
        JB      ACC.0,RETT
        MOV     40H,R1
        MOV     41H,R5
        MOV     42H,R6
        LJMP    EXIT
RETT:   RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LINE2:
        MOV     A,#11000011B
        LCALL   LCDWI
        MOV     A,#00000110B
        LCALL   LCDWI
        MOV     R2,#1
        LCALL   DELAY
        RET
SPECIAL:
        MOV     DPTR,#PAGE9
        LCALL   LCDLD
        MOV     R2,#20
        LCALL   DELAY
        MOV     DPTR,#PAGE10
        LCALL   LCDLD
        MOV     R2,#20
        LCAL    DELAY
        MOV     A,#01H
        LCALL   LCDWI
        MOV     A,#82H
        LCALL   LCDWI
        MOV     A,30H
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,31H
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,32H
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,33H
        CJNE    A,#23H,FOUR2
        MOV     ,#20H
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,#20H
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,#20H
        LCALL   LCDWD
        MOVA    ,#20H
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,#20H
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,#20H
        LCALL   LCDWD
        LJMP    LINET

FOUR2:  MOV     A,33H
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,34H
        CJNE    A,#23H,SEVEN2
        MOVA    ,#20H
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,#20H
        LCALL   LCDWD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     A,#20H
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,#20H
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,#20H
        LCALL   LCDWD
        LJMP    LINET

SEVEN2: MOV     A,34H
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,35H
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,36H
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,37H
        CJNE    A,#23H,NINE2
        MOV     A,#20H
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,#20H
        LCALL   LCDWD
        LJMP    LINET

NINE2:  MOV     A,37H
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,38H
        LCAL    LCDWD
LINET:  MOV     A,#0C3H
        LCALL   LCDWI
        MOV     A,R6
        MOV     DPTR,#MAJOR
        MOVC    A,@A+DPTR       ; READ ASCII CODE FROM TABLE
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,R6
        MOV     DPTR,#UNIT
        MOV     ; READ ASCII CODE FROM TABLE
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,#3AH
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,R5
        MOV     DPTR,#MAJOR
        MOVC    A,@A+DPTR       ; READ ASCII CODE FROM TABLE
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,R5
        MOV     DPTR,#UNIT
        MOVC    A,@A+DPTR       ; READ ASCII CODE FROM TABLE
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,#3AH
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,R1
        MOV     DPTR,#MAJOR
        MOVC    A,@A+DPTR       ; READ ASCII CODE FROM TABLE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,R1
        MOV     DPTR,#UNIT
        MOVC    A,@A+DPTR           ; READ ASCII CODE FROM TABLE
        LCALL   LCDWD
        MOV     R2,#40
        LCALL   DELAY
        LJMP    EXIT


TIME:
        MOV     R1,#0
        MOV     R5,#0
        MOV     R6,#0
LOOP:   LCALL   DISPLAY             ; SHOW LCD
        MOV     R2,#10              ; DELAY FOR 1 SEC
        LCALL   DELAYT
        INC     R1                  ; COUNT FOR EVERY 1 SEC
        CJNE    R1,#60,LOOP
        MOV     R1,#0
        INC     R5
LOOP2:  LCALL   DISPLAY2
        MOV     R2,#10              ; DELAY FOR 1 SEC
        LCALL   DELAYT
        INC     R1                  ; COUNT FOR EVERY 1 SEC
        CJNE    R1,#60,LOOP2
        MOV     R1,#0
        INC     R5
LOOP3:  LCALL   DISPLAY2
        MOR     2,#10               ; DELAY FOR 1 SEC
        LCALL   DELAYT
        INC     R1                  ; COUNT FOR EVERY 1 SEC
        CJNE    R1,#60,LOOP3
        MOV     R1,#0
        INC     R5
LOOP4:  LCALL   DISPLAY2
        MOV     R2,#10              ; DELAY FOR 1 SEC
        LCAL    DELAYT
        INC     R1                  ; COUNT FOR EVERY 1 SEC
        CJNE    R1,#60,LOOP4
        MOV     R1,#0
        INC     R5
LOOP5:  LCALL   DISPLAY2
        MOV     R2,#10              ; DELAY FOR 1 SEC
        LCALL   DELAYT
        INC     R1                  ; COUNT FOR EVERY 1 SEC
        CJNE    R1,#60,LOOP5
        MOV     R1,#0
        INC     R5
LOOP6:  LCALL   DISPLAY2
        MOV     R2,#10              ; DELAY FOR 1 SEC
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LCALL   DELAYT
        INC     R1              ; COUNT FOR EVERY 1 SEC
        CJNE    R1,#60,LOOP6
        MOV     R1,#0
        IN      R5
LOOP7:  LCAL    DISPLAY2
        MOV     R2,#10          ; DELAY FOR 1 SEC
        LCALL   DELAYT
        INC     R1              ; COUNT FOR EVERY 1 SEC
        CJNE    R1,#60,LOOP7
        MOV     R1,#0
        INC     R5
LOOP8:  LCALL   DISPLAY2
        MOV     R2,#10          ; DELAY FOR 1 SEC
        LCALL   DELAYT
        INC     R1              ; COUNT FOR EVERY 1 SEC
        CJNE    R1,#60,LOOP8
        MOV     R1,#0
        INC     R5
LOOP9:  LCALL   DISPLAY2
        MOV     R2,#10          ; DELAY FOR 1 SEC
        LCALL   DELAYT
        INC     R1              ; COUNT FOR EVERY 1 SEC
        CJNE    R1,#60,LOOP9
        MOV     R1,#0
        INC     R5
LOOP10: LCALL   DISPLAY2
        MOV     R2,#10      ; DELAY FOR 1 SEC
        LCALL   DELAYT
        INC     R1              ; COUNT FOR EVERY 1 SEC
        CJNE    R1,#60,LOOP10
        MOV     R1,#0
        INC     R5
LOOP11: LCALL   DISPLAY2
        MOV     R2,#10          ; DELAY FOR 1 SEC
        LCALL   DELAYT
        INC     R1              ; COUNT FOR EVERY 1 SEC
        CJNE    R1,#60,LOOP11
        MOV     R1,#0
        INC     R5
LOOP12: LCALL   DISPLAY2
        MOV     R2,#10          ; DELAY FOR 1 SEC
        LCALL   DELAYT
        INC     R1              ; COUNT FOR EVERY 1 SEC
        CJNE    R1,#60,LOOP12
        MOV     R1,#0
        INC     R5
LOOP13: LCALL   DISPLAY2
        MOV     R2,#10          ; DELAY FOR 1 SEC
        LCALL   DELAYT
        IN      R1              ; COUNT FOR EVERY 1 SEC
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CJNE    R1,#60,LOOP13
        MOV     R1,#0
        INC     R5
LOOP14: LCALL   DISPLAY2
        MOV     R2,#10          ; DELAY FOR 1 SEC
        LCALL   DELAYT
        INC     R1              UNT FOR EVERY 1 SEC
        CJNE    R1,#60,LOOP14
        MOV     R1,#0
        IN      R5
LOOP15: LCALL   DISPLAY2
        MOV     R2,#10          ; DELAY FOR 1 SEC
        LCALL   DELAYT
        INC     R1              ; COUNT FOR EVERY 1 SEC
        CJNE    R1,#60,LOOP15
        MOV     R1,#0
        INC     R5
LOOP16: LCALL   DISPLAY2
        MOV     R2,#10          ; DELAY FOR 1 SEC
        LCALL   DELAYT
        INC     R1              ; COUNT FOR EVERY 1 SEC
        CJNE    R1,#60,LOOP16
        MOV     R1,#0
        INC     R5
LOOP17: LCALL   DISPLAY2
        MOV     R2,#10          ; DELAY FOR 1 SEC
        LCALL   DELAYT
        INC     R1              ; COUNT FOR EVERY 1 SEC
        CJN     R1,#60,LOOP17
        MOV     R1,#0
        INC     R5
LOOP18: LCALL   DISPLAY2
        MOV     R2,#10          ; DELAY FOR 1 SEC
        LCALL   DELAYT
        INC     R1              ; COUNT FOR EVERY 1 SEC
        CJN     R1,#60,LOOP18
        MOV     R1,#0
        IN      R5
LOOP19: LCALL   DISPLAY2
        MOV     R2,#10          ; DELAY FOR 1 SEC
        LCALL   DELAYT
        INC     R1              ; COUNT FOR EVERY 1 SEC
        CJNE    R1,#60,LOOP19
        MOV     R1,#0
        INC     R5
LOOP20: LCALL   DISPLAY2
        MOV     R2,#10          ; DELAY FOR 1 SEC
        LCALL   DELAYT
        INC     R1              . COUNT FOR EVERY 1 SEC
        CJNE    R1,#60,LOOP20
        MOV     1,#0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        INC     R5
LOOP21: LCALL   DISPLAY2
        MOV     R2,#10          ; DELAY FOR 1 SEC
        LCALL   DELAYT
        INC     R               ; COUNT FOR EVERY 1 SEC
        CJNE    R1,#60,LOOP21
        MOV     R1,#0
        INC     R5
LOOP22: LCALL   DISPLAY2
        MOV     R2,#10          ; DELAY FOR 1 SEC
        LCALL   DELAYT
        INC     R               ; COUNT FOR EVERY 1 SEC
        CJNE    R1,#60,LOOP22
        MOV     R1,#0
        INC     R5
LOOP23: LCALL   DISPLAY2
        MOV     R2,#10          ; DELAY FOR 1 SEC
        LCAL    DELAYT
        INC     R1              ;COUNT FOR EVERY 1 SEC
        CJNE    R1,#60,LOOP23
        MOV     R1,#0
        INC     R5
LOOP24: LCALL   DISPLAY2
        MOV     R2,#10          ; DELAY FOR 1 SEC
        LCAL    DELAYT
        INC     R1              ; COUNT FOR EVERY 1 SEC
        CJNE    R1,#60,LOOP24
        MOV     R1,#0
        INC     R5
LOOP25: LCAL    DISPLAY2
        MOV     R2,#10          ; DELAY FOR 1 SEC
        LCALL   DELAYT
        INC     R1              ; COUNT FOR EVERY 1 SEC
        CJNE    R1,#60,LOOP25
        MOV     R1,#0
        INC     R5
LOOP26: LCALL   DISPLAY2
        MOV     R2,#10          ; DELAY FOR 1 SEC
        LCALL   DELAYT
        INC     R1              ; COUNT FOR EVERY 1 SEC
        CJN     R1,#60,LOOP26
        MOV     R1,#0
        INC     R5
LOOP27: LCAL    DISPLAY2
        MOV     R2,#10          ; DELAY FOR 1 SEC
        LCALL   DELAYT
        INC     R1              ; COUNT FOR EVERY 1 SEC
        CJNE    R1,#60,LOOP27
        MOV     R1,#0
        INC     R5
LOOP28: LCALL   DISPLAY2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     R2,#10          ; DELAY FOR 1 SEC
        LCALL   DELAYT
        INC     R1              ; COUNT FOR EVERY 1 SEC
        CJNE    R1,#60,LOOP28
        MOV     R1,#0
        INC     R5
LOOP29: LCALL   DISPLAY2
        MOV     R2,#10          ; DELAY FOR 1 SEC
        LCALL   DELAYT
        INC     R1              ; COUNT FOR EVERY 1 SEC
        CJNE    R1,#60,LOOP29
        MOV     R1,#0
        INC     R5
LOOP30: LCALL   DISPLAY2
        MOV     R2,#10          ; DELAY FOR 1 SEC
        LCALL   DELAYT
        INC     R1              ; COUNT FOR EVERY 1 SEC
        CJNE    R1,#60,LOOP30
        MOV     R1,#0
        INC     R5
        LJMP    MAIN
DISPLAY:
        MOV     A,#0C4H
        LCALL   LCDWI
        MOV     R2,#1
        LCALL   DELAY
        MOV     A,#30H
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,#30H
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,#3AH
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,#30H
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,#30H
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,#3AH
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,R1
        MOV     DPTR,#MAJOR
        MOVC    A,@A+DPTR       ; READ ASCII CODE FROM TABLE
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,R1
        MOV     DPTR,#UNIT
        MOVC    A,@A+DPTR       ; READ ASCII CODE FROM TABLE
        LCALL   LCDWD
        LCALL   CH_HOOK
        RET
DISPLAY2:
        MOV     A,#0C4H
        LCALL   LCDWI
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     R2,#1
        LCALL   DELAY
        MOV     A,#30H
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,#30H
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,#3AH
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,R5
        MOV     DPTR,#MAJOR
        MOVC    A,@A+DPTR       ; READ ASCII CODE FROM TABLE
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,R5
        MOV     DPTR,#UNIT
        MOVC    A,@A+DPTR       ; READ ASCII CODE FROM TABLE
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,#3AH
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,R1
        MOV     DPTR,#MAJOR
        MOVC    A,@A+DPTR       ; READ ASCII CODE FROM TABLE
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,R1
        MOV     DPTR,#UNIT
        MOVC    A,@A+DPTR       ; READ ASCII CODE FROM TABLE
        LCALL   LCDWD
        LCALL   CH_HOCK
        RET
DISPLAY3:
        MOV     A,R6
        MOV     DPTR,#MAJOR
        MOVC    A,@A+DPTR       ; READ ASCII CODE FROM TABLE
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,R6
        MOV     DPTR,#UNIT
        MOVC    A,@A+DPTR       ; READ ASCII CODE FROM TABLE
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,#3AH
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,R5
        MOV     DPTR,#MAJOR
        MOVC    A,@A+DPTR       ; READ ASCII CODE FROM TABLE
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,R5
        MOV     DPTR,#UNIT
        MOVC    A,@A+DPTR       ; READ ASCII CODE FROM TABLE
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,#3AH
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,R1
        MOV     DPTR,#MAJOR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOVC    A,@A+DPTR           ; READ ASCII CODE FROM TABLE
        LCALL   LCDWD
        MOV     A,R1
        MOV     DPTR,#UNIT
        MOVC    A,@A+DPTR           ; READ ASCII CODE FROM TABLE
        LCALL   LCDWD
        LCALL   CH_HOOK
        RET
CH_DTMF:
        PUSH    DPH
        PUSH    DPL
        MOV     DPTR,#DTMF          ; CHECK DTMF CODE
        DEC     A
        MOVC    A,@A+DPTR
        LCALL   CH_ASCII
        POP     DPL
        POP     DPH
        RET
CH_ASCII:
        DEC     A
        MOV     DPTR,#ASCII         ; CHANGE TO ASCII CODE
        MOVC    A,@A+DPTR
        CJNE    A,#23H,NEXT
        MOV     @R0,A
        AJMP    LINE
NEXT:
        MOV     @R0,A               ; WRITE DATA TO RAM
        INC     R0
        LCALL   LCDWD
        RET
DTMF:   DB      01H,02H,03H,04H
        DB      05H,06H,07H,08H
        DB      09H,0AH,0BH,0CH
ASCII:  DB      31H,32H,33H,34H
        DB      35H,36H,37H,38H
        DB      39H,30H,2AH,23H
LCDWI:
        PUSH    ACC
        MOV     DPTR,#PORTB         ; PORT_B READ MODIFY WRITE
        MOV     A,#00H
        MOVX    @DPTR,A
        SETB    ACC.2               ; E=1
        MOVX    @DPTR,A
        POP     ACC
        MOV     DPTR,#PORTA
        MOVX    @DPTR,A             ; WRITE INSTRUCTION TO PORT_A
        MOV     A,#00H              ; E=0
        MOV     DPTR,#PORTB
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     A,#0                ; DELAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LCDWI1:
        DEC     A
        JNZ     LCDWI1
        RET
LCDWD:
        PUSH    ACC
        MOV     DPTR,#PORTB
        MOVX    A,@DPTR
        SETB    ACC.0           ; RS=1
        CLR     ACC.1           ; R/W=0
        CLR     ACC.2           ; ENABLE=0
        MOVX    @DPTR,A
        SETB    ACC.2           ; ENABLE=1
        MOVX    @DPTR,A
        POP     ACC
        MOV     DPTR,#PORTA
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     DPTR,#PORTB
        MOV     A,#00H
        SETB    ACC.0
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     A,#0            ; DELAY
LCDWD1: DEC     A
        JNZ     LCDWD1
        RET
LCDLD:
        MOV     A,#80H
        LCALL   LCDLDS
        MOV     A,#0C0H
        LCALL   LCDLDS
        RET
LCDLDS: PUSH    DPH
        PUSH    DPL
        LCALL   LCDWI
        POP     DPL
        POP     DPH
        MOV     R2,#16
LCDLDS1: CLR    A
        MOVC    A,@A+DPTR
        PUSH    DPH
        PUSH    DPL
        LCALL   LCDWD
        POP     DPL
        POP     DPH
        INC     DPTR
        DJNZ    R2,LCDLDS1
        RET
DELAYS: MOV     R2,DTIME
DELAYT: MOV     R3,#0
        MOV     R4,#0C3H
DELA0:  DJNZ    R3,$
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        DJNZ    R4,DELA0
        DJNZ    R2,DELAYT
        RET
DELAY:
        MOV     R3,#0
DELAY1: MOV     R4,#0
        DJNZ    R4,$
        DJNZ    R3,DELAY1
        DJNZ    R2,DELAY
        RET
PAGE0:  DB      "***FACILITIES***"
        DB      "****TELEPHONY***"
PAGE1:  DB      " PRESS NUMBER! "
        DB      "               "
PAGE2:  DB      "--MODE CALLING--"
        DB      "PRESS # FOR SEND"
PAGE3:  DB      "--MODE SPECIAL--"
        DB      "   PRESS *   "
PAGE5:  DB      "CAN NOT CONNECT "
        DB      " PLEASE HOOK ON "
PAGE6:  DB      "-----FINISH-----"
        DB      "---CONNECTION---"
PAGE7:  DB      " WRONG NUMBER! "
        DB      " PLEASE HOOK ON "
PAGE8:  DB      "   STATUS    "
        DB      "   HOOK ON    "
PAGE9:  DB      "***WELCOME TO***"
        DB      "**SPECIAL MODE**"
PAGE10: DB      "   SHOW LAST   "
        DB      "    NUMBER     "
UNIT:   DB      30H,31H,32H,33H,34H,35H,36H,37H,38H,39H
        DB      30H,31H,32H,33H,34H,35H,36H,37H,38H,39H
        DB      30H,31H,32H,33H,34H,35H,36H,37H,38H,39H
        DB      30H,31H,32H,33H,34H,35H,36H,37H,38H,39H
        DB      30H,31H,32H,33H,34H,35H,36H,37H,38H,39H
        DB      30H,31H,32H,33H,34H,35H,36H,37H,38H,39H
MAJOR:  DB      30H,30H,30H,30H,30H,30H,30H,30H,30H,30H
        DB      31H,31H,31H,31H,31H,31H,31H,31H,31H,31H
        DB      32H,32H,32H,32H,32H,32H,32H,32H,32H,32H
        DB      33H,33H,33H,33H,33H,33H,33H,33H,33H,33H
        DB      34H,34H,34H,34H,34H,34H,34H,34H,34H,34H
        DB      35H,35H,35H,35H,35H,35H,35H,35H,35H,35H
        DB      36H,36H,36H,36H,36H,36H,36H,36H,36H,36H
DELAYR: MOV     DPTR,#PORTC
        MOV     A,#0FFH
        MOVX    @DPTR,A
        MOVX    A,@DPTR
        JB      ACC.0,DELAYR
        MOV     DPTR,#PAGE6
        LCALL   LCDLD
        MOV     R2,#5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

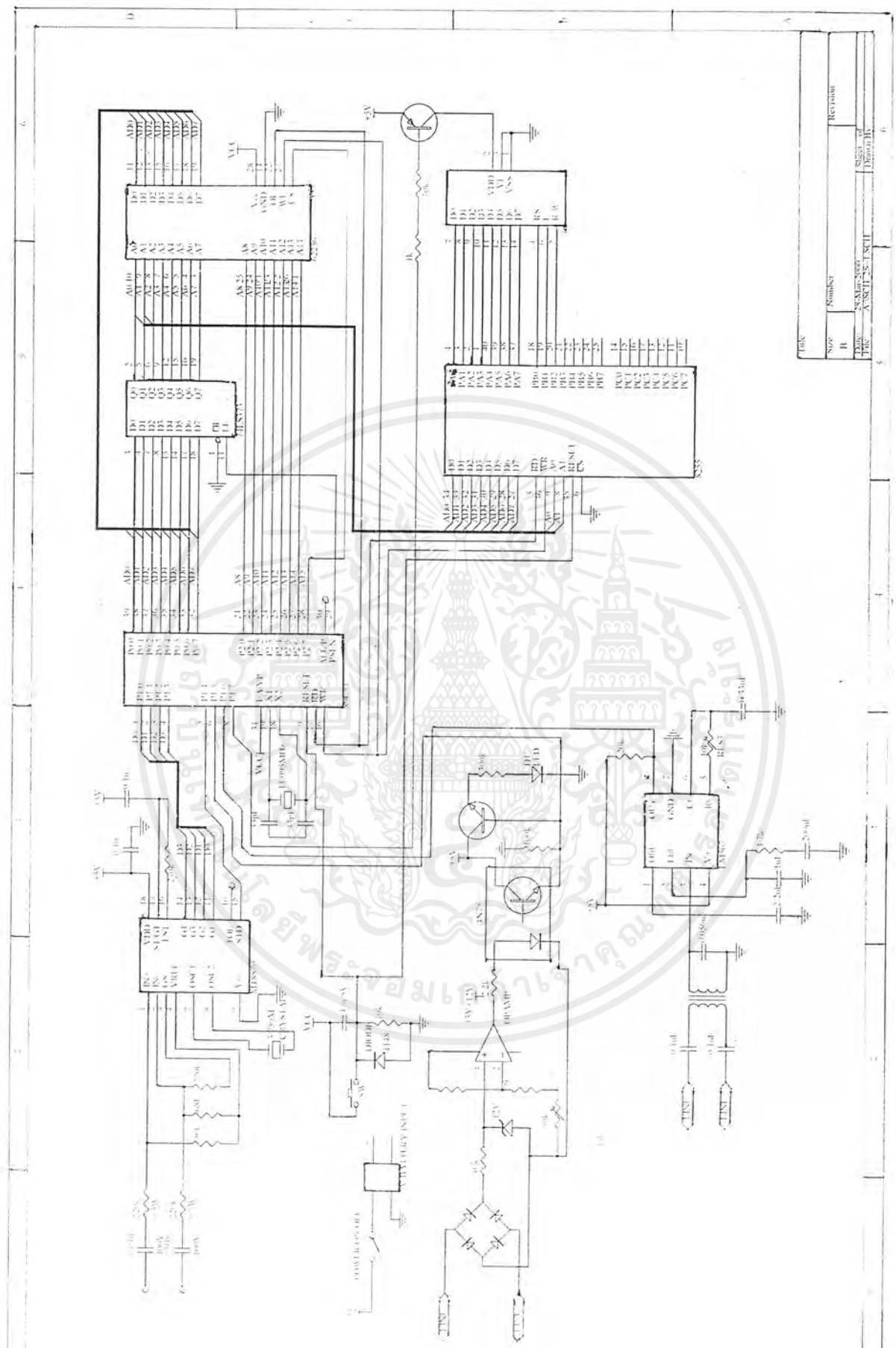
```
        LCALL   DELAY
FINISH: END
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

วงจรที่ใช้ในโครงงานเครื่องอำนวยความสะดวกในการใช้โทรศัพท์โดยการบันทึกหมายเลขและจับเวลาในการโทรออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISSUE 5 March 1997

Features

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

Applications

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

Ordering Information

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

-40 °C to +85 °C

Description

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

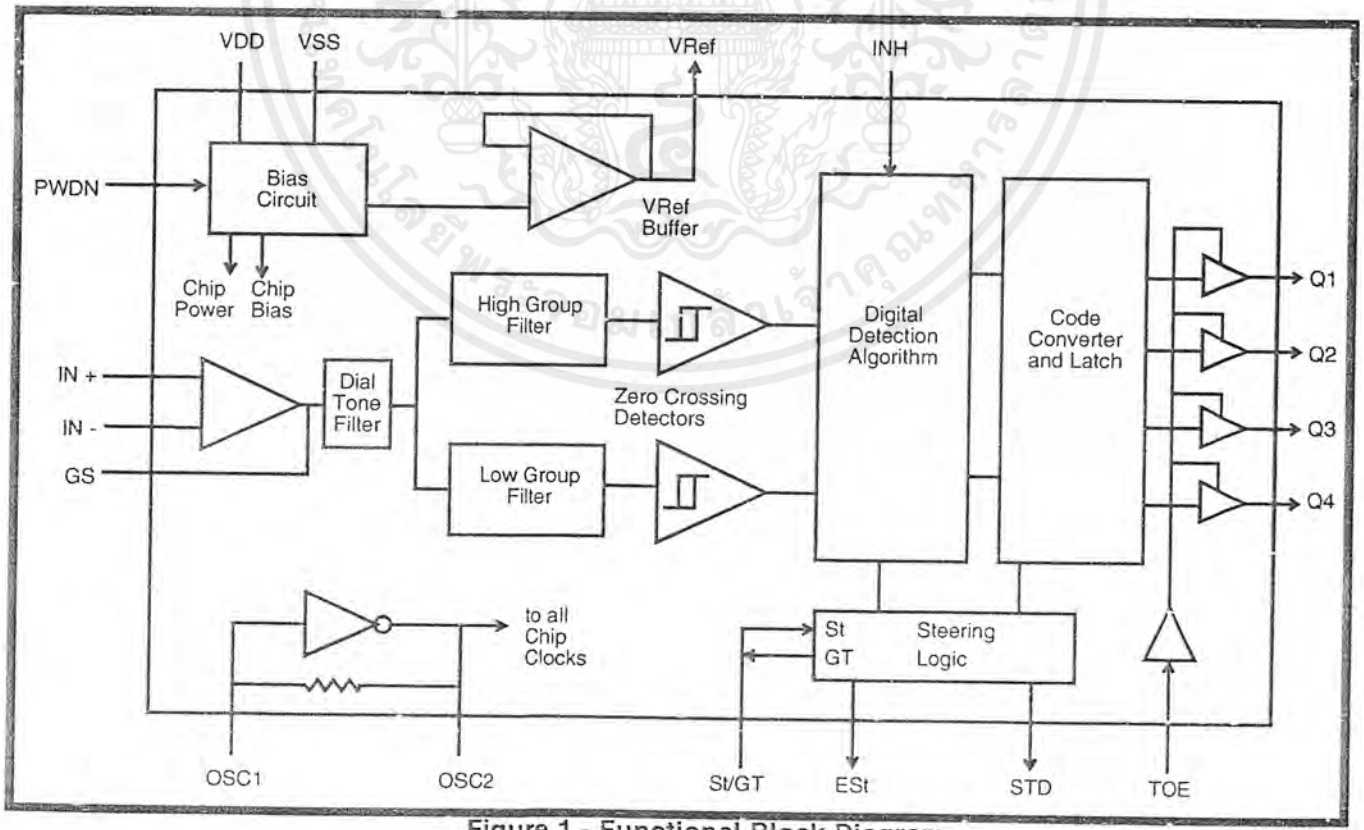


Figure 1 - Functional Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

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

Filter Section

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

Decoder Section

Following the filter section is a decoder employing digital counting techniques to determine the frequencies of the incoming tones and to verify that they correspond to standard DTMF frequencies. A complex averaging algorithm protects against tone simulation by extraneous signals such as voice while

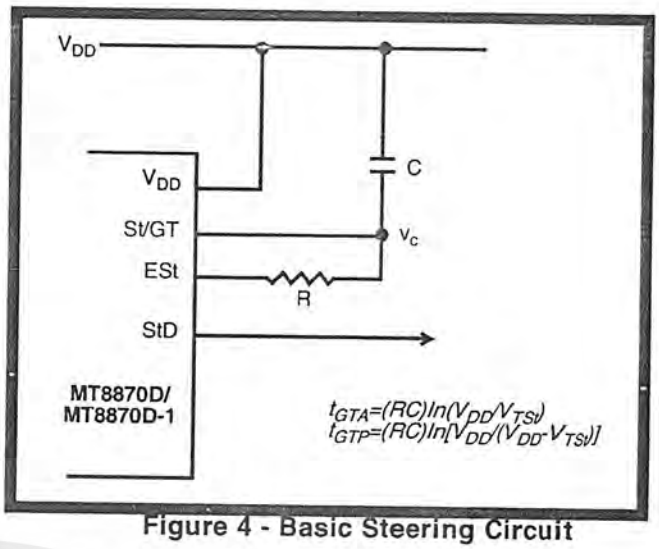


Figure 4 - Basic Steering Circuit

providing tolerance to small frequency deviations and variations. This averaging algorithm has been developed to ensure an optimum combination of immunity to talk-off and tolerance to the presence of interfering frequencies (third tones) and noise. When the detector recognizes the presence of two valid tones (this is referred to as the "signal condition" in some industry specifications) the "Early Steering" (ESt) output will go to an active state. Any subsequent loss of signal condition will cause ESt to assume an inactive state (see "Steering Circuit").

Steering Circuit

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

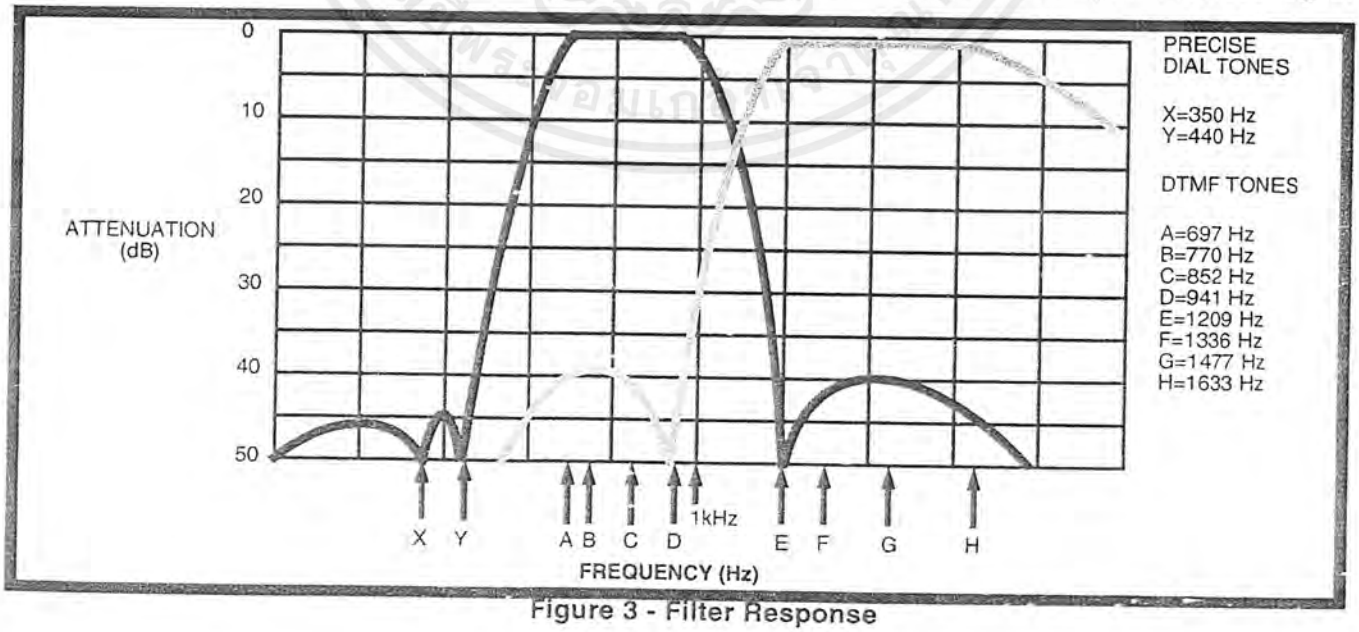


Figure 3 - Filter Response

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Applications

RECEIVER SYSTEM FOR BRITISH TELECOM SPEC POR 1151

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

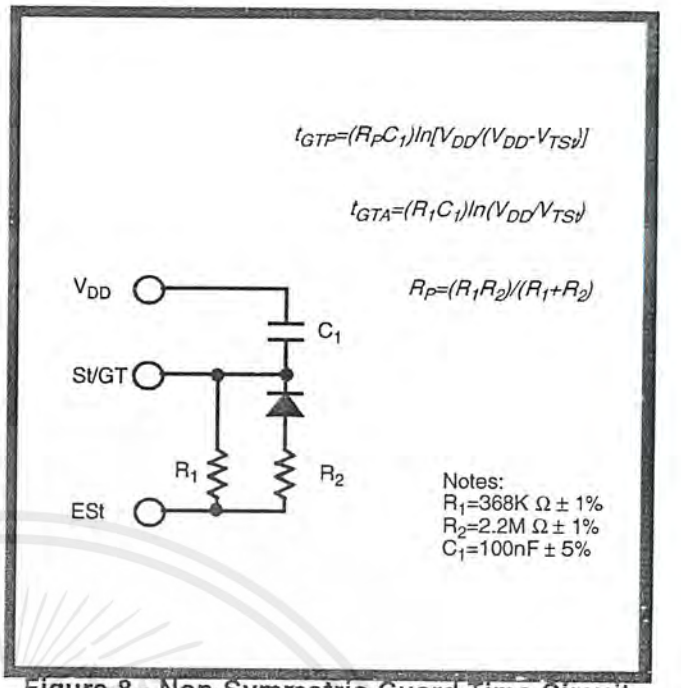


Figure 8 - Non-Symmetric Guard Time Circuit

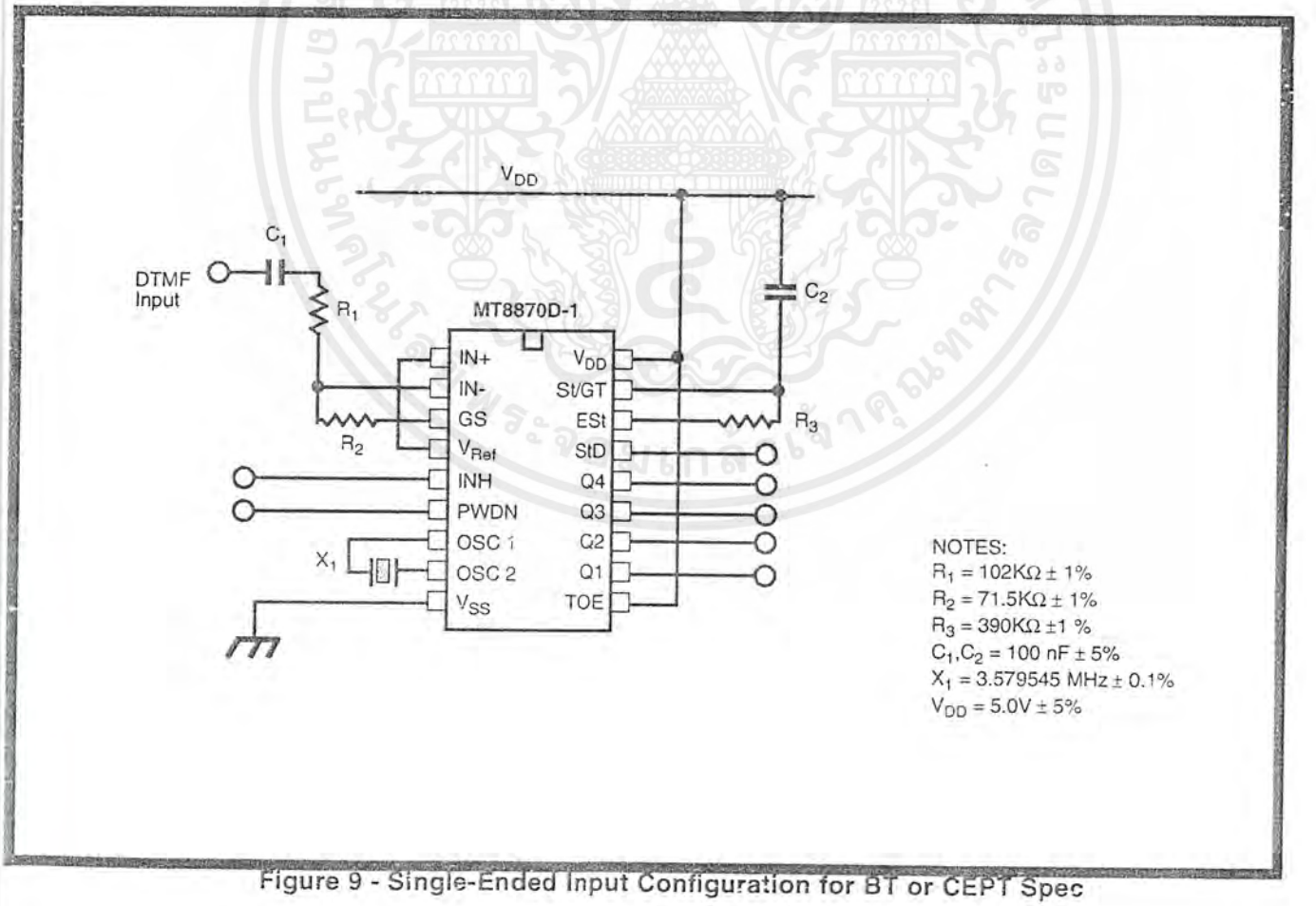


Figure 9 - Single-Ended Input Configuration for BT or CEPT Spec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

February 1995

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

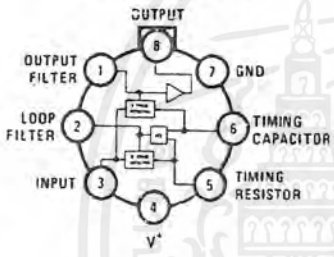
- 20 to 1 frequency range with an external resistor
- Logic compatible output with 100 mA current sinking capability
- Bandwidth adjustable from 0 to 14%
- High rejection of out of band signals and noise
- Immunity to false signals
- Highly stable center frequency
- Center frequency adjustable from 0.01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

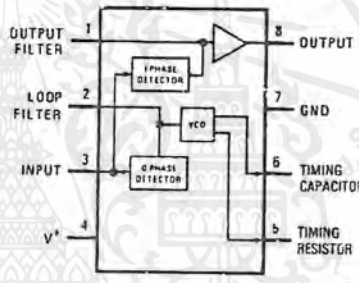


TL/H/6975–1

Top View

Order Number LM567H or LM567CH
See NS Package Number H08C

Dual-In-Line and Small Outline Packages



TL/H/6975–2

Top View

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

©1995 National Semiconductor Corporation TL/H/5975

RRD-B30M115/Printed in U. S. A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

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 1)	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, $T_A = 25°C$, $V^+ = 5V$

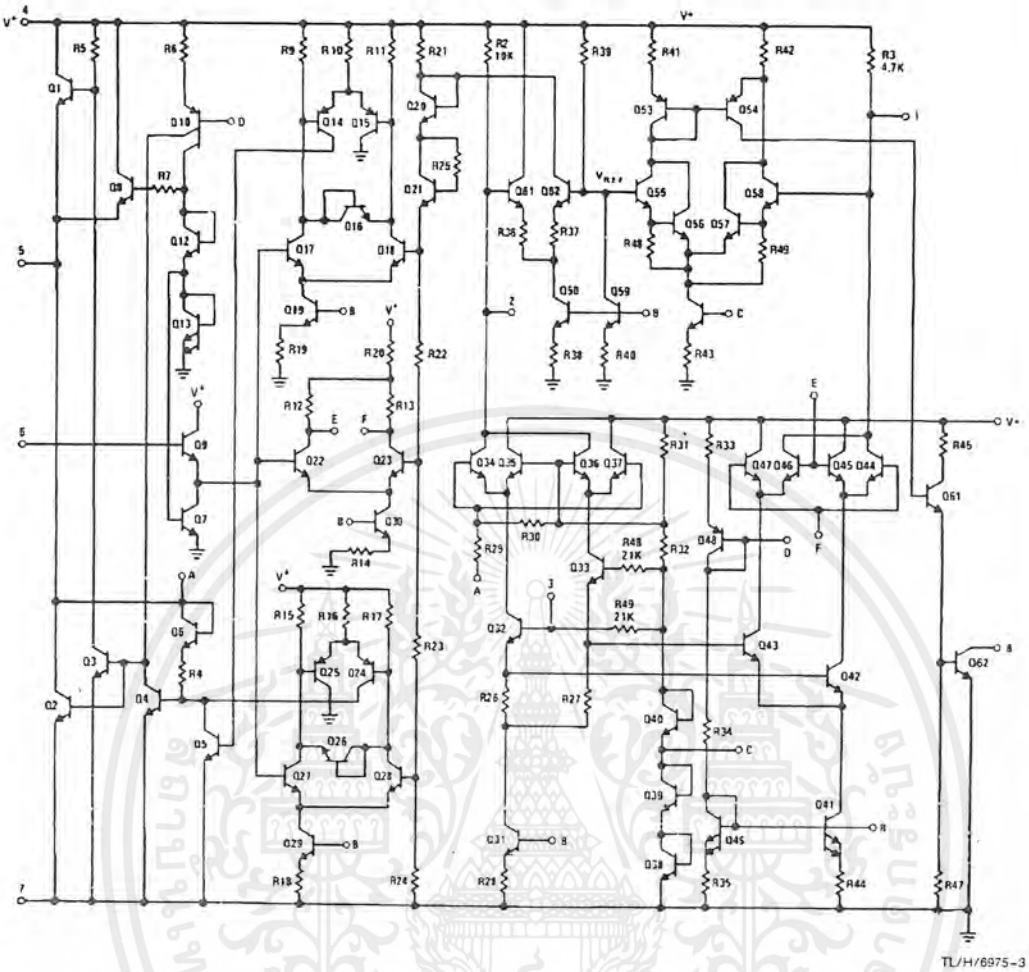
Parameters	Conditions	LM567			LM567C/LM567CM			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Power Supply Voltage Range		4.75	5.0	9.0	4.75	5.0	9.0	V
Power Supply Current Quiescent	R_L = 20k		6	8		7	10	mA
Power Supply Current Activated	R_L = 20k		11	13		12	15	mA
Input Resistance		18	20		15	20		kΩ
Smallest Detectable 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 0.8	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: 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 2: Refer to RETS567X drawing for specifications of military LM567H version.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Schematic Diagram

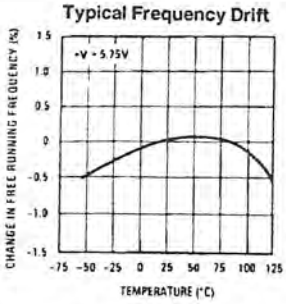


TL/H/6975–3

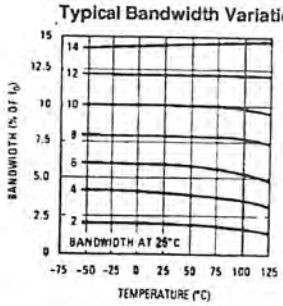
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

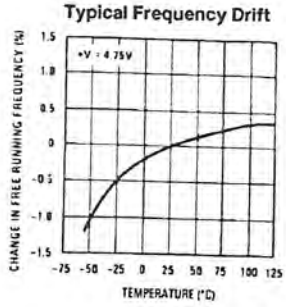
Typical Frequency Drift



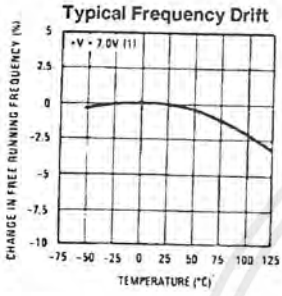
Typical Bandwidth Variation



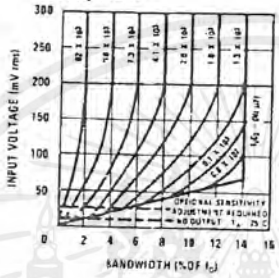
Typical Frequency Drift



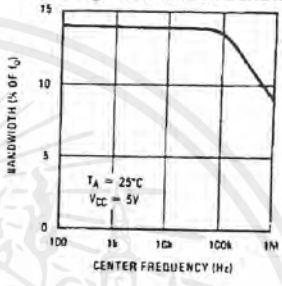
Typical Frequency Drift



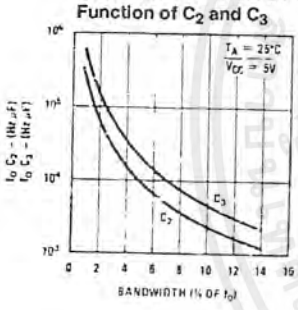
Bandwidth vs Input Signal Amplitude



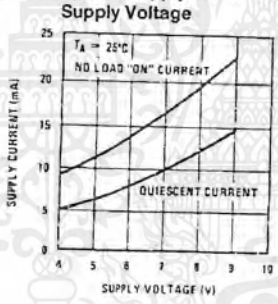
Largest Detection Bandwidth



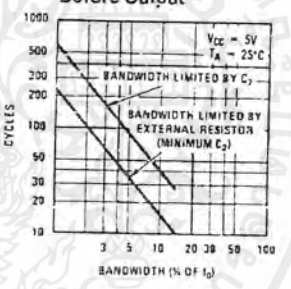
Detection Bandwidth as a Function of C_2 and C_3



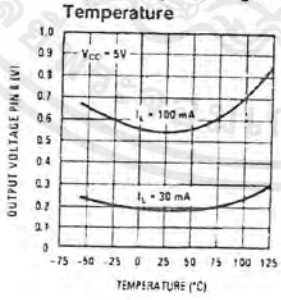
Typical Supply Current vs Supply Voltage



Greatest Number of Cycles Before Output



Typical Output Voltage vs Temperature

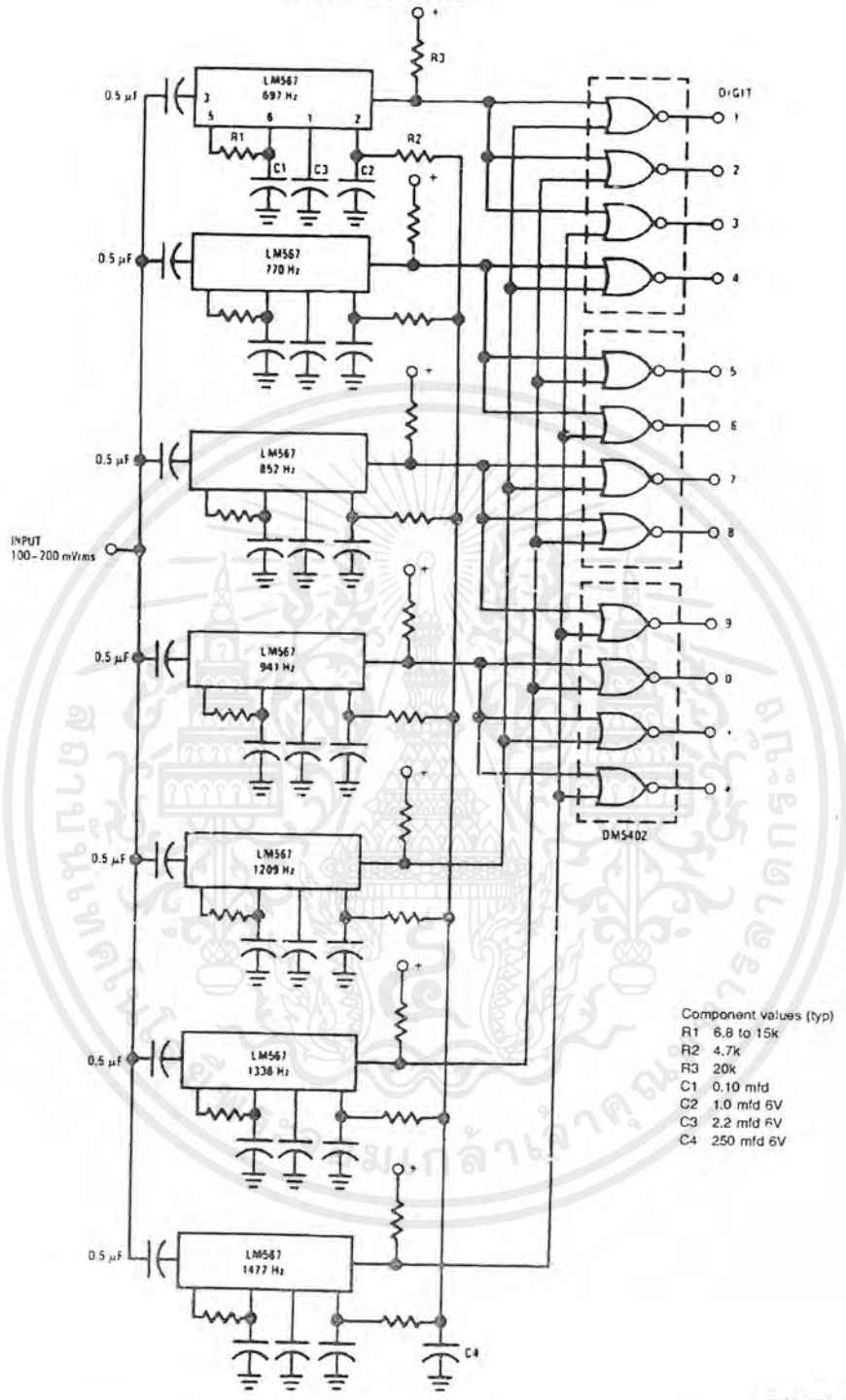


TL/H/6975–4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications

Touch-Tone Decoder



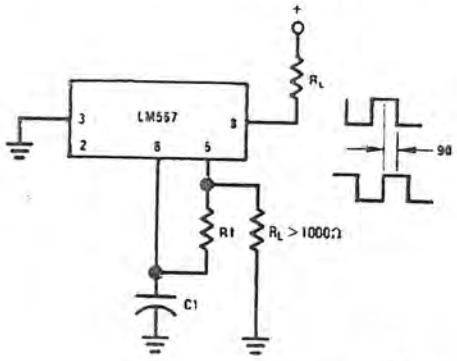
Component values (typ)
R1 6.8 to 15k
R2 4.7k
R3 20k
C1 0.10 mfd
C2 1.0 mfd 6V
C3 2.2 mfd 6V
C4 250 mfd 6V

TL/H/6975–5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

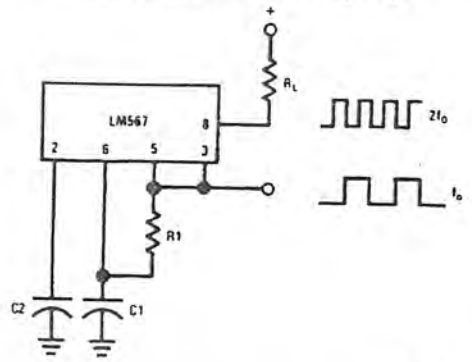
Oscillator with Quadrature Output



Connect Pin 3 to 2.8V to Invert Output

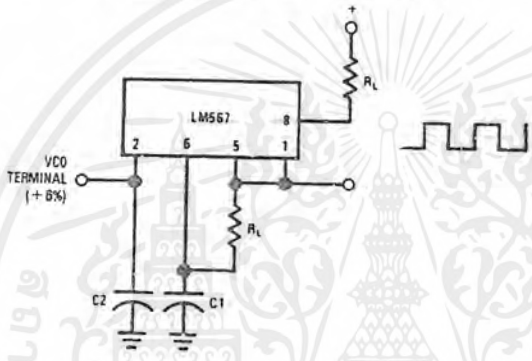
TL/H/6975–6

Oscillator with Double Frequency Output



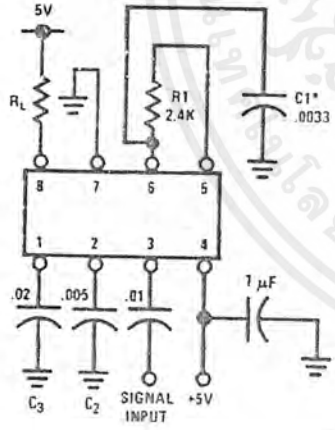
TL/H/6975–7

Precision Oscillator Drive 100 mA Loads



TL/H/6975–8

AC Test Circuit



TL/H/6975–9

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

$$f_o \approx \frac{1}{1.1\,R_1C_1}$$

The bandwidth of the filter may be found from the approximation

$$BW = 1070\sqrt{\frac{V_i}{f_oC_2}} \text{ in \% of } f_o$$

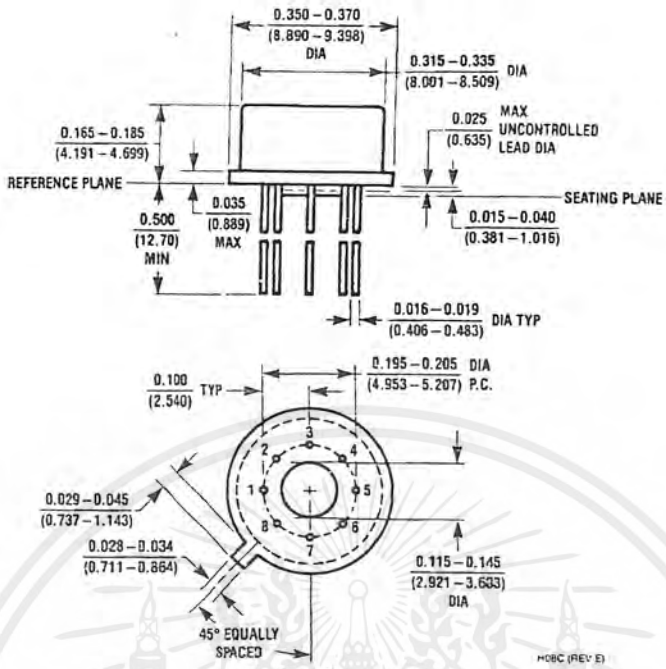
Where:

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

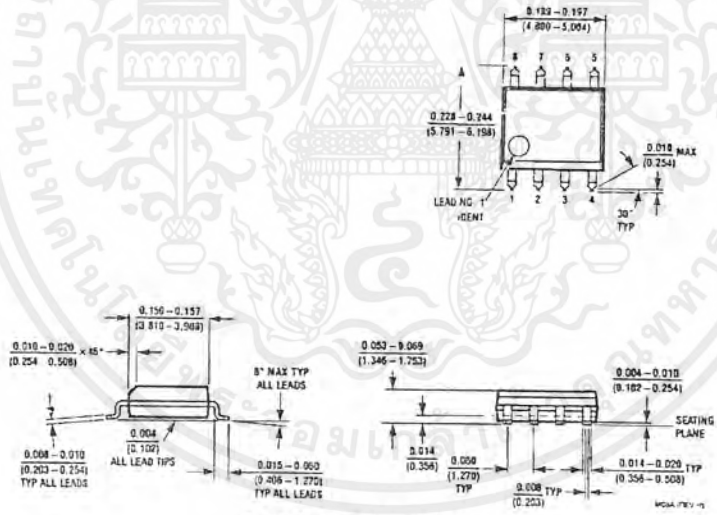
C_2 = Capacitance at Pin 2 (μF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters)



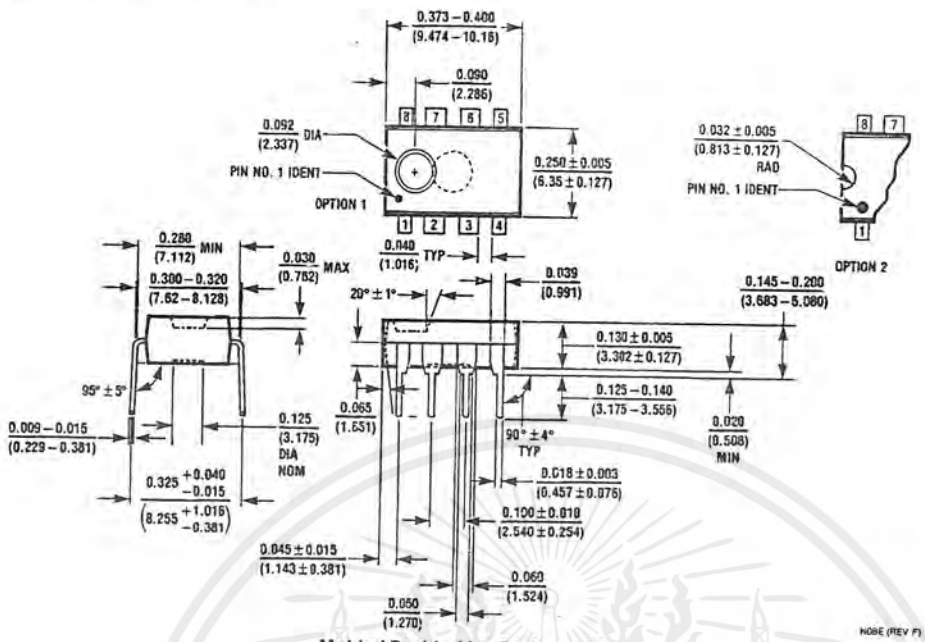
Metal Can Package (H)
Order Number LM567H or LM567CH
NS Package Number H08C



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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) (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 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
1111 West Bardin Road
Arlington, TX 76017
Tel: 1(800) 272-9959
Fax: 1(800) 737-7018

National Semiconductor Europe
Fax: (+49) 0-180-530 85 86
Email: cnjwge@tevm2.nsc.com
Deutsch Tel: (+49) 0-180-530 85 85
English Tel: (+49) 0-180-532 78 32
Français Tel: (+49) 0-180-532 93 58
Italiano Tel: (+49) 0-180-534 16 80

National Semiconductor Hong Kong Ltd.
13th Floor, Straight Block,
Ocean Centre, 5 Canton Rd.
Tsimshatsui, Kowloon
Hong Kong
Tel: (852) 2737-1600
Fax: (852) 2736-9960

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-043-299-2309
Fax: 81-043-299-2408

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

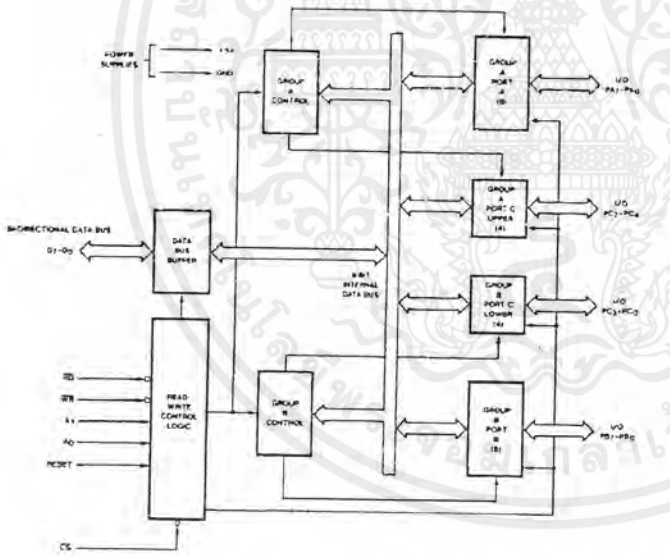
82C55A
CHMOS PROGRAMMABLE PERIPHERAL INTERFACE

- Compatible with all Intel and Most Other Microprocessors
- High Speed, "Zero Wait State" Operation with 8 MHz 8086/88 and 80186/188
- 24 Programmable I/O Pins
- Low Power CHMOS
- Completely TTL Compatible
- Control Word Read-Back Capability
- Direct Bit Set/Reset Capability
- 2.5 mA DC Drive Capability on all I/O Port Outputs
- Available in 40-Pin DIP and 44-Pin PLCC
- Available in EXPRESS
  - Standard Temperature Range
  - Extended Temperature Range

The Intel 82C55A is a high-performance, CHMOS version of the industry standard 8255A general purpose programmable I/O device which is designed for use with all Intel and most other microprocessors. It provides 24 I/O pins which may be individually programmed in 2 groups of 12 and used in 3 major modes of operation. The 82C55A is pin compatible with the NMOS 8255A and 8255A-5.

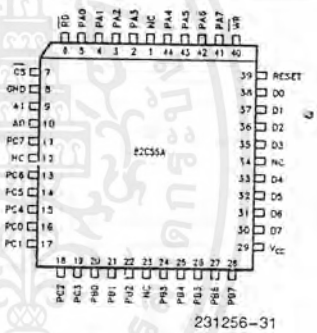
In MODE 0, each group of 12 I/O pins may be programmed in sets of 4 and 8 to be inputs or outputs. In MODE 1, each group may be programmed to have 8 lines of input or output. 3 of the remaining 4 pins are used for handshaking and interrupt control signals. MODE 2 is a strobed bi-directional bus configuration.

The 82C55A is fabricated on Intel's advanced CHMOS III technology which provides low power consumption with performance equal to or greater than the equivalent NMOS product. The 82C55A is available in 40-pin DIP and 44-pin plastic leaded chip carrier (PLCC) packages.



231256-1

Figure 1. 82C55A Block Diagram



231256-31

231256-2

Figure 2. 82C55A Pinout
Diagrams are for pin reference only. Package sizes are not to scale.

October 1995

Order Number: 231256-004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1. Pin Description

Symbol	Pin Number Dip	Pin Number PLCC	Type	Name and Function
PA_{3-0}	1–4	2–5	I/O	**PORT A, PINS 0–3:** Lower nibble of an 8-bit data output latch/buffer and an 8-bit data input latch.
$\overline{RD}$	5	6	I	**READ CONTROL:** This input is low during CPU read operations.
$\overline{CS}$	6	7	I	**CHIP SELECT:** A low on this input enables the 82C55A to respond to $\overline{RD}$ and $\overline{WR}$ signals. $\overline{RD}$ and WR are ignored otherwise.
GND	7	8		**System Ground**
A_{1-0}	8–9	9–10	I	**ADDRESS:** These input signals, in conjunction $\overline{RD}$ and $\overline{WR}$, control the selection of one of the three ports or the control word registers.

A_1	A_0	$\overline{RD}$	$\overline{WR}$	$\overline{CS}$	Input Operation (Read)
0	0	0	1	0	Port A - Data Bus
0	1	0	1	0	Port B - Data Bus
1	0	0	1	0	Port C - Data Bus
1	1	0	1	0	Control Word - Data Bus
					Output Operation (Write)
0	0	1	0	0	Data Bus - Port A
0	1	1	0	0	Data Bus - Port B
1	0	1	0	0	Data Bus - Port C
1	1	1	0	0	Data Bus - Control
					Disable Function
X	X	X	X	1	Data Bus - 3 - State
X	X	1	1	0	Data Bus - 3 - State

PC_{7-4}	10–13	11,13–15	I/O	**PORT C, PINS 4–7:** Upper nibble of an 8-bit data output latch/buffer and an 8-bit data input buffer (no latch for input). This port can be divided into two 4-bit ports under the mode control. Each 4-bit port contains a 4-bit latch and it can be used for the control signal outputs and status signal inputs in conjunction with ports A and B.
PC_{0-3}	14–17	16–19	I/O	**PORT C, PINS 0–3:** Lower nibble of Port C.
PB_{0-7}	18–25	20–22, 24–28	I/O	**PORT B, PINS 0–7:** An 8-bit data output latch/buffer and an 8-bit data input buffer.
V_{CC}	26	29		**SYSTEM POWER:** + 5V Power Supply.
D_{7-0}	27–34	30–33, 35–38	I/O	**DATA BUS:** Bi-directional, tri-state data bus lines, connected to system data bus.
RESET	35	39	I	**RESET:** A high on this input clears the control register and all ports are set to the input mode.
$\overline{WR}$	36	40	I	**WRITE CONTROL:** This input is low during CPU write operations.
PA_{7-4}	37–40	41–44	I/O	**PORT A, PINS 4–7:** Upper nibble of an 8-bit data output latch/buffer and an 8-bit data input latch.
NC		1, 12, 23, 34		No Connect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

82C55A FUNCTIONAL DESCRIPTION

General

The 82C55A is a programmable peripheral interface device designed for use in Intel microcomputer systems. Its function is that of a general purpose I/O component to interface peripheral equipment to the microcomputer system bus. The functional configuration of the 82C55A is programmed by the system software so that normally no external logic is necessary to interface peripheral devices or structures.

Data Bus Buffer

This 3-state bidirectional 8-bit buffer is used to interface the 82C55A to the system data bus. Data is transmitted or received by the buffer upon execution of input or output instructions by the CPU. Control words and status information are also transferred through the data bus buffer.

Read/Write and Control Logic

The function of this block is to manage all of the internal and external transfers of both Data and Control or Status words. It accepts inputs from the CPU Address and Control busses and in turn, issues commands to both of the Control Groups.

Group A and Group B Controls

The functional configuration of each port is programmed by the systems software. In essence, the CPU "outputs" a control word to the 82C55A. The control word contains information such as "mode", "bit set", "bit reset", etc., that initializes the functional configuration of the 82C55A.

Each of the Control blocks (Group A and Group B) accepts "commands" from the Read/Write Control Logic, receives "control words" from the internal data bus and issues the proper commands to its associated ports.

Control Group A - Port A and Port C upper (C7–C4)
Control Group B - Port B and Port C lower (C3–C0)

The control word register can be both written and read as shown in the address decode table in the pin descriptions. Figure 6 shows the control word format for both Read and Write operations. When the control word is read, bit D7 will always be a logic "1", as this implies control word mode information.

Ports A, B, and C

The 82C55A contains three 8-bit ports (A, B, and C). All can be configured in a wide variety of functional characteristics by the system software but each has its own special features or "personality" to further enhance the power and flexibility of the 82C55A.

Port A. One 8-bit data output latch/buffer and one 8-bit input latch buffer. Both "pull-up" and "pull-down" bus hold devices are present on Port A.

Port B. One 8-bit data input/output latch/buffer. Only "pull-up" bus hold devices are present on Port B.

Port C. One 8-bit data output latch/buffer and one 8-bit data input buffer (no latch for input). This port can be divided into two 4-bit ports under the mode control. Each 4-bit port contains a 4-bit latch and it can be used for the control signal outputs and status signal inputs in conjunction with ports A and B. Only "pull-up" bus hold devices are present on Port C.

See Figure 4 for the bus-hold circuit configuration for Port A, B, and C.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

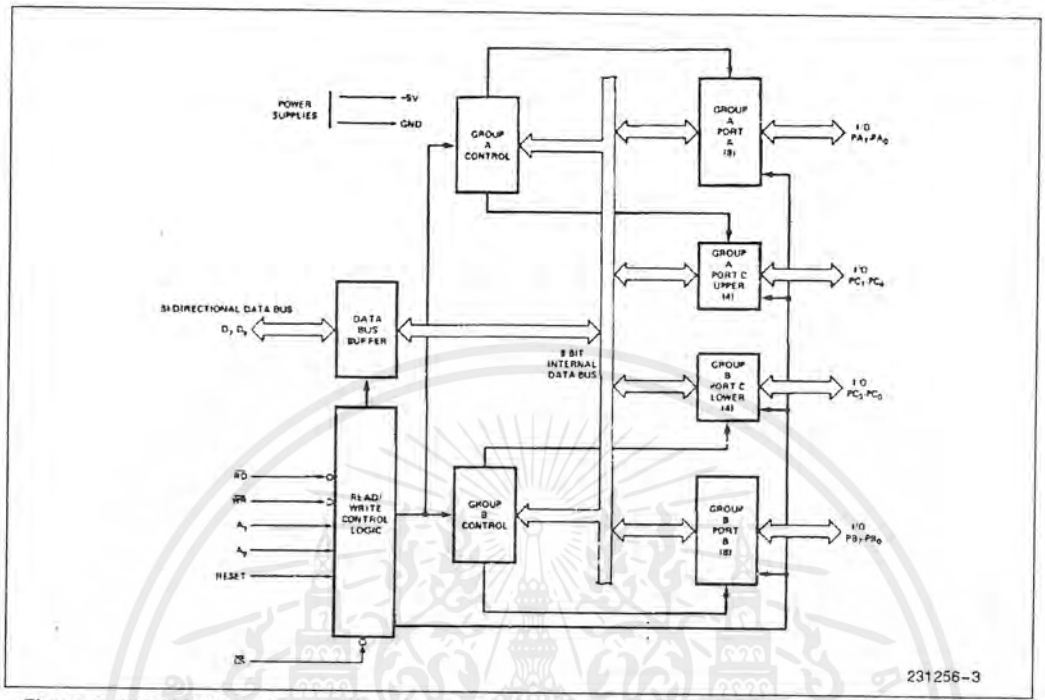
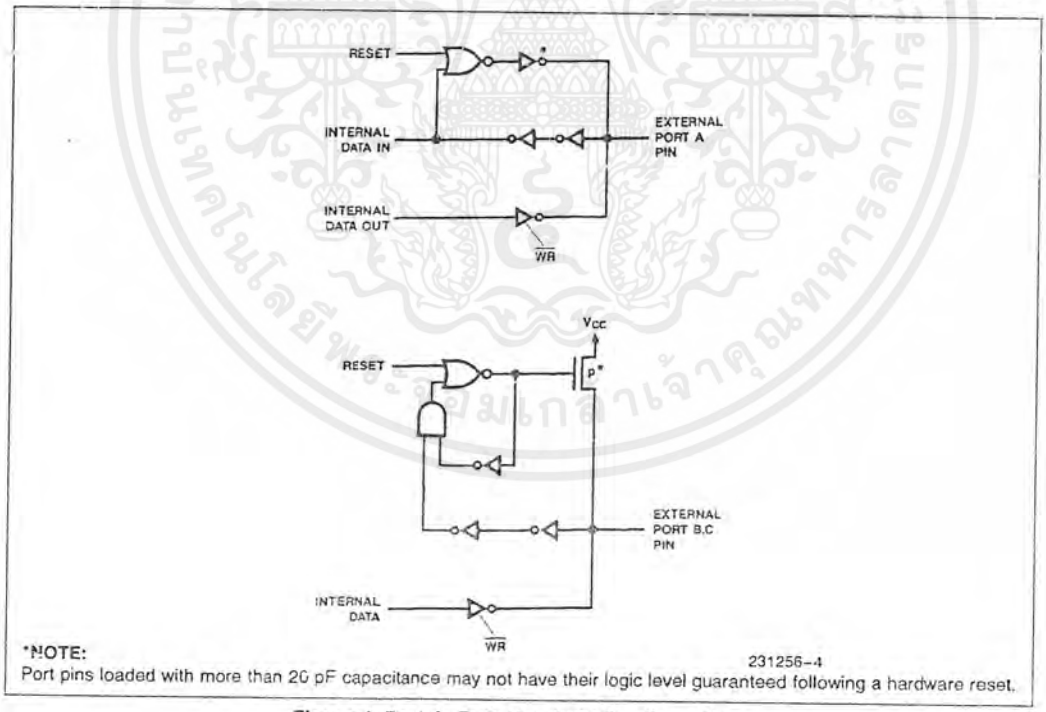


Figure 3. 82C55A Block Diagram Showing Data Bus Buffer and Read/Write Control Logic Functions



*NOTE:
Port pins loaded with more than 20 pF capacitance may not have their logic level guaranteed following a hardware reset.

Figure 4. Port A, B, C, Bus-hold Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

82C55A OPERATIONAL DESCRIPTION

Mode Selection

There are three basic modes of operation that can be selected by the system software:

Mode 0 — Basic input/output
Mode 1 — Strobed Input/output
Mode 2 — Bi-directional Bus

When the reset input goes "high" all ports will be set to the input mode with all 24 port lines held at a logic "one" level by the internal bus hold devices (see Figure 4 Note). After the reset is removed the 82C55A can remain in the input mode with no additional initialization required. This eliminates the need for pullup or pulldown devices in "all CMOS" designs. During the execution of the system program, any of the other modes may be selected by using a single output instruction. This allows a single 82C55A to service a variety of peripheral devices with a simple software maintenance routine.

The modes for Port A and Port B can be separately defined, while Port C is divided into two portions as required by the Port A and Port B definitions. All of the output registers, including the status flip-flops, will be reset whenever the mode is changed. Modes may be combined so that their functional definition can be "tailored" to almost any I/O structure. For instance; Group B can be programmed in Mode 0 to monitor simple switch closings or display computational results, Group A could be programmed in Mode 1 to monitor a keyboard or tape reader on an interrupt-driven basis.

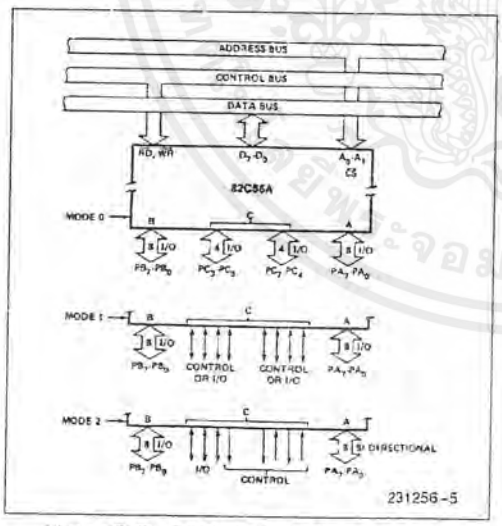


Figure 5. Basic Mode Definitions and Bus Interface

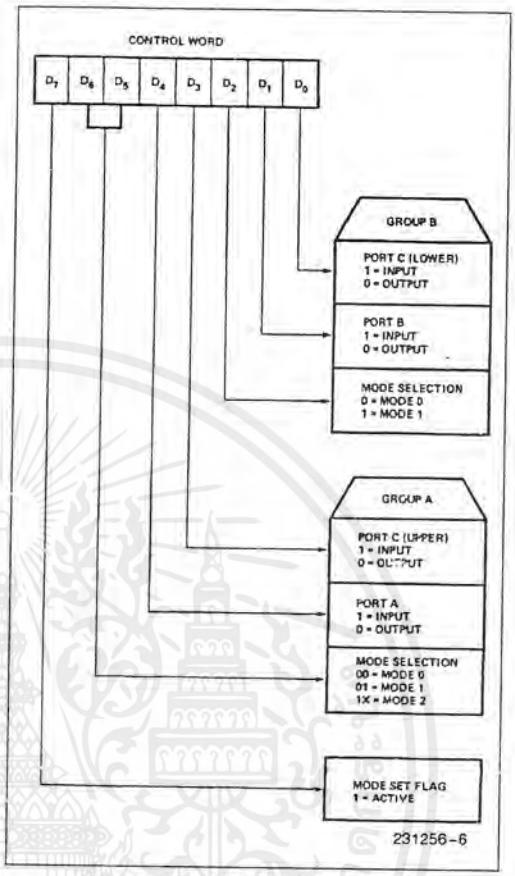


Figure 6. Mode Definition Format

The mode definitions and possible mode combinations may seem confusing at first but after a cursory review of the complete device operation a simple, logical I/O approach will surface. The design of the 82C55A has taken into account things such as efficient PC board layout, control signal definition vs PC layout and complete functional flexibility to support almost any peripheral device with no external logic. Such design represents the maximum use of the available pins.

Single Bit Set/Reset Feature

Any of the eight bits of Port C can be Set or Reset using a single OUTput instruction. This feature reduces software requirements in Control-based applications.

When Port C is being used as status/control for Port A or B, these bits can be set or reset by using the Bit Set/Reset operation just as if they were data output ports.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษฉบับนี้ คุณงามความดีขอมอบให้แก่บุคคลผู้ให้ความอนุเคราะห์ ตลอดจนแนะนำในด้านต่างๆต่อผู้จัดทำ มีดังนี้

รศ.ดร.กอบชัย เดชหาญ อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.สมยศ จุณณะปิยะ
อาจารย์พรชัยยศ ศรีปัญญาพงศ์

ตลอดจนรุ่นพี่และเพื่อนๆ ผู้ที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะต่างๆ ทั้งในด้านทางทฤษฎีและปฏิบัติในการทำงานที่ช่วยเหลือในด้านต่าง และที่ขาดเสียมิได้คือ บุพการีผู้ให้ความช่วยเหลือในด้านการเงินและกำลังใจด้วยดีตลอดมา

ผู้จัดทำ
28 มีนาคม 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

รศ.สมยศ จุณณะปิยะ , การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 :ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2541

สุนทร วิทูสุรพจน์ , การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051, ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2537

ธีรวัฒน์ ประกอบผล , การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ , สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น)

เศกสิทธิ์ คำชมภู , เครื่องถอดรหัสและแสดงผลสัญญาณ DTMF , เซมิคอนดัคเตอร์ 180 , กุมภาพันธ์ 2541 ,หน้า 148-255

วิสันติ์ อาชาเดโชพล & ADVANCED ENGINEERING GROUP,ระบบโทรศัพท์ดิจิตอล

Architectural Overview of the MCS-51 Family

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้