สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เลเซอร์กันขโมยที่รั้วบ้าน

BURGLAR ALARM

โดย

1. นางสาว ปราณีนุช นิยมศิลป์
2. นางสาว พนิฏา ก้อนทอง

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ เกียรติศักดิ์ คมวัชระ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....42327
วัน, เดือน, ปี17 พ.ค. 2545

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาระบบควบคุม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2543

ภาควิชา ระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สภาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เลเซอร์กันขโมยที่รั้วบ้าน

ผู้จัดทำ

1. นางสาวพนิฎา ก้อนทอง 40010485
2. นาวสาวปราณีนุช นิยมศิลป์ 40010445

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์เกียรติศักดิ์ คมวัชระ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลเซอร์กันขโมยที่รั้วบ้าน

นางสาวปราณีนุช นิยมศิลป์
นางสาวพนิฎา ก้อนทอง
อาจารย์ เกียรติศักดิ์ คมวัชระ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นเรื่องเลเซอร์กันขโมยที่รั้วบ้านโดยจะให้คำอธิบายในส่วนประกอบส่วนประกอบของวงจรต่างๆ อันประกอบไปด้วยวงจรตรวจจับโดยเลเซอร์ และวงจรต่างๆที่เกี่ยวกับการโทรศัพท์ ซึ่งจะทำการโทรศัพท์ออกเมื่อมีการบุกรุกผ่านเข้ามาในบริเวณที่มีเลเซอร์ตรวจจับอยู่โดยวงจรในส่วนของโทรศัพท์จะประกอบด้วย วงจรควบคุมการยกหู/วางหู วงจรสวิตช์เลือกเบอร์โทรศัพท์ วงจรเข้ารหัสความถี่คู่ วงจรตรวจจับสัญญานเรียกกลับ วงจรหน่วยความจำเสียงและวงจรจ่ายไฟ รวมทั้งแสดงการเชื่อมต่อส่วนของวงจรต่างๆกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (AT 8958252) ซึ่งนำมาควบคุมการทำงานในส่วนต่างๆของวงจรในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BURGLAR ALARM

Miss Praneenut Niyomsin

Miss Panita Konthong

Asst.Prof . Kiattisak Kumwachara

2001

Abstract

The subject of this thesis is burglar alarm it's describe about the details of curcuits these curcuits include of laser sensor system and telephone system which will call out if there's someone broken into laser sensor .These telephone system are combine of control handset , DTMF Encoder , Ring Back Tone , Voice memory and Electrical Supply. Further more this thesis show the junction between circuits and microcontroller (AT8958252) which control every parts in the system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
สารบัญ	II
สารบัญรูปภาพ	III
สารบัญตาราง	IV
บทที่1 บทนำ	1
บทที่2 ทฤษฎีพื้นฐาน หรือ หลักการ	
ทฤษฎีพื้นฐานของแสงเลเซอร์	
2.1 ชนิดของเลเซอร์	2
2.2 คุณสมบัติของแสงเลเซอร์ (Laser Beam Characteristics)	4
2.3 คุณลักษณะของแสงเลเซอร์	5
ทฤษฎีพื้นฐานของโทรศัพท์	
2.4 สัญญาณโทรศัพท์	9
2.5 การเข้ารหัสและการถอดรหัสความถี่คู่ หรือ DTMF	11
2.5.1 การเข้ารหัสความถี่ DTMF (Dual Tone Multi Frequency Encoder)	11
2.5.2 การถอดรหัสความถี่ DTMF (Dual Tone Multi Frequency Decoder)	11
2.6 ส่วนการเข้ารหัส DTMF	12
2.7 ส่วนไอซีบันทึกเสียง ISD1420	14
ไมโครคอนโทรเลอร์	
2.8 โครงสร้างของ MCS-51	21
บทที่3 หลักการทำงานและการออกแบบ	
3.1 เซ็นเซอร์ (Sensor unit)	25
3.2 ส่วนหม้อแปลง 600-600โอห์ม	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
3.3 ส่วนควบคุมการยกหู/วางหู (Control Handset)	28
3.4 ส่วนเข้ารหัสความถี่คู่ หรือ DTMF (DTMF DECODER)	28
3.5 ส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณสายไม่ว่าง (Ring Back Tone and Busy Tone)	29
3.6 ส่วนหน่วยความจำเสียง (Voice Memory)	31
3.7 ส่วนประจุแบตเตอรี่แบบอัตโนมัติ	31
3.8 ส่วนของ switch	33
3.9 ส่วนวงจรควบคุมโดยใช้ MCS-51	34
3.10 โครงสร้างทางซอฟแวร์ (SOFTWARE)	36
บทที่4 การทดลอง	
4.1 การต่อโทรศัพท์เข้ากับระบบ	37
4.2 การทดลองตรวจจับสัญญาณ Ringback Tone	37
4.3 การวัดสัญญาณ Busy Tone	38
4.4 การกำเนิดสัญญาณ ดีทีเอ็มเอฟ ออกไปยังชุมสายเพื่อติดต่อคู่สายปลายทาง	38
4.5 การทดลองเปลี่ยนแปลงข้อความเพื่อใช้แจ้งเหตุใหม่	44
4.6 การ check เซ็นเซอร์ดูว่ามีเอาท์พุตได้ออกมาตามที่ต้องการ	44
บทที่5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	45
ภาคผนวก	V
กิตติกรรมประกาศ	VI
หนังสืออ้างอิง	VII

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงความเป็นระเบียบของคลื่น 4

รูปที่ 2.2 การกระจายความเข้มของแสงเลเซอร์เป็นแบบเกาส์เซียนที่สมมาตรรอบแกน 5

รูปที่ 2.3 ลักษณะการกระจายของคลื่นแสงเลเซอร์ 6

รูปที่ 2.4 การแผ่ขยายขนาดของลำแสงเลเซอร์ 7

รูปที่ 2.5 การกระจายคลื่นของลำแสงเลเซอร์ 8

รปที่ 2.6 รูปร่างลำแสงเลเซอร์ 8

รูปที่ 2.7 ก แผนภาพแสดงระบบ DTMF 12

รูปที่ 2.7 ข แผนภาพแสดงระบบ DTMF 13

รูปที่ 2.8 แสดงชนิดของปุ่มกดและรูปสัญญาณ 14

รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะโครงสร้างภายนอกของ ISD1420 15

รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างภายในของ ISD1420 18

รูปที่ 3.1 บล็อกไดอาแกรมแสดงโครงสร้างของการทำงาน 23

รูปที่ 3.2 แสดงการจัดวาง laser และ detector 25

รูปที่ 3.3 instrument amplifier 26

รูปที่ 3.4 วงจรของตัว detector 27

รูปที่ 3.5 แสดงวงจรควบคุมการยกหู/วางหู 28

รูปที่3.6 วงจรของ DTMF โดยใช้ ไอซี MC145412 29

รูปที่ 3.7 แสดงส่วนวงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับ 30

รูปที่ 3.8 แสดงส่วนวงจรบันทึกเสียง 31

รูปที่ 3.9 แสดงส่วนวงจรประจุแบตเตอรี่แบบอัตโนมัติ 32

รูปที่ 3.10 แสดงวงจรสวิตช์เปลี่ยนเบอร์โทรศัพท์ 33

รูปที่ 3.11 แสดงส่วนของวงจรควบคุมโดยใช้ MCS-51 34

รูปที่ 3.12 แสดงการเชื่อมต่อส่วนของวงจรต่าง ๆกับ ไมโครลคอนโทรลเลอร์ 35

รูปที่ 3.13 โฟล์ชาร์ตแสดงการทำงานในโหมดของการแจ้งเหตุและเตือนภัยอัตโนมัติ 36

รูปที่4.1 แสดงลักษณะรูปสัญญาณ Ringback Tone ที่คู่สายโทรศัพท์และที่เอาท์พุทของ LM 567 37

รูปที่4.2 แสดงลักษณะรูปสัญญาณ Busy Tone ที่วัดจากคู่สายโทรศัพท์กับเอาท์พุทของ LM 567 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่4.3 แสดงลักษณะรูปคลื่นของสัญญาณเลข 0 ที่กำเนิดจาก MC 145412 ซึ่งมีความถี่ 941 เฮิรตซ์ และ 1336 เฮิรตซ์ 39

รูปที่4.4 แสดงลักษณะรูปคลื่นของสัญญาณเลข 1 ที่กำเนิดจาก MC 145412 ซึ่งมีความถี่ 697 เฮิรตซ์ และ 1209 เฮิรตซ์ 39

รูปที่4.5 แสดงลักษณะรูปคลื่นของสัญญาณเลข 2 ที่กำเนิดจาก MC 145412 ซึ่งมีความถี่ 697 เฮิรตซ์ และ 1336 เฮิรตซ์ 40

รูปที่4.6 แสดงลักษณะรูปคลื่นของสัญญาณเลข 3 ที่กำเนิดจาก MC 145412 ซึ่งมีความถี่ 697 เฮิรตซ์ และ 1477 เฮิรตซ์ 40

รูปที่4.7 แสดงลักษณะรูปคลื่นของสัญญาณเลข 4 ที่กำเนิดจาก MC 145412 ซึ่งมีความถี่ 770 เฮิรตซ์ และ 1209 เฮิรตซ์ 41

รูปที่4.8 แสดงลักษณะรูปคลื่นของสัญญาณเลข 5 ที่กำเนิดจาก MC 145412 ซึ่งมีความถี่ 770 เฮิรตซ์ และ 1336 เฮิรตซ์ 41

รูปที่4.9 แสดงลักษณะรูปคลื่นของสัญญาณเลข 6 ที่กำเนิดจาก MC 145412 ซึ่งมีความถี่ 770 เฮิรตซ์ และ 1477 เฮิรตซ์ 42

รูปที่4.10 แสดงลักษณะรูปคลื่นของสัญญาณเลข 7 ที่กำเนิดจาก MC 145412 ซึ่งมีความถี่ 852 เฮิรตซ์ และ 1209 เฮิรตซ์ 42

รูปที่4.11 แสดงลักษณะรูปคลื่นของสัญญาณเลข 8 ที่กำเนิดจาก MC 145412 ซึ่งมีความถี่ 852 เฮิรตซ์ และ 1336 เฮิรตซ์ 43

รูปที่4.12 แสดงลักษณะรูปคลื่นของสัญญาณเลข 9 ที่กำเนิดจาก MC 145412 ซึ่งมีความถี่ 852 เฮิรตซ์ และ 1477 เฮิรตซ์ 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ลักษณะต่างๆที่ใช้แจ้งสถานะการใช้งานของโทรศัพท์	10
ตารางที่ 2.2 แสดงระดับสัญญาณระหว่างคู่สายในช่วงเวลาต่างๆ	10
ตารางที่ 2.3 แสดงความถี่ระบบ DTMF	11
ตารางที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของตระกูล ISD1420	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในสภาพปัจจุบันสังคมเป็นตัวบีบบังคับให้เราต้องออกไปทำงานหรือเรียนหนังสือ ใช้ชีวิตประจำวันในแต่ละวันอยู่นอกบ้าน อันเป็นการเปิดโอกาสให้โจรเข้ามาโจรกรรมทรัพย์สินภายในบ้านโดยที่เราไม่มีโอกาสจะทราบได้ล่วงหน้าหรือเท่าทันเหตุการณ์ แต่จากความก้าวหน้าทางการสื่อสารและเทคโนโลยี ทำให้มีการนำเอาโทรศัพท์มาประยุกต์เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการแจ้งเหตุเตือนภัยอัตโนมัติในกรณีที่เราไม่อยู่บ้าน จึงเป็นที่มาของโครงงานนี้นั่นเอง

โครงงานนี้เป็นโครงงานเพื่อการแจ้งเหตุเตือนภัยทางโทรศัพท์โดยอัตโนมัติ เป็นในกรณีทดสอบสำหรับการโจรกรรมทรัพย์สินภายในบ้านเท่านั้น โดยจะมีการติดตั้งเซ็นเซอร์ไว้ เมื่อมีโจรลอบเข้ามาส่วนตรวจจับก็จะทำงานส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการแจ้งเหตุและส่งข้อความแจ้งเหตุและเตือนภัยไปยังหมายเลขเครื่องโทรศัพท์ที่ได้กำหนดไว้ รวมถึงสามารถส่งการเตือนภัยทางหมายเลขเพจเจอร์ที่ได้ทำการบันทึกหมายเลขไว้ด้วย โดยใช้การส่งเป็นรหัสตัวเลข ซึ่งหมายเลขโทรศัพท์, เพจเจอร์, รหัสและข้อความนี้สามารถเปลี่ยนแปลงและบันทึกไว้ล่วงหน้าได้ อีกทั้งระบบนี้ยังสามารถนำไปใช้ได้ทั้งกับโทรศัพท์ในบ้านและอาคารสำนักงานที่ต้องการตัดเบอร์โทรออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี หรือ หลักการ

Laser

บทนำ

เลเซอร์ (Laser) เป็นลำแสงชนิดหนึ่งซึ่งมีความพิเศษแตกต่างไปจากแสงธรรมดาทั่วไปที่เรารู้จักกันหรือมองเห็น เนื่องจากแสงเลเซอร์จะเป็นแสงความถี่เดียวซึ่งมีสีเพียงสีเดียวแตกต่างกันไปจากสีอื่นๆเช่นแสงสีขาวจากดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นแสงสีที่ประกอบไปด้วยแสงสีหลายความถี่ที่ไม่เป็นจังหวะต่อเนื่องกันรวมกันอยู่เกิดเป็นผลรวมคือ แสงสีขาวที่ตาเรามองเห็นและมีลักษณะการแพร่กระจายแตกแยกออกไปทุกทิศทาง ส่วนลำแสงเลเซอร์นั้นจะพุ่งเป็นลำขนานกันไปเกือบทั้งหมดโดยความยาวคลื่นแสงจะมีค่าเท่ากันและได้จังหวะกันทั้งหมด จึงเป็นการเสริมกำลังรวมกันได้เป็นค่าความสว่างมากที่สุดกว่าทุกแสงที่เรารู้จัก และยังสามารถส่งแสงได้เป็นระยะไกล

โดยคำว่า Laser เป็นคำย่อมาจาก light amplification by Stimulated Emission of Radiation ซึ่งมีความหมายว่าเป็นแสงที่ได้จากการขยายอณูของแสงหรือโฟตอน (photon) ด้วยการกระตุ้นให้เกิดการแผ่รังสีออกมา

เลเซอร์ คือ ผลิตภัณฑ์ที่สร้างจากสารซึ่งให้แสงออกมาเมื่อได้รับการกระตุ้นจากแหล่งพลังงาน

2.1 ชนิดของเลเซอร์

เลเซอร์สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งจากของแข็งและของเหลว และ แก๊สอื่นๆอีกหลายชนิดวิธีการกระตุ้นสารให้เกิดแสงเลเซอร์มีหลายวิธี อาจจะเป็นการใช้ไฟฟ้า แสง ปฏิกิริยาเคมี หรือใช้แสงเลเซอร์ ดังนั้นเราสามารถเลือกใช้เลเซอร์ให้เหมาะสมกับการใช้งานแต่ละชนิดได้ ซึ่งชนิดของเลเซอร์มีดังต่อไปนี้

2.1.1 เลเซอร์แก๊ส (Gas Laser)

การกระตุ้นแก๊สให้เกิดแสงเลเซอร์มักจะทำโดยการกระตุ้นโดยใช้กระแสไฟฟ้า โดยที่เลเซอร์ที่นิยมใช้มากก็เป็นเลเซอร์ที่ใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (Co) ซึ่งเรียกว่าคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ และที่พบบ่อยคือฮีเลียมนีออนเลเซอร์เป็นเครื่องที่ให้ลำแสงสีแดง พลังงานต่ำ ขนาดเล็ก อาร์กอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Ar) เลเซอร์ใช้กันมากทางการแพทย์ รวมทั้งเลเซอร์ จาก คริปตอน (Krypton, Kr) ทอง (Gold,Au) และทองแดง(Copper,Cu) ในสภาวะเป็นไอ

2.1.2 **เลเซอร์สี** (Dye Lasers)

เลเซอร์ชนิดนี้ทำมาจากของเหลวที่มีสีย้อมบางชนิดปนอยู่ เมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสงธรรมดาที่มีความเข้มข้นสูงมาก หรือแสงเลเซอร์ ก็จะปล่อยแสงเลเซอร์ออกมา ข้อดีของแสงชนิดนี้คือทำให้ได้ลำแสงที่มีความยาวคลื่นต่างๆกันทั้งนี้เพราะอะตอมในสภาวะเร้าของของเหลวให้แสงที่มีความยาวคลื่นกว้างเครื่องเลเซอร์ชนิดนี้จะมีปริซึมช่วยขยายแสง เลเซอร์ให้มีความยาวคลื่นแคบลง ดังนี้เราสามารถปรับเลือกใช้ความยาวคลื่นที่ต้องการได้

2.1.3 **เซมิคอนดักเตอร์เลเซอร์ชิป** (Semiconductor Lasers Chip)

เป็นเครื่องขนาดเล็กมาก ทำจากวัสดุของแข็งชิ้นเล็กๆ เรียกว่าเซมิคอนดักเตอร์ (สารกึ่งตัวนำ) เมื่อถูกกระตุ้น โดยกระแสไฟฟ้าเลเซอร์ชิป จะปล่อยแสงลำเล็กๆออกมา

2.1.4 **เลเซอร์ของแข็ง** (Solid Lasers)

ทำจากแท่งของแข็งซึ่งโปร่งแสงเช่น แท่งทับทิมสังเคราะห์และมรกตสังเคราะห์เครื่องเลเซอร์ประเภทนี้ได้แก่ Nd-Yag (Neodymium-yttrium-aluminium-garnet) และ Nd glass (Neodymium in glass) ใช้ในอุตสาหกรรมเพื่อการตัด การเจาะ และการตัดลวดลาย

2.1.5 **เลเซอร์เคมี** (Chemical Lasers)

เมื่อผสมสารเคมีบางชนิดเข้าด้วยกัน จะทำให้เกิดปฏิกิริยาอย่างรุนแรงให้ความร้อนออกมาในปริมาณมาก ความร้อนนี้สามารถนำไปกระตุ้นอะตอมขของสารเคมีให้ปล่อยเลเซอร์ออกมา ตัวอย่างเช่นปฏิกิริยาของไฮโดรเจนและฟลูออรีน ให้แก๊สไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF) ในสภาวะเร้าลำแสงเลเซอร์ เลเซอร์อื่นๆที่ใช้หลักการเดียวกันได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ (Co) ไฮโดรเจนโบรไมด์ (HBr) และไฮโดรเจนไซยาไนด์ (HCN) เลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 คุณสมบัติของแสงเลเซอร์ (Laser Beam Characteristics)

แสงเลเซอร์มีคุณสมบัติหลายประการที่แตกต่างจากแสงธรรมดาทั่วไปซึ่งมีดังนี้

2.2.1. มีความเป็นโคฮีเรนต์ (Coherent)

โคฮีเรนต์ (Coherent) คือความเป็นระเบียบของคลื่น ซึ่งอธิบายได้ว่าคลื่นจะเคลื่อนที่ไปในทางเดียวกัน มีเฟสเหมือนกันตลอดหน้าคลื่น ดังรูปที่ 2.1 แสงเลเซอร์เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความเป็นระเบียบสูง หรือมีความเป็นโคฮีเรนต์สูง คลื่นที่เป็นระเบียบจะทำให้พลังงานตกกระทบสูงเนื่องจากโมเมนตัมของโฟตอนแต่ละตัวเสริมกันในทิศทางเดียวกัน เปรียบได้ว่าเมื่อแสงเลเซอร์ตกระทบพื้นผิววัสดุ โฟตอนจะเข้ากระทบพร้อมเพรียงกัน

(ก) คลื่นที่มีความเป็นโคฮีเรนต์ (ข)คลื่นที่ไม่มีมีความเป็นโคฮีเรนต์

รูปที่ 2.1 แสดงความเป็นระเบียบของคลื่น

2.2. 2. แสงสีเดียว (Monochromaticity)

แสงเลเซอร์คือแสงที่มีความบริสุทธิ์สูง คือมีแบนวิดท์แคบ สาเหตุเกิดจากขบวนการเกิดของเลเซอร์เกิดจากการปล่อยโดยการกระตุ้นระหว่างชั้นพลังงาน 2 ชั้นซึ่งมีค่าความแตกต่างของชั้นพลังงาน $\triangle E$ ที่แน่นอนคงที่ความถี่ของแสงเลเซอร์มีค่า $v = \triangle E / h$ จึงมีค่าแน่นอนตามไปด้วย ส่วนแสงสีขาวนั้นได้จากแหล่งกำเนิดดวงอาทิตย์หรือหลอดไฟที่มีช่วงสเปกตรัมจากช่วงอินฟาเรดถึงอุลตร้าไวโอเลต ตั้งแต่ประมาณ 300 GHz หรือความยาวคลื่น

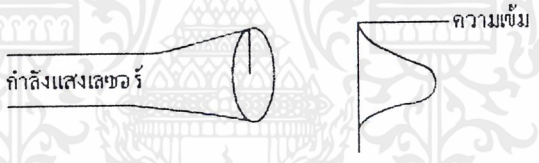
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

100 μ m จนถึง 6,000,000 GHz หรือความยาวคลื่น 0.05 μ m ถ้าพิจารณาการแผ่ของคลื่นความยาวจะได้ $\triangle\lambda$ = 100 μm – 0.05 μ m = 99.95 μm ในขณะที่เลเซอร์ทับทิมมีค่า $\triangle\lambda$ ประมาณ 0.001 μ m

ตามปรกติแล้วความบริสุทธิ์ของแหล่งกำเนิดแสงพิจารณาในรูปของสเปคตรัมแบนวิดท์สัมพัทธ์ (Relative Spectral Bandwidth) คือ $\triangle\lambda$ / λ_0 เมื่อ λ_0 คือความยาวคลื่นกลางของแหล่งกำเนิดแสง (Center Wave Length)

2.2 .3. ความเข้มภาคตัดขวางมีการกระจายเป็นแบบเกาส์เซียน

ความเข้มภาคตัดขวางของแสงเลเซอร์จะมีการกระจายเป็นลักษณะเส้นโค้งแบบเกาส์เซียนที่สมมาตรรอบแกน



รูปที่ 2.2 การกระจายความเข้มของแสงเลเซอร์เป็นแบบเกาส์เซียนที่สมมาตรรอบแกน

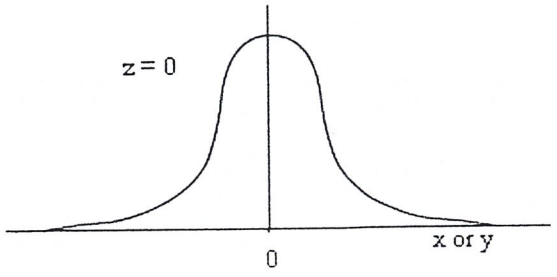
2.3 คุณลักษณะของแสงเลเซอร์

การที่แสงเลเซอร์เป็นโคฮีเรนต์ทำให้ลำแสงมีลักษณะเป็นลำแสงที่ขนานกัน คือมีหน้าคลื่นตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ ซึ่งลำแสงเลเซอร์นั้นมีคุณลักษณะที่น่าสนใจดังนี้

2.3.1. ความเข้มของลำแสง (Intensity Profile)

พิจารณาลำแสงเลเซอร์ที่เดินทางในอากาศ ลักษณะการกระจายของคลื่นแสงจะเป็นการกระจายแบบเกาส์เซียน (Gaussian Distribution) แสดงดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ลักษณะการกระจายของคลื่นแสงเลเซอร์

พิจารณาสมการ

$$I(x) = I_o \exp[-2(r/w)^2]$$

ถ้า r = w จะได้

$$I(r = w) = I_o \exp[-2] = I_o / e^2$$

เมื่อ

I_o = ค่าความเข้มของแสงสูงสุด (Maximum Intensity) [watt/A]

$I(x)$ = ค่าความเข้มที่จุด x ใดๆ [watt/A]

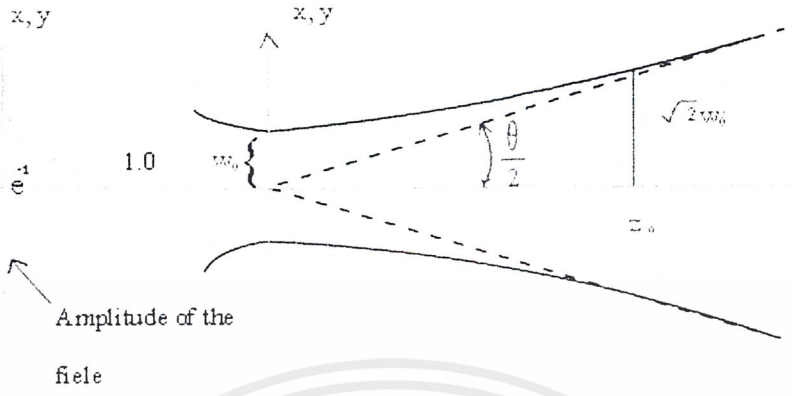
r = รัศมีของลำแสงเลเซอร์ที่จุด x ใดๆ [เมตร]

w = ความกว้างของลำแสงเลเซอร์ [เมตร]

2.3.2. ความกว้างของลำแสง (Beam Radius)

พิจารณาลำแสงของเลเซอร์ที่เดินทางในอากาศ เมื่อพิจารณาลำแสงในแนวด้านข้างของลำแสงเป็นรูปแสดงการแผ่ขยายขนาดของลำแสงเลเซอร์ ดังรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.4 การแผ่ขยายขนาดของลำแสงเลเซอร์

พิจารณาสมการ การหาค่าความกว้างของลำแสงเลเซอร์ที่จุด z ใดๆ จะได้

$$w(z) = w_o [1+(z\lambda / \pi w_o^2)]^{1/2}$$

เมื่อ

w_o = beam waist คือ ส่วนที่แคบที่สุดของลำแสงเลเซอร์ [เมตร]

$w(z)$ = beam radius ของลำแสงเลเซอร์ที่ระยะทาง z ใดๆ [เมตร]

z = ระยะห่างระหว่างจุดที่แคบสุดของลำแสงเลเซอร์ถึงจุดใดๆ [เมตร]

λ = ค่าความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์ [เมตร]

จากรูปที่ 2.4 พิจารณามุมของการกระจาย (Beam Divergence)

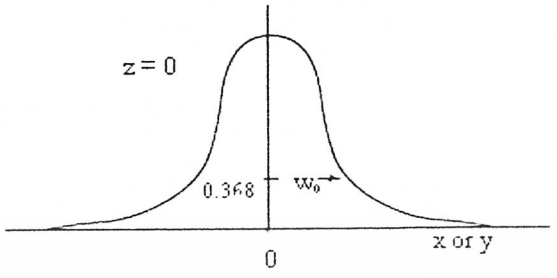
$$\theta = \lambda / \pi w_o$$

เมื่อ θ = มุมของการกระจายของลำแสงที่จุด z ใดๆ

2.3.3 **กำลังของแสง** (Power profile)

พิจารณารูปการกระจายคลื่นของลำแสงเลเซอร์ ดังรูปที่ 2.5 ค่าความเข้มของแสงมีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 การกระจายคลื่นของลำแสงเลเซอร์

พิจารณาหาค่ากำลังของลำแสงได้จากสมการ ดังต่อไปนี้

$$P = I/2.A$$

เมื่อ P = กำลังของลำแสงเลเซอร์ [วัตต์]

I/2 = ค่าความเข้มเฉลี่ยของลำแสงเลเซอร์ [วัตต์/ตารางพื้นที่]

A = ขนาดของพื้นที่ของลำแสงเลเซอร์ [ตารางพื้นที่]

พิจารณาลำแสงเลเซอร์จะมีรูปร่างเป็นวงกลม ดังรูปที่ 2.6

รปที่ 2.6 รูปร่างลำแสงเลเซอร์

ดังนั้น พื้นที่ของลำแสงเลเซอร์เท่ากับ $¶w^2$

ดังนั้นจะได้ค่ากำลังของลำแสงเลเซอร์เท่ากับ $P = I/2. ¶w^2$ วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีพื้นฐานของโทรศัพท์

2.4 สัญญาณโทรศัพท์

ปัจจุบันการติดต่อสื่อสารเข้ามามีบทบาทอย่างมาก ในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะโทรศัพท์ เครื่องโทรศัพท์ที่เห็นอยู่ทั่วๆไป โดยมากจะเป็นแบบกดปุ่ม ซึ่งปุ่มแต่ล่ะปุ่มจะมีความถี่เพื่อส่งไปให้ชุมสายโทรศัพท์ 2 ความถี่ หรือที่เรียกว่าสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ(DualToneMultiFrequency:DTMF)

สัญญาณต่างๆที่ชุมสายโทรศัพท์ส่งมายังเครื่องโทรศัพท์นั้น จะเป็นสัญญาณที่บอกให้ผู้ใช้โทรศัพท์รู้ว่าสถาณะของโทรศัพท์นั้นอยู่ในสภาวะการใช้งานแบบใด แบ่งออกได้เป็น

1. สัญญาณพร้อมให้หมุน(Dial Tone) เป็นสัญญาณที่แจ้งไปยังผู้ใช้โทรศัพท์เพื่อบอกให้รู้ว่าอุปกรณ์ต่างๆในชุมสายพร้อมที่จะติดต่อให้กับผู้ใช้โทรศัพท์ สัญญาณ Dial Tone นี้เป็นสัญญาณต่อเนื่องที่ความถี่ 350Hz มอดูเลตด้วยความถี่ 440 Hz
2. สัญญาณแจ้งสายว่าง(Ringback Tone) เป็นสัญญาณที่บอกให้ผู้เรียกใช้โทรศัพท์รู้ว่าสายของผู้ที่ถูกเรียก ว่าง และกำลังทำการเรียกอยู่ โดยที่สัญญาณ Ringback Tone นี้จะเป็นสัญญาณซายน์เวฟที่ดัง 2 วินาทีและเงียบ 4 วินาที
3. สัญญาณกระดิ่ง(Ringing Tone) เป็นสัญญาณที่ทางชุมสายส่งไปยังเครื่องของผู้รับเพื่อบอกให้รู้ว่ามีการติดต่อมา โดยที่สัญญาณ Ringing Tone นี้จะเป็นสัญญาณที่มีความถี่ 440Hz มอดูเลตกับ 480Hz 110 โวลท์ ดัง 2 วินาที เงียบ 4 วินาที
4. สัญญาณสายไม่ว่าง(Busy Tone) เป็นสัญญาณที่บอกให้ผู้เรียกรู้ว่าในขณะนี้ไม่สามารถติดต่อกับเลขหมายที่เรียกได้ สัญญาณ Busy Tone นี้จะเป็นสัญญาณที่มีความถี่ 440Hz มอดูเลตกับ6200Hz ดัง 0.5 วินาที เงียบ 0.5 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ลักษณะต่างๆที่ใช้แจ้งสถานะการใช้งานของโทรศัพท์

ชนิดของสัญญาณ	การส่งสัญญาณ	ความถี่
สัญญาณพร้อมให้หมุน	ต่อเนื่องไม่ขาดหาย	350Hz มอดูเลตกับ 425Hz
สัญญาณเรียกกลับ	ดัง 2 วินาทีเงียบ 4 วินาที	425Hz
สัญญาณกระดิ่ง	ดัง 2 วินาทีเงียบ 4 วินาที	440Hzมอดูเลตกับ480Hz
สัญญาณแจ้งสายไม่ว่าง	-ขาดหาย 30 ครั้งต่อนาที เมื่อสายในชุมสายไม่ว่าง - ขาดหาย 60ครั้งต่อนาที เมื่อเครื่องรับโทรศัพท์ที่ต้องการติดต่อลูกค้าถูกใช้งานอยู่ - ขาดหาย 120ครั้งต่อนาที เมื่อทรังค์ไม่ว่าง	440Hzมอดูเลตกับ620Hz

*หมายเหตุ ทรังค์ หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้ในการสับสวิทช์ระหว่างคู่สายโทรศัพท์

ระดับสัญญาณระหว่างคู่สายโทรศัพท์ มีทั้งสัญญาณที่เป็นไฟกระแสตรง (DC) และสัญญาณที่ป็นกระแสสลับ (AC) ซึ่งระดับแรงดันของสัญญาณระหว่างคู่สายจะแตกต่างกันไป

ตารางที่ 2.2 แสดงระดับสัญญาณระหว่างคู่สายในช่วงเวลาต่างๆ

ช่วงเวลาการใช้งาน	ระดับสัญญาณไฟตรง	ระดับสัญญาณไฟสลับ
ไม่ได้ยกหูฟังขึ้น	48 โวลต์	-
ยกหูฟังขึ้น มีสัญญาณพร้อมหมุน	10โวลต์	600มิลลิโวลต์
ขณะกดหมายเลข	10โวลต์	ไม่เกิน0.5โวลต์
มีสัญญาณแจ้งว่าสายไม่ว่าง	10โวลต์	400มิลลิโวลต์
มีสัญญาณเรียกกลับ	10โวลต์	400มิลลิโวลต์
มีสัญญาณกระดิ่ง	48โวลต์	110โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การเข้ารหัสและการถอดรหัสความถี่คู่ หรือ DTMF

2.5.1 การเข้ารหัสความถี่ DTMF (Dual Tone Multi Frequency Encoder)

วิธีนี้เป็นการส่งสัญญาณแถบความถี่เสียงที่แตกต่างกัน 16 ค่า โดยแต่ละค่าจะเป็นสัญญานคลื่นรูปซายน์ 2 แบบ แบ่งเป็น กลุ่มความถี่ต่ำ และความถี่สูง ซึ่งมีลักษณะแสดงดังตารางที่2.3

ตารางที่2.3 แสดงความถี่ระบบ DTMF

กลุ่มของความถี่ต่ำ	กลุ่มของความถี่สูง			
	1209	1336	1477	1633
679	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*	0	#	D

2.5.2 การถอดรหัสความถี่ DTMF (Dual Tone Multi Frequency Decoder)

การถอดรหัสความถี่ DTMF หมายถึง การแปลงสัญญาณความถี่ DTMF ให้เป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อนำไปใช้กับระบบดิจิตอล ข้อกำหนดต่าง ๆ ที่จะเป็นเพื่อที่จะไม่ทำให้การถอดรหัส DTMF เกิดความผิดพลาดขึ้นซึ่งผู้ออกแบบวงจร ต้องคำนึงถึงเสมอ มีรายละเอียดดังนี้

1. วงจรจะยังสามารถถอดรหัสได้อย่างถูกต้องถึงแม้สัญญาณที่รับเข้ามาจะมีความถี่เบี่ยงเบนไปจากค่าที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐาน แต่ต้องไม่เกิน 2% และจะไม่ยอมให้สัญญาณที่มีค่าเบี่ยงเบนมากกว่า 3% จากค่ามาตรฐาน ผ่านวงจรกรองความถี่ได้

2. วงจรถอดรหัสจะสามารถถอดรหัสได้ ก็ต่อเมื่อรับสัญญาณเข้ามามีระยะเวลาอย่างน้อย 40 มิลลิวินาที

3. วงจรถอดรหัสจะทำการถอดรหัสได้ถูกต้องก็ต่อเมื่อสัญญาณ DTMF ที่รับเข้ามาในวงจรจะต้องมีช่วงเวลาที่ห่างกับสัญญาณ DTMF ที่รับเข้ามาก่อนหน้านี้เป็นเวลาอย่างน้อย 35 มิลลิวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

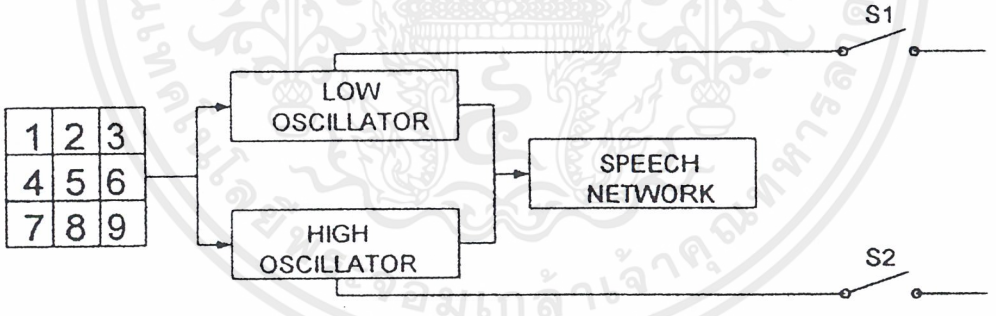
4. วงจรถอดรหัสจะต้องสามารถถอดรหัสสัญญาณ DTMF ที่มีไดนามิกเรนจ์สูงกว่า 275 dB ได้โดยไม่เกิดการผิดพลาด และยังสามารถทำงานได้ในกรณีที่สัญญาณทั้ง 2 ความถี่ประกอบกันขึ้นเป็นสัญญาณ DTMF มีแอมปลิจูดต่างกันมากกว่า 6 dB

5. วงจรถอดรหัสยังคงทำงานได้ตลอดเวลา ไม่ว่าขณะนั้นจะปรากฏเสียงพูดหรือมีสัญญาณรบกวนจากภายนอกเข้ามายังวงจรถอดรหัส ให้ไม่ทำให้การถอดรหัสผิดพลาด

2.6 ส่วนการเข้ารหัส DTMF

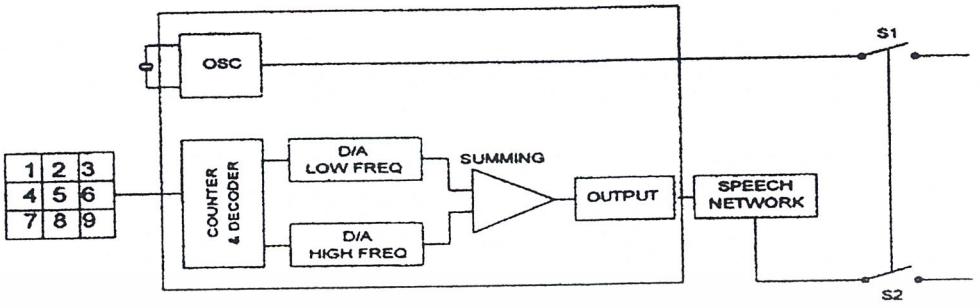
เป็นส่วนที่ใช้ในการโทรออกอัตโนมัติ ซึ่งจะสั่งงานจาก MSC-51 โดยที่ออกมาที่พอร์ต แล้วส่งสัญญาณดิจิตอล ไปที่ไอซี MC145412 ซึ่งทำหน้าที่เข้ารหัสสัญญาณ เพื่อให้กำเนิดสัญญาณความถี่ค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในการโทรออกจากนั้น จึงนำสัญญาณที่ได้นี้ไปต่อเข้ายังสายโทรศัพท์เพื่อส่งออกต่อไป

การส่งรหัสหมายเลขโดยใช้ไอซีสำเร็จรูป



รูปที่ 2.7 ก แผนภาพแสดงระบบ DTMF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

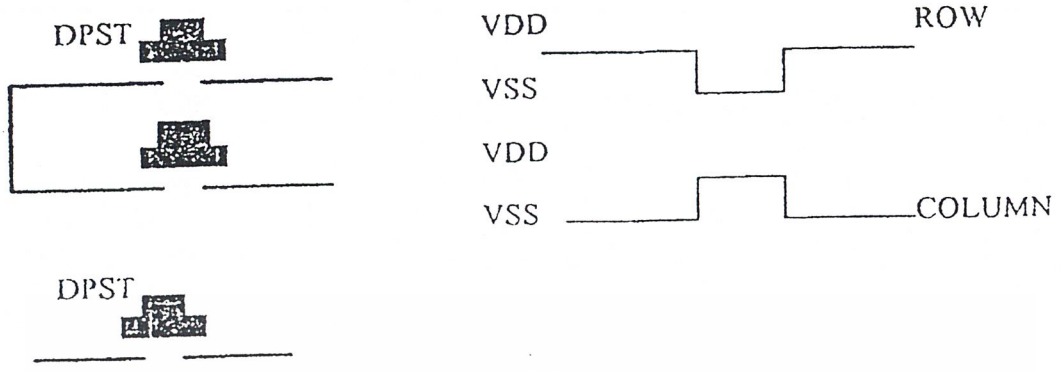


รูปที่ 2.7 ข แผนภาพแสดงระบบ DTMF

ในรูปที่ 2.7 ก แสดงการส่งสัญญาณแบบ DTMF โดยใช้อุปกรณ์จำพวกพาสซีพ (passive element) ในกรนำมาสร้างวงจรออสซิลเลเตอร์ ซึ่งจะพบปัญหาจากความเคลื่อนเมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลง และจากอายุการใช้งานในอุปกรณ์เหล่านี้ อันส่งผลให้ความถี่ที่ผลิตคลาดเคลื่อนไปด้วย

ดังนั้นการใช้ไอซีสำเร็จรูปมาใช้งานแทนอุปกรณ์พาสซีพจึงเป็นการแก้ปัญหานี้ในระดับหนึ่ง จากรูปที่ 2.7 ข แสดงการนำไอซีมาใช้สร้างสัญญาณในระบบ DTMF ซึ่งภายในวงจรจะประกอบด้วยวงจรเลขแต่ละตัว เมื่อทำการถอดรหัสจากการกดได้แล้วจะนำค่ารหัสไปหารจากค่าความถี่หลัก สัญญาณที่ออกจากวงจรนับและถอดรหัสจะเป็นสัญญาณดิจิตอล สัญญาณที่มีความถี่แตกต่างกันจากนั้นนำไปผ่านวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอล ไปเป็นอะนาลอกและนำมารวมกันโดยการนำไปผ่านวงจรรวมและขยายสัญญาณ (summing amp) แล้วจึงถูกส่งผ่านไปยังวงจรควบคุมเสียงพูด (speech network) และต่อไปยังสายโทรศัพท์ในที่สุด ไอซีอาจจะถูกออกแบบมาใช้ร่วมกับแป้นปุ่มหมายเลขชนิด DPST (Dual-Pole Single Throw) ซึ่งจะมีหน้าสัมผัส 2 หน้า หรืออาจจะเป็นชนิด SPST (Single-Pole Single Throw) ก็ได้ดังรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



** DPST (dual-pole single throw) ซึ่งเป็นสวิตช์ที่มีสัมผัส 2 หน้า

รูปที่ 2.8 แสดงชนิดของปุ่มกดและรูปสัญญาณ

จากรูปที่ 2.8 จะสังเกตว่า ในการถอดรหัสของแถวนอนจะทำงานที่ลอจิก "0" แต่ในแถวแนวตั้งจะทำงานที่ลอจิก "1"

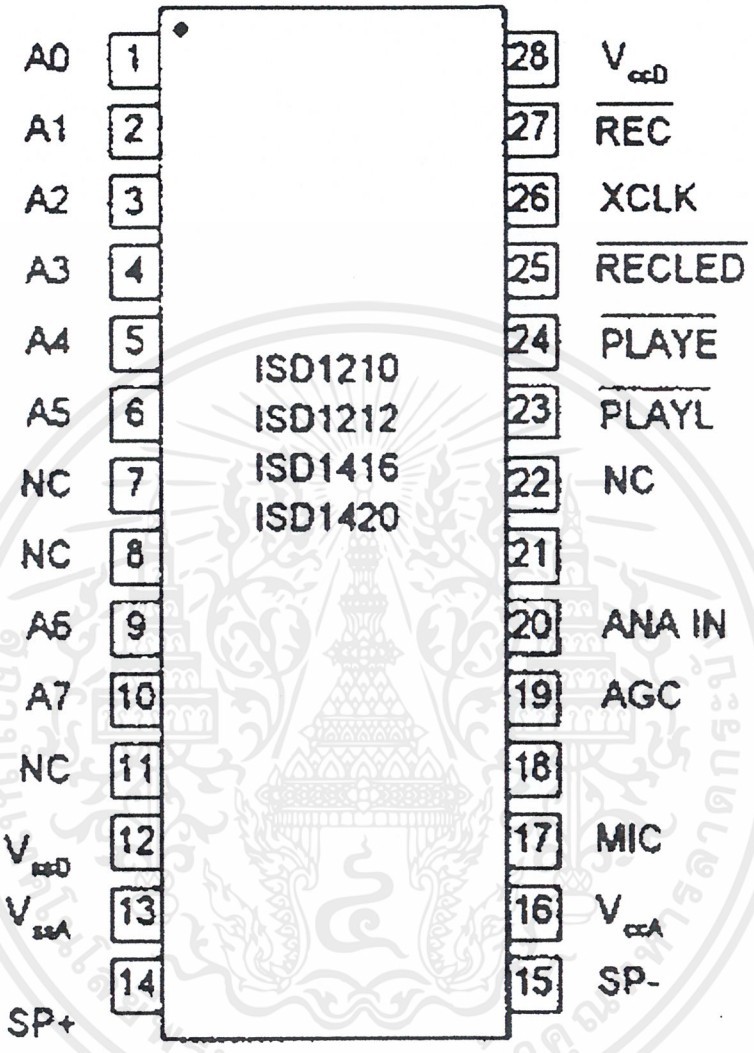
2.7 ส่วนไอซีบันทึกเสียง ISD1420

ไอซีบันทึกเสียง ISD1420 เป็นไอซีบันทึกเสียงในตระกูล ISD1400 ที่สามารถบันทึกเสียงซึ่งอยู่ในรูปสัญญาณอะนาลอก (analog signal) และสามารถเล่นกลับ (playback) ออกมาเป็นสัญญานเสียงที่เป็นอะนาลอกได้เช่นกัน

โครงสร้างภายนอกของ ISD1420

ประกอบด้วยขาต่าง ๆ ทั้งหมด 28 ขา ดังแสดงในรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะโครงสร้างภายนอกของ ISD1420

ขาต่าง ๆ ของ ISD1420

Voltage Inputs (V_{CCA},V_{CCD})

เป็นขารับแรงดันที่จะต้องแยกกันต่างหากระหว่างขารับแรงดันของวงจรอะนาลอกและวงจรดิจิตอล ที่ประกอบอยู่ภายในตัวไอซีแล้ว ขารับแรงดันต้องการแรงดันไฟเลี้ยง +5 โวลต์ และต้องการไฟเลี้ยงที่มีสัญญาณรบกวนต่ำมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ground Inputs (V_{SSA},VS_{SSD})

เป็นขากราวด์ที่จะต้องแยกกันระหว่างกราวด์ของสัญญาณอะนาลอกและกราวด์ของสัญญาณดิจิตอล ขากราวด์ทั้งสองนี้จะถูกต่อและปิดไว้ภายในตัวถังบรรจุของไอซี การใช้งานขากราวด์ทั้งสองนี้จะเลือกต่อกับกราวด์ของเพาเวอร์ซัพพลายในส่วนที่มีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำ เพื่อไม่ให้ต้องการให้เกิดค่าแรงดันที่แตกต่างกันระหว่างกราวด์ทั้งสอง

Record (REC)

เป็นขาควบคุมการบันทึกเสียง เมื่อต้องการบันทึก จะให้ขานี้เป็น "LOW" และคงสถานะนี้ไว้ตลอดระยะเวลาการบันทึก เมื่อต้องการหยุดการบันทึกหรือสิ้นสุดการบันทึกตามความต้องการแล้ว ก็ให้ขานี้เป็น "HIGH" ซึ่งเมื่อขานี้เปลี่ยนเป็นสถานะ "HIGH" นี้นั้นจะหมายถึงการหยุดการทำงาน และบิต End Of Message (EOM) จะถูกเซตเก็บไว้ใน EEPROM ซึ่งเป็นหน่วยความจำภายในไอซี ในรูปของดิจิตอล ถือเป็นการระบุตำแหน่งสิ้นสุดของข้อความที่บันทึกไว้

Playback,Edge-Activiated (PLAYE)

ขานี้เป็นขาควบคุมการเล่นกลับ เมื่อต้องการเล่นกลับ สามารถทำได้โดยให้ขานี้เป็นสถานะ "LOW" ก็จะเกิดการเล่นกลับ การเล่นกลับจะสิ้นสุดลงเมื่อทำการเล่นกลับจนถึงตำแหน่งสิ้นสุดของข้อความ (End Of Message) นอกจากนี้การเล่นกลับจะหยุดลงเมื่อที่ขานี้มีสถานะเปลี่ยนไปเป็น "HIGH" และจากนั้นจะกลับเข้าสู่สแตนด์บายโหมด (Standby mode)

Playback,Level-Activated (PLAYL)

เมื่อสัญญาณอินพุตที่ป้อนเข้ามาที่ขานี้เปลี่ยนจาก "HIGH" เป็น "LOW" จะเป็นมีการเริ่มเล่นกลับ และขานี้จะต้องเป็นสถานะ "LOW" ตลอดการเล่นกลับ การเล่นกลับจะสิ้นสุดลงเหมือนกับที่กล่าวมาแล้วในคำอธิบายขา PLAYE

Record LED Output (RECLED)

เป็นขาที่แสดงสภาวะการบันทึกเสียง ขานี้จะให้เอาท์พุตออกมาเป็น "LOW" ตลอดช่วงเวลาของการบันทึกเสียง ซึ่งเราสามารถนำเอาท์พุตนี้มาใช้ต่อเข้ากับ LED เพื่อแสดงสภาวะของการบันทึกเสียงโดยที่ LED จะส่องสว่างตลอดช่วงเวลาที่มีการบันทึกเสียงได้สำหรับในกรณีของการเล่นกลับ ขานี้จะให้เอาท์พุตออกมาเป็นพัลส์ "LOW" ชั่วขณะหนึ่งเท่านั้น ดังนั้น LED ที่ต่อเอาไว้จะแสดงสภาวะของการสิ้นสุดของการเล่นกลับ โดยจะส่องสว่างในเวลาอันสั้นเท่านั้น

Microphone Input (MIC)

เป็นขาอินพุตสำหรับไมโครโฟน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

Microphone Reference (MIC REF)

อินพุตของขานี้จะตรงกันข้ามกับอินพุตของไมโครโฟนพรีแอมป์ (microphone preamplifier) ทำให้สามารถลดสัญญาณรบกวนได้ (noise) ได้

Automatic Gain Control (AGC)

เป็นขาที่มีไว้เพื่อปรับค่าอัตราการขยายของพรีแอมป์

Analog Output (ANA OUT)

เป็นขาที่ต่อออกจากพรีแอมป์ ภายในของไอซี

Analog Input (ANA IN)

เป็นขาที่ต่อเข้ากับแอมป์ ภายในของไอซี

Speaker Out (SP+,SP-)

เป็นขาที่สามารถต่อตรงกับลำโพงที่มีอิมพีแดนซ์ต่ำกว่า 16 โอห์ม

Optional External Clock (XCLK)

เป็นขาที่ต่อกับสัญญาณนาฬิกาภายนอกได้ ถ้าไม่ใช้ให้ต่อลงกราวด์

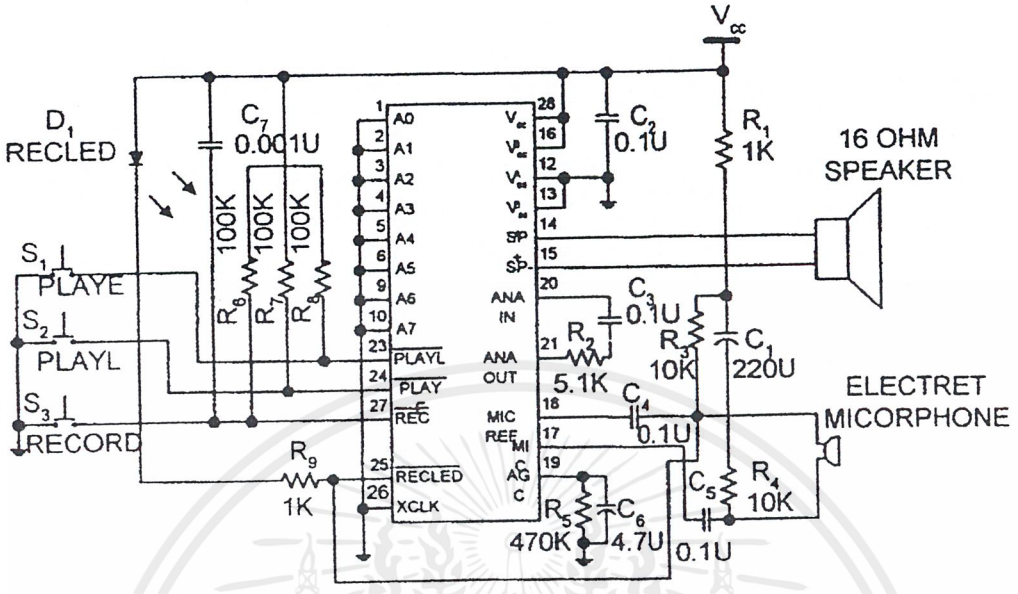
Address Input (A_0-A_7)

ขาแอดเดรสเป็นขาที่ใช้รับแอดเดรสเข้ามาเท่านั้น ขานี้ไม่สามารถป้อนแอดเดรสให้กับภายนอกได้ แอดเดรสอินพุตนี้ฟังก์ชั่นการทำงาน 2 ฟังก์ชั่น โดยขึ้นอยู่กับระดับของสองบิตสูงสุด (two Most Significant Bits:MSB) ของแอดเดรส โดยถ้าขาใดขาหนึ่งมีสถานะเป็น "LOW" จะมีผลทำให้อินพุตทั้งหมด จะเข้ามาปรากฏอยู่ที่แอดเดรสบิต ข้อมูลอินพุตที่เข้ามาปรากฏที่แอดเดรสบิตนี้จะเป็นแอดเดรสเริ่มต้นของการบันทึกหรือการเล่นกลับและขาแอดเดรสจะเกิดการแลตช์โดยขอบขาลงของพัลส์ที่ขา PLAYE,PLAYL หรือที่ขา REC

โครงสร้างภายใน และคุณสมบัติของ ISD1420

ไอซี ISD1420 มีโครงสร้างที่สำคัญต่อการใช้งานเป็นอุปกรณ์บันทึกสัญญาณเสียงในรูปของสัญญาณอะนาลอกและเล่นกลับเป็นสัญญาณเสียงออกมาในรูปของสัญญาณอะนสลอกอยู่ภายในตัว โดยจะมีอุปกรณ์พาสซีฟต่อภายนอกเพียงเล็กน้อย และในการประยุกต์ใช้งานจริง ๆ จะต้องต่ออุปกรณ์ภายนอกด้วย ซึ่งจะกล่าวถึงในภายหลัง สำหรับโครงสร้างภายในของ ISD1420 สามารถแสดงได้ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างภายในของ ISD1420

คุณสมบัติของ ISD1420

1. เมื่อใช้ในฟังก์ชั่นการบันทึกและเล่นกลับด้วยตัวไอซีเองง่ายมาก
   - ไม่มีไอซีเบอร์อื่น ๆ ประกอบเพิ่มเติมภายนอก
   - ต่ออุปกรณ์พาสซีฟภายนอกน้อยมาก
2. ให้ระดับสัญญาณในการบันทึกที่มีประสิทธิภาพสูง
3. สามารถต่อกับสวิตช์ควบคุมการบันทึก, เล่นกลับ, หยุดชั่วขณะ และปรับระดับสัญญาณต่าง ๆ ได้
4. ข้อมูลถูกบันทึกไว้ไม่สูญหายถึงแม้ว่าจะไม่มีแรงดันจ่ายให้กับไอซี และไม่ต้องการแบตเตอรี่สำรอง
5. เก็บข้อมูลไว้ได้นานถึง 100 ปี แม้ไม่มีแรงดันไฟเลี้ยง
6. สามารถบันทึกใหม่ได้ 100,000 ครั้งปกติ
7. มีวงจรฐานเวลาภายใน
8. ไม่มีการโปรแกรมในตัวไอซีและไม่ต้องพัฒนาระบบเพิ่มเติมเพื่อให้ทำงานได้
9. มีระบบสแตนด์บายเพื่อประหยัดพลังงานจากแหล่งจ่ายเมื่อไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. ใช้แรงดันไฟเลี้ยงเดี่ยว กินกระแสขณะสแตนด์บายต่ำเพียง 0.5 ไมโครแอมป์

จากคุณสมบัติคร่าว ๆ ของไอซีที่ได้กล่าวมาข้างต้น ทำให้ทราบว่าไอซีนี้ได้รับการออกแบบขึ้นเพื่อให้ง่ายและสำเร็จรูปมากขึ้นเวลานำไปใช้งาน สำหรับค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้านั้นจะแสดงไว้ในตารางที่ 2.4 เป็นคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ ISD1420 จากตารางนี้จะทำให้ทราบว่ามีค่าพารามิเตอร์บางอย่างที่ต่างกันของไอซีแต่ละเบอร์ใน ISD1420 นี้ ซึ่งจะเห็นชัดเจนมากก็คือข้อมูลที่บ่งบอกถึงความสามารถของระยะเวลาในการบันทึกที่แตกต่างกัน รวมทั้งคามถี่ของการสุ่มสัญญาณที่ต่างกัน

ตารางที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของตระกูล ISD1420

สัญลักษณ์	รายละเอียดคุณสมบัติ	ISD 1420	หน่วย
F_S	อัตราความถี่ในการแซมปลิ้งสัญญาณ	6.4	kHz
BW	ความกว้างของแบนด์	2.7	kHz
T_{RPW}	ความกว้างของพัลส์ขณะบันทึก	20	s
T_{PLAY}	ระยะเวลาในการบันทึก (สูงสุด)	20	s
T_{LED2}	การหน่วงเวลาที่ขา RECLED ขณะปิด	48.6	ms
T_{RPUD}	การหน่วงเวลาขณะเริ่มบันทึก	32	ms
T_{RPDD}	การหน่วงเวลาขณะหยุดบันทึก	32	ms
T_{PPUD}	การหน่วงเวลาขณะเล่นกลับ	32	ms
T_{PPDD}	การหน่วงเวลาขณะเล่นกลับสิ้นสุด	8.1	ms
THD	ความเพี้ยนทางฮาร์โมนิกรวม	1	%
T_{LED1}	หน่วงเวลาขณะเริ่มบันทึกของ LED	5	μs
P_{OUT}	กำลังขับลำโพงทางเอาท์พุต	12.2	mW
V_{OUT}	แรงดันตกคร่อมขาต่อลำโพง	2.5	Vpp
V_{IN1}	แรงดันอินพุตที่ไมโครโฟน	20	Vpp
V_{IN2}	แรงดันอินพุตอะนาลอก	50	Vpp

ภายในไอซีจะประกอบด้วยส่วนการทำงานที่สำคัญทุกส่วน โดยมีอุปกรณ์พาสซีฟต่อภายนอกเพียงเล็กน้อย ซึ่งภายในจะมีวงจรกำเนิดความถี่ฐานเวลาชนิดซีมอส, วงจรขยายสัญญาณไมโครโฟน, วงจรควบคุมอัตราการขยายอัตโนมัติ, วงจรกรองความถี่และวงจรขยายสัญญาณออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สู่ลำโพง แต่สัญญาณที่ขับลำโพงโดยตรงจากไอซีนี้อาจจะดังไม่มากพอ ก็สามารถต่อวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กภายนอกเพิ่มเติมได้ เพื่อให้สามารถขับลำโพงให้ได้ยินเสียงดังมากขึ้น นอกจากนั้นยังสามารถพัฒนาวงจรหรือแก้ไขวงจรเพิ่มเติมเพื่อต้องการให้วงจรสามารถใช้ลำโพงเป็นไมโครโฟนได้พร้อมกับการขับสัญญาณเสียงที่บันทึกไว้ออกมาให้ได้ยินอีก ซึ่งทั้งสองหน้าที่จะทำงานไม่พร้อมกัน (ทำงานคนละจังหวะกัน)

สัญญาณที่จะทำการบันทึกจะถูกเก็บหรือบันทึกเสียงลงบนหน่วยความจำภายในไอซี ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่ไม่ต้องการแรงดันไฟสำรองขณะที่ไม่มีการจ่ายแรงดันให้กับวงจรซึ่งสามารถเก็บข้อมูลไว้ได้นานเป็น 100 ปี ลักษณะการบันทึกลงบนหน่วยความจำภายในไอซีนี้จำทำการบันทึกสัญญาณอะนาลอกโดยตรง (Direct Analog Storage Technology:DAST) เป็นสัญญาณเสียงพูดหรือสัญญาณย่านความถี่เสียง 20 เฮิรตซ์ ถึง 20 กิโลเฮิรตซ์ การบันทึกนี้สัญญาณจะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำภายในชนิด EEPROM ซึ่งเป็นอีพรอมที่สามารถบันทึกและลบใหม่ได้ในอัตราการบันทึก 100,000 ครั้ง ตลอดอายุการใช้งานของไอซี

การทำงานเบื้องต้น

การทำงานเบื้องต้นของ ISD1420 จะเป็พชิพเพียงตัวเดียวและมีสัญญาณควบคุมการทำงานฟังก์ชั่นต่าง ๆ เป็นสัญญาณแบบเดี่ยว (single signal) เพื่อควบคุมที่ขา REC และสัญญาณควบคุมการเล่นกลับจะถูกควบคุมด้วยสัญญาณที่ป้อนเข้าที่ขา PLAYE และ PLAYL นอกจากนั้นหากต้องการให้สามารถควบคุมการบันทึกได้หลาย ๆ ลักษณะก็สามารถใช้ขาแอดเดรสไลน์มาทำการประยุกต์ใช้งานควบคุมได้เช่นกัน และการทำงานของขาใช้งานแต่ละขามีหน้าที่และลักษณะการทำงานจะสามารถอธิบายพอสังเขปเป็นลำดับต่อไป

ประสิทธิภาพของเสียงที่บันทึกและเล่นกลับจะมีคุณภาพดีมากเนื่องจากการบันทึกและเล่นกลับนั้นใช้เทคโนโลยี DAST ดังได้กล่าวมาข้างต้น โดยสัญญาณที่ทำการบันทึกหรือสัญญาณเสียงพูดที่เข้ามาทางอินพุตจะถูกบันทึกหรือเก็บเข้าไปไว้ใน EEPROM ซึ่งเป็นหน่วยความจำภายในโดยตรงด้วยสัญญาณแบบอะนาลอก และการเล่นกลับออกมาก็จะเหมือนกับสัญญาณที่ก่อนทำการบันทึกแน่นอน เพราะการเล่นกลับไม่มีผลของคุณสมบัติหัวเทปมาเกี่ยวข้อง เพราะในกรณีนี้ไม่ได้ใช้หัวเทปในการขยายสัญญาณออกมา แต่ใช้กระบวนการทางดิจิตอล

การปิดตัวเองเมื่อไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับ ในขณะที่วงรอบหรือขั้นตอนการทำงานเล่นกลับหรือบันทึกสิ้นสุดลง ไอซีนี้ก็จะมีฟังก์ชั่นการทำงานให้ตัดเข้ามาสู่โหมดของการสแตนด์บายเพื่อให้ปริมาณการใช้ทำการอยู่ในระดับที่ต่ำเพื่อต้องการประหยัดแบตแตอรี่ ซึ่งจะกินกระแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพียง 0.5 ไมโครแอมป์ ในช่วยที่ทำการบันทึก หลังจากที่ทำการบันทึกเสร็จก็จะกลับสู่โหมดสแตนด์บาย เมื่อขาควบคุม REC มีระดับลอจิกเป็น "1"

การควบคุมการบันทึก (REC) ที่ขาควบคุมการบันทึกทางอินพุตนี้จะต้องการลอจิก "0" เพื่อทำการบันทึกสัญญาณและจะเริ่มทำการบันทึกเมื่อระดับลอจิกที่ขา REC นี้เป็นลอจิก "0" และจะต้องคงสถานะอยู่ที่นี่ตลอดขณะทำการบันทึก และการบันทึกที่ขา REC จะต้องได้รับสัญญาณให้ทำการบันทึกก่อนเสมอก่อนที่จะทำการเล่นกลับหรือก่อนที่จะมีสัญญาณมาควบคุมที่ขา PLAYE หรือขา PLAYL ถ้าที่ขา REC มีระดับลอจิก "0" เพิ่มขึ้นไปเป็นค่าแรงดันบวก (ขึ้นไปเป็น "1") ก็จะเข้าสู่การทำงานของการเล่นกลับ

การควบคุมการเล่นกลับ (PLAYE) เมื่อขาควบคุมการเล่นกลับนี้ได้รับระดับลอจิกเป็น "0" หรือได้รับการกระตุ้นด้วยลอจิก "0" ที่อินพุตนี้วงจรก็จะเริ่มทำการเล่นกลับเพื่อนำข้อมูลที่ถูกบันทึกอยู่แสดงออกมาทางลำโพง การเล่นกลับในฟังก์ชั่นนี้จะเป็นการเล่นกลับอย่างต่อเนื่องจนกว่าจะถึงข้อมูลสุดท้ายที่ทำการบันทึกตามเวลาที่กำหนดไว้ (10-20 วินาที) หรือเล่นจนกว่าจะถึงข้อมูลที่บันทึกไว้ใน EEPROM ทุกข้อมูลจะถูกเล่นกลับอย่างสมบูรณ์ หลังจากนั้นจึงตัดสู่โหมดสแตนด์บาย ในระหว่างที่กำหลังอยู่ในสภาวะเล่นกลับหากที่ขา PLAYE มีสถานะเป็น "1" การเล่นกลับก็จะหยุดลงทันที

การควบคุมการเล่นกลับ (PLAYL) เมื่อขาอินพุตนี้มีการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจาก "1" ไปเป็น "0" จะเป็นการเล่นกลับแบบต่อเนื่องจนกระทั่งที่ขา PLAYL เพิ่มขึ้นเป็น "1" อันหมายถึงเกิดการตรวจจับการเล่นสิ้นสุดลงแล้ว หรือจบสิ้นข้อมูลที่ถูกเก็บไว้ใน EEPROM แล้ว และกลับสู่โหมดสแตนด์บาย

ไมโครคอนโทรเลอร์

2.8 โครงสร้างของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีด้วยกันหลายเบอร์ขึ้นกับโครงสร้างภายในของมัน บางเบอร์จะมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบ ROM บางเบอร์เป็นแบบ EPROM บางเบอร์มี RAM ภายใน 128 ไบต์ บางเบอร์มี 256 ไบต์ เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดจะศึกษาได้จากคู่มือของมันโดยตรง และลักษณะของเขาต่าง ๆ จะเหมือนกัน คุณสมบัติที่สำคัญของ MCS-51 มีดังนี้

- มีหน่วยความจำ ROM 4K bytes
- มีหน่วยความจำ RAM 128 bytes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีพอร์ท I/O ขนาด 8 บิต 4 พอร์ท
- มี Timer 16 บิต 2 ตัว
- สามารถอินเทอร์รัพท์ได้ 5 แหล่ง
- มีวงจรออสซิลเลเตอร์และวงจรนาฬิกาบนชิพ
- มีพอร์ทอนุกรมที่สามารถรับส่งข้อมูลแบบ Full Duplex ความเร็วสูง
- อ้างหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 64 K
- อ้างหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ 64 K
- สามารถประมวลผลทีละบิตได้
- สามารถอ้างหน่วยความจำแบบบิตได้ 210 ตำแหน่ง
- หนึ่งวัฏจักรคำสั่งกินเวลาประมาณ 1 ไมโครวินาที ขณะทำงานด้วย Clock 2 MHz

ตัวอย่างไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 และลักษณะต่าง ๆ สามารถแสดงได้ในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ต่าง ๆ

เบอร์	หน่วยความจำโปรแกรมบนชิพ	หน่วยความจำข้อมูลบนชิพ	TIMERS
8051	4K ROM	128 bytes	2
8031	-	128 bytes	2
8751	4K EPROM	128 bytes	2
8052	8K ROM	256 bytes	3
8032	-	256 bytes	3
8752	8K EPROM	256 bytes	3

ในที่นี้เราเลือกใช้เบอร์ 8252 และได้นำ RAM ภายนอกมาต่อเพิ่มเข้าไปอีก 64 KB การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกกับ MCS-51 ไอซีหน่วยความจำที่ใช้จะเป็นแบบสแตติก (Static RAM) จะเห็นว่าเมื่อ MCS-51 ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกสัญญาณที่ต้องใช้คือ พอร์ท 0 และพอร์ท 2 สำหรับเป็นแอดเดรสบัส สัญญาณ ALE สำหรับ Latch สัญญาณพอร์ท 0 สัญญาณ RD และสัญญาณ WR สำหรับอ่านและเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำตามลำดับ โดยใช้ ไอซี TTL เบอร์ 74LS373 มา latch ค่า address ไบต์ต่ำเอาไว้ โดยสัญญาณที่ใช้ latch คือสัญญาณ ALE จาก MCS-51 แล้วทำการขยาย port in/output เพิ่มโดยใช้ IC เบอร์ 8255 2 ตัว รวมเป็น 6 port โดยใช้ IC 74LS138 เป็นตัวถอดรหัส

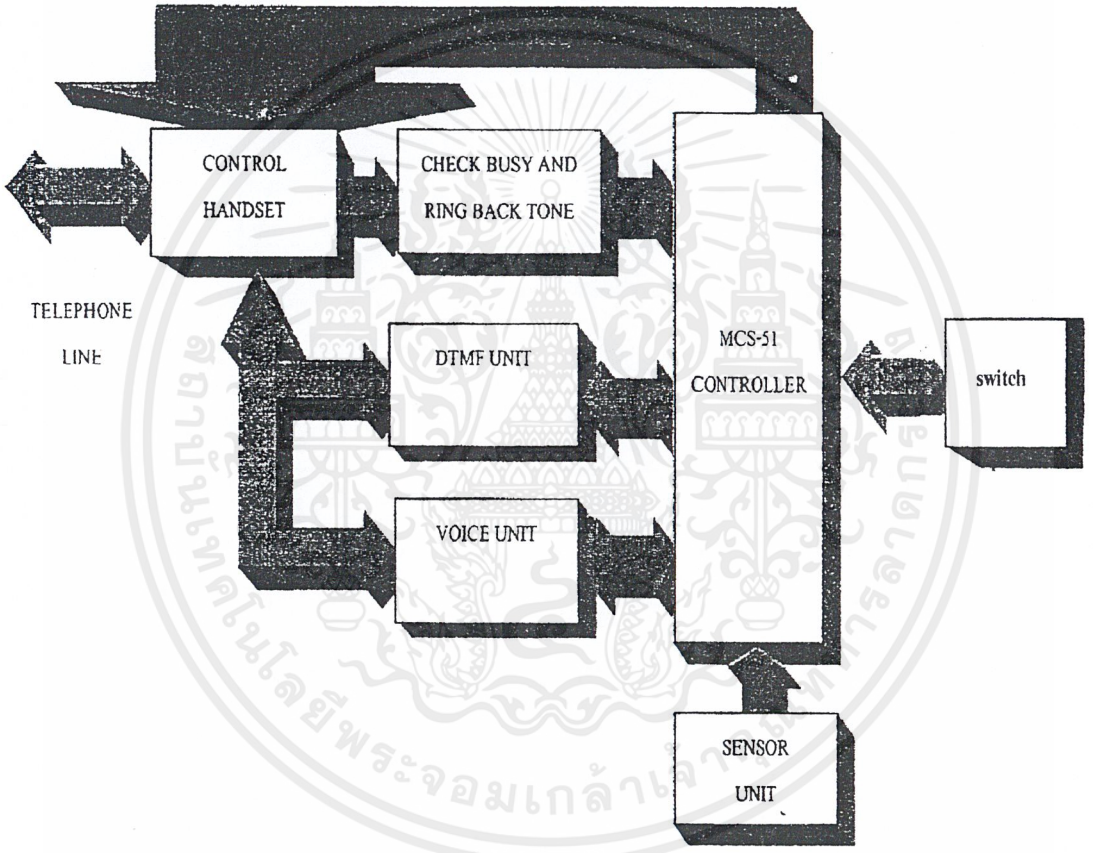
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

หลักการทำงานและการออกแบบ

โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ (Hardware) และโครงสร้างของระบบ

สามารถแสดงได้ดังบล็อกไดอาแกรมดังรูป



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอาแกรมแสดงโครงสร้างของการทำงาน

จากบล็อกไดอาแกรมในรูป สามารถอธิบายวิธีการทำงานโดยรวมได้ดังนี้ เมื่อมีโจรกระทำการงัดแงะตามประตู, หน้าต่าง หรือทางเข้าออกต่าง ๆ ของบ้าน ส่วนตรวจจับ (Sensor unit) จะทำการส่งสัญญาณไปยัง MCS-51 จากนั้น MCS-51 จะส่งสัญญาณไปยังส่วนควบคุมการยกหูหรือวางหูโทรศัพท์ (Control Handset) เพื่อทำการยกหูโทรศัพท์แล้ว MCS-51 จะทำการส่งสัญญาณข้อมูลไปยังส่วนโทรออกอัตโนมัติ (DTMF unit) เพื่อทำการโทรแจ้งภัยตามหมายเลขโทรศัพท์ที่ได้บันทึกไว้ล่วงหน้า โดยเมื่อสามารถโทรออกได้แล้วจะมีส่วนตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณสายไม่ว่าง และสัญญาณเรียกกลับ (Check busy and ringback tone) ซึ่งในส่วนนี้จะส่งสัญญาณตอบกลับไปยัง 8252 เพื่อให้ 8252 ทำการประมวลผลในการจะติดต่อกับส่วนข้อมูลเสียง (Voice unit) ที่ได้ทำการบันทึกไว้ก่อนหน้า โดยที่ในส่วนข้อมูลเสียงนี้จะทำการต่อเข้ากับสายโทรศัพท์ และเมื่อการส่งข้อมูลเสียงเสร็จสิ้น 8252 จะทำการส่งสัญญาณไปยังส่วนควบคุมการยกหูหรือวางหูโทรศัพท์อีกครั้งเพื่อให้ทำการวางหูโทรศัพท์ เป็นอันเสร็จสิ้นการทำงาน

โดยการออกแบบการทำงานทั้งหมดจะมีส่วนทำงานหลักอยู่ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งเป็นตัวควบคุมการทำงานทั้งหมด โดยการออกแบบการทำงานจะแบ่งการทำงานเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

1.การตรวจเช็คกรณีมีคนบุกรุก

2.การหมุนเลขหมายโทรศัพท์กรณีมีคนบุกรุก

3.การส่งข้อความที่จะแจ้งเหตุ

โดยส่วนอินพุทของระบบจะมี 3 ทางคือ

1.ทางสัญญาณจากวงจรเฟสล็อกลูป(Phase Lock Loop)ซึ่งเป็นสัญญาณที่จะใช้ตรวจสอบสถานะการทำงานของโทรศัพท์ในสถาวะที่มีสัญญาณต่างๆคือ

1.1 สัญญาณ Dial Tone

1.2 สัญญาณ Ringback Tone

1.3 สัญญาณ Busy Tone

1.4 เมื่อมีผู้รับสาย

2. ทางสัญญาณจากวงจรโมโนสเตเบิลร์ (Mono Stable) ซึ่งเป็นสัญญาณจากภาครับจากแสงเลเซอร์ที่ใช้ ตรวจสอบการบุกรุกของคนภายนอก

3. ทางไมโครโฟนที่ใช้รับข้อความที่ต้องการจะบันทึก

และส่วนเอาท์พุทของระบบมี 3 ทางคือ

1.ทางแสงเลเซอร์

2.ทางสัญญาณ DTMF ที่ใช้หมุนเลขหมายโทรศัพท์เพื่อแจ้งเหตุกรณีมีคนบุกรุก

3. ทางสัญญาณเสียงพูดจาก ISD2590

โดยจากการทำงานดังกล่าวสามารถจำแนกได้เป็นส่วนของวงจรต่าง ๆ ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

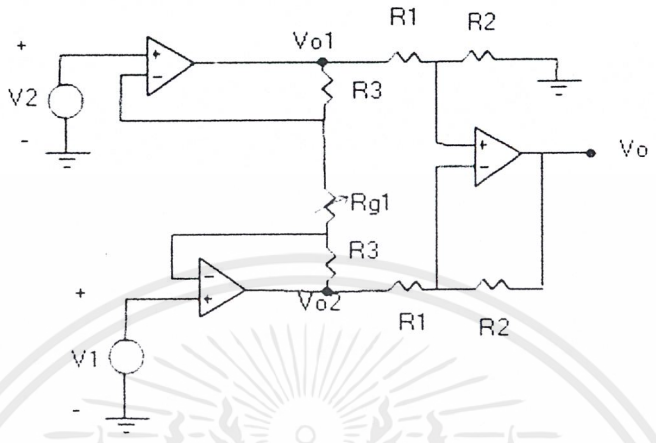
3.1 เซ็นเซอร์ (Sensor unit)

ส่วน senser unit เราใช้ เลเซอร์เป็นตัวส่งสัญญาณ เนื่องจากว่าแสงเลเซอร์มีความเข้มของแสงสูงทำให้สามารถตรวจสอบการบุกรุกได้ระยะไกลมาก และ ใช้ โฟโต้ไดโอดเป็นตัวรับ เราสามารถวางเลเซอร์ไว้ส่วนต่างๆของบ้านได้ เช่น ที่ประตู , หน้าต่าง , รั้วบ้าน แต่ในกรณีนี้เราเลือกใช้การจัดวาง เลเซอร์ไว้ที่รั้วบ้านโดยมีการจัดวางตามรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 แสดงการจัดวาง laser และ detector

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Instrument Amplifier



รูปที่ 3.3 instrument amplifier

พบว่า

$Vo2 - Vo1 = (1+2 (R3/Rg1)).(V2 - V1) = A1.(V2 - V1)$ ---(1)

และ

$Vo = (R2/R1) .(Vo2 - Vo1) = A2.(Vo2 - Vo1)$ ----- (2)

จาก (1) และ (2)ได้

$Vo = (R2/R1) . (1+2 (R3/Rg1)).(V2 - V1)$

หรือ

$Vo = A2 .A1.(V2 - V1)$

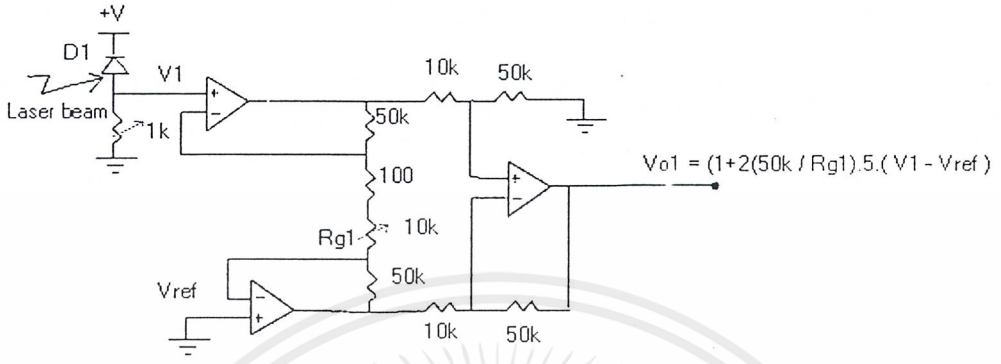
เมื่อ

$A1 = 1+2 (R3/Rg1)$

$A2 = R2/R1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรของ Detector



รูปที่ 3.4 วงจรของตัว detector

จากรูปเป็นการแสดงวงจรของตัว detector ซึ่งตัว detectorที่ใช้คือ photo-diode โดย D1 จะเป็นตัวรับแสงจาก laser ส่วน V_{ref} จะต่อลงกราวน์เพื่อเป็นค่า referent

โดยเราจะมีวงจรแบบนี้ทั้งหมด 4 ชุด เพื่อเป็น การตรวจจับในแต่ละด้าน

3.2 ส่วนหม้อแปลง 600-600โอห์ม

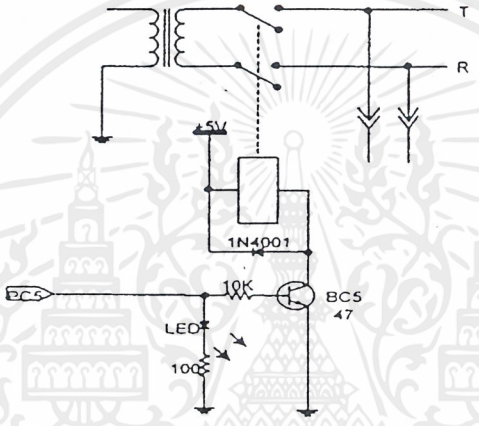
ในการที่จะให้ระบบสามารถส่งเบอร์โทรศัพท์หรือสัญญาณดีทีเอ็มเอฟออกไปแจ้งเหตุโดยอัตโนมัติได้ทุกเวลาที่เกิดมีผู้บุกรุกได้นั้น เครื่องโทรศัพท์จะต้องส่งสัญญาณดีทีเอ็มเอฟออกไปยังชุมสายโทรศัพท์ได้โดยไม่ต้องยกหูโทรศัพท์

เมื่อยกหูโทรศัพท์ ชุมสายจะมองเห็นเครื่องรับโทรศัพท์นั้นมีความต้านทานอยู่ 600 โอห์ม จากนั้นชุมสายก็จะจ่ายกระแสไฟฟ้าและสัญญาณ Dial Tone ให้กับเครื่องรับโทรศัพท์ ทำให้โทรศัพท์สามารถกำเนิดสัญญาณดีทีเอ็มเอฟและสามารถส่งเลขหมายเพื่อใช้ติดต่อกันได้ จากหลักการนี้จึงนำหม้อแปลง600-600โอห์ม มาต่อในวงจรเพื่อใช้เป็นภาคอินเตอร์เฟสกับสายโทรศัพท์ โดยปกติเมื่อระบบยังไม่ได้เข้าสู่โหมดการทำงานเพื่อแจ้งเหตุกรณีมีผู้บุกรุกนั้น หม้อแปลง600-600โอห์มจะไม่ถูกต่อกับคู่สายโทรศัพท์ ทำให้โทรศัพท์สามารถใช้งานได้ตามปกติ และเมื่อมีผู้บุกรุก ระบบก็จะต่อหม้อแปลง600-600โอห์มเข้ากับสายโทรศัพท์ เพื่อให้ชุมสายมองเห็นว่าโทรศัพท์ได้มีการยกหูแล้ว และชุมสายจะส่งสัญญาณ Dial Tone มาเข้าเครื่องโทรศัพท์ และระบบก็จะทำการส่งเลขหมายที่ต้องการจะติดต่อออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ส่วนควบคุมการยกหู/วางหู (Control Handset)

ส่วนนี้ทำหน้าที่เสมือนยกหูโทรศัพท์เมื่อระบบได้รับสัญญาณให้ส่งหมายเลขโทรศัพท์เพื่อเตือนภัยโดยการควบคุมจากส่วนประมวลผล ซึ่งเป็นการสร้างภาวะเลียนแบบการยกหู ด้วยการต่อค่าความต้านทานเท่ากับความต้านทานของเครื่องโทรศัพท์ขณะทำการยกหู ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้จะเป็นหม้อแปลงขนาด 600-600 โอห์ม เพื่อให้เท่ากับขณะทำงานจริง โดยเมื่อต้องการโทรออก หม้อแปลงจะถูกต่อขนานเข้ามาในระบบ ทำให้ชุมสายเสมือนเห็นว่าได้ยกหูขึ้นแล้วจึงจะทำการจ่ายกระแสมายังเครื่องโทรศัพท์ และรอรับสัญญาณ DTMF จากเครื่องโทรศัพท์



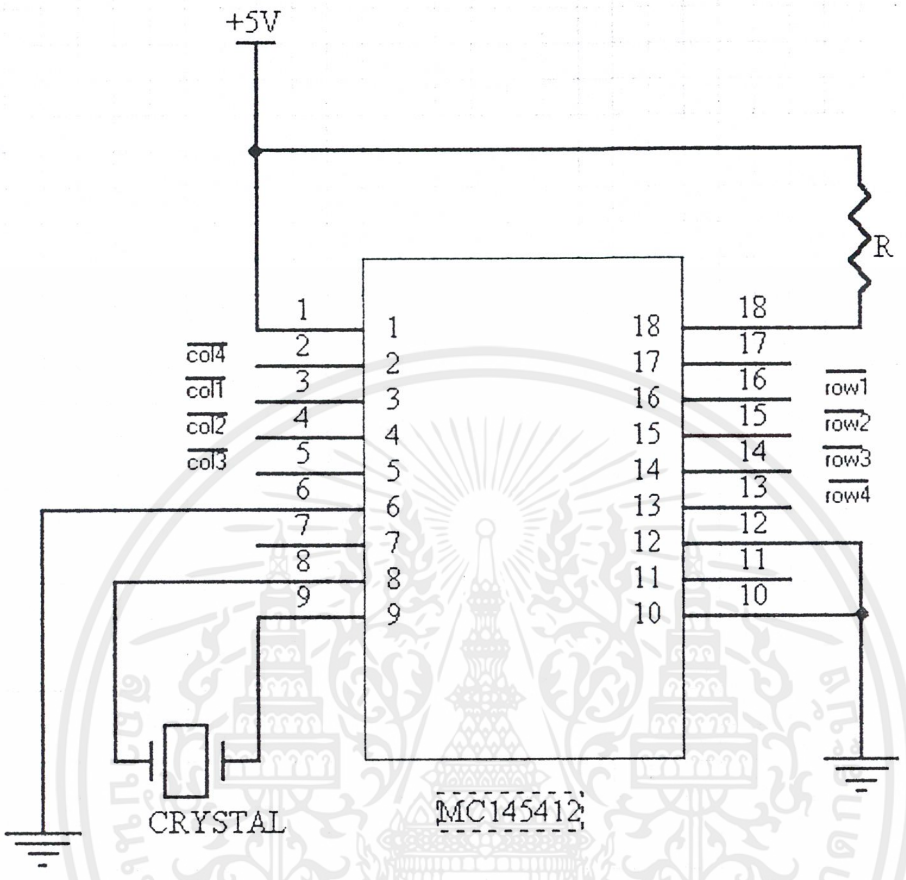
รูปที่ 3.5 แสดงวงจรควบคุมการยกหู/วางหู

3.4 ส่วนเข้ารหัสความถี่คู่ หรือ DTMF (DTMF DECODER)

เมื่อมีผู้บุกรุกเข้ามาระบบจะต่อคู่สายโทรศัพท์เข้ากับวงจรที่ใช้ติดต่อทางโทรศัพท์ซึ่งประกอบไปด้วยวงจรที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณเลขหมายที่ต้องการจะขอความช่วยเหลือ และวงจรที่ทำหน้าที่ตรวจสอบสถานะการใช้งานทางโทรศัพท์ของผู้ที่เราต้องการจะขอความช่วยเหลือว่าสามารถติดต่อได้หรือไม่

หลังจากที่ระบบได้ต่อคู่สายโทรศัพท์เข้ากับระบบแล้ว ระบบก็จะทำการส่งสัญญาณเลขหมายที่เราต้องการจะขอความช่วยเหลือโดยใช้ไอซี MC145412 ทำหน้าที่ในการกำเนิดสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ โดยเลขหมายจะถูกส่งมาจากไมโครคอลโทรลเลอร์ซึ่งเป็นรหัสดิจิตอล และ MC145412 จะแปลงเป็นสัญญาณดีทีเอ็มเอฟเพื่อส่งให้ชุมสายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

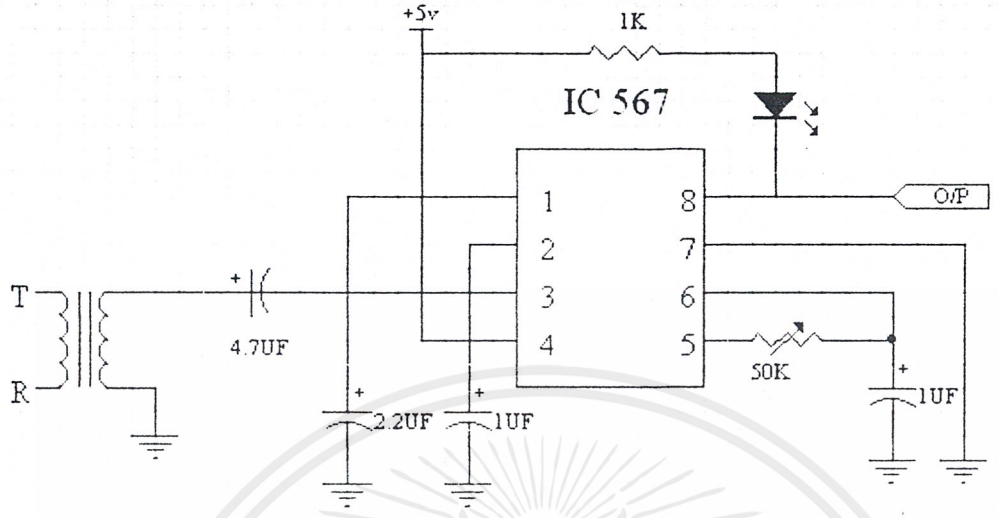


รูปที่3.6 วงจรของ DTMF โดยใช้ ไอซี MC145412

3.5 ส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณสายไม่ว่าง (Ring Back Tone and Busy Tone)

เป็นส่วนที่ใช้ในการตรวจสอบสัญญาณเรียกกลับ โดยถ้ามีสัญญาณเรียกกลับแสดงว่าการติดต่อสำเร็จ แต่ด้านผู้รับยังมิได้ทำการยกหู ซึ่งสัญญาณที่ออกทางขาเอาท์พุตเป็น “1” จนกระทั่งมีการยกหู จึงเปลี่ยนเป็น “0” ซึ่งจะใช้สถานะนี้ร่วมกับ Status flag จาก Main program ในการตรวจสอบสถานะ ณ ขณะนั้นว่าผู้รับทำการยกหูขึ้นจริงหรือไม่ ซึ่งหากพบว่าเป็นจริงก็จะส่งสัญญาณไปยัง 8252 เพื่อให้ 8252 ส่งสัญญาณไปควบคุมส่วนของหน่วยความจำเสียงให้ส่งข้อมูลไปยังปลายทางผู้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงส่วนวงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับ

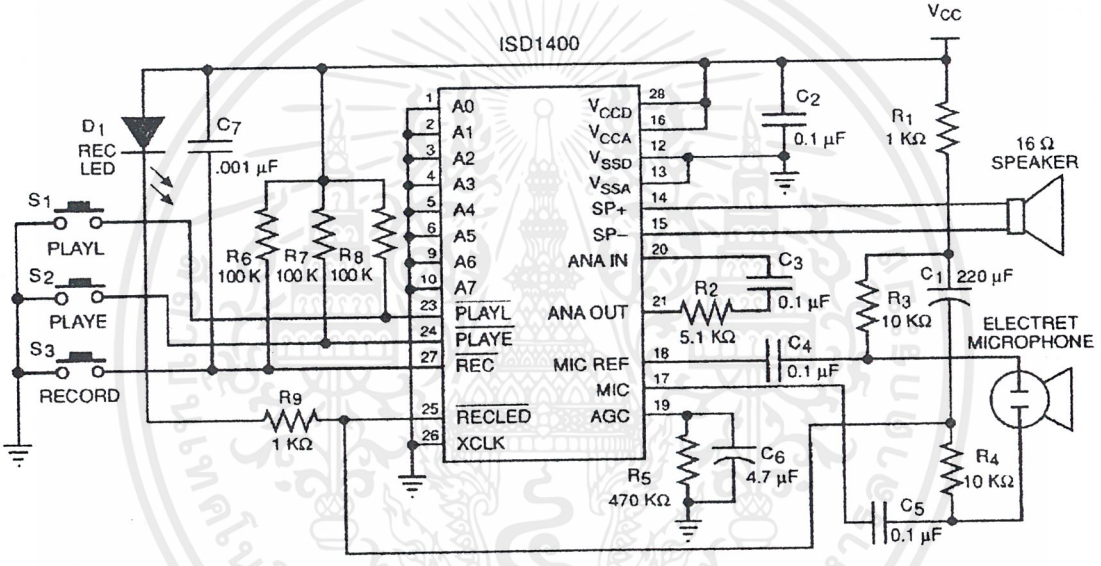
วงจรนี้ใช้ไอซีเบอร์ 567 ซึ่งเป็น Phase Lock Loop (PLL) มาทำหน้าที่เป็น Tone Decoder โดยไอซีเบอร์นี้จะมีลอจิกเป็น "1" ในสถานะปกติ และเปลี่ยนเป็น "0" เมื่อมีความถี่ 425 เฮิรตซ์ เข้ามาที่ขาอินพุตและเอาท์พุตที่ออกจากไอซีเบอร์ 567

หลังจากที่ระบบได้สัญญาณส่งเลขหมายที่ต้องการจะขอความช่วยเหลือไปแล้ว ระบบก็จะมีการตรวจสอบสถานะการใช้งานของผู้ที่จะขอความช่วยเหลือว่าสามารถติดต่อได้หรือไม่โดยใช้วงจรเฟสล็อกกลูปที่ใช้ไอซีLM567 มาตรวจสอบสถานะว่าสามารถติดต่อได้หรือไม่โดยเอาท์พุทของ LM567 จะมีสถานะเป็น "0" ถ้ามีความถี่ 425 เฮิรต์เข้ามาที่อินพุท ถ้าผู้ที่เราต้องการจะติดต่อนั้นใช้โทรศัพท์อยู่ วงจรเฟสล็อกลูปก็จะได้รับสัญญาณ Busy Tone ก็จะทำให้สัญญาณเอาท์พุทของ LM567 ก็จะมีสถานะของลอจิก "0" 0.5 วินาทีและมีสถานะเป็น "1" 0.5 วินาที ถ้าสถานะของคู่สายที่เราติดต่ออยู่นั้นว่างและรอคนมารับสายจะทำให้วงจรเฟสล็อกลูปได้รับสัญญาณ Ringback Tone เอาท์พุทของ LM567 ก็จะมีสถานะของลอจิก "0" 2 วินาที และมีสถานะเป็นลอจิก "1" 4 วินาที จากความแตกต่างของเวลาที่เป็นลอจิก "0" และลอจิก "1" นี้เองทำให้เราสามารถใช้ไมโครคอลโทรลเลอร์ในการตรวจสอบว่าสถานะของผู้ที่เราติดต่ออยู่นั้นพร้อมที่จะให้เราติดต่อหรือไม่ ถ้าเลขหมายที่เราต้องการจะติดต่อกำลังใช้งานอยู่ ระบบก็จะเปลี่ยนเลขหมายที่ต้องการจะขอความช่วยเหลือโดยเราจะบันทึกข้อมูลของเลขหมายไว้ตั้งแต่แรก และถ้าเลขหมายที่เราติดต่อนั้นไม่มีผู้มารับสาย ระบบก็จะเปลี่ยนเลขหมายไปเป็นเลขหมายอื่นที่เราบันทึกไว้ ถ้ามีผู้มารับสาย ระบบก็จะสั่งให้วงจรภาคส่งข้อความทำงานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ส่วนหน่วยความจำเสียง (Voice Memory)

ในส่วนนี้จะใช้ไอซีตระกูล ISD1400 เบอร์ 1420 ซึ่งมีฟังก์ชั่นการทำงานที่มากมายและสามารถสั่งงานโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้สะดวก อีกทั้งสามารถเปลี่ยนแปลงข้อมูลในหน่วยความจำของไอซีได้ง่ายดังที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยการทำงานในส่วนนี้จะเริ่มขึ้นเมื่อ MCS-51 ได้รับสัญญาณจากส่วนตรวจจับสัญญาณว่าปลายทางมีการยกหูเกิดขึ้น ก็จะส่งลอจิก "0" ไปยังขา PLAYE ของไอซี ISD1420 เพื่อให้เกิดการเล่นกลับขึ้น



รูปที่ 3.8 แสดงส่วนวงจรบันทึกเสียง

3.7 ส่วนประจุแบตเตอรี่แบบอัตโนมัติ

เป็นส่วนที่ใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟในเวลาปกติและใช้สำรองจ่ายไฟให้แก่วงจรหลังในช่วงเวลาที่เกิดเหตุขัดข้องทางไฟฟ้า

จากรูปที่ 3.9 แสดงแนวความคิดของลักษณะการประจุ สำหรับแบตเตอรี่ตะกั่วกรดขนาด 12 โวลต์ ระหว่างช่วงแรก กระแสจะถูกกำจัดจนกระทั่งแรงดันของแบตเตอรี่เพิ่มสูงขึ้นถึงระดับหนึ่งแล้ว (ประมาณ 10 โวลต์) ก็จะป้อนกระแสที่สูงให้กระแสนี้มีค่าประมาณ สำหรับการประจุให้เต็มใน 5 ชั่วโมง ซึ่งขนาดของกระแสนี้คำนวณได้ด้วยการเอาค่าความจุของแบตเตอรี่คิดเป็นแอมแปร์ชั่วโมง (A/h) หารด้วย 5 ซึ่งในช่วงท้ายของการประจุช่วงนี้ แบตเตอรี่ก็จะมีแรงดันประมาณ 14.4

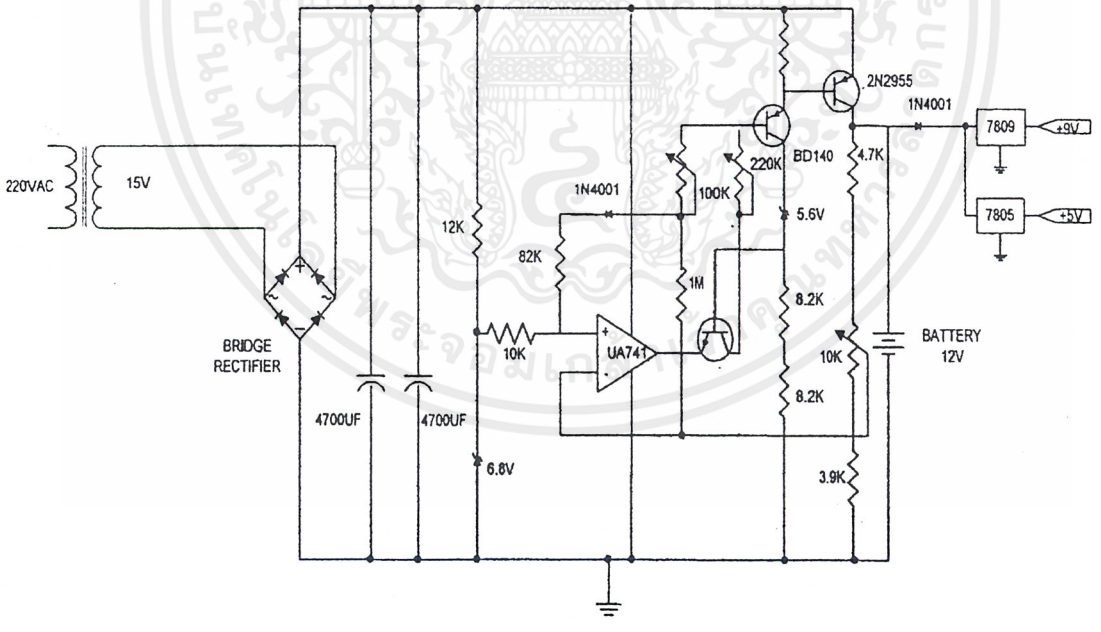
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โวลต์ และในช่วงสุดท้ายของการประจุนี้ ก็จะประจุด้วยกระแสน้อยลงจนกระทั่งเป็นศูนย์ ซึ่งก็หมายถึงว่าแบตเตอรี่ได้รับการประจุจนมีแรงดันสูงถึง 16.5 โวลต์แล้ว

จากรูปวงจร ถ้าแบตเตอรี่มีแรงดันน้อยกว่า 10 โวลต์ ซึ่งหมายความว่าถูกใช้ไฟไปจนหมดถูกนำมาต่อเข้ากับวงจรประจุก็จะมีกระแสจำนวนน้อย ๆ ไหลผ่าน D3 ทำให้ T1 ไม่นำกระแสเอาท์พุตของ IC1 จึงเป็น "0" ดังนั้นกระแสเบสของ T2 และ T3 ซึ่งคือกรแสประจุจึงปรับได้ด้วย P1

ถ้าแรงดันแบตเตอรี่อยู่ระหว่าง 10-14 โวลต์ D3 ก็จะได้รับแรงดันไบอัสตรงและ T1 นำกระแส ขณะนี้เอาท์พุตของ IC1 ยังคงเป็น "0" ดังนั้นกระแสประจุขณะนี้กำหนดโดย P1 และ P2 ถ้าแรงดันที่ขากลางของ P3 เกินแรงดันซีเนอร์ของ D1 ก็จะเกิดการป้อนกลับทางบวกผ่าน R4 แรงดันเอาท์พุตของ IC1 ก็จะสวิงขึ้นไปเป็นแรงดันเท่ากับแรงดันซีเนอร์ของ D1 และแรงดันไบอัสของ D2 จากผลอันนี้ T1 ก็จะหยุดนำกระแส และขณะนี้กระแสประจุก็จะขึ้นอยู่กับ P1

และในส่วนการจ่ายไฟจะใช้ ไอซีเบอร์ 7809 และ 7805 จากเบตเตอรี่เพื่อจ่ายไฟให้แก่วงจรในส่วนต่าง ๆ



รูปที่ 3.9 แสดงส่วนวงจรประจุแบตเตอรี่แบบอัตโนมัติ

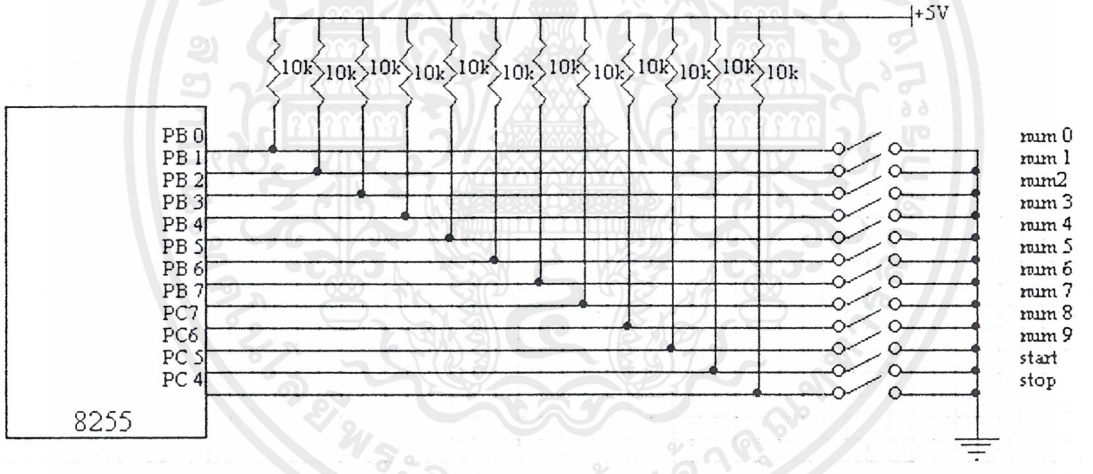
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 ส่วนของ switch

เราใช้สวิตช์เพื่อใช้ในการป้อนค่าเบอร์โทรศัพท์โดยเราได้ต่อสวิตช์ ตามรูปที่3.10 เมื่อสวิตช์ open จะได้ค่าลอจิก 1 เข้าที่ขาของพอร์ต และเมื่อ สวิตช์ close จะได้ค่า ลอจิก 0

หลักการทำงาน ในการป้อนค่าเบอร์โทรศัพท์

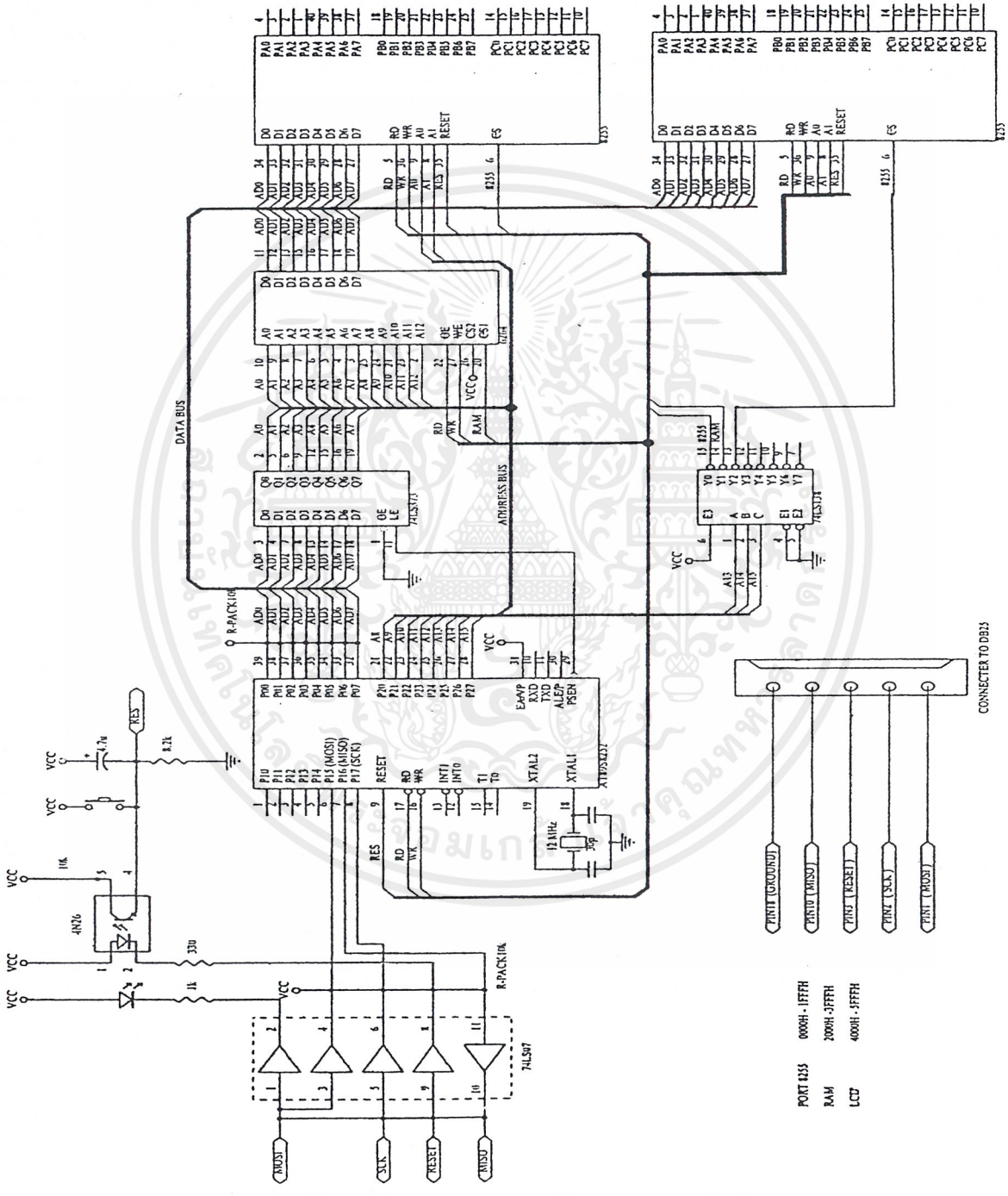
1. กดสวิตช์ start เพื่อเซตให้ microcontroller พร้อมที่จะรับค่าเบอร์โทรศัพท์ และนำไปเก็บไว้ใน RAM
2. กดหมายเลขโทรศัพท์ที่ต้องการให้ครบ
3. กดสวิตช์ stop เพื่อให้ microcontroller รับรู้ว่าได้รับเบอร์โทรศัพท์มาครบทุกเบอร์แล้ว และนำเบอร์โทรศัพท์ใหม่ มาเก็บไว้ใน RAM แทนเบอร์โทรศัพท์เก่า ดังนั้นในการโทรออก ก็จะนำค่าเบอร์โทรศัพท์ใหม่มาใช้



รูปที่3.10 แสดงวงจรสวิตช์เปลี่ยนเบอร์โทรศัพท์

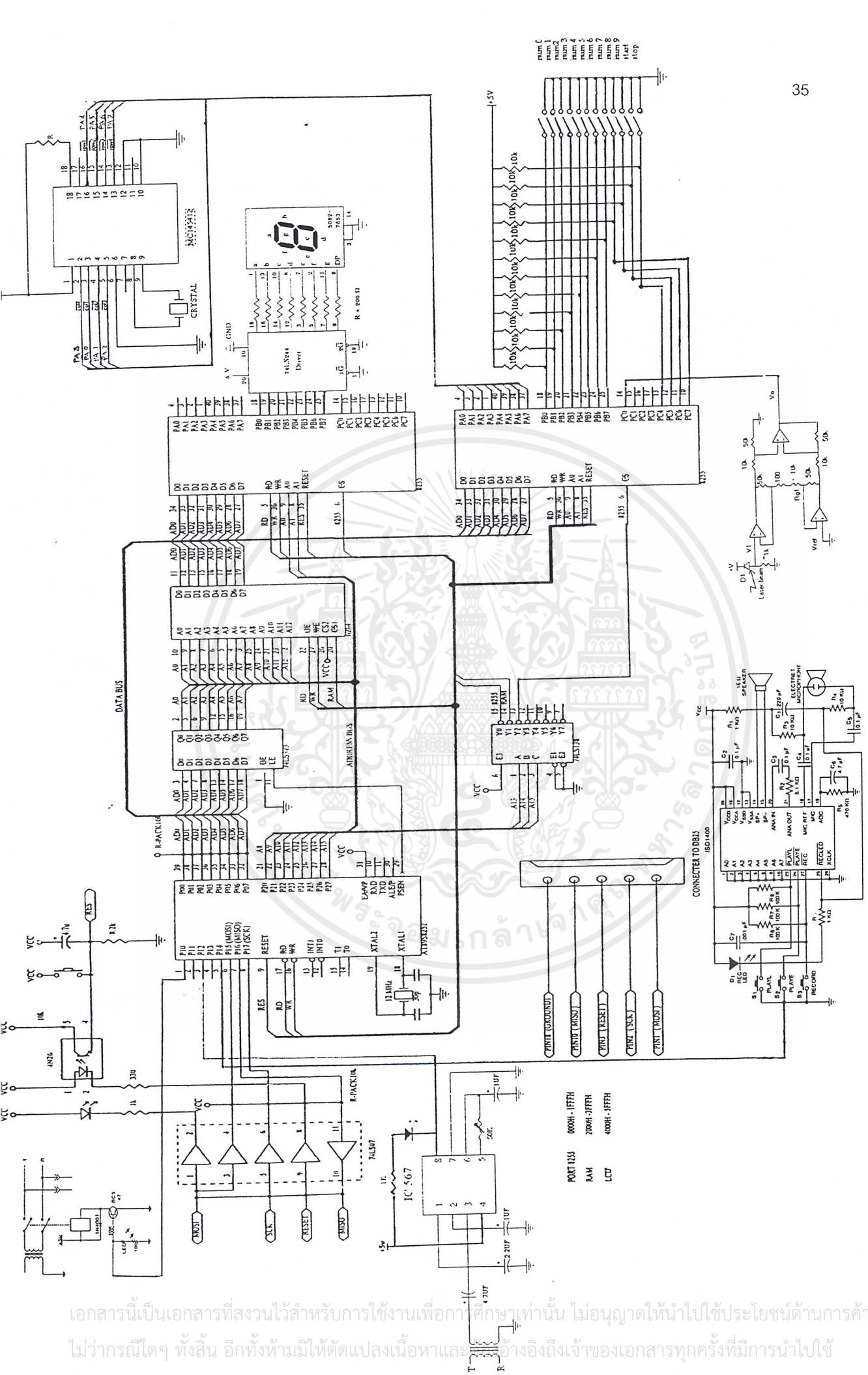
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 ส่วนวงจรควบคุมโดยใช้ MCS-51



รูปที่ 3.11 แสดงส่วนของวงจรควบคุมโดยใช้ MCS-51

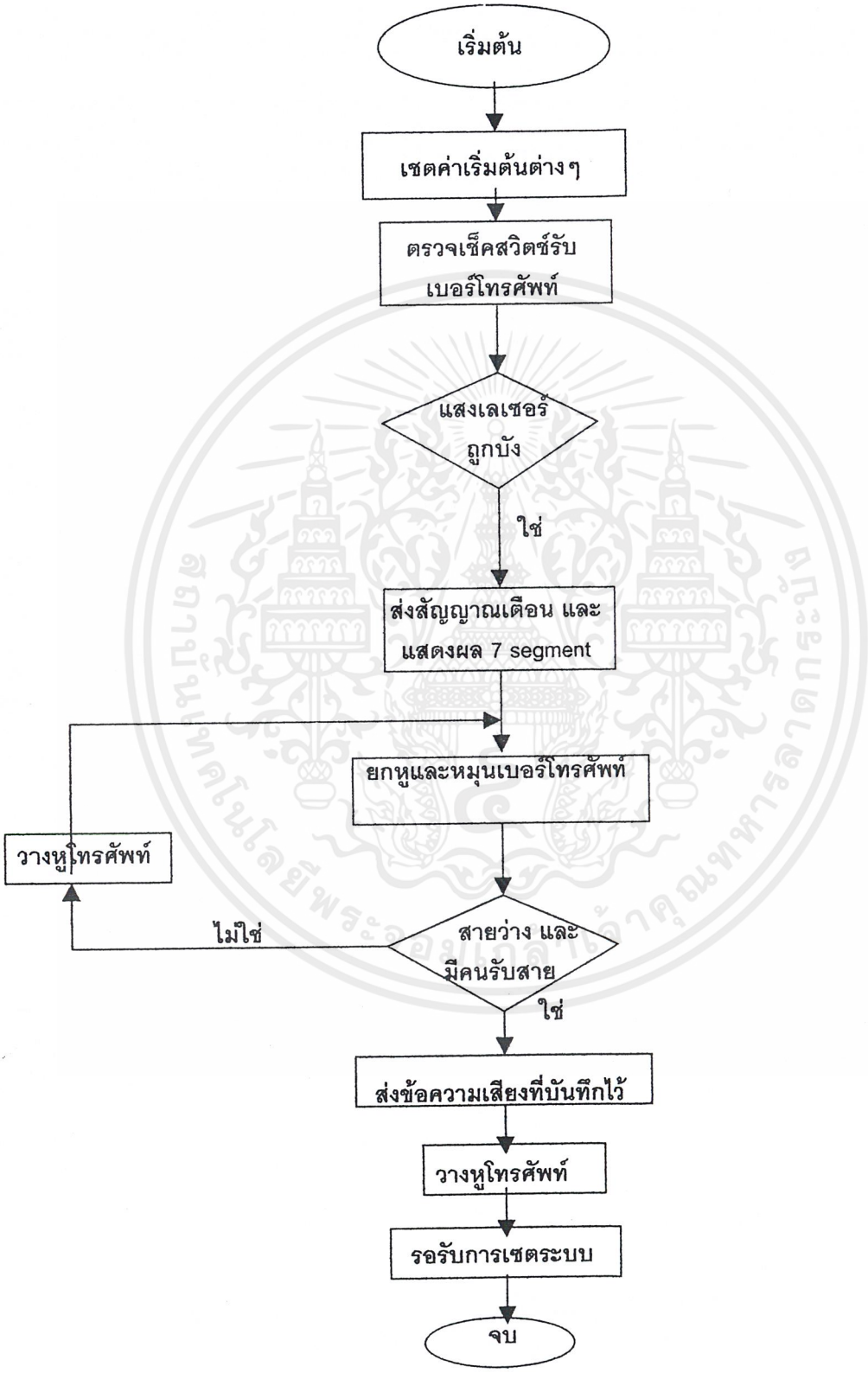
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.12 แสดงการเชื่อมต่อส่วนของวงจรต่างๆกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์

3.10 โครงสร้างทางซอฟแวร์ (SOFTWARE)



รูปที่ 3.13 โฟล์ชาร์ตแสดงการทำงานในโหมดของการแจ้งเหตุและเตือนภัยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลอง

4.1 การต่อโทรศัพท์เข้ากับระบบ

4.1.1 ต่อวงจรเข้ากับคู่สายโทรศัพท์

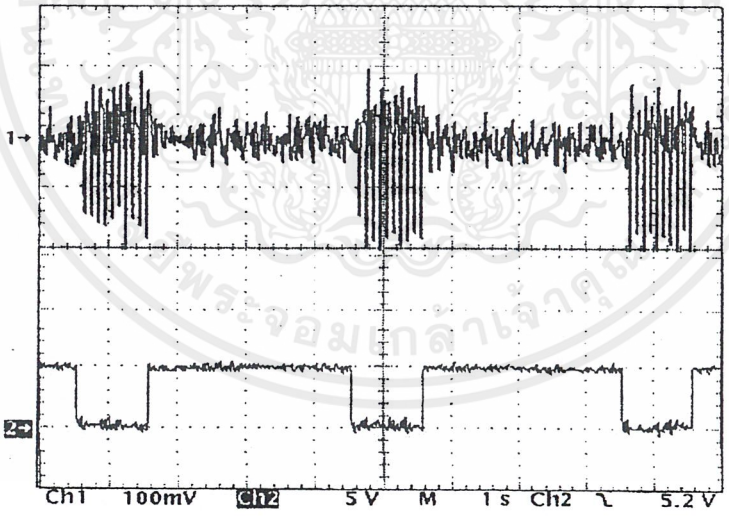
4.1.2 ยกหูโทรศัพท์หรือให้ รีเลย์ ทำงานเพื่อให้คู่สายโทรศัพท์ต่อกับหม้อแปลง 600-600 โอห์ม

4.2 การทดลองตรวจจับสัญญาณ Ringback Tone

4.2.1 ต่อวงจรเข้ากับคู่สายโทรศัพท์

4.2.2 โทรออกไปยังเลขหมายที่ต้องการแล้วฟังว่ามีสัญญาณ Ringback Tone หรือไม่ ถ้าไม่มีให้เปลี่ยนเลขหมายโทรออกหรือโทรซ้ำอีกครั้ง

4.2.3 เมื่อมีสัญญาณ Ringback Tone ให้วัดสัญญาณที่ขาเอาท์พุท ของ LM 567



รูปที่4.1 แสดงลักษณะรูปสัญญาณ Ringback Tone ที่คู่สายโทรศัพท์และที่เอาท์พุทของ LM 567

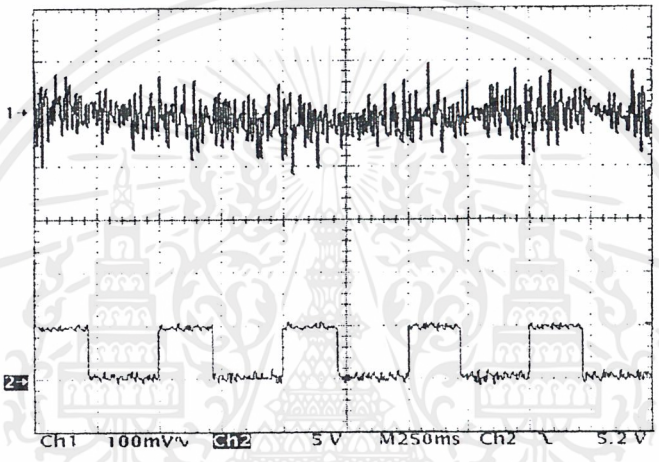
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การวัดสัญญาณ Busy Tone

4.3.1 ต่อวงจรเข้ากับคู่สายโทรศัพท์

4.3.2 โทรไปยังเลขหมายที่ถูกใช้งานอยู่ซึ่งจะทำให้เกิดสัญญาณ Busy Tone ขึ้น

4.3.3 วัดสัญญาณที่ขาเอาท์พุทของ LM 567

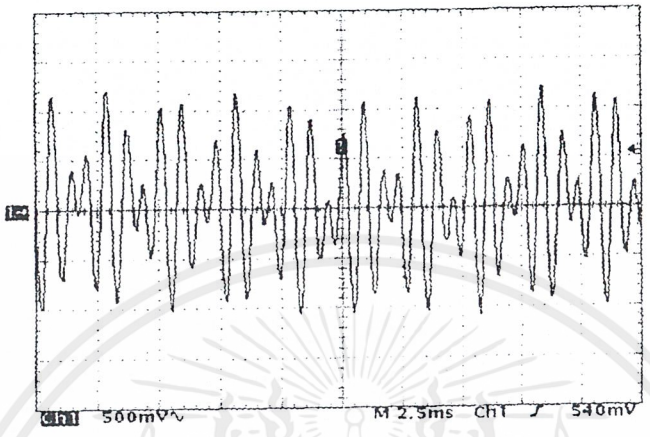


รูปที่4.2 แสดงลักษณะรูปสัญญาณ Busy Tone ที่วัดจากคู่สายโทรศัพท์กับเอาท์พุทของ LM 567

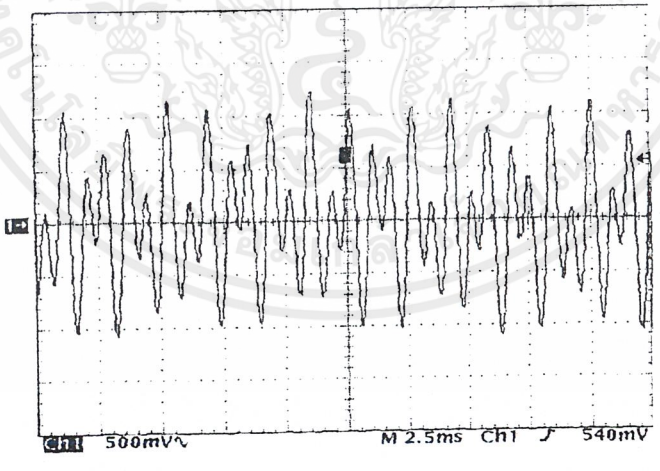
4.4 การกำเนิดสัญญาณ ดีทีเอ็มเอฟ ออกไปยังชุมสายเพื่อติดต่อคู่สายปลายทาง

การกำเนิดสัญญาณ ดีทีเอ็มเอฟ สามารถทำได้โดยใช้ ไอซีเบอร์ MC 145412 แล้วส่งออกไปยังชุมสายเพื่อให้ระบบสามารถติดต่อกับคู่สายปลายทางหรือสถานที่ ที่ต้องการแจ้งเหตุนั้น สัญญาณ ดีทีเอ็มเอฟ ที่ส่งออกไปจะประกอบไปด้วยสัญญาณ 2 ความถี่ที่ผสมกันดังผลการทดลองที่ส่งหมายเลขตั้งแต่ 0-9 ออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

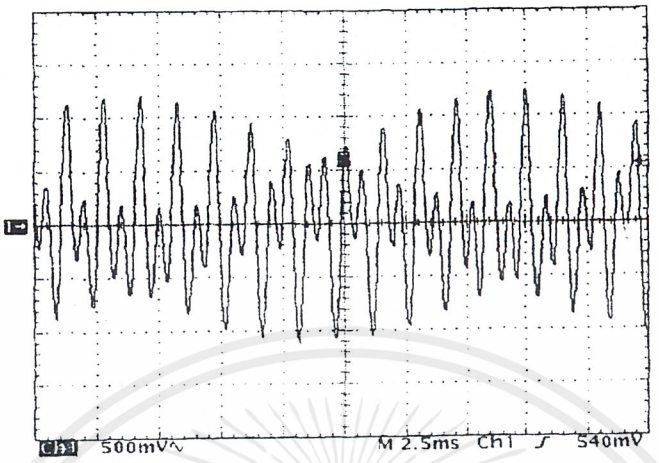


รูปที่4.3 แสดงลักษณะรูปคลื่นของสัญญาณเลข 0 ที่กำเนิดจาก MC 145412 ซึ่งมีความถี่ 941 เฮิรตซ์ และ 1336 เฮิรตซ์

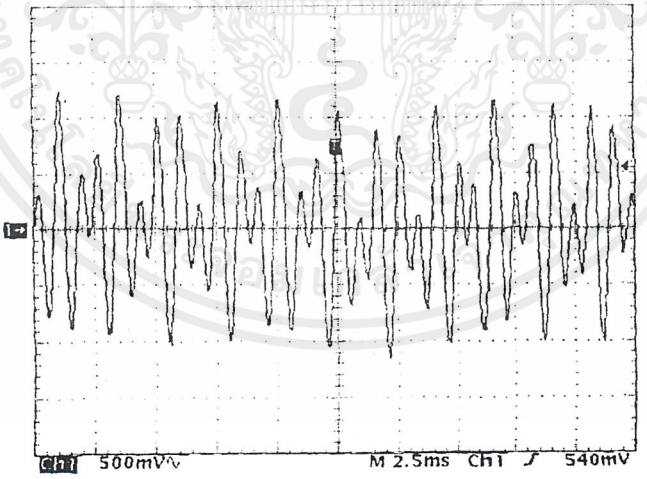


รูปที่4.4 แสดงลักษณะรูปคลื่นของสัญญาณเลข 1 ที่กำเนิดจาก MC 145412 ซึ่งมีความถี่ 697 เฮิรตซ์ และ 1209 เฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

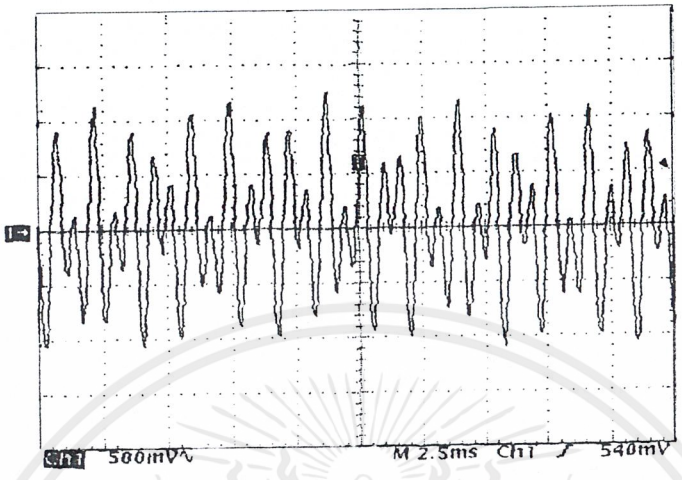


รูปที่4.5 แสดงลักษณะรูปคลื่นของสัญญาณเลข 2 ที่กำเนิดจาก MC 145412 ซึ่งมีความถี่ 697 เฮิรตซ์ และ 1336 เฮิรตซ์

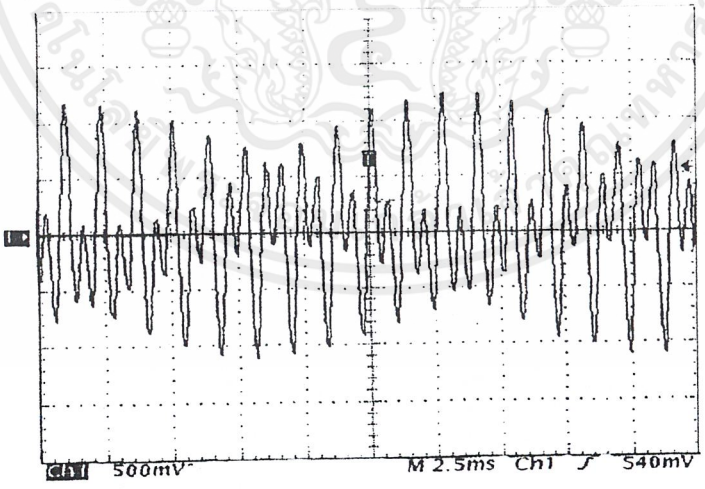


รูปที่4.6 แสดงลักษณะรูปคลื่นของสัญญาณเลข 3 ที่กำเนิดจาก MC 145412 ซึ่งมีความถี่ 697 เฮิรตซ์ และ 1477 เฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

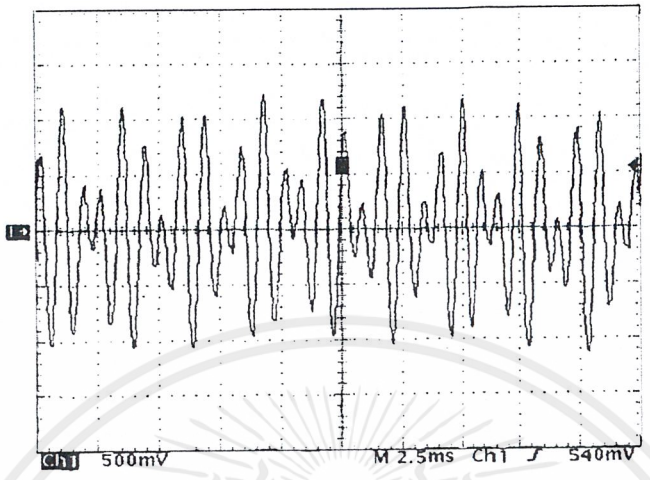


รูปที่4.7 แสดงลักษณะรูปคลื่นของสัญญาณเลข 4 ที่กำเนิดจาก MC 145412 ซึ่งมีความถี่ 770 เฮิรตซ์ และ 1209 เฮิรตซ์

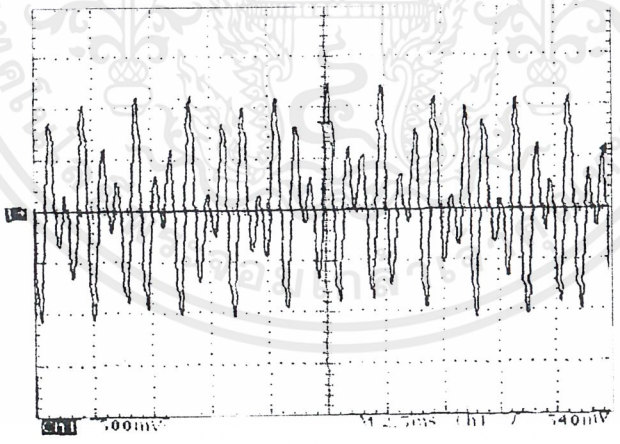


รูปที่4.8 แสดงลักษณะรูปคลื่นของสัญญาณเลข 5 ที่กำเนิดจาก MC 145412 ซึ่งมีความถี่ 770 เฮิรตซ์ และ 1336 เฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

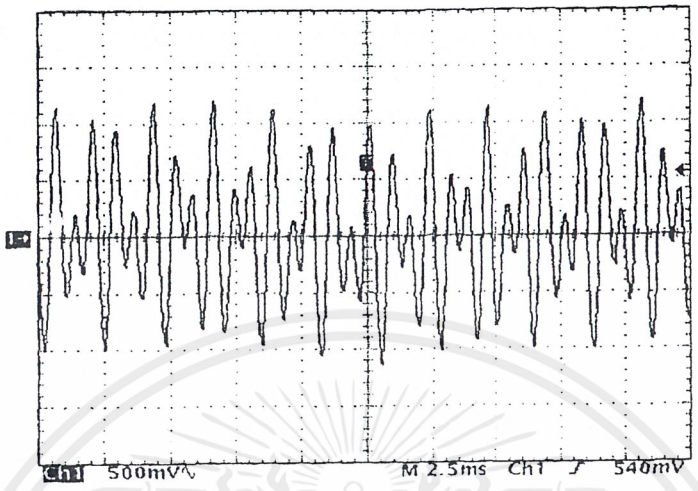


รูปที่4.9 แสดงลักษณะรูปคลื่นของสัญญาณเลข 6 ที่กำเนิดจาก MC 145412 ซึ่งมีความถี่ 770 เฮิรตซ์ และ 1477 เฮิรตซ์

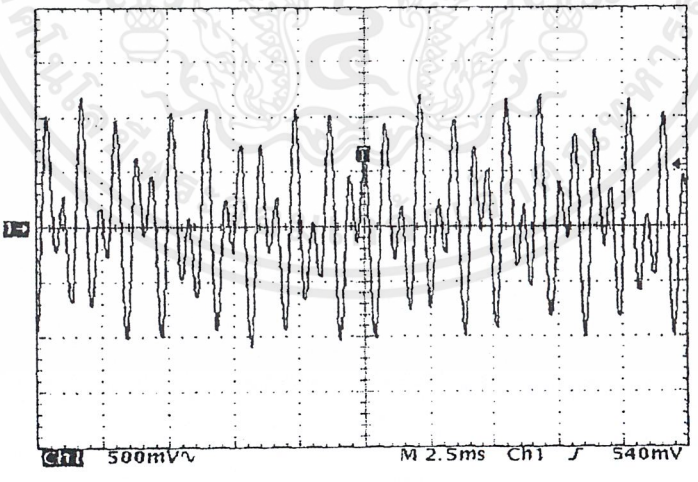


รูปที่4.10 แสดงลักษณะรูปคลื่นของสัญญาณเลข 7 ที่กำเนิดจาก MC 145412 ซึ่งมีความถี่ 852 เฮิรตซ์ และ 1209 เฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.11 แสดงลักษณะรูปคลื่นของสัญญาณเลข 8 ที่กำเนิดจาก MC 145412 ซึ่งมีความถี่ 852 เฮิรตซ์ และ 1336 เฮิรตซ์



รูปที่4.12 แสดงลักษณะรูปคลื่นของสัญญาณเลข 9 ที่กำเนิดจาก MC 145412 ซึ่งมีความถี่ 852 เฮิรตซ์ และ 1477 เฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การทดลองเปลี่ยนแปลงข้อความเพื่อใช้แจ้งเหตุใหม่

ข้อความที่ใช้แจ้งเหตุนั้นจะถูกบันทึกอยู่ใน ISD 1420 การเปลี่ยนแปลงข้อมูลใน ISD 1420 สามารถทำได้โดย

1. กดปุ่มเพื่อทำการบันทึกเสียงโดยที่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะทำงานในโหมดของการบันทึกเสียงเองอัตโนมัติ
2. ใส่เสียงพูดไปในไมโครโฟน โดยข้อความที่จะอยู่ใน ISD 1420 จะมีความยาวไม่เกิน 20 วินาที และถ้าข้อความที่บันทึกลงไปนั้นได้ถูกบันทึกครบ 20 วินาทีแล้ว LED ที่ใช้ในการแสดงผลของการบันทึกเสียงก็จะดับลง แสดงว่าหน่วยความจำใน ISD 1420 ได้ถูกใช้หมดแล้ว

ข้อมูลที่อยู่ใน ISD 1420 จะไม่สูญหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยงให้ระบบ แม้ไม่มีแบตเตอร์รี่สำรอง ข้อมูลก็จะไม่สูญหายเป็นระยะเวลา 100 ปี

4.6 การ check เซ็นเซอร์ดูว่ามีเอาท์พุตได้ออกมาตามที่ต้องการ

ค่าที่ต้องการจากระบบ senser คือ ในสภาวะปกติ (แสงเลเซอร์ส่งไปยัง detector ได้) เราต้องการให้ มีค่า output เท่ากับ 5 V ส่วนในสภาวะที่ผิดปรกติ (มีการตัดผ่านของแสงเลเซอร์ หรือ แสงเลเซอร์ส่งไปยัง detector ไม่ได้) เราต้องการให้ มีค่า output เท่ากับ 0 V

1.จ่ายไฟเลี้ยงให้เลเซอร์เพื่อตรวจดูว่า เลเซอร์ทั้ง4ตัว ทำงานหรือไม่

2.ใช้ votage meter ตรวจสอบดูที่ output ของวงจร detector ว่ามีค่า เท่ากับ 5 V หรือไม่

3. ปิดแสงเลเซอร์ทีละด้าน แล้ว ใช้ votage meter ตรวจสอบดูที่ output ของวงจร detector ว่ามีค่า เท่ากับ 0 V หรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

สำหรับการทำงานของระบบจะใช้แสงเลเซอร์ ทำหน้าที่ตรวจสอบผู้บุกรุก เนื่องจากว่าแสงเลเซอร์มีความเข้มของแสงสูงทำให้สามารถตรวจสอบการบุกรุกได้ไกลมาก ถ้ามีผู้บุกรุกจะทำให้การรับส่งแสงเลเซอร์ขาดช่วงไป ระบบก็จะทำการติดต่อทางโทรศัพท์ไปยังผู้ที่เราต้องการจะขอความช่วยเหลือและส่งข้อความที่จะแจ้งเหตุออกไปโดยเราจะบันทึกข้อความและหมายเลขโทรศัพท์ไว้ตั้งแต่แรก

ขั้นตอนในการสร้างวงจรเพื่อตรวจสอบสถานะการใช้งานทางโทรศัพท์ของผู้ที่เราต้องการจะติดต่อนั้นมีปัญหามาก เนื่องจากไม่สามารถตรวจสอบได้ว่าเป็นสถานะที่พร้อมจะติดต่อได้หรือไม่ แต่หลังจากได้มีการแก้ไขโปรแกรมแล้วก็สามารถตรวจสอบได้ แต่สามารถใช้งานกับชุมสายโทรศัพท์เท่านั้น ยังไม่สามารถใช้งานกับชุมสายโทรศัพท์ภายในอาคารสำนักงานได้

ปัญหาที่พบในการทดลอง

1) เนื่องจากอุปกรณ์บางตัวมีหลักการทำงานที่ค่อนข้างเข้าใจยาก ประกอบทั้งข้อมูลที่เกี่ยวข้องเขียนอธิบายไว้ไม่ละเอียด ทำให้เกิดความเข้าใจผิดในการทำงานของตัวไอซี ส่งผลให้การทดลองล่าช้า

2) เนื่องจากวงจรส่วนที่ใช้ในการตรวจจับสัญญาณสายว่างและสัญญาณสายไม่ว่าง มีความไม่แน่นอน อันเป็นผลมาจากตัวอุปกรณ์ไอซีที่ใช้ในการตรวจจับความถี่แต่ละตัวสามารถตรวจจับได้เพียงความถี่เดียวเท่านั้นอีกทั้งยังมีแบนด์วิท (Bandwidth) แคบ ทำให้ยากแก่การจับสัญญาณ

แนวทางในการพัฒนาโครงการนี้ต่อไป

1. วงจรแบบสำรองไฟที่ใช้ของเราสำรองไฟได้ประมาณ 15 นาที เพราะฉะนั้น ถ้าเกิดไฟดับนาน ๆ ไฟที่สำรองวงจรจะไม่พอ จึงควรมีการพัฒนาตรงส่วนนี้เพิ่มเติม

2. การเพิ่มส่วนตรวจสอบความปกติของระบบในการใช้งานเพื่อให้มีความน่าเชื่อถือสูง จำเป็นต้องมีระบบที่คอยตรวจสอบระบบเตือนภัย ว่ายังทำงานเป็นปกติอยู่หรือไม่ ถ้าไม่ทำงานระบบตรวจสอบต้องเข้าไปแก้ไข หรือสั่งให้ระบบเตือนภัยกลับมาอยู่ในสภาวะใช้งานปกติได้โดยเร็ว โดยอาจจะต้องมีการเพิ่มส่วนของวงจรที่ทำหน้าที่รีเซตระบบเมื่อระบบทำงานผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เจ้าของบ้านน่าจะโทรเข้ามาตรวจสอบระบบว่ายังทำงานในสภาวะปกติอยู่หรือไม่ ซึ่งต้องเพิ่มส่วนของวงจรที่สามารถรับสัญญาณโทรเข้าได้ โดยถ้ามีส่วนที่รับสัญญาณโทรศัพท์เข้าได้แล้วอาจพัฒนาเป็นระบบควบคุมการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านได้และยังรับฝากข้อความได้อีกด้วย

4. การติดต่อขอความช่วยเหลือสามารถติดต่อได้กับผู้ที่ใช้โทรศัพท์เท่านั้น ยังไม่สามารถติดต่อกับผู้ที่อยู่ในอาคารสำนักงานได้เนื่องจากสัญญาณแจ้งสถานะทางโทรศัพท์ของชุมสายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์กับสัญญาณของตู้สาขาในอาคารสำนักงานนั้นไม่เหมือนกัน จึงจะต้องมีการแก้ไขโปรแกรมที่ใช้ตรวจสอบสถานะทางโทรศัพท์ให้สามารถตรวจสอบได้ทั้งสองแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

May 1999

National Semiconductor

LM567/LM567C
Tone Decoder

General Description

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

Features

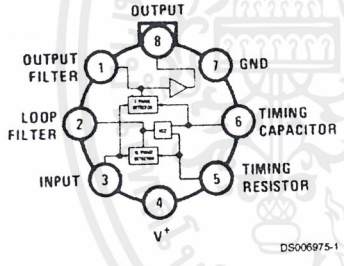
- 20 to 1 frequency range with an external resistor
- Logic compatible output with 100 mA current sinking capability
- Bandwidth adjustable from 0 to 14%
- High rejection of out of band signals and noise
- Immunity to false signals
- Highly stable center frequency
- Center frequency adjustable from 0.01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

Applications

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

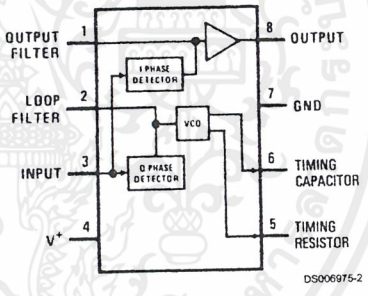
Connection Diagrams

Metal Can Package



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

Dual-In-Line and Small Outline Packages



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

© 1999 National Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

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

Supply Voltage Pin	9V
Power Dissipation (Note 2)	1100 mW
V_8	15V
V_3	−10V
V_3	V_4 + 0.5V
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
Operating Temperature Range	
LM567H	−55°C to +125°C
LM567CH, LM567CM, LM567CN	0°C to +70°C
Soldering Information	
Dual-In-Line Package	
Soldering (10 sec.)	260°C
Small Outline Package	
Vapor Phase (60 sec.)	215°C
Infrared (15 sec.)	220°C

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

Electrical Characteristics

AC Test Circuit, T_A = 25°C, V^+ = 5V

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

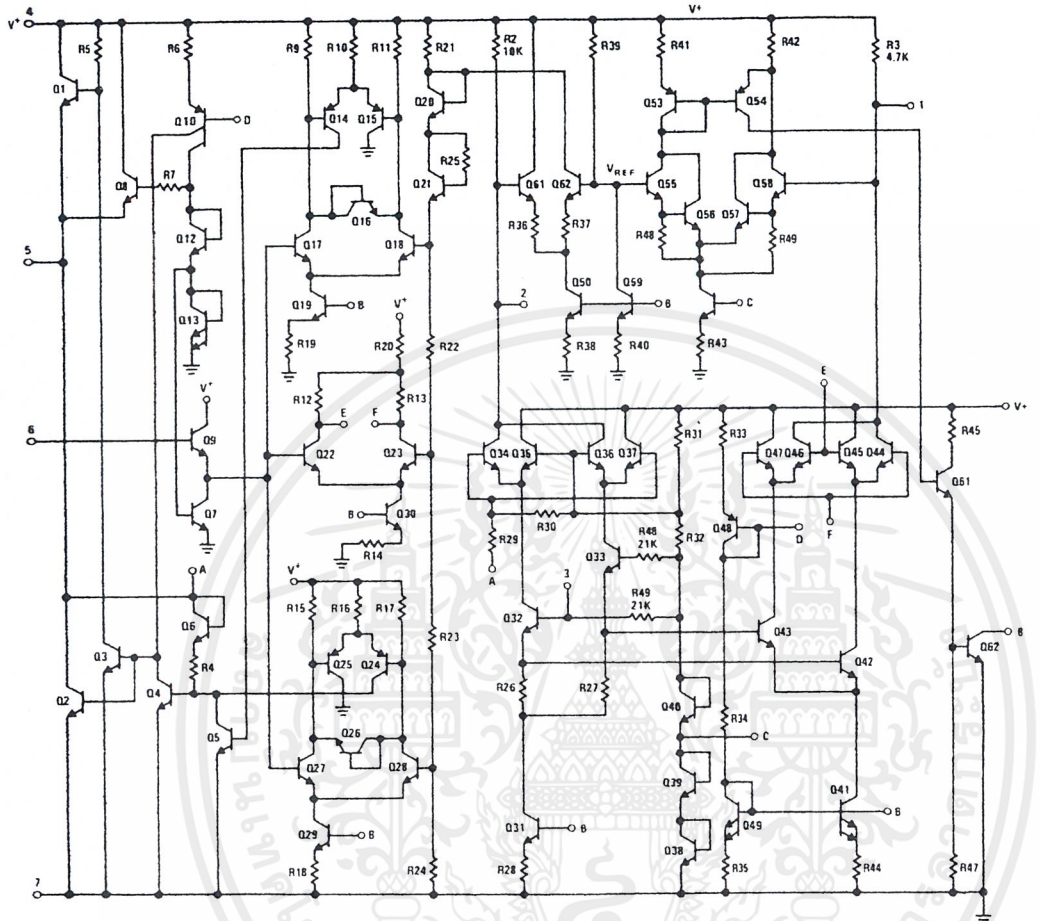
Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits. Electrical Characteristics state DC and AC electrical specifications under particular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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

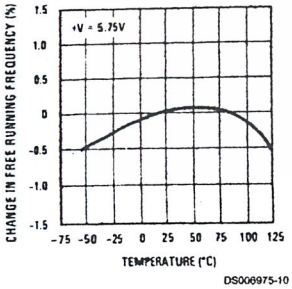
Schematic Diagram



DS006975-3

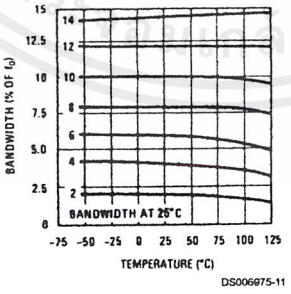
Typical Performance Characteristics

Typical Frequency Drift



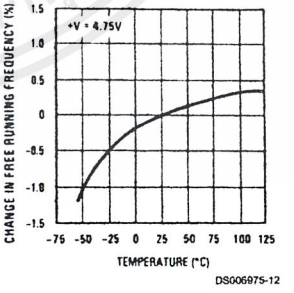
DS006975-10

Typical Bandwidth Variation



DS006975-11

Typical Frequency Drift

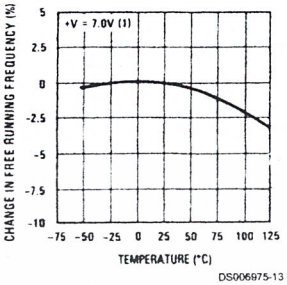


DS006975-12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

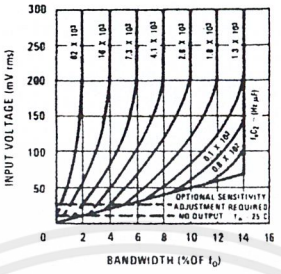
Typical Performance Characteristics (Continued)

Typical Frequency Drift



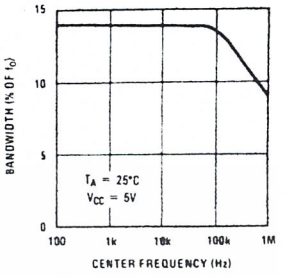
DS006975-13

Bandwidth vs Input Signal Amplitude



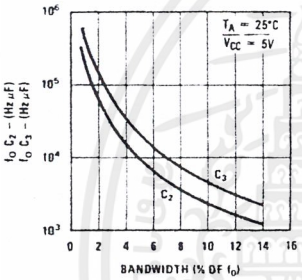
DS006975-14

Largest Detection Bandwidth



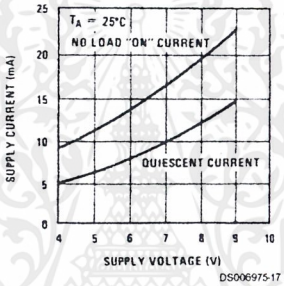
DS006975-15

Detection Bandwidth as a Function of C_2 and C_3



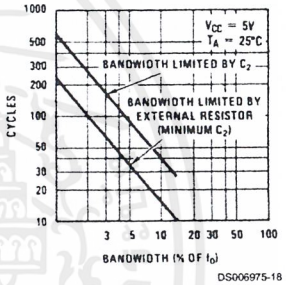
DS006975-16

Typical Supply Current vs Supply Voltage



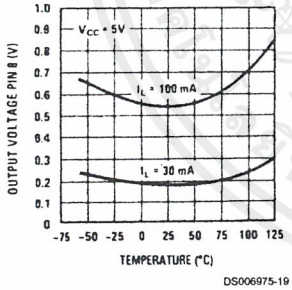
DS006975-17

Greatest Number of Cycles Before Output



DS006975-18

Typical Output Voltage vs Temperature

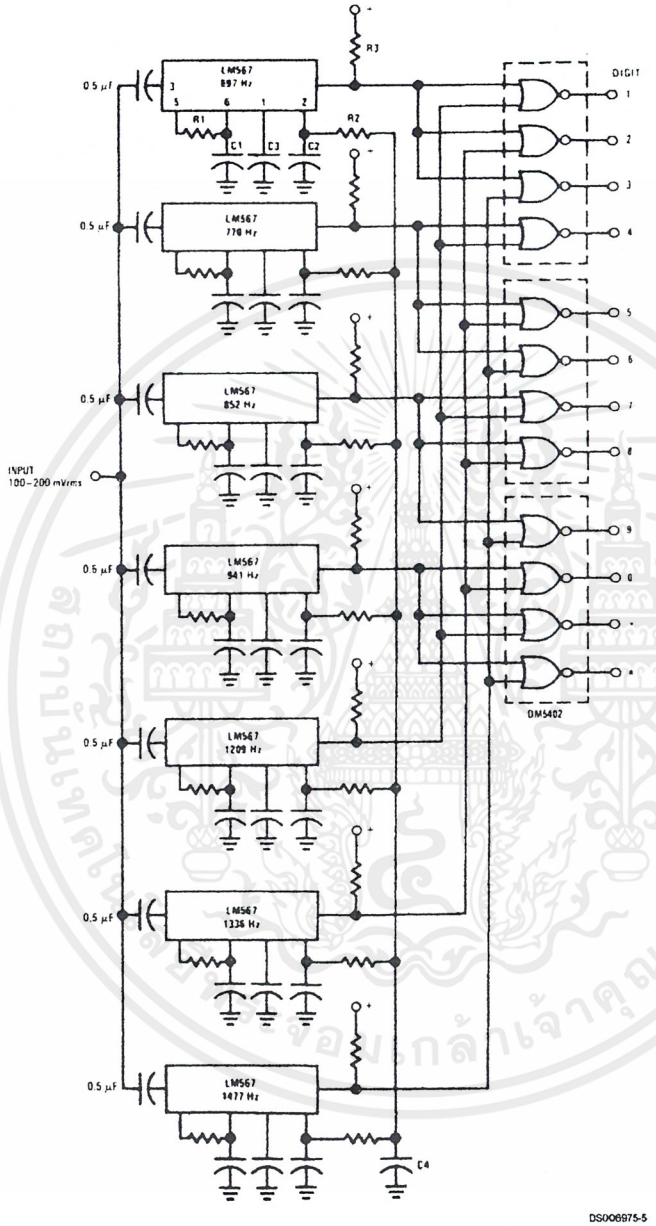


DS006975-19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications

Touch-Tone Decoder

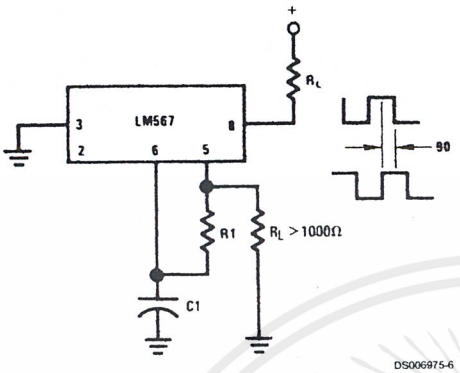


Component values (typ)
R1 6.8 to 15k
R2 4.7k
R3 20k
C1 0.10 mfd
C2 1.0 mfd 6V
C3 2.2 mfd 6V
C4 250 mfd 6V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

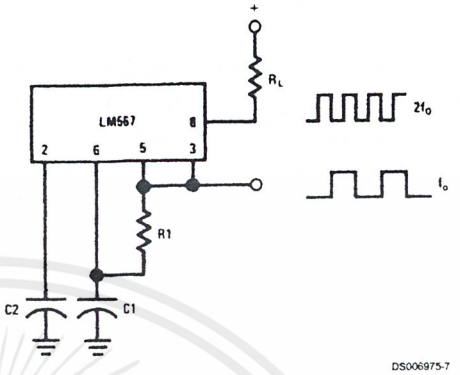
Oscillator with Quadrature Output



DS006975-6

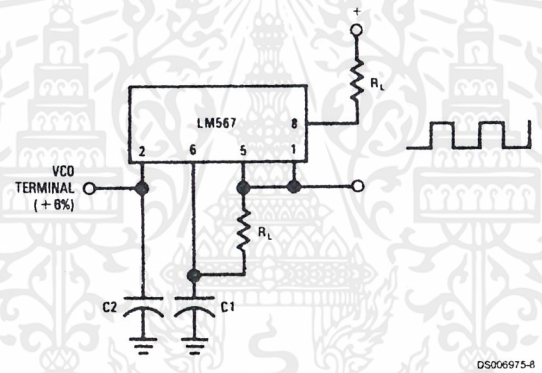
Connect Pin 3 to 2.8V to Invert Output

Oscillator with Double Frequency Output



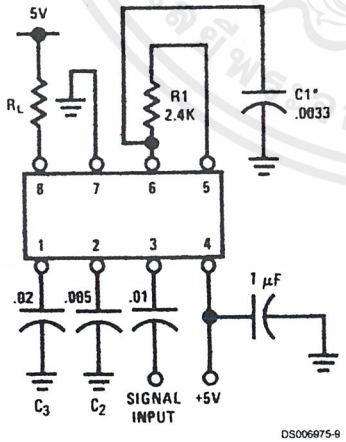
DS006975-7

Precision Oscillator Drive 100 mA Loads



DS006975-8

AC Test Circuit



DS006975-9

f_i = 100 kHz + 5V

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

Applications Information

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

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

The bandwidth of the filter may be found from the approximation

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

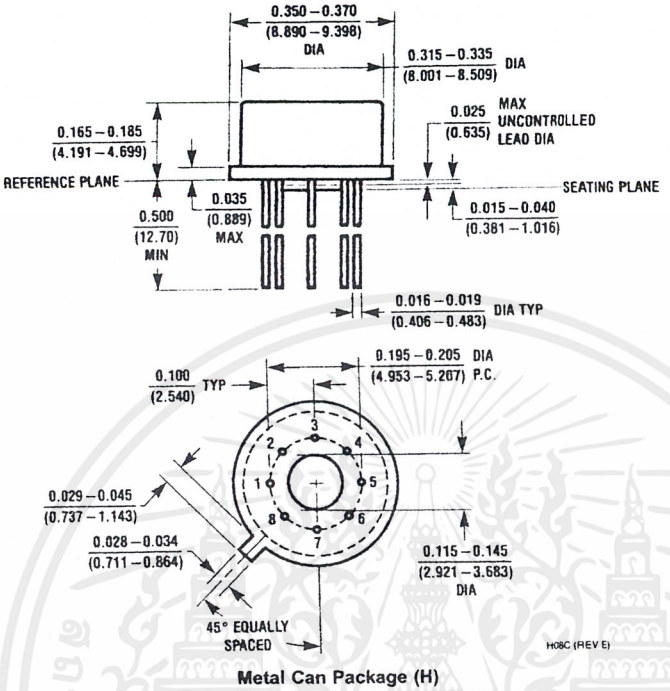
Where:

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

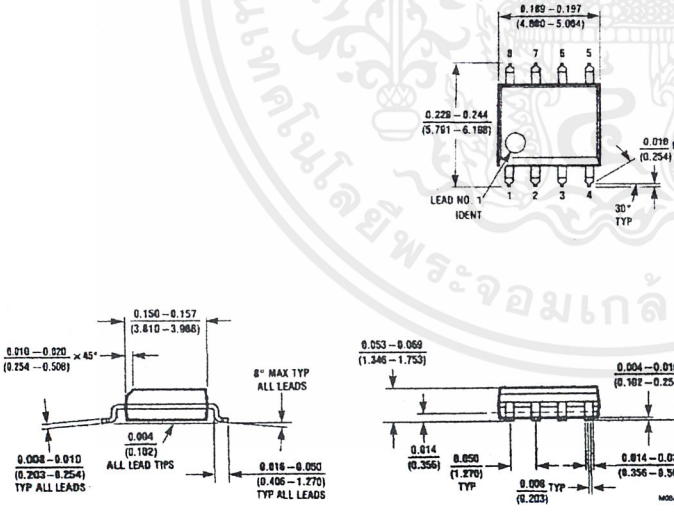
C_2 = Capacitance at Pin 2 (μF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



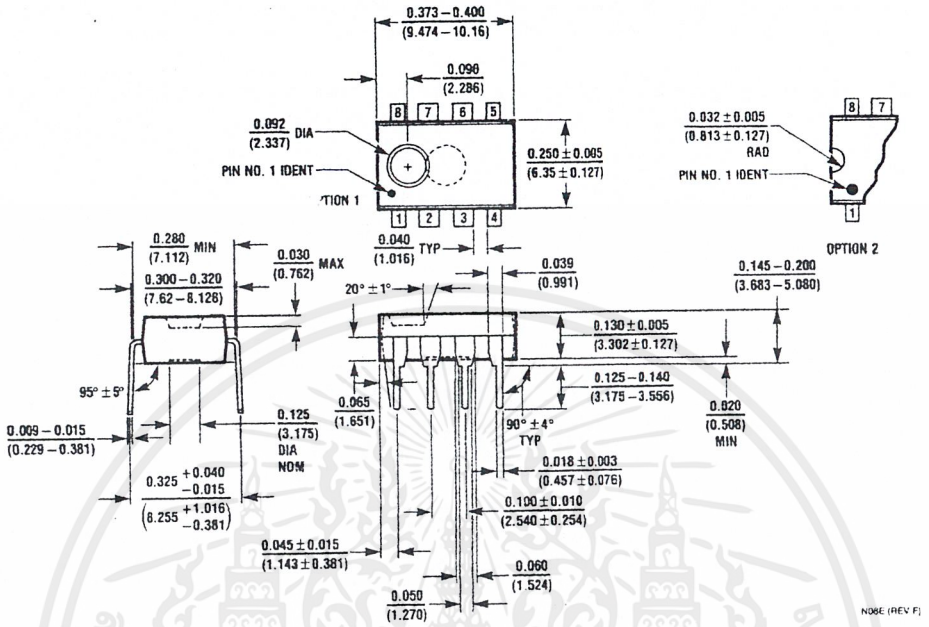
Metal Can Package (H)
Order Number LM567H or LM567CH
NS Package Number H08C



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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



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

LIFE SUPPORT POLICY

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

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

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

www.national.com

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

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

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

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

Single-Chip Voice Record/Playback Devices

INFORMATION STORAGE DEVICES

9303B-ND ISD CD-ROM Databook **$1.99**

General Description: Information Storage Devices' (ISD) patented ChipCorder® technology is a revolutionary multilevel technique to record and play back sound on a single chip. ISD's advanced technology provides natural sound reproduction, in a cost-effective device that retains stored messages in the event of power loss or battery replacement.

The ISD technology, based on a unique multilevel storage approach, stores multiple voltage levels into previously binary, two level EEPROM memory cells. Unlike traditional voice solutions whereby voice is digitized, the ISD approach stores analog signals directly into single cells as one of over 250 levels.

All ChipCorder products integrate the oscillator, microphone pre-amplifier, automatic gain control, anti-aliasing filter, smoothing filter, and speaker amplifier on-chip to achieve a complete "system on a chip." Only a microphone, speaker, power source, and a few passive components are needed to implement a complete record/playback function.

ISD1100 Series Description: The ISD1100 has been designed for low-cost consumer applications where a bare die is mounted directly to the PC board. The inclusion of pull-up or pull-down resistors on the input pins minimizes the number of signals used and the number of external components or bonding wires required. **Features:** • Pushbutton interface • 5 volt operating range • Automatic power-down

ISD1200 Series Description: The ISD1200 offers a simple push-button interface coupled with the automatic power-down feature. It offers full addressability to handle multiple messages on a single chip. It is ideal for toy applications. **Features:** • 5 volt operating range • Automatic power-down • Fully addressable to handle multiple messages

ISD1400 Series Description: The ISD1400 expands on the simple push-button interface of the ISD1200, with longer storage durations of 16 and 20 seconds. It offers full addressability to handle multiple messages on a single chip and is widely used in communication and consumer applications. **Features:** • 5 volt operating range • Automatic power-down • Fully addressable to handle multiple messages

ISD2500 Series Description: The ISD2500 family offers improvement in speech length up to a maximum of 90 seconds. This extends the single-chip voice solution to industrial and high-end consumer applications. This family offers sound capability for new applications such as cellular phones, answering machines, voice-response faxes, copy machines and industrial applications where voice prompting provides product differentiation for equipment and manufacturers. **Features:** • 5 volt operating range • Fully addressable to handle multiple messages • Directly cascadable for longer durations • Automatic power-down (push-button mode)

ISD33000 Series Description: The ISD33000 ChipCorder Series provides high-quality, 3-volt, single-chip Record/Playback solutions for 1- to 4-minute messaging applications which are ideal for cellular phones and other portable products. The CMOS devices include an on-chip oscillator, anti-aliasing filter, smoothing filter, AutoMute™ feature, audio amplifier, and high density, multilevel storage array. The ISD33000 series is designed to be used in a microprocessor- or microcontroller-based system. Address and control are accomplished through a Serial Peripheral Interface (SPI) or Microwire Serial Interface to minimize pin count.

ISD4002 / ISD4003 Series Description: The ISD4000 series provides high-quality, 3-volt, single-chip record/playback solutions for 2 to 4 minute (ISD4002) and 4 to 8 minute (ISD4003) messaging applications. These CMOS-based devices include an on-chip oscillator, anti-aliasing filter, smoothing filter, AutoMute™ feature, audio amplifier, and high density, multilevel Flash storage array. **Features:** • Single +3 volt supply • Low-power consumption • AutoMute feature to provide background noise attenuation • Fully addressable to handle multiple messages • On-chip clock source • Microcontroller SPI or Microwire™ Serial Interface

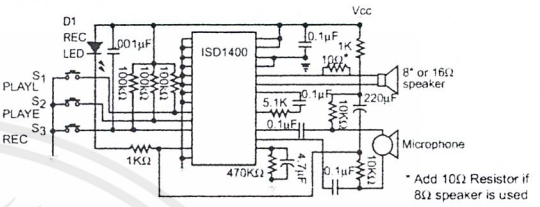
ISD-ES001 Evaluation System Description: The ISD-ES001 Evaluation System is a multi-purpose evaluation and development tool for use with the ISD's line of single-chip voice record/playback devices. As an evaluation tool, the ISD-ES001 enables designers to record and play back recordings using simple front-panel controls. The system's ease-of-use features facilitate comparisons of speech and sound quality relative to duration for each of the ISD products. **Features:** • Combination evaluation system and emulation tool • Permits evaluation of speech/sound quality for different durations of ISD devices • Documentation includes system schematic, ISD Application Design Manual, step-by-step instructions for system use and explanation for use of three operation modes: Multiple message addressing; Looping on single message; Multiple message record/playback • Supports message-prompting applications and development • System includes: Telephone handset and jack; AC adapter jack; Audio in/out jacks; Cable for direct pin connections for microprocessor and microcontroller based applications

ISD-ES002 "Parrot"™ Demonstration Board Description: The ISD-ES002 Parrot Demonstration Board is a hand-held unit with a built-in socket allowing easy and immediate record and playback of ISD devices. The ISD-ES002 system includes a speaker, a 9-volt battery with power supply regulation, and an ISD1416AP.

ISD-ES302 Demonstration Board for ISD33000 Series Description: The ISD-ES302 Demonstration Board is a portable unit designed to allow listeners to hear the high voice quality of ISD33000 Series products and to demonstrate the features available through the SPI control bus. The ISD-ES302 system includes: a demonstration board; a speaker (16 ohm); two AA batteries (1.5 volts each); an NSC COP820C microcontroller (on-board); an ISD1000A audio chip (on-board); an ISD33120P, an ISD33150P, an ISD33180P, and an ISD33240P device.

Voice quality better than "telephone quality" (telephones cut off below 300 Hz) is achieved with a sampling frequency of 8 KHz. The high frequency cut-off of the low pass filter is then chosen to be 3.4 KHz, satisfying the Nyquist criterion, but still with a wide enough frequency band to allow for good quality voice reproduction.

Application Example



Recommended Part List

Schematic Part	Digi-Key Part No.	Schematic Part	Digi-Key Part No.	Schematic Part	Digi-Key Part No.
1 KΩ (2)	1.0KQBK-ND	220 µF	P5652A-ND	LED	P300-ND
5.1 KΩ	5.1KQBK-ND	0.1 µF (4)	P4525-ND	S1	EG1301-ND
10 KΩ (2)	10KQBK-ND	4.7 µF	P6752-ND	S2	EG1305-ND
470 KΩ	470KQBK-ND	0.001 µF	P4551-ND	S3	EG1308-ND
100 KΩ (3)	100KQBK-ND			Microphone	P9931-ND

Duration	Interface	Input Sample Rate	Filter Pass Band	Pkg.	Digi-Key Part No.	Price Each 1	10	25	ISD Part No.
10 Sec.	Pushbutton	6.4KHz	2.6KHz	28 Dip	ISD1110P-ND	4.50	3.60	2.55	ISD1110P
10 Sec.	Pushbutton	6.4KHz	2.6KHz	28-SOIC	ISD1110S-ND	4.53	3.62	2.55	ISD1110S
12 Sec.	Pushbutton	5.3KHz	2.2KHz	28 Dip	ISD1212P-ND	4.50	3.60	2.55	ISD1212P
16 Sec.	Pushbutton	8.0KHz	3.3KHz	28 Dip	ISD1416P-ND	5.63	4.50	3.20	ISD1416P
16 Sec.	Pushbutton	8.0KHz	3.3KHz	28-SOIC	ISD1416S-ND	5.63	4.50	3.20	ISD1416S
20 Sec.	Pushbutton	6.4KHz	2.6KHz	SO-28	ISD1420S-ND	5.63	4.50	3.20	ISD1420S
20 Sec.	Pushbutton	6.4KHz	2.6KHz	28 Dip	ISD1420P-ND	5.63	4.50	3.20	ISD1420P
60 Sec.	Button/MCU	8.0KHz	3.4KHz	28-SOIC	ISD2560G-ND	9.13	7.30	5.20	ISD2560G
60 Sec.	Button/MCU	8.0KHz	3.4KHz	28 Dip	ISD2560P-ND	9.13	7.30	5.20	ISD2560P
75 Sec.	Button/MCU	6.4KHz	2.7KHz	28-SOIC	ISD2575G-ND	9.13	7.30	5.20	ISD2575G
75 Sec.	Button/MCU	6.4KHz	2.7KHz	28 Dip	ISD2575P-ND	9.13	7.30	5.20	ISD2575P
90 Sec.	Button/MCU	5.3KHz	2.3KHz	28-SOIC	ISD2590G-ND	9.13	7.30	5.20	ISD2590G
90 Sec.	Button/MCU	5.3KHz	2.3KHz	28 Dip	ISD2590P-ND	9.13	7.30	5.20	ISD2590P

Duration	Interface	Input Sample Rate	Filter Pass Band	Pkg.	Digi-Key Part No.	Price Each 1	10	25	ISD Part No.
2 Min.	Button/MCU	4.0KHz	1.7KHz	28 Dip	ISD25120P-ND	9.13	7.30	5.20	ISD25120P
2 Min.	SPI/Microwire	8.0KHz	3.4KHz	28 Dip	ISD33120P-ND	13.50	10.80	7.70	ISD33120P
4 Min.	SPI/Microwire	4.0KHz	1.7KHz	28 Dip	ISD33240P-ND	13.88	11.10	7.95	ISD33240P
120 Sec.	SPI/Microwire	8.0KHz	3.4KHz	28-Dip	ISD4002-120P-ND	8.75	7.00	5.05	ISD4002-120P
120 Sec.	SPI/Microwire	8.0KHz	3.4KHz	28-SOIC	ISD4002-120S-ND	8.75	7.00	5.05	ISD4002-120S
240 Sec.	SPI/Microwire	4.0KHz	1.7KHz	28-Dip	ISD4002-240P-ND	9.13	7.30	5.20	ISD4002-240P
240 Sec.	SPI/Microwire	4.0KHz	1.7KHz	28-SOIC	ISD4002-240S-ND	9.13	7.30	5.20	ISD4002-240S
4 Min.	SPI/Microwire	8.0KHz	3.4KHz	28-Dip	ISD4003-04MP-ND	10.75	8.60	6.10	ISD4003-04MP
4 Min.	SPI/Microwire	8.0KHz	3.4KHz	28-SOIC	ISD4003-04MS-ND	10.75	8.60	6.10	ISD4003-04MS
8 Min.	SPI/Microwire	4.0KHz	1.7KHz	28-Dip	ISD4003-08MP-ND	11.13	8.90	6.30	ISD4003-08MP
8 Min.	SPI/Microwire	4.0KHz	1.7KHz	28-SOIC	ISD4003-08MS-ND	11.13	8.90	6.30	ISD4003-08MS
Evaluation System for ISD1110/1200/1400/2500					ISD-ES001-ND	424.00	—	—	ISD-ES001
Parrot Demonstration Board for ISD1110/1200/1400/2500					ISD-ES002-ND	137.50	—	—	ISD-ES002
Demonstration Board for ISD33000 Series					ISD-ES302-ND	293.75	—	—	ISD-ES302

NEW! Jackrabbit™ Low-Cost Single-Board Computer

Z-WORLD

This high-performance single-board computer from Z-World is stocked with I/O, memory, and communication ports. Measuring just 2.5" x 3.5", the Jackrabbit is perfect for embedded control. The Jackrabbit's remarkably low price point, fast execution speed, floating point capability, and interactive debugging make it ideal for OEM applications. The Jackrabbit also offers great flexibility for applications by providing extensive RAM, I/O and code space. Software for the Jackrabbit is developed using industry-proven Dynamic C® an integrated C-language development package that includes an interactive compiler, editor and debugger — making the Jackrabbit easy to program and develop.

Model BL1810 • **Board Size:** 2.50" x 3.50" x 0.94" (64 mm x 89 mm x 24 mm) • **Input Voltage.** Current: 7.5 - 25VDC, 100mA typical • **General Purpose I/O:** 14 bi-directional, 6 inputs, 4 outputs (CMOS compatible) • **High Power Outputs:** 3 sinking (200mA) and 1 sourcing (100mA) • **1 A/D**, 9-bit resolution, 8-bit accuracy, 0.1-2.8V input range. 150mS typ. acquisition time • **2 Analog Outputs**: filtered/buffered PWM outputs • **Processor:** Rabbit 2000, clock 14.7Mhz • **Memory:** SRAM 128K, flash 128K • Timers: five 8-bit cascadable timers, one 10-bit timer with 2 match registers • **Serial Ports:** (2) RS-232 (or one with CTS/RTS) rated at 15KV ESD, (1) RS-485 rated at 15kV ESD, (1) 5V CMOS compatible (programming port). 2 ports can be clocked • **Serial Rate**: selectable baud rates up to 115,200 (RS-232), 230,400 (RS-485). 5 Volt CMOS port up to 3.69Mbps • **Additional Features**: watchdog/supervisor, time/date clock, and backup battery

Model BL1820 Same as BL1810, except no RS-485, no backup battery and 3 additional I/O

Description	Digi-Key Part No.	Price Each 1	5	25	Z-World Part No.
Model BL1810	316-1001-ND	69.07	65.00	61.00	101-0357
Model BL1820	316-1002-ND	49.05	46.00	43.00	101-0358

Jackrabbit™ Development Kit

Digi-Key Part No. 316-1000-ND

Only **$139.00**

Includes Jackrabbit BL1810, manual, schematics, AC adapter, prototyping board, programming cable, documentation on CD ROM, additional parts, and complete Dynamic C software development system (not a trial version).

NEW! RABBIT Rabbit 2000™ 8-Bit Microprocessor

The Rabbit 2000 is a high-performance, 8-bit microprocessor distinguished by its C-friendly instruction set, fast number crunching ability and numerous on-chip peripherals. Built-in features include 4 serial ports, a slave port, remote bootstrap capability, advanced clocking options, and glueless interface to both memory and I/O — making hardware design easy. With a maximum clock speed of 30 MHz, and optimized C-oriented instruction set, the Rabbit 2000 outperforms alternative 16 and 32-bit processors at a much lower system cost. Supported by industry-proven Dynamic C® from Z-World, the Rabbit 2000 can handle C-language applications of approximately 1 megabyte (50,000+ C statements). Dynamic C provides an interactive compiler, editor, and source-level debugger. Numerous application libraries are also included. This close integration of hardware and software shortens development time and makes programming much easier.

Rabbit 2000 Advantages

• Architecture for enhanced math performance • Glueless memory and I/O interface • Remote cold boot • Slave interface • 4 serial ports • 40-plus multifunctional I/O pins • Battery-backable real-time clock • Watchdog timer • Five 8-bit timers and two 10-bit timers • 488 microsecond periodic interrupt • Clocking options for low power applications

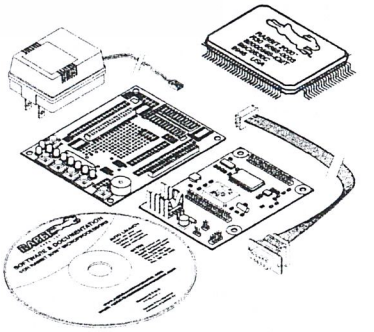
Description	Digi-Key Part No.	Price Each 2	10	100	Rabbit Part No.
Rabbit 2000	316-1004-ND	14.97	12.50	10.75	668-0003

Rabbit 2000™ Development Kit

Digi-Key Part No. 316-1003-ND

Only **$139.00**

Kit includes Jackrabbit single board computer, manual, schematics, AC adapter, prototyping board, programming cable, documentation on CD ROM, additional parts, and complete Dynamic C software developement system (not a trial version).



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC145412
MC145413
MC145512

Advance Information

Pulse/Tone Repertory Dialer

Low Power Silicon-Gate CMOS

The MC145412/13 and MC145512 are silicon gate, monolithic CMOS intergrated circuits which convert keyboard inputs into either pulse or DTMF outputs. They are packaged in a standard 18-pin (0.3″ wide) plastic DIP.

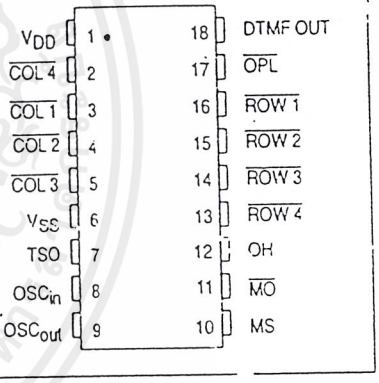
- 3 × 4 or 4 × 4 Keyboard Compatibility Which Allows the Use of 2-of-7, 2-of-8, or Form A Type Keyboards
- MC145413 Adds Keyboard Selectable Pause Switch Function
- Single Pin Switchable Between DTMF, 10 pps and 20 pps
- 500-Hz Tone Signal Output in the Pulse Dialing Mode
- Memory Storage for Ten 18-Digit Numbers, Including Last Number Redial
- Uses 3.579545-MHz Colorburst Crystal
- Telephone Line Powered
- Silicon Gate CMOS Technology for 1.7 to 5.5 V Low Power Operation
- Stand Alone DTMF Dialer/Stand Alone Pulse Dialer
- Mute Output Used to Isolate Receiver from Dialing Output
- Memory Programming Options by Keyboard Configuration

P SUFFIX
PLASTIC
CASE 707

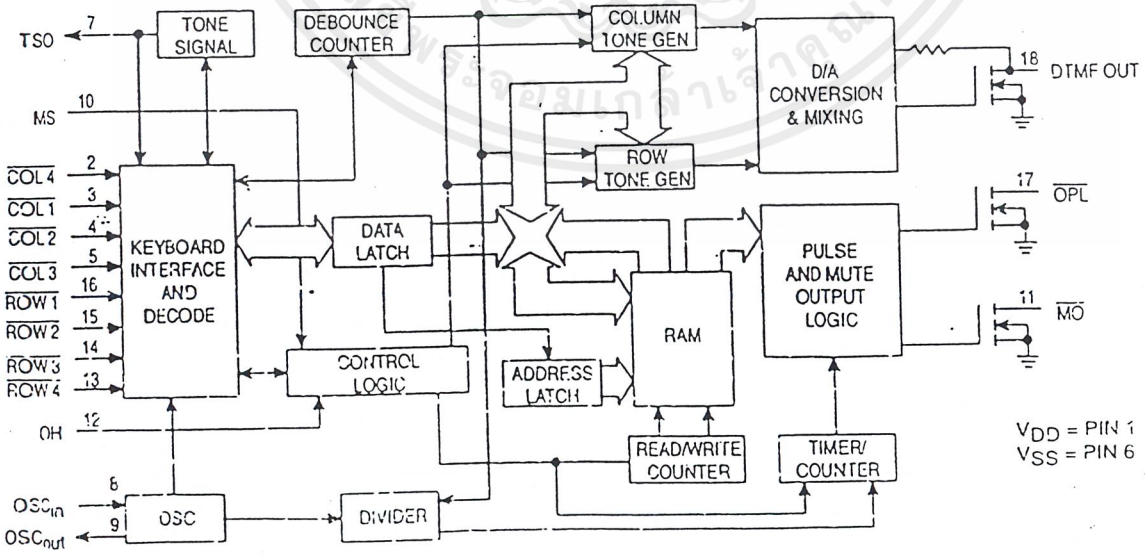
ORDERING INFORMATION

MC1454XX	Suffix	Denotes
	P	Plastic DIP
	4	40/60 M/B Ratio
	5	32/68 M/B Ratio

PIN ASSIGNMENT



BLOCK DIAGRAM



This document contains information on a new product. Specification and information herein are subject to change without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (V_{SS} = 0 V)

Rating	Symbol	Value	Unit
DC Supply Voltage	V_{DD}	− 0.5 to + 8.0	V
Operating Temperature	T_A	− 30 to + 60	°C
Storage Temperature	T_{stg}	− 65 to + 150	°C
DC Current Drain Per Pin	I	10	mA
Maximum Voltage On Any Pin Relative to V_{SS} On Any Pin Relative to V_{DD}	 V_{in1} V_{in2}	 − 0.5 + 0.5	V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = −30 to +60°C, V_{DD} = 2.5 V, V_{SS} = 0 V, Unless Otherwise Noted)

Characteristic		Symbol	Min	Typ	Max	Unit
DC Supply Voltage	Pulse Mode DTMF Mode	V_{DD}	2.0 2.5	— —	5.5 5.5	V
Operating Current	Pulse Mode (MS = V_{DD}) DTMF Mode (MS = V_{SS})	I_{DD}	— —	0.25 1.0	0.7 2.0	mA
Memory Retention Voltage		V_{stby}	1.7	—	—	V
Memory Retention Current	(V_{DD} = 1.7 V) (V_{DD} = 2.5 V)	I_{stby}	— —	1.0 1.2	2.0 2.5	µA
Input Voltage, Row/Column/OH	"0" Level "1" Level	V_{IL} V_{IH}	— 0.8 V_{DD}	— —	0.2 V_{DD} —	V
Row Column Input Impedance	To V_{DD} To V_{SS}	Z_{in}	— —	100 2	— —	kΩ
OH Pull-Up Resistance		R	—	50	—	kΩ
Input Capacitance (All Inputs)		C_{in}	—	10	—	pF
MS Pin Input Impedance		Z_{in}	50	200	—	kΩ
Output Sink Current	(V_{DD} = 2.5 V) TSO Pin $\overline{MO}$ Pin $\overline{OPL}$ Pin (V_{DD} = 4.0) $\overline{MO}$ Pin $\overline{OPL}$ Pin	I_{OL}	0.5 1.0 1.0 3.0 4.5	0.7 2.0 2.0 — —	— — — — —	mA
TSO Output Source Current (V_{out} = 2.0 V)		I_{OH}	0.5	0.7	—	mA
Output Leakage Current	$\overline{MO}$, $\overline{OPL}$ Pins	I_{lkg}	—	—	1.0	µA
DTMF Output Level Referenced to V_{DD}/2 (V_{DD} = 2.5 to 4.0 V, R_L = 600 Ω to V_{DD})	Row Tone Column Tone	V_{out}	260 330	310 390	370 460	mVrms
DTMF Output Tone Leakage (V_{DD} = 3.5, R_L = 600 Ω 300 to 4000 Hz)			—	—	−80	dBm
DTMF Output Tone Distortion (V_{DD} = 3.5, R_L = 600 Ω 300 to 4000 Hz)			—	—	5	%
Pre-Emphasis			1	2	2.5	dB
DTMF Output Leakage Current While Not Dialing Tones (V_{DD} = 2.5 V)			—	—	1.0	µA
DTMF Output Sink Current While Dialing Tones			20	—	—	µA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงลิขสิทธิ์ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SWITCHING CHARACTERISTICS (T_A = 25°C, V_{DD} = 2.5 V, Osc. Freq.= 3.579545 MHz, Unless Otherwise Noted)

Characteristic		Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Row/Column Scan Frequency		f	—	250	—	Hz
Key Debounce Time		t_{DB}	16	—	20	ms
DTMF Tone Duration for Keypad Dialing		t_{w1}	60	78	—	ms
DTMF Tone Duration for Memory Dialing		t_{w2}	90	102	110	ms
Inter-Digit Pause Time	DTMF (Memory Dialing)	t_{ID}	90	98	110	ms
	Pulse 10 pps		0.8	1.0	1.2	s
	20 pps		0.4	0.5	0.6	
MS Pin Scan Rate		t_{rms}	—	1	—	kHz
Make/Break Ratio	MC145412/13	MBR	—	40/60	—	%
(MC = Open or V_{DD})	MC145512		—	32/68	—	
Outpulsing Rate	MS = Open	f_{OPL}	—	10	—	pps
	MS = V_{DD}		—	20	—	
MUTE Output ($\overline{MO}$) Overlap Time		t_{MO}	—	2	—	ms
TSO Output Frequency		f_{TSO}	—	500	—	Hz
TSO Output Duration		t_{TSO}	35	—	40	ms
DTMF Cycle Time	(Memory Dialing		—	5	—	tones/s
	(Keypad Dialing)		—	10	—	
DTMF Frequency Deviation			—	—	+1.0	%
Predigit Mute		t_d				ms
MC145412/13	Pulse 10 pps		—	40	—	
	20 pps		—	20	—	
MC145512	Pulse 10 pps		—	32	—	
	20 pps		—	16	—	
	DTMF		—	1	—	

PIN DESCRIPTIONS

V_{DD}, V_{SS}
Power Supply (Pins 1, 6)

DC power is supplied to the part on these two pins, with V_{DD} being the most positive. Permissible ranges are from 1.7 to 5.5 V.

MS
Mode Select (Pin 10)

The MS pin is a three-state input for switching between DTMF, 10 pps, and 20 pps dialing modes. Mode selection is done during the first key entry debounce period after the dialer has completed a dialing sequence or has just come off hook. When this pin is not scanned it is high impedance.

This pin is a combination input and weak output. The input circuitry has the capability to determine each of these three states. When the pin is open, the weak driver will be able to clock the pin at 1 kHz. The relationship between pin input voltage and operating mode is shown in Table 1.

Table 1. Mode Select Options

MS	Dialing Mode
V_{DD}	20 pps Pulse Dialing
Open	10 pps Pulse Dialing
V_{SS}	DTMF Dialing

OH
On-Hook (Pin 12)

Connecting the OH pin to V_{DD} or allowing it to float sets the device in the On-hook mode. Connecting this pin to V_{SS} selects the Off-hook mode. When in the On-hook mode, repertory memory can be programmed without a dialing output.

TSO
Tone Signal Output (Pin 7)

TSO emits 500-Hz tone signals after valid key inputs are accepted providing audio feedback for key depressions (except when DTMF tones are generated). This pin also outputs a tone during on-hook programming.

DTMF OUT
Dual Tone Multifrequency Output (Pin 18)

When the MS pin is set to V_{SS} the DTMF OUT pin outputs tones corresponding to the row and column of the key depressed. Simultaneously depressing two or more keys in a single row (or column) will generate the corresponding row (or column) tone on 4 x 4 keypad mode only.

In pulse dialing mode (MS = V_{DD} or float) and during on-hook programming this pin is high impedance. While outputting tones, this pin has a dc bias at (V_{DD} – V_{SS})/2. DTMF OUT is an open-drain output requiring an external pull-up to V_{DD}. This pull-up resistor must satisfy the instantaneous current requirements of the internal feedback network in addition to the load applied to the pin.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

$\overline{OPL}$

Outpulsing (Pin 17)

This pin outputs pulses at 10 pps (MS is open) or 20 pps (MS = V_{DD}). The MC145412/13 have a make/break ratio of 40/60, while the MC145512 has a make/break ratio of 32/68. In the DTMF dialing mode (MS = V_{SS}), this output is high impedance. During on-hook programming this pin will not outpulse. This pin is an open drain N-channel output which pulls low to break the loop current.

$\overline{MO}$

Mute Output (Pin 11)

The Mute Output is an open drain N-channel output that pulls to V_{SS} during $\overline{OPL}$ outpulsing and during off-hook key depressions and memory dialing in DTMF mode.

$\overline{COL\ 1}$–$\overline{COL\ 4}$ and $\overline{ROW\ 1}$–$\overline{ROW\ 4}$

KEYBOARD INPUTS (Pins 2, 3, 4, 5, 13, 14, 15, 16)

The keyboard inputs allow either a single contact (Class A) keyboard, or a standard 2-of-8 or 2-of-7 keyboard with V_{SS} tied to common. A valid key entry occurs when either a single row is tied to a single column, or a single row and column are simultaneously connected to V_{SS}. Connecting pin 2, $\overline{COL\ 4}$, to V_{DD} sets the part to 3 x 4 keyboard mode. Keyboard mode selection is performed during application of power.

Typical keyboard configurations are shown in Figure 1.

OSC_{in}, OSC_{out}

Oscillator Input and Oscillator Output (Pins 8, 9)

A 3.579545-MHz crystal is required as the frequency reference for the on-chip oscillator. Crystal biasing is accomplished by an internal resistor and capacitors.

GENERAL DEVICE DESCRIPTION

The MC145412/MC145512 and the MC145413 provide users with switchable pulse and DTMF dialing functions. The MC145412/MC145512 change dialing modes via the MS pin. The MC145413 allows users to switch dialing modes via the keyboard in addition to the MS pin. All devices have 10 memories, LNR (last number redial) inclusive, each 18 digits long.

On application of power, there is a 64-ms initialization period during which the oscillator is enabled and the keyboard inputs are disabled. During initialization $\overline{COL\ 4}$ is scanned to set the keyboard mode. If the $\overline{COL\ 4}$ input is high (V_{DD}), the dialer is set to the 3 x 4 keypad mode; otherwise, the 4 x 4 keypad mode is selected. Changing modes is not possible after this initialization period.

During normal dialing, the oscillator starts when a key is depressed. The key input is debounced for 32 ms. During this debounce period the RAM and dialing circuits are disabled and the mode select pin is scanned to determine the dialing mode (either 10 pps, 20 pps, or DTMF). After debounce, the keypad entry is checked and the input is latched into LNR memory followed by a stop code. This process continues until 18 digits have been entered. If a 19th digit is entered, it will over-write the first digit and will be followed by a stop code. When dialing, the device fetches data from memory until a stop code is encountered or 18 digits have been dialed.

During manual DTMF dialing, a minimum tone duration of 60-ms DTMF is output and will continuously output in 32-ms increments as long as the key is depressed. The DTMF OUT pin is designed to drive an external PNP transistor which can be used to modulate tip and ring voltage at the DTMF frequencies.

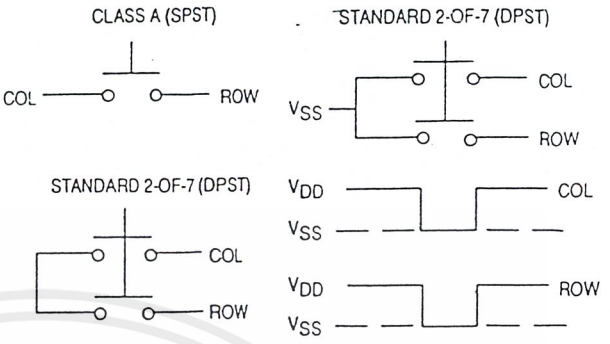


Figure 1. Keyboard Configurations

If the first key is for redial or recall, the device will respond accordingly, either redialing the last number entered, or recalling and dialing the number selected by a subsequent key depression. Responses to dialing sequences for 4 x 4 key-boards are shown in Figure 2, and 3 x 4 keyboard responses are shown in Figure 3.

The MC145412 series can be configured with an external battery to provide memory retention power and allow on-hook programming of the repertory memory. If the part is in the on-hook mode and a key is depressed, the oscillator will start and the key entry will be stored in the last number redial memory. Dialing outputs will not be activated while the device is in the on-hook condition. Dialing inputs will be stored in last number redial memory, as during off-hook operation. After the number has been entered in the on-hook mode, it can be stored in repertory memory. For the 4 x 4 keyboard, pressing the STORE key (* for 3 x 4 keyboard), followed by a digit (1 through 9) will store the number in the repertory memory location specified by the digit.

The RECALL key for the 4 x 4 keypad is used to recall and dial numbers stored in the repertory memory. The digit immediately following the RECALL key designates the memory location of the number to be auto-dialed. For the 4 x 4 keyboard, a last number redial can be accomplished if the RED/P key ($\overline{COL\ 4}$, $\overline{ROW\ 1}$) is the first key depressed after an on-hook to off-hook transition. Otherwise the RED/P key will effect a 4 second pause. If the pulse mode is selected, redial can be accomplished if the first key depressed on a transition to off-hook is #. For the 3 x 4 keyboard, redial occurs if the first key depressed is *,0.

The PAUSE key ($\overline{COL\ 4}$, $\overline{ROW\ 2}$) for the MC145412/MC145512 will cause a 4 second pause. The PAUSE/S key ($\overline{COL\ 4}$, $\overline{ROW\ 2}$) is a feature offered on the MC145413. Depressing this key will cause a 4 second delay, and will switch dialing modes, PAUSE (and PAUSE/S) is stored in memory for pauses (and mode switching) during auto-dialing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. MANUAL DIALING — OFF-HOOK (PULSE OF DTMF MODE)

D1 D2 D3 — — — — DN

ALL DIGITS ENTERED WILL BE STORED IN THE LAST NUMBER REDIAL REGISTER. PRESSING * OR # WILL DIAL OUT THE DTMF SIGNAL IN TONE MODE ONLY.

2. MANUAL DIALING WITH AUTO ACCESS PAUSE — OFF-HOOK (PULSE OR DTMF MODE)

D1 ..... DN RED/P DX ..... DY

D1 ..... DN PAUSE DX ..... DY MC145412/MC145512 ONLY

D1 ..... DN * DX ..... DY PULSE MODE ONLY

THE AUTO ACCESS PAUSE WILL NOT OCCUR DURING MANUAL DIALING IN DTMF MODE. IT IS RETRIEVED DURING RECALL OR REDIAL.

3. STORING NUMBERS INTO MEMORY — ON-HOOK/OFF-HOOK (PULSE OR DTMF MODE)

D1 ..... DN STORE A A = 1–9 MEMORY ADDRESS

THIS OPERATION TRANSFERS THE DIGITS D1 TO DN FROM THE LAST NUMBER REDIAL REGISTER TO AN ADDRESS SPACE SPECIFIED BY "A". DIALING OUTPUTS ARE NOT ACTIVATED DURING ON-HOOK PROGRAMING

4. MEMORY REDIAL — OFF-HOOK (PULSE OR DTMF MODE)

RECALL A A = 1–9 MEMORY ADDRESS

5. LAST NUMBER REDIAL — OFF-HOOK (PULSE OR DTMF MODE)

RED/P

OR

PULSE MODE ONLY

REDIALS THE NUMBER THAT WAS PREVIOUSLY ENTERED INTO THE LAST NUMBER REDIAL REGISTER.

6. PULSE-TO-TONE MODE SWITCH — OFF-HOOK (PULSE OR DTMF MODE)

D1 ..... DN PAUSE/S DX ..... DY MC145413 ONLY

7. CASCADED DIALING — OFF-HOOK (PULSE OR DTMF MODE)

D1 ..... DN ////, RECALL A — CASCADE MANUAL DIALING WITH RECALL
A = 1–9 MEMORY ADDRESS

RECALL A1 ////, RECALL A2 — CASCADE MEMORY RECALLS
A1, A2 = 1–9 MEMORY ADDRESSES

RED/P ////, RECALL A — CASCADE LAST NUMBER REDIAL WITH MEMORY RECALL
A = 1–9 MEMORY ADDRESS

////, WAIT UNTIL PREVIOUS REDIAL OR RECALL SIGNALS HAVE BEEN SENT BEFORE SUBSEQUENT ENTRIES ARE MADE.

8. SIGNALING * AND # TONES — OFF-HOOK (DTMF MODE ONLY)

* OUTPUTS * TONE

OUTPUTS # TONE

4 X 4 KEY MATRIX

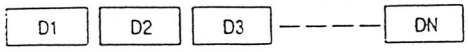
	COL 1	COL 2	COL 3	COL 4	
697 Hz	1	2	3	RED/P	ROW 1
770 Hz	4	5	6	PAUSE	ROW 2
852 Hz	7	8	9	STORE	ROW 3
941 Hz	*	0	#	RECALL	ROW 4
	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz		

MC145413 PAUSE/S KEY FOR PAUSE & SWITCHING DIALING MODES

Figure 2. 4 × 4 Keyboard Dialing Sequences

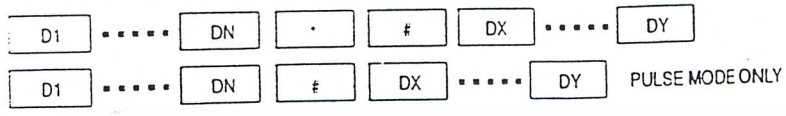
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. MANUAL DIALING — OFF-HOOK (PULSE OF DTMF MODE)



ALL KEY ENTRIES EXCEPT * AND # WILL BE STORED IN THE LAST NUMBER REDIAL REGISTER. PRESSING * OR # WILL NOT DIAL OUT THE DTMF SIGNAL IN TONE MODE. FOR SIGNALING, * OR # SHOULD BE PRESSED TWICE.

2. MANUAL DIALING WITH AUTO ACCESS PAUSE — OFF-HOOK (PULSE OR DTMF MODE)

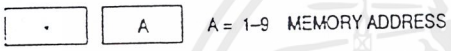


THE AUTO ACCESS PAUSE WILL NOT OCCUR ON MANUAL DIALING IN DTMF MODE. IT IS RETRIEVED DURING RECALL OR REDIAL.

3. STORING NUMBERS INTO MEMORY — ON-HOOK (PULSE OR DTMF MODE)

THIS OPERATION TRANSFERS THE DIGITS D1 TO DN FROM THE LAST NUMBER REDIAL REGISTER TO AN ADDRESS SPACE SPECIFIED BY "A".

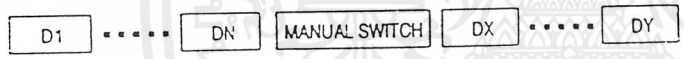
4. MEMORY REDIAL — OFF-HOOK (PULSE OR DTMF MODE)



5. LAST NUMBER REDIAL — OFF-HOOK (PULSE OR DTMF MODE)

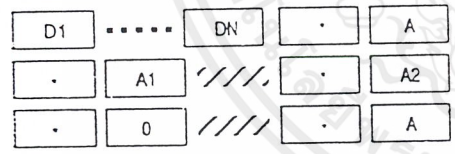
THIS OPERATION REDIALS THE LAST NUMBER ENTERED OFF-HOOK AND RETRIEVES DATA FROM MEMORY ADDRESS 0.

6. PULSE-TO-TONE MODE SWITCH — OFF-HOOK (PULSE OR DTMF MODE)



MODE SELECT (MS) PIN HAS TO BE MANUALLY SWITCHED TO DETERMINE THE DIALING MODE. DIALING MODE SELECTION WITH MANUAL SWITCH IS NOT PROGRAMMED INTO THE LAST NUMBER REDIAL MEMORY.

7. CASCADED DIALING — OFF-HOOK (PULSE OR DTMF MODE)



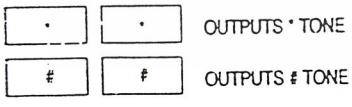
CASCADE MANUAL DIALING WITH RECALL
A = 1–9 MEMORY ADDRESS

CASCADE MEMORY RECALLS
A1, A2 = 1–9 MEMORY ADDRESS

CASCADE LAST NUMBER REDIAL WITH MEMORY RECALL
A = 1–9 MEMORY ADDRESS

'////' WAIT UNTIL PREVIOUS REDIAL OR RECALL SIGNALS HAVE BEEN SENT BEFORE SUBSEQUENT ENTRIES ARE MADE.

8. SIGNALING * AND # TONES — OFF-HOOK (DTMF MODE ONLY)



3 x 4 KEY MATRIX

	COL 1	COL 2	COL 3	
697 Hz	1	2	3	ROW 1
770 Hz	4	5	6	ROW 2
852 Hz	7	8	9	ROW 3
941 Hz	*	0	#	ROW 4
	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz	

Figure 3. 3 × 4 Keyboard Dialing Sequences

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

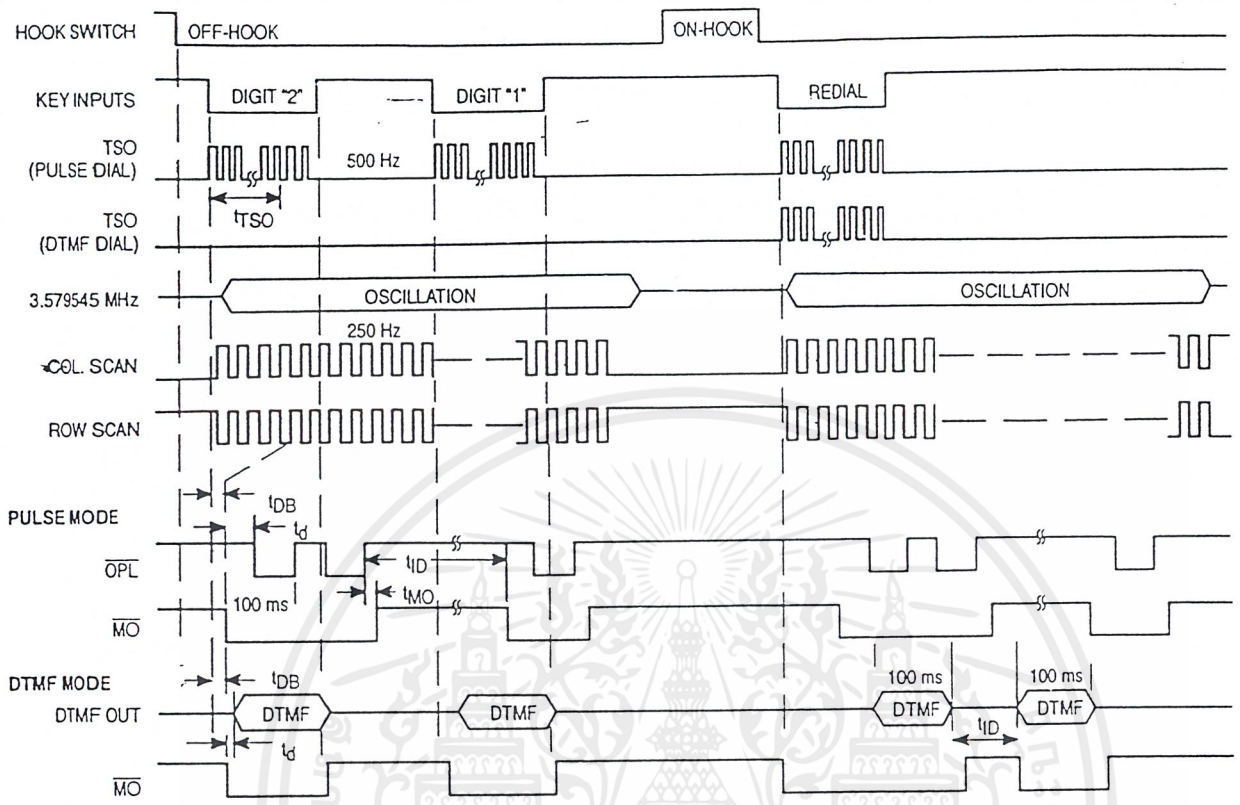


Figure 4. Timing Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ก็ด้วยความสนับสนุนช่วยเหลือและกำลังใจจากหลายๆฝ่ายด้วยกัน โดยการให้ข้อมูล อุปกรณ์สนับสนุน และชี้แนะข้อคิดเห็นต่างๆ ซึ่งมีประโยชน์อย่างมากในการดำเนินการ ไม่ว่าจะเป็นจาก เพื่อนๆ ในภาควิชาระบบควบคุมและภาคอื่นๆ ที่ให้ความช่วยเหลือทุกๆด้าน เพื่อนๆร่วมห้องโปรเจ็คที่ช่วยกันปรึกษาและให้กำลังใจในการทำงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อ. เกียรติศักดิ์ คมวัชระ ที่ให้คำปรึกษาตลอดเวลา และอาจารย์ทุกๆท่านที่ให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี

ทางฝ่ายผู้จัดทำจึงขอขอบคุณทุกๆท่านมา ณ โอกาสนี้

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. สุนทร วิทูสุรพจน์ , "การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051 " , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) , 2537

2. ชัยวัตน์ ลิ้มพรจิตรวิไล , " เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51",บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด,

3. มนัส สังวรศิลป์ ,สมเกียรติ ศุภเดช , " ทฤษฎีและการออกแบบวงจรพัลซ์ ",อิเล็คทรอนิกส์เวิลด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้