การประยุกต์ของระบบโทรศัพท์สำหรับที่พักอาศัยอัตโนมัติ

APPLICATION OF TELEPHONE SYSTEM FOR HOME AUTOMATION

โดย

นาย จักรพันธ์ เพ็ชร์สาคร รหัส 38012088
นาย เธียร ศรีไพจิตร รหัส 38012099
นาย ยุทธศักดิ์ บุญศิริเอื้อเฟื้อ รหัส 38012114

อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ. พิพัฒน์ เลาหสงคราม

วัน เดือน ปี -5.ต.ค.2541
เลขทะเบียน 038569
เลขเรียกหนังสือ T 40010 ค125ก

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2540

038569
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2540

ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
คณะ วิศวกรรมศาสตร์
สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การประยุกต์ของระบบโทรศัพท์สำหรับที่พักอาศัยอัตโนมัติ
APPLICATION OF TELEPHONE SYSTEM
FOR HOME AUTOMATION

ผู้จัดทำ

นาย จักรพันธ์	เพ็ชร์สาคร	รหัส 38012088
นาย เธียร	ศรีไพจิตร	รหัส 38012099
นาย ยุทธศักดิ์	บุญศิริเอื้อเฟื้อ	รหัส 38012114

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ. พิพัฒน์ เลาหสงคราม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่องปริญญานิพนธ์	การประยุกต์ของระบบโทรศัพท์สำหรับที่พักอาศัยอัตโนมัติ
	นาย จักรพันธ์ เพ็ชร์สาคร
	นาย เธียร ศรีไพจิตร
	นาย ยุทธศักดิ์ บุญศิริเอื้อเฟื้อ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. พิพัฒน์ เลาหสงคราม

บทคัดย่อ

โครงงานการประยุกต์ของระบบโทรศัพท์สำหรับที่พักอาศัยอัตโนมัติ เป็นการปรับปรุงต่อเนื่องจากโครงงานเครื่องควบคุมอัตโนมัติในบ้านซึ่งก็จะยังคงใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นตัวควบคุมหลักส่วนกลางอยู่ ซึ่งมีการเพิ่มเติมส่วนของการตรวจจับสัญญาณในกรณีเหตุฉุกเฉิน เพลิงไหม้ หรือ การลักลอบขโมยภายในที่พักอาศัย เพื่อนำสัญญาณนั้นมาเข้ายัง MCS-51 เพื่อทำการแจ้งยังสัญญาณเตือนภัยภายในบ้าน และยังทำการโทรศัพท์แจ้งออกไปยังหมายเลขที่ต้องการโดยอัตโนมัติทั้งยังแจ้งข้อความที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์นั้นแก่ผู้รับได้รับทราบได้ด้วย โดยสามารถโทรศัพท์แจ้งไปยัง เพจเจอร์ของเจ้าของบ้าน สถานีดับเพลิง สถานีตำรวจ หรือ เบอร์ใดๆที่ต้องการจะติดต่อได้ตามต้องการ นอกจากนี้ก็ยังเพิ่มส่วนในการคำนวณราคาค่าโทรศัพท์ เวลาที่ใช้ในการโทรศัพท์ สถานที่ปลายทาง และแสดงผลออกมาให้ดูได้ และก็ยังรวมส่วนของการทำงานเดิมอยู่ด้วยทั้ง การตั้งเวลาเปิด-ปิดตลอด 24 ชั่วโมง ตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติ การโทรศัพท์เข้ามาสั่งเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROJECT REPORT TITLE	APPLICATION OF TELEPHONE SYSTEM FOR HOME AUTOMATION
NAME	MR. JUKKAPUN PHETSAKORN
	MR. TIAN SRIPAIJIT
	MR. YUTTASAK BUNSIRIUARFUAR
PROJECT REPORT ADVISOR	ASST.PROF.PIPAT LAOHASONGKHRAM

ABSTRACT

Application of Telephone System for Home Automation Project further developed from Home Automation Project using microcontroller MCS-51 as main central control.

This system was equipped with sensor. In case of emergency, fire or robbery, said sensor sent a signal to MCS-51 resulting not only in alarming in a home but also in automatically calling to or leaving a message on receiver's beeper, fire station, police station or any desired number.

In addition, said system could calculate telephone's charge, duration, and destination, then the result was displayed. Existing working system, time setting system, automatic answering machine, and calling system to control home's electrical devices were included.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้คอยให้ความรักความห่วงใย และ สนับสนุนเสมอมา

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือ รวมทั้งอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้วิชาความรู้

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคน ที่เกี่ยวข้องทั้งในสถาบันเดียวกัน และคนละสถาบันที่คอยให้คำปรึกษาแนะนำ ยามมีปัญหา ให้หยิบยืมอุปกรณ์ที่จำเป็นต่างๆ และให้กำลังใจอยู่เสมอมา จนสามารถทำโครงงานนี้บรรลุสำเร็จขึ้นมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างโครงงานเป็นส่วนหนึ่งของการสำเร็จการศึกษา นับเป็นสิ่งสำคัญที่สุดของการศึกษาเพราะเป็นการนำความรู้ต่าง ๆ ที่ได้ศึกษามา นำมาประยุกต์ใช้สร้างสิ่งประดิษฐ์ตามสาขาวิชาที่ได้ศึกษามา

สิ่งที่สำคัญของการศึกษา คือ ศึกษาเพื่อพัฒนา ทั้งพัฒนาตนเองและสังคม การสร้างงานจึงควรกล้าคิด กล้าทำเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ของการศึกษา ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงได้จัดทำโครงงานการประยุกต์ของระบบโทรศัพท์สำหรับที่พักอาศัยอัตโนมัติขึ้นมา เนื่องจากเล็งเห็นว่าเป็นเทคโนโลยีที่สามารถใช้เทคโนโลยที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด หากประเทศไทยเริ่มที่จะดึงเทคโนโลยีจากสิ่งต่าง ๆ มาใช้ให้ได้เกิดประโยชน์สูงสุดได้ จะทำให้ประเทศพัฒนาไปได้ในอนาคต

อย่างไรก็ตามเนื่องจากโครงงานนี้อยู่ในระยะเริ่มต้น และด้วยข้อจำกัดต่าง ๆ หลายประการอันทั้งจากระยะเวลา ขาดตำราที่ใช้ศึกษาเฉพาะด้าน และตำราต่าง ๆ เป็นภาษาอังกฤษ จึงทำให้เกิดปัญหาหลายประการ โครงงานนี้จึงอาจจะยังไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร ทางผู้จัดทำจึงต้องขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

นาย จักรพันธ์ เพ็ชร์สาคร
นาย เธียร ศรีไพจิตร
นาย ยุทธศักดิ์ บุญศิริเอื้อเฟื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ระบบโทรศัพท์เบื้องต้น	3
2.1.1 กลไกการเชื่อมต่อวงจร	4
2.1.2 การสนทนา	5
2.1.3 ระบบการส่งสัญญาณในสายส่ง	6
2.1.4 สัญญาณเสียงพูด	6
2.1.5 สัญญาณรบกวน	9
2.1.6 ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่คู่	9
2.1.7 ข้อควรคำนึงในการเชื่อมต่อระบบ DTMF กับสายส่งสัญญาณ	11
2.1.8 วงจรถอดรหัสหมายเลข DTMF	13
2:2 ทฤษฎีด้านวงจรอนาลอก	18
2.2.1 ทฤษฎีวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา	18
- การใช้งานไอซี 555	20
2.2.2 ทฤษฎีวงจรเฟสล็อกลูป	23
2.2.2.1 ทฤษฎีของPLL	24
2.2.2.2 การออกแบบPLL{1,2}	27
2.2.3 การใช้งานของทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์	29
2.3 ทฤษฎีด้านวงจรดิจิตอล	30
2.3.1 วงจรนับ (Counter)	31
2.3.1.1 วงจรนับแบบไม่เข้าจังหวะ (Asynchronous Counter)	31
2.3.1.2 วงจรนับแบบเข้าจังหวะ (Synchronous Counter)	37
2.3.2 วงจรดีมัลติเพล็กเซอร์ (Demultiplexer)	40
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	46
3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล	46
3.2 การออกแบบวงจร	47
3.2.1 วงจรตรวจเช็คสภาวะคู่สายโทรศัพท์	47
3.2.1.1 แนวความคิดในการออกแบบ	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2 หลักการทำงานของวงจร 49
3.2.2 วงจรโทรออกอัตโนมัติ 52
3.2.2.1 แนวความคิดในการออกแบบวงจร 52
3.2.2.2 หลักการทำงานของวงจร 52
3.3 หลักการทำงานของส่วนประกอบต่าง ๆ
ของการประยุกต์ของระบบโทรศัพท์สำหรับที่พักอาศัยอัตโนมัติ 55
3.3.1 บอร์ด DTMF 58
3.3.2 บอร์ด MCS-51 58
3.3.3 บอร์ด Input Sensor 8 Channel 58
3.3.4 บอร์ดตรวจเช็คสภาวะคู่สาย 58
3.3.5 บอร์ดเสียง 62
3.3.6 บอร์ดโทรออกอัตโนมัติ 62
บทที่ 4 ผลการทดลองและผลที่ได้รับ 64
4.1 ขั้นตอนในการติดตั้งเครื่องและทำการปรับแต่งเครื่อง 64
4.1.1 ขั้นตอนในการติดตั้งเครื่อง 64
4.1.2 ขั้นตอนในการปรับแต่งเครื่อง 65
4.2 การใช้งานและการควบคุม 66
4.2.1 ส่วนของโครงงานที่แล้ว 66
4.2.2 ส่วนที่เพิ่มเติมในโครงงานนี้ 70
4.2.2.1 ส่วนของระบบตรวจจับสัญญาณฉุกเฉิน 70
4.2.2.2 ส่วนแสดงผลการโทรออก 74
บทที่ 5 สรุปผลการทำงานและข้อเสนอแนะ 76
5.1 แนวทางในการดำเนินจัดทำโครงงาน 76
5.2 สรุปผลการดำเนินงาน 77
5.3 ปัญหาและแนวทางแก้ไข 77
5.4 ข้อเสนอแนะ 78
บรรณานุกรม 79
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ในปัจจุบันสิ่งที่สำคัญคือการติดต่อสื่อสารที่สะดวก รวดเร็ว และต้องการข้อมูลที่ถูกต้อง เพื่อลดระยะเวลาในการเดินทางเพื่อการติดต่อธุรกิจ และตอบสนองความต้องการของประชาชนที่มีความต้องการใช้งานมากขึ้น

จากสิ่งเหล่านี้นั้นทำให้มีการนำระบบโทรศัพท์มาใช้ในงานต่าง ๆ อย่างแพร่หลายมากขึ้น ดังนั้นจึงได้เป็นจุดประสงค์ของโครงงานนี้ โดยนำระบบโทรศัพท์ที่มีนี้มาใช้ประโยชน์โดยการใช้ในการควบคุมสั่งงาน ซึ่งนำระบบไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51 มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมระบบโทรศัพท์นี้ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นที่ต้องการต่อไป ซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการใช้คำสั่งต่าง ๆ ผ่านทางโทรศัพท์กับระบบไฟฟ้าที่ใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อนำระบบโทรศัพท์ที่มีอยู่นำมาใช้ควบคุมระบบไฟฟ้าที่มีอยู่เพื่อไปใช้ในการเปิดหรือปิดระบบไฟฟ้าภายในบ้านโดยที่เราไม่จำเป็นต้องอยู่ภายในบ้าน ซึ่งสามารถสั่งงานได้โดยผ่านทางระบบโทรศัพท์ที่มีอยู่ ภายนอกบ้านเพื่อความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้และความปลอดภัยในกรณีฉุกเฉิน เมื่อมีการลืมปิดไฟฟ้า.

2. เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในกรณีที่มีการเกิดเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ขึ้นภายในบ้าน เช่น เกิดการงัดแงะลักลอบเข้าไปขโมยของในบ้าน หรือเกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดเพลิงไหม้ขึ้นภายในบ้าน หรือมีความร้อนสูงพอ ที่จะทำให้มีการเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ขึ้นได้ ซึ่งเมื่อเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ เหล่านี้ขึ้นโดยที่เจ้าของเองอาจจะไม่รู้ตัวซึ่งทำงานอยู่นอกบ้าน ดังนั้นจึงนำสิ่งนี้มาใช้ประยุกต์กับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยมีสัญญาณผ่าน ระบบการตรวจจับที่มีอยู่ในบ้านผ่านเข้ามายังตัวควบคุม MCS-51 ผ่านทางระบบโทรศัพท์ซึ่งก็จะทำการโทรศัพท์เองอัตโนมัติส่งคำพูดเตือนไปยัง เพจเจอร์ของผู้ใช้ และโทรแจ้งไปยังสถานีตำรวจ หรือสถานีดับเพลิงอัตโนมัติ เพื่อยับยั้งเหตุการณ์โดยเร็ว และนอกจากนี้ยังมีการส่งสัญญาณเตือนอัตโนมัติภายในบ้านอีกด้วย และถ้ามีการเกิดเพลิงไหม้ก็ส่งสัญญาณไปยังปั๊มป์ฉีดน้ำอัตโนมัติอีกด้วย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เมื่อมีการใช้โทรศัพท์ในการโทรออกนอกบ้านไปยังที่ต่าง ๆในประเทศไทย เราก็จะสามารถทราบเวลาในการโทรศัพท์ของเราว่านานเท่าใด และก็สามารถคำนวณค่าโทรศัพท์ออกมาแสดงผลได้ไม่ว่าจะมีการโทรศัพท์ในกรุงเทพ หรือต่างจังหวัดตามค่าโทรศัพท์และอัตราในเวลาที่ใช้ด้วย เพื่อสามารถนำมาเปรียบกับค่าโทรศัพท์ที่เราต้องจ่ายว่ามีราคาถูกต้องกันหรือไม่ เพื่อให้ผู้ใช้งานทราบตามต้องการ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

การประยุกต์ของระบบโทรศัพท์สำหรับที่พักอาศัยอัตโนมัตินั้น จำเป็นต้องอาศัยหลักการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมาช่วยในการสร้าง ซึ่งในการพิจารณาทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้องที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับการประยุกต์ของระบบโทรศัพท์สำหรับที่พักอาศัยอัตโนมัติ ให้ทำงานได้สมบูรณ์นั้น จำเป็นที่จะต้องอาศัยหลักการดังต่อไปนี้

หลักการที่นำมาใช้ในโครงงาน

การประยุกต์ของระบบโทรศัพท์สำหรับที่พักอาศัยอัตโนมัตินี้ได้สร้างขึ้น โดยอาศัยความรู้ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ และการใช้งานของ MCS-51 มาควบคุมการทำงาน โดยใช้ความรู้ขั้นพื้นฐานของหลักการต่าง ๆ มาประยุกต์ให้ได้เป็นโครงงานขึ้นมา ซึ่งสามารถแบ่งหลักการพื้นฐานออกเป็น 3 ส่วนคือ

- หลักการทำงานของระบบโทรศัพท์เบื้องต้น
- หลักการและทฤษฎีด้านวงจรอนาลอก
- หลักการและทฤษฎีด้านวงจรดิจิตอล

2.1 ระบบโทรศัพท์เบื้องต้น

โทรศัพท์ที่เคยเห็นกันทั่ว ๆ ไปก็มีอยู่ 2 แบบคือ แบบกดปุ่มและแบบหมุนแต่หน้าที่ของทั้ง 2 ระบบก็จะเหมือน ๆ กัน จะต่างกันก็ตรงที่แบบกดปุ่มจะส่งสัญญาณออกไปเป็นความถี่ที่แตกต่างส่วนแบบหมุนจะส่งสัญญาณเป็นจำนวนพัลส์ หน้าที่หลัก ๆ ของทั้ง 2 แบบที่เหมือนกันสามารถสรุปได้ดังนี้

- เครื่องโทรศัพท์จะรับรู้ว่ามีผู้ต้องการใช้โทรศัพท์ เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น
- เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณที่เรียกว่า สัญญาณหมุน (dial tone) บอกว่าพร้อมที่จะให้ทำการกดหรือหมุนหมายเลขที่จะติดต่อได้ ซึ่งก็คือเสียงที่ได้ยินเมื่อเวลายกหู เป็นสัญญาณเสียงที่มีความถี่ 350 เฮิรตซ์ กับ 440 เฮิรตซ์ มอดูเลตรวมกัน
- เครื่องโทรศัพท์จะทำหน้าที่ส่งรหัสหมายเลขที่ผู้เรียกต้องการจะติดต่อด้วย ไปยังชุมสายที่ควบคุม
- เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณบอกผู้เรียกว่า หมายเลขที่ต้องการติดต่อด้วยว่างหรือไม่ ถ้าว่างก็จะส่ง สัญญาณกลับ (ring back) ซึ่งมีความถี่ 440 เฮิรตซ์ กับ 480 เฮิรตซ์ มอดูเลตกันมา โดยจะดัง 2 วินาที แล้วเงียบ 4 วินาที สลับกันไปแต่ถ้าหมายเลขที่ต้องการจะเรียกไม่ว่างก็จะส่งสัญญาณความถี่ 480 เฮิรตซ์ กับ 620 เฮิรตซ์ มอดูเลตกันมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถเปลี่ยนรูปพลังงานเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า และสัญญาณไฟฟ้ากลับมาเป็นพลังงานเสียง

- เครื่องโทรศัพท์จะปรับระดับแรงดันอย่างอัตโนมัติ ในกรณีที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของแรงดันขึ้น

- เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณไปยังชุมสาย เพื่อแจ้งให้ทราบว่าสิ้นสุดการใช้งานแล้ว และให้ชุมสายเลิกทำการติดต่อกันอีกฝ่ายหนึ่งได้

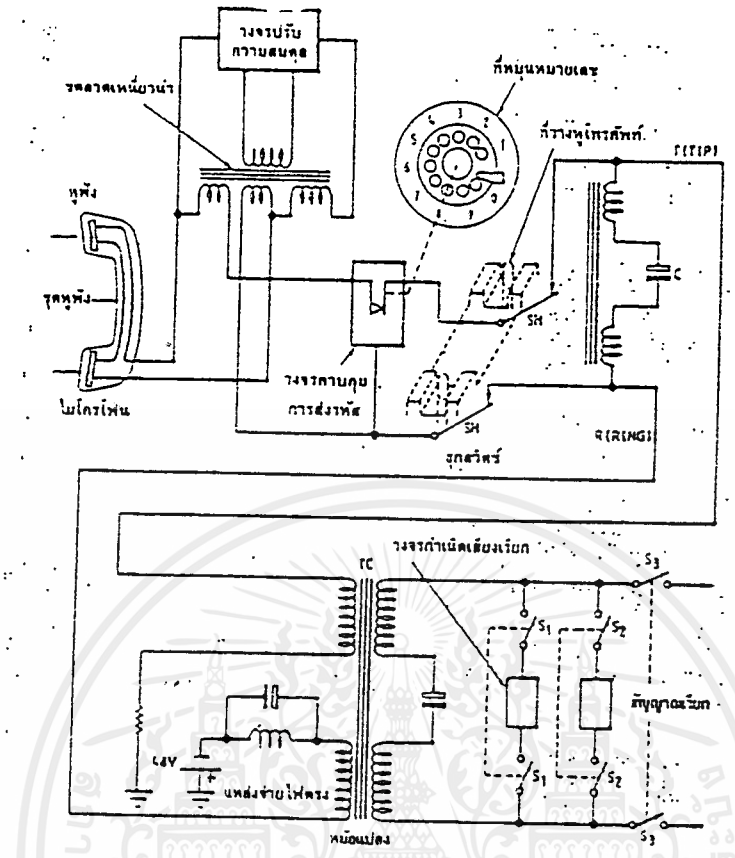
2.1.1 กลไกการเชื่อมต่อวงจร

ตามรูปที่ 2.1 จะเห็นว่าโทรศัพท์จะเชื่อมต่อกับชุมสายด้วยสาย 2 เส้นคือ T (TIP) และ R (RING) เมื่อผู้ใช้ยกหูโทรศัพท์ขึ้นแหล่งจ่ายไฟตรงของชุมสาย (48โวลต์) ก็จะถูกต่อเข้ากับวงจรของเครื่องโทรศัพท์โดย ฮุกสวิตช์ (hook switch) ในส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างหูฟัง (ซึ่งรวมทั้งไมโครโฟนด้วย) กับสายโทรศัพท์ก็จะต้องมีหม้อแปลงอัตโนมัติ(auto transformer) ทำหน้าที่ปรับอิมพีแดนซ์ของหูฟังและสายโทรศัพท์ให้สมดุลกัน เพื่อให้การรับส่งสัญญาณมีประสิทธิภาพที่สุด รวมไปถึงการทำให้ผู้พูดได้ยินเสียงที่ตัวเองพูดไป (side tone) ในระดับที่เหมาะสมด้วย เมื่อมีการติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสายแล้ว ก็จะมีการส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์สวิตชิ่งเพื่อบอกให้รู้ว่าขณะนี้คู่สายนี้ไม่ว่างแล้ว สำหรับการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ก็คือ การส่งสัญญาณพัลส์ (pulse train) ตั้งแต่ 1 ถึง 10 พัลส์ เช่น ถ้ามีการส่งพัลส์ 1 พัลส์ ก็หมายถึงการหมุนหมายเลขศูนย์ส่ง 2 พัลส์ ก็หมายถึงเลขหนึ่ง ดังนั้นถ้าหมุนเลข 9 ก็จะมีการส่งพัลส์จำนวน 10 พัลส์นั่นเอง และความเร็วในการส่งก็คือ 10 พัลส์ต่อวินาที สำหรับโทรศัพท์ที่ใช้การกดปุ่มนั้นก็จะเป็นการส่งสัญญาณที่มีค่าความถี่ที่แตกต่างกันออกไป สำหรับแต่ละหมายเลขที่มีอยู่ 10 ตัว ความถี่ที่ส่งออกไปเป็นความถี่ที่อยู่ในย่านความถี่เสียง เพียงแต่ว่าในการกดครั้งหนึ่งจะมีสัญญาณเสียงที่มอดูเลตแล้วถูกส่งออกไป 2 ความถี่ตามตารางที่ 2.1

ความถี่	รหัส หรือ หมายเลข		
697	1	2	3
770	4	5	6
852	7	8	9
941	*	0	#
ความถี่	1209	1336	1477

ตารางที่ 2.1 แสดงความถี่ที่มอดูเลตกันเมื่อกดหมายเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงวงจรภายในเครื่องรับโทรศัพท์และการเชื่อมต่อกับชุมสายท้องถิ่น

ทางชุมสายเมื่อได้รับข้อมูลจากผู้เรียกแล้วก็จะแปลงสัญญาณที่ได้รับมาสั่งให้อุปกรณ์สวิตชิ่งทำงานเพื่อทำการต่อสายให้กับผู้เรียกถ้าปลายสายที่ต้องการติดต่อด้วยไม่ว่างชุมสาย ก็จะส่งสัญญาณไม่ว่าง (busy tone) ไปยังผู้เรียกเพื่อแจ้งให้ทราบว่าไม่สามารถต่อวงจรให้ได้แต่ถ้าปลายสายว่างชุมสายก็จะส่ง สัญญาณเรียก (ringing signal) ไปยังปลายสาย และส่งสัญญาณเรียกกลับ (ringing tone) ไปยังผู้เรียกเพื่อแจ้งให้ทราบว่าสามารถต่อวงจรให้ได้ตามต้องการแล้ว

2.1.2 การสนทนา

เมื่อปลายทางหรือผู้ถูกเรียกยกหูโทรศัพท์ขึ้น การทำงานในส่วนควบคุมของชุมสายโทรศัพท์ก็จะหยุดเพื่อที่จะรอทำงานให้กับผู้อื่นที่เรียกเข้ามาต่อไปแต่หน้าที่ของชุมสายสำหรับตอนนี้ก็คือการทำงานของมิเตอร์สำหรับเรียกเก็บค่าบริการในภายหลัง ในระหว่างที่ทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สนทนาอยู่เครื่องโทรศัพท์ก็จะทำงาน 2 โหมดไปพร้อม ๆ กันคือ แปลงจากสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณเสียง (acoustic energy) ซึ่งจะเรียกว่า โหมดรับสัญญาณ (receiver mode) และในทางกลับกันโหมดที่ทำหน้าที่แปลงจากสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าเรียกว่า โหมดส่งสัญญาณ (transmitter mode) ในโหมดนี้นี่เองที่มีเรื่องของการป้อนกลับของสัญญาณเข้ามาเกี่ยวข้อง นั่นก็คือการที่ผู้พูดสามารถได้ยินเสียงของตนเองจากหูฟังด้วย เรียกเสียงนี้ว่า side tone ซึ่งจำเป็นอย่างมากที่จะต้องป้อนกลับมา เพราะไม่เช่นนั้นจะไม่สามารถรู้ได้เลยว่าควรพูดให้มีเสียงดังระดับใดจึงจะพอเหมาะที่คู่สนทนาได้ยินเสียงพูดของผู้เรียกอย่างชัดเจน เมื่อสิ้นสุดการสนทนาทั้ง 2 ฝ่ายวางหูโทรศัพท์ลง สัญญาณจากฮุกสวิตช์ก็จะบอกให้ชุมสายทำการเปิดวงจรที่ทำการติดต่ออยู่ออก อุปกรณ์ต่าง ๆ ก็จะว่างและพร้อมสำหรับการติดต่อครั้งต่อไป

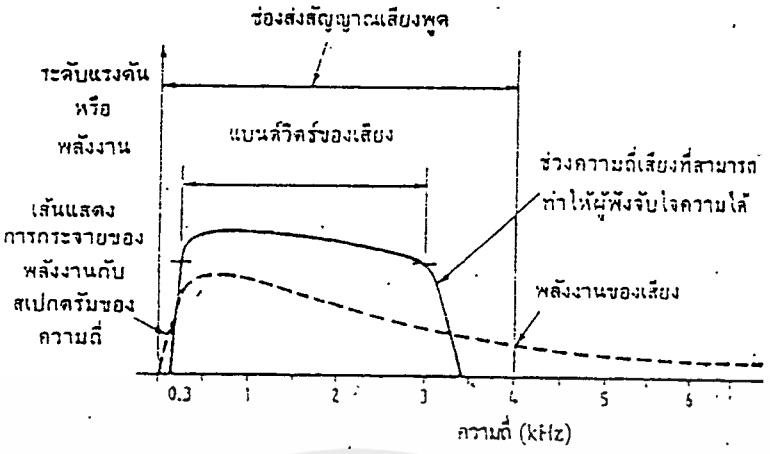
2.1.3 ระบบการส่งสัญญาณในสายส่ง

สัญญาณที่จะปรากฏในสายส่งจะสามารถแยกได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ สัญญาณเสียงที่พูดคุยกัน และอีกสัญญาณก็คือสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมระบบสวิตชิ่ง ซึ่งใช้ในการเชื่อมต่อวงจรระหว่างผู้เรียกกับผู้ถูกเรียกนั่นเอง รวมทั้งสัญญาณเรียกกลับ สัญญาณบอกไม่ว่าง สัญญาณควบคุมนี้ก็อาจจะเป็นได้ทั้ง สัญญาณอนาลอกหรือสัญญาณดิจิตอลก็ได้ ดังนั้นในการส่งสัญญาณออกไปในสายส่งบางครั้งอาจจะมีการส่งทั้งสัญญาณดิจิตอล และสัญญาณอนาลอกไปพร้อม ๆ กันก็ได้

2.1.4 สัญญาณเสียงพูด

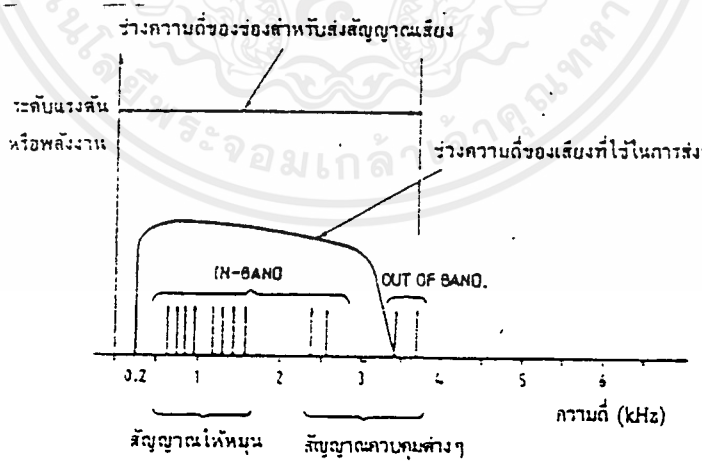
สัญญาณเสียงพูดจัดเป็นสัญญาณอนาลอก ถ้าดูจากรูปที่ 2.2 จะเห็นว่าเสียงพูดมีแบนด์วิดธ์ตั้งแต่ 100 เฮิรตซ์ ไปจนถึง 6 กิโลเฮิรตซ์ แต่จริง ๆ แล้วเสียงพูดที่ทำให้คนทั้งสามารถฟังแล้วจับใจความได้ จะอยู่ในช่วง 200 - 4,000 เฮิรตซ์เท่านั้น วงจรกรองความถี่จึงได้ถูกนำมาใช้เพื่อป้องกันสัญญาณที่ไม่ต้องการเข้ามาภายในระบบ โดยจะยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ตั้งแต่ 0 - 4,000 เฮิรตซ์ สามารถผ่านเข้าไปในระบบได้และความถี่ย่านนี้ก็มีชื่อเรียกว่า ช่องสัญญาณเสียงพูด (voice channel) หรือ VF channel แต่อย่างไรก็ตามแบนด์วิดธ์ของเสียงพูดในการส่งจริงจะอยู่ในช่วง 300 - 3,000 เฮิรตซ์เท่านั้น ไม่ได้มีการใช้ช่องสัญญาณในการส่งเต็มย่านความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



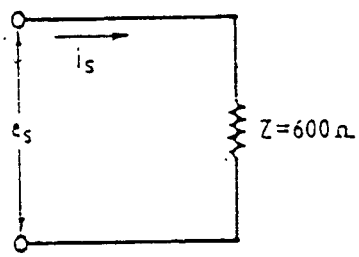
รูปที่ 2.2 แสดงแถบความถี่ (พลังงาน) ของเสียงพูด

จากรูปที่ 2.3 จะเห็นว่าในช่วงความถี่ 300 - 3,000 Hz ประกอบด้วยสัญญาณต่าง ๆ หลายสัญญาณ ไม่ว่าจะเป็น สัญญาณหมุน (dial tone) หรือสัญญาณควบคุมต่าง ๆ ก็จะถูกส่งไปในช่วงความถี่นี้ทั้งสิ้น



รูปที่ 2.3 แสดงสัญญาณต่าง ๆ ที่อยู่ทั้งในและนอกย่านความถี่เสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 วงจรอย่างง่ายในการอธิบายกำลังของสัญญาณ

เมื่อกล่าวถึงระดับความดังของเสียงที่ได้ยิน นั่นคือขนาดแอมปลิจูดของสัญญาณ ซึ่งสามารถอธิบายให้เห็นภาพพจน์ได้ดียิ่งขึ้น โดยอาศัยสมการทางคณิตศาสตร์ โดยอธิบายในรูปของพลังงานที่ปรากฏที่โหลด ดังรูปที่ 2.4 เช่น สายโทรศัพท์คู่หนึ่งมีอิมพีแดนซ์ 600 โอห์ม พลังงานที่ปรากฏที่โหลดก็คือ

$$P_{load} = \frac{e_s^2}{600}$$

โดย P_{load} คือ กำลังที่ตกคร่อมโหลด (วัตต์)

e_s คือ ระดับแรงดันของสัญญาณที่ส่งไป (โวลต์)

แต่ในระบบโทรศัพท์และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกับเสียงแล้ว มักจะใช้การเปรียบเทียบกับกำลังขนาด 1 มิลลิวัตต์อยู่เสมอโดยอยู่ในรูปของเดซิเบล ซึ่งมีสมการดังนี้

$$dB = 10 \log_{10} (P_1 / P_2)$$

แต่เนื่องจากมักจะใช้ค่า 1 มิลลิวัตต์ เป็นค่าเปรียบเทียบ (ค่า P_2 = 1 มิลลิวัตต์ ในสมการนั่นเอง) ก็จะใช้สัญลักษณ์เป็น dB_m แทน ซึ่งความหมายจริง ๆ แล้วก็คือ การเปรียบเทียบกำลังที่จุดใด ๆ กับกำลังขนาด 1 มิลลิวัตต์นั่นเอง ในระบบโทรศัพท์ที่ใช้กันจริง ๆ จะมีการกำหนดจุด ๆ หนึ่งในสายส่งให้มีค่า dB_m = 0 ซึ่งเรียกจุดนี้ว่า zero level transmission point (zero LPT) ซึ่งประโยชน์ที่จะได้รับจากการกำหนดจุด ๆ นี้ขึ้นมาก็คือ สามารถทำให้ทราบว่าที่ระยะต่าง ๆ ที่ห่างจากจุด zero LTP มีค่ากำลังของสัญญาณกี่ dB_m เมื่อทราบเพียงค่าแรงดันจากการวัดที่ระยะนั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

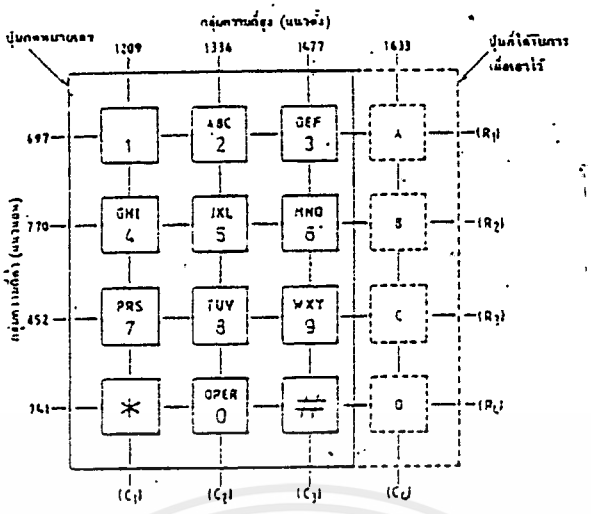
2.1.5 สัญญาณรบกวน

ในระบบใด ๆ ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ย่อมจะต้องมีสัญญาณรบกวนเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยเสมอ อาจจะทำให้เกิด ความผิดเพี้ยน (distort) ของสัญญาณเสียงพูดได้ และสิ่งที่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนขึ้นก็คือสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ข้าง เช่น ความร้อน การสวิตช์ของอุปกรณ์ไทริสเตอร์ สายไฟฟ้ากำลังสูงที่อยู่ใกล้ ๆ กับสาย ส่งสัญญาณ หรือแม้แต่ข้อต่อของสายที่บกพร่อง สิ่งเหล่านี้ล้วนแต่มีผลให้ประสิทธิภาพของสัญญาณโทรศัพท์ด้อยลงทั้งสิ้น นอกจากนั้นยังมีสัญญาณรบกวนอีกชนิดหนึ่งคือ เสียงสะท้อน (echo) ในสายโทรศัพท์ สาเหตุของการเกิดเสียงสะท้อนก็คือเกิดการไม่สมดุลกัน (mismatching) ระหว่างอิมพีแดนซ์ของสายส่งกับอุปกรณ์ทางด้านเอาต์พุต โดยมากแล้วมักจะพบในการเชื่อมต่อกันระหว่างระบบโทรศัพท์ที่มี 2 สาย กับระบบที่มี 4 สาย และปัญหาเรื่องของเสียงสะท้อนจะมากยิ่งขึ้นถ้าหากระยะทางระหว่างจุดที่ทำให้เกิดเสียงสะท้อนไกลกันมาก ๆ แต่โดยปกติแล้วมักจะไม่รู้สึกถึงการสะท้อนกลับของเสียงจนถึงขั้นที่ทำให้รู้สึกรำคาญ

2.1.6 ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่คู่

เป็นระบบการส่งสัญญาณอีกแบบหนึ่ง ซึ่งจะพบได้มากกว่าในระบบการส่งเป็นสัญญาณพัลส์ ระบบนี้หรือเรียกชื่อย่อว่า DTMF (dual tone multifrequency type) มีวิธีการส่งหมายเลขของผู้ที่ต้องการจะติดต่อด้วย โดยการส่งสัญญาณความถี่ 2 ความถี่มอดูเลตกันไป ซึ่งจะเป็นตัวแทนของหมายเลขที่กด ซึ่งความถี่ที่ถูกส่งออกไปจะอยู่ในย่านความถี่ของเสียงพูด (0 - 4 กิโลเฮิรตซ์) ซึ่งค่าความถี่ที่ต่ำกว่าจะเป็นความถี่ที่แสดงในแนวนอนและอีกค่าหนึ่งก็จะเป็นความถี่ในแนวตั้งซึ่งค่าต่าง ๆ จะแสดงไว้ในรูปที่ 2.5 ตัวอย่างเช่น เมื่อมีการกดหมายเลข 5 ก็จะมีความถี่ 770 เฮิรตซ์ และ 1,336 เฮิรตซ์ มอดูเลตกันออกมา สำหรับวงจรออสซิลเลเตอร์ที่สร้างความถี่เหล่านี้ขึ้นมา ก็คือวงจรในรูปที่ 2.6 ซึ่งเป็นวงจรที่ยังคงใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ มาต่อรวมกันเป็นวงจรอยู่ ซึ่งปัจจุบันจะมีการใช้อุปกรณ์ที่ถูกผลิตในรูปไอซีสำเร็จรูปมา ใช้งานมากกว่า

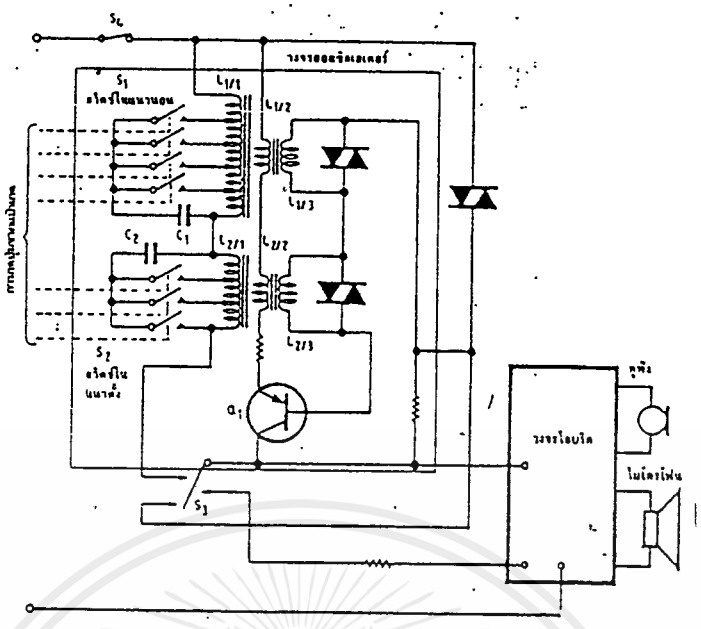
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แป้นกดหมายเลขและค่าความถี่ในแนวนอนและแนวตั้งของหมายเลขนั้น ๆ

ในรูปที่ 2.5 การทำงานของวงจรนี้จะเริ่มจากสวิตช์ S_1 (สวิตช์ในแนวนอน) S_2 (สวิตช์ในแนวตั้ง) และ S_3 จะถูกเปิดวงจรอยู่เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น กระแสจากชุมสายจะผ่าน RV_1 L_{1A} และ L_{2A} ทรานซิสเตอร์ Q_1 จะไม่นำกระแส เมื่อมีการกดหมายเลข สวิตช์ S_1, S_2 จะถูกปิดลง ตามตำแหน่งของหมายเลขที่ถูกกด C_1 , C_2 จะถูกต่อเข้ากับและตามลำดับ เกิดเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ขึ้น โดย L_{1A} C_1 จะเป็นออสซิลเลเตอร์ ที่ผลิตความถี่ที่ต่ำกว่าความถี่ที่เกิดจาก L_{2A} และ C_2 และขณะที่ S_3 จะถูกปิดลงเช่นกันทำให้ ทรานซิสเตอร์ Q_1ทำหน้าที่มอดดูเลตสัญญาณจากออสซิลเลเตอร์ทั้งสองเข้าด้วยกันและส่งไปยังชุมสาย ในขณะที่ทำการกดหมายเลขอยู่นั้นส่วนของหูฟังและไมโครโฟนก็จะถูกต่อขนานกันจึงทำให้ได้ยินสัญญาณที่เกิดขึ้นจากวงจรออสซิลเลเตอร์ด้วย สำหรับทางชุมสายก็จะมีวงจรตรวจจับเอาสัญญาณไปประมวลผลต่อไป และมีความถี่แปลกปลอมอื่น ๆ เข้าไปในชุมสายด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 วงจรพื้นฐานที่ใช้อุปกรณ์แบบแยกชิ้นของโทรศัพท์ที่ใช้ระบบ DTMF

2.1.7 ข้อควรคำนึงในการเชื่อมต่อระบบ DTMF กับสายส่งสัญญาณ

-ระดับแรงดันและกระแสลูปจะต้องรักษาให้คงที่ตลอดระยะทางของสายส่งสัญญาณ

-ความถี่ที่ถูกผลิตขึ้นจะต้องไม่มีความผิดเพี้ยนทั้งคาบและขนาดของสัญญาณ

-วงจรออสซิลเลเตอร์จะต้องมีอิมพีแดนซ์ที่ สมดุลย์ (matching) กับสายส่งสัญญาณ

ก. ความผิดเพี้ยนของสัญญาณ

สำหรับข้อกำหนดของความผิดเพี้ยนของสัญญาณมีดังต่อไปนี้

-สัญญาณอื่นที่แทรกสอดเข้ามาในสายส่งสัญญาณรวมกันแล้วจะต้องน้อยกว่าระดับของสัญญาณที่ถูกส่งออกไปจริงอย่างน้อย 20 dB

-สำหรับสัญญาณที่แทรกสอดเข้ามาจะต้องมีข้อกำหนดดังต่อไปนี้

1. ต้องมีค่าไม่มากกว่า - 33 dBm ในช่วง 300 ถึง 3,400 เฮิรตซ์

2.ที่ความถี่ที่สูงกว่า 3,400 เฮิรตซ์ สัญญาณแทรกสอดจะต้องลดลง 12 dB ต่อออกเตฟไปจนความถี่ 50 กิโลเฮิรตซ์

3.ต้องมีระดับสัญญาณไม่มากกว่า-80dBที่ความถี่ที่สูงกว่า50 กิโลเฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. ไดนามิคอิมพีแดนซ์

วงจรกำเนิดความถี่สำหรับระบบจะต้องมีอิมพีแดนซ์อย่างน้อย 900 โอห์ม ขณะที่ทำการผลิตความถี่ออกมา และต้องมีอิมพีแดนซ์ให้ต่ำที่สุดขณะที่ไม่ทำการผลิตสัญญาณ

ค. ความสูญเสียที่เกิดจากการสะท้อนกลับของสัญญาณ

ก็เป็นพารามิเตอร์อีกตัวที่จะต้องควบคุม โดยกำหนดค่าความสูญเสียในการสะท้อนกลับของสัญญาณหรือ RL ด้วยสมการ

$$RL = 20 \log \left[\frac{ZL + Zg}{ZL - Zg} \right]$$

โดยที่ ZL คือ อิมพีแดนซ์ของสายส่งสมการ

Zg คือ อิมพีแดนซ์ของเครื่องโทรศัพท์

ค่ามาตรฐานสำหรับ RL จะต้องมากกว่า 14 dB ในช่วงความถี่ระหว่าง 300 ถึง 3,400 Hz และมากกว่า 10 dB ในช่วงความถี่ 50 ถึง 300 เฮิรตซ์ และ 3,400 ถึง 20,000 เฮิรตซ์

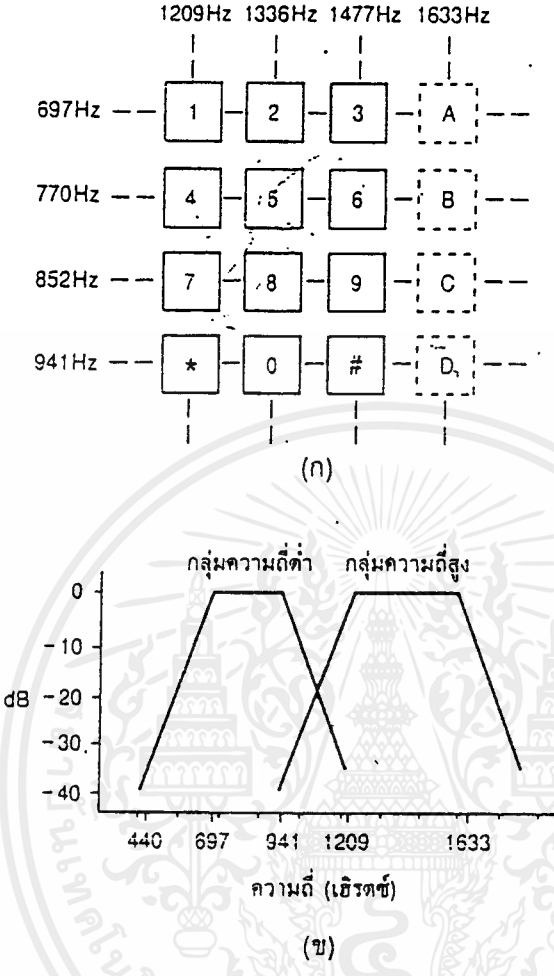
ง. ข้อดีสำหรับระบบการส่งสัญญาณแบบ DTMF

จากข้อมูลทั้งหมดสามารถสรุปถึงข้อดีของระบบ DTMF ได้คือ

- ลดระยะเวลาในการส่งหมายเลขโทรศัพท์ไปยังชุมสาย
- สามารถใช้วงจรที่ใช้อุปกรณ์โซลิดสเตตได้ซึ่งจะทำให้เกิดความประหยัดและสะดวก
- ลดอุปกรณ์จำพวกหน่วยความจำที่ใช้ภายในชุมสาย
- สามารถนำไปเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายในชุมสายอย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.8 วงจรถอดรหัสหมายเลข DTMF



รูปที่ 2.7 ความถี่ของระบบ DTMF และผลตอบสนองความถี่ของวงจรกรองความถี่

วงจรที่ทำหน้าที่ถอดรหัสหมายเลขที่ส่งมาแบบ DTMF (DTMF receiver)ในช่วงแรก ๆจะใช้วงจรถอดรหัส 1 วงจรต่อ 1 คู่สายเมื่อมีการขยายการใช้งานโทรศัพท์กันมากขึ้น ชุมสายก็มีขนาดใหญ่ขึ้น ภายในชุมสายจะมีคู่สายภายใต้การควบคุมเป็นจำนวนมาก การใช้งานของวงจรถอดรหัสหมายเลขแบบ DTMF จึงเปลี่ยนมาเป็นลักษณะของการใช้งานร่วมกันระหว่างหลาย ๆ คู่สาย ดังนั้นจึงเกิดความซับซ้อนในการสร้างวงจรในลักษณะเช่นนี้ แต่ในปัจจุบันมีวงจรถอดรหัสที่อยู่ในรูปไอซีสำเร็จรูป ซึ่งมีราคาถูกและง่ายต่อการใช้งาน จึงไม่เป็นการลงทุนที่สูงจนเกินไปในการที่จะหันกลับมาใช้วงจรถอดรหัส 1 วงจรต่อ 1 คู่สาย

ในรูปที่ 2.7 (ก) จะเป็นค่าความถี่ต่าง ๆ ในคอลัมน์และโรว์ ซึ่งจะเป็นค่าที่กำหนดไว้เป็นค่ามาตรฐานของระบบการเข้ารหัสแบบ DTMF อยู่แล้วส่วนในรูป 2.7 (ข) จะเป็นกราฟที่เป็นผลตอบสนองความถี่ของวงจรกรองความถี่ภายในวงจรถอดรหัส ซึ่งที่ชุมสายหลังจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่รับสัญญาณ DTMF มาแล้วก็จะนำไปผ่านวงจรกรองความถี่มีผลตอบสนองตามรูปนี้ เมื่อสัญญาณ DTMF ผ่านวงจรกรองความถี่มาแล้ว ก็จะได้สัญญาณความถี่ 2 ค่า ซึ่งก็เป็นความถี่เดียวกับความถี่มาตรฐานก่อนที่จะทำการมอดูเลตนั่นเอง

ข้อกำหนดต่าง ๆที่จำเป็น เพื่อที่จะไม่ทำให้การถอดรหัสสัญญาณ DTMF เกิดความผิดพลาดขึ้น มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. วงจรจะยังคงสามารถถอดรหัสได้อย่างถูกต้อง ถึงแม้สัญญาณที่รับเข้ามาจะมีความถี่รับเข้ามาจะมีความถี่ที่เบี่ยงเบนไปจากค่าที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐาน แต่ต้องไม่เกิน $\pm 2\%$ และจะไม่ยอมให้สัญญาณที่มีค่าเบี่ยงเบนมากกว่า $\pm 3\%$ จากค่ามาตรฐานผ่านวงจรกรองความถี่ไปได้

2. วงจรถอดรหัสจะสามารถถอดรหัสได้ก็ต่อเมื่อได้รับสัญญาณเข้ามามีระยะเวลาอย่างน้อย 40 มิลลิวินาที

3. วงจรถอดรหัสจะทำการถอดรหัสได้ถูกต้อง ก็ต่อเมื่อสัญญาณ DTMF ที่รับเข้ามาในวงจรจะต้องมีช่วงเวลาที่ห่างกับสัญญาณ DTMF ที่รับเข้ามาก่อนหน้านี้ เป็นเวลาอย่างน้อย 35 มิลลิวินาที

4. วงจรถอดรหัสจะต้องสามารถถอดรหัสสัญญาณ DTMF ที่มีไดนามิคเรนจ์สูงกว่า 27.5 dBได้ โดยไม่เกิดความผิดพลาด และยังสามารถทำงานได้ในกรณีที่สัญญาณทั้ง 2 ความถี่ที่ประกอบกันขึ้นเป็นสัญญาณ DTMF มีแอมปลิจูดแตกต่างกันมากกว่า 6 dB

5. วงจรถอดรหัสยังคงทำงานได้ตลอดเวลา ไม่ว่าขณะนั้นจะปรากฏเสียงพูดหรือมีสัญญาณรบกวนจากภายนอกเข้ามายังวงจรถอดรหัส ก็ไม่ทำให้การถอดรหัสผิดพลาด

ทั้งหมดก็คือ ข้อกำหนดของวงจรถอดรหัสหมายเลขแบบ DTMF ซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้ออกแบบวงจรจะต้องคำนึงถึงเสมอก่อนที่จะทำการสร้างวงจรสำหรับการนำไปใช้งานในระบบโทรศัพท์จริง ๆ

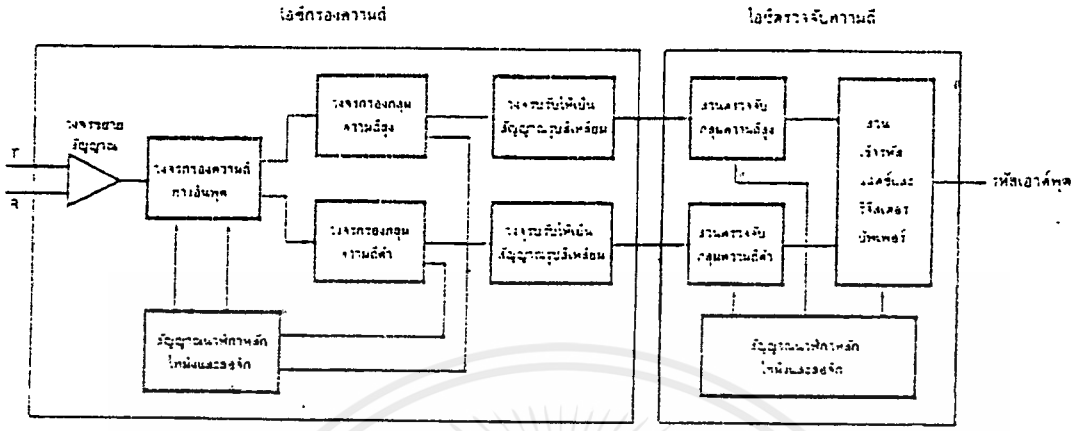
ก. วงจรกรองความถี่และวงจรตรวจจับ (filtering and detector)

ในรูปที่ 2.7(ข)จะเห็นว่าวงจรกรองความถี่เป็นส่วนสำคัญของวงจรถอดรหัสจากรูปกราฟที่แสดงผลตอบสนองความถี่วงจรกรองความถี่ชนิดที่ใช้สำหรับการทำงานให้ได้ผลตอบสนองตามรูป 2.7 (ข) จะต้องใช้เวลากรองความถี่ชนิดแยกย่านความถี่ (bandsplit filter) ดังนั้นสัญญาณ DTMF ที่ผ่านวงจรกรองความถี่ออกมาแล้วก็จะแยกได้เป็นกลุ่มความถี่ที่สูง (high group) กับกลุ่มความถี่ต่ำ (low group) ส่วนสัญญาณความถี่ที่อยู่นอกเหนือย่านนี้ ซึ่งไม่ตรงกับค่าความถี่มาตรฐานหรือมีค่าเบี่ยงเบนเกิน 2% ก็ไม่สามารถผ่านวงจรกรองความถี่นี้ไปได้

จากนั้นสัญญาณความถี่ที่ผ่านออกมาก็จะถูกนำไปผ่านวงจรตรวจจับ (detector) เพื่อที่จะทำการประมวลต่อไป ในรูปที่ 2.8 เป็นบล็อกไดอะแกรมของวงจรกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่และวงจรตรวจจับ ซึ่งในปัจจุบันทั้ง 2 วงจรได้ถูกผลิตไว้ให้อยู่ในรูปไอซีเพียงตัวเดียว อันได้แก่ เบอร์ 75T201 ของ Silicon System, Inc.



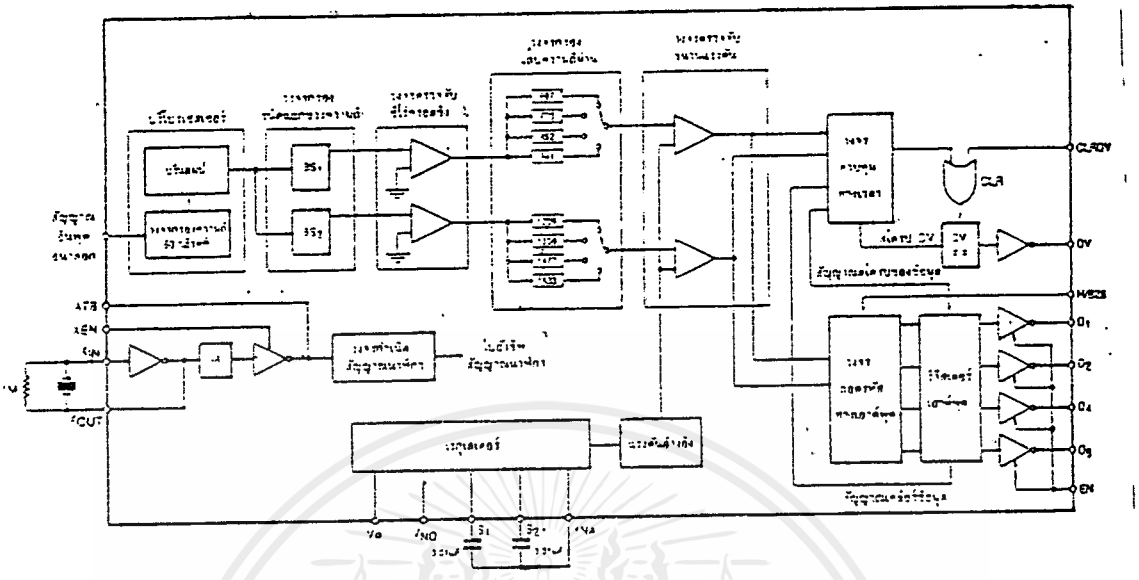
รูปที่ 2.8 บล็อกไดอะแกรมของวงจรถอดรหัสหมายเลขแบบ DTMF

สำหรับการทำงานของวงจรตรวจจับความถี่ตามรูปที่ 2.8 นั้น เมื่อสัญญาณความถี่ทั้ง 2 ย่านที่ผ่านมาจากวงจรกรองความถี่แล้วจะถูกนำไปผ่านวงจรสร้างสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม (squaring circuits) เพื่อทำให้เป็นสัญญาณในระบบดิจิตอลเสียก่อน จากนั้นวงจรตรวจจับก็จะทำการประมวลผลสัญญาณ ซึ่งก็จะใช้วิธีการนับจำนวนพัลส์ ซึ่งมาจากวงจรออสซิลเลเตอร์หลัก โดยจะทำการนับจำนวนพัลส์ภายใน 1 คาบสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมนั่นเอง วิธีการเช่นนี้จะทำให้วงจรตรวจจับความถี่สามารถหาค่าความถี่ของสัญญาณที่เข้ามาได้ ซึ่งก็จะทำให้ทราบถึงค่าของความถี่ที่ประกอบกันขึ้นเป็นสัญญาณ DTMF ได้ และทำการถอดรหัสออกมาเป็นหมายเลขโทรศัพท์ได้ในที่สุด

ปัญหาประการสำคัญของผู้ออกแบบวงจรก็คือ การที่มีเสียงพูดเข้ามาในวงจร ซึ่งไม่ใช่ความถี่ DTMF ซึ่งอาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการถอดรหัสหมายเลขได้ ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดระยะเวลาในการประมวลผลแต่ละครั้งไว้ประมาณ 10 มิลลิวินาที ซึ่งถ้าเวลาในการประมวลผลน้อยกว่านี้จะทำให้เกิดความผิดพลาดในการถอดรหัสได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. ไอซีวงจรถอดรหัสหมายเลขแบบ DTMF



รูปที่ 2.9 บล็อกไดอะแกรมของไอซี SSI 75T201

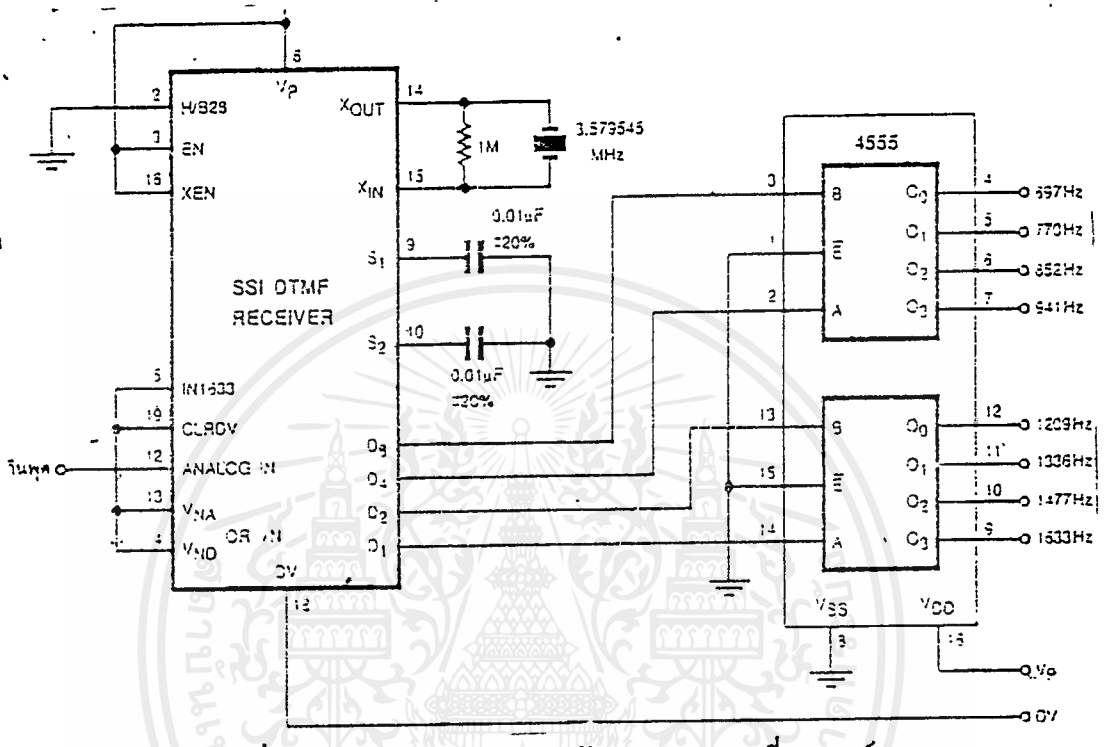
ในรูปที่ 2.9 เป็นบล็อกไดอะแกรมของไอซีเบอร์ 75T201 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท Silicon System, Incorporated (SSI) ไอซี 75T201 นี้ ได้ถูกออกแบบให้ทำการถอดรหัสจากปุ่มกดหมายเลขชนิด 3x4 หรือ 4x4 โดยมีวงจรเพิ่มเติมจากบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 2 อีก เช่น วงจรขยายสัญญาณเพื่อขยายระดับของสัญญาณให้สูงขึ้นในระดับที่ต้องการ, วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน (bandpass filter) และวงจรเรกูเลเตอร์สำหรับอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องต่อเพิ่มเติมออกมาภายนอกก็คือ คริสตอล 3.58 เมกะเฮิรตซ์ และตัวเก็บประจุ สำหรับการบายพาส (bypass) สัญญาณรบกวนที่อาจจะเกิดขึ้นเนื่องจากวงจรเรกูเลเตอร์อีก 2 ตัว

ขั้นตอนการทำงานของวงจรภายในของ 75T201 เริ่มจากรับสัญญาณ DTMF จากผู้ที่ทำการกดหมายเลขโทรศัพท์ ซึ่งการทำงานในส่วนแรกจะเป็นหน้าที่ของวงจรปรีโปรเซสเซอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่กำจัดสัญญาณ 60 เฮิรตซ์ ซึ่งมาจากสายส่งกำลังสูง เมื่อกำจัดสัญญาณที่ไม่ต้องการทิ้งไปแล้ว จะส่งเข้าวงจรขยายสัญญาณเพื่อขยายขนาดของสัญญาณให้ได้ระดับที่เหมาะสมเพื่อทำการประมวลผลต่อไป

จากนั้นวงจรแยกช่วงความถี่จะแยกสัญญาณออกเป็น 2 ย่านความถี่ ได้แก่ ย่าน BS_1 และBS_2 สัญญาณ BS_1 และ BS_2 ก็คือ กลุ่มความถี่ต่ำและสูง ตามลำดับ จากนั้นวงจร zerocrossing จะทำการแปลงสัญญาณทั้ง 2 ย่านความถี่ให้เป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม หลังจากนั้นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมก็จะถูกส่งต่อไปยังวงจรกรองช่วงความถี่ผ่าน ถ้าสัญญาณที่เข้ามาเป็นสัญญาณ DTMF จริงๆสัญญาณค่าความถี่มาตรฐานก็จะผ่านวงจรกรองความถี่ในส่วนที่ออกมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดันทำการเปรียบเทียบของสัญญาณที่ผ่านวงจรกรองช่วงความถี่มากับค่าแรงดันอ้างอิงที่กำหนดขึ้นมา ถ้าขนาดของสัญญาณที่ผ่านออกมามีค่ามากกว่าระดับแรงดันอ้างอิง วงจรกำหนดช่วงเวลา (timing circuit) ก็จะสร้างสัญญาณขึ้นมาเพื่อทำการแลตช์สัญญาณที่ทำการตรวจสอบได้แล้ว



รูปที่ 2.10 วงจรของการถอดรหัสแบบ DTMF ที่สมบูรณ์

วงจรถอดรหัสที่ภาคเอาต์พุต (out put decoder) จะทำการถอดรหัสจากสัญญาณความถี่มาตรฐานให้เป็นข้อมูลจำนวน 4บิต คือ D_8,D_4,D_2,D_1นั่นเองซึ่งข้อมูล 4 บิตนี้ก็จะนำไปผ่านวงจรตามรูปที่ 2.10 เพื่อที่จะทำการแปลงรหัส 4 บิตให้ออกมาเป็นเอาต์พุตสถานะต่าง ๆ ซึ่งแต่ละสถานะก็จะแสดงถึงค่าความถี่แต่ละค่านั่นเอง ต่อจากนั้นก็จะถูกประมวลผลต่อโดยวงจรของระบบสวิตชิ่ง เพื่อทำการต่อวงจรภายในระบบสวิตชิ่งไปยังผู้ถูกเรียกซึ่งมีหมายเลขตรงตามที่ได้ทำการถอดรหัสได้ในที่สุด

ตามบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 2.10 ขาสัญญาณ DV จะเป็นสัญญาณที่ใช้บ่งบอกว่าการถอดรหัสเป็นไปอย่างถูกต้องและข้อมูลจะยังคงสถานะเดิมที่ขาเอาต์พุตอยู่ตลอดเวลา จนกระทั่งมีการหยุดกดหมายเลขหรือขาสัญญาณ CLRDV (clear line) เป็นลอจิกหนึ่ง ซึ่งไอซีที่มีการทำงานตามบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 2.9 นี้สามารถผลิตให้มีราคาถูกลง แต่มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น

เมื่อชุมสายได้รับข้อมูลหรือรหัสหมายเลขจากผู้เรียกแล้ว อุปกรณ์สวิตชิ่งก็จะต่อวงจรไปยังผู้ถูกเรียก ซึ่งหน้าที่ในส่วนนี้อาจจะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์สำหรับควบคุมระบบสวิตชิ่งในการต่อวงจร ดังนั้นส่วนที่สำคัญที่สุดอีกส่วนหนึ่งภายในชุมสายโทรศัพท์ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์จำพวกสวิตชิ่ง อันเป็นเสมือนทางเชื่อมต่อของสายสัญญาณที่จะต่อจากเครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียกไปยังเครื่องโทรศัพท์ของผู้ถูกเรียกนั่นเอง

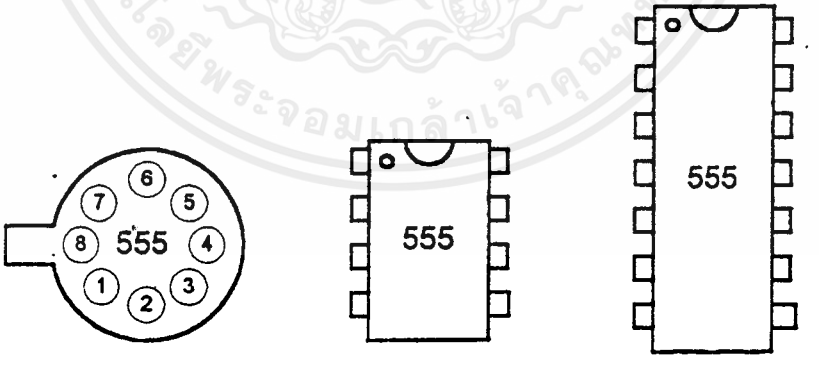
2.2 ทฤษฎีด้านวงจรอนาลอก

ในการประยุกต์ของระบบโทรศัพท์สำหรับที่พักอาศัยอัตโนมัติ ได้มีการนำเอาทฤษฎีทางด้านวงจรอนาลอกต่างๆ มาใช้การออกแบบ และประยุกต์การใช้งานต่างๆ ซึ่งในโครงงานนี้ทฤษฎีทางวงจรอนาลอกที่นำมาใช้มีหัวข้อที่สำคัญแบ่งเป็น 3 หัวข้อดังนี้

- ทฤษฎีวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา
- ทฤษฎีวงจรฺเฟสล็อกลูป
- ทฤษฎีการใช้งานทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์

2.2.1 ทฤษฎีวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา

ในการสร้างวงจรสัญญาณนาฬิกาในโครงงานนี้เราได้นำเอาไอซีเบอร์ 555 ซึ่งในปัจจุบัน ไอซี 555 มีการเก็บบรรจุอยู่ 3 แบบ คือ แบบตัวถัง 8 ขา, ตัวถังพลาสติกแบบดิฟ 8 ขา และแบบดิพ 14 ขา แบบนี้ไม่ค่อยมีใช้เพราะตัวใหญ่ มีขามากเกินความจำเป็นทำให้ไม่สะดวกในการใช้งาน แบบตังถังโลหะจะทนอุณหภูมิได้สูงกว่าตัวถังพลาสติกแบบดิฟ แต่ใช้ออกแบบติดตั้งบนแผ่นปริ้นท์ไม่ค่อยสะดวก จึงนิยมใช้แบบ 8 ขากันมากกว่า



รูปที่ 2.11 การเก็บบรรจุไอซี 555

ภายในไอซีเบอร์ 555 จะประกอบไปด้วยวงจรเปรียบเทียบแรงดันหรือที่เรียกว่าคอมพาเรเตอร์ (Comparator), วงจรควบคุมฟลิปฟลอป (Control-flip-plop),วงจรบัฟเฟอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลับสัญญาณด้วย (Inverter buffer) รวมทั้งวงจรสวิตช์ซึ่งต่างๆอีก จากลักษณะการทำงานของวงจรภายในตัวไอซีพอจะสรุปให้เห็นถึงหน้าที่และความสำคัญของขาไอซีแต่ละขาดังนี้

ขา 1 เป็นขากราวด์ (Ground)

ขา 2 เป็นขาทริกเกอร์ (Trigger) เมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ขาทริกเกอร์ลดลงกว่า 1/3 ของแหล่งจ่ายแรงดัน จะทำให้วงจรฟลิปฟลอปภายในตัวไอซีทำงานและได้เอาต์พุตที่ขา 3 อยู่ในภาวะแรงดันสูง

ขา 3 เป็นขาเอาต์พุต (Output) แรงดันที่ขาเอาต์พุตจะเปลี่ยนแปลงอยู่ในภาวะแรงดันต่ำหรือสูงได้ตามการทำงานของวงจรภายในและสามารถจ่ายหรือดึงกระแสได้ประมาณ 200 มิลลิแอมป์

ขา 4 เป็นขารีเซ็ท (Reset) ถ้าแรงดันไฟฟ้าขา 4 นี้ต่ำกว่า 0.4 โวลท์ วงจรภายในตัวไอซีจะไม่สามารถทำงานได้ไม่ว่าจะมีการกระตุ้นอย่างไรก็ตาม

ขา 5 เป็นขาควบคุมแรงดัน เป็นขาที่ต่ออยู่กับจุดเปรียบเทียบแรงดัน วงจรคอมพาราเตอร์ ภายในตัวไอซีจึงสามารถใช้ตัวต้านทานต่อที่ขานี้ เพื่อให้แรงดันไฟฟ้าที่จุดเปรียบเทียบเปลี่ยนแปลงไป เมื่อไม่ใช้งานขานี้ควรใช้คาปาซิเตอร์ที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.1μF เพื่อช่วยลดสัญญาณรบกวนความถี่สูงที่เข้ามากับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า

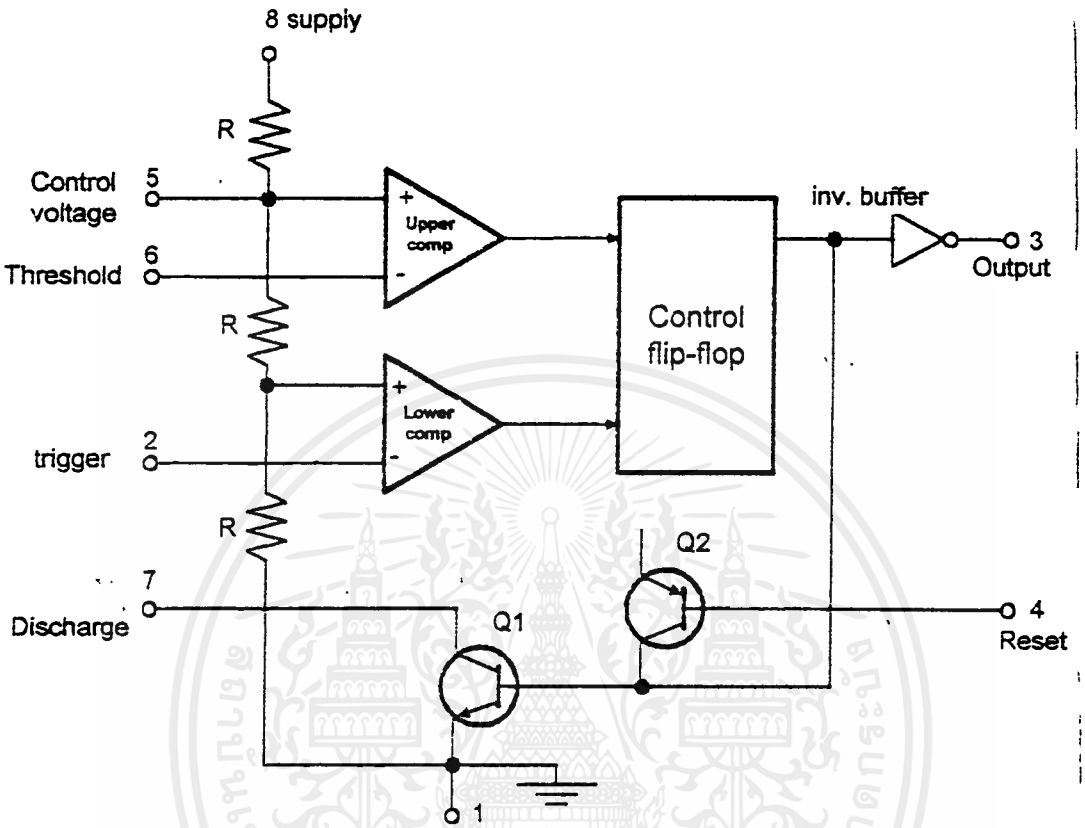
ขา 6 เป็นขาเทรสโฮล (Treshold) ถ้าแรงดันที่ขานี้สูงกว่า 2/3 ของแหล่งจ่ายแรงดันวงจรฟลิบฟลอบภายในตัวจะถูกรีเซตทำให้ที่เอ้าต์พุตของไอซีอยู่ในสภาวะแรงดันต่ำ

ขา 7 เป็นขาดิสชาร์จ (Discharge) ใช้สำหรับการควบคุมการทำงานของทรานซิสเตอร์ภายในตัวไอซีให้อยู่ในสภาวะปิดหรือเปิด ซึ่งจะทำให้แรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุตเปลี่ยนแปลงอยู่ในภาวะแรงดันสูงหรือต่ำตามการทำงานของทรานซิสเตอร์ด้วย ปกติขานี้จะมีทรานซิสเตอร์ต่ออยู่เพื่อใช้ในการดิสชาร์จของคาปาซิเตอร์ไปควบคุมการทำงานของทรานซิสเตอร์

ขา 8 เป็นขาแหล่งจ่ายแรงดัน (Supply) ที่สามารถป้องกันแรงดันผ่านขานี้ได้ตั้งแต่ 4.5 ถึง 16 โวลท์ วงจรภายในตัวไอซีจึงจะสามารถทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

038569



รูปที่ 2.12 บล็อคไดอะแกรมการทำงานของวงจรภายในตัวไอซี 555

การใช้งานไอซี 555

เมื่อนำไอซี 555 มาใช้งานจะมีการต่อวงจรเป็นแบบโมโนสเตเบิ้ล (Monostable) หรืออะสเตเบิ้ล (Astable) อย่างใดอย่างหนึ่งวงจรทั้งสองต่างก็มีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน

วงจรโมโนสเตเบิ้ล เป็นวงจรที่ให้คลื่นสี่เหลี่ยมออกมาที่ เอาต์พุตในแต่ละครั้งที่การกระตุ้นด้วยสัญญาณจากภายนอก สัญญาณกระตุ้นจะป้อนเข้าที่ขา 2 ซึ่งเป็นขาทริกเกอร์ เมื่อแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณที่ขา 2 ลดลงมาต่ำกว่าหนึ่งในสามของของแหล่งจ่ายแรงดัน (1/3 Vcc) จะทำให้ที่ขา 3 ซึ่งเป็นขาเอาต์พุตมีแรงดันไฟฟ้าสูงเกือบเท่าแหล่งจ่ายแรงดัน ช่วงความกว้างของคลื่นสี่เหลี่ยมที่ได้ทางเอาต์พุตจะขึ้นอยู่กับค่า Ra และ Ct โดยมีสูตรความสัมพันธ์กันดังนี้

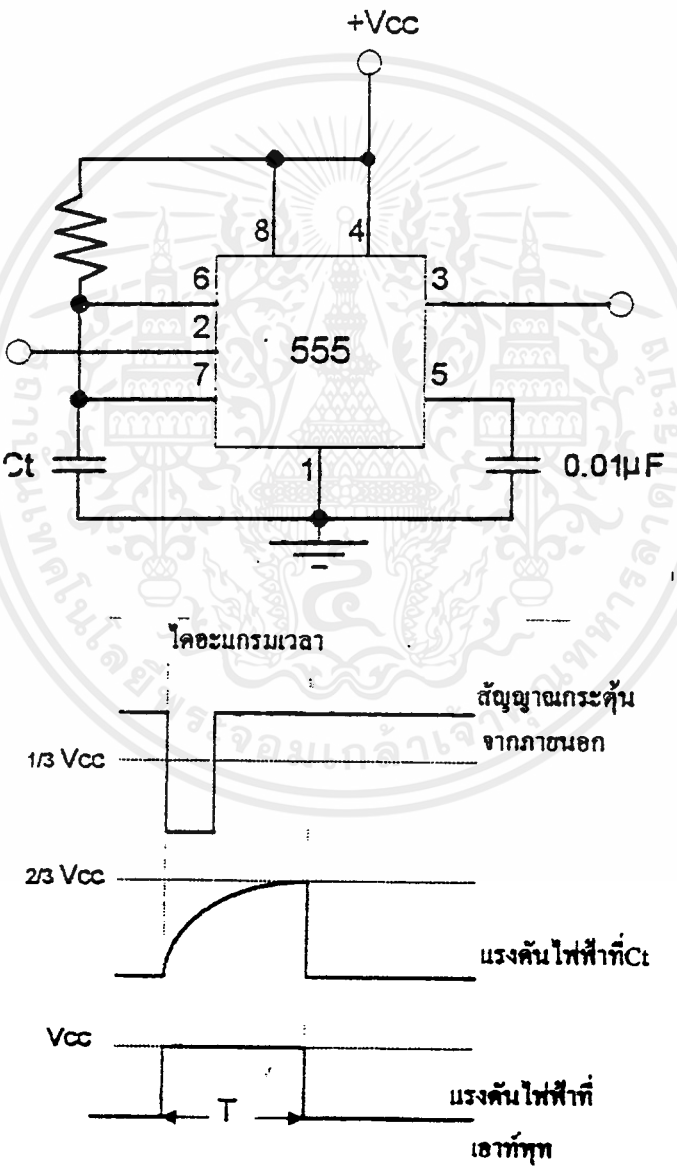
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T = 1.1\ Ra.Ct$$

เมื่อ T คือ ช่วงความกว้างของคลื่นสี่เหลี่ยมทางเอาท์พุต มีหน่วยเป็นวินาที

นอกจากนี้สัญญาณที่นำมากระตุ้นแต่ละสัญญาณต้องมีช่วงความกว้างของคลื่นห่างกันไม่น้อยกว่าช่วงความกว้างของคลื่นสี่เหลี่ยมที่ได้ทางเอาต์พุต เพราะคลื่นที่เข้ามากระตุ้นใหม่จะมีผลต่อแรงดันทางเอาต์พุต เพราะเอาต์พุตเองก็มีภาวะแรงดันสูงอยู่แล้ว

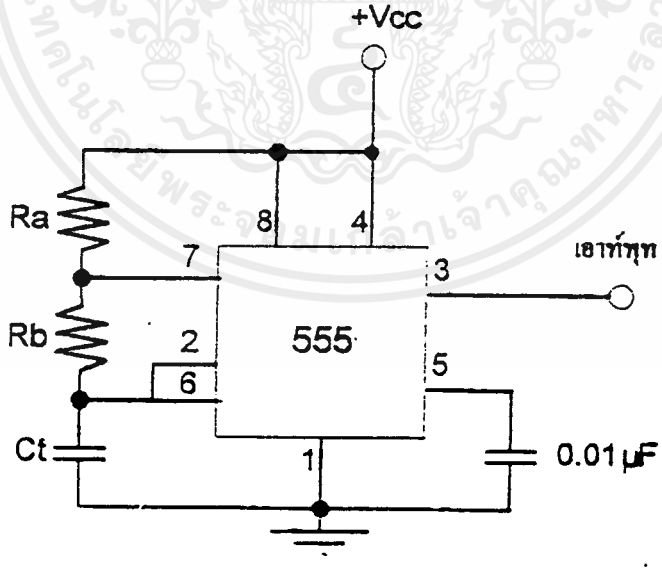
วงจรโมโนสเตเบิ้ลนี้ส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ประโยชน์เป็นวงจรตั้งเวลาในแบบต่าง ๆ



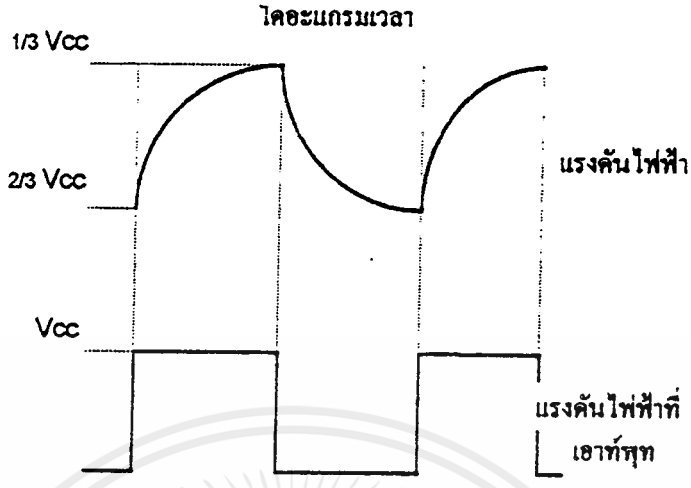
รูปที่ 2.13 วงจรโมโนสเตเบิ้ล โดยใช้ไอซี 555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรอะสเตเบิ้ลเป็นวงจรกำเนิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมโดยใช้การกระตุ้นจากการชาร์จของคาปาซิเตอร์ที่ขา 2 ดังนั้นวงจรนี้ไม่ต้องใช้สัญญาณจากภายนอกมากระตุ้น การกระตุ้นจะเกิดจากการชาร์จของคาปาซิเตอร์ Ct ผ่าน Ra , Rb เมื่อแรงดันที่ตกคร่อม คาปาซิเตอร์มีค่าถึงสองในสามของแหล่งจ่ายแรงดัน (2/3 Vcc) จะทำให้วงจรเปรียบเทียบแรงดันชุดบน (Upper Comp.) ทำงานไปกระตุ้นให้วงจรควบคุมฟลิบ-ฟลอบ ทำงานอีกต่อหนึ่ง เป็นผลทำให้คาปาซิเตอร์ต้องคายประจุผ่าน Rb และ ขา 7 (ผ่าน Q1 ในไอซี) ลงกราวน์ ช่วงนี้เอาต์พุตขาที่ 3 จะมีแรงดันไฟฟ้าต่ำ เมื่อแรงดันไฟฟ้าที่คาปาซิเตอร์ลดลงมาถึงหนึ่งในสามของแหล่งจ่ายแรงดัน (1/3 Vcc) ก็จะไปกระตุ้นให้วงจรเปรียบเทียบแรงดันชุดล่าง (Lower Comp.) ทำงานไปกระตุ้นวงจรควบคุมฟลิบฟลอบอีก ทำให้แรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุตมีค่าสูง (เหมือนกับการทำงานของโมโนสเตเบิ้ล) และคาปาซิเตอร์จะไม่สามารถคายประจุได้อีก เพราะทรานซิสเตอร์ภายในตัวไอซีซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตช์ยูในสภาวะ "OFF" ดังนั้นคาปาซิเตอร์จึงเริ่มชาร์จใหม่อีกจนแรงดันไฟฟ้ามาถึง 2/3 Vcc ก็จะเริ่มทำงานแบบเดิมอีก ช่วงที่คาปาซิเตอร์ชาร์จนี้แรงดันที่เอาต์พุตจะยังมีค่าสูงอยู่ จนกว่าคาปาซิเตอร์จะคายประจุแรงดันที่เอาต์พุตจึงจะมีค่าต่ำลง ซึ่งพิจารณาได้จากไดอะแกรมเวลาในรูปที่ 2.14



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 วงจรอะสเตเบิ้ลโดยใช้ไอซี 555

จากลักษณะการทำงานของอะสเตเบิ้ลนี้ จะเห็นได้ว่าช่วงความกว้างของช่วงสี่เหลี่ยมที่ได้ทางเอาต์พุตจะขึ้นอยู่กับการชาร์จ (การเก็บประจุ) และดิสชาร์จ (การคายประจุ) ของคาปาซิเตอร์ Ct ต้องชาร์จผ่าน Ra , Rb และดิสชาร์จผ่าน Rb อย่างเดียว จึงได้สูตรความสัมพันธ์ของ T1 (ช่วงชาร์จ) และ T2 กับค่า Ra , Rb และ Ct ออกมาดังนี้

$$T1 = 0.963(Ra + Rb).Ct$$

$$T2 = 0.693Rb.Ct$$

$$F = \frac{1}{T1 + T2}$$

เราสามารถกำหนดช่วงเวลา T1 และ T2 ได้จาก Ra , Rb และ Ct เมื่อต้องการทราบความถี่ของคลื่นที่ได้จากวงจรอะสเตเบิ้ลก็นำช่วงเวลา T1 และ T2 มารวมกัน และนำไปหารเลขหนึ่งก็จะได้ความถี่ F ของคลื่นออกมาตามสมการข้างบน

วงจรอะสแบิ้ลนี้จะถูกนำไปใช้ประโยชน์เป็นวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาไปควบคุมการทำงานของวงจรหรืออุปกรณ์อื่น ๆรวมทั้งยังสามารถนำไปเป็นวงจรตรวจจับ(Detector Circuit) ร่วมกับอุปกรณ์ตรวจจับต่าง ๆ ได้อีกด้วย

2.2.2 ทฤษฎีวงจรเฟสล็อกลูป

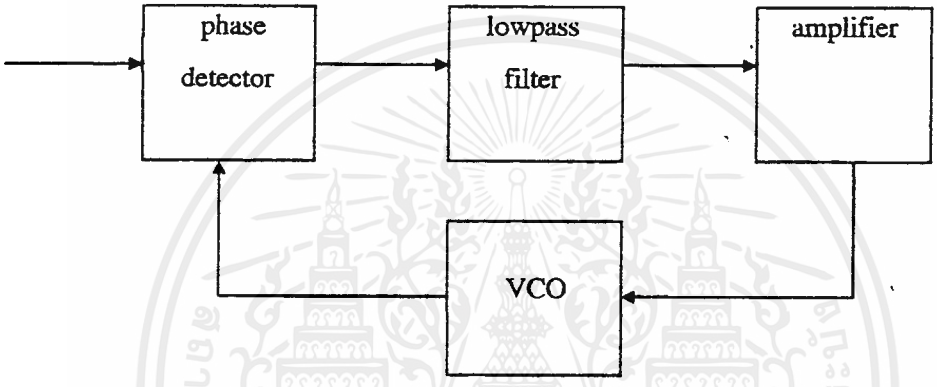
Phase-locked loop (PLL) เป็นหลักการทางการป้อนกลับที่น่าสนใจและนำมาประยุกต์ในวงจรต่างๆมากมาย เช่น frequency synthesis, frequency multiplication, pulse

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

synchronization และ FM/AM demodulation เนื่องจากว่าในปัจจุบัน PLL จะอยู่ในรูปของวงจรรวม ที่สามารถหาได้ในท้องตลาดทั่วไป ซึ่งได้นำมาประยุกต์ใช้กับการตรวจเช็คสัญญาณโทรศัพท์

2.2.2.1ทฤษฎีของPLL

PLL มีองค์ประกอบพื้นฐาน คือ Phase detector (PD) Voltage-controlled oscillator (VCO) และ Lowpass filter (LPF) ที่ from กันเป็น closed loop ดังแสดงไว้ใน รูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 Block diagram ของ phase-locked loop

การทำงานของ PLL อาจจะเริ่มที่ PD ซึ่งเป็นส่วนทำการเปรียบเทียบความถี่ของสัญญาณขาเข้า $f$in (ซึ่งเราจะถือว่าเป็นความถี่อ้างอิง $f$ref)กับความถี่ของสัญญาณ VCO *F*vco ซึ่งจะได้ output อยู่ในรูปของความแตกต่างทางเฟส ซึ่งจะถูกกรอง(และขยายสัญญาณ) เป็นสัญญาณ DC เพื่อนำไปทำการควบคุมการผลิตความถี่ของ VCO จนกระทั่ง VCO ทำการ lock กับสัญญาณขาเข้านั้นคือ $f$vco เท่ากับ *F*in ด้วยค่าความแตกต่างทางเฟสคงที่ค่าหนึ่ง

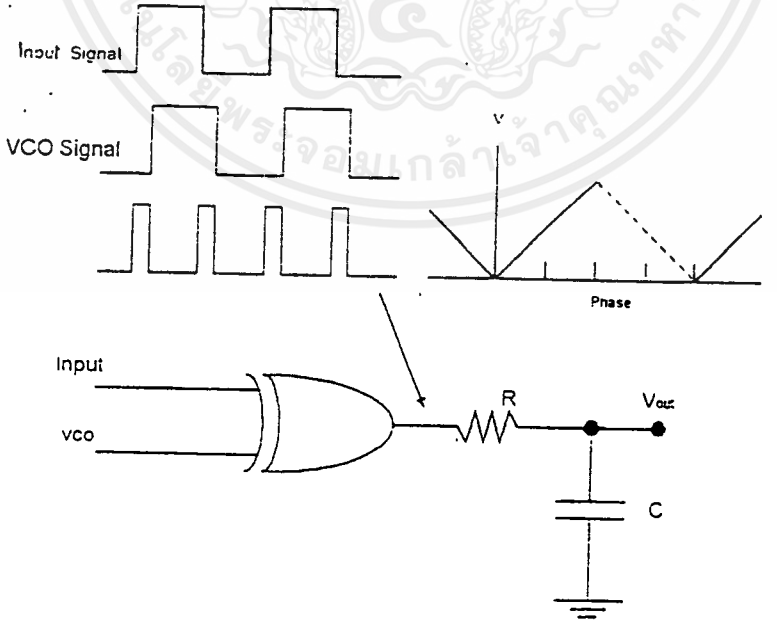
Phase detector(PD) จะมีใช้กันสองแบบคือ แบบ I และแบบ II (1) PD แบบ I จะถูกออกแบบมาเพื่อทำการตรวจจับคลื่นสี่เหลี่ยม(square wave)ต่างๆทั้งทาง analog หรือ ทาง digital ในขณะที่ PD แบบ II จะถูกออกแบบเพื่อทำการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงสถานะหรือขอบของสัญญาณ ตัวอย่างของ IC ที่มี PD แบบ I คือ 565 และ PD แบบ II คือ TTL 4044 ส่วน CMOS 4046 จะมี PD ทั้งสองแบบอยู่ในตัว วงจรPDแบบ I แบบง่ายๆ ก็คือ exclusive-OR gate กับ LPE ดังแสดงไว้ใน รูปที่ 2.16 ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกทางเฟสกับ output ของ PD(Vav) ที่มีสัญญาณขาเข้ามี duty cycle 50% ได้แสดงไว้ทางด้านบนของรูป ซึ่งจะเห็นได้ว่า PD แบบ I นี้ มีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้น สำหรับเฟส ในช่วงหนึ่ง(0-180)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วน PDแบบ II จะทำการตรวจจับขอบของสัญญาณที่เข้ามายังตัวมันดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.17 วงจร PD ชนิดนี้จะผลิต pulse บวก หรือ ลบ ขึ้นอยู่กับการ lead หรือ lag ของสัญญาณ VCO เมื่อเปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิง ความกว้างของ pulse เหล่านี้จะเท่ากับช่วงเวลาระหว่างขอบของสัญญาณ input ทั้งสองของ PD และจะเป็นตัวกำหนดขนาดของ Voltage ที่ป้อนให้ VCO ข้อดีของชนิดนี้คือการมี output ที่ไม่ขึ้นกับ duty cycle ของ input signal และการไม่มี rippleที่ outputเหมือนในกรณีของ PD แบบ I เมื่อเฟสของสัญญาณ input ทั้งสองทำการ lock กันแล้ว phase detector ทั้งสองแบบ ได้เปรียบเทียบคุณสมบัติอยู่ตารางที่ 2.2

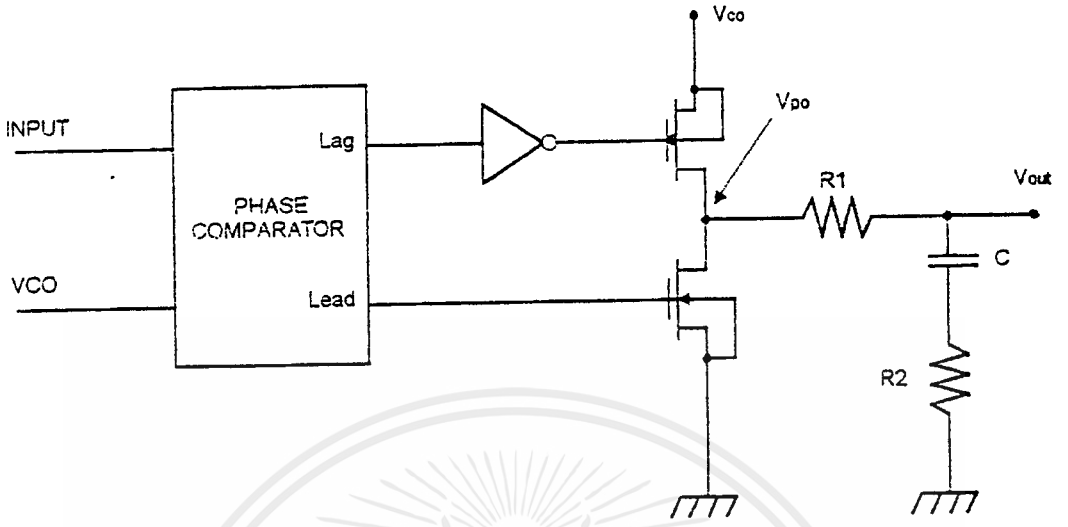
	PD แบบ I	PD แบบ II
Input duty cycle	50% optimum	–
Lock harmonic	lock	lock
Noise rejection	ดี	ไม่ดี
Residual ripple 2 f in	มาก	น้อย
Lock range	ตลอดย่านVCO range	ตลอดย่านVCO range
Capture range	<Lock range	เท่ากับ Lock range
ความถี่ไม่มีการ lock	f	f

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของ phase detector แบบ I และ แบบ II



รูปที่ 2.16 วงจร PD แบบ I และ การทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 วงจร PD แบบ II และ การทำงาน

Voltage-controlled oscillator (VCO) เป็นส่วนที่จำเป็นสำหรับ PLL คือเป็น oscillator ซึ่งผลิตความถี่ที่สามารถควบคุมได้จาก output ของ Phase detector หรือในทางทฤษฎีแล้ว VCO ก็คือวงจร integrator นั่นเอง VCO ที่ใช้ใน PLL ไม่จำเป็นจะต้องมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นกับ Voltage ที่มาควบคุมมากนักในกรณีทั่วๆไป แต่ถ้าเป็น non-linearity มากเกินไปแล้ว ค่า loop gain ก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามความถี่ของสัญญาณด้วยฉะนั้นจึงจำเป็นจะต้องคำนึงถึงความเสถียรภาพของ loop ด้วย ตารางที่2.3 เป็นตารางแสดงรายการของ VCO ที่ใช้ในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

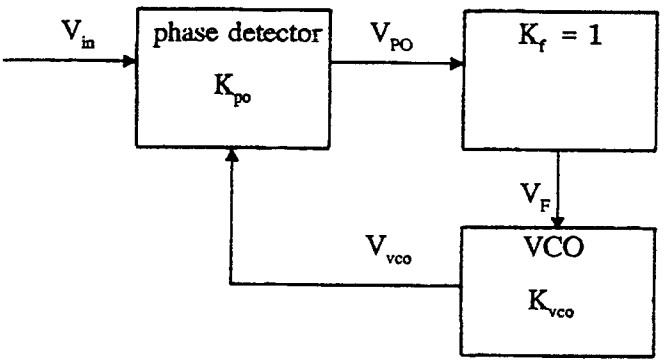
Type	Family	$f$max	Output
566	Linear	1 MHz	Square,triangle
2206	Linear	0.5 MHz	Square,triangle,sine
2207	Linear	0.5 MHz	Square,triangle
4024	TTL	25 MHz	TTL
4046	CMOS	1 MHz	CMOS
8038	Linear	0.1 MHz	Square,triangle,sine
74LS124	TTL	20 MHz	TTL
74s124	TTL	60 MHz	TTL
74s324	TTL	20 MHz	TTL

ตารางที่2.3 แสดงรายการของ VCO ที่ใช้ในปัจจุบัน

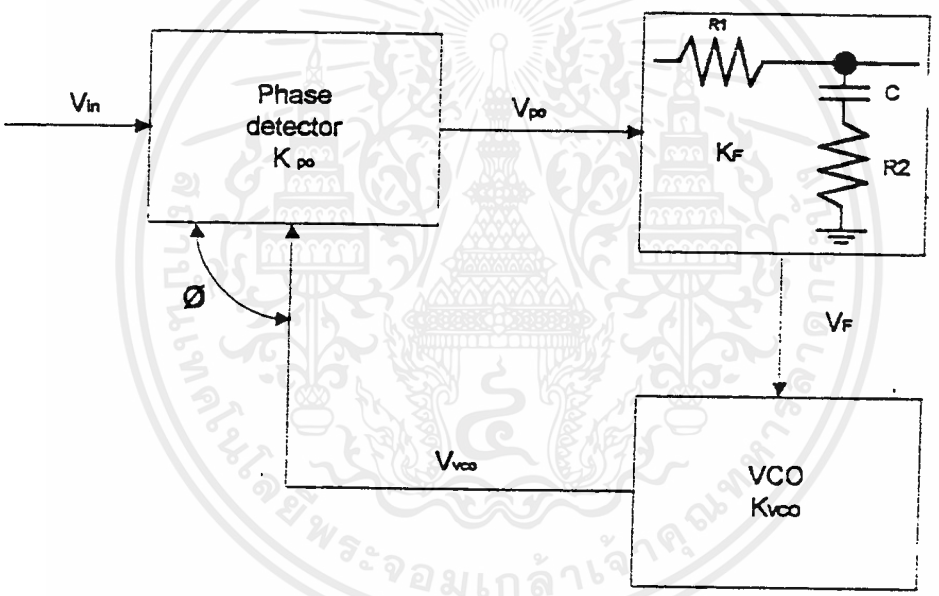
2.2.2.2การออกแบบPLL{1,2}

เราได้เรียนรู้ถึง phase detector ซึ่งให้ error signal ทางเฟสระหว่างสัญญาณอ้างอิงกับ สัญญาณจาก VCO และ VCO เป็นตัวแปลง error signal ให้เป็นความถี่ ลักษณะเช่นนี้จะคล้ายกับวงจรขยายของ Op-Amp. ที่มีความเสถียรภาพเมื่อมีการป้อนกลับด้วย gain ค่าหนึ่ง ต่างกันก็เพียงแต่ลักษณะของสัญญาณใน Op-amp จะเป็นสัญญาณประเภทเดียวกันทั้ง input และ feedback (Voltage) แต่ใน PLL จะมีสัญญาณเฟสเป็น input และ ความถี่เป็นส่วนป้องกันกลับ เนื่องจากเฟสคือ integral ของความถี่ ดังนั้น feedback loop จะมี phase shift 90° lagging เพื่อเป็นการรักษาความเสถียรภาพของ feedback แล้ว จึงไม่ควรเพิ่ม lagging phase shift (components) เข้าไปใน feedback อีก วงจรดังกล่าวจะเป็น PLL แบบ first-order loop (FOL) ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 2.18 ถึงแม้ว่า FOL จะมีโครงสร้างแบบง่ายๆ แต่มันก็มีข้อเสียคือ ความถี่ที่ผลิตจาก VCO(และการdetect ของเฟส)จะมีความคลาดเคลื่อนมาก ปัญหานี้สามารถไปได้โดยเพิ่ม LPF component ลงไปใน loop แล้ว วงจรจะเป็นแบบ second-order loop (SOL) ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 2.19 นอกจากนี้แล้วยังช่วยลดช่วง capture range และเพิ่ม capture time โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าใช้ PD แบบ II แล้ว การ lock ของเฟสจะเกิดขึ้นเมื่อค่าความแตกต่างทางเฟสเป็นศูนย์จริงๆ ดังนั้น จึงเป็นที่นิยมใช้งานทั่วๆไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 PLL แบบ first-order loop



รูปที่ 2.19 PLL แบบ second-order loop

ตัวอย่างในการคำนวณ gain ของ วงจรใน PLL แสดงให้ดูในตารางที่ 2 ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อไปในการคำนวณ loop gain และการเลือกค่าของ components ที่ยังคงรักษาเสถียรภาพของการป้อนกลับ

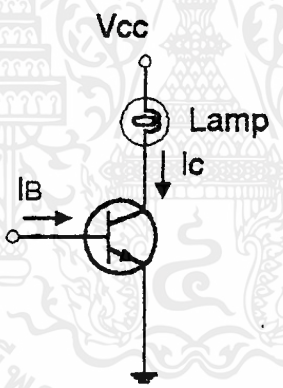
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Component	Function	Gain	การคำนวณGain	Unit
Phase detector	$V_{rD}=K_{rD}\cdot\Delta$	K_{rD}	$V_{DD}\cdot^{\pi/360}$	V/rad
Lowpass filler	$V_F=K_F\cdot V_{PD}$	K_F	$(1+j\omega R_2C)/\{(1+j\omega)(R_1C+R_2C)$	v/v
VCO	$d\phi/dt=K_{VCO}\cdot V_F$	K_{VCO}	$(f_{max}-f_{min})/(V_{fmax}-V_{fmin})$	rad/sec-v

ตารางที่2.4 การคำนวณ gain ของวงจรใน PLL

2.2.3 การใช้งานของทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์

ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่มีคุณสมบัติในการเป็นสวิทช์ได้ และเป็นลักษณะของสวิตช์ที่มีการควบคุมได้ ซึ่งในโครงงานนี้เราได้ใช้ทรานซิสเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิทช์คอยควบคุมการทำงานของรีเลย์ในวงจรโทรออกอัตโนมัติ



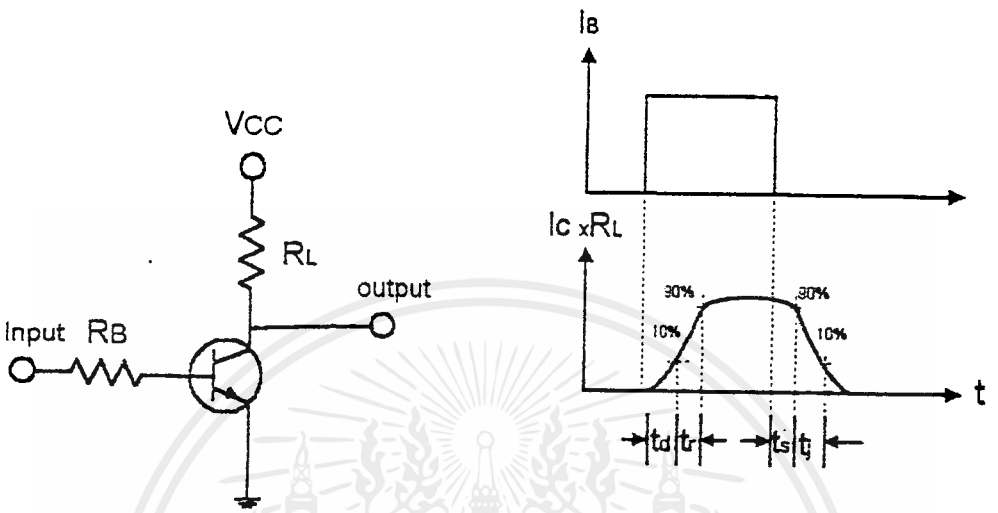
รูปที่ 2.20 เป็นวงจรสวิตช์เบื้องต้น

ลักษณะของการเป็นสวิตช์ก็คือ เมื่อป้อนกระแส I_B ด้วยปริมาณมากพอก็จะมีกระแส I_C ไหล กระแส I_B ที่ป้อนนี้ต้องมากพอเพียงที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์ อยู่ในสภาวะอิ่มตัวได้ ในสถานะอิ่มตัวนี้ทรานซิสเตอร์จะทำงานเหมือนกับสวิตช์ปิดวงจร ส่วนเมื่อหยุดป้อนกระแส I_B หรือหยุดให้ $I_B = 0$ ทรานซิสเตอร์จะ คัทออฟหรือทำหน้าที่เป็นสวิตช์เปิดวงจร

ข้อแตกต่างสวิตช์กับทรานซิสเตอร์ก็ยังมีบ้างกล่าวคือ เมื่อทรานซิสเตอร์อิ่มตัวความต้านระหว่างคอลเลคเตอร์-อิมิตเตอร์ไม่เท่ากับศูนย์จริง ๆและทำนองเดียวกันเมื่อทรานซิสเตอร์คัทออฟ หรือปิดวงจรก็ยังมีกระแสไหลได้บ้างแต่น้อยมากจนอาจละเลยได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของการใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์ เห็นจะได้แก่ การควบคุมสวิตช์เป็นไปได้ง่าย และสามารถให้สวิตช์ปิดเปิดได้รวดเร็วเป็นล้านๆ ครั้งต่อนาทีได้ แต่อย่างไรก็ตามคุณสมบัติการสวิตช์ที่ความเร็วสูงๆ นี้ยังต้องคำนึงถึงขีดจำกัดของการตอบสนองต่อสัญญาณด้วย



รูปที่ 2.21 ผลตอบสนองต่อสัญญาณเมื่อทำการสวิตช์อย่างรวดเร็ว

จากรูปแสดงให้เห็นถึงแรงดันเอาต์พุตเมื่อเทียบความสัมพันธ์กับทางด้านอินพุท ค่าต่างๆเหล่านี้พอสรุปได้ดังนี้

t_d หรือช่วงเวลาดีเลย์ (Delay Time) เป็นช่วงเวลาที่เกิดขึ้นหลังจากที่มีการสวิตช์ที่อินพุทแล้ว จะต้องใช้เวลาในการประจุให้กับตัวเก็บประจุที่อินพุท ช่วงเวลานี้นับตั้งแต่การสวิทช์ที่อินพุตเริ่มขึ้นจนถึงขณะที่เอาต์พุตเพิ่มขึ้นจนถึง 10% ของค่าสูงสุด

t_r ช่วงเวลาขาขึ้น (Rise Time) เป็นช่วงเวลาที่เอาต์พุตเพิ่มจาก 10% จนถึง 90% ของค่าสูงสุด และในขณะสวิตช์จะออฟ ก็มีช่วงเวลาตอบสนองสองส่วนคือ

t_s ช่วงเวลาสะสม (Storage Time) เป็นช่วงเวลาเอาต์พุตดีเลย์ไปจากอินพุท หลังจากที่อินพุทได้ออฟแล้ว จนถึงเอาต์พุตลดลงถึง 90% ของเอาต์พุตสูงสุด

t_f ช่วงเวลาขาลง (Fall Time) เป็นเวลาที่เอาต์พุตลดจาก 90% ลงจนถึง 10% ของค่าสูงสุด

2.3 ทฤษฎีด้านวงจรดิจิตอล

ในการประยุกต์ของระบบโทรศัพท์สำหรับที่พักอาศัยอัตโนมัติ ได้มีการนำเอาทฤษฎีทางด้านวงจรดิจิตอลต่างๆ มาใช้ในการออกแบบ และประยุกต์การใช้งานต่างๆ ซึ่งในโครงงานนี้ทฤษฎีทางวงจรดิจิตอลที่นำมาใช้ มีหัวข้อที่สำคัญแบ่งเป็น 2 หัวข้อได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทฤษฎีวงจรนับ
- ทฤษฎีวงจรดีมัลติเพล็กเซอร์

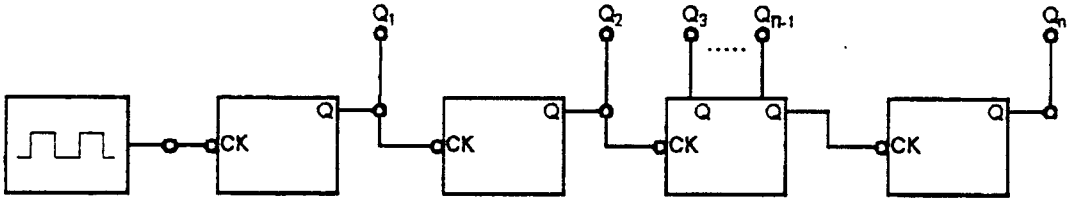
2.3.1 วงจรนับ (Counter)

เป็นวงจรดิจิตอลที่มีประโยชน์อย่างมากในระบบดิจิตอลทั่ว ๆไป โดยทำหน้าที่นับจำนวนพัลส์ (จำนวนลูก) ของสัญญาณคล็อคหรือสัญญาณใด ๆ ที่เข้ามาทางอินพุทว่ามีจำนวนเท่าใด หรือทำให้ทราบว่าในขณะนั้น ระบบกำลังทำงานอยู่ที่จังหวะคล็อคลูกที่เท่าใด สิ่งนี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากในการควบคุมการทำงานของระบบซึ่งอาจจะเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ ระบบดิจิตอลอื่น ๆ หรืออาจใช้ในการแสดงผลต่าง ๆ เช่น เครื่องวัดความถี่ เครื่องวัดความเร็วรอบ นอกจากนี้แล้ววงจรนับยังสามารถนำมาใช้เป็นตัวหารความถี่ได้อีกด้วย

วงจรนับปกติจะประกอบด้วยวงจรฟลิปฟลอปจำนวนหลาย ๆ ตัวนำมาต่อเข้าด้วยกัน ซึ่งการต่อโดยทั่ว ๆ ไปนั้นจะต่อได้เป็น 2 แบบ คือต่อให้วงจรนับเป็นแบบไม่ต้องเข้าจังหวะเรียกวงจรนับแบบนี้ว่า วงจรนับแบบไม่เข้าจังหวะ (Asynchronous Counter) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า วงจรนับแบบริปเปิล (Ripple Counter) ส่วนอีกวงจรหนึ่งการนับจะเป็นแบบเข้าจังหวะ (Synchronous Counter) ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดต่อไป ในขณะเดียวกันการนับก็แบ่งออกเป็น 2 แบบย่อย ๆ อีก คือ วงจรนับขึ้นหรือเดินหน้า (Up Counter) หมายถึง การนับที่เรียงลำดับจากน้อยไปหามาก โดยพิจารณาจากรหัสเลขฐานสอง เช่น วงจรนับ 4 บิต เริ่มนับจาก 0000 ไปจนถึง 1111 หากวงจรนับเริ่มนับรหัสเลขฐานสองจาก 1111 ถอยลงมาจนถึง 0000 อย่างนี้เราเรียกวงจรนี้ว่า วงจรนับลงหรือนับถอยหลัง (Down Counter)

2.3.1.1 วงจรนับแบบไม่เข้าจังหวะ (Asynchronous Counter)

วงจรนับแบบนี้โดยทั่ว ๆ ไปมักเรียกว่า วงจรนับแบบริปเปิล การต่อวงจรนับแบบนี้ปกติจะใช้ทีฟลิปฟลอปเสมอ (ใช้ อาร์ - เอส เจ - เค หรือ ดีฟลิปฟลอปก็ได้ แต่ต้องต่อกันเป็นแบบทีฟลิปฟลอปเสียก่อน) ขณะเดียวกันลักษณะการต่อให้ต่อกันเป็นวงจรเชิงอนุกรม โดยต่อเอาต์พุตของตัวแรกไปยังอินพุตของตัวที่ 2 และเรียงกันไปเรื่อย ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.22

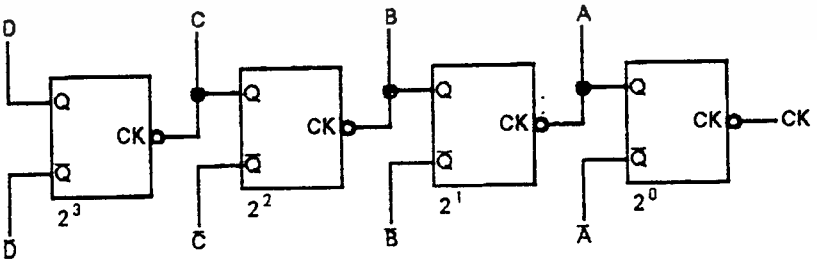


รูปที่ 2.22 แสดงแผนผังการต่อวงจรนับแบบริปเปิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

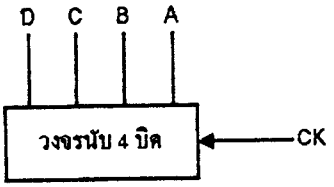
จากแผนผังที่แสดงในรูปที่ 2.22 จะเห็นว่าเอาต์พุตของฟลิปฟลอปตัวแรกจะเปลี่ยนแปลงในทุกๆ ครั้งที่มีสัญญาณคล็อค และกลายเป็นสัญญาณอินพุทให้กับฟลิปฟลอปตัวที่ 2 ดังนั้นเอาต์พุตของฟลิปฟลอปตัวที่ 2 ก็จะเปลี่ยนระดับลอจิกทุก 2 ครั้งของสัญญาณคล็อค และตัวถัดไปเรื่อยๆ จะเปลี่ยนสถานะของเอาต์พุตตามตามกฎ 2^{n-1} โดยให้ n คือจำนวนฟลิปฟลอปที่ต่อกันเป็นวงจรนับ เช่น ถ้าหากเราใช้ฟลิปฟลอป 4 ตัว ซึ่งเรียกว่า วงจรนับ 4 บิต ตัวที่ 4 จะมีการเปลี่ยนแปลงสถานะของ เอาต์พุตทุกๆ 2^{4-1} หรือเท่ากับ 8 ครั้งของสัญญาณคล็อคทางด้านอินพุท ส่วนจำนวนนับรหัสเลขฐานสองสูงสุดที่เป็นไปได้คือ 2^n กำหนดให้ n คือจำนวนฟลิปฟลอป ถ้าฟลิปฟลอป 4 ตัว จะนับได้สูงสุด 2^4 คือ 16 (0000-1111) ดังนั้นถ้าใช้ ฟลิปฟลอป n ตัว จำนวนนับสูงสุดจะเป็น 2^n ครั้ง หลังจากนับครบ 2^n ครั้งแล้ววงจร จะย้อนกลับมาเริ่มนับใหม่อีกถ้าหากยังคงมีสัญญาณคล็อคทางด้านอินพุทต่อไป

วงจรนับเดินหน้า 4 บิต วงจรนับแบบริปเปิล 4 บิต ดังแสดงในรูปที่ 2.23 (ก) และ (ข) นั้นเขียนตารางการนับได้ดังแสดงในตารางที่ 2.5 รูปที่ 2.24 ซึ่งแสดงรูปคลื่นของวงจรนับรูปที่ 2.23 สำหรับลูกศรแสดงการเปลี่ยนสถานะของเอาต์พุตจากลอจิก "1" เป็น "0" แล้วทำให้ ฟลิพลอปตัวต่อไปเปลี่ยนสถานะของเอาต์พุต จากตารางที่ 2.5 จะเห็นว่าเอาต์พุต 2^0 (A) จะเปลี่ยนแปลงทุกๆ ครั้งที่มีสัญญาณคล็อค ส่วนสัญญาณเอาต์พุต 2^1 (B) , 2^2 (C) , และ 2^3 (D) จะมีการเปลี่ยนแปลงสถานะทุก 2 , 4 , และ 8 ครั้งของสัญญาณคล็อคหลังจากที่ทุกเอาต์พุตเป็น 1111 (พัลส์ที่15) ฟลิปฟลอปทุกๆ ตัวรีเซตพร้อมกันเมื่อเริ่มพัลส์ที่ 16 เอาต์พุตจะเป็น 0000 ถ้าพิจารณาตามเลขฐานสองแล้ว จะเห็นได้ว่า วงจรนี้จะนับเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จาก 0000 - 1111 จึงเรียกวงจรนี้ว่า วงจรนับเดินหน้าหรือวงจรนับขึ้น (Count - Up Binary Counter) ซึ่งเขียนรูปสัญญาณที่จุดต่างๆ ได้ดังแสดงในรูปที่ 2.24 วงจรนี้จะใช้ฟลิปฟลอปแบบทริกด้วยคมลบ(Negative Edge Triggered Flipflop) จึงทำให้เอาต์พุตของฟลิปฟลอปเปลี่ยนแปลงที่คมลบของพัลส์เสมอ



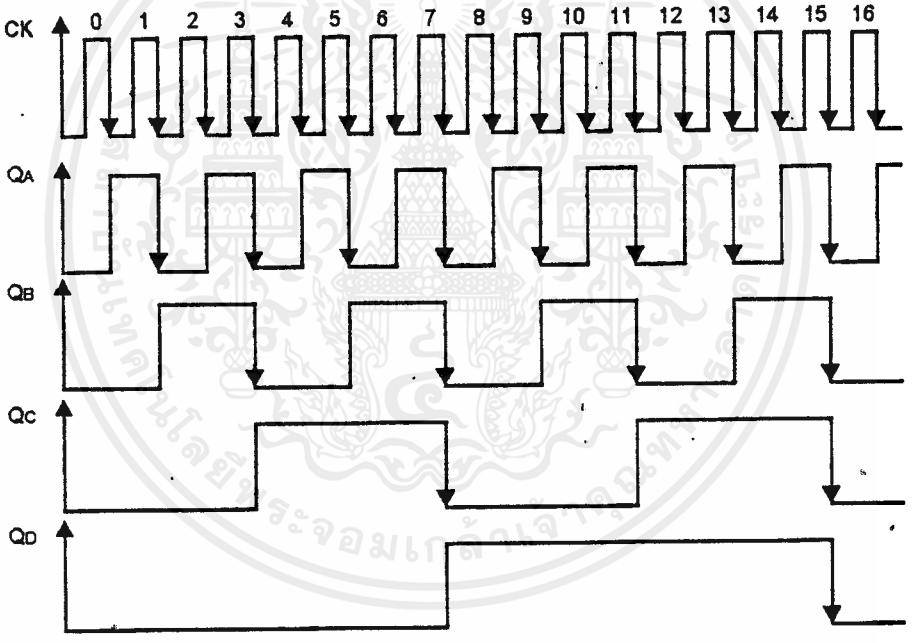
(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข)

รูปที่ 2.23 แสดงวงจรนับเดินหน้า 4 บิต



รูปที่ 2.24 แสดงรูปคลื่นของวงจรรูปที่ 2.23

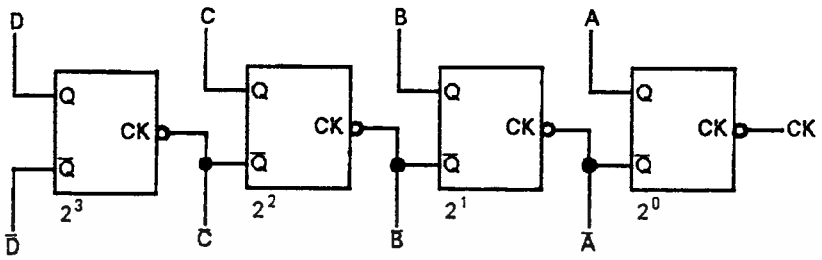
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัลส์ที่	เอาต์พุต			
	2^3(D)	2^2(C)	2^1(B)	2^0(A)
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1

ตารางที่ 2.5 ตารางความจริงของวงจรนับเดินหน้า 4 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรนับลง 4 บิต วงจรนับลงหรือนับถอยหลังนั้น ถ้าใช้ฟลิปฟลอปแบบเดียวกันกับวงจรรูปที่ 2.23 จะต้องต่อวงจรดังแสดงในรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 แสดงวงจรนับลง 4 บิต

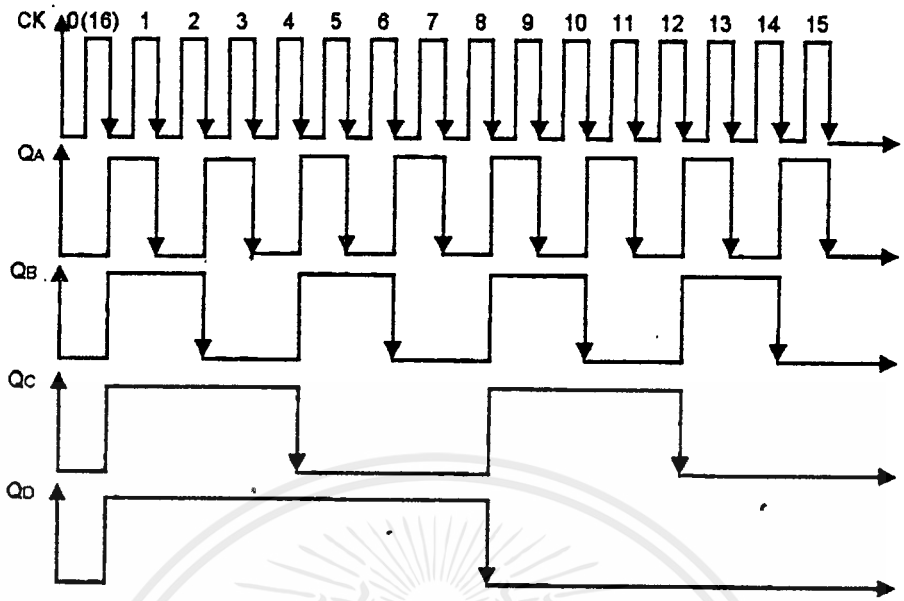
จากวงจรรูปที่ 2.25 จะเห็นว่า การต่อวงจรที่ แตกต่างจากวงจรในรูปที่ 2.23 คือต่ออินพุทของหลักที่สูงกว่ากับเอาต์พุต $\overline{Q}$ ของหลักที่ต่ำกว่า ส่วนเอาต์พุตยังคงใช้เอาต์พุต Q เช่นเดิม ขณะที่ฟลิปฟลอปถูกรีเซต เอาต์พุต $\overline{Q}$ เป็น "1" จะเป็น "0" แต่หลังจากพัลส์แรกของสัญญาณคล็อคผ่านไป ทำให้เอาต์พุต Q ทั้งหมดเปลี่ยนจาก "0" เป็น "1" เพราะสัญญาณทริกที่อินพุทของ ฟลิปฟลอปทุกๆ ตัวเปลี่ยนจาก "1" เป็น "0" เมื่อพัลส์ที่ 2 ของสัญญาณคล็อคผ่านไป ฟลิปฟลอปตัวแรกเท่านั้นที่เปลี่ยนสถานะของเอาต์พุต ตัวที่ 2 จะยังคงเดิม เพราะเอาต์พุต $\overline{Q}$ ของตัวแรกเปลี่ยนจาก "0" ไปเป็น "1" เมื่อเอาต์พุตของตัวที่ 2 ไม่เปลี่ยนก็ทำให้ตัวถัดไปคงสถานะเดิม ดังนั้นรหัสการนับเลขฐานสองก็จะกลายเป็น 1110 ดูตารางความจริงในตารางที่ 5.6 ประกอบ และถ้ามีสัญญาณคล็อคผ่านเข้ามาอีก วงจรจะลดค่าของจำนวนเลขฐานสองลงไปเรื่อยๆ ตามจำนวนครั้งของสัญญาณคล็อคจนถึง 0000 แล้ววงจรก็จะเริ่มรอบใหม่เป็น 1111 อีก รูปคลื่นของวงจรที่จุดต่างๆ แสดงในรูปที่ 2.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัลส์ที่	เอาต์พุต				
	D	C	B	A	เทียบค่าเลขฐานสิบ
0	0	0	0	0	0 หรือ 16
1	1	1	1	1	15
2	1	1	1	0	14
3	1	1	0	1	13
4	1	1	0	0	12
5	1	0	1	1	11
6	1	0	1	0	10
7	1	0	0	1	9
8	1	0	0	0	8
9	0	1	1	1	7
10	0	1	1	0	6
11	0	1	0	1	5
12	0	1	0	0	4
13	0	0	1	1	3
14	0	0	1	0	2
15	0	0	0	1	1
16	0	0	0	0	0 หรือ 16

ตารางที่ 2.6 ตารางความจริงของวงจรนับลง 4 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

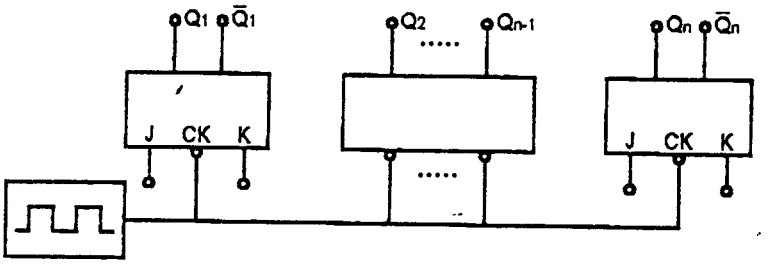


รูปที่ 2.26 แสดงรูปคลื่นที่จุดต่าง ๆ ของวงจรรูปที่ 2.25

2.3.1.2 วงจรนับแบบเข้าจังหวะ (Synchronous Counter)

การต่อวงจรนับแบบเข้าจังหวะนั้น ต้องต่ออินพุทคล็อคร่วมกัน หรือกล่าวได้ว่า การต่อวงจรนับแบบนี้ต่อในเชิงขนานกัน และวงจรแบบนี้จะใช้ฟลิปฟลอปแบบทีฟลิปฟลอปไม่ได้ เพราะจะต้องออกแบบการนับหรือควบคุมการนับโดยวิธีควบคุมอินพุทอื่น ๆ เช่น ขั้วอาร์ - เอส หรือขั้วเจ - เค ของฟลิปฟลอปควบคู่กันไปกับอินพุทคล็อค ข้อดีของการต่อวงจรนับแบบนี้คือ การเปลี่ยนแปลงของเอาต์พุตเนื่องจากสัญญาณควบคุมคล็อคแต่ละพัลส์นั้นจะเกิดขึ้นพร้อมกันทุกตัว ถ้าฟลิปฟลอปแต่ละตัวได้รับสัญญาณอินพุทที่เหมาะสมแล้ว เราสามารถออกแบบให้วงจรมีการนับอย่างไรก็ได้ โดยไม่จำเป็นต้องเรียงลำดับตามเลขฐานสอง แต่ข้อเสียของวงจรแบบนี้คือ ถ้าต่อวงจรนับหลาย ๆ บิต วงจรจะไม่ประหยัดและการออกแบบวงจรทำได้ค่อนข้างยาก ซึ่งวิธีการต่อวงจรแบบนี้ดูได้จากรูปที่ 2.27

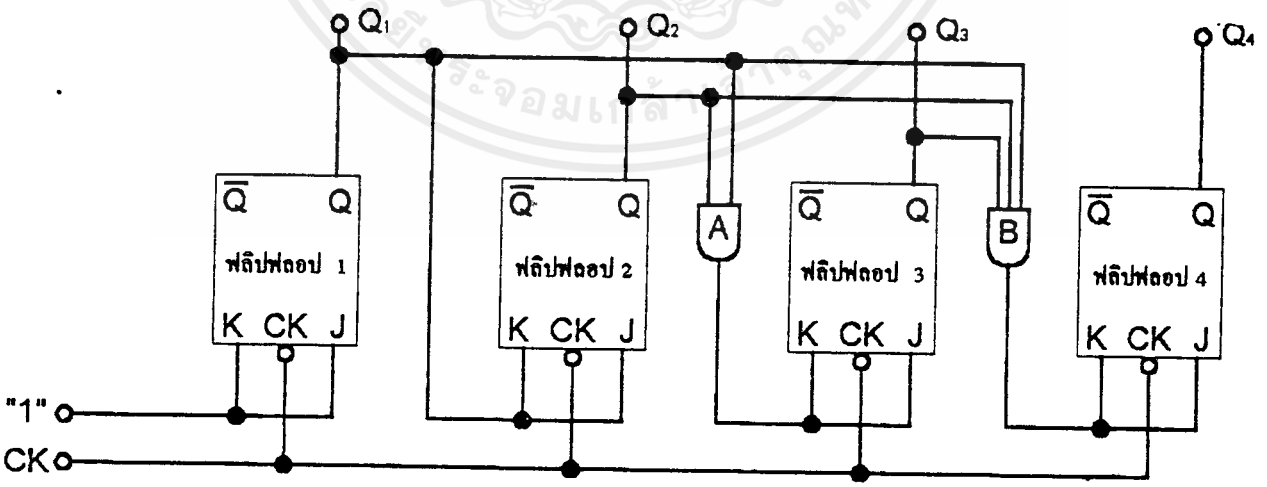
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 แสดงแผนผังวิธีการต่อวงจรนับแบบเข้าจังหวะ

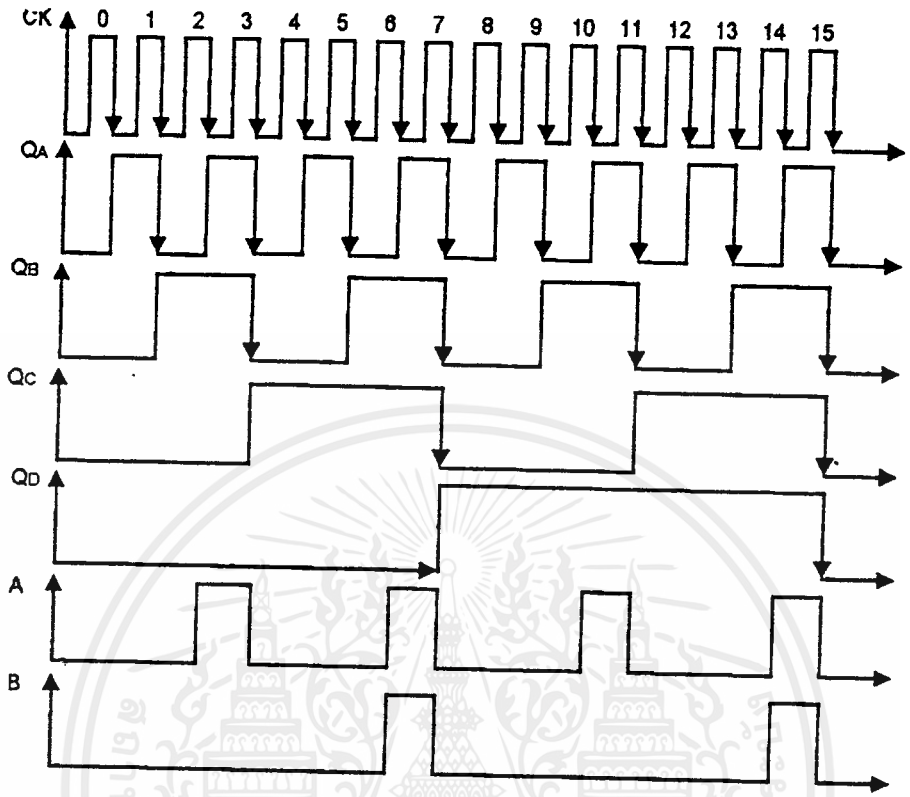
จากรูปวงจรที่ 2.27 จะเห็นว่า สัญญาณคล็อคจะต่อขนานกันหมดทุกๆ ตัว ส่วนเจและเคของแต่ละชุดนั้น ต้องต่อเพื่อควบคุมการนับ ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดในลำดับต่อไป

วงจรนับแบบเข้าจังหวะ 4 บิต วงจรนับที่จะกล่าวต่อไปนี้ใช้ เจ-เค ฟลิปฟลอป 4 ตัวต่อกันเป็นวงจรนับ 4 หลัก ตามที่เคยทราบมาแล้วว่าฟลิปฟลอปแบบนี้ต่อเป็นทีฟลิปฟลอปได้ด้วยวิธีต่ออินพุตเจ-เคกับลอจิก "1" ทั้งคู่ ถ้าหากขณะใดอินพุท เจ-เค เป็นลอจิก "0" เอาต์พุตจะคงสถานะถึงแม้ว่าจะมีสัญญาณคล็อคมากี่พัลส์ก็ตาม จึงสามารถต่อวงจรได้ดังแสดงในรูปที่ 2.28 และศึกษาสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจรได้ในรูปที่ 2.29



รูปที่ 2.28 แสดงวงจรนับแบบเข้าจังหวะ 4 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.29 แสดงสัญญาณที่จุดต่าง ๆของวงจรรูปที่ 2.28

การทำงานของวงจร

ฟลิปฟลอปตัวที่ 1 อินพุท เจ-เค ถูกต่อกับลอจิก "1" ดังนั้น เอาต์พุต Q_1 มีการเปลี่ยนแปลงทุก ๆ ครั้งที่มีสัญญาณคล็อค ส่วนฟลิปฟลอปตัวที่ 2 ต่ออินพุท เจ-เค กับเอาต์พุต Q_1 ดังนั้นช่วงเวลาใดที่อินพุท เจ-เค เป็นลอจิก "0" เอาต์พุต Q_2 จะคงสถานะ ถึงแม้ว่าจะมีสัญญาณคล็อคเข้ามาที่อินพุทกี่พัลส์ก็ตาม ฟลิปฟลอปตัวที่ 3 ต่ออินพุท เจ-เค กับเอาต์พุตของเกตแอนด์ A และอินพุทของเกตแอนด์ A ต่อมาจากเอาต์พุต Q_1 และ Q_2 นั่นหมายถึง Q_3 จะมีการเปลี่ยนแปลงสถานะเฉพาะขณะที่อินพุทของเกตแอนด์ทั้งคู่เป็นลอจิก "1" หรือขณะ Q_1 และ Q_2 เป็นลอจิก "1" พร้อมกันนั่นเอง ศึกษารูปสัญญาณเอาต์พุตของเกต A ได้จากรูปที่ 5.15 ส่วนฟลิปฟลอปตัวที่ 4 เอาต์พุตจะเปลี่ยนสถานะได้ต้องมีเอาต์พุตของเกต B เป็นลอจิก "1" (เจ และ เค เป็นลอจิก "1") โดยอินพุตของเกต B ต่อมาจากเอาต์พุต Q_1 , Q_2 และ Q_3 ต้องเป็นลอจิก "1" พร้อมกันก่อนทั้ง 3 อินพุท สถานะอื่นเอาต์พุต Q_4 จะไม่เปลี่ยนแปลง รูปสัญญาณของเกต B ศึกษาได้จากรูปที่ 2.29 เอาต์พุต Q_1 ถึง Q_4 จะเป็นลอจิก

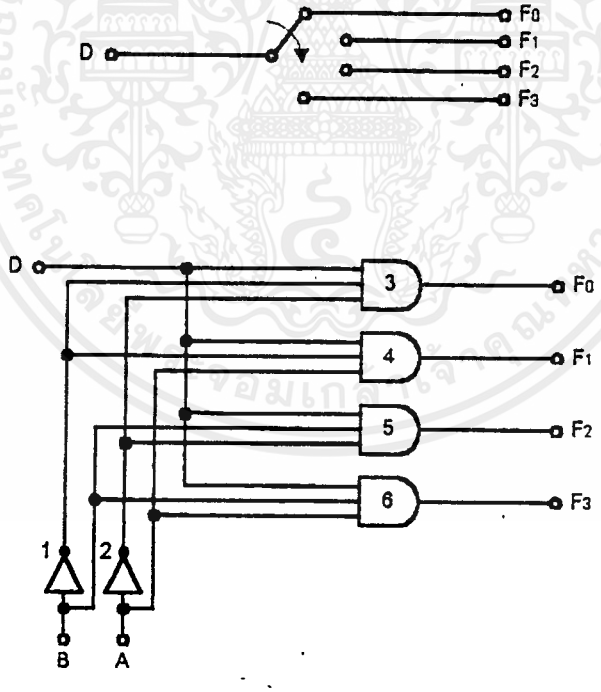
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"0" พร้อมกันหลังจากสัญญาณคล็อคพัลส์ที่ 16 ผ่านพ้นไปแล้ว หรือจะกล่าวได้ว่าวงจรนับแบบนี้สามารถนับได้จาก 0000 ถึง 1111 เช่นเดียวกับวงจรนับแบบไม่เข้าจังหวะ

2.3.2 วงจรดีมัลติเพล็กเซอร์ (Demultiplexer)

วงจรดีมัลติเพล็กเซอร์เป็นวงจรกระจายข้อมูล ซึ่งทำงานตรงกันข้ามกับวงจรมัลติเพล็กเซอร์ หมายถึงการต่ออินพุทเพียงอินพุทเดียวเป็นอินพุทรับข้อมูลเข้า แต่มีเอาต์พุตหลาย ๆ เอาต์พุตสำหรับส่งข้อมูลออก สัญญาณจากอินพุทจะถูกส่งไปยังเอาต์พุตได้เพียงเอาต์พุตเดียว ในขณะเวลาใดเวลาหนึ่ง และสัญญาณจะไม่มีโอกาสที่จะออกไปยังเอาต์พุตพร้อมกันทุก ๆ เอาต์พุต การที่จะให้สัญญาณไปออกที่เอาต์พุทใดนั้น จะมีชุดควบคุมสวิทช์ (Address) เป็นตัวกำหนด ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้รหัสเลขฐานสองควบคุมตำแหน่งของสวิทช์ ส่วนลักษณะของวงจรนั้นเหมือนกับวงจรถอดรหัส เพียงแต่มีการเพิ่มอินพุตข้อมูล (Data) และอาจจะมีอินพุทอีนาเบิลควบคุมการทำงานของวงจรทั้งหมดด้วย มีวงจรพื้นฐานดังจะได้กล่าวต่อไปนี้

วงจรดีมัลติเพล็ก 1 ออก 4



รูปที่ 2.30 แสดงวงจรดีมัลติเพล็กเซอร์ 1 ออก 4 เบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	อินพุทควบคุม		เอาต์พุต			
	B	A	F_0	F_1	F_2	F_3
1	0	0	D	0	0	0
2	0	1	0	D	0	0
3	1	0	0	0	D	0
4	1	1	0	0	0	D

ตารางที่ 2.7 ตารางความจริงของวงจรดีมัลติเพล็กเซอร์

การทำงานของวงจร

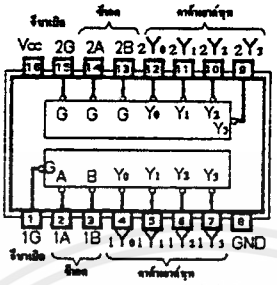
จากวงจรรูปที่ 2.30 และตารางที่ 2.7 ลำดับที่ 1 ขณะที่ป้อนสัญญาณที่อินพุทควบคุม ตำแหน่งสวิทช์ (Address) A = B = 0 เอาต์พุตของเกต 1 และ 2 จะเป็นลอจิก "1" ซึ่งขณะนี้เอาต์พุต F_0 จะแปรตามอินพุท D ถ้า D = "0" เอาต์พุต F_0 = "0" และถ้า D = "1" เอาต์พุต F_0 = "1" ส่วนเอาต์พุต F_1 ถึง F_3 จะได้ลอจิก "0 " ทุก ๆ เอาต์พุต ไม่ว่าอินพุทดาต้าจะเป็นอย่างไรก็ตาม เพราะเกตแอนด์ 4 ถึง 6 จะมี "0" ที่อินพุทซึ่งต่อตรงมาจากอินพุทควบคุม A และ B ทำให้เอาต์พุตเป็น "0" วงจรนี้อาจใช้เป็นวงจรถอดรหัสได้โดยการป้อนอินพุทดาต้าเป็นลอจิก "1" ตลอดเวลา

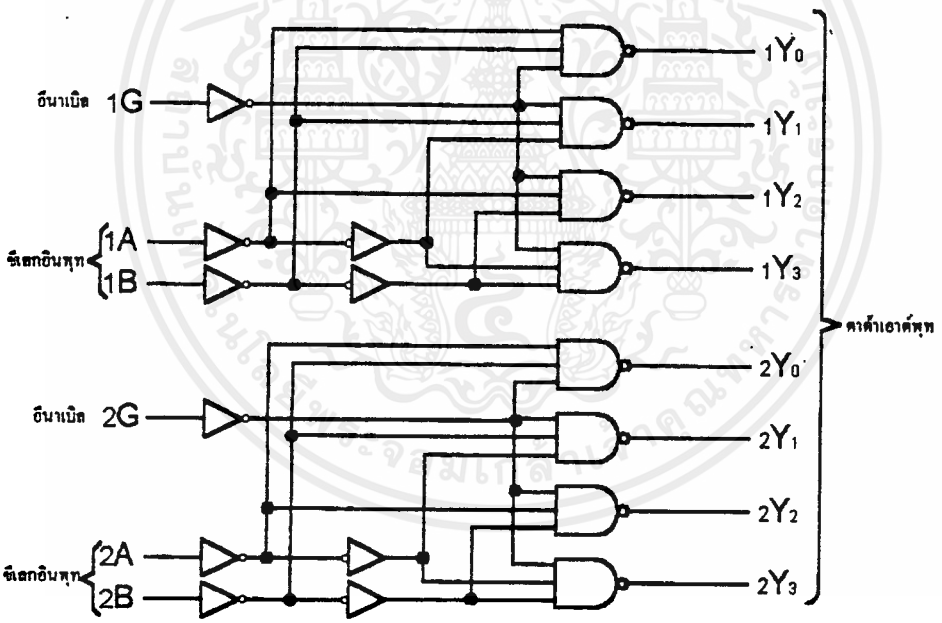
วงจรดีมัลติเพล็กเซอร์นี้อาจใช้ร่วมกับวงจรมัลติเพล็กเซอร์ 4 ออก 1 ในการส่งถ่ายสัญญาณข้อมูลจากที่แห่งหนึ่งไปยังอีกแห่งหนึ่งได้ โดยใช้วงจรมัลติเพล็กเป็นตัวส่งและวงจรมัลติเพล็กเซอร์เป็นตัวรับข้อมูล ซึ่งในการส่งถ่ายข้อมูลแบบนี้จะประหยัดสายในการส่งถ่ายข้อมูลได้มาก

หากเข้าใจวงจรพื้นฐานที่ได้กล่าวมาแล้ว และต้องการจะนำวงจรนี้ไปประยุกต์ใช้งานจริง จำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับรายละเอียดของวงจร และหน้าที่การทำงานจากหนังสือคู่มือไอซี ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างไอซีที่ทำหน้าที่ดังกล่าวแล้ว เช่น เบอร์ 74139 ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ ใช้เป็นวงจรดีมัลติเพล็กเซอร์ 1 ออก 4 ได้ ดังแสดงวงจรและการจัดขาดังรูปที่ 2.31 และตารางความจริงตารางที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังมีไอซีเบอร์อื่นๆ อีก เช่น เบอร์ 74155 เป็นวงจร ดีมัล-ติเพล็กเซอร์ (Dual 2 -Line - to - 4 - Line Decoder/Demultiplexer) ไอซีเบอร์นี้ยังสามารถประยุกต์เป็นดีมัลเพล็กเซอร์แบบ 1 ออก 8 ได้ด้วย หรือเบอร์ 74156 ทำหน้าที่เหมือนกันต่างกันเพียงวงจรภาคเอาต์พุตของไอซีเบอร์นี้เป็นแบบคอลเลกเตอร์เปิด





รูปที่ 2.31 แสดงไอซีเบอร์ 74139

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินพุท			เอาต์พุต			
ขาควบคุม G	ขั้วเลือกตำแหน่ง		Y_0	Y_1	Y_2	Y_3
	B	A				
H	X	X	H	H	H	H
L	L	L	L	H	H	H
L	L	H	H	L	H	H
L	H	L	H	H	L	H
L	H	H	H	H	H	L

ตารางที่ 2.8 ตารางความจริงของไอซีเบอร์ 74139

วงจรดีมัลติเพล็ก 1 ออก 16 (4 Line to 16 Line Decoder or Demultiplexer)

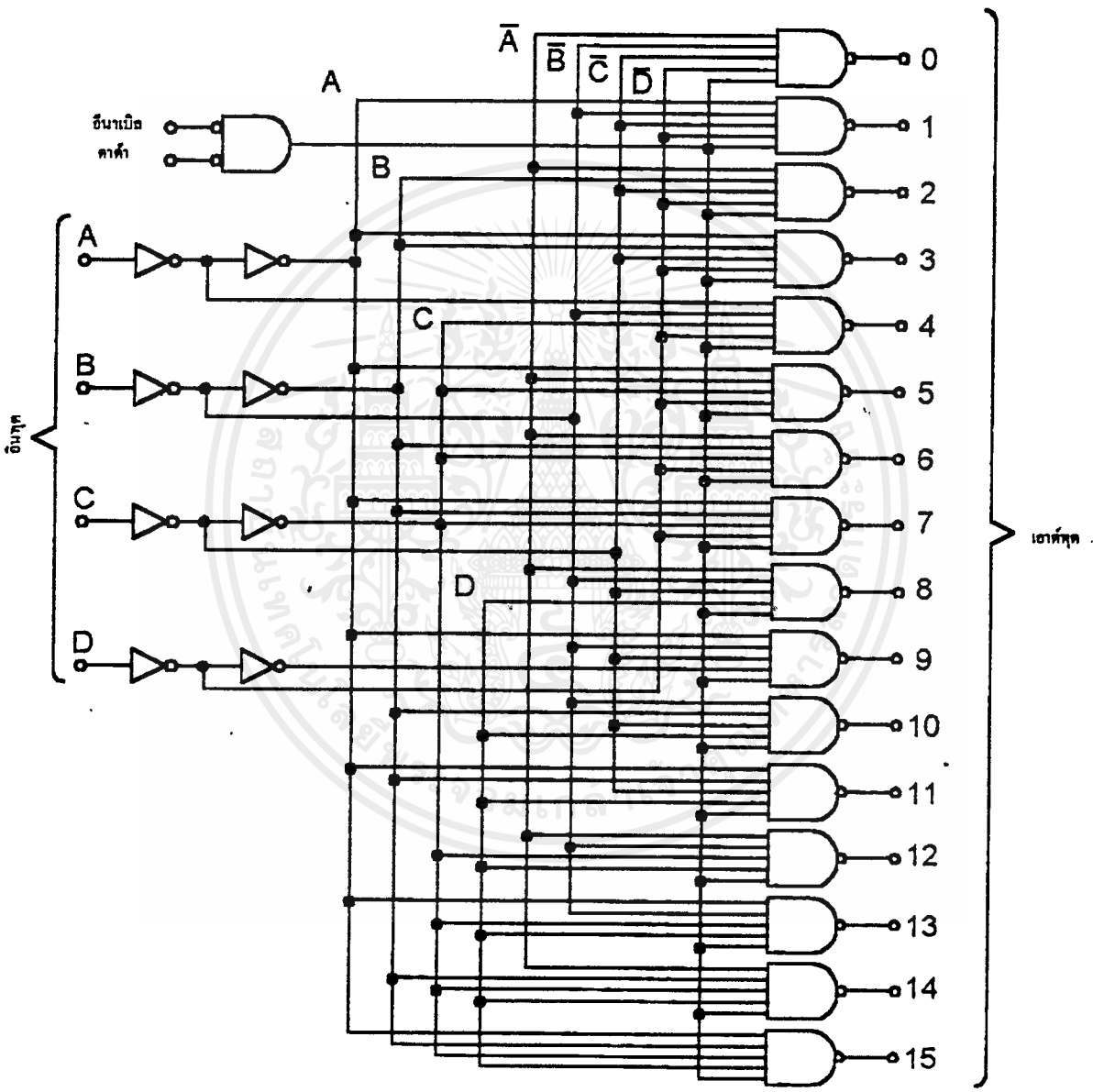
การทำงานของวงจร

ในวงจรรูปที่ 2.32 แสดงวงจรดีมัลติเพล็กเซอร์ 1 ออก 16 เบอร์ 74154 ซึ่งวงจรนี้เอาต์พุตเป็นแบบแอคทีฟต่ำ จะทำงานเมื่อป้อนอินพุทดาต้าเป็นลอจิก "0" และอินพุทอีนาเบิลเป็นลอจิก "0" แต่ถ้าหากเมื่อใดป้อนอินพุทอีนาเบิลเป็นลอจิก "1" เอาต์พุตทั้งหมดจะเป็นลอจิก "1" ไม่ว่าจะป้อนอินพุทดาต้า Data ด้วยลอจิก "0" หรือ "1" ก็ตาม

เพื่อให้การทำความเข้าใจของวงจรดีขึ้น สมมติเซตอินพุท A , B , C , D โดยใช้วงจรนับเลขไบนารี 4 หลัก ให้เป็น 0000 หมด ในขณะที่ให้วงจรนับเริ่มนับ ถ้าป้อนอินพุทดาต้าเป็น "1" จะไม่มีผลต่อวงจรทางด้านเอาต์พุตเลย แต่ถ้าขณะใดอินพุทดาต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นลอจิก “0” จะทำให้เอาต์พุตของวงจรดีมัลติเพล็กเซอร์เปลี่ยนเป็น “0” เช่นกันซึ่งดูรายละเอียดได้จากตารางความจริงจากรูปที่ 2.32



รูปที่ 2.32 แสดงวงจรมัลติเพล็กเซอร์ 1 ออก 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินพุท						เอาต์พุท															
อีนาเบิ้ล	ตาต้า	D	C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	1	X	X	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	X	X	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	X	X	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ตารางที่ 2.9 ตารางแสดงความจริงของวงจรดีมัลติเพล็กเซอร์ 1 ออก 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงการดำเนินการประยุกต์ของระบบโทรศัพท์สำหรับที่พักอาศัยอัตโนมัติ โดยใช้หลักการและทฤษฎีในบทที่ 2 มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบวงจร ก่อนอื่นผู้จัดทำได้ทำการศึกษาข้อมูลจากเครื่องเดิม คือระบบการควบคุมอัตโนมัติภายในอาคาร และจากเอกสารอ้างอิงต่าง ๆ ตามบรรณานุกรม จากข้อมูลต่าง ๆ ผู้จัดทำได้เพิ่มเติมสิ่งต่าง ๆ เข้าไป ซึ่งเครื่องเดิมทำหน้าที่ได้เพียง ควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคาร ฝากข้อความ และวัดอุณหภูมิ ในที่นี้ผู้จัดทำได้เพิ่มเติมหน้าที่การทำงานต่าง ๆ ขึ้นคือ สามารถรับอินพุทจากอุปกรณ์ตรวจจับภายนอกเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน แล้วทำการกดหมายเลขโทรศัพท์อัตโนมัติ เพื่อแจ้งข้อความให้เจ้าหน้าที่ทำการช่วยเหลือ และแจ้งข้อความผ่านทางเพจเจอร์ และทางโทรศัพท์ที่สามารถติดต่อกับเจ้าของที่พักอาศัย เพื่อแจ้งเหตุแก่บุคคลผู้เป็นเจ้าของที่พักอาศัยตัวอย่างเช่น ในกรณีที่เกิดเหตุที่มีผู้บุกรุกเข้ามาภายในที่พักอาศัย เครื่องนี้ก็จะทำการกดหมายเลขโทรศัพท์อัตโนมัติ เพื่อแจ้งข้อความผ่านทางเพจเจอร์ หรือกดหมายเลขที่ติดต่อกับเจ้าของบ้านได้ ทำให้เราทราบว่าขณะนี้มีผู้บุกรุกเข้าไปในที่พักอาศัย และทำการกดหมายเลขโทรศัพท์อัตโนมัติ เพื่อโทรออกไปแจ้งสถานีตำรวจได้ และเมื่ออยู่ในเหตุการณ์สภาวะปกติ เครื่องก็จะทำหน้าที่เป็นเครื่องคิดค่าโทรศัพท์ทั่วประเทศ ในกรณีที่เราใช้บริการขององค์การโทรศัพท์ และบริษัทเอกชนต่าง ๆ โดยแสดงข้อมูลที่จำเป็นต่าง ๆ ในการใช้โทรศัพท์แต่ละครั้งออกทางปริ้นท์เตอร์ และสามารถฝากข้อความเมื่อมีบุคคลภายนอกโทรเข้าในขณะที่เจ้าของบ้านไม่อยู่บ้าน การดำเนินงานสร้างในสิ่งที่ผู้จัดทำได้จัดทำเพิ่มเติมจะกล่าวถึงโดยมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล

3.1.1 ศึกษาข้อมูลทั่วไปของโทรศัพท์โดยรวมที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ของระบบโทรศัพท์สำหรับที่พักอาศัยอัตโนมัติ เช่น ความถี่ของสัญญาณตอบกลับมีความถี่เท่าไรบ้าง แรงดันไฟฟ้าของคู่สายแต่ละสภาวะมีแรงดันไฟฟ้าเท่าไรบ้าง ข้อมูลส่วนนี้สามารถศึกษาได้จากตำราภาษาอังกฤษ

3.1.2 ศึกษาข้อมูลเรื่องเฟสล็อกลูป เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบวงจรตรวจเช็คสภาวะคู่สายโทรศัพท์

3.1.3 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวงจรรวมของไอซีเบอร์ต่าง ๆ เพื่อนำเอาใช้ประยุกต์ใช้งานส่วนต่าง ๆ ของเครื่องควบคุมพลังงานไฟฟ้าโดยระบบโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบวงจร

3.2.1 วงจรตรวจเช็คสภาวะคู่สายโทรศัพท์

จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบโทรศัพท์ พบว่าขณะสภาวะวางหูที่คู่สายจะมีแรงดันไฟฟ้า 48 VDC เมื่อมีสัญญาณเรียกเข้ามาจากภายนอกหรือสัญญาณกระดิ่งที่คู่สายก็จะมีสัญญาณพัลส์ 100 V_{P-P} 25 Hz เมื่อยกหูโทรศัพท์เพื่อรับสาย หรือเพื่อต้องการโทรออก พบว่าแรงดันไฟฟ้าจะตกลงเหลือ 10.8 VDC เนื่องจากสวิทช์ได้ต่อคู่สายโทรศัพท์เข้ากับเครื่องโทรศัพท์ทำให้มีภาระทางไฟฟ้าเกิดขึ้นจึงทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง กรณีที่เราเป็นฝ่ายโทรออก เราสามารถตรวจสอบสภาวะคู่สายได้จากสัญญาณตอบกลับ โดยมีค่าดังตารางที่3.1

Tone	Frequencies (Hz)	ลักษณะของสัญญาณ
Dial	350 + 440	Continuous
Busy (Station)	480 + 620	0.5 sec on , 0.5 sec off
Busy (Network Congestion)	480 + 620	0.2 sec on , 0.3 sec off
Ring Return	440 + 480	2 sec on , 4 sec off
Off - Hook Alert	Multi - Freq. How	1 sec on , 1 sec off
Recording Warning	1400	0.5 sec on , 15 sec off
Call Waiting	440	0.3 sec on , 9.7 sec off

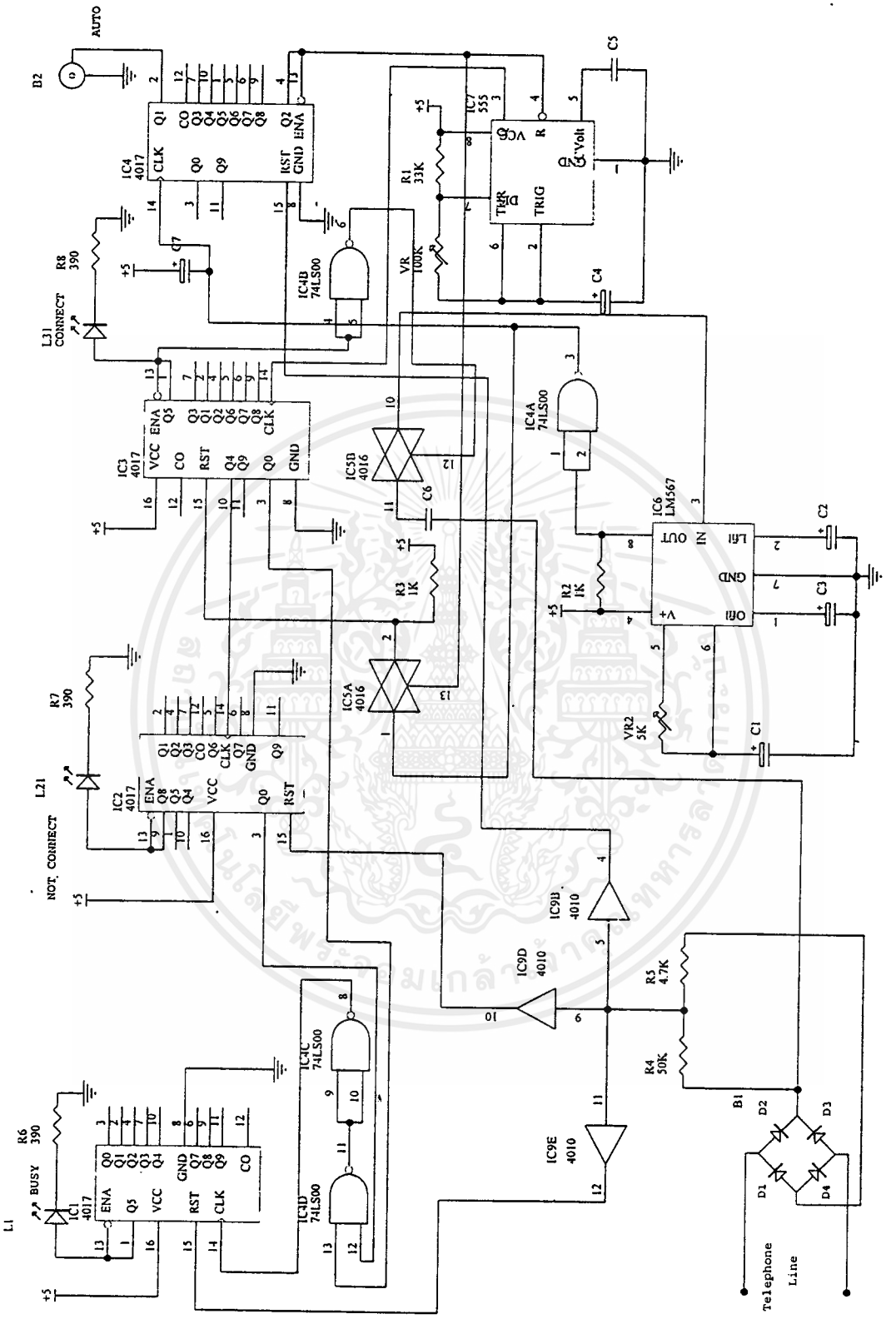
ตารางที่ 3.1

จากความรู้ดังกล่าวเราสามารถนำมาออกแบบวงจรตรวจเช็คสภาวะคู่สายโทรศัพท์ได้ดังนี้

3.2.1.1 แนวความคิดในการออกแบบ

ในการออกแบบนั้นเราจะใช้ไอซีเบอร์ LM567 ซึ่งทำหน้าที่เป็นเฟสล็อกลูป เพื่อใช้ในการเลือกความถี่ที่ต้องการให้เข้ามาใช้ในการรีเซตวงจรนับ โดยเราจะผลิตความถี่ขึ้นมาด้วยการใช้ไอซีเบอร์ 555 เพื่อส่งความถี่ที่ได้นั้นไปให้ส่วนของวงจรนับ ซึ่งส่วนของวงจรนับนี้เราจะใช้ไอซีเบอร์ 4017 เพื่อนับจำนวนพัลส์ที่ได้มาจากไอซีเบอร์ 555 และจะมีไอซีเบอร์ 4016 ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวอนาลอกสวิตช์ ใช้ในการเชื่อมต่อส่วนต่าง ๆของวงจรตามจังหวะที่เราต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



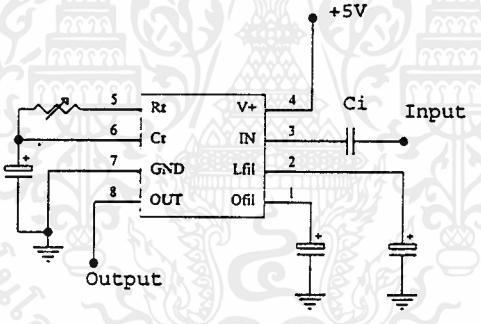
รูปที่3.1 วงจรตรวจเช็คสภาวะคู่สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2 หลักการทำงานของวงจร

จากวงจรรูปที่ 3.1 เป็นวงจรตรวจเช็คสภาวะคู่สายโทรศัพท์ การทำงานของวงจรจะเริ่มจากคู่สายโทรศัพท์ จะผ่านวงจรบริดส์เร็กติฟายเออร์ เพื่อที่จะทำให้มีสัญญาณที่เป็นสัญญาณบวก และสัญญาณลบที่แน่นอน ในขณะที่วางหูโทรศัพท์จะทำให้มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมในสายโทรศัพท์ประมาณ 48 VDC แล้วใช้วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า (R_4 , R_5) แบ่งแรงดันให้เหลือแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมประมาณ 4.2 V จึงมีสภาวะเป็น "1" เพื่อเอาไว้รีเซต IC_1 , IC_2 และ IC_4 แต่ถ้าเรายกหูโทรศัพท์ จะทำให้มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_5 เหลือประมาณ 0.9 V จึงทำให้มีสภาวะเป็น "0" จึงไม่มีการรีเซต

เมื่อสัญญาณโทรศัพท์ผ่านวงจรบริดส์เร็กติฟายเออร์มาแล้ว จะผ่าน C_6 เพื่อเป็นตัวกรองเอาแต่สัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับเข้ามา ผ่านอนาลอกสวิทช์ โดยสัญญาณควบคุมมาจากขาที่ 1 ของ IC_3 โดยในตอนแรกจะมีสภาวะเป็น "0" ผ่านน๊อตเกตทำให้มีสภาวะเป็น "1" จึงทำให้อนาลอกสวิทช์ ทำงานในสภาวะวงจรปิด ไปเข้า IC_6 ซึ่งเป็นไอซีเฟสล็อกลูป ซึ่งจะล็อกเอา เฉพาะความถี่ที่ต้องการจึงจะมีเอาต์พุทออกทางขาที่ 8 เป็น "0" ในที่นี้เราใช้ความถี่ประมาณ 440 Hz ซึ่งการต่อวงจรของเฟสล็อกลูป เราใช้ไอซีเบอร์ LM 567 ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การต่อวงจรพื้นฐานเฟสล็อกลูปของไอซีเบอร์ LM 567

และมีการคำนวณได้ดังนี้

โดยกำหนดให้ Fo = 440 Hz และ $C_1 = 1\ \mu F$

จากสูตร $\dfrac{Fo}{R_1 \cdot C_1} = 1.1$ จะได้ $\dfrac{R_1}{Fo \cdot C_1} = 1.1$

$\therefore$ จะได้ $R_1 = 2500\ \Omega$

แต่เราใช้ VR 5 KΩ ในการปรับ R_1 ควรจะอยู่ในช่วง 2 KΩ - 20 KΩ จึงจะมีเสถียรภาพที่ดี

กำหนดให้ Vi = 200 mV ; $C_2 = 2.2\ \mu F$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

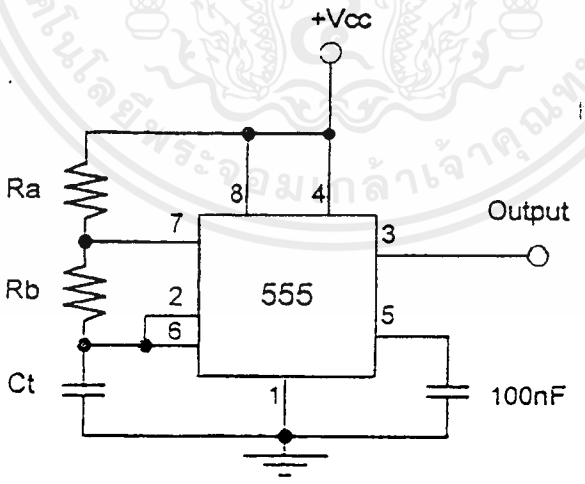
จากสูตร $BW = \sqrt{\frac{Vi}{Fo \cdot C_2}}$

จะได้ BW = 15.38%

จะอยู่ในช่วงความถี่ตั้งแต่ 372.33 Hz - 507.67 Hz

$C_3 = 2C_2 = 4.4\ \mu F \approx 4.7\ \mu F$

เมื่อเรายกหูโทรศัพท์ขึ้นจะมีสัญญาณ Dial ความถี่ 440 เฮิร์ต มีลักษณะสัญญาณที่ต่อเนื่อง จะทำให้มีเอาต์พุทที่ขาที่ 8 ของ IC_6 มีสภาวะเป็น "0" และผ่านน๊อตเกตทำให้มีสภาวะเป็น "1" ส่งไปขา Clock ของ IC_4 เพื่อนับครั้งที่ 1 ที่ขาที่ 2 ของ IC_4 ก็จะส่งสัญญาณไปกดหมายเลขโทรศัพท์ต่อไป และสัญญาณจะไปรอที่ขาที่ 1 ของ IC_5 ซึ่งทำหน้าที่เป็นอนาลอกสวิตช์แต่ยังเป็นวงจรเปิดอยู่ เมื่อกดหมายเลขโทรศัพท์เสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็จะรอสัญญาณตอบกลับ เมื่อมีสัญญาณตอบกลับมา ก็จะมีสัญญาณอยู่ 3 ลักษณะ ทั้ง 3 ลักษณะต่างก็จะมีความถี่ประมาณ 440 เฮิร์ต เช่นเดียวกัน เมื่อมีสัญญาณเข้ามาแล้วจะทำให้ IC_4 นับครั้งที่ 2 จะทำให้ IC_5 ซึ่งเป็นอนาลอกสวิตช์ปิดวงจร จึงทำให้สัญญาณผ่านไปรีเซต IC_3 ได้ และในขณะเดียวกันก็จะไปทำการกระตุ้น IC_7 ทำให้ IC_7 ทำงานด้วย ซึ่ง IC_7 เป็นไอซีเบอร์ 555 ทำหน้าที่ผลิตความถี่ จะผลิตความถี่ออกมาประมาณ 1 Hz โดยจะมีวงจรการใช้งานพื้นฐานในการผลิตความถี่ ซึ่งเป็นวงจรอะสเตเบิ้ล ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 วงจรพื้นฐานการใช้ไอซีเบอร์ 555 ทำเป็นวงจรอะสเตเบิ้ลเพื่อผลิตความถี่

ความถี่ที่เราต้องการคือ 1 เฮิร์ต โดยเราจะกำหนด $Ra = 33\ K\Omega$ และ $Ct = 10\ \mu F$

จาก $T1 = 0.693(Ra + Rb).Ct$ และ $T2 = 0.693.Rb.Ct$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F = \frac{1}{T1 + T2} \quad \text{จะได้} \quad F = \frac{1}{0.693(Ra+Rb)Ct + 0.693RbCt}$$

$$Rb = \frac{1.49 - F.Ct.Ra}{2F.Ct} \qquad F\ (\text{ความถี่ที่ต้องการ}) = 1 \text{ เฮิร์ต}$$

$\therefore$ จะได้ $Rb = 58\ K\Omega$ แต่เราจะใช้ตัวรีซิสเตอร์แบบปรับค่าได้ โดยใช้ค่า $100\ K\Omega$

ลักษณะการทำงานของวงจรจะถูกแบ่งออกเป็น 3 กรณีด้วยกันดังนี้

กรณีที่ 1 คือกรณีคู่สายว่าง (Ring Return) แล้วมีคนรับ

สัญญาณที่เข้ามาจะมีความถี่ 440 เฮิร์ต และลักษณะของสัญญาณจะมีลักษณะคือ 2 วินาทีแรก จะมีสัญญาณพัลส์ และไม่มีสัญญาณพัลส์ 4 วินาที สัญญาณนาฬิกา 1 เฮิร์ตที่ได้จากไอซีเบอร์ 555 จะส่งไปให้ IC_3 นับไปจนถึง 4 ครั้ง และตอนที่มีสัญญาณพัลส์เข้ามา 2 วินาที จะนำเอาสัญญาณนั้นมาทำเป็นสัญญาณรีเซต เป็นอย่างนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะมีคนมารับสาย จะทำให้สัญญาณพัลส์ไม่มีเข้ามาอีก จึงไม่มีสัญญาณพัลส์ที่จะนำไปรีเซต IC_3 อีก จึงทำให้ IC_3 นับเลยไปจนถึงครั้งที่ 5 ที่ขาที่ 1 ของ IC_3 ก็จะมีสภาวะที่เป็น "1" ค้างเอาไว้ก็แสดงว่าในขณะนี้มีคนมารับโทรศัพท์แล้ว เมื่อโทรศัพท์มีคนรับแล้ว ก็จะส่งสัญญาณไปเปิดวงจรอนาลอกสวิทช์ ของ IC_5 ทำให้สัญญาณผ่านเข้ามาไม่ได้อีก

กรณีที่ 2 คือคู่สายว่างแต่ไม่มีคนรับโทรศัพท์

เราจะใช้ IC_2 เป็นตัวนับสัญญาณสายว่าง ซึ่งมาจากขาที่ 10 ของ IC_3 โดยที่ IC_2 จะนับสัญญาณสายว่างจำนวน 8 ครั้ง ซึ่งหมายความว่าทางโทรศัพท์เครื่องที่เราติดต่อไปก็จะมีเสียงกริ่งโทรศัพท์ดังถึง 8 ครั้ง เมื่อสัญญาณสายว่างดังถึง 8 ครั้งแล้วไม่มีคนมารับสาย ก็จะทำให้ขาที่ 9 ของ IC_2 แสดงสภาวะที่เป็น "1" ค้างเอาไว้

กรณีที่ 3 คือคู่สายไม่ว่าง [Busy (Station)]

สัญญาณคู่สายโทรศัพท์ไม่ว่าง ก็จะมีความถี่ 440 เฮิร์ต เช่นเดียวกันกับกรณีที่สายว่าง แต่จะต่างกันที่ลักษณะของสัญญาณ โดยลักษณะสัญญาณของคู่สายไม่ว่างนั้นจะมีลักษณะคือ มีสัญญาณพัลส์เกิดขึ้นเป็นเวลา 0.5 วินาที และไม่มีสัญญาณพัลส์เป็นเวลา 0.5 วินาที ซึ่งเราจะใช้ IC_1 เป็นตัวนับสัญญาณพัลส์ที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากคู่สายไม่ว่าง โดยเราจะนำเอาสัญญาณจากขาที่ 3ของ IC_2 มา AND กับ ขาที่ 3 ของ IC_3 เพราะว่าถ้าคู่สายโทรศัพท์ไม่ว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะทำให้อินพุท มีลักษณะเป็นพัลส์ และขาที่ 3 ของ IC_2 ก็จะมีสภาวะเป็น "1" ตลอดเวลา จึงทำให้ IC_1 เริ่มนับ จนกระทั่งนับครบเป็นจำนวน 5 ครั้ง ก็จะค้างสภาวะเอาไว้ ทำให้ขาที่ 1 ของ IC_1 มีสภาวะเป็น "1" จึงแสดงได้ว่าในขณะนี้คู่สายที่ทำการติดต่อด้วยไม่ว่าง

3.2.2 วงจรโทรออกอัตโนมัติ

จากคุณสมบัติของเครื่องที่สามารถตรวจสอบเหตุเพลิงไหม้ หรือกรณีที่มีผู้บุกรุกที่เข้าไปในที่พักอาศัยนั้น เมื่อเกิดเหตุการณ์ดังกล่าวขึ้นแล้ว เช่น เมื่อมีผู้บุกรุกเข้าไปภายในที่พักอาศัยเครื่องก็จะรับรู้ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับภายนอก และจะทำการโทรออกอัตโนมัติ โดยแจ้งข้อความผ่านทางเพจเจอร์ของเจ้าของที่พักอาศัยเอง และโทรออกไปแจ้งสถานีตำรวจเองโดยอัตโนมัติ หรือทำการกดหมายเลขที่สามารถติดต่อกับเจ้าของที่พักอาศัยได้ วงจรส่วนที่ทำหน้าที่ดังกล่าวคือ วงจรโทรออกอัตโนมัติ ซึ่งการออกแบบจะสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

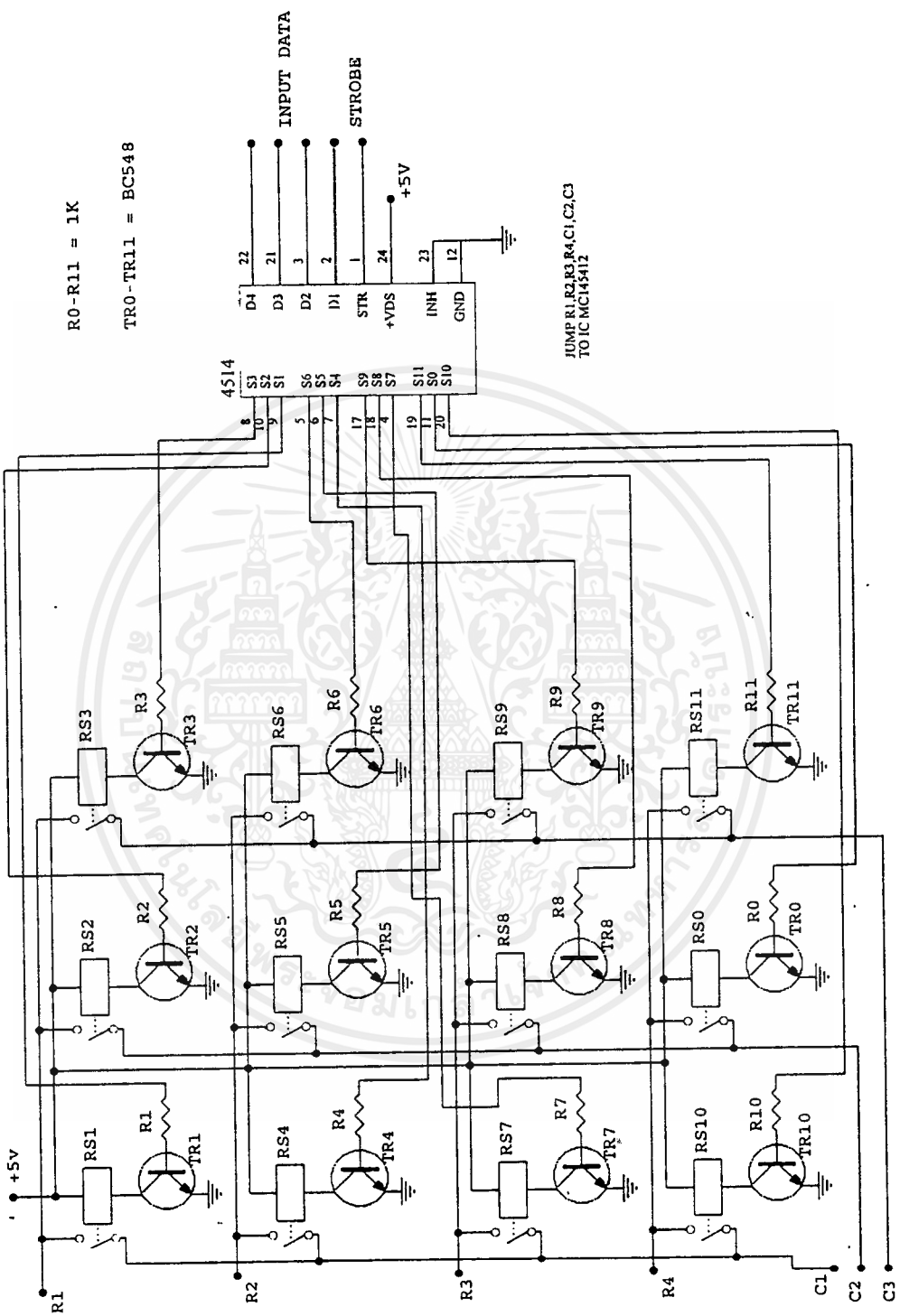
3.2.2.1 แนวความคิดในการออกแบบวงจร

ในการออกแบบจะใช้หลักการของการดีมัลติเพล็กเซอร์ ซึ่งทฤษฎีของการดีมัลติเพล็กเซอร์ ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 แล้ว ซึ่งเราจะรับเอาอินพุทข้อมูลเข้ามา 4 บิต ซึ่งเราได้ทำการเก็บเอาไว้ในหน่วยความจำตามหมายเลขโทรศัพท์ และใช้ไอซีเบอร์ 4514 เป็นตัวดีมัลติเพล็กเซอร์ โดยจะมีเอาต์พุตออกได้ 16 ค่า คือตั้งแต่ 0-15 แต่ในที่นี้เราจะใช้แค่ 0 - 11 เมื่อเรารับค่ามากจากหน่วยความจำแล้วก็จะได้ข้อมูลจำนวน 4 บิต และไอซีเบอร์ 4514 ก็จะทำการดีมัลติเพล็ก ทำให้มีเอาต์พุต 1 ค่าตามข้อมูลที่รับเข้ามา ก็จะทำให้สภาวะที่เอาต์พุทมีค่าเป็น "1" ไปทำการกระตุ้นทรานซิสเตอร์ ชนิด NPN ซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตช์ เมื่อทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ที่ ขา B ได้รับสภาวะ "1" ก็จะทำการปิดวงจรทำให้รีเลย์ที่ต่ออยู่ทำงาน ก็มีผลทำให้ไอซีเบอร์ MC145412 ที่ทำหน้าที่เป็น DTMF ทำการส่งสัญญาณ DTMF ตามหมายเลขในหน่วยความจำ

3.2.2.2 หลักการทำงานของวงจร

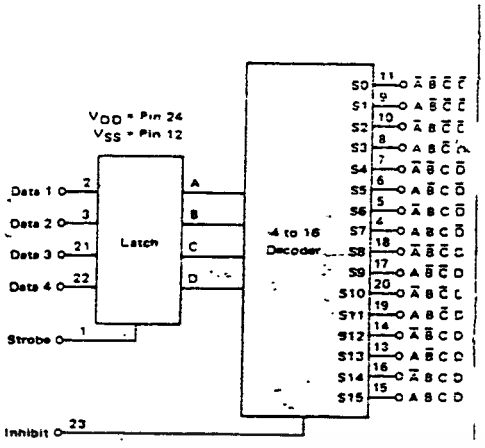
วงจรโทรออกอัตโนมัติจะมีรูปวงจรดังแสดงในรูปที่ 3.4 โดยมีหลักการของ การทำงานคือ เมื่อมีข้อมูลเข้ามาทางอินพุทของไอซีเบอร์ 4514 โดยขาที่ 2 ของไอซีจะให้เป็น D_1 จะเป็นบิตต่ำ ขาที่ 3 ของไอซีจะเป็น D_2 ขาที่ 22 ของไอซีจะเป็น D_3 ขาที่ 22 จะเป็น D_4 ซึ่งจะเป็นบิตสูง โดยไอซีเบอร์ 4514 จะทำหน้าที่เป็น 4 - to - 16 Line Demultiplexer With Latch โดยจะมี บล็อกไดอะแกรมดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.5 และตารางความจริงดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 วงจรโทรออกอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของไอซีเบอร์4514

TRUTH TABLE (Strobe = 1)

Inhibit	Data Inputs D	C	B	A	Selected Output SCL4514B = Logic "1" SCL4515B = Logic "0"
0	0	0	0	0	S0
0	0	0	0	1	S1
0	0	0	1	0	S2
0	0	0	1	1	S3
0	0	1	0	0	S4
0	0	1	0	1	S5
0	0	1	1	0	S6
0	0	1	1	1	S7
0	1	0	0	0	S8
0	1	0	0	1	S9
0	1	0	1	0	S10
0	1	0	1	1	S11
0	1	1	0	0	S12
0	1	1	0	1	S13
0	1	1	1	0	S14
0	1	1	1	1	S15
1	X	X	X	X	All Outputs = "0", SCL4514B All Outputs = "1", SCL4515B

X = Don't Care.

ตารางที่ 3.2 ตารางความจริงของไอซีเบอร์ 4514

ตัวอย่างเช่นเราต้องการกดหมายเลขโทรศัพท์ 152 เพื่อจะทำการเพจเรียกเจ้าของที่พักอาศัย เราก็จะทำการดึงค่าออกมาจากหน่วยความจำ ผ่านทางพอร์ตของไอซีเบอร์ 8255เมื่อดึงค่าหมายเลข 1 ออกมา ก็จะทำให้ได้ค่าข้อมูลที่อินพุทคือ $D_1 = 1$; $D_2 = 0$; $D_3 = 0$; $D_4 = 0$ เราจะดูการทำงานได้จากตารางความจริงที่ได้แสดงเอาไว้แล้วในตารางที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก็จะทำให้สภาวะที่ขา S_1 มีสภาวะเป็น "1" ทำให้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN นำกระแสทำให้รีเลย์ที่ S_1 ทำงาน มีผลทำให้ขา R_1และขา C_1 ของไอซีเบอร์ MC 145412 เป็นวงจรปิด ทำให้ไอซีส่งสัญญาณ DTMF หมายเลข 1 ออกไปที่คู่สาย ส่วนหมายเลข 5 ก็จะดึงค่าจากหน่วยความจำมาจะทำให้ค่าของข้อมูลที่อินพุทคือ $D_1 = 1$; $D_2 = 0$; $D_3 = 1$; $D_4 = 0$ ก็จะทำให้สภาวะที่ขา S_5 มีสภาวะเป็น "1" ก็ทำให้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN นำกระแส ทำให้รีเลย์ที่ S_5 ทำงาน ก็จะมีผลทำให้ ขา R_2 และ C_2 ของไอซีเบอร์ MC 145412 เป็นวงจรปิด ทำให้ไอซีส่งสัญญาณ DTMF หมายเลข 5 ออกไปที่คู่สาย ส่วนหมายเลข 2 ก็มีหลักการทำงานทำงานเช่นเดียวกันกับหมายเลข 1 และหมายเลข 5 แต่ค่าของข้อมูลที่อินพุทของไอซีเบอร์ 4514 จะมีค่าคือ $D_1 = 0$; $D_2 = 1$; $D_3 = 0$; $D_4 = 0$

3.3 หลักการทำงานของส่วนประกอบต่าง ๆ ของการประยุกต์ของระบบโทรศัพท์สำหรับที่พักอาศัยอัตโนมัติ

การประยุกต์ของระบบโทรศัพท์สำหรับที่พักอาศัยอัตโนมัติ จะประกอบไปด้วยบอร์ดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- บอร์ด DTMF
- บอร์ด MCS - 51
- บอร์ด Input Sensor 8 Channel
- บอร์ด ตรวจสอบสภาวะคู่สาย
- บอร์ด เสียง
- บอร์ดโทรออกอัตโนมัติ

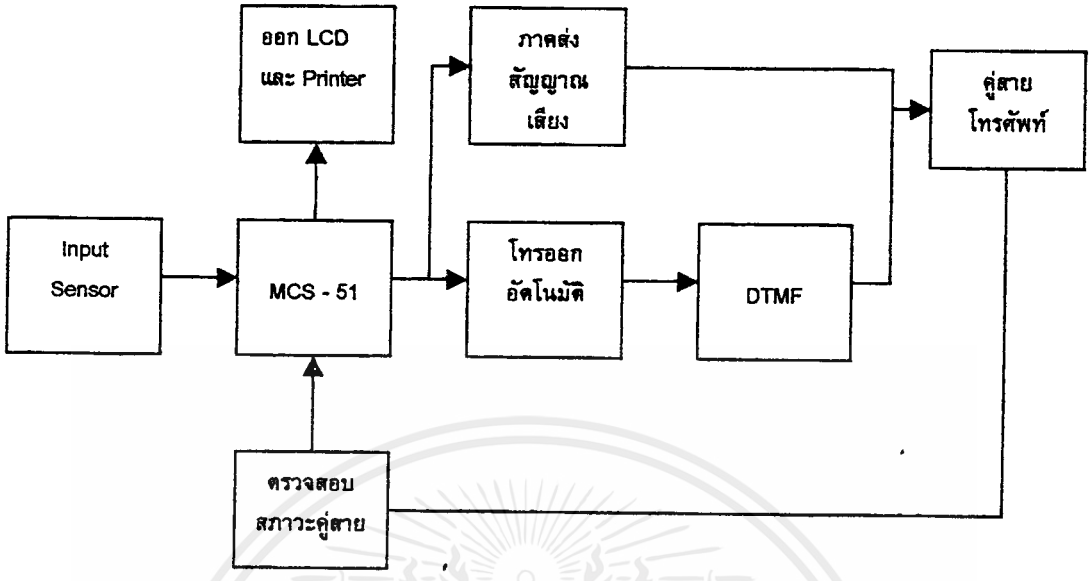
ในการทำงานของเครื่องนั้นเราจะแบ่งออกได้เป็น 3 สภาวะ คือ

- การทำงานเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน
- การทำงานเมื่อมีการโทรออกในเหตุการณ์ปกติ
- การทำงานเมื่อมีการโทรเข้า

ซึ่งการทำงานในสภาวะต่าง ๆ นั้นเราสามารถที่จะเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรม และอธิบายการทำงานเมื่อเกิดเหตุการณ์ในสภาวะต่าง ๆ ได้ดังนี้

การทำงานเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน จะมีบล็อกไดอะแกรมการทำงานดังรูปที่ 3.6

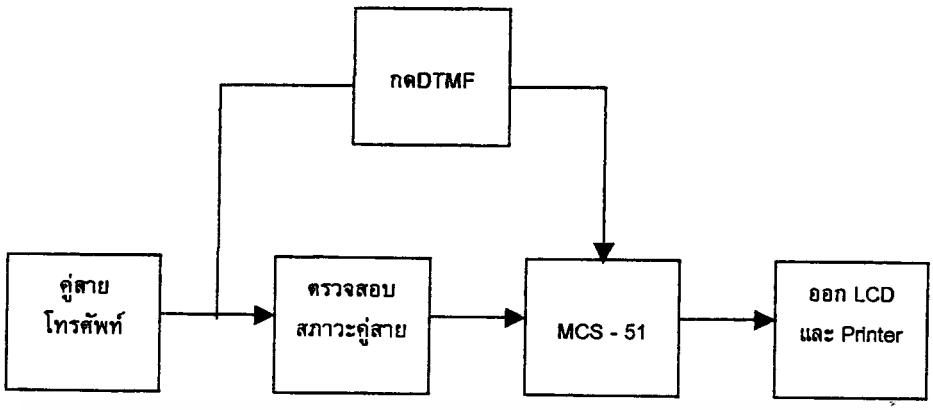
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน

จากรูปที่ 3.6 จะเห็นได้ว่าเมื่ออุปกรณ์ตรวจจับภายนอกตรวจจับสิ่งผิดปกติได้ ภาค Input Sensor 8 Channel ก็จะส่งสัญญาณให้ภาค MCS-51 ทราบว่าขณะนี้มีเหตุการณ์ผิดปกติเกิดขึ้น ภาค MCS-51 ก็ทำการส่งสัญญาณไปให้ภาคโทรออกอัตโนมัติ เพื่อให้ภาค DTMF ส่งสัญญาณ DTMF ออกไปที่คู่สายโทรศัพท์ โดยจะมีภาคตรวจสอบสภาวะคู่สายโทรศัพท์ เป็นตัวตรวจสอบดูว่าคู่สายว่างหรือไม่ โดยจะส่งสัญญาณไปให้ที่ภาค MCS-51 เมื่อทราบว่าสายว่างแล้ว ก็จะทำการส่งสัญญาณไปที่ภาคเสียงเพื่อที่จะทำการส่งเสียงออกไปที่คู่สายโทรศัพท์ และในเมื่อมีการโทรออกส่วนของระบบคิดค่าโทรศัพท์ ก็จะทำงานและส่งออกปริ้นท์เตอร์ การทำงานเมื่ออยู่ในสภาวะเหตุการณ์ปกติ จะมีบล็อกไดอะแกรมการทำงานดังรูปที่ 3.7

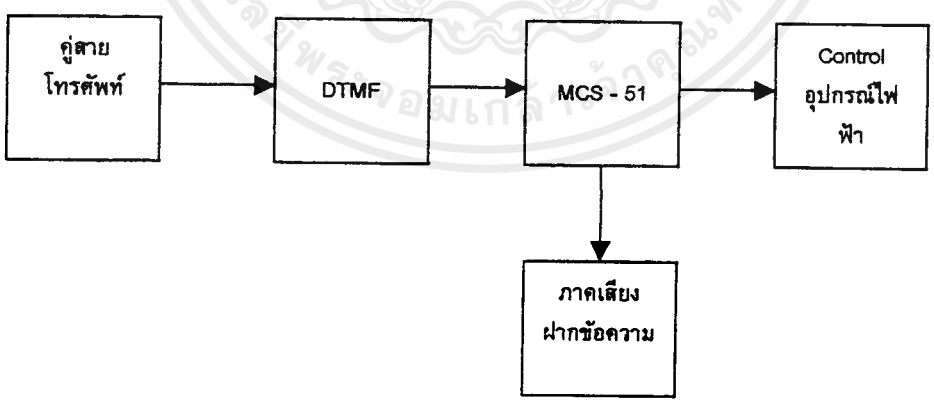
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานเมื่อเกิดการโทรออก

จากรูปที่ 3.7 เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ เพื่อทำการโทรออก ภาคตรวจสอบสภาวะคู่สายโทรศัพท์ก็จะรับรู้และทำการส่งสัญญาณไปให้ภาค MCS-51 และทำการรอการกดหมายเลขโทรศัพท์ เมื่อมีการกดหมายเลขโทรศัพท์ ภาค DTMF ก็จะส่งสัญญาณมาให้ที่ ภาค MCS-51 ถ้าคู่สายที่เรียกไปได้ทำการรับโทรศัพท์ที่เราเรียกออก ส่วนของระบบคิดค่าโทรศัพท์ก็จะทำงาน และเมื่อทำการวางหู ปรินท์เตอร์ก็จะพิมพ์ข้อมูลที่จำเป็นออกมา

การทำงานเมื่อมีการโทรเข้ามาจากภายนอก จะแสดงการทำงานจากบล็อกไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมการทำงานเมื่อมีการโทรเข้ามาจากภายนอก

จากรูปที่ 3.8 เมื่อมีการโทรเข้ามาจากภายนอก ภาค DTMF จะทำการตรวจนับสัญญาณกระดิ่งภาค MCS-51 จะรับรู้ว่าเป็นบุคคลภายนอก หรือว่าเป็นเจ้าของที่พักอาศัยจากการที่ตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสผ่านเอาไว้ถ้าเป็นบุคคลภายนอก ภาค MCS-51 ก็จะให้ทำการฝากข้อความ โดยภาค MCS-51 จะส่งสัญญาณไปที่ภาคเสียง แต่ถ้าเป็นเจ้าของที่พักอาศัย ภาค MCS-51 ก็จะไปทำการควบคุมการเปิดปิดไฟฟ้าภายในอาคาร

3.3.1 บอร์ด DTMF

บอร์ด DTMF จะเป็นตัวส่งสัญญาณ DTMF ออกไปที่คู่สาย โดยมีไอซีเบอร์ MC145412 ซึ่งจะส่งสัญญาณ DTMF อัตโนมัติออกจากคู่สาย ซึ่งรับค่ามาจากวงจรโทรออกอัตโนมัติ หรือจะกดหมายเลขจากแป้นโทรศัพท์ที่ตัวเครื่อง โดยจะมีไอซีเบอร์ MV 8870 เป็นตัวถอดรหัส DTMF และเป็นข้อมูลขนาด 4 บิท ส่งไปให้บอร์ด MCS-51 และการตรวจสอบการโทรเข้า โดยการเช็คสัญญาณกระดิ่งที่มีสัญญาณพัลซ์ 100 V_{P-P} ความถี่ 25 เฮิร์ต โดยจะมีวงจรของบอร์ด DTMF แสดงได้ดังรูปที่ 3.9

3.3.2 บอร์ด MCS-51

บอร์ด MCS-51 จะเป็นหัวใจของการประยุกต์ของระบบโทรศัพท์สำหรับที่พักอาศัยอัตโนมัติซึ่งจะเป็นบอร์ดสำเร็จรูป โดยใช้ซีพียู เบอร์ 8032 ซึ่งไม่มี ROM ในตัว แต่มีซ็อตเก็ตให้ใส่ได้จากภายนอกต่างหาก มีซ็อตเก็ตใส่ RAM 2 ตัว มีซ็อตเก็ตของพอร์ตซึ่งใช้ไอซีเบอร์ 8255 อยู่ 3 ตัว และมี สัญญาณนาฬิกามาตรฐาน โดยจะมีรายละเอียดของวงจร และจุดจัมม์ต่าง ๆ ดังจะแสดงในรูปที่ 3.10

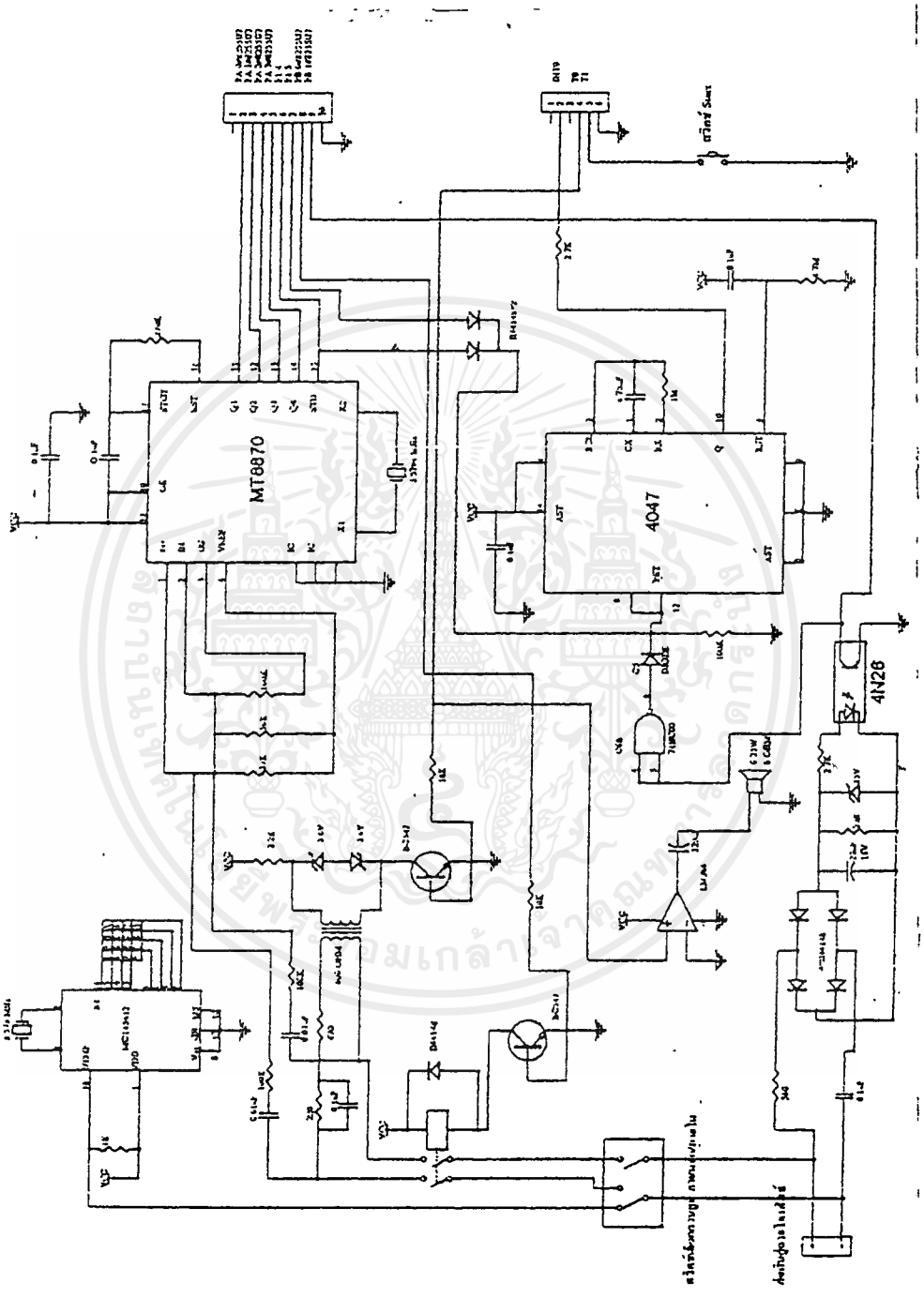
3.3.3 บอร์ด Input Sensor 8 Channel

เป็นบอร์ดอินพุทสำเร็จรูป ซึ่งมีถึง 8 ช่อง ใช้เป็นตัวรับอินพุทจากอุปกรณ์ตรวจจับภายนอก โดยจะตรวจสอบความร้อน และตรวจจับผู้บุกรุก จะเป็นบอร์ดที่ต่อเข้ากับพอร์ตของ 8255 โดยสามารถใช้ได้กับอินพุทได้ 2 ระดับคือ 5 VDC และ 24 VDC และยังมีส่วนที่เป็นเอาต์พุต์ 7 บิต แบบ Darlingtion Open Collector 500 mA สามารถติดกับวงจรรีเลย์ต่าง ๆ ได้โดยตรงจะมีรูปวงจรแสดงในรูปที่ 3.11

3.3.4 บอร์ดตรวจเช็คสภาวะคู่สาย

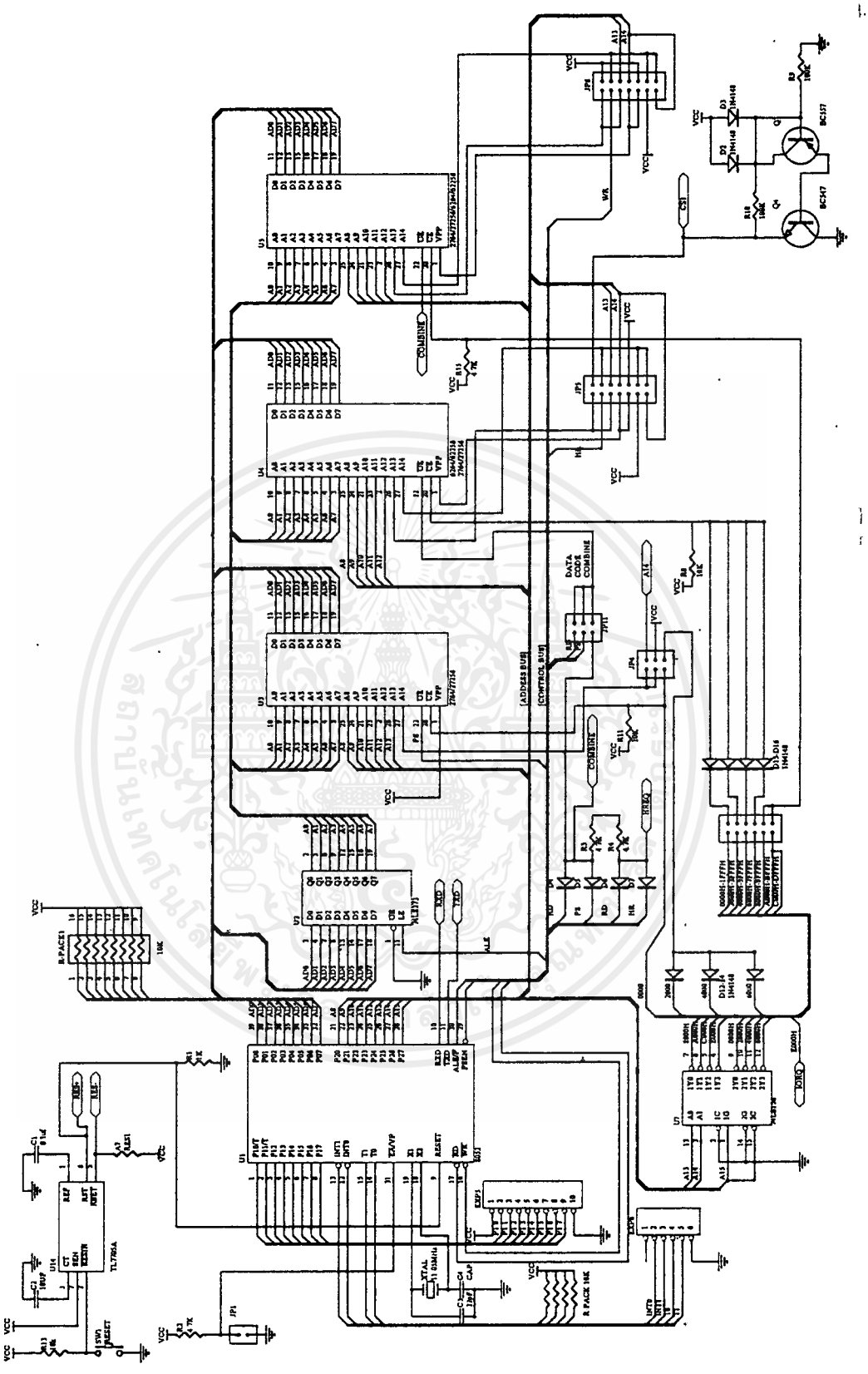
เป็นบอร์ดที่ได้รับการออกแบบไว้ในการตรวจสอบสภาวะคู่สายว่าอยู่ในสภาวะใดของการโทรออกว่า สายว่างมีคนรับ สายไม่ว่าง หรือสายว่างแต่ไม่มีคนรับ ซึ่งรูปวงจร การออกแบบ และหลักการทำงานได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.2.1 แล้ว ในหัวข้อนี้จะไม่ขอกล่าวถึงอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



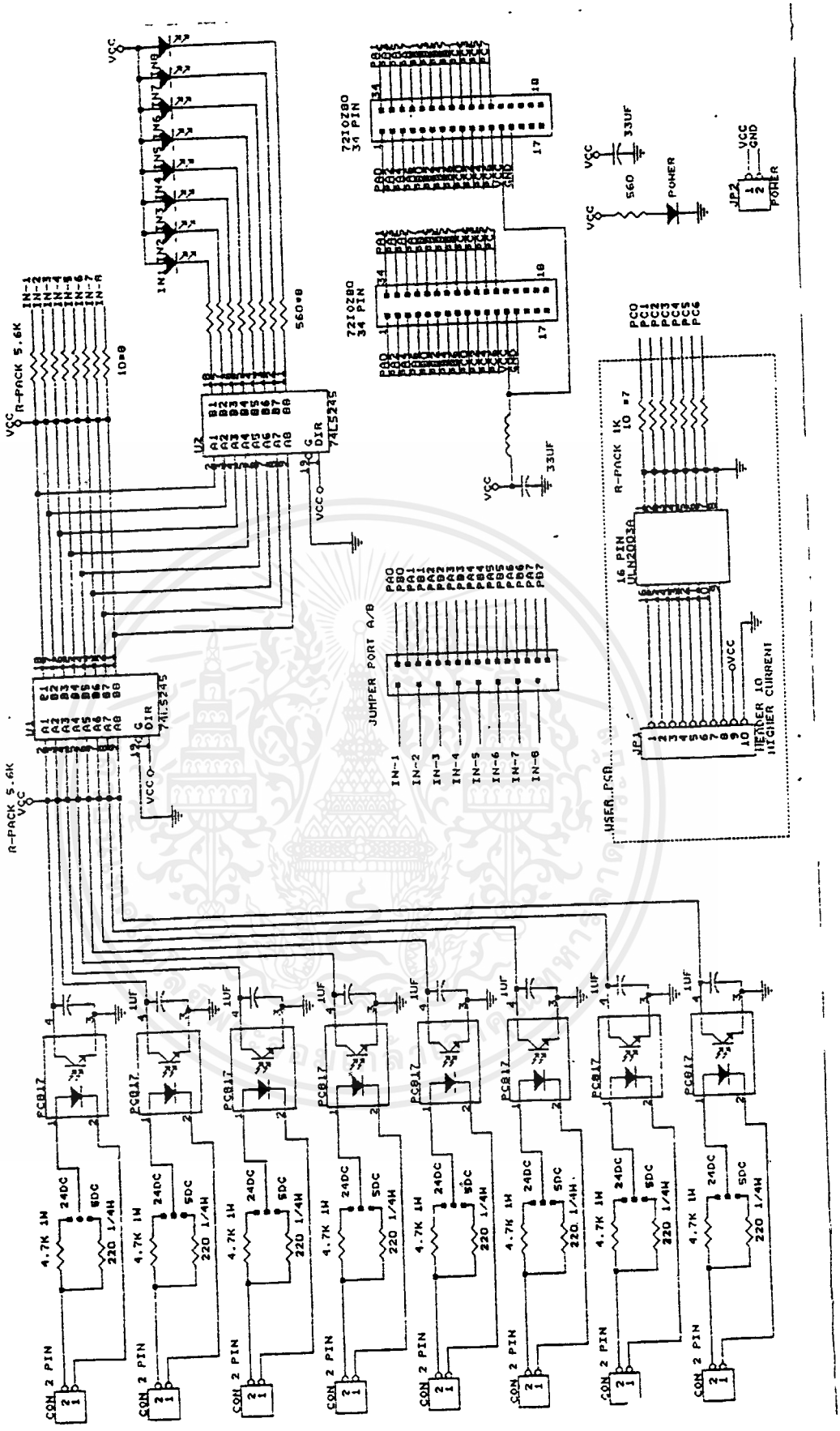
รูปที่ 3.9 วงจรของบอร์ด DTMF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.10 วงจรของบอร์ดMCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.11 วงจรของบอร์ด Input Sensor 8 Channel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

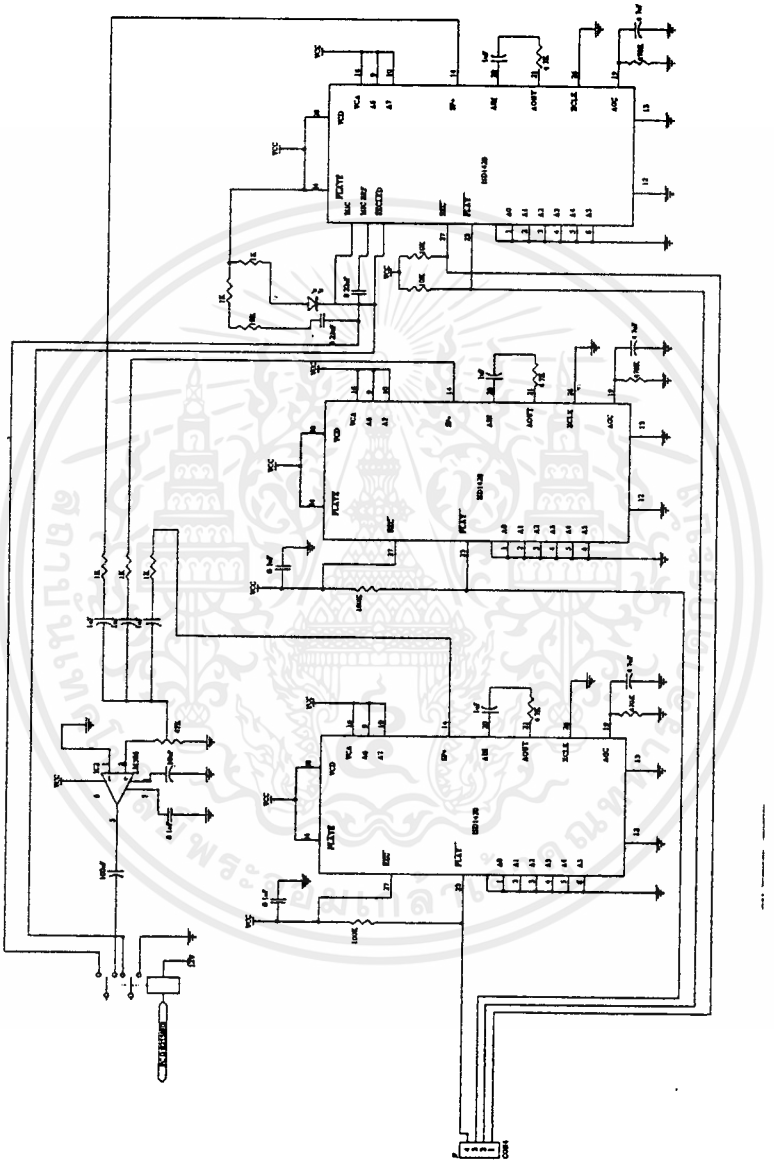
3.3.5 บอร์ดเสียง

เป็นบอร์ดที่ถูกออกแบบโดยใช้ไอซีเบอร์ ISD 1420 3 ตัวเพื่อเอาไว้ใช้ในการอัดเสียงและข้อความเพื่อที่จะใช้ส่งไปในกรณีที่มีเหตุฉุกเฉิน และได้อัดเสียงในการตอบรับโทรศัพท์ในกรณีที่มีผู้โทรเข้ามาจากภายนอก โดยไอซี 1 ตัว สามารถอัดเสียงได้นานถึง 20 วินาที เก็บเสียงที่อัดไว้ได้นานถึง 100 ปี และอัดได้ 100,000 ครั้ง และจะเป็นบอร์ดที่ใช้ในการควบคุมการส่งเสียงออกทาง คู่สายโทรศัพท์ และควบคุมการทำงานของเครื่องอัดเสียงผู้ที่โทรเข้ามาฝากข้อความ โดยจะมีรูปวงจรดังแสดงในรูปที่ 3.12

3.3.6 บอร์ดโทรออกอัตโนมัติ

เป็นบอร์ดที่ใช้ในการกดหมายเลขโทรศัพท์อัตโนมัติ ในกรณีที่สัญญาณอินพุทจากอุปกรณ์ตรวจจับภายนอก ซึ่งเกิดเหตุการณ์สภาวะฉุกเฉิน โดยเราใช้ไอซีเบอร์ 4514 เป็นตัวดีมัลติเพล็กข้อมูล และส่งเอาต์พุทออกไปขับรีเลย์ ให้ทำการกดหมายเลขโทรศัพท์ที่ไอซีเบอร์ MC145415 และส่งสัญญาณ DTMF ออกไปที่คู่สายโทรศัพท์ ซึ่งรายละเอียดของวงจร การออกแบบและหลักการทำงานได้กล่าวถึงไว้ในหัวข้อ 3.2.2 แล้วในหัวข้อนี้จะไม่นำเอามากล่าวถึงอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

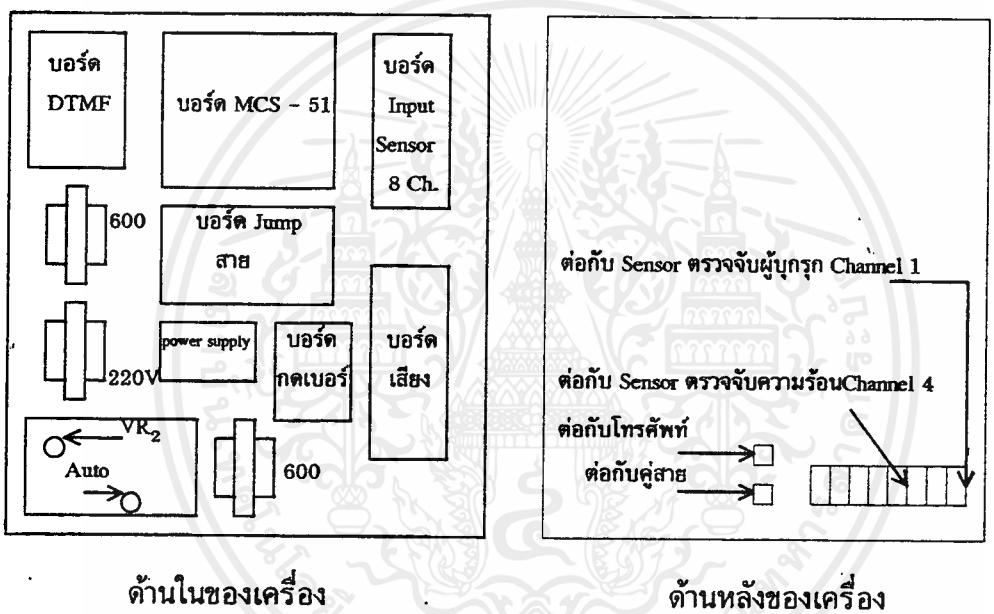


รูปที่ 3.12 วงจรของบอร์ดเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและผลที่ได้รับ

การประยุกต์ของระบบโทรศัพท์สำหรับที่พักอาศัย ก่อนจะทำการใช้งานได้ จะต้องทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับภายนอก และทำการปรับแต่งการทำงานของเครื่อง เพื่อให้กับคู่สายโทรศัพท์ของแต่ละสถานที่ โดยทำการปรับแต่งที่ VR_2 ของบอร์ดตรวจเช็คสภาวะคู่สายโทรศัพท์ ซึ่งตำแหน่งของ VR_2 ที่จะทำการปรับแต่งสามารถที่จะดูได้จากแผนผังการวางบอร์ดโดยสังเขป ตามรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แผนผังแสดงการวางบอร์ดและจุดต่อต่าง ๆ โดยสังเขป

4.1 ขั้นตอนในการติดตั้งเครื่องและทำการปรับแต่งเครื่อง

4.1.1 ขั้นตอนในการติดตั้งเครื่อง

ในการติดตั้งเครื่อง เพื่อจะเริ่มนำไปใช้งานให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด จะมีลำดับขั้นตอนในการปฏิบัติในการติดตั้งดังนี้ โดยจะดูรูปที่ 4.1 ประกอบไปด้วย

- ต่ออุปกรณ์ตรวจจับผู้บุกรุกเข้ากับขั้วต่อที่ Channel 1
- ต่ออุปกรณ์ตรวจจับความร้อนเข้ากับขั้วต่อที่ Channel 4
- ต่อคู่สายโทรศัพท์เข้ากับช่องเสียบคู่สายโทรศัพท์
- ต่อเครื่องโทรศัพท์เข้ากับช่องต่อโทรศัพท์ออกไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ขั้นตอนในการปรับแต่งเครื่อง

เมื่อทำการติดตั้งเครื่องตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นเสร็จเรียบร้อยแล้วนั้น ต่อไปก็จะถึงขั้นตอนการปรับแต่งเครื่อง เนื่องมาจากการที่คู่สายโทรศัพท์ของแต่ละสถานที่ มีความเพี้ยนของความถี่ที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากสาเหตุต่าง ๆ ดังนั้นจึงต้องมีการปรับแต่งเครื่องเพื่อให้การใช้งานของเครื่องมีประสิทธิภาพสูงสุด ในการปรับแต่งจะมีลำดับขั้นตอนการปฏิบัติดังต่อไปนี้ โดยจะดูรูปที่ 4.1 ประกอบการปฏิบัติไปด้วย (ด้านหน้าเครื่อง)

- ทำการเสียบปลั๊กสายไฟ AC ของเครื่องเข้ากับเต้าเสียบไฟบ้าน (220 VAC)
- ทำการเปิดสวิตช์ ถ้าเครื่องทำงานปกติจะแสดงหน้าจอดังนี้

Time is [22:01:32]
Date is [20:10:40]

- ทำการเปิดฝาเครื่องออกแล้วทำการยกหูโทรศัพท์ พร้อมกับทำการปรับ VR2
- ใช้ไขควงแบน ทำการปรับ VR2 ไปเรื่อย ๆ จนกว่าไฟ Auto สว่างขึ้น และหน้าจอจะแสดงข้อความตามรูป

TELEPHONE NO.

- ทำการวางหูโทรศัพท์ และปิดฝาเครื่อง ก็จะเสร็จขั้นตอนในการติดตั้งและปรับแต่งเครื่อง พร้อมที่จะทำการใช้งาน
- ทำการวางหูโทรศัพท์ และปิดฝาเครื่อง ก็เป็นอันเสร็จขั้นตอนการติดตั้งและปรับแต่งเครื่อง เครื่องก็จะอยู่ในสภาวะพร้อมใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การใช้งานและการควบคุม

4.2.1 ส่วนต่างๆที่มีอยู่เดิม คือ ส่วนของการทำงานต่างๆก็จะเหมือนกับของโครงงานเดิม คือ เครื่องควบคุมอัตโนมัติภายในบ้าน (HOME AUTOMATION) ซึ่งสามารถแบ่งเป็นลำดับขั้นตอนการทำงานได้ดังนี้

1. สภาวะปกติ ที่จอ LCD จะแสดงเวลาปัจจุบัน และ วัน เดือน ปี

Time is [22:01:32]
Date is [20:10:96]

ใช้ช่วงเวลาที่ไม่มีการโทรศัพท์เข้า หรือโทรออก หรือ ไม่มีการตรวจจับสัญญาณใดๆ

- เมื่อมีการใช้งานโดยมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาที่คู่สาย จะมีการรอเวลายกหู (สามารถตั้งโปรแกรมในระยะเวลารอได้)
- เครื่องจะมีเสียงโทนตอบรับช่วงสั้นๆ 2 ครั้ง

2. หลังจากนั้นจะมีเสียงพูดเพื่อให้ทำการเลือกโหมดการทำงาน (แยกเป็น 2 กรณี)
   2.1 กรณีการบันทึกฝากข้อความไว้ จะมีช่วงเวลาการบันทึก
   2.2 กดรหัสผ่านเพื่อเข้าไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า
   - ทำการกดรหัสผ่านเพื่อเป็นเงื่อนไขเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานโดยรหัสเริ่มต้นครั้งแรก คือ xxxxxx (สามารถตั้งรหัสผ่านใหม่ได้)
   - ทำการกดหมายเลขใดๆที่ไม่ใช่เครื่องหมาย # ก่อน (ในกรณีโทรเข้ามาจากภายนอก) แล้วจากนั้นทำการกดหมายเลขรหัสให้ถูกต้องภายใน 10 วินาที เมื่อกดถูกต้องจะมีเสียงตอบกลับเช่นเดิมช่วงสั้นๆ 2 ครั้ง
   - การตั้งรหัสผ่าน เพื่อป้องกันการสั่งงานอุปกรณ์ควบคุมจากบุคคลภายนอก เพื่อความปลอดภัยของอุปกรณ์ควบคุมและอุปกรณ์ที่ถูกควบคุม และเพื่อจำกัดสิทธิให้ใช้งานได้เฉพาะบุคคลที่ได้รับอนุญาติเท่านั้น

3. การเปลี่ยนรหัสใหม่ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า
   3.1 การล้างรหัสเดิม
   - กด * ตามด้วยหมายเลข 1 เป็นการเข้าสู่โปรแกรมการตั้งรหัสผ่านจะมีเสียงสัญญาณตอบกลับสั้นๆ 2 ครั้ง
   - ตามด้วยเครื่องหมาย # จะมีเสียงเตือนออกมายาว 1 ครั้ง รหัสเดิมถูกลบออกเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การตั้งรหัสผ่านใหม่

- จำนวนหลักของรหัสสามารถกำหนดได้ 8 หลัก และทุกครั้งที่มีการโปรแกรมเข้าไปหนึ่งหลักจะมีเสียงตอบกลับมาแบบสั้น ๆ 1 ครั้ง
- สามารถกำหนดตัวเลขรหัสในแต่ละหลักได้ตั้งแต่เลข 0 ถึงเลข 9
- กรณีที่ไม่ต้องการตั้งหมายเลขรหัสให้ครบทั้งหมด 6 ตัวสามารถกระทำได้โดยกดตั้งรหัสไปตามที่ต้องการจนครบตามต้องการ หลังจากหลักสุดท้ายให้กดเครื่องหมาย # ต่อท้ายไปจนครบ 6 หลัก

4. ขั้นตอนต่อมา เป็นการเลือกโหมดการทำงานซึ่งแยกออกเป็นดังนี้

4.1 การสั่งงานควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า Channel 1-8 (สามารถตั้งเวลาเปิด-ปิดได้)

4.2 การสั่งงานควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า Channel 9-16 (ไม่สามารถตั้งเวลาเปิด-ปิดได้)

4.3 ตั้งระบบต่าง ๆ

5. การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า Channel 1-8

5.1 คีย์สวิตช์โทรศัพท์หมายเลข 1-8 เป็นหมายเลขแทนช่องสัญญาณที่ต้องการควบคุม

5.2 เมื่อตามด้วย

หมายเลข 1 หมายถึง เปิด (ON)

หมายเลข 0 หมายถึง ปิด (OFF)

หมายเลข 2 แสดงสถานะของช่วงสัญญาณนั้น ๆ

หมายเลข 3 ตั้งเวลา เปิด หรือ ปิด แต่ละ Channel ช่องสัญญาณ

6. การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า Channel 9-16

6.1 คีย์สวิตช์โทรศัพท์หมายเลข 9-16 เป็นหมายเลขแทนช่องสัญญาณที่ต้องการควบคุม

6.2 เมื่อตามด้วย

หมายเลข 1 หมายถึง เปิด (ON)

หมายเลข 0 หมายถึง ปิด (OFF)

หมายเลข 2 แสดงสถานะของช่วงสัญญาณนั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. การเข้าโหมด Monitor หรือ การเซตค่าต่าง ๆ โดยการกดหมายเลข [*] แล้วตามด้วยหมายเลขต่อไปนี้

หมายเลข 1 การตั้งรหัสผ่าน

หมายเลข 2 การตั้งเวลารอยกหูโทรศัพท์

หมายเลข 3 การทดสอบสัญญาณ DTMF

หมายเลข 4 การตั้งความของเสียงในการตอบรับ

หมายเลข 5 การตั้งเวลาปัจจุบัน (ชม:นาที:วินาที)

หมายเลข 6 การตั้งเวลาปัจจุบัน (วัน:เดือน:ปี)

หมายเลข 7 การตั้งอุณหภูมิเปรียบเทียบ

หมายเลข 8 การอ่านค่าอุณหภูมิ

หมายเลข 9 ทดสอบ IC ISD 1420 (Play)

หมายเลข 0 การทดสอบการบันทึกเสียงของไอซี ISD1420 และการบันทึกเสียง (ฝากข้อความ)

7.1 การตั้งรหัสใหม่

ในการเข้าโหมดการทำงานการตั้งรหัสใหม่ กดหมายเลข [*] [1]

- จำนวนหลักรหัสผ่านสามารถกำหนดได้ 8 หลัก และ ทุกครั้งที่มีการป้อนค่า 1 หลักจะมีเสียงตอบกลับสั้น ๆ 1 ครั้ง
- เราสามารถกดหมายเลขใดก็ได้ตั้งแต่ 0-9
- กรณีที่ไม่ต้องการรหัสครบ 8 ตัว ก็สามารถกระทำได้โดยตั้งรหัสไปตามต้องการแล้วหลังจากนั้น ให้กดตามด้วยหมายเลข [#] ก็เป็นการสิ้นสุดการตั้งรหัสใหม่

7.2 การกำหนดจำนวนสัญญาณเป็นการกำหนดเวลาในการตอบกลับ หรือเวลาในการรอรับสายของเครื่องควบคุม

- กด * ตามด้วยหมายเลข 2 จะมีสัญญาณตอบกลับสั้น ๆ 2 ครั้ง
- กดหมายเลข 0, 1 หรือ 2 ในการตั้งเวลาหลักสิบ
- เสร็จแล้วให้กดหมายเลข 0-9 เพื่อตั้งหลักหน่วยต่อไป
- เมื่อกดเลขหมายครบแล้วจะมีเสียงสัญญาณดังยาว 1 ครั้งตอบกลับมา

7.3 การทดสอบสัญญาณ DTMF

- กดคีย์แต่ละคีย์จะต้องให้สัญญาณโทนได้อย่างถูกต้อง
- เริ่มจากกด [*] ตามด้วย [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตามด้วยหมายเลขช่อง จะมีเสียงดังออกมาเท่ากับจำนวนของหมายเลขคีย์

7.4 การกำหนดเสียงสั้น หรือ เสียงยาว

- การกำหนดความยาวเสียงตอบรับควรจะกำหนดให้เสียวตอบรับอยู่ในช่วงสั้นๆ (0 วินาที-3 วินาที) และทำตามขั้นตอนดังนี้
- กด [*] แล้วตามด้วย [4]
- ตามด้วย 0, 1, 2 หรือ 3

7.5 การตั้งเวลาปัจจุบัน

- เป็นสิ่งที่จำเป็นมากที่ต้องการตั้งเวลาปัจจุบันเนื่องจาก ในโปรแกรมมีการนำค่าเวลามาเปรียบเทียบใช้ในการเปิด ปิด เอาต์พุต
- เริ่มต้นจากการรหัสผ่านเข้ามาแล้วกด [*] ตามด้วย [5] ก็เข้าสู่โหมดการตั้งเวลา จะมีจอ LCD แสดงค่าเวลาให้ดู

```
Time is [11:25:03]
Newtime [  :  :  ]
```

- บนจอ LCD จะแสดงค่าเวลาเดิมที่แสดงไว้ในบรรทัดบนของ LCD
- บรรทัดล่างของ LCD จะเป็นช่องที่ว่างเราจะป้อนค่าเวลาใหม่ตามตำแหน่ง CUSOR กระพริบ
- เมื่อป้อนค่าในหลักๆหนึ่ง CUSOR จะเลื่อนไปรอรับค่าหลักถัดไปจนครบทั้งหมด 6 หลัก ให้กดเครื่องหมาย [#] เพื่อบันทึกค่าที่ตั้งไว้ในหน่วยความจำ

7.6 การตั้ง วัน เดือน ปี

- ลักษณะการป้อนค่า วัน เดือน ปี คล้ายกับการตั้งค่าเวลาข้างต้น โดยมีมาตรฐาน [วัน/เดือน/ปี]

```
Date is [12/05/36]
Newdate [  :  :  ]
```

- เช่นเดียวกับบรรทัดบนทั้งหมดเป็นการแสดงค่าปัจจุบัน ซึ่งบรรทัดล่างเป็นส่วนที่เราจะทำการป้อนค่าใหม่เข้าไปในหน่วยความจำต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อเข้าสู่โหมดการตั้งเวลา หรือ การตั้ง วัน เดือน ปี ไม่ต้องการตั้งเวลาใหม่ ก็กระทำได้โดยการกด [#] จำนวน 7 ครั้ง (ยังไม่ได้ทำการป้อนค่าใหม่)

7.7 ทดสอบ IC ISD1420 (PLAY)

- เมื่อกด [*] ตามด้วย [9] จะเข้าสู่โหมดทดสอบการเล่นของไอซีอัดเสียงซึ่งมีอยู่ 3 ชุด โดยแต่ละชุดจะมีให้เลือกการเล่น

1. PLAY PA 2. PLAY PB
3. PLAY PC # ENTER

- เมื่อกด [*] [9] [1] เป็นการทดสอบเสียงไอซีตัวที่ 1 (PA)
- เมื่อกด [*] [9] [2] เป็นการทดสอบเสียงไอซีตัวที่ 1 (PB)
- เมื่อกด [*] [9] [3] เป็นการทดสอบเสียงไอซีตัวที่ 1 (PC)

- เมื่อกด [#] เป็นการออกจากโหมดการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ซึ่งส่วนที่เพิ่มเติมขึ้นมาจากส่วนของโครงงานเดิม 2 ส่วน คือ

4.2.2.1 ระบบตรวจจับสัญญาณฉุกเฉินและโทรแจ้งออกโดยอัตโนมัติ แบ่งขั้นตอนการทำงานได้ดังนี้

1. ที่สภาวะปกติหน้าจอ LCD จะแสดงเวลาปัจจุบัน และ วัน เดือน ปี

2. ตัวตรวจจับสัญญาณจะมีสองชนิด คือ ตัวตรวจจับเพลิงไหม้ และ ตัวตรวจจับการขโมย เมื่อไม่มีการตรวจจับใด ๆก็จะไม่มีสัญญาณส่งไปยังเครื่องควบคุม

3. การตั้งค่าหมายเลขโทรศัพท์ในการที่จะทำการโทรศัพท์แจ้งออกไปในกรณีฉุกเฉินทั้งสองกรณีนั้น สามารถตั้งได้โดย

3.1 เมื่อทำการกดเข้ารหัสผ่านแล้วนั้น ขั้นต่อไปคือการเข้ายังฟังก์ชันในการตั้งเบอร์โทรศัพท์โดยกดหมายเลข 3
เมื่อกดหมายเลข [3] หน้าจอ LCD ก็จะแสดงดังนี้

RECORD TEL. NUMBER NO.1 OR NO.2

ซึ่ง กด 1 เพื่อบันทึกหมายเลขสำหรับกรณี ขโมย
กด 2 เพื่อบันทึกหมายเลขสำหรับกรณี เพลิงไหม้

3.2 เมื่อ กดหมายเลข 1 หรือ 2 แล้ว ให้กดด้วยเครื่องหมาย # เพื่อทำการบันทึกหมายเลขใหม่ แต่ถ้ากดหมายเลขอื่นนอกจาก # เครื่องก็จะโทรไปยังเบอร์อัตโนมัติที่มีอยู่ในเครื่องแล้ว คือ โดยการโทรศัพท์ไปแจ้งยังเพจเจอร์ 152 ของเจ้าของให้รับทราบก่อน จากนั้นจึงจะโทรศัพท์แจ้งไปยังหมายเลข 191 หรือ 199 ตามที่ตัวตรวจจับพบเพื่อทำการแจ้งโดยอัตโนมัติต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 เมื่อทำการกดตามด้วยเครื่องหมาย # แล้ว หน้าจอก็จะแสดงดังนี้

กดหมายเลข [1] [#] สำหรับ ชโมย หรือ [2] [#] สำหรับ เพลิงไหม้

INPUT TELEPHONE NO.
1234567

จากนั้นก็ทำการกดหมายเลขที่ต้องการบันทึก ซึ่งก็จะแสดงออกมาทางหน้าจอด้านล่างด้วย

3.4 หลังจากทำการกดหมายเลขเสร็จแล้วให้ทำการกดเครื่องหมาย [#] เพื่อบันทึกหมายเลข

3.5 เมื่อออกจากฟังก์ชันนี้ก็กดด้วยเครื่องหมาย [#] ต่อไป

4. เมื่อเกิดเหตุการณ์ตรวจจับจากตัวตรวจจับตัวใดตัวหนึ่งแล้ว เครื่องก็จะทำการส่งสัญญาณไปยังเครื่องเตือนภัยภายในบ้านก่อน หรือ ส่งไปยังเครื่องดับเพลิงอัตโนมัติภายในบ้าน แล้วแต่กรณีที่เกิดขึ้น ซึ่งจะต่ออยู่กับ Channel 15 และ 16 ตามลำดับ

5. จากนั้นเครื่องก็จะทำการยกหูโทรศัพท์โดยอัตโนมัติ และ ทำการโทรศัพท์ไปยังเบอร์ที่ได้บันทึกไว้ตามกรณีที่เกิดขึ้นโดยหน้าจอจะแสดงดังนี้

EMERGENCY POLICE CALL 191	หรือ	EMERGENCY FIRE CALL 199

และ ก็จะทำการกดหมายเลขโทรศัพท์ออกโดยอัตโนมัติ ซึ่งเบอร์ที่โทร.ออกก็จะแสดงขึ้นมาด้วย

6. หลังจากนั้นเครื่องก็ทำการตรวจสอบปลายทางว่ามีสายว่าง หรือ สายไม่ว่าง ถ้าเกิดสายไม่ว่าง หรือ สายว่างแต่ไม่มีคนรับเครื่องก็จะทำการวางหูโทรศัพท์โดยอัตโนมัติ แล้วก็จะทำการโทรศัพท์ใหม่อีกจนกว่าจะมีคนรับสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เมื่อมีผู้รับสายแล้ว ต่อไปเครื่องก็จะส่งข้อความที่บันทึกอยู่ไว้ออกไปให้ผู้รับสายได้ฟังว่ามีการเกิดเหตุฉุกเฉินขึ้นในกรณีใดกรณีหนึ่งนี้ ซึ่งก็จะทำการวนคำพูดจำนวน 3 รอบ เพื่อความแน่นอน จากนั้นก็จะทำการวางหูโทรศัพท์เองโดยอัตโนมัติเมื่อข้อความครบตามจำนวนรอบแล้ว

8. เสียงที่บันทึกใน RAM บันทึกเสียง CHANNEL B สำหรับกรณี ชโมย และ CHANNEL C สำหรับกรณี เพลิงไหม้ ซึ่งสามารถฟังดูได้จากฟังก์ชันเดิมที่มีอยู่ในเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.2 ส่วนการแสดงผลในการโทรศัพท์ออก และ คำนวณราคาค่าโทรศัพท์

1. ที่สภาวะปกติหน้าจอ LCD จะแสดงเวลาปัจจุบัน และ วัน เดือน ปี

2. เมื่อมีการทำการยกหูโทรศัพท์แล้วเครื่องก็จะได้รับสัญญาณการยกหู และ หน้าจอ LCD ก็จะแสดงผลดังนี้

TELEPHONE NO.
1234567

ซึ่งเมื่อทำการกดเบอร์โทรศัพท์ ก็จะแสดงหมายเลขของเบอร์โทรศัพท์ออกมาทางหน้าจอด้วย ในส่วนล่าง

3. เมื่อสายปลายทางไม่มีผู้รับ หรือ สายไม่ว่าง ผู้ใช้นั้นอาจจะทำการวางหูโทรศัพท์เพื่อโทร.ใหม่ เครื่องก็ทำการตัดกลับหน้าจอแสดงเวลาและก็กลับมาแสดงดังข้อ 2 อีกถ้ามีการทำการโทรศัพท์ใหม่อีกครั้ง

4. เมื่อปลายทางมีผู้รับหน้าจอก็จะแสดงผลดังนี้

START TIME 12:00:00
END TIME

ซึ่งก็ทำการแสดงเวลาเริ่มต้นที่ทำการโทรศัพท์ที่ปลายทางรับสาย จากนั้น เครื่องก็จะแสดงหน้าจอนี้ไปเรื่อยจนกว่าเมื่อ ผู้ใช้ทำการวางหูโทรศัพท์แล้วหน้าจอก็จะแสดงดังนี้

START TIME 12:00:00
END TIME 12:02:34

ซึ่งก็จะแสดงเวลาที่ทำการวางหูสิ้นสุดการโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. จากนั้นเมื่อทำการกดหมายเลข 0 แล้วหน้าจอก็จะแสดงดังนี้

กด [0]

BANGKOK
00:03 I 0003 BT.

ซึ่งก็จะทำการแสดงที่หมายจังหวัดที่ทำการโทรศัพท์ไปทางบรรทัดบน และ แสดงเวลาที่ทำการโทรศัพท์ ทางบรรทัดล่างทางซ้าย และทำการแสดงราคาที่เสียไปในการโทรศัพท์ในครั้งนี้เพื่อสามารถนำมาเปรียบเทียบได้

6. จากนั้นเมื่อทำการกดเครื่องหมาย * ต่อไปหน้าจอก็จะแสดงดังนี้

กด [*]

TOTAL COST
0006 BT.

ซึ่งจะแสดงราคาสะสมทั้งหมดในการโทรศัพท์แต่ละครั้งรวมออกมาเป็นราคารวมทั้งหมด เพื่อสามารถนำมาเปรียบเทียบว่ามีการใช้จริงตามที่ได้บันทึกไว้หรือไม่โดยนำมาเปรียบเทียบกับใบเสร็จที่แจ้งมาจากองค์การโทรศัพท์ตามราคาที่ได้ใช้ไป ซึ่งราคารวมนี้สามารถตรวจดูได้ดังนี้

6.1 เมื่อใส่รหัสผ่านเข้าเครื่องแล้ว ก็กดตามด้วยหมายเลข 2 เมื่อเข้าสู่ฟังก์ชันการแสดงราคาค่าโทรศัพท์สะสม หน้าจอก็จะแสดงตามข้อ 6 จากนั้นออกจากฟังก์ชันโดยกดด้วยเครื่องหมาย [#]

6.2 ราคาค่าโทรศัพท์ที่สะสมนี้จะเคลียร์เป็น 0000 BT. เมื่อ ถึงวันที่ 15 ของทุกเดือน ตามยอดในการตัดขององค์การโทรศัพท์ และก็จะเริ่มทำการสะสมใหม่

7. จากนั้นออกจากส่วนแสดงยอดรวมเข้าสู่หน้าจอปกติ โดยกดด้วยเครื่องหมาย [#] หน้าจอก็จะแสดง เวลา วัน เดือน ปี ตามปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทำงานและข้อเสนอแนะ

กระบวนการการดำเนินงานการสร้างโครงงานการประยุกต์ของระบบโทรศัพท์สำหรับที่พักอาศัยอัตโนมัติ สามารถที่จะสรุปผลการทำงานและผลที่ได้รับดังนี้

5.1 แนวทางในการดำเนินจัดทำโครงงาน

จากระยะเวลาที่ได้ศึกษา และดำเนินการโครงงานนี้ทั้งหมด ซึ่งในขั้นแรกทางคณะผู้จัดทำ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับระบบโทรศัพท์ ในเรื่องสัญญาณการที่มีสัญญาณเรียกจากภายนอกเข้ามา และสัญญาณเมื่อทำการโทรออกว่ามีลักษณะของสัญญาณเป็นอย่างไรบ้าง และมีความถี่เท่าไร และค่าใช้บริการในการใช้โทรศัพท์ทางไกลอัตโนมัติ เพื่อที่จะนำเอาความรู้ที่ได้จากการศึกษานั้น นำไปทำการออกแบบวงจรเช็คสภาวะคู่สายโทรศัพท์ เพื่อนำไปใช้ในการทำงานของเครื่อง ทั้งการโทรออกอัตโนมัติเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน การโทรศัพท์เข้ามาสั่งควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในที่พักอาศัย จนถึงกระทั่งการคิดค่าบริการการใช้โทรศัพท์ ซึ่งในการออกแบบวงจรนั้นได้ทำการศึกษาไอซีเบอร์ LM 567 ซึ่งไอซีเบอร์ LM 567 นี้ ได้ถูกจัดให้มีลักษณะการทำงานเป็นวงจรเฟสล็อกลูป ซึ่งใช้ในการเช็คสัญญาณต่าง ๆ ของระบบโทรศัพท์ ส่วนในการกดหมายเลขโทรศัพท์อัตโนมัติ ก็ได้ทำการศึกษาไอซีเบอร์ 4514 ซึ่งเป็นไอซีที่ทำหน้าที่ ดีมัลติเพล็กเซอร์ เพื่อทำการดีโค้ดค่าข้อมูล (Data) ที่ส่งมาเพื่อไปกระทำการกดหมายเลขโทรศัพท์ และรวมไปถึงได้ศึกษารายละเอียดและระบบการทำงานของโครงงานเดิม คือโครงงานระบบการควบคุมอัตโนมัติในบ้าน (Home Automatic) ซึ่งได้ศึกษาการทำงานของไอซี ISD 1420 ซึ่งเป็นไอซีที่ทำหน้าที่บันทึกเสียง ซึ่งการบันทึกเป็นแบบอนาลอก ซึ่งสามารถเก็บเสียงที่บันทึกได้นาน 20 วินาที ซึ่งใช้ทำหน้าที่ในการส่งข้อความไปแจ้งเหตุ และตอบรับกับผู้ที่โทรเข้ามาภายในที่พักอาศัย เพื่อแนะนำให้ทำการฝากข้อความ ส่วนในการกดหมายเลขโทรศัพท์หรือการส่งสัญญาณ DTMF ก็ได้ทำการศึกษาไอซีเบอร์ MC 145412 ซึ่งเป็นไอซีที่รับค่ามาจากแป้นโทรศัพท์ ค่าจาก Row และ Column จะแปลงเป็นสัญญาณ DTMF และในส่วนของการรับสัญญาณ DTMF ก็ได้ทำการศึกษาไอซีเบอร์ MT 8870 ซึ่งเป็นไอซีที่ทำหน้าที่รับสัญญาณ DTMF มาแปลงให้เป็นเลขรหัสฐานสองขนาด 4 บิต เพื่อทำการส่งให้ MCS - 51 ทราบค่าแล้วนำไปแปลความหมายต่อไป

ในขณะที่ได้ทำการศึกษาส่วนของ Hardware ไปนั้น ก็ได้ทำการศึกษาส่วนของ Software ควบคู่กันไปด้วย ซึ่งส่วนของ Software นั้น ก็ได้ทำการศึกษาจากหนังสือไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 48 MCS - 51 ของ อ. พิพัฒน์ เลาหสงคราม และจากโปรแกรมของโครงงานเดิม คือโครงงานระบบควบคุมอัตโนมัติในบ้าน (Home Automatic) ซึ่ง Software ที่เขียนขึ้นมาใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นได้ดัดแปลง และเพิ่มเติมจากโปรแกรมเดิมให้ดีขึ้น จนได้การทำงานในโครงงานการประยุกต์ของระบบโทรศัพท์สำหรับที่พักอาศัยอัตโนมัติ จนเป็นที่พอใจ

ในส่วนของการดำเนินการนั้นทางผู้จัดทำได้ทำการสร้าง Hardware ขึ้นมาก่อน และในขณะที่สร้าง Hardware ก็ได้ทำการศึกษา Software ไปด้วย เมื่อ Hardware ที่สร้างขึ้นได้เสร็จสมบูรณ์แล้วจึงลงมือเขียน Software เพื่อรองรับกับ Hardware ที่สร้างขึ้น เพื่อที่จะได้ใช้พอร์ตของ 8255 อย่างแน่นอนและถูกต้อง โดยในการทดลองและพัฒนาโปรแกรม เราใช้ EPROM EMULATOR เป็นตัวพัฒนาโปรแกรม เมื่อพัฒนาโปรแกรมได้เสร็จสมบูรณ์แล้ว เราจึงนำเอาโปรแกรมไปบรรจุไว้ใน EPROM เบอร์ 27256 ซึ่งเป็น EPROM เก็บข้อมูลได้ 16 K โดยใช้เครื่องโปรแกรม EPROM

5.2 สรุปผลการดำเนินงาน

ผลการดำเนินงานการสร้างโครงงานการประยุกต์ของระบบโทรศัพท์สำหรับที่พักอาศัยอัตโนมัติ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. สามารถกดหมายเลขโทรศัพท์อัตโนมัติ เพื่อทำการโทรออกไปแจ้งข้อความตามหมายเลขโทรศัพท์ที่ได้ตั้งเอาไว้ เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน

2. เมื่อในกรณีที่มีบุคคลภายนอก หรือตัวเจ้าของที่พักอาศัยเองทำการโทรเข้าไปในที่พักอาศัย ในขณะที่เจ้าของที่พักอาศัยไม่อยู่ ก็จะสามารถที่จะทำการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน หรือทำการฝากข้อความก็ได้ในกรณีที่ผู้โทรไปไม่มีรหัสผ่าน

3. เมื่อมีผู้ใช้คู่สายโทรศัพท์ที่เครื่องได้ทำการต่ออยู่ จะสามารถทราบได้ถึงหมายเลขที่โทรศัพท์ออก เวลาที่ใช้ จังหวัดที่โทรไป ค่าใช้บริการโทรศัพท์ของแต่ละครั้ง และค่าใช้บริการโทรศัพท์รวมของแต่ละเดือน

5.3 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

1. เนื่องจากเป็นโครงงานที่ทำต่อมาจากโครงงานเดิม ซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับโครงงานเดิมมีไม่มากพอ จึงทำให้เสียเวลาในการศึกษาโครงงานเดิม

2. ไม่มีต้นทุนเพียงพอในการจัดหาซื้ออุปกรณ์ จึงทำให้เกิดการล้าช้าในการสร้าง Hardware

3. คู่มือของบอร์ด MCS - 51 ยังมีรายละเอียดไม่ดีพอ จึงทำให้เสียเวลาในการศึกษาบอร์ด MCS - 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากโครงงานนี้เป็นโครงงานที่สามารถจะพัฒนาต่อไปได้อีก จากการทำงานที่ผ่านมา ทางผู้จัดทำเล็งเห็นควรพัฒนาต่อเนื่องตามแนวทางต่อไปนี้

- พัฒนาให้เครื่องสามารถรับอินพุทจากอุปกรณ์ตรวจจับภายนอกได้หลายชนิด โดยจะมีช่องรับอินพุทอีก 6 ช่อง
- พัฒนาให้ข้อมูลในการใช้โทรศัพท์ เช่น ค่าใช้บริการโทรศัพท์ วันที่ เวลา และหมายเลขโทรศัพท์ที่โทรออก สามารถที่จะปริ้นท์ออกมาทางปรินท์เตอร์ได้ เพื่อที่จะใช้ในการเปรียบเทียบการใช้กับใบแจ้งหนี้ขององค์การโทรศัพท์ได้
- พัฒนาให้เครื่องสามารถติดต่อกับเครื่อง PC ได้ เพื่อการทำงานที่คล่องตัวขึ้น โดยเมื่อต่อกับ PC ได้ก็จะสามารถเอาข้อมูลในการใช้โทรศัพท์มาปรินท์ออกทางปรินท์เตอร์ได้สะดวก
- พัฒนาให้สามารถส่งข้อความให้ได้ข้อความที่ยาวขึ้น เพื่อให้ได้ใจความที่ชัดเจนขึ้น โดยสามารถที่จะกระทำได้ 2 วิธี คือ

1. เพิ่มจำนวนไอซี และเลือกไอซีที่มีเวลาการอัดยาวนานขึ้น แต่ก็เป็นวิธีที่เสียค่าใช้จ่ายมากในการซื้อไอซี

2. ส่วนวิธีที่ 2นี้จะใช้ได้ก็ต่อเมื่อได้ทำการเชื่อมต่อกับ PC ได้แล้ว โดยเราจะอัดเสียงแล้วแปลงเป็น File ใส่ลงไปในฮาร์ดดิสก์ เมื่อมีการส่งข้อความก็จะดึงเอา File ในฮาร์ดดิสก์ไปอ่านแล้วแปลง File ให้เป็นเสียง ส่งผ่านคู่สายโทรศัพท์ จะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายลงไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. Harry Helms.Linear IC Devices 1987 Source Book,1987
2. คู่มือเทียบเบอร์ไอซี TTL,บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด,2521
3. คู่มือไอซี CMOS 4000 SERIES,บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด,2521
4. ทั่ว ๆ ไปเกี่ยวกับไอซี 555 วารสารคอมพิวเตอร์อีเล็กทรอนิกส์ เวิลด์ ปีที่ 8 ฉบับที่ 85 เดือนมกราคม,2527
5. ผ.ศ. พิพัฒน์ เลาหสงคราม. ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-48 MCS-51. ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
6. ยืน ภู่วรวรรณ, อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม,บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด,2521
7. สุทธินันนท์ พรศิริกุล. ลึกอีกนิดกับโทรศัพท์. วารสารเซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์, ฉบับที่ 120-127

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

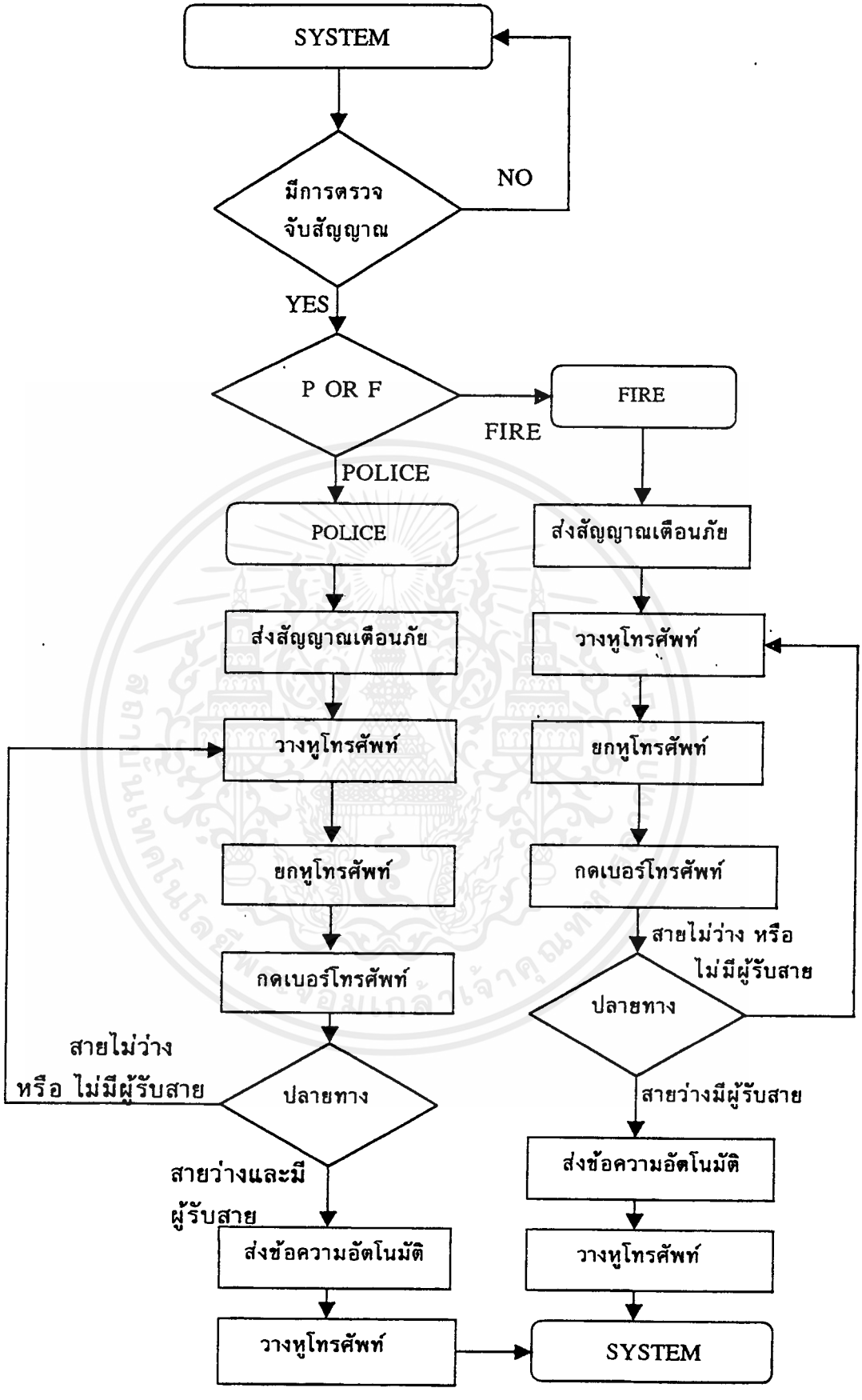
สรุปพอร์ตการใช้งาน
และ
แผนการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป อินพุต/เอาต์พุต

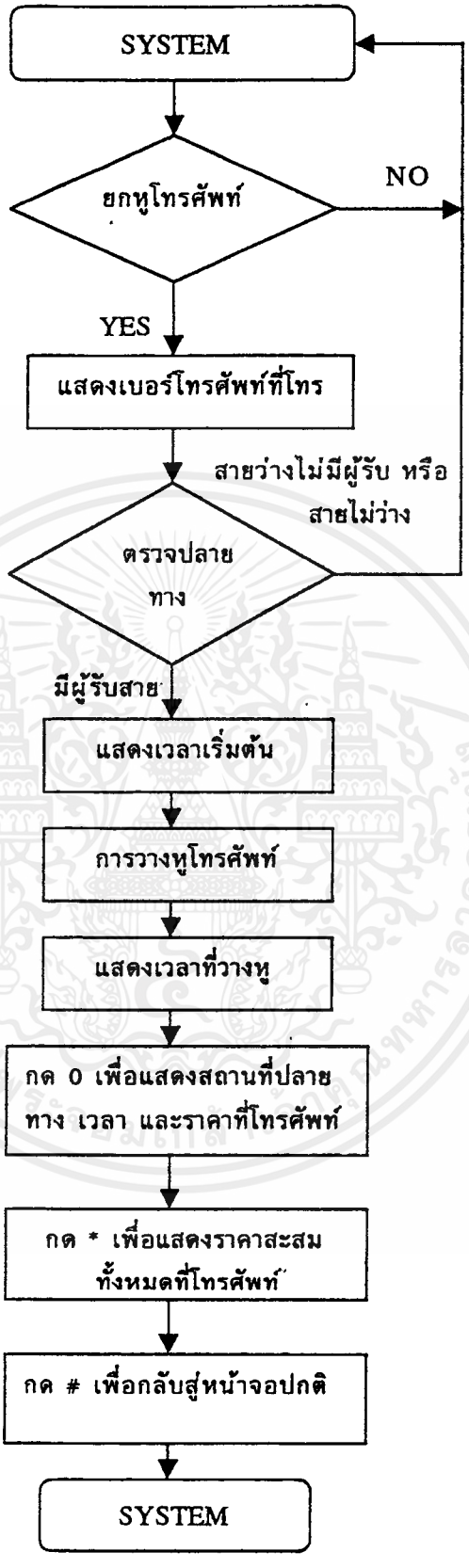
PORT P1	FUNCTION
P1.0	รับค่า DATA จาก DS1620
P1.1	เป็นค่าสัญญาณนาฬิกาให้แก่ DS1620
P1.2	เป็นการเริ่มทำงานของ IC
P1.3	ขาที่ใช้เปรียบเทียบอุณหภูมิ
P1.4	MT8870 จะส่งสัญญาณเมื่อมีการกดเบอร์
P1.5	เป็นสัญญาณ RESET ไม่ให้ 4047 ทำงาน
P1.6	-
P1.7	นับ Pulse ที่สำหรับรอรับสาย
8255 #U6	FUNCTION
PA.0-PA.7	เอาต์พุตขับ RELAY Channel 1-8
PB.0-PB.7	เอาต์พุตขับ RELAY Channel 9-16
PC.0	PLAY เสียงที่ Channel B
PC.1	PLAY เสียงที่ Channel C
PC.2	REC เสียงที่ Channel A
PC.3	PLAY เสียงที่ Channel A
PC.4-PC.7	Data กดเบอร์โทรศัพท์ D1-D4 (bit low-bit high)
8255 #U8	FUNCTION
PA.0-PA.7	อินพุทตรวจจับ SENSOR การทำงาน PA.0(FIRE) PA.4(POLICE)
PB.0-PB.3	อินพุทที่ได้จาก MT8870
PB.4	ตรวจสอบสถานะของโทรศัพท์ ยกหูอยู่ (Auto)
PB.5	ตรวจสอบสถานะของโทรศัพท์ รับสาย (Connect)
PB.6	ตรวจสอบสถานะของโทรศัพท์ ไม่มีผู้รับสาย (Not Connect)
PB.7	ตรวจสอบสถานะของโทรศัพท์ สายไม่ว่าง (Busy)
PC.0	Control Relay จาก IC Amp ส่งหม้อแปลง (ส่งข้อความ)
PC.1	Control Relay ยกหูโทรศัพท์
PC.2	Control Relay อัดเสียงเข้าเทป
PC.3	Control Relay เสียง Beep
PC.4	Control การอัดเสียงเข้า Ram
PC.7	Control Relay Board DTMF ให้ต่อกับคู่สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Flow Chart ส่วนการตรวจจับสัญญาณฉุกเฉิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Flow Chart ส่วนแสดงการโทรออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช.

ข้อมูลเฉพาะ
และ
การประยุกต์ใช้งานของไอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESCRIPTION

The 555 monolithic timing circuit is a highly stable controller capable of producing accurate time delays, or oscillation. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For a stable operation as an oscillator, the free running frequency and the duty cycle are both accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output structure can source or sink up to 200mA.

FEATURES

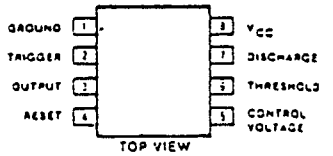
- Turn off time less than 2μs
- Maximum operating frequency greater than 500kHz
- Timing from microseconds to hours
- Operates in both astable and monostable modes
- High output current
- Adjustable duty cycle
- TTL compatible
- Temperature stability of 0.005% per °C

APPLICATIONS

- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation
- Pulse position modulation
- Missing pulse detector

PIN CONFIGURATIONS

D, N, FE PACKAGE



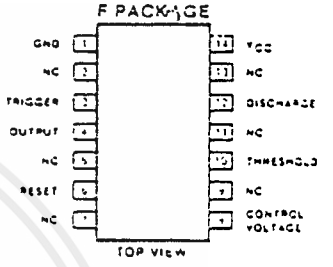
TOP VIEW

ORDER NUMBERS

SE/NE555N FE NE555D

SE555CN CFE

F PACKAGE



TOP VIEW

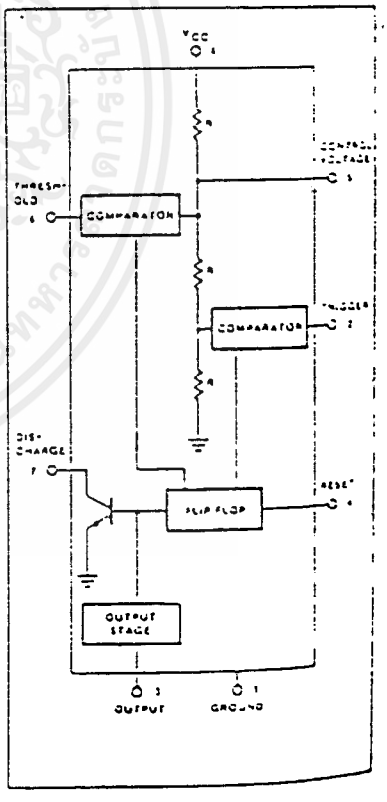
ORDER NUMBERS

SE/NE555F SE555CF

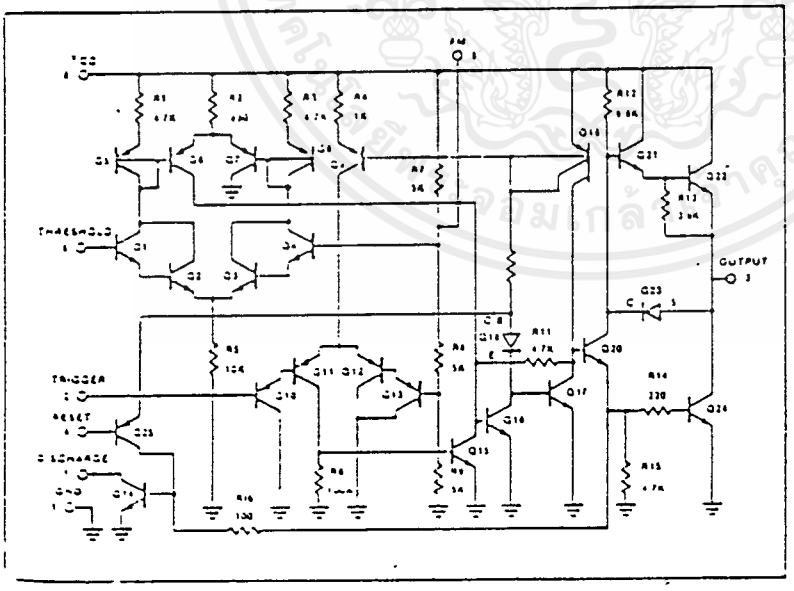
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

PARAMETER	RATING	UNIT
Supply voltage		
SE555	+18	V
NE555 SE555C	+16	V
Power dissipation	600	mW
Operating temperature range		
NE555	0 to +70	°C
SE555, SE555C	-55 to +125	°C
Storage temperature range	-65 to +150	°C
Lead temperature soldering 60sec)	300	°C

BLOCK DIAGRAM



EQUIVALENT SCHEMATIC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS T_A = 25°C, V_{CC} = +5V to +15 unless otherwise specified.

PARAMETER	TEST CONDITIONS	SE555			NE555/SE555C			UNIT
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Supply voltage		4.5		18	4.5		16	V
Supply current (low state)[1]	V_{CC} = 5V R_L = ∞		3	5		3	6	mA
	V_{CC} = +15V R_L = ∞		10	12		10	15	mA
Timing error (monostable)	R_A = 2KΩ to 100KΩ							
Initial accuracy[2]	C = 0.1μF		0.5	2.0		1.0	3.0	%
Drift with temperature			30	100		50	150	ppm/°C
Drift with supply voltage			0.05	0.2		0.1	0.5	%/V
Timing error (astable)	R_A, R_B = 1kΩ to 100kΩ							
Initial accuracy[2]	C = 0.1μF		4	6		5	13	%
Drift with temperature	V_{CC} = 15V			500			500	ppm/°C
Drift with supply voltage			0.15	0.6		0.3	1	%/V
Control voltage level	V_{CC} = 15V	9.6	10.0	10.4	9.0	10.0	11.0	V
	V_{CC} = 5V	2.9	3.33	3.8	2.6	3.33	4.0	V
Threshold voltage	V_{CC} = 15V	9.4	10.0	10.6	8.8	10.0	11.2	V
	V_{CC} = 5V	2.7	3.33	4.0	2.4	3.33	4.2	V
Threshold current[3]			0.1	0.25		0.1	0.25	μA
Trigger voltage	V_{CC} = 15V	4.8	5.0	5.2	4.5	5.0	5.6	V
	V_{CC} = 5V	1.45	1.67	1.9	1.1	1.67	2.2	V
Trigger current	V_{TRIG} = 0V		0.5	0.9		0.5	2.0	μA
Reset voltage[4]		0.3		1.0	0.3		1.0	V
Reset current	V_{RESET} = 0V		0.1	0.4		0.1	0.4	mA
Reset current			0.4	1.0		0.4	1.5	mA
Output voltage (low)	V_{CC} = 15V							
	I_{SINK} = 10mA		0.1	0.15		0.1	0.25	V
	I_{SINK} = 50mA		0.4	0.5		0.4	0.75	V
	I_{SINK} = 100mA		2.0	2.2		2.0	2.5	V
	I_{SINK} = 200mA		2.5			2.5		V
	V_{CC} = 5V							
	I_{SINK} = 8mA		0.1	0.25		0.3	0.4	V
	I_{SINK} = 5mA		0.05	0.2		0.25	0.35	V
Output voltage (high)	V_{CC} = 15V							
	I_{SOURCE} = 200mA		12.5			12.5		V
	I_{SOURCE} = 100mA	13.0	13.3		12.75	13.3		V
	V_{CC} = 5V							
	I_{SOURCE} = 100mA	3.0	3.3		2.75	3.3		V
Turn off time[5]	V_{RESET} = V_{CC}		0.5	2.0		0.5	2.0	μs
Rise time of output			100	200		100	300	ns
Fall time of output			100	200		100	300	ns
Discharge leakage current			20	100		20	100	na

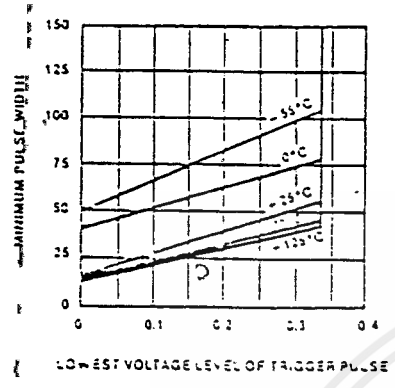
NOTES

1. Supply current when output high typically 1mA less.
2. Tested at V_{CC} = 5V and V_{CC} = 15V.
3. This will determine the maximum value of R_A + R_B, for 15V operation, the max total R = 10 megohm, and for 5V operation, the max total R = 3.4 megohm.
4. Specified with trigger input high.
5. Time measured from a positive going input pulse from 0 to 0.8 x V_{CC} into the threshold to the drop from high to low of the output. Trigger is tied to threshold.

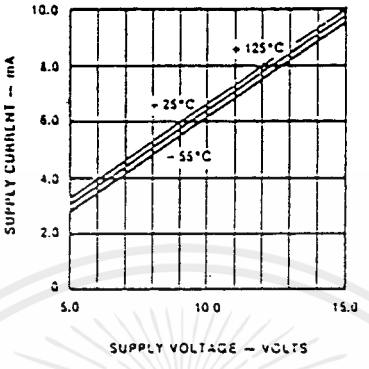
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

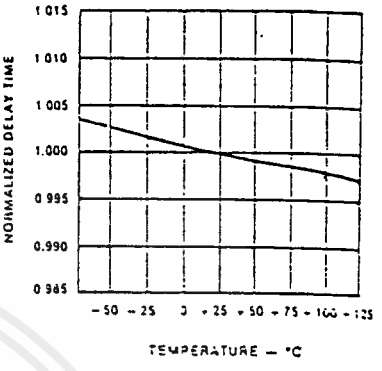
MINIMUM PULSE WIDTH REQUIRED FOR TRIGGERING



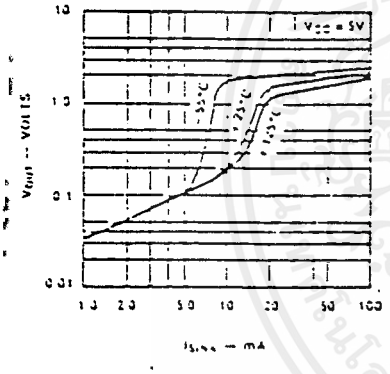
SUPPLY CURRENT vs SUPPLY VOLTAGE



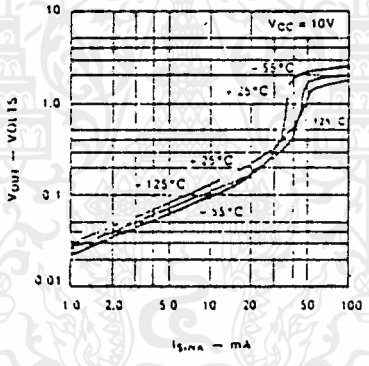
DELAY TIME vs TEMPERATURE



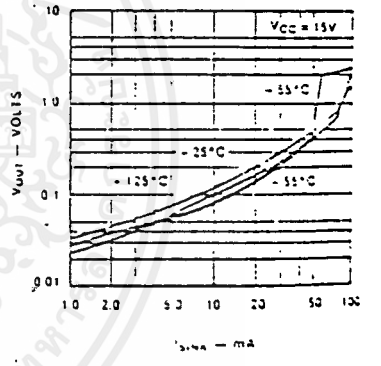
LOW OUTPUT VOLTAGE vs OUTPUT SINK CURRENT



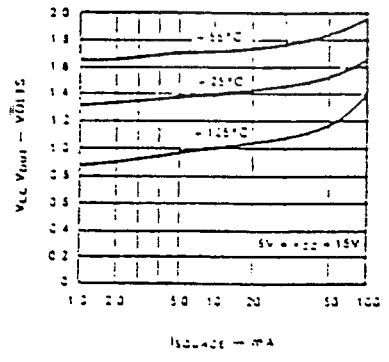
LOW OUTPUT VOLTAGE vs OUTPUT SINK CURRENT



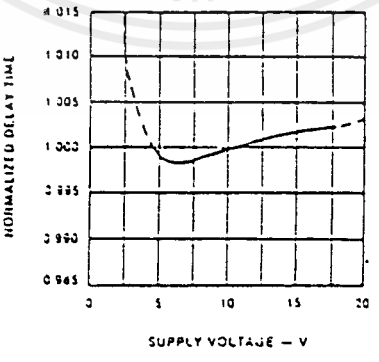
LOW OUTPUT VOLTAGE vs OUTPUT SINK CURRENT



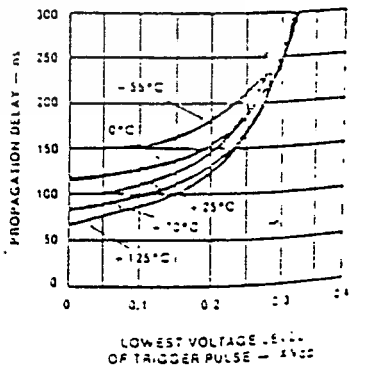
HIGH OUTPUT VOLTAGE DROP vs OUTPUT SOURCE CURRENT



DELAY TIME vs SUPPLY VOLTAGE



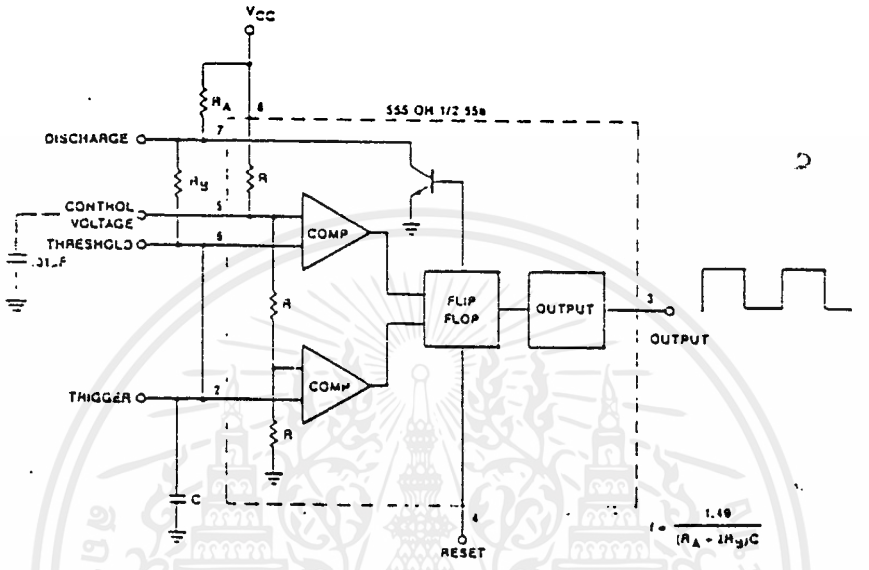
PROPAGATION DELAY vs VOLTAGE LEVEL OF TRIGGER PULSE



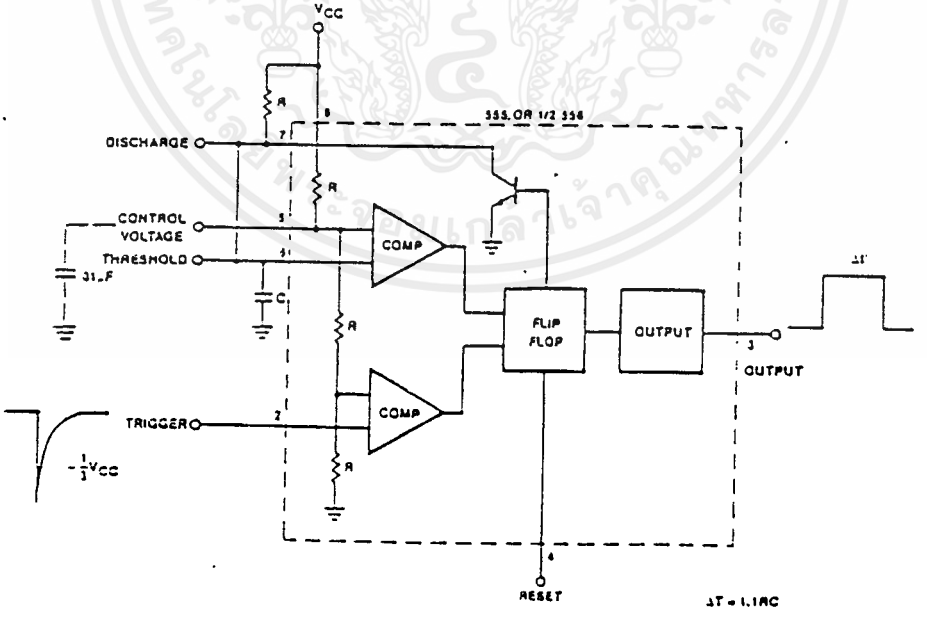
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL APPLICATIONS

ASTABLE OPERATION



MONOSTABLE OPERATION



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Trigger Pulse Width Requirements and Time Delays

Due to the nature of the trigger circuitry, the timer will trigger on the negative going edge of the input pulse. For the device to time out properly, it is necessary that the trigger voltage level be returned to some voltage greater than one third of the supply before the time out period. This can be achieved by making either the trigger pulse sufficiently short or by AC coupling into the trigger. By AC coupling the trigger, see Figure 1, a short negative going pulse is achieved when the trigger signal goes to ground. AC coupling is most frequently used in conjunction with a switch or a signal that goes to ground which initiates the timing cycle. Should the trigger be held low, without AC coupling, for a longer duration than the timing cycle the output will remain in a high state for the duration of the low trigger signal, without regard to the threshold comparator state. This is due to the predominance of Q_{13} on the base of Q_{14}, controlling the state of the bistable flip-flop. When the trigger signal then returns to a high level, the output will fall immediately. Thus, the output signal will follow the trigger signal in this case.

TYPICAL APPLICATIONS

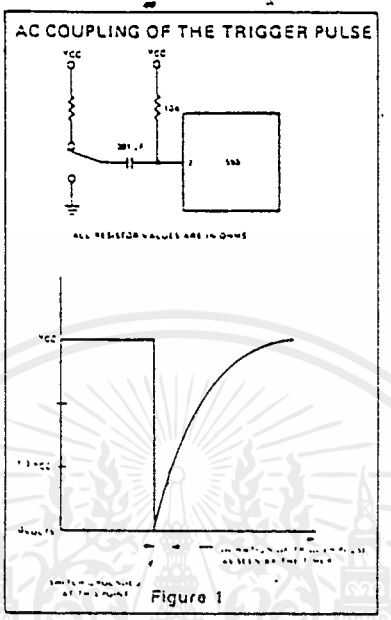


Figure 1

Another consideration is the "turn off time". This is the measurement of the amount of time required after the threshold reaches 2/3 V_{CC} to turn the output low. To explain further, Q_3 at the threshold input turns on after reaching 2/3 V_{CC}, which then turns on Q_5, which turns on Q_8. Current from Q_8 turns on Q_{16} which turns Q_{17} off. This allows current from Q_{19} to turn on Q_{20} and Q_{24} to give an output low. These steps cause the 2μs maximum delay as stated in the data sheet.

Also, a delay comparable to the turn off time is the trigger release time. When the trigger is low, Q_{10} is on and turns on Q_{11} which turns on Q_{15}. Q_{15} turns off Q_{16} and allows Q_{17} to turn on. This turns off current to Q_{20} and Q_{24}, which results in output high. When the trigger is released, Q_{10} and Q_{11} shut off, Q_{15} turns off, Q_{16} turns on and the circuit then follows the same path and time delay explained as "turn off time". This trigger release time is very important in designing the trigger pulse width so as not to interfere with the output signal as explained previously.

SCHEMATIC 555 OR 1/2 556 DUAL TIMER

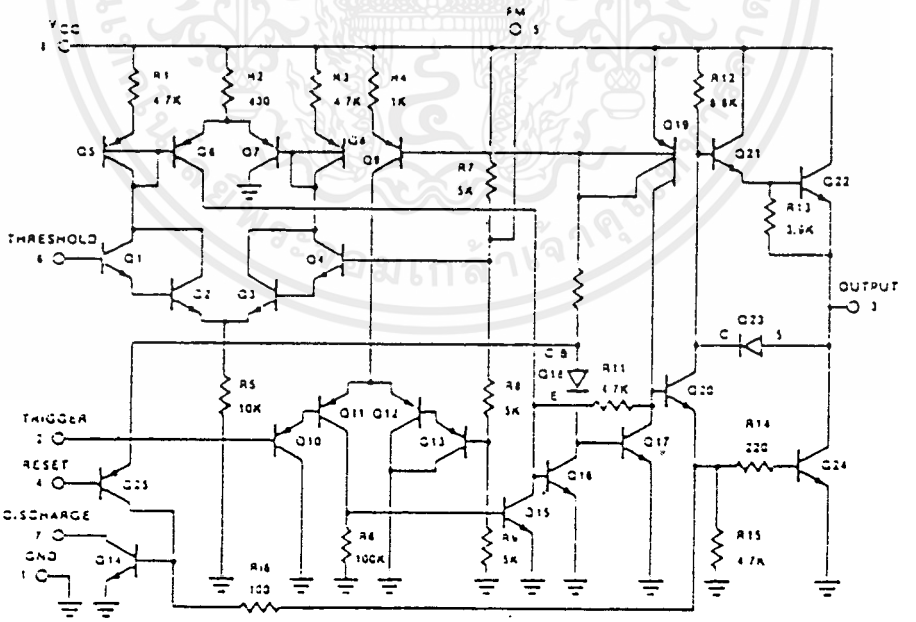


Figure 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESCRIPTION

The SE/NE567 tone and frequency decoder is a highly stable phase-locked loop with synchronous AM lock detection and power output circuitry. Its primary function is to drive a load whenever a sustained frequency within its detection band is present at the self-biased input. The bandwidth center frequency, and output delay are independently determined by means of four external components.

FEATURES

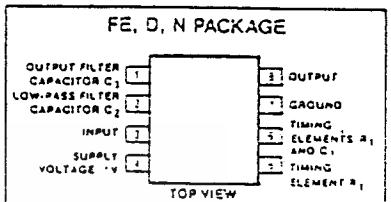
- Wide frequency range (.01Hz to 500kHz)
- High stability of center frequency
- Independently controllable bandwidth (up to 14 percent)
- High out-band signal and noise rejection
- Logic-compatible output with 100mA current sinking capability
- Inherent immunity to false signals
- Frequency adjustment over a 20 to 1 range with an external resistor
- Military processing available

APPLICATIONS

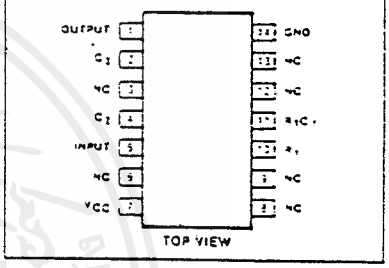
- Touch Tone® decoding
- Carrier current remote controls
- Ultrasonic controls (remote TV, etc.)
- Communications paging
- Frequency monitoring and control
- Wireless intercom
- Precision oscillator

PIN CONFIGURATIONS

FE, D, N PACKAGE



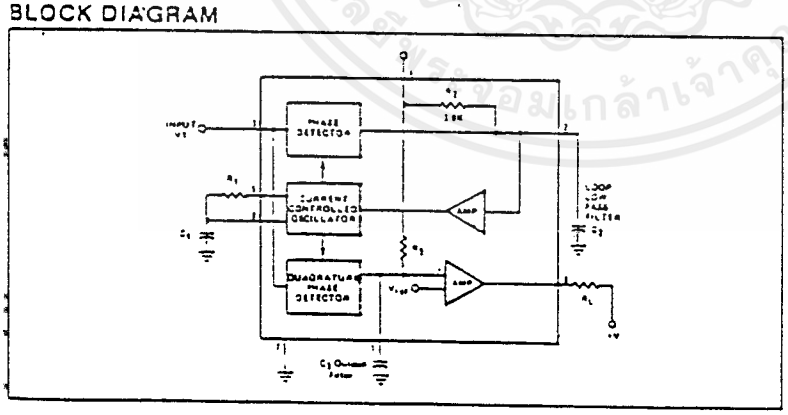
F PACKAGE



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

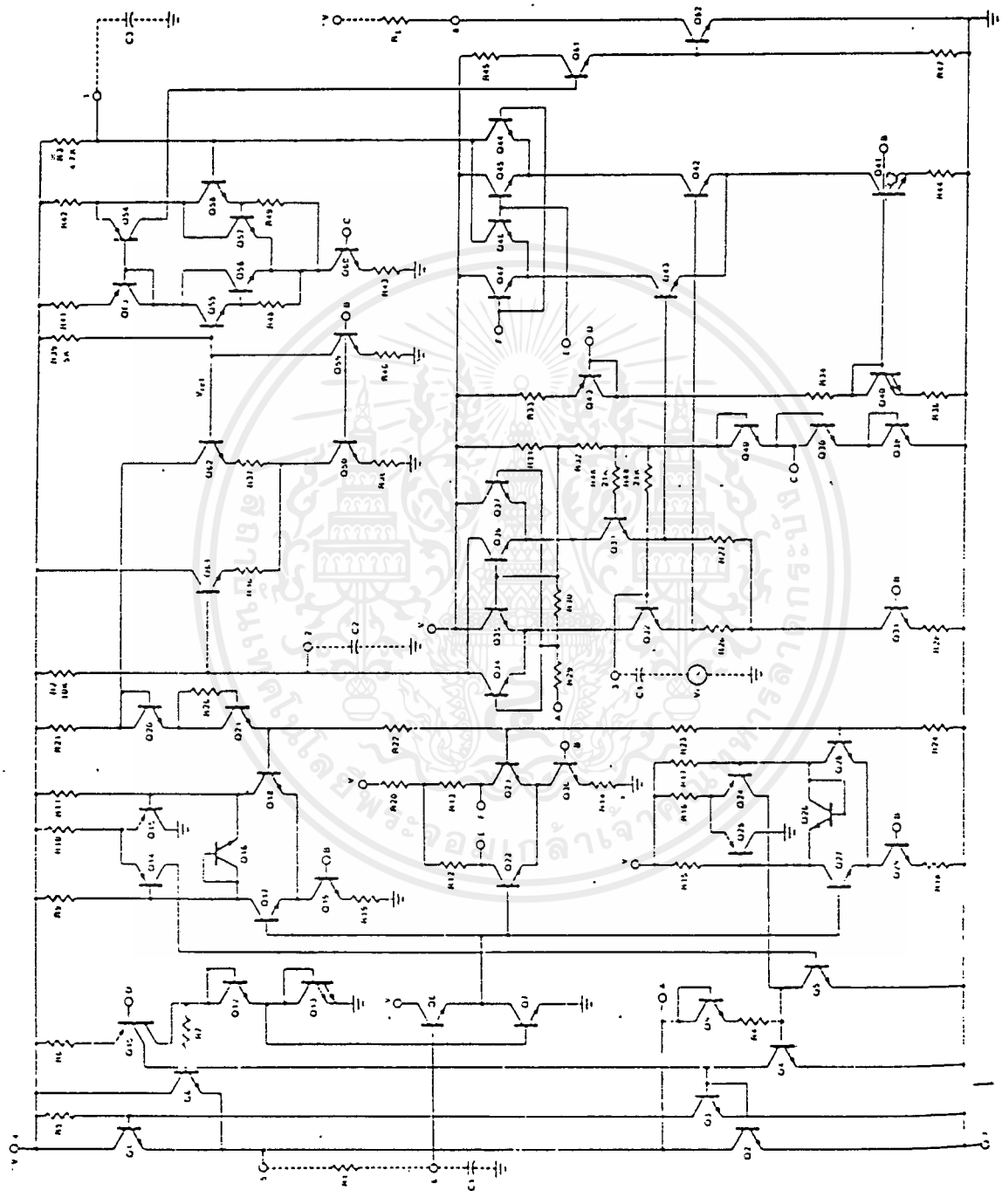
PARAMETER	RATING	UNIT
Operating temperature		
NE567	0 to +70	°C
SE567	-55 to +125	°C
Operating voltage	10	V
Positive voltage at input	0.5 + V_S	V
Negative voltage at input	-10	Vdc
Output voltage (collector of output transistor)	15	Vdc
Storage temperature	-65 to +150	°C
Power dissipation	300	mW

BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EQUIVALENT SCHEMATIC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

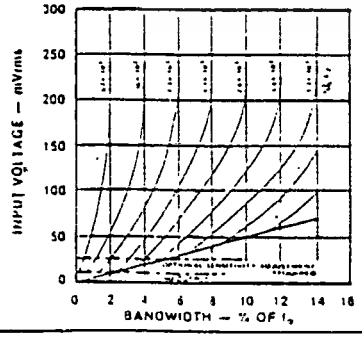
DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V+ = 5.0V; T_A = 25°C unless otherwise specified.)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	SE567			NE567			UNIT
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
CENTER FREQUENCY[1]								
Highest center frequency (f_0)			500			500		kHz
Center frequency stability[2]	-55 to -125°C		±35±140			±35±140		ppm/°C
	0 to -70°C		±35±60			±35±60		ppm/°C
Center frequency distribution	f_0 = 100kHz = 1.1/R_1C_1	-10	0	+10	-10	0	+10	%
Center frequency shift with supply voltage	f_0 = 100kHz = 1.1/R_1C_1		0.5	1		0.7	2	%/V
DETECTION BANDWIDTH								
Largest detection bandwidth	f_0 = 100kHz = 1.1/R_1C_1	12	14	16	10	14	18	% of f_0
Largest detection bandwidth skew			2	4		3	6	% of f_0
Largest detection bandwidth—variation with temperature	V_i = 300mVrms		±0.1			±0.1		%/°C
Largest detection bandwidth—variation with supply voltage	V_i = 300mVrms		±2			±2		%/V
INPUT								
Input resistance		15	20	25	15	20	25	kΩ
Smallest detectable input voltage (V_i)	I_L = 100mA, f_i = f_0		20	25		20	25	mVrms
Largest no-output input voltage	I_L = 100mA, f_i = f_0	10	15		10	15		mVrms
Greatest simultaneous outband signal to inband signal ratio			+6			+6		dB
Minimum input signal to wideband noise ratio	B_n = 140kHz		-6			-6		dB
OUTPUT								
Fastest on-off cycling rate			f_0/20			f_0/20		
"1" output leakage current	V_8 = 15V		0.01	25		0.01	25	μA
"0" output voltage	I_L = 30mA		0.2	0.4		0.2	0.4	V
	I_L = 100mA		0.6	1.0		0.6	1.0	V
Output fall time[3]	R_L = 50Ω		30			30		ns
Output rise time[3]	R_L = 50Ω		150			150		ns
GENERAL								
Operating voltage range		4.75		9.0	4.75		9.0	V
Supply current quiescent			6	8		7	10	mA
Supply current—activated	R_L = 20kΩ		11	13		12	15	mA
Quiescent power dissipation			30			35		mW

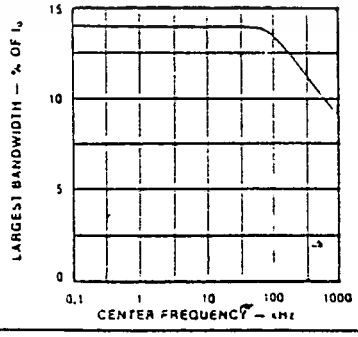
NOTES
1. Frequency determining resistor R_1 should be between 2 and 20kΩ
2. Applicable over 4.75 to 5.75 volts. See graphs for more detailed information
3. Pin 8 to Pin 1 feedback R_L network selected to eliminate dwelling during turn-on and turn-off

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

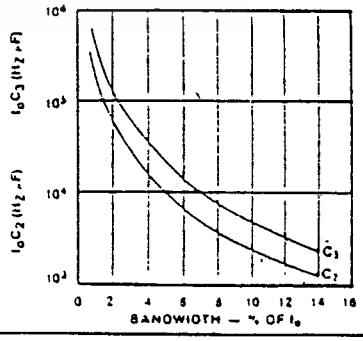
BANDWIDTH vs INPUT SIGNAL AMPLITUDE



LARGEST DETECTION BANDWIDTH vs OPERATING FREQUENCY



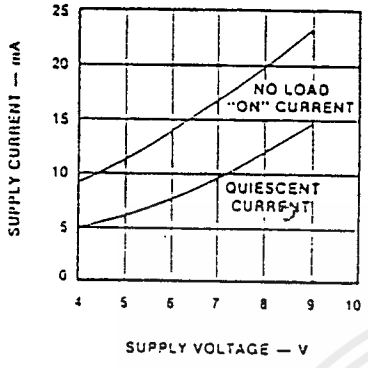
DETECTION BANDWIDTH AS A FUNCTION OF C_2 and C_3



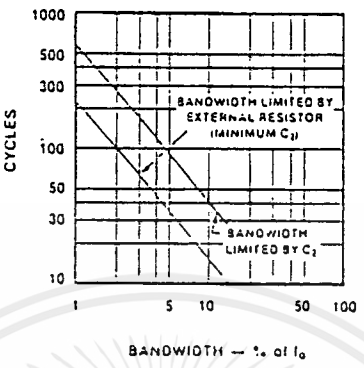
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS (Cont'd)

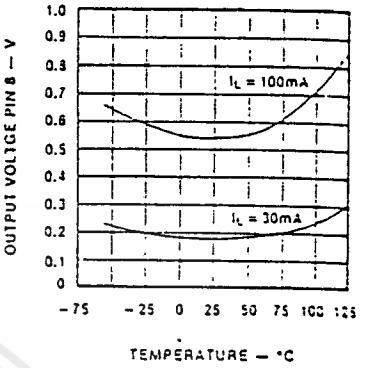
TYPICAL SUPPLY CURRENT vs SUPPLY VOLTAGE



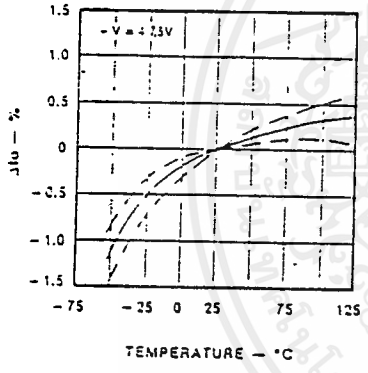
GREATEST NUMBER OF CYCLES BEFORE OUTPUT



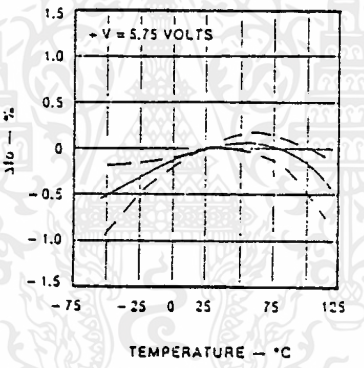
TYPICAL OUTPUT VOLTAGE vs TEMPERATURE



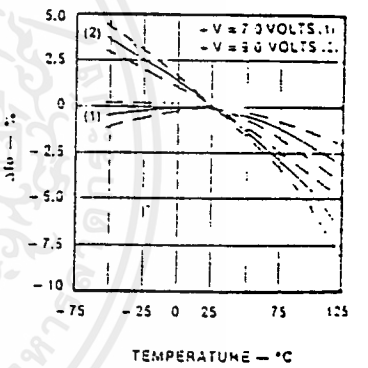
TYPICAL FREQUENCY DRIFT WITH TEMPERATURE (MEAN AND S.D.)



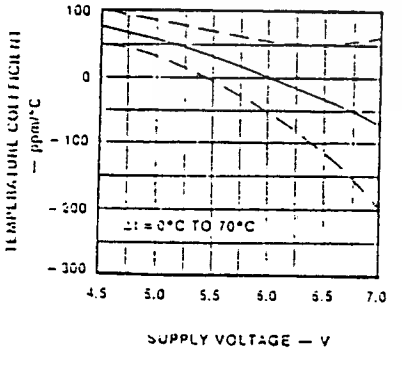
TYPICAL FREQUENCY DRIFT WITH TEMPERATURE (MEAN AND S.D.)



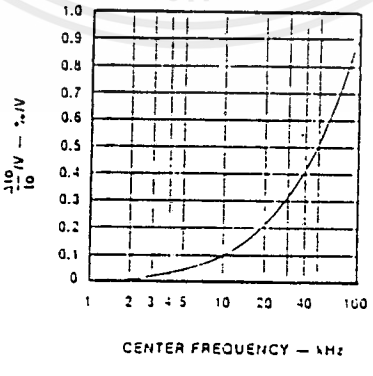
TYPICAL FREQUENCY DRIFT WITH TEMPERATURE (MEAN AND S.D.)



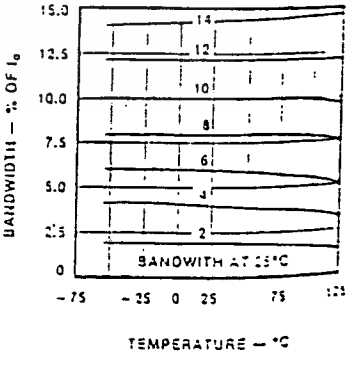
CENTER FREQUENCY TEMPERATURE COEFFICIENT (MEAN AND S.D.)



CENTER FREQUENCY SHIFT WITH SUPPLY VOLTAGE CHANGE vs OPERATING FREQUENCY



TYPICAL BANDWIDTH VARIATION WITH TEMPERATURE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN FORMULAS

$$f_o = \frac{1}{R_1 C_1}$$

$$BW = 1070\sqrt{\frac{V_i}{f_o C_2}} \text{ in \% of } f_o,\ V_i \le 200\text{mVrms}$$

Where

V_i = Input Voltage (Vrms)
C_2 = Low-Pass Filter Capacitor (μF)

PHASE LOCKED LOOP TERMINOLOGY CENTER FREQUENCY (f_o)

The free-running frequency of the current controlled oscillator (CCO) in the absence of an input signal.

Detection Bandwidth (BW)

The frequency range, centered about f_o, within which an input signal above the threshold voltage (typically 20mVrms) will cause a logical zero state on the output. The detection bandwidth corresponds to the loop capture range.

Lock Range

The largest frequency range within which an input signal above the threshold voltage will hold a logical zero state on the output.

Detection Band Skew

A measure of how well the detection band is centered about the center frequency, f_o. The skew is defined as $|f_{max} + f_{min} - 2f_o|/2f_o$ where fmax and fmin are the frequencies corresponding to the edges of the detection band. The skew can be reduced to zero if necessary by means of an optional centering adjustment.

OPERATING INSTRUCTIONS

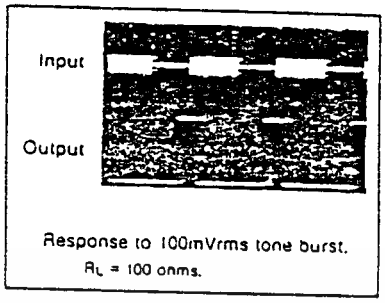
Figure 1 shows a typical connection diagram for the 567. For most applications, the following three-step procedure will be sufficient for choosing the external components R_1, C_1, C_2 and C_3.

1. Select R_1 and C_1 for the desired center frequency. For best temperature stability, R_1 should be between 2K and 20K ohm, and the combined temperature coefficient of the R_1C_1 product should have sufficient stability over the projected temperature range to meet the necessary requirements.

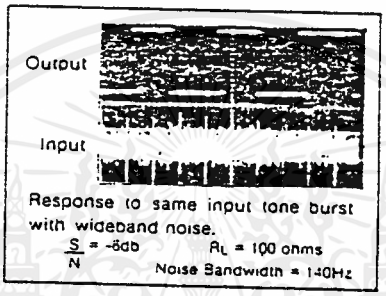
2. Select the low pass capacitor, C_2, by referring to the Bandwidth versus Input Signal Amplitude graph. If the input amplitude variation is known, the appropriate value of f_oC_2 necessary to give the desired bandwidth may be found. Conversely, an area of operation may be selected on this graph and the input level and C_2 may be adjusted accordingly. For example, constant bandwidth operation requires that input amplitude be above 200mVrms. The bandwidth, as noted on the graph, is then controlled solely by the f_oC_2 product (f_o (Hz), C_2 (μF)).

3. The value of C_3 is generally non-critical. C_3 sets the band edge of a low pass filter which attenuates frequencies outside the detection band to eliminate spurious outputs. If C_3 is too small, frequencies just outside the detection band will switch the output stage on and off at the beat frequency, or the output may pulse on and off during the turn-on transient. If C_3 is too large, turn-on and turn-off of the output stage will be delayed until the voltage on C_3 passes the threshold voltage. (Such delay may be desirable to avoid spurious outputs due to transient frequencies.) A typical minimum value for C_3 is $2C_2$.

TYPICAL RESPONSE



Response to 100mVrms tone burst.
R_L = 100 ohms.



Response to same input tone burst with wideband noise.
$\frac{S}{N}$ = -6db R_L = 100 ohms
Noise Bandwidth = 140Hz

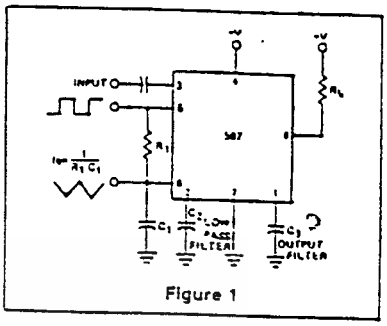


Figure 1

AVAILABLE OUTPUTS (Figure 2)

The primary output is the uncommitted output transistor collector, pin 8. When an in-band input signal is present, this transistor saturates; its collector voltage being less than 1.0 volt (typically 0.6V) at full output current (100mA). The voltage at pin 2 is the phase detector output which is a linear function of frequency over the range of 0.95 to 1.05 f_o with a slope of about 20mV per percent of frequency deviation. The average voltage at pin 1 is, during lock, a function of the in-band input amplitude in accordance with the transfer characteristic given. Pin 5 is the controlled oscillator square wave output of magnitude (+V -$2V_{be}$) = (+V -1.4V) having a dc average of +V/2. A 1kΩ load may be driven from pin 5. Pin 6 is an exponential triangle of 1 volt peak-to-peak with an average dc level of +V/2. Only high impedance loads may be connected to pin 6 without affecting the CCO duty cycle or temperature stability.

OPERATING PRECAUTIONS

A brief review of the following precautions will help the user achieve the high level of performance of which the 567 is capable.

1. Operation in the high input level mode (above 200mV) will free the user from bandwidth variations due to changes in the in-band signal amplitude. The input stage is now limiting, however, so that out-band signals or high noise levels can cause an apparent bandwidth reduction as the in-band signal is suppressed. Also, the limiting action will create in-band components from sub-harmonic signals, so the 567 becomes sensitive to signals at $f_o/3$, $f_o/5$, etc.

2. The 567 will lock onto signals near $(2n + 1) f_o$ and will give an output for signals near $(4n + 1) f_o$ where n = 0, 1, 2, etc. Thus, signals at $5f_o$ and $9f_o$ can cause an unwanted output. If such signals are anticipated, they should be attenuated before reaching the 567 input.

3. Maximum immunity from noise and out-band signals is afforded in the low input level (below 200mVrms) and reduced bandwidth operating mode. However, decreased loop damping causes the worse-case lock-up time to increase, as shown by the Greatest Number of Cycles Before Output vs Bandwidth graph.

4. Due to the high switching speeds (20ns) associated with 567 operation, care should be taken in lead routing. Lead lengths should be kept to a minimum. The power supply should be adequately bypassed close to the 567 with a 0.01μF or greater capacitor; grounding paths should be carefully chosen to avoid ground loops and

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

unwanted voltage variations. Another factor which must be considered is the effect of load energization on the power supply. For example, an incandescent lamp typically draws 10 times rated current at turn-on. This can cause supply voltage fluctuations which could, for example, shift the detection band of narrow-band systems sufficiently to cause momentary loss of lock. The result is a low-frequency oscillation into and out of lock. Such effects can be prevented by supplying heavy load currents from a separate supply or increasing the supply filter capacitor.

SPEED OF OPERATION

Minimum lock-up time is related to the natural frequency of the loop. The lower it is, the longer becomes the turn-on transient. Thus, maximum operating speed is obtained when C_2 is at a minimum. When the signal is first applied, the phase may be such as to initially drive the controlled oscillator away form the incoming frequency rather than toward it. Under this condition, which is of course unpredictable, the lock-up transient is at its worst and the theoretical minimum lock-up time is not achievable. We must simply wait for the transient to die out.

The following expressions give the values of C_2 and C_3 which allow highest operating speeds for various band center frequencies. The minimum rate at which digital information may be detected without information loss due to the turn-on transient or output chatter is about 10 cycles per bit, corresponding to an information transfer rate of $f_o/10$ baud.

$$C_2 = \frac{120}{f_o}\ \mu F$$

$$C_3 = \frac{260}{f_o}\ \mu F$$

In cases where turn-off time can be sacrificed to achieve fast turn-on, the optional sensitivity adjustment circuit can be used to move the quiescent C_3 voltage lower (closer to the threshold voltage). However, sensitivity to beat frequencies, noise and extraneous signals will be increased.

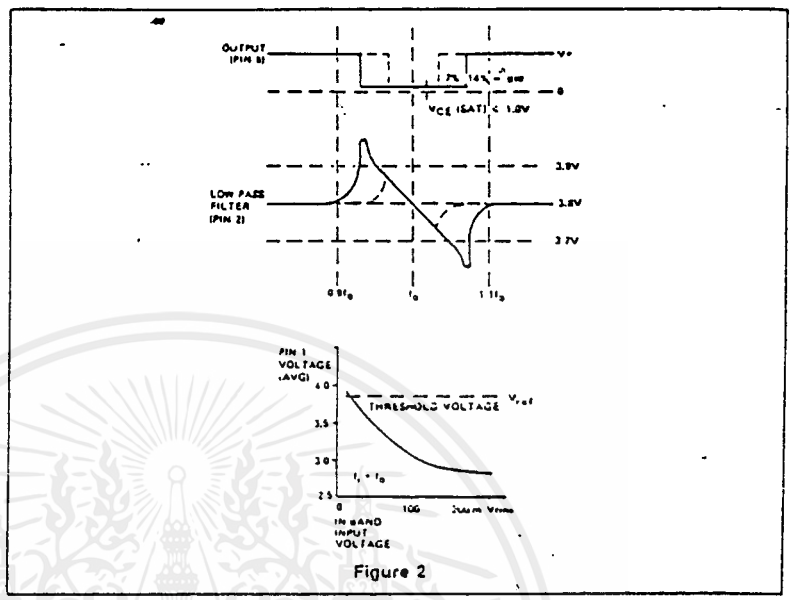


Figure 2

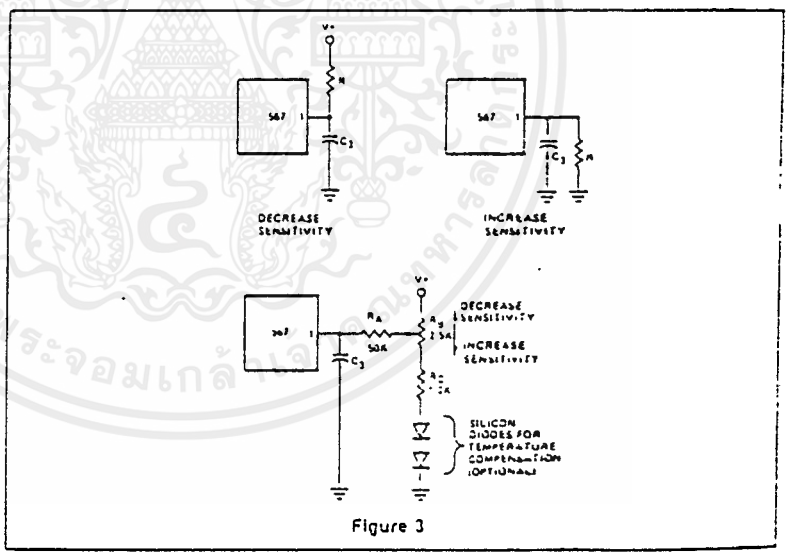


Figure 3

OPTIONAL CONTROLS (Figure 3)

The 567 has been designed so that, for most applications, no external adjustments are required. Certain applications, however, will be greatly facilitated if full advantage is taken of the added control possibilities available through the use of additional external components. In the diagrams given, typical values are suggested where applicable. For best results the resistors used, except where noted, should have the same temperature coefficient. Ideally silicon diodes would be low-resistivity types such as forward-biased transistor base-emitter junctions. However, ordinary low-voltage diodes should be adequate for most applications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SENSITIVITY ADJUSTMENT

(Figure 3)

When operated as a very narrow band detector (less than 8 percent), both C_2 and C_3 are made quite large in order to improve noise and outband signal rejection. This will inevitably slow the response time. If, however, the output stage is biased closer to the threshold level, the turn-on time can be improved. This is accomplished by drawing additional current to terminal 1. Under this condition, the 567 will also give an output for lower-level signals (10mV or lower).

By adding current to terminal 1, the output stage is biased further away from the threshold voltage. This is most useful when, to obtain maximum operating speed, C_2 and C_3 are made very small. Normally, frequencies just outside the detection band could cause false outputs under this condition. By desensitizing the output stage, the outband beat notes do not feed through to the output stage. Since the input level must be somewhat greater when the output stage is made less sensitive, rejection of third harmonics or in-band harmonics (of lower frequency signals) is also improved.

CHATTER PREVENTION (Figure 4)

Chatter occurs in the output stage when C_3 is relatively small, so that the lock transient and the AC components at the quadrature phase detector (lock detector) output cause the output stage to move through its threshold more than once. Many loads, for example lamps and relays, will not respond to the chatter. However, logic may recognize the chatter as a series of outputs. By feeding the output stage output back to its input (pin 1) the chatter can be eliminated. Three schemes for doing this are given in Figure 4. All operate by feeding the first output step (either on or off) back to the input, pushing the input past the threshold until the transient conditions are over. It is only necessary to assure that the feedback time constant is not so large as to prevent operation at the highest anticipated speed. Although chatter can always be eliminated by making C_3 large, the feedback circuit will enable faster operation of the 567 by allowing C_3 to be kept small. Note that if the feedback time constant is made quite large, a short burst at the input frequency can be stretched into a long output pulse. This may be useful to drive, for example, stepping relays.

DETECTION BAND CENTERING (OR SKEW) ADJUSTMENT

(Figure 5)

When it is desired to alter the location of the detection band (corresponding to the loop capture range) within the lock range, the circuits shown above can be used. By moving the detection band to one edge of the range, for example, input signal variations will expand the detection band in only one direction. This may prove useful when a strong but undesirable signal is expected on one side or the other of the center frequency. Since R_B also alters the duty cycle slightly, this method may be used to obtain a precise duty cycle when the 567 is used as an oscillator.

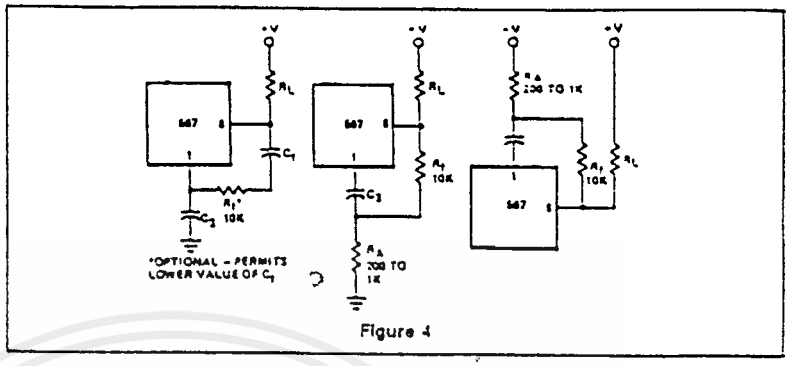


Figure 4

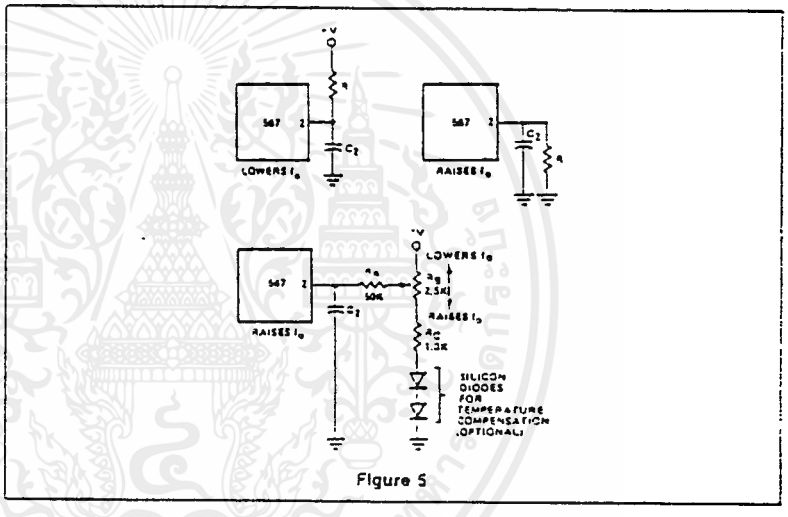


Figure 5

ALTERNATE METHOD OF BANDWIDTH REDUCTION

(Figure 6)

Although a large value of C_2 will reduce the bandwidth, it also reduces the loop damping so as to slow the circuit response time. This may be undesirable. Bandwidth can be reduced by reducing the loop gain. This scheme will improve damping and permit faster operation under narrow-band conditions. Note that the reduced impedance level at terminal 2 will require that a larger value of C_2 be used for a given filter cutoff frequency. If more than three 567s are to be used, the network of R_B and R_C can be eliminated and the R_A resistors connected together. A capacitor between this junction and ground may be required to shunt high frequency components.

OUTPUT LATCHING (Figure 7)

To latch the output on after a signal is received, it is necessary to provide a feedback resistor around the output stage (between pins 8 and 1). Pin 1 is pulled up to unlatch the output stage.

REDUCTION OF C1 VALUE

(Figure 8)

For precision very low-frequency applications, where the value of C_1 becomes large, an overall cost savings may be achieved by inserting a voltage follower between the R_1 C_1 junction and pin 6, so as to allow a higher value of R_1 and a lower value of C_1 for a given frequency.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROGRAMMING

To change the center frequency, the value of R_1 can be changed with a mechanical or solid state switch, or additional C_1 capacitors may be added by grounding them through saturating npn transistors.

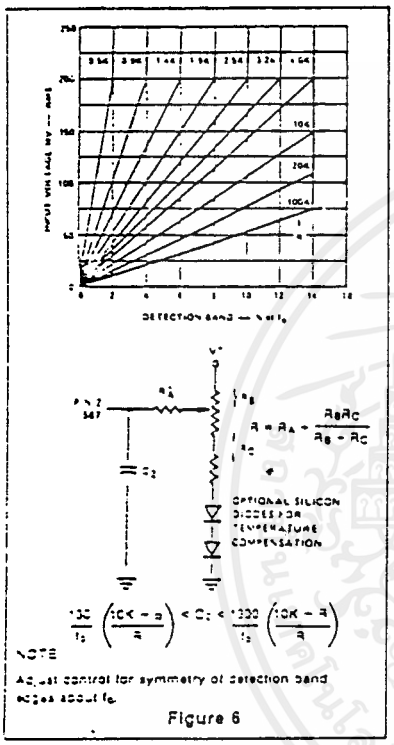
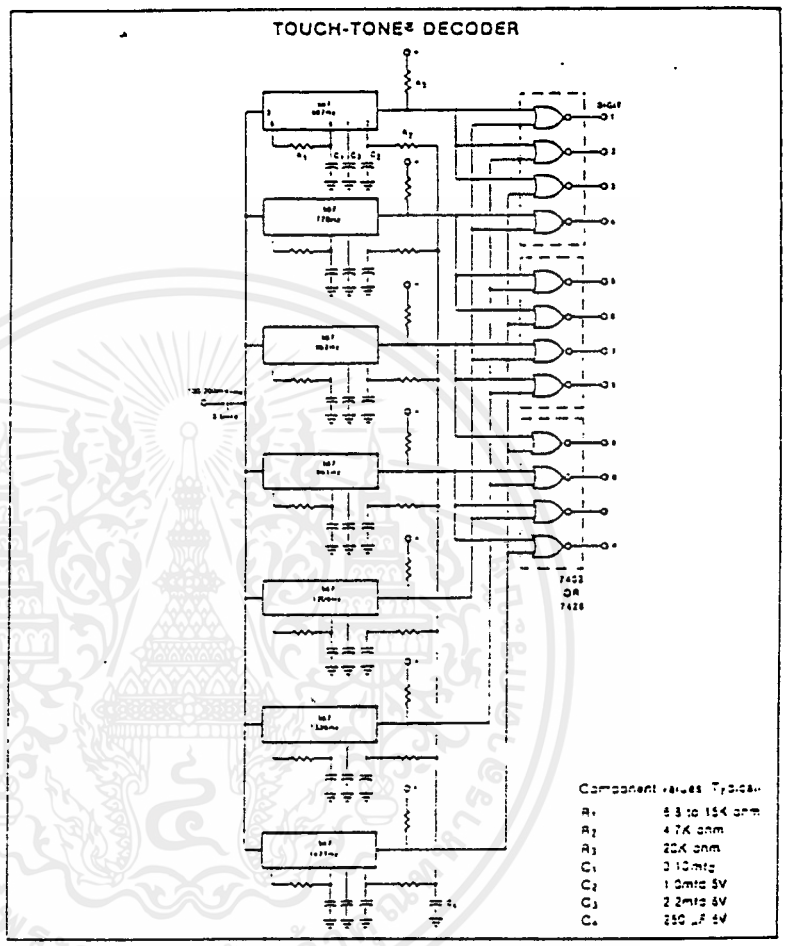


Figure 6

TYPICAL APPLICATIONS



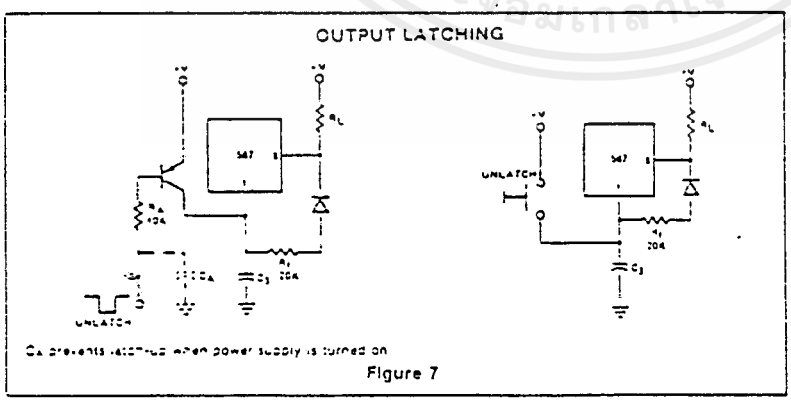


Figure 7

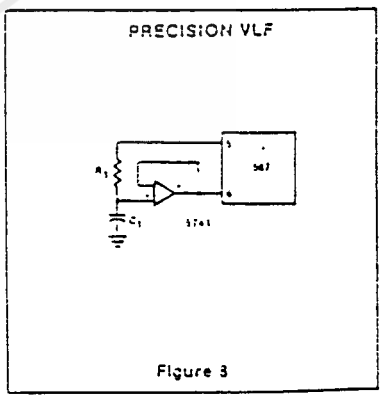
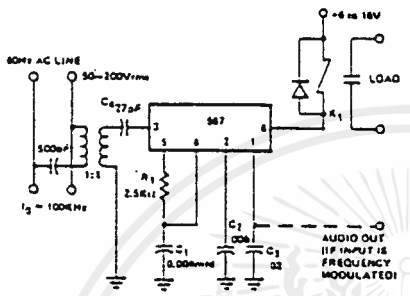


Figure 8

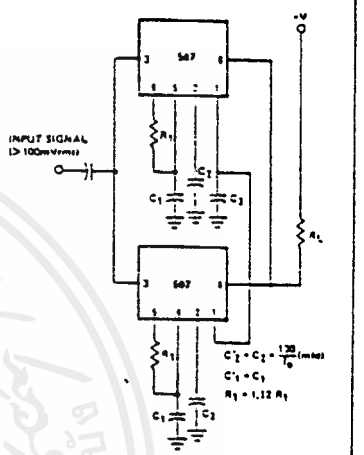
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL APPLICATIONS (Cont'd)

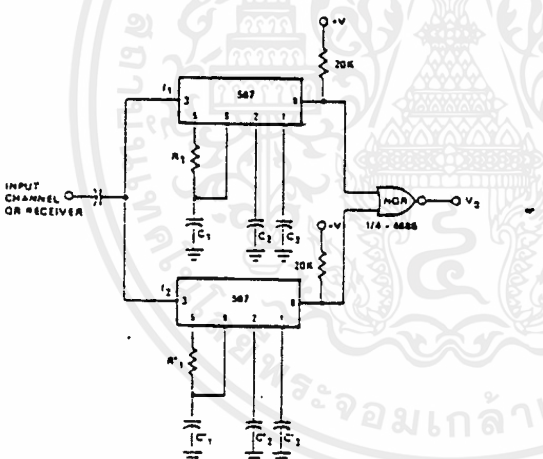
CARRIER-CURRENT REMOTE CONTROL OR INTERCOM



24% BANDWIDTH TONE DECODER

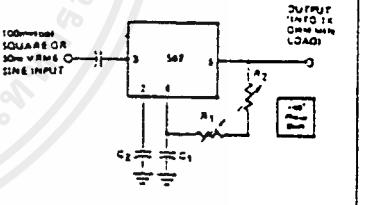


DUAL-TONE DECODER



1. Resistor and capacitor values chosen for desired frequencies and bandwidth
2. If C_3 is made large so as to delay turn-on of the top 567, decoding of sequential (f_1 f_2) tones is possible.

0° to 180° PHASE SHIFTER



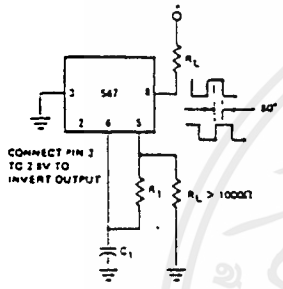
$R_2 = R_1/5$

Adjust R_1 so that $\phi = 90°$ with control midway

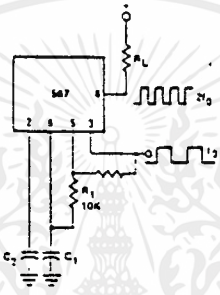
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL APPLICATIONS (Cont'd)

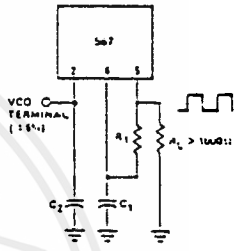
OSCILLATOR WITH QUADRATURE OUTPUT



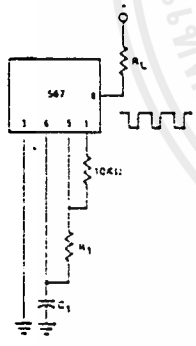
OSCILLATOR WITH DOUBLE FREQUENCY OUTPUT



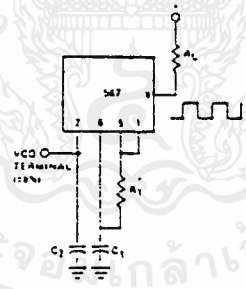
PRECISION OSCILLATOR WITH 20ns SWITCHING



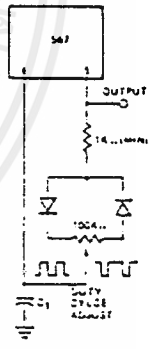
PULSE GENERATOR WITH 25% DUTY CYCLE



PRECISION OSCILLATOR TO SWITCH 100mA LOADS



PULSE GENERATOR



*For additional information, consult the Applications Section.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCL4009UB Inverting
SCL4010B Non-Inverting

CMOS HEX BUFFERS/CONVERTERS

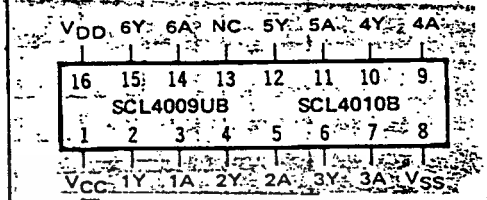
FEATURES

- Direct Drive of 2 TTL/DTL Loads
- Operation from Single or Dual Supplies
- All Inputs Diode-Protected

DESCRIPTION

The SCL4009UB and SCL4010B are single-chip monolithic silicon integrated circuits containing eighteen N-Channel and twelve P-Channel enhancement-mode MOS transistors connected to form six independent buffer/converter configurations. These devices are designed for use as hex CMOS-to-DTL or TTL logic level converters or hex CMOS current drivers. Conversion ranges are from CMOS logic operating at 3Vdc to 18Vdc supply levels to DTL or TTL logic operating at 3Vdc to 6Vdc supply levels. Conversion to logic output levels greater than 6Vdc is permitted proving $V_{CC} \leqslant V_{DD}$.

CONNECTION DIAGRAM
(all packages)



Add Suffix for Package

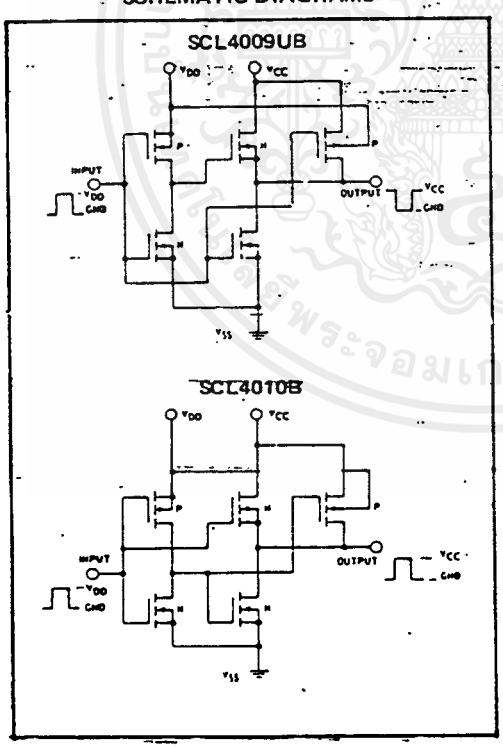
- C 16-pin Cerdip
- D 16-pin Ceramic
- E 16-pin Epoxy
- F 16-pin Flat
- H Chip

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

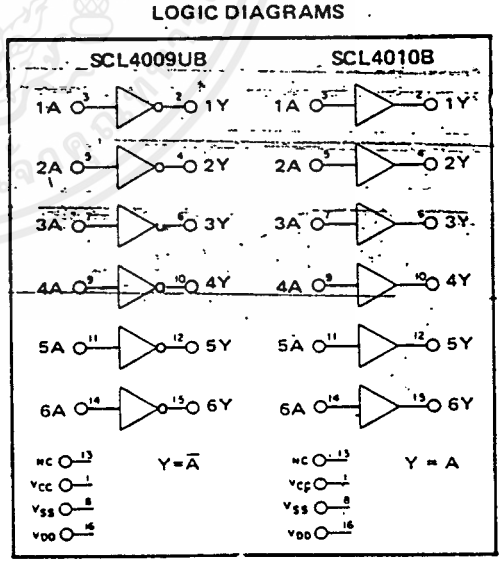
For maximum reliability:

DC Supply Voltage	$V_{DD} - V_{SS}$	3 to 15	Vdc
	$V_{CC} - V_{SS}$	3 to 15	Vdc
	$V_{CC} \leqslant V_{DD}$		
Operating Temperature T_A			
C, D, F, H Device		-55 to +125	°C
E Device		-40 to +85	°C

SCHEMATIC DIAGRAMS



LOGIC DIAGRAMS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

STATIC CHARACTERISTICS [1, 3]

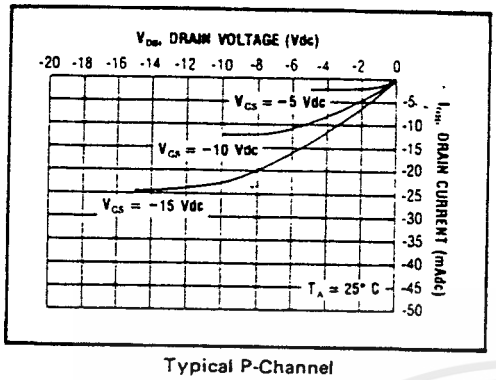
PARAMETER		V_{DD} (Vdc)	CONDITIONS	T_{LOW} [2] Min.	T_{LOW} [2] Max.	+25°C Min.	+25°C Typ.	+25°C Max.	T_{HIGH} [2] Min.	T_{HIGH} [2] Max.	Units
QUIESCENT DEVICE CURRENT	I_{DD}	5	$V_{IN} = V_{SS}$ or V_{DD}	–	1.0	–	0.005	1.0	–	30	μAdc
		10	All valid input	–	2.0	–	0.01	2.0	–	60	
		15	combinations	–	4.0	–	0.02	4.0	–	120	
MINIMUM INPUT HIGH VOLTAGE SCL4009UB	V_{IH}	5	$V_{OL} = 0.5V$	–	4.0	–	2.75	4.0	–	4.0	Vdc
		10	$V_{OL} = 1.0V$	–	8.0	–	5.5	8.0	–	8.0	
		15	$V_{OL} = 1.5V$	–	12.0	–	8.25	12.0	–	12.0	
			$I_O \leq 1\mu A$								
MAXIMUM INPUT LOW VOLTAGE SCL4009UB	V_{IL}	5	$V_{OH} = 3.6V$	1.0	–	1.0	2.25	–	1.0	–	Vdc
		10	$V_{OH} = 7.2V$	2.0	–	2.0	4.5	–	2.0	–	
		15	$V_{OH} = 10.8V$	3.0	–	3.0	6.75	–	3.0	–	
			$I_O \leq 1\mu A$								
OUTPUT LOW (SINK) CURRENT C, D, F, H device	I_{OL}	5	$V_{OL} = 0.4V$	3.8	–	3.0	4.0	–	2.2	–	mAdc
		10	$V_{OL} = 0.5V$	10.0	–	8.0	10	–	5.6	–	
		15	$V_{OL} = 1.5V$	30	–	24	36	–	16	–	
			$V_{IN} = V_{SS}$ or V_{DD}								
E device		5	$V_{OL} = 0.4V$	3.6	–	3.0	4.0	–	2.4	–	mAdc
		10	$V_{OL} = 0.5V$	9.6	–	8.0	10	–	6.4	–	
		15	$V_{OL} = 1.5V$	28	–	24	36	–	20	–	
			$V_{IN} = V_{SS}$ or V_{DD}								

NOTES: [1] Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".
[2] T_{LOW} = -55°C for C, D, F, H device
= -40°C for E device.
T_{HIGH} = +125°C for C, D, F, H device
= + 85°C for E device.
[3] $V_{CC} = V_{DD}$

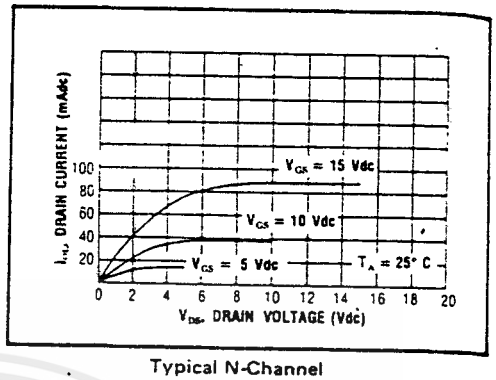
DYNAMIC CHARACTERISTICS (C_L = 50pF, T_A = 25°C)

PARAMETER		V_{DD} (Vdc)	V_{CC} (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units
PROPAGATION DELAY TIME Driving CMOS	t_{PLH}	5	5	–	60	120	ns
		10	10	–	35	70	
		15	15	–	28	56	
Driving TTL/DTL		5	5	–	45	90	ns
		10	5	–	20	40	
		15	5	–	15	30	
Driving CMOS	t_{PHL}	5	5	–	30	60	ns
		10	10	–	18	36	
		15	15	–	12	24	
Driving TTL/DTL		5	5	–	35	70	ns
		10	5	–	15	30	
		15	5	–	10	20	
OUTPUT TRANSITION TIME	t_{TLH}	5	5	–	150	300	ns
		10	10	–	75	150	
		15	15	–	60	120	
	t_{THL}	5	5	–	30	60	ns
		10	10	–	20	40	
		15	15	–	12	24	
INPUT CAPACITANCE	C_{IN}						
SCL4009UB		–	–	–	10	15	pF
SCL4010B		–	–	–	5	7.5	

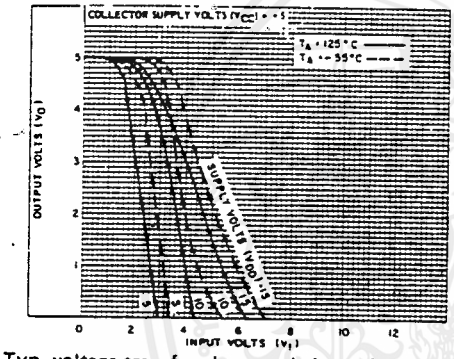
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



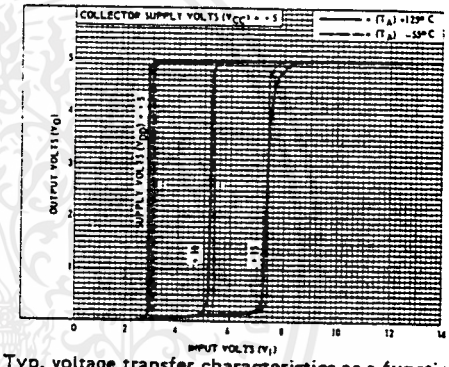
Typical P-Channel
Source Current Characteristics



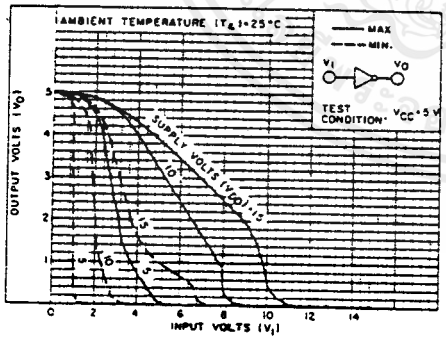
Typical N-Channel
Sink Current Characteristics



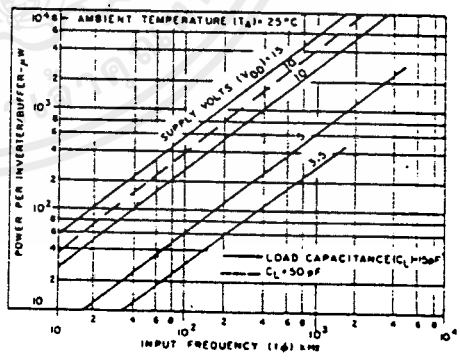
Typ. voltage transfer characteristics as function of temperature — SCL4009UB



Typ. voltage transfer characteristics as a function of temperature — SCL4010B



Min. & max. voltage transfer characteristics — SCL4009UB



Typ. dissipation characteristics — SCL4009UB, SCL4010B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

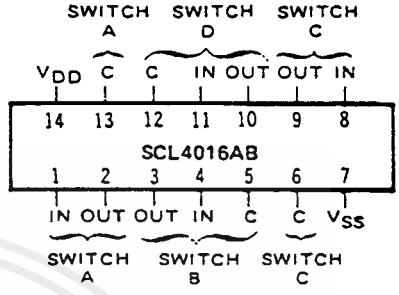
SCL4016AB

CMOS QUAD ANALOG SWITCH

FEATURES

- Wide Range of Digital and Analog Signal Levels- Digital or Analog Signals to 18 Volts peak
- Low ON Resistance — 200 Ω typ. over 15Vp-p Signal Input Range, @ 15Vdc
- Matched Switch Characteristics - 10Ω typ. Difference between R_{ON} Values at a Fixed Bias Point over 15Vp-p Signal Input Range @ 15Vdc
- High On/Off Output Voltage Ratio – 65 dB typ. @ f_{is} = 10kHz, R_L = 10KΩ
- High degree of Linearity - ≤ 0.4% Distortion typ. @ f_{is} = 1kHz, V_{is} = $5V_{p-p}$, V_{DD}-V_{SS} ≥ 10V, R_L = 10kΩ
- Extremely Low OFF Switch Leakage Resulting in Very Low Offset Current and High Effective OFF resistance - 10pA typ. @ V_{DD}-V_{SS} = 10V, T_A = 25°C
- Extremely High Control Input Impedance (Control Circuit Isolated from Signal Circuit) - 10^{12}Ω typ.
- Low Crosstalk between Switches - -50dB typ. @ f_{is} = 0.9MHz, R_L = 1kΩ
- Matched Control-Input to Signal-Output Capacitances - Reduces Output Signal Transients
- Transmits Frequencies up to 40MHz

CONNECTION DIAGRAM
(all packages)



Add suffix for package:

C	14-pin Cerdip
D	14-pin Ceramic
E	14-pin Epoxy
F	14-pin Flat
H	Chip

DESCRIPTION

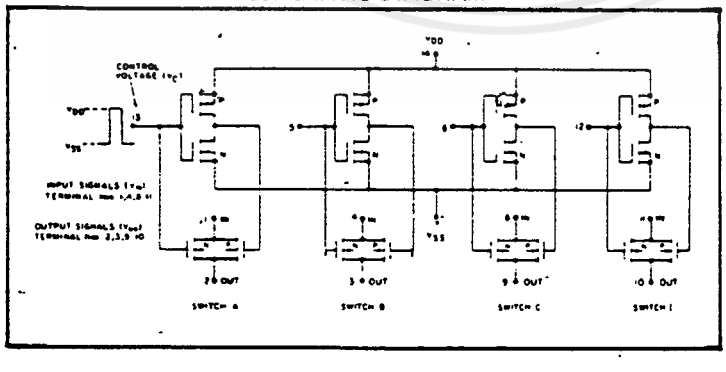
The SCL4016AB is a single-chip monolithic silicon integrated circuit containing eight N-channel and eight P-channel enhancement-mode MOS transistors connected to form four independent bilateral signal switches. Each switch consists of both P- and N-channel devices with common source and drain connections. A single control signal is required per switch. Both P and N devices in a given switch are biased ON or OFF by the control signal. The CMOS switch permits peak input-signal voltage swings equal to the full supply voltage, a considerable advantage over single-channel types.

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

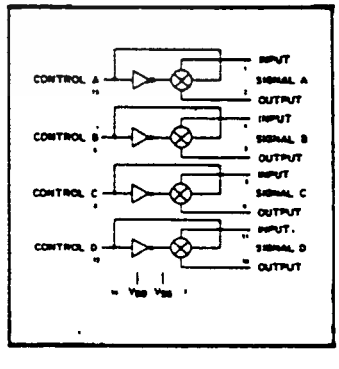
For maximum reliability:

DC Supply Voltage	V_{DD} - V_{SS}	3 to 15	Vdc
Operating Temperature	T_A		
C, D, F, H Device		-55 to +125	°C
E Device		-40 to +85	°C

SCHEMATIC DIAGRAM



LOGIC DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

STATIC CHARACTERISTICS [1,3]

PARAMETER		CONDITIONS	V_{SS} (Vdc)	V_{DD} (Vdc)	T_{LOW} [2] Min.	T_{LOW} [2] Max.	25°C Min.	25°C Typ.	25°C Max.	T_{HIGH} [2] Min.	T_{HIGH} [2] Max.	Units
QUIESCENT DEVICE CURRENT	I_{DD}	$V_{IN} = V_{SS}$ or V_{DD} All valid input combinations	0	5	–	0.05	–	0.0005	0.05	–	1.5	µAdc
			0	10	–	0.1	–	0.001	0.1	–	3.0	
			0	15	–	0.2	–	0.002	0.2	–	5.0	
MINIMUM INPUT HIGH VOLTAGE (Control Input)	V_{IH}	$V_{IS} = V_{SS}$ $V_{OS} = V_{DD}$ $I_{OS} = 10\mu A$	0	5	–	2.9	–	1.5	2.9	–	2.4	Vdc
			0	10	–	2.9	–	1.5	2.7	–	2.4	
			0	15	–	2.9	–	1.5	2.7	–	2.4	
MAXIMUM INPUT LOW VOLTAGE (Control Input)	V_{IL}	$V_{IS} = V_{SS}$ $V_{OS} = V_{DD}$ $I_{OS} = 10\mu A$	0	5	0.9	–	0.7	1.5	–	0.4	–	Vdc
			0	10	0.9	–	0.7	1.5	–	0.4	–	
			0	15	0.9	–	0.7	1.5	–	0.4	–	
SWITCH INPUT/OUTPUT LEAKAGE (Switch off)	I_{OFF}	$V_C = V_{SS}$ V_{IS} ±7.5	-7.5	+7.5	–	±250	–	±0.1	±250	–	±2500	nAdc
		V_{IS} ±5	-5	+5	–	±125	–	±0.01	±125	–	±1250	
ON-RESISTANCE C, D, F, H device	R_{ON}	$V_C = V_{DD}$ $R_L = 10k\Omega$ V_{IS} (Vdc) +7.5	-7.5	+7.5	–	360	–	200	400	–	600	Ω
		-7.5			–	360	–	200	400	–	600	
		±0.25			–	775	–	280	850	–	1230	
		+5	-5	+5	–	600	–	250	660	–	960	Ω
		-5			–	600	–	250	660	–	960	
		±0.25			–	1870	–	580	2000	–	2800	
		+15	0	+15	–	360	–	200	400	–	600	Ω
		+0.25			–	360	–	200	400	–	600	
		+9.3			–	775	–	300	850	–	1230	
		+10	0	+10	–	600	–	250	660	–	960	Ω
		+0.25			–	600	–	250	660	–	960	
		+5.6			–	1870	–	560	2000	–	2800	
E device	R_{ON}	$V_C = V_{DD}$ $R_L = 10k\Omega$ V_{IS} (Vdc) +7.5	-7.5	+7.5	–	370	–	200	400	–	520	Ω
		-7.5			–	370	–	200	400	–	520	
		±0.25			–	790	–	280	850	–	1080	
		+5	-5	+5	–	610	–	250	680	–	840	Ω
		-5			–	610	–	250	680	–	840	
		±0.25			–	1900	–	580	2000	–	2380	
		+15	0	+15	–	370	–	200	400	–	520	Ω
		+0.25			–	370	–	200	400	–	520	
		+9.3			–	790	–	300	850	–	1080	
		+10	0	+10	–	610	–	250	680	–	840	Ω
		-0.25			–	610	–	250	680	–	840	
		+5.6			–	1900	–	580	2000	–	2380	
ON-RESISTANCE MATCH (Same package)	ΔR_{ON}	$V_C = V_{DD}$ $R_L = 10k\Omega$ V_{IS} (Vdc) ±7.5	-7.5	+7.5	–	–	–	10	–	–	–	Ω
		±5	-5	+5	–	–	–	15	–	–	–	

NOTES: [1] Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL40008 Series Family Specifications".
[2] T_{LOW} = -55°C for C, D, F, H device.
= -40°C for E device.
T_{HIGH} = +125°C for C, D, F, H device.
= + 85°C for E device.
[3] This device has been designed for balanced output drive current specifications. Consult Family Specifications.

DYNAMIC CHARACTERISTICS (C_L = 50 pF, T_A = 25°C)

PARAMETER		CONDITIONS	R_L	V_{SS} (Vdc)	V_{DD} (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	UNIT
SIGNAL INPUTS (V_{IS}) AND OUTPUTS (V_{OS})									
PROPAGATION DELAY TIME Signal input to signal output	t_{PLH}, t_{PHL}	$V_C = V_{DD}$ V_{IS} = square wave $R_L = 10k\Omega$		0	5	–	20	40	ns
				0	10	–	10	20	
				0	15	–	7.5	15	
BANDWIDTH (-3dB) (Sine Wave)	BW	$V_C = V_{DD}$ $V_{IS} = 5V_{p-p}$ centered @0.0Vdc	1kΩ	-5	+5	–	54	–	MHz
			10kΩ			–	40	–	
			100kΩ			–	38	–	
			1MΩ			–	37	–	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Continued)

DYNAMIC CHARACTERISTICS (C_L = 50 pF, T_A = 25°C) (Continued)

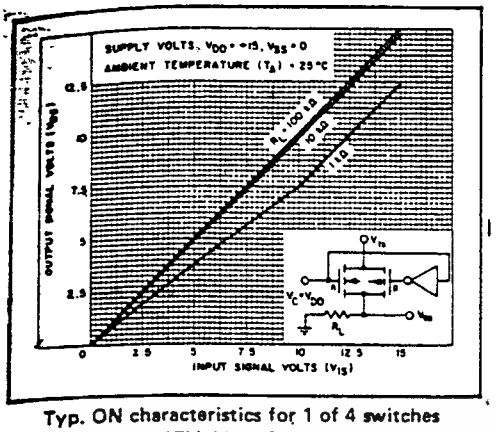
PARAMETER		CONDITIONS	V_{SS} (Vdc)	V_{DD} (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units
SIGNAL INPUTS (V_{IS}) AND OUTPUTS (V_{OS}) (Continued)								
INSERTION LOSS (= 20 $\log_{10} \frac{V_{OS}}{V_{IS}}$)		V_C = V_{DD}, V_{IS} = 5 V_{p-p} centered @0.0Vdc; R_L = 1kΩ	5	+5	–	2.3	–	dB
		R_L = 10kΩ			–	0.2	–	
		R_L = 100kΩ			–	0.1	–	
		R_L = 1MΩ			–	0.05	–	
SIGNAL DISTORTION (Sine Wave)		V_C = V_{DD}, V_{IS} = 5 V_{p-p} centered @0.0Vdc, f_{IS} = 1.0kHz, R_L = 10kΩ	5	+5	–	0.4	–	%
FEEDTHROUGH (-50dB)		V_C = V_{SS}, V_{IS} = 5 V_{p-p} centered @0.0Vdc; R_L = 1kΩ	-5	+5	–	1250	–	kHz
		R_L = 10kΩ			–	140	–	
		R_L = 100kΩ			–	18	–	
		R_L = 1MΩ			–	2	–	
CROSSTALK (-50dB) (Between two switches)		V_C (A) = V_{DD}, V_C (B) = V_{SS}, V_{IS} (A) = 5 V_{p-p} centered @0.0Vdc, R_L = 1.0k	-5	+5	–	0.9	–	MHz
CAPACITANCE Input	C_{IS}	V_C = V_{SS}	-5	+5	–	4	–	pF
Output	C_{OS}				–	4	–	pF
Feedthrough	C_{IOS}				–	0.2	–	pF
CONTROL INPUT (V_C)								
PROPAGATION DELAY TIME Turn on	t_{PLH}, t_{PHL}	$V_{SS} \le V_{IS} \le V_{DD}$, R_L = 10kΩ	0	5	–	40	80	ns
			0	10	–	20	40	
			0	15	–	15	30	
MAXIMUM INPUT FREQUENCY	f_C	$V_{SS} \le V_{IS} \le V_{DD}$, R_L = 1.0kΩ	0	5	–	5	–	MHz
			0	10	–	10	–	
			0	15	–	12	–	
CROSSTALK (To signal port)		V_C = Square wave, R_L = 10kΩ, R_{IN} = 1.0kΩ	0	5	–	30	–	mV
			0	10	–	50	–	
			0	15	–	100	–	

TYPICAL ON-RESISTANCE CHARACTERISTICS

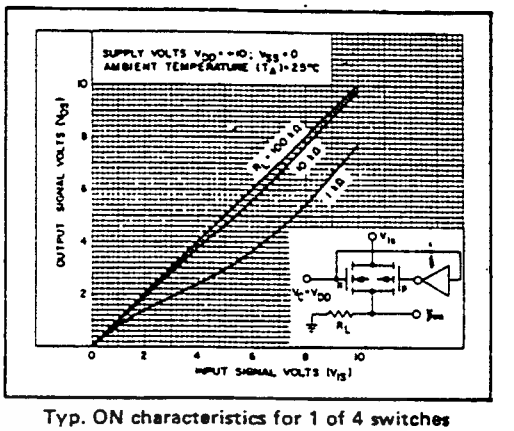
CHARACTERISTIC*	SUPPLY CONDITIONS		LOAD CONDITIONS					
			R_L = 1kΩ		R_L = 10kΩ		R_L = 100kΩ	
	V_{DD} (V)	V_{SS} (V)	VALUE (Ω)	V_{is} (V)	VALUE (Ω)	V_{is} (V)	VALUE (Ω)	V_{is} (V)
R_{ON}	+15	0	200	+15	200	+15	180	+15
			200	0	200	0	200	0
R_{ON}(max.)	+15	0	300	+11	300	+9.3	320	+9.2
R_{ON}	+10	0	290	+10	250	+10	240	+10
			290	0	250	0	300	0
R_{ON}(max.)	+10	0	500	+7.4	580	+6.6	610	+5.5
R_{ON}	+ 5	0	860	+ 5	470	+ 5	450	+ 5
			800	0	580	0	800	0
R_{ON}(max.)	+ 5	0	1.7k	+4.2	7k	+2.9	33k	+2.7
R_{ON}	+7.5	−7.5	200	+7.5	200	+7.5	180	+7.5
			200	−7.5	200	−7.5	180	−7.5
R_{ON}(max.)	+7.5	−7.5	280	±0.25	280	±25	400	±0.25
R_{ON}	+ 5	− 5	280	+ 5	250	+ 5	240	+ 5
			310	− 5	250	− 5	240	− 5
R_{ON}(max.)	+ 5	− 5	600	±0.25	580	±0.25	760	±0.25
R_{ON}	+2.5	−2.5	580	+2.5	450	+2.5	490	+2.5
			720	−2.5	520	−2.5	520	−2.5
R_{ON}(max.)	+2.5	−2.5	232k	±0.25	300k	±0.25	870k	±0.25

* Variation from a perfect switch: R_{ON} = 0Ω.

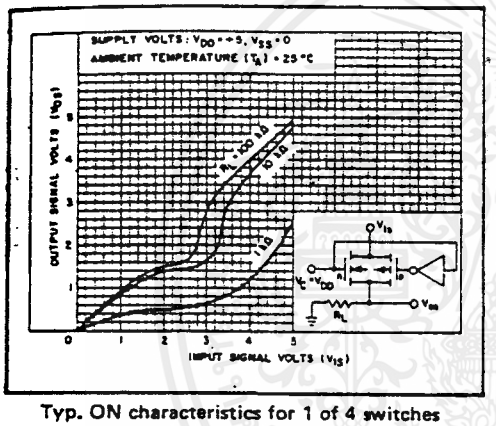
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



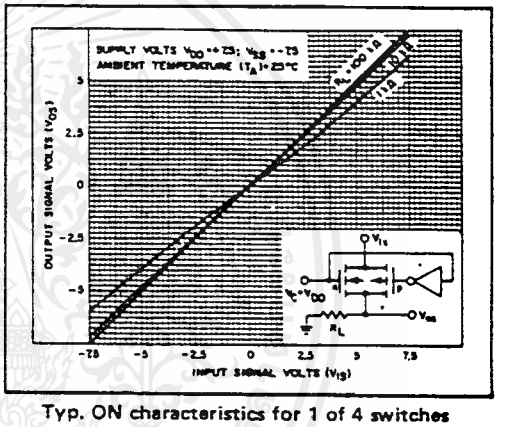
Typ. ON characteristics for 1 of 4 switches with V_{DD}=+15V, V_{SS}=0V



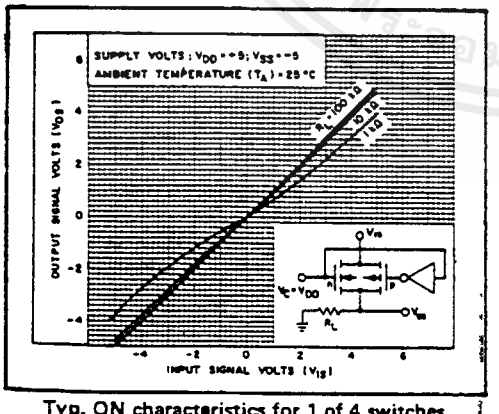
Typ. ON characteristics for 1 of 4 switches with V_{DD}=+10V, V_{SS}=0V



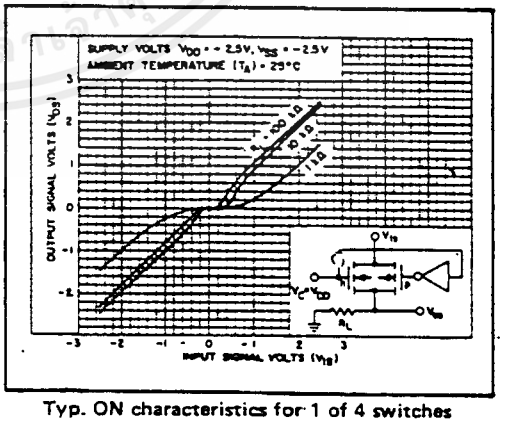
Typ. ON characteristics for 1 of 4 switches with V_{DD}=+5V, V_{SS}=0V



Typ. ON characteristics for 1 of 4 switches with V_{DD}=+7.5V, V_{SS}=−7.5V

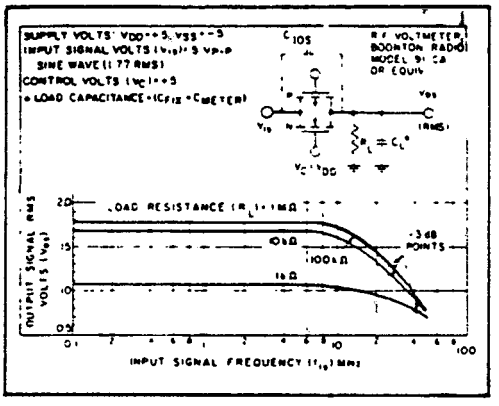


Typ. ON characteristics for 1 of 4 switches with V_{DD}=+5V, V_{SS}=−5V

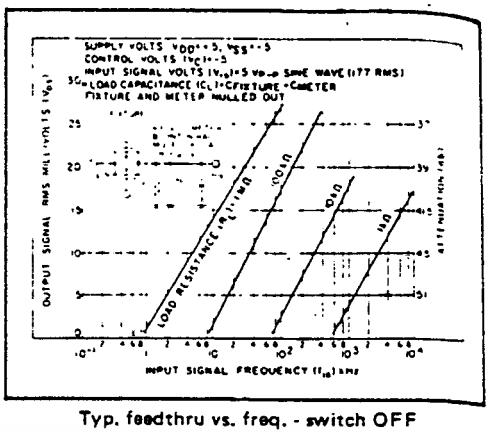


Typ. ON characteristics for 1 of 4 switches with V_{DD}=+2.5V, V_{SS}=−2.5V

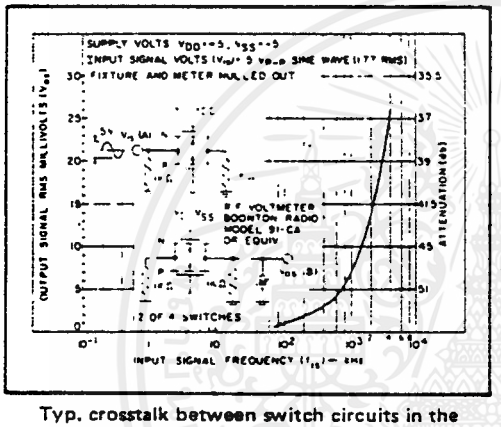
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



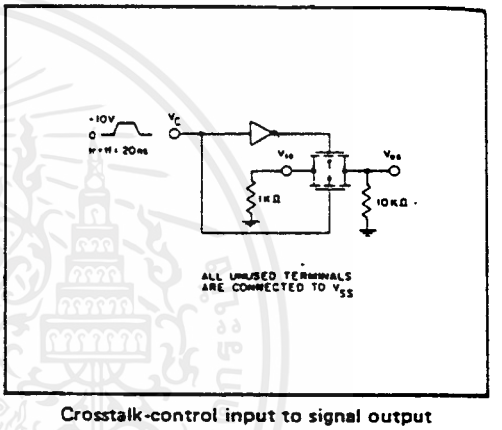
Typ. switch frequency response - switch ON



Typ. feedthru vs. freq. - switch OFF



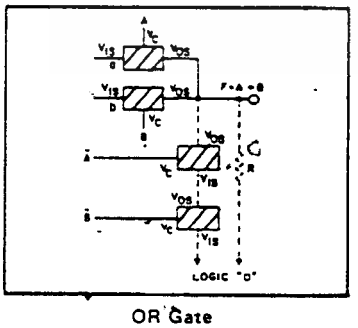
Typ. crosstalk between switch circuits in the same package



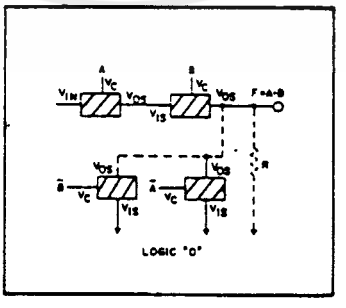
Crosstalk-control input to signal output

APPLICATIONS INFORMATION

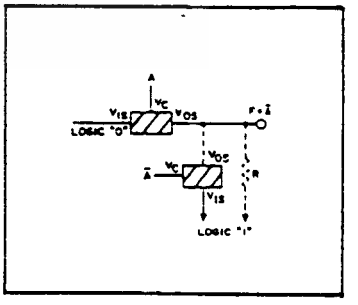
LOGIC FUNCTIONS USING THE SCL4016AB



OR Gate



AND Gate



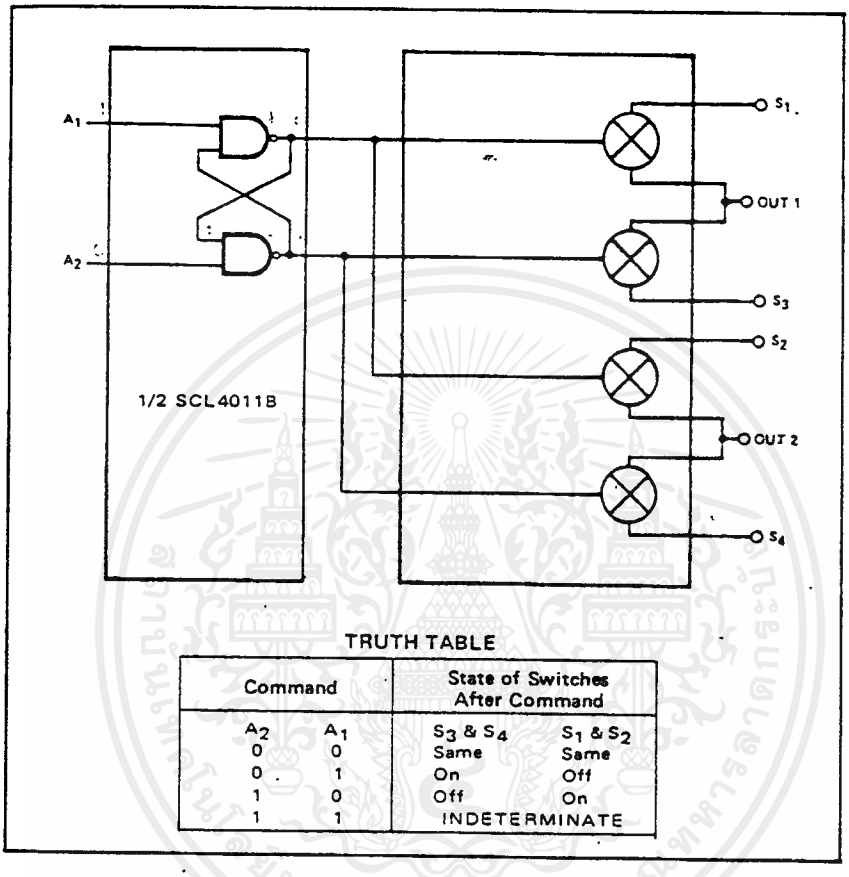
Inverter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATIONS INFORMATION (Continued)

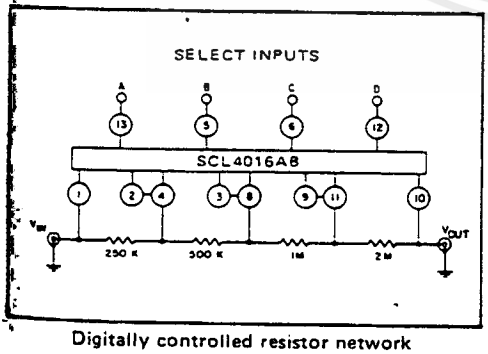
LATCHING DPDT SWITCH

The latch feature insures positive switching action in response to non-repetitive or erratic commands. A HIGH input to A_1 turns S_3 and S_4 ON, a HIGH to A_2 turns S_1 and S_2 ON. Desirable for use with limit detectors, peak detectors, or mechanical contact closures.

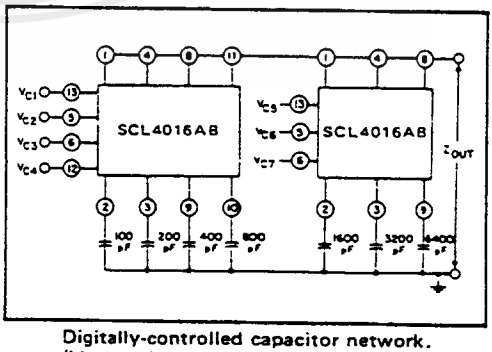


TRUTH TABLE

Command		State of Switches After Command	
A_2	A_1	S_3 & S_4	S_1 & S_2
0	0	Same	Same
0	1	On	Off
1	0	Off	On
1	1	INDETERMINATE	



Digitally controlled resistor network



Digitally-controlled capacitor network.
($V_{C1} \rightarrow V_{C7}$ are Select Inputs)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCL4017AB

CMOS DECADE COUNTER/DIVIDER

FEATURES

- 10 Decoded Decimal Outputs
- Direct Reset
- Trigger from either Edge of Clock Input
- Carry Output for Cascading Stages
- Fully Static Operation - DC to 5MHz @ 10Vdc

DESCRIPTION

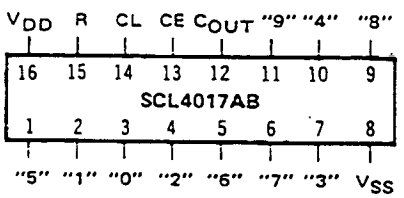
The SCL4017AB consists of a 5-stage Johnson Decade Counter and an Output Decoder. Inputs include Clock, Reset, and Clock Enable signals.

The counter has interchangeable Clock and Clock Enable lines for incrementing on either a positive-going or negative-going transition, respectively. A high Reset signal clears the counter to its zero count.

Use of the Johnson decade counter configuration permits high-speed operation, 2-input decode gating, and spike-free decoded outputs. Anti-lock gating is provided, thus assuring proper counting sequence. The 10 decoded outputs are normally low and go high only at their respective decoded time slot. Each decoded output remains high for one full clock cycle. A Carry-out (C_{OUT}) signal completes one cycle every 10 clock input cycles and is used to directly clock the succeeding counter in multi-stage applications.

This part can be used in frequency division circuits as well as decade counter or decimal decode display applications.

CONNECTION DIAGRAM
(all packages)



Add suffix for package:

C	16-pin Cerdip
D	16-pin Ceramic
E	16-pin Epoxy
F	16-pin Flat
H	Chip

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability:

DC Supply Voltage	$V_{DD} - V_{SS}$	3 to 15	Vdc
Operating Temperature	T_A		
C, D, F, H Device		-55 to +125	°C
E Device		-40 to +85	°C

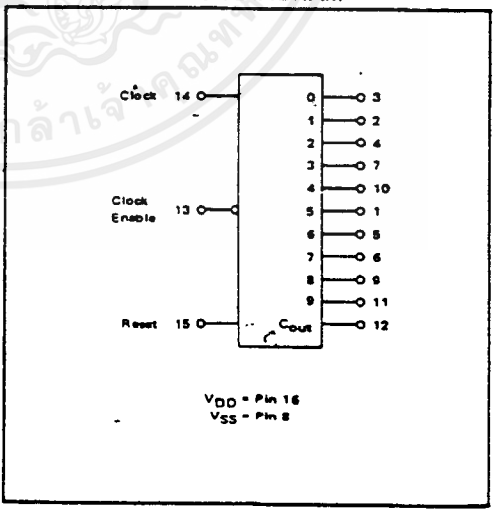
FUNCTIONAL TRUTH TABLE
(Positive Logic)

Clock	Clock Enable	Reset	Decode Output = n
0	X	0	n
X	1	0	n
X	X	1	"0"
⌒	0	0	n + 1
⌒	X	0	n
X	⌒	0	n
1	⌒	0	n + 1

X = Don't Care

If n < 5 Carry = "1", Otherwise = "0"

BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

STATIC CHARACTERISTICS [1]

PARAMETER		V_{DD} (Vdc)	CONDITIONS	T_{LOW} [2]		+25°C			T_{HIGH} [2]		Units
				Min.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Max.	
QUIESCENT DEVICE CURRENT	I_{DD}	5	$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}	–	5	–	0.05	5	–	150	μAdc
		10	All valid input	–	10	–	0.1	10	–	300	
		15	combinations	–	20	–	0.2	20	–	600	
OUTPUT HIGH (SOURCE) CURRENT											
C, D, F, H device	I_{OH}										
Decoded Outputs		5	V_{OH} = 4.6V	-0.05	–	-0.04	-0.3	–	-0.028	–	mAdc
		10	V_{OH} = 9.5V	-0.125	–	-0.1	-0.75	–	-0.07	–	
		15	V_{OH} = 13.5V	-0.375	–	-0.3	-2.5	–	-0.21		
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
Carry Output		5	V_{OH} = 4.6V	-0.25	–	-0.2	-0.75	–	-0.14	–	mAdc
		10	V_{OH} = 9.5V	-0.62	–	-0.5	-1.1	–	-0.35	–	
		15	V_{OH} = 13.5V	-1.9	–	-1.5	-3.5	–	-1.1	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
E device	I_{OH}										
Decoded Outputs		5	V_{OH} = 4.6V	-0.048	–	-0.04	-0.3	–	-0.032	–	mAdc
		10	V_{OH} = 9.5V	-0.12	–	-0.1	-0.75	–	-0.08	–	
		15	V_{OH} = 13.5V	-0.36	–	-0.3	-2.5	–	-0.24	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
Carry Output		5	V_{OH} = 4.6V	-0.24	–	-0.2	-0.75	–	-0.16	–	mAdc
		10	V_{OH} = 9.5V	-0.6	–	-0.5	-1.1	–	-0.4	–	
		15	V_{OH} = 13.5V	-1.8	–	-1.5	-3.5	–	-1.2	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
OUTPUT LOW (SINK) CURRENT											
C, D, F, H device	I_{OL}										
Decoded Outputs		5	V_{OL} = 0.4V	0.05	–	0.04	0.4	–	0.028	–	mAdc
		10	V_{OL} = 0.5V	0.125	–	0.1	1.0	–	0.07	–	
		15	V_{OL} = 1.5V	0.375	–	0.3	3.0	–	0.21	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
Carry Output		5	V_{OL} = 0.4V	0.25	–	0.2	0.75	–	0.14	–	mAdc
		10	V_{OL} = 0.5V	0.62	–	0.5	1.3	–	0.35	–	
		15	V_{OL} = 1.5V	1.9	–	1.5	4.0	–	1.1	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
E device	I_{OL}										
Decoded Outputs		5	V_{OL} = 0.4V	0.048	–	0.04	0.4	–	0.032	–	mAdc
		10	V_{OL} = 0.5V	0.12	–	0.1	1.0	–	0.08	–	
		15	V_{OL} = 1.5V	0.36	–	0.3	3.0	–	0.24	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
Carry Output		5	V_{OL} = 0.4V	0.24	–	0.2	0.75	–	0.16	–	mAdc
		10	V_{OL} = 0.5V	0.6	–	0.5	1.3	–	0.4	–	
		15	V_{OL} = 1.5V	1.8	–	1.5	4.0	–	1.2	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								

NOTES: [1] Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".

[2] T_{LOW} = -55°C for C, D, F, H device.
= -40°C for E device.
T_{HIGH} = +125°C for C, D, F, H device.
= + 85°C for E device.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

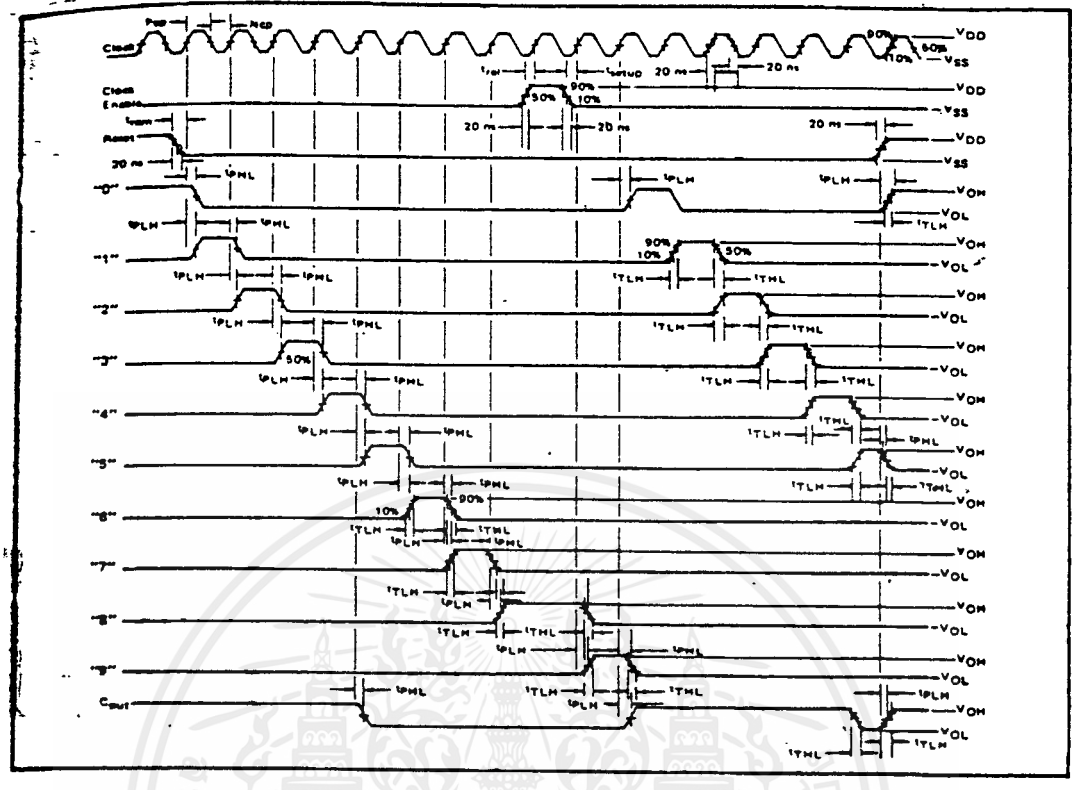
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Continued)

DYNAMIC CHARACTERISTICS (C_L = 50pF, T_A = 25°C)

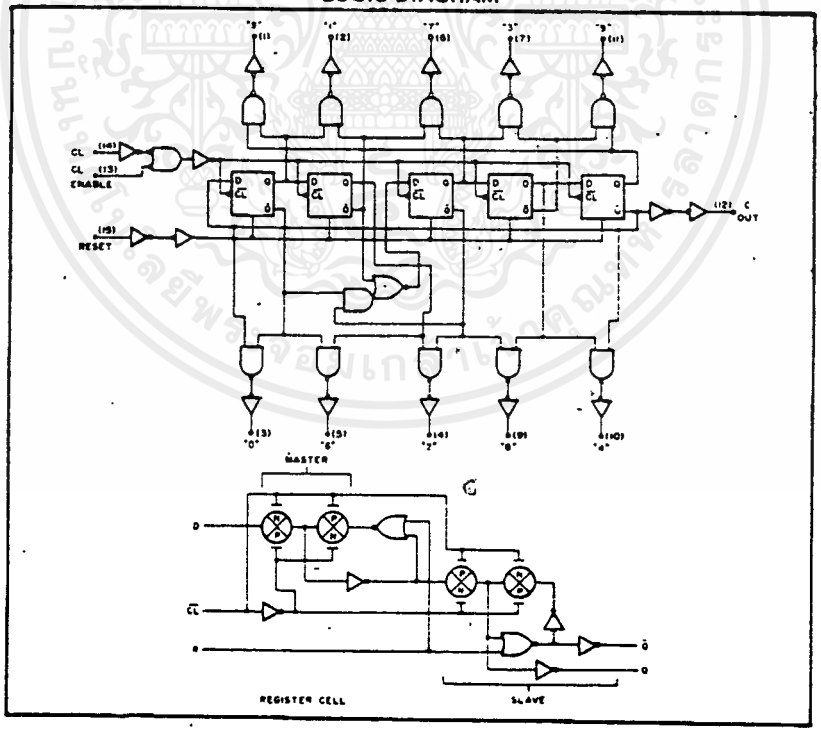
PARAMETER		V_{DD} (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units
CLOCKED OPERATION						
PROPAGATION DELAY TIME To Decoded Outputs	t_{PLH}, t_{PHL}	5	–	600	1200	ns
		10	–	240	480	
		15	–	180	360	
To Carry Output	t_{PLH}, t_{PHL}	5	–	500	1000	ns
		10	–	200	400	
		15	–	150	300	
OUTPUT TRANSITION TIME Decoded Outputs	t_{TLH}, t_{THL}	5	–	250	500	ns
		10	–	125	250	
		15	–	90	180	
Carry Output	t_{TLH}, t_{THL}	5	–	180	360	ns
		10	–	90	180	
		15	–	65	130	
MINIMUM CLOCK PULSE WIDTH	PW_{CL}	5	–	200	400	ns
		10	–	100	200	
		15	–	80	160	
MAXIMUM CLOCK FREQUENCY	f_{CL}	5	1.25	2.5	–	MHz
		10	2.5	5.0	–	
		15	3.0	6.0	–	
MAXIMUM CLOCK OR ENABLE RISE AND FALL TIME	t_{rCL}, t_{fCL}	5	15	–	–	μs
		10	15	–	–	
		15	5	–	–	
MINIMUM ENABLE SETUP TIME	t_{setup}	5	–	175	350	ns
		10	–	75	150	
		15	–	55	110	
MINIMUM ENABLE REMOVAL TIME	t_{rem}	5	–	250	500	ns
		10	–	100	200	
		15	–	75	150	
RESET OPERATION						
PROPAGATION DELAY TIME To Decoded Outputs	t_{PLH}, t_{PHL}	5	–	500	1000	ns
		10	–	200	400	
		15	–	140	280	
To Carry Output	t_{PLH}	5	–	400	800	ns
		10	–	150	300	
		15	–	110	220	
MINIMUM RESET PULSE WIDTH	PW_R	5	–	150	300	ns
		10	–	75	150	
		15	–	60	120	
RESET REMOVAL TIME	t_{rem}	5	–	250	500	ns
		10	–	100	200	
		15	–	80	160	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC MEASUREMENT DEFINITION AND FUNCTIONAL WAVEFORMS



LOGIC DIAGRAM

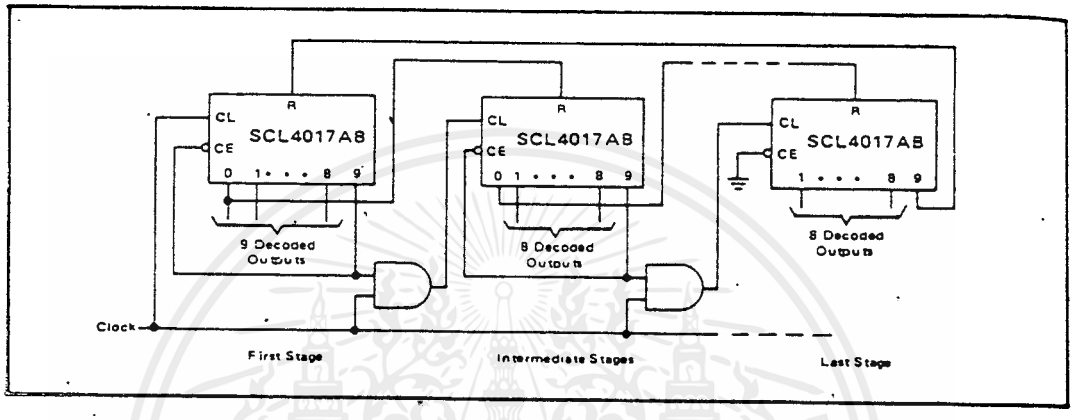


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATIONS INFORMATION

COUNTER EXPANSION

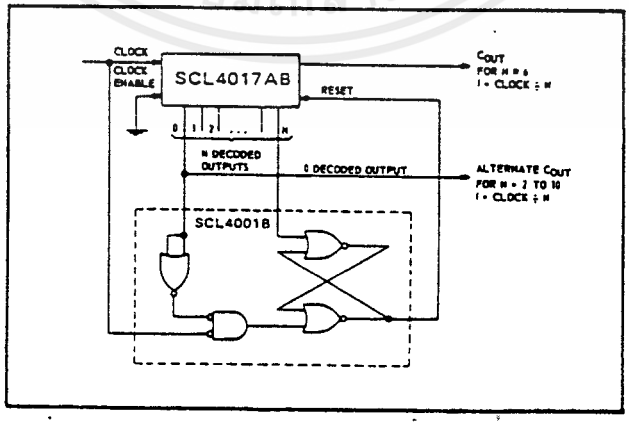
This figure shows a technique for extending the number of decoded output states for the SCL4017AB. Decoded outputs are sequential within each stage and from stage to stage, with no dead time (except propagation delay).



DIVIDE-BY-N COUNTER

When the Nth decoded output is reached (Nth clock pulse), the S-R flip-flop (constructed from the SCL4001B) generates a reset pulse which clears the SCL4017AB to its zero count. At this time, if the Nth decoded output is greater than or equal to 6, the C_{OUT} line goes high to clock the next counter section. The "0" decoded output also goes high at this time. Coincidence of the clock "low" and decoded "0" output "high" resets the S-R flip-flop to enable the SCL4017AB.

If the Nth decoded output is less than 6, the C_{OUT} line will not go high, and, therefore, cannot be used. In this case, the "0" decoded output may be used to perform the clock function for the next counter.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5400/7400 Quadruple 2-Input Positive-NAND Gates

	Schottky TTL		High-Speed TTL		Low-Power Schottky TTL		Standard TTL		Low-Power TTL	
	Device Type	Package	Device Type	Package	Device Type	Package	Device Type	Package	Device Type	Package
T. I.	SN54S00	J D N F W	SN54H00	J D F W	SN54LS00	J D F W	SN5400	J D F W	SN54L00	J D N T F
	SN74S00	J D N F	SN74H00	J D N F	SN74LS00	J D N T F	SN7400	J D N F	SN54L30	J D N T F
FAIRCHILD	FM54S00 FM9S00	D F	FM54H00 FM9H00	D F W	FM54LS00 / FM9LS00	D F W	FM5400 FM9N00	D F		
	FC74S00 FC9S00	D F	FC74H00 FC9H00	D P F	FC74LS00 / FC9LS00	D P F	FC7400 FC9N00	D P F		
MOTOROLA			MC3100	L F			MC5400	L F		
			MC3000	L P F	SN74LS00	P F	MC7400	L P F		
N. S. C.			DM54H00	J D N F	DM54LS00		DM5400	J D N F W	CM54L30	J D N T F
	DM74S00	N F	DM74H00	J D N F	DM74LS00		DM7400	J D N F	CM74L00	J D N F
PHILIPS	N74S00	D	GJH131, 74H00	D	N74LS00	D	FJH131 T400	D		
SIGNETICS	N54S00	F D A	S54H00	F D A W			S5400	F D A W		
	N74S00	F D A	N74H00	F D A	N74LS00	A	N7400	F D A		
SIEMENS										
FUJITSU							FLH101	D		
HITACHI			MB601	D M	74LS00	M	MB400	D M		
MITSUBISHI	HD74S00	D P			HD74LS00	P	HD7400 HD2503	D P		
NEC	M55000	P			M74LS00	P	M53200	P		
TOSHIBA	μP92S00	D			74LS00	C	μP9201	D C		
							TD3400 A	P		

Electrical Characteristics SN54LS00/SN74LS00

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	−55°C to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS	0°C to 70°C
Interemitter voltage	5.5V	Storage temperature range		−65°C to 150°C

recommended operating conditions

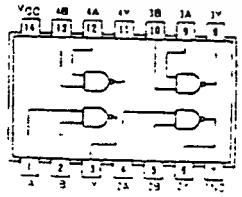
	SN54LS00			SN74LS00			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			−400			−400	μA
Low-level output current I_{OL}			4			8	mA
Operating free-air temperature, T_A	−55	25	125	0	25	70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

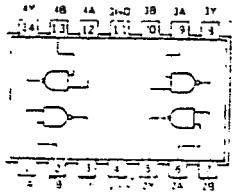
	PARAMETER	TEST CONDITIONS*	MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage		2			V
V_{IL}	Low-level input voltage				0.8	V
V_I	Input clamp voltage	V_{CC} = MIN, I_I = −18mA			−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IL} = V_{IL} max, I_{OH} = MAX	2.7	3.4		V
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2V, I_{OL} = 4mA		0.2	0.4	V
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC} = MAX, V_I = 7V			0.1	mA
I_{IH}	High-level input current	V_{CC} = MAX, V_{IH} = 2.7V			20	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC} = MAX, V_{IL} = 0.4V			−0.4	mA
I_{OS}	Short-circuit output current◆	V_{CC} = MAX, 54LS Family	−20		−100	mA
		V_{CC} = MAX, 74LS Family	−18		−100	mA
I_{CCH}	Supply current	V_{CC} = MAX, 253M, outputs high		4	8	mA
I_{CCL}	Supply current	V_{CC} = MAX, 253M, outputs low		12	22	mA
I_{CC}	Supply current	V_{CC} = 5V, Average per gate (50% duty cycle)		0.4		mA
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	V_{CC} = 5V, T_A = 25°C, C_L = 15pF, R_L = 2kΩ		9	15	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output			10	15	ns

Pin Assignments (Top View)

①

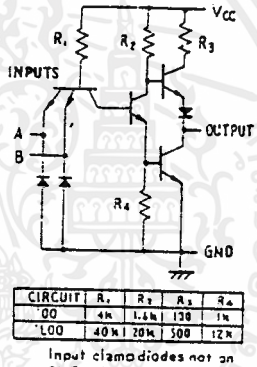


②



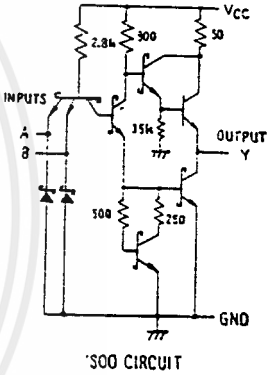
positive logic
$Y = \overline{AB}$

Schematics (each gate)

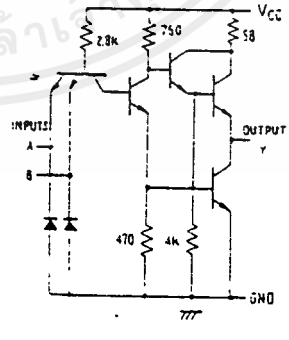


CIRCUIT	R_1	R_2	R_3	R_4
'00	4k	1.6k	130	1k
'L00	40k	20k	500	12k

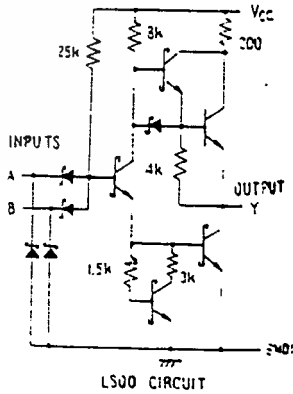
Input clamp diodes not on SN54L'/SN74L' circuits.
'00, 'L00 CIRCUITS



'S00 CIRCUIT



H00 CIRCUIT



LS00 CIRCUIT

Resistor values shown are nominal and in ohms.

* For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡ All typical values are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.
◆ Not more than one output should be shorted at a time, and for SN54H, SN74H, and SN54S, SN74S, duration of short-circuit should not exceed one second.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้