สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบป้องกันการโจรกรรมรถยนต์

CAR ANTI-THEFT PROTECTION SYSTEM

โดย

นาย สุเทพ คุ้มสมบัติ

นาย สุนธร ประสมสุข

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42165
วัน, เดือน, ปี 14 พ.ค. 2545
.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาปริญญานิพนธ์ ระบบป้องกันการโจรกรรมรถยนต์
CAR ANTI-THEFT PROTECTION SYSTEM

ชื่อนักศึกษานักศึกษา 1.นายสุเทพ คุ้มสมบัติ รหัสประจำตัว 40013390
2.นายสุนธร ประสมสุข รหัสประจำตัว 40013391

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. อุทัย ศรีธีระวิโรจน์

ภาควิชา เทคนิคอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2543

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

---------- ประธานกรรมการ
( )
---------- กรรมการ
( )
---------- กรรมการ
( )
---------- กรรมการ
( )
---------- กรรมการ
( )

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบป้องกันการโจรกรรมรถยนต์

นายสุเทพ คุ้มสมบัติ
นายสุนธร ประสมสุข

อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ. อุทัย ศรีธีระวิโรจน์

ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเสนอระบบป้องกันการโจรกรรมรถยนต์ โดยสามารถเข้ารหัสสัญญาณจากรีโมทคอนโทรลเพื่อควบคุมระบบไฟฟ้าของรถยนต์และหากเข้ารหัสผิดเครื่องรับรหัสที่ติดตั้งอยู่ภายในรถยนต์จะสั่งงานให้ระบบอะลาร์มแจ้งเหตุดังขึ้น ในทำนองเดียวกันหากเข้ารหัสที่อุปกรณ์เข้ารหัสที่ติดตั้งภายในรถยนต์ผิด ก็จะส่งสัญญาณแจ้งเหตุมาที่รีโมทคอนโทรลพร้อมทั้งสัญญาณแจ้งเหตุที่รถก็จะดังขึ้นเช่นกัน

โดยสัญญาณที่ส่งออกมาจากเครื่องส่งภายในรถยนต์สามารถส่งได้ไกลในรัศมีประมาณ 1 กิโลเมตรมาที่รีโมทคอนโทรล และระบบสามารถติดตั้งสวิทช์รับสัญญาณซ่อนไว้ตามจุดต่างๆ ภายในรถได้ตามต้องการ เพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้มากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CAR ANTI – THEFT PROTECTION SYSTEM

MR. SUTHEP KHUMSOMBAT

MR. SOONTHON PRASOMSUK

ADVISOR

Asst. Prof. UTHAI SRITHEERAVIROJANA

2543

ABSTRACT

This project is the presentation of car anti – theft protection system designed by mean of encoding the signal from remote control in order to control electric system your car and if encode the signal incorrect. The code receiver in the car's to order the alarm system. At the same as when encoding is incorrect. The transmitter will send off the signal to remote control. In the same time alarm system in the car's is loudly.

The remote control will receive the signal radiator within 1 km. And the system can be install the signal receiver at any position in the car when you need to increase safety.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีโดยได้รับการอนุเคราะห์และคำแนะนำจาก ท่านอาจารย์อุทัย ศรีธีระวิโรจน์ด้วยดีเสมอมา และต้องขอขอบคุณทางสถานีเครื่องส่งช่อง 9 อ.ส.ม.ท. ที่ได้เอื้อเฟื้อเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง จนโครงงานนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณคุณวาทิน เจนกิจที่คอยให้กำลังใจและคอยช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา รวมทั้งเพื่อนๆทุกคนที่คอยสนับสนุนมาโดยตลอดจึงขอขอบคุณไว้ ณ.โอกาสนี้

นายสุเทพ คุ้มสมบัติ
นายสุนธร ประสมสุข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	**I**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	**II**
กิตติกรรมประกาศ	**III**
สารบัญ	**IV**
สารบัญตาราง	**VI**
สารบัญภาพ	**VII**
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 แนวความคิดและความเป็นมา	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	**2**
2.1 ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่คู่	2
2.2 สัญญาณ DTMF	6
2.3 วงจรเข้ารหัสและถอดรหัส	12
2.4 การเชื่อมโยงทางแสง	16
2.5 วงจรออสซิลเลเตอร์	18
2.6 สายอากาศแบบไดโพล	21
2.7 ไอซีไทเมอร์	29
บทที่ 3 การออกแบบสร้างและการทำงาน	**38**
3.1 บล๊อคไดอะแกรมการทำงานของระบบ	38
3.2 วงจรตรวจสอบสัญญาณเรียกเข้า	39
3.3 วงจรภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF	40
3.4 วงจรภาคแจ้งเหตุ	41
3.5 วงจรภาคสวิทช์รหัส	44
3.6 วงจรภาคเข้ารหัสสัญญาณ DTMF	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	**50**
4.1 วงจรส่งสัญญาณ	50
4.2 วงจรเข้าและถอดรหัส	51
4.3 เครื่องต้นแบบ	52
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	**53**
5.1 บทสรุป	53
5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้น	53
5.3 แนวทางแก้ไขและพัฒนา	54
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. เอกสารและข้อมูลอ้างอิง	
ภาคผนวก ข. วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงความถี่สัญญาณ DTMF	7
ตารางที่ 2.2 แสดงการต่อวงจรเข้ารหัสควบคุมเอ้าท์พุท	13
ตารางที่ 2.3 แสดงสถานะการทำงานของไอซี 555	33
ตารางที่ 3.1 แสดงสภาวะการทำงานของวงจรด้วย LED L1-L4	42
ตารางที่ 3.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ DTMF	46
ตารางที่ 3.3 แสดงตัวเลขบนแป้นกดที่ตรงกับขาของ SK1	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงตำแหน่งแป้นกดและค่าความถี่ต่างๆ	2
รูปที่ 2.2 แสดงวงจรพื้นฐานของโทรศัพท์ระบบ DTMF	3
รูปที่ 2.3 แสดงบล๊อคไดอะแกรมของโทรศัพท์ระบบความถี่คู่	4
รูปที่ 2.4 แสดงวงจรโทรศัพท์ระบบความถี่คู่ที่ใช้ไอซีสำเร็จรูป	4
รูปที่ 2.5 แสดงกราฟคุณลักษณะสัญญาณของอุปกรณ์ไฟฟ้า	7
รูปที่ 2.6 แสดงบล๊อคไดอะแกรมการทำงานของไอซีผลิตสัญญาณ DTMF	8
รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างภายในของ MT 8870	10
รูปที่ 2.8 แสดงตำแหน่งขาของ MT 8870	10
รูปที่ 2.9 แสดงการต่อวงจรเข้ารหัสควบคุมเอ้าท์พุท	13
รูปที่ 2.10 แสดงวงจรไดโอดเมทริกซ์ที่ต่อกันเป็นวงจรเข้ารหัส	14
รูปที่ 2.11 แสดงวงจรถอดรหัส 2 ออก 4	15
รูปที่ 2.12 แสดงสัญลักษณ์ของออปโตคัปเปอร์	16
รูปที่ 2.13 แสดงการทำงานของออปโตคัปเปอร์	17
รูปที่ 2.14 แสดงบล๊อคไดอะแกรมของวงจรออสซิลเลเตอร์	19
รูปที่ 2.15 แสดงความเพี้ยนของสัญญาณเทียบกับรูปคลื่นอุดมคติ	19
รูปที่ 2.16 แสดงสายอากาศก็คือโหลดของเครื่องส่ง	22
รูปที่ 2.17 แสดงการแพร่กระจายพลังงาน	23
รูปที่ 2.18 แสดงแพทเทิร์นสายอากาศความยาว ($\lambda/2$)	24
รูปที่ 2.19 แสดงความยาวจริงของสายกับความยาวทางไฟฟ้า	25
รูปที่ 2.20 แสดงองค์ประกอบภายในไอซี 555	30
รูปที่ 2.21 แสดงตำแหน่งขาของไอซี 555 และแผนที่ตัวถังของไอซี 555	31
รูปที่ 2.22 แสดงสถานะการทำงานของไอซี 555	34
รูปที่ 2.23 แสดงวงจรหน่วงเวลา	35
รูปที่ 2.24 แสดงการทำงานของวงจรอะสเตเบิ้ล	36
รูปที่ 3.1 แสดงบล๊อคไดอะแกรมการทำงานของระบบ	38
รูปที่ 3.2 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณเรียกเข้า	39
รูปที่ 3.3 แสดงวงจรภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 3.4 แสดงบล๊อคไดอะแกรมการทำงานของวงจร	41
รูปที่ 3.5 แสดงวงจรการทำงานของระบบ Auto Alarm	43
รูปที่ 3.6 แสดงวงจรสวิทช์รหัส	44
รูปที่ 3.7 แสดงแรงดันเอ้าท์พุทจากการสังเคราะห์สัญญาณของไอซี DTMF	46
รูปที่ 3.8 แสดงบล๊อคไดอะแกรมการเข้ารหัสสัญญาณจากรีโมท	47
รูปที่ 3.9 แสดงวงจรการเข้ารหัสสัญญาณ DTMF	47
รูปที่ 4.1 แสดง Power Spectrum ของเครื่องส่ง	50
รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณมอดูเลเตอร์ของเครื่องส่ง	50
รูปที่ 4.3 แสดงเอ้าท์พุทเป็นไฮเมื่อใส่รหัสถูกต้อง	51
รูปที่ 4.4 แสดงเอ้าท์พุทเป็นโลว์เมื่อใส่รหัสไม่ถูกต้อง	51
รูปที่ 4.5 แสดงเครื่องต้นแบบ	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 แนวความคิดและความเป็นมา

สืบเนื่องจากปัจจุบันจำนวนการสูญหายของรถยนต์ในท้องที่ต่างๆที่ได้เข้ารับการแจ้งความจากสถานีตำรวจมีอัตราที่สูงขึ้นทุกๆปีและมีวิธีการโจรกรรมที่แยบยลขึ้น จนยากในการตรวจจับของเจ้าหน้าที่ตำรวจซึ่งเป็นภัยทางสังคมและเป็นความสูญเสียอย่างใหญ่หลวงของผู้ที่เป็นเจ้าของรถ

ทางกลุ่มเห็นความสำคัญของปัญหาดังกล่าว จึงมีแนวความคิดที่จะออกแบบและสร้างอุปกรณ์ป้องกันการโจรกรรมรถยนต์ขึ้นมาให้สามารถติดต่อกันระหว่างผู้ใช้และรถยนต์ที่จอดอยู่ในพื้นที่ห่างไกลออกไปได้ ซึ่งจะมีความแตกต่างจากอุปกรณ์ป้องกันขโมยแบบเดิม ที่ไม่สามารถเข้ารหัสป้องกันได้ด้วยรีโมทคอนโทรลและส่งสัญญาณจากรถมายังผู้ใช้ได้

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานนี้มีขีดความสามารถในการทำงานต่างๆดังนี้

1. สามารถเข้ารหัสป้องกันได้จำนวน 4 หลัก โดยใช้รีโมทคอนโทรลหรืออุปกรณ์เข้ารหัสที่ติดตั้งภายในรถยนต์ด้วยสัญญาณ DTMF

2. สามารถติดตั้งอุปกรณ์รับสัญญาณอินฟุทด้วยไมโครสวิทช์โดยไม่จำกัดจำนวน เพื่อนำไปซ่อนตามอุปกรณ์และชิ้นส่วนสำคัญๆภายในรถยนต์ได้

3.อุปกรณ์เข้ารหัสที่ติดตั้งภายในรถยนต์สามารถส่งสัญญาณแจ้งเหตุมาที่รีโมทคอนโทรลได้ในรัศมีประมาณ 1 กิโลเมตร

4. หากมีการเข้ารหัสผิดหรือวงจรเซนเซอร์จับสัญญาณได้ นอกจากจะส่งสัญญาณมาที่รีโมทคอนโทรลแล้ว ยังทำให้ไซเรนที่ติดตั้งภายในรถยนต์ส่งเสียงดังขึ้น

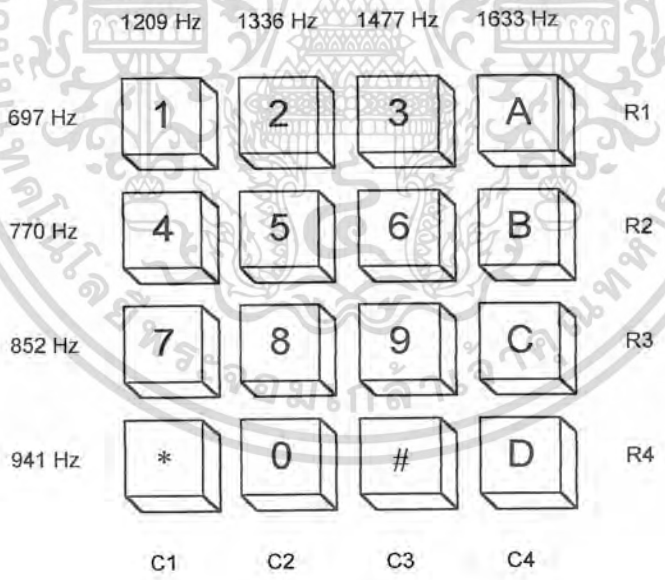
5. สามารถตั้งเวลาหน่วงการทำงานของระบบได้ และหยุดการทำงานโดยอัตโนมัติภายในเวลา 1 นาทีซึ่งนานพอที่จะทำให้ผู้บุกรุกหนีออกไป เพื่อประหยัดไฟจากแบตเตอรี่รถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่คู่

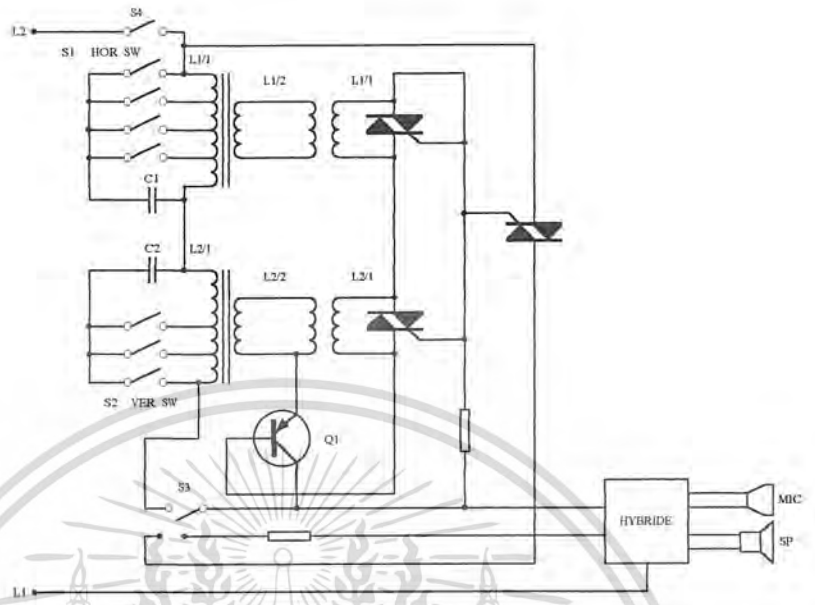
เป็นระบบการส่งสัญญาณอีกแบบหนึ่งที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน ซึ่งจะพบได้มากกว่าในระบบการส่งสัญญาณพัลส์ ระบบนี้เรียกชื่อย่อว่า DTMF มีวิธีการส่งหมายเลขโทรศัพท์ของผู้ที่ต้องการจะติดต่อด้วยไปให้กับชุมสายโทรศัพท์ โดยการส่งสัญญาณไปด้วยความถี่ 2 ความถี่มอดูเลทกันไป ซึ่งจะเป็นตัวแทนของหมายเลขที่กดความถี่ที่ถูกส่งออกไปจะอยู่ในย่านความถี่ของเสียงพูด (0 – 4 kHz) ซึ่งค่าความถี่ที่ต่ำกว่าจะเป็นความถี่ที่แนวนอน และอีกค่าหนึ่งก็จะเป็นความถี่ในแนวตั้ง ซึ่งค่าต่างๆจะแสดงไว้ในรูปที่ 2.1 ตัวอย่างเช่นเมื่อมีการกดหมายเลข 5 ก็จะมีความถี่ 770 Hz และ 1336 Hz มอดูเลทกันส่งออกไป



รูปที่ 2.1 แสดงตำแหน่งแป้นกดและค่าความถี่

สำหรับวงจรออสซิลเลเตอร์ที่สร้างความถี่เหล่านี้ขึ้นมา คือวงจรในรูปที่ 2.2 ซึ่งเป็นวงจรที่ยังคงใช้อุปกรณ์ต่างๆมาต่อรวมกันเป็นวงจรอยู่ ซึ่งปัจจุบันจะมีการใช้อุปกรณ์ที่ถูกผลิตในรูปไอซีสำเร็จรูปมาใช้งานมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

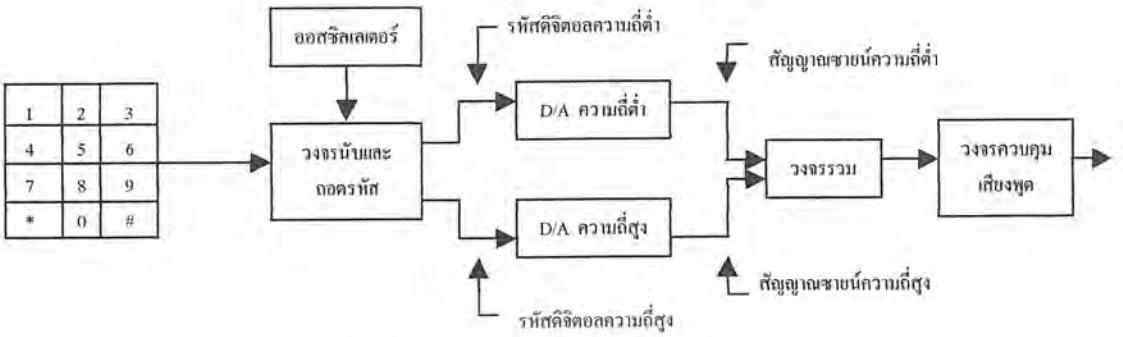


รูปที่ 2.2 แสดงวงจรพื้นฐานของโทรศัพท์ระบบ DTMF

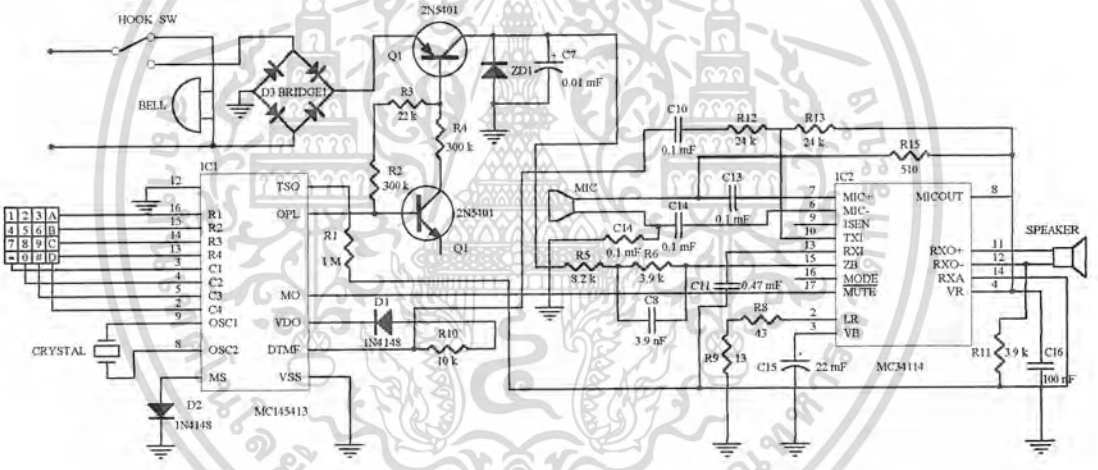
การทำงานของวงจรนี้จะเริ่มจากสวิทช์ S1 (สวิทช์ในแนวนอน) และ S2 (สวิทช์ในแนวตั้ง) และ S3 จะถูกเปิดวงจรอยู่เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น กระแสจากชุมสายโทรศัพท์จะผ่าน RV1 L1a และ L2a ทรานซิสเตอร์จะไม่นำกระแส เมื่อมีการกดหมายเลขสวิทช์ S1 , S2 จะถูกปิดลงตามตำแหน่งของหมายเลขที่ถูกกด C1 , C2 จะถูกต่อเข้ากับ L1a , L2a ตามลำดับเกิดเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ขึ้นโดย L1a และ C1 จะเป็นออสซิลเลเตอร์ที่ผลิตความถี่ที่ต่ำกว่าความถี่ที่เกิดจาก L2a และ C2 และ ขณะที่ S3 จะถูกปิดลงเช่นกัน ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำหน้าที่มอดูเลทสัญญาณจากออสซิลเลเตอร์ทั้ง 2 เข้าด้วยกันและส่งไปยังชุมสาย ในขณะที่ทำการกดหมายเลขอยู่นั้นส่วนของหูฟังและไมโครโฟนก็จะถูกต่อขนานกัน จึงทำให้ได้ยินสัญญาณที่เกิดขึ้นจากวงจรออสซิลเลเตอร์ด้วย สำหรับทางชุมสายก็จะมีวงจรตรวจจับเอาสัญญาณไปประมวลผลต่อไปและยังต้องมีวงจรกรองความถี่ป้องกันไม่ให้มีความถี่แปลกปลอมอื่นๆ เข้าไปในชุมสายโทรศัพท์ด้วย

จากรูปที่ 2.3 แสดงบล็อคของไดอะแกรมของโทรศัพท์ระบบความถี่คู่ที่ใช้ไอซี และในรูปที่ 2.4 แสดงวงจรใช้งานจริงของโทรศัพท์ระบบความถี่คู่ จะเห็นว่าจะใช้ไอซีสำเร็จรูปมาใช้ผลิตสัญญาณความถี่คู่ จะทำให้การทำงานของวงจรมีประสิทธิภาพมากขึ้น การกดปุ่มเพื่อส่งสัญญาณเลขหมายไปให้ชุมสายโทรศัพท์ จะมีความแน่นอนไม่ผิดพลาดได้ง่ายและยังทำให้มีความสะดวกสบายในการใช้งานอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงบล๊อคไดอะแกรมของโทรศัพท์ระบบความถี่คู่ที่ใช้ไอซี



รูปที่ 2.4 แสดงวงจรโทรศัพท์ระบบความถี่คู่ที่ใช้ไอซีสำเร็จรูป

ข้อเปรียบเทียบระหว่างโทรศัพท์ระบบ PULSE กับระบบ DTMF

เปรียบเทียบระหว่างระบบโทรศัพท์ทั้ง 2 ระบบ ในการส่งสัญญาณแบบพัลส์ 1 ลูกต้องใช้เวลาอย่างน้อย 100 mSec (60 mSec สำหรับช่วงการเปิดวงจร และ 40 mSec สำหรับช่วงการปิดวงจร) และมีช่วงเวลาที่แยกสัญญาณแต่ละกลุ่มออกอีกอย่างน้อย 700 mSec และยิ่งถ้าหมายเลขที่ต้องการติดต่อด้วยมีค่ามากและยาวมากขึ้นเท่าใด ย่อมต้องทำให้เสียเวลาในการส่งสัญญาณมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่นหมายเลข 555-5555 ใช้เวลาในการส่งสัญญาณพัลส์ = 5 (พัลส์ / mSec) x 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(เลขหมาย) = 3.5 mSec และระยะเวลาของช่องว่างระหว่างกลุ่มสัญญาณ = 700 (mSec) x 6 = 4.2 Sec จะใช้เวลาเวลาในการส่งทั้งหมด = 3.4 + 4.2 = 7.7 Sec แต่ถ้าเป็นโทรศัพท์ที่ใช้การส่งระบบ DTMF จะใช้เวลาเท่ากับ 7 x 100 mSec = 7.7 Sec เท่านั้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่าระบบ DTMF สามารถประหยัดเวลาในการส่งเลขหมาย ไปยังชุมสายโทรศัพท์ได้มากกว่าระบบที่ใช้การส่งสัญญาณพัลส์ ซึ่งเป็นผลให้ชุมสายโทรศัพท์สามารถใช้อุปกรณ์ประเภทหน่วยความจำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นตามไปด้วย

ข้อดีสำหรับสำหรับระบบการส่งสัญญาณแบบ DTMF

1. ลดระยะเวลาในการส่งหมายเลขโทรศัพท์ไปยังชุมสาย
2. สามารถใช้วงจรที่ใช้อุปกรณ์โซลิดสเตทได้ ทำให้เกิดความประหยัดและสะดวก
3. ลดอุปกรณ์จำพวกหน่วยความจำที่ใช้ภายในชุมสายโทรศัพท์
4. สามารถนำไปเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายในชุมสายโทรศัพท์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
5. การส่งเลขหมายให้กับชุมสายโทรศัพท์ไม่เกิดความผิดพลาดเพราะใช้สองความถี่ในการส่งทำให้ไม่ผิดพลาดในการกดหมายเลข

สัญญาณพื้นฐาน

เป็นสัญญาณที่ใช้ในการติดต่อระหว่างเครื่องรับโทรศัพท์กับชุมสายโทรศัพท์

1. สัญญาณให้หมุน (dial tone) ใช้เพื่อแสดงให้สมาชิกผู้เรียกให้หมุนหมายเลขผู้รับมาได้ เป็นสัญญาณเสียงต่อเนื่อง 400 เฮริทซ์

2. สัญญาณไม่ว่าง (busy tone) ใช้เพื่อเตือนสมาชิกผู้เรียกว่าผู้รับไม่ว่างควรวางหูก่อนระยะหนึ่งแล้วจึงเริ่มใหม่ เป็นสัญญาณ 400 เฮริทซ์ 60 ครั้ง ต่อนาที ดัง 0.5 วินาที เงียบ 0.5 วินาที

3. สัญญาณกริ่งเรียก (ring tone) ใช้เมื่อการต่อทุกขั้นตอนตามความประสงค์ของผู้เรียกมายังผู้รับ เครื่องชุมสายโทรศัพท์ดำเนินการต่อสำเร็จด้วยกริ่งเรียกผู้รับตอบการเรียกเป็นสัญญาณ 16 เฮิรทซ์รวมกับ 400 เฮิรทซ์แบบ AM ส่ง 0.67 – 1.5 วินาที เงียบ 2-4 วินาที

4. สัญญาณเรียกกลับ (ring back tone) ใช้เพื่อการต่อทุกขั้นตอนตามความประสงค์ของผู้เรียกมายังผู้รับ เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะดำเนินการต่อสำเร็จแจ้งให้ผู้เรียกรู้ว่าการเรียกสำเร็จเป็นสัญญาณ 16 เฮิรทซ์รวมกับ 600 เฮิรทซ์แบบ AM ช่วงเวลาส่งและเงียบเช่นเดียวกับสัญญาณกริ่งเรียก

สัญญาณในการติดต่อกันระหว่างผู้เรียกและผู้รับโทรศัพท์ เป็นสัญญาณที่ใช้ในการติดต่อกันระหว่างผู้เรียกและผู้รับโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านผู้เรียก

1. ขณะที่ไม่ได้มีการยกหูโทรศัพท์ จะมีศักดาตกคร่อมสายโทรศัพท์เป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง 48 โวลท์

2. เมื่อผู้เรียกยกหูโทรศัพท์ ศักดาจะลดลงเหลือ 8 โวลท์พร้อมทั้งมีสัญญาณให้หมุนซึ่งเป็นสัญญาณกระแสสลับขนาด 250 มิลลิโวลท์ ความถี่ 400 เฮริทซ์รวมกับความถี่ประมาณ 50 เฮริทซ์ซึ่งเมื่อกดรหัสสัญญาณความถี่แล้ว สัญญาณให้หมุนนี้จะหายไป

3. กดรหัส (CODE) เบอร์โทรศัพท์ทั้งหมด 7 หลักรหัสความถี่ที่จะส่งเป็นสัญญาณผสมสองความถี่ เป็นความถี่สูงและต่ำผสมกันแต่ละหมายเลขจะมี DTMF อยู่คู่หนึ่งขณะที่รอการรับสาย จะมีสัญญาณตอบกลับ 2 แบบเพื่อจะบอกว่าสายว่างหรือไม่ ซึ่งก็คือสัญญาณเรียกกลับหรือสัญญาณสายไม่ว่างตามลำดับ

4. ขณะที่รอรับสาย จะมีสัญญาณตอบกลับ 2 แบบเพื่อจะบอกว่าสายว่างหรือไม่ซึ่งก็คือสัญญาณเรียกกลับ หรือสัญญาณสายไม่ว่างตามลำดับ

5. เมื่อมีการรับสายแล้ว สัญญาณจะอยู่ที่ 8 โวลท์โดยมีการกระเพื่อมตามลักษณะความถี่เสียงความดังของเสียงพูดตามสาย

6. เมื่อวางหูโทรศัพท์เลิกการติดต่อขนาดศักดาจะกลับไปที่ 48 โวลท์ดังเดิม

ด้านผู้รับ

1. ขณะที่วางหูอยู่จะมีศักดากระแสตรงคร่อมสายอยู่ 48 โวลท์

2. เมื่อสัญญาณกริ่งเรียก จะมีขนาดประมาณ 100 โวลท์จังหวะ 1 วินาที หยุด 4 วินาทีซึ่งจะตรงกับสัญญาณเรียกกลับที่เครื่องส่ง

3. จากนั้นเมื่อผู้รับยกหูโทรศัพท์ขนาดศักดากระแสตรงจะเหลือ 8 โวลท์และมีการกระเพื่อมตามขนาดและความถี่ของเสียงพูด

4. เมื่อวางหูโทรศัพท์ ขนาดศักดาไฟฟ้าก็จะกลับไปที่ 48 โวลท์ตามเดิม

2.2 สัญญาณ DTMF

DTMF (dual tone multifrequency) บริษัท AT&T เป็นผู้คิดค้นขึ้นใช้ในระบบโทรศัพท์รูปแบบ DTMF นี้สามารถสร้างเป็นรหัสได้มากมายกำหนดเป็นรหัสตัวเลข 10 ตัวและสัญลักษณ์อื่นอีก 6 ตัว โทนที่ส่งออกไปเป็นแบบ 2 โทนพร้อมกันเลือกจาก 8 โทน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือกลุ่มความถี่สูงและกลุ่มความถี่ต่ำ ดังตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่	1209Hz	1336Hz	1447Hz	1633Hz
697HZ	1	2	3	A
770HZ	4	5	6	B
852HZ	7	8	9	C
941HZ	*	0	#	D

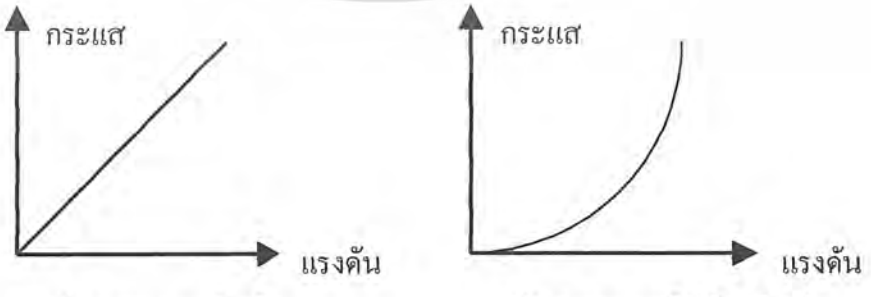
ตารางที่ 1 แสดงความถี่สัญญาณ DTMF

2.2.1 การรวมความถี่

ความถี่ของสัญญาณที่แตกต่างกันสามารถรวมกันได้หลายแบบ เพื่อให้เกิดสัญญาณใหม่ ผลของสัญญาณใหม่ที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับชนิดของการรวมนั้นเป็นแบบเชิงเส้น (linear) หรือไม่เป็นเชิงเส้น (nonlinear)

ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์นั้นสิ่งประดิษฐ์ที่เป็นเชิงเส้นได้แก่ ตัวต้านทานเพราะกระแสที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนกับแรงดันที่แน่นอนในลักษณะของสมการเชิงเส้น ส่วนสิ่งประดิษฐ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้น ได้แก่พวกอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำซึ่งกระแสที่เกิดขึ้น จะสัมพันธ์กับแรงดันในลักษณะที่ไม่ใช่สมการเชิงเส้น

เมื่อป้อนสัญญาณไฟฟ้า 2 สัญญาณมารวมกันแบบเชิงเส้นจะให้สัญญาณใหม่ซึ่งไม่เหมือนสัญญาณเดิม และจะมีพื้นฐานความถี่ทั้งสองสัญญาณเช่น นำสัญญาณความถี่ 100 Hz รวมกับสัญญาณความถี่ 200 Hz จะได้รูปสัญญาณใหม่เกิดขึ้นแต่เมื่อนำไปวิเคราะห์แล้วจะพบว่าประกอบด้วยสัญญาณรูปซายน์ความถี่ 100 Hz และ 200 Hz



(ก) สัญญาณแบบเชิงเส้น (ข) สัญญาณแบบไม่เป็นเชิงเส้น

รูปที่ 2.5 กราฟแสดงคุณลักษณะสัญญาณของอุปกรณ์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำสัญญาณ มารวมกันอย่างไม่เป็นเชิงเส้น ผลที่ได้รับจะได้ความถี่ผสมของสัญญาณที่เกิดขึ้นใหม่แตกต่างไปจากแบบเชิงเส้น ซึ่งลักษณะความไม่เป็นเชิงเส้นของอุปกรณ์สามารถประมาณได้โดยใช้อนุกรมกำลัง คือ

$$i(t) = a1(t) + a2\ e(t)^2 + \ldots + an\ e(t)^n$$

ถ้าพิจารณาถึงเทอมที่ 2 และให้ $e(t) = \cos(wt) + \cos(w2t)$

จะได้ว่า

$$i(t) = a1\{\cos(w1t)+\cos(w2t)\} + a2\cos^2(w1t) + a2\cos^2(w2t) + 2[a2\cos(w1t)\cos(w2t)]$$

$$= a1\{\cos(w1t)+\cos(w2t)\} + a2\{2+\cos(2w1t)+\cos(2w1t)+\cos(2w2t)\}/2$$

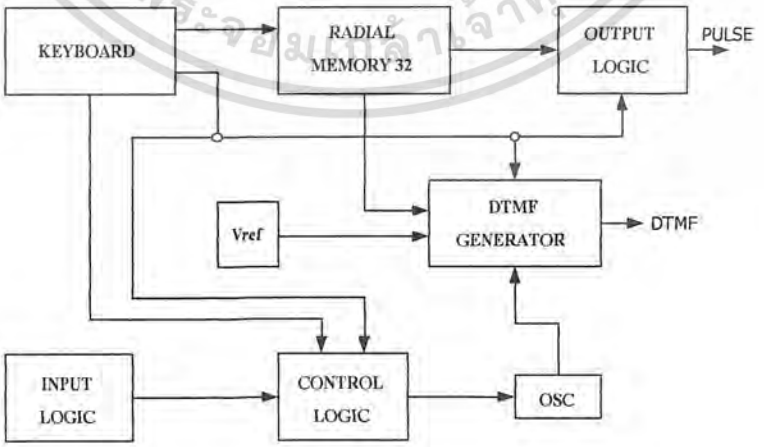
$$+a2\{\cos(w1t-w2t)+\cos(w1t+w2t)\}$$

นั่นคือ ในสัญญาณใหม่ที่เกิดจากการรวมสัญญาณไม่เป็นแบบเชิงเส้นนี้จะมีองค์ประกอบของความถี่เพิ่มขึ้นมาอีก 4 ตัว

2.2.2 ไอซีผลิตสัญญาณ DTMF

จากที่กล่าวมาแล้วว่าสัญญาณ DTMF เกิดจากการรวมกันของความถี่ 2 ความถี่ ซึ่งหากใช้วงจรออสซิลเลเตอร์ 1 ชุดผลิตความถี่ 1 ความถี่ก็คงจะเป็นการสิ้นเปลือง และทำให้วงจรมีขนาดใหญ่เกินไป ซึ่งในโครงงานนี้จะใช้ไอซีที่ทำหน้าที่ผลิตสัญญาณ DTMF โดยเฉพาะทำให้ลดขนาดของวงจรลงมาได้มากและเป็นการประหยัดอุปกรณ์

ไอซีตัวนี้ปกติจะมีใช้อยู่ในอุปกรณ์จำพวกที่เกี่ยวกับโทรศัพท์ โดยจะผลิตสัญญาณได้ทั้งแบบ DTMF และแบบพัลส์ ซึ่งเราจะเอาสัญญาณ DTMF ที่ได้นี้มาประยุกต์ใช้งานกับวงจรเป็นดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงบล๊อคการทำงานของไอซีผลิตสัญญาณ DTMF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.6 เป็นบล็อคแสดงการทำงานอย่างคร่าวๆ โดยมีการทำงานดังนี้คือ Keyboard Logic ซึ่งต่อกับสวิทช์แบบเมตริกซ์ภายนอก จะทำการตรวจสอบสภาวะการกดสวิทช์ว่าสวิทช์ที่ถูกกดในขณะนั้นคือสวิทช์หมายเลขใด จากนั้นก็ส่งสัญญาณไปยังภาคผลิตสัญญาณให้ทำการผลิตสัญญาณ โดยที่มีสัญญาณ 2 แบบให้เลือกคือแบบพัลส์และแบบ DTMF ซึ่งเลือกได้จากเซตโหมดการทำงานที่ Input Logic ในกรณีเลือกโหมดการผลิตสัญญาณแบบ DTMF นั้นเมื่อ Keyboard Logic ส่งสัญญาณแจ้งตำแหน่งสวิทช์มา แล้ว DTMF Genertor ก็จะทำการผลิตสัญญาณ DTMF ออกมาตามเลขหมายที่กดเช่นกดเลข 5 ก็จะทำการผลิตสัญญาณ DTMF จากความถี่ 1336 Hz และ 770 Hz เป็นต้น ส่วนในกรณีของพัลส์ Out Logic ก็จะทำการผลิตสัญญาณพัลส์เป็นจำนวนเท่ากับหมายเลขที่กด ซึ่งจะใช้ได้เพียงเลข 0-9 เท่านั้นและเลขศูนย์จะทำการผลิตพัลส์ขึ้นมา 10 พัลส์ไม่ใช่ศูนย์พัลส์ ในส่วนที่เหลือจะมีหน้าที่การทำงานดังนี้คือ OSC จะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของส่วนต่างๆเช่น ควบคุมการทำงานของส่วน Genertor

Control Logic ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของส่วนต่างๆ เช่นควบคุมการทำงานของส่วนผลิตสัญญาณว่าจะให้เป็นพัลส์หรือ DTMF ควบคุมการทำงานของ Radial Memory 32D เป็นต้น

Radial Memory 32D ทำหน้าที่เก็บชุดตัวเลขชุดสุดท้ายที่เพิ่งกดไปจำนวน 32 ดิจิต และจะทำการส่งรหัสเลขหมายนี้ให้กับภาคผลิตสัญญาณในกรณีที่ผู้ใช้กดสวิทช์ R หรือทวนเลขหมาย

Input Logic จะเป็นตัวเซตค่าสภาวะการทำงานต่างๆ คือ

- กำหนดอัตราส่วนของช่วงเวลาที่ส่งสัญญาณและหยุดส่งสัญญาณ
- กำหนดสภาวะ hook off หรือ hook on
- เลือกโหมดการส่งสัญญาณว่าเป็นแบบพัลส์หรือ DTMF

2.2.3 ไอซีถอดรหัสสัญญาณความถี่โทรศัพท์ (DTMF DECODER)

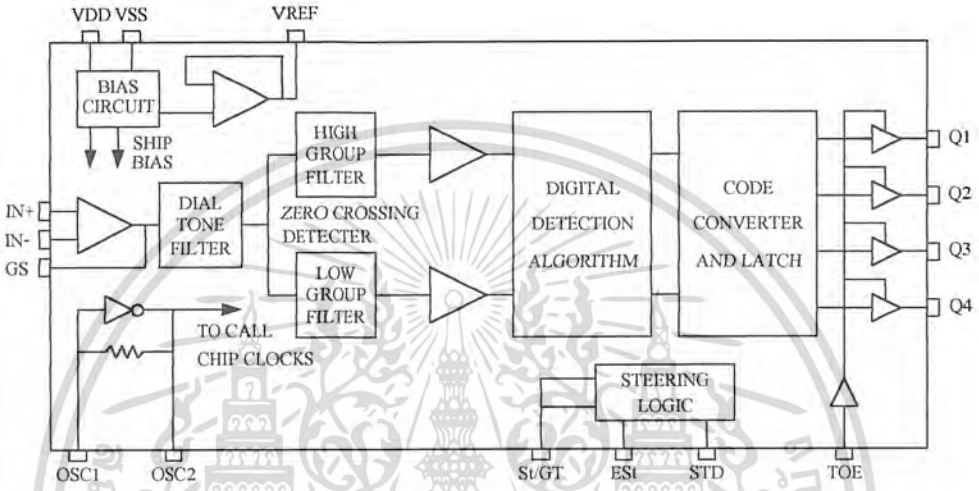
MT 8870 เป็นไอซีที่ใช้สำหรับถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ ซึ่งเกิดจากการกดปุ่มตัวเลขของโทรศัพท์ชนิดแบบกดปุ่ม (ชนิด Tone หรือ DTMF) ให้เป็นสัญญาณดิจิตอลเลขฐานสองขนาด 4 บิท ซึ่งคุณสมบัติการทำงานมีดังต่อไปนี้

1. เป็นตัวรับและถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ (DTMF receiver)
2. ใช้กระแสไฟฟ้าน้อยและใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับ TTL
3. สามารถตั้งอัตราการขยายภายในตัวไอซีได้
4. เป็นไอซีมีคุณภาพสูง

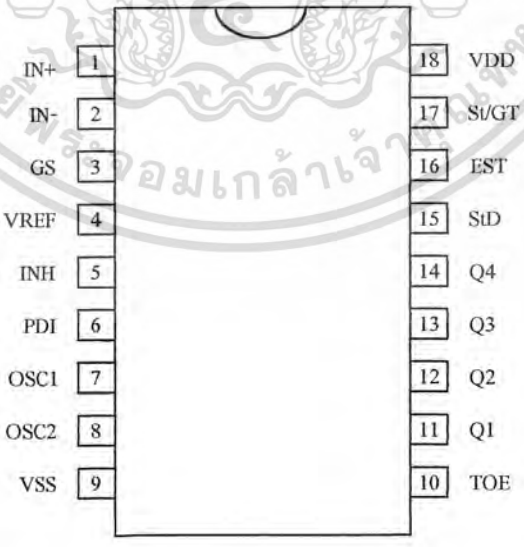
โครงสร้างภายในของ MT8870 ประกอบไปด้วยวงจรกรองความถี่ และวงจรถอดรหัสฟังก์ชันทางดิจิตอล เป็นไอซีที่สร้างโดยใช้เทคโนโลยี ISO-CMOS ในส่วนของวงจรกรองความถี่ใช้เทคนิคของสวิทช์คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ สำหรับกรองความถี่สูงและต่ำส่วนวงจรถอดรหัสใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคนิคการนับทางดิจิตอลเพื่อตรวจจับและถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ ออกเป็นฐานสองขนาด 4 บิท และเช็คช่วงเวลาที่สัญญาณเข้ามา ส่วนภาคอินพุทเป็นออปแอมป์ซึ่งสามารถปรับอัตราขยายได้ โดยต่ออุปกรณ์ภายนอก เอ้าท์พุทเป็นวงจรแลทช์ 3 สถานะ โครงสร้างของ MT8870 แสดงในรูปที่ 2.7 และรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างภายในของ MT 8870



รูปที่ 2.8 แสดงตำแหน่งขาของ MT 8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างภายในของ MT8870 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วนคือ

1. ภาคกรองความถี่ (filter section)

2. ภาคถอดรหัส (decoder section)

3. ภาคตรวจสอบสัญญาณ (steering circuit)

4. ภาคกำเนิดความถี่ (oscillater)

5. ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง (differential input)

1. ภาคกรองสัญญาณความถี่

ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่คือช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองความถี่อันดับ 6 ชนิดสวิทช์คาปาซิเตอร์ (Six - Order Switched Capacitor Banpass Filter) ซึ่งความถี่ที่แยกได้มี 2 ช่วงคือช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ

2. ภาคถอดรหัส

ความถี่ DTMF ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้ว จะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลขโดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอล และมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐาน DTMF หรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสม เมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้องสัญญาณที่ขา Est (Early Steering) ก็จะแอคทีฟ สำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ นั้นแสดงดังตารางที่ 2.1

3. ภาคตรวจสอบสัญญาณ

ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปทางเอ้าท์พุท จะมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาที่กำหนดหรือไม่ โดยที่สังเกตจากระยะเวลาการดกปุ่มสวิทช์ความถี่ เพื่อให้มีช่วงความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควรมิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้องส่วนช่วงเวลายาวเท่าใดสามารถตั้งได้โดยใช้ RC ต่อภายนอกสัญญาณที่ขา Est จะเป็น "High" นานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่ความถี่ DTMF เข้ามาทำให้แรงดันสูงขึ้นจนถึงค่าเทรชโฮลด์ (TRESHOLD) วงจรถอดรหัสจึงจะถอดรหัสออกมาเป็นตัวเลขขนาด 4 บิท

สัญญาณ DTMF ที่ถูกส่งมาจากภาคส่งสัญญาณจะถูกแยกองค์ประกอบของสัญญาณเพื่อนำเอาข้อมูลที่ได้ไปเข้ารหัสไบนารีอีกครั้งหนึ่ง ก่อนส่งไปควบคุมที่ภาคเอ้าท์พุทเกือบทั้งหมดนี้เราสามารถทำงานโดยใช้ไอซีเพียงตัวเดียว ในโครงงานนี้ใช้ไอซีเบอร์ MT 8870 ซึ่งเป็น ไอซีถอดรหัสที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลาย

โครงสร้างของภายในของ MT 8870 ประกอบไปด้วยภาคกรองความถี่ ภาคถอดรหัส ภาคตรวจสอบสัญญาณ ภาคขยายสัญญาณอินพุท และภาคกำเนิดความถี่

การทำงานจะเริ่มจากสัญญาณจากภาคส่งสัญญาณถูกป้อนเข้ามาทางอินพุท ซึ่งจะถูกขยายโดยออปแอมป์ จากนั้นสัญญาณที่ถูกขยายแล้วจะถูกส่งต่อไปยังภาคกรองสัญญาณซึ่งมีอยู่ 2 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ ส่วนกรองสัญญาณ DMTF เป็นแบนด์พาสฟิลเตอร์ ทำหน้าที่กรองเอาเฉพาะสัญญาณ DTMF ออกมา เนื่องจากสัญญาณที่ส่งมาจากภาคส่งสัญญาณอาจมีสัญญาณอื่นปะปนเข้ามาระหว่างทางได้จึงจำเป็นต้องกรองออกไปและส่วนกรองสัญญาณความถี่สูงกับความถี่ต่ำ

ที่ภาคกรองความถี่สูงจะกรองเอาเฉพาะกลุ่มความถี่สูงของ DTMF และภาคกรองความถี่ก็จะกรองเอาเฉพาะกลุ่มความถี่ต่ำของ DTMF จากนั้นสัญญาณทั้งสองส่วนที่ผ่านวงจรกรองแล้ว จะถูกส่งต่อไปยังภาคถอดรหัสเพื่อทำการแปลงความถี่ DTMF ที่ได้ให้เป็นรหัสไบนารี

แต่ถึงแม้ว่าภาคกรองความถี่จะมีถึงสองส่วน แต่ก็ไม่แน่ว่าความถี่ที่ผ่านวงจรกรองมาได้จะเป็นความถี่ DTMF ที่ถูกต้องเสมอไปซึ่งอาจเป็นสัญญาณรบกวนที่มีความถี่ใกล้เคียงกันก็ได้ ทั้งนั้น จึงต้องมีการตรวจสอบสัญญาณเพื่อตรวจสอบว่า ความถี่ที่ผ่านวงจรกรองมาได้ใช่ความถี่ DTMF ที่ต้องการหรือไม่ โดยมีการตรวจสอบทั้งที่ภาคถอดรหัสสัญญาณและภาคตรวจสอบสัญญาณ ซึ่งที่ภาคตรวจสอบสัญญาณจะตรวจสอบดูว่าช่วงเวลาที่สัญญาณปรากฏ ถูกต้องตามค่าที่ตั้งไว้หรือไม่ กล่าวคือถ้าเวลาที่สัญญาณปรากฏสั้นกว่าเวลาที่ตั้งไว้ก็จะถือว่าสัญญาณนั้นมีความผิดพลาดไม่ใช่สัญญาณที่ต้องการ ก็จะไปควบคุมสภาวะเอ้าท์พุทบัฟเฟอร์ของไอซีให้เป็นไฮอิมพีแดนซ์นั่นคือจะไม่มีสัญญาณไบนารีปรากฏที่ เอ้าท์พุทของไอซี

2.3 วงจรเข้ารหัสและถอดรหัส

ในการเชื่อมต่อระหว่างระบบซึ่งใช้รหัสที่แตกต่างกันนั้น จำเป็นจะต้องมีการเปลี่ยนรหัส ซึ่งปกติวงจรดิจิตอลนั้นจะใช้รหัสเป็นเลขฐานเสมอเช่น ถ้าหากต้องการเปลี่ยนเลขฐานสิบ 0 ถึง 9 ไปเป็นเลขฐานสองก็จะต้องมีวงจรเปลี่ยนรหัส ปกติการเปลี่ยนรหัสจากวงจรสวิทช์กดที่ใช้แทนเลขฐานสิบ ให้เป็นฐานสองเรียกกันว่าวงจรเข้ารหัสหรือวงจรเอ็นโค๊ดเดอร์แต่ขณะเดียวกันถ้าหากต้องการเปลี่ยนรหัสจากรหัส BCD เป็นรหัสอย่างอื่น เรียกวงจรนั้นว่าวงจรถอดรหัสหรือวงจรดีโค๊ดเดอร์

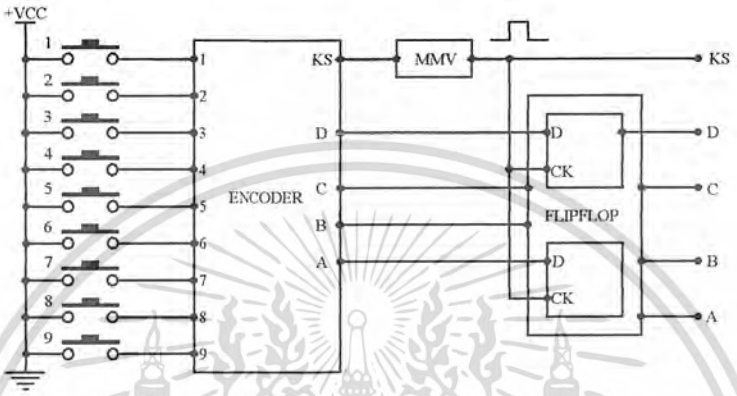
2.3.1 วงจรเข้ารหัส

วงจรเข้ารหัสที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นวงจรเข้ารหัส ที่เปลี่ยนเลขฐานสิบเป็นรหัส BCD ซึ่งเราสามารถสร้างจากไดโอดเมทริกซ์หรือวงจรเกทก็ได้

จากวงจรสถานะปกติทางอินพุทจะเป็นลอจิก “สูง” ขณะกดสวิทช์จะทำให้เป็นลอจิก “ต่ำ” ส่วนทางด้านเอ้าท์พุทก็เช่นเดียวกันสถานะปกติจะเป็นลอจิก “ต่ำ” แต่ขณะกดสวิทช์เอ้าท์พุทจะเป็นลอจิก “สูง” หรือ “ต่ำ” นั้นขึ้นอยู่ว่ากดสวิทช์อันไหน ส่วนเอ้าท์พุทคีย์สโตรบจะทำหน้าที่ในการผลิตสัญญาณพัลส์ทุกๆครั้งที่กดสวิทช์ และใช้เป็นตัวควบคุมวงจรที่ต่อจากวงจรเข้ารหัสให้รับสัญญาณที่ได้จากเอ้าท์พุท A, B, C และ D นอกจากนี้ยังมีหน้าที่อีกอย่างหนึ่งคือ จะป้องกันไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้วงจรที่ต่อจากวงจรเข้ารหัสนั้นรับสัญญาณใหม่อีกหลังจากการกดสวิทช์ตัวใดไปแล้วและยังคงถูกกดอยู่ โดยปกติวงจรที่ต่อจากวงจรเข้ารหัสจะใช้ D ฟลิปฟล๊อปต่อเป็นตัวเก็บสัญญาณอีกขั้นตอนหนึ่งแล้วใช้เอ้าท์พุทคีย์สโตรบต่อผ่านวงจร โมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์ เข้าไปยังอินพุทคล๊อคของ D ฟลิปฟล๊อปดังแสดงในรูปที่ 2.9



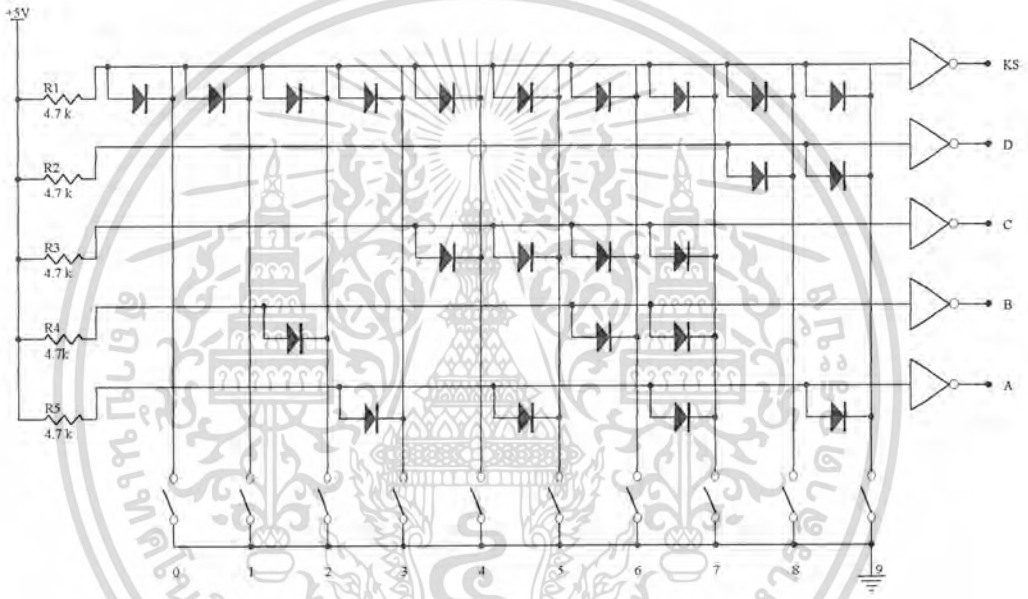
รูปที่ 2.9 แสดงการต่อวงจรเข้ารหัสควบคุมเอ้าท์พุท

อินพุท	คีย์สโตรบ	เอ้าท์พุท			
N	X	D	C	B	A
0	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	1
2	1	0	0	1	0
3	1	0	0	1	1
4	1	0	1	0	0
5	1	0	1	0	1
6	1	0	1	1	0
7	1	0	1	1	1
8	1	1	0	0	0
9	1	1	0	0	1

ตารางที่ 2.2 ตารางความจริงเอ้าท์พุทของวงจรเข้ารหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าต่อไดโอดดังแสดงในรูปที่ 2.10 จะเห็นว่าที่อินพุทของอินเวอร์เตอร์ที่ให้เอ้าท์พุทเป็นคีย์สโตรบจะมีไดโอดต่ออยู่กับบาร์สวิทช์ทั้งหมด 10 ตัว ส่วนไดโอดตัวอื่นๆจะต่อกับสวิทช์เพื่อที่จะให้ได้รหัส BCD ที่เอ้าท์พุท A, B, C และ D ตามตารางที่ 2.2 ขณะที่กดสวิทช์อันใดอันหนึ่ง เช่น กดสวิทช์ 1 จะมีไดโอด 2 ตัวนำกระแสคือ ไดโอดที่ต่อมาจาก R1 และ R5 กับสวิทช์ 1 ขณะนี้จะทำให้อินพุทของอินเวอร์เตอร์เกทตัวที่ 1 และ 5 เป็นลอจิก "ต่ำ" และได้เอ้าท์พุท KS และ A เป็นลอจิก "สูง" หรือถ้ากดสวิทช์อื่น การทำงานของวงจรจะเป็นไปตามตารางที่ 2.2

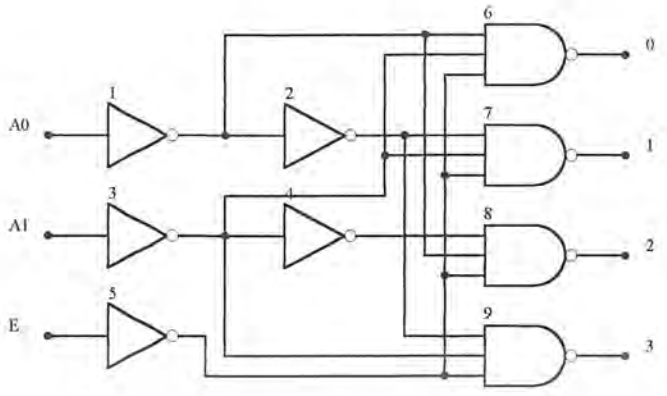


รูปที่ 2.10 แสดงวงจรไดโอดเมทริกซ์ที่ต่อกันเป็นวงจรเข้ารหัส

2.3.2 วงจรถอดรหัส

วงจรถอดรหัสหรือจะเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า "วงจรดีโค๊ดเดอร์" โดยปกติจะให้สัญญาณเอ้าท์พุทมีคุณสมบัติเฉพาะตัวเช่น วงจรแปลงรหัส BCD เป็นรหัสเกิน 3 เอ้าท์พุทที่ได้ก็จะเป็นไปตามรหัสเกิน 3 หรือถ้าหากต้องการแสดงผลเอ้าท์พุทออกมาเป็นตัวเลข ก็จะต้องมีวงจรถอดรหัสเปลี่ยนรหัส BCD หรือรหัสอย่างอื่น เพื่อที่จะไปขับหลอดหรือ LED 7 ส่วนเอ้าท์พุทของวงจรจะถูกออกแบบให้เลือกได้ว่าต้องการให้ส่วนใดของ LED 7 ส่วนติดสว่างหรือดับเหล่านี้เป็นต้น ในที่นี้จะกล่าวถึงวงจรพื้นฐานเข้า 2 ออก 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงวงจรถอดรหัส 2 ออก 4

จากวงจรมีอินพุทที่ป้อนสัญญาณโดยตรง 2 อินพุท คือ A_0 และ A_1 และยังมีอินพุทควบคุมอีก 1 อินพุทคือ E ซึ่งอินพุทนี้จะควบคุมให้วงจรทำงาน หรือไม่ทำงานก็ได้ โดย A_0 และ A_1 เป็นอินพุทที่รับสัญญาณมาจากวงจรอื่น ๆ ที่ต้องการ อินพุท A_0 และ A_1 นี้อาจจะอยู่ในสถานะหนึ่งคือ 00 01 10 หรือ 11 และเอ้าท์พุทจะเปลี่ยนรหัสนี้ออกมาเป็น 0, 1, 2, หรือ 3 ตามสัญญาณอินพุท ถ้าพิจารณาจะเห็นว่าวงจรนี้จะต้องประกอบด้วยส่วนใหญ่ๆ 4 ส่วน คือ

1. วงจรระบุตำแหน่ง
2. วงจรควบคุม
3. วงจรลอจิก
4. วงจรภาคเอ้าท์พุท

จากวงจรนี้เราจะเห็นว่าเกท 1 ถึง 4 ในรูปที่ 2.11 คือวงจรระบุตำแหน่งเกท 5 คือวงจรควบคุมส่วนเกท 6-9 คือวงจรลอจิก และในที่นี้ยังเป็นภาคเอ้าท์พุทของวงจรอีกด้วย ในภาคอินพุท A_0 จะป้อนสัญญาณเข้าเกท 1 และได้ A_0 ป้อนเข้าเกท 2,6 และ 8 ขณะเดียวกัน A_0 จะถูกต่อผ่านเกท 2 เพื่อให้ได้ A_0 อย่างเดิม ไปยังเกท 7 และ 9 ส่วนวงจรควบคุมในที่นี้มีเพียงเกท 5 ตัวเดียวซึ่งถ้า E เท่ากับ "1" เอ้าท์พุทเกท 5จะเป็น "0" แล้วทำให้เอ้าท์พุทของเกท 6-9 เป็น "1" และขณะนี้เอ้าท์พุทจะไม่แปรตามสัญญาณอินพุท A_0 และ A_1ดังนั้นถ้าต้องการให้วงจรทำงานตามปกติ (ในขณะใช้งาน) จะต้องให้อินพุท E เป็น "0" ได้เอ้าท์พุทของเกท 5 เป็นลอจิก "1" เกท 6-9 จะแปรตามอินพุท A_0 และ A_1 การทำงานลำดับที่ 2 นั้น ขณะ $A_0 = A_1 = 0$ และ E =0 ทำให้เกท 6 ได้รับลอจิก "1" ทุกอินพุท เอ้าท์พุท 0 จะเป็น "0" ส่วนเกท 8 มีอินพุทขาบนเป็น "0" เกท 7-9 มีถึง 2 อินที่เป็น "0" ทำให้เอ้าท์พุทของเกท 7-9 ยังคงเป็น "1" ลำดับที่ 4 และ 5 ก็ทำงานคล้ายๆกันจากการทำงานที่กล่าวมาแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การเชื่อมโยงทางแสง

อุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง (optocoupler) หรือตัวแยกโดยใช้แสง เป็นอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติในการไอโซเลท ทำให้สามารถนำมาใช้ในการเชื่อมโยงสัญญาณต่างๆของวงจรที่มีกราวด์ต่างกันสามารถป้องกันการรบกวนซึ่งกันและกัน ระหว่างภาคอินพุทกับเอ้าท์พุทได้อย่างเด็ดขาด ซึ่งการคัพปลิ้งด้วยวิธีอื่นๆจะทำไม่ได้ จึงได้นำเอาออปโต้คัพเปอร์มาประยุกต์ใช้ในงานวงจรเพื่อประสิทธิภาพการทำงานและความน่าเชื่อถือของวงจร

ออปโตคัพเปอร์ เป็นอุปกรณ์เดี่ยวที่ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสงและตัวตรวจรับแสง โดยที่ทั้งสองส่วนนี้จะแยกออกจากกันและกัน มีฉนวนที่โปร่งใสเช่นกระจกชิ้นบางๆคั่นกลาง และบางชิ้นส่วนทั้งหมดจะถูกบรรจุอยู่ในตัวถังทึบแสง รูปร่างภายนอกมีอยู่หลายแบบแต่ที่พบเห็นบ่อยๆส่วนมากจะมีตัวถังเป็นแบบดิพ (DIP: Dual in – Line Package) เหมือนไอซีแต่มี 6 ขา แหล่งกำเนิดแสงส่วนใหญ่จะใช้ไดโอดเปล่งแสงอินฟาเรด (IRED: Infrared Emitter Doide) ทำจากสารแกลเลี่ยมอาร์เซไนด์ (GaAs) ส่วนตัวตรวจรับหรืออุปกรณ์ภาคเอ้าท์พุทนั้น อาจจะเป็นโฟโต้ทรานซิสเตอร์ โฟโต้ดาร์ลิงตัน สวิทช์สองทิศทางซึ่งทำงานเมื่อมีแสงมากระตุ้นและ SCR ที่ถูกกระตุ้นด้วยแสงเป็นต้น รูปที่ 2.12 แสดงสัญลักษณ์ของวงจรชนิดต่างๆดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ถึงแม้ว่าจะมีหลายชนิดมากกว่านี้ แต่ที่แสดงให้เห็นดังรูปแบบที่พบเห็นกันบ่อยๆ

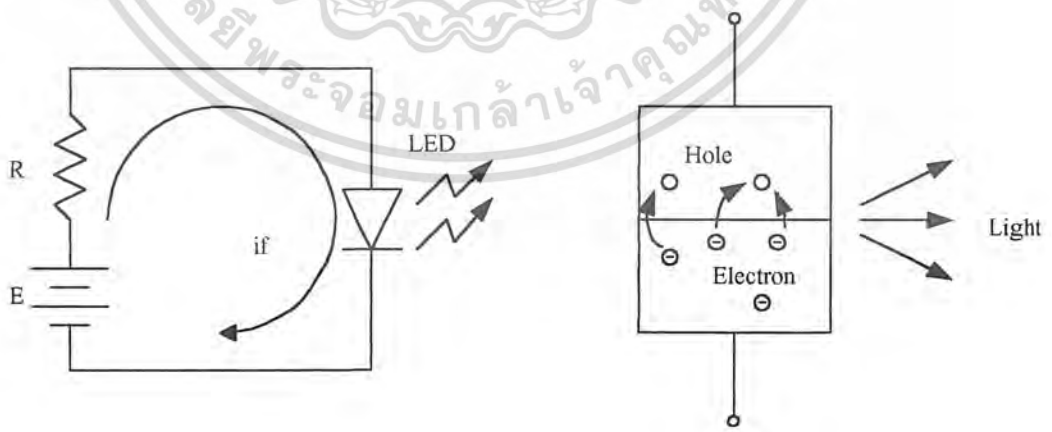
รูปที่ 2.12 แสดงสัญลักษณ์ของออปโต้คัปเปอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ออปโต้คัพเปอร์หรือออปโต้ไอโซเลทเตอร์ ได้รับการออกแบบไว้เพื่อทำการป้องกันอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ ไม่ให้ได้รับแรงดันกระชากสูงๆหรือคุ้มครองระดับนอยส์ต่ำๆซึ่งเป็นต้นเหตุให้เกิดเอ้าท์พุทไม่ถูกต้องหรือทำให้เกิดคลื่นผิดพลาดขึ้นมา ออปโต้คัพเปอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตัวอื่นๆ ที่มีระดับลอจิกแตกต่างกันในออปโต้คัพเปอร์สัญญาณอินพุทจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานแสงเพราะมี LED ที่อยู่ภายในพลังงานจึงถูกส่งไปยังโฟโต้ดีเทคเตอร์ ดังนั้นมันจึงทำงานตรงกับพลังงานของแสงที่ได้จาก LED และมีสเป็คตรัมตามอัตราส่วนการส่งผ่านกระแส (CURRENT – TRANSFER RATIO : CTR) กับ Isolation voltage เป็นอัตราส่วนระหว่างกระแสอินพุทต่อกระแสเอ้าท์พุท ซึ่งเป็นการวัดความสามารถของออปโต้คัพเปอร์ในเรื่องความสามารถให้สัญญาณอินพุทถูกส่งไปยังเอ้าท์พุทอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของ IRED ช่องว่างระหว่างชิ้นส่วนทางอินพุทและเอ้าท์พุทรวมทั้งพื้นที่ ความไว และอัตราขยายของตัวตรวจจับสำหรับ Isolation voltage ของออปโต้คัพเปอร์คือปริมาณแรงดันที่ออปโต้คัพเปอร์สามารถทำงานได้อย่างปลอดภัย

เมื่อมีกระแสไหลผ่าน IRED ของออปโต้คัพเปอร์ ในลักษณะไบแอสตรงจนมีอิเลคตรอนส่วนเกินกระโดดข้ามรอยต่อไปรวมกับโฮล ในขณะเดียวกันก็ได้ปล่อยพลังงานโฟตอนหรือแสงออกมาดังรูป 2.13 แสงที่ได้เป็นแสงอินฟาเรด เพราะสารกึ่งตัวนำทำด้วยสารแกลเลี่ยมอาร์เซไนด์ ตัวแปรอินพุททางด้านไฟฟ้ากระแสตรงเป็นตัวกำหนดตัวแปรทางด้านไฟฟ้าของไดโอดเปล่งแสงอินฟาเรด ได้แก่กระแสของไดโอดเมื่อได้รับไบแอสตรง (I_F) แรงดันตกคร่อมไดโอดเมื่อได้รับไบแอสตรง (V_F) และแรงดันสูงสุดที่ทนได้ เมื่อได้รับไบแอสกลับ



รูปที่ 2.13 แสดงการทำงานของออปโต้คัพเปอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42165

2.5 วงจรออสซิลเลเตอร์

วงจรออสซิลเลเตอร์เป็นวงจรที่ใช้งานและพบกันบ่อยมากวงจรหนึ่ง นอกเหนือจากวงจรขยายสัญญาณในอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดต่างๆ เช่น โทรศัพท์ วิทยุ เครื่องเล่นเทป คอมพิวเตอร์ และวิทยุรับส่ง ฯลฯ

วงจรออสซิลเลเตอร์มีหลายชนิดด้วยกันเช่น วงจรออสซิลเลเตอร์แบบจูนคอลเล็คเตอร์ (Tuned Collector Oscillator) วงจรออสซิลเลเตอร์แบบเฟสชิฟท์ (PHASE SHIFF OSCILLATOR) วงจรออสซิลเลเตอร์แบบวีนบริดจ์ (WIEN BRIDGE) วงจรออสซิลเลเตอร์แบบโคลพิทซ์ (COLPITTS OSCILLATOR) ฮาร์ดเล่ย์ออสซิลเลเตอร์ (HARTLEY OSCILLATOR) เป็นต้น

2.5.1 หลักการของวงจรออสซิลเลเตอร์

วงจรออสซิลเลเตอร์ คือวงจรไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ผลิตสัญญาณไฟฟ้าที่มีขนาดเปลี่ยนแปลงตามเวลา ซึ่งลักษณะของสัญญาณไฟฟ้าที่สร้างขึ้นมานั้นเรียกว่า "รูปคลื่น" มีทั้งคลื่นรูปไซน์ (SINUSOIDAL WAVE) คลื่นรูปสี่เหลี่ยม (SQUARE WAVE) คลื่นรูปสามเหลี่ยม (TRIANGLE WAVE) คลื่นรูปฟันเลื่อย (SAWTOOTH WAVE) หรือสัญญาณพัลส์เป็นต้น

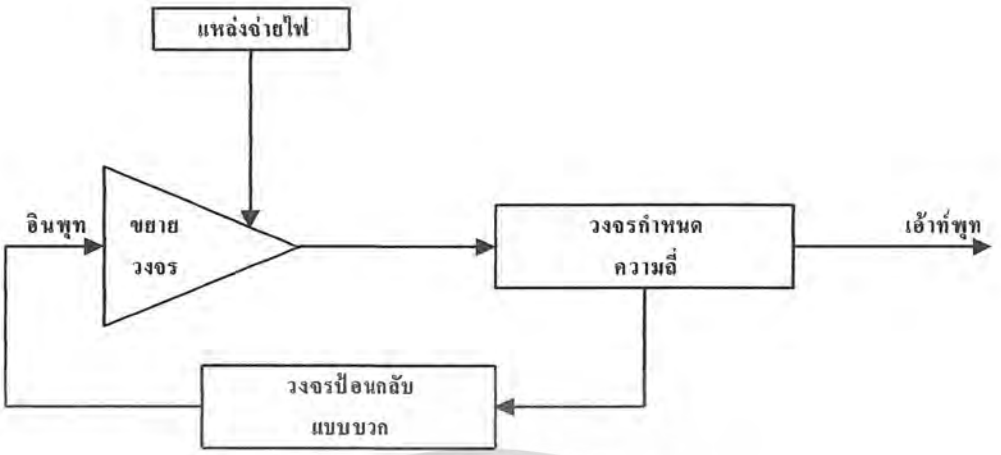
หน้าที่ของวงจรออสซิลเลเตอร์

1. สร้างสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบไฟฟ้าอิเล็คทรอนิกส์ เช่น ออสซิลโลสโคป ฯลฯ
2. ให้จังหวะและช่วงเวลาที่ถูกต้องแน่นอนแก่วงจรอิเล็คทรอนิกส์
3. ให้สัญญาณในความถี่ในย่านต่างๆ เพื่อใช้ในการทำงานของวงจรโดยรวม

เงื่อนไขที่วงจรจะทำการออสซิลเลทสัญญาณออกมาได้

1. ต้องมีแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้แก่วงจรออสซิลเลเตอร์
2. วงจรนั้นต้องมีวงจรกำหนดความถี่ที่แน่นอนในการออสซิลเลท
3. วงจรนั้นต้องมีกำลังขยายแรงดันที่มากพอ ที่จะให้สัญญาณเอ้าท์พุทออกมาตามที่กำหนด
4. วงจรนั้นต้องมีส่วนของวงจรป้อนกลับ หรือวงจรฟีดแบ็ค (FEED BACK CIRCUIT) จากเอ้าท์พุทเข้ามาที่ส่วนอินพุทเป็นแนวบวกหรือที่เรียกกันว่าโพสิทีฟฟีดแบ็คนั่นเอง (POSITVE FEED BACK) ซึ่งสามารถแสดงเป็นไดอะแกรมหรือแผนผังตามรูปที่ 2.14 เป็นไดอะแกรมของวงจรออสซิลเลเตอร์แสดงส่วนของวงจรป้อนกลับแบบบวกในส่วนของวงจรขยายที่ใช้ในวงจรออสซิลเลเตอร์นั้น อาจจะออกแบบโดยใช้ออปแอมป์ หรือเป็นไอซีสำเร็จรูป เช่น ไอซีไทเมอร์เบอร์ 555 หรือ 8038 หรืออาจจะใช้ทรานซิสเตอร์ก็ได้ส่วนวงจรกำหนดความถี่นั้นส่วนใหญ่แล้วจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์พื้นฐานทางไฟฟ้า เช่น R L C หรือ คริสตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

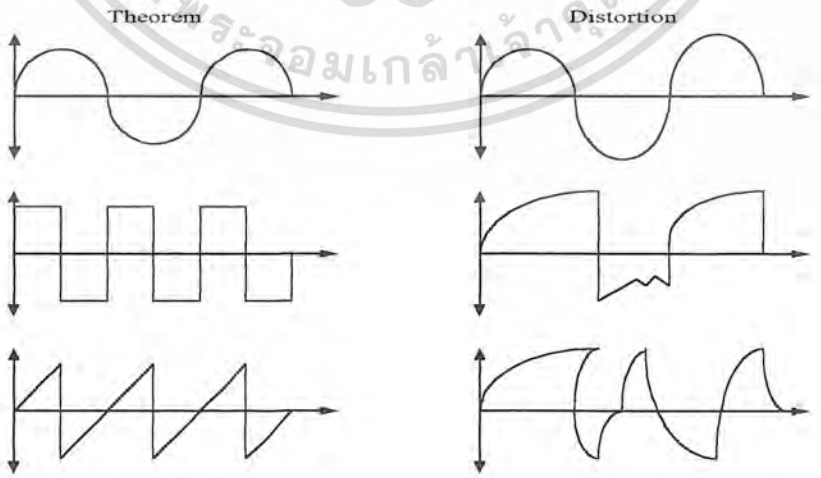


รูปที่ 2.14 แสดงบล็อคไดอะแกรมของวงจรออสซิลเลเตอร์

2.5.2 ลักษณะของวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ดี

1. ความเพี้ยนของรูปคลื่นต่ำ (LOW DISTORTION)

ลักษณะของการเพี้ยนมีได้หลายลักษณะด้วยกันคือ ถ้าเป็นคลื่นรูปไซน์จะเรียกว่าความเพี้ยนฮาร์โมนิค (HARMONIC DIRTORTION) คือถ้าสัญญาณเพี้ยนแล้วจะไม่เหมือนรูปไซน์นักจะบิดเบี้ยวไปตามความเพี้ยนว่ามีมากหรือน้อย สาเหตุอาจจะเกิดขึ้นได้จากลักษณะความไม่เป็นเชิงเส้นของวงจรขยาย (Non-Linear) หรือถ้าหากตัวคาปาซิเตอร์หรือ อินดัคเตอร์ทำงานผิดพลาดหรือผิดค่า ก็ล้วนแต่มีผลให้สัญญาณผิดเพี้ยนไปได้สำหรับลักษณะของรูปคลื่นที่ผิดเพี้ยนไปจากรูปคลื่นในอุดมคติที่อยากจะให้เป็นนั้นได้แสดงเปรียบเทียบไว้ในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 แสดงความเพี้ยนของสัญญาณเทียบกับรูปคลื่นอุดมคติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะความเพี้ยนของสัญญาณเมื่อเทียบกับรูปคลื่นในอุดมคติ จากรูปจะเห็นว่าในกรณีของรูปคลื่นสี่เหลี่ยม ความเพี้ยนจะเกิดขึ้นตรงบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าซึ่งอาจจะทำให้เกิดความเพี้ยนในลักษณะที่ทำให้ไม่เรียบชัน หรือทำให้เกิดโอเวอร์ชูท (Non -Linear) อย่างใดอย่างหนึ่งขึ้นหรือบางทีก็อาจจะทำให้ความห่างของลูกคลื่นแต่ละลูกไม่สม่ำเสมอนั่นคือ เกิดความผิดเพี้ยนทางเวลาขึ้น

ส่วนในรูปคลื่นแบบฟันเลื่อย จะเพี้ยนในลักษณะที่ไม่เป็นเส้นตรงหรือนอนลีเนียร์ (NON LINEAR DISTORTION) และเวลาในการลดระดับสัญญาณลงมานั้นไม่ตั้งฉากแต่จะเกิดเวลาหน่วงหรือดีเลย์ (DELAY TIME) ของสัญญานอยู่บ้าง

2. มีเสถียรภาพทางความถี่ (FREQUENCY STABILITY)

ในการใช้งานวงจรออสซิลเลเตอร์ ร่วมกับวงจรอื่นๆนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ค่าความถี่ของสัญญาณมีค่าคงที่แน่นอน แต่องค์ประกอบหลายประการที่ประกอบกันขึ้นเป็นวงจรรวมนั้นมีผลทำให้ความถี่ของสัญญาณคลาดเคลื่อนไปอย่างมาก เช่นแรงดันของแหล่งจ่ายไฟเปลี่ยนแปลง ไฟตก โหลดของวงจรเปลี่ยนแปลงไปค่าของอุปกรณ์ที่มีผลต่อการกำหนดความถี่เปลี่ยนแปลง เช่นอุปกรณ์ R L C เป็นต้นดังนั้นในการออกแบบจึงต้องคำนึงถุงอย่างยิ่ง ที่จะต้องพยายามนำเอาแหล่งจ่ายที่มีการปรับระดับแรงดันเอ้าท์พุทหรือเร็กกูเรท (REGULATED) มาใช้ซึ่งค่าสัญญาณเอ้าท์พุทไม่ขึ้นกับคุณสมบัติของวงจรขยายมากนัก หรือเพิ่มเติมวงจรบัฟเฟอร์เข้าไประหว่างวงจรออสซิลเลเตอร์กับ โหลด หรือใช้อุปกรณ์ที่มีความเที่ยงตรงสูงและทนทานมีอายุใช้งานได้นาน ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับวงจรกำหนดความถี่เช่น ค่าไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ เป็นต้น หรือเปลี่ยนมาใช้วงจรออสซิลเลเตอร์ที่มีผลึกคริสตอล เป็นตัวกำหนดความถี่ซึ่งจะได้ความเที่ยงตรงสูงถึง 1 ส่วนใน 10 ล้านส่วนเป็นต้น

3.มีเสถียรภาพทางขนาดของสัญญาณ (AMPLITUDE STABILITY)

คือขนาดหรือแอมปลิจูด (Amplitude) ของสัญญาณจะต้องไม่ขึ้นๆ ลงๆ นั่นคือค่อนข้างจะคงที่ทำได้โดยการออกแบบให้มีวงจรปรับอัตราขยายหรือเกน (GAIN) ให้คงที่ด้วยวิธีต่างๆ กัน

การวัดความถี่ของสัญญาณ

เราสามารถวัดความถี่ของคลื่นที่ผลิตจากวงจรออสซิลเลเตอร์ได้ โดยใช้เครื่องนับความถี่ (FREQUENCY COUNTER) หรือออสซิลโลสโคป (OSCILLOSCOPE) ก็ได้โดยการวัดค่าคาบเวลา (PERIOD) จากจอภาพแล้วคำนวณตามสูตร

$$F = 1/T$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ F เป็นความถี่มีหน่วยเป็นเฮริตซ์ (Hz)

T เป็นคาบเวลามีหน่วยเป็นวินาที (Second)

โดยการวัดด้วยออสซิลโลสโคปนั้น จะมีความผิดพลาดได้ถึง 10% เนื่องจากกะระยะค่าคาบเวลาด้วยสายตา ถ้าหากต้องการความเที่ยงตรงมากขึ้น ก็จำเป็นต้องใช้เครื่องนับความถี่ต่อและวัดรูปคลื่นโดยตรง

2.6 สายอากาศแบบไดโพล

สายอากาศนั้นเป็นส่วนหนึ่งที่จะขาดไม่ได้ในระบบวิทยุสื่อสารที่เกี่ยวข้องกับคลื่นวิทยุและโทรทัศน์ในปัจจุบัน ถ้าจะเปรียบเทียบระบบสายอากาศเข้ากับส่วนประกอบของไฟฟ้ากำลัง ก็เปรียบเสมือนกับสายส่งที่เชื่อมสถานีจ่ายไฟทางด้านต้นทาง และสถานีรับทางปลายทางจะต่างกันก็ตรงที่ว่าไม่ได้จ่ายหรือรับเป็นพลังงานไฟฟ้าผ่านทางสายส่ง แต่จ่ายและรับพลังงานในรูปที่เป็นเคลื่อนแม่เหล็กไฟฟ้า โดยมีอากาศเป็นตัวกลางนั้น

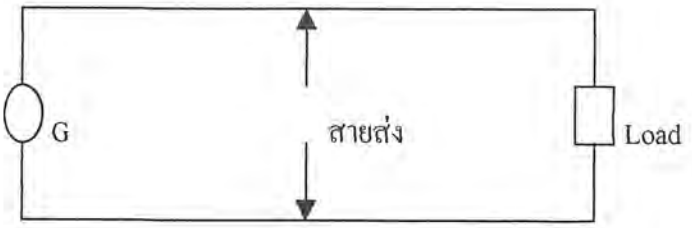
เนื่องจากสายอากาศเป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าประเภทพาสซีพ (passive) เพราะฉะนั้นการสึกหรอหรือเสื่อมคุณภาพ เมื่อเทียบกับหลอดหรือทรานซิสเตอร์แทบจะไม่มีเลยสาเหตุการสึกหรอจะเนื่องมาจากการผุกร่อนของโลหะ เนื่องจากบรรยากาศที่เป็นกรดหรือด่างหรือแรงลม เสถียรภาพของการติดตั้งเพราะฉะนั้นการออกแบบการติดตั้ง และการป้องกันการผุกร่อนจึงเป็นปัญหาสำคัญในการบำรุงรักษาสายอากาศ

2.6.1 สายอากาศกับสายส่ง

สายอากาศแบบง่ายที่สุดแบบไดโพลหรือโฟลไดโพล (fold bipole) ถูกนำไปใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ ของการสื่อสารทางวิทยุ ไดไพลชนิด $\lambda/2$ (half wave dipole) เป็นส่วนประกอบขั้นพื้นฐานของระบบสายอากาศ เมื่อมีการเพิ่มชิ้นส่วนบางส่วนจะทำให้การรับหรือส่งสัญญาณไปในทิศทางที่ต้องการได้สายอากาศแบบไดโพลนั้น สามารถเปรียบเทียบได้กับสายส่งชนิดอาร์เอฟ (RF) ที่เป็นวงจรเปิดมีความยาวเท่ากับ $\lambda/4$ โดยต่อเข้ากับเครื่องกำเนินสัญญาณซึ่งต้องรีโซแนนซ์ (resonance) กับเครื่องกำเนิดสัญญาณ โดยจะมีสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้ารอบตัวมันมากมายซึ่งความชันของผลตอบสนองของสายอากาศแบบไดโพลเช่น ถ้าไดโพลคล้ายกับ แอล-ซี (L-C) ของวงจรรีโซแนนซ์ที่ความถี่ต่ำ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรูปร่างของส่วนที่เป็นไดโพลเช่น ถ้าไดโพลเป็นลวดทองแดงเล็กๆจะมีคุณสมบัติคล้ายวงวงจรจูน (tuned circuit) ที่มีค่า Q มากคือชันมาก แต่จะมีความกว้างของความถี่ (bandwidth) แคบมาก

สายอากาศก็เหมือนสายส่งชนิดพิเศษที่ใช้ในการปล่อย หรือรับพลังงานในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 สายอากาศก็คือโหลดของเครื่องส่ง

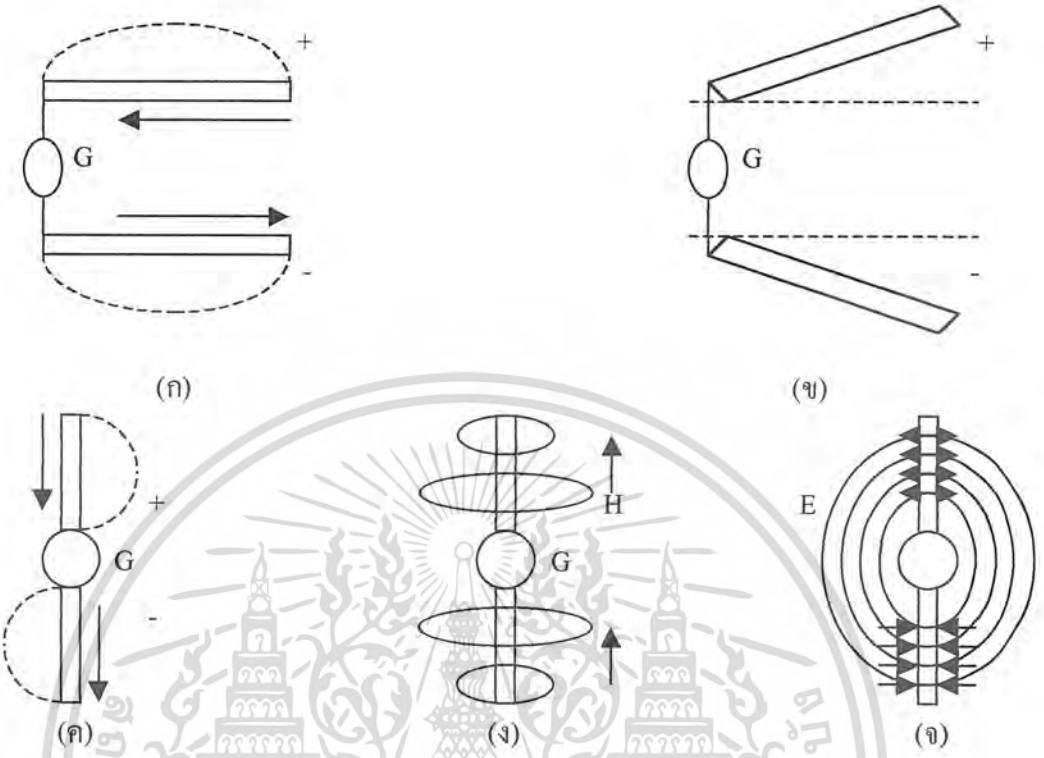
จากรูปที่ 2.16 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเปรียบเสมือนเครื่องกำเนิดความถี่ของสัญญาณ จะส่งสัญญาณความถี่วิทยุไปยังโหลด (load) โหลดเปรียบเทียบเสมือนสายอากาศซึ่งมีค่าค่าความต้านทานของการแผ่รังสี (radiation resistance) ที่ดีพอเพื่อการส่งพลังงานให้ได้มากที่สุด ถ้าเอาโหลดออกแล้วทำเป็นวงจรปิด (short circuit) ในขณะสัญญาณเป็นกระแสสลับ เมื่อวงจรเป็นวงจรปิดความต้านทานเท่ากับศูนย์ จะไม่มีการดูดซึมหรือพลังงานจะสะท้อนออกมาทั้งหมดกลับไปยังแหล่งกำเนิด จะเกิดลูกคลื่น (standing wave) เคลื่อนที่จากซ้ายไปขวา (จากแหล่งกำเนิดไปยังโหลด) และพลังงานจะสะท้อนกลับจากขวาไปซ้าย (จากโหลดไปแหล่งกำเนิด)

ถ้าเป็นสายส่งแบบวงจรเปิดจะมีความต้านทานสูงมากไม่จำกัด จะได้กระแสน้อยที่สุดและแรงดันมากที่สุดที่ปลายทั้งสองกรณีที่เกิดขึ้นคือ วงจรเปิดและวงจรปิดเป็นตัวอย่างของการเกิดสแตนดิ้งเวฟ (srtanding wave) บนสายส่งและสายส่งเหล่านี้จะกระจายพลังงานบางส่วนที่อยู่ในสายโดยสายชิลด์ (shieldline) จะกระจายพลังงานน้อยกว่าสายที่ไม่ได้ชิลด์ พิจารณาสายที่ไม่ได้ชิลด์ สองสายที่ถูกต่อปลายด้วยโหลดที่พอเหมาะ (matching load) คือเท่ากับลักษณะสมบัติทางอิมพีแดนซ์ของสาย (characteristic impedance) ปกติของทีวีใช้ทวีนลีด (twinlead) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 300 โอห์มและ 75 โอห์มสำหรับสายชิลด์หรือสายโคเอ็กซ์ ถ้ามีการแมทซ์กันพอดีจะทำให้การกระจายพลังงานเพิ่มขึ้นตามเงื่อนไขการทำงานคือ เพิ่มเป็นกำลังสองของกระแสเช่นสาย 1 มีกระแส 2 แอมแปร์ สาย 2 จะมีการกระจายรังสีเป็น 4 เท่าของสาย 1

เกิดการเพิ่มเป็นกำลังสองของช่องว่างระหว่างสายที่มีหน่วยเป็นจำนวนเท่าของความยาวคลื่นเช่นสาย 1 มีช่องว่างระหว่างสายเป็น 0.3 λ และสาย 2 มีช่องวางระหว่างสายเป็น 0.6 λ สาย 2 จะมีการกระจายรังสีเป็น 4 เท่าของสาย 1

เกิดการเพิ่มเป็นกำลังสองของความยาวคลื่นที่ลดลงเช่น ถ้าสาย 1 ใช้กับคลื่นที่มีความยาวเป็น 6 cm และสาย 2 ใช้กับคลื่นที่มีความยาว 2 cm สาย 2 จะมีการกระจายคลื่นเป็น 9 เท่าของสาย 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 แสดงการแพร่กระจายพลังงาน

รูปที่ 2.17(ก) แสดงเครื่องกำเนิดสัญญาณต่อกับสายส่งยาว $\lambda/4$ แต่วางขนานกันและใกล้กัน ในแต่ละเส้นจะสร้างสนามไฟฟ้าซึ่งจะหักล้างซึ่งกันและกัน เพราะฉะนั้นจะไม่มีการกระจายของพลังงาน

รูปที่ 2.17(ข) จะมีการกระจายพลังงานในทิศทางที่เป็นลูกศร ปลายของสายส่งจะอยู่ห่างกันมากกว่ารูปที่ 2.17(ก) พลังงานจะหักล้างกันไม่หมด จะมีพลังงานบางส่วนกระจายออกมาที่ปลายที่เปิดกว้าง

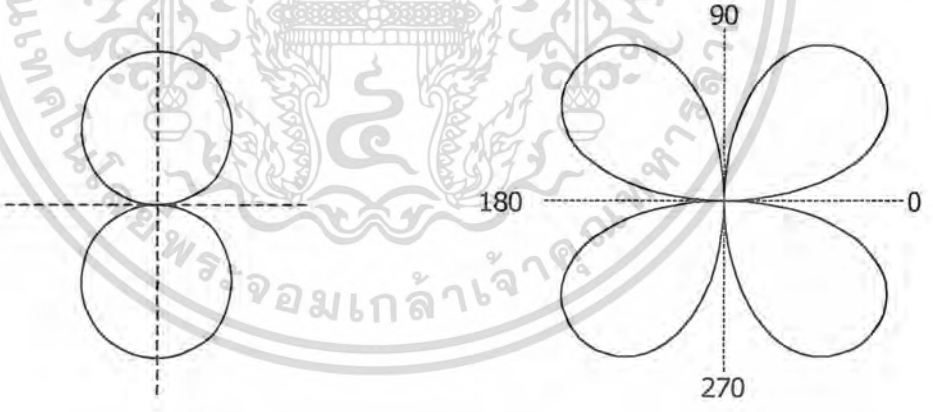
รูปที่ 2.17(ค) จะมีการกระจายพลังงานมากที่สุด เพราะว่าสนามไฟฟ้าทั้ง 2 จะไม่มีทิศทางที่ตรงกันข้ามซึ่งกันและกันเลย ขณะที่ลวดเส้นหนึ่งเป็นบวกอีกเส้นหนึ่งจะเป็นลบสนามทั้ง 2 จะมีทิศทางอนุกรมกัน จึงจะเป็นปรากฏการณ์ของสายอากาศจริง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.17(ง) เป็นการแสดงความสัมพันธ์ของแรงดันและกระแสของสายอากาศแบบ $\lambda/2$ รูปที่ 2.17(จ) แสดงทิศทางของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 การแพร่คลื่นของสายอากาศ

ดังได้กล่าวแล้วข้างต้นว่าไดโพลเป็นส่วนประกอบขั้นพื้นฐานของสายอากาศ ซึ่งจะส่งหรือรับ (สายอากาศของเครื่องส่งและเครื่องรับจะมีคุณสมบัติเหมือนกัน) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่กระจายออกรอบตัวสายอากาศ ลักษณะรูปร่างของการกระจายพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นรูปร่างต่าง ๆ กันเรียก **รูปแบบหรือแพทเทิร์น** ซึ่งจะเป็นตัวกำหนด **ค่าไดเร็คติวิตี้** (directivity) คือ การกระจายพลังงานไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งมากกว่าในทิศทางอื่นๆ (หมายถึงไม่ได้กระจายออกรอบตัวเท่ากัน) ซึ่งมีความสำคัญในการรับหรือส่งในทิศทางเดียวและป้องกันการรบกวนจากสถานีอื่น ๆ

การหารูปร่างของแพทเทิร์นนั้นหาได้โดยวิธีทางคณิตศาสตร์ หรือการบวกเวคเตอร์ที่ตำแหน่งต่างๆรูปแบบของการกระจายคลื่นของสายอากาศ ถ้าพลังงานถูกแผ่กระจายไปทั่วๆในทุกทิศทาง รูปแบบของการแผ่กระจายคลื่นของสายอากาศถ้าพลังงานถูกกระจายไปทั่วๆ ในทุกทิศทางและความเข้มของการกระจายพลังงานจะลดลง ในขณะที่ระยะทางจากสายอากาศเพิ่มขึ้น รูปแบบของสายอากาศแบบ λ /2โดยทั่วไปค่าไดเร็คติวิตี้และรูปแบบจะแปรผันกับความยาวทางไฟฟ้าของสายอากาศ ซึ่งแสดงว่าไดโพลซึ่งมีความยาวทางฟิสิกส์ (ความยาวจริง ๆ) เท่ากันแต่ทำงานที่ความถี่ต่าง ๆ กัน



รูปที่ 2.18 แสดงแพทเทิร์นสายอากาศความยาว (λ/2)

โดยทั่วไปที่ความยาวของสายอากาศตัวหนึ่ง เมื่อให้ทำงานที่ความถี่มีค่ามากขึ้นจำนวนโลบ (lobe) จะมากขึ้นด้วย ซึ่งไม่เป็นผลดีนักในแง่การส่งหรือการรับเพราะกำลังจะได้น้อยลงแต่ดีในแง่การติดตั้งถ้าเครื่องรับดีพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้เพื่อปรับปรุงให้รูปแบบมีรูปร่างต่างๆ ตามที่ต้องการก็จะมีการเพิ่มส่วนประกอบอื่น ๆ รวมกับไดโพลเช่น ไดเร็คเตอร์หรือตัวชี้นำ รีเฟรคเตอร์หรือตัวสะท้อน ซึ่งจะกล่าวในตอนต่อๆ ไปนอกจากนี้รูปแบบของไดโพลชนิดเดียวกันจะแตกต่างกันถ้าต่อ (feed) สายส่งที่ตำแหน่งต่าง ๆ กันเช่นตรงปลายกับตรงกลาง

2.6.3 ความยาวของสายอากาศกับความถี่

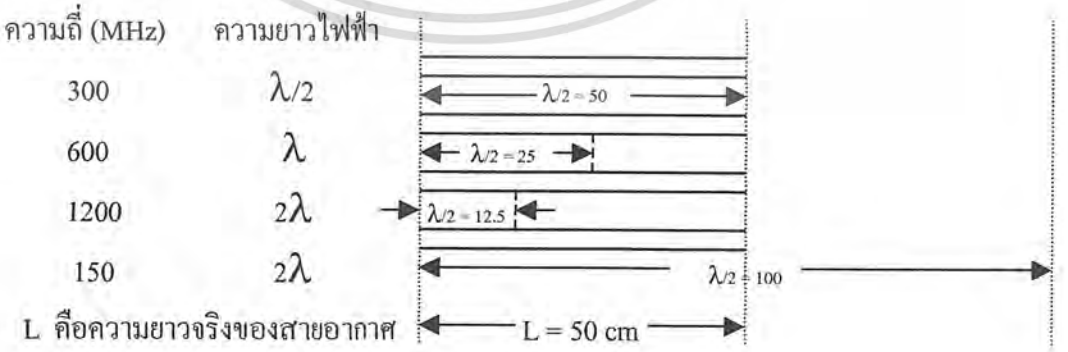
ถ้าความยาวของสายอากาศพอดีก็จะเกิดวงจรรีโซแนนซ์ขึ้น ซึ่งจะเป็นภาวะพอเหมาะที่จะส่งหรือรับพลังงานได้ดีที่สุด ซึ่งจะสามารถแทนสายอากาศด้วยโหลดที่เป็นความต้านทานล้วน (pure resistance) สายอากาศที่ความยาวต่าง ๆ กันจะนำไปใช้ที่ความถี่แตกต่างกัน สายอากาศแบบ $\lambda/2$ จะนำไปใช้ประโยชน์มากที่สุด ซึ่งเป็นสายอากาศที่มีความยาวครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่น (λ) สำหรับค่าความถี่ที่ใช้งานค่าหนึ่งเท่านั้น เมื่อค่าความถี่ที่ใช้งาน (*operating frequency*) เปลี่ยนไปความยาวทางฟิสิกส์ (ความยาวจริง ๆ – physical length) ของสายอากาศจะไม่เปลี่ยนแต่ความยาวทางไฟฟ้า (electrical length) จะเปลี่ยนจะสามารถเห็นได้จากตัวอย่างดังรูปที่ 2.19 ที่ความถี่ใช้งาน 300MHz สายอากาศแบบ $\lambda/2$ (จะยาวเท่ากับ 50 ซม.) คือรูป 2.19 ก. ซึ่งสายอากาศตัวเดียวกันจะนำไปใช้งานที่ความถี่แตกต่างกันคือรูป 2.19 ข. ความถี่เท่ากับ 600 MHz และ $\lambda/2$ เท่ากับ 25 cm (พิจารณาจากสูตร $V = f\lambda$ เมื่อคิดว่าการเคลื่อนที่ของคลื่นในอากาศเท่ากับการที่ของคลื่นโลหะซึ่งทางปฏิบัติแตกต่างกัน)

เมื่อ V เท่ากับความเร็วของคลื่นในอากาศ 3×10^8 เมตร/วินาที

f เป็นความถี่ที่ใช้งาน

λ เป็นความยาวคลื่น

ความยาวของสายอากาศที่ความถี่นี้คือ 2λ



รูปที่ 2.19 แสดงความยาวจริงของสายกับความยาวทางไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงว่าเมื่อความยาวทางฟิสิกส์คงที่ ความยาวทางไฟฟ้าของสายอากาศจะเปลี่ยนตามความถี่และก็เป็นไปได้ที่จะตัดความยาวของสายอากาศเป็น λ /2 ที่ความถี่ที่ใช้งานค่าใดค่าหนึ่ง และทำนองเดียวกันถ้าให้ความยาวทางไฟฟ้า คงที่จะทำให้ความยาวจริงๆ เปลี่ยนไปโดยการตัดออกหรือต่อเข้าเช่นถ้าให้เป็นสายอากาศแบบ λ /2 ที่ความถี่ 300 MHz ดังนั้นความยาวเท่ากับ 50 cm. ถ้าที่ความถี่ 600 MHz เพราะฉะนั้นเท่ากับ 25 ซม. ก็ตัดออกเป็นต้น ที่ความถี่แตกต่างกันหรือความถี่เดียวกันก็จะได้ความยาวทางไฟฟ้าแตกต่างกัน (ในขณะที่ความยาวทางฟิสิกส์เท่ากัน)

2..6.4 ความถี่และความยาวคลื่น

ความถี่และความยาวคลื่นมีความสัมพันธ์ผกผันกัน โดยมีความเร็วเป็นตัวกำหนดความเร็วที่คลื่นวิทยุเคลื่อนที่ผ่านอากาศขึ้นกับคุณสมบัติของอากาศและความเร็วที่คลื่นวิทยุเคลื่อนไปตามสายส่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสายส่งด้วยอากาศมีตัวคงที่ 2 อย่างคือ ค่าคงที่ไดอีเล็คทริค (Dielectric constant) ซึ่งเป็น 8.85 ไมโครฟารัดต่อโวลท์ และค่าคงที่เพอมีอะบิลิตี้ (permeabiltv) เป็น 1.256 ไมโครเฮนรี่/โวลท์ จะได้ความเร็วของคลื่นที่เคลื่อนที่ในอากาศเป็น $3x10^8$ เมตร/วินาที เพราะฉะนั้นความถี่ของคลื่นวิทยุและความยาวของโลหะที่นำมาเป็นสายอากาศก็อาจจะคำนวณโดยสูตร $V = f\lambda$ ได้สำหลับสายอากาศแบบไดโพลแบบ $\lambda/2$ ที่ความถี่ปานกลางและความถี่สูงอาจคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ความยาวของสายอากาศ } \lambda/2 \text{ (ฟุต)} = \frac{492}{\text{ความถี่ (MHz)}}$$

แต่ความยาวจริงของสายอากาศไดโพลแบบ λ /2 จะไม่เท่ากับ $\lambda/2$ ในอากาศเลยทีเดียว แต่ขึ้นกับความหนาของตัวนำที่นำมาทำเป็นสายอากาศและชนิดของตัวนำ ซึ่งค่า (K) เป็นค่าที่ต้องนำมาคูณกับ $\lambda/2$ ในอากาศ (free space) เพื่อจะให้ได้รีโซแนนซ์ ทั้งนี้เนื่องจากการเคลื่อนที่ของคลื่นในตัวนำจะไปไม่ได้โดยสะดวก (จะไปได้ช้ากว่า) เพราะค่าความต้านทานของโลหะ (radiation resistance)ในทางปฏิบัติจึงทำให้สั้นกว่า $\lambda/2$ ในอากาศประมาณ 6%

$$\text{ความยาวของสายอากาศ } \lambda/2 \text{ (ฟุต)} = \frac{492 \times 0.95}{\text{ความถี่ (MHz)}}$$

$$\text{ความยาวของสายอากาศ } \lambda/2 \text{ (ฟุต)} = \frac{492 \times K}{\text{ความถี่ (MHz)}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.5 อัตราขยายและสภาพการชี้นำของสายอากาศ

ถ้าเรามีสัญญาณที่มีกำลัง 0.00001mW หลังจากส่งสัญญาณนี้ผ่านสายที่ยาว จนเกิดการสูญเสียในสายไป เหลืออยู่ที่ด้านเอ้าท์พุทของสายเพียง 1/10 ของสัญญาณเดิม เราอาจกล่าวได้ว่ากำลังสูญเสียในสายมีค่า -10dB แต่ถ้าสมมติว่าถ้าสัญญาณนี้ป้อนเข้าเครื่องขยายที่มีอัตราขยาย 10,000,000,000 เราจะพบว่าสิ่งหนึ่งที่เราจะคำนวณเอ้าท์พุทของเครื่องขยายทำได้โดยการใช้ตัวเลขมาคิดถึงเป็นจำนวนมากถึงเป็น 10 หลัก แต่ถ้าเราคิดเป็น dB เราเห็นว่าอัตราขยายของเครื่องขยายมีเพียง 100 dB นั่นคือสัญญาณอินพุทมีค่า 0.000001mW ซึ่งถ้าเทียบสัญญาณ 1mW เราจะพบว่าสัญญาณนี้มีขนาด 60dB เทียบกับสัญญาณ 1mW เมื่อเพิ่มขึ้นด้านอัตราขยาย 100dB นั่นคือสัญญาณเอ้าท์พุทมีค่า 40dB (เทียบกับสัญญาณ 1mW) ครั้นหาขนาดสัญญาณเอ้าท์พุทเราสามารถตอบได้ว่ามีค่าเท่ากับ 10W จะเห็นว่าการคิดแบบ dB ทำให้เปลี่ยนการคูณหารมาเป็นบวกลบตามธรรมดา แต่ก็มีข้อเสียที่ต้องแปลงกลับเป็นหน่วยธรรมดาซึ่งก็ไม่ยากนัก (โดยสามารถดูได้จากตาราง)

ในการวัดกำลัง เราวัดได้โดยใช้มิเตอร์วัดแรงดันที่โหลดที่รู้ค่าความต้านทานแล้วคำนวณกำลังได้ว่า $P = V^2/R$ ถ้าคิดเป็นเดซิเบลจะได้ว่า

$$dB = 10 \log \left(\frac{V_2^2}{R_2^2} \Big/ \frac{V_1^2}{R_1} \right)$$

เมื่อ R_2 เป็นความต้านทานทางด้านเอ้าท์พุทซึ่งเป็นโหลด

R_2 เป็นความต้านทานทางอินพุทของเครื่องขยาย R_1 ซึ่งเป็นโหลดของแหล่งจ่ายสัญญาณ

ถ้า R_2 เท่ากับ R_1 จะได้ว่า

$$dB = 10 \log \left(\frac{V_2^2}{R_1^2} \right)$$

$$= 10 \log \left(\frac{V}{V_1} \right)$$

$$= 20 \log \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

dB เป็นหน่วยที่วัดอัตราขยายของสายอากาศโดยเทียบกับสายอากาศชนิดที่เรียกกันว่าสายอากาศไอโซโทรปิค (isothopic antenna) หรือพูดง่ายๆคือเป็นจุดของต้นกำเนิดสัญญาณแล้วแบ่งออกทุกทิศทางนั่นเอง หรืออาจกล่าวได้ว่าสายอากาศชนิดนี้จะมีคุณสมบัติที่ให้ความเข้มของคลื่นสัญญาณ ณ. จุดที่ห่างจากสายมีค่าเท่ากัน จะมีความเข้มของคลื่นสัญญาณเท่ากัน สายอากาศนั้นเป็นอุปกรณ์แบบพาสซีพ (passive) คืออัตราการขยายของสายอากาศที่ได้นั้นได้มาจากการเพิ่มความเข้มของคลื่นวิทยุเฉพาะทิศทางที่ต้องการเท่านั้น ส่วนที่เพิ่มขึ้นนี้ได้มาจากส่วนที่เราไม่ต้องการให้ความเข้มของคลื่นวิทยุตกในทิศทางนั้นๆ และการที่จะยกตัวอย่างเกี่ยวกับทางด้านสัญญาณก็เห็นภาพได้ยาก แต่ถ้าเป็นทางด้านแสงซึ่งแท้จริงแล้วแสงก็เป็นคลื่นวิทยุชนิดหนึ่ง เมื่อแสงสว่างกระทบกับวัตถุทำให้จักษุประสาทของคนเราเกิดความรู้สึกว่าสว่างหรือมืดอย่างเห็นได้ชัด

ถ้าเปรียบเทียบสายอากาศชนิดไอโซโทรปิคกับหลอดไฟกลม ซึ่งให้ความสว่างเท่า ๆ กันของหลอดไฟเราอาจจะออกแบบให้หลอดไฟสว่างเฉพาะจุดที่ต้องการได้เช่น การใช้โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ซึ่งจะให้แสงสว่างในด้านยาวมากกว่าทางด้านข้าง สายอากาศมีตัวชี้นำ (director) ก็เสมือนการใส่เลนส์นูนไว้ข้างหน้าหลอดไฟซึ่งก็จะพยายามบีบแสงให้เป็นลำพุ่งออกไป ทิศทางที่ลำแสงบีบออกไปนั้นเราสามารถจะทำให้เกิดความเข้มของแสงสว่างได้มากขึ้น ถ้าใส่เลนส์ที่เหมาะสมและถูกต้อง สายอากาศที่เราใส่ตัวสะท้อน (reflecter) ก็เหมือนกับการใส่กระจกเว้าไว้สะท้อนแสง ส่วนที่เราไม่ใช้ในด้านหลังของหลอดไฟให้สะท้อนออกไปในด้านหน้าทำให้ความสว่างมากขึ้นผลจากการใส่ตัวชี้นำหรือตัวสะท้อนก็จะทำให้เราเพิ่มความเข้มของคลื่นวิทยุ ณ.ทิศทางที่เราต้องการมากขึ้น แต่มุมของการส่งก็จะแคบลงตามลำดับถ้าเราพยายามที่จะเพิ่มอัตราขยายออกไป ในทางทฤษฎีแล้วสายอากาศของเครื่องรับและของเครื่องส่งไม่มีอะไรผิดแผกจากกัน

ส่วนใหญ่นิยมที่จะเทียบอัตราขยายของสายอากาศกับไดโพล แทนที่จะเปรียบเทียบกับต้นกำเนิดชนิดไอโซโทรปิค เนื่องจากว่าไดโพลเป็นสายอากาศชนิดง่ายที่สุดที่เราสามารถสร้างและทดสอบคุณสมบัติของมันได้ในทางปฏิบัติ สภาพการชี้นำเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของสายอากาศ จะเป็นตัวบอกว่าสายอากาศจะรับสัญญาณได้ดีในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง หรืออาจเรียกว่ารูปแบบของสภาพการชี้นำ ถึงแม้ว่าสายอากาศแบบยูนิไดเรคชันจะรับสัญญาณได้ดีในทิศทางหนึ่งทิศทางใดโดยเฉพาะของมัน แต่มันก็สามารถรับสัญญาณจากทิศทางอื่นได้ด้วย แต่ความไวอาจจะน้อยกว่าทิศทางของรูปแบบ สภาพการชี้นำจะแสดงการเปลี่ยนแปลงของความไวที่ทุก ๆ ทิศทางโดยปกติจะแสดงกราฟในเชิงมุม ในทางทฤษฎีสายอากาศแบบทิศทางเดียวที่สมบูรณ์จะมีความกว้างเชิงมุมเป็น 10 องศา ในการออกแบบจะมีค่ามุมนี้มากหรือน้อยกว่า 18 องศาเล็กน้อย นอกจากทิศทางที่มีค่ามากที่สุดแล้วยังมีทิศทางที่รับได้น้อยที่สุด เรียกว่า นัลโลบ (null lobe) ซึ่งจะอยู่ระหว่างทิศการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับดีที่สุดทั้งสองโลบ ที่ตำแหน่งนี้สายอากาศแบบไดโพลจะรับสัญญาณไม่ได้เลย ถึงแม้จะรีโซแนนซ์กับความถี่ของการส่ง

ปกติรูปแบบการชี้ทิศในสามมิติของสายอากาศ จะเปรียบเทียบกับสายอากาศแบบไอโซโทรปิค (isotropic antenna) ซึ่งเป็นแบบอุดมคติทางทฤษฎีที่จะกระจายพลังงานในทุกทิศทางด้วยความเข้มของคลื่นเท่ากัน (omnidirection) ธรรมดาสายอากาศแบบ $\lambda/2$ ชนิดไดโพลจะมีอัตราขยายในทุกทิศทางเป็น 2.15 dB เมื่อเทียบกับไอโซโทรปิคซึ่งมีอัตราขยาย 0dB คำว่าอัตราขยายของสายอากาศจะคล้ายคลึงกับสภาพการชี้นำ เพราะว่าสภาพการชี้นำหาจากรูปร่างของรูปแบบซึ่งไม่คิดกำลังที่สูญเสียไปคือเป็นสายอากาศที่มีประสิทธิภาพ 100 % เพราะฉะนั้นจะได้สูตรอัตราขยาย Gain = KP/Pav คืออัตราขยายเป็น K เท่า เมื่อ P เป็นความเข้มข้นทางพลังงานที่จุดที่รูปแบบมีค่ามากที่สุดบนผิวของทรงกลม (space directivity) และ P_{av} เป็นความหนาแน่นของกำลังเฉลี่ย K เป็นค่าแสดงประสิทธิภาพมีค่ามากที่สุดเป็น 1, K ได้จากการแพร่พลังงานหารกับพลังงานอินพุท ถ้าสายอากาศมีประสิทธิภาพสูงคือ 100 % ค่าอัตราขยายก็จะเท่ากับค่าสภาพการชี้นำ อัตราขยายของสายอากาศในทางปฏิบัติวัดจากกำลังของสัญญาณที่วัดได้จากสายอากาศที่ต้องการหาอัตราขยายเปรียบเทียบกับกำลังที่เหนี่ยวนำจากสายอากาศแบบ $\lambda/2$ ไดโพล ที่มีขนาดรีโซแนนซ์ (ซึ่งทางทฤษฎีเทียบกับไอโซโทรปิค ถ้าจะหาอัตราขยายสายอากาศที่เทียบกับไอโซโทรปิคก็บอกค่า 2.15 dB กับค่าที่วัดได้เทียบกับ ไดโพล $\lambda/2$) สำหรับความถี่นั้น ๆ ของสัญญาณ โดยวัดที่ระยะห่างเท่ากัน กำลังงานอินพุทเท่ากัน เช่น สายอากาศมีอัตราขยายกำลัง (power gain) เท่ากับ 10 หมายความว่าสายอากาศที่ต้องการเป็น 10 เท่าของไดโพลมาตรฐาน นอกจากนี้ในการทดลองมักจะวัดเป็นความเข้มสนามสัมพันธ์ (relative field strength) ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับกำลังงาน

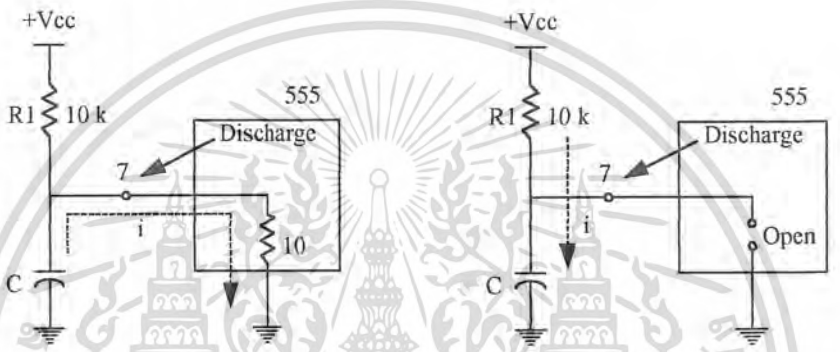
2.7 ไอซีไทเมอร์

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์เช่น ออสซิลเลเตอร์ ตัวกำเนิดสัญญาณพัลส์ สัญญาณแรมป์หรือสัญญาณสี่เหลี่ยม ตัวกำเนิดสัญญาณเพียงหนึ่งลูกคลื่นหรือตัวตรวจสอบโวลท์เตจ ล้วนต้องอาศัยความสามารถของวงจรประเภทสร้างช่วงเวลาทั้งสิ้นวงจรสำเร็จรูปที่เป็นไอซีตัวหนึ่งที่นิยมก็คือ ไอซีเบอร์ 555 ซึ่งผลิตครั้งแรกโดยบริษัท Signetics ไอซี 555 นี้เป็นไอซีที่ใช้ไฟเลี้ยงช่วงค่อนข้างกว้างมาก กล่าวคือตั้งแต่ + 5 ถึง + 18 โวลท์สามารถใช้สร้างช่วงเวลาได้นานถึง 15 นาที (หากต้องการตัวสร้างช่วงเวลาที่กำหนดเวลาได้นานกว่านี้ เช่น สร้างช่วงเวลาเป็นชั่วโมงหรือเป็นวันให้ใช้เบอร์ 2240) และเนื่องจากไอซี 555 นี้เป็นไอซีที่สามารถประยุกต์ใช้งานได้ง่าย ราคาถูก ทนทาน และยังมีความน่าเชื่อถือของวงจรสูงมาก ดังนั้นเราจึงหยิบยกวิธีการใช้ไอซีเบอร์นี้มากล่าวโดยเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในไอซี 555 จะประกอบด้วยส่วนพื้นฐานสำคัญ ๆ อยู่ 5 ส่วนด้วยกันคือ (ดูรูปที่ 2.20) ตัวต้านทานที่มีค่าเท่ากัน 3 ตัว ชุดวงจรเปรียบเทียบแรงดัน ซึ่งประกอบด้วยคอมพาราเตอร์ 2 ตัว ฟลิปฟล็อป 1 ตัว ทรานซิสเตอร์สำหรับติดต่อกับภายนอก 2 ตัว และวงจรด้านเอ้าท์พุท

ไอซี 555 มีการทำงานอยู่ 2 ประเภทคือ ประเภทสร้างสัญญาณตลอดเวลาหรือที่เราเรียกว่า อะสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์ และประเภทสร้างสัญญาณเพียง 1 ลูกคลื่นหรือที่เราเรียกว่าวันช๊อตมัลติไวเบรเตอร์ หรือโมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์นั่นเอง



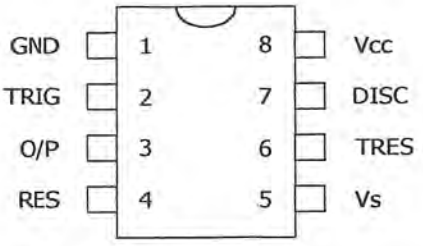
รูปที่ 2.20 แสดงองค์ประกอบภายในไอซี 555

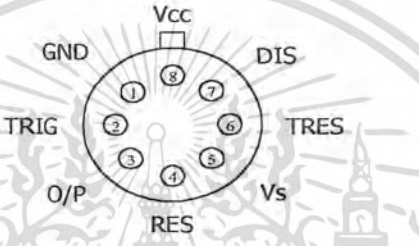
การทำงานประเภทสร้างสัญญาณตลอดเวลาหรืออะสเตเบิ้ลของไอซี 555 จะได้ว่าสัญญาณแรงดันจะเปลี่ยนค่าเป็นแรงดันสูงแล้วต่ำแล้วสูงเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ ไม่มีหยุด ช่วงเวลาของเอ้าท์พุทที่ได้นี้จะหาได้จากค่าตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุที่นำมาต่อวงจรภายนอกไอซี 555 อีกที ข้อสังเกตและไม่ควรลืมก็คือค่าแรงดันเอ้าท์พุทในขณะที่มีค่าสูงสุด (หรือมีค่าสูง) จะมีค่าน้อยกว่าค่าไฟเลี้ยงหรือ V_{cc} เสมอ และค่าแรงดันเอ้าท์พุทในขณะที่มีค่าต่ำสุดจะมีค่าประมาณ 0.1 โวลท์

การทำงานประเภทวันช๊อตหรือโมโนสเตเบิ้ล จะมีข้อแตกต่างกับประเภทสร้างสัญญาณตลอดเวลาตรงที่ว่า ต้องมีสัญญาณภายนอกเข้ามากระตุ้นเท่านั้นจึงจะสร้างสัญญาณขึ้นมา 1 ลูก (ไม่สามารถสร้างสัญญาณขึ้นมาเองได้) เมื่อมีสัญญาณจากภายนอกซึ่งมีแรงดันพอเหมาะเข้ามากระตุ้นวงจรแล้ว แรงดันเอ้าท์พุทของไอซี 555 ก็จะมีการเปลี่ยนจากสภาพปกติจากต่ำไปสูงเป็นเวลาค่าหนึ่ง ซึ่งเวลาค่านี้ก็จะสามารถหาได้จากค่าของตัวต้านทานและตัวเก็บประจุที่นำมาต่อเพิ่มกับวงจรนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 หน้าที่ของขาไอซี 555





รูปที่ 2.21 แสดงตำแหน่งขาของไอซี 555 และแผนที่ตัวถังของไอซี 555

1. ตัวถังและขาสำหรับป้อนไฟเลี้ยง

ไอซี 555 มีตัวถังให้เลือกอยู่ 2 ชนิดคือ ชนิด TO-99 และ DIP ดังรูปที่ 2.21 ขาที่ 1 จะเป็นขากราวด์ขาที่ 8 เป็นขาไฟเลี้ยง โดยไฟเลี้ยงนี้จะสามารถป้อนค่าได้ตั้งแต่ + 5 ถึง + 18 โวลท์ซึ่งนั่นหมายความว่า เราสามารถประยุกต์ไอซีเข้ากับวงจรดิจิตอลคอมพิวเตอร์ทั่วไปจนถึงวงจรสำคัญ ๆ ที่ใช้ภายในรถยนต์ได้ด้วยเช่นกัน วงจรภายในต้องการกระแสไฟประมาณ 0.7 มิลลิแอมป์ต่อโวลท์ (เช่น ต้องการ 10 มิลลิแอมป์สำหรับไฟเลี้ยง + 15 โวลท์ เป็นต้น) กำลังสูญเสียภายใน (ซึ่งมักจะกลายเป็นความร้อน) จะมีค่าสูงสุดเพียง 600 มิลลิวัตต์

2.ขาเอ้าท์พุท

ในรูปที่ 2.21 ที่ขาเอ้าท์พุทหรือขาที่ 3 จะสามารถเป็นได้ทั้งตัวดึงกระแสเข้า (sink current) และตัวให้กระแสออก (source current) โดยเมื่อสัญญาณที่เอ้าท์พุทมีค่าต่ำไฟเลี้ยงจากวงจรภายนอกก็จะไหลเข้าสู่ตัวไอซี 555 โดยในขณะนั้น ซับพลายโหลด (floating supply load) ซึ่งเสมือนถูกต่อลอยอยู่ จะเริ่มทำงานโดยทำหน้าที่เป็นตัวผ่านกระแสจากไฟเลี้ยงภายนอกเข้าสู่ตัวไอซี และเมื่อสัญญาณที่เอ้าท์พุทมีค่าสูง ไอซี 555 ก็จะทำตัวเป็นผู้ให้กระแสโดยปล่อยกระแสให้ไหลออกไปสู่ กราวด์โหลด (grounded load) หรือโหลดภายนอกที่ต่ออยู่กับขานี้นั่นเอง ข้อสังเกตประการหนึ่งก็คือ การทำงานตามปกติ ณ เวลาหนึ่ง ๆ จะเป็นการสวิตซ์หรือเลือกใช้ระหว่างซับพลายโหลดและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราวด์โหลดอย่างใดอย่างหนึ่งเสมอ และไม่ค่อยจะมีวงจรประยุกต์ใดที่ใช้ทั้งกราวด์โหลดและซับพลายโหลดพร้อมกันในเวลาเดียว

อนึ่ง กระแสที่ดึงเข้าและที่จ่ายออกจากไอซีจะมีค่าตามคู่มือคือ 200 มิลลิแอมป์แต่เวลาใช้จริงจะมีค่าประมาณ 40 มิลลิแอมป์ โดยขณะที่เอ้าท์พุทมีค่าสูงจะได้ค่าแรงดันต่ำกว่าไฟเลี้ยงไอซีประมาณ 0.5 โวลท์ และที่เอ้าท์พุทมีค่าต่ำจะให้แรงดันประมาณ 0.1 โวลท์ เมื่อเทียบกับกราวด์ โดยดึงกระแสเข้าประมาณ 25 มิลลิแอมป์

3.ขารีเซต

ขารีเซตเป็นขาที่ 4 ซึ่งทำให้ไอซี 555 สามารถยกเลิกหรือสั่งซ้ำต่อสัญญาณคำสั่งที่มาจากขาทริกเกอร์อินพุท (trigger input) ในขณะที่ไม่ได้ใช้ขานี้ควรที่จะต่อเข้ากับไฟเลี้ยงบวก และถ้าเมื่อใดที่ขารีเซตนี้ต่อเข้ากับกราวด์หรือมีระดับแรงดันน้อยกว่า 0.4 โวลท์ ทั้งขาที่ 3 และ 7 (ขาเอ้าท์พุทและขาดิสชาร์จ) ก็จะมีค่าแรงดันต่ำทันที

4.ขาดิสชาร์จ

ขาดิสชาร์จเป็นขาที่ 7 หน้าที่ของขานี้จะเหมือนกับชื่อของขา กล่าวคือเมื่อสัญญาณเอ้าท์พุทมีค่าต่ำ ขานี้ก็จะใช้เพื่อการดิสชาร์จกระแสของตัวเก็บประจุ (ตัวเก็บประจุตัวนี้จะทำหน้าที่เกี่ยวกับการหน่วงเวลา) และเมื่อสัญญาณเอ้าท์พุทมีค่าสูง ขานี้ก็จะทำหน้าที่เปิดวงจรและอนุญาตให้ตัวเก็บประจุเกิดการชาร์จกระแสจากแหล่งจ่ายไฟภายนอกเข้าตัวเก็บประจุจนกระทั่งแรงดันของตัวเก็บประจุมีค่าหนึ่งตามที่กำหนดไว้

5.ขาควบคุมแรงดัน

ตัวเก็บประจุที่ทำหน้าที่เป็นฟิลเตอร์ขนาด 0.01 ไมโครฟารัด มักจะถูกนำมาต่อที่ขานี้ซึ่งเป็นขาที่ 5 กับกราวด์ ตัวเก็บประจุที่นำมาต่อที่ขานี้จะทำหน้าที่บายพาสหรือส่งผ่านสัญญาณรบกวนและแรงดันกระเพื่อมที่มาจากแหล่งจากไฟ (ripple voltages) ลงกราวด์ไป ทั้งนี้ทำให้แรงดันเทรสโฮลด์มีค่าถูกต้องหรือใกล้เคียงกับค่าที่เราออกแบบมากที่สุด สำหรับคำว่าแรงดันเทรสโฮลด์นี้อาจแปลให้เข้าใจง่ายๆว่า แรงดัน ณ. ค่าหนึ่งที่เริ่มทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะของเอ้าท์พุท นอกจากนี้ขาควบคุมแรงดันนี้ยังสามารถนำมาใช้เพื่อเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันที่ขาเทรสโฮลด์และทริกเกอร์ได้อีกด้วย ยกตัวอย่างเช่น ถ้าเรานำตัวต้านทานขนาด 10 กิโลโอห์มมาต่อระหว่างขา 5 และขา 8 (จะเสมือนต่อตัวต้านทานขนานกับตัวต้านทาน 5 กิโลโอห์มตัวแรกที่อยู่ภายในออปแอมป์) ก็จะทำให้แรงดันเทรสโฮลด์เปลี่ยนจากเดิม 2 $V_{cc}/3$ ไปเป็น 0.75 V_{cc} และแรงดันทริกเกอร์เปลี่ยนไปเป็น 0.375 V_{cc} จุดนี้เองที่ทำให้เราสามารถกำหนดสัดส่วนของเทรสโฮลด์ใหม่ได้ (แต่เดิมจะเป็น 2/3 และ 1/3 ของ V_{cc}) ตรงนี้นับเป็นข้อสังเกตที่น่าจดจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.ขาทริกเกอร์และเทรสโฮลด์

ไอซี 555 มีสถานะการทำงาน 2 สถานะ และมีสถานะการจำอยู่ 2 สถานะ (รวมเป็น 4 สถานะ) โดยสถานะต่าง ๆ เหล่านี้จะขึ้นอยู่กับขาสองขาก็คือ ขาทริกเกอร์ (ขาที่ 2) และขาเทรสโฮลด์ (ขาที่ 6) สัญญาณอินพุทที่ป้อนให้กับขาทริกเกอร์จะถูกเปรียบเทียบกับคอมพาราเตอร์หมายเลข 2 ในรูปที่ 2.20 ซึ่งถูกกำหนดให้เปรียบเทียบที่ค่าเทรสโฮลด์ค่าต่ำหรือ V_{LT} (lower threshold voltage) ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ $V_{cc}/3$ สำหรับสัญญาณอินพุทที่ป้อนให้กับขาเทรสโฮลด์จะถูกเปรียบเทียบกับคอมพาราเตอร์หมายเลข 1 ซึ่งถูกกำหนดให้เปรียบเทียบที่ค่าเทรสโฮลด์ค่าสูง (เราอาจจะเรียกว่าค่าแรงดันค่าสูงที่เริ่มทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อสถานะเอ้าท์พุท) ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ $2\ V_{cc}/3$

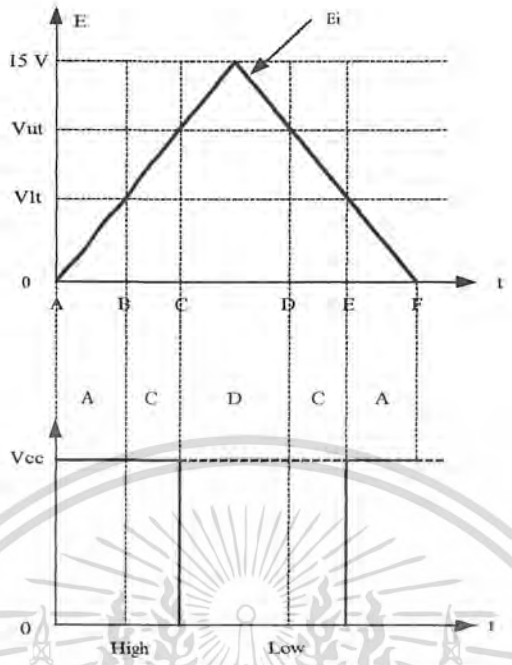
ในการป้อนอินพุทแต่ละครั้ง ค่าแรงดันที่ป้อนเข้ามานั้นเป็นไปได้ที่จะมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่า หรือเท่ากับค่าเทรสโฮลด์ทั้งสอง อันจะทำให้เกิดสถานะ 4 สถานะขึ้นมาดังได้กล่าวมาแล้ว (ดูตารางที่ 2.3) โดยเมื่ออยู่ในการทำงานแบบ A แรงดันอินพุทที่ป้อนเข้ามามีค่าต่ำกว่าแรงดันอ้างอิงทั้งขาทริกเกอร์และเทรสโฮลด์ ดังนั้นแรงดันที่ขาเอ้าท์พุทของไอซี 555 ก็จะให้ค่าสูง ในขณะที่การทำงานแบบ D แรงดันอินพุทที่ป้อนเข้ามามีค่าสูงกว่าแรงดันอ้างอิงทั้งสอง แรงดันที่ขาเอ้าท์พุทของไอซี 555 ก็จะให้ค่าต่ำ

สถานะการทำงาน	ขาทริกเกอร์ 2	ขาเทรสโฮลด์ 6	ผลลัพธ์	
			ขาเอ้าท์พุท 3	ขาดิสชาร์จ 7
A	ต่ำกว่า V_{LT}	ต่ำกว่า V_{UT}	High	เปิดวงจร
B	ต่ำกว่า V_{LT}	สูงกว่า V_{UT}	จำสถานะเดิมต่อไป	
C	สูงกว่า V_{LT}	ต่ำกว่า V_{UT}	จำสถานะเดิมต่อไป	
D	สูงกว่า V_{LT}	สูงกว่า V_{UT}	Low	กราวด์

ตารางที่ 2.3 แสดงสถานะการทำงานของไอซี 555

ข้อสังเกต เมื่อเราป้อนอินพุทเป็นค่าต่ำ เราจะได้ค่าเอ้าท์พุทออกมาเป็นค่าสูงในทางกลับกันเมื่อเราป้อนอินพุทเป็นค่าสูง เราจะได้ค่าเอ้าท์พุทเป็นค่าต่ำ ตรงนี้ที่อาจทำให้เรามองไอซี 555 เป็นเสมือนตัวอินเวอร์เตอร์ หรือตัวกลับสัญญาณก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 แสดงสถานะการทำงานของไอซี 555

สำหรับในกรณีสถานะการทำงานแบบ B และ C นั้นจะเป็นสถานะชนิดที่ไอซี 555 ยังคงจดจำสถานะเดิมอยู่ โดยเมื่อแรงดันที่ป้อนเข้ามาลดลงจากค่า V_{UT} ไปเกือบถึง V_{LT} หรือสถานะ B และเมื่อแรงดันที่ป้อนเข้ามาเพิ่มขึ้นจากค่า V_{LT} ไปเกือบถึง V_{UT} หรือสถานะ C วงจรจะยังคงมีการจดจำค่าสถานะเดิมเอาไว้อยู่ เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจมากขึ้น (รูปที่ 2.22) อย่างไรก็ตามเราจะยกตัวอย่างวงจรหน่วงเวลาสัก 2 วงจร เพื่ออธิบายสถานะการทำงานของไอซี 555 เพิ่มเติม

ข้อสังเกต การที่เกิดสถานะจดจำขึ้นในสถานะ B และ C นี้จะทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า ฮีสเตอริซิสลูป (hysteresis loop) ขึ้นและการที่วงจรที่สถานะจดจำนี้ได้แสดงว่าวงจรนี้มีและเป็นหน่วยความจำด้วยข้อสังเกตอีกประการหนึ่งก็คือ ในขณะที่วงจรกำลังอยู่ในสถานะจดจำอยู่นี้เราจะไม่มีสามารถรู้สถานะต่อไปของเอ้าท์พุทได้เลย นอกจากเราจะรู้ว่าสถานะเดิมก่อนเข้าสู่สถานะจดจำนี้ ซึ่งก็ดูได้จากที่แรงดันเอ้าท์พุทปัจจุบันนั่นเอง

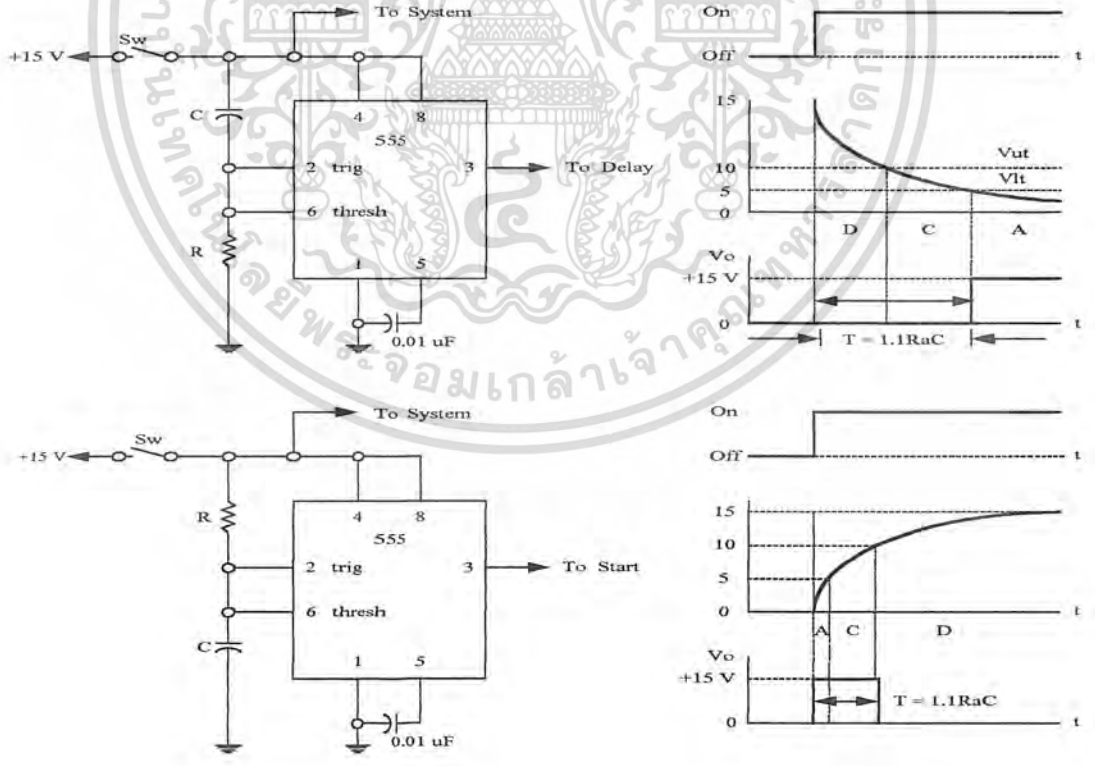
2.7.2วงจรหน่วงเวลาเมื่อเปิดเครื่อง

ในการเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ใด ๆ มักจะเกิดไฟกระชากซึ่งอาจทำให้สถานะของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บางวงจรไม่อยู่ในสถานะที่ถูกต้อง เราจึงมักมีการออกแบบวงจรหน่วงเวลาเอาไว้ซึ่งมีอยู่ 2 ชนิดด้วยกัน ชนิดแรก เมื่อคุณต้องการจ่ายไฟให้กับบางส่วนของระบบก่อน จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไปช่วงหนึ่งจึงค่อยจ่ายไฟให้กับระบบส่วนที่เหลือ วงจรชนิดที่สองเมื่อต้องการให้เวลาเปิดเครื่องทุกครั้ง ให้มีการรีเซตวงจรนับต่าง ๆ ให้เป็นศูนย์ก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับวงจรแรกสามารถต่อได้ดังรูปที่ 2.23 โดยเมื่อเปิดเครื่องที่เวลา t = 0 ในขณะนั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงแรงดันอย่างทันทีและเกิดความถี่สูงอย่างมากมาย ทำให้ตัวเก็บประจุเสมือนกับถูกลัดวงจรไป หรือมีแรงดันตกคร่อมเท่ากับศูนย์ และทั้งขาที่ 2 และ 6 ก็จะมีค่าแรงดันเท่ากับแรงดันไฟเลี้ยงซึ่งมีค่ามากกว่าแรงดันอ้างอิงที่ขาเทรสโฮลด์และขาทริกเกอร์ ยังผลให้แรงดันเอ้าท์พุทมีค่าต่ำ ต่อจากนั้นเมื่อตัวเก็บประจุ C เริ่มทำการเก็บประจุ แรงดันที่ตกคร่อมที่ขา 2 และขา 6 ก็จะลดลงตามลำดับ โดยในตอนแรกแรงดันตกคร่อมก็อาจจะมีค่าลดลงต่ำกว่าค่า V_{UT} แต่มากกว่า V_{LT} ซึ่งทำให้ไอซี 555 ยังคงทำหน้าที่จำสถานะเดิมอยู่ กล่าวคือยังคงทำให้แรงดันเอ้าท์พุทมีค่าต่ำอยู่ต่อไป และเมื่อแรงดันตกคร่อมมีค่าลดลงต่ำกว่าค่า V_{LT} ก็จะทำให้แรงดันที่เอ้าท์พุทมีค่าเป็นสูง ณ. เวลาเท่ากับ $T = 1.1 R_A C$

วงจรที่สองใช้เมื่อต้องการให้ช่วงเวลาที่หน่วงเวลาแล้วแรงดันเอ้าท์พุทมีค่าสูง ก็สามารถต่อวงจรได้ซึ่งเป็นการวางสลับกัน ระหว่างตัวเก็บประจุกับตัวต้านทาน R_A โดยเมื่อเปิดเครื่อง แรงดันเอ้าท์พุทจะมีค่าสูงตลอดเป็นระยะเวลาเท่ากับ T จากนั้นจึงค่อยกลับเป็นแรงดันต่ำเหมือนเดิม



รูปที่ 2.23 แสดงวงจรหน่วงเวลา

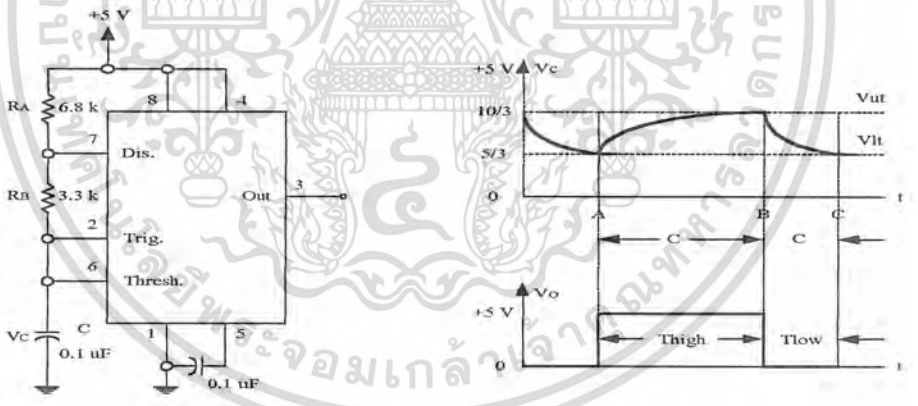
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

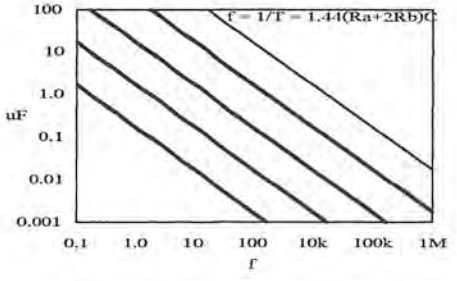
2.7.3การทำงานของวงจรอะสเตเบิ้ล

ไอซี 555 สามารถนำมาต่อเป็นวงจรอะสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์ได้ดังรูปที่ 2.24 ซึ่งจะทำหน้าที่สร้างสัญญาณตลอดเวลา และจะได้รูปคลื่นสัญญาณที่เวลา A ทั้งขา 2 และขา 6 จะมีค่าต่ำกว่าค่า $V_{LT} = V_{cc}/3$ ซึ่งทำให้แรงดันเอ้าท์พุทที่ขา 3 มีค่าสูง ในขณะนั้นเองที่ขา 7 จะเสมือนกับถูกเปิดวงจรออก ดังนั้นตัวเก็บประจุ C จะเก็บประจุโดยผ่าน $R_A + R_B$

ในช่วงเวลา A ถึง B ไอซี 555 จะทำหน้าที่เป็นวงจรจำสถานะเดิม และเมื่อ V_c มีค่าสูงถึง $V_{UT} = 2\ V_{cc}/3$ ที่เวลาเท่ากับจุด B ไอซี 555 ก็จะเข้าสู่สถานะใหม่ ซึ่งจะให้ค่าแรงดันเอ้าท์พุทต่ำ ขา 7 ของไอซีก็จะทำหน้าที่คลายประจุที่อยู่ภายในตัวเก็บประจุ C ออก ผ่านตัวต้านทาน R_B และเมื่อแรงดัน V_c มีค่าต่ำจนถึงค่าแรงดันอ้างอิง V_{LT} ตัวเก็บประจุ C ก็จะเริ่มเก็บประจุอีกครั้ง โดยขา 7 ของไอซีเสมือนเปิดวงจรอีกครั้ง การทำงานของวงจรก็จะวนเวียนเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ ไม่สิ้นสุด

ข้อสังเกต ในขณะที่เริ่มต้นจากเวลา t = 0 วงจรนี้จะยังไม่เข้าสู่วิถีทางธรรมชาติของมันโดย ในบางครั้งที่เริ่มจ่ายไฟ ตัวเก็บประจุ C อาจจะมีประจุสะสมอยู่ในตัวของมันแล้วก็ได้ จึงอาจมีการคลายประจุก่อน ซึ่งไม่มีใครรู้ว่าจะคลายประจุออกมาโดยใช้เวลานานเท่าไร อย่างไรก็ตามเราสามารถคาดคะเนเองได้จากขนาดของตัวเก็บประจุ





รูปที่ 2.24 แสดงการทำงานของวงจรอะสเตเบิ้ล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ในการออสซิลเลต

สัญญาณเอ้าท์พุทจะยังคงเป็นค่าสูง ระหว่างที่ตัวเก็บประจุ C ยังคงชาร์จจาก $V_{cc}/3$ ถึง 2/3 V_{cc} ดังที่แสดงในรูปที่ 2.23 เราสามารถคำนวณหาช่วงเวลาดังกล่าวได้ดังนี้

$$t_{high} = 0.695 (R_A + R_B)C \qquad \text{.....(2.1)}$$

และเอ้าท์พุทจะมีค่าต่ำระหว่างช่วงเวลาที่ตัวเก็บประจุ C คลายประจุจาก 2/3 V_{cc} ถึง 1/3 V_{cc} ดังสมการ

$$t_{low} = 0.695 \ R_B C \qquad \text{.....(2.2)}$$

ดังนั้น ช่วงเวลารวมทั้งหมดหรือคาบเวลา T จะเท่ากับ

$$T = t_{high} + t_{low} = 0.695 (R_A + 2 R_B)C \qquad \text{.....(2.3)}$$

ซึ่งเมื่อกับเศษกลับส่วนของคาบเวลาแล้วจะได้ความถี่คือ

$$f = 1/T = 1.44/[(R_A + 2 R_B)C] \qquad \text{.....(2.4)}$$

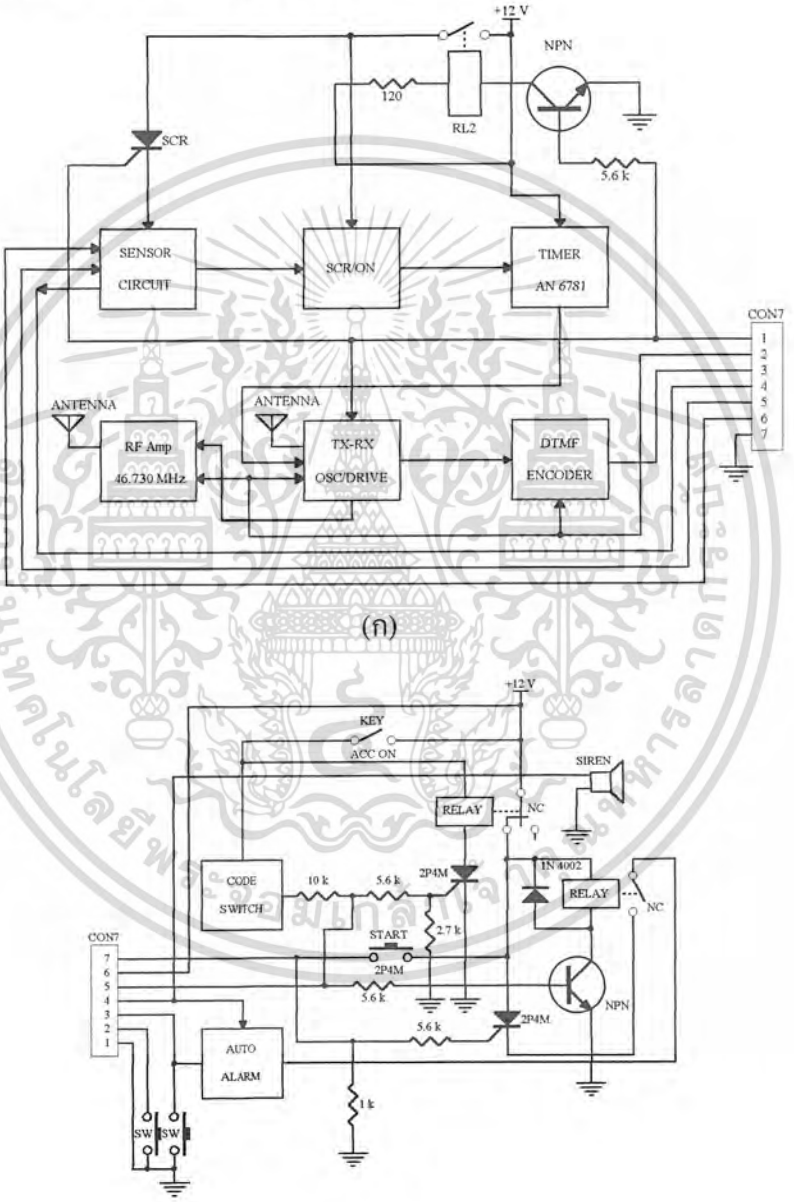
เมื่อนำสมการที่ (2.4) มาสร้างกราฟ และมีการเปลี่ยนค่า ($R_A + 2 R_B$) ก็จะได้กราฟดังรูปที่ 2.24 อนึ่ง กราฟนี้จะมีประโยชน์มากในการช่วยออกแบบวงจรอย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบสร้างและการทำงาน

3.1 บล๊อคไดอะแกรมการทำงานของระบบ



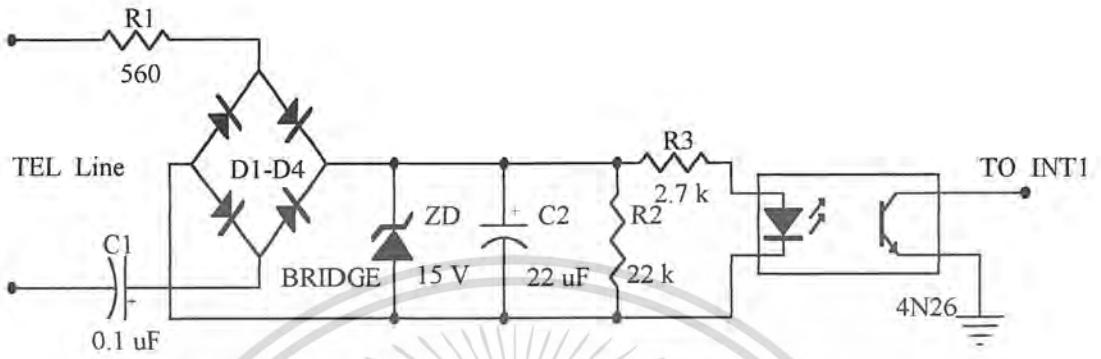
รูปที่ 3.1 แสดงบล๊อคไดอะแกรมการทำงานของระบบ

(ก) แสดงส่วนควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรล

(ข) แสดงส่วนควบคุมด้วยรหัส DTMF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2วงจรตรวจสอบสัญญาณเรียกเข้า (Ringing tone detector circuit)



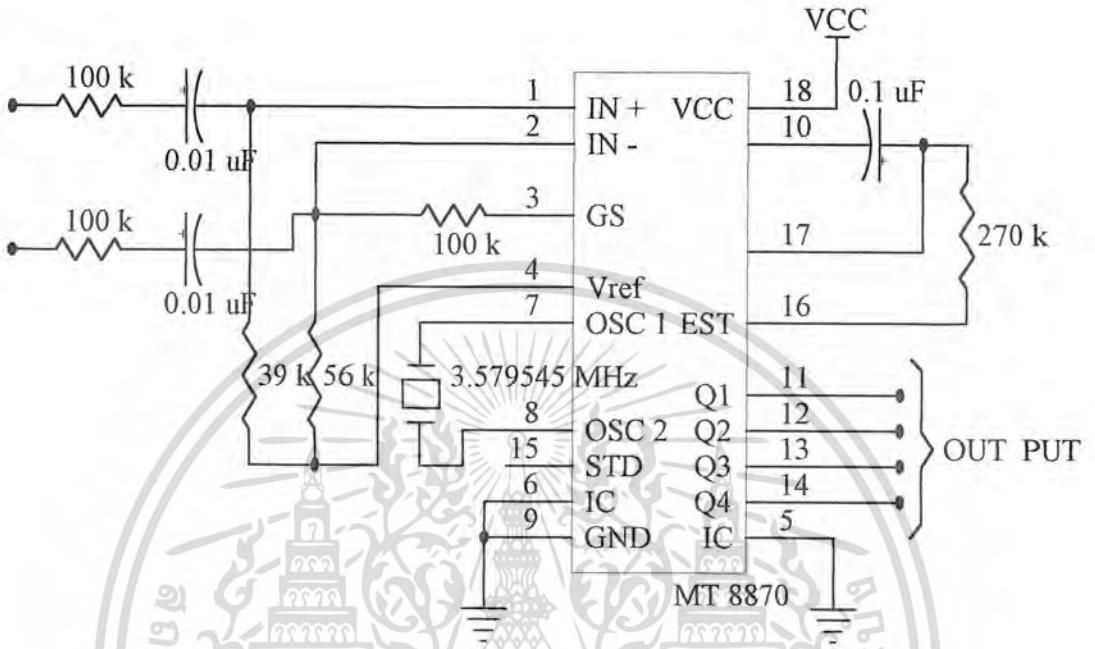
รูปที่ 3.2 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณเรียกเข้า

การทำงานของวงจรตรวจสอบสัญญาณเรียกเข้า

จากรูปที่ 3.2 เป็นวงจรตรวจสอบสัญญาณเรียกเข้า (Ringing tone detector circuit) ซึ่งสัญญาณเรียกเข้า (Ringing tone) หรือที่เรียกอย่างหนึ่งว่าสัญญาณกระดิ่ง สัญญาณเรียกเข้านี้จะมีขนาดของสัญญาณ ประมาณ 90 – 110 Vp-p มีความถี่ 25 Hz วงจรนี้จะทำการตรวจจับสัญญาณกระดิ่งว่า สัญญาณกระดิ่งที่เข้ามานั้นมีจำนวนครั้งเท่ากับจำนวนที่เราได้กำหนดไว้หรือยัง การทำงานของวงจรเริ่มจากสัญญาณเรียกเข้านี้จะผ่านวงจรบริดจ์ (Bridge rectifier) ซึ่งประกอบไปด้วยไดโอด D1 – D4 สัญญาณ Ringing tone เมื่อผ่านวงจรบริดจ์แล้ว จะเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงประมาณ 20 โวลท์ และจะรักษาระดับแรงดันให้คงที่ด้วยซีเนอร์ไดโอด (Zener diode) ให้เหลือแรงดันประมาณ 15 โวลท์ และจะถูกลดแรงดันให้เหลือ 2 – 3 โวลท์ ด้วยตัวต้านทาน R3 เพื่อป้อนให้ ออฟโตทรานซิสเตอร์ (Opto Transistor) ทำงานได้ตัวต้านทาน R1 และตัวเก็บประจุ C1 ที่ต่ออยู่จะเป็นตัวคับปลิ้ง (Coupling) สัญญาณเรียกเข้า และจำกัดกระแสและแรงดันของสัญญาณเรียกเข้า ตัวต้านทาน R2 และตัวเก็บประจุ C2 ทำหน้าที่ กรองสัญญาณให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่เรียบยิ่งขึ้นแรงดันไฟตกคร่อม R2 จะถูกจ่ายไบอัสให้กับ LED ภายใน Opto Transistor ซึ่งจะมีตัวต้านทาน R3 ทำหน้าที่จำกัดกระแสให้ LED ในออฟโต เมื่อมีสัญญาณเรียกเข้ามาที่คู่สายโทรศัพท์ จะทำให้ขาคอลเลคเตอร์ (Collector) ของออฟโตทรานซิสเตอร์ต่อลงกราวด์ เนื่องจากได้รับไบอัสตรงทำให้แรงดันตกเป็นศูนย์ ขาคอลเลคเตอร์ขานี้จะไปต่ออยู่กับขาอินเตอร์รัพท์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้ไมโครคอนโทลเลอร์เกิดการ อินเตอร์รัพท์เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF (DTMF decoder dircuit)



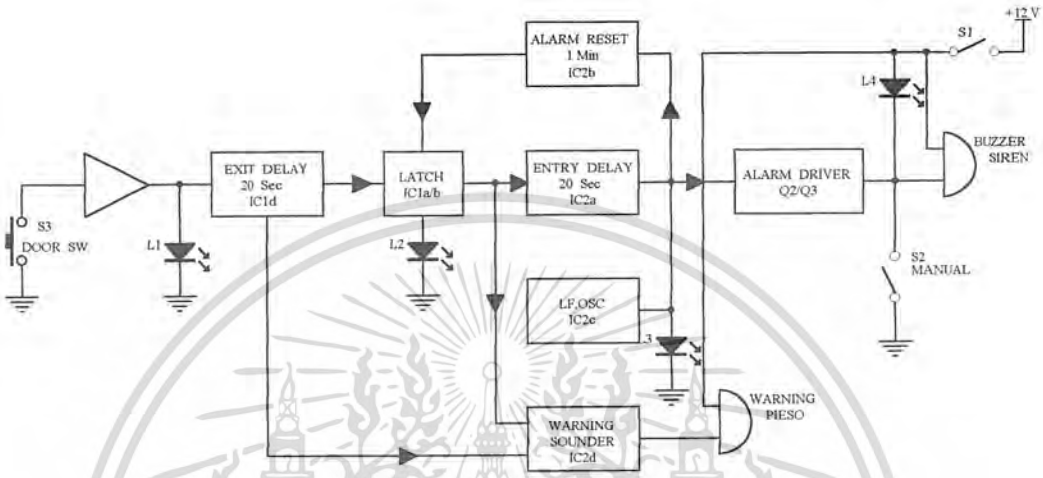
รูปที่ 3.3 แสดงวงจรภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF

การทำงานของวงจรภาค DTMF DECODER

จากรูปที่ 3.3 เป็นวงจรภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF โดยจะทำหน้าที่ในการรับเอาสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาแล้วเปลี่ยนความถี่ DTMF ให้เป็นสัญญาณดิจิตอลฐานสองสี่บิทออกจากทางด้านเอ้าท์พุท การทำงานของวงจร DTMF decoder ใช้ไอซี เบอร์ MT8870 เป็น DTMF decoder ซึ่งจะรับสัญญาณ DTMF เข้ามาทางอินพุท ผ่านตัวต้านทาน R 100 k , 39k , 56k และคาปาซิเตอร์ 0.01 uF ซึ่งประกอบกันเป็นวงจรเน็ทเวิร์คเพื่อเปรียบเทียบสัญญาณที่เข้ามาทางอินพุท และจากนั้นก็จะทำการถอดรหัสสัญญาณที่เข้ามาทางอินพุทให้เป็นสัญญาณดิจิตอลเลขฐานสอง (BCD) โดยสัญญาณที่ถอดรหัสเป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วจะส่งออก ที่ขา 11 – 14 ของ MT8870 ที่ขา 7 และขา 8 ของ MT8870 จะต่อคริสตรอล (X – TAL) ความถี่ 3.579545 MHz ไว้ เพื่อให้เป็นตัวกำเนิดฐานเวลาให้กับการทำงานของ MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4วงจรภาคแจ้งเหตุ (Alarm Detection)



รูปที่ 3.4 บล๊อคไดอะแกรมการทำงานของวงจร

ภายในรถยนต์เราจะใช้สวิทช์ประตูเป็นตัวเซ็นเซอร์ให้วงจรทราบถึงการที่มีบุคคลใดบุคคลหนึ่งเปิดประตูเข้าหรือออกจากรถ สัญญาณที่ถูกเซ็นเซอร์จะถูกหน่วงเวลาไว้ประมาณ 20 วินาที ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าววงจรจะส่งเสียงเตือนให้ทราบว่าวงจรป้องกันขโมยได้ทำงานแล้ว เราจะต้องปิดวงจรให้เรียบร้อยแต่หากเราไม่ได้ทำการปิดวงจร สัญญาณเตือนภัยจะดังขึ้นเป็นเวลานานประมาณ 1 นาที ซึ่งนานพอที่จะทำให้ผู้บุกรุกหนีไปแล้ว วงจรก็จะรีเซ็ทตัวเองโดยอัตโนมัติเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานจากแบตเตอรี่ไม่ให้หมดไปโดยไม่จำเป็น

วงจรได้ออกแบบให้มี LED สำหรับแสดงสภาวะการทำงานของวงจร ณ ขณะนั้น 4 สภาวะด้วยกันคือ

1. เตรียมพร้อม (Ready)
2. เริ่มทำงาน (Trig)
3. หน่วงเวลาทำงาน (Latch)
4. ส่งสัญญาณเตือนภัย (Alarm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากวงจรจะทำงานโดยอัตโนมัติแล้ววงจรชุดนี้ยังได้ออกแบบให้มีวงจรส่งสัญญาณเตือนภัยด้วยตนเองได้ด้วยสวิทช์ S2 สำหรับใช้สำหรับขอความช่วยเหลือหรือขับไล่ผู้บุกรุกในคราวคับขันได้ จากบล๊อคไดอะแกรมจะเห็นว่าสวิทช์ประตูจะทำหน้าที่ป้อนสัญญาณให้กับ TR1 เพื่อกระตุ้นวงจร Exit Timer (IC1d) เพื่อให้วงจร Latch IC1a/b ทำงาน

สมมติว่าเราต้องการออกจากรถ ให้เปิดสวิทช์ S1 เพื่อจ่ายไฟให้วงจรเมื่อประตูเปิด LED L1 จะติด แต่ภายในช่วง 20 วินาทีวงจรจะยังไม่กระตุ้นวงจร Latch ให้ทำงาน หลังจากช่วงเวลานี้หากประตูยังคงเปิดอยู่วงจร Latch จะเปลี่ยนสภาวะการทำงาน LED L2 จะติดและคงสภาพนี้ตลอดไปจนกว่าเราจะปิดวงจรหรือวงจรหยุดทำงานเองโดยอัตโนมัติ

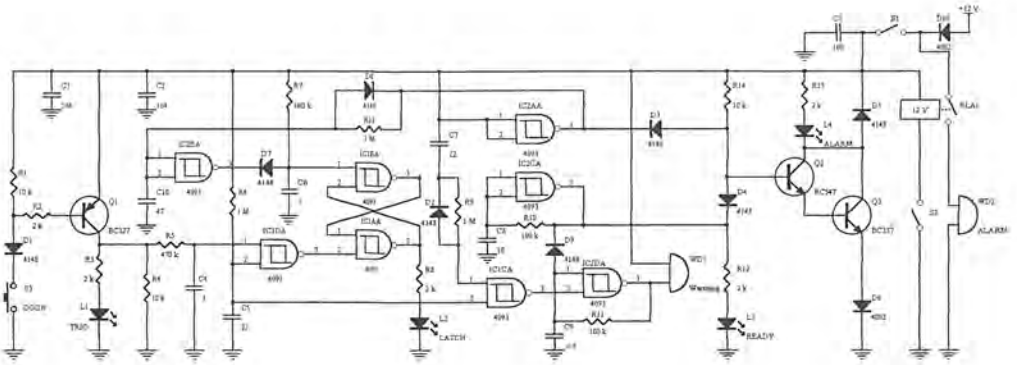
ในช่วงเวลานี้ วงจร Entry Delay จะเริ่มต้นทำงานเป็นเวลา 20 วินาที ในช่วงนี้หากไม่ปิดสวิทช์ทรานซิสเตอร์ TR2 จะทำงานและขับรีเลย์สำหรับขับแตรหรือไซเรนให้ดังเป็นเวลานาน 1 นาที และจะหยุดเองโดยอัตโนมัติ เพื่อรีเซ็ตวงจรให้พร้อมที่จะทำงานใหม่

IC2c เป็นวงจรกำเนิดความถี่ต่ำสำหรับขับ LED L3 เพื่อแสดงว่าวงจรได้ถูกเปิดใช้งานแล้ว

LED	สภาวะ	สถานการณ์
L1	เริ่มทำงาน	เมื่อประตูถูกเปิดจะกระตุ้นให้วงจรทำงาน
L2	หน่วงเวลา	วงจรจะเริ่มทำงานและเราจะต้องปิดวงจรให้ได้ภายใน 20 วินาที
L3	เตรียมพร้อม	LED L3 จะกระพริบบอกให้ทราบว่าวงจรพร้อมที่จะทำงาน
L4	เตือนภัย	สัญญาณเตือนภัยจะดังขึ้น

ตารางที่ 3.1 จะแสดงสภาวะการทำงานของวงจรด้วย LED L1-L4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงวงจรการทำงานของระบบ Auto Alarm

การทำงานของวงจร

วงจรป้องกันขโมยชุดนี้ได้ออกแบบให้สามารถทำงานโดยใช้อุปกรณ์เพียงไม่กี่ชิ้นแต่ทำงานได้ผลจริงดังนี้ เมื่อสวิทซ์ประตู S3 ต่อวงจร จะทำให้ทรานซิสเทอร์ TR1 ทำงาน LED L1 จะติดเพื่อบอกให้ทราบว่าวงจรได้ถูกกระตุ้นให้ทำงานแล้ว

วงจรแลทซ์ประกอบด้วย IC1a , IC1b เพื่อทำหน้าที่ขับวงจร Alarm เมื่อจ่ายไฟให้วงจร ขา 12 จะเป็น 0 โวลท์ จากนั้น C5 จะชาร์จแรงดันผ่าน R6 โดยจะใช้เวลาในการชาร์จประมาณ 20 วินาที ซึ่งนานพอที่เราจะออกจากรถยนต์

เมื่อเวลาผ่านไป 20 วินาที แรงดันที่ขา 4 ของ IC1b จะกลับเป็นศูนย์แรงดันที่ขา 3 จะเป็นบวกป้อนกลับไปยังขา 5 ทำให้วงจรคงสภาพเช่นนี้ตลอดไปพร้อมกับ LED L2 จะติดC7 จะดิสชาร์จแรงดันผ่าน R9 จนกระทั่งแรงดันเป็น ศูนย์ จะได้เอ้าท์พุทที่ขา 3 เป็นบวก แรงไฟไบอัสที่เบสของ Q2 ก็จะสูงขึ้นจนทำให้ Q2 , Q3 ทำงาน ขับรีเลย์เพื่อต่อสัญญาณอะลาร์ม เช่น ไซเรน

เอ้าท์พุทจากขา 3 ของ IC2a จะป้อนผ่าน R13 ไปชาร์จ C10 โดยจะใช้เวลาประมาณ 1 นาที จนแรงดันสูงขึ้นทำให้ได้เอ้าท์พุทที่ ขา 4 เป็นลบไปเซ็ทวงจรแลทซ์ IC1b ให้กลับไปสู่สภาพเดิม เอ้าท์พุทที่ได้ที่ขา 4 ของ IC1B จะกลับเป็นบวกป้อนผ่าน D2 ไปยัง IC2A ทำให้ได้เอ้าท์พุทที่ขา 3 เป็นลบ ป้อนไปยังเบสของ Q2 ทำให้ Q2 , Q3 หยุดทำงาน วงจรเตือนภัยก็จะหยุดทำงานโดยอัตโนมัติ

ในช่วงเวลา 20 วินาทีนี้ สวิทซ์ประตูจะไม่มีผลต่อ IC1 ดังนั้น เมื่อเราออกจากรถและปิดประตูวงจรก็จะถูกยกเลิกการทำงานไปทันที และแรงดันที่ออกจากขา 10 ของ IC1c จะเป็นบวกทำให้ IC2d ทำงานเพื่อป้อนสัญญาณขับ Piezo WD1 ให้ส่งเสียงเตือนให้ทราบว่าวงจรเริ่มทำงาน เมื่อเวลาผ่านไป 20 วินาที แรงไฟที่ขา 10 จะกลับเป็นลบ ทำให้ IC2d หยุดทำงาน เสียงเตือนก็จะหยุดตัวต้านทาน R5 , C4 ทำหน้าที่ป้องกันการทำงานผิดวงจรพลาดเนื่องจากสวิทซ์ติด ๆ ดับ ๆ

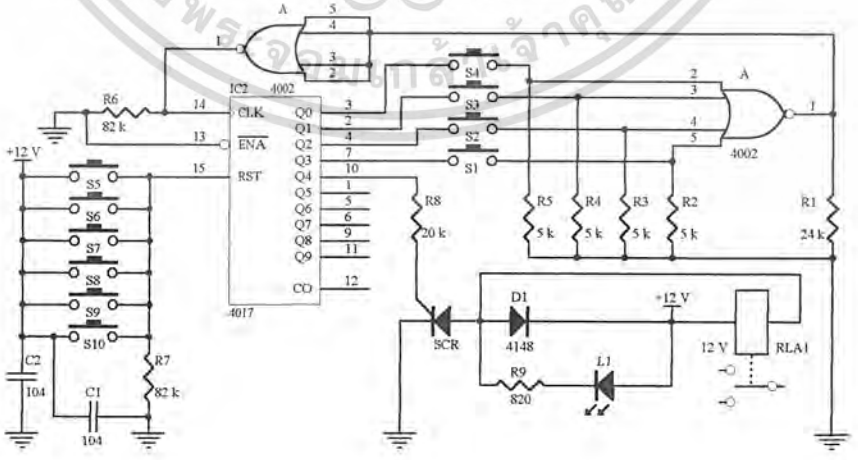
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราเปิดประตูรถเข้ามา จะทำให้ Q1 ทำงานแรงดันที่คอลเล็คเตอร์จะเป็นบวกป้อนให้กับขา 13 ของ IC1d ได้เอ้าท์พุทที่ขา 11 เป็นลบวงจร Latch จะถูกทริกเกอร์ให้เปลี่ยนสภาวะการทำงาน ได้เอ้าท์พุทที่ขา 3 เป็นบวก ทำให้ LED L2 ติด บอกให้ทราบว่าวงจรแลทซ์ทำงานแล้ว และจะได้แรงดันที่ขา 4 ของ IC1b เป็นลบ R9, C7 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวหน่วงเวลาขาเข้า 20 วินาที C7 จะดิสชาร์จแรงไฟผ่าน R9 จนกระทั่งแรงดันเป็นศูนย์ จะได้เอ้าท์พุทที่ขา 3 เป็นบวก แรงดันไบอัสที่เบสของ Q2 ก็จะสูงขึ้นจนทำให้ Q2 , Q3 ทำงานขับรีเลย์ เพื่อต่อสัญญาณอะลาร์มให้กับไซเรน

ในช่วงเวลาที่วงจรแลทซ์ทำงานนี้ แม้เราจะปิดประตูก็จะไม่มีผลทำให้วงจรแลทซ์เปลี่ยนสภาวะการทำงานแต่อย่างใดทั้งสิ้น การยกเลิกการทำงานของวงจรจะทำได้ก็โดยการตัดสวิทช์ S1 เท่านั้น IC2c จะให้กำเนิดความถี่ต่ำ ๆ และเป็นตัวกำเนิดสัญญาณพัลซ์ให้กับวงจรอะลาร์มไดเวอร์ และ LED L3 เมื่อวงจรอะลาร์มทำงาน C10 จะชาร์จแรงดันผ่าน R13 โดยใช้เวลาประมาณ 1 นาที เพื่อป้อนสัญญาณไปรีเซ็ทวงจรแลทซ์ IC2b D1 ทำหน้าที่ป้องกันวงจรไม่ให้เสียหายเนื่องจากการจ่ายไฟให้วงจรผิดขั้ว

3.5 วงจรภาคสวิทช์รหัส (Code Switch)

วงจรสวิทช์รหัส คือวงจรที่เราสามารถตั้งโปรแกรมไว้ให้ทำงานเฉพาะเลขรหัสที่เราต้องการซึ่งหัวใจในการทำงานของวงจร ประกอบด้วยไอซีแบบซีมอสเพียง 2 ตัวคือ วงจรนอร์เกท 4002 และวงจรเคาน์เตอร์ 4017 ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงวงจรสวิทช์รหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจร

เมื่อเราป้อนแรงดันให้กับวงจร จะได้แรงดันที่ขา 3 เป็นบวก เมื่อเรากดสวิทช์ตัวที่ 1 ไฟบวกที่ป้อนเข้าที่ขา 2 จะได้เอ้าท์พุทออกที่ขา 13 ไปกระตุ้นให้วงจรนับทำงานต่อไปจะได้เอ้าท์พุทออกที่ขา 2 เมื่อเรากดสวิทช์2 จะได้แรงดันเข้าที่ขา 4 ของไอซี 1 และออกมาที่ ขา 13 ไปกระตุ้นให้วงจรนับทำงานต่อไปตามลำดับ

สุดท้ายเมื่อเรากดสวิทช์ตัวที่ 4 ก็จะได้แรงดันเอ้าท์พุทออกที่ขา 10 ของไอซี 2 ไปยังเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ทำให้ Q1 ทำงาน รีเลย์ก็จะทำงานเพื่อต่อวงจรที่เราต้องการควบคุมในกรณีที่กดรหัสผิด โดยการกดสวิทช์ตัวที่ 5–10 จะทำให้เกิดไฟบวกไปรีเซ็ตวงจรนับไม่ให้วงจรนับทำงานตามปกติ

สวิทช์ตัวที่ 1-4 สำหรับใช้เป็นตัวตั้งระหัสนั้น หากเราต้องการเลขใดก็ให้สวิทช์นั้นมาต่อแทน เช่น เราต้องการเลขระหัสเป็น 3759 เราก็ต่อ สวิทช์ตัวที่ 3 แทนสวิทช์ 1 ใช้สวิทช์ตัวที่ 7 แทนสวิทช์ 2 ใช้สวิทช์ 5 แทนสวิทช์ 3 และสวิทช์ 9 แทนสวิทช์ 7 เป็นต้น ส่วนสวิทช์ตัวที่ 1,2,3,4 เดิมนั้น ก็นำมาต่อแทนสวิทช์ 3,5,7,9 หรือต่อระหว่างแรงดันบวกมายังขา 15 ของไอซี 2

3.6 วงจรภาคเข้ารหัสสัญญาณ DTMF (DTMF Encoder)

รหัสที่ใช้ป้องกันนั้นใช้ตัวเลข 4 หลัก เลือกได้ตั้งแต่เลข 0 – 9 โดยตัวเลขทั้งสี่นี้จะป้อนผ่านทางแป้นกดของรีโมทคอนโทรล หรือเครื่องโทรศัพท์ที่เรานำมาประยุกต์ดัดแปลงเข้ารหัส เครื่องนี้ยังมีเทคนิคพิเศษที่เหนือกว่าระบบทั่ว ๆ ไปคือ มีการรีเซ็ตตัวเองหากกดตัวเลขผิดแม้เพียงตัวเดียวทำให้หมดโอกาสเดาตัวเลขสุ่มได้

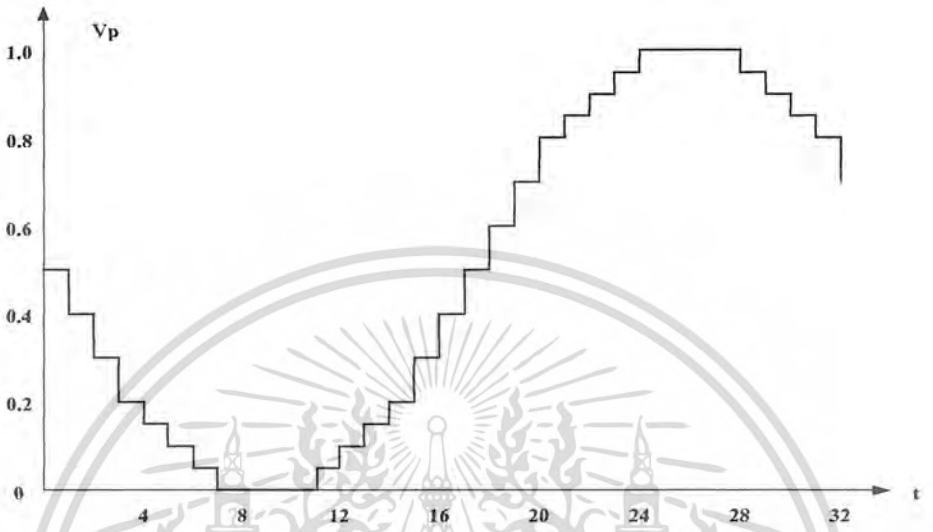
แป้นกดของรีโมทคอนโทรลแบบกดปุ่มหรือทัชโทนนั้น ใช้การให้สัญญาณแบบพิเศษที่เรียกว่า DTMF (ซึ่งย่อมาจากคำว่า Dual Tone Multi Frequency) อธิบายง่าย ๆ ก็คือ โดยในแต่ละแป้นกดทั้ง 12 แป้นกดของโทรศัพท์มาตรฐาน (ที่พบเห็นทั่วไปมีเพียง 12 แป้นแต่แท้จริงแล้วมีถึง 16 แป้น) จะผลิตสัญญาณเอ้าท์พุท 2 ความถี่ที่แตกต่างกันออกมา

จากรูปที่ 3.7 สัญญาณ DTMF (เพียงความถี่เดียว) ที่ได้จากไอซีสร้างสัญญาณ DTMF จะไม่ใช่สัญญาณคลื่นไซน์ที่แท้จริงแต่ไอซีที่รับสัญญาณ DTMF ก็ยังเป็นที่ยอมรับจะเห็นได้ว่ามีลักษณะเป็นรูปคลื่นขั้นบันไดที่ใกล้เคียงกับคลื่นไซน์

ในโครงงานนี้ใช้ไอซีเบอร์ MT8870 เป็นตัวรับสัญญาณ DTMF แม้ว่าสัญญาณที่ได้จากการกดปุ่มของรีโมทคอนโทรลแบบทัชโทนจะมีลักษณะดังในรูปที่ 3.7 ก็ตาม แต่ไอซีเบอร์นี้ก็ยังเป็นที่ยอมรับและถอดรหัสออกมาได้ เอ้าท์พุทของไอซีเบอร์นี้ให้เป็นค่าตัวเลขฐานสองขนาด 4 บิต ค่าของเลขฐานสองขนาด 4 บิตที่ได้จากไอซีเบอร์นี้ขึ้นอยู่กับสัญญาณ DTMF ที่รับเข้ามาดัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงในตารางที่ 3.2 เอ้าท์พุททั้งสี่ของไอซีตัวนี้ จะเป็นตัวสำคัญที่นำไปใช้เป็นตัวตรวจความถูกต้องของรหัสที่ป้อนเข้ามาว่าตรงกับรหัสที่ตั้งเอามาไว้หรือไม่

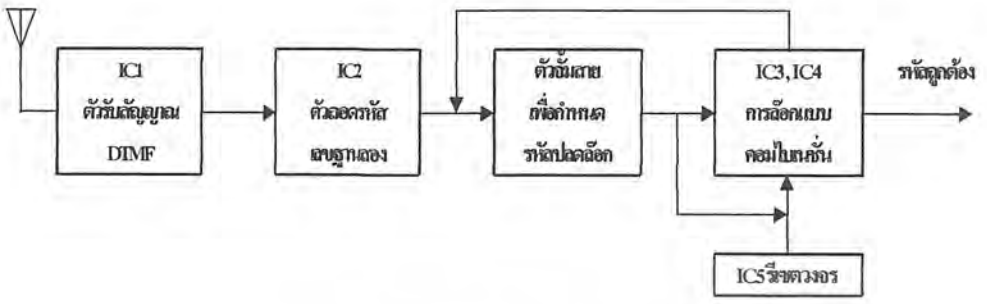


รูปที่ 3.7 แสดงแรงดันเอ้าท์พุทจากการสังเคราะห์สัญญาณของไอซี DTMF

หมายเลขแป้นกด	ความถี่ด้านต่ำ	ความถี่ด้านสูง	เอ้าท์พุทไบนารี่ที่ได้
1	697 Hz	1209 Hz	0001
2	697 Hz	1336 Hz	0010
3	697 Hz	1477 Hz	0011
4	770 Hz	1209 Hz	0100
5	770 Hz	1336 Hz	0101
6	770 Hz	1477 Hz	0110
7	852 Hz	1209 Hz	0111
8	852 Hz	1336 Hz	1000
9	852 Hz	1477 Hz	1001
0	941 Hz	1336 Hz	1010
*	941 Hz	1209 Hz	1011
#	941 Hz	1477 Hz	1100

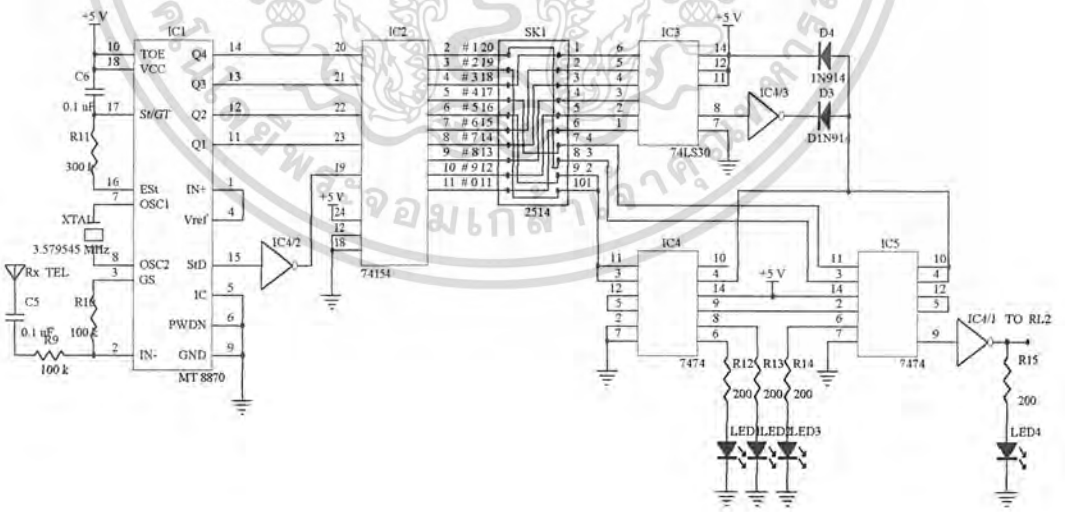
ตารางที่ 3.2 แสดงการเปลี่ยนค่าความถี่ DTMF ไปเป็นเลขฐานสองของตัวรับสัญญาณ DTMF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แสดงบล๊อคไดอะแกรมการเข้ารหัสสัญญาณจากรีโมท

จากรูปที่ 3.8 เป็นบล๊อคไดอะแกรมการเข้ารหัสสัญญาณจากรีโมทการทำงานเริ่มจากเรากดรหัส 4 ตัวที่รีโมทคอนโทรลหรือเครื่องเข้ารหัสสัญญาณตรงกับรหัสที่ตั้งเอาไว้แล้วเอ้าท์พุทภาคสุดท้ายของ IC_9 ก็จะไปสั่งให้วงจรควบคุมรีเลย์ทำงาน ส่วนในกรณีที่มีรหัสตัวหนึ่งตัวใดผิดไปจากที่ตั้งเอาไว้ ไม่ว่าเกิดจากการกดผิดปุ่มหรือเดารหัสขึ้นมาเอง โดย IC_3 จะทำหน้าที่คอยตรวจสอบรหัสที่เข้ามา หากว่าผิดไปก็จะทำการรีเซต IC_4 และ IC_5 และส่งสัญญาณไปยังวงจรอะลาร์ม



รูปที่ 3.9 แสดงวงจรการเข้ารหัสสัญญาณ DTMF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจร

จากรูปที่ 3.9 แสดงวงจรเข้ารหัสสัญญาณ DTMF เริ่มต้นกันที่เรากดรหัสจากรีโมทคอนโทรลหรือเครื่องล็อครหัสโทรศัพท์ระบบดิจิตอลก็พร้อมรับรหัสที่จะไปปลดล็อกให้สามารถทำงานได้ สมมติว่ามีการกดปุ่มหมายเลข 8 ของแป้นกดจากรีโมทขึ้นสัญญาณ DTMF ความถี่ 852 Hz และ 1336 Hz จะถูกกำเนิดขึ้นมาจากรีโมทตรงมายังอินพุทของตัวรับสัญญาณ DTMF IC_1 ดังแสดงรูปที่ 3.9

จากตารางที่ 3.2 IC_1 จะเปลี่ยนความถี่ DTMF 852 Hz และ 1336 Hz ไปเป็นเลขฐานสองมีค่า 1000 ที่ขา 14 , 13 , 12 และ 11 ตามลำดับ ขา 14 มีลอจิกเป็นไฮ ส่วนขา 13 , 12 และ 11 นั้นจะเป็นลอจิกโลว์ และสัญญาณสโตรบที่ขา 15 ในขณะนี้ก็จะเป็นไฮอยู่อย่างนั้น จนกว่าจะปล่อยปุ่มกดหมายเลข 8 ออก จึงจะกลับเป็นลอจิกโลว์อีกครั้งหนึ่ง

เลขฐานสองขนาด 4 บิต และสัญญาณสโตรบนี้จะถูกป้อนไปยัง IC_2 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวถอดรหัสแบบ 4 เป็น 16 (4 to 16 decoder/demultiplexer) โดยที่การเปลี่ยนแปลงที่ขาเอ้าท์พุทของ IC_2 นั้นจะสอดคล้องกับเลขฐานสองทั้ง 4 บิต ที่รับเข้ามาทางอินพุท ยกตัวอย่างเช่น ขา 9 ของ IC_2 จะเปลี่ยนเป็นลอจิกโลว์เมื่อได้รับเลขฐานสองขนาด 4 บิตเป็น 1000 เข้าที่ขาอินพุท 20 , 21 , 22 และ 23 ตามลำดับ ส่วนขาเอ้าท์พุทขาอื่น ๆ ก็ยังคงเป็นไฮอยู่เหมือนเดิม สำหรับอินเวอร์เตอร์ $IC_{4/2}$ นั้น ใช้สำหรับเปลี่ยนสัญญาณสโตรบจากไฮไปเป็นโลว์เพื่อนำไปเป็นอินพุตของ IC_2 เนื่องจากขา 19 ของ IC_2 นั้นต้องการลอจิกโลว์ในการทำงาน

ส่วน SK_1 ในรูปที่ 3.9 นั้นเป็นซ็อคเก็ตไอซีสำหรับจั๊มพ์สาย เพื่อกำหนดรหัสปลดล็อคของเครื่องว่าจะให้เป็นเลขอะไรบ้าง รหัสที่ต้องการสำหรับปลดล็อคโทรศัพท์ทั้ง 4 ตัวนั้น จะเป็นตัวเลขที่ต่อมายังขา 10 , 9 , 8 และ 7 ของ SK_1 ส่วนตัวเลขที่เหลืออีก 6 ตัวจะต้องต่อไปยังขา 1 ถึงขา 6 ของ SK_1 เพื่อนำไปรีเซต IC_4 และ IC_5 หากมีการกดตัวเลขตัวใดตัวหนึ่งใน 6 ตัวนี้

ขณะเดียวกันหน้าที่ของ IC_4 และ IC_5 โดยไอซีทั้ง 2 ตัวนี้มีฟลิปฟล๊อปแบบ D จำนวน 2 ตัวอยู่ในไอซีแต่ละตัว และในโครงงานนี้ได้นำฟลิปฟล๊อปทั้ง 4 ตัวนี้ มาต่อพ่วงกันกล่าวคือนำเอาเอ้าท์พุทของฟลิปฟล๊อปตัวแรก มาเป็นอินพุทของฟลิปฟล๊อปตัวต่อไป แต่จะมีขาสัญญาณนาฬิกาของทั้ง IC_4 และ IC_5 ที่ต่อเป็นอิสระต่อกันเท่านั้น สัญญาณนาฬิกานั้นก็จะนำมาจากตัวเลข 4 ตัวที่เราต่อมายังขา 10 , 9 , 8 และ 7 ของ SK_1 นั่นเองตัวเลขตั้งแต่เลข 1 ถึง 9 และ 0 ที่ปรากฏที่ขาต่าง ๆ ของ SK_1 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลขของแป้นกด	ตำแหน่งขาของ SK_1
1	20
2	19
3	18
4	17
5	16
6	15
7	14
8	13
9	12
0	11

ตารางที่ 3.3 แสดงตัวเลขบนแป้นกดที่ตรงกับขาของ SK_1

อินพุทของฟลิปฟล๊อปตัวแรกคือ ขา 2 ของ IC_4 นั้นจะต่ออยู่กับกราวด์ทำให้เป็นลอจิกโลว์ตลอด ถ้าหากมีการกดรหัสที่ถูกต้อง ตัวแรกเข้ามา ขา 3 ของ IC_4 จะได้รับสัญญาณพัลส์ ทำให้ขา 5 ของ IC_4 เป็นโลว์ไปด้วย ดังนั้นขาอินพุทของฟลิปฟล๊อปตัวที่ 2 จึงเป็นโลว์ตามไปด้วยเช่นกัน ถ้าหากกดหมายเลขหรือรหัสที่เหมือนกับที่ตั้งเอาไว้เป็นตัวที่ 2 อีก เอ้าท์พุทของฟลิปฟล๊อปตัวที่ 2 จะเป็นโลว์เนื่องจากได้รับพัลส์ที่ขา 11 ของ IC_4 และหากกดตัวเลขตัวที่ 3 และตัวที่ 4 เหมือนกับที่ตั้งเอาไว้ เอ้าท์พุทของฟลิปฟล๊อปตัวที่ 3 จะเป็นโลว์และตามด้วยเอ้าท์พุทของฟลิปฟล๊อปตัวที่ 4 เป็นโลว์ตามลำดับ

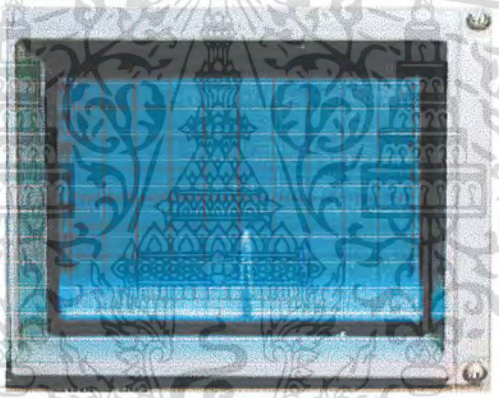
แต่ถ้าขณะกดรหัสของตัวเลข 4 ตัวผิด จะทำให้ขาอินพุทขาใดขาหนึ่ง (ขา 1-6) ของ IC_3 เป็นโลว์ เอ้าท์พุทของ IC_3 จะเป็นไฮ (IC_3 เป็น NAND เกต 8 อินพุท) และอินเวอร์เตอร์จะทำการรีเซต IC_4 และ IC_5 ให้เอ้าท์พุทของฟลิปฟล๊อปทุกตัว (หมายถึงเอ้าท์พุท Q) เป็นไฮหมดโดยผ่านไดโอด D_4 และส่งสัญญาณไปยังวงจรอะลาร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองผลการทดลอง

1. วงจรส่งสัญญาณ โดยวงจรจะสร้างสัญญาณพาหะผลิตความถี่ออกมาที่ 46.730 MHz เมื่อวงจรเซนเซอร์ตรวจจับสัญญาณอินพุทได้ จากไมโครสวิทช์ที่ซ่อนไว้ตามจุดต่างๆภายในรถยนต์และทำการมอดูเลทสัญญาณอินพุทที่ตรวจจับได้กับสัญญาณพาหะ แล้วส่งผ่านวงจรขยายสัญญาณให้ได้กำลังส่งขนาด 1 วัตต์ โดยเครื่องส่งดังกล่าวจะติดตั้งภายในรถยนต์ ใช้ไฟเลี้ยงวงจรจากแบตเตอรี่รถยนต์ขนาด 12 โวลท์ จากนั้นจะส่งสัญญาณมาที่รีโมทคอนโทรลในรัศมีประมาณ 1 กิโลเมตร ดังรูปที่ 4.1 แสดง Power Spectrum ของเครื่องส่งขนาด 40 dB/μV



รูปที่ 4.1 แสดง Power Spectrum ของเครื่องส่ง

รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณมอดูเลเตอร์ของเครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วงจรเข้าและถอดรหัส สามารถเข้ารหัสได้ที่รีโมทคอนโทรลหรืออุปกรณ์เข้ารหัสที่ติดตั้งภายในรถยนต์ โดยสัญญาณที่ได้จากการกดปุ่มของแป้นกดแต่ละปุ่มจะเป็นสัญญาณผสมทำการมอดูเลทกันระหว่างความถี่ต่ำและความถี่สูง จากนั้นไอซีเบอร์ MT 8870 จะสร้างความถี่เพื่อออสซิลเลทกับสัญญาณที่รับได้ แล้วส่งสัญญาณเอ้าท์พุทออกมาเป็นไบนารี่ตั้งแต่ 0001 ถึง 1010 ผ่านดีโค๊ดเดอร์จาก 4 เป็น 16 ด้วยไอซีเบอร์ 74154 เข้ามายังอุปกรณ์กำหนดรหัสส่งไปยังไอซีเบอร์ 7474 ซึ่งเป็น D ฟลิปฟล๊อบจำนวน 4 ตัว หากรหัสที่กดถูกต้องเอ้าท์พุทที่ออกมาเป็นโลว์และผ่านน๊อตเกทเป็นไฮ เพื่อส่งสัญญาณไปควบคุมระบบไฟฟ้าสตาร์ทรถยนต์ ถ้าเข้ารหัสไม่ถูกต้องเอ้าท์พุทจะเป็นไฮผ่านน๊อตเกทเป็นโลว์ ส่งสัญญาณไปยังระบบอะลาร์มดังรูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 ขนาด Volts / Div = 5V และ Time / Div = 20 μS

รูปที่ 4.3 แสดงเอ้าท์พุทเป็นไฮเมื่อใส่รหัสถูกต้อง

รูปที่ 4.4 แสดงเอ้าท์พุทโลว์เป็นเมื่อใส่รหัสไม่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เครื่องต้นแบบ จากรูปที่ 4.5 แสดงเครื่องต้นแบบที่ประกอบเสร็จพร้อมทั้งทำการทดสอบเรียบร้อยแล้ว โดยแยกออกเป็นสองส่วนซึ่งส่วนที่เป็นอุปกรณ์รับส่งสัญญาณจะซ่อนไว้ใต้คอนโซลและส่วนที่เป็นอุปกรณ์เข้ารหัสจะติดตั้งไว้ด้านหน้าภายในรถยนต์ โดยใช้ไฟเลี้ยงจากแบตเตอรี่รถยนต์ทั้งสองชุด

รูปที่ 4.5 แสดงเครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 บทสรุป

โครงงานระบบป้องกันการโจรกรรมรถยนต์ที่ได้ดำเนินการออกแบบสร้างไว้ แบ่งออกเป็น 5 ส่วนหลักๆ ด้วยกันได้แก่

1. วงจรภาครับและส่งสัญญาณ
2. วงจรภาคเข้าและถอดรหัส DTMF
3. วงจรภาครับและตรวจจับสัญญาณอินพุท
4. วงจรภาคแจ้งเหตุ
5. วงจรควบคุมการเข้ารหัส

โดยการทำงานจะเริ่มต้นที่ กดรหัสที่รีโมทคอนโทรลหากเข้ารหัสถูกต้องระบบไฟฟ้ารถยนต์จะทำงานและสามารถสตาร์ทรถได้ หรือเปิดประตูรถแล้วเข้ารหัสก็สามารถทำได้เช่นกัน ขณะเดียวกันหากเข้ารหัสผิด ระบบป้องกันจะทำงานโดยไซเรนที่รถจะดังขึ้น พร้อมทั้งส่งสัญญาณมาที่รีโมทคอนโทรลหรือหากมีการเปิดจุดที่ซ่อนไมโครสวิทช์ไว้ ระบบตั้งเวลาจะทำงานเป็นผลให้ไซเรนที่รถดังและส่งสัญญาณมาที่รีโมท

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้น

ในการจัดทำโครงงานตั้งแต่ริเริ่มคิดโครงงานจนถึงโครงงานแล้วเสร็จ พอจะสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงานได้ดังนี้

1. การรวบรวมข้อมูลทางด้านวงจรต้องใช้เวลานานค่อนข้างหายาก รวมทั้งเอกสารด้านข้อมูลของไอซีบางเบอร์ด้วยเช่นกัน

2. สัญญาณจากรีโมทยังมีกำลังส่งไม่แรงพอ ทำให้การติดต่อกลับมายังรถยนต์ด้วยการเข้ารหัสในระยะทางที่ไกลออกไปไม่สามารถทำได้

3. หากตัดไฟจากแบตเตอรี่โครงงานนี้จะไม่สามารถทำงานได้ โดยวงจรต้องใช้ไฟเลี้ยงตลอดเวลา ดังนั้นถ้าแบตเตอรี่รถยนต์หมดวงจรทั้งหมดจะไม่ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางแก้ไขและพัฒนา

1. สามารถนำมาประยุกต์ใช้ภายในบ้านพักอาศัย คอนโดมิเนียม หรือห้างสรรพสินค้าได้ เป็นต้น
2. สามารถเพิ่มกำลังส่งของเครื่องส่งสัญญาณเพื่อให้ส่งสัญญาณได้ไกลขึ้นได้
3. สามารถเพิ่มจำนวนรหัสให้มากขึ้นได้เพื่อเพิ่มความปลอดภัย
4. สามารถเพิ่มจำนวนจุดในการตรวจจับ หรือแสดงผลเป็นข้อความสั้นๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

เอกสารและข้อมูลอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SE555-F, T, V NE555-F, T, V

FEATURES

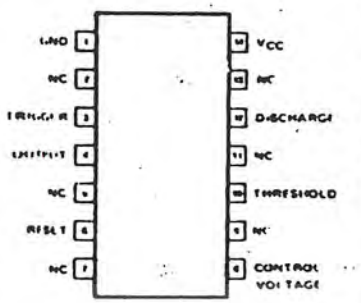
- TIMING FROM MICROSECONDS THROUGH HOURS
- OPERATES IN BOTH ASTABLE AND MONOSTABLE MODES
- ADJUSTABLE DUTY CYCLE
- HIGH CURRENT OUTPUT CAN SOURCE OR SINK 200mA
- OUTPUT CAN DRIVE TTL
- TEMPERATURE STABILITY OF 0.005% PER °C
- NORMALLY ON AND NORMALLY OFF OUTPUT

APPLICATIONS

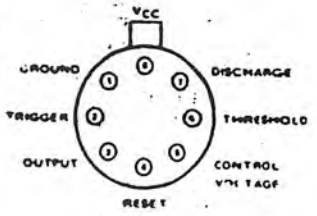
PRECISION TIMING
PULSE GENERATION
SEQUENTIAL TIMING
TIME DELAY GENERATION
PULSE WIDTH MODULATION
PULSE POSITION MODULATION
MISSING PULSE DETECTOR

PIN CONFIGURATION

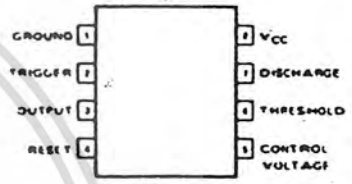
F PACKAGE



T PACKAGE



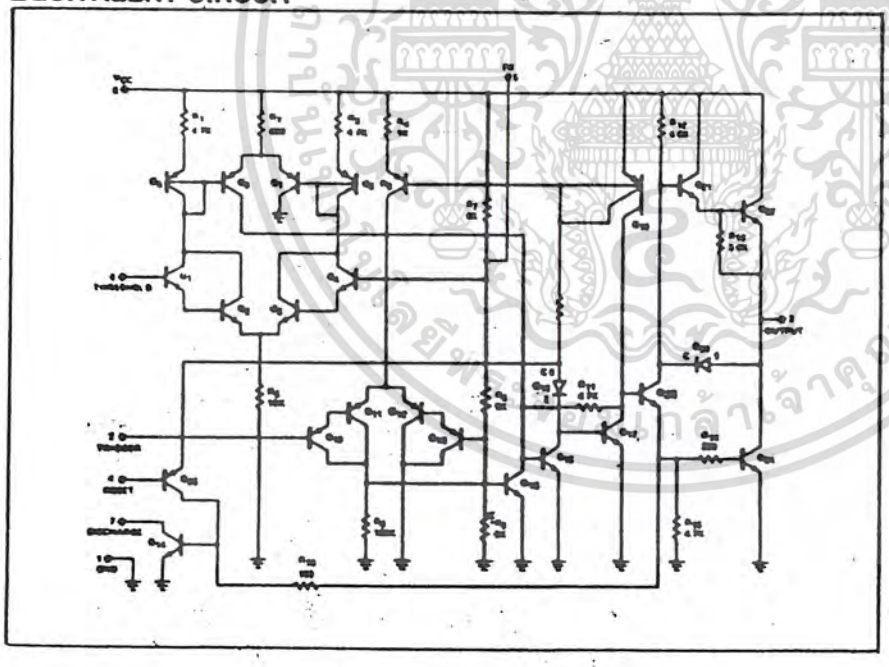
V PACKAGE



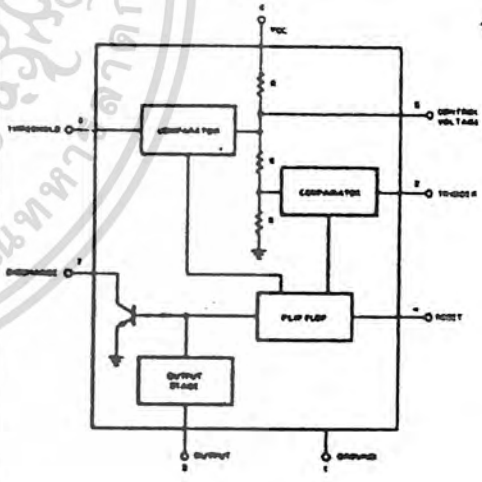
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage	
SE555	+18V
NE555	+16V
Power Dissipation	600 mW
Operating Temperature Range	
NE555	0°C to +70°C
SE555	−55°C to +125°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 60 seconds)	+300°C

EQUIVALENT CIRCUIT



BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FEATURES

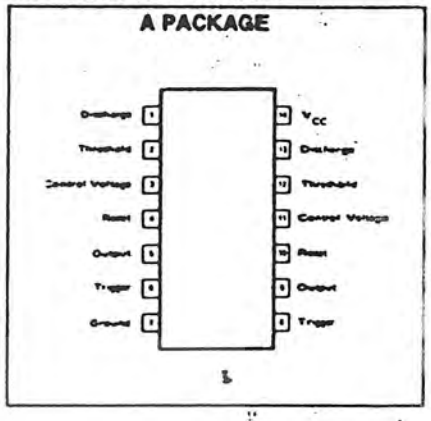
- TIMING FROM MICROSECONDS TO HOURS
- REPLACES TWO 555 TIMERS
- OPERATES IN BOTH ASTABLE, MONOSTABLE, TIME DELAY MODES
- HIGH OUTPUT CURRENT
- ADJUSTABLE DUTY CYCLE
- TTL COMPATIBLE
- TEMPERATURE STABILITY OF 0.005% PER °C

APPLICATIONS

PRECISION TIMING
SEQUENTIAL TIMING
PULSE SHAPING
PULSE GENERATOR
MISSING PULSE DETECTOR
TONE BURST GENERATOR
PULSE WIDTH MODULATION
TIME DELAY GENERATOR
FREQUENCY DIVISION
INDUSTRIAL CONTROLS
PULSE POSITION MODULATION
APPLIANCE TIMING
TRAFFIC LIGHT CONTROL
TOUCH TONE ENCODER

PIN CONFIGURATION

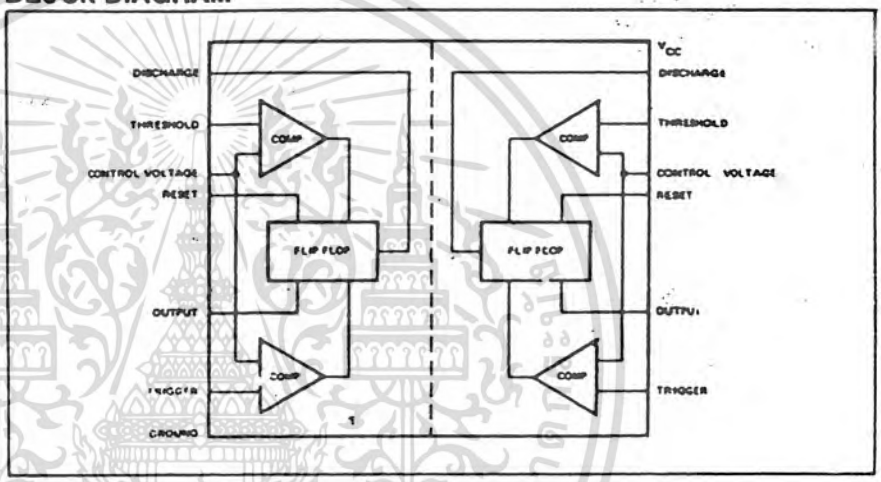
A PACKAGE



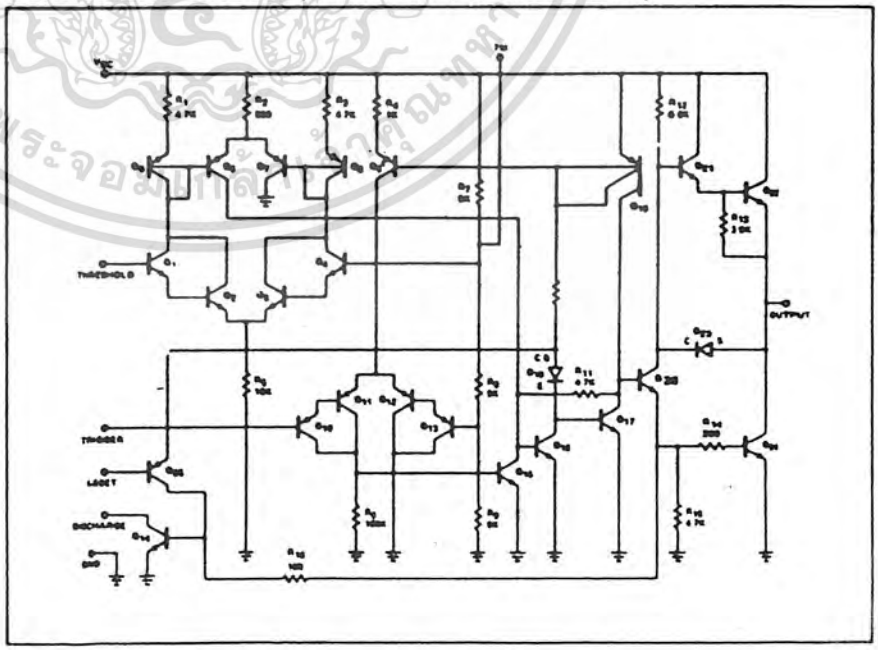
ABSOLUTE MAXIMUM RATIONS

Supply Voltage	
SE556	+18V
NE556	+16V
Power Dissipation	600mW
Operating Temperature Range	
NE556	0°C to +70°C
SE556	−55°C to +125°C
SE556C	−55°C to +125°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 60 sec)	+300°C

BLOCK DIAGRAM



EQUIVALENT CIRCUIT (SHOWN FOR ONE CIRCUIT ONLY)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISO²-CMOS MT8870D/MT8870D-1
Integrated DTMF Receiver

ISSUE 3 May1995

Features

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

Applications

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

Ordering Information

MT8870DE/DE-1	18 Pin Plastic DIP
MT8870DC/DC-1	18 Pin Ceramic DIP
MT8870DS/DS-1	18 Pin SOIC
MT8870DN/DN-1	20 Pin SSOP
MT8870DT/DT-1	20 Pin TSSOP

-40 °C to +85 °C

Description

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

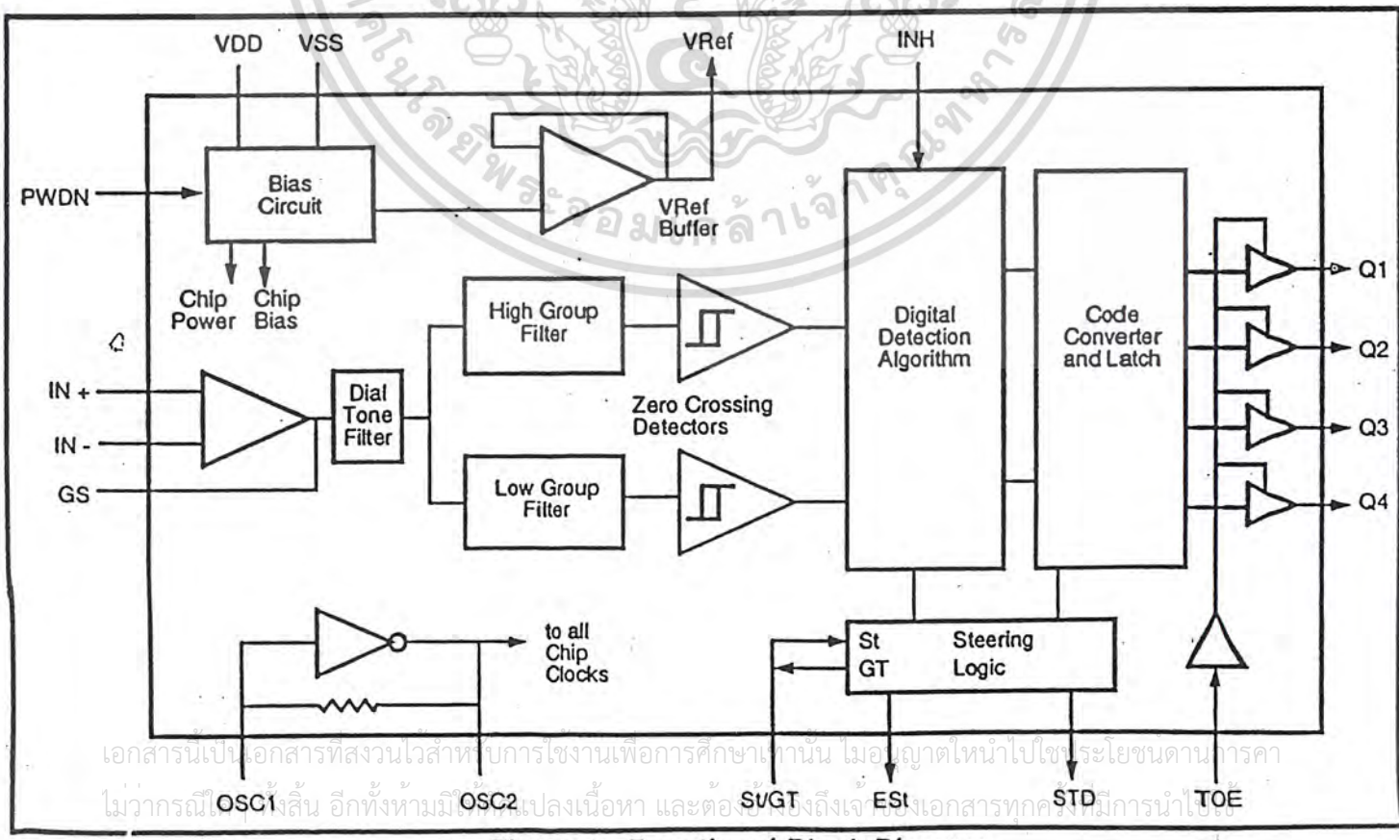
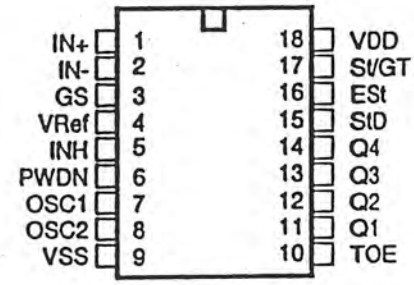
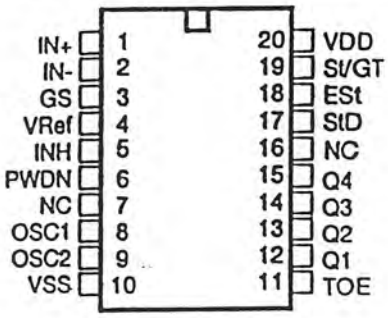


Figure 1 - Functional Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



18 PIN CERDIP/PLASTIC DIP/SOIC



20 PIN SSOP/TSSOP

Figure 2 - Pin Connections

Pin Description

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลง เนื้อหา ข้อความ รูปภาพ ทั้งหมดหรือส่วนหนึ่งส่วนใดในเอกสารนี้ก่อนได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้เขียน

Functional Description

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

Filter Section

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

Decoder Section

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

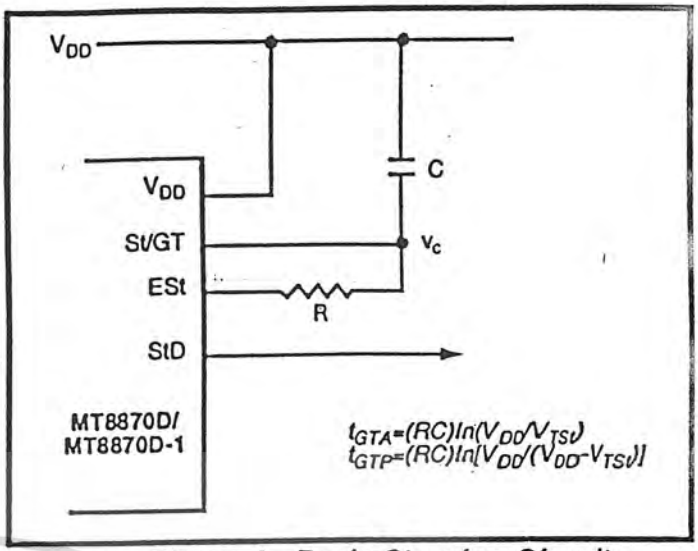


Figure 4 - Basic Steering Circuit

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

Steering Circuit

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

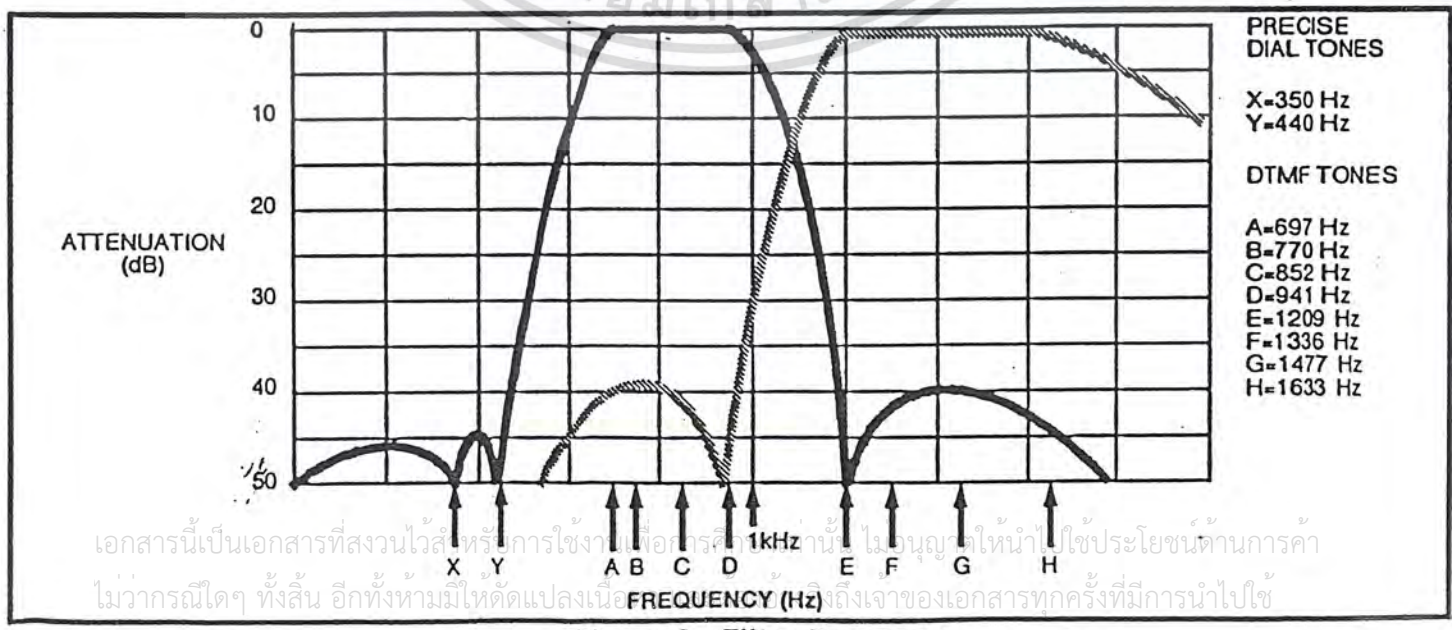


Figure 3 - Filter Response

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

Table 1. Functional Decode Table
L=LOGIC LOW, H=LOGIC HIGH, Z=HIGH IMPEDANCE
X = DON'T CARE

Guard Time Adjustment

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

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

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

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

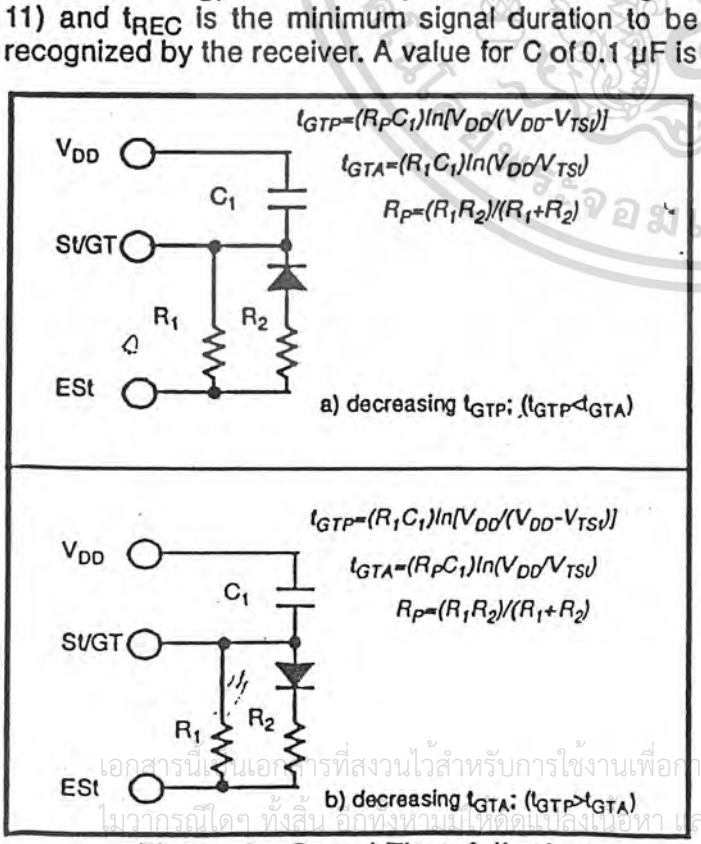


Figure 5 - Guard Time Adjustment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Power-down and Inhibit Mode

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

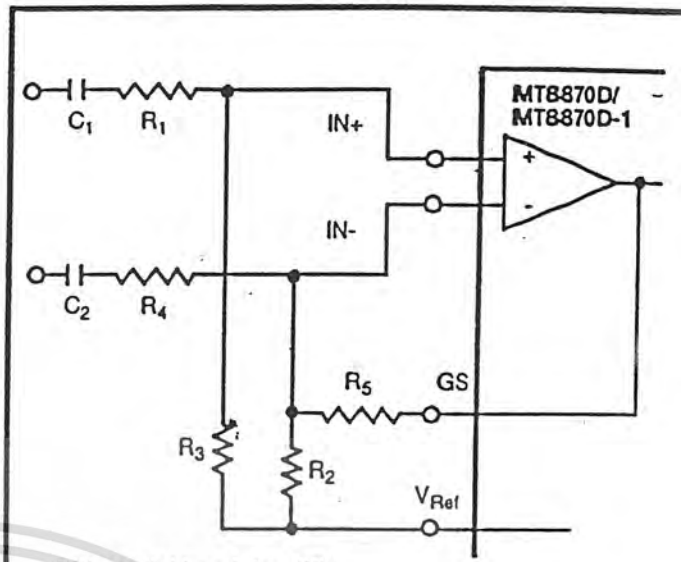
Inhibit mode is enabled by a logic high input to the pin 5 (INH). It inhibits the detection of tones representing characters A, B, C, and D. The output code will remain the same as the previous detected code (see Table 1).

Differential Input Configuration

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

Crystal Oscillator

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



Differential Input Amplifier
$C_1=C_2=10$ nF
$R_1=R_4=R_5=100$ kΩ
$R_2=60$kΩ, $R_3=37.5$ kΩ

All resistors are ±1% tolerance.
All capacitors are ±5% tolerance.

$$R_3=\frac{R_2R_5}{R_2+R_5}$$

VOLTAGE GAIN (A_v diff) = $\frac{R_5}{R_1}$

INPUT IMPEDANCE

$$(Z_{INDIFF}) = 2\sqrt{R_1^2+\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

Figure 6 - Differential Input Configuration

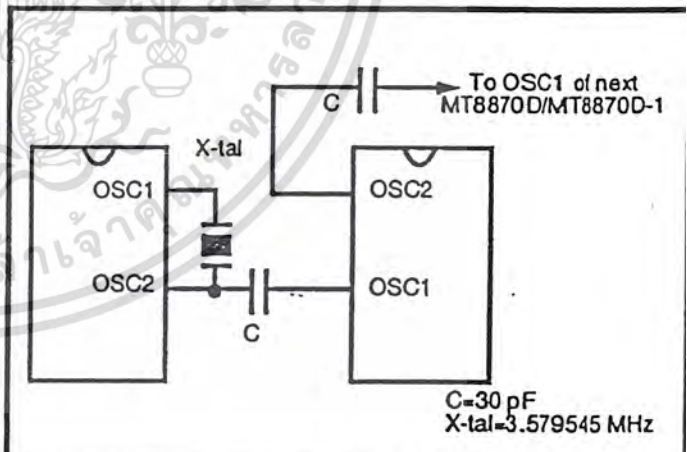


Figure 7 - Oscillator Connection

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Applications

RECEIVER SYSTEM FOR BRITISH TELECOM SPEC POR 1151

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

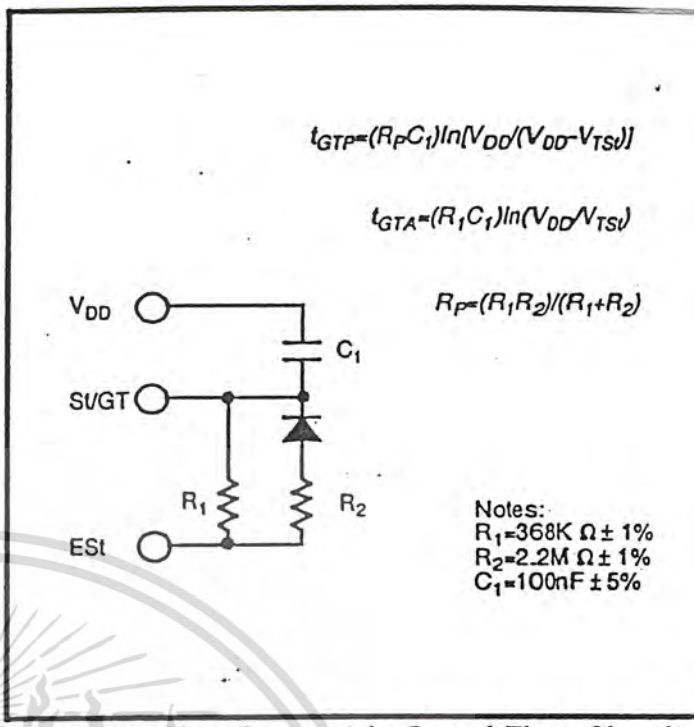
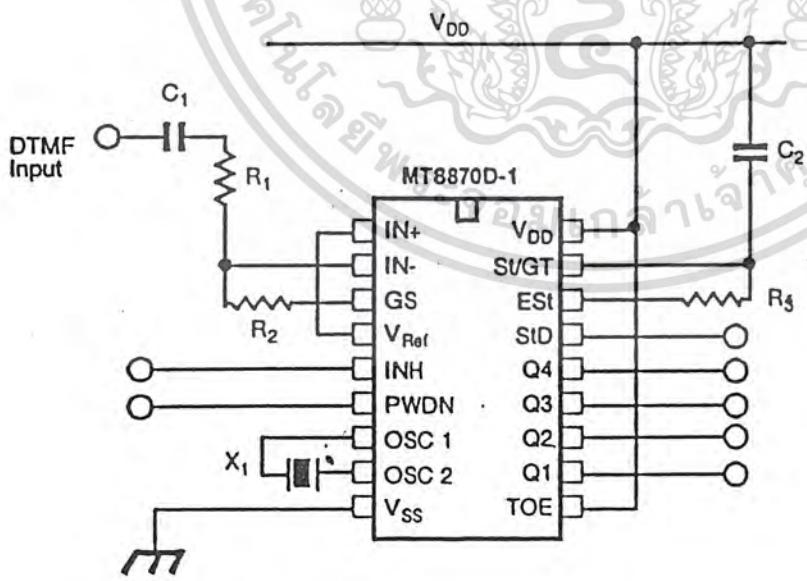


Figure 8 - Non-Symmetric Guard Time Circuit



NOTES:
R_1 = 102KΩ ± 1%
R_2 = 71.5KΩ ± 1%
R_3 = 390KΩ ±1 %
C_1,C_2 = 100 nF ± 5%
X_1 = 3.579545 MHz ± 0.1%
V_{DD} = 5.0V ± 5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Absolute Maximum Ratings†

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

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

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

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

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

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

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

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

เอกสารนี้จัดทำขึ้นสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่รับประกันความเสียหายใดๆ ทั้งสิ้น อาจมีการปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติมโดยไม่ต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้า และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Gain Setting Amplifier

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

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

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

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

*NOTES

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

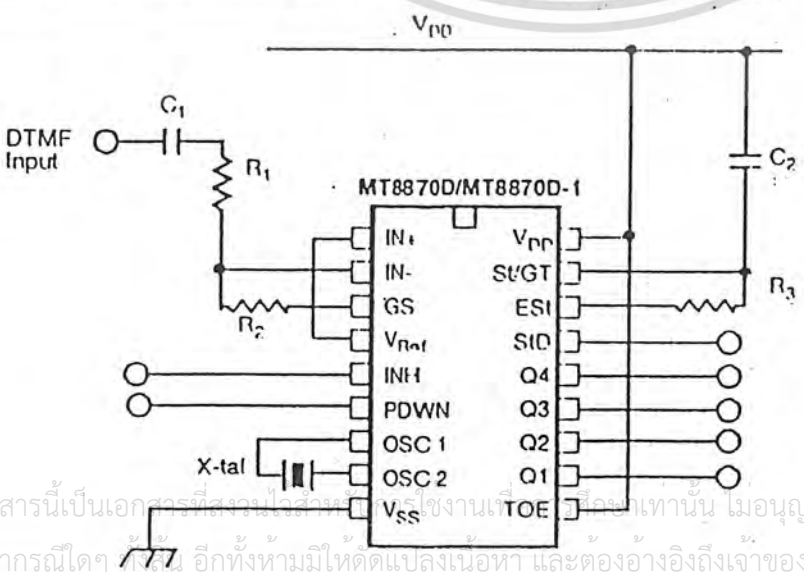
AC Electrical Characteristics

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

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

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

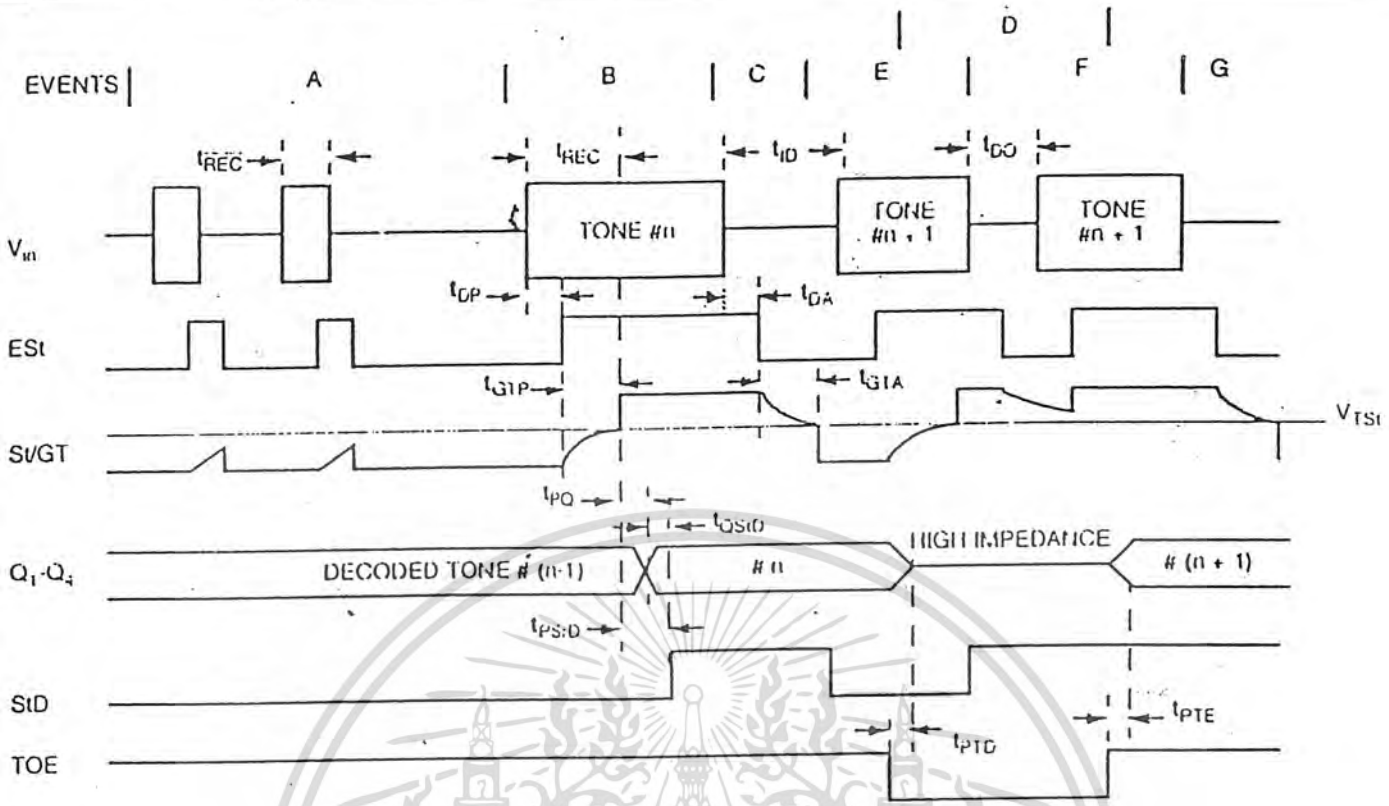
*NOTES:
1. Used for guard-time calculation purposes only.
2. These, user adjustable parameters, are not device specifications. The adjustable settings of these minimums and maximums are recommendations based upon network requirements.
3. With valid tone present at input, t_{PU} equals time from PDWN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



NOTES:-
R_1,R_2=100KΩ ± 1%
R_3=300KΩ ± 1%
C_1,C_2=100 nF ± 5%
X-tal=3.579545 MHz ± 0.1%

Figure 10 - Single-Ended Input Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



EXPLANATION OF EVENTS

A) TONE BURSTS DETECTED, TONE DURATION INVALID, OUTPUTS NOT UPDATED.

B) TONE #n DETECTED, TONE DURATION VALID, TONE DECODED AND LATCHED IN OUTPUTS

C) END OF TONE #n DETECTED, TONE ABSENT DURATION VALID, OUTPUTS REMIAN LATCHED UNTIL NEXT VALID TONE.

D) OUTPUTS SWITCHED TO HIGH IMPEDANCE STATE.

E) TONE #n + 1 DETECTED, TONE DURATION VALID, TONE DECODED AND LATCHED IN OUTPUTS (CURRENTLY HIGH IMPEDANCE).

F) ACCEPTABLE DROPOUT OF TONE #n + 1, TONE ABSENT DURATION INVALID, OUTPUTS REMAIN LATCHED.

G) END OF TONE #n + 1 DETECTED, TONE ABSENT DURATION VALID, OUTPUTS REMAIN LATCHED UNTIL NEXT VALID TONE.

EXPLANATION OF SYMBOLS

V_{in} DTMF COMPOSITE INPUT SIGNAL.

ESt EARLY STEERING OUTPUT. INDICATES DETECTION OF VALID TONE FREQUENCIES.

St/GT STEERING INPUT/GUARD TIME OUTPUT. DRIVES EXTERNAL RC TIMING CIRCUIT.

Q_1-Q_4 4-BIT DECODED TONE OUTPUT.

StD DELAYED STEERING OUTPUT. INDICATES THAT VALID FREQUENCIES HAVE BEEN PRESENT/ABSENT FOR THE REQUIRED GUARD TIME THUS CONSTITUTING A VALID SIGNAL.

TOE TONE OUTPUT ENABLE (INPUT). A LOW LEVEL SHIFTS Q_1-Q_4 TO ITS HIGH IMPEDANCE STATE.

$t_{\overline{REC}}$ MAXIMUM DTMF SIGNAL DURATION NOT DETECED AS VALID

t_{REC} MINIMUM DTMF SIGNAL DURATION REQUIRED FOR VALID RECOGNITION

t_{ID} MAXIMUM TIME BETWEEN VALID DTMF SIGNALS.

t_{DO} MAXIMUM ALLOWABLE DROP OUT DURING VALID DTMF SIGNAL.

t_{DP} TIME TO DETECT THE PRESENCE OF VALID DTMF SIGNALS.

t_{DA} TIME TO DETECT THE ABSENCE OF VALID DTMF SIGNALS.

t_{GTP} GUARD TIME, TONE PRESENT.

t_{GTA} GUARD TIME, TONE ABSENT.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 11 - Timing Diagram

AC Electrical Characteristics

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

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

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

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

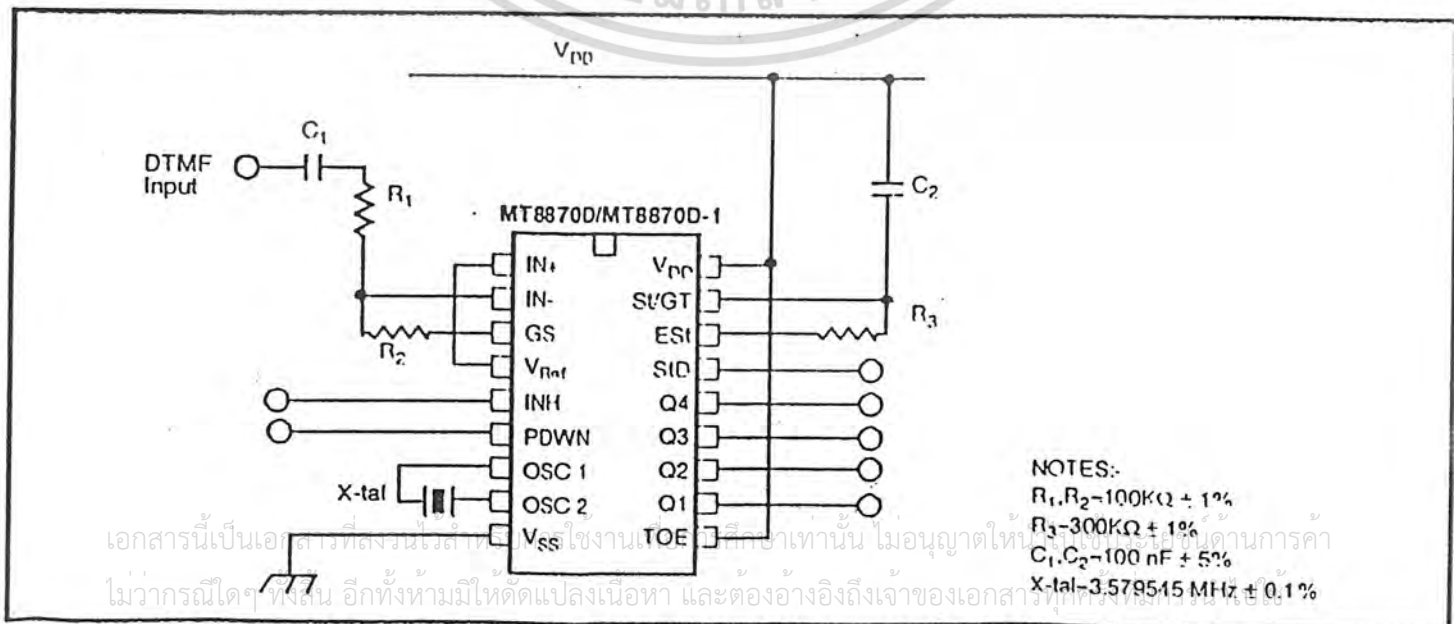
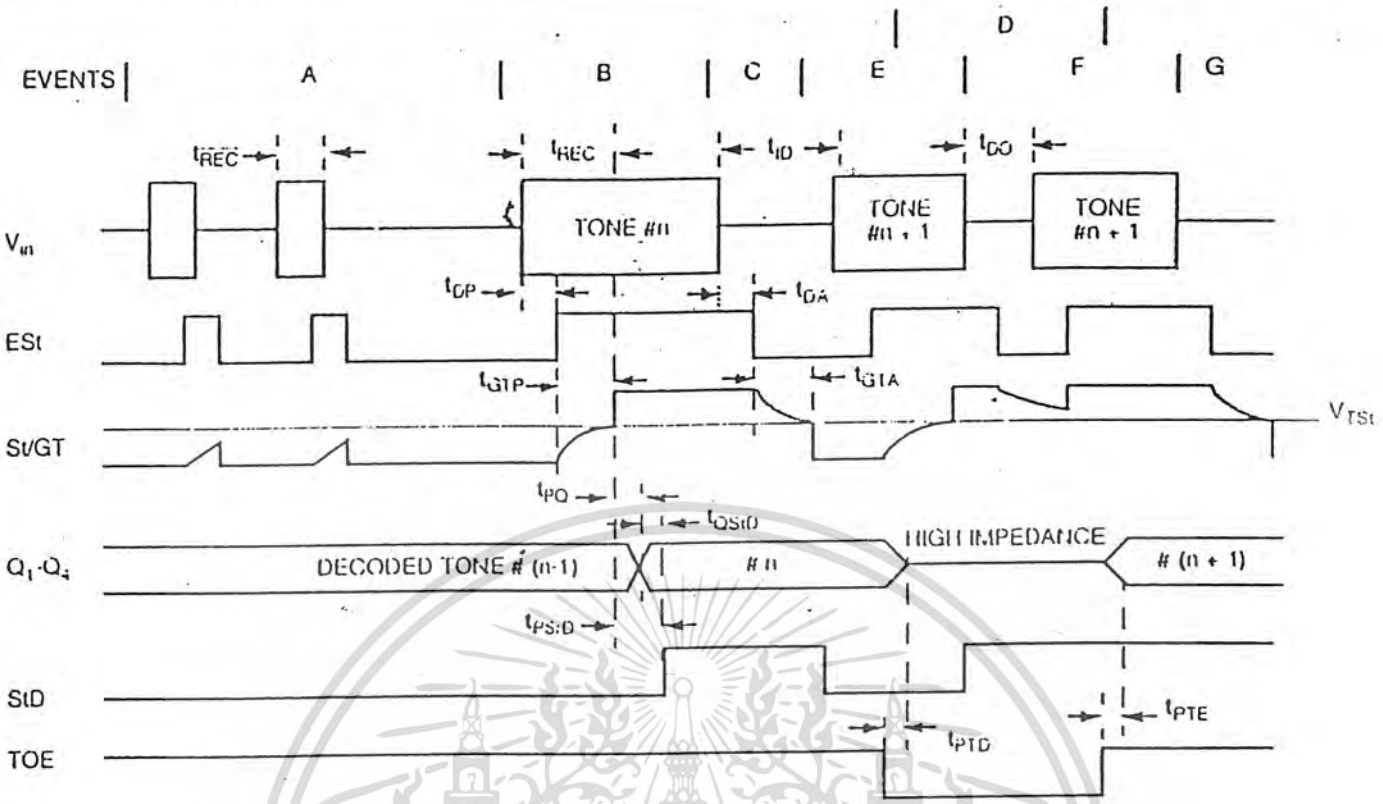


Figure 10 - Single-Ended Input Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



EXPLANATION OF EVENTS

A) TONE BURSTS DETECTED, TONE DURATION INVALID, OUTPUTS NOT UPDATED.

B) TONE #n DETECTED, TONE DURATION VALID, TONE DECODED AND LATCHED IN OUTPUTS

C) END OF TONE #n DETECTED, TONE ABSENT DURATION VALID, OUTPUTS REMIAN LATCHED UNTIL NEXT VALID TONE.

D) OUTPUTS SWITCHED TO HIGH IMPEDANCE STATE.

E) TONE #n + 1 DETECTED, TONE DURATION VALID, TONE DECODED AND LATCHED IN OUTPUTS (CURRENTLY HIGH IMPEDANCE).

F) ACCEPTABLE DROPOUT OF TONE #n + 1, TONE ABSENT DURATION INVALID, OUTPUTS REMAIN LATCHED.

G) END OF TONE #n + 1 DETECTED, TONE ABSENT DURATION VALID, OUTPUTS REMAIN LATCHED UNTIL NEXT VALID TONE.

EXPLANATION OF SYMBOLS

V_{in} DTMF COMPOSITE INPUT SIGNAL.

ESt EARLY STEERING OUTPUT. INDICATES DETECTION OF VALID TONE FREQUENCIES.

StGT STEERING INPUT/GUARD TIME OUTPUT. DRIVES EXTERNAL RC TIMING CIRCUIT.

Q_1-Q_4 4-BIT DECODED TONE OUTPUT.

StD DELAYED STEERING OUTPUT. INDICATES THAT VALID FREQUENCIES HAVE BEEN PRESENT/ABSENT FOR THE REQUIRED GUARD TIME THUS CONSTITUTING A VALID SIGNAL.

TOE TONE OUTPUT ENABLE (INPUT). A LOW LEVEL SHIFTS Q_1-Q_4 TO ITS HIGH IMPEDANCE STATE.

$t_{\overline{REC}}$ MAXIMUM DTMF SIGNAL DURATION NOT DETECED AS VALID

t_{REC} MINIMUM DTMF SIGNAL DURATION REQUIRED FOR VALID RECOGNITION

t_{ID} MAXIMUM TIME BETWEEN VALID DTMF SIGNALS.

t_{DO} MAXIMUM ALLOWABLE DROP OUT DURING VALID DTMF SIGNAL.

t_{DP} TIME TO DETECT THE PRESENCE OF VALID DTMF SIGNALS.

t_{DA} TIME TO DETECT THE ABSENCE OF VALID DTMF SIGNALS.

t_{GTP} GUARD TIME, TONE PRESENT.

t_{GTA} GUARD TIME, TONE ABSENT.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

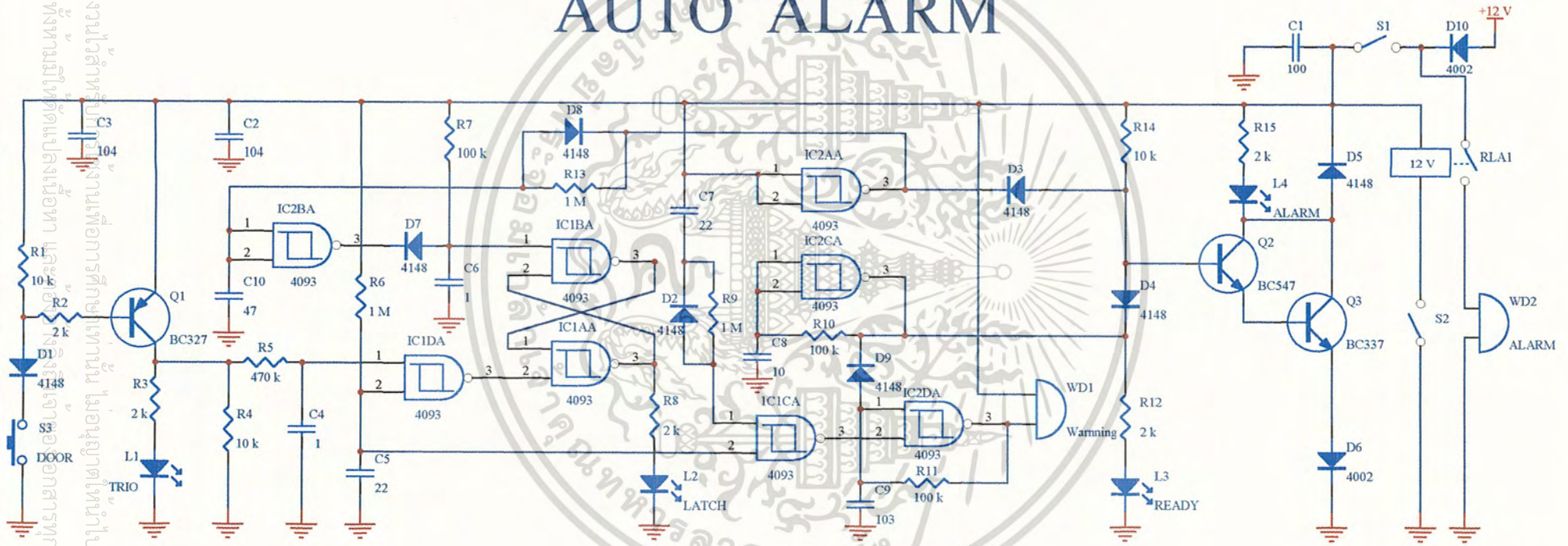
Figure 11 - Timing Diagram

ภาคผนวก ข.

วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

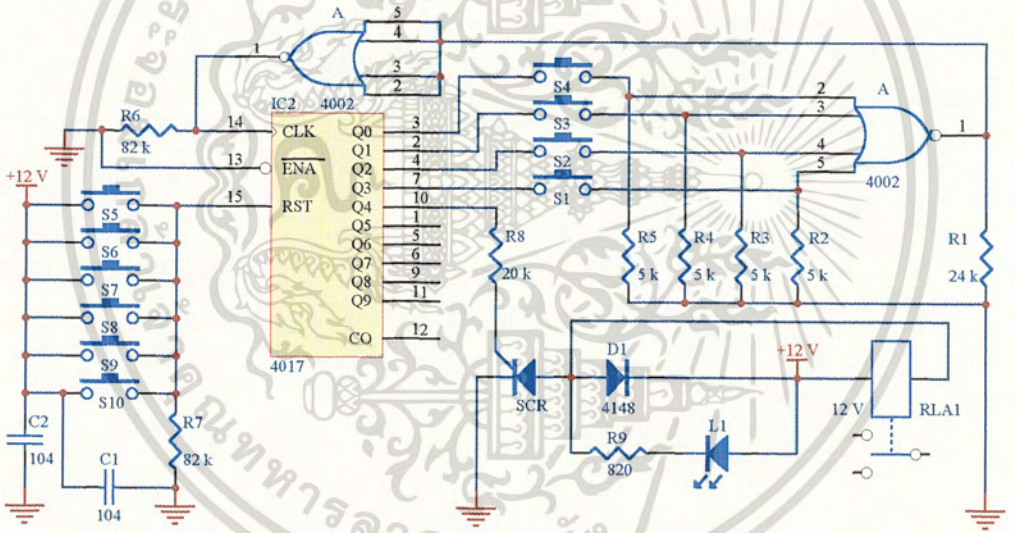
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTO ALARM



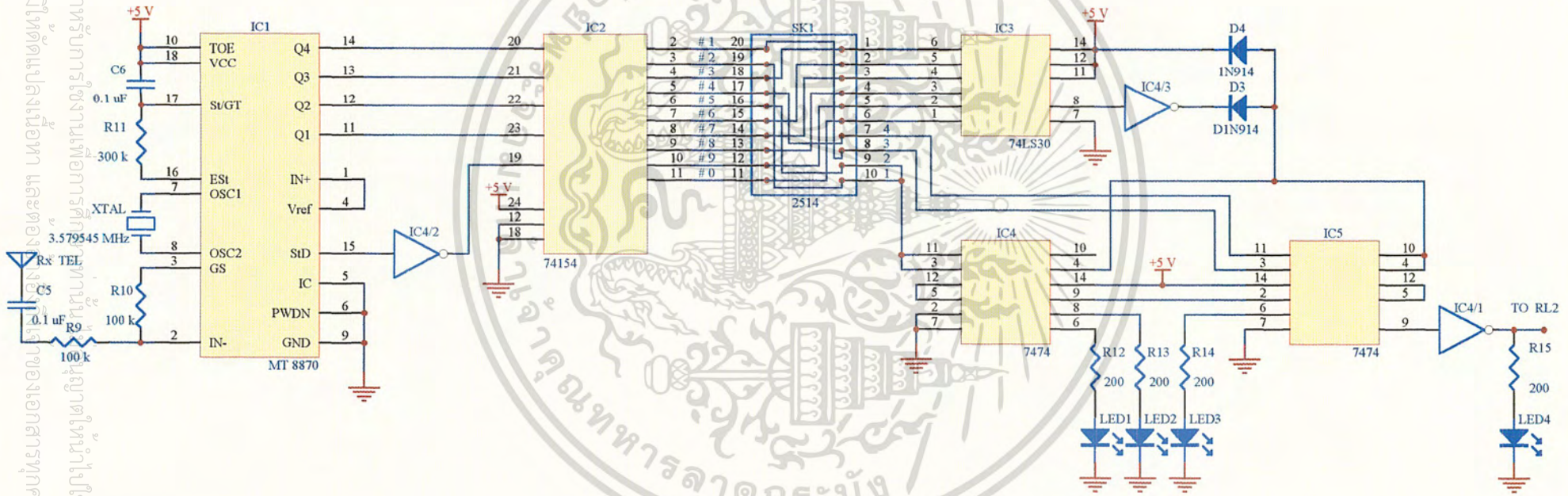
Title		
Size A4	Number	Revision
Date: 12-May-2001		Sheet of
File: A:\AU ALARM.SCH		Drawn By:

CODE SWITCH



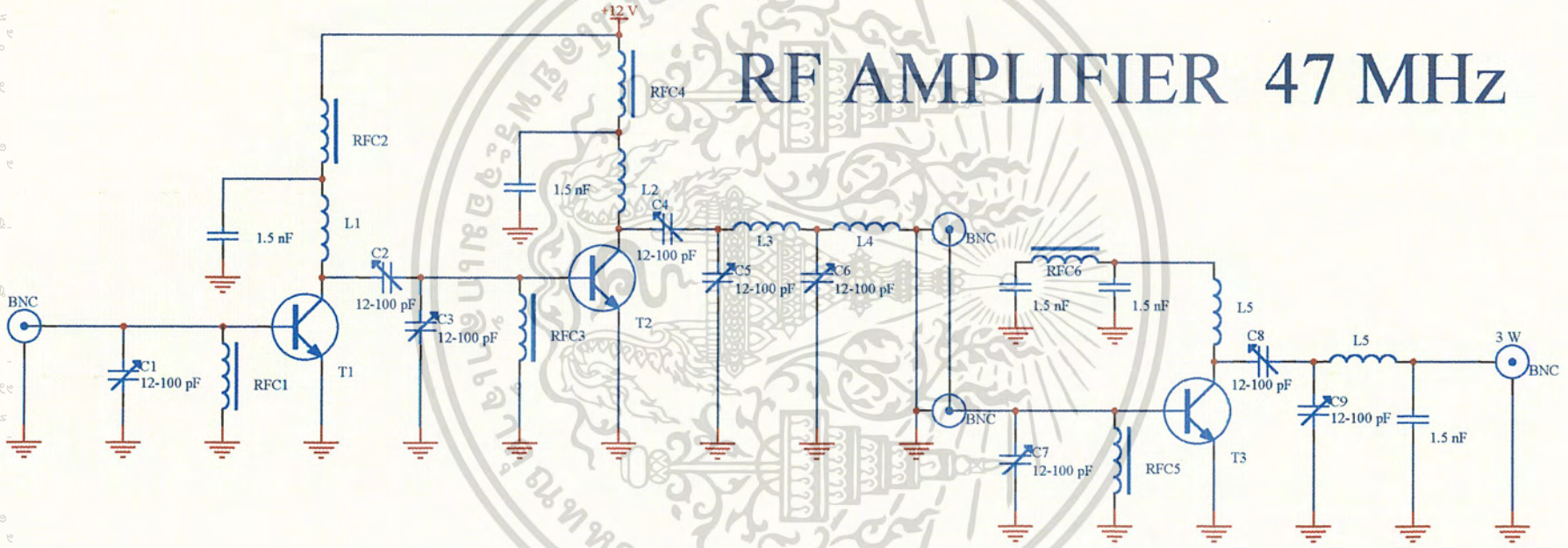
Title		
Size A4	Number	Revision
Date: 12-May-2001		Sheet of
File: A:\CODE SW.SCH		Drawn By:

DTMF ENCODER

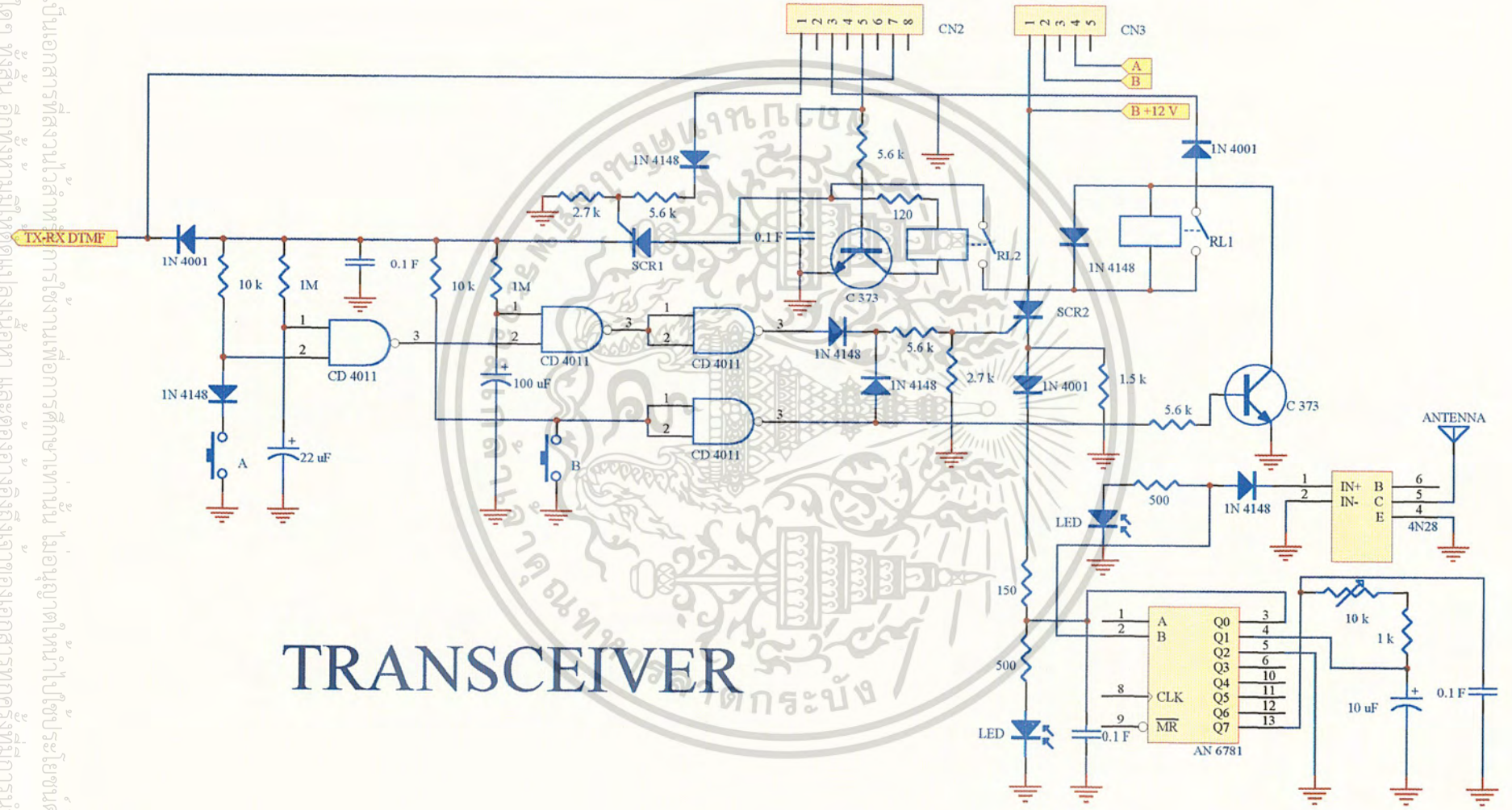


Title		
Size A4	Number	Revision
Date: 12-May-2001		Sheet of
File: A:\DTMF ENC.SCH		Drawn By:

RF AMPLIFIER 47 MHz

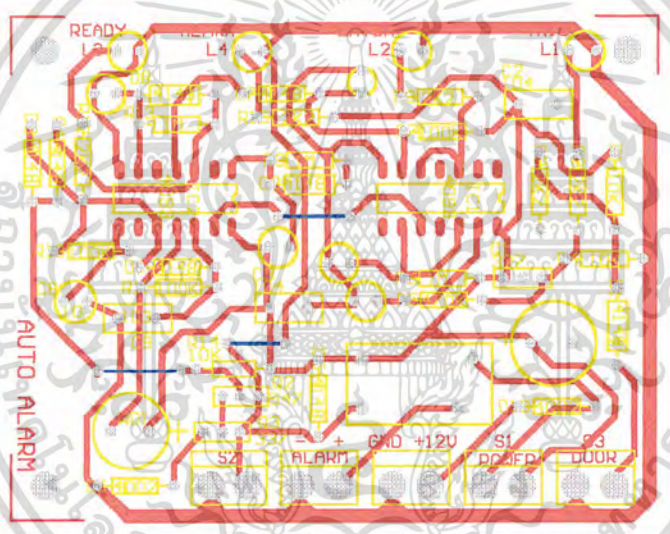


Title		
Size A4	Number	Revision
Date: 12-May-2001		Sheet of
File: A:\RFAMP47M.SCH		Drawn By:

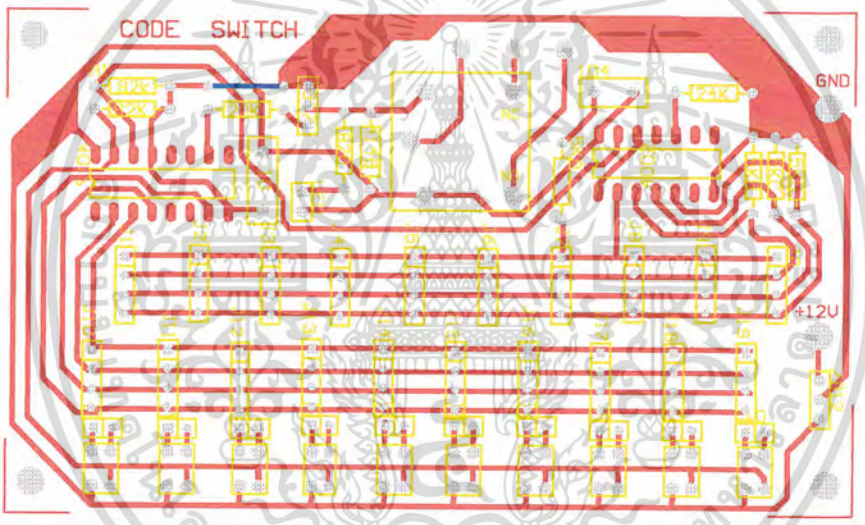


TRANSCEIVER

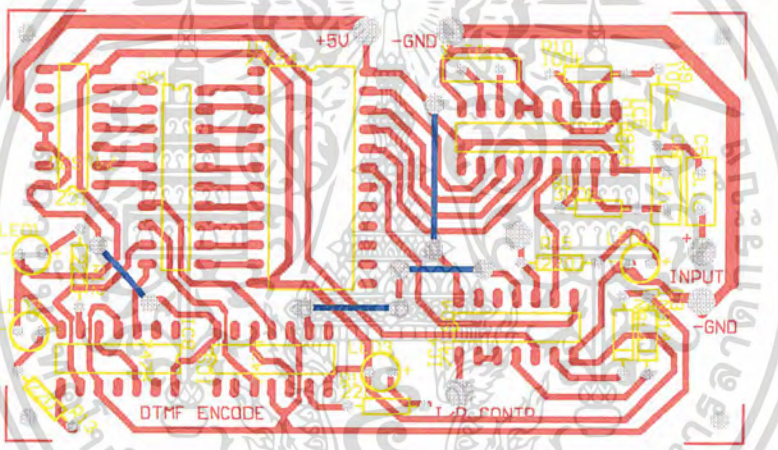
Title		
Size A4	Number	Revision
Date: 12-May-2001		Sheet of
File: A:\TRANSCELSCH		Drawn By:



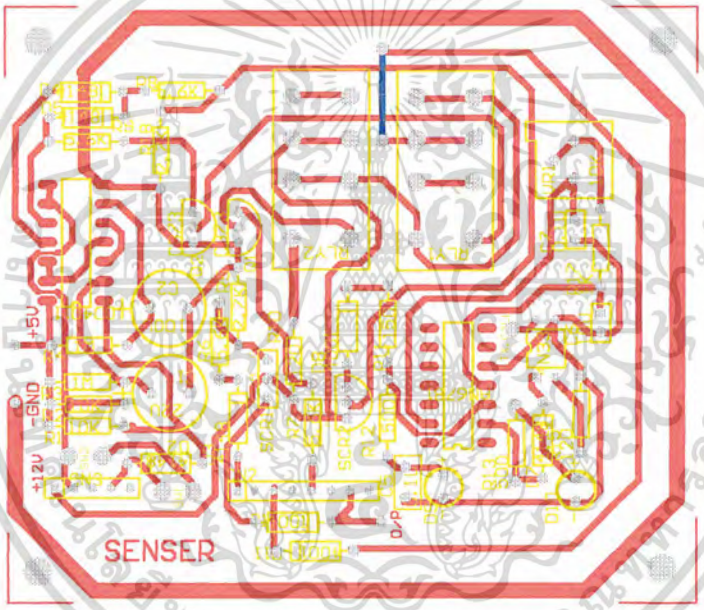
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้