

ปริญญานิพนธ์
วิทยุติดตามตัวย่านวีเอชเอฟ
VHF PAGER

1. นายเกรียงไกร แสงวนิชย์
2. นายธนกิจ วัฒนิกำธร
3. นายธนิต เคยทอง



A021067

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน เดือน ปี.....

F299

021067

3 พย 2538

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง วิทยุติดตามตัวย่านวีเอชเอฟ
VHF PAGER

ผู้จัดทำ

1. นายเกรียงไกร แสงวนิชย์
2. นายชนะกิจ วัฒนีกำธร
3. นายชนิด เดยทอง

อาจารย์ที่ปรึกษา

ลงนาม.....
(อาจารย์วิสุทธิ อธิพรธรรม)

ลงนาม.....
(อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)

ลงนาม.....
(อาจารย์สมชาย หมั่นสายญาติ)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

ลงนาม.....
(ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง วิทยุติดตามตัวย่านวีเอชเอฟ

VHF PAGER

จุดประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของเครื่องรับวิทยุติดตามตัวย่านวีเอชเอฟ
2. เพื่อศึกษาและนำเอาสัญญาณ DTMF มาประยุกต์ใช้กับวิทยุติดตามตัวย่านวีเอชเอฟได้
3. เพื่อวิเคราะห์และออกแบบวิทยุติดตามตัวย่านวีเอชเอฟ
4. เพื่อสร้างเครื่องรับวิทยุติดตามตัวย่านวีเอชเอฟ
5. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องต้นแบบและนำไปสร้างใช้งานจริง รวมถึงการนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่างๆ ได้ต่อไป

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบถึงการทำงานของเครื่องรับวิทยุติดตามตัวที่แสดงผลเป็นตัวเลข แบบดิจิทัล ในย่านวีเอชเอฟ
2. ได้ทราบหลักการเข้ารหัสแบบทูโทนและการถอดรหัส DTMF
3. ได้เครื่องต้นแบบวิทยุติดตามตัวย่านวีเอชเอฟ
4. สามารถนำเครื่องต้นแบบไปปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้งานจริงได้

เครื่องรับวิทยุติดตามตัวย่านวีเอชเอฟ

นายเกรียงไกร แสงวนิชย์

นายธนะกิจ วัฒนีกำธร

นายธนิศ เตยทอง

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม

อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

อาจารย์สมชาย หมั่นสายญาติ

ปีการศึกษา 2537

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ จะกล่าวถึงเครื่องรับวิทยุติดตามตัวหรือเพจเจอร์ โดยใช้ความถี่ของการรับส่งข่าวสารที่ 146.00 MHz ในย่านวีเอชเอฟ ซึ่งเป็นความถี่ในย่านวิทยุสมัครเล่นและยังสามารถนำมาสร้างเครื่องรับวิทยุได้ง่าย วิทยุติดตามตัวที่นำเสนอนี้ ได้ออกแบบให้มีหลักการรับส่งข่าวสารด้วยสัญญาณเสียง DTMF ในลักษณะทู-โทน ไปทำการควบคุมการเปิดหัทสเครื่องซึ่งมีรหัทสเฉพาะในแต่ละเครื่องพร้อมทั้งส่งเสียงเตือนและแสดงผลแบบตัวเลข วิทยุติดตามตัวนี้จะใช้งานได้ดีในพื้นที่ที่จำกัดไว้ และมีรัศมีในการรับส่งข้อมูลที่ขึ้นอยู่กับกำลังของเครื่องส่งข่าวสารเป็นหลัก

II

VHF PAGER

MR.KRENGKRAI SANGWANIT

MR.THANAKIT WATTAKEEKUMTORN

MR.TANIT TOEITHONG

ADVISOR

MR.WISUIT ATIPORNTUM

MR.PEERAWUT SUWANJAN

MR.SOMCHAI MAUNSAIYAT

1994

ABSTRACT

This thisis presents the VHF pager. A pager shall work by sending and receiving information at 146.00 MHz. though VHF band. The VHF band shall also allow for citizen band as well as for making a transmitter. This pager is disigned to transmit the DTMF signal which is to be controlled by two-tone. Each paper will have its specific code for sending and receiving information with numeric display. This paper shall work efficiently in a limited area and shall principally depend on the high power transmitter itself as well.

กิติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากความสามัคคีและความเข้าใจกันภายในกลุ่มเป็นอันดับแรก รวมถึงพระคุณของบิดาและมารดาและผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ให้กำเนิด เลี้ยงดู และอุปการะผู้จัดทำจนเติบโตและประสบความสำเร็จในชีวิต

ขอขอบคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนอำนวยความสะดวกเรื่องอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้ และสถานที่ในการปฏิบัติงาน

นอกจากนี้แล้วขอขอบคุณเพื่อนๆ และน้องๆ ที่ให้ความเป็นห่วงเป็นใยกันมาตลอด ซึ่งคณะผู้จัดทำขอระลึกถึงไว้ ณ ที่นี้



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VIII
สารบัญตาราง	XII
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 วิชยุดิตตามตัว	2
2.1.1 ชนิดของวิชยุดิตตามตัว	2
2.1.2 โครงสร้างของระบบเพจเจอร์	4
2.1.3 การขยายพื้นที่ของระบบ	5
2.1.4 ข่ายระบบของแพคคิงค์	6
2.1.5 สัญญาณข่าวสาร	8
2.1.6 เครื่องรับวิชยุดิตตามตัว	10
2.1.7 การทำงานของภาครับ	12
2.1.8 ภาคถอดรหัส	12
2.1.9 ตัวอย่างคุณสมบัติทางเทคนิคของเครื่องแพคคิงค์	13
2.2 ภาคเข้ารหัสและภาคถอดรหัส DTMF	14
2.2.1 การสร้างรหัสสัญญาณ DTMF	14

2.2.2 ตัวรับสัญญาณ DTMF	15
2.3 เครื่องรับ FM	22
2.3.1 เครื่องรับชนิดแปลงความถี่สองครั้ง	22
2.4 วงจรพื้นฐานของเครื่องรับส่งวิทยุ	23
2.4.1 วงจรขยาย RF	24
2.4.2 วงจรมิกเซอร์	25
2.4.3 วงจรขยาย IF	26
2.4.4 โลกอลออสซิลเลเตอร์	32
2.4.5 วงจร AGC	34
2.4.6 ลิ้มิตเตอร์	38
2.4.7 มิวต์หรือสแควลซ์	39
2.4.8 วงจรดีเทคเตอร์	41
2.5 ไอซีหน่วยความจำ	51
2.6 อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	53
2.7 โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	56
2.8 ไอซีกำเนิดเสียงเพลงเบอร์ UM66T	58
บทที่ 8 การออกแบบและการสร้าง	64
3.1 ระบบการทำงานของวิทยุติดตามตัวที่แสดงผลเป็นตัวเลขแบบดิจิตอล	65
3.2 การทำงานของเครื่องส่งรหัส	65
3.3 ระบบการทำงานของเครื่องรับวิทยุติดตามตัว	65
3.3.1 ภาครับวิทยุ FM	66
3.3.2 ภาคถอดรหัส DTMF	66

3.3.3 ภาคเปรียบเทียบรหัส	66
3.3.4 ภาคเก็บข้อมูล	66
3.3.5 ภาคเตือนด้วยเสียง	66
3.3.6 ภาคแสดงผลเป็นตัวเลขแบบดิจิตอล	67
3.4 การออกแบบวิทยุติดตามตัวย่าน VHF	67
3.4.1 การออกแบบวงจรในภาครับวิทยุ FM	67
3.4.2 การออกแบบวงจรในภาคถอดรหัส DTMF	72
3.4.3 การออกแบบวงจรในภาคเปรียบเทียบรหัส	74
3.4.4 การออกแบบวงจรในภาคบันทึกข้อมูล	78
3.4.5 การออกแบบวงจรในภาคเตือนด้วยเสียง	80
3.4.6 การออกแบบวงจรภาคถอดรหัสและแสดงผลเป็นตัวเลขแบบดิจิตอล	83
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	88
4.1 การทดลองวัดค่าต่างๆ ของเครื่องรับวิทยุติดตามตัวที่แสดงผลด้วยตัวเลข	88
4.1.1 การทดลองเครื่องส่งรหัสสัญญาณ DTMF และภาคเครื่องรับสัญญาณ DTMF	88
4.1.2 การทดลองภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF	89
4.1.3 การทดลองภาคเปรียบเทียบรหัส	92
4.1.4 การทดลองในภาคเตือนด้วยเสียง	93
4.1.5 การทดลองภาคเก็บข้อมูลและภาคแสดงผล	94
4.2 การทดสอบการใช้งานของเครื่องรับวิทยุติดตามตัว	95
4.2.1 การทดสอบการรับที่ระยะทางต่างๆ ในที่โล่งแจ้ง	95
4.2.2 การทดสอบการรับที่พื้นที่ต่างๆ ที่มีสิ่งกีดขวาง	95

	หน้า
บทที่ 5 บทสรุปและแนวทางพัฒนา	99
5.1 บทสรุป	99
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	100
5.3 แนวทางการพัฒนา	101
บรรณานุกรม	102
ภาคผนวก ก. คู่มือการใช้งานของเครื่องรับวิทยุติดตามตัว	103
ภาคผนวก ข. บล็อกไดอะแกรมและวงจรของวิทยุติดตามตัว	111
ภาคผนวก ค. รายละเอียดข้อมูลไอซี	120



สารบัญญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างเบื้องต้นของระบบวิทยุติดตามตัว	4
รูปที่ 2.2 การส่งคลื่นพร้อมกันหลายจุดเพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ได้กว้างขึ้น	5
รูปที่ 2.3 ข่ายระบบของวิทยุติดตามตัวแพคลิ่งค์	7
รูปที่ 2.4 รูปแบบของสัญญาณข่าวสาร	9
รูปที่ 2.5 สัญญาณควบคุมการทำงานเป็นช่วงๆ ของแพคลิ่งค์เพื่อประหยัดไฟ	9
รูปที่ 2.6 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับวิทยุติดตามตัว	10
รูปที่ 2.7 แผนผังแสดงหน้าที่และการทำงานของแต่ละส่วน	11
รูปที่ 2.8 ตัวอย่างลักษณะที่ปรากฏบนจอแสดงภาพ	11
รูปที่ 2.9 เป็นกคของโทรศัพท์แบบกดปุ่ม	14
รูปที่ 2.10 ขาของ MT 8870	15
รูปที่ 2.11 โครงสร้างภายในของ MT 8870	16
รูปที่ 2.12 ความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่	16
รูปที่ 2.13 แผนภูมิเวลา ของ MT 8870	18
รูปที่ 2.14 วงจรตรวจสอบสัญญาณและแสดงการกำหนดเวลาการ์ด ไทม์	20
รูปที่ 2.15 การต่อวงจรภาคอินพุท	21
รูปที่ 2.16 การต่อวงจรผลิตความถี่	21
รูปที่ 2.17 วงจรใช้งานเบื้องต้นของ MT 8870	21
รูปที่ 2.18 แผนผังของเครื่องรับ FM	22
รูปที่ 2.19 แผนผังเครื่องรับชนิดดับเบิลคอนเวอร์ชัน	23
รูปที่ 2.20 ตัวอย่างวงจรขยาย RF ชนิดต่างๆ	25
รูปที่ 2.21 ตัวอย่างมิกเซอร์ของภาคเครื่องรับและภาคเครื่องส่ง	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.22 วงจรมิกเซอร์แบบไม่สมดุล	27
รูปที่ 2.23 วงจรขยาย IF ที่ใช้หม้อแปลงจูนระหว่างสเตจ	28
รูปที่ 2.24 วงจรขยาย IF แบบที่ใช้คริสตอลฟิลเตอร์ควบคุมคุณสมบัติการเลือกรับสัญญาณ	28
รูปที่ 2.25 วงจรขยาย IF ซึ่งใช้คริสตอลฟิลเตอร์คู่	29
รูปที่ 2.26 แผนผังของ IC เบอร์ MC3357	29
รูปที่ 2.27 ตัวอย่างวงจรใช้งาน MC3357	30
รูปที่ 2.28 แผนผังของ IC เบอร์ CA 3089	31
รูปที่ 2.29 ตัวอย่างวงจรใช้งาน CA 3089	31
รูปที่ 2.30 การเปลี่ยนแปลงความถี่ของผลึกแร่ต่ออุณหภูมิ	33
รูปที่ 2.31 ตัวอย่างวงจรรอสซิลเลเตอร์	33
รูปที่ 2.32 วงจรโอเวอร์โทนออสซิลเลเตอร์	34
รูปที่ 2.33 วงจรผลิตไฟ AGC	36
รูปที่ 2.34 การเปลี่ยนแปลงอัตราขยายของทรานซิสเตอร์ ที่กระแสมีเตอร์ในค่าต่างๆ	37
รูปที่ 2.35 AGC ต่างๆ ในเครื่องรับชนิดซูเปอร์เฮตเทอโรไดน์	37
รูปที่ 2.36 ลักษณะการควบคุมอัตราขยายของเครื่องรับโดย AGC	38
รูปที่ 2.37 วงจรลิมิตเตอร์จะขจัดคั่นยอดส์และการเปลี่ยนแปลง ทางแอมพลิจูดของสัญญาณ FM	39
รูปที่ 2.38 วงจรสเตอริโอแบบใช้พาหะบังคับ	40
รูปที่ 2.39 วงจรสเตอริโอของเครื่องรับ FM แบบใช้คั่นยอดส์บังคับ	40
รูปที่ 2.40 ระบบสเตอริโอแบบเลือกค่าคงตัวเวลาได้สองค่า	41
รูปที่ 2.41 วงจรสเตอริโอทีเทคเตอร์	42

รูปที่ 2.42 ดีเทกเตอร์ชนิดดับเบิลจูน	43
รูปที่ 2.43 วงจรฟอสเตอร์-ซีลีย์คริสทิมิเนเตอร์และมุมเฟสที่ความถี่ต่างๆ	44
รูปที่ 2.44 วงจรเรโซดีเทกเตอร์	47
รูปที่ 2.45 วงจรควอคราเจอร์ดีเทกเตอร์	48
รูปที่ 2.46 แผนผังของวงจรคิมอดชนิดเฟสล็อกกลุ๊ป	50
รูปที่ 2.47 เฟสล็อกกลุ๊ปใช้ไอซี	50
รูปที่ 2.48 ขาของไอซีซิมอสแรมเบอร์ 6116	51
รูปที่ 2.49 วงจรภายในไอซีโทมเมอร์เบอร์ 555	54
รูปที่ 2.50 การต่อไอซีเบอร์ 555 เป็นวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	54
รูปที่ 2.51 รูปคลื่นแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุและรูปคลื่นเอาต์พุตที่ $V_{cc} = 5 V$	55
รูปที่ 2.52 โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	56
รูปที่ 2.53 ช่วงเวลารีคอร์เวอรี่ไทม์ (Recovery Time)	57
รูปที่ 2.54 การต่อไอซีที่แอลเบอร์ 54/4121 MMV	58
รูปที่ 2.55 ตำแหน่งขาและบล็อกไดอะแกรมภายในไอซีเบอร์ UM 66T	59
รูปที่ 2.56 การต่อใช้งานไอซีเบอร์ UM 66T	60
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบวิทยุติดตามตัวในย่าน VHF	64
รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของเครื่องรับวิทยุ ระบบ FM	67
รูปที่ 3.3 วงจรภาครับวิทยุ FM ย่าน VHF	68
รูปที่ 3.4 แผ่นพิมพ์ลายวงจรและการลงอุปกรณ์ในในภาครับวิทยุ FM	69
รูปที่ 3.5 วงจรภาคถอดรหัส DTMF	72
รูปที่ 3.6 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของภาคเปรียบเทียบรหัส	74
รูปที่ 3.7 วงจรของภาคเปรียบเทียบรหัส	76

รูปที่ 3.8	บล็อกไดอะแกรมของภาคบันทึกข้อมูล	78
รูปที่ 3.9	วงจรของภาคบันทึกข้อมูล	79
รูปที่ 3.10	บล็อกไดอะแกรมของภาคเตือนด้วยเสียง	80
รูปที่ 3.11	วงจรในภาคเตือนด้วยเสียง	82
รูปที่ 3.12	บล็อกไดอะแกรมของภาคแสดงผลเป็นตัวเลขแบบดิจิทัล	83
รูปที่ 3.13	วงจรของภาคแสดงผลเป็นตัวเลขแบบดิจิทัล	85
รูปที่ 3.14	วงจรรวมของวิทยุติดตามตัวที่แสดงผลเป็นตัวเลขแบบดิจิทัล	87
รูปที่ 4.1	บล็อกไดอะแกรมการทดลองภาคส่งและภาครับรหัสสัญญาณ DTMF	89
รูปที่ 4.2	รูปสัญญาณก่อนเข้าเครื่องส่งวิทยุ	90
รูปที่ 4.3	รูปสัญญาณหลังเครื่องรับวิทยุ	90
รูปที่ 4.4	บล็อกไดอะแกรมการทดลองภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF	91
รูปที่ 4.5	บล็อกไดอะแกรมการทดลองภาคเปรียบเทียบรหัส	92
รูปที่ 4.6	บล็อกไดอะแกรมการทดลองส่วนภาคเตือน	93
รูปที่ 4.7	บล็อกไดอะแกรมการทดลองภาคเก็บข้อมูลและแสดงผล	94

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 ค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ	17
ตารางที่ 2.2 ตารางการเลือกใช้งานไอซีเบอร์ UM 66T	63
ตารางที่ 4.1 ตารางเอาต์พุตการถอดรหัส DTMF	91
ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงการทดสอบการรับที่ระยะทางต่างๆ ในที่โล่งแจ้ง	95
ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงการทดสอบการรับที่ระยะทางต่างๆ	98



บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันการสื่อสารและโทรคมนาคม มีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมาก ซึ่งมีรูปแบบของการสื่อสารที่หลากหลาย > เพื่อที่จะติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ส่งสารและผู้รับสารเป็นไปได้อย่างรวดเร็วและรวดเร็วไม่ว่าจะอยู่แห่งใดก็ตาม สามารถติดต่อกับผู้รับสารได้ทันที หนึ่งในระบบสื่อสารที่สามารถติดต่อสื่อสารกันได้อย่างสะดวกรวดเร็วทันที่และไม่จำกัดสถานที่ในการสื่อสารคือ วิทยุติดตามตัวซึ่งเป็นเครื่องมือสื่อสารที่สามารถพกพาติดตามตัวไปได้ทุกหนแห่งทุกสถานที่แต่ต้องอยู่ภายในขอบเขตของการบริการเท่านั้น การสื่อสารด้วยระบบวิทยุติดตามตัวเป็นเครื่องมือที่ใช้ติดต่อสื่อสารแบบทิศทางเดียว ซึ่งผู้รับสารสามารถที่จะรับข่าวสารได้เพียงอย่างเดียวเท่านั้น หากว่าผู้สื่อสารต้องการที่จะติดต่อกับผู้ส่งสารต้องใช้เครื่องมือสื่อสารอื่นในการติดต่อ จะเห็นได้ว่าวิทยุติดตามตัวนั้นมีจุดประสงค์สำหรับในการใช้ส่งข้อมูลที่เป็นคำสั่งรหัส ให้ผู้รับปฏิบัติตามข่าวสารเป็นส่วนใหญ่

ดูจากตัวเครื่องของวิทยุติดตามตัวนี้แล้วจะเห็นว่ามีย่านเล็กเมื่อเทียบกับโทรศัพท์หรือเครื่องมือสื่อสารอื่นๆ แต่สามารถรับข่าวสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงควรที่จะศึกษาการทำงานของวิทยุติดตามตัวว่ามีการทำงานพื้นฐานเป็นอย่างไร เพื่อให้เรียนรู้และเข้าใจระบบการทำงานพื้นฐานสำหรับการพัฒนาระบบวิทยุติดตามตัวต่อไปในอนาคต ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้จึงได้เกิดแนวความคิดที่จะทำต้นแบบระบบวิทยุติดตามตัวแบบตัวเลขดิจิทัลโดยส่งข่าวสารด้วยการเข้ารหัส DTMF โดยกดคีย์ DTMF ให้ส่งความถี่ไปยังเครื่องรับแล้วแสดงผลเป็นหมายเลขตามต้องการ

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ จะกล่าวถึงการเข้ารหัส DTMF เพื่อที่ทำการส่งรหัสเปิดเครื่อง โดยเครื่องรับแต่ละเครื่องจะมีรหัสเปิดเครื่องไม่เหมือนกันและการส่งข้อมูลเป็นตัวเลขตามต้องการ ส่วนเครื่องรับจะกล่าวถึงการถอดรหัสของเครื่องรับ การเปรียบเทียบข้อมูลเพื่อเปิดเครื่องสำหรับเตรียมรับข้อมูลที่ส่งมายังเครื่องรับ การถอดรหัสเพื่อแสดงผล ซึ่งทำการถอดรหัสเป็นตัวเลขพร้อมสัญญาณเตือน เพื่อเตือนให้ผู้รับข่าวสารรู้ว่าขณะนี้ข่าวสารได้ถูกส่งเข้ามายังเครื่องรับแล้ว

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 วิทยุติดตามตัว

วิทยุติดตามตัว หรือเพจเจอร์ (Pager) จัดเป็นเครื่องมือสื่อสารชนิดเคลื่อนที่แบบหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้กันในหมู่นักธุรกิจ นายแพทย์ เซลแมน วิศวกร หรือช่างที่ให้บริการนอกสถานที่และผู้ที่มีภาระหน้าที่ไม่ค่อนจะอยู่ประจำที่ แต่จำเป็นจะต้องมีการติดต่อได้ตลอดเวลา เช่นเดียวกับพวกวิทยุโทรศัพท์, วิทยุโทรศัพท์แบบรวงผึ้ง แต่มีลักษณะการสื่อสารในทิศทางเดียวด้วยคลื่นวิทยุจากผู้ส่งไปยังผู้รับ สามารถรับฟังได้แต่ส่งไม่ได้ ข้อเด่นของเพจเจอร์คือ ตัวเครื่องรับนั้นมีขนาดเล็กกระทัดรัดสามารถที่จะพกติดตัวไปไหนมาไหนได้ตลอดเวลา ลักษณะของการส่งข่าวสารจะเป็นเสียงเตือนแล้วตามด้วยข่าวสาร หรือให้โทรกลับศูนย์ ระบบวิทยุติดตามตัวมีข้อดีกว่าวิทยุโทรศัพท์ก็คือ สามารถติดต่อได้ง่ายกว่า เพราะในกรณีที่หนึ่งสามารถส่งข้อมูลให้กับวิทยุติดตามตัวได้หลายตัวในเวลาเดียวกัน ส่วนวิทยุโทรศัพท์ต้องรอช่องสัญญาณว่าง ซึ่งช่องสัญญาณนั้นมีจำนวนน้อยและไม่เป็นที่เพียงพอต่อการใช้งานในปัจจุบันซึ่งมีปริมาณมากขึ้นเรื่อยๆ

2.1.1 ชนิดของวิทยุติดตามตัว

การติดต่อระหว่างผู้ส่งกับผู้รับอาจเป็นการแจ้งให้ผู้รับหาทางติดต่อกลับไปยังผู้ส่งหรืออาจเป็นการส่งข่าวสารที่ต้องการไปยังผู้รับ โดยตรงก็ได้ เพจเจอร์ที่มีใช้แบ่งได้ เป็น 5 แบบ คือ

1. Voice Pager ส่งข่าวสารเป็นเสียงพูด ไปยังผู้รับ

2. Digital Display Pager ส่งข่าวสารเป็นตัวเลข ซึ่งตัวเลขนี้จะแทนข่าวสารที่ต้องการอาจเป็นเบอร์โทรศัพท์ หรือรหัสที่มีความหมายเป็นที่เข้าใจกันระหว่างผู้ส่งกับผู้รับ

3. Alpha Numeric Pager แบบนี้แทนที่จะเป็นตัวเลขอย่างเดียว ก็สามารถส่งเป็นตัวอักษรได้ด้วยช่วยให้ส่งข่าวสารได้ละเอียดขึ้น แต่จำเป็นต้องใช้ระบบพิเศษออกไปจึงยังไม่ค่อยแพร่หลาย

4. Tone-alert Pager เป็นการส่งสัญญาณเสียงเพื่อเป็นการบอกให้ผู้รับติดต่อกลับ ไปยังศูนย์เพื่อรับข่าวสารอีกทีหนึ่ง

5. Dual Address Pager เหมือนกับ Tone-alert Pager เพียงแต่ให้สัญญาณเสียง 2 ลักษณะ เพื่อให้ผู้รับทราบว่าจะติดต่อ ไปยังที่ใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาที่ใช้ในการส่งข่าวสารด้วยเพจเจอร์นั้นจะแตกต่างกันในแต่ละแบบคือตั้งแต่ 10 วินาทีลงมาสำหรับเพจเจอร์แบบใช้เสียงพูด จนถึงเป็นมิลลิวินาทีสำหรับเพจเจอร์แบบที่ไม่ใช้เสียงพูด สำหรับความพิเศษของระบบเพจเจอร์ก็คือ เพจเจอร์มีความสามารถที่จะติดต่อกับลูกข่ายหรือผู้รับได้มากกว่า 100,000 รายต่อหนึ่งความถี่ ในขณะที่ระบบวิทยุโทรศัพท์ ได้เพียงประมาณ 100 รายต่อช่องความถี่เท่านั้น

ระบบที่ไม่ใช้เสียงพูด เป็นระบบที่สามารถที่จะครอบคลุมพื้นที่ในการติดต่อสื่อสารได้กว้างกว่าแบบที่ใช้เสียงพูด ทั้งนี้ก็เพราะว่าระบบนี้ใช้กำลังส่งน้อยกว่าในการที่จะทำให้เครื่องรับทำงาน และตัวเครื่องรับเองก็มีความไวในการรับที่สูงมากเป็นพิเศษกับสัญญาณที่อยู่ในช่วงสั้นๆ ที่เป็นมิลลิวินาที

ในระบบหลายๆ ของวิทยุติดตามตัวสามารถใช้เพจเจอร์ร่วมกันได้ทั้ง 5 แบบ มักจะนิยมที่จะแยกความถี่ใช้งานสำหรับเพจเจอร์แต่ละแบบมากกว่าเพื่อให้ได้คุณภาพของสัญญาณที่ดี

ข้อดีของเพจเจอร์เมื่อเปรียบเทียบกับระบบสื่อสารเคลื่อนที่ชนิด 2 ทิศทาง

1. สามารถพกติดตัวได้สะดวก เนื่องจากขนาดเล็ก น้ำหนักเบาและไม่ต้องการไฟฟ้าจากภายนอก
2. ค่าใช้จ่ายในการเช่าให้ถูกกว่ามาก
3. มีจำนวนผู้เช่าใช้ได้มากกว่าต่อหนึ่งความถี่
4. เครื่องรับสามารถใช้ร่วมกันได้โดยส่วนใหญ่ จากหลายๆ ยี่ห้อ
5. แทบไม่ต้องการบำรุงรักษาเลขที่ตัวเพจเจอร์
6. ไม่ต้องการติดตั้งใดๆ ในส่วนของผู้เช่าใช้
7. เครื่องรับส่วนใหญ่สามารถบันทึกข่าวสารไว้ในตัวได้
8. ใช้เวลาในการติดต่อไปยังผู้รับน้อยกว่า
9. ติดต่อสื่อสารได้รวดเร็วกว่าเนื่องจากไม่ต้องรอช่องสัญญาณว่าง
10. ในปัจจุบันมีหน้าที่การทำงานใกล้เคียงกับวิทยุโทรศัพท์แล้ว ยกตัวอย่างเช่นสามารถต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องพิมพ์ได้

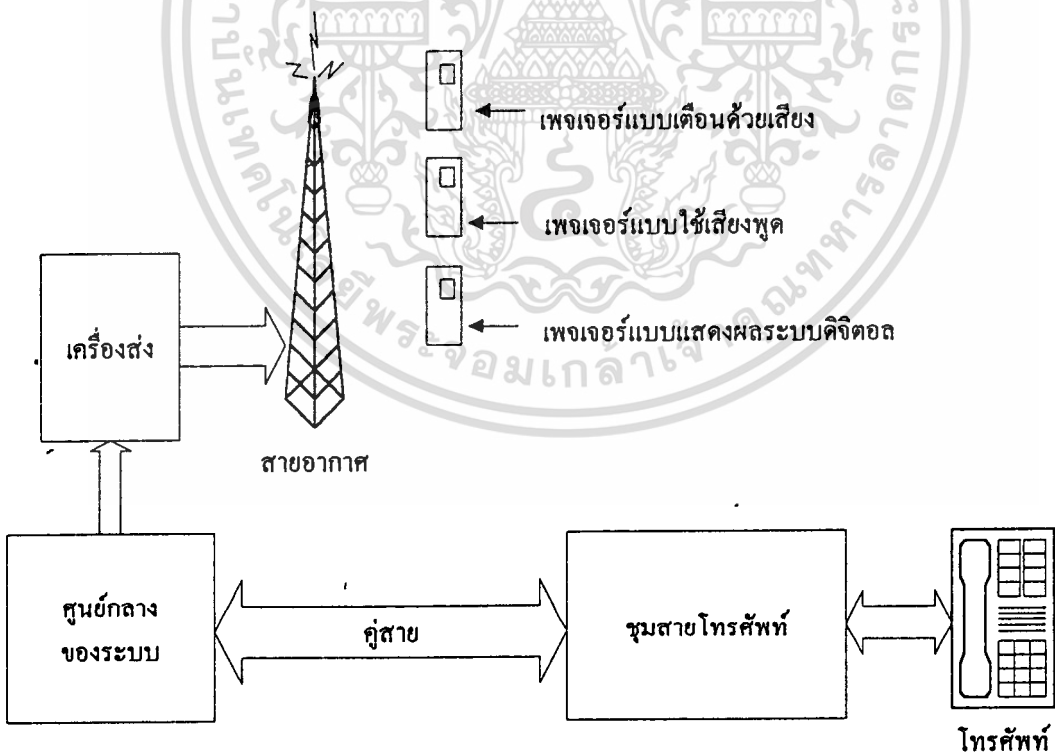
2.1.2 โครงสร้างระบบเพจเจอร์

ระบบเพจเจอร์ใช้หลักการสื่อสารด้วยคลื่นความถี่วิทยุเช่นเดียวกับระบบวิทยุโทรศัพท์ ดังนั้น โครงสร้างของระบบจึงไม่แตกต่างกันนัก ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. ศูนย์กลางของระบบ (Paging Terminal) เป็นศูนย์กลางในการติดต่อสื่อสาร มีคอมพิวเตอร์เป็นผู้จัดการทุกอย่างเกี่ยวกับการให้บริการ การรับส่งข่าวสารจากผู้ส่งไปยังผู้รับ ซึ่งอาจจะเรียกได้ว่าเป็นหัวใจและมันสมองของระบบทีเดียว และยังทำหน้าที่พิเศษอื่นๆ ที่จำเป็นด้วย เช่น การบันทึกการใช้ การออกบิลเก็บเงิน การส่งสัญญาณลักษณะพิเศษ เป็นต้น

2. เครื่องส่งจะทำหน้าที่ส่งข่าวสารในรูปของคลื่นวิทยุผ่านสายอากาศออกไปยังเครื่องรับหรือเพจเจอร์นั่นเอง เครื่องส่งนี้อาจอยู่ที่ศูนย์หรือตั้งอยู่ที่อื่นก็ได้

3. ระบบโทรศัพท์ เป็นส่วนที่ผู้ส่งสามารถทำการส่งข่าวสารไปยังผู้รับ โดยผ่านทางระบบโทรศัพท์ไปยังศูนย์กลางการติดต่อเพื่อส่งไปยังผู้รับ ซึ่งในเมืองไทยก็คือระบบเครือข่ายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทยนั่นเอง

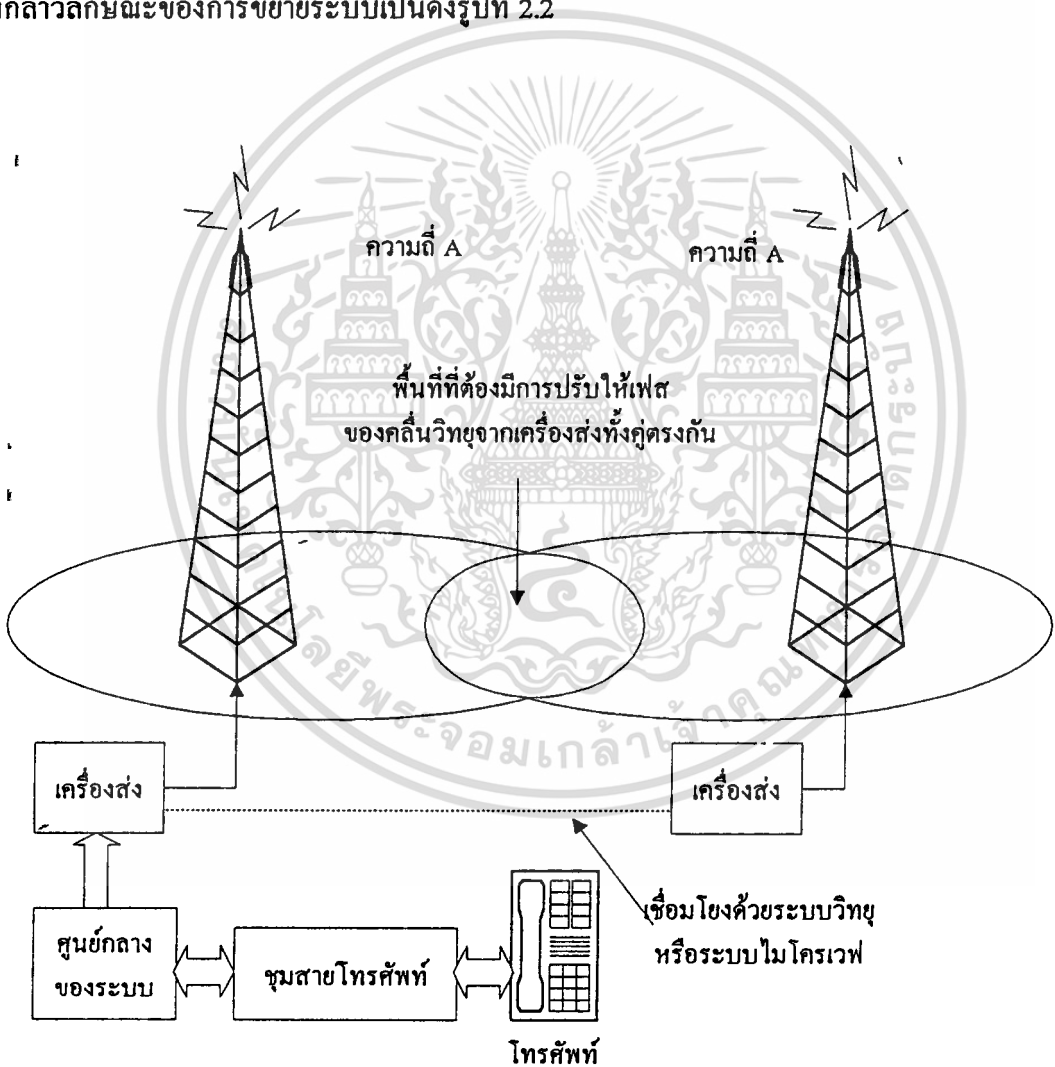


รูปที่ 2.1 โครงสร้างเบื้องต้นของระบบวิทยุติดตามตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.8 การขยายพื้นที่ของระบบ

การขยายพื้นที่ของระบบมีจุดประสงค์เพื่อให้พื้นที่ในการให้บริการแก่ผู้ใช้กว้างออกไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเพิ่มสถานีส่งกระจายออกไปตามจุดต่างๆ รอบบริเวณพื้นที่ เพื่อให้ครอบคลุมอาณาบริเวณที่ต้องการบริการสื่อสาร โดยความถี่ที่ใช้ออกอากาศในแต่ละเครื่องส่งนั้น ยังคงเป็นความถี่เดิมอยู่ ส่วนข่าวสารจะมีการติดต่อ (Link) ถึงกันด้วยคลื่นวิทยุอีกความถี่หนึ่งหรือใช้ระบบไมโครเวฟ ปัญหาในเรื่องการรบกวนของเครื่องส่งที่ออกอากาศความถี่เดียวกันในพื้นที่ที่เหลื่อมกันนั้น ใช้วิธีปรับเฟสของคลื่นที่จะออกอากาศให้มีเฟสตรงกันเมื่อคลื่นมาถึงพื้นที่ดังกล่าวลักษณะของการขยายระบบเป็นดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การส่งคลื่นพร้อมกันหลายจุดเพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ได้กว้างขึ้น

2.1.4 ข่ายระบบของแพคลิงค์

เครือข่ายระบบของแพคลิงค์ซึ่งเป็นวิทยุติดตามตัวหรือเพจเจอร์แบบดิจิตอลดิสเพลย์ที่แสดงข่าวสารเป็นรหัสตัวเลขแบบดิจิตอลที่ทำการเปิดให้บริการในประเทศไทย โดยบริษัท DTE ซึ่งทำการประมูลรับช่วงการให้บริการมาจากการสื่อสารแห่งประเทศไทย โดยมีโครงสร้างของระบบแสดงดังรูปที่ 2.3 มีรายละเอียดพอสังเขปดังนี้

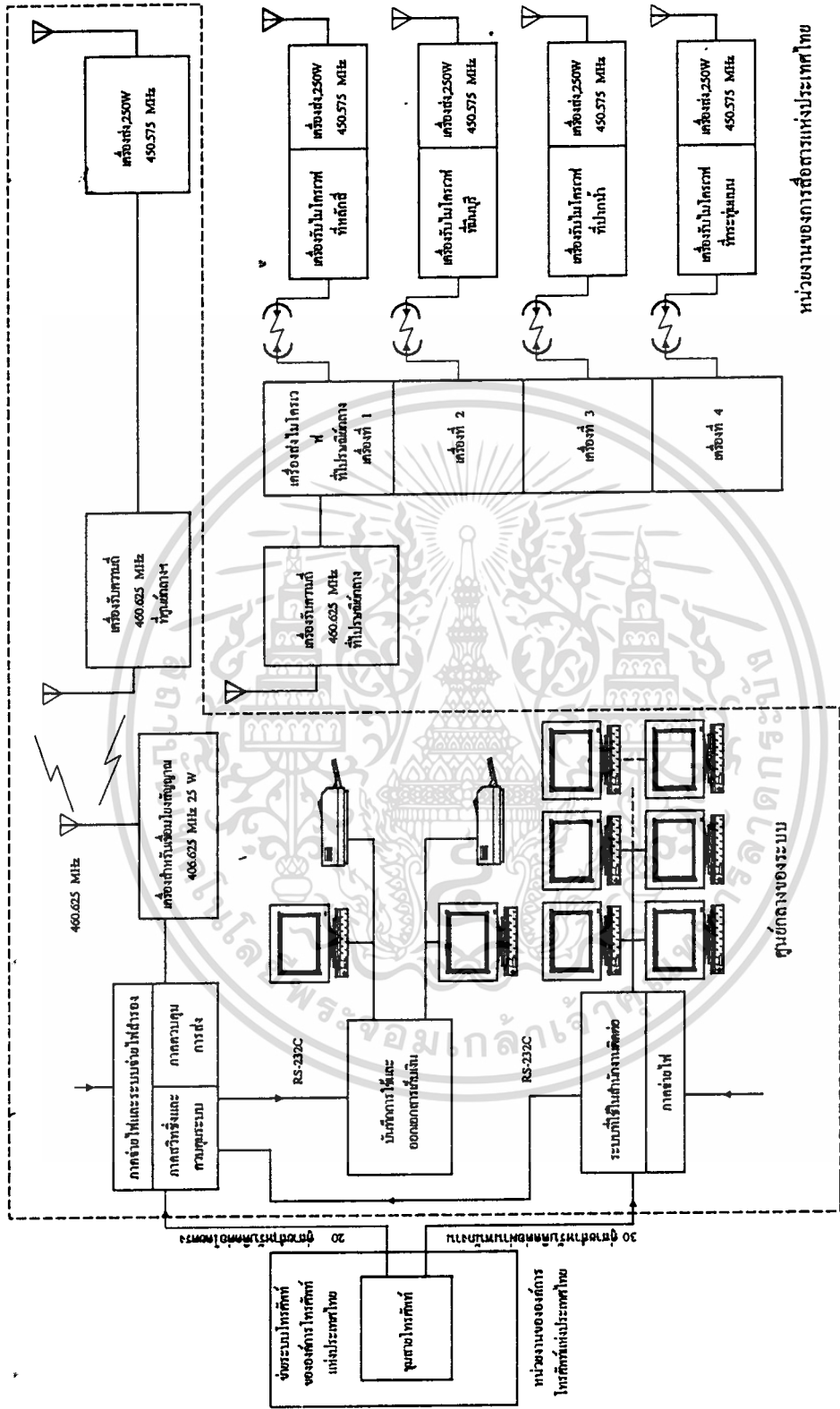
สำหรับเครือข่ายของระบบแพคลิงค์ มีส่วนประกอบในส่วนแรกสุดคือ ระบบเครือข่ายขององค์กรโทรศัพท์แห่งประเทศไทย ที่จะให้ผู้ติดต่อส่งข่าวสารมายังศูนย์หรือ Paging Terminal ซึ่งตั้งอยู่ที่ตึกกรีเจนท์เฮ้าท์ ถนนราชดำริ คู่สายที่เข้ามายังศูนย์เป็นระบบ DTMF หรือ จากการกดปุ่มโทรศัพท์ DTMF (Dual Tone Multi-Frequency or Touch Tone) จำนวน 20 คู่สาย ซึ่งผู้เรียกสามารถส่งข่าวสารที่ต้องการส่งผ่านปุ่มกดที่ตัวเครื่อง ไปยังผู้รับได้โดยตรงและยังมีคู่สายระบบเดิมคือแบบหมุนอยู่อีกเป็นจำนวน 30 คู่สาย โดยจะใช้พนักงานประจำศูนย์เป็นผู้รับข่าวสารจากผู้ส่งแล้วทำการส่งต่อไปยังผู้รับอีกที

ส่วนของศูนย์กลางของระบบ การรับ-ส่งข่าวสารจะแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ แบบอัตโนมัติและแบบใช้พนักงาน โดยมีระบบคอมพิวเตอร์เป็นตัวรับช่วงในการจัดการเกี่ยวกับระบบสวิทซ์และสัญญาณข่าวสารต่างๆ นอกจากนี้แล้วคอมพิวเตอร์ตัวนี้ยังทำหน้าที่จัดการด้านการบันทึก การใช้และการทำเอกสารการเรียกเก็บเงิน ที่ศูนย์นี้มีเครื่องส่งอยู่ 1 ชุด เพื่อให้ครอบคลุมบริเวณพื้นที่ด้านในของกรุงเทพฯ และอาศัยเครือข่ายของระบบไมโครเวฟของการสื่อสารแห่งประเทศไทยเพื่อส่งข่าวสารออกอากาศตามจุดต่างๆ รอบกรุงเทพฯ และจังหวัดใกล้เคียงอีกทอดหนึ่ง

คลื่นที่ส่งไปยังไปรษณีย์กลางที่บางรักนั้น จะใช้ความถี่ 460.625 MHz จากไปรษณีย์กลางบางรัก มีการติดต่อด้วยไมโครเวฟไปยังสถานีต่างๆ ของการสื่อสารฯ คือ หลักสี่ มีนบุรี ปากน้ำ และกระทุ่มแบน ครอบคลุมพื้นที่ 6,000 ตารางกิโลเมตร จากกรุงเทพฯ ไปที่อยุธยา ไปที่นครปฐม และไปที่ชลบุรี สำหรับเครื่องที่ศูนย์ก็ใช้รับสัญญาณวิทยุ 460.625 MHz นี้กลับมา แล้วจึงส่งออกอากาศที่ความถี่ใช้งาน

ความถี่ใช้งานที่ส่งไปยังแพคลิงค์มีค่า 450.575 MHz ด้วยกำลังส่งเครื่องละ 250 วัตต์รวม 5 เครื่อง และการติดต่อก่อน ผู้ส่งก็เพียงแต่กดปุ่มโทรศัพท์เรียกเข้าไปยังศูนย์ เมื่อได้รับสัญญาณเสียง "ปิ๊บ" เป็นการบอกความพร้อมก็กดหมายเลขของผู้รับ ซึ่งก็คือหมายเลขรหัสประจำเครื่องของแพคลิงค์ ถึงตอนนี้แพคลิงค์ก็จะรับคลื่นได้ทันที จากนั้นผู้ส่งก็เพียงแต่กดตัวเลขที่ต้องการส่งตามไป แพคลิงค์จะทำการบันทึกไว้และส่งเสียงเตือนให้รู้ว่ามีการส่งมาแล้ว ผู้รับสามารถดูข่าวสารได้ทันทีหรือกดปุ่มเพื่อดูที่หลังก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ข่ายระบบของวิทยุติดตามตัวแพคลิงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 สัญญาข่าวดสาร

สัญญาข่าวดสารที่จะส่งไปยังผู้รับนั้นเป็นสัญญาณรหัสข้อมูลเลขฐานสองเรียงต่อเนื่องกับรหัสข้อมูลที่ใช้เป็นรหัสของ POCSAG (Post Office Code Standardization Advisory Group) ซึ่งเป็นรูปแบบหรือฟอร์มแมตแบบหนึ่งของระบบ Synchronous Paging ที่สามารถส่งข่าวดสารเป็นชุดออกไปได้ด้วยวิธีการไม่จับซ้อน

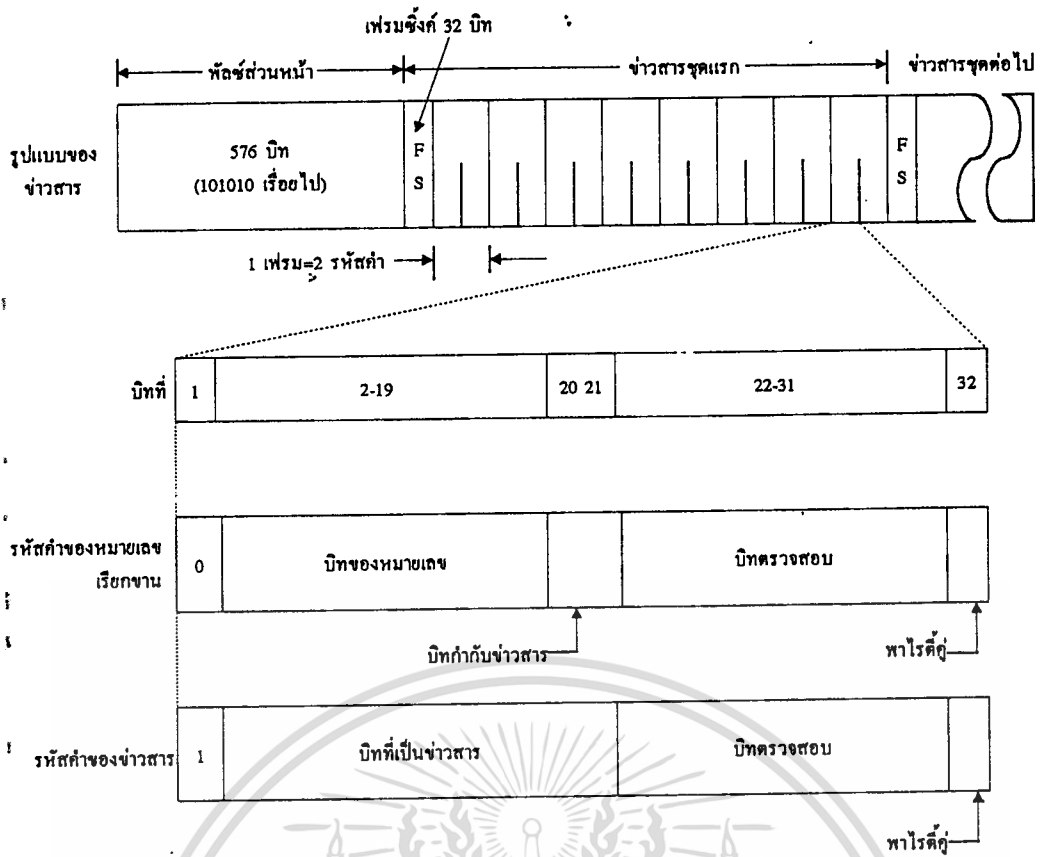
รูปแบบของรหัส POCSAG แสดงไว้ในรูปที่ 2.4 รหัสจะประกอบไปด้วย ส่วนแรกจะเป็นพัลส์ส่วนหน้า 576 บิต ตามด้วยรหัสคำอีกตั้งแต่หนึ่งชุดขึ้นไป ซึ่งแต่ละชุดจะประกอบไปด้วยรหัสตั้งต้นหรือ Frame Synchronization มีขนาด 320 บิต และตามด้วยกรอบหรือเฟรมของรหัสคำมี 8 เฟรม เฟรมละ 64 บิต ซึ่งใน 1 เฟรมนี้ ประกอบด้วย 2 รหัสคำ (Code Words) รหัสคำซึ่งมีขนาด 32 บิต แบ่งเป็น 3 พวกลือ

- 1) รหัสของหมายเลขเรียกขานเป็นตัวระบุข่าวดสารนี้สำหรับเพจเจอร์เครื่องใด มีบิตแรกเป็น "0" เสมอ
- 2) รหัสคำของข่าวดสาร แทนข่าวดสารที่ต้องการอยู่ต่อจากรหัสเรียกขาน มีบิตแรกเป็น "1"
- 3) รหัสคำเทียม ใช้สำหรับเติมเข้าไปในเฟรมให้ครบ 64 บิต

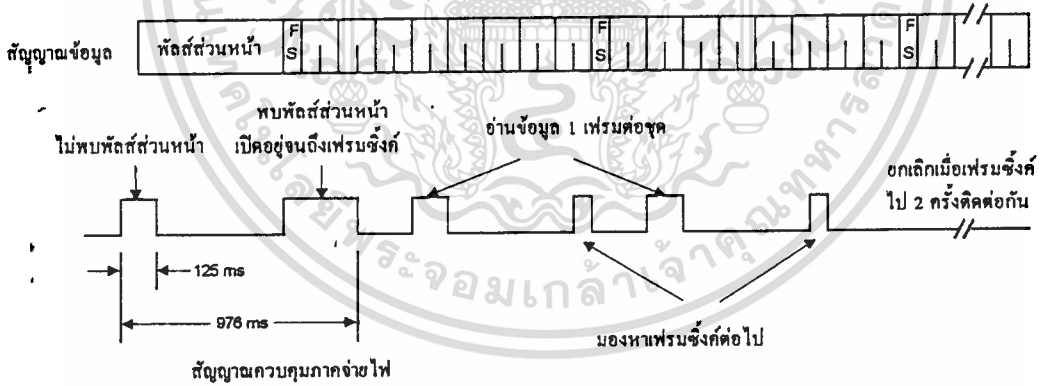
สัญญาพัลส์ส่วนหน้านั้น ใช้สำหรับบอกให้เครื่องรับทราบว่าเป็นรหัส POCSAG และใช้ในการซิงโครไนซ์กับข้อมูลที่ส่งมา

ในการรับสัญญาณของแพคคิงค์นั้น จะมีการทำงานเป็นช่วงเฉพาะเมื่อได้รับสัญญาณพัลส์ส่วนหน้าแล้ว ซึ่งมีหลักการดังนี้

เมื่อเปิดเครื่องรับ วงจรควบคุมจะทำการสุ่มรับสัญญาณเข้ามาทุกๆ 976 ms โดยการจ่ายไฟไปยังภาครับให้ทำงาน ซึ่งเป็นเทคนิคในการประหยัดพลังงาน ภาคถอดรหัสจะทำการตรวจดูว่าสัญญาณที่รับเข้ามาเป็นสัญญาณพัลส์ส่วนหน้าของสัญญาข่าวดสารที่ส่งมาหรือไม่ ถ้าหากว่าใช้ก็ทำงานต่อ ตัวแพคคิงค์แต่ละเครื่องจะถูกโปรแกรมไว้ให้มีหมายเลขเรียกขานอันหนึ่ง และถูกโปรแกรมให้ทำการอ่านข้อมูลจากรหัสสัญญาข่าวดสารเฉพาะในเฟรมใดเฟรมหนึ่งในจำนวน 8 เฟรม เมื่อตรวจพบพัลส์ส่วนหน้า วงจรจะมองสัญญาณตั้งต้นหรือเฟรมซิงค์แล้วจึงจะไปอ่านข้อมูลจากเฟรมที่กำหนดไว้ ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.4 รูปแบบของสัญญาณข่าวสาร



รูปที่ 2.5 สัญญาณควบคุมการทำงานเป็นช่วงๆ ของแพคคิงค์เพื่อประหยัดไฟ

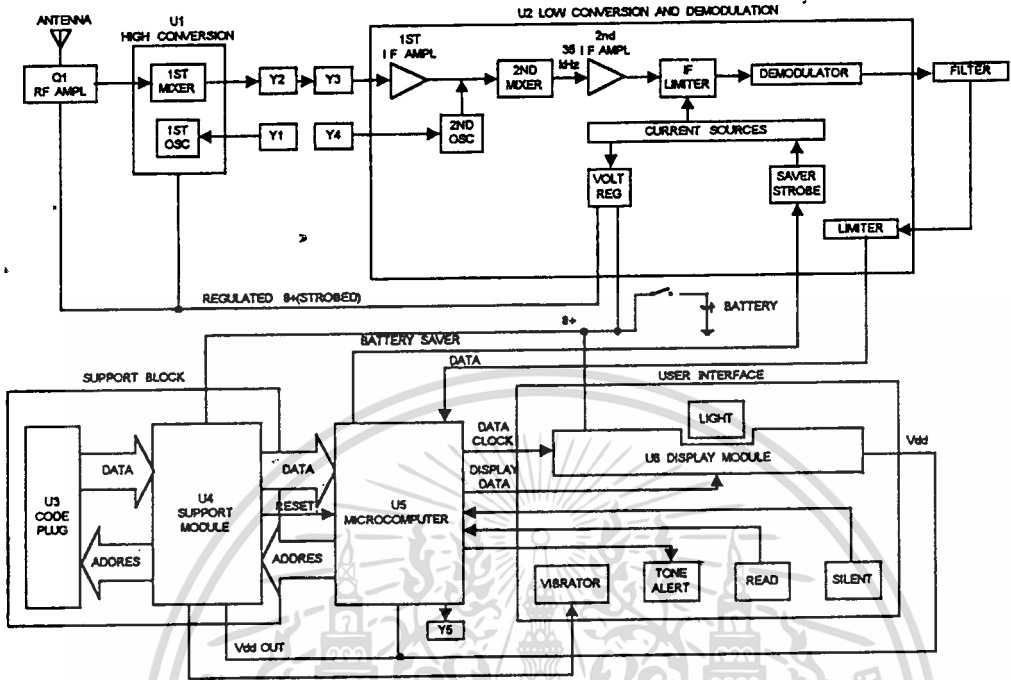
หลังจากที่นักทฤษฎีคำนวณหาจำนวนการตมอดดูเลขและขบวนการจกระดบลดจกโดยภาคดี โลกเคอร์

หรือภาคถอดรหัส ซึ่งจะนำรหัสที่ได้จากภาครับความถี่วิทยุมาประมวลผลต่อไป เพื่อส่งไปสร้าง

เอกสารนี้ไม่เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

สัญญาณเตือนและแสดงข่าวสารที่รับได้ ซึ่งการทำงานแต่ละส่วนแสดงไว้ในรูปที่ 2.7

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แผนผังแสดงหน้าที่และการทำงานของแต่ละส่วน



ก) เมื่อเปิดเครื่องครั้งแรก



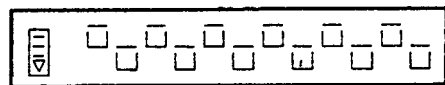
ง) ข่าวสารจากหน่วยความจำที่ 1



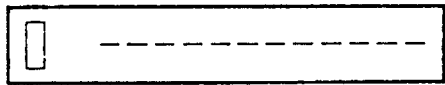
ข) เครื่องพร้อมรอรับสัญญาณ



จ) ยังมีข่าวสารอยู่อีก



ค) บอกให้ทราบว่ายังมีข่าวสารเข้ามา



ฉ) รอรับสัญญาณ โคขปิดเสียงเตือน

รูปที่ 2.8 ตัวอย่างลักษณะที่ปรากฏบนจอแสดงภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.7 การทำงานของภาครับ

ภาครับทำงานแบบคู่อัลตรอนเวอร์ชัน (Dual Conversion) มีการแปลงจากความถี่วิทยุให้เป็นความถี่กลาง 2 ครั้ง ครั้งแรก 17.9 MHz และครั้งที่สองมาเป็น 35 KHz โดยความถี่วิทยุที่รับเข้ามาได้รับการขยายและถูกเปลี่ยนความถี่ครั้งแรกโดยไอซี U_1 ซึ่ง U_1 เป็นมิกเซอร์ด้านความถี่สูง ความถี่กลาง หรือ ความถี่ไอเอฟ 17.9 MHz ที่ได้ถูกกรองเพื่อให้ได้ความถี่ที่แน่นอน โดยจะผ่านวงจรฟิลเตอร์ Y_2 และ Y_3 ในสัปดาห์ให้ไอซี U_2 ทำการแปลงความถี่เป็นครั้งที่สองและขยายสัญญาณให้แรงขึ้น ความถี่ไอเอฟช่วงที่สองคือ 35 KHz นี้จะถูกตีมอดคูเลเตอร์แล้วกรองอีกครั้งเป็นความถี่กลาง จากนั้นจะถูกเปลี่ยนเป็นข้อมูลดิจิทัล โดยวงจรลิมิตเตอร์ส่งไปยังภาคถอดรหัสที่อยู่ไอซี U_5 ซึ่งเป็นระบบไมโครคอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงาน

2.1.8 ภาคถอดรหัส

สำหรับในภาคถอดรหัสควบคุมด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งใช้ในการถอดรหัสของข้อมูลที่ส่งมานี้จะประกอบด้วย 3 ส่วน หลักคือ

1. ส่วนประกอบภายนอกอันได้แก่ โคลด์ปลั๊ก (Code Plug) ซึ่งเป็นตัวที่ใช้กำหนดรหัสของตัวเครื่องแพคเล็ตแต่ละเครื่อง คือ U_3 และยังมีตัวสนับสนุนอีกตัว คือ U_4 ใช้สำหรับติดต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ U_5
2. ส่วนของไมโครคอมพิวเตอร์ คือ U_5
3. ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ยังมีจอแสดงผล U_6 ปุ่มสวิตซ์สำหรับการอ่านหยุดเสียงและเปิดไฟ และหน่วยส่งสัญญาณเตือนด้วยการเขย่า

ส่วนของไมโครคอมพิวเตอร์หรือ U_5 นั้น จะเป็นตัวหลักในการควบคุมการทำงานของภาคถอดรหัส ทุกครั้งที่เปิดเครื่องให้ทำงาน U_5 จะทำการอ่านข้อมูลจากโคลด์ปลั๊กและส่งสัญญาณเตือนพร้อมทั้งแสดงผลที่จอ

ระบบของไมโครคอมพิวเตอร์ในเครื่องรุ่นนี้ จะประกอบด้วยไมโครโปรเซสเซอร์และหน่วยความจำที่เป็นรอม (Read Only Memory) โปรแกรมที่อยู่ในรอมเป็นตัวสั่งการเพื่อที่จะทำให้ระบบไมโครคอมพิวเตอร์ทำการถอดรหัสจากข้อมูลที่รับมา ทำการเก็บข้อมูลข่าวสาร จัดการแสดงผลเปิด-ปิดภาคจ่ายไฟที่ส่งไปยังภาครับ กำเนิดสัญญาณเตือน และยังทำหน้าที่ในการติดต่อกับผู้ใช้ผ่านทางสวิตซ์ควบคุมต่างๆ

2.1.9 ตัวอย่างคุณสมบัติทางเทคนิคของเครื่องแพคคิงค์

รหัสที่ใช้	31/21 Post Office Code Standardization Advisory Group (POCSAG)
การแสดงผล	12 หลัก (ตัวเลขสูง 0.16 นิ้ว)
หน่วยความจำ	2 ชุดๆ ละ 20 หลัก
ความห่างระหว่างช่อง	25 kHz
การเบี่ยงเบนความถี่และความไว	± 4.0 kHz , 5 μ V ต่อเมตร
ความสามารถในการเลือก	60 dB ที่ ± 25 kHz
การขจัดสัญญาณแปลกปลอม	45 dB
เสถียรภาพทางความถี่	0.0005% ที่ความถี่อ้างอิงจาก -10 ถึง + 50 องศาเซลเซียส
ความถี่และเวลาการเตือน	3.2 KHz , 8 วินาที ± 0.5 วินาที ถ้าไม่กดปุ่มรีเซ็ต
ความดังเสียงเตือน	80 dB ที่ระยะ 1 ฟุต
ความสิ้นเปลืองกำลังงาน	7.2 mA (1.6 mA เมื่อเปิดเครื่องรอรับสัญญาณ)
แบตเตอรี่	ถ่านไฟฉายธรรมดา ขนาด AA จำนวน 1 ก้อน หรือถ่านไฟฉายชนิดอัลคาไลน์ หรือนิกเกิล-แคดเมียม
อายุของแบตเตอรี่	ชนิดอัลคาไลน์ ประมาณ 13 สัปดาห์ ถ้าเป็นชนิดนิกเกิลแคดเมียม ประมาณ 6 สัปดาห์ (เมื่อใช้งานกับข่าวสาร 12 หลัก 3 ชุดต่อวัน เป็นเวลา 40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ด้วยถ่านที่ใหม่)
กล่อง	พลาสติกชนิดทนแรงกระแทกได้สูง
น้ำหนัก	เดือนด้วยเสียง 134 กรัม เดือนด้วยการเขย่า 142 กรัม
ขนาด	3.10 นิ้ว x 2.30 นิ้ว x 0.84 นิ้ว

สำหรับคุณสมบัติข้างต้นนี้เป็นคุณสมบัติเฉพาะของวิทยุติดตามตัวที่ชื่อแพคคิงค์เท่านั้น ไม่ได้หมายความว่าวิทยุติดตามตัวทุกเครื่องต้องมีคุณสมบัติเหมือนกัน เพราะยังไม่ได้มีการกำหนดคุณสมบัติที่มาตรฐานตายตัวลงไป

2.2 ภาคเข้ารหัสและภาคถอดรหัส DTMF

สำหรับเป็นกคของโทรศัพท์แบบกดปุ่มหรือทัชโทนนั้น ใช้รูปแบบการเข้ารหัสสัญญาณแบบพิเศษ ที่เรียกว่า "DTMF" ซึ่งย่อมาจากคำว่า Dual Tone Multi Frequency ซึ่งอธิบายง่ายๆ ก็คือในแต่ละแป้นกดทั้ง 12 แป้นกดของโทรศัพท์มาตรฐาน ที่พบเห็นโดยทั่วไปมีเพียง 12 แป้น แต่จริงๆ มีได้ถึง 16 แป้น จะผลิตสัญญาณเอาร์ทพุท 2 ความถี่ที่แตกต่างกันออกมา

1	2	3	A
4	5	6	B
7	8	9	C
*	0	#	D

รูปที่ 2.9 แป้นกดของโทรศัพท์แบบกดปุ่ม

2.2.1 การสร้างรหัสสัญญาณ DTMF

จากรูปที่ 2.9 แสดงถึงแป้นกด ที่สมบูรณ์จริงๆ ซึ่งมีอยู่ 16 ปุ่มกด คือ เลข 0-9 , * , # และตัวอักษร A-D โดยที่ปุ่มกด A-D นี้ จะใช้งานเฉพาะกับอุปกรณ์สื่อสารแบบพิเศษเท่านั้น จึงไม่พบกันในโทรศัพท์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ซึ่งปุ่มกดของโทรศัพท์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปนั้นจะผลิตสัญญาณเอาร์ทพุทจำนวน 2 ความถี่ออกมาโดยที่ความถี่ของทั้งสองนั้นได้แสดงเอาไว้เป็นแถวและหลักดังในรูปที่ 2.9 ยกตัวอย่างเช่น ปุ่มกดเลข 5 จะอยู่ในหลักของ 1336 Hz และแถวของ 770 Hz ดังนั้นถ้าหากกดปุ่มหมายเลข 5 เครื่องจะผลิตสัญญาณเอาร์ทพุทขึ้นมา 2 ความถี่ ซึ่งจะประกอบด้วยความถี่ 1336 Hz และ 770 Hz ออกมาหน้าที่ของเราที่จะต้องมิดำรับเพื่อรับสัญญาณ DTMF เพื่อทำการถอดรหัสของสัญญาณออกมาเมื่อมีการกดปุ่ม ในแต่ละครั้งเพื่อให้รู้ว่ากดหมายเลขอะไร

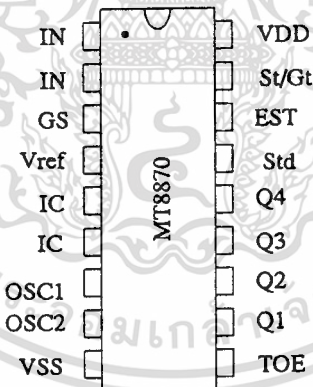
ในปฏิญานิพนธ์นี้ใช้ไอซีเบอร์ MT8870 ของบริษัทไมโครโรสในการใช้ถอดสัญญาณ DTMF เพราะเป็นไอซีที่นิยมใช้กันทั่วไปหาซื้อง่าย ราคาถูก .

2.2.2 ตัวรับสัญญาณ DTMF

จะใช้ไอซีเบอร์ MT8870 เป็นตัวถอดรหัสความถี่ที่รับได้ (ชนิด TONE หรือ DTMF) ให้เป็นระบบเลขฐานสอง ซึ่งไอซีเบอร์ MT 8870 นี้จะใช้แปลงจากความถี่สัญญาณ DTMF ให้เป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิต เพื่อที่จะส่งไปให้ภาคต่อไป

1. โครงสร้างของ MT 8870

โครงสร้างภายในของ MT8870 ประกอบไปด้วยวงจรกรองความถี่และวงจรถอดรหัส ฟังก์ชันทางดิจิทัลเป็นไอซีที่สร้างโดยใช้เทคโนโลยี ISO² - CMOS ในส่วนของวงจรกรองความถี่นั้นใช้เทคนิคของสวิทช์คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์เพื่อกรองความถี่สูงและความถี่ต่ำของวงจรถอดรหัส จะใช้เทคนิคการนับทางดิจิทัลเพื่อตรวจจับและถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ เพื่อให้ออกเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิต และเช็คช่วงเวลาสัญญาณเข้ามา ส่วนภาคอินพุตจะเป็นอป-แอมป์ ซึ่งสามารถปรับอัตราขยายได้โดยต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้าที่ทุกเป็นวงจรแลตซ์ 3 สถานะ



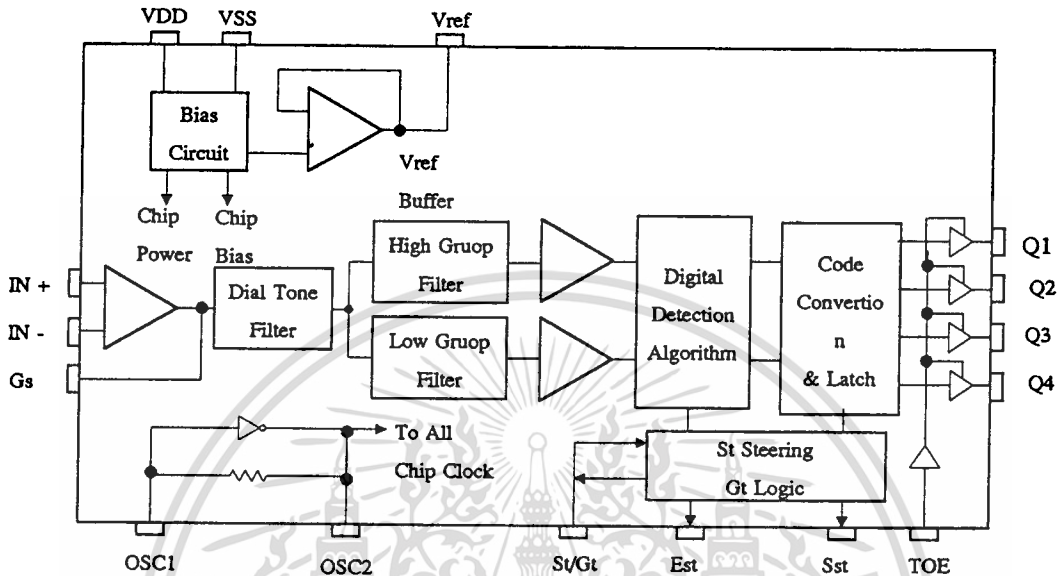
รูปที่ 2.10 ขาของ MT 8870

2. ฟังก์ชันการทำงานภายใน MT8870

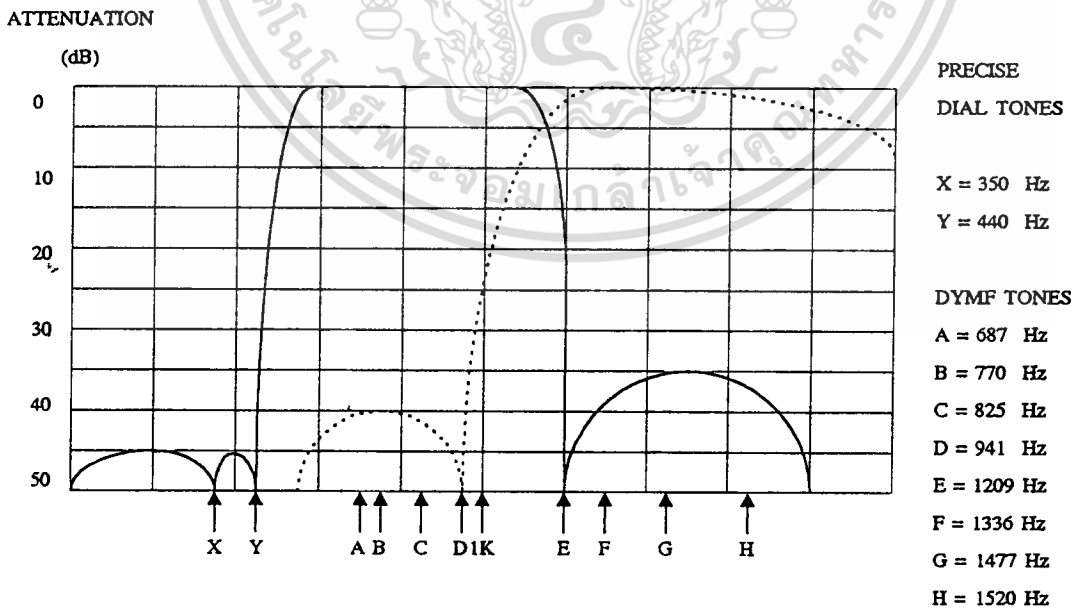
ภายใน MT8870 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วน คือ

1. ภาคกรองสัญญาณความถี่ (Filter Section) ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่ คือ ช่วงความถี่สูงและความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองความถี่อันดับ 6 ชนิด

สวิตช์คาปาซิเตอร์ (Six Order Switched Capacitor Band Pass Filter) ซึ่งความถี่แยกได้มี 2 ช่วง คือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.11 โครงสร้างภายในของ MT8870



รูปที่ 2.12 ความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ภาคถอดรหัส (Decoder Section) ความถี่ DTMF ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้วจะผ่านเข้าไปยังวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิทัลและการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐาน DTMF หรือไม่เพื่อป้องกันไม่ให้ความถี่อื่นเข้ามาผสมได้ เมื่อทำการตรวจสอบแล้วถ้าหากพบว่าความถี่ถูกต้อง สัญญาณที่ขา EST (Early Steering) ก็จะอยู่ในสถานะแอกทีฟสำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ นั้น แสดงในตารางที่ 2.1

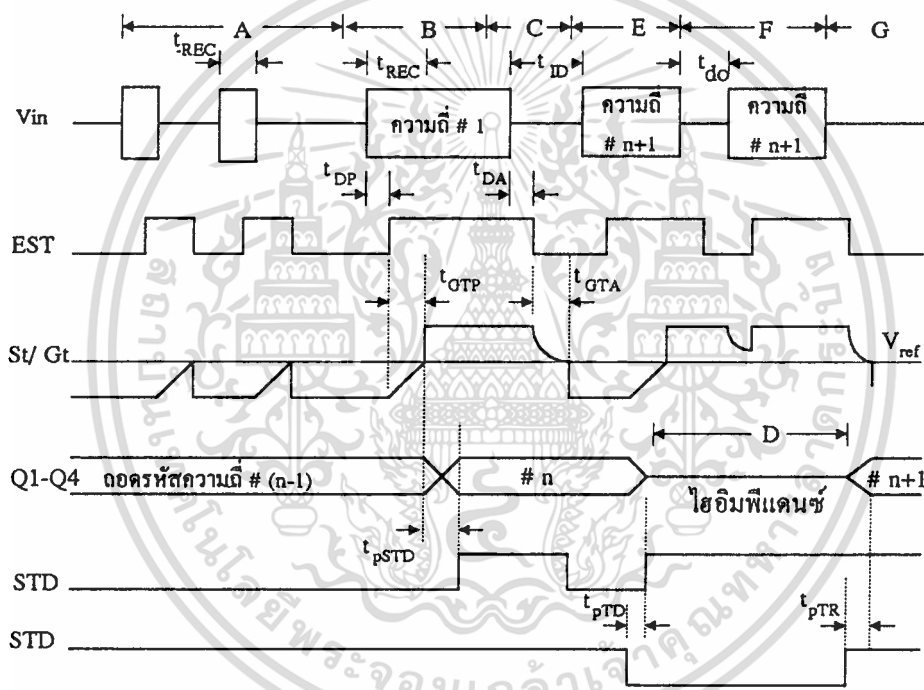
F_{low}	F_{HIGH}	NO	TOE	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1
697	1209	1	H	0	0	0	1
697	1336	2	H	0	0	1	0
697	1477	3	H	0	0	1	1
770	1209	4	H	0	1	0	0
770	1336	5	H	0	1	0	1
770	1477	6	H	0	1	1	0
852	1209	7	H	0	1	1	1
852	1336	8	H	1	0	0	0
852	1477	9	H	1	0	0	1
941	1336	0	H	1	0	1	0
941	1209	*	H	1	0	1	1
941	1477	#	H	1	1	0	0
697	1633	A	H	1	1	0	1
770	1633	B	H	1	1	1	0
852	1633	C	H	1	1	1	1
941	1633	D	H	0	0	0	0
-	-	ANY	L	Z	Z	Z	Z

ตารางที่ 2.1 ค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ

3. ภาคตรวจสอบสัญญาณ (Steering Circuit) ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปยังเอาต์พุท จะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่มโทนซึ่งต้องกดปุ่มให้มีความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควรมิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลายาวเท่าใดสามารถตั้งได้โดยใช้ RC ต่อภายนอก สัญญาณที่ขา E_{st} จะเป็น "ไฮ" มีระยะเวลานานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่มีความถี่ DTMF เข้ามาจากขาที่ 11 เมื่อขา E_{st} เป็น "ไฮ" ทำให้ V_C สูงขึ้นตัวเก็บประจุ C จะคายประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้ V_C สูงขึ้นจนถึงค่าเทรชโฮลด์ วงจรลอครหัสจึงจะลอครหัสออกเป็นตัวเลขขนาด 4 บิต ซึ่งรายละเอียดของการทำงานขอให้อ่านได้จากแผนภูมิเวลาหรือไทมิ่งไดอะแกรม (Timing Diagram) ดังในรูป 2.13 จะเข้าใจได้ง่ายกว่า สำหรับคำว่าการ์ดไทม์ (Gard Time) นั้นหมายถึงช่วงคาบเวลาของความถี่ที่เข้ามา ซึ่งจะต้องนานเท่ากับหรือมากกว่าช่วงเวลาที่เราตั้งไว้จึงจะได้รับการยอมรับว่าสัญญาณความถี่นั้นถูกต้องหรือพูดได้ว่าเวลาที่ตั้งไว้คือการ์ดไทม์นั่นเอง เมื่อสัญญาณความถี่เข้ามาเท่ากันหรือมากกว่าเวลาที่เอาตั้งไว้ จึงจะสามารถแปลงเป็นตัวเลขได้ แต่ถ้าหากสัญญาณความถี่เข้ามาสั้นกว่าก็จะไม่มีการลอครหัสเป็นตัวเลขออกไป



รูปที่ 2.13 แผนภูมิเวลา ของ MT8870

อธิบายขั้นตอนการทำงาน

- A = ตรวจพบความถี่เข้ามา แต่คาบเวลาไม่ถูกต้อง เอาท์พุทไม่เปลี่ยน
- B = ความถี่ # n ถูกตรวจพบและมีคาบเวลาที่ถูกต้อง ความถี่ถูกลอครหัสและแลตซ์ไว้ที่เอาท์พุท
- C = จบความถี่ # n ช่วงห่างถูกต้องเอาท์พุทยังคงแลตซ์อยู่ จนได้รับความถี่ที่ถูกต้องใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D = เอาท์พุทเปลี่ยนเป็น ไฮอิมพีแดนซ์

E = ความถี่ # n+1 ถูกตรวจพบ คาบเวลาถูกต้อง ความถี่ถูกต้องรหัสและแลตซ์ไว้

F = ความถี่ # n+1 หายไป ช่วงห่างไม่ถูกต้อง เอาท์พุทยังคงแลตซ์อยู่

G = จบความถี่ # n+1 ช่วงห่างถูกต้อง เอาท์พุทยังแลตซ์อยู่จนถึงความถี่ใหม่ที่ถูกต้อง

อธิบายคำศัพท์

V_{in} : สัญญาณความถี่ DTMF ที่เข้ามา

Est : Early Steering Output ใช้แสดงความถี่ที่ถูกต้อง

St/GT : Steering Input/Guard Time Output สำหรับต่อกับ RC ภายนอก

Q_1-Q_4 : เอาท์พุท BCD ขนาด 4 บิต

Std : Delayed Steering Output ใช้แสดงว่าความถี่ที่ได้รับหรือหายไปมีคาบเวลาตามที่กำหนด เพื่อแสดงความถูกต้องของสัญญาณ

TOE : Tone Output Enable (Input) ใช้ควบคุม Q_1-Q_4 ให้เป็นไฮอิมพีแดนซ์

T_{-REC} : คาบเวลานานสุดที่ตรวจพบความถี่ DTMF แล้วยังไม่ถูกต้อง

T_{rec} : คาบเวลาสั้นสุดที่ต้องการเพื่อแสดงว่าสัญญาณถูกต้อง

t_{ID} : เวลาสั้นสุดระหว่างสัญญาณ DTMF ที่ถูกต้อง 2 สัญญาณ

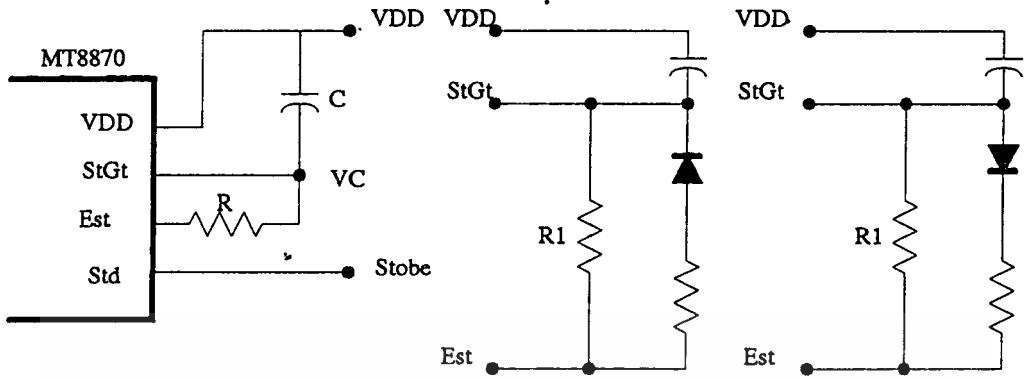
t_{DO} : เวลนานานสุดที่ยอมให้สัญญาณหายไปได้ในคาบเวลาความถี่ที่ถูกต้อง

t_{DP} : เวลาที่ใช้ในการตรวจสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

t_{DA} : เวลาที่ใช้ในการตรวจการหายไปของสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

t_{GTP} : การ์ดไทม์ของการปรากฏความถี่ DTMF

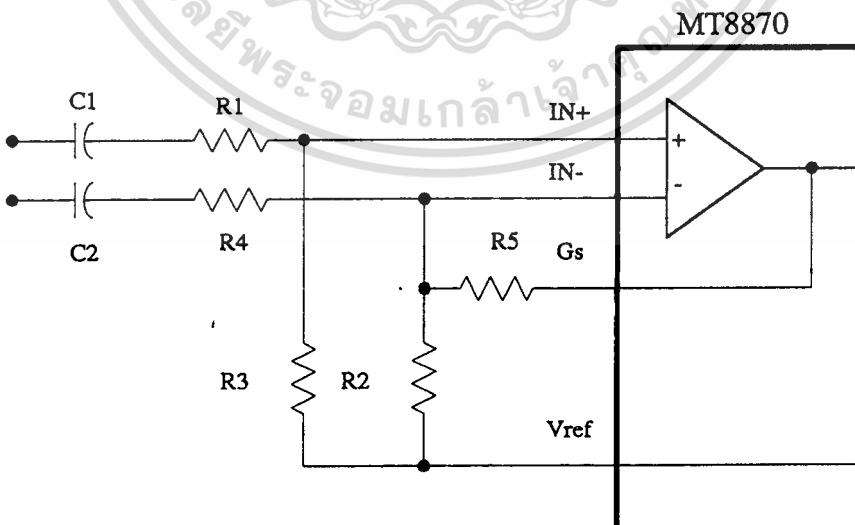
t_{GTA} : การ์ดไทม์ของการหายไปของความถี่ DTMF



รูปที่ 2.14 วงจรตรวจสอบสัญญาณและแสดงการกำหนดเวลาการ์ดใหม่

4. ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง (Differential Input) ในส่วนอินพุทของ MT 8870 เป็นภาคขยายออปแอมป์ที่สามารถปรับอัตราขยายได้ โดยต่อวงจรภายนอกเข้าไป รูปที่ 2.15 เป็นการต่อวงจรภายนอกเข้ากับอินพุทและอิมพีแดนซ์ได้ดังนี้

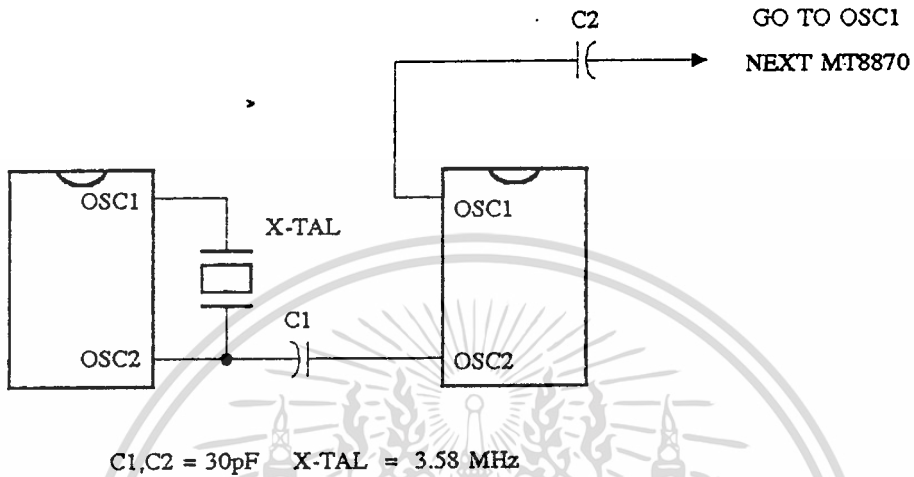
$$\begin{aligned} \text{อัตราขยาย (} A_{v \text{ diff}} \text{)} &= R5 / R1 \\ \text{อินพุทอิมพีแดนซ์ (} Z_{in \text{ diff}} \text{)} &= 2 \sqrt{R_1^2 + (1/Wc)^2} \end{aligned}$$



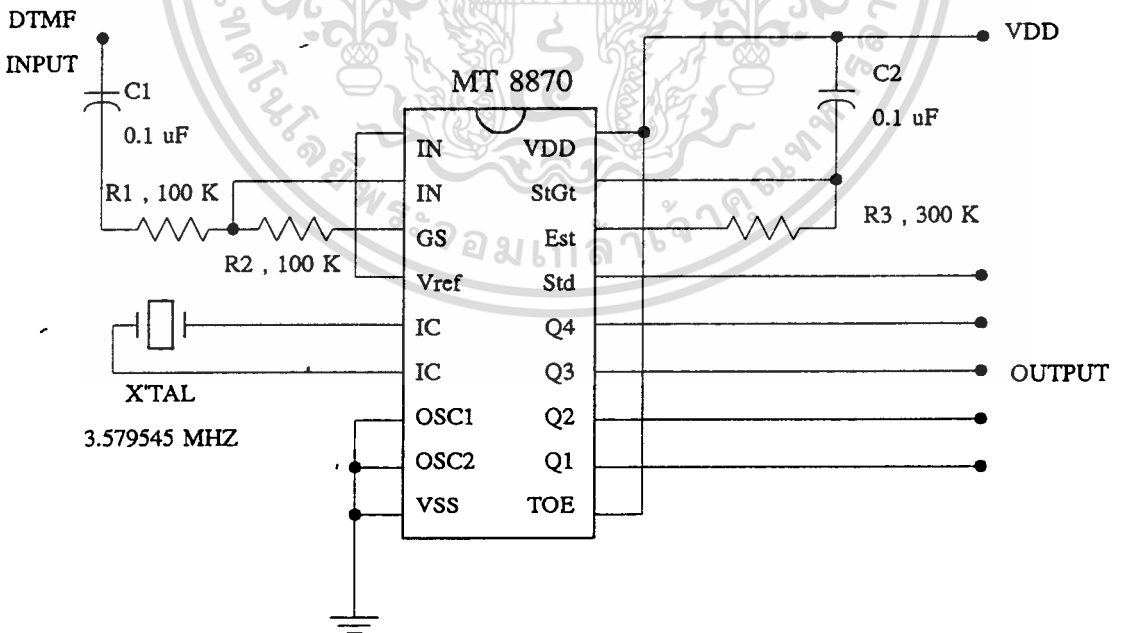
รูปที่ 2.15 การต่อวงจรภาคอินพุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ภาคกำเนิดความถี่ (Oscillator) ในภาคนี้ภายในไอซีจะมีวงจรเวลาอยู่ภายใน เพียงแต่ต่อแร่คริสตอลขนาด 3.58 MHz ก็สามารถใช้งานได้ทันที การต่อวงจรกำเนิดความถี่แสดงไว้ในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 การต่อวงจรผลิตความถี่



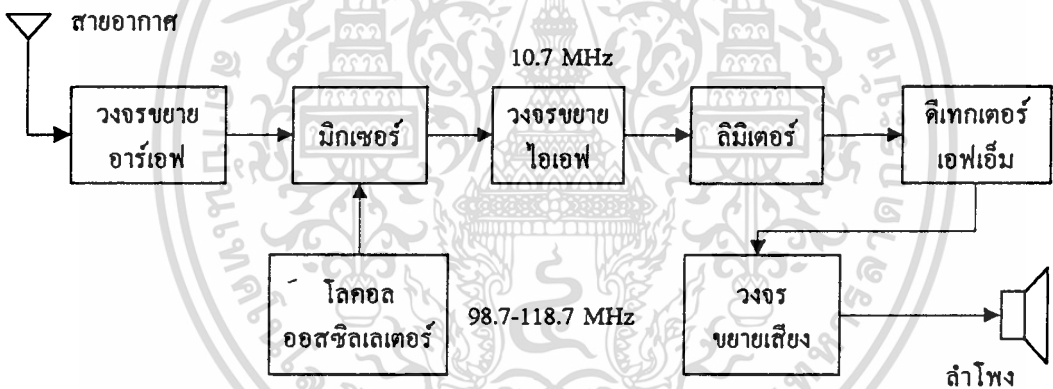
รูปที่ 2.17 วงจรใช้งานเบื้องต้นของ MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เครื่องรับ FM

แผนผังของเครื่องรับ FM มีความคล้ายคลึงกับเครื่องรับ AM มากจะแตกต่างกันก็แต่เฉพาะขบวนการตีเทกเท่านั้น สำหรับความถี่ IF มักจะใช้ 10.7 MHz เพื่อกำจัดสัญญาณเงาและเพื่อให้แบนด์วิดท์ของวงจรรวมที่รับสัญญาณ FM ได้ความถี่ที่เบี่ยงเบนของสัญญาณ FM ที่ส่งมาจากเครื่องส่งจะมีค่า ± 75 kHz ดังนั้นแบนด์วิดท์ของเครื่องรับต้องมีค่า 150 kHz เป็นอย่างน้อย ปกติมักจะเผื่อให้กว้างอีกเล็กน้อยเป็น 180 ถึง 200 kHz

สมมุติว่าเราจูนเครื่องรับไว้ที่ 100 MHz ลูกบิดหน้าปัดเลื่อนไปตรงกับความถี่ 100 MHz (บนหน้าปัด) วงจรขยาย RF จะจูนไว้ที่ความถี่ 100 MHz ส่วนโลคอลออสซิลเลเตอร์นั้นจะจูนไว้ที่ความถี่ 110.7 MHz เมื่อผ่านกรรมวิธีเฮตเทอโรไดน์ในวงจรมิกเซอร์แล้วผลต่างของความถี่จะปรากฏที่อินพุท

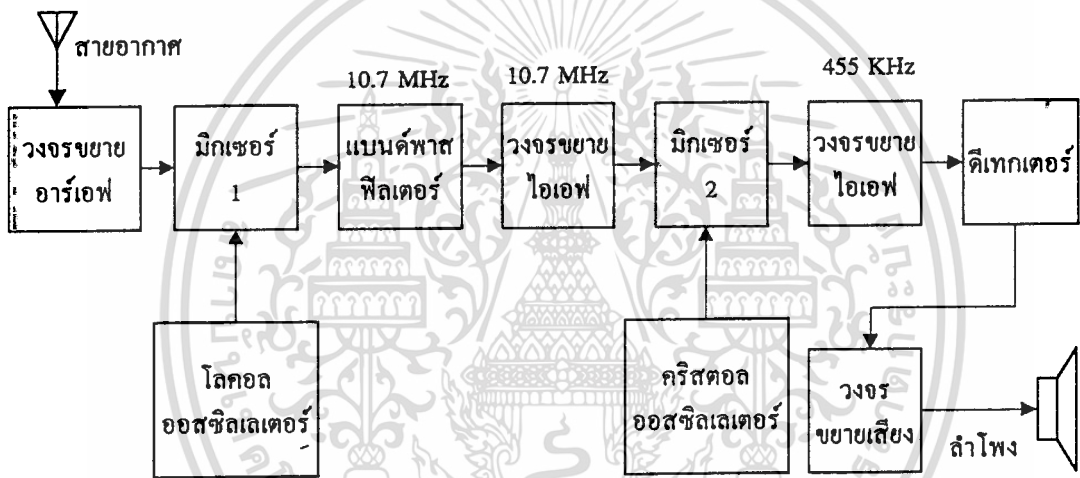


รูปที่ 2.18 แผนผังของเครื่องรับ FM

2.3.1 เครื่องรับชนิดแปลงความถี่สองครั้ง

การเลือกความถี่ IF นั้นต้องเลือกค่าที่พอเหมาะคือ ไม่สูงเกินไปและไม่ต่ำจนเกินไปเพราะความถี่ IF ต่ำๆ ช่วยให้ออกแบบวงจรได้เสถียรภาพดี อัตราขยายดีและแบนด์วิดท์แคบ แต่ความถี่ IF สูงๆ จะช่วยให้เครื่องกำจัดเงาได้ ดังนั้นเราจึงเอาข้อดีของทั้งสองมารวมกัน กล่าวคือ ใช้ความถี่ IF จำนวนสองค่าซึ่งมีค่าหนึ่งสูงค่าหนึ่งต่ำ โดยใช้การแปลงความถี่เป็น 2 ครั้ง ซึ่งเครื่องรับชนิดนี้เรียกว่า “ดับเบิลคอนเวอร์ชัน” (Double Conversion)

ในรูปที่ 2.19 แผนผังของเครื่องรับแบบดับเบิลคอนเวอร์ชัน จะเห็นว่าถ้าใช้มิกเซอร์ จำนวน 2 ชุด โคลลออสซิลเลเตอร์ จำนวน 2 ชุด ความถี่ไอเอฟ 2 ความถี่ ความถี่ไอเอฟที่ 1 เลือกให้มีค่าสูงส่วนมากมีค่า 10.7 MHz เพื่อให้ความถี่สูง หนีจากความถี่ใช้งานให้ไกลที่สุดจนอยู่นอกแบนด์วิดท์ของวงจรขยาย RF แต่ในการใช้งานของวิทยุ FM แบนด์แคบ ซึ่งมีแบนด์วิดท์อยู่ในระหว่าง 12-30 KHz ขึ้นอยู่กับความถี่ของเครื่องส่ง การขยายสัญญาณความถี่ IF มักจะทำได้ดีที่ความถี่ต่ำ เครื่องรับส่วนมากจึงมีวงจรมิกเซอร์ตัวที่ 2 รับผิดชอบความถี่ IF ความถี่ 10.7 MHz มาผสมเพื่อลดความถี่ลงเป็น 455 KHz แล้วเข้าสู่วงจรขยาย IF เพื่อทำการขยายสัญญาณให้มีความแรง



รูปที่ 2.19 แผนผังเครื่องรับชนิดดับเบิลคอนเวอร์ชัน

2.4 วงจรพื้นฐานของเครื่องรับส่งวิทยุ

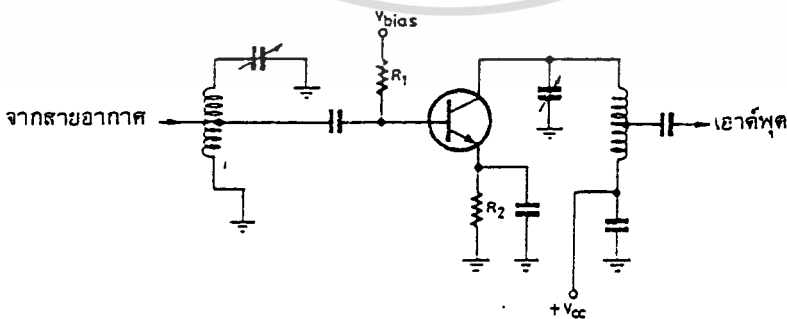
ถึงแม้ว่าภายในแผนผังของเครื่องส่งวิทยุจะมีความแตกต่างกัน แต่ความจริงแล้วก็มีวงจรพื้นฐานเหมือนกับที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้เป็นตัวอย่างที่ใช้ในเครื่องรับและเครื่องส่งวิทยุแต่ละวงจรก็จะมีข้อดีข้อเสียประจำตัวมันเอง ซึ่งไม่ได้หมายความว่า วงจรหนึ่งจะดีกว่าอีกวงจรหนึ่งเสมอไป นอกจากวงจรมอดูเลเตอร์และวงจรดีมอดูเลเตอร์แล้ว ยังมีวงจรหลักๆ ที่สำคัญอีกหลายวงจร เช่น วงจรขยายทำหน้าที่ขยายสัญญาณในช่วงความถี่ที่ต้องการ เช่น วงจรขยาย RF วงจรขยาย IF วงจรขยายเสียง เป็นต้น วงจรมิกเซอร์ซึ่งทำหน้าที่ผสมคลื่นสัญญาณ 2 คลื่น คือคลื่นที่ต้องการจะผสมและคลื่นออสซิลเลเตอร์ โดยวงจรออสซิลเลเตอร์จะทำหน้าที่ในการกำเนิดคลื่นที่มีความถี่

พอเหมาะในการผสมคลื่น วงจรมัลติพลายทำหน้าที่คูณความถี่ RF วงจรขยายกำลังสัญญาณความถี่สูงซึ่งนิยมเรียกว่า PA โดยย่อมาจาก Power Amplifier วงจรจ่ายไฟ และวงจรด้านอื่นๆ เช่นวงจร AGC วงจรนอยส์ลิมิตเตอร์ ฯลฯ

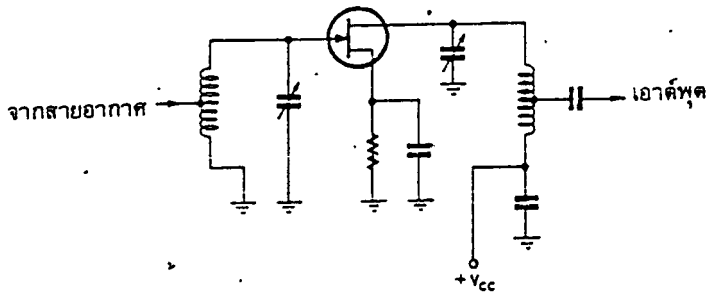
2.4.1 วงจรขยาย RF

วงจรรขยาย RF ที่นิยมใช้กันมีอยู่ 3 แบบ คือ วงจรรขยายอิมิตเตอร์ร่วม วงจรรขยายเบสร่วม และวงจรรขยายแบบคาสโคด (Cascode) แต่ในกรณีของวงจรที่ใช้เฟดแทนการใช้ทรานซิสเตอร์นั้น วงจรอิมิตเตอร์ร่วมก็จะเปลี่ยนเป็นซอร์สร่วม (Common Source) และเบสร่วมก็จะเป็นเกตร่วม (Common Gate) ดังแสดงในรูปที่ 2.20 เป็นรูปที่แสดงวงจรรขยายอิมิตเตอร์ร่วม หรือซอร์สร่วม รูปที่ 2.20 (ก) เป็นวงจรที่ใช้ทรานซิสเตอร์ ซึ่งจะไบแอสให้ทำงานอยู่ในคลาส A โดยตัวต้านทาน R_1 และ R_2 มีวงจรจูนทั้งทางด้านอินพุตและทางเอาต์พุต เพื่อที่จะขยายสัญญาณที่มีความถี่อยู่ในย่านความถี่เรโซแนนซ์ของวงจรจูน (วงจรเทงก์) วงจรรขยาย RF ประเภทนี้ต้องมีการสะเทิน (Neutralize) เพื่อมิให้วงจรรขยายเกิดการออสซิลเลต แทนที่จะทำงานเป็นวงจรรขยายกลับทำงานเป็นวงจรรออสซิลเลเตอร์ การออสซิลเลตในที่นี้เกิดขึ้นเพราะมีการป้อนกลับแบบบวกระหว่างอุปกรณ์หรืออื่นๆ ที่ไม่ต้องการทำให้วงจรรขยายเกิดการออสซิลเลตที่ความถี่สูงได้ วิธีการสะเทินวงจรทำได้โดยการป้อนกลับแบบลบ เพื่อไปหักล้างกับการป้อนกลับแบบบวก

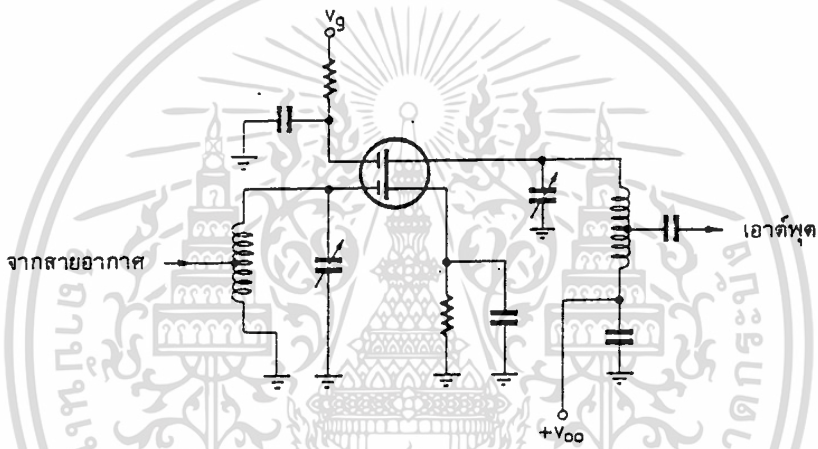
ในกรณีที่เป็นวงจรรขยายอาร์เอฟที่ใช้เฟด ดังรูปที่ 2.20 (ข) ก็คล้ายคลึงกันแต่เฟด นั้นมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงกว่ามาก ส่วนวงจรรขยายที่ใช้มอสเฟดเกตคู่ (Dual Gate) ดังรูปที่ 2.20 (ค) นั้นให้คุณสมบัติเหมือนเจเฟดในรูปที่ 2.20 (ข) แต่ขาดเกตอีกขาหนึ่งสามารถใช้ในการควบคุมอัตราการขยายของวงจรได้



(ก) วงจรรขยาย RF ที่ใช้ทรานซิสเตอร์



(ข) วงจรขยาย RF ที่ใช้เจฟเฟต



(ค) วงจรขยาย RF ที่ใช้เฟตคิว

รูปที่ 2.28 ตัวอย่างวงจรขยาย RF ชนิดต่างๆ

2.4.2 วงจรมิกเซอร์

หน้าที่ของมิกเซอร์นั้น ทำหน้าที่นำสัญญาณ 2 ความถี่มาทำการผสมกันและได้ความถี่ผลต่างของสัญญาณทั้งสองความถี่แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ประเภทแอคทีฟ (Active) โดยใช้ทรานซิสเตอร์หรือไอซี รวมทั้งอุปกรณ์อื่นๆ ที่ให้อัตราการขยายแก่่วงจรมิกเซอร์ซึ่งใช้ในการผสมคลื่นความถี่และอีกประเภทหนึ่ง คือ ประเภทพาสซีฟ (Passive) โดยใช้ไดโอดซึ่งจะไม่มี การขยายสัญญาณ นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งวงจรมิกเซอร์ได้เป็น 2 ประเภท คือ แบบสมดุล (Balance) กับแบบไม่สมดุล (Unbalance) วงจรมิกเซอร์จะไม่เกิดปฏิกิริยาซึ่งกันและกันก็คือ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณไม่เล็ดลอดระหว่างขั้ว) คุณสมบัตินี้เรียกว่าการแยกระหว่างขั้วหรือไอโซเลชัน (Isolation) ซึ่งตามหลักการแล้วขั้วอินพุทของวงจรมิกเซอร์จะมีอยู่ 2 ขั้ว คือขั้วสัญญาณ RF กับสัญญาณออสซิลเลเตอร์และมีขั้วเอาต์พุท คือขั้วของสัญญาณ IF หรือ RF จากรูปที่ 2.21 ลองพิจารณาในกรณีของภาคเครื่องรับจะเห็นว่าการแยกระหว่างขั้ว RF และขั้วออสซิลเลเตอร์จะช่วยมิให้สัญญาณออสซิลเลเตอร์ย้อนกลับออกไปสู่สายอากาศทำให้เกิดการแพร่กระจายคลื่นออกไปได้และการแยกระหว่างขั้ว RF กับขั้ว IF จะช่วยมิให้สัญญาณที่มีความถี่พอดีตรงกับความถี่ IF เล็ดลอดเข้าไปสู่วงจรขยาย IF ในกรณีของภาคส่งก็จะมีพิจารณาในทำนองเดียวกัน



(ก) มิกเซอร์ของภาคเครื่องรับ

(ข) มิกเซอร์ของภาคเครื่องส่ง

รูปที่ 2.21 ตัวอย่างมิกเซอร์ของภาคเครื่องรับและภาคเครื่องส่ง

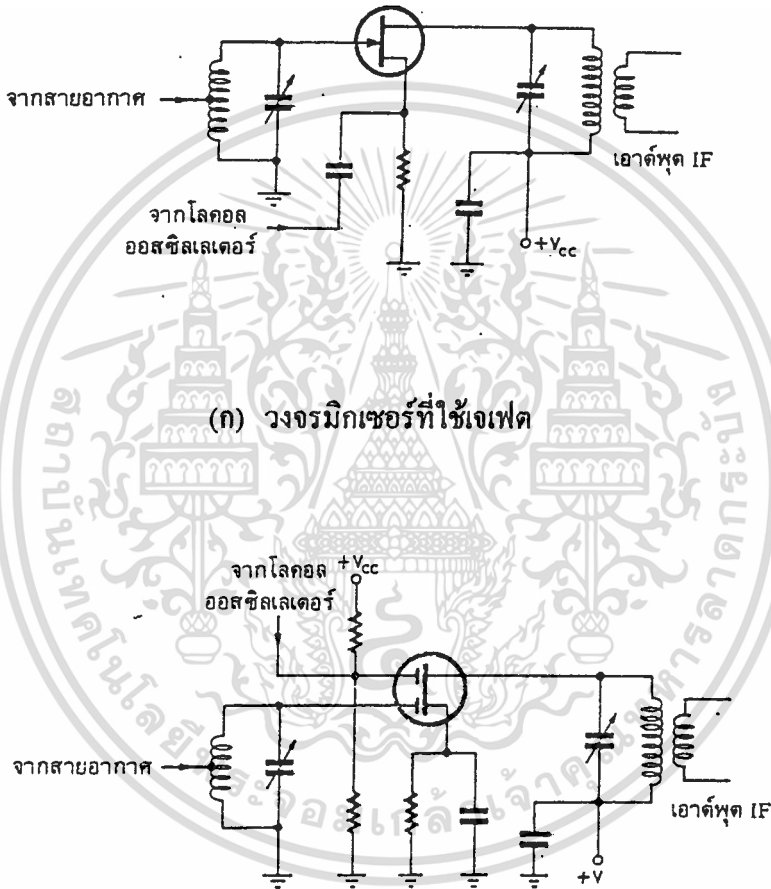
สำหรับวงจรมิกเซอร์แบบไม่สมดุลนั้นจะมีคุณสมบัติในการแยกระหว่างขั้วได้ไม่ดีเหมือนกับวงจรมิกเซอร์แบบสมดุล ดังนั้นถ้าหากต้องการจะให้มีการแยกสัญญาณได้ดีก็จะต้องใช้วงจรฟิลเตอร์ช่วยในการกรองสัญญาณต่างหากอีก

วงจรมิกเซอร์แบบไม่สมดุลแสดงไว้ในรูปที่ 2.22 (ข) ซึ่งใช้ MOSFET ซึ่งมีคุณสมบัติของวงจรถูก คือ มีการแยกระหว่างขั้วออสซิลเลเตอร์กับสายอากาศค่อนข้างดี แต่ระหว่างขั้ว RF และขั้ว IF ไม่ค่อยดี เราจำเป็นต้องใช้ฟิลเตอร์ช่วยการกรองความถี่ เพื่อกำจัดสัญญาณ RF มิให้เล็ดลอดเข้าสู่ขั้ว IF ได้ ในรูปที่ 2.22 (ก) จะใช้ JFET โดยป้อนสัญญาณออสซิลเลเตอร์เข้าทางซอร์สและสัญญาณ RF เข้าทางเกต

2.4.3 วงจรขยาย IF

วงจรขยาย IF ของภาคเครื่องรับ ก็เหมือนกับวงจรขยาย RF เพียงแต่มีหน้าที่การทำงานแตกต่างกัน กล่าวคือ วงจรขยาย RF ทำหน้าที่ขยายสัญญาณ โดยให้มिनอยส์ต่ำ (Noise Figure)

ความเพี้ยนต่ำ (Intermodulation Distortion) และจะทำการขยายสัญญาณให้มีความแรงมากหรือน้อยก็ได้ คือจะมีช่วงไดนามิกที่กว้างซึ่งวงจรขยาย IF จะทำหน้าที่ในการขยายสัญญาณ โดยคำนึงถึงการเลือกรับสัญญาณ (Selectivity) ที่เป็นหลักและทำให้มีคุณสมบัติย้อนกลับที่ต่ำ ความเพี้ยนต่ำจะเป็นรอง ส่วนใหญ่แล้วอัตราขยายของวงจรขยาย RF จะมีค่า 10 ถึง 15 เดซิเบล โดยส่วนอัตราขยายของวงจร IF จะมีค่ามากกว่า 60 เดซิเบล



(ก) วงจรมิกเซอร์ที่ใช้เจเฟต

(ข) วงจรมิกเซอร์ที่ใช้โมสเฟต

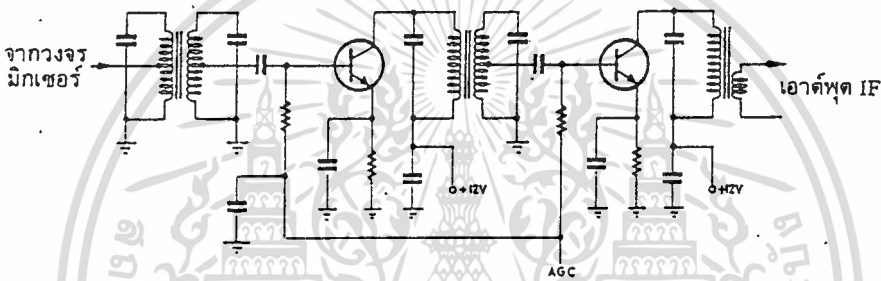
รูปที่ 2.31 วงจรมิกเซอร์แบบไม่สมดุล

วงจรขยาย IF แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือประเภทที่ใช้วงจรขยายหลายสเตจรวมกัน เพื่อเสริมกันให้ได้อัตราขยายและการเลือกรับสัญญาณได้ตามที่ต้องการ ซึ่งจะเรียกวงจรประเภทนี้

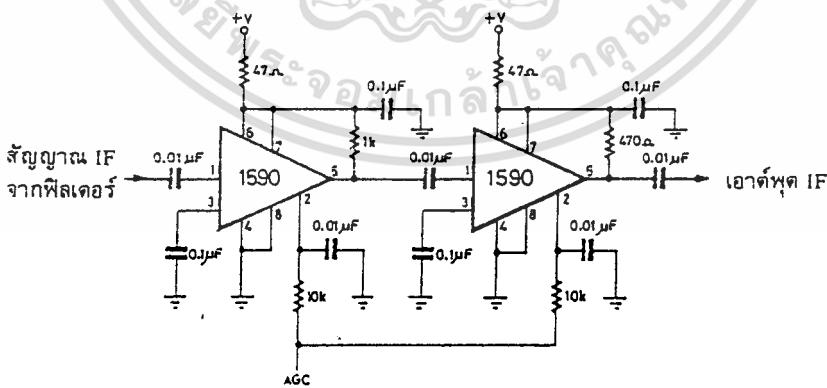
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่าประเภทอัตรายขยายแบ่งเฉลี่ย (Distributed gain) อีกประเภทหนึ่งคือ ใช้วงจรชุดเดียวทำหน้าที่ขยายและใช้วงจรอีกชุดหนึ่งการเลือกรับสัญญาณโดยเฉพาะ เช่นฟิลเตอร์ไม่ต้องอาศัยการเสริมกันของการเลือกรับสัญญาณ เรียกววงจรประเภทนี้ว่า ประเภทอัตรายขยายเป็นก้อน (Lumped Gain)

ในรูปที่ 2.23 แสดงวงจรขยาย IF ประเภทแบ่งเฉลี่ยจะเห็นว่า จะใช้หม้อแปลงดับเบิลคูณ (รูป 2 ด้าน คือ การคูณทั้งด้านไพรมารีและเซคันดารี) ต่อเชื่อมระหว่างสเตจ คุณสมบัติของการเลือกรับสัญญาณจึงขึ้นอยู่กับวงจรคูณทั้ง 3 ชุด วงจรประเภทนี้ ถ้าทำงานในย่านความถี่ต่ำๆ จะมีคุณสมบัติการเลือกรับสัญญาณดีกว่าประเภทที่ใช้คริสตอลฟิลเตอร์หรือเมคานิกฟิลเตอร์

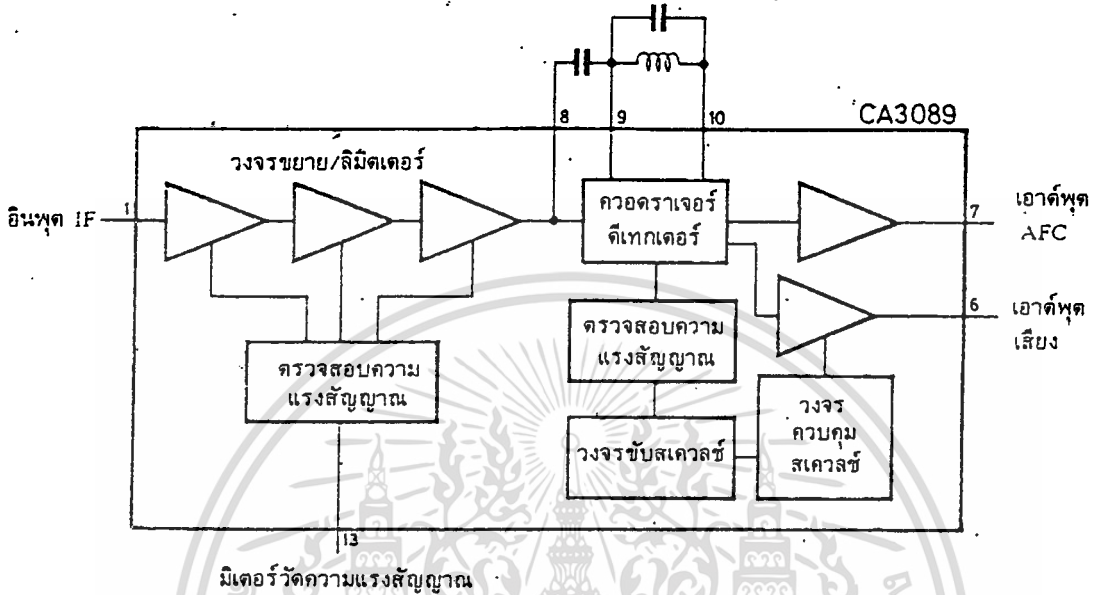


รูปที่ 2.23 วงจรขยาย IF ที่ใช้หม้อแปลงคูณระหว่างสเตจ

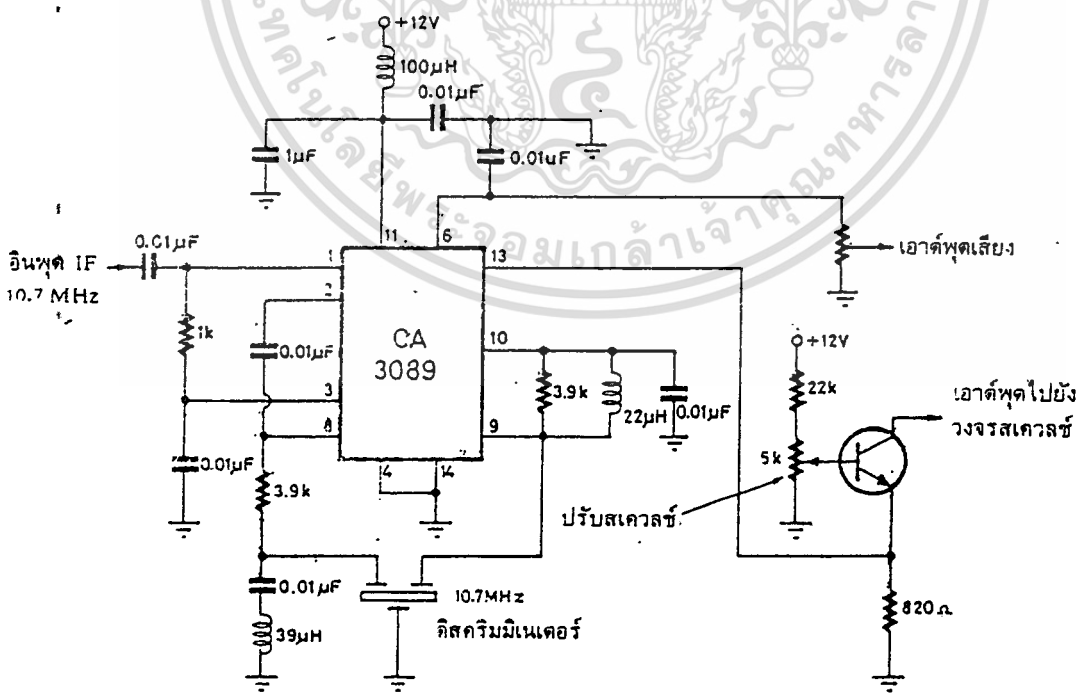


รูปที่ 2.24 วงจรขยาย IF แบบที่ใช้คริสตอลฟิลเตอร์ควบคุมคุณสมบัติการเลือกรับสัญญาณ

ทั้ง 3 แสดงแล้วส่งไปยังควอคราเจอร์ดีเทกเตอร์และวงจรมินิเตอร์แล้วผ่านสัญญาณออกไปที่วงจรถักระดับ ใช้ในขบวนการ AGC หรือป้อนให้ S-meter เพื่อวัดความแรงสัญญาณสำหรับสเกลลช



รูปที่ 2.28 แผนผังของไอซี เบอร์ CA3089



รูปที่ 2.29 ตัวอย่างวงจรใช้งาน CA3089

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 โลกอลอสซิลเลเตอร์

ทำหน้าที่ป้อนสัญญาณอินเจกชันให้แก่วงจรมิกเซอร์ในกรณีวิธีเฮเทอโรไดนามิกเครื่องรับที่ใช้รับบังคับความถี่ มักจะกำเนิดสัญญาณอินเจกชัน โดยจะใช้คริสตอลอสซิลเลเตอร์ทำงานร่วมกับวงจรมัลติพลายเครื่องรับบางแบบก็ใช้ระบบสังเคราะห์ความถี่

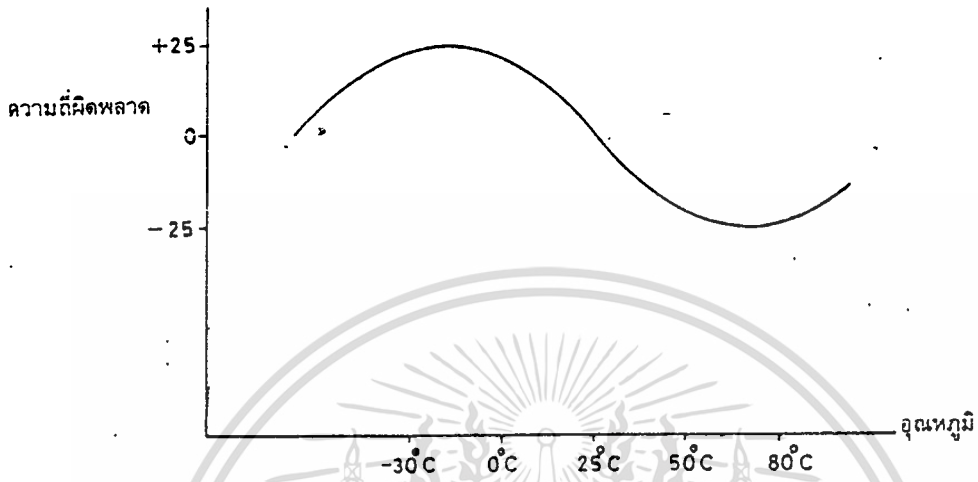
คุณสมบัติของโลกอลอสซิลเลเตอร์นี้มีความสำคัญต่อคุณภาพของเครื่องรับ โดยเฉพาะความถี่ต้องมีความเที่ยงตรงและมีเสถียรภาพดีมากกว่า 10 ppm (ย่อมาจาก Part Per Million หรือหนึ่งในล้านส่วน) ตลอดย่านอุณหภูมิใช้งาน ถ้าเป็นเครื่องรับธรรมดาอาจใช้รับบังคับความถี่ธรรมดาก็ได้ แต่ถ้าต้องการความถี่ที่เที่ยงตรงมากๆ จำเป็นต้องใช้แร่อบในกล่องโลหะ (Oven) ที่ควบคุมอุณหภูมิได้ แต่ข้อเสียของการอบแร่ก็คือเปลืองพลังงานไฟฟ้าไปส่วนหนึ่ง

วงจรถิครอสซิลเลเตอร์อีกแบบหนึ่งซึ่งใช้วิธีอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อช่วยชดเชยความถี่มิให้ไหลเลื่อน ออสซิลเลเตอร์ที่ใช้วิธีการชดเชยอุณหภูมิแบบนี้เรียกว่า TCXO (Temperature Compensated Crystal Oscillator) การเปลี่ยนแปลงความถี่ต่อนั้น จะทำให้อุณหภูมิของแร่ไม่เป็นลิเนียร์แต่เป็นรูปตัว S ดังรูปที่ 2.30 ฉะนั้นวิธีชดเชยอุณหภูมิจึงต้องเป็นแบบนอนลิเนียร์ด้วย

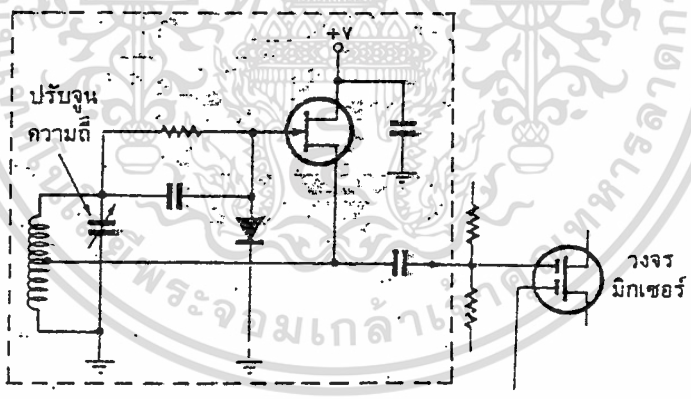
คุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของคริสตอลอสซิลเลเตอร์ ก็คือ สัญญาณต้องมีความบริสุทธิ์ (ทางความถี่) มิฉะนั้นเมื่อป้อนให้กับมิกเซอร์จะทำให้มีผลตอบสปีวเรียส (Spurious Response) วิธีแก้ที่นิยมใช้กันมากก็คือ การชิลด์และการใช้ฟิลเตอร์กรองความถี่ฮาร์มอนิกที่ไม่ต้องการออกไปเสียก่อน นอกจากนี้คุณสมบัติหนึ่งของโลกอลอสซิลเลเตอร์ก็มีผลต่อการเลือกรับสัญญาณและขจัดสัญญาณข้างเคียงของเครื่องรับด้วยเนื่องจากปรากฏการณ์มิกซ์แบบผกผัน (Reciprocal Mixing) ถ้าสัญญาณอินเจกชันมีนอยส์ปนอยู่ พลังงานอินพุทจะถูกมอดูเลตด้วยนอยส์เมื่อป้อนไปยังวงจรรขยายสัญญาณที่นอยส์ก็จะผ่านฟิลเตอร์ IF ได้ การเลือกรับสัญญาณจึงเลวลงด้วยเหตุนี้สัญญาณช่องข้างเคียงอาจมีนอยส์ล้น (Spillover) แทรกเข้าไปในช่องความถี่ใช้งานได้

วงจรรอสซิลเลเตอร์ที่ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณความถี่สูง เพื่อใช้ในการทำงานร่วมกับวงจรอื่นๆ ภายในเครื่อง เช่น ในการมอดูเลต การผสมคลื่นหรือมิกซ์ รวมทั้งใช้เป็นสัญญาณอ้างอิง ออสซิลเลเตอร์แต่ละวงจรต่างก็มีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไปตามหน้าที่ในเครื่องรับวิทยุติดตามตัว การออสซิลเลตของวงจรรอสซิลเลเตอร์จะอาศัยหลักการของการป้อนกลับแบบบวก วงจรที่เป็นตัวกำหนดความถี่อาจเป็นวงจรจูน LC หรือใช้คริสตอลก็ได้ ค่า Q ของวงจร ยิ่งมาก ความถี่ที่วงจรจะออสซิลเลตก็จะยิ่งคงที่ไม่มี การเลื่อน (Shift) ไปได้ง่าย สำหรับวงจร LC มีค่า Q น้อยกว่า

คริสตอล ฉะนั้นเสถียรภาพทางความถี่ของวงจรคริสตอลออสซิลเลเตอร์ จึงดีกว่าวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้ LC ธรรมดา



รูปที่ 2.30 การเปลี่ยนแปลงความถี่ของผลึกแร่ต่ออุณหภูมิ

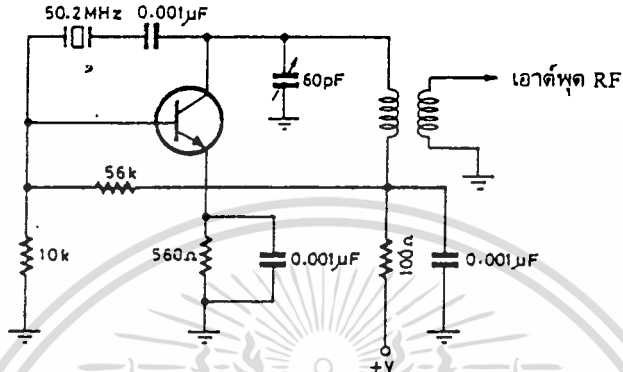


รูปที่ 2.31 ตัวอย่างวงจรออสซิลเลเตอร์

คริสตอลออสซิลเลเตอร์ส่วนใหญ่นิยมให้กำเนิดความถี่ในช่วง 2 ถึง 20 MHz ถ้าต้องการความถี่สูงมากกว่านี้ จะต้องให้คริสตอลทำงานแบบโอเวอร์โทน เช่น เราให้คริสตอลสั่นที่ความถี่ฮาร์โมนิกที่ วงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้คริสตอลแบบโอเวอร์โทนนี้ สามารถทำงานได้ในช่วงความถี่ 100 ถึง 200 MHz ถ้าหากเราต้องการความถี่สูงขึ้นไปกว่านี้ต้องใช้วิธีการคูณความถี่ (Multiplication) โดยใช้วงจรมัลติพลายตัวอย่างวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้คริสตอลแบบโอเวอร์โทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงไว้ในรูปที่ 2.32 ซึ่งวงจรนี้เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์แบบเพียซ ซึ่งเป็นคริสตอลที่ทำงานที่ความถี่ฮาร์โมนิกที่สามนิยมเรียกว่า โอเวอร์โทนที่สาม (3rd Overtone)



รูปที่ 2.32 วงจรโอเวอร์โทนออสซิลเลเตอร์

2.4.5 วงจร AGC

เครื่องรับส่วนใหญ่จะมี AGC เพื่อรักษาให้อัตราขยายของเครื่องรับให้คงที่ ไม่ว่าเราจะรับคลื่นได้แรงหรืออ่อนก็ตาม

หลักการผลิตไฟ AGC แบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ

1. วิธีผลิตจากสัญญาณพาหะ (Carrier Derived AGC)
2. วิธีผลิตจากสัญญาณเสียง (Audio Derived AGC)

เครื่องรับส่วนใหญ่จะใช้วิธีผลิตจากสัญญาณพาหะ ซึ่งเหมาะกับการรับสัญญาณ AM เพราะไฟ AGC จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความแรงของสัญญาณพาหะ แต่ในกรณีของสัญญาณ SSB คลื่นที่ส่งมาจะไม่มีพาหะ เพราะได้ถูกกำจัดพาหะออกไปที่เครื่องส่งแล้ว ฉะนั้นถ้าสัญญาณจาก BFO เล็ดลอดเข้าไปยังวงจรขยาย IF หรือวงจร AGC ได้ อัตราขยายของเครื่องรับก็จะลดลงไปทุกๆ ที่เครื่องรับอาจรับสัญญาณอ่อนในขณะนั้น ทำให้ AGC มิได้ทำงานตามความแรงของสัญญาณที่รับได้ เครื่องรับบางชนิดอาจใช้วิธีหยุดการทำงานวงจร AGC ในกรณีที่วงจร BFO

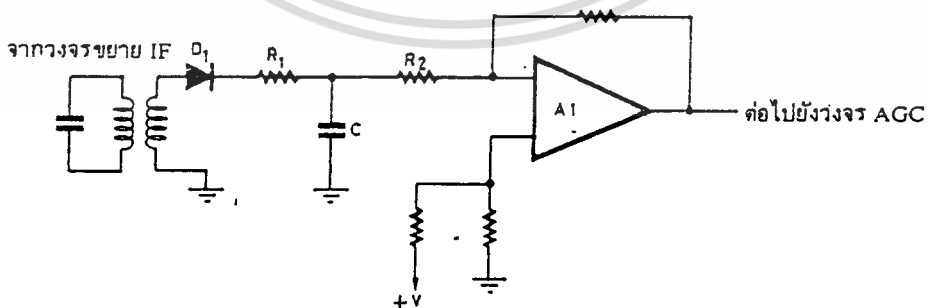
ทำงาน ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้สัญญาณ BFO เข้าไปทำให้ AGC เกิดทำงานผิดพลาดได้ และในกรณีนี้จะใช้วงจร AGC แบบปรับด้วยมือ (Manual AGC) แทน ปุ่มปรับนี้บางทีเรียกว่า ปุ่มเกน RF (RF Gain)

รูปที่ 2.33 (ก) แสดงวงจรผลิตไฟ AGC จากสัญญาณพาหะ สัญญาณ RF จากวงจรขยาย IF จะผ่านการเรกติฟายโดยไดโอด D_1 และขยายด้วยวงจรขยาย A_1 ส่งไฟไบแอสไปควบคุมวงจรรขยายต่างๆ ในที่นี้ไฟ AGC จะลดลงเมื่อรับสัญญาณได้แรงขึ้น ถ้าหากเราต้องการให้ไฟ AGC เพิ่มขึ้นเมื่อสัญญาณแรงขึ้น เราสามารถทำได้โดยการกลับขั้วไดโอด D_1 วงจร AGC นี้มีค่าคงตัวเวลา 2 ค่า เพื่อให้การทำงานนุ่มนวลเรียบที่สุดและไม่มีเสียงกระเพื่อม ค่าคงตัวเวลาที่เลือกใช้จะต้องให้ AGC ทำงานได้รวดเร็วหรือมี Attack Time เร็วและ AGC คืบตัว (หยุดทำงาน) ช้า หรือมี Decay Time นาน

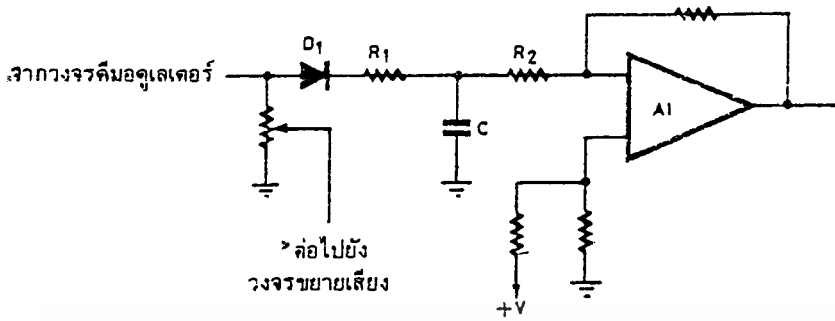
ในที่นี้ไฟ AGC จะเกิดจากการประจุผ่าน R_1 กับ C ส่วนการคายประจุจะผ่าน R_2 ถ้าหากต้องการให้ AGC ทำงานเร็วและปล่อยช้า (Fast Attack, Slow Release) เราจะต้องเลือกให้ค่าของ R_1 มีค่าน้อยกว่า R_2 มากๆ

ข้อสำคัญที่สุดคือเราจะต้องป้องกันมิให้สัญญาณจากวงจร BFO เล็ดลอดเข้ามาที่อินพุทของวงจร AGC นี้ได้

ในรูปที่ 2.33 (ข) เป็นวงจร AGC ที่ผลิตไฟ AGC จากสัญญาณเสียง วงจร AGC ชนิดนี้ก็จะมีการทำงานเหมือนกับวงจร AGC ชนิดแรก เว้นแต่ในกรณีนี้เราใช้สัญญาณเสียงเป็นอินพุทแทน ค่าคงตัวเวลาที่เลือกใช้ก็อาศัยหลักการเดียวกัน



(ก) ชนิดที่ผลิตไฟ AGC จากสัญญาณพาหะ



(ข) ชนิดที่ผลิตไฟ AGC จากสัญญาณเสียง

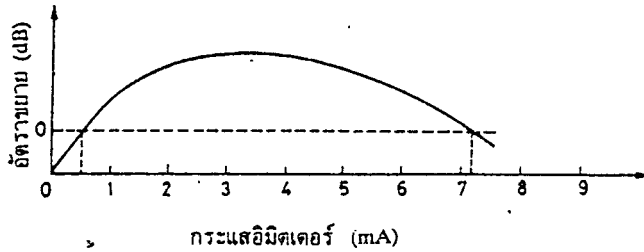
รูปที่ 2.33 วงจรผลิตไฟ AGC

ในที่นี้ถ้าหากไฟ AGC จะมีค่าลดลง เมื่อสัญญาณเสียงคั้งขึ้นถ้าต้องการให้เป็นตรงกันข้ามคือไฟ AGC เพิ่มขึ้นเมื่อสัญญาณแรงขึ้นสามารถทำได้โดยการกลับขั้วของไดโอด D_1 ได้อีก

ในตอนต้นได้อธิบายวัตถุประสงค์และหลักการทำงานของวงจร AGC ไว้แล้วแต่ถ้าเกิดในกรณีที่ไม่มี AGC การรับสัญญาณจะเกิดปัญหาดังนี้

1. การรับสัญญาณจากสถานีบางสถานีจะรับได้แรง หรือบางสถานีจะรับได้อ่อนเป็นผลทำให้ต้องการปรับความดังให้เข้ากับสัญญาณที่รับเข้ามา แต่ถ้ามี AGC ความดังจะคงที่แม้เปลี่ยนไปรับสถานีอื่นๆ ที่มีความแรงของสัญญาณต่างกัน
2. สัญญาณที่รับได้บางครั้งก็มีการจางหาย (Fading) หรือบางครั้งก็แรงขึ้นมาเอง ทั้งนี้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพบรรยากาศที่คลื่นเดินทางมายังเครื่องรับวงจร AGC สามารถช่วยรักษาระดับความดังให้คงที่ถึงแม้ในบางกรณีจะมีการจางหายของสัญญาณ
3. ในกรณีที่ เป็นเครื่องรับวิทยุติดรถยนต์ซึ่งเคลื่อนที่ไปมา สัญญาณที่รับได้จะมีความแรงของสัญญาณไม่เท่ากัน วงจร AGC จะช่วยชดเชยให้ระดับความดังเท่าเดิม

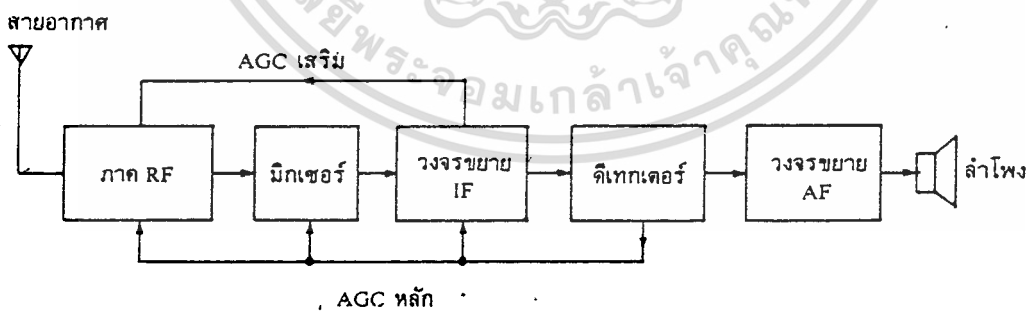
การควบคุมอัตราขยายของวงจรจะใช้วิธีการป้อนไฟไบแอส อาจจะใช้วิธีไบแอสตรงซึ่งเรียกว่า AGC ตรง (Forward AGC) หรืออาจใช้วิธีไบแอสกลับทางซึ่งเรียกว่า AGC กลับทาง (Reverse AGC) สังเกตว่าอัตราขยายของทรานซิสเตอร์นั้นจะเปลี่ยนแปลงไปตามจุดทำงานหรือกระแสมีเตอร์ ดูรูปที่ 2.34 ถ้าเราลดไฟไบแอสลง หรือเพิ่มไฟไบแอสขึ้น อัตราขยายของทรานซิสเตอร์ก็จะลดลง



รูปที่ 2.34 การเปลี่ยนแปลงอัตราขยายของทรานซิสเตอร์ที่กระแสลิมิตเตอร์ในค่าต่างๆ

ในระบบ FM วงจรลิมิตเตอร์จะทำหน้าที่เป็นตัวจำกัดขนาดของสัญญาณอยู่แล้วไม่จำเป็นต้องมี AGC อีกเว้นแต่ต้องการป้องกันการโอเวอร์โวลตจวงจรส่วนหน้า เช่นทำการลดทอนสัญญาณอินพุทที่เข้าสู่วงจรขยาย RF

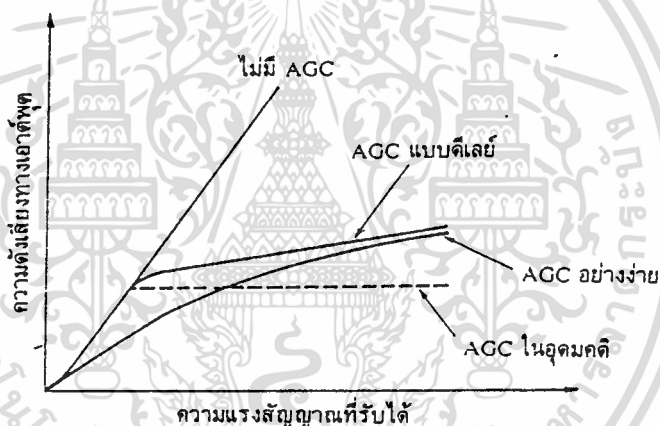
ในรูปที่ 2.35 แสดงแผนผังของวงจรภาครับ จากรูปจะเห็นว่าไฟ AGC กำเนิดได้โดยวิธีการดีเทก แล้วส่งไปแอสไปควบคุมอัตราขยายของวงจรขยาย RF และ IF แต่ละสเตจ AGC ส่วนนี้เป็น AGC หลัก (Main AGC) ของเครื่องรับ แต่ยังมี AGC ส่วนหนึ่งเป็น AGC เสริม (Auxiliary AGC) จากวงจรขยาย IF ย้อนไปควบคุมอัตราขยายของวงจรขยาย RF เพื่อป้องกันการโอเวอร์โวลตจของภาค RF



รูปที่ 2.35 AGC ต่างๆ ในเครื่องรับชนิดซูเปอร์เฮตเทอโรไดน์

วงจร AGC ที่ดีควรมีคุณสมบัติในการทำงานดังนี้คือ เมื่อสัญญาณอินพุทของเครื่องรับแรงขึ้น ระดับความดังของเสียงจะมากขึ้นจนกระทั่งถึงจุดๆ หนึ่ง ซึ่งถ้าสัญญาณอินพุทแรงถึงจุดนี้ จะเกิดโอเวอร์โวลด์ AGC จะควบคุมอัตราขยายของเครื่องรับไว้ มิให้ระดับความดังของเสียงมีค่าเพิ่มขึ้นอีก

จากรูปที่ 2.36 เป็นกราฟแสดงลักษณะการควบคุมอัตราขยายของเครื่องรับ โดย AGC ชนิดต่างๆ กัน เช่นเส้นแสดง AGC อุดมคติ (Idéal AGC) AGC แบบดีเลย์ (Delay AGC) กล่าวคือ AGC จะถูกหน่วงเอาไว้จนกว่าระดับสัญญาณอินพุทจะแรงขึ้นถึงระดับหนึ่ง สำหรับ AGC แบบง่าย (Simple AGC) หลักการทำงานของการทำงานจะใช้ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณอินพุทกับความดัง โดยจะเป็นสัดส่วนโดยตรงไม่มีการหน่วงเวลา



รูปที่ 2.36 ลักษณะการควบคุมอัตราขยายของเครื่องรับโดย AGC

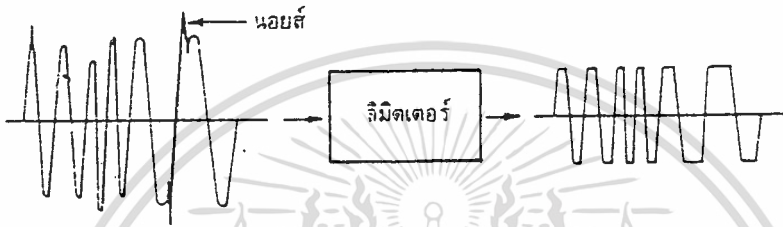
2.4.6 ลิ้มิตเตอร์

สัญญาณ FM (มีความถี่เท่ากับ IF) จากเอาต์พุทของวงจรขยาย IF อาจจะมีนอยส์ปะปนมา วงจรลิ้มิตเตอร์จะทำหน้าที่ขลิบสัญญาณทั้งด้านบวกและลบ รวมทั้งนอยส์ก็จะถูกกำจัดทิ้งไป

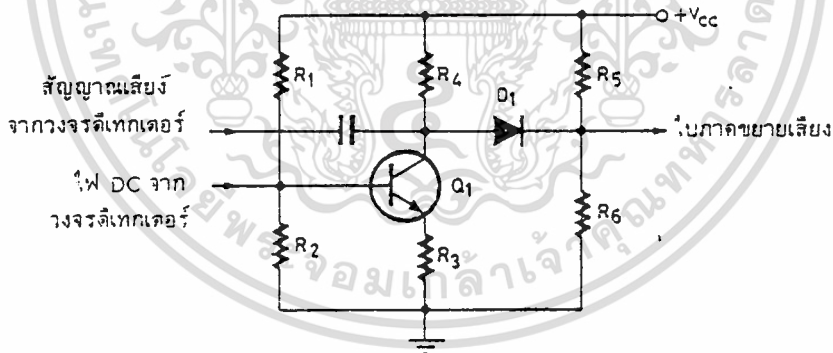
ดูรูปที่ 2.37 สังเกตว่าความถี่ของสัญญาณ FM ก่อนและหลังลิ้มิตเตอร์ไม่เปลี่ยนแปลง หลักการของวงจรลิ้มิตเตอร์นี้ก็คือ ป้อนสัญญาณที่มีแอมพลิจูดเกินช่วงทำงานของวงจรจนกระทั่งวงจรขยายเกิดการอิ่มตัวหรือคัทออฟ ถ้าหากสัญญาณ IF ที่ป้อนเข้ามามี แอมพลิจูดน้อยมาก เอาต์พุทจากวงจรลิ้มิตเตอร์จะมีนอยส์ปนออกมาทางออกดีโอเอาต์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าป้อนแอมพลิจูดแรงๆ นอยส์จะเียบไปปรากฏการณ์นี้มีความสัมพันธ์กับค่า "Quieting" ของภาคออคิโอเอาร์ทัพ ความดังเสียงและค่าความไวของเครื่องรับ FM ด้วย เช่น สเปคจะระบุว่า สัญญาณที่ไม่ได้มอดูเลต มีแต่พาหะอย่างเดียวป้อนเข้ามาทางอินพุทของเครื่องรับ ทำให้นอยส์จาก วงจรขยายเสียงลดลงไป 20 dB. การที่จะลดนอยส์ให้ได้ก็คือขยายสัญญาณอินพุท (IF) ให้มากๆ พอที่จะขับให้วงจรลิมิตเตอร์ให้ขลิบสัญญาณ เพื่อกำจัดนอยส์ที่เข้ามาบนสัญญาณ FM ตามหลักการ ของวงจรลิมิตเตอร์



รูปที่ 2.37 วงจรลิมิตเตอร์จะขจัดนอยส์และการเปลี่ยนแปลงทางแอมพลิจูดของสัญญาณ FM



รูปที่ 2.38 วงจรสแควลซ์แบบใช้พะทะบังคับ

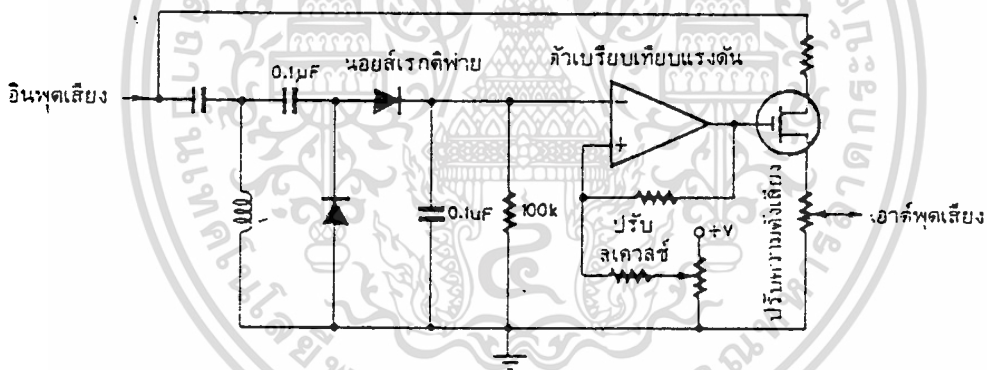
2.4.7 มิวต์หรือสแควลซ์

ในเครื่องรับที่มีความไวสูงสัญญาณอินพุทที่สายอากาศจะถูกขยายให้แรงมากขึ้น เพื่อป้อนให้วงจรดีเทกเตอร์ ในขณะที่ไม่มีสัญญาณ (ไม่มีพาหะ) ไฟ AGC ทำให้เครื่องรับมีอัตราขยายเต็มที่ เครื่องรับจึงขยายแต่นอยส์ออกมา เสียงซู่ของนอยส์ที่ออกมาจะสร้างความรำคาญต่อผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องวิทยุ การกำจัดเสียงรบกวนที่เราใช้วงจรสแตมเมอร์หรือมิวต์ (Mute) วงจรตัดเสียงรบกวนนี้มีหลายชนิด ในรูปที่ 2.38 ใช้แรงดัน DC-มาปิดเปิดวงจรขยายเสียง แรงดัน DC ดังกล่าวจะมีค่าเป็นสัดส่วนผกผันกับความแรงของสัญญาณพาหะ ที่ป้อนให้แก่วงจรสวิทช์ Q_1 เมื่อสัญญาณมีความแรง แรงดัน DC จะทำให้ Q_1 OFF แรงดันคอลเลกเตอร์สูงขึ้น ไดโอด D_1 จะนำกระแส สัญญาณเสียงจะผ่านเข้าไป วงจรขยายได้ถ้าหากพาหะเป็นศูนย์ Q_1 จะ ON ทำให้ไดโอด D_1 หยุดนำกระแส เปรียบเสมือนเปิดวงจร นอยส์จึงถูกสกัดกั้นมิให้ไปขยายออกลำโพง~

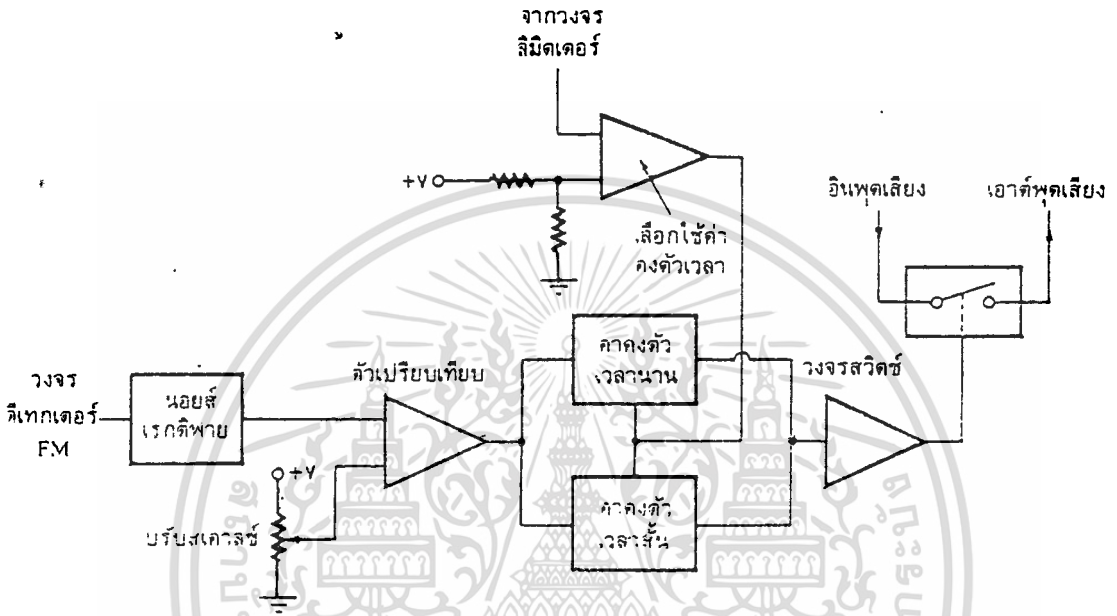
ในรูปที่ 2.39 แสดงหลักการการทำงานของระบบสแตมเมอร์อีกชนิดหนึ่ง ซึ่งนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เป็นวงจรสแตมเมอร์แบบใช้นอยส์บังกัป ขบวนการขั้นต้นคือสัญญาณนอยส์ที่ปะปนมากับสัญญาณเสียงจะถูกกรองออกจากสัญญาณเสียงและผ่านเรกติฟายเป็นไฟ DC แล้วป้อนเข้าไปเปรียบเทียบกับระดับอ้างอิงปรับได้ที่วงจรเปรียบเทียบ (Comparator) แล้วนำไปบังกัปวงจรสวิทช์ให้ปิดเปิดเส้นทางของสัญญาณเสียงที่จะออกไปขยาย



รูปที่ 2.39 วงจรสแตมเมอร์ของเครื่องรับ FM แบบใช้นอยส์บังกัป

วงจรสแตมเมอร์บางชนิดใช้ค่าเวลาคงที่ (Time Constant) 2 ชุด คือ~ชุดหนึ่งเร็ว กับอีกชุดหนึ่งนานโดยเลือกใช้ชุดค่าเวลาคงที่ค่าสั้นๆ เมื่อสัญญาณแรงและใช้ชุดค่าเวลาคงที่นาน (ช้า) เมื่อสัญญาณที่รับมาอ่อน เหตุที่ต้องทำเช่นนี้ก็เพราะว่าในกรณีที่รับสัญญาณเข้ามาอ่อน สแตมเมอร์จะปิดๆ เปิดๆ ทำให้สัญญาณขาดตอนเป็นช่วงๆ ฟังไม่รู้เรื่อง สังเกตว่าถ้าค่าคงตัวเวลาสั้นๆ ในตอนท้ายสัญญาณที่รับฟังจะมีเสียงซู่สั้นๆ แต่ถ้าใช้ค่าคงตัวเวลายาวตอนท้ายสัญญาณจะเป็นเสียงซู่เป็นเวลานาน

ในรูปที่ 2.40 เป็นรูปแสดงวงจรสแควลซ์แบบมีวงจรถ่วงค่าคงตัวเวลา 2 ชุด ในการที่จะเลือกใช้ค่าคงตัวเวลาชุดใดชุดหนึ่งตามสถานการณ์นั้นจะใช้การควบคุมโดยระดับสัญญาณที่มาจากวงจรมิติเตอร์



รูปที่ 2.40 ระบบสแควลซ์แบบเลือกค่าคงตัวเวลาได้สองค่า

2.4.8 วงจรดีเทกเตอร์

สโลปดีเทกเตอร์

วงจรมิติเตอร์ FM ที่ง่ายที่สุดเรียกว่า วงจรสโลปดีเทกเตอร์ (Slope Detector) ดังแสดงในรูปที่ 2.41 (ก) จะใช้วงจรเรโซแนนซ์ 2 ชุด คือ $L_1 L_2$ กับ $L_2 C_2$ โดยจะให้การตอบสนองที่มีลักษณะเป็นเส้นโค้งตามรูปที่ 2.41 (ข) จะเห็นว่า การจูนของเส้นโค้งไม่ได้จูนความถี่กลางไว้ที่ยอดของเส้นโค้ง แต่ในความถี่กลางจะอยู่ในส่วนไหล่ลาดหรือสโลปของเส้นโค้ง

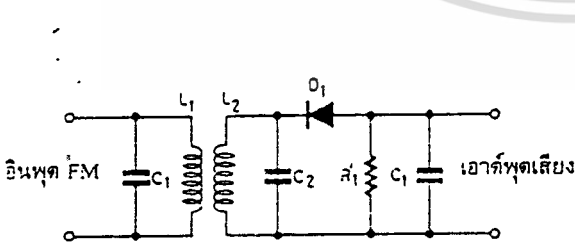
สมมติว่าสัญญาณอินพุท IF ความถี่กลางป้อนเข้ามา สัญญาณเอาท์พุทจะมีแอมพลิจูดอยู่ที่ค่าเฉลี่ยเมื่อผ่านการดีเทกที่ไดโอด D_1 ถ้าสัญญาณ IF มีความถี่สูงขึ้น ดูจากรูปที่ 2.41 จะมีลักษณะเป็นเส้นโค้ง เมื่อสัญญาณ IF มีความถี่ต่ำลง แอมพลิจูดที่ป้อนให้ไดโอดและดีเทกออกมาได้สัญญาณที่มีค่าน้อยลง สรุปได้ว่าเมื่อความถี่ของสัญญาณ IF เปลี่ยนแปลงเป็นสัญญาณ FM เอาท์พุทที่ได้จะมีแอมพลิจูดเปลี่ยนแปลงตามความถี่ การดีเทกวิธีนี้เสมือนเปลี่ยนสัญญาณ FM ให้เป็นสัญญาณ AM เสียก่อนแล้วจึงดีเทกสัญญาณ AM ด้วยดีเทกเตอร์ซึ่งใช้ไดโอดธรรมดา

วิธีมอดแบบนี้ต้องพิจารณาจากเส้นโค้งผลตอบสนองของความถี่ของวงจรขยาย IF ก่อนหน้าวงจรสโลปดีเทกเตอร์ด้วย ปกติแล้วการจูนเบี่ยงไปจากความถี่เรโซแนนซ์ ทำให้อัตราการขยายภาครับไม่เต็มที่เพราะไม่จูนที่ขอด นอกจากนี้ความเป็นลิเนียร์ของส่วนลาด (สโลป) ของเส้นโค้งในการเปลี่ยนสัญญาณ FM เป็น AM ไม่ค่อยจะเป็นเส้นตรง วงจรชนิดนี้จึงไม่ได้รับความนิยม

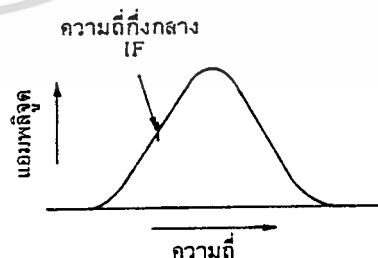
ดีเทกเตอร์ชนิดดับเบิลจูน

วงจรดีเทกเตอร์ชนิดดับเบิลจูน (Double-tuned Detector) จะประกอบด้วยวงจรจูน 2 ชุด เช่นกัน ดูจากรูปที่ 2.42 กล่าวคือ ขดเซคันดารีของหม้อแปลง T_1 จะแยกเป็น 2 ชุด ชุดที่อยู่เหนือจุดกลางจะจูนกับ C_1 ให้ความถี่เรโซแนนซ์สูงกว่าความถี่ IF เล็กน้อย ส่วนชุดที่อยู่ใต้จุดกลางจะจูนกับ C_2 โดยให้ความถี่เรโซแนนซ์ที่ความถี่ต่ำกว่าความถี่ IF เล็กน้อย

เมื่อมีสัญญาณ IF ป้อนเข้าที่อินพุท สมมติว่า IF มีความถี่อยู่กลางวงจรเรโซแนนซ์ด้านเซคันดารีทั้ง 2 ชุด จะไม่จูนกับเรโซแนนซ์กับความถี่นี้ (เพราะวงจรเรโซแนนซ์ทั้งสองชุดนี้ได้จูนเบี่ยงไปจากความถี่ IF ทางบวกและลบ) ไดโอด D_1 และ D_2 จะนำกระแสทำๆ กัน โดยเกิดแรงดันคร่อม R_1 และ R_2 ในทิศทางตรงข้าม ทำให้อาท์พุทเป็นศูนย์

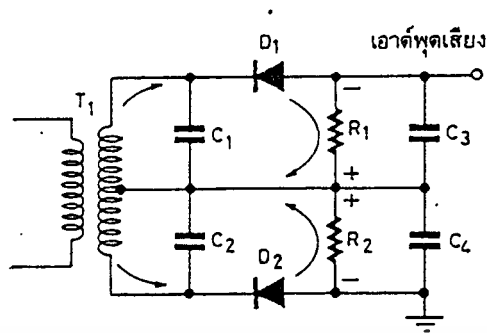


(ก) วงจรสโลปดีเทกเตอร์



(ข) เส้นโค้งผลตอบสนองของความถี่

รูปที่ 2.41 วงจรสโลปดีเทกเตอร์



รูปที่ 2.42 ดีเทกเตอร์ชนิดดับเบิลจูน

สัญญาณ IF มีความถี่สูงกว่าความถี่กลาง สัญญาณจะเข้าไปใกล้ความถี่เรโซแนนซ์ของวงจรจูนชุดบน ฉะนั้นสัญญาณในวงจรชุดบนจะแรง ไดโอด D_1 จะนำกระแสมากกว่าและจะทำให้แรงดันคร่อม D_1 จะมากกว่า D_2 แรงดันคร่อม R_1 เอาท์พุทที่ได้จะมีค่าลบ เพราะแรงดันคร่อม R_1 เป็นลบที่มีค่ามากกว่าแรงดันที่คร่อม R_2 ซึ่งเป็นบวก

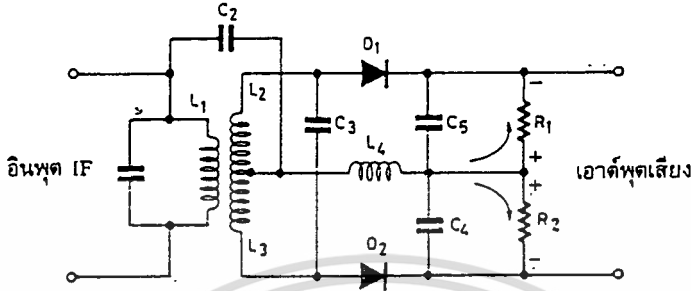
เมื่อความถี่พาหะมีความถี่ต่ำกว่าความถี่กลาง สัญญาณจะเข้าไปใกล้ความถี่เรโซแนนซ์วงจรชุดล่างคือไดโอด D_2 จะรับสัญญาณแรงกว่า D_1 โดย D_2 จึงนำกระแสมากกว่า D_1 ทำให้แรงดันตกคร่อม R_2 ซึ่งเป็นบวกเทียบกับกราวด์ มีค่ามากกว่าแรงดันคร่อม R_1 ผลลัพธ์จึงได้แรงดันค่าบวกจะเห็นได้ว่า สัญญาณเอาท์พุทมีค่าเปลี่ยนแปลงตามความถี่ของสัญญาณเสียงที่มอดูเลตมาในสัญญาณ

ข้อเสียของวงจรดีเทกเตอร์ชนิดดับเบิลจูนนี้ ก็คือ การจูนของวงจรเรโซแนนซ์ทั้ง 2 ชุดต้องสัมพันธ์กันและต้องเที่ยงตรง ถ้าวงจรจูนชุดใดผิดไปเพียงเล็กน้อยสัญญาณเสียงจะผิดเพี้ยนไปมากทำให้ทำการปรับจูนได้ยาก

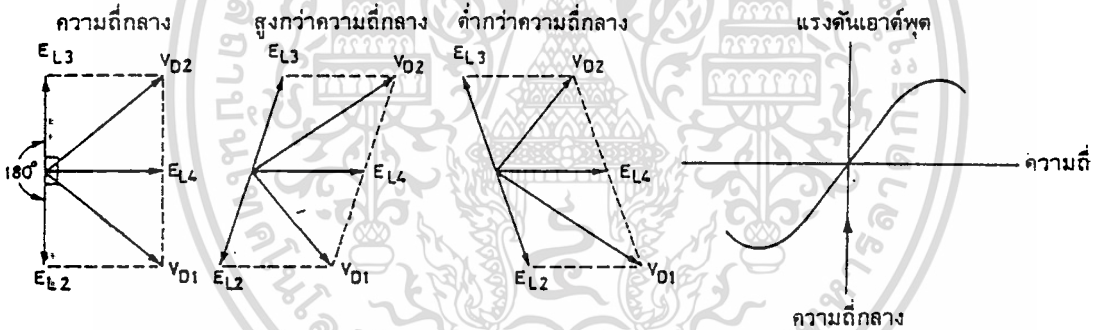
ฟอสเตอร์-ซีลีย์ดิสคริมิเนเตอร์

วงจรฟอสเตอร์-ซีลีย์ดิสคริมิเนเตอร์ (Foster-Seeley Discriminator) แสดงดังรูปที่ 2.43 เป็นวงจรที่แพร่หลายมาก สัญญาณ IF ซึ่งมีความถี่เบี่ยงเบน 75 KHz (ด้วยอัตราเบี่ยงเบนเท่ากับสัญญาณเสียง) ป้อนเข้าที่วงจรจูน L_1 C_1 ทางด้านเอาท์พุทประกอบด้วยไดโอดและวงจร RC ทำหน้าที่ดีเทกคล้ายๆ กับวงจรดับเบิลจูนที่ได้กล่าวมาแล้ว เมื่อไดโอดทั้งคู่ให้นำกระแสเท่ากันแรงดันที่ปรากฏคร่อม R_1 และ R_2 จะมีค่าเท่ากันและตรงข้ามกัน จึงหักล้างกันหมดและได้เอาท์พุท

เป็นศูนย์ แต่ถ้าไดโอด D_1 นำกระแสมากกว่า D_2 เอาท์พุทจะเป็นบวก ถ้าไดโอด D_2 นำกระแสมากกว่า D_1 เอาท์พุทจะมีค่าเป็นลบ



(ก) วงจรฟอสเตอร์-ซีลีย์คริมิเนเตอร์



(ข) แรงดันเอาท์พุทที่ความถี่กลางและความถี่ข้างเคียง

รูปที่ 2.48 วงจรฟอสเตอร์-ซีลีย์คริมิเนเตอร์และมุมเฟสที่ความถี่ต่างๆ

สัญญาณที่ทำให้ไดโอดนำกระแสได้มากหรือน้อยก็คือ สัญญาณ IF ที่ป้อนเข้ามาที่อินพุท ผ่านหม้อแปลงซึ่งประกอบด้วยขดไพรมารี L_1 และขดเซคันดารี L_2 กับ L_3 แรงดันที่ตกคร่อม L_2 กับ L_3 จะมีเฟสตรงข้ามกัน ต่างกันอยู่ 180 องศา แรงดันคร่อม L_2 (E_{L2}) เป็นตัวควบคุมการนำกระแสของไดโอด D_1 ส่วนแรงดันคร่อม L_3 (E_{L3}) เป็นตัวควบคุมการนำกระแสของไดโอด D_2 อย่างลึ้มว่า E_{L2} กับ E_{L3} มีแอมพลิจูดเท่ากันแต่เฟสตรงข้ามกัน

นอกจากนี้สัญญาณ IF ถ่ายทอดผ่านเข้ามาทางด้านเซคันดารีของหม้อแปลงโดยผ่านทาง C_2 ต่อกับ L_4 อีกด้วย โดยแรงดันที่ปรากฏของ L_4 ทำหน้าที่ควบคุมการนำกระแสของไดโอด ทั้ง 2 ตัว คือ D_1 กับ D_2 เกิดการถ่ายทอดผ่าน C_2 มายัง L_4 ทำให้แรงดันที่ปรากฏคร่อม L_4 (E_{14}) จะมีเฟสต่างจากแรงดัน E_2 และ E_{13} อยู่ 90 องศา ขณะที่สัญญาณ IF อยู่ที่ความถี่กลาง กล่าวคือ แรงดัน E_{14} จะมีเฟสหน้า E_{13} อยู่ 90 องศา ในขณะที่สัญญาณอยู่ที่ความถี่กลาง แต่ E_{14} มีเฟส ล้าหลัง E_{12} อยู่ 90 องศา

การนำกระแสของไดโอด D_1 จะขึ้นอยู่กับ E_{13} และ E_{12} ส่วนการนำกระแสของไดโอด D_2 จะขึ้นอยู่กับ E_{13} และ E_{14} เนื่องจาก E_{12} กับ E_{13} ต่างเฟสกัน 180 องศา และที่ความถี่กลาง E_{14} จะต่างเฟสกันทั้ง E_{12} กับ E_{13} อยู่ 90 องศา ฉะนั้นที่ความถี่กลาง E_{14} เมื่อรวมกับ E_{12} จะเท่ากับ E_{14} รวมกับ E_{13} ทำให้ไดโอด D_1 กับ D_2 นำกระแสเท่าๆ กันเกิดแรงดันหักล้างกันได้ เอาท์พุทเป็นศูนย์

ที่ความถี่กลางวงจรเรโซแนนซ์ทางด้านเซคันดารีจะเป็นเฉพาะตัวด้านทานได้เท่านั้นเพราะ คาร์แคแดนซ์ X_L กับ X_C จะหักล้างกันพอดี เมื่อความถี่สูงขึ้น X_L จะมากกว่า X_C ฉะนั้นเฟสของ E_{12} กับ E_{13} จะเลื่อนไป แต่ค่าทั้งสองก็ยังคงรักษาเฟสเป็นตรงข้ามกัน 180 องศา อยู่เสมอ E_{12} จะเลื่อนเฟสเข้าหา E_{14} และ E_{13} จะเลื่อนเฟสหนี E_{14} นั่นคือ E_{12} กับ E_{14} จะเสริมกัน แต่ E_{13} กับ E_{14} จะหักล้างกันหมด ผลที่ได้ก็คือ D_1 จะนำกระแสมากกว่า D_2 เอาท์พุทที่ได้จะมีค่าบวก เมื่อ สัญญาณ IF แกว่งไปทางบวก สูงกว่าความถี่กลาง ซึ่งสอดคล้องกับความถี่ที่จูนได้ของชุดบน

ที่ความถี่ต่ำกว่าความถี่เรโซแนนซ์ X_C จะมากกว่า X_L เฟสของ E_{13} จะเลื่อนไปในลักษณะ ที่ E_{13} เสริมกับ E_{14} ทำให้ D_2 นำกระแสมากกว่า D_1 ทำให้เอาท์พุทมีค่าเป็นลบในทุกๆ ครั้งที่ สัญญาณ IF แกว่งไปทางลบต่ำกว่าความถี่กลาง ทำนองเดียวกันกับชุดบนแต่จูนให้มีความถี่ต่ำกว่า ความถี่กลาง

ถ้าสัญญาณที่มอดูเลตบน IF เป็นโทน (เสียง) มีความถี่ 1000 Hz สัญญาณ IF จะแกว่ง ไปมาระหว่างความถี่กลางทางบวกและทางลบด้วยอัตรา 1000 ครั้งต่อวินาที เอาท์พุทที่ได้จาก วงจรคิสรึมิเนเตอร์จะเกิดสัญญาณรูปซายน์มีค่าเป็นทั้งบวกและลบด้วยอัตรา 1000 Hz นั่นคือ วงจรคิสรึมิเนเตอร์คิมอด สัญญาณที่มอดูเลตคืนกลับมาได้เหมือนสัญญาณเดิม

ข้อเสียของวงจรฟอสเตอร์-ซีล็คคิสรึมิเนเตอร์ก็เหมือนกับวงจรคิมอด FM ที่กล่าวมาใน ตอนต้น กล่าวคือ มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงแอมพลิจูด ยกตัวอย่างเช่น ในกรณีที่สัญญาณ FM มี เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอยส์เข้ามาบนสัญญาณนอยส์นี้จะถูกตีเทกและป้อนไปยังเอ๊าท์พุทได้ อย่างไรก็ตามเราสามารถแก้ไขได้โดยการขลิบสัญญาณ FM ทางบวกและลบเพื่อรักษามาตรฐานแอมพลิจูดให้สม่ำเสมอและกำจัดนอยส์ไปในตัวด้วย

คงจำได้ว่าแอมพลิจูดของสัญญาณ FM มีค่าคงที่ ส่วนข่าวสารปะปนอยู่ในรูปของการเปลี่ยนแปลงความถี่ หรือเฟส วงจรที่ทำหน้าที่กำจัดแอมพลิจูดหรือขลิบ สัญญาณ FM นี้เรียกว่า วงจรลิมิตเตอร์ (Limiter) ดังนั้นก่อนที่สัญญาณ FM (ที่มีความถี่ IF) จะถูกตีเทก ต้องผ่านวงจรลิมิตเตอร์เสียก่อน เพื่อกำจัดนอยส์ที่ปนมาในแอมพลิจูดของสัญญาณ FM

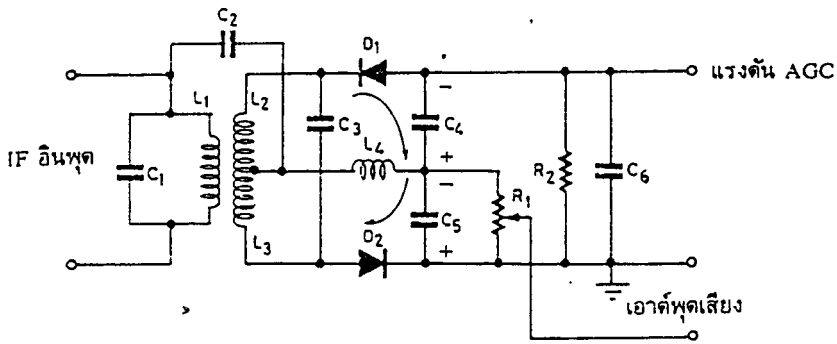
เรโซตีเทกเตอร์

วงจรเรโซตีเทกเตอร์ (Ratio Detector) คล้ายคลึงกับวงจรฟอสเตอร์-ซีลีย์ดิสคริเมเนเตอร์ มาก แต่จะแตกต่างกันตรงการต่อไดโอด D_1 ซึ่งจะต่อกลับทางกันและเอ๊าท์พุทที่ได้ออกจากกันคนละแห่งกับวงจรฟอสเตอร์-ซีลีย์ดิสคริเมเนเตอร์ วงจรเรโซตีเทกเตอร์นี้ เป็นวงจรที่ได้รับ ความนิยมมากเพราะเป็นวงจรที่ใช้ทำหน้าที่ลิมิตเตอร์กำจัดแอมพลิจูดในตัวด้วย จึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องเพิ่มวงจรลิมิตเตอร์ก่อนจะตีเทก แยกต่างหากอีก

การที่ไดโอด D_1 ต่อกลับทาง จะทำให้ไดโอดทั้งคู่ต่ออนุกรมคร่อมกับขดลวดเซกันดารีของ หม้อแปลง การนำกระแสของไดโอดทั้งคู่จะขึ้นอยู่กับแรงดันที่ตกคร่อม L_2 กับ L_3 และ L_4 ที่ ความถี่กลาง ไดโอดทั้งคู่จะนำกระแสเท่ากัน แต่ในกรณีนี้แรงดันที่ประจุแก่ C_4 และ C_5 จะต่อ อนุกรมเพื่อมิให้เกิดการหักล้างกันดังเช่นวงจรดิสคริเมเนเตอร์

ขอให้สังเกต C_6 ซึ่งเป็นตัวเก็บประจุที่มีค่าสูงๆ เพื่อให้รักษาแรงดันคร่อม R_2 ให้คงที่หลังจากที่ป้อนอินพุทแก่วงจรเรโซตีเทกเตอร์ แรงดันที่ประจุให้แก่ C_6 จะเป็นสัดส่วนกับค่าระดับ ความแรงของสัญญาณ FM โดยเฉลี่ย นอกจากนี้แรงดันคร่อม C_4 กับ C_5 ก็จะคงที่ด้วยแรงดันนี้ จะคงที่ถ้าสัญญาณ FM จะมีแอมพลิจูดที่เปลี่ยนแปลงฉับพลัน เช่น มีนอยส์ นี่คือเหตุผลที่วงจร เรโซตีเทกเตอร์ มีภูมิต้านทานต่อนอยส์ในตัวเองแรงดันคร่อม C_6 ยังใช้เป็นแรงไฟ AGC ได้ อีกด้วย เพราะแรงดันตกคร่อม C_6 เป็นสัดส่วนกับความแรงของสัญญาณ

แรงดันตกคร่อม C_5 รวมกับแรงดันตกคร่อม C_4 จะเท่ากับแรงดันตกคร่อม C_6 ที่ความถี่ กลางได้ โดยทั้ง D_1 และ D_2 จะนำกระแสเท่ากัน แรงดันตกคร่อม C ทั้งคู่จะเท่ากับแรงดันคร่อม C_5 ต่อมาจาก R_1 ซึ่งปรับค่าได้ ใช้เป็นแรงดันเอ๊าท์พุทซึ่งอาจจะมีไฟ DC ค่าลบปนออกมาด้วย



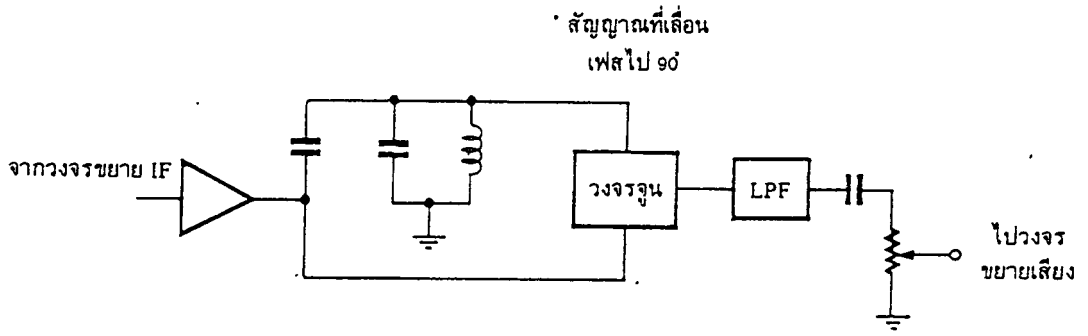
รูปที่ 2.44 วงจรเรโซดิเทกเตอร์

ไดโอด D_1 และ D_2 จะนำกระแสผกผันน้อยสลับกัน เมื่อสัญญาณ IF แกว่งไปมาระหว่างความถี่กลาง ผลต่างของการนำกระแสจะไม่เท่ากัน จะปรากฏเป็นกระแสที่ไหลผ่าน L_4 เช่น เมื่อ D_1 นำกระแสมากกว่า D_2 แรงดันคร่อม C_4 จะมีค่ามากกว่าแรงดันคร่อม C_5 แต่เนื่องจากแรงดันผลรวมเท่ากับแรงดันคร่อม C_6 ถูกดึงเอาไว้ให้คงที่ ฉะนั้นแรงดันคร่อม C_5 จะต้องลดลง นั่นคือเอาต์พุตมีค่าลดลง

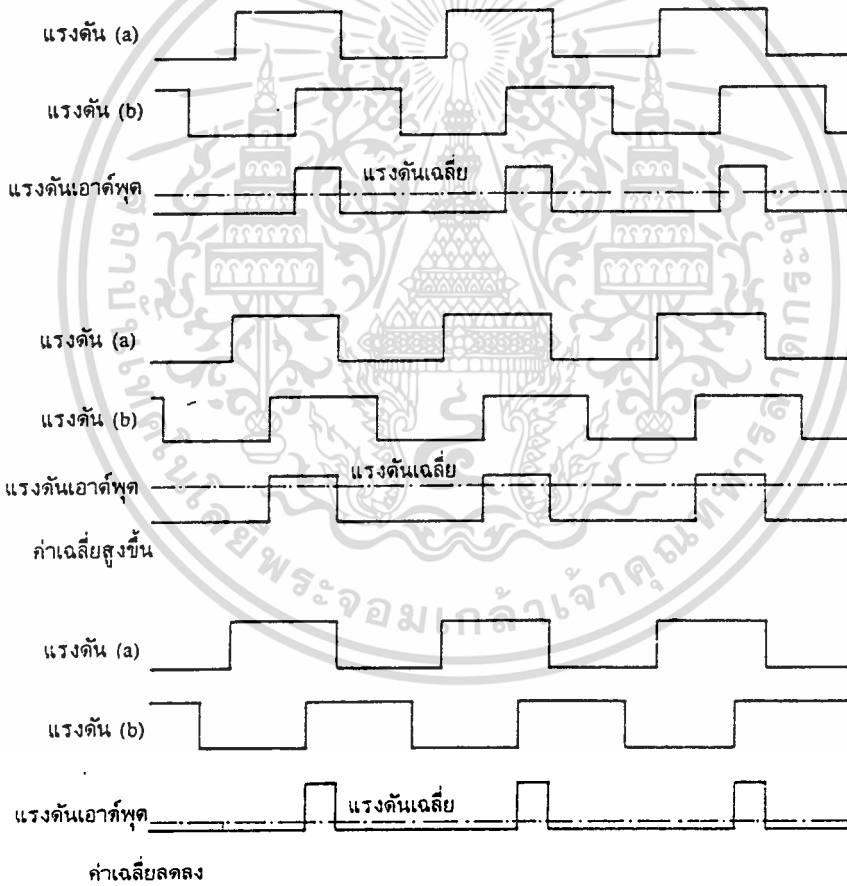
เมื่อไดโอด D_2 นำกระแสมากกว่าแรงดันคร่อม C_5 จะมีค่ามากกว่า ฉะนั้นเอาต์พุตจะมีค่าสูงขึ้น จะเห็นว่าแรงดันเอาต์พุตจะแกว่งไปค่าบวกหรือค่าลบ ตามการเปลี่ยนแปลงความถี่ของสัญญาณ IF เช่น เมื่อความถี่ IF สูงขึ้น แรงดันเอาต์พุตจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความถี่ IF ลดลง แรงดันเอาต์พุตมีค่าลดลง ข้อดีของวงจรเรโซดิเทกเตอร์ก็คือมีการจำกัดแอมพลิจูดไปในตัวและมีแรงดัน AGC ให้ต่อไปใช้ได้เลย ไม่ต้องใช้วงจรพิเศษเพิ่มเติมอีก

ควอดราเจอร์ดีเทกเตอร์

วงจรถิเทกเตอร์ชนิดนี้อาศัยหลักการคูณระหว่างสัญญาณ FM กับสัญญาณ FM ตัวเดิมแต่เลื่อนเฟสไป 90 องศา ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นสัญญาณมอดูเลต (สัญญาณเสียง) จากรูปที่ 2.45 (ก) กระแสที่ไหลในคอยล์จะมีเฟสต่างจากแรงดันคร่อมที่คอยล์ 90 องศา กระแสนี้จะป้อนไปให้วงจรรีโซแนนซ์ขนาน Z ซึ่งจะคูณความถี่เอาไว้ที่ความถี่กลางของสัญญาณ FM แรงดันตกคร่อมวงจรรีโซแนนซ์จะมีเฟสเลื่อนไปตามความถี่พาหะเบี่ยงเบนสัญญาณ FM ที่ผ่านวงจรรีโซแนนซ์จะกลายเป็นสัญญาณ PM หลังจากสัญญาณ FM และสัญญาณ FM คูณกัน (ทำงานช่วงนอนลิเนียร์) จากรูปที่ 2.45 (ข) ผลลัพธ์จากการคูณจะเป็นสัญญาณความถี่สูงกับสัญญาณความถี่ต่ำคือสัญญาณมอดูเลต สัญญาณแรกจะถูกกรองทิ้งไปโดยฟิลเตอร์ชนิดโลพาส เอาต์พุตจึงเป็นสัญญาณเสียงตามต้องการ



(ก) แสดงการเลื่อนเฟสที่คอยล์



(ข) การเปรียบเทียบเฟส

รูปที่ 2.45 วงจรควอคราเจอร์ดีเทกเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความจริงวงจรถอดคราเจอร์ดีเทกเตอร์ทำหน้าที่เสมือนวงจรถ่ายเฟสของสัญญาณ FM สองสัญญาณซึ่งมีเฟสต่างกัน 90 องศา รูปที่ 2.45 (ข) ในที่นี้เราเขียนเป็นพัลส์เพื่อความสะดวก สัญญาณความถี่สูงจะถูกกรองทิ้ง ไปคงเหลือแต่สัญญาณความถี่ต่ำเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยในรูปคลื่น 1, 2 และ 3 ซึ่งเป็นสัญญาณเสียง

จากการสังเกตจะเห็นว่าค่าเฉลี่ยจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความถี่เบี่ยงเบนของพาหะ (เพราะเมื่อสัญญาณ FM มีความถี่ต่ำลง พัลส์ของเอาท์พุทจะแคบลงค่าเฉลี่ยจะน้อยลง) นั่นคือ ค่าเฉลี่ยจะเปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณเสียง

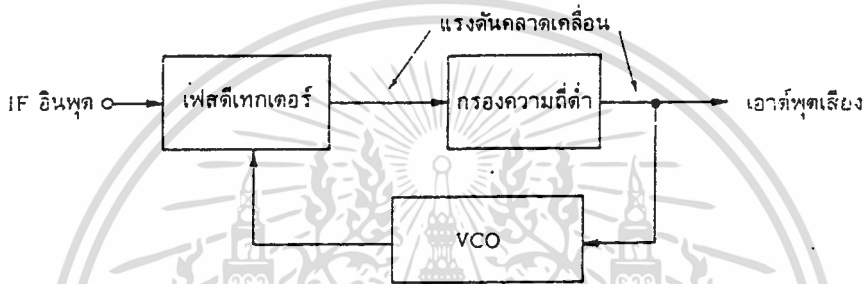
โดยทั่วไปแล้ววงจรถอดคราเจอร์ดีเทกเตอร์มักทำเป็นไอซี ซึ่งจะรวมวงจรรขยาย IF วงจรรขยายลิMITเตอร์และอื่นๆ ไว้ด้วยในไอซีตัวเดียว โดยต่อคอยล์ซึ่งเลื่อนเฟสไว้ภายนอกและอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่ไอซีที่ใช้ทำวงจรถอดคราเจอร์

วงจรมอดูเลชัน PLL

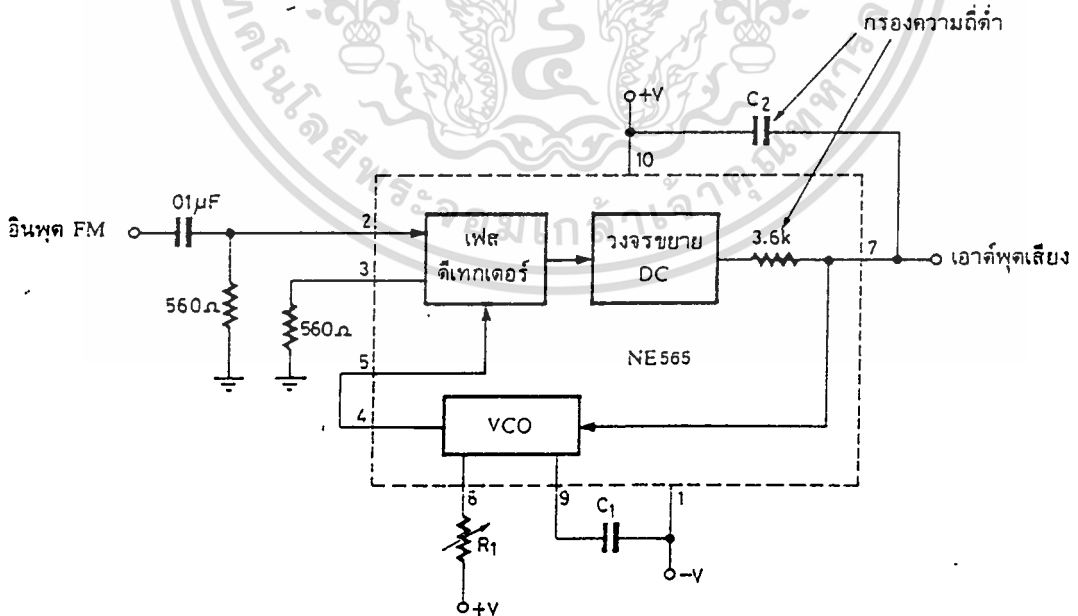
เราสามารถใช่วงจรเฟสล็อกคูล (Phase-Locked Loop หรือ PLL) มอดูเลชันสัญญาณ FM ได้ ดังรูปที่ 2.46 วงจร PLL มักเป็นไอซีซึ่งใช้งานสะดวก วงจร PLL ประกอบด้วยเฟสดีเทกเตอร์ ฟิลเตอร์ชนิดโลพาส ออสซิลเลเตอร์ที่ควบคุมความถี่ด้วยแรงดัน Voltage Controlled Oscillator หรือ VCO ซึ่งวงจรถอดคราเจอร์ดีเทกเตอร์จะเปรียบเทียบความถี่ของสัญญาณอินพุทกับสัญญาณจาก VCO ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นแรงดันที่ความถี่ของ VCO มีค่าคลาดเคลื่อนไปจากความถี่อินพุทเรียกว่า แรงดันคลาดเคลื่อน (Error Voltage) แรงดันนี้มีค่าเป็นสัดส่วนกับผลต่างของความถี่อินพุทกับ VCO แรงดันนี้จะนำไปกรองโดยฟิลเตอร์ชนิดโลพาสเพื่อกำจัดสัญญาณความถี่สูงๆ ที่ปะปนทิ้งไป ฟิลเตอร์ดังกล่าวนิยมเรียกว่า ลูปฟิลเตอร์จะเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติของวงจรถอดคราเจอร์ PLL เช่น ช่วงความถี่ที่ลูปจะล็อก รวมทั้งช่วงเวลาที่ลูปใช้ในการล็อกความถี่กับอินพุท

แรงดันคลาดเคลื่อนหลังจากกรองความถี่ด้วยโลพาสฟิลเตอร์แล้ว จะนำไปควบคุมความถี่ของ VCO ตัวอย่างเช่น เมื่อความถี่ของอินพุทมีค่าเปลี่ยนไปทางบวกสูงขึ้น แรงดันคลาดเคลื่อนจะเกิดเอาท์พุทของเฟสดีเทกเตอร์ แรงดันนี้จะถูกกรองและนำไปบังคับ VCO ให้ออสซิลเลตที่ความถี่สูงเพิ่มตามความถี่อินพุท เพื่อล็อกความถี่กับอินพุท เมื่อมีสัญญาณที่อินพุทป้อนมาเป็นสัญญาณ FM วงจรถอดคราเจอร์ดีเทกเตอร์จะพยายามเปลี่ยนค่าความถี่ตามการเบี่ยงเบนไปจากความถี่กลางของสัญญาณ FM ฉะนั้นค่าแรงดันที่คลาดเคลื่อนก็จะเป็นสัญญาณที่มอดูเลตหลังจากเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณอินพุทกับ VCO แล้ว

ตัวอย่างของไอซีซิกเนติกส์ เบอร์ NE565 ดังรูปที่ 2.47 ซึ่งเป็น PLL จะเห็นว่า R_1 C_1 เป็นตัวกำหนดช่วงความถี่ทำงานของ VCO โดย C_2 และตัวต้านทานภายใน $3.6\text{ k}\Omega$ จะต่อกันเป็นฟิลเตอร์ชนิดโลพาส ข้อแตกต่างของวงจรนี้กับแผนผังที่แสดงในรูปที่ 2.47 ก็คือภายในไอซีจะมีวงจรขยาย DC เพื่อขยายสัญญาณคลาดเคลื่อน (Error Signal) ให้มากขึ้นก่อนที่จะป้อนไปให้ฟิลเตอร์ ข้อดีของวงจร PLL ก็คือคุณภาพดี ราคาประหยัดใช้จำนวนอุปกรณ์น้อย นอกจากนี้ไม่ต้องใช้หม้อแปลงและคอยล์ จึงไม่จำเป็นต้องมีการปรับจูนแต่อย่างใด



รูปที่ 2.46 แผนผังของวงจรตีมอดชนิดเฟสล็อกกลุ๊ป



รูปที่ 2.47 เฟสล็อกกลุ๊ปใช้ IC

2.5 ไอซีหน่วยความจำ

ไอซีหน่วยความจำ RAM ย่อมาจาก Random Access Memory เป็นหน่วยความจำชนิดที่เขียนข้อมูลและอ่านข้อมูลออกมาได้อย่างอิสระ โดยแรมสามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ

1. ไคนามิกแรม แรมแบบไคนามิกเป็นแรมที่จะต้องมีการเขียนข้อมูลซ้ำอยู่ตลอดเวลา เพราะข้อมูลภายในจะเก็บได้ชั่วคราวเท่านั้น

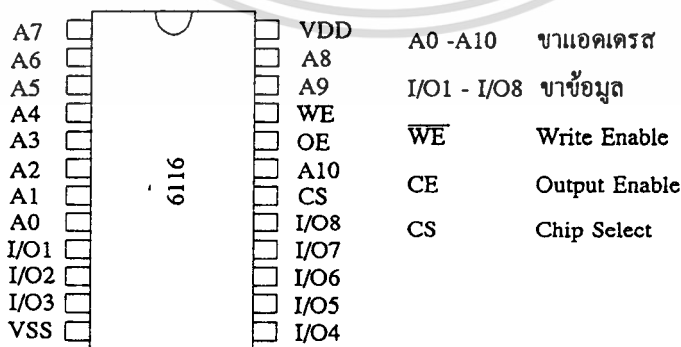
2. สแตติกแรม แรมแบบสแตติกเป็นแรมที่ไม่จำเป็นต้องเขียนข้อมูลซ้ำ ข้อมูลภายในจะเป็นข้อมูลที่ถาวรคงค่าอยู่ตลอดเวลาตราบใดที่ยังมีแหล่งจ่ายไฟอยู่

สำหรับ ROM นั้นย่อมาจาก Read Only Memory เป็นหน่วยความจำที่สามารถอ่านได้อย่างเดียวนั่นเอง เมื่อเขียนข้อมูลเข้าไปในรอมแล้ว ข้อมูลจะไม่สูญหายแม้จะหยุดจ่ายไฟเลี้ยงไอซีแล้วก็ตาม

สำหรับในปริิณญาณิพนธ์จะเลือกใช้งานเฉพาะอ่านข้อมูลที่เก็บไว้ภายในอย่างเดียว ดังนั้นในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง ไอซีแรมแบบสแตติกเท่านั้น

แรมเป็น ไอซีหน่วยความจำที่สามารถเก็บข้อมูลได้มากกว่าแลตซ์ วิธีการเก็บข้อมูลจะใช้ เซลหน่วยความจำซึ่งมีลักษณะคล้ายกับฟลิปฟลอป ไอซีแรมจะมีเซลหน่วยความจำอยู่ภายในเป็นจำนวนมาก

จากรูปไอซีแรมในรูปที่ 2.48 เป็นรูปที่แสดงโครงสร้างของไอซีแรมเบอร์ 6116 ซึ่งแรมตัวนี้สามารถเก็บข้อมูลได้ถึง $2048 \times 8 = 16384$ บิต สามารถเขียนข้อมูลเข้าไปหรืออ่านข้อมูลออกได้ 8 บิต พร้อมๆ กัน ข้อมูลภายในจึงเก็บเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 8 บิต ทั้งหมดจึงมีถึง 2048 กลุ่ม



รูปที่ 2.48 ขาของไอซีซีมอสแรมเบอร์ 6116

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำที่นิยมใช้นั้นมีวิธีที่ทราบถึงปริมาณข้อมูล คือ ไบต์ (Byte) 1 ไบต์ มีค่าเท่ากับ 8 บิต ดังนั้นไอซีแรมนี้จึงสามารถเก็บข้อมูลได้ 2048 ไบต์ นอกจากนั้นหน่วยนับในเลขฐานสองซึ่งเราเรียกว่า กิโล (Kilo) นั้น จะมีค่าไม่เท่ากับ 1000 ในเลขฐานสิบพอดี แต่จะมีค่าเท่ากับ $2^{10} = 1024$ ดังนั้น 1 กิโลไบต์จึงมี 1024 ไบต์หรือ 1024×8 เรามักเขียนย่อๆ ว่า 1 KB ด้วยเหตุนี้ไอซีชนิดนี้จึงเรียกว่า 2KB RAM บางครั้งอาจเคยได้ยินว่าไอซีตัวนี้เป็น 1KB RAM หรือ 1 K x 4 RAM เป็นต้น หน่วยที่เขียน 1 K ตัวแรกนี้หมายถึง 1024 กลุ่ม และ 4 ตัวหลัง หมายถึงกลุ่มละ 4 บิตนั่นเอง

ไอซีเบอร์ 6116 นี้ เป็นไอซีขนาด 24 ขา มีขนาดใหญ่กว่าไอซี 16 ขา หรือ ไอซี 14 ขา ทั่วไปที่เคยใช้กันมา ขาที่เป็นแหล่งจ่ายไฟคือขา Vcc และ GND ใช้กับแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ ขา A0 ถึง A10 รวมทั้งหมด 11 ขา เป็นขาแอดเดรส (Address) หมายถึง การกำหนดตำแหน่งที่อยู่ของกลุ่มหน่วยความจำ ไอซีเบอร์นี้มีกลุ่มหน่วยความจำทั้งหมด 2048 กลุ่ม กลุ่มหนึ่งมี 8 บิต แต่ละกลุ่มจะเรียงลำดับกันอยู่ภายใน การอ่านหรือเขียนข้อมูลกับกลุ่มหน่วยความจำใด จำเป็นที่จะต้องบอกเบอร์ของกลุ่มก่อน การบอกเบอร์ก็คือการบอกแอดเดรสกำหนดตำแหน่งที่อยู่ของกลุ่มหน่วยความจำ เช่น เรากำหนดแอดเดรสโดยให้สัญญาณที่ขา A0 ถึง A10 เป็น "00000001001" หมายถึง เรากำหนดเบอร์กลุ่มเป็นกลุ่มเบอร์ 9

ขา I/O 1 ถึง I/O 8 รวมทั้งหมด 8 ขา จะเป็นขาที่ใช้ในการป้อนข้อมูลที่จะเขียนและใช้อ่านข้อมูลจากกลุ่มหน่วยความจำภายใน การเขียนหรือการอ่านข้อมูลจะกระทำได้พร้อมๆ กันเป็นกลุ่มๆ กลุ่มละ 8 บิต เมื่อต้องการเขียนข้อมูลลงไปในกลุ่มหน่วยความจำ เริ่มแรกจะต้องให้แอดเดรสของกลุ่มหน่วยความจำนั้น ที่ขาแอดเดรส A0 ถึง A10 และป้อนข้อมูลเข้าที่ขา I/O 1 ถึง I/O 8 พร้อมๆ กันทั้ง 8 ขา ต่อไปต้องป้อน "0" เข้าที่ WE (Write Enable) ข้อมูลที่ขา I/O 1 ถึง I/O 8 ที่ป้อนไว้จะถูกส่งเข้าไปเก็บไว้ในหน่วยความจำ กลุ่มที่กำหนดด้วยแอดเดรสข้อมูลใหม่นี้ จะเขียนทับข้อมูลเดิมที่อาจเก็บไว้ก่อนการเขียนนี้

ถ้าหากต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ จะต้องป้อนแอดเดรสของหน่วยความจำเข้าที่ขา A0 ถึง A10 โดยให้ WE มีสถานะเป็น "1" และให้สถานะ "0" กับขา OE (Output Enable) ข้อมูลภายในกลุ่มหน่วยความจำที่ตรงกับแอดเดรสนั้น จะถูกอ่านแล้วส่งออกมาที่ขา I/O 1 ถึง I/O 8 เช่นกัน จะเห็นได้ว่าขา I/O 1 ถึง I/O 8 นี้ สามารถเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต ซึ่งจะทำให้ประหยัดในการเดินสายภายในวงจรได้ ขาข้อมูลนี้ยังมีคุณสมบัติที่พิเศษอีกอย่างหนึ่งคือสามารถอยู่ในสถานะลอยตัวได้ เป็นสถานะที่มีอิมพีแดนซ์สูงมาก เปรียบเสมือนไม่ต่อกับวงจรภายนอก

สภาวะนี้เรียกว่าสภาวะที่สาม หรือ ไตรสเทต (Tristate) แต่ถ้าหากว่าป้อน “1” ให้แก่ขา OE จะทำให้ขา I/O 1 ถึง I/O 8 อยู่ในสภาวะไตรสเทตนี้ (ขณะนั้น WE = “1”)

สภาวะไตรสเทตมีข้อดีที่สามารถนำมาใช้งานได้คือ สามารถที่จะต่อขาข้อมูลของไอซีแรมหลายๆ ตัวมารวมกันได้ การต่อขาร่วมกันในวงจรดิจิทัลจะทำได้โดย ถ้าขาของไอซีเหล่านั้นเป็นขาเอาต์พุตทั้งคู่ เพราะแต่ละฝ่ายจะส่งสัญญาณเอาต์พุตออกมาต่อกัน ถ้าฝ่ายหนึ่งส่ง “1” อีกฝ่ายส่ง “0” จะมีกระแสไหลจากอีกฝ่ายหนึ่งไปยังอีกฝ่ายหนึ่งอย่างมาก จะทำให้ไอซีเสียหายทันที แต่ถ้าเอาต์พุตอยู่ในสภาวะไตรสเทต ซึ่งเปรียบเสมือนกับการไม่ต่อเข้ากับวงจร จึงสามารถต่อวงจรนั้นรวมกันได้ โดยจะต้องควบคุมให้ขาของไอซีเพียงตัวเดียวเป็นเอาต์พุต ในขณะที่ขาของไอซีตัวอื่นเป็นไตรสเทต สำหรับ ไอซีแรมตัวนี้สามารถนำข้อมูลมาต่อหลายๆ ตัวได้

2.6 อะสแตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

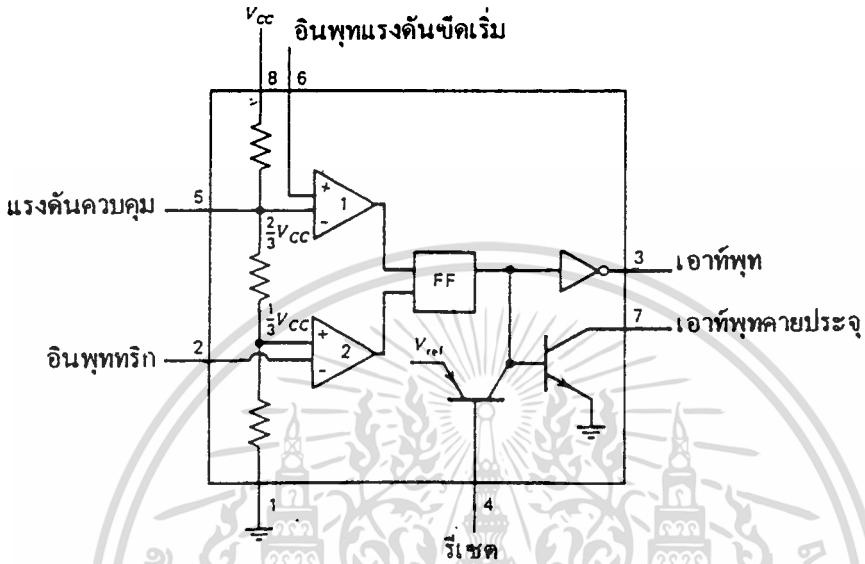
อะสแตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ เป็นวงจรสวิทช์ชนิดหนึ่งที่มีสถานะต่างกัน 2 สถานะ ซึ่งสถานะทั้งสองนี้เป็นสถานะไม่คงที่ นั่นคือวงจรจะเกิดการเปลี่ยนแปลงจากสถานะหนึ่งที่ไม่คงที่ไปสู่อีกสถานะหนึ่งที่ไม่คงที่เช่นกันตลอดเวลาหรืออาจกล่าวได้ว่า วงจรจะเกิดการออสซิลเลททำให้ได้สัญญาณรูปคลื่นที่เอาต์พุตเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่ต่อเนื่องกัน ตัวอย่างของการประยุกต์ใช้งานวงจรอะสแตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ได้แก่ เป็นตัวผลิตสัญญาณนาฬิกาให้แก่ระบบดิจิทัล

ไอซีที่นิยมนำมาใช้เป็นวงจรมัลติไวเบรเตอร์คือ ไอซีโทมเมอร์เบอร์ 555 เพราะสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานต่างๆ ได้มากมาย เนื่องจากสามารถจะต่อให้ทำงานเป็นวงจรมัลติไวเบรเตอร์ได้ทั้งแบบโมโนสแตเบิลและอะสแตเบิล ในตัวไอซีประกอบไปด้วย วงจรเปรียบเทียบแรงดัน 2 วงจรฟลิปฟล็อป วงจรอินเวอร์เตอร์และอุปกรณ์อื่นๆ ดังในรูปที่ 2.49 เป็นรูปที่แสดงวงจรภายในไอซีโทมเมอร์เบอร์ 555

สำหรับตัวถังของไอซีเบอร์ 555 ที่ผู้ผลิตได้ผลิตขึ้นมี 3 แบบ คือ แบบตัวถังโลหะ 8 ขา ตัวถังพลาสติกแบบคิ๊ป 8 ขา และแบบคิ๊ป 14 ขา แต่แบบแรกและแบบหลังไม่เป็นที่นิยมใช้งานกัน ดังนั้นจะกล่าวถึงไอซีที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันคือแบบคิ๊ป 8 ขา เท่านั้น

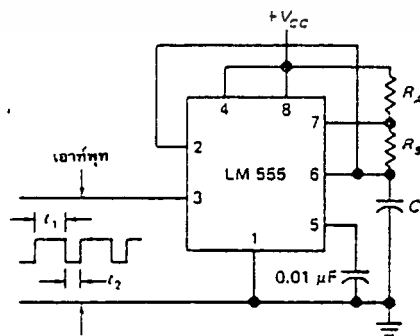
จากวงจรภายในจะเห็นว่าตัวต้านทาน $5\text{ k}\Omega$ 3 ตัวที่ต่ออนุกรมกันภายในไอซี จะถูกต่อเป็นวงจรแบ่งแรงดัน 2 ระดับ คือ $1/3V_{cc}$ และ $2/3V_{cc}$ (V_{cc} คือไฟเลี้ยงของไอซี เบอร์ 555 ซึ่งอาจมีค่าตั้งแต่ 4.5 V ถึง 18 V) เมื่อแรงดันขีดเริ่ม (Theshold Voltage) ที่ขา 6 มีค่าสูงกว่า $2/3V_{cc}$ วงจรเปรียบเทียบแรงดัน 1 จะทำการเซตฟลิปฟล็อป ดังนั้นเอาต์พุตที่ขา 3 จะมีสถานะเป็น “โลว์” รวมทั้งเอาต์พุตจะคายประจุที่ขา 7 จะลดลงเป็น “โลว์” ด้วย เมื่ออินพุตทริกเกอร์ที่ขา 2 มีค่าลดลง

ต่ำกว่า $1/3V_{CC}$ วงจรเปรียบเทียบกับแรงดัน 2 จะรีเซ็ตฟลิปฟล็อป ดังนั้นเอาต์พุตที่ขา 3 จะเป็นสถานะเป็น “ไฮ” และทรานซิสเตอร์ที่ขา 7 จะอยู่ในสภาวะเปิดวงจร



รูปที่ 2.49 วงจรภายในของไอซีไทม์เมอร์เบอร์ 555

ขา 5 เป็นขาควบคุมแรงดัน ใช้เปลี่ยนระดับแรงดันอินพุตของวงจรเปรียบเทียบกับแรงดัน 1 ตามปกติถ้าไม่ใช้ขา 5 ควรต่อกับตัวเก็บประจุค่า 0.01 ไมโครฟารัด เพื่อช่วยลดสัญญาณรบกวนความถี่สูงจากแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง อินพุตรีเซ็ตที่ขา 4 เมื่อมีสถานะเป็น “โลว์” จะขับเอาต์พุตให้คายประจุ (ขา 7) โดยทั่วไปถ้าระดับแรงดันที่ขา 4 ต่ำกว่า 0.4 V ไอซีจะไม่สามารถทำงานได้

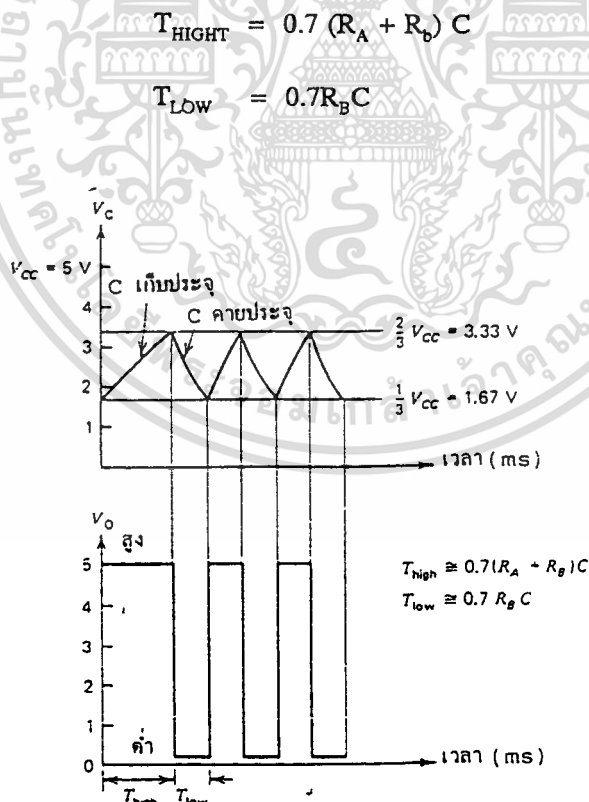


รูปที่ 2.50 การต่อไอซีเบอร์ 555 เป็นวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจระสเทเบิลมัลติไวเบรเตอร์สามารถออกแบบได้โดยใช้ไอซีเบอร์ 555 ตัวต้านทาน R_A , R_B และตัวเก็บประจุ C มาเป็นตัวกำหนดค่าเวลาในการเก็บและคายประจุของตัวเก็บประจุ เพื่อกำเนิดสัญญาณเอาต์พุตที่แกว่งอยู่ระหว่างระดับแรงดันเกือบ 0 V และ V_{CC} ซึ่งลักษณะของการต่อวงจรเพื่อใช้เป็นวงจระสเทเบิลมัลติไวเบรเตอร์เป็นดังรูปที่ 2.50

การทำงานของวงจรมีดังนี้ ตัวเก็บประจุ C จะเก็บประจุจนกระทั่งแรงดันตกคร่อมตัวมันเข้าใกล้ V_{CC} มากด้วยค่าเวลาคงตัวเท่ากับ $(R_A + R_B) \times C$ เมื่อแรงดันตกคร่อม ตัวเก็บประจุมีค่าถึงแรงดันขีดเริ่ม หรือ $2/3V_{CC}$ วงจรเปรียบเทียบกับแรงดัน 1 จะขับให้ฟลิปฟล็อปทำงานได้เอาต์พุตออกที่ขา 3 มีสถานะเป็น “โลว์” เป็นผลให้ตัวเก็บประจุ C คายประจุผ่าน R_B และทรานซิสเตอร์ที่ขา 7 ด้วยค่าเวลาคงตัว $R_B \times C$ จนกระทั่งแรงดันที่ตกคร่อมตัวมันลดลงถึง ค่า $1/3V_{CC}$ วงจรเปรียบเทียบกับแรงดัน 2 จะทำงานโดยรีเซตฟลิปฟล็อป ดังนั้นเอาต์พุตที่ขา 3 จึงมีสถานะเป็น “ไฮ” ทำให้ทรานซิสเตอร์ที่ขา 7 เอาต์พุตคายประจุ อยู่ในสภาวะเปิดวงจรและทำให้ตัวเก็บประจุเริ่มเก็บประจุอีกครั้งหนึ่ง เนื่องจากตัวเก็บประจุ C จะเก็บประจุผ่าน R_A และ R_B แต่จะคายประจุผ่าน R_B เพียงตัวเดียวเท่านั้น ดังรูปที่ 2.51 ช่วงกว้างของพัลส์เอาต์พุตจึงคำนวณได้จากสูตร



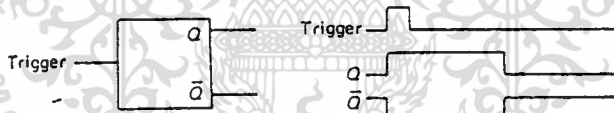
รูปที่ 2.51 รูปคลื่นแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุและรูปคลื่นเอาต์พุตที่ $V_{CC} = 5\text{ V}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ เป็นวงจรสวิทช์ชนิดหนึ่งที่มีสถานะที่คงที่สถานะเดียวและสถานะที่เสมือนจะคงที่อีกหนึ่งสถานะ (Quasi-stable State) การทำงานในสภาวะที่ปกติของโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ก็คือ มันจะทำการทริกให้วงจรเข้าสู่สถานะที่คงที่ แล้วจะคงอยู่ ณ สถานะนี้ชั่วระยะเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นวงจรก็จะสวิทช์สถานะกลับหรือเรียกว่า รีเจนเนอเรท (Regenerate) กลับไปสู่สถานะที่คงที่ ซึ่งจะคงอยู่ที่สถานะนี้จนกว่าได้รับทริกเกอร์พัลส์อินพุทเข้ามา จึงจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะอีกครั้งหนึ่ง ดังนั้นเนื่องจากว่ามีสถานะที่คงที่อยู่เพียงสถานะเดียว วงจรนี้จึงถูกเรียกว่าเป็นวงจรโมโนสเตเบิลตามคุณสมบัติของมันนั่นเอง

สัญลักษณ์ทางลอจิกของโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ บางครั้งอาจจะเรียกว่า One-shot ดังแสดงในรูปที่ 2.52 (ก) ขาอินพุทมีขาเดียวระบุไว้ว่าเป็นขาทริกเกอร์ ส่วนขาเอาต์พุทระบุไว้ว่าเป็นขา Q ตามปกติขาคอมพลีเมนต์ของ Q คือ \bar{Q} ก็แสดงอยู่ในสัญลักษณ์ด้วย สำหรับรูปคลื่นที่แสดงการปฏิบัติงานที่ถูกต้องของวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ดังรูปที่ 2.52 (ข) สถานะที่คงที่ของวงจรจะเกิดขึ้นเมื่อสถานะที่ Q เป็นโลว์



(ก) สัญลักษณ์ทางลอจิก

(ข) สัญญาณคลื่น

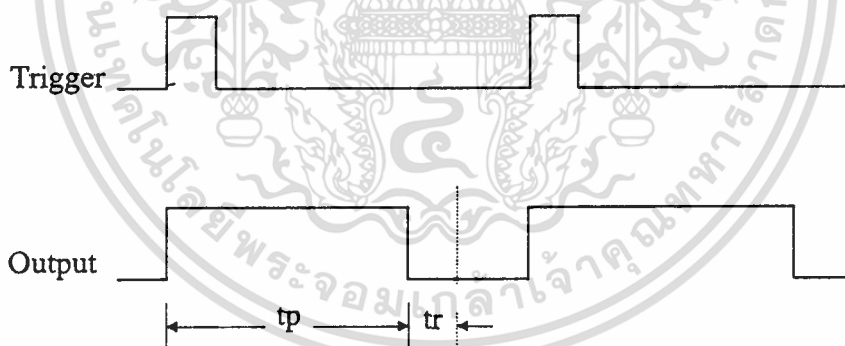
รูปที่ 2.52 โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

เมื่อมีทริกเกอร์พัลส์ป้อนเข้ามาที่อินพุทของโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ จะเปลี่ยนสถานะตัวเองไปอยู่ในสถานะควาซีสเตเบิล (Q มีสถานะเป็นโลว์) ความกว้างของเอาต์พุทพัลส์ที่ขา Q โดยปกติกำหนดได้ด้วยตัวไทม์มิงคาปาซิเตอร์และตัวต้านทานไทม์มิง (ค่าคงที่เวลา : RC) ที่ต่ออยู่กับโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

ในสภาวะของการปฏิบัติงานที่อาจจะตั้งคำถามขึ้นมาว่า ถ้าสมมติว่าทริกเกอร์พัลส์นั้นถูกป้อนเข้ามาที่อินพุท ในขณะที่โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ยังอยู่ในสถานะควาซีสเตเบิลแล้วจะเกิดอะไรขึ้น ซึ่งคำตอบที่สามารถอธิบายได้แบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

1. ถ้าโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์เป็นชนิดที่สามารถถูกทริกซ้ำได้ (Retriggerable Type) ในกรณีนี้ช่วงเวลาพัลส์ t_p จะเริ่มต้นใหม่ทุกๆ ครั้งที่มัลติไวเบรเตอร์พัลส์ป้อนเข้ามา ดังนั้นถ้าหากว่ามีทริกเกอร์พัลส์อินพุตป้อนเข้ามาทางอินพุตอย่างน้อย 2 ลูก ในทุกๆ ช่วงของเวลาหรือคาบเวลา t_p โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ก็จะสามารถถูกทริกอย่างต่อเนื่องให้เข้าสู่สถานะควอไซสเตเบิลได้เสมอ (Q ยังคงมีสถานะเป็นไฮ)

2. ถ้าโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์เป็นชนิดที่ไม่สามารถถูกทริกซ้ำได้ (Nonretriggerable Type) ในกรณีนี้ช่วงเวลาพัลส์ t_p จะเริ่มต้นเมื่อมีทริกเกอร์พัลส์ลูกแรกป้อนเข้ามาทางอินพุตเท่านั้น และเอาต์พุตจะมีสถานะเป็น “ไฮ” โดยไม่คำนึงถึงว่าจะมีอินพุตพัลส์ถูกป้อนเข้ามาหรือไม่ และมีสถานะคงที่เนื่องด้วยช่วงเวลา t_p Sec จนกระทั่งสถานะที่เอาต์พุตเกิดเปลี่ยนสถานะไปเป็น “โลว์” โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์จึงจะสามารถถูกทริกอีกครั้งหนึ่ง หลังจากช่วงเวลาสั้นๆ จะซึ่งเรียกว่า รีคอร์เวอรี่ไทม์ (Recovery Time) t_r ซึ่งจะแสดงไว้ในรูปที่ 2.53 ดังนั้นจึงสามารถที่จะสรุปได้ว่า โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดถูกทริกซ้ำไม่ได้ จะถูกทริกใหม่อีกครั้งในแต่ละช่วงเวลา $t_p + t_r$ เท่านั้น แม้ว่าจะมีทริกเกอร์พัลส์ถูกป้อนเข้ามาในช่วงเวลาดังกล่าว ก็จะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสถานะแต่อย่างใด

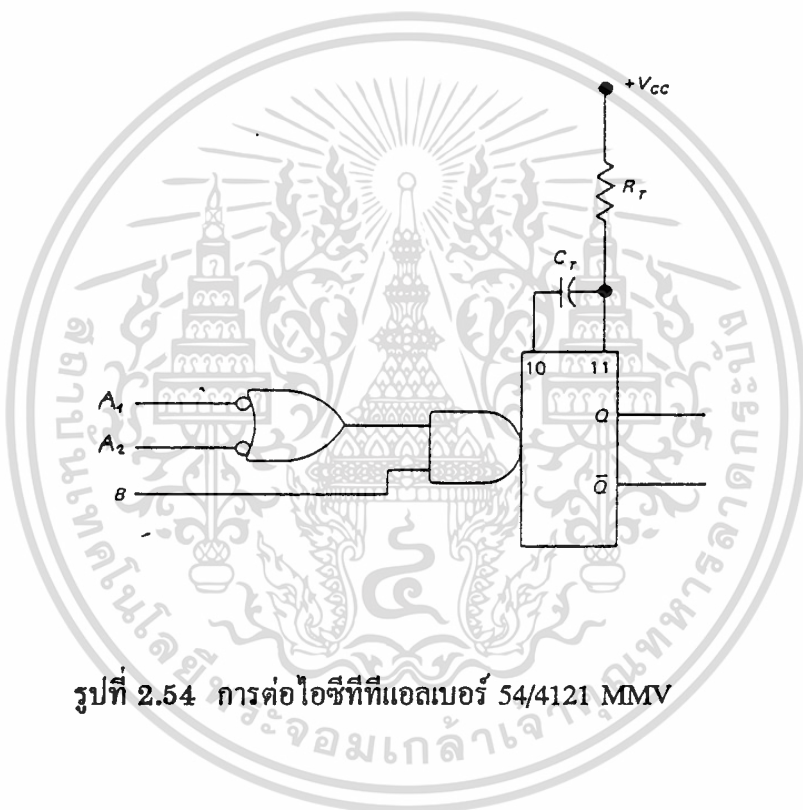


รูปที่ 2.53 ช่วงเวลารีคอร์เวอรี่ไทม์ (Recovery Time)

คุณสมบัติของช่วงเวลารีคอร์เวอรี่ไทม์ นั้น จะต้องนำมาพิจารณาประกอบด้วยเสมอในการกำหนดค่าควิตซ์ไคเกิลสูงสุด ควิตซ์ไคเกิลคือ อัตราส่วนระหว่าง t_p กับเวลาทั้งหมดระหว่างอินพุตทริกเกอร์พัลส์ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าควิตซ์ไคเกิลสูงสุดมีค่าเท่ากับ $t_p / (t_p + t_r)$ ตัวอย่างเช่น ถ้าโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์กำหนดความกว้างของพัลส์ที่ $t_p = 2$ msec และ $t_r = 0.1$ msec จะได้

ค่าควิตซ์ไซเคิลมีค่าที่สูงสุดเท่ากับ $2/(2+0.1) = 0.95$ ซึ่งสามารถแปลงไปเป็นเปอร์เซ็นต์ได้โดยคูณด้วย 100 นั่นคือ $0.95 \times 100 = 95 \%$

วงจรลอจิกของไอซีทีทีแอล 54/7421 เป็นโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ดังรูปที่ 2.54 ตัวต้านทาน R_T และคาปาซิเตอร์ C_T ต่อเข้ากับขา 10 และ 11 ตามลำดับดังรูป ค่าของอุปกรณ์ที่ใช้จะต้องเลือกให้เหมาะสมกับค่าเอาต์พุตที่ต้องการ นั่นคือความกว้างของเอาต์พุตพัลส์ที่ขา Q ตามความสัมพันธ์ของสมการ $t_p \approx R_T C_T \ln 2 = 0.69 R_T C_T$ ตัวอย่างเช่น $C_T = 1 \text{ F}$ และ $R_T = 1 \text{ k}\Omega$ สามารถคำนวณหาค่าความกว้างของพัลส์ที่เอาต์พุตได้คือ $t_p = 0.69 \times 10^4 \times 10^{-6} = 6.9 \text{ msec}$



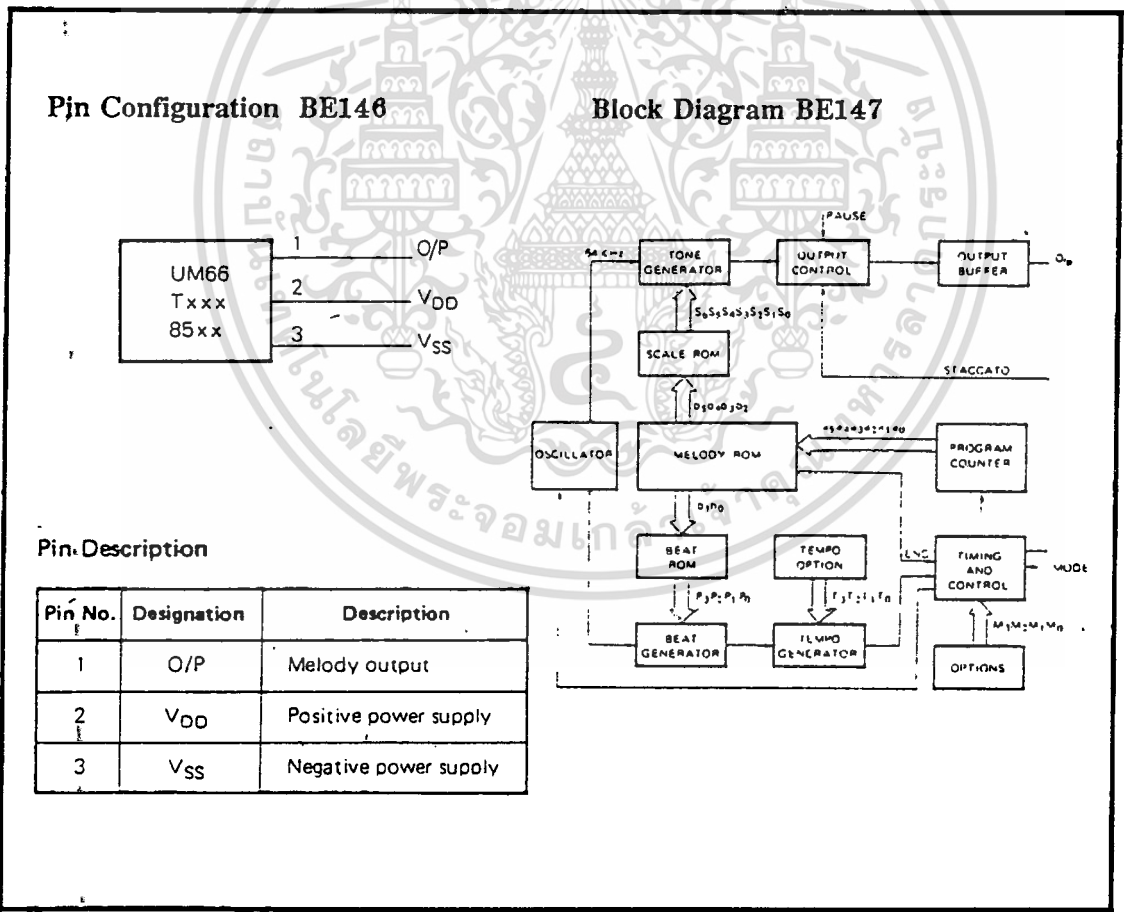
รูปที่ 2.54 การต่อไอซีทีทีแอลเบอร์ 54/4121 MMV

2.8 ไอซีกำเนิดเสียงเพลงเบอร์ UM 68T

ไอซีกำเนิดเสียงเพลงเบอร์ UM 68T เป็นไอซีที่ใช้สร้างวงจรถัดกำเนิดตัวโน้ตดนตรีต่างๆ โดยอาศัยรูปแบบของหน่วยความจำคงที่ประดิษฐ์ไปตัวโน้ตทางดนตรีจำนวน 64 ตัวโน้ต ที่บันทึกเอาไว้ในหน่วยความจำที่เรียกว่า “รอม” เป็นวงจรถัดที่กินกระแสต่ำมากโดยแรงดันที่จะทำให้วงจรมีสามารถทำงานได้ตั้งแต่ 1.3 ถึง 3.3 โวลต์ สามารถขับลำโพงแบบไดนามิกให้มีเสียงออกได้โดยการใช้ทรานซิสเตอร์ชนิดเอ็นพีเอ็นต่อเป็นวงจรถัดภายนอกไอซี วงจรถัดความถี่จะขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานภายใน สามารถเลือกได้ว่าจะให้บรรเลงเพียงครั้งเดียวหรือบรรเลงวนเรื่อยไป

เมื่อวงจรเป็นลักษณะของเพาเวอร์ออร์นรีเซ็ท วงจรจะเริ่มทำงานโดยการบรรเลงโน้ตเพลงเริ่มตั้งแต่โน้ตตัวแรก สามารถขับสัญญาณเสียงดนตรีออกมาโฟงเพียงโซ่ได้โดยตรง

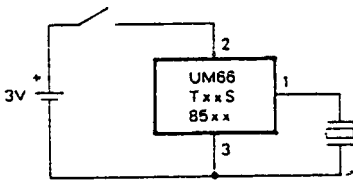
ไอซีอนุกรม UM 66T เป็นไอซีแบบซิมอสแอลเอสไอ (CMOS LSI) ที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้เป็นวงจรถึงเสียงกริ่ง (Door Bell) สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานโทรศัพท์ ตู้กดฯ หรืออื่นๆ ได้ ภายในประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญก็คือชิ้นส่วนของ “รอม” อันเป็นหน่วยความจำที่ถูกบันทึกเอาไว้คงที่ ไอซีเสียงเพลงนี้กินกระแสน้อยมากเพราะใช้การผลิตด้วยเทคโนโลยีของซิมอส วงจรออสซิลเลเตอร์และวงจรโหมดซีเล็กเตอร์ซึ่งเป็นวงจรภายในตัวไอซีจะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ให้กำเนิดเสียงในแบบต่างๆ ขึ้น โดยวงจรนี้จะมีอุปกรณ์ที่ต่ออยู่ภายนอกน้อยตัวมาก เป็นชิพบรรจุในตัวถังพลาสติกมีขาใช้งาน 3 ขา คือขา 1 เป็นขามโอดีเอาท์พุทเป็นขาที่นำเอาสัญญาณเสียงออกไปใช้งาน ขา 2 เป็นขาจ่ายไฟและอีกขาเป็นขากราวด์



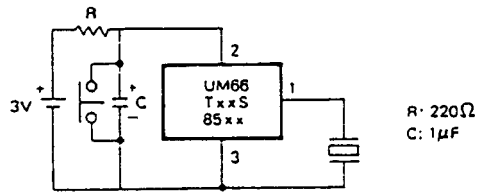
รูปที่ 2.55 ตำแหน่งขาและบล็อกโคอะแกรมภายในไอซีเบอร์ UM 66T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรที่ 1

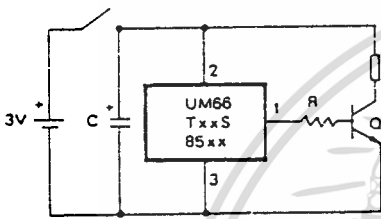


วงจรที่ 2



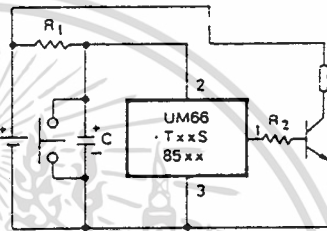
R: 220Ω
C: 1μF

วงจรที่ 3



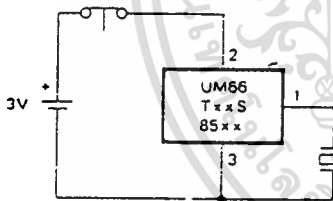
R: 4.7KΩ
Q₁: 2SC9013
C: 1μF

วงจรที่ 4

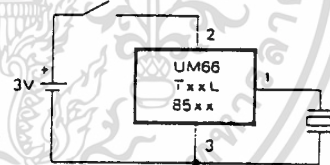


R₁: 220Ω
R₂: 4.7KΩ
Q₁: 2SC9013
C: 1μF

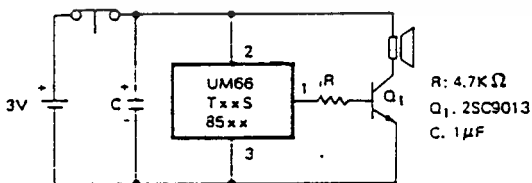
วงจรที่ 5



วงจรที่ 6

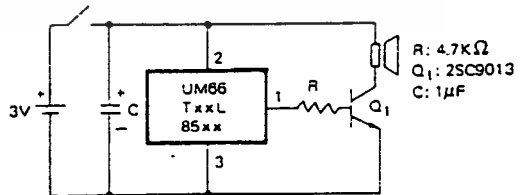


วงจรที่ 7



R: 4.7KΩ
Q₁: 2SC9013
C: 1μF

วงจรที่ 8



R: 4.7KΩ
Q₁: 2SC9013
C: 1μF

รูปที่ 2.56 การต่อใช้งานไอซีเบอร์ UM 66T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติทางไฟฟ้า

ไฟเลี้ยงวงจร (V_{DD}) 1.3 ถึง 3.3 โวลต์ อัตรากินกระแสในกรณีที่สแตนด์บาย (I_S) จะมีค่าไม่เกิน 1 ไมโครแอมป์ โดยคิดที่ไฟเลี้ยงของวงจรเท่ากับ 1.5 โวลต์ และเป็นวงจรเปิด ซึ่งมีอัตรากินกระแสในกรณีใช้งาน (I_D) ไม่เกิน 60 ไมโครแอมป์ โดยจะคิดที่ไฟเลี้ยงของวงจรมีค่าเท่ากับ 1.5 โวลต์ และเป็นวงจรเปิดที่มีเสถียรภาพของความถี่ 12 % อุณหภูมิขณะทำงาน (T_{opt}) อยู่ในช่วง -10 ถึง 60 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสะสม (T_{stg}) -55 ถึง 125 องศาเซลเซียส

วงจรใช้งาน

1. วงจรกำเนิดโน้ตดนตรีแบบบรรเลงทีวเดียว (One Short) สำหรับขับเพียโซโซ
2. วงจรกำเนิดโน้ตดนตรีแบบบรรเลงทีวเดียว (One Short) สำหรับขับลำโพง
3. วงจรกำเนิดโน้ตดนตรีแบบบรรเลงทีวเดียว (One Short) สำหรับขับเพียโซโซในกรณีใช้สวิตช์แบบปกติปิด (NC Switch)
4. วงจรกำเนิดโน้ตดนตรีแบบบรรเลงทีวเดียว (One Short) สำหรับขับลำโพงในกรณีใช้สวิตช์ปกติปิด (NC Switch)
5. วงจรกำเนิดโน้ตดนตรีแบบบรรเลงทีวเดียว (One Short) สำหรับขับเพียโซโซในกรณีใช้สวิตช์ปกติเปิด (NO Switch)
6. วงจรกำเนิดโน้ตดนตรีแบบบรรเลงทีวเดียว (One Short) สำหรับขับลำโพงในกรณีใช้สวิตช์ปกติเปิด (NO Switch)
7. วงจรกำเนิดโน้ตดนตรีแบบบรรเลงวน (Level Hold) สำหรับขับเพียโซโซ
8. วงจรกำเนิดโน้ตดนตรีแบบบรรเลงวน (Level Hold) สำหรับขับลำโพง

การทำงานของไอซี

วงจรรอสซิลเลเตอร์เป็นหน่วยเวลาหลักสำหรับการผลิตสัญญาณเสียงดนตรีที่เราเรียกว่า วงจรโทมเบส (Time Base) อีกทั้งยังเป็นตัวกำเนิดสัญญาณที่ใช้ในการบีทจังหวะอีกโสดหนึ่งด้วย วงจรโทมเบสจะรับความถี่จากวงจรรอสซิลเลเตอร์ ซึ่งจะมีค่าความถี่ 64 KHz เข้าสู่การหารความถี่ การหารความถี่จะหารด้วยตัวเลขคู่ จาก 64 ถึง 254 ซึ่งสำเนียงเสียงดนตรีทั้งหมดมี 14 แบบ หรือ 14 สเกล ทั้งหมดนี้จะสามารถเลือกได้จากรหัส "พัสโค้ด" (Pause Code) และรหัส "เอนด์โค้ด" (End Code) โทมเบสจะหารความถี่ต่างๆ ออกมา เพื่อบรรเลงเป็นเพลงตัวโน้ตต่างๆ ในช่วงของสเกลที่เริ่มต้นจาก C4 ถึง C6 และช่วงของความถี่ที่เปลี่ยนแปลงตั้งแต่

258 Hz ถึง 32,768 Hz วงจรบีทเจนเนอเรเตอร์ เป็นการสร้างจังหวะตัวโน้ตแบบต่างๆ ซึ่งในเรื่องของเสียงดนตรีนั้นจะมีตัวโน้ตหลายตัวเช่น โน้ตตัวกลม โน้ตตัวขาว โน้ตตัวดำ โน้ตเข็บบึ่งหนึ่งชั้น และเข็บบึ่งสองชั้น ดังนั้นในการออกแบบวงจรจึงได้มีการออกแบบเพื่อให้เกิดการบีทขึ้น 15 แบบ คือ $1/4$, $1/2$, $3/4$, 1 , $1-1/2$, $1-3/4$, 2 , $2-1/4$, $2-4/2$, $2-3/4$, 3 , $3-1/4$, $3-1/2$ และ $3-3/4$ อัตราที่ว่าเป็นคิดเทียบจากตัวโน้ตตัวดำ หรือคิดเทียบจากค่ามาตรฐาน 1 จังหวะของห้องเพลง วงจรเมโลดี้รอม เป็นวงจรแบบมาสค์รอม (Mask Rom) ซึ่งสามารถเก็บหน่วยความจำได้ 64 ตัวโน้ต สำหรับข้อมูลทั้งหมดรวม 6 บิท โดยจะมีข้อมูลอีก 4 บิทใช้สำหรับเป็นตัวควบคุมสเกลของตัวโน้ตและข้อมูลอีก 2 บิทสำหรับควบคุมจังหวะเพลง เทมโป้เจนเนอเรเตอร์ ประกอบด้วยจังหวะสำหรับเพลงมี 15 จังหวะ เพลงในที่นี่จะทำหน้าที่เสมือนเครื่องเคาะจังหวะ สำหรับเพลงช้าหรือเพลงเร็ว ดังนั้นสำหรับไอซีเบอร์ UM66T นี้ หากคิดค่าจังหวะเวลาออกมาโดยการเอาโน้ตตัวดำเทียบเวลาเป็นนาที จะได้ 15 จังหวะดังนี้ 125, 137, 148, 160, 175, 192, 213, 240, 274, 320, 384, 480, 640, 960 และ 1920

การประยุกต์ใช้งานและแนวทางการตรวจซ่อมเบื้องต้น

เนื่องจากไอซีตัวนี้เป็นชิพที่มีขาเพียง 3 ขา ดังนั้นการตรวจซ่อมจึงง่ายมากโดยเริ่มจากการวัดไฟที่ขา 2 หรือขากลางว่ามีไฟเลี้ยงมาวงจรหรือไม่ ซึ่งไฟตรงจุดนี้จะมีค่าตั้งแต่ 1.3 โวลต์ ไปจนถึง 3.3 โวลต์ ขา 3 ต่อกับกราวด์หรือไฟลบแล้วจึงใช้หูฟังคริสตอลหรือลำโพงเพียโซ เซ็ค เสียงจากขา 1 ว่ามีหรือไม่ การเอาไปประยุกต์ใช้ เราสามารถกระทำได้หลายแบบอย่างเช่นเอาไปใช้ในวงจรโฮลด์สายโทรศัพท์เพื่อให้เกิดเสียงเพลงต่างๆ ขึ้นมา โดยเราอาจจะใช้ซ็อกเก็ตเสียบไว้ก่อนแล้วเปลี่ยนเพลงของการโฮลด์สายตามเทศกาลหรือตามความชอบ ซึ่งก็เป็นแนวทางหนึ่งในการประยุกต์ใช้ อย่างเช่น เนื่องในเทศกาลคริสต์มาสเราอาจจะใช้ไอซีเบอร์ UM66T01 ซึ่งเป็นเพลงที่ใช้เนื่องในเทศกาลคริสต์มาสหรือเนื่องในโอกาสวันเกิดหรือครบรอบการก่อตั้งบริษัทเราอาจจะเลือกเพลง “แฮปปี้เบิร์ทเดย์” ด้วยเบอร์ UM66T08 ก็ได้

ข้อมูลเพื่อการเลือกเพลง

ข้อมูลในการเลือกเพลงจะตามท้ายเบอร์ UM66T โดยตัวตาม 2 ตัวแรก ซึ่งเป็นตัวเลขที่บอกถึงชื่อเพลง ส่วนตัวตามท้ายตัวที่ 3 จะเขียนตัว S หรือ L หากเป็นตัว S ไว้หมายถึง ตัวย่อของคำว่าวันช็อตโหมด (One Shot Mode) อันหมายถึงเพลงที่บรรเลงเพียงเที่ยวเดียวแล้วจะหยุดบรรเลง ถ้าหากลงท้ายด้วยตัว L หมายถึงคำย่อของเลเวลโฮลด์ โหมด (Level Hold Moe) หมายถึงเพลงๆ นั้น เมื่อจบเที่ยวหรือจบเพลงแล้วยังคงบรรเลงวนต่อไปเรื่อยๆ โดยเพลงต่างๆ ทั้ง 14 เพลง หรือ 14 สเกลได้แสดงไว้ในตารางต่อไปนี้

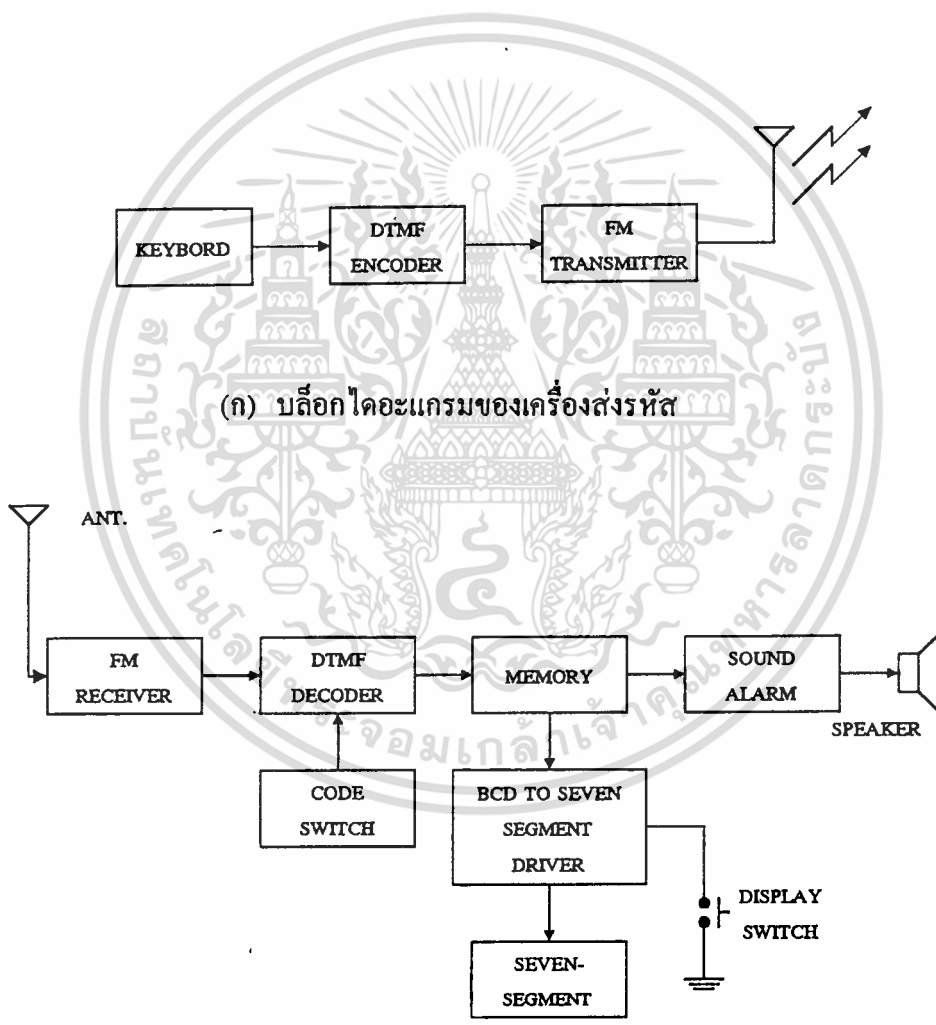
Song Series List	
UM66T01 L/S	Jingle Bells + Santa Claus is Coming To Town + We Wish You a Merry X'mas
UM66T02 L/S	Jingle Bells
UM66T04 L/S	Jingle Bells + Rudolph the Rednosed Reindeer + Joy to the World
UM66T05 L/S	Home Sweet Home
UM66T06 L/S	Let Me Call You Sweetheart
UM66T08 L/S	Happy Birthday to You
UM66T09 L/S	Wedding March (Mendelssohn)
UM66T11 L/S	Love Me Tender, Love Me True
UM66T13 L/S	Easter Parade
UM66T19 L/S	For Elise
UM66T32 L/S	Coo Coo Waltz
UM66T33 L/S	Mary Had a Little Lamb
UM66T34 L/S	The Train is Running Fast
UM66T68 L/S	It's a small world

ตารางที่ 2.2 การเลือกใช้งานไอซีเบอร์ UM 66T

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้าง

สำหรับการออกแบบวิทยุติดตามตัวที่แสดงผลเป็นตัวเลขแบบดิจิทัลในย่าน VHF นั้น มีปัญหาที่ยากมากมาย โดยเฉพาะในส่วนของ การออกแบบและสร้างเครื่องรับ ดังนั้นการสร้างและการลงอุปกรณ์จึงใช้แผ่นพิมพ์ลายวงจรเนกประสงค์สำหรับบางภาคเพื่อความสะดวกในการแก้ไขปรับปรุงและพัฒนาวงจรในบางส่วนให้ใช้งานได้มีประสิทธิภาพ



(ก) บล็อกไดอะแกรมของเครื่องส่งรหัส

(ข) บล็อกไดอะแกรมเครื่องรับวิทยุติดตามตัว

รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบวิทยุติดตามตัวในย่าน VHF

3.1 ระบบการทำงานของวิทยุติดตามตัวที่แสดงผลเป็นตัวเลขแบบดิจิตอล

การทำงานของวิทยุติดตามตัวที่แสดงผลเป็นตัวเลขแบบดิจิตอลทั้งระบบ ดูได้จากรูปที่ 3.1 เป็นบล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานทั้งระบบของวิทยุติดตามตัวที่ได้ออกแบบไว้ โดยสามารถแบ่งส่วนในการทำงานออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ คือ

1. ส่วนของเครื่องส่งรหัส
2. ส่วนของเครื่องรับวิทยุติดตามตัว

3.2 การทำงานของเครื่องส่งรหัส

ระบบการทำงานของเครื่องส่งรหัส สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ ได้ คือ

1. ส่วนของการเข้ารหัส
2. ส่วนของการส่งออกอากาศ

สำหรับในปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ ไม่ได้ทำการออกแบบในส่วนของเครื่องส่งไว้ เนื่องจากวิทยุรับส่งบางรุ่นมีภาคเข้ารหัส DTMF อยู่แล้ว จึงสามารถนำเอาวิทยุรับส่งมาใช้เป็นเครื่องส่งรหัสนี้ได้ทันที ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องสร้างในส่วนของเครื่องส่งรหัส

3.3 การทำงานของเครื่องรับวิทยุติดตามตัว

จากบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 3.1 เป็นรูปที่แสดงถึงระบบการทำงานพื้นฐานของเครื่องรับวิทยุติดตามตัวระบบดิจิตอลในย่านวีเอชเอฟ มีภาคที่เป็นส่วนประกอบสำคัญอยู่ 5 ภาค ดังนี้

1. ภาครับวิทยุ FM (FM Receiver)
2. ภาคถอดรหัส DTMF (DTMF Decoder)
3. ภาคเปรียบเทียบรหัส (Code Comparator)
4. ภาคเก็บข้อมูล (Memory)
5. ภาคเตือนด้วยเสียง (Sound Alarm)
6. ภาคแสดงผลเป็นตัวเลขแบบดิจิตอล (Digital Display)

3.3.1 ภาครับวิทยุ FM

ภาครับวิทยุ FM เป็นภาคแรกหรือเป็นภาคส่วนหน้าของวิทยุติดตามตัว ทำหน้าที่รับสัญญาณ DTMF ที่ส่งมาทางอากาศกับความถี่พาหะในย่าน VHF ความถี่ 146 MHz แล้วทำการกำจัดพาหะออกจนได้เอาท์พุทเฉพาะสัญญาณรหัส DTMF เพียงอย่างเดียว

3.3.2 ภาคถอดรหัส DTMF

ภาคถอดรหัส DTMF เป็นภาคที่ทำหน้าที่ในการถอดรหัส DTMF ที่รับมาจากเอาท์พุทของภาครับวิทยุ FM มาถอดรหัสจากความถี่ DTMF ให้เป็นเลขไบนารีฐานสอง มีขนาด 4 บิต และสัญญาณสโตป เพื่อใช้ในการซิงค์ในภาคอื่นๆ ต่อไป

3.3.3 ภาคเปรียบเทียบรหัส

หลังจากที่ทำการเปลี่ยนจากความถี่มาตรฐาน DTMF ให้เป็นรหัส BCD จำนวน 4 บิตแล้ว ภาคเปรียบเทียบรหัส ก็จะรับรหัส BCD จำนวน 4 บิต นำมาเปรียบเทียบกับรหัสของเครื่องรับที่ตั้งเอาไว้ด้วยคิปสวิทช์ โดยจะมีรหัสประจำในแต่ละหลัก ซึ่งวิทยุติดตามตัวแต่ละเครื่องนั้น จะมีหมายเลขที่ใช้ในการเปิดเครื่องที่ไม่เหมือนกัน ถ้าหากว่ารหัสที่ส่งมาเปิดเครื่องนั้น ตรงกับค่ารหัสที่ตั้งไว้ ภาคเปรียบเทียบรหัสก็จะทำการส่งการให้ภาคอื่นๆ ทำงานต่อไป โดยใช้สัญญาณที่เกิดขึ้นเมื่อทำการเปรียบเทียบรหัสแล้วถูกต้อง เรียกว่า “พัลส์โค้ด” ถ้ารหัสที่ส่งมาไม่ตรงกับรหัสของเครื่องที่ตั้งไว้ เครื่องรับก็จะไม่แสดงผลและไม่รับข้อมูลที่ส่งมา

3.3.4 ภาคเก็บข้อมูล

ภาคเก็บข้อมูลทำหน้าที่เก็บข้อมูลขนาด 4 บิต ที่ได้จากภาคถอดรหัส DTMF โดยมีสัญญาณพัลส์โค้ด มาทำการควบคุมให้มีการเก็บข้อมูลที่ตัวไอซีหน่วยความจำ โดยสามารถเก็บข้อมูลเป็นรหัส BCD เลขฐานสองขนาด 4 บิต ได้ทั้งหมดจำนวน 7 ตำแหน่ง หรือ 7 หลัก ซึ่งเพียงพอต่อการเก็บหมายเลขโทรศัพท์ได้

3.3.5 ภาคเตือนด้วยเสียง

ทำหน้าที่ในการส่งเสียงเตือนหลังจากที่ได้ทำการเก็บข้อมูลครบทั้ง 7 หมายเลขแล้ว โดยเสียงเตือนนี้จะเป็นเสียงดนตรีที่ตั้งอยู่ช่วงเวลาหนึ่งแล้วจะดับไปเองเพื่อเตือนให้ผู้ใช้ทราบว่าขณะนี้ ได้มีข้อมูลข่าวสารส่งมายังวิทยุติดตามตัวแล้ว

3.3.6 ภาคแสดงผลเป็นตัวเลขแบบดิจิทัล

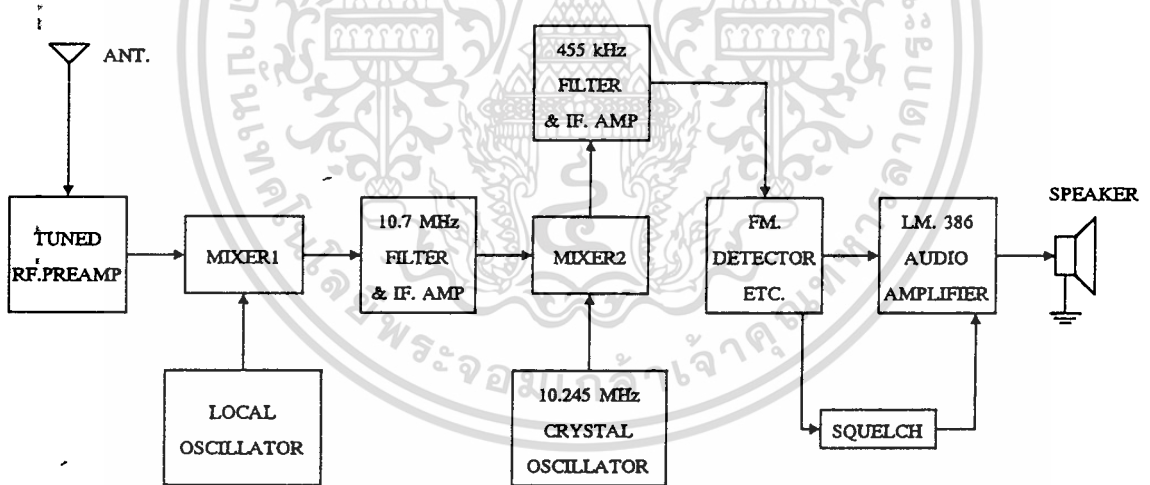
ทำหน้าที่แสดงหมายเลขทั้ง 7 หลัก หลังจากที่ได้ทำการเก็บข้อมูลลงในไอซีเก็บข้อมูลแล้ว ทำการแสดงผลออกมาทางแอลอีดี 7 ส่วน

3.4 การออกแบบวิทยุติดตามตัวย่าน VHF

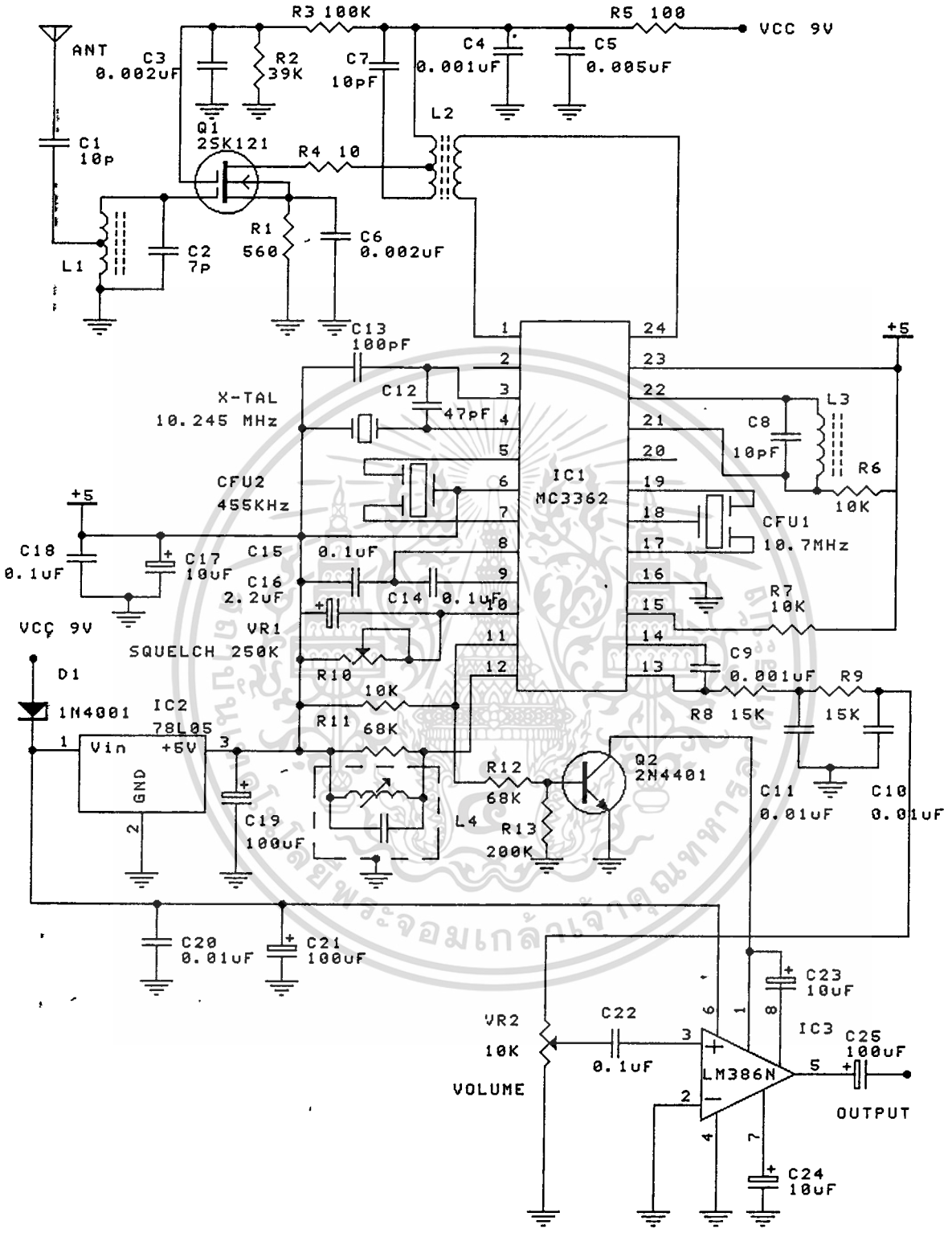
ในการออกแบบส่วนต่างๆ ของวิทยุติดตามตัวนั้น มีส่วนที่ต้องดัดแปลงแก้ไขหลายครั้ง ดังนั้นจึงได้ลงอุปกรณ์ต่างๆ บนแผ่นพิมพ์ลายวงจรเนกประสงค์ เพื่อความสะดวกในการแก้ไขปรับปรุง และและพัฒนางจร โดยจะกล่าวถึงวงจรที่ใช้ในภาคต่างๆ ทั้ง 6 ภาคดังนี้

3.4.1 การออกแบบวงจรในภาครับวิทยุ FM

เป็นการออกแบบเครื่องรับวิทยุ ระบบ FM ที่ใช้งานอยู่ในย่านความถี่ 144-146 MHz ซึ่งมีบล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของเครื่องรับวิทยุ ระบบ FM ดังรูปที่ 3.2



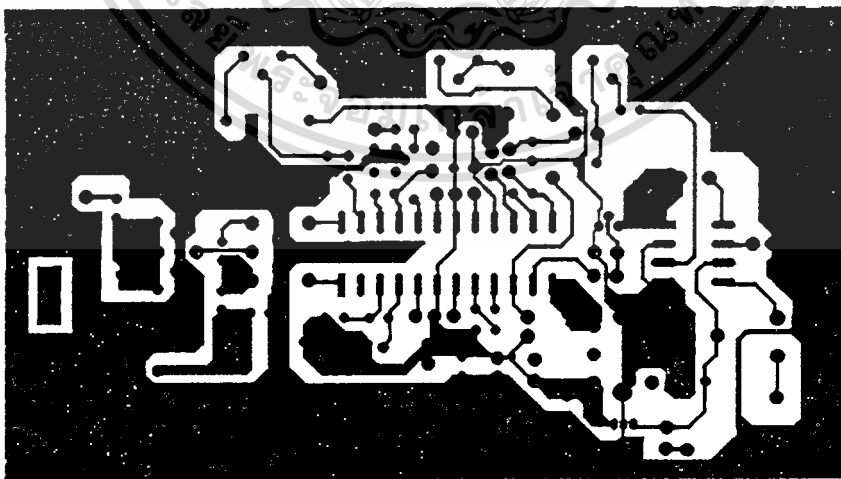
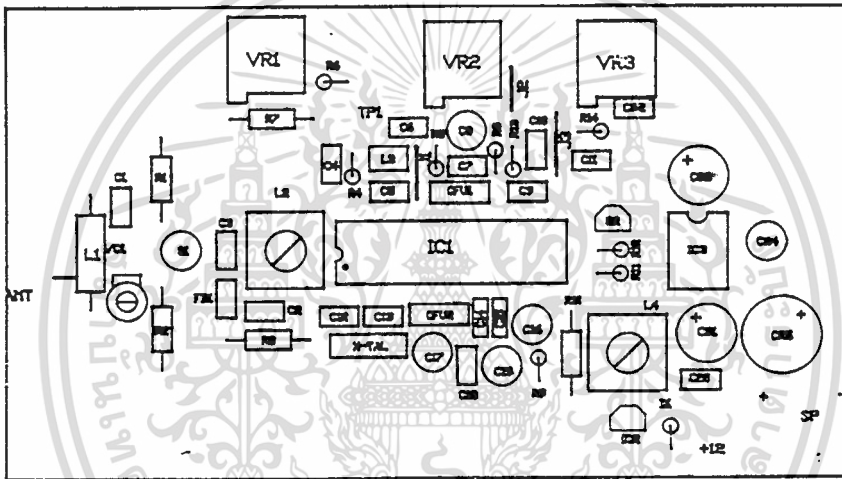
รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของเครื่องรับวิทยุ ระบบ FM



รูปที่ 3.3 วงจรภาครับวิทยุเอฟเอ็มย่านวีเอชเอฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจรมันจะเริ่มจากภาคขยายความถี่วิทยุ หรือฟรอนต์เอนด์โดยใช้เฟตเตอร์ 2SK121 เนื่องจากมีการขยายสัญญาณต่ำๆ ได้ดีและยังมีสัญญาณรบกวนต่ำ โดยมีวงจรมอดูเลเตอร์ที่ L_1 และ C_2 ค่า 7 pF สัญญาณจะถูกคัปปลิ่งโดยวงจรมอดูเลเตอร์ที่ L_2 และ C_7 ค่า 10 pF สัญญาณที่ถูกคัปปลิ่งจะเข้าสู่ IC1 เบอร์ MC3362 ซึ่งเป็นไอซีที่ถูกจัดให้มีการทำงานแบบควอลิคอนเวอร์ชัน โดยมีวงจรมอดูเลเตอร์ที่ L_3 และ C_8 ค่า 10 pF ใช้เป็นตัวผลิตความถี่โลกอสซิลเลเตอร์ชุดที่ 1 โดยจะปรับค่า L_3 ให้ได้ค่ารีโซแนนซ์ที่ 136.7 MHz เพื่อที่จะทำการผสมคลื่นกับ 146.00 MHz ซึ่งเป็นความถี่ที่ใช้งานในโครงการนี้ จนได้ผลต่าง 10.7 MHz ออกมาที่ขา 20 แล้วผ่านตัวกรองความถี่ โดยใช้เซรามิกฟิลเตอร์ CFU1 ขนาด 10.7 MHz ป้อนกลับเข้าไปในไอซีที่ขา 18 และขา 19 เพื่อทำการมิกซ์ครั้งที่ 2



รูปที่ 3.4 แผ่นพิมพ์ลายวงจรและการลงอุปกรณ์ของวงจรในภาครับวิทยุ FM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรโลกคอลลอสซิลเลเตอร์ชุดที่ 2 ใช้คริสตอลความถี่ 10.245 MHz เป็นตัวกำเนิดความถี่ ป้อนเข้าที่ขา 3 และขา 4 เพื่อทำการมิกซ์กับความถี่ 10.7 MHz จนได้ความถี่ 455 kHz ออกมาทางขา 5 ผ่านเซรามิกฟิลเตอร์ 455 kHz กลับมาที่ขา 7 เพื่อป้อนให้แก่ภาคลิมิตเตอร์และดีเทกเตอร์ต่อไป ตัวต้านทานปรับค่าได้ VR_1 ตั้งอยู่ที่ขา 10 เพื่อปรับสเกลลช เพื่อตัดเอาที่พุดหากตรวจไม่พบคลื่นพาห์ โดยจะมีภาคตรวจจับคลื่นพาห์จากขา 10 ไปขา 11 ภายในไอซี ซึ่งจะให้อาที่พุดส่งไปยัง Q_2 เบอร์ 2N4410 เพื่อควบคุมการทำงานในภาคขยายต่อไป

การดีเทกระบบเอฟเอ็มของ MC3362 เป็นแบบควอดราเจอร์ดีเทกเตอร์มีขดลวด L_4 เป็นคิสคริเมินเตอร์ที่ความถี่ 455 kHz ซึ่งเป็นหม้อแปลงไอเอฟของวิทยุเอเอ็ม สัญญาณที่ผ่านดีเทกเตอร์จะออกมาทางขา 13 ผ่าน IC3 เบอร์ LM368N ทำการขยายกำลังให้แรงขึ้นโดยมี VR_2 ค่า 10 k Ω เป็นตัวปรับระดับสัญญาณเพื่อให้แรงดันพอที่จะนำไปใช้งานในภาคต่อไปได้

รายการอุปกรณ์ภาครับวิทยุ FM

R_1	คาร์บอน 1/4 w 5%	560 Ω	1 ตัว
R_2	คาร์บอน 1/4 w 5%	39 k Ω	1 ตัว
R_3	คาร์บอน 1/4 w 5%	100 k Ω	1 ตัว
R_4	คาร์บอน 1/4 w 5%	10 Ω	1 ตัว
R_5	คาร์บอน 1/4 w 5%	100 Ω	1 ตัว
R_6, R_7	คาร์บอน 1/4 w 5%	10 k Ω	2 ตัว
R_8, R_9, R_{10}	คาร์บอน 1/4 w 5%	15 k Ω	3 ตัว
R_{11}, R_{12}	คาร์บอน 1/4 w 5%	68 k Ω	2 ตัว
R_{13}	คาร์บอน 1/4 w 5%	200 k Ω	1 ตัว
VR_1	เกือกม้า แบบนอน	250 k Ω	1 ตัว
VR_2	เกือกม้า แบบนอน	10 k Ω	1 ตัว
C_1, C_7, C_8	เซรามิก	10 pF	3 ตัว
C_2	เซรามิก	7 pF	1 ตัว
C_3, C_6	เซรามิก	0.002 μ F	2 ตัว
C_4, C_9	เซรามิก	0.001 μ F	2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

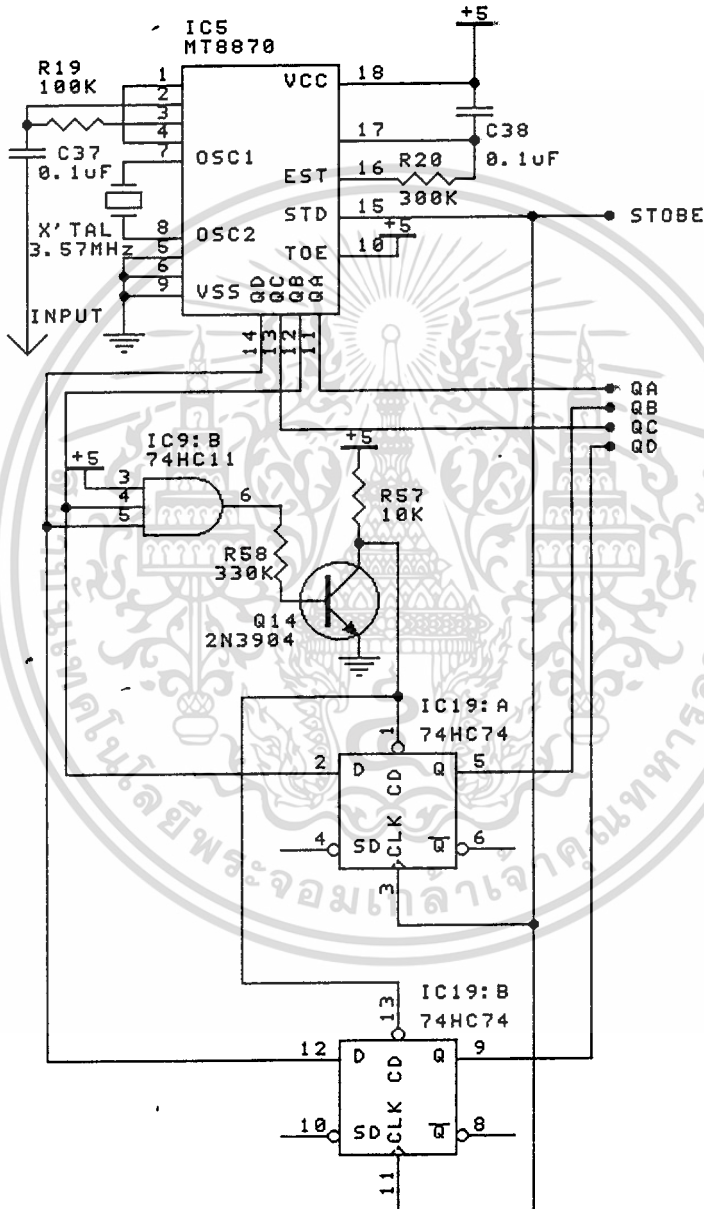
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C ₅	เซรามิก	0.005 uF	1 ตัว
C _{10, C₁₁, C₂₀}	เซรามิก	0.01 uF	3 ตัว
C ₁₂	เซรามิก	47 pF	1 ตัว
C ₁₃	เซรามิก	100 pF	1 ตัว
C _{14, C₁₅, C₁₈, C₂₂}	อิเล็กโทรไลต์	0.1 uF	4 ตัว
C ₁₆	อิเล็กโทรไลต์	2.2 uF	1 ตัว
C _{17, C₂₃, C₂₄}	อิเล็กโทรไลต์	10 uF	3 ตัว
C _{19, C₂₁, C₂₅}	อิเล็กโทรไลต์	100 uF	3 ตัว
Q ₁	คูอัล-เกต มอสเฟต	2SK121	1 ตัว
Q ₂	ทรานซิสเตอร์ ชนิดเอ็นพีเอ็น	2N4410	1 ตัว
D ₁	ไดโอด	1N4001	1 ตัว
IC1	ไอซีคูอัลคอนเวอร์ชัน	MC3362	1 ตัว
IC2	ไอซีรีกกูเลเตอร์	78L05	1 ตัว
IC3	ไอซีขยายเสียง	LM386N	1 ตัว
CFU1	เซรามิกฟิลเตอร์	10.7 MHz	1 ตัว
CFU2	เซรามิกฟิลเตอร์	455 kHz	1 ตัว
X-TAL	คริสตอล	10.245 MHz	1 ตัว
L ₁	ใช้ลวดเบอร์ 26 พันบนสลักจูนขนาด 4 มม. พันจำนวน 2 รอบครึ่ง และแท็บที่รอบที่ 1 จากกราวด์		
L ₂	ใช้ลวดเบอร์ 26 พันบนสลักจูนที่มีขนาด 4 มม. ที่ขดไพรมารีพันจำนวน 2 รอบ แท็บที่รอบที่ 2 จากกราวด์ ส่วนทางด้านเซคคันดารี ทำการพันจำนวน 2 รอบเช่นกัน ไม่มีแท็บ		
L ₃	ใช้ลวดเบอร์ 26 พันบนสลักจูนขนาด 4 มม. โดยพันจำนวน 2 รอบครึ่งให้ห่างกันพอดีกับแกนสลักจูน		
L ₄	กระป๋องไอเอฟ 455 kHz (แกนดำ)		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การออกแบบวงจรในภาคถอดรหัส DTMF

สำหรับการออกแบบภาคถอดรหัส DTMF นี้ จะใช้ไอซีเบอร์ MT 8870 ทำหน้าที่เป็นตัวถอดรหัสจากความถี่โทน DTMF ที่รับมาจากภาครับวิทยุ FM ให้เป็นรหัส BCD เลขฐานสองขนาด 4 บิต โดยมีการต่อใช้งานดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 วงจรภาคถอดรหัส DTMF

จากรูปที่ 3.5 แสดงวงจรถอดรหัส DTMF โดยไอซี IC5 เป็นไอซีเบอร์ MT 8870 จะทำหน้าที่ถอดรหัสความถี่ DTMF ที่เข้ามาทางขา 2 และขา 3 ของไอซี ทำให้เกิดเอาต์พุตออกมาเป็นรหัส BCD ขนาด 4 บิต ออกทางขา 11,12,13 และ 14 โดยขา 11 จะเป็น LSB และขา 14 เป็น MSB ขา 7 และขา 8 จะต่อกับคริสตอลความถี่ 3.579 MHz

ตัวต้านทาน R_{19} ค่า 100 k Ω และตัวเก็บประจุ C_{37} ค่า 0.1 μ F ที่ต่ออยู่กับไอซี IC5 นั้น มีความสำคัญมากคือ เมื่อ IC5 ได้รับสัญญาณอินพุตเข้ามา จะมีการตรวจสอบว่าเป็นรหัส DTMF หรือไม่ ถ้าหากรหัสถูกต้องขา 16 ซึ่งเป็นขา E_{st} ใช้ในการควบคุมช่วงเวลาในการถอดรหัสของ IC5 จะมีสถานะเป็น “1” เป็นเวลานานอยู่ช่วงหนึ่ง ซึ่งใกล้เคียงกับระยะเวลาที่มีช่วงความถี่ DTMF เข้ามา ทำให้แรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ C_{37} มีค่าสูงขึ้นจนถึงค่าเทรชโฮลด์ วงจรถอดรหัสภายในไอซี IC5 จึงจะถอดรหัสเป็นรหัส BCD เลขฐานสอง ขนาด 4 บิต ออกมา และยังคงข้อมูลที่เข้ามาไว้จนกว่าจะมีรหัส DTMF ชุดใหม่เข้ามา

จะเห็นว่ามีการเพิ่มเติมวงจรโดยนำ IC19: B เบอร์ 74HC74 เพื่อเปลี่ยนรหัสไบนารีที่เอาต์พุตของ IC5 ที่ Q_D-Q_A หลังจากทำการถอดรหัสสัญญาณศูนย์มาแล้ว จะให้เอาต์พุตมีค่า 1010 ตามลำดับ ซึ่งรหัสไบนารีที่ได้จากเอาต์พุต IC5 จะต้องทำการผ่านวงจรแปลงกลับเพื่อให้ได้รหัสไบนารี 0000 ที่แท้จริง โดยจะนำเฉพาะ Q_D และ Q_B มาทำการแปลงเท่านั้น แต่จะต้องไม่กระทบต่อรหัสตัวอื่นที่ไม่ใช่ศูนย์ด้วย

IC5 เมื่อทำการถอดรหัสสัญญาณศูนย์จะให้เอาต์พุตค่า 1010 ออกทาง Q_D, Q_C, Q_B, Q_A ตามลำดับที่ Q_D, Q_B จะถูกต่อเข้ากับขา 2 และขา 12 ของ IC19 ซึ่งเป็นไอซีดี-ฟลิปฟล็อป โดยมีสัญญาณสโตปมาเป็นคล็อกให้กับวงจร เมื่อ Q_D, Q_B มีสถานะเป็น “ไฮ” เอาต์พุตของแอนด์เกตจะมีสถานะเป็น “ไฮ” ด้วยและไปทำการไบอัสให้ Q_{14} เบอร์ 2N3904 ทำงาน ที่คอลเล็กเตอร์จะมีสถานะเป็น “โลว์” เพื่อจะส่งไปควบคุมยังขาเคลียร์ของ IC9 จนได้เอาต์พุตที่มีสถานะเป็น “โลว์” ที่ขา 5 และ ขา 9 ของ IC9 เมื่อรวมกับ Q_C และ Q_A ที่มีสถานะ “โลว์” อยู่แล้ว จึงได้เอาต์พุตตัวใหม่เป็น 0000 ที่ Q_D, Q_C, Q_B, Q_A ตามลำดับ ส่วนที่รหัสอื่นที่นอกเหนือจากรหัสศูนย์ก็ยังคงได้รหัสเดิมไม่มีการเปลี่ยนแปลงหากเอาต์พุตที่ขา 6 ของ IC9 ยังคงเป็น “โลว์” อยู่

รายการอุปกรณ์ในภาคถอดรหัส DTMF

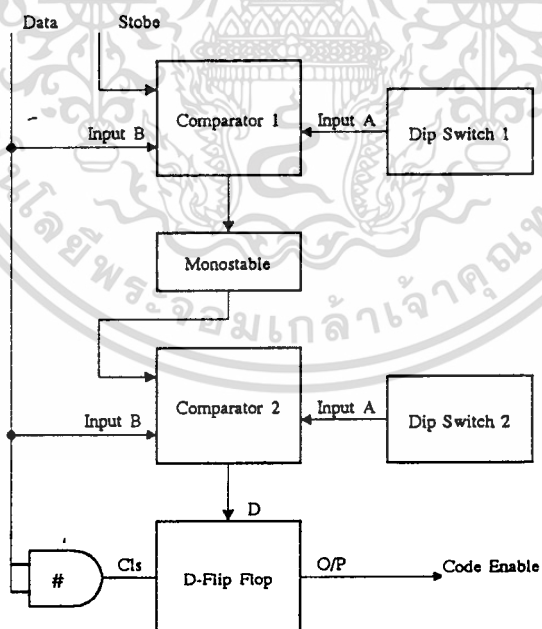
R_{19}	คาร์บอน 1/4 w 5%	100 k Ω	1 ตัว
R_{20}	คาร์บอน 1/4 w 5%	300 k Ω	1 ตัว
R_{37}	คาร์บอน 1/4 w 5%	10 k Ω	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R ₅₈	คาร์บอน 1/4 w 5%	330 kΩ	1 ตัว
C ₃₇ , C ₃₈	เซรามิก	0.1 uF	2 ตัว
Q ₁₄	ทรานซิสเตอร์ ชนิดเอ็นพีเอ็น	2N3904	1 ตัว
IC5	ไอซีถอดรหัส DTMF	MT 8870	1 ตัว
IC9:B	ไอซีเอนด์เกท	74HC11	1 ตัว
IC19	ไอซีดี-ฟลิปฟล็อป	74HC74	1 ตัว
X-TAL	คริสตัล	3.57 MHz	1 ตัว

8.4.8 การออกแบบวงจรในภาคเปรียบเทียบรหัส

ในการออกแบบภาคเปรียบเทียบรหัสจะกำหนดเงื่อนไขในการทำงานของภาคดังนี้ เมื่อมีรหัส BCD จำนวน 4 บิต เข้ามา ภาคเปรียบเทียบรหัสจะทำหน้าที่ในการเปรียบเทียบรหัสกับคิพสวิทช์ที่ตั้งรหัสไว้ โดยจะทำการเปรียบเทียบรหัสสองครั้ง



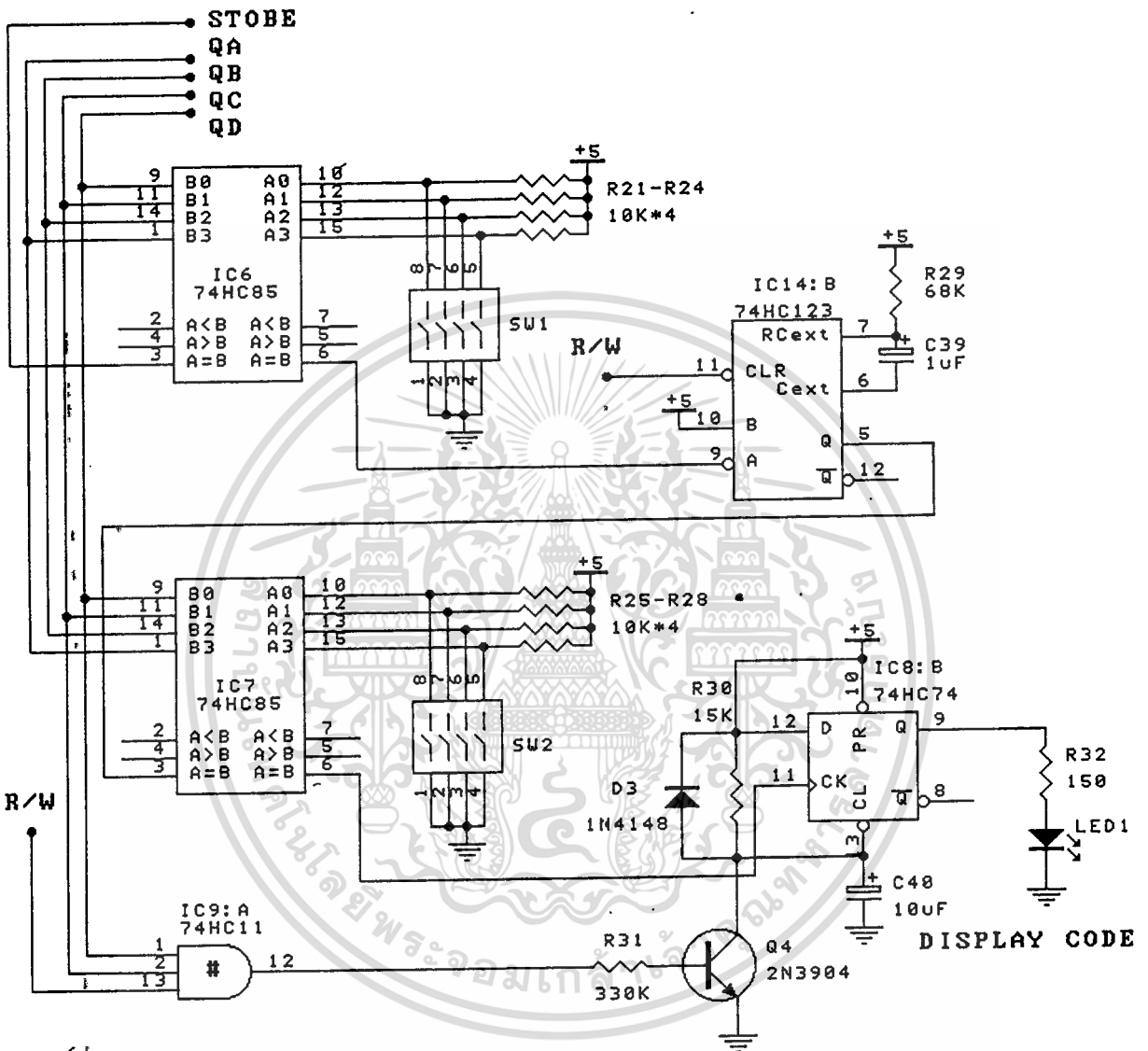
รูปที่ 8.6 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของภาคเปรียบเทียบรหัส

จากรูปที่ 3.6 เป็นบล็อกไดอะแกรมการทำงานภาคต่างๆ ของภาคเปรียบเทียบรหัส ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้

ข้อมูลที่เป็นรหัส BCD มีขนาด 4 บิต และสัญญาณสโตปจากภาคถอดรหัส DTMF จะเข้ามายังภาคเปรียบเทียบรหัส โดยข้อมูลที่เป็นรหัส BCD จะเข้าวงจรเปรียบเทียบรหัสตัวที่ 1 เป็นอันดับแรก ถ้าหากการเปรียบเทียบรหัสชุดแรกกับรหัสที่ตั้งไว้ด้วยคิฟสวิทช์ตรงกันก็จะมีเอาท์พุทออกมาแล้วเข้าไปในวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่หน่วงเวลาไว้ช่วงเวลาหนึ่งในระหว่างที่หน่วงเวลาอยู่นี้วงจรเปรียบเทียบรหัสตัวที่ 2 จะกำลังเปรียบเทียบกับคิฟสวิทช์อยู่ หากว่ารหัสตรงกับที่ตั้งไว้จะมีเอาท์พุทไปทริกที่วงจรดี-ฟลิปฟลอปจะได้เอาท์พุทที่สภาวะค้างไว้ที่ขา Q ของวงจรดี-ฟลิปฟลอป พัลส์ที่ได้นี้เรียกว่า “พัลส์โค้ด” ซึ่งจะแสดงผลทาง LED 1 ส่วนแอนด์เกตจะรับอินพุทจากรหัส BCD ที่ถอดรหัสจากการกดปุ่มเครื่องหมาย “#” เอาท์พุทที่ได้จากแอนด์เกตจะไปไบอัสทำให้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN Q_4 เบอร์ 2N3904 อยู่ในสถานะ “ON” ซึ่งจะทำให้สภาวะที่ขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q_4 มีสถานะเป็น “โลว์” เพื่อทำให้วงจรดี-ฟลิปฟลอปมีสถานะเป็น “โลว์”

จากรูปที่ 3.7 เป็นวงจรของภาคเปรียบเทียบรหัสขนาด 4 บิต ซึ่งไอซีที่จะนำมาใช้ในภาคเปรียบเทียบรหัสนี้คือไอซีเบอร์ 74HC85 ซึ่งเป็นไอซี 4 Bit Magnitude Comparator ข้อมูลที่ถูกนำมาเปรียบเทียบนั้นจะเข้ามาทางขา 1, 14, 11 และขา 9 โดยขา 1 จะเป็น LSB และขา 9 จะเป็น MSB ส่วนข้อมูลหรือรหัสที่ใช้ในการเปรียบเทียบจะได้มาจากการตั้งคิฟสวิทช์ SW1 และ R_{21} - R_{24} ซึ่งจะเป็นตัวต้านทานพูลอัพ การเปรียบเทียบรหัสทั้ง 4 บิตนั้นจะต้องขึ้นอยู่กับขา 3 โดยจะต้องมีสถานะเป็น “ไฮ” จึงจะมีเอาท์พุทออกที่ขา 6 โดยจะได้มาจากสัญญาณสโตปจากขา 15 ของ IC5 ซึ่งเป็นขา S_{td} ทำหน้าที่เลือก IC6 ให้ทำการเปรียบเทียบรหัสก่อน

เมื่อรหัสชุดแรกจากภาคถอดรหัสถูกนำมาเปรียบเทียบตรงกับรหัสที่ใช้เปรียบเทียบ ซึ่งตั้งไว้ด้วยคิฟสวิทช์ทั้ง 4 บิต ทำให้มีเอาท์พุทออกขา 6 ของ IC6 ให้สภาวะเป็น “ไฮ” ให้แก่ขา 10 ของ IC14:B ทำหน้าที่เป็นวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ โดยเลือกใช้ไอซีเบอร์ 74HC123 ส่วนตัวต้านทาน R_{29} ค่า 68 k Ω และตัวเก็บประจุ C_{39} ค่า 1 μ F จะเป็นตัวกำหนดช่วงเวลาเพื่อรอการเปรียบเทียบรหัสของวงจรเปรียบเทียบรหัสตัวที่ 2



รูปที่ 3.7 วงจรของภาคเปรียบเทียบรหัส

เมื่อ IC14:B มีเอาต์พุตออกมาเป็น "ไฮ" แล้วสัญญาณนี้ก็จะถูกส่งไปที่ขา 3 ของ IC7 เป็นตัวเปรียบเทียบรหัสขนาด 4 บิต ตัวที่สองจะรับรหัส BCD ขนาด 4 บิต เข้ามาเปรียบเทียบเป็นครั้งที่สอง โดยขา 3 ของ IC7 สถานะเป็น "ไฮ" หากมีรหัสชุดที่สองเข้ามาถูกเปรียบเทียบกับรหัสที่ตั้งไว้ด้วยคิพสวิตช์ เมื่อรหัสที่เข้ามาตรงกับรหัสที่ตั้งไว้ทั้ง 4 บิต จะมีเอาต์พุตที่ขา 6 ของ IC7 จะมีสถานะเป็น "ไฮ" ส่งไปที่ IC8:B ซึ่งเป็นดี-ฟลิปฟล็อป โดยใช้ไอซีเบอร์ 74HC74 ให้มีสถานะเอกสาร์เป็นเอกสาร์ที่ส่งวนไปสาร์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

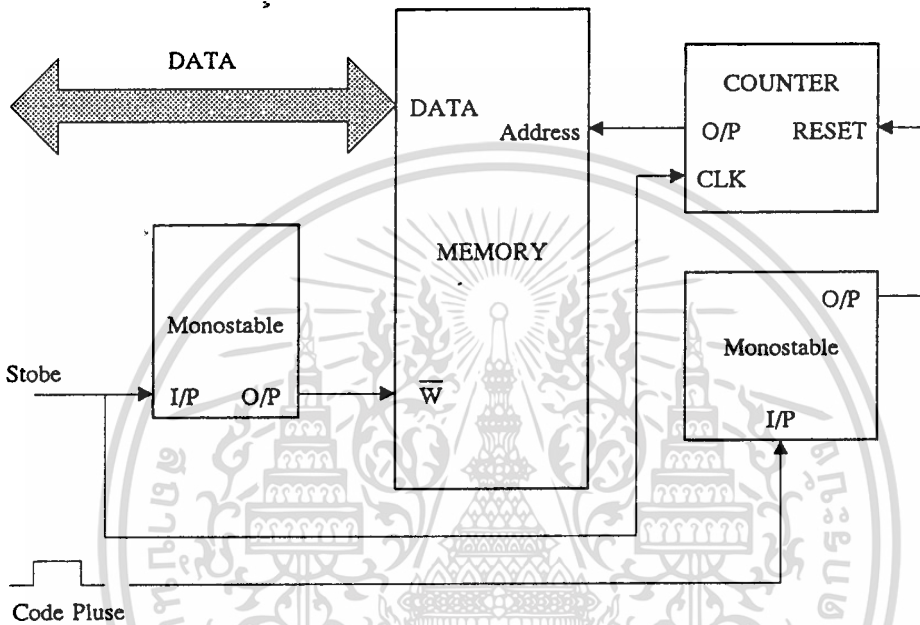
เอาท์พุทเป็น “ไฮ” ถ้าวงไว้ที่ขา 9 จะมีตัวต้านทาน R_{32} ค่า 150 Ω และ LED1 แสดงให้เห็นว่ารหัสทั้งสองชุดที่รับมาจากการเปรียบเทียบรหัสที่ถูกต้องแล้ว ซึ่งพัลส์ที่ได้จากขา 9 ของ IC8:B นี้จะให้ชื่อว่า “พัลส์โค้ด” เพื่อสะดวกในการอธิบายต่อไป และพัลส์โค้ดที่ได้นี้จะนำไปเป็นสัญญาณควบคุมในวงจรต่อไป ส่วนการเคลียร์ IC 8:B ที่ขา 13 จะถูกควบคุมด้วย IC9:A ซึ่งเป็นแอนด์เกต โดยได้อินพุทจากการกดปุ่ม “#” จากเครื่องส่งจะได้เลขฐานสอง 1100 เอาท์พุทที่ได้จะไปไบอัสให้ทรานซิสเตอร์ Q4 เบอร์ 2N3904 ทำงาน ดังนั้นเอาท์พุทที่ขา 13 ของ IC8:B ที่ต่อกับทรานซิสเตอร์ Q4 ซึ่งเป็นขาเคลียร์ ทำให้ขา 9 ของดี-ฟลิปฟล็อปมีสถานะลอจิกเป็น ”โลว์” เป็นผลให้เกิดการสิ้นสุดการส่งพัลส์โค้ด

รายการอุปกรณ์ภาคเปรียบเทียบรหัส

$R_{21}-R_{28}$	คาร์บอน 1/4 w 5%	10 k Ω	8 ตัว
R_{29}	คาร์บอน 1/4 w 5%	68 k Ω	1 ตัว
R_{30}	คาร์บอน 1/4 w 5%	15 k Ω	1 ตัว
R_{31}	คาร์บอน 1/4 w 5%	330k Ω	1 ตัว
R_{32}	คาร์บอน 1/4 w 5%	150 Ω	1 ตัว
C_{39}	อิเล็กโทรไลต์	1 μ F	1 ตัว
C_{40}	อิเล็กโทรไลต์	10 μ F	1 ตัว
Q_4	ทรานซิสเตอร์ ชนิดเอ็นพีเอ็น	2N3904	1 ตัว
D_3	ไดโอด	1N 4148	1 ตัว
LED ₁	ไดโอดเปล่งแสง		1 ตัว
IC6, IC7	ไอซีเปรียบเทียบขนาด 4 บิต	74HC85	2 ตัว
IC8	ไอซีดี-ฟลิปฟล็อป	74HC74	1 ตัว
IC9	ไอซีแอนด์เกต	74HC11	1 ตัว
IC14	ไอซีโมโนสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์	74HC123	1 ตัว

3.4.4 การออกแบบวงจรในภาคบันทึกข้อมูล

สิ่งที่จำเป็นที่ต้องใช้ในวิทยุคิดตามตัวคือ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล ดังนั้นจึงได้ออกแบบภาคบันทึกข้อมูลขึ้นมา โดยใช้หน่วยความจำที่สามารถเขียนข้อมูลเก็บไว้และสามารถอ่านข้อมูลออกมาเมื่อต้องการได้ ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานของภาคบันทึกข้อมูลในรูปที่ 3.8 เป็นบล็อกไดอะแกรมของภาคบันทึกข้อมูล



รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมของภาคบันทึกข้อมูล

จากรูปที่ 3.8 เป็นบล็อกไดอะแกรมของภาคบันทึกข้อมูล ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้ คือ วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ตัวที่ 1 ได้รับสัญญาณพัลส์โค้ดจากภาคเปรียบเทียบรหัส แล้วจะทำการผลิตพัลส์ช่วงเวลาสั้นๆ ขึ้น เพื่อไปทำการรีเซ็ตให้วงจรนับเริ่มนับที่ตำแหน่ง 0000 เอาร์ทพุทที่ได้จากวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ตัวที่ 1 จะนำไปกำหนดตำแหน่งแอดเดรส ส่วนสัญญาณสโตบของวงจรนับนั้นจะนำมาใช้ในการเลื่อนตำแหน่งแอดเดรสและสัญญาณสโตบอีกส่วนหนึ่งจะไปเข้าที่อินพุทของวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ตัวที่ 2 เพื่อกำเนิดพัลส์ช่วงสั้นๆ เอาร์ทพุทของวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ตัวที่ 2 ที่ได้จะไปทำการควบคุมการเขียนข้อมูลและอ่านข้อมูลต่อไป

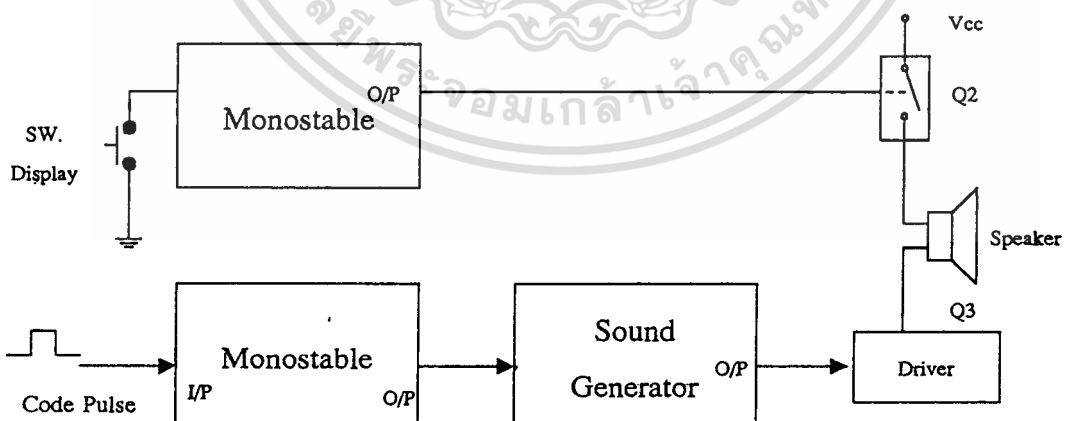
ไปทำการทริกที่ขา 21 ซึ่งเป็นขาที่ใช้สำหรับเขียนข้อมูลลง ไอซี IC11 การเขียนข้อมูลสามารถเขียนข้อมูลได้ 7 หมายเลข ซึ่งเพียงพอต่อการเก็บหมายเลขทั้ง 7 หลัก

รายการอุปกรณ์ภาคบันทึกข้อมูล

R_{33}, R_{35}	คาร์บอน 1/4 w 5%	33 k Ω	2 ตัว
R_{34}	คาร์บอน 1/4 w 5%	10 k Ω	1 ตัว
C_{41}, C_{44}	อิเล็กโทรไลต์	1 μ F	2 ตัว
D_4	ไดโอด	1N 4148	1 ตัว
IC10	ไอซีนับ	74LS93	1 ตัว
IC11	ไอซีเก็บข้อมูล	UM6116	1 ตัว
IC14, IC16	ไอซีโมโนสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์	74HC123	2 ตัว

3.4.5 การออกแบบวงจรในภาคเตือนด้วยเสียง

วงจรในส่วนนี้จะใช้ทำหน้าที่ในการเตือนผู้ใช้ด้วยเสียงดนตรี เพื่อให้ทราบว่า ขณะนี้มีผู้ที่ต้องการจะติดต่อส่งข้อมูลมาแล้ว เพื่อให้ผู้ใช้มีความสะดวกในการใช้งาน ไม่ต้องคอยเฝ้าดูจอแสดงผลอยู่ตลอดเวลา ซึ่งในการทำงานของภาคนี้สามารถอธิบายด้วยบล็อกไดอะแกรม ในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แสดงบล็อกไดอะแกรมของภาคเตือนด้วยเสียง

หลังจากที่สัญญาณพัลส์โค้ดสั้นสุดลง การทำงานของวงจรจะถูกหน่วงเวลาด้วยวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ตัวที่ 2 โดยเอาท์พุทของวงจรมีจะนำไปใช้เป็นภาคจ่ายไฟให้แก่วงจรกำเนิดเสียงดนตรีให้ทำงานโดยเอาท์พุทที่ได้จะถูกขับออกลำโพงด้วยวงจรขับด้วยทรานซิสเตอร์ เสียงเตือนจะดังขึ้นมา

เสียงดนตรีสำหรับการเตือนที่เกิดจากวงจรมกำเนิดเสียงดนตรี สามารถทำให้หยุดส่งเสียงเตือนได้ แบ่งเป็น 2 กรณีคือ

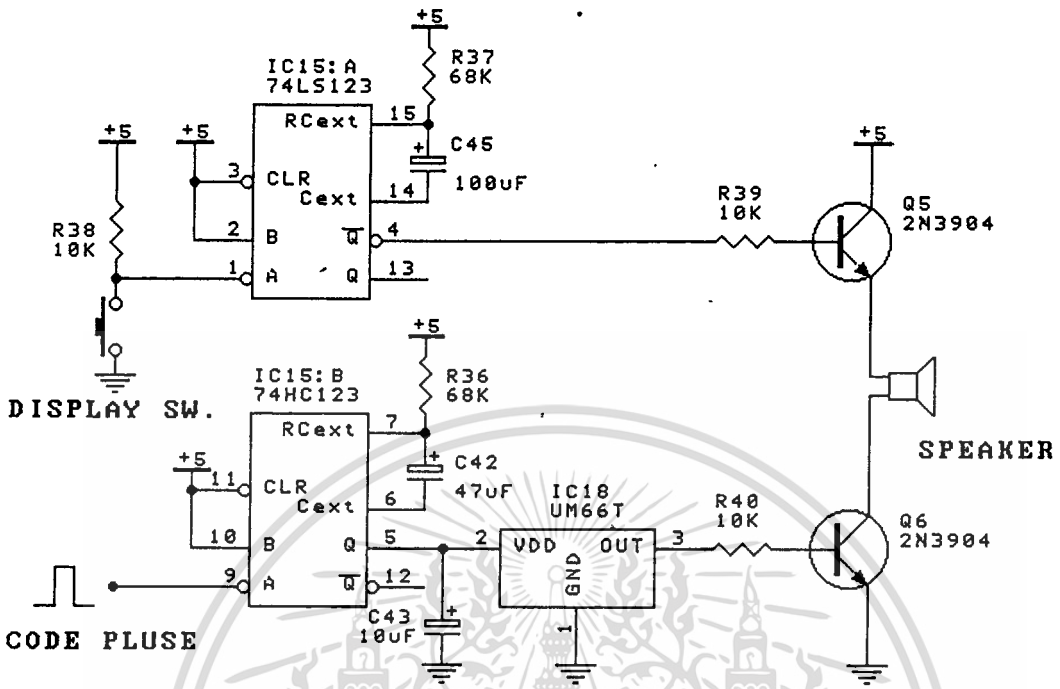
เสียงดนตรีที่ออกจากเอาท์พุทที่ได้จะถูกขับออกลำโพงด้วยวงจรขับ เสียงเตือนจะดังอยู่ครู่หนึ่งแล้วจะดับไปเอง

หากต้องการปิดเสียงเตือนก่อนที่จะเงียบไปเอง สามารถทำได้ด้วยการกดสวิทช์ DP SW จะทำให้วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ตัวที่ 1 ทำงานโดยจะทำหน้าที่ OFF ทรานซิสเตอร์ Q_5 ซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิทช์ทำให้วงจรเปิด ดังนั้นเสียงเตือนจึงเงียบไป

ถ้าหากต้องการเปลี่ยนเสียงดนตรีหรือต้องการให้เสียงเพลงบรรเลงวนซ้ำไปจนกว่าผู้ใช้จะรู้ตัวแล้วปิดเครื่องเองก็สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนเบอร์ไอซีเสียงเพลง

จากรูปที่ 3.11 เป็นวงจรเตือนด้วยเสียงมีหลักการทำงานคือ ในขณะที่ยังไม่กด DP Switch ที่ขา Q ของ IC15:A ซึ่งใช้ไอซีเบอร์ 74HC123 เป็นวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ จะมีสถานะเป็น “ไฮ” ดังนั้นทรานซิสเตอร์ Q_5 เบอร์ 2N3904 จะถูกไบอัสให้ ON อยู่ตลอดจนกว่าจะกดสวิทช์ DP Switch

หลังจากพัลส์โค้ดสั้นสุดลง IC15:B ซึ่งเป็นวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์เช่นกันจะกำหนดช่วงเวลาโดยการหน่วงเวลาไว้ช่วงเวลาหนึ่งประมาณ 6 วินาที ซึ่งการหน่วงเวลานี้กำหนดโดยตัวต้านทาน R_{36} ค่า 68 k Ω และตัวเก็บประจุ C_{42} ค่า 100 μ F ที่ต่อกับขา 6 และขา 7 ของ IC15:B เอาท์พุทจะออกที่ขา 5 ซึ่งเป็นขา Q ของ IC 15:B จะมีสถานะเป็น “ไฮ” ซึ่งจะเป็แรงดัน V_{DD} ให้แก่ IC18 ใช้ไอซีเบอร์ UM 66T ซึ่งเป็นไอซีกำเนิดเสียงเพลง โดยเอาท์พุทที่ได้จาก IC18 จะถูกขับออกลำโพงโดย Q_6 เบอร์ 2N3904 ซึ่ง Q_6 นี้จะได้แรงดัน V_{CC} จาก Q_5 ในขณะที่ยัง ON อยู่ โดยมีลำโพงเป็นโหลดแทนตัวต้านทานที่ขาคอลเลกเตอร์ของ Q_6



รูปที่ 3.11 วงจรในภาคเตือนด้วยเสียง

ในส่วนของการปิดเปิดเสียงเตือนนั้น สามารถแบ่งอธิบายได้ 2 กรณี คือ

- 1). เมื่อไม่ได้กดสวิตช์ DP Switch เสียงเตือนจะดับไปเอง เนื่องจาก IC15:B จะมีช่วงเวลาที่มีสถานะของเอาต์พุตเป็น “ไฮ” อยู่ช่วงเวลานึงเท่านั้นก็จะกลับสู่สถานะ “โลว์” เมื่อขา Q ของ IC15:B มีสถานะเป็น “โลว์” เป็นผลให้ไม่มี V_{DD} ไปเลี้ยงที่ IC18 ทำให้ IC18 หยุดการกำเนิดเสียงดนตรี
- 2). เมื่อทำการกดสวิตช์ DP Switch ไม่ว่าเสียงเตือนจะดังอยู่หรือไม่ก็ตาม ที่ขา Q ของ IC15:A จะมีสถานะเป็น “โลว์” ดังนั้นที่ Q_5 ที่ทำหน้าที่เป็นทรานซิสเตอร์สวิตช์จะ OFF ทำให้วงจรเปิด ดังนั้นจึงไม่มี V_{cc} ไปเลี้ยงขาคอลเลกเตอร์ของ Q_5 เสียงเตือนจึงดับไป

รายการอุปกรณ์ภาคเตือนด้วยเสียง

R_{36}, R_{37}	คาร์บอน 1/4 w 5%	680 k Ω	2 ตัว
R_{38}, R_{39}, R_{40}	คาร์บอน 1/4 w 5%	10 k Ω	3 ตัว
C_{42}, C_{45}	อิเล็กโทรไลต์	100 uF	2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

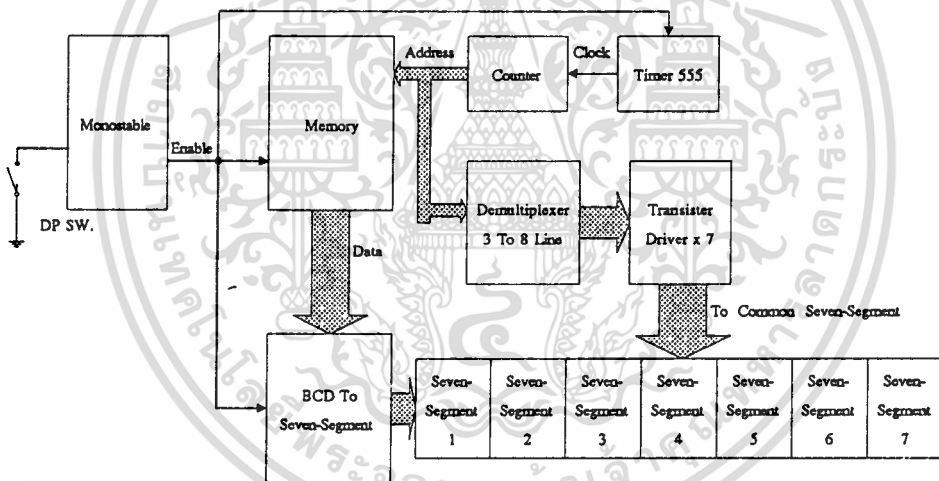
C ₄₃	อิเล็กทรอนิกส์	10 uF	1 ตัว
IC15	ไอซีโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	74HC123	1 ตัว
IC18	ไอซีเสียงเพลง	UM 66T	1 ตัว
Q ₅ , Q ₆	ทรานซิสเตอร์ ชนิดเอ็นพีเอ็น	2N 3904	2 ตัว

สวิทช์กดติดปล่อยดับ

ลำโพง

3.4.6 การออกแบบวงจรภาคแสดงผลเป็นตัวเลขแบบดิจิทัล

ภาคแสดงผลเป็นตัวเลขแบบดิจิทัลนี้ ออกแบบขึ้นสำหรับแสดงผลด้วยแอลอีดี 7 ส่วน เป็นเลขฐานสิบ มีจำนวนตัวเลข 7 หลัก โดยมีบล็อกไดอะแกรม การทำงานของภาคนี้ดังนี้



รูปที่ 3.12 บล็อกไดอะแกรมของภาคแสดงผลเป็นตัวเลขแบบดิจิทัล

จากรูปที่ 3.12 เป็นบล็อกไดอะแกรมของภาคแสดงผลเป็นตัวเลขระบบดิจิทัล ซึ่งจะใช้แอลอีดี 7 ส่วน ในการแสดงผล มีหลักการทำงานคือ เมื่อกดสวิทช์ DP Switch เพื่อต้องการให้มีการแสดงตัวเลขที่เก็บไว้ในไอซีหน่วยความจำแรมในรูปแบบของเลขฐานสอง โดยขา Q ของวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ตัวที่ 1 จะมีสถานะเป็น “โลว์” เพื่อไปควบคุมให้ขา 20 ซึ่งเป็นขา G ของไอซีหน่วยความจำแรม มีการอ่านข้อมูลออกขา Data ของไอซีหน่วยความจำแรม โดยที่ขา Q ของวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ตัวที่ 1 จะมีสถานะเป็น “ไฮ” เพื่อไปควบคุมให้

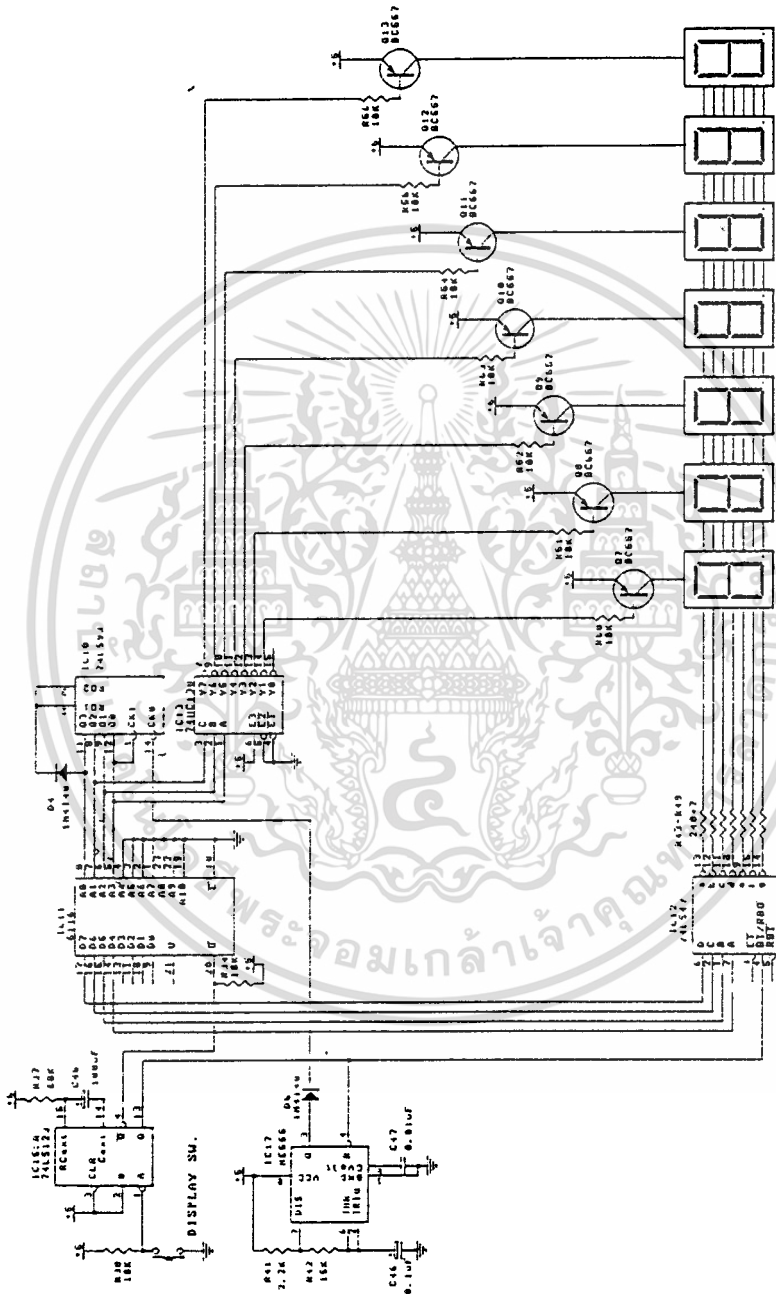
วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์กำเนิดพัลส์ให้แก่วงจรนับทำการนับในแบบไบนารี เอาท์พุทที่ได้จากวงจรมีจำนวนจะไปทำการเลื่อนแอดเดรสให้อิซซีหน่วยความจำแรม ในขณะที่แอดเดรสเลื่อนไป ข้อมูลที่ออกจากอิซซีหน่วยความจำแรมจะถูกเปลี่ยนไปด้วยข้อมูล 4 บิตจะเข้าไปเป็น อินพุทที่วงจร BCD To Seven Segment Decoder/driver โดยเอาท์พุทจะไปขับแอลอีดี 7 ส่วน ทั้ง 7 หลัก แต่การแสดงผลทางแอลอีดี 7 ส่วน จะติดที่ละหลักเรียงไปเรื่อยๆ จนครบทั้ง 7 หลัก เนื่องจากที่ขา 7 ของแอลอีดี 7 ส่วน ทั้ง 7 หลักนั้น ได้ถูกต่อเข้ากับทางเอาท์พุทของวงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์ มีจุดประสงค์เพื่อทำการสแกนขาร่วมของแอลอีดี 7 ส่วนไปที่ละหลักจนครบทั้ง 7 หลัก โดยที่อินพุทของวงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์จะได้มาจากวงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์จะเร็วกว่าจนตาไม่สามารถจับการกระพริบได้ทัน

จากรูปที่ 3.13 เมื่อทำการกดสวิตช์ DP Switch จะทำให้ที่ขาเอาท์พุทของอิซซี IC15:A ซึ่งใช้อิซซีเบอร์ 74HC123 อิซซีนีเป็นอิซซีโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ มีสถานะเป็น “ไฮ” ค้างไว้ ซึ่งกำหนดระยะเวลาที่พอเพียงแก่การแสดงผลได้ครบ โดยกำหนดได้จากตัวต้านทาน R_{37} ค่า $68\text{ k}\Omega$ และตัวเก็บประจุ C_{45} ค่า $100\text{ }\mu\text{F}$ โดยเอาท์พุทที่ขา 4 ที่เป็น Q จะมีสถานะเป็น “โลว์” ค้างไว้เช่นกัน ในทางกลับกันสถานะที่ขา Q จะเป็น “ไฮ” ไปควบคุมการทำงานที่ อิซซี IC17 ซึ่งเป็นอิซซีโทมเมอร์เบอร์ 555 กำเนิดพัลส์ที่มีความถี่ประมาณ 500 Hz ซึ่งสามารถกำหนดได้จากตัวต้านทาน R_{41} ค่า $2.2\text{ k}\Omega$ ตัวต้านทาน R_{42} ค่า $150\text{ k}\Omega$ และตัวเก็บประจุ C_{46} ค่า $1\text{ }\mu\text{F}$ โดยให้อเอาท์พุทจากขา 3 ของอิซซี IC17 จะเป็นอินพุทของอิซซี IC10 เบอร์ 74LS93 เพื่อทำให้เกิดการเลื่อนแอดเดรสให้แก่อิซซี IC11 ส่งข้อมูลที่เก็บไว้ ให้กับอิซซี IC12 ใช้อิซซีเบอร์ 74LS47 เป็นอิซซี BCD To Seven-Segment Decoder/driver ทำหน้าที่ในการรับข้อมูลที่เป็นรหัส BCD ขนาด 4 บิตแล้วถอดรหัสเป็นเลขฐานสิบ โดยเอาท์พุทที่ได้จะนำไปขับแอลอีดี 7 ส่วน คือ a-g ซึ่งจะผ่านตัวต้านทาน R_{43} - R_{49} ค่า $240\text{ }\Omega$ เพื่อจำกัดกระแสแก่แอลอีดี 7 ส่วน

ที่ขา Bi/RBo ของอิซซี IC12 นี้ จะถูกต่อเข้ากับขา 13 ซึ่งเป็นขา Q ของอิซซี IC15:A เพื่อให้อิซซี IC8 ทำการแสดงผลเฉพาะเมื่อกด DP Switch เท่านั้น และเอาท์พุทที่ขา Q ของอิซซี IC15:A จะไปควบคุมให้ขา G ที่อิซซี IC11 ซึ่งเป็นอิซซีหน่วยความจำแรมให้ทำการอ่านข้อมูลเพียงอย่างเดียว

ส่วนที่อิซซี IC13 ใช้อิซซีเบอร์ 74HC138 จะรับอินพุทมาจากเอาท์พุทของอิซซี IC10 ซึ่งเป็นอิซซีนับเบอร์ 74LS93 ทำหน้าที่ทำการคิมัลติเพล็กซ์อินพุท 3 ทางให้อเอาท์พุทออกเป็น 8 ทางที่อิซซี IC13 เอาท์พุทจากอิซซี IC13 จะไปทำการไบอัสแก่ทรานซิสเตอร์ Q_7 - Q_{13} เบอร์ BC557 เพื่อ

ทำการขับกระแสแอลอีดี 7 ส่วน โดยทำการสแกนที่เข้าร่วมในแต่ละหลักจนครบทั้ง 7 หลัก ในการสแกนของไอซี IC13 จะสแกนเร็วมากจนตาแยกไม่ออก

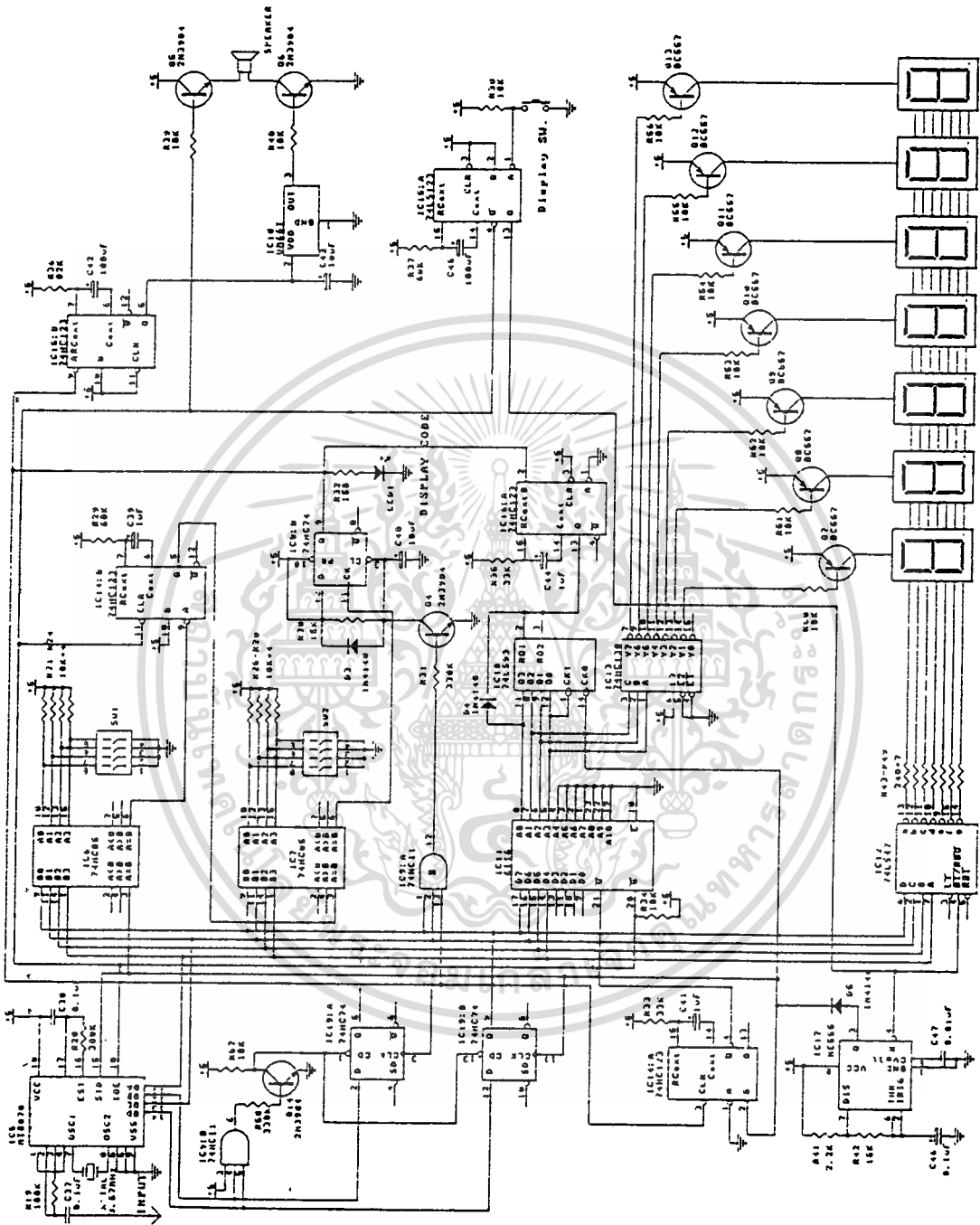


รูปที่ 3.13 วงจรของภาคแสดงผลเป็นตัวเลขแบบดิจิทัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ภาคแสดงผลเป็นตัวเลขแบบดิจิทัล

$R_{34}, R_{38}, R_{50}-R_{56}$	คาร์บอน 1/4 w 5%	10 k Ω	9 ตัว
R_{41}	คาร์บอน 1/4 w 5%	2.2 k Ω	1 ตัว
R_{43}	คาร์บอน 1/4 w 5%	15 k Ω	1 ตัว
$R_{43}-R_{49}$	คาร์บอน 1/4 w 5%	240 Ω	7 ตัว
C_{45}	อิเล็กโทรไลต์	100 μ F	1 ตัว
C_{46}	อิเล็กโทรไลต์	0.1 μ F	1 ตัว
C_{47}	เซรามิก	0.01 μ F	1 ตัว
$Q_7 - Q_{13}$	ทรานซิสเตอร์ ชนิดพีเอ็นพี	BC 557	7 ตัว
D_4	ไดโอด	1N 4148	1 ตัว
แอลอีดี 7 ส่วน	คอมมอนแอนโนด	จำนวน	7 ตัว
IC10	ไอซีนับ	74LS93	1 ตัว
IC11	ไอซีเก็บข้อมูล	UM6116	1 ตัว
IC12	ไอซีถอดรหัส BCD To Seven-Segment	74LS47	1 ตัว
IC13	ไอซีดีมัลติเพล็กซ์เซอร์	74HC138	1 ตัว
IC15	ไอซีโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	74HC123	1 ตัว
IC17	ไอซีไทม์เมอร์	NE 555	1 ตัว



รูปที่ 8.14 วงจรรวมของวิทยุติดตามตัวที่แสดงผลด้วยตัวเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดสอบการใช้งานวิทยุติดตามตัวที่แสดงผลเป็นตัวเลขแบบดิจิตอล โดยทดสอบสมรรถภาพในการรับของวิทยุติดตามตัวที่แสดงผลเป็นตัวเลขแบบดิจิตอลและการวัดค่าต่างๆ เพื่อให้ทราบสมรรถนะและคุณสมบัติทางเทคนิคต่างๆ ของเครื่องรับวิทยุติดตามตัวที่แสดงผลเป็นตัวเลขแบบดิจิตอลที่สร้างขึ้นมาว่ามีคุณภาพและประสิทธิภาพอยู่ในระดับใด ตรงตามวัตถุประสงค์และขอบเขตที่กำหนดหรือไม่ โดยในบทนี้จะทำการทดสอบทั้งหมด 5 การทดสอบ โดยเป็นการทดลองที่ละภาค ซึ่งเพียงพอต่อการทราบขอบเขตการทำงานของวิทยุติดตามตัวที่แสดงผลเป็นตัวเลขแบบดิจิตอล

4.1 การทดลองวัดค่าต่างๆ ของเครื่องรับวิทยุติดตามตัวที่แสดงผลด้วยตัวเลข

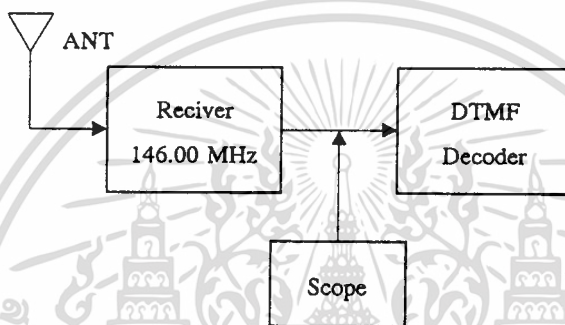
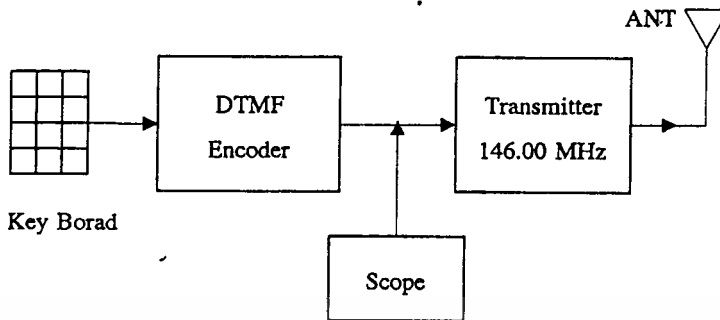
ในการทดลองวัดค่าต่างๆ ของเครื่องรับวิทยุติดตามตัวที่แสดงผลด้วยตัวเลข จะมีการทดลองอยู่ 5 การทดลองดังนี้

- 1) การทดลองภาคเครื่องส่งรหัส DTMF และภาครับสัญญาณ DTMF
- 2) การทดลองภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF
- 3) การทดลองภาคเปรียบเทียบรหัส
- 4) การทดลองในภาคเตือนด้วยเสียง
- 5) การทดลองภาคเก็บข้อมูลและภาคแสดงผล

4.1.1 การทดลองภาคเครื่องส่งรหัส DTMF และภาครับสัญญาณ DTMF

ในการทดลองส่วนของภาคเครื่องส่งรหัสสัญญาณ DTMF นั้น ใช้วิทยุรับส่งย่าน VHF ของ STANDARD รุ่น C150 ซึ่งมีส่วนของภาคเข้ารหัสสัญญาณ DTMF ในตัวมาทำการทดสอบ วัดรูปสัญญาณด้วยเครื่องออสซิลโลสโคปที่ตำแหน่งก่อนเข้าภาคเครื่องส่งและหลังภาคเครื่องรับ ดังรูป 4.1 ซึ่งเป็นบล็อกไดอะแกรมของการทดลอง โดยจุดความถี่ของเครื่องส่งและเครื่องรับให้ตรงที่ความถี่ 146.00 MHz ซึ่งจะปรากฏรูปสัญญาณ DTMF ก่อนเข้าเครื่องส่งดังรูปที่ 4.2 และรูปสัญญาณ DTMF หลังภาคเครื่องรับดังรูปที่ 4.3 ซึ่งจะเห็นว่าจากการทดลองนั้นจะให้ผลการทดลองที่เป็นจริงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

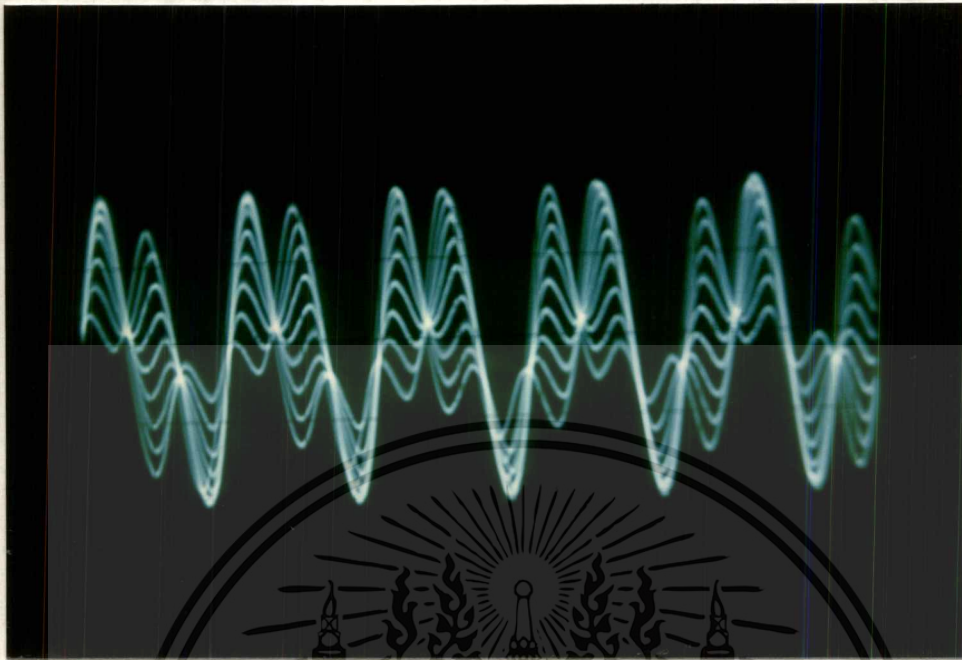


รูปที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมการทดลองภาคเครื่องส่งและเครื่องรับรหัสสัญญาณ DTMF

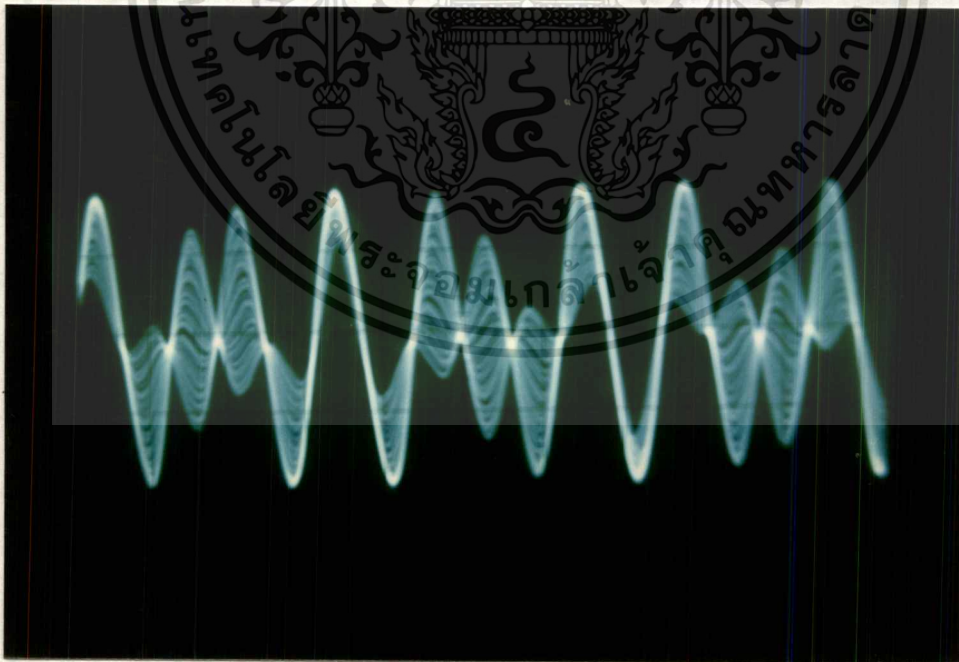
4.1.2 การทดลองภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF

สำหรับการทดลองภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF จะใช้วิธีการทดสอบแบบเดียวกับดิจิทัล โดยการป้อนรหัส DTMF ค่าต่างๆ ในส่วนของภาคส่งโดยการกดคีย์หมายเลขของเครื่องส่งรหัส DTMF เพื่อส่งออกอากาศไปยังเครื่องรับ

การทดลองทางภาคถอดรหัสจะนำ LED1-LED5 ต่ออนุกรมกับตัวต้านทาน ค่า 1 k Ω เพื่อนำมาใช้ตรวจสอบสัญญาณและใช้ในการแสดงผลการเกิดเอาท์พุทสัญญาณต่างๆ โดยกำหนดให้สัญญาณสโคป แทนด้วยไดโอดเปล่งแสง LED1 เป็นตัวแสดงเอาท์พุทเมื่อเกิดสัญญาณสโคป ซึ่งจะต้องเกิดเอาท์พุททุกครั้งเมื่อกดคีย์ใดๆ ก็ตามที่เครื่องส่งส่วนเลขฐานสองที่ได้จากการถอดรหัส DTMF จะแสดงผลโดยไดโอดเปล่งแสง LED2-LED5 จำนวน 4 ตัว เป็นตัวทดสอบโดยแสดงเอาท์พุทออกมาในเลขฐานสองรหัส BCD เรียงลำดับจาก MSB-LSB ที่ LED2-LED5 ตามลำดับ และผลการทดลองกดคีย์ 1-9, 0, *, # ที่เครื่องส่งรหัส จะแสดงผลการทดลองในตารางที่ 4.1

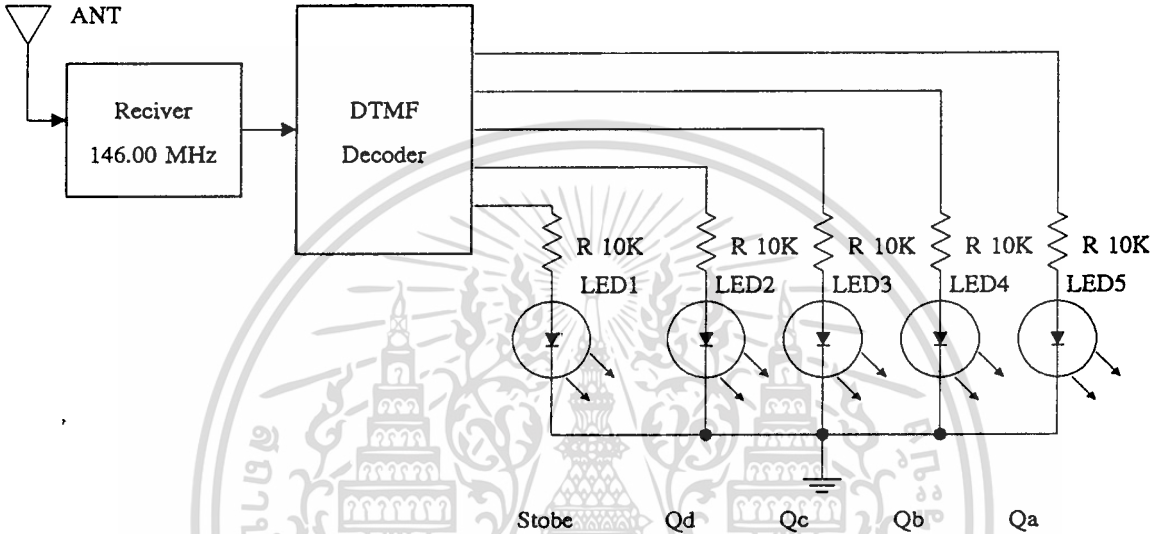
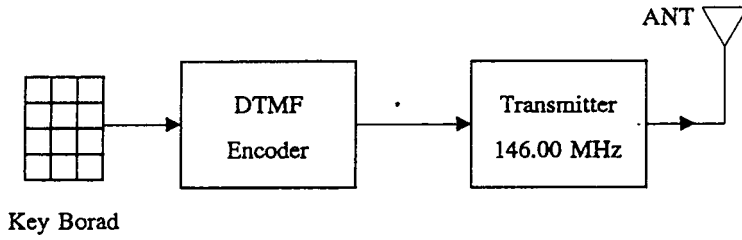


รูปที่ 4.2 รูปสัญญาณ DTMF ก่อนเข้าเครื่องส่งวิทยุที่ 1 msec/DIV. และ 0.5 V/DIV.



รูปที่ 4.3 รูปสัญญาณ DTMF หลังเครื่องรับวิทยุที่ 1 msec/DIV. และ 2 V/DIV.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



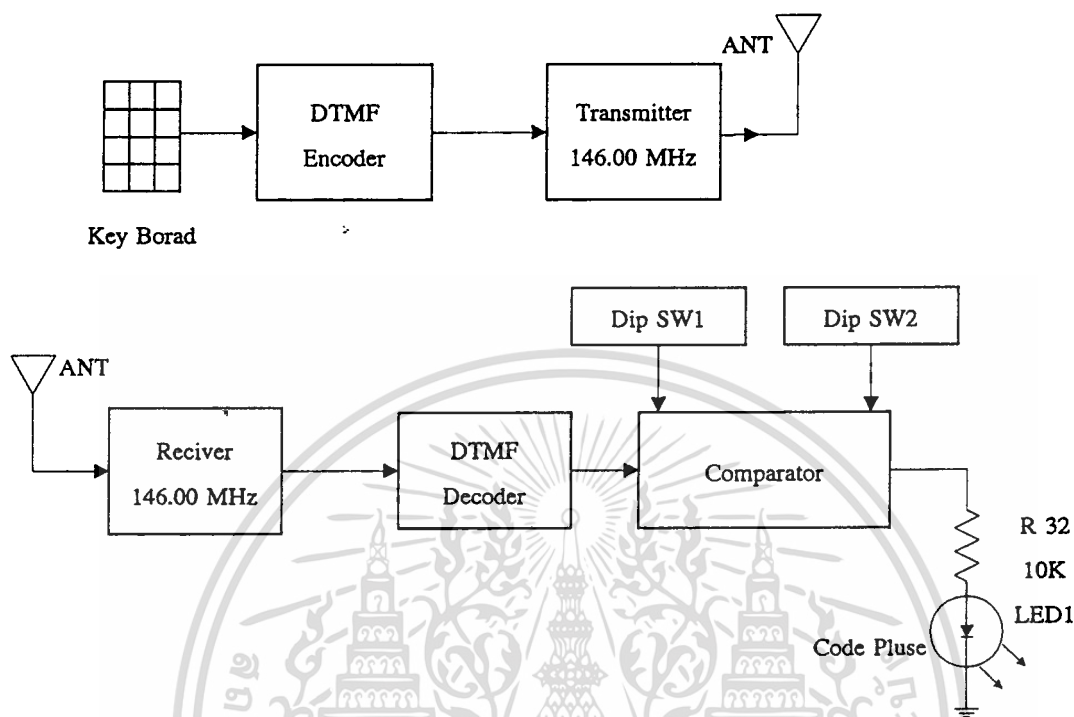
รูปที่ 4.4 บล็อกไดอะแกรมการทดลองภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF

Number	Stobe	Qd	Qc	Qb	Qa
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
*	1	1	0	1	1
#	1	1	1	0	0

ตารางที่ 4.1 ตารางเอาต์พุตการถอดรหัสสัญญาณ DTMF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การทดลองภาคเปรียบเทียบรหัส

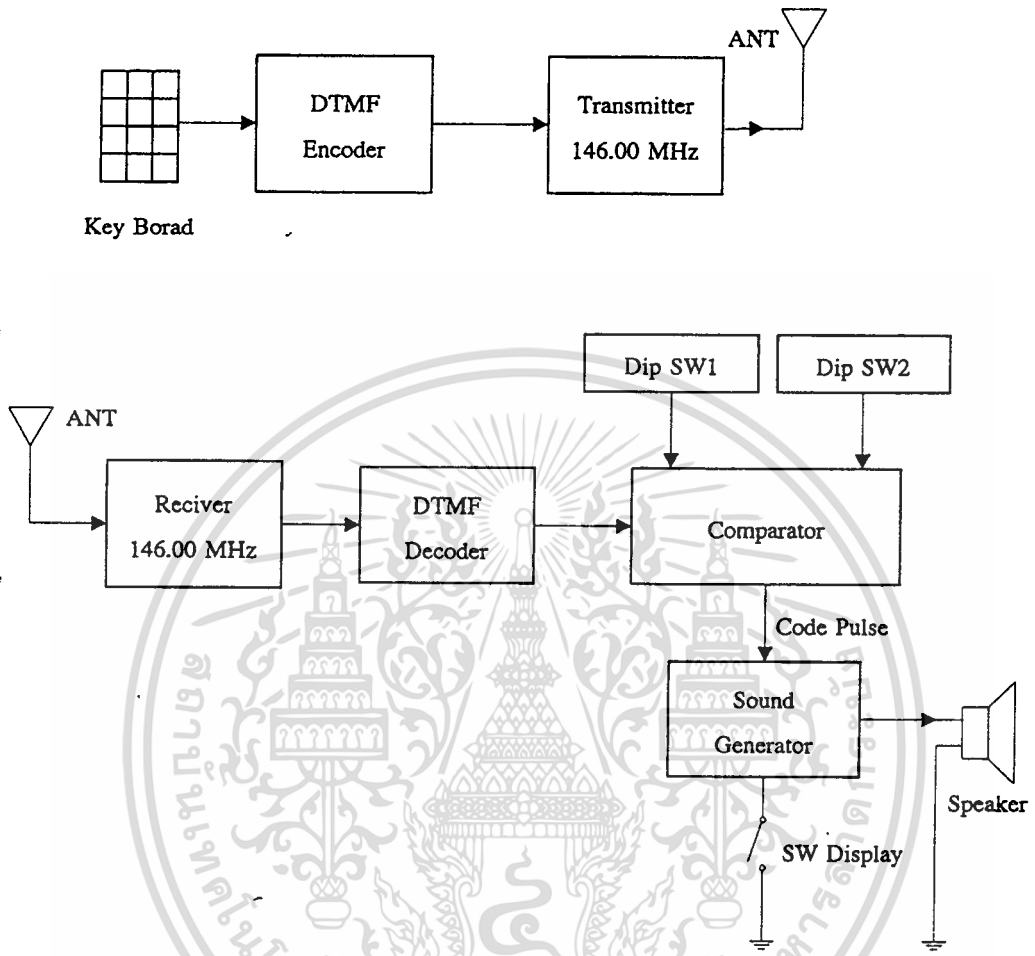


รูปที่ 4.5 บล็อกโคจรแตรมการทดลองภาคเปรียบเทียบรหัส

ในการทดลองนั้นจะต้องตั้งรหัสประจำเครื่องก่อน โดยให้ดิพสวิทซ์ตัวที่ 1 แทนรหัสตัวแรกและให้ดิพสวิทซ์ตัวที่ 2 แทนรหัสตัวที่ 2 ในการตั้งรหัสจะถูกตั้งแบบไบนารี 4 บิต สมมติว่าในการทดลองถูกตั้งรหัสประจำเครื่องด้วยรหัส 32 ซึ่งจะต้องทำการตั้งดิพสวิทซ์ตัวที่ 1 ด้วยค่า 0011 และดิพสวิทซ์ตัวที่ 2 ด้วยค่า 0010 จากนั้นกรหัสสัญญาณ DTMF ที่ภาคเครื่องส่งรหัสด้วยเลข 3 และเลข 2 ตามลำดับ หลังจากที่เกิดเสร็จแล้ว ปรากฏว่าที่ LED1 นั้นจะติดค้างไว้ หลังจากนั้นทำการเคลียร์โดยกดปุ่ม “#” ที่เครื่องส่งรหัส ผลปรากฏว่า LED 1 จะดับซึ่งตรงตามวัตถุประสงค์ที่ได้ออกแบบไว้

หลังจากนั้นทำการทดลองโดยกดหมายเลขอื่นๆ ที่ไม่ใช่รหัสประจำตัวเครื่องผลปรากฏว่า LED 1 จะไม่ติด ข้อควรระวังในการกดหมายเลข จะต้องมึระยะห่างของการกดในเวลาที่เหมาะสม หากกดซ้ำเกินไปที่ภาคเปรียบเทียบจะไม่สามารถทำการเปรียบเทียบได้ ฉะนั้นเพื่อความถูกต้องจึงจำเป็นที่จะต้องทำการทดสอบดูหลายๆ ครั้ง

4.1.4 การทดลองในภาคเตือนด้วยเสียง



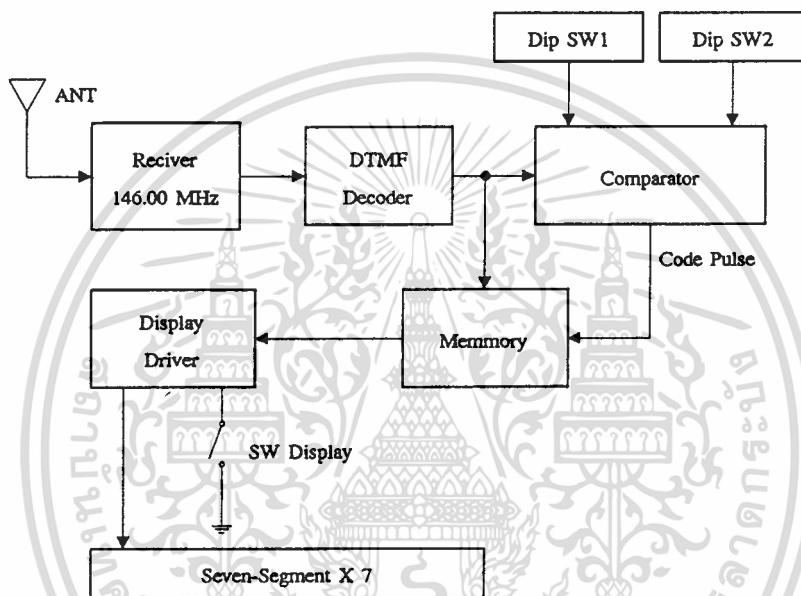
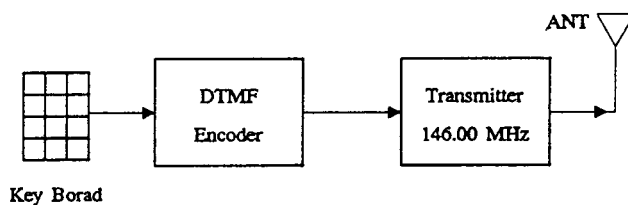
รูปที่ 4.8 บล็อกไดอะแกรมการทดลองภาคเตือนด้วยเสียง

ในการทดลองเมื่อทำครบทั้งสปร่งเครื่องถูกทั้งสองตัวแล้ว จะมีสัญญาณพัลส์โค้ดที่ได้จากภาคเปรียบเทียบรหัสไปทำการทริกให้ภาคกำเนิดเสียงดนตรี กำเนิดเสียงเตือนเป็นเสียงดนตรีขึ้นและจะดังอยู่ช่วงเวลาหนึ่งจึงดับไปเอง หรือถ้าหากต้องการที่จะดับเสียงเตือนก่อนเวลา ก็สามารถทำได้โดยกดสวิตช์ SW Display เพื่อปิดเสียงเตือนได้ ซึ่งผลการทดลองเป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้ เมื่อเรากดคีย์ส่งรหัส DTMF ที่เครื่องส่ง เมื่อเครื่องรับวิทยุติดตามตัวทำงาน จะมีเสียงดนตรีดังขึ้นมาระยะเวลาหนึ่งและดับไปเอง

จากนั้นทดลองกดคีย์หมายเลขรหัส DTMF เพื่อเปิดเครื่องรับอีกครั้ง ก็จะมีเสียงดนตรีดังขึ้นอีก จากนั้นกดสวิตช์ SW Display ก่อนจบเพลง จะทำให้เสียงเพลงดับไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 การทดลองภาคเก็บข้อมูลและภาคแสดงผล



รูปที่ 4.7 บล็อกไดอะแกรมการทดลองภาคเก็บข้อมูลและภาคแสดงผล

หลังจากที่ได้ครหัส DTMF ทำการเปิดเครื่องรับวิทยุติดตามตัว สัญญาณที่ได้จากภาคเปรียบเทียบบรหัสจะไปควบคุมในภาคเก็บข้อมูลทำการเก็บรหัสไบนารีนขนาด 4 บิต จำนวน 7 ชุด สมมติว่าเครื่องวิทยุติดตามตัวตั้งรหัสไว้ที่หมายเลข 32 จากนั้นทำการกดคีย์ที่ภาคเครื่องส่งด้วยเลขที่ 3 และ 2 ตามด้วยหมายเลข .7 ตัว ที่ต้องการให้แสดงผลทางเครื่องรับแล้วทำการปิดท้ายด้วยเครื่องหมาย “#” การกดปุ่ม “#” ก็เพื่อต้องการให้เครื่องรับวิทยุติดตามตัวยกเลิกการเก็บข้อมูลและพร้อมที่จะส่งเสียงเตือน

ซึ่งผลการทดลองหลังจากกดหมายเลขจนครบแล้ว ที่เครื่องรับวิทยุติดตามตัวจะมีการส่งเสียงเตือน จากนั้นจึงทำการกด SW Display จะปรากฏว่าที่ LED 7 ส่วนทั้ง 7 ตัวปรากฏหมายเลขทั้ง 7 ตัวแรกที่ได้ทำการส่งไปไม่รวมรหัสเปิดเครื่องและจะดับไปเองในช่วงเวลาที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดสอบการใช้งานของเครื่องรับวิทยุติดตามตัว

4.2.1 การทดสอบการรับที่ระยะทางต่างๆ ในที่โล่งแจ้ง

ในการทดสอบโดยใช้วิทยุรับส่งแบบมือถือของ STANDARD รุ่น C150 ในการทดสอบจะนำเครื่องรับวิทยุติดตามตัวไปทดสอบที่ระยะทางต่างๆ และได้ผลการทดลองดังนี้

ระยะทาง (เมตร)	กำลังเครื่องส่งที่โลว์		กำลังเครื่องส่งที่ไฮ	
	ใช้เสาข้าง	ใช้เสาซีก	ใช้เสาข้าง	ใช้เสาซีก
10	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
50	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
100	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
150	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
200	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
250	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
300	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
350	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
400	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
450	รับไม่ได้	รับได้	รับได้	รับได้
500	รับไม่ได้	รับได้	รับได้	รับได้

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงการรับที่ระยะทางต่างๆ ในที่โล่งแจ้ง

4.2.2 การทดสอบการรับในพื้นที่ต่างๆ ที่มีสิ่งกีดขวาง

เป็นการทดสอบการรับข้อมูลได้อย่างถูกต้องของวิทยุติดตามตัวที่แสดงผลด้วยตัวเลขเมื่ออยู่ในพื้นที่ต่างๆ ที่มีสิ่งกีดขวาง เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของวิทยุติดตามตัว โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการทดสอบบริเวณคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและบริเวณรอบสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในรัศมี 1 กิโลเมตร โดยนับระยะทางจากจุดที่ตั้งของเครื่องส่ง คือที่ห้อง ค.301 ชั้น 3 ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ในการทดสอบนั้นจะมีตัวแปรต่างๆ คือ ทดสอบจำนวน 3 ครั้ง ในแต่ละแห่ง กำลังของเครื่องส่งที่กำลัง 0.5 วัตต์ (ที่โลว์) กำลังของเครื่องส่งที่กำลัง 5 วัตต์ (ที่ไฮ) และเครื่องส่งใช้เสาข้างหรือเสาซีก โดยได้ผลการทดสอบดังนี้

จุดทดสอบ	ครั้งที่	กำลังเครื่องส่งที่โลว์		กำลังเครื่องส่งที่ไฮ	
		ใช้เสาข้าง	ใช้เสาซีก	ใช้เสาข้าง	ใช้เสาซีก
หน้าลิฟท์ชั้น 3	1	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
	2	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
	3	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
หน้าห้องสมุดคณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม	1	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
	2	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
	3	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
หน้าลิฟท์ชั้น 4	1	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
	2	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
	3	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
หน้าลิฟท์ชั้น 5	1	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
	2	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
	3	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
คาเฟ่ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม	1	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
	2	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
	3	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดทดสอบ	ครั้งที่	กำลังเครื่องส่งที่โลว์		กำลังเครื่องส่งที่ไฮ	
		ใช้เสาข้าง	ใช้เสาซีก	ใช้เสาข้าง	ใช้เสาซีก
หน้าห้องประชุมใหญ่	1	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
	2	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
	3	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
ลานจอดรถคณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม	1	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
	2	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
	3	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
โรงอาหารคณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม	1	รับไม่ได้	รับไม่ได้	รับได้	รับได้
	2	รับไม่ได้	รับไม่ได้	รับได้	รับได้
	3	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
หน้าตึกศูนย์วิจัย	1	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
	2	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
	3	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
บริเวณอนุสาวรีย์ ร.4	1	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
	2	รับไม่ได้	รับได้	รับได้	รับได้
	3	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
หน้าห้องสมุดกลาง ตึกพระเทพฯ	1	รับไม่ได้	รับไม่ได้	รับไม่ได้	รับไม่ได้
	2	รับไม่ได้	รับไม่ได้	รับไม่ได้	รับไม่ได้
	3	รับไม่ได้	รับไม่ได้	รับไม่ได้	รับไม่ได้
หน้าตึกคณะ เทคโนโลยีการเกษตร	1	รับไม่ได้	รับได้	รับได้	รับได้
	2	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้
	3	รับได้	รับได้	รับได้	รับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดทดสอบ	ครั้งที่	กำลังเครื่องส่งที่โลว์		กำลังเครื่องส่งที่ไฮ	
		ใช้เสาข้าง	ใช้เสาซีก	ใช้เสาข้าง	ใช้เสาซีก
โรงอาหารคณะ	1	รับไม่ได้	รับไม่ได้	รับไม่ได้	รับไม่ได้
เทคโนโลยีการเกษตร	2	รับไม่ได้	รับไม่ได้	รับไม่ได้	รับไม่ได้
	3	รับไม่ได้	รับไม่ได้	รับไม่ได้	รับไม่ได้

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงการทดสอบที่ตำแหน่งต่างๆ

จากการทดสอบการใช้งานของวิทยุติดตามตัวที่แสดงผลด้วยตัวเลข สามารถสรุปได้ว่า วิทยุติดตามตัวที่แสดงผลด้วยตัวเลขนั้นใช้งานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้

บทที่ 5

บทสรุปและแนวทางพัฒนา

5.1 บทสรุป

ในการออกแบบวงจรและสร้างวิทยุติดตามตัวที่แสดงผลเป็นตัวเลข ซึ่งในปริญญาโทฉบับนี้นั้น ได้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาระบบการทำงานของวิทยุติดตามตัวที่แสดงผลเป็นตัวเลขระบบดิจิตอลในย่าน VHF และสร้างวิทยุติดตามตัวที่แสดงผลเป็นตัวเลขระบบดิจิตอลขึ้นมา โดยออกแบบและสร้างเป็นเครื่องต้นแบบที่สามารถใช้งานได้จริงและอยู่ภายในขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งวิทยุติดตามตัวที่แสดงผลเป็นตัวเลขระบบดิจิตอลในย่าน VHF ที่สร้างขึ้นนั้นมีคุณสมบัติทางเทคนิคดังต่อไปนี้

คุณสมบัติทางเทคนิคของวิทยุติดตามตัวที่แสดงผลเป็นตัวเลขระบบดิจิตอลรหัสที่ใช้	DTMF (Digital Tone Multi Frequency)
การแสดงผล	เป็นตัวเลข 7 หลัก
หน่วยความจำ	1 ชุดๆ ละ 7 หลัก
ย่านความถี่ที่ใช้งาน	146.00 MHz
ความถี่เสียงเตือน	เป็นเสียงดนตรี
ระยะเวลาเตือน	8 วินาที
ความสิ้นเปลืองพลังงาน	ใช้งานปกติ 120 mA. ใช้แสดงผล 220 mA.
แบตเตอรี่	ถ่าน 9 โวลท์ จำนวน 3 ก้อน
อายุใช้งานของแบตเตอรี่	8-9 ชั่วโมง
น้ำหนัก	500 กรัม
ขนาด	5.00 นิ้ว X 7.50 นิ้ว X 1.75 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการที่ได้ทำการศึกษา ออกแบบ สร้าง และทดลองเครื่องต้นแบบวิทยุติดตามตัวที่แสดงผลเป็นตัวเลขระบบดิจิทัลแล้ว ปรากฏว่าผลที่ได้รับเป็นที่น่าพอใจในระดับหนึ่ง เพราะวิทยุติดตามตัวที่แสดงผลเป็นตัวเลขระบบทวิ-โทนที่สร้างขึ้นมานั้น สามารถทำงานได้ตามขอบเขตที่วางไว้ในหลายส่วน และยังสามารถที่จะนำไปพัฒนาให้มีประสิทธิภาพได้อีกต่อไปในอนาคต ซึ่งในการศึกษาการออกแบบ การสร้างและทดลองในครั้งนี้ หากมีเวลาในการศึกษาการทำงานมากกว่านี้คงจะเป็นที่คาดหวังไว้ว่าวิทยุติดตามตัวที่แสดงผลเป็นตัวเลขระบบดิจิทัลจะมีขนาดเล็กลงหรือสมบรูณ์มากกว่านี้ ซึ่งเวลาที่เสียไปส่วนมากอยู่ในส่วนของ การออกแบบ

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

ในระหว่างการทำปริญญานิพนธ์นั้น เกิดปัญหาและอุปสรรคขึ้น ซึ่งทางคณะผู้จัดทำได้ทำการจดบันทึกรวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางที่ทางคณะผู้จัดทำได้ใช้ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นไว้พอสังเขปดังต่อไปนี้

1) การทำงานในส่วนวงจรเครื่องรับวิทยุ นั้น มีความไวในการรับสัญญาณที่อ่อนๆ ไม่เพียงพอ เนื่องจากสายอากาศที่ใช้เป็นสายอากาศชนิด 1 λ ซึ่งพันขึ้นมาเอง จึงแก้ไขโดยออกแบบที่ภาคพรีแอมป์ที่ใส่เฟดทำการขยายแทนการใช้ทรานซิสเตอร์ ซึ่งให้ผลดีพอสมควร

2) ส่วนของภาครับวิทยุในวงจรเดิมนั้น ใช้หลักการเลือกความถี่ใช้งานโดยใช้โวลุ่มปรับเพื่อเปลี่ยนแปลงค่าโวลท์เดจที่ไดโอดวาริแคปภายในไอซี MC3362 นั้น เมื่อใช้งานไปในระยะหนึ่งจะมีการเลื่อนของความถี่เสมอ จึงแก้ไขโดยไม่ใช้โวลุ่มปรับค่าความถี่ แต่เปลี่ยนมาใช้ในการปรับค่าคอยล์ในวงจรแทน ซึ่งสามารถแก้ปัญหาการเลื่อนความถี่ได้ดีพอสมควร

3) ผลของการถอดรหัส DTMF ในรหัสศูนย์นั้น เอาร์ทพุทที่ได้จากไอซีถอดรหัส MT 8870 จะให้เอาร์ทพุทไบนารีค่า 1010 ซึ่งไม่ใช่รหัสจริงในรหัสไบนารีเลขฐานสอง ทำให้ไม่สามารถแสดงตัวเลขศูนย์ที่เป็นจริงได้ เมื่อผ่านวงจรภาคแสดงผล จึงแก้ไขโดยนำรหัสไบนารี 1010 มาผ่านวงจรเกตเพื่อเปลี่ยนให้เป็นรหัสไบนารี 0000 ก่อน จึงจะนำไปใช้ในภาคอื่นต่อไปได้

4) การออกแบบภาคต่างๆ ในโครงงานครั้งแรกๆ นั้นเมื่อทดลองใช้งานจริง ปรากฏว่ามี การสิ้นเปลืองกระแสมาก ซึ่งไม่เหมาะแก่การนำมาใช้งานจริง จึงแก้ไขโดยเปลี่ยนมาใช้ไอซีเกท ซิมอสตระกูล 74HC XXX แทน ซึ่งสามารถลดการสิ้นเปลืองกระแสได้มาก

5.8 แนวทางในการพัฒนา

ทางคณะผู้จัดทำได้พยายามที่จะทำปฏิญญานิพนธ์นี้ให้สมบูรณ์ที่สุดตามความสามารถเท่าที่มีอยู่ภายในเวลาที่จำกัดและเครื่องมือ อุปกรณ์บางอย่างที่ไม่มีหรือไม่ค่อยจะเพียงพอต่อการใช้งาน สิ่งเหล่านี้ทำให้เกิดจุดบกพร่องขึ้นมาหลายอย่าง ซึ่งสมควรที่จะให้ผู้มีความสนใจได้ทราบถึงจุดบกพร่องและหาแนวทางเพื่อแก้ไขและพัฒนาต่อไป ดังนั้นจึงได้รวบรวมแนวทางการพัฒนาวิทยุติดตามตัวในย่านวีเอชเอฟ ไว้ดังนี้

1) ออกแบบระบบควบคุมการทำงานของวิทยุติดตามตัวที่แสดงผลด้วยตัวเลข จากวงจรดิจิทัลมาใช้งาน ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมแทน จะทำให้ลดขนาดให้เล็กลงได้เนื่องจากวงจรไมโครโปรเซสเซอร์มีขนาดเล็กและยังสามารถลดอุปกรณ์ต่างๆ ลงได้อีก และยังทำให้การควบคุมการทำงานดีขึ้น รวมทั้งยังสามารถใช้อุปกรณ์อื่นร่วมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพได้อีก เช่น การแสดงผลด้วย LCD เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันไอซี ไมโครโปรเซสเซอร์มีให้เลือกใช้งานหลายเบอร์หากเลือกอย่างเหมาะสมกับงานแล้ว จะทำให้การทำงานของวิทยุติดตามตัวมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2) ใช้อุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก และออกแบบวงจรให้เหมาะสม จะทำให้ลดขนาดของเครื่องรับวิทยุติดตามตัวให้เล็กลงได้อีก และอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่นำมาใช้ในการออกแบบนั้น จะต้องคำนึงถึงการสิ้นเปลืองกระแสด้วย

3) สิ่งสำคัญของวิทยุติดตามตัวนั้น จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของภาครับวิทยุ ฉะนั้นควรทำการออกแบบ และสร้างวงจรภาครับวิทยุให้มีความไวสูง และมีเสถียรภาพในการเลือกรับความถี่มากที่สุด จะสามารถช่วยเพิ่มระยะทางในการใช้งานได้มากขึ้น

4) ในการออกแบบและการสร้างเครื่องรับนั้นต้องมีข้อมูลให้ศึกษาน้อย ดังนั้นผู้สร้างควรรหาผู้ที่สามารถให้คำปรึกษาได้ เพื่อปรึกษาและให้คำชี้แนะเมื่อมีปัญหา รวมถึงศึกษาและหาข้อมูลที่ต้องและเพียงพอต่อการนำมาใช้ในการออกแบบและสร้างวงจรต่อไป

บรรณานุกรม

กฤษฎา วิชาชีรานนท์. “ไอซีหน่วยความจำ”. ไอซีดิจิทัล พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2531, หน้า 217-224.

กองบรรณาธิการ. “แพคตังค์วิทยุติดตามตัวระบบดิจิทัล”. เชมิคอนดัคเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์ 73 : 162-175, ตุลาคม, 2529.

เจน สงสมพันธ์ และคณะ. “ไอซีเสียงเพลง UM66T”. คู่มือไอซี 1. พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพฯ, สถาบันอิเล็กทรอนิกส์ กรุงเทพฯ, 2534, หน้า 158-163.

ชเนต ศิริไตรวัฒนาพร. “เครื่องตั้งรหัสเปิดเสียงอัตโนมัติสำหรับวิทยุรับส่ง”. เชมิคอนดัคเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์ 124 : 32-40, มกราคม 2536.

สุชาติ กังวาลจิตต์. เครื่องรับส่งวิทยุและระบบวิทยุสื่อสาร. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 387 หน้า

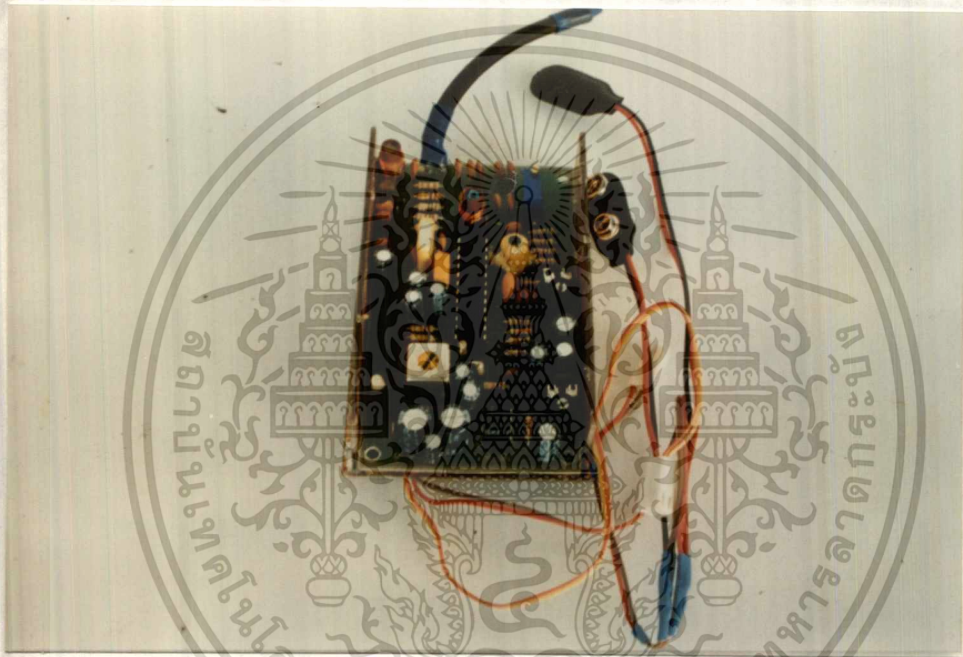
อานัติพงษ์ สุทธิรักษ์และวัชระ มนูญพร. “ออกแบบสร้างเครื่องรับวิทยุสมัครเล่น 142-148 MHz”. เชมิคอนดัคเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์ 112 : 48-53, ธันวาคม 2534.



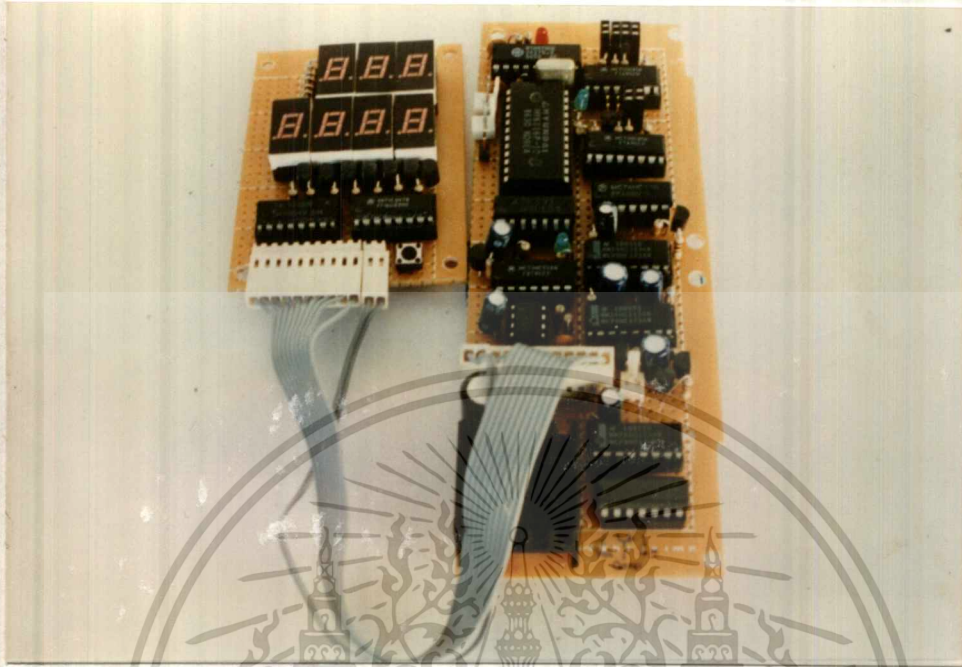
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานเครื่องรับวิทยุติดตามตัว

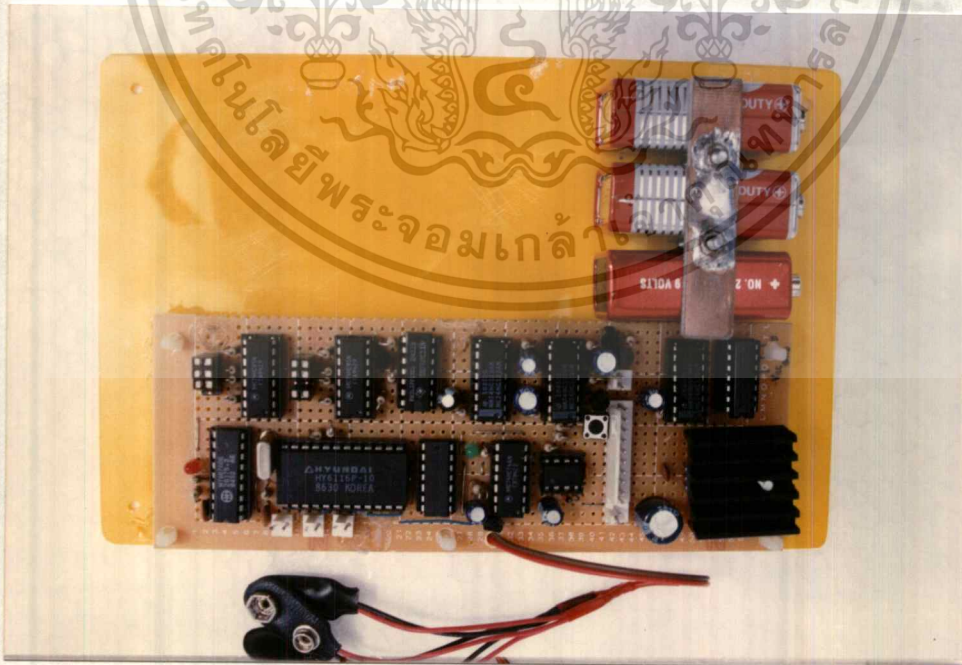
ในการใช้งานเครื่องรับวิทยุติดตามตัวนั้น จำเป็นที่จะต้องศึกษาถึง ลักษณะต่างๆ ของเครื่องรับวิทยุติดตามตัวก่อน เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งาน และในส่วนนี้จะได้แสดงให้เห็นถึงการวางอุปกรณ์ในเครื่องรับวิทยุติดตามตัว ซึ่งจะได้อธิบายในรูป ชุดสำเร็จของวิทยุติดตามตัว สามารถแสดงได้ดังนี้



ภาครับวิทยุย่าน VHF

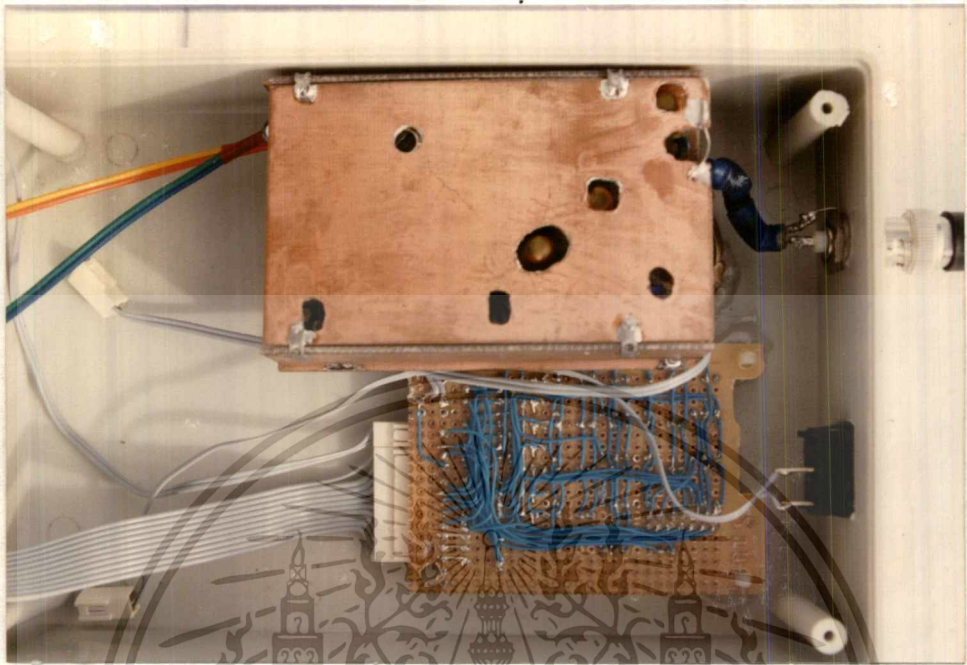


บอร์ดควบคุมและบอร์ดแสดงผล

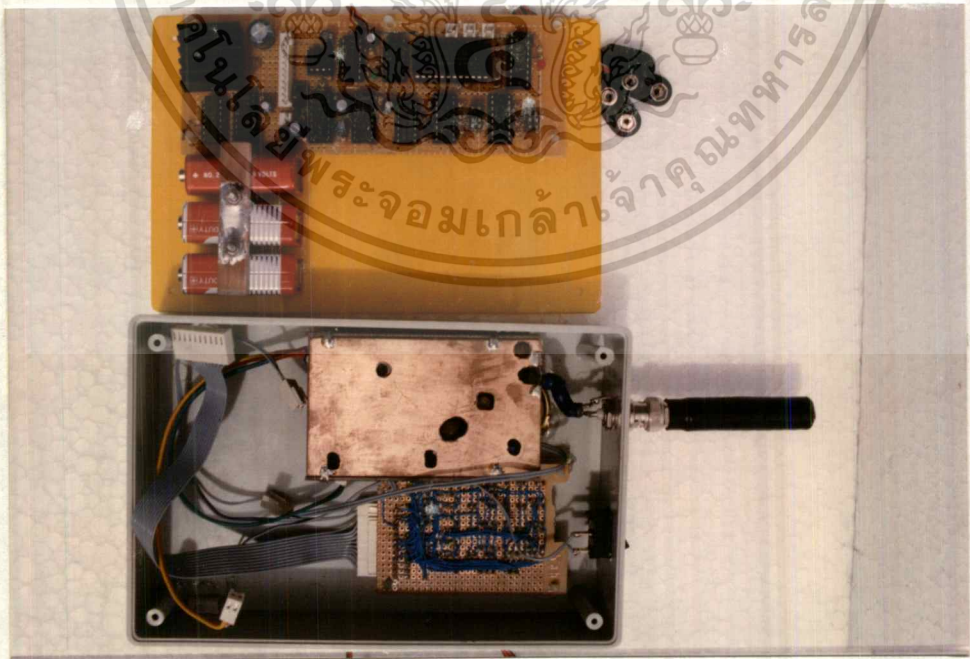


แสดงการวางชุดควบคุมและตำแหน่งของแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

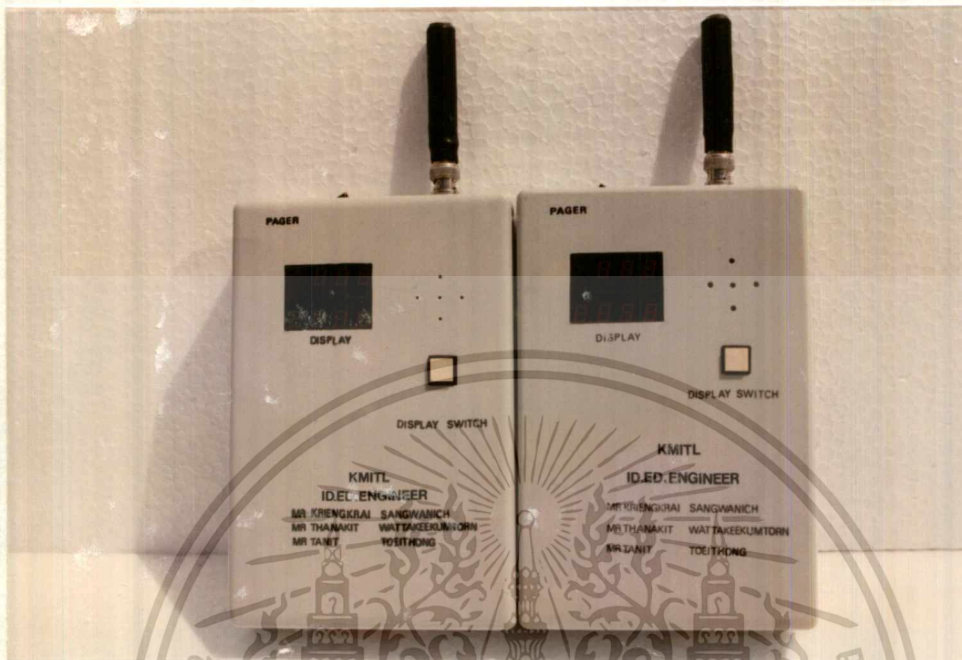


แสดงการวางชุดรับความถี่วิทยุและชุดแสดงผล



ชุดสำเร็จการวางอุปกรณ์ภายในเครื่องรับวิทยุติดตามตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชุดสำเร็จของเครื่องรับวิทยุติดตามตัว

วิธีการใช้งานเครื่องรับวิทยุติดตามตัว

1. เปิดสวิทช์เพาเวอร์
2. ตั้งเครื่องส่งวิทยุที่ฟังก์ชัน DTMF ในตัวที่ความถี่ 146.00 MHz
3. กดรหัส DTMF โดยจะต้องกดให้ครบ 10 ตัว ทุกครั้งเพื่อที่จะส่งข่าวสารซึ่งเป็นหมายเลขโทรศัพท์ ซึ่งในหมายเลขทั้ง 10 ตัว จะมีหน้าที่ต่างๆ ดังนี้

xx xxxxxxx #

□ | | | |
A B C

- A : หมายเลข 2 ตัวแรก ใช้แทนหมายเลขรหัสของเครื่องรับวิทยุติดตามตัว ที่ผู้เรียกต้องการจะส่งไปยังผู้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- B : หมายเลข 7 ตัวถัดไป ใช้แทนหมายเลขโทรศัพท์หรือโค้ดที่ติดต่อที่ผู้เรียกต้องการจะส่งไปยังผู้รับ
- C : หมายเลขตัวสุดท้าย ใช้แทนคำสั่งเมื่อจบข่าวสารที่ผู้เรียกใช้ติดต่อยังผู้รับ ซึ่งจะต้องเป็นปุ่ม “#” เสมอ

หมายเหตุ ในเครื่องส่งวิทยุบางรุ่นอาจจะต้องกดคีย์ส่งค้างไว้ ในขณะที่กดคีย์โทน DTMF ทุกครั้ง หรืออาจจะไม่ต้องกดคีย์ส่งค้างไว้ในขณะที่ส่งคีย์โทนก็ได้

4. หลังจากที่ผู้เรียกส่งข้อความครบทั้ง 10 ตัวแล้ว ที่เครื่องรับวิทยุติดตามตัวจะส่งเสียงดนตรีดังขึ้น แต่จอภาพยังไม่ได้แสดงหมายเลขโทรศัพท์ ที่ผู้เรียกส่งมาและเสียงดนตรีจะดับไปเอง
5. เมื่อผู้รับต้องการอ่านหมายเลขที่ผู้เรียกมาก็โดยการกด DP. Switch หมายเลขทั้ง 7 ตัวก็จะปรากฏที่จอแสดงผลและจะดับไปเอง

วิธีการตั้งรหัสวิทยุติดตามตัว

1. ทำการเปิดฝาเครื่องรับวิทยุติดตามตัว จะเห็นว่าที่ฐานของตัวเครื่องจะมีบอร์ดควบคุม (ตำแหน่ง A) และแบตเตอรี่ 9 โวลต์ 3 ก้อน (ที่ตำแหน่ง B)
2. ที่บอร์ดควบคุมทางมุมบนซ้ายมือ จะเห็นว่ามีจัมเปอร์อยู่ 2 ชุด ชุดละ 4 จุด ค้างกัน โดยให้แทนจัมเปอร์ชุดที่ 1 ด้วย X1 และจัมเปอร์ชุดที่ 2 ด้วย X2
3. X1 จะแทนรหัสตัวแรกและ X2 จะแทนรหัสตัวที่ 2
4. ในการตั้งรหัสจะตั้งในแบบเลขไบนารี โดยกำหนดดังนี้

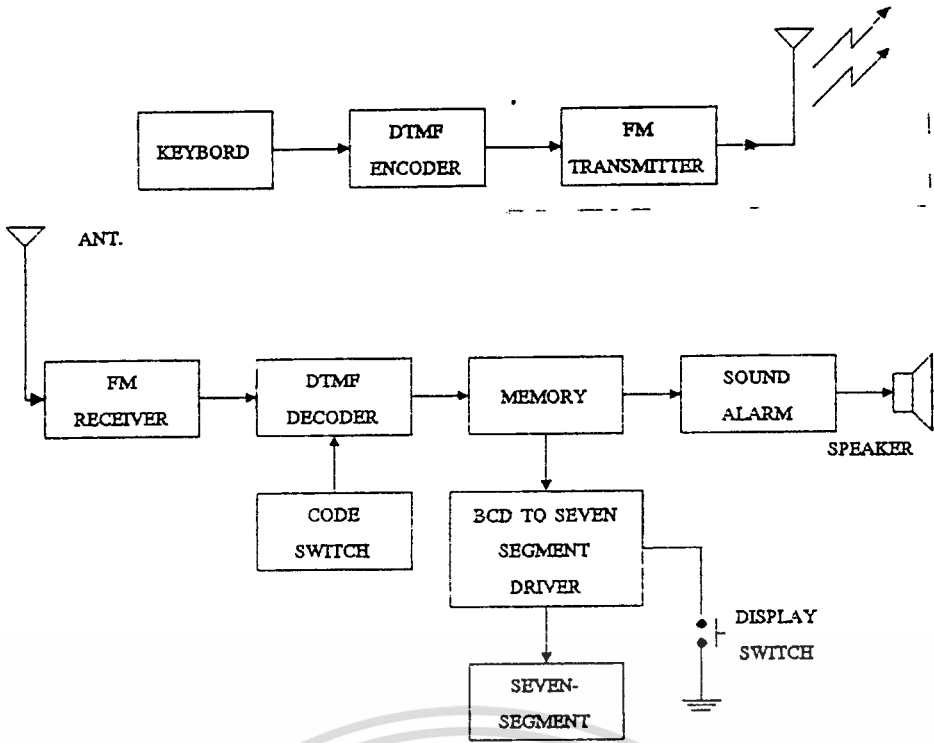
ไบนารี 0 คือ ไม่เสียบจัมเปอร์

ไบนารี 1 คือ เสียบจัมเปอร์

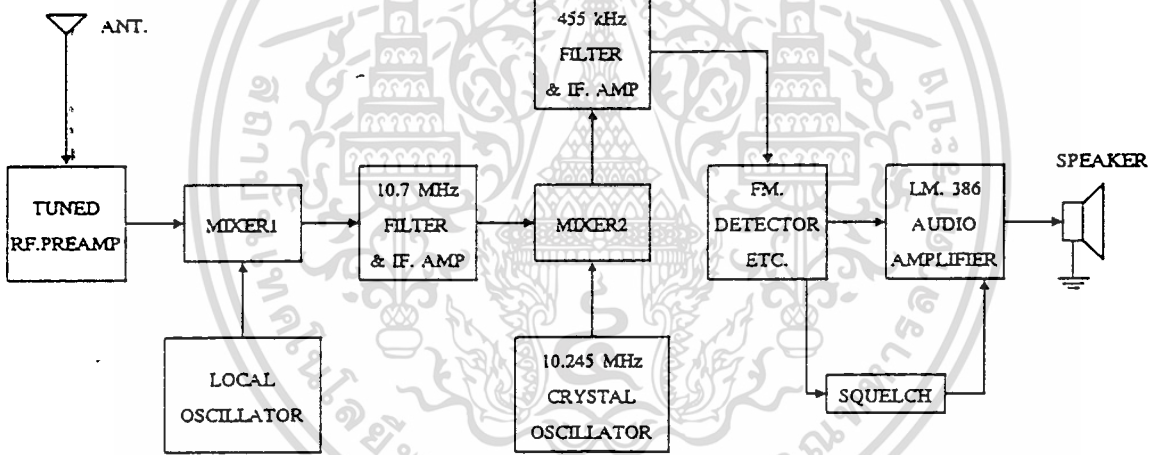
การตั้งรหัสไบนารี ที่ X1 และ X2 จะเรียงจาก LSB ไปยัง MSB เสมอ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



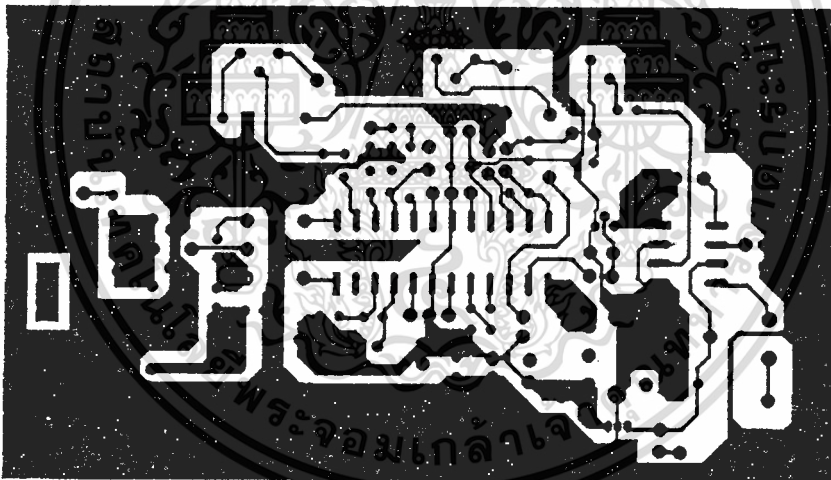
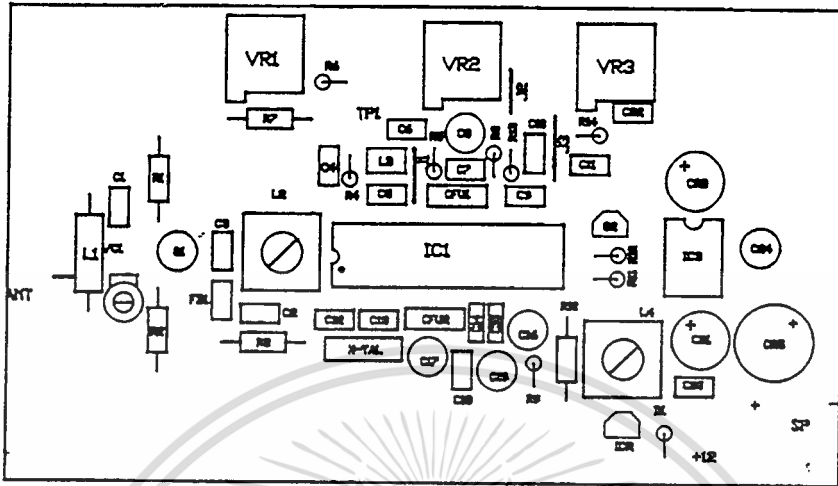
บล็อกไดอะแกรมของระบบวิทยุติดตามตัวย่าน VHF



บล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับความถี่วิทยุ

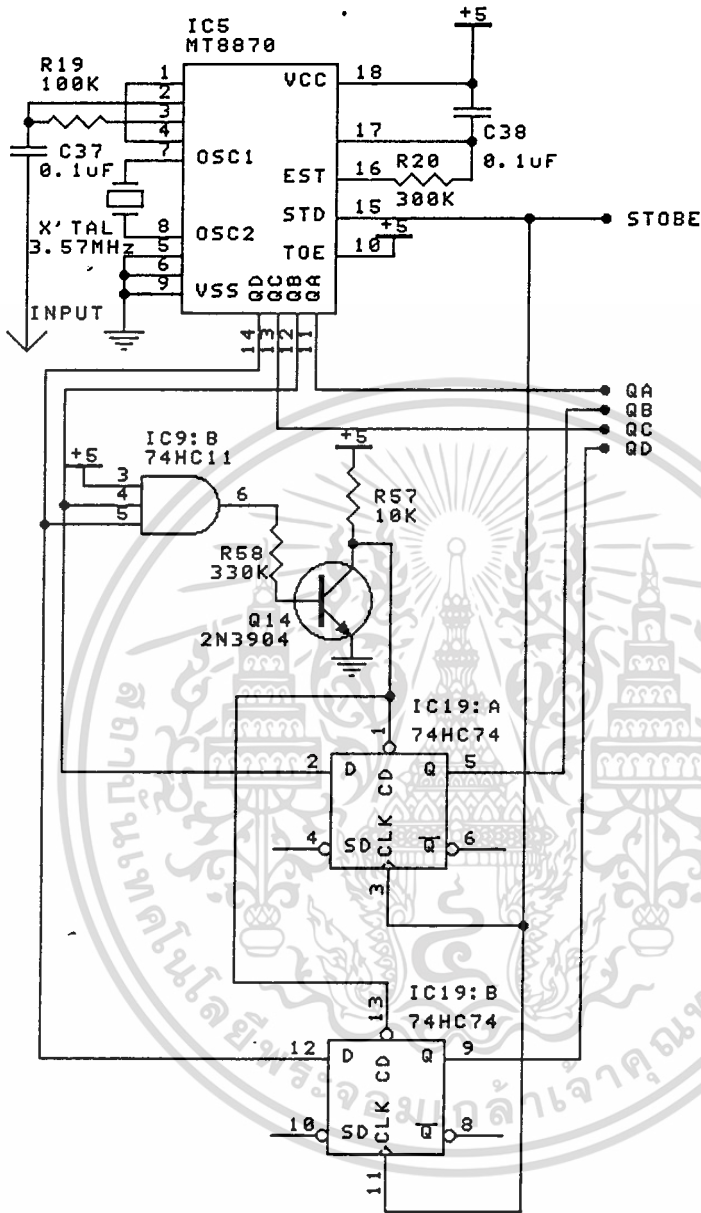
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้
 ใ้กว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรภาครับความถี่วิทยุ



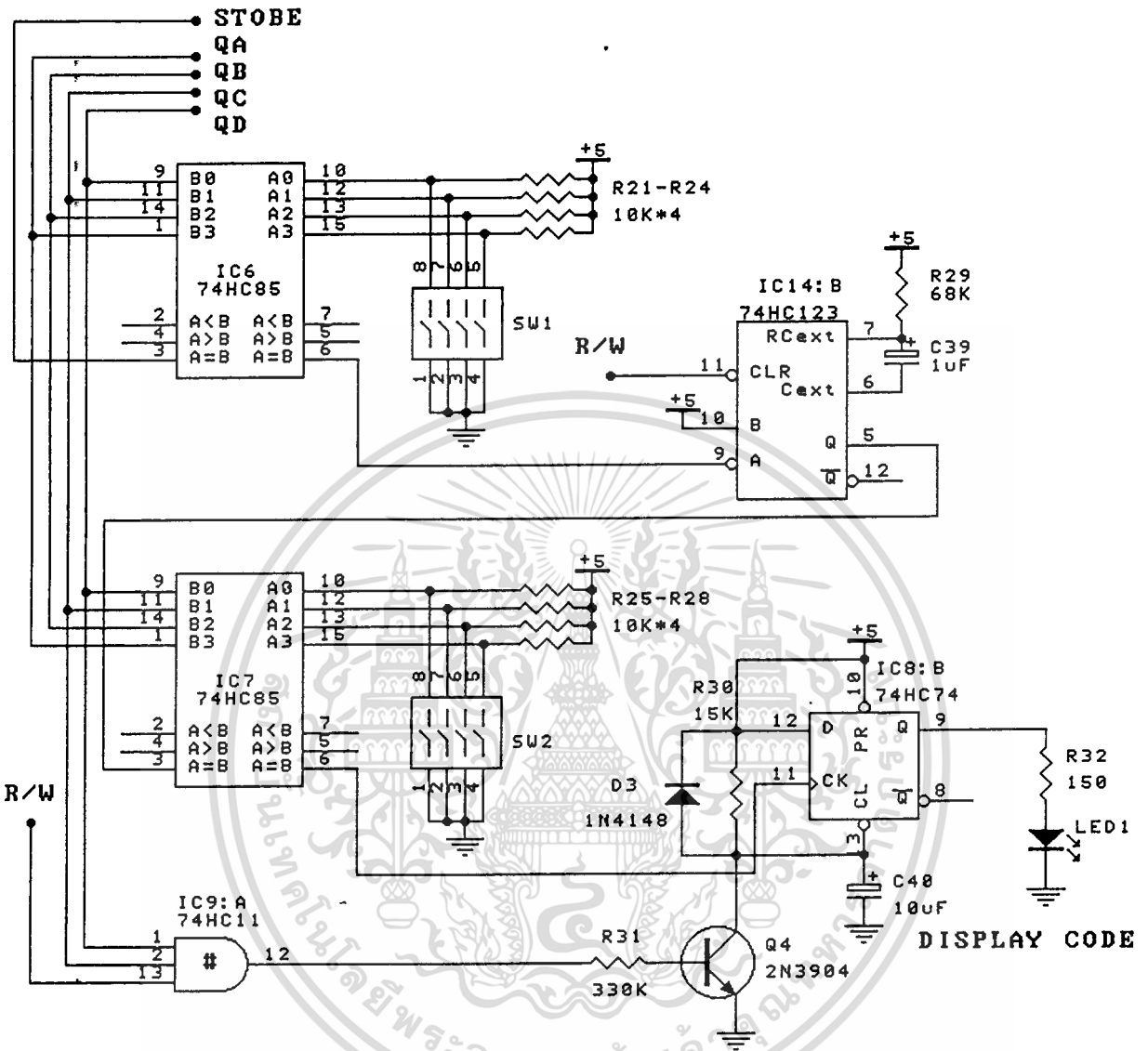
แผ่นพิมพ์ลายวงจรและการลงอุปกรณ์ของวงจรในภาครับวิทยุ FM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



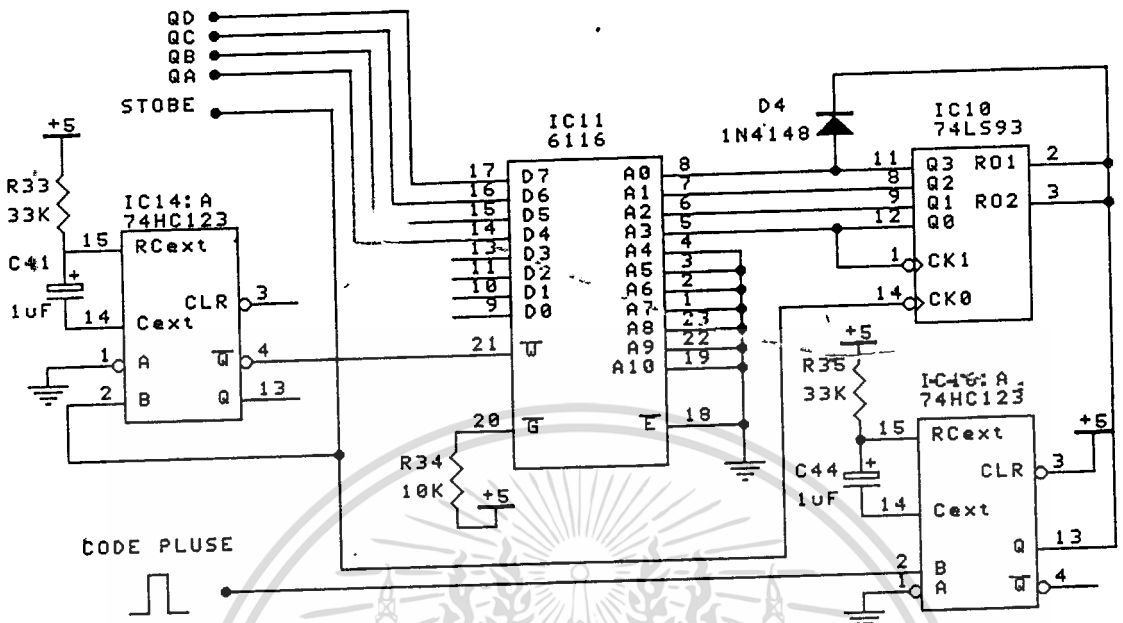
วงจรภาคถอดรหัส DTMF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

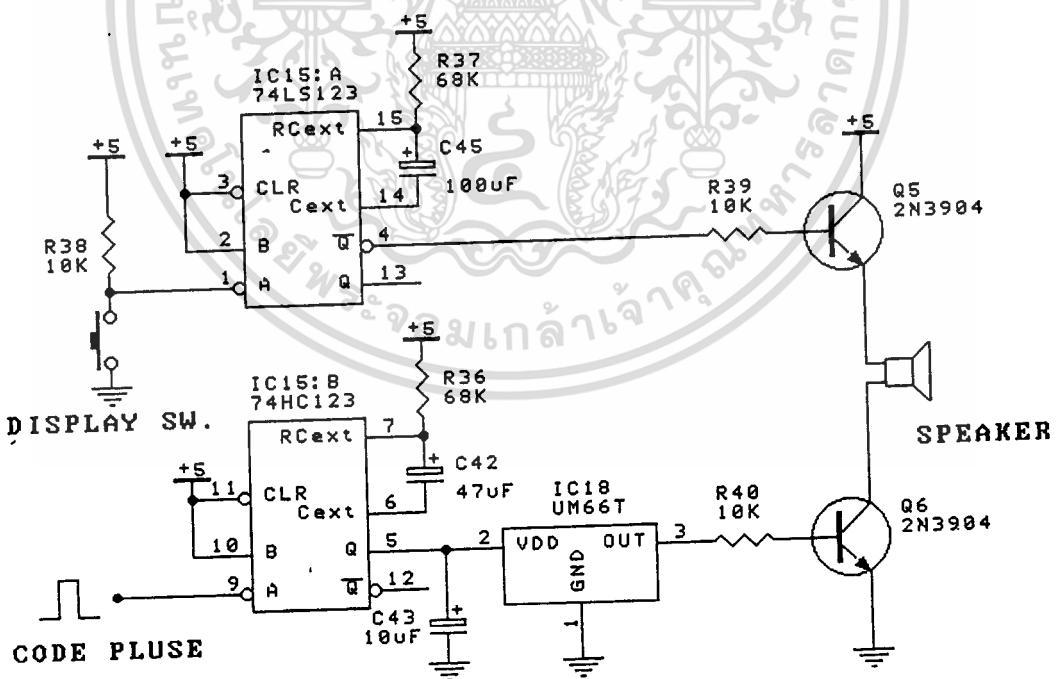


วงจรภาคเปรียบเทียบรหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

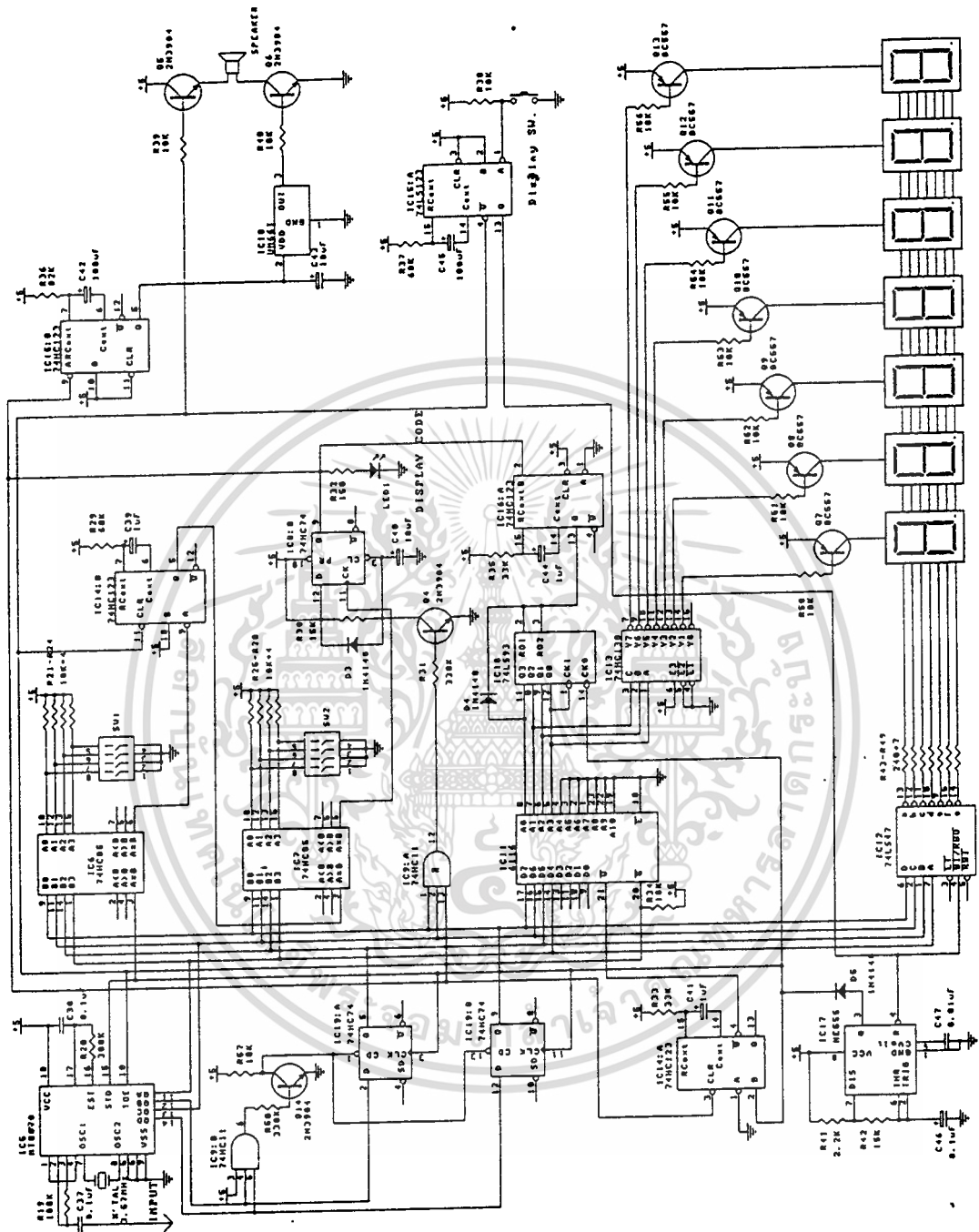


วงจรของภาคบันทึกข้อมูล



วงจรภาคเตือนด้วยเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วงจรรวมของวิทยุติดตามตัวที่แสดงผลด้วยตัวเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**MOTOROLA
SEMICONDUCTOR
TECHNICAL DATA**

LOW POWER NARROWBAND FM RECEIVER

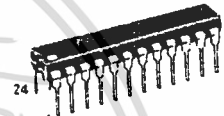
... includes dual FM conversion with oscillators, mixers, quadrature detector, and meter drive/carrier detect circuitry. The MC3362 also has buffered first and second local oscillator outputs and a comparator circuit for FSK detection.

- Wide Input Bandwidth:
 - 200 MHz using Internal Local Oscillator
 - 450 MHz using External Local Oscillator
- Complete Dual Conversion Circuitry
- Low Voltage: $V_{CC} = 2.0$ to 7.0 Vdc
- Low Drain Current (3.6 mA (Typ) @ $V_{CC} = 3.0$ Vdc)
- Excellent Sensitivity: Input $0.7 \mu V$ (Typ) for 12 dB SINAD
- Data Shaping Comparator
- Received Signal Strength Indicator (RSSI) with 60 dB Dynamic Range
- Low Number of External Parts Required
- Manufactured in Motorola's MOSAIC Process Technology

MC3362

**LOW-POWER
DUAL CONVERSION
FM RECEIVER**

SILICON MONOLITHIC
INTEGRATED CIRCUIT



P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 724



DW SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751E
SO-24

FIGURE 1 — TYPICAL APPLICATION IN A PLL FREQUENCY SYNTHESIZED RECEIVER

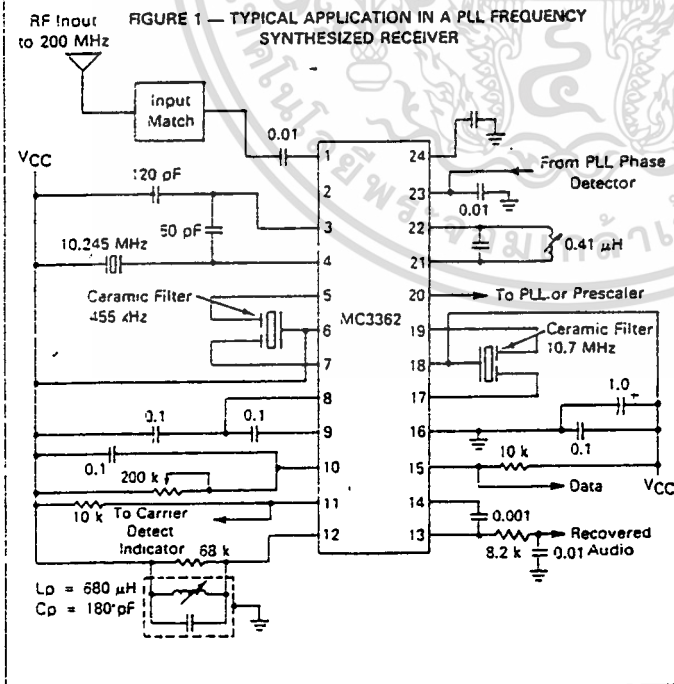
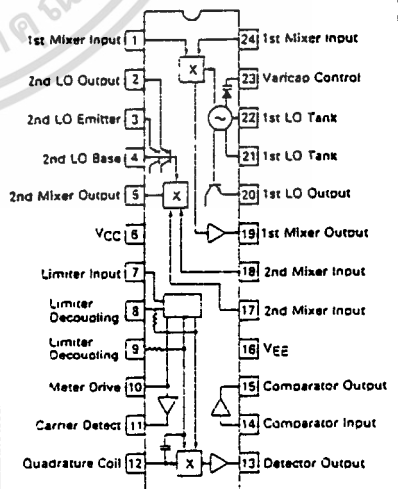


FIGURE 2 — PIN CONNECTIONS AND FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



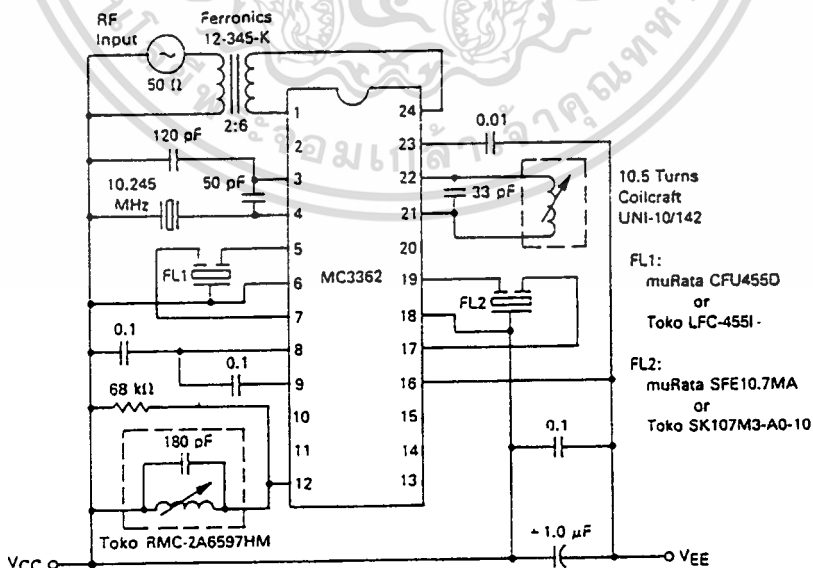
MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted)

Rating	Pin	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltage	6	$V_{CC(max)}$	8.0	Vdc
Operating Supply Voltage Range (Recommended)	6	V_{CC}	2.0 to 7.0	Vdc
Input Voltage ($V_{CC} \geq 5.0$ Vdc)	1, 24	V_{1-24}	1.0	Vrms
Junction Temperature	—	T_J	150	$^\circ\text{C}$
Operating Ambient Temperature Range	—	T_A	-40 to +85	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	—	T_{stg}	-65 to +150	$^\circ\text{C}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 5.0$ Vdc, $f_o = 49.7$ MHz, Deviation = 3.0 kHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$, Test Circuit of Figure 3 unless otherwise noted)

Characteristic	Pin	Min	Typ	Max	Units
Drain Current (Carrier Detect Low — See Figure 5)	6	—	4.5	7.0	mA
Input for -3.0 dB Limiting	—	—	0.7	2.0	μVrms
Recovered Audio (RF signal level = 10 mV)	13	—	350	—	mVrms
Noise Output (RF signal level = 0 mV)	13	—	250	—	mVrms
Carrier Detect Threshold (below V_{CC})	10	—	0.64	—	Vdc
Meter Drive Slope	10	—	100	—	nA/dB
Input for 20 dB (S+N)/N (See Figure 7)	—	—	0.7	—	μVrms
First Mixer 3rd Order Intercept (Inout)	—	—	-22	—	dBm
First Mixer Input Resistance (R_p)	—	—	690	—	Ω
First Mixer Input Capacitance (C_p)	—	—	7.2	—	pF
First Mixer Conversion Voltage Gain	—	—	18	—	dB
Second Mixer Conversion Voltage Gain	—	—	21	—	dB
Detector Output Resistance	13	—	1.4	—	$\times\Omega$

FIGURE 3 — TEST CIRCUIT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 4 — I_D METER versus INPUT

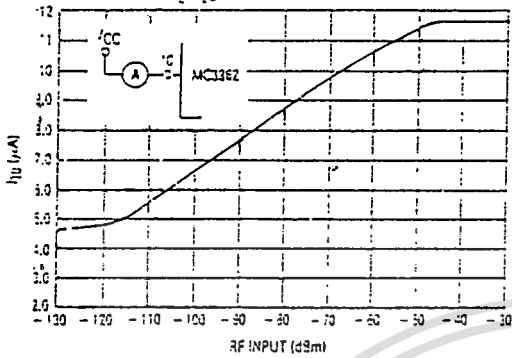


FIGURE 5 — DRAIN CURRENT, RECOVERED AUDIO versus SUPPLY

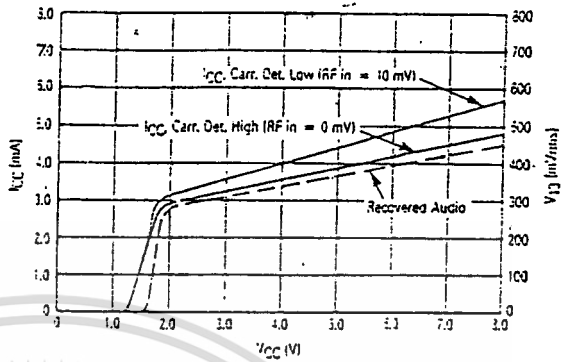


FIGURE 6 — SIGNAL LEVELS

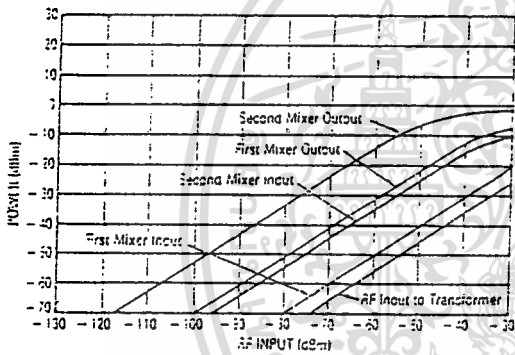


FIGURE 7 — S + N, N, AMR versus INPUT

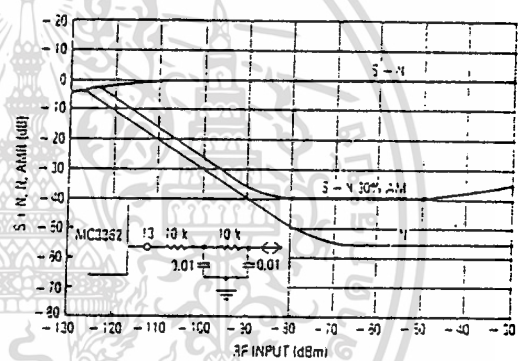


FIGURE 8 — 1ST MIXER 3RD ORDER INTERMODULATION

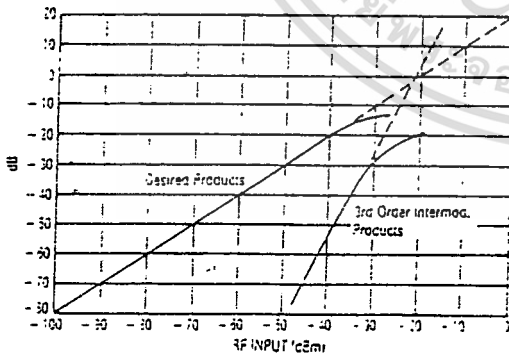
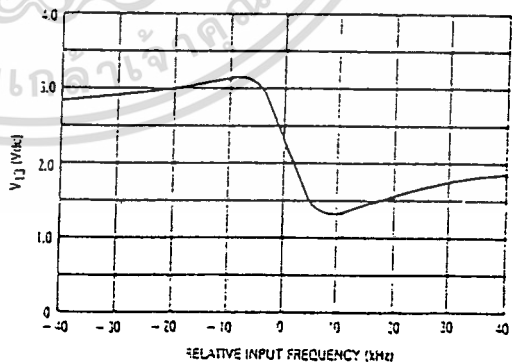


FIGURE 9 — DETECTOR OUTPUT versus FREQUENCY



CIRCUIT DESCRIPTION

The MC3362 is a complete FM narrowband receiver from antenna input to audio preamp output. The low voltage dual conversion design yields low power drain, excellent sensitivity and good image rejection in narrowband voice and data link applications.

In the typical application (Figure 1), the first mixer amplifies the signal and converts the RF input to 10.7 MHz. This IF signal is filtered externally and fed into the second mixer, which further amplifies the signal and converts it to a 455 kHz IF signal. After external bandpass filtering, the low IF is fed into the limiting amplifier and detection circuitry. The audio is recovered using a conventional quadrature detector. Twice-IF filtering is provided internally.

The input signal level is monitored by meter drive circuitry which detects the amount of limiting in the limiting amplifier. The voltage at the meter drive pin determines the state of the carrier detect output, which is active low.

APPLICATION

The first local oscillator can be run using a free-running LC tank, as a VCO using PLL synthesis, or driven from an external crystal oscillator. It has been run to 190 MHz.* A buffered output is available at Pin 20. The second local oscillator is a common base Colpitts type which is typically run at 10.245 MHz under crystal control. A buffered output is available at Pin 2. Pins 2 and 3 are interchangeable.

The mixers are doubly balanced to reduce spurious responses. The first and second mixers have conversion gains of 18 dB and 22 dB (typical), respectively, as seen in Figure 6. Mixer gain is stable with respect to supply voltage. For both conversions, the mixer impedances and pin layout are designed to allow the user to employ low cost, readily available ceramic filters. Overall sensitivity and AM rejection are shown in Figure 7. The input level for 20 dB $(S+N)/N$ is 0.7 μ V using the two-pole post-detection filter pictured.

*If the first local oscillator (Pins 21 and/or 22) is driven from a strong external source (100 mVrms), the mixer can be used to over 450 MHz.

Following the first mixer, a 10.7 MHz ceramic bandpass filter is recommended. The 10.7 MHz filtered signal is then fed into one second mixer input pin, the other input pin being connected to VCC.

The 455 kHz IF is typically filtered using a ceramic bandpass filter then fed into the limiter input pin. The limiter has 10 μ V sensitivity for -3.0 dB limiting, flat to 1.0 MHz.

The output of the limiter is internally connected to the quadrature detector, including a quadrature capacitor. A parallel LC tank is needed externally from Pin 12 to VCC. A 68 k Ω shunt resistance is included which determines the peak separation of the quadrature detector; a smaller value will increase the spacing and linearity but decrease recovered audio and sensitivity.

A data shaping circuit is available and can be coupled to the recovered audio output of Pin 13. The circuit is a comparator which is designed to detect zero crossings of FSK modulation. Data rates of 2000 to 35000 baud are detectable using the circuit of Figure 1. Hysteresis is available by connecting a high-valued resistor from Pin 15 to Pin 14. Values below 120 k Ω are not recommended as the input signal cannot overcome the hysteresis.

The meter drive circuitry detects input signal level by monitoring the limiting of the limiting amplifier stages. Figure 4 shows the unloaded current at Pin 10 versus input power. The meter drive current can be used directly (RSSI) or can be used to trip the carrier detect circuit at a specified input power. To do this, pick an RF trip level in dBm. Read the corresponding current from Figure 4 and pick a resistor such that:

$$R_{10} = 0.64 V_{dc} / I_{10}$$

Hysteresis is available by connecting a high-valued resistor R_H between Pins 10 and 11. The formula is:

$$\text{Hyst.} = V_{CC} / (R_H \times 10^{-7}) \text{ dB}$$

5411/7411 Triple 3-Input Positive-AND Gate-

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL						
	Device Type				Package				Device Type				Package				Device Type				Package		
	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF			
T.I.	SN54S11	J	Q	W	SN54H11	J	Q	W	SN54LS11	J	Q	W											
FAIRCHILD	F54S11	Q			F54H11/F54SH11	Q			F54LS11/F54LSH11	Q			F54S11/F54SH11	Q			F54S11/F54SH11	Q					
MOTOROLA					MC3106	L			SN74LS11	P													
N.S.C.					DM54H11	J	Q	W	DM54LS11				DM5411	J	Q	W	DM5411	J	Q	W			
PHILIPS													N7411										
SIGNETICS					SS4H11	F	Q	W					SS411	F	Q	W							
SIEMENS													N7411	F	Q	W							
FUJITSU									74LS11	J	Q	W											
HITACHI									H074LS11	P													
MITSUBISHI									M74LS11	P													
NEC									74LS11	C			7411	C									
TOSHIBA																							

Electrical Characteristics SN54LS11/SN74LS11

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V _{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS11	-55°C to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS11	0°C to 70°C
Interconnect voltage	5.5V	Storage temperature range		-55°C to 150°C

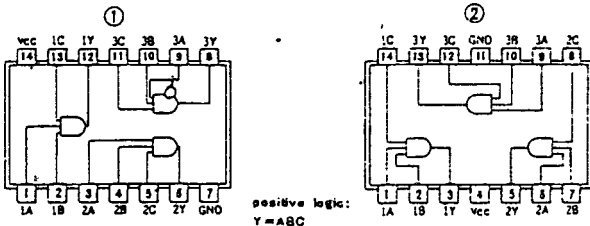
recommended operating conditions

	SN54LS11		SN74LS11		UNIT
	MIN	MAX	MIN	MAX	
Supply voltage, V _{CC}	4.5	5	4.75	5.25	V
High-level output current, I _{OH}		-400		-400	μA
Low-level output current, I _{OL}		4		4	mA
Operating free-air temperature, T _A	-55	125	0	70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

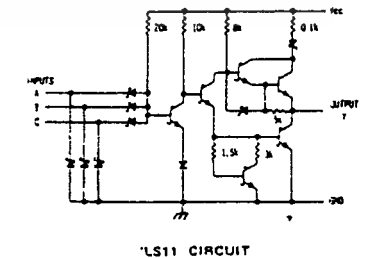
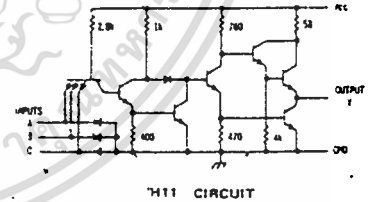
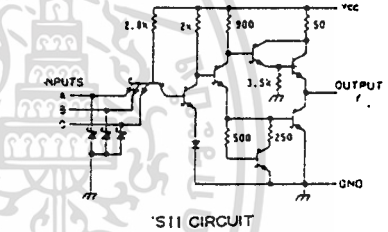
PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT	
V _{IH}	High-level input voltage		2		V	
V _{IL}	Low-level input voltage			0.8	V	
V _I	Input clamp voltage	V _{CC} = MIN, I _I = -18mA		-1.3	V	
V _{OH}	High-level output voltage	V _{CC} = MIN, V _{IH} = 2V, I _{OH} = MAX	2.5	3.4	V	
V _{OL}	Low-level output voltage	V _{CC} = MIN, V _{IL} = V _{IL} MAX, I _{OL} = 4mA	0.25	0.4	V	
I _I	Input current at maximum input voltage	V _{CC} = MAX, V _I = 7V		3.1	mA	
I _{IH}	High-level input current	V _{CC} = MAX, V _{IH} = 2.7V		20	μA	
I _{IL}	Low-level input current	V _{CC} = MAX, V _{IL} = 0.5V		-0.4	mA	
I _{OS}	Short circuit output current	V _{CC} = MAX	-20	-100	mA	
I _{CC1}	Supply current	V _{CC} = MAX	Total, outputs high	1.8	3.6	mA
I _{CC2}	Supply current		Total, outputs low	3.3	6.6	mA
I _{CC}	Supply current	V _{CC} = 5V	Average per gate (50% duty cycle)	6.85	mA	
t _{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	V _{CC} = 5V, T _A = 25°C, C _L = 150F, R _L = 2kΩ		8	15	ns
t _{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output			10	20	ns

Pin Assignments (Top View)



positive logic:
Y = ABC

Schematics (each gate)



Resistor values shown are nominal and in ohms.

1 For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate values specified under recommended operating conditions.

2 All typical values are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.

3 Not more than one output should be shorted at a time, and for SN54H/SN74H and SN54S/SN74S, duration of output short circuit should not exceed one second.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5447A/7447A BCD-to-Seven Segment Decder/Driver (15V Output)

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL			
	Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package		
		C	P	M	C	P	M	C	P	M	C	P	M	C	P	M	C	P	M	C
T.I.																				
FAIRCHILD																				
MOTOROLA																				
N.S.C.																				
PHILIPS																				
SIGNETICS																				
SIEMENS																				
FUJITSU																				
HITACH																				
MTSUBISHI																				
NEC																				
TOSHIBA																				

Electrical Characteristics SN54LS47A/SN74LS47A

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS47A	-35°C to 125°C
Output voltage	7V	SN74LS47A	0°C to 70°C	
Current loaded into any output in the off state	1 mA	Storage temperature range		-65°C to 150°C

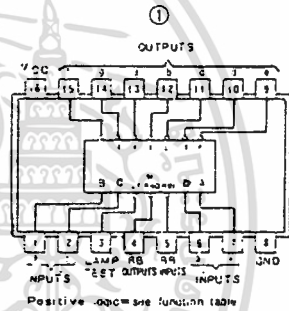
recommended operating conditions

	SN54LS47A		SN74LS47A		UNIT	
	MIN	NOM	MAX	NOM		MAX
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	5	5.5	V
On-state output voltage, V_{OL} (1)	0	0.1	0.15	0.15	0.2	V
On-state output current, I_{OL} (1)	0	0	12	24	24	mA
High-level output current, I_{OH}			-50	-50	-50	mA
Low-level output current, I_{OL}			1.6	3.2	3.2	mA
Operating free-air temperature, T_A	-55	125	0	70	70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage		2		V
V_{IL}	Low-level input voltage		0.8		V
V_I	Input clamp voltage, any input except B1/RB0			-1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	B1/RB0		2.4	V
V_{OL}	Low-level output voltage	B1/RB0		0.25	V
I_O (off)	Off-state output current	0 thru 0		250	µA
V_O (on)	On-state output voltage	0 thru 0		0.25	V
I_i	Input current at maximum input voltage	Any input except B1/RB0		0.1	mA
I_{IH}	High-level input current	Any input except B1/RB0		20	µA
I_{IL}	Low-level input current	Any input except B1/RB0		-0.4	mA
I_{OS}	Short-circuit output current	B1/RB0		-0.3	mA
I_{CC}	Supply current	$V_{CC} = \text{MAX}$		7	mA
t_{off}	Turn-off time from A input			100	ns
t_{on}	Turn-on time from A input			100	ns
t_{off}	Turn-off time from RB1 input			100	ns
t_{on}	Turn-on time from RB1 input			100	ns

Pin Assignment (Top View)



- NOTES:
- The blanking input (B1) must be open or held at a high logic level when output functions 0 through 15 are desired. The ripple-blanking input (RB1) must be open or high if blanking of a decimal zero is not desired.
 - When a low logic level is applied directly to the blanking input (B1), all segment outputs are off regardless of the level of any other input.
 - When ripple-blanking input (RB1) and inputs A, B, C, and D are at a low level with the lamp test input high, all segment outputs go off and the ripple-blanking output (RB0) goes to a low level (response condition).
 - When the blanking input/ripple blanking output (B1/RB0) is open or held high and a low is applied to the lamp-test input, all segment outputs are on.
 - B1/RB0 is wire-AND logic serving as blanking input (B1) and/or ripple-blanking output (RB0).

1. For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable type.
 2. All typical values are at $V_{CC} = 5V$, $T_A = 25°C$.
 3. I_{CC} is measured with all outputs open and all inputs at 4.5V.
 4. t_{off} corresponds to t_{PLH} and t_{on} corresponds to t_{PLL} .

CONTINUED ON NEXT PAGE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีนำไปใช้

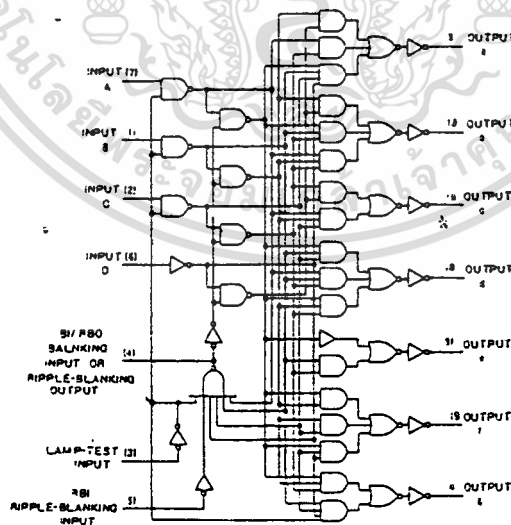
5447A/7447A (CONTINUED)

Function Table

DECIMAL OR FUNCTION	INPUTS					SI/RBO \bar{z}	OUTPUTS							NOTE	
	LT	RBI	D	C	B		A	a	b	c	d	e	f		g
0	H	H	L	L	L	L	H	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	1
1	H	X	L	L	L	H	H	OFF	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	1
2	H	X	L	L	H	L	H	ON	ON	OFF	ON	ON	OFF	ON	
3	H	X	L	L	H	H	H	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	ON	
4	H	X	L	H	L	L	H	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	
5	H	X	L	H	L	H	H	ON	OFF	ON	ON	OFF	ON	ON	
6	H	X	L	H	H	L	H	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON	ON	
7	H	X	L	H	H	H	H	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	
8	H	X	H	L	L	L	L	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	
9	H	X	H	L	L	H	H	ON	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	
10	H	X	H	L	H	L	H	OFF	OFF	OFF	ON	ON	OFF	ON	
11	H	X	H	L	H	H	H	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	
12	H	X	H	H	L	L	L	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	ON	
13	H	X	H	H	L	H	H	ON	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	
14	H	X	H	H	H	L	H	OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON	
15	H	X	H	H	H	H	H	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	
BI	X	X	X	X	X	X	L	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	2
RBI	H	L	L	L	L	L	L	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	3
LT	L	X	X	X	X	X	H	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	4

H=high level, L=low level, X=irrelevant

Schematic



747A, 7LSA47 1A7 BCD-TO-SEVEN-SEGMENT DECODER/DRIVER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5474/7474 Dual D-Type Positive-Edge-Triggered Flip-Flop with Preset and Clear

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL							
	Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package					
	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF				
T.I.	SN54S74	J	D	WD	SN54H74	J	D	WD	SN54LS74	J	D	WD	SN5474	J	D	WD	SN54L74	J	D	WD	SN5474	J	D	WD
FAIRCHILD	FMS474/FM574	D			FMS4H74/FM5H74	D			FMS4LS74/FM5LS74	D			FMS474/FM574	D			FMS4L74/FM5L74	D			FMS474/FM574	D		
MOTOROLA	FC74S74/FC9574	D			FC74H74/FC95H74	D			FC74LS74/FC95LS74	D			FC7474/FC9574	D			FC74L74/FC95L74	D			FC7474/FC9574	D		
N.S.C.	DM74S74				DM54H74	J	D	WD	DM54LS74	J	D	WD	DM5474	J	D	WD	DM54L74	J	D	WD	DM74L74	J	D	WD
PHILIPS	N74S74				GJJ131/74H74				N74LS74				74S74				74LS74				7474			
SIGNETICS	SS4S74				SS4H74	F	D	AD	SS4LS74	F	D	AD	SS474	F	D	AD	SS4L74	F	D	AD	SS474	F	D	AD
SIEMENS	N74S74				N74H74	F	D	AD	N74LS74				N7474	F	D	AD	N74L74	F	D	AD	N7474	F	D	AD
FUJITSU									74LS74				MB420				74LMD							
HITACHI	HD74S74	D	P	D					HD74LS74	P	D		HD7474/HD2510	D	P	D								
MITSUBISHI	M74S74								M74LS74	P	D		M5327/M5374	P	D									
NEC	74S74								74LS74	C	D		μP8214	D	D	C								
TOSHIBA													TD3474A											

Electrical Characteristics SN54LS74/SN74LS74					
absolute maximum ratings over operating free-air temperature range					
Supply voltage, V _{CC}	V _I	Operating free-air temperature range	SN54LS	-55°C to 125°C	
Input voltage	1.5V	Storage temperature range	SN74LS	-55 to 125°C	
recommended operating conditions					
			SN54LS74	SN74LS74	UNIT
Supply voltage, V _{CC}			4.5	5	V
High-level output current, I _{OH}			-40	-40	mA
Low-level output current, I _{OL}			4	4	mA
Propagation delay, t _p	Clock edge		25	25	nS
	Preset or clear edge		25	25	nS
Input setup time, t _{su}	High-level 30ns		25	25	nS
	Low-level 20ns		20	20	nS
Output hold time, t _h			5	5	nS
Operating free-air temperature, T _A			-55	125	°C
electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range					
PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN.	TYP. & MAX.	UNIT	
V _{IH}	High-level input voltage		2		V
V _{IL}	Low-level input voltage		0.8		V
V _I	Input clamp voltage	V _{CC} = MIN., I _I = -18 mA	-1.5		V
V _{OH}	High-level output voltage	V _{CC} = MIN., V _{IH} = 2V, V _{IL} = 0.8V, I _{OH} = MAX.	2.7	3.4	V
V _{OL}	Low-level output voltage	V _{CC} = MIN., V _{IH} = 2V, V _{IL} = 0.8V, I _{OL} = 6mA	0.25	0.4	V
I _I	Input current at Clear, Preset, Clock	V _{CC} = MAX., V _I = 7V	0.2	3.2	mA
I _{IH}	High-level input current	V _{CC} = MAX., V _I = 2.7V	20	20	μA
I _{IL}	Low-level input current	V _{CC} = MAX., V _I = 0.4V	-0.4	-0.8	mA
I _{OS}	Short-circuit output current	V _{CC} = MAX.	-20	-100	mA
I _{CC}	Supply current (Average per flip-flop)	V _{CC} = MAX., See Note 1	4	8	mA
f _{MAX}	Clock frequency	V _{CC} = 5V, T _A = 25°C, C _L = 150 pF, R _L = 2kΩ	25	33	MHz
t _{PLH}	from clear, preset or clock (as appropriate) to Q or Q'		13	25	nS
t _{PHL}			25	40	nS

Pin Assignments (Top View)

Functional Table
74, H74, LS74, S74 (See Note 2)

INPUTS		OUTPUTS		
PRESET	CLEAR	CLOCK	Q	Q'
H	H	X	X	L
L	L	X	X	H
L	L	X	H	H
L	L	X	L	L
L	L	↑	H	H
L	L	↑	L	L
L	L	X	Q ₀	Q ₀ '

Functional Block Diagram

NOTES: 1 With all outputs open, I_{CC} is measured with the Q and Q' outputs high in turn. At the time of measurement, the clock input is grounded.
2 H = high level (steady state), L = low level (steady state), X = irrelevant, ↑ = transition from L to H level.
Q₀ = the level of Q before the indicated input conditions were established.
The configuration is nonstable; that is, it will not persist when preset and clear inputs return to their inactive (high) level.

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡ All typical values are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.
* Not more than one output should be asserted at a time.
• t_{PLH} = propagation delay time, low-to-high-level output.
• t_{PHL} = propagation delay time, high-to-low-level output.
§ The arrow indicates the edge of the clock pulse used for reference.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5485/7485 4-Bit Magnitude Comparator

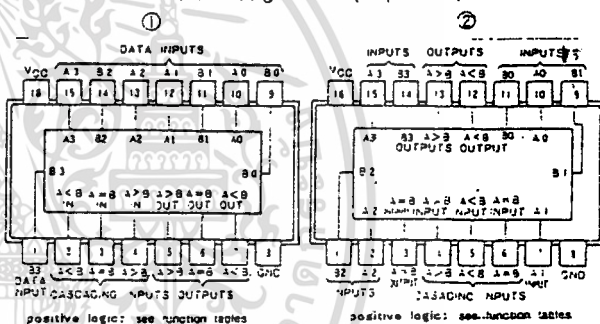
	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL			
	Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package	
	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF
T.I.	SNS4585	J	D	W					SNS4LS85	J	D	W	SNS485	J	D	W	SNS4LS85	J	D	W
FAIRCHILD	SN74LS85	J	D	W					SN74LS85	J	D	W	SN7485	J	D	W	SN74LS85	J	D	W
MOTOROLA													MC7485	J	D	W				
N.S.C.									DM54LS85	J	D	W	DM7485	J	D	W	DM54LS85	J	D	W
PHILIPS	N74S85	J	D	W					N74LS85	J	D	W	N7485	J	D	W				
SIGNETICS	N74S85	J	D	W					N74LS85	J	D	W	SS485	J	D	W				
SIEMENS													N7485	J	D	W				
FUJITSU									74LS85	J	D	W	MB448	J	D	W				
HTACH									HO74LS85	J	D	W	HO7485	J	D	W				
MITSUBISHI	M74S85	J	D	W					M74LS85	J	D	W	M53285	J	D	W				
NEC													μP82085	J	D	W				
TOSHIBA																				

Electrical Characteristics SNS4LS85/SN74LS85

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range							
Supply voltage, V_{CC}	TV	Operating free-air temperature range	SNS4LS85	-55°C to 125°C			
Input voltage	TV	temperature range	SN74LS85	0°C to 70°C			
Intermittent voltage (see Note)	5.5V	Storage temperature range		-55°C to 150°C			
recommended operating conditions							
			SNS4LS85	SN74LS85			
			MIN	NOM	MAX	UNIT	
Supply voltage, V_{CC}			4.5	5	5.5	V	
High-level output current, I_{OH}				-400		mA	
Low-level output current, I_{OL}				4		mA	
Operating free-air temperature, T_A			-55	125	0	70	°C
electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range							
PARAMETER*	TEST CONDITIONS†	MIN	TYP‡	MAX	UNIT		
V_{OH} High-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}$		2		V		
V_{OL} Low-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}$		0.1		V		
V_I Input clamp voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}, I_I = -1 \text{ mA}$		-1.5		V		
V_{OH} High-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}, V_{IH} = 2 \text{ V}, I_{OH} = 0.4 \text{ mA}, I_{OL} = -400 \mu\text{A}$	2.7	3.4		V		
V_{OL} Low-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}, V_{IL} = 0.4 \text{ V}, I_{OH} = 2 \text{ V}, I_{OL} = 4 \text{ mA}$	0.25	0.4		V		
I_I Input current at maximum output voltage	$V_{CC} = \text{MAX.}, V_I = 7 \text{ V}$		3.1		mA		
I_{IH} High-level input current	$V_{CC} = \text{MAX.}, V_I = 2.7 \text{ V}$		20		μA		
I_{IL} Low-level input current	$V_{CC} = \text{MAX.}, V_I = 0.4 \text{ V}$		-0.4		mA		
I_{OS} Short-circuit output current*	$V_{CC} = \text{MAX.}, V_O = 0$		-100		mA		
I_{CC} Supply current	$V_{CC} = \text{MAX.}$ See Note		10.4	20	mA		
t_{PLH}	from Any A or B data input to output A (B, A)B		11	14	ns		
	from Any A or B data input to output A=B		2	19	ns		
	from Any A or B data input to output A=B		3	24	36	ns	
t_{PHL}	from Any A or B data input to output A(B, A)B		4	27	45	ns	
	from Any A or B data input to output A=B		1	11		ns	
t_{PLH}	from A (B) or A=B		1	11	17	ns	
t_{PHL}	from A=B		2	13	20	ns	
t_{PLH}	to output A=B		2	13	25	ns	
t_{PHL}	from A > B or A=B		1	14	22	ns	
t_{PHL}	to output A < B		1	11	17	ns	

NOTE: t_{CC} is measured with outputs open, A=B grounded, and all other inputs at 4.5V.

Pin Assignments (Top View)



Function Table

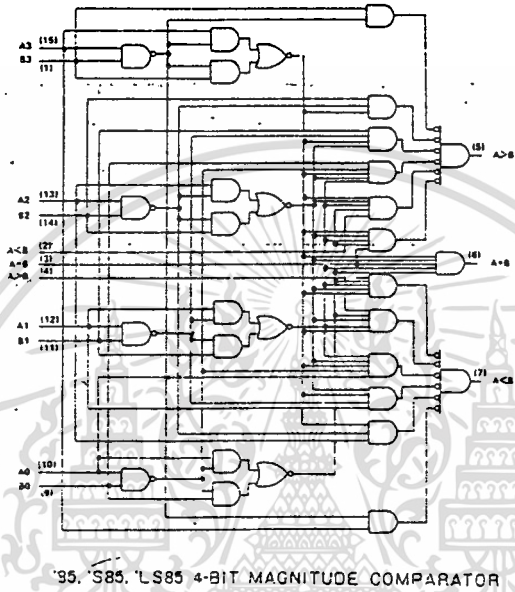
COMPARING INPUTS	CASCADING INPUTS			OUTPUTS			
	A1, B1	A2, B2	A1, B1	A0, B0	A > B	A < B	A = B
A1 > B1	X	X	X	X	X	X	H
A1 < B1	X	X	X	X	X	X	L
A1 = B1	X	X	X	X	X	X	H
A2 > B2	X	X	X	X	X	X	L
A2 < B2	X	X	X	X	X	X	H
A2 = B2	X	X	X	X	X	X	H
A1 > B1, A2 > B2	X	X	X	X	X	X	H
A1 < B1, A2 < B2	X	X	X	X	X	X	L
A1 = B1, A2 = B2	X	X	X	X	X	X	H
A1 > B1, A2 = B2	X	X	X	X	X	X	H
A1 < B1, A2 = B2	X	X	X	X	X	X	L
A1 = B1, A2 > B2	X	X	X	X	X	X	L
A1 = B1, A2 < B2	X	X	X	X	X	X	H
A1 = B1, A2 = B2	X	X	X	X	X	X	H
A1 > B1, A2 > B2	X	X	X	X	X	X	H
A1 < B1, A2 > B2	X	X	X	X	X	X	L
A1 = B1, A2 > B2	X	X	X	X	X	X	L
A1 < B1, A2 < B2	X	X	X	X	X	X	L
A1 = B1, A2 < B2	X	X	X	X	X	X	H
A1 > B1, A2 < B2	X	X	X	X	X	X	L
A1 < B1, A2 < B2	X	X	X	X	X	X	H
A1 = B1, A2 > B2	X	X	X	X	X	X	L
A1 < B1, A2 > B2	X	X	X	X	X	X	H
A1 = B1, A2 = B2	X	X	X	X	X	X	H

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable type.
 ‡ All typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V}, T_A = 25^\circ \text{C}$.
 * Not more than one output should be shorted at a time.
 † t_{PLH} propagation delay time, low-to-high-level output.
 ‡ t_{PHL} propagation delay time, high-to-low-level output.

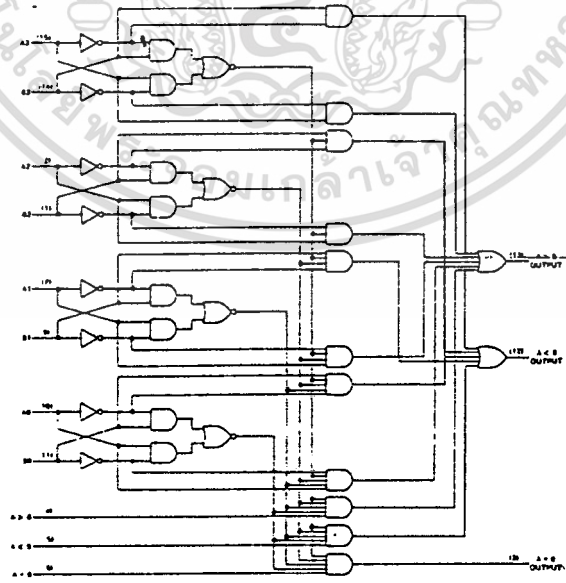
CONTINUED ON NEXT PAGE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่สามารถใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Block Diagrams



35. 'S85, 'LS85 4-BIT MAGNITUDE COMPARATOR



'LS85 4-BIT MAGNITUDE COMPARATOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5493/7493 4-Bit Binary Counter

	Schottky TTL			High-Speed TTL			Low-Power Schottky TTL			Standard TTL			Low-Power TTL					
	Device Type	Package		Device Type	Package		Device Type	Package		Device Type	Package		Device Type	Package				
		C	P	M	C	P	M	C	P	M	C	P	M	C	P	M	C	
T. I.							SN54LS93	J	D	W	SN5493A	J	L	W	SN54LS93	J	2N	2
FAIRCHILD							SN74LS93	J	ND		SN7493A	J	ND		SN74LS93	J	2N	2
MOTOROLA							MS493/MSL93	D	C	F	MS493/MSL93	D	C	F				
N. S. G.							SN74LS93	P	P		MC5493	L	L					
PHILIPS							DM54LS93				DM5493	J	ND	MD	DM54LS93	J	2N	F 2
SIGNETICS							DM74LS93				DM7493	J	ND		DM74LS93	J	2N	F 2
SIEMENS							N74LS93				FJ221-7493							
FUJITSU											SS493	F	AD	MD				
HITACHI											N7493	F	AD					
MITSUBISHI							H074LS93	P	P		407493A/402520	D	P					
NEC							M74LS93	P	P		M53293	P	P					
TOSHIBA											μPB223	D	C	C				
											TO3493A	P	P					

Electrical Characteristics SN54LS93A/SN74LS93A					
absolute maximum ratings over operating free-air temperature range					
Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS -55°C to 125°C		
Input voltage	7V	SN74LS	0°C to 70°C		
Intermittent voltage (see Note 1)	5.5V	Storage temperature range	-65°C to 150°C		
recommended operating conditions					
		SN54LS93A	SN74LS93A		
		MIN NOM MAX	MIN NOM MAX		
Supply voltage, V_{CC}		4.5 5 5.5	4.75 5 5.25		
High-level output current, I_{OH}		400	400		
Low-level output current, I_{OL}		4	4		
Count frequency, f _{count}	A input	0 32 0	0 32		
	B input	0 15 0	0 16		
Pulse width, t_p	A input	15	15		
	B input	30	20		
Reset inactive-state setup, t _{setup}	Reset inputs	15	15		
Operating free-air temperature, T _A		25	25		
		-55	125		
		0	70		
electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range					
PARAMETER*	TEST CONDITIONS†	MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage	2			V
V_{IL}	Low-level input voltage			0.8	V
V_i	input clamp voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}, I_i = -18 \text{ mA}$		-1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}, V_{IH} = 2 \text{ V}, V_{IL} = 0.8 \text{ V}, I_{OH} = -400 \mu\text{A}$	2.7	3.4	V
V_{OL}	Low-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}, V_{IH} = 2 \text{ V}, V_{IL} = 3.2 \text{ V}, I_{OL} = 8 \text{ mA}$	0.35	0.5	V
I_i	input current at maximum input voltage	Any reset A input B input $V_{CC} = \text{MAX.}, V_i = 7 \text{ V}$ $V_{CC} = \text{MAX.}, V_i = 5.5 \text{ V}$		0.7 0.2 3.2	mA
I_{IH}	high-level input current	Any reset A input B input $V_{CC} = \text{MAX.}, V_i = 2.7 \text{ V}$		20 30 50	μA
I_{IL}	Low-level input current	Any reset A input B input $V_{CC} = \text{MAX.}, V_i = 0.4 \text{ V}$		0.4 2.4 1.8	mA
I_{OS}	Short-circuit output current*	$V_{CC} = \text{MAX.}$	SN54LS -20	100	mA
			SN74LS -10	-100	
I_{CC}	Supply current	$V_{CC} = \text{MAX.}$, See Note 2		3 15	mA
t_{max}	from A to output Q _A		32	42	MHz
	from B to output Q _B		16		
t_{PLH}	from A to output Q _A		10	16	ns
t_{PHL}	from A to output Q _A		12	18	
t_{PLH}	from A to output Q _B		46	70	ns
t_{PHL}	from A to output Q _B		46	70	
t_{PLH}	from B to output Q _B		10	16	ns
t_{PHL}	from B to output Q _B		14	21	
t_{PLH}	from B to output Q _C		21	32	ns
t_{PHL}	from B to output Q _C		23	35	
t_{PLH}	from B to output Q _D		34	51	ns
t_{PHL}	from B to output Q _D		34	51	
t_{PLH}	from Set-to-Q to Any output		26	40	ns

Pin Assignments (Top View)

Function Table
COUNT SEQUENCE

COUNT	Q _D	Q _C	Q _B	Q _A
0	L	L	L	L
1	L	L	L	H
2	L	L	H	L
3	L	L	H	H
4	L	H	L	L
5	L	H	L	H
6	L	H	H	L
7	L	H	H	H
8	H	L	L	L
9	H	L	L	H
10	H	L	H	L
11	H	L	H	H
12	H	H	L	L
13	H	H	L	H
14	H	H	H	L
15	H	H	H	H

RESET/COUNT
93A,LS93,L93 (See Note 4)

RESET INPUTS	OUTPUT				
R _{g1}	R _{g2}	Q _D	Q _C	Q _B	Q _A
H	H	L	L	L	L
L	X				COUNT
X	L				COUNT

NOTES:

- This is the voltage between two emitters of a multiple-emitter transistor. For this circuit, this rating applies between the two R_g inputs.
- I_{CC} is measured with all outputs open, both R_g inputs grounded following momentary connection to 4.5V, and all other inputs grounded.
- Output Q_A is connected to input 5.
- H=high level, L=low level, X=irrelevant.
- The J and X inputs shown without connection are for reference only and are functionally at a high level.

Functional Block Diagram

93A,LS93,L93
4-BIT BINARY COUNTER

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable type.
‡ All typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V}, T_A = 25^\circ \text{C}$.
* Not more than one output should be shorted at a time.
† I_{OA} outputs are tested at $I_{OL} = 15 \text{ mA}$ plus the limit value for I_{IL} for the B input. This permits driving the B input while maintaining full fan-out capability.
‡ t_{max} = maximum count frequency, t_{PLH} = propagation delay time, low-to-high-level output, t_{PHL} = propagation delay time, high-to-low-level output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54123/74123: Dual Retriggerable Monostable Multivibrator with Clear

	Schottky TTL			High-Speed TTL			Low-Power Schottky TTL			Standard TTL			Low-Power TTL					
	Device Type	Package		Device Type	Package		Device Type	Package		Device Type	Package		Device Type	Package				
		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF			
T.L.							SN54LS123	J	D	WD	SN54123	J	D	WD	SN54L123	J	D	WD
FAIRCHILD							SN74LS123	J	D	ND	SN74123	J	D	ND	SN74L123	J	D	ND
MOTOROLA											MS4123/PM4123	J	D	ND				
											MS4123/PM4123	J	D	ND				
											MC74123	P	D		OM54L123A	J	D	ND
N.S.C.							DM54LS123	J	D	ND	DM74123	J	D	ND	DM74L123A	J	D	ND
PHILIPS											N74123	J	D	ND				
SIGNETICS											SS4123	F	D	BD	WD			
SIEMENS											N74123	F	D	BD				
FUJITSU							74LS123	M	D		MB440	J	D	MD				
HITACHI							H074LS123	P	D		H074123/H02516	J	D	P				
MITSUBISHI							M74LS123	P	D		M53323	J	D	ND				
NEC											LPB2123	J	D	ND				
TOSHIBA																		

Electrical Characteristics SN54LS123/SN74LS123

absolute maximum ratings operating free-air temperature range

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

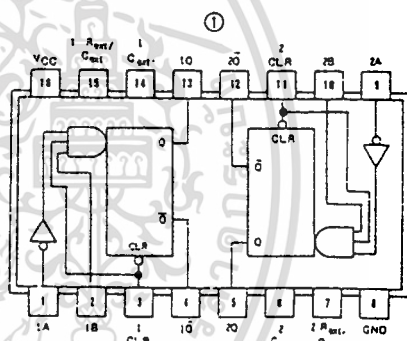
recommended operating conditions

	SN54LS123			SN74LS123			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			-100			-100	mA
Low-level output current, I_{OL}			0			0	mA
Pulse width, t_p	40		40			40	ns
External timing resistance, R_{ext}	1	100	1	1	250	1	k Ω
External timing capacitance, C_{ext}		0 to 100 psec			0 to 100 psec		pF
Timing capacitance at R_{ext}/C_{ext} terminal		50			50		pF
Operating free-air temperature, T_A	-55	125	0		70		°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage		2		V
V_{IL}	Low-level input voltage		0.8		V
V_I	Input clamp voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}$, $I_I = -18 \text{ mA}$		-1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}$, $I_{OH} = \text{MAX.}$ See Note 1	2.7	3.5	V
V_{OL}	Low-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}$, $I_{OL} = 8 \text{ mA}$ See Note 1	0.35	0.5	V
I_I	Input current at maximum input voltage	$V_{CC} = \text{MAX.}$, $V_I = 7 \text{ V}$		0.1	mA
I_{IH}	High-level input current	$V_{CC} = \text{MAX.}$, $V_I = 2.7 \text{ V}$		20	μA
I_{IL}	Low-level input current	$V_{CC} = \text{MAX.}$, $V_I = 0.4 \text{ V}$		0.4	mA
I_{OS}	Short-circuit output current*	$V_{CC} = \text{MAX.}$, See Note 1	20	100	mA
I_{CC}	Supply current (quiescent or triggered)	$V_{CC} = \text{MAX.}$, See Notes 2 and 3	12	20	mA
t_{PLH}	from A to output Q	$V_{CC} = 5 \text{ V}$, $C_{ext} = 0$, $R_{ext} = 5 \text{ k}\Omega$	22	33	ns
t_{PHL}	from B to output Q		23	44	ns
t_{PHL}	from A to output Q		32	55	ns
t_{PHL}	from B to output Q		34	56	ns
t_{PLH}	from Clear to output Q	$T_A = 25^\circ\text{C}$	20	27	ns
t_{PHL}	from Clear to output Q	$C_L = 150 \text{ pF}$	28	45	ns
t_{LQ}	(t_{LQ}) from A or B to output Q	$R_L = 2 \text{ k}\Omega$	115	200	ns
t_{LQ}	from A or B to output Q	$C_{ext} = 1000 \text{ pF}$, $R_{ext} = 10 \text{ k}\Omega$	4	4.5	μs

Pin Assignment (Top View)



FUNCTION TABLE

123 LS123, L123 (See Note 4)

CLEAR	INPUTS		OUTPUTS	
	A	B	Q	Q
L	X	X	L	H
X	H	X	L	H
X	X	L	L	H
H	L	L	L	L
H	H	H	L	L
*	L	H	L	L

- NOTES: 1: Ground C_{ext} to measure V_{OH} at 0, V_{OL} at 0, or I_{OS} at 0. C_{ext} is open to measure V_{OH} at 0, V_{OL} at 0, or I_{OS} at 0.
 2: Quiescent I_{CC} is measured (after clearing) with 2.4V applied to all clear and A inputs, B inputs grounded, all outputs open, $C_{ext} = 0.02 \mu\text{F}$ and $R_{ext} = 25 \text{ k}\Omega$.
 3: I_{CC} is measured in the triggered state with 2.4V applied to all clear and B inputs, A inputs grounded, all outputs open, $C_{ext} = 0.02 \mu\text{F}$, and $R_{ext} = 25 \text{ k}\Omega$.
 4: A: H = high level (steady state), L = low level (steady state), * = transition from low to high level, \downarrow = transition from high to low level, \uparrow = one high-level pulse, \downarrow = one low-level pulse, X = irrelevant (any input, including transitions).
 5: An external timing capacitor may be connected between and R_{ext} C_{ext} (positive).
 6: For accurate repeatable pulse widths, connect an external resistor between C_{ext}/C_{ext} and V_{CC} with R_{11} open-circuited.
 7: To obtain variable pulse widths, connect external resistance between R_{int} or $R_{ext} + C_{ext}$ and V_{CC} .

* For conditions shown as MIN or MAX, use the value specified under recommended operating conditions.
 † All typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$.
 ‡ Not more than one output should be shorted at a time.
 * t_{LQ} = propagation delay time, low-to-high-level output
 † t_{PHL} = propagation delay time, high-to-low-level output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54138/74138 3-Line-to-8-Line Decoder

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL				
	Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		
	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	
T.I.	SN54S138	J	D	WQ					SN54LS138	J	D	WQ									
FAIRCHILD	74S138	J	D	WQ					SN74LS138	J	D	WQ									
MOTOROLA									SN74LS138	J	D	WQ									
N.S.C.	DM74S138	J	D	WQ					DM74LS138	J	D	WQ									
PHILIPS	N74S138	J	D	WQ					N74LS138	J	D	WQ									
SIGNETICS	S54S138	F	D	BQ	WQ				N74LS138	J	D	WQ									
SIEMENS	N74S138	F	D	BQ	WQ				N74LS138	J	D	WQ									
FUJITSU									74LS138	J	D	WQ									
HITACHI									HD74LS138	J	D	WQ									
MTSUBISHI									MT74LS138	J	D	WQ									
NEC									74LS138	J	D	WQ									
TOSHIBA									74LS138	J	D	WQ									

Electrical Characteristics SN54LS138/SN74LS138

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS138	-55°C to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS138	0°C to 70°C
		Storage temperature range		-55°C to 150°C

recommended operating conditions

	SN54LS138		SN74LS138		UNIT
	MIN	NOM	MAX	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			400	100	mA
Low-level output current, I_{OL}			4	1	mA
Operating free-air temperature	-55	125	0	70	°C

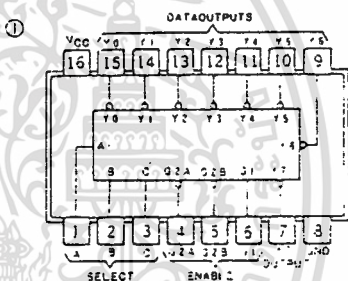
electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER*	TEST CONDITIONS†	MIN	TYP‡	MAX	UNIT	
V_{OH}	High-level output voltage		2		V	
V_{OL}	Low-level output voltage			0.1	V	
V_i	Input clamp voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}, I_i = 18 \text{ mA}$		1.5	V	
V_{OH}	High-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}, V_i = 2 \text{ V}, I_{OH} = 1 \text{ mA}$	2.5	3.4	V	
V_{OL}	Low-level output voltage	$V_i = 2 \text{ V}, I_{OH} = 100 \text{ mA}$	2.7	3.4	V	
V_{OL}	Low-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}, V_i = 2 \text{ V}, V_{OL} = 0.5 \text{ V}, I_{OL} = 3 \text{ mA}$	0.35	0.51	V	
I_i	Input current at maximum output voltage	$V_{CC} = \text{MAX.}, V_i = 7 \text{ V}$	0.1		mA	
I_{IH}	High-level input current	$V_{CC} = \text{MAX.}, V_i = 2.7 \text{ V}$	20		µA	
I_{IL}	Low-level input current	$V_{CC} = \text{MAX.}, V_i = 0.4 \text{ V}$	0.4		mA	
I_{OS}	Short-circuit output current*	$V_{CC} = \text{MAX.}$	-20	-100	mA	
I_{CC}	Supply current	$V_{CC} = \text{MAX.}$	Outputs enabled and open	5.3	10	mA

Symbol	Description	Levels of delay	MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{PLH}	from Binary select	2	13	20		ns
t_{PHL}	to Any output		27	41		ns
t_{PLH}	to Any output	3	13	27		ns
t_{PHL}	from Enable		25	39		ns
t_{PLH}	to Any output	2	2	13		ns
t_{PHL}	to Any output		21	32		ns
t_{PLH}	to Any output	3	17	25		ns
t_{PHL}	to Any output		25	38		ns

* For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable device type.
 † All typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V}, T_A = 25^\circ \text{C}$.
 ‡ Not more than one output should be shorted at a time, and duration of the short-circuit test should not exceed one second.
 § t_{PLH} = propagation delay time, high-to-high level output.
 ¶ t_{PHL} = propagation delay time, high-to-low level output.

Pin Assignment (Top View)



positive logic: see function table

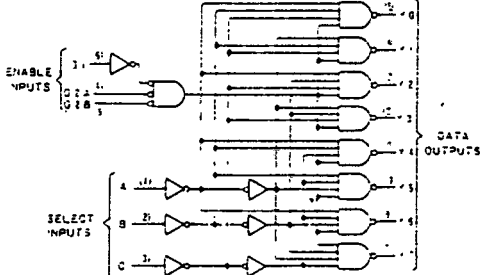
Function Table

*S138*LS138

INPUTS				OUTPUTS							
ENABLE	SELECT										
G1	G2	C	A	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
L	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
X	L	L	L	L	K	H	H	H	H	H	H
H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H
H	L	L	H	H	H	L	H	L	H	H	H
H	L	H	L	L	H	H	H	L	H	H	H
H	L	H	L	H	H	H	H	L	H	H	H
H	L	H	H	L	H	H	H	H	L	H	H
H	L	H	H	H	H	H	H	H	L	H	L
H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L

* G2 = G2A - G2B
 H = high level, L = low level, X = irrelevant

Functional Block Diagram



*S138*LS138 DECODER/DEMULTIPLEXER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่การณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้