ปีการศึกษา 2533

การควบคุมเครื่องปรับอากาศจากระยะไกล

โดย

1. นายคนองเดช จงเลิศตระกูล
2. นางสาวจันทพร พนมเริงศักดิ์
3. นางสาวธาริณี สุวรมงคล

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์พลผดุง ผดุงกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมเครื่องปรับอากาศจากระยะไกล

AIRCONDITION REMOTE CONTROL

โดย

1. นายคนองเดช จงเลิศตระกูล 301030
2. นางสาวจันทพร พนมเริงศักดิ์ 301035
3. นางสาวธาริณี สุวรรมงคล 301092

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์พลผดุง ผดุงกุล

วิทยานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเลคทรอนิคส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2533

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2533

ภาควิชา อิเลคทรอนิคส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมเครื่องปรับอากาศจากระยะไกล

ผู้จัดทำ

1. นายคนองเดช จงเลิศตระกูล 301030
2. นางสาวจันทพร พนมเริงศักดิ์ 301035
3. นางสาวธาริณี สุวรมงคล 301092

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์พลผดุง ผดุงกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการควบคุมเครื่องปรับอากาศจากระยะไกล

นายคนองเดช จงเลิศตระกูล 301030
นางสาวจันทพร พนมเริงศักดิ์ 301035
นางสาวธาริณี สุวรมงคล 301092
อาจารย์พลผดุง ผดุงกุล อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2533

บทคัดย่อ

ระบบการควบคุมเครื่องปรับอากาศจากระยะไกล โดยผ่านทางสายไฟ 220 โวล์ท ประกอบด้วยภาคสร้างสัญญาณโทรศัพท์ ซึ่งจะใช้ตัวเข้ารหัสเสียง T2559E สร้างสัญญาณโทรศัพท์ แล้วนำมาเข้าภาคส่ง ภาคส่งจะมอดูเลต กับคลื่นพาห์ขนาด 102 กิโลเฮิร์ท ส่งผ่านสายไฟ220 โวล์ท ภาครับจะรับสัญญาณโดยมีเฟสล็อคลูฟ ล็อค ความถี่ที่ถูกกำหนดไว้ในช่วงความถี่ของคลื่นพาห์ ได้สัญญาณเข้าภาคถอดรหัส ซึ่งใช้ MT 8870 เป็นตัวถอดรหัสความถี่สัญญาณโทรศัพท์ ออกมาเป็นไบนารี่โค้ด 4 บิท แล้วนำมาผ่านคอมพาราเตอร์ เปรียบเทียบกับโค้ดที่เราตั้งไว้ด้วย ดิพสวิทช์ ว่าสัญญาณหมายเลขใด จะควบคุมการทำงานตามหน้าที่ที่ได้กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

AIRCONDITION REMOTE CONTROL

KANONGDEJ JONGLEARTTRAKULL 301030

CHANDHAPHON PANOMROENGSAK 301035

THARINEE SUWORNMONGKHON 301092

POLPADUNG PADUNGKUL ADVS.

1990

ABSTRACT

Aircondition Remote Control by transmitted through AC LINES is composed of telephon signal generetor unit that has tone encoder circuit by T2559E and sents to transmitter unit.Transmitter unit modulates telephone signal with carrier signal 102 kHz and then transmits signal through AC LINES. Receiver unit receivers signal. In receiver unit, Phase Lock Loop locks frequency tha defined at carrier signal frequency, and sents to decoder unit that have integrated DTMF Receiver MT8870. MT8870 decode carrier signal frequency to binary code 4 bit, and then compares with code set by Dip Switch to find that which number control which defined function.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

สารบาญ

	หน้า
สารบาญ	(ก)
สารบาญรูปภาพ	(ข)
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
บทที่ 3 การคำนวณและออกแบบ	26
บทที่ 4 การทดลองภาคต่าง ๆ	42
บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง	48
กิตติกรรมประกาศ	50
เอกสารอ้างอิง	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	บล๊อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของ AC REMOTE CONTROL	3
2.2	แสดงรูปร่างสัญญาณพัลส์เมื่อกดหมายเลข 241...	4
2.3	แสดงตำแหน่งของหมายเลขบนแผงปุ่มกด	4
2.4	แสดง (ก) คลื่นสัญญาณทางโรว์และคอลัมภ์	6
	(ข) ความถี่ที่ผสมออกไป	
2.5	แสดงตัวอย่างของคลื่นพาห์ที่มอดูเลตกับคลื่นสัญญาณรูปซายน์	7
2.6	แสดงบล๊อกไดอะแกรมของเฟสล็อคลูฟ	8
2.7	แสดงรายละเอียดขาของ MT8870	11
2.8	แสดงโครงสร้างภายในของ MT8870	11
2.9	แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่	12
2.10	แสดงค่าความถี่ที่ถอดรหัสได้	13
2.11	แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณอย่างง่ายและแสดงการกำหนดเวลาการ์ดไทม์	14
2.12	แสดงการต่อวงจรภาคอินพุท	14
2.13	แสดงการต่อวงจรผลิตความถี่	15
2.14	แสดงวงจรการใช้งานเบื้องต้นของ MT8870	15
2.15	แสดงแผนผังเวลาของ MT8870	16
2.16	แสดง (ก) ลักษณะรูปร่างและการต่อขาของ LM335Z ในตัวถังพลาสติก แบบ TO-92	17
	(ข) LM335H ในตัวถังโลหะแบบ TO-46 เมื่อมองจากด้านล่าง	
2.17	แสดงวงจรพื้นฐานในการใช้งานของ LM335	18
2.18	แสดงการปรับแต่งความถูกต้องอย่างง่าย ๆ โดยใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้เพียงตัวเดียว	18
2.19	แสดงวงจรควบคุมอุณหภูมิของตัวทำความร้อน	20
2.20	แสดงวงจร R-2R LADDER	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่		หน้า
2.21	แสดงวงจร R-2R LADDER ขณะสวิทช์ต่อกับสายดินยกเว้น S_0	21
2.22	แสดงหลักการของเทวินิน	22
2.23	แสดงการต่อวงจรนับขึ้นลงโดยใช้ CD40193	22
2.24	แสดงส่วนประกอบภายในของ LM3914 และการต่อกับอุปกรณ์ภายนอก	23
3.1	แสดงวงจรภาคสร้างสัญญาณ	28
3.2	แสดงวงจรภาคตัวส่ง	30
3.3	แสดงวงจรภาคตัวรับ	32
3.4	แสดงลักษณะการต่อดิพสวิทช์	34
3.5	แสดงวงจรภาคถอดรหัส	35
3.6	แสดงแผนผังเวลาเมื่อควบคุมเครื่องปรับอากาศ	36
3.7	แสดงวงจรส่วนปรับระดับอุณหภูมิ	38
3.8	แสดงวงจรส่วนตั้งระดับอุณหภูมิ	41
4.1	แสดงความถี่ของคลื่นพาห์	46
4.2	แสดงสัญญาณของความถี่หลังจากผ่านไอเอฟของภาครับ	46
4.3	แสดงสัญญาณอินพุทที่ป้อนความถี่ให้กับ MC3346	46
4.4	แสดงสัญญาณจากขา 8 ของ MC3346	47
4.5	แสดงสัญญาณจากขา 4 และ 3 ของ LM565	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าจากระยะไกล (REMOTE CONTROL) เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายซึ่งมีหลายวิธี เช่น

1. ระบบแสงอินฟาเรด
2. ระบบคลื่นวิทยุ
3. ระบบอุลตร้าโซนิค

ในเขตร้อนอย่างเมืองไทย เครื่องปรับอากาศได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของผู้คนจำนวนมาก ทั้งในสำนักงาน สถานที่ราชการ สถานพักผ่อน ที่พักอาศัย ทำให้เกิดความต้องการที่จะให้ขอบข่ายการทำงานตอบสนองความต้องการของมนุษย์เพิ่มขึ้น

สำหรับโครงงานนี้ ได้สร้างขึ้นมาเพื่ออำนวยความสะดวกในด้านการควบคุมฟังก์ชั่นการทำงานต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศจากระยะไกล โดยอาศัยการสั่งงานผ่านสายไฟ 220 v ภายในบ้าน รัศมีการทำงานของอุปกรณ์นี้จะครอบคลุมตลอดสายไฟที่เชื่อมโยงถึงกันภายในหม้อแปลงตัวเดียวกัน โดยในโครงงานนี้ได้นำสัญญาณโทรศัพท์มาเป็น code ในการสั่งงาน ทั้งนี้เพื่อพัฒนาระบบในการใช้งานให้กว้างขวางมากขึ้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการทำงาน

2.1 หลักการทำงาน

การควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศจากระยะทางไกล โดยผ่านสายไฟ 220 โวลต์ (AC LINES) มีหลักการทำงานดังนี้

การส่งสัญญาณไปควบคุมเครื่องปรับอากาศ ใช้สัญญาณความถี่จากหน้าปัดโทรศัพท์มามอดูเลตกับคลื่นวิทยุที่มีความถี่ต่ำๆ แล้วส่งไปตามสายไฟ 220 โวลต์ ซึ่งสัญญาณที่ส่งออกไปนี้จะมีความปลอดภัยจากสัญญาณรบกวนสูง เนื่องจากแต่ละสัญญาณจะประกอบไปด้วย 2 ความถี่ โดยอาศัย ไอเอฟ เป็นตัวทรานสเฟอร์สัญญาณเข้าสายไฟ 220 โวลต์ จากนั้นตัวรับก็จะมี ไอเอฟ อีกตัวหนึ่ง เป็นตัวทรานสเฟอร์สัญญาณจากสายไฟ 220 โวลต์มาดีมอดูเลต จากนั้นนำสัญญาณที่ดีมอดูเลตได้ไปถอดรหัส เพื่อไปควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศตามฟังก์ชั่นต่างๆ คือ เปิด-ปิดเครื่อง ปรับระดับพัดลม และเปลี่ยนระดับอุณหภูมิ

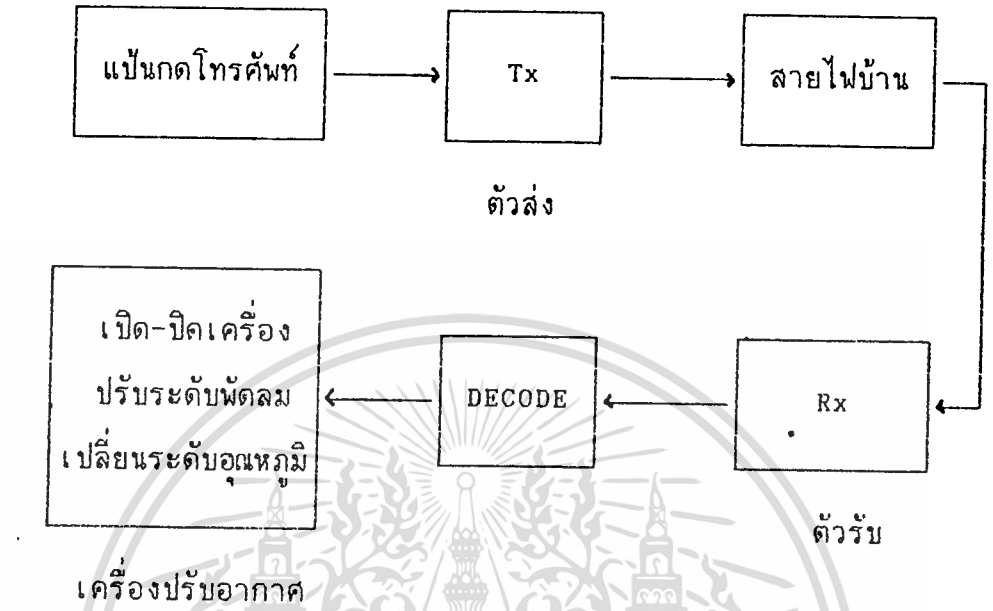
การเปิด-ปิดเครื่อง อาศัยหลักการนำสัญญาณที่มาจากด้านมาแปลงสัญญาณเป็นเลขไบนารี่ 4 บิท แล้วนำมาผ่านคอมพาราเตอร์ เพื่อเปรียบเทียบโค้ดกับดิพสวิทช์ที่กำหนดค่าไว้

การปรับระดับพัดลม ใช้สัญญาณที่แปลงเป็นเลขไบนารี่ 4 บิท มาถอดรหัสโดยผ่านตัวถอดรหัสแบบเข้า 4 ออก 16 ซึ่งได้กำหนดสัญญาณของพัดลมแต่ละระดับไว้แล้ว

การปรับระดับอุณหภูมิ ใช้หลักการส่งสัญญาณไปให้เกิดการนับ และจากการนับนี้สัญญาณเปลี่ยนจากดิจิตอลเป็นอนาลอก เพื่อตั้งระดับอุณหภูมิภายในห้อง โดยระดับอุณหภูมิภายในห้องจะเปลี่ยนเป็นค่าแรงดันออกมา เปรียบเทียบกับค่าแรงดันที่แปลงมาจากสัญญาณดิจิตอลจากการนับแล้วปรับให้ได้อุณหภูมิที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานที่กล่าวมา สามารถแสดงได้ดังบล๊อกไดอะแกรม



รูปที่ 2.1 บล๊อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของ AC REMOTE CONTROL

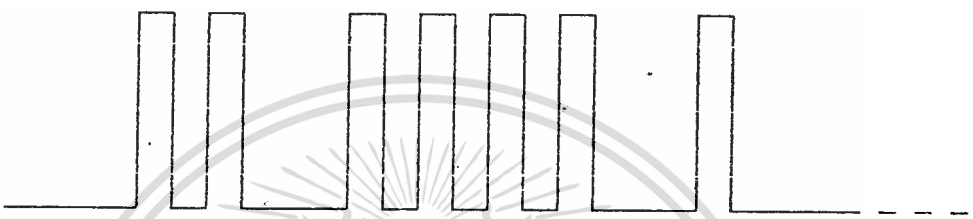
2.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสัญญาณโทรศัพท์

เดิมเราจะคุ้นเคยกับโทรศัพท์ที่มีไดอัล(จาน)หมุนหมายเลข ซึ่งใช้วิธีการตัดไฟให้ออกมาเป็นห้วง หรือที่เรียกว่า ระบบส่งสัญญาณพัลส์ (pulse) ซึ่งจะไม่มีการขยายคู่สายเพิ่มอีกแล้ว แต่ปัจจุบันจะเพิ่มคู่สายระบบใหม่ที่มีการส่งสัญญาณออกไปเป็นความถี่ (touch tone) และโทรศัพท์แบบกดปุ่มได้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง แม้แต่เครื่องระบบเก่าก็ต้องหันมาใช้ปุ่มกดแทนจานหมุน ซึ่งเรารู้จักกันในนามโทรศัพท์แบบทัชพัลส์ (touch pulse) โดยแบบทัชพัลส์นี้จะให้ความเร็วในการติดต่อมากกว่าแบบไดอัลหมุนถึง 3 เท่าเป็นอย่างน้อย

ทัชพัลส์ แม้จะมีรูปลักษณ์เหมือนกับระบบใหม่ที่เราเรียกว่า "ทัชโทน" แต่ทั้งสองอย่างนำมาใช้งานแทนกันไม่ได้ เพราะแบบทัชพัลส์ทำงานด้วยหลักการการสร้างพัลส์ตามหมายเลขเหมือนอย่างการทำงานของระบบหมุนเมื่อก่อน แต่ระบบทัชโทนทำงานด้วยระบบการผลิตความถี่

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานของโทรศัพท์แบบทัชพัลส์ คือ ใช้วิธีเข้ารหัสหมายเลข โดยรับข้อมูลจากแป้นกดหรือคีย์บอร์ด วงจรภายในไอซีที่ทำหน้าที่เข้ารหัสหมายเลข จะทำหน้าที่จำหมายเลขข้อมูลแต่ละครั้งที่เรากด แล้วส่งไปให้วงจรออสซิลเลเตอร์สร้างพัลส์ส่งออกไป อย่างเช่นเรากดหมายเลข 241.. เมื่อผ่านการเข้ารหัสและออสซิลเลเตอร์ส่งออกมาทางเอาต์พุตแล้วก็จะส่งสัญญาณออกไปดังรูป



รูปที่ 2.2 แสดงรูปร่างสัญญาณพัลส์เมื่อกดหมายเลข 241...

แต่เครื่องรับโทรศัพท์แบบทัชโทนจะส่งรหัสออกไปเป็นความถี่ Dual Tone Multi Frequency Dialing : DTMF โดยการส่งหมายเลขหนึ่งหมายเลขใด จะประกอบด้วยโทนเสียง 2 ความถี่ด้วยกัน คือ ความถี่สูงและความถี่ต่ำ ถ้าเราสังเกตแผงปุ่มกด (คีย์บอร์ด) จะพบว่าหมายเลข 1, 4, 7 และ * อยู่ในหลักที่ 1 โดยหมายเลข 1, 2, 3 เป็นแถวที่ 1 ดังแสดงหลักและแถวต่างๆ ไว้ดังรูป

	หลัก 1	หลัก 2	หลัก 3
แถว 1	1	2	3
แถว 2	4	5	6
แถว 3	7	8	9
แถว 4	*	0	#

รูปที่ 2.3 แสดงตำแหน่งของหมายเลขบนแผงปุ่มกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

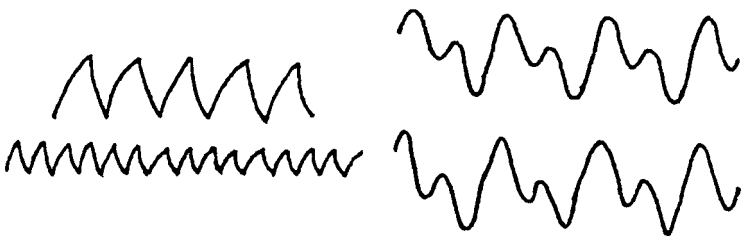
ตัวเลขแต่ละตัวเลขเป็นการพบของความถี่ทางแถว (ความถี่ต่ำ) กับความถี่ทางหลัก (ความถี่สูง) ตามตาราง

ความถี่สูง ความถี่ต่ำ	หลัก 1 1209 เฮิร์ท	หลัก 2 1336 เฮิร์ท	หลัก 3 1447 เฮิร์ท	หลัก 4 1633 เฮิร์ท
แถว 1/697 เฮิร์ท	1	2	3	สำรอง A
แถว 2/779 เฮิร์ท	4	5	6	สำรอง B
แถว 3/852 เฮิร์ท	7	8	9	สำรอง C
แถว 4/941 เฮิร์ท	*	0	#	สำรอง D

ตารางที่ 2.1 แสดงการแบ่งกลุ่มความถี่เรียงเหมือนคีย์บอร์ด

จากตาราง กลุ่มความถี่ที่มีความถี่ 4 แถว และ 4 หลัก ทำให้พบว่าที่จริงแล้วหน้าปัทม์หรือปุ่มกดสามารถทำให้มีได้ถึง 16 ปุ่ม มิใช่มีแค่ 12 ปุ่ม อย่างที่ใช้ ๆ กัน เพียงแต่ความถี่ในหลักที่ 4 นั้นยังสามารถสำรองไว้เ พื่อการขยายไปใช้อย่างอื่นในโอกาสต่อไป (ปัจจุบันหลายประเทศเริ่มใช้กันแล้ว) เช่น หมายเลข 1 ประกอบไปด้วยความถี่ 697 เฮิร์ทกับ 1209 เฮิร์ท หรือหมายเลข 0 ประกอบด้วยความถี่ 941 เฮิร์ทกับความถี่ 1336 เฮิร์ท ความถี่ที่ว่านี้จะถูกส่งไปกับคู่สายทั้งสองเส้นขององค์การโทรศัพท์ ซึ่งถ้าใช้ออสซิลโลสโคปจับรูปร่างของสัญญาณโทนเสียงที่ออกไปจะได้รูปคลื่นทางจอ ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

รูปที่ 2.4 แสดง (ก) คลื่นสัญญาณทางแถวและหลัก
(ข) ความถี่ที่ผสมออกไป

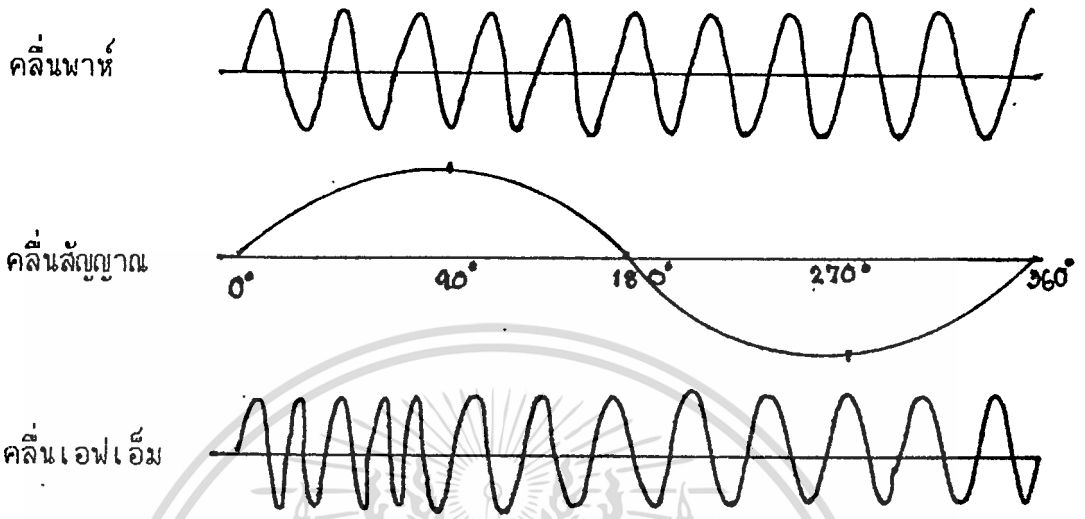
จากการทำงานของเครื่องรับโทรศัพท์ ถ้าลองเอามิลลิแอมป์มิเตอร์ไปตรวจวัดกระแส จะตรวจพบความจริงอีกอย่างว่ากระแสในวงจรจะคงที่ตลอดเวลา การออกแบบวงจรจะต้องมีการรักษาระดับกระแสให้คงที่เอาไว้ วงจรที่จะเข้ามาต่อยังคู่สายต้องไม่ทำให้กระแสเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น ถ้าพ่วงวงจรอื่น ๆ เข้าไปในเครื่องรับโทรศัพท์ถ้าเกิดทำให้กระแสตกทางองค์การโทรศัพท์จะรู้ทันที และอาจจะถูกดำเนินการตามกฎหมาย

2.3 การมอดูเลตเชิงความถี่ (Frequency Modulation)

ลักษณะของคลื่นเอฟเอ็ม

การมอดูเลตเชิงความถี่ เป็นการรวมหรือฝากสัญญาณเสียงเข้ากับคลื่นพาห์วิธีหนึ่ง ในลักษณะที่ความถี่ของคลื่นพาห์จะเปลี่ยนไปตามขนาดของสัญญาณเสียง โดยที่ขนาดของคลื่นพาห์จะคงที่ตลอดเวลา คลื่นพาห์จะเปลี่ยนแปลงความถี่ตามขนาด(แรงดัน)ของสัญญาณ เมื่อขนาดของคลื่นสัญญาณสูงสุด ความถี่คลื่นพาห์ก็สูงสุด และเมื่อขนาดสัญญาณลดลงต่ำสุด ความถี่คลื่นพาห์ก็จะลดลงต่ำสุด ถ้าคลื่นสัญญาณเปลี่ยนแปลงขนาดตลอดเวลา ความถี่คลื่นพาห์ก็จะเปลี่ยนตลอดเวลาเช่นกัน และความถี่ที่เปลี่ยนแปลงนี้เรียกว่า ความถี่เบี่ยงเบน (ฟรีเคว์นซี่ ดิวิเอชั่น) f_d ซึ่งทำให้คลื่นเอฟเอ็มมีความถี่ = 2 x f_d (แบนวิดท์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่างของคลื่นพาห์ที่มอดูเลตกับคลื่นสัญญาณรูปซายน์

การมอดูเลตทางขนาด (เอเอ็ม) จะเกิดไซด์แบนด์เพียง 1 คู่ ความถี่ไซด์แบนด์ต่างจากความถี่คลื่นพาห์ = $f_c - f_m$ และ $f_c + f_m$ แต่การมอดูเลตเชิงความถี่จะเกิดจำนวนไซด์แบนดมากคู่ไม่มีที่สิ้นสุด(n)แต่ละคู่จะมีความถี่เป็น f_c+f_m, f_c+2f_m, f_c+3f_m

ถ้ากำหนดให้คลื่นพาห์เป็น

$$E_c = E_c \sin(w_c t+e) = E_c \sin(2\pi f_c t+e)$$

คลื่นสัญญาณ $E_c = E_m \sin w_m t = E_m \sin 2\pi f_m t$

ความถี่เบี่ยงเบนของคลื่นพาห์ f_c คือ

$$f = f_c+f_d \sin 2\pi f_m t$$

ดังนั้นคลื่นเอฟเอ็ม $e = E_c \sin 2\pi(f_c+f_d \sin 2\pi f_m t)t$

$$e = E_c \sin [2\pi f_c t+(f_c+f_m)\cos 2\pi f_m t]$$

ซึ่ง $f_d/f_m = m_f$ = ดัชนีการมอดูเลต

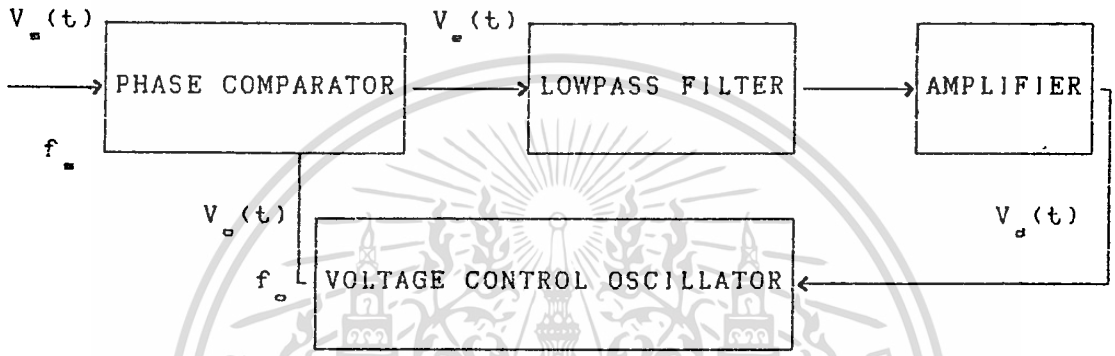
f_d = ความถี่เบี่ยงเบนของคลื่นพาห์

f_m = ความถี่ของคลื่นสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เฟสลอคลูฟ (Phase Lock Loop: PLL)

เฟสล็อคลูฟ คือ ระบบที่มีการป้องกันการป้อนความถี่กลับ ประกอบไปด้วย เฟสดีเทคเตอร์(Phase Detector) โลว์พาสฟิลเตอร์(Low Pass Filter) และเออร์เรอร์แอมปลิไฟเออร์ (Error Amplifier) ซึ่งอยู่ในทางที่สัญญาณเดินไปหน้า และโวลท์เตจคอนโทรลออสซิลเลเตอร์(Voltage Control Osillator:VCO)อยู่ในทางป้อนกลับ แผนภาพของระบบเฟสล็อคลูฟอย่างง่ายๆ แสดงได้ดังในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเฟสล็อคลูฟ

จากรูปที่ 2.6 ขณะที่ยังไม่มีสัญญาณเข้าไปในระบบ แรงดันควบคุม $V_d(t) = 0$ VCO จะทำงานโดยการที่ตั้งความถี่ไว้ที่ Free-running Frequency:f_o ถ้าสัญญาณเข้าไปในระบบเฟสคอมพาราเตอร์ จะทำการเปรียบเทียบเฟสกับสัญญาณอินพุท กับ VCO และผลิตแรงดันคลาดเคลื่อน $V_e(t)$ ซึ่งสัมพันธ์กับความแตกต่างของเฟสและความถี่ระหว่างสัญญาณทั้งสองแรงดันคลาดเคลื่อนนี้จะถูกกรองและขยายส่งไปควบคุม VCO ในการนี้แรงดันควบคุมจะไปบังคับความถี่ VCO ให้ลดความแตกต่างของความถี่ระหว่าง f_o และสัญญาณที่เข้า ถ้าความถี่ทั้งสองใกล้เคียงกันจากการป้อนกลับของ PLL ทำให้ PLL ซิงโครไนส์หรือล็อคกับสัญญาณที่เข้ามา ขณะที่ทำการล็อคนั้น VCO จะเท่ากับสัญญาณอินพุท แต่เฟสยังคงแตกต่างกันอยู่ ความต่างเฟสมีความจำเป็นต่อการผลิตแรงดันคลาดเคลื่อนที่จะไปคอยปรับความถี่ VCO จากค่าฟรีรันนิ่งให้เท่ากับ f_o ดังนั้น PLL ยังคงรักษาสภาพการล็อค การที่ระบบสามารถปรับตัวได้เอง ทำให้ PLL สามารถติดตามความถี่ที่เปลี่ยนแปลงไปของสัญญาณที่เข้าไปให้อยู่ในสภาพล็อค เรียกว่า ล็อคเรนจ์ ของระบบ ค่าของมันจะขึ้นอยู่กับแรงดันคลาดเคลื่อน โดยจะไม่ขึ้นอยู่กับ แบนด์เอคของฟิลเตอร์ ถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นทางการป้อนกลับของ PLL ถูกเปิดอยู่ คือ ระหว่าง โลว์พาสฟิลเตอร์ กับ อินพุท ควบคุม VCO ดังนั้น จากความถี่ที่ตั้งไว้ของ f_o และ f_s จะทำให้สัญญาณออกมาจากเฟสคอมพาราเตอร์เป็นลักษณะ Sinusoidal Beatnote

เวลาที่ PLL ใช้ในการล็อคเรียกว่า พูลอินไทม์ จะขึ้นอยู่กับความถี่เริ่มแรกและความแตกต่างระหว่างเฟสของสัญญาณทั้งสอง รวมทั้งอัตราการขยายทั้งหมดและช่วงกว้างของโลว์พาสฟิลเตอร์พูลอินไทม์ อาจจะสั้นกว่าคาบเวลาของบีทโน้ต และลูปสามารถล็อคโดยปราศจาก เออร์เรอร์ทรานเซี้ยนท์

การทำงานของลูฟโลว์พาสฟิลเตอร์มีหน้าที่สองอย่างคือ การลดความคลาดเคลื่อนที่เป็นความถี่สูงออกจากเฟสคอมพาราเตอร์โดยใช้คุณสมบัติการกำจัดสัญญาณรบกวน และทำหน้าที่เหมือนกับช้อตเทอมเมมโมรี (Short Memory)

การประยุกต์การใช้งานของเฟสล็อคลูฟ

เฟสล็อคลูฟใช้งานอย่างกว้างขวางใน frequency selective demodulation, signal conditioning หรือประยุกต์ใช้เป็น frequency synthese

ลักษณะการประยุกต์ใช้งานของเฟสล็อคลูฟ

1. FM demodulation
   (a) Broadcast FM detection
   (b) AM 3 FM telemetry decoding
   (c) FSK demodulation
2. Frequincy synchronization
3. Signal conditioning
4. Frequency multiplication 3 division
5. Frequency translation
6. AM detection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การถอดรหัสความถี่โทรศัพท์

มีไอซีที่ทำหน้าที่นี้ คือ MT8870

MT8870 *ไอซีถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ (Integrated DTMF Receiver)*

คุณสมบัติของ MT8870

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

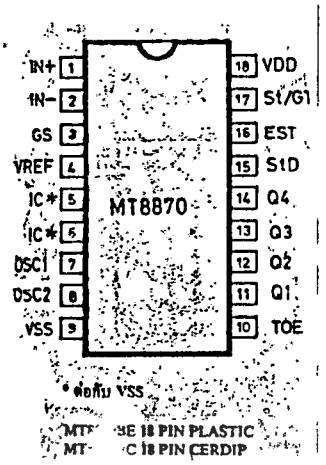
การนำ MT8870 ไปใช้งาน

- นำไปใช้งานในด้านริโมทคอนโทรล
- เครื่องป้องกันโทรศัพท์ทางไกล
- ใช้ในงานเกี่ยวกับเครดิตการ์ด
- ใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์
- ใช้ในเครื่องชุมสายขนาดย่อย หรือPABX
- ใช้กับงานทางด้านโทรศัพท์ทั่วไปและควบคุมอุปกรณ์ทางโทรศัพท์
- เครื่องกันขโมย
- ใช้ทำเครื่องสอบถามทางโทรศัพท์

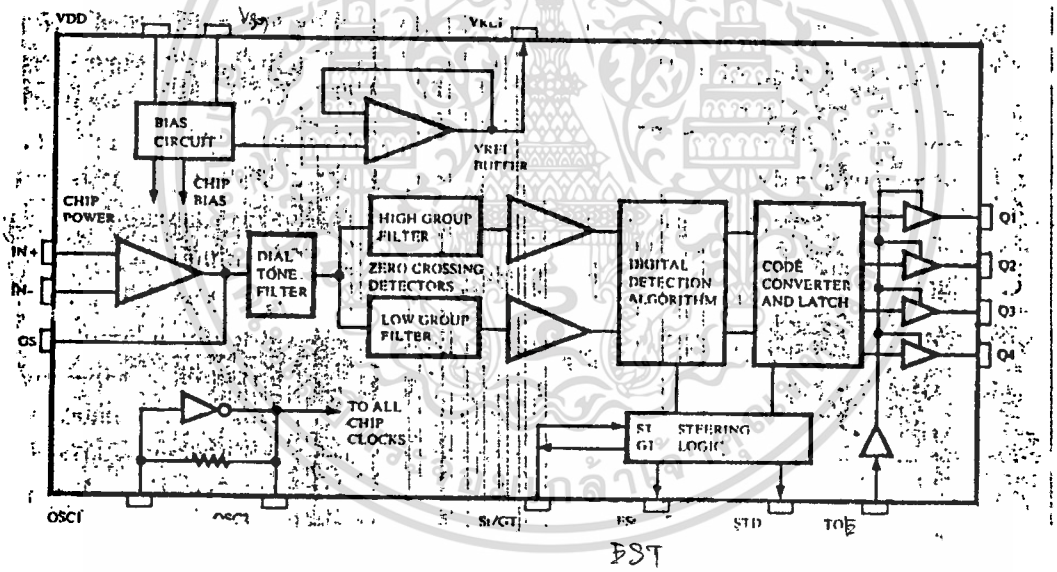
โครงสร้างของ MT8870

โครงสร้างของ MT8870 ประกอบไปด้วย วงจรกรองความถี่และวงจรถอดรหัสฟังก์ชั่นทางดิจิตอล เป็นไอซีที่สร้างโดยใช้เทคโนโลยี ISO^2-CMOS ในส่วนของวงจรกรองความถี่ใช้เทคนิคของสวิตช์คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ สำหรับกรองความถี่สูงและต่ำ ส่วนวงจรถอดรหัสใช้เทคนิคการนับทางดิจิตอลเพื่อตรวจจับและถอดรหัสความถี่ทั้ง 16 ความถี่ ออกเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิต และเช็คช่วงเวลาที่สัญญาณเข้ามา ส่วนภาคอินพุทเป็นออปแอมป์ ซึ่งสามารถปรับอัตราขยายได้โดยต่ออุปกรณ์เอาต์พุทเป็นวงจรแลตช์ 3 สถานะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงรายละเอียดขาของ MT8870



รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างภายในของ MT8870

ฟังก์ชันการทำงานภายใน MT8870

ภายใน MT8870 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วน คือ

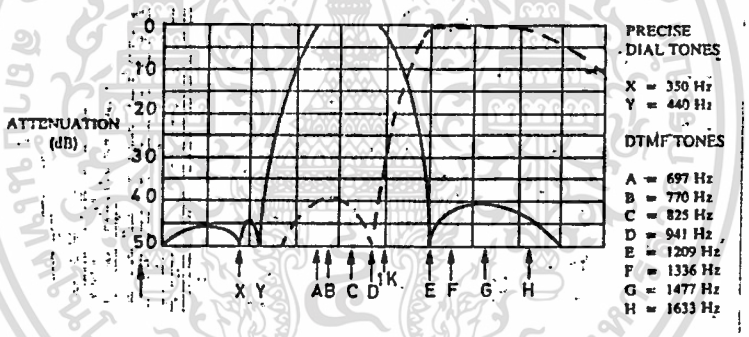
- ภาคกรองความถี่ (filter section)
- ภาคถอดรหัส (decoder section)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ภาคตรวจสอบสัญญาณ (steering circuit)
- ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง (differential input)
- ภาคกำเนิดความถี่ (oscillator)

ภาคกรองสัญญาณความถี่

ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่ คือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองความถี่อันดับ 6 ชนิด สวิตช์คาปาซิเตอร์(six-order switched capacitor bandpass filter) ซึ่งความถี่ที่แยกได้มี 2 ช่วง คือ ช่วงความถี่สูง และช่วงความถี่ต่ำ



รูปที่ 2.9 แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่

ภาคถอดรหัส

ความถี่ DTMF ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้ว จะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอล และมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตราฐาน DTMF หรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสม เมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้อง สัญญาณที่ขาETs(early steering) ก็จะแอคทีฟ สำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ นั้น แสดงในรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

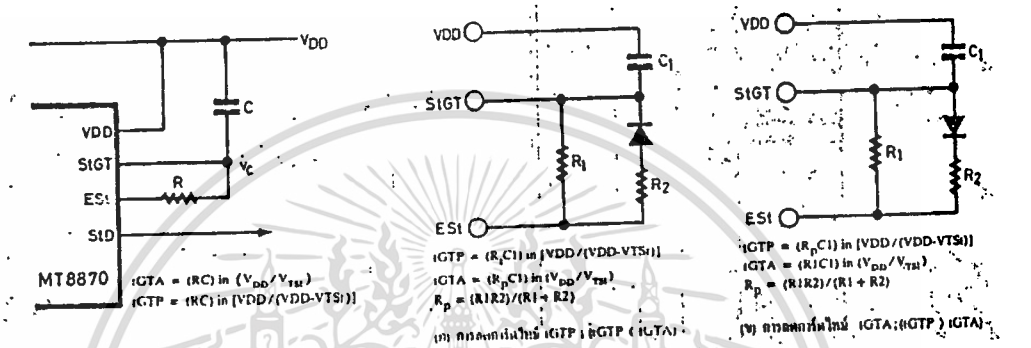
รูปที่ 2.10 แสดงค่าความถี่ที่ถอดรหัสได้

ภาคตรวจสอบสัญญาณ

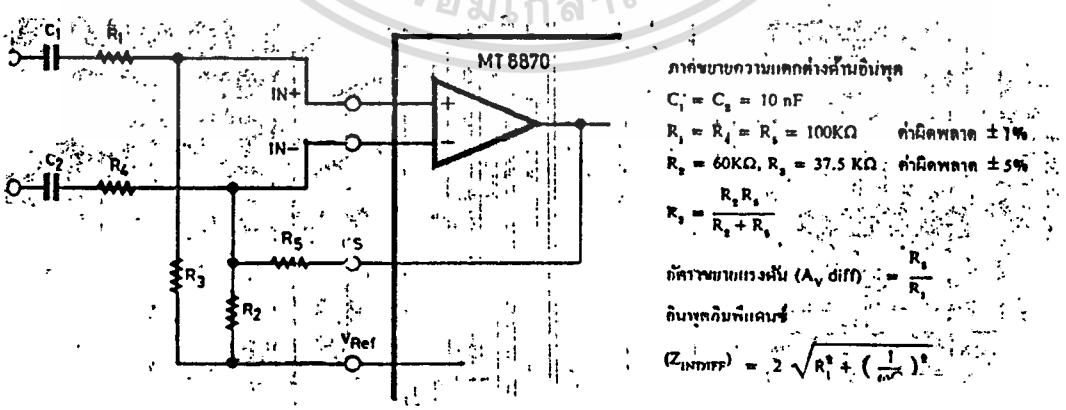
ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปที่เอาต์พุท จะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่มโทรศัพท์ ซึ่งต้องกดปุ่มให้มีความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควร มิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลายาวเท่าใดสามารถตั้งได้โดยใช้ RC ต่อภายนอก สัญญาณที่ขา ESt จะเป็น "high" นานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่มีความถี่ DTMF เข้ามา จากรูปที่ 2.11 เมื่อขา ESt เป็น "high" ทำให้ V_c สูงขึ้น ตัวเก็บประจุ C จะคายประจุ ทำให้แรงดัน V_c สูงขึ้นจนถึงค่าเทรชโฮลด์ วงจรถอดรหัสจึงจะถอดรหัสออกเป็นตัวเลขขนาด 4 บิต รายละเอียดการทำงานขอให้ดูจากแผนภูมิเวลาหรือไทมิ่งไดอะแกรม (timing diagram) ในรูปที่ 2.15 จะเข้าใจได้ง่ายกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับคำว่าการ์ดไทม์ (guard time) นั้นหมายถึงช่วงคาบเวลาของความถี่ที่เข้ามาซึ่งจะต้องนานเท่ากับหรือมากกว่าเวลาที่เราตั้งไว้โดย RC ก็คือการ์ดไทม์นั่นเอง เมื่อสัญญาณความถี่เข้ามานานเท่าหรือมากกว่าเวลาที่ตั้งไว้จึงสามารถแปลงเป็นตัวเลขได้ ถ้าสัญญาณความถี่เข้ามาสั้นกว่าก็จะไม่มีการถอดรหัสเป็นตัวเลขออกไป การตั้งเวลาและคำนวณเวลาดูได้จากรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณอย่างง่ายและแสดงการกำหนดเวลาการ์ดไทม์



รูปที่ 2.12 แสดงการต่อวงจรภาคอินพุท

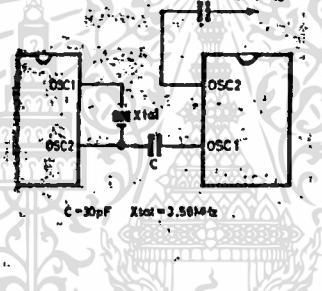
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง

วงจรส่วนอินพุทของ MT8870 เป็นภาคขยายออปแอมป์ที่สามารถปรับอัตราขยายโดยต่อวงจรภายนอกเพิ่มเข้าไป รูปที่ 2.12 แสดงการต่อวงจรภายนอกเข้ากับอินพุท ซึ่งสามารถคำนวณอัตราขยายอินพุทและอิมพีแดนซ์ได้ ดังนี้

$$\text{อัตราขยาย } (A_v \text{ diff}) = \frac{R_5}{R_1}$$

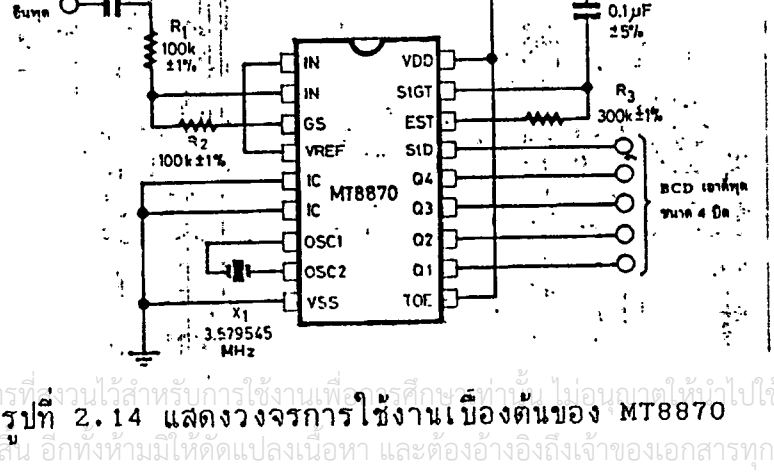
$$\text{อินพุทอิมพีแดนซ์ } (Z_{in} \text{ diff}) = 2\sqrt{R_1^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$



รูปที่ 2.13 แสดงการต่อวงจรผลิดความถี่

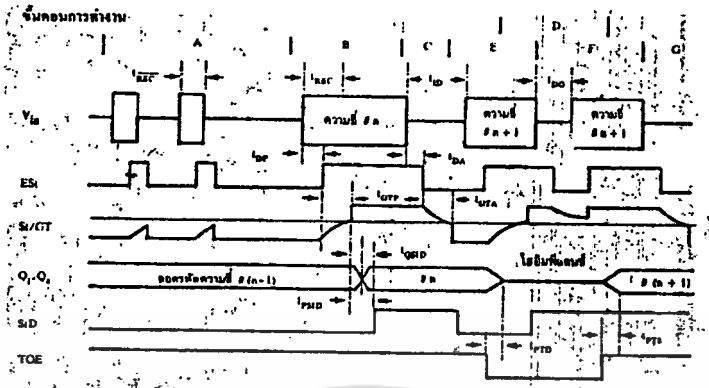
ภาคกำเนิดความถี่

ในภาคนี้ภายในไอซีจะมีวงจรเวลาอยู่ภายใน เพียงแต่ต่อคริสตอลขนาด 3.58 MHz ก็สามารถใช้งานได้ทันทีการต่อวงจรกำเนิดความถี่แสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 แสดงวงจรการใช้งานเบื้องต้นของ MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



อธิบายขั้นตอนการทำงาน

A - ตรวจพบความถี่เข้ามา แต่คาบเวลาไม่ถูกต้อง เอาต์พุตไม่เปลี่ยน

B - ความถี่ # n ถูกตรวจพบและมีคาบเวลาที่ถูกต้อง ความถี่ถูกถอดรหัส และแลตช์ไว้ที่เอาต์พุต

C - จบความถี่ # n ช่วงห่างถูกต้อง เอาต์พุตยังคงแลตช์อยู่จนกว่าจะได้รับความถี่ที่ถูกต้องใหม่

D - เอาต์พุตเปลี่ยนเป็นไฮอิมพีแดนซ์

E - ความถี่ # n + 1 ถูกตรวจพบ คาบเวลาถูกต้อง ความถี่ถูกถอดรหัสและแลตช์ไว้

F - ความถี่ # n + 1 หายไป ช่วงห่างไม่ถูกต้อง เอาต์พุตยังคงแลตช์อยู่

C - จบความถี่ # n + 1 ช่วงห่างถูกต้อง เอาต์พุตยังแลตช์อยู่จนถึงความถี่ใหม่ที่ถูกต้อง

อธิบายคำศัพท์

V_{in} - สัญญาณความถี่ DTMF ที่เข้ามา

ESt - Early Sterring output ใช้แสดงความถี่ที่ถูกต้อง

St/GT - Steering input/Guard Time output สำหรับต่อกับ RC ภายนอก

Q_1-Q_4 - เอาต์พุต BCD ขนาด 4 บิต

StD - Delayed Steering output ใช้แสดงว่าความถี่ที่ได้รับหรือหายไป มีคาบเวลาตามที่กำหนด เพื่อแสดงความถูกต้องของสัญญาณ

TOE - Tone Output Enable (input) ใช้ควบคุม Q_1-Q_4 ให้เป็นไฮอิมพีแดนซ์

$t_{\overline{REC}}$ - คาบเวลานานสุดที่ตรวจพบความถี่ DTMF แล้วยังไม่ถูกต้อง

t_{REC} - คาบเวลาสั้นสุดที่ต้องการเพื่อแสดงว่าสัญญาณถูกต้อง

t_{ID} - เวลาสั้นสุดระหว่างสัญญาณ DTMF ที่ถูกต้อง 2 สัญญาณ

t_{DO} - เวลานานสุดที่ยอมให้สัญญาณหายไปได้ในคาบเวลาความถี่ที่ถูกต้อง

t_{DP} - เวลาที่ใช้ในการตรวจพบสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

t_{DA} - เวลาที่ใช้ในการตรวจการหายไปของสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

t_{GTP} - การ์ดไทม์ของการปรากฏความถี่ DTMF

t_{GTA} - การ์ดไทม์ของการหายไปของความถี่ DTMF

รูปที่ 2.15 แสดงแผนผังเวลาของ MT8870

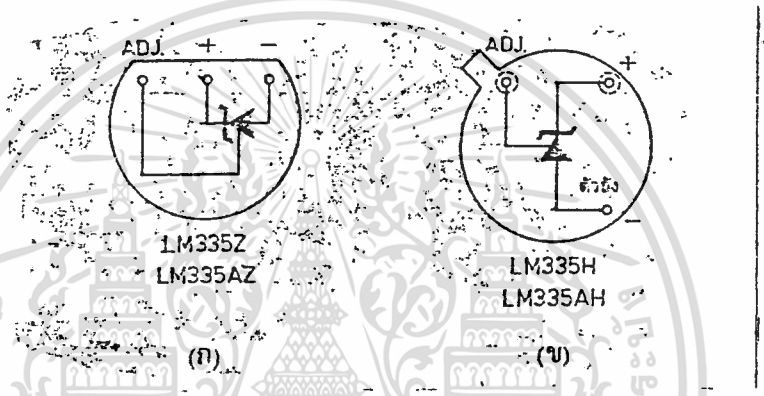
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การตรวจวัดอุณหภูมิ

ในโครงงานนี้ใช้ไอซีเบอร์ LM 335

LM335 *ตัวตรวจวัดอุณหภูมิ*

ไอซีเบอร์ LM335 เป็นวงจรอินทิเกรทเซอร์คิทใช้เป็นตัวตรวจจับอุณหภูมิ สำหรับใช้ในย่านอุณหภูมิตั้งแต่ 0 C จนถึง +100 C โดยได้ผลิตออกมาอยู่ในตัวถังพลาสติกสีดำ ซึ่งมีลักษณะการต่อขาดังรูป 2.16(ก) และในตัวถังโลหะแบบ TO-46 ซึ่งมีลักษณะการต่อขาดังรูป 2.16(ข)

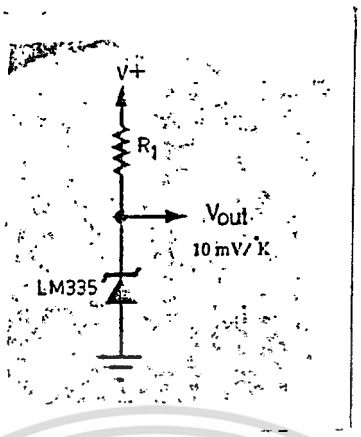


รูปที่ 2.16 แสดง (ก) ลักษณะรูปร่างและการต่อขาของ LM335Z ในตัวถังพลาสติคแบบ TO-92

(ข) LM335H ในตัวถังโลหะแบบ TO-46 เมื่อมองจากด้านล่าง

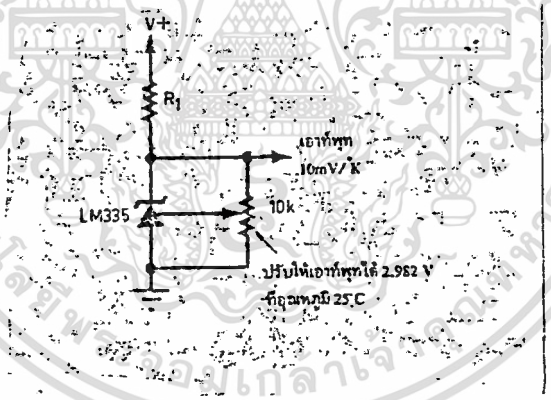
LM335 เป็นอุปกรณ์ที่มีราคาถูก ส่วนตัวห้อยท้าย A หมายถึงการผลิตโดยมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับรายละเอียดทางเทคนิคมากกว่า ซึ่งสามารถใช้ได้ดีในวงจรที่ใช้เบอร์ LM335A โดยพื้นฐานแล้ว LM335 ทำงานเช่นเดียวกับซีเนอร์ไดโอด ดังแสดงในรูป 2.17 แรงดันพังทลายซึ่งหมายถึงแรงดันเอาท์พุทจากวงจรนี้จะแปรโดยตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ โดยมีค่าเท่ากับ 10 มิลลิโวลท์ต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 1 เคลวิน(10mV/K) ในย่านอุณหภูมิที่ออกแบบมาให้ใช้งาน ค่าของตัวต้านทาน R_1 ในรูปจะเป็นตัวกำหนดค่าของกระแสที่ไหลผ่านอุปกรณ์ตัวนี้ ประโยชน์ที่สำคัญอีกอย่างของ LM335 คือ จะให้ผลลัพท์ที่เป็นเชิงเส้น ซึ่งไม่เหมือนกับเอาท์พุทที่ได้จากตัวจับอุณหภูมิส่วนใหญ่ ซึ่งที่จริงแล้วถ้าเรานำเอาค่าแรงดันเอาท์พุทมาเขียนเป็นกราฟระหว่างค่าแรงดันกับอุณหภูมิตลอดย่านการทำงานของไอซีตัวนี้ เมื่อลากเส้นกราฟไปตัดแกนอุณหภูมิที่ศูนย์องศาสมบูรณ์ ค่าแรงดันเอาท์พุทที่อ่านได้จากกราฟจะเป็นศูนย์โวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 แสดงวงจรพื้นฐานในการใช้งานของ LM335

แม้ว่าเอาท์พุทของ LM335 จากวงจรในรูปที่ 2.17 จะอยู่ภายใต้ข้อจำกัดที่กำหนดมา เราก็ควรจะมีการต่อขาสำหรับปรับแต่งความถูกต้องซึ่งมีอยู่ด้วย โดยการต่อความต้านทานปรับค่าได้เพียงตัวเดียวคร่อม LM 335 ดังแสดงในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 แสดงการปรับแต่งความถูกต้องอย่างง่ายๆ โดยใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้เพียงตัวเดียว

ในการใช้งานให้ปรับ VR_1 ให้เอาท์พุทเท่ากับ 2.982 โวลท์ เมื่ออยู่ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เพื่อที่จะให้เกิดความเที่ยงตรงเพิ่มขึ้นตลอดย่านอุณหภูมิใช้งาน

การปรับความถูกต้องของอุณหภูมิเพียงครั้งเดียวจะให้ความถูกต้องตลอดย่านอุณหภูมิที่ใช้งานนั้นก็เนื่องมาจากเอาท์พุทจะแปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ ดังนั้นการปรับค่าความลาดชันที่อุณหภูมิค่าหนึ่งให้ถูกต้อง จะทำให้เกิดความถูกต้องตลอดย่านอุณหภูมิซึ่งการปรับค่าความถูกต้องจะทำได้ง่ายกว่าพวกอุปกรณ์ไม่เป็นเชิงเส้น ดังเช่นเทอร์โมคัปเปิล เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนที่เกิดขึ้นในตัว

เช่นเดียวกับระบบตรวจจับอุณหภูมิใด ๆ ก็ตาม ความร้อนใด ๆ ที่เกิดขึ้นจากกระแสที่ไหลผ่านอุปกรณ์ที่ตรวจจับจะมีผลต่อค่าอุณหภูมิของตัวมัน ตลอดจนค่าแรงดันเอาท์พุทที่เกิดขึ้น สำหรับ LM335 นั้นควรจะให้ทำงานที่กระแสต่ำสุดซึ่งเพียงพอที่จะขับวงจรให้วงจรภายในไอซีทำงานได้ เมื่อคำนวณค่าของ R_1 จะยอมให้กระแสไหลผ่านตัวต้านทานปรับค่าได้ที่ต่อขนานกับไอซีสำหรับที่กระแสเอาท์พุทใด ๆ โดยกระแสประมาณ 400 ไมโครแอมป์ จะเป็นกระแสต่ำสุดที่ไอซีนี้จะทำงานได้เป็นปกติ

ถ้าตัวตรวจจับถูกใช้ในสถานที่ ซึ่งค่าความต้านทานทางอุณหภูมิต่อสิ่งแวดล้อมนั้นมีค่าคงที่ ค่าความผิดพลาดจากความร้อนที่เกิดขึ้นในตัวเองสามารถที่จะปรับให้ถูกต้อง ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์นั้นทำงานด้วยกระแสคงที่ โดยไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิความร้อนเกิดขึ้นกับอุปกรณ์จะแปรผันโดยตรงกับแรงดันซีเนอร์และอุณหภูมิสัมบูรณ์ และความเป็นเชิงเส้นของสเกลอุณหภูมิที่รักษาไว้

คุณสมบัติเฉพาะตัว

ในวงจรทั่วๆไปของ LM335 ซึ่งไม่ได้ปรับค่าความถูกต้องไว้ ให้ทำงานที่กระแส 1 มิลลิแอมป์ ค่าความผิดพลาดเนื่องจากอุณหภูมิ จะเท่ากับ 2 องศาเซลเซียส(สูงสุด 6 องศาเซลเซียส) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส หรือ 4 องศาเซลเซียส(สูงสุด 9 องศาเซลเซียส) ตลอดย่านการทำงาน เมื่อได้มีการปรับค่าความถูกต้องไว้ ค่าความผิดพลาดที่อุณหภูมิจำกัดไว้เป็น 2 องศาเซลเซียส ความไม่เป็นเชิงเส้นที่ค่ากระแส 1 มิลลิแอมป์จะเท่ากับ 0.3 องศาเซลเซียสตลอดย่าน

ในอากาศ อุปกรณ์ตัวนี้ต้องใช้เวลาประมาณ 3 นาที ที่จะมีค่าอุณหภูมิถึงอุณหภูมิสุดท้าย หลังจากที่อุณหภูมิได้เปลี่ยนไป ค่าคงที่ของเวลาจะมีค่าตามที่ออกแบบไว้เท่ากับ 80 วินาทีในน้ำมันที่กวนให้เคลื่อนที่ ค่าอุณหภูมิสุดท้ายจะถึงภายในเวลาประมาณ 3 วินาที(ค่าคงที่ของเวลาจะเท่ากับ 1 วินาที ตามที่ได้ออกแบบไว้) อุปกรณ์จะคงที่อยู่ภายในช่วง 0.2 องศาเซลเซียส ตลอด 1000 ชั่วโมง ถึงแม้ที่อุณหภูมิ 125 องศาเซลเซียส

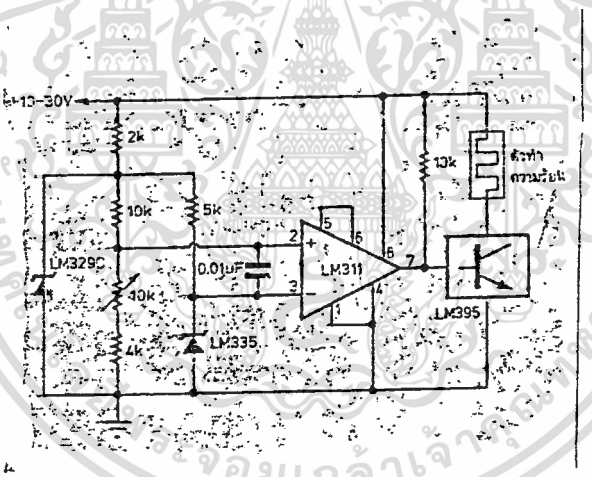
ค่าไดนามิคส์อิมพีแดนซ์จะน้อยกว่า 1 โอห์ม ที่ความถี่สูงกว่า 1 กิโลเฮิรทซ์ แต่จะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 20 ถึง 30 โอห์ม ที่ความถี่ 100 กิโลเฮิรทซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมอุณหภูมิ

วงจรควบคุมอุณหภูมิอย่างง่ายซึ่งสามารถปรับกระแสที่ไหลผ่านตัวทำความร้อน เพื่อที่จะรักษาค่าอุณหภูมิให้คงที่ที่ค่าหนึ่ง ดังรูป 2.19 จัดให้ LM329C เป็นตัวกำหนดแรงดันอ้างอิงขนาด 6.9 โวลท์ อัตราส่วนของแรงดันอ้างอิงนี้จะถูกแบ่งและป้อนขาแอน-อินเวิร์ทติ้งของ LM311 โดยการปรับค่าของตัวต้านทานปรับค่าได้ 10 กิโลโอห์ม เพื่อการตั้งค่าอุณหภูมิ

ถ้าอุณหภูมิของ LM335 สูงเพียงพอจะทำให้แรงดันที่เกิดขึ้นจากตัวมันมีค่าสูงกว่าแรงดันที่ขาแอน-อินเวิร์ทติ้ง ทำให้เอาท์พุทของวงจรขยายจะมีค่าต่ำ ดังนั้น LM395 จะยอมให้กระแสเพียงเล็กน้อยเท่านั้นตัวทำความร้อน และถ้าอุณหภูมิของ LM335 ลดลง จะทำให้เอาท์พุทของ LM311 มีค่าสูงและไปสวิทช์ LM395ให้กระแสผ่านตัวนำความร้อนอีก

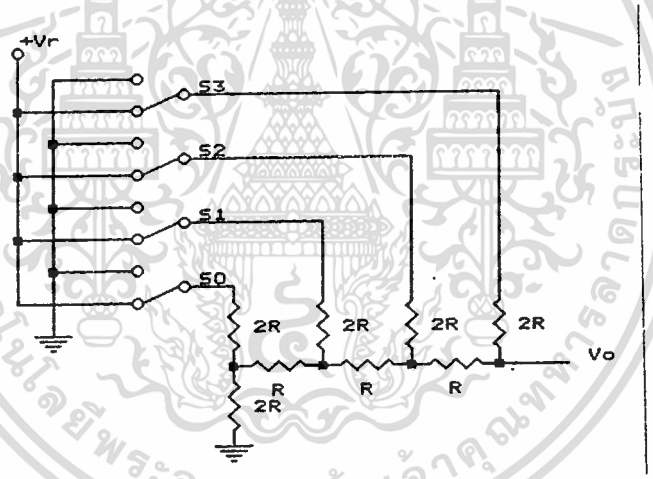


รูปที่ 2.19 แสดงวงจรควบคุมอุณหภูมิของตัวทำความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

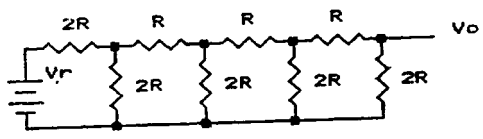
2.7 วงจรควบคุมค่าการอ้างอิงแรงดัน

ในส่วนของวงจรนี้ ได้นำหลักการของการแปลงสัญญาณจากดิจิตอลเป็นอนาลอก (Digital to Analog Converter,D/A) มาใช้ โดยวงจร D/A นี้เป็นแบบ R-2R LADDER ซึ่งเป็นวงจร D/A แบบรวมแรงดัน วงจร D/A แบบรวมแรงดันมีข้อดีกว่าแบบรวมกระแส - โดยสามารถหาค่าความต้านทานมาทำ D/A ได้ง่ายกว่าและสามารถขยายจำนวนบิทตามที่ต้องการได้สดวกกว่า ถ้าใช้วงจรรวมกระแสในวงจรนี้ จะต้องมีวงจรที่เปลี่ยนกระแสให้เป็นแรงดันเสียก่อน จึงจะนำแรงดันไปใช้งานได้ และค่าความต้องการที่ต้องการใช้ทำวงจร D/A นั้นจะหาค่าที่ตรงกับความต้องการได้ยาก (เพื่อความสดวกจึงใช้วงจร 4 BIT D/A CONVERTER ในการอธิบาย)



รูปที่ 2.20 แสดงวงจร R-2R LADDER

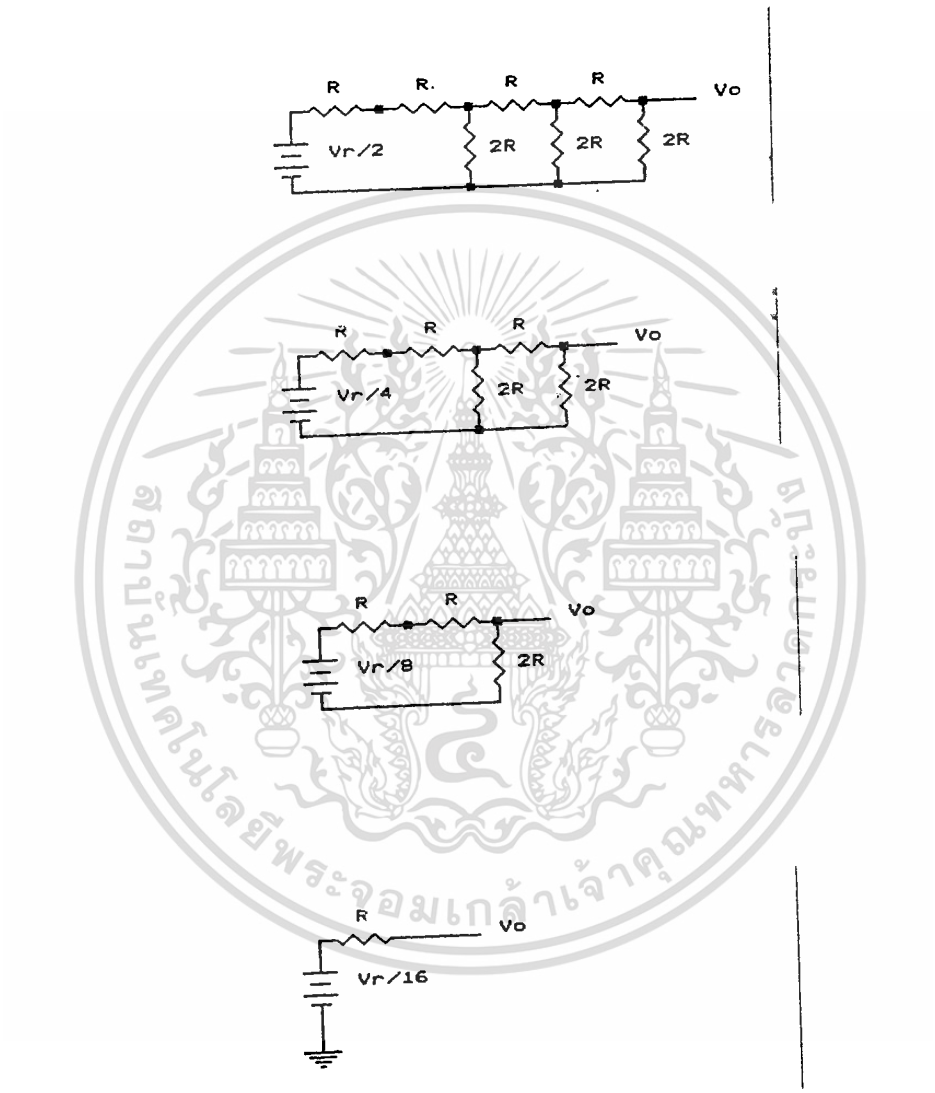
จากวงจร R-2R LADDER เมื่อสวิทช์ทุกตัวยกเว้น S0 ต่อกับสายดินจะได้วงจรดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 แสดงวงจร R-2R LADDER ขณะสวิทช์ต่อสายดินยกเว้น S_0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้หลักการของเทวินิน คือเมื่อมองจากซ้ายมือ จะเห็นว่ามีแหล่งจ่ายแรงดันที่มีอิมพิแดนซ์ต่ำมาก ทำให้ได้แรงดันที่จุด 3 มีค่าเท่ากับ $V_r/2$ เมื่อทำเช่นนี้เรื่อยๆไป จะได้ค่า V_o ออกมาในที่สุด ดังรูป 2.22



รูปที่ 2.22 แสดงหลักการของเทวินิน

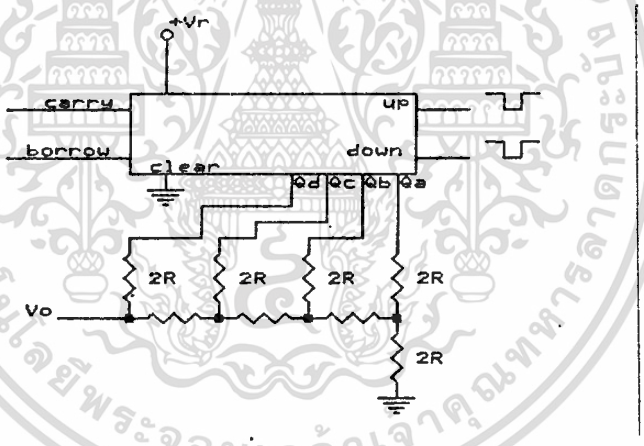
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจร R-2R LADDER จะได้

$$V_o = V_r(S_0/2+S_1/4+S_2/8+S_3/16)$$

เมื่อ S_0-S_3 มีค่าเป็นศูนย์และหนึ่ง มีค่าเป็นศูนย์เมื่อสวิทช์ต่อกับสายดิน(GND) และจะเท่ากับหนึ่งเมื่อสวิทช์ต่อกับแรงดันอ้างอิง(V_r)

จะเห็นว่าสามารถแทน S_0-S_3 โดยใช้ตรรก 0 และ 1 ให้ตรรก 1 มีค่าแรงดันเท่ากับแรงดันอ้างอิง และตรรก 0 มีค่าเป็น 0 โวลท์ จะใช้ค่าที่ได้จากเอาท์พุทของวงจรนับ โดยใช้ไอซีเบอร์ CD40193 ซึ่งเป็นวงจรนับขึ้นลงได้ 4 ครั้ง จะได้วงจรดังรูปที่ 2.23



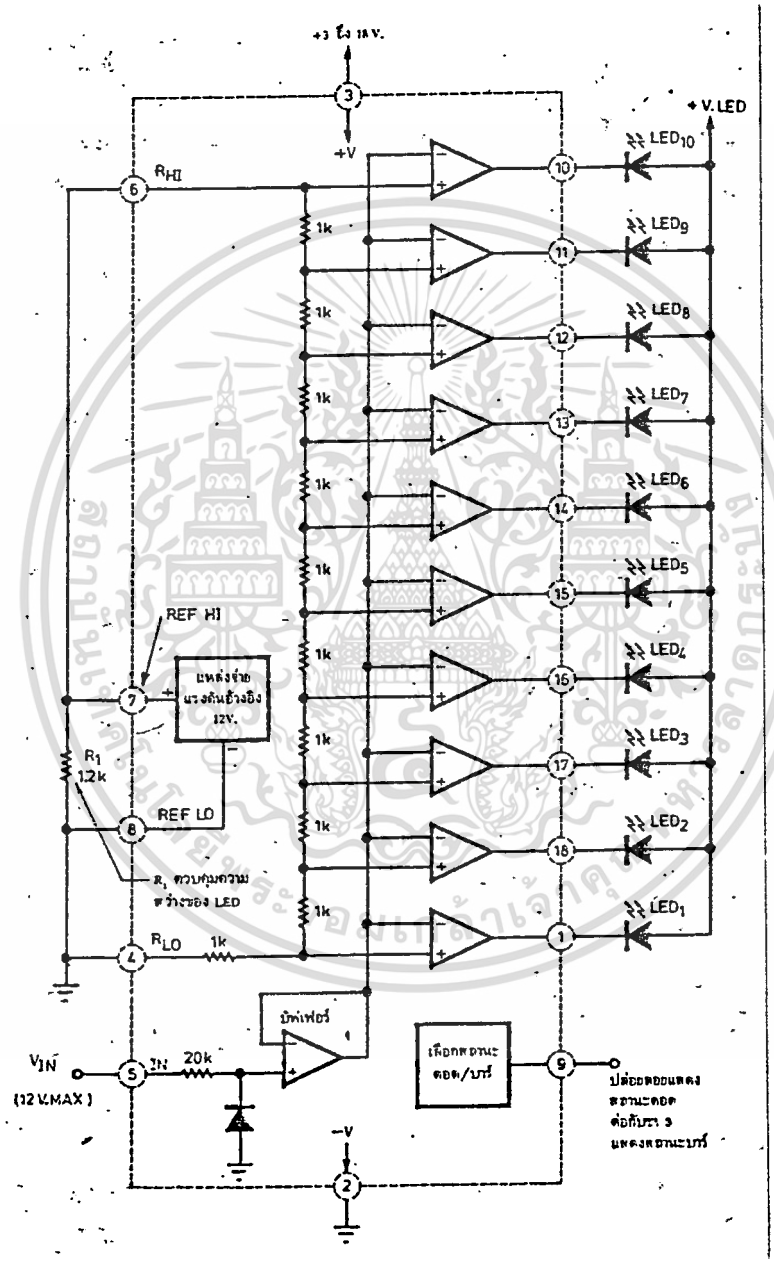
รูปที่ 2.23 แสดงการต่อวงจรนับขึ้นลงโดยใช้ CD40193

ส่วน CLOCK ที่นำไปกระตุ้นให้วงจรนับเริ่มทำงานได้ โดยการใช้ไอซี 555 ในการออกแบบให้ช่วงของสัญญาณต่ำของ CLOCK มีค่าน้อย เพื่อนำไปทริกวงจรนับเป็นเวลาน้อยๆ เพื่อให้ BOUND ที่เกิดจากการกดสวิทช์มีค่าน้อย แต่ไม่ควรให้ช่วงของสัญญาณต่ำมีค่าน้อยมากเพราะไอซีจะไม่สามารถตอบสนองได้ทันที โดยทำเป็นวงจรอะสเตเบิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 ไอซีมิเตอร์

ในโครงงานนี้ได้นำไอซีมิเตอร์ LM3914 มาใช้งาน ในรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 แสดงสาวนประกอบภายในของ LM3914 และการต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.24 แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างภายใน และการต่ออุปกรณ์ภายนอกแบบพื้นฐานโดยป้อนแรงดันที่ต้องการจะวัดเข้าที่ขา 5 (ทนแรงดันได้ถึง 35 โวลท์) และผ่านบัฟเฟอร์ซึ่งมีอัตราขยายเท่ากับหนึ่ง แล้วจึงไปต่อเข้ากับขาอินเวิร์ตของออปแอมป์ทั้ง 10 ตัว สำหรับเอาท์พุทของออปแอมป์แต่ละตัวสามารถขับกระแสได้ถึง 30 มิลลิแอมป์ และกระแสที่ไหลผ่าน LED แต่ละตัวสามารถควบคุมได้ที่ R_1 ซึ่งต่อระหว่างขา 7 กับขา 8 และที่ขา 7 ให้แรงดันอ้างอิงออกมา 1.2 โวลท์เมื่อเทียบกับขา 8 จากที่ R_1 เท่ากับ 1.2 กิโลโอห์ม เป็นผลให้กระแสที่ไหลออกจากขา 7 มีค่าประมาณ 1 มิลลิแอมป์ ดังนั้นกระแสที่ไหลใน LED แต่ละตัวมีค่าประมาณ 10 มิลลิแอมป์ หรือประมาณ 10 เท่าของกระแสที่ขา 7 นั่นเอง ส่วนขา 9 จะใช้สำหรับควบคุมการแสดงผลที่ LED ถ้าหากปล่อยลอยจะแสดงผลในลักษณะจุด (dot mode) แต่ถ้าหากต่อเข้ากับขา 3 จะแสดงผลแบบบาร์กราฟ (bar graph)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวณและออกแบบ

3.1 ภาคสร้างสัญญาณเพื่อสั่งงาน

ในโครงงานนี้เราเลือกสัญญาณโทรศัพท์มาใช้งานทั้งนี้เพราะ

1. การใช้งานสะดวก มี CODE มาก
2. มีความแม่นยำเนื่องจาก ใน 1 CODE ประกอบด้วย 2 ความถี่
3. เราอาจสามารถพัฒนาติดกับโทรศัพท์ ไปสู่การสั่งงานทางโทรศัพท์

จากความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสัญญาณโทรศัพท์ จะต้องมีส่วนรักษาระดับกระแสในวงจรจริงใช้ตัวทรานซิสเตอร์ 2N5401 ทำหน้าที่เป็นวงจรรักษาระดับกระแสคงที่

จากการนำกระแสของทรานซิสเตอร์ 2N5401 จะเกิดแรงดันออกมาทางขาคอลเลคเตอร์ แรงดันไฟฟ้า ณ จุดนี้เองที่จ่ายไปเลี้ยงวงจร โดยมีทรานซิสเตอร์ 2SC1815 ทำหน้าที่เป็นวงจรบัฟเฟอร์จ่ายไฟให้กับไอซี T2559E ซึ่งเป็นตัวเข้ารหัสเสียง (Tone Encoder)

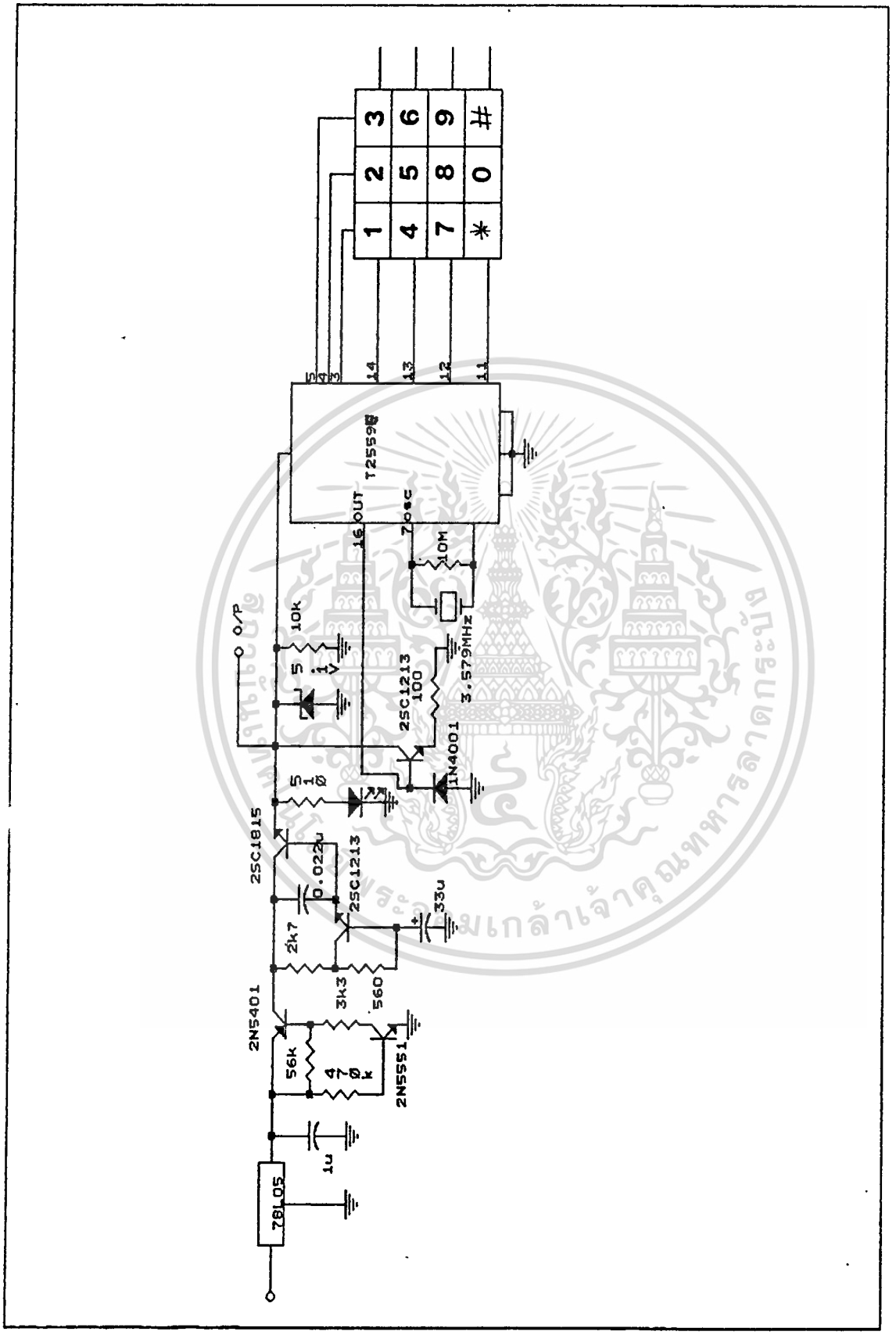
เมื่อยกหูขึ้น จะมีแรงดันจากการทำงานของทรานซิสเตอร์ 2N5401 ประมาณ 7-8 โวลต์ เมื่อผ่านทรานซิสเตอร์ 2SC1815 และซีเนอร์ไดโอดแล้วจะทำให้แรงดันตกลงมาเหลือแค่ 5 โวล์ท จ่ายให้ ไอซี T2559E

ไอซี T2559E จะทำหน้าที่เป็นตัวรับข้อมูลจากสวิทช์กดหมายเลข และส่งความถี่ออกทางคู่สาย โดยมีขา 3,4,5 เป็นขาหลัก และขา 11, 12, 13, 14 เป็นขาแถว ต่อเข้ากับคีย์บอร์ด ขาหลักจะต่อไปยังคีย์บอร์ดโดยตรง ในขณะที่ขาแถวจะถูกแยกออกเป็นสองส่วนแยกเข้าคีย์บอร์ดส่วนหนึ่ง ในขณะที่อีกส่วนหนึ่งจะป้อนผ่านอนาลอกสวิทช์ เพื่อใช้สำหรับการป้องกันการโทรศัพท์ออกบางหมายเลข เช่น โทรทางไกล โดยปกติขาควบคุมของอนาลอกสวิทช์ทุกตัวจะต่อไปยัง V_{DD} เพื่อให้สวิทช์ทั้งสี่ชุดต่อถึงกัน จะได้โทรออกได้ทุกหมายเลข เมื่อขาทางแถวและหลักต่อถึงกัน ไอซี T2559E จะเริ่มทำงานโดยทำให้วงจรออสซิเลเตอร์ที่มีการควบคุมความถี่ด้วยคริสตอล 3.579 MHz ทำการผลิตความถี่ออกมาทางขา 16 ซึ่งเป็นขาโทนเอาท์พุท ทรานซิสเตอร์จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณความถี่ให้แรงขึ้นแล้วส่งไปยังขาอิมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ 2SC1213

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทุกครั้งที่มีการกดแป้นคีย์บอร์ดวงจรเข้ารหัสเสียง ใน ไอซี T2559E ทำงาน จะมีสัญญาณออกไปทางขา 10 ซึ่งเป็นขา mute ด้วยทุกครั้งไป ปกติเราจะเอาสัญญาณ mute ไปใช้เพื่อลดไซด์โทน (Side Tone) ในขณะที่เรากดหมายเลขออกไป เสียงจะดังแรงมาก แต่วงจรนี้ไม่ใช้สัญญาณ muteเป็นตัวลด ไซด์โทน ขณะกดหมายเลข เสียงกดแป้นจึงดังชัดเจนซึ่งตามหลักการแล้ว เสียงที่ออกจากลำโพงจะต้องไม่ดังเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงวงจรภาคสร้างสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

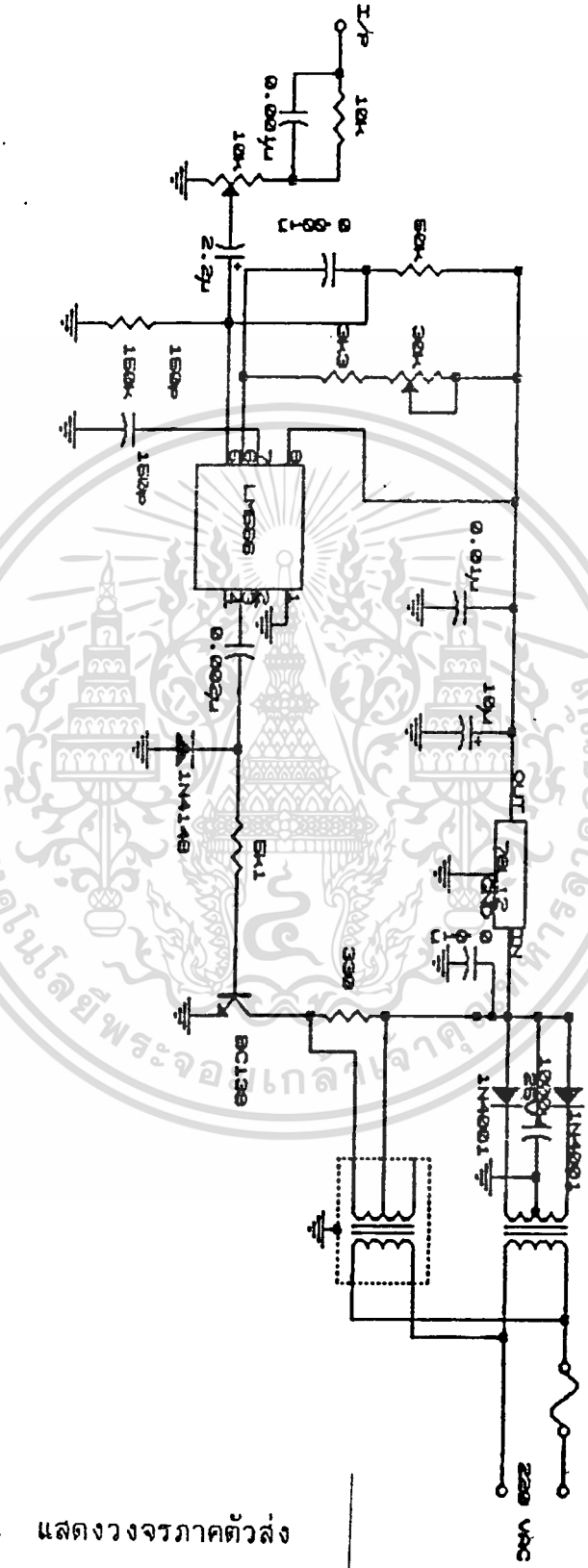
3.2 ภาคตัวส่ง

ภาคนี้ เราใช้การมอดูเลตเชิงความถี่ ไม่มีสัญญาณรบกวนตอบสนองความถี่ได้ 20 - 20,000 Hz จากรูปวงจรตัวส่งใช้ ไอซี เบอร์ LM566 ซึ่งเป็นตัวกำเนิดความถี่ควบคุมด้วยแรงดัน (VCO) ทำหน้าที่มอดูเลต โดยเราสามารถกำหนดความถี่กลางหรือคลื่นพาห์ด้วย ความต้านทาน 3.3 กิโลโอห์ม ความต้านทานปรับค่าได้ 30กิโลโอห์ม และ ตัวเก็บประจุ 150 พิโคฟารัด ที่ต่อจากขา 7 ของ LM566 สำหรับวงจรนี้สามารถเลือกได้ 2 ความถี่ คือ 100 กิโลเฮิร์ท กับ 200 กิโลเฮิร์ท ซึ่งจากการทดลองจะเห็นว่าความถี่ในช่วงนี้สามารถเป็นตัวนำความถี่ของเสียงได้ดี

เราป้อนอินพุทเข้าทางความต้านทาน 10 กิโลโอห์ม กับ ตัวเก็บประจุ 0.001 ไมโครฟารัด ที่ต่อขนานกัน ทั้งนี้เพื่อช่วยการตอบสนองความถี่ด้านความถี่สูงให้ดีขึ้น มีความต้านทานปรับค่าได้ 10 กิโลโอห์ม เป็นตัวปรับระดับสัญญาณของอินพุท ไม่ให้เกิดการโอเวอร์มอดูเลชั่น ซึ่งจะทำให้สัญญาณเพี้ยนได้

ในโครงงานนี้ ตั้งค่าของ VCO โดยกำหนดให้ความถี่กลาง คือ 100 กิโลเฮิร์ท แต่จะไม่ใช่ความถี่ 100 กิโลเฮิร์ท ทั้งนี้เพื่อป้องกันการออสซิลเลตกับ สัญญาณรบกวน (NOISE) ภายในสายไฟ จึงใช้ค่ามากกว่า 100 กิโลเฮิร์ทเล็กน้อย โดยจะใช้ประมาณ 102 กิโลเฮิร์ท เราให้ INPUT ที่ขา 5 ของ LM566 แล้วจะได้สัญญาณมอดูเลต มาที่ขา 3 จากนั้นนำมาขยายขนาดของสัญญาณให้สูงขึ้นก่อน จึงส่งสัญญาณผ่าน ไอเอฟ เข้าสายไฟ 220 โวล์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงวงจรภาคตัวส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

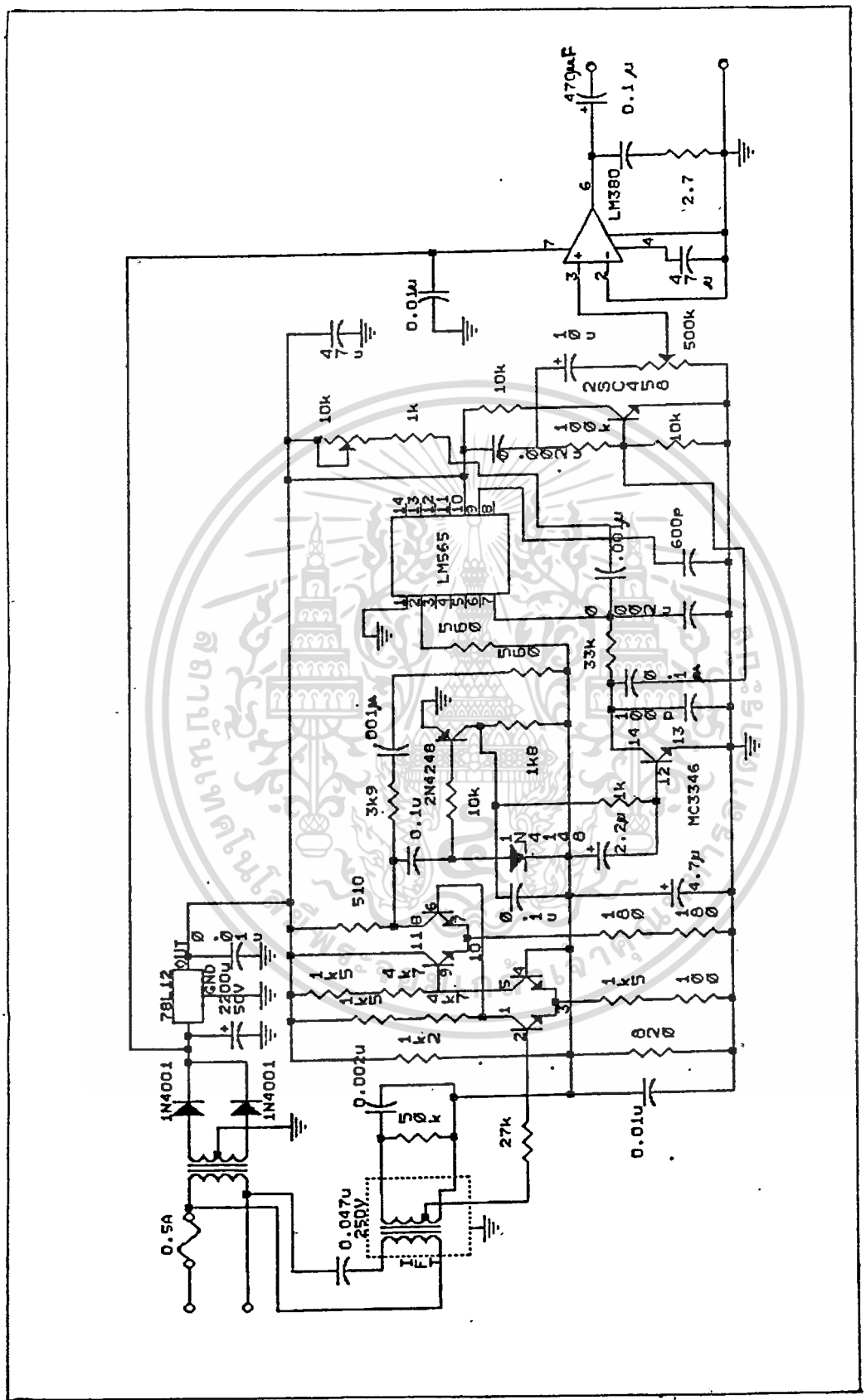
3.3 ภาคตัวรับ

วงจรในภาคนี้จะมี ไอเอฟ จูนความถี่ที่ต้องการออกมา MC3346 จะเป็นวงจรขยายความถี่วิทยุและลิมิเตอร์ ช่วงการทำงานของตัวรับอยู่ที่ความแรงของสัญญาณระหว่าง 0.2 V_{pp} - 4.5 V_{pp} ที่ขดเซกันดารีของ ไอเอฟ หรือแรงดันที่ขา 2 ของ MC3346 ประมาณ 12 mV - 2.6 V หากโวลเตจสูงควรมีความต้านทานจำกัดกระแส

ขาเอาท์พุทของภาคลิมิเตอร์ที่ขา 8 ของ MC3346 จะเป็นคลื่นรูปสี่เหลี่ยม (Square wave) ป้อนผ่านความต้านทาน 3.9 กิโลโอห์ม ตัวเก็บประจุ 0.001 ไมโครฟารัด เหลือประมาณ 1 โวล์ท เป็นอินพุทให้กับ LM565 เฟสล็อคลูฟ และมีทรานซิสเตอร์ 2N4248 และบางส่วนของ MC3346 ต่อเป็นวงจรมัตติ้ง ตัดสัญญาณเอาท์พุทในขณะที่ไม่มีสัญญาณคลื่นพาห์เข้ามา

เฟสล็อคลูฟจะล็อคความถี่ค่าใดค่าหนึ่งซึ่งถูกกำหนดโดยความต้านทาน 1 กิโลโอห์ม และความต้านทานปรับค่าได้ 10 กิโลโอห์ม ความถี่นี้จะถูกกำหนดให้ตรงกับความถี่ของคลื่นพาห์โดยวัดจากขา 4 ของ LM565 เมื่อมีสัญญาณเข้ามา สัญญาณในขาที่ 3 และ 4 จะนำ (LEAD) กัน 90 องศา ซึ่งเป็นจุดที่เฟสล็อคลูฟทำการล็อคความถี่ที่เบี่ยงเบนจากคลื่นพาห์ที่เกิดจากการมอดูเลต จะได้เป็นแรงดันที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งวัดได้ที่ขา 7 เมื่อได้สัญญาณที่ต้องการมาแล้ว ก็จะส่งไปยังทรานซิสเตอร์ 2SC458 และ LM380 ซึ่งเป็นเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ทำการขยายกำลัง เพื่อให้ความเข้มของสัญญาณสูงขึ้น จึงส่งไปถอดรหัสที่ภาคถอดรหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงวงจรภาคตัวรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ภาคถอดรหัสสัญญาณ

เราใช้ ไอซีเบอร์ MT8870 เป็นตัวแปลงสัญญาณโทรศัพท์ให้ออกมาเป็น ไบนารี่ โค้ด 4 บิท จากนั้นต่อ ไบนารี่ โค้ด นี้เข้ากับ SCL4514 B (4 TO 16 LINE DECODER WITH LATCH ซึ่ง ACTIVE HIGH) เพื่อทำการถอดรหัสสัญญาณที่ส่งมาจากภาคส่งมาเป็นรหัสสัญญาณตามหมายเลขที่ส่งมา ซึ่งเราจะกำนดไว้จากภาคส่งว่าสัญญาณหมายเลขใดทำหน้าที่อะไร คือ

หมายเลข 1 ทำหน้าที่เปิด (ON) เครื่องปรับอากาศพร้อมกับตั้งพัดลมไว้ที่ระดับสูงสุด (HIGH)

หมายเลข 2 ทำหน้าที่ปิด (OFF) เครื่องปรับอากาศ

หมายเลข 3 ทำหน้าที่เปลี่ยนพัดลมไปที่ระดับสูงสุด

หมายเลข 4 ทำหน้าที่เปลี่ยนพัดลมไปที่ระดับกลาง (MEDIUM)

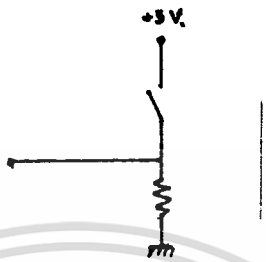
หมายเลข 5 ทำหน้าที่เปลี่ยนพัดลมไปที่ระดับต่ำสุด (LOW)

หมายเลข 6 ทำหน้าที่เพิ่มค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้สำหรับการทำงานของคอมเพรสเซอร์ (COMPRESSOR)

หมายเลข 7 ทำหน้าที่ลดค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้สำหรับการทำงานของคอมเพรสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการเปิด-ปิด เครื่องปรับอากาศนี้ จะทำโดยเปรียบเทียบค่าไบนารี่ โค้ด ที่แปลงมาจาก MT8870 กับ ดิพสวิทช์ โดยมี ไอซี เบอร์ 4585 (COMPARATOR) เป็นตัวเปรียบเทียบ การต่อ ดิพสวิทช์จะต่อในลักษณะของการพูลดาวน์ (PULL DOWN) ดังรูป



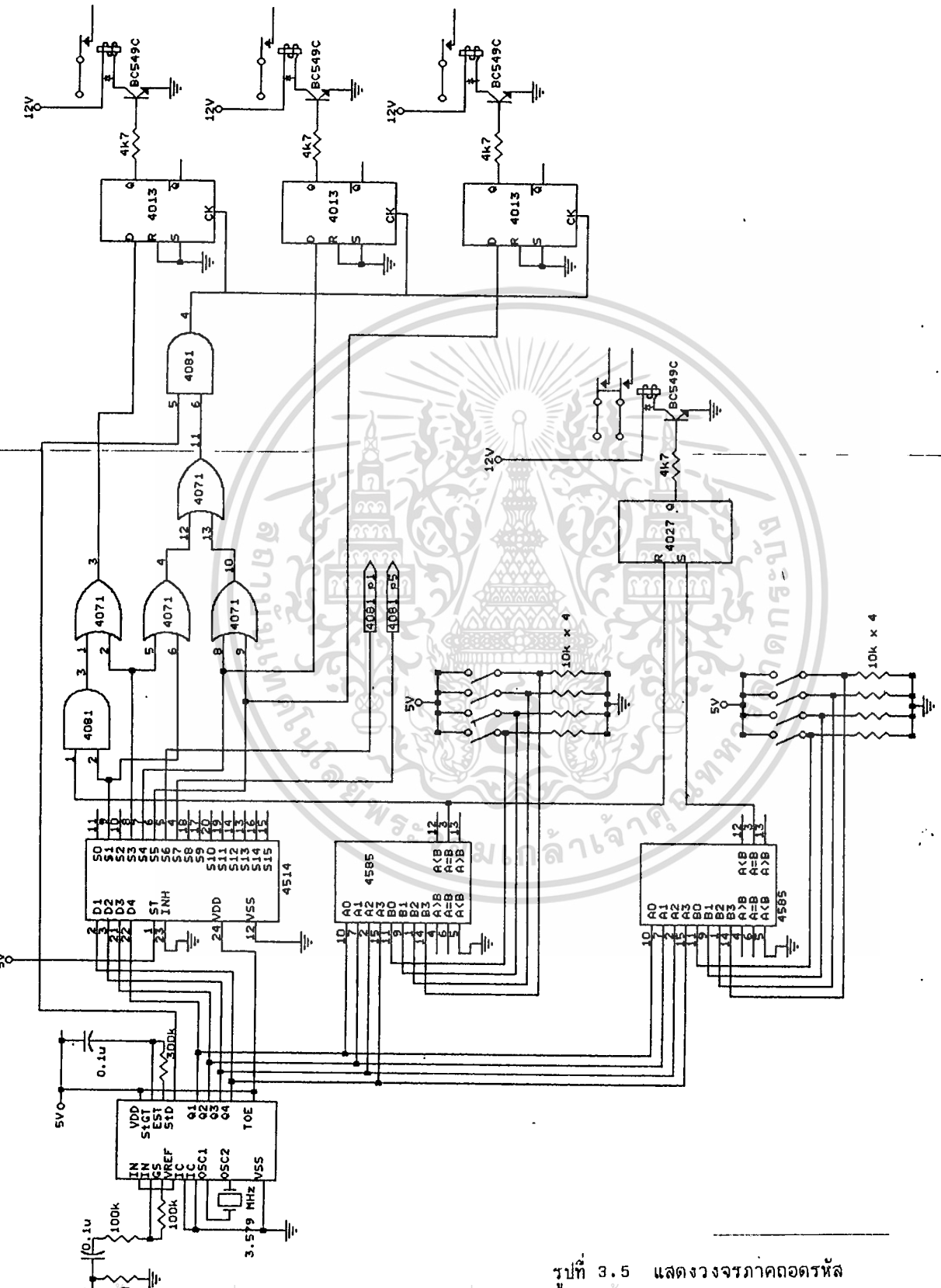
รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะการต่อ ดิพสวิทช์

ซึ่งจะได้สถานะของบิทเปรียบเทียบที่แน่นอน (STABLE)

เมื่อสัญญาณที่ได้รับจาก MT8870 กับ ค่าที่ตั้งไว้ของ ดิพสวิทช์ มีค่าตรงกัน ก็จะทำให้เกิดการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ โดยค่าที่ตรงกับจะทำให้ คอมพาราเตอร์ มีเอาท์พุทออกมาเป็นลอจิก 1 ซึ่งเอาท์พุทของคอมพาราเตอร์ทั้ง 2 ตัว จะต่อเข้ากับอาร์เอสฟลิปฟลอป (RS FLIP FLOP) โดยรหัสเปิดจะต่อเข้ากับขาเซ็ท รหัสปิดจะต่อกับขารีเซ็ท ซึ่งเอาท์พุทฟลิปฟลอปจะต่อกับความต้านทาน เพื่อให้มีกระแสพอเหมาะไปทริกให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน ส่งผลให้ไฟไปเลี้ยงคอล์ยรีเลย์ ทำให้มีกระแสไฟ 220 โวลท์จ่ายมาเข้าแมกเนติก คอนแทคเตอร์ (MAGNETIC CONTACTOR) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสะพานไฟ ทำให้กระแสไฟจ่ายเข้ามาเปิดเครื่องปรับอากาศได้ เมื่อจะปิดเครื่องปรับอากาศ อาร์เอสฟลิปฟลอปจะถูกรีเซ็ท ซึ่งเป็นการตัดกระแสไฟที่จ่ายให้เครื่องปรับอากาศ

การเปิดเครื่องปรับอากาศนี้พัดลมจะถูกตั้งไว้ที่ระดับสูงสุดด้วย โดยเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศจะมีเอาท์พุทลอจิก 1 ออกมาที่ขา 9 (S_1) ของ SLC4515B ด้วย นำสัญญาณนี้ไปออร์ (or) กับ สัญญาณจากขา 8 (S_3) ที่ตั้งพัดลมไว้ระดับสูงสุด ซึ่งสัญญาณเอาท์พุทของออร์เกทนี้จะถูกนำไปผ่านชุดฟลิปฟลอป ความต้านทาน ทรานซิสเตอร์ รีเลย์ ซึ่งจะต่อให้พัดลมทำงานที่ระดับสูงสุด โดยที่คล้อกที่จะไปทริกฟลิปฟลอปได้จากการออร์สัญญาณจากขา 9 (S_1) ขา 8 (S_0) ขา 7 (S_2) ขา 6 (S_3)แล้วนำผลจากการออร์จะนำไปแอนด์ (and) กับ ค่าลอจิกจากขา 15 ของ MT8870 (ขา StD เป็นตัวแสดงว่ามีสัญญาณส่งมาจากภาคส่ง) สัญญาณจากขา 7 (S_2) จะไปต่อกับชุดควบคุมพัดลมระดับกลาง สัญญาณจากขา 6 (S_3) ต่อกับชุดควบคุมพัดลมระดับต่ำสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงวงจรภาคถอดรหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการควบคุมอุณหภูมิ เราใช้การทำงานของ LM335H ซึ่งเป็นตัวรับอุณหภูมิมาเปลี่ยนเป็นแรงดัน โดยค่าความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับแรงดัน คือ อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป 1 เคลวิน จะทำให้ค่าแรงดันเปลี่ยนไป 10 mV

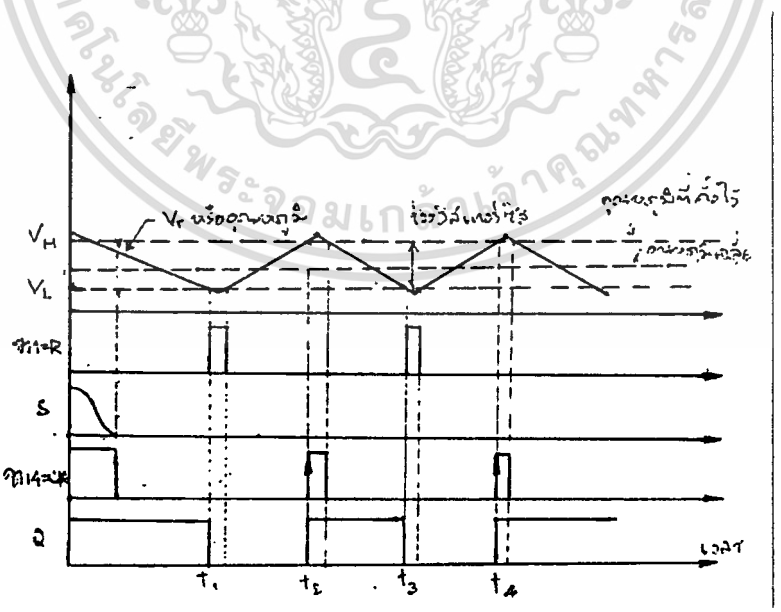
ค่าแรงดันที่แปลงได้จากอุณหภูมิโดยใช้ LM335H นี้จะเป็นตัวที่ควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ โดยแรงดันนี้จะไปต่อเข้ากับออปแอมป์ LM324 ซึ่งทำหน้าที่เป็นคอมพาราเตอร์ที่ได้ตั้งค่าแรงดันไว้แล้ว คือแรงดันในช่วงสูงสุดกับต่ำสุดจะต่างกัน 3 องศา (เป็นการแสดงถึงช่วงเริ่มการทำงานที่อุณหภูมิใดๆ ที่ได้ตั้งไว้)

ค่าแรงดันที่ได้จาก LM335H เมื่อเทียบกับแรงที่ตั้งไว้จะแบ่งได้เป็น 3 ช่วง คือ

1. V_{in} มากกว่า V_H จะทำให้ได้สัญญาณที่ขา 14 ของ LM324 เป็น ลอจิก 1 และขา 1 เป็น ลอจิก 0

2. V_{in} น้อยกว่า V_L จะทำให้ได้สัญญาณที่ขา 14 ของ LM324 เป็น ลอจิก 0 และขา 1 เป็น ลอจิก 1

3. V_{in} มีค่าอยู่ระหว่าง V_L และ V_H



รูปที่ 3.6 แสดงแผนผังเวลาเมื่อควบคุมเครื่องปรับอากาศ

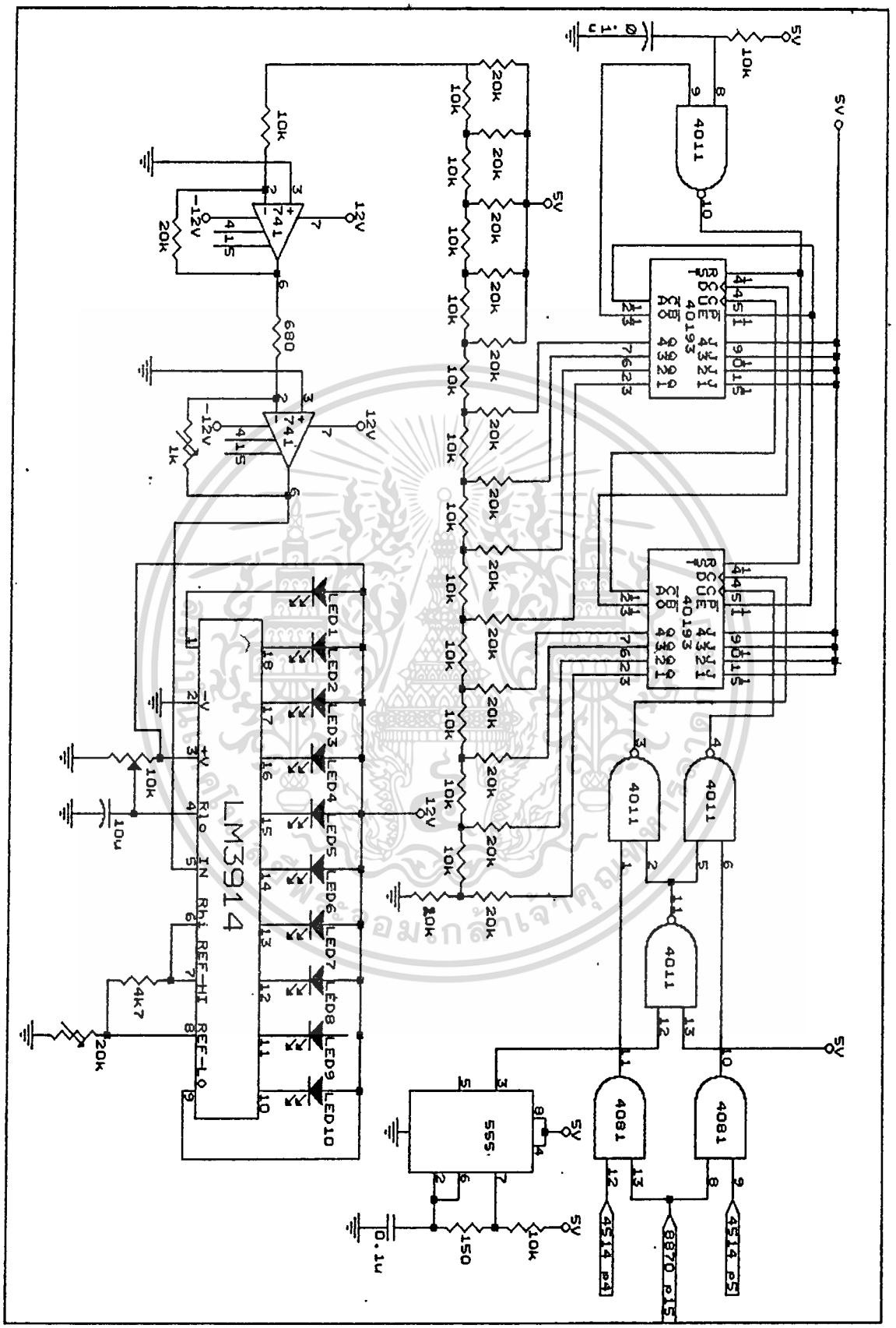
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมเครื่องปรับอากาศ โดยการต่อขา 14 ของ LM324 เข้ากับขาคล้อค ของดีฟลิปฟลอป (D-FLIP FLOP) และขา 1 เข้ากับขารีเซ็ท ของ ดีฟลิปฟลอป ซึ่งจากแผนผังเวลาจะเห็นว่า เมื่อเริ่มต้นการทำงาน ดีฟลิปฟลอป จะได้รับการเซ็ท ที่ขาเซ็ท โดยตัวเก็บประจุค่า 0.1 ไมโครฟารัด และ ความต้านทานค่า 100 กิโลโอห์ม ทำให้สัญญาณที่ขา Q ของ ดีฟลิปฟลอป เป็น ลอจิก 1 ขับให้ทรานซิสเตอร์นำกระแส ทำให้รีเลย์ทำงานส่งผลให้คอมเพรสเซอร์ทำงาน จะทำให้อุณหภูมิเริ่มเย็นลงและในช่วงเริ่มต้นนี้ถ้าอุณหภูมิสูงกว่าที่ตั้งไว้ จะทำให้สัญญาณที่ขา 14 ของ LM324 หรือขาคล้อคของดีฟลิปฟลอป เป็นลอจิก 1 แต่ไม่มีผลต่อขา Q เพราะขา Q เป็น ลอจิก 1 อยู่แล้ว

เมื่ออุณหภูมิเริ่มเย็นลง แรงดัน V_{in} ก็จะเริ่มลดลงเรื่อยๆ จนแรงดัน V_{in} ลดลง ต่ำกว่า V_L ที่เวลา t_1 จะทำให้สัญญาณที่ขา 1 ของ LM324 ซึ่งต่อกับขารีเซ็ท ของดีฟลิปฟลอป มี ลอจิก เป็น 1 ทำให้เกิดการรีเซ็ทที่ ดีฟลิปฟลอป สัญญาณที่ขา Q ของดีฟลิปฟลอป กลับมาเป็น ลอจิก 0 ทำให้ทรานซิสเตอร์หยุดนำกระแส ผลคือ รีเลย์หยุดทำงาน ทำให้คอมเพรสเซอร์หยุดทำงาน อุณหภูมิจะสูงขึ้น หรือ V_{in} สูงขึ้นนั่นเอง สัญญาณที่ขา 1 ของ LM324 จึงเปลี่ยนเป็น ลอจิก 0

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงเวลา t_2 คือ V_{in} มากกว่า V_H ทำให้สัญญาณที่ขา 14 ของ LM324 เปลี่ยนจาก ลอจิก 0 เป็น ลอจิก 1 (มีการให้คล้อคแก่ดีฟลิปฟลอป) เป็นการทริกดีฟลิปฟลอป ทำให้สัญญาณที่ขา Q ของ ดีฟลิปฟลอป มีลอจิกกับสัญญาณที่ขา D ของดีฟลิปฟลอป คือ เป็นลอจิก 1 (เพราะขา D ของ ดีฟลิปฟลอป ต่ออยู่กับ V_{cc}) ทำให้คอมเพรสเซอร์เริ่มทำงานอีกครั้งหนึ่ง อุณหภูมิจึงเริ่มลดลงจนค่าแรงดัน V_{in} ต่ำกว่า V_L จะทำให้คอมเพรสเซอร์หยุดทำงาน และวนเวียนการทำงานเป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



รูปที่ 3.8 แสดงวงจรส่วนตั้งระดับอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการตั้งค่าอุณหภูมิห้องนั้นเราจะใช้การปรับค่าแรงดันที่เข้าขา 13 (ซึ่งเป็น V_{μ}) ของ LM324 โดยอาศัยหลักการเปลี่ยนสัญญาณจากดิจิตอลเป็นอนาลอก มีลักษณะการทำงานดังนี้

ใช้ไทม์เมอร์ 555 เป็นตัวสร้างคลื่นความถี่ต่ำๆ ออกมาตลอดเวลา โดยให้

$f = 20$ เฮิร์ท $C_T = 10$ ไมโครฟารัด

$T_H + T_L = 1/20 = 5 \times 10^{3}$ มิลลิวินาที

ให้ $T_H = 4.5 \times 10^{3}$ มิลลิวินาที

$T_L = 0.5 \times 10^{3}$ มิลลิวินาที

จาก $T_L = 0.693 R_B C_T$

$R_B = 153.5$ โอห์ม

ใช้ $R_B = 150$ โอห์ม

$Period = 0.693 (R_A + 2R_B)$

$R_A = 6.9$ กิโลโอห์ม

ใช้ $R_A = 10$ กิโลโอห์ม

นำคลื่นไปเข้าอินเวอร์สเตอร์ แล้วต่อเข้าอินพุทของแนน เกท 2 ตัว โดยค่าของอินพุทอีกขาหนึ่งของแนนเกท ได้จากการแอนกันก่อนของสัญญาณจากขา 5 (S_4 รหัส 6 ของตัวส่ง) ของ SLC4514B กับสัญญาณจากขา 15 (StD) ของ MT8870 และจากการแอนกันก่อนของ สัญญาณจากขา 4 (S_8 รหัส 7 ของตัวส่ง) ของ SLC4514B กับสัญญาณจากขา 15 (StD) ของ MT8870 โดยที่ขา 15 ของ MT8870 จะเป็นตัวที่ควบคุมการนับขึ้นหรือลงของ 40193 ในเวลาที่ยังมีการกดสัญญาณรหัส 6 หรือ 7 จากภาคส่ง

สัญญาณจากไทม์เมอร์ 555 จะนำไปทริกให้ 40193 ทำการนับขึ้น โดยในการนับขึ้นนี้ จะกำหนดให้นับได้จนถึง 256 ฐาน 10 โดยให้สัญญาณจากขา 12 (CARRY) ของ 40193 ต่อเข้ากับขา 11 (LOAD) เมื่อเริ่มนับสัญญาณที่ขา 12 จะมีลอจิกเป็น 1 ทำให้ 40193 นับขึ้นไปเรื่อยๆ จนเมื่อมีผลลัพท์เป็นลอจิก 1 ทุกบิท สัญญาณที่ขา 11 จะเป็นลอจิก 0 ทำให้ 40193 โหลดค่าสุดท้ายที่นับไว้

ส่วนการนับลงนั้นจะสามารถนับลงจนถึง 0 ทุกบิท ทำให้ 40193 ส่งสัญญาณยืม (BORROW) ลอจิก 0 ออกมา นำไปผ่านอินเวอร์สเตอร์ แล้วต่อเข้ากับขาเคลียร์ของ

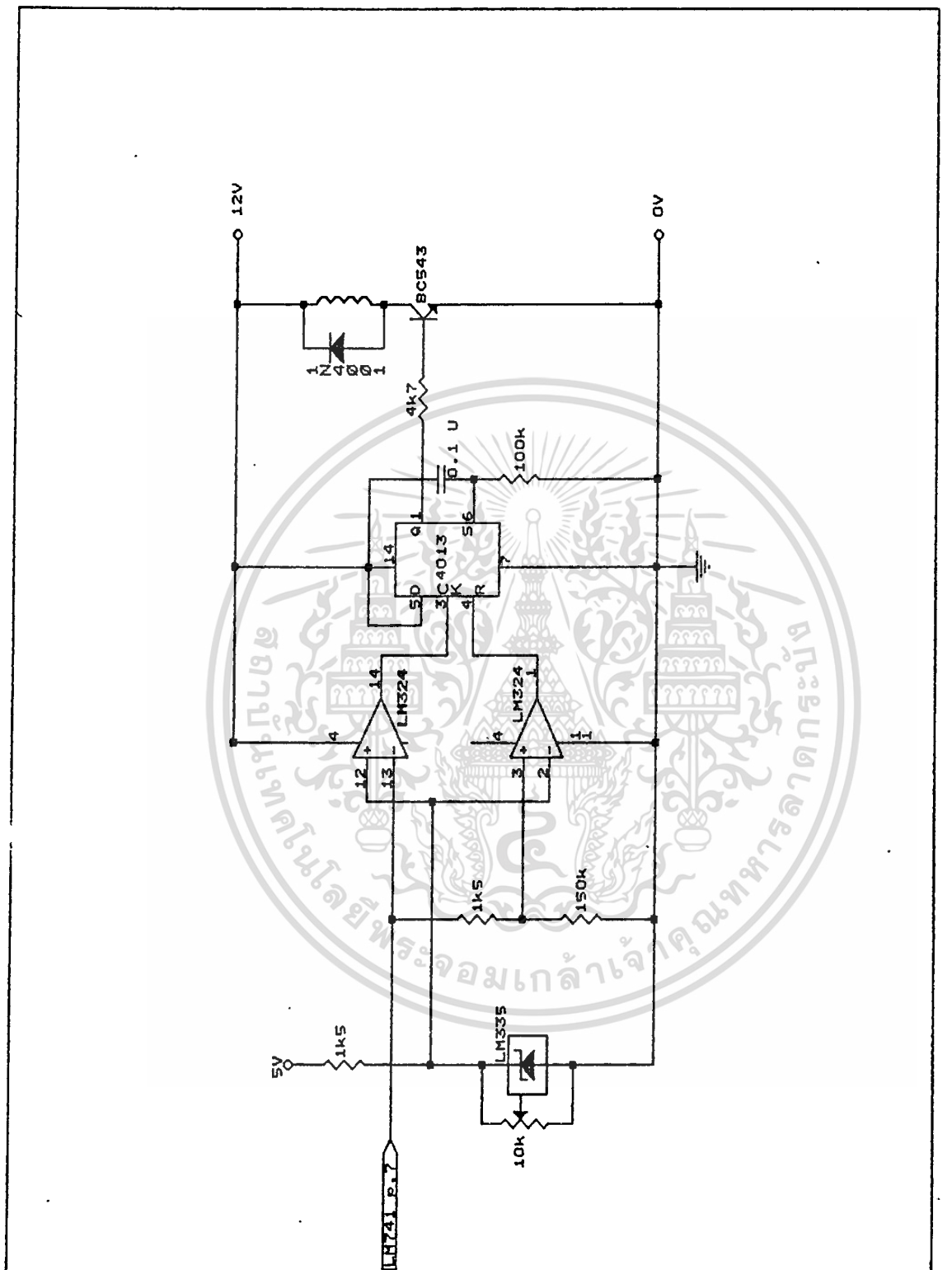
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40193 ทำให้ 40193 เคลียร์ จึงคงค่า 0 ทุกบิทไว้ ลอจิกของสัญญาณที่ได้จากการนับของ 40193 จะถูกนำไปผ่าน D/A เปลี่ยนเป็นแรงดันสำหรับใช้ในการตั้งอุณหภูมิให้คอมเพรสเซอร์ทำงาน

การแสดงจุดของอุณหภูมิที่ตั้งไว้ แสดงโดยนำค่าแรงดันที่ได้จากการนับของ 40193 ผ่านส่วนแปลงสัญญาณจากดิจิตอลเป็นอนาลอกมาต่อเข้ากับ LM3914 ซึ่งเป็นตัวที่ขับ LED จากผลต่างของแรงดันที่ตั้งไว้กับแรงดันที่ป้อนเข้าไป ซึ่งจะแสดงจุดอุณหภูมิที่ตั้งไว้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงวงจรส่วนปรับระดับอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองภาคต่างๆ

4.1 ภาคสร้างสัญญาณโทรศัพท์

เมื่อใช้ ออสซิลโลสโคป จับสัญญาณที่ T2559E เข้ารหัสออกมาจะพบว่ามี 2 สัญญาณ ส่งออกมาพร้อมๆ กัน ทดลองนำลำโพงมาต่อทดสอบฟังเสียงเปรียบเทียบกับโทรศัพท์ที่ต่อกับชุมสายขององค์การโทรศัพท์พบว่าใกล้เคียงกัน

ทดสอบโดยผ่านไป ถอดรหัส กับ MT8870 ผลออกมาพบว่าสามารถ ถอดรหัสได้ จึงสรุปว่าภาคนี้ทำงานได้สมบูรณ์

4.2 ภาครับ - ส่ง

ภาคส่งตั้งความถี่กลาง โดยใช้ออสซิลโลสโคปจับสัญญาณที่ขา 3 ของ LM566 จูนความถี่ด้วยความต้านทานปรับค่าได้ 10k จนได้ความถี่ดังรูปที่ 4.1 จากนั้นจับสัญญาณที่ขา 1 และขา 2 ของ ไอเอฟ จูน ไอเอฟ ของตัวส่ง จนได้ขนาดของสัญญาณสูงสุด

ภาครับ เปิดเครื่องส่งไว้ วัดสัญญาณที่ภาครับโดยวัดที่ขา 3 ของ ไอเอฟ ภาครับ จูนจนได้ ขนาดของสัญญาณ สูงสุด ดังภาพที่ 2 วัดสัญญาณที่ขา 8 ของ MC3346 ว่าได้ดังรูปที่ 4.2 หรือไม่ ขานี้เป็นขาที่สัญญาณผ่านวงจรดิฟแอมป์และลิมิเตอร์ แล้วสัญญาณนี้จะป้อนเข้าที่ LM565 เราวัดขา 3 กับขา 4 (ขา 4 เป็นขาที่จะล็อคความถี่) เราปรับความต้านทานปรับค่าได้ค่า 10k จนได้รูปที่ 4.3 คือ มีการนำกัน 90 องศา แสดงถึงสภาพการทำงานของเฟสล็อคลูฟ

4.3 ภาคถอดรหัสสัญญาณ

เราทดสอบโดยใช้ สัญญาณของเครื่องรับโทรศัพท์มาทดสอบการทำงานของทุกความถี่และการถอดรหัสได้ผลดังตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงความถี่ต่างๆที่ถอดรหัสได้

NO	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
0	1	0	1	0
*	1	0	1	1
#	1	1	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของ 4514 ได้ผลคือ เมื่อกดรหัส 1 รีเลย์ตัวที่นำไปต่อกับแมกเนติก คอนแทกเตอร์ จะทำงาน และเมื่อกดรหัส 2 รีเลย์ก็จะเปลี่ยนคอนแทก เมื่อกดรหัส 3,4 และ 5 สัญญาณที่ออกจากขา 8,7 และ 6 จะทำให้รีเลย์แต่ละตัวทำงาน

วัดสัญญาณจากไทม์เมอร์ 555 ได้คล้อกความถี่ 17.5 เฮิร์ท แล้วป้อนสัญญาณเข้าไปในแนนเกท เมื่อกดรหัส 6 ของเครื่องส่งแล้ว 40193 จะนับขึ้น ได้ผลลัพธ์ผ่านวงจรเปลี่ยนสัญญาณจากดิจิตอลเป็นอนาลอกแล้วแสดงผลโดยไดโอดเปล่งแสงตามลำดับ โดยเมื่อกดรหัส 7 จากเครื่องส่ง 40193 จะทำการนับลงซึ่งแสดงผลเช่นเดียวกับการกดรหัส 6

เมื่อได้รับแรงดันจาก 741 เมื่อนำแรงดันไปเปรียบเทียบ ถ้าอุณหภูมิสูงกว่าที่เรากำหนดไว้ ที่ขา 14 ของ LM324 มีระดับโลจิก 1 และที่ขา 1 มีระดับโลจิก 0 ซึ่งจะทำให้เอาท์พุทของ 4013 เป็น 1 ทำให้รีเลย์ทำงาน ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าที่เรากำหนดการทำงานจะตรงข้ามกัน

4.4 เปอร์เซนต์การมอดูเลต

สัญญาณอินพุทของเรามี 2 ความถี่ เข้ามาพร้อมกัน เราจะสมมติเรียกว่าความถี่ต่ำ กับ ความถี่สูง โดย F_{Low} มีความถี่ 697 Hz, 770 Hz, 852 Hz, 941 Hz และ F_{HIGH} มีความถี่ 1209 Hz, 1336 Hz, 1477 Hz, 1633 Hz

ความถี่สูงสุดที่จะส่งเข้ามา คือ 1633 Hz เมื่อเทียบกับความถี่กลาง 100 kHz จะได้เปอรเซนต์การมอดูเลตสูงสุด ต่ำกว่า 10 % นับว่าการมอดูเลตนี้ใช้ได้

เหตุที่ต้องให้เปอร์เซนต์มอดูเลตไม่เกิน 10 % . เพราะถ้าเปอร์เซนต์การมอดูเลตสูง แบนด์วิธ (BAND WIDTH) ของการส่งสัญญาณจะกว้าง ซึ่งจะทำให้ช่องการส่งสัญญาณน้อยลง แต่ถ้าใช้เปอร์เซนต์การมอดูเลตต่ำเกินไป จะทำให้สัญญาณที่ส่งเข้าไปนั้นมีการสูญหาย จึงไม่เหมาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 เทคนิคการตั้งความถี่

ควรเลือกความถี่พาห์ในช่วง 100 kHz - 500 kHz ทั้งนี้ถ้าใช้ความถี่พาห์ต่ำเกินไปก็จะมีสัญญาณรบกวนมากวนสัญญาณที่ส่งจึงไม่เหมาะ หากเลือกความถี่สูงเกินไป ก็จะเกิดปัญหาว่า สัญญาณที่ส่งไปถูกโหลดไปกับสายไฟทั้งหมด ทั้งนี้จากเหตุผลที่ว่า สายส่งนั้นโดยทั่วไปจะทำตัวเป็นตัวเหนี่ยวนำประจุและตัวเก็บประจุ เพราะฉะนั้นที่ความถี่สูงๆ ตัวเหนี่ยวนำประจุภายในสายส่งจะมีค่าอิมพิแดนซ์ (IMPEDANCE) เท่ากับ $j\omega L$ จากจุดนี้จะทำให้ค่าของอิมพิแดนซ์จะแปรผันตรงกับความถี่

ในการตั้งความถี่ของตัวส่ง เลือกโดย สังเกตค่าของความถี่ที่มีขนาดของสัญญาณสูง จากนั้นมาจูนที่ ไอเอฟ ให้ขนาดของสัญญาณสูงสุด ควรถอดตัวตัวเก็บประจุใน ไอเอฟ ออก เพื่อที่จะสามารถเลือกค่าของ ตัวเหนี่ยวนำประจุ และ ตัวเก็บประจุได้อย่างอิสระ เพราะตัวเก็บประจุที่ติดมากับ ไอเอฟ จะจำกัดขอบเขตของความถี่ที่จะจูน เพราะเราจะลดค่า ตัวเก็บประจุ ได้ไม่น้อยที่สุด เราจึงควรจะถอดตัวเก็บประจุ ภายในไอเอฟของไอเอฟทั้งสองตัวออก

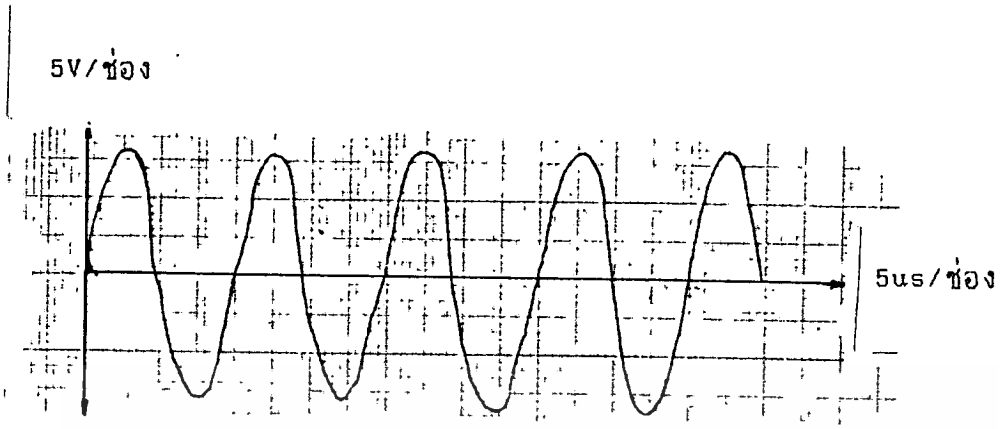
4.6 ข้อควรระวัง

MC3346 ภายในประกอบด้วยทรานซิสเตอร์หลายตัว จึงควรเลือกซื้อไอซีที่มีคุณภาพสูงมาใช้ เพราะไม่เช่นนั้นจะพบปัญหาทรานซิสเตอร์บางตัวใน MC3346 ใช้งานไม่ได้

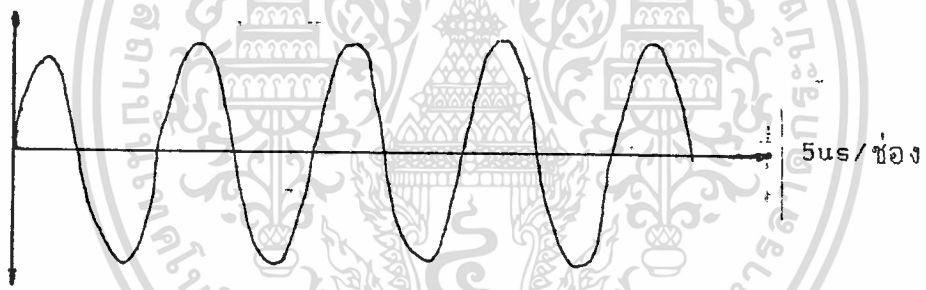
หมายเหตุ

การที่เราจูนให้มีขนาดของสัญญาณสูง เป็นการทำให้ความไวของเครื่องรับดี

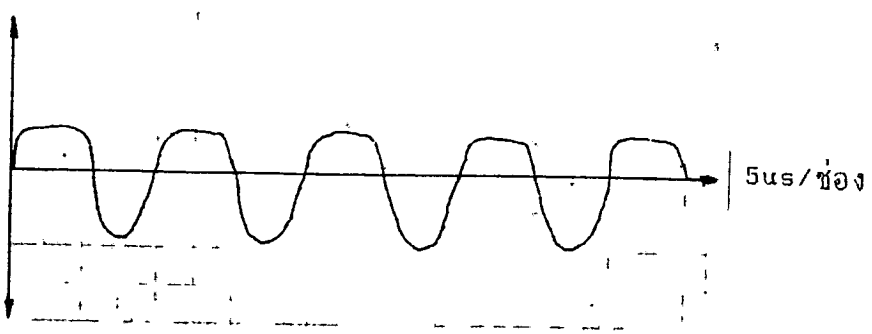
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



รูปที่ 4.1 แสดงความถี่ของคลื่นพาห์

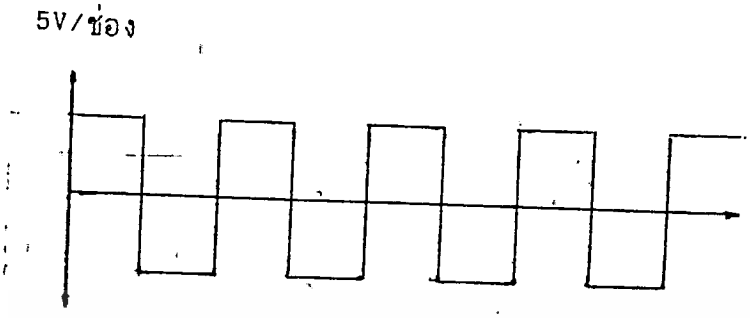


รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณของความถี่หลังจากผ่าน IF ของภาครับ

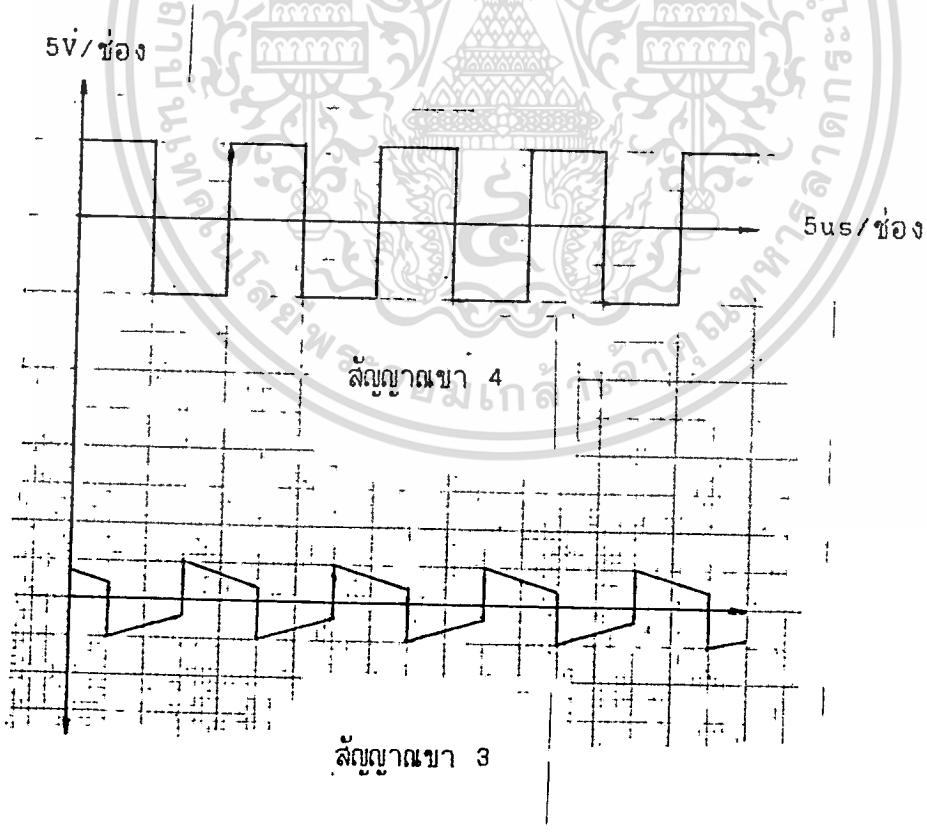


รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณอินพุทที่ป้อนให้กับ MC3346

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณจากขา 8 ของ MC3346



รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณจากขา 4 และ 3 ของ LM565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

5.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองส่งสัญญาณที่มอดูเลตเชิงความถี่ผ่านสายไฟบ้าน โดยใช้ไอเอฟ เป็นตัวจูนความถี่เข้า - ออก พบว่า สามารถทำงานได้กว้างขวางมาก เราสามารถส่งสัญญาณต้างๆ ที่เราต้องการส่งผ่านสายไฟได้ แต่ต้องระวังเรื่องความถี่พาห์ต้องไม่เป็นค่าที่ใช้งานกันอยู่ในสายไฟ เพราะอาจทำให้เกิดการออสซิเลตสัญญาณ ก็จะสูญหาย จากโครงงานนี้ ความถี่ที่เราส่งไปไม่สูงมากนัก จึงไม่ค่อยประสบปัญหามากนัก

สำหรับโครงงานนี้ เราใช้ความถี่พาห์ที่ความถี่ 102 kHz เนื่องจากไม่ได้ถอดตัวเก็บประจุภายใน ไอเอฟ ออกก่อนนำ ไอเอฟ บัดกรีลงในแผ่นวงจร ทำให้เราจูนความถี่สูงกว่านี้หรือต่ำกว่านี้ ขนาดของสัญญาณ จะต่ำลง ถ้าหากเราถอดตัวเก็บประจุภายในออกก่อนแล้ว เราจะได้ขอบขตความถี่ที่ใช้กว้างขึ้น จากการตั้งค่าของ ตัวเหนี่ยวนำประจุ และ ตัวเก็บประจุ แต่ย่านความถี่ที่ใช้ควรอยู่ในช่วง 100 – 500 kHz ทั้งนี้เนื่องจากภายในสายส่ง จะทำตัวเป็น ตัวเหนี่ยวนำประจุ และ ตัวเก็บประจุ อยู่ค่าหนึ่งซึ่งจะมีซึ่งจะมีอิมพิแดนซ์ตางความถี่ ถ้าหากความถี่ที่ใช้เป็นความถี่พาห์สูงหรือต่ำเกินไป สัญญาณที่เราส่งก็จะไปสูญเสียในสายหมด

5.2 สรุปผลการทดลอง

จากโครงงานนี้ เราได้ทราบถึงปัญหาในการมอดูเลตสัญญาณว่า ต้องกำหนดเปอร์เซนต์การมอดูเลตไม่เกิน 10 % เพราะถ้าเปอร์เซนการมอดูเลตสูงขึ้น แบนด์วิธที่ส่งก็จะกว้างขึ้นด้วย ทำให้ส่งได้น้อยช่องการส่งสัญญาณกว่าในย่านความถี่เท่าถัน และการเลือกความถี่พาห์ของระบบสัญญาณโทรศัพท์ควรอยู่ในช่วง 100 - 500 kHz อาจจะสูงหรือต่ำกว่าเล็กน้อยก็ได้ จากเหตุผลที่สายส่งประพฤติตัวเป็น ตัวเหนี่ยวนำประจุ และตัวเก็บประจุ การส่งสัญญาณเข้าไปในสายไฟ 220 โวลท์ โดยอาศัย ไอเอฟ โดยศึกษาลักษณะการจูนค่าของ ตัวเหนี่ยวนำประจุ และ ตัวเก็บประจุ ของไอเอฟ ให้ได้ความถี่ที่

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะสมกัน และได้ค่าของ ขนาดของสัญญาณ ที่สูง และการทำงานของ MT8870 ซึ่งนับว่าเป็น ไอซี ที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง เพราะเป็น ไอซี ซึ่งแปลงสัญญาณโทรศัพท์มาเป็นไบนารี่ โค้ด ซึ่งจุดนี้เราจะประยุกต์ไปใช้กับงานอื่นๆ ได้อีกมากมาย เพราะการใช้โทรศัพท์ในปัจจุบันครอบคุมพื้นที่กว้างขวางมาก

5.3 <u>แนวความคิดในการพัฒนา</u>

ในขั้นแรกเราอาจจะต่อวงจรเพิ่มที่ตัวรับให้แสดงว่า อุปกรณ์แต่ละตัวอยู่ในสถานะใด เนื่องจากเราสั่งงานจากระยะไกลอาจไม่เห็นอุปกรณ์

ในด้านประโยชน์ใช้สอยของโครงงานนี้ในส่วนของตัวส่ง เราสามารถพัฒนาไปใช้กับระบบเครื่องตอบรับโทรศัพท์ได้ โดยเราต่อเข้ากับเครื่องรับโทรศัพท์อัตโนมัติ ซึ่งเมื่อเราโทรศัพท์เข้ามาจากภายนอก เครื่องรับโทรศัพท์จะรับสัญญาณที่เราเรียกเข้ามาไปต่อกับเครื่องส่งสัญญาณ จากนั้นแล้วเราก็สามารถควบคุมการทำงานต่างๆ ในแง่ของขอบเขตของการใช้งาน เราสามารถขยายฟังก์ชันของระบบได้มากมาย โดยอาศัยจุดที่ว่า เราจะเข้ารหัสว่าเป็นอุปกรณ์ตัวใด อาจจะเข้ารหัสเข้ามา 2 ดิจิต (DIGIT) หรือ 3 ดิจิต สำหรับ 2 ดิจิต ก็สามารถควบคุมได้ถึง 100 ฟังก์ชัน จากนั้นเราก็สามารถกำหนดลักษณะของงานด้วยดิจิตต่อไปได้ จากข้อดีของโทรศัพท์ที่ แต่ละสัญญาณที่ส่งมามี 2 ความถี่ ทำให้แต่ละสัญญาณมีความแตกต่างกันมาก เราอาจนำระบบนี้ไปใช้ในการสร้างแบบเคลื่อนย้ายไปจุดต่างๆ โดย ไม่ต้องเดินสาย โดยเราใช้เครื่องรับโทรศัพท์ติดกับเครื่องส่ง และติดตั้งเครื่องรับเข้ากับสายโทรศัพท์ เราก็สามารถย้ายโทรศัพท์ไปจุดต่างๆ โดย เสียบเข้ากับไฟบ้านที่จุดใดก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จได้นั้น ต้องขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ พลผดุง ผดุงกุล อย่างที่สุด ที่ได้กรุณาชี้แนะแนวทางการทำโครงงานในครั้งนี้ ขอขอบคุณอาจารย์และเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้การช่วยเหลือ โดยการบริจาคอุปกรณ์ เอื้อเฟื้อสถานที่ และให้คำปรึกษา และขอขอบคุณผู้ร่วมโครงงานที่ช่วยกันทำงานอย่างดี ส่วนประโยชน์ที่ได้รับจากโครงงานนี้ขอมอบให้แด่ทุกท่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ชัชวาล โชติวารินทร์, "LM335 ตัวตรวจวัดอุณหภูมิ" วารสารเซมิคอนดัคเตอร์อิเลคทรอนิคส์ ฉบับที่ 61, 2527, หน้า 159-165

2. ซิเอ็ดยูเคชั่น, "ไอซีน่าสน" วารสารเซมิคอนดัคเตอร์อิเลคทรอนิคส์ ฉบับที่ 88, 2531 หน้า 210-214

3. ต้อง ศรีคชา, " หยิบ 3914 ไอซีมิเตอร์มาใช้งาน" วารสารเซมิคอนดัคเตอร์อิเลคทรอนิคส์ ฉบับที่ 95,2532, หน้า 285-289

4. โยธิน เปรมปราณีรัชต์, "เฟสล็อคลูป" วารสารวิศวกรรมลาดกระบัง ฉบับที่ 1, 2531 หน้า 56-67

5. SAMUEL WEBER, "ELECTRONIC CIRCUIT NOTEBOOK" MCGRAW HILL, 1980 pp.135-150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้