

เครื่องทวนสัญญาณวิทยุความถี่เดียว

SINGLE FREQUENCY RADIO SIGNAL REPEATER



โดย

นายมอชาติ	หิมสุหรี	42015677
นายพัชรนันท์	จันทร์ทองแก้ว	42015685
นายอำนาจ	ติสขำ	42015718



อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์พิชญ สุพรรณกุล

ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

รฟ.
ย ๒๒๖ ค
๒๕๖๖

สาขาเทคโนโลยีโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เลขที่.....
เลขทะเบียน..... 46446

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
วัน, เดือน, ปี..... ๒๒ มิ.ย. ๒๕๔๖

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องทวนสัญญาณวิทยุความถี่เดียว
SINGLE FREQUENCY RADIO SIGNAL REPEATER
จัดทำโดย นายขอชาติ หิมสุหรี
นายพัทธนันท์ จันทร์ทองแก้ว
นายอำนาจ ดิสขำ
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์พิชญ สุพรรณกุล
ภาควิชา เทคโนโลยีอุตสาหกรรม
คณะ วิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้
นับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

(ประธานคณะกรรมการ)
()
(กรรมการ)
()
(กรรมการ)
()
(กรรมการ)
()
(กรรมการ)
()

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาบัตร	เครื่องทวนสัญญาณวิทยุความถี่เดียว		
	SINGLE FREQUENCY RADIO SIGNAL REPEATER		
นักศึกษา	นายมงคล	หิมสุหรี	42015677
	นายพัชรนันท์	จันทร์ทองแก้ว	42015685
	นายอำนาจ	ศิษำ	42015718
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์พิชญ	สุพรรณกุล	
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรีอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต		
ปีการศึกษา	2544		

บทคัดย่อ

โครงการนี้คือ สถานีทวนสัญญาณที่ใช้ความถี่เดียว เพื่อใช้ในระบบ VHF/FM ของวิทยุรับ-ส่ง ย่านความถี่ 144 MHz เป็นสถานีตัวกลางที่ช่วยถ่ายทอดสัญญาณให้ระหว่างสถานี 2 สถานีที่ไม่สามารถติดต่อกันได้โดยตรงและสามารถบันทึกข้อมูลให้ทวนสัญญาณซ้ำได้ เพื่อข้อมูลที่ถูกต้องในการติดต่อสื่อสาร เครื่องนี้จะถูกควบคุมการทำงานด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดี ขอขอบคุณ อาจารย์พิชญ สุพรรณกุล ที่ให้คำแนะนำ
นำเสมอมาตลอดจนชี้แนวทางในการแก้ไขปัญหา

ขอขอบคุณ พี่ติเรก รักษาภักดี และคุณประกิตติพงษ์ วิไชย(อาจารย์โหน่ง) ที่ให้ความช่วยเหลือ
พร้อมทั้งคำแนะนำอย่างดีตลอดมา

สุดท้ายขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้การสนับสนุนด้านการศึกษาเสมอมา และ
เพื่อนๆที่คอยให้กำลังใจ

นายอมชาลี หิมสุหรี

นายพัชรนันท์ จันทร์ทองแก้ว

นายอำนาจ ดิสขำ

ผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 การทำงานของเครื่องรีพีทเตอร์ที่ใช้ความถี่เดี่ยว	2
2.2 วงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	4
2.3 วงจรถอดรหัส DTMF	6
2.4 ไอซีที่ใช้บันทึกเสียง ISD 1420	12
2.5 มอดูเลตทางความถี่	13
2.6 เครื่องส่ง FM	15
2.7 เครื่องรับชนิดซูเปอร์เฮต	16
2.8 เครื่องรับ	17
2.9 ลิมิเตอร์	18
2.10 การควบคุมความถี่อัตโนมัติ	19
2.11 วงจรขยายแบบนอนอินเวอร์ตติ้ง	21
2.12 วงจรออสซิลเลเตอร์	23
2.13 มอดูเลเตอร์ใช้วาแรกเตอร์	31
2.14 แอมป์ไฟเออร์แบบคลาส C	33
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	40
3.1 ภาคเข้ารหัสคีย์	40
3.2 ภาค DECODE DTMF	41
3.3 ภาคสร้างสัญญาณเสียง (TONE)	42
3.4 ภาคกำหนดรหัสอ้างอิง (CODE REF)	43
3.5 ภาค REC / PLAY	46
3.6 การออกแบบส่วนควบคุม	48
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	51
4.1 ภาคเข้ารหัสคีย์	51
4.2 ภาคถอดรหัส DTMF	52
4.3 ภาคสร้างสัญญาณเสียง	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1	การทำงานเบื้องต้นของเครื่องรีพีทเตอร์ที่ใช้ความถี่เดียว	2
รูปที่ 2.2	บล็อกไดอะแกรมของเครื่อง Single Frequency Radio Signal Repeater	3
รูปที่ 2.3	วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ซึ่งประกอบขึ้นมาจากไอซีเบอร์ 555	4
รูปที่ 2.4	แผนผังส่วนต่างๆ ของโทรมเมอร์ไอซีเบอร์ 555 อย่างง่าย	5
รูปที่ 2.5	การเปรียบเทียบแรงดันที่เอาท์พุทกับแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ C	6
รูปที่ 2.6	ค่าความถี่ประจำหมายเลข	7
รูปที่ 2.7	โครงสร้างภายในของ MT8870	8
รูปที่ 2.8	การต่อตัวต้านทานและตัวเก็บประจุภายนอกเพื่อกำหนดคาร์คใหม่	10
รูปที่ 2.9	แผนภูมิตะเวลาของ MT8870	10
รูปที่ 2.10	บล็อกไดอะแกรมภายในของ ไอซี ISD1420	12
รูปที่ 2.11	การมอดูเลตทางความถี่	13
รูปที่ 2.12	แผนผังเครื่องส่ง FM อย่างง่าย	13
รูปที่ 2.13	แผนผังเครื่องส่งกระจายเสียง FM แบบคุณภาพความถี่ (มัลติพลาย)	15
รูปที่ 2.14	แผนผังเครื่องรับชนิดซูเปอร์เฮต	16
รูปที่ 2.15	แผนผังเครื่องรับ FM	18
รูปที่ 2.16	วงจรลิมิตเตอร์จะขจัดคอนอยส์และการเปลี่ยนแปลงทางแอมพลิจูดของสัญญาณ FM	19
รูปที่ 2.17	วิธีการควบคุมความถี่ AFC ของเครื่องรับ FM	19
รูปที่ 2.18	วงจร AFC อย่างง่าย	20
รูปที่ 2.19	(ก)และ(ข)ทิศทางการไหลของกระแสและขั้วของแรงดันเมื่อป้อนแหล่งจ่ายไฟ	21
รูปที่ 2.20	วงจรออสซิลเลเตอร์เบื้องต้น	25
รูปที่ 2.21	วงจรฮาร์ตลีย์ออสซิลเลเตอร์ที่แสดงลักษณะรูปคลื่นของสัญญาณ	26
รูปที่ 2.22	วงจรสมมูลย์ของผลึกคริสตอล	28
รูปที่ 2.23	วงจรคริสตอลออสซิลเลเตอร์	29
รูปที่ 2.24	ผลึกควอร์ตและการตัดผลึก	30
รูปที่ 2.25	วงจรคริสตอลออสซิลเลเตอร์	31
รูปที่ 2.26	วงจรมอดูเลเตอร์ใช้วาแรกเตอร์	32
รูปที่ 2.27	แอมพลิฟายเออร์คลาส C	33
รูปที่ 2.28	การทำงานของวงจรแทงค์	34
รูปที่ 2.29	รูปคลื่นของวงจรแทงค์	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.30 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องส่งความถี่สูง	36
รูปที่ 2.31 รูปคลื่นของแอมพลิฟายเออร์แบบคลาส C	37
รูปที่ 2.32 แอมพลิฟายเออร์แบบคลาส C โดยการไบอัสด้วยสัญญาณ	38
รูปที่ 2.33 มุมการนำไฟฟ้า เปลี่ยนกับระดับสัญญาณ	38
รูปที่ 3.1 วงจรภาคเร็คการกคคียของเครื่องส่ง	40
รูปที่ 3.2 วงจรใช้งานของ MT8870	41
รูปที่ 3.3 วงจรภาคกำเนิดสัญญาณเสียง	42
รูปที่ 3.4 4 to 1 Line Data Selector / Multiplexer	43
รูปที่ 3.5 วงจรภายในของไอซี 74153	44
รูปที่ 3.6 วงจรสมบูรณัของภาค Code Ref.	45
รูปที่ 3.7 วงจรต่อรวมภายนอกของไอซี 1420	46
รูปที่ 3.8 วงจรส่วนควบคุม โดยไอซีเบอร์ 8031 ร่วมกับพอร์ต 8255	48
รูปที่ 3.9 การเซ็คพอร์ตของ 8255	49
รูปที่ 3.10 การใช้งานของพอร์ตต่างๆ	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 แนวความคิด

ในปัจจุบันเครื่องรับส่งวิทยุในระบบ VHF ย่านความถี่ 145-150 MHz นับว่าเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมาก เพราะใช้งานง่ายมีความคล่องตัวสูง อีกทั้งราคาไม่แพงและง่ายต่อการบำรุงรักษา จึงเป็นที่นิยมใช้ในหน่วยงานราชการต่างๆ ทั้งทหาร ตำรวจและหน่วยงานของรัฐ ตลอดจนหน่วยงานของเอกชนบางแห่ง โดยทั่วไปคลื่นวิทยุความถี่ย่าน VHF นี้ คลื่นสัญญาณจะวิ่งเป็นเส้นตรง หรือที่เรียกว่า คลื่นวิทยุแบบ Line of sight ถ้ามีสิ่งกีดขวางทิศทางเคลื่อนที่ของคลื่นวิทยุจะทำให้คลื่นวิทยุเกิดการบ่ยเบน และจางหายไปในที่สุด ดังนั้นระยะทางหรือรัศมีการติดต่อของวิทยุรับส่ง VHF / FM นี้ จึงถูกจำกัดให้ขึ้นอยู่กับระยะทาง, ภูมิประเทศ, ความสูงของสายอากาศ, กำลังของเครื่องส่ง หรือ ความไวของเครื่องรับ เมื่อพิจารณาจะเห็นว่า การติดต่อทางคลื่นวิทยุระหว่างเครื่องรับส่งประเภทมือถือหรือติดรถยนต์ จะถูกจำกัดระยะทางลง เนื่องจากความสูงของสายอากาศน้อยมาก และโดยเฉพาะเครื่องมือถือซึ่งเป็นเครื่องขนาดเล็กมีกำลังส่งต่ำ ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาประสิทธิภาพในการติดต่อกันให้สูงขึ้น และสำหรับโครงการนี้จะใช้ระบบสถานีทวนสัญญาณที่ใช้ความถี่เดียว ทำให้ใช้สายอากาศเพียงต้นเดียว และ ใช้ความถี่เดียวในการติดต่อ ทำให้ประหยัดความถี่ไปได้หนึ่งความถี่ จะ ได้มีช่องเหลือไว้ใช้งานมากขึ้น และจะไม่เกิดการรบกวนเหมือนระบบ repeater ที่ใช้สองความถี่

ระบบสถานีทวนสัญญาณ โดยทั่วไป ก็คือสถานีตัวกลางที่ช่วยถ่ายทอดสัญญาณ ให้ระหว่างสถานีสองสถานีที่ไม่สามารถติดต่อกันได้โดยตรง ซึ่งโดยมากจะเป็นระบบอัตโนมัติ เช่น คู่สถานีที่ใช้ เครื่องรับส่งแบบ มือถือ หรือ แบบติดรถยนต์ สามารถเพิ่มขีดความสามารถในการติดต่อ โดยใช้ repeater เป็นตัวกลางถ่ายทอดสัญญาณ

1.2 วัตถุประสงค์ในการทำโครงการ

1. เพื่อให้ติดต่อสัญญาณได้ไกลขึ้นเมื่อไม่สามารถรับถึงกันโดยตรงได้
2. เพื่อประหยัดช่องสัญญาณความถี่ ใช้งานไปหนึ่งช่องเพราะระบบรีพีทเตอร์นี้ใช้ความถี่เดียว
3. เพื่อสะดวกต่อการติดตั้งที่สูง เพราะเราใช้เครื่องส่งเครื่องเดียวและใช้สายอากาศอันเดียว

1.3 ขอบเขตและคุณสมบัติของโครงการ

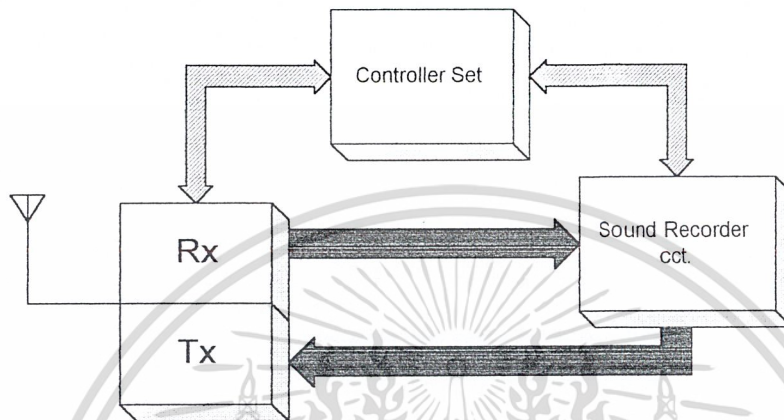
1. ควบคุมการทำงานของระบบด้วย Microprocessor 8051
2. สามารถบันทึกข้อมูลให้ทวนสัญญาณซ้ำได้
3. ปิด - เปิด ระบบรีพีทเตอร์ด้วยรหัส DTMF ของวิทยุมือถือ
4. รหัส ปิด - เปิด ของระบบรีพีทเตอร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้
5. การบันทึกสัญญาณเสียงพูดจะใช้ไอซีสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีหรือหลักการ

2.1 การทำงานของเครื่องรีพีทเตอร์ที่ใช้ความถี่เดียว



รูปที่ 2.1 การทำงานเบื้องต้นของเครื่องรีพีทเตอร์ที่ใช้ความถี่เดียว

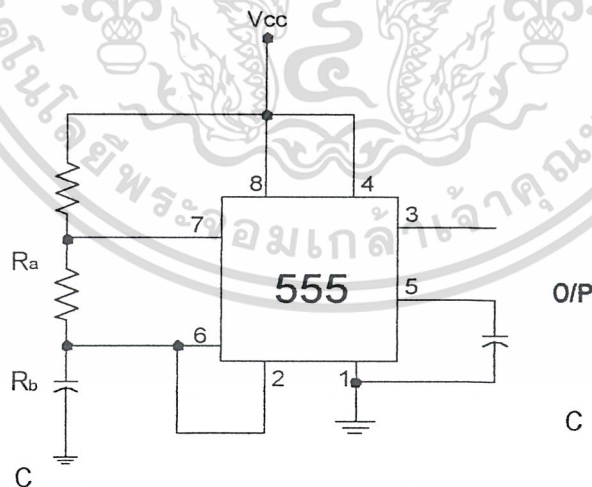
จากรูปที่ 2.1 เป็นการทำงานเบื้องต้นของเครื่องรีพีทเตอร์ที่ใช้ความถี่เดียวซึ่งจะใช้เครื่องรับ-ส่งเครื่องส่งตัวเดียวกัน กรณีที่มีสัญญาณเข้ามาที่เครื่องรับ-ส่ง สัญญาณเสียงที่ได้ก็จะไปควบคุมชุดต่างๆ ให้ทำงานและทำการอัดเสียงลงในวงจรอัดเสียงพูด จากนั้นก็ทำการอัดเสียงพูดที่อัดไว้ ออกอากาศไป โดยใช้เครื่องรับ-ส่งตัวเดิมและจะส่งออกความถี่เดิมด้วย นอกจากนั้นแล้วยังมีการทวนซ้ำความซ้ำๆ แบบเดิมได้ ขึ้นอยู่กับว่าจะให้ทวนซ้ำกี่ครั้ง

อธิบายหน้าที่ของแต่ละบล็อกรหัส ดังนี้

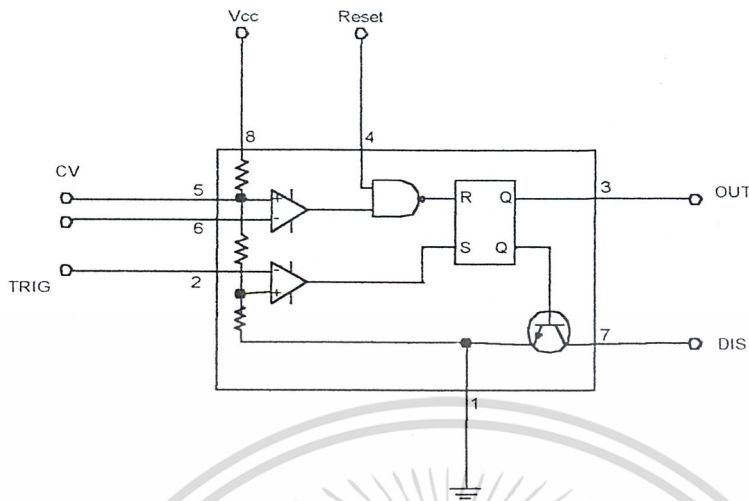
- Rx และ Tx - เป็นเครื่องรับ-ส่งวิทยุเมื่อถือตัวไปที่ใช้กันในย่านสมัครเล่น โดยใช้ช่อง MIC และ SP ของเครื่องเป็นทางติดต่อควบคุมเครื่องส่งและรับ
- CHECK KEY - ตรวจสอบการกดคีย์และปล่อยคีย์ของลูกข่าย
- DTMF - ใช้เป็นตัว DECODE สัญญาณ โทรศัพท์ให้ออกมาเป็นลอจิกรหัส BCD ใช้ร่วมกับการอ้างอิงการปิด - เปิดของเครื่องรีพีทเตอร์
- TONE - สร้างสัญญาณเสียง TONE ใช้บอกการปิด - เปิดระบบของ เครื่องรีพีทเตอร์
- CODE REF - เป็นตัวตั้งรหัสปิด - เปิดเครื่องของระบบรีพีทเตอร์ความถี่เดียว
- REC / PLAY - เป็นชุดบันทึกและเล่นกลับสัญญาณเสียง
- PORT - ใช้เป็นตัวต่อสัญญาณควบคุม โดยส่งออกทางพอร์ทของ 8255 ที่ได้จาก CPU
- POWER SUPPLY - แหล่งจ่ายไฟเลี้ยง

2.2 วงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ (Astable Multivibrator)

วงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์หรือวงจร square wave clock จะประกอบขึ้นมาจากไทม์เมอร์เบอร์ 555 ดังแสดงในวงจรรูปที่ 2.3 ซึ่งลักษณะภายในของไอซี 555 จะมีลักษณะดังรูปที่ 2.4



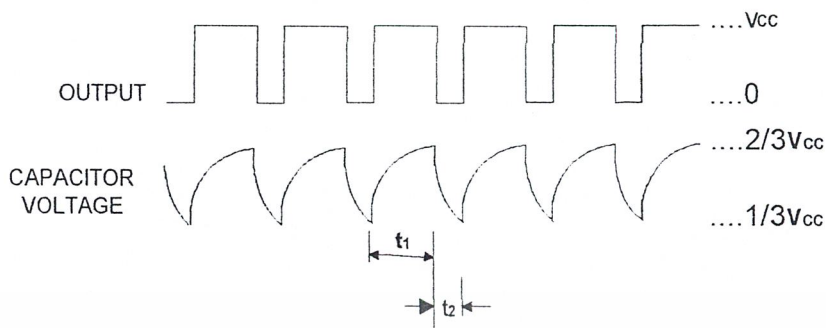
รูปที่ 2.3 วงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ซึ่งประกอบขึ้นมาจากไอซีเบอร์ 555



รูปที่ 2.4 แผนผังส่วนต่างๆ ของไทม์เมอร์ไอซีเบอร์ 555 อย่างง่าย

2.2.1 การทำงานของวงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์

จากรูปที่ 2.3 ตัวต้านทาน R_A และ R_B ทำหน้าที่เป็น timing register เมื่อวงจรได้รับแรงดันไบอัสจากแหล่งจ่ายกำลัง ตัวเก็บประจุ C จะทำหน้าที่เป็น timing capacitor เมื่อต่อวงจรตามรูป เปิดเครื่องครั้งแรก จะมีกระแสไหลผ่าน R_A , R_B เข้าชาร์จประจุที่คาปาซิเตอร์ไทม์เมอร์ที่ต่อไว้กับขา 2 ตอนนี้น้คาปาซิเตอร์ยังไม่มีประจุจึงเริ่มชาร์จประจุจากศูนย์โวลท์ที่ขึ้นมา สถานะนี้มีผลทำให้วงจรถูกกระตุ้นจ่ายกระแสออกทางเอาต์พุตขา 3 ทันที และตอนนี้ทรานซิสเตอร์คิซซาร์จที่ขา 7 จะถูกออฟ (off) ไว้ คาปาซิเตอร์ไทม์เมอร์จึงชาร์จประจุไปเรื่อยๆ จนถึงค่า 2 ใน 3 ของแหล่งจ่าย จึงเข้าสู่สถานะเทรสโพลด์ เอาต์พุตตกลงมาเป็นศูนย์ตอนนีฟลิปฟลอปซึ่งจะมีเอาต์พุตตรงกันข้ามกับขา 3 จะเริ่มทำการต่อเอาขา 7 ของไอซีลงกราวด์ คาปาซิเตอร์ไทม์เมอร์จึงคิซซาร์จแรงดันที่ชาร์จไว้ 2 ใน 3 ผ่าน R_B ลงกราวด์ เมื่อคาปาซิเตอร์ดังกล่าวคิซซาร์จหรือคายประจุไฟฟ้าลดต่ำลงถึงค่า 1 ใน 3 ของแหล่งจ่าย จะทำให้วงจรทริกเกอร์รับรู้สถานะของการกระตุ้นวงจร มีการกระตุ้นวงจรออกไปยังฟลิปฟลอป และส่งจ่ายกระแสออกไปทางเอาต์พุตอีกครั้ง ระบบคิซซาร์จสิ้นสุดลง ทำให้คาปาซิเตอร์ไทม์เมอร์ชาร์จประจุจาก 1 ใน 3 จนกระทั่งได้โวลท์ถึง 2 ใน 3 ของแหล่งจ่าย เทรสโพลด์รับรู้การทำงานจะตัดกระแสเอาต์พุตออก และขา 7 ทำการคิซซาร์จคาปาซิเตอร์อีกครั้ง วงเวียนอยู่อย่างนี้ตลอดเวลา ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การเปรียบเทียบแรงดันที่เอาต์พุตกับแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ C

ตัวเก็บประจุ C จะทำการเก็บประจุและคายประจุสลับกันไปอย่างสม่ำเสมอ ทำให้แรงดันตกคร่อมตัว C มีค่าระหว่าง $1/3 V_{cc}$ และ $2/3 V_{cc}$ ตามลำดับ สักคาที่เอาต์พุตของวงจรจะมีค่าสูงในขณะที่ตัว C ทำการเก็บประจุซึ่งถ้าให้ t_1 คือช่วงเวลาที่เอาต์พุตมีศักดาสูง ดังนั้น

$$t_1 = (R_a + R_b) C \cdot \log_e \left(\frac{V_{cc} - \frac{2}{3} V_{cc}}{V_{cc} - \frac{1}{3} V_{cc}} \right)$$

หรือ

$$t_1 = 0.693 (R_a + R_b) C \quad \text{วินาที} \quad (2.1)$$

และสักคาที่เอาต์พุตจะมีค่าต่ำในขณะที่ตัว C ทำการคายประจุ ซึ่งถ้าให้ t_2 คือช่วงเวลาที่เอาต์พุตมีศักย์ต่ำ ดังนั้น $t_2 = 0.693 R_b C$ วินาที

2.3 วงจรถอดรหัส DTMF

DTMF ย่อมาจาก Dual Tone Multiplex Frequency นั่นคือการส่งรหัสโดยแทนด้วยความถี่ 2 ความถี่มีลคิเพิล็กซ์กัน ตัวอย่างของ DTMF ได้แก่ เป็นกดของโทรศัพท์ที่เราพบเห็นโดยทั่วไป เป็นกดจะมี 12 เป็น โดยในแต่ละแถวแนวนอน แนวตั้งจะมีความถี่ประจำแถว ดังรูปที่ 2.6

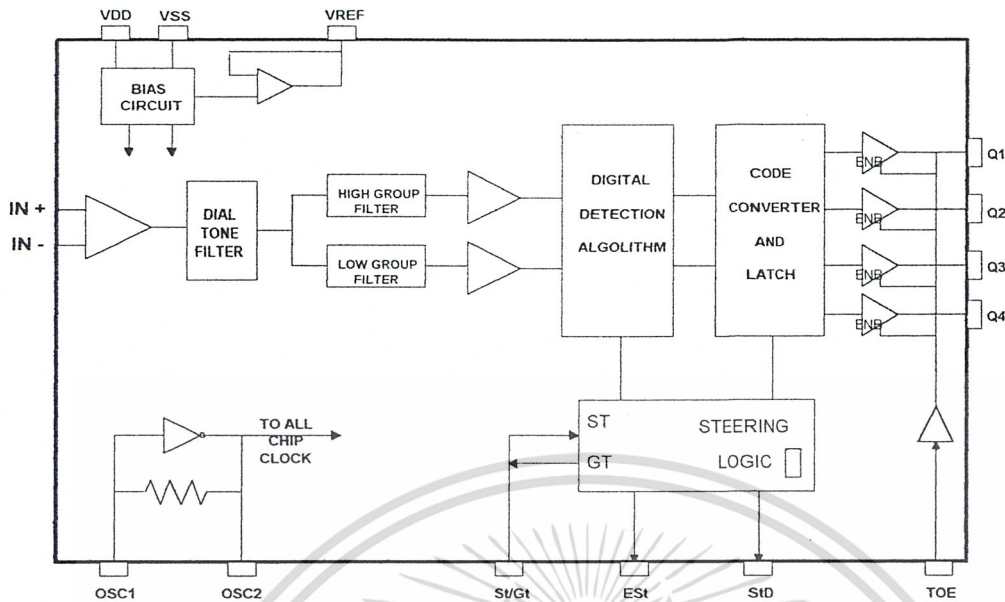
	1209	1336	1447	(Hertz)
697	1	2	3	
770	4	5	6	
852	7	8	9	
941	*	0	#	
(Hertz)				

รูปที่ 2.6 ค่าความถี่ประจำหมายเลข

เมื่อกดปุ่มหมายเลขหนึ่งจะประกอบไปด้วยโทนเสียง 2 ความถี่ด้วยกัน ซึ่งแต่ละหมายเลข จะให้ความถี่คู่ต่าง ๆ กัน ตัวอย่างเช่น เมื่อกดปุ่มหมายเลข 5 สัญญาณที่ส่งออกไปจะประกอบ ด้วยความถี่ 770 Hz และ 1336 Hz เป็นต้น

ส่วนในการถอดรหัสของสัญญาณ DTMF ดังกล่าวนั้นก็คือการนำความถี่ของ 2 สัญญาณ ที่เข้ามาแปลงกลับ ให้เป็นตัวเลขดั้งเดิม ในปัจจุบันมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่โดยเฉพาะคือ ไอซีเบอร์ MT 8870 ของบริษัท INTEL ซึ่งจะทำหน้าที่รับสัญญาณ DTMF มาแปลงเป็นค่าตัวเลขฐานสอง ขนาด 4 บิต แสดงโครงสร้างภายในของ MT8870 ดังรูป 2.7 ซึ่งประกอบไปด้วยวงจรกรองความถี่ และ วงจรถอดรหัสทางดิจิทัล ในส่วนของวงจรความถี่ 2 ความถี่ ที่มีคิตเพ็คท์ชันกันมา ส่วนวงจร ถอดรหัส ใช้เทคนิคการนับทางดิจิทัล เพื่อตรวจจับ และถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ออกเป็นเลขฐาน สองขนาด 4 บิตและตรวจสอบช่วงเวลาที่สัญญาณเข้ามา ส่วนภาคอินพุตเป็นออปแอมป์ที่สามารถ ปรับอัตราขยายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 โครงสร้างภายในของ MT 8870

ฟังก์ชันการทำงานภายใน MT 8870 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วน ดังนี้

2.3.1 ภาคกรองความถี่ (Filter Section)

ส่วนนี้จะแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่คือช่วงความถี่สูงและความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองแถบความถี่อันดับ 6 ชนิดสวิทช์คาปาซิเตอร์ (Six-Order Switched Capacitor Band Pass Filter)

2.3.2 ภาคถอดรหัส (Decoder Section)

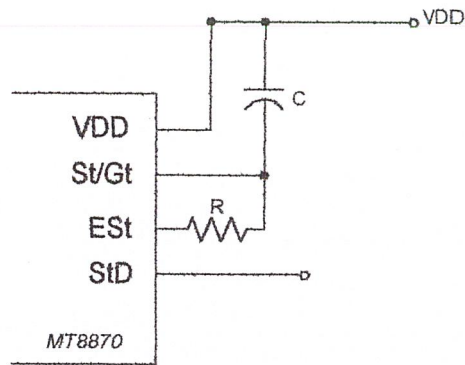
นำความถี่ 2 ความถี่ที่ได้จากส่วนกรองความถี่มาทำการถอดรหัส โดยผ่านส่วนของดิจิทัลลอจิกเทคซัน อัลกอริทึม (Digital Detection Algorithm) และส่วนแปลงรหัส (Code Converter and Latch) รหัส 4 บิตที่ได้จะถูกส่งออกที่ขา Q1, Q2, Q3 และ Q4 แสดงการถอดรหัสดังตารางที่ 2.1 นอกจากนี้ยังมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐาน DTMF หรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสม เมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้อง สัญญาณที่ขา EST (Early Steering) ก็จะมีแอมพลิจูด

ตารางที่ 2.1 ค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ

F_{low} (Hz)	F_{high} (Hz)	number	TOE	Q4	Q3	Q2	Q1
697	1209	1	H	0	0	0	1
697	1336	2	H	0	0	1	0
697	1447	3	H	0	0	1	1
770	1209	4	H	0	1	0	0
770	1336	5	H	0	1	0	1
770	1447	6	H	0	1	1	0
852	1209	7	H	0	1	1	1
852	1336	8	H	1	0	0	0
852	1447	9	H	1	0	0	1
941	1336	0	H	1	0	1	0
941	1209	*	H	1	0	1	1
941	1447	#	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

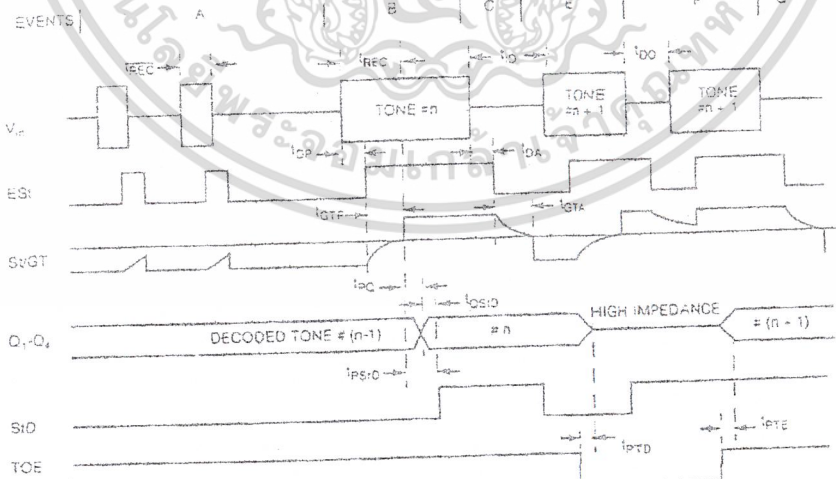
2.3.3 ภาคตรวจสอบสัญญาณ (Steering Circuit)

ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปที่เอาต์พุท จะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่ม ให้มีความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควร มิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้องส่วนช่วงเวลายาวเท่าใดสามารถตั้งได้โดยใช้ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุต่อภายนอก ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 การต่อตัวต้านทานและตัวเก็บประจุภายนอกเพื่อกำหนดการ์ดใหม่

โดยสัญญาณที่ขา Est จะเป็น "high" นานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่มีความถี่ DTMF เข้ามา จากรูปที่ 2.8 เมื่อขา Est เป็น "high" ทำให้ Vc สูงขึ้น ตัวเก็บประจุ C จะคายประจุทำให้แรงดัน Vc สูงขึ้นจนถึงค่าเทรชโฮลด์ วงจรถอดรหัสออกเป็นตัวเลขขนาด 4 บิต ซึ่งรายละเอียดของการทำงาน ขอให้ดูได้จากแผนภูมิเวลา (Timing Diagram) ดังในรูปที่ 2.9 จะเข้าใจได้ง่ายกว่า สำหรับคำว่า การ์ดใหม่ (Guard tTime) นั้นหมายถึงช่วงคาบเวลาของความถี่ที่เข้ามา ซึ่งจะต้องนานเท่ากับหรือมากกว่าช่วงเวลาที่เรที่ตั้งไว้จึงจะได้การยอมรับว่าสัญญาณความถี่นั้นถูกต้องหรือพูดได้ว่าเวลาที่ตั้งไว้คือการ์ดใหม่นั้นเอง เมื่อสัญญาณความถี่เข้ามาเท่ากันหรือมากกว่าเวลาที่ตั้งเอาไว้ จึงจะสามารถแปลงเป็นตัวเลขได้ แต่ถ้าหากสัญญาณความถี่เข้าสั้นกว่า ก็จะไม่มีการถอดรหัสเป็นตัวเลขออกไป



รูปที่ 2.9 แผนภูมิเวลาของ MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนภูมิจำลอง อธิบายได้ดังนี้

ช่วงเวลาที 1 สัญญาณทีเข้า Est เป็นลจจสูง เนื่องจกตรวจสอบพบวามีความถี่เข้ามาแต่ คบเวลาหรือระยะเวลาทีเข้ามาไม่ถูกต้อง(คบเวลาสั้น ไป) จึงไม่ทำกรถอดรหัสความถี่นี้ อันนั้น เอทพุทไม่มีการเปลี่ยแปลง

ช่วงเวลาที 2 มีความถี่เข้ามาใหม่อกรั้งหนึ่ง (ความถี่ #n) ซึ่งมีคบเวลาที่ถูกต้อง (คือเท่า กัหรือมากกว่าค่าเวลาการ์คไทม์ทีกำหนดไว้) ดังนั้นความถี่ทีเข้ามาใหม่นี้จะถูกถอดรหัสและ แลตซ์ (Latch) ไว้ที่เอทพุท

ช่วงเวลาที 3 หมคความถี่ #n ตรวจสอบช่วงห่างว่าถูกต้องหรือไม่ เอทพุทยังคงถูกแลตซ์ จนกว่าจะได้รับความถี่ทีถูกต้องใหม่

ช่วงเวลาที 4 ความถี่ #n+1 เข้ามาใหม่ สัญญาณทีเข้า Est เปลี่ยเป็นลจจสูงอกรั้งหนึ่ง

ช่วงเวลาที 5 เอทพุทเปลี่ยเป็นอยู่ในสภคความค้ำทานสูงเนื่องจกการคิสเอเบิลเอท พุท(สัญญาณทีเข้า TOE เป็นลจจค้ำ)

ช่วงเวลาที 6 ความถี่ #n+1 เข้ามาใหม่อย่างถูกต้องและอีนาเบิลเอทพุทแล้วจึงทำกรถอด รหัสและแลตซ์ไว้

ช่วงเวลาที 7 หมคความถี่ #n+1 ช่วงห่างถูกต้องเอทพุทแลตซ์อยู่จนกว่าความถี่ใหม่จะเข้ามา

อธิบายความหหมายของตัวแปรต่า ๆ ในรูปที 2.9

V_{in} : สัญญาณความถี่ DTMF ทีเข้ามา

EST : Early Steering Output ใช้แสดงว่ความถี่ทีเข้ามาเป็นย่านความถี่ของ สัญญาณจก DTMF

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

$Q_1 - Q_4$: เอทพุท BCD ขนาด 4 บิท

StD : Delay Steering Output ใช้แสดงว่ได้รับความถี่ของสัญญาณ DTMF ทีมี คบเวลาถูกต้อง

TOE : Tone Output Enable ใช้ควบคุม $Q_1 - Q_4$ ให้เป็นไฮอิมพิแดนซ์

T_{REC} : คบเวลานานทีสุดทีตรวจสอบความถี่ DTMF แล้วอย่างน้อยกว่คาร์คไทม์

T_{REC} : คบเวลาทีต้องการ เพื่อแสดงว่สัญญาณถูกต้อง

t_{ID} : เวลาสั้นทีสุดระหว่างสัญญาณ DTMF ทีถูกต้อง 2 สัญญาณ

t_{DO} : เวลานั้นสุดทียอมให้สัญญาณหายไปได้ในคบเวลาความถี่ทีถูกต้อง

t_{DP} : เวลาทีใช้ในการตรวจสอบสัญญาณความถี่ DTMF ทีถูกต้อง

t_{DA} : เวลาทีใช้ในการตรวจสอบการหายไปของสัญญาณความถี่ทีถูกต้อง

t_{GTP} : ช่วงเวลาในการซาร์จของตัวเก็บประจจนถึงค่าเทรลโวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศษกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ไม่อนุญให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้ง t_{GTA} อกรั้งทีมีผลให้สัญญาณค้ำทานของสัญญาณทีถูกอกรั้งทีมีการนำไปใช้

2.3.4 ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง

วงจรส่วนอินพุทของMT8870เป็นภาคขยายออปแอมป์ที่สามารถปรับอัตราขยายโดยต่อวงจรภายนอกเพิ่มเข้าไป ซึ่งสามารถคำนวณอัตราขยายความแตกต่างของอินพุทได้

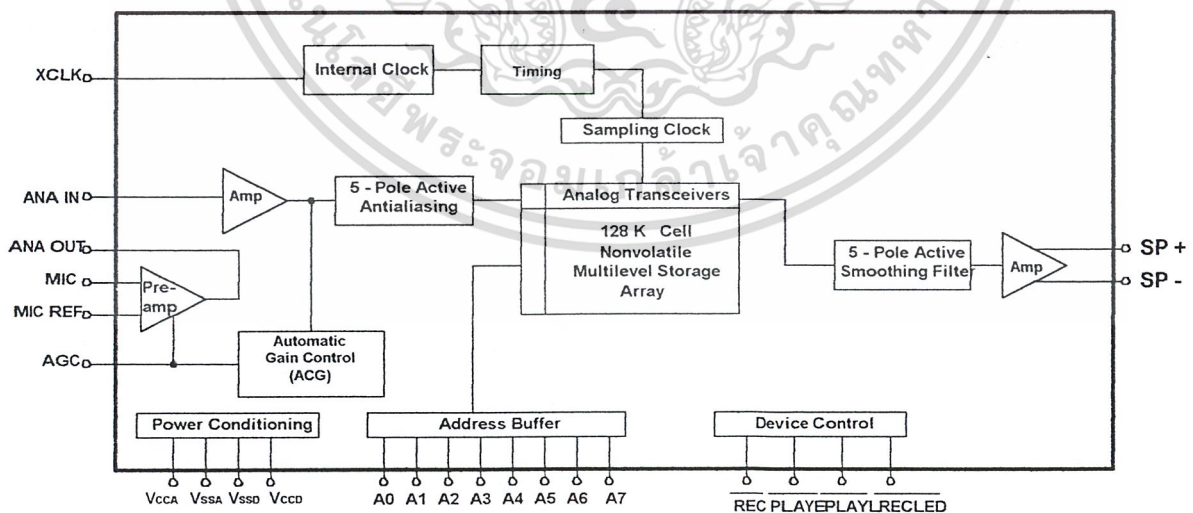
2.3.5 ภาคกำเนิดความถี่ (Oscillator)

ในภาคนี้นภายในไอซีมีวงจรเวลาอยู่ใน เพียงแต่ต่อ X-tal ขนาด 3.579545 MHz เข้าที่ขาOSC1 กับขา OSC2 ก็สามารถใช้งานได้ทันที

2.4 ไอซีที่ใช้บันทึกเสียง ISD 1420

เป็นไอซีบันทึกเสียงไว้ได้ในตัว ไม่ต้องมี RAM มาต่อภายนอก เนื่องจากมีหน่วยความจำสำรองภายในอยู่แล้ว โดยเป็นหน่วยความจำสำรองที่ไม่ต้องใช้ไฟเลี้ยงในการรักษาความจำ เป็นหน่วยความจำอนโวลาไทล์อีพรอม(Nonvolatile EEPROM)หรือ NV EEPROM ซึ่งไม่ต้องการแบตเตอรี่สำรอง ตัวไอซีสามารถบันทึกเสียงได้นาน 20 วินาที

ISD 1420 ได้ถูกปรับปรุงคุณสมบัติให้ดีขึ้น คือมีวงจรสำหรับควบคุมการทำงานให้มีความแน่นอนมากขึ้น และมีส่วนควบคุมให้กลับเข้าสู่โหมดสแตนด์บายด์ หรือการปิดตัวเองโดยอัตโนมัติ เมื่อไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับ เป็นการประหยัดพลังงานจากแบตเตอรี่มากกว่าไอซีบันทึกเสียงชนิดอื่นๆ บล็อกไดอะแกรมภายในของ ISD 1420 จะเป็นตามรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 บล็อกไดอะแกรมภายในของไอซี ISD 1420

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.10 เป็นบล็อกโคออดิเนตการทำงานภายในของ ISD1420 จะเห็นส่วนประกอบภายในว่ามันสามารถบันทึกสัญญาณเสียงไปเก็บไว้ได้อย่างไร สัญญาณอนาล็อกที่ทำการบันทึกจะถูกนำไปเก็บไว้ในหน่วยความจำขนาดความจุ 128,000 เซลล์ การบันทึกไม่ได้ใช้หลักการทำงานแปลงสัญญาณอนาล็อกเข้าไปเก็บไว้ในหน่วยความจำได้โดยตรงเลย โดยสัญญาณจะถูกเก็บอยู่ในรูปของแรงดันระดับต่างๆภายในเซลล์ สัญญาณเอาต์พุตสามารถที่จะขับลำโพงขนาดเล็กได้โดยตรง หรือต่อเข้าวงจรขยายสัญญาณภายนอกก็ได้

2.5 มอดูเลตทางความถี่

รูปคลื่นของสัญญาณ FM เกิดจากสัญญาณมอดูเลต ดังรูปที่ 2.11 (ก) เช่น สัญญาณเสียงซึ่งเป็นข่าวสารเข้าไปมอดูเลตลงบนสัญญาณพาหะดังรูปที่ 2.11 (ข) สัญญาณพาหะหลังจากมอดูเลตแล้ว ในรูปที่ 2.11 (ค) เป็นสัญญาณ FM จะเห็นว่าที่เวลา t_0 สัญญาณ FM อยู่ที่ความถี่กลาง เมื่อสัญญาณที่เข้ามามอดูเลตมีค่าทางบวกสูงสุด ความถี่ของพาหะจะเพิ่มขึ้นสูงสุด นั่นคือสัญญาณมอดูเลตถึงจุดสุดขั้ว (สัญญาณมอดูเลตมีขนาดสูงสุดนั่นเอง) ที่เวลา t_1



รูปที่ 2.11 การมอดูเลตทางความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เวลา t_2 สัญญาณมอดูเลตลดลงเป็นศูนย์ ความถี่ของพาหะก็จะลดลงมาที่ความถี่กลางดั้งเดิม หลังจากเวลาสัญญาณมอดูเลตที่ค่าตกลงต่ำกว่าศูนย์กลายเป็นลบ พาหะจะมีความถี่ลดลงต่ำกว่าความถี่กลางและเมื่อเวลาสัญญาณมอดูเลตกลับมาเป็นศูนย์อีกครั้งหนึ่ง ความถี่ของพาหะก็จะกลับมาถึงความถี่กลางดั้งเดิมเช่นกัน ในช่วงเวลา t_1 ถึง t_2 ก็จะซ้ำแบบเดิมเรื่อย ๆ ไป สรุปแล้วความถี่ของพาหะจะเปลี่ยนแปลงไปตามแอมพลิจูดของสัญญาณมอดูเลต และสัญญาณพาหะยังคงอยู่ที่ความถี่กลางเมื่อสัญญาณมอดูเลตเป็นศูนย์

ช่วงความถี่ที่สัญญาณพาหะเบี่ยงเบนไปจากความถี่กลางเรียกว่า ความถี่เบี่ยงเบน (Frequency Deviation) หรือ คิวเอชเอ็น ตัวอย่างเช่นสัญญาณพาหะมีความถี่ 100 เมกะเฮิร์ตซ์ ลดลงต่ำสุดเป็น 99.9 เมกะเฮิร์ตซ์ และเพิ่มขึ้นสูงสุดเป็น 100.1 เมกะเฮิร์ตซ์ สลับไปมาเช่นนี้ หมายความว่าช่วงความถี่เบี่ยงเบนเท่ากับ ± 0.1 เมกะเฮิร์ตซ์ หรือ ± 100 กิโลเฮิร์ตซ์

อัตราการเบี่ยงเบนความถี่ของสัญญาณ FM ขึ้นอยู่กับความถี่ของสัญญาณที่เข้ามามอดูเลต ตัวอย่างเช่น ถ้าสัญญาณที่เข้ามามอดูเลตเป็น โทน (สัญญาณเสียง) ความถี่ 1000 เฮิร์ตซ์ อัตราการเบี่ยงเบนความถี่ของสัญญาณ FM จะเท่ากับ 1000 ครั้งต่อวินาที ถ้าสัญญาณที่เข้ามามอดูเลตเพิ่มความถี่เป็น 10 กิโลเฮิร์ตซ์ โดยคงค่าแอมพลิจูดเท่าเดิม ช่วงความถี่เบี่ยงเบนก็ยังคงเท่าเดิม คือเท่ากับ ± 100 กิโลเฮิร์ตซ์ แต่อัตราการเบี่ยงเบนจะเพิ่มขึ้นเป็น 10,000 ครั้งต่อวินาที นั่นคือ ความถี่ของสัญญาณที่เข้ามามอดูเลตเป็นตัวกำหนดอัตราการเบี่ยงเบนความถี่

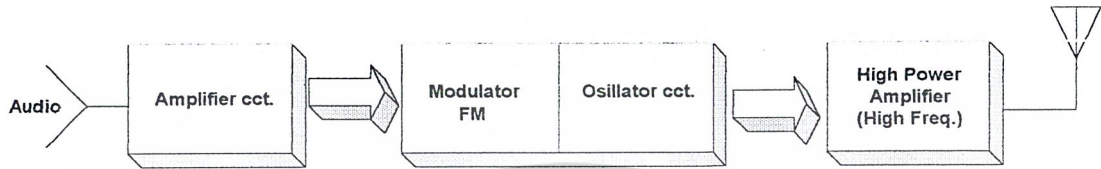
สำหรับแอมพลิจูดของสัญญาณมอดูเลตจะเป็นตัวกำหนดช่วงความถี่เบี่ยงเบน ตัวอย่างเช่นสัญญาณโทนที่มีแอมพลิจูดสูง จะทำให้ความถี่เบี่ยงเบนไป ± 100 กิโลเฮิร์ตซ์ สัญญาณโทนที่มีแอมพลิจูดน้อยลงจะทำให้ความถี่เบี่ยงเบนไป ± 50 กิโลเฮิร์ตซ์

กล่าวโดยสรุป สัญญาณ FM มีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้

1. มีแอมพลิจูดคงที่ตลอด แต่ความถี่เปลี่ยนแปลงตามสัญญาณที่เข้ามามอดูเลต
2. อัตราการเบี่ยงเบนความถี่ของสัญญาณพาหะ มีค่าเท่ากับความถี่ของสัญญาณที่เข้ามามอดูเลต
3. ช่วงความถี่เบี่ยงเบน (หรือคิวเอชเอ็น) เป็นสัดส่วนกับแอมพลิจูดของสัญญาณที่เข้ามามอดูเลต

2.6 เครื่องส่ง FM

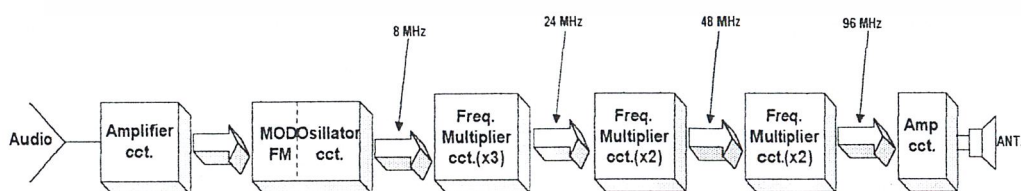
จากแผนผังเครื่องส่ง FM ในรูปที่ 2.12 สัญญาณเสียงผ่านการขยายแล้วป้อนสู่มอดูเลเตอร์ วงจรมอดูเลเตอร์นี้จะทำการเปลี่ยนแปลงความถี่ของสัญญาณเสียงตามลำดับ พาหะ FM ที่ถูกมอดูเลเตอร์แล้วจะถูกขยายโดยภาคขยายกำลังสุดท้ายป้อนสู่สายอากาศเพื่อส่งออกอากาศต่อไป



รูปที่ 2.12 แผนผังเครื่องส่ง FM อย่างง่าย

เครื่องส่งที่กล่าวมาข้างต้นอาจเกิดปัญหา เมื่อเราต้องการส่งออกอากาศที่มีความถี่สูง ๆ เช่นเครื่องส่งกระจายเสียง FM (ซึ่งมีความถี่อยู่ระหว่าง 88 ถึง 108 เมกะเฮิร์ตซ์) ทำงานที่ความถี่สูง ทำให้ยากต่อการควบคุมให้ความถี่คงที่ นอกจากนี้การควบคุมการเบี่ยงเบนความถี่ก็ทำได้ยากขึ้นด้วย วิธีแก้ปัญหาดังกล่าวสามารถทำได้หลายวิธีแตกต่างกันออกไป

ในรูปที่ 2.13 แสดงการใช้ความถี่ของออสซิลเลเตอร์ 8 เมกะเฮิร์ตซ์ และมัลติพลาย (หรือคูณ) ความถี่ขึ้นไปเป็น 96 เมกะเฮิร์ตซ์ การคูณความถี่นี้ทำได้โดยใช้วงจรมัลติพลาย หลักการของวงจรมัลติพลายก็คือ ใช้คุณสมบัติความไม่ถี่เนียร์ของวงจรขยายซึ่งจะทำให้เกิดสัญญาณฮาร์มอนิกออกมาจำนวนมาก จากนั้นวงจรแรกที่เอาต์พุตจะคูณเอาเฉพาะความถี่ที่ฮาร์มอนิกที่ต้องการไปใช้ประโยชน์ โดยทั่วไปมัลติพลายมักเป็นชนิดคูณ 2 (เรียกดับเบิลหรือ Doubler) หรือชนิดคูณ 3 (เรียกว่าทริพลเลอร์หรือ tripler) ในที่นี้เราใช้วงจรคูณ 3 จำนวน 1 วงจรและวงจรคูณ 2 จำนวน 2 วงจร นั่นคือ $3 \times 2 \times 2 = 12$ เท่า ฉะนั้นความถี่เอาต์พุตจะเป็น 8 เมกะเฮิร์ตซ์ $\times 12$ เท่า = 96 เมกะเฮิร์ตซ์



รูปที่ 2.13 แผนผังเครื่องส่งกระจายเสียง FM แบบคูณความถี่ (มัลติพลาย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงความถี่เบี่ยงเบนของสัญญาณวิทยุกระจายเสียง FM เท่ากับ +75 เฮิรตซ์ ฉะนั้นเอาต์พุตจะต้องมีความถี่เบี่ยงเบนไปเท่ากับค่านี้เมื่อสัญญาณมอดูเลต (แบบ FM) อย่างไรก็ตามการมอดูเลตความถี่จะทำให้ปริมาณความถี่เบี่ยงเบนถูกคูณให้กว้างขึ้นไปด้วย เช่น ออสซิลเลเตอร์ 8 เมกะเฮิรตซ์เบี่ยงเบนอยู่ระหว่าง 7.9 ถึง 8.1 เมกะเฮิรตซ์ (+0.1 เมกะเฮิรตซ์) เมื่อคูณ 12 เท่าพาหะมีความถี่กลางเป็น 96 เมกะเฮิรตซ์ และเบี่ยงเบนอยู่ระหว่าง 94.8 ถึง 97.2 เมกะเฮิรตซ์ (± 1.2 เมกะเฮิรตซ์) ดังนั้นถ้าหากเราต้องการให้ความถี่เบี่ยงเบนเป็น ± 75 กิโลเฮิรตซ์ที่เอาต์พุต ความถี่ออสซิลเลเตอร์จะต้องเบี่ยงเบนไปเท่ากับ $\pm 75 \div 12 = 6.25$ กิโลเฮิรตซ์

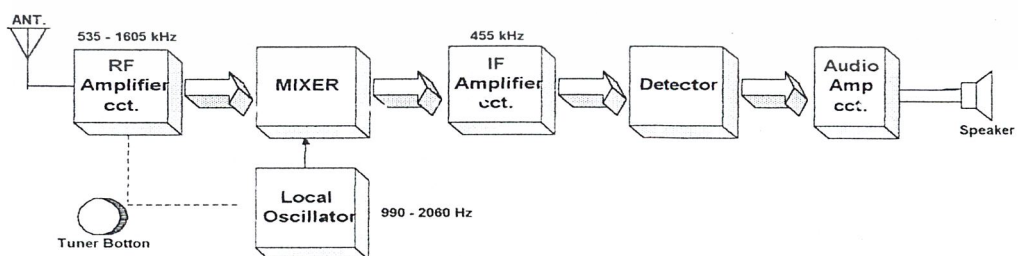
ข้อดีอีกประการหนึ่ง ของระบบ FM ก็คือวงจรขยายกำลัง (Power Amplifier หรือ PA) สามารถทำงานในคลาส C ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่า ทั้งนี้เพราะแอมพลิจูดของสัญญาณ FM คงที่ไม่มีผลทำให้ข่าวสารเพี้ยน (แม้จะเกิดการขลิบยอดสัญญาณ) ข่าวสารนั้นอยู่ในช่วงความเปลี่ยนแปลงความถี่ของสัญญาณ FM เท่านั้น

2.7 เครื่องรับชนิดซูเปอร์เฮต

เครื่องรับชนิด ซูเปอร์เฮต หรือ ซูเปอร์เฮตเทอโรไดน์นี้ อาศัยหลักการแสดงความถี่ของสัญญาณ RF ให้กลายเป็นความถี่คงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งช่วยให้การออกแบบวงจรเครื่องที่รับทำได้สะดวกขึ้น

จากแผนผังของเครื่องรับ AM ชนิดซูเปอร์เฮต ในรูปที่ 2.14 จะเห็นว่าเราใช้วงจรขยาย RF เหมือนกับเครื่องรับชนิด TRF แต่วงจรขยาย RF ในที่นี้จะให้อัตราขยายพอสมควรและแบนด์วิดท์พอเหมาะ (ไม่แคบไม่กว้าง) โดยเราเน้นออกแบบวงจรภาคต่อจากวงจรขยาย RF ให้มีอัตราขยายสูง ๆ และมีค่าซีเลกตีฟที่ดี

วงจรสำคัญในขบวนการซูเปอร์เฮตเทอโรไดน์ก็คือ วงจรโลคอลออสซิลเลเตอร์ (Local Oscillator) และวงจรมิกซ์เซอร์ สัญญาณ RF จากสายอากาศถูกแปลงความถี่ลงเป็นความถี่ IF ค่าตายตัวค่าหนึ่ง ความถี่ IF ในที่นี้เป็นความถี่ปานกลาง (Intermediate Frequency) มีค่าอยู่ระหว่างความถี่วิทยุ (RF) กับความถี่เสียง (AF) โดยทั่วไปมักนิยมใช้ค่า IF เท่ากับ 455 กิโลเฮิรตซ์



รูปที่ 2.14 แผนผังเครื่องรับชนิดซูเปอร์เฮต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการแปลงความถี่ในวงจรมิกเซอร์ เกิดขึ้นเนื่องจากการผสมคลื่น RF กับคลื่นออสซิลเลเตอร์ ซึ่งมีความถี่ห่างจากความถี่ RF เท่ากับ 455 กิโลเฮิร์ตซ์ ความถี่ของออสซิลเลเตอร์นี้อาจสูงกว่าหรือต่ำกว่าความถี่ RF ก็ได้ ในรูปที่ 2.14 เราเปรียบเทียบความถี่ของโศคอลลอสซิลเลเตอร์สูงกว่าความถี่ RF การป้อนแบบนี้เรียกว่า ป้อนด้านสูง (High Side Injection) สมมติว่าเราต้องการรับสัญญาณ 1000 กิโลเฮิร์ตซ์ (เราต้องหมุนลูกบิดจนหน้าปัดเครื่องรับไปที่ตัวเลข 1000 กิโลเฮิร์ตซ์) วงจรขยาย RF จะถูกจูนไว้ที่ความถี่ 1000 กิโลเฮิร์ตซ์ และยอมให้ความถี่แคบๆ บริเวณ 1000 กิโลเฮิร์ตซ์ ผ่านเข้ามาแล้วขยายป้อนไปให้มิกเซอร์ การหมุนลูกบิดหน้าปัดนั้นนอกจากจะจูนวงจรขยาย RF แล้วยังต้องจูนวงจรโศคอลลอสซิลเลเตอร์ไปพร้อมๆ กันด้วยการจูนพร้อมกันนี้เรียกว่าแทร็ก (track) ตามกัน ความถี่ของออสซิลเลเตอร์ต้องเท่ากับ $1000 \text{ กิโลเฮิร์ตซ์} + 455 \text{ กิโลเฮิร์ตซ์} = 1455 \text{ กิโลเฮิร์ตซ์}$ พอดี

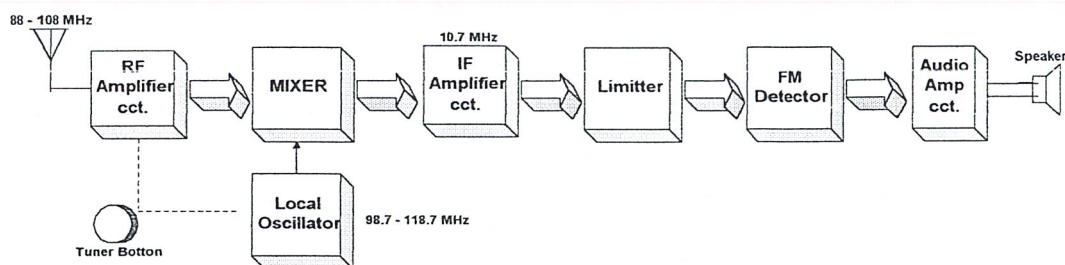
เมื่อสัญญาณทั้ง RF และ โศคอลลอสซิลเลเตอร์ป้อนเข้ามาให้ที่วงจรมิกเซอร์ซึ่งเป็นวงจรที่ทำงานแบบนอนลิเนียร์ เอาท์พุทที่ได้จากมิกเซอร์จะประกอบด้วยสัญญาณความถี่ผลรวมและความถี่ผลต่าง เมื่อป้อนในวงจร IF ซึ่งจูนไว้ที่ความถี่ 455 กิโลเฮิร์ตซ์ ดังนั้นสัญญาณความถี่ผลรวมจะถูกกำจัดทิ้งไป คงเหลือแต่สัญญาณความถี่ผลต่าง ($1455 \text{ กิโลเฮิร์ตซ์} - 1000 \text{ กิโลเฮิร์ตซ์} = 455 \text{ กิโลเฮิร์ตซ์}$) ผ่านการขยายที่วงจรขยาย IF

วงจรขยาย IF ก็คือวงจรขยาย RF ที่จูน ณ ความถี่ค่าคงที่ (455 กิโลเฮิร์ตซ์) วงจร IF นี้จะมีวงจรแทรกทางด้านอินพุทและเอาท์พุทและมักมีหลายสเตจ ทั้งนี้เพื่อให้มีอัตราขยายสัญญาณที่รับได้สูงๆ และมีวิเลคตีวีตีดี เนื่องจากวงจรขยาย IF ซึ่งจูนไว้ที่ความถี่คงที่ซึ่งไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นการออกแบบวงจรจึงค่อนข้างสะดวกและไม่ต้องมีการปรับจูนยุ่งยากในวงจรภาค IF แต่อย่างใด

ฉะนั้นสัญญาณ AM ขณะนี้มีความถี่ขนาดปานกลางเป็น IF 455 กิโลเฮิร์ตซ์ เมื่อผ่านกาขยายจากวงจรขยาย IF แล้วก็จะผ่านการคิมอทที่วงจรดีเทกเตอร์ ถ้าเป็นเครื่องรับ AM เรามักใช้วงจรดีเทกอย่างง่ายคือมีไดโอดตัวเดียว (แต่ถ้าเป็นเครื่องรับสัญญาณ SSB เราต้องใช้วงจรโปรดัคต์ดีเทกเตอร์ร่วมกับ BOF ด้วย) สัญญาณเสียงหลังจากการคิมอดก็จะถูกขยายกำลังป้อนสู่ลำโพงต่อไป

2.8 เครื่องรับ FM

แผนผังของเครื่องรับ FM มีความคล้ายคลึงกับ AM มาก จะแตกต่างกันก็แต่เฉพาะขบวนการดีเทกเท่านั้น สำหรับความถี่ IF มักใช้ 10.7 เมกะเฮิร์ตซ์ เพื่อกำจัดสัญญาณเงาและเพื่อให้แบนด์วิดท์ของวงจรรว้างพอที่จะรับสัญญาณ FM ได้ ความถี่เบี่ยงเบนของสัญญาณ FM ที่ส่งมาจากเครื่องส่งมีค่า +75 กิโลเฮิร์ตซ์ ดังนั้นแบนด์วิดท์ของเครื่องรับต้องมีค่า 150 กิโลเฮิร์ตซ์เป็นอย่างน้อย ปกติมักจะเผื่อให้กว้างอีกเล็กน้อยเป็น 180 ถึง 200 กิโลเฮิร์ตซ์



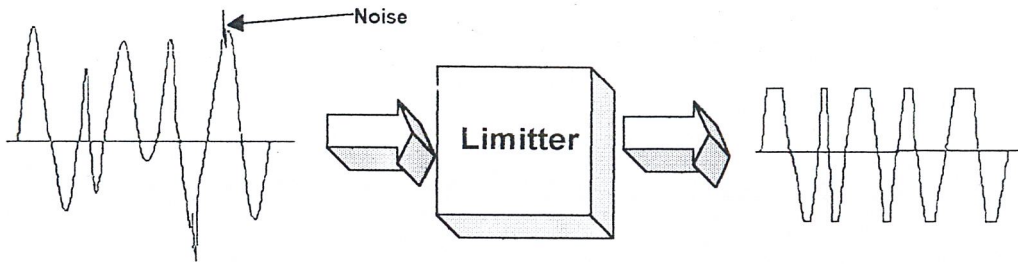
รูปที่ 2.15 แผนผังของเครื่องรับ FM

สมมติว่าเราจูนเครื่องรับไว้ที่ 100 เมกะเฮิร์ตซ์ ลูกบิดหน้าปัดจะเลื่อนให้ตรงกับความถี่ 100 เมกะเฮิร์ตซ์ วงจรขยาย RF จะจูนไว้ที่ความถี่ 100 เมกะเฮิร์ตซ์ เมื่อผ่านกรรมวิธีเฮตเทอโรไดน์ในวงจรมิกเซอร์ ผลต่างความถี่จะปรากฏที่อินพุทของวงจรขยาย IF เท่ากับ $110.7 \text{ เมกะเฮิร์ตซ์} - 100 \text{ เมกะเฮิร์ตซ์} = 10.7 \text{ เมกะเฮิร์ตซ์}$ สัญญาณที่ความถี่ IF นี้จะถูกขยายและกำจัดแบนด์วิดท์ให้กว้างเพียงพอที่จะรับสัญญาณ FM และแคบเพียงพอที่จะกำจัดสัญญาณที่ไม่ต้องการอื่นๆทิ้งไป

ถ้าพาหะ FM ที่ส่งจากเครื่องส่งมีความถี่เบี่ยงเบนเท่ากับ +50 กิโลเฮิร์ตซ์ (โดยความถี่ FM เท่ากับ 100 เมกะเฮิร์ตซ์คงเดิม โดคูลอสซิเลเตอร์คงเดิม และ IF คงเดิม) สัญญาณ IF จะมีความถี่เบี่ยงเบนเท่ากับ 50 กิโลเฮิร์ตซ์ด้วย ฉะนั้นสัญญาณที่มอดูเลทมาบนพาหะจะยังอยู่ในสัญญาณ IF โดยไม่มีความเพี้ยน แม้ว่าความถี่สัญญาณ FM จะลดลงจาก 100 เมกะเฮิร์ตซ์ เหลือ 10.7 เมกะเฮิร์ตซ์

2.9 ลิ้มิตเตอร์

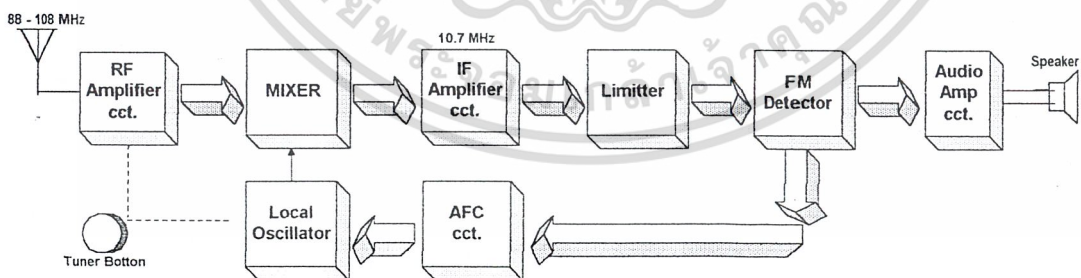
สัญญาณ FM (มีความถี่เท่ากับ IF) อาจจะมีนอยส์ปะปนมาด้วย วงจรลิ้มิตเตอร์จะทำหน้าที่ขลิบสัญญาณทางด้านบวกและลบ รวมทั้งนอยส์ก็จะถูกกำจัดทิ้งไปด้วย (ดูรูปที่ 2.16) สังเกตว่าความถี่ของสัญญาณ FM ก่อนและหลังลิ้มิตเตอร์ไม่เปลี่ยนแปลง หลักการของวงจรลิ้มิตเตอร์นี้ก็คือป้อนสัญญาณที่มีแอมพลิจูดเกินช่วงการทำงานของวงจร (Overdrive) จนกระทั่งวงจรขยายอิ่มตัวหรือคัทออฟ ถ้าสัญญาณ IF ที่ป้อนมามีแอมพลิจูดน้อย เอาท์พุทจากลิ้มิตเตอร์จะมีนอยส์ออกมาทางออดิโอเอาท์พุท ถ้าป้อนแอมพลิจูดมาแรงๆนอยส์จะเงียบไป ปรากฏการณ์นี้มีความสัมพันธ์กับค่า "quieting" ของภาคออดิโอเอาท์พุท (ความดังเสียงและค่าความไวของเครื่องรับ FM ด้วย เช่น สเปกกระบวนว่าสัญญาณที่ไม่ได้มอดูเลตมีแต่พาหะอย่างเดียว) ป้อนเข้าอินพุทของเครื่องรับทำให้นอยส์จากวงจรขยายเสียงลดลงไป 20 เดซิเบล การที่จะลดนอยส์ให้ได้ก็คือขยายสัญญาณอินพุท (IF) ให้มากๆพอที่จะขับให้วงจรลิ้มิตเตอร์ขลิบสัญญาณเพื่อกำจัดนอยส์ที่เข้ามาบนสัญญาณ FM ตามหลักการของวงจรลิ้มิตเตอร์



รูปที่ 2.16 วงจรลิมิตเตอร์จะขจัดนอยส์และการเปลี่ยนแปลงของแอมพลิจูดของสัญญาณ FM

2.10 การควบคุมความถี่อัตโนมัติ

เมื่อเครื่องรับ FM ทำงานในย่านความถี่ VHF (เช่น 88-108 เมกะเฮิร์ตซ์) ความถี่ของวงจรโคลออสซิลเลเตอร์จะต้องมีเสถียรภาพสูง มิฉะนั้นจะเกิดความเพี้ยนคอนดิชั่น เช่น สมมติว่าเครื่องรับทำงานที่ 100 เมกะเฮิร์ตซ์ ความถี่เกิดเปลี่ยนไป (drift) 0.1 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ความถี่ IF เปลี่ยนไป 100 กิโลเฮิร์ตซ์ สัญญาณ FM จะคลาดเคลื่อนนอกแบนวิดท์ไปเลย วิธีการรักษาเสถียรภาพความถี่ก็คือใช้แรงบังคับความถี่ อย่างไรก็ตามการใช้แรงบังคับความถี่ไม่ค่อยสะดวกนักในเครื่องรับวิทยุกระจายเสียง FM เพราะเราจำเป็นต้องปรับจูน (เลือกสถานี) ความถี่อยู่บ่อยโดยไม่ต้องเปลี่ยนแรงบังคับความถี่ใหม่ แต่สำหรับเครื่องรับส่งวิทยุ (สื่อสาร) เราใช้แรงได้เพราะช่องความถี่ใช้งานไม่มาก สำหรับการควบคุมให้ความถี่ของโคลออสซิลเลเตอร์ของเครื่องรับกระจายเสียง FM ให้เสถียรภาพ เราต้องใช้วิธีพิเศษเพื่อให้ออสซิลเลเตอร์ล็อกกับความถี่ของสัญญาณอินพุต วิธีการนี้เรียกว่า การควบคุมความถี่อัตโนมัติ (Automatic Frequency Control หรือ AFC)



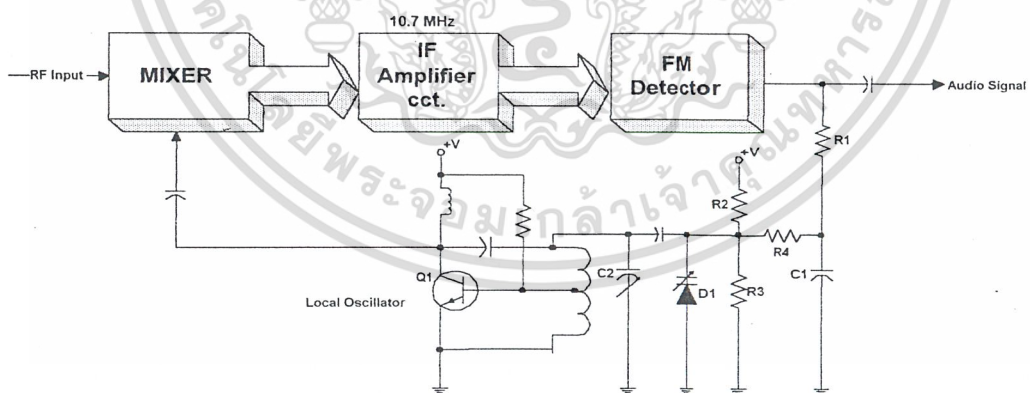
รูปที่ 2.17 วิธีการควบคุมความถี่ AFC ของเครื่องรับ FM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการของ AFC ก็คือใช้วาแรกเตอร์เป็นส่วนหนึ่งในวงจรแพนค้ของ โลกอลออสซิลเลเตอร์ ค่าความจุของวาแรกเตอร์จะควบคุมโดยการไบอัสจากแรงดันคลาดเคลื่อน เนื่องจากการที่ออสซิลเลเตอร์ มีความถี่เลื่อนไป แรงดันคลาดเคลื่อนนี้ต่อเอามาจากเอาท์พุทของวงจรมอดูเลเตอร์ (หรือวงจรรเรโซคิเทคเตอร์) เมื่อออสซิลเลเตอร์มีความถี่ถูกต้อง เอาท์พุทจากคิคริมิเนเตอร์เป็นศูนย์ เมื่อความถี่ออสซิลเลเตอร์เลื่อนสูงขึ้นหรือต่ำลง แรงดันคลาดเคลื่อนจะมีค่าเป็นบวกหรือลบ การเป็นบวกหรือลบนี้จะแสดงความคลาดเคลื่อนทางความถี่ของออสซิลเลเตอร์ว่ามากหรือน้อย

อย่างไรก็ตามเอาท์พุทจากวงจรมอดูเลเตอร์จะมีสัญญาณเสียงในอยู่ด้วย ดังนั้นก่อนที่จะป้อนมาให้ออสซิลเลเตอร์เราจะต้องเอาส่วนสัญญาณเสียงออกไปเสียก่อน สัญญาณเสียงนั้นเรากรองทิ้งไปโดยใช้ฟิลเตอร์ชนิดโลพาส เพื่อให้เฉพาะแรงดัน DC และความถี่ต่ำๆ ใกล้เคียงกับ DC มาป้อนให้วาแรกเตอร์

ดูตัวอย่างวงจร AFC ในรูปที่ 2.18 Q₁ เป็น โลกอลออสซิลเลเตอร์ C2 เป็น วงจรจูนซึ่งมี D1 เป็น วาแรกเตอร์ต่อขนานเป็นส่วนหนึ่งของวงจรจูนด้วย เอาท์พุทจากวงจรมอดูเลเตอร์ FM ป้อนสัญญาณไปให้ วงจรของเสียงและป้อนให้วงจร AFC ด้วย สัญญาณเสียงจะถูกกรองด้วยฟิลเตอร์ R1C1 เหลือแต่ เฉพาะแรงดันคลาดเคลื่อน ที่มี ความถี่ต่ำมากๆ มาเสริมหรือลดแรงดันไบอัสให้แก่วาแรกเตอร์ วงจรที่ไบอัสให้แก่วาแรกเตอร์ประกอบด้วย R2 R3 สำหรับ R4 ทำหน้าที่กั้นระหว่างวงจรฟิลเตอร์กับออสซิลเลเตอร์ เมื่อวาแรกเตอร์มีความจุเปลี่ยน ความถี่ออสซิลเลเตอร์จะเปลี่ยนด้วยสังเกตว่าการทำงานของวงจรในรูปที่ 2.18 นี้ก็เหมือนกับวงจรเฟสล็อกดูปนั้นเอง แต่ในกรณีนี้วงจรมอดูเลเตอร์ทำหน้าที่เป็นเฟสดีเทคเตอร์ R1 C1 ทำหน้าที่เป็นลูปฟิลเตอร์ ส่วน Q1 และ D1 เป็น VCO และวงจรมิกเซอร์ทำหน้าที่แปลงและลดทอนความถี่ RF กับออสซิลเลเตอร์ให้มีความถี่ต่ำลงเป็น 10.7 MHz



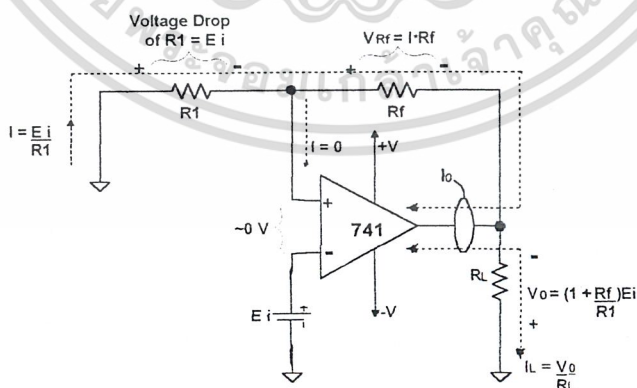
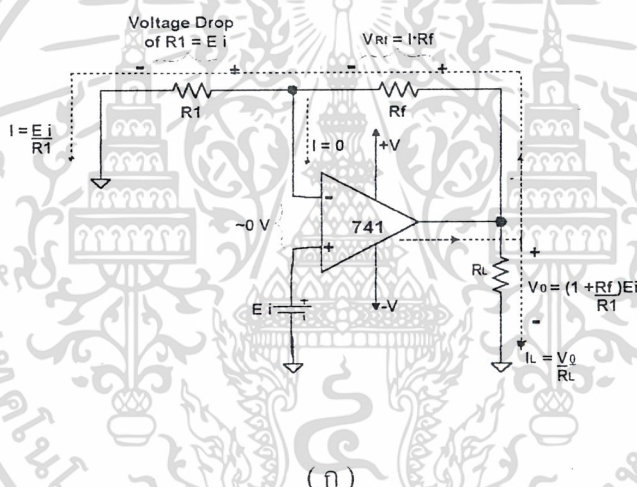
รูปที่ 2.18 วงจร AFC อย่างง่าย

2.11 วงจรขยายแบบนอนอินเวอร์ตติ้ง

วงจรขยายแบบนอนอินเวอร์ตติ้ง (รูปที่ 2.19) เป็นวงจรที่ให้แรงดันเอาต์พุต V_o มีเครื่องหมายหรือมีขั้วเหมือนกับแรงดันทางด้านอินพุต E_i ในการวิเคราะห์วงจรจะใช้ข้อแนะนำเหมือนกับการวิเคราะห์วงจรขยายแบบอินเวอร์ตติ้ง โดยให้ถือว่าความต้านทานด้านอินพุตของออปแอมป์มีขนาดค่ามากเกิน 100 เมกกะโอห์ม

เมื่อไม่มีความต่างศักย์ระหว่างขาอินพุตบวกและอินพุตลบเลย ดังนั้นแรงดันที่ตกคร่อม R_1 คือ E_i ดังนั้น กระแสที่ไหลผ่าน R_1 และ R_2 (ไม่มีกระแสไหลเข้าขาอินพุตลบ) หาได้จาก

$$I = \frac{E_i}{R_1} \quad (2.2)$$



รูปที่ 2.19 (ก) ทิศทางการไหลของกระแส และขั้วของแรงดันเมื่อป้อนแหล่งจ่ายไฟชนิดบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ว่าห้ามมีการใช้วงแหวนเพื่อการสื่อสารของหน่วยงานนี้ และขอสงวนสิทธิ์ในการค้า
(ข) ทิศทางการไหลของกระแส และขั้วของแรงดันเมื่อป้อนแหล่งจ่ายไฟชนิดลบ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ทิศทางของกระแสขึ้นอยู่กับแรงดัน E_i ซึ่งเหมือนตกรวม R_1 สำหรับวงจรที่ 2.19 (ก) ที่ขาอินพุทลบจะเสมือนมีแรงดัน E_i อยู่ ดังนั้นกระแสจึงไหลจากด้านขวาของ R_1 ผ่าน R_1 ลงกราวด์ การไหลเช่นนี้ทำให้เกิดทิศทางของ I ซึ่งจะกลับจาก I ในรูปที่ 2.19 (ข) เมื่อทราบ I แล้วจึงสามารถหาความต่างศักย์ตกรวม R_f ได้

$$V_{Rf} = I R_f = \left(\frac{R_f}{R_1} \right) \times E_i \quad (2.3)$$

จะสามารถหา V_o ได้

$$\begin{aligned} V_o &= V_{Rf} + E_i \\ &= E_i \times \left(\frac{R_f}{R_1} \right) + E_i \\ &= \left[1 + \left(\frac{R_f}{R_1} \right) \right] E_i \end{aligned} \quad (2.4)$$

เมื่อได้ V_{Rf} และ V_{R1} ซึ่งเท่ากับ E_i แล้ว

ทุกค่า V_o ที่หาได้ นำมาใช้ในการหาอัตราขยายของวงจรนี้ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} A_{CL} &= \frac{V_o}{E_i} \\ &= \frac{\left[1 + \left(\frac{R_f}{R_1} \right) \right] E_i}{E_i} \\ &= 1 + \left(\frac{R_f}{R_1} \right) \\ &= \frac{(R_1 + R_f)}{R_1} \end{aligned} \quad (2.5)$$

อัตราขยายของวงจรขยายแบบนอนอินเวอร์ตหรือแบบไม่กลับเฟส จะมีค่ามากกว่า 1 เสมอ กระแสที่จ่ายให้โหลด (I_L) เท่ากับ V_o / R_L ส่วนกระแส $I_o = I + I_L$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 วงจรออสซิลเลเตอร์

ออสซิลเลเตอร์ มีความหมายในตัวเองแปลว่า สิ่งที่แกว่งไปแกว่งมา สำหรับกรณีของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ออสซิลเลเตอร์มีความหมายถึงการเปลี่ยนไปมาของแรงดันหรือกระแสระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด หรืออาจกล่าวได้ง่ายๆ ก็คือเป็นวงจรกำเนิดสัญญาณนั่นเอง

วงจรออสซิลเลเตอร์ส่วนใหญ่จะให้สัญญาณรูปไซน์ ดังนั้นวงจรออสซิลเลเตอร์จึงถูกนำมาใช้งานในวงจรเครื่องส่ง วงจรสร้างสัญญาณเสียงดนตรี วงจรในเครื่องมือพวกสร้างสัญญาณเสียงและเป็นวงจรต้นกำเนิดสัญญาณความถี่ต่างๆ นอกจากนี้วงจรออสซิลเลเตอร์ยังเป็นวงจรใน ส่วนประกอบย่อยของวงจรอื่นๆ อีกเป็นจำนวนมาก

การกำเนิดสัญญาณด้วยวงจรออสซิลเลเตอร์มีได้หลายแบบ ซึ่งแต่ละแบบก็จะมีลักษณะสำคัญพิเศษอื่นๆ ประกอบด้วย เช่น ให้ความถี่ต่ำๆ ดี หรือ ให้ความเสถียรภาพสูงๆ ดี เสถียรภาพทางความถี่ดี การปรับปรุงเป็นไปไต่ยากและง่าย เป็นต้น

2.12.1 หลักการของวงจรออสซิลเลเตอร์

วงจรออสซิลเลเตอร์ก็คือวงจรขยายชนิดหนึ่งนั่นเอง แต่เป็นวงจรขยายชนิดป้อนกลับและสำคัญคือการป้อนกลับของสัญญาณจะไม่ได้ป้อนกลับในลักษณะลบเหมือนกับวงจรขยายป้อนกลับ พิจารณาอัตราขยายแรงดันจากสมการการป้อนกลับของวงจรขยาย

$$A_V = \frac{A_{v'}}{1 - \beta A_{v'}} \quad (2.6)$$

ถ้าสัญญาณป้อนกลับมาที่อินพุตมีเพียง 5% และเป็นการป้อนกลับในลักษณะนำมาหักล้างกับสัญญาณอินพุตหรือป้อนกลับแบบลบ นั่นคือถ้า อัตราขยายแรงดันขณะ ไม่มีการป้อนกลับเป็น 100 อัตราขยายหลังการป้อนกลับจะมีค่าเท่ากับ 16.7

จะเห็นได้ว่าอัตราขยายหลังการป้อนกลับแล้วลดลงไปและถ้าเราลองมาพิจารณาในส่วน ของเทอม ถ้าหากว่าเทอม มีค่าเป็นบวก นั่นก็หมายความว่าเป็นการป้อนกลับแบบบวก อัตรา ขยายวงจรจะมีค่าเพิ่มขึ้นและจะทำให้เสถียรภาพของวงจรลดลงมาก ครั้นถ้าพิจารณาดูให้ดีจะเห็น ว่าถ้าเทอมมีค่าเป็น 1 จะเป็นผลทำให้อัตราขยายของวงจรเพิ่มขึ้นจนเป็นอนันต์ (อินฟินิตี้) ซึ่งหมาย ความว่าแม้เพียงใส่อินพุตมาเพียงเล็กน้อย เอาท์พุทที่ได้จะมากมายมหาศาลแค่ในทางเป็นจริงแล้ว เอาท์พุทที่เกิดขึ้นเองถึงแม้ว่าจะไม่ใส่อินพุทก็ตาม นั่นหมายความว่าวงจรเกิดการออสซิลเลชัน นั่นเอง

สิ่งหนึ่งที่จะอธิบายในเรื่องของการป้อนกลับแบบบวกให้เข้าใจก็คือ การพิจารณาในรูป ของเฟสกับการป้อนกลับสัญญาณป้อนกลับจากเอาท์พุทจะกลับเฟส 180 องศา แล้วป้อนกลับเข้า

มาทางอินพุทใหม่ ดังนั้นสัญญาณที่เข้ามาจะมีทิศทางเสริมกับสัญญาณป้อนกลับ ซึ่งถ้าเฟสที่ป้อนกลับเข้ามาไม่ตรงกับวงจรมายาก็จะไม่ออสซิลเลท (โดยปกติในวงจรมายาทั่วไปสัญญาณเอาต์พุทจะมีเฟสต่างจากอินพุท 180 องศาอยู่แล้ว)

เพื่อให้เข้าใจว่าวงจรรออสซิลเลเตอร์ทำงานอย่างไร ลองมาดูกันว่าถ้าให้สัญญาณขนาดเล็กๆ ป้อนเข้ามาทางอินพุทของวงจรมายา สัญญาณเอาต์พุทที่ได้จะกลับเฟสแล้วมาเสริมกับอินพุทของวงจรมายาแล้วทำให้อินพุทมีขนาดเพิ่มขึ้นซึ่งจะทำให้เอาต์พุทที่ได้มีขนาดใหญ่ขึ้นด้วย เมื่อป้อนกลับเข้ามาเสริมอีกก็จะให้เอาต์พุทได้ใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ไม่มีที่สิ้นสุด โดยปกติการเพิ่มขึ้นของสัญญาณจะถูกจำกัดที่ค่าแรงดันค่าหนึ่ง ดังนั้นเมื่อกลับมาแล้วก็เสมือนกับการป้อนกลับด้วยค่าแรงดันคงที่ วงจรจึงให้เอาต์พุทได้ที่ระดับแรงดันเสมือนกับคงที่คือการออสซิลเลทนั่นเอง

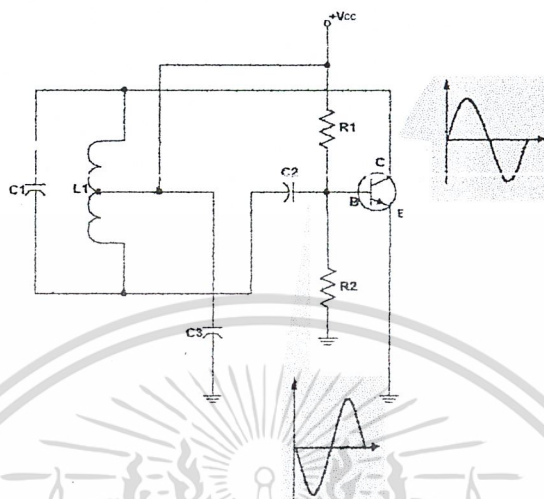
การออสซิลเลทหรือการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันเอาต์พุทจากค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุด มักจะเกิดการเปลี่ยนในลักษณะรูปคลื่นไซน์ ความถี่ของลูกคลื่นสามารถคำนวณได้จากค่าคงตัวของอุปกรณ์ต่างๆภายในวงจร

ในการออสซิลเลเตอร์ทั่วไปที่ใช้งานกันอยู่จะมีการออสซิลเลท ได้ด้วยตัวเอง โดยไม่ต้องมีการป้อนสัญญาณอินพุทเข้าไปเลยแม้แต่น้อย ทั้งนี้เพราะสัญญาณที่ช่วยกระตุ้นให้เกิดการออสซิลเลทในขณะเริ่มต้นนั้น คือสัญญาณรบกวนที่มีอยู่ภายในอุปกรณ์นั้นแล้ว และการออสซิลเลทจะเกิดขึ้นตลอดเวลาเมื่อมีการป้อนแรงดันไฟตรงเลี้ยงวงจร

วงจรรออสซิลเลเตอร์ทั่วไปมักมีการออสซิลเลทที่ความถี่เดียว ทั้งนี้เพราะวงจรมายาที่สัญญาณจากเอาต์พุทมักจะเป็นวงจรที่ประกอบด้วยอุปกรณ์จำพวก R,L และ C ซึ่งก็เป็นที่แน่นอนว่าอุปกรณ์ L และ C ย่อมให้ผลทางเฟส นั่นคือจะมีความถี่ที่เป็นผลทำให้เฟสที่ได้กลับมาเสริมกับอินพุทเกิดการออสซิลเลทหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือสัญญาณเอาต์พุทเมื่อวงจรมายาแล้วจะเป็นผลทำให้ผลคูณของ AV เดิมกับค่าของวงจรมายามีค่าเป็น 1 พอดี

2.12.2 วงจรออสซิลเลทเบื้องต้น

วงจรออสซิลเลเตอร์เบื้องต้นที่ใช้ทรานซิสเตอร์แสดงให้เห็นดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 วงจรออสซิลเลเตอร์เบื้องต้น

วงจรออสซิลเลเตอร์ตามรูปที่ 2.20 นี้ มีชื่ออีกอย่างหนึ่งว่า วงจรฮาร์ทเลย์ออสซิลเลเตอร์ การทำงานของวงจรอาศัยหลักการป้อนกลับด้วยวงจรรีโซแนนซ์ที่ประกอบด้วยตัวเก็บประจุ $C1$ และตัวเหนี่ยวนำ $L1$ สัญญาณป้อนกลับจากเอาต์พุตทางขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์จะป้อนกลับผ่านวงจรจนเมื่อกลับเฟส 180 องศาป้อนเข้ามาทางเบสของทรานซิสเตอร์

สำหรับทรานซิสเตอร์ตัวต้านทาน $R1$ และ $R2$ จะเป็นตัวไบอัสทรานซิสเตอร์ให้ทำงานในลักษณะของวงจรขยายสัญญาณ ส่วนตัวเก็บประจุ $C2$ เปรียบเสมือนเป็นตัวคัปปลิ่งสัญญาณเข้ามาทางอินพุท โดยปกติวงจรขยายชนิดขาคีมิตเตอร์ร่วมนั้นสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากขาคอลเลคเตอร์จะมีทิศเฟสตรงข้ามกับสัญญาณทางอินพุทอยู่แล้วคือมีทิศทางเฟสต่างกัน 180 องศา ผลของสัญญาณป้อนกลับจะมีทิศทางในทางเสริมกับสัญญาณอินพุททันที วงจรก็จะออสซิลเลทได้

การทำงานแต่ละรอบของวงจรออสซิลเลเตอร์พอจะอธิบายได้ดังนี้ ในขณะเริ่มแรกของการออสซิลเลทจะมีการเปลี่ยนแปลงของกระแสคอลเลคเตอร์ซึ่งเป็นผลป้อนกลับมาจากด้านอินพุททางเบสกระตุ้นที่เบส โดยถ้ากระแสคอลเลคเตอร์เพิ่มขึ้นทางค่ามากขึ้นทำให้แรงดันที่คอลเลคเตอร์ลดลง การป้อนกลับจะกระตุ้นเข้ามาที่เบสด้วยค่าแรงดันน้อยลงเป็นผลทำให้กระแสลดลงและแรงดันคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์จะสูงขึ้นเป็นเช่นนี้เรื่อยไป

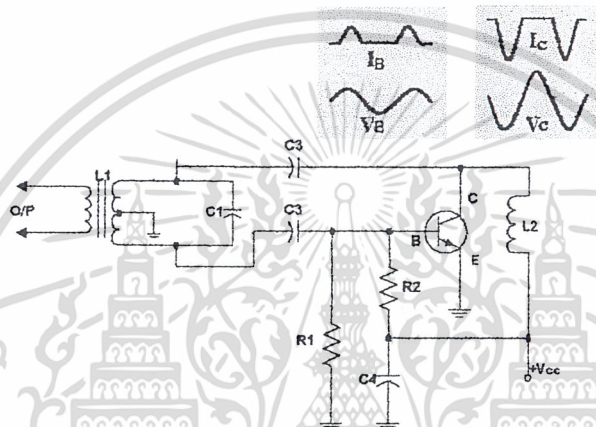
ตัวเก็บประจุ $C3$ ของวงจรถามรูปที่ 2.20 เป็นทางผ่าน (bypass) ของสัญญาณไฟสลับและทำงานองเดียวกันก็จะเป็นตัวกั้นแรงดันไฟตรงเพื่อไม่ให้ลัดลงกราวด์ ความถี่ของวงจรได้จากความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีโซแนนซ์ของ $L1$ และ $C2$ ซึ่งเราสามารถปรับค่าความถี่รีโซแนนซ์ได้ด้วยการปรับค่าของ $L1$ และ $C1$ นั้นเอง

2.12.3 วงจรออสซิลเลเตอร์ย่านความถี่วิทยุ

วงจรออสซิลเลเตอร์ทั่วไปสามารถออสซิลเลทได้ที่ความถี่ไม่สูงมากนัก แต่ถ้าเราเลือกค่าอุปกรณ์และวงจรออสซิลเลเตอร์ให้ถูกต้องแล้ววงจรสามารถออสซิลเลทได้ถึงย่านความถี่วิทยุ



รูปที่ 2.21 วงจรฮาร์ตเลย์ออสซิลเลเตอร์ที่แสดงลักษณะถูกคลื่นของสัญญาณ

จากรูปที่ 2.20 เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ย่านความถี่วิทยุวงจรหนึ่งมีชื่อว่า วงจรฮาร์ตเลย์ออสซิลเลเตอร์ อาศัยหลักการคัปปลิงกลับโดยนำสัญญาณที่คอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ต่อเข้าอนุกรมกับวงจรรีโซแนนซ์ในบางครั้งเราจึงเรียกว่าวงจรป้อนอนุกรมฮาร์ตเลย์ (Series Feed Hartley) แต่เราสามารถจัดวงจรเสียใหม่ได้ดังวงจรรูปที่ 2.21

การป้อนกลับของสัญญาณจะผ่านวงจรจูนหรือรีโซแนนซ์ ในกรณีคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์คัปปลิงกับวงจรรีโซแนนซ์โดยการผ่านตัวเก็บประจุ $C2$ แรงดันไฟเลี้ยงป้อนเลี้ยงทรานซิสเตอร์ทางขาคอลเลคเตอร์โดยผ่านตัวเหนี่ยวนำ

ตัวเหนี่ยวนำ $L2$ จะต้องมีค่ารีแอคแตนซ์สูงมากที่ความถี่ของการออสซิลเลท การต่อตัวเหนี่ยวนำเข้าที่ขาคอลเลคเตอร์ก็เพื่อจุดหมาย 2 ประการ ประการแรกเป็นความต้องการให้กระแสไฟตรงผ่านเข้าทางคอลเลคเตอร์ได้โดยตรง เพราะที่แรงดันไฟตรงตัวเหนี่ยวนำจะมีค่ารีแอคแตนซ์เป็นศูนย์ อีกประการหนึ่งคือตัวเหนี่ยวนำจะเสมือนมีค่ารีแอคแตนซ์สูงมาก ที่ความถี่ของการออสซิลเลทจึงเสมือนเป็นการกั้นสัญญาณทางค่านไฟเลี้ยงไว้ปล่อยสัญญาณให้ผ่านตัวเก็บประจุ $C2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทน ส่วนตัวเก็บประจุ C2 จะเป็นตัวกันไฟตรงที่จะผ่านเข้าไปยังวงจรรีโซแนนซ์ลงกราวด์ทางจุดกึ่งกลางของขดลวด LQ และ LP

ระดับการป้อนกลับและแรงดันไฟเลี้ยงมีผลอย่างมากต่อวงจรออสซิลเลเตอร์ดังตัวอย่างเช่น ในวงจรโคคอลลอสซิลเลเตอร์ของเครื่องรับวิทยุ เราต้องการระดับสัญญาณเอาต์พุตของวงจรออสซิลเลเตอร์ต่ำๆ ดังนั้นการป้อนกลับจะมีข้อจำกัดและแรงดันไฟเลี้ยงจะต้องมีค่าน้อย นั่นคือเราจะต้องให้วงจรทำงานอยู่ในช่วงที่เป็นเชิงเส้นค่าเล็กๆบนกราฟลักษณะสมบัติ

วงจรออสซิลเลเตอร์ส่วนใหญ่สร้างสัญญาณที่มีขนาดใหญ่เพื่อที่จะใช้กับวงจรถานซิสเตอร์ หรือวงจรหลอดสูญญากาศ การทำงานของวงจรอาจจะเลยออกนอกช่วงที่เป็นเชิงเส้นของกราฟลักษณะสมบัติ สำหรับในกรณีนี้เราต้องใช้แรงดันไฟตรงเลี้ยงวงจรมีขนาดสูงได้ และการเลือกแท่งที่สามารรถเลื่อนให้มีการป้อนสัญญาณมากๆ ได้ ซึ่งสามารถเลื่อนจนกระทั่งวงจรทำงานอยู่ในระดับคลาส C ดังรูปสัญญาณที่เขียนไว้ในรูปที่ สังเกตว่าจะมีลักษณะสัญญาณทางด้านกระแสคอลเลคเตอร์และกระแสเบสเป็นพัลส์ ดังนั้นเราสามารถจัดวงจรไบอัสด้วยค่า R2 และ RI ใหม่ให้วงจรทำงานในช่วงคลาส C ได้

ความถี่ของการออสซิลเลทของวงจรสามารถคำนวณได้จากค่ารีโซแนนซ์ของ LQ, LP และ C ที่ต่อป้อนกลับ เพื่อสะดวกต่อการวิเคราะห์หาค่าความถี่สมการของการหาค่าความถี่จะเป็นดังนี้

$$f_{osc} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_p + L_Q)C}} \quad (2.7)$$

2.12.4 วงจรออสซิลเลเตอร์ใช้ผลึกควอตซ์หรือคริสตอล

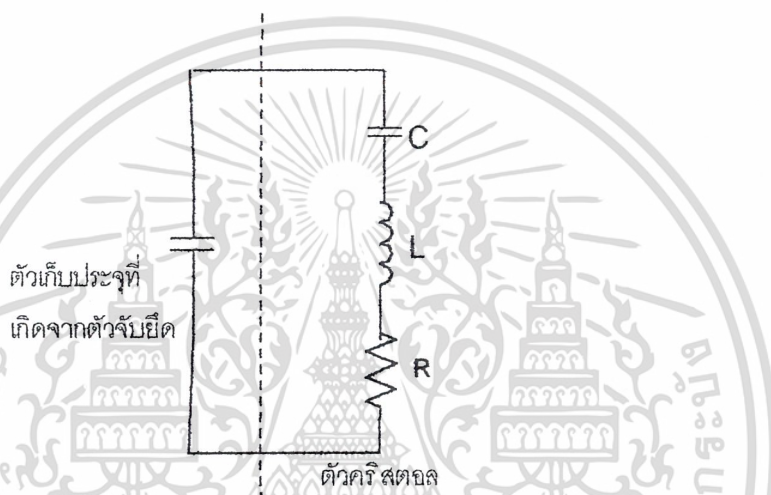
ในวงจรเครื่องส่งส่วนใหญ่ที่เราต้องการเสถียรภาพทางความถี่ของการส่งมีค่าสูงหรือความถี่มีค่าคงที่ตลอดเวลาเพื่อให้เครื่องรับสามารถจูนรับสถานีได้ถูกต้องและตลอดไป วงจรออสซิลเลเตอร์ที่ให้คุณสมบัติเด่นในเรื่องเสถียรภาพทางความถี่ได้แก่วงจรคริสตอลออสซิลเลเตอร์ นอกจากนี้วงจรคริสตอลออสซิลเลเตอร์ยังใช้เป็นตัวสร้างสัญญาณที่มีความถี่มาตรฐานไว้สำหรับตรวจสอบเครื่องมือบางชนิดและยังใช้เป็นตัวสร้างแรงดันฐานเวลามาตรฐานใช้กับอุปกรณ์ที่ต้องการความเที่ยงตรง เช่น นาฬิกาอิเล็กทรอนิกส์

คริสตอลเป็นศัพท์ภาษาอังกฤษแปลว่า ผลึก โดยความหมายของตัวมันเองก็คือผลึกของวัสดุบางชนิด เช่น ผลึกควอตซ์ แกเลียมอินโรเซดัล วัสดุเหล่านี้รวมเรียกว่า พิโซอิเล็กตริก ซึ่งมีคุณสมบัติคือ มันจะก่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเมื่อบิดงอหรือกดผลึกเหล่านี้ด้วยแรง และใน

ทำนองเดียวกัน ถ้าหากเราสร้างแรงดันไฟฟ้าให้กับมัน แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมคังผลึกเหล่านี้จะมีผลทำให้ผลึกของวัสดุเหล่านั้นมีรูปร่างบิดเบี้ยวผิดออกไปจากเดิม

คริสตอลที่ใช้งานอยู่ทั่วไปทำมาจากผลึกควอ์ตซ์ เมื่อมีแรงดันตกคร่อมผลึกควอ์ตซ์ก็จะเกิดการสั่น ความถี่ที่สั่นได้จะมีค่าเกือบคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาของผลึกนั้น ความถี่ที่เกิดขึ้นจะยังคงเปลี่ยนแปลงได้อีกเล็กน้อยจากอุณหภูมิ

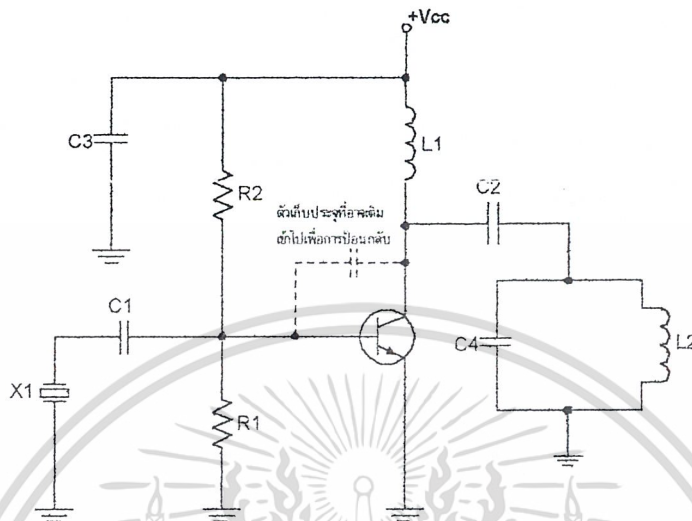
โดยหลักการแล้วลักษณะสมบัติของคริสตอล มีลักษณะคล้ายคลึงกับวงจรรีโซแนนซ์ที่สามารถเขียนวงจรสมมูลได้ดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 วงจรสมมูลของผลึกคริสตอล

ค่าตัวเหนี่ยวนำในวงจรสมมูลของตัวคริสตอลจะมีค่าสูงแต่มีค่าตัวเก็บประจุต่ำมาก ตัวคริสตอลเป็นเพียงผลึกของควอ์ตซ์ที่ยังต้องอาศัยตัวจับยึดเข้ากับกระป๋องโลหะดังนั้นในส่วนของตัวจับยึดคริสตอลจึงเกิดมีลักษณะเหมือนเป็นตัวเก็บประจุที่ขนานอยู่ ดังวงจรสมมูลรูปที่ 2.22 แต่เนื่องจากตัวเก็บประจุในตัวผลึกของคริสตอลที่ต่ออนุกรมกับตัวเหนี่ยวนำมีค่าต่ำ ดังนั้นตัวเก็บประจุที่ต่อขนานอยู่ภายนอก จึงมีอิทธิพลต่อการออกสวิตลเลขของสัญญาณน้อยมาก และในขณะรีโซแนนซ์นั้นส่วนของวงจรรีโซแนนซ์แบบอนุกรมและแบบขนานเกือบจะให้ความถี่รีโซแนนซ์เป็นความถี่เดียวกัน

วงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้คริสตอลประกอบอยู่แสดงให้เห็นดังรูปที่ 2.23 วงจรนี้มีลักษณะเหมือนวงจรออสซิลเลเตอร์ชนิดจูนอินพุท-จูนเอาต์พุทดังที่กล่าวไว้แล้ว แต่มีชื่อแตกต่างกันตรงส่วนอินพุทตรงส่วนของตัวอุปกรณ์ที่แทนแทนจูนอินพุทคือตัวคริสตอลนั่นเอง

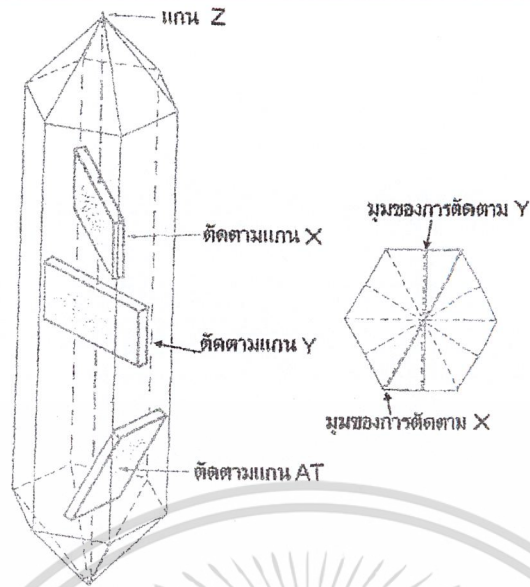


รูปที่ 2.23 วงจรคริสตอลออสซิลเลเตอร์

วงจรคริสตอลออสซิลเลเตอร์ให้เสถียรภาพทางความถี่สูงและจากวงจรรูปที่ 2.23 ส่วนของเอาต์พุทก็ยังเป็นวงจรจูน โดยวงจรอาศัยตัวคริสตอลเป็นตัวกระตุ้นให้เบสทำงาน ในบางวงจร ค่าตัวเก็บประจุระหว่าง เบส - คอลเลคเตอร์ ที่อยู่ภายในตัวทรานซิสเตอร์ มิได้มีผลต่อการออสซิลเลทเลย

ผลึกควอตซ์ที่ได้นี้เป็นวัสดุจำพวกซิลิกอนไดออกไซด์ที่มีลักษณะเหมือนแก้วในส่วนของผลึกจะมีรูปร่างเป็น 6 ด้านเหมือนปริซึม โดยผลึกควอตซ์ที่ใช้งานจะได้รับการตัดด้วยลักษณะของแกน 3 แกนดังแสดงในรูปที่ 2.24

แกน X เป็นแกนที่ลากระหว่างมุม 2 มุมของแท่งปริซึม ส่วนแกน Y จะเป็นแกนที่ตั้งฉากกับผิวหน้าของตัวคริสตอล นั่นคือถ้าหากตัดคริสตอลตามแนวผลึกจากมุมหนึ่งไปยังอีกมุมหนึ่งที่อยู่ตรงข้ามก็เรียกว่า การตัดแบบ X (X-cut) ซึ่งผลของการตัดแบบนี้จะทำให้ความถี่ที่ได้เปลี่ยนแปลงกับอุณหภูมิ ในลักษณะที่อุณหภูมิสูงขึ้นค่าความถี่ที่ลดลง แต่ถ้าตัดในแนวแกน Y ก็จะเป็นผลให้ความถี่ของการสั่นสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น



รูปที่ 2.24 ผลึกควออตและการตัดผลึก

จะเห็นได้ว่าไม่ว่าจะตัดในแนวแกน X หรือ Y จะเป็นผลทำให้ความถี่ของการสั่นของคริสตอลขณะรีโซแนนซ์เปลี่ยนแปลงกับอุณหภูมิได้มาก ดังนั้นเราจึงต้องหาทางตัดแกนใดแกนหนึ่ง เพื่อให้การเปลี่ยนแปลงกับอุณหภูมิน้อยที่สุดหรือกล่าวได้ว่าไม่มีผลเลย แกนที่ใช้ในการตัดคือ แกน AT ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.24

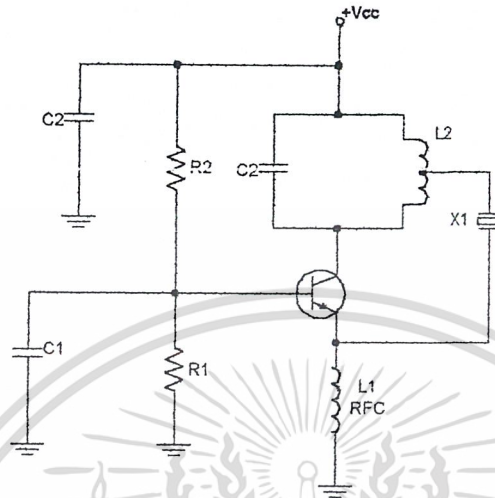
เราอาจจะตัดคริสตอลให้อยู่ในแกนอื่นๆ ก็ได้ในแต่ละระนาบของการตัดจะให้ผลการเปลี่ยนแปลงช่วงความถี่ต่ออุณหภูมิตลอดจนความถี่ฮาร์โมนิกที่ใช้งานแตกต่างกัน ส่วนความหนาของแผ่นคริสตอล จะเป็นตัวกำหนดความถี่ของการรีโซแนนซ์ถ้าแผ่นคริสตอลยิ่งบางก็หมายความว่าความถี่ของการรีโซแนนซ์มีค่าสูงขึ้น แผ่นคริสตอลที่ทำความถี่ได้สูงประมาณ 15 MHz ไม่เกิน 50 MHz แต่ถ้าต้องการความถี่สูงกว่านี้ก็มักใช้ฮาร์โมนิกของสัญญาณนั่นเอง

อุปกรณ์จำพวกคริสตอลเป็นอุปกรณ์ที่ค่อนข้างจะบอบบาง ดังนั้นคริสตอลจึงต้องทำงานที่ระดับพลังงานต่ำๆ หรือในขณะที่ใช้งานเป็นตัวกระตุ้น ในขณะที่ป้อนกลับระหว่างอินพุตกับเอาต์พุตจะต้องไม่ให้ระดับแรงดันตกคร่อมตัวมันมากเกินไป ซึ่งจะทำให้คริสตอลทำงานผิดพลาดและเกิดความร้อนกับตัวมันมากเกินไปซึ่งจะเป็นทำให้คริสตอลทำงานผิดพลาด และถ้าเกิดความร้อนกับตัวมันสูงจนมันเสียหายได้

จากที่กล่าวมาแล้วว่าเราใช้คริสตอลกระตุ้นวงจรออสซิลเลเตอร์ ก็เพื่อเหตุผลในเรื่องต้องการให้ได้ความถี่ที่มีค่าเสถียรภาพสูง ค่าเสถียรภาพของวงจรออสซิลเลเตอร์สามารถหาได้จากการกำหนดค่า Q ของตัวคริสตอลและสัมประสิทธิ์การแปรผันทางความถี่กับอุณหภูมิ ค่า Q ของคริสตอลมักจะมีค่าสูงกว่าค่า Q ของวงจรจูนที่ประกอบด้วย RLC ถึง 100 เท่า 1000 เท่า คริสตอลที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีขายกันอยู่ในปัจจุบันมีค่า Q ประมาณ 5000 ถึง 30000 เราจึงพอจะเห็นแล้วว่าวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้คริสตอลจึงมีเสถียรภาพทางความถี่สูงกว่าวงจร LC ออสซิลเลเตอร์มาก



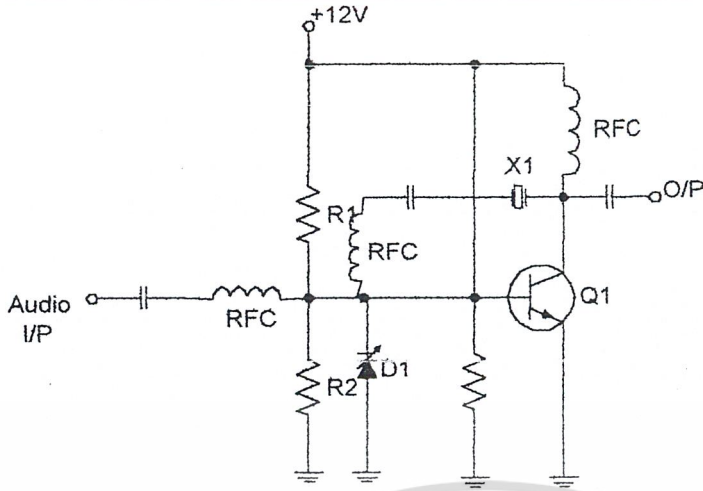
รูปที่ 2.25 วงจรคริสตอลออสซิลเลเตอร์

ตัวอย่างวงจรคริสตอลออสซิลเลเตอร์ จากวงจรรูปที่ 2.23 เป็นวงจรรออสซิลเลเตอร์แบบหนึ่งที่ทำงาในลักษณะวงจรรีโซแนนซ์แบบขนาน ตัวคริสตอลจะต่อระหว่างเบสกับอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ ตัวคริสตอลที่ใช้มีหน้าที่ควบคุมความถี่ แต่สำหรับวงจรในรูปที่ 2.25 ตัวคริสตอลทำงานในลักษณะต่ออนุกรม ดังนั้นการรีโซแนนซ์จึงเกิดในสภาวะรีโซแนนซ์แบบอนุกรม โดยให้ความถี่รีโซแนนซ์ผ่านตัวคริสตอลกลับป้อนเข้าไปยังวงจรทางคั่นอินพุท(วงจรคั่นเบสอิมิตเตอร์) ที่ความถี่อื่นที่ไม่ใช่ความถี่รีโซแนนซ์ ค่าอิมพีแดนซ์ของตัวคริสตอลจะมีค่าสูงมาก ดังนั้นสัญญาณเอาต์พุทจึงไม่สามารถป้อนกลับเข้ามายังอินพุทได้ แต่ครั้นสัญญาณที่ความถี่รีโซแนนซ์เกิดขึ้น ค่าอิมพีแดนซ์ของตัวคริสตอลจะลดลงต่ำมาก ทำให้สัญญาณที่ความถี่นี้สามารถป้อนกลับเข้ามาได้

2.13 มอดูเลเตอร์ใช้วแรกเตอร์

วงจรในรูปที่ 2.26 เป็นวงจรมอดูเลเตอร์ชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยวงจรวแรกเตอร์ไดโอดในวงจรเพียซออสซิลเลเตอร์ (Pierce Oscillator) แร้งบังคับความถี่ (Y1) สำหรับ R1 กับ R2 เป็นวงจรไบอัสให้แก่วแรกเตอร์ให้มีค่าความจุให้ออสซิลเลเตอร์อยู่ตรงกลางความถี่กลาง เมื่อป้อนสัญญาณเสียงให้แก่วแรกเตอร์ แรงดันเสียงก็จะบวก และ ลบ กับไฟไบอัสทำให้ความจุเปลี่ยนแปลง และความถี่ออสซิลเลเตอร์ก็จะเปลี่ยนแปลงไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 วงจรมอดูเลเตอร์ใช้วาแรกเตอร์

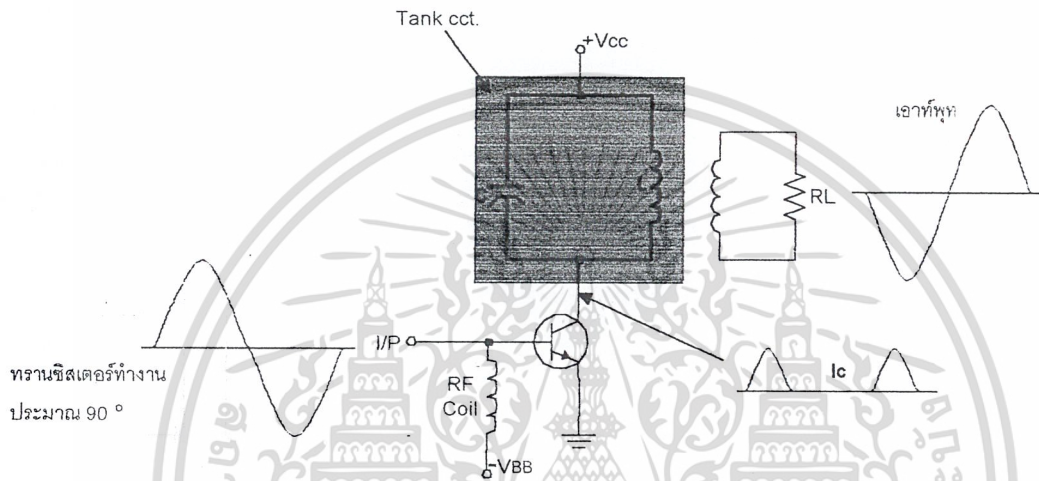
เมื่อสัญญาณเสียงแกว่ง (Swing) หรือเปลี่ยนค่าไปทางบวก แรงดันไบแอสแบบกลับทางที่คร่อมวาแรกเตอร์ก็จะเพิ่มขึ้น ความจุจะลดลง ทำให้ความถี่ออสซิลเลเตอร์สูงขึ้น เมื่อสัญญาณเสียงแกว่งไปทางลบไบแอสกลับทางคร่อมวาแรกเตอร์จะลดลง

ถ้าสัญญาณเสียงเป็นโทนเสียง 1000 เฮิรตซ์ ความถี่ออสซิลเลเตอร์จะแกว่งไปมาระหว่างความถี่กลางด้วยอัตรา 1000 ครั้งต่อวินาที (อัตราเบี่ยงเบนนั่นเอง) อัตราการเบี่ยงเบนความถี่จะเท่ากับความถี่ของสัญญาณเสียง ถ้าแอมพลิจูดของสัญญาณเสียงเพิ่มขึ้น ช่วงเปลี่ยนแปลงความจุของวาแรกเตอร์จะกว้างมากขึ้น นั่นคือช่วงความถี่เบี่ยงเบนกว้างขึ้น

มอดูเลเตอร์ที่ใช้วาแรกเตอร์นี้ ได้รับความนิยมแพร่หลายมากเพราะสะดวกและมีเสถียรภาพดี (เพราะใช้แรงบังคับความถี่)

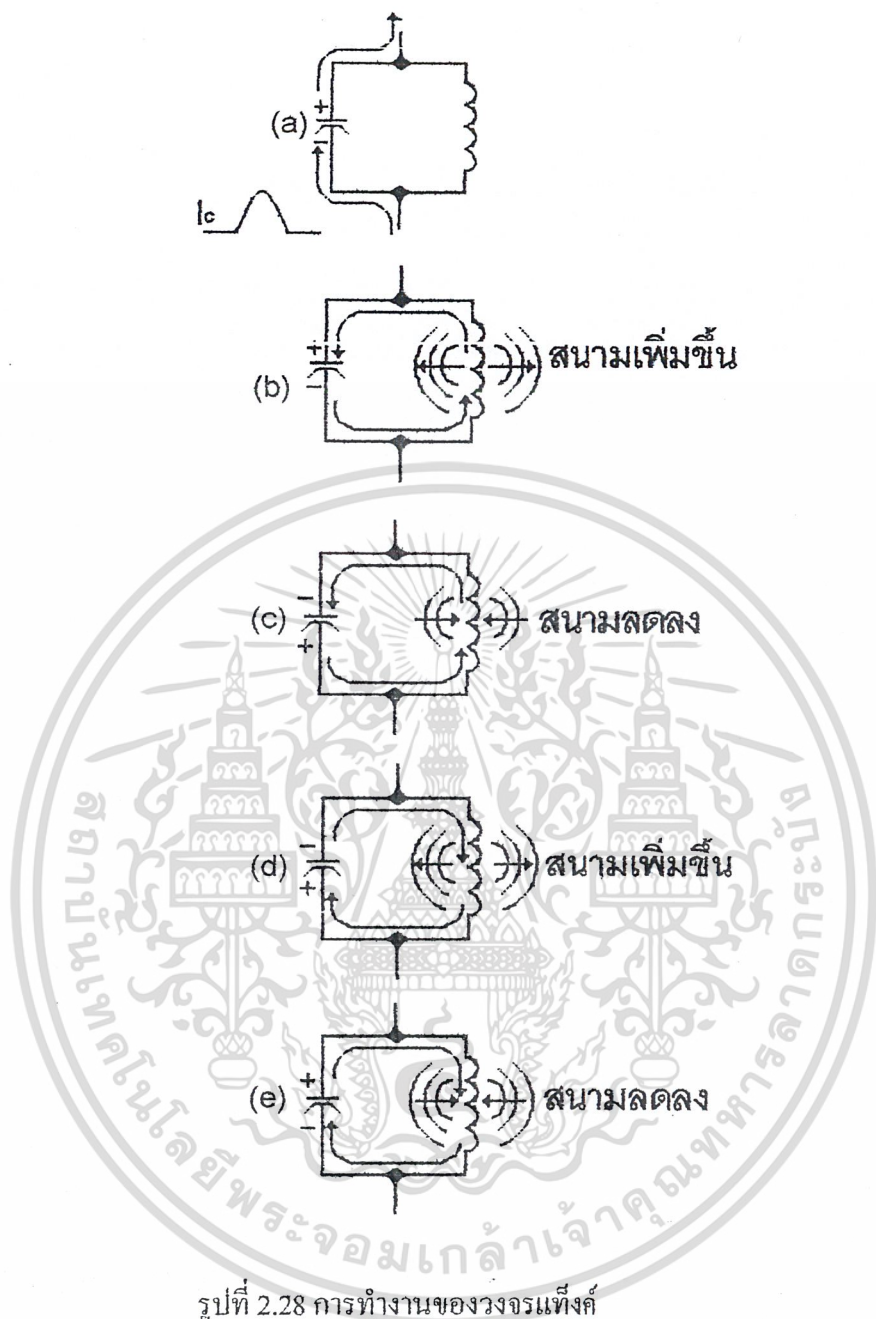
2.14 แอมป์ลิฟายเออร์แบบคลาส C

แอมป์ลิฟายเออร์แบบคลาส C การไบอัสขึ้นอยู่กับคัทออฟ รูปที่ 2.27 แสดงแอมป์ลิฟายเออร์แบบคลาส C กับซัพพลายโวลต์เดจที่เป็นลบ (V_{bb}) ที่ต่อเข้ากับวงจรเบส แรงดันลบนี้เป็นการไบอัสกลับที่รอยต่อเบส-อิมิตเตอร์ ทรานซิสเตอร์จะนำไฟฟ้าเมื่อป้อนสัญญาณอินพุตที่มีค่ามากกว่าการไบอัสกลับ เกิดขึ้นสำหรับรอบสัญญาณอินพุตส่วนเล็กๆเท่านั้น และทรานซิสเตอร์นำไฟฟ้าในส่วนของอินพุตเล็กๆ (90 องศาหรือน้อยกว่านี้)



รูปที่ 2.27 แอมป์ลิฟายเออร์คลาส C

ในรูปที่ 2.27 รูปของกระแสของคอลเลกเตอร์ไม่เป็นรูปคลื่น ไซน์ตลอดและไม่เป็นรูปครึ่งคลื่น ไซน์ ดังนั้นความผิดเพี้ยนมากนี้ทำให้แอมป์ลิฟายเออร์คลาส C ไม่สามารถนำไปใช้ในงานอดิโอดี แต่แอมป์ลิฟายเออร์นี้นำไปใช้ที่ความถี่วิทยุในรูปที่ 2.27 แสดงวงจรแท็งค์ (tank) ที่อยู่ในวงจรคอลเลกเตอร์ของแอมป์ลิฟายเออร์ คลาส C วงจรแท็งค์สร้างสัญญาณอินพุตรูป ไซน์และสัญญาณนี้ตกคร่อม RL วงจรแท็งค์สร้างสัญญาณรูป ไซน์แต่ไม่สามารถสร้างรูปคลื่นสี่เหลี่ยมหรือคลื่นอดิโอดีที่ซับซ้อน

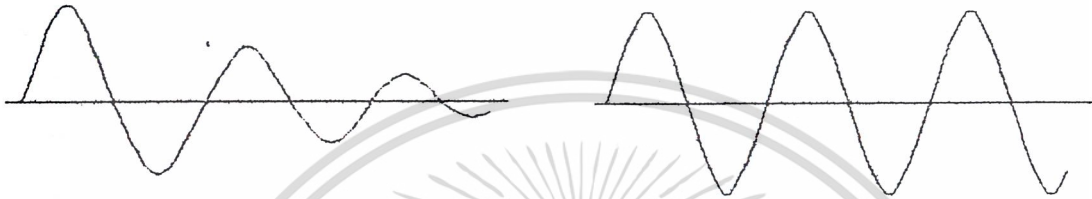


รูปที่ 2.28 การทำงานของวงจรแท็งค์

รูปที่ 2.28 เป็นการอธิบายการทำงานของวงจรแท็งค์ พัลส์ (pulse) ของกระแสคอลเลกเตอร์ ขาจรตัวเก็บประจุ (รูปที่ 2.28 a) หลังจากนั้น ตัวเก็บประจุคิซาร์จผ่านตัวเหนี่ยวนำ (รูปที่ 2.28 b) และพลังงานถูกสะสมในสนามรอบตัวเหนี่ยวนำ เมื่อตัวเก็บประจุเริ่มคิซาร์จจนถึงศูนย์ สนาม (Field) ลดลงและรักษาการไหลของกระแส (รูปที่ 2.28 c) หลังจากสนามลดลง ตัวเก็บประจุเริ่มคิซาร์จอีกครั้งไปยังขดลวดเหนี่ยวนำ สังเกตได้ว่ากระแสตอนนี้ไหลในทิศทางตรงกันข้ามและสนามรอบตัวเหนี่ยวนำเพิ่มขึ้น ในตอนสุดท้ายสนามรอบตัวเหนี่ยวนำเริ่มลดลงและตัวเก็บประจุถูกคิซาร์จอีกครั้ง (รูปที่ 2.28 e)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจรเท็งค์เกิดจากการดิซซาร์จของตัวเก็บประจุไปยังตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งต่อมาดิซซาร์จไปยังตัวเก็บประจุ (เป็นเช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆ) ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำเป็นอุปกรณ์สะสมพลังงาน ในขณะที่พลังงานเคลื่อนย้ายจากตัวหนึ่งไปยังอีกตัวหนึ่ง จะทำให้เกิดรูปคลื่นไซน์ การสูญเสียในวงจร (ความต้านทาน) จะทำให้เกิดรูปคลื่นไซน์ลดลง ซึ่งแสดงในรูปที่ 2.29 a และเรียกว่า Damped Sine Wave โดยการปล้ดวงจรเท็งค์ทุกอย่างรอบ โดยปล้ดของกระแสคอลเลคเตอร์ทุกอย่างรอบ ซึ่งทำให้เอาท์พุทรูปไซน์มีแอมพลิจูดลงที่

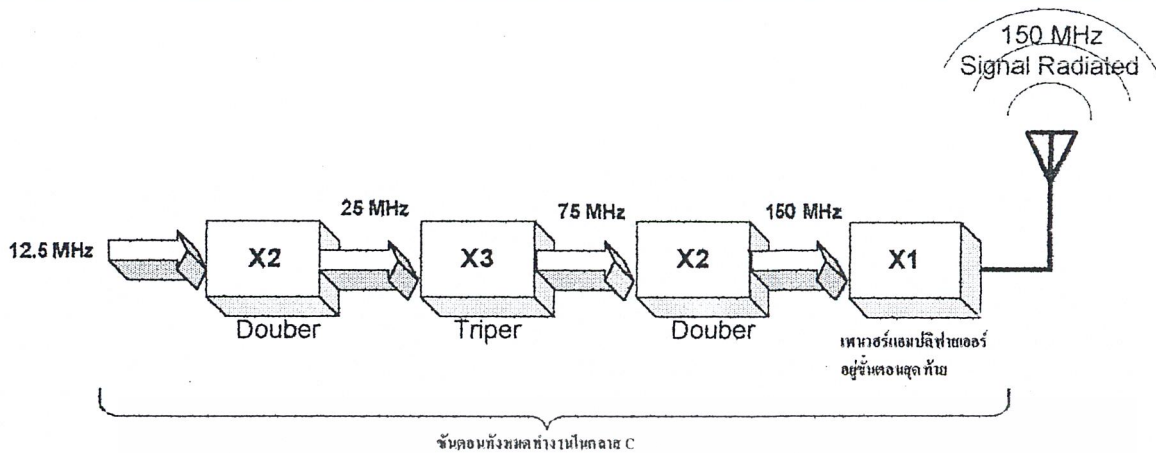


รูปที่ 2.29 รูปคลื่นของวงจรเท็งค์

ค่าความเหนี่ยวนำ (Inductance) และความจุไฟฟ้ามีความสำคัญต่อวงจรเท็งค์ในแอมพลิฟายเออร์แบบคลาส C โดยที่ค่านี้คือรีโซแนนซ์กันที่ความถี่ของสัญญาณอินพุท สมการของรีโซแนนซ์คือ

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2.8)$$

ในบางกรณี วงจรเท็งค์จะถูกจูนเพื่อให้รีโซแนนซ์ 2 ถึง 3 ครั้ง ที่ความถี่ของสัญญาณอินพุท และวงจรแบบนี้ถูกเรียกว่ามีความถี่เป็น Doubler (x2) Tripler (x3) ซึ่งวงจรนี้ใช้ที่ความถี่สูง ตัวอย่างเช่น เครื่องส่งแบบสองทาง 150 MHz โดยการออกแบบในขั้นตอนแรก มีความถี่ต่ำกว่านี้ ต่อจากนั้นก็ทำการคูณความถี่ซึ่งทำให้ความถี่สูงขึ้นแสดงเป็นบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 2.30

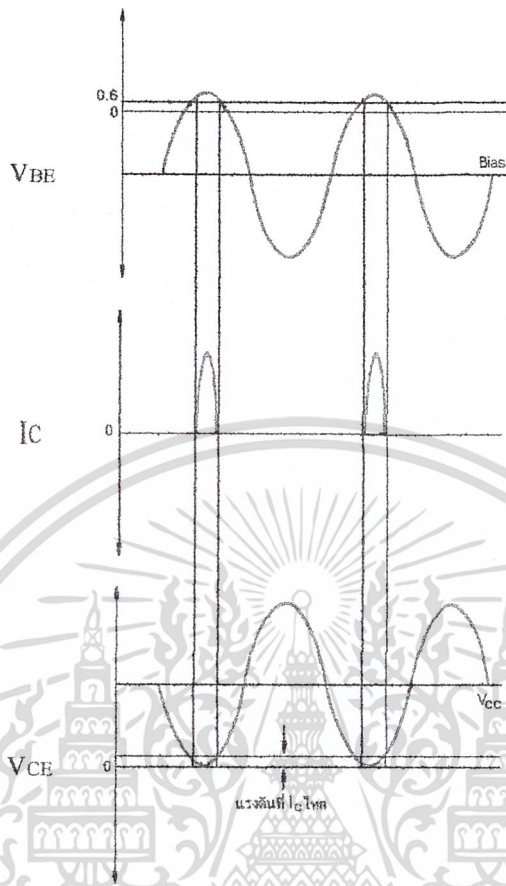


รูปที่ 2.30 บล็อก ไดอะแกรมของเครื่องส่งความถี่สูง

แอมพลิฟายเออร์แบบ C มีประสิทธิภาพสูงที่สุด ซึ่งแสดงในรูปคลื่น ในรูปที่ 2.31 รูปคลื่นด้านบนเป็นสัญญาณอินพุต โดยที่ยอดสัญญาณอินพุตด้านบวกไปไบอัสให้รอยต่อเบส-อิมิตเตอร์ และในซีกก่อนทรานซิสเตอร์เกิดที่ 0.6 V สัญญาณอินพุตส่วนมากต่ำกว่านี้เพราะการไบอัสที่ค่าลบ (V_{be}) รูปคลื่นตรงกลางของรูปที่ 2.31 คือกระแสคอลเลคเตอร์ (I_c) โดยที่มีรูปแบบพัลส์แคบๆ รูปคลื่นล่างสุดเป็นสัญญาณเอาต์พุตซึ่งเป็นการทำงานเนื่องจากวงจรเท็งค์ สังกัดได้ว่าพัลส์ของกระแสคอลเลคเตอร์เกิดขึ้นเมื่อรูปคลื่นเอาต์พุตมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ซึ่งหมายความว่ามีการนำพลังงานน้อยเท่านั้นที่เกิดบนทรานซิสเตอร์

$$P_c = V_{cc} \times I_c = 0 \times I_c = 0 \text{ W} \quad (2.9)$$

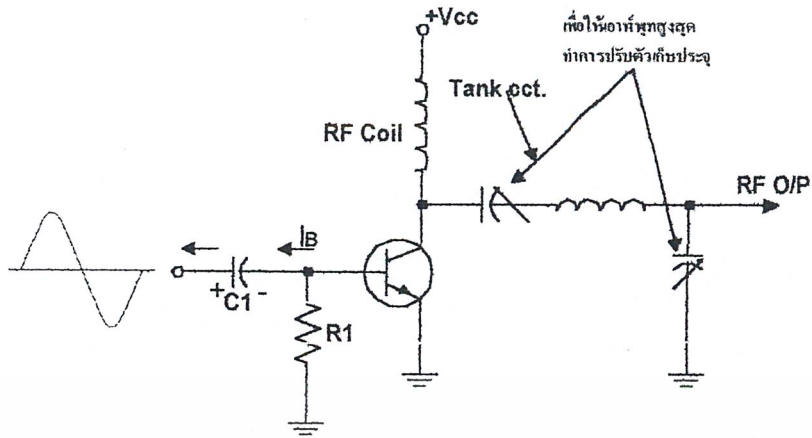
ถ้าไม่มีกำลังสูญเสียที่ทรานซิสเตอร์ ดังนั้นกำลังทั้งหมดกลายเป็นกำลังของสัญญาณสรุปได้ว่าแอมพลิฟายเออร์แบบคลาส C มีประสิทธิภาพ 100 % ในความเป็นจริงมีการสูญเสียกำลังในทรานซิสเตอร์เนื่องจาก V_{cc} ไม่เป็นศูนย์ และวงจรเท็งค์จะทำให้เกิดการสูญเสียเล็กน้อย แอมพลิฟายเออร์แบบคลาส C ที่ใช้ในทางปฏิบัติมีประสิทธิภาพ 85 % ดังนั้นเป็นที่นิยมใช้ในความถี่วิทยุ ซึ่งวงจรเท็งค์สามารถสร้างสัญญาณ ไซน์ ได้



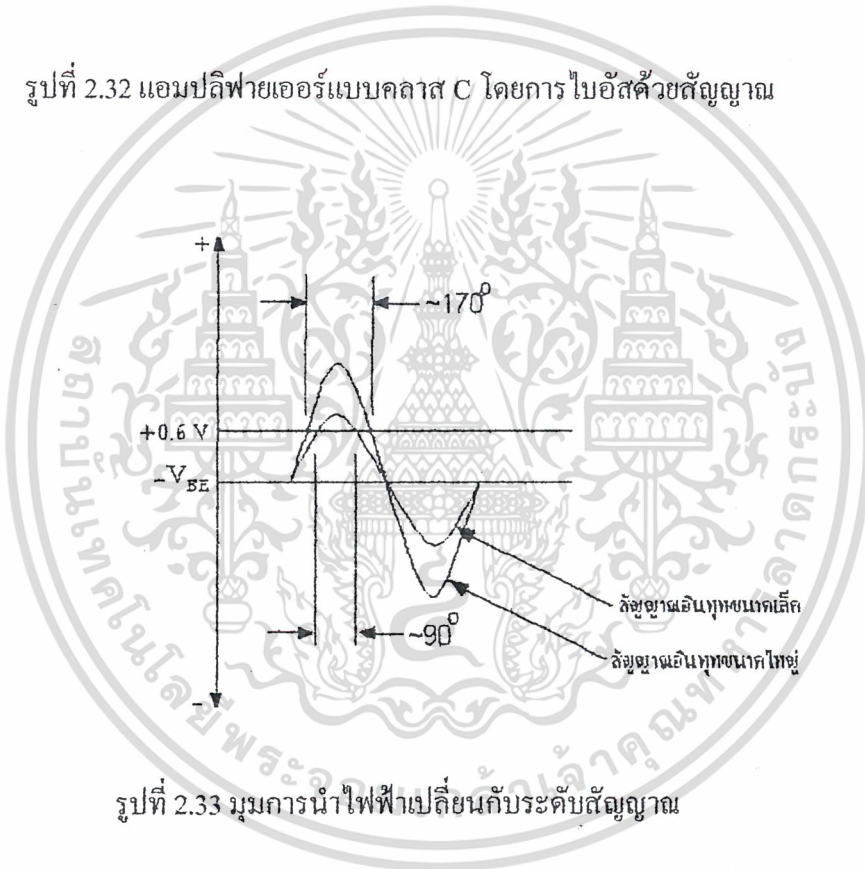
รูปที่ 2.31 รูปคลื่นของแอมพลิฟายเออร์แบบคลาส C

เพาเวอร์แอมพลิฟายเออร์แบบคลาส C ในทางปฏิบัตินั้น นานๆครั้งที่จะใช้ไบอัสซัพพลายที่แน่นอน (Fixed bias supply) ให้กับวงจรเบสซึ่งเป็นวิธีที่ดีกว่าการไบอัสสัญญาณ (Signal bias) และแสดงในรูป 2.32 ขณะที่สัญญาณอินพุตไปทางบวก (เกิดการไบอัสตรงรอยต่อเบส-อิมิตเตอร์) กระแสเบส I_b ใหญ่ตามรูปและกระแสที่ซาร์จ $C1$ ตัวต้านทาน $R1$ คิซซาร์จ $C1$ ระหว่างขอดบวกของสัญญาณอินพุต ตัวต้านทาน $R1$ ไม่สามารถคิซซาร์จ $C1$ ได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นจึงยังคงเหลือแรงดันตกคร่อม $C1$ ซึ่งเป็นไบอัสซัพพลายและขั้วของ $C1$ ไบอัส กลับที่รอยต่อเบส-อิมิตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.32 แอมพลิฟายเออร์แบบคลาส C โดยการไบอัสด้วยสัญญาณ



รูปที่ 2.33 มุมการนำไฟฟ้าเปลี่ยนกับระดับสัญญาณ

ข้อดีของการไบอัสด้วยสัญญาณคือ สามารถปรับค่าได้ตามระดับของสัญญาณอินพุตแอมพลิฟายเออร์แบบคลาส C ถูกออกแบบให้มีมุมการนำไฟฟ้า เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูง ถ้าแอมพลิฟายเออร์ใช้การไบอัสแบบแน่นอน มุมของการนำไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเมื่อแอมพลิจูดของสัญญาณอินพุตเพิ่มขึ้น (รูปที่ 2.33 แสดงเหตุผลของสิ่งนี้) มุมของการนำไฟฟ้า 2 มุมในการไบอัสแบบคงที่ของ $-V_{BE}$ แสดงบนกราฟ สำหรับสัญญาณขนาดเล็กมุมมีค่าประมาณ 90 องศา และสำหรับสัญญาณขนาดใหญ่มุมมีค่า 170 องศา ซึ่งมีขนาดใหญ่มาก จึงทำให้ประสิทธิภาพของแอมพลิฟายเออร์อาจจะร้อนมากเนื่องจากกระแสเฉลี่ยไหลมากขึ้นการไบอัสด้วยสัญญาณมีข้อดีกว่าในปัญหานี้ เนื่องจากมุมการนำไฟฟ้ามีค่าคงที่ ตัวอย่างเช่นสัญญาณอินพุตในรูปเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีขนาดใหญ่ขึ้น ประจุเฉลี่ยบน CI จะเพิ่มขึ้นและทำให้การไบอัสกลับ ($-V_{be}$) เพิ่มขึ้น ซึ่งหมายความว่ามุมของการนำไฟฟ้าเล็กลง วงจรของการไบอัสด้วยสัญญาณมีการปรับอย่างอัตโนมัติ เพื่อเปลี่ยนแอมพลิจูดของสัญญาณอินพุตและรักษามุมของการนำไฟฟ้าให้คงที่

รูปที่ 2.32 แสดงวงจรแท็งค์อ็อกชนิดและเรียกว่า L network ซึ่งเมทซ์กับอิมพีแดนซ์ของทรานซิสเตอร์และ โหลด เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ที่ใช้ในความถี่วิทยุปกติมีเอาท์พุทอิมพีแดนซ์ 2 โอห์ม และโหลดอิมพีแดนซ์มาตรฐานในงาน Rf คือ 50 โอห์ม ดังนั้น L network จำเป็นต้องเมทซ์กับทรานซิสเตอร์และ 50 โอห์ม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ภาควัดกำเนิดสัญญาณเสียง (TONE)

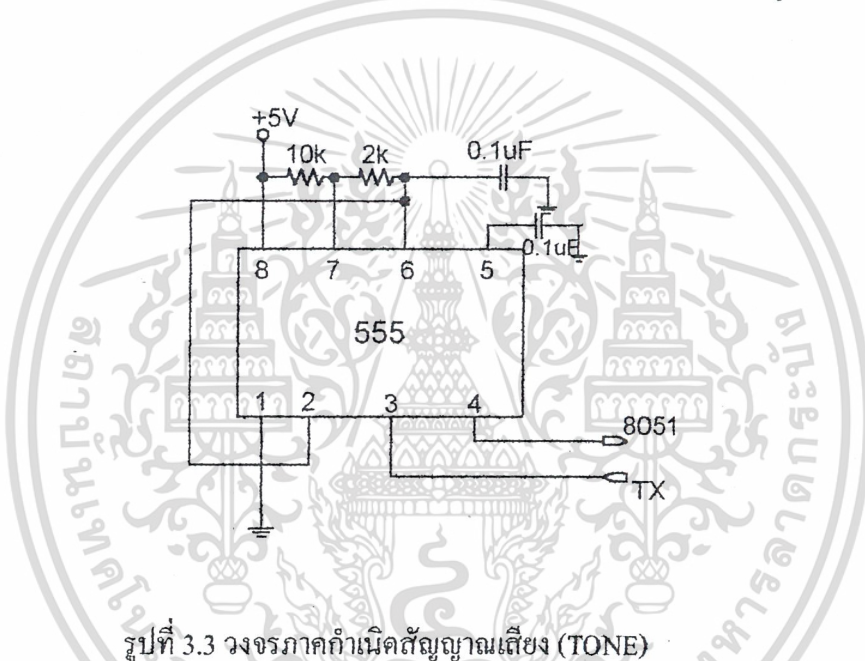
ภาควัดนี้ทำหน้าที่ในการส่งสัญญาณ TONE เพื่อบอกสถานะของการปิด-เปิด เครื่องรีพีทเตอร์ โดยเราจะใช้ไอซี 555 ทำงานในสถานะอะอสเตบิลิตี มัลติไวเบรเตอร์ ให้ผลิตความถี่ออกมาประมาณ 1 KHz

$$\text{จากสูตร} \quad f = 1.44 / (R_a + 2R_b) C \quad (3.3)$$

ถ้าเราเลือกใช้ $R_a = 10 \text{ K}\Omega$, $R_b = 2\text{K}$ และ $C = 0.1\mu\text{F}$

$$\begin{aligned} \text{เราจะได้} \quad f &= 1.44 / (10\text{K} + 2(2\text{K}\Omega)) 0.1\mu\text{F} \\ &= 1.08 \text{ KHz} \end{aligned}$$

ซึ่งใกล้เคียงกับความถี่ที่เรากำหนดไว้ ดังนั้นวงจรของภาควัด TONE จึงเป็นตามรูปที่ 3.6

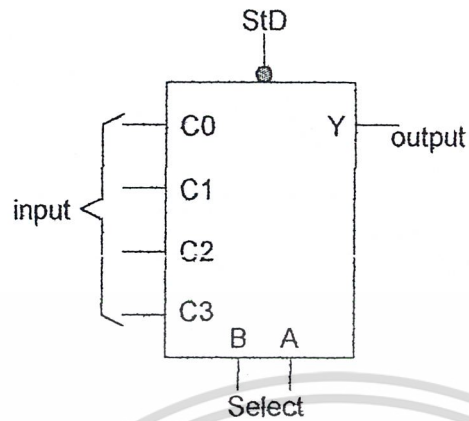


รูปที่ 3.3 วงจรภาควัดกำเนิดสัญญาณเสียง (TONE)

จากรูปที่ 3.3 จะเห็นว่าเอาต์พุตที่ขา 3 ของไอซี 555 จะผลิตความถี่ออกมาประมาณ 1KHz การควบคุมการทำงานจะใช้ขา 4 ของไอซี 555 โดยส่งการควบคุมมาจาก TONE SW ให้ทำการ Enable และ Disable ความถี่ที่ผลิตออกมา เพื่อใช้เป็นสัญญาณ TONE บอกสถานะของการ On หรือ Off ของเครื่องรีพีทเตอร์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการกำหนดความถี่ออกมาคือ R_a , R_b และ C ที่ประกอบอยู่ในวงจร

3.4 ภาคอ้างอิงรหัส (CODE REF)



รูปที่ 3.4 4 to 1 Line Data Selector/Multiplexer

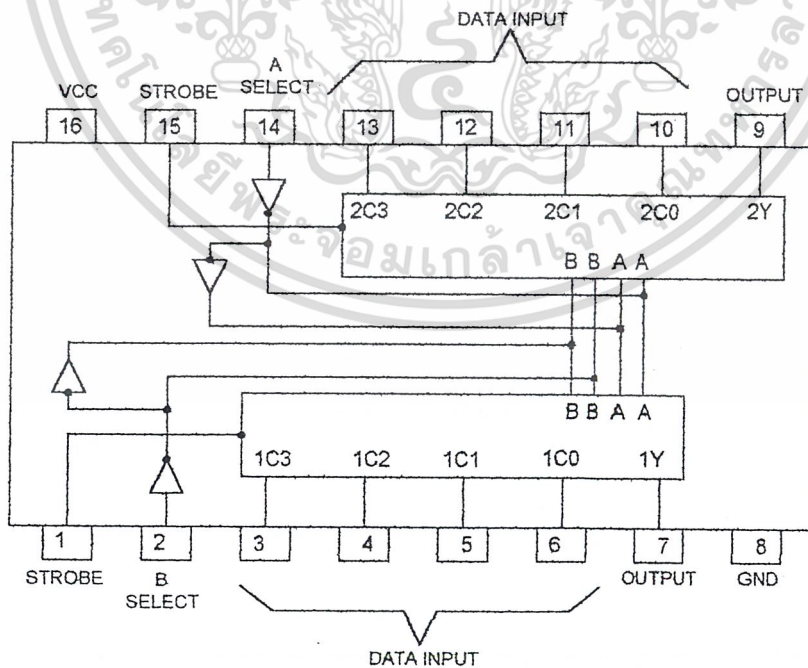
การทำงานของวงจรภาค CODE REF ย่อมาจาก Code Reference จะใช้ไอซี 74153 ซึ่งเป็นไอซีมัลติเพล็กซ์ ชนิด Dual 4 Line Data Selector / Multiplexer จะทำการเลือกข้อมูลจากคิปสวิทช์เพียงหนึ่ง เส้น จาก 4 เส้นออกไปยังเอาต์พุตโดยควบคุมผ่าน Data Select ดังตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 Function Table ของ ไอซี 74153

SELECT INPUT		DATA INPUTS				STROBE	OUTPUT
B	A	C0	C1	C2	C3	G	Y
X	X	X	X	X	X	H	L
L	L	L	X	X	X	L	L
L	L	H	X	X	X	L	H
L	H	X	L	X	X	L	L
L	H	X	H	X	X	L	H
H	L	X	X	L	X	L	L
H	L	X	X	H	X	L	H
H	H	X	X	X	L	L	L
H	H	X	X	X	H	L	H

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



รูปที่ 3.5 วงจรภายในของไอซี 74153

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

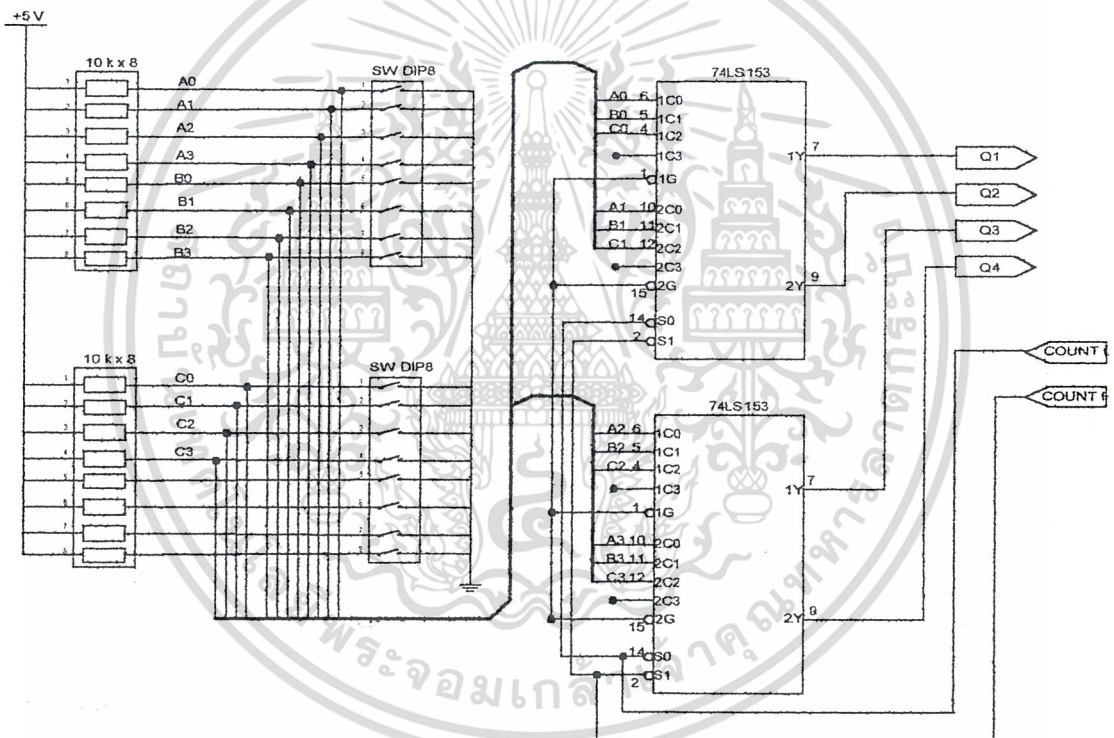
ในตัว 74153 หนึ่งตัวจะมีมัลติเพล็กซ์ อยู่สองตัว ดังนั้นในการเลือก (Select) หนึ่งครั้งจะได้เอาต์พุต 2 ตัว ตัวอย่างเช่นหากเราเลือกด้วยรหัส "00" จะได้อินพุตของขา 6 ออกมาที่ขา 7 และอินพุตขา 10 ออกมาที่เอาต์พุตขา 9 เป็นต้น

ดังนั้นหากเราต้องการให้ได้รับรหัสไบนารี 4 บิต จึงต้องใช้ไอซี 74153 จำนวน 2 ตัวแสดงการต่อวงจรสมบูรณร่วมกับคิปสวิตช์เพื่อใช้ในการกำหนดรหัส ดังรูปที่ 3.6 โดยกำหนดให้

คิปสวิตช์ตัวที่ 1 (1 - 4) เก็บรหัสตัวที่ 1 select ด้วยรหัส "00"

คิปสวิตช์ตัวที่ 1 (5 - 8) เก็บรหัสตัวที่ 2 select ด้วยรหัส "01"

คิปสวิตช์ตัวที่ 2 (1 - 4) เก็บรหัสตัวที่ 3 select ด้วยรหัส "10"



รูปที่ 3.6 วงจรสมบูรณของภาค CODE REF

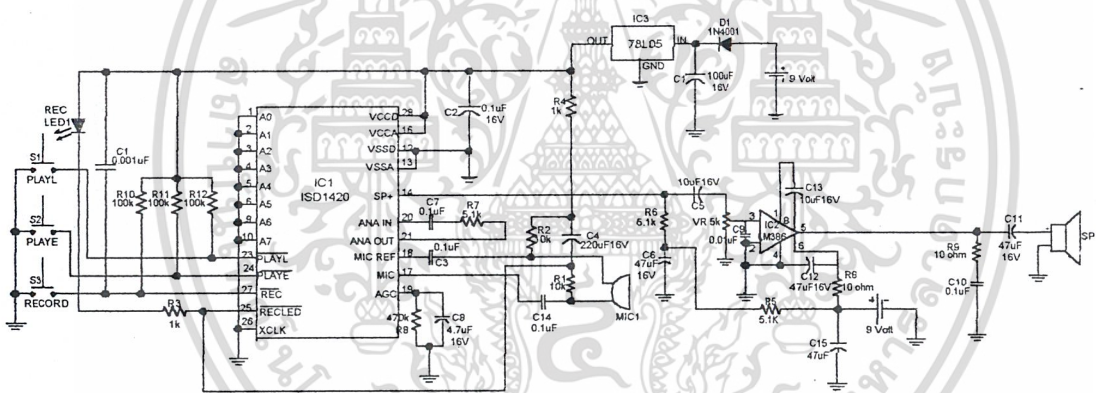
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ภาคบันทึกเสียง (REC / PLAY)

ภาคนี้เป็นวงจรอัดเสียงพูด โดยอาศัยแนวความคิดเหล่านี้

- ต้องปราศจากกลไก
- สามารถทวนข้อความซ้ำได้
- สามารถเรียกข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว
- สามารถใช้ร่วมกับ CPU ได้

เราจึงเลือกใช้ ISD 1420 ซึ่งเป็น ไอซีที่ใช้บันทึกเสียงที่ปรับปรุงคุณสมบัติให้ดีขึ้น คือวงจรสำหรับควบคุมการทำงานให้มีความแน่นอนมากขึ้นและมีส่วนควบคุมให้กลับเข้ากลับสู่โหมดสแตนด์บาย หรือปิดตัวเองโดยอัตโนมัติ เมื่อไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับ เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานจากแบตเตอรี่ อีกทั้งไอซีเบอร์นี้ต้องการอุปกรณ์ต่อร่วมภายนอกน้อยมาก และมีคุณสมบัติตรงตามแนวความคิดของเรา ซึ่งวงจรสมบูรณ์ของเครื่องบันทึกเสียงถูกแสดงไว้ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 วงจรต่อร่วมภายนอกของไอซี 1420

3.5.1 การทำงานของวงจร

วงจรสมบูรณ์ของเครื่องบันทึกเสียงไว้เส้นเทพนี้แสดงดังรูปที่ 3.7 เป็นวงจรที่ง่ายและใช้อุปกรณ์น้อยชิ้น การทำงานเริ่มต้นโดย เมื่อจ่ายไฟเลี้ยงจากแบตเตอรี่ 9 โวลต์ให้วงจร IC₁ เบอร์ ISD 1420 ก็พร้อมที่จะรับข้อมูลเพื่อทำการบันทึก โดยเมื่อสวิตช์ S₂ ถูกกดให้ต่อวงจร ทำให้ขาที่ควบคุมการบันทึก (REC) มีสถานะเป็น 0 ในขณะนี้จะเกิดการบันทึกเสียงเข้าไปใน IC₁ โดยมีคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน (MIC1) ทำหน้าที่รับสัญญาณเสียงและ R₂, R₃ เป็นตัวจัดไบแอสให้กับไมค์ สัญญาณจะถูกคัปปลิ่งผ่าน C₃ มาเข้าที่ขา 18 เพื่อทำการขยายสัญญาณให้แรงขึ้น สัญญาณที่ผ่านการขยายโดยวงจรปรีแอมป์จะออกมาทางขา 21 ซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อกเอาต์พุต และคัปปลิ่งผ่าน R₇ และ C₇ เข้าขา 20 ซึ่งเป็นวงจรขยายสัญญาณภายในไอซีเช่นกันสัญญาณที่ถูกขยายจะถูกบันทึกลงในหน่วยความจำภายในไอซีที่ขา 25 (RECLED) เป็นขาจับชุดแสงซึ่งสภาวะจะใช้ขณะทำการบันทึก ซึ่งแสดงผลโดย LED1 ที่ขา 19 มีความต้านทาน R₄ และ C₂ จัดเป็นวงจร

รักษาระดับสัญญาณการบันทึกให้คงที่หรือ AGC (Automatic Gain Control) เพื่อให้สัญญาณของการบันทึกมีความเหมาะสม เมื่อเล่นกลับสัญญาณจะได้ไม่เกิดเสียงผิดเพี้ยน

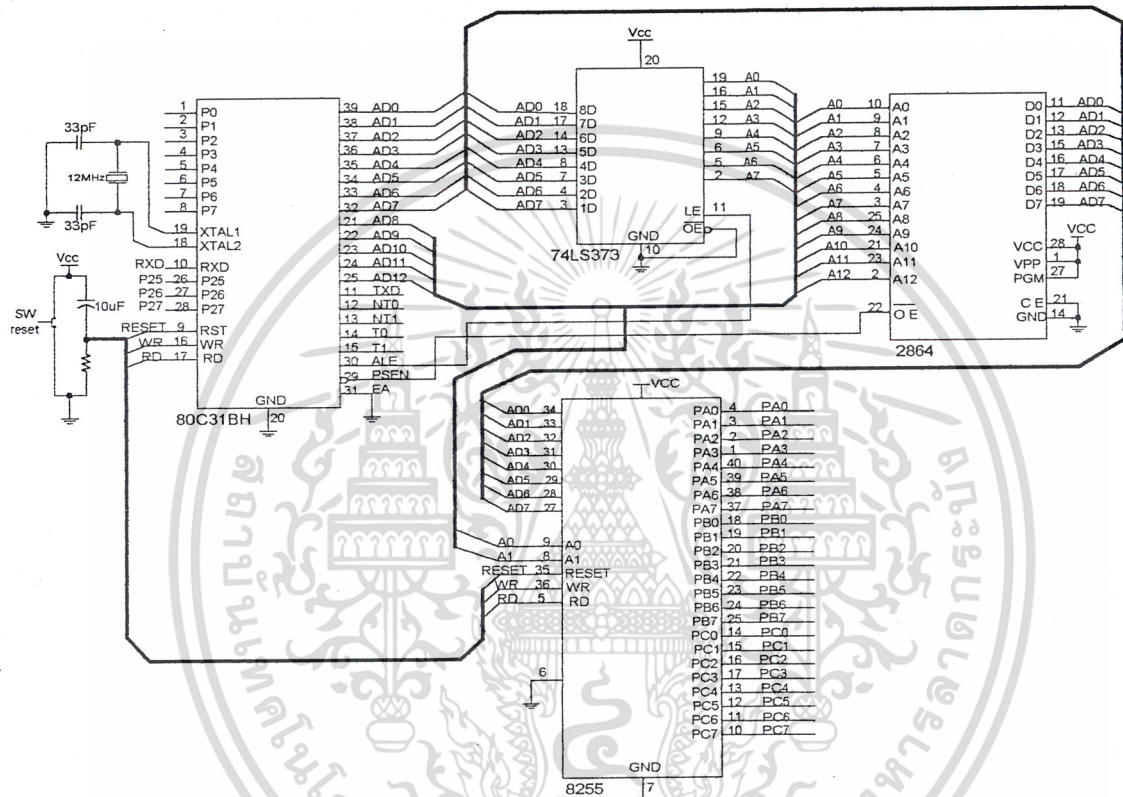
เมื่อทำการบันทึกไปจนครบเวลาที่กำหนดไว้คือ 20 วินาที วงจรจะหยุดการบันทึกทันที หากต้องการเล่นกลับต้องควบคุมที่ขา 23 (PLAY) ด้วยระดับลอจิก "0" โดยการกด S1 กระบวนการเล่นกลับก็จะทำงานขึ้นภายในตัวไอซีและสัญญาณเอาต์พุตออกมาทางขา 14 ถึงแม้ว่าเอาต์พุตนี้จะสามารถขับลำโพงเล็กๆ ได้โดยตรง แต่อาจมีระดับความดังของเสียงค่อยไปอีก ดังนั้นจึงเพิ่มภาคขยายเสียงเข้าไปอีก โดยสัญญาณจะถูกขับปลั๊กผ่าน R_6 และ C_6 มาเข้าที่โวลุ่ม VR_1 สัญญาณจะถูกส่งเข้าขา 3 ของ IC_2 ผ่าน C_{11} ขับออกสู่ลำโพง SPK_1 โดยมี C_{10} และ R_9 ทำหน้าที่ชดเชยย่านความถี่สูงและป้องกันการออสซิลเลตทางเอาต์พุตของวงจรขยาย

แรงดันไฟเลี้ยงวงจรได้จากแบตเตอรี่ 9 โวลต์ซึ่งแรงดันนี้สามารถจ่ายให้กับ IC_2 ได้โดยตรง แต่สำหรับ IC_1 ต้องการแรงดันไฟตรง +5 โวลต์ จึงต้องเพิ่มชุดเรกูเลเตอร์ IC_3 เพื่อควบคุมแรงไฟให้คงที่ โดยมี D_1 เป็นตัวป้องกันการต่อแรงดันแบตเตอรี่ผิดขั้ว

วงจรตามรูปที่ 3.7 นี้จะใช้สวิตช์ S_1, S_2 แทนการสั่งงานจาก CPU ให้วงจรทำการเล่นหรืออัดเสียงตามคำสั่ง

3.6 การออกแบบส่วนควบคุม

สำหรับส่วนควบคุมหรือส่วนคอนโทรลเลอร์ (Controller) ของเครื่องทวนสัญญาณวิทยุรับส่งนี้เราใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวตระกูล 51 คือใช้ไอซีเบอร์ 8031 คู่วงจรใช้งานร่วมกับพอร์ต 8255 ได้ดังรูป 3.8

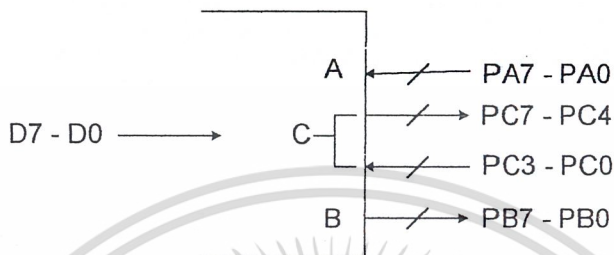
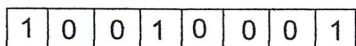


รูปที่ 3.8 วงจรส่วนควบคุมโดยใช้ไอซีเบอร์ 8031 ร่วมกับพอร์ต 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

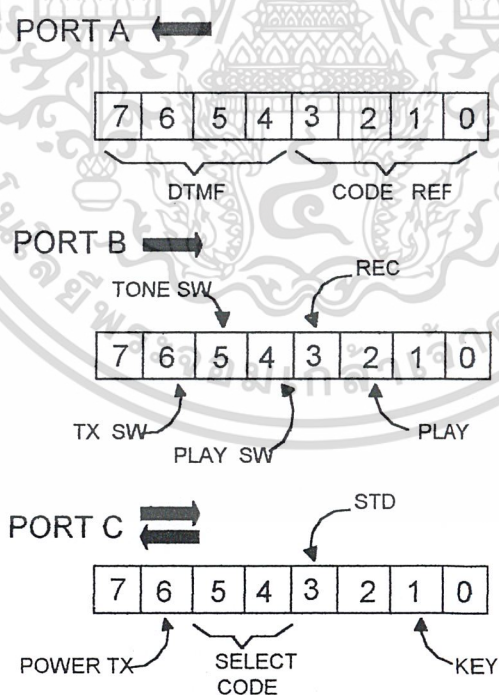
3.6.1 การเชื่อมต่อพอร์ต 8255

control word



รูปที่ 3.9 การเชื่อมต่อพอร์ตของ 8255

พอร์ตต่างๆมีการใช้งานดังนี้



รูปที่ 3.10 การใช้งานของพอร์ตต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 การออกแบบการใช้งานเครื่องทวนสัญญาณวิทยุรับส่ง

1. เริ่มต้นด้วยการกดคีย์ส่งรหัสสัญญาณ DTMF เพื่อเปิดเครื่อง จำนวน 3 ตัว ให้ตรงกับที่ตั้งไว้ที่ภาค CODEREF
2. เมื่อรหัสถูกต้องจะมีเสียงสัญญาณบอกให้ผู้ใช้กดหมายเลข เพื่อเลือกฟังก์ชันการใช้งาน โดยแบ่งเป็น 2 โหมดดังนี้

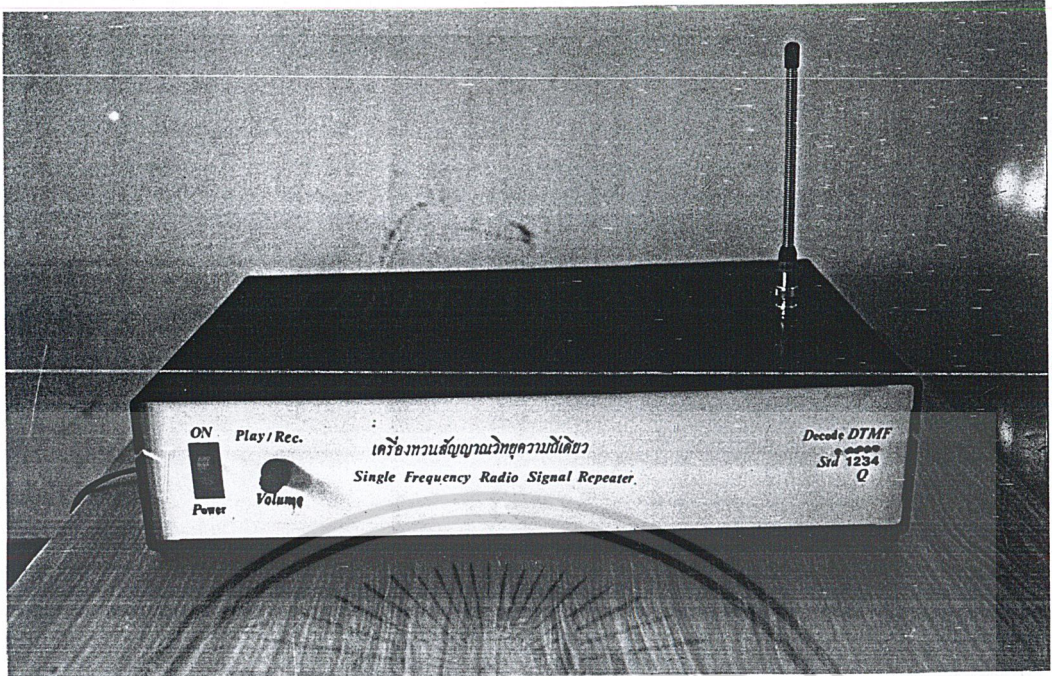
โหมด 0

- กด " 0 " จะได้ยินเสียงสัญญาณดังยาว 1 ครั้ง เพื่อเลือกการทำงานในโหมด 0 ทำงานเป็นรีพีทเตอร์คือทำการบันทึกเสียงแล้วส่งออกอากาศเมื่อได้ยินเสียงข้อความที่ส่งออกอากาศสิ้นสุด จึงกดคีย์พูดต่อไป
- หากต้องการปิดเครื่องกด " # " จะได้ยินเสียงสัญญาณสั้นๆ 3 ครั้ง ก่อนกลับไปเริ่มต้นรับรหัสสัญญาณ DTMF
- หากต้องการเข้าสู่โหมด 1 กด " 1 " จะได้ยินเสียงสัญญาณยาว 1 ครั้ง สั้น 1 ครั้ง แสดงว่าได้เข้าสู่โหมด 1 ซึ่งเป็นโหมดของการฝากข้อความแล้ว
- หากกดเลขอื่นนอกเหนือจากนี้ เครื่องจะส่งสัญญาณเสียง 2 ครั้งแสดงว่ากดเลขผิด (ไม่มีฟังก์ชันการทำงานเลขนั้นให้เลือก)

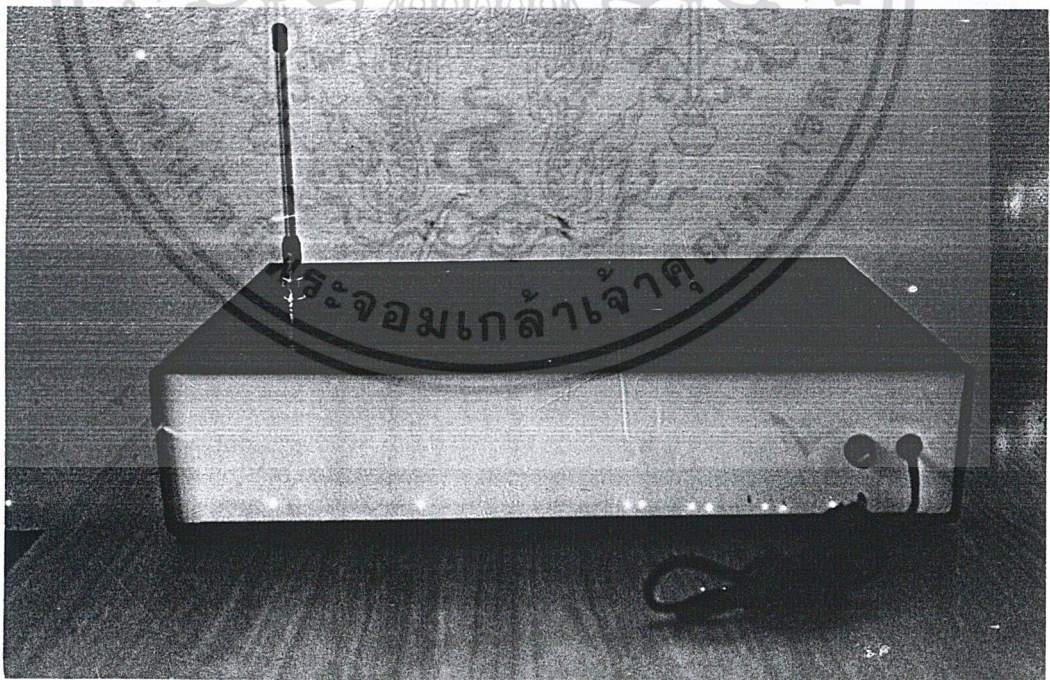
โหมด 1

- กด " 1 " เพื่อเลือกการทำงานในโหมด 1 ทำงานเป็นสถานีฝากข้อความ เมื่อได้ยินเสียงสัญญาณยาว 1 ครั้ง สั้น 1 ครั้ง ให้ทำการกดคีย์เพื่อฝากข้อความได้เลย (ฝากได้ไม่เกิน 20 วินาที) จากนั้นเครื่องจะส่งข้อความออกอากาศ 1 ครั้ง
- กด " # " หากต้องการปิดเครื่อง หลังจากนั้นหากมีใครเปิดเครื่องเข้ามาจะได้ยินข้อความที่ฝากไว้นั้นออกอากาศทันที
- กด " 9 " หากต้องการแก้ไขข้อความที่เพิ่งฝากไป (ต้องยังไม่ปิดเครื่องเมื่อฝากข้อความเสร็จ) เพื่อทำการฝากข้อความใหม่
- กด " * " หากต้องการฟังข้อความซ้ำ
- กด " 5 " เมื่อต้องการยกเลิกข้อความที่ฝากไว้แล้วสามารถไปเลือกโหมด 0 หรือโหมด 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

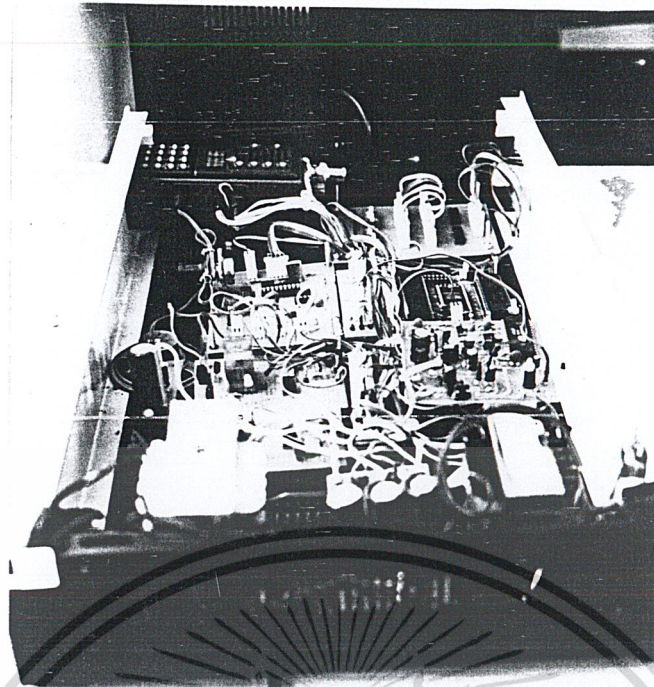


รูปต้นแบบของเครื่องทวนสัญญาณวิทยุความถี่เดียว ด้านหน้าที่ประกอบด้วย สวิตช์เปิด-ปิด เครื่อง, ปุ่มปรับความดัง และหลอดไฟแสดงสถานะการทำงานและรหัส

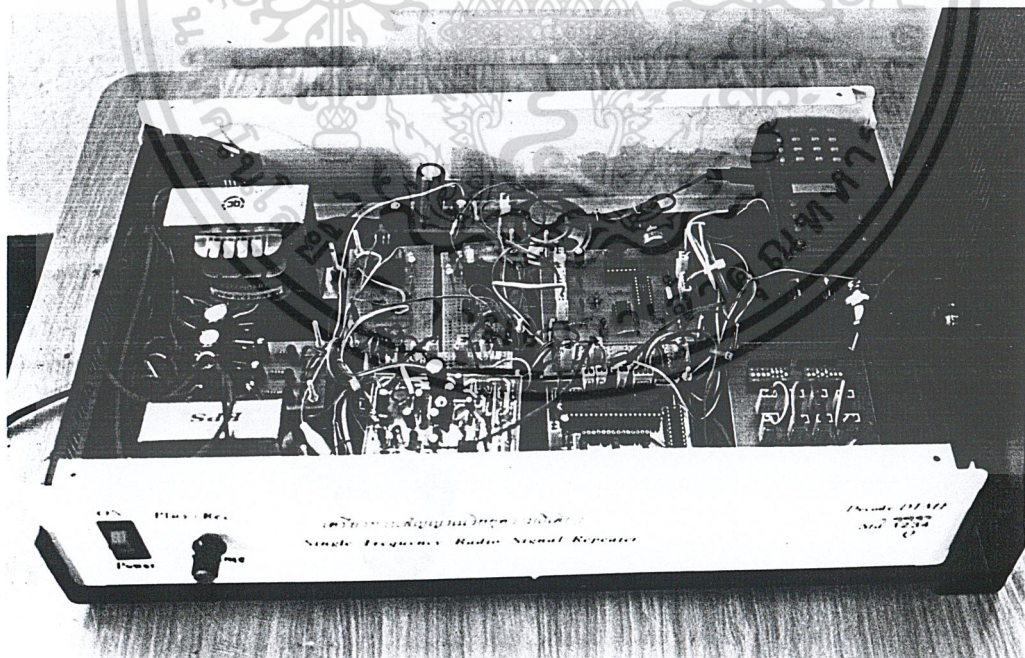


รูปต้นแบบของเครื่องทวนสัญญาณวิทยุความถี่เดียว ด้านหลังที่ประกอบด้วย พิวส์และสาย ปลั๊กไฟกระแสสลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปต้นแบบของเครื่องทวนสัญญาณความถี่เดียว เปิดฝาแสดงวงจรภายใน(1)



รูปต้นแบบของเครื่องทวนสัญญาณความถี่เดียว เปิดฝาแสดงวงจรภายใน(2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

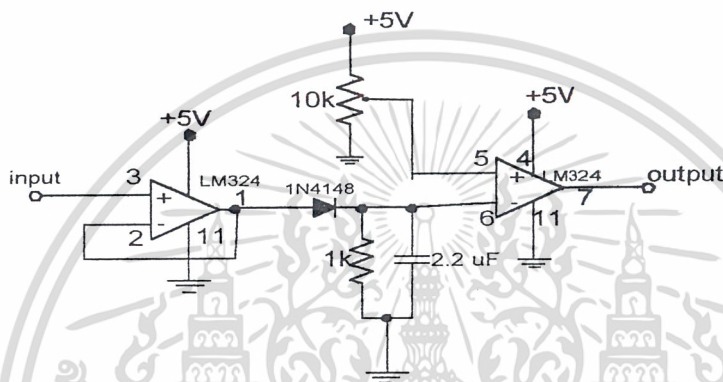
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะทำการทดลอง โดยแบ่งเป็น

การทดลองภาคเชิงการกคดีย

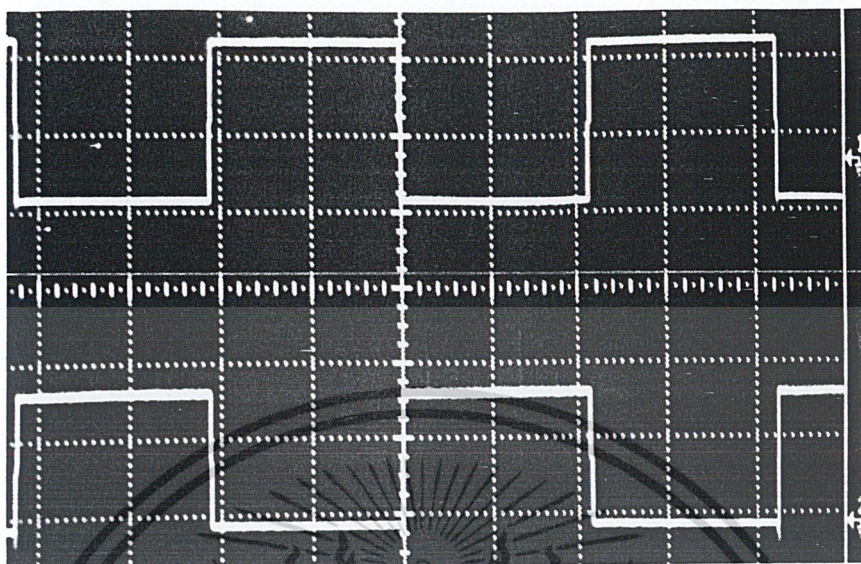
ต่อวงจรตามรูปที่ 4.1



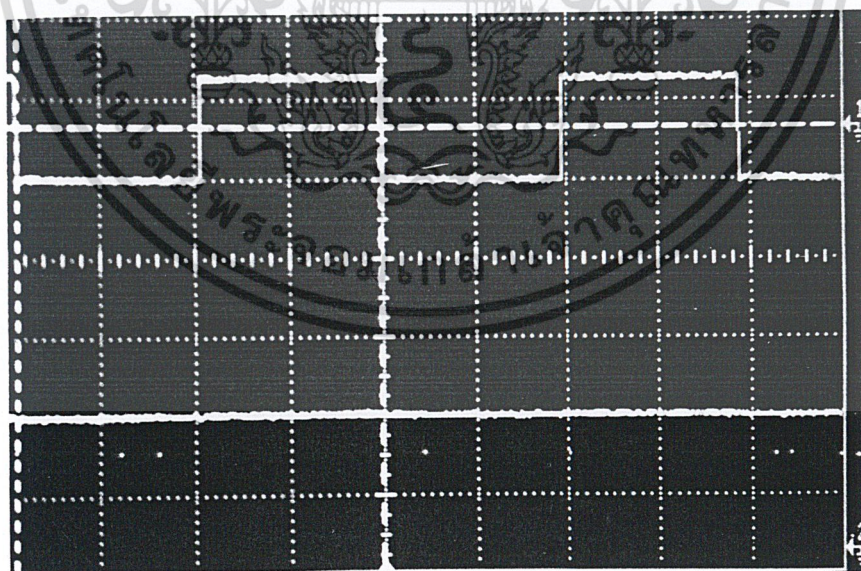
รูปที่ 4.1 วงจรภาคเชิงการกคดีย

ป้อนพัลส์เข้าไปที่ขา 3 ของไอซี LM 324 แล้ววัดสัญญาณเอาต์พุตที่ออกจากขา 7 ของไอซี LM 324 และวัดสัญญาณเปรียบเทียบระหว่างขา 5 กับขา 6 ของไอซี LM 324

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณอินพุตที่เข้าที่ขา 3 ของ LM 324
 ช่องสัญญาณที่ 2 สัญญาณเอาต์พุตที่ออกจากขา 7 ของ LM 324

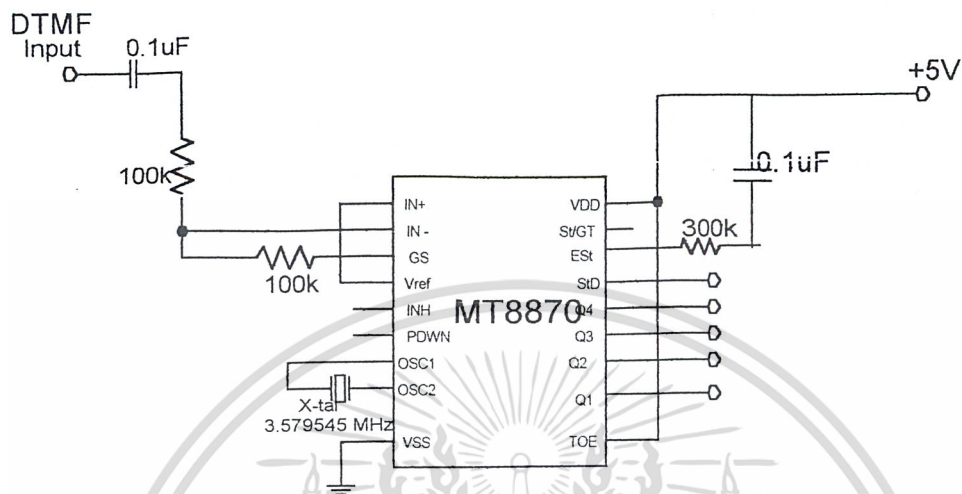


รูปที่ 4.3 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณที่เข้าที่ขา 6 ของไอซี LM 324
 ช่องสัญญาณที่ 2 สัญญาณที่ขา 5 ของไอซี LM 324

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองภาค DECODE DTMF

ต่อวงจรตามรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 วงจรภาคถอดรหัส DTMF

ทำการกดส่งสัญญาณ DTMF ปุ่มใดปุ่มหนึ่ง สังเกตสัญญาณไฟที่ขาSIDและกดส่งสัญญาณ DTMF ของทุกปุ่ม แล้วบันทึกผลลงตาราง สังเกตสัญญาณไฟ

ผลการทดลอง

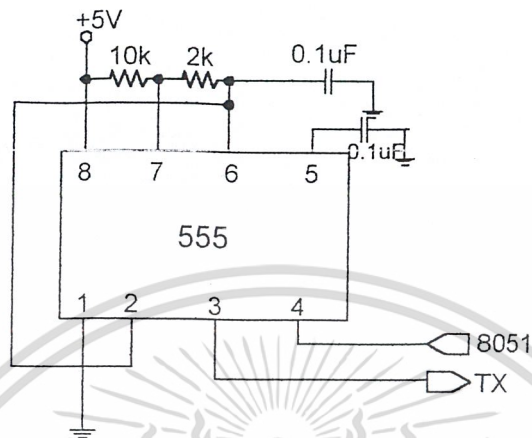
ตารางที่ 4.1 รหัสที่ถอดออกมาได้

NUMBER	O/P			
	Q ₄	Q ₃	Q ₂	Q ₁
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

เมื่อมีการกดปุ่มสัญญาณ DTMF สถานะของขา StD จะเป็น " high " นานเท่ากับเวลาที่เราใช้ในการกดปุ่ม ยิ่งกดปุ่ม DTMF แชนนานเท่าใด LED ที่ขา StD ก็ติดนานเท่านั้น ส่วน LED ที่ติดอยู่กับเอาต์พุต Q₁ - Q₄ เมื่อกดปุ่ม DTMF สัญญาณไฟจะติดและดับแตกต่างกันไปตามที่บันทึกไว้ โดยสัญญาณไฟที่ขา Q₁ - Q₄ จะคงสถานะเดิมจนกว่าจะมีการกดปุ่ม DTMF ตัวใหม่เข้ามา แม้ไม่ได้กดซ้ำไว้ก็ตาม

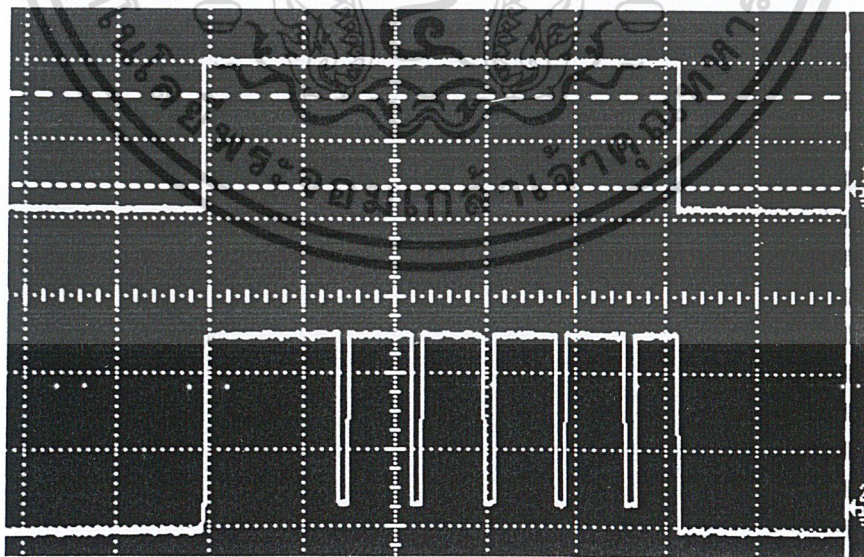
การทดลองภาคกำเนิดสัญญาณเสียง (TONE)

ต่อวงจรตามรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 วงจรภาค TONE

ทำการวัดสัญญาณที่ออกจากขา 3 ของไอซี 555 โดยให้ขา 4 ของไอซี 555 ตอนแรกเป็น high แล้วเปลี่ยนเป็น low



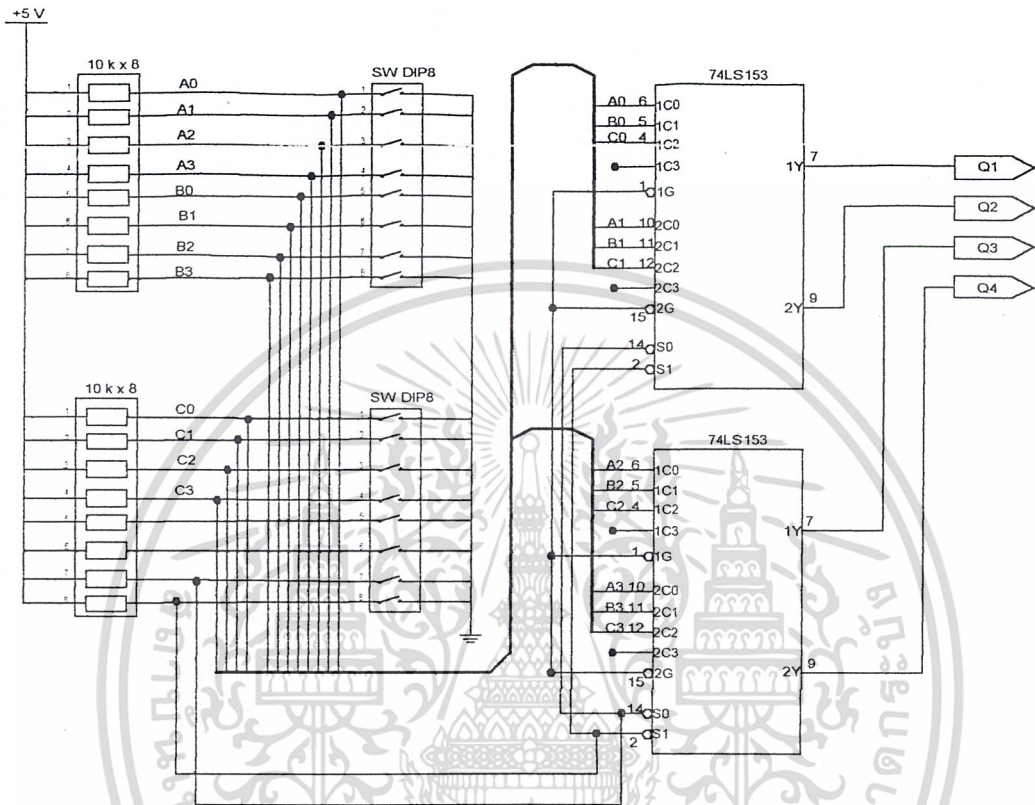
รูปที่ 4.6 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณที่เข้าที่ขา 4 ของไอซี 555

ช่องสัญญาณที่ 2 สัญญาณที่ออกมาจากขา 3 ของไอซี 555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองภาคอ้างอิงรหัส (CODE REF)

ต่อวงจรตามรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 วงจรภาคอ้างอิงรหัส (CODE REF)

ทดลองตั้งรหัส โดยรหัสตัวแรกตั้งที่คิปลิวซ์ตัวที่ 1 ในบิตที่ 1-4 รหัสตัวที่ 2 ตั้งที่บิตที่ 5-8 และรหัสตัวที่ 3 ตั้งที่คิปลิวซ์ตัวที่ 2 ในบิตที่ 1-4 และเซตบิตเลือกรหัสด้วย Code 00, 01 และ 10 จากคิปลิวซ์ตัวที่ 2 บิตที่ 7-8 ที่ละค่า แล้วบันทึกผลค่าเอาท์พุทจากขา 7, 9 ของไอซี 74153 ทั้งสองตัวจนครบ 3 ค่า

เมื่อทดลองตั้งรหัส คิวรหัส 365 โดย

DIP SW₁; 4 บิตแรก = $0011_2 = 3_{10}$ (บิต $A_3 \rightarrow A_0$)

4 บิตหลัง = $0110_2 = 6_{10}$ (บิต $B_3 \rightarrow B_0$)

DIP SW₂; 4 บิตแรก = $0101_2 = 5_{10}$ (บิต $C_3 \rightarrow C_0$)

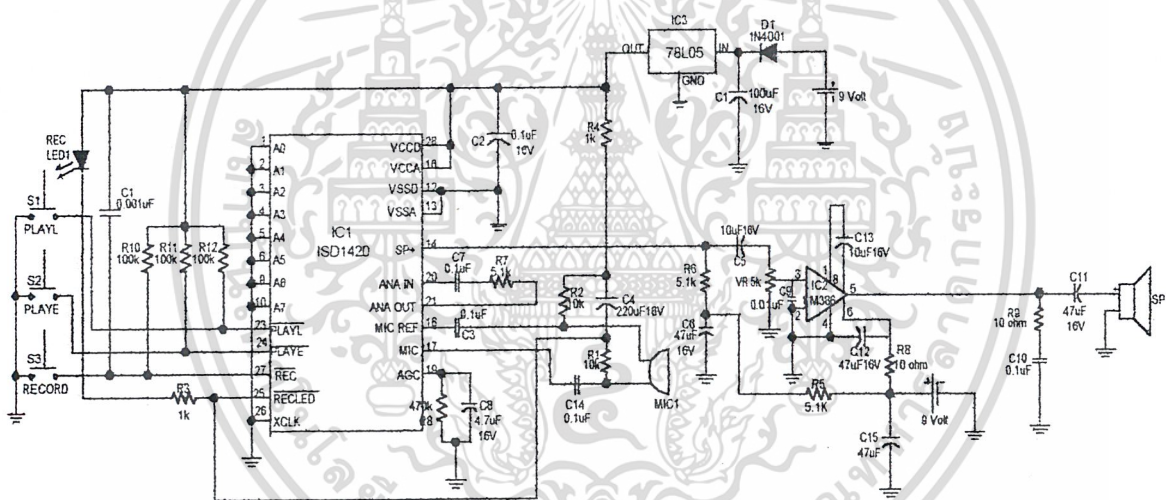
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองที่ได้

SELECT	O/P			
	Q1	Q2	Q3	Q4
0 0	0	0	1	1
0 1	0	1	1	0
1 0	0	1	0	1

การทดลองภาคบันทึกเสียง (REC / PLAY)

ต่อวงจรตามรูปที่ 4.8



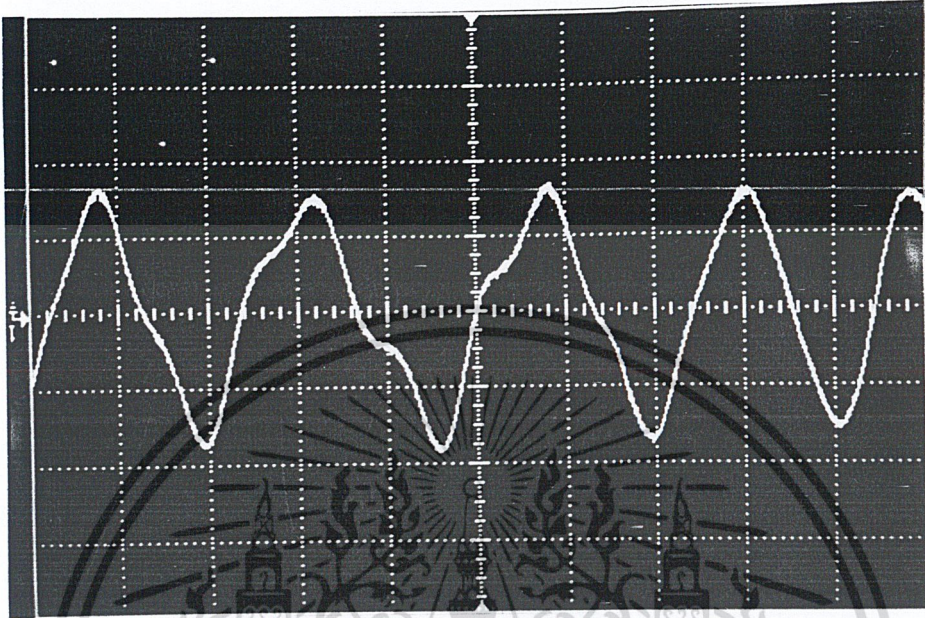
รูปที่ 4.8 วงจรภาค REC / PLAY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองใช้เสียงพูดได้ไมค์ วัดสัญญาณที่เข้าไปในวงจรและสัญญาณที่ออกจากลำโพง

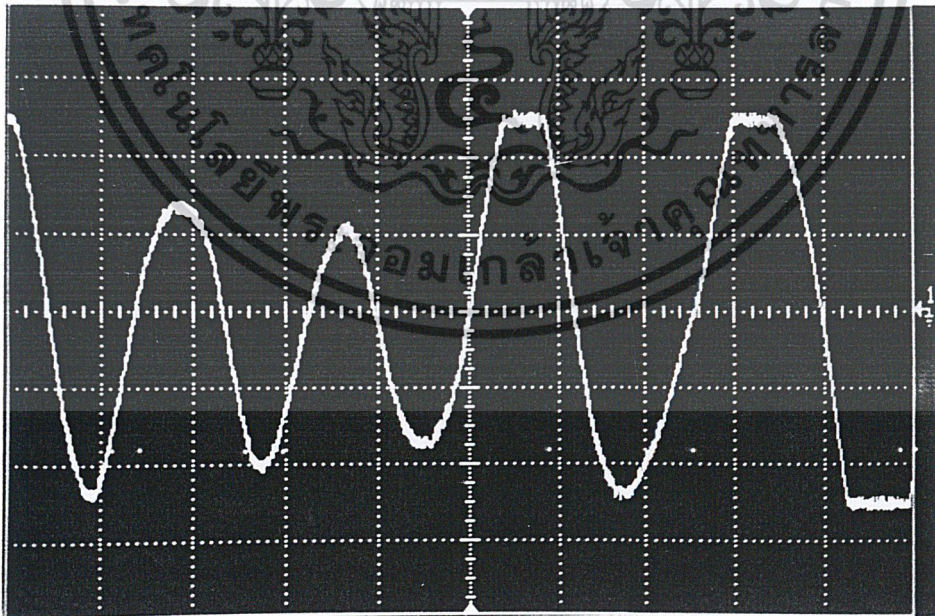
ผลการทดลอง

1)



รูปที่ 4.9 สัญญาณอินพุตของเสียงคำว่า " ก้าว " ที่เข้าไปในวงจรและถูกอัดไว้

2)



รูปที่ 4.10 สัญญาณเอาต์พุตของเสียงคำว่า " ก้าว " ที่ออกมาจากวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 ภาคเช็คการกคคีย์ (CHECK KEY)

การทำงานในภาคนี้จะใช้วงจรตรวจจับระดับแรงดันที่เป็นขั้วบวกกลับเฟส หรืออินอินเวอร์ต โดยมึแรงดันอ้างอิงที่ขา 5 ของไอซี LM 324 มีค่าเท่ากับ 2.802 V. ถ้าหากว่าแรงดันอินพุทที่ขา 6 ของ LM 324 มีค่ามากกว่าแรงดันอ้างอิง เอาท์พุทที่ออกมาจะเป็น Low แต่ถ้าแรงดันอินพุทที่ขา 6 ของ LM 324 มีค่าน้อยกว่าแรงดันอ้างอิง เอาท์พุทที่ออกมาจะเป็น High

จากรูปผลการทดลองในหัวข้อ 4.1 จะเห็นว่า แรงดันอินพุทที่เข้ามาที่ขา 6 ของ LM 324 จะมีลักษณะเป็นพัลส์ โดยมีค่าแรงดันสูงสุด 3.125 โวลต์ และค่าแรงดันต่ำสุด 0 โวลต์ ดังนั้นช่วงที่มีค่าแรงดันสูงสุด (High) เอาท์พุทที่ออกมาจะเป็น 0 โวลต์ (Low) เพราะแรงดัน $0V < 2.802 V$ ช่วงที่มีค่าแรงดันต่ำสุด (Low) เอาท์พุทที่ออกมาจะเป็น 3.313 โวลต์ (High) เพราะแรงดัน $0V < 2.802 V$ ตรงส่วนหน้าของวงจรในภาคนี้ จะมีการใช้บัฟเฟอร์ เพื่อประโยชน์ในการกันชนระหว่างวงจรที่ต้องการเข้าต่อร่วมถึงกัน วงจรบัฟเฟอร์นี้จะให้ค่าความต้านทานอินพุทสูงมาก ดังนั้นเมื่อต่อเป็นโหนดของวงจรอื่น ก็ไม่ทำให้เอาท์พุทของวงจรที่จ่ายแรงดันนั้นตกลงได้ และในทำนองเดียวกันเมื่อนำไปขับวงจรอื่น ก็จะสามารถจ่ายกระแสไปให้วงจรอื่นได้โดยไม่ทำให้ระดับเอาท์พุทของออปแอมป์ตก เนื่องจากออปแอมป์มีค่าความต้านทานเอาท์พุทต่ำมาก

สรุปได้ว่า วงจรในภาคนี้มีหน้าที่ตรวจสอบในการกคคีย์และปล่อยคีย์ของลูกข่าย ที่ต้องการจะติดต่อผ่านเครื่องรีพีทเตอร์นี้ โดยถ้ามีการกคคีย์ อินพุทที่เข้ามาจะเป็น High เอาท์พุทที่ออกจากวงจรนี้จะ เป็น Low แต่ถ้าอยู่ในช่วงปล่อยคีย์ อินพุทที่เข้ามาจะเป็น Low เอาท์พุทที่ออกจากวงจรนี้จะ เป็น High

5.2 ภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF

ในภาคนี้อาศัยการทำงานของไอซี MT8870 ซึ่งมีความสมบูรณ์ในตัว คือได้รหัสที่แตกต่างกัน เมื่อกดปุ่ม DTMF ที่ต่างกัน โดยรหัสที่ได้เมื่อกด DTMF 1-9 จะได้ค่าที่ตรงกับเลขไปนารี 4 บิต (เลขฐานสอง) ส่วนเมื่อกด 0 รหัสจะเป็น 1010,* รหัสคือ 1011 และ # รหัสคือ 1100 ซึ่งไม่เข้ากับเลขฐานสองของ 1-9 เลย โดยในโครงงานนี้ เราจะให้รหัสหลัก 3 ตัว ส่วนตัวที่ 4 ใช้เพื่อเลือกฟังก์ชันการทำงานว่าจะปิดหรือเปิดเครื่องนอกจากนี้ยังมีสัญญาณสโครป (StD) ซึ่งเป็นเสมือนสัญญาณแจ้งให้ทราบว่า มี DTMF เข้ามา จึงนำไปใช้สร้างสัญญาณอินเตอร์รัปให้กับส่วนประมวลผล และใช้เป็นอินพุทในการสร้างสัญญาณในภาค MONO ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ภาคกำเนิดสัญญาณเสียง (TONE)

จากการทดลองในหัวข้อที่ 4.3 จะเห็นว่า เราใช้ไอซี 555 ทำงานในสถานะอะอสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ ซึ่งจะผลิตความถี่ออกมา 1 KHz ที่ขา 3 ของไอซี 555 โดยเอาที่พิกที่ได้จะควบคุมด้วยแรงดันที่ขา 4 อีกที่หนึ่ง คือถ้าแรงดันที่ขา 4 เป็น Low เอาที่พิกก็จะเป็น Low ด้วยสัญญาณที่ออกจากขา 3 ซึ่งถูกควบคุมด้วยขา 4 นี้ จะใช้เป็นสัญญาณ TONE บอกสถานะการปิดเปิดเครื่องรีพีทเตอร์ โดยสถานะที่ขา 4 จะถูกสั่งมาจาก CPU

5.4 ภาคอ้างอิงรหัส (CODE REF)

ในภาคนี้ใช้เป็นส่วนกำหนดรหัสในการปิด-เปิดเครื่อง โดยสามารถเรียกรหัสเหล่านั้น (ที่ตั้งค่าไว้ที่คิปสวิตซ์) เพื่อไปเปรียบเทียบกับรหัสของ DTMF ได้โดยใช้คำสั่งจากส่วนประมวลผลเลือกที่ขา Select (S0, S1) ของไอซี 74153 ทั้งสองตัว โดยเมื่อที่ S1 = 0, S0 = 0 จะ ได้ Code ตัวแรก

S1 = 0, S0 = 1 จะ ได้ Code ตัวที่สอง

S1 = 1, S0 = 0 จะ ได้ Code ตัวที่สาม

แล้วจึงรหัสเข้าไปเปรียบเทียบกับ DTMF ที่ละตัวจนครบ 3 ตัว ซึ่งกำหนดรหัสโดยใช้คิปสวิตซ์จะช่วยให้เราเปลี่ยนแปลงรหัสในการปิด-เปิดเครื่องได้สะดวก เมื่อพบว่ามีบุคคลภายนอกกลุ่มมาใช้เครื่องรีพีทเตอร์โดยไม่ได้รับอนุญาต

5.5 ภาคบันทึกเสียง (REC / PLAY)

ในภาคนี้จะเป็นวงจรอัดเสียงพูด โดยใช้ไอซี ISD 1420 เพื่อทำการอัดข้อความเก็บไว้ และสามารถทวนข้อความซ้ำได้ ซึ่งปราศจากกลไกต่างๆ ในการทำงาน อีกทั้งใช้ร่วมกับ CPU ได้ด้วย ไอซี ISD 1420 นี้เป็นไอซีสำเร็จรูป สามารถบันทึกเสียงได้โดยการเก็บไว้เป็นระดับแรงดันต่างๆ ภายในเซลล์ มีหน่วยความจำแบบ EEPROM ทำงานได้สะดวกสบาย ไม่ต้องต่อกับแรมภายนอกจากการทดลองในหัวข้อที่ 4.5 จะเห็นว่าการให้สัญญาณอินพุตเป็นไซน์เวฟเข้าไปเก็บบันทึกไว้ แล้ววัดสัญญาณเอาต์พุตที่ออกมาก็จะได้สัญญาณไซน์เวฟเช่นเดียวกัน สามารถปรับแอมพลิจูดของสัญญาณเอาต์พุตได้โดยปรับโวลุ่ม

5.6 บทสรุปวิจารณ์

จากการทดลองต่อวงจรทุกภาครวมกัน เพื่อให้เป็นเครื่องทวนสัญญาณความถี่เดียว (144 MHz) นั้น วงจรนี้สามารถทำงานได้ในระดับหนึ่ง แต่ก็ยังมีข้อบกพร่องคือ ที่วงจรเครื่องรับจะมีปัญหาในการรับสัญญาณ เนื่องจากมีสัญญาณรบกวนจากเครื่องส่งในตัวเองวงจรเครื่องทวนสัญญาณความถี่เดียวไปรบกวน อาจแก้ไขโดยการชดด้วงจร หรือโดยการต่อกราวด์ร่วมลงกับตัวเครื่อง และมีแนวทางในการพัฒนา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง

- ทำให้เครื่องปิดเองโดยอัตโนมัติ เพราะอันนี้ต้องกดปุ่ม# เพื่อปิด
- ทำที่ปรับช่องสัญญาณไว้ด้านนอก
- เพิ่มวงจรอัดเสียงพูดสำหรับฝากข้อความ เพื่อเวลาเปิดฟังแล้วข้อความไม่หาย
- ทำให้ คิปสวิทช์ ที่เอาไว้ตั้งรหัสอยู่ข้างนอกกล่องเพื่อจะได้เปลี่ยนรหัสได้ง่าย

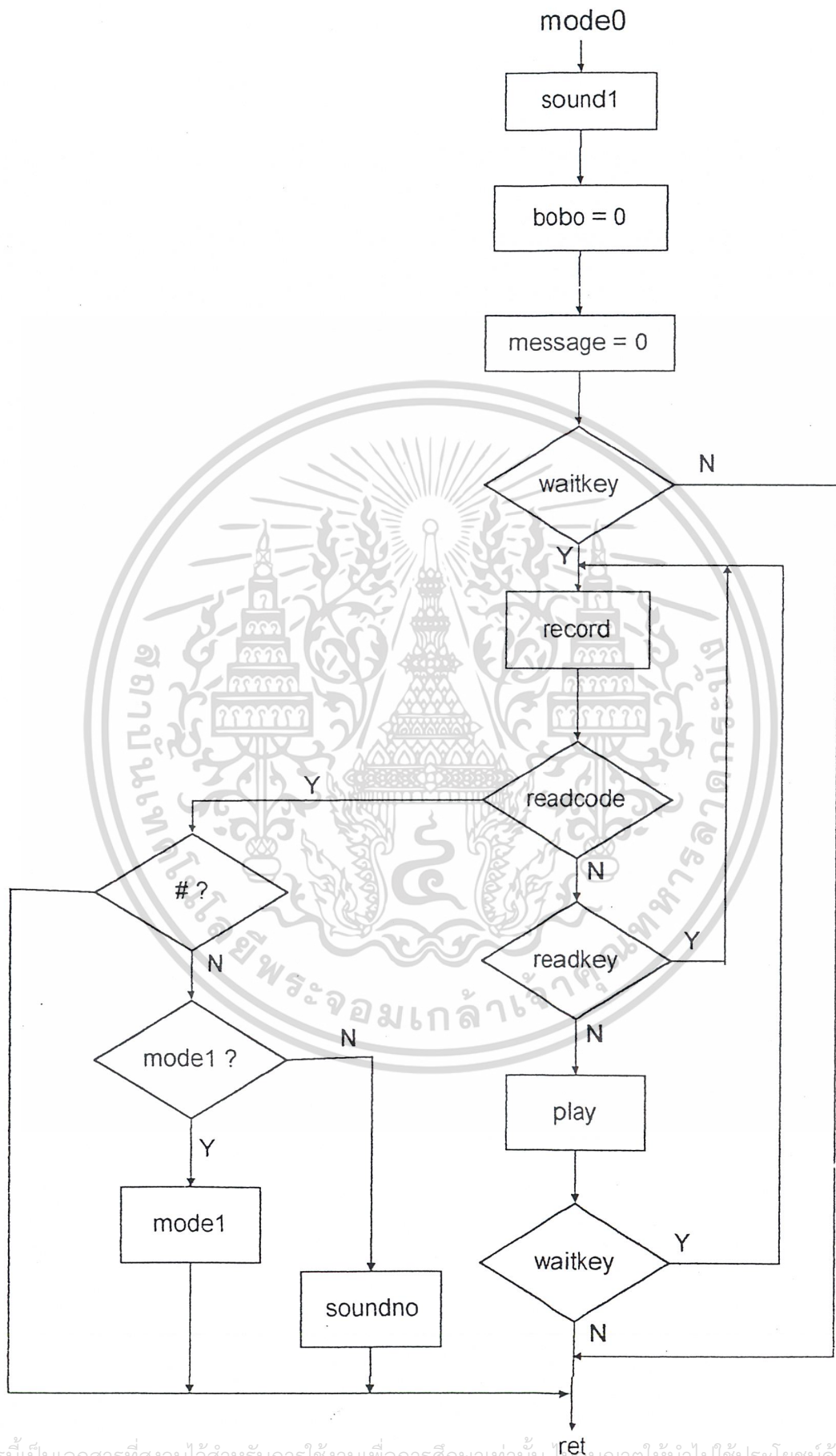


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

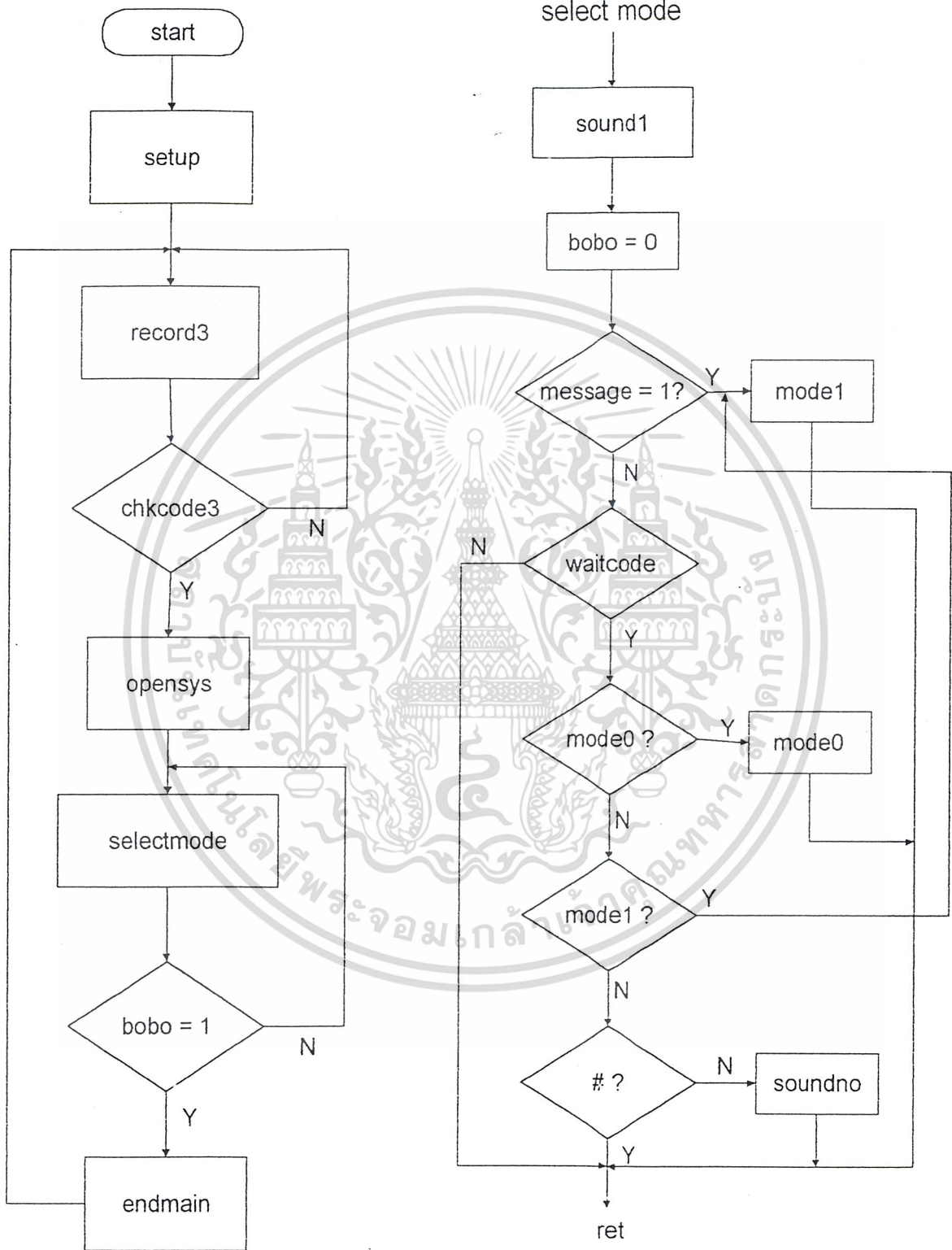


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

main



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

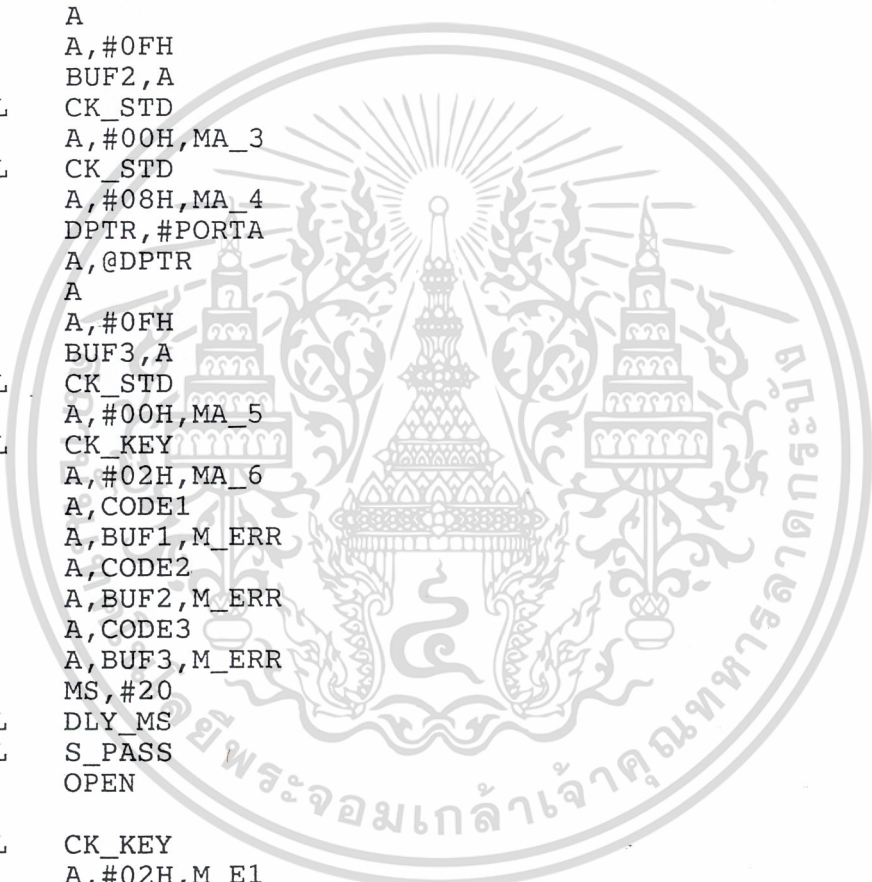

```
ANL A,#0FH
MOV CODE3,A
LCALL S_PASS ;<<<< CODE3
```

```
;-----
MA: LCALL CK_KEY
CJNE A,#00H,MA
MA_0: LCALL CK_STD
CJNE A,#08H,MA_0
MOV DPTR,#PORTA
MOVBX A,@DPTR
SWAP A
ANL A,#0FH
MOV BUF1,A
MA_1: LCALL CK_STD
CJNE A,#00H,MA_1
MA_2: LCALL CK_STD
CJNE A,#08H,MA_2
MOV DPTR,#PORTA
MOVBX A,@DPTR
SWAP A
ANL A,#0FH
MOV BUF2,A
MA_3: LCALL CK_STD
CJNE A,#00H,MA_3
MA_4: LCALL CK_STD
CJNE A,#08H,MA_4
MOV DPTR,#PORTA
MOVBX A,@DPTR
SWAP A
ANL A,#0FH
MOV BUF3,A
MA_5: LCALL CK_STD
CJNE A,#00H,MA_5
MA_6: LCALL CK_KEY
CJNE A,#02H,MA_6
MOV A,CODE1
CJNE A,BUF1,M_ERR
MOV A,CODE2
CJNE A,BUF2,M_ERR
MOV A,CODE3
CJNE A,BUF3,M_ERR
MOV MS,#20
LCALL DLY_MS
LCALL S_PASS
JMP OPEN
M_ERR:
M_E1: LCALL CK_KEY
CJNE A,#02H,M_E1
MOV MS,#20
LCALL DLY_MS
LCALL S_ERR
JMP MA
```

```
;----- SELECT MODE -----
```

```
OPEN: MOV A,STATE
CJNE A,#01,OP1
LCALL SEND
MOV MS,#10
LCALL DLY_MS
LCALL PLAY
MOV A,BUF4
MOV B,#4
MUL AB
MOV MS,A
LCALL DLY_MS
LCALL SEND
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารตัวอย่างสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าการแก้ไขหรือการนำออกจำหน่าย หากมีให้ติดต่อขอแก้ไขเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```

CJNE A,#00H,OP1
OP2: LCALL CK_STD
      CJNE A,#08H,OP2
      MOV DPTR,#PORTA
      MOVX A,@DPTR
      SWAP A
      ANL A,#0FH
      MOV BUFF,A
OP3: LCALL CK_STD
      CJNE A,#00H,OP3
OP4: LCALL CK_KEY
      CJNE A,#02H,OP4
      MOV A,BUFF
      CJNE A,#10,OP5 ;<<< SELECT MODE0 '0 = 10'
      JMP MODE0
OP5: CJNE A,#1,OP_E
      JMP MODE1

OP_E: LCALL CK_KEY
      CJNE A,#02H,OP_E
      MOV MS,#20
      LCALL DLY_MS
      LCALL S_ERR
      JMP OP1

```

;----- MODE 0 -----

```

MODE0: MOV DPTR,#PORTA
        MOVX A,@DPTR
        SWAP A
        ANL A,#0FH
        MOV BUF1,A
        MOV MS,#20
        LCALL DLY_MS
        LCALL S_M0
MO_1:  LCALL CK_KEY
        CJNE A,#00H,MO_1
        LCALL REC
RP_1:  MOV CT_1,#00
        LCALL CK_KEY
        CJNE A,#02H,RP_1
        MOV BUF4,CT_1
        MOV DPTR,#PORTA
        MOVX A,@DPTR
        SWAP A
        ANL A,#0FH
        CJNE A,BUF1,MO_2 ;<<< CHECK DTMF
        MOV BUFF,CT_1
        LCALL SEND
        MOV MS,#10
        LCALL DLY_MS
        LCALL PLAY
        MOV A,BUFF
        MOV B,#4
        MUL AB
        MOV MS,A ;<<<< PLAY TIME
        LCALL DLY_MS
        LCALL SEND
        MOV MS,#2
        LCALL DLY_MS
        LCALL CLS
        JMP MO_1
MO_2:  CJNE A,#1,MO_3 ;<<< CHANGE TO MODE1 '1'
        JMP MODE1
MO_3:  CJNE A,#0CH,MO_E ;<<< CLOSE SYSTEM '#'
        MOV MS,#20
        LCALL DLY_MS
        LCALL S_XT

```

ไม่ว่าการใช้เอกสารนี้ให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LCALL DLY_MS
MOV    S_ERR
LCALL MS,#5
LCALL DLY_MS
JMP    MO_1

```

```

;----- MODE 1 -----

```

```

MODE1:
    MOV    MS,#20
    LCALL  DLY_MS
    LCALL  S_M1

M1_1:
    LCALL  CK_KEY
    CJNE  A,#00H,M1_1
    LCALL  REC
    MOV    CT_1,#00
M1_2:
    LCALL  CK_KEY
    CJNE  A,#02H,M1_2
    MOV    BUF4,CT_1
M1_X:
    LCALL  SEND
    MOV    MS,#10
    LCALL  DLY_MS
    LCALL  PLAY
    MOV    A,BUF4
    MOV    B,#5
    MUL   AB
    MOV    MS,A           ;<<<< PLAY TIME
    LCALL  DLY_MS
    LCALL  SEND
    MOV    MS,#2
    LCALL  DLY_MS
    LCALL  CLS
    MOV    STATE,#01H    ;<<< SET MESSAGE

;-----
M1_3:
    LCALL  CK_KEY
    CJNE  A,#00H,M1_3
M1_4:
    LCALL  CK_STD
    CJNE  A,#08H,M1_4
    MOV    DPTR,#PORTA
    MOVX  A,@DPTR
    SWAP  A
    ANL   A,#0FH
M1_5:
    CJNE  A,#10,M1_6    ;<<< CHANGE TO MODE0 '0'
    JMP    MODE0
M1_6:
    CJNE  A,#0CH,M1_7    ;<<< CLOSE SYSTEM '#'
    MOV    MS,#20
    LCALL  DLY_MS
    LCALL  S_XT
    JMP    MA           ;<< GO TO START POINT
M1_7:
    CJNE  A,#9,M1_8     ;<<< CHANGE MESSAGE '9'
    MOV    MS,#20
    LCALL  DLY_MS
    LCALL  S_PASS
    JMP    M1_1
M1_8:
    CJNE  A,#11,M1_9    ;<<< REPEAT MESSAGE '*'
    JMP    M1_X
M1_9:
    CJNE  A,#5,M1_E     :<<< CANCEL '5'
    MOV    STATE,#00H
    LCALL  REC
    MOV    MS,#5
    LCALL  DLY_MS
    LCALL  CLS
    MOV    MS,#15
    LCALL  DLY_MS
    LCALL  S_PASS

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าการนำเอกสารนี้ไปใช้หรือการดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LCALL S_ERR
MOV MS,#5
LCALL DLY_MS
JMP M1_3
```

```
-----
SUB PROGRAM
-----
```

```
-----
CK KEY -----
```

```
CK_KEY: MOV DPTR,#PORTC
MOVX A,@DPTR
ANL A,#00000010B
RET
```

```
-----
CK STD -----
```

```
CK_STD: MOV DPTR,#PORTC
MOVX A,@DPTR
ANL A,#00001000B
RET
```

```
-----
CONTROL & SOUND
*****
```

```
-----
TX ON -----
```

```
SEND: MOV A,#01000000B
MOV DPTR,#PORTB
MOVX @DPTR,A
RET
```

```
-----
PLAY -----
```

```
PLAY: MOV A,#01010100B
MOV DPTR,#PORTB
MOVX @DPTR,A
RET
```

```
-----
REC -----
```

```
REC: MOV A,#00001000B
MOV DPTR,#PORTB
MOVX @DPTR,A
RET
```

```
-----
TONE -----
```

```
TONE: MOV A,#01100000B
MOV DPTR,#PORTB
MOVX @DPTR,A
RET
```

```
-----
CLEAR ALL -----
```

```
CLS: MOV A,#00H
MOV DPTR,#PORTB
MOVX @DPTR,A
RET
```

```
-----
PASS SIGNAL -----
-----
```

```
S_PASS: LCALL SEND
MOV MS,#10
LCALL DLY_MS
LCALL TONE
MOV MS,#5
LCALL DLY_MS
LCALL SEND
MOV MS,#10
LCALL DLY_MS
LCALL CLS
```

```
-----
ERROR SIGNAL -----
```

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าการ RET ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV     MS,#10
LCALL  DLY_MS
LCALL  TONE
MOV     MS,#2
LCALL  DLY_MS
LCALL  SEND
LCALL  DLY_MS
LCALL  TONE
MOV     MS,#2
LCALL  DLY_MS
LCALL  SEND
MOV     MS,#10
LCALL  DLY_MS
LCALL  CLS
RET

```

----- MODE0 SIGNAL -----

```

S_M0:   LCALL  SEND
        MOV    MS,#10
        LCALL  DLY_MS
        LCALL  TONE
        MOV    MS,#20
        LCALL  DLY_MS
        LCALL  SEND
        MOV    MS,#10
        LCALL  DLY_MS
        LCALL  CLS
        RET

```

----- MODE1 SIGNAL -----

```

S_M1:   LCALL  SEND
        MOV    MS,#10
        LCALL  DLY_MS
        LCALL  TONE
        MOV    MS,#20
        LCALL  DLY_MS
        LCALL  SEND
        MOV    MS,#2
        LCALL  DLY_MS
        LCALL  TONE
        MOV    MS,#2
        LCALL  DLY_MS
        LCALL  SEND
        MOV    MS,#10
        LCALL  DLY_MS
        LCALL  CLS
        RET

```

----- EXIT SIGNAL -----

```

S_XT:   LCALL  SEND
        MOV    MS,#10
        LCALL  DLY_MS
        LCALL  TONE           ;<<< 1
        MOV    MS,#1
        LCALL  DLY_MS
        LCALL  SEND
        MOV    MS,#1
        LCALL  DLY_MS
        LCALL  TONE           ;<<< 2
        MOV    MS,#1
        LCALL  DLY_MS
        LCALL  SEND
        MOV    MS,#1
        LCALL  DLY_MS
        LCALL  TONE           ;<<< 3
        MOV    MS,#1

```

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าการดัดแปลงหรือการนำออกจำหน่ายโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LCALL DLY_ms
RET
```

```
-----
;----- DELAY -----
;-----
```

```
DLY_s: MOV R0,SEC
DLY_s1: MOV R1,#1
DLY_s2: MOV MS,#100
        LCALL DLY_ms
        DJNZ R1,DLY_s2
        DJNZ R0,DLY_s1
        RET
```

```
DLY_ms: MOV R3,MS
DLY_m1: MOV R4,10
DLY_m2: MOV R5,#250
DLY_m3: NOP
        DJNZ R5,DLY_m3
        DJNZ R4,DLY_m2
        DJNZ R3,DLY_m1
        RET
```

```
-----
;***** INTERRUPT SUB *****
;*****
```

```
TO_INT: PUSH ACC
        CLR TRO
        CLR TO
        INC MM
        MOV A,MM
        CJNE A,#10,TO_L2 ;<<<<<<<< time base
        INC CT_1
        MOV MM,#00H
        CPL SIREN
TO_L2:  MOV TH0,#TH
        MOV TLO,#TL
        SETB TRO
        POP ACC
        RETI
```

```
-----
END
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

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

Ordering Information

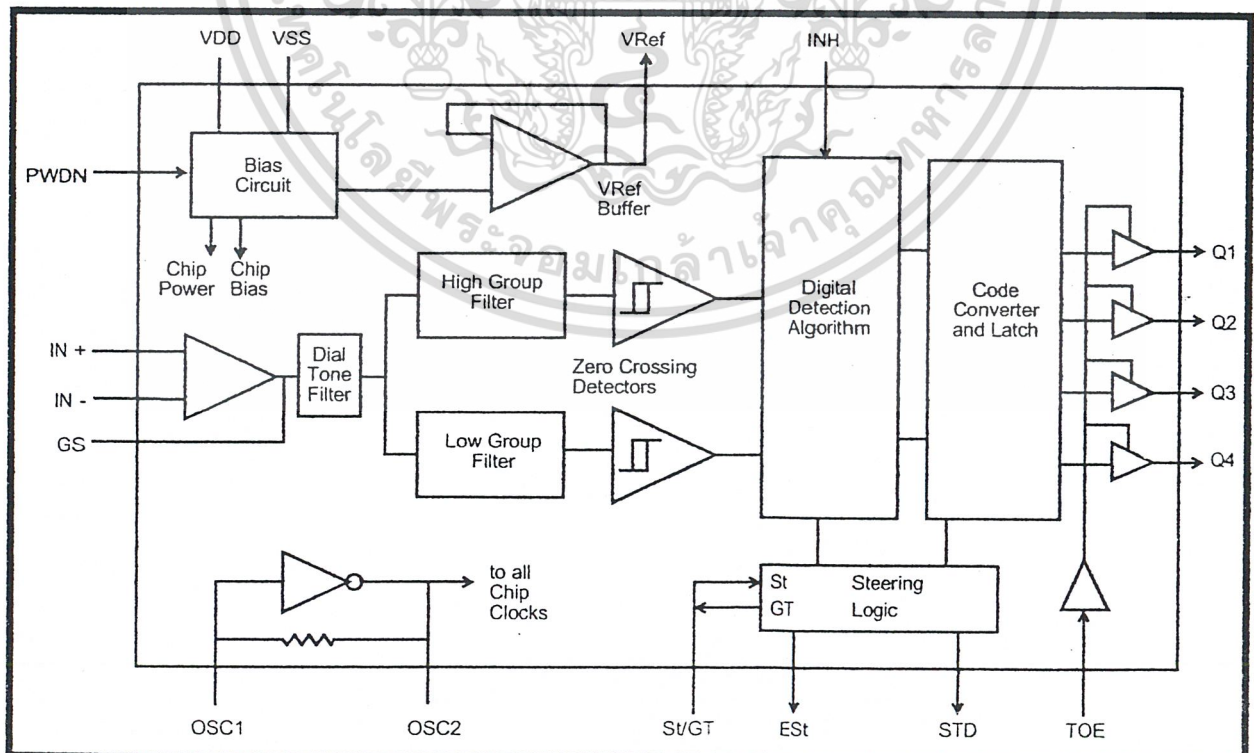
MT8870DE/DE-1	18 Pin Plastic DIP
MT8870DS/DS-1	18 Pin SOIC
MT8870DN/DN-1	20 Pin SSOP
-40 °C to +85 °C	

Description

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

Applications

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


Figure 1 - Functional Block Diagram

MT8870D/MT8870D-1 ISO²-CMOS

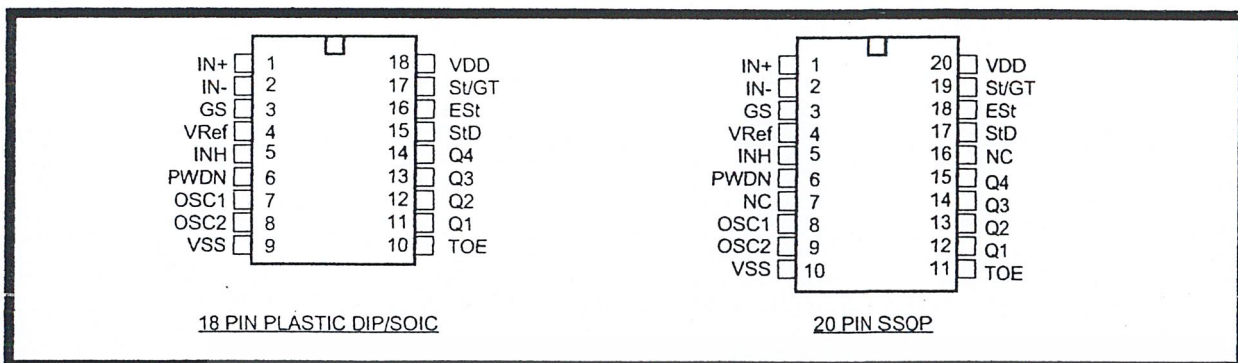


Figure 2 - Pin Connections

Pin Description

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

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

Filter Section

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

Decoder Section

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

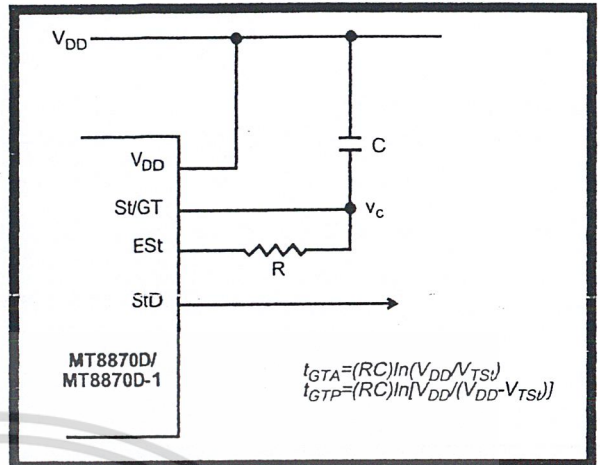


Figure 4 - Basic Steering Circuit

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

Steering Circuit

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

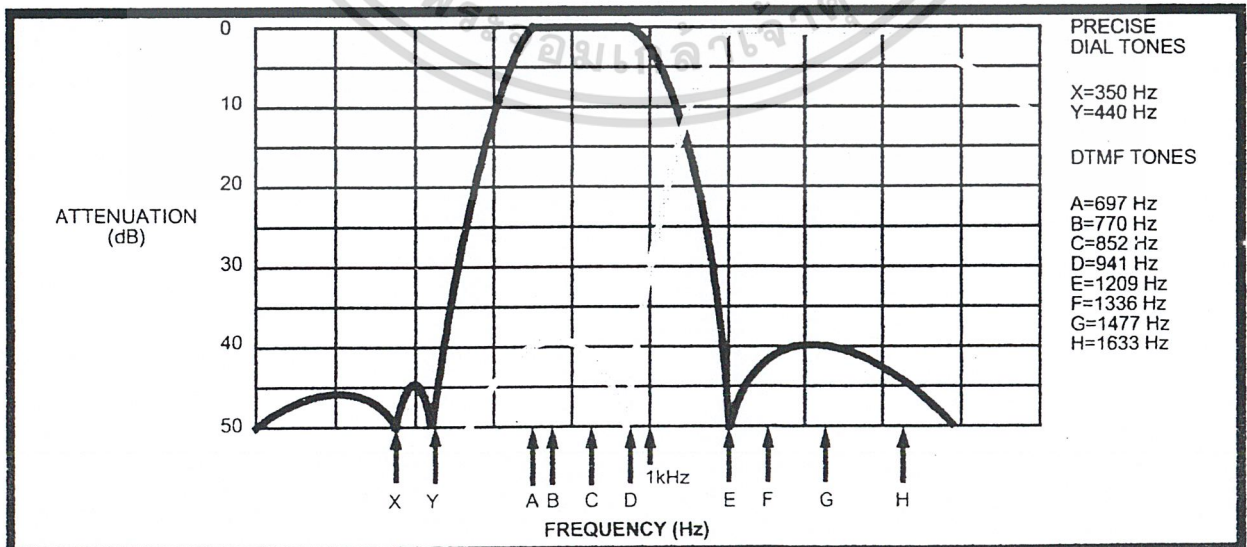


Figure 3 - Filter Response

condition is maintained (EST remains high) for the validation period (t_{GTP}), v_c reaches the threshold (V_{TS1}) of the steering logic to register the tone pair, latching its corresponding 4-bit code (see Table 1) into the output latch. At this point the GT output is activated and drives v_c to V_{DD} . GT continues to drive high as long as EST remains high. Finally, after a short delay to allow the output latch to settle, the delayed steering output flag (StD) goes high, signalling that a received tone pair has been registered. The contents of the output latch are made available on the 4-bit output bus by raising the three state control input (TOE) to a logic high. The steering circuit works in reverse to validate the interdigit pause between signals. Thus, as well as rejecting signals too short to be considered valid, the receiver will tolerate signal interruptions (dropout) too short to be considered a valid pause. This facility, together with the capability of selecting the steering time constants externally, allows the designer to tailor performance to meet a wide variety of system requirements.

Guard Time Adjustment

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

$$t_{REC} = t_{DP} + t_{GTP}$$

$$t_{ID} = t_{DA} + t_{GTA}$$

The value of t_{DP} is a device parameter (see Figure 11) and t_{REC} is the minimum signal duration to be recognized by the receiver. A value for C of 0.1 μ F is

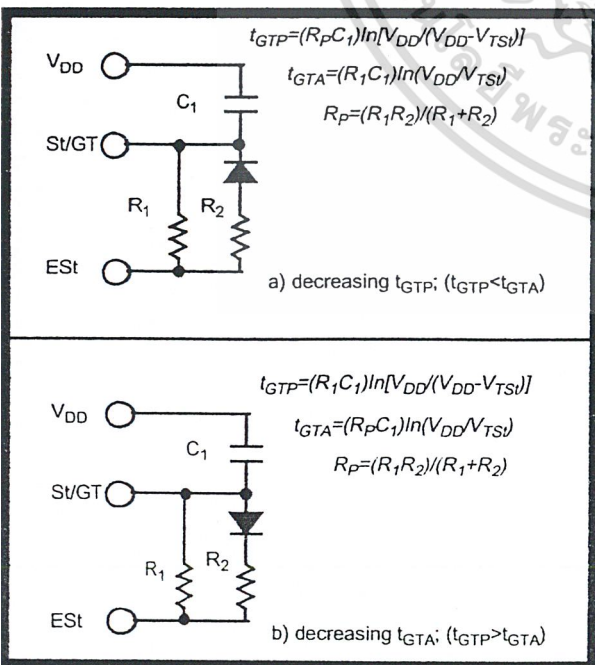


Figure 5 - Guard Time Adjustment

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

Table 1. Functional Decode Table

L=LOGIC LOW, H=LOGIC HIGH, Z=HIGH IMPEDANCE
X = DON'T CARE

recommended for most applications, leaving R to be selected by the designer.

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

Power-down and Inhibit Mode

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

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

Differential Input Configuration

The input arrangement of the MT8870D/MT8870D-1 provides a differential-input operational amplifier as well as a bias source (V_{Ref}) which is used to bias the inputs at mid-rail. Provision is made for connection of a feedback resistor to the op-amp output (GS) for adjustment of gain. In a single-ended configuration, the input pins are connected as shown in Figure 10 with the op-amp connected for unity gain and V_{Ref} biasing the input at $1/2V_{DD}$. Figure 6 shows the differential configuration, which permits the adjustment of gain with the feedback resistor R_5 .

Crystal Oscillator

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

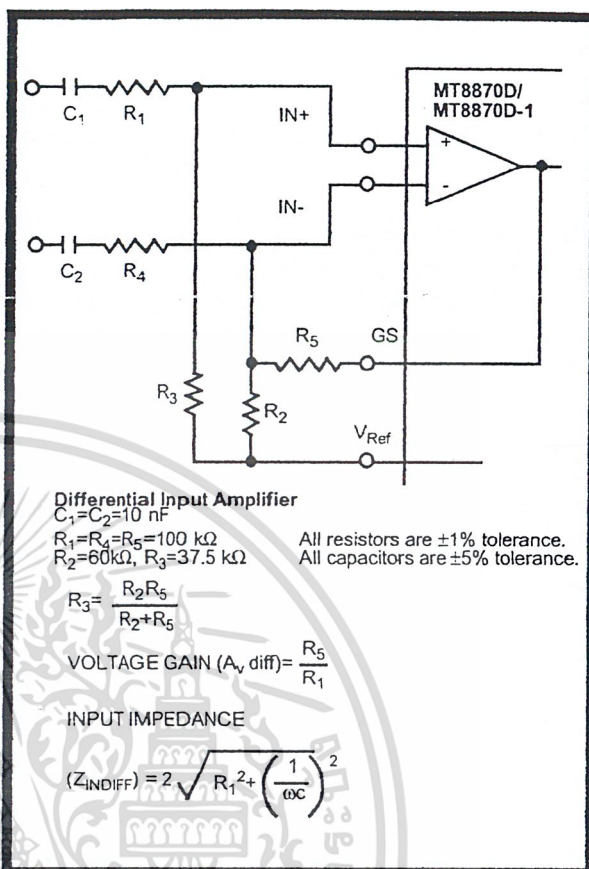


Figure 6 - Differential Input Configuration

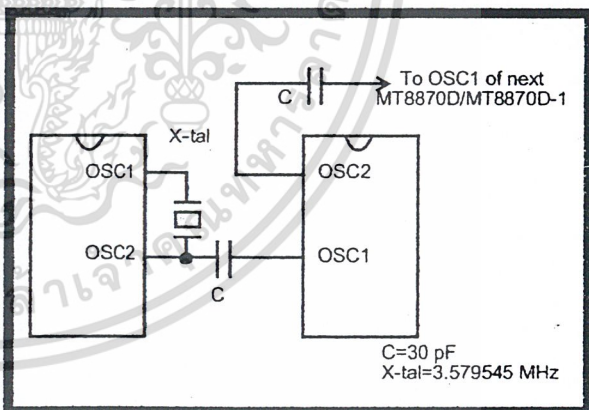


Figure 7 - Oscillator Connection

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

Table 2. Recommended Resonator Specifications

Note: Qm=quality factor of RLC model, i.e., $1/2\pi/R1C1$.

MT8870D/MT8870D-1 ISO²-CMOS

Applications

RECEIVER SYSTEM FOR BRITISH TELECOM SPEC POR 1151

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

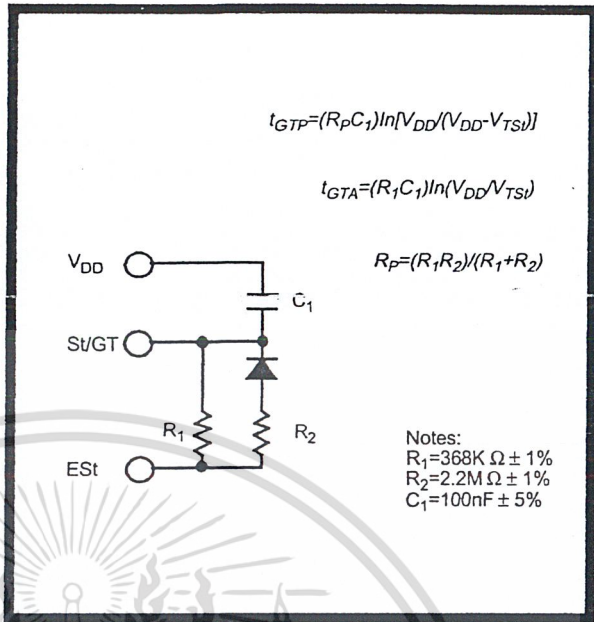
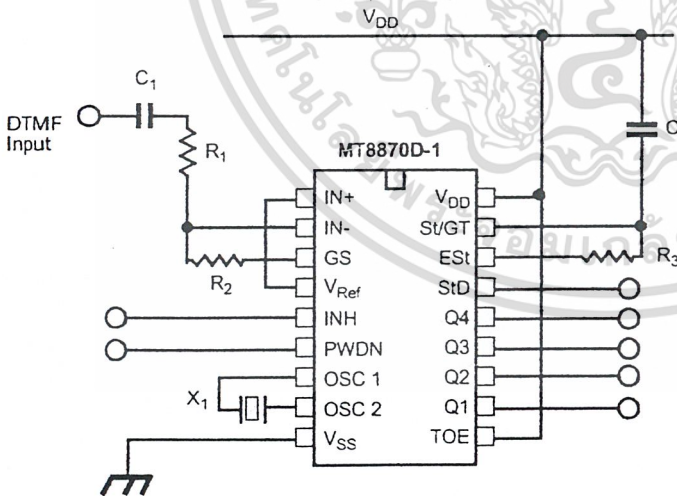


Figure 8 - Non-Symmetric Guard Time Circuit



- NOTES:
 $R_1 = 102K\Omega \pm 1\%$
 $R_2 = 71.5K\Omega \pm 1\%$
 $R_3 = 390K\Omega \pm 1\%$
 $C_1, C_2 = 100 nF \pm 5\%$
 $X_1 = 3.579545 MHz \pm 0.1\%$
 $V_{DD} = 5.0V \pm 5\%$

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings[†]

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

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

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

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

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

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

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

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

MT8870D/MT8870D-1 ISO²-CMOS

Operating Characteristics - $V_{DD}=5.0V\pm 5\%$, $V_{SS}=0V$, $-40^{\circ}C \leq T_O \leq +85^{\circ}C$, unless otherwise stated.
Gain Setting Amplifier

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

MT8870D AC Electrical Characteristics - $V_{DD}=5.0V \pm 5\%$, $V_{SS}=0V$, $-40^{\circ}C \leq T_O \leq +85^{\circ}C$, using Test Circuit shown in Figure 10.

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

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

***NOTES**

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MT8870D-1 AC Electrical Characteristics - $V_{DD}=5.0V\pm 5\%$, $V_{SS}=0V$, $-40^{\circ}C \leq T_O \leq +85^{\circ}C$, using Test Circuit shown in Figure 10.

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

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

***NOTES**

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

MT8870D/MT8870D-1 ISO²-CMOS

AC Electrical Characteristics - $V_{DD}=5.0V\pm 5\%$, $V_{SS}=0V$, $-40^{\circ}C \leq T_o \leq +85^{\circ}C$, using Test Circuit shown in Figure 10.

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

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

***NOTES:**

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

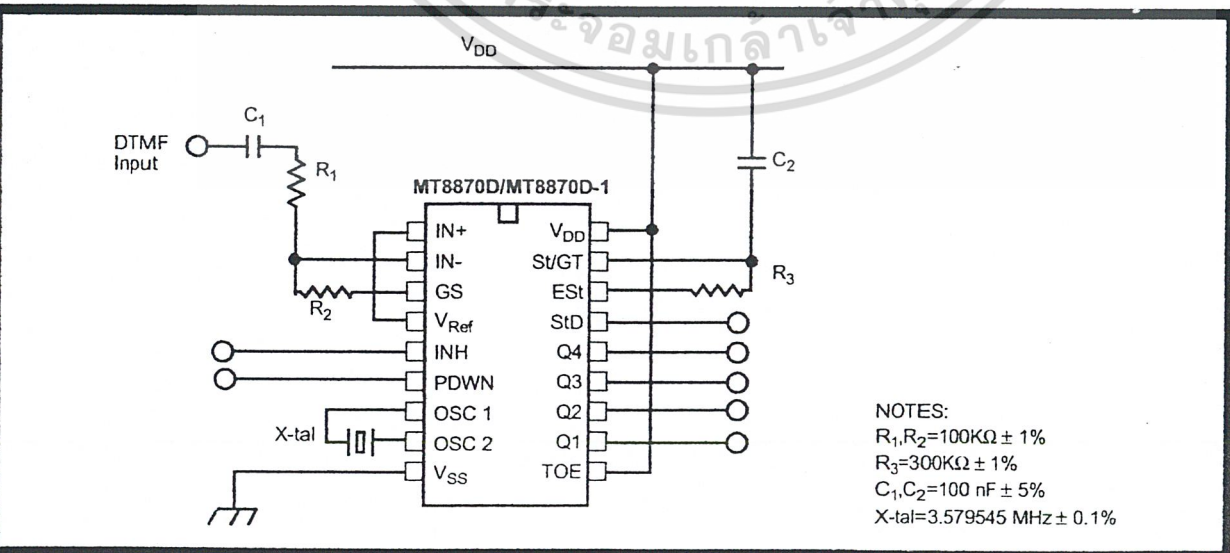
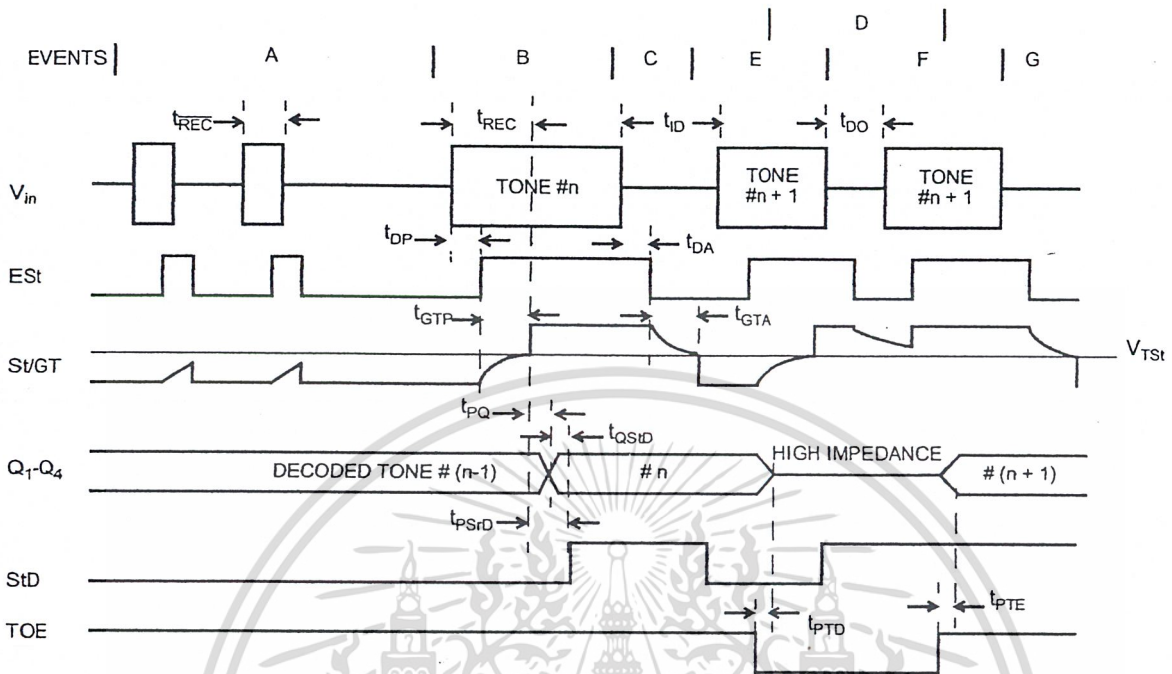


Figure 10 - Single-Ended Input Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



EXPLANATION OF EVENTS

- A) TONE BURSTS DETECTED, TONE DURATION INVALID, OUTPUTS NOT UPDATED.
- B) TONE #n DETECTED, TONE DURATION VALID, TONE DECODED AND LATCHED IN OUTPUTS
- C) END OF TONE #n DETECTED, TONE ABSENT DURATION VALID, OUTPUTS REMIAN LATCHED UNTIL NEXT VALID TONE.
- D) OUTPUTS SWITCHED TO HIGH IMPEDANCE STATE.
- E) TONE #n + 1 DETECTED, TONE DURATION VALID, TONE DECODED AND LATCHED IN OUTPUTS (CURRENTLY HIGH IMPEDANCE).
- F) ACCEPTABLE DROPOUT OF TONE #n + 1, TONE ABSENT DURATION INVALID, OUTPUTS REMAIN LATCHED.
- G) END OF TONE #n + 1 DETECTED, TONE ABSENT DURATION VALID, OUTPUTS REMAIN LATCHED UNTIL NEXT VALID TONE.

EXPLANATION OF SYMBOLS

- V_{in} DTMF COMPOSITE INPUT SIGNAL.
- ESt EARLY STEERING OUTPUT. INDICATES DETECTION OF VALID TONE FREQUENCIES.
- St/GT STEERING INPUT/GUARD TIME OUTPUT. DRIVES EXTERNAL RC TIMING CIRCUIT.
- Q_1-Q_4 4-BIT DECODED TONE OUTPUT.
- StD DELAYED STEERING OUTPUT. INDICATES THAT VALID FREQUENCIES HAVE BEEN PRESENT/ABSENT FOR THE REQUIRED GUARD TIME THUS CONSTITUTING A VALID SIGNAL.
- TOE TONE OUTPUT ENABLE (INPUT). A LOW LEVEL SHIFTS Q_1-Q_4 TO ITS HIGH IMPEDANCE STATE.
- t_{REC} MAXIMUM DTMF SIGNAL DURATION NOT DETECED AS VALID
- t_{REC} MINIMUM DTMF SIGNAL DURATION REQUIRED FOR VALID RECOGNITION
- t_{ID} MAXIMUM TIME BETWEEN VALID DTMF SIGNALS.
- t_{DO} MAXIMUM ALLOWABLE DROP OUT DURING VALID DTMF SIGNAL.
- t_{DP} TIME TO DETECT THE PRESENCE OF VALID DTMF SIGNALS.
- t_{DA} TIME TO DETECT THE ABSENCE OF VALID DTMF SIGNALS.
- t_{GTP} GUARD TIME, TONE PRESENT.
- t_{GTA} GUARD TIME, TONE ABSENT.

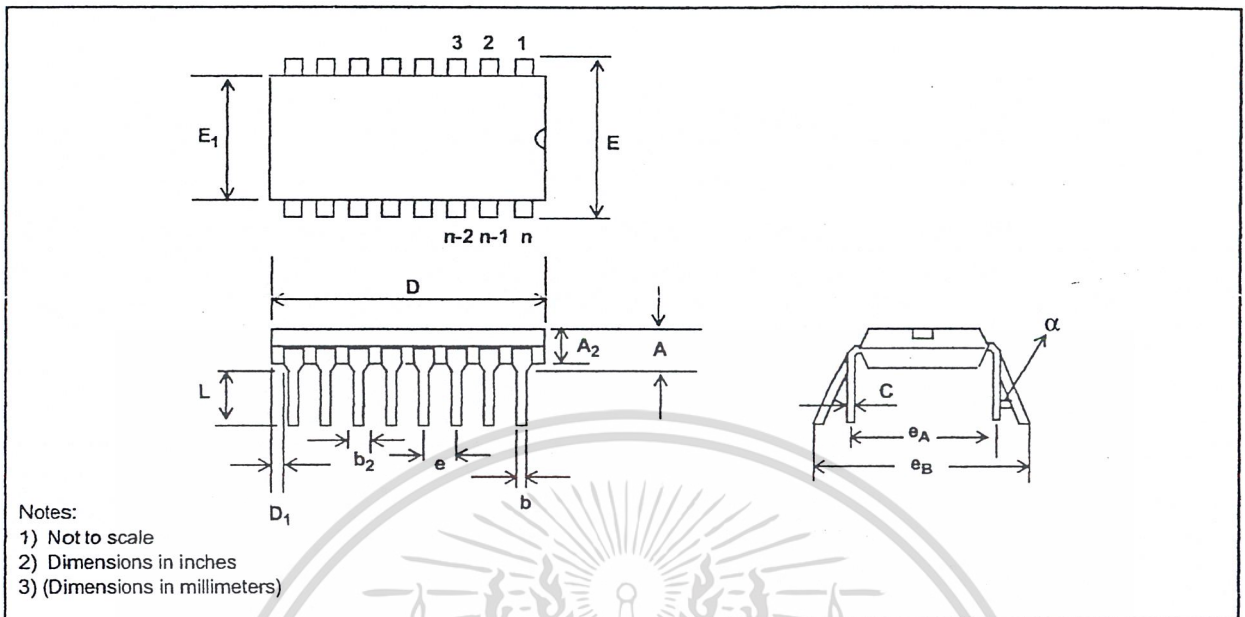
Figure 11 - Timing Diagram

Notes:



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Outlines



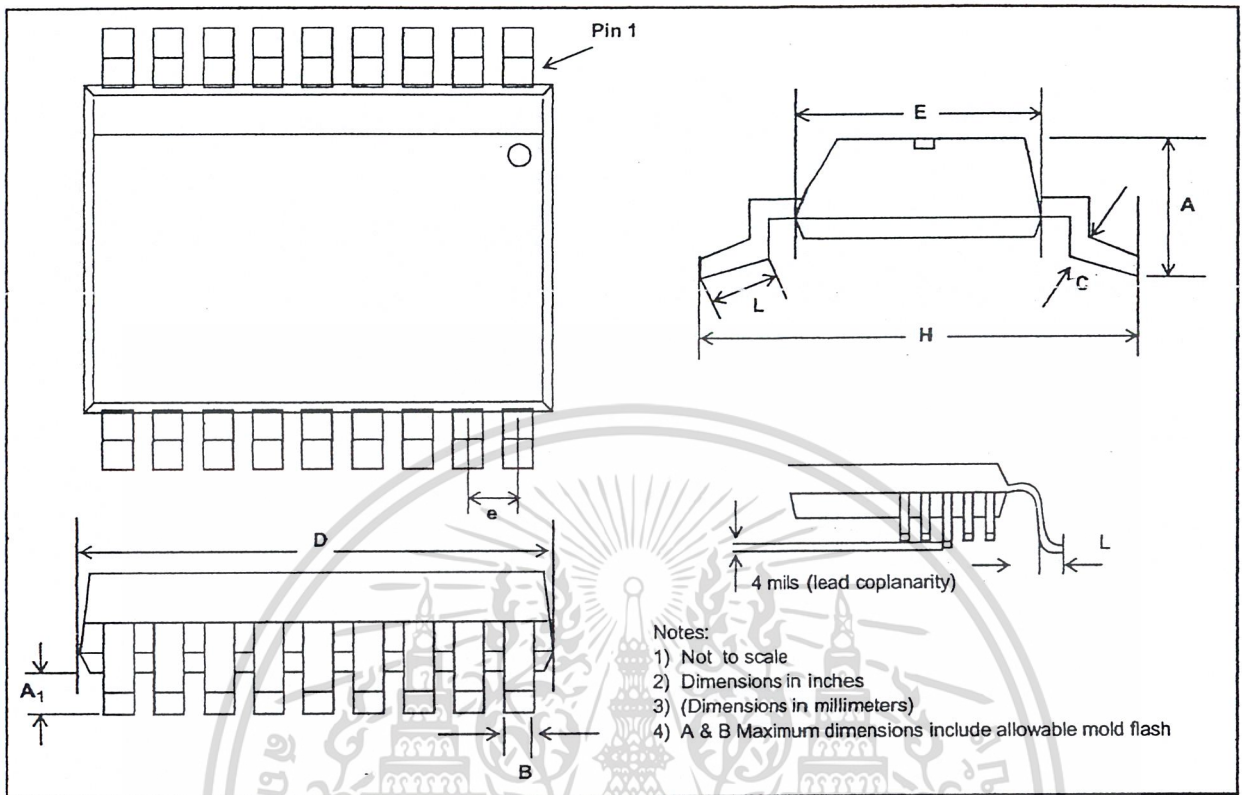
Plastic Dual-In-Line Packages (PDIP) - E Suffix

DIM	22-Pin		24-Pin		28-Pin		40-Pin	
	Plastic		Plastic		Plastic		Plastic	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
A		0.210 (5.33)		0.250 (6.35)		0.250 (6.35)		0.250 (6.35)
A ₂	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)
b	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)
b ₂	0.045 (1.15)	0.070 (1.77)	0.030 (0.77)	0.070 (1.77)	0.030 (0.77)	0.070 (1.77)	0.030 (0.77)	0.070 (1.77)
C	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)
D	1.050 (26.67)	1.120 (28.44)	1.150 (29.3)	1.290 (32.7)	1.380 (35.1)	1.565 (39.7)	1.980 (50.3)	2.095 (53.2)
D ₁	0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)	
E	0.390 (9.91)	0.430 (10.92)	0.600 (15.24)	0.670 (17.02)	0.600 (15.24)	0.670 (17.02)	0.600 (15.24)	0.670 (17.02)
E			0.290 (7.37)	.330 (8.38)				
E ₁	0.330 (8.39)	0.380 (9.65)	0.485 (12.32)	0.580 (14.73)	0.485 (12.32)	0.580 (14.73)	0.485 (12.32)	0.580 (14.73)
E ₁			0.246 (6.25)	0.254 (6.45)				
e	0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)	
e _A	0.400 BSC (10.16)		0.600 BSC (15.24)		0.600 BSC (15.24)		0.600 BSC (15.24)	
e _A			0.300 BSC (7.62)					
e _B				0.430 (10.92)				
L	0.115 (2.93)	0.160 (4.06)	0.115 (2.93)	0.200 (5.08)	0.115 (2.93)	0.200 (5.08)	0.115 (2.93)	0.200 (5.08)
α		15°		15°		15°		15°

Shaded areas for 300 Mil Body Width 24 PDIP only

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Outlines

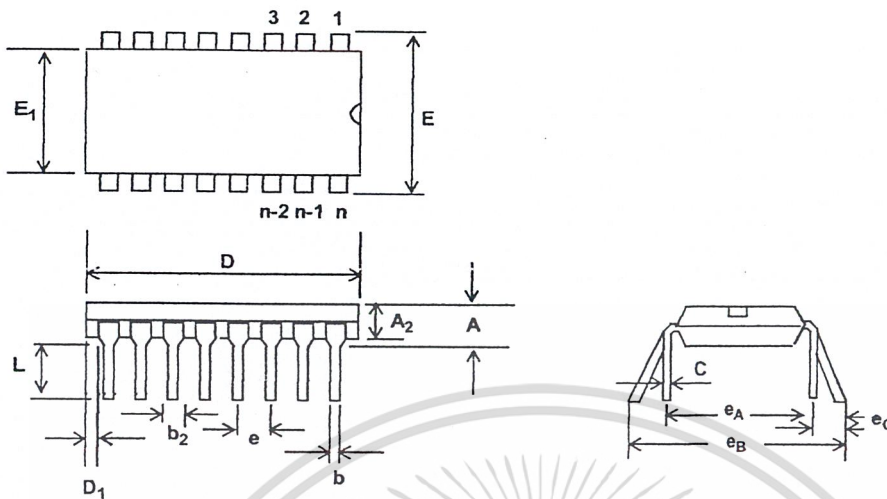


DIM	16-Pin		18-Pin		20-Pin		24-Pin		28-Pin	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
A	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)
A ₁	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)
B	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)	0.013 (0.33)	0.030 (0.51)	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)
C	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)
D	0.398 (10.1)	0.413 (10.5)	0.447 (11.35)	0.4625 (11.75)	0.496 (12.60)	0.512 (13.00)	0.5985 (15.2)	0.614 (15.6)	0.697 (17.7)	0.7125 (18.1)
E	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)
e	0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)	
H	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)
L	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)

Lead SOIC Package - S Suffix

NOTES: 1. Controlling dimensions in parenthesis () are in millimeters.
2. Converted inch dimensions are not necessarily exact.

Package Outlines



- Notes:
 1) Not to scale
 2) Dimensions in inches
 3) (Dimensions in millimeters)

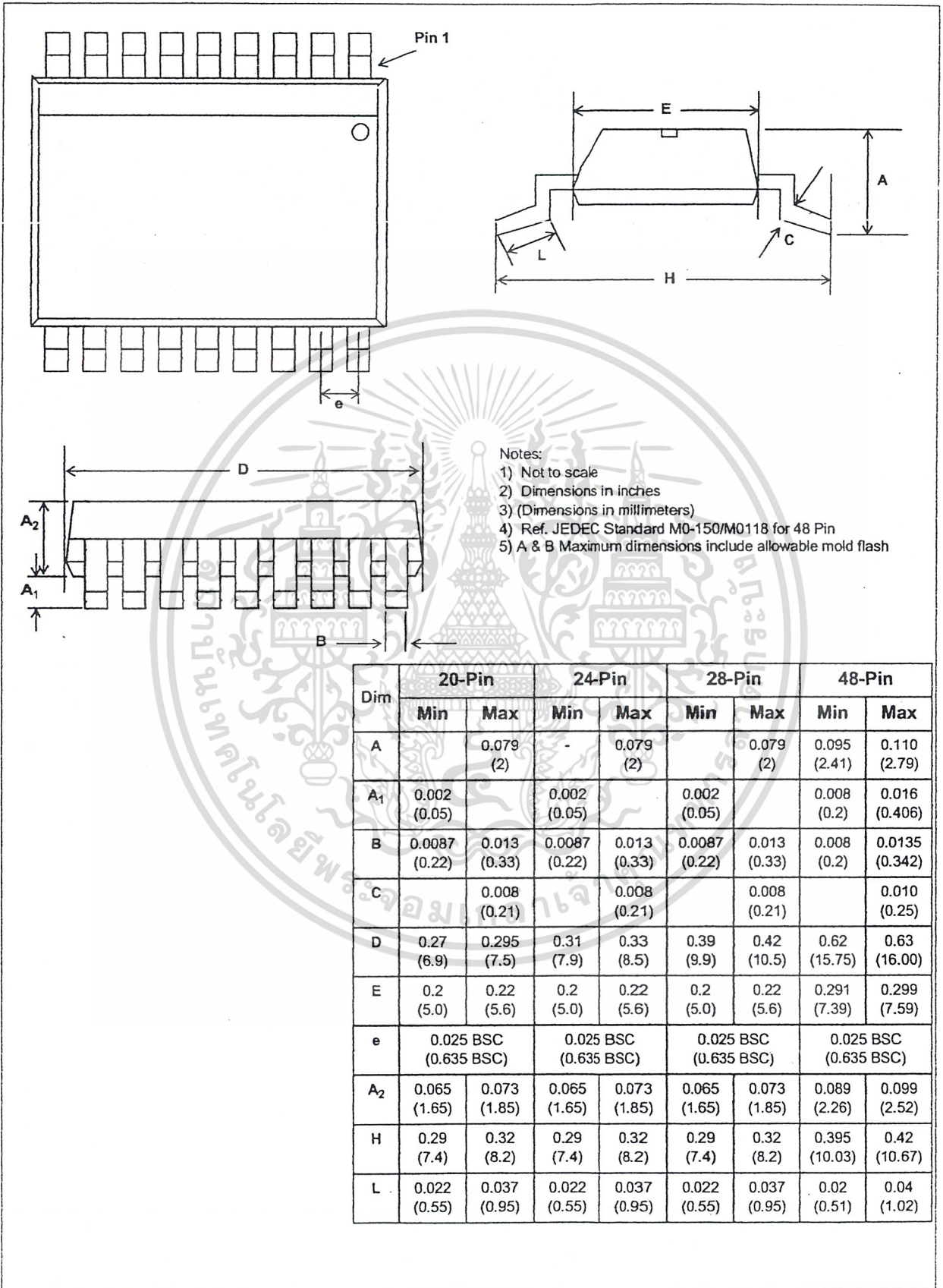
Plastic Dual-In-Line Packages (PDIP) - E Suffix

DIM	8-Pin		16-Pin		18-Pin		20-Pin	
	Plastic		Plastic		Plastic		Plastic	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
A		0.210 (5.33)	0.210 (5.33)	0.210 (5.33)	0.210 (5.33)	0.210 (5.33)	0.210 (5.33)	0.210 (5.33)
A ₂	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)
b	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)
b ₂	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)
C	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)
D	0.355 (9.02)	0.400 (10.16)	0.780 (19.81)	0.800 (20.32)	0.880 (22.35)	0.920 (23.37)	0.980 (24.89)	1.060 (26.9)
D ₁	0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)	
E	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)
E ₁	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)
e	0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)	
e _A	0.300 BSC (7.62)		0.300 BSC (7.62)		0.300 BSC (7.62)		0.300 BSC (7.62)	
L	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)
e _B		0.430 (10.92)		0.430 (10.92)		0.430 (10.92)		0.430 (10.92)
e _C	0	0.060 (1.52)	0	0.060 (1.52)	0	0.060 (1.52)	0	0.060 (1.52)

NOTE: Controlling dimensions in parenthesis () are in millimeters.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Outlines



Small Shrink Outline Package (SSOP) - N Suffix

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



<http://www.zarlink.com>

World Headquarters - Canada

Tel: +1 (613) 592 0200
Fax: +1 (613) 592 1010

North America - West Coast

Tel: (858) 675-3400
Fax: (858) 675-3450

North America - East Coast

Tel: (978) 322-4800
Fax: (978) 322-4888

Asia/Pacific

Tel: +65 333 6193
Fax: +65 333 6192

**Europe, Middle East,
and Africa (EMEA)**

Tel: +44 (0) 1793 518528
Fax: +44 (0) 1793 518581

Information relating to products and services furnished herein by Mitel Corporation trading as Zarlink Semiconductor or its subsidiaries (collectively Zarlink) is believed to be reliable. However, Zarlink assumes no liability for errors that may appear in this publication, or for liability otherwise arising from the application or use of any such information, product or service or for any infringement of patents or other intellectual property rights owned by third parties which may result from such application or use. Neither the supply of such information or purchase of product or service conveys any license, either express or implied, under patents or other intellectual property rights owned by Zarlink or licensed from third parties by Zarlink, whatsoever. Purchasers of products are also hereby notified that the use of product in certain ways or in combination with Zarlink, or non-Zarlink furnished goods or services may infringe patents or other intellectual property rights owned by Zarlink.

This publication is issued to provide information only and (unless agreed by Zarlink in writing) may not be used, applied or reproduced for any purpose nor form part of any order or contract nor to be regarded as a representation relating to the products or services concerned. The products, their specifications, services and other information appearing in this publication are subject to change by Zarlink without notice. No warranty or guarantee express or implied is made regarding the capability, performance or suitability of any product or service. Information concerning possible methods of use is provided as a guide only and does not constitute any guarantee that such methods of use will be satisfactory in a specific piece of equipment. It is the user's responsibility to fully determine the performance and suitability of any equipment using such information and to ensure that any publication or data used is up to date and has not been superseded. Manufacturing does not necessarily include testing of all functions or parameters. These products are not suitable for use in any medical products whose failure to perform may result in significant injury or death to the user. All products and materials are sold and services provided subject to Mitel Corporation's conditions of sale which are available on request.

Purchase of Zarlink's I²C components conveys a licence under the Philips I²C Patent rights to use these components in an I²C System, provided that the system conforms to the I²C Standard Specification as defined by Philips

Zarlink Semiconductor and the logo are trademarks of Mitel Corporation.
Copyright 2001, Mitel Corporation. All Rights Reserved.

Mitel, M Mitel and other "Mitel" licensed marks are owned by Mitel Networks Corporation and used under license.

TECHNICAL DOCUMENTATION - NOT FOR RESALE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM386 Low Voltage Audio Power Amplifier

General Description

The LM386 is a power amplifier designed for use in low voltage consumer applications. The gain is internally set to 20 to keep external part count low, but the addition of an external resistor and capacitor between pins 1 and 8 will increase the gain to any value from 20 to 200.

The inputs are ground referenced while the output automatically biases to one-half the supply voltage. The quiescent power drain is only 24 milliwatts when operating from a 6 volt supply, making the LM386 ideal for battery operation.

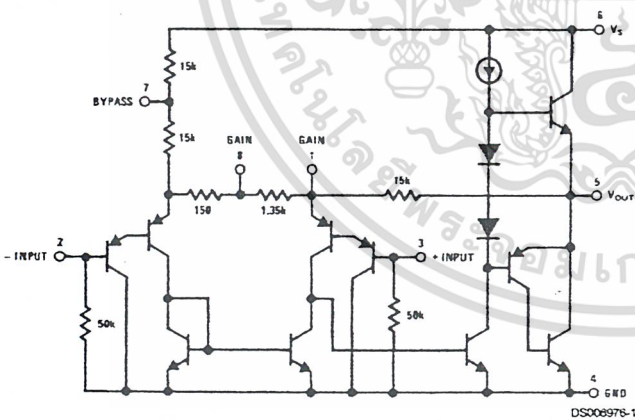
Features

- Battery operation
- Minimum external parts
- Wide supply voltage range: 4V–12V or 5V–18V
- Low quiescent current drain: 4mA
- Voltage gains from 20 to 200
- Ground referenced input
- Self-centering output quiescent voltage
- Low distortion: 0.2% ($A_v = 20$, $V_s = 6V$, $R_L = 8\Omega$, $P_O = 125mW$, $f = 1kHz$)
- Available in 8 pin MSOP package

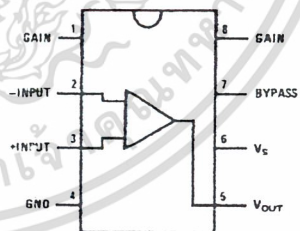
Applications

- AM-FM radio amplifiers
- Portable tape player amplifiers
- Intercoms
- TV sound systems
- Line drivers
- Ultrasonic drivers
- Small servo drivers
- Power converters

Equivalent Schematic and Connection Diagrams

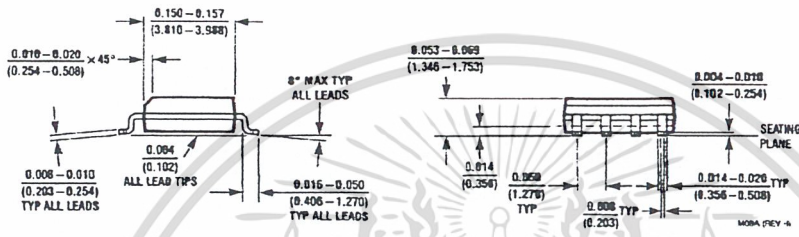
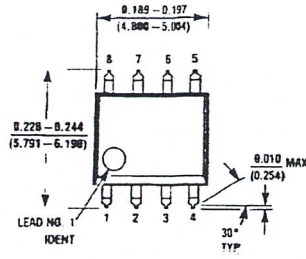


Small Outline,
Molded Mini Small Outline,
and Dual-In-Line Packages

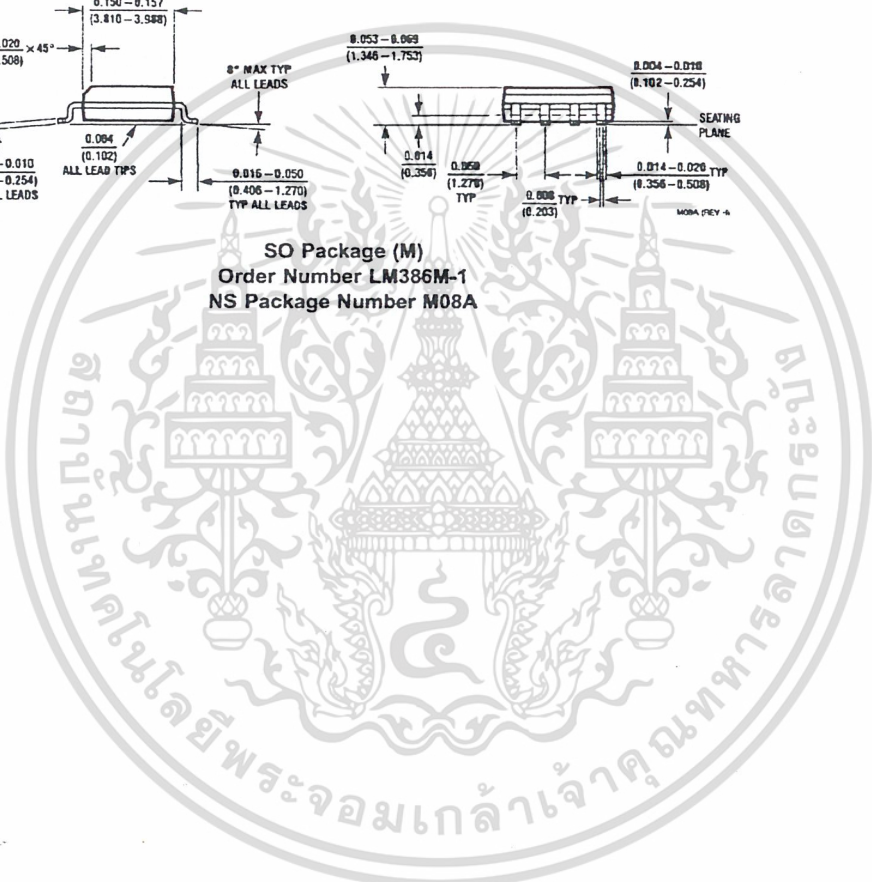


Top View
Order Number LM386M-1,
LM386MM-1, LM386N-1,
LM386N-3 or LM386N-4
See NS Package Number
M08A, MUA08A or N08E

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted

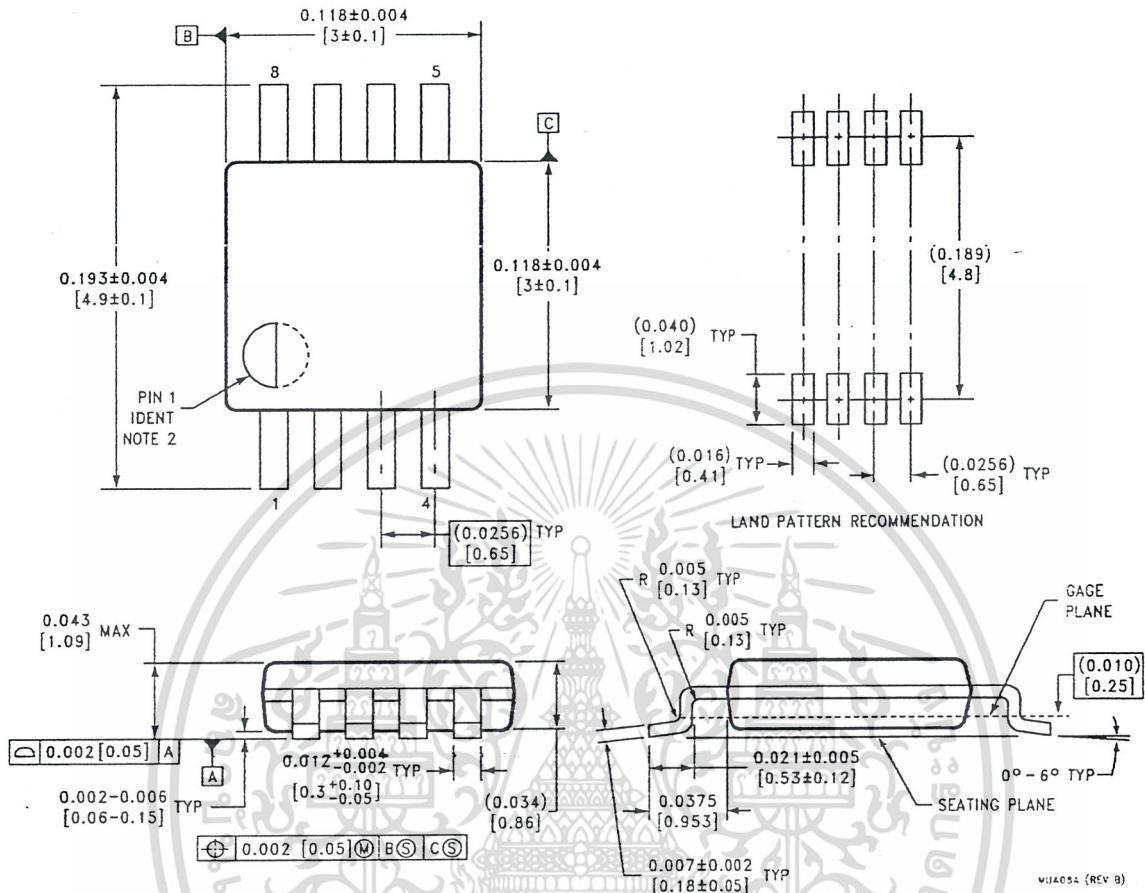


SO Package (M)
 Order Number LM386M-1
 NS Package Number M08A



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

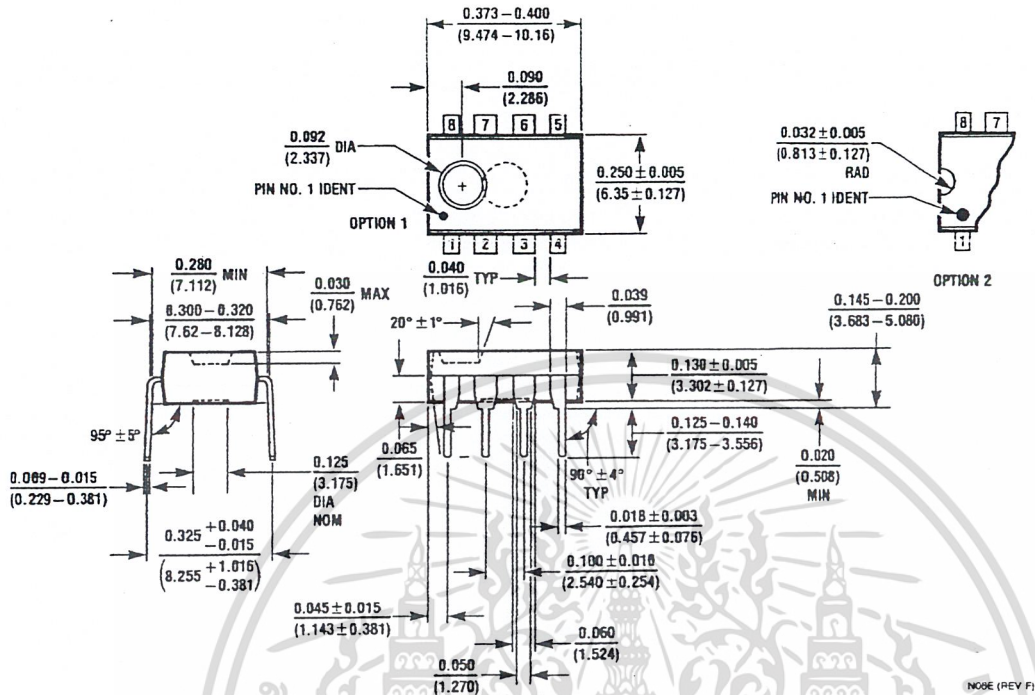
Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



8-Lead (0.118" Wide) Molded Mini Small Outline Package
 Order Number LM386MM-1
 NS Package Number MUA08A

MUA08A (REV B)

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



Dual-In-Line Package (N)
Order Number LM386N-1, LM386N-3 or LM386N-4
NS Package Number N08E

LIFE SUPPORT POLICY

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

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

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

National Semiconductor Europe
 Fax: +49 (0) 180-530 85 86
 Email: europe.support@nsc.com
 Deutsch Tel: +49 (0) 69 9508 6208
 English Tel: +44 (0) 870 24 0 2171
 Français Tel: +33 (0) 1 41 91 8790

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

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

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DM74LS153 Dual 1-of-4 Line Data Selectors/Multiplexers

General Description

Each of these data selectors/multiplexers contains inverters and drivers to supply fully complementary, on-chip, binary decoding data selection to the AND-OR-invert gates. Separate strobe inputs are provided for each of the two four-line sections.

Features

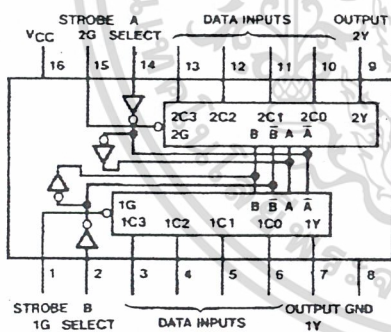
- Permits multiplexing from N lines to 1 line
- Performs at parallel-to-serial conversion
- Strobe (enable) line provided for cascading (N lines to n lines)
- High fan-out, low impedance, totem pole outputs
- Typical average propagation delay times
 - From data 14 ns
 - From strobe 19 ns
 - From select 22 ns
- Typical power dissipation 31 mW

Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
DM74LS153M	M16A	16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150 Narrow
DM74LS153N	N16E	16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagram



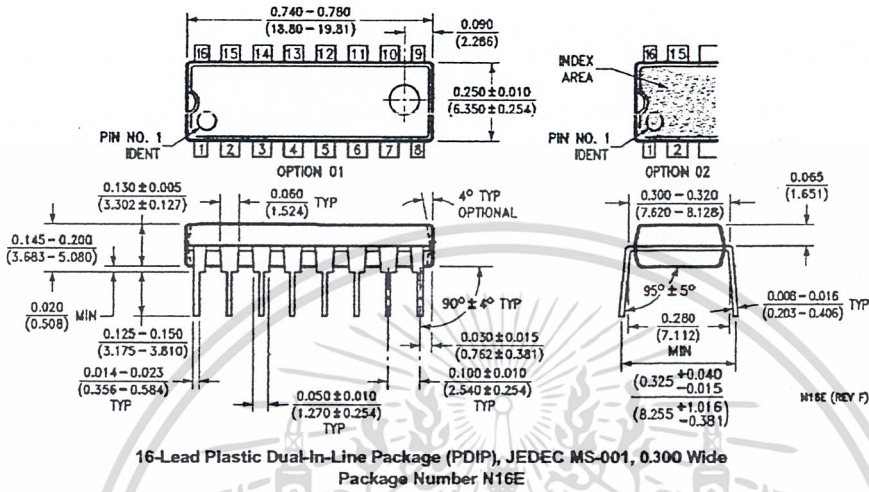
Function Table

Select Inputs		Data Inputs				Strobe	Output
B	A	C0	C1	C2	C3	G	Y
X	X	X	X	X	X	H	L
L	L	L	X	X	X	L	L
L	L	H	X	X	X	L	H
L	H	X	L	X	X	L	L
L	H	X	H	X	X	L	H
H	L	X	X	L	X	L	L
H	L	X	X	H	X	L	H
H	H	X	X	X	L	L	L
H	H	X	X	X	H	L	H

Select inputs A and B are common to both sections.

H = HIGH Level
L = LOW Level
X = Don't Care

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



Fairchild does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and Fairchild reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

LIFE SUPPORT POLICY

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

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

www.fairchildsemi.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DM74LS373 • DM74LS374

3-STATE Octal D-Type Transparent Latches and Edge-Triggered Flip-Flops

General Description

These 8-bit registers feature totem-pole 3-STATE outputs designed specifically for driving highly-capacitive or relatively low-impedance loads. The high-impedance state and increased high-logic level drive provide these registers with the capability of being connected directly to and driving the bus lines in a bus-organized system without need for interface or pull-up components. They are particularly attractive for implementing buffer registers, I/O ports, bidirectional bus drivers, and working registers.

The eight latches of the DM74LS373 are transparent D-type latches meaning that while the enable (G) is HIGH the Q outputs will follow the data (D) inputs. When the enable is taken LOW the output will be latched at the level of the data that was set up.

The eight flip-flops of the DM74LS374 are edge-triggered D-type flip-flops. On the positive transition of the clock, the Q outputs will be set to the logic states that were set up at the D inputs.

A buffered output control input can be used to place the eight outputs in either a normal logic state (HIGH or LOW logic levels) or a high-impedance state. In the high-impedance state the outputs neither load nor drive the bus lines significantly.

The output control does not affect the internal operation of the latches or flip-flops. That is, the old data can be retained or new data can be entered even while the outputs are OFF.

Features

- Choice of 8 latches or 8 D-type flip-flops in a single package
- 3-STATE bus-driving outputs
- Full parallel-access for loading
- Buffered control inputs
- P-N-P inputs reduce D-C loading on data lines

Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
DM74LS373WM	M20B	20-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-013, 0.300 Wide
DM74LS373SJ	M20D	20-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
DM74LS373N	N20A	20-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide
DM74LS374WM	M20B	20-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-013, 0.300 Wide
DM74LS374SJ	M20D	20-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
IDM29901NC	N20A	20-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

DM74LS373 • DM74LS374 3-STATE Octal D-Type Transparent Latches and Edge-Triggered Flip-Flops

DM74LS374 Electrical Characteristics

over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 9)	Max	Units
V_I	Input Clamp Voltage	$V_{CC} = \text{Min}, I_I = -18 \text{ mA}$			-1.5	V
V_{OH}	HIGH Level Output Voltage	$V_{CC} = \text{Min}, I_{OH} = \text{Max}$ $V_{IL} = \text{Max}, V_{IH} = \text{Min}$	2.4	3.1		V
V_{OL}	LOW Level Output Voltage	$V_{CC} = \text{Min}, I_{OL} = \text{Max}$ $V_{IL} = \text{Max}, V_{IH} = \text{Min}$ $I_{OL} = 12 \text{ mA}, V_{CC} = \text{Min}$		0.35	0.5	V
I_I	Input Current @ Max Input Voltage	$V_{CC} = \text{Max}, V_I = 7V$			0.1	mA
I_{IH}	HIGH Level Input Current	$V_{CC} = \text{Max}, V_I = 2.7V$			20	μA
I_{IL}	LOW Level Input Current	$V_{CC} = \text{Max}, V_I = 0.4V$			-0.4	mA
I_{OZH}	Off-State Output Current with HIGH Level Output Voltage Applied	$V_{CC} = \text{Max}, V_O = 2.7V$ $V_{IH} = \text{Min}, V_{IL} = \text{Max}$			20	μA
I_{OZL}	Off-State Output Current with LOW Level Output Voltage Applied	$V_{CC} = \text{Max}, V_O = 0.4V$ $V_{IH} = \text{Min}, V_{IL} = \text{Max}$			-20	μA
I_{OS}	Short Circuit Output Current	$V_{CC} = \text{Max}$ (Note 10)	-50		-225	mA
I_{CC}	Supply Current	$V_{CC} = \text{Max}, D_n = \text{GND}, \text{OC} = 4.5V$		27	45	mA

Note 9: All typicals are at $V_{CC} = 5V, T_A = 25^\circ\text{C}$.

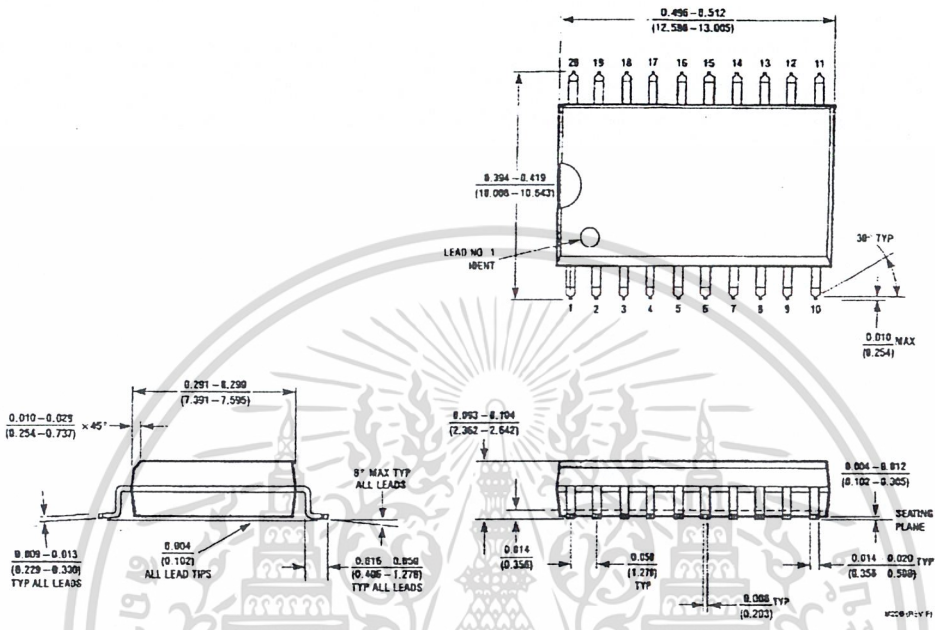
Note 10: Not more than one output should be shorted at a time, and the duration should not exceed one second.

DM74LS374 Switching Characteristicsat $V_{CC} = 5V$ and $T_A = 25^\circ\text{C}$

Symbol	Parameter	$R_L = 667\Omega$				Units
		$C_L = 45 \text{ pF}$		$C_L = 150 \text{ pF}$		
		Min	Max	Min	Max	
f_{MAX}	Maximum Clock Frequency	35		20		MHz
t_{PLH}	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level Output		28		32	ns
t_{PHL}	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output		28		38	ns
t_{PZH}	Output Enable Time to HIGH Level Output		28		44	ns
t_{PZL}	Output Enable Time to LOW Level Output		28		44	ns
t_{PHZ}	Output Disable Time from HIGH Level Output (Note 11)		20			ns
t_{PLZ}	Output Disable Time from LOW Level Output (Note 11)		25			ns

Note 11: $C_L = 5 \text{ pF}$.

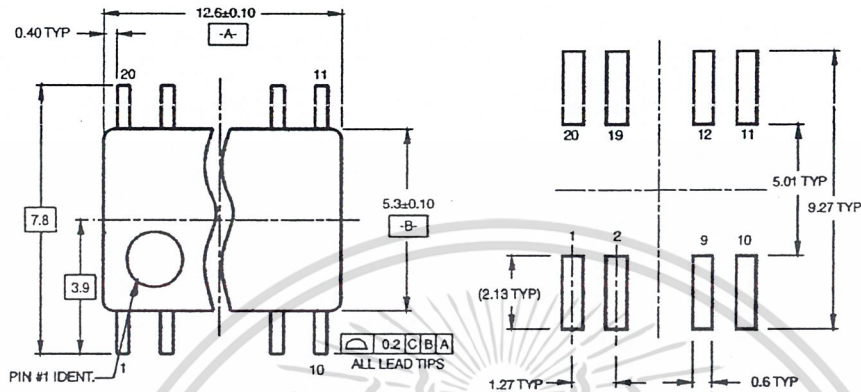
Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



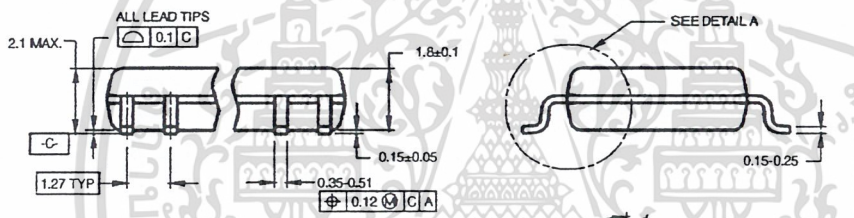
20-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-013, 0.300 Wide
Package Number M20B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



LAND PATTERN RECOMMENDATION

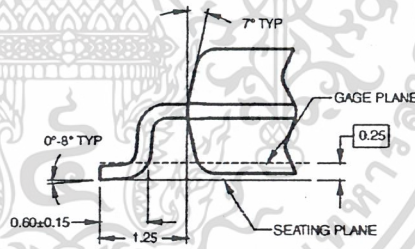


DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

NOTES:

- A. CONFORMS TO EIAJ EDR-7320 REGISTRATION, ESTABLISHED IN DECEMBER, 1998.
- B. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
- C. DIMENSIONS ARE EXCLUSIVE OF BURRS, MOLD FLASH, AND THE BAR EXTRUSIONS.

M20DRvB1



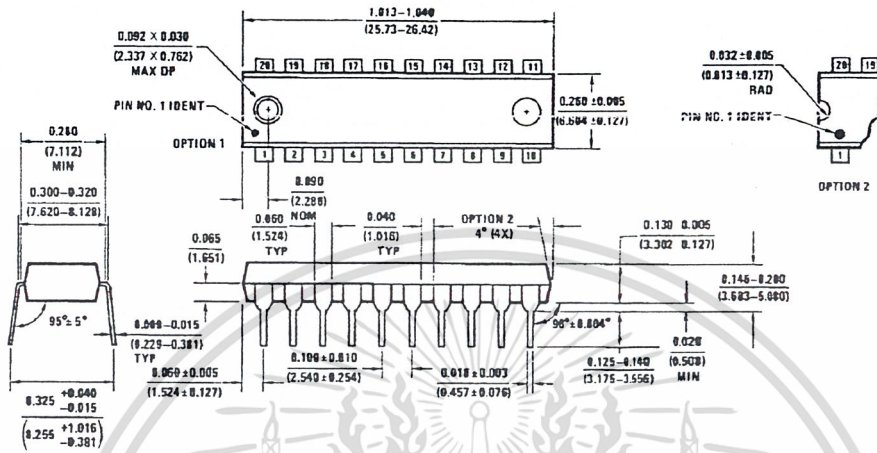
DETAIL A

20-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
Package Number M20D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DM74LS373 • DM74LS374 3-STATE Octal D-Type Transparent Latches and Edge-Triggered Flip-Flops

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



20-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide Package Number N20A

Fairchild does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and Fairchild reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

LIFE SUPPORT POLICY

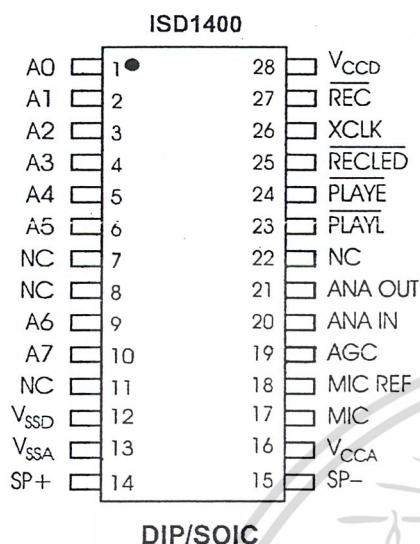
FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

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

www.fairchildsemi.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 1: ISD1400 Series Pinouts



NOTE: NC means must Not Connect.

PIN DESCRIPTION

NOTE The REC signal is debounced for 50 ms on the rising edge to prevent a false retriggering from a push-button switch.

VOLTAGE INPUTS (V_{CCA}, V_{CCD})

Analog and digital circuits internal to the ISD1400 series use separate power buses to minimize noise on the chip. These power buses are brought out to separate pins on the package and should be tied together as close to the supply as possible. It is important that the power supply be decoupled as close as possible to the package.

GROUND INPUTS (V_{SSA}, V_{SSD})

Similar to V_{CCA} and V_{CCD}, the analog and digital circuits internal to the ISD1400 series use separate ground buses to minimize noise. These pins should be tied together as close as possible to the device.

RECORD (REC)

The REC input is an active-LOW record signal. The device records whenever REC is LOW. This signal must remain LOW for the duration of the recording. REC takes precedence over either playback (PLAYE or PLAYL) signal. If REC is pulled LOW during a playback cycle, the playback immediately ceases and recording begins.

A record cycle is completed when REC is pulled HIGH or the memory space is filled.

An end-of-message marker (EOM) is internally recorded, enabling a subsequent playback cycle to terminate appropriately. The device automatically powers down to standby mode when REC goes HIGH.

PLAYBACK, EDGE-ACTIVATED (PLAYE)

When a LOW-going transition is detected on this input signal, a playback cycle begins. Playback continues until an EOM is encountered or the end of the memory space is reached. Upon completion of the playback cycle, the device automatically powers down into standby mode. Taking PLAYE HIGH during a playback cycle will not terminate the current cycle.

PLAYBACK, LEVEL-ACTIVATED (PLAYL)

When this input signal transitions from HIGH to LOW, a playback cycle is initiated. Playback continues until PLAYL is pulled HIGH, an EOM marker is detected, or the end of the memory space is reached. The device automatically powers down to standby mode upon completion of the playback cycle.

NOTE In playback, if either PLAYE or PLAYL is held LOW during EOM or OVF, the device will still enter standby and the internal oscillator and timing generator will stop. However, the rising edge of PLAYE and PLAYL are not debounced and any subsequent falling edge (particularly switch bounce) present on the input pins will initiate another playback.

Table of Contents

ISD1400 Series

Single-Chip Voice Record/Playback Devices
16- and 20-Second Durations

DETAILED DESCRIPTION	1
Speech/Sound Quality	1
Duration	1
EEPROM Storage	1
Basic Operation	1
Automatic Power-Down Mode	1
Addressing (optional)	1
PIN DESCRIPTION	2
Voltage Inputs (V_{CCA} , V_{CCD})	2
Ground Inputs (V_{SSA} , V_{SSD})	2
Record (REC)	2
Playback, Edge-Activated (PLAYE)	2
Playback, Level-Activated (PLAYL)	2
Record LED Output (RECLD)	3
Microphone Input (MIC)	3
Microphone Reference (MIC REF)	3
Automatic Gain Control (AGC)	3
Analog Output (ANA OUT)	3
Analog Input (ANA IN)	3
External Clock Input (XCLK)	3
Speaker Outputs (SP+, SP-)	4
Address Inputs (A0–A7)	4
OPERATIONAL MODES	4
OPERATIONAL MODES DESCRIPTION	5
A0 — Message Cueing	5
A1 — Delete EOM Markers	5
A2 — Unused	5
A3 — Message Looping	5
A4 — Consecutive Addressing	5
A5 — Unused	5
TIMING DIAGRAMS	6
TYPICAL PARAMETER VARIATION WITH VOLTAGE AND TEMPERATURE (PACKAGED PARTS)	10
TYPICAL PARAMETER VARIATION WITH VOLTAGE AND TEMPERATURE (DIE)	14
FUNCTIONAL DESCRIPTION EXAMPLE	15
APPLICATIONS NOTE	16
ISD1400 SERIES PHYSICAL DIMENSIONS	17
ORDERING INFORMATION	21

ISD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURES, CHARTS, AND TABLES IN THE ISD1400 SERIES DATASHEET

Figure 1:	ISD1400 Series Pinouts	2
Figure 2:	Record	6
Figure 3:	Playback	6
Figure 4:	Application Example	15
Figure 5:	28-Lead 0.600-Inch Plastic Dual Inline Package (PDIP) (P)	17
Figure 6:	28-Lead 0.300-Inch Plastic Small Outline Integrated Circuit (SOIC) (S)	18
Figure 7:	ISD1400 Series Bonding Physical Layout	19
Chart 1:	Record Mode Operating Current (I_{CC})	10
Chart 2:	Total Harmonic Distortion	10
Chart 3:	Standby Current (I_{SB})	10
Chart 4:	Oscillator Stability	10
Chart 5:	Record Mode Operating Current (I_{CC})	14
Chart 6:	Total Harmonic Distortion	14
Chart 7:	Standby Current (I_{SB})	14
Chart 8:	Oscillator Stability	14
Table 1:	Device Playback/Record Durations	1
Table 2:	External Clock Sample Rates	3
Table 3:	Operational Modes Table	5
Table 4:	Absolute Maximum Ratings (Packaged Parts)	7
Table 5:	Operating Conditions (Packaged Parts)	7
Table 6:	DC Parameters (Packaged Parts)	7
Table 7:	AC Parameters (Packaged Parts)	8
Table 8:	Absolute Maximum Ratings (Die)	11
Table 9:	Operating Conditions (Die)	11
Table 10:	DC Parameters (Die)	11
Table 11:	AC Parameters (Die)	12
Table 12:	Plastic Dual Inline Package (PDIP) (P) Dimensions	17
Table 13:	Plastic Small Outline Integrated Circuit (SOIC) (S) Dimensions	18
Table 14:	ISD1400 Series PIN/PAD Designations, with Respect to Die Center (μm)	20

DETAILED DESCRIPTION

SPEECH/SOUND QUALITY

The ISD1400 series includes devices offered at 6.4 and 8.0 KHz sampling frequencies, allowing the user a choice of speech quality options. The speech samples are stored directly into on-chip nonvolatile memory without the digitization and compression associated with other solutions. Direct analog storage provides a very true, natural sounding reproduction of voice, music, tones, and sound effects not available with most solid-state digital solutions.

DURATION

To meet end system requirements, the ISD1400 series offers single-chip solutions at 16 and 20 seconds.

EEPROM STORAGE

One of the benefits of ISD's ChipCorder technology is the use of on-chip nonvolatile memory, providing zero-power message storage. The message is retained for up to 100 years typically without power. In addition, the device can be re-recorded typically over 100,000 times.

BASIC OPERATION

The ISD1400 ChipCorder series devices are controlled by a single record signal, REC, and either of two push-button control playback signals, PLAYE (edge-activated playback), and PLAYL (level-activated playback). The ISD1400 parts are configured for simplicity of design in a single-message application. Using the address lines will allow multiple message applications. Device operation is explained on page 15.

AUTOMATIC POWER-DOWN MODE

At the end of a playback or record cycle, the ISD1400 series devices automatically return to a low-power standby mode, consuming typically 0.5 μ A. During a playback cycle, the device powers down automatically at the end of the message. During a record cycle, the device powers down immediately after REC is released HIGH.

ADDRESSING (OPTIONAL)

In addition to providing simple message playback, the ISD1400 series provides a full addressing capability.

The ISD1400 series storage array has 160 distinct addressable segments, providing the following resolutions. See Application Information for ISD1400 address tables.

Table 1: Device Playback/Record Durations

Part Number	Minimum Duration (Seconds)
ISD1416	100 ms
ISD1420	125 ms

RECORD LED OUTPUT (RECLEd)

The output RECLEd is LOW during a record cycle. It can be used to drive an LED to provide feedback that a record cycle is in progress. In addition, RECLEd pulses LOW momentarily when an EOM is encountered in a playback cycle.

MICROPHONE INPUT (MIC)

The microphone input transfers its signal to the on-chip preamplifier. An on-chip Automatic Gain Control (AGC) circuit controls the gain of this preamplifier from -15 to 24 dB. An external microphone should be AC coupled to this pin via a series capacitor. The capacitor value, together with the internal 10 K Ω resistance on this pin, determine the low-frequency cutoff for the ISD1400 series passband. See Application Information for additional information on low-frequency cutoff calculations.

MICROPHONE REFERENCE (MIC REF)

The MIC REF input is the inverting input to the microphone preamplifier. This provides a noise-canceling or common-mode rejection input to the device when connected differentially to a microphone.

AUTOMATIC GAIN CONTROL (AGC)

The AGC dynamically adjusts the gain of the preamplifier to compensate for the wide range of microphone input levels. The AGC allows the full range of sound, from whispers to loud sounds, to be recorded with minimal distortion. The "attack" time is determined by the time constant of a 5 K Ω internal resistance and an external capacitor (C6 on the schematic in Figure 4) connected from the AGC pin to V_{SSA} analog ground. The "release" time is determined by the time constant of an external resistor (R5) and an external capacitor (C6) connected in parallel between the AGC Pin and V_{SSA} analog ground. Nominal values of 470 K Ω and 4.7 μ F give satisfactory results in most cases.

ANALOG OUTPUT (ANA OUT)

This pin provides the preamplifier output to the user. The voltage gain of the preamplifier is determined by the voltage level at the AGC pin.

ANALOG INPUT (ANA IN)

The ANA IN pin transfers the input signal to the chip for recording. For microphone inputs, the ANA OUT pin should be connected via an external capacitor to the ANA IN pin. This capacitor value, together with the 3.0 K Ω input impedance of ANA IN, is selected to give additional cutoff at the low-frequency end of the voice passband. If the desired input is derived from a source other than a microphone, the signal can be fed, capacitively coupled, into the ANA IN pin directly.

EXTERNAL CLOCK INPUT (XCLK)

The external clock input for the ISD1400 devices has an internal pull-down device. The ISD1400 is configured at the factory with an internal sampling clock frequency that guarantees its minimum nominal record/playback time. For instance, an ISD1420 operating within specification will be observed to always have a minimum of 20 seconds of recording time. The sampling frequency is then maintained to a variation of ± 2.25 percent over the commercial temperature and operating voltage ranges, while still maintaining the minimum specified recording duration. This will result in some devices having a few percent more than nominal recording time.

The internal clock has a ± 5 percent tolerance over the industrial temperature and voltage range. A regulated power supply is recommended for industrial temperature parts. If greater precision is required, the device can be clocked through the XCLK pin as follows:

Table 2: External Clock Sample Rates

Part Number	Sample Rate	Required Clock
ISD1416	8.0 KHz	1024 KHz
ISD1420	6.4 KHz	819.2 KHz

These recommended clock rates should not be varied because the antialiasing and smoothing filters are fixed, and aliasing problems can occur if the sample rate differs from the one recommended. The duty cycle on the input clock is not critical, as the clock is immediately divided by two internally. **If the XCLK is not used, this input should be connected to ground.**

SPEAKER OUTPUTS (SP+, SP-)

The SP+ and SP- pins provide direct drive for loudspeakers with impedances as low as 16 Ω . A single output may be used, but, for direct-drive loudspeakers, the two opposite-polarity outputs provide an improvement in output power of up to four times over a single-ended connection. Furthermore, when SP+ and SP- are used, a speaker-coupling capacitor is not required. A single-ended connection will require an AC-coupling capacitor between the SP pin and the speaker. The speaker outputs are in a high-impedance state during a record cycle, and held at V_{SSA} during power down.

ADDRESS INPUTS (A0–A7)

The Address Inputs have two functions, depending upon the level of the two Most Significant Bits (MSB) of the address.

If either of the two MSBs is LOW, the inputs are all interpreted as address bits and are used as the start address for the current record or playback cycle. The address pins are inputs only and do not output internal address information as the operation progresses. Address inputs are latched by the falling edge of PLAYE, PLAYL, or REC.

OPERATIONAL MODES

The ISD1400 series is designed with several built-in operational modes provided to allow maximum functionality with a minimum of additional components, described in detail below. The operational modes use the address pins on the ISD1400 devices, but are mapped outside the valid address range. When the two Most Significant Bits (MSBs) are HIGH (A6 and A7), the remaining address signals are interpreted as mode bits and not as address bits. Therefore, operational modes and direct addressing are not compatible and cannot be used simultaneously.

There are two important considerations for using operational modes. First, all operations begin initially at address 0, which is the beginning of the ISD1400 address space. Later operations can begin at other address locations, depending on the operational mode(s) chosen. In addition, the address pointer is reset to 0 when the device is changed from record to playback but not from playback to record when A4 is HIGH in Operational Mode.

Second, an Operational Mode is executed when any of the control inputs, PLAYE, PLAYL, or REC, go LOW and the two MSBs are HIGH. This Operational Mode remains in effect until the next LOW-going control input signal, at which point the current address/mode levels are sampled and executed.

NOTE The two MSBs are on pins 9 and 10 for each ISD1400 series device.

OPERATIONAL MODES DESCRIPTION

The Operational Modes can be used in conjunction with a microcontroller, or they can be hard-wired to provide the desired system operation.

A0 — MESSAGE CUEING

Message Cueing allows the user to skip through messages, without knowing the actual physical addresses of each message. Each control input LOW pulse causes the internal address pointer to skip to the next message. This mode should be used for playback only, and is typically used with the A4 Operational Mode.

A1 — DELETE EOM MARKERS

The A1 Operational Mode allows sequentially recorded messages to be combined into a single message with only one EOM marker set at the end of the final message. When this operational mode is configured, messages recorded sequentially are played back as one continuous message.

A2 — UNUSED

A3 — MESSAGE LOOPING

The A3 Operational Mode allows for the automatic, continuously repeated playback of the message located at the beginning of the address space.

A message can completely fill the ISD1400 device and will loop from beginning to end. Pulsing PLAYE will start the playback and pulsing PLAYL will end the playback.

A4 — CONSECUTIVE ADDRESSING

During normal operations, the address pointer will reset when a message is played through to an EOM marker. The A4 Operational Mode inhibits the address pointer reset, allowing messages to be recorded or played back consecutively. When the device is in a static state; i.e., not recording or playing back, momentarily taking this pin LOW will reset the address counter to zero.

A5 — UNUSED

Table 3: Operational Modes Table

Address Ctrl. (HIGH)	Function	Typical Use	Jointly Compatible ⁽¹⁾
A0	Message cueing	Fast-forward through messages	A4
A1	Delete EOM markers	Position EOM marker at the end of the last message	A3, A4
A2	Unused		
A3	Looping	Continuous playback from Address 0	A1
A4	Consecutive addressing	Record/play multiple consecutive messages	A0, A1
A5	Unused		

1. Additional operational modes can be used simultaneously with the given mode.

TIMING DIAGRAMS

Figure 2: Record

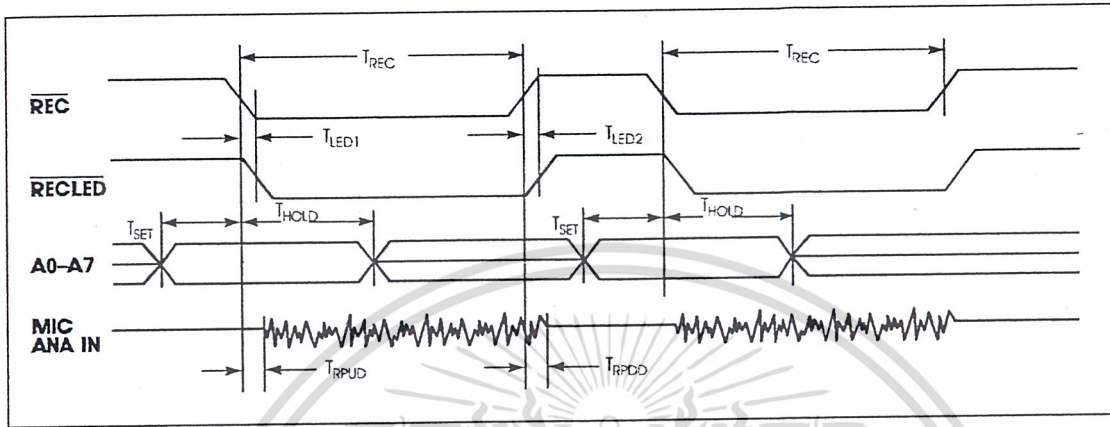
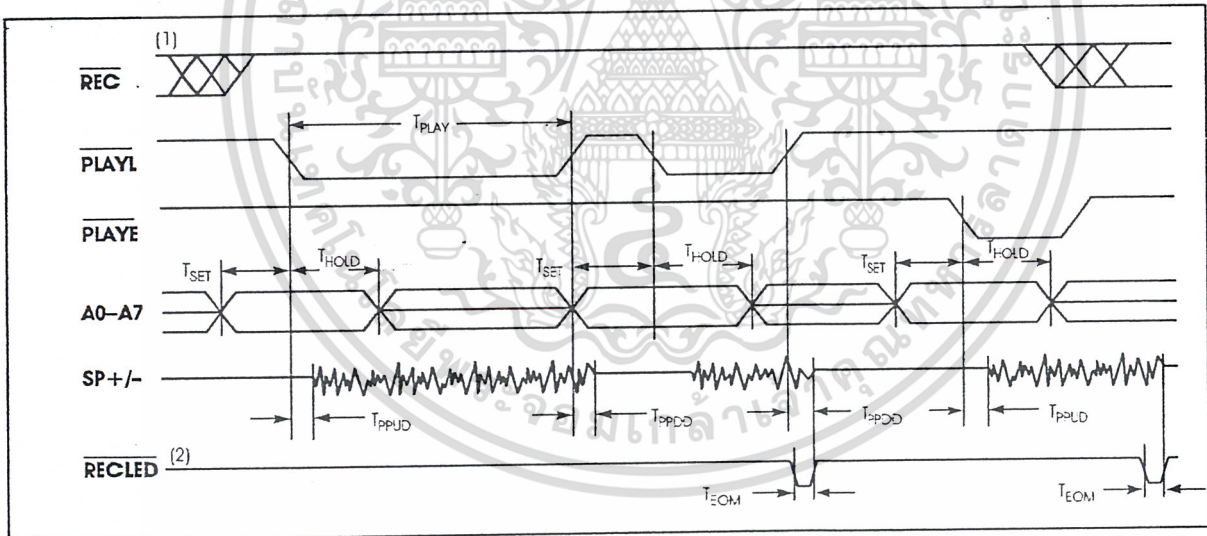


Figure 3: Playback



1. \overline{REC} must be HIGH for the entire duration of a playback cycle.
2. \overline{RECLEd} functions as an EOM during playback.

Table 4: Absolute Maximum Ratings (Packaged Parts)⁽¹⁾

Condition	Value
Junction temperature	150°C
Storage temperature range	-65°C to +150°C
Voltage applied to any pin	(V _{SS} - 0.3 V) to (V _{CC} + 0.3 V)
Voltage applied to any pin (input current limited to ±20 mA)	(V _{SS} - 1.0 V) to (V _{CC} + 1.0 V)
Lead temperature (soldering - 10 seconds)	300°C
V _{CC} - V _{SS}	-0.3 V to +7.0 V

1. Stresses above those listed may cause permanent damage to the device. Exposure to the absolute maximum ratings may affect device reliability. Functional operation is not implied at these conditions.

Table 5: Operating Conditions (Packaged Parts)

Condition	Value
Commercial operating temperature range ⁽¹⁾	0°C to +70°C
Industrial operating temperature ⁽¹⁾	-40°C to +85°C
Supply voltage (V _{CC}) ⁽²⁾	+4.5 V to +5.5 V
Ground voltage (V _{SS}) ⁽³⁾	0 V

1. Case temperature.
 2. V_{CC} = V_{CCA} = V_{CCD}.
 3. V_{SS} = V_{SSA} = V_{SSD}.

Table 6: DC Parameters (Packaged Parts)

Symbol	Parameters	Min ⁽²⁾	Typ ⁽¹⁾	Max ⁽²⁾	Units	Conditions
V _{IL}	Input Low Voltage			0.8	V	
V _{IH}	Input High Voltage	2.4			V	
V _{OL}	Output Low Voltage			0.4	V	I _{OL} = 4.0 mA
V _{OH}	Output High Voltage	2.4			V	I _{OH} = -1.6 mA
I _{CC}	V _{CC} Current (Operating)		15	30	mA	V _{CC} = 5.5 V ⁽³⁾ , R _{EXT} = ∞
I _{SB}	V _{CC} Current (Standby)		0.5	10	μA	(3) (4)
I _{IL}	Input Leakage Current			±1	μA	
I _{ILPD}	Input Current HIGH w/Pull Down			130	μA	Force V _{CC} ⁽⁵⁾
R _{EXT}	Output Load impedance	16			Ω	Speaker Load
R _{MIC}	Preamplifier Input Resistance	4	9	17	KΩ	Pins 17, 18
R _{ANA IN}	ANA IN Input Resistance	2.5	3	5	KΩ	
A _{PRE1}	Preamplifier Gain 1	20	23	26	dB	AGC = 0.0 V
A _{PRE2}	Preamplifier Gain 2		-45	-15	dB	AGC = 2.5 V

Table 6: DC Parameters (Packaged Parts)

Symbol	Parameters	Min ⁽²⁾	Typ ⁽¹⁾	Max ⁽²⁾	Units	Conditions
A _{ARP}	ANA IN to SP+/- Gain	20	22	25	dB	
R _{AGC}	AGC Output Resistance	2.5	5	9.5	K Ω	
I _{PREH}	Preamp Out Source		-2		mA	@ V _{OUT} = 1.0 V
I _{PREL}	Preamp In Sink		0.5		mA	@ V _{OUT} = 2.0 V

1. Typical values @ T_A = 25°C and 5.0 V.
2. All Min/Max limits are guaranteed by ISD via electrical testing or characterization. Not all specifications are 100 percent tested.
3. V_{CCA} and V_{CCD} connected together.
4. REC, PLAYL, and PLAYE must be at V_{CCD}.
5. XCLK pin.

Table 7: AC Parameters (Packaged Parts)

Symbol	Characteristic	Min ⁽²⁾	Typ ⁽¹⁾	Max ⁽²⁾	Units	Conditions	
F _S	Sampling Frequency	ISD1416		8	KHz	(5)	
		ISD1420		6.4	KHz	(5)	
F _{CF}	Filter Pass Band	ISD1416	3.3		KHz	3 dB Roll-Off Point (3)(6)	
		ISD1420	2.6		KHz	3 dB Roll-Off Point (3)(6)	
T _{REC}	Record Duration	ISD1416	16		sec		
		ISD1420	20		sec		
T _{PLAY}	Playback Duration	ISD1416	16		sec	(5)	
		ISD1420	20		sec	(5)	
T _{LED1}	RECLED ON Delay		5		msec		
T _{LED2}	RECLED OFF Delay	ISD1416	30	38.9	95	msec	
		ISD1420	40	48.6	110	msec	
T _{SET}	Address Setup Time	300			nsec		
T _{HOLD}	Address Hold Time	0			nsec		
T _{RPUD}	Record Power-Up Delay	ISD1416	26		msec		
		ISD1420	32		msec		
T _{RPDD}	Record Power-Down Delay	ISD1416	26		msec		
		ISD1420	32		msec		
T _{PPUD}	Play Power-Up Delay	ISD1416	26		msec		
		ISD1420	32		msec		

Table 7: AC Parameters (Packaged Parts)

Symbol	Characteristic	Min ⁽²⁾	Typ ⁽¹⁾	Max ⁽²⁾	Units	Conditions
T _{PPDD}	Play Power-Down		6.5		msec	
	Delay	ISD1416 ISD1420	8.1		msec	
T _{EOM}	EOM Pulse Width	ISD1416	12.5		msec	
		ISD1420	15.625		msec	
THD	Total Harmonic Distortion		1	3	%	@ 1 KHz
P _{OUT}	Speaker Output Power		12.2		mW	R _{EXT} = 16 Ω
V _{OUT}	Voltage Across Speaker Pins		1.25	2.5	V p-p	R _{EXT} = 600 Ω
V _{IN1}	MIC Input Voltage			20	mV	Peak-to-Peak ⁽⁴⁾
V _{IN2}	ANA IN Input Voltage			50	mV	Peak-to-Peak

1. Typical values @ T_A = 25°C and 5.0 V.
2. All Min/Max limits are guaranteed by ISD via electrical testing or characterization. Not all specifications are 100 percent tested.
3. Low-frequency cutoff depends upon value of external capacitors (see Pin Descriptions).
4. With 5.1 KΩ series resistor at ANA IN.
5. Sampling frequency and playback duration will vary as much as ±2.25 percent over the commercial temperature and voltage ranges. It may vary as much as ±5 percent over the industrial temperature and voltage ranges. All devices will meet the maximum sampling frequency and minimum playback duration parameters. For greater stability, an external clock can be utilized (see Pin Descriptions).
6. Filter specification applies to the antialiasing filter and to the smoothing filter.

TYPICAL PARAMETER VARIATION WITH VOLTAGE AND TEMPERATURE (PACKAGED PARTS)

Chart 1: Record Mode Operating Current (I_{cc})

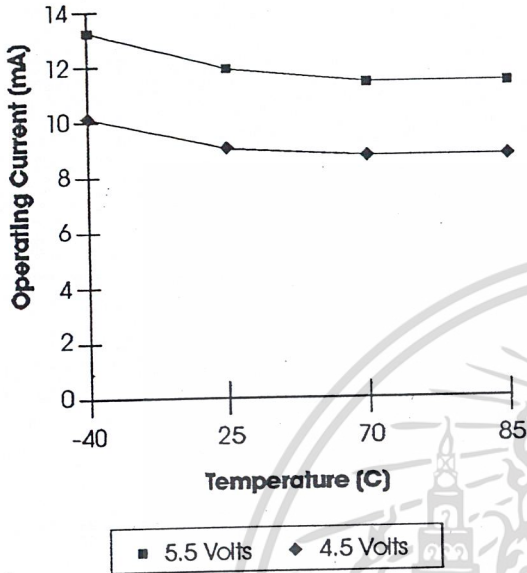


Chart 3: Standby Current (I_{SB})

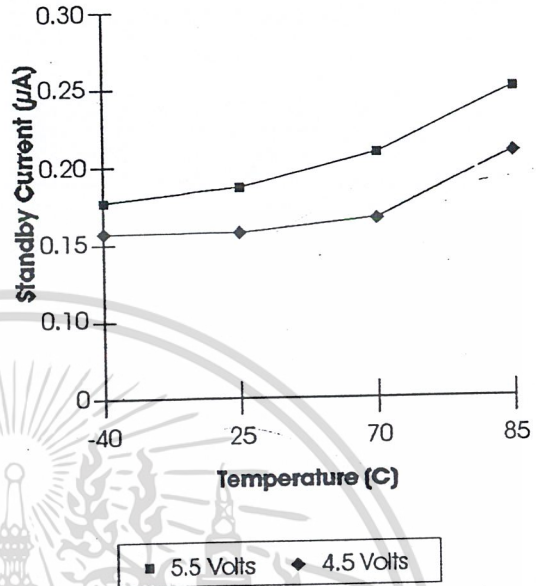


Chart 2: Total Harmonic Distortion

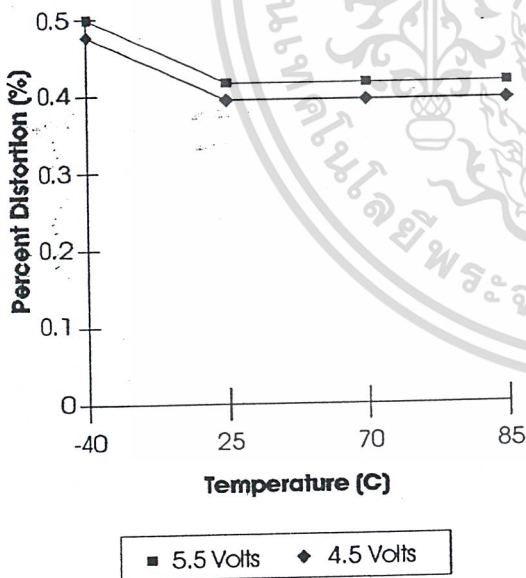


Chart 4: Oscillator Stability

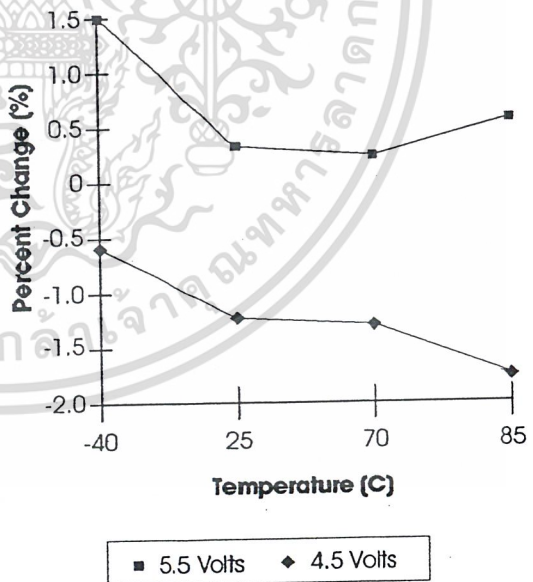


Table 8: Absolute Maximum Ratings (Die)⁽¹⁾

Condition	Value
Junction temperature	150°C
Storage temperature range	-65°C to +150°C
Voltage applied to any pad	(V _{SS} - 0.3V) to (V _{CC} + 0.3V)
Voltage applied to any pad (Input current limited to ±20 mA)	(V _{SS} - 1.0 V) to (V _{CC} + 1.0 V)
V _{CC} - V _{SS}	-0.3 V to +7.0 V

1. Stresses above those listed may cause permanent damage to the device. Exposure to the absolute maximum ratings may affect device reliability. Functional operation is not implied at these conditions.

Table 9: Operating Conditions (Die)

Condition	Value
Commercial operating temperature range	0°C to +50°C
Supply voltage (V _{CC}) ⁽¹⁾	+4.5 V to +6.5 V
Ground voltage (V _{SS}) ⁽²⁾	0 V

1. V_{CC} = V_{CCA} = V_{CCD}

2. V_{SS} = V_{SSA} = V_{SSD}

Table 10: DC Parameters (Die)

Symbol	Parameters	Min ⁽²⁾	Typ ⁽¹⁾	Max ⁽²⁾	Units	Conditions
V _{IL}	Input Low Voltage			0.8	V	
V _{IH}	Input High Voltage	2.4			V	
V _{OL}	Output Low Voltage			0.4	V	I _{OL} = 4.0 mA
V _{OH}	Output High Voltage	2.4			V	I _{OH} = -1.6 mA
I _{CC}	V _{CC} Current (Operating)		15	30	mA	V _{CC} = 5.5 V ⁽³⁾ , R _{EXT} = ∞
I _{SB}	V _{CC} Current (Standby)		0.5	10	μA	(3) (4)
I _{IL}	Input Leakage Current			±1	μA	
I _{ILPD}	Input Current HIGH w/Pull Down			130	μA	Force V _{CC} ⁽⁵⁾
R _{EXT}	Output Load Impedance	16			Ω	Speaker Load
R _{MIC}	Preamplifier Input Resistance	4	9	17	kΩ	Pins 17, 18
R _{ANA IN}	ANA IN Input Resistance	2.5	3	5	kΩ	
A _{PRE1}	Preamplifier Gain 1	20	23	26	dB	AGC = 0.0 V
A _{PRE2}	Preamplifier Gain 2		-45	-15	dB	AGC = 2.5 V
A _{ARP}	ANA IN to SP+/- Gain	20	22	25	dB	

Table 10: DC Parameters (Die)

Symbol	Parameters	Min ⁽²⁾	Typ ⁽¹⁾	Max ⁽²⁾	Units	Conditions
R _{AGC}	AGC Output Resistance	2.5	5	9.5	KΩ	
I _{PREH}	Preamp Out Source		-2		mA	@ V _{OUT} = 1.0 V
I _{PREL}	Preamp In Sink		0.5		mA	@ V _{OUT} = 2.0 V

1. Typical values @ T_A = 25°C and 5.0 V.
2. All Min/Max limits are guaranteed by ISD via electrical testing or characterization. Not all specifications are 100 percent tested.
3. V_{CCA} and V_{CCD} connected together.
4. REC, PLAYL, and PLAYE must be at V_{CCD}.
5. XCLK pin.

Table 11: AC Parameters (Die)

Symbol	Characteristic	Min ⁽²⁾	Typ ⁽¹⁾	Max ⁽²⁾	Units	Conditions	
F _S	Sampling Frequency	ISD1416		8	KHz	(5)	
		ISD1420		6.4	KHz	(5)	
F _{CF}	Filter Pass Band	ISD1416	3.3		KHz	3 dB Roll-Off Point (3)(6)	
		ISD1420	2.6		KHz	3 dB Roll-Off Point (3)(6)	
T _{REC}	Record Duration	ISD1416	16		sec		
		ISD1420	20		sec		
T _{PLAY}	Playback Duration	ISD1416	16		sec	(5)	
		ISD1420	20		sec	(5)	
T _{LED1}	RECLED ON Delay		5		msec		
T _{LED2}	RECLED OFF Delay	ISD1416	30	38.9	95	msec	
		ISD1420	40	48.6	110	msec	
T _{SET}	Address Setup Time	300			nsec		
T _{HOLD}	Address Hold Time	0			nsec		
T _{RPUD}	Record Power-Up Delay	ISD1416	26		msec		
		ISD1420	32		msec		
T _{RPDD}	Record Power-Down Delay	ISD1416	26		msec		
		ISD1420	32		msec		
T _{PPUD}	Play Power-Up Delay	ISD1416	26		msec		
		ISD1420	32		msec		

Table 11: AC Parameters (Die)

Symbol	Characteristic	Min ⁽²⁾	Typ ⁽¹⁾	Max ⁽²⁾	Units	Conditions
T _{PPDD}	Play Power-Down Delay	ISD1416	6.5		msec	
		ISD1420	8.1		msec	
T _{EOM}	EOM Pulse Width	ISD1416	12.5		msec	
		ISD1420	15.625		msec	
THD	Total Harmonic Distortion		1	3	%	@ 1 KHz
P _{OUT}	Speaker Output Power		12.2		mW	R _{EXT} = 16 Ω
V _{OUT}	Voltage Across Speaker Pins		1.25	2.5	V _{p-p}	R _{EXT} = 600 Ω
V _{IN1}	MIC Input Voltage			20	mV	Peak-to-Peak ⁽⁴⁾
V _{IN2}	ANA IN Input Voltage			50	mV	Peak-to-Peak

1. Typical values @ T_A = 25°C and 5.0 V.
2. All Min/Max limits are guaranteed by ISD via electrical testing or characterization. Not all specifications are 100 percent tested.
3. Low-frequency cutoff depends upon value of external capacitors (see Pin Descriptions).
4. With 5.1 KΩ series resistor at ANA IN.
5. Sampling frequency and playback duration will vary as much as ±2.25 percent over the commercial temperature and voltage ranges. All devices will meet the maximum sampling frequency and minimum playback duration parameters. For greater stability, an external clock can be utilized (see Pin Descriptions).
6. Filter specification applies to the anti-aliasing filter and to the smoothing filter. Typical Parameter Variation with Voltage and Temperature (Die).

TYPICAL PARAMETER VARIATION WITH VOLTAGE AND TEMPERATURE (DIE)

Chart 5: Record Mode Operating Current (I_{cc})

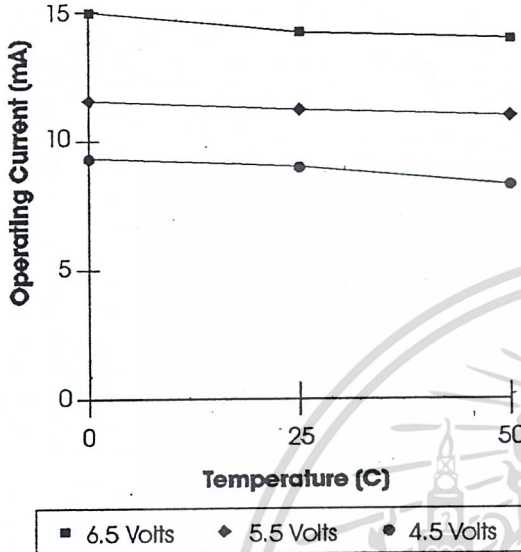


Chart 7: Standby Current (I_{SB})

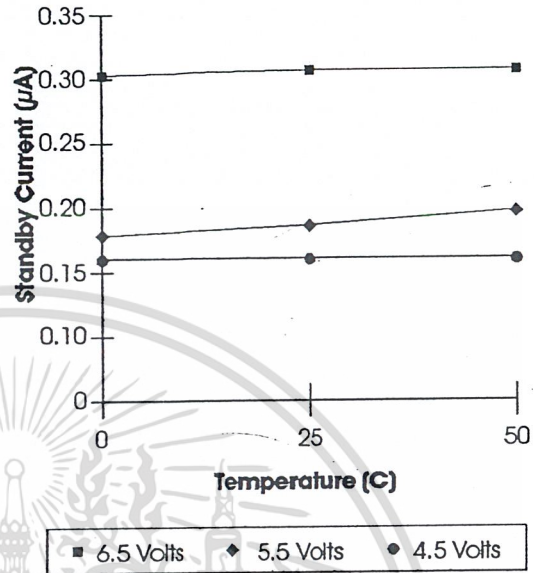


Chart 6: Total Harmonic Distortion

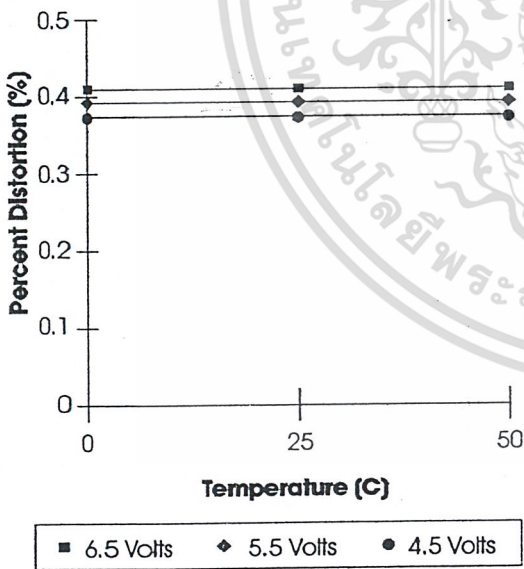
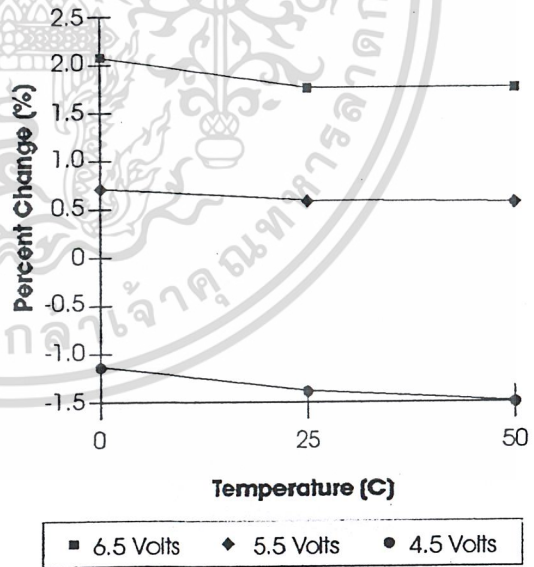


Chart 8: Oscillator Stability



on REC initiates a new record operation from the beginning of the start address or at a selected location, regardless of any current operation in progress.

6. Record a message, partially filling the address space.

A record operation need not fill the entire message space. Releasing the REC signal HIGH before filling the message space causes the recording to stop and an EOM to be placed. The device powers down automatically.

7. Play back a message, partially filling the address space.

Pulling the PLAYE or PLAYL signal LOW initiates a playback cycle which is then completed when the EOM marker is encountered. Playback ceases and the device powers down.

8. RECLEO operation.

The RECLEO output pin provides an active-LOW signal which can be used to drive an LED as a "record-in-progress" indicator. It returns to a HIGH state when the REC pin is released HIGH or when the recording is completed due to the message space being filled. This pin also pulses LOW to indicate an EOM at the end of a message being played.

APPLICATIONS NOTE

Some users may experience an unexpected recording taking place when their circuit is powered up, or the batteries are changed and V_{CC} rises faster than REC. This undesired recording prevents playback of the previously recorded message. A spurious End Of Message (EOM) marker appears at the very beginning of the memory, preventing access to the original message, and nothing is played.

To prevent this occurrence, place a capacitor (approx. $0.001 \mu\text{F}$) between the control pin (REC) and V_{CC} . This pulls the control pin voltage up with V_{CC} as it rises. Once the voltage is HIGH, the pull-up device will keep the pin HIGH until intentionally pulled LOW, preventing the false EOM marker.

Since this anomaly depends on factors such as the capacitance of the user's printed circuit board, not all circuit designs will exhibit the spurious marker. However, it is recommended that the capacitor is included for design reliability. A more detailed explanation and resolution of this occurrence is described in Application Information.

ISD1400 SERIES PHYSICAL DIMENSIONS

Figure 5: 28-Lead 0.600-Inch Plastic Dual Inline Package (PDIP) (P)

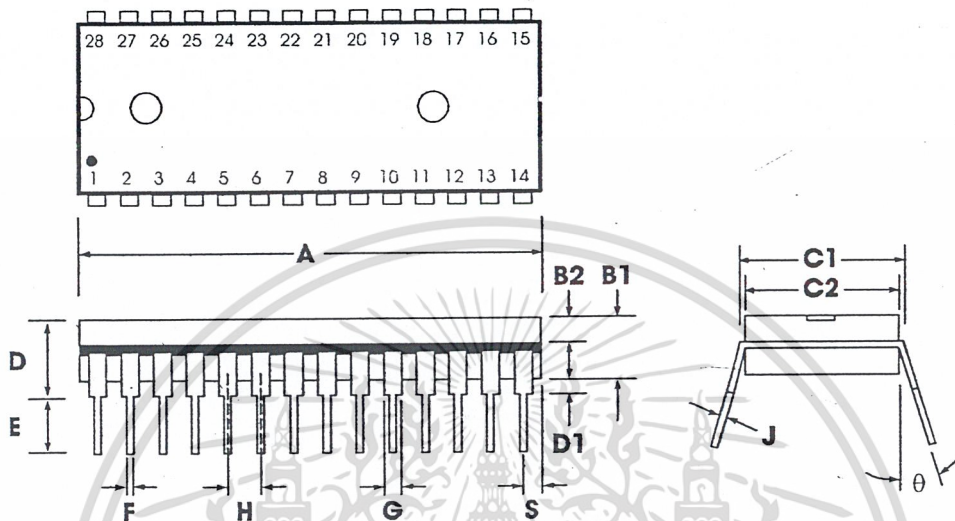


Table 12: Plastic Dual Inline Package (PDIP) (P) Dimensions

	INCHES			MILLIMETERS		
	Min	Nom	Max	Min	Nom	Max
A	1.445	1.450	1.455	36.70	36.83	36.96
B1		0.150			3.81	
B2	0.065	0.070	0.075	1.65	1.78	1.91
C1	0.600		0.625	15.24		15.88
C2	0.530	0.540	0.550	13.46	13.72	13.97
D			0.19			4.83
D1	0.015			0.38		
E	0.125		0.135	3.18		3.43
F	0.015	0.018	0.022	0.38	0.46	0.56
G	0.055	0.060	0.065	1.40	1.52	1.65
H		0.100			2.54	
J	0.008	0.010	0.012	0.20	0.25	0.30
S	0.070	0.075	0.080	1.78	1.91	2.03
q	0°		15°	0°		15°

NOTE: Lead coplanarity to be within 0.005 inches.

Figure 6: 28-Lead 0.300-Inch Plastic Small Outline Integrated Circuit (SOIC) (S)

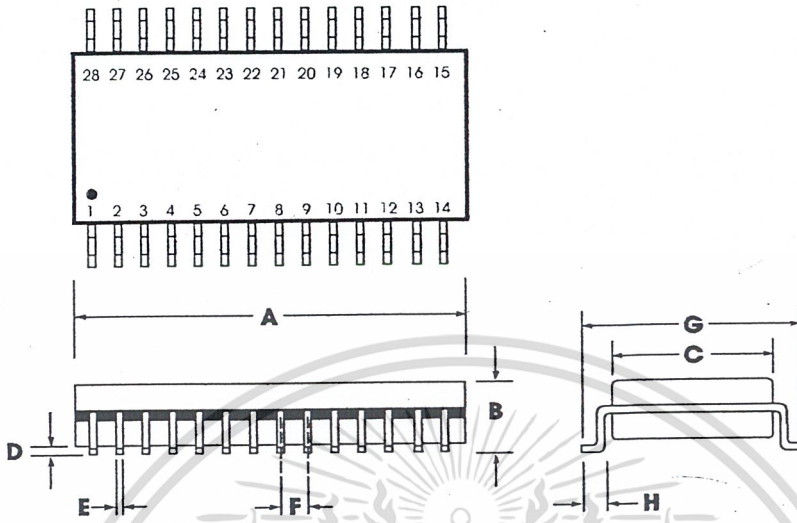
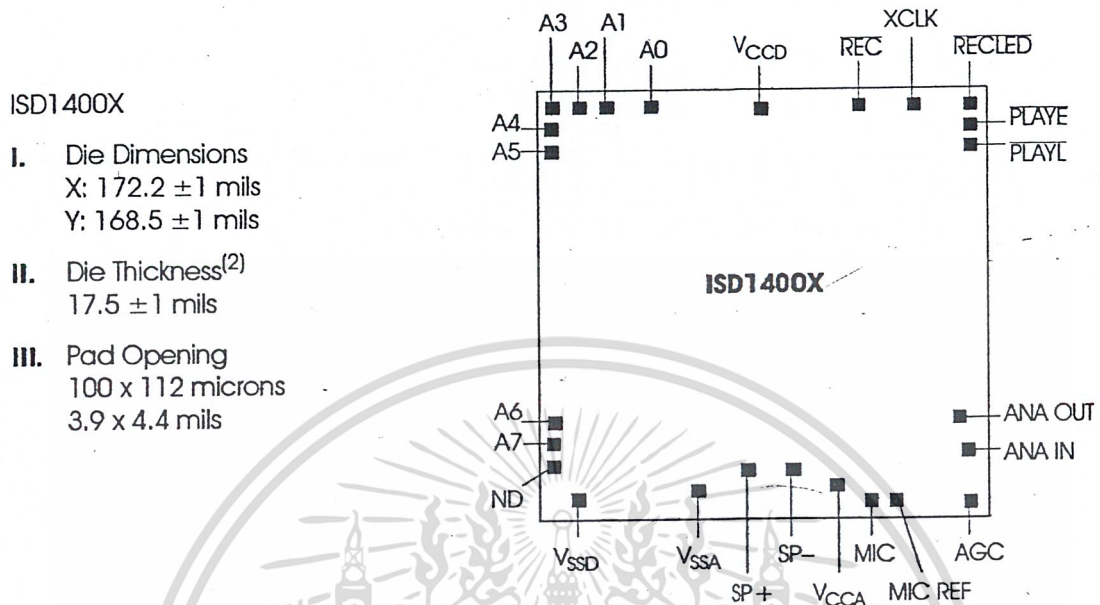


Table 13: Plastic Small Outline Integrated Circuit (SOIC) (S) Dimensions

	INCHES			MILLIMETERS		
	Min	Nom	Max	Min	Nom	Max
A	0.701	0.706	0.711	17.81	17.93	18.06
B	0.097	0.101	0.104	2.46	2.56	2.64
C	0.292	0.296	0.299	7.42	7.52	7.59
D	0.005	0.009	0.0115	0.127	0.22	0.29
E	0.014	0.016	0.019	0.35	0.41	0.48
F		0.050			1.27	
G	0.400	0.406	0.410	10.16	10.31	10.41
H	0.024	0.032	0.040	0.61	0.81	1.02

NOTE: Lead coplanarity to be within 0.004 inches.

Figure 7: ISD1400 Series Bonding Physical Layout¹

1. The backside of die is internally connected to V_{SS} . It **MUST NOT** be connected to any other potential or damage may occur.
2. Die thickness is subject to change, please contact ISD factory for status.

Table 14: ISD1400 Series PIN/PAD Designations, with Respect to Die Center (μm)

Pin	Pin Name	X Axis	Y Axis
A0	Address 0	-1332.5	1973.8
A1	Address 1	-1628.9	1973.8
A2	Address 2	-1808.9	1973.8
A3	Address 3	-2014.1	1910.2
A4	Address 4	-2014.1	1722.6
A5	Address 5	-2014.1	1519.8
A6	Address 6	-2014.1	-1214.6
A7	Address 7	-2014.1	-1399.8
NC	No Connect	-2014.1	-1745.4
V _{SSD}	V _{SS} Digital Power Supply	-1894.1	-1971.8
V _{SSA}	V _{SS} Analog Power Supply	-358.1	-1971.8
SP+	Speaker Output +	-17.7	-1896.6
SP-	Speaker Output -	411.9	-1896.6
V _{CCA}	V _{CC} Analog Power Supply	779.5	-1936.2
MIC	Microphone Input	991.5	-1973.8
MIC REF	Microphone Reference	1168.7	-1973.8
AGC	Automatic Gain Control	1977.9	-1910.6
ANA IN	Analog Input	2005.1	-1580.2
ANA OUT	Analog Output	1990.7	-1379.0
PLAYL	Level-Activated Playback	2013.9	1608.6
PLAYE	Edge-Activated Playback	2013.9	1777.0
RECLED	Record LED Output	2011.9	1971.8
XCLK	No Connect (optional)	1580.7	1973.8
REC	Record	752.3	1973.8
V _{CCD}	V _{CC} Digital Power Supply	-48.5	1929.4

NOTE: Die dimensions and pin/pad positions may be subject to change. Please contact ISD Sales Offices or Representatives to verify current or future specifications.

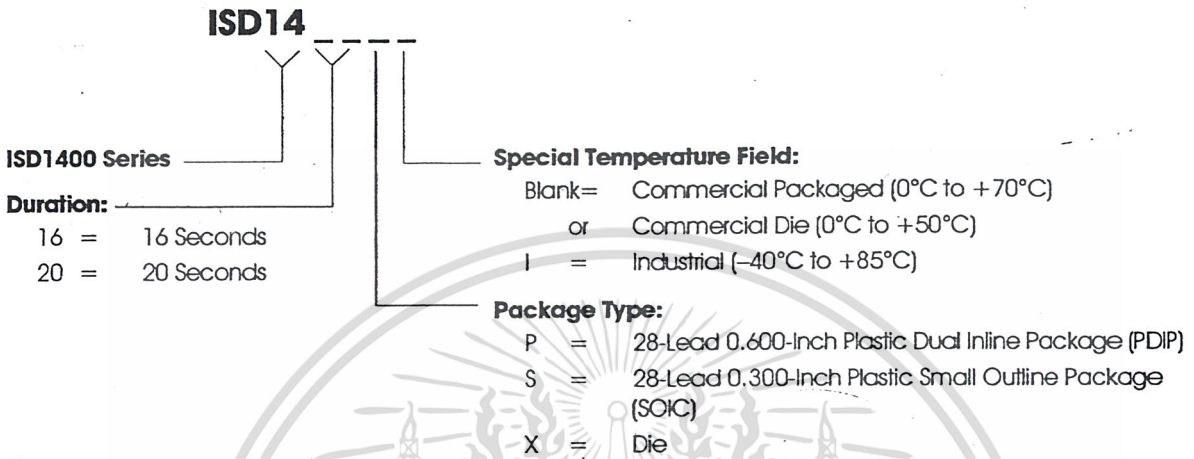
Table 14: ISD1400 Series PIN/PAD Designations, with Respect to Die Center (μm)

Pin	Pin Name	X Axis	Y Axis
A0	Address 0	-1332.5	1973.8
A1	Address 1	-1628.9	1973.8
A2	Address 2	-1808.9	1973.8
A3	Address 3	-2014.1	1910.2
A4	Address 4	-2014.1	1722.6
A5	Address 5	-2014.1	1519.8
A6	Address 6	-2014.1	-1214.6
A7	Address 7	-2014.1	-1399.8
NC	No Connect	-2014.1	-1745.4
V _{SSD}	V _{SS} Digital Power Supply	-1894.1	-1971.8
V _{SSA}	V _{SS} Analog Power Supply	-358.1	-1971.8
SP+	Speaker Output +	-17.7	-1896.6
SP-	Speaker Output -	411.9	-1896.6
V _{CCA}	V _{CC} Analog Power Supply	779.5	-1936.2
MIC	Microphone Input	991.5	-1973.8
MIC REF	Microphone Reference	1168.7	-1973.8
AGC	Automatic Gain Control	1977.9	-1910.6
ANA IN	Analog Input	2005.1	-1580.2
ANA OUT	Analog Output	1990.7	-1379.0
PLAYL	Level-Activated Playback	2013.9	1608.6
PLAYE	Edge-Activated Playback	2013.9	1777.0
RECLD	Record LED Output	2011.9	1971.8
XCLK	No Connect (optional)	1580.7	1973.8
REC	Record	752.3	1973.8
V _{CCD}	V _{CC} Digital Power Supply	-48.5	1929.4

NOTE: Die dimensions and pin/pad positions may be subject to change. Please contact ISD Sales Offices or Representatives to verify current or future specifications.

ORDERING INFORMATION

Product Number Descriptor Key



When ordering ISD1400 Series devices, please refer to the following valid part numbers.

Part Number	Part Number
ISD1416P	ISD1420P
ISD1416PI	ISD1420PI
ISD1416S	ISD1420S
ISD1416SI	ISD1420SI
ISD1416X	ISD1420X

For the latest product information, access ISD's worldwide website at <http://www.isd.com>.

บรรณานุกรม

- [1] สมยศ โลหะวิทยาวิกรานต์ “ เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ “ ฉบับที่ 88 , หน้า 210-213 กันยายน 2531
- [2] สุชาติ กังวารจิตต์ “ เครื่องรับส่งวิทยุและระบบวิทยุสื่อสาร ” กรุงเทพฯ:บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2536
- [3] วิโรจน์ อัสวรังสี, ชัชวาล เต็มฤทธิ์รงค์ และ กรชฎี ใสศติศย์ “ การใช้งานอปแอมป์ และ ลิเนียร์ไอซี “ กรุงเทพฯ: บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2536
- [4] โคทม อารียา “ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ เล่ม 2,3 “ กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด 2533
- [5] เสกสิทธิ์ คำชมภู “ เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ “ ฉบับที่ 146 หน้า 58-61 กุมภาพันธ์ มีนาคม 2538
- [6] ก้องเกียรติ ฦสีมา “ ทฤษฎีการใช้งานไอซี 555 “ กรุงเทพฯ: ดวงกมล, 2528
- [7] ดร.สิทธิชัย โภไคยอุดม , ดร.พิรศักดิ์ วรสุนทโรสถ และ โคมิโอะ อิวะสะกิ “ ทฤษฎีและการคำนวณวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ” บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) , 2521
- [8] ประโยชน์ อยู่คงพันธ์ “ คู่มือตรวจสอบวิทยุทรานซิสเตอร์ AM-MPX “ สำนักพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์ 79, ธันวาคม 2519
- [9] บรรณเจดิตตติกัลยาภรณ์, “ เครื่องรับส่ง เล่ม 7,8 “
- [10] Advance Engineering Grop, “ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ” หจก. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์ เซ็นเตอร์
- [11] สุเจตน์ จันทรัมย์, “ ไมโครคอนโทรลเลอร์ชิพเดี่ยว 8051 ”
- [12] ดร.มงคล เดชนครินทร์ และ ดร.ชาตรี ศรีไพพรรณ “ อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน ”
- [13] แผนกหนังสือพิเศษด้านอิเล็กทรอนิกส์ “ รวมโครงการงานอิเล็กทรอนิกส์วิทยุและเครื่องรับส่ง ” บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้