ปีการศึกษา 2532

เครื่องนับจำนวนระยะไกล

โดย

นายสมชาย ลาภวิสุทธิสาโรจน์

นายสุริยันต์ ไชยจารีย์

นายศราพงษ์ หาญวิทยาพันธ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. วิชัย สุรพัฒน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2532

ภาควิชา เทคนิคอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องนับจำนวนระยะไกล

ผู้จัดทำ

1. นายสมชาย ลาภวิสุทธิสาโรจน์
2. นายสุริยันต์ ไชยจารีย์
3. นายศราพงษ์ หาญวิทยาพันธ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

( )

..... กรรมการ

( )

..... กรรมการ

( )

..... กรรมการ

( )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องนับจำนวนระยะไกล

สมชาย ลาภวิสุทธิสาโรจน์
สุริยันต์ ไชยจารีย์
ศราพงษ์ หาญวิทยาพันธ์
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.วิชัย สุรพัฒน์
ปีการศึกษา 2532

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เรียบเรียงขึ้นจากผลงานที่ได้จากการผลิตเครื่องนับจำนวนคนระยะไกลไร้สาย (REMOTE COUNTER) โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อนับจำนวนผู้ป่วยที่เข้าไปติดต่อในคลีนิคหรือสถานพยาบาลในวันหนึ่ง ๆ ว่ามีจำนวนเท่าไร

เครื่องนับจำนวนคนระยะไกลไร้สายดังกล่าว ประกอบด้วยตัวเครื่อง 2 ส่วน คือ ตัวส่งสัญญาณ (TRANSMITTER) และตัวรับสัญญาณ (RECEIVER) รวมทั้งตัวแสดงผล (DISPLAY) ซึ่งการส่งสัญญาณการนับจากตัวส่งสัญญาณไปยังตัวรับสัญญาณจะใช้สัญญาณวิทยุไฮย์ ฟรีเควนซี (HIGH FREQUENCY) โดยมีความถี่ 28 เมกกะเฮริทซ์ (MHz) เป็นตัวกลางในการส่งสัญญาณระหว่างกัน ซึ่งเครื่องนับจำนวนคนระยะไกลไร้สายดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการใช้งานในระยะ 100-300 เมตร ประกอบกับตัวเครื่องมีขนาดเล็กกระทัดรัด จึงสะดวกต่อการติดตั้งโดยตัวส่งสัญญาณมีขนาด 9 x 13 เซนติเมตร และตัวรับสัญญาณมีขนาด 13 x 21 เซนติเมตร ทำให้ได้รับประโยชน์จากเครื่องเป็นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REMOTE COUNTER

SOMCHAI LAPEVISUTHISAROJ

SURIYAN CHAICHAREE

SARAPONG HANVITAYAPHAN

ADVISOR

ASSIST PROF. WICHAI SURAPAT

1989

ABSTRACT

This thesis is intended to inform about a Remote Counter product, a wireless electronic gadget that automatically counts the number of patients seeing or visiting a doctor at clinic or hospital per day.

The Remote Counter has two major components : a transmitter and receiver which features a number display or monitor.

Transmission from the transmitter to the receiver is through a 28 MHz high frequency radio signal with an effective working distance of 100-300 metres.

Remote Counter is easy to operate and space-convenient as the transmitter measures only 9 x 13 cms, while the receiver is only 13 x 21 cms.

With the anticipated usefulness of Remote Counter to clinics or hospital.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	เรื่อง	หน้า
บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	หลักการทำงานของเครื่อง	4
	ทฤษฎี	
	2.1 เครื่องรับวิทยุเอเอ็ม	6
	2.2 เครื่องส่งวิทยุ	9
	2.3 วงจรขยายอาร์เอฟ	11
	2.4 วงจรออสซิเลเตอร์	11
	2.5 วงจรมิกเซอร์	12
	2.6 วงจรขยายไอเอฟ	12
	2.7 วงจรขยายกำลังอาร์เอฟ	13
	2.8 วงจรเด้าท์เตอร์	15
	2.9 555 IC TIMER	33
	2.10 IC DTMF DECODER	41
บทที่ 3	การทำงานของเครื่อง	
	3.1 การทำงานภาค DTMF GENERATOR	52
	3.2 การทำงานภาค XMT SWITCH	53
	3.3 การทำงานภาค TIMER	55
	3.4 การทำงานภาค TX	55
	3.5 การทำงานภาค RX	59
	3.6 การทำงานภาค AVC	62
	3.7 การทำงานภาค DECODER	64
	3.8 การทำงานภาค PULSE GENERATOR	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง		หน้า
3.9	การทำงานภาค COUNTER	66
3.10	การทำงานภาค POWER SUPPLY	68
บทที่ 4	การสร้างและการปรับแต่ง	
4.1	การประกอบภาคส่ง-ภาครับ	69
4.2	การปรับแต่ง	79
บทที่ 5	บทวิจารณ์ และสรุป	86
ภาคผนวก		
กิตติกรรมประกาศ		
หนังสืออ้างอิง		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่ 1	บล็อกไดอะแกรมเครื่องนับจำนวนระยะไกล SLAVE	3
รูปที่ 2	บล็อกไดอะแกรมเครื่องนับจำนวนระยะไกล MASTER	3
รูปที่ 3	บล็อกไดอะแกรมวิทยุ AM แบบ TRF	6
รูปที่ 4	บล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับ SUPERHETERODYNE	7
รูปที่ 5	บล็อกไดอะแกรมของเครื่องส่งอย่างง่าย	10
รูปที่ 6	วงจรขยาย RF แบบอิมิตเตอร์ร่วม	11
รูปที่ 7	วงจรขยาย IF	13
รูปที่ 8	วงจรขยายกำลังคลาส A	14
รูปที่ 9	สัญญลักษณ์ของลอจิกเกทชนิดต่าง ๆ	16
รูปที่ 10	สัญญลักษณ์ของ NAND GATE และ NOR GATE	17
รูปที่ 11	สัญญลักษณ์-การทำงานของ NOR RS FLIP-FLOP	18
รูปที่ 12	สัญญลักษณ์-การทำงานของ NAND RS FLIP-FLOP	19
รูปที่ 13	การทำงานของ CLOCK R-S FLIP-FLOP	19
รูปที่ 14	การทำงานของ D FLIP-FLOP	20
รูปที่ 15	การทำงานของ J-K FLIP-FLOP	21
รูปที่ 16	การทำงานของ J-K FLIP-FLOP	22
รูปที่ 17	การทำงานของ JK MASTER/SLAVE FLIP-FLOP	23
รูปที่ 18	บล็อกไดอะแกรมของวงจรนับเลขฐานสอง	24
รูปที่ 19	ไทมิ่งไดอะแกรมของวงจรนับเลขฐานสอง	24
รูปที่ 20	บล็อกไดอะแกรมวงจรนับโมด-10	29
รูปที่ 21	ไทมิ่งไดอะแกรมของวงจรนับสิบ	32

เอกสารนี้มีไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่	22	บล็อกไดอะแกรมของไอซี 555	33
รูปที่	23	555 MONOSTABLE MULTIVIBRATOR	35
รูปที่	24	รายละเอียดขาของไอซี MT 8870	43
รูปที่	25	โครงสร้างภายในของไอซี MT 8870	43
รูปที่	26	ตารางการทำงานของไอซี MT 8870	44
รูปที่	27	ไทมิ่งไดอะแกรมการทำงานของไอซี MT 8870	45
รูปที่	28	วงจรตรวจสอบสัญญาณ (STEERING) อย่างง่าย	47
รูปที่	29	วงจรตรวจสอบสัญญาณที่ใช้งานจริง	49
รูปที่	30	การต่อวงจรผลิตความถี่	50
รูปที่	31	เซอร์คิทไดอะแกรมของเครื่อง REMOTE COUNTER	51
รูปที่	32	วงจรภาค DTMF GEN., XMT SWICH, TIMER	53
รูปที่	33	วงจรภาค TX	54
รูปที่	34	วงจรภาคอาร์เอฟแอมป์,ออสซิเลเตอร์,มิกเซอร์	56
รูปที่	35	วงจรภาคไอเอฟแอมป์,ดีเทคเตอร์	57
รูปที่	36	วงจรภาคเอเอฟแอมป์	58
รูปที่	37	วงจรภาคเอวีซี (AVC)	61
รูปที่	38	วงจรภาคดีโค้ดเดอร์	63
รูปที่	39	วงจรภาคพัลซ์เจนเนอเรเตอร์	65
รูปที่	40	บล็อกไดอะแกรมของวงจรนับ	66
รูปที่	41	วงจรเค้าท์เตอร์	67
รูปที่	42	วงจรภาคเพาว์เวอร์ซัพพลาย	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่	43	ค่าคอยล์ต่างๆ ที่ใช้ในเครื่องรับ	70
รูปที่	44	ลายปริ้นท์เครื่องรับ	70
รูปที่	45	ค่าคอยล์ที่ใช้ในเครื่องส่ง	71
รูปที่	46	ลายปริ้นท์เครื่องส่ง	71
รูปที่	47	ลายปริ้นท์ ภาคเอวีซี (AVC)	72
รูปที่	48	ลายปริ้นท์ ภาคดีโค้ดเดอร์ - พัลซ์เจนเนอเรเตอร์	72
รูปที่	49	ลายปริ้นท์ ภาคเค้าท์เตอร์	73
รูปที่	50	ลายปริ้นท์ ภาคเพาว์เวอร์ซัพพลาย	73
รูปที่	51	เวฟฟอร์มสัญญาณ 1 KHz มอดกับสัญญาณแคร์เรียร์	80
รูปที่	52	เครื่องส่งต้นแบบที่สร้างเสร็จแล้ว	82
รูปที่	53	วงจร S-METER	83
รูปที่	54	รูปคลื่น DTMF	83
รูปที่	55	เครื่องรับต้นแบบที่สร้างเสร็จแล้ว	84
รูปที่	56	เครื่อง REMOTE COUNTER ต้นแบบ	85

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่	1	สถานะของวงจรนับเลขฐานสอง	27
ตารางที่	2	สถานะการนับของวงจรนับโมด-3	28
ตารางที่	3	การทำงานของวงจรนับสิบ	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

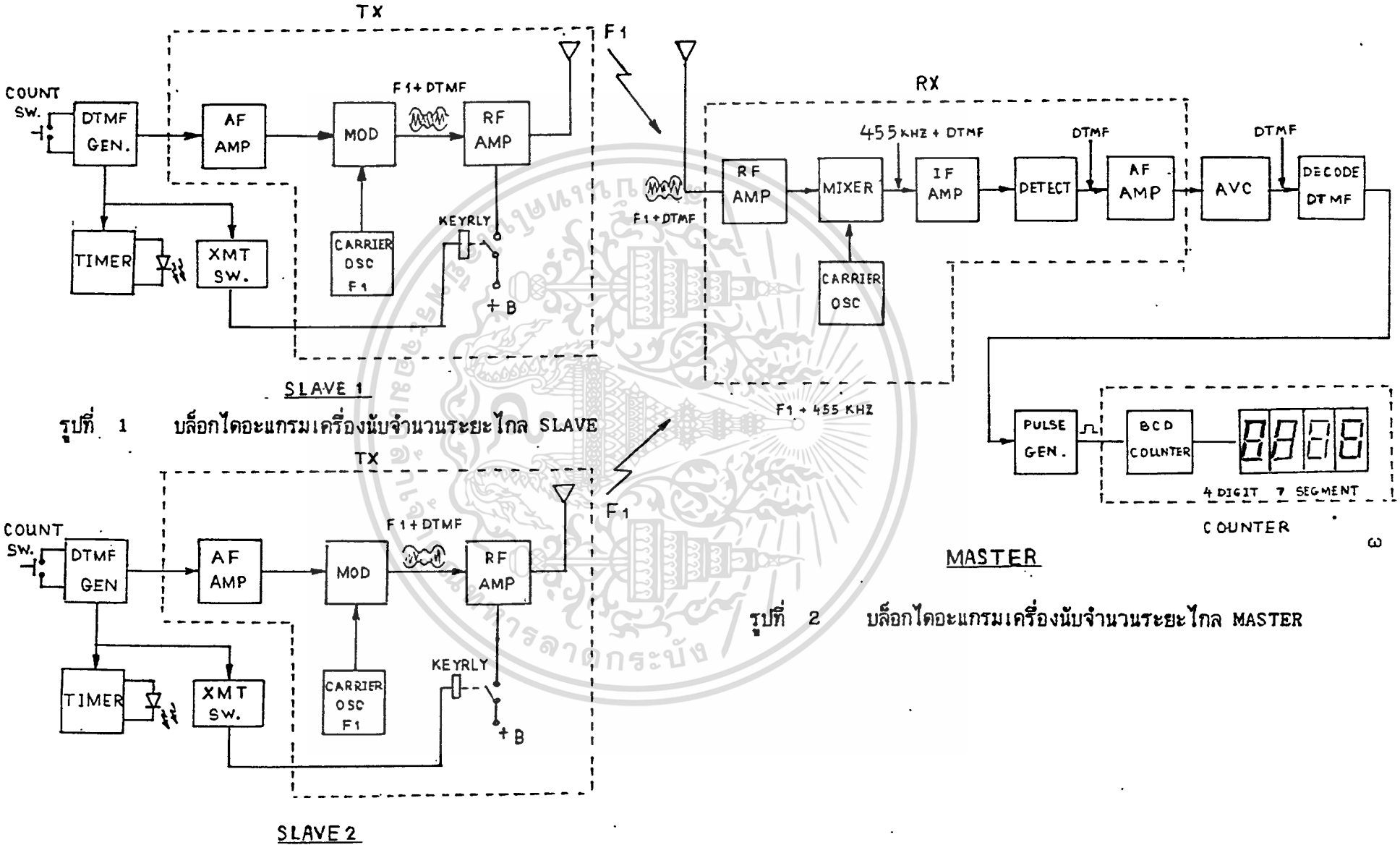
การผ่านสัญญาณควบคุม โดยใช้ความถี่วิทยุไอฟรีเควนซี่เป็นตัวกลาง ทำให้ได้ระยะการควบคุมที่ไกลพอสมควร เครื่องนับจำนวนระยะไกล (REMOTE COUNTER) นี้จะส่งสัญญาณ ควบคุม การนับ ของชุดเคาท์เตอร์ (COUNTER) ไปกับสัญญาณวิทยุความถี่สูง โดยจะใช้ความถี่ 28.550 เมกกะเฮริทซ์ เป็นความถี่ด้านส่ง และใช้ความถี่ 28.095 เมกกะเฮริทซ์ เป็นความถี่ทางด้านรับ ซึ่งความถี่ด้านส่งจะต่างจากความถี่ด้านรับอยู่ 455 กิโลเฮริทซ์ (KILOHERTZ) การส่งสัญญาณควบคุมโดยใช้สัญญาณวิทยุเป็นตัวกลาง (MEDIA) นี้จะต้องมี การเข้าโค๊ดของสัญญาณ (ENCODE) ในที่นี้จะใช้สัญญาณ ดูอัลโทนมัลติฟรีเควนซี่ (DUAL TONE MULTI FREQUENCY) จากนั้น นำสัญญาณ ดูอัลโทนนี้ไปมอดดูเลท (MODULATED) กับสัญญาณวิทยุความถี่สูงส่งออกอากาศไปดังบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 1โดยจะสร้างตัวส่ง (SLAVE) ไว้ 2 ตัวใช้ความถี่ทางด้านส่งความถี่เดียวกันแต่ละเครื่องสามารถส่งสัญญาณ DTMF มอดดูเลทเข้ากับฟรีเควนซี่แคร์เรียร์ของเครื่องส่งซึ่งมีการมอดดูเลทแบบเอเอ็ม (AMPLITUDE MODULATION) เมื่อสัญญาณถึงเครื่องรับ (MASTER) สัญญาณจะผ่านภาคอาร์เอฟแอมป์ (RF AMP) ผ่านภาคมิกเซอร์ (MIXER) ไอเอฟ (INTERMEDIATE FREQUENCY) และดีเทคเตอร์ (DETECTOR) แล้วก็จะได้สัญญาณ DTMF เหมือนกับทางด้านส่งจานั้นสัญญาณ DTMF จะถูกดีโค๊ดเพื่อนำไปควบคุมภาคพัลซ์เจนเนอเรเตอร์ (PULSE GENERATOR) ให้ผลิตพัลซ์ช่วงแคบ ๆ เพื่อไปทำให้บีซีดี เคาท์เตอร์ (BCD COUNTER) นับโดยการนับเป็นการนับขึ้นครั้งละหนึ่งจะแสดงผลโดยใช้ 7 เซกต์เมนท์ (SEVEN SEGMENT)

ในการดีโค๊ด สัญญาณ DTMF นี้จะมีไอซีเฉพาะที่ใช้ในการดีโค๊ด ซึ่งมีความสามารถในการดีโค๊ดที่แน่นอน อีกทั้งมีช่วงของระดับสัญญาณในการดีโค๊ด เป็นช่วงกว้าง ซึ่งจากคุณสมบัติของไอซีนี้ทำให้เครื่องนับจำนวน นับได้อย่างเที่ยงตรง ขึ้นอยู่กับสัญญาณควบคุมที่ส่งมาจากทางด้านส่งเท่านั้น สัญญาณรบกวนอื่น ๆ ไม่สามารถที่จะทำให้เครื่องนับนับได้ อีกทั้งมีรัศมีการใช้งานระหว่างตัวส่งกับตัวรับ ได้ไกลพอสมควร เหมาะที่จะใช้งานในการนับคน หรือสิ่งของจากหลาย ๆ ที่ (มีหลายจุด) โดยไม่ต้องใช้สายต่อระหว่างกันทำให้สะดวกในการติดตั้งและใช้งาน ในที่นี้ได้สร้างตัวส่งไว้ 2 ตัว โดยใช้ความถี่เดียวกันแต่อาศัยการหน่วงเวลาในการส่งสัญญาณ ทางด้านส่งไว้ชั่วระยะเวลาหนึ่ง โดยใช้ วงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมโนสเตเบิ้ล และอาศัยคุณสมบัติในการตีโค้ด สัญญาณทางด้านตัวรับที่มีการตีโค้ดสัญญาณอย่างรวดเร็วทำให้เครื่องนับจำนวน ทำงานได้อย่างถูกต้อง โดยมีตัวส่งสัญญาณควบคุมการนับมาจากหลาย ๆ จุด (ในที่นี้มี 2 จุด) ดังบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 1,2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมเครื่องนับจำนวนระยะไกล SLAVE

รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมเครื่องนับจำนวนระยะไกล MASTER

บทที่ 2

หลักการทำงานของเครื่อง

จากบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 1 เป็นระบบการทำงานทั้งหมดของเครื่องรีโมทเคาท์เตอร์ (REMOTE COUNTER) นี้โดยแบ่งเป็น 3 ชุด คือ มีชุด SLAVE 2 ชุด คือ SLAVE 1 กับ 2 MASTER 1 ชุด ตัว SLAVE แต่ละตัวมีการทำงานเหมือนกันทุกประการ ซึ่งจะแบ่งเป็นภาค ๆ ได้ดังนี้

- DTMF GENERATOR
- TX (RF AMP, MOD, CARRIER OSC, AF AMP)
- TIMER
- XMT SW

ส่วนตัว MASTER จะแบ่งเป็นภาคใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

- RX (RF AMP, MIXER, OSC, IF AMP, DETECT, AF AMP)
- AVC
- DECODE DTMF
- PULSE GENERATOR
- BCD COUNTER

ซึ่งจะอธิบายการทำงานจากบล็อกไดอะแกรมได้ดังนี้

เมื่อกด COUNT SWITCH ภาค DTMF GEN. จะกำเนิดสัญญาณ DTMF (DUAL TONE MULTI FREQUENCY) มีความถี่ตามที่จะกำหนดตามโรว์ (ROW) และคอลัมน์ (COLUMN) ของไอซี DTMF จากนั้นสัญญาณ DTMF จะผ่านภาคแอมปลิไฟเออร์ให้มีขนาดสัญญาณแรงขึ้นให้เพียงพอที่จะทำการมอดดูเลท (MODULATED) กับสัญญาณแคร์เรียร์ของเครื่องส่ง (TX)

เมื่อสัญญาณ DTMF มอดกับแคร์เรียร์แล้วจะส่งสัญญาณไปยังภาคอาร์เอฟแอมปลิไฟเออร์ (RF AMPLIFIER) เพื่อขยายให้มีกำลังแรงขึ้นก่อนที่จะส่งออกอากาศ โดยจะมี KEY RELAY เป็นตัวตัดต่อไฟ + B ที่จะจ่ายให้ภาคอาร์เอฟแอมป์ ในขณะที่ไม่มีการกด COUNT SWITCH ภาคอาร์เอฟแอมป์จะไม่มีไฟ + B ไปเลี้ยง ทั้งนี้เพราะตัว SLAVE อีกตัวหนึ่งซึ่งใช้ความถี่อาร์เอฟในการออกอากาศความถี่เดียวกัน ดังนั้นเพื่อป้องกันการ

เอกสารนี้ได้รับการสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

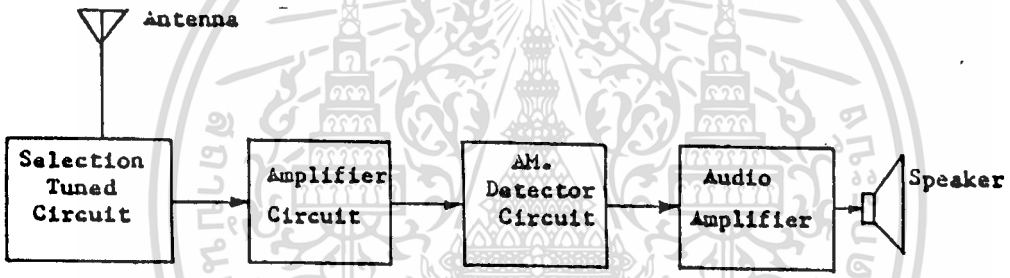
รบกวนกัน จึงออกแบบให้มีการทำงานของภาคอาร์เอฟแอมป์ เมื่อมีการกด COUNT SWITCH เท่านั้น โดยจะนำสัญญาณควบคุมมาจากภาค DTMF GEN. มาควบคุมการทำงานของ KEY RELAY ในขณะที่ทำการกด COUNT SWITCH ทำการนับ จะมีสัญญาณควบคุมส่วนหนึ่งมาทำการทริกภาค TIMER เพื่อเป็นตัวกำหนดช่วงระยะเวลาในการกด COUNT SWITCH ครั้งต่อไป ให้มีช่วงเวลาห่างออกไปจากครั้งแรก โดยดูจาก LED DISPLAY ถ้า LED ติดอยู่จะกดสวิทช์ทำการนับไม่ได้ จะต้องรอจนกว่า LED ดับ จึงจะกด COUNT SWITCH ครั้งต่อไปได้ ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าในการใช้งานจริงอาจจะมีการกด COUNT SWITCH จาก SLAVE อีกตัวหนึ่งได้ ซึ่งถ้ามีการกด COUNT SWITCH ขึ้นในเวลาพร้อม ๆ กันหรือใกล้เคียงกัน อาจจะทำให้มีการรบกวนกันของสัญญาณทำให้ไม่มีการดีโค้ดของสัญญาณขึ้นที่ตัว MASTER ได้ ซึ่งจะทำให้ภาค BCD COUNTER ไม่ทำงาน (ไม่ทำการนับ) จะทำให้การนับจากที่เป็นจริงผิดพลาดไปได้

สัญญาณ DTMF ที่มอดกับเคร์เรียร์แล้วถูกขยายด้วยภาคอาร์เอฟแอมป์แล้วจะส่งอากาศไปด้วยความถี่ f1+DTMF เมกกะเฮริทซ์ (MHZ) ที่ภาครับ (RX) คลื่นวิทยุ f1+DTMF จะถูกขยายด้วยภาคอาร์เอฟแอมป์ ซึ่งที่ภาคนี้จะเป็นตัวกำหนดเซนซิติวิตี้ (SENSITIVITY) ของภาครับ เมื่อสัญญาณมีขนาดแรงขึ้นก็จะส่งไปยังภาคมิกเซอร์ (MIXER) เพื่อลดความถี่ให้เป็นความถี่ปานกลาง 455 KHZ โดยความถี่ CARRIER OSC จะผลิตความถี่ให้สูงกว่าความถี่ f1 อยู่ 455 KHZ เพื่อว่าเมื่อทำการผสมกับความถี่ f1+DTMF แล้วจะได้ความถี่ 455 KHZ+DTMF ออกไปเข้าภาค IF AMP ซึ่งที่ภาคนี้จะเป็นตัวกำหนดซีเล็กติวิตี้ (SELECTIVITY) ในการเลือกรับสัญญาณที่ต้องการ จากนั้นสัญญาณ IF จะผ่านภาคดีเทคเตอร์ (DETECTOR) นำสัญญาณ DTMF ออกมา สัญญาณจะถูกขยายด้วยภาค AF AMP ให้มีความแรงของสัญญาณพอสมควร เพื่อส่งต่อไปยังภาค AVC (AUTOMATIC VOLUME CONTROL) ที่ภาคนี้จะเป็นตัวจำกัดความสูง ของสัญญาณ ให้มีค่าคงที่ตลอด ไม่ว่าสัญญาณ DTMF ที่ผ่านเข้ามาจะมีค่ามากเพียงใด สัญญาณที่ออกจากภาค AVC ก็จะมีค่าคงที่ตลอด เพื่อผลในการดีโค้ดสัญญาณ DTMF เพราะว่าภาค DECODE DTMF จะมีช่วงสัญญาณในการดีเทคอยู่ช่วงหนึ่งถ้ามากหรือน้อยเกิดกว่าค่าที่กำหนดไว้ในสเปค (SPECIFICATION) ภาค DECODE DTMF ก็ไม่สามารถทำงานได้ ซึ่งจะทำให้การทำงานผิดพลาดได้เมื่อสัญญาณจากภาค AVC ผ่านการดีโค้ดแล้วจะมีสัญญาณส่วนหนึ่งไปทริกให้ภาค PULSE GENERATOR ผลิตพัลซ์หนึ่งลูกเพื่อไปทำให้ BCD COUNTER นับได้ จากที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่าวมาจะเป็นระบบการทำงานทั้งหมดของเครื่อง ซึ่งรายละเอียดในการทำงานจริง ๆ จะหาได้ในการทำงานของเครื่อง

2.1 <u>เครื่องรับวิทยุเอเอ็ม</u> ในยุคแรก ๆ จะเป็นเครื่องรับแบบจูนความถี่สัญญาณวิทยุหรือ TUNED RADIO FREQUENCY (TRF) ซึ่งมีบล็อกไดอะแกรม ดังรูป 3 จากบล็อกไดอะแกรมจะเห็นว่า เมื่อสัญญาณเข้ามาจากสายอากาศผ่านการจูนเลือกความถี่แล้ว ป้อนเข้าสู่วงจรขยายสัญญาณความถี่วิทยุให้มีความแรงสูงขึ้น จากนั้นก็ป้อนเข้าสู่วงจรดีเทคเตอร์ เพื่อทำการแยกสัญญาณเสียงเข้าสู่วงจรขยายเสียงทางลำโพง

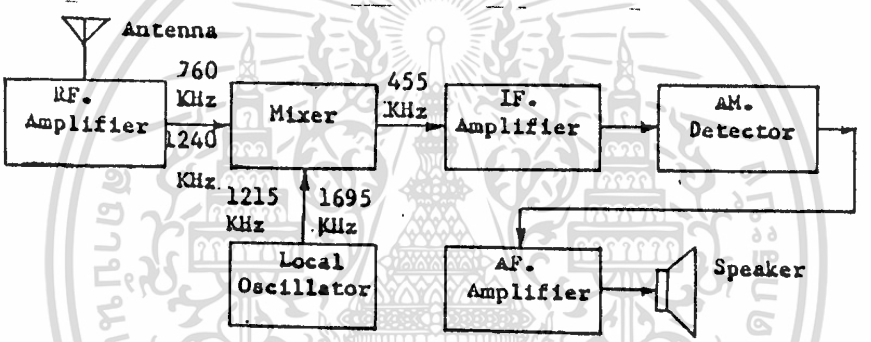


รูปที่ 3 บล็อกไดอะแกรมวิทยุ AM แบบ TRF.

ในเครื่องรับเอเอ็ม แบบ TRF ส่วนของวงจรขยายสัญญาณความถี่ วิทยุจะต้องทำการขยายได้ตลอดช่วงความถี่ใช้งานคือจาก 550 KHZ ถึง 1600 KHZ ส่วนข้อเสียมักจะเกิดขึ้น คือช่วงอัตราขยายมักไม่สม่ำเสมอตลอดผ่านความถี่ใช้งาน เป็นผลทำให้สถานีที่ส่งต่างกัน เครื่องรับจะรับได้ต่างกันมาก ในบางสถานีที่ส่งที่ความถี่ต่ำจะทำให้มีอัตราขยายของวงจรขยายสัญญาณความถี่วิทยุ ก็จะได้รับเสียงดังมาก จนเกิดการเพี้ยน และบางสถานีอยู่ที่ความถี่สูง ทำให้วงจรมีอัตราขยายต่ำ สัญญาณรบกวนจะสูง นอกจากนี้ข้อเสียของเครื่องรับ TRF อีกประการหนึ่งคือการจูนเลือกสถานีที่เป็นไปได้ยากและยังยากต่อการออกแบบมาก ทั้งนี้เนื่องจาก ถ้าวงจรจูนมีช่วงเวลาการเลือกไม่ดีอาจจะมีสัญญาณของสถานีข้างเคียงแทรกซ้อน เพื่อแก้ปัญหาเหล่านี้ จึงต้องนำสัญญาณความถี่วิทยุ มาผ่านวงจรมิกเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(MIXER) เสียก่อน เพื่อจะเปลี่ยนสัญญาณความถี่วิทยุที่จนเข้ามาให้อยู่ในรูปของความถี่ที่ต้องการเข้าสู่วงจรขยาย เพราะจะได้กำหนดอัตราขยายของวงจรได้ถูกต้อง และยังช่วยเพิ่มเสถียรภาพการเลือกสถานีทำให้การแทรกซ้อนระหว่างสถานีลดน้อยลง วงจรเครื่องรับที่มีภาคมิกเซอร์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนความถี่ของสัญญาณที่ได้รับให้อยู่ในความถี่ที่ต้องการซึ่งเป็นการถูกต้อง (INTERMEDIAT FERQUENCY) หรือความถี่ IF นั้นมีชื่อเรียกว่า เครื่องรับซุปเปอร์เฮทเตอร์โรดายน์ (SUPERHETERODYNE)



รูปที่ 4 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับ Superheterodyne

วงจรเครื่องรับเอเอ็มทั่ว ๆ ไป จะเป็นวงจรเครื่องรับซุปเปอร์เฮทเตอร์โรดายน์ทั้งนั้น การทำงานของวงจรเริ่มจากมีสัญญาณผ่านเข้ามาทางสายอากาศของเครื่องรับ ซึ่งผ่านเข้าวงจรขยายสัญญาณความถี่วิทยุ (RF) ขยายสัญญาณนี้ให้ขนาดใหญ่ขึ้นแล้วป้อนเข้าสู่วงจรมิกเซอร์ เพื่อผสมกับสัญญาณความถี่อื่นที่มาจากโลคัลออสซิลเลเตอร์ ซึ่งเป็นผลทำให้ความถี่ปรากฏออกมาที่เอาท์พุทของมิกเซอร์เป็นความถี่ 455 KHZ เสมอ นั่นคือ ไม่ว่าเครื่องรับจะรับความถี่ใดเข้ามา โลคัลออสซิลเลเตอร์ก็จะสร้างความถี่ตามเพื่อป้อนเข้าสู่วงจรมิกเซอร์ได้เอาท์พุทเป็นความถี่ 455 KHZ ความถี่ 455 KHZ ก็คือ ความถี่ IF. นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในวงจรมิกเซอร์สัญญาณที่ป้อนเข้ามาจะผสมกับสัญญาณความถี่โลคัลออสซิเลเตอร์ ทำให้ได้ความถี่ IF. นี้เราเรียกว่าขบวนการซุปเปอร์เฮทเตอร์โรดายน์ เหตุผลที่เรียกว่าความถี่ IF. หรือ ความถี่ปานกลางก็คือเป็นความถี่ที่อยู่ระหว่างความถี่วิทยุกับความถี่เสียงนั่นเอง

เมื่อพิจารณาที่เอาท์พุทของวงจรมิกเซอร์ จะเห็นว่าสัญญาณ IF. ที่ได้จะไม่เปลี่ยนแปลงความถี่ จะคงที่ทุกสถานีที่รับเข้ามา คือ 455 KHZ ตลอด ฉะนั้นเมื่อป้อนเข้าวงจรขยาย IF. ก็สามารถทำการออกแบบให้วงจรมีอัตราขยายสูงสุดได้ เพื่อให้ผลของการรับดียิ่งขึ้น ดังนั้นเอาท์พุทของวงจรขยายภาค IF.ก็ยังคงมีความถี่ 455 KHZ อยู่ตามเดิม ส่วนของวงจรขยายภาค IF. จึงเป็นวงจรแบบเลือกความถี่

เอาท์พุทจากภาคขยาย IF. จะป้อนเข้าสู่วงจรดีเทคเตอร์เพื่อทำการแยกสัญญาณเสียงออกทางลำโพงต่อไป

ส่วนสำคัญของเครื่องรับซุปเปอร์เฮทเตอร์โรดายน์ ก็อยู่ที่ว่าจะสร้างความถี่ 455 KHZ หรือความถี่ IF ขึ้นได้อย่างไร จากรูป 4 ความถี่สองความถี่ได้แสดงให้เห็นที่เอาท์พุทของออสซิลเลเตอร์ และวงจรขยายความถี่วิทยุ (RF AMP) โดยที่เมื่อวงจรจูนได้ทำการจูนให้ได้ความถี่ 760 KHZ ตัวออสซิลเลเตอร์ก็จะสร้างความถี่ด้วยค่าประมาณ 1,215 KHZ เมื่อความถี่ทั้งสองผสมกันในรูปของเฮทเตอร์โรดายน์ จะได้ความถี่ใหม่เป็น 1,215-760=455 KHZ ออกที่เอาท์พุทของมิกเซอร์

หากเราจูนเครื่องรับให้รับที่ความถี่ 1,240 KHZ ออสซิลเลเตอร์ก็จะสร้างความถี่ 1,695 KHZ เมื่อผ่านวงจรมิกเซอร์ก็จะได้ความถี่ 1,695-1,240 KHZ นั่นก็หมายความว่าตัวออสซิลเลเตอร์ จะสร้างความถี่ขึ้นเพื่อป้อนเข้าวงจรมิกเซอร์ให้ได้ความถี่ IF. คือ 455 KHZ เสมอ ดังนั้นตัวปรับความถี่ออสซิลเลเตอร์ จึงใช้ตัวเก็บประจุที่มีแกนร่วมกับตัวเก็บประจุจูนนิ่งเพื่อให้หมุนเปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุพร้อมกัน และเนื่องจากค่าความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์จึงมีขนาดเล็ก

<u>หลักการของเฮทเตอร์โรดายน์ของวงจรมิกเซอร์</u>

จากจุดมุ่งหมายที่ต้องการให้เอาท์พุทจากเครื่องรับ ได้ผลดีที่ทุกความถี่จึงต้องเปลี่ยนความถี่วิทยุที่ได้รับเข้ามาให้เป็นความถี่ IF.เสียก่อน ความถี่ไอเอฟ สำหรับไเครื่องรับเอเอ็มที่ใช้จะมีค่ามาตรฐานเป็น 455 KHZ การที่จะทำให้ความถี่วิทยุที่ได้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้ามากลายเป็นความถี่ปานกลาง ซึ่งเราเรียกว่า "ขบวนการเฮทเตอร์โรดายน์" ทำได้โดยอาศัยหลักการรวมความถี่ โดยใช้คุณสมบัติที่ไม่เป็นเชิงเส้นของวงจรเป็นตัวร่วมนั่นเอง วงจรที่ทำหน้าที่รวมความถี่ให้ได้ความถี่ IF. จึงมีชื่อว่า มิกเซอร์ (MIXER)

จากหลักการของการรวมความถี่ ความถี่ที่เกิดขึ้นย่อมต้องมีค่าได้หลายความถี่ เช่น ความถี่ของสัญญาณวิทยุรับได้เป็นความถี่ 610 KHZ สัญญาณจากโลคัลออสซิลเลเตอร์ต้องสร้างความถี่ 1,675 KHZ (610+455) ขึ้นมาเพื่อรับกับ 610 KHZ เมื่อรวมกันแล้วที่วงจรมิกเซอร์ ความถี่ที่เกิดขึ้นจะเป็นผลบวก และผลต่างของความถี่ทั้งสองคือ 1065-610=455 KHZ และ 1065+610=1,675 KHZ ความถี่ 455 KHZ เป็นความถี่ที่ต้องการ ส่วนความถี่ 1,675 KHZ เป็นความถี่ที่ไม่ต้องการจะถูกกำจัดด้วยวงจรขยาย IF โดยอัตโนมัติ เพราะได้จูนวงจรขยาย IF. ไว้ที่ 455 KHZ เท่านั้น

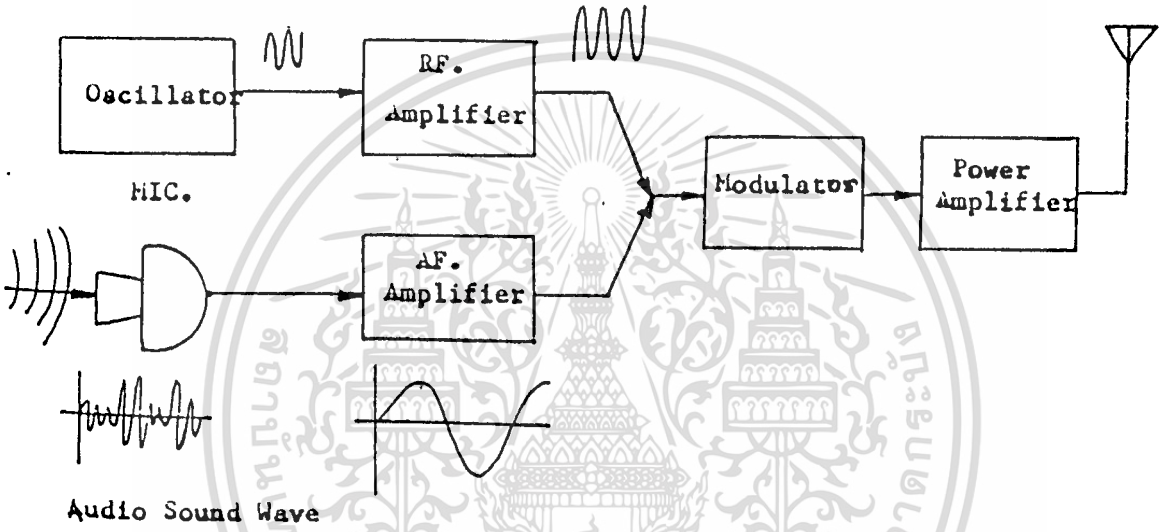
2.2 <u>เครื่องส่งวิทยุ</u> (RADIO TRANSMITTER)

จุดประสงค์ของระบบวิทยุสื่อสาร คือ การส่งข่าวสารจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยที่การสื่อสารอาจเป็นไปในทิศทางเดียว (UNIDIRECTIONAL) เช่น กรณีของการกระจายเสียง และการส่งโทรทัศน์ หรือเป็นไปในลักษณะสองทิศทาง (BI-DIRECTIONAL) เช่น กรณีของระบบวิทยุโทรทัศน์ที่สถานีส่งของระบบ จะมีการผสมสัญญาณ (SIGNAL) กับคลื่นพาห์แล้วทำการขยายให้มีกำลังอยู่ในระดับสูงพอที่จะส่งออกอากาศในย่านความถี่ VHF,UHF นั้น สามารถส่งกระจายเสียง หรือส่งข่าวสารได้ทั้งในระบบ AM และ FM

แต่ในย่านความถี่ต่ำกว่านี้แล้วจะส่งได้เฉพาะ AM เท่านั้น สำหรับเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียง (SOUND BROADCAST TRANSMITTER) ส่งกระจายเสียงเป็น AM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
026904

เครื่องส่งระบบ AM AMPLITUDE-MODULATION TRANSMITTER) สามารถเขียน BLOCK DIAGRAM ได้ดังนี้

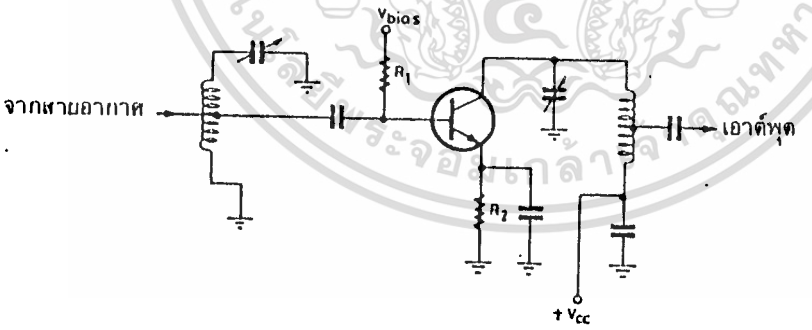


รูปที่ 5 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องส่งอย่างง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผสม (MODULATED WAVE) จะป้อนไปยังภาคขยายกำลัง (POWER AMPLIFIER) ให้มีกำลังสูงพอที่จะป้อนเข้าไปยังสายอากาศเพื่อแผ่ออกอากาศต่อไป

2.3 <u>วงจรขยาย RF</u> ที่นิยมใช้มีอยู่ 3 แบบคือ วงจรขยายอิมิตเตอร์ร่วม วงจรขยายเบสร่วมและวงจรขยายคาสโคด (CASCODE) แต่ในกรณีของวงจรที่ใช้ FET แทนทรานซิสเตอร์ วงจรอิมิตเตอร์ร่วมก็จะเปลี่ยนเป็นซอสร่วม (COMMON SOURCE) และเบสร่วมก็จะเป็นเกตร่วม (COMMON GATE) ในรูปที่ 6 แสดงวงจรขยายอิมิตเตอร์ร่วมหรือซอสร่วมเป็นวงจรที่ใช้ทรานซิสเตอร์ซึ่งไบแอสให้ทำงานอยู่ในคลาส A โดยตัวต้านทาน R1 และ R2 มีวงจรจูนทั้งด้านอินพุตและเอาต์พุตเพื่อขยายสัญญาณที่มีความถี่ในย่านความถี่เรโซแนนซ์ของวงจรจูน (วงจรแทงค์) วงจรขยาย RF ประเภทนี้ต้องมีการสะเทิน (NEUTRALIZE) เพื่อมิให้วงจรขยายเกิดการออสซิลเลต (แทนที่จะทำงานเป็นวงจรขยายกลับทำงานเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์) การออสซิลเลตในที่นี้เกิดขึ้นเพราะว่ามีการป้อนกลับแบบบวกระหว่างขาอุปกรณ์โดยการป้อนกลับแบบลบ (เพื่อให้หักล้างกับการป้อนกลับแบบบวก)



รูปที่ 6 แสดงวงจรขยาย RF แบบอิมิตเตอร์ร่วม

2.4 <u>วงจรออสซิลเลเตอร์</u> ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณความถี่สูง เพื่อใช้ในการทำงานร่วมกับวงจรอื่น ๆ ภายในเครื่อง เช่น ในการมอดูเลต การผสมคลื่นหรือมิกซ์ รวมทั้งใช้เป็นสัญญาณอ้างอิงออสซิลเลเตอร์แต่ละวงจรต่างก็ มีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไปตามหน้าที่ในเครื่องวิทยุ การออสซิลเลตของวงจรออสซิลเลเตอร์อาศัยหลักการป้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบบวก วงจรที่เป็นตัวกำหนดความถี่อาจเป็นวงจรจูน IC หรือใช้คริสตอลก็ได้ ค่า Q ของวงจรยิ่งมาก ความถี่ที่วงจรจะออสซิลเลตก็จะยิ่งคงที่ไม่เลื่อน (SHIFT) ไปได้ง่าย สำหรับวงจร LC มีค่า Q น้อยกว่าคริสตอล ฉะนั้นเสถียรภาพทางความถี่ของวงจรคริสตอล-ออสซิลเลเตอร์ จึงดีกว่าวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้ LC ธรรมดา

2.5 <u>วงจรมิกเซอร์</u> แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ประเภทแอกทีฟ (ACTIVE) ใช้ทรานซิสเตอร์หรือไอซีรวมทั้งอุปกรณ์อื่น ๆที่ให้อัตราการขยาย (ในการผสมคลื่น) และประเภทพาสซีฟ (PASSIVE) ใช้ไดโอด ซึ่งไม่มีการขยายสัญญาณ

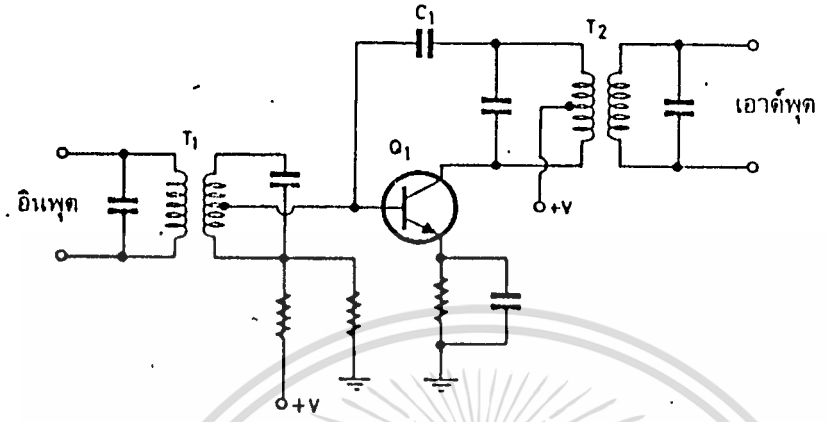
นอกจากนี้เราอาจแบ่งวงจรมิกเซอร์ได้เป็น 2 ประเภทคือ แบบสมดุลหรือแบบบาลานซ์ กับแบบไม่สมดุลหรืออันบาลานซ์วงจรมิกเซอร์แบบสมดุลนี้ เราต่อวงจรให้ขั้วอินพุตหรือเอาต์พุตของวงจรมิกเซอร์ไม่เกิดปฏิกิริยาซึ่งกันและกัน(สัญญาณไม่เล็ดลอดระหว่างขั้ว) คุณสมบัตินี้เราเรียกว่า การแยกระหว่างขั้วหรือไอโซเลชั่น (ISOLATION) คงจำได้ว่าขั้วอินพุตของวงจรมิกเซอร์มี 2 ขั้วคือ สัญญาณ RF (หรือ IF)

2.6 <u>วงจรขยาย IF</u>

วงจรขยาย IF ก็คือวงจรขยาย RF นั่นเอง แต่วงจร IF ทำงานที่ความถี่คงที่ (ไม่ต้องปรับความถี่อีก) ดูตัวอย่างวงจรในรูปที่ 7 ความแตกต่างของวงจร IF กับ RF ในที่นี้อยู่ตรงที่ใช้หม้อแปลงดับเบิลจูน (DUBBLE TUNE) มีวงจรทำหน้าที่เป็นตัวป้อนกลับเพื่อสะเทินวงจรหรือหักล้าง (NEUTRALIZE) มิให้เกิดการออสซิลเลตขึ้น

เราสามารถออกแบบวงจรขยาย IF โดยใช้ฟิลเตอร์ชินแบนด์พาส (BPF) เพื่อให้ค่าซีเลกติวิตี้ดีแทนที่จะใช้หม้อแปลงดับเบิลจูน เทคนิคอย่างนี้นิยาใช้ในเครื่องรับวิทยุสื่อสารเพราะสัญญาณที่รับมีแบนด์วิดท์แคบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

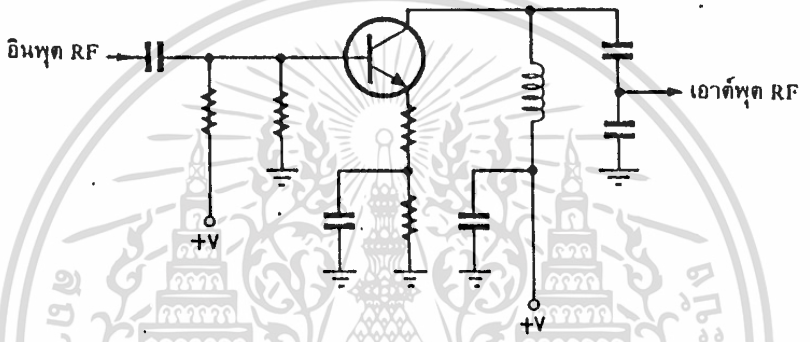


รูปที่ 7 วงจรขยาย IF

2.7 <u>วงจรขยายกำลัง RF</u> ทำหน้าที่ขยายสัญญาณให้มีกำลัง (ส่ง) สูงเพื่อส่งออกอากาศ ในกรณีของสัญญาณ SSB การขยายสัญญาณจะต้องมีความเป็นลิเนียร์ วงจรขยายคลาส A จะให้อัตราขยายสูงและมีความเป็นลิเนียร์ที่ดี แต่มีประสิทธิภาพต่ำ นิยมใช้ในสเตจที่กำลังยังน้อย เช่น วงจรขับ (DRIVER) สำหรับสัญญาณที่มีกำลังมากขึ้น เรานิยมใช้วงจรขยายคลาส B เนื่องจากให้ประสิทธิภาพสูงกว่า ประสิทธิภาพของวงจรขยายคลาส C นั้นไม่สามารถนำมาใช้ขยายสัญญาณ SSB ได้ เพราะไม่มีความเป็นลิเนียร์ส่วนมากเราใช้วงจรขยายคลาส C ในการขยายสัญญาณ CW และ FM

ในรูปที่ 8 แสดงวงจรขยายจูนคลาส A ซึ่งใช้ในภาคขยายสัญญาณกำลังน้อย ในกรณีของวงจรขยายกำลังมากขึ้น เรานิยมใช้วงจรขยายที่ไม่มีการจูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8 วงจรขยายกำลังคลาส A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 วงจร COUNTER

2.8.1 หลักการเบื้องต้นของลอจิกเกท

ในวงจรอิเลคทรอนิคส์ทางตรรกวิทยา ค่าอินพุทและค่าเอาท์พุทที่ปรากฏนั้น จะอยู่ในรูปของระดับโวลท์เตจ และค่าจะปรากฏเป็นสองระดับ โดยทั่วไปแล้วระดับทั้งสองจะถูกแทนที่ด้วย Ø และ 1 ซึ่งค่าของ Ø และ 1 จะมีค่ากี่โวลท์ก็แล้วแต่วงจรหนึ่ง ค่า 1 อาจมีค่า +5 โวลท์ และ Ø มีค่า Ø โวลท์ก็ได้

สำหรับวงจรเบื้องต้นทางตรรกวิทยา เช่น AND, OR, NOT, NOR นั้น เราให้คำจำกัดความไว้ดังนี้

AND : เป็นวงจรหลายอินพุท ที่ค่าของเอาท์พุทจะมีค่าเป็น 1 เมื่ออินพุททั้งหมดเป็น 1 เท่านั้น นอกนั้นเอาท์พุทจะเป็น Ø

OR : เป็นวงจรหลายอินพุทที่ค่าของเอาท์พุทจะมีค่าเป็น 1 เมื่ออินพุทตัวใดตัวหนึ่งหรือทั้งหมดมีค่าเป็น 1 นอกนั้นเอาท์พุทจะมีค่าเป็น Ø

NOT : เป็นวงจรอินพุทเดียว ที่ค่าของเอาท์พุทจะมีค่าเป็น 1 เมื่ออินพุทมีค่าเป็น Ø และมีค่าเป็น Ø เมื่ออินพุทมีค่าเป็น 1

NAND : เป็นวงจรหลายอินพุทที่มีหลักการทำงาน เช่นเดียวกับ วงจร AND ที่ตามด้วยวงจร NOT

NOR : เป็นวงจรหลายอินพุทที่มีหลักการทำงาน เช่นเดียวกับ วงจร N

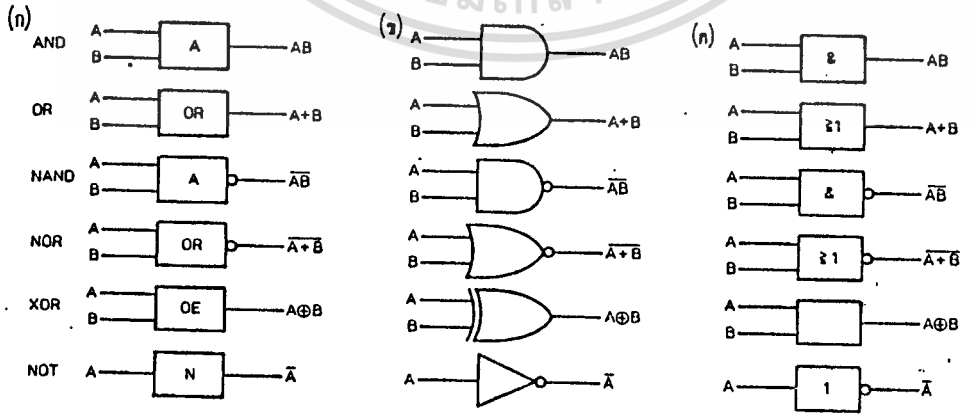
TRUTH TABLE : เป็นตารางที่ใช้เขียนแทนค่าระดับเอาท์พุททางตรรกวิทยาสำหรับทุกๆค่า คอมบิเนชั่นของระดับอินพุทที่จะเป็นไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EXCLUSIVE-OR : เป็นวงจรที่ให้เอาท์พุทเป็น 1 เมื่ออินพุทที่เข้ามามีค่าต่างกัน และให้เอาท์พุทมีค่าเป็น 0 เมื่ออินพุทที่เข้ามาเป็น EXCLUSIVE-OR เป็นเกตที่ใช้กันมากในการบวกลบเลขฐานสอง เพราะว่าระบบเลขฐานสองนั้น 1 บวก 1 เท่ากับ 0 ทด 1 อาจเรียก EXCLUSIVE-OR ว่า Modulo-2 ADDER หรือ HALF ADDER

EXCLUSIVE-NOR : เป็นวงจรที่ให้เอาท์พุทเป็น 1 ต่อเมื่ออินพุททั้งสองเท่ากัน มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า 1-bit Comparator

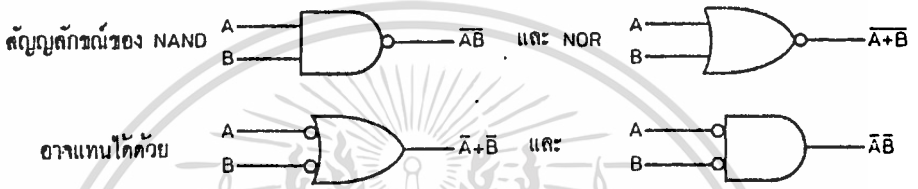
ในการเขียนวงจรลอจิกเพื่อแสดงฟังก์ชั่นสวิทชิ่ง เราไม่นิยมเขียนด้วยวงจรทางอีเล็คทรอนิคส์ แต่จะเขียนด้วยสัญญลักษณ์ทางรูปภาพแทนลอจิกเกท IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers) ได้กำหนดมาตรฐานของสัญญลักษณ์ได้ตามรูปที่ 9 มีอยู่ 3 แบบด้วยกัน



รูปที่ 9 สัญญลักษณ์ของลอจิกเกทชนิดต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในที่นี้จะเลือกใช้สัญญลักษณ์แบบ (ข) ซึ่งเป็นแบบมาตรฐานของ MIL-STD (Military Standard) ด้วยนอกจากสัญญลักษณ์ที่แสดงนี้การใช้ NOT หรือตัวเปลี่ยนค่าอาจใช้วงกลมเล็กๆ แทน NOT ได้ เช่น



รูปที่ 10 สัญญลักษณ์ของ NAND GATE และ NOR GATE

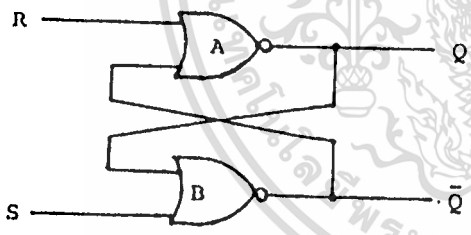
2.8.2 ฟลิป-ฟลอป

ฟลิป-ฟลอป (Flip-Flop) หรือ ไบสเตเบิล (Bistable) เป็นวงจรที่มีความสำคัญมากในระบบดิจิตอล สำหรับใช้เป็นวงจรจำข่าวสาร วงจรนับ วงจรแบ่งความถี่ และวงจรชีฟรีจิสเตอร์ เนื่องจากวงจรมีสถานะที่คงที่อยู่เพียง 2 สถานะ การทำงานจึงเปลี่ยนไปมาระหว่างสถานะที่คงที่ทั้งสองสถานะนี้ ในที่นี้จะกล่าวถึงวงจรฟลิป-ฟลอป ชนิดต่างๆ ซึ่งได้แก่วงจรฟลิป-ฟลอปแบบ RS, JK, D, T และฟลิป-ฟลอปแบบที่มีการควบคุมโดยสัญญาณ CLOCK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 R-S Flip-Flop

R-S ฟลิป-ฟลอป มี 2 อินพุท เรียกว่า "เซท" (Set) และ "รีเซท (Reset)" มี 2 เอาท์พุท คือ Q และ $\bar{Q}$ เมื่อเซทอินพุทได้รับสัญญาณพัลซ์ 1 และรีเซทอินพุทไม่ได้รับสัญญาณพัลซ์คือจะเป็น 0 เอาท์พุท Q จะมีค่าเป็น 1 ในขณะเดียวกัน $\bar{Q}$ จะมีค่าเป็น 0 ในกรณีที่เซทอินพุทถูกเปลี่ยนจาก 1 เป็น 0 จะไม่มีผลกระทบกระเทือนให้เอาท์พุทเปลี่ยนแปลง แต่ถ้ารีเซทอินพุทได้เปลี่ยนจาก 0 เป็น 1 โดยการกระทำของพัลซ์ที่ส่งมาให้แล้ว เอาท์พุทจะมีการเปลี่ยนสภาวะ ซึ่งเรียกว่า "ฟลิป" คือเอาท์พุทจะเปลี่ยนจาก 1 เป็น 0 ในขณะเดียวกัน Q จะเปลี่ยนจาก 0 เป็น 1 ซึ่งวงจรจะคงอยู่ในสภาพนี้ตลอดไปจนกว่าจะมีการป้อนสัญญาณ 1 ให้แก่เซทอีก โดยขณะนั้นรีเซทจะเป็น 0 แล้ว เอาท์พุทก็จะกลับไปสู่สภาวะเดิม ซึ่งเรียกว่า "ฟลอป" ดังแสดงในรูปที่ 11

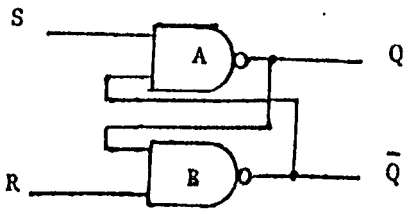


S	R	Q	$\bar{Q}$
1	0	1	0
0	1	0	1
0	0	ไม่เปลี่ยน	
1	1	ไม่ใช้	

รูปที่ 11 สัญญลักษณ์-การทำงานของ NOR RS FLIP-FLOP

R-S ฟลิป-ฟลอป สามารถสร้างขึ้นมาได้โดยใช้ HAND เกทแทน NOR เกทได้ แต่ตารางการทำงานจะเปลี่ยนไปเล็กน้อย ดังแสดงในรูปต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

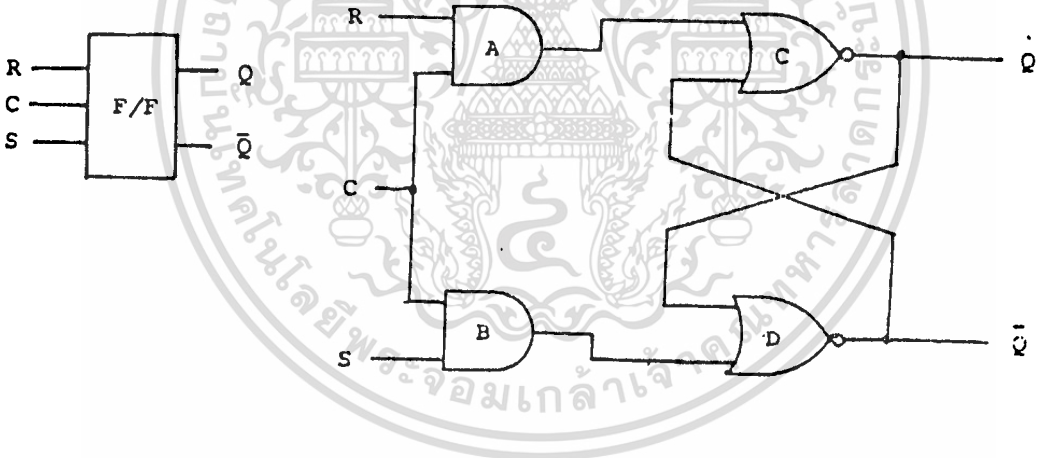


S	R	Q	$\bar{Q}$
1	1	ไม่เปลี่ยน	
0	0	ไม่ใช้	
0	1	1	0
1	0	0	1

รูปที่ 12 สัญญลักษณ์-การทำงานของ NAND RS FLIP-FLOP

2 CLOCK R-S Flip-Flop

ในรูปที่ 13 เป็นวงจรพื้นฐานของ CLOCK R-S ฟลิปฟลอป



C	S	R	Q	$\bar{Q}$
0	d	d	ไม่เปลี่ยน	
1	1	0	1	0
1	0	1	0	1
d	0	0	ไม่เปลี่ยน	
1	1	1	ไม่ใช้	

d : 0 หรือ 1

รูปที่ 13 การทำงานของ CLOCK R-S FLIP-FLOP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

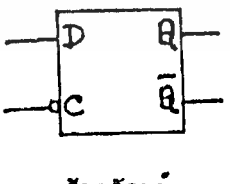
รูปที่ 13 สัญญลักษณ์ ถ้าเซทอินพุทเป็นลอจิก 1 เอาท์พุทของเกท B จะกลายเป็น 1 หลังจาก Clock Line ได้รับ 1 และ 1 ที่ B จะถูกป้อนไปยังเซทอินพุทของเกท D ของ R-S ฟลิป-ฟลอป โดยตรง ด้วยเหตุผลนี้เอาท์พุท Q ก็จะเป็น 1

ถ้าเซทอินพุท S เป็น 0 และรีเซท R เป็น 1 เอาท์พุทของเกท A จะเป็น 1 เมื่อได้รับ Clock pulse 1 จะป้อนไปยังอินพุทของเกท C เป็นการรีเซท R-S ฟลิป-ฟลอป

ถ้าสังเกตจากตารางความจริงในรูปที่ 13 จะเห็นว่า ฟลิป-ฟลอป จะเปลี่ยนสภาวะเมื่อมี Clock Pulse ปรากฏขึ้นมาเท่านั้น

3. D Type Flip-Flop

เป็นวงจรที่ดัดแปลงมาจาก Clock R-S ฟลิป-ฟลอป ให้เหลืออินพุทสำหรับป้อนอินพุทเพียงอันเดียว เมื่อได้รับสัญญาณอินพุทถ้าหากยังไม่มี Clock เข้ามา เอาท์พุทจะยังคงสภาวะเดิมอยู่ก่อน แต่ถ้ามี Clock เข้ามาจะทำให้เอาท์พุทเปลี่ยนสภาวะไปตามข้อมูลที่เข้ามา นั่นคือถ้าอินพุท D เป็น 1 เอาท์พุท Q ก็จะเป็น 1 ถ้าอินพุท Q ก็จะเป็น 0 สรุปการทำงานได้ดังตารางต่อไปนี้



สัญญลักษณ์

Q_n	D (input)	Q_{n+1}
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

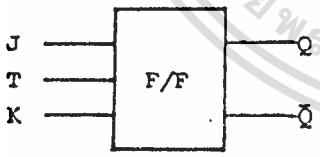
รูปที่ 14 การทำงานของ D FLIP-FLOP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 J-K Flip-Flop

เป็นฟลิป-ฟลอปที่ใช้ประโยชน์มากที่สุดในจำนวนฟลิป-ฟลอป ทั้งหลาย ซึ่งมีลักษณะพิเศษที่ไม่เหมือน ฟลิป-ฟลอป แบบอื่นก็คือ แต่ละสภาวะไม่กำกวมเหมือนแบบอื่น ซึ่งวงจรนี้ใช้กันอย่างกว้างขวางมากในวงลอจิก

J-K ฟลิป-ฟลอป มี 2 อินพุท และ 2 เอาท์พุท เมื่อ 1 ถูกป้อนเข้าที่ J, 0 ถูกป้อนเข้าที่ K เอาท์พุท Q จะกลายเป็น 1 (Q กลายเป็น 0) ขณะที่ 1 ถูกป้อนเข้าที่ K,0 ถูกป้อนเข้าที่ J จะทำให้ไบสเตเบิลเปลี่ยนสภาวะที่เอาท์พุท คือ Q กลายเป็น 1 และ Q เป็น 0 เมื่อ 1 ถูกป้อนเข้าที่ J และ K พร้อมกัน เอาท์พุททั้งสองจะเป็น Complement ซึ่งกันและกัน คือ ถ้าเดิม Q เป็น 1 จะถูกเปลี่ยนเป็น 0 (ขณะเดียวกัน Q จะเปลี่ยนเป็น 1) และถ้าเดิม Q เป็น 0 จะถูกเปลี่ยนเป็น 1 (ขณะเดียวกัน Q จะเปลี่ยนเป็น 0) แต่อย่างไรก็ตามเอาท์พุทจะเปลี่ยนสถานะได้ก็ต่อเมื่อ T ต้องเป็น 1 ด้วยเสมอ สรุปการทำงานได้ดังตารางในรูปที่ 15



J	K	Q	Q̄
0	0	no	change
1	0	1	0
0	1	0	1
1	1	complement	

รูปที่ 15 การทำงานของ J-K FLIP-FLOP

J-K ฟลิป-ฟลอป ที่เราพบบ่อยๆนั้น มักจะมี J อินพุทมากกว่าหนึ่ง และ K อินพุทมากกว่าหนึ่ง ในกรณีนี้ J อินพุทและ K อินพุทมีอย่างละหนึ่งวงจร จะต่อได้ดังรูปที่ 2.6 โดยดัดแปลงมาจาก R-S ฟลิป-ฟลอป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

J-K ฟลิป-ฟลอป มีลักษณะแตกต่างจาก ฟลิป-ฟลอป อื่น ๆ ดังต่อไปนี้

1. Clock Pulse ไม่เป็นสาเหตุที่ทำให้ ฟลิป-ฟลอป เปลี่ยนสภาวะถ้า J และ K อินพุทไม่มีสัญญาณเข้า

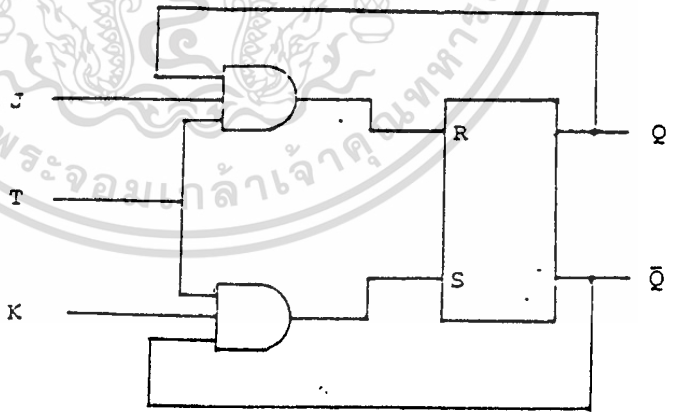
2. ถ้าทั้ง J และ K อินพุทมีสัญญาณมากระตุ้นแล้ว ฟลิป-ฟลอป จะเปลี่ยนสภาวะไปก็ต่อเมื่อ Clock Pulse ตัวถัดไปถูกส่งเข้ามา

3. J และ K อินพุทจะถูกใช้ไปด้วยกันในการที่จะเซทฟลิป-ฟลอป ให้อยู่ในตำแหน่งเซท ในขณะที่ K และ T อินพุทจะเป็นตัวรีเซท

5 J-K MASTER/SLAVE FLIP-FLOP

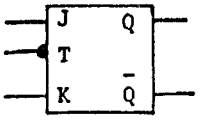
ฟลิป-ฟลอป ชนิดนี้เป็นแบบพิเศษ คือข้อมูลที่ปรากฏที่ J และ K อินพุทจะเข้าไปยัง MASTER ก็ต่อเมื่อ T อินพุทเป็น 1 ดังรูปที่ 17

J	K	T	Q	$\bar{Q}$
0	0	0	1	0
0	0	1	no	change
0	1	0	no	change
0	1	1	0	1
1	0	0	no	change
1	0	1	1	0
1	1	0	no	change
1	1	1	0	1

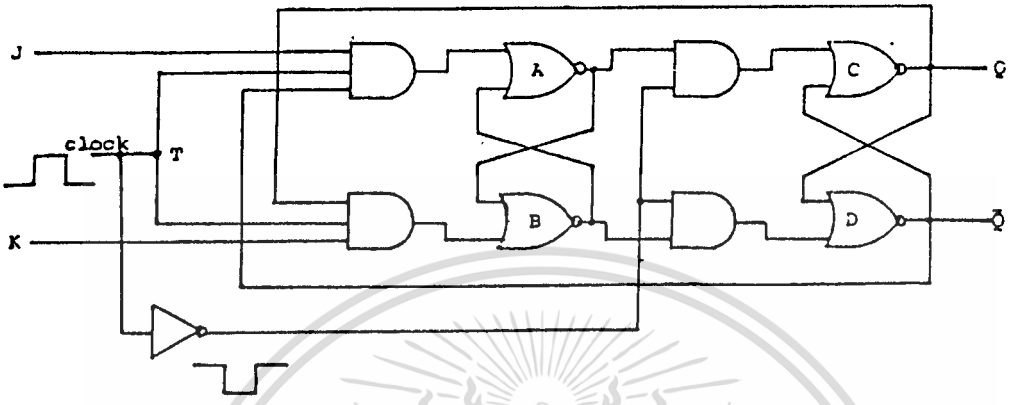


รูปที่ 16 การทำงานของ J-K FLIP-FLOP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สัญญลักษณ์



รูปที่ 17 การทำงานของ JK MASTER/SLAVE FLIP-FLOP

เมื่อ T อินพุทเป็น 0 อีก ข้อมูลจะถูกส่งจาก MASTER ไปยัง SLAVE แล้วจะไปปรากฏที่เอาท์พุทจากรูปที่ 17 จะกล่าวได้ว่าเกท A และ B จะเป็น MASTER ฟลิบ-ฟลอบ และเกท C และ D เป็น SLAVE,Q ซึ่งเป็นเอาท์พุทของ MASTER ฟลิบ-ฟลอบ ก็คือเอาท์พุทของเกท A

สมมุติว่า J และ K อินพุทเป็น 1 เข้ามา เกทที่มีอินพุทต่ำกว่าจะรีเซท MASTER ฟลิบ-ฟลอบ ส่วน SLAVE ฟลิบ-ฟลอบ จะยังคงอยู่ในสภาวะ 1 ตราบเท่าที่ Clock Pulse ยังเป็น 1 เพราะว่าต้า INVERTOR ที่อินพุทเกทของ SALVE ฟลิบ-ฟลอบ เป็นตัวกีดขวางพัลซ์ที่จะส่งมายัง ฟลิบ-ฟลอบ นี้ชั่วขณะหนึ่ง เมื่อ Clock อินพุทเป็น 0 เกทที่มีอินพุทต่ำกว่าของ SALVE ฟลิบ-ฟลอบ ก็จะมีความสามารถรีเซทต่อไป สรุปได้ว่า J-K MASTER/SLAVE ก็คือ J-K ฟลิบ-ฟลอบ ที่เอาท์พุทเปลี่ยนสภาวะก็ต่อเมื่อสัญญาณ Clock เปลี่ยนจาก 1 ไปเป็น 0 เท่านั้น

2.8.3 <u>วงจรนับ (COUNTER)</u>

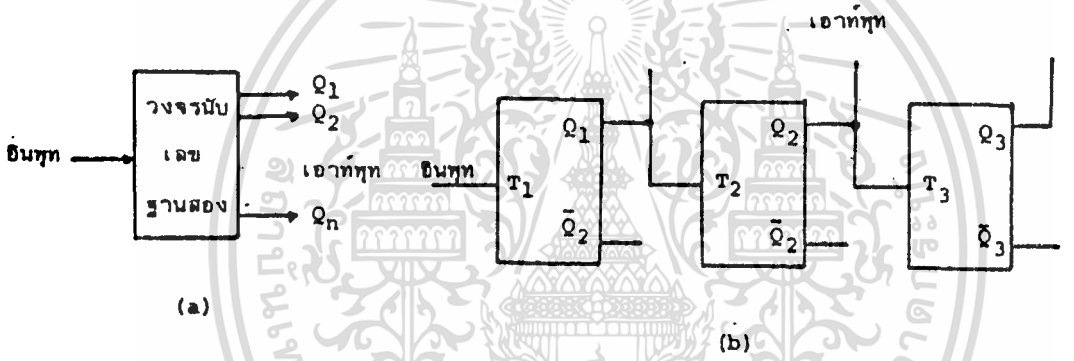
วงจร (COUNTER) เป็นวงจรพื้นฐานในการนำฟลิบ-ฟลอบ ไปใช้งานและเป็นวงจรที่นิยมกันแพร่หลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

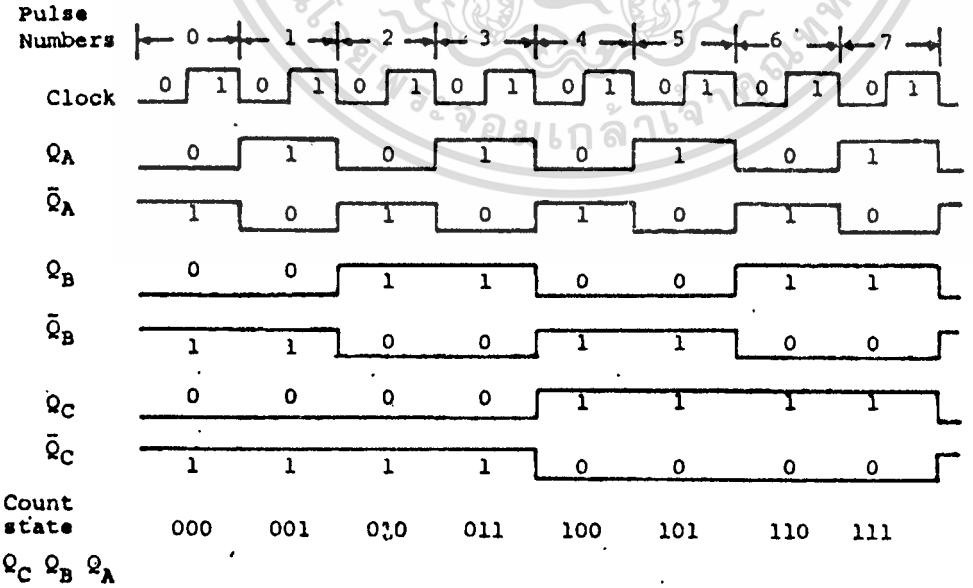
1. <u>วงจรนับเลขฐานสอง</u>

เป็นวงจรนับที่ใช้นับสัญญาณ ที่เข้ามาที่อินพุท ที่มีลักษณะการนับเป็นแบบเลขฐานสองโดยการนำเอาท์พุทของ ฟลิบ-ฟลอบ มาประกอบกันเป็นเลขฐานสองที่แสดงถึงการนับค่าของการนับนี้ในทางวงจรเรียกว่า Counter State ตัวอย่างเช่น มีสัญญาณเข้ามาที่อินพุทของวงจรนับเลขฐานสอง 3 ตัวโดยเริ่มต้นจากสถานะของวงจรนับ = 0 ฉนั้นเมื่ออินพุททั้งสามตัวเข้ามาแล้ว วงจรจะต้องนับไปที่ 3 หรือ 11 ในเลขฐานสอง วงจรนับเลขฐานสองแต่ละวงจรจะนับได้เท่าใดก็ขึ้นอยู่กับจำนวนฟลิบ-ฟลอบที่มีอยู่ของวงจรนั้น

บล็อกไดอะแกรมและตัวอย่างวงจรนับเลขฐานสองแสดงในรูปที่ 18



รูปที่ 18 บล็อกไดอะแกรมของวงจรนับเลขฐานสอง



รูปที่ 19 ไทมิ่งไดอะแกรมของวงจรนับเลขฐานสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 19 แสดงถึงวงจรนับเลขฐานสอบที่ประกอบด้วยฟลิบ-ฟลอบ แบบ T จำนวน 3 ตัว เอาท์พุทของวงจรนับคือค่า Q_3 Q_2 Q_1 ที่นำมาเขียนเรียงกันซึ่งจะได้รวม 3 บิท สัญญาณอินพุทที่ต้องการนับถูกป้อนเข้าที่ T_1 เอาท์พุทจากฟลิบ-ฟลอบตัวแรก (Q_1 ถูกนำไปเป็นอินพุท (T2) ของฟลิบ-ฟลอบตัวที่สอง และเอาท์พุท (Q_2) ของตัวที่สองถูกนำไปเป็นอินพุทของฟลิบ-ฟลอบตัวที่สาม

ในการศึกษาการทำงานของวงจรประเภทฟลิบ-ฟลอบนั้น จำเป็นต้องทราบสถานะเริ่มต้นก่อน ในวงจรนับก็เช่นเดียวกัน เราต้องทราบสถานะเริ่มต้นของวงจรก่อน โดยทั่วไปนั้นเรามักเริ่มต้นกันที่สถานะ 0 หรือ Q_3 Q_2 Q_1 = 000 ในวงจรนับเลขฐานสองรูปหรือที่เรียกว่า รีเซท (Reset) วงจรนับให้สถานะไปเป็น 000 แล้วจึงเริ่มป้อนอินพุทเข้ามา การรีเซทวงจรนับก็คือ รีเซทฟลิบ-ฟลอบทุกตัวให้มีเอาท์พุทเป็น 0 หมดได้

$$Q_3Q_2Q_1 = 000$$

สมมติว่าสัญญาณที่เข้ามาคือสัญญาณคล็อก และวงจรฟลิบ-ฟลอบทำงานที่ช่วงการเปลี่ยนแปลงจากบวกไปลบ (Negative - going) ของสัญญาณ เมื่อสัญญาณอินพุทตัวแรกเข้ามา ในช่วงของการเปลี่ยนจากบวกไปลบ ฟลิบ-ฟลอบจะทำงาน ตามคุณสมบัติของฟลิบ-ฟลอบแบบ T นั้น เมื่อวงจรทำงานจะทำให้ค่าเอาท์พุทมีค่าตรงกันข้ามกับค่าเดิม ฉะนั้น Q_1 จะเปลี่ยนจาก 0 ไปยัง 1 ค่า Q_1 นี้ต่อไปยัง T_2 แต่เนื่องจากเป็นการเปลี่ยนจาก 0 ไป 1 วงจรฟลิบ-ฟลอบตัวที่สองจะไม่ทำงาน เช่นเดียวกันสำหรับฟลิบ-ฟลอบตัวที่สาม หลังจากสัญญาณอินพุทตัวแรกเข้ามาแล้วสถานะของวงจรนับจะเป็นดังนี้

$$Q_3Q_2Q_3 = 001$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสัญญาณอินพุทตัวที่สองเข้ามา ฟลิบ-ฟลอบตัวแรกจะเปลี่ยนสถานะอีกครั้งหนึ่ง จาก 1 ไป 0 เป็นการเปลี่ยนไปในทางลบ ซึ่งจะทำให้ฟลิบ-ฟลอบตัวที่สองทำงาน เปลี่ยนสถานะจาก 0 ไป 1 ส่วนฟลิบ-ฟลอบตัวที่สามไม่ทำงาน ได้สถานะของวงจรนับคือ

$$Q_3Q_2Q_1 = 010$$

สำหรับสัญญาณอินพุทตัวที่สาม จะทำให้ฟลิบ-ฟลอบ ตัวแรกเปลี่ยนสถานะจาก 0 ไปเป็น 1 ส่วนฟลิบ-ฟลอบตัวที่สอง,สาม และ สี่ ไม่ทำงาน คงมีสถานะ ฉะนั้นเราจะได้สถานะของวงจรนับ

$$Q_3Q_2Q_1 = 011$$

สัญญาณอินพุทตัวที่สี่ ทำให้ฟลิบ-ฟลอบ 1 เปลี่ยนจาก 1 เป็น 0 ซึ่งทำให้ฟลิบ-ฟลอบ 2 เปลี่ยนสถานะจาก 1 เป็น 0 การเปลี่ยนสถานะของฟลิบ-ฟลอบ 2 ทำให้ฟลิบ-ฟลอบ 3 เปลี่ยนจาก 0 เป็น 1 เราจึงได้สถานะของวงจรนับคือ

$$Q_3Q_2Q_1 = 100$$

สัญญาณอินพุทตัวต่อไปที่เข้ามาจะทำให้สถานะของวงจรนับเปลี่ยนไปเรื่อย ๆ จาก 100 เป็น 101 110 111 ตามลำดับ เมื่อวงจรอยู่ในสถานะ 111 และมีอินพุทเข้ามาอีก ฟลิบ-ฟลอบทุกตัวจะเปลี่ยนสถานะ ได้สถานะของวงจร

$$Q_3Q_2Q_1 = 000$$

จะเห็นว่า สถานะของวงจรนับกลับมายังจุดเริ่มต้น หากมีอินพุทเข้ามาอีก สถานะก็เปลี่ยนไปอีกโดยจะซ้ำกับตอนแรก และเพิ่มไปเรื่อยๆ เราสรุปการเปลี่ยนสถานะของวงจรนับตามสัญญาณอินพุทที่เข้ามาได้ดังตารางที่ 1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณอินพุท	สถานะของวงจร		
	Q_3	Q_2	Q_1
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1

ตารางที่ 1 สถานะของวงจรนับเลขฐานสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วงจรนับโมด N

วงจรนับ N หมายถึงวงจรที่ให้เอาท์พุทที่มีความถี่เป็น 1/n ของสัญญาณอินพุท โดยที่รูปร่างหรือลักษณะของสัญญาณไม่จำเป็นต้องเป็นสี่เหลี่ยมก็ได้ แต่จะต้องซ้ำตัวมันเองด้วยอัตรา 1/n ของความถี่เดิม วงจรหารด้วย N หรือวงจรนับ N นั้นจะนับได้ = N เมื่อนับไปได้ N ครั้งแล้ว การทำงานจะกลับมาเริ่มต้นใหม่ ซึ่งวงจรนับที่มีสถานะการนับ N ตัวที่แตกต่างกัน เรามักเรียกว่า วงจรนับโมดูลัส N (MODULUS-N COUNTER) หรือวงจรนับโมด N (MOD-N COUNTER

ตัวอย่างเช่น วงจรนับโมด-3 หากเราใช้ฟลิบ-ฟลอบ ตัวเดียวก็ไม่สามารถแทนสถานะได้ครบ เพราะฟลิบ-ฟลอบ 1 ตัวมี 2 สถานะ หากเราใช้ฟลิบ-ฟลอบ 2 ตัวก็จะแทนได้ 4 สถานะหากเราใช้ฟลิบฟลอบ 2 ตัว และตัดสถานะทิ้งเสีย 1 สถานะ เราก็จะได้สถานะวงจรนับโมด 3 เช่น ตัดสถานะ 11 ทิ้ง เราก้จะได้วงจรนับที่มีสถานะอื่นทิ้งแทน 11 ก็ได้ แล้วแต่จะต้องการอย่างไรดังแสดงในตารางที่ 1.2

วิธีการ	A	B	C	D	E	F	G	H
สถานะของการนับ	00	00	00	00	00	00	00	00
	01	01	10	10	11	11	10	11
	10	11	11	01	01	10	11	10

ตารางที่ 2 สถานะการนับของวงจรนับโมด-3

วงจรในรูป 1.2 ซึ่งลำษณะการนับ 8 สถานะนั้นเราอาจเรียกว่า วงจรนับโมด 8 ก็ได้

หลักการในการออกแบบวงจรนับโมด N นั้น ขึ้นอยู่กับการตัดสถานะบางสถานะของวงจรนับทิ้งไปเพื่อให้เหลือจำนวนสถานะเท่ากับ N ตัวอย่างเช่น เมื่อต้องการสร้างวงจรนับโมด 6 นั้น การเริ่มต้นเราต้องเริ่มจากวงจรนับ 8 ที่สามารถนับได้ 8 เมื่อเรานำมาสร้างเป็นวงจรนับโมด 6 เราก็ต้องตัดสถานะของวงจรออกไป 2 สถานะ

ในตอนแรกของการออกแบบนั้น เราต้องหาจำนวนฟลิบ-ฟลอบในวงจรนับนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนว่าจะใช้กี่ตัว จากวงจรนับเลขฐานสองที่ต่อกันแบบอนุกรม n ตัวนั้นสามารถนับได้ 2n สถานะที่แตกต่างกัน เมื่อเราตัดสถานะบางสถานะทิ้งไปเราก็สามารถนำมาทำเป็นวงจรนับโมด N ได้ เมื่อ N < 2n เช่นถ้ามีจำนวนภาคน้อยไปหนึ่ง คือ n-1 ภาค เราก็ได้จำนวนของสถานะของการนับ = 2n-1 เราสามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า ค่า N จะต้องอยู่ระหว่าง

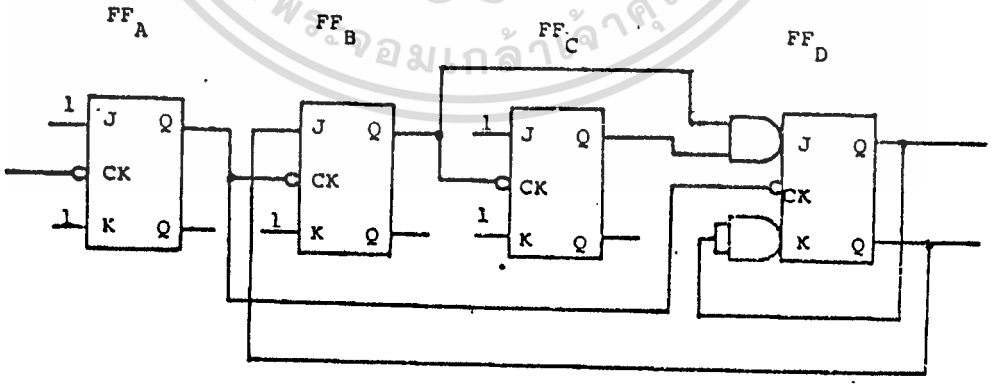
$$2n > N > 2n-1$$

ซึ่งค่าของ n คือค่าฟลิบ-ฟลอบ ที่ต้องใช้

3. วงจรนับสิบ (DECADE COUNTER)

วงจรนับสิบหรือวงจรนับโมด-10 ซึ่งมีสถานะของการนับ10 สถานะ ในปัจจุบันนี้เรานิยมใช้วงจรนับสิบที่เริ่มจาก 0 และเพิ่มขึ้นไปแบบการเพิ่มของเลขฐานสองจนถึง 9 (0000 ถึง 1001) และกลับมายัง 0 ใหม่ ซึ่งการทำงานจะข้ามสถานะไป 6 สถานะ

วิธีการในการทำให้วงจรนับเลขฐานสองมีขนาด 4 บิทนับข้ามสถานะของตัวเองให้เหลือเพียง 10 สถานะนั้นมีหลายวิธี แต่ที่จะกล่าวในที่นี้เป็นเพียงวิธีหนึ่งของที่มีอยู่ วงจรนับสิบแสดงในรูปที่ 20 ดังนี้



รูปที่ 20 บล็อกไดอะแกรมวงจรนับโมด-10

ในรูปที่ 20 เราใช้ฟลิบ-ฟลอบ สองชนิด คือ ฟลิบ-ฟลอบ JK และ ฟลิบ-ฟลอบ RS ฟลิบ-ฟลอบ A,B และ C คือฟลิบ-ฟลอบ JK และฟลิบ-ฟลอบ D คือฟลิบ-ฟลอบ RS ฟลิบ-ฟลอบ A นั้นถูกต่อให้ทำงานเหมือนฟลิบ-ฟลอบ T ฟลิบ-ฟลอบ B ทำงานแบบ JK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ถูกควบคุมด้วยฟลิบ-ฟลอบ D ถ้า QD = Ø แล้ว หลังจากมีพัลซ์เข้ามา B จะมีค่าเอาท์พุท Q = Ø ถ้า QD = Ø ฟลิบ-ฟลิบ B จะทำงานแบบฟลิบ-ฟลอบ T ส่วนฟลิบ-ฟลอบ C ทำหน้าที่แบบฟลิบ-ฟลอป T และฟลิบ-ฟลอบ D เป็นฟลิบ-ฟลอบ RS เมื่อขาอินพุท S ได้มาจากการ AND กันระหว่าง QB และ QC ส่วนขาอินพุท R นั้นถูกควบคุมโดยระดับของสัญญาณ QD การนับของวงจรนี้จะเป็นไปตามตารางที่ 20

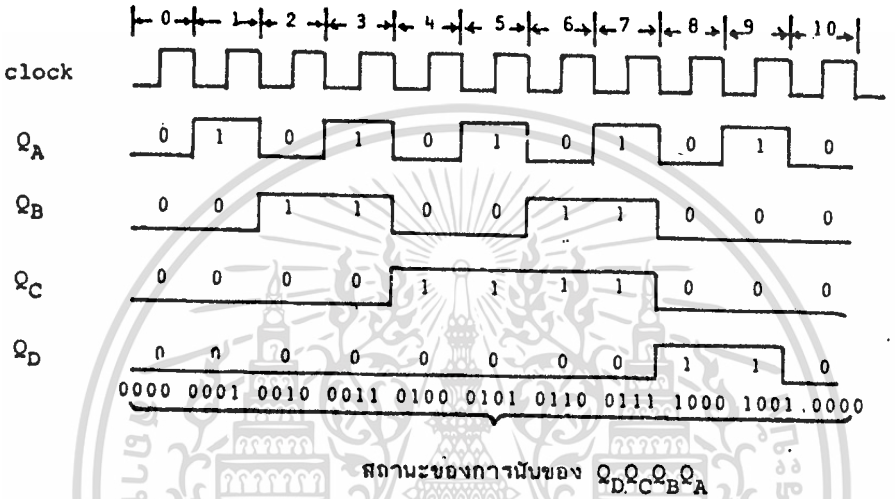
หากเราใช้ออสซิลโลสโคปจับดูที่เอาท์พุทของฟลิบ-ฟลอบ เมื่อเราป้อนสัญญาณคล็อคอินพุทติดต่อกันไปจะได้ดังรูปที่ 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Clock Pulse	Q_A	J_B	K_B	Q_B	Q_C	S_{1D}	S_{2D}	S_D	R_D	Q_D	$\bar{Q}_D$		Count State $Q_DQ_CQ_BQ_A$
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1		0000
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	Only FF A toggles	0001
2	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	FF A toggles FF B toggles when FF A goes from 1 to 0	0010
3	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	Only FF A toggles	0011
4	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	FFs A, B, and C toggle because of the 1 to 0 change	0100
5	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	Only FF A toggles	0101
6	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	FFs A and B toggle	0110
7	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	FF A toggles FF D cannot change until FF A goes from 1 to 0	0111
8	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	FFs A, B, and C toggle; FF D is forced as an RS FF to change its state	1000
9	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	Only FF A toggles	1001
10	0			0	0					0	1	FF A toggles 1 to 0 FF B cannot toggle The $J_B = 0$, $K_B = 1$ keeps FF B in the 0 state FF D, whose clock comes from Q_A, is forced into the 0 state ($S = 0$, $R = 1$) The counter is back to the 0000 state	0000

ตารางที่ 3 การทำงานของวงจรนับสิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 21 ไทมิ่งไดอะแกรมของวงจรนับสิบ

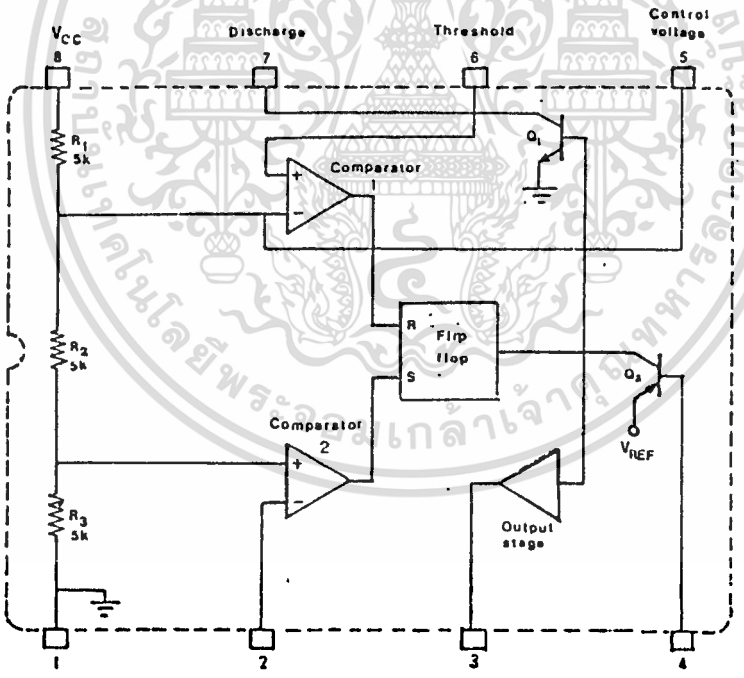
ในกรณีนี้ จะเห็นว่ามีสถานะที่เรมไม่ต้องการอยู่ 6 สถานะ คือสถานะ 1010, 1011, 1100, 1101, 1110, 1111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 THE 555 IC TIMER

555 INTEGRATED CIRCUIT TIMER สามารถนำไปใช้งานในด้านต่างๆ ได้มากมายเป็นหมื่นเป็นแสน เช่น Monostable multivibrator, Astable multivibrator,Ramp generator, Sequential timer

รูปที่ 22 แสดงบล็อกไดอะแกรมของไอซี 555 การทำงานประกอบไปด้วย Potential dividing network R_1,R_2,R_3 Two transistor comparator 2 ชุด Set-reset flip-flop 1 ชุด มีเอาท์พุทสเตทสำหรับ 555 Data chart ดังแสดงให้เห็นว่าวงจรจะทำงานได้อย่างดีที่ Supply ตั้งแต่ 5 โวลท์ ถึง 18 โวลท์ เมื่อสัญญาณอินพุท + เข้าที่ขั้ว Set ทำให้เอาท์พุทต่ำ และเมื่อมีอินพุท + เข้าที่ขั้ว Reset จะมีเอาท์พุทสูง



รูปที่ 22 Functional block diagram

ลักษณะของ IC ทั้ง 2 แบบ IC 555 Timer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pontential divider จะสร้าง Bias ให้แก่ขั้ว Inverting input ของ comparator1 และสร้าง Different bias ให้แก่ขั้ว Noninverting ของ Comparator2 ส่วนที่จะป้อนเข้าอินพุทของ Comparator อื่นจะใช้คือ Trigger และ Threshold จะป้อนเข้าทางขั้วที่ 2 และขั้วที่ 6 ตามลำดับ

. ระดับของ Comparator output จะควบคุม Flip-Flop และ Flip-Flop output จะถูกส่งไปยัง Output Stage ของ NPN Transistor Q_1 เมื่อ Flip-Flop output สูง Q_1 จะได้รับ Bias ให้ ON ในกรณีนี้ทรานซิสเตอร์น่าจะ Discharge คาปาซิเตอร์ ซึ่งต่ออยู่ที่ขั้ว 7 เช่นตัวอย่าง Q_1 OFF เมื่อ Flip-Flop output ต่ำ Output stage จะสร้าง Low output resistance และเปลี่ยนระดับของ Output ของ Flip-Flop แรงเคลื่อนที่ขั้วที่ 3 จะต่ำเมื่อ Flip-Flop Output สูง และเมื่อ Flip-Flop Output ต่ำแรงเคลื่อนที่ขั้ว 3 จะมีระดับสูง Output stage อาจจะเป็น Sink หรือ Source ที่ขั้ว 3 กระแสสูงสุดของ IC เป็น 200 mA.

ทรานซิสเตอร์ Q_2 เป็น PNP มี Emitter ต่อกับแรงเคลื่อนอ้างอิงภายใน V_{REF} IC ซึ่งปกติจะน้อยกว่า V_{cc} เสมอ ถ้า Reset ที่ขั้วที่ 4 ต่อกับ V_{cc}, Base-Emitter junction ของ Q_2 จะได้รับ Reverse Bias เป็นเหตุให้ทรานซิสเตอร์ยังคง OFF เมื่อขั้ว 4 ถูกดึงแรงเคลื่อนให้ต่ำกว่า V_{REF} (เข้าใกล้ Ground) Q_2 จะสวิทช์ OFF จากนี้ทำให้ Q_1 ON เป็นเหตุให้ Output ที่ขั้ว 3 ลดลงไปหาระดับ Ground และ Reset Flip-Flop ให้เป็น High Output Stage

วงจร MONOSTABLE MULTIVIBRATOR ใช้ IC 555

วงจร Monostable เบื้องต้นที่ใช้ IC 555 ดังแสดงในรูปที่ 2 แรงเคลื่อนจากแหล่งกำเนิดถูกต่อเข้าที่ขั้วที่ 5 ($+V_{cc}$) และที่ขั้ว 1 (Ground) สัญญาณ Trigger ถูกป้อนเข้าที่ขั้ว 2 โดยตรง คาปาซิเตอร์ C_A จะได้รับประจุจาก V_{cc} ผ่าน R_A Resistor เมื่อใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เป็น Q_1 OFF ขั้วที่ 4 ถูกต่อให้กับ V_{cc} เพื่อให้แน่ใจว่าทรานซิสเตอร์ PNP Q_2 ยังคง OFF ตลอดเวลา ขั้วที่ 5 ปล่อยว่างไว้ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

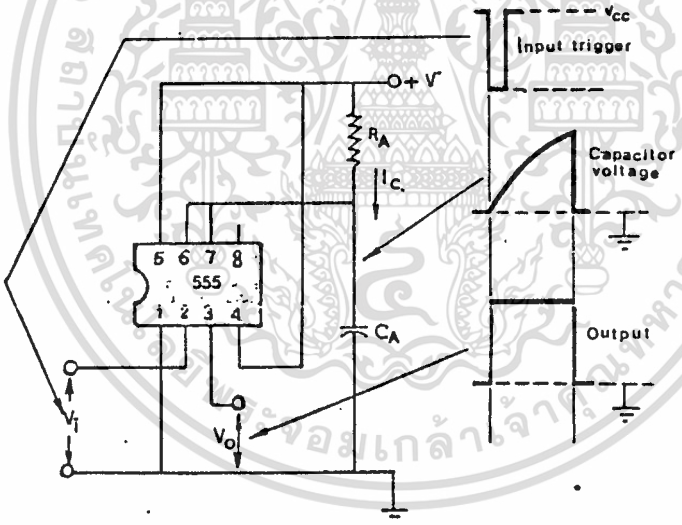
Output จะปรากฏที่ขั้ว 3

การทำงานของ 555 Monostable อธิบายเป็นขั้นๆไว้ดังนี้

ในระยะแรก

ก. ขั้วที่ 2 สูงเพราะว่าระดับของ Trigger Source สูง

ข. Output ของ Comparator 2 ต่ำ เพราะว่าขั้วที่ 2 สูง (Inverter input) และแรงเคลื่อนที่ Noninverting ของ Comparator คือ V_{R3} หาได้ดังนี้



รูปที่ 23 555 monostable multivibrator

$$V_{R3} = V_{cc} * \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{1}{3} V_{cc}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. Output ของ Comparator1 ต่ำเพราะว่าขั้วที่ 6 ต่ำ (Noninverting Input) และ Inverting Input ของ Comparator จะเป็น $V_{(R2+R3)}$

$$V_{(R2+R3)} = V_{cc} * \frac{R2 + R3}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{2}{3} V_{cc}$$

ง. Output ของ Flip-Flop จะสูงในสภาวะ Reset

จ. Q_1 ON เพราะว่า Flip-Flop Output สูง

ฉ. คาปาซิเตอร์ C_1 จะอยู่ในสภาวะคายประจุเพราะว่า Q_1 ON

ช. ขั้วที่ 6 และ 7 มีระดับแรงเคลื่อนต่ำ เพราะว่าคาปาซิเตอร์อยู่ในสภาวะคายประจุ

ซ. แรงเคลื่อนเอาท์พุทที่ขั้วที่ 3 ต่ำ เพราะว่า Flip-Flop Output สูง

ในระยะที่มี Trigger

ก. Trigger input เป็นเหตุให้ขั้วที่ 2 ต่ำลงกว่า V_{R2} Inverting input ของ Comparator 2 ถูกขับให้ต่ำกว่าระดับแรงเคลื่อนที่ Noninverting input

ข. Output ของ Comparator 2 สูง เพราะมี Trigger input เข้ามา

ค. Flip-Flop ถูกขับให้เข้าสู่สภาวะ Set (มีระดับ Output ต่ำ) โดยที่ Comparator 2 สูง

ง. Q_1 OFF โดย Flip-Flop Output ต่ำ

จ. Output ที่ขั้ว 3 สูงเพราะว่า Flip-Flop Output ต่ำ

ฉ. ขณะที่ Q_1 OFF C_1 ซึ่งต่ออยู่ที่ขั้ว 6 กับ 7 จะเริ่มต้นรับประจุอย่างไม่เป็นเชิงเส้นผ่าน R_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช. เมื่อ Trigger Input ที่ขั้ว 2 สูง Comparator 2 Output จะต่ำอีก ทำให้ Flip-Flop คงสภาวะ Set

สภาวะสุดท้าย

ก. Output ของ Comparator 1 ยังคงต่ำอยู่จนกระทั่งแรงเคลื่อนในคาปาซิเตอร์ ซึ่งต่ออยู่ที่ขั้ว 6 มีค่าเท่ากับ $V_{(R2+R3)} = \frac{2}{3} V_{cc}$ แล้ว Output ของ Comparator 1 จะสูงขึ้น

ข. ฟลิป-ฟลอป ถูกขับให้เข้าสู่สภาวะ Reset โดยมี Comparator สูงและ Output ของมันจะสูงอีกครั้ง

ค. Q_1 สวิทช์ ON โดย High output จาก ฟลิป-ฟลอป

ง. C_1 จะคายประจุโดย Q_1 และระดับแรงเคลื่อนที่ขั้วที่ 6 และ 7 ตกลง

จ. แรงเคลื่อน Output ที่ขั้ว 3 ต่ำลง เพราะว่า Output ของ ฟลิป-ฟลอป สูง

ฉ. Output ของ Comparator 1 ต่ำ ทำให้แรงเคลื่อนที่ขั้วที่ 6 ตกลงต่ำกว่า $V_{(R2+R3)}$ ฟลิป-ฟลอป จะคงอยู่ในสภาวะ Reset

ช. สภาวะสุดท้ายของ Monostable Multivibrator จะเป็นเดียวกับวาระแรกเริ่มของมันเอง วงจรจะกลับไปพร้อมที่จะรับการ Trigg อีก

วงจร 555 Monostable ให้ Output Pulse ได้แต่ละครั้งจะต้องได้รับ Trigger ความกว้างของ Pulse ขึ้นอยู่กับค่าของ R_1 และ C_1 และยังขึ้นอยู่กับระดับแรงเคลื่อนภายในของวงจร 555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบวงจร MONOSTABLE ที่ใช้ IC 555

การออกแบบวงจร Monostable ดังในรูปที่ 2 ไม่มีอะไรเป็นพิเศษไปกว่าการเลือกค่า R_A และ C_A แรงเคลื่อนจากแหล่งจ่าย (V_{cc}) อาจจะใช้ได้ไม่จำกัดค่าจาก 4.5 V. ถึง 15 V. ไม่ว่าจะใช้ค่า V_{cc} ค่าใด $V_{R3} = (1/3)V_{cc}$ และ $V_{(R2+R3)} = (2/3)\ V_{cc}$ ก็จะเป็นดังที่เห็นแล้วในตอนต้น เมื่อวงจรถูกกระตุ้น (Trigg) C_A จะรับประจุเป็น $(2/3)\ V_{cc}$ แล้ววงจรก็จะกลับไปอยู่ในสภาวะเริ่มต้นใหม่ เวลาที่ใช้สำหรับให้ C_A รับประจุจนถึง $(2/3)V_{cc}$ จะเป็นตัวกำหนด Output Pulse Width เวลาที่ว่านี้สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$t = RC \ln \frac{E-E_o}{E-e_c}$$

สำหรับวงจรในรูปที่ 3

$$C = C_A \qquad R = R_A \qquad E = V_{cc} \qquad E_o = 0$$

และ e_c เป็นแรงเคลื่อนในคาปาซิเตอร์ตอนสุดท้าย

$$e_c = (2/3)\ V_{cc}$$

และนำมาหาค่าของเวลาได้ดังนี้

$$t = 1.1\ C_A\ R_A$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามปกติควรจะเลือกค่าของ C_A ให้ค่าต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้เพียงให้แน่ใจว่าให้คายประจุได้ราดเร็ว อย่างไรก็ตาม C_A จะต้องไม่เล็กจนเกิดผลกระทบกระเทือนจาก Stray capacitanc ถ้า C_A เล็กมาก กระแสประจุก็จะน้อยตาม กระแสประจุจะน้อยได้ต่อเมื่อแรงเคลื่อนในคาปาซิเตอร์ มีระดับสูงสุด เมื่อ $e_c = (2/3)\ V_{cc}$ ขณะนี้แรงเคลื่อนชั่วขณะที่ตกคร่อม R_A จะเป็น

$$V_{RA} = V_{cc} - (2/3)\ V_{cc} = (1/3)\ V_{cc}$$

และกระแสประจุคาปาซิเตอร์คือ

$$I_{c(min)} = (1/3)\ V_{cc} / R_A$$

หรือ

$$R_A = \frac{V_{cc}}{3\ I_{c(min)}}$$

ควรจะเลือกใช้ค่า $I_{c(min)}$ ให้สูงกว่ากระแส threshold I_{th} มากๆ ซึ่งจะไหลไปยังขั้วที่ 6 เป็นที่เชื่อได้ว่ากระแส I_{th} จะไม่เป็นตัวการทำให้ปริมาณของกระแส Ic ไกลจากคาปาซิเตอร์

ขั้นตอนการออกแบบวงจรมีดังนี้

1. หาค่าของ I_{th} ของ IC 555 จาก Data chart
2. เลือกค่า $I_{c(min)}$ ที่มีค่ามากกว่า I_{th} มากๆ
3. คำนวณค่า R_A ตามสมการที่ผ่านมา
4. คำนวณค่า R_A ตามสมการที่ผ่านมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง จงออกแบบวงจร 555 Monostable มี Output Pulse width 1 ms.
ใช้แรงเคลื่อนจากแหล่งจ่าย V_{cc} = 15 V.

วิธีทำ หาค่ากระแส I_{th} จาก Data chart 555 I_{th} = 0.25 A.

$$I_{c(min)} >> I_{th}$$

กำหนดให้กระแส $I_{c(min)} = 1000 * I_{th}$

$= 1000 * 0.25$ A.

$= 250$ A.

$$R_A = \frac{V_{cc}}{3\, I_{c(min)}}$$

$$= \frac{15 \text{ V}}{3 * 250 \text{ A.}}$$

$= 20$ Kohm ใช้ค่าตามมาตรฐาน 22 Kohm

$$C_A = \frac{t}{1.1\, R_A}$$

$$= \frac{1 \text{ ms}}{1.1 * 22 \text{ Kohm}}$$

$= 0.04$ F ใช้ค่าตามมาตรฐาน 0.039 F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 IC DTMF DECODER

- ใช้ถอดรหัสความถี่ ของโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม (DTMF) ให้เป็นตัวเลข BCD ขนาด 4 BiT โดยใช้งานร่วมกับ X'TA1 3.579 Mhz เท่านั้น

MT.8870 IC. ถอดรหัสความถี่ โทรศัพท์ (INTEGRATED DTMF RECEIVER)

ก่อนอื่นให้ความหมายคำว่าถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ อันหมายถึงการแปลงสัญญาณความถี่ซึ่งเกิดจากการกดปุ่มตัวเลขของโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม (ชนิด Tone หรือ DTMF) ให้เป็นระบบตัวเลขทางดิจิตอล ซึ่งไอซี MT8870 ใช้แปลงความถี่โทรศัพท์ให้เป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิต

ในยุคก่อน การออกแบบวงจรถอดรหัสความถี่ของโทรศัพท์ มักใช้ไอซีจำพวกเฟสล็อกลูป ซึ่งสร้างปัญหาสารพัด ไม่ว่าเรื่องของความถี่ที่เปลี่ยนแปลงไป การปรับแต่งวงจร ขนาดของวงจรที่ใหญ่ เพราะต้องใช้ไอซีจำนวนมาก

คุณสมบัติ MT887

เป็นตัวรับและถอดรหัสความถี่ (DTMF receiver)

กินไฟน้อย ใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับ TTL

สามารถตั้งอัตราขยายภายในตัวไอซีได้

สามารถปรับการ์ดไทม์ (Guardtime) ได้

เป็นไอซีคุณภาพสูง

โครงสร้างของ MT8870

โครงสร้างภายในของ MT8870 ประกอบไปด้วยวงจรกรองความถี่และวงจรถอดรหัสฟังก์ชันทางดิจิตอล เป็นไอซีที่สร้างโดยใช้เทคโนโลยี ISO^2 -CMOS ในส่วนของวงจรกรองความถี่ใช้เทคนิคของสวิตช์คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ สำหรับกรองความถี่สูงและต่ำ ส่วนวงจรถอดรหัสใช้เทคนิคการนับทางดิจิตอลเพื่อตรวจจับและถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ออกเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิต และเช็คช่วงเวลาที่สัญญาณเข้ามา ส่วนภาคอินพุตเป็นออปแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสามารถปรับอัตราขยายได้โดยต่ออุปกรณ์ภายนอกเอาต์พุตเป็นวงจรแลตช์ 3 สถานะ รูปที่ 24 แสดงขาของ MT8870 และรูปที่ 25 แสดงโครงสร้างภายในของ MT8870

ฟังก์ชันการทำงานภายใน MT8870

ภายใน MT8870 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วน คือ

ภาคกรองความถี่ (filter section)

ภาคถอดรหัส (decoder section)

ภาคตรวจสอบสัญญาณ (steering circuit)

ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง (differential input)

ภาคกำเนิดความถี่ (oscillator)

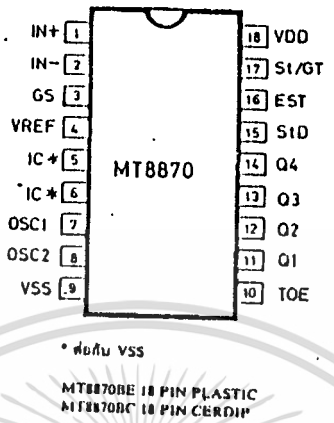
ภาคกรองสัญญาณความถี่

ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่ คือช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองแถบความถี่อันดับ 6 ชนิด สวิตช์คาปาซิเตอร์ (six-order switched capacitor band pass filter) ซึ่งความถี่ที่แยกได้มี 2 ช่วง คือช่วงความถี่สูงและความถี่ต่ำ

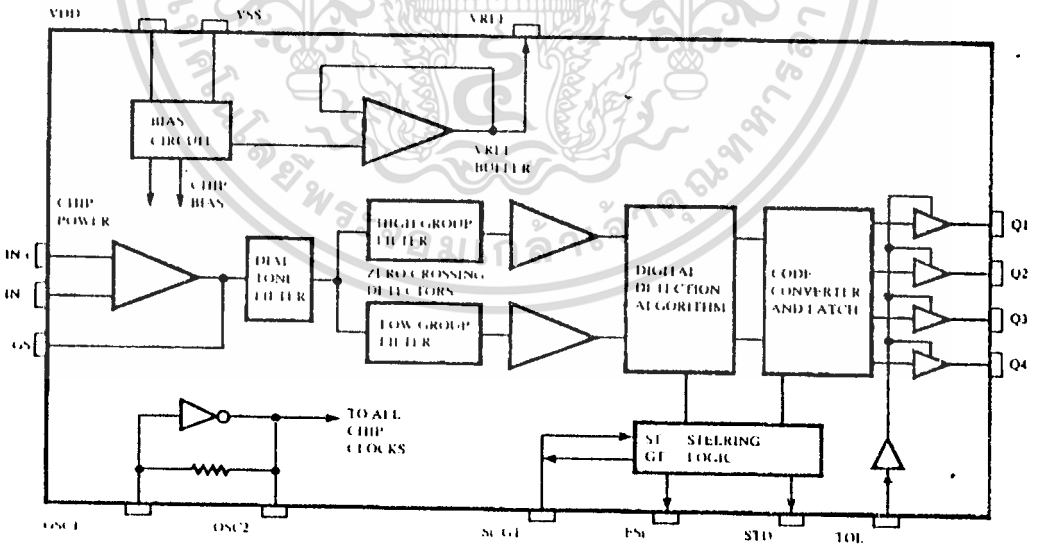
ภาคถอดรหัส

ความถี่ DTMF ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้วจะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอล และมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐาน DTMF หรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสมเมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้อง สัญญาณที่ขา ESt (early steering) ก็จะแอคทีฟสำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่าง ๆ นั้น แสดงรูปที่ 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 24 รายละเอียดขาของไอซี MT 8870



รูปที่ 25 โครงสร้างภายในของไอซี MT 8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

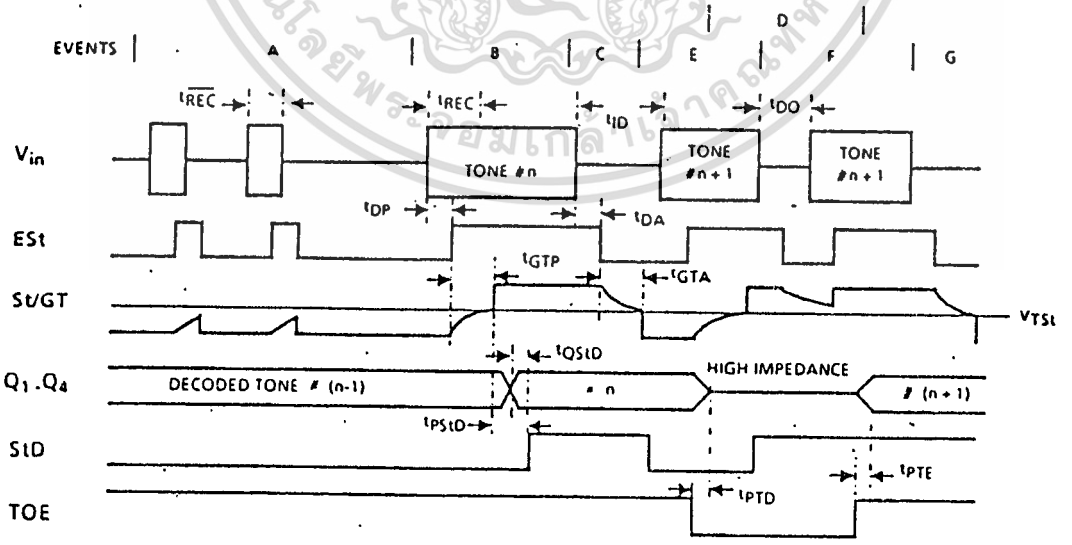
รูปที่ 26 ตารางการทำงานของไอซี MT 8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคตรวจสอบสัญญาณ

ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปที่เอต์พุต จะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่มโทรศัพท์ ซึ่งต้องกดปุ่มให้มีความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควรมิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลายาวเท่าใดสามารถตั้งได้โดยใช้ RC ต่อภายนอก สัญญาณที่ขา ESt จะเป็น "High" นานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่มีความถี่ DTMF เข้ามา เมื่อขา ESt เป็น "High" ทำให้ V_c สูงขึ้นตัวเก็บประจุ C จะคายประจุทำให้แรงดัน V_c สูงขึ้นจนถึงค่าเทรชโฮลด์ วงจรถอดรหัสจึงจะถอดรหัสออกเป็นตัวเลขขนาด 4 บิต รายละเอียดการทำงานขอให้ดูจากแผนภูมิเวลาหรือไทมิ่งไดอะแกรม (timing diagram) ในรูปที่ 27 จะเข้าใจได้ง่ายกว่า

ขั้นตอนการทำงาน



รูปที่ 27 แสดงไทมิ่งไดอะแกรมการทำงานของไอซี MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบายขั้นตอนการทำงาน

A - ตรวจพบความถี่เข้ามา แต่คาบเวลาไม่ถูกต้อง เอาต์พุตไม่เปลี่ยน

B - ความถี่ # n ถูกตรวจพบและมีคาบเวลาที่ถูกต้อง ความถี่ถูกถอดรหัสและแลตช์ไว้ที่เอาต์พุต

C - จบความถี่ # n ช่วงห่างถูกต้อง เอาต์พุตยังคงแลตช์อยู่จนกว่าจะได้รับความถี่ที่ถูกต้องใหม่

D - เอาต์พุตเปลี่ยนเป็นไอยิมพีแดนซ์

E - ความถี่ #n + 1 ถูกตรวจพบ คาบเวลาถูกต้องความถี่ถูกถอดรหัสและแลตช์ไว้

F - ความถี่ # n + 1 หายไป ช่วงห่างไม่ถูกต้องเอาต์พุตยังคงแลตช์อยู่

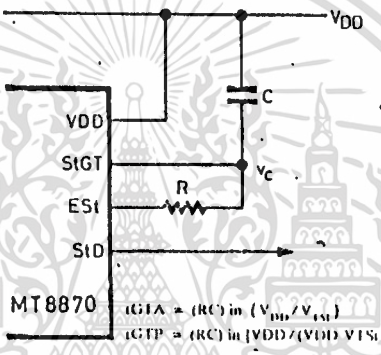
C - จบความถี่ # n + 1 ช่วงห่างถูกต้อง เอาต์พุตยังแลตช์อยู่จนถึงความถี่ใหม่ที่ถูกต้อง

- วงจร STEERING จะทำงานตรงกันข้าม เพื่อให้ได้ช่วงหยุด ระหว่างสัญญาณ INTER DIGIT ถูกต้อง ดังนั้นเป็นการดีราวกับว่า เป็นการตัดสัญญาณที่สั้นเกินไป เพื่อเป็นการพิจารณาว่า สัญญาณถูกต้อง ตัว IC MT 8870 นี้จะมีช่วงผิดพลาดในการขาดหายของสัญญาณ (drop out) สั้นด้วยเพื่อที่จะพิจารณาช่วงหยุดที่ถูกต้องของสัญญาณประโยชน์อันนี้รวมกับความสามารถในการเลือก STEERING TIME CONSTANT ภายนอก จะทำให้ผู้ออกแบบเลือกคุณสมบัติในการใช้งานได้มากมายหลายแบบ

GARD TIME ADJUSTMENT

สำหรับคำว่าการ์ดไทม์ (gardtime) นั้นหมายถึง ช่วงคาบเวลาของความถี่ที่เข้ามา ซึ่งจะต้องนานเท่ากับหรือมากกว่าช่วงเวลาที่เราตั้งไว้ จึงจะได้รับการยอมรับว่าสัญญาณความถี่นั้นถูกต้องหรือพูดได้ว่าเวลาที่เราตั้งไว้โดย RC ก็คือการ์ดไทม์นั่นเอง เมื่อสัญญาณความถี่เข้ามานานเท่าหรือมากกว่าเวลาที่ตั้งไว้จึงจะสามารถแปลงเป็นตัวเลขได้ ถ้าสัญญาณความถี่เข้ามาสั้นกว่าก็จะไม่มีการถอดรหัสเป็นตัวเลขออกไป การตั้งเวลาและคำนวณเวลาดูได้จากรูปที่ 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 28 วงจรตรวจสอบสัญญาณ (STEERING) อย่างง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจร STEERING ง่ายๆ แสดงดังรูปที่ 28 ซึ่งเป็นการประยุกต์ ใช้งาน ค่าของส่วนอุปกรณ์ จะถูกเลือกตามสูตรต่อไปนี้

$$TREC = TDP + TGTP$$

$$TID = TDA + TGTA$$

โดย t_{REC} - คาบเวลาสั้นสุดที่ต้องการเพื่อแสดงว่าสัญญาณถูกต้อง

t_{ID} - เวลาสั้นสุดระหว่างสัญญาณ DTMF ที่ถูกต้อง 2 สัญญาณ

t_{DO} - เวลานานสุดที่ยอมให้สัญญาณหายไปได้ในคาบเวลาความถี่ที่ถูกต้อง

t_{DP} - เวลาที่ใช้ในการตรวจพบสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

t_{DA} - เวลาที่ใช้ในการตรวจการหายไปของสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

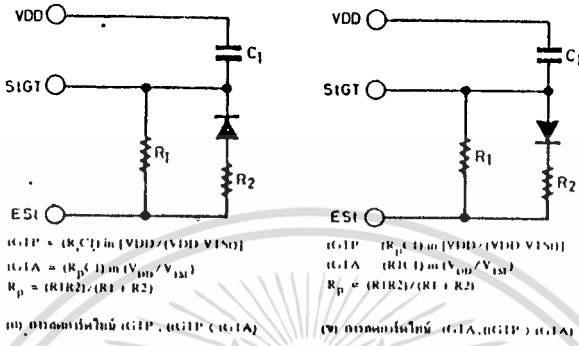
t_{GTP} - การ์ดไทม์ของการปรากฏความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

t_{GTA} - การ์ดไทม์ของการหายไปของความถี่ DTMF

ค่าของ t_{DP} เป็นค่า PARAMETER ของตัว. IC เอง (ดูได้จากตาราง Specification) และค่า t_{REC} เป็นค่าช่วงเวลาต่ำสุด ที่ตัว IC จะทำการ decode คู่ TONE ได้ค่าของ C =.1UF นี้ เป็นค่าที่ใช้อยู่ในการใช้งานทั่วๆ ไป

การออกแบบวงจร STEERING มีให้เลือกแตกต่างกันหลายแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของสัญญาณ TONE ที่ตัว IC จะทำการ DECODE โดยจะสามารถเลือกช่วงเวลา guard TIME ได้อย่างอิสระ สำหรับช่วงสัญญาณที่ปรากฏ (TGTP) และช่วงสัญญาณหาย (TGTA) ซึ่งค่าทั้ง 2 นี้ เป็น SPEC สำคัญของการทำงานของ IC ซึ่งจะทำให้เกิดการ decode หรือไม่ DECODE ต่อช่วงสัญญาณที่เข้ามา การปรับ GUARD TIME ผู้ออกแบบจะเป็นคนกำหนด PARAMETER ต่าง ๆ ตามสภาวะของสัญญาณตัวอย่างเช่น สัญญาณที่เข้ามามีสัญญาณอื่นปนเข้ามา (Talk off) การออกแบบให้ t_{REC} มาก ๆ จะป้องกัน Talf off ได้ เพราะว่าช่วงเวลา tREC มาก ๆ จะลดโอกาสที่จะเป็นไปได้ ของ tone แปลกปลอมที่เกิดจากสัญญาณเสียงพูด ในทางกลับกัน ถ้าออกแบบให้ t_{REC} สั้น ๆ กับ TDO (Interdigit Pause = 20 ms) นานๆ จะเหมาะสำหรับสัญญาณที่มี Noise กวนอย่างมาก ซึ่งในการออกแบบใช้งานในโครงงานนี้ก็ใช้ t_{REC} สั้นๆ สูตรในการคำนวณแสดงในรูปที่ 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 29 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณที่ใช้งานจริง

จากสูตร การลด guard TIME; TGTP<TGTA โดย TGTP = (R1C1) LN [VDD-VTST)]

กำหนด R1 = 300k. VDD = 5 VOLT VTST ใน SPEC กำหนด = 2.2 VOLT.

TGTP = $(300x10^{3} x .1x10^{6})$ LN [5/(5 - 2.2)]

= .03xLN 1.7857

= 17.39 ms

TGTA = (RPC1) LN (VDD/VTST)

RP = $\frac{R1\ R2}{(R1 + R2)}$ กำหนด R2 = 300k

RP = $\frac{300x10^{3} x 300x10^{3}}{(300x10^{3} x 300x10^{3}}$ = 150 k

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

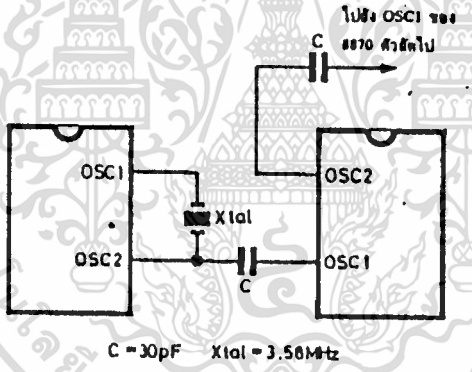
TGTA = $(150x10^{3}x.1x10^{0}$ LN (5/2.2)

= .015 X 0.8209

= 12.31 ms

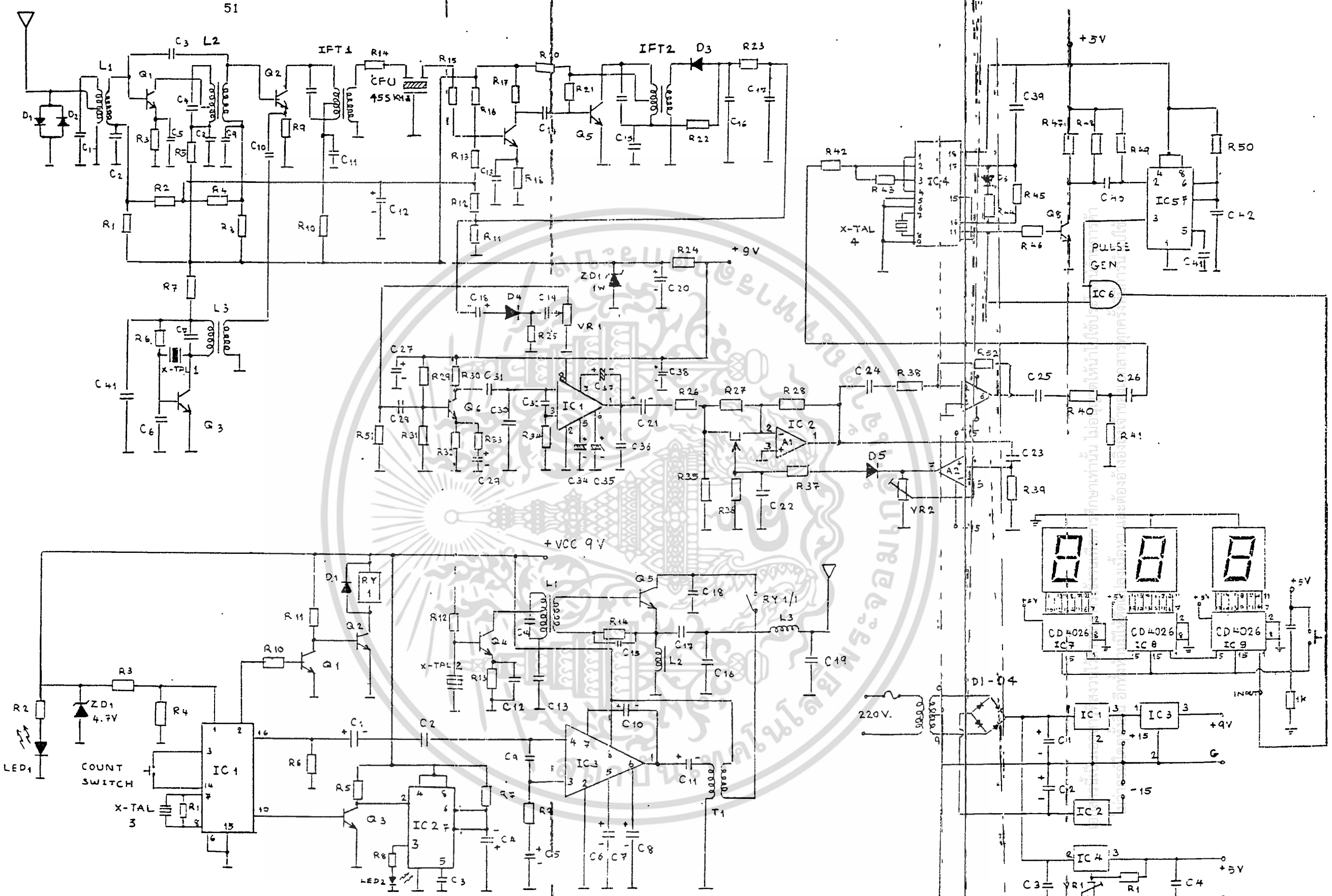
ภาคกำเนิดความถี่

ในภาคนี้ ภายใน IC จะมีวงจร เวลา อยู่ภายในเพียงแต่ต่อแร่ X'TAL ขนาด 3.58 MHZ ก็สามารถใช้งานได้ทันที การต่อวงจรกำเนิดความถี่ แสดงดังรูปที่ 30



รูปที่ 30 การต่อวงจรผลิตความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 31 เซอร์คิทไดอะแกรมของเครื่อง REMOTE COUNTER

บทที่ 3

การทำงานจาก เซอร์คิท ไดอะแกรม รูปที่ 31 จะอธิบายการทำงานเป็นภาคๆได้ดังต่อไปนี้

- ภาค DTMF GENERATOR
- ภาค XMT SWITCH
- ภาค TIMER
- ภาค TX (RF AMP,MOD,CARRIER OSC, AF AMP)
- ภาค RX (RF AMP,MIXER,OSC,IF AMP,DETECT,AF AMP)
- ภาค AVC.
- ภาค DECODE DTMF.
- ภาค PULSE GENERATOR
- ภาค COUNTER

3.1 การทำงานภาค DTMF GENERATOR.

ส่วนที่เป็นหัวใจ ของภาคนี้ คือ ไอซี 1 เบอร์ UM 9559 หรือเบอร์ TCM 5087 ไอซี 1 จะผลิตสัญญาณ DTMF ออกมา เมื่อต่อขาโรว์ กับคอลัมน์ของ ไอซี เข้าด้วยกัน จากเซอร์คิท จะต่อโรว์ 1 (ขา 14) กับคอลัมน์ 1 (ขา 3) ไปยัง COUNT SWITCH ดังรูปที่ 32 เมื่อจะทำการนับ ก็กด COUNT SWITCH DTMF ออกมาทางขา 16 (TONE OUT) ไอซี 1 นี้จะมีขา โรว์ 1 ถึง โรว์ 4 คอลัมน์ 1 ถึง คอลัมน์ 4 มีความถี่ประจำจุดกำหนดไว้เป็นมาตรฐานดังนี้ (หน่วยเป็น HZ)

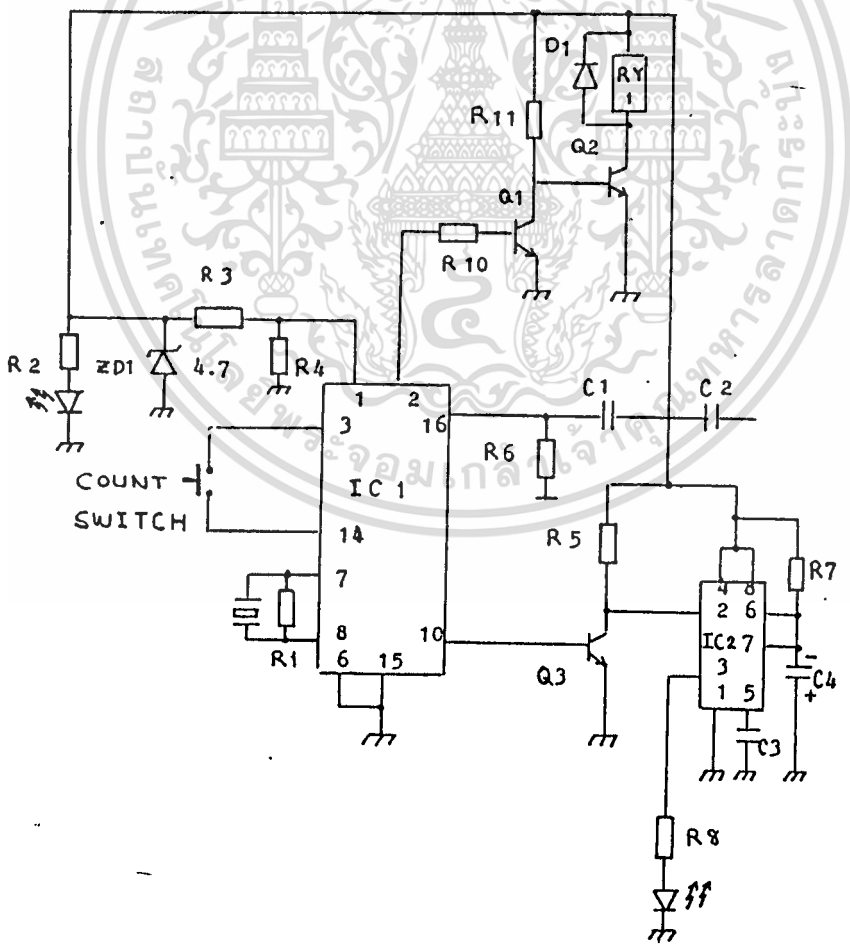
ROW 1	= 697	COLUMN 1	= 1209
ROW 2	= 770	COLUMN 2	= 1339
ROW 3	= 852	COLUMN 3	= 1477
ROW 4	= 941	COLUMN 4	= 1633

แต่ในที่นี้ใช้ โรว์ 1 กับคอลัมน์ 1 คือส่งความถี่ 697 กับความถี่ 1209 เฮริทซ์ ออกไป ความถี่ที่ได้นี้ จะได้มาจากความถี่หลักจาก X'TAL ความถี่ 3.579545 เมกกะเฮริทซ์ (MHZ) สัญญาน DTMF ที่ออกมาทางขา 16 จากรูป โครงสร้างภายในตัวไอซี จะเห็นว่า ขานี้ ภายในเป็นขา อีมิตเตอร์ ของ ทรานซิสเตอร์ เอ๊าพุท ซึ่งต่อเอาไว้ลอยๆ ดังนั้น เมื่อต่อออกมาภายนอกแล้ว จึงต้องต่อ R6 ค่า 5.6 K ให้กับทรานซิสเตอร์ ภายในนั้นด้วย ถ้าไม่ต่อสัญญาณ DTMF จะเพี้ยน ทำให้ภาค DECODER ไม่สามารถดีโค๊ดสัญญาณได้ สัญญาณที่ได้จะคับปลิ้ง (COUPLING) ผ่าน C1,C2 ไปยังภาค AF AMP ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

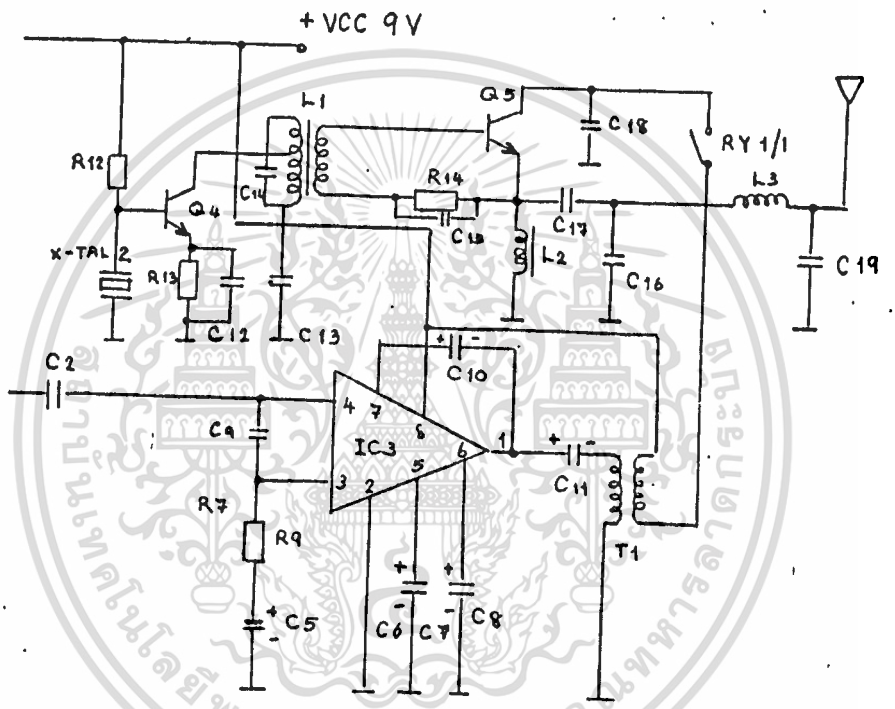
3.2 การทำงานภาค XMT SWITCH

ภาคนี้จะทำหน้าที่จ่ายไฟ +B ให้ภาค อาร์เอฟแอมป์ ในขณะที่มีการกด COUNT SWITCH โดยผ่านรีเลย์ RY1 กล่าวคือ ในขณะที่ไม่มีการกด COUNT SWITCH ที่ขา 2 ของไอซี 1 จะมีโวทเตท ออกมาประมาณ 4 โวทต์ ซึ่งจะมาจาก การทำงานของทรานซิสเตอร์ ภายในของไอซี 1 ถ้าดูจากวงจรดังรูปที่ 32 จะเห็นว่า ขณะที่ไม่มีการกด COUNT SWITCH Q1 จะทำงาน ทำให้ ขาเบส ของ Q2 เสมือนได้ว่า กราวนด์ (ground) Q2 จึงไม่ทำงาน RY1 ก็ยังไม่ทำงาน แต่เมื่อกด COUNT SWITCH ทรานซิสเตอร์ภายใน จากขา 2 ของไอซี 1 จะไม่ทำงาน ทำให้ Q1 ไม่มีไบอัส Q1 จึงไม่ทำงาน ดังนั้น ทำให้ขาเบสของ Q2 ได้รับไบอัส โดยผ่านทาง R11 ทำให้ Q2 ทำงาน ซึ่งจากผลอันนี้ ทำให้ RY1 ทำงานดูดคอนแท็ค ให้ติดเข้าหากัน เป็นการต่อไฟ +B จ่ายให้ภาค RF AMP โดยผ่านทาง T1



รูปที่ 32 แสดงวงจรภาค DTMF GEN,XMT SWITCH,TIMER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 33 วงจรภาค TX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การทำงานภาค TIMER

ภาคนี้ จะใช้ ไอซี 2 เป็นตัวตั้งเวลา โดยต่อเป็นวงจรโมโนสเตเบิ้ล (MONOSTABLE) โดยจะรับสัญญาณ ทริกเกอร์ มาจากขา 10 ของ ไอซี 1 (MUTE OUT) โดยผ่านมาทาง Q3 กล่าวคือ ขณะที่มีการกด COUNT SWITCH ที่ขา 10 ของไอซี 1 จะมี โวทต์เตท ออกมาช่วงหนึ่งไบอัสให้ Q3 ออน(ON) และออฟ(OFF) ขณะที่ Q3 ออนและ ออฟจะเกิดเป็นพัลซ์ ลบช่วงแคบๆ ไปทริกขา 2 ของไอซี 2 (NE555) ซึ่งจะทำให้ได้พัลซ์ รูปสี่เหลี่ยม ออกมาที่เอ้าท์พุทของไอซี 2 (ขา 3) ในแต่ละครั้งที่มีการทริกด้วยพัลซ์ จาก Q3 ค่าช่วงเวลาที่ทำให้เอาท์พุท ขา 3 เป็นลอจิก 1 (LED สีเขียวติด) กำหนดโดย R7 กับ C4 ค่าเวลาที่ได้สามารถหาได้จากสูตร t = 1.1 R7.C4 วินาที

ช่างเวลาที่ LED สีเขียวติดนี้ ช่วงเวลา = t วินาที ตามสูตรข้างบน จะเป็นช่วงเวลาที่กำหนดไว้ ให้ผู้ใช้เครื่องทราบว่า กด COUNT SWITCH ไม่ได้ ต้องรอ จนกว่า LED สีเขียว ดับเสียก่อน จึงจะเริ่มกด COUNT SWITCH นับใหม่ต่อไปได้

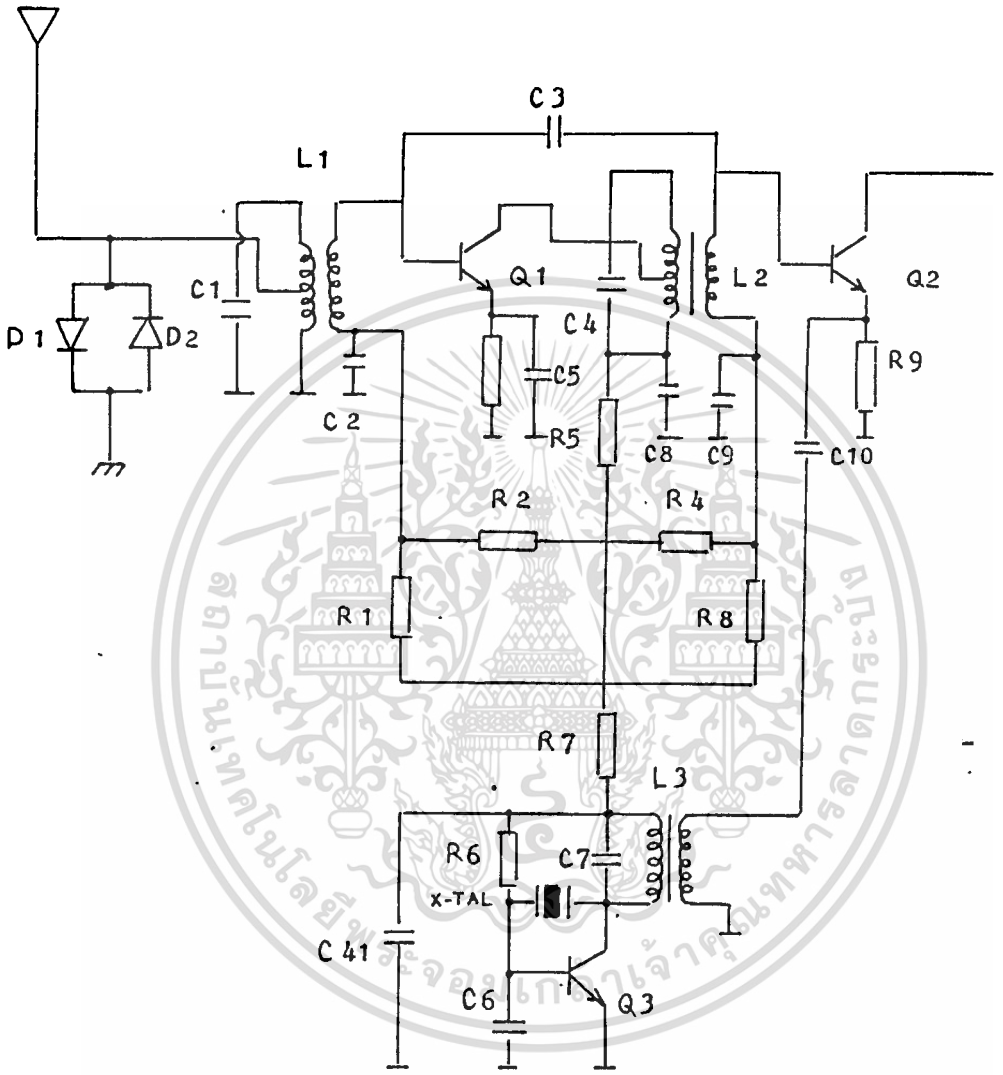
3.4 การทำงานภาค TX

การทำงานของภาคนี้ จะรวมทั้งภาค AF AMP,MODULATION , OSC, RF OUTPUT ซึ่งมีรายละเอียดการทำงานดังนี้

ภาค AF AMP จะรับสัญญาณ มาจาก ภาค DTMF โดยคับปลิ้ง (coupling) ผ่านมาทาง C2 ภาคนี้มี ไอซี 3 เบอร์ BA 514 เป็นหัวใจของวงจร จะ ทำหน้าที่ขยายสัญญาณให้แรงขึ้นเพียงพอก่อนที่จะส่งไปมอดกับ carrier OSC ที่ T1 มี C5,C9,R5 ต่อเป็นวงจรชดเชยด้านอินพุท C11 ทำหน้าที่คับปลิ้งสัญญาณจากเอ้าพุท ไปยัง T1 (MODULATION TRANSFORMER) ต่อไป

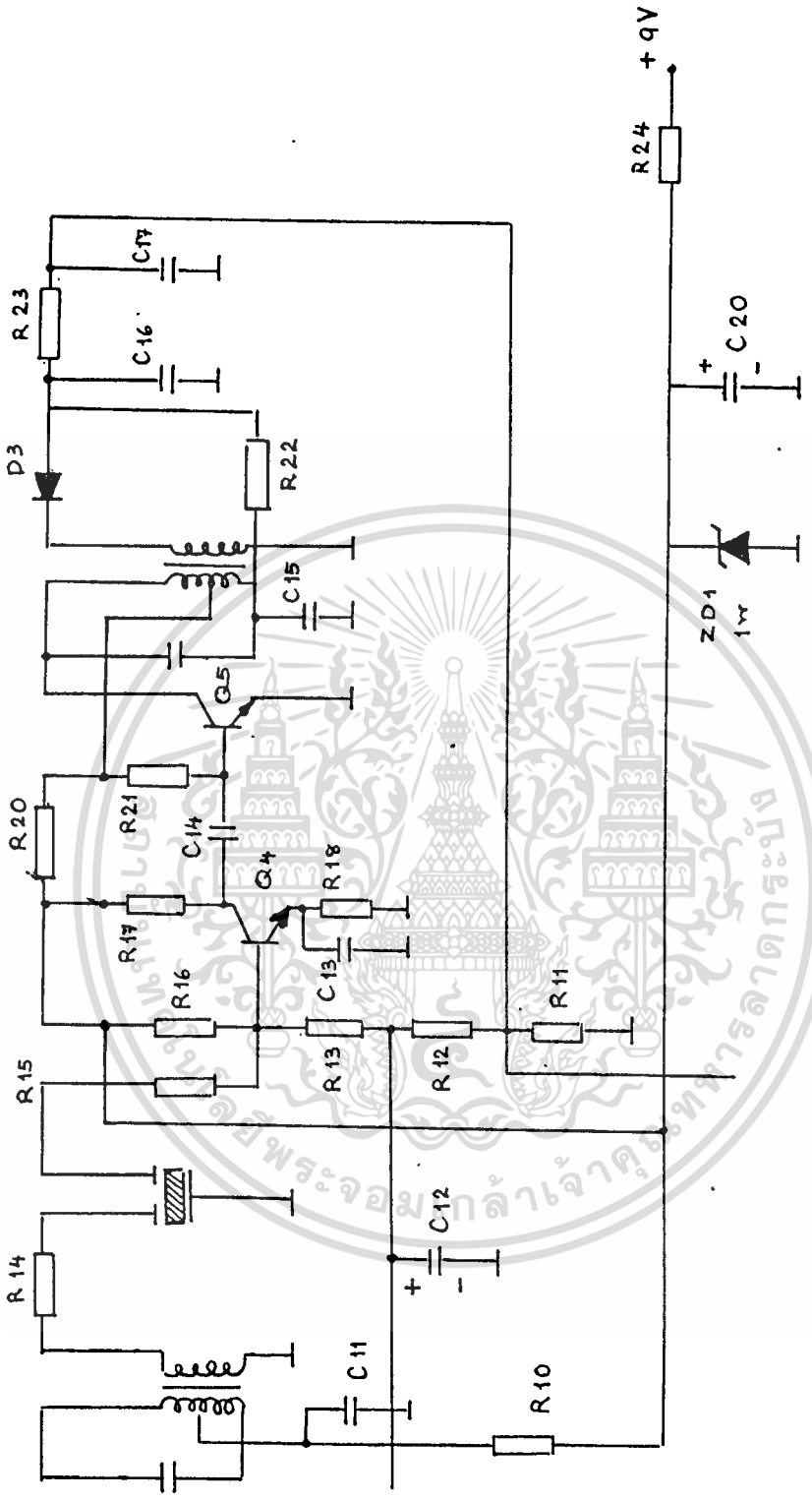
Q4 เป็นวงจร ออสซิเลเตอร์ (OSCILLATOR) ผลิตความถี่แคร์เรียร์ ตามค่าของ X'TAL ค่า 28.550 เมกกะเฮริทซ์ L1 กับ C14 จะเป็นโหลดที่ขา คอลเลค เตอร์ (COLLECTOR) ของ Q4 โดยจะทำหน้าที่เป็นวงจรจูน L1 สามารถที่จะปรับได้ ให้ รีโซเนนท์ กับความถี่ที่ผลิตขึ้นมากที่สุด ความถี่ที่ออสซิเลท จะถูกคับปลิ้งผ่านมาทางขดเชค คั่นดารี่ ของ L1 โดยมี R14 เป็นตัวให้ไบอัส ดี ซี โวทต์เตท ให้กับ Q5 ซึ่งทำหน้าที่เป็น วงจรขยายกำลัง (RF AMP) โดยมี L2 ต่อเป็น อาร์เอฟ โช้ค (RF CHOKE) C16,C17, C19,L3 ทำหน้าที่เป็นวงวร ฮาร์โมนิค ฟิลเตอร์ (HARMONIC FILTER) และแมทชิ่งสาย อากาศ คือกรองเฉพาะความถี่ที่ต้องการไปเข้าสายอากาศ ให้ดีที่สุด และมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



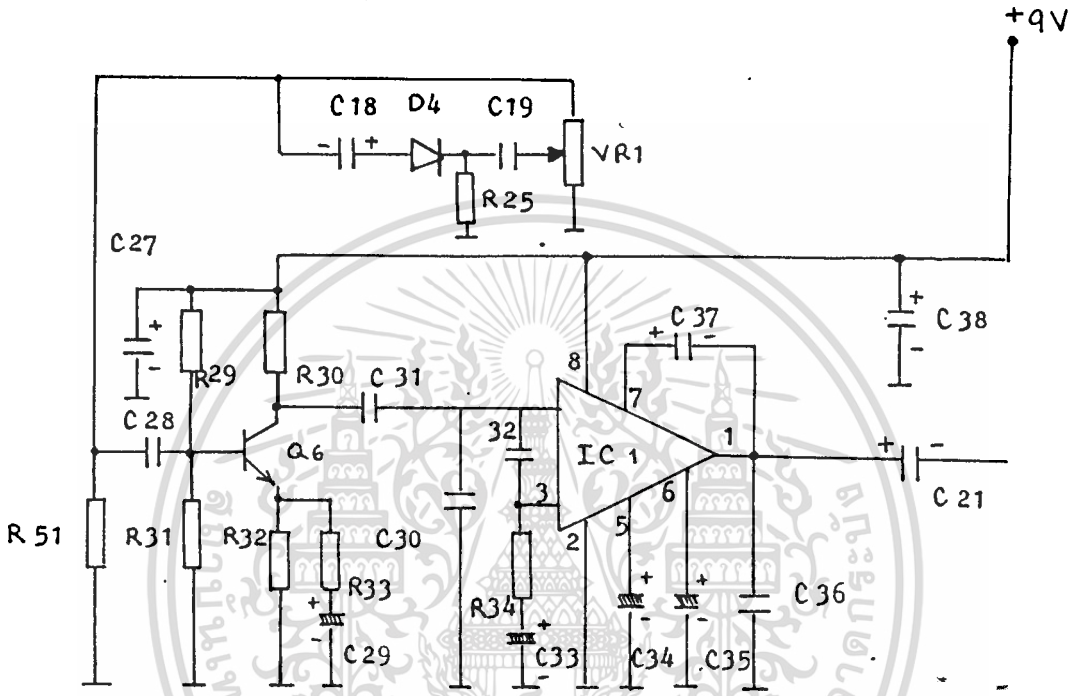
รูปที่ 34 วงจรภาคอาร์เอฟแอมป์,ออสซิเลเตอร์,มิกเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 35 วงจรภาคไอเอฟแอมป์,ดีเทคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 36 วงจรภาคเอเอฟแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การทำงานภาค RX

การทำงานของภาคนี้จะรวมทั้งภาค RF AMP,CARRIER OSC, MIXER,IFAMP, DETECTER, AF AMP ซึ่งมีรายละเอียดการทำงานดังนี้

จากเซอร์คิตไดอะแกรมรูปที่ 2 วงจรภาครับจะใช้ระบบซุปเปอร์เฮทเทอโรดายน์ แบบซิงเกิ้ล คอนเวอร์ชั่น (SINGLE CONVERSION SUPERHETERODYNE) ทำให้การรับ และการคัดเลือกสถานีได้ดี เมื่อสัญญาณ RF เดินทาง มากระทบกับสายอากาศ ซึ่งเป็นตัวนำเส้นเดียว (WHIP) จะผ่านวงจรที่ทำให้เกิดการแมท ระหว่างสายอากาศ กับด้านอินพุทของวงจรขยาย ความถี่สูง โดย L1 กับ C1 ต่อเป็นวงจรจูนแบบขนาน (PARALLEL TUNE) ย่าน 28 เมกกะเฮริทซ์ เพื่อให้สามารถชักนำสัญญาณที่แพร่อยู่ในอากาศมาปรากฏที่อินพุทของวงจรขยายความถี่สูงได้มากที่สุด D1,D2 ต่อเป็นตัวป้องกันไม่ให้สัญญาณ อาร์เอฟ ที่มีขนาดแรงเกินไป เข้ามายังวงจรส่วนหน้าได้ สัญญาณที่รับเข้ามาจะถูกคับปลิ้งมาทางขดเซคั่นดารี่ ของ L1 มายัง Q1 เพื่อขยายให้แรงขึ้น ก่อนจะส่งไปมิกซ์กับสัญญาณแคร์เรียร์ที่ Q2 โดยผ่านวงจรจูน L2 กับ C4,C3 จะเป็นตัวป้องกันไม่ให้ Q1 เกิดการออสซิเลท ที่ความถี่สูง,R3 กับ R1 ต่อเป็นวงจรไบอัสให้ Q1

ภาคกำเนิดความถี่วิทยุ (CARRIER OSCILLATOR) เป็นวงจรออสซิเลเตอร์ชนิดควบคุมความถี่ด้วยผลึกแร่ ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณความถี่ที่ต่างจาก ความถี่ของภาคส่งอยู่ 455 KHZ ในที่นี้ Q3 ต่อเป็นวงจรออสซิเลท มี X'TAL 1 ความถี่ 28.085 MHZ เป็นตัวกำหนดความถี่ R6,R7 เป็นตัวไบอัสให้ Q 3 สัญญาณที่ได้จากการออสซิเลทจะคับปลิ้งผ่านวงจรจูนแบบขนาน คือ L3 กับ C7 ขดเซคั่นดารี่ของ L3 จะคับปลิ้งผ่าน C10 ไปยังขาอีมิตเตอร์ของ Q2 เพื่อรอการมิกซ์กับสัญญาณอาร์ เอฟ จากภาคอาร์ เอฟ แอมป์ การมิกซ์ของสัญญาณ อาร์เอฟ แคร์เรียร์ จะมิกซ์กันที่ Q2

ภาค IF AMP จะเป็นตัวกำหนดซีเล็คติวิตี้ (SELECTIVITY) ความถี่ไอเอฟที่ได้จากภาค MIXER จะผ่านเข้าไปยัง IFT 1 ดังรูปที่ 35 และจะผ่านไปยังเซรามิคฟิลเตอร์ (CERAMIC FILTER) CFU 455 KHZ เพื่อทำหน้าที่กรองความถี่ให้เฉพาะความถี่ 455 KHZ ผ่านไปได้เท่านั้น ส่วนอื่นจะถูกบายพาสลงกราวน์หมด จากนั้นสัญญาณจะถูกขยายโดย Q4 และ Q5 ซึ่งทำหน้าที่เป็น IFAMP ขยายสัญญาณ IF ให้มีสัญญาณ แรงขึ้น แล้วส่งไปยัง IFT 2 เพื่อส่งสัญญาณไปยังภาคดีเทคเตอร์ต่อไป

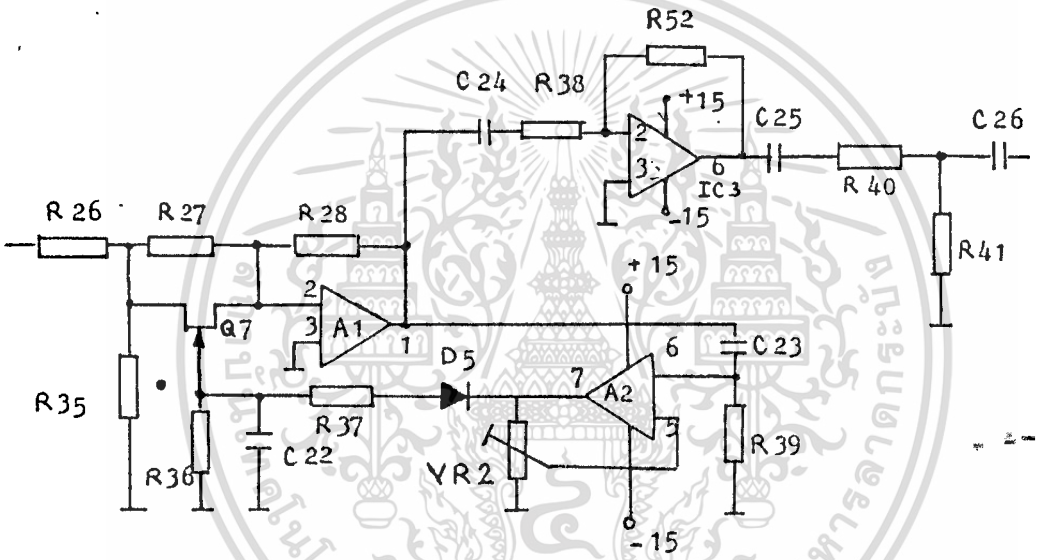
ภาคดีเทคเตอร์ ไดโอด D3 จะทำหน้าที่ดีเทค สัญญาณที่ผ่านเข้ามา โดยตัดสัญญาณช่วงบวกทิ้งไป เหลือแต่ช่วงลบ นำเอาเฉพาะสัญญาณ DTMF ผ่านออกมาเท่านั้น สัญญาณอาร์เอฟจะถูกฟิลเตอร์ ลงกราวน์ไป สัญญาณ DTMF ที่ได้ จะคับปลิ้งผ่าน C18 โดยจะมีสัญญาณส่วนหนึ่ง จะทำเป็นแรงไฟ เอจีซี ป้อนให้แก่ Q1 (RE AMP) กับ Q4 (IFAMP) เพื่อลดเกนการขยาย ขณะที่เครื่องส่งอยู่ใกล้ๆกับเครื่องรับสัญญาณจาก C18 จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่าน D14,R25 ซึ่งเป็นวงจรกำจัดสัญญาณรบกวนโดยอัตโนมัติ VR1 จะเป็นตัวปรับระดับสัญญาณก่อนเข้าภาคเอ เอฟ แอมป์

ภาค AF AMP ในภาคนี้ Q6 ทำหน้าที่ปรีแอมป์ (PREAMP)สัญญาณ DTMF โดย Q6 จะถูกไบอัสให้ทำงานอยู่ในคลาส A จากนั้นสัญญาณจาก Q6 จะคับปลิ้ง ผ่าน C31 ไปเข้า IC1 เพื่อขยายสัญญาณให้แรงขึ้น ก่อนจะป้อนไปให้ภาค AVC ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



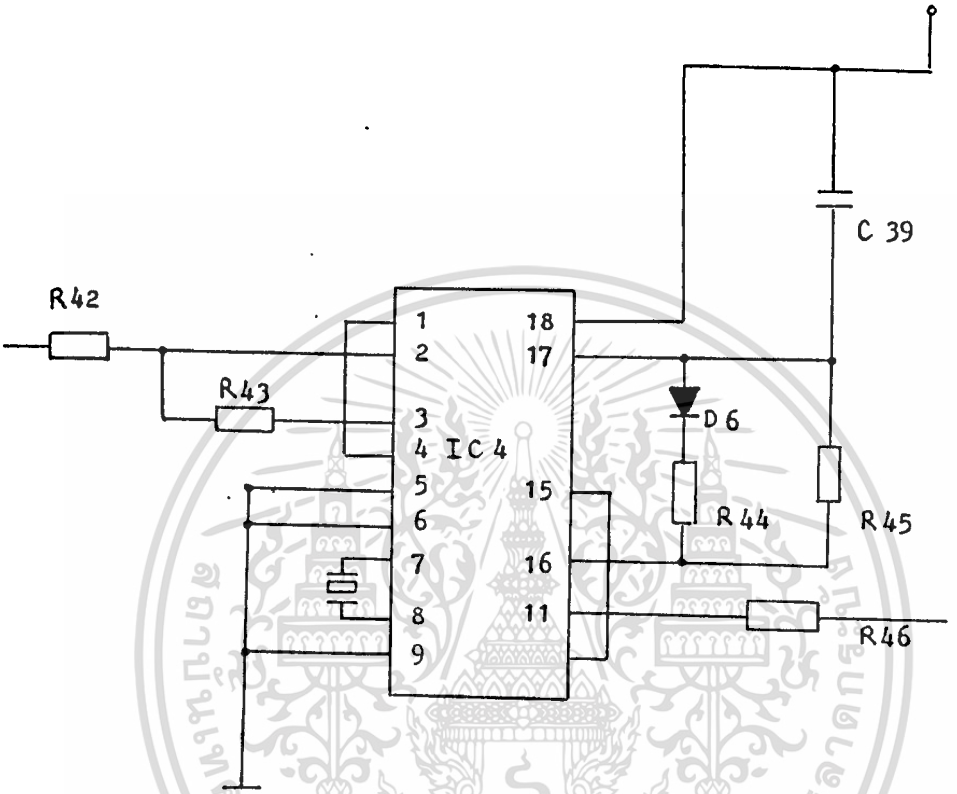
รูปที่ 37 วงจรภาคเอวีซี (AVC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การทำงานภาค AVC

ภาค AVC (AUTOMATIC VOLUME CONTROL) ภาค ควบคุมขนาดของสัญญาณโดยอัตโนมัตินี้ จะทำหน้าที่ควบคุมขนาดของสัญญาณเข้าพุท ให้มีขนาดไม่เกิน 1 โวลท์ อา เอ็ม เอส (RMS) ไม่ว่าขนาดของสัญญาณอินพุทจะมีขนาดหลายๆ โวลท์ก็ตาม เพื่อให้ภาคดีโค้ด ทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพ ในภาคนี้ฟิลด์ เอ็ฟ เฟค ทรานซิสเตอร์ (FIELD EFFECT TRANSISTOR) Q7 ทำหน้าที่เป็น วาริเอเบิ้ลรีซิสเตอร์ โดยค่าความต้านทานนี้เป็นค่ารีซิสเต็นท์ (RESISTANCE) ระหว่าง เดรน (DRAIN) กับ ซอร์ส (SOURCE) ของ Q7 ซึ่งจะเรียกว่า RDS สามารถเปลี่ยนจากอนันต์ (INFINITY) จนถึง 150Ω ระหว่างขาเดรนกับซอร์สของ Q7 จะขนานด้วย R27. R28 จะเป็นตัวกำหนดเกนการขยายของออปแอมป์ A1 ถ้าไม่มีการทำงานของ Q7 อัตราขยายของ A1 จะประมาณ 20 เดซิเบล (dB) ออบแอมปี A2 จะรับสัญญาณมาจาก A1 ซึ่งอัตราการขยายของ A2 จะเปลี่ยนแปลงได้ด้วย VR2 สัญญาณเข้าพุท ของ A2 จะผ่านได้โอด D1 สัญญาณช่วงลบที่ผ่าน D1 จะทำให้ Q7 ทำงาน (SWITCHING) อย่างค่อยเป็นค่อยไป R36,R37, C22 จะทำหน้าที่กรองสัญญาณช่วงลบที่ผ่าน D1 ให้เป็นไฟตรง จากการทำงานของ Q7 แบบนี้ถ้าขนาดสัญญาณที่อินพุทมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก จะไม่มีผลต่ออัตราขยายรวมของระบบอย่างทันทีทันใด การลดลงของอัตราขยายก็เช่นเดียวกัน.R26,R35 จะเป็นตัวลดทอนสัญญาณอินพุท จะให้การลดทอนสัญญาณอินพุท 40 เดซิเบล จากลักษณะนี้จะรับขนาดของสัญญาณอินพุทได้สูงหลายๆโวลท์ อาร์เอมเอส. A1 และ A2 จะขยายสัญญาณ ชดเชยการสูญเสียจากการลดทอนของ R26 และ R35 โดยอัตราขยายของวงจรทั้งหมด ขณะ Q7 ไม่ทำงานเท่ากับ 0 เดซิเบล สัญญาณที่ผ่านการควบคุมขนาดจะคับปลิ้งผ่าน C25,C26 ไปยังภาคดีโค้ดเตอร์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 38 วงจรภาคดีโค้ดเดอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การทำงานภาค DECODER

ภาค DECODER ภาคนี้จะทำหน้าที่ถอดรหัสสัญญาณ DTMF ที่ส่งมาจากภาคส่ง เพื่อไปทริก ให้ภาคพัลซ์เจนเนอเรเตอร์ ทำการสร้างพัลซ์ 1 พัลซ์ ต่อการกด COUNT SWITCH ทางด้านภาคส่ง 1 ครั้ง หัวใจสำคัญในการทำงานของภาคนี้ ได้แก่ IC4 (MT 8870) ซึ่งเป็น ไอซี เฉพาะที่ใช้ในการถอดรหัสสัญญาณ DTMF โดยจะให้สัญญาณเอ้าพุท เป็น ลอจิก 0 กับ 1 สัญญาณอินพุทจะเข้ามายังขา 1 กับ 2 ของ IC4 สัญญาณที่เข้ามาจะผ่านวงจร กรองความถี่ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ สัญญาณที่ผ่านการกรองความถี่เรียบร้อยแล้วจะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคแบบดิจิตอล C39, R45, R44, D6 จะเป็นตัวกำหนดช่วงเวลาในการรับสัญญาณอินพุทที่ถูกต้อง เข้ามาทำการถอดรหัส โดยช่วงเวลาในการรับสัญญาณอินพุทที่ถูกต้องแล้วทำการถอดรหัสได้ ได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$tGTP = R46.C39 \; LN \left\{ \frac{VDD}{VDD - VTST} \right\}$$

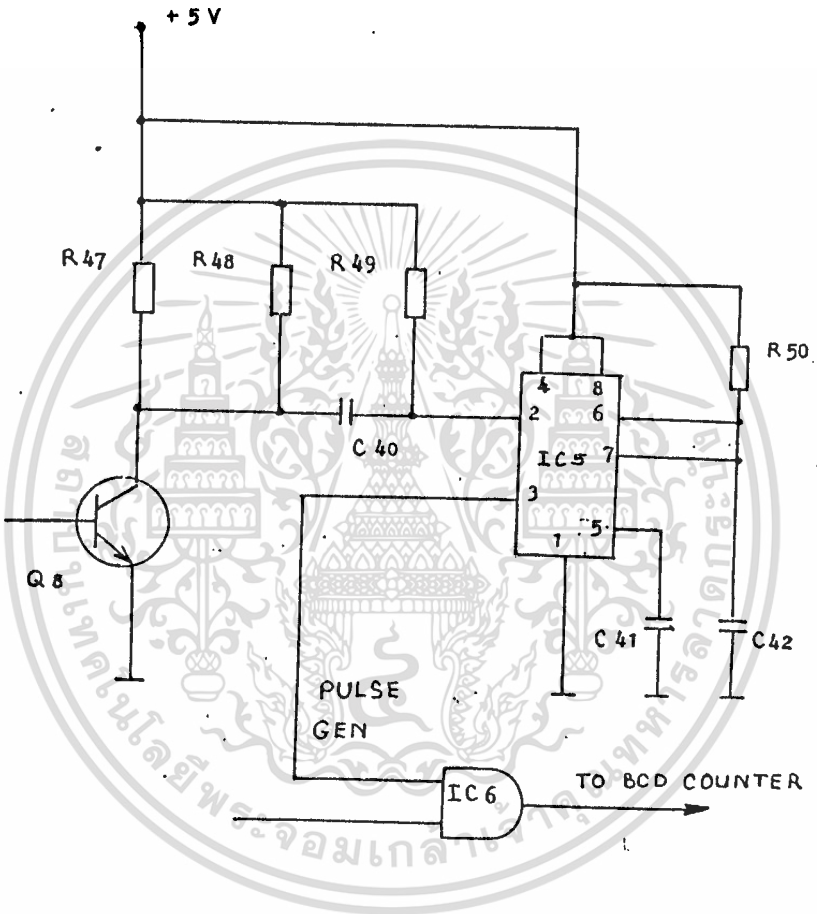
โดย VDD = 5V, VTST ในสเปค IC กำหนด = 2.2 V.

$$t\,GTP = 300 \times 10^{3} \times .1 \times 10^{-6} \; LN \left\{ \frac{5}{5-2.2} \right\}$$

$$t\,GTP = 17.39 \text{ มิลลิเซค (millisec)}$$

สัญญาณเอ้าพุท ของวงจรถอดรหัส จะมาออกที่ขา 11 ของ IC4 โดยจะมีลอจิกเป็น 1 เมื่อดีโค้ดสัญญาณ DTMF ได้ เพื่อใช้ในการทริก วงจรสร้างพัลซ์ ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 39 วงจรภาคพัลซ์เจนเนอเรเตอร์

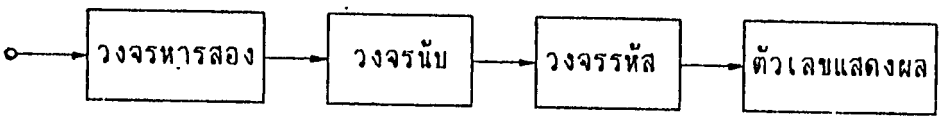
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 การทำงานภาค PULSE GENERATOR

ภาค PULSE GENERATOR ภาคนี้จะทำหน้าที่สร้างพัลซ์บวกเพื่อนำไปทริกภาคเคาร์เตอร์ให้ทำการนับ เมื่อภาคถอดรหัส ทำการถอดรหัสสัญญาณได้แล้วจะส่งลอจิก 1 (ประมาณ 4.5 โวทต์) ไปยัง IC6 ขณะเดียวกัน ลอจิก 1 นี้ จะไปทำให้ Q8 ทำงาน (ON) ทำให้ขา 2 ของ IC5 (NE555) ได้รับพัลซ์ลบทำให้ IC5 ซึ่งเป็นวงจรโมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์ ทำงานโดยจะมีลอจิก 1 ปรากฏที่ขา 3 อยู่ชั่วขณะหนึ่ง ค่าเวลาที่ขา 3 กำหนดโดยค่าของ R50 กับ C41 จากนั้นลอจิก 1 จากขา 3 ของ IC5 จะไปแอนด์กับเอ๊าท์พุทจากขา 11 ของ IC 4 เพื่อให้ได้พัลซ์ที่เหมาะสมไปทริกวงจรนับ (COUNTER) ต่อไป

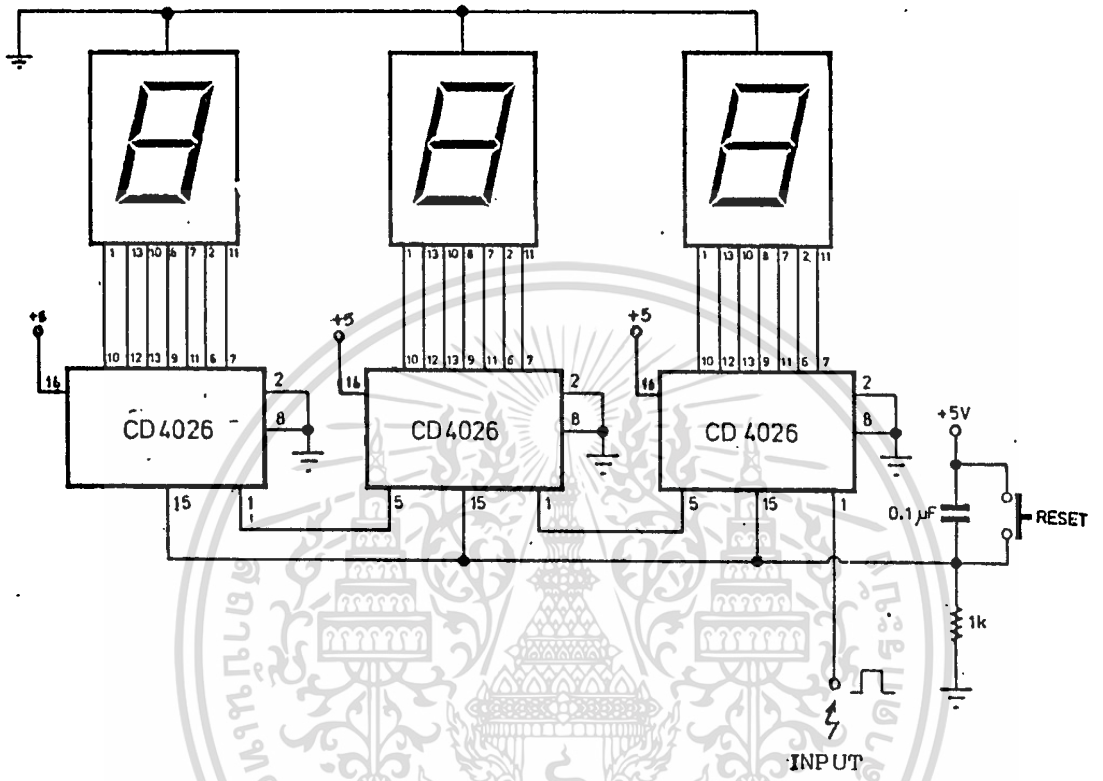
3.9 การทำงานภาค COUNTER

จากวงจร COUNTER ที่ผ่านมา จะนำมาใช้งานจริงโดยใช้ IC สำเร็จรูปเบอร์ 4026 ซึ่งเป็น IC CMOS DECADE COUNTERS / 7-SEGMENT DECODERS รวมไว้ในตัวเดียวกันที่มีคุณสมบัติเป็นทั้งวงจรนับสิบ และถอดรหัสออกเป็น CODE ของ 7 SEGMENT DISPLAY ทำให้ใช้งานได้สะดวกและง่ายดาย ลักษณะของวงจรใช้งานจริงแสดงดังในรูปที่ 40



รูปที่ 40 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรเค้าท์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

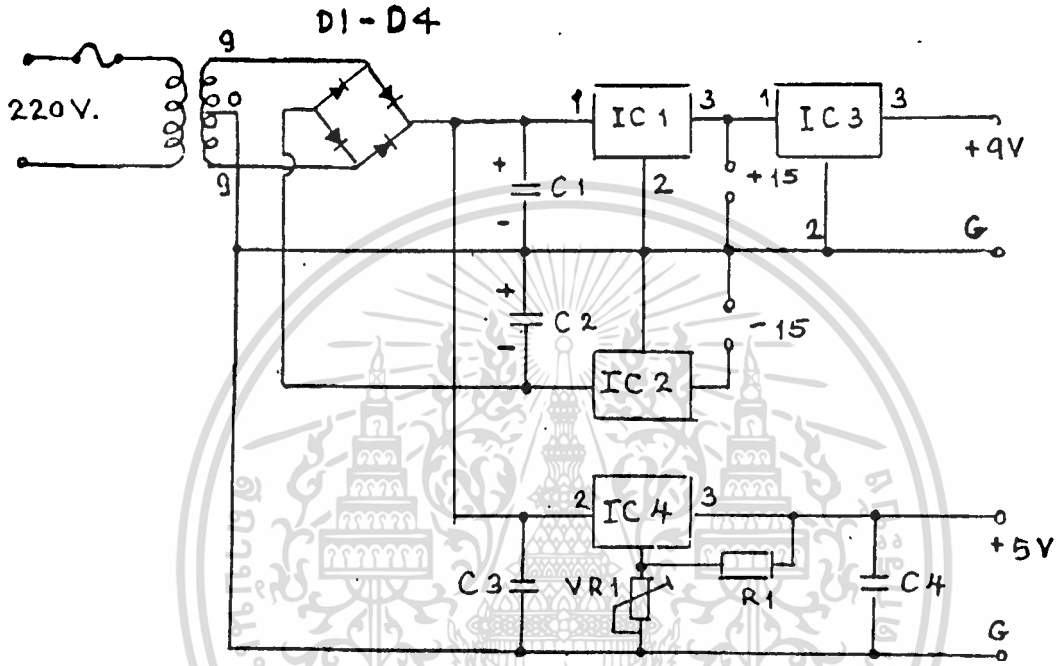


รูปที่ 41 แสดงวงจร COUNTER ที่ใช้งานจริง

จากรูปที่ 41 เมื่อมีอินพุท PLUSE หนึ่งลูกเข้ามาที่ขา 1 ของ IC 4026 ตัวแรก COUNTER จะเริ่มนับหนึ่งและแสดงผลออกมาทางตัวเลข 7 SEGMENT และเมื่อ PLUSE ที่ส่งเข้ามาและเมื่อถูกนับจนถึง 9 แล้ว ถ้ามี PULSE ลูกที่ 10 เข้ามาจะเกิด CARRY ส่งออกมาจากขา 5 ของ IC ตัวแรกส่งไปให้อินพุทที่ขา 1 ของ IC ตัวที่ 2 ทำให้ตัวเลขหลักสิบถูกนับเป็น 1 ส่วนที่หลักหน่วยจะถูกรีเซทเป็น 0 นั่นคือ COUNTER จะถูกนับเป็น 10 ในทำนองเดียวกัน เมื่อวงจรถูกนับจนถึง 99 และมี PULSE ลูกต่อไปเข้ามา IC ตัวที่สาม (หลักร้อย) จะเริ่มทำงานตัวเลขจะกลายเป็น 100

การรีเซทวงจรเราสามารถทำได้โดยตรงทางฮาร์แวร์ที่ขา 15 ของ IC 4026 โดยต่อสวิทช์เข้ากับไฟบวก 5 โวลท์ตามรูปที่ 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 42 แสดงวงจร ภาคเพาว์เวอร์ซัพพลาย

3.10 การทำงานภาค POWER SUPPLY

ภาคจ่ายไฟ ชุด D1-D4 ต่อแบบบริดจ์เรคติไฟร์แรงดันไฟสลับ 12 โวลท์ ให้เป็นระดับแรงดันไฟตรง 18 โวลท์ บวกลบโดยการฟิลเตอร์ด้วย C1 และ C2 ตามลำดับ IC1 และ IC2 เป็นไอซีเรคคูเรท มีเอ้าพุทโวลท์เตทบวก 15 โวลท์ และลบ 15 โวลท์ ตามลำดับจ่ายให้ภาค AVC ซึ่งต้องการแรงดันทั้งบวกและลบ IC3 จะเรคคูเรทให้มีเอ้าท์พุทโวลท์เตท 9 โวลท์เพื่อจ่ายให้ภาค RX IC4จะเป็นไอซีเรคคูเรทให้มีเอ้าท์พุทโวลท์เตท 5 โวลท์จ่ายให้ภาคดีโค้ดเดอร์,พัลซ์เจนเนอเรเตอร์และเคาท์เตอร์ โดยมี VR1 เป็นตัวปรับแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การสร้างและการปรับแต่ง

การสร้าง

เพื่อให้สะดวกในการตรวจเช็ค การทำงานของเครื่องจึงได้ออกแบบโดยได้แยกปริ้นท์ออกเป็น 6 ส่วน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้คือ

- ปริ้นท์ ของเครื่องรับ (RECEIVER)
- ปริ้นท์ ของเครื่องส่ง (TRANSMITTER)
- ปริ้นท์ ของภาค เอ วี ซี (AVC)
- ปริ้นท์ ของภาค ดี โด้ดเดอร์ และพัลซ์เจนเนอเรเตอร์
- ปริ้นท์ ของ เด้าท์เตอร์ และดิสเพลย์
- ปริ้นท์ ของ เพาว์เวอร์ ซัพพลาย

4.1 การประกอบอุปกรณ์ลงปริ้นท์

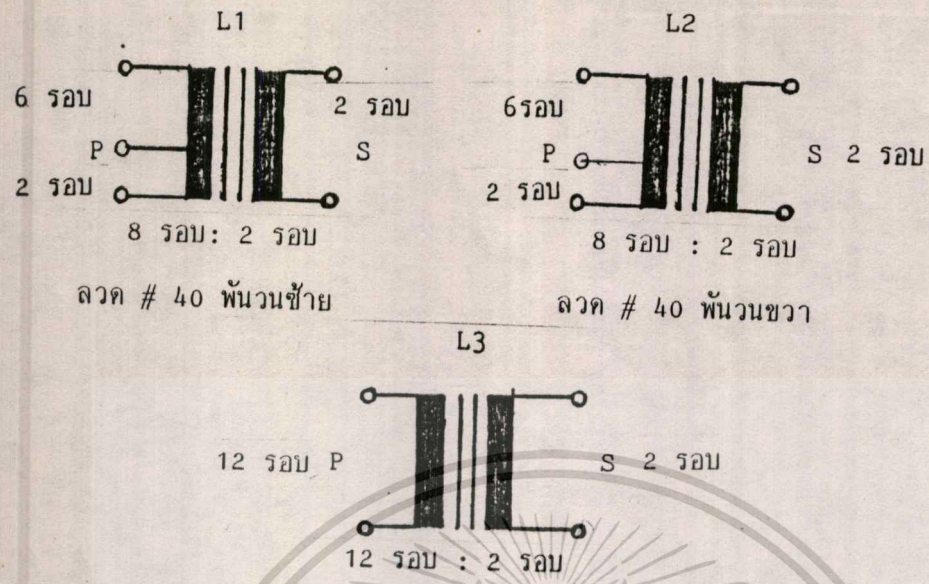
4.1.1 การประกอบภาครับ

การประกอบอุปกรณ์ลงปริ้นท์ ควรประกอบทางด้านออสซิเลเตอร์ อาร์เอฟ แอมป์, ไอเอฟ, ดีเทคเตอร์ จากนั้นจึงประกอบทางด้านเอเอฟแอมป์. สาเหตุที่ประกอบภาคออสซิเลเตอร์ ก่อน เพราะว่าจะได้ตรวจสอบความถี่ที่ออสซิเลทผลิตออกมาว่ามีค่าเท่าไร การใส่อุปกรณ์ควรใส่อุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กที่สุดก่อน เช่น ตัวต้านทาน, ตัวเก็บประจุ สุดท้ายจึงใส่คอยล์ต่างๆ

รายละเอียดคอยล์ (Coil) ที่ใช้ในภาครับ

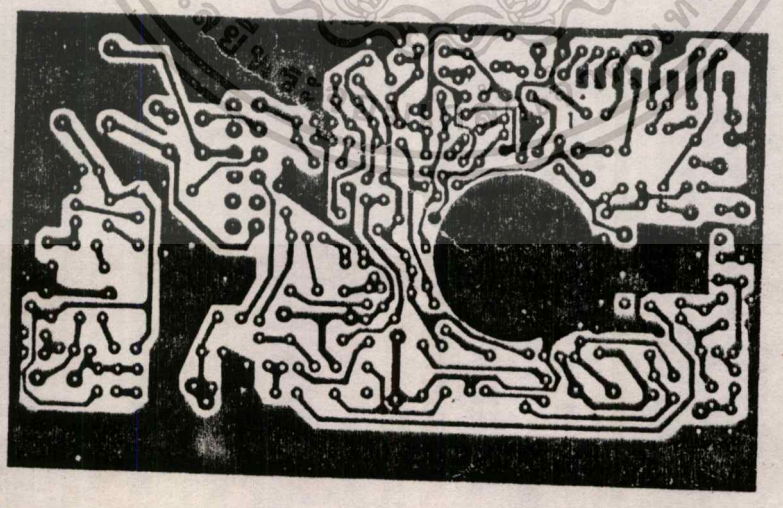
คอยล์ ฟอร์ม ที่ใช้พัน คอยล์ L1, L2, L3 มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ลวดทองแดงเบอร์ 40 SWG. รายละเอียดดังรูปที่ 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 43 แสดงค่าคอยล์ต่างๆ ที่ใช้ในเครื่องรับ

สำหรับ IFT 1 จะใช้ IFT สีเหลืองที่ใช้ในเครื่องรับ เอเอ็ม IFT 2 จะใช้ IFT สีดำที่ใช้ในเครื่องรับ เอเอ็ม CFU เป็นเซรามิคฟิลเตอร์ 455 KHZ ชนิด 3 ขา



รูปที่ 44 แสดงลายปริ้นท์เครื่องรับ

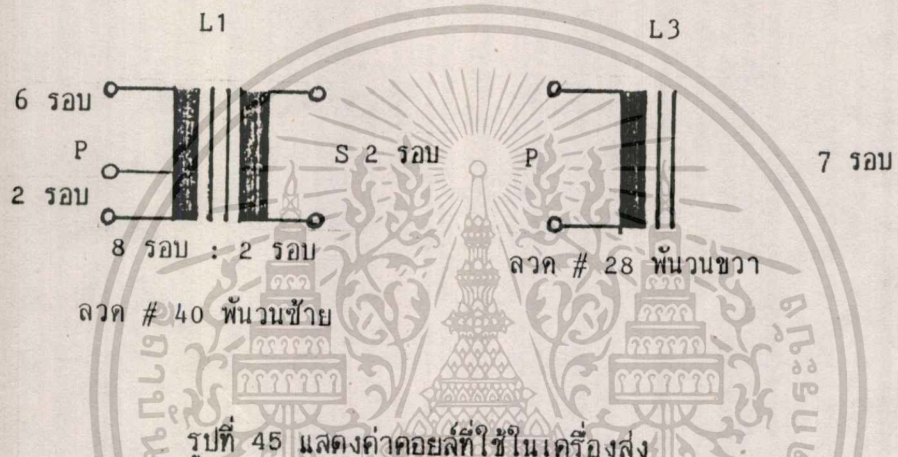
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.การประกอบภาคส่ง

การประกอบลงปริ้นท์ ควรประกอบทางด้าน ภาคออสซิเลทอาร์เอฟเอ้าพุท, DTMF, เอเอฟแอมป์ ตามลำดับ

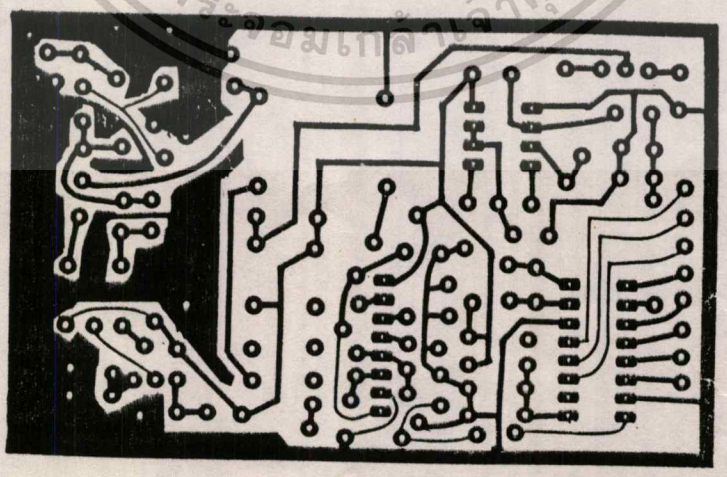
รายละเอียดคอยล์ ที่ใช้ในเครื่องส่ง

คอยล์ ฟอร์ม ที่ใช้พันคอยล์ L1, L3 ของภาคส่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ลวดที่ใช้พัน L3 ใช้เบอร์ 28 SWG.



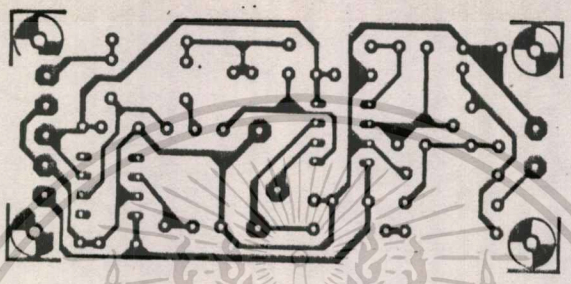
รูปที่ 45 แสดงค่าคอยล์ที่ใช้ในเครื่องส่ง

สำหรับ L2 ใช้ อาร์เอฟ โช้ค (RFCHOKE) ค่า 15 ไมโครเฮนรี่ (UH)

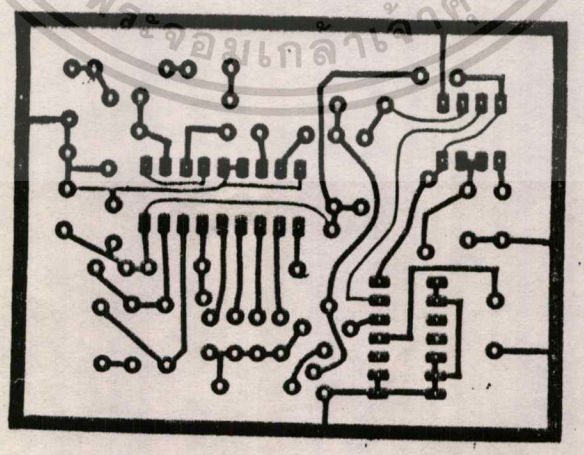


รูปที่ 46 แสดงลายปริ้นท์เครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

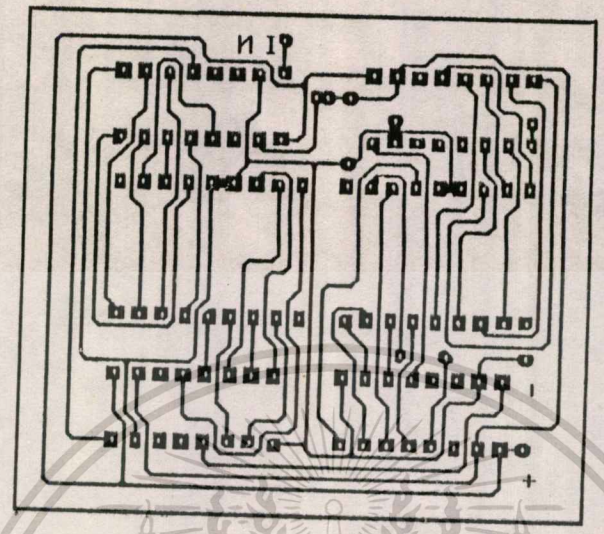


รูปที่ 47 แสดงลายปริ้นท์ภาค เอวีซี (AVC)

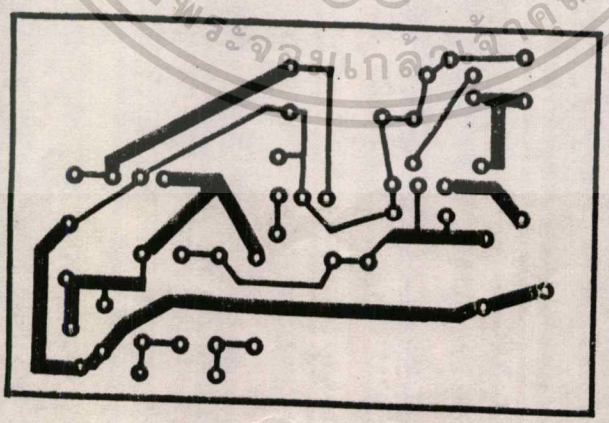


รูปที่ 48 แสดงลายปริ้นท์ภาคดีโด้เดอร์ พัลซ์เจนเนอเรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 49 แสดงลายปริ้นท์ภาคเค้าท์เตอร์



รูปที่ 50 แสดงลายปริ้นท์ภาคเพาว์เวอร์ซัพพลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ของภาครับ,ภาค AVC,ดีโค้ดเดอร์,พัลซ์เจนเนอเรเตอร์,เค้าทเตอร์.

- ตัวต้านทาน 5% 1/4W.

R1	560K	R25	10K
R2	10K	R26	10K
R3	1K	R27	1K5
R4	5K6	R28	15K
R5	1K	R29	100K
R6	82K	R30	5K6
R7	5K6	R31	10K
R8	470K	R32	1K
R9	1K	R33	82
R10	5K6	R34	470
R11	10K	R35	100
R12	12K	R36	1M
R13	5K6	R37	1K5
R14	330	R38	10K
R15	470	R39	100K
R16	180K	R40	1M
R17	2K2	R41	1M
R18	1K	R42	100K
R19	39K	R43	100K
R20	1K	R44	300K
R21	560K	R45	300K
R22	180K	R46	750K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R23	1K	R47	100K
R24	470	R48	100K
R49	100K	R50	100K
R51	10K	R52	100K
VR1	5K แบบ B	VR2	100K

แบบมัลติเทิน (MULTITURN PRESET)

- ไดโอด

D1,D2	1N60
D3	1S 1555
D4	1N 60
D5	1N 4148
D6	6.8V 1W

- ทรานซิสเตอร์

Q1	C 710
Q2	C 710
Q3	C 710
Q4	C 710
Q5	C 710
Q6	C 945, Q8 C 710

- เฟ็ท

Q7	BF 245C

- ไอซี

IC1	BA 514
IC2	TL 071

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IC3 TL 072

IC4 MT 8870

IC5 NE 555

IC6 MC 14081

IC7,8,9 CD 4026

อื่นๆ

CFU 455 KHZ MURATA

IFT1 (YELLOW)

IFT2 (BLACK)

L1,L2,L3 ดูรายละเอียดในหัวข้อ 4.1.1

X - TAL 1 28.095 MHZ

X - TAL 4 3.579545 MHZ

รายการอุปกรณ์ภาคส่ง,DTMF GEN,TIMER.

- ตัวต้านทาน 5% 1/4W

R1	10M
R2	1K
R3	1K
R4	10K
R5	1K
R6	5K6
R7	100K
R8	1K
R9	470
R10	10K
R11	33K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R12	15K
R13	56
R14	100

ตัวเก็บประจุ (50V)

C1	47UF
C2	.01UF
C3	.01UF
C4	47UF
C5	47UF
C6	47UF
C7	100UF
C8	.1UF
C9	.001 UF
C10	47 UF
C11	1000 UF
C12	100 UF
C13	.01 UF
C14	5PF
C15	.0027 UF
C16	50PF
C17	7PF
C18	.0022 UF
C19	300 PF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดโอด

D1	1N 4148
ZD1	4.7 V 1 VV

- ทรานซิสเตอร์

Q1	C 945
Q2	C 945
Q3	C 945
Q4	C 710
Q5	ZSC 2314 A

- ไอซี

IC1	UM 9559,TCM 5087
IC2	NE 555
IC3	BA 514

อื่น ๆ

L1,L2,L3 ดูรายละเอียดในหัวข้อ 4.2.2.

T1 OUTPUT TRANSFORMER 8:10

X - TAL2 28.550 MHZ

X - TAL3 3.579545 MHZ

สวิทช์กดติดปล่อยดับ

LED.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ภาค POWER SUPPLY

- ไอซี

IC1	7815
IC2	7915
IC3	7805
IC4	LM 317 K

- ตัเก็บประจุ

C1	2200 UF 35 V
C2	2200 UF 35 V
C3	470 UF 35 V
C4	.1 UF 50 V

- ตัวต้านทาน

R1	240
VR1	5 K ชนิด B

- หม้อแปลงไฟฟ้า

T1 220 VAC/12 - 0 - 12 VAC

800 MA

4.2 การปรับแต่ง (ALIMENT)

4.2.1 การปรับแต่งภาคส่ง (SLAVE)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับแต่งภาคส่ง มีดังนี้

- ออสซิโลสโคป 50 MHZ
- ชุดไขควงจูน
- ซิกแนล เจนเนอเรเตอร์ (SIGNAL GENERATOR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการปรับแต่งภาคส่ง

1. ตรวจสอบการทำงาน ของภาค ออสซิเลท ก่อนให้มีแคร์เรียร์ สูงสุดเท่าที่จะสูงได้โดยนำสโคปจับที่ขาเบส ของ Q5 แล้วทำการจูน L1ให้แอมปลิจูด (AMPLITUDE) ของความถี่ 28 MHZ สูงที่สุด โดยรูปร่างของสัญญาณไม่เพี้ยน

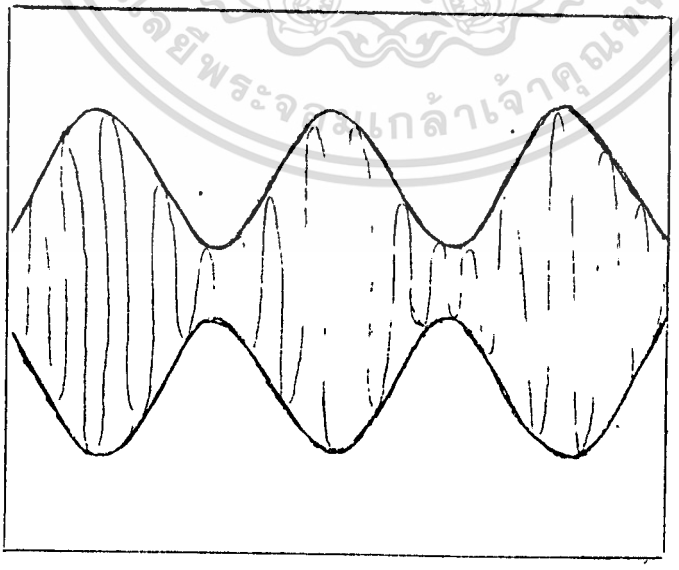
2. ตั้งที่ซิกแนลเจนเนอเรเตอร์ ไว้ที่ 1 KHZ SINEWAVE 500 MVRMS แล้วนำไปป้อนเข้าที่ขา 4 ของ IC 3 เพื่อนำความถี่ 1 KHZ ไปมอดดูเลทรวมกับแคร์เรียร์

3. จากนั้น นำสายไฟต่อระหว่าง คอนแท็ค ของ รีเลย์ RY 1 เพื่อจ่ายไฟให้ขาคอลเลคเตอร์ ของ Q5 (RFOUTPUT TRANSISTOR)

4. นำมิเตอร์ตั้ง AC RANGE 10 V นำสายข้างใดข้างหนึ่งเพียงสายเดี่ยวต่อเข้ากับจุดต่อสายอากาศ แล้วจูน L3 ให้ได้กำลังส่งแรงที่สุด โดยดูจากมิเตอร์ให้เข็มขึ้นสูงสุด

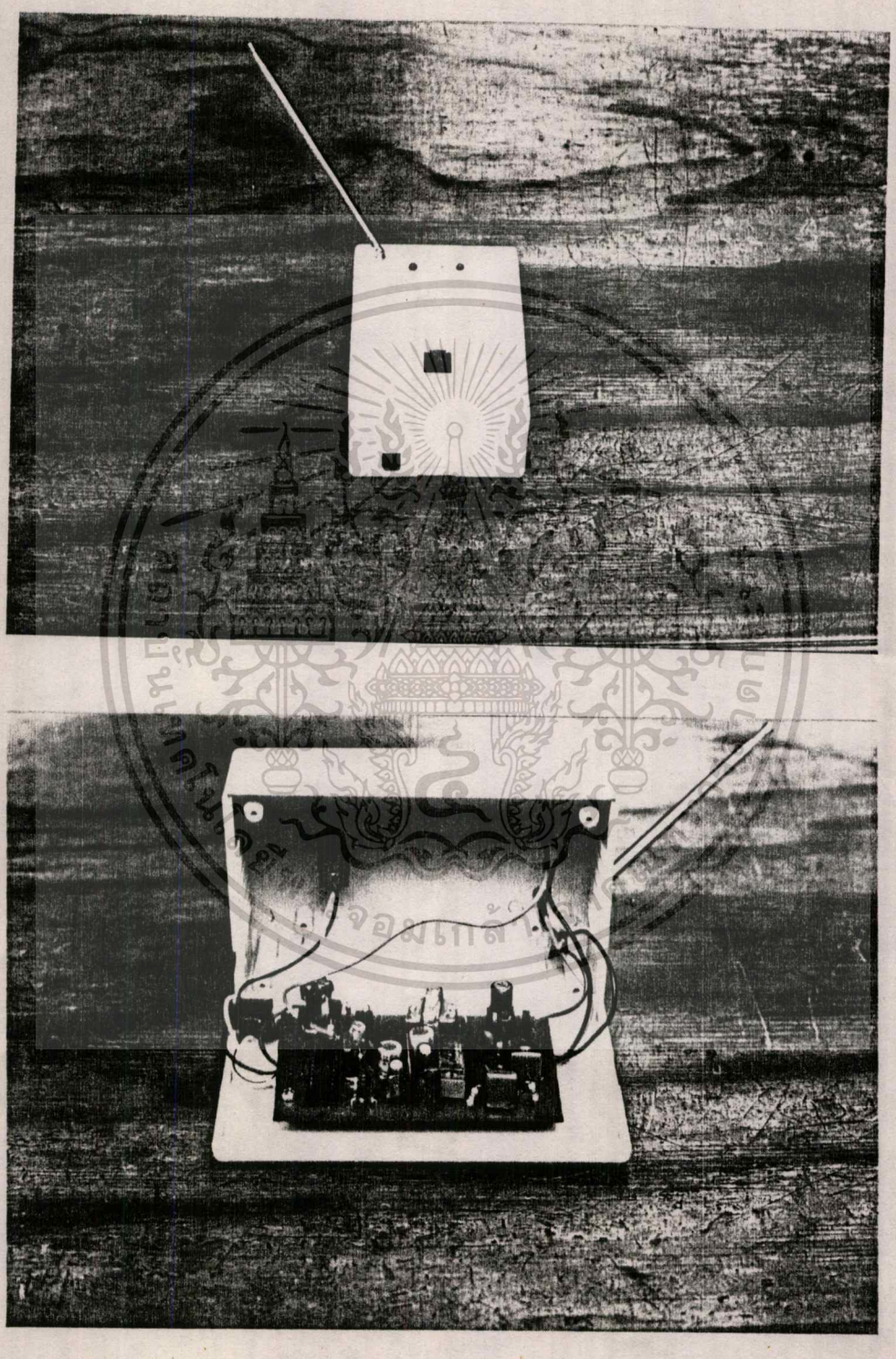
5. นำสโคป ซึ่งใช้โพรบ ที่สามารถ ATIENUATED RF ที่ สูงๆ ได้ ปรับ L3 ให้ได้รูป SINEWAVE รูป มอดดูเลชั่น 1 KHZ ตามรูปที่ 52

6. ปลดอุปกรณ์ TEST EQUIPMENT ต่างๆ ออกให้หมดต่อสายอากาศเข้า แล้ว COUNT SWITCH กดค้างไว้ นำมิเตอร์วัดกระแสขณะส่งสัญญาณออกอากาศจะได้กระแสประมาณ 150 มิลลิแอมป์ ก็จะแสดงว่า จูนภาคส่งได้ดีที่สุด



รูปที่ 51 แสดงเวฟฟอร์มสัญญาณ 1 KHZ มอดกับสัญญาณแคร์เรียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 52 เครื่องส่งต้นแบบที่สร้างเสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การปรับแต่งภาครับ AVC

อุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับแต่ง

- ออสซิโลสโคป 50 MHZ
- มิเตอร์
- เครื่องส่งที่สร้างเสร็จแล้ว
- อาร์เอฟมิเตอร์
- ซิกแนลเจนเนอเรเตอร์
- ชุดไขควงจูน

ขั้นตอนการปรับแต่งภาครับ

1. ประการแรก ตรวจสอบดูความเรียบร้อยของวงจรที่ประกอบว่าถูกต้องหรือไม่ต่อสายอากาศให้ภาครับ แล้วจ่ายไฟเข้าเครื่อง

2. ตรวจสอบการทำงานภาค ออสซิเลเตอร์ โดยนำสโคปไปจับที่ขาอีมิตเตอร์ของ Q2 ปรับ L3 ให้ได้รูปคลื่นสูงสุด โดยที่สัญญาณไม่เพี้ยน

3. นำเครื่องส่งที่จูนเสร็จแล้วมาวางไว้ใกล้ ๆ กับเครื่องรับกด COUNT SWITCH ของเครื่องส่งให้ส่งสัญญาณออกอากาศ แล้วปรับ L1, L2 ที่ภาครับตามลำดับ ใช้อาร์เอฟมิเตอร์ วัดที่ขา คอลเลคเตอร์ ของ Q2 จูน L1, L2 ให้อาร์เอฟมิเตอร์เข็มขึ้นสูงสุด

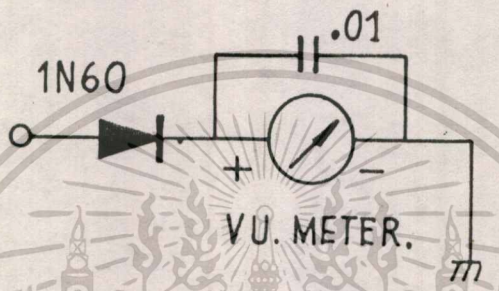
4. นำมิเตอร์ ไปต่อวงจรเป็นวงจร S-METER ตามรูปที่ 53 มาต่อเข้ากับแคโทด ของไดโอด D3 จากนั้นจูน IFT 1, IFT 2 ตามลำดับ จูนให้เข็ม S-METER ขึ้นสูงสุด

5. นำสโคป ไปวัดที่ขา 1 ของไอซี 1 จะได้รูปสัญญาณ DTMF ดังรูปที่ 54 ปรับ VR 1 ให้ได้รูปคลื่นสูงสุดโดยรูปสัญญาณไม่เพี้ยน

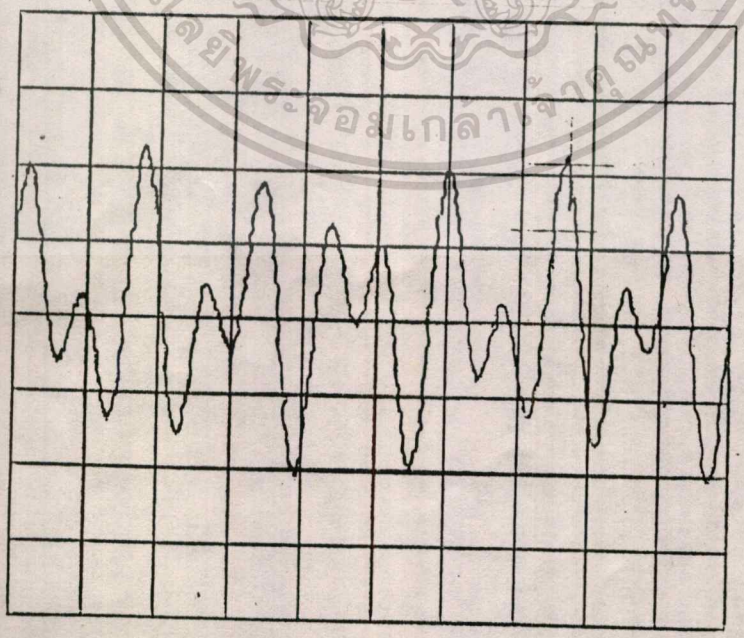
6. นำซิกแนลเจนเรเตอร์ ตั้งไว้ที่ 1 KHZ SINEWAVE เอ้าพุท 12 VP-P แล้วนำไปป้อนเข้าที่ ขาบวก ของ C 21 จากนั้นนำสโคปไปวัดที่ C 25 โดยปลด R 40 ออกจากวงจรก่อน แล้วปรับ VR 2 ให้ได้รูปคลื่นที่สโคปให้มีแอมปลิจูด 2.8 VP-P ซึ่งจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประะมาณ .9898 VRMS ก็จะเป็นการปรับภาค AVC ให้ทำงานได้อย่างถูกต้องจากนั้นต่อ R 40 เข้าที่เดิม ก็เป็นอันเสร็จการปรับภาค AVC

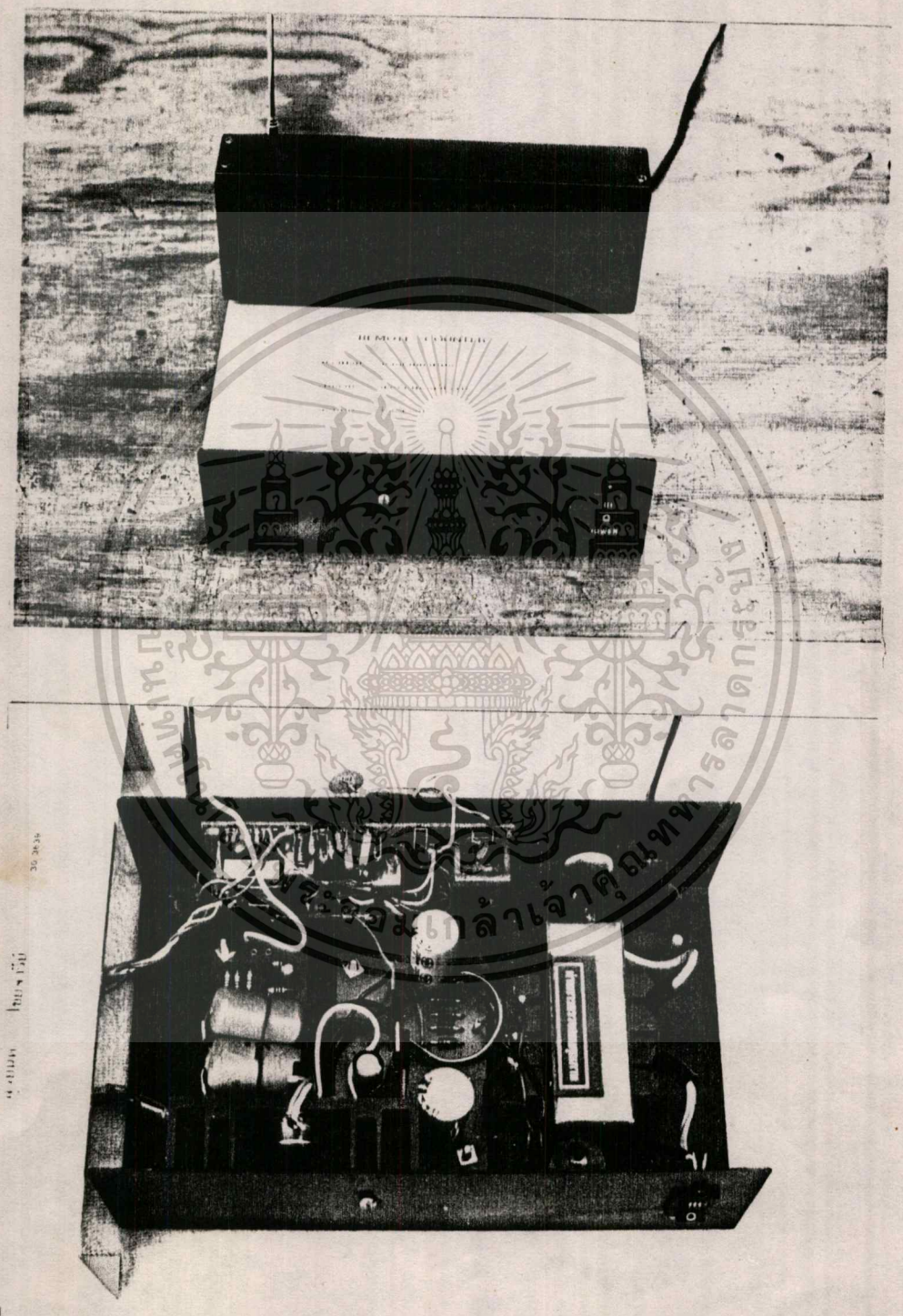


รูปที่ 53 วงจร S-METER



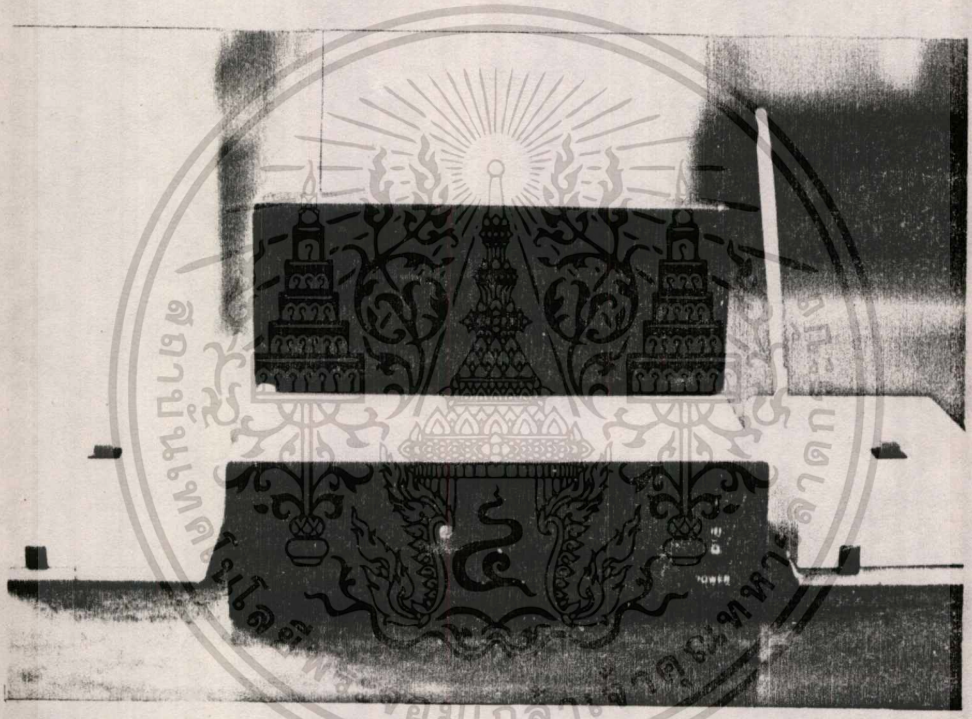
รูปที่ 54 รูปคลื่น DTMF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 55 เครื่องรับต้นแบบที่สร้างเสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 56 เครื่อง REMOTE COUNTER ต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

ในการทำงานทาง ไฮฟรี่เควนซี่ (HIGH FREQUENCY) นี้มักจะประสบปัญหามากในด้านที่ไม่ลิเนียร์ (LINEAR) ของวงจรด้วยเหตุที่วงจรนี้ โดยทั่วไปการที่จะทำให้การทำงานของวงจรลิเนียร์ จำเป็นต้องใช้เทคนิคในการสร้างและออกแบบวงจร และการปรับแต่ง (ALIMENT) สูง เนื่องจากว่าทางด้านความถี่สูง มักจะสพปัญหาในด้านอุปกรณ์ที่ไม่เป็นลิเนียร์ดังนั้นจึงต้องพิถีพิถันในการสร้างมากๆ รวมทั้งการปรับแต่งจะต้องมีเครื่องมือที่ทันสมัยเที่ยงตรง เพราะว่าถ้าเกิดการไม่ลิเนียร์ขึ้น การผ่านสัญญาณควบคุม โดยการมอดดูเลทไปกับความถี่สูงนี้ รูปร่างของสัญญาณและเฟส ทางด้านภาครับจะผิดเพี้ยนไปจากด้านส่ง ทำให้อุปกรณ์ทางด้านภาครับไม่สามารถที่จะถอดรหัสสัญญาณควบคุมที่ส่งมาได้

ดังนั้นในการส่งสัญญาณควบคุมผ่านไปทางสัญญาณวิทยุความถี่สูง จะต้องทำให้วงจรขยาย ทางด้านความถี่สูง มีความเป็นลิเนียร์ให้มากที่สุด

ปัญหาการดำเนินงานและการแก้ไขปัญหา

1. ถ้าจูนภาคส่งไม่ดีรูปสัญญาณที่ได้ทางด้านภาครับจะเพี้ยนทำให้ภาคดีโค้ดเดอร์ไม่ทำงานแก้ไขโดยทำการจูนภาคส่งให้ออกอากาศดีที่สุด

2. ขณะที่เครื่องส่งอยู่ใกล้ๆ เครื่องรับประมาณ 1-5 เมตรวงจรเอจีซี (AGC) ของภาครับจะทำหน้าที่ลดเกนการขยายของสัญญาณไม่ได้ เนื่องจากอยู่ใกล้เกินไปทำให้ได้สัญญาณเอ้าพุท DTMF มากเกินไป ซึ่งทำให้วงจรดีโค้ดเดอร์ไม่ทำงาน ดังนั้นจึงต้องเพิ่มวงจร AVC (AUTOMATIC VOLUME CONTROL) เข้าไประหว่างภาค AF AMP กับภาคดีโค้ดเดอร์ ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาขณะที่เครื่องส่งเครื่องรับอยู่ใกล้กันได้ กล่าวคือวงจร AVC จะไปช่วยลดขนาดของสัญญาณลงขณะที่เครื่องส่งกับเครื่องรับอยู่ใกล้กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Gain Setting Amplifier

	Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions
1	Input leakage current	I_{IN}		100		nA	$V_{SS} \le V_{IN} \le V_{DD}$
2	Input resistance	R_{IN}		10		MΩ	
3	Input offset voltage	V_{OS}		25		mV	
4	Power suply rejection	PSRR		60		dB	1 KHz
5	Common mode rejection	CMRR		60		dB	-3.0V ≤ V_{IN} ≤ 3.0V
6	DC open loop voltage gain	A_{VOL}		65		dB	
7	Open loop unity gain bandwidth	f_C		1.5		MHz	
8	Output voltage swing	V_O		4.5		V_{pp}	$R_L \ge 100K\Omega$ to V_{SS}
9	Maximum capacitive load (GS)	C_L		100		pF	
10	Maximum resistive load (GS)	R_L		50		KΩ	
11	Common mode range	V_{CM}		3.0		V_{pp}	No Load

† V_{DD} = 5 V, V_{SS} = 0 V, T_A = 25°C

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

AC Electrical Characteristics† - Voltages are with respect to ground (V_{SS}) unless otherwise stated

		Characteristics	Sym	Min	Typ†	Max	Units	Notes
1	SIGNAL CONDITIONS	Valid input signal levels (each tone of composite signal)		-29			dBm	1,2,3,5,6,9
				27.5			mV_{RMS}	1,2,3,5,6,9
						+1	dBm	1,2,3,5,6,9
						883	mV_{RMS}	1,2,3,5,6,9
2		Positive twist accept			10		dB	2,3,6,9
3		Negative twist accept			10		dB	2,3,6,9
4		Freq. deviation accept		± 1.5% ± 2Hz			Nom.	2,3,5,9
5		Freq. deviation reject		± 3.5%			Nom.	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

† V_{DD} = 5 V, V_{SS} = 0, T_A = 25°C and f_C = 3.579545 MHz using test circuit shown in Figure 2

NOTES

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings†

	Parameter	Symbol	Min	Max	Units
1	Power supply voltage V_{DD}-V_{SS}			6	V
2	Voltage on any pin		V_{SS}-0.3	V_{DD} + 0.3	V
3	Current at any pin			10	mA
4	Operating temperature		-40	+ 85	°C
5	Storage temperature		-65	+ 150	°C
6	Package power dissipation			1000	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.

DC Electrical Characteristics

		Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions†
1	SUPPLY	Operating supply voltage		4.75	5.0	5.25	V	
2		Operating supply current	I_{DD}		3.0	9.0	mA	
3		Power consumption	P_D		15	45	mW	f = 3.58MHz; V_{DD} = 5V
4	INPUTS	High level input	V_{IH}	3.5			V	
5		Low level input voltage	V_{IL}			1.5	V	
6		Input leakage current	I_{IH}/I_{IL}		0.1		μA	V_{IN} = V_{SS} or V_{DD}
7		Pull up (source) current	I_{SO}		7.5	15	μA	TOE (pin 10) = 0V
8		Input impedance (IN+, IN-)	R_{IN}		10		MΩ	@ 1 kHz
9		Steering threshold voltage	V_{TSt}	2.2		2.5	V	
10	OUTPUTS	Low level output voltage	V_{OL}			0.03	V	No load
11		High level output voltage	V_{OH}	4.97			V	No load
12		Output low (sink) current	I_{OL}	1	2.5		mA	V_{OUT} = 0.4V
13		Output high (source) current	I_{OH}	0.4	0.8		mA	V_{OUT} = 4.6V
14		V_{Ref} output voltage	V_{Ref}	2.4		2.8	V	No load
15		V_{Ref} output resistance	R_{OR}		10		KΩ	

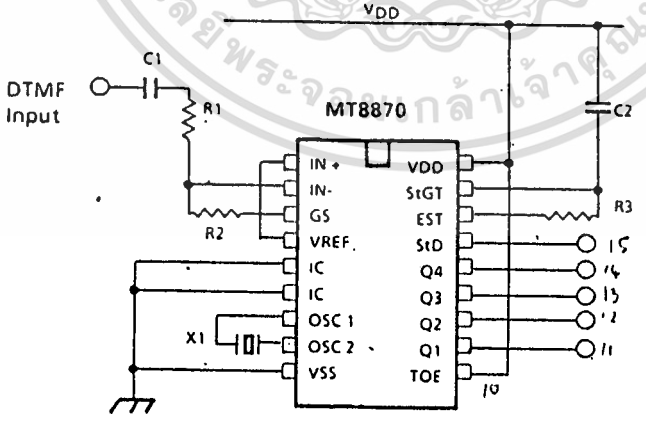
‡ Typical figures are at 25°C and are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.
V_{DD} = 5V ± 5%, V_{SS} = 0V. Voltages are with respect to ground (V_{SS}) unless otherwise stated.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics† - Voltages are with respect to ground (V_{SS}) unless otherwise stated

		Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions
1	TIMING	Tone present detect time	t_{DP}	5	11	14	ms	see Figure 3
2		Tone absent detect time	t_{DA}	0.5	4	8.5	ms	see Figure 3
3		Tone duration accept	t_{REC}			40	ms	User adjustable
4		Tone duration reject	t_{REC}	20			ms	User adjustable
5		Interdigit pause accept	t_{ID}			40	ms	User adjustable
6		Interdigit pause reject	t_{DO}	20			ms	User adjustable
7	OUTPUTS	Propagation delay (St to Q)	t_{PQ}		8	11	µs	TOE = V_{DD}
8		Propagation delay (St to StD)	t_{PStD}		12		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	RL = 10KΩ CL = 50 pF
11		Propagation delay (TOE to Q DISABLE)	t_{PTD}		300		ns	RL = 10KΩ CL = 50 pF
26	CLOCK	Crystal /clock frequency	f_C	3.5759	3.5795	3.5831	MHz	
27		Clock input rise time	t_{LHCL}			110	ns	Ext. clock
28		Clock input fall time	t_{HLCL}			110	ns	Ext. clock
29		Clock input duty cycle	DC_{CL}	40	50	60	%	Ext. clock
30		Capacitive load (OSC2)	C_{LO}			30	pF	

† V_{DD} = 5V, V_{SS} = 0V T_A = 25°C and f_C = 3.579545 MHz, using test circuit in Figure 2
‡ Typical figures are at 25 C and are for design aid only, not guaranteed and not subject to production testing



NOTES:
R1, R2 = 100kΩ 1%
R3 = 300kΩ 1%
C1, C2 = 100 nF 5%
X1 = 3.579545 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCL4026AB
SCL4033AB

CMOS DECADE COUNTERS/ 7-SEGMENT DECODERS

FEATURES

- Decade Counter and 7-Segment Decoder in One Package
- Easily Interfaced with 7-Segment Display Types
- Direct Reset
- Display Enable Function (SCL4026AB)
- Ripple Blanking and Lamp Test Functions (SCL4033AB)
- Trigger from either Edge of Clock Input
- Carry Output for Cascading Stages
- Fully Static Operation - DC to 5MHz @ 10Vdc

DESCRIPTION

These two devices each consist of a 5-stage Johnson Decade Counter and an Output Decoder which converts the Johnson code to a 7-segment decoded output for driving each stage in a numerical display. A high Reset signal clears the decade counter to its zero count. The counters have interchangeable Clock and Clock Enable lines for incrementing on either a positive-going or negative-going transition, respectively. Antilock gating is provided on the Johnson counter, thus assuring proper counting sequence. The Carry-Out (C_{OUT}) signal completes one cycle every ten clock input cycles and is used to directly clock the succeeding decade in a multi-decade counting chain.

SCL4026AB

When the Display Enable is low, the seven decoded outputs are forced off regardless of the state of the counter. Activation of the display only when required results in significant power savings. This system also facilitates implementation of display-character multiplexing.

The Carry Out and ungated "C-segment" signals are not gated by the Display Enable and therefore are available continuously. This feature is a requirement in implementation of certain divider functions such as divide-by-60 and divide-by-12.

SCL4033AB

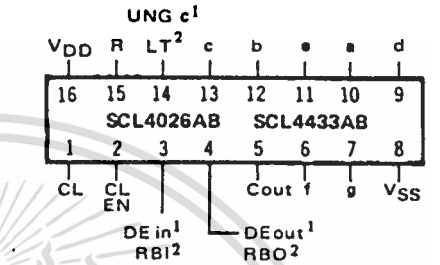
The SCL4033AB has provisions for automatic blanking of the non-significant zeros in a multi-digit decimal number which results in an easily readable display consistent with normal writing practice. For example, the number 0050.0700 in an eight digit display would be displayed as 50.07. Zero suppression on the integer side is obtained by connecting the RBI terminal of the SCL4033AB associated with the most significant digit in the display to a "low-level" voltage and connecting the RBO terminal of that stage to the RBI terminal of the SCL4033AB in the next-lower-significant position in the display. This procedure is continued for each succeeding SCL4033AB on the integer side of the display. On the fraction side of the display the RBI of the SCL4033AB associated with the least significant digit is connected to a "low-level" voltage and the RBO of the SCL4033AB is connected to the RBI terminal of the SCL4033AB in the next-more-significant-digit position. Again, this procedure is continued for each SCL4033AB on the fraction side of the display.

In a purely fractional number the zero immediately preceding the decimal point can be displayed by connecting the RBI of that stage to a high voltage (instead of to the RBO of the next-more-significant stage). For Example: optional zero - 0.7346.

Likewise, the zero in a number such as 763.0 can be displayed by connecting the RBI of the SCL4033AB associated with it to a "high-level" voltage.

A "high" Lamp Test signal turns on all outputs.

CONNECTION DIAGRAM
(all packages)



[1] SCL4026AB
[2] SCL4033AB

Add suffix for package:

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

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

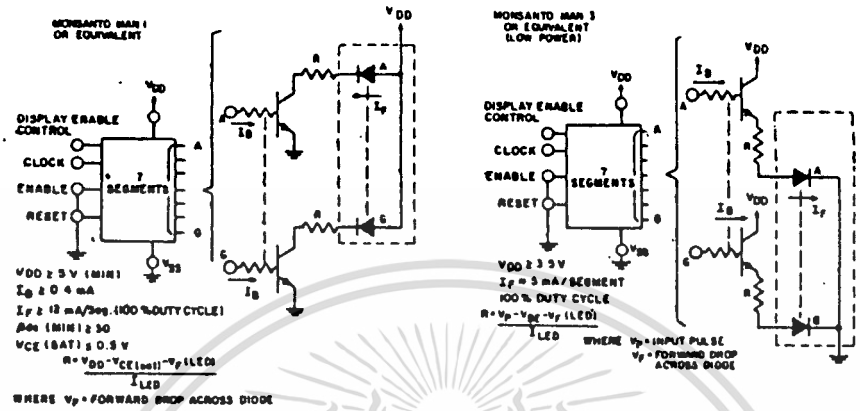
For maximum reliability:

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

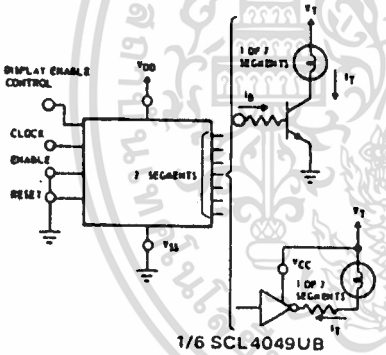
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DISPLAY INTERFACE

LIGHT EMITTING DIODE DISPLAYS



LOW-POWER INCANDESCENT READOUTS



ASSUMED TRANSISTOR CHARACTERISTICS

βdc (min.) ≥ 30
$V_{CE(sat.)} \leq$ 0.50 V

@ $V_{DD} \geq$ 3.5 V (min.)
$I_B \geq$ 0.25 mA (min.)
$I_T \leq$ 7.5 mA (min.)

SCL4049UB

@ V_{DD} = 10 V (min.)
V_o "0" ≤ 0.6 V
I_T = 8 mA (min.)

@ V_{DD} = 6 V (min.)
V_o "0" ≤ 1.0 V
I_T = 5 mA (min.)

$V_T \approx$ 1.5 V TO 3.5 V

INCADESCENT READOUTS

ASSUMED TRANSISTOR CHARACTERISTICS

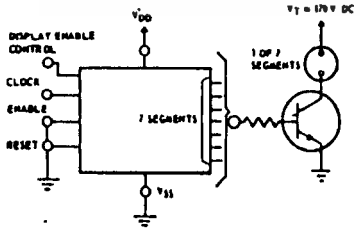
βdc (min.) ≥ 25
$V_{CE(sat.)} \leq$ 0.50 V

@ V_{DD} = 8 V (min.)
I_B = 1.0 mA (min.)
I_T = 24 mA (min.)

SCL4049UB

@ V_{DD} = 10 V (min.)
V_o "0" ≤ 2 V
I_T = 20 mA (min.)
$V_T \approx$ 3.5 V TO 6 V

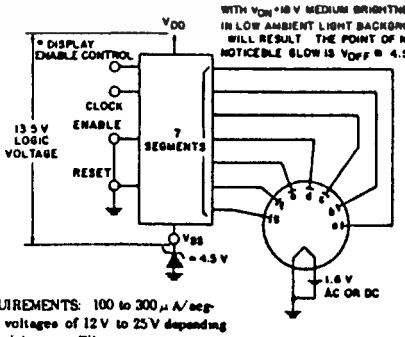
NEON READOUTS



TRANSISTOR CHARACTERISTICS

Leakage with transistor cutoff ≤ 0.05 mA
$V_{(BR)CER}$ ··· > V_T
β_{dc}(min) ≥ 30

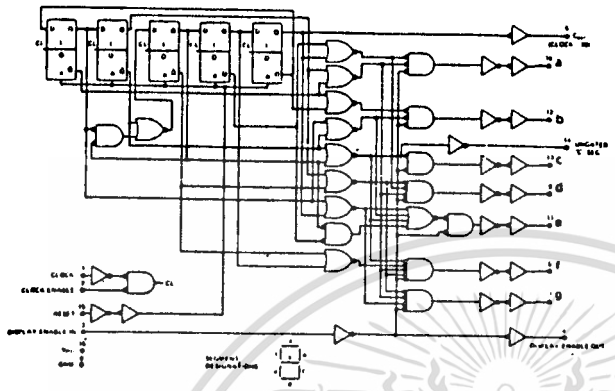
LOW-VOLTAGE VACUUM FLUORESCENT READOUTS



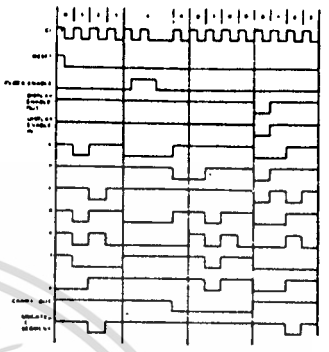
TUBE REQUIREMENTS: 100 to 300 μA/segment at tube voltages of 12 V to 25 V depending on required brightness. Filament requirement 45 mA at 1.6 V, AC or DC.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LOGIC DIAGRAM

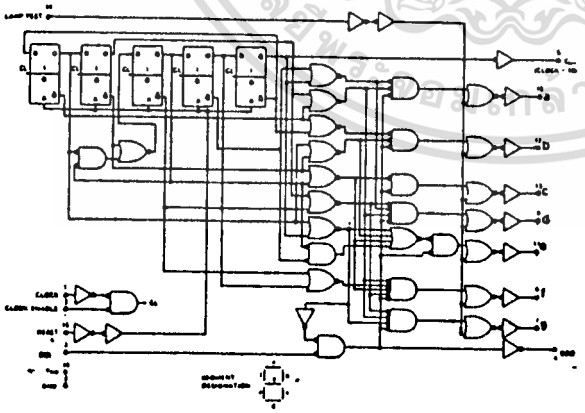


TIMING DIAGRAM

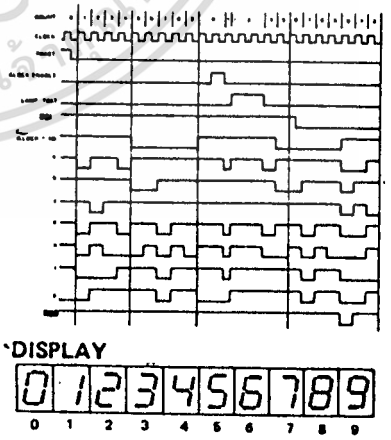


SCL4026AB Decade Counter/7-Segment Decoder with Display Enable

LOGIC DIAGRAM



TIMING DIAGRAM



SCL4033AB Decade Counter/7-Segment Decoder with Ripple Blanking

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

STATIC CHARACTERISTICS [1]

PARAMETER		V_{DD} (Vdc)	CONDITIONS	T_{LOW} [2] Min.	T_{LOW} [2] Max.	+25°C Min.	+25°C Typ.	+25°C Max.	T_{HIGH} [2] Min.	T_{HIGH} [2] Max.	Units
QUIESCENT DEVICE CURRENT	I_{DD}	5	$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}	–	5	–	0.05	5	–	150	μAdc
		10	All valid input	–	10	–	0.1	10	–	300	
		15	combinations	–	20	–	0.2	20	–	600	
MINIMUM INPUT HIGH VOLTAGE	V_{IH}		V_O=								
		5	0.5V or 4.5V	–	3.75	–	2.76	3.75	–	3.75	Vdc
		10	1.0V or 9.0V	–	7.5	–	5.5	7.5	–	7.5	
		15	1.5V or 13.5V	–	11.25	–	8.25	11.25	–	11.25	
			$\|I_O\| \leq 1\mu A$								
MAXIMUM INPUT LOW VOLTAGE	V_{IL}		V_O=								
		5	0.5V or 4.5V	1.25	–	1.25	2.25	–	1.75	–	Vdc
		10	1.0V or 9.0V	2.5	–	2.5	4.5	–	2.5	–	
		15	1.5V or 13.5V	3.75	–	3.75	6.75	–	3.75	–	
			$\|I_O\| \leq 1\mu A$								
OUTPUT HIGH (SOURCE) CURRENT											
C, D, F, H device	I_{OH}										
Decoded outputs		5	V_{OH}=4.6V	-0.175	–	-0.14	-0.28	–	-0.10	–	mAdc
		10	V_{OH}=9.5V	-0.375	–	-0.3	-0.6	–	-0.21	–	
		15	V_{OH}=13.5V	-1.25	–	-1.0	-2.5	–	-0.7	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
Carry output		5	V_{OH}=4.6V	-0.19	–	-0.15	-0.4	–	-0.11	–	mAdc
		10	V_{OH}=9.5V	-0.43	–	-0.35	-1.0	–	-0.25	–	
		15	V_{OH}=13.5V	-1.57	–	-1.25	-4.0	–	-0.88	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
Remaining Outputs		5	V_{OH}=4.6V	-0.10	–	-0.08	-0.2	–	-0.056	–	mAdc
		10	V_{OH}=9.5V	-0.25	–	-0.20	-0.5	–	-0.14	–	
		15	V_{OH}=13.5V	-0.75	–	-0.60	-1.5	–	-0.42	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
E device	I_{OH}										
Decoded outputs		5	V_{OH}=4.6V	-0.168	–	-0.14	-0.28	–	-0.112	–	mAdc
		10	V_{OH}=9.5V	-0.36	–	-0.3	-0.6	–	-0.24	–	
		15	V_{OH}=13.5V	-1.2	–	-1.0	-2.5	–	-0.8	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
Carry output		5	V_{OH}=4.6V	-0.18	–	-0.15	-0.4	–	-0.12	–	mAdc
		10	V_{OH}=9.5V	-0.41	–	-0.35	-1.0	–	-0.29	–	
		15	V_{OH}=13.5V	-1.50	–	-1.25	-4.0	–	-1.0	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
Remaining outputs		5	V_{OH}=4.6V	-0.096	–	-0.08	-0.2	–	-0.064	–	mAdc
		10	V_{OH}=9.5V	-0.24	–	-0.20	-0.5	–	-0.16	–	
		15	V_{OH}=13.5V	-0.72	–	-0.60	-1.5	–	-0.48	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
OUTPUT LOW (SINK) CURRENT											
C, D, F, H device	I_{OL}										
All Outputs Except Carry		5	V_{OL}=0.4V	0.125	–	0.1	0.3	–	0.07	–	mAdc
		10	V_{OL}=0.5V	0.31	–	0.25	0.6	–	0.175	–	
		15	V_{OL}=1.5V	1.44	–	1.15	2.5	–	0.81	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
Carry output		5	V_{OL}=0.4V	0.19	–	0.15	0.4	–	0.11	–	mAdc
		10	V_{OL}=0.5V	0.45	–	0.35	1.0	–	0.25	–	
		15	V_{OL}=1.5V	1.57	–	1.25	4.0	–	0.88	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
E device	I_{OL}										
All Outputs Except Carry		5	V_{OL}=0.4V	0.12	–	0.1	0.3	–	0.08	–	mAdc
		10	V_{OL}=0.5V	0.30	–	0.25	0.6	–	0.20	–	
		15	V_{OL}=1.5V	1.37	–	1.15	2.5	–	0.93	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
Carry output		5	V_{OL}=0.4V	0.18	–	0.15	0.4	–	0.12	–	mAdc
		10	V_{OL}=0.5V	0.41	–	0.35	1.0	–	0.29	–	
		15	V_{OL}=1.5V	1.5	–	1.25	4.0	–	1.0	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Continued)

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

PARAMETER		V_{DD} (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units
CLOCKED OPERATION						
PROPAGATION DELAY TIME Clock to Decoded Outputs	t_{PLH}, t_{PHL}	5 10 15	– – –	850 250 200	1700 500 400	ns
Clock to Carry Out	t_{PLH}, t_{PHL}	5 10 15	– – –	500 125 100	1000 250 200	ns
OUTPUT TRANSITION TIME Decoded Outputs	t_{TLH}, t_{THL}	5 10 15	– – –	450 200 150	900 400 300	ns
Carry Output	t_{TLH}, t_{THL}	5 10 15	– – –	250 125 100	500 250 200	ns
MINIMUM CLOCK OR ENABLE PULSE WIDTH	PW_{CL}, PW_{CE}	5 10 15	– – –	200 100 80	400 200 160	ns
MAXIMUM CLOCK FREQUENCY	f_{CL}	5 10 15	1.25 2.5 3.0	2.5 5.0 6.0	– – –	MHz
MAXIMUM CLOCK OR ENABLE RISE AND FALL TIME	t_{rCL}, t_{fCL}	5 10 15	15 15 3	– – –	– – –	μs
MINIMUM CLOCK OR ENABLE SETUP TIME	t_{setup}	5 10 15	– – –	250 100 80	500 200 160	ns
RESET OPERATION						
PROPAGATION DELAY TIME Reset to Decoded Outputs	t_{PLH}, t_{PHL}	5 10 15	– – –	700 250 200	1400 500 400	ns
Reset to Carry Output	t_{PLH}, t_{PHL}	5 10 15	– – –	500 125 100	1000 250 200	ns
MINIMUM RESET PULSE WIDTH	PW_R	5 10 15	– – –	200 100 80	400 200 160	ns
RESET REMOVAL TIME	t_{rem}	5 10 15	– – –	375 150 125	750 300 250	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings*

DC Supply Voltage ($V_{DD} - V_{SS}$) . . . . −0.3V to +10.0V
Operating Temperature (T_{OP}) . . . . . −30°C to +60°C
Storage Temperature (T_{STG}) . . . . . −55°C to +150°C
Applied Voltage On Any Pin
(V_{IN}) . . . . . $V_{SS} - 0.3 \leq V_{IN} \leq V_{DD} + 0.3$
Power Dissipation at 25°C . . . . . 500 mW

*Comments

Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

Electrical Characteristics

(Specification apply over the operating temperature and $3.5V \leq V_{DD}$ to $V_{SS} \leq 10.0V$ unless otherwise specified.)

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions	
Operating Voltage	V_{DD}	3.5		10.0	V		
Standby Current	I_{DD}		0.25	100	μA	V_{DD} = 3.5V	All outputs unloaded, Oscillator not running.
	I_{DD}		0.5	200	μA	V_{DD} = 10.0V	
Operating Current	I_{DD}		1.0	2.0	mA	V_{DD} = 3.5V	All outputs unloaded, Oscillator running.
	I_{DD}		5.0	10.0	mA	V_{DD} = 10.0V	
Row Tone Output	V_R	317	400	504	mVrms	$3.5V \leq V_{DD} \leq 10.0V$, R_L = 1KΩ, @25°C	
Column Tone Output	V_C	396	500	630	mVrms		
Tone Output External Load Impedance	R_L	620			Ω	V_{DD} = 3.5V	
		330			Ω	V_{DD} = 10.0V	
XMTR Output Current	I_{OHX}	−15	−25		mA	V_{DD} = 3.5V, V_{OHX} = 2.5V, No key entry	
	I_{OHX}	−50	−100		mA	V_{DD} = 10.0V, V_{OHX} = 8.0V, No key entry	
	I_{OLX}		0.1	10.0	μA	V_{DD} = 10.0V, V_{OLX} = 0.0V, With key entry	
Mute Output Current	I_{OLM}	0.5	2.0		mA	V_{DD} = 3.5V	V_{OLM} = 0.5V, No key entry
	I_{OLM}	1.0	4.0		mA	V_{DD} = 10.0V	
	I_{OHM}	−0.5	−2.0		mA	V_{DD} = 3.5V, V_{OHM} = 3.0V, With key entry	
	I_{OHM}	−1.0	−4.0		mA	V_{DD} = 10.0V, V_{OHM} = 9.5V, With key entry	
$\overline{STI}$ Input Resistance	R_{IN}	20		100	kΩ	@25°C	
Tone Output Rise Time	t_r		3.0	5.0	ms		
Column to Row Pre-Emphasis		1.0	2.0	3.0	dB		
Tone Output Distortion	T.H.D.			−20	dB		
Input High Voltage	V_{IH}	0.7 V_{DD}		V_{DD}	V		
Input Low Voltage	V_{IL}	V_{SS}		0.3 V_{DD}	V		

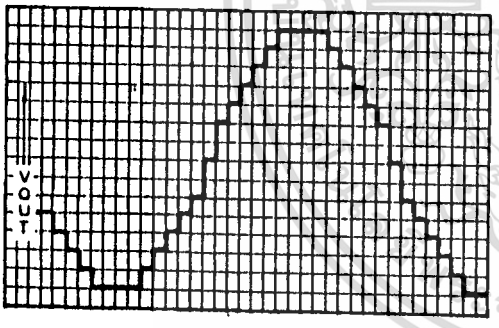
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1: Comparisons of Specified vs Actual Tone Frequencies Generated by UM95087

Active Input	Output Frequency (Hz)		% Error*
	Specified	Actual	
R1	697	699.1	+0.30
R2	770	766.2	−0.49
R3	852	847.4	−0.54
R4	941	948.0	+0.74
C1	1,209	1,215.9	+0.57
C2	1,336	1,331.7	−0.32
C3	1,477	1,471.9	−0.35
C4	1,633	1,645.0	+0.73

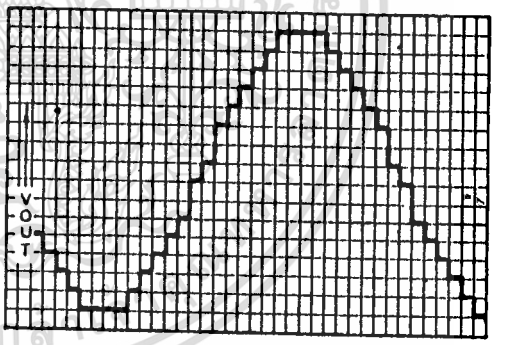
*: % Error does not include oscillator drift.

Row 2 tone output



TIME → 44.7 μs/div.

Column 4 tone output



TIME → 19 μs/div.

Fig 1: Single Tone Output Waveform

Crystal Specification

A standard television color burst crystal is specified to have much tighter tolerance than necessary for tone generation application. By relaxing the tolerance specification is as follows:

Frequency: 3.58 MHz ±0.02%

$R_S \leq 100\Omega$, L_M = 96mH, C_M = 0.25pF, C_H = 5pF, C_L = 18pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

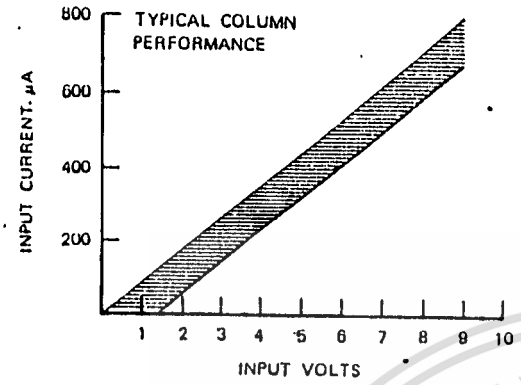


Fig 2a: Typical Input Operating Conditions for Pins 3, 4, 5, and 9 with Voltage Reference V_{SS} @ 25°C.

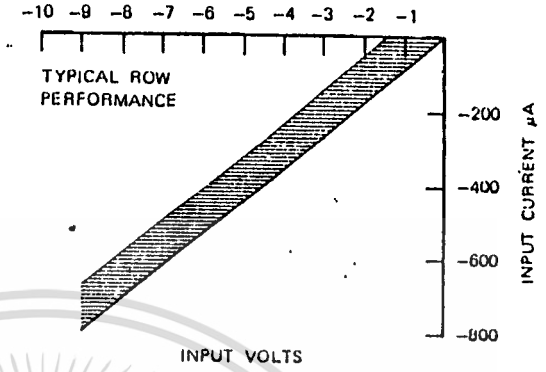


Fig 2b: Typical Input Operating Conditions for Pins 11, 12, 13, & 14 with Voltage Reference V_{DD} @ 25°C.

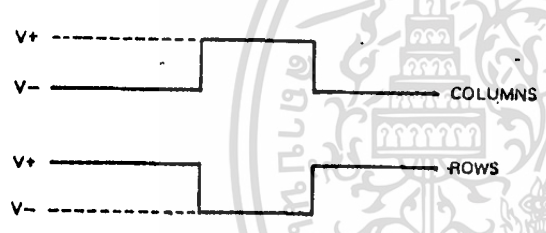


Fig 3: Electronic Input

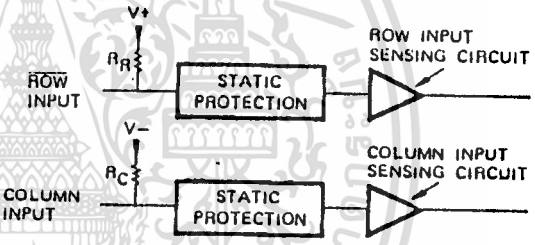


Fig 4: Row and Column Inputs

Pin Description

Keyboard (R1, R2, R3, R4, C1, C2, C3, C4)

The UM95087 features inputs compatible with the standard 2-of-8 keyboard, the inexpensive single-contact (Form A) keyboard, and electronic input (as shown in Fig. 3). The inputs are static (as shown in Fig. 4) i.e. there is no noise generation as occurs with scanned or dynamic inputs. When operating with a keyboard, normal operation is for dual tone generation when any single button is pushed, and single tone operation when two or more buttons in the same row or column are pushed. Activation of diagonal buttons will result in no tone being generated.

When the inputs to the UM95087 are electronically activated, input to a single row and column will result in that dual tone digit's being generated. Input to a single column will result in that column tone being generated. Input to multiple columns will result in no tone being generated. Activation of a single row is not sensed by the internal circuit of the UM95087. If a single row tone is desired, two columns must be activated along with the desired row.

Oscillator (OSCI, OSCO)

The UM95087 contains an on-chip inverter with sufficient loop-gain to provide oscillation when working with a low cost television color-burst crystal. The circuit is designed to work with a crystal cut to 3.58 MHz to give the frequencies in Table 1. The oscillator is disabled whenever a key board input is not sensed.

Any crystal frequency deviation from 3.579545 MHz will be reflected in the tone output frequency. Most crystals do not vary more than ± .02%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

XMTR Switch (XMTR)

This pin is connected to the emitter of an on-chip bipolar transistor whose collector is connected to V_{DD}. With no keyboard input this transistor is turned on and pulls this pin up to within V_{BE} of the V_{DD} supply. When a keyboard entry is sensed, this output goes open circuit (high impedance). The XMTR switch output switches regardless of the state of the $\overline{STI}$ pin input.

Mute Output (MUTE)

The MUTE output is a conventional CMOS gate that pulls to V_{SS} with no keyboard input and pulls to V_{DD} supply when a keyboard entry is sensed. This output is used to control auxiliary switching functions that are required to actuate upon keyboard input. The MUTE output switches regardless of the state of $\overline{STI}$ pin input.

Single Tone Inhibit ($\overline{STI}$)

The $\overline{STI}$ input is used to inhibit the generation of other than dual tones. It has a pullup to the V_{DD} and when left floating or tied to V_{DD}, single or dual tones may be generated. When forced to the V_{SS}, any input situation that would normally result in a single tone will now result in no tone, with all other chip functions operating normally.

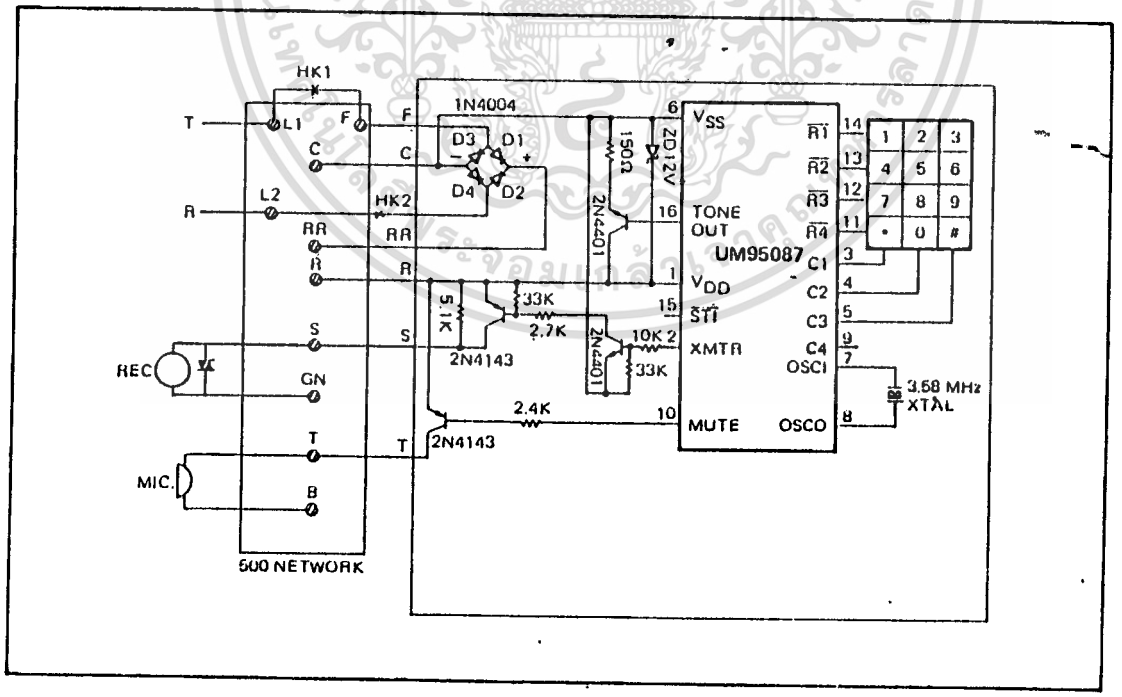
Tone Out (TONE OUT)

The TONE OUT is connected internally in the UM95087 to the emitter of an NPN transistor is the on-chip operational amplifier which mixes the row and column tones together. The row and column output waveforms are shown in Fig 2a, Fig 2b. These waveforms are digitally-synthesized using on-chip D to A converters. For the UM95087 dual tone waveform, T.H.D. is –20dB maximum.

Power (V_{DD}, V_{SS})

These are the power supply inputs. The UM95087 is designed to operate from 3.6 to 10.0 volts.

UM95087 Tone Generator Interface Circuit



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานเครื่อง

1. กดสวิทช์ POWER ON ที่ MASTER (ชุดภาครับ-เค้าท์เตอร์และแสดงผล) ตัวเลข 7 - เซกเมนต์ทั้ง 4 จะแสดง 0000 แต่ถ้าตัวเลขแสดงเป็นเลขอื่นที่ไม่ใช่ 0000 ก็สามารถ รีเซ็ท ให้เป็น 0000 ได้ โดยกด สวิทช์ รีเซ็ท ที่หน้าเครื่องได้

2. จ่ายไฟเข้าเครื่องส่ง ทั้ง 2 ตัว ทดลองกด COUNT SWITCH ช่วงสั้นๆ แล้วปล่อย จะเห็น LED สีเขียว ติดที่หน้าเครื่อง จะเห็นตัวเลขแสดงผลเป็น 0001 ซึ่งแสดงได้ว่าเครื่องทำงานได้ถูกต้อง จากนั้นรอจนกว่า LED สีเขียวหน้าเครื่องดับจึงจะกด COUNT SWITCH ทำการนับหนึ่งครั้งต่อไปได้

3. ขณะที่กด COUNT SWITCH หนึ่งครั้งจะมีการนับ 1 ขึ้นที่ตัวเค้าท์เตอร์ โดยผลของการนับจะเป็นการรวมกันไปของการกด COUNT SWITCH จากเครื่องส่งสัญญาณนับทั้ง 2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำปริญญานิพนธ์หัวข้อเรื่อง เครื่องนับจำนวนระยะไกล ผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชัย สุรพัฒน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยให้ความช่วยเหลือดูแล และให้คำปรึกษาเกี่ยวกับข้อมูลต่าง ๆ ในการจัดทำผลงานในครั้งนี้อย่างใกล้ชิด และชี้แนะแนวทางแก้ไขจนทำให้ การทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้สำเร็จลงด้วยดี

และต้องขอขอบพระคุณ อาจารย์สมภพ แก้วมีชัย ที่ได้ให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับการจัดหาเครื่องมือ,อุปกรณ์ตลอดจนสถานที่ในการทดลอง ทำให้การทำงานในครั้งนี้มีความสะดวกรวดเร็ว และสำเร็จได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1 ยืน ภู่สุวรรณ " เทคนิคการประยุกต์และใช้งาน ไอซีทีทีแอล ", หน้า 158-185

2 กองบรรณาธิการ " ไอซีน่าสน " , วารสารเซมิคอนดัคเตอร์, ฉบับที่ 88 ,2531, หน้า 210-214

3 บรรเจิด ตันติกัลยาภรณ์ " เครื่องรับส่งเล่ม 2 ", หน้า 19-31

4 ADAMSON THOMUS " ELECTRONIC COMMUNICATIONS SYSTEMS AND CIRCUITS " 681P,1988.

5 RSGB " RADIO COMMUNICATIONS HANDBOOK " FIFTH EDITION, P4.1 - 4.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้