

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

กล้องวิดีโอไร้สายและตัวควบคุมการเลือกช่อง

Wireless Video Camera and Channel Controller



โดย

นายปรีชาพล ภาณุตานนท์ ฦ มหาสารคาม รหัส 40012050

นายวิทยา อัจฉริยสีทอง รหัส 40012059

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2541

เลขหม.....
เลขทะเบียน..... 34001
วัน, เดือน, ปี 27. 0. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ กล้องวิดีโอไร้สายและตัวควบคุม

Wireless Video Camera And Controller of Receiver

จัดทำโดย นาย ปรีชาพล ภวภูตานนท์ ณ มหาสารคาม รหัส 40012050
นาย วิทยา อัจฉริยสีทอง รหัส 40012059

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. ประดิษฐ์ วัชรพิบูลย์
ภาควิชา เทคโนโลยีอุตสาหกรรม
ประจำปีการศึกษา 2541

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรม
ศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(_____)

กรรมการ

(_____)

กรรมการ

(_____)

กรรมการ

(_____)

กรรมการ

(_____)

กรรมการ

(_____)

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่องวีดีโอไร้สายและตัวควบคุมการเลือกช่อง

นายปรัชชาพล ภวภูตานนท์ ณ มหาสารคาม

นายวิชา อัจฉริยสีทอง

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. ประดิษฐ์ วัชรพิบูลย์

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการจัดระบบการรักษาความปลอดภัยโดยใช้กล่องวีดีโอแบบไร้สายตามชุด ทำการส่งภาพและเสียงในรูปของคลื่นวิทยุโทรทัศน์ย่าน ยู.เอช.เอฟ ไปยังเครื่องรับโทรทัศน์ ซึ่งถูกควบคุมการเลือกรับความถี่สำหรับกล่องแต่ละตัว โดยชุดควบคุมพิเศษซึ่งออกแบบให้เลือกรับ โดยการกดปุ่มเลือกกล่องหรือแบบอัตโนมัติโดยเปลี่ยนทีละช่วงในเวลาที่กำหนด และช่วงเวลาที่กำหนดนี้สามารถเลือกช่วงเวลาได้ตั้งแต่หนึ่งวินาทีถึงเก้าสิบวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wireless Video Camera and Controller of receiver

Mr. Preechapon Pawaputanonth Na Mahasarakam

Mr. Wittaya Archariyasitong

Advisor

Assitant Prof. Pradit Vachrapibool

ABSTRACT

This thesis presents the project of the management of safety system by 3 set of wireless video camera. For transmit video and audio signal by the carrier frequency in UHF(Ultra High Frequency)band to the TV receiver. At the reciving point the receiver is controlled by the controller. Which is designed for manual or automatic operation for changing the channel in the limit of time or can be set time from 1-90 seconds.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ดี โดยได้รับการสนับสนุนความช่วยเหลือ คำแนะนำ การให้คำปรึกษาจากคณาจารย์ประจำภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรมทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งจาก อาจารย์ประดิษฐ์ วัชรพิบูลย์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของโครงการนี้ ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและคำปรึกษาจึงทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทที่ 1 บทนำ	
ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญาโท	1
ขอบเขตของโครงการ	1
บทที่ 2 สัญญาณ โทรทัศน์และเครื่องส่งโทรทัศน์	
2.1 หลักการระบบโทรทัศน์	2
2.2 สัญญาณภาพหรือสัญญาณวิดีโอ	3
2.3 โครงสร้างของสัญญาณโทรทัศน์	5
2.4 ช่องสัญญาณโทรทัศน์	7
2.5 การส่งสัญญาณโทรทัศน์ด้านภาพ	7
2.6 การส่งสัญญาณโทรทัศน์ด้านเสียง	11
2.7 วงจรผลิตความถี่ของเครื่องส่ง	11
2.8 วงจรขยายสัญญาณของเครื่องส่ง	16
2.9 การมอดูเลตแบบ AM	24
2.10 การมอดูเลตแบบ FM	25
2.11 แหล่งจ่ายไฟ	28
บทที่ 3 วงจรและการทำงานของวงจรเครื่องส่งสัญญาณ	
3.1 การทำงานของบล็อกไดอะแกรมของเครื่องส่ง	34
3.2 การทำงานของวงจรเครื่องส่ง	35
บทที่ 4 วงจรและการทำงานของชุดควบคุม	
4.1 การทำงานของบล็อกไดอะแกรม	41
4.2 การทำงานของชุดควบคุม	43
บทที่ 5 ผลการทดลอง	50
บทที่ 6 ปัญหาและการแก้ไขในการสร้างวงจรเครื่องส่งสัญญาณ	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้าที่

บทที่ 2 สัญญาณ โทรทัศน์และเครื่องส่งสัญญาณ

รูปที่ 2.1	สัญญาณคอมโพสิตวีดีโอ	4
รูปที่ 2.2	แสดงสัญญาณ Vert Sync และช่วงแบล็กแนวดิ่ง	5
รูปที่ 2.3	แสดงมาตรฐานสัญญาณระบบ CCIR	6
รูปที่ 2.4	แสดงสัญญาณภาพและสัญญาณแบล็กกิ้ง	7
รูปที่ 2.5	แสดงสัญญาณ Synchronizing Signal	8
รูปที่ 2.6	แสดงขอบเขตความถี่ของสัญญาณส่องสว่างและ ของสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี	9
รูปที่ 2.7	แสดงลักษณะความถี่กับขนาดสัญญาณภาพที่เครื่องส่ง	10
รูปที่ 2.8	แสดงลักษณะความถี่กับขนาดสัญญาณภาพที่เครื่องรับโทรทัศน์	10
รูปที่ 2.9	แสดงลักษณะความถี่กับขนาดสัญญาณภาพที่ต้องการ	11
รูปที่ 2.10	แสดงลักษณะของความถี่กับขนาดของสัญญาณภาพสำหรับ รับโทรทัศน์สีระบบ PAL	11
รูปที่ 2.11	แสดงรูปร่างของสัญญาณภาพที่อยู่ในลักษณะไซด์แบนด์ ของสัญญาณภาพแบบเนกะทีฟ	12
รูปที่ 2.12	แสดงการส่งสัญญาณโทรทัศน์ด้านเสียงที่ใช้วงจรปริ – เอ็ม ฟาซีทางด้านส่งและวงจรดีเอ็มฟาซีทางด้านรับสัญญาณ	13
รูปที่ 2.13	แสดงวงจรเบื้องต้นของคอลพิทท์ทรานซิสเตอร์	14
รูปที่ 2.14	แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์แบบคอลพิทท์แบบเบสร่วม	14
รูปที่ 2.15	แสดงแรงดันตกคร่อมตัวๆ ในแอมพลิฟายเออร์	19
รูปที่ 2.16	แสดงวงจรที่มีการไบอัสแบบแบ่งแรงดันไฟฟ้า	20
รูปที่ 2.17	แสดงแบบจำลองวงจรขยายที่มีการไบอัสแบบแบ่งแรงดันไฟฟ้า	21
รูปที่ 2.18	แสดงวงจรขยายภาคเดี่ยว	22
รูปที่ 2.19	แสดงการทำงานในลักษณะคลาสิก	25
รูปที่ 2.20	แสดงสัญญาณในลักษณะต่างๆรวมทั้งสัญญาณ AM แบบ DSB-LC	26
รูปที่ 2.21	แสดงวงจรอิมิตเตอร์มอดูเลชัน	27
รูปที่ 2.22	แสดงสัญญาณการมอดูเลตแบบ FM	28
รูปที่ 2.23	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของไซด์แบนด์กับ Modulation Index	29
รูปที่ 2.24	แสดงวงจรเรดิโอฟรีแบบบริดจ์	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.25	แสดงการต่อตัวเก็บประจุที่เอาท์พุทเพื่อกรองแรงดันให้เรียบขึ้น	32
รูปที่ 2.26	แสดงลักษณะการกรองแรงดันของตัวเก็บประจุ	33
รูปที่ 2.27	แสดงวงจรเรกูเลเตอร์แบบใช้ซีเนอร์ไดโอด	34
รูปที่ 2.28	แสดงวงจรเรกูเลเตอร์แบบใช้ซีเนอร์ไดโอด	34
บทที่ 3	วงจรและการทำงานของวงจรเครื่องส่งสัญญาณ	
รูปที่ 3.1	แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องส่งสัญญาณวีครโอไร้สาย	36
รูปที่ 3.2	แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ผลิตความถี่ย่าน UHF.	37
รูปที่ 3.3	แสดงรูปวงจรมอดูเลชันแบบแบ่งแรงดัน	38
รูปที่ 3.4	แสดงวงจรมอดูเลชันสัญญาณ FM ที่ความถี่ 5.5 Mhz	39
รูปที่ 3.5	แสดงวงจรแอมพลิฟายเออร์ที่ใช้งานจริง	40
บทที่ 4	วงจรและการทำงานของชุดควบคุม	
รูปที่ 4.1	แสดงบล็อกไดอะแกรมของชุดควบคุม	43
รูปที่ 4.2	แสดงตำแหน่งขา TUNER	44
รูปที่ 4.3	วงจรภายในจูนเนอร์ระบบ UHF และ VHF	45
รูปที่ 4.4	เส้นโค้งผลตอบสนองของความถี่ของภาค IF	47
บทที่ 5	การทดสอบและผลการทดสอบ	
รูปที่ 5.1	แสดง subcarrier ของเสียงที่ออสซิลเลตได้ที่ความถี่ 5.5 Mhz	50

สารบัญตาราง

หน้าที่

บทที่ 4 วจรและการทำงานของชุดควบคุม
ตาราง 4.1 การเลือกแถบความถี่

46



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ภาคผนวก ก ลายวงจร

ภาคผนวก ข โปรแกรมการทำงาน

ภาคผนวก ค รายละเอียดของอุปกรณ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปริณิธานิพนธ์

ในปัจจุบันนี้เป็นยุคของเทคโนโลยี ทำให้เทคโนโลยีต่างๆ ได้เจริญก้าวหน้ารวดเร็ว ทำให้เราพบว่า ได้มีการนำประโยชน์ของคลื่นวิทยุมาใช้งานกันอย่างแพร่หลาย เพราะคลื่นวิทยุสามารถเป็นสื่อกลางในการนำสัญญาณจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ทำให้มีการนำความคิดการส่งและการรับสัญญาณวิทยุในย่านความถี่ ยู.เอช.เอฟ มาทำโครงการเรื่องกล้องวิดีโอไร้สายและตัวรับสัญญาณ (Wireless Video Camera and Reciever) เพื่อศึกษาทฤษฎีและหลักการในการส่งและการรับสัญญาณ แล้วทำการประยุกต์โดยมีการเพิ่มการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการรับสัญญาณจากกล้องวิดีโอ โดยสามารถเลือกกล้องวิดีโอตัวใดตัวหนึ่งได้ตามต้องการจากภาคส่งที่ส่งมา

ขอบเขตของโครงการงาน

- สามารถส่งสัญญาณภาพและเสียงจากกล้องวิดีโอที่ย่านความถี่ยูเอชเอฟจากกล้อง 3 ตัว
- สามารถรับสัญญาณภาพและเสียงจากเครื่องส่งที่ส่งมาได้ตามแขนแนลต่างๆ ที่ต้องการ โดยเครื่องรับโทรทัศน์ทั่วไป
- สามารถควบคุมการรับของเครื่องโทรทัศน์ โดยเลือกช่องเองหรือตั้งแบบอัตโนมัติเลือกกล้องที่ส่งกล้องเรียงตามลำดับที่ได้ตั้งเวลาไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

สัญญาณโทรทัศน์และเครื่องส่งสัญญาณ

2.1 หลักการระบบโทรทัศน์

ระบบโทรทัศน์คือ การส่งกระจายเสียงพร้อมทั้งภาพที่เคลื่อนไหวนอกไปในรูปของสัญญาณโทรทัศน์และทางด้านเครื่องรับจะเปลี่ยนเป็นภาพและเสียงตามต้องการ ภาพที่เกิดขึ้นบนจอโทรทัศน์จะประกอบด้วยจุดเล็กๆจำนวนมากประกอขกันเป็นภาพ และเส้นภาพหลายๆเส้นประกอขเข้าเป็นภาพภาพที่เรามองเห็น ในความเป็นจริงเป็นภาพหนึ่งที่มีความแตกต่างกันเล็กน้อยหลายๆภาพอย่างต่อเนื่องทำให้เรามองเห็นกลายเป็นภาพเคลื่อนไหวได้

การสแกน (Scanning)

การที่จะส่งสัญญาณภาพ 2 มิติไปในสายส่งสัญญาณคู่เดียวหรือส่งไปทางคลื่นวิทยุ นั้น จำเป็นต้องแบ่งภาพออกเป็นจุดเล็กๆจำนวนมากแล้วจึงทยอยส่งจุดเหล่านั้นไปที่ละจุด แล้วจึงค่อยไปรวมกันที่ปลายทางเพื่อให้เป็นภาพ 2 มิติ เหมือนเดิมอีกครั้งหนึ่ง โดยความชัดเจนเหมือนจริงของภาพที่จะไปปรากฏที่ปลายทางจะมีความเหมือนจริงมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความละเอียดของจุดภาพที่ถูกแบ่งออกจากภาพจริงและถ้าต้องการสร้างภาพเคลื่อนไหวที่ทำให้คนดูแล้ว มีความรู้สึกสมจริงสมจังไม่กระเกิดการกระตุก ก็จะต้องสร้างภาพที่มีการเคลื่อนไหวในจังหวะที่ต่อเนื่องกัน ใจคล้ายภาพยนตร์ ด้วยอัตราที่ไม่ต่ำกว่า 16 ภาพต่อวินาที แต่ถ้ายังสามารถทำให้มีจำนวนภาพมากเท่าไรเกิดขึ้น ในเวลาที่เท่ากันแล้ว ก็ยิ่งทำให้ดูสบายตามากขึ้นเท่านั้น เช่นภาพยนตร์ใช้อัตรา 24 ภาพต่อวินาที ดังนั้น ถ้าต้องการส่งภาพเคลื่อนไหวไปในระยะทางไกลๆโดยใช้วิธีการส่งไปในรูปของสัญญาณไฟฟ้า นั้นจำเป็นต้องส่งจุดภาพไปด้วยอัตราเท่ากับ (จำนวนจุดต่อ 1 ภาพ * จำนวนภาพต่อวินาที) จุดต่อวินาที

วิธีแบ่งภาพออกเป็นจุดเล็กๆทำโดยการแบ่งตามคู่ลำดับที่จุดภาพแรกจะอยู่ที่มุมบนซ้ายของภาพแล้วจึงไล่จุดต่อไป ทางขวาในแนวระดับจนสุดขอบของภาพ ถือว่าครบ 1 เส้น จึงจะกลับมาเริ่มนับจุดถัดไปที่ตำแหน่งซ้ายสุดระดับด้านล่างของจุดแรก ซึ่งจุดนี้จะถือเป็นจุดแรกของเส้นที่สอง ทำดังนี้เรื่อยไปจนครบทุกเส้น ก็จะมาครบจุดสุดท้ายที่มุมล่างขวาพอดี การไล่จุดดังนี้เรียกว่าการกวาด หรือ การสแกน เพื่อไม่ให้ภาพที่ปรากฏบนจอมีอาการกระพริบ จึงได้ใช้วิธีการสแกนสองรอบต่อการแสดงบนจอ 1 ภาพ ซึ่งกระทำโดยการกวาดในเส้นขึ้นมาแสดงบนจอก่อน แล้วจึงกวาดภาพเส้นคู่มาปรากฏสลับกับภาพเส้นคู่เดิมซึ่งการสแกนแบบนี้เรียกว่า การสแกนแบบ อินเทอเลข (Interlace)

โดยที่การสแกนจากบนลงล่าง 1 รอบนี้จะถูกเรียกว่า 1 ฟิวด์ ในขณะที่ 1 ภาพถูกเรียกว่า 1 เฟรม (Frame) ดังนั้นในระบบนี้ 1 เฟรมจะประกอบด้วย 2 ฟิวด์

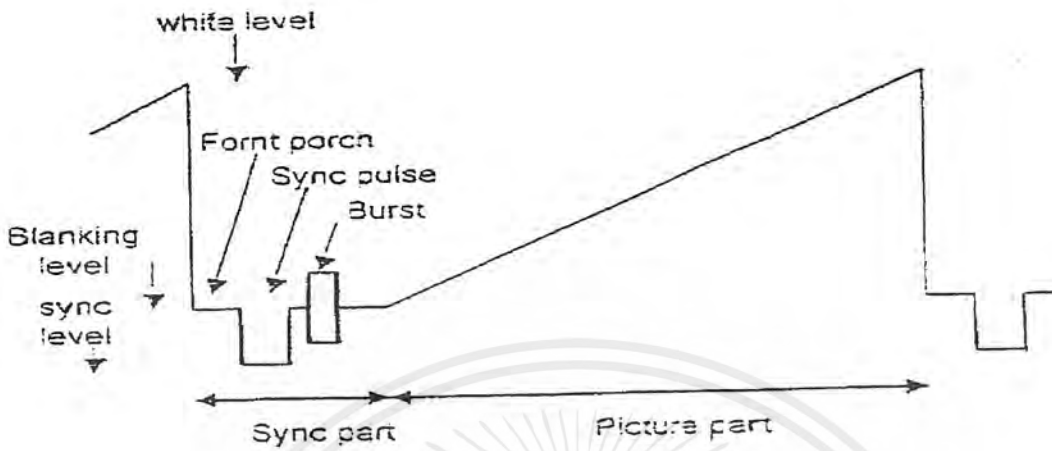
2.2 สัญญาณภาพ หรือ สัญญาณวิดีโอ (Video signal)

จุดภาพใดมีความสว่างมากจะทำให้สัญญาณภาพของจุดดังกล่าวมีระดับแรงดัน (Voltage) สูง ในขณะที่จุดภาพที่มีความสว่างน้อยก็จะมีระดับแรงดันต่ำ การส่งภาพต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ นั้น จำเป็นที่ ต้นทางจะต้องสื่อสารกับปลายทางเพื่อให้ปลายทางรับรู้ ว่า จุดภาพที่ส่งไปนั้นคือจุดภาพที่ควรจะไปปรากฏ ณ ตำแหน่งคู่ลำดับใด โดยใช้วิธีการที่เครื่องส่งและเครื่องรับ จะต้องมีความเร็วในการส่ง - รับ ข้อมูลที่เท่ากันเสียก่อน โดยการนี้จึงมีการกำหนดความถี่มาตรฐานขึ้น

เพียงความถี่ของเครื่องส่งและเครื่องรับเท่านั้น ยังไม่เพียงพอที่จะทำให้การรับภาพ ออกมาเหมือน ภาพที่ส่งได้เสมอไป และการทำให้แหล่งกำเนิดความถี่ที่อยู่ห่างไกลกันสองแห่ง สร้างความถี่ที่เท่ากัน จริงๆ นั้นเป็นสิ่งที่ไม่สามารถกระทำได้ จึงจำเป็นต้องมีการส่งสัญญาณที่ไม่ใช่สัญญาณภาพ แต่เป็น สัญญาณที่ใช้บอกให้เครื่องรับ ทราบทุกๆ ครั้งที่มีการขึ้นเส้นใหม่

สัญญาณดังกล่าวเรียกว่าสัญญาณ ซิงโครไนซ์ (Synchronizing) หรือที่เรียกสั้นๆ ว่าสัญญาณซิงค์ ถ้าเป็นสัญญาณซิงค์ที่เกิดขึ้นตอนต้นของภาพ หรือทุกๆ รอบการวนในแนวตั้งจะถูกเรียกว่า Vertical Sync. หรือเรียกย่อว่า Ver Sync. ในขณะที่สัญญาณซิงค์ที่เกิดขึ้นทุกๆ รอบการวนในแนวนอน จะถูก เรียกว่า Horizontal Sync. หรือ Hor Sync.

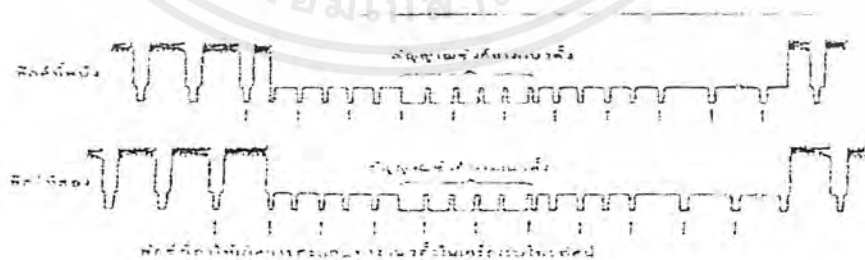
เนื่องจากการสแกนเพื่อสร้างภาพให้เกิดบนจอภาพของเครื่องรับโทรทัศน์นั้น ใช้สนามแม่เหล็ก ในการบังคับการเบี่ยงเบนของอิเล็กตรอนให้เคลื่อนที่จากทางซ้ายไปขวา และจากบนลงล่างตามลักษณะ ของการสแกนที่ได้กล่าวมาแล้ว เราไม่สามารถที่จะบังคับสนามแม่เหล็กให้เปลี่ยนขั้วทันทีทันใด ใน ขณะที่ต้องการขึ้นเส้นใหม่หลักจากที่จบเส้นเก่า หรือในขณะที่สแกนจนจบที่มุมขวาล่างและจะมาตั้งต้น ขึ้นภาพใหม่ที่มุมบนซ้าย ดังนั้นจึงได้มีการกำหนดให้ไม่มีการแสดงผลในขณะที่กำลังเกิดการสับกลับ (Retrace) จากขวามาซ้าย และจากล่างขึ้นบน ซึ่งในจังหวะเวลาดังกล่าวทางเครื่องส่งจะมีการส่ง สัญญาณซิงค์มาแทนสัญญาณภาพ สัญญาณภาพอย่างเดียวจะถูกเรียกว่าสัญญาณวิดีโอ แต่เมื่อรวม สัญญาณภาพกับสัญญาณซิงค์เข้าด้วยกันจะถูกเรียกว่าสัญญาณคอมโพสิตวิดีโอ (Composite Video)



รูปที่ 2.1 สัญญาณคอมโพสิตวิดีโอ (1 เส้นสแกน)

มาตรฐานของสัญญาณคอมโพสิตวิดีโอ กำหนดให้มีขนาดแรงดันยอดถึงยอด (Peak to Peak) เท่ากับ 1 โวลต์ โดยที่ระดับดำ (Black level) จะอยู่ที่ 0.3 โวลต์ ในขณะที่ระดับขาว (White level) จะมีค่า 1.0 โวลต์ ส่วนสัญญาณซิงค์จะเป็นพัลส์ลบ (Negative Pulse) ที่เปลี่ยนระดับจาก 0.3 โวลต์ ลงมาสู่ระดับ 0 โวลต์

ในความเป็นจริง สัญญาณวิดีโอจะเป็นสัญญาณที่ต่อเนื่องกันไปของเส้นสแกนนับร้อย ซึ่งแต่ละเส้นก็จะประกอบไปด้วย 1 HOR.SYNC. 1 ครั้ง ซึ่งก่อนและหลังสัญญาณ VER.SYNC. จะไม่มีสัญญาณภาพชั่วขณะหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า ช่วงแบลิ่งคิงในแนวตั้ง (Vertical Blanking Interval)

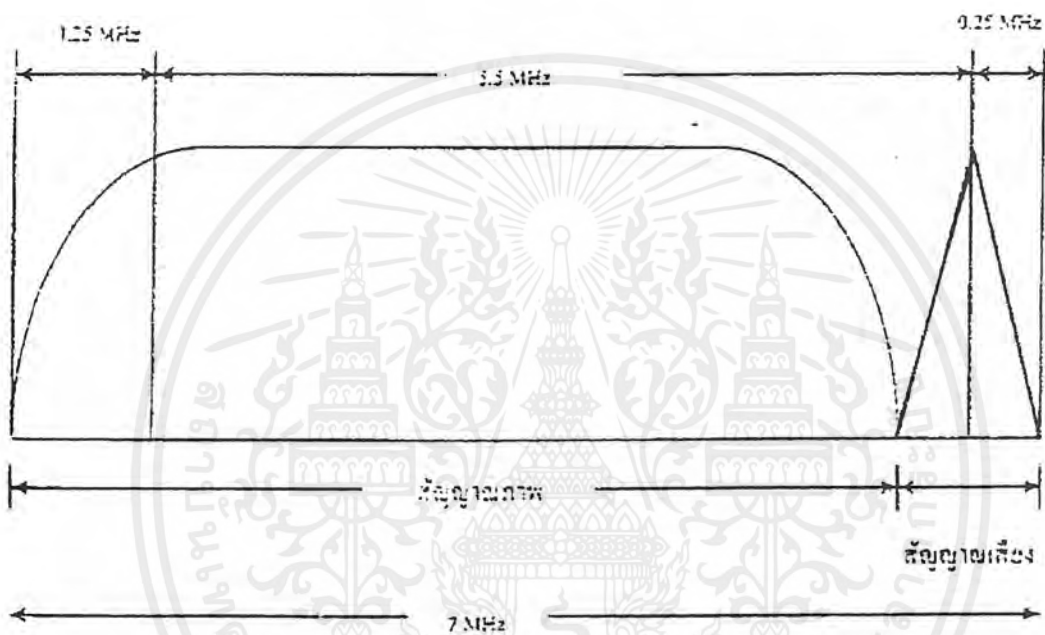


รูปที่ 2.2 แสดงสัญญาณ VERT , SYNC และช่วงแบลิ่งคิงแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 โครงสร้างของสัญญาณโทรทัศน์

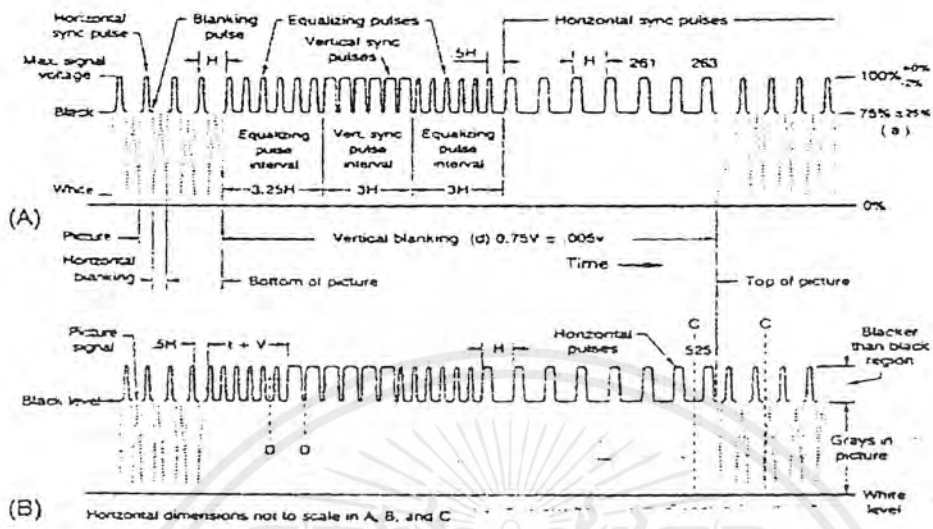
ตามมาตรฐานของ CCIR ซึ่งเป็นระบบโทรทัศน์ที่ใช้ในประเทศไทย (PAL) จะมี BAND WIDTH 7 MHz. ซึ่งประกอบด้วยคลื่นพาหภาพ (Picture Carrier) คลื่นเสียง (Sound Carrier) และสัญญาณต่างๆอีก ลักษณะของ Response ของสัญญาณโทรทัศน์จึงรูปแสดงมาตรฐานความถี่ของระบบ CCIR



รูป 2.3 แสดงมาตรฐานสัญญาณระบบ CCIR

หน้าที่ของสัญญาณต่างๆ

1. สัญญาณภาพ (Video Signal) และสัญญาณเสียง (Sound Signal) เป็นสัญญาณที่ทำให้เกิดภาพตามความเป็นจริงที่หน้าจอ และสัญญาณเสียงให้มีเสียงออกที่ลำโพงตามต้องการ
2. สัญญาณแบล็งคิง (Blanking Signal) เป็นสัญญาณเพื่อลบเส้นสเปคตรัม ทั้งในแนวนอนและแนวตั้ง โดยที่จุดที่เริ่มต้นของ Sync. ทางแนวนอนและแนวตั้งจะต้องเริ่มในช่วงที่เหมาะสมดังแสดงในรูป 2.4



รูป 2.4 แสดงสัญญาณภาพและสัญญาณแบลิ่งคิง

- สัญญาณซิงค์ (Synchronizing Signal : Sync) เป็นสัญญาณที่ช่วยทำให้กระแสรูปฟัน (Sawtooth) ใช้ในวงจรการหักเหทางแนวนอนกับวงจรหักเหทางแนวตั้งของเครื่องส่งโทรทัศน์ตรงกับเครื่องรับโทรทัศน์ดังรูปที่ 2.5

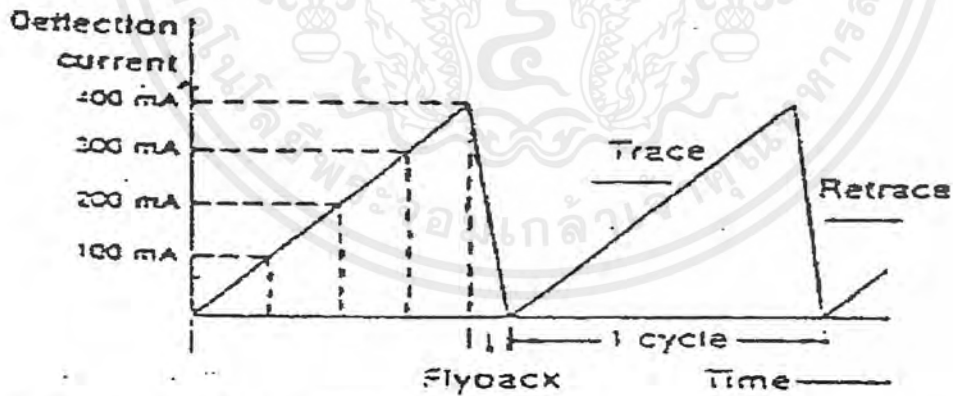


Fig. Sawtooth scanning waveform. used for H and V deflection.

รูป 2.5 แสดง Synchronizing signal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สัญญาณอีควอไลซิง (Equalizing signal) เพื่อช่วยให้ซิงค์ทางแนวตั้งยังคงมีรูปร่างเหมือนเดิมหลังจากแยกสัญญาณออกจากสัญญาณซิงค์ทางแนวนอนในเครื่องรับ โดยเป็นสองเท่าของซิงค์ทางแนวนอนและจะทำให้ทางแนวนอนไม่ขาดหายไปในช่วงทางแนวตั้งด้วย

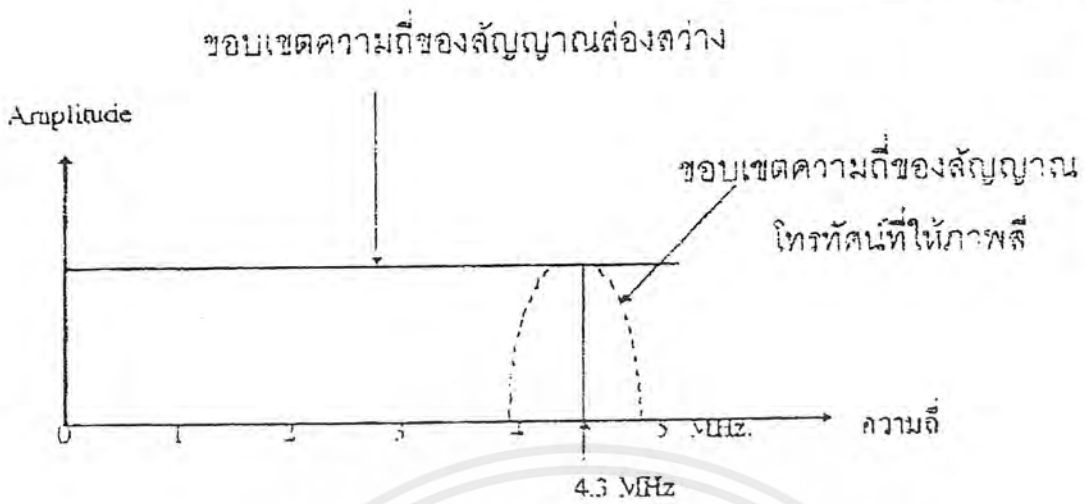
2.4 ช่องสัญญาณโทรทัศน์

สัญญาณ โทรทัศน์ที่ถูกส่งออกอากาศจะประกอบด้วยสัญญาณภาพและสัญญาณเสียง สัญญาณภาพจะมีคลื่นพาห์ของภาพ (Picture Carrier) ในระบบ Amplitude Modulation และสัญญาณเสียงก็จะมีคลื่นพาห์ของเสียง (Sound Carrier) ในระบบ Frequency Modulation การส่งสัญญาณภาพออกอากาศอาจเลือกส่งแบบ Amplitude-Modulation Double Sidebands หรือเลือกส่งแบบอื่นก็ได้ แต่เนื่องจากขอบเขตของความถี่ในสัญญาณภาพมีมาก หากส่งความถี่ที่เกี่ยวข้องไปทั้งหมดจะทำให้ความกว้างของช่องโทรทัศน์มีมากเกินไป ทำให้เป็นการสิ้นเปลืองย่านความถี่โดยใช่เหตุ

จึงได้นิยมใช้วิธีการส่งแบบไซด์แบนด์ด้านสูง (Upper Sideband) เต็มที่ และส่งบางส่วนทางไซด์แบนด์ด้านต่ำ (Lower Sideband) วิธีการส่งแบบนี้เรียกว่า Vestigial sideband Transmission คลื่นพาห์ของภาพกับคลื่นพาห์ของเสียงที่เหมาะสม อาจเลือกใช้ให้มีความถี่อยู่ในย่านความถี่ วี. เอช. เอฟ. (Very High Frequency) หรือในย่านความถี่ ยู เอช เอฟ (Ultra High Frequency) ก็ได้

2.5 การส่งสัญญาณโทรทัศน์ด้านภาพ

สัญญาณ โทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณส่องสว่าง (Luminance Signal) กับสัญญาณ โทรทัศน์ที่ใช้ภาพสี (Chrominance Signal) ที่เครื่องส่งโทรทัศน์ส่งออกอากาศ นิยมใช้ระบบ AM สำหรับสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำและระบบ AM-PM สำหรับสัญญาณโทรทัศน์ที่ใช้ภาพสี โดยปกติการส่งโทรทัศน์ในระบบนี้สัญญาณที่ออกอากาศอาจเลือกให้อยู่ในลักษณะไซด์แบนด์เดียว (Single Sideband) หรือไซด์แบนด์สองข้าง (Double Sideband) แต่เนื่องจากสัญญาณโทรทัศน์มีขอบเขตความถี่ของสัญญาณภาพกว้างมากตามที่แสดงไว้ในรูป การในลักษณะของไซด์แบนด์เดียวจึงไม่เหมาะสม และการส่งในลักษณะไซด์แบนด์สองข้าง ก็จะต้องใช้ความถี่มากและทำให้ความกว้างของช่องโทรทัศน์มีมากเกินไป ในทางปฏิบัติจึงนิยมส่งกันในระบบการส่งแบบเวสติจียัลไซด์แบนด์ ตามที่แสดงไว้ในรูป 2.6 ซึ่งได้อธิบายวิธีการส่งสัญญาณ โทรทัศน์ไว้ในรูปด้วยแล้ว

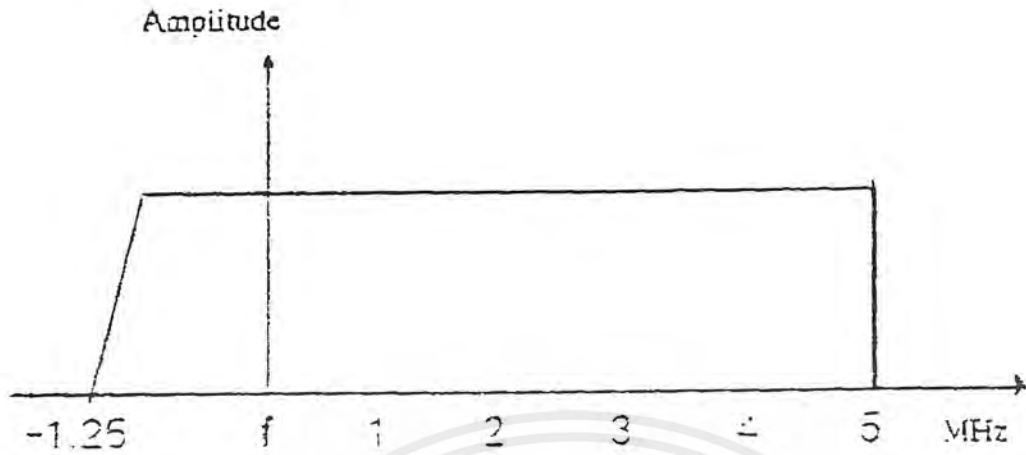


รูป 2.6 แสดงขอบเขตความถี่ของสัญญาณสองข้างและของสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี

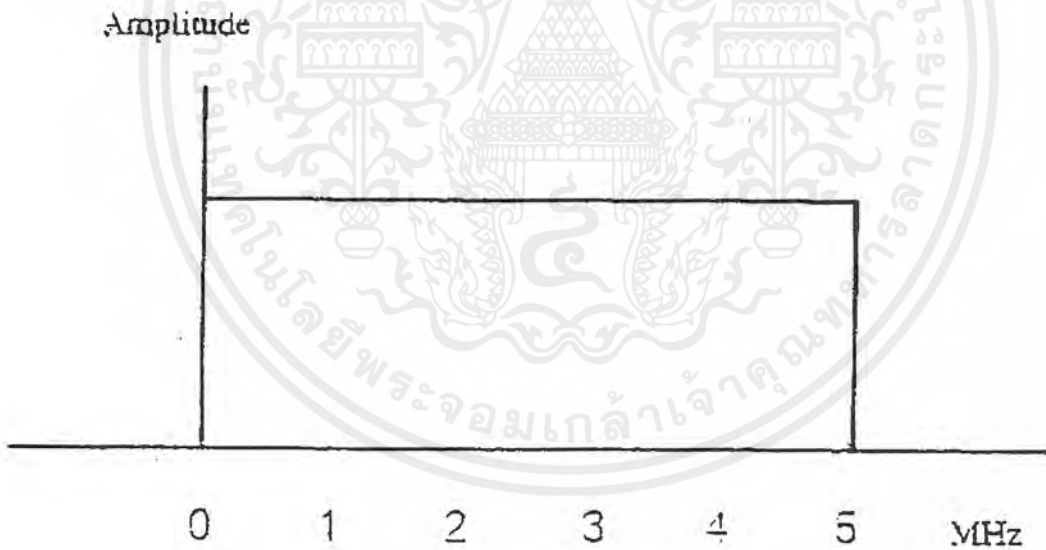


รูป 2.7 แสดงลักษณะความถี่กับขนาดสัญญาณภาพที่ใช้ทางด้านเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์จะเห็นได้ว่า เครื่องส่งจะส่งไซด์แบนด์ด้านสูง (Upper Sideband) เต็มที่แต่จะส่งไซด์แบนด์ ด้านต่ำ (Lower Sideband) เพียงบางส่วนไม่เกิน 1.25 MHz.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



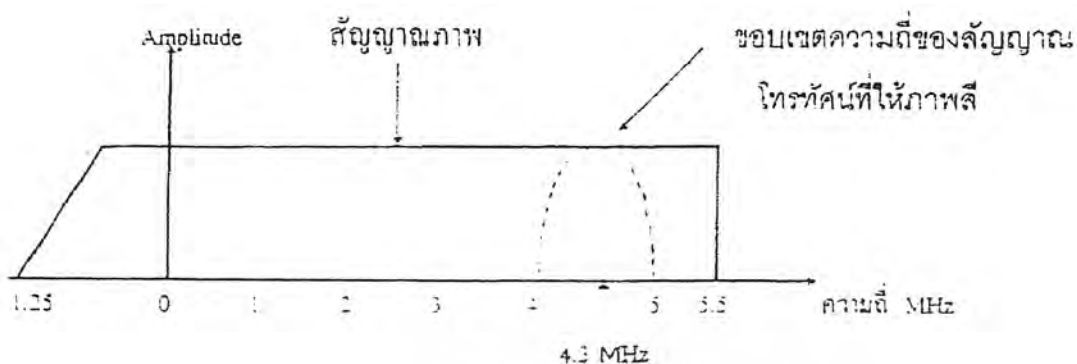
รูป 2.8 แสดงลักษณะความถี่กับขนาดของสัญญาณภาพที่ใช้ทางด้านเครื่องรับโทรทัศน์จะเห็นได้ว่าระหว่าง -1.25 MHz. ถึง $+1.25$ MHz. จะมีลักษณะเป็นเส้นตรงเริ่มจากศูนย์ไปหาค่าสูงสุดและหลังจากนั้นจะมีค่าคงที่



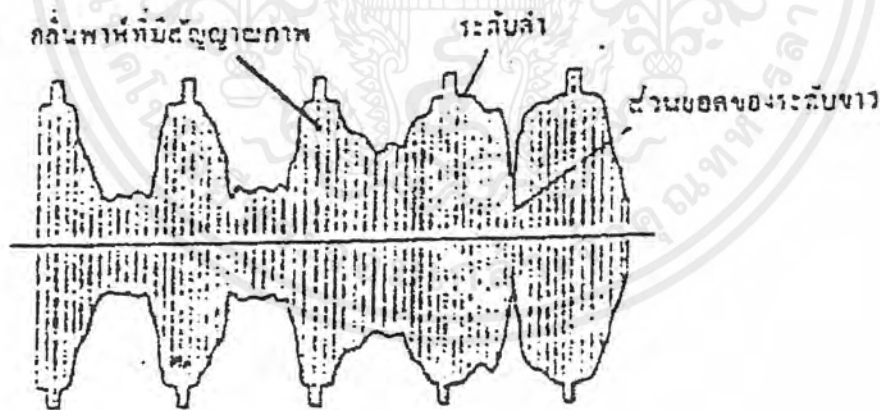
รูป 2.9 แสดงลักษณะความถี่กับขนาดของสัญญาณภาพที่ต้องการ

สัญญาณที่ทำให้เกิดภาพซึ่งเครื่องส่งโทรทัศน์ส่งออกไปนอกอากาศ จะอยู่ในลักษณะของเนกะทีฟแอมพลิจูดมอดูเลชัน (Negative Amplitude Modulation) กล่าวคือ ขนาดของสัญญาณที่ทำให้เกิดภาพซึ่งมีค่าสูง จะทำให้เกิดภาพสีเข้มหรือสีดำมืดที่จอหลอดภาพและขนาดของสัญญาณที่ทำให้เกิดภาพซึ่งมีค่าน้อย จะทำให้เกิดภาพขาว ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.10 แสดงลักษณะของความถี่กับขนาดของสัญญาณภาพ สำหรับโทรทัศน์ระบบ PAL ซึ่งมีความถี่คลื่นพาห์ของสัญญาณคัลเลอร์ซับแคริเออร์ ประมาณ 4.3 MHz.

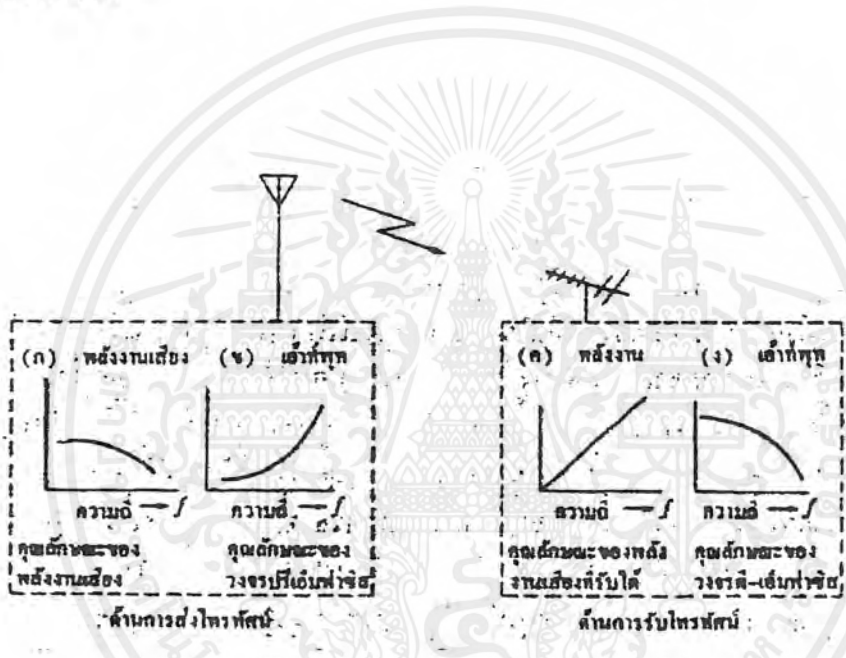


รูป 2.11 แสดงรูปร่างของสัญญาณภาพที่อยู่ในลักษณะ ไซด์แบนด์ของสัญญาณภาพแบบเนกะทีฟ แอมป์ ลิจูดมอดูเลชัน โดยขนาดของสัญญาณที่มีค่าสูงจะทำให้เกิดภาพมืดและขนาดของสัญญาณที่มีค่าน้อย จะทำให้เกิดภาพสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การส่งสัญญาณโทรทัศน์ทางด้านเสียง

สัญญาณเสียงของโทรทัศน์ที่นำออกอากาศ จะใช้ระบบพรีแอมป์ (Pre-emphasis) หรืออิมโฟซิส (De-emphasis) เพียง 50 ไมโครวินาที การใช้อิมโฟซิส ทางด้านการส่งโดยการยกระดับพลังงานเสียงที่มีความถี่สูงๆซึ่งไม่มีความเป็นธรรมชาติ และอิมโฟซิส ทางด้านการรับจะช่วยทำให้คุณลักษณะของเสียงที่เครื่องรับโทรทัศน์รับฟังได้ดี และช่วยลดการรบกวนจากสัญญาณเสียงจากนอยส์ (Noise) ได้เป็นอย่างดี



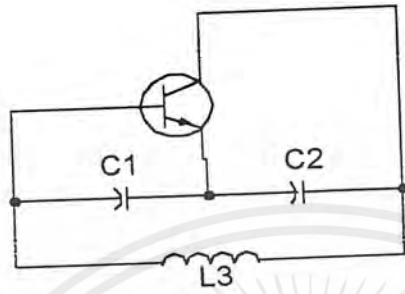
รูป 2.12 แสดงการส่งสัญญาณโทรทัศน์ด้านเสียงที่ใช้วงจร พรี – อิมโฟซิสทางด้านการส่งและอิมโฟซิส – อิมโฟซิสทางด้านการรับโทรทัศน์

2.7 วงจรผลิตความถี่ (Oscillator circuit) สำหรับเครื่องส่งโทรท

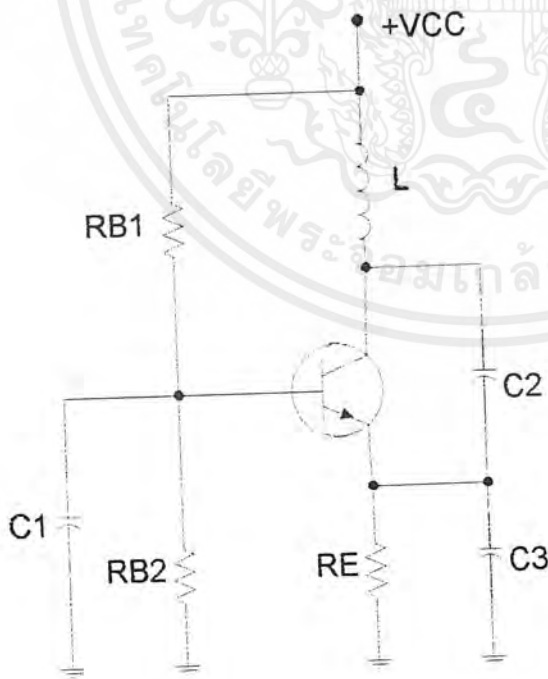
วงจรออสซิลเลเตอร์เป็นวงจรขายนั่นเอง แต่แตกต่างที่วงจรออสซิลเลเตอร์ประกอบด้วยวงจรป้อนกลับสัญญาณจากเอาต์พุตไปยังอินพุต ซึ่งสามารถกำเนิดสัญญาณเอาต์พุตออกมาได้โดยไม่ต้องมีสัญญาณป้อนเข้ามาที่อินพุต วงจรออสซิลเลเตอร์ที่นิยมใช้กันมากได้แก่ วงจร RF ออสซิลเลเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยอินดักเตอร์ (L) และ คาปาซิเตอร์ (C) ในการผลิตสัญญาณรูปขายนี่ที่ความถี่เรโซแนนท์ออกที่เอาพุต วงจรออสซิลเลเตอร์จะให้กำเนิดสัญญาณต่อเนื่องแบบเดียวกันซ้ำๆกัน เช่น คลื่นรูปขายนี่ที่มีการแปรผันของแอมพลิจูดซึ่งจะใช้วงจร LC เมื่อมีการป้อนกระแสไฟเข้าไปในวงจร วงจรออสซิลเลเตอร์แบบเชื่อมต่อกันสามจุดของทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของวงจรออสซิลเลเตอร์ที่วงจรป้อนกลับประกอบด้วยอุปกรณ์สามตัว โดยทั่วไปจะเรียกว่าวงจรออสซิลเลเตอร์แบบเชื่อมต่อกันสามจุดยกตัวอย่างเช่น วงจรแบบคอลพิทท์ (Colpitts)



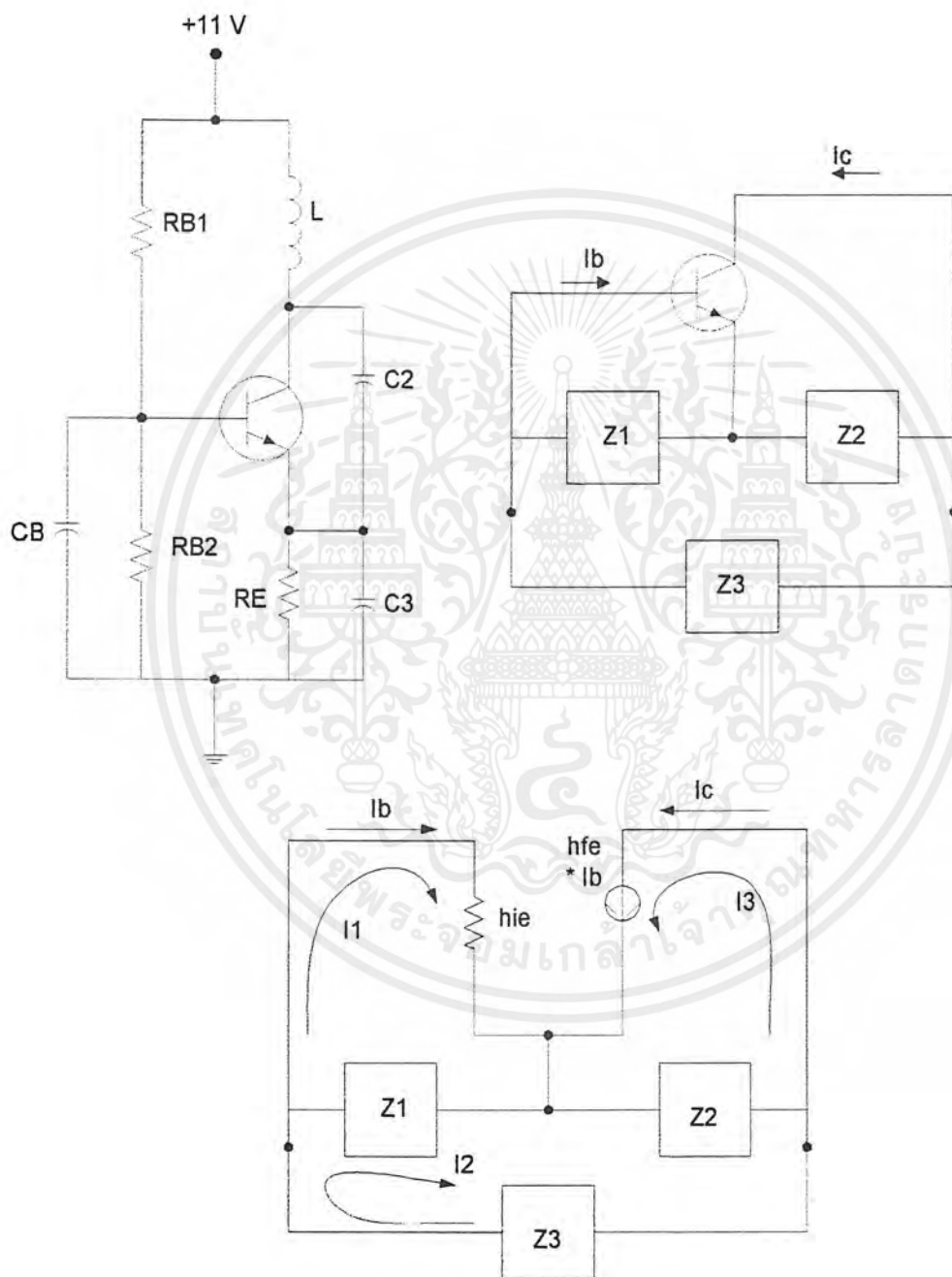
รูป 2.13 แสดงวงจรเบื้องต้นของคอลพิทท์ทรานซิสเตอร์



รูป 2.14 แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์ แบบคอลพิทท์แบบเบสร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการออกแบบวงจรคอลลีทที่ออสซิลเลเตอร์และการคำนวณ



วิเคราะห์ห้รูป I1 และ I2

$$(h_{fe} + Z_1)i_1 - Z_1i_2 = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$-Z_1 i_1 + (Z_1 + Z_2 + Z_3) i_2 + Z_2 i_3 = 0$$

$$\text{แต่ } i_1 = i_b \text{ } i_1 \text{ และ } i_3 = i_c = h_{fe} i_b$$

$$\therefore (h_{fe} + Z_1) i_b - Z_1 i_2 = 0$$

$$(h_{fe} Z_2 - Z_1) i_b + (Z_1 + Z_2 + Z_3) i_2 = 0$$

สมการจะหาคำตอบได้เมื่อ $i_b \neq 0$ และ $i_2 \neq 0$

ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์ดีเทอร์มิแนนต์ ($\Delta = 0$)

$$\begin{aligned} \Delta &= (h_{fe} + Z_1)(Z_1 + Z_2 + Z_3) + Z_1(h_{fe} Z_2 - Z_1) \\ &= h_{fe}(Z_1 + Z_2 + Z_3) + Z_1\{Z_2(1 + h_{fe}) + Z_3\} = 0 \end{aligned}$$

เมื่อ Z_1, Z_2, Z_3 เป็นรีแอกแตนซ์ แล้ว jX_1, jX_2, jX_3 จะมีค่าเป็น

$$j h_{fe}(X_1 + X_2 + X_3) - X_1 X_2(1 + h_{fe}) - X_1 X_3 = 0$$

และจากจำนวนจินตภาพได้ว่า $X_1 + X_2 + X_3 = 0$ ----- สมการที่(1)

จากจำนวนจริง $X_2(1 + h_{fe}) + X_3 = 0$ ----- สมการที่(2)

$$X_2 = \frac{-X_3}{(1 + h_{fe})} \text{----- สมการที่(3)}$$

จากสมการนี้จะเห็นว่า X_2, X_3 เป็นรีแอกแตนซ์ต่างชนิดกัน

แทน สมการที่ (3) ลงในสมการที่ (1) ได้

$$X_1 = \frac{-X_3 h_{fe}}{1 + h_{fe}}$$

$\therefore X_1$ เป็นรีแอกแตนซ์ต่างชนิดกับ X_3

จากสมการที่ (2) และ (3) ได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$h_{fc} = \frac{X_1}{X_2}$$

สรุป

1. X_1, X_2 เป็นรีแอกแตนซ์คนละชนิดกับ X_3
2. ค่ารีแอกแตนซ์ต่างๆควรจะ $|X_2| < |X_3|, |X_1| < |X_3|$
3. $h_{fc} = \frac{X_1}{X_2}$

พิจารณาจาก $X_1 + X_2 + X_3 = 0$ เทียบกับวงจรข้างต้น

$$\frac{1}{j\omega c_1} + \frac{1}{j\omega c_2} + j\omega L_3 = 0$$

$$\frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} - \omega^2 L_3 = 0$$

$$(2\pi f)^2 = \frac{c_1 + c_2}{L_3 c_1 c_2}$$

$$2\pi f = \sqrt{\frac{c_1 + c_2}{L_3 c_1 c_2}}$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c_1 + c_2}{L_3 c_1 c_2}} \text{ Hz}$$

แต่เมื่อรวมทริเมอร์ C ที่ปรับค่าได้มาพิจารณาแล้วได้ว่า

$$\frac{1}{j\omega c_1} + \frac{1}{j\omega c_2} + (j\omega L_3 \parallel \frac{1}{j\omega c}) = 0$$

$$\frac{1}{j\omega c_1} + \frac{1}{j\omega c_2} + \frac{L_3}{j\omega L_3 + \frac{1}{j\omega c}} = 0$$

$$\frac{1}{j\omega c_1} + \frac{1}{j\omega c_2} + \frac{j\omega L_3}{-\omega^2 L_3 c + 1} = 0$$

เอา $j\omega$ คูณตลอด

$$\frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} + \frac{-\omega^2 L_3}{-\omega^2 L_3 c + 1} = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{c_1 + c_2}{c_1 c_2} = \frac{\omega^2 L_3}{-\omega^2 L_3 c + 1}$$

$$\frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2} = \frac{-\omega^2 L_3 c + 1}{\omega^2 L_3}$$

$$\frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2} + c = \frac{1}{\omega^2 L_3}$$

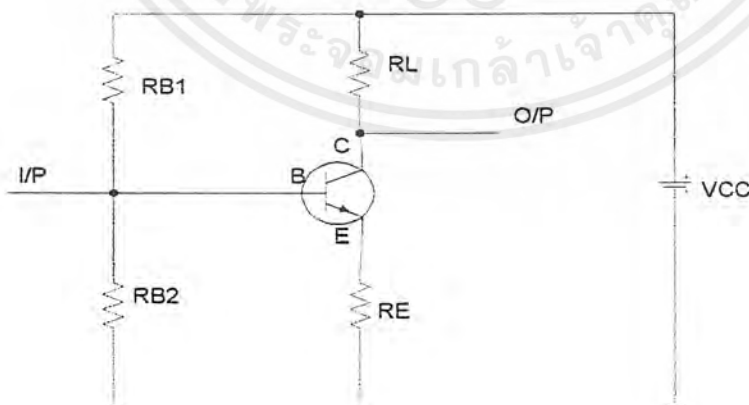
$$\omega = \sqrt{\frac{1}{L_3 \left(\frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2} + c \right)}}$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L_3 \left(\frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2} + c \right)}} \text{ Hz}$$

2.8 วงจรขยายสัญญาณ

2.8.1 แอมพลิฟายเออร์แบบ common – emitter

เป็นวงจรแอมพลิฟายเออร์ที่ขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์มีทั้งวงจรอินพุตและวงจรเอาต์พุต ซึ่งมีการต่อตัวต้านทาน 2 ตัว โดยที่ขาอิมิตเตอร์และต่อที่ขาเบสต่อ ไปยังกราวด์ ตัวต้านทานนี้ทำให้แอมพลิฟายเออร์มีความไวต่อค่า น้อยลง และมีความไวต่ออุณหภูมิลดลง ตัวต้านทานที่เพิ่มเข้าไป ทำให้แรงดันตกคร่อมมีค่าเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2.15 แสดงแรงดันตกคร่อมต่างๆในแอมพลิฟายเออร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 การคำนวณวงจร

1. คำนวณแรงดันตกคร่อม R_{B2} หรือ V_B ตัวต้านทานเบสสองตัว แบ่งแรงดันจากแหล่งจ่าย V_{CC} คำนวณสมการแบ่งแรงดัน คือ

$$V_B = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} * V_{CC}$$

2. คำนวณหา V_E จาก $V_E = V_B - 0.7$ (สำหรับซิลิกอนทรานซิสเตอร์)

3. คำนวณกระแสอิมิตเตอร์โดยใช้กฎของโอห์ม

$$I_E = \frac{V_E}{R_E}$$

4. สมมติว่ากระแสคอลเลคเตอร์เท่ากับกระแสอิมิตเตอร์ $I_C = I_E$

5. คำนวณแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน โหลด โดยใช้กฎของเคอร์ชอฟดังนี้

$$V_{RL} = I_C * R_L$$

6. คำนวณแรงดันที่ตกคร่อมคอลเลคเตอร์ – อิมิตเตอร์ โดยใช้กฎของเคอร์ชอฟ

$$V_{CE} = V_{CC} - V_{RL} - V_E$$

เนื่องจากแรงดันคอลเลคเตอร์ – อิมิตเตอร์มีค่าใกล้เคียงกับครึ่งหนึ่งของซัพพลายโวลต์ที่เตงดังนั้น เราสามารถสันนิษฐานได้ว่าวงจรนี้เป็นแอมพลิฟายเออร์แบบเชิงเส้นที่ดี วงจรนี้จะทำงานได้ดีด้วยค่า β ที่เหมาะสมและจะเสถียรตลอดช่วงกว้างๆของอุณหภูมิ

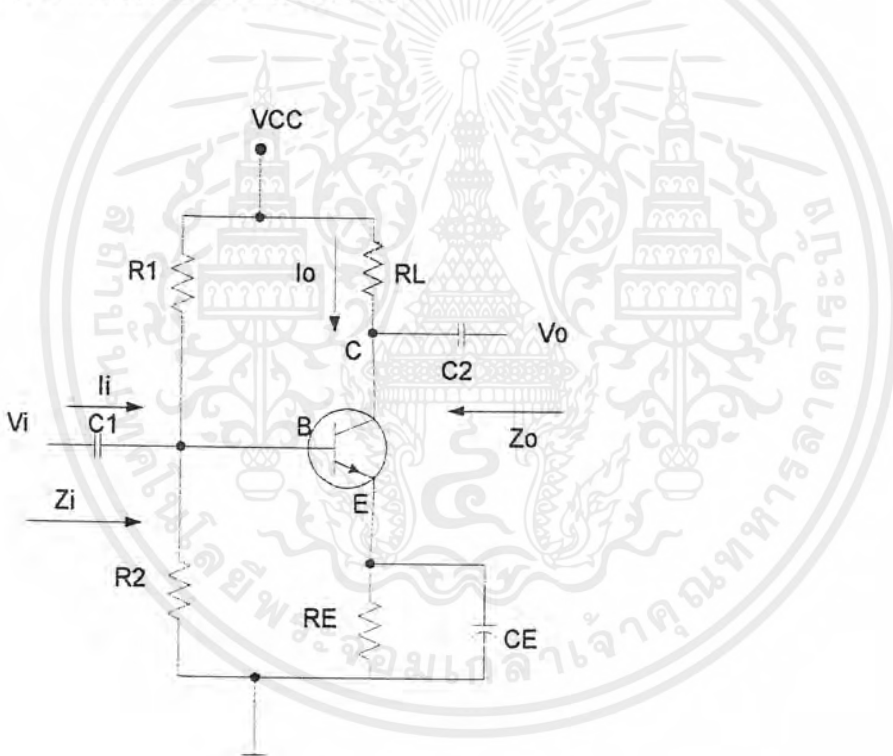
บางครั้งอัตราขยายที่มีค่าสูงๆเป็นที่ต้องการ ดังนั้นเราสามารถปรับปรุงอัตราขยายได้ โดยการเพิ่มตัวเก็บประจุสำหรับการบายพาสที่อิมิตเตอร์ โดยตัวเก็บประจุนี้มีค่ารีแอคแตนซ์ต่ำที่ความถี่ทำงาน และทำให้เกิดการลัดวงจรสำหรับสัญญาณ ac จะไม่ไหลผ่าน R_E กระแสในทิศทางตรงข้ามจะมีค่าน้อยที่สุดเนื่องจาก R_E ถูกบายพาสดังนั้นอัตราขยายแรงดันขึ้นอยู่กับ R_L และ r_e ดังนั้นอัตราขยายแรงดันจะเพิ่มขึ้นโดยการต่อตัวเก็บประจุเข้าไป ค่าอัตราขยายที่เพิ่มขึ้นนี้มีข้อเสียและตัวเก็บประจุที่ใช้นี้อาจจะมีความเกี่ยวข้องกับเรื่องราคา ตัวเก็บประจุจำเป็นต้องมีค่ารีแอคแตนซ์ต่ำที่ความถี่สัญญาณต่ำสุด ถ้าแอมพลิฟายเออร์ใช้งานที่ความถี่ต่ำ ตัวเก็บประจุอาจจะมีขนาดใหญ่และโดยปกติเราเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกค่า reactance ที่มีค่าเป็น 1 ใน 10 ของตัวต้านทานอิมิตอร์ สมการของ capacitive reactance เราสามารถใช้เลือกตัวเก็บประจุสำหรับการบายพาสได้ดังนี้

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C}$$

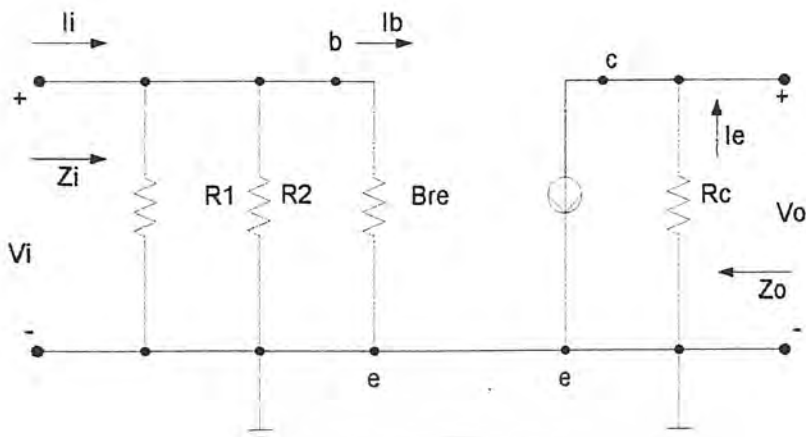
ตัวเก็บประจุนี้มีขนาดใหญ่ ดังนั้นเราจึงใช้ตัวเก็บประจุแบบอิเล็กโทรไลติกสำหรับการบายพาสในออดิโอแอมพลิฟายเออร์ ค่าแรงดันสามารถที่จะมีค่าต่ำมากๆได้เนื่องจากค่าแรงดัน dc ที่อิมิตอร์ในวงจรมีค่า 0.61 V แต่อย่างไรก็ตามตัวเก็บประจื่อยังคงมีความเกี่ยวข้องกับราคาและขนาด

2.8.3 วงจรขยายที่มีการไบอัสแบบแรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 2.16 แสดงวงจรที่มีการไบอัสแบบแบ่งแรงดันไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 แสดงแบบจำลองวงจรขยายที่มีการไบอัสแบบแบ่งแรงดันไฟฟ้า

เมื่อกำหนดให้ V_{CC} เป็นศูนย์ ทำให้ปลายด้านหนึ่งของ R_1 และ R_2 ต่ออยู่กับกราวด์ ส่วน R_1 กับ R_2 ต่อขนานกัน จากการต่อขนาน R_1 และ R_2 ทำให้ได้

$$R' = R_1 // R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

จากรูป 2.17

$$Z_i = R' // \beta r_e$$

Z_o :

$$Z_o = R_c$$

$$V_o = -I_o R_c = -\beta I_b R_c$$

A_v :

$$= -\beta \left(\frac{V_i}{\beta r_e} \right) R_c$$

$$= -\frac{R_c}{r_e} V_i$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_c}{r_e}$$

A_i : เมื่อนำกฎการแบ่งกระแสไฟฟ้ามาพิจารณาที่ด้านอินพุทในรูป 2.17

$$I_b = \frac{R' I_i}{R' + \beta r_e}$$

$$\frac{I_b}{I_i} = \frac{R'}{R' + \beta r_e}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับค่านเอาพุทของวงจร

$$I_o = \beta I_b$$

$$\frac{I_o}{I_b} = \beta$$

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} = \frac{I_o I_b}{I_i I_i}$$

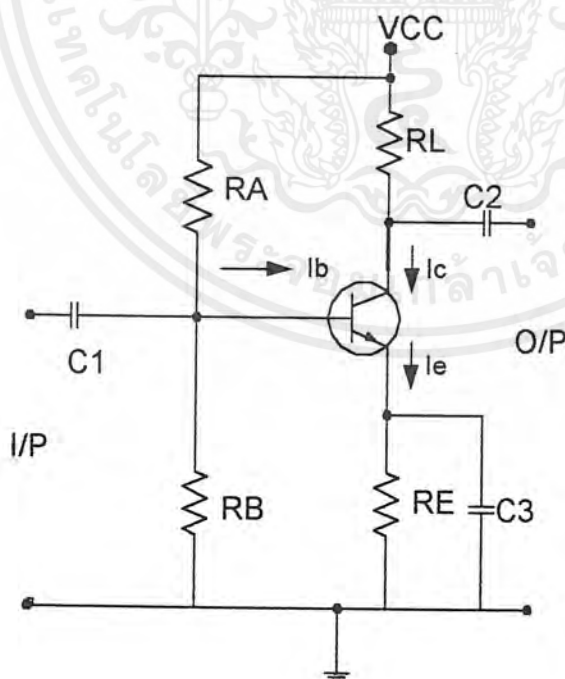
$$= \beta \frac{R'}{R' + \beta r_e}$$

$$A_i = \frac{\beta R'}{R' + \beta r_e}$$

ความสัมพันธ์ระหว่างเฟส

เครื่องหมายลบในสมการที่หา A_v แสดงว่า V_o กับ V_i มีมุมต่างเฟสกัน 180 องศา

2.8.4 การออกแบบวงจรขยายภาคเดียว



รูปที่ 2.18 แสดงวงจรขยายภาคเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรข้างบนถ้าต้องการหาค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของวงจรขยาย เช่น R_i , R_o , A_v และ A_i จะต้องใช้คณิตศาสตร์และการคำนึงถึงพารามิเตอร์อื่นๆของทรานซิสเตอร์อีกมาก จะทำให้การคำนวณหายุ่งยากขึ้นอีกมาก ในที่นี้จึงกำหนดค่าโดยประมาณ โดยสมมติว่าค่าความต้านทานอินพุต R_E มีค่าน้อยกว่าค่า R_L ประมาณมากกว่า 10 เท่าและน้อยกว่าความต้านทานเบส R_B 20 เท่า ซึ่งเมื่อใช้คณิตศาสตร์คำนวณแล้วจะได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆดังจะได้กล่าวถึงต่อไป

ความต้านทานอินพุต

เมื่อพิจารณาที่อินพุตจะเห็นว่าค่าความต้านทาน R_B ขนานอยู่กับความต้านทานอินพุตที่เบสของทรานซิสเตอร์ แต่เนื่องจากมีตัวต้านทาน R_E จึงสมมติว่าที่เบสของทรานซิสเตอร์ มีค่าความต้านทานสูงกว่า R_B ผลรวมของความต้านทานอินพุตจึงใช้ค่าโดยประมาณได้ว่า $R_i \approx R_B$

ความต้านทานเอาต์พุต

ในการทำงานเดียวกับที่เอาต์พุต เมื่อค่าความต้านทาน โหลดมีค่ามากกว่าความต้านทาน R_E เกินกว่า 10 เท่า ค่าความต้านทานเอาต์พุตจะมีค่าความต้านทาน R_o นั่นเอง หรือเราได้ว่า $R_o = R_L$

อัตรขยายกระแส

อัตรขยายกระแสคือกระแสที่ไหลผ่านเข้าทางอินพุตกับกระแสเอาต์พุตที่ไหลผ่านโหลด สำหรับวงจรอัตรขยายกระแสโดยประมาณจะมีค่าโดยประมาณเท่ากับ $R_B // R_E$

อัตรขยายแรงดัน

เนื่องจากแรงดันเอาต์พุตเป็นสัญญาณไฟสลับ และเอาออกที่ขั้วคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ หรือเป็นค่าแรงดันเอาต์พุตคร่อมตัวต้านทาน โหลดเมื่อไม่คิดกระแสไฟตรงที่ไบแอส ส่วนสัญญาณอินพุตคือแรงดันคร่อมระหว่างเบสกับกราวด์ แต่เนื่องจากแรงดัน V_{BE} ของทรานซิสเตอร์มีค่าน้อย ดังนั้นสัญญาณอินพุตส่วนใหญ่คือสัญญาณคร่อมตัวต้านทาน R_E นั่นเอง และส่วนกระแสคอลเลคเตอร์ก็เกือมีเตอร์มีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงพอสรุปได้ว่าค่าอัตรขยายแรงดันมีค่าประมาณ R_L / R_E

2.8.5 ตัวอย่างการออกแบบ

สมมติว่าวงจรในรูปที่ 2.18 ใช้เป็นเครื่องขยายสัญญาณภาคเดียว โดยต้องการให้สัญญาณออกที่เครื่องขยายสูงสุด มีค่าเป็น 3 โวลต์ จากขอคคสั้นสูงสุดถึงขอคคสั้นต่ำสุด ($3V_{pp}$) นอกจากนี้สิ่งที่ต้องการสำหรับวงจรยังมีอีกคือ

ความต้านทานเอาต์พุต 2 กิโลโอห์ม

ความต้านทานอินพุต 1 กิโลโอห์ม

สัญญาณเข้า 0.3 โวลต์

ความถี่ต่ำสุดที่วงจรสามารถขยายได้ 30 เฮิรตซ์

ความถี่สูงสุดที่วงจรสามารถขยายได้ไม่เกิน 100 กิโลเฮิรตซ์

โดยมีความเพี้ยนน้อยที่สุด นั้นหมายถึงการเกิดการขับแรงดันจนถึงภาคอิมิตัวและคัทออฟนั้นเองแรงดันไฟเลี้ยงไบแอส V_{CC} เป็นเท่าใดก็ได้

ลำดับขั้นตอนการออกแบบ

หาค่าแรงดันของแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง ($+V_{CC}$) และกำหนดจุดทำงานของทรานซิสเตอร์

สัญญาณเอาต์พุตมีขนาด $3V_{p-p}$ อาจทำได้โดยการใช้ไฟเลี้ยงไบแอสเป็น 2 หรือ 3 เท่าของแรงดันสัญญาณนั่นเองคือ เรามีโอกาสเลือกแรงดันไฟเลี้ยงเป็น 6 หรือ 9 โวลต์ ถ้าใช้ 9 โวลต์โอกาสที่เพี้ยนจะน้อยกว่าจึงเลือกใช้แรงดันไฟเลี้ยง 9 โวลต์ แรงดันไบแอสที่คอลเลคเตอร์ขณะที่ขับไม่มีสัญญาณเข้าควรเป็น $V_{CC}/2$ นั่นคือ 4.5 โวลต์

หาค่าตัวต้านทาน R_L และกระแสคอลเลคเตอร์ (I_C)

R_L เป็นตัวกำหนดค่าความต้านทานเอาพุท จะเลือก $R_L = 2$ กิโลโห์ม เพื่อให้ได้จุดมุ่งหมายตามต้องการเมื่อมีแรงดันที่คอลเลคเตอร์ 4.5 โวลต์ ที่เหลืออีก 4.5 โวลต์ จะคกรวมตัวต้านทาน R_L นั่นคือจะมีแรงดัน $9 - 4.5 = 4.5$ โวลต์ จะคกรวมตัวต้านทาน R_L ดังนั้นกระแสที่ไหลผ่าน R_L คือ $I_C = 4.5 / (2 \times 10^3) = 2.25$ มิลลิแอมแปร์

หาค่าตัวต้านทาน R_E กระแส I_E และแรงดันคร่อมตัวต้านทาน (R_E)

เพื่อให้อัตราขยายแรงดันเป็น 10 เท่าเราควรเลือก R_E ให้เป็น $1/10$ ของ R_L หรือ $R_E = 2000 / 10 = 200$ โอห์ม ในการทดลองพบว่าอัตราขยายแรงดันต่ำกว่า 10 เราควรเพิ่มอัตราขยายได้โดยการลด R_E ลงเช่นเป็น 180 โอห์ม เป็นต้น

กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_E จะเท่ากับกระแสคอลเลคเตอร์ I_C คือ 2.25 มิลลิแอมแปร์รวมกับกระแสเบส สมมติว่าทรานซิสเตอร์มี $\beta = 100$ นั่นคือกระแสเบสจะมีค่า $I_C / I_B = \beta$ หรือ $I_B = 2.25 / 100$ หรือ 0.0225 มิลลิแอมแปร์ กระแสที่ไหลผ่าน R_E ทั้งหมดจึงควรเป็น $2.25 + 0.0225 = 2.2725$ มิลลิแอมแปร์ ทำให้เกิดแรงดันคร่อม R_E ประมาณ 0.4515 โวลต์ หรือประมาณ 0.45 โวลต์

การหาความต้านทานอินพุทและกระแสอินพุท

ค่าตัวต้านทาน R_B ควรประมาณเท่ากับค่าความต้านทานอินพุท คือประมาณ 1 กิโลโห์ม นั่นคือ R_B / R_E มีค่าประมาณ $1000 / 200 = 5$ ซึ่งเป็นกรณีที่ให้เสถียรภาพกับวงจรดีที่สุด แรงดันที่เบสจะสูงกว่าที่อิมิตอร์ประมาณ 0.6 โวลต์ ดังนั้นแรงดันคร่อม R_B จะมีค่าประมาณ $0.45 + 0.6 = 1.05$ โวลต์ กระแสที่ไหลผ่าน R_B จึงคำนวณได้จาก $1000 / 1.05 = 0.925$ mA

การหาค่า R_A

ค่าตัวต้านทาน R_A เป็นตัวจ่ายกระแสไบแอสให้กับเบสของทรานซิสเตอร์ ซึ่งกระแสทั้งหมดมีค่าประมาณ $0.925 + 0.226 = 0.925$ mA

การหาค่าตัวเก็บประจุเชื่อมต่อ และตัวเก็บบายพาส

ทั้งนี้ C_1 และ C_2 จะไม่เป็นตัวกีดกันความถี่สูง จึงไม่มีผลต่อความถี่ในย่าน 100 KHz. แต่จะมีผลในย่านความถี่ต่ำสุด ความถี่ต่ำสุดที่วงจรยังทำงานได้คือ 30 Hz. ดังนั้น ค่า C สามารถคำนวณหาได้จาก

$$C_1 = \frac{1}{3.2fR_B} = \frac{1}{3.2 * 30 * 1000}$$

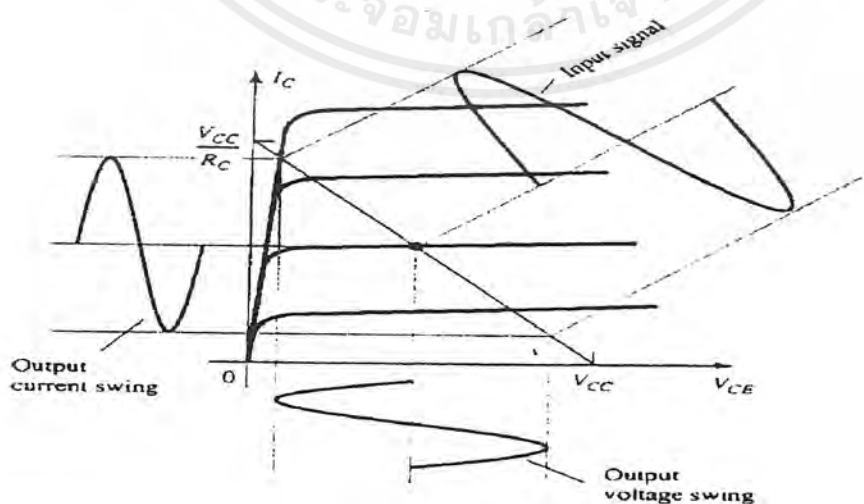
$$= 10\mu\text{F}$$

ผลของการใส่ค่า $C_1 = 10\mu\text{F}$ จะทำให้ที่ความถี่ 30 kHz. อัตราขยายแรงดันของวงจรจะลดลงจากค่าสูงสุดประมาณ 10 % (1 dB) ถ้ายอมให้อัตราขยายแรงดันตกมากกว่านี้อาจใช้ C_1 มีค่าน้อยกว่านี้ได้สำหรับ C_2 ก็หาได้เช่นกัน

2.8.6 วงจรขยายสัญญาณคลาส A

การทำงานของวงจรขยายสัญญาณคลาส A ทำงานในย่าน active region ตลอดเวลา ดังรูปที่ 2.19 เมื่อมี AC input ป้อนให้วงจร กระแส I_C โหลดเต็ม 360 องศา จึงมีความผิดเพี้ยนต่ำมาก เป็นวงจรขยายเบื้องต้นที่มีไบแอสคงที่ดีมากวงจรหนึ่งแต่ประสิทธิภาพไม่สูงนัก ในทางทฤษฎีถือว่าเป็นวงจรขยายชนิด Power Amplifier (PA) มีประสิทธิภาพ 50 % แต่ในทางปฏิบัติทำได้เพียง 25 % วงจรขยายคลาส A นิยมใช้เป็นวงจรขยายเสียง (audio voltage amplifier)

เพื่อให้ได้วงจรขยายคลาสเอจุดปฏิบัติงานซึ่งเป็นจุดที่แสดงสถานะของโหลดต้านไฟตรง ตัดกับเส้นแสดงสถานะของโหลดต้านไฟสลับตัดกัน จะอยู่ที่ประมาณจุดกึ่งกลางของเส้นแสดงสถานะของโหลดต้านไฟสลับค่ากระแสต้านสัญญาณออก I_C และค่าศักดาสัญญาณออก V_C หาได้จากเส้นแสดงสถานะของโหลดต้านไฟสลับ ขณะเดียวกันเมื่อใช้จุดปฏิบัติงานที่จุดกึ่งกลางของเส้นแสดงสถานะของเส้นโหลดต้านไฟสลับ วงจรจะใช้ขนาดของสัญญาณออกมีค่าสูงสุดทั้งด้านช่วงบวกและช่วงลบ



รูปที่ 2.19 แสดงการทำงานในลักษณะคลาสเอ (class A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 การมอดูเลตแบบ AM

เราทราบแล้วว่าสัญญาณ AM คือคลื่นพาหะที่เปลี่ยนแปลงแอมพลิจูดหรือมีแอมพลิจูดคงที่พร้อมกับความถี่ข้างเคียงด้านบนและด้านล่าง เมื่อแอมพลิจูดของความถี่ข้างเคียงรวมเข้ากับคลื่นพาหะด้วยซ้ำเดียวกันแล้วส่งผลทำให้แอมพลิจูดของคลื่นพาหะสูงขึ้น แต่ถ้าความถี่ข้างเคียงที่เกิดมีการหักล้างกับแอมพลิจูดของคลื่นพาหะ เนื่องจากซ้ำแต่ต่างกันแล้วแอมพลิจูดของคลื่นพาหะจะลดลง ซึ่งคลื่นพาหะที่คงที่พร้อมกับความถี่ข้างเคียง จะคิดรวมเป็นกลุ่มเดียวได้ซึ่งจะทำให้เทียบเท่ากับรูปคลื่น AM

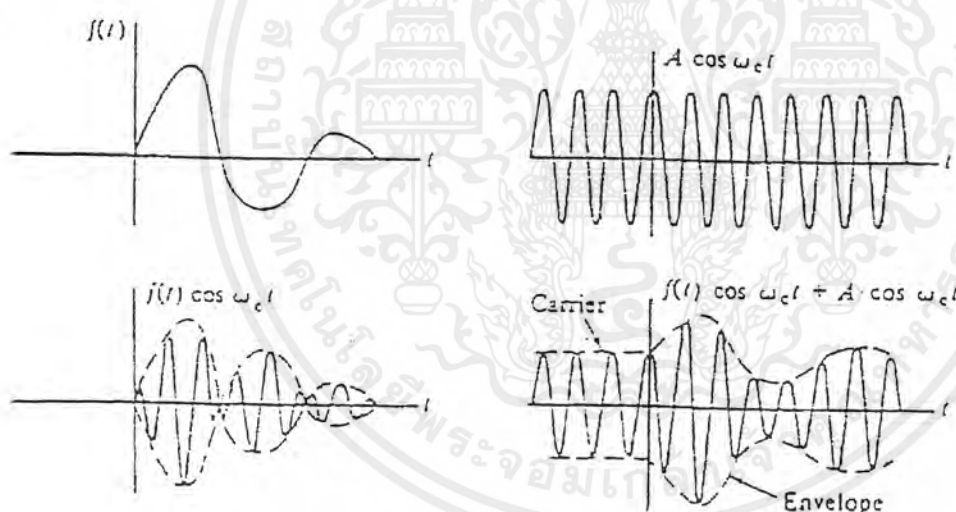
2.9.1 Amplitude Modulation แบบ DSB – LC

ให้ $A \cos \omega_c t$ เป็นคลื่นพาหะที่มีความถี่ ω_c แอมพลิจูดมีขนาด A

$f(t) \cos \omega_c t$ เป็นสัญญาณ AM DSB – SC

สัญญาณ AM แบบ DSB – LC ($\phi_{AM}(t)$) ก็คือการบวกค่า 2 สัญญาณที่กำหนดข้างต้นซึ่งได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\phi_{AM}(t) &= \text{ให้ } A \cos \omega_c t + f(t) \cos \omega_c t \\ &= [A + f(t)] \cos \omega_c t\end{aligned}$$

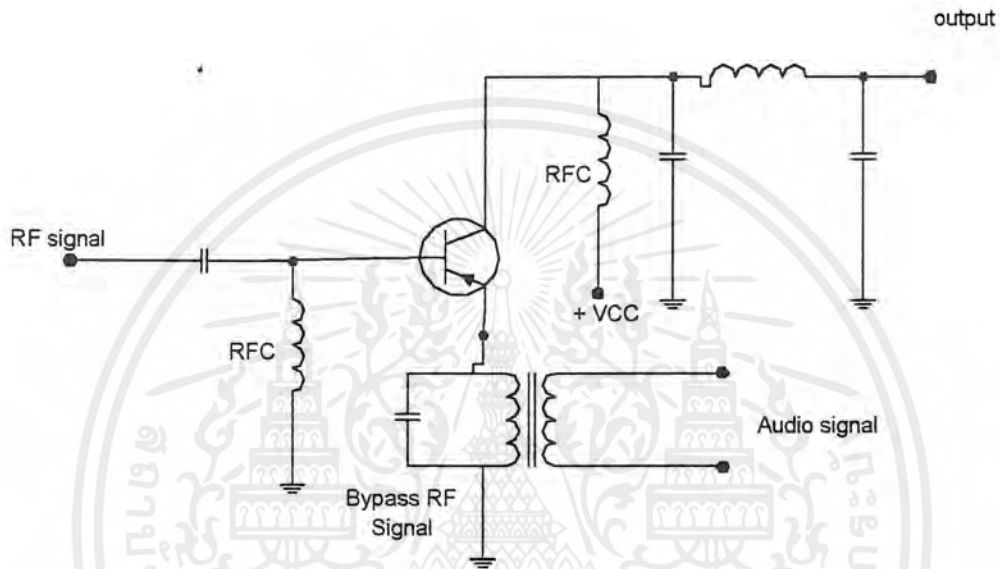


รูปที่ 2.20 แสดงสัญญาณในลักษณะต่างๆรวมทั้งสัญญาณ AM แบบ DSB – LC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 วงจรอิมิตอร์มอดูเลชัน

การมอดูเลชันสัญญาณจะเกิดขึ้นที่อิมิตอร์ของสัญญาณดังวงจรรูปที่ 2.21 จากรูปจะเห็นได้ว่าสัญญาณอินพุตที่เป็นสัญญาณความถี่วิทยุจะป้อนเข้ามาที่ขาเบส ดังนั้นกระแสอิมิตอร์จึงเปลี่ยนแปลงเป็นสัญญาณความถี่วิทยุ แต่เมื่อเราทำการป้อนสัญญาณความถี่เสียงเข้าทางด้านอิมิตอร์ส่วนสัญญาณเสียงที่อิมิตอร์จะเป็นตัวจำกัดค่าสูงสุดของกระแสอิมิตอร์



รูปที่ 2.21 แสดงวงจรอิมิตอร์มอดูเลชัน

2.10 การมอดูเลตแบบ FM

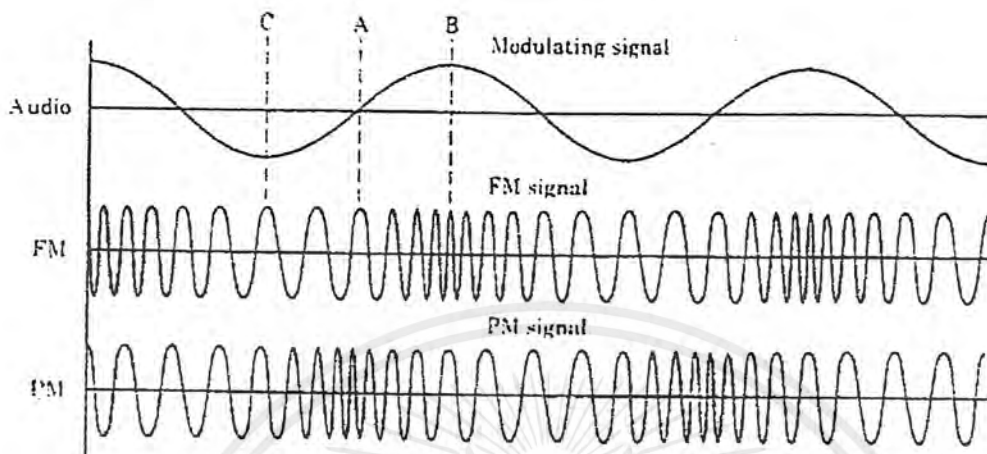
ในการมอดูเลตสัญญาณเสียงนั้น นิยมใช้การมอดูเลตแบบ FM (Frequency Modulation) โดยคุณภาพของเสียงในระบบ FM ก็ดีกว่าคุณภาพของเสียงในระบบ AM เนื่องจาก FM มีการปรับปรุงคุณลักษณะในการกำจัด noise ได้ดีกว่า เนื่องจาก noise ต่างๆที่สอดแทรกเข้ามา จะมีผลต่อสัญญาณ RF ทาง amplitude จึงทำให้ noise เหล่านี้เข้าไปรวมกับสัญญาณ RF ในระบบ AM ได้ง่ายกว่า แต่ในระบบ FM นั้นสัญญาณ RF มีการเปลี่ยนแปลงทางความถี่ noise จึงมีผลต่อสัญญาณน้อยกว่า และที่เครื่องรับของระบบ FM มีวงจร Limiter เพื่อทำหน้าที่ตัด amplitude ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากอันเป็นผลมาจาก noise

2.10.1 ทฤษฎี Frequency Modulation

FM (Frequency Modulation) เป็นรูปแบบการมอดูเลตสัญญาณแบบหนึ่งของ Angular Modulation ในระบบ Angular Modulation ทั้งความถี่และเฟสของ carrier จะแปรเปลี่ยนไปตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณ modulation signal (หรือสัญญาณที่เข้ามา mod.) แต่ในระบบ FM ความถี่ของ carrier จะเบี่ยงเบนไปตาม amplitude ของ modulating signal ดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 แสดงสัญญาณการมอดูเลตแบบ FM

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเบี่ยงเบนทางความถี่ (Frequency deviation) กับความถี่ของ modulating signal ถูกกำหนดให้เป็นค่า modulating index (m) โดย

$$m = \frac{\text{frequency_deviation}}{\text{modulating_frequency}}$$

ดังนั้น
$$A = \sum_{-n}^n J_n^2(m)$$

สมมติว่า n มีค่าเท่ากับ m แล้วแทนค่าลงในสมการข้างบนจะได้

$$A = 2(J_1 + J_2 + J_3 + \dots + J_n)$$

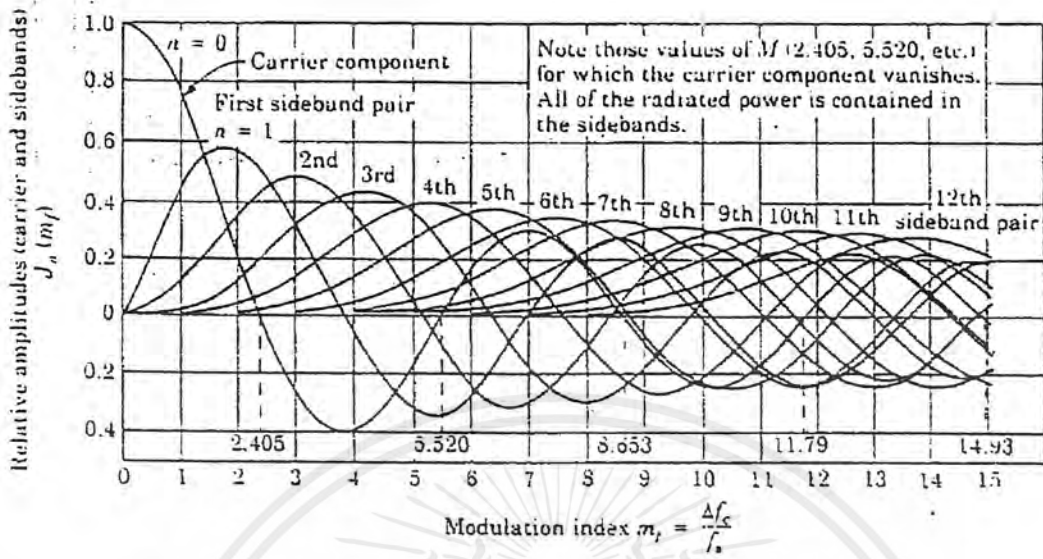
จากการคำนวณจะได้ $A = 0.95$ ซึ่งก็คือภายในไซด์แบนด์ ที่กว้างเท่ากับ 2 เท่าของค่าเบี่ยงเบนทางความถี่นี้ 95 % ของพลังงานทั้งหมดจะถูส่งออกไป

ในกรณีที่ modulating signal เป็นคลื่นรูปสี่เหลี่ยม และยังคงใช้แถบความถี่กว้างเท่าเดิม พลังงานที่ถูกส่งออกไปจะลดลงเหลือเพียง 80% เท่านั้น แต่ถ้าพิจารณาเพิ่มไซด์แบนด์เข้าไปอีกหนึ่งคู่ คือให้ส่งออกไปถึงคู่ที่ m+1 พลังงานจะเพิ่มขึ้นเป็น 93 % ฉะนั้นในการหาความกว้างของแถบความถี่ จึงมักพิจารณาถึงคู่ที่ m+1 หรือให้ $n = m+1$ ดังนั้น bandwidth ของระบบจึงมีค่า

$$BW = 2(m + 1) f_m$$

โดย f_m คือความถี่ของ modulating signal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของไซด์แบนด์ กับ modulation index

แอมพลิจูดและเฟสของแครี่เรียร์ (J_0) รวมทั้งไซด์แบนด์ ($J_1 - J_n$) สามารถแสดงให้เห็นในรูปของสมการคณิตศาสตร์ Bessel function ดังนั้น

สมการ Bessel Function แสดงได้ดังนี้

$$E(t) = A [J_0(m) \sin(\omega_c t) + [J_1 \sin(\omega_c + \omega_m) t] - [J_1(m) \sin(\omega_c - \omega_m) t] + [J_2(m) \sin(\omega_c + 2\omega_m) t] + [J_2(m) \sin(\omega_c - 2\omega_m) t] + [J_3(m) \sin(\omega_c + 3\omega_m) t] - [J_3(m) \sin(\omega_c - 3\omega_m) t] + [J_n(m) \sin(\omega_c + n\omega_m) t] \dots]$$

เมื่อ

A = The unmodulated carrier amplifier constant

J_0 = The modulated carrier amplitude

$J_1, J_2, J_3 \dots J_n$ are the amplitudes of the n^{th} order sidebands

M = The modulation index, $\omega_c = 2\pi f_c$ (The carrier frequency)

$\omega_m = 2\pi f_m$ (The modulating frequency)

สมการ Bessel Function จะแสดงให้เห็นแอมพลิจูด ($J_0 - J_1$) ในรูปของความถี่ในรูปแบบที่ 2.24 แสดงให้เห็นกราฟของสมการ Bessel Function ของแครี่เรียร์และ 8 คู่แรกของไซด์แบนด์ซึ่งแปรผันตามค่า modulation index

ในการพิจารณาเลือกจำนวนไซด์แบนด์ว่าควรจะใช้คู่ลำดับที่เท่าไร จึงจะเหมาะสมนั้นมีวิธีการดังนี้สมมติให้ modulating signal เป็นคลื่นรูป sine ที่ความถี่หนึ่ง เมื่อทำการมอดูเลตกับแครี่เรียร์แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FM แล้วได้ไซด์แบนด์จำนวนหนึ่งที่มีพลังงานสูงถึงลำดับที่ n และเมื่อนำพลังงานรวมของส่วนนี้ไปเปรียบเทียบกับพลังงานรวมทั้งหมดเป็นอัตราส่วน A จะได้ว่า

$$A = \frac{\sum_{-n}^n J_n^2(m)}{\sum_{-\infty}^{\infty} J_n^2(m)}$$

แต่สมการของ Bessel Function ได้ว่า

$$\sum_{-\infty}^{\infty} J_n^2(m) = 1$$

ซึ่งหมายความว่าพลังงานทั้งหมดเป็น 100%

รีแอกแตนซ์มอดูเลเตอร์

หน้าที่หลักของวงจรรีแอกแตนซ์มอดูเลเตอร์ก็คือ ไบแอส FET หรือ ทรานซิสเตอร์เป็นตัวทำหน้าที่เป็นรีแอกแตนซ์ ในวงจรเทกซ์ของออสซิลเลเตอร์ ฉะนั้นเมื่อป้อนสัญญาณเสียงมอดูเลท ค่ารีแอกแตนซ์จะแปรเปลี่ยนไปทำให้ความถี่ของออสซิลเลเตอร์เปลี่ยนแปลง

วงจรรีแอกแตนซ์มอดูเลเตอร์ ในรูปที่ 2.25 ใช้ C_1 และ R_1 ต่อคร่อมวงจรเทกซ์ของออสซิลเลเตอร์ค่ารีแอกแตนซ์ของ C_1 มีค่าประมาณ 6 เท่าของ R_1 ฉะนั้นเมื่อมองการต่อ R_1 กับ C_1 จึงเสมือนเป็นความจุล้วนๆ ฉะนั้นสัญญาณที่ป้อนแก่เกตของ Q_1 จะมีเฟสหน้าหน้า 90 องศาเทียบกับแรงดันออสซิลเลเตอร์ด้วยเช่นกัน ดังนั้นวงจรโดยรวมจึงปรากฏเป็นความจุต่อขานวงจรเทกซ์ของออสซิลเลเตอร์

เนื่องจากวงจร FET ทำหน้าที่เสมือนตัวเก็บประจุ จึงสามารถควบคุมความถี่ออสซิลเลเตอร์ได้ ถ้าสัญญาณเสียงเป็นศูนย์ ค่าความจุจะอยู่ความถี่กลาง ถ้าสัญญาณเสียงเป็นบวก กระแสจะเพิ่มและค่าความจุเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้ความถี่ออสซิลเลเตอร์ต่ำลง ในทำนองเดียวกันเมื่อสัญญาณเสียงเป็นลบกระแส FET จะลดและความจุจะลดลงตามด้วย ความถี่ของออสซิลเลเตอร์จึงเพิ่มขึ้น

เราสามารถใช้ทรานซิสเตอร์หรือหลอดสูญญากาศแทน FET เป็นวงจรรีแอกแตนซ์ได้ นอกจากนี้เราสามารถไบแอสให้วงจรโดยรวมเสมือนเป็นความเหนี่ยวนำได้โดยการสลับตำแหน่ง C_1, R_1

2.11 แหล่งจ่ายไฟ

แหล่งจ่ายไฟ (power supply) ที่ใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีทั้งแหล่งจ่ายไฟสลับและแหล่งจ่ายไฟตรง ซึ่งในเรื่องของแหล่งจ่ายไฟนี้ ยังมีการแบ่งเป็นแหล่งจ่ายไฟตรงแบบลิเนียร์ (linear power supply) และแหล่งจ่ายไฟสวิตซิ่ง (switching power supply)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งจ่ายไฟแบบลิเนียร์

ส่วนประกอบหลักๆของแหล่งจ่ายไฟแบบลิเนียร์มีดังนี้

1. หม้อแปลงลดแรงดัน 220 โวลท์
2. ส่วนเรกติไฟเออร์ (rectifier)
3. ส่วนกรองแรงดัน (filter)
4. ส่วนควบคุมแรงดันคงที่ (regulator)
5. ส่วนป้องกัน

สำหรับการทำงานของแหล่งจ่ายไฟตรงสามารถอธิบายได้ดังนี้ หม้อแปลงจะทำหน้าที่ลดแรงดันไฟฟ้าบ้านจาก 220 VAC ให้เหลือตามที่ต้องการ แรงดันไฟสลับทางขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงจะถูกป้อนเข้าวงจรเรกติไฟเออร์ เพื่อเปลี่ยนไฟสลับให้เป็นไฟตรง ซึ่งอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่หลักในส่วนนี้คือ ไดโอดเรกติไฟเออร์ หลังจากนั้นจะผ่านเข้าวงจรกรองแรงดันเพื่อให้ได้ไฟตรงที่มีความราบเรียบมากขึ้น โดยใช้ตัวเก็บประจุเป็นอุปกรณ์หลัก จากไฟตรงที่ยังมีค่าไม่แน่นอนนักจะถูกป้อนเข้าวงจรเรกูเลเตอร์เพื่อควบคุมให้ได้แรงดันไฟตรงเอาต์พุตที่คงที่มากขึ้น ในส่วนเรกูเลเตอร์เพื่อควบคุมให้ได้แรงดันไฟตรงเอาต์พุตที่คงที่มากขึ้นในส่วนเรกูเลเตอร์มักใช้ซีเนอร์ไดโอดหรือไอซีเรกูเลเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่หลักในการควบคุมแรงดัน

นอกจากนั้นในแหล่งจ่ายไฟที่มีประสิทธิภาพสูงๆ จะมีวงจรควบคุมกระแสเอาต์พุตด้วย กล่าวคือเมื่อใดที่โหลดดึงกระแสมากจะทำให้แรงดันเอาต์พุตลดลง วงจรนี้จะตรวจจับได้และส่งสัญญาณไปควบคุมให้ส่วนเรกูเลเตอร์ทำงานเพิ่มขึ้น เพื่อป้องกันมิให้แรงดันเอาต์พุตตกลง นอกจากนั้นยังสามารถเพิ่มกระแสทางเอาต์พุตได้ด้วยการต่อทรานซิสเตอร์กำลัง ส่วนสุดท้ายคือส่วนป้องกันซึ่งมีหลายแบบ เช่น ป้องกันเอาต์พุตลัดวงจร ป้องกัน โหลดดึงกระแสมากเกินไปและป้องกันการต่อผิดขั้ว

วงจรเรกติไฟ์ร์และกรองแรงดัน : ตัวอย่างวงจรและการคำนวณ

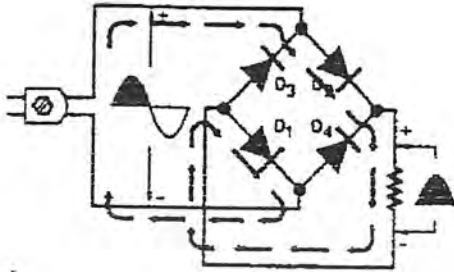
ตัวอย่างวงจรเรกติไฟ์ร์มี 3 แบบคือ แบบครึ่งคลื่น (half wave) , แบบเต็มคลื่น (full wave) และแบบบริดจ์ (bridge)

ในการเรกติไฟ์ร์แบบเต็มคลื่นต้องใช้หม้อแปลงที่มีแท่ปกลาง ทำให้กระแสของหม้อแปลงถูกแบ่งครึ่งส่งผลให้ความสามารถในการจ่ายกระแสของหม้อแปลงลดลง จึงได้มีการคิดใช้วิธีการเรกติไฟ์ร์เต็มคลื่นอีกแบบหนึ่งคือบริดจ์ ในการเรกติไฟ์ร์แบบนี้จะให้ผลทางเอาต์พุตเหมือนกับการเรกติไฟ์ร์แบบเต็มคลื่นทุกประการ แต่หม้อแปลงที่ใช้ในการลดแรงดัน ไม่ต้องมีแท่ปกลาง และใช้ไดโอดเพิ่มอีก 2 ตัว ดังวงจรในรูปที่ 2.27

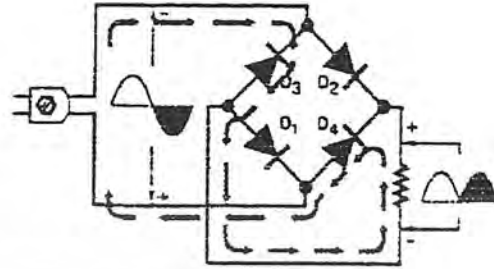
ในซีกบวกของไฟสลับ จุด A จะมีขั้วเป็นบวก จุด B มีขั้วเป็นลบทำให้ไดโอด D_1 และ D_2 ทำงานจะเกิดกระแสไฟฟ้าซึ่งไหลผ่านไปยังโหลด R_L เกิดแรงดันตกคร่อมโหลด R_L ต่อเมื่อไฟสลับในซีกลบเข้ามาจุด A จะกลับขั้วเป็นขั้วลบ จุด B เป็นขั้วบวก ทำให้ไดโอด D_3 และ D_4 สลับมาทำงานบ้างเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสไฟฟ้าไหลผ่านโหลด R_L และเกิดแรงดันตกคร่อมโหลด R_L เหมือนกับในซีกบวกจึงได้แรงดันเอาต์พุตออกมาทั้งสองซีกของไฟสลับ



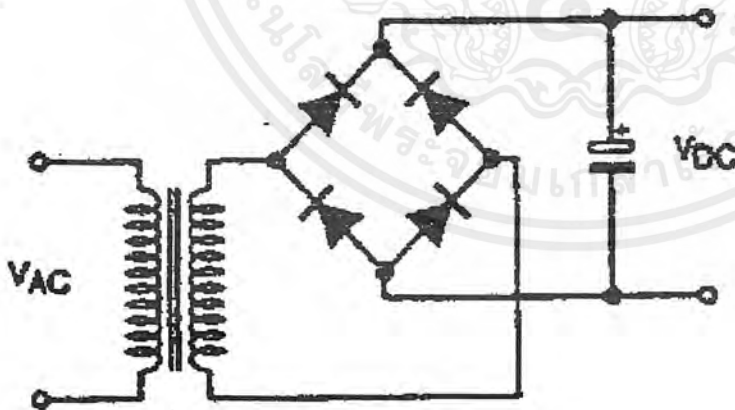
ในซีกบวก
ไดโอด D_1 และ D_2 ใ้รับ
ไบแอสตรง จึงทำงาน เกิดกระแสไหลผ่าน
แล้วเกิดเป็นแรงดันตกคร่อม R_L



ในซีกลบ
ไดโอด D_3 และ D_4 ใ้รับ
ไบแอสตรง จึงทำงาน เกิดกระแสไหลผ่าน
แล้วเกิดเป็นแรงดันตกคร่อม R_L

รูปที่ 2.24 แสดงวงจรเรกติไฟร์แบบบริดจ์

จากรูปที่ 2.24 จะเห็นว่าเอาต์พุตของวงจรเรกติไฟร์จะเป็นพัลส์ไฟตรง ซึ่งไม่มีความราบเรียบและแรงดันยังไม่คงที่เท่าที่ควร จึงต้องมีการต่ออุปกรณ์เพื่อทำหน้าที่กรองแรงดันให้ราบเรียบอย่างง่ายที่สุดคือตัวเก็บประจุค่าสูงๆคร่อมที่เอาต์พุต จะทำให้สัญญาณเอาต์พุตออกมาเรียบขึ้นดังวงจรในรูปที่ 2.25

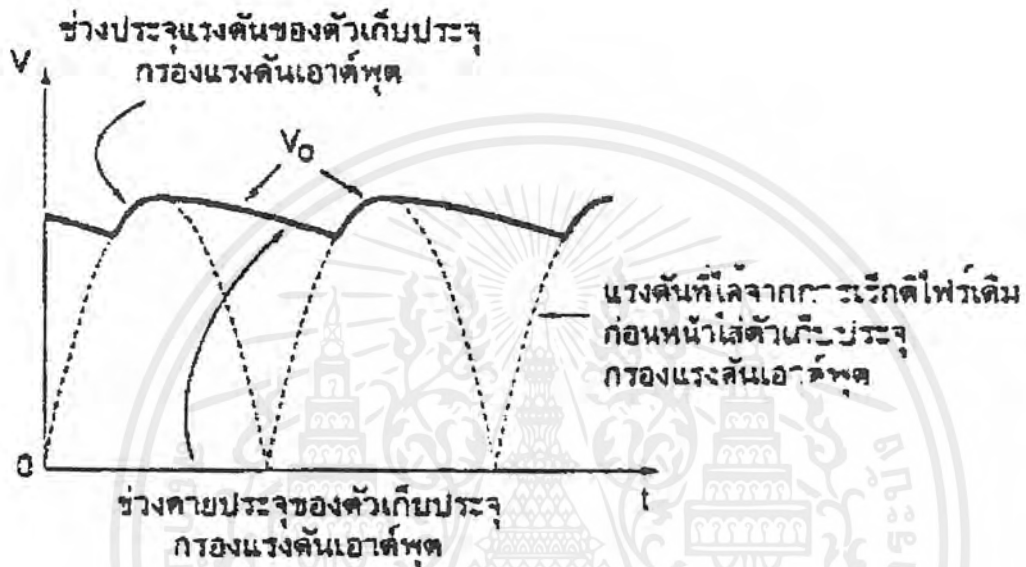


รูปที่ 2.25 แสดงการต่อตัวเก็บประจุที่เอาต์พุตเพื่อกรองแรงดันให้เรียบขึ้น

ตัวเก็บประจุจะช่วยกรองแรงดันได้ด้วยคุณสมบัติของตัวเก็บประจุที่สามารถเก็บและคายประจุไฟฟ้าได้ เมื่อวงจรเรกติไฟร์ได้พัลส์ไฟตรงมา ในช่วงขาขึ้นของแรงดันตัวเก็บประจุจะเริ่มเก็บประจุแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คืน และเมื่อแรงดันอินพุตจากวงจรเรกติไฟร์เริ่มลดลง ตัวเก็บประจุก็จะทำการคายประจุออกมาอย่างช้า ๆ จนเมื่อแรงดันจากการเรกติไฟร์ในอีกซีกหนึ่งของไฟสลับเข้ามา ตัวเก็บประจุก็จะกลับมาประจุแรงดันไว้อีกครั้งหนึ่ง ช่วงเวลาของการคายประจุออกจะช้ากว่าช่วงเวลาที่เราแรงดันซีกใหม่จากการเรกติไฟร์เข้ามาประจุแรงคืน ทำให้แรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุซึ่งก็คือแรงดันเอาต์พุตที่มีความเรียบเป็นเส้นตรงมากขึ้นดังในรูปที่ 2.26

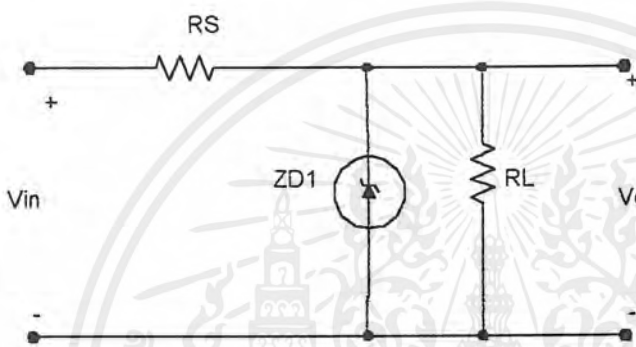


รูปที่ 2.26 แสดงลักษณะการกรองแรงคืนของตัวเก็บประจุ

นอกจากตัวเก็บประจุเดี่ยวๆแล้วยังสามารถเพิ่มตัวเหนี่ยวนำและตัวต้านทานช่วยในการกรองแรงคืนให้เรียบขึ้น เมื่อต่อตัวเหนี่ยวนำเข้าไป ค่าความเหนี่ยวนำของตัวเหนี่ยวนำจะสร้างอิมพีแดนซ์ค่าสูงด้านส่วนประกอบกระแสสลับของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไดโอด ในขณะที่เดียวกันตัวเหนี่ยวนำก็ยอมให้ส่วนประกอบของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไดโอดผ่านออกไปได้ ทำให้แรงดันเอาต์พุตมีความเรียบมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการใช้ตัวเหนี่ยวนำเพื่อกรองแรงคืนเพียงอย่างเดียวยังไม่สามารถทำให้ริปเปิล (Ripple) หรือระลอกคลื่นบนแรงดันไฟตรงหมดไปได้ นอกจากนี้การใช้ตัวเหนี่ยวนำเพียงอย่างเดียวในการกรองแรงคืนยังทำให้แรงดันเอาต์พุตที่ได้มีค่าลดลง จึงต้องต่อตัวเก็บประจุเพิ่มเข้าไปด้วย เพื่อช่วยให้แรงดันเอาต์พุตมีความราบเรียบเพิ่มมากขึ้นและมีค่าแรงดันไฟตรงสูงขึ้นด้วย

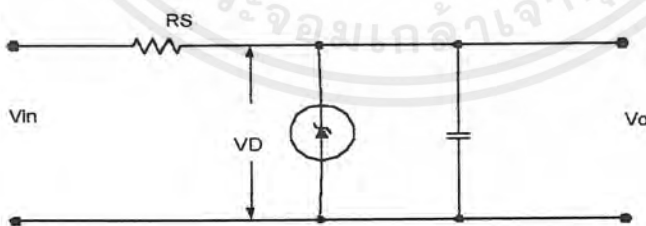
อย่างไรก็ตามการใช้ตัวเหนี่ยวนำก็มีความยุ่งยากไม่น้อยในการสร้างตัวเหนี่ยวนำขึ้นมาใช้งาน จึงมีการใช้ตัวต้านทานนำมาต่อแทนตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งก็พอใช้งานได้แต่ไม่เหมาะใช้งานที่ๆมีกระแสสูงๆ เพราะจะเกิดความร้อนสะสมจำนวนมากที่ตัวต้านทานอาจทำให้ตัวต้านทานไหม้เสียหายได้

ส่วนในรูป 2.37 เป็นวงจรเรกูเลเตอร์แบบขนาน ซึ่งยังคงใช้ซีเนอร์ไดโอดเป็นตัวกำหนดแรงดันเอาต์พุตอยู่ โดยมีตัวต้านทาน R_s ทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวซีเนอร์ไดโอดไม่ให้มากเกินไป ปกติซีเนอร์ไดโอดต้องการกระแสเพียง 5 มิลลิแอมป์ก็จะเริ่มทำงาน



รูปที่ 2.27 แสดงวงจรเรกูเลเตอร์แบบใช้ซีเนอร์ไดโอด

สรุปวงจรและการคำนวณวงจรเรกูเลเตอร์แบบใช้ซีเนอร์ไดโอด



รูปที่ 2.28 แสดงวงจรเรกูเลเตอร์แบบใช้ซีเนอร์ไดโอด

ในกรณีกระแสไหลคงที่ / แรงดันอินพุตเปลี่ยนแปลง

$$R_s = \frac{V_{in(min)} - V_D}{1.1 I_L}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังสูญเสียในซีเนอร์

$$P_D = \left(\frac{V_{in(max)} - V_D}{R_S} - I_L \right) V_D$$

ในกรณีที่กระแสโหลดเปลี่ยนแปลง / แรงดันอินพุตคงที่

$$R_S = \frac{V_{in} - V_D}{1.1 I_{L(max)}}$$

$$P_D = \left[\left(\frac{V_{in} - V_D}{R_S} \right) - I_{L(min)} \right] V_D$$

ในกรณีที่กระแสโหลดเปลี่ยนแปลง / แรงดันอินพุตเปลี่ยนแปลง

$$R_S = \frac{V_{in(min)} - V_D}{1.1 I_{L(max)}}$$

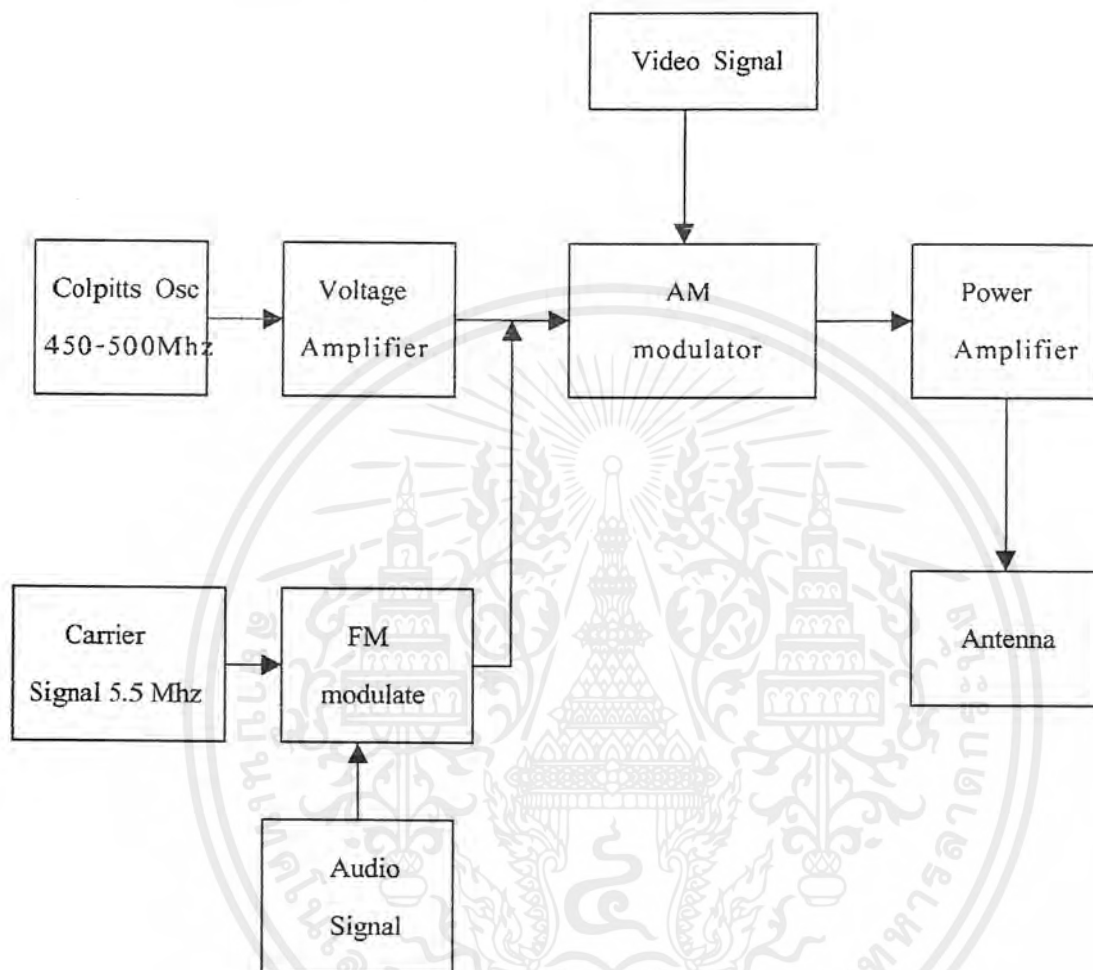
$$P_D = \left[\left(\frac{V_{in(min)} - V_D}{R_S} \right) - I_{L(min)} \right] V_D$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วงจรและการทำงานของวงจรเครื่องส่งสัญญาณ

3.1 การทำงานของบล็อกไดอะแกรม



รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องส่งสัญญาณวิทยุไอรีสาย

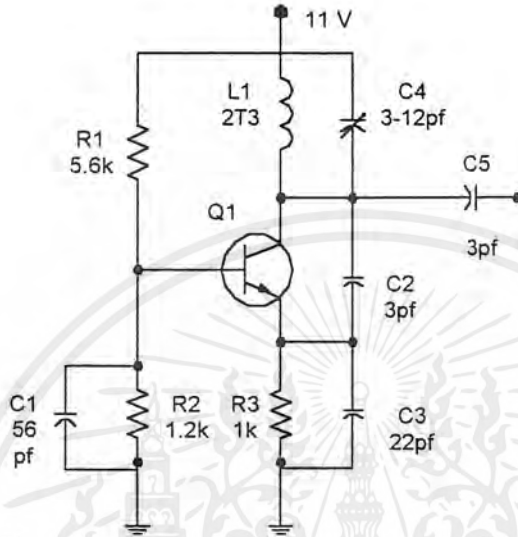
การทำงานของเครื่องส่งสัญญาณวิทยุไอรีสายจะเริ่มจากการมอดูเลตสัญญาณเสียง (Audio Signal) โดยการมอดูเลตแบบเอฟ.เอ็ม กับ Carrier 5.5 MHz. โดยมีการเบี่ยงเบนความถี่ของ Carrier ประมาณ 50 KHz. จากนั้นนำ Carrier ภาพที่ผลิตได้จากวงจรคอลลิทท์ออสซิลเลเตอร์ ประมาณ 450 – 550 MHz. ที่ผ่านวงจรขยายแรงดันไฟฟ้า มารวมกับคลื่นเอฟ.เอ็ม. แล้วจึงนำสัญญาณดังกล่าวมามอดูเลตแบบเอ.เอ็ม. กับสัญญาณภาพ (Video Signal) แล้วขยายกำลังส่งด้วยวงจรขยายกำลังแบบคลาสเอ จนสัญญาณเอาต์พุตมีกำลังประมาณ 2 – 3 มิลลิวัตต์ จึงส่งผ่านเสาอากาศที่มีอิมพีแดนซ์ 50 โอห์ม ซึ่งสามารถส่งออกอากาศในระยะทางประมาณ 50 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทำงานของวงจร

3.2.1 ภาคกำเนิดความถี่

ทำหน้าที่ผลิตความถี่ที่ใช้เป็นความถี่คลื่นพาห้ของสัญญาณภาพโทรทัศน์และถือว่าเป็นความถี่หลักของเครื่องส่งวีดีโอ (Main Carrier)



รูปที่ 3.2 แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ผลิตความถี่ย่านยู.เอช.เอฟ.

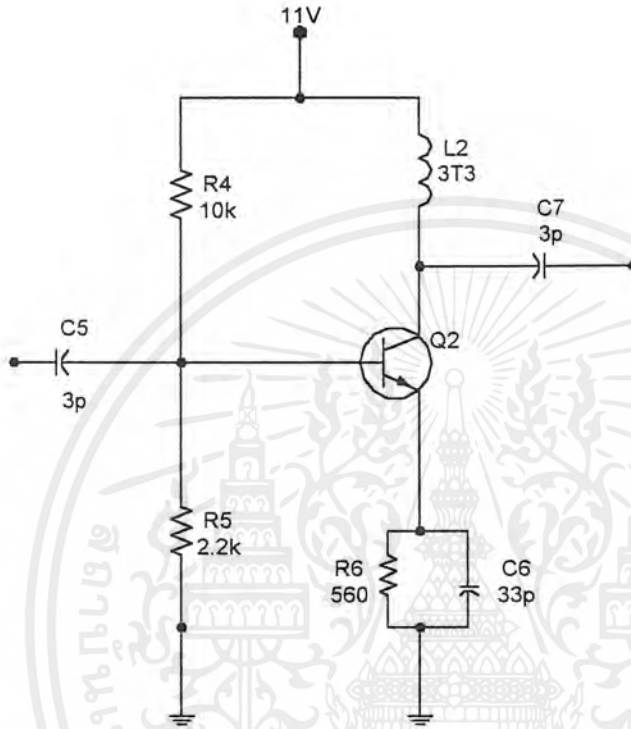
การทำงานของวงจรออสซิลเลเตอร์จะผลิตความถี่ในย่านยู.เอช.เอฟ. (ความถี่ประมาณ 450 – 550 MHz) มีขดลวด L_1 กับทริเมอร์ C_4 ประกอบเป็นวงจรจูนทางด้าน output เพื่อสร้างความถี่ของคลื่นพาห้ โดยมี R_1, R_2, R_3 เป็นวงจรไบอัสให้กับ Q_1 และ C_1 ทำหน้าที่บายพาสความถี่สูงที่ขาเบส และ C_2 กับ C_3 เป็นตัวแบ่งแรงดันกำหนดอัตราส่วนของสัญญาณที่จะทำการป้อนกลับจากคอลเลคเตอร์มายังอิมิตเตอร์ ดังนั้น C_3 จึงไม่ใช่ตัวเก็บประจุบายพาสเหมือนของวงจรทั่วไป

จากทฤษฎีในหัวข้อ ความถี่ที่ออสซิลเลทได้สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L_3 \left(\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} + C \right)}}$$

เมื่อแทนค่า $C_1 = 22 \text{ pf}$, $C_2 = 3 \text{ pf}$, $C = 3 - 12 \text{ pf}$, $L = 0.01248 \text{ uH}$ แล้วทำการคำนวณตามสมการได้ความถี่ที่ผลิตออกมาประมาณ 375 – 600 MHz. ซึ่งใกล้เคียงกับผลที่ต้องการ

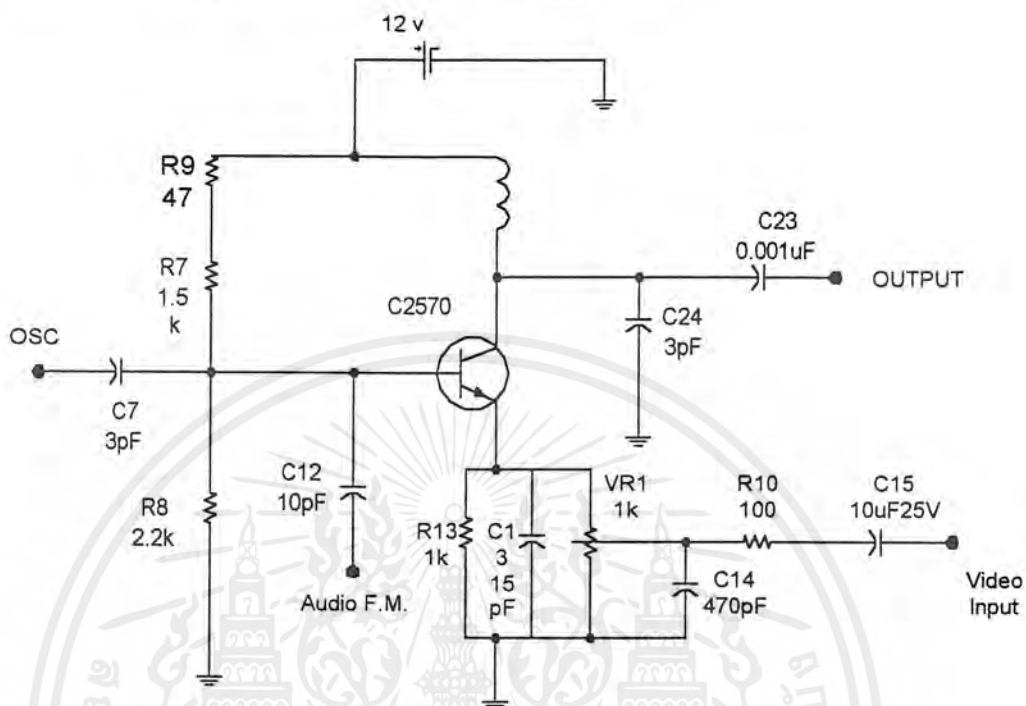
3.2.2 ภาควงจรขยายสัญญาณแบบแบ่งแรงดัน



รูปที่ 3.3 แสดงรูปวงจขยายสัญญาณแบบแบ่งแรงดัน

วงจขยายสัญญาณ จะขยายสัญญาณที่มาจากวงจรกำเนิดความถี่ให้มีความแรงขึ้นมาเพียงพอที่จะนำไปขับวงจขยายกำลังได้ โดยการทำงานของวงจรเริ่มจาก R_4 และ R_5 ทำหน้าที่เป็นความต้านทานไบอัสที่ขอมิตเตอร์ โดยมี C_5 ทำหน้าที่เป็นบายพาสความถี่สูงกรวด ส่วน L_2 จะเป็น RF Choke ซึ่งเป็นตัวป้องกันสัญญาณจากเอาต์พุตที่ขาคอลเลคเตอร์ไม่ให้เข้าไปปนกับไฟเลี้ยงของวงจร

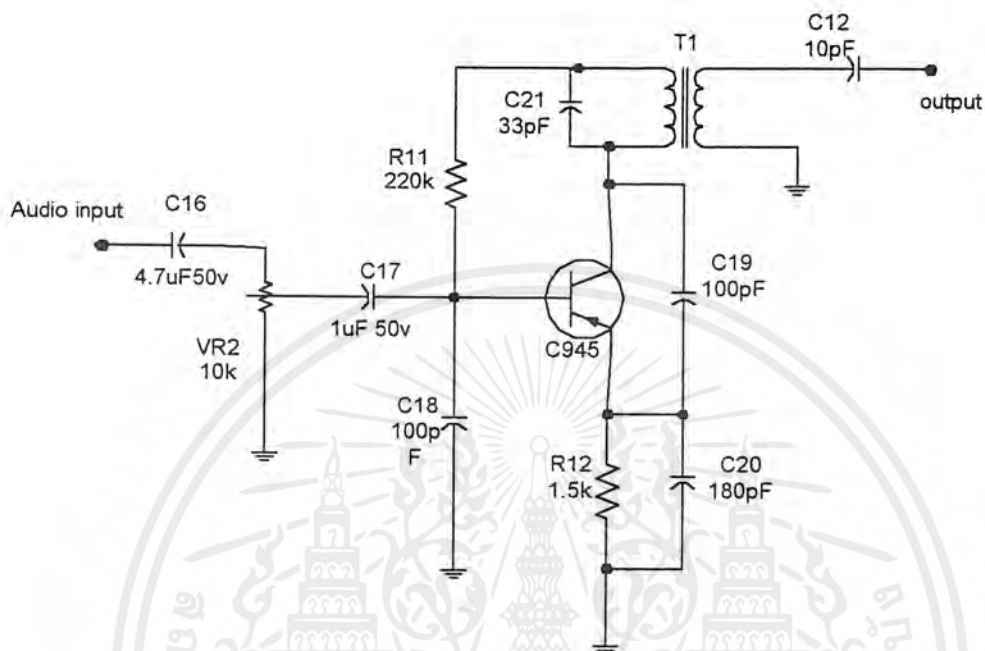
3.2.3 ภาควงจรมอดูเลทสัญญาณเสียงแบบ FM ที่ความถี่ 5.5 MHz



รูปที่ 3.4 แสดงวงจรมอดูเลทสัญญาณ FM ที่ความถี่ 5.5 MHz

การมอดูเลทสัญญาณเสียงที่ความถี่ 5.5 MHz. ใช้หลักการของคุณสมบัติทรานซิสเตอร์ โดยระหว่างขาเบสกับขาอิมิตเตอร์จะมีตัวเก็บประจุที่เปลี่ยนค่าได้ตามระดับแรงดันที่เข้ามาทางขาเบส เมื่อสัญญาณเสียงมีระดับแรงดันไฟฟ้าสูงค่า C ดังกล่าวจะมีค่าลดลง ทำให้เกิดการอสซิลเลทความถี่ได้สูงขึ้นแต่ในกรณีที่สัญญาณเสียงมีระดับแรงดันไฟฟ้าต่ำค่า C จะเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการอสซิลเลทความถี่ได้ต่ำลง จึงเป็นผลให้สัญญาณ Audio signal เปลี่ยนไปเป็นสัญญาณ FM และในขณะเดียวกันก็ทำหน้าที่เป็นวงจรรอสซิลเลเตอร์ที่กำเนิดความถี่ที่ 5.5 MHz. ซึ่งทำการเลื่อนความถี่ FM ของเสียงให้ห่างจากจุดศูนย์กลาง 5.5 MHz. ซึ่งที่ความถี่ 5.5 MHz. นี้จะถูกกำหนดโดย T_1 และ C_{21} .

3.2.4 ภาควงจร Amplitude Modulator และวงจรถอ Power Amplifier



รูปที่ 3.5 แสดงวงจรถอแอมพลิฟายเออร์ที่ใช้งานจริง

สัญญาณคลื่นพาห์ภาพ 450 – 550 MHz. จะรวมกับสัญญาณเสียง FM 5.5 MHz. ที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ เสร็จแล้วจึงทำการมอดูเลททางแอมพลิฟายเออร์กับสัญญาณภาพที่มีระดับแรงดันที่เหมาะสม โดยพิจารณาได้จาก Voltage ที่ขาอิมิตเตอร์และขาเบส เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณที่ขาอิมิตเตอร์ก็จะทำให้สัญญาณ carrier ที่ขาเบสเปลี่ยนไปด้วย ทำให้เกิดการมอดูเลทสัญญาณขึ้นที่ขาคอลเลกเตอร์ของทรานซิสเตอร์ และในส่วนคอลเลกเตอร์ถูกต่อแท็ปจากตัวเหนี่ยวนำออกสู่เสาอากาศ ซึ่งการต่อแท็ปแบบนี้จะช่วยให้การ matching มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สัญญาณ output ที่ได้จะมี power ในการส่งประมาณ 2 – 3 มิลลิวัตต์ (ระยะทางการส่งไม่เกิน 50 เมตร)

3.2.6 การทำงานของวงจรรวม

วงจรถอของเครื่องส่งวีดีโอแสดงในรูปที่ 3.2 ในส่วนของวงจรถอกำเนิดความถี่แบบ LC ชนิดกราวด์-เบสคอลพิตต์ โดยมี L_1 กับทริมเมอร์ C_4 ประกอบกันเป็นวงจรถอทางเอาต์พุต สำหรับปรับความถี่คลื่นพาห์ภาพให้ได้ตามต้องการในช่วง 450 – 550 MHz. โดยมี R_1, R_2, R_3 เป็นวงจรถอ

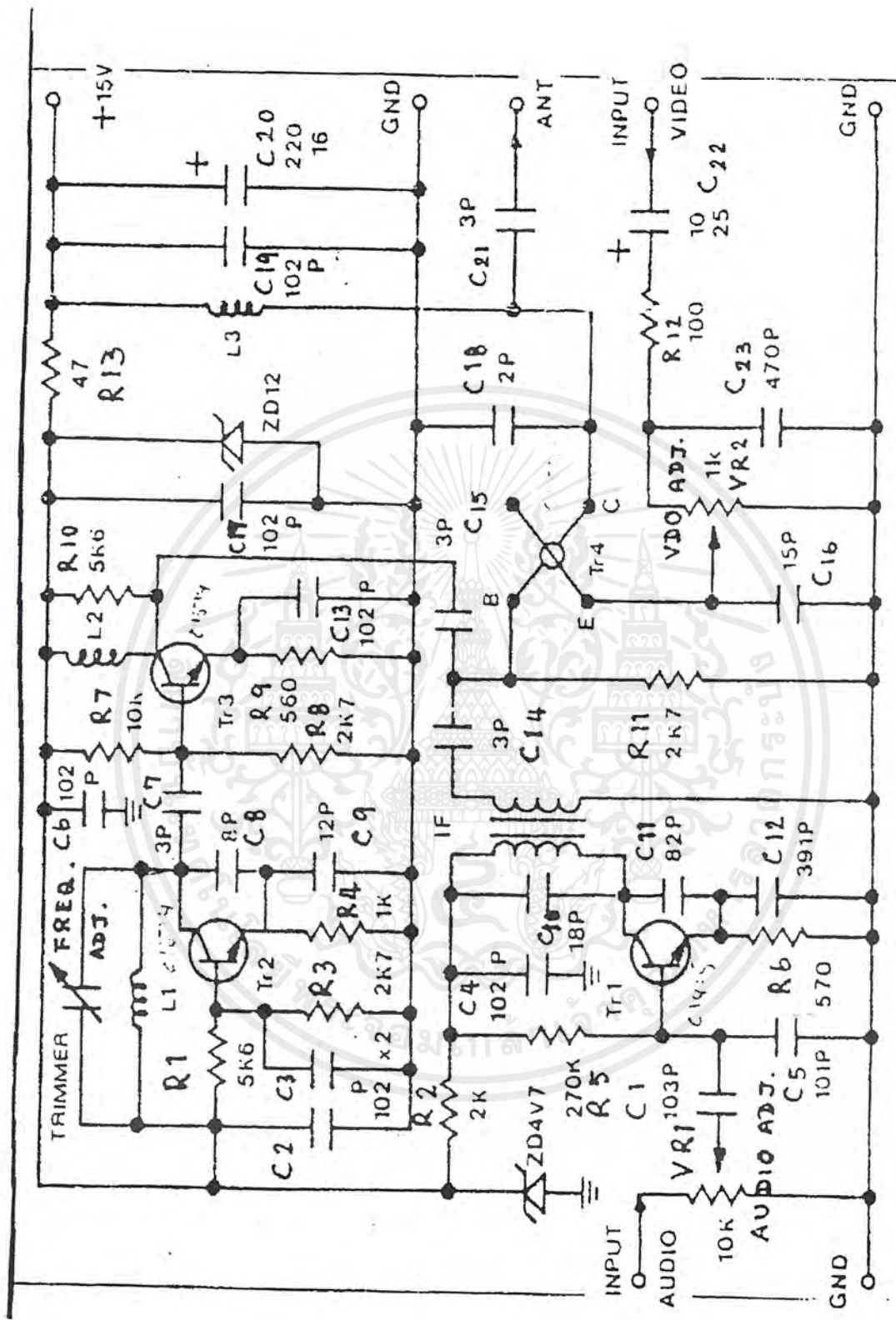
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัสให้กับ Q_1 และ C_1 ทำหน้าที่ตัดความถี่สูงที่ขาเบส C_2 กับ C_3 ต่อเป็นวงจรแบ่งแรงดันกำหนดอัตราส่วนของสัญญาณที่จะทำการป้อนกลับจากคอลเล็กเตอร์มายังอิมิตเตอร์ C_3 จึงไม่ใช่เป็นตัวเก็บประจุบายพาสสัญญาณดังเช่นกรณีทั่วไป ความถี่ที่กำเนิดได้นี้จะถูกส่งไปขยายให้มีความแรงขึ้นโดยผ่านตัวเก็บประจุคัปปลิงโดย C_5 ไปยัง Q_2 ซึ่งต่อเป็นวงจรขยายสัญญาณ R_4, R_5, R_6 เป็นวงจรจัดไบอัสให้กับ Q_2, C_6 เป็นตัวเก็บประจุบายพาสความถี่ลงกราวด์ เพื่อมิให้เกิดการสูญเสียกำลังงานที่ R_6 สำหรับ L_2 จะเป็นตัวส่งผ่านกระแสไฟฟ้าตรงเลี้ยงวงจรให้กับ Q_2 ในขณะเดียวกันก็ทำหน้าที่เป็น RF โช้ค ป้อนกันไม่ให้ความถี่เคลื่อนพาห์ภาพออกไปยังแหล่งจ่ายไฟได้ด้วย

เนื่องจากเราต้องการให้วงจรทั้งสองภาคแรกนี้ มีเสถียรภาพทางความถี่มากกว่าความต้องการทางกำลังงานเราจึงทำการเรกูเลตแหล่งจ่ายไฟที่ป้อนให้กับวงจรทั้ง 2 ภาคนี้ด้วยซีเนอร์ไดโอด Z_1 โดยมีค่า R_9 เป็นตัวจำกัดกระแสและกรองให้เรียบขึ้นด้วยตัวเก็บประจุ C_9 สัญญาณที่ผ่านการขยายแล้วจะถูกคัปปลิงผ่านตัวเก็บประจุ C_7 ไปยัง Q_4 ที่ต่อเป็นวงจรขยายกำลังและเป็นวงจรมอดูเลตแบบ AM ด้วยในขณะเดียวกัน โดยมี R_7 และ R_8 เป็นตัวแบ่งแรงดันกระแส สัญญาณเสียงที่ผ่านเข้ามายังขาเบสของ Q_4 เช่นเดียวกัน R_7 และ R_8 เป็นตัวต้านทานไบอัสให้กับ Q_4 และ L_3 ทำหน้าที่เช่นเดียวกับ L_2 และเนื่องจากที่ภาคนี้เราต้องการกำลังงานที่สูงกว่าภาคอื่นๆ แหล่งจ่ายไฟที่ป้อนให้กับภาคนี้ จึงมาจากแหล่งจ่ายไฟหลักโดยตรง ซึ่งมี C_{10} และ C_{11} เป็นตัวกรองกระแสสำหรับสัญญาณภาคที่เข้าทำการมอดูเลตกับคลื่นพาห์ภาพพร้อมกับสัญญาณเสียงแบบ AM นั้นจะถูกคัปปลิงและปรับขนาดความแรงของสัญญาณให้เหมาะสมด้วย C_{13}, C_{14}, C_{15} และ R_{10} โดยมี VR_1 เป็นตัวปรับเปอร์เซ็นต์การมอดูเลต ส่วนสัญญาณเสียงจะคัปปลิงผ่าน C_{16} และ C_{17} ไปยัง Q_3 โดยมี VR_2 เป็นตัวปรับช่วงความถี่เบียงเบน

R_{11}, R_{12} เป็นตัวต้านทานไบอัส C_{18} ทำหน้าที่ตัดความถี่สูงที่ขาเบส C_{19} และ C_{20} เป็นตัวเก็บประจุแบ่งแรงดัน เช่นเดียวกับ C_2, C_3 ต่อเป็นวงจรถัดความถี่แบบ LC กราวด์เบสและคอลพิลด์ส์ เช่นเดียวกับ Q_1 แต่จัดวงจรให้เป็น VCO (Voltage Control Oscillator) เพื่อทำการมอดูเลตสัญญาณเสียงที่เข้ามาทางอินพุทแบบ FM โดยมีความถี่กลาง 5.5 MHz. ซึ่งเป็นความถี่ผลต่างระหว่างความถี่คลื่นพาห์สัญญาณภาพกับเสียงคลื่นพาห์สัญญาณ โดยกำหนดขึ้นจากค่าของ T_1 กับ C_{21}

สัญญาณเสียงที่ผ่านการมอดูเลตแบบ FM แล้วจะถูกคัปปลิงผ่าน C_{12} ไปยังขาเบสของ Q_4 แหล่งจ่ายไฟที่ป้อนให้กับวงจรภาคนี้จะถูกเรกูเลตให้เป็น 5 โวลท์ โดยซีเนอร์ไดโอด Z_2 มี R_{13} เป็นตัวจำกัดกระแสและกรองให้เรียบไม่ให้มีสัญญาณความถี่สูงปะปนด้วย C_8 และ C_{22} สัญญาณโทรทัศน์ที่สมบูรณ์จากเอาต์พุท Q_4 จะถูกส่งแพร่กระจายออกอากาศทางสายอากาศ

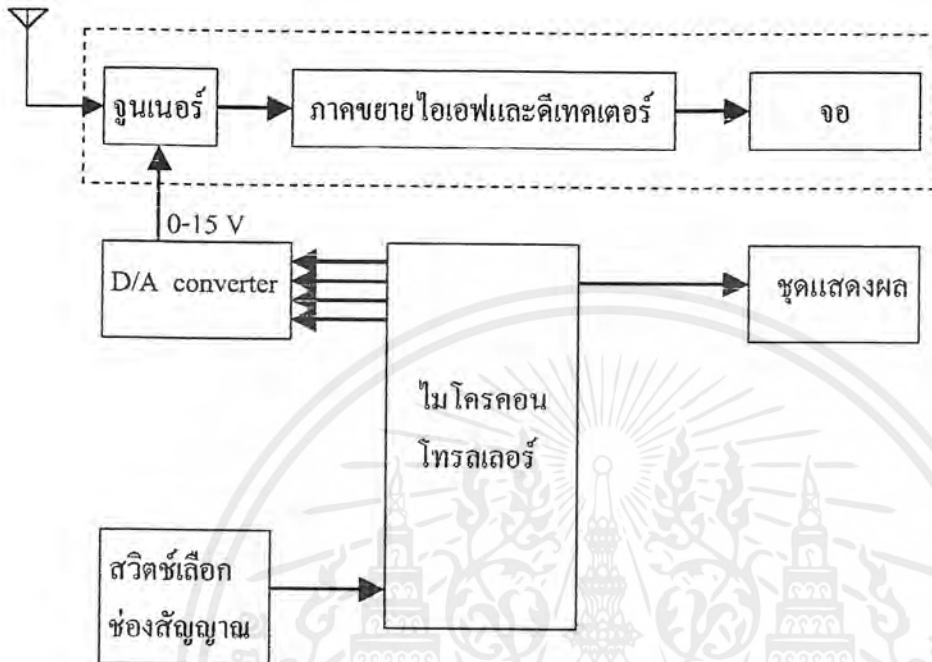


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

วงจรและการทำงานของชุดควบคุม

4.1 การทำงานของบล็อกไดอะแกรม



รูปที่ 4.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับ

การทำงานของเครื่องรับจะเริ่มจากการรับสัญญาณจากเสาอากาศแล้วส่งต่อไปยังจูนเนอร์ เพื่อที่จะรับช่องสัญญาณต่างๆที่ส่งมาจากเครื่องส่ง ซึ่งการรับสัญญาณแต่ละช่องนั้นจะถูกควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะรับคำสั่งจากสวิทช์แล้วทำการส่งข้อมูลไปที่ภาค D/A converter ซึ่งจะทำการแปลงสัญญาณดิจิทัลที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ให้เป็นแรงดันไปควบคุมจูนเนอร์ เพื่อที่จะรับช่องสัญญาณได้ถูกต้องจากนั้นก็แสดงผลที่ชุดแสดงผล เมื่อจูนเนอร์รับสัญญาณถูกต้องแล้วจะส่งสัญญาณไปที่ภาคขยายไอเอฟ ซึ่งภาคนี้จะทำการขยายสัญญาณไอเอฟที่ส่งมาจากจูนเนอร์ให้แรงขึ้นแล้วทำการแยกสัญญาณเสียงและภาพออกจากกัน แล้วทำการส่งสัญญาณออกไปที่มอนิเตอร์

4.2 การทำงานของวงจร

4.2.1 จูนเนอร์

จูนเนอร์คือการรับสัญญาณจากสถานีโทรทัศน์แล้วแปรเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณภาพ และเสียงขึ้นที่เครื่องรับโทรทัศน์ หน้าที่การทำงานของจูนเนอร์พอสรุปได้ดังนี้คือ

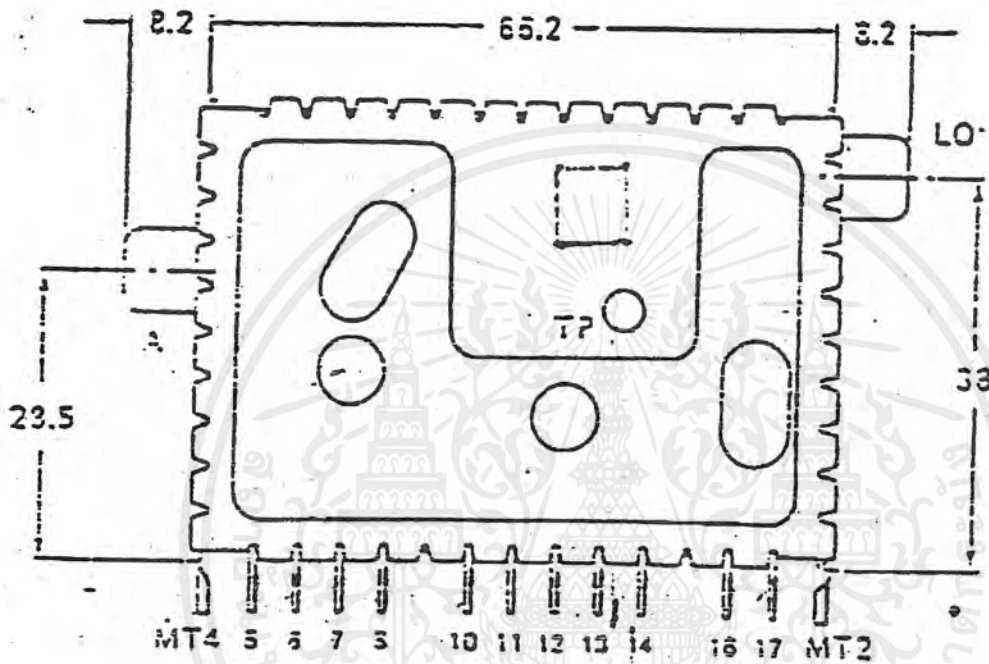
- เปลี่ยนสัญญาณจากสายอากาศ (ซึ่งจะมีขนาดตั้งแต่ 50 MHz – 1 GHz) เป็นความถี่ไอเอฟค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทำการขยายสัญญาณที่รับมาให้แรงขึ้นอยู่กับความแรงของสัญญาณที่เข้ามา
- ขจัดสัญญาณที่อยู่นอกย่านความถี่สัญญาณ โทรทัศน์และสัญญาณรบกวนต่างๆ

สำหรับจูนเนอร์ที่ใช้ก็คือ อิเล็กทรอนิกส์จูนเนอร์ จูนเนอร์แบบนี้รับความถี่ได้ทั้งย่าน UHF และ VHF ในระบบโทรทัศน์ CCIR สำหรับตำแหน่งขาและหน้าที่การทำงานของขาต่างๆ แสดงให้เห็นดังรูปที่ 4.2

1. หน้าที่การทำงานแต่ละขาของจูนเนอร์



รูปที่ 4.2 ตำแหน่งขา TUNER

- ขา 1 เป็นขาสำหรับป้อนสัญญาณอาร์เอฟจากเสาอากาศเข้าที่ขา 1 โดยตรง
- ขา 5 เป็นขาสำหรับสัญญาณเอจิจีที่ป้อนกลับมาจากภาคไอเอฟ
- ขา 6 เป็นขาสำหรับเฟอนไฟ +12 โวลต์ มาเลี้ยงที่ขานี้
- ขา 7 เป็นขาสำหรับเลือกความถี่ทางแบนด์ 1 หรือแบนด์ a หรือแบนด์ VHF ถ้ามีไฟ +11 ถึง +12 โวลต์มาป้อนที่ขานี้
- ขา 10 เป็นขาสำหรับเลือกย่านความถี่ทางแบนด์ IV หรือแบนด์ c หรือแบนด์ UHF ถ้ามีไฟ +11 ถึง +12 โวลต์มาป้อนที่ขานี้
- ขา 11 เป็นขาป้อนศักย์ไฟจูนนิ่งโวลต์เดจหรือ วิจูน หรือวิเวรี ซึ่งเป็นศักย์ไฟดิซีที่มีค่าตั้งแต่ 0 โวลต์ ถึง -24.5 โวลต์ ขณะที่กำลังค้นหาสถานีอยู่ศักย์ไฟจะเปลี่ยนแปลงจากต่ำไปสูง กลับไปมา

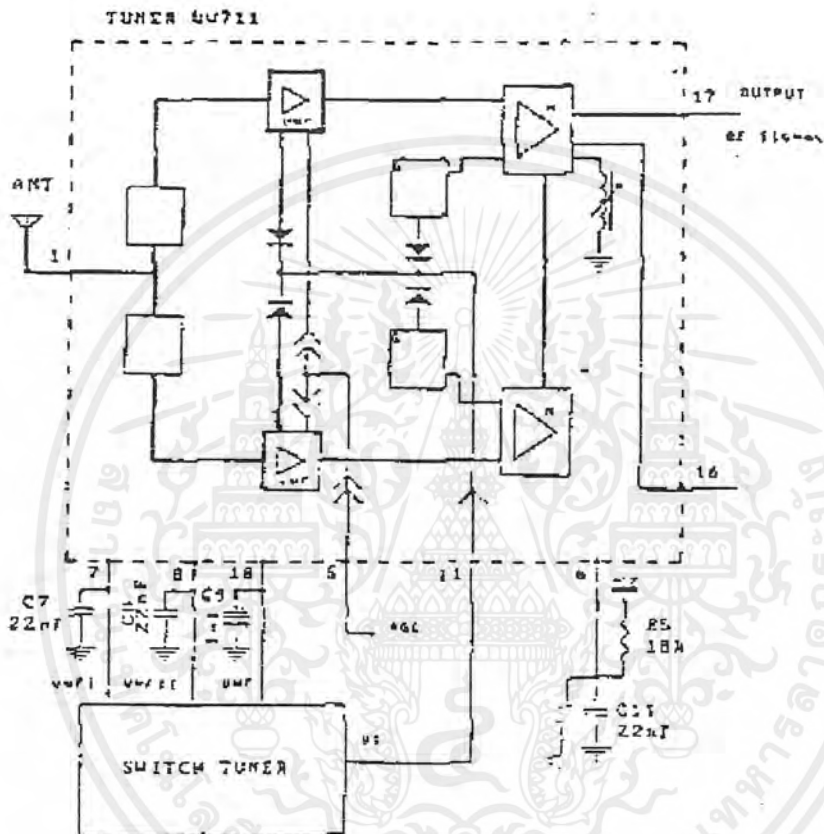
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตลอดเวลาที่กำลังค้นหาสถานีอยู่ หากพบสถานีที่ต้องการแล้ว สักย์ไฟที่ขา 11 นี้จะต้องนิ่งไม่เปลี่ยนแปลงเลข หากสักย์ไฟเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจะทำให้สถานีเคลื่อนด้วย

ขา 15 เป็นขากราวด์ของจูนเนอร์

ขา 17 เป็นขาเอาพุทของจูนเนอร์ ป้อนยังภาคไอเอฟต่อไป

2. การทำงานของอิเล็กทรอนิกส์จูนเนอร์



รูปที่ 4.3 วงจรภายในจูนเนอร์ระบบ UHF และ VHF

จากรูปที่ 4.3 แสดงวงจรภายในจูนเนอร์ และวงจรประกอบ สัญญาณอาร์เอฟจากสายอากาศจะถูกวงจรฟิลเตอร์แยกออกเป็น 2 ทาง คือ ทาง VHF และทาง UHF โดยที่ VHF จะแยกผ่านทางวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน และ UHF จะแยกผ่านทางวงจรกรองความถี่สูงผ่าน สัญญาณอาร์เอฟจะถูกขยายให้แรงขึ้นและป้อนเข้าไปผสมกับความถี่ออสซิลเลเตอร์ ในวงจรผสมคลื่นหรือมิกเซอร์ เพื่อให้ได้ความถี่ไอเอฟออกมาที่ขา 17 เพื่อจ่ายให้กับภาคไอเอฟ หลักการทำงานของจูนเนอร์นี้ก็ใช้หลักการทำงานแบบซูเปอร์เฮตเซอโรโคคาน์นั่นเอง

หน่วยขยายสัญญาณอาร์เอฟบล็อก A และ B จะถูกควบคุมด้วยสัญญาณ เอจีซี แบ่งหน่วยเวลา โดยถูกป้อนมาจากภาคไอเอฟ มาที่ขา 5 ของจูนเนอร์ การควบคุมจะเป็นไปในทางนั้น หมายความว่า ถ้า

สัญญาณจากสายอากาศมีความแรงมาก (เกินจากระดับที่ตั้งไว้) ศักย์แรงไฟฟ้า 5 ของจูนเนอร์จะลดลงทำให้อัตราการขยายของจูนเนอร์ลดลง โดยอัตราการขยายนี้สามารถตั้งได้ในภาคไอเอฟ ส่วนการจูนเพื่อรับสถานีนั้น จะใช้ควบคุมความจุของตัวแปรแคป โดยการป้อนศักย์แรงไฟตรงที่มีความเที่ยงตรงสูง ศักย์แรงไฟนี้เรียกว่า “จูนนิ่งโวลต์เดจ” (V-TUNE หรือ V-VAR) ศักย์แรงไฟนี้มีค่าประมาณ 0 ถึง 24.5 โวลต์ ป้อนมาที่ขา 11 ของจูนเนอร์ ศักย์แรงไฟนี้ได้มาจากชุด Switch Tuner หรือ PRESET ผ่าน R₇ เพื่อใช้ค้นหาสถานีหลังจากจูนหาสถานีพบแล้ว แรงไฟที่ได้นี้ต้องคงที่ตลอดเวลา หากแรงดันเปลี่ยนแปลงจะทำให้สถานีที่รับได้คลาดเคลื่อน ฉะนั้นเมื่อรับสถานีได้ชัดแล้ว ที่ภาคไอเอฟของเครื่องรับจะมีหน่วย เอ เอฟ ที เพื่อควบคุมและชดเชยการทำงานของหน่วยผลิตศักย์ไฟจูนนิ่งโวลต์เดจให้สร้างศักย์ไฟชดเชยการเปลี่ยนแปลงนี้

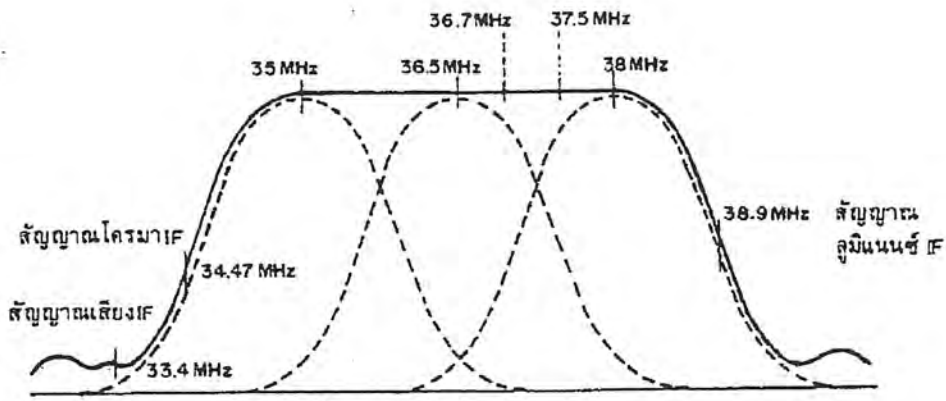
สำหรับการเลือกย่านความถี่หรือแบนด์ต่างๆ ของระบบโทรทัศน์ ทำการเลือกแถบความถี่โดยป้อนไฟตรงประมาณ 12 โวลต์ เข้าที่ ขา 7,8 หรือ 10 ของจูนเนอร์เพื่อเลือกแถบความถี่ VHF₁ หรือ UHF₁ ตามลำดับ โดยสามารถสรุปได้ดังนี้ดังตารางที่ 4.1

ศักย์ไฟจ่ายออกที่			จูนเนอร์	
ตำแหน่งของสวิทช์เลือก			X	แถบความถี่ที่เลือกรับ
A	B	C	-	-
12 V	0 V	0 V	7	VHF แบนด์ I หรือ a หรือ รับช่อง 2 ถึง 4
0 V	12 V	0 V	8	VHF แบนด์ III หรือ a หรือ รับช่อง 5 ถึง 12
0 V	0 V	12 V	10	UHF แบนด์ IV หรือ c หรือรับช่อง 21 ถึง 69

ตารางที่ 4.1 การเลือกแถบความถี่

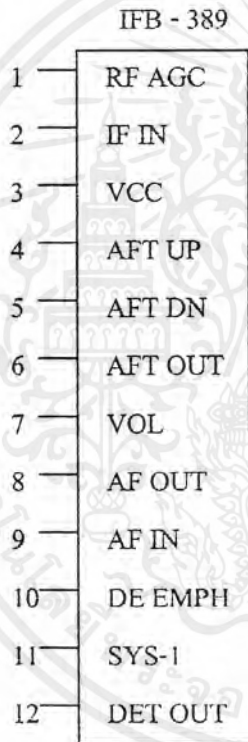
สัญญาณที่ได้จากการบีตจะมีลูมิแนนซ์ IF อยู่ที่ 33.4 เมกะเฮิรตซ์ สัญญาณทั้งสามจะป้องกันไปยังภาค IF รวมดูรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



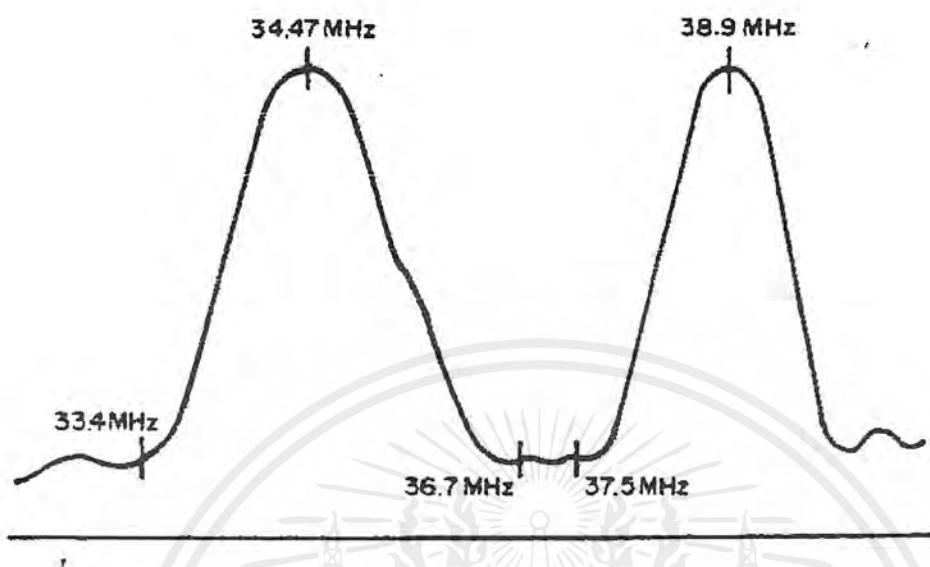
รูปที่ 4.4 เส้นโค้งผลตอบความถี่ของภาค IF

4.2.2 ภาค IF รวม



รูปที่ 4.5 IF ขั้วออก

ภาค IF รวม (COMMON IF) ซึ่งเป็นผลจากการบิดในภาคจูนเนอร์มาขยาย โดยทั่วไปภาค IF รวมนี้จะมีวงจรขยาย IF อยู่ 3 สเตจ (stage) คุณสมบัติทางความถี่ของภาค IF รวมนี้มีผลต่อคุณภาพของภาพที่ปรากฏบนจอ ในเครื่องรับโทรทัศน์สีภาค IF รวมนี้จะต้องพิถีพิถันกว่าภาค IF รวมในเครื่องรับขาวดำ เนื่องจากต้องให้อัตราขยายของสัญญาณ โครมิแนนซ์และลูมิแนนซ์ที่เพียงพอ ดูรูปที่ 4.6



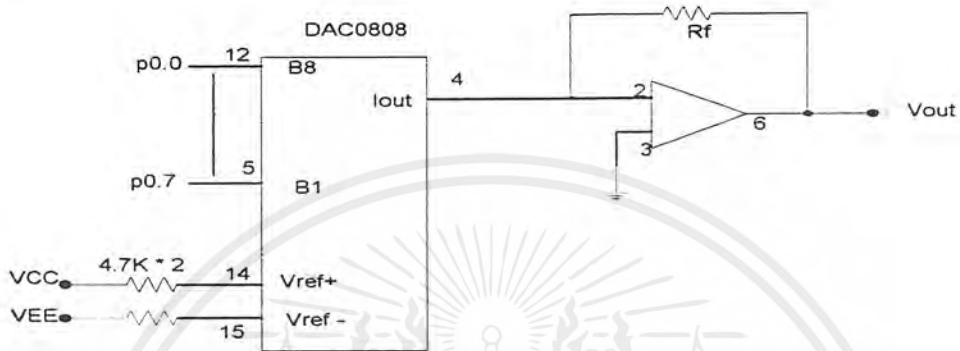
รูปที่ 4.6 เส้นโค้งแสดงการแยกสัญญาณ IF ลูมิแนนซ์ และ IF โครมิแนนซ์

ได้ศึกษามาแล้วว่าเครื่องส่งโทรทัศน์ส่งสัญญาณมา 5 ชนิดคือ

1. สัญญาณขาวดำ (luminance)
2. สัญญาณซิงค์ (sync)
3. สัญญาณสี (chrominance)
4. สัญญาณเบิสต์ (burst)
5. สัญญาณเสียง (sound)

สัญญาณทั้งห้านี้ปนอยู่ในสัญญาณ IF รวมซึ่งแต่ละสัญญาณจะต้องแยกไปตามภาคที่เกี่ยวข้องแต่ละภาค กล่าวคือสัญญาณขาวดำหรือสัญญาณ Y ก็จะต้องแยกไปสู่ภาคลูมิแนนซ์ สัญญาณซิงค์จะต้องแยกไปยังภาคซิงค์ทางฮอว์และเวอร์สัญญาณสีและสัญญาณเบิสต์จะต้องแยกไปยังภาคสีหรือโครมิแนนซ์ ส่วนสัญญาณเสียงก็ถูกแยกไปให้ภาคเสียง

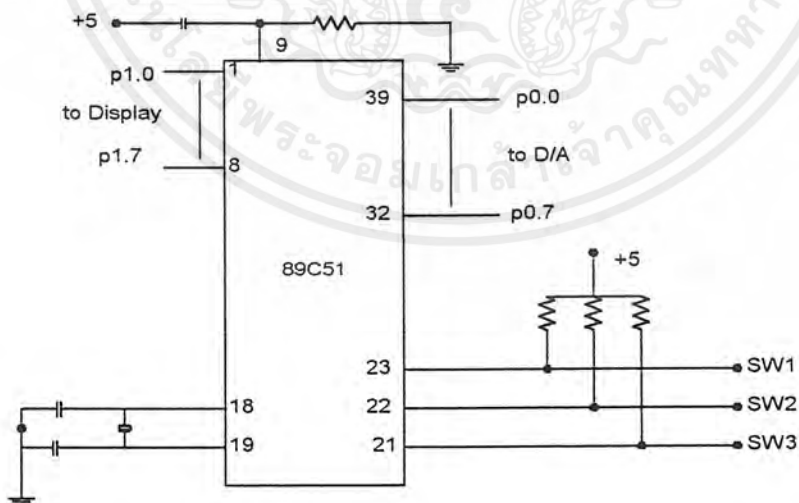
4.2.3 D/A converter



รูปที่ 4.7 แสดงวงจร D/A converter

จะทำหน้าที่ควบคุมความถี่ของภาคโลกออสซิลเลเตอร์หรือที่ VCO ให้คงที่ โดยจะส่งสัญญาณไฟตรงไปเข้าที่ขา VT ของภาคจูนเนอร์ ซึ่งไฟตรงนี้จะคงที่ตลอดเวลาเพื่อมิให้ความถี่ผิดเพี้ยนไป ซึ่งจะทำให้ไม่สามารถรับช่องสัญญาณได้เลย

ภาคไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) และ ภาคสวิทช์เลือกช่อง

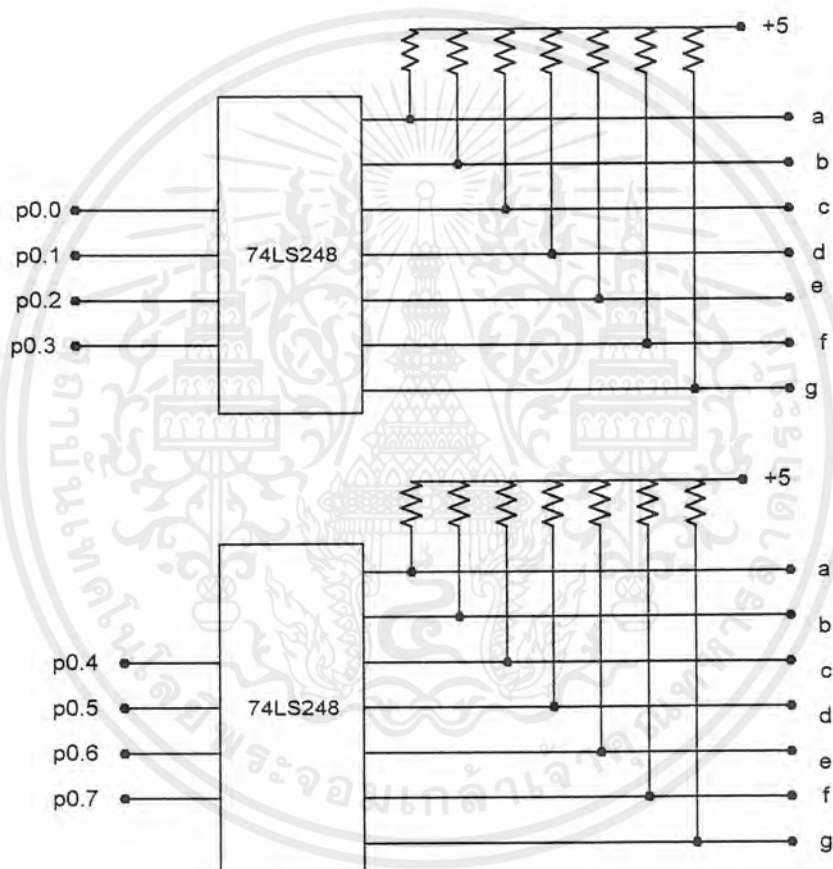


รูปที่ 4.8 แสดงภาคไมโครคอนโทรลเลอร์ และภาคสวิทช์เลือกช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคนี้จะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องรับทั้งระบบ เพราะจะทำการสั่งงานให้ชุด D/A converter ทำการเปลี่ยนแปลงความถี่ตามที่ต้องการ โดยจะรับคำสั่งจากสวิทช์ที่แผงหน้าปัด และนอกจากนี้ยังทำหน้าที่สั่งการแสดงผล ส่วนสวิทช์ sw1 จะทำหน้าที่เลือกฟังก์ชัน ส่วน sw2 และ sw3 จะเป็นการกดเลือกช่องสัญญาณให้เพิ่มทีละช่องหรือลดทีละช่อง

4.2.4 ภาคแสดงผล



รูปที่ 4.9 แสดงวงจรภาคแสดงผล

ภาคนี้ทำหน้าที่รับข้อมูลการแสดงผลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วมาทำการขับ ชุดแสดงผล 7 เซกเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การทดสอบและผลการทดสอบ

เครื่องส่ง

หลังจากได้ทำการประกอบวงจรแล้ว จึงป้อนไฟ DC 12 โวลต์ ให้กับวงจรเครื่องส่งสัญญาณ จากนั้นทำการทดสอบการทำงานของวงจрдังนี้

ภาค FM modulator ข้อมูลเสียงด้วย subcarrier 5.5Mhz

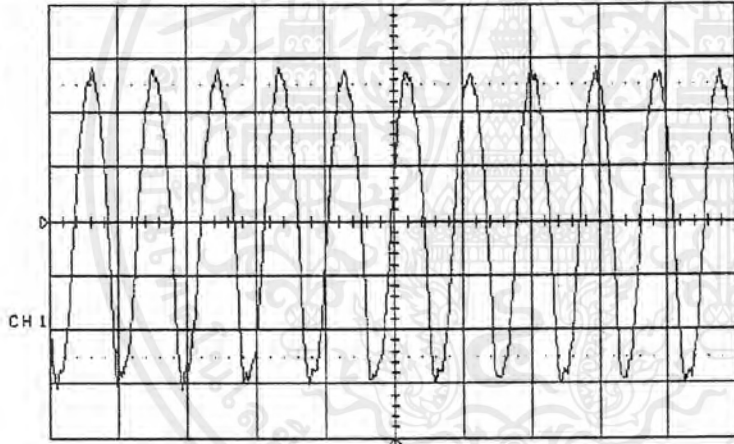
ที่ทรานซิสเตอร์ Tr3 ซึ่งทำหน้าที่เป็นทั้งวงจรออสซิลเลเตอร์กำเนิดความถี่เป็น subcarrier ของเสียงและเป็นวงจร FM modulator ทำการทดสอบโดยวัดสัญญาณเอาต์พุตที่ขาตัวเก็บประจุ C_{14} ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 5.1

11-Jan-92
08:44:25

STOPPED LeCroy
Auto LS140

CH1
20mV
200ns

CH1 11 Jan, 08:43:57
AC, BNL: Full
UGCenter -640uV
LQCenter 0.0s



TRIGGER on CH1
-1.0mV DC

CURSORS		CH1 MEASUREMENTS			
VIL	-499.8mV	pkpk	119.0mV	per μ	183.0ns
VIH	-1.5027V	max	56.3mV	min	-62.7mV
VOL	1.5002V	freq μ	5.463MHz	duty μ	54.3%
VOH	499.8mV				

รูปที่ 5.1 แสดง subcarrier ของเสียงที่ออสซิลเลตได้ที่ความถี่ 5.5 Mhz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดสัญญาณจาก Oscilloscope

ความถี่ออสซิลเลตได้

5.463 Mhz

เครื่องควบคุม

หลังจากได้ประกอบวงจรแล้ว จึงทำการจ่ายไฟให้กับเครื่องควบคุมจากนั้นก็ทำการทดสอบการทำงานของเครื่องควบคุม

เราได้ทำการเขียน โปรแกรม โดยให้แต่ละช่องสามารถที่จะส่งแรงดันควบคุมออกที่เอาต์พุตดังนี้

ช่องสัญญาณ	ตั้งค่าไว้ที่	วัดได้
ch1	3	2.4 V
ch2	6	5.5 V
ch3	8	6.4 V

และได้ทำการทดสอบโหมด AUTO หรือ โหมดของการตั้งเวลาอัตโนมัติ ซึ่งการทดสอบนั้นก็ทดสอบตั้งไว้ที่ 5 วินาที และ 20 วินาที ซึ่งก็ได้ผลออกมาใกล้เคียงกับค่าที่ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

ปัญหาและการแก้ไขในการสร้างวงจรเครื่องส่งสัญญาณ

1. ความถี่ขับแคเรียร์ไม่ได้ตามมาตรฐานที่ 5.5 MHz แก้ไขโดยลดรอบคอยล์พันรอบ ทอร์อย์แล้วทำการจูนใหม่
2. ควรจูนความถี่ carrier ของเสียงให้อยู่ที่ความถี่ 5.5 MHz หรือมากกว่านั้น เพื่อที่จะไม่ให้ข้อมูลเสียงไปรบกวนข้อมูลภาพ จากนั้นจึงจูนความถี่จนกระทั่งโทรทัศน์สามารถดีเทคเสียงได้ชัดเจนที่สุด
3. ส่วนของออสซิลเลเตอร์ที่กำหนดความถี่ carrier ของภาพ ในตอนแรกมีปัญหาในเรื่องความเสถียรภาพของวงจร คือ ความแรงของสัญญาณที่ออสซิลเลเตอร์ไม่คงที่ ซึ่งสามารถแก้ไขโดยการเปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุที่คร่อมขาคอลเลคเตอร์ และขาคีมิตเตอร์ และลดค่า L ให้น้อยลงเพื่อวงจรออสซิลเลทจะได้กำเนิดความถี่ได้ค่าเดิมและมีเสถียรภาพวงจรมากขึ้น
4. เกิด noise ระหว่าง carrier ของภาพ และ แคเรียร์ของเสียงไปรบกวนข้อมูลภาพทำให้ภาพที่ได้ไม่ชัดเจน แก้ไขโดยปรับค่าตัวเก็บประจุ และค่าตัวเหนี่ยวนำที่มีส่วนในการกำเนิดความถี่จนทำให้วงจรมีเสถียรภาพ
5. ไม่สามารถจูนหาสัญญาณภาพได้ เนื่องจากมีจุดที่ต้องทำการจูนหลายจุด ดังนั้น จึงต้องอาศัยความละเอียดและอดทนในการปรับหาสัญญาณ
6. สัญญาณภาพที่ได้มีลักษณะสีแตก เนื่องจาก เครื่องรับได้รับขนาดสัญญาณสูงเกินไป เป็นเพราะเครื่องส่งและเครื่องรับอยู่ใกล้กัน ดังนั้น ขณะที่ทำการทดลองเครื่องรับ และเครื่องส่ง ควรไม่ให้ใกล้กันเกินไป
7. การรับสัญญาณที่เครื่องรับโทรทัศน์ ควรปรับเครื่องรับให้รับช่อง UHF คือ แบนด์ IV หรือ U โดยใช้มือปรับค้อย ๆ หมุนควานหาความถี่อย่างช้า ๆ สัญญาณจะอยู่ช่องความถี่ประมาณ 21 - 23 ขึ้นอยู่กับการปรับค่าทริมเมอร์ในวงจรออสซิลเลเตอร์ของภาค

สรุปผล

วงจรที่ออกแบบสามารถทำงานได้ถูกต้องตามจุดประสงค์โดยภาคการทำงานต่างๆ ถูกต้องตามทฤษฎีและสามารถพิสูจน์ได้ สัญญาณภาพที่รับได้มีคุณภาพดีสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านระบบรักษาความปลอดภัยได้ และเราสามารถเพิ่มระยะทางการส่งสัญญาณ 2 วิธี คือ การเพิ่มแกนของสายอากาศ และการเพิ่มกำลังของเครื่องส่ง

แนวทางการพัฒนาที่สามารถเป็นไปได้ คือ การทำภาครับให้สามารถแสดงผลของสัญญาณที่ส่งมาออกทางมอนิเตอร์ได้โดยตรง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. Herbert L. Krauss , Charles W. Bostian , Frederick H. Raab “ SOLID STATE RADIO ENGINEERING “ Reading , John Wiley & sons , Inc. 1980
2. ดร. ธวัช เมฆสวรรค์ , โยชิตะซี ชาวามูระ “ Text book of color television Engineering “ : สำนักพิมพ์ดวงกมล จำกัด
3. ดร. โกศล เพ็ชรสุวรรณ , มร. ชิงกี โซจิ “ เทคโนโลยีโทรคมนาคม “ : สำนักพิมพ์ดวงกมล 2534
4. มงคล ทองสงคราม “ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น “ สำนักพิมพ์รวมการพิมพ์ 2536

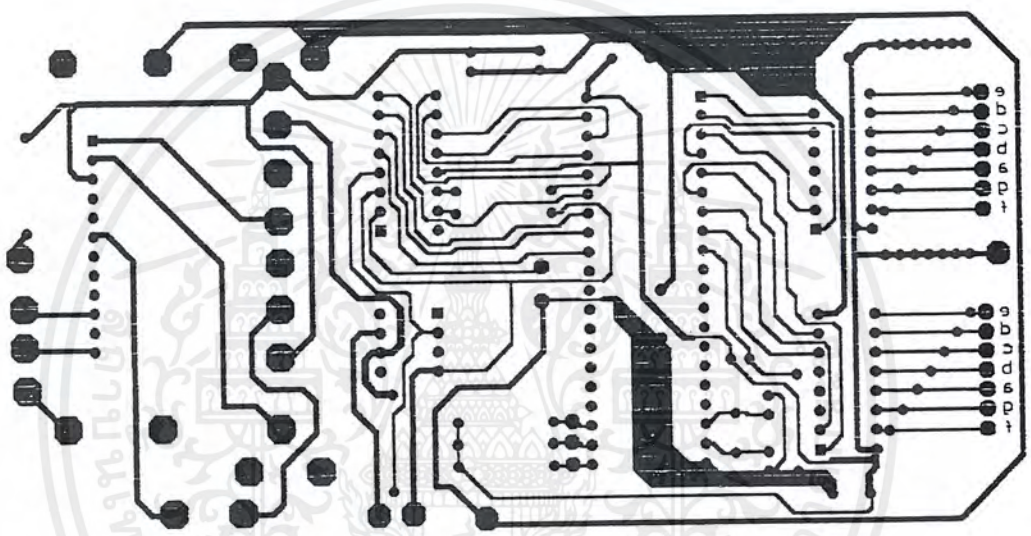


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

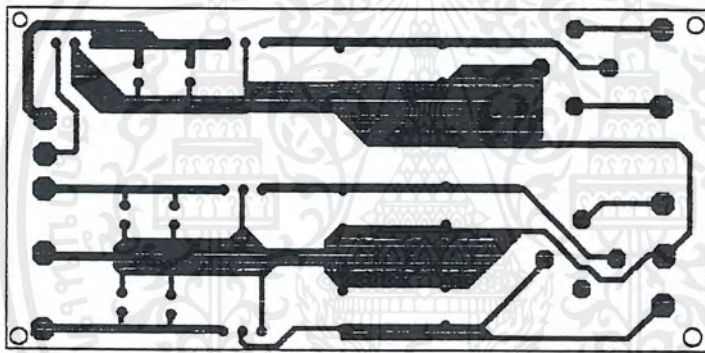


ภาคผนวก ก

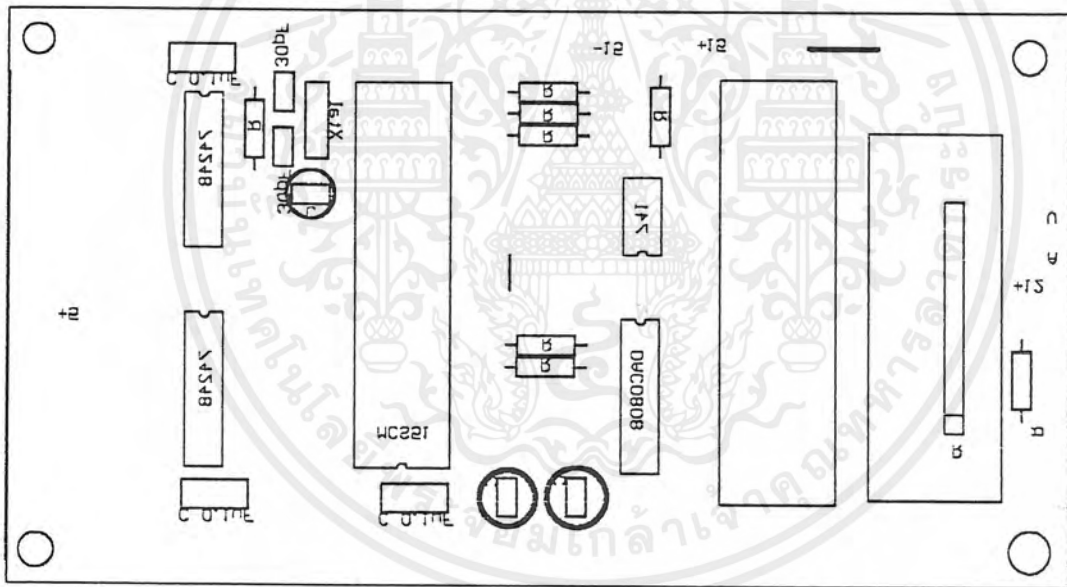
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟล์โปรแกรมชื่อ: proj.asm

```
LOOP EQU 10
CC EQU 10000
ORG 00H
MOV TMOD,#00000001B
MOV 5AH,#90H
AJMP ST
START: CALL DELAYKEY
ST: MOV A,#3
MOV P0,A
MOV A,#01H
MOV P1,A
JNB P2.1,CH2
JNB P2.2,CH3
JB P2.0,ST
CALL DELAYKEY
LJMP A1
CH2: CALL DELAYKEY
CH21: MOV A,#6.5
MOV P0,A
MOV A,#02H
MOV P1,A
JNB P2.1,CH3
JNB P2.2,START
JB P2.0,CH21
CALL DELAYKEY
LJMP A2
CH3: CALL DELAYKEY
CH31: MOV A,#8
MOV P0,A
MOV A,#03H
MOV P1,A
JNB P2.1,START
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
JNB P2.2,CH2
JB P2.0,CH31
CALL DELAYKEY
LJMP A3
```

```
$include"delay.asm"
$include"count.asm"
$include"pro.asm"
```

end

ไฟล์ของโปรแกรม pro.asm

```
A1: CALL COUNT
CC1: MOV A,R3
MOV R1,A
CC2: MOV A,#3
MOV P0,A
MOV A,#01H
MOV P1,A
MOV R7,#LOOP
D1: JB P2.0,DD1
CALL DELAYKEY
LJMP ST
DD1: MOV TH0,#HIGH CC
MOV TL0,#LOW CC
SETB TR0
WAIT: JNB TF0,WAIT
CLR TF0
CLR TR0
DJNZ R7,D1
DJNZ R1,CC2
S,IMP CC3
A2: CALL COUNT
CC3: MOV A,R3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV R1,A
CC4: MOV A,#6.5
MOV P0,A
MOV A,#02H
MOV P1,A
MOV R7,#LOOP
D2: JB P2.0,DD2
CALL DELAYKEY
LJMP CH21
DD2: MOV TH0,#HIGH CC
MOV TL0,#LOW CC
SETB TR0
WAIT1: JNB TF0,WAIT1
CLR TF0
CLR TR0
DJNZ R7,D2
DJNZ R1,CC4
SJMP CC5
A3: CALL COUNT
CC5: MOV A,R3
MOV R1,A
CC6: MOV A,#8
MOV P0,A
MOV A,#03H
MOV P1,A
MOV R7,#LOOP
D3: JB P2.0,DD3
CALL DELAYKEY
LJMP CH31
DD3: MOV TH0,#HIGH CC
MOV TL0,#LOW CC
SETB TR0
WAIT2: JNB TF0,WAIT2
CLR TF0

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CLR    TR0
DJNZ   R7,D3
DJNZ   R1,CC6
SJMP   CC1

```

ไฟล์โปรแกรมของ count.asm

```

count:  mov    a,#00h
        mov    r3,a
        call  output
vv:     mov    a,r3
        jb    p2.1,ei11
        lcall delaykey
        add   a,#01
        da    a
        mov    r3,a
        lcall output
ei11:   mov    a,r3
        jb    p2.2,ei1
        lcall delaykey
        cjne  a,#00h,naris
naris:  mov    a,5ah
        clr   cy
        clr   ac
        dec   a
        call  nective1
        lcall output
ei1:    jnb   p2.0,next
        mov   a,r3
        cjne  a,5ah,bbb
        sjmp  count
bbb:    sjmp          vv
next:   lcall  delaykey
        ret
nective 1: jnb   ac,na1
          subb  a,#06h

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
na1:   jnb   cy,nar1
       subb  a,#60h
nar1:   jnb   acc.3,d41
       jnb   acc.2,d41
       anl   a,#0f9h
d41:   mov   r3,a
       ret
output: mov   a,r3
       mov   p1,a
       ret
```

ไฟล์โปรแกรมของ delay.asm

```
delaykey: mov  dptr,#0ffffh
sub1:  nop
      nop
      nop
      djnz dpl,sub1
      djnz dph,sub1
      ret
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

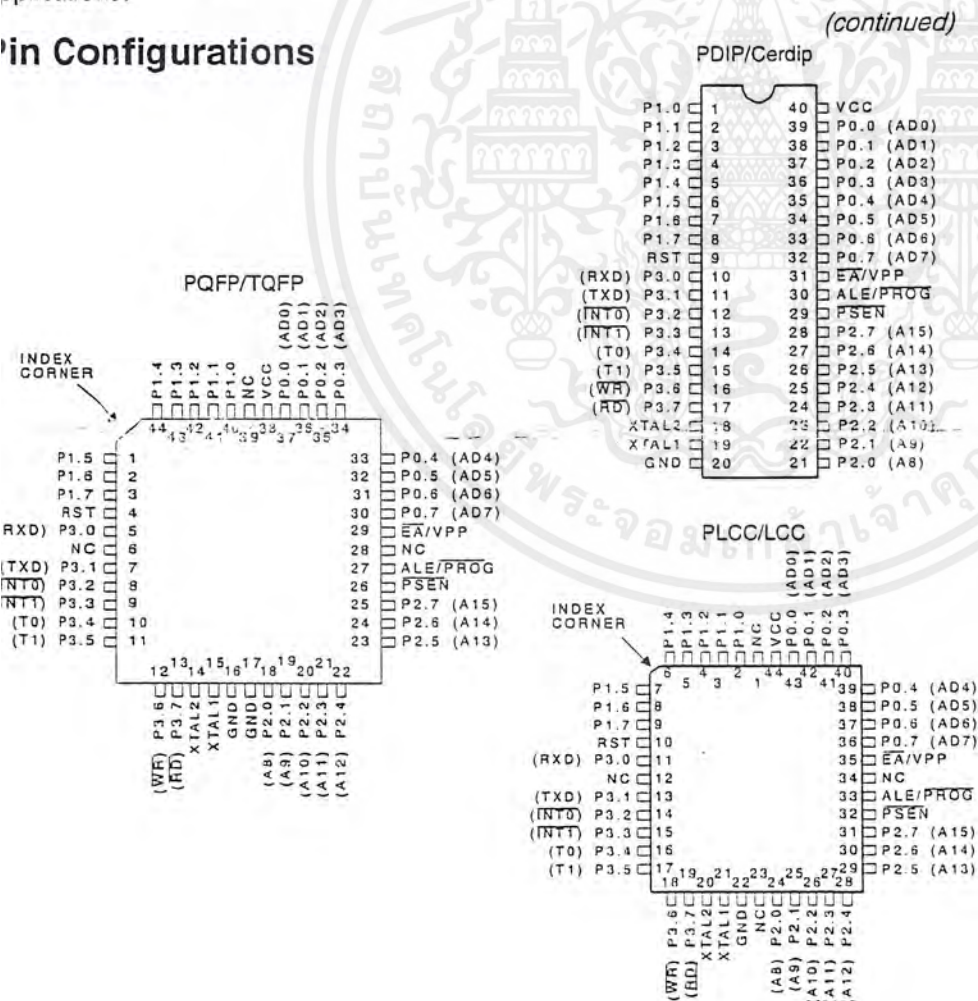
Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 4 Kbytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
 - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-Level Program Memory Lock
- 128 x 8-Bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-Bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low Power Idle and Power Down Modes

Description

The AT89C51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 4 Kbytes of Flash Programmable and Erasable Read Only Memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard MCS-51™ instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C51 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

Pin Configurations



8-Bit Microcontroller with 4 Kbytes Flash

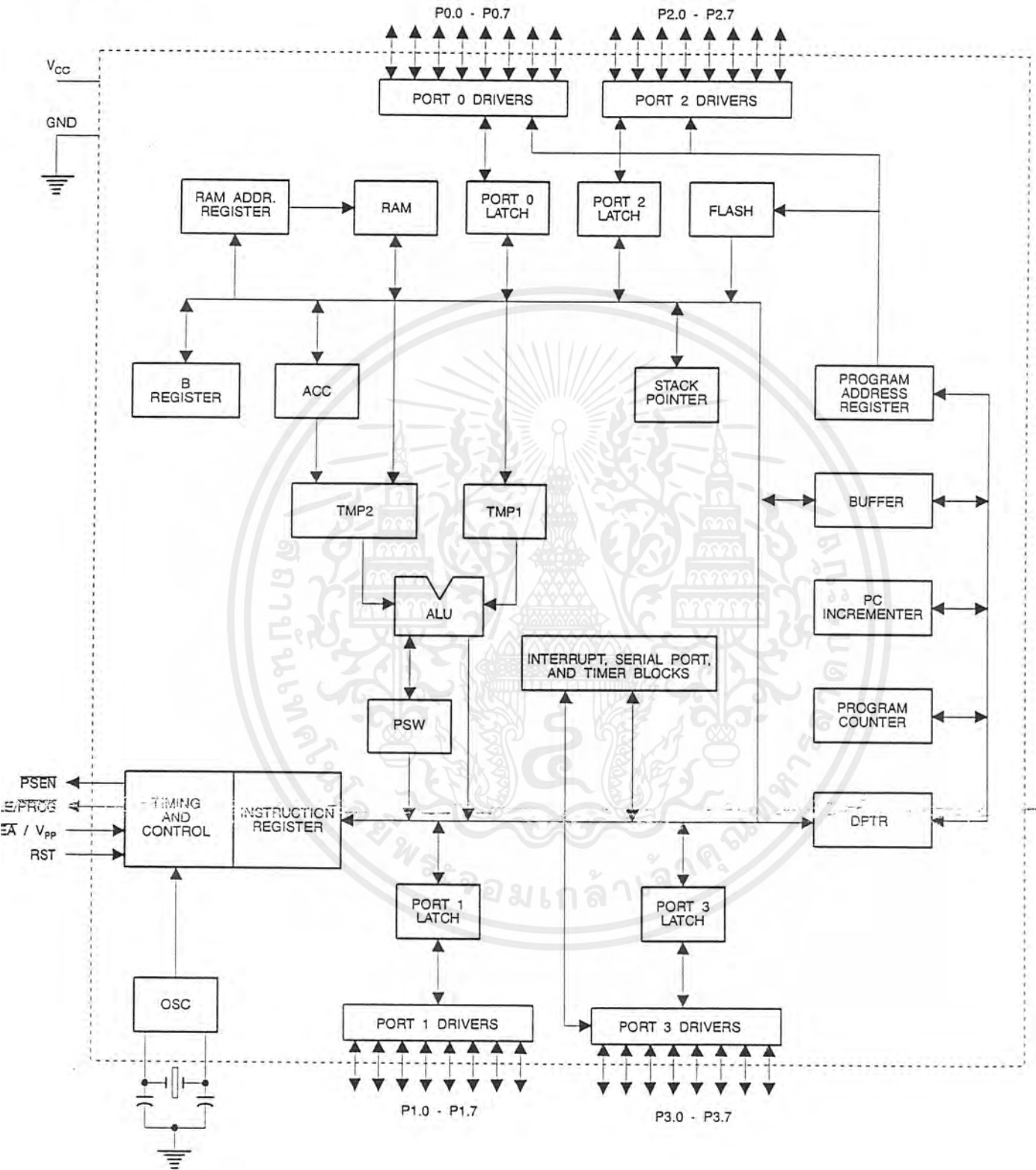
AT89C51

0265E



เอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวนเวลาหรับการใ้ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



AT89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Description (Continued)

The AT89C51 provides the following standard features: 4 Kbytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C51 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port and interrupt system to continue functioning. The Power Down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator disabling all other chip functions until the next hardware reset.

Pin Description

Vcc

Supply voltage.

GND

Ground.

Port 0

Port 0 is an 8-bit open drain bidirectional I/O port. As an output port each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 may also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode P0 has internal pullups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming, and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

Port 1

Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and program verification.

Port 2

Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX

@ DPTR). In this application it uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification. Port 3

Port 3 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C51 as listed below:

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	INT0 (external interrupt 0)
P3.3	INT1 (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	WR (external data memory write strobe)
P3.7	RD (external data memory read strobe)

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and programming verification.

RST

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

ALE/PROG

Address Latch Enable output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input (PROG) during Flash programming.

In normal operation ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency, and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external Data Memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

PSEN

Program Store Enable is the read strobe to external program memory.

(continued)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Description (Continued)

When the AT89C51 is executing code from external program memory, PSEN is activated twice each machine cycle, except that two PSEN activations are skipped during each access to external data memory.

\overline{EA}/V_{PP}

External Access Enable. \overline{EA} must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, \overline{EA} will be internally latched on reset.

\overline{EA} should be strapped to V_{CC} for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming, for parts that require 12-volt V_{PP} .

XTAL1

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Oscillator Characteristics

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven as shown in Figure 2. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

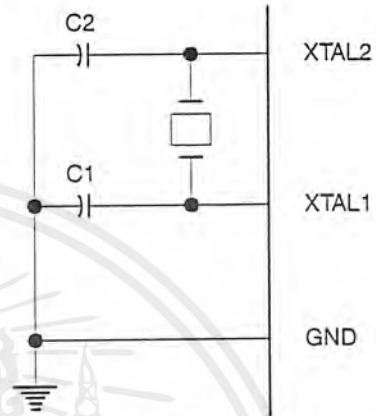
Idle Mode

In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this

mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

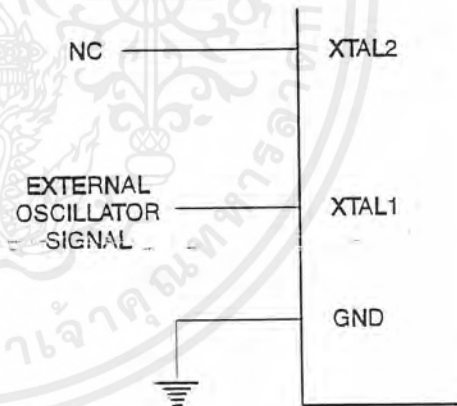
It should be noted that when idle is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution, from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hard-

Figure 1. Oscillator Connections



Notes: C1, C2 = 30 pF \pm 10 pF for Crystals
= 40 pF \pm 10 pF for Ceramic Resonators

Figure 2. External Clock Drive Configuration



Status of External Pins During Idle and Power Down

Mode	Program Memory	ALE	\overline{PSEN}	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Idle	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power Down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power Down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

AT89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the on-chip RAM is not inhibited. To eliminate the possibility of an unintended write to a port pin when Idle is terminated by reset, the instruction following the one that invokes Idle should be one that writes to a port pin or to external memory.

Power Down Mode

In the power down mode the oscillator is stopped, and the instruction that invokes power down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the power down mode is terminated. The only exit from power down is a hardware reset. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before Vcc

is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

Program Memory Lock Bits

On the chip are three lock bits which can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the table below.

When lock bit 1 is programmed, the logic level at the EA pin is sampled and latched during reset. If the device is powered up without a reset, the latch initializes to a random value, and holds that value until reset is activated. It is necessary that the latched value of EA be in agreement with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

Lock Bit Protection Modes

Program Lock Bits				Protection Type
LB1	LB2	LB3		
1	U	U	U	No program lock features.
2	P	U	U	MOVX instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, EA is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash is disabled.
3	P	P	U	Same as mode 2, also verify is disabled.
4	P	P	P	Same as mode 3, also external execution is disabled.

Programming the Flash

The AT89C51 is normally shipped with the on-chip Flash memory array in the erased state (that is, contents = FFH) and ready to be programmed. The programming interface accepts either a high-voltage (12-volt) or a low-voltage (Vcc) program enable signal. The low voltage programming mode provides a convenient way to program the AT89C51 inside the user's system, while the high-voltage programming mode is compatible with conventional third party Flash or EPROM programmers.

The AT89C51 code memory array is programmed byte-by-byte in either programming mode. To program any non-blank byte in the on-chip Flash Memory, the entire memory must be erased using the Chip Erase Mode.

Programming Algorithm: Before programming the AT89C51, the address, data and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figures 3 and 4. To program the AT89C51, take the following steps.

The AT89C51 is shipped with either the high-voltage or low-voltage programming mode enabled. The respective top-side marking and device signature codes are listed in the following table.

1. Input the desired memory location on the address lines.
2. Input the appropriate data byte on the data lines.
3. Activate the correct combination of control signals.
4. Raise EAVPP to 12 V for the high-voltage programming mode.
5. Pulse ALE/PROG once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 1.5 ms. Repeat steps 1 through 5, changing the address and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

	Vpp = 12 V	Vpp = 5 V
Top-Side Mark	AT89C51 xxxx yyww	AT89C51 xxxx-5 yyww
Signature	(030H)=1EH (031H)=51H (032H)=FFH	(030H)=1EH (031H)=51H (032H)=05H

Data Polling: The AT89C51 features Data Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle, an at-





Programming the Flash (Continued)

tempted read of the last byte written will result in the complement of the written datum on PO.7. Once the write cycle has been completed, true data are valid on all outputs, and the next cycle may begin. Data Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

Ready/Busy: The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/BSY output signal. P3.4 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate BUSY. P3.4 is pulled high again when programming is done to indicate READY.

Program Verify: If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed code data can be read back via the address and data lines for verification. The lock bits cannot be verified directly. Verification of the lock bits is achieved by observing that their features are enabled.

Chip Erase: The entire Flash array is erased electrically by using the proper combination of control signals and by holding ALE/PROG low for 10 ms. The code array is written with all "1"s. The chip erase operation must be executed before the code memory can be re-programmed.

Flash Programming Modes

Mode	RST	PSEN	ALE/ PROG	EA/ V _{PP}	P2.6	P2.7	P3.6	P3.7	
Write Code Data	H	L		H/12V ⁽¹⁾	L	H	H	H	
Read Code Data	H	L	H	H	L	L	H	H	
Write Lock	Bit - 1	L		H/12V	H	H	H	H	
			Bit - 2		H/12V	H	H	L	L
				Bit - 3		H/12V	H	L	H
Chip Erase	H	L			H/12V	H	L	L	
Read Signature Byte	H	L	H	H	L	L	L	L	

Notes: 1. The signature byte at location 032H designates whether V_{PP} = 12 V or V_{PP} = 5 V should be used to enable programming.

2. Chip Erase requires a 10 ms PROG pulse.

Reading the Signature Bytes: The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 030H,

031H, and 032H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

(030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel

(031H) = 51H indicates 89C51

(032H) = FFH indicates 12 V programming

(032H) = 05H indicates 5 V programming

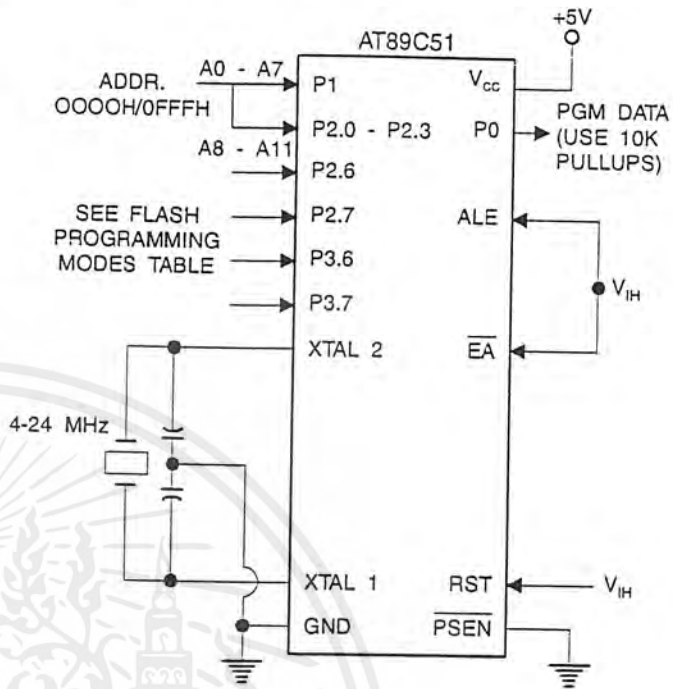
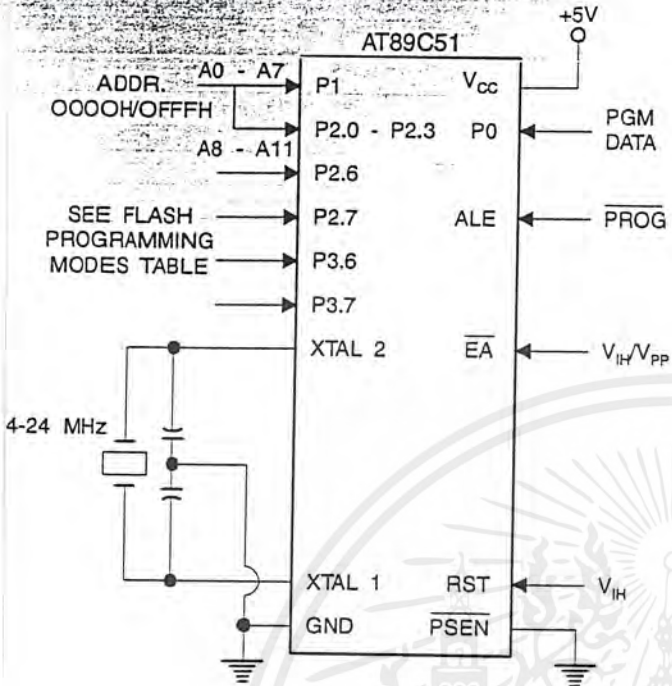
Programming Interface

Every code byte in the Flash array can be written and the entire array can be erased by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

Figure 3. Programming the Flash

Figure 4. Verifying the Flash



Flash Programming and Verification Characteristics

$T_A = 21^\circ\text{C}$ to 27°C , $V_{CC} = 5.0 \pm 10\%$

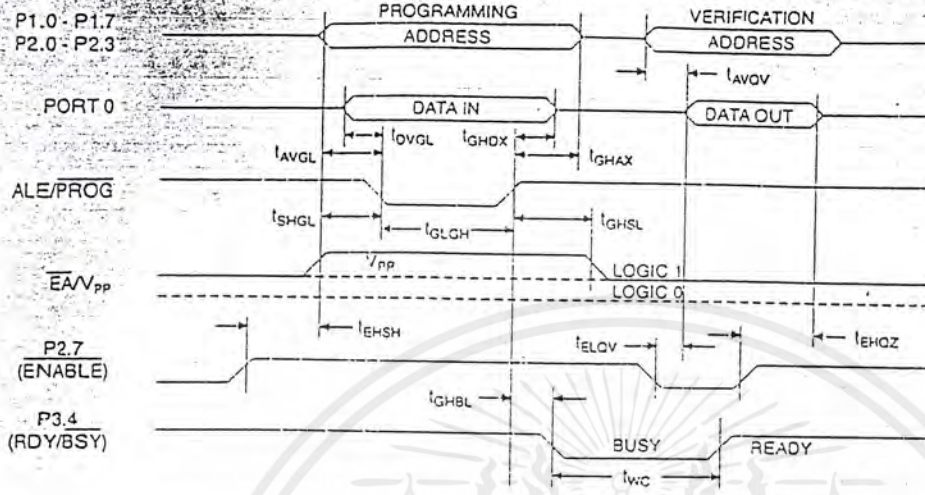
Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$V_{PP}^{(1)}$	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
$I_{PP}^{(1)}$	Programming Enable Current		1.0	mA
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	4	24	MHz
t_{AVGL}	Address Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHAX}	Address Hold After $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{CLCL}$		
t_{DVGL}	Data Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHDX}	Data Hold After $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{CLCL}$		
t_{EHS}	P2.7 ($\overline{\text{ENABLE}}$) High to V_{PP}	$48t_{CLCL}$		
t_{SHGL}	V_{PP} Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	10		μs
$t_{GHSL}^{(1)}$	V_{PP} Hold After $\overline{\text{PROG}}$	10		μs
t_{GLGH}	$\overline{\text{PROG}}$ Width	1	110	μs
t_{AVQV}	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{ELQV}	$\overline{\text{ENABLE}}$ Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{EHQV}	Data Float After $\overline{\text{ENABLE}}$	0	$48t_{CLCL}$	
t_{GHBL}	$\overline{\text{PROG}}$ High to $\overline{\text{BUSY}}$ Low		1.0	μs
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.

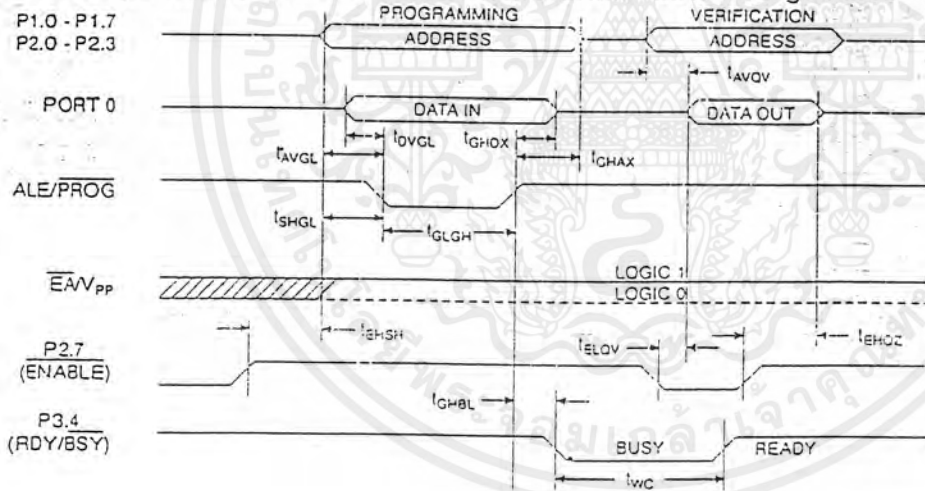


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flash Programming and Verification Waveforms - High Voltage Mode



Flash Programming and Verification Waveforms - Low Voltage Mode



AT89C51

AT89C51

Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature.....	-55°C to +125°C
Storage Temperature.....	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground	-1.0 V to +7.0 V
Maximum Operating Voltage	6.6 V
DC Output Current.....	15.0 mA

*NOTICE: Stresses beyond 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 beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

D.C. Characteristics

T_A = -40°C to 85°C, V_{CC} = 5.0 V ± 20% (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V _{IL}	Input Low Voltage	(Except $\bar{E}A$)	-0.5	0.2 V _{CC} -0.1	V
V _{IL1}	Input Low Voltage ($\bar{E}A$)		-0.5	0.2 V _{CC} -0.3	V
V _{IH}	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	0.2 V _{CC} +0.9	V _{CC} +0.5	V
V _{IH1}	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	0.7 V _{CC}	V _{CC} +0.5	V
V _{OL}	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Ports 1,2,3)	I _{OL} = 1.6 mA		0.45	V
V _{OL1}	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Port 0, ALE, PSEN)	I _{OL} = 3.2 mA		0.45	V
V _{OH}	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, PSEN)	I _{OH} = -60 μA, V _{CC} = 5 V ± 10%	2.4		V
		I _{OH} = -25 μA	0.75 V _{CC}		V
		I _{OH} = -10 μA	0.9 V _{CC}		V
V _{OH1}	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	I _{OH} = -800 μA, V _{CC} = 5 V ± 10%	2.4		V
		I _{OH} = -300 μA	0.75 V _{CC}		V
		I _{OH} = -80 μA	0.9 V _{CC}		V
I _{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	V _{IN} = 0.45 V		-50	μA
I _{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	V _{IN} = 2 V		-650	μA
I _{LI}	Input Leakage Current (Port 0, $\bar{E}A$)	0.45 < V _{IN} < V _{CC}		±10	μA
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	KΩ
C _{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, T _A = 25°C		10	pF
I _{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		20	mA
		Idle Mode, 12 MHz		5	mA
	Power Down Mode ⁽²⁾	V _{CC} = 6 V		100	μA
		V _{CC} = 3 V		40	μA

Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:

Maximum I _{OL} per port pin:	10 mA
Maximum I _{OL} per 8-bit port:	
Port 0:	26 mA
Ports 1, 2, 3:	15 mA
Maximum total I _{OL} for all output pins:	71 mA

If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.

2. Minimum V_{CC} for Power Down is 2 V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A.C. Characteristics

(Under Operating Conditions; Load Capacitance for Port 0, ALE/ $\overline{\text{PROG}}$, and $\overline{\text{PSEN}}$ = 100 pF; Load Capacitance for all other outputs = 80 pF)

External Program and Data Memory Characteristics

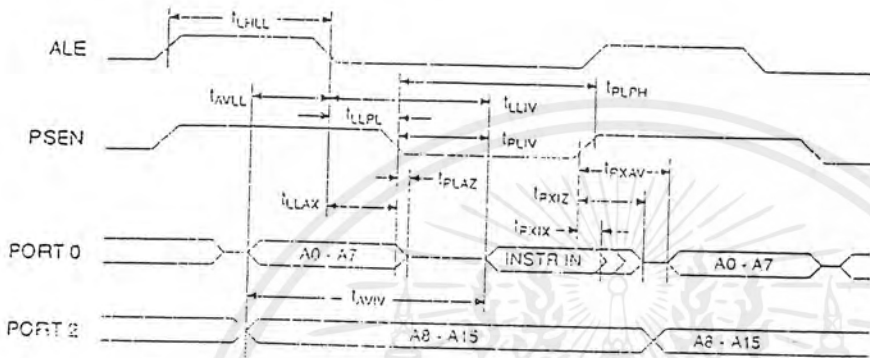
Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		16 to 24 MHz Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
1/t _{CLCL}	Oscillator Frequency			0	24	MHz
t _{LHLL}	ALE Pulse Width	127		2t _{CLCL} -40		ns
t _{AVLL}	Address Valid to ALE Low	28		t _{CLCL} -13		ns
t _{LAX}	Address Hold After ALE Low	48		t _{CLCL} -20		ns
t _{LIV}	ALE Low to Valid Instruction In		233		4t _{CLCL} -65	ns
t _{LPL}	ALE Low to $\overline{\text{PSEN}}$ Low	43		t _{CLCL} -13		ns
t _{PLPH}	$\overline{\text{PSEN}}$ Pulse Width	205		3t _{CLCL} -20		ns
t _{PLIV}	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Valid Instruction in		145		3t _{CLCL} -45	ns
t _{PIX}	Input Instruction Hold After $\overline{\text{PSEN}}$	0		0		ns
t _{PIXZ}	Input Instruction Float After $\overline{\text{PSEN}}$		59		t _{CLCL} -10	ns
t _{PXAV}	$\overline{\text{PSEN}}$ to Address Valid	75		t _{CLCL} -8		ns
t _{AVIV}	Address to Valid Instruction In		312		5t _{CLCL} -55	ns
t _{PLAZ}	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Address Float		10		10	ns
t _{RLRH}	$\overline{\text{RD}}$ Pulse Width	400		6t _{CLCL} -100		ns
t _{WLWH}	$\overline{\text{WR}}$ Pulse Width	400		6t _{CLCL} -100		ns
t _{RLDV}	$\overline{\text{RD}}$ Low to Valid Data In		252		5t _{CLCL} -90	ns
t _{RHDZ}	Data Hold After $\overline{\text{RD}}$	0		0		ns
t _{RHDZ}	Data Float After $\overline{\text{RD}}$		97		2t _{CLCL} -28	ns
t _{LLOV}	ALE Low to Valid Data in		517		8t _{CLCL} -150	ns
t _{AVDV}	Address to Valid Data In		565		9t _{CLCL} -165	ns
t _{LWL}	ALE Low to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	200	300	3t _{CLCL} -50	3t _{CLCL} +50	ns
t _{AVWL}	Address to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	203		4t _{CLCL} -75		ns
t _{QVWX}	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ Transition	23		t _{CLCL} -20		ns
t _{QVWH}	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ High	433		7t _{CLCL} -120		ns
t _{WHOX}	Data Hold After $\overline{\text{WR}}$	33		t _{CLCL} -20		ns
t _{RLAZ}	$\overline{\text{RD}}$ Low to Address Float		0		0	ns
t _{WLH}	$\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ High to ALE High	43	123	t _{CLCL} -20	t _{CLCL} +25	ns

AT89C51

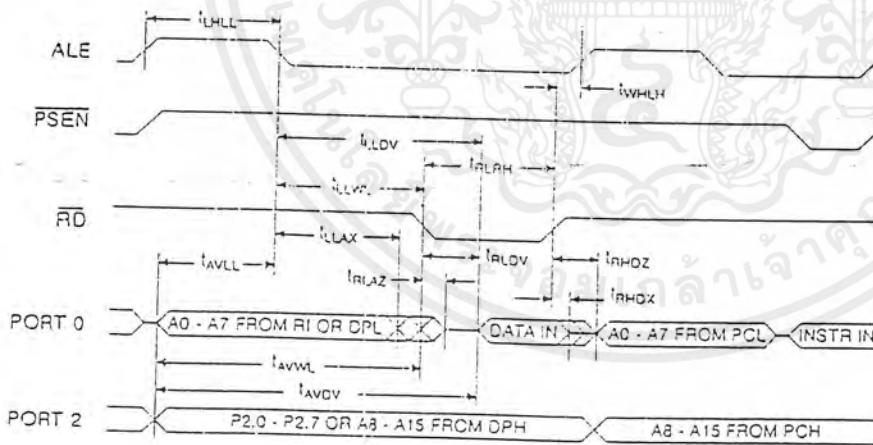
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AT89C51

External Program Memory Read Cycle

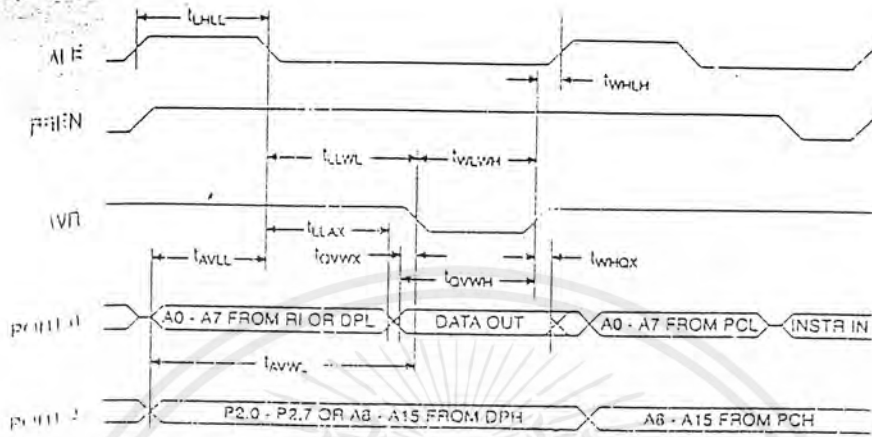


External Data Memory Read Cycle

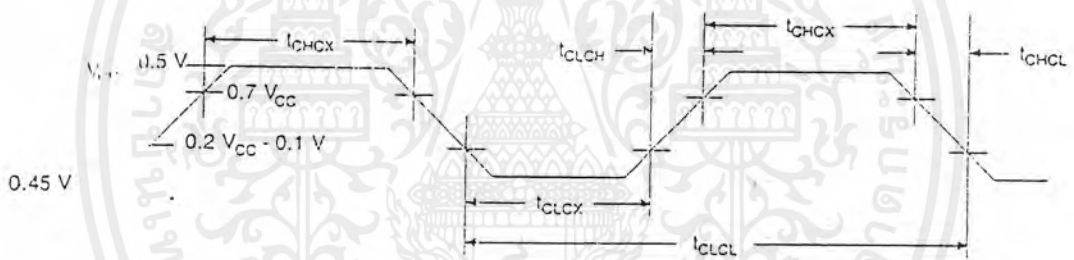


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Data Memory Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	24	MHz
t_{CLCL}	Clock Period	41.6		ns
t_{CHCX}	High Time	15		ns
t_{CLCX}	Low Time	15		ns
t_{CLCH}	Setup Time		20	ns
t_{CHCL}	Hold Time		20	ns

AT89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

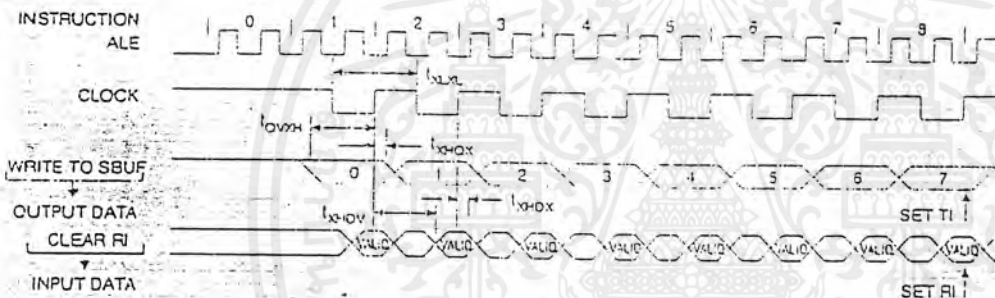
AT89C51

Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

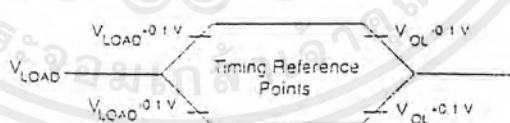
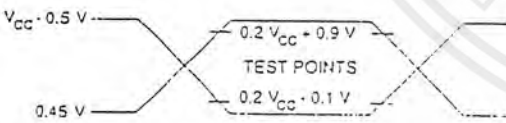
(V_{CC} = 5.0 V ± 20%; Load Capacitance = 80 pF)

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
t _{XL}	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		12t _{CLCL}		μs
t _{OVXH}	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		10t _{CLCL} -133		ns
t _{XHOX}	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		2t _{CLCL} -33		ns
t _{XHDX}	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
t _{XHDV}	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		10t _{CLCL} -133	ns

Shift Register Mode Timing Waveforms



AC Testing Input/Output Waveforms⁽¹⁾ Float Waveforms⁽¹⁾



Note: 1. AC Inputs during testing are driven at V_{CC} - 0.5 V for a logic 1 and 0.45 V for a logic 0. Timing measurements are made at V_{IH} min. for a logic 1 and V_{IL} max. for a logic 0.

Note: 1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a 100 mV change from load voltage occurs. A port pin begins to float when a 100 mV change from the loaded V_{IH}/V_{OL} level occurs.

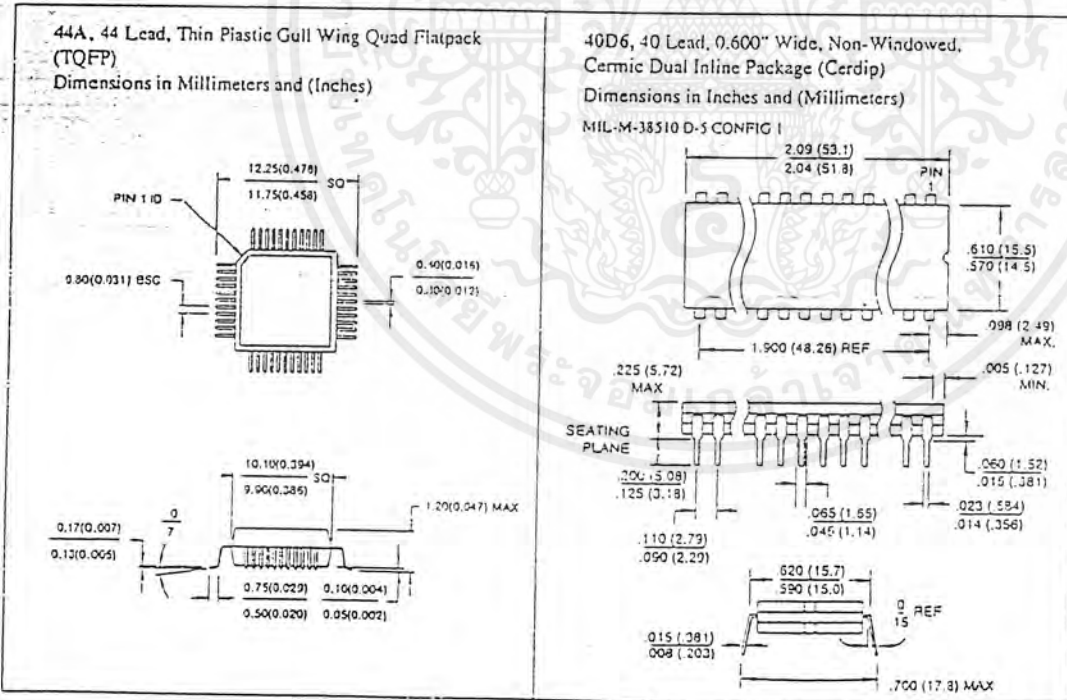
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AT89C51

Ordering Information

Package Type	
44A	44 Lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
40D6	40 Lead, 0.600" Wide, Non-Windowed, Ceramic Dual Inline Package (Cerdip)
44J	44 Lead, Plastic J-Leaded Chip Carrier (PLCC)
44L	44 Pad, Non-Windowed, Ceramic Leadless Chip Carrier (LCC)
40P6	40 Lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
44Q	44 Lead, Plastic Gull Wing Quad Flatpack (PQFP)

Packaging Information



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้