ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2534

เรื่อง ระบบผสมสัญญาณภาพโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์


ผู้จัดทำ

นาย อนุสรณ์ ไกรวัตนุสสรณ์ 31.1398

นาย อภิเดช ช่างสุวรรณ 31.1399

นาย อภิรักษ์ ปวรินทร์พงษ์ 31.1401

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. ประกิจ ตังติสานนท์



008484

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2534

เรื่อง ระบบผสมสัญญาณภาพโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์

ผู้จัดทำ

| | | |
|---|---|---|
| นาย อนุสรณ์ | ไกรวัตนุสสรณ์ | 31.1398 |
| นาย อภิเดช | ช่ายสุวรรณ | 31.1399 |
| นาย อภิรักษ์ | ปวรินทร์พงษ์ | 31.1401 |

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. ประกิจ ตังติสานนท์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ระบบผสมสัญญานภาพโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์

นาย อนุสรณ์ ไกรวัตนุสสรณ์ 31.1398
นาย อภิเดช ข่ายสุวรรณ 31.1399
นาย อภิรักษ์ ปวรินทร์พงษ์ 31.1401
อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ. ประกิจ ตังติสานนท์
ปีการศึกษา 2534

**บทคัดย่อ**

โครงงานฉบับนี้เป็นโครงงานในวิชา project จะขอแนะนำเกี่ยวกับระบบภาพซ้อนภาพควบคุมโดยไมโครโปรเซสเซอร์ หรือ ระบบการผสมสัญญานภาพโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ เป็นการนำเอาสัญญานภาพจากแหล่งกำเนิดสัญญานภาพทั้งสองมาแสดงบนจอภาพเดียวกัน โดยที่สัญญานจากแหล่งหนึ่งนั้นเป็นสัญญานภาพหลัก ขณะอีกแหล่งหนึ่งเป็นสัญญานภาพรอง สัญญานภาพรองนี้จะแปลงสัญญานภาพอะนาลอกเป็นดิจิตอล แล้วเก็บด้วยความถี่ลงในหน่วยความจำ และทำการอ่านออกมาด้วยความถี่ 3 เท่าของความถี่ในการเก็บ ควบคุมโดยไมโครโปรเซสเซอร์ จะทำให้ภาพรองมีขนาด 1/9 ของภาพหลัก จากนั้นเมื่อถึงเวลาที่ต้องนำภาพเล็กออกจากหน่วยความจำ ก็จะเปลี่ยนข้อมูลจากดิจิตอลไปเป็นอะนาลอกก่อนที่จะนำไปผสมกับภาพหลักต่อไป นอกจากนี้เรายังสามารถที่จะเลื่อนตำแหน่งของภาพไปยังตำแหน่งใดๆบนจอภาพได้ตามต้องการ โดยการควบคุมจากไมโครโปรเซสเซอร์เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# VIDEO MIXER MICROPROCESSOR

MR. ANUSORN KRAIWATNUSSORN 31.1398

MR. APIDET KHAISUWON 31.1399

MR. APILAK PAWARINPONG 31.1401

ADVISOR:

ASSOCIATE PROFESSOR PRAKIT TANGTISANON

1991

ABSTRACT

This research is in project subject which Microprocesser Controlled picture in picture system or video mixer microprocessor is using picture signal from two source to display the image on the monitor. Signal for one source is main video while the other is subvideo that overplay on main video. This subsignal convert analog to digital signal. Then store with one frequency in memmory unit and read out with three times of this frequency controlled by microprocessor. That's make subvideo is 1/9 of main video. Then when it's time to take minor picture from memmory unit by changing data from digital to analog before mix with main video. Furthermore we can shift picture to any position on monitor by microprocessor controlling.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| รายการ | | หน้า |
|---|---|---|
| บทที่ 1 | บทนำ | 1 |
| บทที่ 2 | ทฤษฎีเบื้องต้นของโทรทัศน์ | 2 |
| | 2.1 การของการส่งและรับโทรทัศน์สี | 3 |
| | 2.2 การสะแกนและเรื่องที่เกี่ยวข้อง | 9 |
| | 2.3 สัญญาณโทรทัศน์สีประกอบด้วยอะไรบ้าง | 18 |
| บทที่ 3 | หลักการทำงานของระบบ | |
| | โครงสร้างของระบบ | |
| | 3.1 ส่วนการจัดการสัญญาณทางอินพุท | 24 |
| | 3.2 ส่วนสร้างสัญญาณเวลา | 29 |
| | 3.3 ส่วนหน่วยความจำ | 38 |
| | 3.4 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้และหน่วยควบคุม | 49 |
| | 3.5 ส่วนจัดการสัญญาณทางเอ๊าท์พุท | 56 |
| | 3.6 ส่วนติดต่อกับเครื่องรับโทรทัศน์ | 58 |
| | 3.7 โปรแกรมควบคุมของระบบ | 60 |
| บทที่ 4 | การทดลองและผลการทดลอง | 66 |
| บทที่ 5 | สรุปและวิจารณ์ | 71 |
| กิตติกรรมประกาศ | | 72 |
| เอกสารอ้างอิง | | 73 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพประกอบ


| รายการ | | หน้า |
|---|---|---|
| รูปที่ 2.1 | ส่วนประกอบของภาพในรูปซึ่งมีพื้นที่เท่ากัน | 5 |
| รูปที่ 2.2 | การส่งและการรับภาพทางโทรทัศน์ | 5 |
| รูปที่ 2.3 | การส่งโทรทัศน์สีระบบแสงสีแดง-แสงสีเขียว-แสงสีน้ำเงิน โดยส่งทุกแสงสีพร้อมกัน | 6 |
| รูปที่ 2.4 | การส่งโทรทัศน์สีระบบแสงสีแดง-แสงสีเขียว-แสงสีน้ำเงิน โดยส่งสัญญาณภาพด้วยวิธีการสลับแสงสี | 6 |
| รูปที่ 2.5 | ระบบการส่งและรับโทรทัศน์สี | 8 |
| รูปที่ 2.6 | หลักการต่อและการรับภาพทางโทรทัศน์ | 10 |
| รูปที่ 2.7 | ทฤษฎีของการหักเหทางไฟฟ้าสถิต และแม่เหล็กไฟฟ้า | 10 |
| รูปที่ 2.8 | รูปร่างของกระแสรูปฟันเลื่อย | 10 |
| รูปที่ 2.9 | การสแกนจากซ้ายไปขวาและจากบนลงล่าง | 12 |
| รูปที่ 2.10 | การสแกนไขว้กัน | 12 |
| รูปที่ 2.11 | รูปร่างของสัญญาณซิงค์ | 12 |
| รูปที่ 2.12 | รูปร่างของสัญญาณซิงค์ที่ใช้ในการส่งโทรทัศน์ | 15 |
| รูปที่ 2.13 | ฟลัซที่เกิดขึ้นในระยะเวลาที่มีสัญญาณแบลงค์กิ้งทางแนวตั้งในฟิลด์ที่หนึ่ง และฟิลด์ที่สอง | 15 |
| รูปที่ 2.14 | สัญญาณที่ได้จากกล้องโทรทัศน์สี | 17 |
| รูปที่ 2.15 | สัญญาณส่องสว่าง | 17 |
| รูปที่ 2.16 | รูปร่างของสัญญาณที่ได้จากการมอดูเลตาแบบ เอ.เอ็ม โดยตั้งสัญญาณคลื่นพาท์ | 20 |
| รูปที่ 2.17 | คัลเลอร์เฟริสต์ | 20 |
| รูปที่ 3.1 | แสดงแผนภาพระบบการสร้างแอดเดรส | 22 |
| รูปที่ 3.2 | แสดงบล็อกไดอะแกรมส่วนประกอบต่างๆของระบบภาพซ้อน | 25 |
| รูปที่ 3.3 | วงจร sync seperate | 27 |
| รูปที่ 3.4 | แสดงวงจรดัดแปลงอะนาล็อกเป็นดิจิตอล | 28 |
| รูปที่ 3.5 | แสดงวงจร Multiplex address และส่วนประกอบต่าง ๆ | 30 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.6 แสดงวงจรหาร 3 31
รูปที่ 3.7 แสดงสัญญาณการเขียนหน่วยความจำ 32
รูปที่ 3.8 แสดงวงจรสร้างสัญญาณการเขียนลงหน่วยความจำ 34
รูปที่ 3.9 แสดงสัญญาณการเขียนหน่วยความจำ 35
รูปที่ 3.10 แสดงสัญญาณ CLKWR , CLKTR 35
รูปที่ 3.11 แสดงสัญญาณการอ่านหน่วยความจำ 36
รูปที่ 3.12 แสดงวงจรสร้างความถี่และสัญญาณคล็อคการอ่านของหน่วยความจำ 37
รูปที่ 3.13 แสดงวงจรของหน่วยความจำ 39
รูปที่ 3.14 แสดงการสร้างหน้าต่างของจอเล็ก 40
รูปที่ 3.15 แสดงสัญญาณซิงค์ของสัญญาณภาพรอง 41
รูปที่ 3.16 แสดงสัญญาณในการเขียนและการอ่านหน่วยความจำเก็บข้อมูล 1 ฟิลด์ 41
รูปที่ 3.17 แสดงสัญญาณในการเขียนและการอ่านหน่วยความจำเก็บข้อมูล 2 ฟิลด์ 42
รูปที่ 3.18 แสดงสัญญาณในการเขียนและการอ่านหน่วยความจำเก็บข้อมูล 3 ฟิลด์ 42
รูปที่ 3.19 แสดงรูปสัญญาณการเขียนและการถ่ายข้อมูลจะสลับกันส่งไปให้หน่วยความจำ ในอัตรา 1:2 แอดเดรส 45
รูปที่ 3.20 โฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมที่ใช้ควบคุมระบบ 46
รูปที่ 3.21 วงจรมัลติเพล็กซ์สัญญาณการอ่านและการทรานเซฟอร์ 48
รูปที่ 3.22 บล็อกไดอะแกรมอย่างย่อของระบบ 50
รูปที่ 3.23 แสดงสัญญาณ TR 51
รูปที่ 3.24 วงจรสร้างจอภาพเล็ก 53
รูปที่ 3.25 แสดงรูปสัญญาณที่สำคัญ 54
รูปที่ 3.26 วงจรดัดแปลงดิจิตอลเป็นอะนาล็อก 57
รูปที่ 3.27 วงจร Video Modulator 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการ

หน้า


รูปที่ 4.1 แสดงภาพขณะทำการทดลอง 68

รูปที่ 4.2 แสดงผลการทดลอง 69

รูปที่ 4.3 แสดงผลการทดลอง 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

ในสภาวะปัจจุบันโทรทัศน์ได้มีส่วนสำคัญในการดำเนินชีวิตของคนเราทั้งในแง่ความบันเทิงจากการชมภาพยนตร์ หรือ สาระจากข่าวสารต่าง ๆ รวมถึงเป็นช่องทางการโฆษณาประชาสัมพันธ์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด นอกจากนี้ ในปัจจุบันการเสนอข่าวสารต้องรวดเร็วทันเหตุการณ์ ซึ่งในบางครั้งอาจจะมีความจำเป็นที่จะต้องเสนอภาพจากสัญญาณดาวเทียมร่วมกับภาพของสถานีเอง แล้วส่งกระจายสัญญาณให้ผู้รับได้ชมอย่างทันท่วงที หรือ อาจมีการแสดงเทคนิคพิเศษเพื่อดึงดูงความสนใจของผู้ชม โดยใช้เทคโนโลยี่เกี่ยวกับระบบภาพซ้อนภาพ หรือการผสมสัญญาณภาพ 2 ภาพ ซึ่งถือได้ว่าเป็นเทคโนโลยี่ใหม่ของโทรทัศน์ ซึ่งโครงงานฉบับนี้จะกล่าวถึง การผสมสัญญาณภาพ 2 ภาพ โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุม

หลักการทำงานของการนำภาพจากแหล่งกำเนิด 2 แหล่ง มาซ้อนลงบนจอเดียวกัน คือ จากแหล่งกำเนิดสัญญาณภาพหนึ่งเป็นภาพหลัก (Main Video) ส่วนอีกแหล่งกำเนิดสัญญาณนั้นเป็นภาพรอง(Sub video) ในลักษณะภาพเล็กซ้อนภาพใหญ่ ทำให้สามารถมองเห็นภาพ 2 ภาพได้ในเวลาเดียวกัน ภาพเล็กจะมีตำแหน่งที่ปรากฏบนจอภาพได้โดยการควบคุมจากไมโครโปรเซสเซอร์ และขนาดของภาพเล็กที่ได้มีขนาด 1 ใน 9 ของภาพใหญ่

ลักษณะของระบบ มีอยู่ 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ วงจรส่วนสร้างหน้าต่าง ซึ่งใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุม และวงจรส่วนสร้างจอเล็ก หรือวงจรหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
## ทฤษฎีเบื้องต้นของโทรทัศน์

โทรทัศน์ คือ การส่งกระจายเสียงพร้อมทั้งภาพที่เคลื่อนไหวออกไปในรูปของสัญญาณโทรทัศน์ และการรับสัญญาณนี้มาเปลี่ยนให้เป็นเสียงและภาพที่ต้องการภาพที่เคลื่อนไหวติดต่อกันบนจอเครื่องรับโทรทัศน์นั้น ความจริงก็คือผลของการส่งและการรับภาพนิ่งที่มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยหลาย ๆ ภาพต่อหน่วยเวลานั่นเอง ซึ่งเป็นหลักการเดียวกับการฉายภาพยนตร์ เพราะสายตาธรรมดาของคนเรานั้นมีลักษณะพิเศษอย่างหนึ่งคือ ในขณะที่จ้องดูภาพใดภาพหนึ่ง แล้วภาพนั้นจางหายไปโดยกระทันหัน ก็จะยังคงรู้สึกเห็นติดตาอยู่อีกชั่วระยะเวลาอันสั้น ลักษณะพิเศษนี้มีชื่อเรียกกันว่า persistance of vision ด้วยเหตุนี้หากมีการฉายภาพนิ่ง ซึ่งแต่ละภาพมีความแตกต่างกันเล็กน้อยติดต่อกันไปเป็นจำนวนหลาย ๆ ภาพต่อหนึ่งวินาที สายตาของคนเราก็จะเห็นเป็นภาพเคลื่อนไหวต่อเนื่องกันไปโดยไม่หยุดชะงัก ผลการทดลองกับชนหมู่มาก แสดงให้ทราบว่าสายตาของคนเราจะจับอาการกระพริบของภาพไม่ได้เลย หากจำนวนภาพนิ่งต่อหนึ่งวินาทีนั้น มีเกิน 16 ภาพขึ้นไป การส่งโทรทัศน์ระบบ NTSC ใช้ในประเทศอเมริกัน ญี่ปุ่น จะมีจำนวน 525 เส้นต่อเฟรม และ 30 ภาพต่อวินาที และภาพนิ่ง ๆ จะมีการส่งสองครั้ง ส่วนการส่งโทรทัศน์ระบบ PAL ใช้ในประเทศแถบยุโรป และประเทศไทย จะมีจำนวน 625 เส้นต่อเฟรม และ 25 ภาพต่อวินาที และภาพนิ่ง ๆ จะมีการส่งสองครั้งเช่นเดียวกัน ในปัจจุบันมีโทรทัศน์ระบบใหม่เกิดขึ้นมา คือ ระบบ HDTV ซึ่งให้คุณภาพของภาพที่ชัดเจนและมีสีเทียบได้กับฟิล์ม 35 มม. นอกจากนี้เสียงยังจะต้องเทียบได้กับคอมแพ็คดิสด์ และภาพของระบบHDTV จะกว้างกว่าภาพของโทรทัศน์ธรรมดา โดยจะใกล้เคียงกับจอภาพยนตร์ชนิดซีเนมาสโคป คือจะมีอัตราส่วนกว้าง : สูง เท่ากับ 16 : 9 ขณะที่มาตราฐานโทรทัศน์ทั่วไปจะเท่ากับ 12 : 9 และมีรายละเอียดมากกว่า โดยจะมีการสแกนของเส้นจำนวน 1,250 เส้นต่อเฟรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.1 หลักการของการส่งและรับโทรทัศน์สี

โทรทัศน์สีและโทรทัศน์ขาวดำ มีเรื่องราวและหลักการที่คล้ายคลึงกัน มาตราฐานของโทรทัศน์สี จะต้องเข้ากันได้กับมาตราฐานโทรทัศน์ขาวดำในระบบเดียวกันด้วยเสมอ ประชาชนทั่วไปที่มีทั้งเครื่องรับโทรทัศน์ทั้งแบบโทรทัศน์ขาวดำ และแบบโทรทัศน์สี จึงสามารถรับสัญญาณโทรทัศน์ได้ กล่าวคือ เมื่อสถานีโทรทัศน์ส่งสัญญาณโทรทัศน์สีนี้ได้เป็นออกอากาศ นอกจากเครื่องรับโทรทัศน์จะสามารถรับสัญญาณโทรทัศน์สีนี้ได้เป็นภาพสีบนจอหลอดภาพของเครื่องส่งโทรทัศน์สีแล้ว ยังต้องทำให้เครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำในเขตบริการ สามารถรับสัญญาณโทรทัศน์สีนี้ได้เป็นภาพขาวดำบนจอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำด้วย ความเข้ากันได้ หรือความสามารถของเครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำในการรับสัญญาณโทรทัศน์สีนี้ มีชื่อพิเศษเรียกว่า compatibility หรือ correct reception of color TV transmission by B&W TV receivers นอกจากนั้นหากสถานีโทรทัศน์ขาวดำส่งสัญญาณโทรทัศน์ออกอากาศ นอกจากเครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำในเขตบริการ จะสามารถรับสัญญาณโทรทัศน์นี้ให้ปรากฏเป็นภาพขาวดำได้บนจอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำแล้ว ยังจะต้องสามารถทำให้เครื่องรับโทรทัศน์สีในเขตบริการ รับสัญญาณโทรทัศน์นี้ได้ และมีภาพขาวดำบนจอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์สีด้วย ความสามารถในเรื่องนี้ มีชื่อพิเศษเรียกว่า reverse compatibility หรือ correct reproduction of B/W TV transmission by color TV receivers เนื่องด้วยการเลือกใช้มาตราฐานของโทรทัศน์สี จะต้องเข้ากันได้กับมาตราฐานของโทรทัศน์ขาวดำ ปัญหาต่าง ๆ ในการรับชมโทรทัศน์จึงไม่เกิดขึ้น

โทรทัศน์สีระบบต่าง ๆ มีหลักการการส่งและหลักการรับโทรทัศน์คล้ายคลึงกับหลักการส่งและหลักการรับโทรทัศน์ขาวดำ กล่าวคือ แทนที่เครื่องส่งโทรทัศน์จะส่งสัญญาณภาพขาวดำไปให้เครื่องรับโทรทัศน์ เครื่องส่งโทรทัศน์สี ก็จะส่งสัญญาณภาพสีไปแทน ภาพสีของเครื่องส่งโทรทัศน์สี ประกอบด้วยภาพจากสัญญาณของแสงสีแดง-แสงสีเขียว-แสงสีน้ำเงิน เมื่อเครื่องรับโทรทัศน์สีได้รับสัญญาณภาพสีนี้แล้ว ก็จะทำให้มีภาพสีปรากฏบนจอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์สีขึ้น ภาพที่มองเห็นนี้จะละเอียดหรือหยาบไม่น่าดู ขึ้นอยู่กับสิ่งที่เกี่ยวข้องหลายอย่าง สิ่งที่สำคัญก็คือจำนวนจุดดำหรือจุดสีเล็ก ๆ ที่เป็นส่วนประกอบของภาพ ซึ่งมีชื่อเรียกว่า picture element ภาพเหล่านี้จะประกอบขึ้นด้วยจุดดำหรือจุดสีเล็ก ๆ เป็นจำนวนมาก ซึ่งมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งส่วนที่ดำสนิทและส่วนที่ดำจาง หรือส่วนที่มีสีเข้มกับส่วนที่มีสีจาง ขนาดของจุดดำหรือจุดสีในภาพที่มืดสนิทหรือมีสีเข้ม จะมองเห็นใหญ่กว่าขนาดของจุดดำหรือจุดสีในส่วนของภาพสีจาง จำนวนของจุดดำหรือจุดสีที่มีมากหรือน้อยนี้ จะมีผลทำให้ภาพมองดูละเอียดชัดเจนหรือหยาบไม่น่าดูแตกต่างกันด้วย ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.1 ในการนี้ ระยะทางที่มองดูภาพ ก็เข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องอยู่ไม่น้อย ภาพที่หยาบ แต่ถ้ามองดูในระยะทางที่ไกลเกินกว่าระยะทางใช้มองดูภาพละเอียด ก็รู้สึกว่า พอจะมองดูได้เหมือนกัน จุดเล็ก ๆ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของภาพ จะมีวิธีการทางไฟฟ้าทำให้เกิดเป็นสัญญาณภาพ ซึ่งเครื่องรับโทรทัศน์จะนำออกอากาศ และทำให้เกิดภาพบนจอหลอดภาพในเครื่องรับโทรทัศน์ ตามภาพที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.3 แสดงให้เห็นหลักการเบื้องต้นของการส่งโทรทัศน์สีอย่างง่าย ๆ โดยอาศัยเลนซ์และฟิลเตอร์สีช่วยแยกแสงจากวัตถุหรือภาพสีในห้องส่ง ให้แบ่งออกเป็นแสงสีแดง แสงสีเขียว และแสงสีน้ำเงิน ผ่านกล้องโทรทัศน์กับอุปกรณ์ส่วนประกอบอื่น ๆ ที่รับรู้แต่เฉพาะแสงสีแดง แสงสีเขียว และแสงสีน้ำเงิน ตามลำดับเท่านั้น เครื่องรับโทรทัศน์สีประกอบด้วยหลอดภาพและส่วนประกอบอื่น ๆ ที่รับรู้แต่เฉพาะแสงสีแดง แสงสีเขียว แลแสงสีน้ำเงิน ตามลำดับ เมื่อสายตาคนเรามองดูภาพผ่านกระจกเงาครึ่งโปร่งแสง ก็จะมองเห็นเป็นภาพสีขึ้น วิธีการนี้ เป็นการส่งโทรทัศน์สีระบบแม่สีทั้งสาม คือ แสงสีแดง-แสงสีเขียว-แสงสีน้ำเงินโดยอิสระซึ่งจำเป็นต้องใช้แบนด์วิดธ์ (bandwidth) กว้างถึงประมาณสามเท่าของแบนด์วิดธ์ปกติที่ใช้ในการส่งโทรทัศน์ขาวดำวิธีการเช่นนี้ จึงไม่เป็นการเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในทางปฏิบัติ ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นต้องหาวิธีการทางไฟฟ้าให้แสงสีแดง-แสงสีเขียว-แสงสีน้ำเงินแต่ละแสงสี ได้ไปปรากฏขึ้นทางเครื่องรับโทรทัศน์ โดยวิธีการส่งสัญญาณแสงสีเหล่านั้นปะปนกันไป โดยจะต้องกำหนดให้มีแบนด์วิดธ์ของการส่งโทรทัศน์สีประมาณเท่ากับแบนด์วิดธ์ของการส่งโทรทัศน์ขาวดำ วิธีการไฟฟ้านี้ เรียกว่า sequential transmitting system ซึ่งมีอยู่สามวิธีด้วยกัน คือ

1. โดยวิธีส่งสัญญาณสีให้ผ่านไปทีละแสงสี ในขณะที่มีการสลับฟิลด์ในแต่ละภาพ หรือ เรียกว่า field sequential

2. โดยวิธีส่งสัญญาณสีให้ผ่านไปทีละแสงสี ในขณะที่มีการสลับเส้นสะแกนในแต่ละภาพ หรือ เรียกว่า line sequential transmitting system

3. โดยวิธีส่งสัญญาณสีให้ผ่านไปทีละแสงสี ในขณะที่มีการสลับจุดเล็ก ๆ อันเป็นส่วนประกอบของภาพ เรียกว่า dot sequential transmitting system

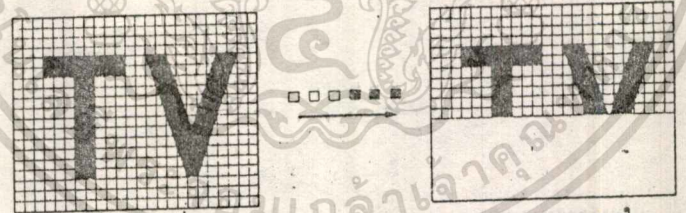
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.1 การส่งและการรับโทรทัศน์สีทำได้อย่างไร

(ก) หากมีจำนวนจุดคำมาก ภาพจอมองดูละเอียด

(ข) หากมีจำนวนจุดคำน้อย ภาพจะมองดูหยาบ

รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของภาพในรูปซึ่งมีพื้นที่เท่ากัน



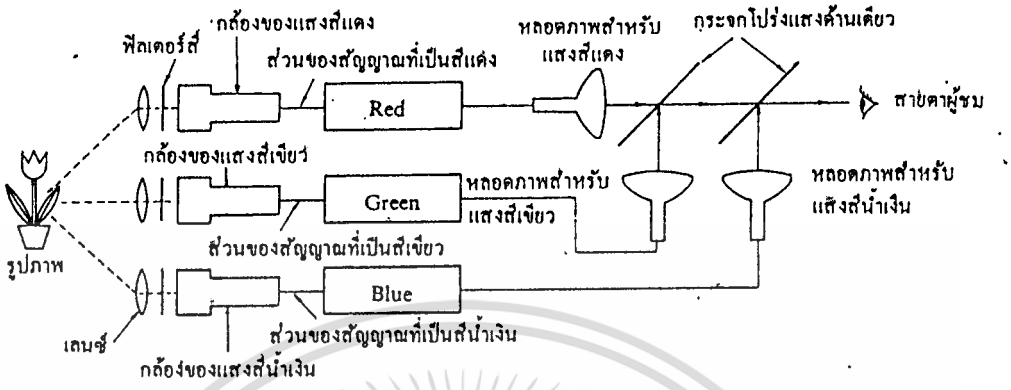

ภาพทางด้านเครื่องส่งโทรทัศน์

กล้องโทรทัศน์ จะเปลี่ยนแปลงภาพในห้องส่ง หรือภาพอื่นใดให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งเรียกว่าสัญญาณภาพและสัญญาณนี้จะทำให้เกิดภาพบนจอหลอดภาพในเครื่องรับโทรทัศน์ขึ้น

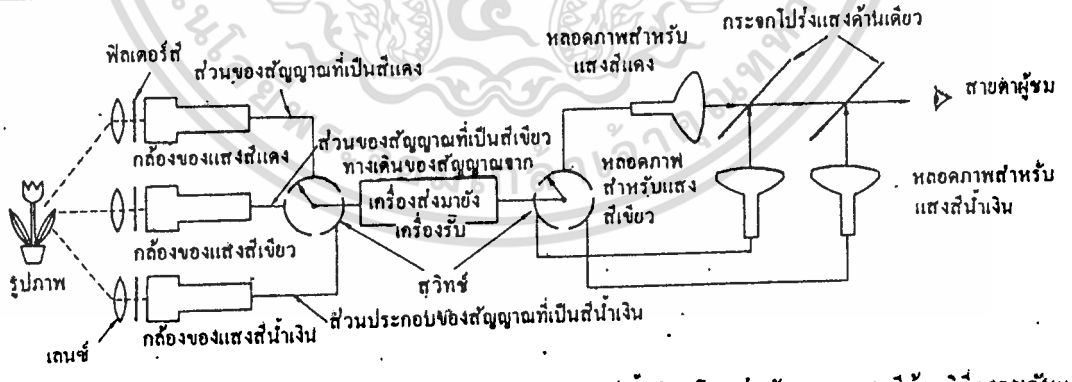
ภาพบนจอหลอดภาพในเครื่องรับโทรทัศน์

รูปที่ 2.2 การส่งและการรับภาพทางโทรทัศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.3 การส่งโทรทัศน์สีระบบแสงสีแดง – แสงสีเขียว – แสงสีน้ำเงิน โดยส่งทุกแสงสีพร้อมกัน จะสังเกตเห็นได้ว่า แสงสีแดง แสงสีเขียว และแสงสีน้ำเงิน ต่างก็จะเกิดขึ้นและส่งไปยังเครื่องรับโทรทัศน์ของแสงสีนั้น ๆ โดยตรง และเป็นอิสระแก่กัน ถึงแม้ว่าวิธีการที่ยุ่งยาก และไม่สามารถนำมาใช้ได้ในทางปฏิบัติ



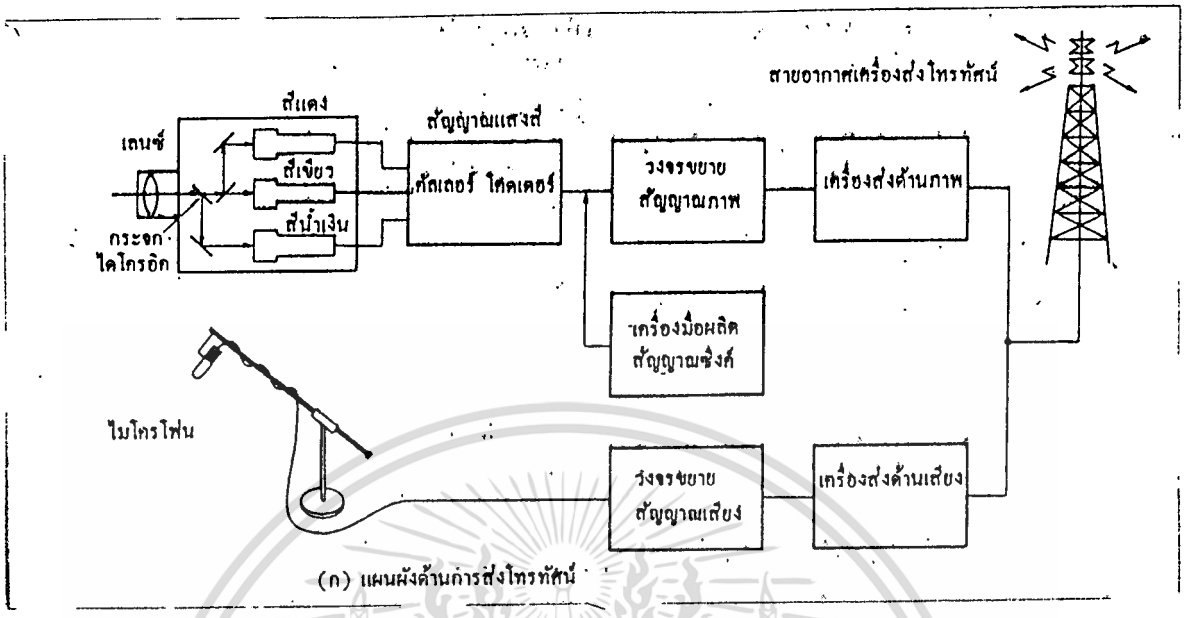

รูปที่ 2.4 การส่งโทรทัศน์สีระบบแสงสีแดง – แสงสีเขียว – แสงสีน้ำเงิน โดยส่งสัญญาณภาพสีด้วยวิธีการสลับแสงสี ซึ่งจะทำให้สามารถส่งสัญญาณโทรทัศน์สี โดยอาศัยความกว้างของช่องโทรทัศน์ขาวดำที่ใช้อยู่แล้วได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

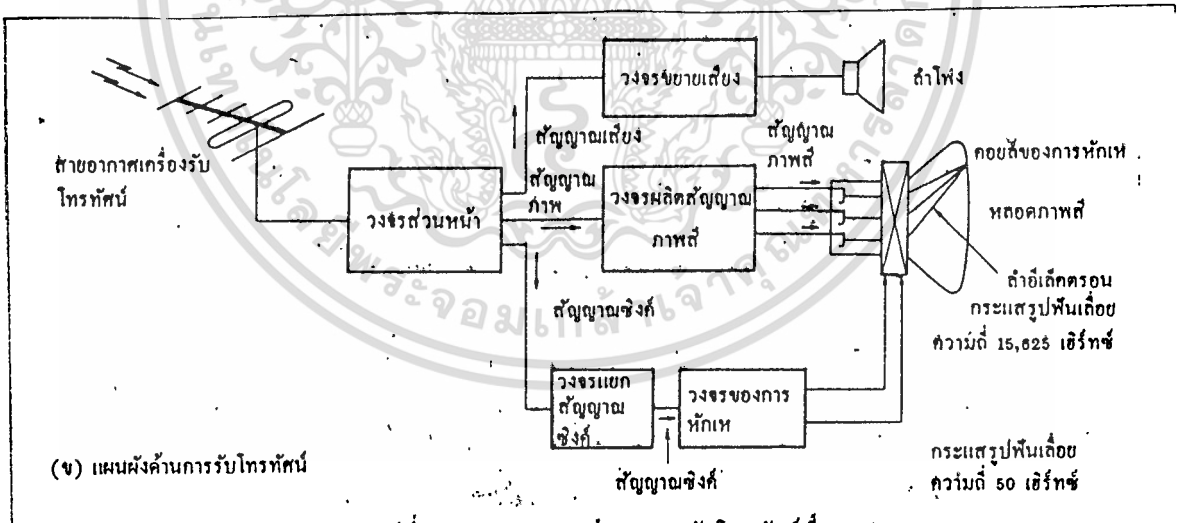
รูปที่ 2.4 แสดงให้เห็นหลักการของการส่งโทรทัศน์สีโดยวิธี sequential transmitting system ซึ่งเป็นวิธีการในทางทฤษฎี สำหรับการส่งและการรับโทรทัศน์สีในทางปฏิบัติ เครื่องส่งโทรทัศน์สีและเครื่องรับโทรทัศน์สี จะต้องมีวงจรพิเศษเพื่อทำการส่งสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำ หรือ สัญญาณส่องสว่าง (luminance signa) ปะปนไปกับสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี (chrominance signal) ตามที่ได้แสดงไว้แล้วในรูปที่ 2.5 แผนผังที่แสดงในรูปที่ 2.5 (ก) เป็นแผนผังด้านของการส่งโทรทัศน์สี โดยกล้องโทรทัศน์สีที่ใช้ในห้องส่งโทรทัศน์ จะมีเลนซ์และกระจก dichroic ทำการแยกภาพสีให้ปรากฏออกมาในรูปของสัญญาณแสงสีแดง-แสงสีเขียว-แสงสีน้ำเงิน แสงสีทั้งสามนี้ จะส่งผ่าน color coder ซึ่งจะช่วยทำให้เกิดสัญญาณโทรทัศน์ให้ภาพสีปะปนไปกับสัญญาณส่องสว่าง เป็นสัญญาณภาพรวม โทรทัศน์สีที่ใช้สัญญาณภาพรวมก็จะส่งผ่านวงจรขยายกำลังสัญญาณภาพ (video amplifier) และผ่านวงจรต่าง ๆ ในเครื่องส่งโทรทัศน์ด้านภาพ ซึ่งเมื่อได้นำมารวมกับสัญญาณเสียงที่ผ่านเครื่องส่งโทรทัศน์ด้านเสียงแล้ว ก็จะกลายเป็นสัญญาณโทรทัศน์สีซึ่งพร้อมที่จะนำออกอากาศ สายอากาศของเครื่องรับโทรทัศน์สีก็จะรับเอาสัญญาณโทรทัศน์สีที่ส่งมานี้มาทำให้เกิดเสียงและภาพทางเครื่องรับโทรทัศน์สีต่อไป แผนผังในรูปที่ 2.5 (ข) เป็นแผนผังในด้านของการรับโทรทัศน์สี สัญญาณโทรทัศน์สีที่สายอากาศโทรทัศน์สีรับได้ ก็จะผ่านวงจรส่วนหน้า (tuner or front end) ซึ่งจะแยกสัญญาณเสียงออกจากสัญญาณภาพรวม เพื่อทำให้เกิดเสียงที่ลำโพงเครื่องรับโทรทัศน์สีสำหรับสัญญาณภาพรวมก็จะแยกออกเป็นส่วนของสัญญาณส่องสว่าง สัญญาณโทรทัศน์ให้ภาพสีจะผ่านวงจรผลิตสัญญาณภาพสี (color regenerating circuit) เพื่อแยกออกเป็นสัญญาณแสงสีแดง-แสงสีเขียว-แสงสีน้ำเงินเพื่อส่งต่อไปให้คาโถดของหลอดภาพโทรทัศน์สี ส่วนสัญญาณส่องสว่างนั้น ก็จะผ่านวงจรต่าง ๆ ตามที่เคยพบเห็นมาแล้วในเครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำ ส่วนประกอบต่าง ๆ ของวงจรเครื่องรับโทรทัศน์สีเหล่านี้จะช่วยทำให้เกิดเป็นภาพสีขึ้นที่จอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์สีตามต้องการ การส่งภาพสีนั้น ก็มีวิธีการเช่นเดียวกันกับการส่งภาพขาวดำ กล่าวคือ กล้องในห้องส่งโทรทัศน์จะต้องมีการสะแกนภาพที่ต้องการส่งไปทีละเส้นทีละภาพ โดยจะต้องใช้สัญญาณซิ้งค์เพื่อทำให้การสะแกนทางกล้องโทรทัศน์ในห้องส่งกับการสะแกนทางจอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์สีเป็นไปในจังหวะเดียวกัน ตามที่แสดงไว้ในรูปที่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




(ก) แผนผังด้านการส่งโทรทัศน์




(ข) แผนผังด้านการรับโทรทัศน์

รูปที่ 2.5 ระบบการส่งและการรับโทรทัศน์สี

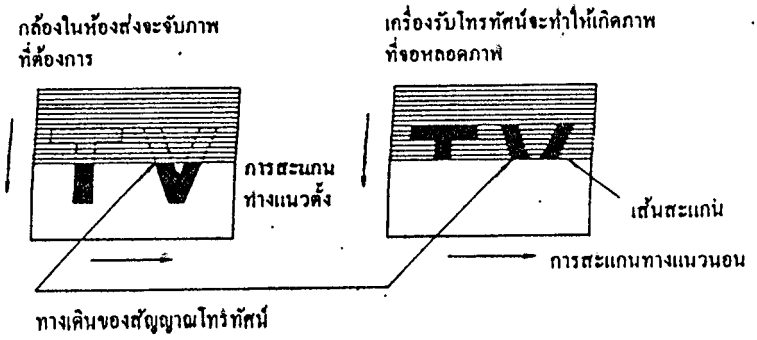
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 การสะแกนและเรื่องที่เกี่ยวข้อง

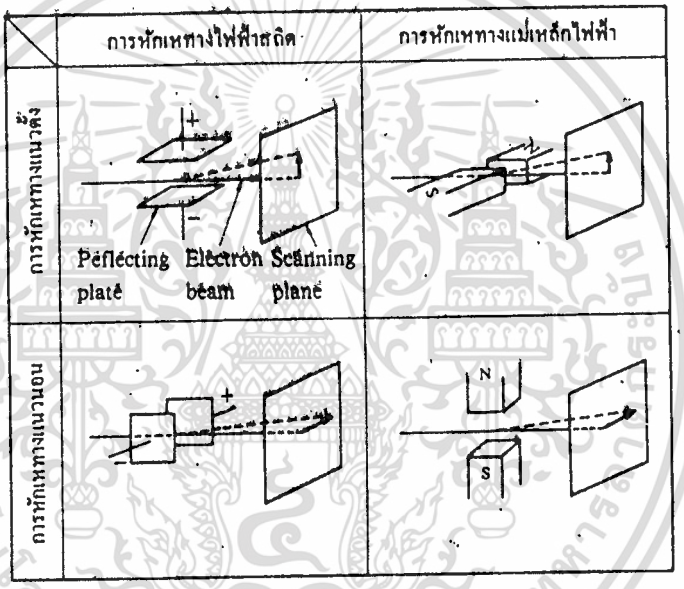
ภาพบนจอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์สีโดยทั่วไป จะประกอบด้วยเส้นขวางเล็ก ๆ ในแนวนอนเป็นจำนวนมาก ซึ่งแต่ละเส้นเหล่านี้ มีทั้งส่วนที่ดำสนิทหรือมีสีเข้ม ส่วนที่ดำจางหรือมีสีจางและส่วนที่สว่างมากปะปนกันอยู่ เส้นขวางเล็ก ๆ ในแนวนอนเหล่านี้ มีชื่อเรียกว่า เส้นสะแกน เส้นเหล่านี้ประกอบไปด้วยจุดเล็ก ๆ ซึ่งมีทั้งมืดและสว่างปะปนกันอยู่ ภาพที่ปรากฏบนจอหลอดภาพจึงประกอบด้วยจุดเล็ก ๆ ที่มีระดับของความสว่างแตกต่างกันเป็นจำนวนมาก จุดเล็ก ๆ เหล่านี้เรียกว่า ส่วนประกอบของภาพ หรือ picture element ซึ่งมีส่วนสัมพันธ์กับความละเอียดของภาพเช่นเดียวกับจุดดำหรือจุดสีเล็ก ๆ ในรูปภาพของสิ่งตีพิมพ์ ภาพที่เห็นบนจอหลอดภาพจะมองดูละเอียดน่าดู หากมีจุดเล็ก ๆ หรือจำนวนเส้นสะแกนในแนวนอนมากเพียงพอ ด้วยเหตุนี้ โทรทัศน์ระบบยุโรป ซึ่งมีจำนวนเส้นสะแกน 625 เส้นต่อภาพ จึงให้ภาพที่มองดูละเอียดกว่าโทรทัศน์ระบบอเมริกาซึ่งมีจำนวนเส้นสะแกน 525 เส้นต่อภาพเท่านั้น อย่างไรก็ตามภาพที่เห็นบนจอหลอดภาพจะมองดูละเอียด หรือหยาบไม่น่าดูอย่างไรนั้น ยังขึ้นอยู่กับส่วนประกอบอีกหลายอย่าง เช่น ความสว่างของภาพ และระยะทางที่มองดูภาพ เป็นต้น สำหรับโทรทัศน์ระบบอเมริกา ซึ่งมีจำนวนเส้นสะแกนน้อยกว่าจำนวนเส้นสะแกนของโทรทัศน์ระบบยุโรป อันอาจทำให้มองเห็นภาพมีความละเอียดน้อยกว่า แต่ถ้าหากมองดูภาพในระยะทางห่างประมาณสี่ถึงแปดเท่าของความสูงของภาพแล้ว ก็จะรู้สึกว่า เป็นภาพที่พอใช้ได้เหมือนกัน จุดที่เห็นสว่างในจอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์ เกิดขึ้นเพราะอีเล็คตรอนที่หลุดออกไปจากแคโถด และถูกดึงดูดให้วิ่งเป็นลำไปกระทบแอโนดหรือจอหลอดภาพซึ่งฉาบวัสดุเรืองแสงบางชนิดเอาไว้ จุดที่มีการกระทบกัน ก็จะมองเห็นเป็นจุดสว่างขึ้นที่จอ การสะแกนก็คือ การทำให้จุดสว่างนี้เคลื่อนที่ไปในจังหวะที่ต้องการ ซึ่งในเรื่องของโทรทัศน์ ก็ต้องการให้จุดสว่างนี้เคลื่อนที่ไปในแนวนอนและแนวตั้งโดยอาศัยความเข้มของสนามแม่เหล็กเข้าช่วยเหลือ ทำให้เกิดการดึงดูดหรือการผลักกันกับอีเล็คตรอนในหลักการ การทำให้เกิดการดึงดูดหรือการผลักกันกับอีเล็คตรอนนี้อาจทำได้โดยวิธีการหักเหของไฟฟ้าสถิต (electronstatic deflection) หรือวิธีการหักเหของแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic deflection) ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.7 ซึ่งวิธีการหลังนี้ เป็นที่นิยมกันมากในทางปฏิบัติ สนามแม่เหล็กนี้เกิดขึ้นโดยการปล่อยกระแสไฟฟ้ารูปฟันเลื่อย ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.8 ให้ไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

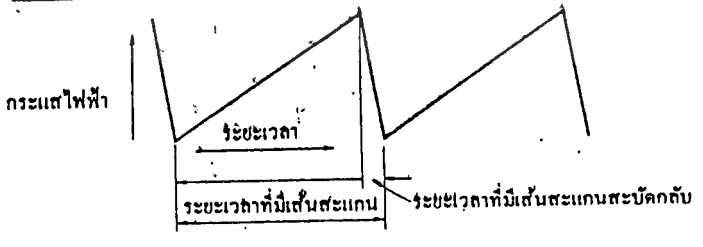
008481




รูปที่ 2.6 หลักการส่งและหลักการรับภาพทางโทรทัศน์




รูปที่ 2.7 ทฤษฎีของการหักเหทางไฟฟ้าสถิต และทางแม่เหล็กไฟฟ้า

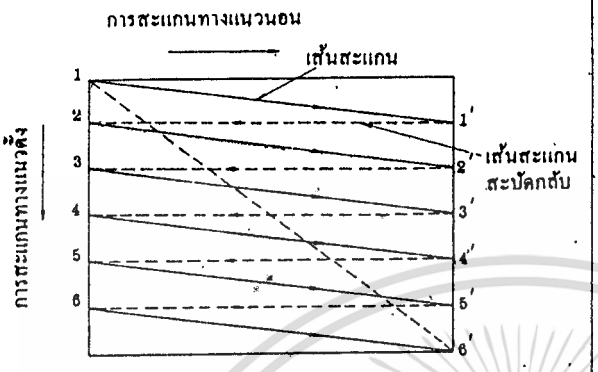



รูปที่ 2.8 รูปร่างของกระแสรูปฟันเลื่อย

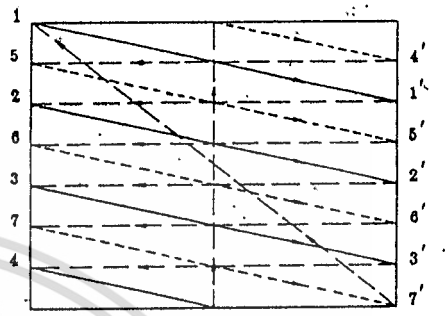
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านขดลวดของการหักเห (defletion coil) ที่พันอยู่รอบ ๆ คอหลอดภาพ ซึ่งมีอยู่สองชุดด้วยกันคือ ขดลวดที่พันอยู่รอบคอหลอดภาพในแนวนอนชุดหนึ่ง และขดลวดที่พันอยู่รอบคอหลอดภาพในแนวตั้งอีกชุดหนึ่ง สำหรับโทรทัศน์ระบบยุโรป ความถี่ของกระแสรูปฟันเลื่อยที่ไหลผ่านขดลวดของการหักเหในแนวนอน จะมีค่า 15,625 เฮิร์ทซ์ ความถี่ของกระแสรูปฟันเลื่อยที่ไหลผ่านขดลวดของการหักเหในแนวตั้ง จะมีค่าเพียง 50 เฮิร์ทซ์เท่านั้น โดยปกติการสะแกนจะเริ่มต้นขึ้นโดยการทำให้จุดสว่างบนจอหลอดภาพเคลื่อนที่จากด้านซ้ายมือด้านบนของจอไปทางขวามือในแนวนอน ซึ่งเมื่อถึงตำแหน่งขวามือสุด ก็จะถูกเบนต่ำลงเล็กน้อย อันเป็นผลจากการที่มีกระแสรูปฟันเลื่อยไหลผ่านขดลวดของการหักเหในแนวตั้ง แล้วก็จะกลับไปตั้งต้นใหม่ทางซ้ายมือเพื่อเคลื่อนที่มาทางขวามือในแนวนอนอีก เป็นอยู่เช่นนี้เรื่อย ๆ จนกระทั่งจุดสว่างนั้นไปถึงตำแหน่งขวามือล่างสุดของจอหลอดภาพ จึงเป็นอันเสร็จสิ้นการสะแกนภาพนิ่งภาพหนึ่ง หรือเรียกกันว่า เฟรมหนึ่ง ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.9 หลังจากนั้น ลำอีเล็คตรอนก็จะกลับไปตั้งต้นใหม่ทางซ้ายมือด้านบนสุดของจอหลอดภาพอีกเพื่อสะแกนภาพนิ่งอันดับถัดไป อย่างไรก็ตาม เพื่อลดอาการกระพริบของภาพการสะแกนภาพนิ่งแต่ละภาพ มักนิยมจัดทำสองครั้งในแบบของการสะแกนไขว้กัน ซึ่งเรียกว่า interlace scanning ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.10 โดยกำหนดให้ภาพนิ่งหนึ่งเฟรม (frame) ประกอบด้วยสองฟิลด์ (field) และเริ่มต้นด้วยการสะแกนภาพนิ่งฟิลด์เส้นคี่ก่อน เมื่อเสร็จสิ้นถึงตำแหน่งขวามือล่างสุดของจอหลอดภาพแล้ว จึงกลับไปตั้งต้นใหม่ทางด้านซ้ายมือบนสุดของจอ แล้วเริ่มต้นสะแกนภาพนิ่งฟิลด์เส้นคู่ต่อไป จนถึงตำแหน่งขวามือล่างสุด หลังจากนั้น จึงเริ่มต้นด้วยสะแกนภาพนิ่งอันดับอื่นต่อไป ฉะนั้น ภาพนิ่งแต่ละภาพหรือภาพนิ่งหนึ่งเฟรม จึงประกอบด้วยฟิลด์สะแกนเส้นคี่และฟิลด์สะแกนเส้นคู่ สำหรับโทรทัศน์ระบบยุโรป ซึ่งใช้เส้นสะแกน 625 เส้นต่อภาพ และ 50 ภาพ ต่อวินาที นั้น ภาพหนึ่งแต่ละภาพหรือแต่ละเฟรมจะประกอบด้วยเส้นสะแกนแนวนอน 625 เส้น ภาพนิ่งแต่ละฟิลด์ จะมีเส้นสะแกนแนวนอนครึ่งหนึ่งของ 625 เส้นต่อภาพ หรือ 312 1/2 เส้น ภาพนิ่งแต่ละภาพนี้ จะเกิดขึ้นภายในระยะเวลา 1/25 วินาที ความถี่ของกระแสรูปฟันเลื่อยที่ใช้ในการหักเหทางแนวนอน ซึ่งในระยะเวลา 1/25 วินาที จะเกิดเส้นสะแกน 625 เส้น จะมีค่า (625)(25) หรือ 15,625 เฮิร์ทซ์ ส่วนความถี่ของกระแสรูปฟันเลื่อยที่ใช้หักเหในแนวตั้ง ซึ่งใช้เวลาในการสะแกนจากบนสุดมาล่างสำหรับฟิลด์หนึ่ง ๆ เพียง 1/50 วินาที จะมีค่า 50 เฮิร์ทซ์ การสะแกนภาพนิ่งตามที่กล่าวมาแล้วนี้จะทำ

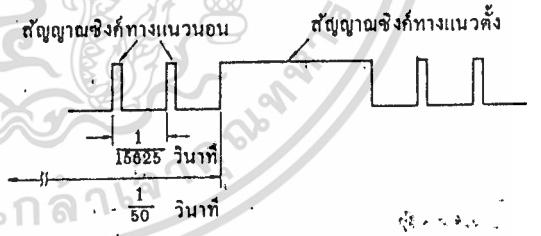
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.9 การสะแกนจากซ้ายไปขวาและจากบนลงล่าง



รูปที่ 2.10 การสะแกนไขว้กัน (interlace scanning)




รูปที่ 2.11 รูปร่างของสัญญาณซิงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดต่อกันไปเรื่อย ๆ โดยจะมีจำนวนภาพนิ่งหรือจำนวนเส้นสะแกนต่อภาพกับจำนวนภาพต่อวินาทีแตกต่างกันไปตามชนิดของระบบโทรทัศน์ที่ใช้ ภาพที่ปรากฏบนจอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์ จึงมีผลคล้ายกับการฉายภาพนิ่ง ซึ่งแต่ละภาพมีความแตกต่างกันบ้างเพียงเล็กน้อยเป็นจำนวนหลาย ๆ ภาพต่อหนึ่งวินาที ด้วยเหตุที่สายตาของคนเรามีคุณลักษณะพิเศษในเรื่องของ persistence of vision จึงทำให้ผู้ชมโทรทัศน์สามารถมองเห็นภาพบนจอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์ เป็นภาพเคลื่อนไหวติดต่อกันตลอดเวลา เรื่องที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของการส่งและการรับโทรทัศน์ก็คือ จะต้องสามารถหาวิธีการซึ่งทำให้การสะแกนของภาพที่เกิดขึ้นในกล้องโทรทัศน์นั้น เกิดขึ้นพร้อมกันกับการสะแกนของภาพที่จอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์ หรือทำให้ความถี่ของกระแสรูปฟันเลื่อยของวงจรหักเหทางแนวนอนและแนวตั้งทางกล้องโทรทัศน์เท่ากันตลอดเวลา กับความถี่ของวงจรหักเหทางแนวนอนและแนวตั้งทางจอหลอดภาพภาพของเครื่องรับโทรทัศน์ หากความถี่ของกระแสรูปฟันเลื่อยในวงจรทางเครื่องส่งโทรทัศน์ไม่เท่ากันตลอดเวลากับความถี่ของกระแสรูปฟันเลื่อยในวงจรทางเครื่องรับโทรทัศน์ ก็จะพบว่า ภาพจะล้มหรือไม่มีภาพทางเครื่องรับโทรทัศน์ การทำให้ความถี่ของกระแสรูปฟันเลื่อยทางด้านเครื่องส่งโทรทัศน์เท่ากันตลอดเวลากับความถี่ของกระแสรูปฟันเลื่อยทางด้านเครื่องรับโทรทัศน์นี้ เรียกว่าเกิดการเข้าจังหวะ (synchronization) ขึ้น ในทางปฏิบัติสถานีโทรทัศน์จะต้องส่งสัญญาณชนิดหนึ่งเรียกว่า สัญญาณซิงค์ (synchronizing signal หรือ sync pulse signal) ไปพร้อมกับสัญญาณภาพ ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.11 และรูปที่ 2.12 สัญญาณซิงค์นี้ จะประกอบด้วยสัญญาณซิงค์ทางแนวนอน (horizontal sunchronizing signal) ซึ่งมีความถี่ 15,625 เฮิร์ทซ์ หรือจะมี sync pulse ครั้งหนึ่งในทุก ๆ ครั้งที่มีเส้นสะแกนในแนวนอนกับสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้ง (vertical synchronizing signal) ซึ่งมีความถี่ 50 เฮิร์ทซ์ หรือจะมี sync pulse ครั้งหนึ่งในขณะที่มีการสะแกนฟิลด์เส้นคี่หรือฟิลด์เส้นคู่เสร็จสิ้นลง สัญญาณซิงค์เหล่านี้จะส่งไปพร้อม ๆ กับสัญญาณภาพ ในช่วงระยะเวลาของเส้นสะแกนสะปัดกลับหรือช่วงระยะเวลาที่เส้นสะแกนกำลังหันกลับไปเริ่มต้นใหม่

ในทางปฏิบัติ สถานีโทรทัศน์ขาวดำจะต้องส่งสัญญาณต่าง ๆ หลายอย่างออกอากาศไปให้เครื่องรับโทรทัศน์ เพื่อทำให้เกิดภาพขาวดำที่จอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์ ในลักษณะเดียวกันและพร้อมกันกับการสะแกนของกล้องโทรทัศน์ สัญญาณต่าง ๆ สำหรับทำให้เกิดภาพขาวดำเหล่านี้ แสดงไว้แล้วในรูปที่ 2.12

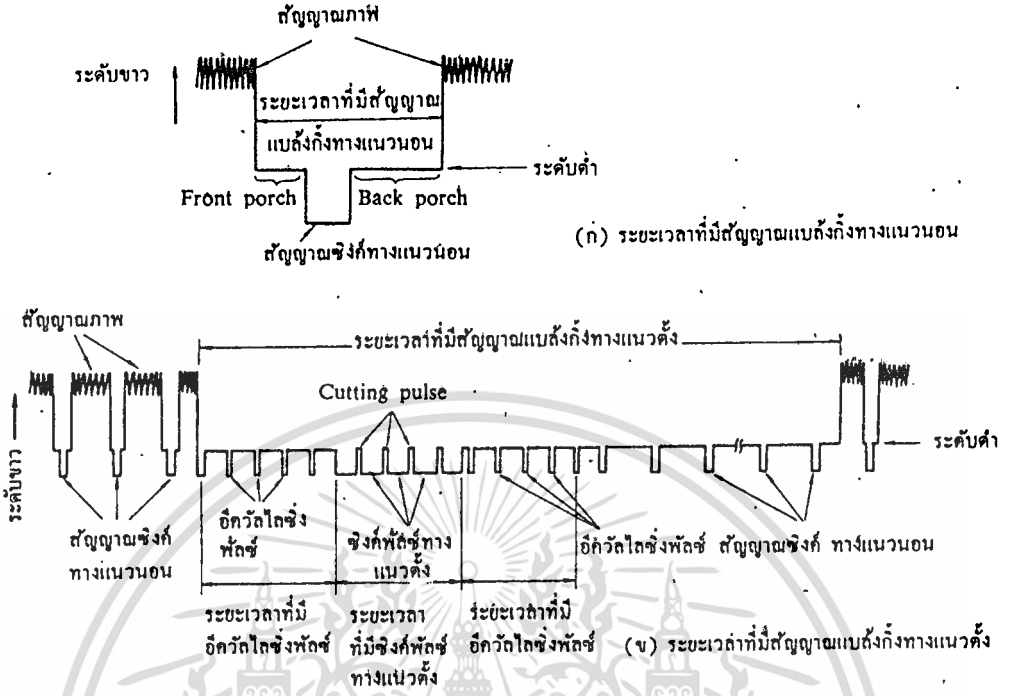
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณต่าง ๆ ตามรูปนี้ จะอยู่เป็นรูปร่างเดียวกัน ซึ่งเรียกว่า สัญญาณภาพรวม (composite video signal) แล้วใช้คลื่นพาห์ของภาพเป็นตัวพาออกอากาศ รวมกับคลื่นพาห์ของสัญญาณเสียง เหตุผลและความจำเป็นในการใช้สัญญาณต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้

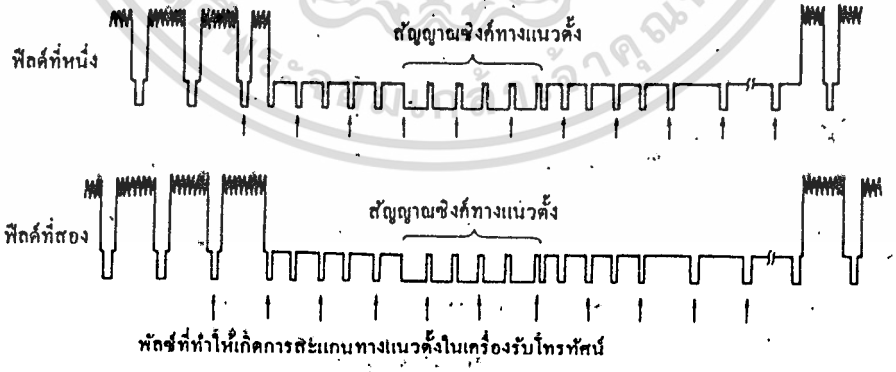
2.2.1. **สัญญาณภาพ (video signal) และสัญญาณเสียง (sound signal)** เป็นสัญญาณที่ใช้เพื่อทำให้เกิดภาพขาวดำที่จอหลอดภาพ และมีเสียงที่ลำโพงเครื่องรับโทรทัศน์ตามต้องการ สัญญาณภาพ บางครั้งเรียกว่า สัญญาณส่องสว่าง

2.2.2. สัญญาณแบล้งกิ้ง (blanking signal) เป็นสัญญาณที่ใช้เพื่อลบเส้นสะแกนสะบัดกลับทั้งในแนวนอนและแนวตั้ง เพื่อมิให้เป็นที่สังเกตเห็นได้ชัดทางจอหลอดภาพ รูปที่ 2.12 (ก) เป็นรูปขยายของระยะเวลาที่มีสัญญาณแบล้งกิ้งทางแนวนอน (horizontal blanking period) และในช่วงระยะเวลาที่มีสัญญาณแบล้งกิ้งทางแนวนอนนี้ ก็จะส่งสัญญาณซิงค์ทางแนวนอนไปด้วย แต่จะอยู่ในระดับดำสนิทมากกว่าสัญญาณแบล้งกิ้ง ส่วนที่เหลื่อมล้ำกันระหว่างแบล้งกิ้งพัลซ์กับซิงค์พัลซ์นี้ จะมีอยู่สองส่วนตามรูปที่แสดงไว้ ส่วนหน้าเรียกว่า front porch และส่วนหลังเรียกว่า back porch สำหรับโทรทัศน์ระบบอเมริกา ความถี่ของกระแสรูปฟันเลื่อยที่ไหลผ่านขดลวดของการหักเหในแนวนอนมีค่า 15,750 เฮิร์ทซ์ หรือ 63.5 ไมโครวินาที จะต้องเกิดเส้นสะแกนสะบัดกลับครั้งหนึ่ง จึงจำเป็นต้องใช้แบล้งกิ้งพัลซ์ทางแนวนอนเอกครั้งหนึ่ง โดยมีขนาดประมาณ 10 ไมโครวินาที ส่วนรูปที่ 2.12 (ข) นั้นเป็นรูปขยายของระยะเวลาที่มีสัญญาณแบล้งกิ้งทางแนวตั้ง สำหรับโทรทัศน์ระบบอเมริกา ทุก ๆ ระยะเวลา 1/60 วินาที หรือ 16.667 ไมโครวินาที จำเป็นต้องให้มีแบล้งกิ้งพัลซ์ทางแนวตั้งอีกครั้งหนึ่งโดยมีขนาดประมาณ 1,250 ไมโครวินาที ในระยะที่มีแบล้งกิ้งพัลซ์ทางแนวตั้งนี้ ก็จะส่งสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้งออกไปด้วย และเพื่อประโยชน์ในการช่วยทำให้สัญญาณซิงค์ทางแนวตั้ง ยังคงมีรูปร่างดีเหมือนเดิม หลังจากแยกออกมาจากสัญญาณซิงค์ทางแนวนอนทางเครื่องรับโทรทัศน์แล้ว จะนิยมส่งอีควัลไลซิ่งพัลซ์ (equalizing pulse) กับ คัตติ้งพัสซ์ (cutting pulse) ไปด้วย ตามรูปที่ 2.12 (ข) ความถี่ของอีควัลไลซิ่งพัลซ์และคัตติ้งพัสซ์นี้ จะมีค่าเป็นสองเท่าของความถี่สัญญาณซิงค์ทางแนวนอน เพื่อช่วยให้การสะแกนแบบหนึ่งเฟรมแบ่งออกเป็นสองฟิลด์ทางด้านเครื่องรับโทรทัศน์ เป็นไปอย่างถูกต้องและเหมาะสม จุดตั้งต้นของสัญญาณซิงค์ทางแนวนอนและสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้งนี้จะต้องมีส่วนสัมพันธ์กันอย่างเหมาะสม คือเมื่อหมดการสะแกนฟิลด์หนึ่ง ๆ แล้ว จะต้องเกิดขึ้นพร้อมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.12 รูปร่างของสัญญาณซิงค์ที่ใช้ในการส่งโทรทัศน์




รูปที่ 2.13 พัลซ์ที่เกิดขึ้นในระยะเวลาที่มีสัญญาณแบล้งกิ้งทางแนวตั้ง ในฟิลด์ที่หนึ่งและฟิลด์ที่สอง

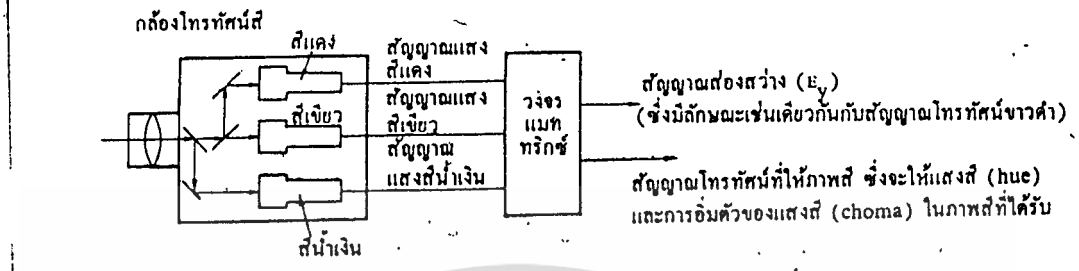
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อทำการสะแกนฟิลด์ต่อ ๆ ไป ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.13 มิฉะนั้น การสะแกนไขว้กันทางเครื่องรับโทรทัศน์อาจไม่เป็นไปในจังหวะที่ถูกต้อง

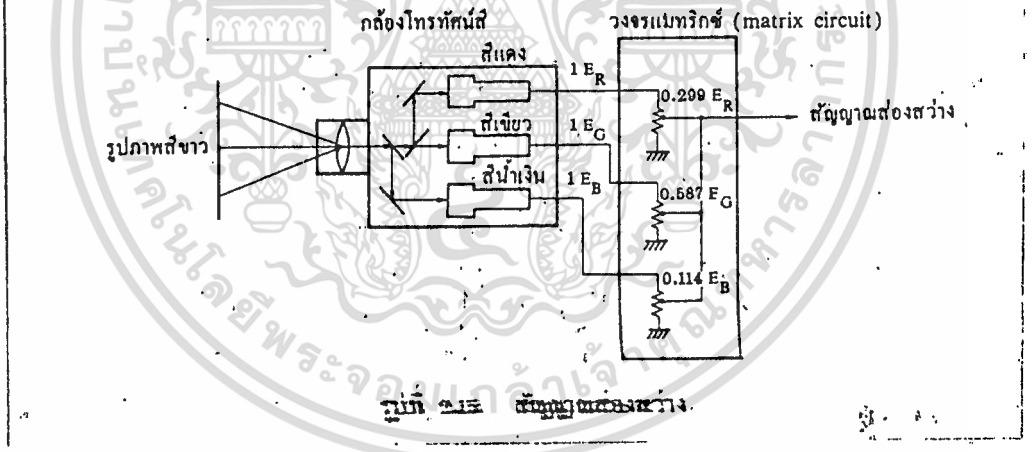
2.2.3 สัญญาณซิงค์ (synchronizing signal) เป็นสัญญาณที่ใช้เพื่อช่วยทำให้ความถี่ของกระแสรูปฟันเลื่อยที่ใช้ในวงจรของการหักเหทางแนวนอนกับวงจรของการหักเหทางแนวตั้งของเครื่องส่งโทรทัศน์ มีค่าตรงกันกับที่ใช้ในเครื่องรับโทรทัศน์อันจะมีผลทำให้การสะแกนของภาพทางด้านเครื่องส่งโทรทัศน์ ตรงกันกับทางด้านเครื่องรับโทรทัศน์ตลอดเวลา สัญญาณซิงค์ทางแนวนอนจะมีความถี่เท่ากับความถี่ของกระแสรูปฟันเลื่อยที่ใช้ในวงจรของการหักเหทางแนวนอน สัญญาณซิงค์ทางแนวตั้ง จะมีความถี่เท่ากับความถี่ของกระแสรูปฟันเลื่อยที่ใช้ในวงจรของการหักเหทางแนวตั้ง เนื่องจากความถี่ของสัญญาณซิงค์นี้เท่ากับความถี่ของสัญญาณแบล้งกิ้ง จึงจำเป็นต้องป้องกันการรบกวนที่อาจเกิดขึ้น โดยจำเป็นต้องกำหนดขนาดของซิงค์พัลซ์ให้น้อยกว่าขนาดของแบล้งกิ้งพัลซ์ กล่าวคือ ทำให้ซิงค์พัลซ์ทางแนวนอนมีขนาดเพียง 5 ไมโครวินาที และซิงค์พัลซ์ทางแนวตั้งมีขนาดเพียง 190 ไมโครวินาทีเท่านั้น นอกจากนี้ ยังใช้วิธีส่งซิงค์พัลซ์เหล่านี้ปะปนกับแบล้งกิ้งพัลซ์ โดยทำให้ฐานของซิงค์พัลซ์อยู่ทับบนขอบบนของแบล้งกิ้งพัลซ์อีกชั้นหนึ่ง เมื่อได้กำหนดให้ระดับสูงสุดของแบล้งกิ้งพัลซ์เป็นระดับดำมืดจนมองไม่เห็นทางจอหลอดภาพแล้ว ระดับของซิงค์พัลซ์ที่อยู่บนยอดสูงสุดของแบล้งกิ้งพัลซ์ ก็จะเป็นระดับดำมืดสนิท และไม่ทำให้เกิดการรบกวนภาพที่จอหลอดภาพแต่ประการใด

2.2.4. สัญญาณอีควัลไลซิ่ง (equalizing signal) เป็นสัญญาณที่ใช้เพื่อช่วยทำให้สัญญาณซิงค์ทางแนวตั้งยังคงมีรูปร่างดีเหมือนเดิม หลังจากแยกออกมาจากสัญญาณซิงค์ทางแนวนอนในเครื่องรับโทรทัศน์แล้ว สัญญาณนี้มีความถี่เป็นสองเท่าของสัญญาณซิงค์ทางแนวนอน ซึ่งจะช่วยทำให้การสะแกนไขว้กันทางเครื่องรับโทรทัศน์เป็นไปโดยเรียบร้อย รวมทั้งสัญญาณซิงค์ทางแนวนอนก็จะไม่ขาดหายไปในช่วงเวลาที่มีสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้งอีกด้วย ขนาดของอีควัลไลซิ่งพัลซ์ ก็มีขนาดประมาณซิงค์พัลซ์ทางแนวตั้ง คือประมาณ 190 ไมโครวินาที หรือประมาณสามเท่าของซิงค์พัลซ์ทางแนวนอน นอกจากนี้ ยังนิยมแบ่งพัลซ์นี้ออกเป็นพัลซ์เล็ก ๆ ตามรูปที่ 2.12 เพื่อให้เกิดซิงค์พัลซ์ทางแนวนอนครั้งหนึ่ง ในทุก ๆ สองครั้งที่มีพัลซ์เล็ก ๆ เหล่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.14 สัญญาณที่ได้จากกล้องโทรทัศน์สี




รูปที่ 2.15 สัญญาณส่องสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 สัญญาณโทรทัศน์สีประกอบด้วยอะไรบ้าง

ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ความต้องการในเรื่องการให้บริการที่มีเครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำอยู่ด้วย มีอยู่ด้วยกันสามประการ ประการแรกคือ เรื่องของ compatibility กับ reverse compatibility ประการที่สอง คือ สัญญาณโทรทัศน์สีที่ส่งออกอากาศ จะต้องประกอบด้วยส่วนที่เป็นสัญญาณส่องสว่างกับส่วนที่เป็นสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี ประการสุดท้าย ก็คือ ความถี่ของโทรทัศน์สัญญาณที่ให้ภาพสี จะต้องมีขอบเขตอยู่ในความถี่เดียวกันกับสัญญาณส่องสว่าง ในทางปฏิบัติกล้องโทรทัศน์สีจะช่วยเหลือทำให้เกิดสัญญาณแสงสีแดง-แสงสีเขียว-แสงสีน้ำเงิน ขึ้น ซึ่งหากจะทำการส่งสัญญาณแสงสีเหล่านี้ไปยังเครื่องรับโทรทัศน์สีโดยตรง จะเป็นการยุ่งยาก จึงใช้วิธีการนำสัญญาณแสงสีทั้งสามเหล่านี้ มาผสมในวงจรพิเศษ ซึ่งเรียกว่า วงจรแมททริกซ์ (matrix) เพื่อทำให้เกิดเป็นสัญญาณใหม่สองสัญญาณ คือ สัญญาณส่องสว่างและสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.14 เมื่อสถานีโทรทัศน์สีส่งสัญญาณต่าง ๆ เหล่านี้ออกอากาศ เครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำก็จะรับเฉพาะสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำ ส่วนเครื่องรับโทรทัศน์สี ก็จะรับสัญญาณโทรทัศน์ทั้งหมด แล้วมาทำให้เกิดภาพสีขึ้นที่จอหลอดภาพต่อไป

กล่าวโดยสรุป สถานีโทรทัศน์สีจะต้องส่งสัญญาณต่าง ๆ ออกอากาศไปให้เครื่องรับโทรทัศน์ เพื่อทำให้เกิดภาพสีขึ้นที่จอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์สี และภาพขาวดำที่จอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำ กับมีเสียงที่ลำโพงของเครื่องรับโทรทัศน์ ดังต่อไปนี้

2.3.1. สัญญาณเสียง เพื่อทำให้เกิดเสียงที่ลำโพงเครื่องรับโทรทัศน์

2.3.2. สัญญาณโทรทัศน์ขาวดำ สัญญาณนี้ คือสัญญาณภาพ ในเรื่องของโทรทัศน์ขาวดำนั่นเอง กล้องโทรทัศน์สีในห้องส่งโทรทัศน์ จะช่วยทำให้เกิดสัญญาณแสงสีแดง-แสงสีเขียว-แสงสีน้ำเงินขึ้น ซึ่งเราอาจใช้สัญลักษณ์ $E_R$, $E_G$, $E_B$ แทนค่าสัญญาณทางไฟฟ้าเป็นโวลท์ที่ได้จากหลอดสีแดง-หลอดสีเขียว-หลอดสีน้ำเงิน ตามลำดับ สัญญาณแสงสีทั้งสามนี้จะผ่านวงจรพิเศษ เรียกว่า วงจรแมททริกซ์ ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.15 เพื่อทำให้เกิดสัญญาณส่องสว่าง $E_Y$ โดยมีส่วนผสมของแสงสีทั้งสามในอัตราส่วนที่แน่นอน ดังต่อไปนี้

$$E_Y = 0.299E_R + 0.587E_G + 0.114E_B$$

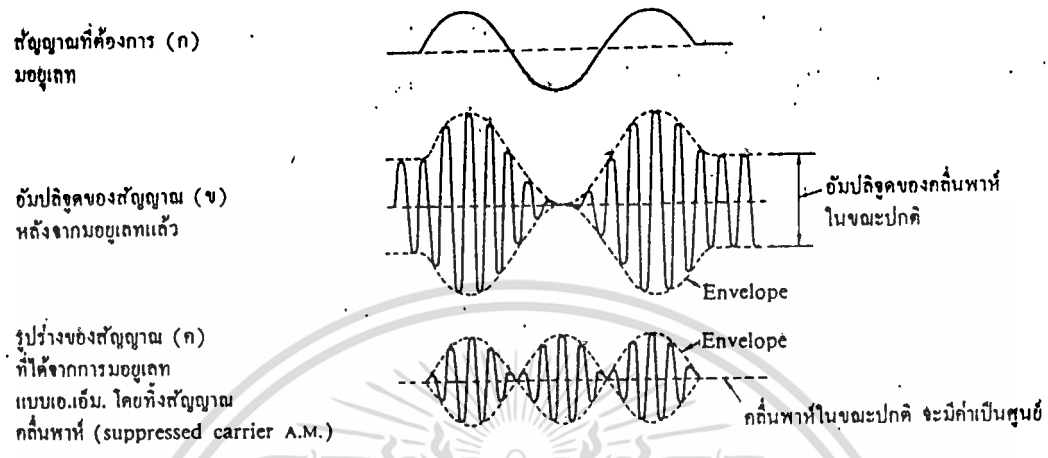
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3. สัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี สัญญาณนี้ เป็นสัญญาณที่เครื่องส่งโทรทัศน์สีได้ทำการส่งไปยังเครื่องรับโทรทัศน์ เพื่อช่วยเหลือทำให้เกิดภาพสีขึ้นทางจอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์สี คุณลักษณะของสัญญาณนี้ จะขึ้นอยู่กับระบบของโทรทัศน์สี ซึ่งมีอยู่สามระบบคือ โทรทัศน์สีระบบ NTSC, โทรทัศน์สีระบบ PAL และโทรทัศน์สีระบบ SECAM สัญญาณโทรทัศน์ที่ภาพสีในโทรทัศน์สีระบบ NTSC จะประกอบด้วยสัญญาณสีสองสัญญาณที่รวมกันอยู่ในรูปของ signal suppressed carrier โดยจะต้องทำมุมระหว่างคลื่นพาห์ทั้งสองต่างกันเก้าสิบองศา สัญญาณสีทั้งสองสัญญาณนี้ เครื่องรับโทรทัศน์สีจะมีวงจรพิเศษแยกออกมาเพื่อนำไปใช้ในการควบคุมเรื่องแสงสี (hue) และการอิ่มตัวของแสงสี (saturation) ของภาพสีที่ปรากฏจอหลอดภาพ สัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสีนี้ จะใช้คลื่นพาห์ของสัญญาณ หรือคัลเลอร์ซับแคริเออร์ (color subcarrier) ที่ความถี่ 3.58 เมกะเฮิร์ทซ์ และจะต้องรวมสัญญาณส่องสว่าง เพื่อใช้คลื่นพาห์ของเครื่องส่งโทรทัศน์สีนำออกอากาศเพื่อส่งต่อไปให้ถึงเครื่องรับโทรทัศน์สี วิธีการส่งสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสีรวมไปกับสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณส่องสว่าง โดยการใช้คลื่นพาห์ของสัญญาณสีนี้เป็นวิธีการพิเศษในทางไฟฟ้า ซึ่งเรียกว่า multiplex transmissiom

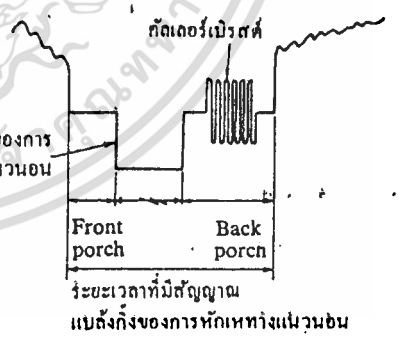
2.3.4. สัญญาณซิ้งค์, แบล้งกิ้ง และอีควัลไลซิ่ง สัญญาณดังกล่าวนี้ มีลักษระเช่นเดียวกับกับสัญญาณซิงค์ สัญญาณแบล้งกิ้ง และสัญญาณอีควัลไลซิ่งค์ ในเรื่องของโทรทัศน์ขาวดำทุกประการ

2.3.5 สัญญาณซิ้งค์ของภาพสี (color sync signal) เนื่องจากสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี ตามข้อ (ค) อยู่ในรูปของ amplitude-modulated signal (suppressed carrier) ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.16 ซึ่งเมื่อเครื่องรับโทรทัศน์สีรับได้แล้ว ก็จำเป็นต้องใช้คลื่นพาห์ของภาพสี ที่เหมือนกันกับที่ใช้ในเครื่องส่งโทรทัศน์ด้วย ฉะนั้น เครื่องรับโทรทัศน์สี จึงจำเป็นต้องมีวงจรผลิตคลื่นพาห์ของภาพสีที่ต้องการขึ้นเพื่อทำให้คลื่นพาห์ของภาพสี หรือคัลเลอร์ซับแคริเออร์ ที่ใช้ในด้านเครื่องส่งโทรทัศน์กับด้านเครื่องรับโทรทัศน์สี มีความถี่และเฟส (phase angle) ที่ถูกต้องตรงกัน เครื่องส่งโทรทัศน์จึงจำเป็นต้องส่งสัญญาณซิงค์ของภาพสี ไปให้เครื่องรับโทรทัศน์สีโดยส่งไปในส่วนของ back porch ของซิงค์พัลซ์ทางแนวนอน ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.17 ซึ่งเรียกสัญญาณซิงค์ของภาพสีนี้ว่า คัลเลอร์เบิร์สต์ (color burst)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.16 รูปร่างของสัญญาณที่ได้จากการมอยูเลทแบบ เอ.เอ็ม. โดยทิ้งสัญญาณคลื่นพาห์ (suppressed carrier amplitude modulation)




รูปที่ 2.17 คัลเลอร์เบิรสต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

## หลักการทำงานของระบบ

เริ่มต้นจากสัญญาณคอมโพสิตของภาพย่อย จะถูกนำไปผ่านวงจรแยกชิงค์ จะได้ชิงค์ทางแนวตั้ง และทางแนวนอนออกมา ส่วนสัญญาณขาวดำของภาพย่อยจะถูกแปลงเป็นข้อมูลดิจิตอลขนาด 6 บิท เก็บลงใน field memory ซึ่งมีขนาด 32 K*8 ทั้ง 2 ตัว รวมเป็นแอดเดรสทั้งหมด 64 K BYTE ตำแหน่ง ดั้งนั้นต้องใช้แอดเดรสในการเก็บทั้งหมด 16 บิท ( $A_0$-$A_{15}$ )

แอดเดรส $A_0$-$A_6$ ได้จากการนำเอาชิงค์ทางแนวตั้งของภาพย่อยไปผ่านวงจรหารสาม แล้วนำไปเป็นสัญญาณนาฬิกาให้กับ Line counter ดังนั้น $A_0$-$A_6$ จะเพิ่มค่าขึ้นทีละหนึ่ง ทุก ๆ 3 เส้นสะแกนทางแนวตั้ง

แอดเดรส $A_7$-$A_{13}$ ได้จากวงจร Sample Counter ซึ่งมีสัญญาณการเขียนหน่วยความจำ ( CLKWR ) เป็นสัญญาณนาฬิกา สัญญาณ CLKWR จะมีความถี่ 5/3 MHz

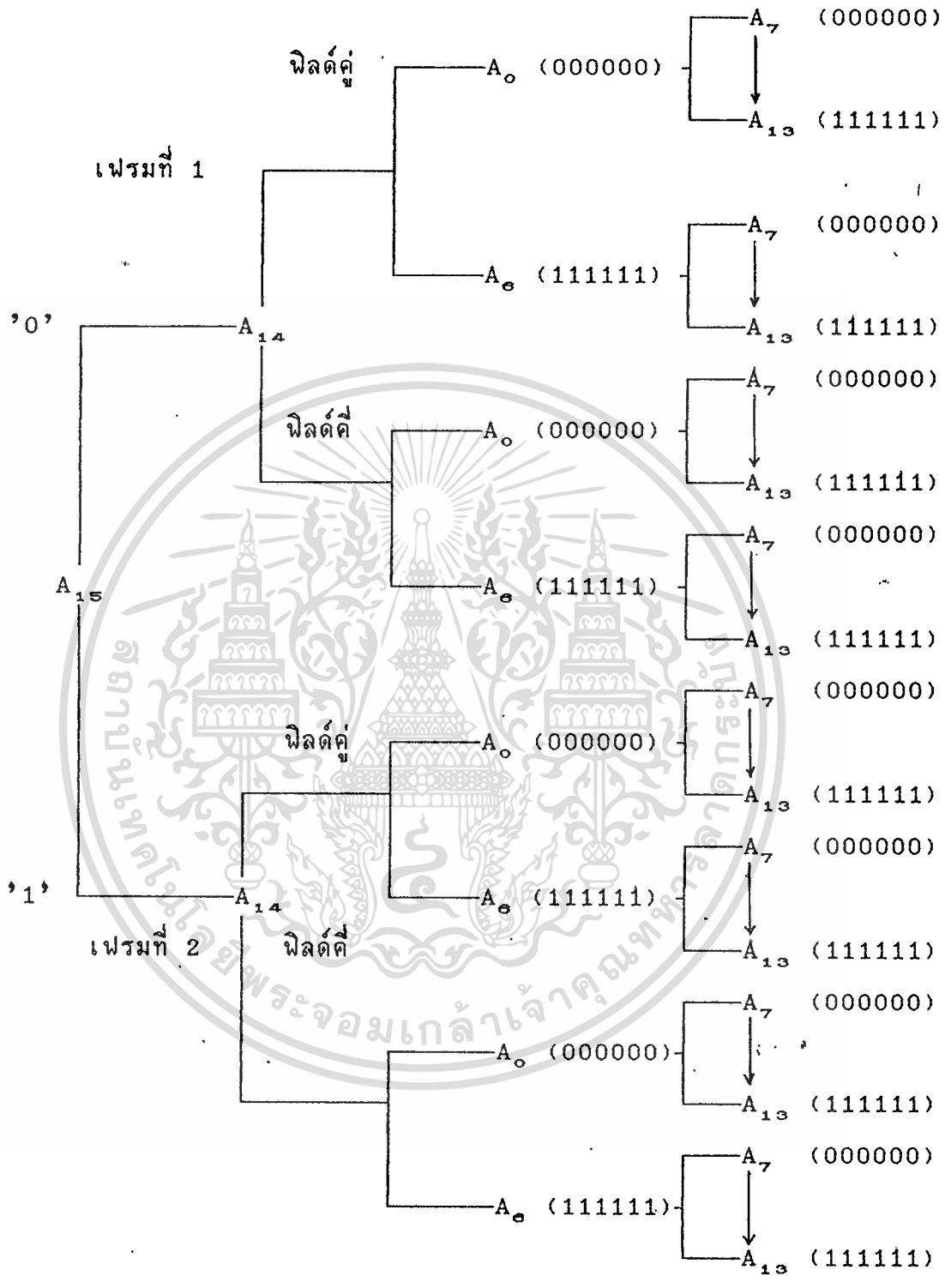
แอดเดรส $A_{14}$-$A_{15}$ ได้จากวงจร Encode Field & Frame Type โดยนำเอาสัญญาณชิงค์ทางแนวตั้งของภาพย่อย มาผ่านวงจรนับสี่

แอดเดรส $A_{14}$ จะบอกว่าเป็นฟิลด์คู่หรือฟิลด์คี่

แอดเดรส $A_{15}$ จะบอกว่าเป็นเฟรมที่ 1 หรือเฟรมที่ 2

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่าของ $A_0$-$A_6$ , $A_7$-$A_{13}$, และ $A_{14}$-$A_{15}$ มีความเร็วไม่เท่ากัน โดย $A_{14}$-$A_{15}$ ช้ากว่า $A_0$-$A_6$ ; $A_0$-$A_6$ ช้ากว่า $A_7$-$A_{13}$ ดังนั้นระบบการอ้างแอดเดรสจะเป็นดังแผนภาพ ต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.1 แสดงแผนภาพระบบการอ้างแอดเดรส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากระบบแอดเดรสจะเห็นว่าในแต่ละฟิลด์ ( 1 ช่วง V-sync ) เราจะเก็บข้อมูลทั้งหมด 128 จุด ต่อเส้นสะแกนแนวนอน 1 เส้น (พิจารณาจาก $A_7$-$A_{13}$) โดยจะเก็บจำนวนเส้นสะแกนทางแนวนอน 1 เส้น แล้วเว้นไป 2 เส้น ( พิจารณา $A_0$-$A_6$)

เมื่อเริ่มจ่ายไฟให้กับระบบ จะทำให้ระบบแอดเดรสการเขียนเริ่มต้นทำงาน แอดเดรสการเขียน จะนำไปผ่านวงจรมัลติเพล็กซ์แอดเดรสกับสัญญาณแอดเดรสของการถ่ายข้อมูลจาก Field memory ลง Line memory โดยขณะที่ไม่มีการแสดงภาพเล็กลงบนจอทีวี สัญญาณ SELADR จะมีลอจิก '0' ตลอด ทำให้มีเพียงแอดเดรสการเขียนเท่านั้นที่ผ่านวงจรมัลติเพลกซ์ไปให้กับหน่วยความจำได้ จึงเกิดการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำอย่างเดียว จนกระทั่งผู้ใช้เริ่มต้น Run โปรแกรม CPU ก็จะควบคุมให้สัญญาณ SELADR มีลักษณะเป็นสัญญาณ '0', '1' สลับกัน ในช่วงที่เป็น '1' วงจรมัลติเพล็กซ์จะปล่อยแอดเดรสการถ่ายข้อมูลไปให้กับหน่วยความจำ ข้อมูลจะถูกถ่ายผ่าน Transfer buffer ไปเก็บไว้ที่ Line memory จนครบ 128*8 บิท ซึ่งจะได้ข้อมูลภาพ 1 เส้นสะแกนทางแนวนอนพอดี เมื่อถ่ายข้อมูลครบ 1 Line แล้ว สัญญาณ TR ที่วงจรมัลติเพลกซ์ CLKTR และ CLKRD จะปล่อย CLKRD ไปให้ sample counter ทำให้ข้อมูลถูกอ่านออกจากLine memory ผ่านไปให้กับวงจร D/A แปลงสัญญาณกลับเป็นสัญญาณอะนาล็อก สัญญาณ TR ในช่วงที่ปล่อย CLKRD ออกมานี้จะนำไปควบคุมอะนาล็อกสวิทช์ ทำให้ข้อมูลที่ผ่าน D/A ถูกนำไปแสดงผลบนจอโทรทัศน์ซึ่งได้สัญญาณ 1 Line ของภาพเล็กแสดงออกมา CPU จะสั่งให้เกิดการถ่ายข้อมูลจาก Field memory ลง Line memory และอ่านข้อมูลจาก Line memory ไปแสดงผลบนจอทีวี เป็นจำนวน 1/3 ของจำนวนเส้นสะแกนทางแนวนอนของภาพหลัก ทำให้ได้ภาพเล็กซึ่งมีขนาดย่อลง 1/3 ทางแนวตั้งได้ อนึ่งเนื่องจากสัญญาณการอ่านมีความถี่มากกว่าสัญญาณการเก็บข้อมูลอยู่ 3 เท่า จึงทำให้ข้อมูลถูกย่อลงทางแนวนอน 1/3 เท่า ดังนั้นจะได้ ภาพเล็กที่มีขนาด 1/3*1/3 = 1/9 เท่าแสดงที่จอทีวี สำหรับระบบแอดเดรสของการถ่ายข้อมูลและการอ่านข้อมูล จาก Line memory จะกล่าวถึงในเรื่องของหน่วยความจำ

ในระบบนี้ภาพเล็กสามารถเลือกตำแหน่งที่แสดงบนจอโทรทัศน์ได้ โดยการโปรแกรมวงจรส่วนสร้างและกำหนดตำแหน่งของช่องหน้าต่างผ่าน CPU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โครงสร้างของระบบ

ส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบภาพซ้อนภาพควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ (Vedio Mixer Microprocessor) แสดงได้ตามบล็อกไดอะแกรม รูปที่ 3.2 ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนหลัก 6 ส่วน ดังนี้

1. ส่วนการจัดการสัญญาณทางอินพุท (Analog Video Input Processor)
2. ส่วนสร้างสัญญาณเวลา (Timing Unit)
3. ส่วนหน่วยความจำ (Memory Unit)
4. ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) และส่วนควบคุม (Control Uint)
5. ส่วนจัดการสัญญาณภาพทางเอ้าท์พุท (Analog Video Output Processor)
6. ส่วนติดต่อกับเครื่องรับโทรทัศน์ (TV Receive Interface Unit)

ส่วนประกอบทั้ง 6 ส่วนทำหน้าที่ดังนี้

### 3.1. ส่วนการจัดการสัญญาณทางอินพุท (Analog Video Input processer)

ส่วนนี้ประกอบด้วย

1.วงจร sync separate : ทั้งหมด 2 วงจร เพื่อแยกสัญญาณซิงก์ทางแนวตั้งและแนวนอนของภาพหลัก และภาพรองออกมา

2. A/D : ใช้แปลงข้อมูลภาพรองไปเป็นข้อมูลทางดิจิตอลเพื่อเก็บลงหน่วยความจำ

3. Encode Frame & Field Type : ใช้กำหนด type ของเฟรมและฟิลด์ของสัญญาณของภาพรอง

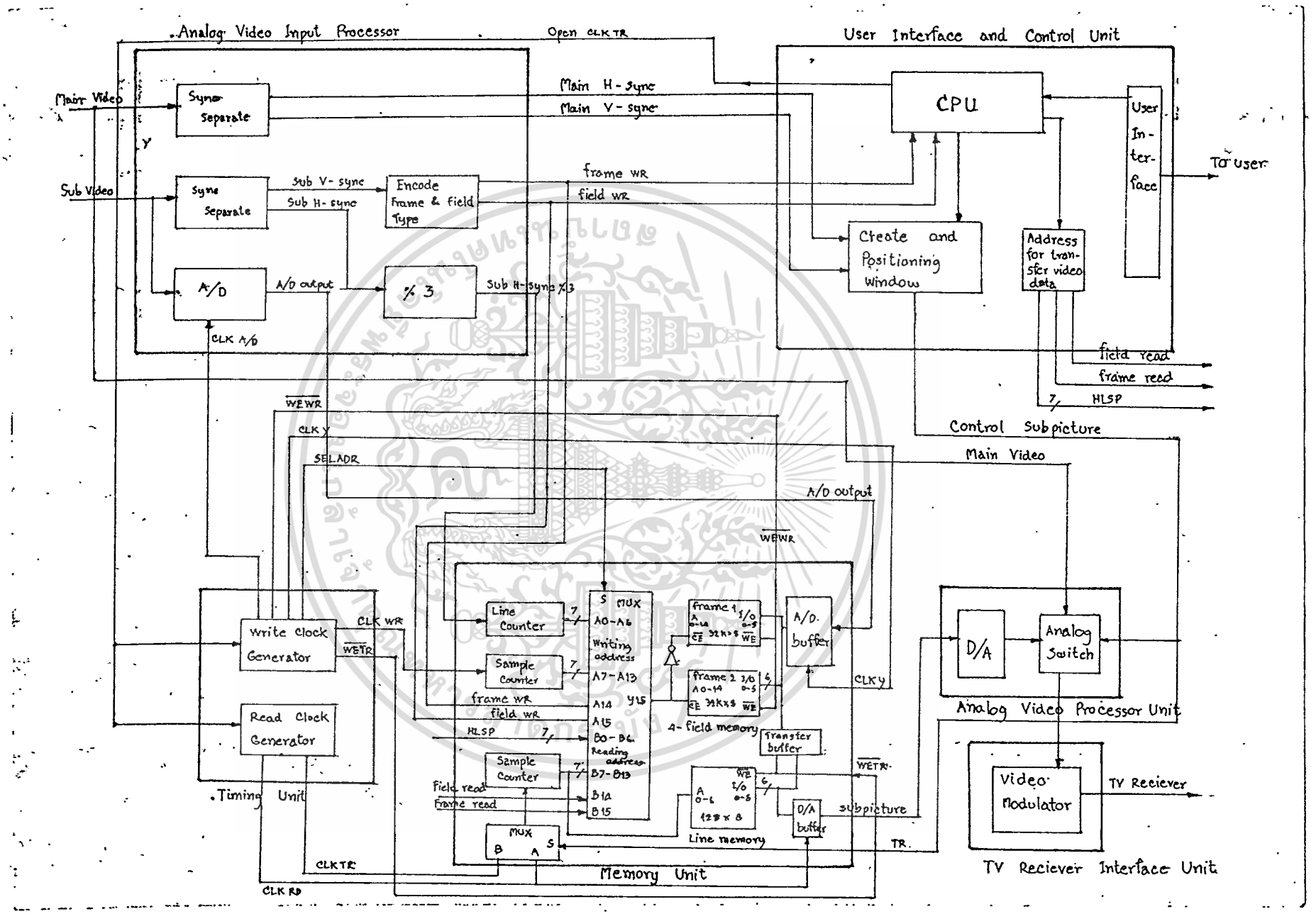
4.วงจรหาร 3: ใช้หารสัญญาณ Sub II-Sync ไปเป็น Sub II-Sync % 3

การทำงานของวงจรต่าง ๆ เป็นดังนี้

#### 3.1.1.วงจร sync separate

วงจรแยกสัญญาณ ทำหน้าที่แยกสัญญาณควบคุมภาพในแนวตั้ง (V-Sync) และสัญญาณควบคุมภาพในแนวนอน (II-Sync) ออกมาจากสัญญาณ (Video Signal) เพื่อนำไปใช้ในการควบคุมในวงจรส่วนอื่นๆ ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมส่วนประกอบต่างๆของระบบภาพซ้อน

จากรูปที่ 3.3 ประกอบด้วย 4 ส่วนที่สำคัญ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.ส่วนแมทชิง (Matching) สัญญาณและส่วนคัปปิ้ง (coupling) สัญญาณ โดยที่ R1 และ C1 ทำหน้าที่ดังกล่าวตามลำดับ

2.ส่วนบัฟเฟอร์ (Buffer) สัญญาณ ทรานซิสเตอร์ $Q_1$ และ $Q_2$ ทำงานในลักษณะอีมิตเตอร์ฟอลลอเวอร์ (Emitter Follower)

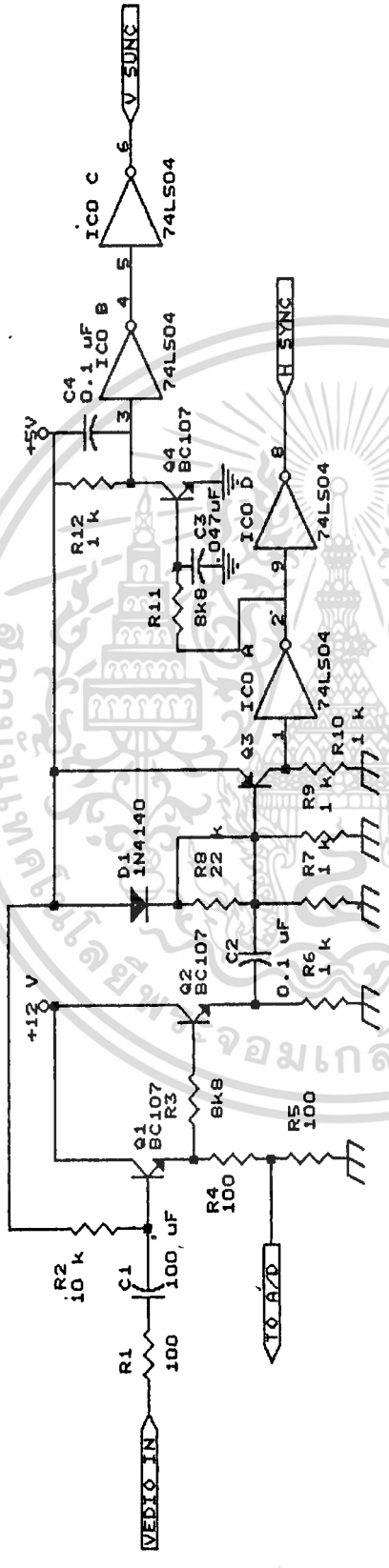
3.ส่วนการเปรียบเทียบสัญญาณ (Comparater) จากระดับสัญญาณซิงค์ ซึ่งมีระดับเทียบเท่าระดับสัญญาณยอดคลื่นพาหะ (Peak carrier) เป็นระดับที่เด่นชัดในสัญญาณรวม เราสามารถตรวจจับได้โดยอาศัยหลักการของการเปรียบเทียบระดับสัญญาณรวมกับระดับสัญญาณอ้างอิง ไดโอดในวงจรส่วนนี้คือหัวใจสำคัญในการจัดไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ $Q_3$ เมื่อมีระดับสัญญาณซิงค์เข้ามา $Q_3$ จะเปิดกระแสทำให้ได้สัญญาณพัลซ์ ซึ่งเป็นสัญญาณซิงค์ตามแนวนอนตามต้องการ

4.ส่วนการกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่าน (Low pass filter) ลักษณะของสัญญาณซิงค์ตามแนวตั้ง มีความถี่เพียง 50 เฮิรทซ์ ในขณะที่สัญญาณซิงค์ตามแนวนอนมีความถี่ที่ 15.625 กิโลเฮิรทซ์ ซึ่งนับได้ว่าแตกต่างกันมาก เราสามารถตรวจจับสัญญาณซิงค์ตามแนวตั้งออกมาจากสัญญาณซิงค์ตามแนวนอน ได้โดยอาศัยหลักการที่ว่า ณ ตำแหน่งของสัญญาณซิงค์ตามแนวตั้ง จะมีสัญญาณอิควัลไลซิงค์ (Equalizing) ซึ่งมีความถี่ เป็น 2 เท่าของสัญญาณซิงค์ตามแนวนอน โดยที่วงจรนี้ ทำงานร่วมกับ IC 74LS04 ซึ่งเป็น IC Inverting สำหรับแปลงสัญญาณที่ได้จากวงจร

3.1.2.วงจร A/D

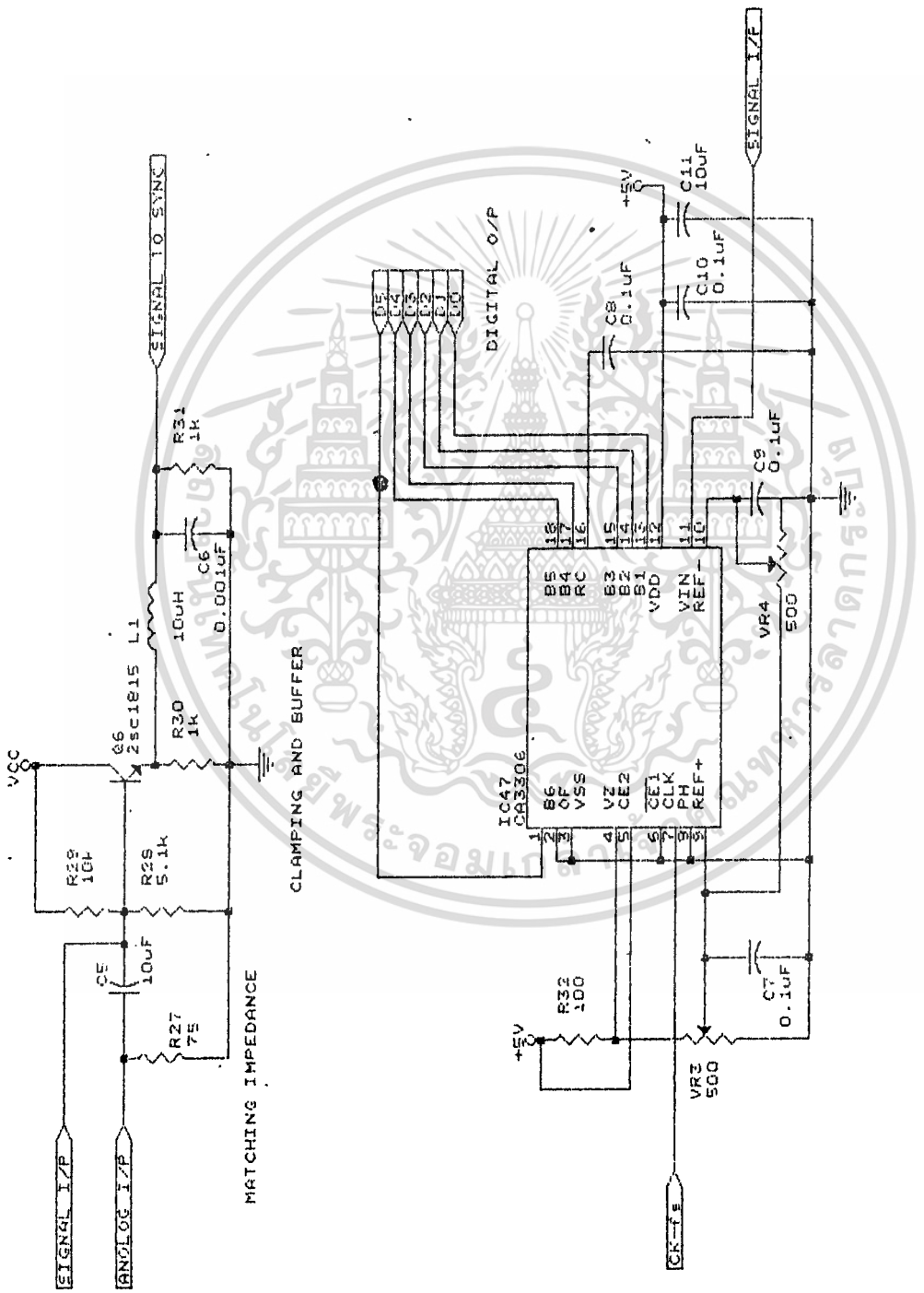
วงจร A/D เป็นวงจรแปลงสัญญาณอนาลอก (analog signal) มาเป็นสัญญาณดิจิตอล (Digital signal) เพื่อมาเก็บไว้ในหน่วยความจำ โดยที่ในโครงงานนี้ เราใช้ไอซีสำเร็จรูป CA 3306 ซึ่งมีขนาด 6 บิท โดยที่มีความเร็วสูงสุด 15 เมกะเฮิรทซ์ การใช้งานCA 3306 ต้องกำหนดแรงดันอ้างอิง Vret จากรูปที่ 3.4 ความต้านทาน $VR_3$ และ $VR_4$ เป็นตัวกำหนดแรงดันอ้างอิง โดยใช้สัญญาณนาฬิกาขนาดความถี่ 1.6 เมกะเฮิรทซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.3 แสดงวงจรแยกสัญญาณซิงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.4 แสดงวงจรดัดแปลงอะนาล็อกเป็นดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3.Encode Frame/Field Type

วงจรอยู่ในรูปที่ 3.5 (เป็นส่วนหนึ่งของวงจรสร้างสัญญาณแอดเดรสการเขียน) โดยใช้ IC20 74LS161 ทำหน้าที่เป็นวงจรนับสี่ จะได้สัญญาณ FRAMEWR ($A_{15}$) และ FIELDWR ($A_{14}$) ออกมา สัญญาณทั้งสองมีความหมายต่อ type ของสัญญาณดังนี้

| FRAME WR ($A_{15}$) | FIELD WR ($A_{14}$) | TYPE |
|---|---|---|
| 0 | 0 | เฟรมที่ 1 ฟิลด์คี่ |
| 0 | 1 | เฟรมที่ 1 ฟิลด์คู่ |
| 1 | 0 | เฟรมที่ 2 ฟิลด์คี่ |
| 1 | 1 | เฟรมที่ 2 ฟิลด์คู่ |

3.1.4.วงจรหาร 3

วงจรอยู่ในรูปที่ 3.6 ใช้ IC15 74LS162 การทำงานของวงจรจะมีลักษณะเดียวกับวงจรสร้างสัญญาณ CLK WR (ส่วนสร้างสัญญาณเวลา) เอ๊าท์พุทที่ได้จากขา 14 ของ 74LS162 เมื่อนำไปผ่าน Inverter ก็จะได้สัญญาณ Sub H-Sync/3 ตามต้องการ

3.2. ส่วนสร้างสัญญาณเวลา (Timing Unit)

ส่วนนี้จะทำหน้าที่สร้างสัญญาณที่ใช้ในการเขียนและอ่านข้อมูลภาพของหน่วยความจำ ซึ่งจะแบ่งเป็นบล็อกใหญ่ ๆ ได้ 2 บล็อกคือ

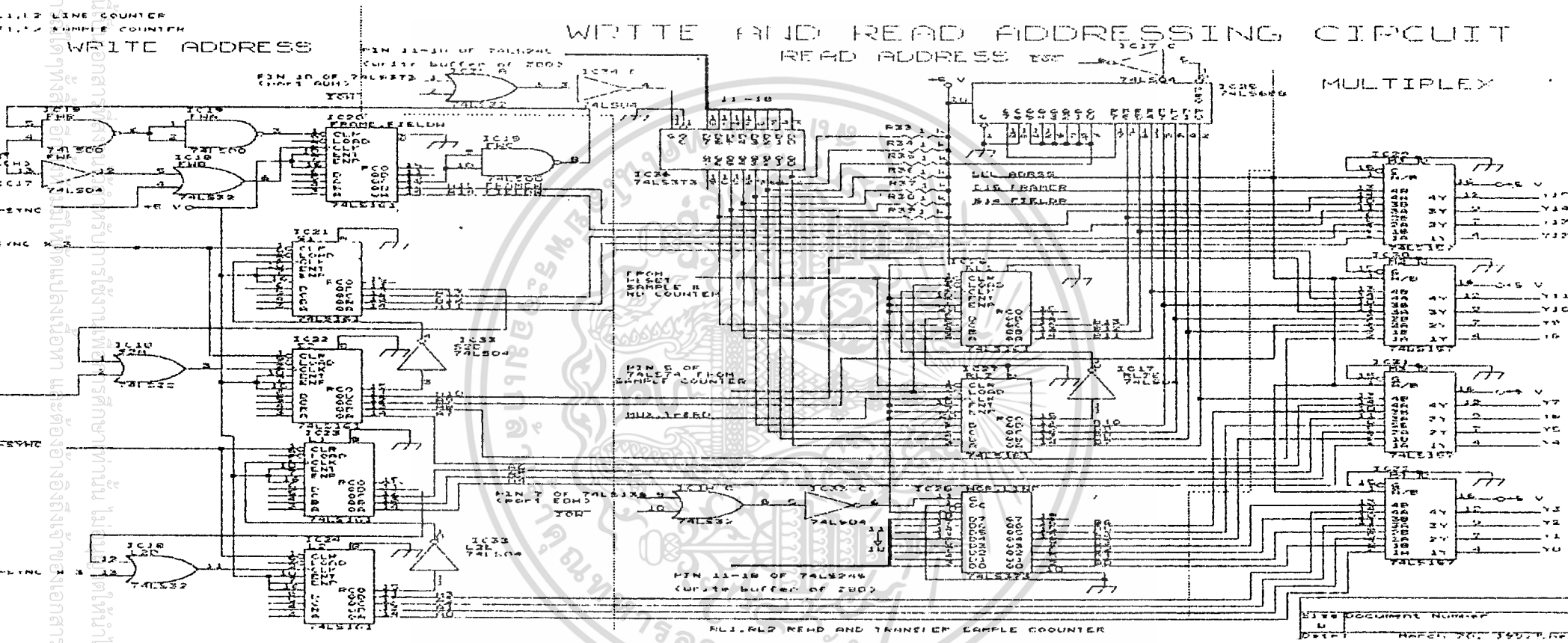
3.2.1. ส่วนสร้างสัญญาณในการเก็บข้อมูลภาพลงในหน่วยความจำ จะสร้างสัญญาณต่าง ๆ ดังนี้

3.2.1.1. สัญญาณนาฬิกาของวงจรแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอล

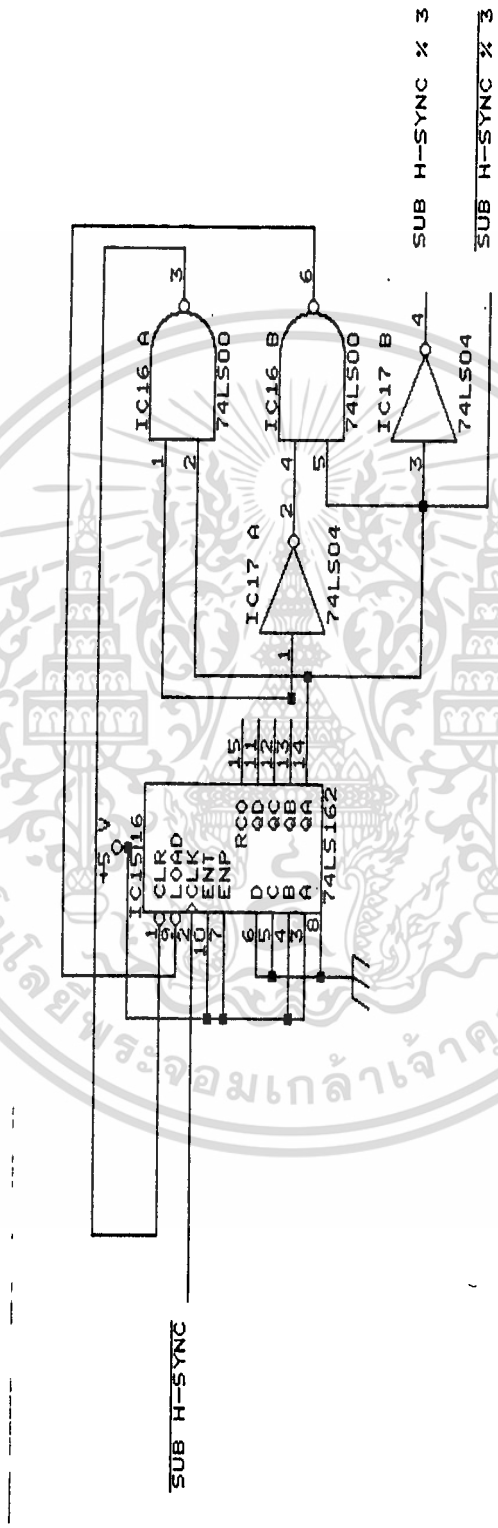
3.2.1.2. สัญญาณอีนาเบิลการเขียน (WEWR) หน่วยความจำ

3.2.1.3. สัญญาณปล่อยข้อมูลจากบัฟเฟอร์ของ A/D เข้าหน่วยความจำ (CLKY)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.5 แสดงวงจร Multiplex address และส่วนประกอบต่าง ๆ




รูปที่ 3.6 แสดงวงจรที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.4. สัญญาณควบคุมวงจรมัลติเพล็กซ์แอดเดรสการเขียนหน่วยความจำ และแอดเดรสการถ่ายข้อมูลจาก Field memory ลง Line memory (SELADR)

3.2.1.5. สัญญาณนาฬิกา สำหรับวงจรสร้างแอดเดรสการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำ (CLKWR)

3.2.2. ส่วนสร้างสัญญาณการดึงข้อมูลจากหน่วยความจำ (Reading Clock Generator) จะสร้างที่สำคัญดังนี้

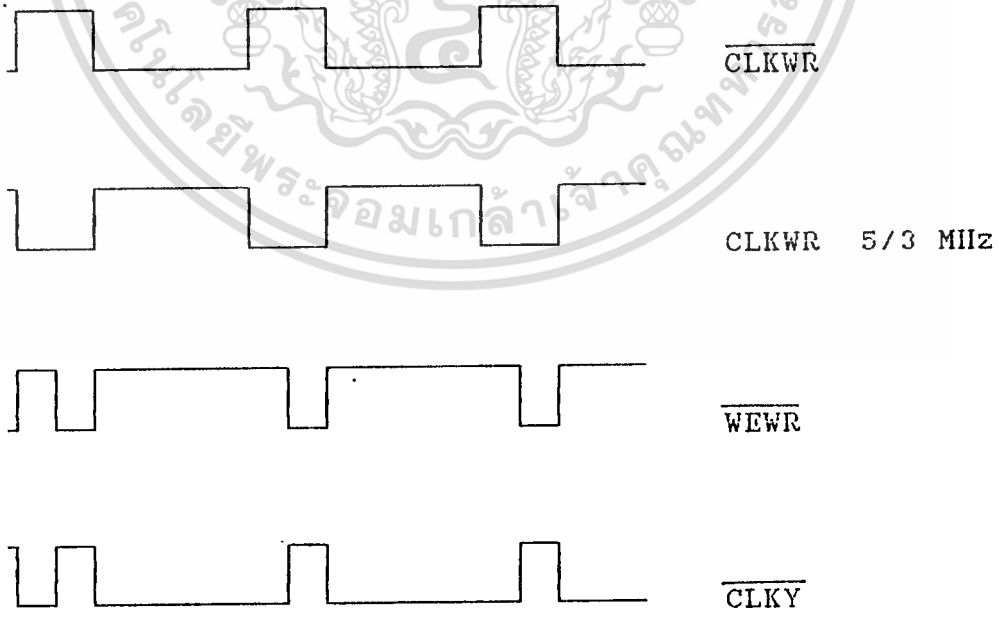
3.2.2.1. สัญญาณนาฬิกา สำหรับวงจรสร้างแอดเดรสการถ่ายข้อมูลลง Line memory (CLKTR)

3.2.2.2. สัญญาณอีนาเบิลการถ่ายข้อมูลลง Line memory ($\overline{\text{WETR}}$)

3.2.2.3. สัญญาณนาฬิกาสำหรับการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ (CLKRD)

3.2.3 สัญญาณการเขียนหน่วยความจำ

สัญญาณการเขียนหน่วยความจำ แสดงในรูปที่ 3.7




รูปที่ 3.7 แสดงสัญญาณการเขียนหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณ $\overline{\text{CLKWR}}$ จะใช้ป้อนเป็นอินพุทให้กับ A/D และ Sample Counter ของการเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำ

สัญญาณ $\overline{\text{WEWR}}$ ใช้ enable หน่วยความจำ

สัญญาณ $\overline{\text{CLKY}}$ ใช้เปิดเกทของ A/D buffer (ดูจาก block diagram หลัก)

ข้อมูลจะถูกเขียนลงหน่วยความจำ ตามขั้นตอนต่อไป

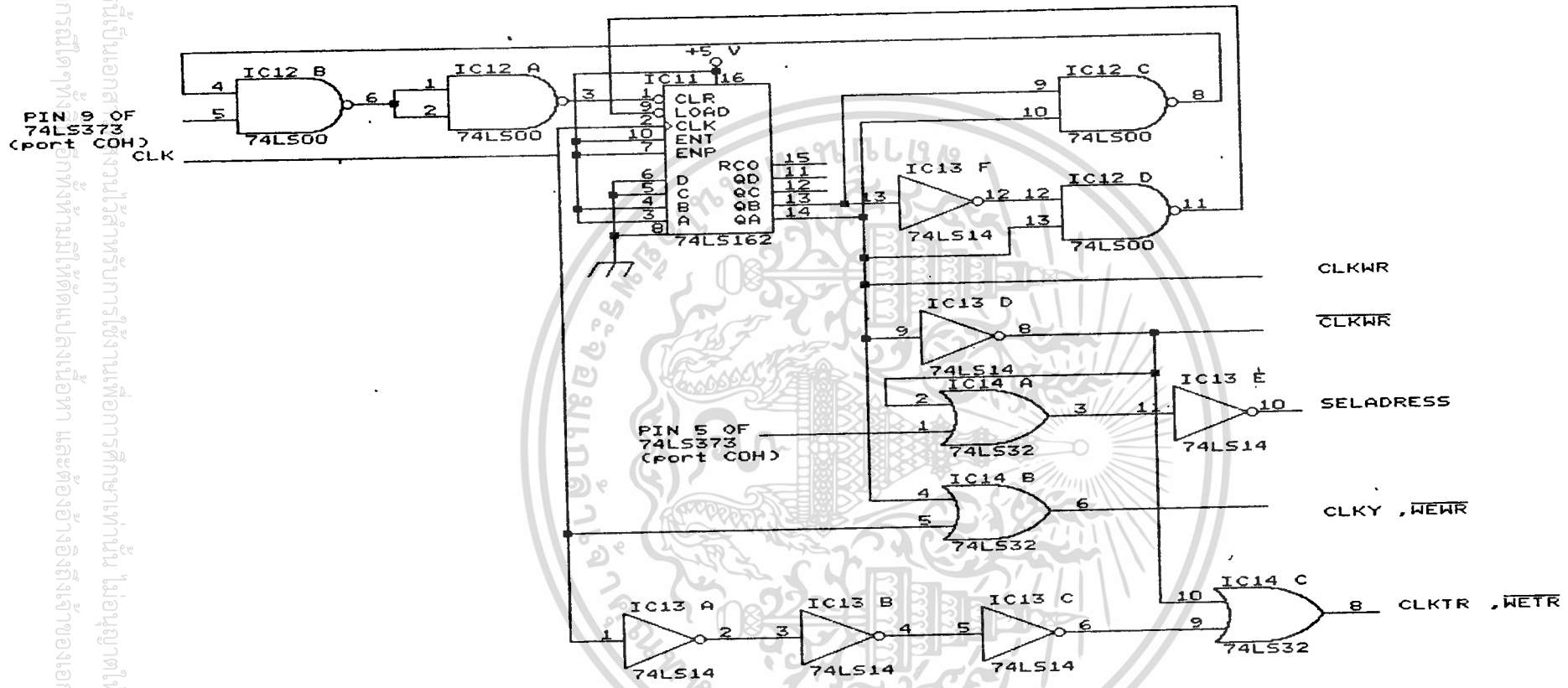
ขั้นแรก ขอบขาขึ้นของ $\overline{\text{CLKWR}}$ จะกระตุ้นให้วงจรสร้างแอดเดรสมารอไว้ที่ขาแอดเดรสทั้ง 16 ขาของสแตติกแรม (เฉพาะ $A_7$-$A_{13}$ ; $A_0$-$A_6$ จะสร้างจาก Line count และ $A_{14}$-$A_{15}$ จะสร้างจากวงจร Encode From and field type ซึ่งแอดเดรสทั้ง 2 ชุด จะมารออยู่ก่อน $A_7$-$A_{13}$ แล้ว)

ขั้นต่อไปที่ขอบขาขึ้นของ $\overline{\text{CLKY}}$ จะเปิดเกตของ A/D buffer ข้อมูลจาก A/D จะถูกปล่อยไปให้ขา Data ของสแตติกแรม ขณะเดียวกันสัญญาณ $\overline{\text{WEWR}}$ จะ edable สแตติกแรม ข้อมูลจึงถูกเก็บเข้าหน่วยความจำได้

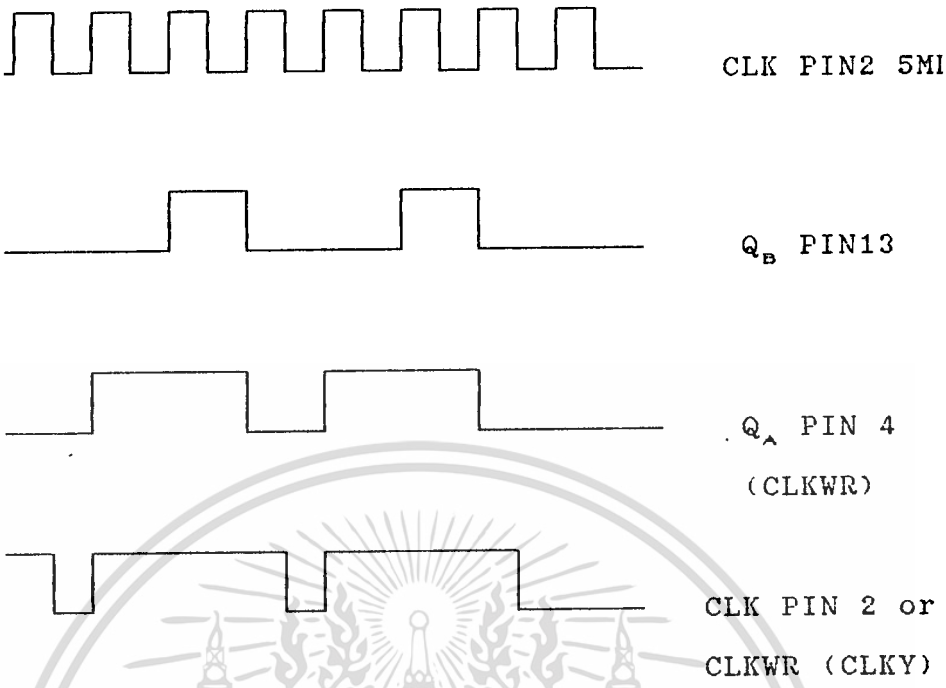
จากรูปสัญญาณจะสังเกตได้ว่าข้อมูลจะถูกเก็บเข้าหน่วยความจำทุก ๆ ช่วงของ $\overline{\text{CLKWR}}$ ดังนั้น ความถี่ของสัญญาณ $\overline{\text{CLKWR}}$ ต้องไม่เร็วกว่าช่วง write cycle ของสแตติกแรม ในโครงงานนี้จะใช้ $\overline{\text{CLKWR}}$ ซึ่งมีความถี่ 5/3 MHz

วงจรรูปที่ 3.8 ใช้สร้างสัญญาณต่าง ๆ ที่กล่าวถึงข้างต้น ใช้ IC 74LS 162 ซึ่งเป็น Binary Counter ทำหน้าที่เป็นวงจรนับ 3 โดยมีลำดับการนับเป็น 00 01 11 ปกติ 74LS162 จะนับในลำดับที่ปกติ ดังนั้นเมื่อนับถึง 01 จะต้องนำสัญญาณทั้งสองมาดีเทคโดยใช้อินเวอร์เตอร์ และแนนด์เกท แล้วนำเอาท์พุทมาต่อเข้าขา load เพื่อโหลดข้อมูล 11 ออกมาที่เอ้าพุทของ 74LS162 และเมื่อนับถึง 11 ก็ต้องเคลียร์ 74LS162 กลับไปเป็น 00 จะได้สัญญาน CLKWR ในรูปแบบที่ต้องการได้ ดังแสดงรูปสัญญานขาต่างๆได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



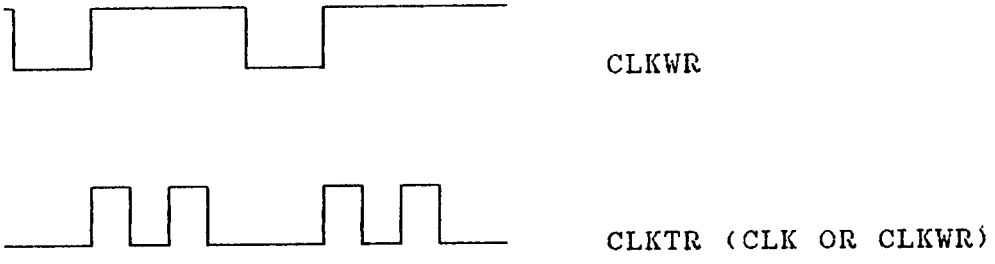

รูปที่ 3.8 แสดงวงจรสร้างสัญญาณการเขียนลงหน่วยความจำ




รูปที่ 3.9 แสดงสัญญาณการเขียนหน่วยความจำ

3.2.4 สัญญานการอ่านหน่วยความจำ

ตามที่กล่าวถึงในตอนก่อน ก่อนที่จะอ่านข้อมูลภาพเล็กไปแสดงบนจอโทรทัศน์ จะต้องถ่ายข้อมูลจาก field memmory มาลง line memory ก่อน โดยจะถ่ายข้อมูลในช่วงที่ไม่มีการเขียนข้อมูล เมื่อพิจารณาจากสัญญานการเขียนหน่วยความจำ จะสังเกตได้ว่าช่วงที่ CLKWR มี logic เป็น "1" จะไม่เกิดการเขียนหน่วยความจำ จึงใช้ช่วงนี้เป็นช่วง TRANSFER ข้อมูล เพื่อนำของสัญญาน CLK มา OR กับ $\overline{\text{CLKWR}}$ จะได้สัญญาณการทรานสเฟอร์ตามต้องการ

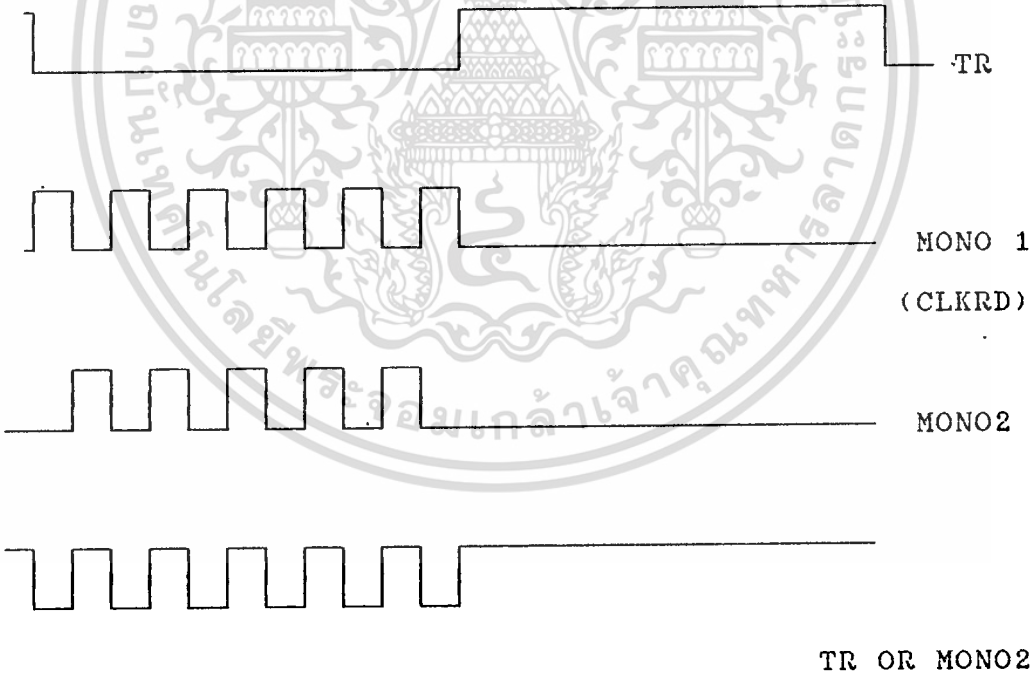



รูปที่ 3.10 แสดงสัญญาณ CLKWR, CLKTR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนสัญญานการอ่านข้อมูล จะใช้สัญญานนาฬิกาขนาด 5 เมกกะเฮิรทซ์ อ่านจากข้อมูลออกมาในช่วงที่มีสัญญานช่องหน้าต่าง (TR) ดังนั้นสัญญานนาฬิกาของการอ่านจะต้อง syncronize กับ สัญญานช่องหน้าต่างมิฉะนั้นจะทำให้ภาพเล็กเกิดการสั่นได้ (ขอบของภาพไม่เรียบ)

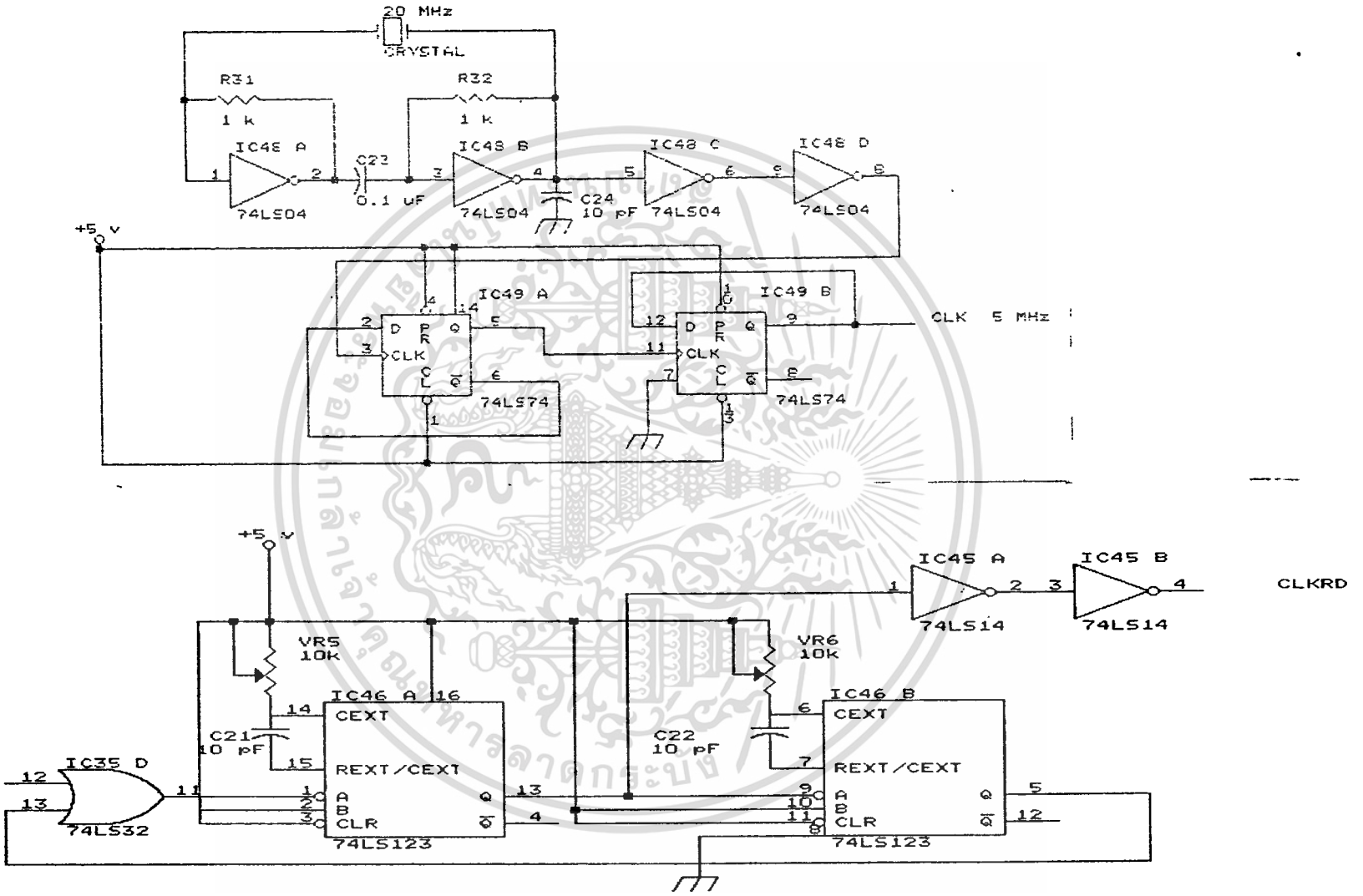
วงจรที่ใช้ syncronize จะใช้ โมโนสเตเบิล 2 ตัว โดยขอบขาลงของสัญญาน TR จะกระตุ้นโมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 1 สร้างพัลซ์ไปกระตุ้นโมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 2 ซึ่งจะสร้างพัลซ์ย้อนมากระตุ้นโมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 1 อีกที ทำให้ได้สัญญาน clock ออกมาที่เอาท์พุทของโมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 1 เนื่องจากในระบบที่สร้างในโครงงานนี้ต้องการให้ภาพเล็กแสดงในช่วงที่สัญญานช่องหน้าต่าง (TR) เป็น "0" ดังนั้นจึงต้องนำเอ๊าท์พุทของโมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 2 มา OR กับ TR เสียก่อน จึงจะได้สัญญานการอ่านเกิดในช่วงที่สัญญาน TR เป็น "0" ตามต้องการ วงจรนี้แสดงได้ตามรูปที่ 3.11 สัญญานต่างๆแสดงได้ตามรูปข้างล่างนี้




รูปที่ 3.11 แสดงสัญญาณการอ่านหน่วยความจำ

ความถี่ clock การอ่านปรับให้ได้ 5 เมกกะเฮิรทซ์ โดยปรับที่ความต้านทานปรับค่าได้ของโมโนสเตเบิ้ลทั้งสองตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.12 แสดงวงจรสร้างความถี่และสัญญาณคล็อคการอ่านของหน่วยความจำ

3.3. ส่วนหน่วยความจำ

รูปที่ 3.13 จะแสดงแผนภูมิของหน่วยความจำ ซึ่งจะแบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1.หน่วยความจำเก็บภาพรอง (4- field memory)

2.หน่วยความจำสำหรับถ่ายข้อมูล 1 เส้นสะแกน (Line memory)

ทั้งสองส่วนจะใช้สแตติกแรมเป็นตัวเก็บข้อมูล โดยหน่วยความจำเก็บภาพรองใช้สแตติกแรมซึ่งมีขนาด 32K * 8 บิท 2 ตัว แต่ละตัวจะเก็บข้อมูลภาพได้ตัวละ 1 เฟรม หรือ 2 ฟิลด์(คู่ ,คี่) ดังนั้นระบบนี้จะเก็บข้อมูลภาพได้ถึง 2 เฟรมหรือ 4 ฟิลด์ เหตุผลในการเก็บข้อมูลภาพถึง 4 เฟรม จะอธิบายในเรื่องซึ่งเกี่ยวข้องกับหน่วยความจำต่อไป

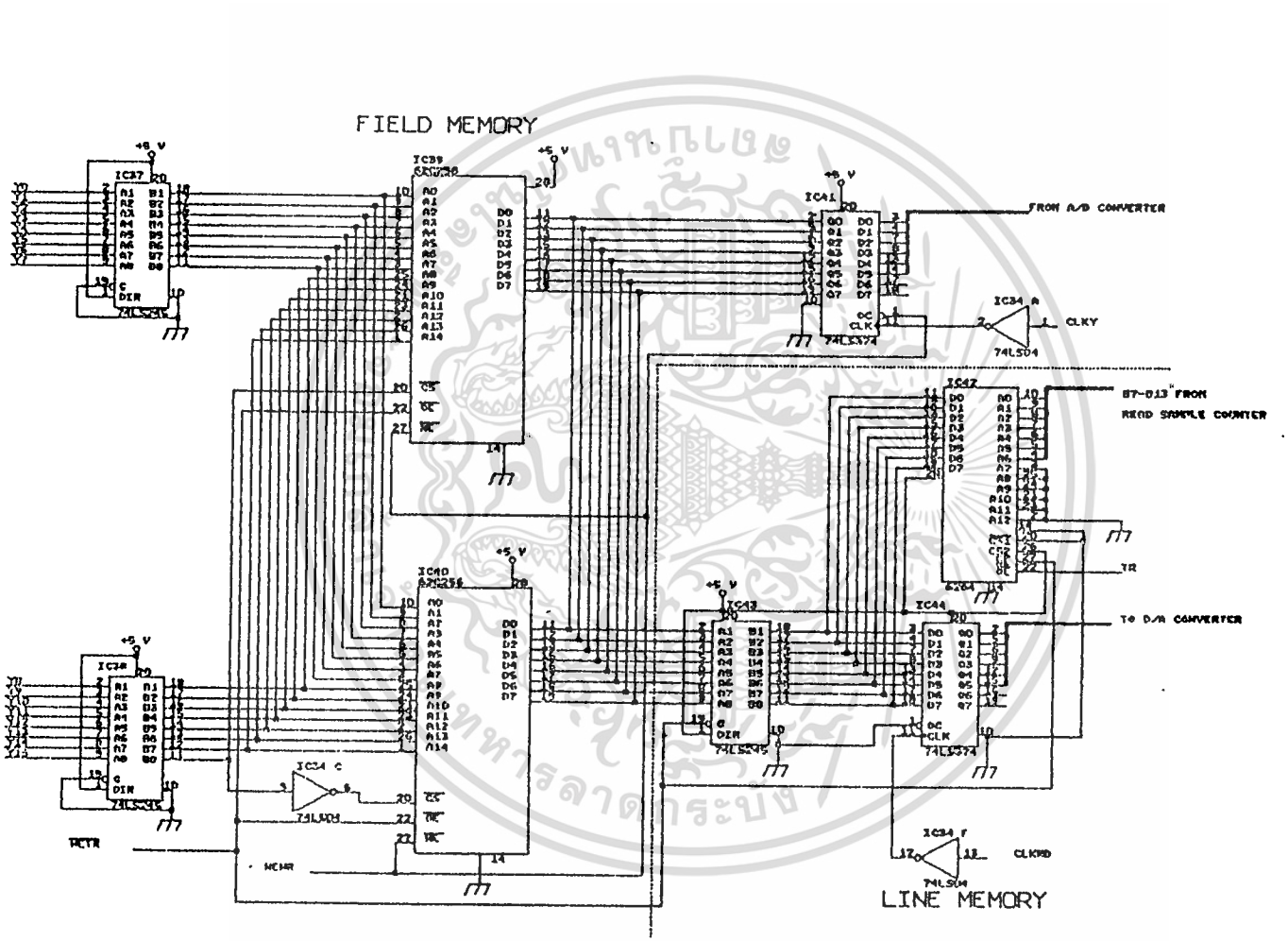
หน่วยความจำสำหรับถ่ายข้อมูล 1 เส้นสะแกน จะใช้สแตติกแรมขนาด 128 * 8 บิท เพื่อเก็บข้อมูล 1 เส้นสะแกนซึ่งถ่ายจาก field memory

การเก็บข้อมูลจะเริ่มจากข้อมูลจากเอ๊าท์พุทของ A/D ซึ่งมีขนาด 6 บิท ถูกเก็บลงหน่วยความจำ (field memory) ด้วยความถี่ $f_{wr}$

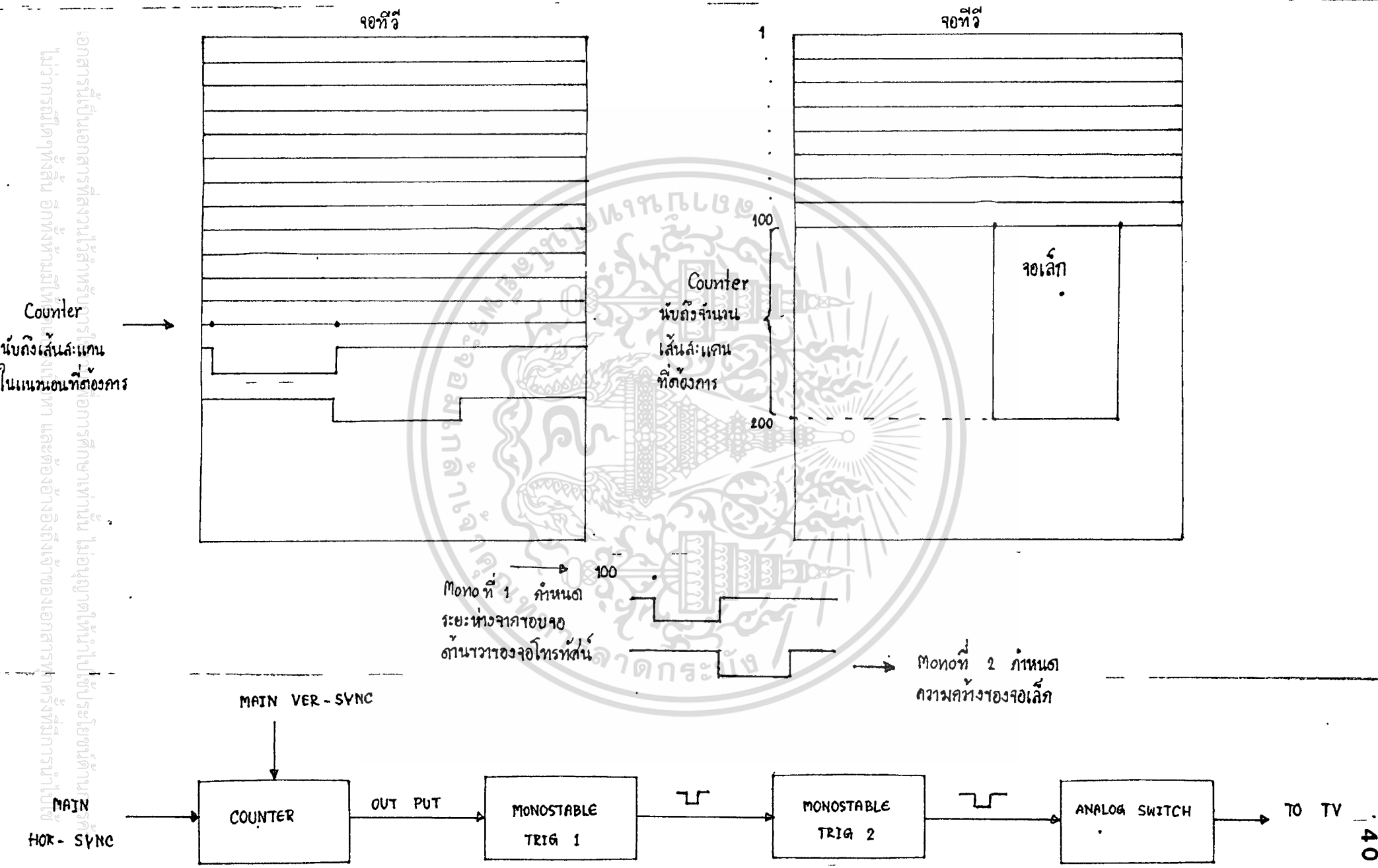
เมื่อต้องการอ่านข้อมูลภาพเพื่อแสดงผลบนจอทีวี จะต้องถ่ายข้อมูลจาก field memory ลง Line memory เสียก่อนจะอ่านจาก field memory เลยไม่ได้ เพราะอาจเกิดปัญหาการอ่านการเขียนทับกันได้ ( joint-line effect ) โดยการถ่ายข้อมูลจะเกิดในจังหวะที่ไม่มีการเขียนหน่วยความจำ ด้วยความถี่เป็น 2 เท่า ของการเก็บข้อมูล จากนั้นข้อมูลจะถูกอ่านจาก line memory ด้วยความถี่เป็น 3 เท่าของการเก็บข้อมูล ซึ่งจะทำให้ภาพมีขนาดเล็กลง เป็น 1/3 ของภาพเดิมได้ ระบบการอ้างแอดเดรสของหน่วยความจำจะแบ่งเป็นส่วนสร้างแอดเดรสสำหรับการ เขียน และแอดเดรสสำหรับการถ่ายข้อมูลและการอ่าน ซึ่งจะมีขนาด 16 บิทโดยจะใช้วงจรมัลติเพร็กซ์เป็นตัวควบคุมการส่งแอดเดรสสำหรับการเขียนและการอ่านให้กับหน่วยความจำในจังหวะที่เหมาะสม ซึ่งควบคุมจากสัญญาณ SELADR

สำหรับโครงงานนี้ ข้อมูลภาพรองในแต่ละฟิลด์จะถูกเก็บลงหน่วยความจำโดยเก็บข้อมูล 1 เส้นสะแกนทางแนวนอน แล้วเว้นไป 2 เส้นสะแกนทางแนวนอน เพื่อย่อภาพทางแนวตั้งลง1 ใน 3 ข้อมูลใน 1 เส้นสะแกนทางแนวนอนจะถูกแบ่งเก็บทั้งหมด 128 จุด ดังนั้นสำหรับระบบ PAL ซึ่งมีเส้นสะแกนทางแนวนอนต่อ 1 ฟิลด์ ทั้งหมด 312.5 เส้น แต่ข้อมูลภาพจะถูกเก็บเพียง 312.5/3 $\simeq$ 100 เส้น จึงต้องใช้หน่วยความจำซึ่งมีขนาด 128*100 $\simeq$ 13 K ดังแสดงการเก็บข้อมูลภาพรองในรูปที่ 3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

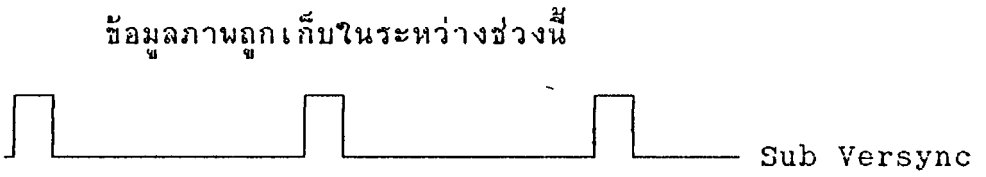



รูปที่ 3.13 แสดงวงจรของหน่วยความจำ



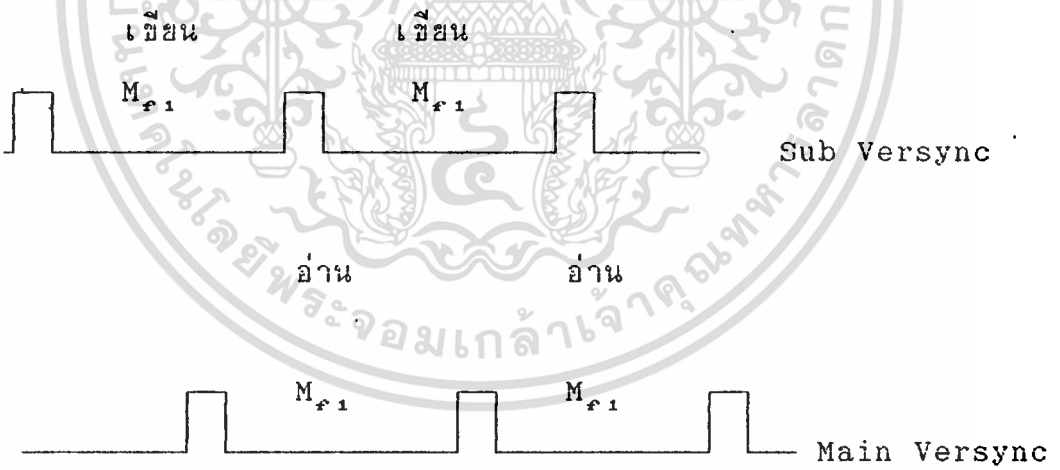

รูปที่ 3.14 แสดงการสร้างหน้าต่างของจอเล็ก

การเก็บข้อมูลภาพลงหน่วยความจำ จะเริ่มทุกครั้งที่ขึ้นต้นฟิลด์ หรือในช่วงสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้ง 2 สัญญาณของภาพรอง ดังแสดงในรูปที่ 3.15




รูปที่ 3.15 แสดงสัญญาณซิงค์ของสัญญาณภาพรอง

แต่ข้อมูลภาพรองจะถูกอ่านเพื่อไปแสดงผลรวมกับภาพหลัก ดังนั้นจะต้องอ่านในช่วงสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้ง 2 สัญญาณเหมือนกัน ถ้าออกแบบหน่วยความจำไม่เหมาะสม อาจทำให้การเขียนและการอ่านเกิดซ้อนกันได้ จะทำให้ระบบผิดพลาด ถ้าใช้หน่วยความจำเก็บข้อมูลแค่ 1 ฟิลด์ การเขียนและการอ่านจะเกิดทับกันแน่นอน ดังแสดงในรูปที่ 3.16

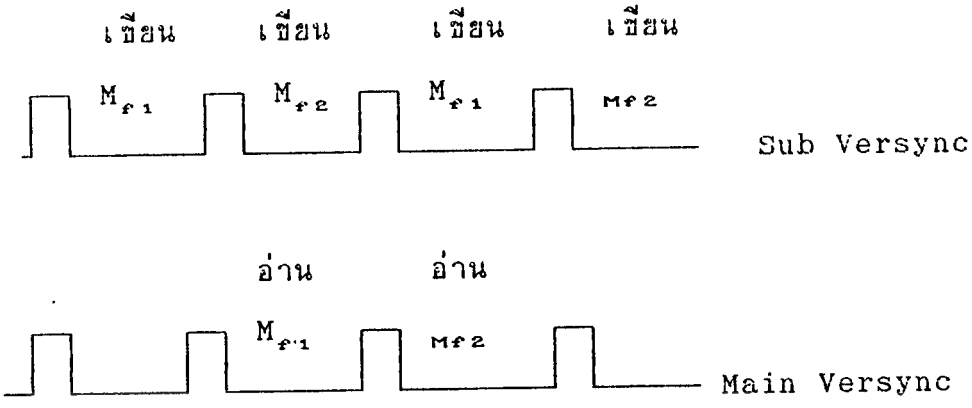



$M_{fn}$ : หน่วยความจำใช้เก็บข้อมูล n ฟิลด์

รูปที่ 3.16 แสดงสัญญาณในการเขียนและการอ่านหน่วยความจำเก็บข้อมูล 1 ฟิลด์

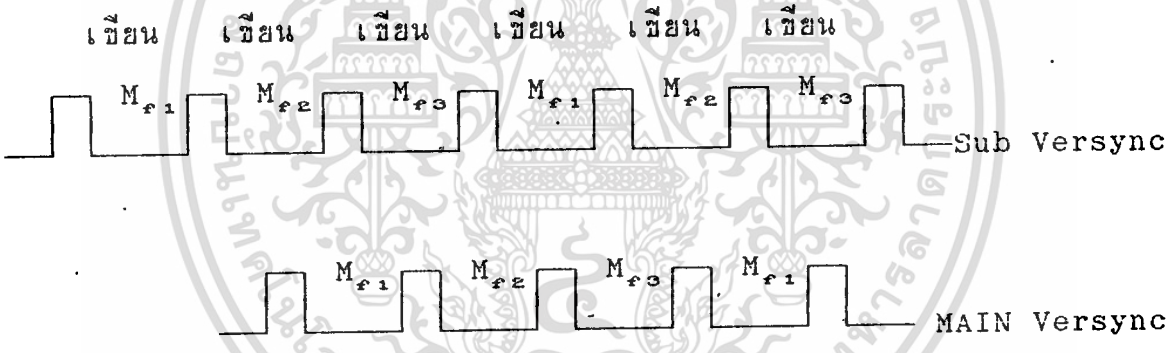
ถ้าใช้หน่วยความจำเก็บข้อมูล 2 ฟิลด์ การเขียนและการอ่านก็ยังมีโอกาสทับกันได้อีก ถ้า Sub Versync และ Main Versync มีเฟสต่างกัน (แต่ถ้าเฟสตรงกันจะไม่เกิดการอ่านเขียนทับกัน) ดังแสดงในรูปที่ 3.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.17 แสดงสัญญาณในการเขียนและการอ่านหน่วยความจำเก็บข้อมูล 2 ฟิลด์

หน่วยความจำที่เหมาะสมที่สุด คือ เก็บตั้งแต่ 3 ฟิลด์ เป็นต้นไป จะไม่มีการอ่านเขียนทับกันเลย ดังแสดงในรูปที่ 3.18




รูปที่ 3.18 แสดงสัญญาณในการเขียนและการอ่านหน่วยความจำเก็บข้อมูล 3 ฟิลด์

สำหรับโครงงานนี้จะใช้การเก็บแบบ 4 ฟิลด์ เพื่อความง่ายในการเข้าถึงข้อมูลภาพในแต่ละเฟรม (ฟิลด์คู่+ฟิลด์คี่) โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เป็นตัวควบคุม เนื่องจาก 1 ฟิลด์ ต้องใช้หน่วยความจำขนาดประมาณ 13 K ดังนั้น 4 ฟิลด์ จะใช้หน่วยความจำขนาด 4*13 K $\simeq$ .52 K ซึ่งเราจะใช้ Static RAM ขนาด 32 K * 8 บิท โดยแต่ละตัวจะเก็บข้อมูลของแต่ละเฟรมไว้หน่วยความจำส่วนนี้จะใช้เก็บข้อมูลภาพย่อยได้ 4 ฟิลด์ จึงเรียกว่าเป็น 4 field memory แต่การอ่านข้อมูลภาพไปแสดงข้อผล ต้องถ่ายข้อมูลไปลงหน่วยความจำอีกส่วนหนึ่งก่อน โดยถ่ายข้อมูลไปครั้งละ 1 เส้นสะแกนแนวนอน หรือ 128 จุด ดังนั้นจึงใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สแตติกแรม ขนาด 128*8 บิท เป็นตัวเก็บข้อมูลนี้ จะเรียกว่าหน่วยความจำนี้ว่า Line Memory

วงจร 4-field-memory จะใช้ static Ram เบอร์ 62256 2 ตัว

วงจร Line Memory จะใช้ static Ram เบอร์ 62621 1 ตัว

3.3.1.วงจรสร้างแอดเดรสการเขียนหน่วยความจำ (ADDRESS SIGNAL CIRCUIT)

เนื่องจากเราใช้หน่วยความจำ จำนวนทั้งหมด 64 K Byte (32 K*8 บิท*2) จึงต้องใช้แอดเดรสขนาด 16 บิท เพื่อสามารถเข้าถึงหน่วยความจำได้ทุกตำแหน่ง

แอดเดรสการเขียนจะแบ่งเป็น 3 ชุด คือ $A_{14}$-$A_{15}$ , $A_0$-$A_6$ และ $A_7$-$A_{13}$ ดังแสดงในบล็อกไดอะแกรมของหน่วยความจำ วงจรดังแสดงในรูปที่ 3.18

การทำงานของวงจร คือ

IC 20 74LS161 จะทำงานเป็นวงจรนับสี่นับสัญญาณทางแนวตั้งของภาพเล็ก (sub v-sync) ได้เอ้าท์พุทออกที่ขา 13 และ 14 เป็นแอดเดรส $A_{15}$ (FRAME WR) และขา 14 เป็นแอดเดรส $A_{14}$ (FIELD WR) ในแต่ละช่วงของการนับจึงอยู่ในช่วง v-Sync 1 เส้น

IC 23 , 24 74LS161 ทำหน้าที่เป็นวงจร Line Counter ขนาด 7 บิท นับสัญญาณ Sub-Hsync%3 ได้เอ้าท์พุทเป็นแอดเดรส $A_0$-$A_6$ เนื่องจากเราต้องการให้เกิดการนับแค่ 128 ครั้ง ดังนั้นจึงต้องนำสัญญาณขา 11 ของ IC 23 มา OR กับสัญญาณ Sub H-sync % 3 เมื่อวงจรนับเกิน 128 ขา 11ของ IC 23 จะมี Logic '1' ทำให้ไม่มีสัญญาณ sub H-sync % 3 ไปกระตุ้น Line Counter วงจร Line Counter นี้จะถูกเคลียร์ทุก ๆ ครั้งที่เริ่มต้นฟิลด์ (ใช้สัญญาณ sub v-sync) ดังนั้นแอดเดรส $A_0$-$A_6$ จะเริ่มต้นที่ '0000000' ทุกครั้งที่เริ่มต้นฟิลด์ใหม่ (หรือทุกครั้งที่ $A_{14}$.$A_{15}$ เพิ่มค่า 1 ค่า)

IC 21,22 74LS161 ทำหน้าที่เป็นวงจร Sample Counter ขนาด 7 บิท นับสัญญาณ $\overline{\text{CLKWR}}$ ซึ่งมีความถี่ขนาด 5/3 เมกกะเฮิร์ทซ์ ได้เอ้าท์พุทเป็นแอดเดรส $A_7$-$A_{13}$ เช่นเดียวกับ Line Counter เราต้องนำเอาสัญญาณขา 11 ของ IC 21 มา OR กับ $\overline{\text{CLKWR}}$ เพื่อให้เกิดการนับไม่เกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

128 วงจร Sample Counter จะถูกเคลียร์ทุก ๆ ช่วงที่เป็น '0' ของสัญญาณ Sub H-Sync ๆ 3 ดังนั้นทุกครั้งที่ $A_0$-$A_6$ เพิ่มค่าขึ้น 1 $A_7$-$A_{13}$ ก็จะเริ่มต้นค่าที่ '0000000'

เมื่อพิจารณาทั้ง $A_0$-$A_{15}$ จะเห็นว่า การอ้างแอดเดรสจะอยู่ในลักษณะดังที่อธิบายไว้ในเรื่องโครงสร้างและหลักการทำงานของระบบ

3.3.2.วงจรสร้างแอดเดรสการถ่ายข้อมูลจาก Field memory และการอ่านข้อมูลจาก Line memory

ตามที่อธิบายมาในตอนต้น ๆ ว่า ต้องมีการถ่ายข้อมูลจาก Field memory มาลง Line memory ก่อน ดังนั้น จึงต้องมีการสร้างแอดเดรสในการถ่ายข้อมูล ซึ่งจะแยกเป็น 3 ส่วน เช่นเดียวกัน คือ

$B_0$-$B_6$ ส่งจาก CPU ใช้บอกอันดับของเส้นสะแกน

$B_7$-$B_{13}$ มาจากวงจร Sample Counter สำหรับการถ่ายข้อมูล

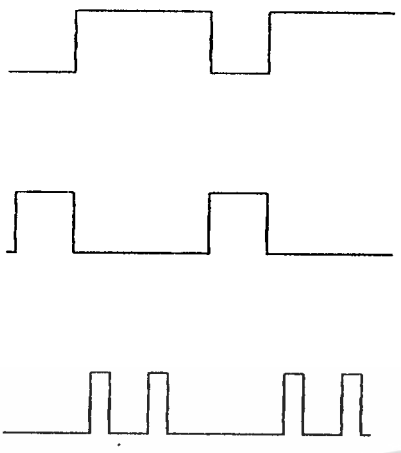
$B_{14}$-$B_{15}$ ส่งจาก CPU ใช้กำหนดการอ่านว่าต้องการอ่าน เฟรมที่ 1 หรือ 2 และฟิลด์คู่ หรือคี่

ขั้นตอนการทำงานคือ

เมื่อ Z-80 ตรวจสอบสัญญาณ FRAME WR และ FIELD WR ว่าเป็น '01' (เฟรมที่ 1 ฟิลด์คู่) แล้ว ที่จุดเริ่มต้นของ Main Ver-Sync Z-80 จะเริ่มส่งแอดเดรส $B_{14}$,$B_{15}$ ค่า '00' (หมายถึงต้องการถ่ายข้อมูลเฟรมที่ 1 ฟิลด์คี่ ) ออกมารอไว้ก่อนในช่วง Main Ver-Sync นี้ Z-80 ก็จะคอยตรวจสอบสัญญาณช่วงหน้าต่าง เมื่อพบสัญญาณช่วงหน้าต่างเส้นแรกแล้ว มันจะส่งแอดเดรส $B_0$-$B_7$ ออกมาโดยเริ่มต้นที่ '0000000' ขณะเดียวกันก็จะเริ่มส่งสัญญาณมาเปิดเกท CLKTR ทำให้ MUX TR & RD สามารถส่งสัญญาณ CLCTR ไปให้กับ Sample Counter ได้ Sample Counter ก็จะเริ่มนับตั้งแต่ 0-128

แอดเดรสทั้ง 16 บิทของ transfer address ($B_0$-$B_{15}$) จะนำไปผ่านวงจร Mux กับแอดเดรสการเขียน โดยมันจะถูกส่งไปให้หน่วยความจำในช่วงที่สัญญาณ SELADR เป็น '1' address การเขียนและการถ่ายข้อมูลจะสลับกันส่งไปให้หน่วยความจำ ในอัตรา 1:2 แอดเดรส แสดงตามรูปที่ 3.19

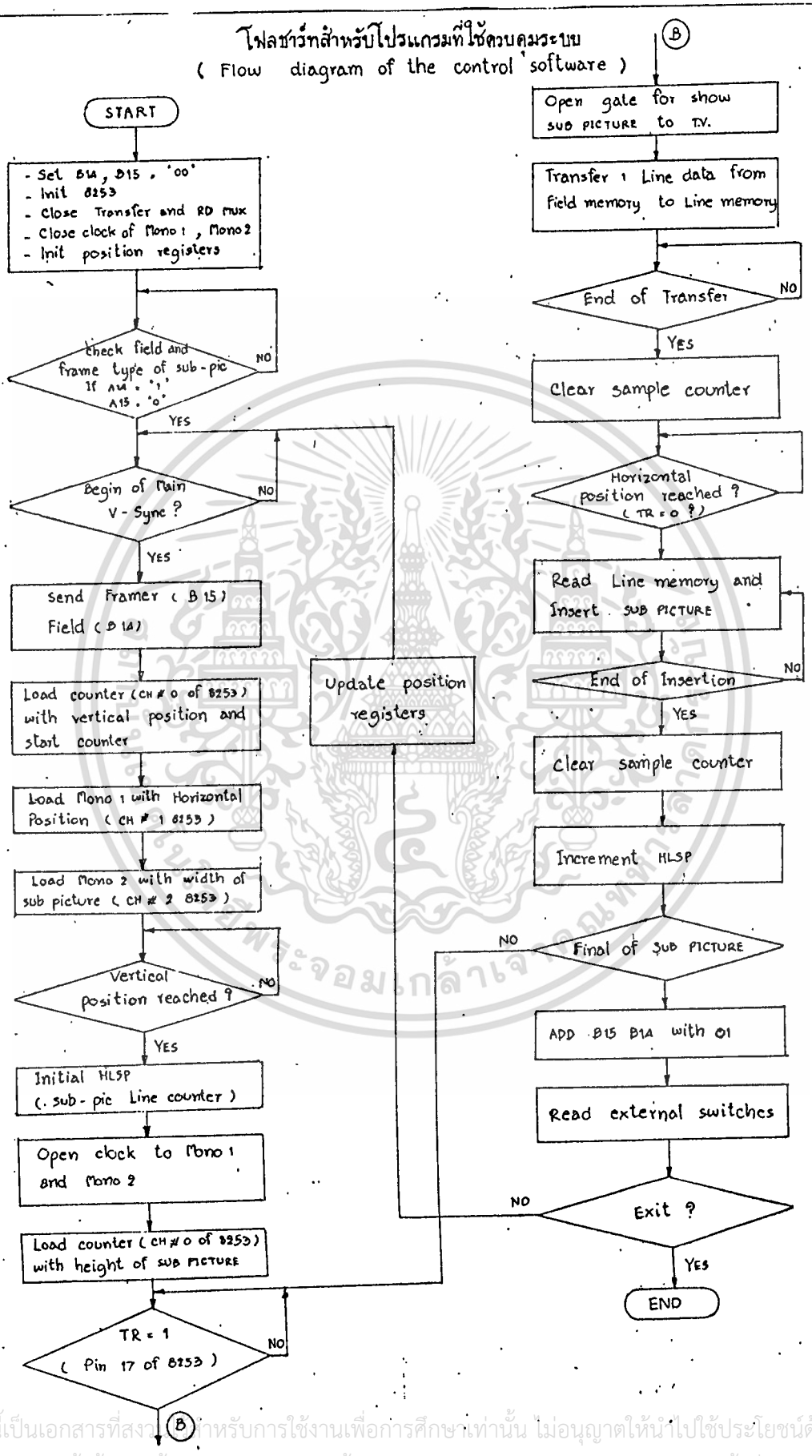
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.19 แสดงรูปสัญญาณการเขียนและการถ่ายข้อมูลจะสลับกันส่งไปให้หน่วยความจำ ในอัตรา 1:2 แอดเดรส

ข้อมูลจะถูกถ่ายออกมาตามแอดเดรสที่ได้เป็นจำนวน 1 เส้นสะแกนทางแนวนอน ( 128จุด ) เมื่อครบแล้ว Sample counter จะถูกเคลียร์เป็น '0000000' จากนั้นสัญญาณช่องหน้าต่าง ( TR ) ช่วงเป็น '0' จะทำให้วงจร MUX TRANSFER & RD ส่ง CLKRD ไปให้ Sample Counter ข้อมูลทั้ง 128 จุด จึงถูกอ่านไปแสดงผลที่จอโทรทัศน์ได้ จะสังเกตได้ว่า เมื่ออ่านข้อมูลออกจาก Line memory จะต้องไม่มีการถ่ายข้อมูล จาก field memory (ควบคุมจาก MUX CLKTR AND CLKRD) แต่ช่วงไม่มีการถ่ายข้อมูลจะมีการเขียนข้อมูลลง field memory อย่างเดียว ดังนั้น การอ่านจึงสามารถเกิดพร้อมกับการเขียนหน่วยความจำ แต่เกิดคนละส่วนกัน ต่อจากนั้น Sample Counter จะถูกเคลียร์ เป็นศูนย์อีกครั้ง Z-80 จะคอยตรวจสอบสัญญาณช่องหน้าต่างเส้นต่อไป เมื่อพบแล้วก็จะเพิ่ม $B_0$-$B_7$ ขึ้น 1 แล้วจะวนทำเหตุการณ์ตามที่อธิบายมาข้างต้นจนกระทั่งครบจำนวนเส้นสะแกนทางแนวนอนที่ประกอบกันเป็นช่องหน้าต่าง จากนั้น Z-80 จะคอยตรวจสอบ Main-Ver Syne ลูกต่อไป เมื่อพบแล้วก็จะเพิ่ม $B_{14}$,$B_{15}$ ขึ้น 1 และทำเหตุการณ์อย่างเดียวกับที่อธิบายมา จน $B_{14}$ , $B_{15}$ มี Logic เป็น '11' จึงเคลียร์ค่า $B_{14}$ , $B_{15}$ เป็น 0 ใหม่ เหตุการณ์จะเกิดขึ้นตามที่กล่าวมาทั้งหมดนี้จนกว่าผู้ใช้จะยกเลิกโปรแกรม ดังแสดงการทำงานของ Transfer Addres ในโฟลชาร์ทรูปที่ 3.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

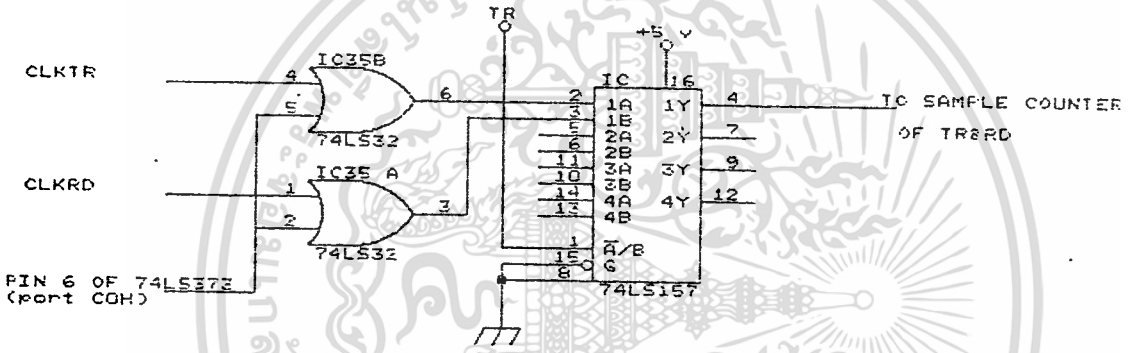
รูปที่ 3.20 โฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมที่ใช้ควบคุมระบบ

วงจรที่ใช้แสดงดังรูปที่ 3.5 โดยเราจะใช้ IC 128 74LS373 เป็นพอร์ทสำหรับส่งแอดเดรส $B_0$-$B_8$ พอร์ทนี้เป็นพอร์ทเบอร์ EOH

ส่วน IC25 74LS373 จะใช้บิทที่ 6,7 เป็นพอร์ทสำหรับส่งแอดเดรส $B_{14}$,$B_{15}$ พอร์ทนี้เป็นพอร์ทเบอร์ C0H

ส่วน Sample Counter จะใช้ IC26,27 74LS161 2 ตัว ต่อกันเป็นวงจรนับ 128 โดย IC 25 74LS688 จะเป็นตัวคอยเปรียบเทียบว่าถึง 128 แล้วหรือยัง ถ้าถึงแล้ว จะมีสัญญาณ EOC ไปเคลียร์ Sample Counter ให้เป็นศูนย์ ส่วน MUX TR & RD จะใช้ IC 52 74LS157 ซึ่งเป็น IC multiple สัญญาณนาฬิกา CLKTR และ CLKRD อยู่ในรูปที่ 3.21 และวงจร Mux address อยู่ในรูปที่ 3.5 จะใช้ IC 29,30,31,32 74LS157 4 ตัว ร่วมกันทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.21 วงจรมัลติเพล็กซ์สัญญาณการอ่านและการทรานเฟอร์

3.4 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้และหน่วยควบคุม

(User Interface and Control Unit)

ส่วนนี้เป็นส่วนที่ใช้ควบคุมลำดับขั้นตอนต่าง ๆ ของระบบภาพซ้อนภาพ ซึ่งหัวใจสำคัญของส่วนนี้ก็คือ ไมโครโปรเซสเซอร์ โดยจะมีโปรแกรมสำหรับควบคุมขั้นตอนต่าง ๆ ในระบบ โปรแกรมนี้จะมีหน้าที่ใหญ่ ๆ ดังนี้

1.ติดต่อกับผู้ใช้ เช่น

- การ RUN โปรแกรมสร้างภาพจอเล็ก
- ย้ายตำแหน่งภาพเล็กไปยังตำแหน่งต่าง ๆ บนจอโทรทัศน์

2.ส่งแอดเดรสในการถ่ายข้อมูลจาก field memory ซึ่งได้กล่าวไว้แล้วในเรื่องหน่วยความจำ

3.ควบคุมการสร้างจอภาพเล็ก

เราจะใช้ Z-80 บน E.T.BOARD ver 20 เป็น CPU ของระบบนี้

สำหรับหน้าที่ที่ 1 จะควบคุมด้วย Software ที่เขียนให้กับ Z-80 ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

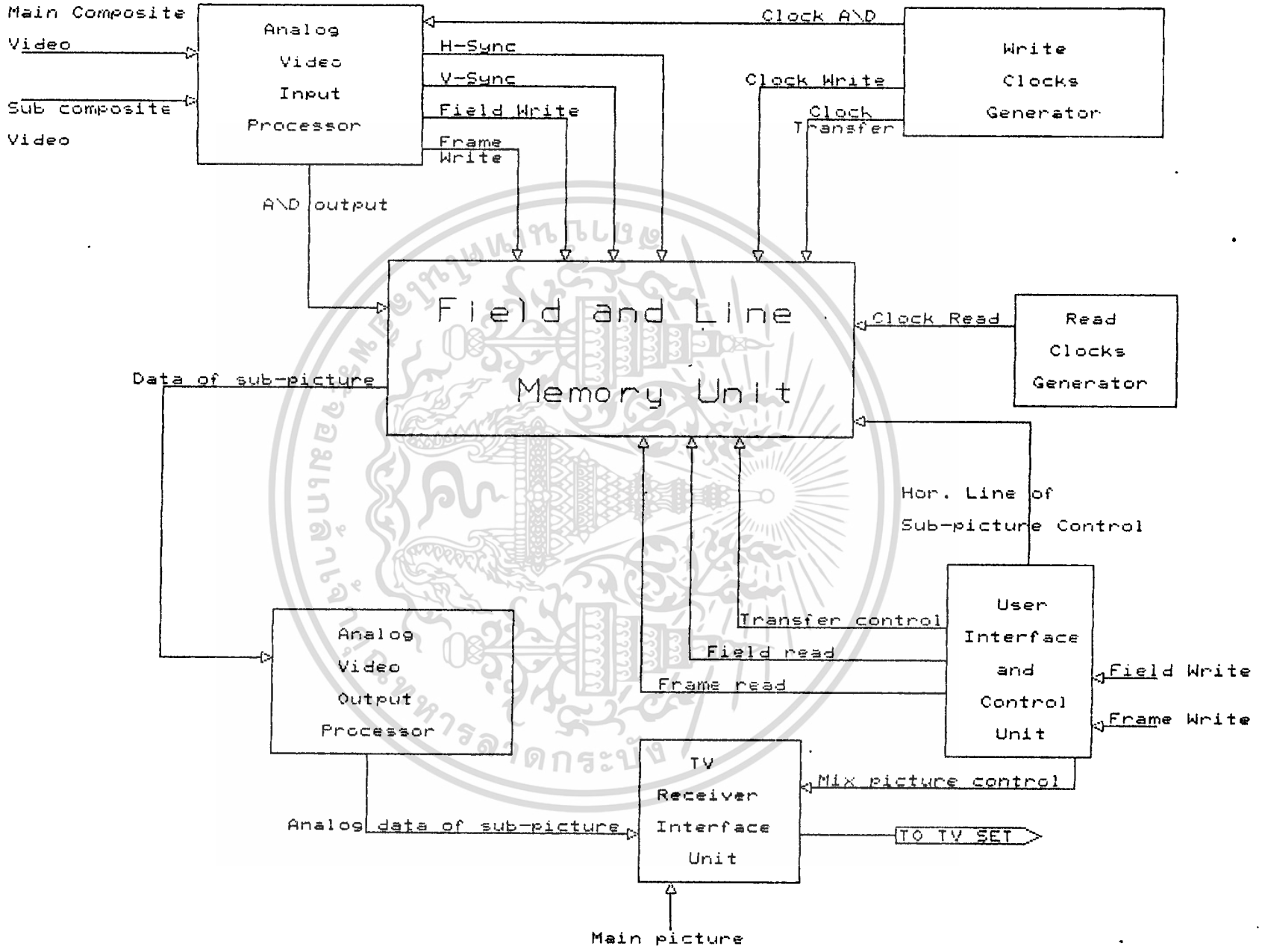
สำหรับหน้าที่ที่ 3 จะมีรายละเอียดดังนี้

3.4.1.การสร้างภาพจอเล็ก

หลักการสร้างภาพจอเล็ก แสดงไว้ตามบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 3.22

จุดเริ่มต้นของ Main Ver-Sync จะทำให้ Counter เริ่มนับ Main Hor-Sync เมื่อถึงเส้นสะแกนแนวนอน(H-Sync) เส้นที่ต้องการให้ภาพเล็กเริ่มปรากฏ Counter จะส่งเอ๊าท์พุทไปกระตุ้น ตัวที่ 1 สร้างพัลซ์ออกมาความกว้างของพัลซ์นี้จะกำหนดระยะห่างจากขอบจอด้านขวาของจอโทรทัศน์ ขอบขาขึ้นของพัลซ์นี้จะนำไปกระตุ้นโมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 2 ให้สร้างพัลซ์ซึ่งมีความกว้างขนาด 13.3 $\mu$S (1/3 ของความกว้างของ H-sync) เราจะใช้พัลซ์ที่ 2 นี้ไปควบคุมให้ Analog switch ส่ง Data ของ Sub Pictureที่ได้ย่อขนาดลง 1/3 จากหน่วยความจำแล้ว ไปแสดงผลที่จอโทรทัศน์ ขณะนี้จะได้ภาพจอเล็กเพียง 1 เส้นสะแกน Counter จะนับ Main $\overline{\text{H-Sync}}$ ทุก ๆ 1 เส้น ก็จะส่งสัญญาณไปกระตุ้น monostable ให้สร้างพัลซ์ออกมา Counter จะนับ Main $\overline{\text{H-Sync}}$ เป็นจำนวนเท่ากับ จำนวนเส้นสะแกนของจอภาพเล็ก (1/3 ของจำนวน Main $\overline{\text{H-Sync}}$) จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




Block diagram of Microprocessor controlled picture in picture system

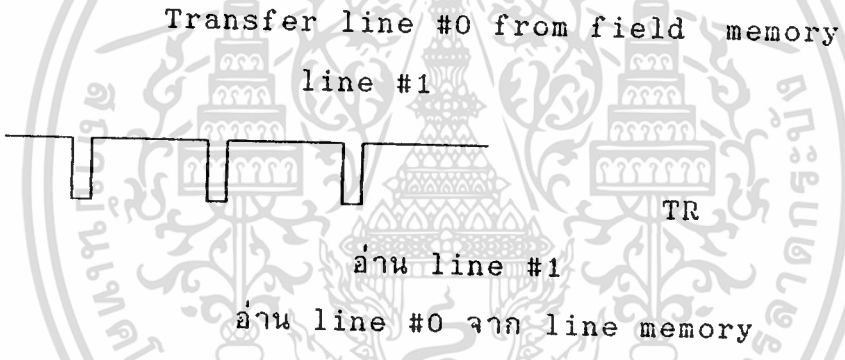
รูปที่ 3.22 บล็อกไดอะแกรมอย่างย่อของระบบ

ได้จอภาพเล็กตามต้องการ ขั้นตอนต่าง ๆ จะเกิดซ้ำกันในทุกช่วง Main V-Sync จึงได้ภาพเล็กที่เกิดต่อเนื่องกันไปได้

สำหรับการเคลื่อนย้ายตำแหน่งจอภาพเล็ก ทำได้โดยโปรแกรม ที่จะให้ Counter เริ่มจะส่งสัญญาณไปกระตุ้น monostable (ค่านี้คืออันดับเส้นสะแกนทางแนวนอนของ Main vedio) ก็จะทำให้ภาพเล็กเคลื่อนที่ขึ้นลงตามจอโทรทัศน์ได้ ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวซ้ายขวาของ โทรทัศน์จะต้องโปรแกรม monostable ตัวที่ 1 ให้สร้างพัลซ์ที่มีความกว้างขนาดต่าง ๆ กันออกมา

พัลซ์ของ monostable ตัวที่ 2 เราจะนำไปเป็นสัญญาณ TR ไว้ใช้ในส่วนหน่วยความจำด้วย

สัญญาณ TR จะมีการทำงานตามที่แสดงในรูปข้างล่าง




รูปที่ 3.23 แสดงสัญญาณ TR

วงจรที่ใช้ส่วนสร้างช่องหน้าต่างนี้ จะใช้ IC 8253 ซึ่งเราสามารถโปรแกรมให้เป็น Counter และmonostable 1,2 ตามที่ต้องการได้ นอกจากนั้นยังสามารถโปรแกรมค่าสำหรับนับ ของ Counter และความกว้างของ monostable โดยผ่าน Z-80 ได้อีกด้วย

รายละเอียดของวงจร และซอฟต์แวร์ใช้งานจะกล่าวถึงต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.วงจรสร้างจอภาพเล็ก

ใช้วงจรรูปที่ 3.24 หัวใจสำคัญของวงจรอยู่ที่ 8253 ซึ่งจะถูกโปรแกรมการทำงาน ดังนี้

แชนแนล#0 โปรแกรมเป็น Counter แบบ Binary

แชนแนล#1 โปรแกรมเป็น monostable 1 แบบ Binary

แชนแนล#2 โปรแกรมเป็น monostable 2 แบบ Binary

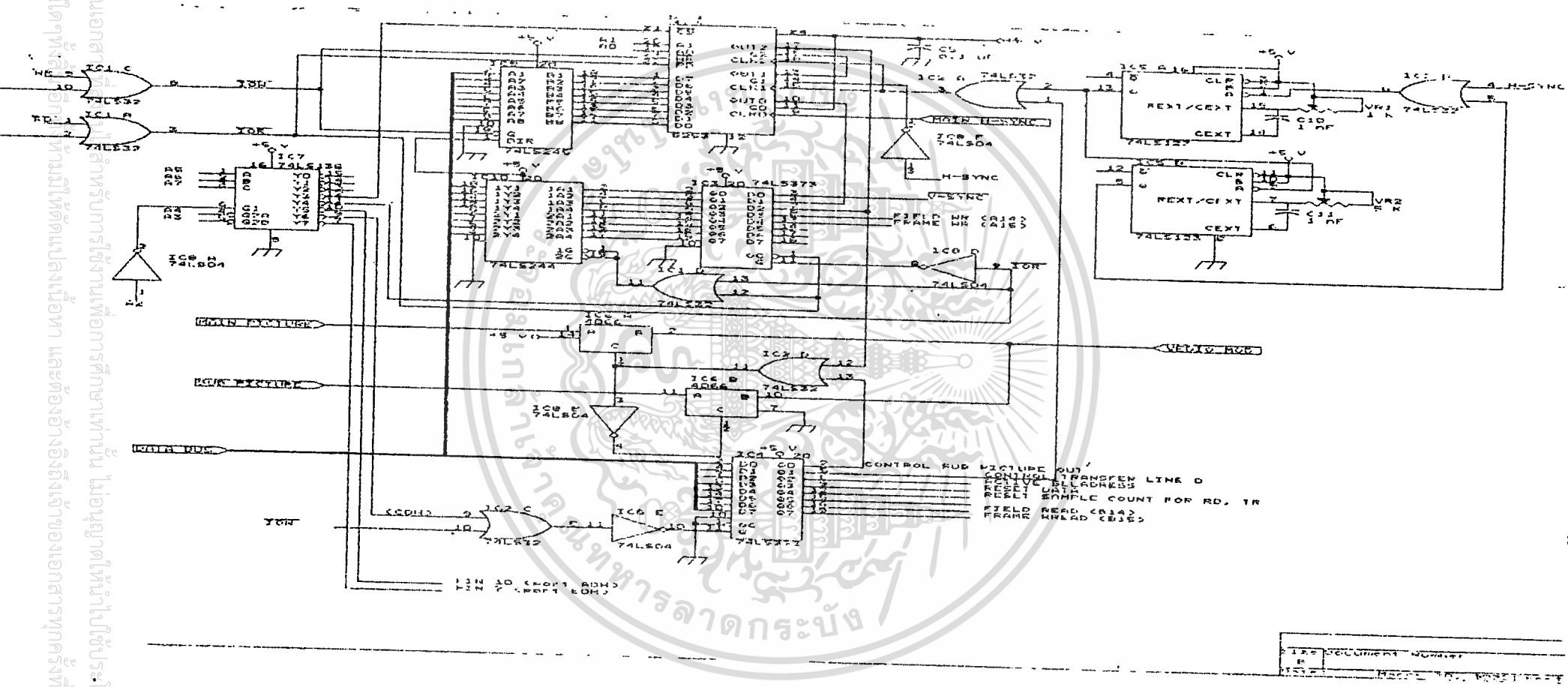
ที่จุดเริ่มต้น แชนแนลทั้งสามจะถูกโปรแกรมค่าที่ใช้ในการนับลงไป

แชนแชล#0 โปรแกรมด้วยค่าอันดับเส้นสะแกนแนวนอนของภาพหลักเส้นที่ต้องการให้ภาพเล็กปรากฏ

แชนแนล#1 โปรแกรมด้วยค่าระยะห่างจากขอบจอด้านขวาของโทรทัศน์ (หน่วยเป็น $\mu$sec)

แชนแนล#2 โปรแกรมด้วยค่าความกว้างของจอเล็ก(13 $\mu$S) IC 2a 74LS32 จะใช้เป็นเกทสำหรับปล่อยสัญญาณคล็อกขนาด 1 MHz จากขา IC 5 74LS123 ของ ไปให้ขา CLK ของแชนแนล #1,#2 โดยควบคุมจากสัญญาณลอจิกที่ขา 1 ของ IC 2a 74LS32 ซึ่งจะรับข้อมูลจากบิทที่ 1 ของ IC 4 74LS373 ซึ่งทำหน้าที่เป็น write port เบอร์ C0H ที่จุดเริ่มต้นข้อมูลบิทนี้จะเป็น '1' ตลอดทำให้แชนแนล #1,#2 ไม่เกิดการนับ ส่วนแชนแนล#0 จะนับสัญญาณ ตลอดเวลา เมื่อแชนแนล#0 นับสัญญาณ Main $\overline{\text{H-Sync}}$ ถึงค่าที่โปรแกรมไว้ครั้งแรก (จุดเริ่มต้นของจอเล็ก) ก็จะส่งลอจิก'1' ทางขาเอ๊าท์พุทของมันไปให้กับพอร์ทอ่านข้อมูลเบอร์ 80H บิท 1 ซึ่งใช้ IC 3 74LS373 ทำงาน เมื่อ CPU อ่านข้อมูลพอร์ท 80H บิทที่ 1 ได้เป็น '1' เมื่อไร มันจะส่งลอจิก '0' ออกทางบิทที่ 1 ของพอร์ทเบอร์ C0H ทำให้สัญญาณนาฬิกา ถูกส่งไปให้กับขา CLK ของแชนแนล #1 และ แชนแนล #2 เป็นจังหวะเดียวกับที่ขาเกทของแชนแนล #1 ถูกกระตุ้นด้วยขอบขาขึ้นของ Main H-Sync พอดี แชนแนล #1 จะนับ CLK ที่ผ่านมานี้และจะสร้างพัลซ์ซึ่งมีความกว้างตามค่าที่โปรแกรมไว้ ส่วนแชนแนล #2 จะยังไม่นับ CLK นี้ ต้องรอจนกระทั่งถึงขอบขาขึ้นของพัลซ์จากเอ๊าท์พุทของแชนเนล #1 ซึ่งจะไปกระตุ้นขาเกทของแชนเนล #2 ให้สร้างพัลซ์ความกว้าง 13 $\mu$sec ออกมา พัลซ์นี้จะนำไป Control อะนาลอกสวิทช์เพื่อตัดภาพเล็กออกจากโทรทัศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

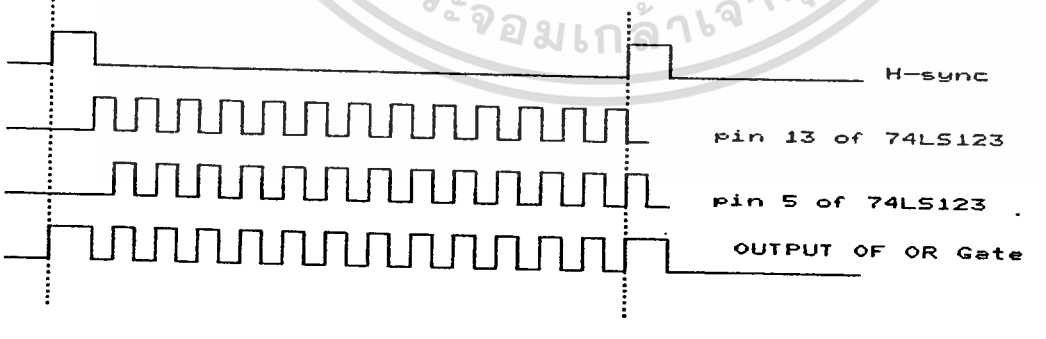


รูปที่ 3.24 วงจรสร้างจอภาพเล็ก

ขณะที่ CPU ส่งลอจิก '0' มาทางบิทที่ 1 ของพอร์ท 80 II มันก็จะโปรแกรมค่าให้วงจรนับแชนเนล#1 ให้นับ Main H-Sync ใหม่เป็นจำนวนเท่ากับ จำนวนเส้นสะแกนทางความสูงของจอภาพเล็ก จากนั้นแชนเนล #1 จะถูกกระตุ้นให้สร้างพัลซ์ทุก ๆ ขอบขาขึ้นของMain H-Syne ดังนั้นแชนเนล #2 จะสร้างพัลซ์ไปคุมให้ภาพเล็กออกจอต่อเนื่องกันไป จนกระทั่งวงจรนับแชนเนล #1 นับถึงค่าที่โปรแกรมให้ใหม่นั้นก็จะส่งลอจิก '1' ผ่านทางบิทที่1 ของพอร์ทเบอร์ 80H ไปนอก CPU ก็จะส่งลอจิก '1' ผ่านทางบิทที่ 1ของพอร์ทเบอร์ C0H ไปปิดสัญญาณคล็อกของแชนเนล #1,#2 หยุดสร้างพัลซ์ อะนาล็อกสวิทซ์ก็จะส่งเพียงภาพหลักออกจอเท่านั้น จากการทำงานดังกล่าวมาก็จะได้จอภาพเล็กตามต้องการ

วงจรสร้างสัญญาณคล็อก เพื่อป้อนให้กับแชนเนล #1,#2 จะใช้ IC 4 74LS123 ซึ่งเป็น monostable 2 ตัวภายใน IC ตัวเดียวกัน การทำงานของวงจรเป็นดังนี้

ที่ขอบขาลงของ H-Syne จะไปกระตุ้นให้ IC 4/1 สร้างพัลซ์ขนาด 0.5 $\mu$sec ออกมาที่ขา 13 ซึ่งจะนำไปกระตุ้น IC 4/2 ให้สร้างพัลซ์ขนาด 0.5 $\mu$sec ออกมาที่ขา 5 เราจะนำสัญญาณพัลซ์ที่ขา 5 นี้ไป OR กับ H-Syne เนื่องจากพัลซ์ที่ขา 5 จะเกิดช่วง H-Syne มี Logic เป็น '1' จึงผ่าน OR เกท ไปกระตุ้นให้ IC 4/1 สร้างพัลซ์ออกมาอีก จะเกิดทำนองนี้ไปเรื่อยจน H-Syne มี Logic เป็น '1' รูปสัญญาณที่สำคัญแสดงในรูปที่ 3.25




รูปที่ 3.25 แสดงรูปสัญญาณที่สำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะสังเกตได้ว่า CLK 1 เมกกะเฮิร์ท จะเกิดอยู่ในช่วง H-Syne เท่านั้น ทั้งนี้เพื่อให้แชนแนล #1,#2 ของ 8253 นับสัญญาณ CLK ที่จุดเดียวกันทุกครั้ง ซึ่งจะมีผลให้ขอบขาจอเล็กมีความเรียบขึ้น

วงจรอะนาล็อกสวิทช์ เราใช้ IC 6 เบอร์ 4066 ซึ่งจะมีอะนาล็อกสวิทช์ 4 ตัว ภายใน IC ตัวเดียวกัน โดย IC 6 a จะควบคุมให้ภาพหลักผ่านไปแสดงผล โดยใช้ลอจิก '1' ส่วน IC 6b จะควบคุมให้ภาพเล็กผ่านไปแสดงผลโดยใช้ลอจิก '0'

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5. ส่วนจัดการสัญญาณภาพทางเอ๊าท์พุท (Analog Video Output Processor)

ส่วนนี้ประกอบด้วยวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาล็อก และฟิลเตอร์ ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณภาพรองที่ย่อแล้วซึ่งอยู่ในรูปดิจิตอลเป็นสัญญาณภาพแบบอะนาล็อก เพื่อนำไปแทรกลงในภาพใหญ่ต่อไป

1.D/A ใช้แปลงสัญญาณภาพเล็กที่ย่อขนาดลง 1/3 แล้ว ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอลไปเป็นอะนาล็อก แล้วส่งให้กับอะนาล็อกสวิทช์

2.อะนาล็อกสวิทช์ ใช้ตัดต่อภาพเล็กกับภาพใหญ่โดยที่ถ้าสัญญาณควบคุมเป็นลอกจิก'1' จะปล่อยภาพใหญ่ออกไปแสดงผล ถ้าเป็น '0' จะปล่อยภาพเล็กออกไปแสดงผลในระบบนี้ จะใช้ 4066 ทำหน้าที่เป็นอะนาล็อกสวิทช์

<u>วงจรดิจิตอลเป็นอะนาลอก</u>

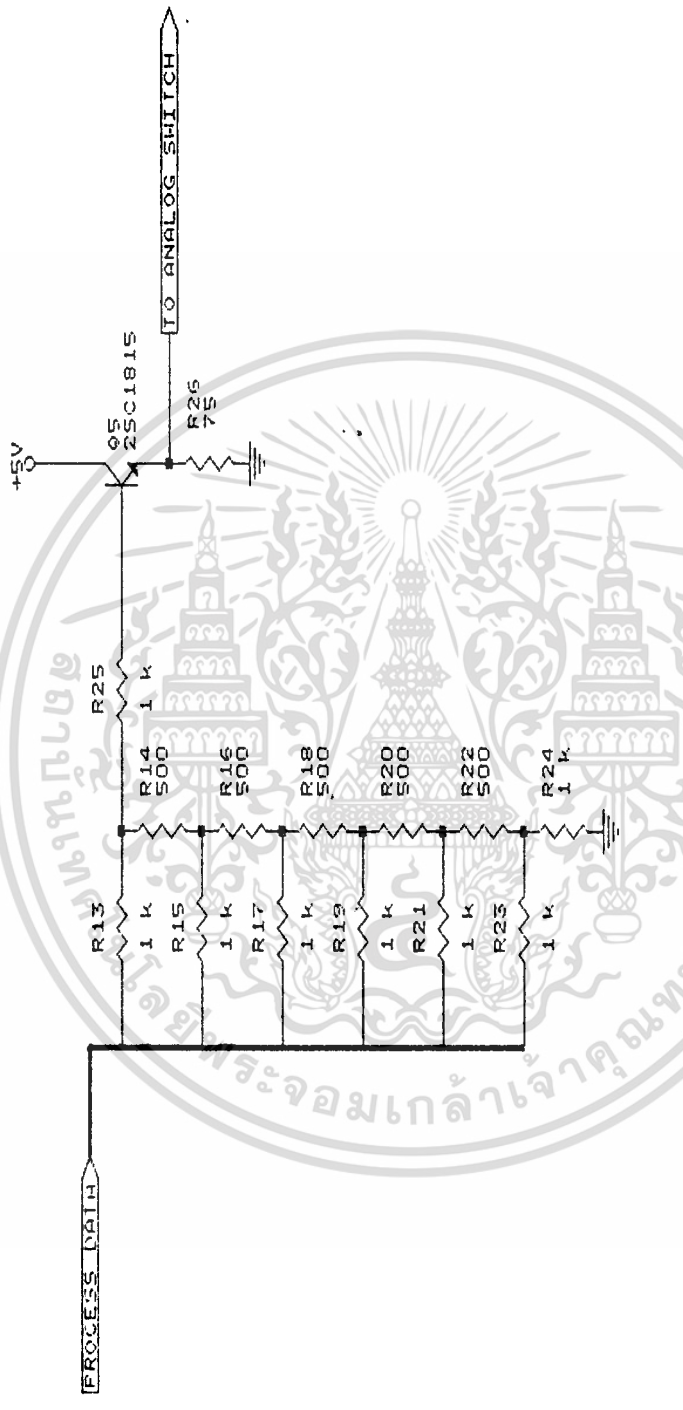
วงจรส่วนนี้เป็นหัวใจสำคัญส่วนหนึ่งของเครื่องจัดการสัญญาณภาพ เพราะจะเป็นตัวกำหนดคุณภาพของสัญญาณภาพที่ได้อย่างมาก

เริ่มที่ IC CA3306 ซึ่งเป็นที่ยอมรับว่าสามารถทำงานได้ดีที่ความถี่สูง ๆ IC CA3306 นี้ สามารถทำงานได้ด้วยความถี่การสุ่ม(SAMPLING FREQUENCY) ถึง 15 MHz แต่ในระบบนี้เราจะใช้ความถี่เพียง 5 MHz สำหรับจำนวนจุดภาพ 256 จุดต่อ 1 เส้นสะแกน CA 3306 จะให้เอ๊าท์พุท 6 BIT ดังนั้นเมื่อใช้กับสัญญาณภาพก็เท่ากับว่าจะได้ความแตกต่างของสัญญาณ 64 ระดับ ซึ่งก็นับว่าใช้ได้พอสมควร

คุณภาพของสัญญาณที่ได้จะมีส่วนเกี่ยวข้องกับระดับแรงดันอ้างอิงคือREF+ และ REF- โดยที่ REF+ จะได้จากการแบ่งแรงดันจาก ซีเนอร์ 6.8 V ที่อยู่ภายในไอซี และ REF- มาจากการแบ่งแรงดันคร่อมไดโอด 1N4148 โดยปกติแล้ว จะให้ REF+ และ REF- เท่ากับระดับแรงดันสูงสุดและต่ำสุด

R-2R LADDER มักจะถูกนำมาใช้เป็นวงจรแปลงดิจิตอลเป็นอะนาล็อกอยู่เสมอ ๆ เนื่องจากความเที่ยงตรงและความไม่ยุ่งยากของวงจร R-2R LADDER ที่ใช้จะใช้สำหรับสัญญาณดิจิตอล 6 BIT ที่มาจากหน่วยความจำ โดยจะมีทรานซิสเตอร์ 2SC1815 ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์(BUFFER)เพื่อขับสัญญาณอะนาล็อกที่ได้จากส่วน R-2R LADDER ไปยังอะนาล็อกสวิทช์เพื่อรอการตัดต่อให้การแสดงเป็นไปอย่างถูกต้องต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.26 วงจรแปลงดิจิตอลเป็นอะนาล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6. ส่วนติดต่อกับเครื่องรับโทรทัศน์ (TV Reciever Interface Unit)

ทำหน้าที่มอดูเลทสัญญาณภาพที่มีการซ้อนกันแล้ว ซึ่งอยู่ในรูปสัญญาณคอมโพสิทวีดิโอ ลงบนสัญญาณพาหะเพื่อนำไปแสดงผลบนจอทีวีได้

ส่วนนี้จะทำหน้าที่มอดูเลทสัญญาณภาพที่ตัดต่อแล้วจากอะนาล็อกสวิทช์ กับสัญญาณพาหะ เพื่อจะได้แสดงผลที่จอโทรทัศน์ได้

3.6.1.วงจร Vedio Modulater

วงจรที่สมบูรณ์ของวิดีโอมอดูเลเตอร์แสดงในรูปที่ 3.27 มี $IC_1$ เป็นตัวมอดูเลเตอร์ ซึ่งให้คลื่นพาห์ย่านความถี่ VHF แบนด์ต่ำ อยู่ในช่วง 3 หรือ 4

วงจรนี้ภาคมอดูเลตครอบครุมแบนด์วิดธ์ได้ 6MHz ความแรงสัญญาณเอ๊าท์พุทของคลื่นพาห์ 3 มิลลิโวลต์อาร์เอ็มเอส สำหรับระบบ 75 โอมห์ หรือ 6 มิลลิโวลต์ สำหรับระบบ 300 โอห์ม

ความถี่คลื่นพาห์ของสัญญาณภาพ กำหนดด้วยวงจร LC แทงค์ ประกอบด้วย $L_1$ และ $L_{10}$ โดยมี$C_{10}$ เป็นตัวปรับแต่งความถี่ที่ต้องการ มีวงจร AFC (automatic frequency control) ภายในช่วยควบคุมความถี่ออสซิลเลเตอร์ให้คงที่

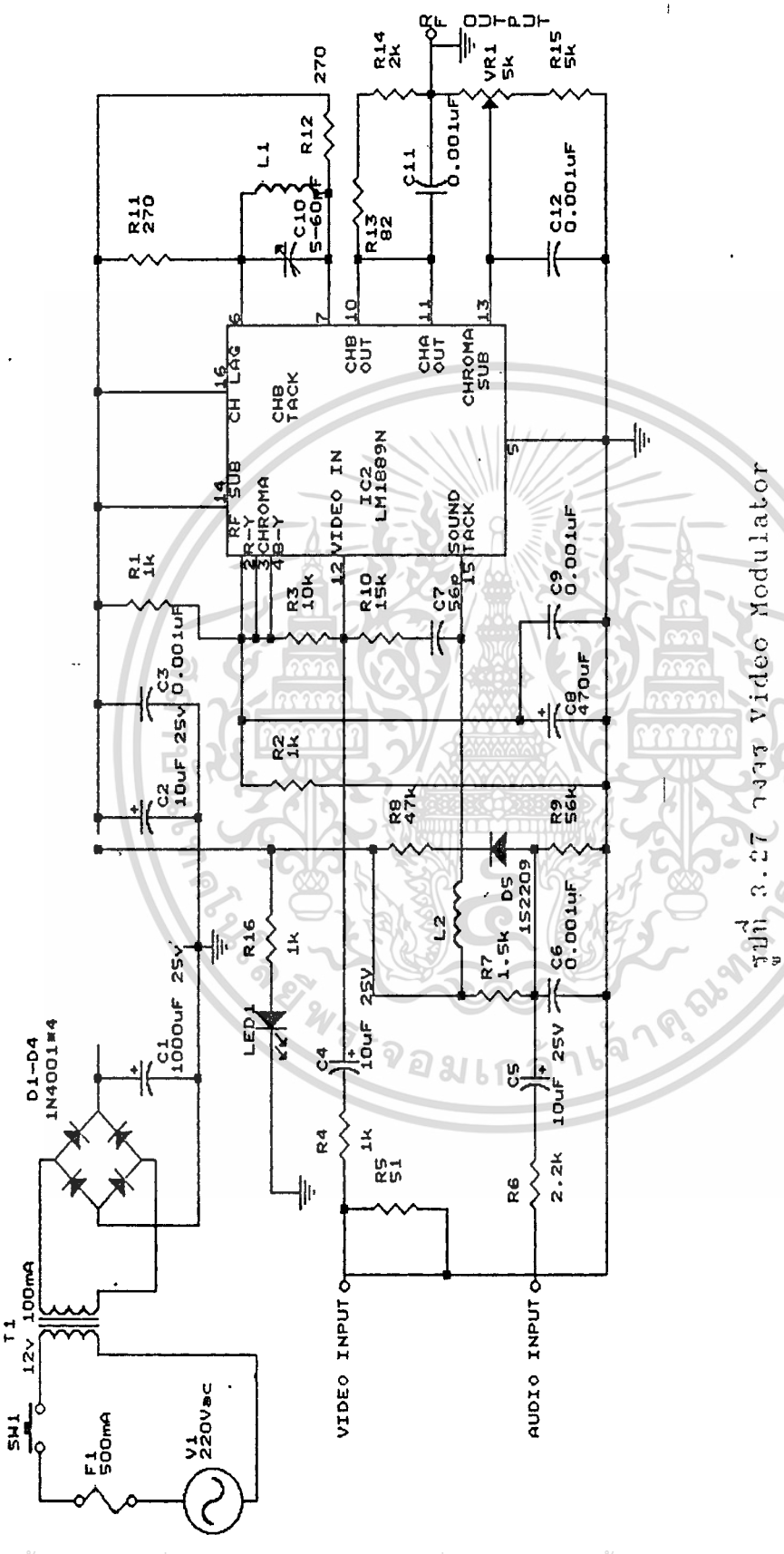
สัญญาณความสว่าง (รายละเอียดของภาพ) และสัญญาณสีจะรวมอยู่ภายในสัญญาณภาพรวม ป้อนให้อินพุทขาเข้า 12 ของ $IC_2$ ที่ขานี้ได้รับไบแอสเท่ากับครึ่งหนึ่งของแหล่งจ่ายโดยวงจรแบ่งแรงดัน $R_1$ และ $R_2$ ผ่านตัวต้านทาน $R_3$ เพื่อรักษาระดับไฟตรงของสัญญาณภาพ(DC component) จึงใช้การมอดูเลตแบบเอ็มโดยการมอดูเลตแบบทิศทางเดียว คือเมื่อสัญญาณภาพมีระดับสูงจะทำให้ระดับคลื่นพาห์คงที่ไม่เปลี่ยนตามความสว่างของภาพ และยังช่วยให้ระดับซิงค์คงที่ด้วย

ค่าออฟเซ็ตระหว่างขาสัญญาณมอดูเลตสัญญาณภาพแบบบาลานซ์ คือ ขา 12 และ ขา 13 ทำหน้าที่กำหนดระดับมอดูเลต การปรับระดับไฟตรงที่ป้อนให้ขา 13 โดยตัวต้านทานเกือกม้า $VR_1$ เป็นการปรับแต่งคุณภาพของภาพให้ได้ดีที่สุด

สัญญาณความถี่วิทยุที่ได้จากขา 10 และ 11 ของ$IC_2$ ประกอบด้วยสัญญาณความสว่าง สัญญาณสี สัญญาณเสียง และสัญญาณซิงค์ ซึ่งสามารถป้อนให้เครื่องรับโทรทัศน์ได้โดยตรงหรือจะส่งออกอากาศก็ได้ โดยการเพิ่มวงจรขยายความถี่วิทยุ

$IC_1$ เป็นไอซีเรกูเรเตอร์ 12 โวลต์ ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันคงที่ มีตัวเก็บประจุ $C_1$,$C_2$และ $C_3$ เป็นตัวกรองความถี่ เนื่องจากวิดีโอมอดูเลเตอร์สิ้นเปลืองกระแสประมาณ 35 มิลลิแอมแปร์ที่ 12 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.27 วงจร Video Modulator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;main program
        start           ld  a,07h           ;init system
                        out (c0h),a
        init_8253       ld  a,30h
                        out (63H),a         ;#0 be counter
                        ld  a,72
                        out (63h),a         ;#1 be Mono1
                        ld  a,b2
                        out (63h),a         ;#2 be Mono2

                        ld  a,0fh
                        out (c0h),a         ;start sub-vsync
                                              counter
        check_a14_a15   in  (80h),a
                        and 08h
                        cp  08h
                        jp  nz,check_a14_a5 ; pass if
                                              bit3(a14) = '1'
                                              bit4(a15) = '0'
                        ld c,f
                        ld a,07h
                        out (a0h),a         ; address read start at
                                              07h
        vidio_mix_start   ld b,04h          ; HLSP  start at 04
        mvsync_start    in a,(80h)
                        bit 0,a
                        jp z,mvsync_start   ;start of vsync?
                        ld a,c
                        out (c0h),a
                        call  window
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Tr_Line0        in a,(80h)
                bit 1,a
                jp z,Tr_Line0     ; Transfer first line data
                res 1,c
                res 2,c
                ld a,c            ; open gate transfer data
                out (coh),a
                ld a,01h
                out (60h),a
                ld a,00h
                out (60h),a
vertical_start  in a,(80h)
                bit 1,a
                jp z,vertical_start
                res 0,c           ;open subpicture to 4066
                ld a,c
                out (c0h),a
                ld a,60h          ; subpicture height = 96
                out (60h),a         hor-line
                ld a,00h
                out (60h),a
inc_HLSP        inc b             ; Increase HLSP
next_line_tr    in a,(80H)
                bit 2,a
                jp nz,next_line_tr
                ld a,b
                out (e0h),a       ; send HLSP
readdata        in a,(80h)        ;read data from line memory
                bit 2,a
                jp z,readdata
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
vertical_finish  in  a,(80h)  ;check bottom of subpicture
                 bit 1,a
                 jp z,inc_HLSP
                 ld a,c
                 or 0fh
                 out (c0h),a          ;close subpic from 4066
                 add a,40h
                 ld c,a               ;increase
                                       fieldr(b14)framer(b15)
chec_key         call scank
                 cp 70h
                 jp z,new_vsync
down             cp 61h               ;down with '1'
                 jp nz,up
                 ld a,(counter)
                 add a,01h
                 cp c5h
                 jp z,new_vsync
                 ld (counter),a
                 jp new_vsync
up               cp 31h               ; up with '9'
                 jp nz,left
                 ld a,(counter)
                 sub a,01h
                 cp 14h
                 jp z,new_vsync
                 ld (counter),a
                 jp new_vsync
left             cp 50h               ;left with '4'
                 jp nz,right
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ld a,(mono1)
                sub a,01h
                cp 07h
                jp z,new_vsync
                ld (mono1),a
                jp new_vsync
right           cp 52h              ;right with '6'
                jp nz,exit
                ld a,(mono1)
                add a,01h
                cp 27h
                jp z,new_vsync
                ld (mono1),a
                jp new_vsync
exit            cp 64h              ;exit with 'FUNC'
                jp nz,new_vsync
                ld a,07h
                out (c0h),a
                ld a,00h
                rst 10h             ;return to monitor
new_vsync       in a,(80h)          ;check  new_vsync
                bit 0,a
                jp nz,new_vsync
                jp vidio_mix_start

counter         dw   '2000'
mono1           dw   '0d00'
mono2           dw   '0d00'
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;                                   column position
;                                   width
        window          ld  ix,mono1
                        ld  a,(ix+0)
                        out (61h),a
                        ld  a,(ix+1)
                        out (61h),a             ;column
                        ld  a,(ix+2)            ;width
                        out (62h),a
                        ld a,(ix+3)
                        out (62h),a
                        ld a,(ix+4)             ;row
                        out (60h),a
                        ld a,(ix+5)
                        out (60h),a
                        ret

;procedure   scank :-check keypressed
; output     a =  key that pressed
        scank     ld de,0800h
        scank1    ld a,e
                  out (02h),a
                  in a,(02h)
                  and 70h
                  cp  70h
                  jp z,scank2
                  or  e
                  ret
        scank2    inc  e
                  dec  d
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        jp nz,scank1
        ret

        end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4

## การทดลองและผลการทดลอง

เมื่อเราได้ทำการศึกษาวงจรแล้ว ก็จะทำการต่อวงจรให้เรียบร้อย การทดลองผลของวงจรที่ทำการต่อก็จะสามารถที่จะแยกวงจรเป็นส่วนต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความสะดวกในการทดสอบ ให้ทราบว่าวงจรที่ทำการทดลองมีการทำงานถูกต้องตามที่ได้มีการคิดค้นในตอนต้นหรือไม่ การทดสอบสามารถที่จะทำได้โดยใช้เครื่องมือวัดต่าง ๆ อาทิเช่น เครื่องออสซิโลสโคป (Oscilloscope) เครื่องทดสอบลอจิกอนาไลท์เซอร์ (Logic analyser) รวมถึงมิเตอร์วัดไฟ (Multi meter) เรามีการทดสอบที่สามารถแบ่งได้เป็นส่วน ๆ ดังนี้

1.การทดสอบและผลการทดสอบในส่วนของวงจรออสซิเลเตอร์

Testing and The resultant of (Oscillater circuit)

เราต้องการสัญญาณคล็อกที่มีความถี่เท่ากับ 5 MHz กับคล็อกความถี่เท่ากับ 5/3 MHz วิธีการเราก็จะจับสัญญาณคล็อกทั้งสองเทียบกันเอง ถ้าสัญญาณคล็อกที่ได้มีความถูกต้องจะมีรูปสัญญาณ (Wave Form) และมีความถี่อ่านได้ 5 MHz

2.การทดสอบและผลของการทดสอบในส่วนของวงจรขยายและดีเทคซิงค์

Testing and The resultant of (Buffer and Sync separater circuit)

เราทดสอบโดยการนำสัญญาณภาพ (Composite video) มาผ่านวงจรบัฟเฟอร์ (Buffer) ผลการทดลองถูกต้องจะมีรูปของสัญญาณภาพมีขนาดโวลท์เตจเท่าเดิม และในส่วนของวงจรแยกสัญญาณซิงค์ จะมีภาพของสัญญาณซิงค์ทางแนวนอน (Horizental sync) และซิงค์ทางแนวนอน (Vertical) และสัญญาณซิงค์ทางแนวนอนต้องมีความถี่เท่ากับ 15,625Hz และความถี่สัญญาณซิงค์ทางแนวตั้งเท่ากับ 50 Hz

3.การทดสอบและผลการทดสอบของวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล และวงจรแปลงสัญญาณจากดิจิตอลเป็นอะนาลอก

Testing and The resultant of (Analog to Digital Converter )& Digital to Analog Converter

การทดสอบการทำงานของวงจรทั้งสองจะทำได้ โดยต่อวงจรทั้งสองเข้าด้วยกัน ให้สัญญาณดิจิตอลทางด้านเอ๊าท์พุทของ วงจรแปลงสัญญาณจากอนาลอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นดิจิตอลทั้ง 6 บิท ต่อกับวงจรแปลงสัญญาณจากดิจิตอลเป็นอนาลอก และให้สัญญาณคล็อกที่มีความถี่เดียวกัน เช่น คล็อกความถี่ 5 MHz หรือ คล็อกความถี่ 5/3 MHz ตัวใดก็ได้ เมื่อต่อเสร็จก็ป้อนสัญญาณภาพที่วงจร แปลงสัญญาแอนาลอกเป็นดิจิตอลและให้ วัดสัญญาณที่ด้านเอาท์พุทของวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอกด้วยเครื่องออสซิโลสโคป (Oscilloscope) เปรียบเทียบทั้งสองด้านที่ CH1 จับสัญญาณภาพทางด้านอินพุท และ CH2 จับสัญญาณด้านเอ้าท์พุทผลการวัดจะได้รูปสัญญาณที่มีความเหมือนกันทุกประการจึงจะถูกต้อง

4.การทดลองและผลการทดลองของวงจรหารสัญญาณซิงค์ทางแนวนอนของสัญญาณรอง Testing and The Resultant of ( Sub hor-sync /3)

เราจะวัดสัญญาณซิงค์ทางแนวนอน(Horizontal Sync)ของสัญญาณรองเป็นหลักเทียบกับผลที่ได้จากวงจรหาร 3 แล้วจะปรากฏผลออกมา

การทดลองและผลการทดลองของ ระบบภาพซ้อนภาพทั้งระบบ

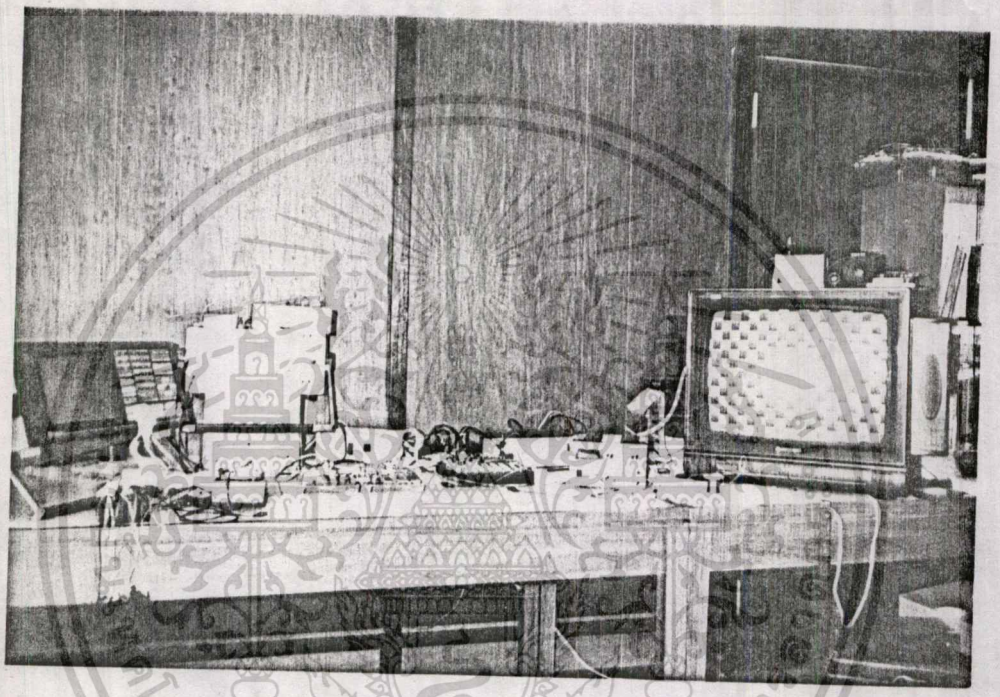
Testing and The Resultant of picture in picture system

เมื่อทำการติดตั้งระบบทั้งหมดเรียบร้อยแล้วเราสามารถแสดงผลของการทำงานของระบบได้ตามขั้นตอนดังนี้

1. ในรูปที่ 4.1 จะแสดงภาพขณะทำการทดลองโดยมีสัญญาณจากวีดิโอคอมโพสิต จาก Pattern gen.เป็นสัญญาณภาพรอง (Sub Picture) และใช้สัญญาณวีดิโอคอมโพสิตจาก Pattern gen.อีกตัวหนึ่งเป็นสัญญาณภาพหลัก (Main Picture)

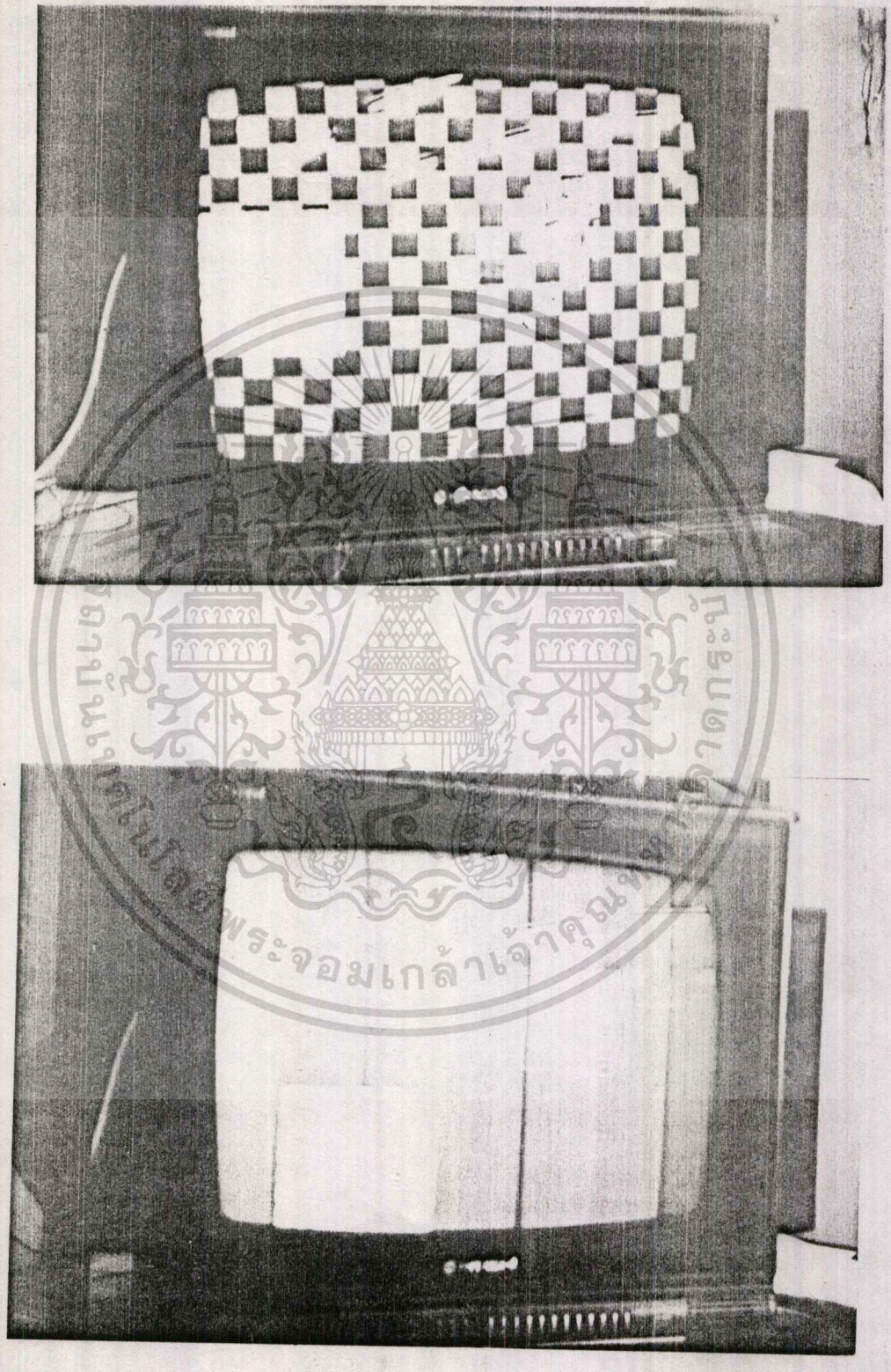
2.เราจะนำสัญญาณทั้งสองมาผ่านระบบภาพซ้อนภาพแล้ว จะมีผลดังรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 จะเห็นว่าเราสามารถที่จะเลื่อนตำแหน่งของภาพจอเล็กไปได้ทั่วจอภาพโทรทัศน์ ซึ่งเป็นการทำงานของโปรแกรมรควบคุมการตัดต่อภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



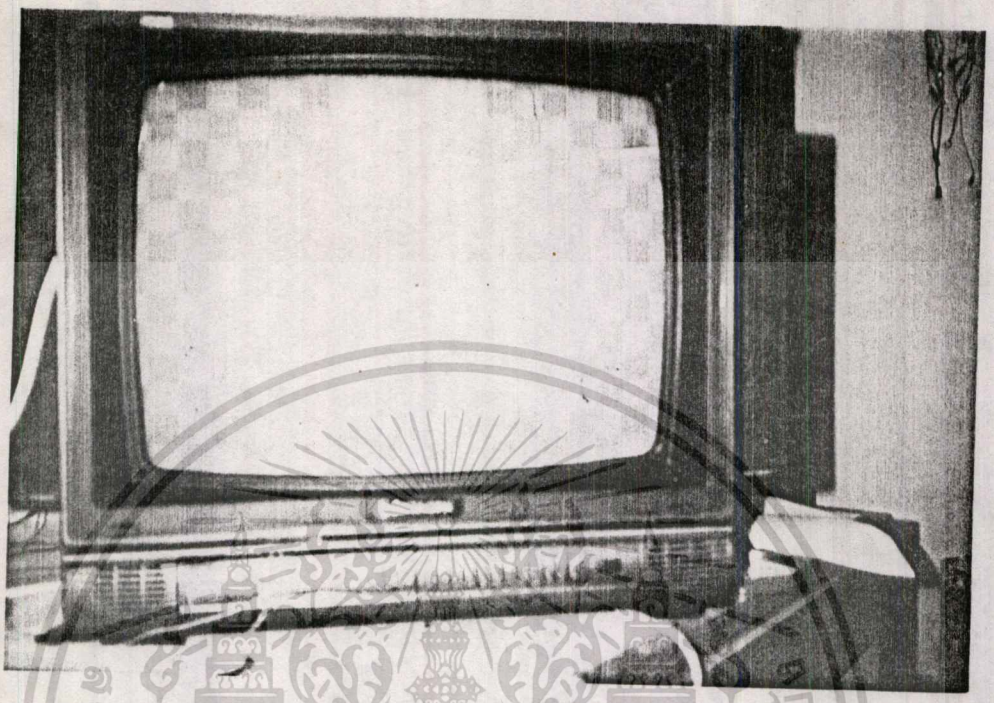
รูปที่ 4.1 แสดงภาพขณะทำการทดลอง

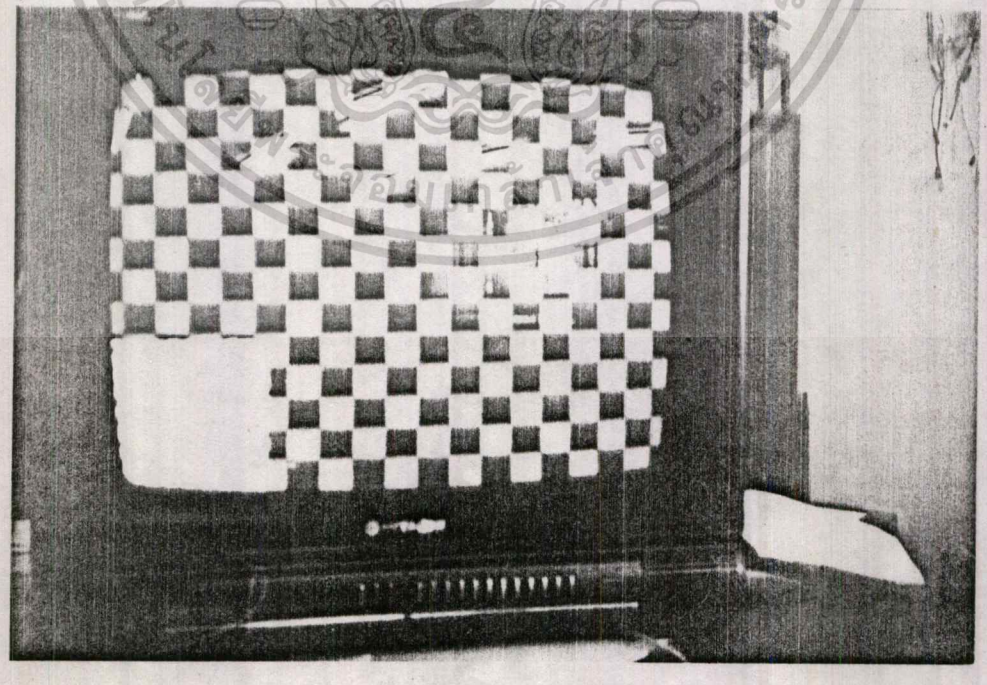
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.2 แสดงผลที่ได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่4.3 แสดงผลที่ได้จากการทดลอง

# บทที่ 5

## บทสรุป และ วิจารณ์

เครื่องผสมสัญญาณภาพ โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมในโครงงานนี้ ถูกสร้างขึ้นโดยอาศัยหลักการอย่างตรงไปตรงมา โดยวงจรส่วนใหญ่ที่ใช้ จะนำเอา IC จำพวก เกท, ฟลิปฟลอบ, ดีโคดเดอร์ และหน่วยความจำ มาประกอบกันเพื่อให้ได้ผลตามบล็อกไดอะแกรมโครงสร้างของระบบ ดังนั้นจึงเป็นวงจรที่ยังไม่สามารถใช้งานได้จริง เพราะมีความเทอะทะมาก ดังนั้นถ้าจะนำหลักการของเครื่องผสมสัญญาณภาพไปใช้งานจริง ควรจะออกแบบวงจรให้รัดกุม เพื่อลดขนาดของวงจรลง เช่น อาจใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบชิพเดี่ยว เป็นตัวควบคุม หรือใช้ IC มัลติเพล็กซ์เอดเดรสแบบ 16x2 ออก 16 แทนการใช้ 74LS157 4 ตัว ฯลฯ

วงจรที่ทำขึ้นมานี้ ยังมีปัญหาอยู่หนึ่งประการ คือ ที่ขอบจอของภาพเล็กจะเกิดรอยหยัก ซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจากความไม่ซิงโครไนซ์ในการเก็บภาพแต่ละเส้นสแกนลงหน่วยความจำ เป็นผลให้จุดเริ่มต้นการเก็บข้อมูลของแต่ละเส้นสแกนเกิดขึ้นที่คนละจุดกัน แนวทางแก้ไข คือ ต้องสร้างสัญญาณการเก็บภาพลงหน่วยความจำให้มีการซิงโครไนซ์กับสัญญาณซิงค์ทางแนวนอนของภาพรอง ปัญหาของการเกิดรอยหยักก็น่าจะหมดไป

ปัญหาที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ สัญญาณรบกวน ซึ่งสามารถแก้ได้โดยออกแบบแผ่นปรินซ์ รวมทั้งการเชื่อมต่อตัวไอซีบนแผ่นปรินซ์ให้ถูกต้อง เช่น ต่อในลักษณะไม่ให้เกิดกราวด์ลูปขึ้นได้

สำหรับประโยชน์ของการใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ คือ มีความยืดหยุ่นในการพัฒนาระบบต่อไปในอนาคตได้ เช่น

- สร้างภาพที่นอกเหนือจากกรอบสี่เหลี่ยมได้ โดยการโปรแกรมข้อมูลรูปร่างภาพที่ต้องการให้กับระบบ

- เชื่อมต่อกับ Co-Processor ที่ใช้ในการคำนวณ ทำให้สามารถใช้หลักการของ Image processing มาจัดการกับสัญญาณภาพ เพื่อสร้างภาพเสมือนในรูปแบบที่แปลกตาและสมจริงได้ เช่น ทำภาพเอียง ภาพหมุน ฯลฯ

สำหรับระบบที่สร้างนี้แสดงผลภาพแบบขาวดำได้เท่านั้น ผู้ที่สนใจจะสร้างระบบที่สามารถแสดงสีได้ ให้ศึกษาหลักการสร้างได้จากหนังสืออ้างอิงข้างท้ายวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิจกรรมประกาศ

โครงงานและปริญญานิพนธ์นี้มีอาจจะสำเร็จลงได้ตามวัตถุประสงค์ถ้าขาดความร่วมมือและคำแนะนำต่างๆ ดังนั้นในนามของผู้จัดทำจึงต้องขอขอบคุณแก่ผู้ให้ความร่วมมือทุกฝ่าย อาทิ อาจารย์ ประกิจ ตังติสานนท์ เพื่อนๆ น้องๆ ที่ได้ช่วยในการให้ข้อคิดเห็น ตลอดผู้ร่วมงานในกลุ่มทุกคนที่ได้ช่วยแก้ปัญหาและให้ความช่วยเหลือทุกด้าน ในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดียิ่ง และท่านอาจารย์อุตส่าห์สรรหาอุปกรณ์และ เครื่องมือในการทดลอง และ หวังว่าความดีที่ได้จากปริญญานิพนธ์นี้ ขอมอบกลับสู่ผู้ให้ความร่วมมือและให้กำลังใจทุกๆท่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# หนังสืออ้างอิง


1. สมศักดิ์ เตชะเศรษฐ์ชนะ และ ร.ต.อ. สุชาติ กังวาลจิตต์, "ทฤษฎีและปฏิบัติโทรทัศน์สีระบบ PAL", บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, พิมพ์ครั้งที่ 4, 2532.
2. ดร. ธวัช เมฆสวรรค์ และ นายโยชิตะชิ ชาวามูระ, "เทคนิคการซ่อมเครื่องรับโทรทัศน์สี", บริษัท ดวงกมลสมัย จำกัด, พิมพ์ครั้งที่ 4, 2528.
3. C.P. Markhauser and C.A> Mancini, " Microprocessor Controlled Picture in Picture System", IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 36, No. 3, August 1990, pp 375-379.
4. M. Masuda et al, "Fully Digitalized Color Picture in Picture System", IEEE Trans. on CE, Vol Ce-25, No. 1, February 1979, pp 152-159.
5. Lance A. Leventhal, " Z80 Assembly Language Programming", McGRAW-HILL Inc., 1988.


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้