ปีการศึกษา 2533

เรื่อง

เครื่องผสมสัญญาณภาพจากคอมพิวเตอร์และสัญญาณภาพจากวีดีโอเทป

โดย


1. นายวิชาญ ภูมินาถ 301246

2. นายวิชัย อัครมงคลชัย 301250


อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ประกิจ ตังติสานนท์


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

022831

16 มี.ค. 2554

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2533

ภาควิชา อิเลคทรอนิคส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องผสมสัญญาณภาพจากคอมพิวเตอร์และสัญญาณภาพจากวิดีโอเทป


ผู้จัดทำ

1. นายวิชาญ ภูมินาค 301246

2. นายวิชัย อัครมงคลชัย 301250


.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ประกิจ ตังติสานนท์)


สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

028831

# เครื่องผสมสัญญาณภาพจากคอมพิวเตอร์และสัญญาณภาพจากวิดีโอเทป

นายวิชาญ ภูมินาถ 301246
นายวิชัย อัครมงคลชัย 301250
รศ.ประกิจ ดังติสานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2533

**บทคัดย่อ**

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นเครื่องที่ใช้ผสมสัญญาณภาพจากคอมพิวเตอร์และสัญญาณภาพจากวิดีโอเทป (Computer & Video Mixer) โดยโครงงานนี้เป็นลักษณะของการผสมสัญญาณภาพจากมอนิเตอร์ (Monitor) ของคอมพิวเตอร์ (Computer) แล้วนำไปรวมกับสัญญาณภาพจากเครื่องเล่นวิดีโอเทป (Video Tape Recorder) โดยการซ้อนภาพลงไป ซึ่งลักษณะการแสดงผลจะแสดงออกสู่จอโทรทัศน์โดยเลือกตำแหน่งของการเกิดภาพบนจอโทรทัศน์ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ได้ และสามารถเลือกภาพในส่วนที่ต้องการให้แสดงออกโทรทัศน์จากคอมพิวเตอร์โดยไม่ต้องแสดงออกทั้งจอ นอกจากนี้สัญญาณที่ผสมแล้วสามารถที่จะนำไปบรรทึกลงบนเครื่องเล่นวิดีโอเทปได้ทันที โดยสัญญาณภาพจากคอมพิวเตอร์ใช้ระบบ IBM PC/XT

ในการผสมสัญญาณนี้ เนื่องจากว่าสัญญาณภาพจากคอมพิวเตอร์และสัญญาณภาพจากวิดีโอเทปต่างก็มีระบบการสแกนเป็นของตัวเองซึ่งต่างกัน คือมีความถี่ของสัญญาณซิงค์ในแนวนอน (Horizontal Sync) และความถี่ของสัญญาณซิงค์ในแนวตั้ง (Vertical Sync) ไม่เท่ากัน โดยเฉพาะวิดีโอเทปเป็นระบบ (PAL) ซึ่งมีการสแกนเส้นสลับเส้น ส่วนคอมพิวเตอร์มีการสแกนแบบครั้งเดียว ดังนั้นระบบจึงประกอบด้วยส่วนเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำ (Memory) แล้วจึงนำสัญญาณซิงค์ของวิดีโอเทปมาเป็นตัวกำหนดตำแหน่งของสัญญาณภาพจากคอมพิวเตอร์ให้ตรงกับตำแหน่งของสัญญาณภาพจากวิดีโอเทป ในการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ ข้อมูลที่ได้ก็จะถูกส่งไปยังส่วนปรับแต่งสัญญาณ และส่วนการผสมสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# COMPUTER & VIDEO MIXER

Wichan Phoominat 301246
Vichai Akkaramongkolchai 301250
Associate Professor Prakij Tungtisanon

Abstract

This thesis is Computer and Video Mixer that is used to overlay a picture from monitor of computer onto a picture from a video tape recorder (VTR) and the mixed picture is presented on a television that can be selected position of the presenting picture. And can select some part or all part of the picture from computer. And the mixed composite video signal can be recorded by video record.

As the picture signal from the computer and video tape recorder have their unequal frequencies of vertical and horizontal synchronization. And video tape recorder is PAL system,so a picture signal from computer needs to be kept in memory. Then we use the synchronization signal from the video tape recorder to read the data in memory in order that the picture from both sources appear in the correct position. So that data signal will be mixed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | | หน้า |
|---|---|---|
| บทที่ 1 | บทนำ | 1 |
| บทที่ 2 | ระบบโทรทัศน์ปัจจุบันและการแสดงภาพของ IBM Computer | 2 |
| บทที่ 3 | โครงสร้างและหลักการทำงานของระบบ Computer Video Mixer | 27 |
| บทที่ 4 | ผลการทดลอง | 66 |
| บทที่ 5 | บทสรุปและวิจารณ์ | 67 |
| ภาคผนวก | | |
| กิตติกรรมประกาศ | | |
| หนังสืออ้างอิง | | |



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

ในชีวิตประจำวันของคนเราในปัจจุบันนี้ โทรทัศน์เป็นสื่อที่เข้ามามีบทบาทมากกับการดำรงชีวิตของคนเรา เนื่องจากเป็นสื่อที่สามารถส่งได้ทั้งภาพและเสียงพร้อมกัน และอีกทั้งราคาของโทรทัศน์และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับโทรทัศน์ก็ถูกลงมาก จึงมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย ในขณะเดียวกัน คอมพิวเตอร์ก็เข้ามามีบทบาทเช่นกันทั้งในงานด้านคำนวณ งานควบคุม และงานประมวลผลต่าง ๆ โครงงานชิ้นนี้จึงเป็นการผสมสัญญาณภาพจากคอมพิวเตอร์และสัญญาณภาพจากวีดีโอเทป (Computer & Video Mixer)

เครื่องผสมสัญญาณภาพจากคอมพิวเตอร์และสัญญาณภาพจากวีดีโอเทป ซึ่งเป็นการรวมสัญญาณภาพจากคอมพิวเตอร์และจากวีดีโอเทปมาผสมกัน แล้วให้แสดงผลออกสู่จอทีวี สำหรับโครงงานนี้สามารถนำไปใช้กับสัญญาณจากเครื่องคอมพิวเตอร์ระบบ IBM PC/XT กับสัญญาณจากวีดีโอทั่วไปและสามารถแสดงผลออกจอทีวีได้ 2 ลักษณะ คือ ผสมสัญญาณภาพจาก 2 ระบบเข้าด้วยกันเป็นสัญญาณคอมโพสิต กับแยกสัญญาณภาพจากระบบคอมพิวเตอร์ออกเป็นจอเล็ก ๆ ต่างหาก ดังนั้นจึงต้องผสมสัญญาณภาพจากสองระบบเข้าด้วยกันเป็นสัญญาณคอมโพสิตก่อน เนื่องจากการแสดงภาพจาก วีดีโอและคอมพิวเตอร์ เป็นคนละระบบกันเราจึงต้องเปลี่ยนให้อยู่ในระบบเดียวกันก่อน คือเปลี่ยนสัญญาณภาพจากคอมพิวเตอร์ให้เข้ากับการสแกนภาพของทีวี แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณวีดีโอแล้วนำมาผสมกับสัญญาณวีดีโอ กลายเป็นสัญญาณคอมโพสิต สามารถอัดเข้าวีดีโอเทปหรือนำไปผสมกับสัญญาณวิทยุผ่าน RF Converter ก็สามารถใช้กับทีวีสีได้ ซึ่งสามารถแบ่งการทำงานออกเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

## ส่วนเขียนข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ลงหน่วยความจำ

ส่วนนี้จะทำการดึงข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นลักษณะอนุกรม (กรณีเป็น CGA ข้อมูลจะมี 4 เส้น แต่ถ้าเป็น Monochrome จะมีเส้นเดียว) แล้วผ่านวงจรเลื่อนข้อมูล เพื่อเปลี่ยนข้อมูลจากอนุกรมเป็นแบบขนาน แล้วเก็บลงหน่วยความจำ 1 ชุด เพื่อนำไปเปลี่ยนข้อมูลให้กลายเป็นระบบ PAL ของทีวี เนื่องจากการเก็บข้อมูลชุดใหม่ต้องรอข้อมูลชุดแรกถูกอ่านไปหมดเสียก่อน ซึ่งต้องใช้เวลาทำให้ภาพจากคอมพิวเตอร์หายไป 1 เฟรม ทำให้ภาพที่ได้ไม่ต่อเนื่องเกิดการกระพริบ ซึ่งสามารถแก้โดยใช้หน่วยความจำ 2 ชุด ทำงานสลับกันไป

## ส่วนอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ

ส่วนนี้จะทำการดึงข้อมูลจากหน่วยความจำ โดยการอ่านข้อมูลจะอ่านทีละ 8 บิต และมีความสัมพันธ์กับการสแกนภาพในวีดีโอ ทั้งในแนวตั้ง(Ver.Sync.) และแนวนอน(Hor.Sync.) เพื่อใช้ในการผสมสัญญาณในภาคผสมสัญญาณต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ส่วนปรับแต่งสัญญาณของคอมพิวเตอร์</u>

เพื่อให้ภาพส่วนที่ได้จากคอมพิวเตอร์มีความคมชัด และง่ายต่อการอ่าน จึงทำการปรับปรุงการแสดงผลของภาพจากคอมพิวเตอร์ ด้วยการสร้างขอบสีดำขึ้นทุก ๆ จุดของข้อมูลและขยายจุดของข้อมูลให้ใหญ่ขึ้นด้วย

<u>ส่วนการผสมสัญญาณ</u>

ส่วนนี้จะทำสัญญาณภาพจากคอมพิวเตอร์ที่เปลี่ยนให้เข้ากับระบบโทรทัศน์แล้วมาทำการแต่งสัญญาณให้เรียบร้อย อาจทำการมอดูเลตสัญญาณให้ข้อมูลมีสีสัน (ในโหมดโมโนโครม) และสามารถเลือกสีได้หลายสี (สำหรับโหมดโมโนโครมเลือกโดยการสวิทช์เลือกสี) ภาพที่ได้จากการปรับแต่งแล้วจะเข้าสู่วงจรมัลติเพล็กซ์ โดยผ่านอนาลอกสวิทช์แล้วผสมกันเป็นสัญญาณภาพวีดีโอที่ถูกซ้อนโดยสัญญาณภาพจากคอมพิวเตอร์ แล้วสามารถต่อเข้าสู่วงจร RF Modulator เพื่อนำสัญญาณต่อกับเครื่องรับโทรทัศน์ได้

สำหรับรายงานฉบับนี้ได้จัดแบ่งเนื้อหาออกเป็นส่วนต่าง ๆ คือจะเริ่มจากการกล่าวถึงทฤษฎีของโทรทัศน์สีระบบ PAL เกี่ยวกับระบบการสแกนและสัญญาณต่าง ๆ ซึ่งจะต้องนำมาใช้ประกอบกับวงจร ทฤษฎีการแสดงภาพของ IBM Computer หลักจากนั้นก็จะกล่าวถึงรายละเอียดต่าง ๆ ของโครงงานนี้ ตั้งแต่หลักการของระบบ ไปจนถึงการออกแบบในแต่ละส่วน และผลการทดลองที่ได้ในแต่ละส่วนไปจนถึงการสรุปผลการทดลองที่ทำได้ในแต่ละส่วนที่ทำได้จากเครื่องต้นแบบ และแนวทางแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ สำหรับการพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2

## ระบบโทรทัศน์ปัจจุบันและการแสดงภาพของ IBM COMPUTER

เนื่องจากโครงงานนี้ มีจุดประสงค์เพื่อใช้โทรทัศน์เป็นสื่อส่งผ่านและแสดงผล และยังมีการพัฒนาปรับปรุง ซึ่งสัญญาณวีดีโอที่ได้จากการผสมแล้วสามารถแสดงออกสู่จอโทรทัศน์โดยสามารถเลือกภาพจากคอมพิวเตอร์เพียงบางส่วนตามต้องการ ดังนั้นเพื่อความเข้าใจโครงสร้างการทำงานของระบบอย่างสมบูรณ์ ในการสร้างภาพจึงควรศึกษาถึงระบบโทรทัศน์และการสร้างภาพรวมทั้งการการแสดงภาพของ IBM Computer เสียก่อน ดังนี้ คือ.

ระบบโทรทัศน์ปัจจุบัน

2.1 ระบบโทรทัศน์

ระบบโทรทัศน์สำคัญ ๆ ที่ใช้ทั่วโลกขณะนี้มีอยู่ 3 ระบบด้วยกันคือ

1. ระบบ NTSC (National Television System Committee)
2. ระบบ SECAM (Sequeentiel a memoire) หรือ (Sequenteal colour with memory)
3. ระบบ PAL (Phase Alternating Line)

ซึ่งแม้ว่าประเทศต่าง ๆ จะรับระบบนี้ไว้เป็นมาตรฐานในกิจการโทรทัศน์ของประเทศตน แต่รายละเอียดอื่น ๆ ของระบบอาจมีความแตกต่างกันออกไปอีก โดยทั่วไปประเทศที่ใช้ระบบไฟฟ้า จ่ายตามบ้านแบบ 50 Hz ก็จะใช้อัตราความถี่กวาดในแนวดิ่งเท่ากับ 50 Hz ซึ่งจำนวนเฟรมต่อวินาทีจะเป็น 25 เฟรม และ 30 เฟรมต่อวินาที

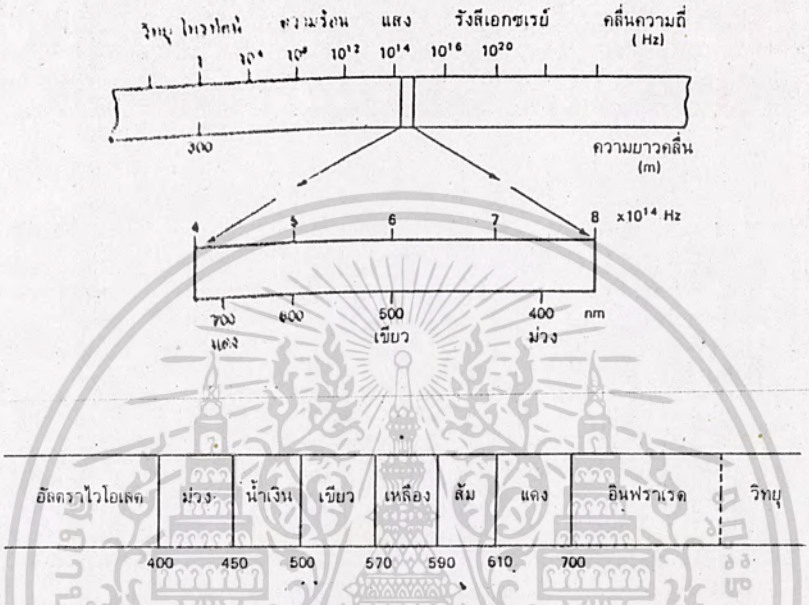
ประเทศไทยรับเอาระบบ PAL ซึ่งเป็นระบบที่ใช้แพร่หลายในประเทศภาคพื้นยุโรปคือ 625 เส้นต่อเฟรม และ 25 เฟรมต่อวินาที

2.2 การเกิดภาพและการสแกน

ก่อนที่จะศึกษาเกี่ยวกับระบบโทรทัศน์สี ควรจะเข้าใจพื้นฐานของสีและการผสมสีเสียก่อน สีที่นัยน์ตามองเห็นเกิดจากแสงที่ผสมกัน โดยแสงแต่ละสีจะมีคุณสมบัติเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอย่างหนึ่งเช่นเดียวกับคลื่นวิทยุ ต่างกันตรงที่ความถี่และความยาวคลื่น คลื่นแสงเป็นคลื่นที่มีความยาวน้อยมากมีขนาดเป็นไมครอน และมีคุณสมบัติเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทั่ว ๆ ไป คือมีความเร็ว $3 \times 10^8$ เมตรต่อวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงสีขาวถูกค้นพบว่าประกอบด้วยแสงสีต่าง ๆ หลาย ๆ สีโดยแสงสีขาวทะลุแท่งแก้วปริซึม และแสงแต่ละสีที่เห็นนั้นต่างก็มีความถี่และความยาวคลื่นใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 2.1โดยขอบเขตของความยาวคลื่นของแสงสีต่าง ๆ มีค่าดังนี้




รูปที่ 2.1 ย่านความถี่ของคลื่นแสงเทียบกับคลื่นอื่น ๆ

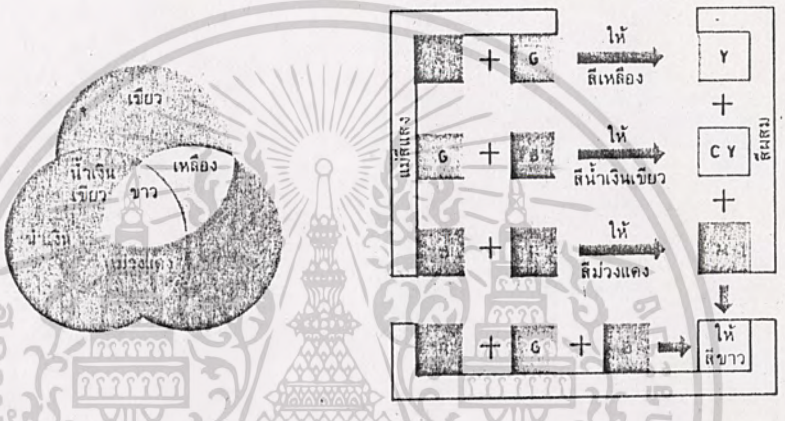
| | | | |
|---|---|---|---|
| สีม่วง | ประมาณ | 400-450 | มิลลิไมครอน |
| สีน้ำเงิน | " | 450-500 | " |
| สีเขียว | " | 500-570 | " |
| สีเหลือง | " | 570-590 | " |
| สีส้ม | " | 590-610 | " |
| สีแดง | " | 610-700 | " |

จากความรู้ในเรื่องการผสมสีของแสงว่า แสงที่เห็นเป็นสีต่าง ๆ นั้นมีความยาวคลื่นและความถี่ไม่เท่ากัน การที่เรามองเห็นสีสรรค์ก็คือ เรามองเห็นแสงความถี่ต่าง ๆ กัน แสงจึงเป็นพื้นฐานของเรื่องสีในระบบโทรทัศน์สี การสร้างภาพสีและ การกำเนิดสัญญาณภาพสีอาศัยหลักการผสมสีแสง ซึ่งเป็นการผสมเชิงบวก (ADDITIVE MIXING)

แม่สีแสง (PRIMARY COLOUR) มีอยู่ 3 สี คือ สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน เรานิยมเรียกย่อ ๆ ว่า R,G,B การมองเห็นสีของวัตถุเช่นสีรถหรือสีน้ำมันนั้น เกิดจากการผสมเชิงลบ

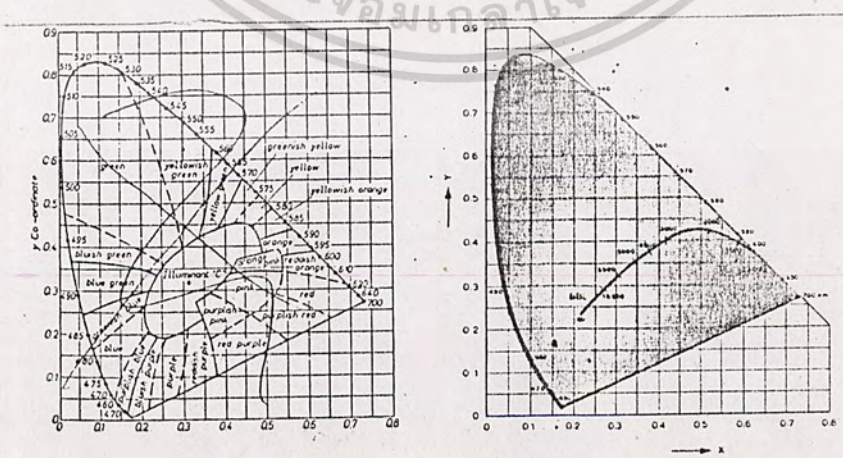
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ วัตถุจะดูดสีอื่น ๆ ไว้จนหมดยกเว้นสีที่เราเห็นจะถูกสะท้อนออกมาไม่ดูดกลืนเอาไว้ ซึ่งต่างจากสีที่เกิดจากแสงสีที่เกิดจากการผสมแม่สีของแสงเราเรียกว่า สีผสม เช่น สีแดงและสีเขียวผสมกันได้สีเหลือง สีเขียวผสมสีน้ำเงินได้สีน้ำเงินเขียวหรือ Cyan และสีแดงผสมกับสีน้ำเงินได้สีม่วงแดงหรือ Magenta และจากการทดลองผสมแสงสี ปรากฏว่าเราสามารถสร้างสีต่างๆ ได้มากมาย โดยการผสมแม่สีทั้งสาม แดง น้ำเงิน เขียว แล้วปรับความเข้มหรือส่วนผสมของแม่สี ดังรูปที่ 2.2




รูปที่ 2.2 การผสมสีแสงของแม่สีทั้งสามคือ R,G,B

ในการเลือกส่วนผสมของแม่สีแสงนั้น ได้รับการตกลงเป็นมาตรฐานเอาไว้ เพื่อให้สีต่างๆ ส่วนที่แสงสีผสมกันแล้วจะได้สีสรรค์ครบถ้วนตามที่มีอยู่ตามธรรมชาติและใกล้เคียงที่สุด ตามลักษณะ Diagram 2.3 ที่เรียกว่า Chromaticity Diagram




รูปที่ 2.3 Chromaticity Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูป 2.3 แสดงรูปลิ้น (Tounge Shape) ที่ใช้ในการวัดสีซึ่งเรียกว่า โครมาติซิตี้ไดอะแกรม สีที่ปรากฏในภาพทั้งหมดสามารถสร้างขึ้นโดยการเลือกแม่สีทั้งสามคือ R,G,B มาผสมกันโดยปรับสัดส่วนให้พอเหมาะ สังเกตว่าบริเวณกลาง ๆ ของรูปลิ้นจะมีความเข้มสีน้อยเพราะมีส่วนผสมสีขาวมาก

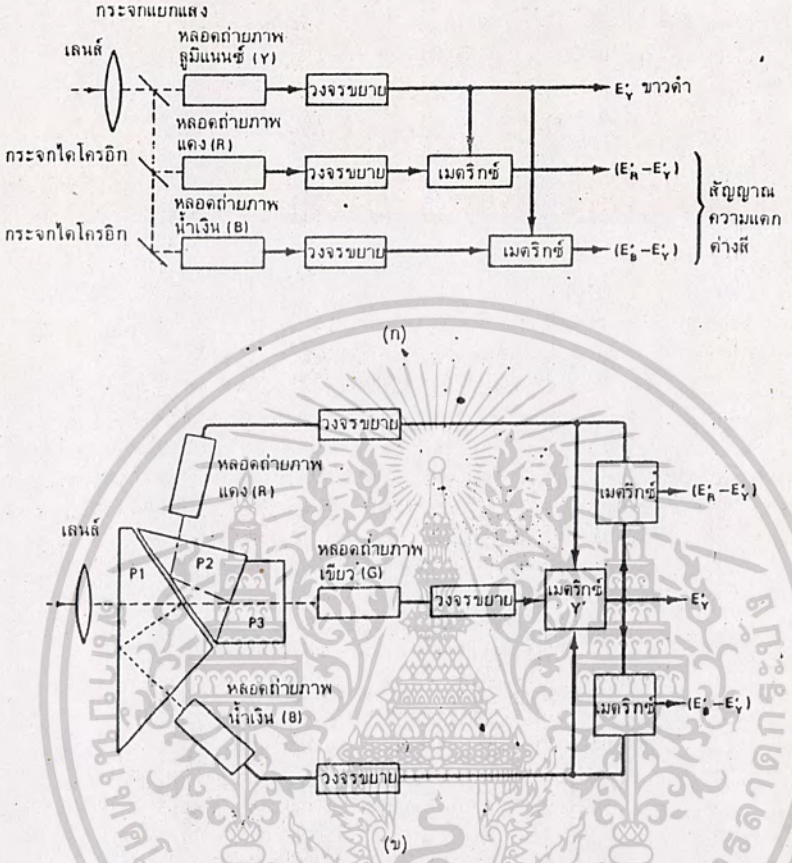
2.3 การกำเนิดสัญญาณแม่สี R,G,B และสัญญาณ Y

หลักการของการส่งภาพในระบบโทรทัศน์สีก็คือ ตรวจสอบว่าภาพสีนั้นประกอบด้วยแม่สีเป็นปริมาณมากน้อยเท่าใด แล้วส่งข้อมูลของปริมาณแม่สีออกไปยังเครื่องรับ เครื่องรับก็จะนำข้อมูลปริมาณแม่สีนี้มาปรับแม่สีแล้วผสมกันตามส่วน ก็จะได้ภาพสีที่ต้องการ ลองเปรียบเทียบกับระบบโทรทัศน์ขาวดำ ข้อมูลที่ส่งไปไม่ใช่เป็นปริมาณแม่สีแต่เป็นปริมาณความสว่าง

วิธีการตรวจปริมาณสีของภาพ ทำได้ด้วยการแยกแสงออกโดยใช้ กระจกไดโครอิก (Dichroic mirror) กระจกนี้มีคุณสมบัติให้แสงที่เราต้องการผ่านได้ ส่วนแสงที่ไม่ต้องการจะสะท้อนทิ้งไปด้วยกระจกนี้ เราสามารถแยกแสง สีแดง สีเขียว สีน้ำเงินออกมา แล้วจึงนำแม่สีแสงที่แยกออกมานี้ไปแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าด้วย หลอดถ่ายภาพ

ในรูปที่ 2.4 จะเห็นว่าแสงจากภาพสะท้อนผ่านเลนส์ของกล้องถ่ายโทรทัศน์สีแยกผ่านที่กระจกไดโครอิก 3 ชุดเป็นแม่สีทั้งสามคือ R,G,B แปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าที่หลอดถ่ายภาพ และขยายสัญญาณให้โตขึ้น ในรูปที่ 2.4 (ก) เป็นภาพที่เขียนให้ดูง่าย ส่วนรูปที่ 2.4 (ข) เป็นลักษณะการจัดเรียงของกระจก (ปริซึม) และหลอดถ่ายภาพ ในทางปฏิบัติ สัญญาณภาพทั้งสามคือ สัญญาณ R , สัญญาณ G และสัญญาณ B หลังจากขยายให้มีขนาดเหมาะสมแล้ว จะถูกนำมาผ่านกรรมวิธีบางอย่างก่อนที่จะไปเข้าภาคเครื่องส่งออกอากาศต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.4 การสร้างสัญญาณภาพโดยใช้กระจกไดโครอิกแยกแม่สี (ก) แสดงการจัดวางของกระจกและหลอดถ่ายภาพอย่างง่าย (ข) แสดงการจัดวางในทางปฏิบัติซึ่งใช้ปริซึมไดโครอิกแทนกระจก

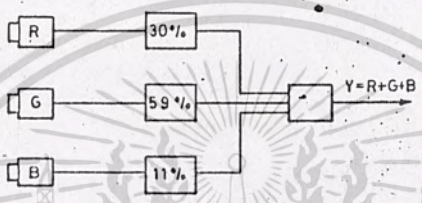
สัญญาณแม่สีจากกล้องถ่ายภาพทั้งสามสี R,G,B ในรูปที่ 2.4 จะไม่สามารถส่งไปได้ เพราะต้องมีกรรมวิธีเปลี่ยนรูปสัญญาณให้เหมาะสมเสียก่อน อันเนื่องจากต้องปรับให้ระบบโทรทัศน์สีใช้ร่วมกับระบบโทรทัศน์ขาวดำที่มีอยู่เดิมได้ ด้วยเหตุนี้เองที่ทำให้ระบบโทรทัศน์สีมีความซับซ้อนกว่าระบบโทรทัศน์ขาวดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 กรรมวิธีสอดแทรกสัญญาณสี

จากการทดลองเปรียบเทียบความสว่างกันโดยให้แสงสีขาวสว่าง 100 % จะพบว่าตามนุษย์เรารู้ว่า แสงสีแดงสว่าง 30 % ของแสงสีขาว แสงสีเขียวสว่าง 59 % ของแสงสีขาว และแสงสีน้ำเงินสว่าง 11 % ของแสงสีขาว เราสามารถนำมาสร้างสัญญาณขาวดำจากสัญญาณแม่สี R,G,B มารวมกัน (ทางไฟฟ้า) ตามสัดส่วนที่ตารู้สึกสว่าง เทียบกับแสงสีขาวดังสมการต่อไปนี้

$$Y = 0.30\ R + 0.59\ G + 0.11\ B$$




รูปที่ 2.5 การสร้างสัญญาณ Y จากสัญญาณแม่สี R,G,B

ในหัวข้อที่แล้ว เราอธิบายวิธีการสร้างสัญญาณให้เครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำสามารถรับภาพได้ถูกต้องตามสัดส่วนความสว่างของสีต่างๆ ในหัวข้อนี้เราจะศึกษาว่าเราจะส่งสัญญาณสีอย่างไรเพื่อให้เครื่องรับโทรทัศน์รับสัญญาณสีได้ และถ้าเครื่องรับโทรทัศน์รับสัญญาณสีนี้ก็ไม่มีผลเสียหายอย่างใด

สัญญาณสีที่ส่งไปยังเครื่องรับโทรทัศน์สีนั้น ต้องเพียงพอเพื่อให้เครื่องรับสามารถคืนตัวสัญญาณแม่สีในการสร้างภาพสีได้ ในทางปฏิบัติเราเลือกส่งสัญญาณความแตกต่างสี (Colour Difference) ซึ่งเป็นผลต่างของสัญญาณแม่สีกับสัญญาณ Y (แทนที่จะส่งสัญญาณแม่สีเฉยๆไป) ในที่นี้สัญญาณความแตกต่างสีก็คือ (R - Y) = (G - Y) = 0.11 และ (B - Y) = -0.89

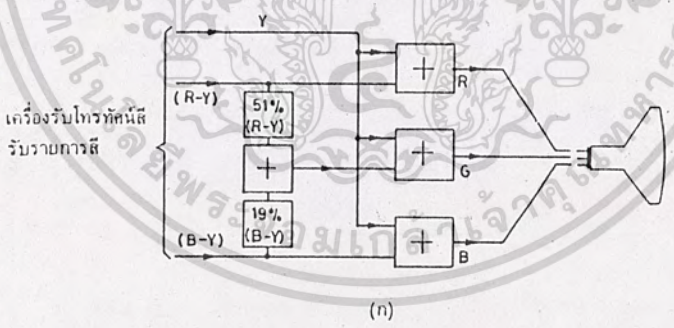
เราทดลองคำนวณค่าสัญญาณความแตกต่างสีของสีต่างๆนี้ แสดงในตารางที่ 1.1 จะพบว่าค่าเฉลี่ยของสัญญาณความแตกต่างสี (R - Y) = 0.47 , (G - Y) = 0.27 และ (B - Y) = 0.59 ซึ่งไม่เท่ากัน จะเห็นว่ามุมเฉลี่ยของ (R - Y) กับ (B - Y) โตกว่าของ (G - Y) เราจึงเลือกส่งสัญญาณ (R - Y) และ (B - Y) ไปให้เครื่องรับ ส่วน (G - Y)ให้เครื่องรับผลิตขึ้นมาใหม่ การเลือกส่งสัญญาณที่มีขนาดใหญ่กว่า มีข้อดีตรงที่มีภูมิต้านทานต่อสัญญาณรบกวนมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

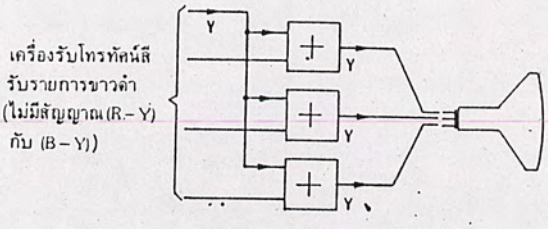
| | R | G | B | Y | (R – Y) | (G – Y) | (B – Y) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| เหลือง | 1.0 | 1.0 | 0 | 0.89 | 0.11 | 0.11 | - 0.89 |
| น้ำเงินแกมเขียว | 0 | 1.0 | 1.0 | 0.7 | - 0.7 | 0.3 | 0.3 |
| เขียว | 0 | 1.0 | 0 | 0.59 | - 0.59 | 0.41 | - 0.59 |
| ม่วงแดง | 1.0 | 0 | 1.0 | 0.41 | 0.59 | - 0.41 | 0.59 |
| แดง | 1.0 | 0 | 0 | 0.3 | 0.7 | - 0.3 | - 0.3 |
| น้ำเงิน | 0 | 0 | 1.0 | 0.11 | - 0.11 | - 0.11 | 0.89 |
| ค่าทางคณิตศาสตร์ของ (R – Y), (G – Y) และ (B – Y) | | | | | 0.47 | 0.27 | 0.59 |

รูปที่ 2.6 ตารางค่าของ Y, R, G, B และความแตกต่างของแม่สีและสีผสม

เหตุที่เราส่งสัญญาณสี (R – Y) กับ (B – Y) ไปเพียงสองสัญญาณ ก็เพราะว่าสัญญาณทั้งสองกับสัญญาณ Y เพียงพอที่จะให้เครื่องรับโทรทัศน์สีสามารถคืนรูปสัญญาณแม่สี R, G, B




(ก)




(ข)

รูปที่ 2.7 การสร้างภาพสี หรือขาวดำจากสัญญาณ Y และ (R – Y) กับ (B – Y)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
028831

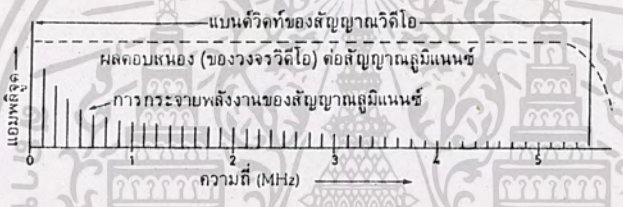
รูปที่ 2.7 การสร้างภาพสีหรือขาวดำจากสัญญาณ Y และ (R - Y) กับ (B - Y) เพื่อสร้างภาพสีได้ ตามรูปที่ 2.7 จะเห็นว่าเครื่องรับสามารถผลิตสัญญาณ (G - Y) ขึ้นเองได้ โดยการผสมสัญญาณ (R - Y) กับ (B - Y) ตามสัดส่วนที่พอเหมาะ โดย

$$(R - Y) = -1.96\ (G - Y) - 0.373\ (B - Y)$$

$$(B - Y) = -2.68\ (R - Y) - 5.26\ (G - Y)$$

$$(G - Y) = -0.51\ (R - Y) - 0.19\ (B - Y)$$

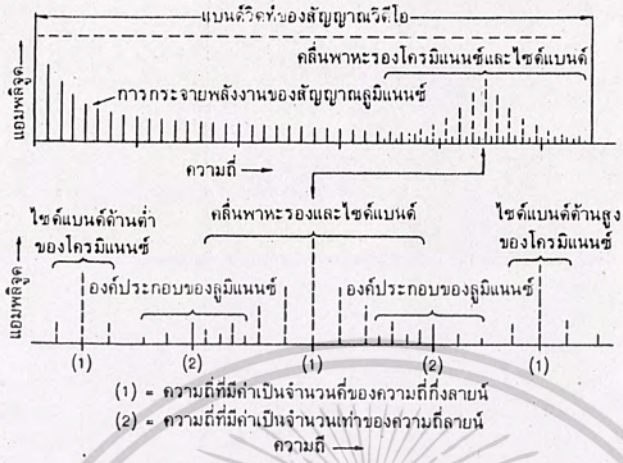
สรุปแล้วสัญญาณที่เราส่งไปให้เครื่องรับโทรทัศน์สีก็คือ สัญญาณความแตกต่างสี (R - Y) กับ (B - Y) เนื่องจากแบนด์วิดท์ของคลื่นโทรทัศน์จะต้องคงเดิม ฉะนั้นสัญญาณ (R - Y) กับ (B - Y) จะต้องสอดแทรกอยู่ในแบนด์วิดท์นี้ โดยไม่รบกวนกับสัญญาณ Y ดูรูปที่ 2.8




รูปที่ 2.8 การกระจายพลังงานของสัญญาณ Y เป็นกลุ่มก้อนย่อยๆ ที่มีความถี่เป็น 1, 2,3... เท่าของความถี่ Line F(Hor)

การสอดแทรกสัญญาณสีลงไปตรงช่องว่างของสัญญาณ Y นั้นต้องเลือกให้ค่าความถี่ให้พอเหมาะ เพื่อให้ฮาร์โมนิคของสัญญาณสีตกลงตรงกลางๆ ช่องว่างพอดี ในที่นี้เราเลือกความถี่ที่เป็นจำนวนเท่าของครึ่งของความถี่ลายขั้น (Half-Line Frequency) หรือเป็นจำนวนเท่าของ 15,625/2 = 7812.5 Hz ความถี่ที่เป็นจำนวนเท่าของ 7812.5 Hz นี้ จะตกลงตรงกลางช่องว่างของสัญญาณ Y พอดี (ดูรูปที่ 2.9) การสอดแทรกระหว่างสัญญาณ Y กับสัญญาณสีนี้เปรียบเหมือนกับการผสมน้ำกับน้ำมัน จะไม่มีการรบกวนกัน เมื่อผสมกันแล้วก็สามารถแยกจากกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.9 ความถี่ของสัญญาณพาหะรองสีจะต้องอยู่ห่างจากพลังงานของสัญญาณ Y และพาหะเสียง

การสอดแทรกสัญญาณสีลงตรงกลางระหว่างช่องของพลังงานของสัญญาณทำได้โดยการมอดูเลตสัญญาณสี (R - Y) กับ (B - Y) ลงบนพาหะรอง (Subcarrier) นั่นคือ เราเอาสัญญาณทั้ง (R - Y) มอดูเลตลงบนสัญญาณพาหะรอง โดยการเลือกความถี่ของพาหะรองต้องเป็นจำนวนเท่าของครึ่งความถี่ลายน์ดังที่กล่าวมาในตอนต้น เพื่อให้พลังงานส่วนใหญ่ของพาหะรองอยู่ห่างจากพลังงานส่วนใหญ่ของสัญญาณ Y ดูรูปที่ 2.9

นอกจากนี้การเลือกความถี่ของพาหะรองสำหรับสัญญาณสี ต้องเผื่อสัญญาณไซด์แบนด์ด้านสูง (Upper Sideband) ของสัญญาณพาหะรองและอยู่ห่างจากสัญญาณพาหะเสียง (Sound Carrier) พอสมควร ในทางปฏิบัติความถี่ของสัญญาณพาหะรองสี (Color Subcarrier) จะมีค่าประมาณ 567 เท่าของครึ่งความถี่ลายน์ หรือประมาณ 4.43 MHz

เพราะเหตุที่ตาคนเราไม่ไวต่อสีสันและความเข้มสี เหมือนความกับความสว่างมากนัก ฉะนั้นแบนด์วิดท์ของสัญญาณสีจึงไม่จำเป็นต้องกว้างมากนัก ดังรูปที่ 2.9 แบนด์วิดท์ของสัญญาณสีจะแคบกว่าแบนด์วิดท์ของสัญญาณ Y

## 2.5 การผสมสัญญาณสี

ต่อไปนี้จะได้อธิบายถึงการผสมสัญญาณสี (R - Y) และ (B - Y) ซึ่งสัญญาณที่ได้มีลักษณะพิเศษร้อยจะเอาไปมอดูเลตกับสัญญาณ RF Carrier หลักกว้างๆ ของการมอดูเลตมีดังนี้

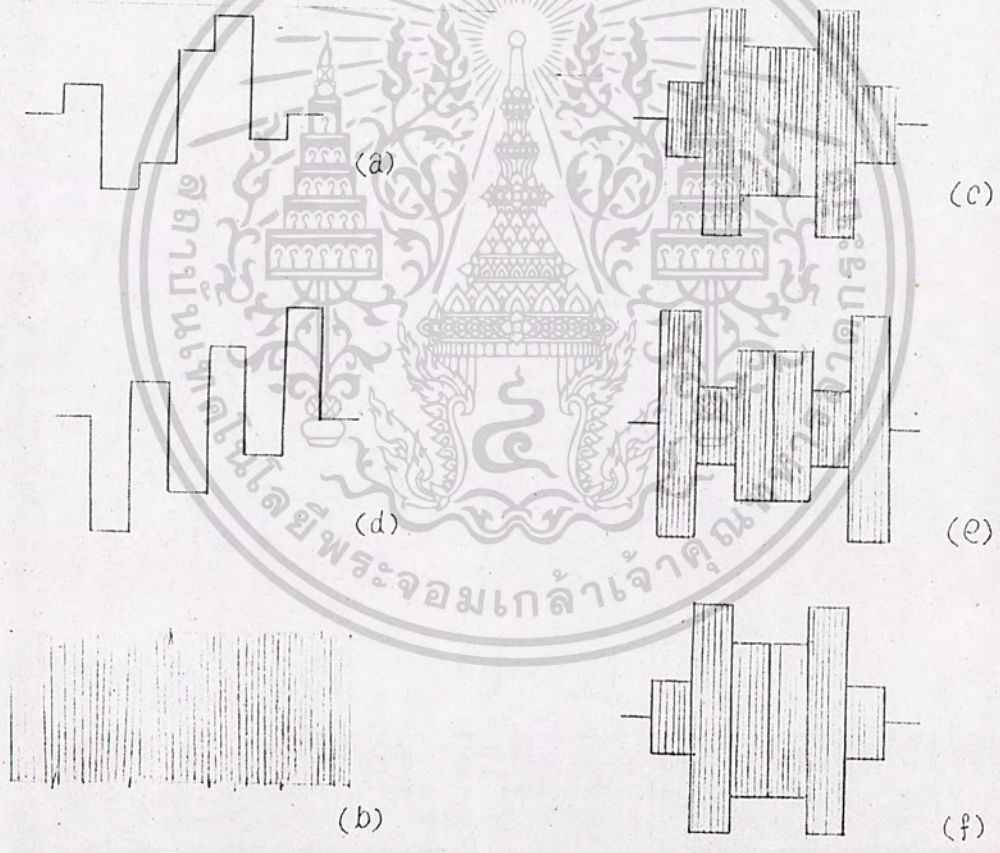
1. นำสัญญาณ (R - Y) และ (B - Y) ไปผสมกับคลื่นพาหะย่อย (Subcarrier) ซึ่งจะเป็นการผสมแบบ AM ดังรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่นพาห์จะเป็นสัญญาณ SINE WAVE ถ้าระบบ NTSC จะมีความถี่เท่ากับ 3.579545 MHz ส่วนระบบ PAL จะเท่ากับ 4.4336875 MHz

จากรูปที่ 2.10 สัญญาณ (R - Y) ดังรูป (a) จะเข้าผสมกับคลื่นพาห์รูป (b) ได้เป็นคลื่นผสมเลย(c) ตามวิธีการผสมแบบ AM Amplitude ของคลื่นพาห์จะเปลี่ยนไปตามขนาดคลื่น (R - Y) ลักษณะของคลื่นที่ได้จะเป็นดังรูป (c) ทำนองเดียวกับคลื่น (B - Y) ดังรูป(d) ก็จะผสมกับ Subcarrier รูป (b) ได้เป็นคลื่นผสม (B - Y) ดังรูป (e)

2. การชับเพรสคลื่นผสม (Suppression) คลื่นผสม (R - Y) และ (B - Y) ดังรูป (c) และ (e) จะถูกบีบ หรือชับเพรสคลื่นพาร์ย่อยออกเสีย นั่นคือคลื่นความถี่ 3.579545 MHz หรือ 4.43361875 MHz ถูกจำกัดออกไปหมดแล้ว เหลือแต่คลื่น (R - Y) หรือ (B - Y) ซึ่งเป็นไซด์แบนด์บนและล่างเท่านั้น




รูปที่ 2.10 แสดงถึงวิธีการเกิด QAM ระหว่างสัญญาณ (R - Y) กับ (B - Y)

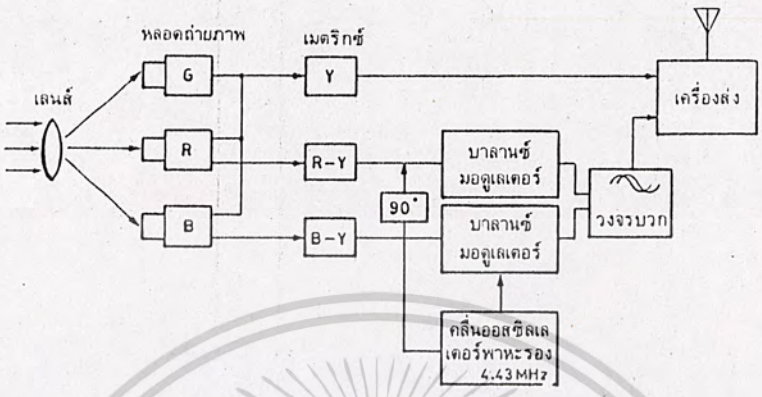
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การทำ QAM

เมื่อเราได้คลื่นผสม (R - Y) รูป (e) แล้วเราจะนำมาทำ "Q" ได้เป็นคลื่นสีรวม (Chrominance Signal) รูป (f) การผสมดังกล่าวมาในข้อ 1,2,3 นี้จะได้เป็นสัญญาณรวม เรียกว่าเป็นการผสมแบบ QAM (Quadrature Amplitude Modulation) จะเห็นว่า(R - Y) กับ (B - Y) ต่างก็ไปผสมกับคลื่น RF (ความถี่ 3.579545 MHz หรือ 4.43361875 MHz) แบบ AM ก่อนแล้วทำการชับเพรส คลื่น RF นั้นออก จากนั้นจึงนำเอาคลื่น (R - Y) มาวางไว้หน้าคลื่น (B - Y) ด้วยมุม 90 องศา ละนั้นคลื่น (R - Y) และ (B - Y) ก็จะผสมกันได้เป็นสัญญาณผสมรูป (f) ดังรูป 2.11

รูปที่ 2.11 แสดงการรวมกันระหว่างคลื่น AM ของ (R - Y) กับ คลื่น AM ของ (B - Y) โดยมุมห่างกัน 90 องศา เรียกว่าการผสมแบบ QAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.12 บล็อกไดอะแกรมแสดงการมอดูเลตสัญญาณ (R - Y) กับ (B - Y) แล้วนำไปสอดแทรกกับสัญญาณ Y เพื่อส่งไปยังภาคเครื่องส่งออกอากาศต่อไป

การสอดสัญญาณสี

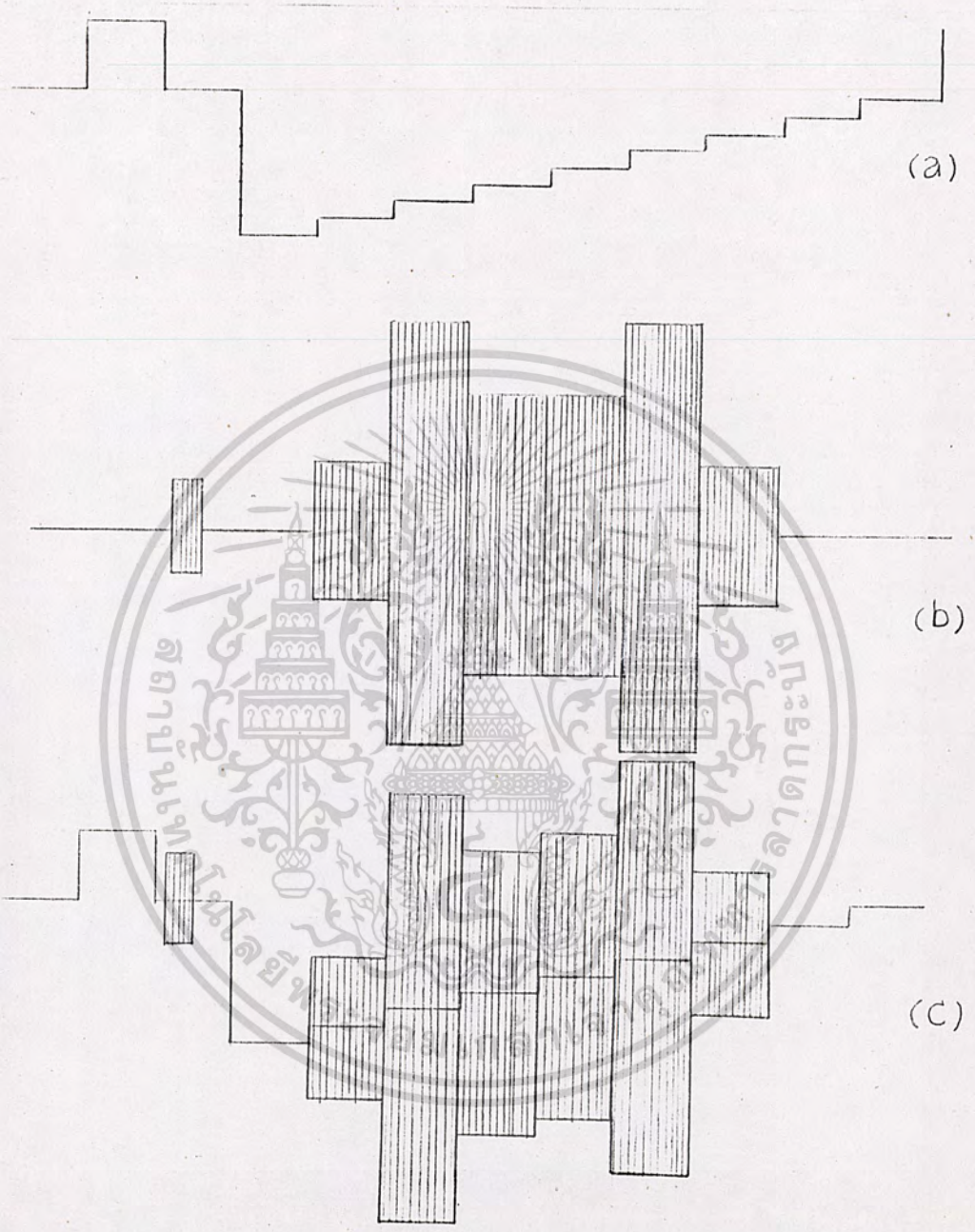
เราได้กราบหลักการกว้างๆแล้วว่าสัญญาณ (R - Y) และ (B - Y) นั้นผสมกันแบบ QAM ทำให้ได้สัญญาณรวม (f) หรือ Chrominance ในภาคส่ง TV สีนั้น ทั้งระบบ NTSC และระบบ PAL จะนำสัญญาณรวม (f) นี้สอดเข้าไปในสัญญาณภาพขาวดำที่กล่าวแล้วรูป 2.13 ประกอบ

1. รูปที่ 2.13(a) เป็นสัญญาณ Luminance ประกอบไปด้วยสัญญาณ Sync,Blank, และ Video Signal เนื่องจากสัญญาณภาพนี้เป็นแบบ Negative Modulation ฉะนั้นยอดของคลื่นสัญญาณจะเป็นลบ แต่ที่เขียนหัวขั้นก็เพื่อความสะดวกต่อการเขียนและการมองเท่านั้น

2. Chrominance และสัญญาณ Y รูปที่ 2.13 (b) คือสัญญาณ Chrominance รูป 2.13 (a) คือสัญญาณ Luminance (Y) ซึ่งสัญญาณ Chrominance นี้ จะขึ้นไปผสมตามระดับความสว่างของสัญญาณภาพ ดังรูปที่ 2.13 (c)

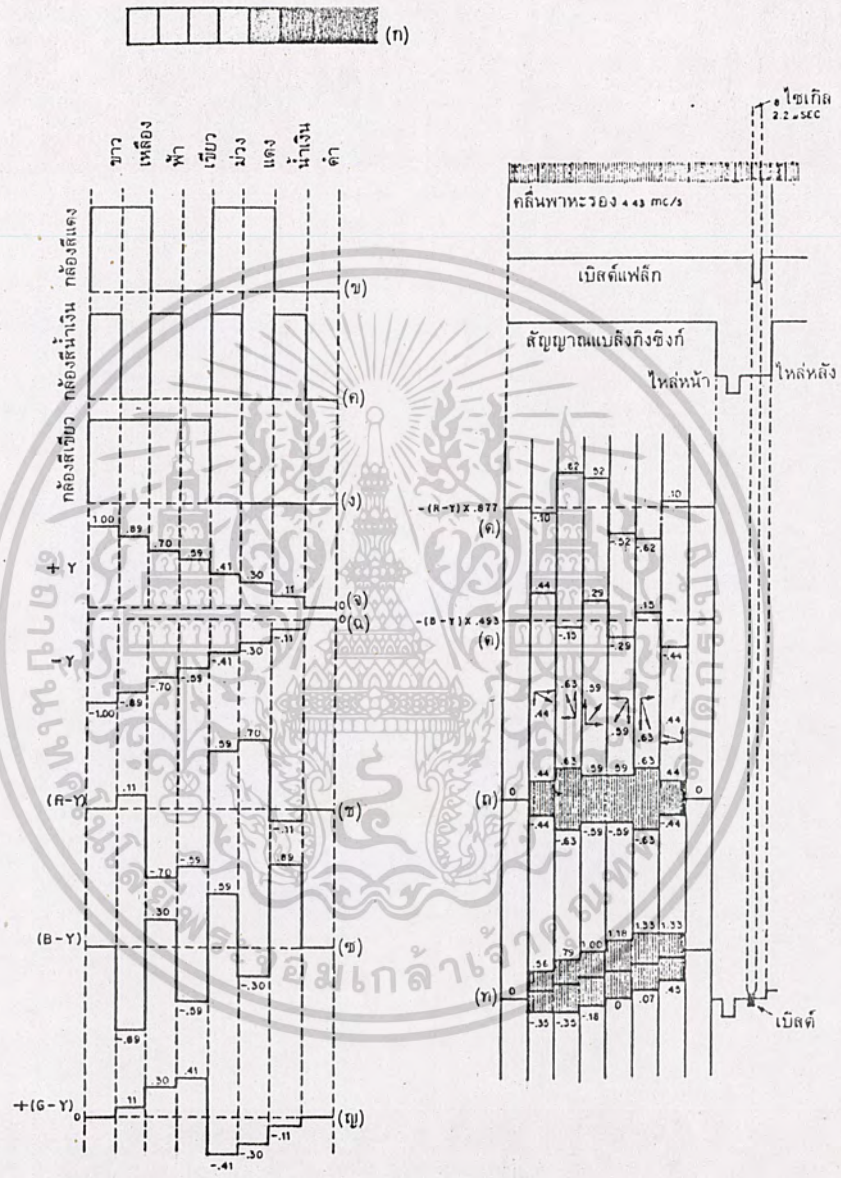
3. สัญญาณ Burst บางครั้งเราก็เรียกว่าสัญญาณ Color Sync. ทำหน้าที่เป็นตัว Reference ให้ภาค OSC ของเครื่องรับโทรทัศน์สร้าง Sub Carrier ออกมา ซึ่งจะมีความถี่และ Phase ตรงกับ Sub Carrier ดั้งเดิมของเครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.13 แสดงการรวมสัญญาณระหว่าง Chrominance Signal และสัญญาณ Burst รูป (b) กับสัญญาณ Luminance รูป (a) ได้เป็นสัญญาณ Video

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.14 แสดงตัวอย่างของรูปคลื่นของสัญญาณสีที่เกิดจากรูปภาพแท่งสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 สัญญาณภาพโทรทัศน์

จากการที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า ระบบโทรทัศน์ในปัจจุบันมีใช้กัน 3 ระบบ ระบบ NTSC เป็นระบบที่เกิดขึ้นก่อนระบบอื่นๆ และถือว่าเป็นระบบแม่แต่มีข้อเสียในแง่เกี่ยวกับมุม (Phase) - คลาดเคลื่อนทางสีสันที่เกิดขึ้นระหว่างออสซิลเลเตอร์ในภาคเครื่องรับกับวงจรกำเนิดคลื่นพาหะรอง ซึ่งสาเหตุนี้สืบเนื่องมาจากการซิงค์กับออสซิเลเตอร์ในเครื่องรับเกิดความผิดพลาดกับทางเครื่องส่ง ทำให้สีที่ออกมาผิดเพี้ยนไป และระบบนี้ไม่สามารถแก้ไขในเรื่องความเพี้ยนนี้ได้ แต่ระบบ SECAM และระบบ PAL ได้เน้นถึงการแก้ไขปัญหาข้อบกพร่องดังกล่าว โดยการออกแบบวงจรพิเศษเพื่อการนี้โดยเฉพาะ แต่ในโครงงานนี้เราสนใจที่จะใช้กับระบบ PAL เท่านั้น (ระบบอื่นๆก็ทำได้เช่นกัน) ทั้งนี้เพราะว่าการส่งสัญญาณโทรทัศน์ระบบ PAL นับว่าเป็นที่นิยมสูงสุดในปัจจุบันและในเมืองไทยก็ใช้ระบบ PAL ในการออกอากาศและเครื่องรับก็เช่นกัน โทรทัศน์สีระบบPAL เป็นโทรทัศน์สีที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับโทรทัศน์ระบบ NTSC แต่ได้รับการเสริมแต่งแก้ไขให้มีความแตกต่างกันอยู่หลายอย่างที่สำคัญๆ คือ ระบบ PAL ได้รับการปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดจากความผิดเพี้ยนทางเฟสและแอมปลิจูด

แนวความคิดของระบบ PAL คือสลับเฟสของสัญญาณโครมินแนซ์เส้นเว้นเส้น (สัญญาณโครมินแนซ์จะอธิบายในเรื่องรูปแบบของสัญญาณโทรทัศน์) สัญญาณความแตกต่างสีที่เราผ่านมาดูเฉดเราเรียกว่า U และ V ที่จริงแล้วสัญญาณ U ก็คือ (B - Y) และสัญญาณ V ก็คือ (R - Y) นั่นเอง แต่เพื่อป้องกันการสับสนกับระบบเก่าจึงตั้งชื่อเป็น U และ V สัญญาณทั้งสองจะมีเฟสต่างกันอยู่ 90 องศา วิธีนี้คล้ายกับระบบ NTSC แต่ V จะถูกสลับเฟสไปมาและความผิดพลาดของเฟสจะถูกเฉลี่ยและชนาดมีฉดลง โดยการหักล้างกันเอง เนื่องจากการส่งในระบบสลับเฟสดังกล่าว

ส่วนประกอบสำคัญของสัญญาณโทรทัศน์สีระบบ PAL

สถานีโทรทัศน์สีจะต้องส่งสัญญาณต่างๆ ออกอากาศไปให้เครื่องรับโทรทัศน์รับภาพและเสียงได้มีสัญญาณอยู่ 5 สัญญาณดังนี้

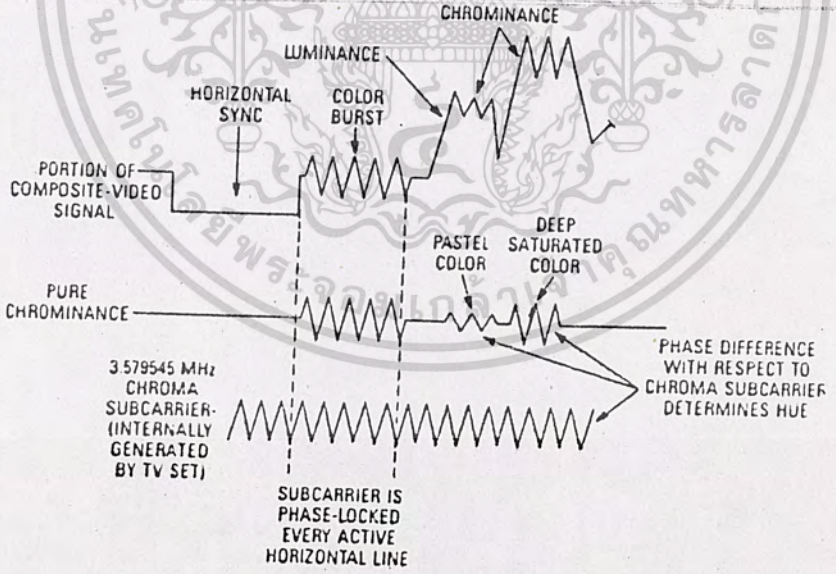
1. สัญญาณขาวดำ (Luminance)
2. สัญญาณซิงค์ (Synchronize)
3. สัญญาณสี (Chrominance)
4. สัญญาณเบิร์สต์ (Burst)
5. สัญญาณเสียง (Sound)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณทั้งห้านี้ จะปนอยู่ในสัญญาณ IF รวม และส่งออกจากสถานีส่งไปยังเครื่องรับ ดังรูปที่ 2.15 สัญญาณทั้งห้านี้เราเรียกว่าเป็นสัญญาณ Composite Video สัญญาณนี้จะประกอบไปด้วยสัญญาณที่กำหนด Timing และ รายละเอียดของภาพที่จะไปปรากฏบนจอเพื่อให้เครื่องรับสามารถรับ และสแกนภาพได้ตรงกับทางด้านเครื่องส่ง ซึ่งจะมีรายละเอียดดังนี้ คือ

1. สัญญาณซิงค์ทางแนวนอน (Horizontal Sync.), สัญญาณซิงค์ทางแนวตั้ง (Vertical sync.) และ สัญญาณแบงค์กิ้งพัลส์ (Blanking Pulse)

Hor Sync. และ Ver Sync. เป็นสัญญาณที่จะกำหนดให้เครื่องรับโทรทัศน์มีการสแกนทางแนวนอน และ ทางแนวตั้งตามลำดับ ซึ่งจะทำให้ภาพที่ออกมาตรงกันกับเครื่องส่งสัญญาณซิงค์ทางแนวนอน จะมีค่าความถี่เท่ากับความถี่ของกระแสรูปคลื่นฟันเลื่อยที่ใช้ในวงจรหักเหทางแนวนอน ซึ่งในระบบ PAL ภาพแต่ละภาพจะประกอบไปด้วย 625 เส้นทางแนวนอน ความถี่ทางแนวนอนมีค่าประมาณ 15,625 Hz ส่วนสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้งมีความถี่เท่ากับ 50 Hz แต่เนื่องจากความถี่ของสัญญาณซิงค์นี้เท่ากับความถี่ของสัญญาณแบงค์กิ้งและมี 2 Field จึงจำเป็นต้องป้องกันการรบกวนที่อาจจะเกิดขึ้น โดยการกำหนดขนาดของซิงค์พัลส์ให้น้อยกว่าขนาดของแบงค์กิ้งพัลส์ กล่าวคือทำให้ซิงค์พัลส์ทางแนวนอนมีขนาดเพียง 0.5 ไมโครวินาที และให้ซิงค์พัลส์ทางแนวตั้งมีขนาดเพียง 190 ไมโครวินาที




รูปที่ 2.15 แสดงสัญญาณ Composite Video ของระบบ PAL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในแต่ละสัญญาณของซิงค์ทางแนวตั้งจะประกอบด้วย 312.5 เส้นทางแนวนอนทั้งนี้เพื่อให้ภาพที่เกิดมีความต่อเนื่องและลดอาการกระพริบของภาพ การสแกนภาพหนึ่งๆ แต่ละภาพจะนิยมทำการสแกนสองครั้งในแบบสแกนไขว้กัน เรียกว่า Interlace Scanning

2. สัญญาณขาวดำ (Luminance) สัญญาณนี้จะเป็นตัวกำหนดระดับความขาวดำของสัญญาณวิดีโอ ซึ่งเรามักเรียกเป็นเปอร์เซนต์ของสีขาวที่ปรากฏบนจุดพิกเซลล์ของภาพ แต่จะไม่มีระดับความเข้มสีเข้ามาเกี่ยวข้อง เครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำจะนำสัญญาณนี้ไปใช้เท่านั้น (บางทีเรียกว่าสัญญาณ Y)

3. สัญญาณเบิสต์ (Burst) สัญญาณนี้นับเป็นหัวใจของระบบโทรทัศน์สีในการสังเคราะห์สีของเครื่องรับโทรทัศน์ซึ่งจะมีความถี่เท่ากับ 4.433619 MHz สัญญาณเบิสต์จะปรากฏเพียงไม่กี่ไมโครวินาทีหลังจากสัญญาณซิงค์ทางแนวนอน และจะเป็นลักษณะของสัญญาณ Sine ซึ่งเฟสของมันจะเป็นตัวกำหนดการสร้างสีให้กับภาคกำเนิดสี ซึ่งจะอธิบายในภายหลัง แต่ที่สำคัญ คือโครงงานที่สร้างขึ้นนี้จะต้องสร้างสัญญาณนี้ให้สอดคล้องกับสัญญาณเบิสต์นี้ เพื่อที่จะทำให้โทรทัศน์สามารถกำหนดสีออกมาได้ถูกต้อง โดยไม่เกิดสีรุ้งกระพริบเลื่อนไปมาเนื่องจากความไม่สอดคล้องกันทางเฟสและความถี่

4. สัญญาณสี (Chrominance) เป็นสัญญาณที่จะบอกรายละเอียดของลักษณะสีให้กับสัญญาณวิดีโอ เช่นระดับความเข้มของสี (Saturation) และลักษณะสีสัน (Hue) ได้โดยวิธีการกำหนดระดับเหล่านี้ โดยอาศัยการเปรียบเทียบกับสัญญาณพาหะรอง (ซึ่งจะสร้างขึ้นเองโดยโทรทัศน์และมีเฟสเดียวกับเบิรสต์) ซึ่งทำหน้าที่เป็นความถี่อ้างอิงความแตกต่างเฟสของระดับสัญญาณโครมากับความถี่อ้างอิง จะออกมาในรูปของลักษณะสีสัน เช่น สีเขียว, สีแดง, สีน้ำเงิน ฯลฯ และความแตกต่างของสัญญาณจะออกมาในรูปของความเข้มของสี ถ้าระดับของสัญญาณนี้ผิดพลาดจะทำให้การถอดระหัสสีผิดพลาด และทำให้เกิดสีผิดเพี้ยนได้

5. สัญญาณเสียง (Sound) สัญญาณเสียงเกิดจากมิกซ์ของคลื่นแนนซ์ IF กับสัญญาณเสียง IF เป็น 5.5 MHz และถูกแยกไปยังภาคเสียง แล้วทำการดีเทคเป็นสัญญาณออดิโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการแสดงภาพของ IBM COMPUTER

การแสดงภาพบนจอมอนิเตอร์ของ IBM มีอยู่ 2 ลักษณะ คือ

1. Alphanumeric Mode หรือโหมดการแสดงแบบตัวอักษร

2. Graphics Mode หรือโหมดการแสดงแบบกราฟิก

โหมดการแสดงแบบตัวอักษร

Alphanumeric Mode หรือโหมดการแสดงตัวอักษร สามารถแบ่งตามลักษณะความหนาแน่นของตัวอักษรได้ 2 แบบ คือ

1. Low-resolution mode จะมีลักษณะดังนี้
   - สามารถใช้กับโทรทัศน์สีแบบ NTSC หรือมอนิเตอร์แบบ low-resolution ได้
   - แสดงภาพตัวอักษรแบบแถวละ 40 ตัวอักษร จำนวน 25 แถว
   - ROM character generator เก็บตัวอักษรที่แตกต่างกันได้สูงสุด 256 ตัว
   - ต้องการ 2,000 bytes บนอะแดปเตอร์ในการอ่านหรือเขียนจากหน่วยความจำ
   - ขนาดตัวอักษร 8x8 จุด
2. High-resolution mode จะมีลักษณะดังนี้
   - สามารถใช้ได้กับจอสีของ IBM และจอขาว-ดำแบบ แบบ composite video
   - แสดงภาพตัวอักษรแบบแถวละ 80 ตัวอักษร จำนวน 25 แถว
   - ROM character generator เก็บตัวอักษรที่แตกต่างกันได้สูงสุด 256 ตัว
   - ต้องการ 4,000 byte บนอะแดปเตอร์ในการอ่านหรือเขียนจากหน่วยความจำ
   - ขนาดตัวอักษร 8x8 จุด

สำหรับตัวอักษรใน ROM ที่เก็บไว้ใน character generator นั้น เป็นตัวอักษรที่ IBM ได้กำหนดไว้แล้ว โดยมีจุดมุ่งหมายการทำงานหลายอย่าง กลุ่มตัวอักษรทั้ง 256 ตัวแยกเป็นกลุ่มได้ดังนี้

1. กลุ่มสำหรับใช้ในการสร้างตัวอักษรในเกม 16 ตัว
2. กลุ่มตัวอักษรใช้ในงาน word processing เฉพาะ
3. กลุ่มตัวอักษรรหัส ASCII 96 ตัว
4. กลุ่มตัวอักษรที่ใช้งานในยุโรป เช่น ภาษาฝรั่งเศส เยอรมัน 48 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ตัวอักษรสำหรับการตีเส้น 48 ตัว
6. กลุ่มตัวอักษรกรีก 16 ตัว
7. กลุ่มสัญญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ 15 ตัว

**โหมดการแสดงแบบกราฟิก**

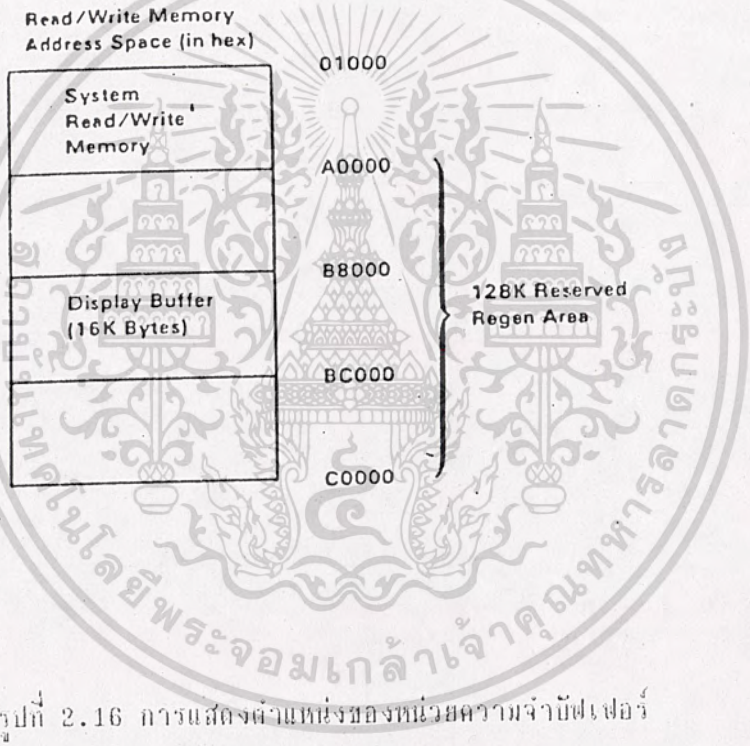
การแสดงผลกราฟิกนี้ เราสามารถแบ่งออกตามความละเอียดที่แสดงออกทางจอภาพได้ 3 แบบ คือ

1. Low-resolution mode
   - สามารถใช้ได้กับโทรทัศน์หรือจอสี
   - ในโหมดนี้ไม่สามารถใช้กับ ROM ได้
   - การแสดงผลได้ความละเอียด 160x100 จุด ในแนวนอนและแนวตั้งตามลำดับ โดยแต่ละจุดใช้ข้อมูล 8 บิต
   - ในแต่ละจุดสามารถเลือกสีได้ 16 สี
   - ต้องการ 16,000 byte บนอะแดปเตอร์ในการอ่านหรือเขียนในหน่วยความจำ
2. Meduim-resolution mode
   - สามารถใช้ได้กับโทรทัศน์หรือจอสี
   - ในโหมดนี้ใช้กับ ROM ได้
   - การแสดงผลได้ความละเอียด 320x200 จุด ในแนวนอนและแนวตั้งตามลำดับ โดยแต่ละจุดใช้ข้อมูล 2 บิต
   - ในแต่ละจุดสามารถเลือกสีได้ 4 สี
   - ต้องการ 16,000 byte บนอะแดปเตอร์ในการอ่านหรือเขียนในหน่วยความจำ
3. High-resolution mode
   - สามารถใช้ได้กับจอสีเท่านั้น
   - ในโหมดนี้ใช้กับ ROM ได้
   - การแสดงผลได้ความละเอียด 640x200 จุด ในแนวนอนและแนวตั้งตามลำดับ โดยแต่ละจุดใช้ข้อมูล 1 บิต
   - ในแต่ละจุดสามารถแสดงได้เพียงสว่างกับมืดเท่านั้น
   - ต้องการ 16,000 byte บนอะแดปเตอร์ในการอ่านหรือเขียนในหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้หน่วยความจำบัฟเฟอร์

ในการแสดงผลของบอร์ดอะแดปเตอร์กราฟิกจะใช้หน่วยความจำ 16 Kbyte สำหรับเป็นที่เก็บข้อมูลการแสดงผลบนจอภาพ โดยในโหมดการแสดงแบบตัวอักษรนี้ จะมองหน่วยความจำเป็นแบบ Display Buffer แต่ในโหมดการแสดงแบบกราฟิกจะมองหน่วยความจำเป็นแบบลักษณะ bit map จุดเริ่มต้นของตำแหน่งหน่วยความจำบัฟเฟอร์คือ hex B8000 ดังแสดงในรูปที่ 2.16

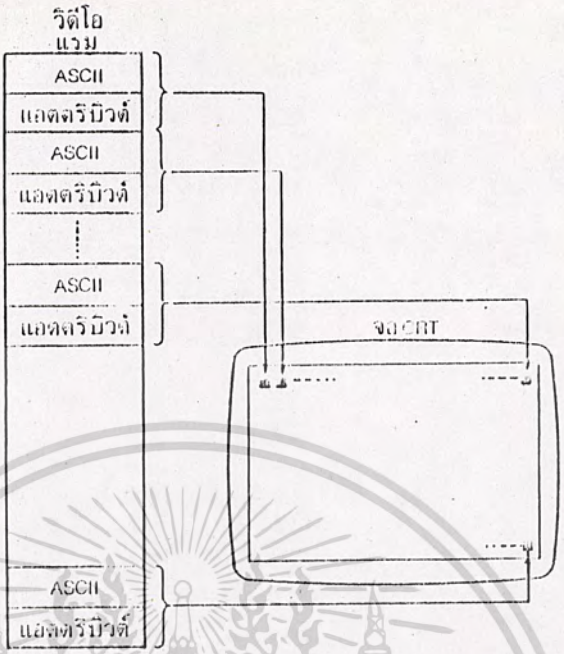



รูปที่ 2.16 การแสดงตำแหน่งของหน่วยความจำบัฟเฟอร์

ลักษณะของการใช้หน่วยความจำบัฟเฟอร์ในแต่ละโหมด แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. โหมดการแสดงผลแบบตัวอักษร จะเริ่มใช้หน่วยความจำ ณ ตำแหน่ง hex B8000 โดยจะใช้ 2 byte ต่อ 1 character ซึ่ง byte แรกเป็นการแสดงตัวอักษรโดยใช้รหัส ASCII เป็นตัวกำหนด ส่วน byte ที่สองเป็นแอตตริบิวต์โดยมีโครงสร้างการแสดงตัวอักษรดังรูปที่ 2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



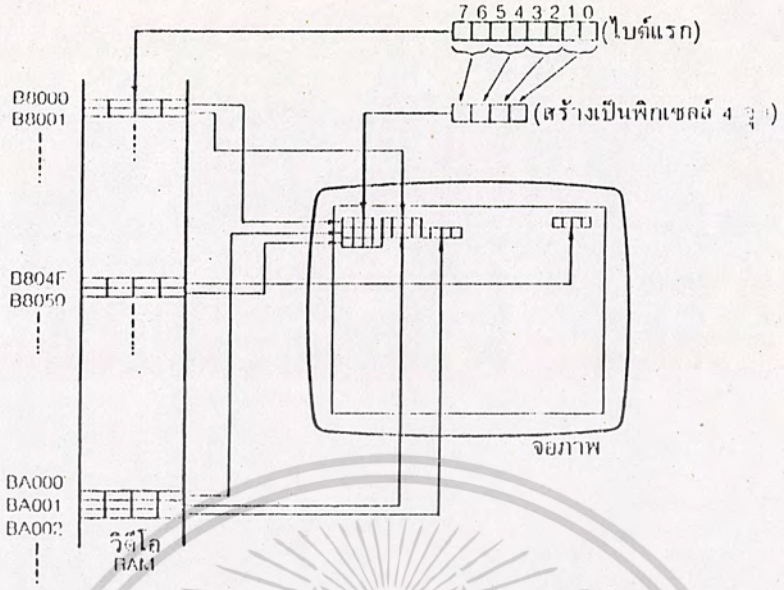

รูปที่ 2.16 แสดงการใช้หน่วยความจำต่อตัวอักษรในโหมดการแสดงผลแบบตัวอักษร

การแสดงผลแบบนี้ลักษณะของตัวอักษรจะถูกกำหนดโดยรหัส ASCII เช่น A,B,... แต่สีของฟอร์กราวด์และแบ็กกราวด์จะถูกกำหนดโดยไบต์แอตตริบิวต์ โดยสีที่ปรากฏจะได้ $2^3 = 8$ สี แต่เนื่องจากมีการกำหนดความเข้มจึงเพิ่มสีเป็น 16 สี โดยในแต่ละสีจะมีความเข้มที่สว่างแตกต่างกัน เช่น แดงอ่อน แดงแก่ เป็นต้น นอกจากนี้ในส่วนของบิตแอตตริบิวต์ยังสามารถกำหนดให้แสดงตัวอักษรแบบรีเวิร์ส หรือตัวอักษรแบบกระพริบก็ได้

2. การแสดงผลแบบกราฟิก จะเริ่มใช้หน่วยความจำตำแหน่ง hex B8000 เช่นกันกับโหมดการแสดงผลแบบตัวอักษร แต่ลักษณะการแสดงผลเป็นแบบ bit map กล่าวคือจะคิดเป็นจำนวนบิตต่อพิกเซลล์นั่นเองโดยจากที่เราทราบแล้วว่า IBM ได้ออกแบบบอร์ดอะแดปเตอร์กราฟิกไว้ในซอบเฮดจำกัด นั่นคือใช้หน่วยความจำได้เพียง 16 Kbyte เท่านั้น ดังนั้นเราสามารถแบ่งการแสดงผลแบบกราฟิกออกตาม bit map ดังนี้

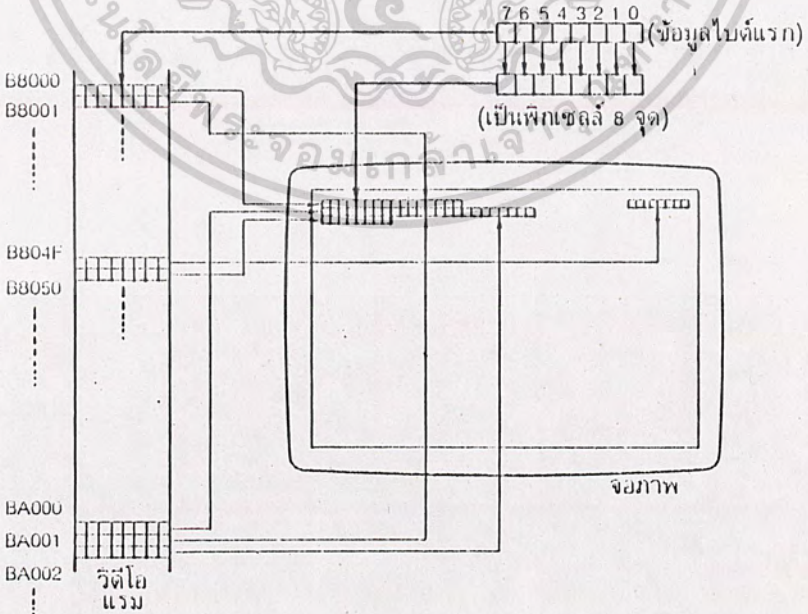
- Medium-resolution mode มีการแสดงผลได้ความละเอียด 320x200 นั่นคือถ้าคิดเป็นจำนวนจุดจะได้ 64,000 จุด ถ้าแต่ละจุดใช้ข้อมูล 1 จุด จะต้องใช้หน่วยความจำ 8000 byte แต่หน่วยความจำทั้งหมดมี 16 Kbyte เท่านั้น แต่ละจุดจึงใช้ข้อมูลได้ 2 bit หรือแสดงผลโดยใช้ข้อมูล 2 bit ต่อ 1 พิกเซลล์ ดังแสดงในรูปที่ 2.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.17 แสดงการแสดงผลในโหมดความละเอียดปานกลาง

- High-resolution mode ในโหมดนี้แสดงผลด้วยความละเอียดถึง 640x200 ซึ่งถ้าคิดเป็นข้อมูลก็จะเท่ากับจำนวนหน่วยความจำพอดี นั่นคือ 16 Kbyte ซึ่งแต่ละจุดจะใช้ข้อมูลได้เพียง 1 Kbyte เท่านั้นเท่านั้นคือ จะใช้ข้อมูล 1 bit ต่อ 1 พิกเซลล์ ดังนั้นจึงแสดงได้เพียงจุดสว่างกับจุดมืดเท่านั้น โดยโครงสร้างการแสดงผลแบบนี้จะเป็นดังรูปที่ 2.18




รูปที่ 2.18 แสดงการแสดงผลในโหมดความละเอียดสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อกับบอร์ดอะแดปเตอร์

เราสามารถต่อบอร์ดอะแดปเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกอื่น ๆ ได้ดังนี้

1. ต่อกับ Video Monitorโดยลักษณะของสัญญาณที่ได้ออกมาจากบอร์ดอะแดปเตอร์เป็นสัญญาณรวมแบบ Composite Video ซึ่งในโครงงานนี้เราจะดึงสัญญาณจากจุดนี้ กล่าวคือเราจะใช้สัญญาณ Video,VER.SYNC,HOR>SYNC. และสัญญาณนาฬิกา 16.257 MHz ที่ได้จากจุดนี้ไปทำการเก็บข้อมูลลงบนหน่วยความจำ (RAM)

2. ต่อกับ RF Modulator เพื่อใช้ลักษณะของสัญญาณเอาท์พุทที่ได้ออกมาเป็นสัญญาณที่มอดูเลตด้วยคลื่นวิทยุแล้ว

3. ต่อกับปากกาแสง (Light Pen)

จอขาวดำของ IBM

จอขาวดำของ IBM มีลักษณะดังต่อไปนี้

การแสดงภาพ

- ภาพมีขนาด 80 ตัวอักษร x 25 บรรทัด
- ตัวอักษรมีขนาด 9 จุดแนวกว้าง x 25 จุดแนวสูง

สัญญาณวิดีโอ

- มีแบนด์วิดท์ของวิดีโอกว้างที่ 16.257 Mz

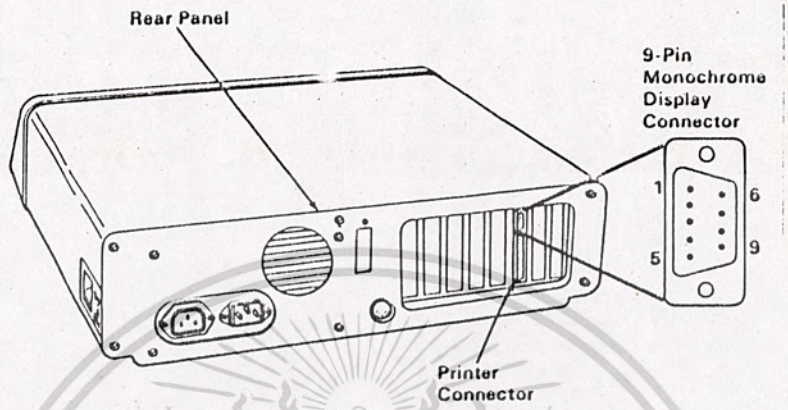
สัญญาณแนวตั้ง

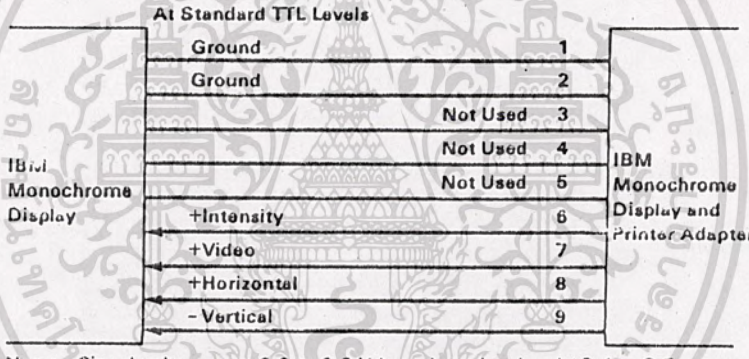
- ภาพทำการรีเฟรชที่ 50 Hz ด้วยความละเอียด 200 เส้นทางแนวนอน

สัญญาณแนวนอน

- เป็นระดับบวกที่มีความถี่ 18.432 KHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




Note: Signal voltages are 0.0 to 0.6 Vdc at down level and +2.4 to 3.5 Vdc at high level.

**Connector Specifications**

รูปที่ 2.19 แสดงการต่อบอร์ดอะแดปเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

## โครงสร้างและหลักการทำงานของระบบ (Computer & Video Mixer)

โครงสร้างของระบบ เราสามารถแบ่งวงจรออกเป็น 5 ส่วนด้วยกัน คือ

1. ส่วนเก็บข้อมูลลงในหน่วยความจำ
2. ส่วนนำข้อมูลออกจากหน่วยความจำ
3. ส่วนปรับแต่งข้อมูล
4. ส่วนผสมสัญญาณข้อมูลกับสัญญาณจากเครื่องเล่นวีดีโอ
5. ส่วน RF Modulator

จากโครงสร้างดังกล่าวจะสามารถนำมาเขียนเป็นรูปแบบบล็อกไดอะแกรม แสดงการทำงานของวงจรสมบูรณ์ได้ดังรูปที่ 3.1

### 1. ส่วนเก็บข้อมูลลงในหน่วยความจำ

โครงสร้างของระบบส่วนนี้สามารถเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรม ได้ดังรูปที่ 3.2 โดยสามารถแยกการทำงานออกเป็นส่วนๆดังนี้

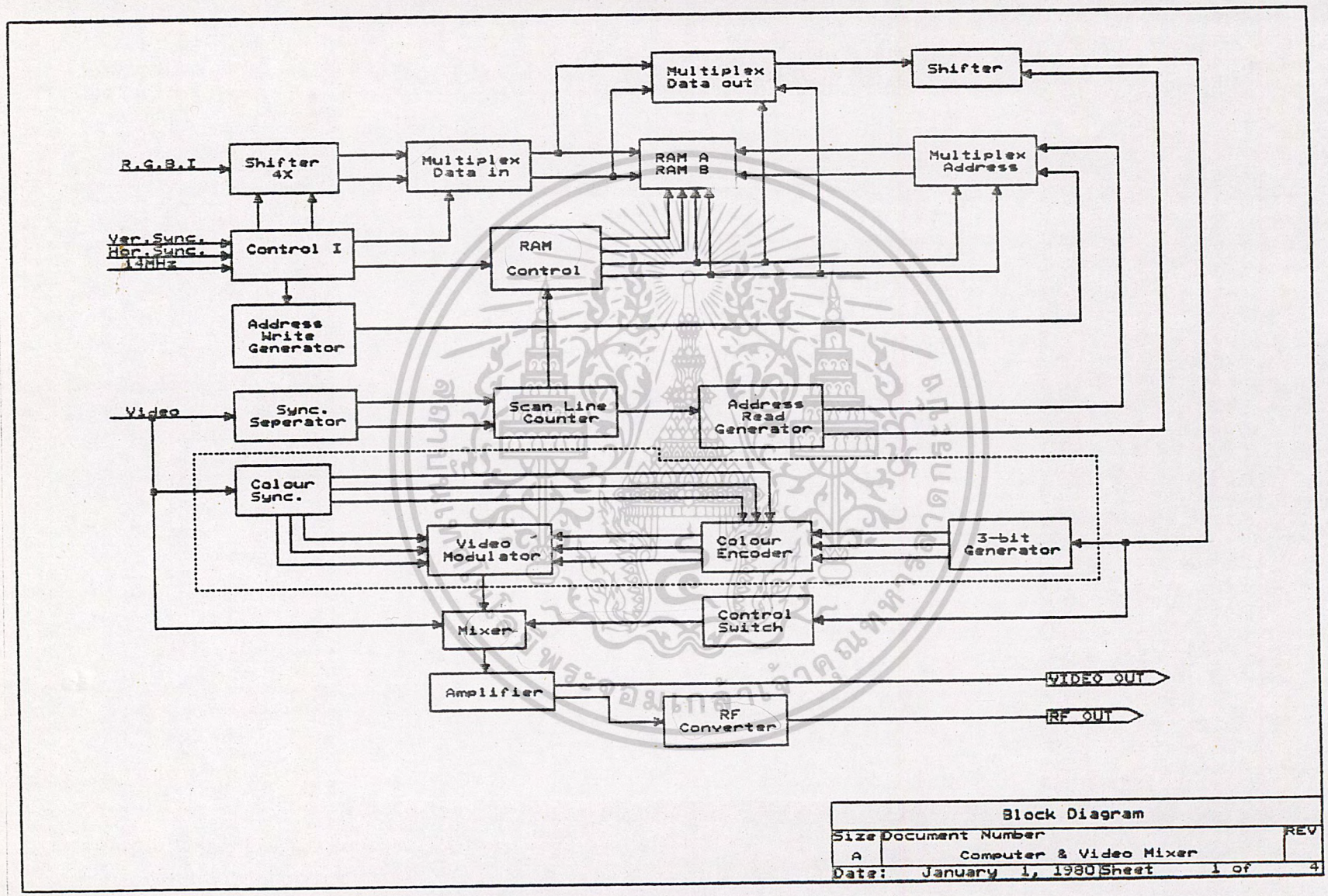
1.1 วงจรเลื่อนข้อมูล

จากคลิกและของสัญญาณภาพของการ์ดสำหรับแสดงผลบนจอสี (Color Graphic adaptor Card:CGA) ซึ่งประกอบด้วย 3 สัญญาณ คือ

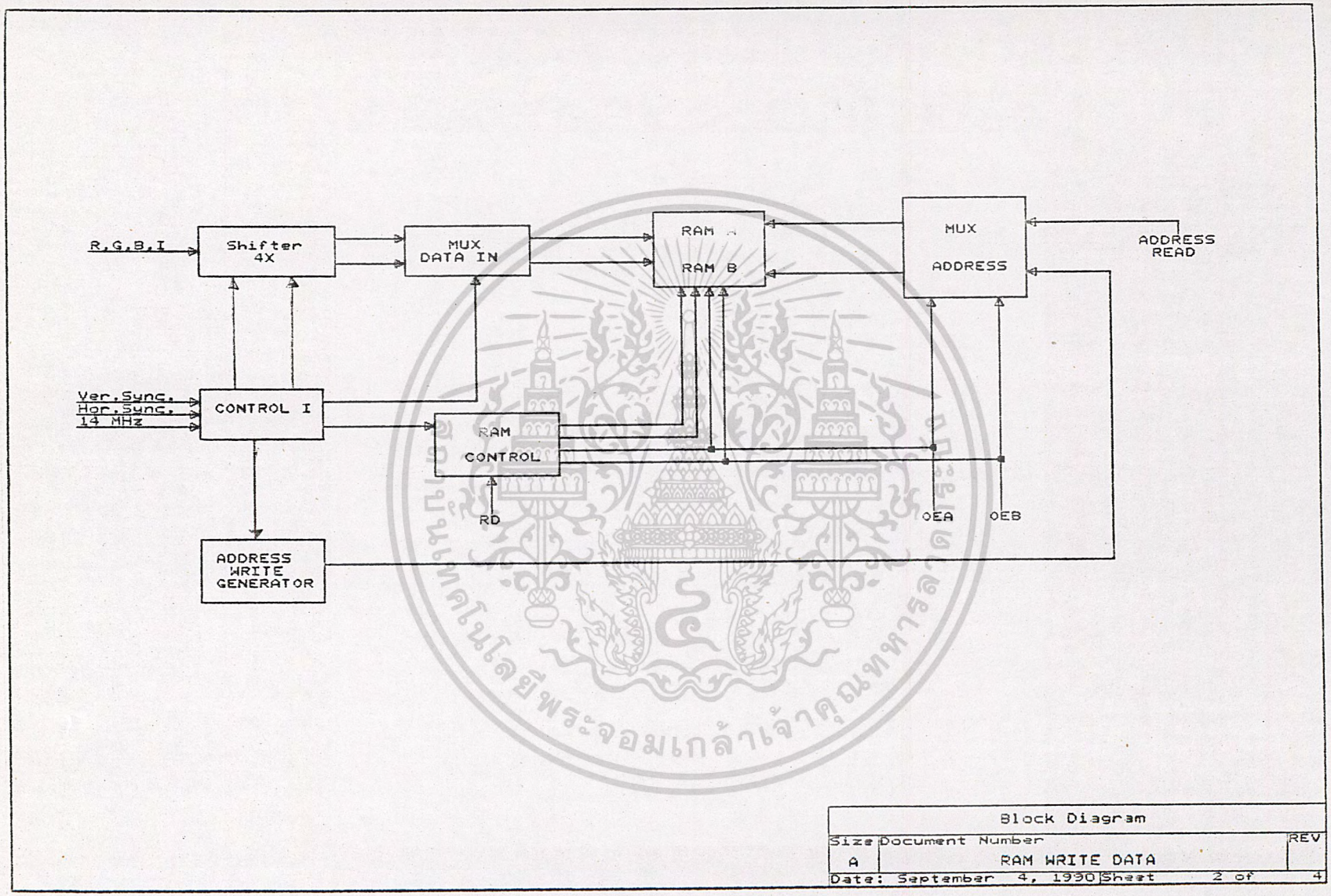
1. สัญญาณซิงค์แนวนอน (Horizontal Sync.)
2. สัญญาณซิงค์แนวตั้ง (Vertical Sync.)
3. สัญญาณวิดีโอ (Video Signal)

สัญญาณข้อมูลที่ต้องการเก็บ คือ สัญญาณวิดีโอ ดังนั้น จึงต้องใช้หน่วยความจำในการเก็บข้อมูล ซึ่งจะประกอบด้วยวงจรเลื่อนข้อมูล โดยจะทำการเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลจากแบบอนุกรมให้เป็นข้อมูลแบบขนาน โดยอาศัยสัญญาณนาฬิกาจากส่วนควบคุมที่ 1 เป็นสัญญาณเลื่อนข้อมูล วงจรเลื่อนข้อมูลในแต่ละชุดจะมีตัวเลื่อนข้อมูล 2 ตัว ทำงานสลับกัน เพื่อให้มีเวลาพอสำหรับเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำ กล่าวคือ ขณะที่ตัวหนึ่งกำลังเลื่อนข้อมูลอยู่ อีกตัวหนึ่งจะส่งข้อมูลแบบขนานขนาด 8 บิท ออกไปยังหน่วยความจำ จากนั้นก็จะสลับกัน คือ ตัวที่เลื่อนข้อมูลเมื่อเลื่อนครบ 8 บิท จะหยุด แล้วทำการส่งข้อมูลไปให้หน่วยความจำ ขณะเดียวกับตัวที่ส่งข้อมูลลงหน่วยความจำ จะมาเลื่อนข้อมูลชุดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมโครงสร้างและการทำงานของระบบ




รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมของส่วนแสดงผลภาพ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.2 วงจรควบคุมที่ 1

จะเป็นส่วนสร้างสัญญาณที่ควบคุมการทำงานของส่วนเก็บข้อมูล โดยจะสร้างสัญญาณ 4 สัญญาณ ด้วยกัน คือ

1. CLOCK I
2. CLOCK II
3. CLK.DOT
4. CONTROL

โดยสัญญาณ CLOCK I และ CLOCK II ใช้ในการควบคุมวงจรเลื่อนข้อมูล สัญญาณทั้ง 4 จะสร้างมาจากสัญญาณซิงค์แนวตั้ง ,สัญญาณซิงค์แนวนอน และสัญญาณนาฬิกา 14 MHz ซึ่งเป็นสัญญาณที่ได้จากค่อมพิวเตอร์ทั้งสิ้น สัญญาณ CLK.DOT จะเกิดจากการนำสัญญาณ 14 MHz มาหาร 8 เพื่อควบคุมสัญญาณ CLOCK I และ CLOCK II อีกทีหนึ่ง ส่วนสัญญาณ CONTROL เกิดจากสัญญาณ CLK.DOT นำมาผ่านวงจร Toggle

1.3 วงจรมัลติเพล็กซ์ข้อมูล (Multiplex Data Input)

จะเป็นตัวนำข้อมูลจากตัวเลื่อนข้อมูลทั้งสองตัว (ใน 1 ชุด) ไปเก็บลงในหน่วยความจำของชุดนั้นอย่างพอเหมาะ กล่าวคือ จะนำข้อมูล 8 บิท จากตัวเลื่อนข้อมูลที่ส่งข้อมูลสลับกันไปเก็บลงในหน่วยความจำได้อย่างถูกต้อง โดยจะควบคุมด้วยสัญญาณ CLK.DOT จากส่วนควบคุมที่ 1 เมื่อสัญญาณ CLK.DOT มีสถานะ High จะทำให้มี CLOCK II ไปป้อนวงจรเลื่อนข้อมูลตัวแรกให้ทำการเลื่อนข้อมูลขนาด 8 บิท เมื่อครบแล้ว สัญญาณ CLK.DOT จะมีสถานะ Low จึงทำให้วงจรเลื่อนข้อมูลตัวที่สองทำงานแทน และตัวที่หนึ่งจะส่งข้อมูลไปยังวงจรมัลติเพล็กซ์ข้อมูล ซึ่งถูกควบคุมให้ปล่อยข้อมูลจากวงจรเลื่อนข้อมูลตัวที่หนึ่งออกไป ขณะที่กันไม่ให้ข้อมูลจากวงจรเลื่อนข้อมูลตัวที่สองออกไปรบกวนข้อมูลที่ผ่านออกมา ซึ่งจะนำไปเก็บในหน่วยความจำ

1.4 วงจรสร้างสัญญาณแอดเดรส (Address Write Generator)

จะเป็นตัวสร้างสัญญาณแอดเดรสให้กับหน่วยความจำ เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลที่ได้โดยสร้างสัญญาณจากวงจรนับ (Counter) ที่ใช้สัญญาณที่ปรับความกว้างของสัญญาณให้เหมาะสมเป็นสัญญาณนาฬิกา จะเห็นได้ว่าขณะที่แอดเดรสเพิ่มขึ้น 1 ตำแหน่ง จะพอดีกับข้อมูลจำนวน 8 บิท ชุดต่อไปถูกส่งเข้ามา

1.5 วงจรควบคุมการทำงานของหน่วยความจำ (RAM Control)

ทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมการทำงานของหน่วยความจำ ให้ทำงานในโหมดการเขียน-การอ่านได้อย่างถูกต้อง สัญญาณควบคุมจะประกอบด้วย

1. สัญญาณ WEA และ WEB
2. สัญญาณ OEA และ OEB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนอื่นมาดูการทำงานของหน่วยความจำเสียก่อน หน่วยความจำที่ใช้ RAM 62256 ซึ่งเป็นสแตติกแรม (Static RAM) ขนาด 32K x 8 Bit เมื่อมีการเขียนข้อมูล สัญญาณ CS และ WR ต้องเป็นสถานะ Low และเมื่อทำการอ่านข้อมูล สัญญาณที่ขา WR ต้องเป็น High ขณะที่สัญญาณ OE และ CS ต้องเป็น Low สัญญาณทั้งสองสร้างมาจาก CLK.DOT ที่ปรับความกว้างสัญญาณแล้ว และสัญญาณ RD จากวงจรนับเส้นสแกนซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

กรณีแรก การเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำ A และการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ B ลักษณะสัญญาณที่ได้จะเป็นดังนี้

| WEA | WEB | OEA | OEB |
|---|---|---|---|
| 0 | 1 | X | 0 |

กรณีที่สอง การเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำ B และการอ่านข้อมูลจากหน่วยความ A ลักษณะของสัญญาณที่ได้จะเป็นดังนี้

| WEA | WEB | OEA | OEB |
|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | X |

โดยการนำสัญญาณ WEA และ OEA ต่อเข้ากับขา WR และ OE ของหน่วยความจำ A และสัญญาณ WEB และ OEB ต่อเข้ากับขา WR และ OE ของหน่วยความจำ B ตามลำดับ

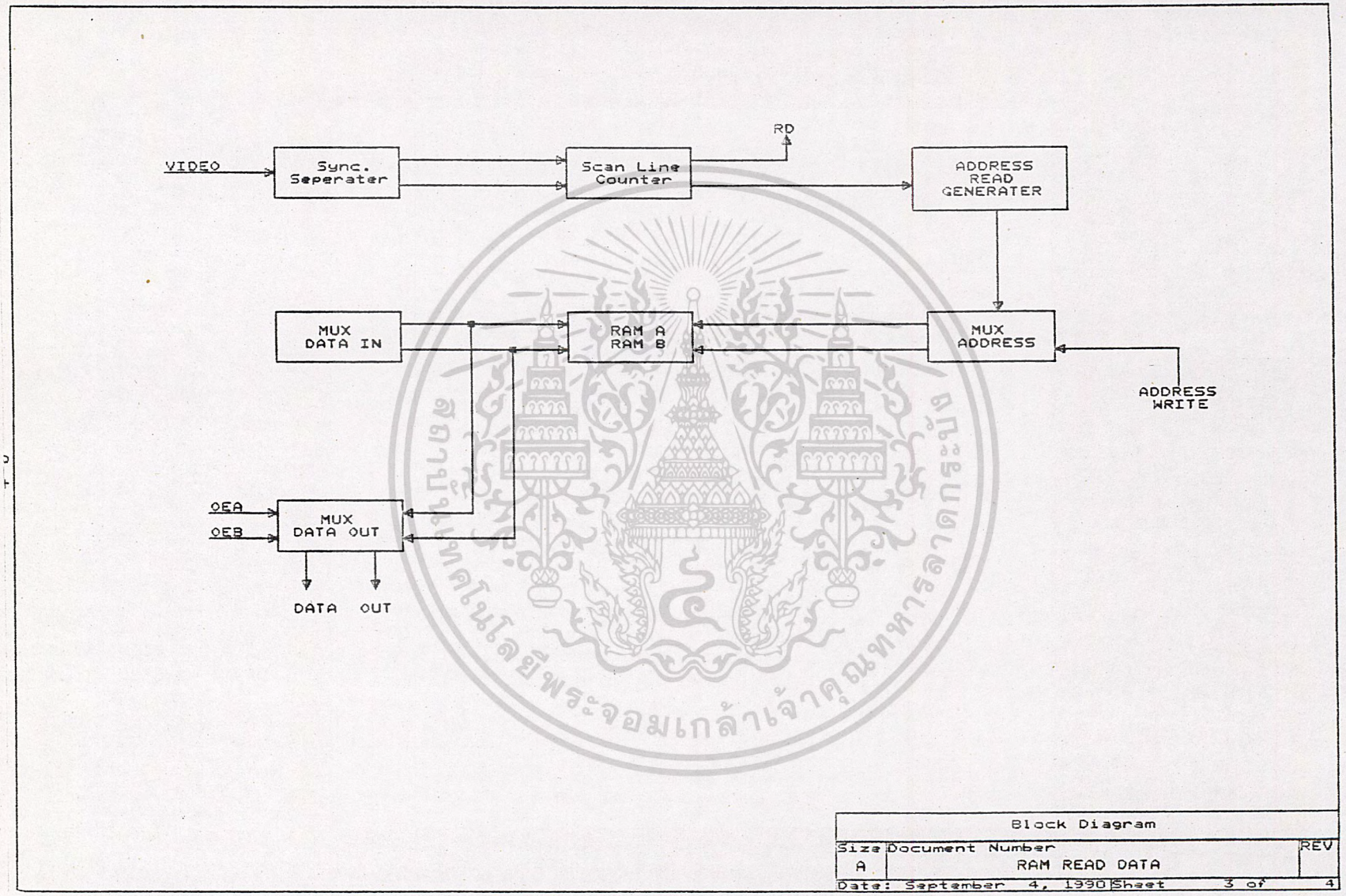
2. <u>ส่วนนำข้อมูลออกจากหน่วยความจำ</u>

การนำข้อมูลออกจากหน่วยความจำนั้น จำเป็นต้องใช้สัญญาณซิงค์จากวีดีโอ มาเป็นสัญญาณอ่านข้อมูลออกจากหน่วยความจำ เพื่อให้ได้รูปแบบของสัญญาณข้อมูลเหมือนกับสัญญาณวีดีโอ คือมีความถี่และเฟสของสัญญาณซิงค์ตรงกัน แต่จะมีจำนวนเส้นสแกนเท่ากับ จำนวนเส้นสแกนของคอมพิวเตอร์ ในแต่ละเฟรมที่แสดงผล เขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 3.3

2.1 วงจรแยกสัญญาณซิงค์ (Sync. Seperator)

จากสัญญาณวีดีโอที่ได้จากเครื่องเล่นวีดีโอ หรือจากกล้องโทรทัศน์ จะผ่านเข้าสู่วงจรแยกสัญญาณซิงค์ เพื่อแยกเอาสัญญาณคอมโพสิตซิงค์ (Composite Sync.) ออกจากสัญญาณวีดีโอ โดยอาศัยหลักการของวงจรคอมพาราเตอร์ (Comparator) จากนั้นนำเอาสัญญาณคอมโพสิตซิงค์ไปแยกให้ได้สัญญาณซิงค์แนวนอน (Hor. Sync.) และสัญญาณซิงค์แนวตั้ง (Ver. Sync.) ออกมาโดยใช้คอมพาราเตอร์ และโมโนสเตเบิ้ลตามลำดับ โดยได้พัฒนาให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นกว่าเดิม โดยในช่วงนี้ความกว้างของสัญญาณที่เป็น High จะแคบกว่าช่วง Low ทำให้ตรวจจับสัญญาณยากลงได้ไม่ทัน จึงทำให้ Hor. Sync. ช่วงดังกล่าวหายไป เราจะสามารถแก้ไขได้โดยใช้ไอซีเบอร์ 74LS221 แทนโดยให้ตรวจจับที่ขอบขาขึ้น และให้ยืดเวลาออกไปประมาณ 45 ไมโครวินาที ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.3 แสดงไดอะแกรมแสดงส่วนของการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ

จะยาวกว่าความกว้างของสัญญาณในช่วงอีควอไลซิงค์พัลส์ (Equalizing pulse) ทำให้ได้สัญญาณซิงค์แนวนอนที่สมบูรณ์

2.2 วงจรนับเส้นสแกน (Scanline Counter)

จะเป็นส่วนที่ใช้สร้างสัญญาณ RD เพื่อใช้ควบคุมการทำงานของหน่วยความจำ RAM ดังกล่าวมาแล้ว โดยสัญญาณ RD จะสร้างมาจากสัญญาณซิงค์แนวตั้งและสัญญาณคอมโพสิทซิงค์ที่ถูกยืดความกว้างของสัญญาณ จนสัญญาณซิงค์แนวนอนในช่วงอีควอไลซิ่งหายไปจนหมด โดยอาศัยวงจรนับเป็นตัวนับจำนวนพัลส์ของสัญญาณซิงค์แนวตั้งให้เท่ากับเส้นสแกนของคอมพิวเตอร์ คือ 200 เส้น ใน CGA โดยจะเริ่มนับเมื่อสัญญาณซิงค์แนวตั้งผ่านไป และมีสัญญาณซิงค์แนวนอนเข้ามา และจะสิ้นสุดลงก่อนสัญญาณซิงค์แนวตั้งลูกต่อไปจะมาถึง ทำให้ได้สัญญาณ RD ตามต้องการ

2.3 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา 14 MHz (14 MHz Generator)

จะเลียนแบบการอ่านข้อมูลของ IBM โดยจะสร้างสัญญาณนาฬิกา 14 MHz ขึ้นมาเพื่อนำไปสร้างเป็นแอดเดรสของหน่วยความจำต่อไป การสร้างสัญญาณนาฬิกา 14 MHz นั้นจะใช้วงจรออสซิเลทโดยการควบคุมระดับแรงดัน (Voltage Control Oscillator: VCO) เพื่อสร้างความถี่ที่ใกล้เคียงกับ 14 MHz แล้วผ่านวงจรหาร

3. <u>ส่วนปรับแต่งข้อมูล</u>

ในส่วนนี้จะเป็นการนำข้อมูลแบบขนานที่อ่านได้จากหน่วยความจำ มาเปลี่ยนเป็นข้อมูลแบบอนุกรม และจัดรูปแบบให้เหมาะสมในการแสดงผล แสดงได้ดังบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 3.4(a)

3.1 มัลติเพล็กซ์ ดาต้า เอาท์ (Multiplex Data Out)

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า มีการใช้หน่วยความจำ 2 ชุด ในการเขียนและอ่านสลับกัน ดังนั้นในการอ่านข้อมูลจึงต้องมีตัวเลือกว่า จะนำข้อมูลจากหน่วยความจำมาใช้และต้องเป็นข้อมูลจากหน่วยความจำชุดที่กำลังอ่านด้วย จึงมีวงจรเลือกข้อมูลที่จะนำมาใช้ ซึ่งวงจรจะถูกควบคุมด้วยสัญญาณ OEA , OEB และสัญญาณ Control

3.2 วงจรเลื่อนข้อมูล

จะเป็นตัวทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณข้อมูลที่อ่านได้ จากข้อมูลแบบขนานมาเป็นข้อมูลแบบอนุกรม โดยใช้สัญญาณนาฬิกา 14 MHz ที่สร้างขึ้น เป็นตัวเลื่อนข้อมูล จะทำให้ได้สัญญาณแบบอนุกรม ของสัญญาณวิดีโอ ดังบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 3.4 (b)

4. <u>ส่วนผสมสัญญาณข้อมูลกับสัญญาณวีดีโอ</u>

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ ผสมสัญญาณข้อมูลซึ่งเป็นสัญญาณวิดีโอของคอมพิวเตอร์ โดยมีความถี่ตรงกับสัญญาณจากวิดีโอเทปแล้วนำไปรวมกับสัญญาณวีดีโอเทป เพื่อนำไปแสดงผลที่จอโทรทัศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 วงจรสร้างสัญญาณข้อมูลเป็นสัญญาณวีดีโอ

สัญญาณข้อมูล ถูกเปลี่ยนแปลงให้เป็นสัญญาณ R,G,B ที่มีน้ำหนักของสี โดยการเลือกสี (Weighted) ขนาด 3 bit นั่นคือได้สัญญาณ R,G,B อย่างละ 3 bit เพื่อป้อนเข้าสู่วงจรการแปลงสัญญาณจากดิจิตอลเป็นอนาลอกแบบวีดีโอแมทริกซ์ (VIDEO MATRIX DAC) วงจรดังกล่าวจะนำสัญญาณ R,G,B ทั้ง 3 bit มาสร้างเป็นสัญญาณ Y , R-Y และ B-Y โดยอาศัยสัญญาณพาลสวิทช์ (PAL Switch) , สัญญาณซิงค์ , สัญญาณแบลงค์ (Blank) และสัญญาณเบิร์สเกท (Burstgate) มาควบคุมสัญญาณ Y , R-Y และ B-Y ที่ได้ถูกส่งเข้าสู่วงจรวีดีโอมอดดูเลเตอร์ (Video Modulator) เพื่อสร้างสัญญาณวีดีโอโดยอ้างอิงกับสัญญาณ Subcarier 4.43 MHz , R-Y และ B-Y ที่สร้างจากวงจรซิงค์สี ทำให้สัญญาณวีดีโอที่ได้ซิงค์กับสัญญาณวีดีโอเทป

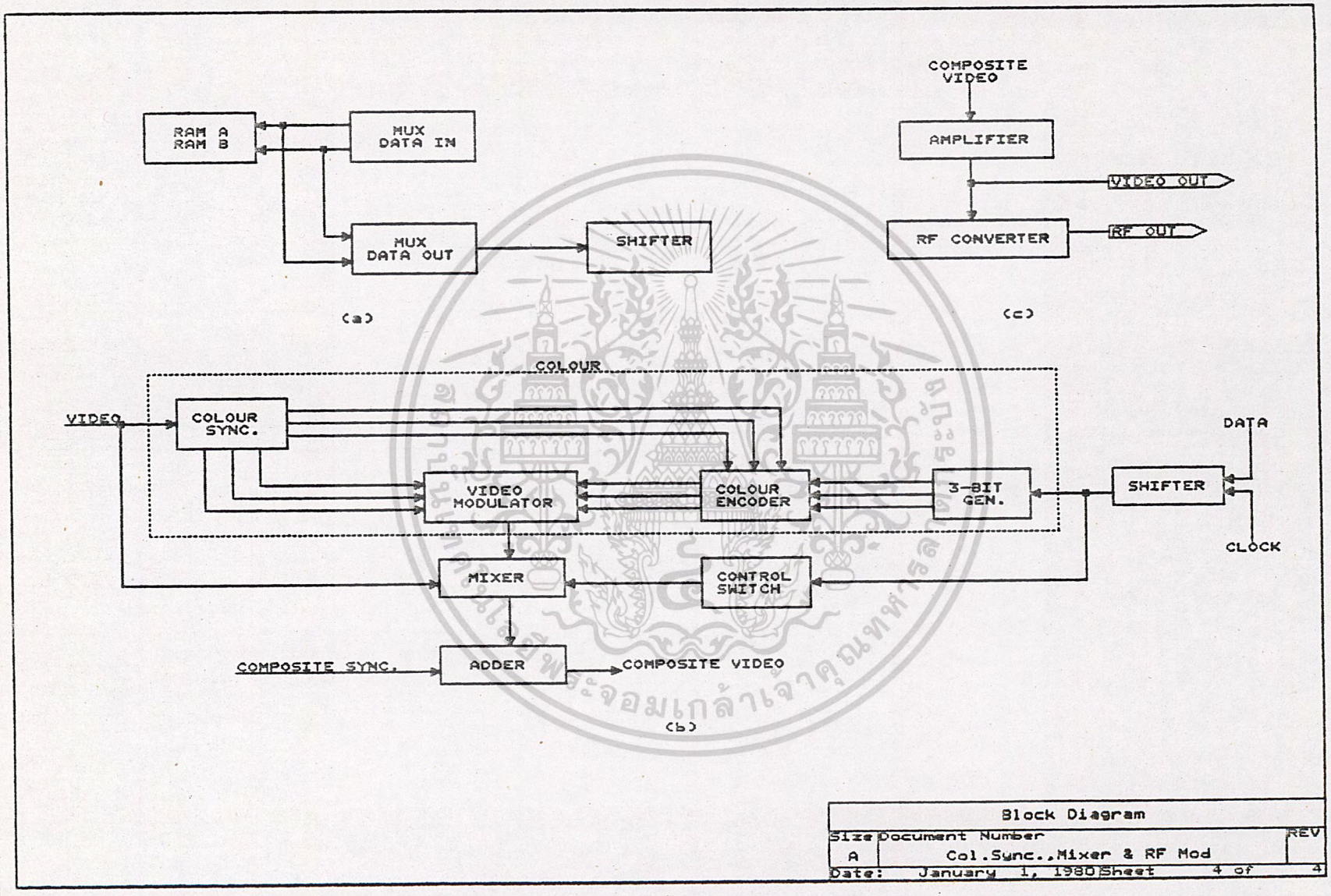
4.2 วงจรผสมสัญญาณวีดีโอเข้าสัญญาณวีดีโอเทป

สัญญาณวีดีโอที่สร้างได้จะถูกผสมกับสัญญาณจากวีดีโอเทปในลักษณะการสวิทช์สับเปลี่ยนจังหวะของสัญญาณ โดยช่วงที่สัญญาณของคอมพิวเตอร์มีสีที่ไม่ใช่สีดำ วงจรสวิทช์จะต่อสัญญาณวีดีโอของคอมพิวเตอร์ออกไป และช่วงที่สัญญาณคอมพิวเตอร์เป็นสีดำ ก็จะส่งสัญญาณของวีดีโอเทปออกไปแทน วงจรสวิทช์จะถูกควบคุมโดยสัญญาณ R,G,B ที่ถูกรวมเข้าด้วยกันเป็นสัญญาณเดียว สัญญาณวีดีโอที่ผ่านจากวงจรสวิทช์จะถูกผสมกับสัญญาณคอมโพสิทซิงค์ (Composite Sync.) เพื่อให้ได้สัญญาณวีดีโอ (Composite Video) ออกมา

5. <u>วงจร RF Modulator</u>

การทำงานในส่วนนี้จะเป็นการนำสัญญาณคอมโพสิทวีดีโอที่ได้มาขยายเพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสม สัญญาณที่ขยายแล้วนี้สามารถต่อกับโทรทัศน์ ทางช่อง VIDEO INPUT ได้ทันทีแต่ในกรณีที่โทรทัศน์ไม่มีช่อง VIDEO INPUT ก็จำเป็นต้องทำการมอดดูเลทสัญญาณให้เป็นสัญญาณ RF โดยจะใช้ RF Converter ซึ่งเป็นวงจรที่ทำการมอดดูเลทความถี่สูงของสัญญาณพาหะในช่อง 3 หรือช่อง 4 ได้ดังบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 3.4(c)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.4 แสดงบล็อกไดอะแกรม (a) ส่วนปรับแต่งสัญญาณ
(b) ส่วนผสมสัญญาณข้อมูลกับสัญญาณวิดีโอ (c) ส่วน RF Modulator

วงจรเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำ

เนื่องจากการสแกนของคอมพิวเตอร์ กับวีดีโอเป็นคนละระบบกัน จึงเปลี่ยนการสแกนภาพของคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในระบบเดียวกับวีดีโอ โดยในขั้นต้นต้องนำสัญญาณภาพเก็บลงในหน่วยความจำ ซึ่งจะมีวงจรควบคุมต่างๆ ดังนี้

- วงจรสร้างสัญญาณควบคุมการทำงานหลัก (Clock & Control)
- วงจรควบคุมการอ่านและเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำ (Read/Write Control)
- วงจรเลื่อนข้อมูล (Data Shift)
- วงจรมัลติเพล็กซ์ข้อมูล (Multiplex Data Input)
- วงจรสร้างสัญญาณแอดเดรสการเขียนข้อมูล (Address Write Generator)

1 วงจรสร้างสัญญาณควบคุมการทำงานหลัก (Clock & Control)

ในส่วนนี้จะทำหน้าที่สร้างสัญญาณย่อย ควบคุมการทำงานย่อยของวงจรอื่นทั้งหมด ดังแสดงวงจรในรูปที่ 3.5

จากรูปจะเห็นว่า เราป้อนสัญญาณ 16.257 MHz จากคอมพิวเตอร์มาป้อนให้กับวงจรนับ 8 ซึ่งใช้ JK-F/F (7473) 3 ตัวต่อกัน โดยที่ JK-F/F ทั้งสามตัวจะถูกควบคุมการทำงานที่ขา CL โดยใช้สัญญาณจาก HOR.Sync. ของคอมพิวเตอร์ ซึ่งเอาท์พุทจะเป็นสัญญาณ CLK.DOT. ป้อนเข้า JK-F/F อีกครั้งหนึ่ง แล้วเอาท์พุท Q และ Q~ มาแอนด์กับสัญญาณ 16.257 MHz และใช้สัญญาณจาก Ver.Sync. ของคอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานของ JK-F/F ที่ขา CL ก็จะได้สัญญาณ Clock I และ Clock II ซึ่งช่วง High และ Low ของ Clock I และ II จะมีความกว้างเท่ากับ 16.257 MHz จำนวน 8 ลูก แต่จะมีลักษณะตรงข้ามกันเพื่อที่จะทำงานสลับกันระหว่าง Clock I และ II

2 วงจรควบคุมการอ่าน/เขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำ (Read/Write Control)

การใช้งานหน่วยความจำ จำเป็นต้องมีสัญญาณมาควบคุมการทำงาน เพื่อที่จะสามารถทำงานได้ตามต้องการ เราจะพิจารณาการทำงานของวงจรในรูปที่ 3.5 สัญญาณนาฬิกานับ 8 ที่ได้กล่าวมาตอนต้น จะถูกขยายคาบเวลาออกไปประมาณ 2.5 เท่า โดยอาศัย Monostable Multivibrator (74LS221) สัญญาณที่ขยายแล้วจะป้อนให้กับ OR gate (74LS32) A และ B สำหรับ ส่วนกลับของสัญญาณชิงค์แนวตั้งจะผ่าน JK-F/F ที่ต่อเป็น T-F/F (7473A) โดยจะทำหน้าที่เปิดเกท (7408/C) และ (7408/D) ให้สัญญาณอ่านออกไปโดยจะทำงานสลับกัน ดังนั้นสัญญาณที่ออกจากเกทดังกล่าวจะตรงข้ามกัน โดยสัญญาณเอาท์พุทที่ขา Q จะเป็นสัญญาณ OEA ส่วนสัญญาณเอาท์พุทที่ขา Q~ จะเป็นสัญญาณ OEB สัญญาณทั้งสองจะ NAND กับสัญญาณจากขา 13 ของ 74LS221/A เกิดเป็นสัญญาณ Write Enable (WE) สองสัญญาณที่ไปควบคุมการเขียนข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มูลของหน่วยความจำ โดยที่เอาท์พุทของ 7400/C และ 7400/D ที่ได้มาจากขาเอาท์พุท Q ของ 7473 จะเป็นสัญญาณ WEA ใช้เป็นสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลลง RAM A ส่วนเอาท์พุทของ 7400 อีกตัวที่ได้มาจากขาเอาท์พุท Q~ ของ 7473 จะเป็นสัญญาณ WEB ใช้เป็นสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลลง RAM B

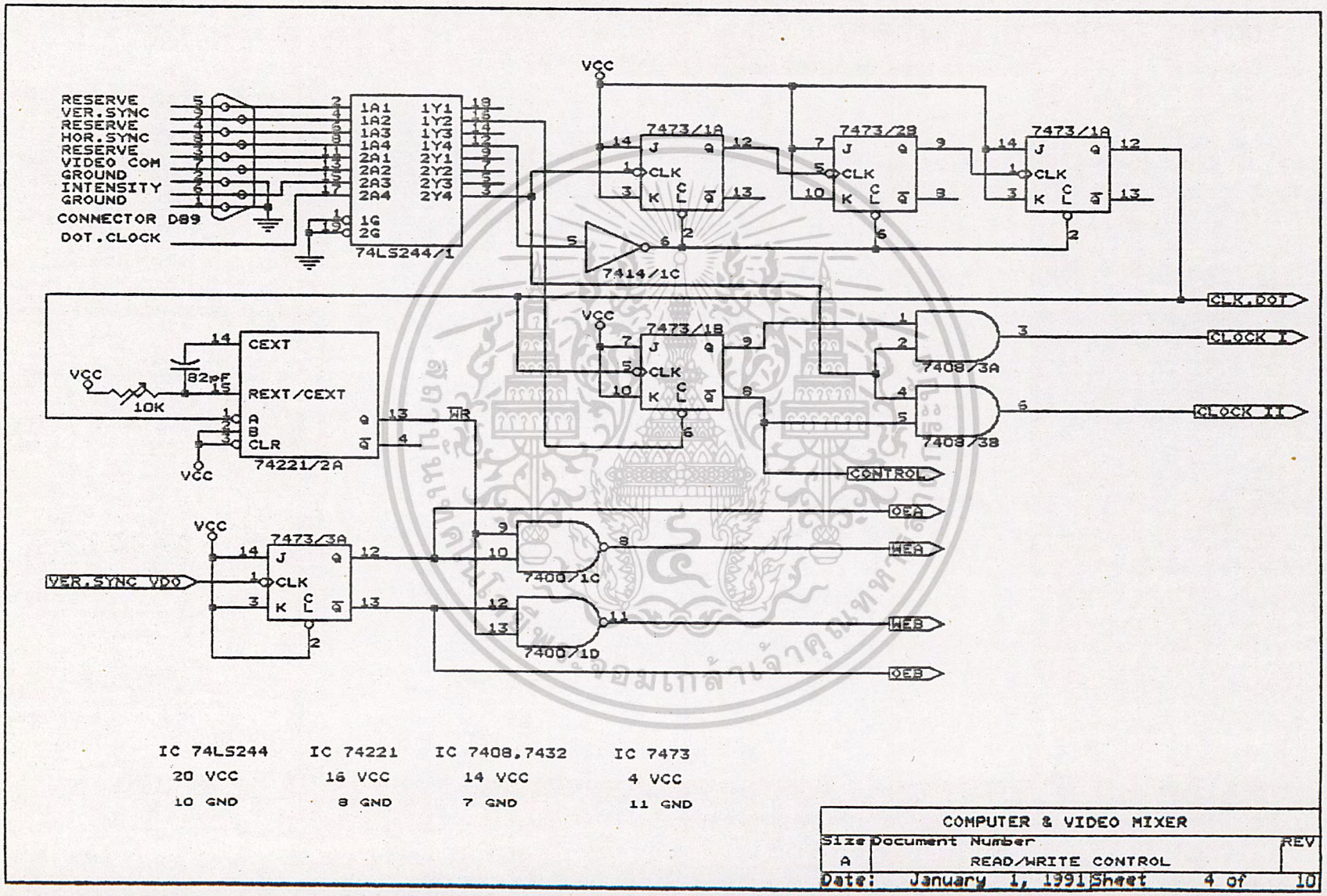
และเนื่องจาก OEA และ OEB จะต่อกับ OE ของหน่วยความจำชุด A และ ชุด B ตามลำดับเช่นกัน ซึ่งในกรณีนี้จะเห็นได้ว่าหน่วยความจำชุด A จะทำงานในวงรอบของการเขียน (Write Cycle) ขณะที่หน่วยความจำชุด B ทำงานในวงรอบการอ่าน (Read Cycle) เพื่อสัญญาณอ่านข้อมูลลูกใหม่มาถึง ขา 12 และขา 13 ของ 7473/A จะเปลี่ยนสลับกันทำให้การทำงานของหน่วยความจำทั้งสองชุดสลับกันด้วย สัญญาณทั้งหมดที่ได้แสดงดังรูปที่ 3.6

3 วงจรเลื่อนข้อมูล (Data Shift)

วงจรเลื่อนข้อมูลนี้ จะทำการเปลี่ยนข้อมูลแบบอนุกรมให้เป็นข้อมูลแบบขนานขนาด 8 บิท ข้อมูลที่ได้จะถูกนำไปเก็บลงในหน่วยความจำ (RAM) ที่เหมาะสม ดังแสดงในรูปที่ 3.7

จากวงจรในรูปที่ 3.7 74LS164 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเปลี่ยนข้อมูลอนุกรม ให้เป็นข้อมูลแบบขนาน (SOPI Shift Register:74LS164) จะเปลี่ยนสัญญาณสี (R,G,B,I) ให้เป็นสัญญาณแบบขนาน (เนื่องจากสัญญาณสีมีทั้ง 4 สัญญาณ ดังนั้นจึงต้องใช้วงจรเลื่อนข้อมูล 4 ชุดด้วยกัน) โดยอาศัยสัญญาณนาฬิกาเลื่อนข้อมูล Clock I และ Clock II จากรูป 3.5 ซึ่งจะมีผลทำให้ 74LS244 ทั้งสองตัว ทำงานสลับกัน โดยขณะที่มีสัญญาณ CLOCK I เป็น High เข้ามาที่ 74LS164 ตัวแรก จะทำให้ 74LS164 นำเอาข้อมูลแบบอนุกรมเข้ามาในขณะเดียวกันจะไม่มีข้อมูลเข้าไปที่ 74LS164 อีกเลย เพราะว่า CLOCK II ขณะนั้นเป็น Low ข้อมูลที่ออกจาก 74LS164 ตัวแรกจะไปรออยู่ที่อินพุท B ของ 74LS157 ทั้งสองตัว โดยจะรอสัญญาณโหลดจาก CONTROL และในขณะที่ CLOCK II เป็น High เข้ามาที่ 74LS164 ตัวที่สอง ข้อมูลจะถูกส่งเข้าไปใน 74LS164 ตัวที่สอง และจะส่งผ่านออก 74LS164 ตัวที่สอง ไปรอที่ขาอินพุท A ของ 74LS157 ทั้งสองตัว ในขณะเดียวกัน CLOCK I จะเป็น Low และจะไม่มีข้อมูลใดถูกส่งเข้าไปใน74LS164 ตัวแรก ในช่วงเวลานี้ และเพราะที่สัญญาณ CONTROL มีค่าเป็น High พร้อมกับ CLOCK II จึงทำให้ข้อมูลชุดก่อนที่รออยู่ที่ขาอินพุท B ของ 74LS157 ทั้งสองตัว ถูกส่งออกไปที่อินพุทของ 74LS244 ตัวที่ 1 กับตัวที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.5 แสดงวงจรสัญญาณควบคุมการทำงานหลัก และการอ่าน/เขียนข้อมูล

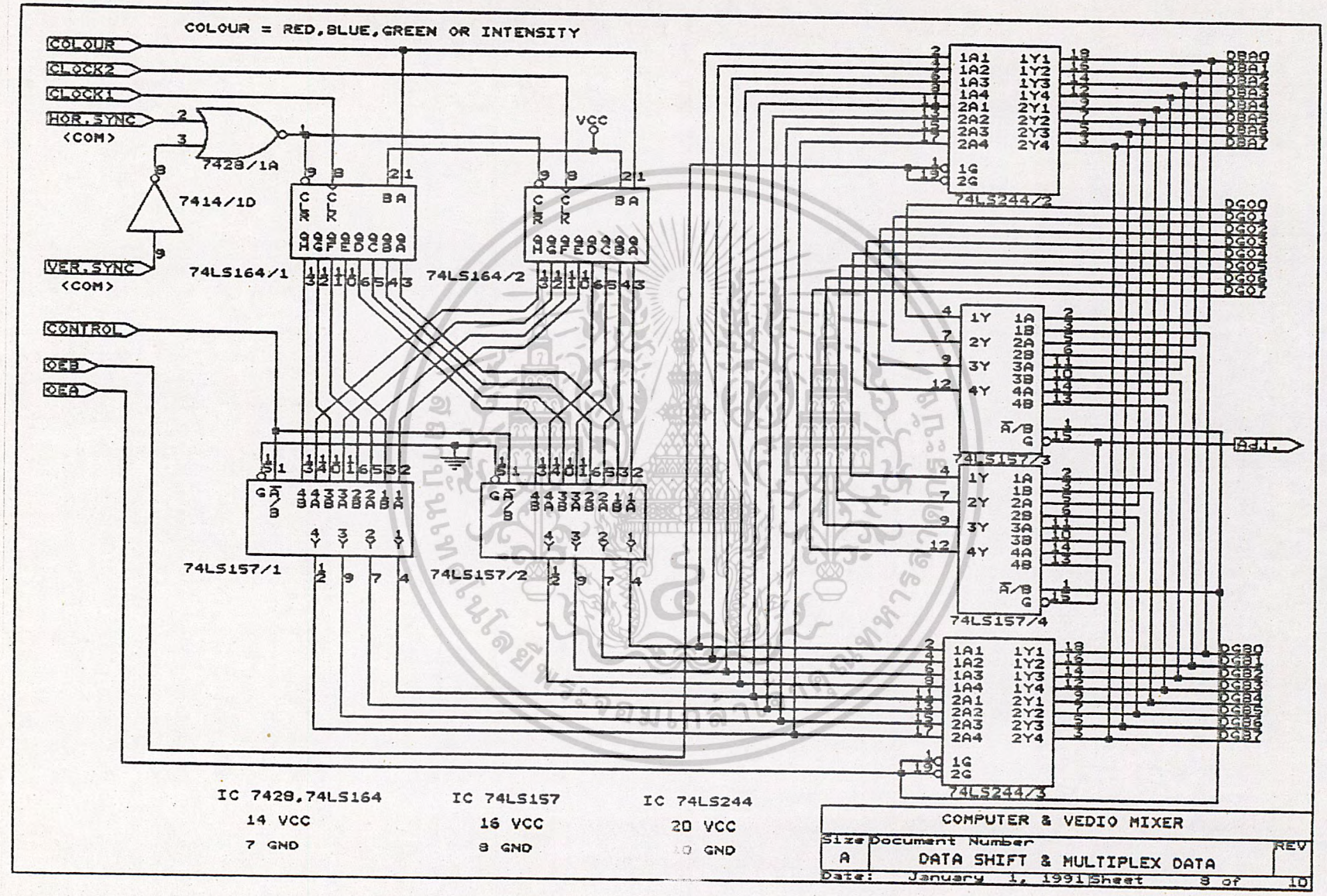
รูปที่ 3.6 แสดงสัญญาณควบคุมการอ่าน/เขียนข้อมูลในหน่วยความจำ

4 วงจรมัลติเพล็กซ์ข้อมูล (Multiplex Data Input)

วงจรมัลติเพล็กซ์ข้อมูลจะทำหน้าที่เลือกว่าจะให้ข้อมูล 8 บิทชุดใดออกไปทั้งนี้จะอยู่ภายใต้การควบคุมของสัญญาณ Control ที่กล่าวมาแล้ว โดยใช้สัญญาณ OEA และ OEB ควบคุมว่า Read หรือ Write Multiplex การที่ต้องใช้ตัวเลื่อนข้อมูลถึง 2 ตัว เนื่องจากว่าสัญญาณภาพมีฐานเวลาเป็นความถี่ 14 MHz หรือ 71.43 nsec แต่หน่วยความจำที่ใช้มีค่าแอคเซสไทม์ (access time) เท่ากับ 150 nsec ซึ่งมากเกินกว่าเวลาที่มีอยู่จริงทำให้หน่วยความจำทำงานไม่ทัน จึงต้องใช้ตัวเลื่อนข้อมูล 2 ชุด เพื่อเพิ่มเวลาให้กับหน่วยความจำ โดยจะเพิ่มได้ประมาณ 510 nsec (เท่ากับ 14MHz จำนวน 8 ลูก) สัญญาณข้อมูลที่ได้จะผ่านบัฟเฟอร์ (buffer:74LS 244) 2 ตัวเพื่อที่จะนำไปเก็บลงในหน่วยความจำที่เหมาะสมทั้งนี้อยู่ภายใต้การควบคุมของสัญญาณเอาท์พุทเอนาเบิ้ล (output enable : OEA,OEB) โดยถ้าสัญญาณ OEA เป็น High โดยที่ OEB เป็น Low ในกรณีที่ RAM B จะทำการอ่าน โดย 74LS244 ตัวแรก จะนำข้อมูลที่ได้มาผ่านไปเก็บไว้ใน RAM A ขณะที่ข้อมูลจาก RAM B จะถูกอ่านออกมาโดยผ่าน 74LS157 ทั้งสองตัวที่ทำหน้าที่ Multiplex ข้อมูลออก ซึ่งใช้สัญญาณควบคุมจาก OEA ซึ่งในขณะที่ OEA เป็น High ข้อมูลจะผ่านเข้าทาง Input ขา B ของ 74LS157 ทั้งสองตัว และ Output ของ 74LS157 ทั้งสองตัวนี้จะถูกส่งผ่านไปยัง 74LS373 เพื่อทำการ Latch ข้อมูลต่อไป

ในทางกลับกัน ถ้าสัญญาณ OEA เป็น Low โดยที่สัญญาณ OEB เป็น High ก็จะทำการพิจารณาในลักษณะตรงข้ามกัน RAM A จะทำการอ่าน โดยที่ 74LS244 ตัวที่สอง จะนำข้อมูลที่ได้มาผ่านไปเก็บไว้ใน RAM B ขณะที่ข้อมูลจาก RAM A จะถูกอ่านออกมาโดยผ่าน 74LS157 สองตัว ที่ทำหน้าที่ Multiplex ข้อมูลออก ซึ่งใช้สัญญาณควบคุมจากสัญญาณ OEA ในขณะที่สัญญาณเป็น Low ข้อมูลจะผ่านเข้าทาง Input ขา A ของ 74LS157 สองตัว และ Output ที่ได้จาก 74LS157 ทั้งสองตัวนี้จะถูกส่งไปยัง 74LS373 เพื่อทำการ Latch ข้อมูลต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3.7 สัญญาณทั้งหมดที่ได้แสดงดังรูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



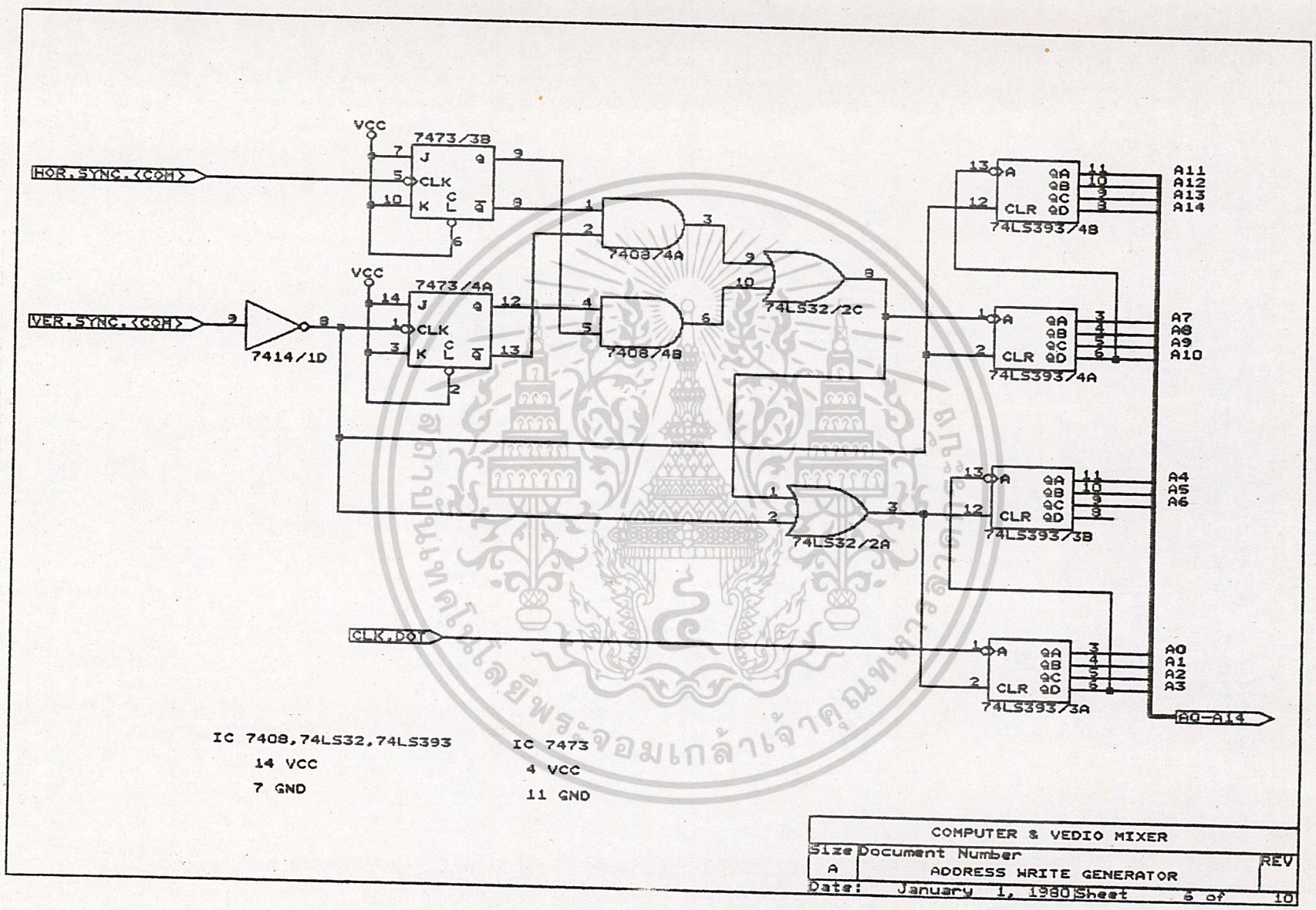

รูปที่ 3.7 แสดงวงจรสัญญาณและมัลติเพล็กซ์

รูปที่ 3.8 แสดงรูปสัญญาณของวงจรอินพุตและเอาต์พุตของ IC เบอร์ต่างๆ

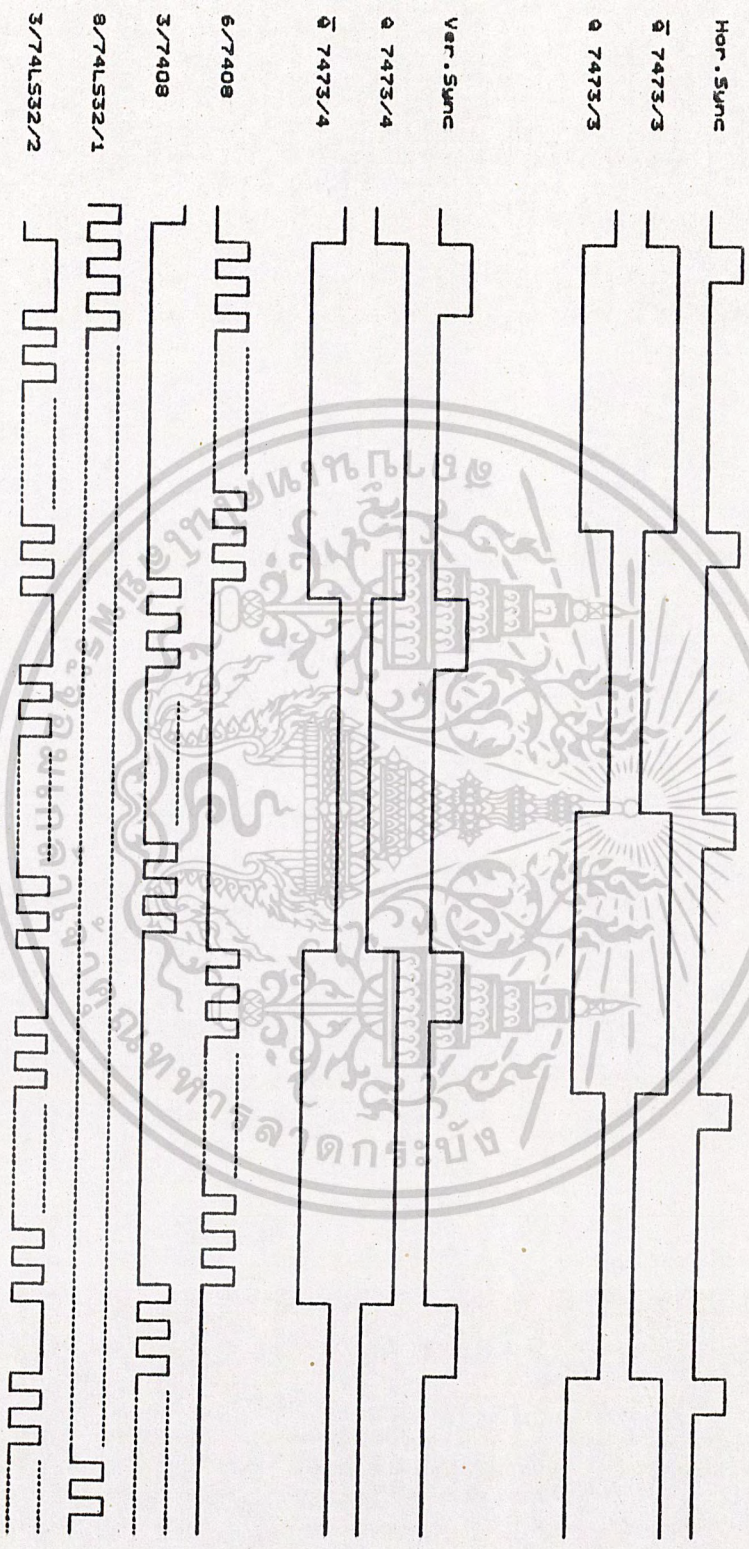
5 วงจรสร้างสัญญาณแอดแดรสการเขียนข้อมูล (Address Write Generator)

การเก็บข้อมูลลงในหน่วยความจำ จำเป็นต้องมีแอดเดรสเพื่อที่จะสามารถเก็บข้อมูลลงในหน่วยความจำ RAM ในตำแหน่งที่ถูกต้องได้ โดยให้ข้อมูลเรียงต่อกัน และสะดวกในการอ่าน ดังแสดงในรูปที่ 3.9 โดยใช้ Binary Counter (74LS393) โดยนำมาต่อเป็นวงจรนับฐาน 2 ขนาด 8 bit จำนวน 2 ชุด ชุดแรกจะใช้สัญญาณนาฬิกา (14 MHz) ที่นับแปดมาเป็นสัญญาณที่ใช้นับ เนื่องจากการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำ จำนวนเส้นของคอมพิวเตอร์ในโหมดโมโนโครมมี 350 เส้นและมีการสแกนครั้งเดียวแต่โทรทัศน์มีจำนวนเส้นสแกน 312.5 เส้นใน 1 ฟิลด์ดังนั้นเราจึงอ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ โดยอ่านเส้นสลับเส้นใน 1 ภาพ และสลับกันในแต่ละภาพ คือครั้งแรกอ่านเส้นคี่ หลังจากนั้นภาพต่อไปอ่านเส้นคู่ โดยใช้สัญญาณ Ver.Sync จากคอมพิวเตอร์มาควบคุมซึ่งจะไปสร้างแอดแดรสสำหรับการเขียนข้อมูลโดยการนำ Hor.Sync และ Ver.Sync มาผ่านวงจร Toggle แล้วนำมาแอนด์กันเพื่อสลับการเขียนข้อมูลในแต่ละภาพเป็นเส้นคี่และเส้นคู่สลับกันและใช้สัญญาณที่ได้จากการ OR ระหว่างสัญญาณ ดังกล่าวมาเป็นสัญญาณเคลียร์ (Clear) ของวงจรนับ วงจรนับชุดแรกนี้สามารถนับสัญญาณได้ประมาณ 128 ครั้ง (ประมาณเท่ากับข้อมูลซึ่งอยู่ในช่วง 1 เส้นแสกน) วงจรนับชุดแรกจะใช้เป็นสัญญาณแอดแดรสไบท์ต่ำ (Low byte) ของหน่วยความจำ นั่นคือจะเป็นตัวกำหนดตำแหน่งให้กับข้อมูลแต่ละไบท์ในหนึ่งเส้นสแกน สำหรับวงจรชุดที่สองจะใช้ Hor.Sync. ที่ผ่านวงจร Togle เพื่อเขียนข้อมูลเส้นสลับเส้นมาเป็นสัญญาณนำมาใช้นับ และใช้สัญญาณ Ver.Sync ที่ผ่านวงจร Toggle เป็นสัญญาณเคลียร์ เอาท์พุทที่ได้จะใช้เป็นสัญญาณแอดเดรสไบท์สูง (High byte) ของหน่วยความจำ นั่นคือจะเป็นตัวกำหนดตำแหน่งให้กับข้อมูลบนเส้นสแกนแต่ละเส้นแสดงดังรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.9 แสดงวงจรสร้างสัญญาณแอดเดรสสำหรับการเขียนข้อมูล




รูปที่ 3.10 แสดงรูปสัญญาณของวงจรสร้างแอดเดรสสำหรับการเขียนข้อมูล

วงจรเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำ

เมื่อเรานำสัญญาณภาพจากคอมพิวเตอร์ เก็บเข้าไปในหน่วยความจำ ต่อไปเราจำเป็นต้องนำสัญญาณ Sync. จากเครื่องเล่นวีดีโอ มาทำการควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำเพื่อให้ได้รูปแบบของสัญญาณเหมือนกันกับสัญญาณวีดีโอ คือมีความถี่และเฟสซิงค์ตรงกันและมีจำนวนเส้นสแกนเท่ากับเส้นสแกนของคอมพิวเตอร์ในการแสดงผลในแต่ละเฟรมได้ ดังนี้

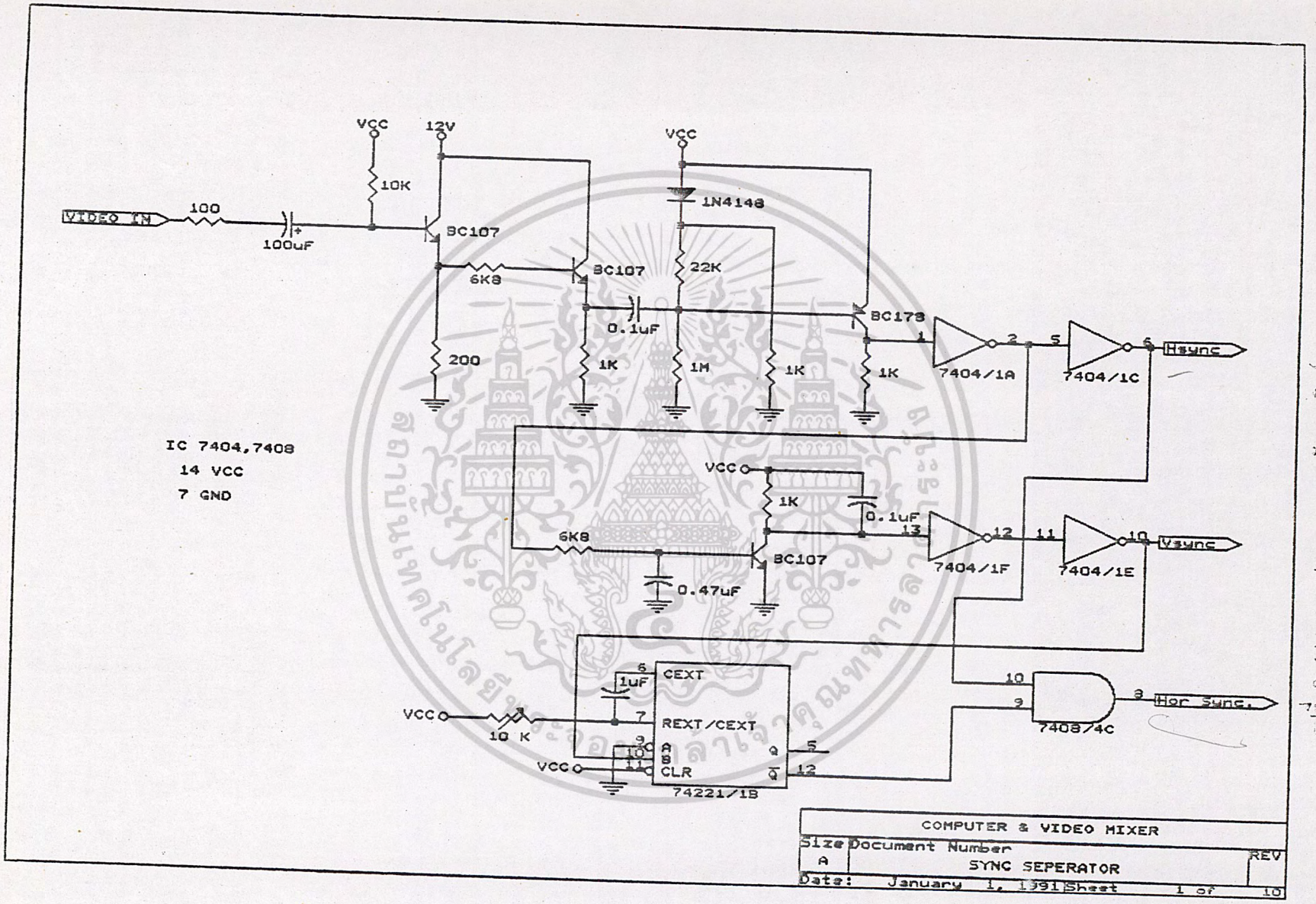
- ส่วนวงจรแยกสัญญาณซิงค์ (Sync. Seperator)
- ส่วนวงจรนับเส้นสแกน (Scanline Counter)
- ส่วนวงจรสร้างแอดเดรสการอ่าน (Address Read Generator)

1 วงจรแยกสัญญาณการสแกน (Sync. Seperator)

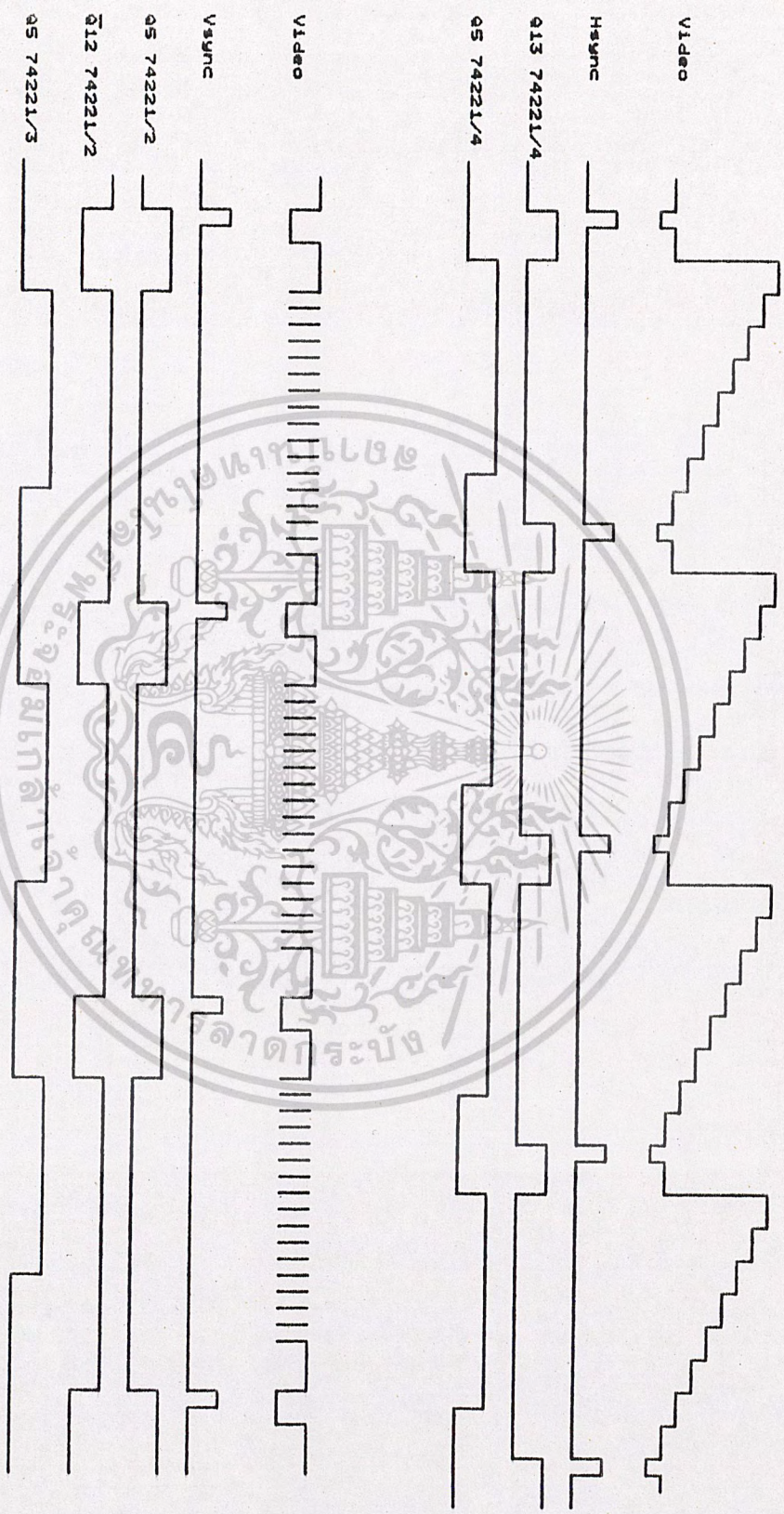
วงจรนี้เป็นวงจรที่ใช้แยกสัญญาณการสแกนในแนวตั้ง (Ver. Sync.) สัญญาณสแกนในแนวนอน (Hor. Sync.) โดยนำสัญญาณมาจากโทรทัศน์นั่นเอง เราแยกสัญญาณการสแกนเพื่อนำไปใช้ในการควบคุมการสแกนของคอมพิวเตอร์ เพื่อเปลี่ยนการสแกนของคอมพิวเตอร์เข้ากับสัญญาณโทรทัศน์ได้ โดยสัญญาณที่แยกนี้จะนำไปกำหนดการนับเส้นสแกน (Scan Line Counter) เพื่อดึงข้อมูลจากหน่วยความจำ และใช้ในการสร้างสัญญาณความถี่ 14 MHz ให้มีเฟสตรงกันกับสัญญาณการสแกนในแนวนอน ดังแสดงในรูปที่ 3.11(a) สามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้ คือ

จากรูป 3.11(a) เริ่มจากการนำเอาสัญญาณ Video มาแยกเอาสัญญาณซิงค์ โดยลักษณะคล้ายกับการเปรียบเทียบแรงดัน คือช่วงที่มีสัญญาณซิงค์แรงดันของสัญญาณ Video จะต่ำกว่าระดับ 0 V ซึ่งช่วงนี้จะทำให้กระแสสามารถไหลผ่านทรานซิสเตอร์ Q8 ก็จะทำให้มีโวลเตจตกคร่อม R 1K ซึ่งคือสัญญาณซิงค์ในแนวนอนโดยมีสัญญาณซิงค์ในแนวตั้งร่วมอยู่ด้วย ส่วนสัญญาณซิงค์ในแนวตั้งได้จากการเอาสัญญาณซิงค์ในแนวนอนมาผ่าน Low Pass Filter จะได้สัญญาณออกมาที่ขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ เนื่องจากสัญญาณระดับ Low ไม่ได้อยู่ที่ระดับกราวด์พอดีจึงต้องนำเอามาผ่านอินเวอร์เตอร์ก่อน ซึ่งสัญญาณที่ได้แสดงดังรูปที่ 3.11(b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 3.11 (b) แสดงรูปสัญญาณของวงจรแยกสัญญาณซิงค์

2 วงจรนับเส้นสแกน (Scan Line Counter)

การนำเอาสัญญาณภาพจากเครื่องเล่นวีดีโอเทป หรือจากกล้องโทรทัศน์มาผ่านวงจรแยกสัญญาณซิงค์ (Sync. Seperator) เพื่อทำการแยกสัญญาณซิงค์ต่างๆออกมา ซึ่งจะนำมาใช้เป็นสัญญาณควบคุมวงจรบางส่วน ซึ่งอาศัยหลักการของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ (Comparator) โดยจะได้สัญญาณคอมโพสิตซิงค์ (Composite sync.) สัญญาณซิงค์แนวตั้ง (Vertical Sync) และสัญญาณซิงค์แนวนอน (Horizontal Sync.) โดยนำเอาสัญญาณซิงค์แนวตั้งและสัญญาณคอมโพสิตซิงค์ ไปเข้าวงจรนับเส้นสแกน (Scan Line Counter) เพื่อทำการนับเส้นสแกนใน 1 ฟิลด์ โดยสัญญาณซิงค์แนวตั้งจะไปกำหนดการสแกนตามแนวตั้ง และสัญญาณคอมโพสิตซิงค์จะไปกำหนดการเริ่มสแกนในแนวนอน ซึ่งจำนวนเส้นที่นับในระบบนี้มีอยู่ 2 แบบด้วยกัน คือ การเลือกนับจำนวนเส้น 175 เส้น หรือ 200 เส้น เนื่องจากได้ทำการออกแบบไว้ใช้งานได้กับการแสดงผลที่เป็นแบบโมโนโครม (Monochrome Display) และ แบบที่เป็นจอสี (Color Display) โดยทำการเลือกโหมดที่ใช้สวิทช์เป็นตัวเลือกว่าขณะนี้ใช้งานในโหมดจอโมโนโครม หรือโหมดจอสี ในส่วนวงจรนับเส้นสแกนนี้จะสร้างสัญญาณการอ่าน (Read Signal:RD) เพื่อทำการอ่านข้อมูลออกจากหน่วยความจำ และจะนำไปควบคุมวงจรสร้างสัญญาณแอดเดรส (Address Read Generator) โดยที่ค่าแอดเดรสนี้จะถูกมัลติเพล็กซ์ (Multiplex) เข้าสู่หน่วยความจำในช่วงอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ วงจรแสดงดังรูปที่ 3.12

สัญญาณซิงค์แนวตั้งที่ได้จากการแยกในวงจรแยกซิงค์ (Sync. Seperator) จะส่งไปยังวงจรโมโนสเตเบิ้ล (Monostable Multivibrator:74221) เพื่อทำการยืดพัลซ์ที่ขอบขาขึ้นจนกระทั่งขอบขาลงของพัลซ์อยู่ที่ Hor.Sync ลูกแรกที่ทำการนับจำนวนเส้นสแกนแล้วนำสัญญาณที่ได้นี้เป็นสัญญาณพรีเซต (Preset:PR) ของ ดี-ฟลิปฟลอป (D-Flipflop:7474) ตัวแรกซึ่งมีขา D ต่อลงกราวด์ ดังนั้นขา Q หรือ เอาท์พุทจะเป็น 1 (High) เมื่อนำสัญญาณซิงค์แนวตั้งไปเป็นตัวกริกวงจรโมโนสเตเบิ้ล (Retriggable Monostable Multivibrator:74123) เพื่อเป็นตัวกำหนดการสแกนในแนวนอนว่าจะเริ่มที่จุดใด โดยให้ขอบขาลงของพัลซ์ที่ยืดออกอยู่ตรงกับจุดที่เริ่มมีสัญญาณภาพ ผ่านไปเป็นสัญญาณนาฬิกา ของดี-ฟลิปฟลอปตัวแรก ทำให้ Q ตกลงเป็น 0 แล้วสัญญาณเคลียร์ (Clear:CLR) ของวงจรนับเลขฐานสอง 4 หลัก (4 Bit Binary Counter :74393) ซึ่งได้จากการนำเอาสัญญาณซิงค์แนวนอนที่ทำการยืดพัลซ์ออกมาเป็นสัญญาณอินพุทของวงจรนับเลขฐานสอง เพื่อนับสัญญาณอินพุทซึ่งได้ตั้งค่าการนับจำนวนเส้นสแกนไว้ โดยทำการตั้งค่าเป็น 175 เส้น และ 200 เส้น ซึ่งจะสามารถทำ

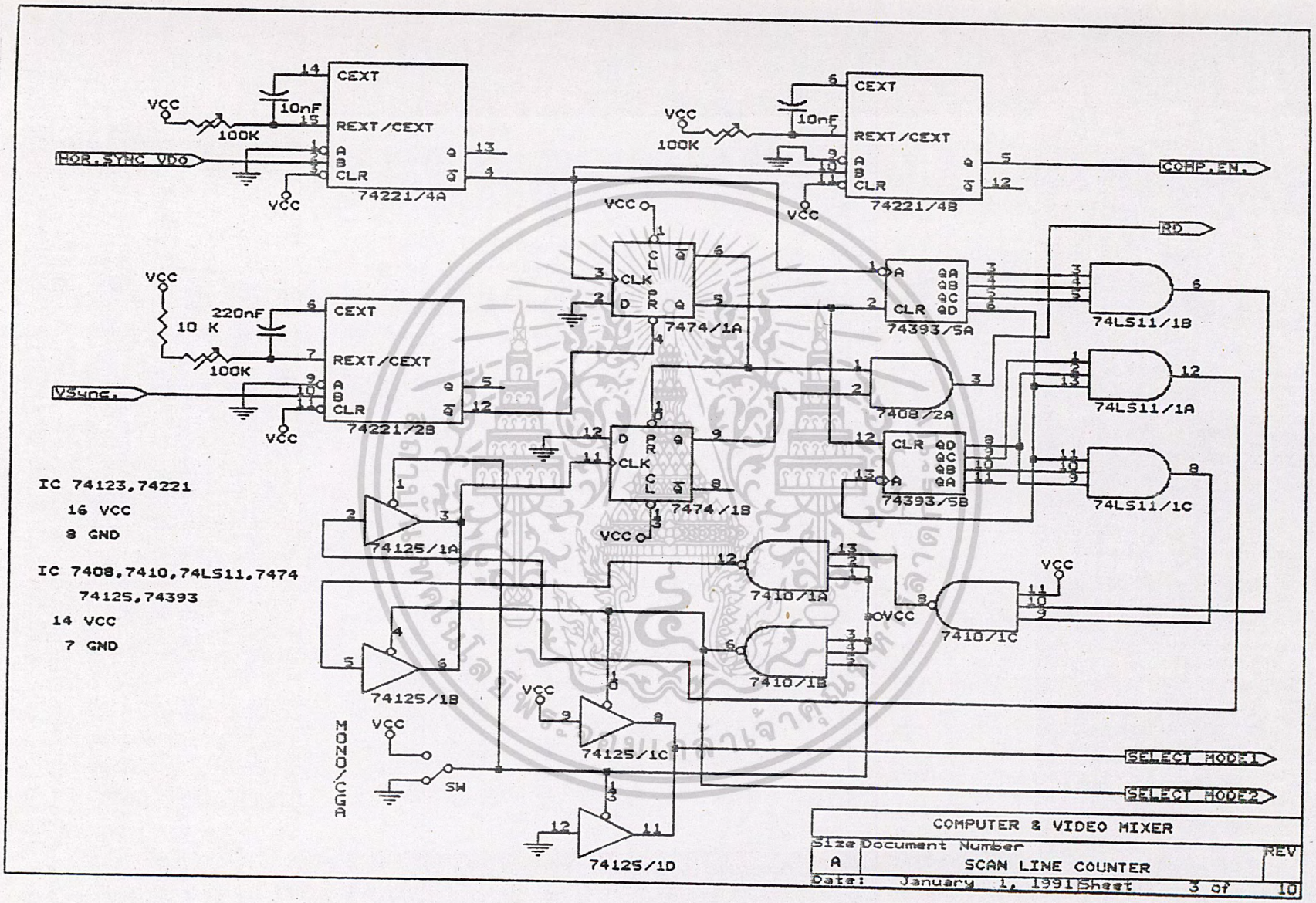
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนโหมดการนับด้วยการสวิทช์เลือก 2 ทาง ว่าจะต้องการใช้ในโหมดโมโนโครม (สำหรับในโหมดจอโมโนโครม เนื่องจากระบบมีการสแกนแบบอินเตอร์เลซ :Interlace จึงมีจำนวนเส้นสแกนเพียง 350 เส้นใน 1 ฟิลด์) หรือโหมดสีตามลำดับ โดยการนำเอาเอาท์พุทของวงจรนับเลขฐานสองมาทำการแอนด์ (AND)กัน เพื่อทำการตรวจสอบค่าเอาท์พุทว่าเป็นค่าที่ต้องการหรือไม่ เมื่อได้แล้วก็จะนำสัญญาณที่ได้นี้ไปคอนโทรลบัฟเฟอร์ 3 สถานะ ( 3-State Buffer : 74125) ซึ่งเมื่อทำการนับสัญญาณครบเท่ากับจำนวนที่ตั้งไว้เอาท์พุทของบัฟเฟอร์ที่ขา 3Y และ 4Y (สัญญาณ Select Mode) จะมีสถานะเป็น 1 และจะนำไปควบคุมวงจรสร้างสัญญาณแอดเดรส (Address Read Generator)

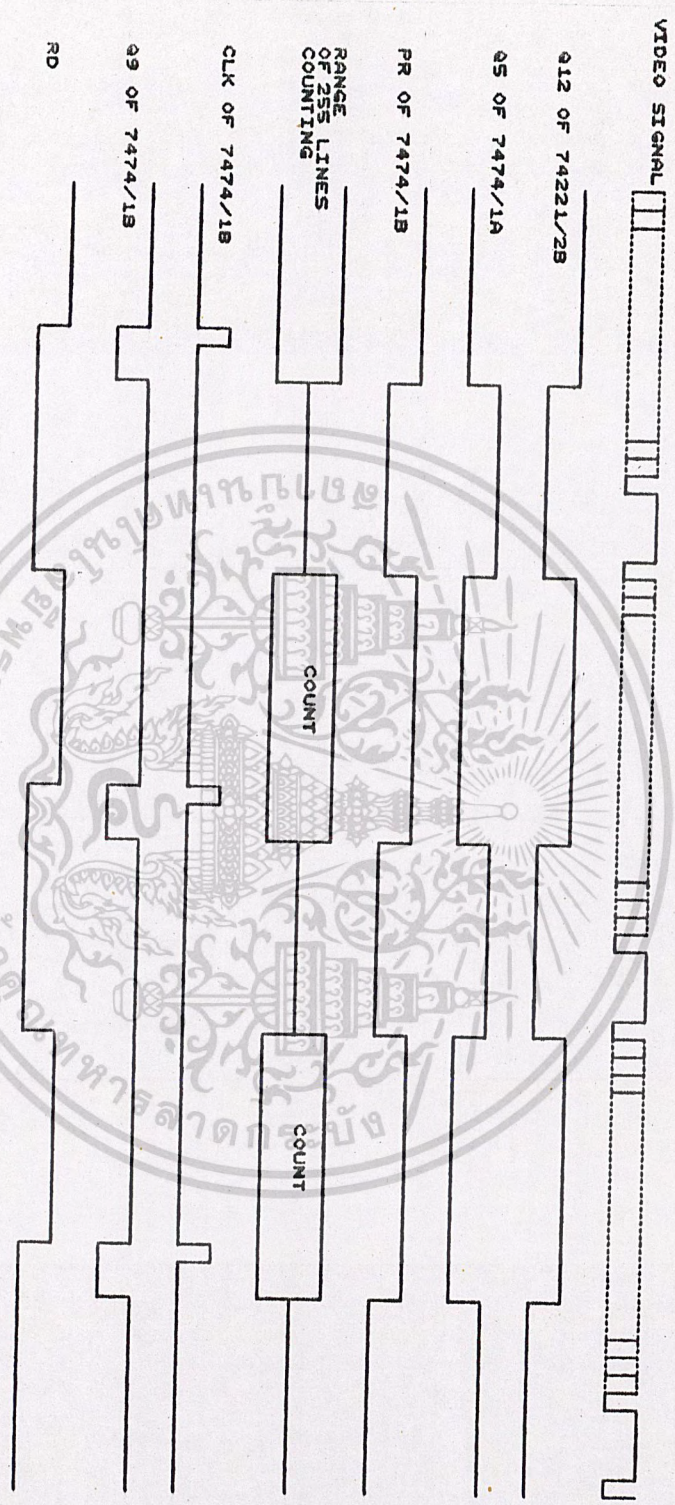
สัญญาณ Q จาก ดี-ฟลิปฟลอปตัวแรก จะนำไปเป็นสัญญาณพรีเซตให้กับ ดี-ฟลิปฟลอปตัวที่สอง และสัญญาณนาฬิกาที่นำมาป้อนให้นี้ จะนำมาจากเอาท์พุทอีกตัวหนึ่งของบัฟเฟอร์(74125) คือขา 1Y และ 2Y เมื่อมีสถานะเป็น 1 จะทำให้เอาท์พุท Q ของ ดี-ฟลิปฟลอปตัวที่สองนี้เป็น 0 นั่นคือ การนับครบ 1 ฟิลด์นั่นเอง แล้วนำเอาสัญญาณเอาท์พุท Q ของ ดี-ฟลิปฟลอปตัวที่สองนี้มาแอนด์กับสัญญาณพรีเซตของตัวมันเอง ผลที่ได้จะเป็นการอ่านสัญญาณข้อมูลจากหน่วยความจำ (RD)

สัญญาณ Q จากวงจรโมโนสเตเบิ้ล (Monostable:74123) ตัวแรก ที่ทำการป้อนอินพุทโดยการนำสัญญาณซิงค์แนวนอน (Hor.Sync) ไปกระตุ้นวงจรโมโนสเตเบิ้ลตัวที่สองให้มีความกว้างของสัญญาณออกมาให้ภาพจากคอมพิวเตอร์แสดงออกมาให้หมดซึ่งเป็นสัญญาณ Comp.EN ที่จะนำไปควบคุมวงจรการสร้างแอดเดรสการอ่าน (Address Read Generator) สัญญาณที่ได้แสดงดังรูปที่ 3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.12 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณ



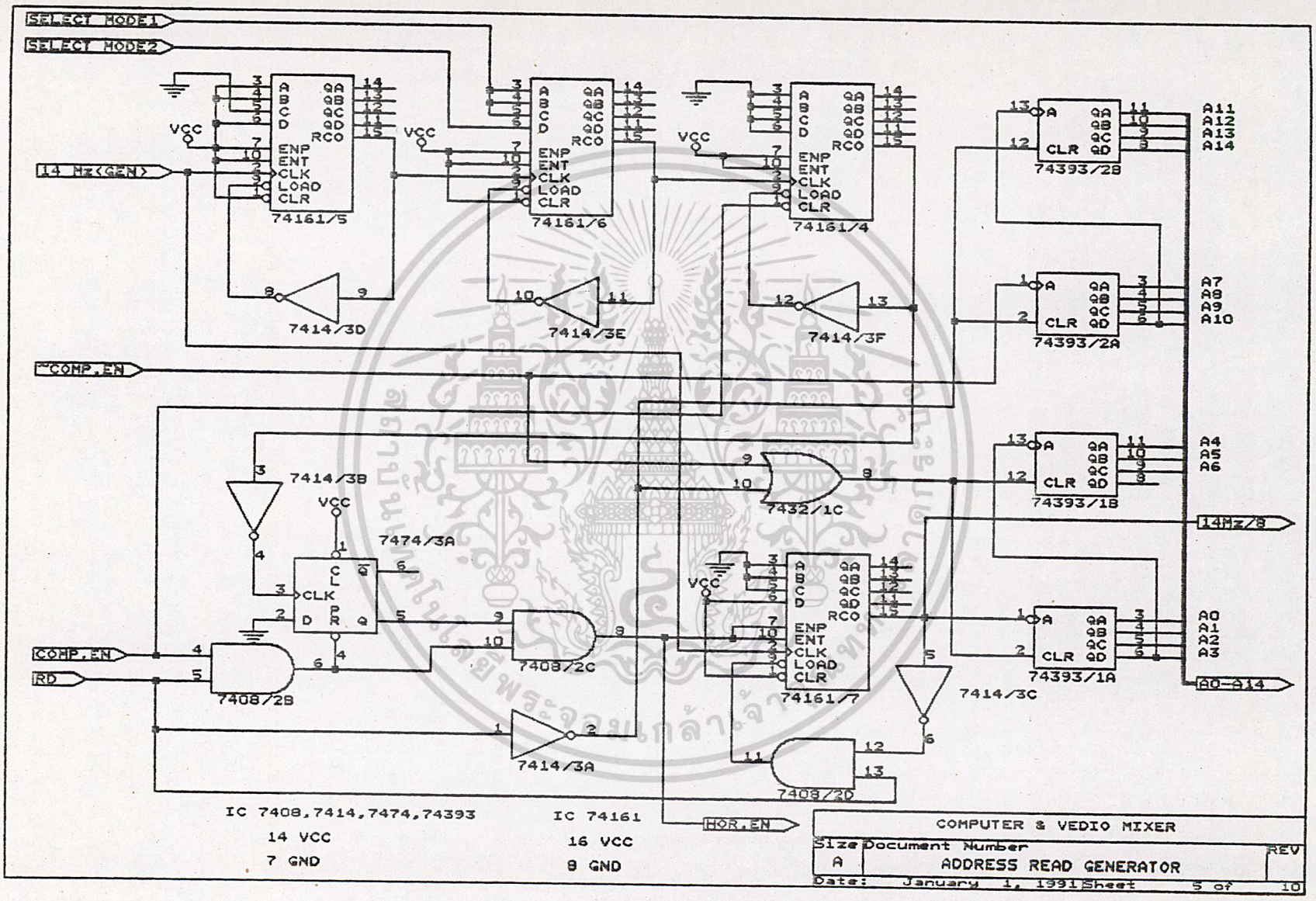

รูปที่ 3.13 แสดงรูปสัญญาณจากวงจรนับเส้นสแกน

3 วงจรสร้างสัญญาณแอดเดรสการอ่าน (Address Read Generator)

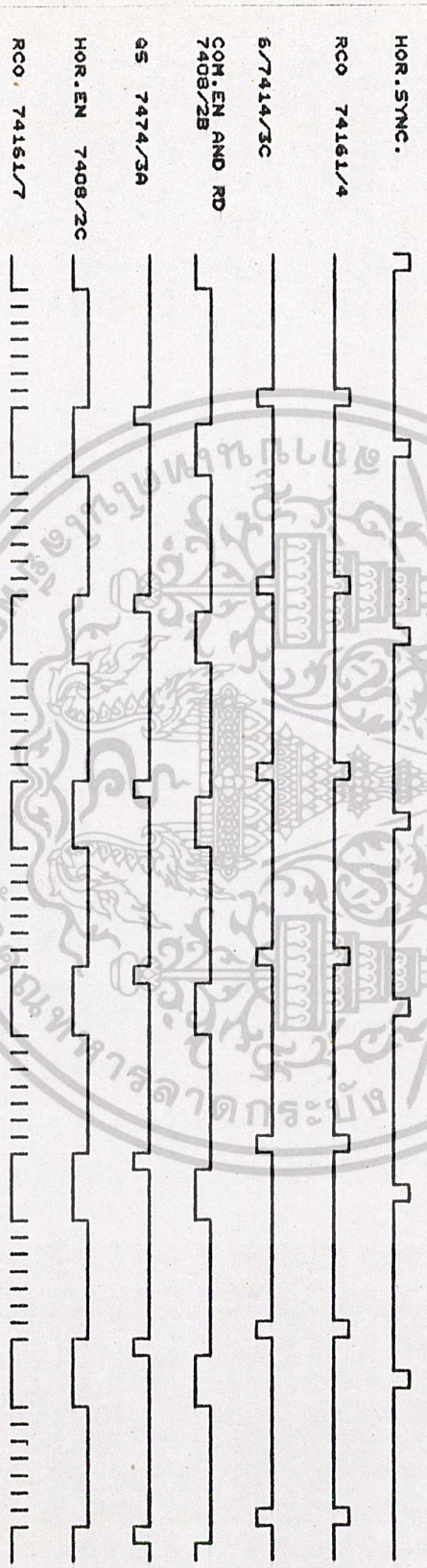
เป็นวงจรที่ทำการสร้างสัญญาณแอดเดรสของข้อมูล (Address of Data) เพื่อที่จะสามารถทำการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ (RAM) ได้อย่างถูกต้อง โดยการนำเอาสัญญาณวีดีโอมาสร้างเลียนแบบสัญญาณข้อมูลของคอมพิวเตอร์มายังหน่วยความจำ โดยไม่ทำให้ลักษณะข้อมูลที่ทำการอ่านออกมาผิดพลาดไปจากเดิม ซึ่งในส่วนของวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาความถี่ 14 MHz เพื่อเลียนแบบสัญญาณนาฬิกาของคอมพิวเตอร์ แล้วนำมาเป็นสัญญาณนาฬิกาของวงจรสร้างสัญญาณควบคุมการอ่าน วงจรนับ วงจรแปลงสัญญาณข้อมูล และส่วนต่างๆ อีก เพื่อที่จะให้สัญญาณข้อมูลที่ได้รับจากเครื่องคอมพิวเตอร์มีการซิงค์โครนัส (Synchronous) กับสัญญาณข้อมูลภาพวีดีโอ เนื่องจากระบบการควบคุมแตกต่างกันโดยที่จะไม่ทำให้เกิดข้อผิดพลาดกับข้อมูลได้ วงจรแสดงดังรูปที่ 3.14

สัญญาณ Comp.EN มาจากการแอนด์ กับสัญญาณการอ่านข้อมูล (RD) เพื่อนำไปเป็นสัญญาณพรีเซต (Preset:PR) ให้กับ ดี-ฟลิปฟลอป (7474) ที่ทำการต่อขา D ลงกราวด์ ทำให้เอาท์พุท Q เป็นสถานะ 1 และจะเป็นสัญญาณโหลด เริ่มการนับสัญญาณนาฬิกา (Clock : 14 MHz) เป็นจำนวน 720 ลูก สำหรับการแสดงผลแบบจอโมโนโครม และจำนวน 640 ลูก สำหรับการแสดงผลแบบจอสี โดยใช้วงจรนับเลขฐานสอง (Synchronous 4 Bit Binary Counter :74161) ทำการนับ 16, 5 และ 8/9 (8 สำหรับโหมดสี และ 9 สำหรับโหมดโมโนโครม) ทั้งสามตัวตามลำดับ โดยทำการป้อนสัญญาณนาฬิกา 14 MHz ให้วงจรนับสัญญาณทั้งสามที่ทำการต่อเข้าด้วยกันในแบบคาสเคด (Cascade) คือ เป็นการนำเอาเอาท์พุทของตัวหนึ่งไปเป็นอินพุทของอีกตัว เมื่อเอาท์พุท (Ripple:rp) ของ 74161 ตัวสุดท้ายเป็นสถานะ 1 แสดงว่าทำการนับสัญญาณนาฬิกาครบแล้ว จะนำมาป้อนให้กับ ดี-ฟลิปฟลอป ซึ่งทำการต่อขา D ลงกราวด์ โดยผ่านอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ผลที่ได้จะทำให้เอาท์พุท Q เป็นสถานะ 0 และนำเอาสัญญาณเอาท์พุทนี้ไปทำการแอนด์ กับสัญญาณพรีเซท (PR) ของตัวมันเอง เพื่อเป็นสัญญาณอินาเบิ้ลของสัญญาณซิงค์แนวนอน (Horizontal Enable:HOR.EN) ไปทำการอินาเบิ้ลวงจรหาร 8 เพื่อให้ทำการอ่านข้อมูลครั้งละ 8 บิท ใน 1 แอดเดรส โดยใช้ 74161 เป็นวงจรนับ 8 แล้วจะให้เอาท์พุทเป็นสถานะ 1 นำไปเข้าวงจรสร้างแอดเดรส ที่ใช้วงจรนับเลขฐานสอง 74393 ทำการสร้างเป็นแอดเดรสขนาด 15 เส้น คือ A0-A14 ซึ่งสามารถที่จะทำการสร้างแอดเดรส เพื่อเก็บข้อมูลในหน่วยความจำได้ทั้งหมดเป็นจำนวน $2^{15}$ = 32768 ตำแหน่ง หรือ 32 KByte ดังนั้นใน 1 แอดเดรส จะมีข้อมูลอยู่ 8 บิท ดังนั้นจะนำแอดเดรสทั้ง 15 เส้นนี้ ไปต่อเข้ากับบัสแอดเดรสของหน่วยความจำ (RAM 32 KByte x 8 Bit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.14 แสดงวงจรสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูล




รูปที่ 3.15 แสดงรูปสัญญาณจากวงจรสร้างแอดแดรสการอ่าน

โดยที่วงจรนับเลขฐานสองจะนับไปเรื่อยๆ และแอดเดรส 7 บิทแรกจะถูกเคลียร์เมื่อมีสัญญาณซิงค์แนวนอนอยู่ในช่วงเดียวกับสัญญาณ RD เข้ามาที่ขาเคลียร์ทั้งนี้ เพื่อให้ภาพที่อ่านออกมาในแนวนอนถูกต้องตรงกับสัญญาณภาพที่ได้จากคอมพิวเตอร์ และแอดเดรส 8 บิท หลังจะถูกเคลียร์เมื่อมีสัญญาณซิงค์แนวตั้ง เข้ามาที่ขาเคลียร์ ทั้งนี้เพื่อให้ภาพที่อ่านออกมาในแนวตั้งถูกต้องตรงกับสัญญาณภาพที่ได้จากคอมพิวเตอร์ สัญญาณที่ได้แสดงดังรูปที่ 3.15

นอกจากนี้จะเห็นว่าวงจรสร้างสัญญาณแอดแดรสการอ่าน ยังต้องอาศัยวงจรส่วนประกอบเพื่อให้สัญญาณแอดแดรสการอ่านเป็นไปตามความต้องการ ซึ่งประกอบด้วย

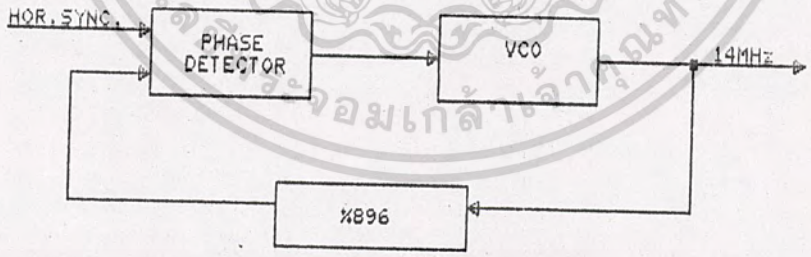
- วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา 14 MHz (14 MHz Generator)
- วงจรมัลติเพล็กซ์แอดแดรส (Multiplex Address)

3.1 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา 14 MHz (14 MHz Generator)

เนื่องจากวงจรสร้างสัญญาณแอดเดรสดังกล่าวต้องการสัญญาณนาฬิกา 14 MHz ในการสร้างสัญญาณแอดเดรส ซึ่งวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาจะทำหน้าที่ 2 ประเภท คือ

1. สร้างสัญญาณนาฬิกา (Clock 14 MHz)
2. ตรวจจับสัญญาณนาฬิกา ให้มีเฟสเดียวกันกับสัญญาณการสแกนในแนวนอน

ซึ่งจากหลักการดังกล่าวสามารถเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 3.16




รูปที่ 3.16 แสดงบล็อกไดอะแกรมวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา 14 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป จะเห็นได้ว่าเมื่อมีสัญญาณการสแกนแนวนอนเข้ามาที่ตัวตรวจจับเฟส (Phase Detector) ตัวจับเฟสจะนำเอาสัญญาณการสแกนแนวนอนมาเปรียบเทียบเฟสกับสัญญาณนาฬิกาที่ได้เข้าวงจรหาร 896 แล้ว ซึ่งจะมีความถี่เท่ากัน คือ 15.625 KHz ว่ามีเฟสตรงกันหรือไม่ ถ้าไม่เท่ากัน ตัวตรวจจับเฟสก็จะส่ง Error Voltage ไปที่ตัว VCO เพื่อให้ปรับความถี่ก่อให้เฟสตรงกัน นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าวงจรนี้จะสร้างสัญญาณนาฬิกา 14 MHz ขึ้นมาอีกด้วยเพื่อใช้ในการเลียนแบบการอ่านข้อมูลของ IBM Computer วงจรแสดงได้ดังรูปที่ 3.17

3.2 วงจรมัลติเพล็กซ์แอดเดรส (Multiplex Address)

เนื่องจากการเขียนและการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำนั้นถูกควบคุมด้วยสัญญาณจากต่างแหล่งกัน (จากคอมพิวเตอร์และวีดีโอ) และซิงค์กันไม่ได้ดังนั้นการสร้างสัญญาณแอดเดรสสำหรับการเขียนและการอ่านจึงต้องแยกกันแล้วจึงนำสัญญาณแอดเดรสทั้งสองชุดมาผ่านวงจรเลือกเพื่อที่จะสามารถส่งสัญญาณแอดเดรสทั้งสองชุดไปยังหน่วยความจำได้อย่างถูกต้อง วงจรแสดงได้ดังรูปที่ 3.18

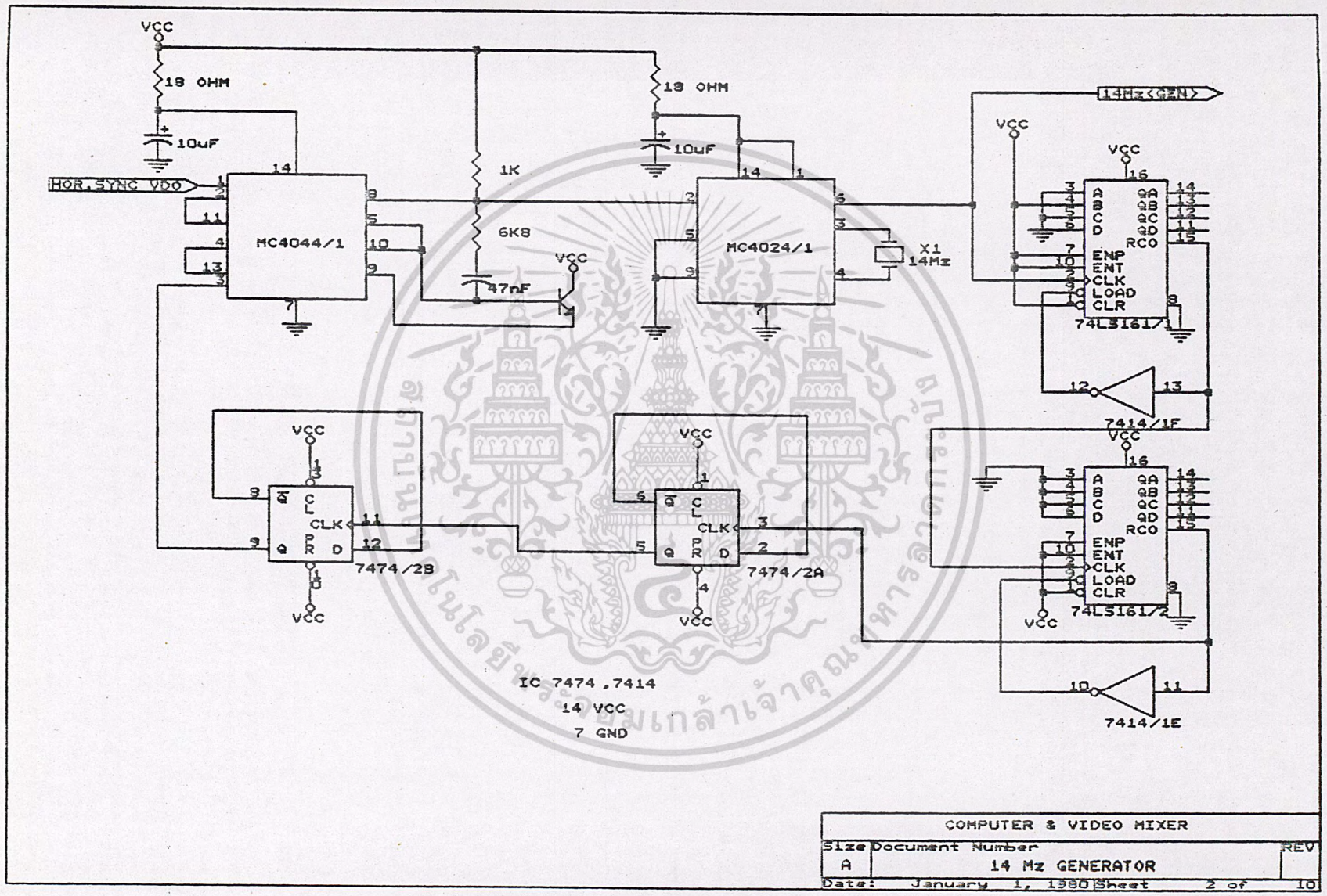
พิจารณา IC 74LS157 โดยจะถูกนำมาต่อด้วยกันเป็นวงจรเลือกสองทิศทาง 2 ชุด โดยใช้สัญญาณ OEA เป็นตัวควบคุม สัญญาณที่เข้ามาจะมี 2 ชุด คือ สัญญาณแอดเดรสสำหรับการอ่านและสัญญาณแอดเดรสสำหรับการเขียน สัญญาณทั้งสองจะถูกสัญญาณ OEA เลือกว่าจะให้สัญญาณแอดเดรสใด ออกทางไหน ดังนี้

- กรณีที่หน่วยความจำชุด A กำลังถูกอ่าน และหน่วยความจำชุด B กำลังเขียน OEA จะเป็น "0" จะทำให้ 74157 ที่ต่อไปยัง RAM A นำเอาสัญญาณแอดเดรสการอ่าน ที่มาจากวงจรสร้างสัญญาณแอดเดรสการอ่าน เข้าไปที่ขา B ของตัวมันเอง จนครบ 15 เส้น (A0-A14) ซึ่งมีผลทำให้สัญญาณแอดเดรสสำหรับการอ่านไปปรากฏอยู่ที่หน่วยความจำชุด A และสัญญาณแอดเดรสสำหรับการเขียนไปปรากฏอยู่ที่หน่วยความจำชุด B โดยผ่าน 74157 ที่ต่อไปยัง RAM B

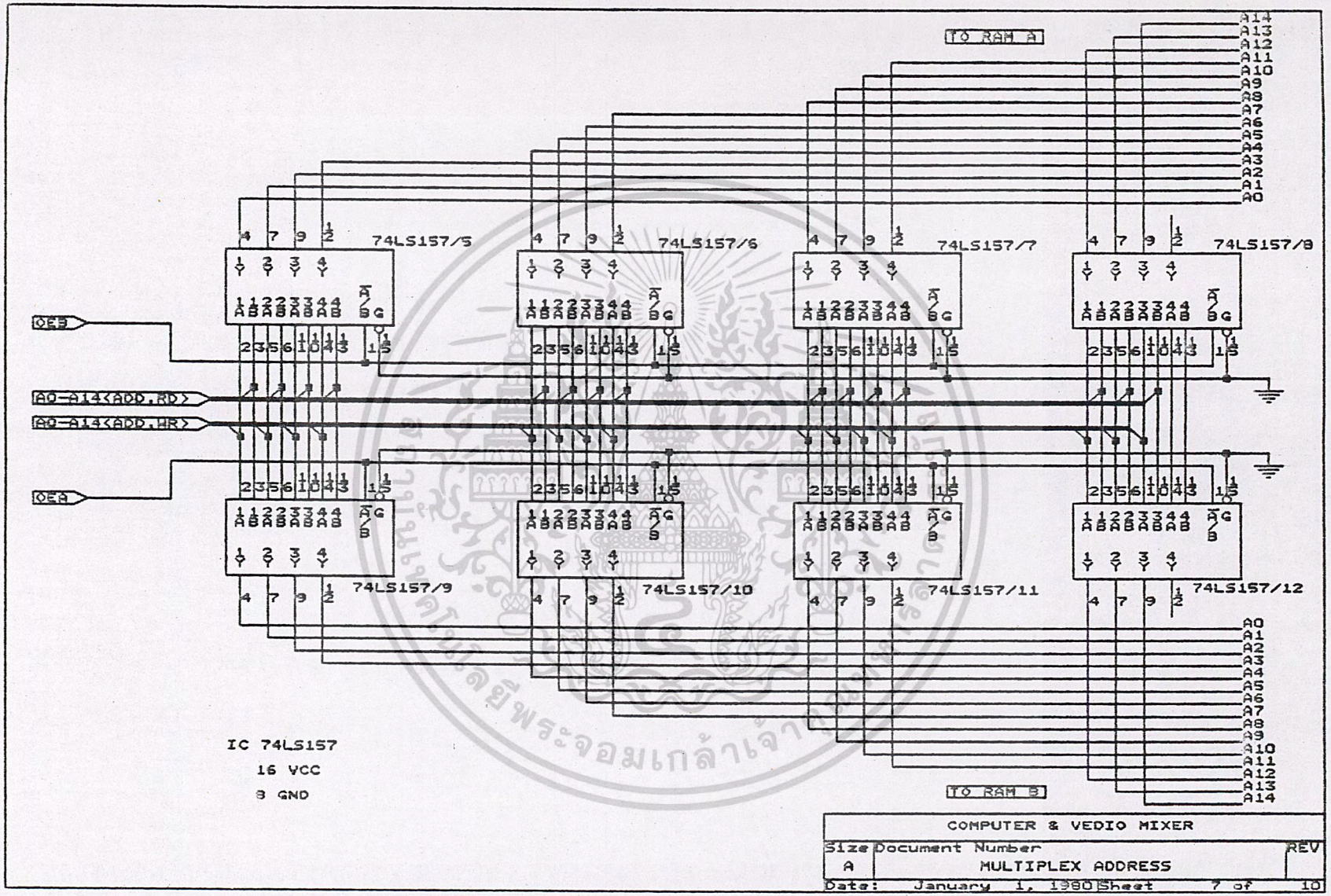
- กรณีที่หน่วยความจำชุด B กำลังถูกอ่าน และหน่วยความจำชุด A กำลังเขียน OEA จะเป็น "1" จะทำให้ 74157 ที่ต่อไปยัง RAM B นำเอาสัญญาณแอดเดรสการอ่านที่มาจากวงจรสร้างสัญญาณแอดเดรสการอ่าน เข้าไปที่ขา B ของตัวมันเอง จนครบ 15 เส้น (A0-A14) ซึ่งมีผลทำให้สัญญาณแอดเดรสสำหรับการอ่านไปปรากฏอยู่ที่หน่วยความจำชุด B และสัญญาณแอดเดรสสำหรับการเขียนไปปรากฏอยู่ที่หน่วยความจำชุด A โดยผ่าน 74157 ที่ต่อไปยัง RAM A

จากการที่สัญญาณสีเก็บไว้ถึง 4 สัญญาณ ดังนั้นหน่วยความจำในแต่ละชุด จึงต้องมีถึง 4 หน่วยด้วยกัน ในที่นี้จะใช้หน่วยความจำแบบสแตติคแรม ขนาด 32K x 8 Bit:62256 จำนวน 2 ตัวในกรณีใช้จอสีจะต้องใช้จำนวนทั้งหมด 8 ตัว โดยแบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดละ 4 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



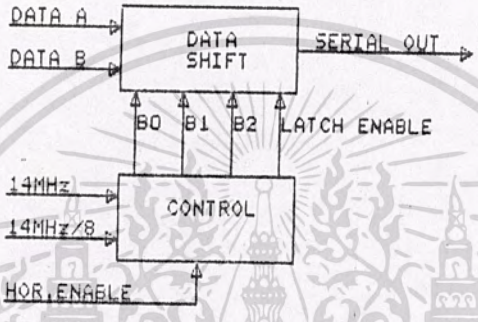

รูปที่ 3.17 แผงวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา 14 MHz




รูปที่ 3.18 แสดงวงจรมัลติเพล็กซ์แอดเดรส

**วงจรปรับแต่งสัญญาณภาพของคอมพิวเตอร์**

วงจรในส่วนนี้จะเป็นตัวเปลี่ยนข้อมูลแบบขนาน ที่เก็บไว้ในหน่วยความจำให้เป็นข้อมูลแบบอนุกรมที่พร้อมจะป้อนให้กับส่วนสร้างสัญญาณวีดีโอ โครงสร้างของวงจรแสดงได้ดังรูปที่ 3.19




รูปที่ 3.19 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรส่วนปรับแต่งสัญญาณ

จากรูป 3.19 เราจะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนคือ

- ส่วนควบคุมการทำงาน (Control)
- ส่วนมัลติเพล็กซ์ดาต้าเอาท์ (Multiplex Data Out)
- ส่วนเลื่อนข้อมูล (Data Shift)

1 ส่วนควบคุมการทำงาน (Control)

จากรูปวงจรที่ 3.20 สัญญาณ 14MHz นับแปดจะถูกนำเข้าวงจร Monostable (74 221) เพื่อหน่วงเวลาออกไป สัญญาณที่หน่วงเวลาแล้ว ส่วนหนึ่งจะไป AND กับสัญญาณ Hor.En ที่ได้มาจากวงจร Address Read Generator เพื่อเป็นสัญญาณ Latch Enable ไว้สำหรับแลทช์ข้อมูลในส่วนวงจรเลื่อนข้อมูล คือเมื่อขา G ของ 74LS373 เป็น High ก็จะส่งข้อมูลแบบขนานผ่านไปให้ 74151 ต่อไปเพื่อเป็นข้อมูลอนุกรม สัญญาณอีกส่วนหนึ่งจะผ่านอินเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วนำมา AND กับสัญญาณ Hor.En. ได้เป็นสัญญาณ LD ซึ่งใช้ในการควบคุมการนับของไอซี 74LS161 โดยไอซี 74LS161 จะทำหน้าที่เป็นวงจรนับ 8 โดยให้เอาท์พุทออกมาเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิท แต่จะนำมาใช้เพียง 3 บิทเท่านั้น เอาท์พุทที่ได้จะต่อไปที่ขา A,B และ C ของ 74151 เพื่อควบคุมการเลือกข้อมูลจากขนานเป็นข้อมูลอนุกรมในส่วนของวงจรเลือกข้อมูล โดยที่ 74151 จะทำงานเมื่อสัญญาณที่เข้าขา G เป็น Low

2 ส่วนมัลติเพล็กซ์คาต้าเอาท์ (Multiplex Data Out)

จากรูปที่ 3.7 ไอซี 74LS244 สองตัวซึ่งเอาท์พุทต่อขนานกันอยู่นั้น จะต่อเข้ากับหน่วยความจำทั้งสองชุดเพื่อทำหน้าที่เลือกข้อมูลตามการควบคุมของสัญญาณ OEA โดยที่ขา G ของไอซีจะต่อเข้ากับสัญญาณ Adj. เพื่อทำการเลือกว่าจะเอาข้อมูลจากส่วนไหนของภาพ Computer ปรากฏออกมา ข้อมูลที่ได้คือข้อมูลจากหน่วยความจำชุดใดชุดหนึ่งตามการควบคุมของสัญญาณ OEA และ OEB

3 ส่วนเลื่อนข้อมูล (Data Shift)

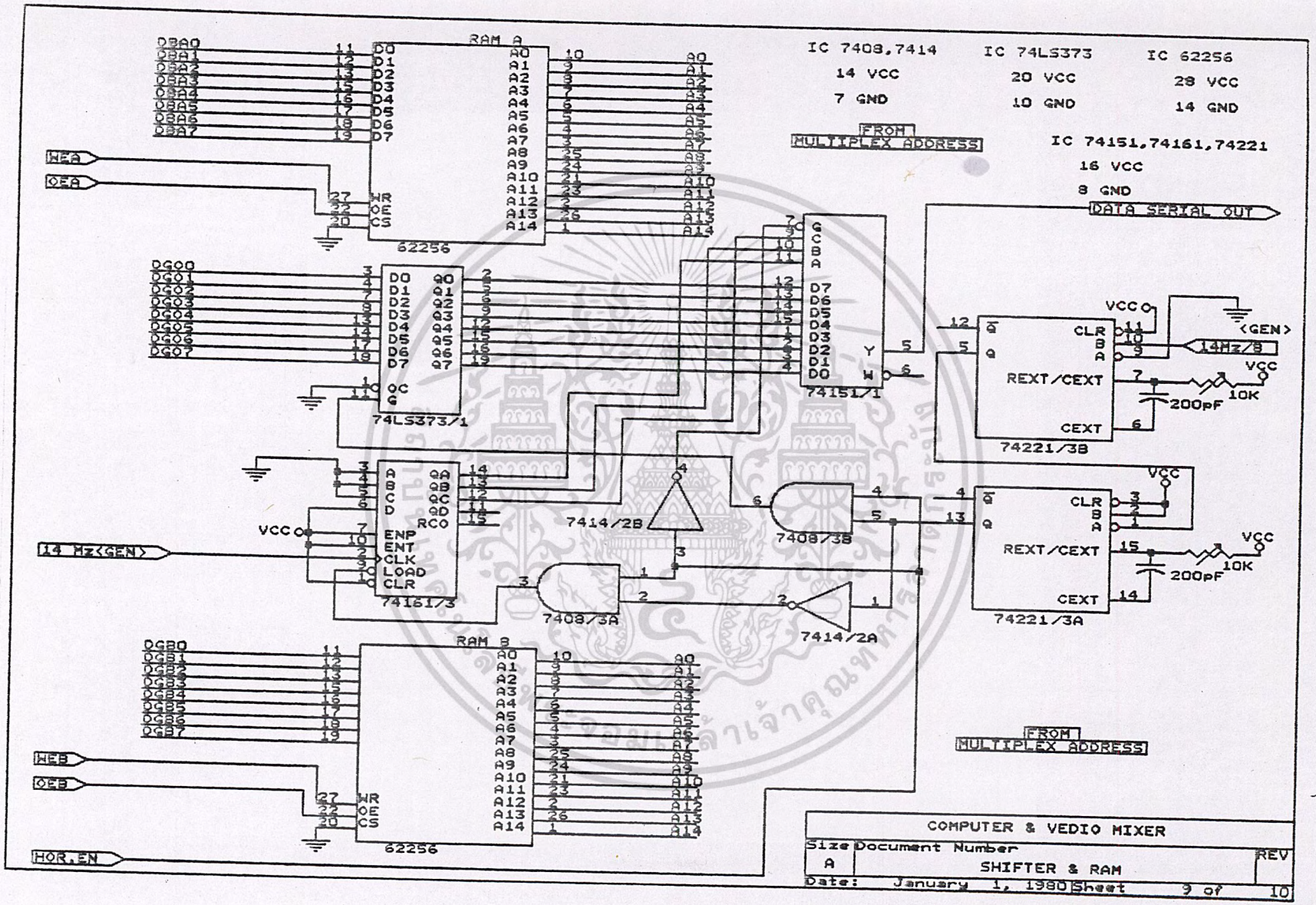
จากรูป 3.20 ข้อมูลดังกล่าวจะถูกแลทช์เอาไว้ด้วยไอซี 74LS373 โดยการควบคุมของสัญญาณแลทช์เอนาเบิล ที่มาจากสัญญาณ Hor.En ที่ AND กับ สัญญาณ 14/8 MHz ที่ยืดแล้ว ข้อมูลที่ถูกแลทช์ได้จะถูกเลื่อนออกไปด้วยไอซี 74LS151 โดยทำการอ่านออกไปทีละบิทจนครบ 8 บิท โดยสัญญาณเลือกข้อมูลจากวงจรนับแปด (74LS161) เป็นตัวควบคุมนอกจากนั้นข้อมูลในไอซี 74LS151 จะถูกเคลียร์ให้เป็นศูนย์ด้วยสัญญาณ Hor.En. อีกด้วย

ข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลแบบอนุกรม ซึ่งจะป้อนให้กับวงจรสร้างสัญญาณวีดีโอต่อไป

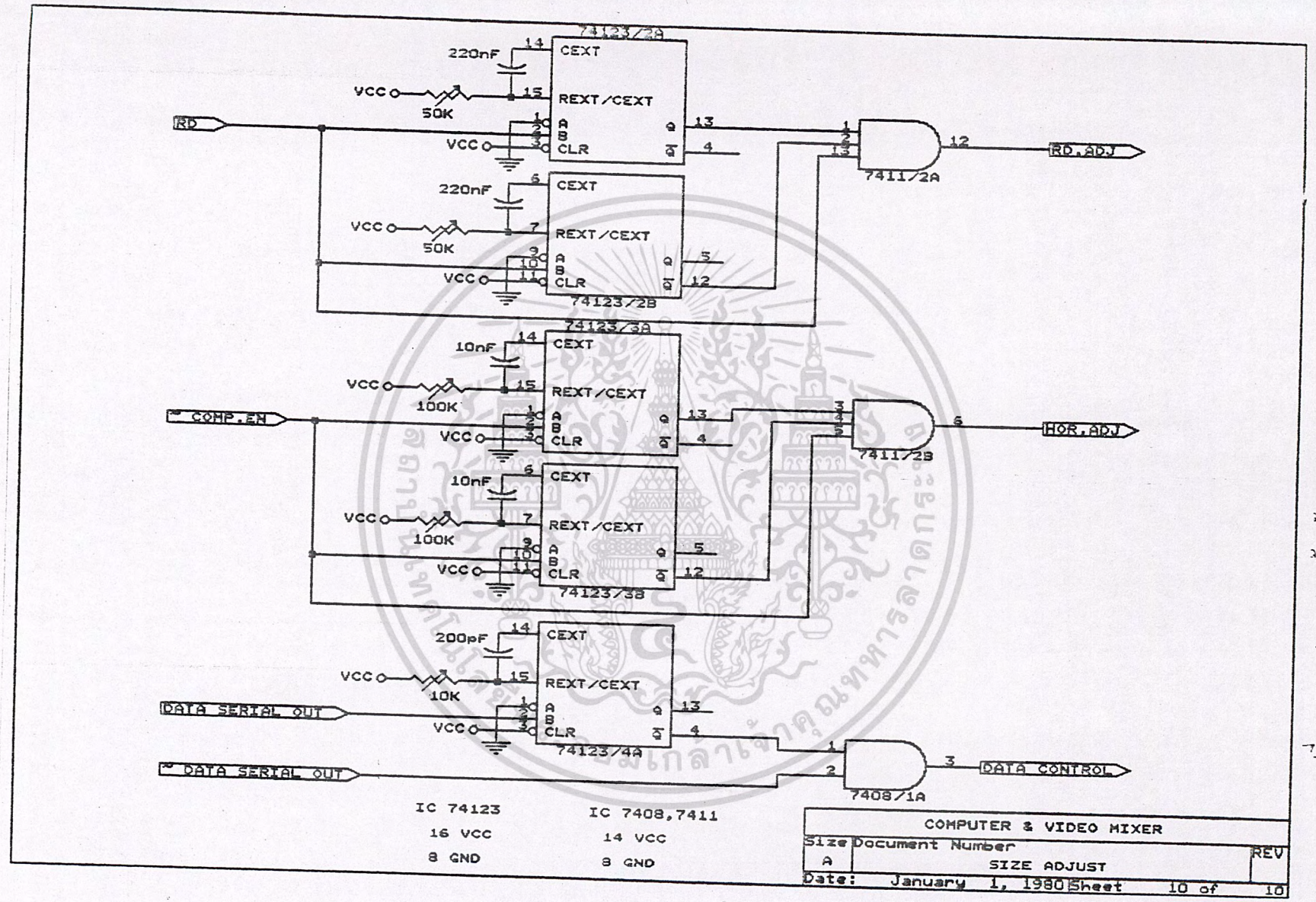
4 ส่วนสร้างสัญญาณ Adj.

จากรูปที่ 3.21 เป็นการสร้างสัญญาณเพื่อควบคุมตำแหน่งของภาพจากคอมพิวเตอร์ที่เราต้องการ ซึ่งสัญญาณภาพในแนวนอนได้จากการนำสัญญาณ Comp.EN มายืด ในช่วงที่เราต้องการโดยตัวแรกใช้ยืดส่วนหน้าและตัวหลังใช้ยืดส่วนหลัง แล้วนำสัญญาณทั้ง 3 มาแอนด์กัน เพื่อให้สัญญาณอยู่ในช่วง Comp.EN ส่วนภาพในแนวตั้งก็ทำในลักษณะทำนองเดียวกัน โดยเปลี่ยนเป็นสัญญาณ RD จากนั้นก็นำสัญญาณที่ได้ทั้งสองมาแอนด์กัน ได้เป็นสัญญาณ Adj. ไปควบคุมการส่งข้อมูลของ 74157 ที่จะส่งข้อมูลออกไป ซึ่งแสดงรูปสัญญาณได้ดังรูปที่ 3.22

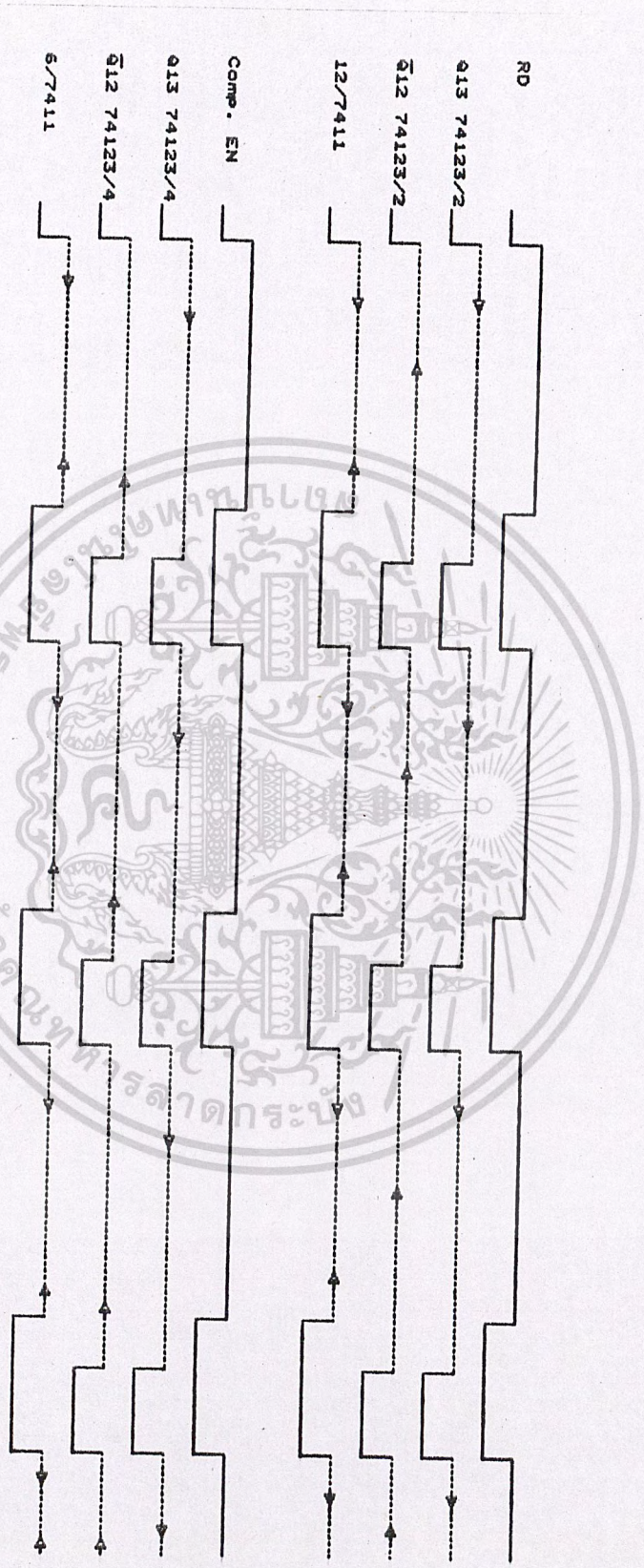
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูป 3.20 แสดงวงจรบริเวณที่เกี่ยวข้องกับการผสมสัญญาณวีดีโอ




รูปที่ 3.21 แสดงวงจรสร้างสัญญาณ Adj.




รูปที่ 3.22 แสดงรูปสัญญาณของวงจรสร้างสัญญาณ Adj.

**วงจรผสมสัญญาณวิดีโอของคอมพิวเตอร์เข้ากับสัญญาณวิดีโอเทป**

ส่วนนี้ เราจะใช้ Analog Switch เป็นสวิทช์คอยเลือกว่าจะให้สัญญาณจาก Video หรือสัญญาณจาก Computer ออกมาเป็นเอาท์พุท สัญญาณวิดีโอที่สร้างได้จะถูกผสมกับสัญญาณจากวิดีโอเทป ในลักษณะการสวิทช์สับเปลี่ยนจังหวะของสัญญาณ โดยช่วงที่สัญญาณของคอมพิวเตอร์มีสีที่ไม่ใช่สีดำ วงจรสวิทช์จะต่อสัญญาณวิดีโอของคอมพิวเตอร์ออกไป และช่วงที่สัญญาณคอมพิวเตอร์เป็นสีดำ ก็จะส่งสัญญาณของวิดีโอเทปออกไปแทน วงจรสวิทช์จะถูกควบคุมโดยสัญญาณวิดีโอจากคอมพิวเตอร์ สัญญาณวิดีโอที่ผ่านจากวงจรสวิทช์จะถูกผสมกับสัญญาณคอมโพสิตซิงค์เพื่อให้ได้สัญญาณคอมโพสิตวิดีโอ (Composite Video) ออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4

## ผลการทดลอง

ในระหว่างทำการทดลองนั้น ได้ประสบกับปัญหาต่างๆ มากมาย และได้นำมารวบรวมไว้เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาต่อไป ดังนี้

1. ปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวนที่มาบนสายไฟเลี้ยง โดยเฉพาะสัญญาณ 14 MHz ที่สร้างมาจากวงจรกำเนิดสัญญาณ 14 MHz เข้ามารวมกับสัญญาณไฟเลี้ยง และจากวงจรแต่ละวงจรนั้นเราใช้ไอซีประเภท TTL เป็นส่วนใหญ่ซึ่งมีความต้านทานต่อสัญญาณรบกวนได้ต่ำ การที่มีสัญญาณรบกวนถึง 2 โวลท์ อาจทำให้เกิดผลต่อการทำงานของ TTL ก็ได้ วิธีการแก้ไขคือ จะต้องจัดทางเดินของไฟเลี้ยงและกราวด์ใหม่ โดยทำการแยกกราวด์ของแต่ละวงจรไม่ให้ปะปนกัน โดยให้มีเพียงกราวด์เพียงเส้นเดียวของแต่ละวงจร ที่เชื่อมถึงกันที่จุดเดียวกัน และใส่ตัวเก็บประจุที่ขาไฟเลี้ยงของ TTL ทุกตัว

2.ปัญหาเรื่องการเชื่อถือได้ ของอุปกรณ์ที่ใช้ เช่น การตอบสนองของโวลท์เตจคอนโทรลของออสซิเลเตอร์ และเฟสดีเทคเตอร์ ที่ใช้ในการสร้างสัญญาณนาฬิกา 14 MHz เพราะไม่สามารถล็อคสัญญาณนาฬิกา 14MHz ที่ถูกหารด้วย 896 ให้มีเฟสตรงกับสัญญาณ Hor.Sync. ได้พอดี ผลที่เกิดขึ้นทำให้ภาพที่ได้มีการสั่น และปัญหาที่เกิดจากอุปกรณ์บางตัว เช่น ตัวต้านทานที่เปลี่ยนค่าได้ และตัวเก็บประจุที่เปลี่ยนค่าได้ ไม่ดีเท่าที่ควร ทำให้สัญญาณที่เกิดจากการหริกที่ขอบขาขึ้นหรือขอบขาลง เกิดการสั่นได้ และสาเหตุที่เรานำเอาสัญญาณที่ทำการหริกได้นี้ไปใช้ในการสร้างสัญญาณอื่นๆ เป็นเหตุที่ทำให้ภาพสั่นได้

จากผลการทดลองที่ได้นั้น สามารถพัฒนาการแสดงผลสัญญาณภาพของคอมพิวเตอร์ ให้สามารถทำการตัดส่วนใดส่วนหนึ่งของสัญญาณภาพจากคอมพิวเตอร์ แล้วนำมาแสดงที่ส่วนใดบนจอโทรทัศน์ได้ แต่มีปัญหาอยู่ที่ภาพที่มีการสั่นทางแนวนอนที่จุดเริ่มต้น ทำให้ข้อมูลที่ปรากฏออกมาเป็นลำดับในแนวนอนนั้น เกิดการสั่นตามไปด้วย ซึ่งสาเหตุมาจากปัญหาที่ได้กล่าวไว้แล้ว ซึ่งควรที่จะต้องได้รับการแก้ไขต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 2 3
4 5

ಕರ್ನಾಟಕ ಏಕೀಕರಣ ಸಮಾರೋಹ ಸಂಚಿಕೆ

ที่มา: ภาพถ่ายเก่าเมืองตรัง

ثالثاً: مبانٍ من الطوب الأحمر

ಬಣ್ಣ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಕಪ್ಪು ಬಿಳುಪಾಗಿಸಿದಾಗ

ಬಿಂಬ ೨೫೨೨ ಸಿಟಿಯ ' ಟಿ ಬಿಲ್ಡಿಂಗ್ ' ಕಟ್ಟಡದ ಮುಂಭಾಗದ ಬಿಲ್ಡಿಂಗ್ ಸಾಲಿನಲ್ಲಿ

# บทที่ 5
# สรุปและวิจารณ์

โครงงานนี้เป็นโครงงานที่พัฒนาการแสดงภาพของคอมพิวเตอร์ ที่แสดงชื้อนภาพจากคอมพิวเตอร์ โดยพัฒนาในส่วนการแสดงภาพของคอมพิวเตอร์ โดยสามารถเลือกบางส่วนของภาพจากคอมพิวเตอร์ ส่วนของภาพที่เลือกมานั้น จะให้เป็นเพียงข้อมูลเพียงบรรทัดเดียว หรือจะให้เป็นข้อมูลตัวอักษรเพียงตัวเดียวก็ได้ โดยข้อมูลที่ได้มานั้นจะมาจากส่วนใดของภาพที่มาจากคอมพิวเตอร์ก็ได้

แนวทางที่ควรจะทำเพื่อให้โครงงานนี้ พัฒนาขึ้น คือ ควรจะมีการย่อส่วนของภาพจากคอมพิวเตอร์ ให้มีขนาดเล็กลง และจำกัดขอบเขตของภาพให้เป็นจอเล็ก ที่แสดงครึ่งส่วนใดๆ ของคอมพิวเตอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA

# MC4324
# MC4024

MC43'

## DUAL VOLTAGE-CONTROLLED MULTIVIBRATOR

The MC4324/4024 consists of two independent voltage-controlled miltivibrators with output buffers. Variation of the output frequency over a 3.5-to-1 range is guaranteed with an input dc control voltage of 1.0 to 5.0 voltage.

Operating frequency is specified at 25 MHz at 25°C. Operation to 15 MHz is possible over the specified temperature range. For higher frequency requirements, see the MC1648 (200 MHz) or the MC1658 (125 MHz) data sheet.

This device was designed specifically for use in phase-locked loops for digital frequency control. It can also be used in other applications requiring a voltage-controlled frequency, or as a stable fixed frequency oscillator (3.0 MHz to 15 MHz) by replacing the external control capacitor with a series mode crystal.

Maximum Operating Frequency = 25 MHz Guaranteed @ 25°C
Power Dissipation = 150 mW typ/pkg
Output Loading Factor = 7

## DUAL VOLTAGE-CONTROLLED MULTIVIBRATOR

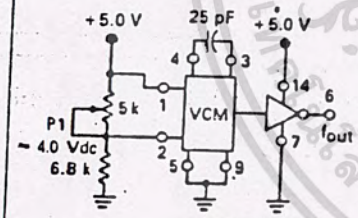
L SUFFIX
CERAMIC PACKAGE
CASE 632
(TO-116)

F SUFFIX
CERAMIC PACKAGE
CASE 607

P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 646
(MC4024 only)

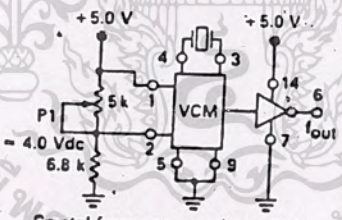
## TYPICAL APPLICATIONS

FIGURE 1 — ASTABLE MULTIVIBRATOR



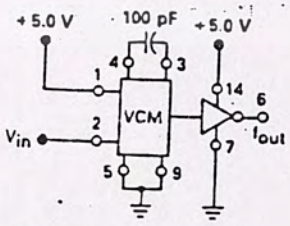

fput = 10 MHz

FIGURE 2 — CRYSTAL CONTROLLED MULTIV...



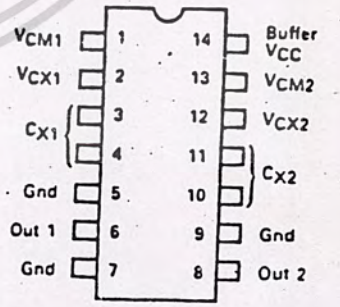

Crystal frequency can be pulled slightly by adjusting P1.

FIGURE 3 — VOLTAGE-CONTROLLED MULTIVIBRATOR



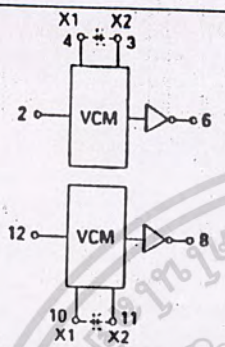

$V_{in}$ = 2.5 V to 5.5 V
$f_{out}$ = 1.0 MHz min, 5.0 MHz max

## PIN ASSIGNMENT




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS




$V_{CC}$: VCM = 1, 13
Output Buffer = 14
Gnd: VCM = 5, 9
Output Buffer = 7
External Capacitor for Frequency Range Determination

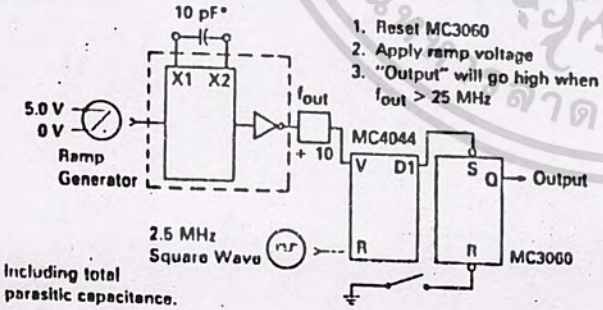
| | for Test Temperature |
|---|---|
| MC4324 | −55°C |
| | +25°C |
| | +125°C |
| MC4024 | 0°C |
| | +25°C |
| | +75°C |

| Characteristic | Symbol | Pin Under Test | MC4324 Test Limits −55°C Min | −55°C Max | +25°C Min | +25°C Max | +125°C Min | +125°C Max | MC4024 Test Limits 0°C Min | 0°C Max | +25°C Min | +25°C Max | +75°C Min | +75°C Max | Unit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Input Forward Current | $I_{in}$ | 2 | — | 100 | — | 100 | — | 100 | — | 100 | — | 100 | — | 100 | μAdc |
| | | 12 | — | 100 | — | 100 | — | 100 | — | 100 | — | 100 | — | 100 | μAdc |
| Output Output Voltage | $V_{OL}$ | 6 | — | 0.4 | — | 0.4 | — | 0.4 | — | 0.4 | — | 0.4 | — | 0.4 | Vdc |
| | | 8 | — | ↓ | — | ↓ | — | ↓ | — | ↓ | — | ↓ | — | ↓ | ↓ |
| | | 6 | — | | — | | — | | — | | — | | — | | |
| | | 8 | — | | — | | — | | — | | — | | — | | |
| | $V_{OH}$ | 6 | 2.4 | — | 2.4 | — | 2.4 | — | 2.5 | — | 2.5 | — | 2.5 | — | Vdc |
| | | 8 | 2.4 | — | 2.4 | — | 2.4 | — | 2.5 | — | 2.5 | — | 2.5 | — | Vdc |
| Short-Circuit Current | $I_{OS}$ | 6 | −20 | −65 | −20 | −65 | −20 | −65 | −20 | −65 | −20 | −65 | −20 | −65 | mAdc |
| | | 8 | −20 | −65 | −20 | −65 | −20 | −65 | −20 | −65 | −20 | −65 | −20 | −65 | mAdc |
| Power Requirements (Total Device) Power Supply Drain | $I_{CC}$ | 1,3,14 | — | — | — | 37 | — | — | — | — | — | 37 | — | — | mAdc |

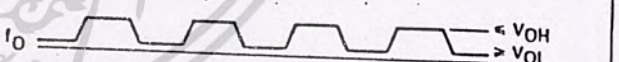
| TEST CURRENT/VOLTAGE VALUES | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| mA | | | Volts | | | | |
| $I_{OL1}$ | $I_{OL2}$ | $I_{OH}$ | $V_{IH}$ | $V_{CC}$ | $V_{CCL}$ | $V_{CCH}$ | |
| 9.8 | 11.2 | −1.6 | 5.0 | 5.0 | 4.5 | 5.5 | |
| 9.8 | 11.2 | −1.6 | 5.0 | 5.0 | 4.5 | 5.5 | |
| 9.8 | 11.2 | −1.6 | 5.0 | 5.0 | 4.5 | 5.5 | |
| 9.8 | 11.2 | −1.6 | 5.0 | 5.0 | 4.75 | 5.25 | |
| 9.8 | 11.2 | −1.6 | 5.0 | 5.0 | 4.75 | 5.25 | |
| 9.8 | 11.2 | −1.6 | 5.0 | 5.0 | 4.75 | 5.25 | |

| TEST CURRENT/VOLTAGE APPLIED TO PINS LISTED BELOW: | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $I_{OL1}$ | $I_{OL2}$ | $I_{OH}$ | $V_{IH}$ | $V_{CC}$ | $V_{CCL}$ | $V_{CCH}$ | Gnd |
| — | — | — | 2 | — | — | 14 | 5,7,9 |
| — | — | — | 12 | — | — | 14 | 5,7,9 |
| 6 | — | — | 2 | — | 1,4,14 | — | 5,7,9 |
| 8 | — | — | 12 | — | 10,13,14 | — | ↓ |
| — | 6 | — | 2 | — | — | 1,4,14 | |
| — | 8 | — | 12 | — | — | 10,13,14 | |
| — | — | 6 | 2 | — | 1,3,14 | — | 5,7,9 |
| — | — | 8 | 12 | — | 11,13,14 | — | 5,7,9 |
| — | — | — | 2 | 1,3,14 | — | — | 5,6,7,9 |
| — | — | — | 12 | 11,13,14 | — | — | 5,7,8,9 |
| — | — | — | 2,4,10,12 | 1,13,14 | — | — | 5,7,9 |

FIGURE 4 — AC TEST CIRCUIT AND WAVEFORMS




1. Reset MC3060
2. Apply ramp voltage
3. "Output" will go high when $f_{out}$ > 25 MHz




($V_{CC}$ = 5.0 Vdc, $T_A$ = 25°C)

| TEST | SYMBOL | CONDITIONS | VALUE Min | VALUE Typ |
|---|---|---|---|---|
| Maximum Operating Frequency | $F_{max}$ | $C_X$ = 10 pF, $V_{in}$ = 5.0 Vdc Frequency Ratio = 3.5:1 | 25 MHz | 30 MHz |
| Ratio of Frequency of Oscillation Over Specified Input Voltage Range | $\frac{F_{high}}{F_{low}}$ | $C_X$ = 100 pF, $V_{in}$ high = 5.0 Vdc, $V_{in}$ low = 1.0 Vdc | 3.5:1.0 | 4.5:1.0 |

FIGURE 5 — FREQUENCY-CAPACITANCE PRODUCT

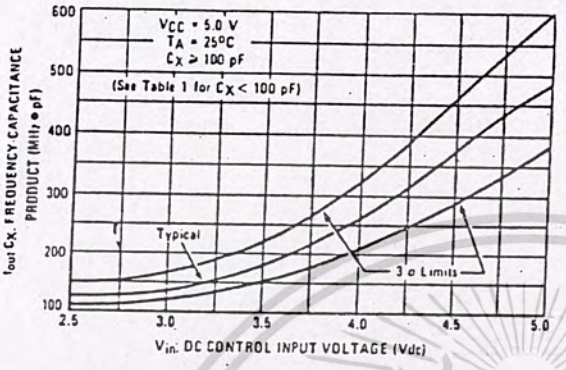



FIGURE 6 — FREQUENCY-VOLTAGE GAIN CHARACTERISTICS

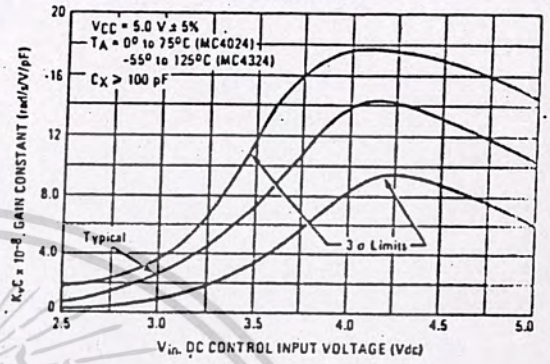



FIGURE 7 — TYPICAL FREQUENCY DEVIATION versus SUPPLY VOLTAGE

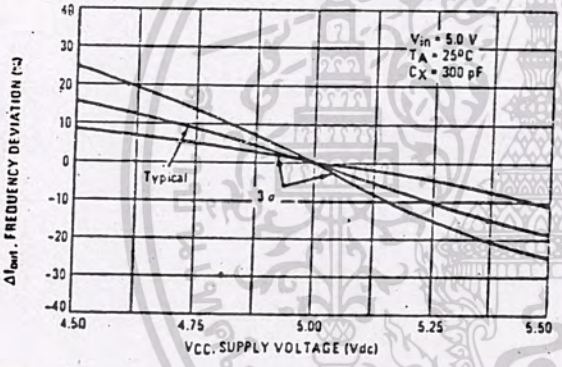



FIGURE 8 — TYPICAL FREQUENCY DEVIATION versus SUPPLY VOLTAGE

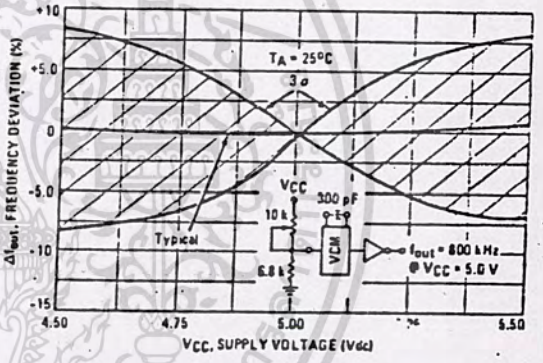



FIGURE 9 — FREQUENCY DEVIATION versus AMBIENT TEMPERATURE

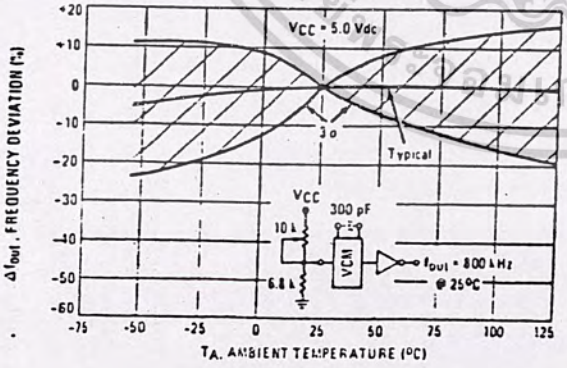
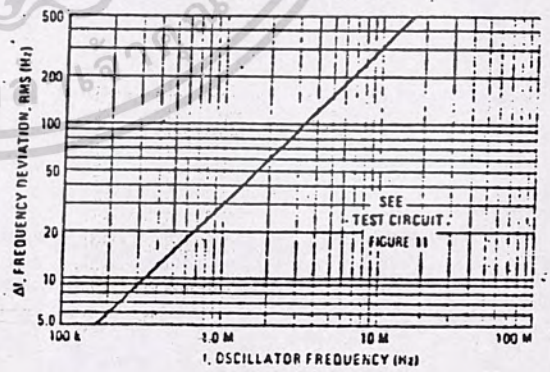


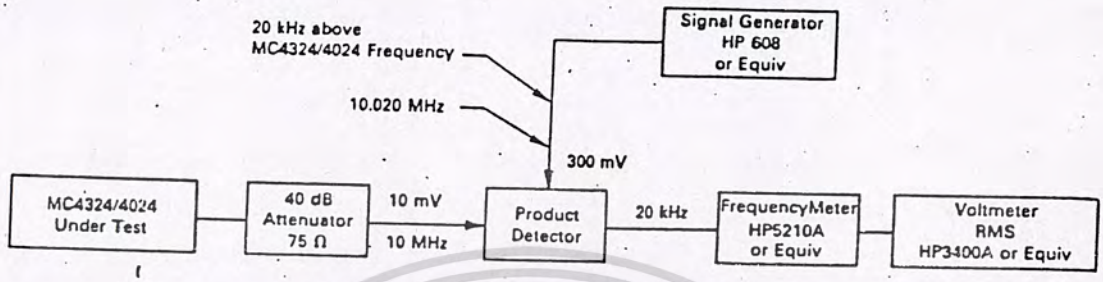

FIGURE 10 — RMS NOISE DEVIATION versus OSCILLATOR FREQUENCY




NOTE: Curves labeled as 3 σ limits denote that 99.7% of the devices tested fell within these limits.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 11 — NOISE DEVIATION TEST CIRCUIT




$$\text{Frequency Deviation} = \frac{\text{(HP5210A output voltage) (Full Scale Frequency)}}{\text{1.0 Volt}}$$

NOTE: Frequency deviation values of either the signal generator or power supply should be determined prior to testing.

## APPLICATIONS INFORMATION

### Suggested Design Practices

Three power supply and three ground connections are provided in this circuit (each multivibrator has separate power supply and ground connections, and the output buffers have common power supply and ground pins). This provides isolation between VCM's and minimizes the effect of output buffer transients on the multivibrators in critical applications. The separation of power supply and ground lines also provides the capability of disabling one VCM by disconnecting its $V_{CC}$ pin. However, all ground lines must always be connected to insure substrate grounding and proper isolation.

General design rules are:

1. Ground pins 5, 7, and 9 for all applications, including those where only one VCM is used.
2. Use capacitors with less than 50 nA leakage at plus and minus 3.0 volts. Capacitance values of 15 pF or greater are acceptable.
3. When operated in the free running mode, the minimum voltage applied to the DC Control input should be 60% of $V_{CC}$ for good stability. The maximum voltage at this input should be $V_{CC}$ + 0.5 volt.
4. When used in a phase-locked loop, the filter design should have a minimum DC Control input voltage of 1.0 volt and a maximum voltage of $V_{CC}$ + 0.5 volt. The maximum restriction may be waived if the output impedance of the driving device is such that it will not source more than 10 mA at a voltage of $V_{CC}$ + 0.5 volt.
5. The power supply for this device should be bypassed with a good quality RF-type capacitor of 500 to 1000 pF. Bypass capacitor lead lengths should be kept as short as possible. For best results, power supply voltage should be maintained as close to +5.0 V as possible. Under no conditions should the design require operation with a power supply voltage outside the range of 5.0 volts ± 10%.

### External Control Capacitor ($C_X$) Determination (See Table 1)

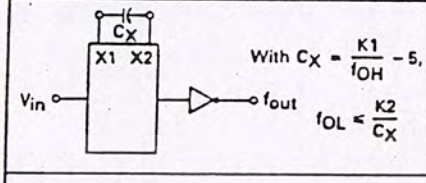
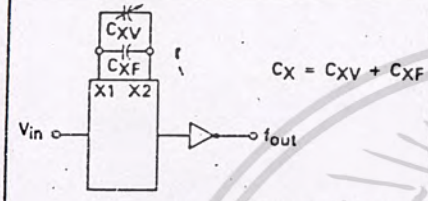
The operating frequency range of this multivibrator is controlled by the value of an external capacitor that is connected between X1 and X2. A tuning ratio of 3.5-to-1 and a maximum frequency of 25 MHz are guaranteed under ideal conditions ($V_{CC}$ = 5.0 volts. $T_A$ = 25°C). Under actual operating conditions, variations in supply voltage, ambient temperature, and internal component tolerances limit the tuning ratio (see Figures 7 thru 12). An improvement in tuning ratio can be achieved by providing a variable tuning capacitor to facilitate initial alignment of the circuit.

Figures 5 through 9 show typical and suggested design limit information for important VCM characteristics. The suggested design limits are based on operation over the specified temperature range with a supply voltage of 5.0 volts ± 5% unless otherwise noted. They include a safety factor of three times the estimated standard deviation.

Figures 5 and 6 provide data for any external control capacitor value greater than 100 pF. With smaller capacitor values, the curves are effectively moved downward. For example, a typical curve of frequency versus control voltage would be very nearly identical to the lower suggested design limit of Figure 5 if a 15 pF capacitor is used. To use Figure 5 divide on the ordinate by the capacitor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 1 — EXTERNAL CONTROL CAPACITOR VALUE DETERMINATION

| CONFIGURATION | $T_A$ | $V_{CC}$ | VALUES OF K | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 |
|  With $C_X = \frac{K1}{f_{OH}} - 5$, $f_{OL} \leq \frac{K2}{C_X}$ | 25°C ± 3°C | 5.0 V | 385 | 150 | 600 | 110 | 1.0 |
| | | 5.0 V ± 5% | 325 | 175 | 680 | 125 | 1.14 |
| | | 5.0 V ± 10% | 290 | 190 | 750 | 140 | 1.25 |
|  $C_X = C_{XV} + C_{XF}$ | 0°C to 75°C | 5.0 V | 335 | 165 | 660 | 120 | 1.10 |
| | | 5.0 V ± 5% | 280 | 190 | 750 | 140 | 1.25 |
| | | 5.0 V ± 10% | 250 | 200 | 840 | 150 | 1.40 |
| | −55°C to 125°C | 5.0 V | 300 | 175 | 690 | 125 | 1.15 |
| | | 5.0 V ± 5% | 260 | 200 | 780 | 145 | 1.30 |
| | | 5.0 V ± 10% | 230 | 210 | 860 | 155 | 1.45 |

Choose $C_{XF}$ and $C_{XV}$ such that $C_X$ can be adjusted to:

$$\frac{K1}{f_{OH}} - 5 \leq C_X \leq \frac{K3}{f_{OH}} - 5$$

With $V_{in} = V_{CC} = 5.0$ V, adjust $C_X$ to obtain:

$f_{out} = K5\ (f_{OH})$

Then:

$$f_{OL} \leq \frac{K4}{K1} f_{OH}$$

Definitions: $f_{OH}$ = Output frequency with $V_{in} = V_{CC}$
$f_{OL}$ = Output frequency with $V_{in} = 2.5$ V
(Frequencies in MHz, $C_X$ in pF)

value in picofarads to obtain output frequency in megahertz. In Figure 6 the ordinate axis is multiplied by the capacitor value in picofarads to obtain the gain constant ($K_V$) in radians/second/volt.

### Frequency Stability

When the MC4324/4024 is used as a fixed-frequency oscillator ($V_{in}$ constant), the output frequency will vary slightly because of internal noise. This variation is indicated by Figure 10 for the circuit of Figure 11. These variations are relatively independent (< 10%) of changes in temperature and supply voltage.

### 10-to-1 Frequency Synthesizer

A frequency synthesizer covering a 10-to-1 range is shown in Figure 14. Three packages are required to complete the loop: The MC4344/4044 phase-frequency detector, the MC4324/4024 dual voltage-controlled multivibrator, and the MC4318/4018 programmable counter.

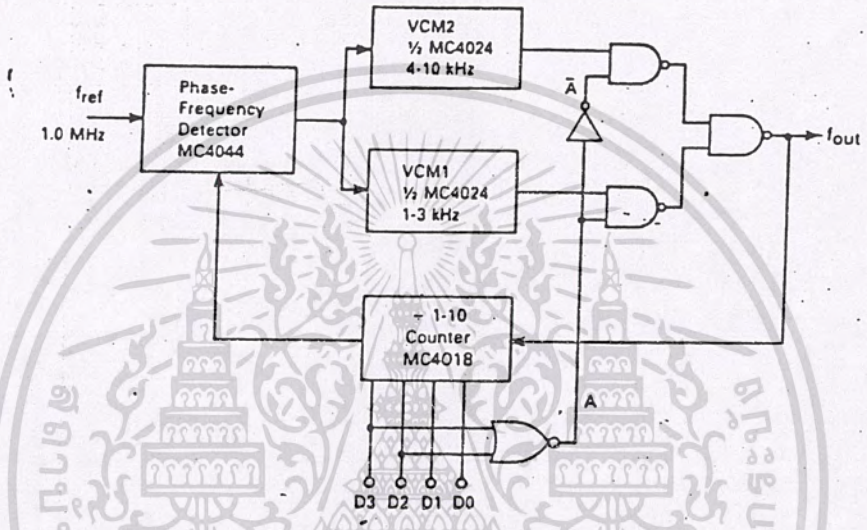
Two VCM's (one package) are used to obtain the required frequency range. Each VCM is capable of operating over a 3-to-1 range, thus VCM1 is used for the lower portion of the times ten range and VCM2 covers the upper end. The proper divide ratio is set into the programmable counter and the VCM for that frequency is selected by control gates. The other VCM is left to be free running since its output is gated out of the feedback path.

Normally with a single VCM the loop gain would vary over a 10-to-1 range due to the range of the counter ratios. This affects the bandwidth, lockup time, and damping ratio severely. Utilizing two VCM's reduces this change in loop gain rom 10-to-1 to 3-to-1 as a result of the different sensitivities of the two VCM's due to the different frequency ranges. This change of VCM sensitivity (3-to-1) is of such a direction of compensate for loop gain variations due to the programmable counter.

The overall concept of multi-VCM operation can be expanded for ranges greater than 10-to-1. Four VCM's (two packages) could be used to cover a 100-to-1 range.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 12 — 10-TO-1 FREQUENCY SYNTHESIZER




| ÷N | Input D3 | D2 | D1 | D0 | A | VCM1 kHz | VCM2 kHz | $f_{out}$ kHz |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | X | 1 |
| 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | X | 2 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 | X | 3 |
| 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | X | 4 | 4 |
| 5 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | X | 5 | 5 |
| 6 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | X | 6 | 6 |
| 7 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | X | 7 | 7 |
| 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 8 | 8 |
| 9 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | X | 9 | 9 |
| 10 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | X | 10 | 10 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA

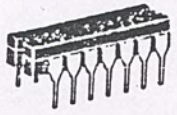
# MC4344/ MC4044

## PHASE-FREQUENCY DETECTOR

The MC4344/4044 consists of two digital phase detectors, a charge pump, and an amplifier. In combination with a voltage controlled multivibrator (such as the MC4324/4024 or MC1648), it is useful in a broad range of phase-locked loop applications. The circuit accepts TTL waveforms at the R and V inputs and generates an error voltage that is proportional to the frequency and/or phase difference of the input signals. Phase detector #1 is intended for use in systems requiring zero frequency and phase difference at lock. Phase detector #2 is used if quadrature lock is desired. Phase detector #2 can also be used to indicate that the main loop, utilizing phase detector #1, is out of lock.

Input Loading Factor: R, V = 3
Output Loading Factor (Pin 8) = 10
Total Power Dissipation = 85 mW typ/pkg
Propagation Delay Time = 9.0 ns typ
(thru phase detector)

## PHASE-FREQUENCY DETECTOR

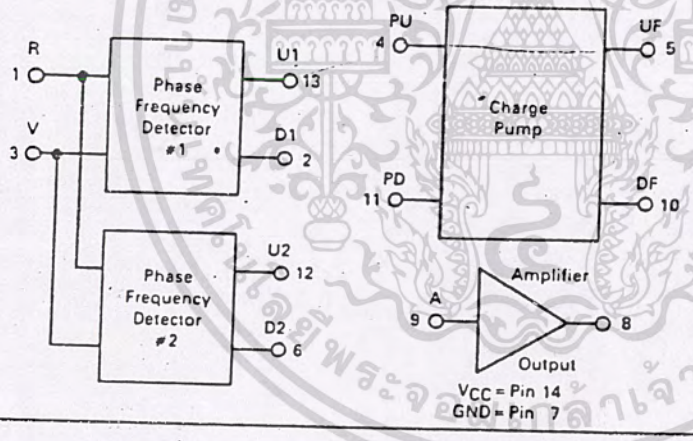


L SUFFIX
CERAMIC PACKAGE
CASE 632
(TO-116)

F SUFFIX
CERAMIC PACKAGE
CASE 607

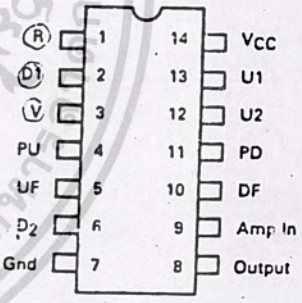
P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 646
MC4044 only

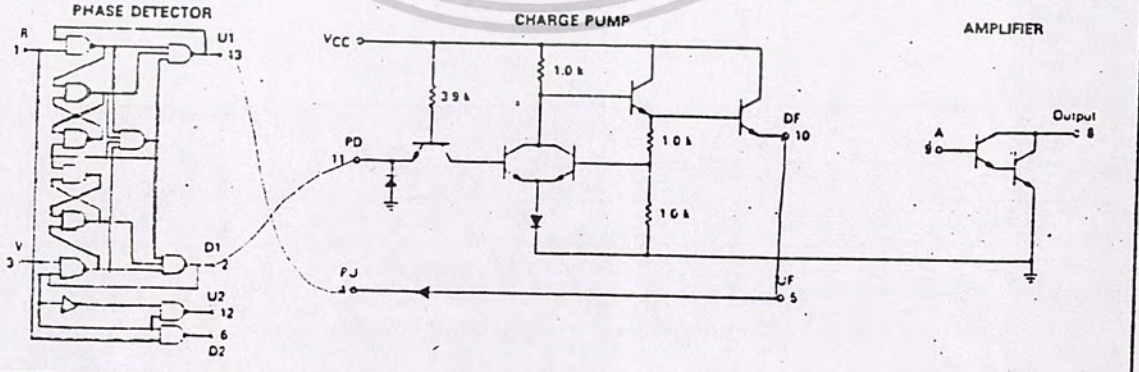
## LOGIC DIAGRAM




$V_{CC}$ = Pin 14
GND = Pin 7

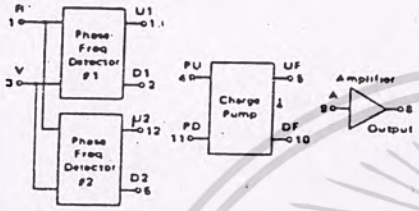
## PIN ASSIGNMENT




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS




| INPUT STATE | INPUT R | INPUT V | OUTPUT U1 | OUTPUT D1 | OUTPUT U2 | OUTPUT D2 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | X | X | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 0 | X | X | 0 | 1 |
| 3 | 1 | 1 | X | X | 1 | 0 |
| 4 | 1 | 0 | X | X | 0 | 1 |
| 5 | 0 | 0 | X | X | 1 | 1 |
| 6 | 1 | 0 | X | X | 0 | 1 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 8 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 10 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 11 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 12 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 13 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 14 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 15 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 16 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 17 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |

**TRUTH TABLE**

This is not strictly a functional truth table; i.e., it does not show all possible modes of operation. It is useful for dc testing.

1. X indicates output state unknown.
2. U1 and D1 outputs are sequential; i.e., they must be sequenced in order shown.
3. U2 and D2 outputs are combinational; i.e., they need only inputs shown to obtain outputs.

| Characteristic | Symbol | Pin Under Test | MC4344 Test Limits −55°C Min | −55°C Max | +25°C Min | +25°C Max | +125°C Min | +125°C Max | MC4044 Test Limits 0°C Min | 0°C Max | +25°C Min | +25°C Max | +75°C Min | +75°C Max | Unit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Input Reverse Current | $I_{IL}$ | 1 | - | −4.8 | - | −4.8 | - | −4.8 | - | −4.8 | - | −4.8 | - | −4.8 | mAdc |
| | | 3 | - | −4.8 | - | −4.8 | - | −4.8 | - | −4.8 | - | −4.8 | - | −4.8 | |
| | | 11 | - | −16 | - | −16 | - | −16 | - | −16 | - | −16 | - | −16 | |
| Leakage Current | $I_{IH}$ | 1 | - | 120 | - | 120 | - | 120 | - | 120 | - | 120 | - | 120 | μAdc |
| | | 3 | - | 120 | - | 120 | - | 120 | - | 120 | - | 120 | - | 120 | |
| | | 4 | - | 50 | - | 50 | - | 50 | - | 50 | - | 50 | - | 50 | |
| | | 11 | - | 40 | - | 40 | - | 40 | - | 40 | - | 40 | - | 40 | |
| | $I_{pulse}$ | 1 | - | - | - | 10 | - | - | - | - | - | 10 | - | - | mAdc |
| | | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | | 11 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Clamp Voltage | $V_{IC}$ | 1 | - | - | - | −1.5 | - | - | - | - | - | −1.5 | - | - | Vdc |
| | | 3 | - | - | - | −1.5 | - | - | - | - | - | −1.5 | - | - | |
| Output (Note 1) Output Voltage | $V_{OH}$ | 6 | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | Vdc |
| | | 12 | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | |
| | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | Vdc |
| | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | Vdc |
| | $V_{OL}$ & $V_{OH}$ | 6 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | Vdc |
| | | 12 | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | |
| | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | Vdc |
| | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | Vdc |
| | $V_{OH}$ & $V_{OL}$ | 6 | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | Vdc |
| | | 12 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | |
| | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | Vdc |
| | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | Vdc |
| | $V_{OH}$ & $V_{OL}$ | 2 | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | Vdc |
| | | 13 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | |
| | $V_{OH}$ & $V_{OL}$ | 3 | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | Vdc |
| | | 13 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | |
| | $V_{OH}$ | 3 | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | Vdc |
| | | 12 | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | |
| | $V_{OH}$ | 2 | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | Vdc |
| | | 13 | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | |
| | $V_{OL}$ & $V_{OH}$ | 2 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | Vdc |
| | | 13 | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | |
| | $V_{OL}$ & $V_{OH}$ | 2 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | Vdc |
| | | 13 | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | |
| | $V_{OL}$ & $V_{OH}$ | 2 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | Vdc |
| | | 13 | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | |
| | $V_{OL}$ & $V_{OH}$ | 3 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | - | 0.4 | Vdc |
| | | 13 | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | |
| | $V_{OH}$ | 3 | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | Vdc |
| | | 13 | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.4 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | 2.5 | - | |
| Short Circuit Current (Note 1) | $I_{OS}$ | +2 | -20 | -65 | -20 | -65 | -20 | -65 | -20 | -65 | -20 | -65 | -20 | -65 | mAdc |
| | | 6 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 12 | | | | | | | | | | | | | |
| | | +13 | | | | | | | | | | | | | |
| Leakage Current (Note 1) | $I_{OLK}$ | +2 | - | 250 | - | 250 | - | 250 | - | 250 | - | 250 | - | 250 | μAdc |
| | | 6 | - | | - | | - | | - | | - | | - | | |
| | | 12 | - | | - | | - | | - | | - | | - | | |
| | | +13 | - | | - | | - | | - | | - | | - | | |
| Diode Voltage | $V_F$ | 5 | - | - | 0.5 | - | - | - | - | 0.5 | - | - | - | - | Vdc |
| Output Voltage | $V_{EN}$ | 10 | 1.5 | - | 1.5 | - | 1.5 | - | 1.5 | - | 1.5 | - | 1.5 | - | Vdc |
| Output Current | $I_O$ | 6 | 0.7 | - | 0.8 | - | 1.0 | - | 0.5 | - | 0.9 | - | 1.0 | - | mAdc |
| Leakage Current | $I_{OLK}$ | 6 | - | 170 | - | 170 | - | 125 | - | 190 | - | 170 | - | 120 | μAdc |
| | | 10 | - | 50 | - | 50 | - | 50 | - | 50 | - | 50 | - | 50 | |
| Power Requirements (Total Device) Power Supply Drain | $I_{CC}$ | 14 | - | 60 | - | 60 | - | 60 | - | 60 | - | 60 | - | 60 | mAdc |

| Characteristic | Symbol | MC4344 Test Temperature | MC4044 Test Temperature | $I_{OL}$ | $I_{OH1}$ | $I_{OH2}$ | $I_{IH}$ | $I_{IC}$ | $I_{IA}$ | $V_{IL}$ | $V_{IH}$ | $V_{IH(sh)}$ | $V_{IL1}$ | $V_{IH(T)}$ | $V_{out}$ | $V_{CC}$ | $V_{CCL}$ | $V_{CCH}$ | Gnd |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | TEST CURRENT/VOLTAGE VALUES | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | mA | | | | | | Volts | | | | | | | | | |
| | | −55°C | | 20 | -1.6 | -1.0 | - | - | 0.001 | 0.4 | 2.4 | - | 1.1 | 2.0 | 1.5 | 5.0 | 4.5 | 5.5 | |
| | | +25°C | | 20 | -1.6 | -1.0 | 10 | -10 | 0.001 | 0.4 | 2.4 | 5.5 | 1.1 | 2.0 | 1.5 | 5.0 | 4.5 | 5.5 | |
| | | +125°C | | 20 | -1.6 | -1.0 | - | - | 10.001 | 0.4 | 2.4 | - | 0.9 | 2.0 | 1.5 | 5.0 | 4.5 | 5.5 | |
| | | | 0°C | 20 | -1.6 | -1.0 | - | - | 0.001 | 0.4 | 2.5 | - | 1.1 | 2.0 | 1.5 | 5.0 | 4.75 | 5.25 | |
| | | | +25°C | 20 | -1.6 | -1.0 | 10 | -10 | 0.001 | 0.4 | 2.5 | 5.5 | 1.1 | 2.0 | 1.5 | 5.0 | 4.75 | 5.25 | |
| | | | +75°C | 20 | -1.6 | -1.0 | - | - | 10.001 | 0.4 | 2.5 | - | 0.9 | 2.0 | 1.5 | 5.0 | 4.75 | 5.25 | |
| | | | | TEST CURRENT/VOLTAGE APPLIED TO PINS LISTED BELOW | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | $I_{OL}$ | $I_{OH1}$ | $I_{OH2}$ | $I_{IH}$ | $I_{IC}$ | $I_{IA}$ | $V_{IL}$ | $V_{IH}$ | $V_{IH(sh)}$ | $V_{IL1}$ | $V_{IH(T)}$ | $V_{out}$ | $V_{CC}$ | $V_{CCL}$ | $V_{CCH}$ | Gnd |
| Input Reverse Current | $I_{IL}$ | | | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | 14 | 7 |
| | | | | - | - | - | - | - | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | | 7 |
| | | | | - | - | - | - | - | - | 11 | - | - | - | - | - | - | - | | 7 |
| Leakage Current | $I_{IH}$ | | | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | 14 | 7 |
| | | | | - | - | - | - | - | - | - | 3 | - | - | - | - | - | - | 14 | 7 |
| | | | | - | - | - | - | - | - | - | 11 | - | - | - | - | - | - | 4 | 5,7 |
| | | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 14 | 7 |
| | $I_{pulse}$ | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 14 | 7 |
| | | | | - | - | - | - | - | - | - | 3 | - | - | - | - | - | - | | 7 |
| | | | | - | - | - | - | - | - | - | 11 | - | - | - | - | - | - | | 7 |
| Clamp Voltage | $V_{IC}$ | | | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | 14 | - |
| | | | | - | - | - | - | - | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | 14 | - |
| Output (Note 1) Output Voltage | $V_{OH}$ | | | - | 6 | - | - | - | - | - | - | - | 1.3 | - | - | - | - | 14 | 7 |
| | | | | - | 12 | - | - | - | - | - | - | - | 1.3 | - | - | - | - | 14 | 7 |
| | | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 | 1 | - | - | - | 14 | 7 |
| | | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.3 | - | - | - | - | 14 | 7 |
| | $V_{OL}$ & $V_{OH}$ | | | 6 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.3 | - | - | - | 14 | 7 |
| | | | | - | 12 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.3 | - | - | - | 14 | 7 |
| | | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 | 1 | - | - | - | 14 | 7 |
| | | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.3 | - | - | - | - | 14 | 7 |
| | $V_{OH}$ & $V_{OL}$ | | | 12 | 6 | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 | 1 | - | - | 14 | 7 |
| | | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.3 | - | - | - | 14 | 7 |
| | | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 | 1 | - | - | - | 14 | 7 |
| | | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.3 | - | - | - | - | 14 | 7 |
| | $V_{OH}$ & $V_{OL}$ | | | 13 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 1.3 | - | - | - | - | 14 | 7 |
| | | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.3 | - | - | - | 14 | 7 |
| | $V_{OH}$ & $V_{OL}$ | | | 13 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | 1.3 | - | - | - | - | 14 | 7 |
| | | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.3 | - | - | - | 14 | 7 |
| | $V_{OH}$ | | | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | 1.3 | - | - | - | - | 14 | 7 |
| | | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 3 | - | - | - | 14 | 7 |
| | | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.3 | - | - | - | - | 14 | 7 |
| | $V_{OH}$ | | | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 3 | - | - | - | 14 | 7 |
| | | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.3 | - | - | - | - | 14 | 7 |
| | $V_{OL}$ & $V_{OH}$ | | | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.3 | - | - | - | - | 14 | 7 |
| | | | | - | 13 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.3 | - | - | - | 14 | 7 |
| | $V_{OL}$ & $V_{OH}$ | | | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 3 | - | - | - | 14 | 7 |
| | | | | - | 13 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.3 | - | - | - | 14 | 7 |
| | $V_{OL}$ & $V_{OH}$ | | | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.3 | - | - | - | - | 14 | 7 |
| | | | | - | 13 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.3 | - | - | - | 14 | 7 |
| | $V_{OH}$ | | | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | 1.3 | - | - | - | - | 14 | 7 |
| | | | | - | 12 | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 3 | - | - | - | 14 | 7 |
| | | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.3 | - | - | - | - | 14 | 7 |
| Short Circuit Current (Note 1) | $I_{OS}$ | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2,3,7,9 |
| | | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,3,6,7,12,13 |
| Leakage Current (Note 1) | $I_{OLK}$ | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2.14 | - | - | - | 1,3,7 |
| | | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 6.14 | - | - | - | 1,3,7 |
| | | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 12,14 | - | - | - | 1,3,7 |
| | | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 13,14 | - | - | - | 1,3,7 |
| Diode Voltage | $V_F$ | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 4,7 |
| Output Voltage | $V_{EN}$ | | | - | - | 10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 7 |
| Output Current | $I_O$ | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 11 | - | - | - | - | 14 | 7 |
| Leakage Current | $I_{OLK}$ | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 8 | 7 |
| | | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 11 | - | - | 10 | - | 6 | 7,9 |
| Power Requirements (Total Device) Power Supply Drain | $I_{CC}$ | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 14 | - | 7 |

Note 1. The output (pin) or Pin 2 or Pin 13 depends upon the sequence that has been applied to the R and S inputs as shown in the Truth Table. In making output voltage, the outputs of the device are tested by sequencing through the indicated input states according to the Truth Table. Parameters identified by a double asterisk (**) are necessary to change the pins of the sequence of tests. When testing $I_{OS}$ and $I_{OLK}$ on Pins 2 or 13 a single asterisk (*) indicates that the R and V inputs are sequenced per the Truth Table to input state 11 where the tests are performed. All inputs, power supply, and ground voltages must be maintained while sequencing and testing entire sequence noted.

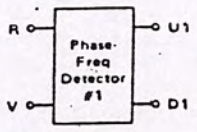
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## APPLICATION

Operation of the MC4344/4044 is best explained by initially considering each section separately. If phase detector #1 is used, loop lockup occurs when both outputs U1 and D1 remain high. This occurs only when all the negative transitions on R, the reference input, and V, the variable or feedback input, coincide. The circuit responds only to transitions, hence phase error is independent of input waveform duty cycle or amplitude variation. Phase detector #1 consists of sequential logic circuitry, therefore operation prior to lockup is determined by initial conditions.

When operation is initiated, by either applying power to the circuit or active input signals to R and V, the circuitry can be in one of several states. Given any particular starting conditions, the flow table of Figure 1 can be used to determine subsequent operation. The flow table indicates the status of U1 and D1 as the R and V inputs are varied. The numbers in the table which are in parentheses are arbitrarily assigned labels that correspond to stable states that can result for each input combination. The numbers without parentheses refer to unstable conditions. Input changes are traced by horizontal movement in the table; after each input change, circuit operation will settle in the numbered state indicated by moving horizontally to the appropriate R-V column. If the number at that location is not in parentheses, move vertically to the number of the same value that is in parentheses. For a given input pair, any one of three stable states can exist. As an example, if R = 1 and V = 0, the circuit will be in one of the stable states (4), (8), or (12).

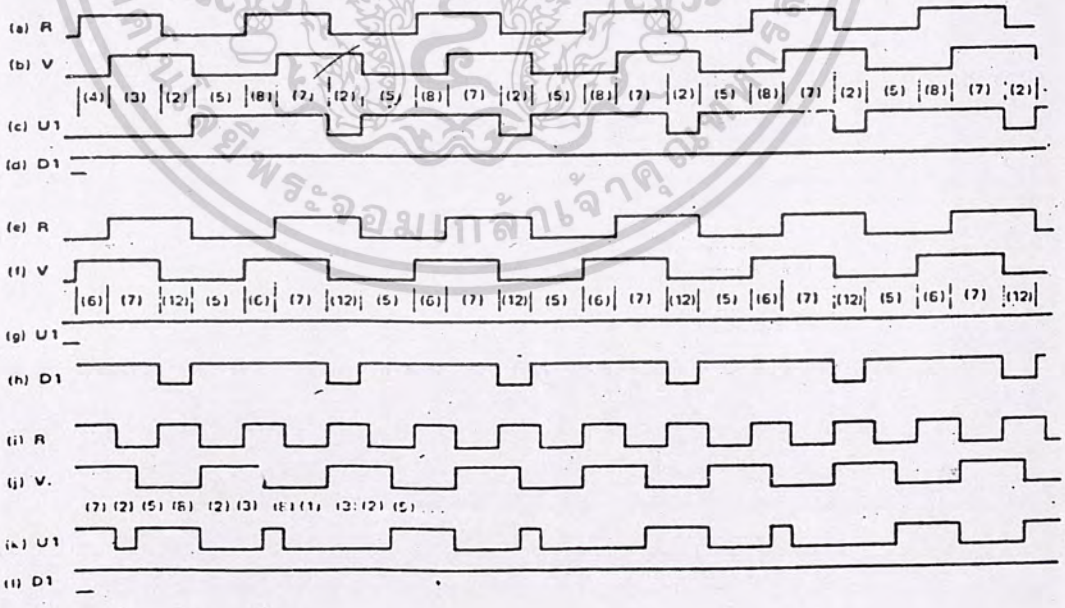
FIGURE 1 — PHASE DETECTOR #1 FLOW TABLE




| R-V 0-0 | R-V 0-1 | R-V 1-1 | R-V 1-0 | U1 | D1 |
|---|---|---|---|---|---|
| (1) | 2 | 3 | (4) | 0 | 1 |
| 5 | (2) | (3) | 8 | 0 | 1 |
| (5) | 6 | 7 | 8 | 1 | 1 |
| 9 | (6) | 7 | 12 | 1 | 1 |
| 5 | 2 | (7) | 12 | 1 | 1 |
| 1 | 2 | 7 | (8) | 1 | 1 |
| (9) | (10) | 11 | 12 | 1 | 0 |
| 5 | 6 | (11) | (12) | 1 | 0 |

Use of the table in determining circuit operation is illustrated in Figure 2. In the timing diagram, the input to R is the reference frequency; the input to V is the same frequency but lags in phase. Stable state (4) is arbitrarily assumed as the initial condition. From the timing diagram and flow table, when the circuit is in stable state (4), outputs U1 and D1 are "0" an "1" respectively. The next input state is R-V = 1-1; moving horizontally from stable state (4) under R-V = 1-0 to the R-V = 1-1 column, state 3 is indicated. However, this is an unstable condition and the circuit will assume the state indicated by moving vertically in the R-V = 1-1 column to stable state (3). In this

FIGURE 2 — PHASE DETECTOR #1 TIMING DIAGRAM




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

instance, outputs U1 and D1 remain unchanged. The input states next become R-V = 0-1 moving horizontally to the R-V = 0-1 column, stable state (2) is indicated. At this point there is still no change in U1 or D1. The next input change shifts operation to the R-V = 0-0 column where unstable state 5 is indicated. Moving vertically to stable state (5), the outputs now change state to U1-D1 = 1-1. The next input change, R-V = 1-0, drives the circuitry to stable state (8), with no change in U1 or D1. The next input, R-V = 1-1, leads to stable state (7) with no change in the outputs. The next two input state changes cause U1 to go low between the negative transitions of R and V. As the inputs continue to change, the circuitry moves repeatedly through stable states (2), (5), (8), (7), (2), etc., as shown, and a periodic waveform is obtained on the U1 terminal while D1 remains high.

A similar result is obtained if V is leading with respect to R, except that the periodic waveform now appears on D1 as shown in rows e–h of the timing diagram of Figure 2. In each case, the average value of the resulting waveform is proportional to the phase difference between the two inputs. In a closed loop application, the error signal for controlling the VCO is derived by translating and filtering these waveforms.

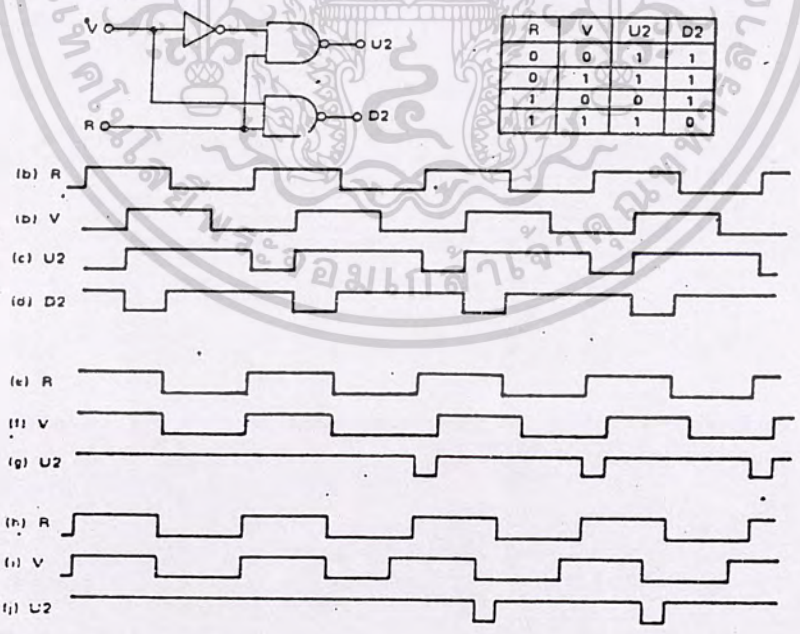
The results obtained when R and V are separated by a fixed frequency difference are indicated in rows i–l of the timing system. For this case, the U1 output goes low when R goes low and stays in that state until a negative transition on V occurs. The resulting waveform is similar to the fixed phase difference case, but now the duty cycle of the U1 waveform varies at a rate proportional to the difference frequency of the two inputs, R and V. It is this characteristic that permits the MC4344/4044 to be used as a frequency discriminator; if the signal on R has been frequency modulated and if the loop bandwidth is selected to pass the deviation frequency but reject R and V, the resulting error voltage applied to the VCO will be the recovered modulation signal.

Phase detector #2 consists only of combinatorial logic, therefore its characteristics can be determined from the simple truth table of Figure 3. Since circuit operation requires that both inputs to the charge pump either be high or have the same duty cycle when lock occurs, using this phase detector leads to a quadrature relationship between R and V. This is illustrated in rows a–d of the timing diagram of Figure 3. Note that any deviation from a fifty percent duty cycle on the inputs would appear as phase error.

Waveforms showing the operation of phase detector #2 when phase detector #1 is being used in a closed loop are indicated in rows e–j. When the main loop is locked, U2 remains high. If the loop drifts out of lock in either direction a negative pulse whose width is proportional to the amount of drift appears on U2. This can be used to generate a simple loss-of-lock indicator.

Operation of the charge pump is best explained by considering it in conjunction with the Darlington amplifier included in the package (see Figure 4). There will be

FIGURE 3 — PHASE DETECTOR #2 OPERATION




| R | V | U2 | D2 |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

สำหรับโครงงานเครื่องผสมสัญญาณภาพจากคอมพิวเตอร์ และสัญญาณภาพจากวิดีโอเทปนี้ ทางคณะผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลือทางด้านคำแนะนำ และเครื่องมือที่ใช้จาก รศ.ประกิจ ตังติสานนท์ ทางคณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ของอาจารย์มาก จึงขออบคุณอาจารย์มา ณ ที่นี้ นอกจากนี้ทางคณะผู้จัดทำก็ขออบคุณ ทุกๆท่านที่มีส่วนช่วยในโครงงานนี้ด้วย

นาย วิชาญ ภูมินาถ
นาย วิชัย อัครมงคลชัย
คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หนังสืออ้างอิง


ก. เอกสารอ้างอิงที่เป็นภาษาอังกฤษ

1. "IBM Technical Refenerce Personal Computer XT" International Business Machines Corperation Revised Edition (April 1983)
2. J A Reddihough and David Knight , "Color Television", Butterworths & Co.Ltd 1975.
3. Gerry Kane , "CRT Controller Handbook"
4. "The TTL Databook" volume 3, Texas Instruments 1984.
5. Don Lancaster,"TTL Cookbook", Howard W. Sams & Co.Inc. Indiana ,1977.
6. "Linear Data Book",National Semiconductor Corporation, 1982.
7. Don lancaster , "CMOS Cookbook"

ข. เอกสารอ้างอิงที่เป็นภาษาไทย

1. สมศักดิ์ เตชะเศรษฐชัย และ ว.ต.ย. สุชาติ กังวารจิตต์, "โทรทัศน์สีระบบ PAL" บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด พิมพ์ครั้งที่ 3, พ.ศ. 2531
2. ดร. ธวัช เมฆสวรรค์ และ นายโยชิคะซึ ชาวาฆุระ, "เทคนิคการซ่อมเครื่องรับโทรทัศน์สี" โรงพิมพ์ ครุสภา พิมพ์ครั้งที่ 4, พ.ศ. 2528



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้