**ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม**

**คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

**ใบรับรองปริญญานิพนธ์**

---

**ปริญญานิพนธ์ เครื่องระบบการประชุมทางโทรภาพแบบ 4 ผู้ใช้**

**4-USERS VIDEO CONFERENCE SYSTEM**

**ชื่อนักศึกษา** 1. นายภูวดล ศิริวิวัฒนากุล รหัสประจำตัว 37031121

2. นายศุภเกียรติ อังอำนวยศิริ รหัสประจำตัว 37031128

3. นายสมชาย สุทธิศิริมงคล รหัสประจำตัว 37031129

4. นางสาววันวิสาข์ ทับทิม รหัสประจำตัว 37031136

**หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต** สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

**อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์**

1. อาจารย์สุชิน อาจหาญ
2. อาจารย์กิติพงค์ มะโน
3. อาจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม

| คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ | ลายมือชื่อ |
|---|---|
| 1. อาจารย์สุชิน อาจหาญ | |
| 2. อาจารย์กิติพงค์ มะโน | |
| 3. อาจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม | |
| 4. ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี | |
| 5. อาจารย์โกศล ตราชู | |

**วันเดือนปีที่สอบ** วันที่ 7 พฤษภาคม 2539 เวลา 18.00 ถึง 19.00 น.

**สถานที่สอบ** ห้อง ค.301 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ภาควิชารับรองแล้ว

(ลงชื่อ).....

(เกษตรธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ ๙ เดือน พ.ค. พ.ศ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ปริญญานิพนธ์

# เครื่องระบบการประชุมทางโทรภาพแบบ 4 ผู้ใช้

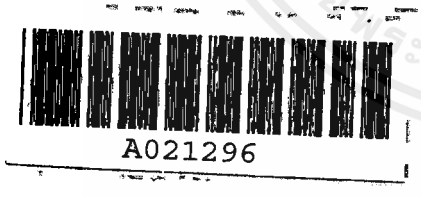
# 4-USERS VIDEO CONFERENCE SYSTEM

นายภูวดล ศิริวิวัฒนากุล

นายศุภเกียรติ อังอำนวยศิริ

นายสมชาย สุทธิศิริมงคล

นางสาววันวิสาข์ ทับทิม



เลขหมู่ 1527

เลขทะเบียน

วัน เดือน ปี 29 ตค 2539

021296


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ปริญญานิพนธ์

**เรื่อง** เครื่องระบบประชุมทางโทรภาพแบบ 4 ผู้ใช้

4-USERS VIDEO CONFERENCE SYSTEM

**วัตถุประสงค์**

1. เพื่อศึกษาการทำงานของเครื่องระบบการประชุมทางโทรภาพแบบ 4 ผู้ใช้
2. เพื่อวิเคราะห์ ออกแบบวงจรระบบการประชุมทางโทรภาพแบบ 4 ผู้ใช้
3. เพื่อสร้างวงจรระบบการประชุมทางโทรภาพโทรภาพแบบ 4 ผู้ใช้
4. เพื่อนำเครื่องระบบการประชุมทางโทรภาพแบบ 4 ผู้ใช้ ไปใช้งานได้

**ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1. สามารถเข้าใจหลักการทำงานของระบบการประชุมทางโทรภาพ
2. ได้เครื่องระบบประชุมทางโทรภาพแบบ 4 ผู้ใช้ ไว้ใช้งาน
3. นำไปพัฒนาต่อเนื่องได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ปริญญานิพนธ์**

**เรื่อง** เครื่องระบบการประชุมทางโทรภาพแบบ 4 ผู้ใช้

4-USERE VIDEO CONFERENCE SYSTEM

**ผู้จัดทำ**

1. นายภูวดล ศิริวิวัฒนากุล
2. นายศุภเกียรติ อังอำนวยศิริ
3. นายสมชาย สุทธิศิริมงคล
4. นางสาววันวิสาข์ ทับทิม

**อาจารย์ที่ปรึกษา**

**ลงนาม**.....

(อาจารย์สุชิน อาจหาญ)

**ลงนาม**.....

(อาจารย์กิติพงค์ มะโน)

**ลงนาม**.....

(อาจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม)

**หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม**

**ลงนาม**.....

(ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I

# เครื่องระบบการประชุมทางโทรภาพแบบ 4 ผู้ใช้


นายภูวดล ศิริวิวัฒนากุล

นายศุภเกียรติ อังอำนวยศิริ

นายสมชาย สุทธิศิริมงคล

นางสาววันวิสาข์ ทับทิม

**อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์สุชิน อาจหาญ

อาจารย์กิติพงค์ มะโน

อาจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม



**ปีการศึกษา 2538**



**บทคัดย่อ**

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เสนอเครื่องระบบการประชุมทางโทรภาพแบบ 4 ผู้ใช้ ที่สามารถประชุมผ่านจอโทรทัศน์ โดยเห็นผู้เข้าร่วมประชุมจาก 4 สถานที่ หรือทั้ง 4 ผู้ใช้พร้อมกันบนจอโทรทัศน์ ใช้หลักการเปลี่ยนสัญญาณภาพจากสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล เก็บข้อมูลสัญญาณดิจิตอลที่ได้ไว้ในหน่วยความจำ แล้วทำการอ่านข้อมูลภาพสัญญาณดิจิตอลจากหน่วยความจำให้เร็วขึ้น เป็น 2 เท่าของเวลาที่จัดเก็บข้อมูล เพื่อให้ได้ภาพที่ปรากฏบนจอโทรทัศน์พร้อมกันทั้ง 4 สถานที่ จากนั้นเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะลอก แล้วจึงนำสัญญาณแอนะลอกที่ได้ไปแสดงผลบนจอโทรทัศน์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

II

# 4-USERS VIDEO CONFERENCE SYSTEM

MR.PHUWADON SIRIWIWATTHANAKUL
MR.SOMCHAI SUTTISIRIMONGKOL
MR.SUPAKIAT ANGAUMNURRYSI
MISS.WANWISA TUBTIM

**ADVISORS**
MR.SUCHIN ADHAN
MR.KITIPHONG MANO
MR.WISUIT ATIPORNTUM
**1995**

**ABSTRACT**

This thesis presents the 4-users video conference system. The project serve conference through a television screen with seeing 4 participants from 4 places in the same time, using the principle of converting the video from analog signal to digital signal, and storing data of digital signal in memory, then reading the digital signal data from memory in speed that faster than storing is double in order to appearing of the pictures from 4 places in the same time, then converting digital signal to analog signal for display on the television screen.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| **บทคัดย่อภาษาไทย** | I |
| **บทคัดย่อภาษาอังกฤษ** | II |
| **กิตติกรรมประกาศ** | III |
| **สารบัญ** | IV |
| **สารบัญภาพ** | VI |
| **บทที่ 1 บทนำ** | 1 |
| **บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ** | 3 |
| 2.1 ทฤษฎีของโทรทัศน์เบื้องต้น | 3 |
| 2.1.1 ส่วนประกอบของภาพ | 3 |
| 2.1.2 วิธีการสแกนและหลักการหักเหของลำอิเล็กตรอน | 5 |
| 2.1.3 เครื่องส่งและเครื่องรับโทรทัศน์ | 9 |
| 2.1.4 สัญญาณต่างๆ ที่ส่ง | 10 |
| 2.2 การหาความจุของภาพดิจิตอล | 16 |
| 2.3 หลักการเขียน และการอ่านหน่วยความจำ | 18 |
| 2.4 หลักการเบื้องต้นของระบบกล้องวีดีโอ CCD | 20 |
| 2.4.1 โครงสร้างของ CCD | 20 |
| 2.4.2 ระบบการทำงานของ CCD | 22 |
| 2.5 ระบบการประชุมทางโทรทัศน์ในปัจจุบัน | 25 |
| 2.5.1 อุปกรณ์ codec | 26 |
| 2.5.2 การทำงานภายใน MCU | 28 |
| 2.5.3 การทำงานของ MCU | 30 |
| 2.5.4 การแบ่งแยก และขยายการประชุม | 32 |
| **บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน** | 35 |
| 3.1 การออกแบบ | 35 |
| 3.2 การทำงานของวงจรต่างๆ | 37 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 วงจรขยายสัญญาณภาพ 37
3.2.2 วงจรแยกสัญญาณซิ้งค์ 38
3.2.3 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอก 40
3.2.4 วงจรนับตำแหน่ง 43
3.2.4.1 วงจรควบคุมการเขียนข้อมูลภาพลงหน่วยความจำ 44
3.2.4.2 วงจรควบคุมการอ่านข้อมูลภาพจากหน่วยความจำ 46
3.2.5 วงจรหน่วยความจำ 48
3.2.6 วงจรมัลติเพล็กซ์ 50
3.2.7 วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะลอก 52
3.2.8 วงจรผลิตสัญญาณนาฬิกา 53
3.2.9 วงจรผลิตสัญญาณซิ้งค์ 54
3.2.10 วงจรผสมสัญญาณ 56
**บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง** 58
4.1 การทดลองการทำงานของเครื่องขณะให้สัญญาณอินพุต 1 สัญญาณภาพ 58
4.2 การทดลองการทำงานของเครื่องขณะให้สัญญาณอินพุต 2 สัญญาณภาพ 59
4.3 การทดลองการทำงานของเครื่องขณะให้สัญญาณอินพุต 4 สัญญาณภาพ 61
**บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา** 63
5.1 สรุป 63
5.2 ปัญหา และแนวทางแก้ไข 63
5.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงงาน 64
5.4 แนวทางการพัฒนา 64
**ภาคผนวก ก รายการอุปกรณ์เครื่องระบบการประชุมทางโทรภาพแบบ 4 ผู้ใช้** 65
**ภาคผนวก ข วงจร และวงจรพิมพ์ระบบการประชุมทางโทรภาพแบบ 4 ผู้ใช้** 73
**ภาคผนวก ค รายการข้อมูลและคุณสมบัติของอุปกรณ์** 92
**บรรณานุกรม** 107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ


| รูปภาพ | หน้า |
|---|---|
| รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของภาพในรูปที่มีพื้นที่เท่ากัน | 3 |
| รูปที่ 2.2 ภาพบนจอเครื่องรับโทรทัศน์ประกอบขึ้นด้วยสแกนตามแนวนอน เป็นจำนวนมาก | 4 |
| รูปที่ 2.3 การเคลื่อนที่ของลำอิเล็กตรอนในจังหวะที่ถูกต้อง | 5 |
| รูปที่ 2.4 การหักเหของลำอิเล็กตรอน | 5 |
| รูปที่ 2.5 ขดลวดที่ทำให้เกิดการหักเหของลำอิเล็กตรอน | 6 |
| รูปที่ 2.6 การวางตำแหน่งของขดลวด | 7 |
| รูปที่ 2.7 กระแสรูปฟันเลื่อย สำหรับใช้ในวงจรที่ทำให้เกิดการหักเห ของลำอิเล็กตรอนในแนวนอน และในแนวตั้ง | 8 |
| รูปที่ 2.8 การสแกนสองครั้งสำหรับภาพนิ่งแต่ละภาพ โดยแบ่งหนึ่งเฟรมออกเป็นสองฟิลด์ | 11 |
| รูปที่ 2.9 ความถี่ของกระแสรูปฟันเลื่อยในวงจรของการหักเหทางแนวนอน และวงจรการหักเหทางแนวตั้งทางด้านเครื่องส่ง และเครื่องรับโทรทัศน์ | 12 |
| รูปที่ 2.10 รูปร่างของโทรทัศน์ที่เกิดจากภาพขาวสลับดำเป็นแถบๆ | 13 |
| รูปที่ 2.11 สัญญาณภาพรวม แสดงให้เห็นรายละเอียดของสัญญาณแต่ละชนิด | 14 |
| รูปที่ 2.12 การจัดพื้นที่หน่วยความจำในการเก็บข้อมูลขนาด 256x256 จุดต่อภาพ | 15 |
| รูปที่ 2.13 การเก็บข้อมูลบนภาพขนาด 512x512 จุดต่อภาพ | 18 |
| รูปที่ 2.14 ขนาดของภาพย่อเทียบกับภาพปกติ | 18 |
| รูปที่ 2.15 เส้นสแกนของแต่ละกล้อง | 19 |
| รูปที่ 2.16 โครงสร้างพื้นฐานทั่วไปของ CCD | 21 |
| รูปที่ 2.17 รูปคลื่นของการหมุนเฟสที่ปรากฏด้านแนวตั้ง และการถ่ายเทประจุที่สัมพันธ์กัน | 22 |
| รูปที่ 2.18 ระบบการทำงานพื้นฐานของ CCD | 23 |
| รูปที่ 2.19 กล้องถ่ายภาพ CCD ขนาดเล็ก | 24 |
| รูปที่ 2.20 ระบบตรวจสอบใบเสร็จรับเงินที่ใช้กล้องถ่ายภาพ CCD | 25 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.21 การจัดประชุมหลายแห่งพร้อมกันผ่าน MCU 26
รูปที่ 2.22 ผังการทำงานของระบบ MCU 29
รูปที่ 2.23 การแบ่งเขตการประชุมด้วย MCU 32
รูปที่ 2.24 การต่อพ่วงการประชุมระหว่าง MCU 33
รูปที่ 2.25 การต่อพ่วงการประชุมที่มีการสื่อสารต่างโปรโตคอลกัน
ด้วยการมัลติเพล็กซ์ 34
รูปที่ 3.1 ผังการทำงานของเครื่องระบบการประชุมทางโทรภาพแบบ 4 ผู้ใช้ 36
รูปที่ 3.2 วงจขยายสัญญาณภาพ 38
รูปที่ 3.3 วงจรแยกสัญญาณซิ้งค์ 39
รูปที่ 3.4 ผังเวลาการเกิดสัญญาณควบคุมตำแหน่งภาพทางแนวนอน 39
รูปที่ 3.5 ผังการทำงานภายในของไอซี CA3318 42
รูปที่ 3.6 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล 43
รูปที่ 3.7 วงจรควบคุมการเขียนข้อมูลภาพลงหน่วยความจำ 44
รูปที่ 3.8 วงจรควบคุมการอ่านข้อมูลภาพจากหน่วยความจำ 47
รูปที่ 3.9 วงจรหน่วยความจำ 48
รูปที่ 3.10 วงจรมัลติเพล็กซ์ 51
รูปที่ 3.11 วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะลอก 52
รูปที่ 3.12 วงจรผลิตสัญญาณนาฬิกา 53
รูปที่ 3.13 วงจรผลิตสัญญาณซิ้งค์ 55
รูปที่ 4.1 ภาพอินพุตที่ให้กับวงจรจำนวน 1 สัญญาณภาพ 58
รูปที่ 4.2 ภาพเอาต์พุตที่ปรากฏหน้าจอโทรทัศน์ 59
รูปที่ 4.3 ภาพอินพุตที่ป้อนให้กับวงจรจำนวน 2 สัญญาณภาพ 60
รูปที่ 4.4 ภาพเอาต์พุตที่ปรากฏหน้าจอโทรทัศน์ 61
รูปที่ 4.5 ภาพอินพุตที่ให้กับวงจรจำนวน 4 สัญญาณภาพ 61
รูปที่ 4.6 ภาพเอาต์พุตที่ปรากฏหน้าจอโทรทัศน์ 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตาราง | หน้า |
|---|---|
| ตารางที่ 3.1 ผังการทำงานของไอซี 74153 | 50 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

การติดต่อสื่อสารถือเป็นหัวใจสำคัญอย่างหนึ่งในองค์ประกอบที่จะนำไปสู่ความสำเร็จทางด้านธุรกิจ ทำให้ระบบการติดต่อสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ และความรวดเร็วเป็นตัวแปรสำคัญของการเพิ่มโอกาสทางธุรกิจ ในการติดต่อทางธุรกิจสิ่งที่จะขาดไปเสียมิได้ ก็คือการประชุม การจัดการประชุมของหน่วยงานต่างๆ ในแต่ละครั้ง ผู้เข้าร่วมประชุมจะต้องเดินทางมาประชุม ณ ที่หนึ่งๆ ทำให้ต้องเสียเวลา และค่าใช้จ่าย ไปกับการเดินทางมากพอสมควร อีกทั้งยังเป็นปัญหาในด้านความสะดวกในการประชุม และปัญหาการจารจร ที่ไม่มีวันแก้ได้ง่ายๆ ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผสมผสานกับความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีของระบบติดต่อสื่อสาร จึงมีระบบการประชุมทางโทรทัศน์เกิดขึ้นมา เพื่อให้ผู้ที่จะประชุมซึ่งอยู่ ณ สถานที่ต่างกันสามารถประชุมผ่านทางจอโทรทัศน์ และระบบการประชุมที่ติดตั้งไว้ในหน่วยงาน ผู้ใช้สามารถติดต่อระหว่างกันเป็นระบบแบบเครือข่าย แต่ภาพที่ปรากฏบนจอโทรทัศน์ ของระบบการประชุมทางโทรทัศน์จะไม่สามารถเห็นผู้เข้าร่วมประชุมพร้อมกันได้ ในกรณีที่มีการประชุมกันมากกว่า 2 สถานที่ขึ้นไป

ดังนั้น จึงเกิดแนวความคิดสร้างระบบการประชุมทางโทรทัศน์ โดยสามารถเห็นผู้เข้าร่วมประชุมบนจอโทรทัศน์พร้อมกันได้ 4 ผู้ใช้ คือ การแบ่งจอโทรทัศน์ออกเป็น 4 ส่วน ด้วยเทคนิคพิเศษ ซึ่งแต่ละคนจะต้องมีโทรทัศน์ (ในที่นี้จะใช้โทรทัศน์ขาวดำ) เพื่อรับภาพ, กล้องวีดิโอ และวงจรระบบการประชุม ที่ละ 1 ชุด เพื่อใช้เชื่อมต่อให้ผู้ใช้ใน 4 ที่ สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ ในวงจรระบบการประชุมจะประกอบไปด้วย ส่วนของหน่วยความจำที่จะเก็บข้อมูลภาพเอาไว้ และแสดงข้อมูลภาพออกทางจอโทรทัศน์ ในการแสดงภาพออกทางจอโทรทัศน์นั้น เพื่อให้ภาพสามารถปรากฏบนจอโทรทัศน์ได้ทั้ง 4 ผู้ใช้ จะต้องมีส่วนที่ใช้ในการอ่านหน่วยความจำ โดยการอ่านหน่วยความจำจะใช้เวลาอ่านเร็วกว่าปกติเป็น 2 เท่า ซึ่งรายละเอียดในการบันทึกข้อมูลภาพ และอ่านข้อมูลภาพจากหน่วยความจำ หรือส่วนประกอบต่างๆ จะได้กล่าวไว้ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ทำการพัฒนาการประชุมทางโทรทัศน์ ให้มีประสิทธิภาพ และขีดความสามารถมากยิ่งขึ้น ภายใต้ชื่อว่า “ระบบการประชุมทางโทรภาพแบบ 4 ผู้ใช้ (4-users

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

video conference system)" โดยจอโทรทัศน์จะปรากฏภาพของผู้เข้าร่วมประชุมทั้ง 4 ผู้ใช้ขึ้นพร้อมกัน

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วยรายละเอียดต่างๆ มีหัวข้อสำคัญดังต่อไปนี้

บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการ กล่าวถึง ทฤษฎีของโทรทัศน์เบื้องต้น, การเก็บข้อมูลภาพทางดิจิตอล, หลักการเขียน และอ่านหน่วยความจำ, หลักการเบื้องต้นของระบบกล้องวีดิโอ CCD, ระบบการประชุมทางโทรทัศน์ในปัจจุบัน

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน กล่าวถึง ผังการทำงานของเครื่อง, วิธีการบันทึกภาพ, ขบวนการแสดงภาพออกจอโทรทัศน์ขาวดำ, การออกแบบวงจร การสร้างวงจรต่างๆ

บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง กล่าวถึง การทดลองเครื่องระบบการประชุมทางโทรภาพแบบ 4 ผู้ใช้

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางการแก้ไข และพัฒนา กล่าวถึงบทสรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะต่างๆ ซึ่งเป็นการสรุปเกี่ยวกับความสามารถประสิทธิภาพการทำงาน การใช้งานของเครื่อง ระบบการประชุมแบบ 4 ผู้ใช้ พร้อมทั้ง กล่าวถึงปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำโครงงาน รวมทั้งวิธีการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ยังได้เสนอแนะแนวทางการพัฒนาเพื่อสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง และปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎี และหลักการ

ในระบบการประชุมทางโทรภาพ องค์ประกอบสำคัญนอกเหนือจากผู้เข้าร่วมประชุม แล้วก็คือ เครื่องบันทึกภาพ (กล้องวีดิโอ) และจอแสดงภาพ (โทรทัศน์) จึงจะทำให้การประชุมทางโทรภาพนั้นสมบรูณ์ บทนี้เป็นการกล่าวถึงทฤษฎี และหลักการของ องค์ประกอบที่จำเป็นในระบบการประชุมทางโทรภาพ พร้อมทั้งระบบการประชุมทางโทรทัศน์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน

## 2.1 ทฤษฎีของโทรทัศน์เบื้องต้น

### 2.1.1 ส่วนประกอบของภาพ

หากพิจารณาดูภาพหรือรูปที่ปรากฏในหน้าหนังสือพิมพ์ หรือวารสารต่างๆ แล้ว จะเห็นว่าภาพเหล่านี้ประกอบขึ้นด้วยจุดดำเล็กๆ เป็นจำนวนมาก ซึ่งมีทั้งส่วนที่ดำสนิท และส่วนที่ดำจาง

ก) หากมีจำนวนจุดดำมาก ภาพจะมองดูละเอียด

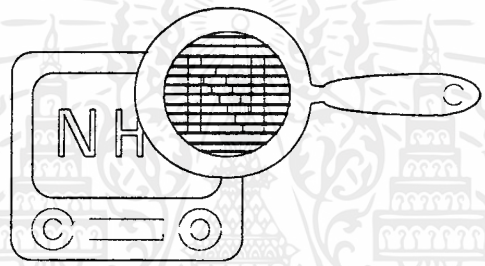
ข) หากมีจำนวนจุดดำน้อย ภาพจะมองดูหยาบ

**รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของภาพในรูปที่มีพื้นที่เท่ากัน**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดของจุดดำในส่วนของภาพที่มืดสนิทจะเห็นใหญ่กว่าขนาดของจุดดำในส่วนของภาพที่จาง จำนวนจุดดำที่มีมากหรือน้อยนี้ มีผลทำให้ภาพมองดูละเอียดหรือหยาบแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ระยะทางที่มองดูภาพมีส่วนสำคัญอยู่ไม่น้อย ภาพที่หยาบ ถ้าหากมองดูในระยะทางซึ่งไกลกว่าระยะที่ใช้มองดูภาพละเอียด ทำให้รู้สึกว่าพอดูได้เหมือนกัน

ในทำนองเดียวกัน ภาพที่ปรากฏบนจอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์นั้นประกอบด้วยเส้นขวางเล็กๆ ในแนวนอนเป็นจำนวนมาก ซึ่งแต่ละเส้นนี้มีทั้งส่วนที่ดำสนิท, ส่วนที่ดำจาง และส่วนที่สว่างมากรวมกันอยู่ เส้นขวางเล็กๆ ตามแนวนอนเหล่านี้เรียกว่า เส้นสแกน (scan)ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนหรือจุดเล็กๆ ที่มีทั้งมืด และสว่างปะปนกันตามรูปที่ 2.2




**รูปที่ 2.2** ภาพบนจอเครื่องรับโทรทัศน์ ประกอบขึ้นด้วยเส้นสแกน ตามแนวนอนเป็นจำนวนมาก

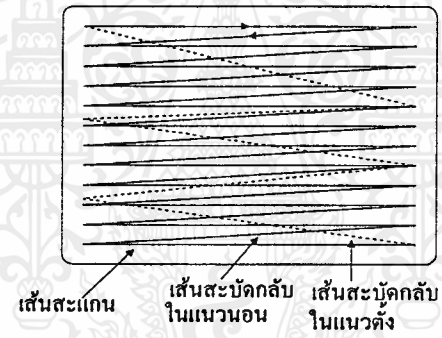
ดังนั้น ภาพที่ปรากฏอยู่บนจอหลอดภาพจึงประกอบขึ้นด้วยจุดเล็กๆ ที่มีระดับของความสว่างแตกต่างกันเป็นจำนวนมากมาย จุดเล็กๆ เหล่านี้เรียกว่า ส่วนประกอบของภาพ (Picture elements) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความละเอียดของภาพมาก หากจำนวนจุดเล็กๆ หรือจำนวนเส้นสแกนในแนวนอนมีมากยิ่งขึ้นเพียงไร ภาพที่เห็นบนจอหลอดภาพจะละเอียดมากขึ้นเพียงนั้น ดังนั้น โทรทัศน์ระบบยุโรปที่มีจำนวนเส้นสแกน 625 เส้น จึงให้ภาพละเอียดกว่าโทรทัศน์ระบบอเมริกา ที่มีจำนวนเส้นสแกนเพียง 525 เส้นเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตาม ภาพที่เห็นบนจอหลอดภาพจะมองดูละเอียด, หยาบ หรือน่าดูอย่างไรนั้น ยังขึ้นอยู่กับส่วนประกอบอีกหลายอย่าง เช่น ความสว่างของภาพ และระยะทางที่มองดูภาพ เป็นต้น สำหรับโทรทัศน์ระบบอเมริกา แม้จะมีจำนวนเส้นสแกนน้อยกว่าจำนวนเส้นของโทรทัศน์ระบบยุโรป อาจทำให้เห็นภาพหยาบไปบ้างก็ตาม แต่ถ้าหากมองในระยะทางห่างประมาณ 4 ถึง 8 เท่าของความสูงภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

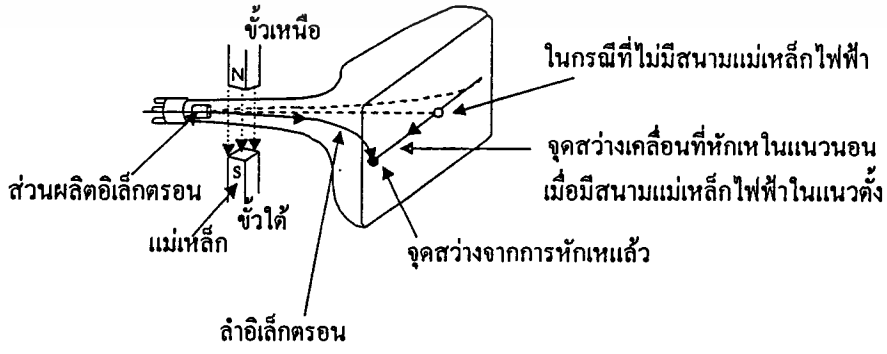
แล้ว จะเห็นว่าเป็นภาพที่พอใช้ได้เหมือนกัน นอกจากนี้ มาตรฐานเพื่อการมองของสายตาของคน จะกำหนดให้ภาพมีขนาดอัตราส่วนความกว้างต่อความสูงของภาพเป็น 4 : 3 อีกด้วย

### 2.1.2 วิธีการสแกน และการหักเหของลำอิเล็กตรอน

ภายในหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์ อิเล็กตรอนที่หลุดออกมาจากขั้วแคโถด (cathode) และถูกดึงดูดให้วิ่งเป็นลำไปกระทบขั้วแอโนด (anode) หรือจอหลอดภาพที่ฉาบวัสดุเรืองแสงบางชนิดเอาไว้ ทำให้มองเห็นเป็นจุดสว่างขึ้นที่จอหลอดภาพ คือ ทำให้จุดสว่างเคลื่อนที่ในจังหวะที่ถูกต้อง ทั้งในแนวนอน และแนวตั้งของจอหลอดภาพ โดยอาศัยความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic) เข้าช่วยเหลือ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 และรูปที่ 2.4




**รูปที่ 2.3** การเคลื่อนที่หักเหของลำอิเล็กตรอนในจังหวะที่ถูกต้อง




**รูปที่ 2.4** การหักเหของลำอิเล็กตรอน โดยอาศัยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเข้าช่วยเหลือ

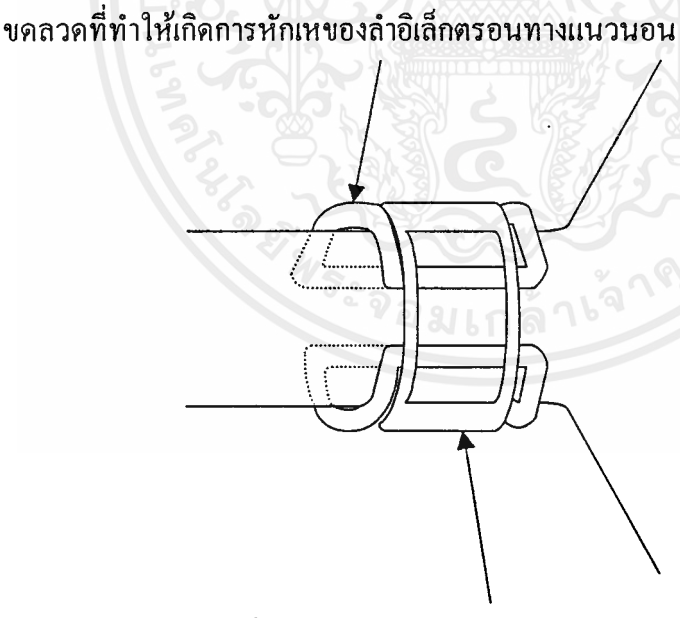
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่ไม่มีสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ลำอิเล็กตรอนจะวิ่งไปกระทบจอหลอดภาพตรงกลางโดยไม่ถูกหักเหเลย หากต้องการเบนลำอิเล็กตรอไปทางซ้ายมือในแนวนอน ก็จำเป็นต้องใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีขั้วเหนือ-ขั้วใต้อยู่ในแนวตั้ง ตามรูปที่ 2.4 หากกลับขั้วแม่เหล็ก ลำอิเล็กตรอนก็จะถูกเบนไปทางขวามือในแนวนอนของจอหลอดภาพ การที่ลำอิเล็กตรอนถูกเบี่ยงเบนไปทางขวามือหรือทางซ้ายมือของจอนี้ จะทำให้เห็นเป็นจุดสว่างที่เคลื่อนที่ไปทางเดียวกันด้วย ในทำนองเดียวกัน หากมีขั้วแม่เหล็กในแนวนอน ลำอิเล็กตรอนหรือจุดสว่างก็จะถูกเบนไปในทางแนวตั้งของจอหลอดภาพ เพื่อช่วยในการหักเหลำอิเล็กตรอนในทิศทางที่ต้องการ จึงใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าในแนวนอน และในแนวตั้งร่วมกัน สนามแม่เหล็กไฟฟ้านี้เกิดจากการปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดที่พันอยู่รอบๆ คอหลอดภาพตามรูปที่ 2.5 และรูปที่ 2.6 ขดลวดนี้เรียกว่า ขดลวดของการหักเหทางแนวนอน และขดลวดของการหักเหทางแนวตั้งตามลำดับ รูปร่างของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดทั้งสอง เพื่อที่จะทำให้เกิดการสแกนตามรูปที่ 2.3 นั้น มีความสำคัญมาก และนิยมใช้เป็นกระแสรูปฟันเลื่อย ความถี่ของกระแสที่ไหลผ่านขดลวดทั้งสองนี้ไม่เท่ากัน สำหรับโทรทัศน์ระบบอเมริกา กระแสรูปฟันเลื่อยที่ไหลผ่านขดลวดของการหักเหทางแนวนอนจะมีความถี่ 15,750 Hz ส่วนกระแสรูปฟันเลื่อยที่ไหลผ่านขดลวดของการหักเหทางแนวตั้งจะมีความถี่เพียง 60 Hz เท่านั้น

**รูปที่ 2.5** ขดลวดที่ทำให้เกิดการหักเหของลำอิเล็กตรอน

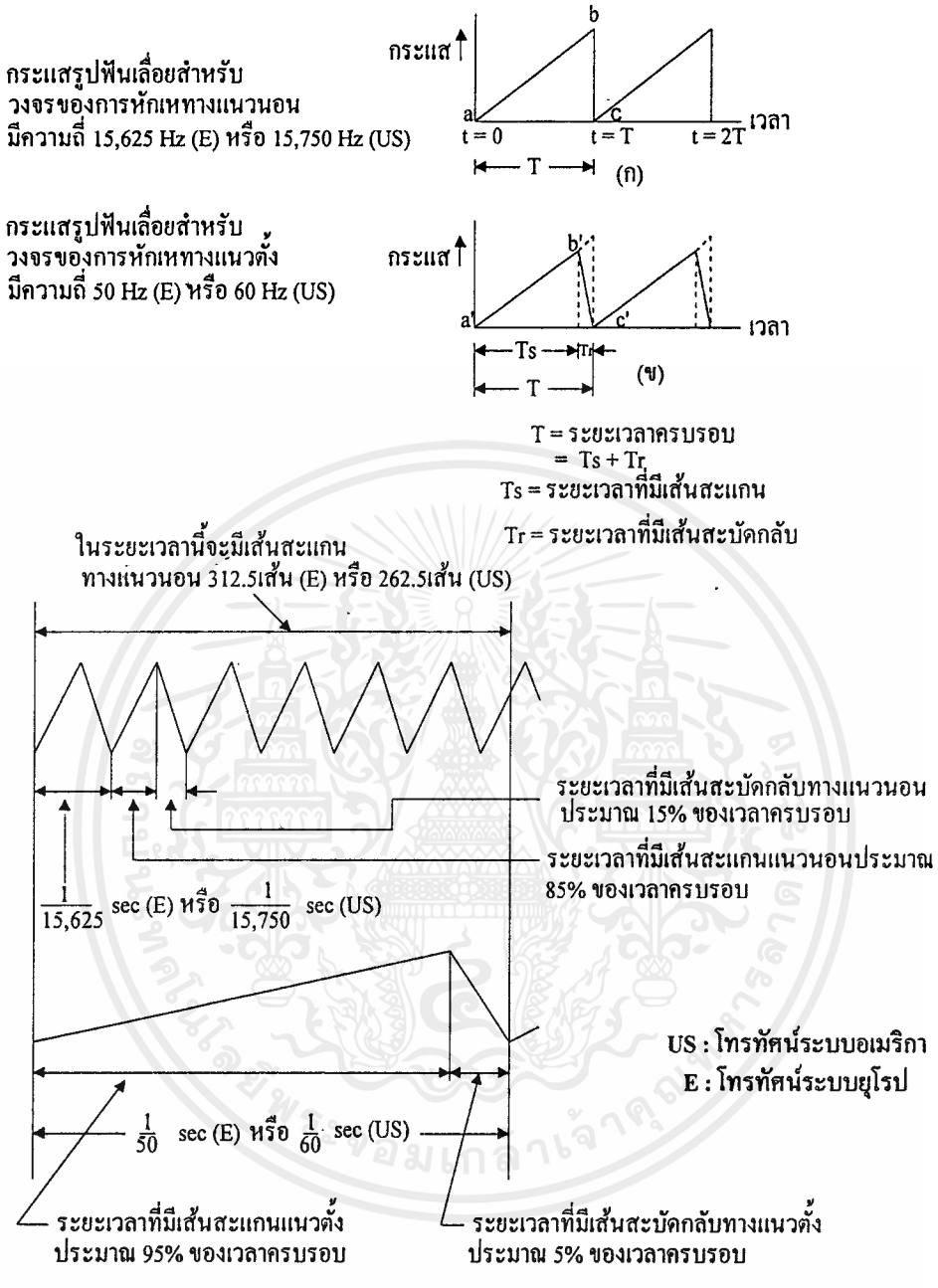
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยปกติ การสแกนจะเริ่มต้นขึ้นโดยการทำให้จุดสว่างเคลื่อนที่จากซ้ายมือด้านบนของจอไปทางขวามือในแนวนอน ซึ่งเมื่อไปถึงตำแหน่งขวาสุด ก็จะถูกเบนต่ำลงเล็กน้อย แล้วจะกลับไปตั้งต้นใหม่ทางซ้ายมือ เพื่อเคลื่อนที่มาทางขวามือในแนวนอนอีก และเป็นอยู่เช่นนี้เรื่อยๆ จนกระทั่งจุดสว่างไปถึงตำแหน่งขวามือข้างล่างสุดของจอหลอดภาพ เป็นอันเสร็จสิ้นการสแกนภาพนิ่ง 1 ภาพ เรียกว่า 1 เฟรม (frame) หลังจากนั้น ลำอิเล็กตรอนจะกลับไปตั้งต้นใหม่ทางด้านซ้ายมือบนสุดของจอหลอดภาพอีก เพื่อการสแกนภาพนิ่งอันดับต่อไป อย่างไรก็ตาม ในการลดอาการกระพริบของภาพ การสแกนภาพนิ่งแต่ละภาพมักนิยมจัดทำสองครั้งในแบบของการสแกนไขว้กัน โดยกำหนดให้ภาพนิ่ง 1 เฟรม ประกอบด้วยภาพนิ่ง 2 ฟิลด์ (field) และเริ่มต้นด้วยการสแกนภาพนิ่งฟิลด์เส้นคี่ก่อน เมื่อเสร็จสิ้นถึงตำแหน่งขวามือล่างสุดของจอหลอดภาพ จึงกลับไปตั้งต้นใหม่ทางซ้ายมือบนสุดของจอหลอดภาพ เพื่อเริ่มต้นสแกนภาพนิ่งฟิลด์เส้นคู่ต่อไป จนถึงตำแหน่งขวามือล่างสุด หลังจากนั้นจะเริ่มต้นสแกนภาพนิ่งอันดับอื่นต่อไปใหม่




**รูปที่ 2.6** การวางตำแหน่งของขดลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.7** กระแสรูปฟันเลื่อย สำหรับใช้ในวงจรที่ทำให้เกิดการหักเหของลำอิเล็กตรอน ในแนวนอน และในแนวตั้ง

ดังนั้น การสแกนภาพนิ่งหนึ่งภาพหรือหนึ่งเฟรม จึงประกอบด้วยการสแกนภาพนิ่งด้วยฟิลด์เส้นคี่ และการสแกนภาพนิ่งด้วยฟิลด์เส้นคู่ สำหรับโทรทัศน์ระบบยุโรป ใช้เส้นสแกนแนวนอน 625 เส้นต่อภาพ และ 25 ภาพต่อวินาที ความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่ทำให้เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหักเหทางแนวนอน และการหักเหทางแนวตั้งจึงมีค่าเป็น (625) × (25) หรือ 15,625 Hz และ 50 Hz ตามลำดับ ความถี่ของกระแสสำหรับการหักเหทางแนวนอน และการหักเหทางแนวตั้งทั้งสอง แสดงในรูปที่ 2.7 ในระยะเวลาครบรอบหนึ่งๆ ของกระแสรูปฟันเลื่อย ประกอบด้วยส่วนที่เพิ่มขึ้นจากค่าต่ำสุดไปหาค่าสูงสุด ซึ่งตรงกับเวลาที่จุดสว่างใช้ไปในการสแกนจากซ้ายมือสุดไปจนถึงขวามือสุด และส่วนที่ลดลงจากค่าสูงสุดไปหาค่าต่ำสุดตรงกับระยะเวลาที่จุดสว่างบนจอหลอดภาพใช้ในการสะบัดกลับ (fly-back) จากขวามือสุดไปตั้งต้นใหม่ทางซ้ายมือสุด โดยปกติ ระยะเวลาที่มีเส้นสะบัดกลับ จะเป็นช่วงเวลาที่น้อยมากเมื่อเทียบกับช่วงเวลาที่มีเส้นสแกน จุดสว่างที่มองเห็นสะบัดกลับไปในช่วงเวลาดังกล่าวแล้วนี้ ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์อันใดเลย จึงหาวิธีทำให้เกิดสิ่งอื่นมาข่มจุดสว่างในช่วงเวลานี้ เพื่อมิให้สังเกตเห็นได้ทางจอหลอดภาพ สัญญาณที่ใช้ลบเส้นสะบัดกลับนี้เรียกว่า สัญญาณแบล้งค์กิ้ง (blanking signal)

เนื่องจากการสแกนภาพนิ่งตามที่กล่าวถึงแล้วนี้ กระทำติดต่อกันไปเรื่อยๆ โดยมีจำนวนเส้นต่อภาพ และจำนวนภาพต่อวินาที ตามแต่ละระบบโทรทัศน์ที่ใช้ ภาพที่มาปรากฏบนจอหลอดภาพเครื่องรับโทรทัศน์ จึงมีผลเหมือนกับการฉายภาพนิ่ง ซึ่งแต่ละภาพแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย เป็นจำนวนหลายๆ ภาพต่อหนึ่งวินาที และด้วยคุณลักษณะพิเศษของสายตาจะทำให้มองเห็นภาพบนจอหลอดภาพเครื่องรับโทรทัศน์เป็นภาพที่เคลื่อนไหวติดต่อกันไปตลอดเวลา

### 2.1.3 เครื่องส่ง และเครื่องรับโทรทัศน์

เครื่องส่ง และเครื่องรับโทรทัศน์ต้องมีการสแกนทั้งทางแนวนอน และการสแกนทางแนวตั้งพร้อมกัน จึงจะมีภาพเกิดขึ้นที่เครื่องรับโทรทัศน์ ภาพที่ปรากฏขึ้นบนจอหลอดภาพจำเป็นต้องอาศัยวงจรการหักเหทางแนวนอน (horizontal deflection circuit) และวงจรการหักเหทางแนวตั้ง (vertical deflection circuit) ซึ่งแต่ละวงจรจะมีกระแสรูปฟันเลื่อยไหลผ่านส่วนทางด้านกล้องโทรทัศน์จำเป็นต้องอาศัยความถี่ทั้งสองช่วยทำให้เกิดสัญญาณทางไฟฟ้าเช่นเดียวกัน

ดังนั้น ความถี่ทางวงจรของการหักเหทางแนวนอน และวงจรของการหักเหทางแนวตั้งที่ใช้ในเครื่องส่งโทรทัศน์ และที่ใช้ในเครื่องรับโทรทัศน์นี้จะต้องเท่ากันตลอดเวลา จึงจะทำให้เกิดภาพขึ้นที่เครื่องรับโทรทัศน์ ด้วยเหตุนี้ ต้องมีวิธีทำให้ความถี่ของวงจรดังกล่าวทางเครื่องส่ง และทางเครื่องรับโทรทัศน์เท่ากันตลอดเวลา ดังแสดงตามรูปที่ 2.9 โดยสถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรทัศน์ต้องส่งสัญญาณชนิดหนึ่งที่เรียกว่าสัญญาณซิ้งค์ (synchronizing) ไปพร้อมสัญญาณภาพ และสัญญาณเสียง สัญญาณซิงค์จะช่วยทำให้ความถี่ในวงจรของการหักเหทางแนวนอนและวงจรของการหักเหทางแนวตั้งในเครื่องส่ง และเครื่องรับโทรทัศน์เท่ากันเพื่อทำให้เกิดภาพที่จอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์ตลอดเวลาได้

### 2.1.4 สัญญาณต่างๆ ที่ส่ง

เพื่อให้เกิดผลตามความมุ่งหมาย สถานีโทรทัศน์ที่ส่งภาพขาวดำจำเป็นต้องส่งสัญญาณหลายอย่าง คือ

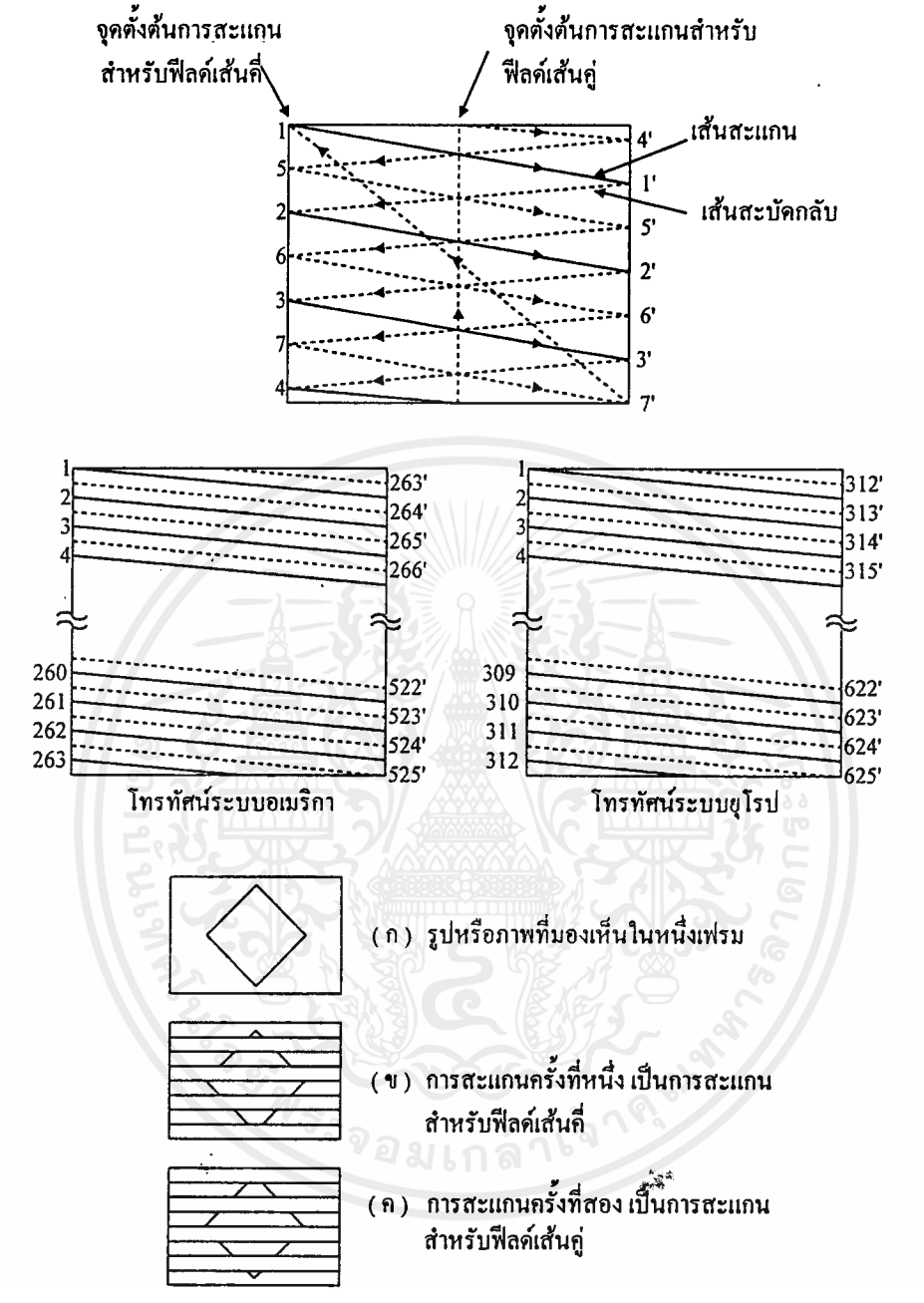
- สัญญาณเสียง
- สัญญาณภาพ
- สัญญาณแบล้งค์กิ้ง
- สัญญาณซิ้งค์
- สัญญาณอีควอไลซิ่ง

สัญญาณเสียงมีคลื่นพาห์ (carrier wave) ของตัวเองโดยเฉพาะ ส่วนสัญญาณภาพ และสัญญาณอื่นๆ นั้นจะรวมเป็นรูปร่างอันเดียวกัน เรียกว่าสัญญาณภาพรวม (composite video signal) แล้วใช้คลื่นพาห์เป็นตัวพาออกอากาศรวมกับคลื่นพาห์ของเสียงส่งไปยังเครื่องรับโทรทัศน์ เหตุผลและความจำเป็นในการใช้สัญญาณต่างๆ มีดังนี้

ก) สัญญาณภาพ และสัญญาณเสียง เป็นสัญญาณที่ใช้เพื่อทำให้เกิดภาพและเสียงทางเครื่องรับโทรทัศน์ตามความต้องการ

ข) สัญญาณแบล้งค์กิ้ง เป็นสัญญาณที่ใช้เพื่อลบเส้นสแกนสะบัดกลับทั้งในแนวนอนและในแนวตั้ง เพื่อมิให้สังเกตเห็นได้ชัดทางจอหลอดภาพ สำหรับโทรทัศน์ระบบอเมริกา วงจรของการหักเหทางแนวนอนมีความถี่ 15,750 Hz ดังนั้น ในระยะเวลา 1/15,750 S หรือ 63.5 μS จะต้องเกิดเส้นสแกนสะบัดกลับครั้งหนึ่ง จึงต้องใช้แบล้งค์กิ้งพัลซ์ทางแนวนอน (horizontal fly-back line) หนึ่งครั้ง โดยมีขนาดประมาณ 10 μS ในทำนองเดียวกัน ทุกๆ ช่วงเวลา 1/60 S หรือ 16.667 μS ก็ต้องใช้แบล้งค์กิ้งพัลซ์ทางแนวตั้ง (vertical fly-back line) ครั้งหนึ่ง โดยมีขนาดประมาณ 1,250 μS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

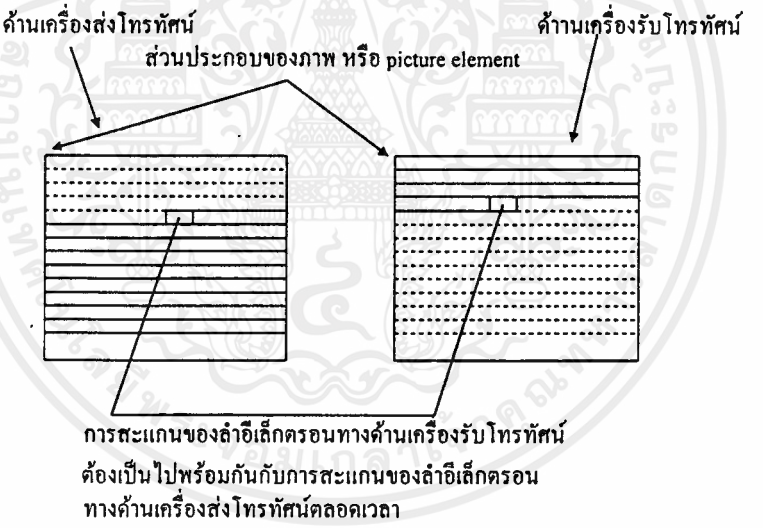



**รูปที่ 2.8** การสแกนสองครั้งสำหรับภาพนิ่งแต่ละภาพ โดยแบ่งหนึ่งเฟรม ออกเป็นสองฟิลด์

**ค) สัญญาณซิ้งค์ เป็นสัญญาณที่ใช้เพื่อช่วยทำให้วงจรการหักเหทางแนวนอน และวงจรการหักเหทางแนวตั้งในเครื่องส่งกับเครื่องรับโทรทัศน์มีความถี่ตรงกันตลอดเวลา**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณซิงค์ทางแนวนอนมีความถี่ 15,750 Hz เท่ากับความถี่ของวงจรการหักเหทางแนวนอน และสัญญาณซิ้งค์ทางแนวตั้งมีความถี่ประมาณ 60 Hz ซึ่งเท่ากับความถี่ของวงจรหักเหทางแนวตั้งเช่นกัน เนื่องจากความถี่ของสัญญาณซิ้งค์มีค่าเท่ากับความถี่ของสัญญาณแบล้งค์กิ้งพอดี จึงจำเป็นต้องป้องกันการรบกวนที่อาจเกิดขึ้น โดยจำเป็นต้องกำหนดขนาดของซิ้งค์พัลซ์ให้น้อยกว่าขนาดของแบล้งค์กิ้งพัลซ์ คือ ทำให้ซิ้งค์พัลซ์ทางด้านแนวนอนมีขนาดเพียง 5 μS และซิ้งค์พัลซ์ทางแนวตั้งมีขนาดเพียง 190 μS เท่านั้น นอกจากนี้ ยังใช้วิธีส่งซิ้งค์พัลซ์เหล่านี้ปนไปกับแบล้งค์กิ้งพัลซ์อีกด้วย โดยให้ฐานของซิ้งค์พัลซ์อยู่ทับขอบบนของแบล้งค์กิ้งพัลซ์อีกชั้นหนึ่ง ดังนั้น เมื่อจัดขอบเขตความต่างศักย์ให้ระดับสูงสุดของแบล้งค์กิ้งพัลซ์เป็นระดับดำมืดจนมองไม่เห็นแล้ว ระดับของซิ้งค์พัลซ์ที่อยู่บนยอดสูงสุดของแบล้งค์กิ้งพัลซ์ก็จะเป็นระดับดำมืดสนิท และไม่ทำให้เกิดการรบกวนภาพที่จอหลอดภาพแต่อย่างใด

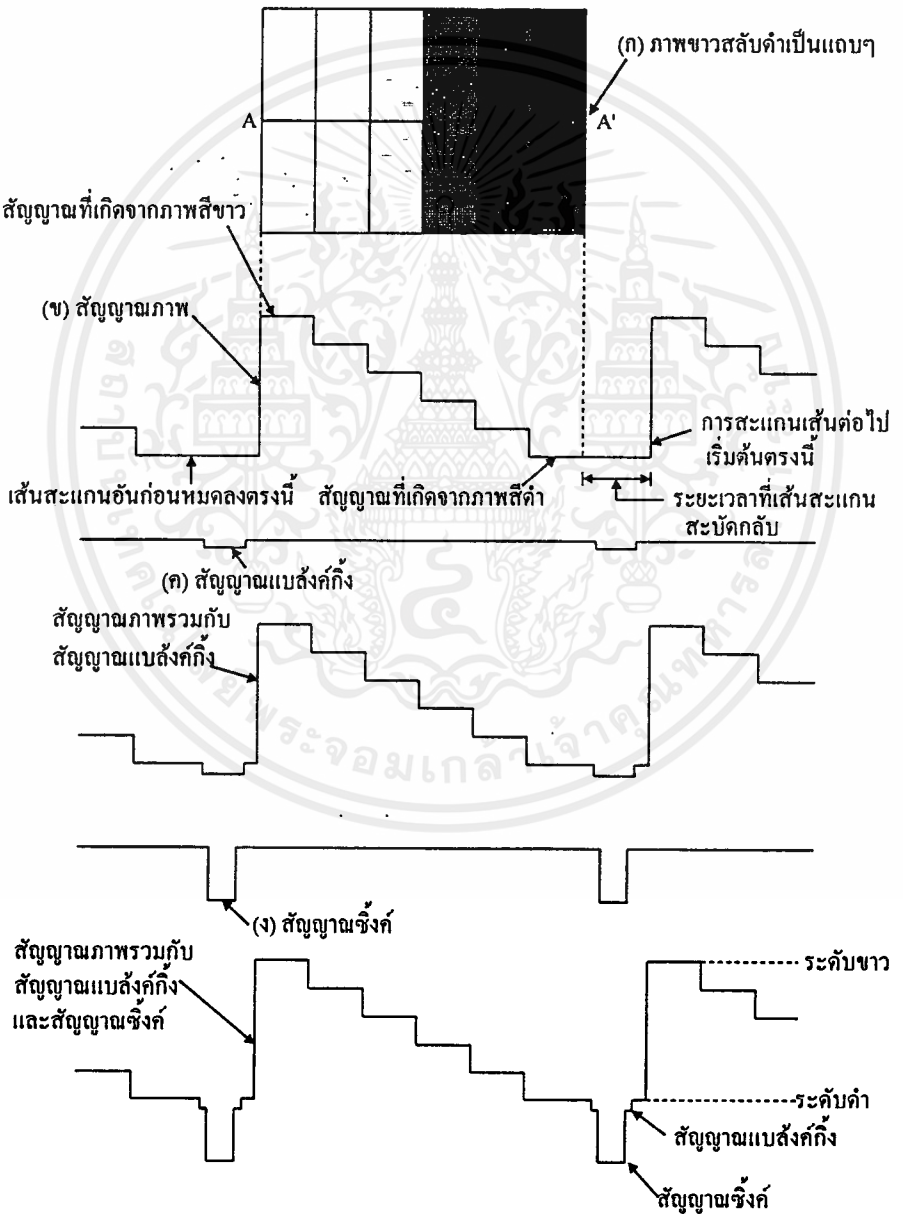



**รูปที่ 2.9** ความถี่ของกระแสรูปฟันเลื่อยในวงจรของการหักเหทางแนวนอน และวงจรของการหักเหทางแนวตั้งทางด้านเครื่องส่งและเครื่องรับโทรทัศน์

ง) สัญญาณอีควอไลซิ่ง เป็นสัญญาณที่ใช้เพื่อช่วยให้สัญญาณซิ้งค์ทางแนวตั้งยังคงมีรูปร่างดีเหมือนเดิม หลังจากแยกออกมาจากสัญญาณซิงค์ทางแนวนอนแล้ว นอกจากนี้ ยังช่วยทำให้การสแกนแบบไขว้กันเป็นไปด้วยความเรียบร้อยสม่ำเสมอ รวมทั้งสัญญาณซิ้งค์ทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

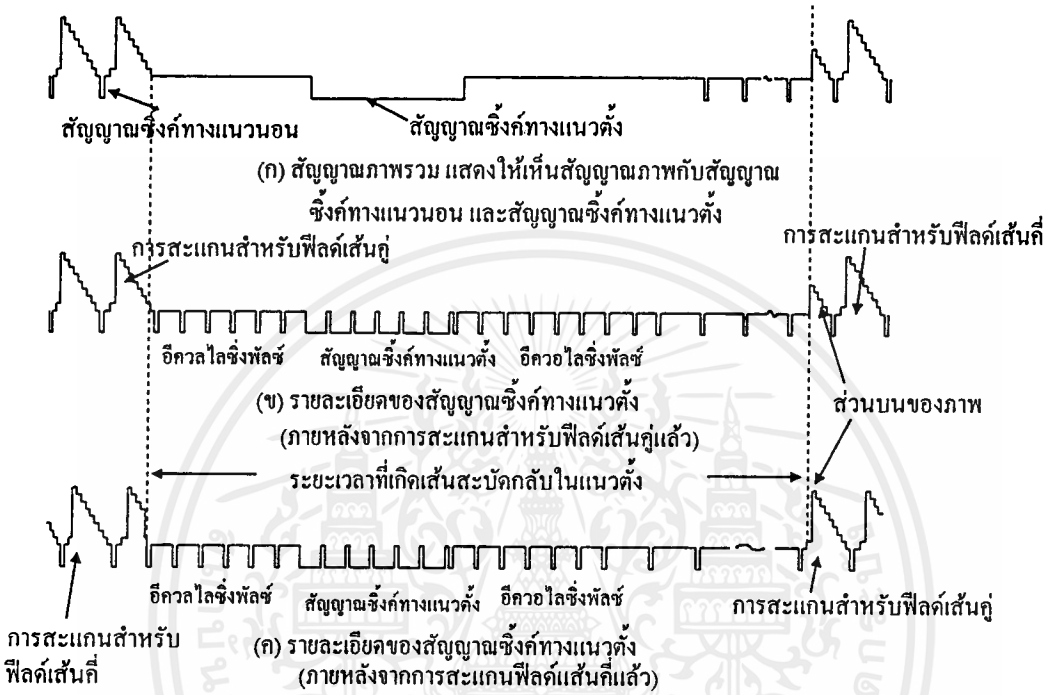
แนวนอนก็ไม่ขาดหายไปในช่วงเวลาของสัญญาณซิ้งค์ทางแนวตั้งอีกด้วย ขนาดของพัลซ์ที่กล่าวถึงนี้ จะเท่ากับสัญญาณซิ้งค์ทางแนวตั้งหรือ 190 μS หรือประมาณสามเท่าของขนาดสัญญาณซิ้งค์ทางแนวนอน และยังนิยมแบ่งพัลซ์นี้ออกเป็น 6 พัลซ์เล็กๆ ด้วยกัน ดังรูปที่ 2.10 เพื่อทำให้เกิดสัญญาณซิ้งค์ทางแนวนอนครั้งหนึ่งในทุกๆ สองครั้งที่มีพัลซ์เล็กๆ นอกจากนี้ ยังนิยมแบ่งสัญญาณซิ้งค์ทางแนวตั้งออกเป็นพัลซ์เล็กๆ เช่นเดียวกัน




**รูปที่ 2.10** รูปร่างของสัญญาณโทรทัศน์ที่เกิดจากภาพขาวสลับดำเป็นแถบๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณโทรทัศน์ที่มีสัญญาณภาพรวมกับสัญญาณอื่นๆ หลายอย่าง ตามที่แสดงไว้ใน รูปที่ 2.11 นี้ มีชื่อเรียกว่า สัญญาณภาพรวม




**รูปที่ 2.11** สัญญาณภาพรวม แสดงให้เห็นรายละเอียดของสัญญาณแต่ละชนิด

รูปที่ 2.11 แสดงภาพขาวสลับดำ ซึ่งเริ่มจากสีขาว, สีดำจางๆ และสีดำสนิทเป็นแถบๆ กล้องโทรทัศน์จะเปลี่ยนภาพให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าชนิดหนึ่ง เมื่อรวมกับสัญญาณแบล้งค์กิ้ง และสัญญาณซิ้งค์แล้ว ก็จะได้สัญญาณภาพรวมตามที่แสดงไว้ ภาพแต่ละชนิดจะให้สัญญาณทางไฟฟ้าที่มีความถี่สูงต่ำแตกต่างกัน สำหรับโทรทัศน์ระบบอเมริกา ความถี่สูงสุดของภาพไม่ควรเกิน 4 MHz ส่วนโทรทัศน์ระบบยุโรป ความถี่สูงสุดของภาพนี้ไม่ควรเกิน 5 Mhz ในเรื่องนี้ ภาพที่เกิดจากสัญญาณโทรทัศน์ที่มีความถี่สูงย่อมละเอียดกว่า หรือมีจำนวนจุดดำอันเป็นส่วนประกอบของภาพมากกว่าภาพที่เกิดจากสัญญาณโทรทัศน์ที่มีความถี่ต่ำ เมื่อเครื่องรับโทรทัศน์รับเอาสัญญาณโทรทัศน์มาแล้ว จะมีการแยกเอาสัญญาณต่างๆ ตามที่กล่าวนี้ไป ให้วงจรซึ่งทำหน้าที่ต่างๆ กัน เพื่อทำให้เกิดภาพและเสียงตามความต้องการ สัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

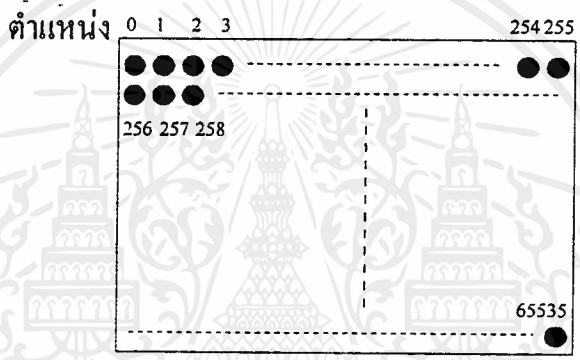
ปพ.
ก685 ค 2538

ห้องสมุด
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จจ.



เสียงก็จะผ่านไปยังวงจรเสียง, สัญญาณภาพ และสัญญาณแบล้งค์กิ้งก็จะตรงไปยังขั้วแคโถดหรือกริด (grid) ของหลอดภาพ ส่วนสัญญาณซิ้งค์นั้นเมื่อแยกออกจากสัญญาณภาพรวมแล้ว ก็จะผ่านไปยังวงจรแยกซิ้งค์, วงจรของการหักเหทางแนวนอน และวงจรของการหักเหทางแนวตั้ง

ในการเก็บข้อมูลภาพทางดิจิตอลขนาด 256 × 256 จุดต่อภาพ ภาพที่ได้มีความละเอียดของภาพสูงพอสมควร เหมาะสำหรับการนำข้อมูลภาพที่ได้ไปทำขบวนการต่างๆ ที่มีลักษณะการเก็บข้อมูลภาพ ดังในรูปที่ 2.12




**รูปที่ 2.12** การจัดพื้นที่หน่วยความจำในการเก็บข้อมูลภาพขนาด 256 × 256 จุดต่อภาพ

ลักษณะการเก็บข้อมูลภาพลงหน่วยความจำ (memory) โดยเริ่มจากบนซ้ายมือสุดเป็นตำแหน่ง (address) 00 ของหน่วยความจำ และนับไปทางขวามือจนถึงขวาสุด เป็นตำแหน่งที่ 255 ต่อจากนั้น จะเริ่มเก็บทางซ้ายมือสุดของเส้นถัดไปเป็นตำแหน่งที่ 256 เก็บต่อไปในลักษณะนี้จนถึงจุดทางขวาล่างสุดเป็นตำแหน่งที่ 65535 รวมแล้วต้องใช้พื้นที่หน่วยความจำทั้งหมด 64 kbytes ( กิโลไบท์)

ในลักษณะเช่นนี้ เราสามารถเขียนข้อมูลภาพที่ถูกเปลี่ยนเป็นข้อมูลดิจิตอลจากตัว Flash A/D ได้ทันเวลา เนื่องจากใน 1 เส้นสแกนทางแนวนอนมีระยะเวลาประมาณ 64 μS และระยะแสดงภาพที่ต้องเปลี่ยนเป็นสัญญาณทางดิจิตอลจะมีประมาณ 80 % (percent) ของสัญญาณทั้งหมด ก็คือ 64 × 0.8 = 51.2 μS ส่วนที่เหลือก็จะเป็นช่วงของที่ว่างไป ดังนั้น เมื่อต้องการเก็บภาพแต่ละเส้นด้วยจุดภาพ 256 จุดภาพ ก็จะมีเวลาในการเขียน แต่ละจุดลงสู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1527

021296

หน่วยความจำเป็น 200 nS ( ( 51.2 μS ) / ( 256 ) = 200 nS ) จึงสามารถที่จะทำวงจรนับเขียนภาพลงสู่วีดิโอแรม (video RAM) ได้ทันในการสแกนภาพ และในแต่ละฟิลด์ เนื่องจากค่าของช่วงเวลาการเข้าถึง (access time) คือ เวลาที่ใช้ในการอ่านและเขียนหน่วยความจำให้เสร็จสิ้นโดยสมบรูณ์ โดยทั่วไปแล้ว หน่วยความจำแบบสแตติด (Static RAM : SRAM) และไดนามิกส์ (Dynamic RAM : DRAM ) จะมีค่าประมาณ 200 nS

ในระบบเก็บภาพนั้น นอกจากภาพจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอล และเก็บลงสู่หน่วยความจำแล้ว ภาพที่เก็บนั้นยังต้องสามารถนำมาแสดงได้อีก และไมโครคอมพิวเตอร์ต้องสามารถใช้หน่วยความจำภาพนี้ได้อย่างสะดวกด้วย

## 2.2 การหาความจุของภาพดิจิตอล

ในระบบ 625 เส้น, 1 เส้น ใช้เวลา 64 mS เราเลือกเก็บแต่ละภาพ 80 % หรือ 51.2 mSซึ่งเวลาที่ตัดทิ้งไปนี้เป็นช่วงเวลาของสัญญาณซิงค์ทางแนวนอน และสัญญาณแบล้งกิ้งทางแนวนอน

จะได้ 256 จุด = ใช้เวลา 51.2 mS

1 จุด = 0.2 μS

จะเป็นเวลาที่เขียนสู่หน่วยความจำแบบสแตติด

ในหนึ่งฟิลด์จะมี 312.5 เส้น เมื่อพิจารณารูปสัญญาณ จะเห็นว่าช่วงเส้นสะบัดกลับในแนวนอนจะใช้เวลา 25 เส้น ดังนั้น เราจะเก็บแต่สัญญาณภาพจริง คือ

312.5 - 25 = 287.5 เส้น

จะได้จำนวนจุดในหนึ่งฟิลด์เท่ากับ 287.5 × 256 = 73,600 จุด และถูกบรรจุเป็นข้อมูลรหัส 8 บิท เก็บไว้ในหน่วยความจำ ดังนั้น หน่วยความจำหนึ่งฟิลด์จะต้องมีขนาดความจุดังนี้

ขนาดความจุในหนึ่งฟิลด์ = 287.5 × 256 × 8 บิท

= 588,800 บิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือเท่ากับ 71.875 kbytes

ความถี่ที่ใช้ในการสุ่มมีค่าเท่ากับ 1/0.2 μS = 5 MHz

**ลักษณะการเก็บข้อมูลภาพทางดิจิตอลขนาด 512 × 512 จุดต่อภาพ**

ในการเก็บข้อมูลภาพขนาด 256 × 256 จุดต่อภาพ ภาพไม่คมชัดนัก อีกทั้งรายละเอียดของภาพไม่เพียงพอ เนื่องจากการที่ตัดเส้นสเกนของภาพไป 319 เส้น จึงทำให้ภาพบางส่วนหายไป ต่อมาจึงเพิ่มจำนวนจุดในแต่ละเส้นสแกน และเพิ่มเส้นสแกนให้มากขึ้น แต่ในความเป็นจริงแล้วเราไม่สามารถเพิ่มจำนวนจุดในแต่ละเส้นสแกน หรือเพิ่มจำนวนเส้นสแกนต่อภาพ ได้ตามความพอใจ เนื่องจากความเร็วของหน่วยความจำมีจำกัด คือ หน่วยความจำจะสามารถเก็บข้อมูลภาพโดยตรง (ดังนั้น จึงเกิดเทคนิคที่จะเก็บอ่านข้อมูลได้เมื่อใช้หน่วยความจำที่มีความเร็วต่ำ) เช่น การแบ่งพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลภาพออกเป็นหลายชุด หรือใช้หลักการเลื่อนข้อมูลภาพ

ผลกระทบที่เกิดจากการที่เราเพิ่มจำนวนจุดให้มากขึ้นในทางแนวนอน เมื่อคิดเวลาที่ใช้ในการเก็บหรืออ่าน จะได้ดังนี้

- การเก็บข้อมูลภาพขนาด 512 × 512 จุดต่อภาพ

การหาขนาดความจุของภาพ

จะได้ 512 จุด = จะใช้เวลา 51.2 μS

1 จุด = จะใช้เวลา 51.2/512 = 0.1 μS

เก็บภาพจริงๆ จะเก็บ 287.5 เส้น

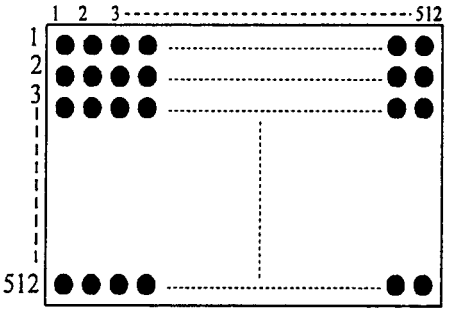
ขนาดความจุในหนึ่งฟิลด์ = 143.75 kbytes

แต่ในความจริงแล้วเมื่อเราเก็บภาพขนาด 512 × 512 จุดต่อภาพ เราจะเก็บจำนวนเส้นสแกนทั้งหมด 512 เส้น เท่านั้น คือ ในหนึ่งภาพมี 625 เส้น ทางแนวนอน และจะต้องเสียเส้นสแกนในการสแกนทางแนวตั้งไป 50 เส้น ดังนั้น

สัญญาณภาพจริง = 625 - 50 = 575 เส้น

เมื่อเราเก็บข้อมูลภาพ 512 เส้นสแกนต่อภาพ จะต้องตัดทิ้งไป = 575 - 512 = 63 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

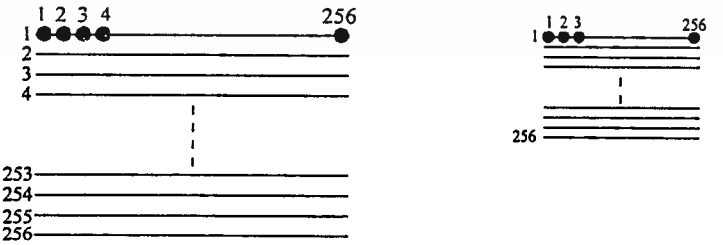



**รูปที่ 2.13** การเก็บข้อมูลบนภาพขนาด 512 × 512 จุดต่อภาพ

เมื่อตัดเส้นสแกนไปเพียง 63 เส้น ทำให้ภาพมีรายละเอียดครบถ้วนมากขึ้น ในอดีตหน่วยความจำจะมีความเร็วต่ำ (ทำงานช้า) จึงไม่สามารถเก็บข้อมูลภาพโดยตรงได้ จึงได้นำเทคนิคต่างๆ มาช่วยในการเก็บดังที่กล่าวมาแล้ว แต่ในปัจจุบันหน่วยความจำจะมีความเร็วสูงกว่าเก่ามาก โดยอย่างเร็วที่สุดประมาณ 60 nS

## 2.3 หลักการเขียน และการอ่านหน่วยความจำ

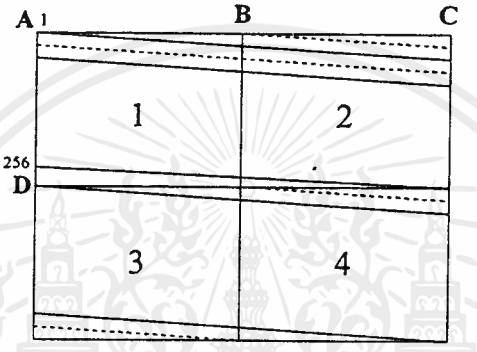
ระบบการประชุมทางโทรภาพแบบ 4 ผู้ใช้ เป็นการย่อภาพปกติให้เป็นภาพเล็ก เท่ากับ 1 ใน 4 ของภาพปกติ เพื่อให้สามารถแสดงผลบนจอโทรทัศน์ ได้พร้อมกันทั้ง 4 กล้อง ทำได้โดยเปลี่ยนสัญญาณแอนะลอกจากกล้องวีดิโอเป็นข้อมูลภาพดิจิตอลเก็บไว้ในหน่วยความจำ




**รูปที่ 2.14** ขนาดของภาพย่อ เทียบกับภาพปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บภาพใน 1 กล้องวีดิโอ จะใช้หน่วยความจำ 2 ชุด โดยในชุดแรกจะเก็บข้อมูลภาพ และอ่านข้อมูลภาพจากหน่วยความจำชุดหลัง ซึ่งทั้ง 2 ชุด จะสลับกันทำงาน ดังนี้เมื่อหน่วยความจำชุดแรกทำการจัดเก็บข้อมูล (write) หน่วยความจำชุดหลังจะถูกอ่านข้อมูล(read) และนำข้อมูลภาพไปแสดงทางจอโทรทัศน์ ขั้นตอนต่อไป ทำการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำชุดแรก ขณะที่หน่วยความจำชุดหลังใช้เก็บข้อมูลที่เข้ามาใหม่สลับกันทำหน้าที่โดยเป็นลำดับต่อเนื่องกัน




รูปที่ 2.15 เส้นสแกนของแต่ละกล้อง

ในระบบการประชุมทางโทรภาพแบบ 4 ผู้ใช้ จะจัดเก็บสัญญาณภาพ 256 เส้นสแกน และใช้ความถี่ในการสุ่ม (Sampling) 5 MHz จะทำให้ใน 1 เส้นสแกน แบ่งออกเป็นข้อมูลภาพเท่ากับ 51.2 μS/200 nS = 256 จุด หรือขนาดของภาพที่จัดเก็บใน 1 ภาพ เท่ากับ 256 × 256 จุด และในการย่อขนาดของภาพเป็น 1 ใน 4 ของภาพปกติ หมายความว่า ต้องอ่านข้อมูลแต่ละภาพให้เร็วขึ้น ซึ่งทำได้โดยการเพิ่มความถี่ในการอ่านข้อมูลเป็น 2 เท่าของความถี่ในการเขียนข้อมูล คือ 10 MHz และภาพที่ปรากฏบนจอโทรทัศน์จะมีความละเอียดเท่ากับ 512 × 512 จุด

ในการแสดงภาพบนจอโทรทัศน์ เราแบ่งจอโทรทัศน์ออกเป็น 4 ส่วน ดังแสดงใน รูปที่ 2.15 โดยในแต่ละกล้องจะประกอบด้วยหน่วยความจำ 2 ชุด

รูปที่ 2.15 ในเส้นสแกนที่ 1 จากตำแหน่ง A ถึง B จะได้มาจากการอ่านหน่วยความจำของกล้องตัวที่ 1 ด้วยความเร็ว 10 MHz หลังจากนั้นที่ตำแหน่ง B ถึง C จะได้จากการอ่านหน่วยความจำจากกล้องตัวที่ 2 สลับกันจนหมดเส้นสแกนที่ 256 ของกล้องที่ 1 และกล้องตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 ที่ตำแหน่ง D เส้นสแกนเส้นแรกที่ได้จะมาจากกล้องตัวที่ 3 และกล้องตัวที่ 4 (เหมือนการทำงานในช่วงแรก) สลับกันต่อไปจนหมดเส้นสแกนที่ 256 ของกล้องตัวที่ 3 และ 4 แล้วจะเริ่มทำการสแกนที่ตำแหน่ง A เหมือนครั้งแรก แต่จะใช้หน่วยความจำอีกชุดของทั้ง4 กล้อง ซึ่งเก็บข้อมูลในเวลาเดียวกับที่หน่วยความจำชุดแรกถูกอ่านข้อมูลอยู่

## 2.4 หลักการเบื้องต้นของระบบกล้องวีดิโอ CCD

อุปกรณ์ CCD ถือกำเนิดขึ้นมาหลายทศวรรษแล้ว และได้มีการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อประมาณปี พ.ศ. 2493 หลังจากมีการวิจัยเกี่ยวกับการผลิตทรานซิสเตอร์รูปแบบใหม่ประสบผลสำเร็จ ต่อจากนั้น มีการพัฒนาไปสู่การผลิตวงจรรวมหรือไอซี (integrated circuit : IC) ด้วยเทคโนโลยี MOS (metaloxide semiconductor) และในที่สุดก็ประสบผลสำเร็จอีกครั้งกับการผลิตวงจรโซลิดสเตต (solid-state), CCD สำหรับใช้งานเป็นอุปกรณ์ถ่ายภาพ และอุปกรณ์หน่วยความจำแบบส่งผ่านข้อมูลอนุกรม

ในปี พ.ศ. 2508 จนถึงปี พ.ศ. 2523 เทคโนโลยีการผลิตสารกึ่งตัวนำ (semiconductor) ก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ CCD ถูกพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็วเช่นกัน โดยเน้นการเพิ่มความหนาแน่นของวงจรภายในมากขึ้นเป็นทวีคูณ นอกจากนี้ ยังพัฒนาทางด้านความเร็วในการทำงานให้เพิ่มสูงขึ้นด้วย

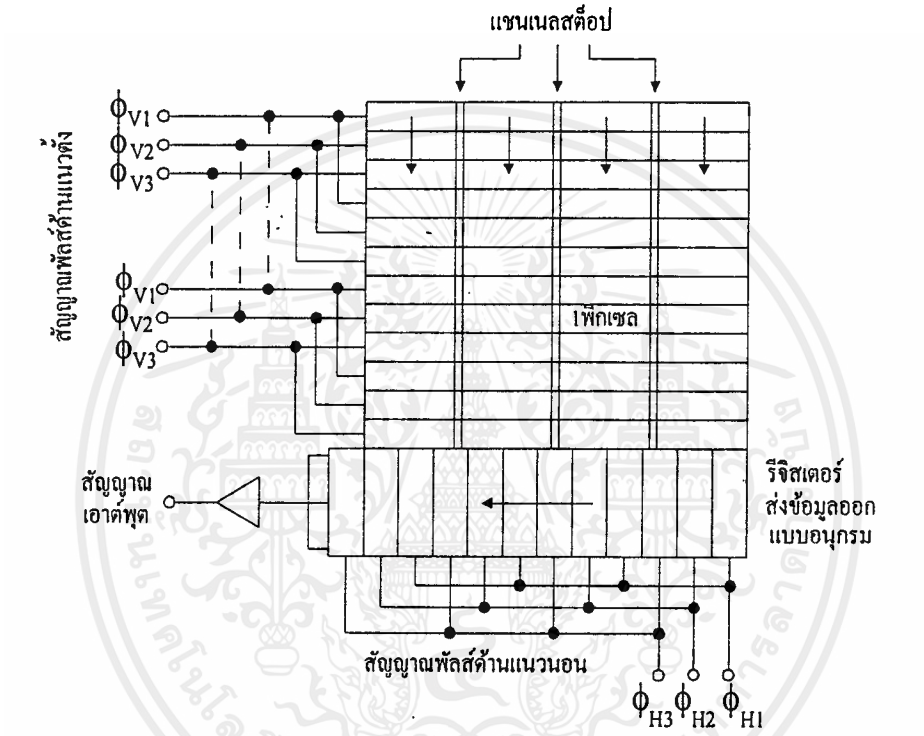
การใช้งาน CCD ในยุคเริ่มต้น คือ นำมาใช้ทางการทหารและการวิจัยด้านดาราศาสตร์ เพราะว่าในขณะนั้น CCD มีราคาสูงมาก และยังไม่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายเท่าใดนัก เนื่องจากต้องใช้ระบบควบคุมที่มีความซับซ้อนและราคาสูง ต่อมาเมื่อเวลาผ่านไป อุปกรณ์ CCD ถูกนำมาใช้ในการผลิตกล้องวีดิโอขนาดเล็กมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นกล้องสำหรับใช้ในงานรักษาความปลอดภัย, กล้องวีดิโอในการผลิตรายการโทรทัศน์ จนกระทั่งกล้องวีดิโอแบบมือถือที่ใช้กันทั่วไป ทำให้ราคาของ CCD ถูกลง และมีการใช้งานอย่างแพร่หลายมากขึ้นในปัจจุบัน

### 2.4.1 โครงสร้างของ CCD

CCD เป็นชื่อย่อมาจากคำว่า Charge Coupled Device หรืออุปกรณ์ที่อาศัยหลักการทำงานด้วยการถ่ายเทของประจุไฟฟ้า โครงสร้างทั่วไปของอุปกรณ์ CCD แสดงในรูปที่ 2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.16 แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างภายใน และทิศทางถ่ายเทของประจุไฟฟ้าภายในอุปกรณ์ โครงสร้างภายในของ CCD ถูกแบ่งออกเป็นเซลหรือพื้นที่เล็กๆ มากมาย ซึ่งแต่ละเซลเล็กๆ นี้เรียกว่าพิกเซล (pixel) นั่นคือ ยิ่งมีการแบ่งพิกเซลมากเท่าใดก็จะทำให้ภาพที่ได้จากการตรวจจับนั้นมีความละเอียดมากขึ้น




**รูปที่ 2.16** โครงสร้างพื้นฐานทั่วไปของ CCD

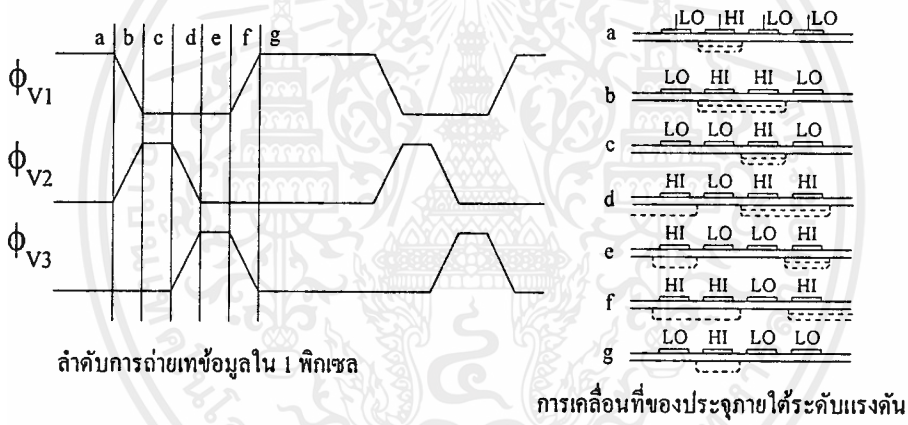
ในแต่ละพิกเซล ถูกแบ่งการควบคุมการทำงานเป็นแบบด้านแนวนอน และแนวตั้ง โดยมีส่วนคั่นกลางที่เรียกว่า ช่องหยุดสัญญาณ (channel stop) เป็นตัวคั่นกลางระหว่างแต่ละแนวตั้ง ในแต่ละพิกเซลจะมีประจุไฟฟ้าสำหรับการถ่ายเทอยู่ ซึ่งจะมีการถ่ายเทเมื่อในพิกเซลนั้นได้รับพลังงานจากภายนอก คือแสงที่มาตกกระทบนั่นเอง

การถ่ายเทประจุไฟฟ้าเกิดขึ้นโดยใช้หลักการหมุนเฟส (phase clock voltage) ซึ่งจากรูปที่ 2.16 จะเห็นได้ว่าในแต่ละพิกเซลนั้นจะถูกเชื่อมต่อกับขาสัญญาณ $\varnothing_{V1}$-$\varnothing_{V3}$ สัญญาณที่ปรากฏที่ขาสัญญาณทั้งสามนี้จะมีเฟสที่สัมพันธ์กันตลอดเวลา ทั้งระดับแรงดันและช่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังแสดงในรูปที่ 2.17 ค่าแรงดันที่ปรากฏทั้ง 3 เฟสนี้ จะทำให้เกิดกระบวนการถ่ายเทประจุไฟฟ้าขึ้นจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งได้

เมื่อประจุไฟฟ้าถูกถ่ายเทมาจนถึงปลายสุดของพิกเซล, ค่าประจุไฟฟ้าเหล่านั้นจะถูกส่งผ่านไปยังรีจิสเตอร์ (registers) รับข้อมูลต่อไป เมื่อรีจิสเตอร์รับข้อมูลเป็นที่เรียบร้อยก็จะเลื่อน (shift) ข้อมูลออกในลักษณะอนุกรมสู่เอาต์พุต จังหวะการเลื่อนข้อมูลออกจากรีจิสเตอร์ถูกควบคุมจากสัญญาณพัลส์ด้านแนวนอน หรือแถวที่ขาสัญญาณ $\varnothing_{H1}$-$\varnothing_{H3}$ ด้วยหลักการหมุนเฟสเช่นเดียวกัน การหมุนเฟสทั้งด้านแนวนอนและแนวตั้งนี้ จะมีความสัมพันธ์กันตลอดเวลา แต่ใน CCD บางรุ่นนั้น อาจใช้จำนวนเฟสในการควบคุมมากกว่าหรือน้อยกว่า 3 เฟสก็ได้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบโครงสร้างภายใน




**รูปที่ 2.17** รูปคลื่นของการหมุนเฟสที่ปรากฏด้านแนวตั้ง และการถ่ายเทประจุที่สัมพันธ์กัน

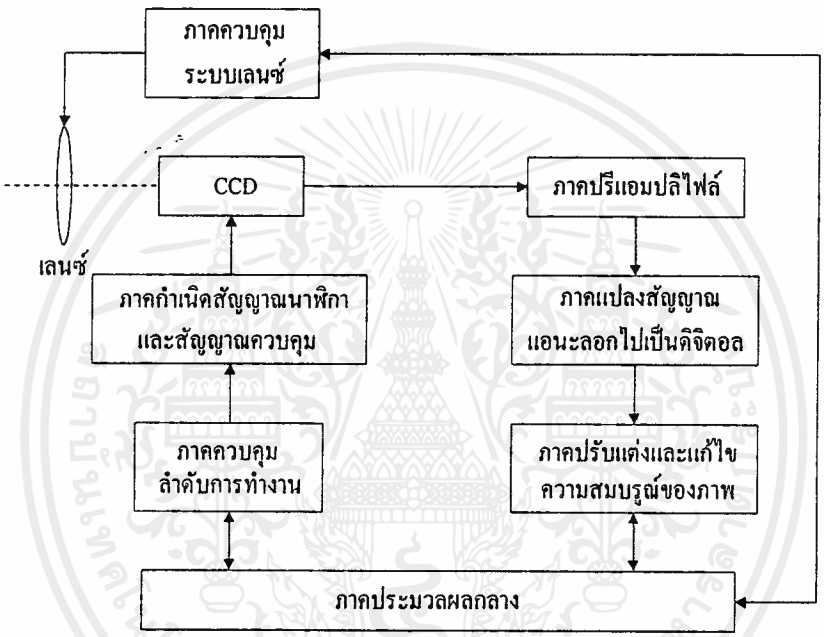
การใช้งานอุปกรณ์ CCD นั้น จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ต่อร่วมอื่นๆ ด้วยเป็นระบบเพื่อสร้างสัญญาณควบคุมให้กับ CCD และกระบวนการในการนำสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จาก CCD มากำเนิดภาพต่อไป

### 2.4.2 ระบบการทำงานของ CCD

รูปที่ 2.18 แสดงระบบการทำงานพื้นฐานของ CCD จะเห็นว่ามีองค์ประกอบที่สำคัญอยู่หลายส่วน เริ่มต้นจากภาคปรีแอมปลิไฟล์ (preamplifier) ซึ่งในส่วนนี้จำเป็นต้องออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้มีสัญญาณรบกวนต่ำมาก เพราะสัญญาณที่ได้จาก CCD นั้นมีค่าค่อนข้างต่ำ และเกิดการสูญเสียหรือรบกวนได้ง่ายมาก ปกติแล้ว จากโครงสร้างของ CCD ซึ่งผลิตขึ้นจากสารกึ่งตัวนำ เช่นเดียวกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป ทำให้ ภายในตัวมันเองขณะทำงานที่อุณหภูมิปกติก็เกิดความสูญเสียบ้างอยู่แล้ว ระบบทั้งหมดของ CCD จึงจำเป็นต้องออกแบบให้มีสัญญาณรบกวนต่ำที่สุด โดยเฉพาะภาคปรีแอมปลิไฟล์ ซึ่งเป็นภาคแรกที่เชื่อมต่อกับ CCD




**รูปที่ 2.18** ระบบการทำงานพื้นฐานของ CCD

หลังจากขยายสัญญาณด้วยภาคปรีแอมป์ปลิไฟล์แล้ว สัญญาณจะถูกส่งต่อไปเข้าภาคแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล เพื่อนำไปเข้าสู่กระบวนการกำเนิดภาพ หลังจากภาพที่ถ่ายได้จาก CCD ถูกแปลงเป็นข้อมูลดิจิตอลแล้ว จะถูกส่งต่อไปยังภาคปรับแต่ง และแก้ไขเพื่อให้ภาพที่สมบรูณ์ที่สุดมาใช้งาน

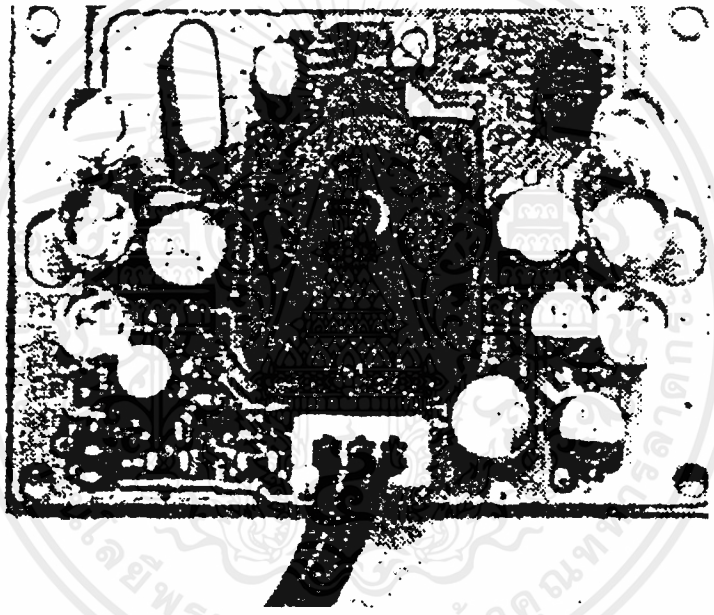
นอกจากระบบประมวลผลสัญญาณภาพแล้ว อีกส่วนหนึ่งที่สำคัญ คือ ภาคควบคุมการทำงานของ CCD ทำหน้าที่ควบคุมสัญญาณนาฬิกาสำหรับการหมุนเฟส และสัญญาณควบคุมต่างๆ ให้กับ CCD ซึ่งในส่วนนี้ ต้องเป็นวงจรที่ มีเสถียรภาพในการทำงานที่ดีมาก และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีระบบควบคุมที่ดี ส่วนสุดท้าย คือ ภาคควบคุมระบบเลนซ์ที่ช่วยปรับระยะใกล้ไกลของภาพให้เหมาะสม

ปัจจุบัน CCD ถูกนำมาสร้างในลักษณะกล้องถ่ายภาพขนาดเล็กที่มีขนาดเพียง 5.5 × 4 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 2.19 ซึ่งสามารถให้สัญญาณภาพเอาต์พุต (AV) ได้ทันที นั่นคือสามารถต่อเข้ากับเครื่องรับโทรทัศน์ หรือเครื่องเล่นวีดิโอเทปได้โดยตรง

**ผลิตภัณฑ์จาก CCD**



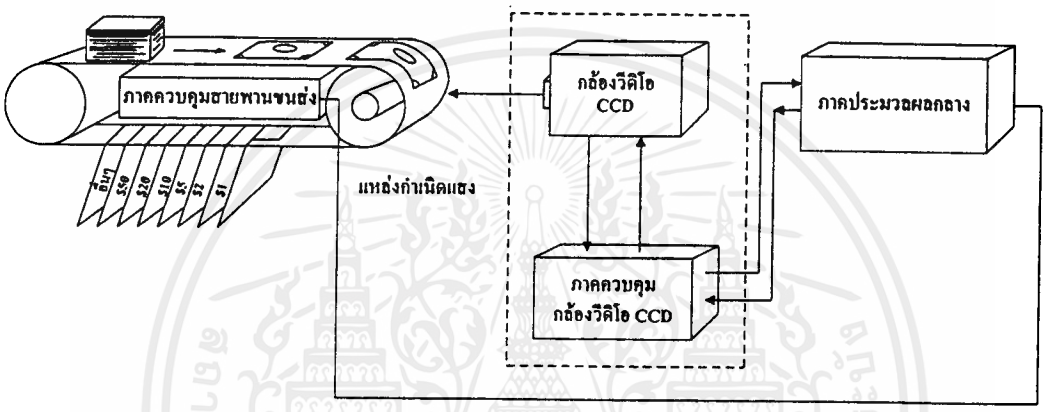
**รูปที่ 2.19** กล้องถ่ายภาพ CCD ขนาดเล็ก

ผลิตภัณฑ์ที่มีอุปกรณ์ CCD เป็นส่วนประกอบหลัก เช่น กล้องวีดิโอ ไม่ว่าจะเป็นกล้องสำหรับงานด้านรักษาความปลอดภัย, งานถ่ายทำรายการโทรทัศน์ หรืองานตรวจสอบชิ้นส่วนใช้งานในอุตสาหกรรม เป็นต้น แต่ที่มักพบเห็นบ่อยครั้งคงจะเป็นกล้องวีดิโอมือถือรุ่นใหม่ๆ ที่มีอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน

สำหรับในงานอุตสาหกรรม CCD ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในงานตรวจสอบสินค้า ทำหน้าที่เสมือนตาของระบบคอมพิวเตอร์ ที่คอยตรวจสอบความถูกต้อง หรือแยกแยะสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นๆ ได้ ระบบที่นำมายกตัวอย่างเป็นระบบตรวจสอบใบเสร็จรับเงิน ดังแสดงในรูปที่ 2.20 กล้อง CCD ถูกนำมาใช้ในการเก็บภาพ หรืออ่านค่าจากใบเสร็จรับเงินที่ถูกส่งมาตามสายพาน หลังจากนั้น ระบบจะทำการวิเคราะห์ค่าที่อ่านได้ แล้วทำการแยกแยะใบเสร็จรับเงินเหล่านั้นตามจำนวนเงินที่ระบุไว้ในใบเสร็จรับเงิน ระบบทั้งหมดสามารถทำงานได้แบบอัตโนมัติ ดังนั้น การแยกแยะใบเสร็จรับเงินต่างๆ จึงไม่ต้องใช้มนุษย์เป็นผู้ควบคุม และยังทำงานได้รวดเร็วถูกต้องกับใบเสร็จรับเงินจำนวนมากๆ ได้




รูปที่ 2.20 ระบบตรวจสอบใบเสร็จรับเงินที่ใช้กล้องถ่ายภาพ CCD

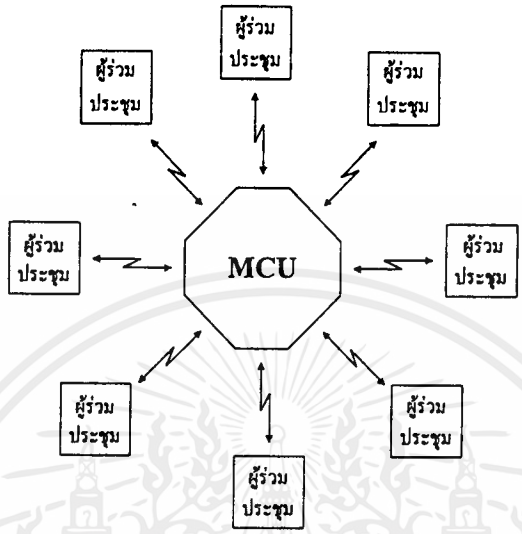
## 2.5 ระบบการประชุมทางโทรทัศน์ในปัจจุบัน

ในระบบการประชุมทางโทรทัศน์ระหว่างสถานที่ 2 แห่งนั้น สามารถทำได้โดยการเชื่อมต่อตัวเข้ารหัส-ถอดรหัส หรือ codec (coder-decoder) ของสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่งได้โดยตรง แต่จริงๆ แล้วความต้องการในการจัดการประชุมมีมากกว่าสองแห่งอย่างแน่นอน หรือเป็นระบบการประชุมหลายจุด ซึ่งวิธีการนี้จะต้องทำการเพิ่ม codec และจอโทรทัศน์ รวมทั้งเส้นทางการเชื่อมต่อระบบในแต่ละสถานที่ นอกจากนี้ ในทางปฏิบัติแล้ววิธีการแบบนี้ยังถูกจำกัดการประชุมได้แค่ระหว่างสถานที่เพียงไม่กี่แห่งเท่านั้น

ด้วยเหตุนี้ จึงได้มีการพัฒนาระบบควบคุมแบบหลายจุด หรือ MCU (Multipoint Control Unit) ขึ้นมาซึ่งจะทำหน้าที่ควบคุมการเชื่อมโยง codec จากหลายๆ แห่งได้อย่างสะดวก ดังแสดงในรูปที่ 2.21 โดย MCU นี้สามารถนำเข้าไปวางเชื่อมต่อเข้ากับข่ายการสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง การเชื่อมต่อระหว่าง MCUกับcodec อาจต่อถึงกันโดยผ่านการเลือกหรือไม่ผ่านการเลือกก็ได้




รูปที่ 2.21 การจัดประชุมหลายแห่งพร้อมกันผ่าน MCU

**2.5.1 อุปกรณ์ codec**

อุปกรณ์ codec เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เทคนิคการสุ่มสัญญาณ เพื่อเปลี่ยนสัญญาณภาพที่เป็นสัญญาณแอนะลอกให้อยู่ในรูปสัญญาณดิจิตอล และทำการย่อขนาดสัญญาณภาพอันมีปริมาณข้อมูลมาก เช่น 90 Mbps ให้ลดลง เช่นเหลือเพียง 64 kbps โดยการย่อสัญญาณดิจิตอล (compression) กระทำด้วยแอลกอริทึม (algorithm) การเข้ารหัสที่ซับซ้อน เพื่อทำการขจัดข้อมูลภายในภาพส่วนที่ซ้ำกัน หรือไม่จำเป็นออก เทคนิคการย่อสัญญาณภาพที่อุปกรณ์ codec นิยมใช้อยในปัจจุบัน ได้ แก่ เทคนิค Discrete Cosine Transform (DCT) ซึ่งกระทำโดยการแบ่งภาพทั้งหมดออกเป็นส่วนย่อยๆ, ใช้วิธีต่างๆ ในการลดปริมาณข้อมูลที่ทำการส่ง ได้แก่

- ขจัดข้อมูลที่ไม่จำเป็นภายในเฟรมเดียวกันออก
- เปรียบเทียบข้อมูลของเฟรมที่จะทำการส่ง กับเฟรมก่อนหน้านี้ และส่งข้อมูลเฉพาะส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ส่งเฉพาะข้อมูลของภาพที่แตกต่างจากที่อุปกรณ์คาดเดาเอาไว้, การลดจำนวนเฟรมของภาพจากปกติ 25-30 เฟรมต่อวินาที ลงเหลือ 10-15 เฟรมต่อวินาที

นอกจากนี้วิธีการย่อสัญญาณข้อมูลภาพดังกล่าวมานี้ อุปกรณ์ codec ยังทำหน้าที่ต่างๆ เพื่อรักษาคุณภาพของภาพที่ถูกย่อขนาด ซึ่งได้แก่

- การชดเชยการเคลื่อนไหว (motion compensation) เมื่อการเคลื่อนไหวในภาพนั้นปรากฏขึ้น อุปกรณ์ codec จะคัดและจัดส่งเฉพาะส่วนประกอบภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงเท่านั้น

- image pre-processing เพื่อขจัดข้อมูลที่ไม่จำเป็นทิ้ง เช่น ข้อมูลของส่วนฉากหลังภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมาก จะถูกแบ่งทยอยส่งไปในหลายๆ เฟรม และประกอบรวมเป็นภาพอีกครั้งด้วยอุปกรณ์ codec ปลายทาง

- image post-processing ทำหน้าที่ประกอบส่วนต่างๆ ที่ถูกกำจัดออกก่อนการส่ง

อุปกรณ์ codec นั้นสามารถจัดแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ codec ย่านแคบ, codec ย่าน$T_1/E_1$ และ codec ย่านกว้าง โดยอุปกรณ์ codec ย่านแคบจะทำการย่อขนาด และรับส่งสัญญาณภาพในความเร็ว 64-384 kbps ความเร็วจะเพิ่มขึ้นครั้งละ 64 kbps แล้วแต่ความต้องการคุณภาพของภาพ โดยการรับส่งสัญญาณภาพความเร็วสูงขึ้น จะทำให้คุณภาพดีขึ้น และเมื่อใช้งานอุปกรณ์ codec ความเร็ว 2.048 Mbps ($E_1$) หรือความเร็ว 1.544 Mbps คุณภาพของภาพจะสูงและใกล้เคียงธรรมชาติ (คล้ายภาพที่ปรากฏบนโทรทัศน์)ซึ่งเหมาะกับการใช้งานผลิตรายการโทรทัศน์ และในกรณีที่ผู้ใช้บริการต้องการคุณภาพของภาพสูงมาก อุปกรณ์ codec ย่านกว้างเช่น ความเร็ว 34 Mbps หรือ 45 Mbps จะให้คุณภาพของภาพที่ไม่แตกต่างจากสัญญาณภาพแอนะลอกเดิม อุปกรณ์codec ย่านกว้างนี้ไม่จำเป็นต้องใช้เทคนิคการย่อขนาดภาพที่ซับซ้อนเหมือนกับของอุปกรณ์codec ย่านแคบ หรือย่าน $T_1$ /$E_1$ เพราะมีแบนด์วิทรับและส่งข้อมูลภาพที่กว้างกว่า

สิ่งที่สำคัญในการพิจารณาเลือกใช้ codec คือ มาตรฐานการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์codec ต้นทางและปลายทางต้องมีความเร็วรับส่ง และเทคนิคการเข้ารหัสที่เหมือนกัน โดยมาตรฐานของอุปกรณ์ codec ในปัจจุบันมีทั้งมาตรฐานของผู้ผลิต และมาตรฐานสากล โดยมาตรฐานสากลที่แพร่หลายในปัจจุบัน ได้แก่ มาตรฐานกลุ่ม CCITT. H.261

มาตรฐานสากลเป็นความพยายามในการใช้งานระบบการประชุมทางโทรทัศน์ระหว่างผู้ผลิตที่แตกต่างกันได้ อันจะทำให้การบริการได้รับความนิยมใช้งานมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ความล่าช้าในการกำหนดมาตรฐานสากลทำให้อุปกรณ์ codec H.261 มีความสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ต่ำกว่าอุปกรณ์ตามมาตรฐานของบริษัท ณ ความเร็วที่เท่ากัน นอกจากนี้ปัจจุบัน ได้มีการพัฒนาเทคนิคการเข้ารหัสแบบใหม่ ที่มีประสิทธิภาพดีกว่าเทคนิค Discrete Cosine Transform ที่ใช้ในมาตรฐานกลุ่ม H.261 ตัวอย่างเช่น เทคนิคการย่อขนาดภาพแบบ Wavelet based ที่มีการปรับเปลี่ยนขนาดข้อมูลส่งไม่เท่ากัน อันทำให้สามารถปรับขนาดข้อมูลตามรายละเอียดของภาพได้ หรือเทคนิค Fractal-Based ที่สามารถประหยัดแบนด์วิท โดยการส่งแอลกอริทึมที่ใช้สร้างภาพตามขนาดที่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม เทคนิคทั้งสองยังอยู่ในขั้นพัฒนา และคงจะมีการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ในปี ค.ศ. 1996-7

codec ทั้งหมดที่อยู่ภายในการประชุมหนึ่งๆ จะต้องใช้ขั้นตอนของการประมวลผลสัญญาณภาพ, เสียง และอัตราการส่งผ่านข้อมูลที่ต้องเหมือนกัน, MCU ที่ผลิตหรือสร้างได้ในปัจจุบัน จะมีช่องสัญญาณสำหรับต่อกับ codec ได้สูงสุดถึง 8 ช่องสัญญาณ ดังนั้น สำหรับ MCU เครื่องหนึ่งจึงสามารถจัดการประชุมระหว่างสถานที่ต่างๆ ได้ถึง 8 แห่งพร้อมกัน

### 2.5.2 การทำงานภายใน MCU

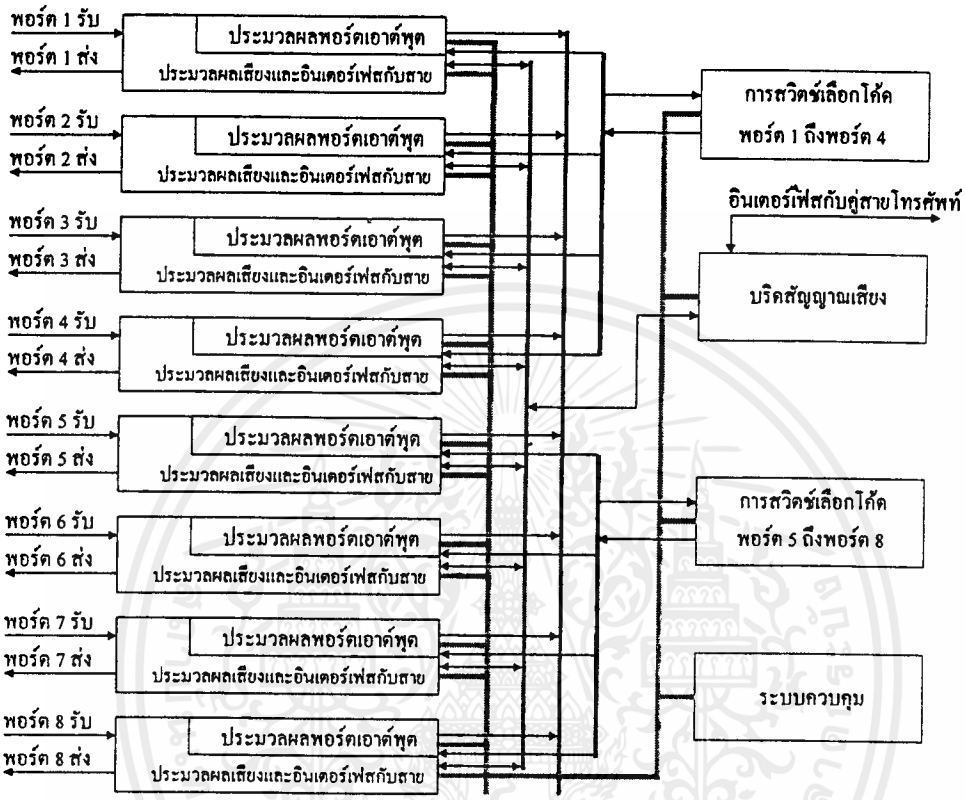
ในระบบของ MCU จะประกอบด้วยส่วนประกอบหลักๆ 5 ส่วนคือ ชุดประมวลผลการติดต่อสื่อสาร, ชุดประมวลสัญญาณเสียง, ชุดบริดสัญญาณเสียง, ชุดสวิตซ์เลือกขบวนรหัส ( code stream switch) และชุดควบคุมระบบ

**การประมวลสัญญาณเสียง และวงจรเชื่อมต่อกับสาย** (audio processor and line interface circuit : LIF) จะประกอบด้วยส่วนของวงจรอินเตอร์เฟสสำหรับเชื่อมต่อกับโครงข่ายภายนอก ชุดประมวลสัญญาณเสียงเป็นส่วนที่จะอินเตอร์เฟสกับชุดประมวลสัญญาณการติดต่อสื่อสาร และชุดบริดสัญญาณเสียง โดยชุดประมวลผลสัญญาณเสียงจะทำการถอดรหัสข้อมูลสัญญาณเสียงแล้วส่งเข้าสู่ชุดบริดสัญญาณเสียง และในทางกลับกันก็จะทำการเข้ารหัสสัญญาณเสียงที่ทำการผสมสัญญาณเข้าด้วยกันจากชุดบริดสัญญาณเสียง แล้วส่งสัญญาณกลับไปยังส่วนประมวลผลการติดต่อสื่อสาร

**การประมวลผลสัญญาณการสื่อสาร** ในส่วนนี้จะทำหน้าที่รับสัญญาณข้อมูลรวมจากภายนอกเข้ามาทางวงจรอินเตอร์เฟส ที่ติดตั้งอยู่บนชุดของการประมวลสัญญาณเสียง ซึ่งการทำงานของชุดประมวลผลสัญญาณการสื่อสาร จะทำการแยกสัญญาณข้อมูลรวมออกเป็นส่วนสัญญาณของเสียง, ภาพ, กราฟฟิก, ข้อมูลข่าวสาร และข้อมูลสำหรับการควบคุม หลังจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แยกสัญญาณเหล่านี้ออกมาแล้ว จะส่งต่อให้กับวงจรควบคุมระบบ, ระบบสวิตช์รหัส, และการประมวลผลสัญญาณเสียง เพื่อทำการประมวลผลของแต่ละส่วนในขั้นตอนต่อไป




**รูปที่ 2.22** ผังการทำงานของระบบ MCU

ในทางกลับกัน ส่วนของการประมวลผลการติดต่อสื่อสารนี้ ยังทำหน้าที่รับสัญญาณภาพ และข้อมูลอัตราเร็วสูงจากส่วนของระบบสวิตช์รหัส, สัญญาณเสียงที่ถูกผสมเข้ากับสัญญาณอื่นๆ แล้วจากภาคประมวลผลเสียง, ข้อมูลที่มีความเร็วต่ำ, ภาพกราฟฟิก และข้อมูลสำหรับการควบคุม เพื่อที่จะจัดรวมเข้าด้วยกันทั้งหมดเป็นสัญญาณข้อมูลรวมสำหรับการส่งกลับออกไปภายนอก

**บริดสัญญาณเสียง** จะทำการเชื่อมต่อกับชุดประมวลสัญญาณเสียง และสายโทรศัพท์ของผู้ร่วมสนทนาคนอื่นๆ หรือสถานีอื่นๆ โดยที่วงจรบริดสัญญาณเสียงจะทำการผสมสัญญาณเสียงเข้ามาทั้งหมด แล้วส่งต่อไปยังชุดประมวลสัญญาณเสียง และสายโทรศัพท์ที่ต่ออยู่กับชุดนี้ นอกจากนี้ ในวิธีการปฏิบัติงานแบบทำงานเมื่อมีเสียง (voice activated) ก็จะทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรชุดบริดสัญญาณเสียงส่งสัญญาณควบคุมให้กับส่วนควบคุมระบบ เพื่อแสดงถึงช่องสัญญาณที่เป็นของผู้พูดหลัก

**การสวิตซ์เลือกรหัส** วงจรส่วนนี้จะทำการอินเตอร์เฟสกับชุดประมวลผลการติดต่อสื่อสาร โดยจะทำการเลือกเส้นทางหรือช่องสัญญาณการส่งสัญญาณภาพ และข้อมูลที่มีความเร็วสูง ตัวอย่างเช่น ในส่วนของการทำงานแบบทำงานสวิตซ์เสียง ซึ่งการเลือกรหัสจะถูกกำหนดการทำงานจากส่วนควบคุมระบบให้ชุดสวิตซ์เลือกรหัสส่งผ่านสัญญาณภาพของผู้พูดหลัก ให้กับส่วนวงจรประมวลผลการติดต่อสื่อสารในทุกชุด หรือทุกๆ ส่วนของแต่ละช่องสัญญาณ (ยกเว้นส่วนของช่องสัญญาณที่ต่อกับผู้พูดหลัก)

**ส่วนควบคุมระบบ** เป็นหน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit : CPU) ของระบบ MCU โดยจะให้ข้อมูลสำหรับการควบคุมกับส่วนอื่นๆ ทั้งหมด และจะแสดงถึงความต้องการของการประชุมที่เฉพาะเจาะจงระหว่างสถานที่แห่งใดแห่งหนึ่ง ซึ่งการควบคุมการเลือก และการกำหนดวิธีการที่จะจัดรวม และแยกเฟรมของสัญญาณข้อมูลรวมนอกจากนั้นส่วนควบคุมระบบยังทำหน้าที่ในการตรวจสอบระบบ เพื่อให้แน่ใจว่าข้อมูลการติดต่อสื่อสารที่ทำการประมวลผลอยู่นั้นได้รับและส่งออกไปเป็นข้อมูลที่มีความถูกต้องแม่นยำ และมีการกำหนดค่าเวลาที่ถูกต้องตามต้องการด้วย

### 2.5.3 การทำงานของ MCU

การทำงานของ MCU นั้น ได้แบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ด้วยกัน ซึ่งในแต่ละส่วนของการทำงานจะกำหนดลำดับขั้นการเลือก และส่งสัญญาณภาพไปยังสถานที่ต่างๆ ที่กำลังทำการประชุมอยู่

**วิธีการสวิตซ์สัญ ญาณภาพด้วยเสียง**

วิธีการสวิตซ์สัญญาณภาพด้วยเสียง (voice activated video switching mode) แหล่งกำเนิดหรือจุดศูนย์กลางของสัญญาณภาพที่ใช้ในการประชุมนั้นส่วนมากแล้วจะเริ่มต้นหรือกำเนิดมาจากผู้พูดหลักเสมอ (เปรียบเหมือนประธานนัดประชุม) ต่อจากนั้นวงจรในส่วนของ MCU จะทำการตรวจสอบระดับเสียงของผู้เข้าประชุมในแต่ละสถานที่หรือแต่ละช่องสัญญาณอย่างต่อเนื่อง ขณะเดียวกัน ก็ทำการตรวจสอบระดับเสียงผู้เข้าร่วมประชุมอื่นๆ ด้วย ถ้าหากว่าระดับเสียงของผู้เข้าประชุมไม่ว่าจะเป็นสถานที่ใดมีระดับความแรงสูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับเสียงของผู้พูดหลักที่กำลังพูดอยู่นั้นเป็นเวลานานช่วงหนึ่ง (สามารถที่จะตั้งระยะเวลานี้ได้เหมือนกับการตั้งความไวในการตรวจจับเสียง) MCU ก็จะทำการสวิตช์เลือกเอาสัญญาณภาพที่มาจากแหล่งกำเนิดเสียงผู้สนทนาขณะนั้นกลายเป็นผู้สนทนาหลักแทน และผู้พูดหลักปัจจุบันนั้น จะเห็นภาพของผู้พูดหลักก่อนหน้านี้เสมอ

ในการเลือกสัญญาณภาพในแต่ละครั้งตามระดับความแรงของเสียงนั้น หากมีแหล่งกำเนิดสัญญาณที่ดังมากอีกแหล่งหนึ่งเกิดขึ้นมาในเวลาใกล้เคียงกันมาก การเลือกในขณะนั้นจะไม่เกิดขึ้น ต้องรอให้เวลาผ่านไปช่วงหนึ่งเสียก่อน (สามารถตั้งระยะช่วงเวลานี้ได้)ทั้งนี้ เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้ MCU ทำการเลือกกลับไปกลับมามากเกินไป และบ่อยเกินไปจนทำให้เกิดความรำคาญ และการประชุมไม่ต่อเนื่อง

ทางด้านสัญญาณเสียงนั้น ส่วนควบคุม MCU จะทำการผสมสัญญาณเสียงจากทุกที่เข้าด้วยกันทั้งหมด แล้วส่งให้กับผู้เข้าประชุมในแต่ละสถานที่ ซึ่งผู้เข้าประชุมในทุกๆ สถานที่จะสามารถได้ยินเสียงจากผู้เข้าประชุมจากสถานที่อื่นๆ ได้ทั้งหมด ยกเว้นเสียงของผู้เข้าประชุมเอง อย่างเช่น ตัวอย่างของการจัดการประชุมระหว่างสถานที่ 3 แห่ง โดยขณะที่ codec 3 เป็นผู้พูดหลัก และเห็นภาพที่มาจาก codec 2 ที่เป็นผู้พูดหลักคนก่อนส่วน codec 1 และ codec 2 จะเห็นภาพจาก codec 3 และสัญญาณเสียงจากทุก codec จะถูกผสมเข้าด้วยกันที่ MCU และส่งออกไปยังแต่ละ codec ต่อไป

**วิธีควบคุมผู้พูดหลัก** (chair-person control mode)

การทำงานวิธีนี้จะทำงานคล้ายกับการควบคุมด้วยเสียง แต่การกำหนดผู้พูดหลักนั้นจะไม่อาศัยเสียงที่มีระดับเสียงต่างกันมากๆ ในส่วนนี้ ผู้พูดหลักจะถูกกำหนดโดยผู้ควบคุมเป็นลักษณะใช้มือเลือก โดยผู้ควบคุมนี้จะอยู่ในสถานที่ที่ทำการประชุมแห่งใดก็ได้ หรืออยู่ที่เดียวกับส่วนควบคุม MCU ก็ได้

**วิธีควบคุมการประชุมแบบบรรยาย** (lecture control mode)

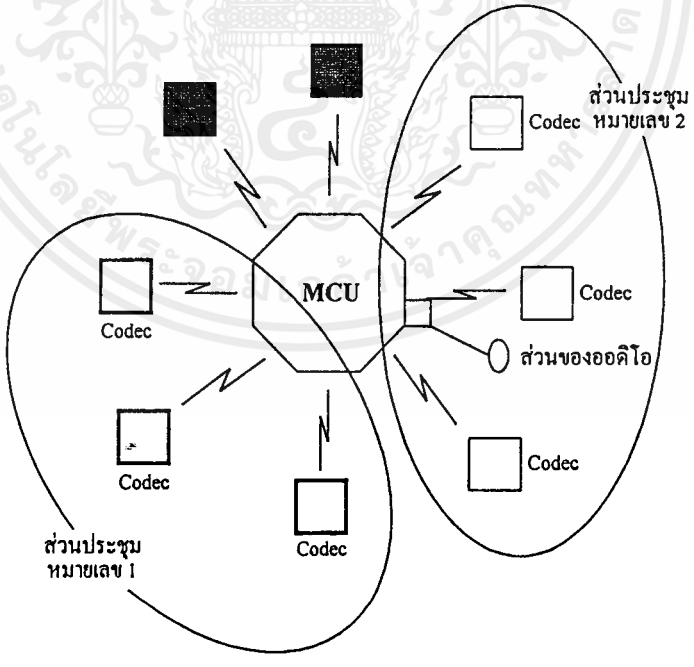
ในวิธีนี้จะช่วยในการประชุมมีลักษณะเหมือนกับอยู่ในห้องเรียน โดยผู้เข้าประชุมในสถานที่อื่นๆ ทุกแห่งสามารถมองเห็นผู้บรรยายได้พร้อมเหมือนกันหมด และมีการควบคุมแบบเลือกควบคุมด้วยมือ ดังนั้น ผู้บรรยายหรือผู้พูดหลักจะยังไม่ถูกเปลี่ยน หรือไม่สามารถเปลี่ยนภาพของผู้พูดหลักได้จากสถานที่อื่น จนกว่าจะมีการกำหนดผู้พูดหลักไปยังส่วนควบคุม MCU ใหม่ แต่ก็มีข้อแตกต่างจากระบบควบคุมผู้พูดหลัก ตรงที่ผู้บรรยายสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกภาพที่เห็นได้ตามต้องการ ขณะที่ผู้พูดหลักในวิธีควบคุมผู้พูดหลักจะเห็นภาพของผู้พูดหลักคนก่อนเสมอ

### 2.5.4 การแบ่งแยก และขยายการประชุม

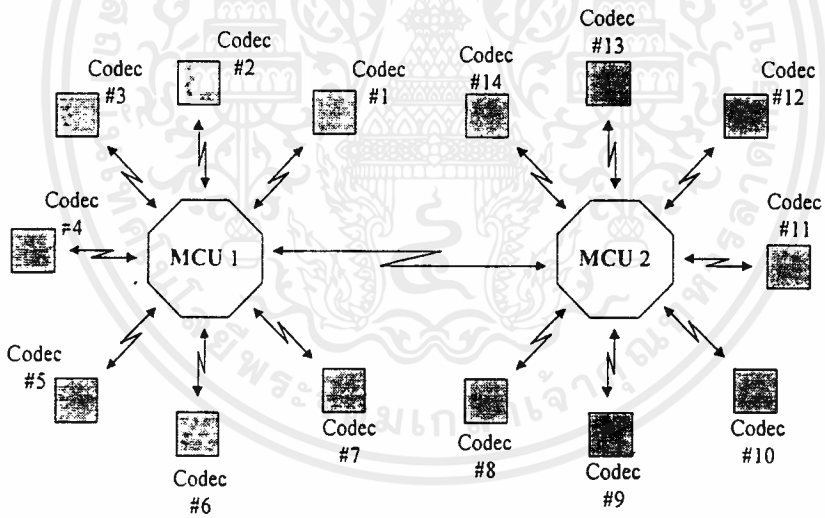
เนื่องจาก MCU หนึ่งเครื่องสามารถจัดการประชุมระหว่างสถานที่ต่างๆ ได้ 8 แห่ง จึงสามารถที่จะทำการแบ่งการประชุมออกเป็นหลายๆ การประชุมที่เป็นอิสระจากกัน ดังแสดงเป็นตัวอย่างในรูปที่ 2.23 ซึ่งประกอบด้วยการประชุมหมายเลข 1 การประชุมหมายเลข 2 และการประชุมระหว่างสถานที่อีกสองแห่ง แต่ละการประชุมสามารถถูกโปรแกรมให้มีอัตราการส่งผ่านข้อมูล, วิธีการปฏิบัติงาน, ขั้นตอนการประมวลสัญญาณเสียง, การเข้ารหัส และคุณสมบัติที่ใช้งานอื่นๆ ให้แตกต่างกันได้ อย่างไรก็ตามภายในการประชุมหนึ่งๆ จะต้องใช้ขั้นตอนการประมวลผลสัญญาณภาพ, เสียง และอัตราการส่งผ่านข้อมูลที่เหมือนกัน




**รูปที่ 2.23** การแบ่งเขตการประชุมด้วย MCU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การขยายการประชุมสามารถทำได้ โดยการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณที่ต่อกับ codec ให้มากขึ้นด้วยการเชื่อมต่อ MCU หลายๆ เครื่องเข้าด้วยกันในลักษณะคาสเคด (cascade) แสดงในรูปที่ 2.24 ซึ่งใช้ช่องสัญญาณของแต่ละ MCU ต่อเข้าด้วยกัน ทำให้สามารถเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณที่ต่อกับ codec ให้มากขึ้นได้ถึง 14 ช่องสัญญาณ แต่ถึงกระนั้นหาก MCUแต่ละเครื่องมีเครือข่ายการติดต่อสื่อสารที่แตกต่างกัน เช่น เครื่องหนึ่งอยู่ในยุโรป เครื่องหนึ่งอยู่ในสหรัฐอเมริกา จำเป็นที่จะต้องพิจารณาถึงการเปลี่ยนโปรโตคอล (protocol) ระหว่างกันด้วย (พิจารณาเช่นเดียวกันสำหรับการประชุมระหว่าง 2 แห่ง ที่ codec อยู่บนข่ายสื่อสารที่แตกต่างกัน) ถึงแม้จะไม่มีข้อจำกัดในทางทฤษฎีของจำนวน MCU ที่จะมาต่อเข้าด้วยกัน แต่ในทางปฏิบัติ มักจะถูกจำกัดด้วยสาเหตุหลายอย่างเช่น รูปลักษณ์ของข่าย, ความล่าช้าของสัญญาณที่ส่งผ่านเครือข่าย และระดับการยอมรับของผู้ใช้งานดังนั้น จึงได้มีการแนะนำให้จำกัดจำนวน MCU ที่ต่อกันไว้ที่ 2 เครื่อง เท่านั้น

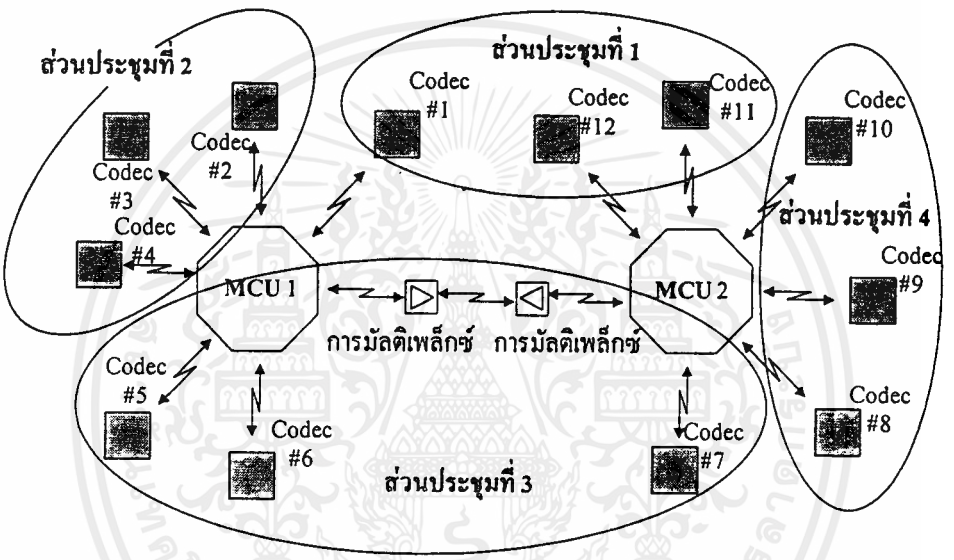



**รูปที่ 2.24** การต่อพ่วงการประชุมระหว่าง MCU

จากการจัดการประชุมแบบคาสเคดกันในรูปที่ 2.24 ทำให้สามารถทำการแบ่งแยกการประชุมออกเป็นหลายๆ การประชุมได้ ผลที่ตามมาคือ สามารถทำการจัดการประชุมที่แยกจากกันอย่างอิสระได้ในแต่ละสถานที่การประชุม แต่ถ้าจำเป็นต้องเพิ่มจำนวนสถานที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการประชุม และจำเป็นต้องคาบเกี่ยวสัมพันธ์กันระหว่างส่วน MCU ทั้งสองแห่ง จะทำให้ต้องเพิ่มเส้นทางการเชื่อมต่อระหว่าง MCU แต่ละแห่งมากขึ้น เพื่อลดเส้นทางการเชื่อมต่อสัญญาณต่างๆ ลง ต้องใช้อุปกรณ์ของข่ายสื่อสาร เช่น การมัลติเพล็กเซอร์ หรือการต่อคร่อมสัญญาณดิจิตอล (Digital Cross-connect System : DCS) เข้ามาช่วยในการเชื่อมต่อ MCU ที่อยู่ห่างไกลกัน ดังแสดงการต่อไว้ในรูปที่ 2.25




**รูปที่ 2.25** การต่อพ่วงการประชุมที่มีการสื่อสารต่างโปรโตคอลกันด้วยการมัลติเพล็กซ์

**การส่งผ่านภาพกราฟฟิก**

ในระบบการประชุมทางโทรทัศน์ระหว่างสถานที่ต่างๆ ผู้เข้าร่วมประชุมสามารถที่จะส่งภาพกราฟฟิก เช่น แผนภูมิ, กราฟ หรือสไลด์ ไปให้ผู้เข้าร่วมประชุมที่อยู่ที่อื่นได้รับชมได้ MCU จะทำการตรวจสอบข้อมูลที่ได้รับจากผู้เข้าร่วมประชุมในแต่ละที่อย่างสม่ำเสมอ และจะให้ลำดับความสำคัญกับข้อมูลที่เป็นภาพกราฟฟิก และแสดงความต้องการที่จะส่งไปยัง MCU เมื่อ codec ได้รับการตอบกลับ ก็จะหยุดการส่งภาพเคลื่อนไหว และทำการส่งข้อมูลของภาพกราฟฟิกแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

# การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

จากที่ได้ทราบถึงทฤษฎีและหลักการที่จำเป็นในระบบการประชุมทางโทรภาพแล้วว่าประกอบไปด้วยอะไรบ้างในบทที่ 2 สามารถออกแบบผังการทำงาน ของเครื่องระบบการประชุมแบบ 4 ผู้ใช้ได้ดังรูปที่ 3.1

## 3.1 การออกแบบ

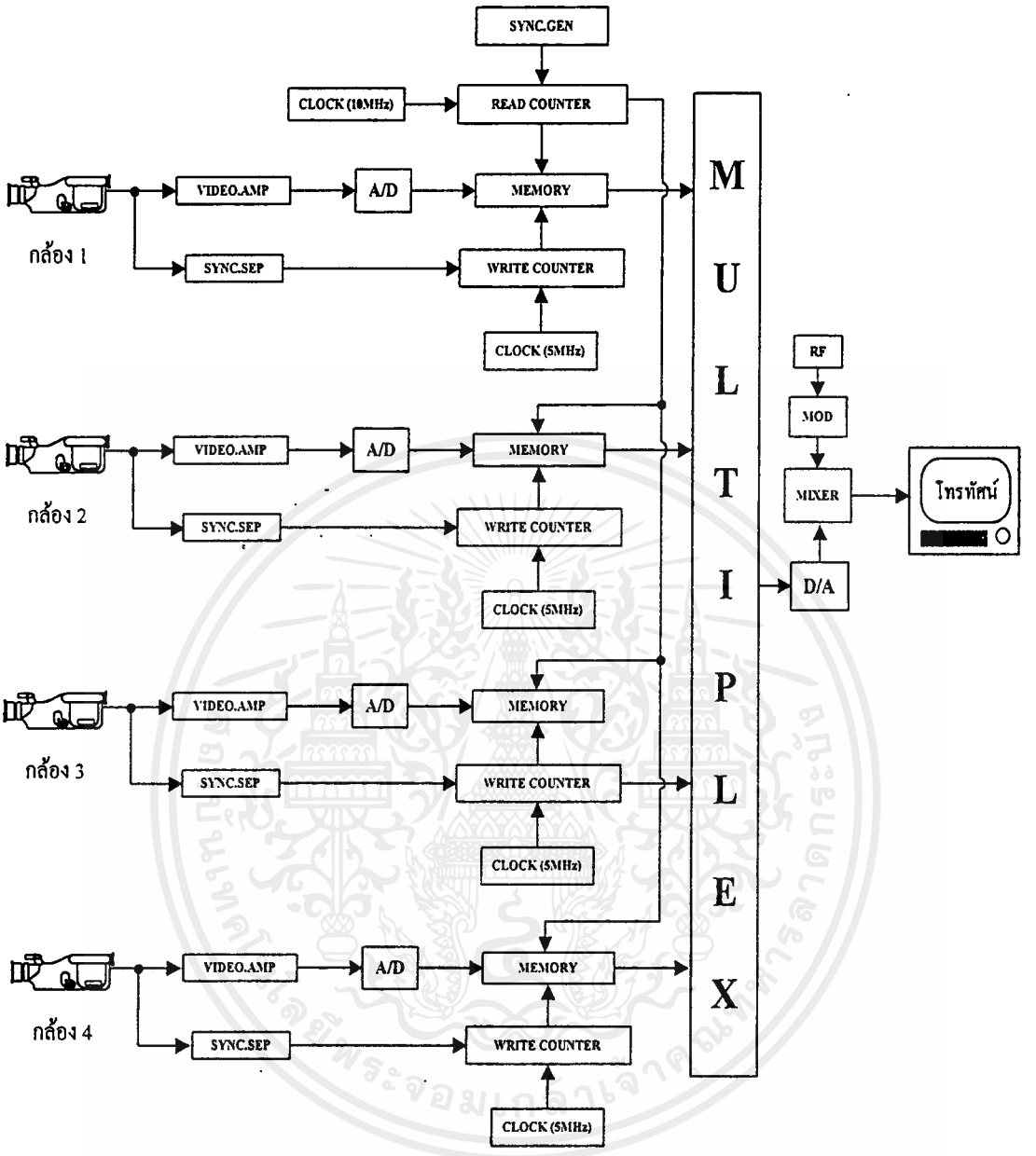
จากรูปที่ 3.1 เป็นการแสดงผังการทำงานของเครื่องระบบการประชุมทางโทรภาพแบบ 4 ผู้ใช้ ซึ่งสามารถแยกออกเป็นโครงสร้างแต่ละส่วนของวงจรได้ดังนี้

**โครงสร้างที่เป็นส่วนของวงจรประกอบด้วย**

1. วงจรขยายสัญญาณภาพ
2. วงจรแยกสัญญาณซิ้งค์
3. วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล
4. วงจรนับตำแหน่ง
5. วงจรหน่วยความจำ
6. วงจรมัลติเพล็กซ์
7. วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอก
8. วงจรผลิตสัญญาณนาฬิกา
9. วงจรผลิตสัญญาณซิ้งค์
10. วงจรผสมสัญญาณ

จากรูปที่ 3.1 สัญญาณภาพจากกล้องวิดีโอจะผ่านเข้ามาที่วงจรขยายสัญญาณภาพเพื่อขยายสัญญาณภาพให้แรงขึ้น อีกส่วนหนึ่งของสัญญาณภาพถูกส่งไปยังวงจรแยกสัญญาณซิ้งค์เพื่อทำการแยกสัญญาณต่างๆ ที่อยู่ในสัญญาณซิ้งค์ออกมาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.1** ผังการทำงานของเครื่องระบบการประชุมทางโทรภาพแบบ 4 ผู้ใช้

เมื่อสัญญาณภาพถูกขยายจากวงจรขยายสัญญาณภาพแล้ว จะถูกส่งไปยังวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล แล้วส่งสัญญาณดิจิตอลที่ได้ให้กับวงจรหน่วยความจำ เพื่อใช้สำหรับเก็บข้อมูลภาพ (เก็บเฉพาะข้อมูลในส่วนที่เป็นภาพ) ในส่วนของวงจรหน่วยความจำจะถูกควบคุมด้วยวงจรควบคุมการเขียนข้อมูลภาพลงหน่วยความจำ และวงจรควบคุมการอ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลภาพลงหน่วยความจำ ซึ่งวงจรควบคุมหน่วยความจำทั้ง 2 วงจรนี้มีการทำงานที่สัมพันธ์กัน ดังจะอธิบายในวงจรควบคุมหน่วยความจำในหัวข้อต่อไป

วงจรหน่วยความจำแต่ละชุดจะส่งข้อมูลที่เป็นดิจิตอลของตัวเองมายังวงจรมัลติเพล็กซ์ เพื่อทำการสลับข้อมูลของแต่ละวงจรให้ออกเพียง 1 เอาต์พุต นำเอาต์พุตที่ได้มาผ่านวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอก สัญญาณที่ได้จะผ่านวงจรรวมสัญญาณ เพื่อรวมกับสัญญาณซิงค์ต่างๆ แล้วส่งไปยังวงจรมอดูเลต ทำการมอดูเลตกับสัญญาณความถี่วิทยุ นำสัญญาณต่างๆ ที่ได้จากวงจรมอดูเลตไปแสดงผลหน้าจอโทรทัศน์

## 3.2 การทำงานของวงจรต่างๆ

### 3.2.1 วงจรขยายสัญญาณภาพ

วงจรขยายสัญญาณภาพเป็นวงจรที่ทำหน้าที่เพิ่มความแรงสัญญาณภาพเพื่อความชัดเจน และปราศจากสัญญาณรบกวน

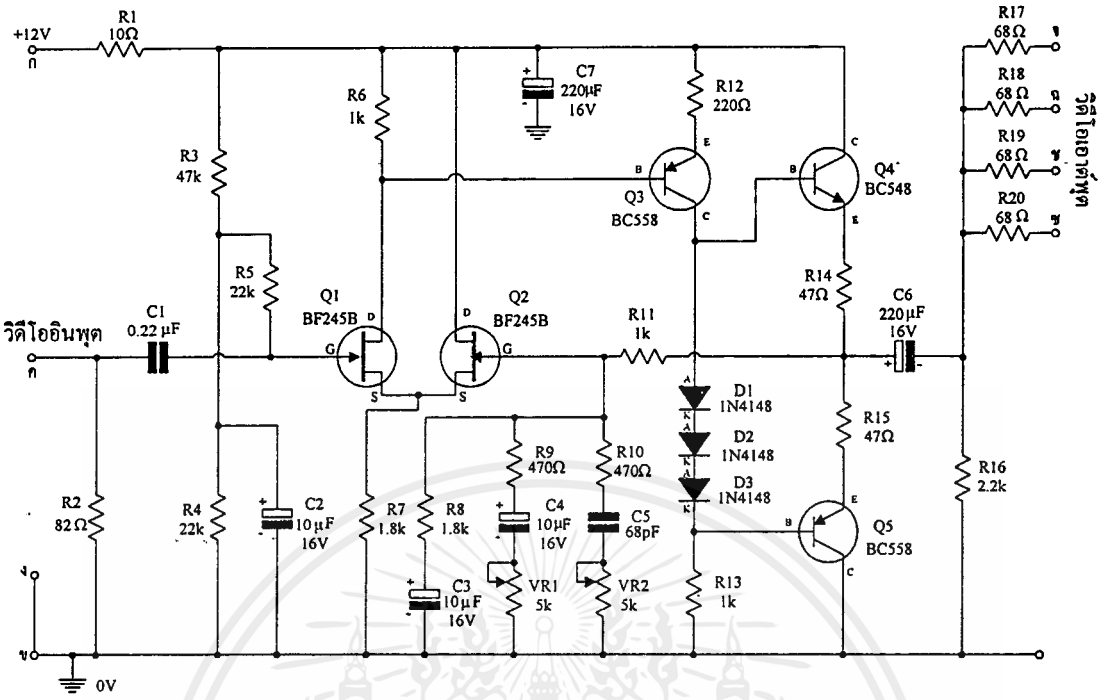
**การทำงานของวงจร**

จากรูปที่ 3.2 เมื่อจ่ายไฟเข้าวงจร R1 และ C7 ซึ่งเป็นวงจรฟิลเตอร์ จะทำการลดสัญญาณรบกวนต่างๆ ที่เข้ามากับแหล่งจ่าย เฟต Q1 และ Q2 จะต่อกันเป็นวงจรดิฟเฟอเรนเชียลแอมป์ หรือวงจรขยายความแตกต่าง เหตุผลที่อินพุตใช้วงจรขยายแบบนี้ เพราะจะทำให้ได้อินพุตอิมพีแดนซ์ที่สูง ผลคือ การเลื่อนเฟสของสัญญาณน้อย จึงทำให้ได้แบนด์วิดธ์ของวงจรดีมาก

สัญญาณภาพจะผ่าน C1 มาที่ขาเกตของเฟต Q1 จุดทำงานของดิฟเฟอเรนเชียลแอมป์จะถูกกำหนดโดย R3 และ R5 ซึ่งต่อกันแบบโพเทนเชียล ดิไวเดอร์ส่วน C2 ต่อเป็นดีคลัปปลิ้งให้กับวงจร

เอาต์พุตของเฟต Q1 จะถูกขยายโดยทรานซิสเตอร์ Q3 และส่งไปให้วงจรขยายแบบพุช-พูล ซึ่งประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ Q4 และ Q5 โดยมีการป้อนย้อนกลับ (Feed Back) มายังเฟต Q2 โดย R11 ค่าของ R8 จะเป็นตัวกำหนดเพื่อให้อัตราการขยายไม่ต่ำกว่า 6 dB อนึ่ง การป้อนย้อนทางลบ จะต้องออกแบบด้วยความละเอียด เพื่อให้วงจรมีเสถียรภาพ และรักษาคุณสมบัติของอัตราขยายไว้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.2** วงจรขยายสัญญาณภาพ

การตั้งค่ากระแสจัดไว้โดยไดโอดชนิดความจุต่ำ D1 ถึง D3 และตัวความต้านทานอิมิตเตอร์ R14 และ R15 สัญญาณทางเอาต์พุตทั้ง 4 ช่องจะออกผ่านทางตัวเก็บประจุ C6 และตัวต้านทาน R17 ถึง R20

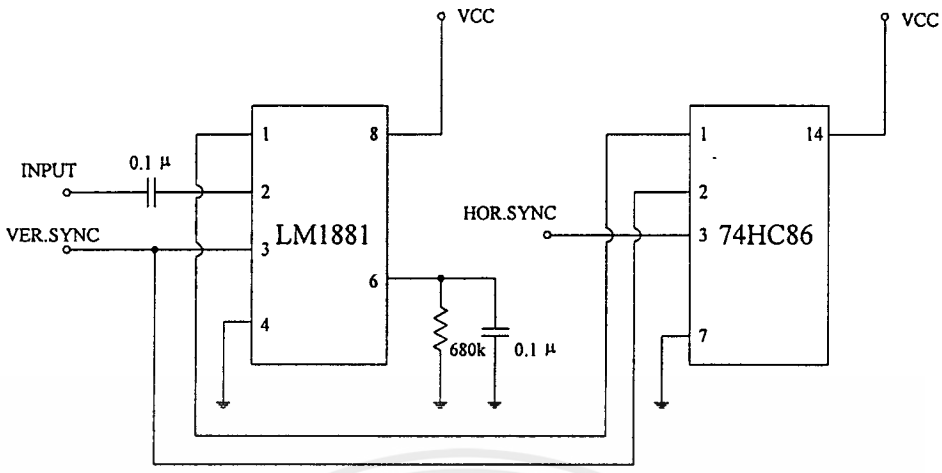
ตัวความต้านทานปรับค่าได้ VR1 เป็นตัวปรับอัตราการขยายของเอาต์พุต ซึ่งจะมีประโยชน์มากเมื่อเอาต์พุตทั้ง 4 ช่อง รับสัญญาณพร้อมกัน ส่วนตัวต้านทานปรับค่า VR2 จะควบคุมการขยายด้านความถี่สูงจะเป็นการขยายเฉพาะในส่วนของสัญญาณความถี่สูง สำหรับแรงดันป้อนวงจร คือ ไฟตรง 10 ถึง 15 โวลต์ (ปกติใช้ 12 โวลต์) ที่กระแส 50 มิลลิแอมป์

### 3.2.2 วงจรแยกสัญญาณซิ้งค์

**การทำงานของวงจร**

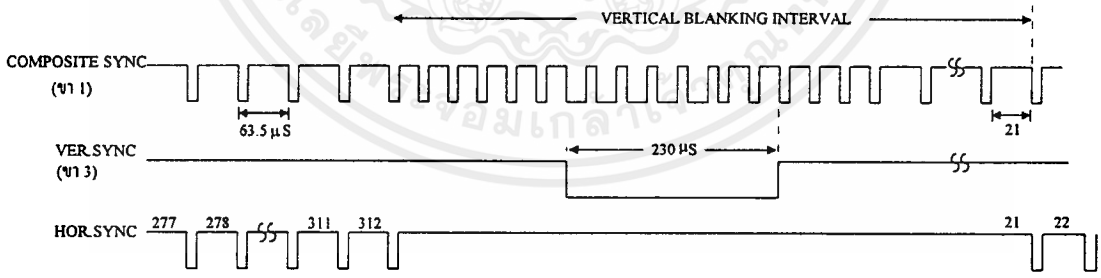
วงจรแยกสัญญาณซิ้งค์ทำหน้าที่แยกเอาสัญญาณต่างๆ ที่อยู่ในสัญญาณซิ้งค์ออกมา คือ สัญญาณซิ้งค์ทางด้านแนวนอน, สัญญาณซิ้งค์ทางด้านแนวตั้งออกจากสัญญาณภาพรวม เพื่อส่งไปควบคุมวงจรนับตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.3** วงจรแยกสัญญาณซิ้งค์

ไอซี LM 1881 เป็นไอซีที่ทำหน้าที่แยกสัญญาณภาพรวม ออกมาเป็นสัญญาณต่างๆ ได้แก่ สัญญาณซิ้งค์, สัญญาณซิ้งค์ทางด้านแนวนอน, สัญญาณซิ้งค์ทางด้านแนวตั้ง สัญญาณซิ้งค์ทางด้านแนวตั้งจะถูกส่งออกมาจากขา 3 ของ LM 1881 เมื่อขอบขาขึ้นของสัญญาณซิ้งค์ทางด้านแนวตั้งจากสัญญาณภาพรวมลูกแรกปรากฏขึ้น




**รูปที่ 3.4** ผังเวลาการเกิดสัญญาณควบคุมตำแหน่งภาพทางแนวนอน

LM 1881 จะให้สัญญาณเอาต์พุตเข้าจังหวะกับสัญญาณภาพรวม ในสภาวะปกติถูกออกแบบให้ใช้งานกับระบบ NTSC ซึ่งมีความถี่ทางด้านแนวนอนเท่ากับ 15,734 Hz แต่ในวงจรนี้ใช้งานในระบบ PAL จึงต้องตั้งค่าให้มีอัตราความเร็วของความถี่ทางด้านแนวนอนเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15,625 Hz โดยต่อตัวความต้านทานค่า 680 kΩ ขนานกับตัวเก็บประจุ 0.1 μF เข้ากับขา 6 เพื่อปรับความถี่ให้ตรงตามมาตรฐานของระบบ PAL ทำให้ได้สัญญาณทางด้านแนวตั้งที่เอาต์พุตขา 3 เข้าจังหวะกับสัญญาณภาพรวม โดยเอาต์พุตของสัญญาณซิ้งค์ลูกแรกจะเกิดขึ้นเมื่อมีอินพุตขอบขาขึ้นของสัญญาณซิ้งค์ทางด้านแนวตั้งเริ่มขึ้น

ส่วนสัญญาณซิ้งค์ทางด้านแนวนอนได้มาจากการนำเอาสัญญาณซิ้งค์ที่ขา 1 มาผ่านเอ็กซ์คลูซีพออร์เกทกับสัญญาณซิ้งค์ทางด้านแนวตั้งที่ขา 3

จากรูปที่ 3.4 จะเห็นว่าส่วนที่เราต้องการใช้สัญญาณพัลส์ทางด้านแนวนอนจริงๆ คือ สัญญาณพัลส์ทางด้านแนวนอนลูกที่ 22 ถึงลูกที่ 278 ซึ่งเท่ากับ 256 ลูก เท่านั้น เนื่องจากในส่วนของวงจรนับตำแหน่ง จะทำการนับเพียง 256 ตำแหน่ง ต่อจากนั้นก็จะรอสัญญาณซิ้งค์ทางด้านแนวตั้งมาทำการลบล้างตำแหน่งที่นับอยู่ และเริ่มต้นนับตำแหน่งใหม่จนถึง 256 ตำแหน่ง ดังนั้น ช่วงที่เราสนใจคือ (0,0), (1,0) ซึ่งจะได้สภาวะ 0 และ 1 ตามลำดับ ส่วนช่วงที่เป็นสัญญาณซิ้งค์ทางด้านแนวตั้งนั้นไม่สนใจ เพราะวงจรนับตำแหน่งจะทำการปรับแต่งค่าใหม่นั่นเอง และรอจนกระทั่งสัญญาณซิ้งค์ทางด้านแนวตั้งหมดไป จึงเริ่มนับสัญญาณซิ้งค์ทางด้านแนวนอนต่อไป

ดังนั้น จึงได้สัญญาณซิ้งค์ทางด้านแนวนอนออกมาที่เอาต์พุตขา 3 ของไอซีเบอร์ 74HC86

### 3.2.3 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

การแสดงภาพของระบบโทรทัศน์ในหนึ่งภาพจะใช้สองฟิลด์ คือ ฟิลด์คู่ และฟิลด์คี่ ในแต่ละฟิลด์จะใช้จำนวนเส้นในการสแกนเท่ากับ 312.5 เส้น ในงานด้านการประมวลผลภาพไม่ต้องการความละเอียดของภาพเท่ากับของโทรทัศน์ เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านหน่วยความจำ โดยจะทำการเก็บเพียง 256 เส้นในหนึ่งฟิลด์ และในแต่ละเส้นจะสุ่มมา 256 ครั้ง โดยการสุ่มในแต่ละครั้งจะใช้หน่วยความจำขนาด 8 บิท ดังนั้น หน่วยความจำที่จำเป็นต้องใช้ในการเก็บข้อมูลหนึ่งฟิลด์ เท่ากับ

$$256 \times 256 \times 8 \text{ บิท} = 8 \times 64 \text{ kbits}$$

สาเหตุที่ใช้หน่วยความจำในการเก็บข้อมูล 1 จุด เท่ากับ 8 บิท ก็เพื่อให้สัญญาณภาพที่ได้มีความละเอียดสูงนั่นเอง ซึ่งจะให้ความละเอียดของสัญญาณภาพแต่ละจุดถึง 256 ระดับ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$2^8 = 256$$

ถ้าขนาดของสัญญาณภาพมีขนาดของแรงดันตั้งแต่ 0 ถึง 1.4 โวลต์ แล้ว ความละเอียดของสัญญาณแต่ละระดับจะเท่ากับ

$$\frac{1.4}{256} = 0.0055 \text{ โวลต์}$$

จะเห็นว่า ความแตกต่างของระดับสัญญาณ 256 ระดับนี้ มีความละเอียดมาก**พอที่จะ**แยกความแตกต่างของภาพได้ดี

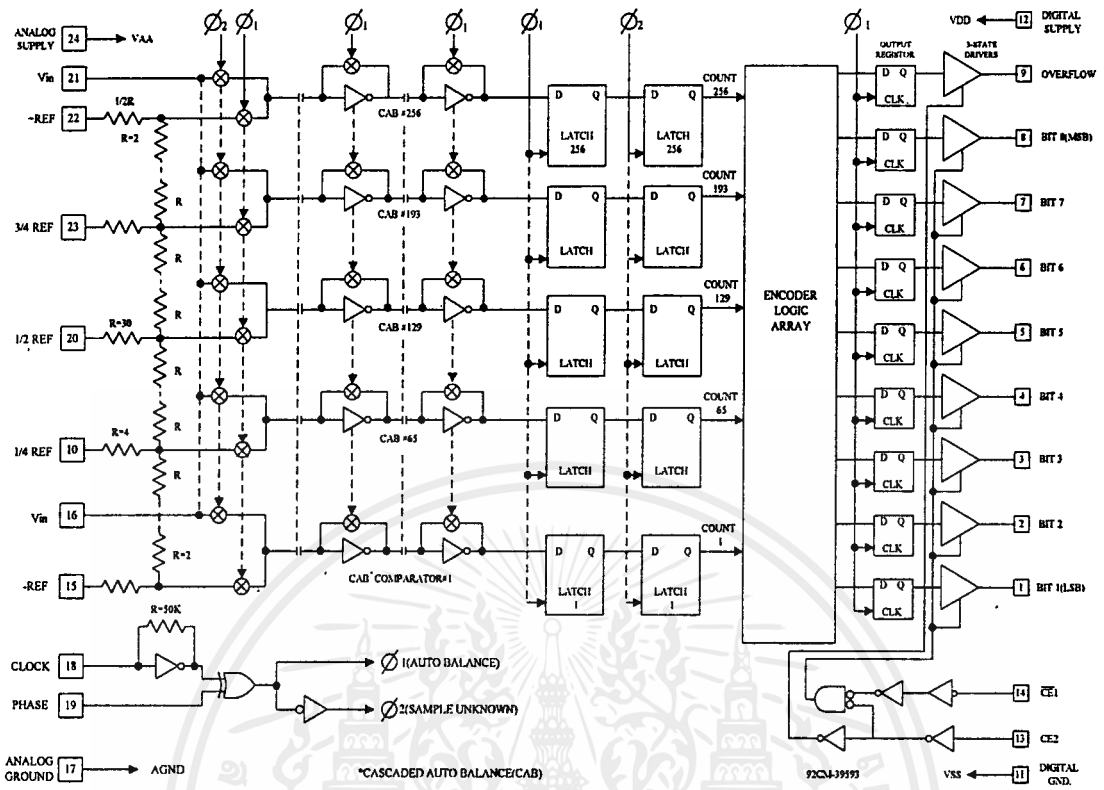
วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล มีหน้าที่แปลงสัญญาณภาพ**ที่เป็น**สัญญาณแอนะลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อนำไปเก็บไว้ในหน่วยความจำโดยมีขนาด 8 บิท

ในโครงงานนี้ วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลแบบแฟลชขนาด 8 บิท มีความเร็วในการแปลงสัญญาณสูงมาก มีขนาด 24 ขา คำว่า แฟลช เป็นรูปแบบการแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลอีกรูปแบบหนึ่งในหลายๆ รูปแบบ ซึ่งแบบแฟลชนี้มีความเร็วในการแปลงสัญญาณสูงกว่าแบบอื่นๆ

**คุณสมบัติของไอซี CA 3318**

1. ใช้เทคโนโลยี CMOS/SOS
2. ใช้เทคนิคการแปลงข้อมูลแบบขนาน
3. อัตราการแปลงข้อมูล 15 MSPS ที่ 5 โวลต์
4. ให้สัญญาณเอาต์พุตขนาด 8 บิท
5. ใช้แหล่งจ่ายไฟชุดเดียว 4 ถึง 6.5 โวลต์
6. แยกระบบกราวด์ของสัญญาณแอนะลอกกับสัญญาณดิจิตอลออกจากกันเด็ดขาด
7. กำลังงานสูญเสีย 200 มิลลิวัตต์
8. แรงดันอินพุตอยู่ในช่วง 0 ถึง 6.4 โวลต์
9. สัญญาณนาฬิกา 20 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.5** ผังการทำงานภายในของไอซี CA3318

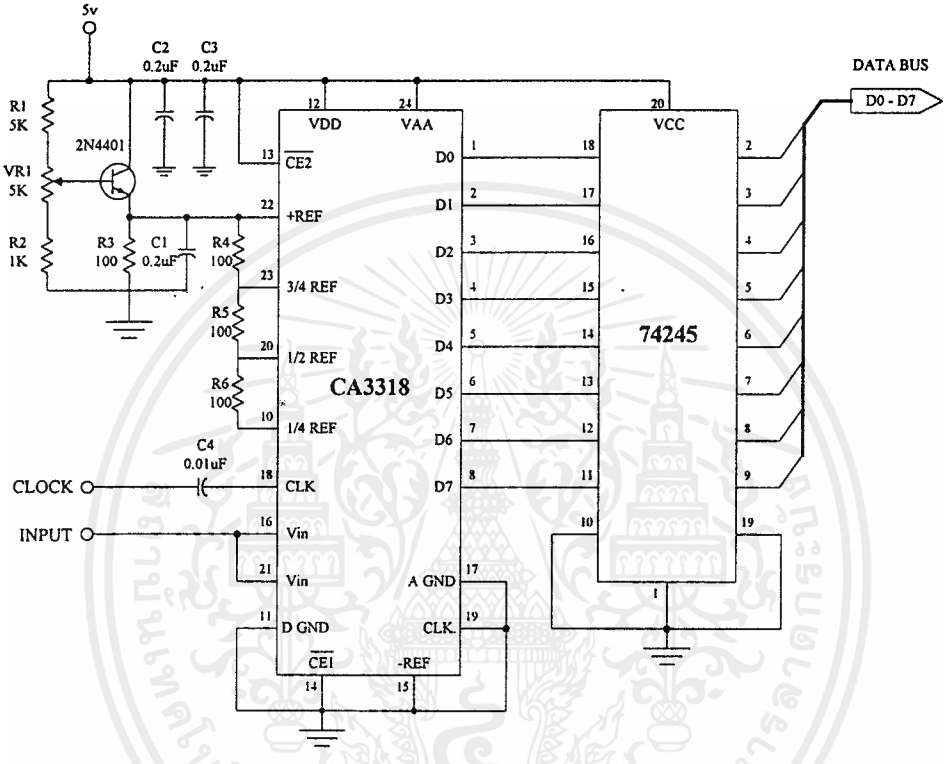
**การทำงานของวงจร**

สัญญาณวิดีโออินพุตจะถูกป้อนเข้าที่ขา 21 และขา 16 ที่ขา 22 จะถูกปรับให้อยู่ในช่วง 5 โวลต์ โดยใช้วงจรควบคุมแรงดันที่ขา 3/4 REF, 1/2 REF และ 1/4 REF จะถูกต่อโดยชุดแบ่งแรงดัน เพื่อเป็นแรงดันอ้างอิงให้ชุดสวิทซ์อิเล็กทรอนิกส์ภายในตัวไอซี ซึ่งมีชุดสร้างแรงดันอ้างอิงทั้งทางด้านบวก และด้านลบ โดยภายในไอซีมีชุดสวิทซ์อิเล็กทรอนิกส์อยู่ 256 ชุด โดยจะนำสัญญาณอินพุตมาเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงของตัวเปรียบเทียบภายใน ข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากตัวเปรียบเทียบ (เป็น 0 หรือ 1 ) ส่งไปยังดีฟลิปฟลอป ทั้ง 256 ชุดโดยตรง เป็นไปในลักษณะตัวเปรียบเทียบชุดที่ 1 ส่งข้อมูลเข้าดีฟลิปฟลอปชุดที่ 1 โดยดีฟลิปฟลอปทำหน้าที่เป็นชิฟต์รีจิสเตอร์ ทำงานในโหมดสัญญาณนาฬิกา (ตอบสนองต่อสัญญาณนาฬิกาเฉพาะช่วงขอบขาขึ้น และขอบขาลงของพัลส์เท่านั้น) ทำการแลตช์ (LATCH) ข้อมูลไว้ชั่วขณะ จนกว่าจะมีข้อมูลใหม่เข้ามาจึงจะเลื่อนข้อมูลนั้นส่งเข้าชุดเข้ารหัสเพื่อแปลงข้อมูลทั้ง 256 ค่าออกมาเป็นข้อมูลดิจิตอลขนาด 9 บิท (รวมบิทส่วนเกิน) ส่งต่อไปยังเอาต์พุตรีจิสเตอร์ ซึ่งใช้ดีฟลิปฟลอป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำหน้าที่นี้อีกเช่นเคย ก่อนส่งไปยังตัวขับ 3 สถานะเป็นเอาต์พุตต่อไป เอาต์พุตนี้สามารถควบคุมได้ด้วย $\overline{CE}_1$ และ $\overline{CE}_2$

การทำงานทั้งหมดนี้เราสามารถควบคุมได้ที่ขาควบคุมเฟส (ขา 19)




**รูปที่ 3.6** วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

## 3.2.4 วงจรนับตำแหน่ง

การทำงานของวงจรหน่วยความจำนั้น จำเป็นจะต้องมีส่วนที่ใช้ในการควบคุมการเขียนข้อมูลภาพลงหน่วยความจำ, การอ่านข้อมูลภาพจากหน่วยความจำ และการกำหนดตำแหน่งของหน่วยความจำ เพื่อให้วงจรหน่วยความจำสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง

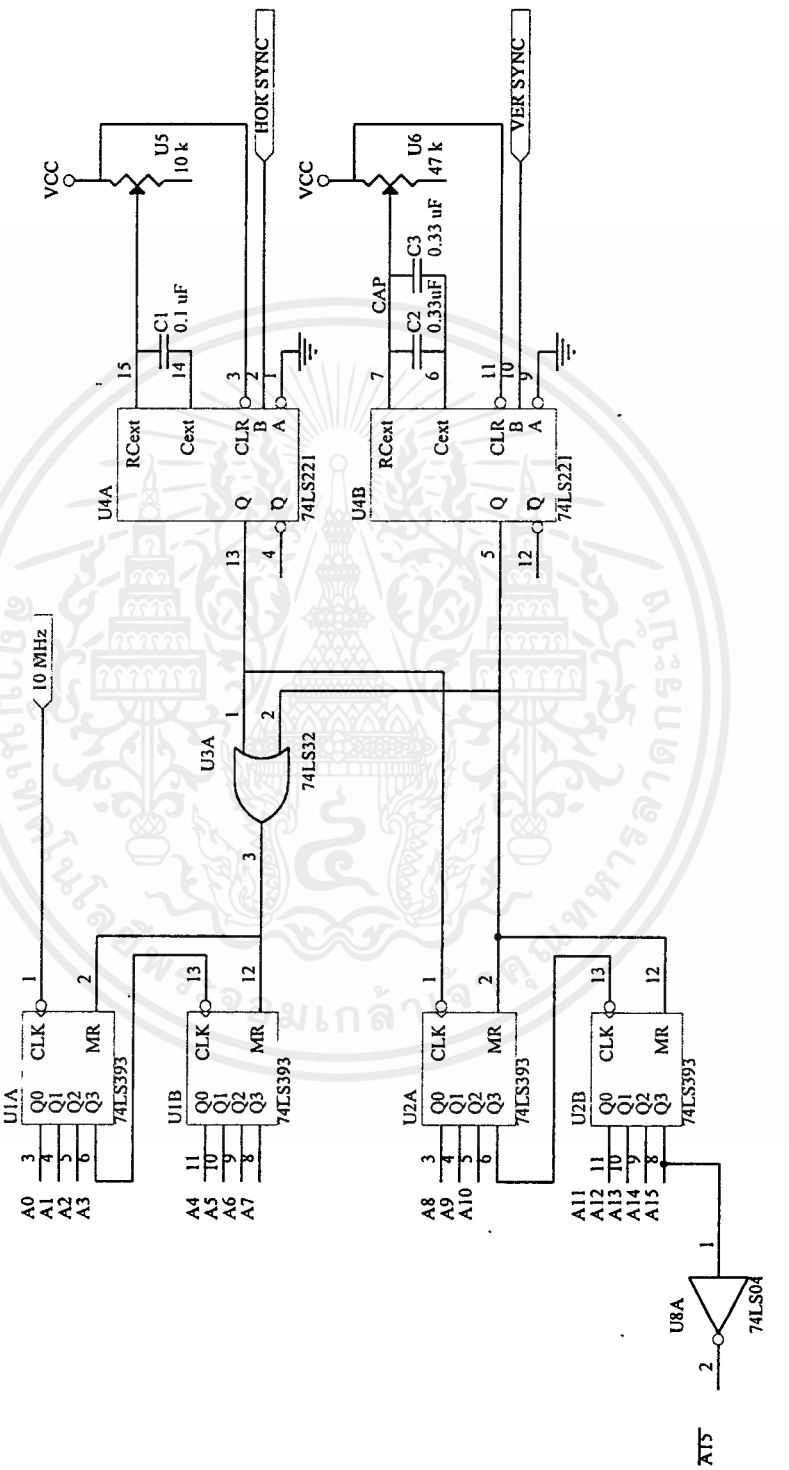
ในโครงงานนี้ ส่วนที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของหน่วยความจำ เรียกว่า วงจรนับตำแหน่ง โดยวงจรนับตำแหน่งนี้ แบ่งออกเป็น 2 วงจรด้วยกัน คือ

3.2.4.1 วงจรควบคุมการเขียนข้อมูลภาพลงหน่วยความจำ

3.2.4.2 วงจรควบคุมการอ่านข้อมูลภาพจากหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.4.1 วงจรควบคุมการเขียนข้อมูลภาพลงหน่วยความจำ




**รูปที่ 3.7** วงจรควบคุมการเขียนข้อมูลภาพลงหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.7 แบ่งการทำงานออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ใช้หน่วงเวลาสัญญาณซิงค์ทางแนวนอน, สัญญาณซิงค์ทางแนวตั้ง และส่วนที่ใช้นับตำแหน่งของหน่วยความจำขณะทำการบันทึกข้อมูลภาพ

ส่วนของการหน่วงเวลาสัญญาณซิงค์ทางแนวนอน กับสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้ง จะใช้ไอซีเบอร์ 74LS221 ซึ่งภายในตัวไอซีจะประกอบไปด้วยวงจรโมโนสเตเบิล 2 วงจร

การกำหนดช่วงเวลาที่ต้องการหน่วง ทำได้โดยการต่อตัวต้านทาน กับตัวเก็บประจุเข้าที่ขา 14 และขา 15 ของไอซีเบอร์ 74221 ดังปรากฏในรูปที่ 3.7 ส่วนค่าของตัวความต้านทานกับตัวเก็บประจุสามารถคำนวณหาได้จากสมการ

$$T = 0.69 \times R \times C$$

ในโครงงานนี้จะใช้ตัวความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อความสะดวกในการปรับแต่งค่า เมื่อได้สัญญาณซิงค์ทางแนวนอน และสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้ง ที่ถูกหน่วงเวลาแล้ว จะนำเอาต์พุตที่ได้ไปควบคุมส่วนของการนับตำแหน่งการเขียนข้อมูลภาพลงหน่วยความจำ

ส่วนที่ใช้ในการนับตำแหน่งของหน่วยความจำจะใช้ไอซีเบอร์ 74393 จำนวน 2 ตัว ซึ่งภายในตัวไอซีจะประกอบด้วยวงจรนับไบนารี่ 4 บิท จำนวน 2 วงจร การทำงานของวงจรนับไบนารี่ 4 บิท จะให้เอาต์พุตเป็น 0000-1111 ทำการต่อวงจรนับไบนารี่ 4 บิท 2 วงจรเข้าด้วยกันจำนวน 2 ชุด โดยในชุดที่ 1 ให้ขา $Q_3$ ของตัวแรกเป็นขา CLK ให้ตัวที่สอง ในชุดที่ 1 ใช้ความถี่ 10 MHz ที่ได้จากวงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาเป็น CLK ส่วนขา MR จะใช้สัญญาณซิงค์ทางแนวนอน กับสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้ง ที่ทำการหน่วงเวลาแล้วมาผ่านตัวออร์เกท ดังรูปที่ 3.7 ดังนั้น วงจรชุดนี้จะทำการลบล้าง และเริ่มต้นทำการนับใหม่ เมื่อมีสัญญาณซิงค์ทางแนวนอน หรือ สัญญาณซิงค์ทางแนวตั้ง ที่ถูกหน่วงเวลาแล้วเข้ามา จากคุณสมบัติของไอซีเบอร์ 74LS393 เมื่อทำการต่อความถี่ 10 MHz ที่ขา CLK จะทำให้ที่ขา $A_0$ มีความถี่เท่ากับ 5 MHz ซึ่งคือความถี่ของการบันทึกข้อมูลภาพลงสู่หน่วยความจำเพื่อ ให้ได้ความละเอียด 256×256 จุดต่อภาพ ในชุดที่ 2 ให้ขา $Q_3$ ของตัวแรกเป็นขา CLK ของตัวที่ 2 เหมือนชุดแรก แต่จะใช้สัญญาณซิงค์ทางแนวนอนที่ถูกหน่วงเวลาแล้วมาเป็นขา CLK และสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้งที่ถูกหน่วงเวลาแล้วเป็นอินพุตให้ขา MR การทำงานของชุดนี้คล้ายกับการทำงานในชุดแรก แตกต่างกันตรงที่ในชุดนี้จะเพิ่มค่าการนับก็ต่อเมื่อมีสัญญาณซิ้งค์ทางแนวนอนเข้ามาที่ขา CLK ทำการลบล้าง และเริ่มต้นทำการนับใหม่เมื่อมีสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้งเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำเอาต์พุตของ ไอซี 74393 ทั้ง 2 ชุด คือ $A_0$ - $A_{14}$ ดังรูป ไปควบคุมตำแหน่งการเขียนข้อมูลลงสู่หน่วยความจำ ส่วนขา $A_{15}$ และ $\overline{A}_{15}$ จะใช้ในการควบคุมการเลือกสวิทช์ ($\overline{CS}$) ของหน่วยความจำ

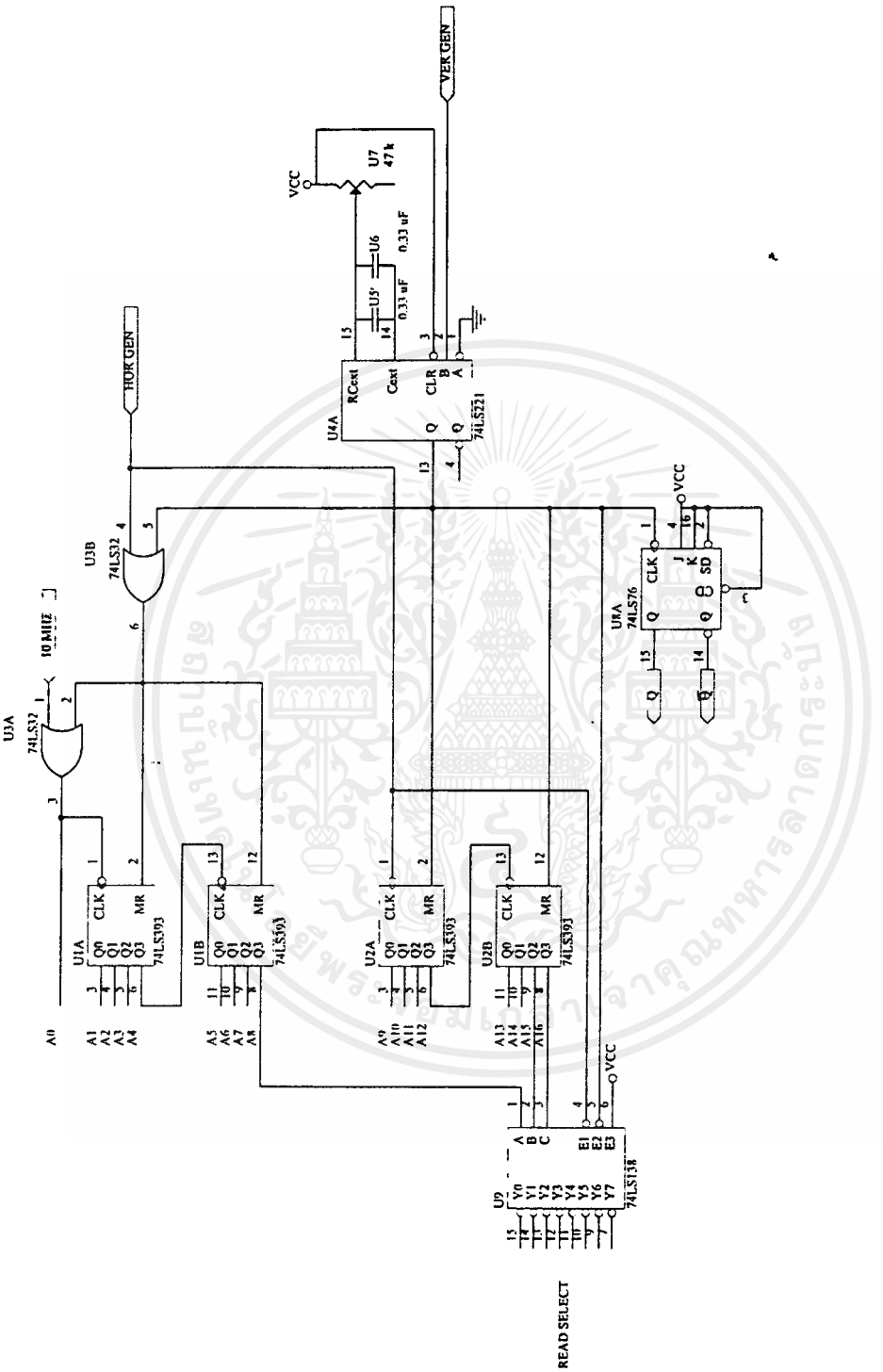
### 3.2.4.2 วงจรควบคุมการอ่านข้อมูลภาพจากหน่วยความจำ

การทำงานของวงจรควบคุมการอ่านข้อมูลภาพจากหน่วยความจำ จะมีส่วนที่คล้ายกับวงจรควบคุมการเขียนข้อมูลภาพลงหน่วยความจำ คือ ส่วนของการหน่วงเวลา, ส่วนของการนับตำแหน่ง แต่ในวงจรควบคุมการอ่านข้อมูลภาพจากหน่วยความจำ ส่วนของการหน่วงเวลาจะเป็นการหน่วงเวลาของสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้งที่ผลิตขึ้น ส่วนสัญญาณซิงค์ทางแนวนอนที่ผลิตขึ้นสามารถนำมาใช้งานได้เลย และส่วนที่ใช้ในการนับตำแหน่งของหน่วยความจำขณะทำการอ่านข้อมูลภาพ (ไอซี 74393) ในชุดที่ 1 จะนำสัญญาณซิงค์ทางแนวนอนที่ผลิตขึ้น กับสัญญาณซิ้งค์ทางแนวตั้งที่ผลิตขึ้นมาผ่านตัวออร์เกท นำเอาต์พุตที่ได้ กับความถี่ 10 MHz มาผ่านตัวออร์เกทอีกครั้ง เพื่อใช้เป็นขา $A_0$ ให้กับหน่วยความจำ และใช้เป็นสัญญาณให้ขา CLK

เนื่องจากในการอ่านข้อมูลภาพ จำเป็นต้องใช้ความเร็วในการอ่านเป็น 2 เท่าของการเขียนข้อมูลภาพ ดั้งนั้น ที่ขา $A_0$ จึงมีความถี่เท่ากับ 10 MHz เพื่อให้ได้ภาพที่มีขนาดเท่ากับ 1 ใน 4 ของภาพปกติ สัญญาณซิงค์ทางแนวนอนที่ผลิตขึ้น กับสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้งที่ผลิตขึ้นที่นำมาออร์กันนั้น จะนำมาใช้เป็นสัญญาณให้กับขา MR ของ ไอซี 74393 ชุดที่ 1 ซึ่งจะทำการลบล้าง และเริ่มต้นนับใหม่ เมื่อมีสัญญาณซิงค์ทางแนวนอนที่ผลิตขึ้น หรือสัญญาณซิ้งค์ทางแนวตั้งที่ผลิตขึ้นเข้ามา ในส่วนของชุดที่ 2 จะใช้สัญญาณซิงค์ทางแนวนอนที่ผลิตขึ้นเป็นสัญญาณ CLK และใช้สัญญาณซิงค์ทางแนวตั้งที่ผลิตขึ้นเป็นสัญญาณให้กับขา MR การทำงานของวงจรควบคุมการอ่านข้อมูลภาพจากหน่วยความจำมีส่วนที่แตกต่างกับวงจรควบคุมการเขียนข้อมูลภาพลงหน่วยความจำ ที่การนำขาเอาต์พุตของไอซี 74393 มาใช้งาน ดังรูปที่ 3.8 และในวงจรควบคุมการอ่านข้อมูลภาพจากหน่วยความจำนี้ มีส่วนที่เพิ่มเติมขึ้นมา คือ ไอซี 7476 กับ ไอซี 74138 ซึ่งไอซี 7476 คือ JK-Filp Flop ที่ทำการต่อให้อยู่ในสภาวะ toggle จะให้เอาต์พุตที่ขา Q และ $\overline{Q}$ มีค่าตรงข้ามจากค่าเดิมทุกครั้งที่มีสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้งที่ผลิตขึ้นเข้ามาที่ขา CLK นำเอาต์พุตที่ได้ไปควบคุมการเลือกสวิทช์ของไอซี 74245 ที่ภาคหน่วยความจำ

ส่วนของไอซี 74138 เป็นวงจรถอดรหัส นำเอาต์พุตที่ได้จากไอซี 74138 ไปควบคุมการทำงานของภาคหน่วยความจำต่อไป

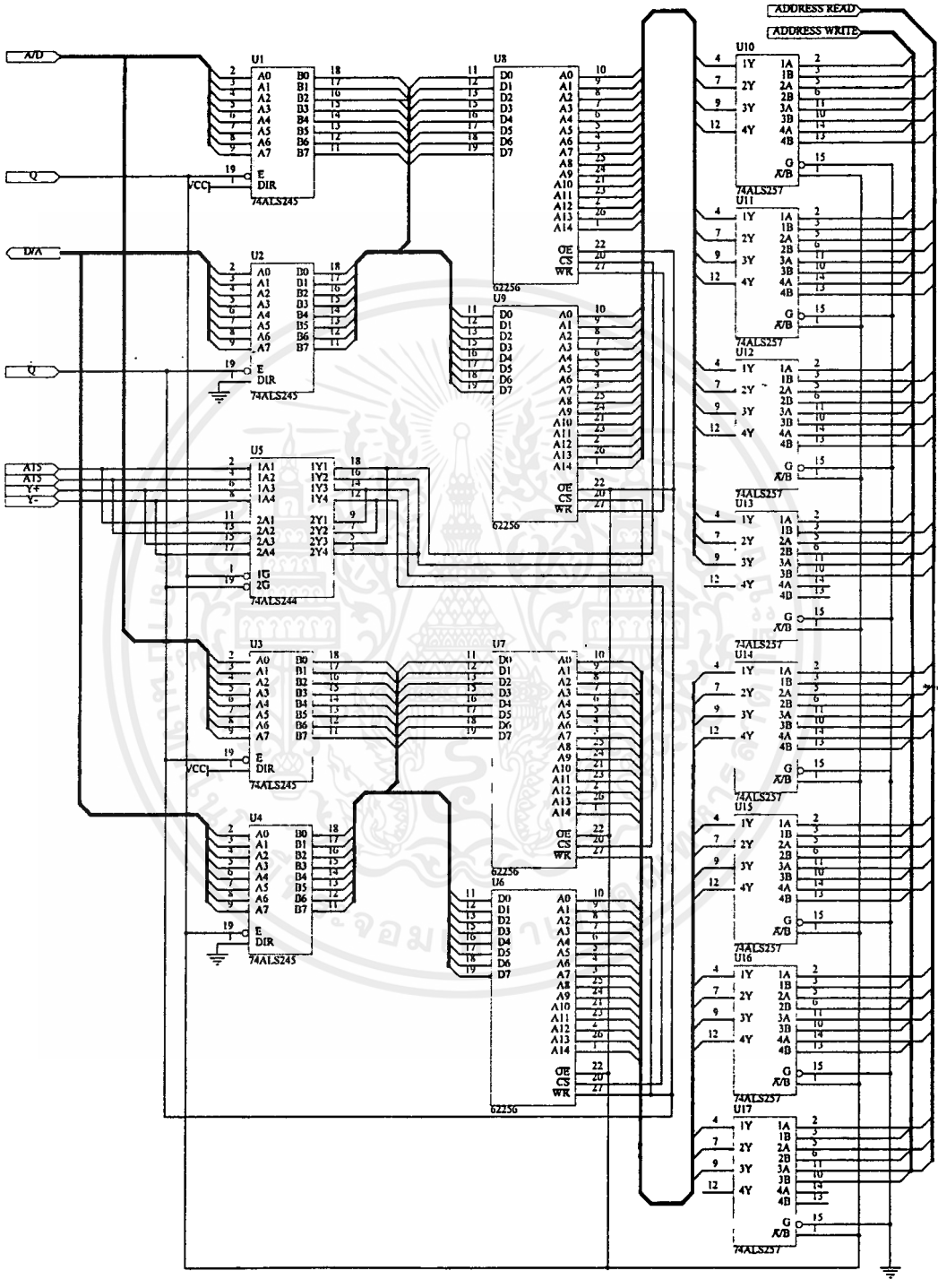
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.8 วงจรควบคุมการอ่านข้อมูลภาพจากหน่วยความจำ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.2.5 วงจรหน่วยความจำ




**รูปที่ 3.9 วงจรหน่วยความจำ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรหน่วยความจำประกอบด้วยหน่วยความจำ 2 ชุด ชุดละ 2 ตัว ซึ่งหน่วยความจำแต่ละชุดจะสลับกันทำงาน โดยถ้าหน่วยความจำชุดที่ 1 ทำการอ่านข้อมูลภาพ หน่วยความจำชุดที่ 2 จะทำการเขียนข้อมูลภาพ การทำงานของหน่วยความจำทั้ง 2 ชุด จะถูกควบคุมด้วยขา $A_{15}$, $\overline{A}_{15}$, Y0, Y2, Q, $\overline{Q}$ ที่ได้จากวงจรภาคนับตำแหน่ง เมื่อขา Q อยู่ในสภาวะ 1 จะทำหน้าที่เป็นขาอีนาเบิ้ล ของไอซี 74245 เพื่อทำการเขียนข้อมูลภาพลงหน่วยความจำชุดที่ 1 และทำการอ่านข้อมูลภาพจากหน่วยความจำชุดที่ 2 ในส่วนของขา $\overline{Q}$ จะทำหน้าที่เป็นขาอีนาเบิ้ล ของไอซี 74245 เหมือนกับขา Q แต่การทำงานจะแตกต่างกัน คือ เมื่อขา $\overline{Q}$ อยู่ในสภาวะ 1 จะทำการอ่านข้อมูลภาพจากหน่วยความจำชุดที่ 1 และทำการเขียนข้อมูลภาพจากหน่วยความจำชุดที่ 2 โดยขา Q และขา $\overline{Q}$ จะมีสภาวะที่ตรงข้ามกันเสมอ อีกส่วนหนึ่งของขา Q, $\overline{Q}$ จะไปทำหน้าที่เป็นขา $\overline{1G}$, $\overline{2G}$ ตามลำดับ เพื่อเลือกการทำงานของ ไอซี 74244

จากรูปที่ 3.9 ถ้า Q เป็น 0, $\overline{Q}$ เป็น 1 ไอซี 74244 จะให้เอาต์พุตจาก A ไป Y แต่ถ้า Q เป็น 1, $\overline{Q}$ เป็น 0 ไอซี 74244 จะให้เอาต์พุตจาก Y ไป A และในขา Q จะไปเป็นสัญญาณให้กับขา $\overline{WR}$ ของหน่วยความจำชุดที่ 1 เป็นขา $\overline{QE}$ ให้กับหน่วยความจำชุดที่ 2 ส่วนขา $\overline{Q}$ จะไปเป็นสัญญาณให้กับขา $\overline{QE}$ ของหน่วยความจำชุดที่ 1 เป็นขา $\overline{WR}$ ให้กับหน่วยความจำชุดที่ 2 เพื่อให้หน่วยความจำสลับกันทำงานอย่างถูกจังหวะ ส่วนของขา Q จะไปเป็นสัญญาณให้กับขา $\overline{A}$ / B ของ ไอซี 74257 เพื่อเป็นตัวเลือกตำแหน่งการอ่าน หรือการเขียน โดย ไอซี 74257, 4 ชุดแรกกับ 4 ชุดที่สอง จะต่อขาอินพุตสลับกัน คือ ตำแหน่งการเขียน จะถูกต่อที่ขาอินพุต A ใน 4 ชุดแรก และต่อกับขาอินพุต B ใน 4 ชุดหลัง ส่วนตำแหน่งการอ่าน จะต่อที่อินพุต B ใน 4 ชุดแรก และต่อกับขาอินพุต A ใน 4 ชุดที่สอง ดังนั้น การทำงานของ ไอซี 74257 ใน 4 ชุดแรก และ 4 ชุดหลังจะทำงานสลับกัน

การทำงานของหน่วยความจำจะทำการเขียนข้อมูลภาพก็ต่อเมื่อมีสัญญาณมาที่ขา $\overline{WR}$ และอ่านข้อมูลภาพเมื่อมีสัญญาณมาที่ขา $\overline{QE}$ จากที่กล่าวว่าหน่วยความจำในแต่ละชุดจะประกอบด้วยหน่วยความจำ 2 ตัว และในการทำงานของหน่วยความจำแต่ละตัว จะถูกเลือกจากเอาต์พุตของไอซี 74244 โดยในหน่วยความจำตัวที่ 1 ของชุดที่ 1 จะทำงานเมื่อสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จาก $A_{15}$ หรือ $Y_0$ อยู่ในสภาวะ 1, หน่วยความจำตัวที่ 2 ของชุดที่ 1 จะทำงานเมื่อสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จาก $\overline{A}_{15}$ หรือ $Y_2$ อยู่ในสภาวะ 1, หน่วยความจำตัวที่ 1 ของชุดที่ 2 จะทำงานเมื่อสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จาก $Y_0$ หรือ $A_{15}$ อยู่ในสภาวะ 1, หน่วยความจำตัวที่ 2 ของชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ 2 จะทำงานเมื่อสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จาก $Y_2$ และ $\overline{A}_{15}$ อยู่ในสภาวะ 1 ซึ่งการทำงานทั้งหมดจะถูกควบคุมด้วยขา Q และ ขา $\overline{Q}$ อีกครั้งหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 3.9

### 3.2.6 วงจรมัลติเพล็กซ์

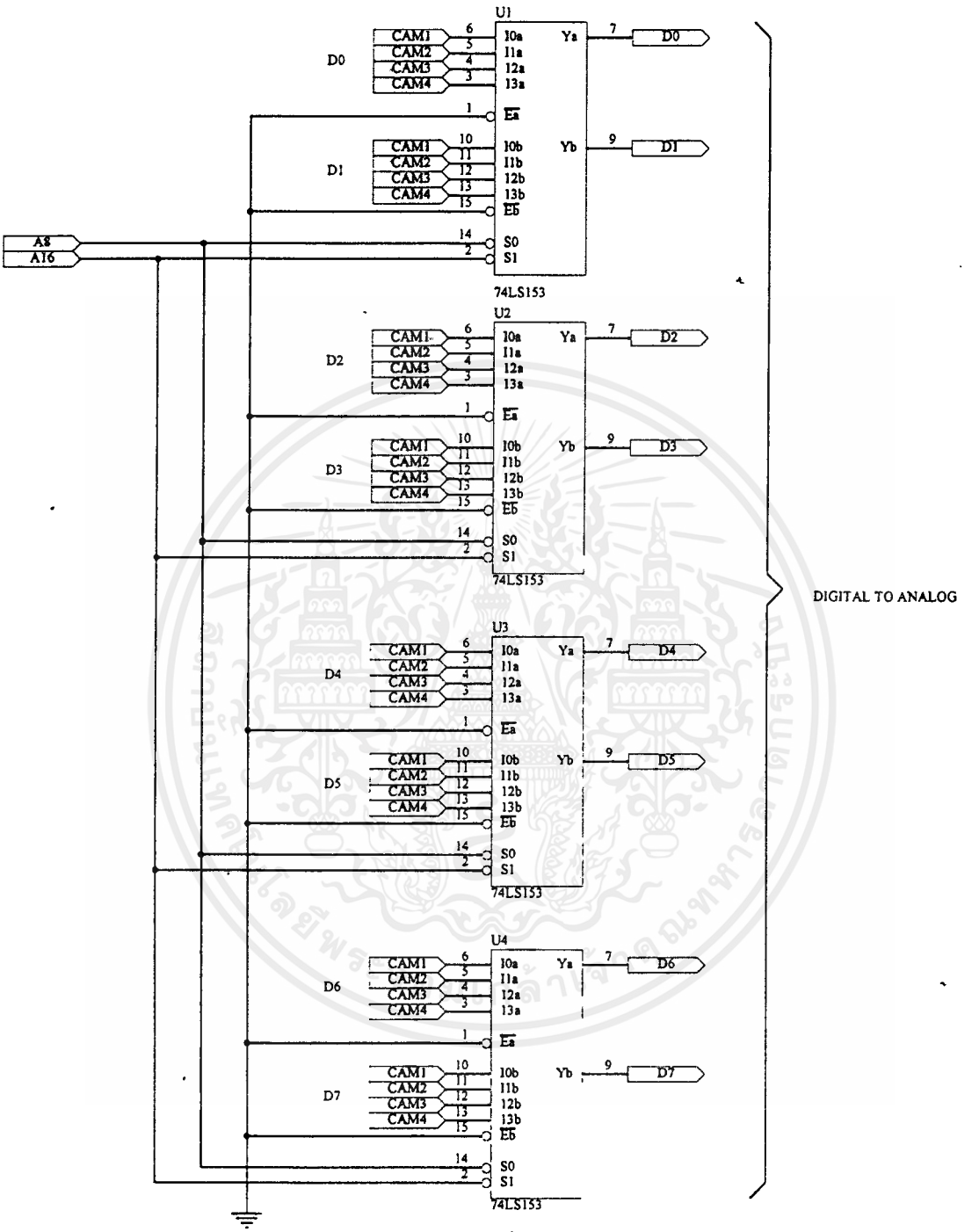
วงจรมัลติเพล็กซ์เป็นวงจรที่ทำหน้าที่รวมข้อมูลภาพแต่ละกล้องวิดีโอเข้าไว้ด้วยกันอย่างเป็นจังหวะ และส่งข้อมูลที่ได้ไปยังวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะลอก โดยมีหลักการทำงานดังนี้ จากรูปที่ 3.10 ใช้ไอซีเบอร์ 74LS153 จำนวน 4 ตัว สำหรับเลือกข้อมูลภาพของแต่ละกล้องวิดีโอ ซึ่งไอซี 74153 ภายในประกอบด้วย วงจร Dual 4-Line-to-1-line Data Selector/Multiplexes จำนวน 2 วงจร คือ มีอินพุต 4 เส้น เลือกให้ออกเอาต์พุตเพียงเส้นเดียว

| E | $A_8$ | $A_{16}$ | กล้อง 1 | กล้อง 2 | กล้อง 3 | กล้อง 4 | O/P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | X | X | X | กล้อง 1 |
| 0 | 1 | 0 | X | 0 | X | X | กล้อง 2 |
| 0 | 0 | 1 | X | X | 0 | X | กล้อง 3 |
| 0 | 1 | 1 | X | X | X | 0 | กล้อง 4 |
| H | X | X | X | X | X | X | L |

**ตารางที่ 3.1** ผังการทำงานของไอซี 74153

ในการเลือกการทำงานของแต่ละกล้องจะถูกควบคุมด้วยขา $A_8$ กับ $A_{16}$ ของวงจรควบคุมการอ่านข้อมูลภาพจากหน่วยความจำ และขาสัญญาณของสัญญาณซิงค์ทางแนวนอนที่ผลิตขึ้น หรือสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้งที่ผลิตขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



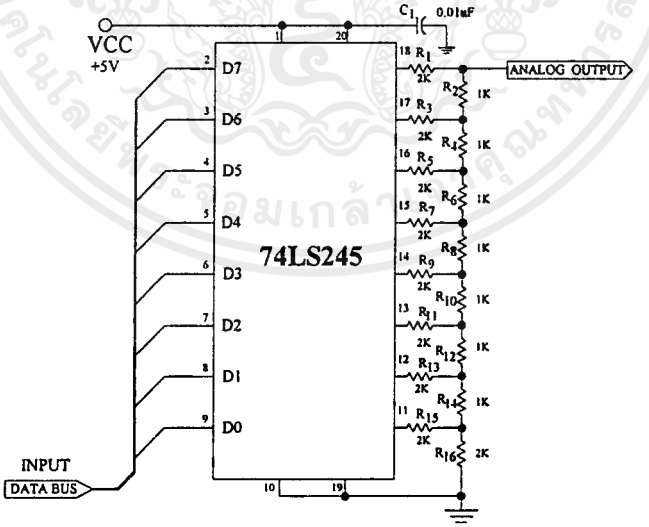

**รูปที่ 3.10 วงจรมัลติเพล็กซ์**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา $A_8$ กับ $A_{16}$ จะเป็นขาที่ใช้สำหรับในการเลือกข้อมูลภาพที่จะออกเอาต์พุตของไอซี 74153 ทุกตัว ว่าจะให้เป็นข้อมูลของกล้องวิดีโอตัวใด ดังแสดงในตารางที่ 3.1 ส่วนสัญญาณซิงค์ทางแนวนอนที่ผลิตขึ้น หรือสัญญาณซิ้งค์ทางแนวตั้งที่ผลิตขึ้น ที่ต่อเข้าที่ขา 2, 15 ของไอซี 74153 ทุกตัว ไม่ว่าสัญญาณซิงค์ทางแนวนอนที่ผลิตขึ้น หรือ สัญญาณซิงค์ทางแนวตั้งที่ผลิตขึ้นมีสภาวะเป็น 1 เข้ามา จะทำให้ไอซี 74153 ทุกตัวมีเอาต์พุตเป็นสภาวะ 0 สัญญาณทั้งหมดที่ได้จะถูกส่งไปยังวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะลอกต่อไป

### 3.2.7 วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะลอก

วงจรนี้ทำการแปลงสัญญาณดิจิตอลที่ได้จากภาคหน่วยความจำในจังหวะที่หน่วยความจำทำการอ่านข้อมูลภาพให้เป็นสัญญาณแอนะลอก โดยสัญญาณดิจิตอลจะผ่าน DATA BUFFER (ไอซี 74LS245) ก่อนที่จะเข้าสู่ขบวนการแปลงสัญญาณ ในโครงงานนี้ใช้วงจรข่ายบันไดแบบ R-2R เพราะมีประสิทธิภาพที่ดีในการใช้งานที่ความถี่สูง และมีราคาถูก ดังแสดงในรูปที่ 3.11




**รูปที่ 3.11** วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะลอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรนี้ เอาต์พุตของวงจร R-2R จะสามารถให้ความแตกต่างของระดับสัญญาณได้ 256 ระดับ ซึ่งผลรวมของแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากบิทต่างๆ สามารถหาได้จากสมการ

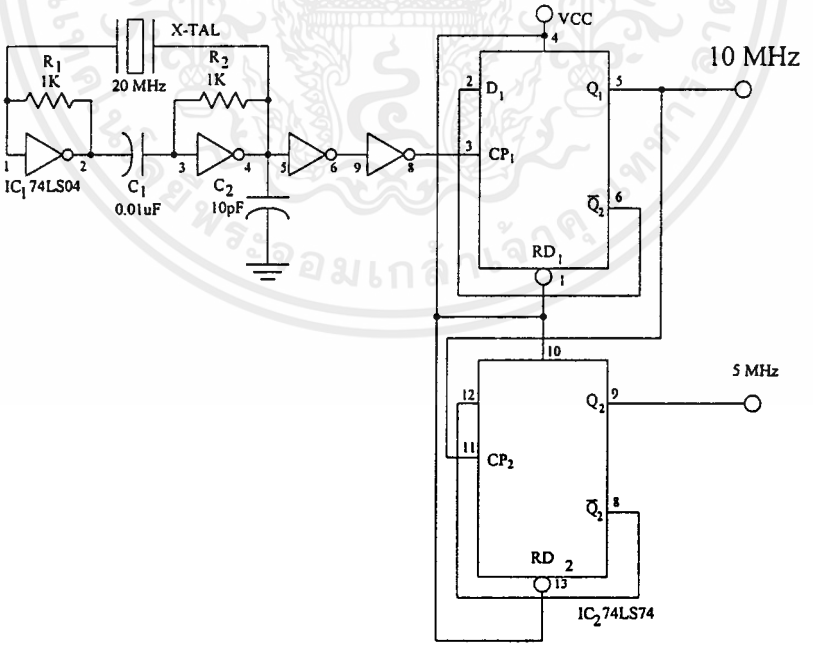
$$Va = \frac{\left[V_0(2^0) + V_1(2^1) + V_2(2^2) + V_3(2^3) + \ldots\ldots + V_n(2^n)\right]}{2^n}$$

n = จำนวนอินพุตที่ใช้

$V_0, V_1, V_2, V_3, \ldots, V_n$ = ระดับของแรงดันที่อินพุต ( 0 หรือ 1 )

สัญญาณดิจิตอลเมื่อถูกแปลงเป็นสัญญาณแอนะลอกแล้วจะถูกส่งไปยังวงจรผสมสัญญาณรวมกับสัญญาณควบคุมตำแหน่งภาพ และสัญญาณลบเส้นสะบัดกลับ เพื่อสร้างเป็นสัญญาณภาพรวมต่อไป

### 3.2.8 วงจรผลิตสัญญาณนาฬิกา




**รูปที่ 3.12** วงจรผลิตสัญญาณนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรผลิตสัญญาณนาฬิกานี้จะต้องทำการผลิตสัญญาณนาฬิกา 2 ความถี่ คือ ความถี่ 5 MHz เนื่องจากช่วงเวลาของสัญญาณภาพ 1 เส้น ประมาณ 52-54 μS การที่จะทำการแบ่งให้ได้เท่ากับ 256 จุด จะได้ความถี่ประมาณ 5 MHz และความถี่ 10 MHz เพื่อใช้ในการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำให้เร็วขึ้นเป็น 2 เท่า เพื่อให้ใน 1 เส้นสแกนมีสัญญาณจาก 2 ช่องสัญญาณ

### 3.2.9 วงจรผลิตสัญญาณซิงค์

เนื่องจากในขณะบันทึกภาพลงในวงจรหน่วยความจำนั้น เราไม่ได้ทำการบันทึกสัญญาณในส่วนของสัญญาณซิงค์ เพื่อประหยัดขนาดของหน่วยความจำ ดังนั้น ในการที่จะนำข้อมูลภาพออกมาเพื่อสร้างเป็นสัญญาณภาพรวม จึงจำเป็นต้องสร้างสัญญาณซิงค์ขึ้นมาใหม่

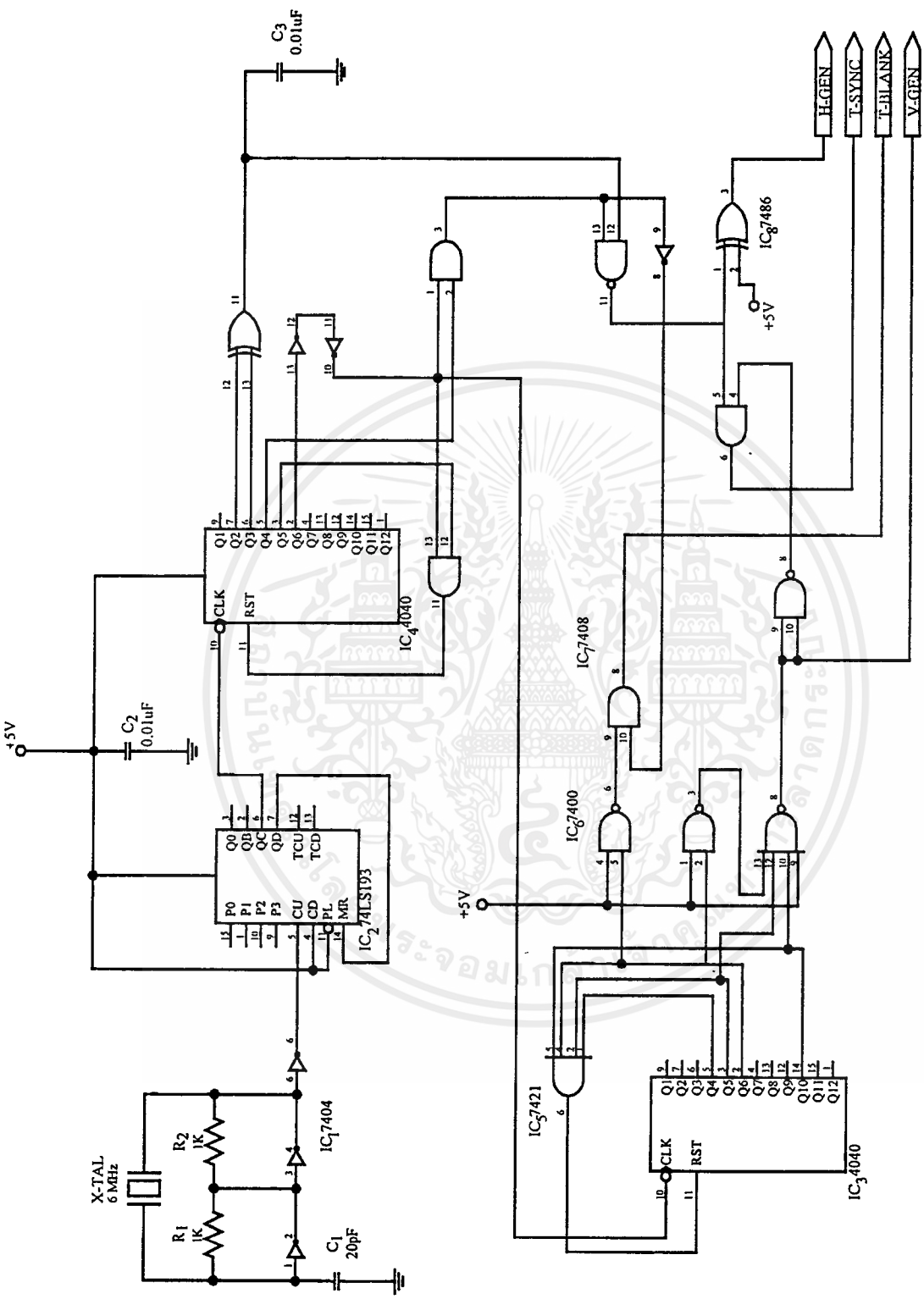
**การทำงานของวงจรผลิตสัญญาณซิงค์**

สัญญาณนาฬิกา 6 MHz ที่ผลิตเกิดจากคริสตัล 6 MHz และนอทเกต ป้อนเข้าไอซี 74193 โดยจัดให้เป็นวงจรหาร 8 คือจะปรับตั้งค่าใหม่ทุกขาให้เป็น 0 หมดทุกๆ 8 ลูกของสัญญาณนาฬิกา 6 MHz ดังนั้น ที่ขา Qc (ขา 6) จะได้ความถี่ 6 MHz /8 = 750 kHz ออกมา นำความถี่ 750 kHz นี้ ไปป้อนเข้าขา clock ของไอซี 4040 ซึ่งถูกจัดวงจรให้เป็นวงจรหาร 48 โดยนำขา $Q_5$ มา แอนด์กับ $Q_6$ เพื่อนำไปเป็นตัวปรับตั้งค่าใหม่ ทุกๆ 48 ลูกคลื่น จะได้ความถี่เอาต์พุตเป็น 15,625 Hz ความถี่นี้จะถูกสร้างเป็นสัญญาณลบเส้นสะบัดกลับทางด้านแนวนอน และสร้างเป็นสัญญาณซิงค์ทางด้านแนวนอน

สัญญาณลบเส้นสะบัดกลับทางด้านแนวนอน เกิดจากการนำขา $Q_4$ และ $Q_6$ ของไอซี 4040 มาแอนด์กัน จะได้สัญญาณลบเส้นสะบัดกลับทางด้านแนวนอน ซึ่งมีช่วงเวลาทำงานประมาณ 10 μS ส่วนสัญญาณซิงค์ทางด้านแนวนอนเกิดจากการนำขา $Q_2$ มาเอ็กซ์คลูซีพออร์กับ $Q_3$ นำมาแอนด์กับสัญญาณลบเส้นสะบัดกลับทางด้านแนวนอน แล้วกลับสัญญาณอีกที่หนึ่งได้เป็นความถี่ 15,625 Hz มีช่วงเวลาทำงานประมาณ 5 μS จากนั้น นำความถี่ 15,625 Hz มาผ่านวงจรหาร 312 ได้ความถี่ออกมาประมาณ 50 Hz เพื่อสร้างสัญญาณลบเส้นสะบัดกลับแนวตั้ง และสร้างเป็นสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้ง

สัญญาณลบเส้นสะบัดกลับแนวตั้ง ได้มาจากเอาต์พุตที่ขา $Q_9$ ซึ่งมีช่วงเวลาเป็นสภาวะ 1 ประมาณ 3.584 mS สัญญาณลบเส้นสะบัดกลับแนวตั้งได้มาจากผลของเอาต์พุตที่ขา $Q_5$, $Q_6$ และ $Q_9$ ซึ่งมีช่วงเวลาเป็นสภาวะ 1 ประมาณ 1 mS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



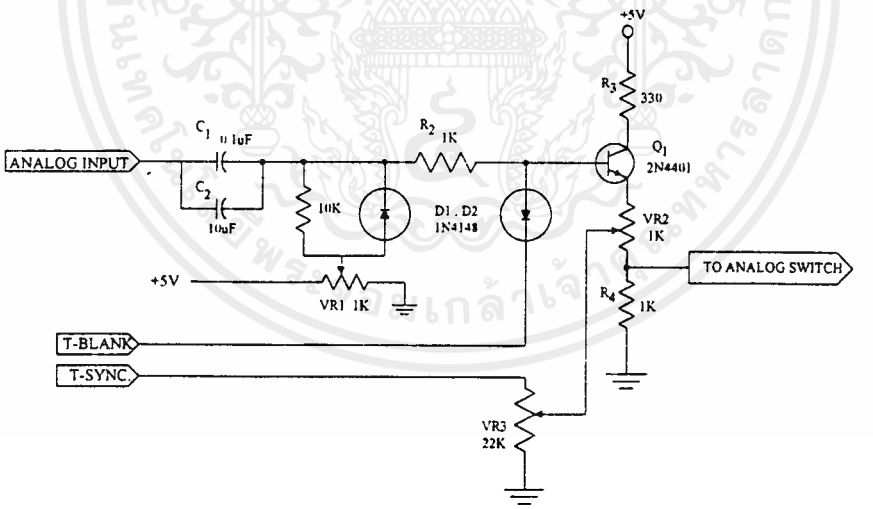

**รูปที่ 3.13** วงจรผลิตสัญญาณซิงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำสัญญาณลบเส้นสะบัดกลับแนวตั้งมาแอนด์กับสัญญาณลบเส้นสะบัดกลับทางแนวนอนจะได้สัญญาณลบเส้นสะบัดกลับรวม และนำสัญญาณซิงค์แนวตั้งมาแอนด์กับสัญญาณซิงค์ทางด้านแนวนอนได้เป็นสัญญาณควบคุมตำแหน่งภาพรวม ซึ่งสัญญาณลบเส้นสะบัดกลับรวม และสัญญาณควบคุมตำแหน่งภาพรวม จะถูกส่งไปยังวงจรรวมสัญญาณ ส่วนสัญญาณซิงค์ทางด้านแนวตั้ง และสัญญาณซิงค์ทางด้านแนวนอนจะถูกส่งไปใช้ในส่วนของวงจรถอดรหัส เพื่อใช้ในการควบคุมหน่วยความจำต่อไป

### 3.2.10 วงจรผสมสัญญาณ

สัญญาณแอนะลอกที่ได้มาจากวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะลอกนั้นจะมีเพียงแต่สัญญาณภาพเท่านั้น ยังไม่สามารถนำไปแสดงผลออกจอโทรทัศน์ได้ จึงต้องนำสัญญาณภาพมารวมกับสัญญาณควบคุมตำแหน่งภาพรวม และสัญญาณลบเส้นสะบัดกลับรวม เพื่อให้ได้เป็นสัญญาณภาพรวม ที่มีระดับสัญญาณประมาณ 2 $V_{p-p}$




**รูปที่ 3.14** วงจรผสมสัญญาณ

จากวงจรสัญญาณควบคุมตำแหน่งภาพรวม และสัญญาณลบเส้นสะบัดกลับรวมจะถูกรวมกันเป็นสัญญาณซิ้งค์รวม และถูกกลับเฟสสัญญาณก่อนที่จะรวมกับสัญญาณภาพที่ขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของทรานซิสเตอร์ เพื่อทำการขยายแบบคอมมอนอิมิตเตอร์ เอาต์พุตออกทางขาอิมิตเตอร์ จะได้สัญญาณภาพรวมประมาณ 2 $V_{p-p}$ สามารถส่งเข้าโทรทัศน์ได้ทางช่องสัญญาณ AV หรือนำไปผ่านวงจรการมอดูเลตสัญญาณก่อนเพื่อให้ได้เป็นความถี่วิทยุ แล้วส่งออกไปยังโทรทัศน์ทั้ง 4 เครื่อง ตามสถานที่ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4

# การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองของเครื่องระบบการประชุมทางโทรภาพแบบ 4 ผู้ใช้ ที่ได้จากการประกอบวงจรของส่วนต่างๆ ในบทที่ 3 เข้าด้วยกันทั้งหมด แล้วทำการทดลอง โดยมีผลการทดลองดังนี้

## 4.1 การทดลองการทำงานของเครื่อง ขณะให้สัญญาณอินพุต 1 สัญญาณภาพ

**ขั้นตอนการทดลอง**

1. ประกอบวงจรส่วนต่างๆ ทั้งหมดที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 เข้าด้วยกัน
2. ตรวจสอบความเรียบร้อยทั้งหมด
3. ป้อนสัญญาณอินพุต 1 สัญญาณภาพให้กับวงจร (ในที่นี้ได้มาจาก กล้อง CCD)

**รูปที่ 4.1** ภาพอินพุตที่ให้กับวงจรจำนวน 1 สัญญาณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ผลการทดลอง**

จากการทดลองเมื่อต่อวงจร และป้อนสัญญาณอินพุต 1 สัญญาณภาพ ให้กับวงจร จะได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.2

**รูปที่ 4.2** ภาพเอาต์พุตที่ปรากฏหน้าจอโทรทัศน์

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่า ภาพที่ปรากฏทางด้านเอาต์พุต จะมีขนาดเท่ากับ 1 ใน 4 ของภาพทางด้านอินพุต เนื่องมาจากการที่ทำการอ่านข้อมูลภาพให้เร็วกว่าเวลาที่จัดเก็บภาพเป็น 2 เท่า

## 4.2 การทดลองการทำงานของเครื่อง ขณะให้สัญญาณอินพุต 2 สัญญาณภาพ

**ขั้นตอนการทดลอง**

ขั้นตอนการทดลองในหัวข้อนี้ จะเหมือนกับขั้นตอนการทดลองในหัวข้อที่ 4.1 เพียงแต่เพิ่มสัญญาณอินพุต จาก 1 สัญญาณ ภาพเป็น 2 สัญญาณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

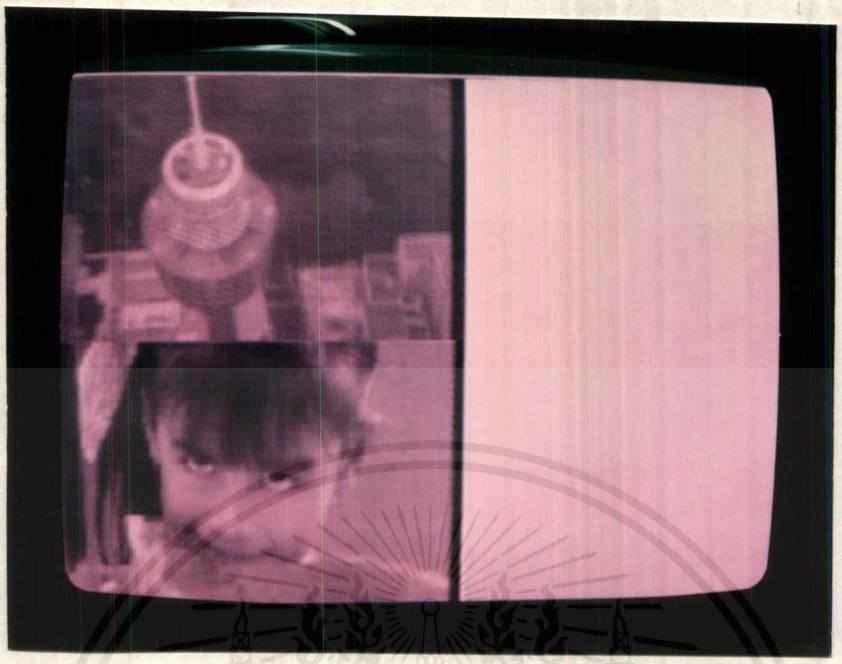
**รูปที่ 4.3** ภาพอินพุตที่ป้อนให้กับวงจรจำนวน 2 สัญญาณภาพ

**ผลการทดลอง**

จากการที่ทำการต่อสัญญาณอินพุตเพิ่มจาก 1 สัญญาณภาพเป็น 2 สัญญาณภาพ จะทำให้ภาพที่ปรากฏบนหน้าจอโทรทัศน์มีจำนวน 2 ภาพ

จากรูปที่ 4.4 จะเห็นภาพที่มีขนาด 1 ใน 4 ของภาพปกติจำนวน 2 ภาพ และเรียงต่อกันทางด้านแนวตั้งของจอโทรทัศน์ ทั้งนี้เนื่องมาจากการทำงานของวงจรควบคุมการอ่านข้อมูลภาพจากหน่วยความจำ และวงจรมัลติเพล็กซ์ที่ใช้ในการควบคุมการเกิดภาพ, ควบคุมตำแหน่งที่ต้องการให้ภาพปรากฏ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 4.4** ภาพเอาต์พุตที่ปรากฏหน้าจอโทรทัศน์

## 4.3 การทดลองการทำงานของเครื่อง ขณะป้อนสัญญาณอินพุต 4 สัญญาณภาพ

**รูปที่ 4.5** ภาพอินพุตที่ให้กับวงจรจำนวน 4 สัญญาณภาพ

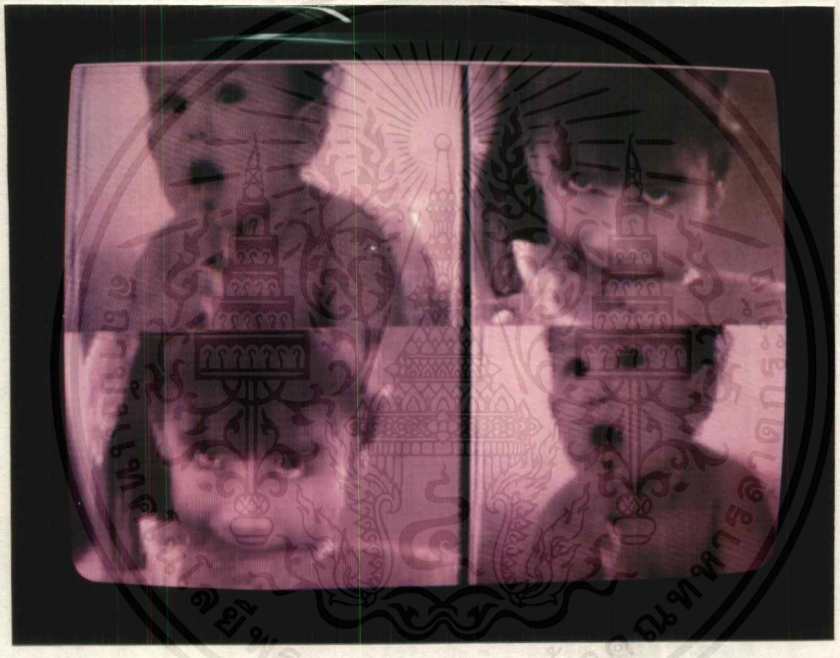
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ขั้นตอนการทดลอง**

ขั้นตอนการทดลองในหัวข้อนี้จะเหมือนกับหัวข้อที่ 4.1 และ 4.2 เพียงแต่เพิ่มสัญญาณอินพุต เป็น 4 สัญญาณภาพ

**ผลการทดลอง**

หลังจากเพิ่มสัญญาณอินพุตให้กับวงจร เป็น 4 สัญญาณภาพ จะทำให้ได้ภาพทั้งหมด 4 ภาพ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.6



**รูปที่ 4.6** ภาพเอาต์พุตที่ปรากฏหน้าจอโทรทัศน์

จากรูปที่ 4.6 ภาพที่ปรากฏทางเอาต์พุตจะมี 4 ภาพ ที่มาจาก 4 สถานที่ หรือจาก 4 กล้องวิดีโอ ซึ่งภาพที่เห็นในรูปที่ 4.6 จะเป็นภาพที่สมบรูณ์ และถูกนำไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# บทสรุป ปัญหา แนวทางการแก้ไข และพัฒนา

## 5.1 สรุป

เครื่องระบบการประชุมทางโทรภาพแบบ 4 ผู้ใช้ เป็นการนำเอาเทคนิคในการบันทึกข้อมูลภาพลงหน่วยความจำ และอ่านข้อมูลภาพจากหน่วยความจำ โดยใช้เทคนิคในการอ่านหน่วยความหน่วยความจำให้เร็วกว่าปกติ 2 เท่า ทำให้ได้ภาพบนจอโทรทัศน์เพียง 1 ใน 4 ของภาพปกติ ดังนั้นจึงสามารถที่แสดงภาพบนจอโทรทัศน์ได้พร้อมกันถึง 4 ภาพ หรือ 4 สถานที่

จากการที่ได้ศึกษา และทดลองสร้างเครื่องระบบการประชุมทางโทรภาพแบบ 4 ผู้ใช้ ปรากฏว่า ผลที่ได้อยู่ในระดับที่น่าพอใจ กล่าวคือ การทำงานของเครื่องสามารถที่จะเห็นภาพผู้เข้าร่วมประชุมได้พร้อมกันทั้ง 4 สถานที่บนจอโทรทัศน์ ซึ่งจากการทดลองนี้ทำให้ทราบถึงปัญหาที่เกิด

## 5.2 ปัญหา และแนวทางแก้ไข

1. สัญญาณที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของวงจรภาคหน่วยความจำ ส่วนใหญ่เป็นสัญญาณซิ้งค์ทางด้านแนวนอน และสัญญาณซิ้งค์ทางด้านแนวตั้ง ซึ่งในการควบคุมถ้าไม่มีมาตรการในการใช้สัญญาณควบคุมต่างๆ ให้สอดคล้องกัน จะทำให้ภาพที่ได้เกิดการผิดพลาด ไม่สามารถควบคุมการเกิดภาพได้

แก้ปัญหานี้ได้โดยใช้สัญญาณทั้งสัญญาณซิ้งค์ทางด้านแนวนอน และสัญญาณซิ้งค์ทางด้านแนวตั้งในการควบคุมภาคหน่วยความจำ เพื่อให้ภาพที่ได้ไม่เกิดการผิดพลาด

2. เครื่องมือวัดสัญญาณที่ใช้ มีขีดความสามารถในการวัดไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงทำให้ในบางครั้งตรวจจับสัญญาณที่ทำการวัด ไม่ได้

แก้ปัญหานี้ได้โดยทำการทดลองจริง โดยไม่สนในสัญญาณที่เกิดขึ้นเพื่อหาข้อผิดพลาด แล้วนำผลการทดลองมาเทียบกับสัญญาณที่เกิดขึ้นที่เครื่องมือวัดสัญญาณ

3. แผ่นวงจรพิมพ์ที่ทำมานั้นมีบางส่วนของเส้นลายวงจรชิดกันมาก บางช่วงเกิดการลัดวงจร ทำให้การทำงานของวงจรผิดพลาด หรือบางส่วนของวงจรไม่สามารถทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก้ปัญหานี้ได้ด้วยการตรวจสอบ และทำความสะอาดแผ่นวงจรพิมพ์โดยขัดด้วยแปรงอ่อนๆ ก่อนการลงอุปกรณ์ทุกครั้ง

4. ภาพที่ออกมามีความแตกต่างในระดับของสีขาว-ดำน้อยทำให้ภาพที่แสดงออกมาไม่ชัดเจน มีความละเอียดน้อย

แก้ปัญหานี้ได้ด้วยการเพิ่มวงจรยกระดับสัญญาณรวมก่อนเข้าวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล ซึ่งจะทำให้ระดับความแตกต่างของภาพมีมากขึ้น หรือใช้อุปกรณ์ที่แปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลที่สามารถปรับระดับแรงดันอ้างอิง ทั้งทางด้านบวก และลบได้เพื่อช่วยใช้ช่วงในการแยกแยะระดับความแตกต่างของภาพให้ดีขึ้น

5. สัญญาณภาพที่ผ่านการมอดูเลต สัญญาณจะมีคุณภาพต่ำลง ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนที่ภาพขึ้น

แก้ปัญหานี้ได้ด้วยการใช้วงจรมอดูเลตที่มีคุณภาพสูงขึ้น

6. ความถี่ที่ได้จากวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาไม่มีเสถียรภาพ

แก้ปัญหานี้ได้ด้วยการใช้วงจรกำเนิดสัญญาณที่มีคุณภาพสูง โดยใช้คริสตอลแบบออสซิเลท จะทำให้ความถี่ที่ออกมามีเสถียรภาพมากขึ้น

## 5.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงงาน

1. ทำให้ได้รับความรู้ความเข้าใจ การทำงานของการประชุมทางโทรภาพแบบ 4 ผู้ใช้
2. ทำให้เกิดทักษะทางด้านการทำงาน ทั้งทางด้านทฤษฎี และปฏิบัติ
3. ทำให้สามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้า และเกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการทำงาน
4. ทำให้ได้รับประสบการณ์ในการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม
5. เพื่อเป็นแนวทางให้นักศึกษารุ่นต่อๆ ไปศึกษา และพัฒนาเครื่องระบบการประชุมทางโทรภาพแบบ 4 ผู้ใช้ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
6. เพื่อให้โครงงานนี้ไปใช้ประโยชน์ในการเรียนวิชาโครงงานสร้างอุปกรณ์เพื่อการสอนได้

## 5.4 แนวทางการพัฒนา

ในการพัฒนาให้เครื่องระบบการประชุมทางโทรภาพแบบ 4 ผู้ใช้ เพื่อให้สามารถจัดการประชุมให้ได้อย่างสมบูรณ์แบบ จำเป็นต้องพัฒนาส่วนต่างๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. พัฒนาด้านของภาพ จากภาพที่ปรากฏเพียงสีขาว-ดำ ให้สามารถแสดงเป็นภาพสีได้

2. พัฒนาในด้านภาพที่ปรากฏบนจอโทรทัศน์ จากภาพที่ปรากฏบนจอโทรทัศน์ทั้ง 4 สถานที่พร้อมกันโดยไม่สามารถปรับเปลี่ยนใดๆ ได้ให้สามารถที่จะเลือกดูภาพจากสถานที่ใดสถานที่หนึ่งได้เต็มจอโทรทัศน์

3. ในกรณีที่มีผู้เข้าร่วมประชุมเพียง 2 สถานที่ หรือ 3 สถานที่ ภาพที่ปรากฏบนจอ-โทรทัศน์จะไม่สวยงาม และไม่เหมาะสม ดังนั้น จึงควรมีการพัฒนาในด้านภาพที่ปรากฏบนจอโทรทัศน์ให้มีความเหมาะสม และสวยงาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก
# รายการอุปกรณ์เครื่องระบบการประชุมทางโทรภาพแบบ 4 ผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมการเขียนข้อมูลภาพลงหน่วยความจำ

| อุปกรณ์ | ค่า/เบอร์ | จำนวน |
|---|---|---|
| $IC_1$, $IC_2$ | 74LS393 | 2 ตัว |
| $IC_3$ | 74LS32 | 1 ตัว |
| $IC_4$ | 74LS221 | 1 ตัว |
| $IC_5$ | 74LS04 | 1 ตัว |
| $C_1$ | 0.1 uF | 1 ตัว |
| $C_2$, $C_3$ | 0.33 uF | 2 ตัว |
| $VR_1$ | 10 kΩ | 1 ตัว |
| $VR_2$ | 47 kΩ | 1 ตัว |
| SOCKET IC 14 ขา | | 4 ตัว |
| SOCKET IC 16 ขา | | 1 ตัว |

รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมการอ่านข้อมูลภาพจากหน่วยความจำ

| อุปกรณ์ | ค่า/เบอร์ | จำนวน |
|---|---|---|
| $VR_1$ | 47 kΩ | 1 ตัว |
| $C_1$, $C_2$ | 0.33 µF | 2 ตัว |
| $IC_1$, $IC_2$ | 74LS393 | 2 ตัว |
| $IC_3$ | 74LS32 | 1 ตัว |
| $IC_4$ | 74LS138 | 1 ตัว |
| $IC_5$ | 7476 | 1 ตัว |
| $IC_6$ | 74LS221 | 1 ตัว |
| SOCKET IC 14 ขา | | 3 ตัว |
| SOCKET IC 16 ขา | | 3 ตัว |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ของวงจรขยายสัญญาณภาพ

| อุปกรณ์ | ค่า/เบอร์ | จำนวน |
|---|---|---|
| $R_1$ | 10 Ω | 1 ตัว |
| $R_2$ | 82 Ω | 1 ตัว |
| $R_3$ | 47 kΩ | 1 ตัว |
| $R_4$, $R_5$ | 22 kΩ | 2 ตัว |
| $R_6$, $R_{11}$, $R_{13}$ | 1 kΩ | 3 ตัว |
| $R_7$, $R_8$ | 1.8 kΩ | 2 ตัว |
| $R_9$, $R_{10}$ | 470 Ω | 1 ตัว |
| $R_{12}$ | 220 Ω | 2 ตัว |
| $R_{14}$, $R_{15}$ | 47 Ω | 1 ตัว |
| $R_{16}$ | 2.2 kΩ | 4 ตัว |
| $R_{17}$-$R_{28}$ | 68 Ω | 2 ตัว |
| $VR_1$, $VR_2$ | 5 kΩ | 2 ตัว |
| $C_1$ | 0.22 µF 50 V | 1 ตัว |
| $C_2$-$C_4$ | 10 µF 16 V | 3 ตัว |
| $C_5$ | 68 pF 50 V | 1 ตัว |
| $C_6$, $C_7$ | 220 µF 16 V | 2 ตัว |
| $Q_1$, $Q_2$ | BF245 | 2 ตัว |
| $Q_3$, $Q_5$ | BC558 | 2 ตัว |
| $Q_4$ | BC548 | 1 ตัว |
| $D_1$-$D_3$ | 1N4148 | 3 ตัว |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ของวงจรผลิตสัญญาณซิงค์

| อุปกรณ์ | ค่า/เบอร์ | จำนวน |
|---|---|---|
| $R_1$, $R_2$ | 1 kΩ | 2 ตัว |
| $C_1$ | 20 pF | 1 ตัว |
| $C_2$, $C_3$ | 0.01 µF | 2 ตัว |
| $IC_1$ | 74LS04 | 1 ตัว |
| $IC_2$ | 74LS193 | 1 ตัว |
| $IC_3$, $IC_4$ | 4040 | 2 ตัว |
| $IC_5$ | 74LS21 | 1 ตัว |
| $IC_6$ | 74LS00 | 1 ตัว |
| $IC_7$ | 74LS08 | 1 ตัว |
| $IC_8$ | 74LS86 | 1 ตัว |
| X-TAL | 6 MHz | 1 ตัว |
| SOCKET IC 14 ขา | | 5 ตัว |
| SOCKET IC 16 ขา | | 3 ตัว |

รายการอุปกรณ์ของวงจรผลิตสัญญาณนาฬิกา

| อุปกรณ์ | ค่า/เบอร์ | จำนวน |
|---|---|---|
| $R_1$, $R_2$ | 1 kΩ | 2 ตัว |
| $C_1$ | 0.01 µF | 1 ตัว |
| $C_2$ | 10 pF | 1 ตัว |
| $IC_1$ | 74LS04 | 1 ตัว |
| $IC_2$ | 74LS74 | 1 ตัว |
| X-TAL | 20 MHz | 1 ตัว |
| SOCKET IC 14 ขา | | 2 ตัว |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ของวงจรหน่วยความจำ

| อุปกรณ์ | ค่า/เบอร์ | จำนวน |
|---|---|---|
| $IC_1$-$IC_4$ | 74LS245 | 4 ตัว |
| $IC_5$ | 74LS244 | 1 ตัว |
| $IC_6$-$IC_9$ | 62256 | 4 ตัว |
| $IC_{10}$-$IC_{17}$ | 74LS257 | 8 ตัว |
| SOCKET IC 16 ขา | | 8 ตัว |
| SOCKET IC 20 ขา | | 5 ตัว |
| SOCKET IC 28 ขา | | 4 ตัว |

รายการอุปกรณ์ของวงจรผสมสัญญาณ

| อุปกรณ์ | ค่า/เบอร์ | จำนวน |
|---|---|---|
| $R_1$ | 10 kΩ | 1 ตัว |
| $R_2$, $R_4$ | 1 kΩ | 2 ตัว |
| $R_3$ | 330 Ω | 1 ตัว |
| $VR_1$, $VR_2$ | 1 kΩ | 2 ตัว |
| $VR_3$ | 22 kΩ | 2 ตัว |
| $C_1$ | 0.1 μF | 1 ตัว |
| $C_2$ | 10 μF | 1 ตัว |
| $D_1$, $D_2$ | 1N4148 | 2 ตัว |
| $Q_1$ | 2N4401 | 1 ตัว |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล

| อุปกรณ์ | ค่า/เบอร์ | จำนวน |
|---|---|---|
| $R_1$ | 5 kΩ | 1 ตัว |
| $R_2$ | 1 kΩ | 1 ตัว |
| $R_3$-$R_6$ | 100 Ω | 4 ตัว |
| $VR_1$ | 5 kΩ | 1 ตัว |
| $C_1$-$C_3$ | 0.2 μF | 3 ตัว |
| $C_4$ | 0.01 μF | 1 ตัว |
| $Q_1$ | 2N4401 | 1 ตัว |
| $IC_1$ | CA3318 | 1 ตัว |
| $IC_2$ | 74245 | 1 ตัว |
| SOCKET IC 24 ขา | | 1 ตัว |
| SOCKET IC 20 ขา | | 1 ตัว |

รายอุปกรณ์ของวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอก

| อุปกรณ์ | ค่า/เบอร์ | จำนวน |
|---|---|---|
| $R_1$, $R_3$, $R_5$, $R_7$, $R_9$ $R_{11}$, $R_{13}$, $R_{15}$, $R_{16}$ | 2 kΩ | 9 ตัว |
| $R_2$, $R_4$, $R_6$, $R_8$, $R_{10}$, $R_{12}$, $R_{14}$ | 1 kΩ | 7 ตัว |
| $C_1$ | 0.01 μF | 1 ตัว |
| $IC_1$ | 74LS245 | 1 ตัว |
| SOCKET IC 20 ขา | | 1 ตัว |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ของวงจรแยกสัญญาณซิ้งค์

| อุปกรณ์ | ค่า/เบอร์ | จำนวน |
|---|---|---|
| $R_1$ | 680 kΩ | 1 ตัว |
| $C_1$, $C_2$ | 0.1 μF | 2 ตัว |
| $IC_1$ | LM1881 | 1 ตัว |
| SOCKET IC 14 ขา | | 1 ตัว |

รายอุปกรณ์ของวงจรมัลติเพล็กซ์

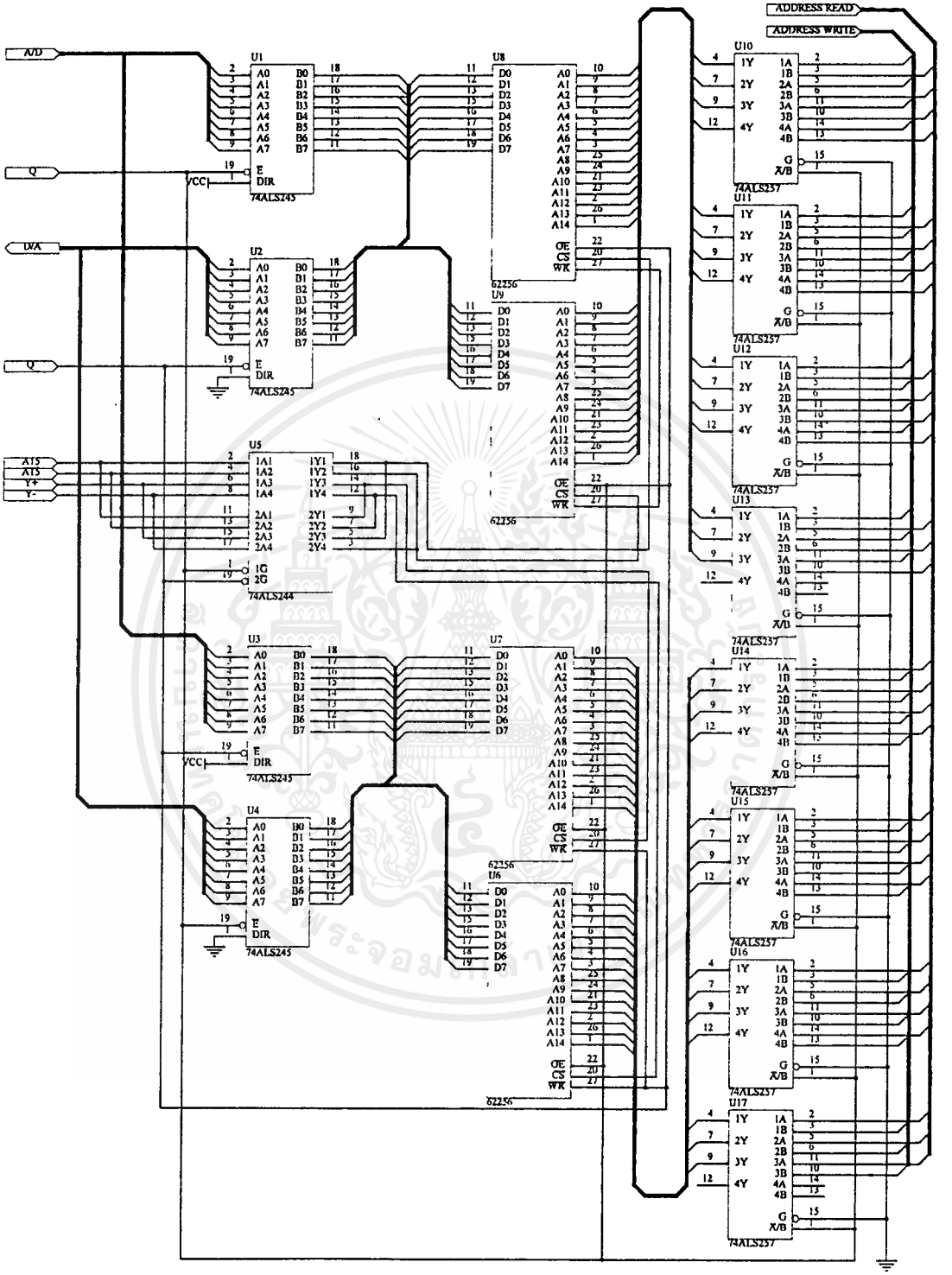
| อุปกรณ์ | ค่า/เบอร์ | จำนวน |
|---|---|---|
| $IC_1$-$IC_4$ | 74LS153 | 4 ตัว |
| SOCKET IC 16 ขา | | 4 ตัว |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข

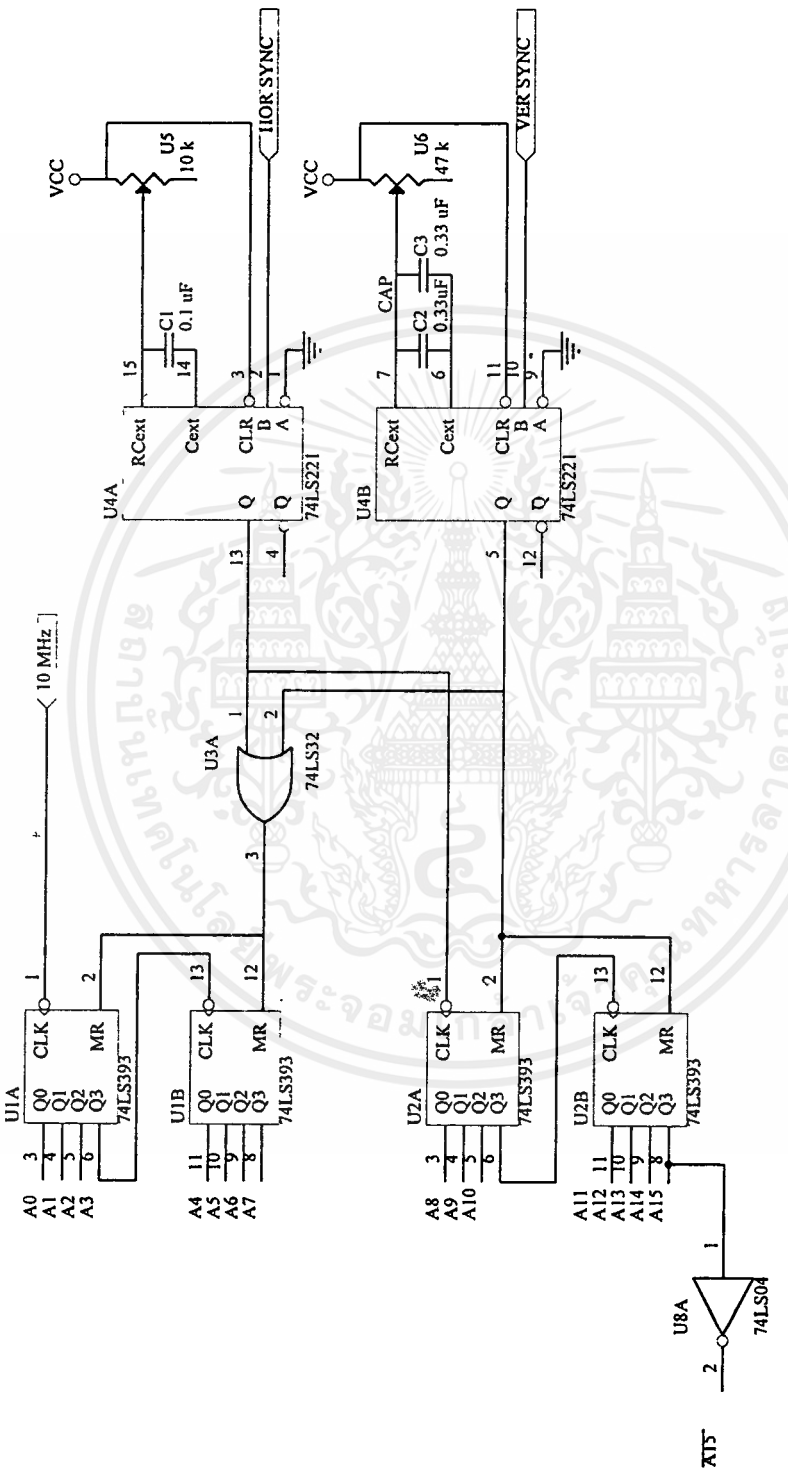
# วงจร และวงจรพิมพ์เครื่องระบบการประชุมทางโทรภาพแบบ 4 ผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



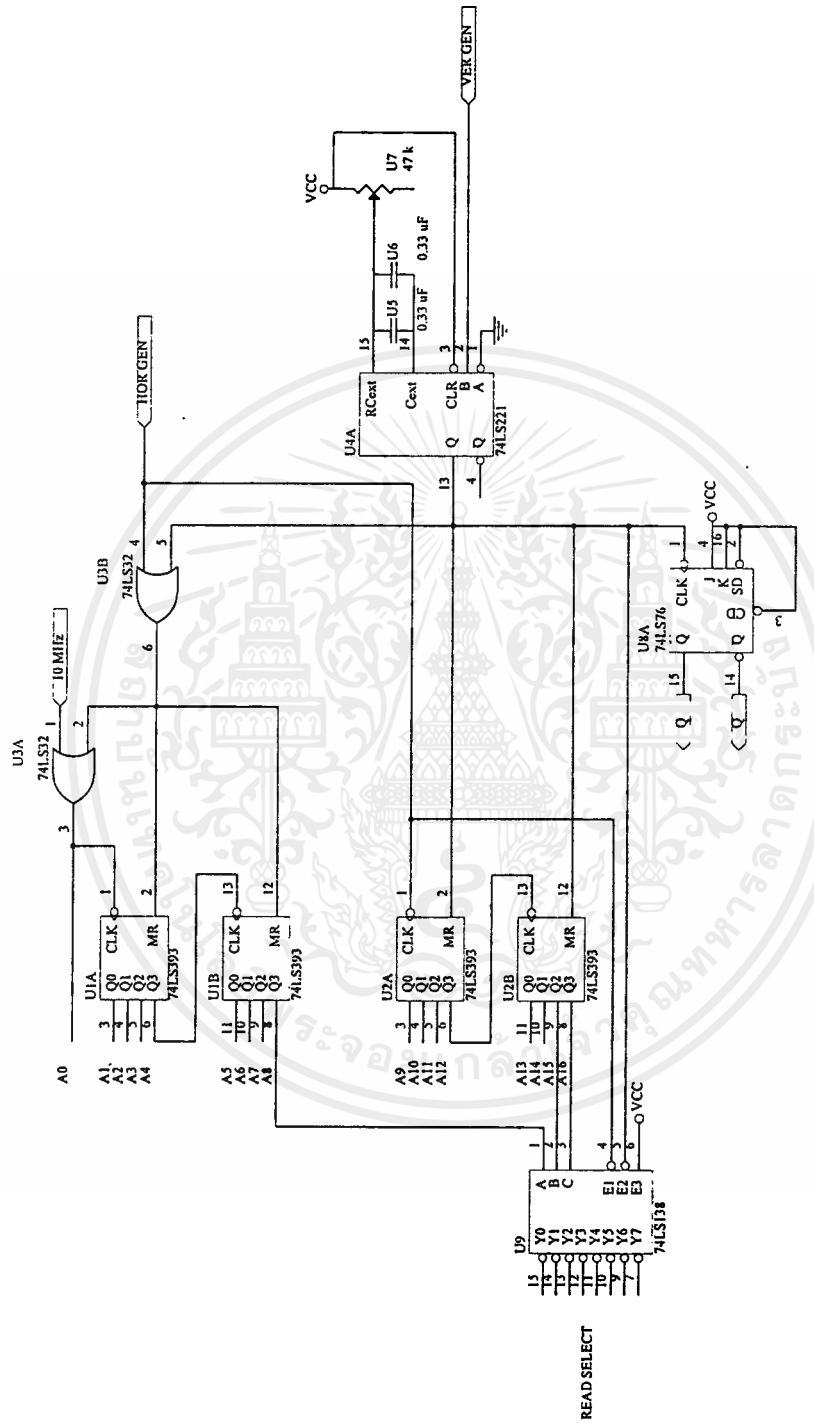

วงจรหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



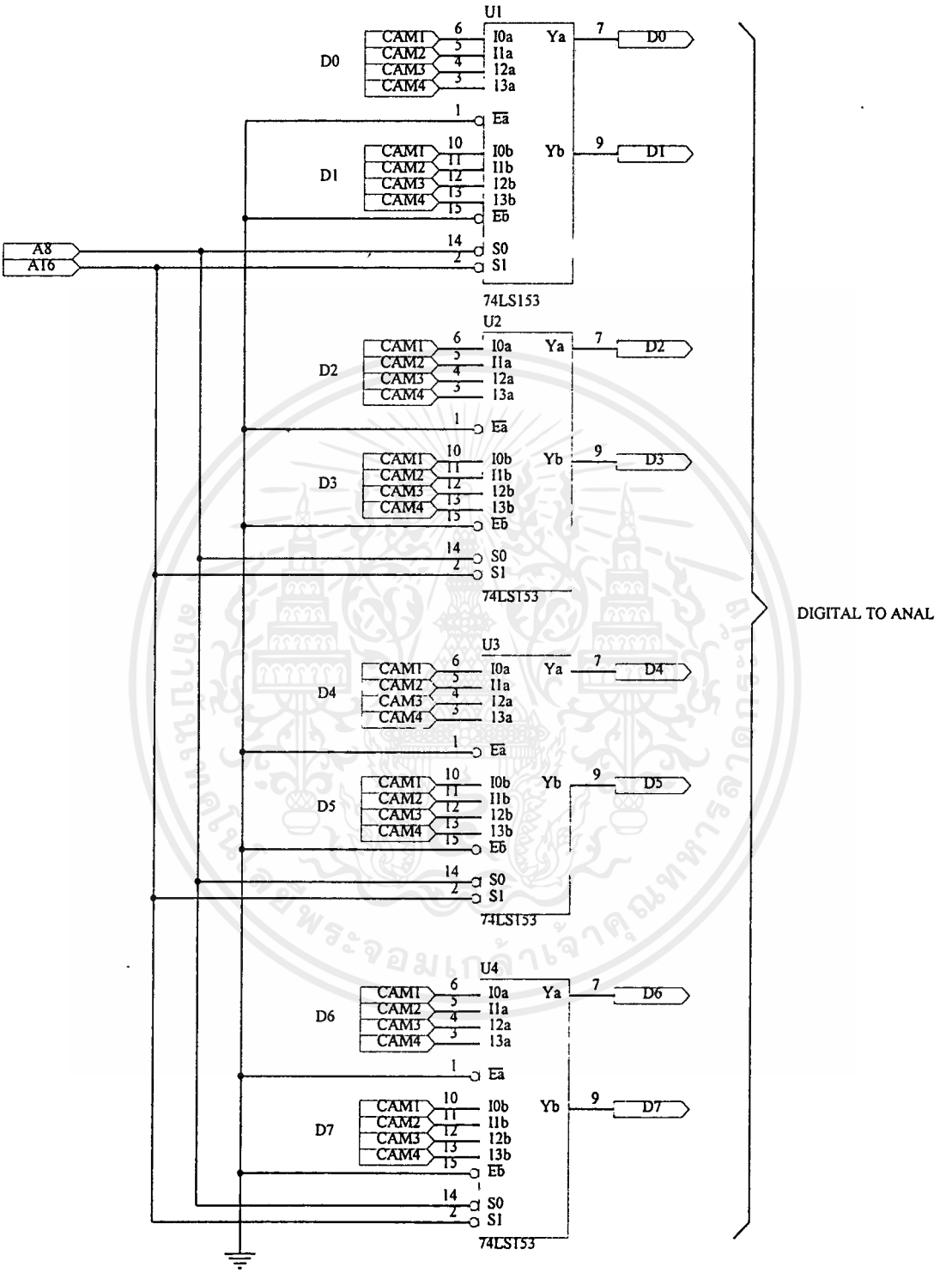

วงจรควบคุมการเขียนข้อมูลภาพลงหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



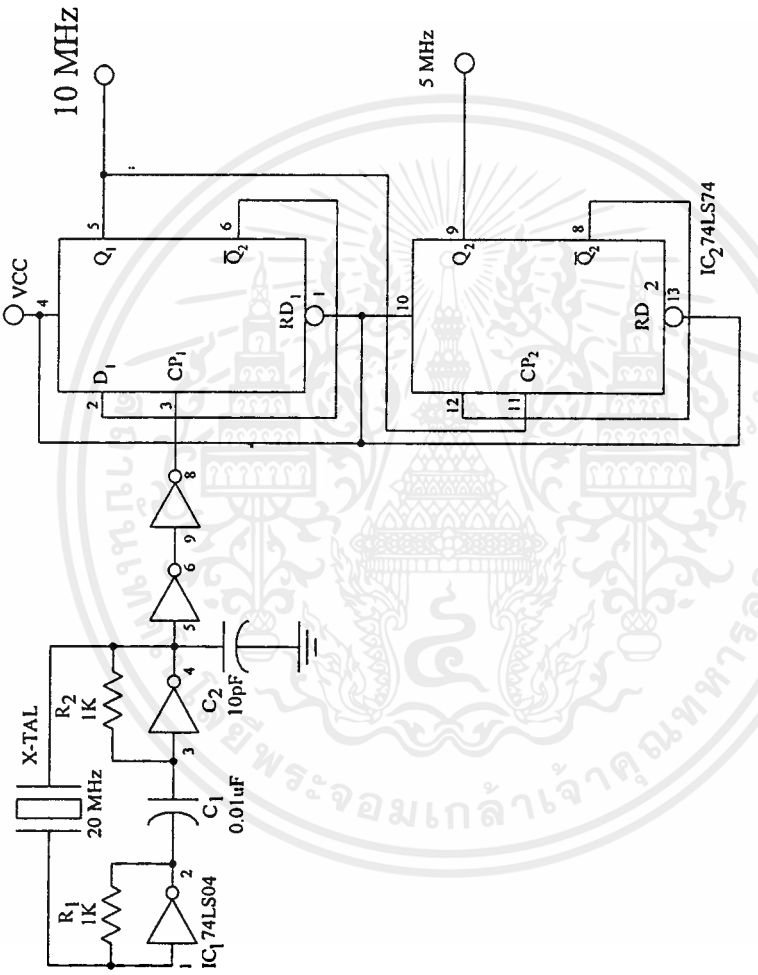

วงจรควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



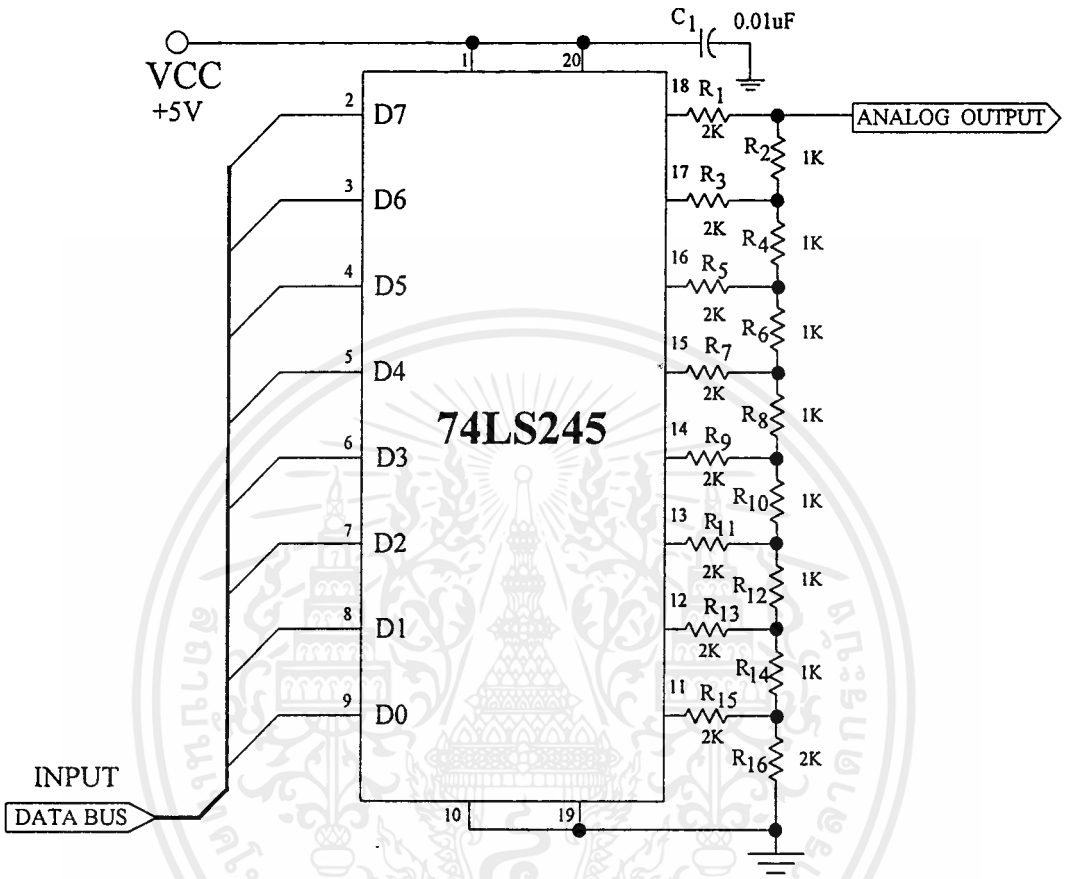

วงจรมัลติเพล็กซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



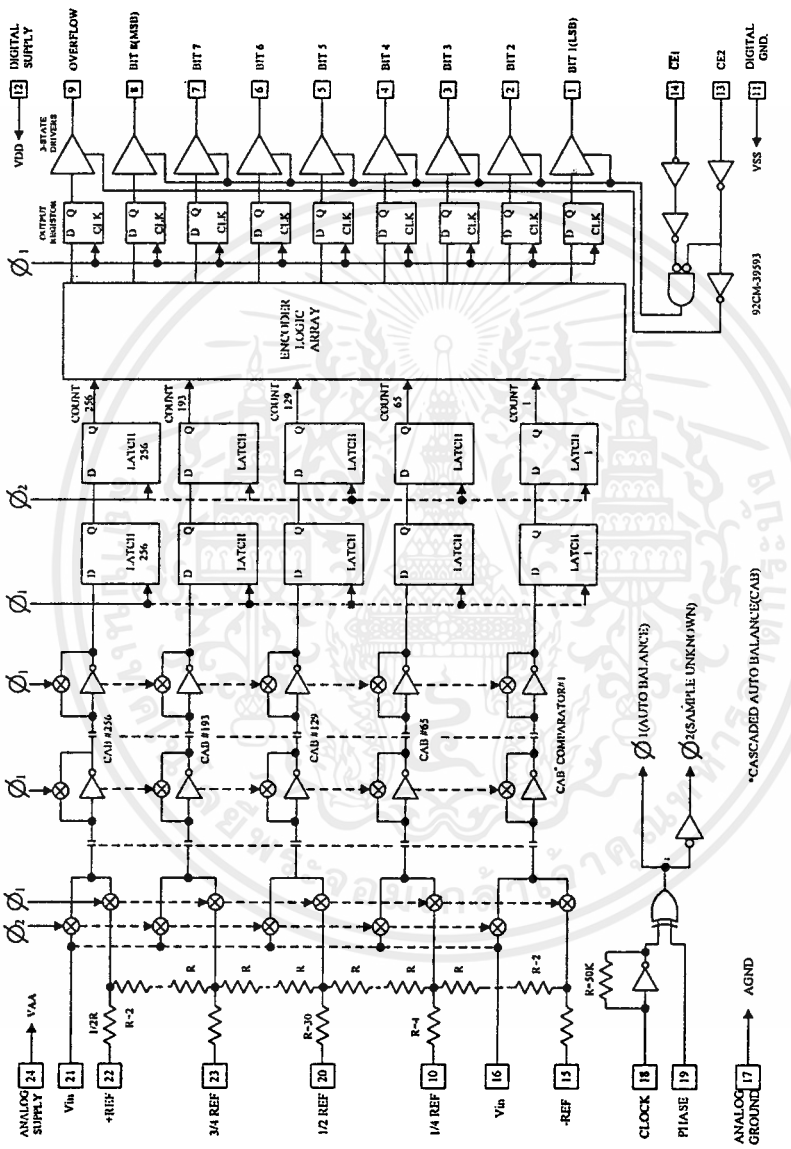

วงจรผลิตสัญญาณนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



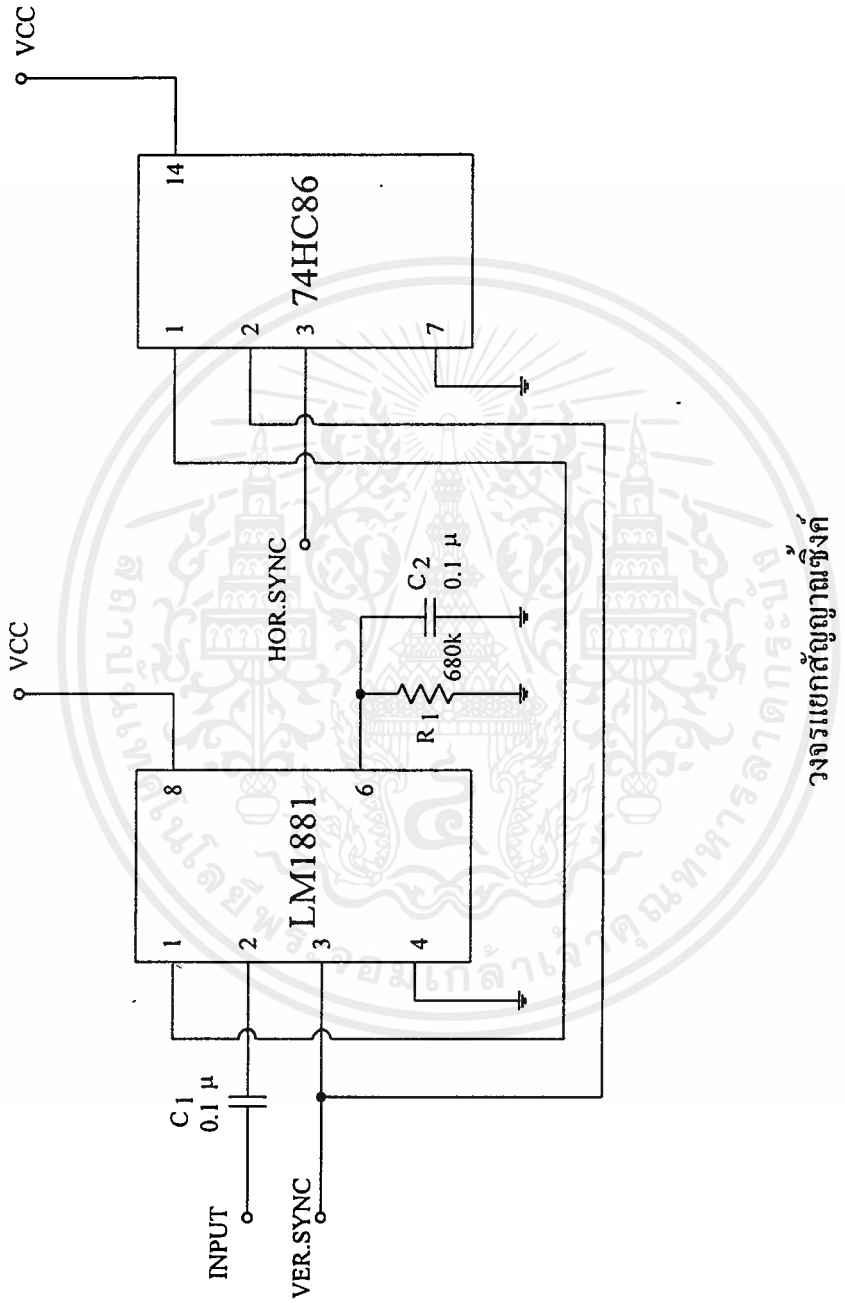

วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะลอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



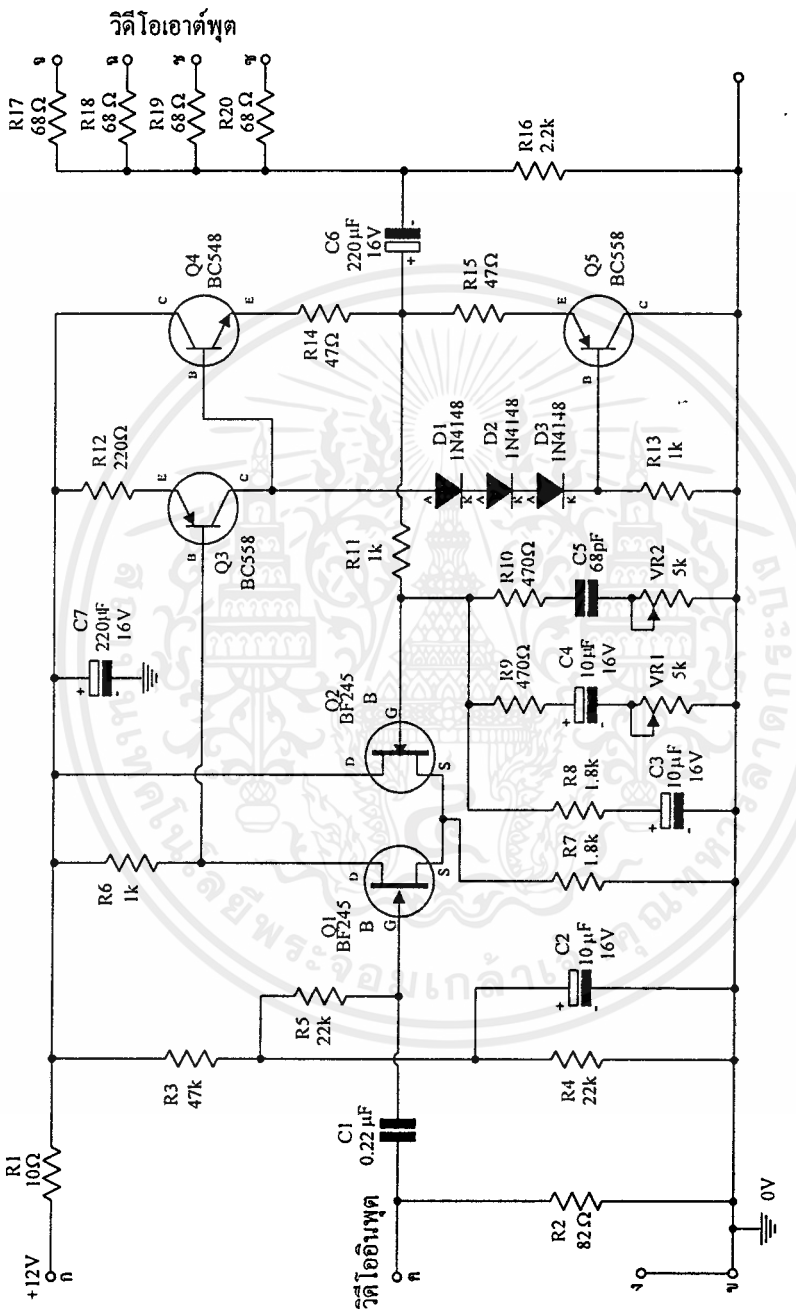

ผังการทำงานภายในของไอซี CA3318

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



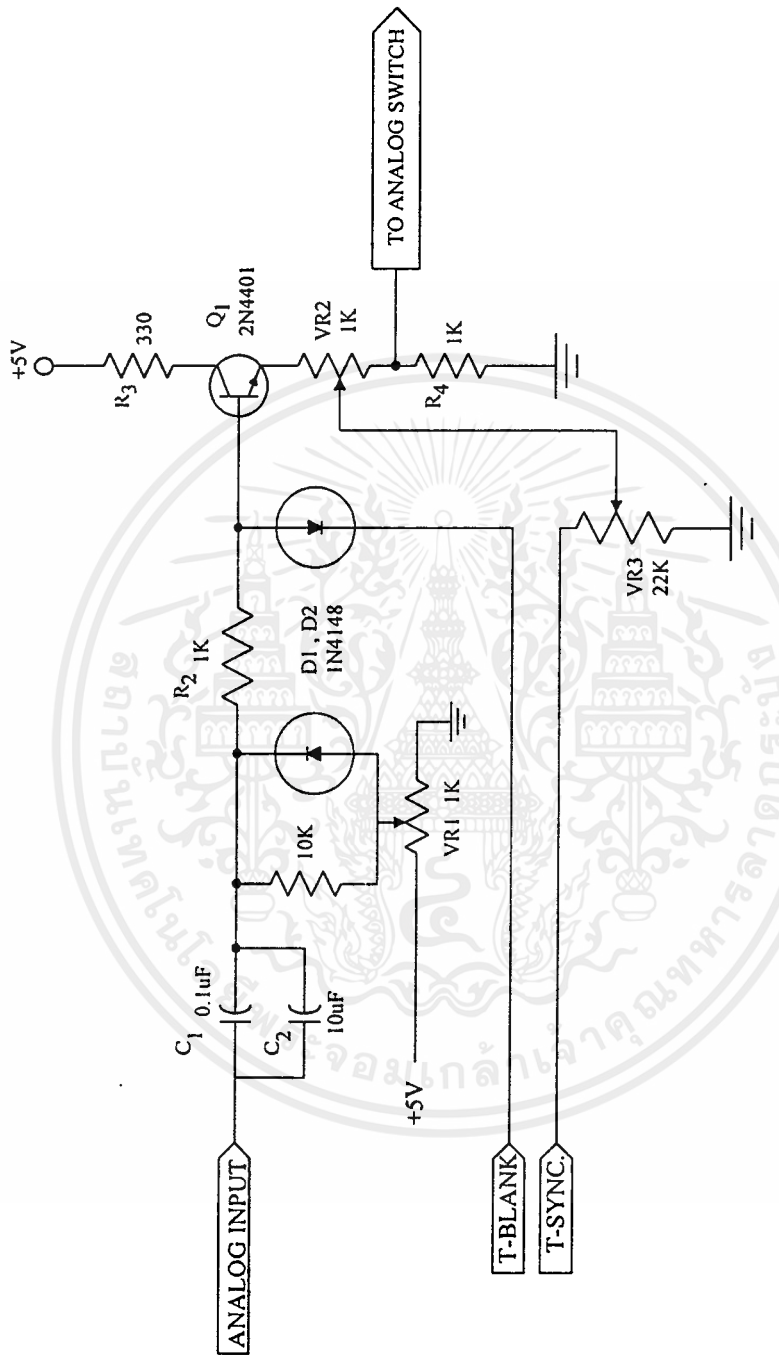

วงจรแยกสัญญาณซิงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



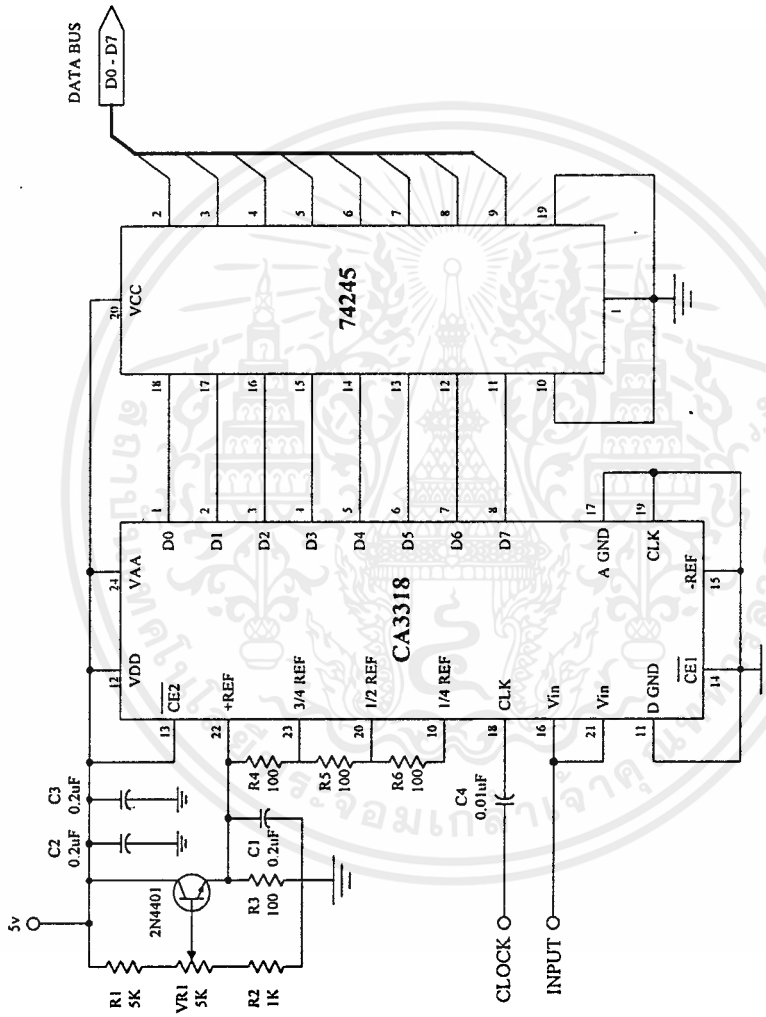

วงจรขยายสัญญาณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



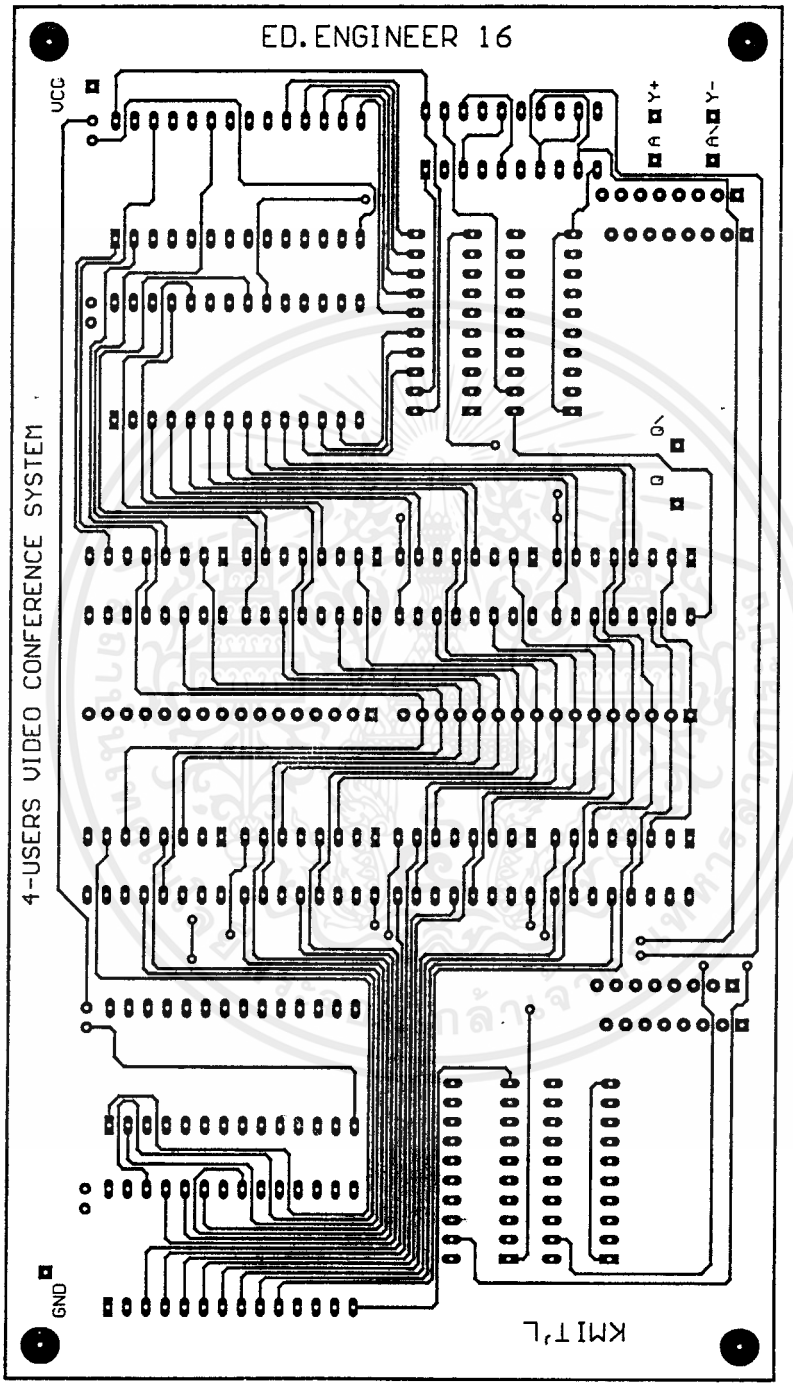

วงจรผสมสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



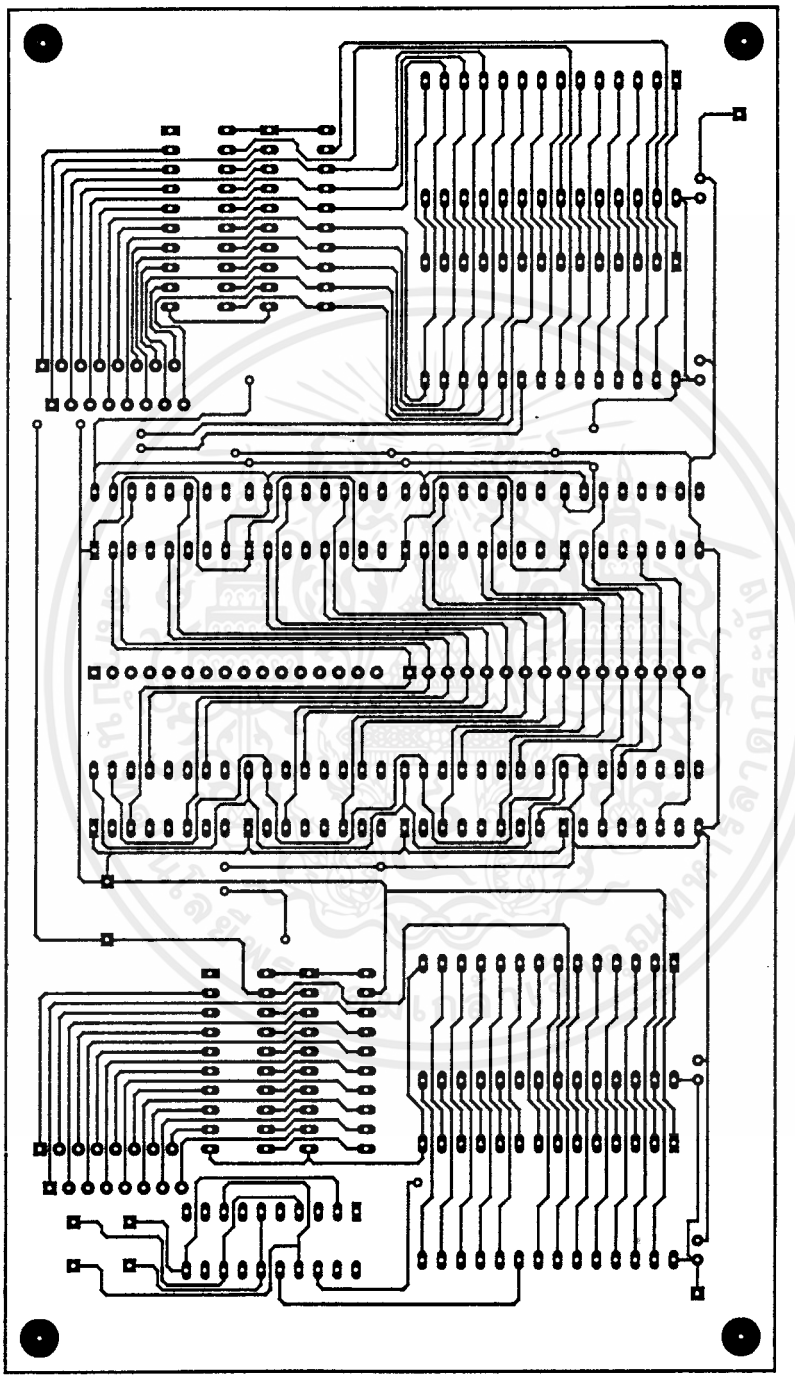

วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



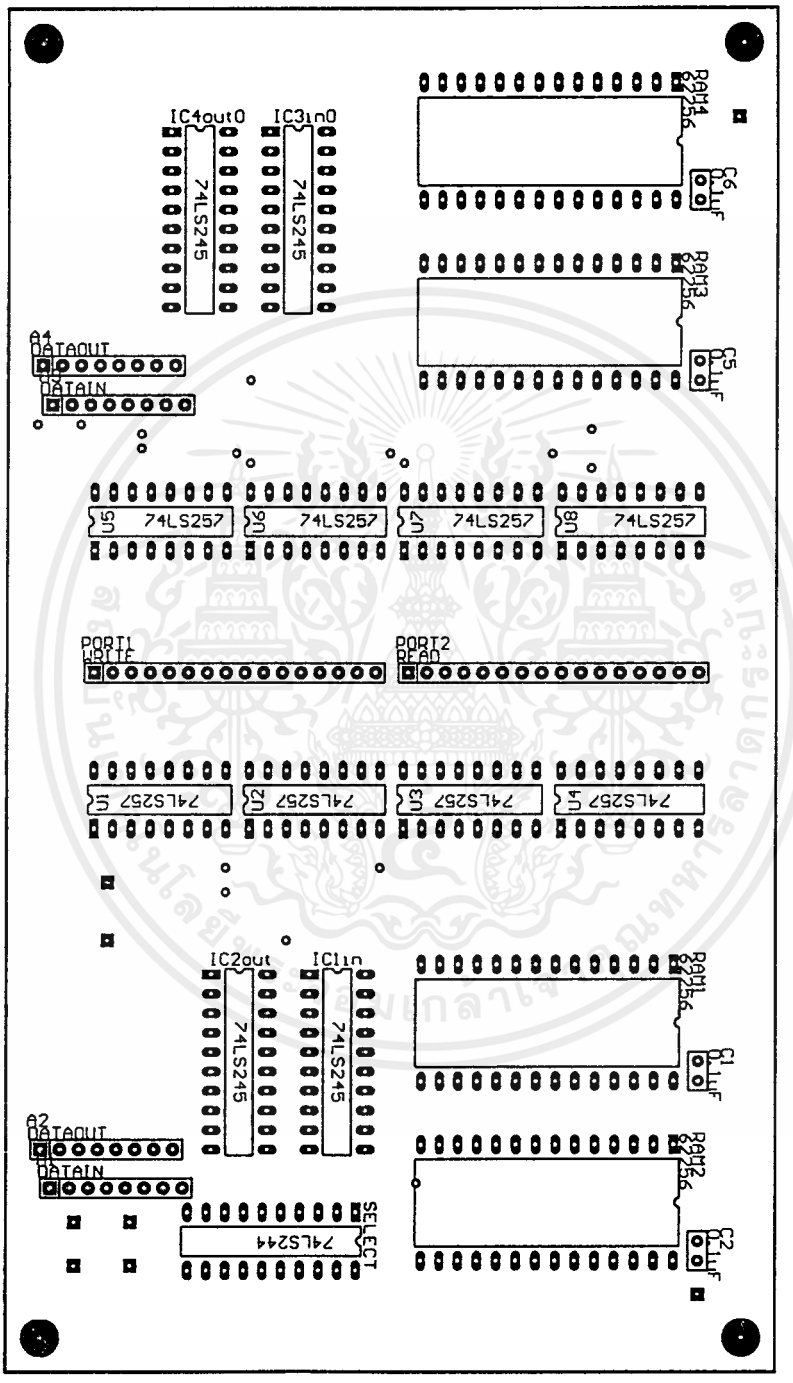

แผ่นวงจรพิมพ์ของหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



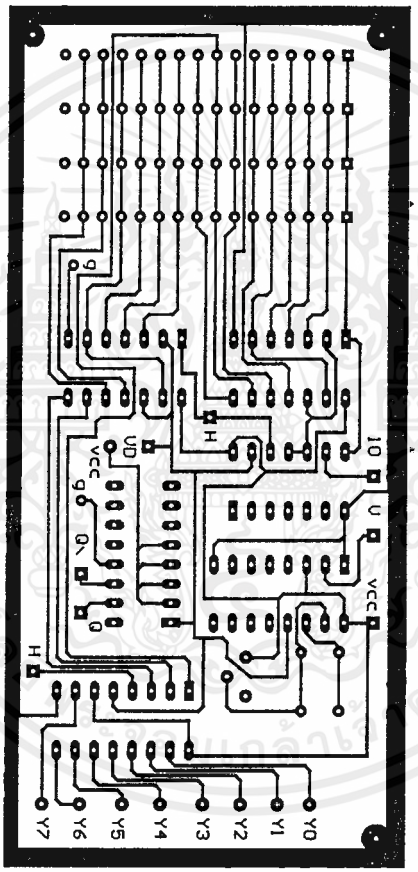
แผ่นวงจรพิมพ์ วงจรหน่วยความจำด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



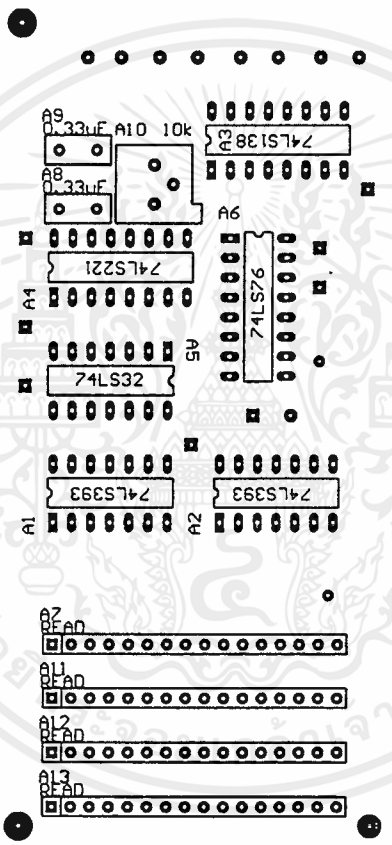

การวางอุปกรณ์ของวงจรหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



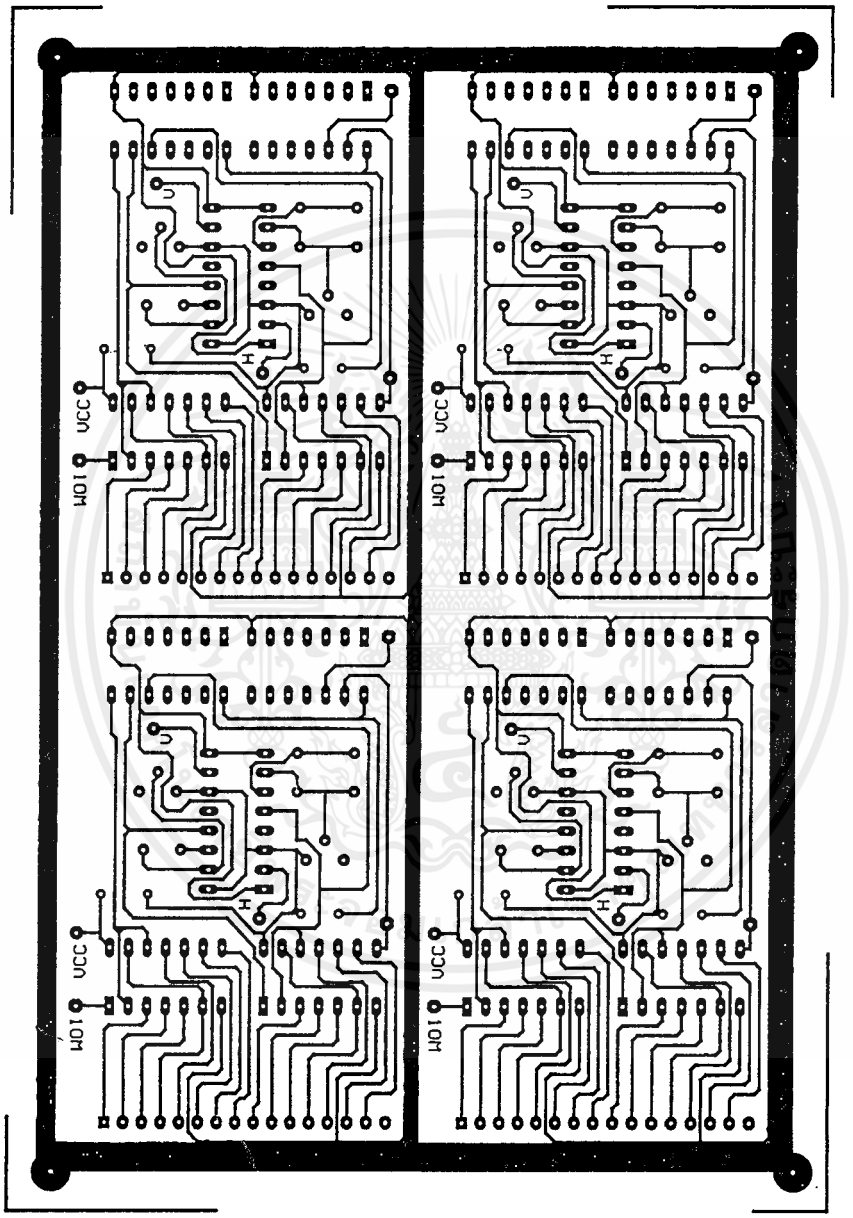

แผ่นวงจรพิมพ์ วงจรควบคุมการอ่านข้อมูลภาพจากหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



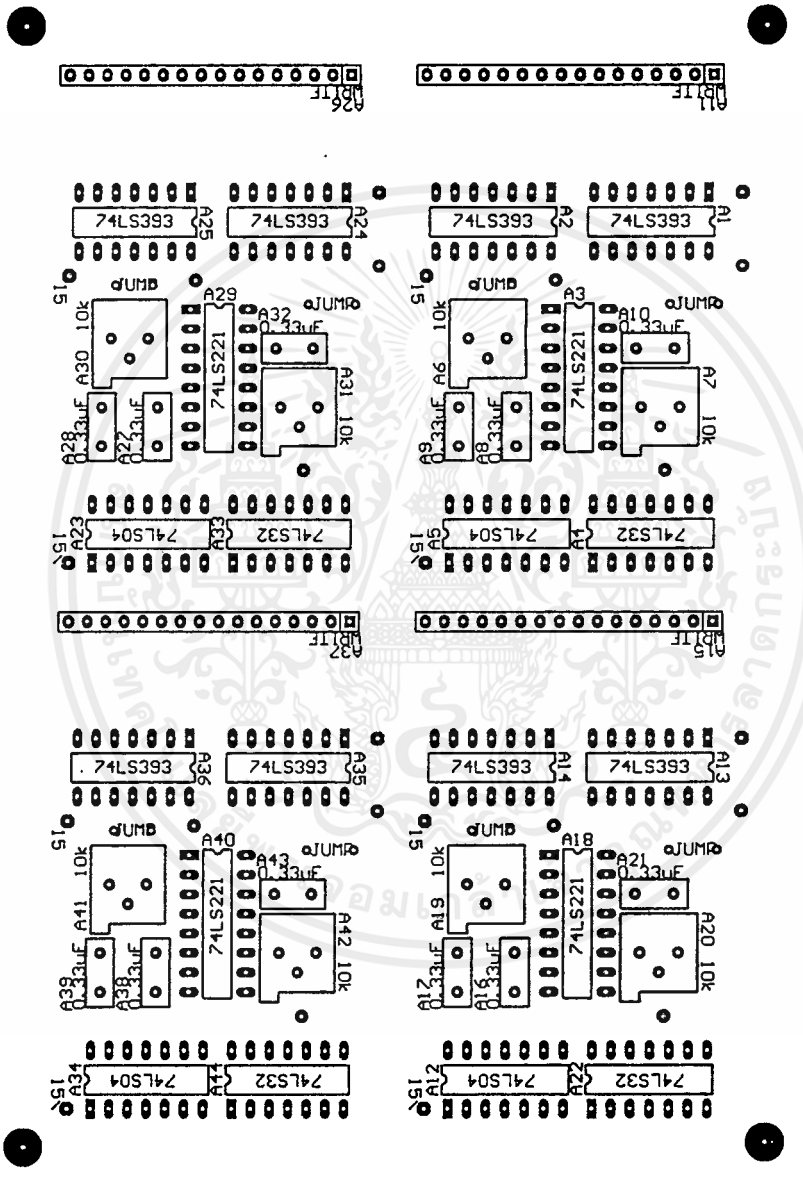

การวางอุปกรณ์ของวงจรควบคุมการอ่านข้อมูลภาพจากหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




แผ่นวงจรพิมพ์ วงจรควบคุมการเขียนข้อมูลภาพลงหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




การวางอุปกรณ์ของวงจรควบคุมการเขียนข้อมูลภาพลงหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ค
# รายการข้อมูล และคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# KM62256A/KM62256AL CMOS SRAM

## 32K x 8 Bit Static RAM

## FEATURES

- Fast Access Time 80, 100, 120 ns (max).
- Low Power Dissipation
  - Standby: 0.55mW (max.)
  - Operating: 248mW (max.)
- Low Data Retention Current: 50μA (max.)
- Capability of Battery Back-up Operation
- Data Retention Voltage: 2.0V (min.)
- Single 5V ± 10% supply
- TTL compatible inputs and outputs
- Pin compatible with 256K EPROMS
- Fully Static Operation
  - No clock or refresh required
- Standard 28-pin DIP (600 mil) and 28-pin SOP (330 mil)
- Common I/O, Tristate Output

## GENERAL DESCRIPTION

The KM62256A/AL is a 262, 144 bit high speed Static Random Access Memory organized as 32,768 words by 8 bits.

This device is fabricated using advanced SST'S CMOS technology with polysilicon resistors.

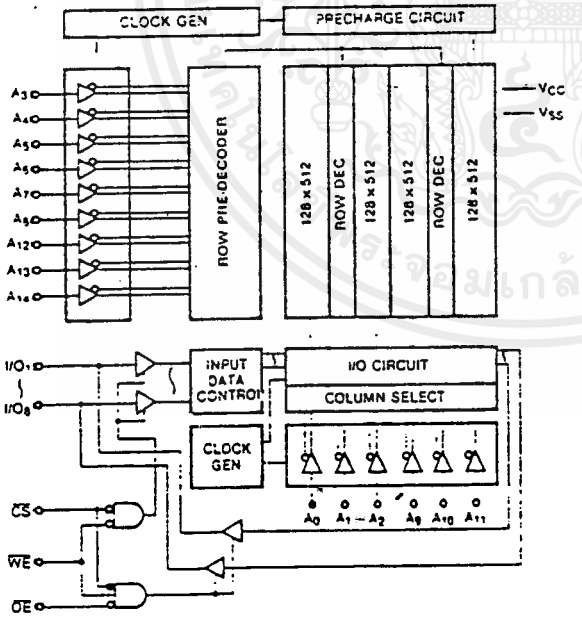
The KM62256A/AL has an output enable for precise control of the data output.

It also has a chip enable for the minimum current power down mode. The KM62256A/AL has been designed for high speed and low power applications. It is particularly well suited for battery back up non-volatile memory applications.

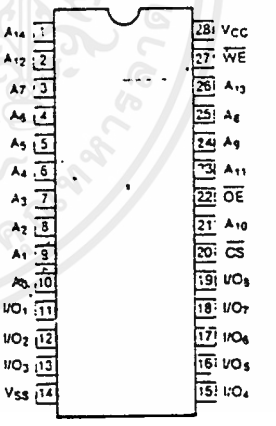
Two versions are available the KM62256A and KM62256AL. The L-version is specified with lower standby and data retention currents than the standard version.

Otherwise the two version are identical.

## FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM




## PIN CONFIGURATION




| Pin Name | Pin Function |
|---|---|
| $A_0 - A_{14}$ | Address Inputs |
| $\overline{WE}$ | Write Enable |
| $\overline{CS}$ | Chip Select |
| $\overline{OE}$ | Output Enable |
| $I/O_1 - I/O_8$ | Data Inputs/Outputs |
| $V_{CC}$ | +5V Power Supply |
| $V_{SS}$ | Ground |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (See Note)*

| Rating | Symbol | Value | Units |
|---|---|---|---|
| Voltage on any Pin Relative to $V_{SS}$ | $V_{IN}$, $V_{OUT}$ | −0.3 to $V_{CC}$ + 0.5 | V |
| Voltage on $V_{CC}$ Supply Relative to $V_{SS}$ | $V_{CC}$ | −0.5 to, +7.0 | V |
| Power Dissipation | $P_D$ | 1.0 | W |
| Storage Temperature | $T_{stg}$ | −55 to +125 | °C |
| Operating Temperature | $T_A$ | 0 to +70 | °C |

*Note: Stresses greater than those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect reliability.

## RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS ($T_A$ = 0°C to 70°C)

| Parameter | Symbol | Min | Typ | Max | Unit |
|---|---|---|---|---|---|
| Supply Voltage | $V_{CC}$ | 4.5 | 5.0 | 5.5 | V |
| Ground | $V_{SS}$ | 0 | 0 | 0 | V |
| Input High Voltage | $V_{IH}$ | 2.2 | — | $V_{CC}$ + 0.5 | V |
| Input Low Voltage | $V_{IL}$ | −0.3* | — | 0.8 | V |

* Note: $V_{IL}$(min) = −3.0V for ≤ 50ns pulse

## DC AND OPERATING CHARACTERISTICS

($T_A$ = 0°C to 70°C, $V_{CC}$ = 5V ± 10%, unless otherwise specified)

| Parameter | Symbol | Test Conditions | Device | Min | Typ | Max | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Input Leakage Current | $I_{LI}$ | $V_{IN}$ = $V_{SS}$ to $V_{CC}$ | | | | 1 | μA |
| Output Leakage Current | $I_{LO}$ | $\overline{CS}$ = $V_{IH}$ or $\overline{OE}$ = $V_{IH}$<br>$V_{I/O}$ = $V_{SS}$ to $V_{CC}$ | | | | 1 | μA |
| Operating Power Supply Current | $I_{CC1}$ | $\overline{CS}$ = $V_{IL}$,<br>$I_{OUT}$ = 0mA | | | | 45 | mA |
| Average Operating Current | $I_{CC2}$ | Min Cycle, 100% Duty<br>$\overline{CS}$ = $V_{IL}$, $I_{OUT}$ = 0mA | | | 35 | 70 | mA |
| Standby Power Supply Current | $I_{SB}$ | $\overline{CS}$ = $V_{IH}$ | | | | 2 | mA |
| | $I_{SB1}$ | $\overline{CS}$ ≥ $V_{CC}$ − 0.2V | KM62256A | | | 1 | mA |
| | | | KM62256AL | | 2 | 100 | μA |
| Output Low Voltage | $V_{OL}$ | $I_{OL}$ = 2.1mA | | | | 0.4 | V |
| Output High Voltage | $V_{OH}$ | $I_{OH}$ = −1.0mA | | 2.4 | | | V |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## CAPACITANCE ($T_A$ = 25°C, $V_{CC}$ = 5V, f = 1.0 MHz)

| Parameter | Symbol | Conditions | Min | Max | Unit |
|---|---|---|---|---|---|
| Input Capacitance | $C_{IN}$ | $V_{IN}$ = 0V | — | 6 | pF |
| Input/Output Capacitance | $C_{I/O}$ | $V_{I/O}$ = 0V | — | 8 | pF |

Note: Capacitance is periodically sampled and not 100% tested.

## AC CHARACTERISTICS

($T_A$ = 0°C to 70°C, $V_{CC}$ = 5V ± 10%, unless otherwise specified)

### TEST CONDITIONS

| Parameter | Value |
|---|---|
| Input Pulse Levels | 0.8 to 2.4V |
| Input Rise and Fall Times | 5 ns |
| Input and Output Timing Reference Levels | 1.5V |
| Output Load | 1 TTL Load and $C_L$ = 100 pF (Including scope and jig capacitance) |

### READ CYCLE

| Parameter | Symbol | KM62256A-8 KM62256AL-8 | | KM62256A-10 KM62256AL-10 | | KM62256A-12 KM62256AL-12 | | Unit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Min | Max | Min | Max | Min | Max | |
| Read Cycle Time | $t_{RC}$ | 80 | | 100 | | 120 | | ns |
| Address Access Time | $t_{AA}$ | | 80 | | 100 | | 120 | ns |
| Chip Select to Output | $t_{ACS}$ | | 80 | | 100 | | 120 | ns |
| Output Enable to Valid Output | $t_{OE}$ | | 40 | | 50 | | 60 | ns |
| Chip Enable to Low-Z Output | $t_{CLZ}$ | 5 | | 10 | | 10 | | ns |
| Output Enable to Low-Z Output | $t_{OLZ}$ | 5 | | 5 | | 5 | | ns |
| Chip Disable to High-Z Output | $t_{CHZ}$ | 0 | 30 | 0 | 35 | 0 | 40 | ns |
| Output Disable to High-Z Output | $t_{OHZ}$ | 0 | 30 | 0 | 35 | 0 | 40 | ns |
| Output Hold from Address Change | $t_{OH}$ | 5 | | 10 | | 15 | | ns |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

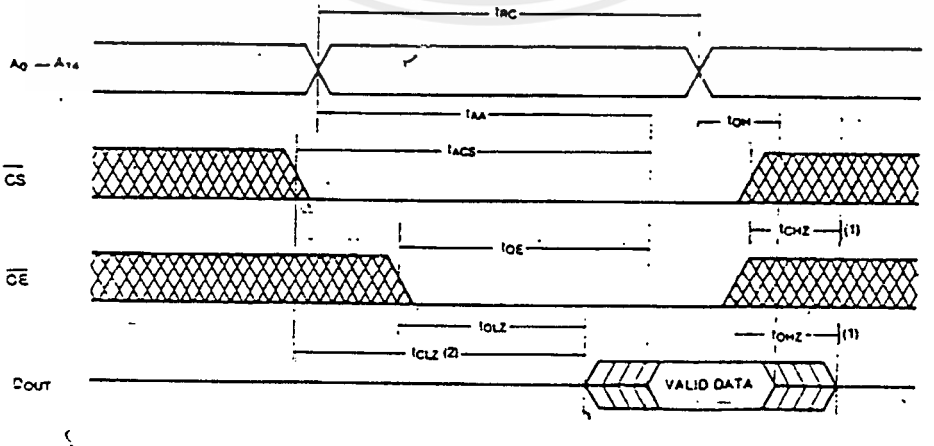
## WRITE CYCLE

| Parameter | Symbol | KM62256A-8 KM62256AL-8 | | KM62256A-10 KM62256AL-10 | | KM62256A-12 KM62256AL-12 | | Unit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Min | Max | Min | Max | Min | Max | |
| Write Cycle Time | $t_{WC}$ | 80 | | 100 | | 120 | | ns |
| Chip Select to End of Write | $t_{CW}$ | 70 | | 80 | | 85 | | ns |
| Address Set-up Time | $t_{AS}$ | 0 | | 0 | | 0 | | ns |
| Address Valid to End of Write | $t_{AW}$ | 70 | | 80 | | 85 | | ns |
| Write Pulse Width | $t_{WP}$ | 55 | | 60 | | 70 | | ns |
| Write Recovery Time | $t_{WR}$ | 0 | | 5 | | 5 | | ns |
| Write to Output High-Z | $t_{WHZ}$ | 0 | 30 | 0 | 35 | 0 | 40 | ns |
| Data to Write Time Overlap | $t_{DW}$ | 40 | | 50 | | 60 | | ns |
| Data Hold from Write Time | $t_{DH}$ | 0 | | 0 | | 0 | | ns |
| End of Write to Output Low-Z | $t_{OW}$ | 5 | | 10 | | 10 | | ns |

NOTES:
1. $t_{CHZ}$ and $t_{OHZ}$ are definded as the time at which the outputs achieve the open circuit condition and are not referenced to the $V_{OH}$ or $V_{OL}$ level.
2. At any given temperature and voltage condition, $t_{CHZ}$ max is less then $t_{CLZ}$ min both for a given device and from device to device.
3. $\overline{WE}$ is high for read cycle.
4. Address valid prior to or coincident with $\overline{CS}$ transition low.
5. A write occurs during the overlap ($t_{WP}$) of a low $\overline{CS}$ and a low $\overline{WE}$.
6. During this period, I/O pins are in the output state. The input signals out of phase must not applied.
7. $\overline{CS}$ or $\overline{WE}$ must be high during address transition.
8. If $\overline{OE}$ is high, I/O pins remain in a high-impedance state.
9. $\overline{OE}$ is continuously low. ($\overline{OE} = V_{IL}$)

## TIMING DIAGRAMS

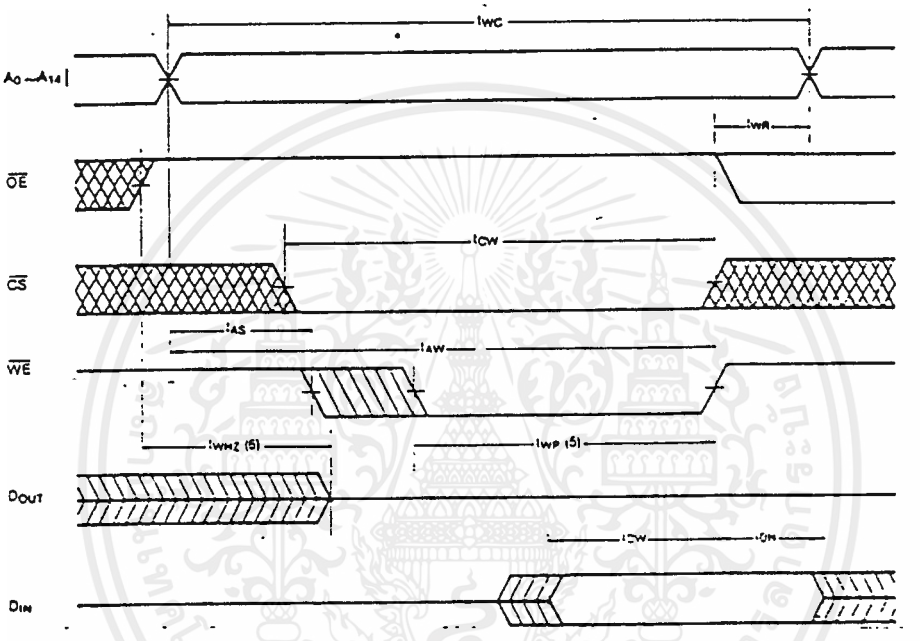
### READ CYCLE (NOTE 1,2,3,4)



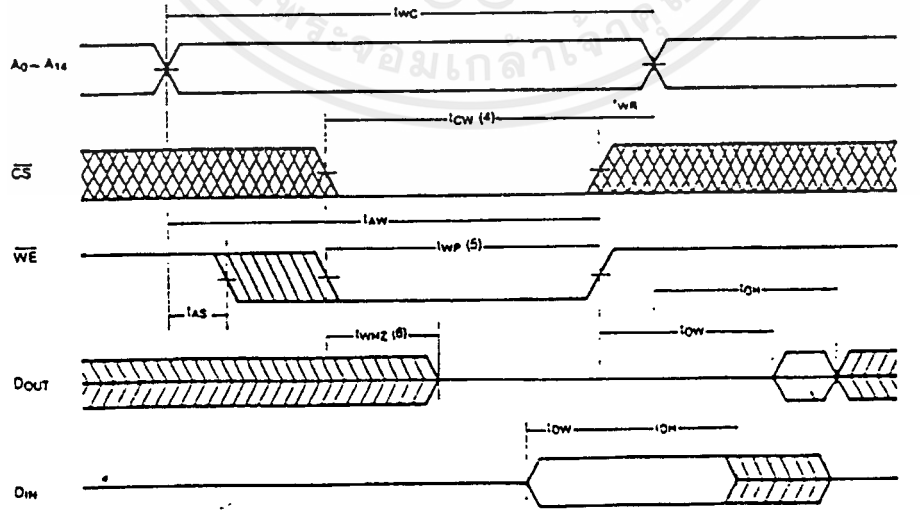

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## TIMING DIAGRAMS (Continued)

### WRITE CYCLE 1 ($\overline{OE}$ Clocked) (NOTE 5,6,7,8)




### WRITE CYCLE 2 ($\overline{OE}$ Low Fixed) (NOTE 5,6,7,8,9)




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

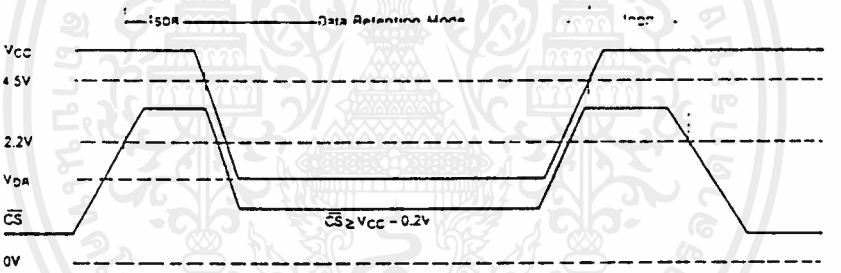
## DATA RETENTION CHARACTERISTICS ($T_A$ = 0°C to +70°C)

(This characteristic is guaranted only for L-version)

| Parameter | Symbol | Test Condition | Min | Typ | Max | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_{CC}$ for Data Retention | $V_{DR}$ | $\overline{CS} \geq V_{CC} - 0.2V$ | 2.0 | | 5.5 | V |
| Data Retention Current | $I_{DR}$ | $V_{CC} = 3.0V$<br>$\overline{CS} \geq V_{CC} - 0.2V$ | | 1 | 50 | μA |
| Data Retention Set-up Time | $t_{SDR}$ | See Data Retention Wave forms (below) | 0 | | | ns |
| Recovery Time | $t_{RDR}$ | | $t_{RC}$* | | | ns |

* $t_{RC}$ = Read Cycle Time

## DATA RETENTION WAVEFORM



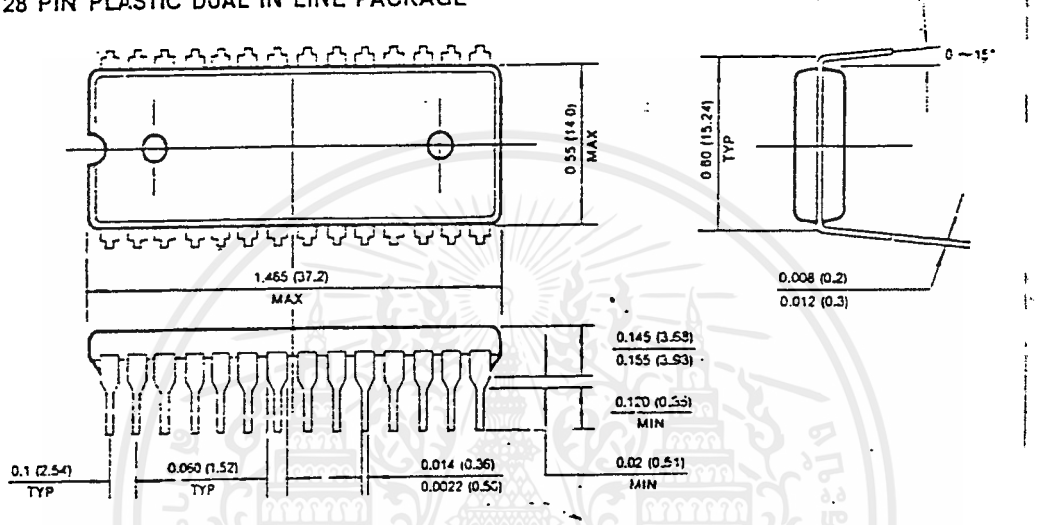

Note: The Other inputs (Address, $\overline{OE}$, $\overline{WE}$, I/O) can be in a high impedance state

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

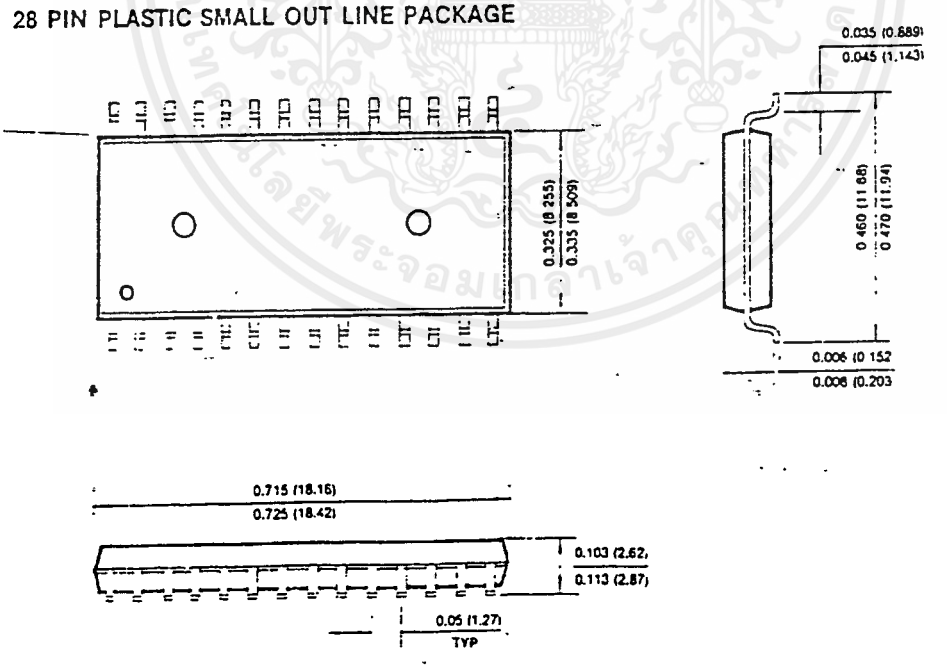
## PACKAGE DIMENSIONS

### 28 PIN PLASTIC DUAL IN LINE PACKAGE

unit: inches (millimeters)




### 28 PIN PLASTIC SMALL OUT LINE PACKAGE




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM1881

National Semiconductor Corporation

PRELIMINARY

# LM1881 Video Sync Separator

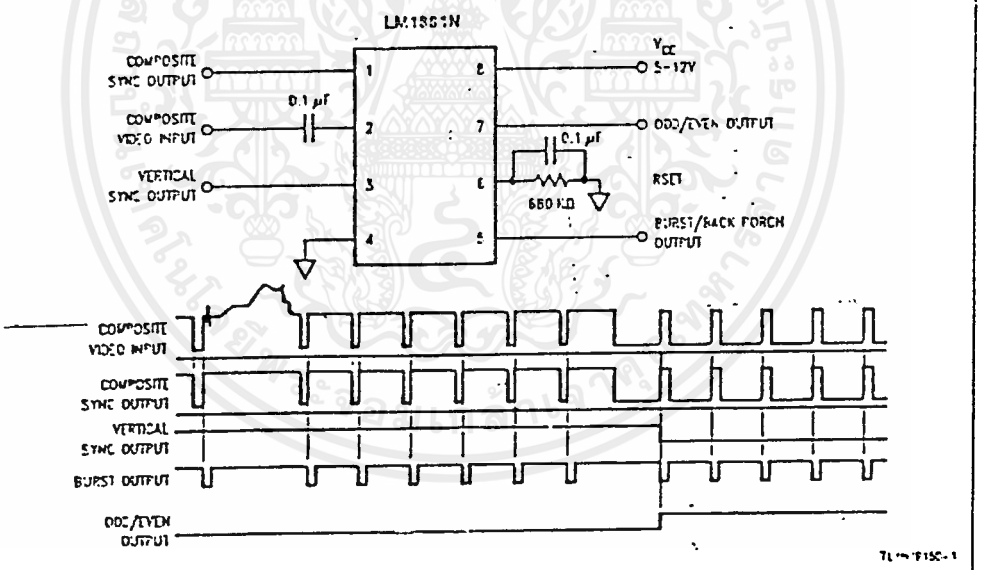
## General Description

The LM1881 Video sync separator extracts timing information including composite and vertical sync, burst/back porch timing, and odd/even field information from a standard negative going sync NTSC video signal with amplitude from 0.5 to 2V p-p. The integrated circuit is also capable of providing sync separation for non-standard, faster horizontal rate video signals by changing an external horizontal scan rate setting resistor. The vertical output is produced on the rising edge of the first serration in the vertical sync period. A default vertical output is produced after a time delay if the rising edge mentioned above does not occur within the internally set delay period, such as might be the case for a non-standard video signal.

## Features

- AC coupled composite input signal
- >10 kΩ input resistance
- <10 mA power supply drain current
- Composite sync and vertical outputs
- Odd/even field output
- Burst gate/back porch output
- Resistor programmable horizontal scan rate (up to 64 kHz)
- Edge triggered vertical output
- Default triggered vertical output for non-standard video signal (video games-home computers)

## Connection Diagram




Order Number LM1881M or LM1881N
See NS Package Number M08A or N08E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

| | |
|---|---|
| Supply Voltage | 13.2V |
| Input Voltage | 3 Vp-p |
| Output Sink Currents; Pins 1, 3, 5 | 5 mA |
| Output Sink Current, Pin 7 | 2 mA |
| Package Dissipation (Note 1) | 1100 mW |
| Operating Temperature Range | 0°C – 70°C |
| Storage Temperature Range | – 65°C to + 150°C |
| ESD Susceptibility (Note 2) | 2 kV |
| Soldering Information | |
| Dual-In-Line Package (10 sec.) | 260°C |
| Small Outline Package | |
| Vapor Phase (60 sec.) | 215°C |
| Infrared (15 sec.) | 220°C |

See AN-450 "Surface Mounting Methods and their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

## Electrical Characteristics

$V_{CC}$ = 5V; Rset = 650 kΩ; $T_A$ = 25°C; Unless otherwise specified

| Parameter | Conditions | Typ | Tested Limit (Note 3) | Design Limit (Note 4) | Units (Limits) |
|---|---|---|---|---|---|
| Supply Current | $V_{CC}$ = 5V; Outputs at Logic 1 | 5.2 | 10 | | mAmax |
| | $V_{CC}$ = 12V; Outputs at Logic 1 | 5.5 | 12 | | mAmax |
| DC Input Voltage | Pin 2 | 1.5 | 1.3<br>1.8 | | Vmin<br>Vmax |
| Input Threshold Voltage | Note 5 | 70 | 55<br>85 | | mVmin<br>mVmax |
| Input Discharge Current | Pin 2, $V_{IN}$ = 2V | 11 | 6<br>16 | | µAmin<br>µAmax |
| Input Clamp Charge Current | Pin 2; $V_{IN}$ = 1V | 0.8 | 0.2 | | mAmin |
| $R_{SET}$ Pin Reference Voltage | Pin 6; Note 6 | 1.22 | 1.10<br>1.35 | | Vmin<br>Vmax |
| Composite Sync. & Vertical Outputs | $I_{OUT}$ = 40 µA; Logic 1 | 4.5 | 4.0 | | Vmin |
| | $I_{OUT}$ = 1.6 mA; Logic 1 | 3.6 | 2.4 | | Vmin |
| Burst Gate & Odd/Even Outputs | $I_{OUT}$ = 40 µA; Logic 1 | 4.5 | 4.0 | | Vmin |
| Composite Sync. Output | $I_{OUT}$ = – 1.6 mA; Logic 0; Pin 1 | 0.2 | 0.8 | | Vmax |
| Vertical Sync. Output | $I_{OUT}$ = – 1.6 mA; Logic 0, Pin 3 | 0.2 | 0.8 | | Vmax |
| Burst Gate Output | $I_{OUT}$ = – 1.6 mA; Logic 0; Pin 5 | 0.2 | 0.8 | | Vmax |
| Odd/Even Output | $I_{OUT}$ = – 1.6 mA; Logic 0; Pin 7 | 0.2 | 0.8 | | Vmax |
| Vertical Sync Width | | 230 | 190<br>300 | | µsmin<br>µsmax |
| Burst Gate Width | 2.7 kΩ from Pin 5 to $V_{CC}$ | 4 | 2.5<br>4.7 | | µsmin<br>µsmax |
| Vertical Default Time | Note 7 | 65 | 32<br>90 | | µsmin<br>µsmax |

Note 1: For operation in ambient temperatures above 25°C, the device must be derated based on a 150°C maximum junction temperature and a package thermal resistance of 110° C/W, junction to ambient.

Note 2: ESD susceptibility test uses the "human body model, 100 pF discharged through a 1.5 kΩ resistor".

Note 3: These parameters are guaranteed and 100% production tested.

Note 4: Design limits are guaranteed but not 100% production tested. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

Note 5: Relative difference between the input clamp voltage and the minimum input voltage which produces a horizontal output pulse.

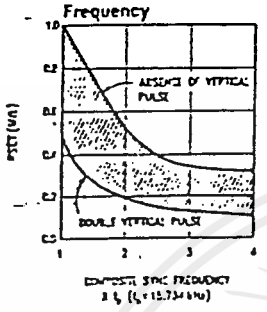
Note 6: Careful attention should be made to prevent parasitic capacitance coupling from any output pin (Pins 1, 3, 5, and 7) to the $R_{SET}$ pin (Pin 6).

Note 7: Delay time between the start of vertical sync (at input) and the vertical output pulse.

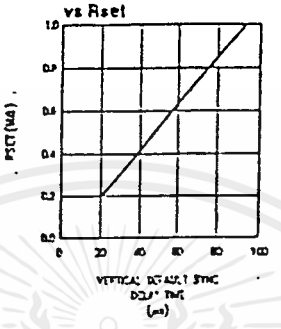
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Typical Performance Characteristics

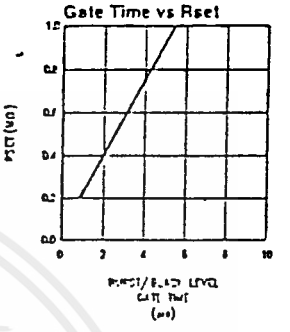
Rset Value Selection vs Composite Sync Frequency



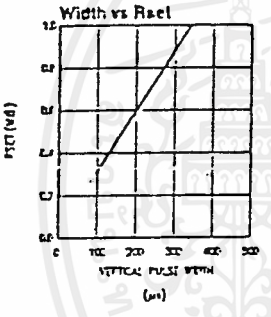

Vertical Default Sync Delay Time vs Rset



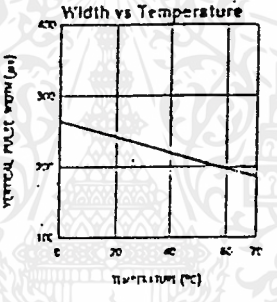
Burst/Black Level Gate Time vs Rset



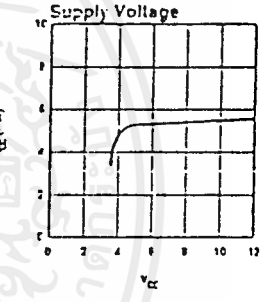
Vertical Pulse Width vs Rset



Vertical Pulse Width vs Temperature



Supply Current vs Supply Voltage



TL/H/5552-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Application Notes

The LM1881 is designed to strip the synchronization signals from composite video sources that are in, or similar to, the N.T.S.C. format. Input signals with positive polarity video (increasing signal voltage signifies increasing scene brightness) from 0.5V (p-p) to 2V (p-p) can be accommodated. The LM1881 operates from a single supply voltage between 5V DC and 12V DC. The only required external components beside power supply and set current decoupling are the input coupling capacitor and a single resistor that sets internal current levels, allowing the LM1881 to be adjusted for source signals with line scan frequencies differing from 15.734 kHz. Four major sync signals are available from the I/C: composite sync including both horizontal and vertical scan timing information; a vertical sync pulse; a burst gate or back porch clamp pulse, and an odd/even output. The odd/even output level identifies which video field of an interlaced video source is present at the input. The outputs from the LM1881 can be used to gen-lock video camera/VTR signals with graphics sources, provide identification of video fields for memory storage, recover suppressed or contaminated sync signals, and provide timing references for the extraction of coded or uncoded data on specific video scan lines.

To better understand the LM1881 timing information and the type of signals that are used, refer to *Figure 2(a-e)* which shows a portion of the composite video signal from the end of one field through the beginning of the next field.

### COMPOSITE SYNC OUTPUT

The composite sync output, *Figure 2(b)*, is simply a reproduction of the signal waveform below the composite video black level, with the video completely removed. This is obtained by clamping the video signal sync tips to 1.5V DC at Pin 2 and using a comparator threshold set just above this voltage to strip the sync signal, which is then buffered out to Pin 1. The threshold separation from the clamped sync tip is nominally 70 mV which means that for the minimum input level of 0.5V (p-p), the clipping level is close to the halfway point on the sync pulse amplitude (shown by the dashed line on *Figure 2(a)*). This threshold separation is independent of the signal amplitude, therefore, for a 2V (p-p) input the clipping level occurs at 11% of the sync pulse amplitude. The charging current for the input coupling capacitor is 0.8 mA, whereas the discharge current is only 11 µA, typically. This allows relatively small capacitor values to be used—0.1 µF is generally recommended.

Normally the signal source for the LM1881 is assumed to be clean and relatively noise-free, but some sources may have excessive video peaking, causing high frequency video and chroma components to extend below the black level reference. Some video discs keep the chroma burst pulse present throughout the vertical blanking period so that the burst actually appears on the sync tips for three line periods instead of at black level. A clean composite sync signal can be generated from these sources by filtering the input signal. When the source impedance is low, typically 75Ω, a 620Ω resistor in series with the source and a 510 pF capacitor to ground will form a low pass filter with a corner frequency of 500 kHz. This bandwidth is more than sufficient to pass the sync pulse portion of the waveform; however, any subcarrier content in the signal will be attenuated by almost 16 dB, effectively taking it below the comparator threshold. Filtering will also help if the source is contaminated with thermal noise. The output waveforms will become delayed from between 40 ns to as much as 200 ns due to this filter. This much delay will not usually be significant but it does contribute to the sync delay produced by any additional signal processing. Since the original video may also undergo processing, the need for time delay correction will depend on the total system, not just the sync stripper.

### VERTICAL SYNC OUTPUT

A vertical sync output is derived by internally integrating the composite sync waveform *(Figure 3)*. Horizontal sync pulses are not able to charge the integrating capacitor sufficiently because of their short duty cycle, but when the vertical retrace interval is reached, the broad serrated pulse charges the capacitor past a fixed threshold. Once the threshold is reached, the next serration in the sync waveform triggers an R-S flipflop and starts the vertical output pulse at Pin 3. Simultaneously an internal oscillator begins clocking a counter. When a count of eight is reached the vertical output pulse is terminated and the circuit resets. Both the time required to reach the integrator threshold and the period of the oscillator are programmed by an external resistor at Pin 6. For an N.T.S.C. signal with 32 µs between serrations, a 680 kΩ resistor will ensure the vertical output pulse will start coincident with the leading edge of the first vertical serration *(Figure 2c)*. If the resistor value gets too small it becomes possible for the oscillator circuit to time out before the input vertical sync period has ended. When this is the case, the sequence will repeat and a double vertical output pulse will appear. Therefore, the resistor value for a given horizontal scan rate is chosen small enough to trigger the vertical output pulse on the first serration yet not so small as to give a double pulse, rather than attempting to choose a value that gives a specific output pulse width. If the incoming vertical sync is not serrated, the integrating capacitor is allowed to charge to a second threshold which automatically initiates the vertical output pulse sequence. In this instance, the start of the vertical pulse as well as the pulse period will be dependent on the resistor value.

### ODD/EVEN FIELD PULSE

An unusual feature of LM1881 is an output level from Pin 7 that identifies the video field present at the input to the LM1881. This can be useful in frame memory storage applications or in extracting test signals that occur only in alternate fields. For a composite video signal that is interlaced, one of the two fields that make up each video frame or picture must have a half horizontal scan line period at the end of the vertical scan—i.e., at the bottom of the picture. This is called the "odd field" or "field 1". The "even field" or "field 2" has a complete horizontal scan line at the end of the field. An odd field starts on the leading edge of the first equalizing pulse, whereas the even field starts on the leading edge of the second equalizing pulse of the vertical retrace interval. *Figure 2(a)* shows the end of the even field and the start of the odd field.

To detect the odd/even fields the LM1881 again integrates the composite sync waveform *(Figure 3)*. A capacitor is charged during the period between sync pulses and discharged when the sync pulse is present. The period between normal horizontal sync pulses is enough to allow the capacitor voltage to reach a threshold level of a comparator that clears a flipflop which is also being clocked by the sync waveform. When the vertical interval is reached, the shorter integration time between equalizing pulses prevents this

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Application Notes (Continued)

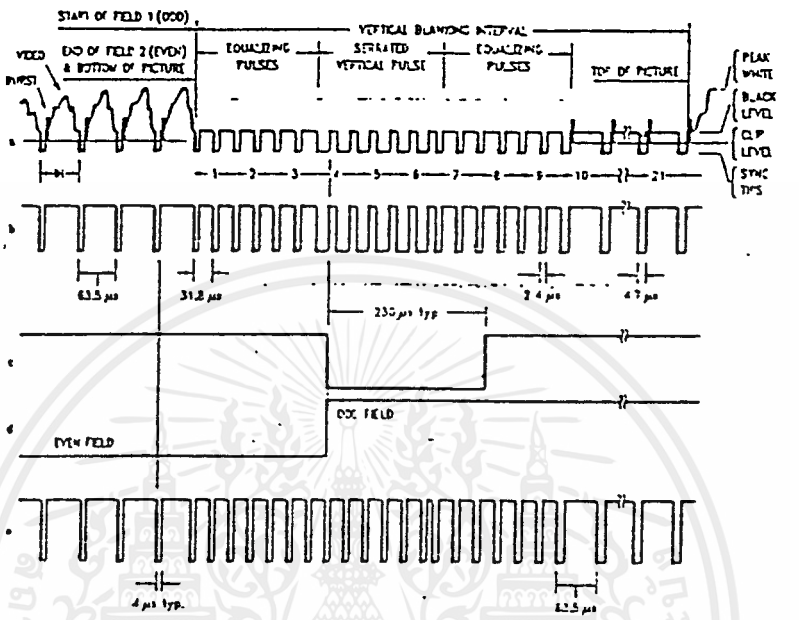
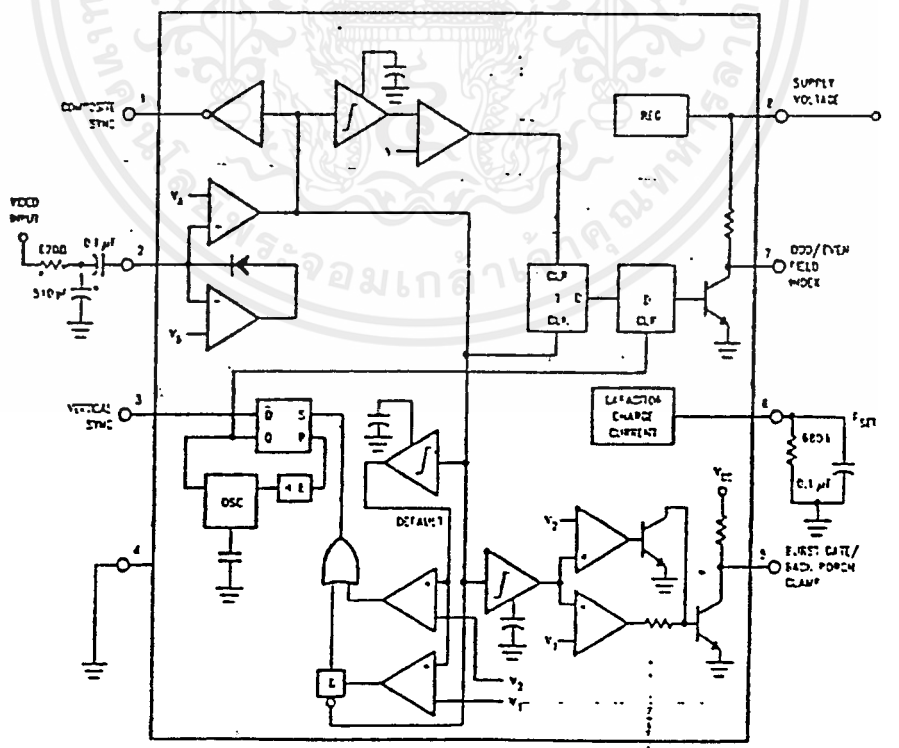



FIGURE 2. (a) Composite Video; (b) Composite Sync; (c) Vertical Output Pulse; (d) Odd/Even Field Index; (e) Burst Gate/Back Porch Clamp




*Components Optional, See Text

FIGURE 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Application Notes (Continued)

threshold from being reached and the Q output of the flip-flop is toggled with each equalizing pulse. Since the half line period at the end of the odd field will have the same effect as an equalizing pulse period, the Q output will have a different polarity on successive fields. Thus by comparing the Q polarity with the vertical output pulse, an odd/even field index is generated. Pin 7 remains low during the even field and high during the odd field.

### BURST/BACKPORCH OUTPUT PULSE

In a composite video signal, the chroma burst is located on the backporch of the horizontal blanking period. This period, approximately 4.8 µs long, is also the black level reference for the subsequent video scan line. The LM1881 generates a pulse at Pin 5 that can be used either to retrieve the chroma burst from the composite video signal (thus providing a subcarrier synchronizing signal) or as a clamp for the DC restoration of the video waveform. This output is obtained simply by charging an internal capacitor starting on the trailing edge of the horizontal sync pulses. Simultaneously the output of Pin 5 is pulled low and held until the capacitor charge circuit times out—4 µs later. A shorter output burst gate pulse can be derived by differentiating the burst output using a series C-R network. This may be necessary in applications which require high horizontal scan rates in combination with normal (60–120 Hz) vertical scan rates.

### APPLICATIONS

Apart from extracting a composite sync signal free of video information, the LM1881 outputs allow a number of interesting applications to be developed. As mentioned above, the burst gate/backporch clamp pulse allows DC restoration of the original video waveform for display or remodulation on an R.F. carrier, and retrieval of the color burst for color synchronization and decoding into R.G.B. components. For frame memory storage applications, the odd/even field level allows identification of the appropriate field ensuring the correct read or write sequence. The vertical pulse output is particularly useful since it begins at a precise time—the rising edge of the first vertical serration in the sync waveform. This means that individual lines within the vertical blanking period (or anywhere in the active scan line period) can easily be extracted by counting the required number of transitions in the composite sync waveform following the start of the vertical output pulse.

The vertical blanking interval is proving popular as a means to transmit data which will not appear on a normal T.V. receiver screen. Data can be inserted beginning with line 10 (the first horizontal scan line on which the color burst appears) through to line 21. Usually lines 10 through 13 are not used which leaves lines 14 through 21 for inserting signals, which may be different from field to field. In the U.S., line 19 is normally reserved for a vertical interval reference signal (VIRS) and line 21 is reserved for closed caption data for the hearing impaired. The remaining lines are used in a number of ways. Lines 17 and 18 are frequently used during studio processing to add and delete vertical interval test signals (VITS) while lines 14 through 18 and line 20 can be used for Videotex/Teletext data. Several institutions are proposing to transmit financial data on line 17 and cable systems use the available lines in the vertical interval to send decoding data for descrambler terminals.

Since the vertical output pulse from the LM1881 coincides with the leading edge of the first vertical serration, sixteen positive or negative transitions later will be the start of line 14 in either field. At this point simple counters can be used to select the desired line(s) for insertion or deletion of data.

### VIDEO LINE SELECTOR

The circuit in *Figure 4* puts out a single video line according to the binary coded information applied to line select bits b0–b7. A line is selected by adding two to the desired line number, converting to a binary equivalent and applying the result to the line select inputs. The falling edge of the LM1881's vertical pulse is used to load the appropriate number into the counters (MM74C193N) and to set a start count latch using two NAND gates. Composite sync transitions are counted using the borrow out of the desired number of counters. The final borrow out pulse is used to turn on the analog switch (CD4066BC) during the desired line. The falling edge of this signal also resets the start count latch, thereby terminating the counting.

The circuit, as shown, will provide a single line output for each field in an interlaced video system (television) or a single line output in each frame for a non-interlaced video system (computer monitor). When a particular line in only one field of an interlaced video signal is desired, the odd/even field index output must be used instead of the vertical output pulse (invert the field index output to select the odd field). A single counter is needed for selecting lines 3 to 14; two counters are needed for selecting lines 15 to 253; and three counters will work for up to 2046 lines. An output buffer is required to drive low impedance loads.

### MULTIPLE CONTIGUOUS VIDEO LINE SELECTOR WITH BLACK LEVEL RESTORATION

The circuit in *Figure 5* will select a number of adjoining lines starting with the line selected as in the previous example. Additional counters can be added as described previously for either higher starting line numbers or an increased number of contiguous output lines. The back porch pulse output of the LM1881 is used to gate the video input's black level through a low pass filter (10 kΩ, 10 µF) providing black level restoration at the video output when the output selected line(s) is not being gated through.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Typical Applications

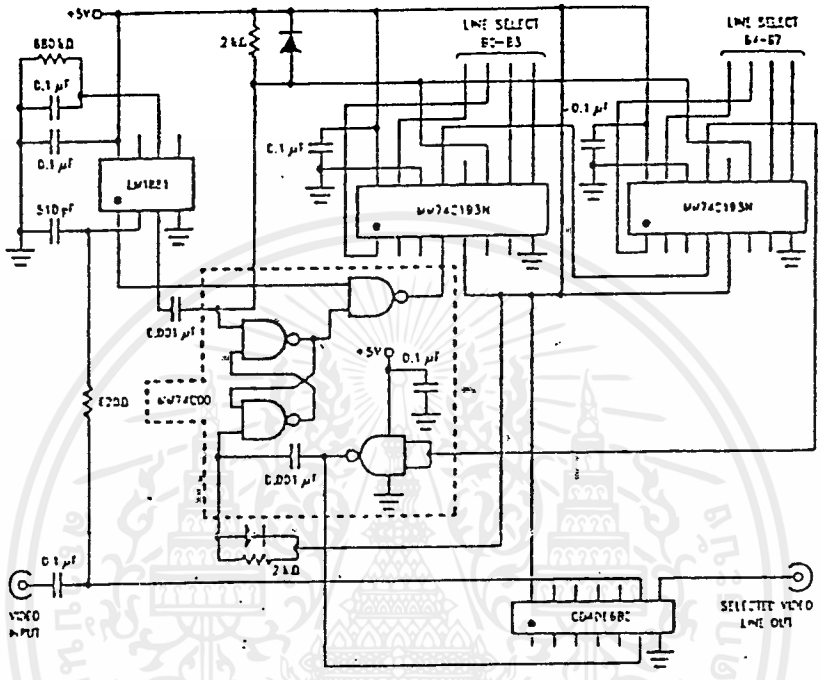



FIGURE 4. Video Line Selector

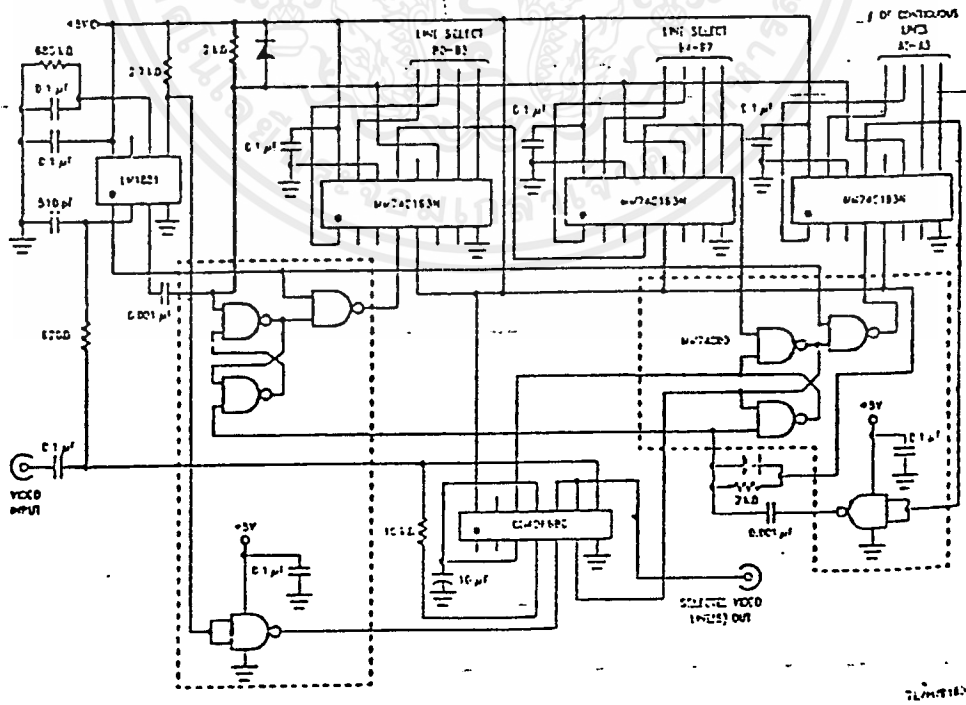



FIGURE 5. Multiple Contiguous Video Line Selector With Black Level Restoration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม


1. ไกรวุฒิ โรจน์ประเสริฐสุด, "CCD อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ผู้ผลิกโฉมระบบกล้องวิดีโอ", HOBBY ELECTRONICS, ฉบับที่ 50,2538, หน้าที่ 65-69
2. ขจรศักดิ์ ฤกษ์ปิยะทรัพย์, "เครื่องขยายสัญญาณวิดีโอ", HOBBY ELECTRONICS, ฉบับที่ 53, 2538, หน้าที่ 30-35
3. เต็มบุญ มีเมศกุล, "ระบบ และบริการ vi[illegible]nferncing", วารสารทางวิชาการสื่อสารโทรคมนาคม, ฉบับที่ 4, 2537, หน้าที่ 103-124
4. ดร.ธวัช เมฆสวรรค์, นายฟุมิโอะ มิคุมะ, "เทคนิคการซ่อมเครื่องรับโทรทัศน์", องค์การค้าคุรุสภา, 2519
5. ดร.ธวัช เมฆสวรรค์, นายโยชิดะ ซาวามูระ, "เทคนิคการซ่อมเครื่องรับโทรทัศน์สี", บริษัทสำนักพิมพ์ดวงกมล, 2534


สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
หอสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้