



เครื่องแปลงและเชื่อมต่อสัญญาณภาพสู่กับคอมพิวเตอร์

VIDEO FRAME CAPTURE

โดย

นายพีรวัฒน์ สุภอมรพันธุ์

นายเศรษฐกร กาเมือง

นายอำนวยการ มงคลขรรค์ชัย

17. ค.ค. 2541

วัน เดือน ปี..... 039021

เลขทะเบียน.....

เลขเรียกหนังสือ.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

✓

๑๔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง  
039021

เครื่องแปลงและเชื่อมต่อสัญญาณภาพเข้ากับคอมพิวเตอร์

## VIDEO FRAME CAPTURE

โดย

นายพีรวัฒน์ สุภอมรพันธุ์

นายเศรษฐกร กาเมือง

นายอำนวยการ มงคลขันธ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.สุทธิชัย นพนาถพงษ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2540

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

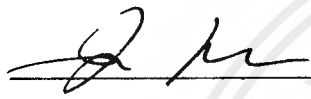
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องแปลงและเชื่อมต่อสัญญาณภาพสีกับคอมพิวเตอร์

VIDEO FRAME CAPTURE

ผู้จัดทำ

1. นายพีรวัฒน์ สุภอมรพันธุ์ 38013066
2. นายเศรษฐกร กาเมือง 38013075
3. นายอำนวยศักดิ์ มงคลชัชวาลย์ 38013091



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.สุทธิชัย นพนาศิพงษ์)



เครื่องแปลงและเชื่อมต่อสัญญาณภาพสีกับคอมพิวเตอร์  
VIDEO FRAME CAPTURE

โดย นายพีรวัฒน์ สุภอมรพันธุ์

นายเศรษฐกร กาเมือง

นายอำนวยการศึกษามงคลวิทยาลัย

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.สุทธิชัย นพนาธิพงษ์

**บทคัดย่อ**

โครงการนี้เป็นการสร้างเครื่องแปลงสัญญาณภาพสี ความละเอียด 512\*256 จุดต่อภาพ โดยนำสัญญาณภาพจากกล้องวิดีโอ หรือ เครื่องเล่นวิดีโอมาแยกเป็นสัญญาณ R,G,B แล้วแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิทัล จากนั้นนำไปเชื่อมต่อ(interface)กับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตขนาน เพื่อให้คอมพิวเตอร์แสดงภาพบนหน้าจอและเก็บเป็นไฟล์เพื่อเรียกใช้งานได้ในภายหลัง การที่สามารถเก็บภาพไว้ในคอมพิวเตอร์ได้นั้น ทำให้เราสามารถนำภาพไปประยุกต์ใช้งานได้หลายอย่าง เช่น ทะเบียนประวัตินักศึกษา เป็นต้น

**Abstract**

The video signal from video player is separated to R,G,B signal and converted to digital signal. It is interfaced with computer via parallel port for displaying the picture on screen. We can apply the file for several applications , such as the student record.

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| บทที่ 1 บทนำ                                      | 1  |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ                           |    |
| 2.1 เรื่องของแสงสี                                | 2  |
| 2.2 สัญญาณวีดีโอ                                  | 9  |
| 2.3 การสร้างราสเตอร์                              | 16 |
| 2.4 การเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล      | 22 |
| 2.5 ตระกูลของวงจรลอจิก                            | 37 |
| 2.6 วงจรรวมของวงจรมัลติเพล็กซ์โครม                | 42 |
| 2.7 หน่วยความจำที่สามารถอ่าน/เขียนได้             | 48 |
| 2.8 พอร์ตขนานของเครื่องคอมพิวเตอร์                | 53 |
| บทที่ 3 หลักการทำงานและการคำนวณ                   |    |
| 3.1 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล              | 55 |
| 3.2 ภาควงจรทรานซิสเตอร์                           | 68 |
| 3.3 การทำงานของภาควงจรหน่วยความจำ (MEMORY)        | 71 |
| 3.4 การเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์                    | 72 |
| 3.5 ภาควงจรซิงโครไนเซอร์ (SYNC SEPARATOR)         | 74 |
| 3.6 การแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์                      | 75 |
| 3.7 รูปแบบไฟล์ที่ใช้เก็บข้อมูลภาพ                 | 75 |
| 3.8 การออกแบบโปรแกรม                              | 76 |
| บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง                     |    |
| 4.1 ผลการทดลองภาควงจรซิงโครไนเซอร์                | 81 |
| 4.2 ผลการทดลองภาควงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล | 81 |
| 4.3 ผลการทดสอบการแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์            | 82 |
| 4.4 ผลการทดลองโปรแกรมประยุกต์ใช้งาน               | 83 |
| บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุปผลการทดลอง                | 86 |
| ภาคผนวก                                           |    |
| หนังสืออ้างอิง                                    |    |

## สารบัญภาพ

| รูปที่  |                                                       | หน้า |
|---------|-------------------------------------------------------|------|
| 2.1     | แผ่นภูมิความยาวคลื่นสีต่างๆ                           | 2    |
| 2.2     | แผ่นภูมิการผสมสีต่างๆ                                 | 3    |
| 2.3     | ขนาดของสี แดง เขียว น้ำเงิน (RGB)                     | 3    |
| 2.4     | ขนาดของการผสมสี                                       | 4    |
| 2.5     | แผ่นภูมิแท่งการผสมสีต่างๆ                             | 6    |
| 2.6     | เวกเตอร์ของสีต่างๆ                                    | 7    |
| 2.7     | ตารางค่าความแตกต่างสีต่างๆ                            | 8    |
| 2.8     | สัญญาณควบคุมตำแหน่งภาพ                                | 10   |
| 2.9     | การผสมสัญญาณควบคุมตำแหน่งภาพทางแนวนอน                 | 11   |
| 2.10    | สัญญาณควบคุมตำแหน่งภาพแนวตั้ง                         | 11   |
| 2.11    | สัญญาณควบคุมตำแหน่งภาพแนวตั้งและจังหวะสลับกลับ        | 12   |
| 2.12    | สัญญาณวีดีโอ                                          | 14   |
| 2.13    | สัญญาณควบคุมตำแหน่งภาพและจังหวะสลับกลับ               | 15   |
| 2.14    | การกราดเส้นราสเตอร์                                   | 16   |
| 2.15    | จังหวะการกราดเส้นราสเตอร์                             | 17   |
| 2.16    | จุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของการกราดเส้นราสเตอร์        | 18   |
| 2.17    | จังหวะการกราดเส้นราสเตอร์                             | 19   |
| 2.18    | จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของการกราดเส้นราสเตอร์        | 19   |
| 2.19    | จังหวะการกราดเส้นราสเตอร์                             | 20   |
| 2.20    | จังหวะการกราดจนครบ 1 ภาพ                              | 21   |
| 2.21    | แสดงความแตกต่างของสัญญาณก่อนและหลังการรุ่ม            | 22   |
| 2.22    | แสดงการมอดูเลตด้วยอิมพัลส์                            | 23   |
| 2.23    | เป็นผลมาจากกระบวนการรุ่มสัญญาณ                        | 25   |
| 2.24    | กระบวนการกู้สัญญาณ กลับคืน                            | 26   |
| 2.25    | สเปกตรัมของสัญญาณแบนด์พาธ                             | 28   |
| 2.26    | แสดงการรุ่มสัญญาณแบบธรรมชาติ                          | 28   |
| 2.27 ก) | สเปกตรัมของสัญญาณเดิม (baseband signal)               | 29   |
| ข)      | สเปกตรัมของสัญญาณหลังจากการถูกรุ่ม (Natural sampling) | 29   |
| 2.28    | การทำงานของตัวควอนไทซ์                                | 30   |
| 2.29    | แสดงตัวควอนไทซ์แบบรูปแบบเดียวกัน                      | 31   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| รูปที่                                                                   | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.30 ความผิดพลาดจากการควอนไทซ์เกิดขึ้นในการควอนไทซ์แบบรูปแบบเดียวกัน     | 32   |
| 2.31 แสดงตัวควอนไทซ์แบบไม่เป็นรูปแบบเดียวกัน                             | 34   |
| 2.32 แสดงส่วนประกอบของรหัสฐาน 2 จำนวน 8 บิต                              | 35   |
| 2.33 ตารางแสดงรายชื่ออนุกรมของตระกูลซีเอ็มเอส                            | 37   |
| 2.34 ตารางแสดงรายชื่ออนุกรมของตระกูลทีทีแอล                              | 38   |
| 2.35 แสดงความสัมพันธ์ ความเร็ว-กำลังไฟฟ้า ของอนุกรมต่างๆ ในตระกูลทีทีแอล | 39   |
| 2.36 ส่วนเพื่อสัญญาณรบกวน                                                | 39   |
| 2.37 แสดงการเปรียบเทียบค่าเพนเอาต์ ของอนุกรม ทีทีแอล                     | 41   |
| 2.38 การเปรียบเทียบรีปเปิ้ลแคร่ กับ ลูคอะเซดแคร่ ในวงจรนับแบบซิงโครนัส   | 42   |
| 2.39 วงจรนับแบบซิงโครนัส 4 บิต อนุกรม 74160 ถึง 74163                    | 43   |
| 2.40 ผังเวลา สำหรับวงจรนับ อนุกรม 74163A                                 | 44   |
| 2.41 แสดงการต่อแคสเคดของวงจรนับ อนุกรม 74160 ถึง 74163                   | 46   |
| 2.42 โครงสร้างพื้นฐานของแรมขนาด $2^a \times b$ บิต                       | 48   |
| 2.43 เซลล์ของสเตติกแรม                                                   | 49   |
| 2.44 แสดงโครงสร้างภายในของสเตติกแรม ขนาด $8 \times 4$                    | 50   |
| 2.45 พารามิเตอร์ผังเวลา สำหรับการปฏิบัติงานในการอ่าน                     | 51   |
| 2.46 พารามิเตอร์ผังเวลา สำหรับการปฏิบัติงานในการเขียน                    | 52   |
| 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล              | 55   |
| 3.2 ก) สเปกตรัม ของสัญญาณอินพุต (baseband signal)                        | 56   |
| ข) สเปกตรัมคุณสมบัติของ Lowpass Filter Impulse Response                  | 56   |
| ค) สเปกตรัมที่ได้จากผลของอิมพัลส์ (Impulse Response)                     | 56   |
| 3.3 แสดงสเปกตรัมของวงจรกรองความถี่ต่ำ                                    | 57   |
| 3.4 วงจรอินทิเกรเตอร์                                                    | 57   |
| 3.5 รูปวงจรอินทิเกรเตอร์                                                 | 58   |
| 3.6 วงจรกรองความถี่ต่ำ 2 สเตจ                                            | 58   |
| 3.7 ผลตอบสนองของวงจรกรองความถี่ต่ำ 1 สเตจ                                | 60   |
| 3.8 ผลตอบสนองของวงจรกรองความถี่ต่ำ 2 สเตจ                                | 61   |
| 3.9 วงจรกรองความถี่ต่ำที่ถูกยกระดับโดยแรงดันไฟตรง                        | 62   |
| 3.10 แสดงสัญญาณอินพุตที่ถูกยกระดับขึ้นโดยแรงดันไฟตรง                     | 63   |
| 3.11 วงจรที่สมบูรณ์ของวงจรกรองความถี่ต่ำ 2 สเตจ                          | 64   |
| 3.12 ส่วนประกอบของวงจรในไอซี 1 ชุด                                       | 65   |
| 3.13 แสดงวงจรจัดระดับแรงดันอ้างอิง                                       | 66   |
| 3.14 วงจรปรับระดับแรงดันอ้างอิง                                          | 67   |
| 3.15 บล็อกไดอะแกรมในช่วงการเขียนข้อมูล                                   | 68   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| รูปที่ |                                          | หน้า |
|--------|------------------------------------------|------|
| 3.16   | บล็อกโคอะแกรมในช่วงการอ่านข้อมูล         | 68   |
| 3.17   | แสดงการเริ่มต้นเก็บข้อมูล                | 69   |
| 3.18   | รูปแบบไฟล์ที่ใช้เก็บข้อมูลภาพ            | 75   |
| 4.1    | สัญญาณฮอรัซิงค์                          | 81   |
| 4.2    | สัญญาณเวอร์เบลนซ์                        | 81   |
| 4.3    | สัญญาณดิจิทัลบิทที่ 0 เทียบกับบิทที่ 1   | 82   |
| 4.4    | สัญญาณดิจิทัลบิทที่ 6 เทียบกับบิทที่ 7   | 82   |
| 4.5    | ภาพที่เกิดจากฮาร์ดแวร์ถูกสัญญาณอื่นรบกวน | 83   |
| 4.6    | ภาพที่แก้ไขโดยซอฟต์แวร์                  | 83   |
| 4.7    | แสดงภาพของบุคคลในทะเบียนประวัติ          | 84   |
| 4.8    | ภาพแสดงประวัติบุคคล                      | 84   |
| 4.9    | รูปของฮาร์ดแวร์ที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว       | 85   |





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

**บทนำ**

ปัจจุบันการใช้งานคอมพิวเตอร์เป็นที่แพร่หลายอย่างมากในทุกวงการ ไม่ว่าจะเป็นวงการแพทย์,สถาบันการศึกษา,หน่วยงานราชการต่างๆ หรือแม้แต่ในบ้าน ทั้งใช้งานในด้านธุรกิจ และความบันเทิง แต่ประโยชน์การใช้งานของคอมพิวเตอร์ไม่ได้จำกัดอยู่เพียงแค่นั้น การคำนวณทางวิศวกรรมหรือแม้แต่ทางด้านดาราศาสตร์คอมพิวเตอร์ก็ยังเข้ามามีบทบาทสำคัญอย่างยิ่ง แม้แต่งานสถิติหรือฐานข้อมูล คอมพิวเตอร์ก็ได้ถูกนำมาใช้งานในด้านนี้มานานแล้ว

โครงการฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะประยุกต์ใช้งานคอมพิวเตอร์ โดยสร้างเครื่องแปลงสัญญาณวีดีโอให้เป็นสัญญาณดิจิทัล เพื่อให้สามารถเก็บเข้าคอมพิวเตอร์ได้ เมื่อสามารถเก็บภาพเข้าคอมพิวเตอร์ได้แล้ว การประยุกต์ใช้งานต่างๆ ก็สามารถทำได้อย่างกว้างขวาง ทั้งนี้ในการสร้างต้องอาศัยความรู้ในหลายๆ เรื่อง เช่น ความรู้เกี่ยวกับสัญญาณภาพ,การสะแกนภาพ ความรู้เกี่ยวกับการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลรวมทั้งความรู้พื้นฐานในเรื่องการออกแบบวงจรลอจิก และที่สำคัญต้องอาศัยความรู้ในด้านการเชื่อมต่อ (interfacing)กับคอมพิวเตอร์และการเขียน โปรแกรมควบคุมระบบด้วย ซึ่งปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รวบรวมเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการสร้างวงจรทั้งหมดรวมทั้งแนวคิดต่างๆ ในการออกแบบวงจร

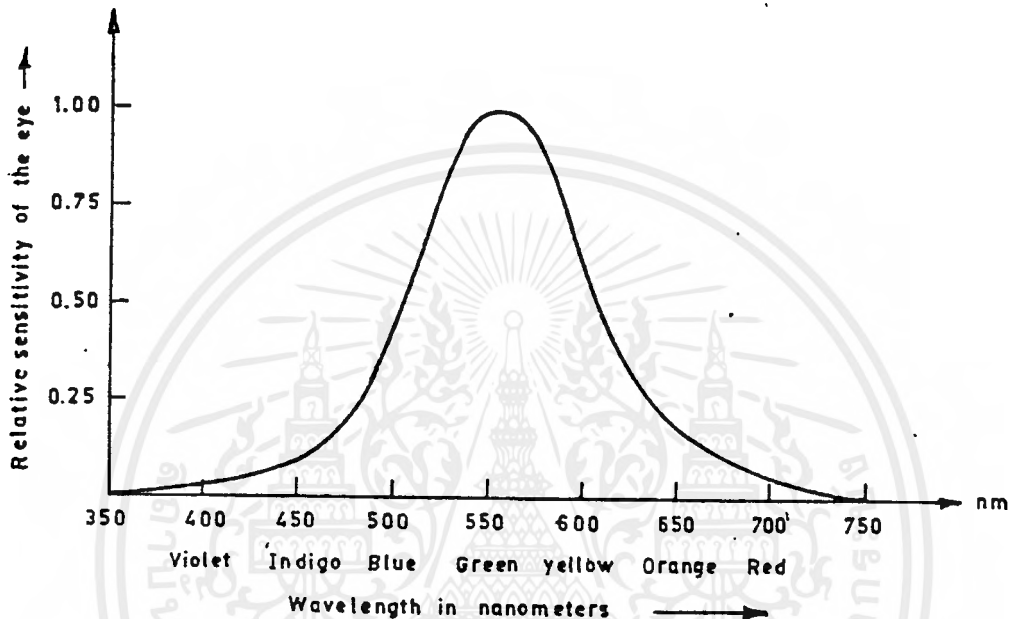


## บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.1 เรื่องของแสงสี

เกี่ยวกับระบบโทรทัศนสี ควรจะเข้าใจพื้นฐานของสีและการผสมสีเสียก่อนสีที่นัยน์ตามองเห็นนั้นเกิดจากแสง ซึ่งสามารถทดลองให้เห็นได้ว่าแสงสีขาว เช่น แสงอาทิตย์ ประกอบด้วยแสงสีต่างๆ เรียงลำดับตามสีรุ้งจากสีม่วง คราม น้ำเงิน.... ไปจนถึงสีแดงหรือแสงที่ตามองเห็นเหล่านี้เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอย่างหนึ่งคล้ายกับคลื่นวิทยุ แต่มีความถี่สูงมากแสงที่ตามองเห็นเป็นสีต่างๆ จะมีความถี่ไม่เท่ากัน เช่น แสงสีเขียวมี่ความถี่ประมาณ 600 ล้านล้านเฮิรตซ์ แสงสีแดงมีความถี่ประมาณ 430 ล้านล้านเฮิรตซ์ เป็นต้น



รูปที่ 2.1 แผนภูมิความยาวคลื่นสีต่างๆ

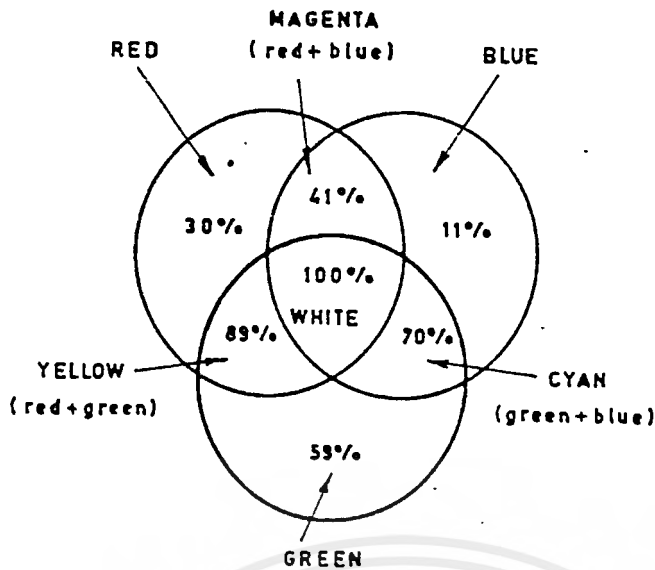
เราสามารถแยกหรือรวมแสงสีต่างๆ กลับไปกลับมาได้ หรือกล่าวสรุปได้ว่าเราสามารถผสมสีแสงได้นั่นเอง สีแสงที่ผสมกันให้ตามองเห็นเป็นแสงสีต่างๆ ได้นั้น มีแม่สีแสงอยู่ 3 สี คือ แสงสีแดง แสงสีเขียว และแสงสีน้ำเงิน เช่น แสงสีแดงผสมกับแสงสีเขียวด้วยอัตราที่พอเหมาะก็จะได้แสงสีเหลือง เป็นต้น การผสมสีแสงในที่นี้แตกต่างจากการผสมสีที่ใช้วาดเขียนซึ่งจะได้อธิบายต่อไป

ในการแพร่ภาพออกอากาศทางโทรทัศนสีนั้น เราจะต้องเปลี่ยนภาพสีต่างๆ ในเป็นสัญญาณไฟฟ้าเสียก่อน ในการกำเนิดสัญญาณภาพสี จะเห็นว่าเราสามารถแยกภาพสีออกมาดูว่ามีแม่สีแสงประกอบอยู่เป็นปริมาณมากน้อยเท่าใด แล้วก็ใช้หลอดจับภาพ (camera tube) เปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้า

### 2.1.1 การผสมสีแสง

แสงที่มองเห็นเป็นสีต่างๆ นั้นมีความถี่หรือความยาวคลื่นไม่เท่ากัน การที่ตาเรามองเห็นสีนั้นก็คือ เรามองเห็นแสงความถี่ต่างๆ กัน แสงจึงเป็นพื้นฐานของเรื่องสีในระบบโทรทัศนสี การสร้างภาพสีและการกำเนิดสัญญาณภาพสีอาศัยหลักการผสมสีแสง ซึ่งเป็น การผสมเชิงบวก คือ การผสมสีของลำแสง ผสมกันแล้วตาจะมองเห็นเป็นสีแสงต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แผนภูมิการผสมสีต่างๆ

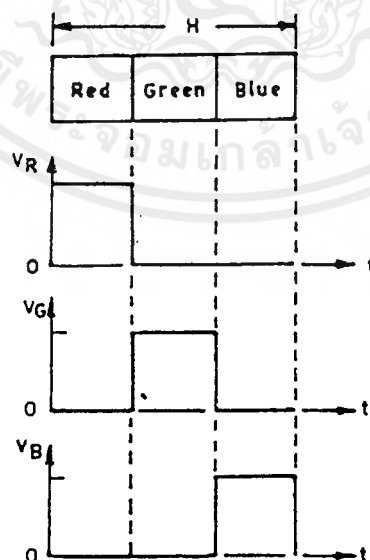
การผสมสีแสงที่เรามองเห็นบนโทรทัศน์สีนั้นต่างกับการผสมสีของวัตถุ สีทา สีพ่น ซึ่งเป็น การผสมเชิงลบ เหตุที่เรียกเช่นนี้ก็เพราะว่าวัตถุเหล่านี้ดูดแสงอื่นๆ ไว้เสียหมด ยกตัวอย่างเช่น เวลาเราเห็นวัตถุชิ้นหนึ่งมีสีน้ำเงินหมายความว่าแสงที่สะท้อนเข้าตาเราเป็นแสงสีน้ำเงิน นั่นคือเหตุที่เราได้เห็นเป็นน้ำเงินก็เพราะว่า วัตถุอันนั้นดูดสีอื่นไว้หมดเว้นแต่สีน้ำเงินที่ไม่ถูกดูด จึงสะท้อนเข้าตาให้เราเห็นได้

แม้สีแสง มีอยู่ 3 สี เรานิยมเขียนย่อๆ ดังนี้ สีแดง R, สีเขียว G, สีน้ำเงิน B

$R + G =$  เหลือง

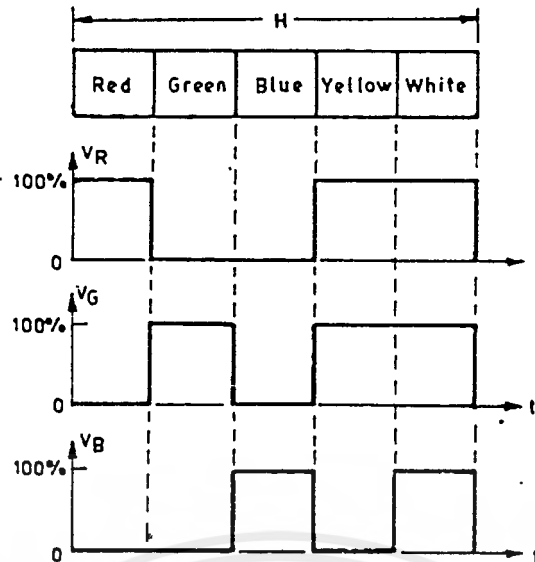
$G + B =$  น้ำเงินเขียว

$B + R =$  ม่วงแดง



รูปที่ 2.3 ขนาดของสี แดง เขียว น้ำเงิน (RGB)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ขนาดของการผสมสี

### 2.1.2 คุณสมบัติของแสง

ก่อนอื่นเราควรทราบคุณสมบัติ 3 ประการของแสงเสียก่อน ดังนี้

1. สีต้นหรือสี (hue) หมายถึง สีที่เรามองเห็น เช่น เมื่อเรามองวัตถุสีแดง เราจะรู้สีว่าวัตถุนั้นมีสีต้นหรือสีเป็นสีแดง กล่าวอีกนัยหนึ่งว่าสีกำหนดโดยความถี่ของแสงจากวัตถุที่ให้ความรู้สึกแก่ตาเรา
  2. ความเข้มสี (saturation) สีที่เรามองเห็นนั้นจะมีความเข้มสีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับส่วนผสมของแสงสีขาว เช่น สีแดงอ่อน (หรือสีชมพู) ก็คือ สีแดงที่มีส่วนผสมของสีขาวผสมอยู่
  3. ความสว่าง (brightness) เป็นการวัดความสว่างของแสงที่ตามนุษย์รับรู้สีต่อสี เช่น ตาเราจะรู้สีที่สว่างกว่าสีแดงและสีน้ำเงิน
- สีต้นขึ้นอยู่กับความถี่ของแสงในความรู้สึกต่อมากที่สุด สำหรับความเข้มสีขึ้นอยู่กับว่าแสงนั้นมีส่วนผสมของสีขาวปนอยู่มากหรือน้อยเพียงใด

### 2.1.3 การกำเนิดสัญญาณแม่สี R G B และสัญญาณ Y

หลักการของการส่งภาพในระบบโทรทัศน์สีก็คือ ตรวจสอบว่าภาพสีนั้นประกอบด้วยแม่สีเป็นปริมาณมากน้อยเท่าใด แล้วส่งข้อมูลของปริมาณแม่สีออกไปเครื่องรับ เครื่องรับก็จะนำข้อมูลปริมาณแม่สีนี้มาปรับแม่สีแล้วผสมกันตามสัดส่วน ก็จะได้ภาพสีที่ต้องการลองเปรียบเทียบกับระบบโทรทัศน์ขาวดำ ข้อมูลที่ส่งไปไม่ใช่เป็นปริมาณแม่สีแต่เป็นปริมาณความสว่าง

วิธีการตรวจปริมาณสีของภาพทำได้ด้วยการแยกแสงออกโดยใช้ *กระจกโคโรติก* กระจกนี้มีคุณสมบัติให้แสงที่เราต้องการผ่านได้ส่วนแสงที่ไม่ต้องการจะสะท้อนทิ้งไปด้วยกระจกนี้เราสามารถแยกแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินออกมา แล้วจึงนำแม่สีแสงที่แยกออกมานี้ไปแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าด้วย *หลอดถ่ายภาพ*

จะเห็นว่าแสงจากภาพสะท้อนผ่านเลนส์ของกล้องถ่ายโทรทัศน์สี แยกผ่านที่กระจกโคโรอิก 3 ชุด คือ R G B แปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าที่หลอดฉายภาพ และขยายให้โตขึ้น ก่อนที่จะไปเข้าภาคเครื่องส่งออกอากาศต่อไป

ก่อนอื่นเราควรทราบว่าสีต้นต่างๆ เมื่อเทียบความสว่างเป็นขาวดำแล้วจะสว่างมากน้อยกว่ากันเท่าใด สมมติว่าเรามีหลอดไฟ 4 ดวงสี คือ สี R G B และสีขาว กำลังเทียบเท่ากันทั้งสี่หลอดฉายไปบนฉากสีขาว และเปรียบเทียบความสว่างกันโดยให้แสงสีขาวสว่าง 100 เปอร์เซ็นต์ จะพบว่าตามนุษย์เรารู้สึกว่า แสงสีแดงสว่าง 30 เปอร์เซ็นต์ของแสงสีขาว แสงสีเขียวสว่าง 59 เปอร์เซ็นต์ และแสงสีน้ำเงินสว่าง 11 เปอร์เซ็นต์ ของแสงสีขาว ดังรูป ซึ่งแสดงความรู้สึกละเอียดของตามนุษย์ต่อแสงสีต่างๆ สังเกตว่าตามนุษย์จะไวต่อสีเหลืองมากกว่าสีอื่น เพราะเป็นสีที่ตามนุษย์รู้สึกสว่างกว่าสีอื่น เราสามารถนำมาสร้างสัญญาณขาวดำจากสัญญาณแม่สี R G B ได้ ต่อไปนี้จะเรียกสัญญาณขาวดำว่า สัญญาณ Y หรือสัญญาณลูมินแนนซ์ (luminance)

สัญญาณลูมินแนนซ์ คือ สัญญาณความสว่างหรือสัญญาณขาวดำนั่นเอง วิธีการสร้างสัญญาณ Y ก็คือนำสัญญาณ R G B มารวมกัน (ทางไฟฟ้า) ตามสัดส่วนที่ตาเรารู้สึกสว่างเทียบกับแสงสีขาวดังสมการ

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

ลองตรวจสอบดูว่าสูตรการผสมสัญญาณแม่สี R G และ B ให้เป็นสัญญาณขาวดำ จะมีความสว่างตรงกับความรู้สึกละเอียดของตามนุษย์หรือไม่

สำหรับสีขาว ส่วนผสมแม่สีคือ  $R = 1, G = 1, B = 1$  แทนค่าในสมการ  $Y = 1$  (100%)

สำหรับสีแดง ส่วนผสมแม่สีคือ  $R = 1, G = 0, B = 0$  แทนค่าในสมการ  $Y = 0.30$  (30%)

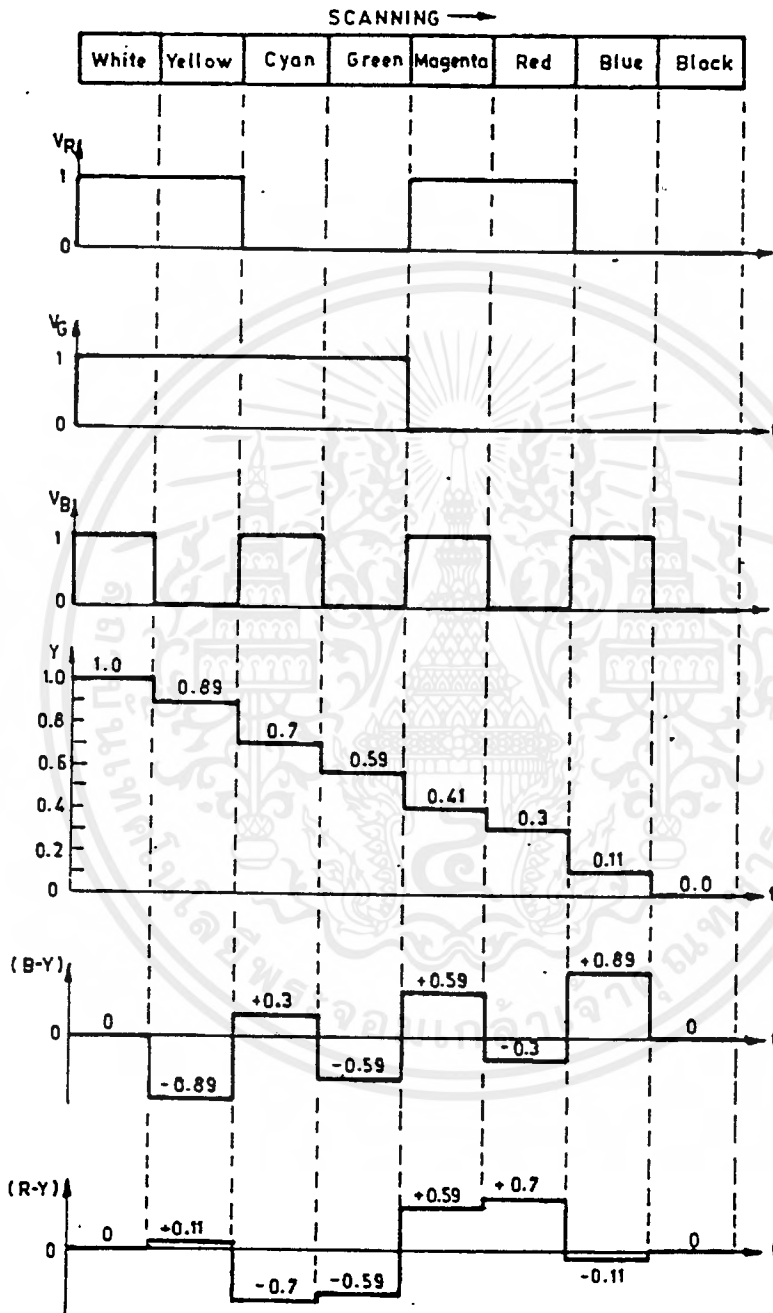
สำหรับสีเขียว ส่วนผสมแม่สีคือ  $R = 0, G = 1, B = 0$  แทนค่าในสมการ  $Y = 0.59$  (59%)

สำหรับสีน้ำเงิน ส่วนผสมแม่สีคือ  $R = 0, G = 0, B = 1$  แทนค่าในสมการ  $Y = 0.11$  (11%)

เราทดลองคำนวณค่าสัญญาณความแตกต่างสีของสีต่างๆ นี้ แสดงในตาราง จะพบว่าค่าเฉลี่ยของสัญญาณความแตกต่างสี  $(R-Y) = 0.47, (G-Y) = 0.27, (B-Y) = 0.59$  ซึ่งไม่เท่ากัน จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยของ  $(R-Y)$  กับ  $(B-Y)$  โดกว่าของ  $(G-Y)$  เราจึงเลือกส่งสัญญาณ  $(R-Y)$  และ  $(B-Y)$  ไปให้เครื่องรับ (ส่วน  $(G-Y)$  ให้เครื่องรับผลิตขึ้นมาใหม่) การเลือกส่งสัญญาณที่มีขนาดใหญ่กว่ามีข้อดีตรงที่มีภูมิต้านทานต่อสัญญาณรบกวน (noise) มากกว่า

|              | R   | G   | B   | Y    | (R-Y) | (G-Y) | (B-Y) |
|--------------|-----|-----|-----|------|-------|-------|-------|
| เหลือง       | 1.0 | 1.0 | 0   | 0.89 | 0.11  | 0.11  | -0.89 |
| น้ำเงินเขียว | 0   | 1.0 | 1.0 | 0.7  | -0.7  | 0.3   | 0.3   |
| เขียว        | 0   | 1.0 | 0   | 0.59 | -0.59 | 0.41  | -0.59 |
| ม่วงแดง      | 1.0 | 0   | 1.0 | 0.41 | 0.59  | -0.41 | 0.59  |
| แดง          | 1.0 | 0   | 0   | 0.3  | 0.7   | -0.3  | -0.3  |
| น้ำเงิน      | 0   | 0   | 1.0 | 0.11 | -0.11 | -0.11 | 0.89  |
|              |     |     |     |      | 0.47  | 0.27  | 0.59  |

เหตุที่เราส่งสัญญาณสี (R-Y) กับ (B-Y) ไปเพียงสองสัญญาณ ก็เพราะว่าสัญญาณทั้งสองกับสัญญาณ Y เพียงพอที่จะให้เครื่องรับโทรทัศน์สามารถคืนรูปสัญญาณแม่สี R G B เพื่อสร้างภาพสีได้ ตามรูป จะเห็นว่า เครื่องรับสามารถผลิตสัญญาณ (G-Y) ขึ้นเองได้โดยการผสมสัญญาณ (R-Y) กับ (B-Y) ตามสัดส่วนที่เหมาะสม สำหรับผู้ที่สนใจการคำนวณทางคณิตศาสตร์



รูปที่ 2.5 แผ่นภูมิแห่งการผสมสีต่างๆ

จากสมการ  $Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B$ .....1)

- (1)+R จะได้  $R - Y = 0.70R - 0.59G - 0.11B$ .....2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$-(1)+B \text{ จะได้ } B-Y = -0.30R-0.59G+0.89B \dots\dots\dots 3)$$

$$-(1)+G \text{ จะได้ } G-Y = -0.30R+0.41G-0.11B \dots\dots\dots 4)$$

$$\text{เราทราบว่า } Y = 0.30Y+0.59Y+0.11Y \dots\dots\dots 5)$$

$$(1)-(5) \text{ จะได้ } 0 = 0.30R-0.30Y+0.59G-0.59Y+0.11B-0.11Y$$

$$\text{หรือ } 0.59(G-Y) = -0.30(R-Y) - 0.11(B-Y)$$

$$(G-Y) = -0.3/0.59 (R-Y) - 0.11/0.59 (B-Y)$$

$$(G-Y) = -0.51(R-Y) - 0.19(B-Y) \dots\dots\dots 6)$$

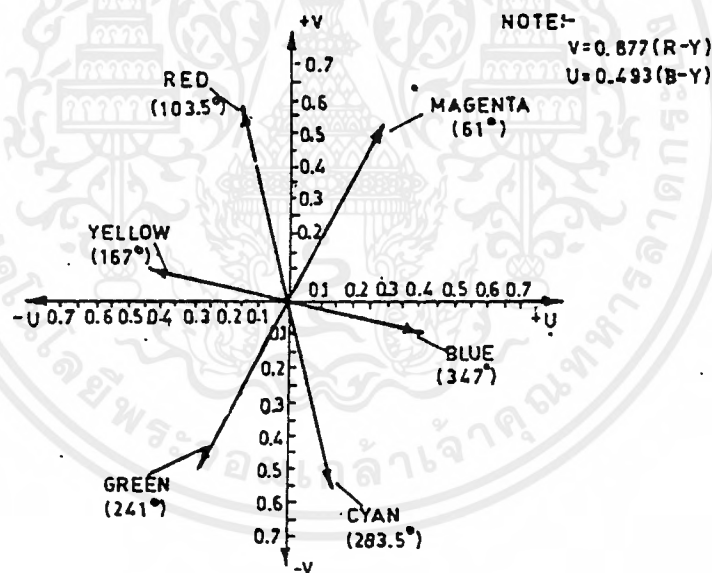
ทำนองเดียวกันคำนวณ (R-Y) กับ (B-Y) จะได้

$$(R-Y) = -1.96(G-Y) - 0.373(B-Y) \dots\dots\dots 7)$$

$$(B-Y) = -2.68(R-Y) - 5.26(G-Y) \dots\dots\dots 8)$$

สมการที่ใช้ในการสร้างสัญญาณ Y , (R-Y) และ (B-Y) คือ สมการ 1) สมการ 2) และสมการ 3) ตามลำดับ สำหรับสมการที่ใช้ในการคืนตัวสัญญาณ (G-Y) ก็คือ สมการ 6)

สรุปแล้วสัญญาณสีที่เราส่งไปให้เครื่องรับโทรทัศน์สีก็คือ สัญญาณความแตกต่างสี (R-Y) กับ (B-Y) เนื่องจากแบนด์วิดท์ (bandwidth) ของคลื่นโทรทัศน์จะต้องคงเดิม ฉะนั้นสัญญาณ (R-Y) กับ (B-Y) จะต้องสอดคล้องอยู่ในแบนด์วิดท์นี้โดยไม่รบกวนกับสัญญาณ Y



รูปที่ 2.6 เวกเตอร์ของสีต่างๆ

| COLOUR  | Y    | U        | V        | ICI  | $\phi$ |
|---------|------|----------|----------|------|--------|
| White   | 1    | 0        | 0        | 0    | 0°     |
| Yellow  | 0.89 | - 0.4385 | + 0.0965 | 0.44 | 167°   |
| Cyan    | 0.70 | + 0.148  | - 0.614  | 0.63 | 283°   |
| Green   | 0.59 | - 0.29   | - 0.5174 | 0.59 | 241°   |
| Magenta | 0.41 | + 0.29   | + 0.5174 | 0.59 | 61°    |
| Red     | 0.31 | - 0.148  | + 0.614  | 0.63 | 103°   |
| Blue    | 0.11 | + 0.4385 | - 0.0965 | 0.44 | 347°   |
| Black   | 0    | 0        | 0        | 0    | 0°     |

รูปที่ 2.7 ตารางค่าความแตกต่างสีต่างๆ



## 2.2 สัญญาณวิดีโอ

เครื่องส่งโทรทัศน์ส่งสัญญาณมา 5 ชนิด คือ

1. สัญญาณขาวดำ
2. สัญญาณซิงค์
3. สัญญาณสี
4. สัญญาณเบสส์
5. สัญญาณเสียง

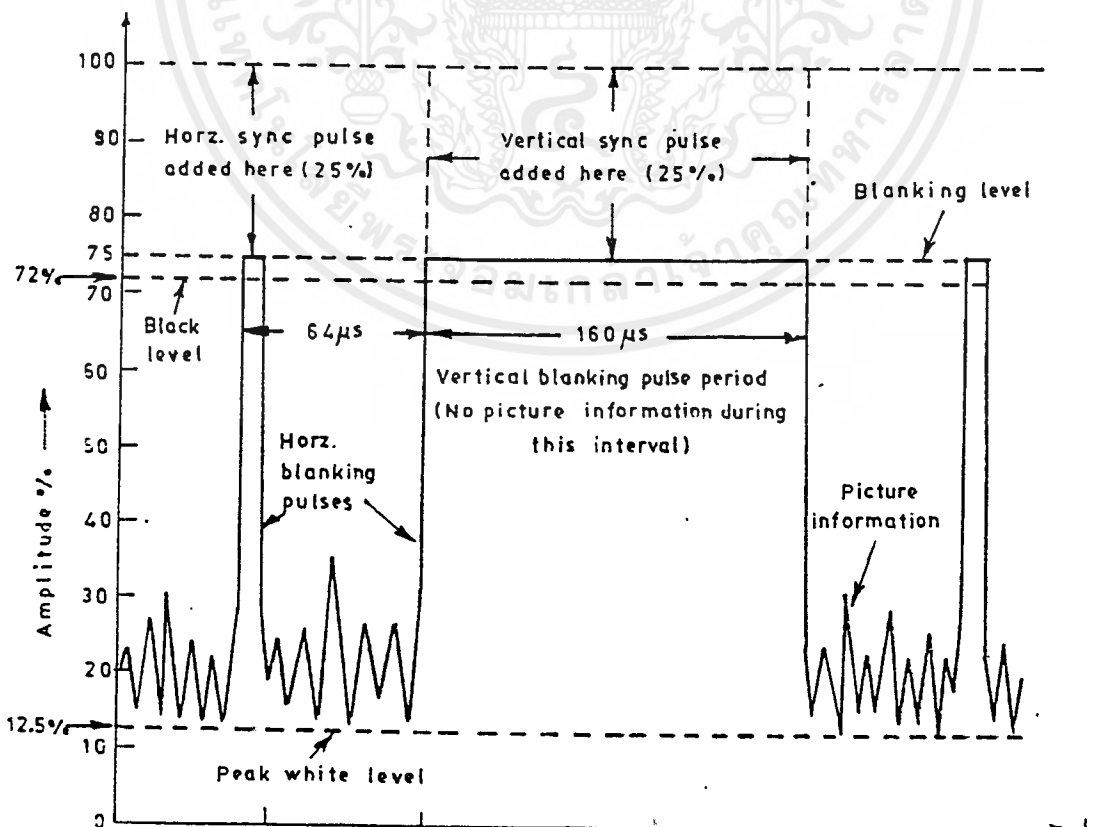
### 2.2.1 ภาคลูมินแนนซ์และดีเทกเตอร์

สัญญาณที่ออกจากภาค IF รวมจะมีขนาดราว 2 โวลท์ ซึ่งจะต้องถูกดีเทกเป็นสัญญาณคอมโพสิตวิดีโอ (COMPOSITE VIDEO) โดยทั่วไปสัญญาณขาวดำ สัญญาณสี และสัญญาณเสียง จะแยกออกไปยังภาคที่เกี่ยวข้องที่วงจรดีเทกเตอร์นี้

สำหรับเครื่องรับขาวดำจะนำเฉพาะสัญญาณ Y ไปใช้ในการสร้างภาพ โดยนำสัญญาณ Y ที่ได้จากการดีเทก กรอบ มีขนาดราว 1 โวลท์ไปขยายให้มีขนาดเพิ่มเป็นประมาณ 150 โวลท์ ในเครื่องรับขาวดำ วงจรขยายที่ทำหน้าที่ก็คือวงจรวิดีโอเอ๊าต์พุต ส่วนในเครื่องรับโทรทัศน์สีเราเรียกชื่อใหม่ว่าเป็นวงจรขยายลูมินแนนซ์

### 2.2.2 ภาควงจร

สัญญาณซิงค์ต่างๆ ที่แยกออกจากสัญญาณวิดีโอ จะส่งไปใช้ในการควบคุมการสแกนที่เครื่องรับ ความถี่ของออสซิลเลเตอร์ที่ควบคุมด้วยซิงค์พัลส์มี 2 ความถี่คือ ความถี่ลายน์ 15625 เฮิรตซ์ กับความถี่ฟิลด์ 50 เฮิรตซ์ สัญญาณเหล่านี้ถูกขยายด้วยวงจรฮอริซอนทัลเอ๊าต์พุตและเวอร์ติคัลเอ๊าต์พุตไปยังไคโครสโคปและเวอร์ตามลำดับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รูปที่ 2.8 สัญญาณควบคุมตำแหน่งภาพ

### 2.2.3 ภาคโครมิแนนซ์

ภาคนี้บางทีเรียกว่าภาคดีโคเดอร์สี ( COLOUR DECODER ) ทำหน้าที่หลักคือ แยกสัญญาณความแตกต่างสีออกจากสัญญาณคอมโพสิตสี ( COLOUR COMPOSITE )

### 2.2.4 การสร้างสัญญาณโทรทัศน์

สัญญาณรายละเอียดภาพ ซึ่งเป็นแรงดันกระแสสลับที่แปรเปลี่ยนค่าไปตามความสว่างของภาพ ที่ได้ออกมาจากหลอดเก็บสัญญาณภาพนั้น จะต้องถูกส่งไปรวมกับสัญญาณควบคุมตำแหน่งภาพและลบเส้นสับคกลับซึ่งสร้างจากวงจรชุดสร้างความถี่ ได้แก่

#### 1.สัญญาณควบคุมตำแหน่งภาพทางแนวนอน ( ฮอริซอนตัลซิงค์ )

คือ แรงดันช่วงสั้นๆ (พัลส์) ประมาณ 4.7 ไมโครเซคกัน เป็นสัญญาณที่มีระดับแรงดันต่ำที่สุด ( ต่ำกว่าจุดคัทออฟของหลอดภาพ ) ส่งไปยังเครื่องรับ เพื่อเป็นสัญญาณอ้างอิงในการสร้างความถี่ของวงจรสร้างสัญญาณเบี่ยงเบนทางแนวนอนในเครื่องรับ เพื่อให้เกิดการทำงานที่ได้จังหวะกับสัญญาณเบี่ยงเบนทางแนวนอนที่สร้างขึ้นที่สถานีส่ง ตำแหน่งของภาพที่เกิดขึ้นหน้าจอเครื่องรับจึงถูกต้องตรงกับตำแหน่งของภาพที่ปรากฏที่เครื่องส่งทางแนวนอน สัญญาณนี้จะส่งรวมกับสัญญาณฮอริซอนตัลเบลตงกิ้ง โดยส่งรวมกับสัญญาณภาพไปในช่วงจังหวะสับคกลับทางแนวนอน ซึ่งเป็นจังหวะที่ไม่มีสัญญาณภาพ

#### Details of Horizontal Scanning

| Period            | Time ( $\mu$ s ) |
|-------------------|------------------|
| Total line ( H )  | 64               |
| Horz blanking     | $12 \pm 0.3$     |
| Horz sync pulse   | $4.7 \pm 0.2$    |
| Front porch       | $1.5 \pm 0.3$    |
| Back porch        | $5.8 \pm 0.3$    |
| Visible line time | 52               |

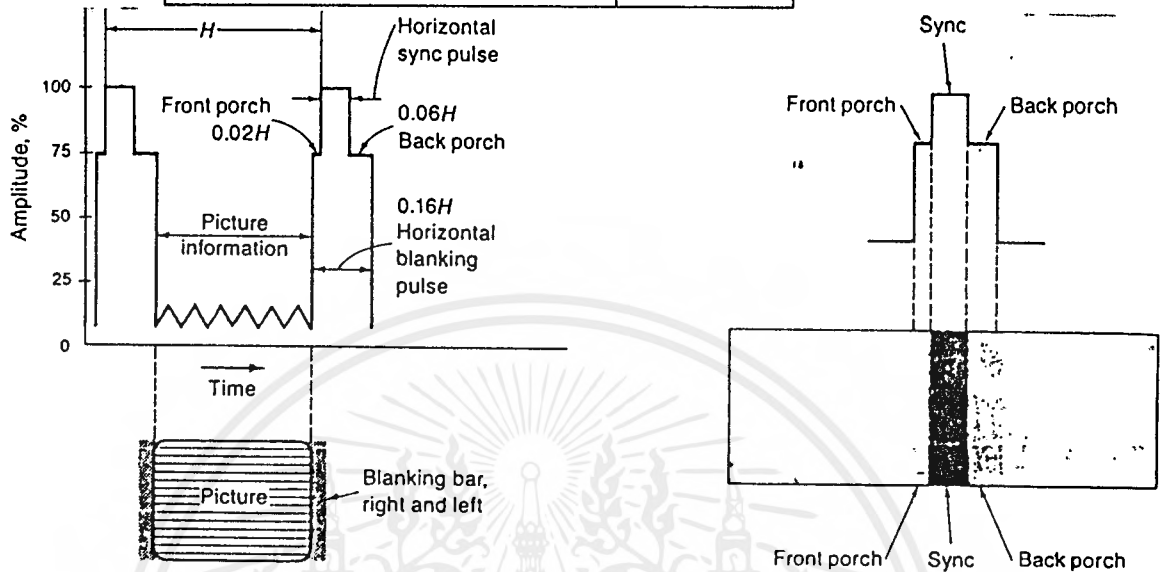
#### 2.สัญญาณลบเส้นสับคกลับทางแนวนอน ( ฮอริซอนตัลเบลตงกิ้ง )

คือค่าแรงดันที่มีระดับสูงกว่าฮอริซอนตัลซิงค์ ประมาณ 25-30% มีช่วงเวลาประมาณ 12.05 ไมโครเซคกัน โดยค่าแรงดันนี้จะอยู่ในระดับคัทออฟของหลอดภาพ ส่งไปยังเครื่องรับเพื่อทำให้หลอดภาพคัทออฟในจังหวะสับคกลับทางแนวนอน จึงไม่เห็นแสงของเส้นสับคกลับทางแนวนอน ปรากฏหน้าจอสัญญาณนี้จะส่งรวมกับฮอริซอนตัลซิงค์เดิมลงไปในสัญญาณภาพตรงช่วงสับคกลับทางแนวนอน ซึ่งไม่มีสัญญาณภาพ

#### Details of Horizontal Blanking

| Period           | time, $\mu$ s |
|------------------|---------------|
| Total line ( H ) | 63.5          |
| H blanking       | 9.5-11.5      |

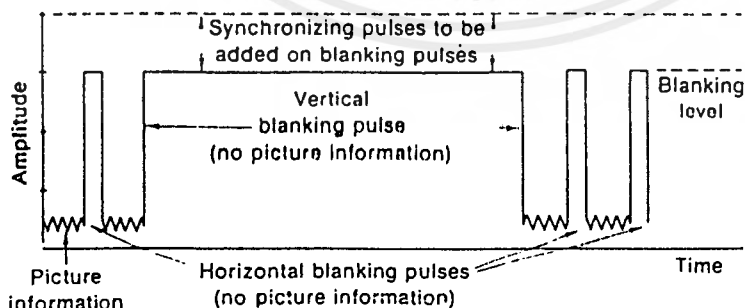
|                   |                |
|-------------------|----------------|
| H sync pulse      | $4.75 \pm 0.5$ |
| Front Porch       | 1.27 ( min )   |
| Back porch        | 3.18 ( min )   |
| Visible line time | 52 - 54        |



รูปที่ 2.9 การผสมสัญญาณควบคุมตำแหน่งภาพทางแนวนอน

### 3. สัญญาณควบคุมตำแหน่งภาพทางแนวตั้ง (เวอร์ติคัลซิงค์)

คือสัญญาณที่มีระดับแรงดันเท่ากับสัญญาณซอริซอนตัลซิงค์ แต่ช่วงเวลาในการเกิดแรงดันนั้นจะนานกว่าซอริซอนตัลซิงค์ คือ แบ่งออกเป็นช่วงๆ 5 ช่วง ( 5 พัลส์ ) แต่ละช่วงเกิดนานประมาณ 29 ไมโครเซกกัน และเว้นระยะห่างกัน 4.7 ไมโครเซกกัน ส่งไปยังเครื่องรับ เพื่อเป็นสัญญาณอ้างอิงสำหรับวงจรเบี่ยงเบนทางแนวตั้งเพื่อให้สร้างความถี่ออกมาได้จึงหะคล้องจองกับสัญญาณเบี่ยงเบนทางแนวตั้งที่สร้างขึ้นที่เครื่องส่ง ตำแหน่งภาพที่หน้าจอเครื่องรับจึงถูกต้องตรงกับตำแหน่งภาพที่เครื่องส่งทางแนวตั้ง สัญญาณนี้จะส่งร่วมกับสัญญาณภาพ มาในจังหวะสลับกลับทางแนวตั้งซึ่งเป็นจังหวะที่ไม่มีสัญญาณภาพ



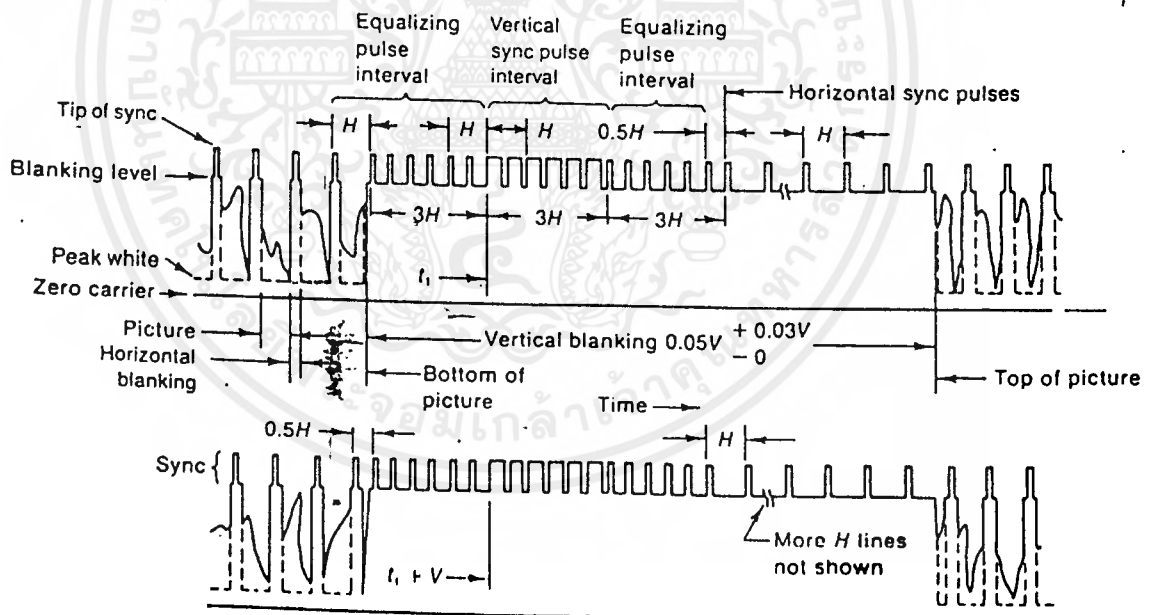
รูปที่ 2.10 สัญญาณควบคุมตำแหน่งภาพแนวตั้ง

### 4. สัญญาณลบเส้นสลับกลับทางแนวตั้ง (เวอร์ติคัลแบลกกิง)

คือ พัลส์ช่วงเวลาสั้นๆ ประมาณพัลส์ละ 2.35 ไมโครเซกกัน จำนวน 2 ชุด ชุดละ 5 พัลส์เติมลงไปนำหน้าและตามหลังเวอร์ติคัลซิงค์ เพื่อรักษารูปร่างและช่วงเวลาของเวอร์ติคัลซิงค์ให้สมบูรณ์ขณะที่แยกออกจากสอริซอนคัลซิงค์ อันจะทำให้การสอคแทรกสัญญาณภาพลงไปเปลี่ยนแปลงความสว่างของราสเตอร์แต่ละพัลส์ให้เป็นไปอย่างถูกต้อง

#### Details of Vertical Blanking

| Period                     | Time                                                |
|----------------------------|-----------------------------------------------------|
| Total field (v)            | $1/60=0.0167\text{s}$                               |
| V blanking                 | $0.05v-0.08v, \text{or}$<br>$0.0008-0.0013\text{s}$ |
| Each v sync pulse          | $27.35 \mu\text{s}$                                 |
| Total of six v sync pulses | $3H=190.5 \mu\text{s}$                              |
| Each E pulse               | $0.04H=2.54 \mu\text{s}$                            |
| Each serration             | $0.07H=4.4 \mu\text{s}$                             |
| Visible field time         | $0.92v-0.95v, \text{or}$<br>$0.015-0.016\text{s}$   |



รูปที่ 2.11 สัญญาณควบคุมตำแหน่งภาพแนวตั้งและจังหวะสลับกลับ

#### 5. สัญญาณรักษารูปร่างของสัญญาณเวอร์ติคัลซิงค์ (อีควอลไลซิงพัลส์)

เป็นแรงดันที่ส่งไปทำให้หลอดคาทอดออฟในช่วงระยะเวลาสลับกลับทางแนวตั้ง เพื่อทำให้มองไม่เห็นแสงที่เกิดจากการที่ลำอิเล็กตรอนวิ่งจากขอบจอด้านล่างขึ้นไปยังขอบจอด้านบนในจังหวะสลับกลับทางแนวตั้ง ซึ่งมีช่วงเวลาประมาณ 25 เส้นสแกนทางแนวนอน (25H) ด้วยเหตุนี้สัญญาณนี้จึงส่งร่วมกับสัญญาณโดยเติมลงไปตรงจังหวะสลับกลับทางแนวตั้งของสัญญาณภาพ ซึ่งเป็นจังหวะที่ไม่มีสัญญาณรายละเอียดภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

First Field ( Odd Field )

Line numbers.: one to 1 st-half of 313 th line ( 312.5 lines )

1,2 and 3 rd 1 st-half , lines                      2.5 lines                      Vertical sync pulses

3 rd 2 nd-half , 4, and 5                      2.5 lines Post-vertical sync-

equalizing pulses.

6 to 17 , and 18 th 1 st-half 12.5 lines                      blanking retrace pulses

18 th 2<sup>nd</sup>-half to 310                      292.5 lines                      picture details

311, 312, and 313 th 1 st-half                      2.5 lines Pre-vertical sync-

equalizing pulses for the

2 nd field

Total number of lines = 312.5

Second Field ( Even Field )

Line numbers: 313 th 2 nd-half to 625 ( 312.5 lines )

313 2 nd-half, 314 and 315 2.5 lines                      Vertical sync pulses

316, 317 and 318 th 1 st-half                      2.5 lines Post-vertical sync-

equalizing pulses.

318 th 2 nd-half-to 330                      12.5 lines                      Blanking retrace pulses

331 to 1 st-half of 623 rd                      292.5 lines                      Picture details

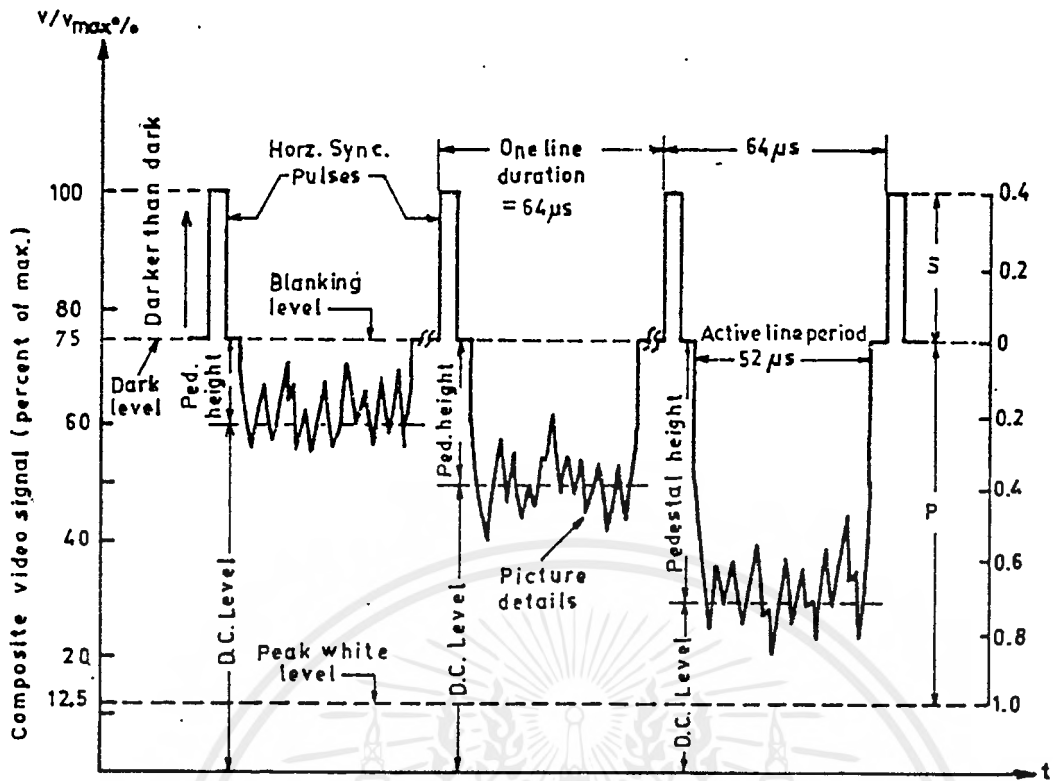
623 2 nd-half, 624 and 625 2.5 lines Pre-vertical sync-

equalizing pulses for the

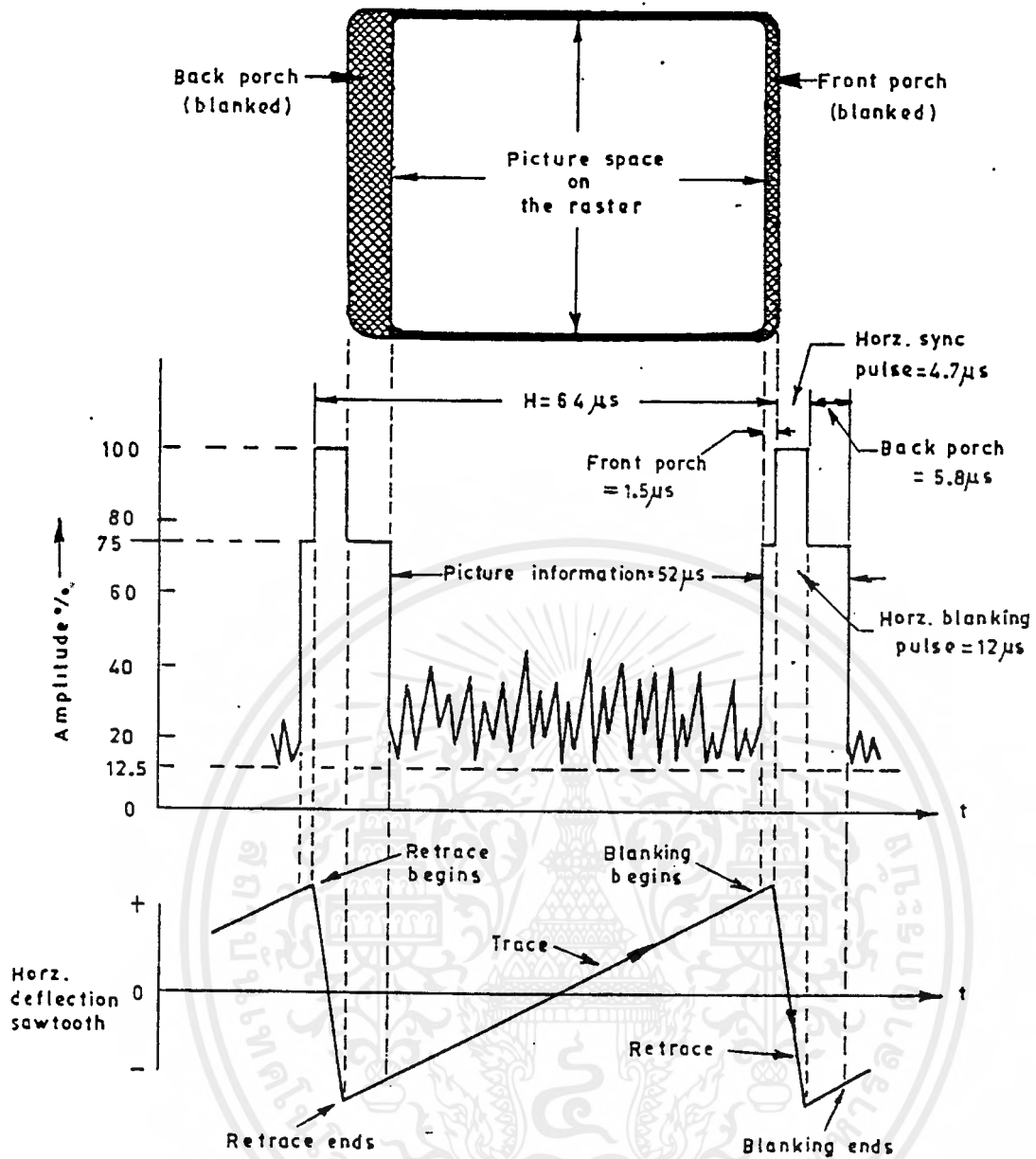
1 st field

Total Number of lines = 312.5

**Total number of lines per Frame = 625**



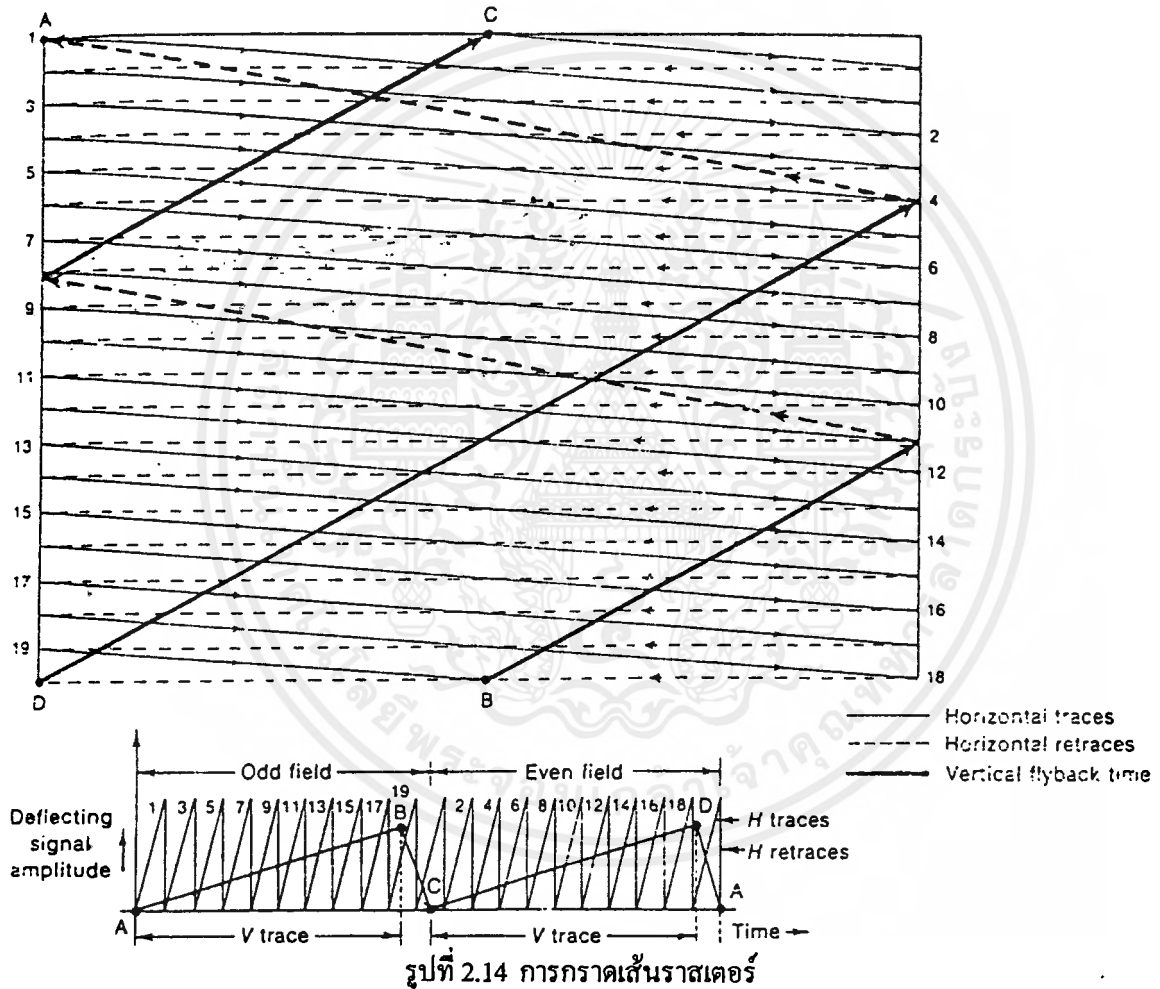
รูปที่ 2.12 สัญญาณวิศิโ



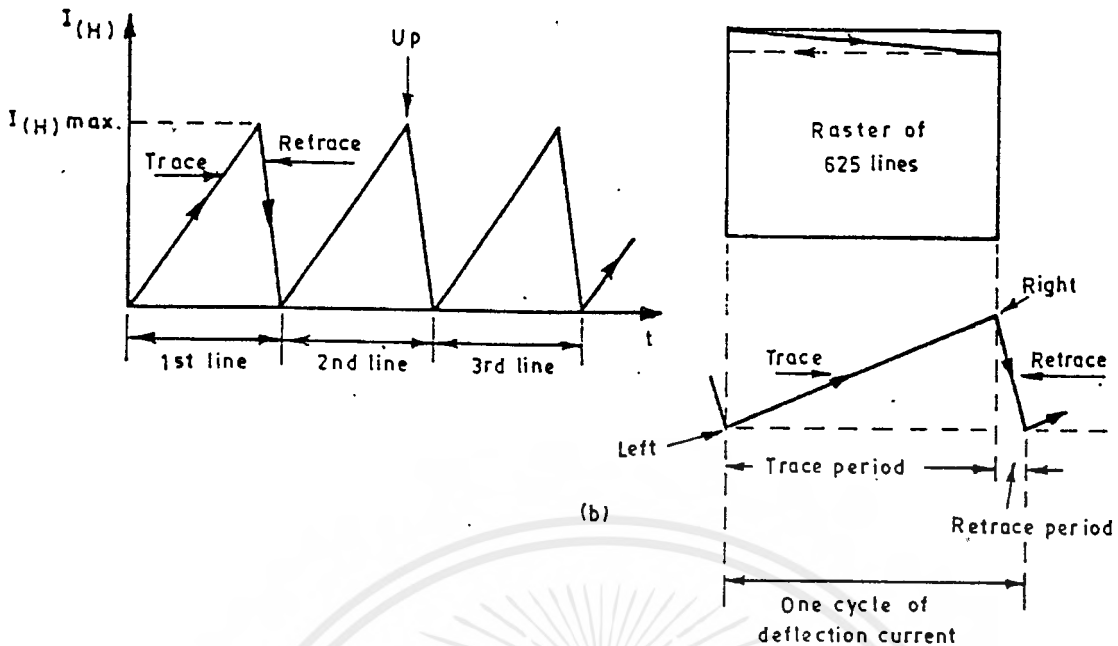
รูปที่ 2.13 สัญญาณควบคุมตำแหน่งภาพและจังหวะสลับกลับ

### 2.3 การสร้างราสเตอร์

ในการสร้างแสงที่หน้าจอโทรทัศน์นั้นมีความต้องการให้เกิดเส้นแสงสว่างทางแนวนอน ( ราสเตอร์ ) เฉพาะตรงจังหวะที่ลำอิเล็กตรอนวิ่งจากด้านซ้ายไปทางด้านขวา ซึ่งเรียกว่า จังหวะกราด หรือ จังหวะเทรซเท่านั้น ส่วนจังหวะที่ลำอิเล็กตรอนวิ่งจากด้านขวามายังด้านซ้าย ซึ่งเรียกว่าจังหวะสะบัดกลับหรือรีเทรซนั้น ไม่ต้องการเห็นแสง จึงใช้สัญญาณซึ่งมีลักษณะเป็นพัลส์ช่วงเวลาสั้นๆ ซึ่งเรียกว่าสัญญาณลบเส้นสะบัดกลับทางแนวนอน หรือฮอริซอนตัลแบลลิ่ง ส่งไปเพื่อให้หลอดภาพ เพื่อทำให้คัทออฟในจังหวะสะบัดกลับ ด้วยเหตุนี้แสงที่เกิดขึ้นหน้าจอภาพจึงเกิดจากเส้นแสงสว่างซึ่งเรียกว่า ราสเตอร์ ที่เกิดจากการวิ่งของลำอิเล็กตรอน จากด้านซ้ายไปยังด้านขวาเท่านั้น เรียงรายกันลงมาจากขอบจอด้านบนถึงขอบจอด้านล่างส่วนจังหวะสะบัดกลับจะมองไม่เห็นแสงจึงเห็นเป็นเส้นสีดำคั่นอยู่ระหว่างเส้นราสเตอร์แต่ละเส้น



รูปที่ 2.14 การกราดเส้นราสเตอร์



รูปที่ 2.15 จังหวะการกราดเส้นราสเตอร์

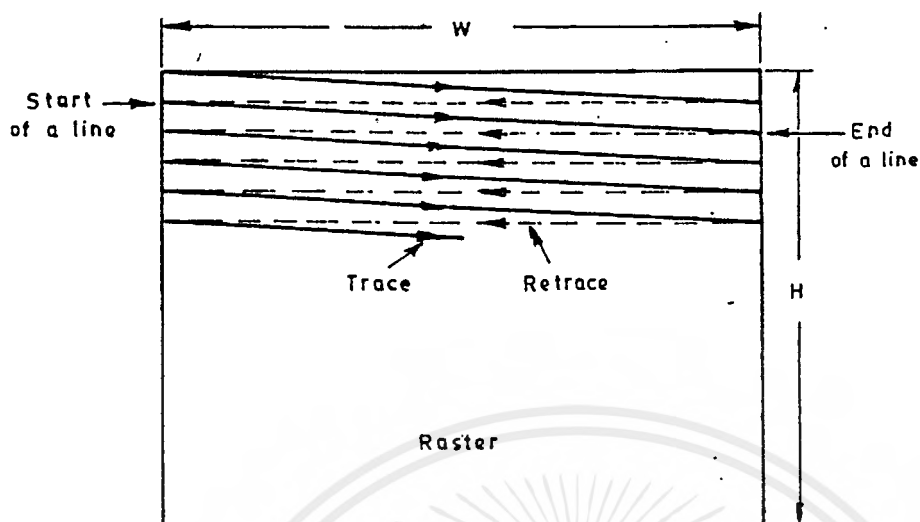
### 2.3.1 การสร้างเส้นราสเตอร์แบบกราดสลับเส้น (INTERLACED SCANNING)

จำนวนของเส้นราสเตอร์ที่ปรากฏหน้าจอ นั้น เปรียบเหมือนส่วนของภาพที่ถูกตัดซอยออกมาเป็นชิ้นเล็กๆทางแนวนอน เนื่องจากสัญญาณโทรทัศน์จะสร้างจากส่วนของภาพที่ถูกแยกออกเป็นเส้นทางแนวนอน เรียงรายลงมาจากด้านบนสู่ด้านล่างเช่นกัน ดังนั้นจึงจำนวนเส้นราสเตอร์ที่ใช้ในการสร้างภาพมีมาก ความละเอียดชัดเจนของภาพก็จะยิ่งสูง แต่ก็จะมีขอบเขตจำกัดจากแถบความถี่ของสัญญาณภาพ คือ ถ้าจำนวนเส้นต่อภาพสูง แถบความถี่ของสัญญาณภาพจะกว้างมาก ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาทางด้านคุณสมบัติของวงจร ที่จะนำมาใช้ในการส่งและรับสัญญาณรวมทั้งความจำกัดต่อจำนวนช่องของสถานีที่ใช้ออกอากาศในแถบความถี่แต่ละย่านด้วย สำหรับในประเทศไทยใช้ระบบยุโรป ระบบ B ซึ่งเรียกว่ามาตรฐานของ CCIR (CCIR = INTERNATIONAL RADIO CONSULTATIVE COMMITTEE)

ราสเตอร์ที่สร้างขึ้นสร้างหน้าจอเครื่องรับโทรทัศน์นั้น จะไม่สร้างเรียงรายต่อเนื่องกันลงมา จากด้านบนสู่ด้านล่างเป็นจำนวน 625 เส้น ในครั้งเดียว เพราะจะเกิดปัญหาเรื่องการ flicker (แสงกระพริบนหน้าจอ) จึงใช้วิธีสร้างราสเตอร์แบบกราดสลับเส้น โดยแบ่งการกราดออกเป็น 2 ชุด

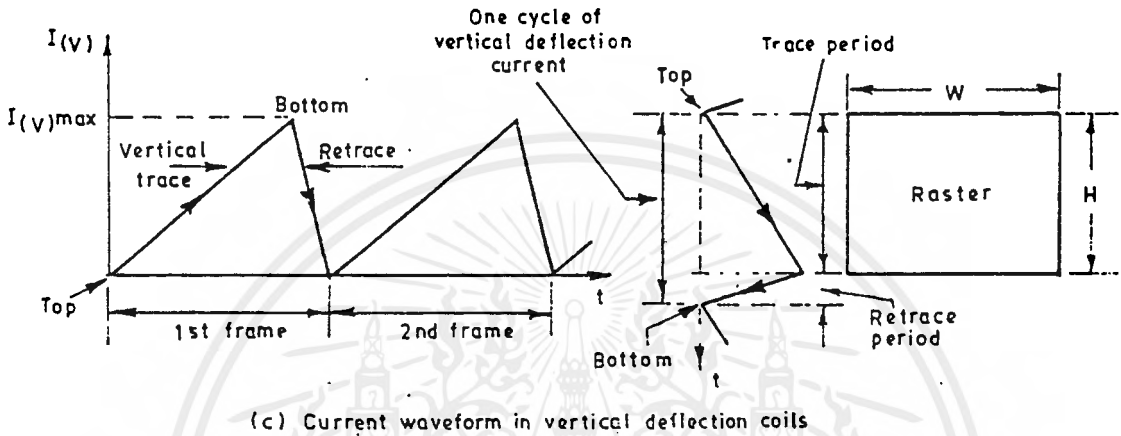
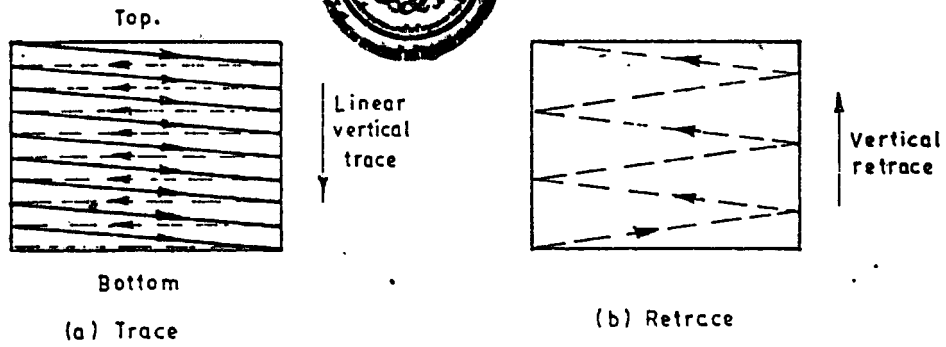
ชุดแรกกราดสร้างเส้นราสเตอร์เส้นเว้นเส้นให้เรียงรายจากขอบจอด้านบนลงสู่ด้านล่าง เป็นจำนวน 312.5 เส้น โดยใช้เวลาในการสร้าง 1/50 วินาที เรียกว่าช่วงเวลากการกราดฟิลด์ที่ 1 หรือการกราดฟิลด์เส้นคู่

ชุดที่สองจะสร้างแซมตรงช่องว่างระหว่างเส้นราสเตอร์ของฟิลด์ที่ 1 ซึ่งเรียงรายจากด้านบนสู่ด้านล่างอีก เป็นจำนวน 312.5 เส้นโดยใช้เวลา 1/50 วินาที เช่นกัน เรียกว่า การกราดฟิลด์ที่ 2 หรือฟิลด์เส้นคี่ ดังนั้นราสเตอร์ที่ปรากฏบนหน้าจอจำนวน 625 เส้น ( $312.5H + 312.5H = 625H$ ) โดยใช้เวลาในการสร้างทั้งหมด 1/25 วินาที (20ms)

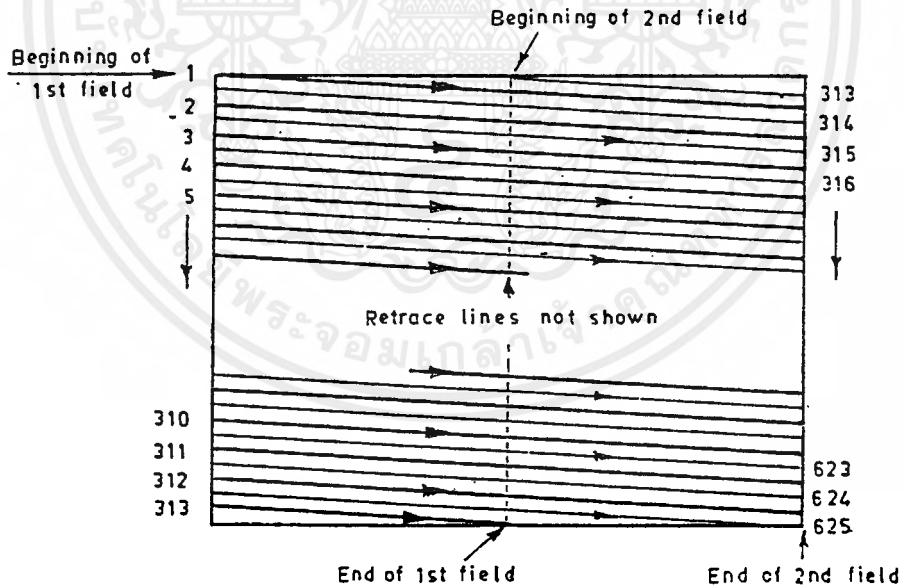


รูปที่ 2.16 จุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของการกราดเส้นราสเตอร์

เส้นราสเตอร์ที่มองเห็นปรากฏอยู่บนหน้าจอโทรทัศน์นั้น จะมีจำนวนจริงไม่ถึง 625 เส้น ทั้งนี้เนื่องจากจะสูญเสียไปในจังหวะสลับกลับทางแนวตั้งครึ่งละ 25 เส้น ซึ่งการสร้างเส้นราสเตอร์ 2 ฟิวด์ จะเกิดการสลับกลับทางแนวตั้ง 2 ครั้ง เส้นราสเตอร์จะหายไปจำนวน  $25+25 = 50$  เส้น ดังนั้นเส้นราสเตอร์ที่ปรากฏบนจอจึงมีจำนวนเท่ากับ  $625-50 = 575$  เส้น เท่านั้น โดยจำนวนราสเตอร์ที่เรียงรายจากขอบจอด้านบนมาถึงขอบจอด้านล่างของแต่ละฟิวด์นั้นจะมีจำนวน  $312.5-25 = 287.5$  เส้น



รูปที่ 2.17 จังหวะการกราดเส้นราสเตอร์



รูปที่ 2.18 จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของการกราดเส้นราสเตอร์

### 2.3.2 การสร้างราสเตอร์ฟิลด์ที่ 1

ใช้เวลาในการกราดและสับกลับทางแนวดิ่ง เพื่อสร้างราสเตอร์จำนวน 312.5 เส้น ในเวลา  $1/50$

วินาที

จังหวะการกดทางแนวตั้งของฟิล์มที่ 1 ลำอิเล็กตรอนจะถูกเบี่ยงเบนให้วิ่งเฉียงสร้างเส้นแสงสว่างทางแนวนอน เรียงรายจากขอบจอด้านบนเส้นเว้นเส้นลงมาสู่ขอบจอด้านล่างจำนวน 287.5 เส้น โดยใช้เวลา 18.4 ms

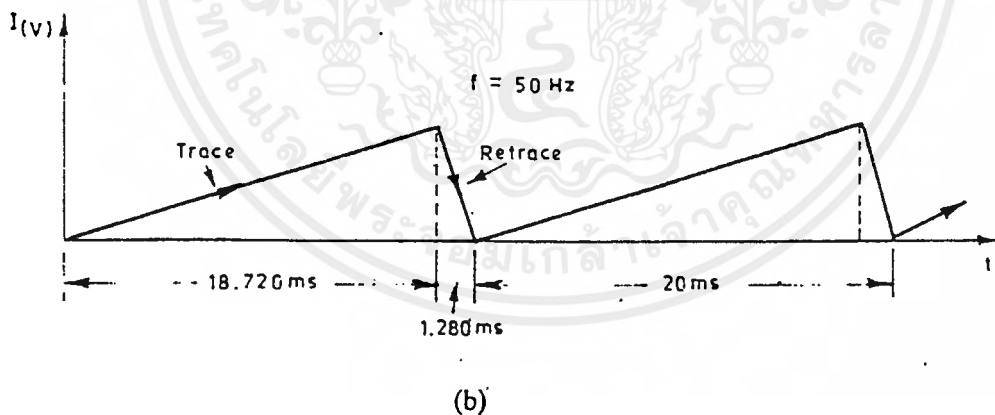
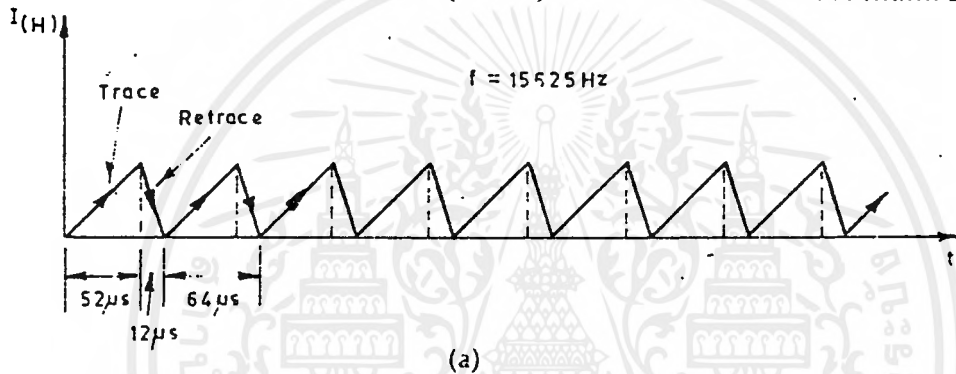
จังหวะสลับกลับทางแนวตั้งของฟิล์มที่ 1 ลำอิเล็กตรอนจะถูกเบี่ยงเบนให้วิ่งจากขอบจอด้านล่างสู่ด้านบนเพื่อ เริ่มต้นสร้างเส้นราสเตอร์ฟิล์มที่ 2 โดยใช้เวลาประมาณ 25 เส้น (1.6 ms)

### 2.3.3 การสร้างเส้นราสเตอร์ฟิล์มที่ 2

ใช้เวลาในการกดและสลับกลับทางแนวตั้ง เพื่อสร้างเส้นราสเตอร์จำนวน 312.5 เส้น ในเวลา 1/50 วินาที (20 ms)

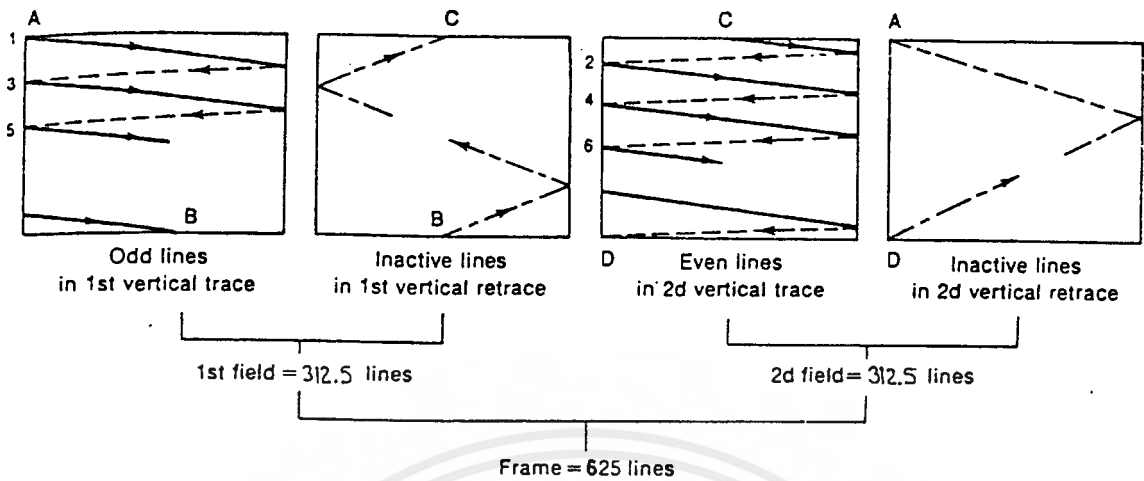
จังหวะการกดทางแนวตั้งของฟิล์มที่ 2 จะสร้างเส้นราสเตอร์ แคมตรงช่องว่างระหว่างราสเตอร์ ของฟิล์มที่ 1 เรียงรายกันลงมาจากขอบจอด้านบน สู่ขอบจอด้านล่าง จำนวน 287.5 เส้น โดยใช้เวลา 18.4 ms

จังหวะสลับกลับทางแนวตั้งของฟิล์มที่ 2 ลำอิเล็กตรอน จะถูกเบี่ยงเบนให้วิ่งจากขอบจอด้านล่างขึ้นไปสู่ขอบจอด้านบนโดยใช้เวลาประมาณ 25 เส้น (1.6 ms) เพื่อเริ่มสร้างเส้นราสเตอร์ของฟิล์มที่ 1 ซ้ำอีก



รูปที่ 2.19 จังหวะการกดเส้นราสเตอร์

การสร้างราสเตอร์จะสลับกันไประหว่างฟิล์มที่ 1 และฟิล์มที่ 2 ด้วยอัตรา 50 ครั้งต่อวินาที เนื่องจากมีความเร็วสูงมาก อาจจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไม่ได้ จึงมองเห็นเป็นเส้นราสเตอร์จำนวน 625 เส้น (รวมจังหวะสลับกลับทางแนวตั้ง 50 เส้นด้วย) ปรากฏเต็มจอตลอดเวลา



รูปที่ 2.20 จังหวะการกราดจนครบ 1 ภาพ

#### 2.3.4 การสร้างภาพหน้าจอโทรทัศน์

สัญญาณภาพจากสถานีโทรทัศน์ถูกส่งมาเป็นชุดๆ แต่ละชุดเรียกว่าสัญญาณ 1 ฟิวด์ ซึ่งประกอบด้วยรายละเอียดของสัญญาณภาพจำนวน 312.5 เส้น (รวมจังหวะสลับกลับทางแนวตั้งด้วย) อันเป็นอัตราเดียวกับการกราดของราสเตอร์ที่หน้าจอภาพของเครื่องรับ 1 ฟิวด์เช่นกัน สัญญาณภาพแต่ละเส้นจะทำให้ราสเตอร์แต่ละเส้นเปลี่ยนแปลงความสว่างเกิดเป็นส่วนของภาพปรากฏขึ้นที่หน้าจอภาพ สัญญาณจำนวน 2 ฟิวด์ จะทำให้ราสเตอร์จำนวน 625 เส้น เปลี่ยนแปลงความสว่างเกิดเป็นภาพที่สมบูรณ์ปรากฏขึ้นภาพ 1 ภาพ ในเวลา  $1/25$  วินาที (อัตราการเกิดภาพที่หน้าจอเครื่องรับโทรทัศน์เท่ากับ 25 ภาพต่อวินาที)

2.4 การเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

(Analog to Digital Conversion)

สัญญาณ  $f(t)$  จะถูกเรียกว่าเป็น สัญญาณที่มีความต่อเนื่องกับเวลา( continuous time)หรือสัญญาณอนาล็อก(Analog signal) ซึ่งสามารถที่จะหาค่าได้ทุกค่าของตัวแปรเวลา(time;t) ถ้า  $f(t)$  ถูกกำหนดให้มีค่าเป็นค่าๆหนึ่งที่เวลา  $t$  ใดๆ มันจะถูกเรียกว่า สัญญาณที่ไม่ต่อเนื่อง(Discrete time signal or analog sampled data signal)

สมมติว่า  $f(t)$  สัญญาณที่ไม่ต่อเนื่อง ขนาดของ  $f(t)$  จะมีค่าเป็นค่าที่ไม่ต่อเนื่อง ที่เวลา  $t$  หนึ่งๆเท่านั้น และถ้าค่านั้นถูกแสดงโดยรหัส(Code) เช่นรหัสฐาน2(Binary code) สัญญาณนั้นๆจะถูกเรียกว่า “สัญญาณดิจิทัล” (Digital signal)

ก่อนที่จะสัญญาณอนาล็อกจะสามารถประมวลผลในระบบดิจิทัลได้นั้น มันจะต้องถูกเปลี่ยนไปให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิทัลเสียก่อน

ขั้นแรกในกระบวนการแปลงสัญญาณเป็นดิจิทัล (Digitization process) ก็คือการสุ่มเอาสัญญาณ

$f(t)$

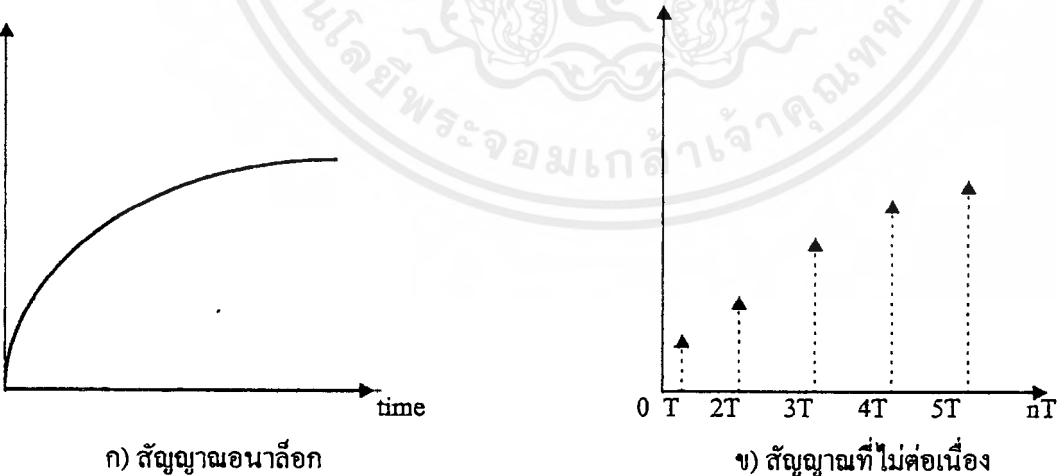
ที่เป็นจังหวะของเวลา(Regular) :  $nT$  ( $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ ) ซึ่งมันก็คือการเปลี่ยนสัญญาณที่มีความต่อเนื่องของเวลา ไปเป็นสัญญาณที่ไม่มีความต่อเนื่องนั่นเอง ตอนนี้เราจะได้สัญญาณนี้เป็น  $f(nT)$  ซึ่ง  $T$  เรียกว่าคาบของการสุ่ม (Samling period) ดังนั้นสัญญาณจะขึ้นอยู่กับลำดับของตัวเลข

$\{ f(nT) \} = \{ f(0), f(\pm T), f(\pm 2T), \dots \}$  (2.4.1)

$f(t) = 0 ; t < 0$  จะได้

$\{ f(nT) \} = \{ f(0), f(1), f(2), \dots \}$  (2.4.2)

ในสมการข้างต้นสัญญาณ  $f(nT)$  จะเป็นค่าที่สุ่มในลำดับที่  $n$



รูปที่ 2.21 แสดงความแตกต่างของสัญญาณก่อนและหลังการสุ่ม

### 2.4.1 การสุ่มสัญญาณ

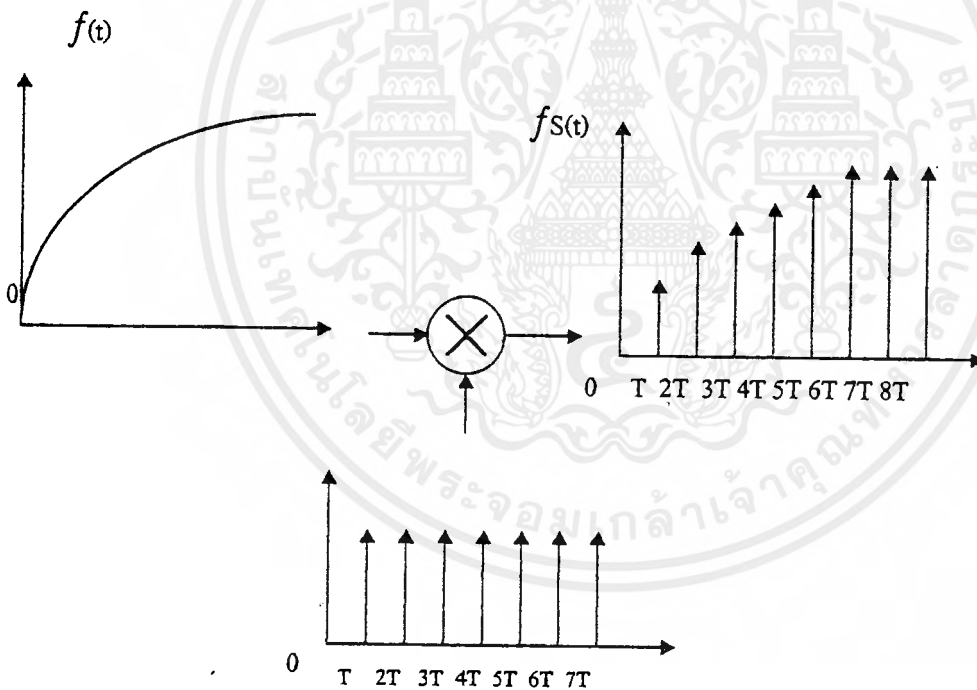
(Sampling)

การสุ่มสัญญาณในทางอุดมคติโดยใช้อิมพัลส์ (Ideal impulse sampling) ถึงแม้ว่าสัญญาณอิมพัลส์ในทางปฏิบัติกายภาพ (Physically) จะไม่สามารถผลิตขึ้นมาได้แต่ก็มีความสำคัญมากในการอธิบายการสุ่มสัญญาณจะพิจารณาสัญญาณอนาล็อก  $f(t)$  ถูกคูณด้วยสัญญาณที่เป็นขบวนอิมพัลส์ (Impulse trains)

$$\delta(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT) \quad (2.4.3)$$

เราจะได้สัญญาณเป็น  $f_s(t)$

$$f_s(t) = f(t) \cdot \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT) \quad (2.4.4)$$



รูป 2.22 แสดงการมอดูเลตด้วยอิมพัลส์

โดยการใช้คุณสมบัติคือ

$$f_s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} f(nT) \delta(t - nT) \quad (2.4.5)$$

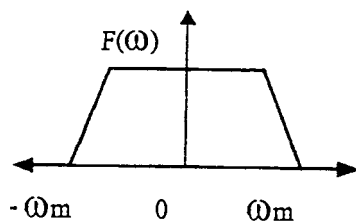
ซึ่งค่าของ  $f_s(t)$  เท่ากับค่าชั่วขณะของ  $f(t)$  ที่ลำดับ  $n$  คือ  $f(nT)$  คูณกับขบวนสัญญาณของอิมพัลส์นั่นเองในรูปแบบที่ 2 จะเป็นตัวอย่าง ของการมอดูเลตแบบอิมพัลส์ซึ่งจะถือว่าขบวนสัญญาณพัลส์เป็นสัญญาณการสุ่ม (Sampling signal)

พิจารณาผลของกระบวนการสุ่มสัญญาณ โดยฟูเรียร์ทรานสฟอร์มของสัญญาณเดิม  $f(t)$  เราให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้ในงานการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f(t) \leftrightarrow F(\omega)$$

สมมติเราให้  $F(\omega)$  มีย่านจำกัด (Bandlimited) อยู่ที่  $\omega_m$  ดังรูป



$$|F(\omega)| = 0 ; |\omega| \geq \omega_m$$

โดยการความสัมพันธ์ของคอนโวลูชัน (Convolution relation) มาประยุกต์แล้วพิจารณา  $f(t)$  และ  $S_\infty(t)$  เพราะฉะนั้นเราจะได้ผลการแปลงฟูเรียร์ของสัญญาณ  $f_s(t)$  ดังนี้

$$F[f_s(t)] = F[f(t) \cdot \delta_\infty(t)]$$

$$= \frac{1}{2\pi} F[f(t)] * F\left(\sum_{r=-\infty}^{\infty} \delta(t - rT)\right)$$

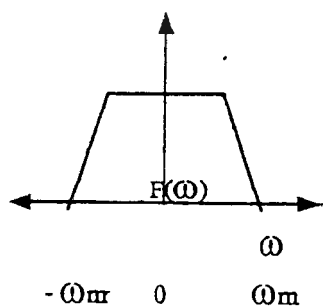
$$F\left(\sum_{r=-\infty}^{\infty} \delta(t - rT)\right) = \omega \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(\omega - n\omega)$$

$$= \frac{2\pi}{T} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta\left(\omega - \frac{2n\pi}{T}\right) \quad (2.4.7)$$

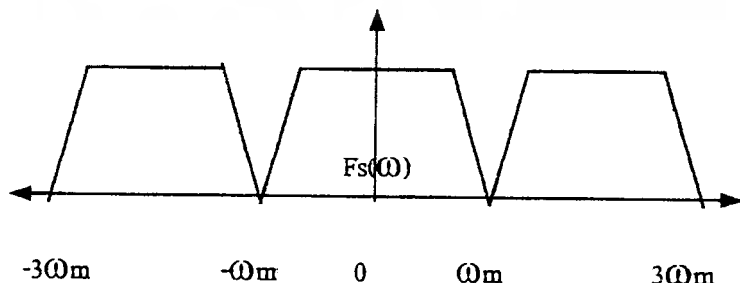
ในกระบวนการของคอนโวลูชัน เราจะได้

$$F_s(\omega) = \frac{1}{T} \sum_{n=-\infty}^{\infty} F(\omega - n\omega) \quad (2.4.8)$$

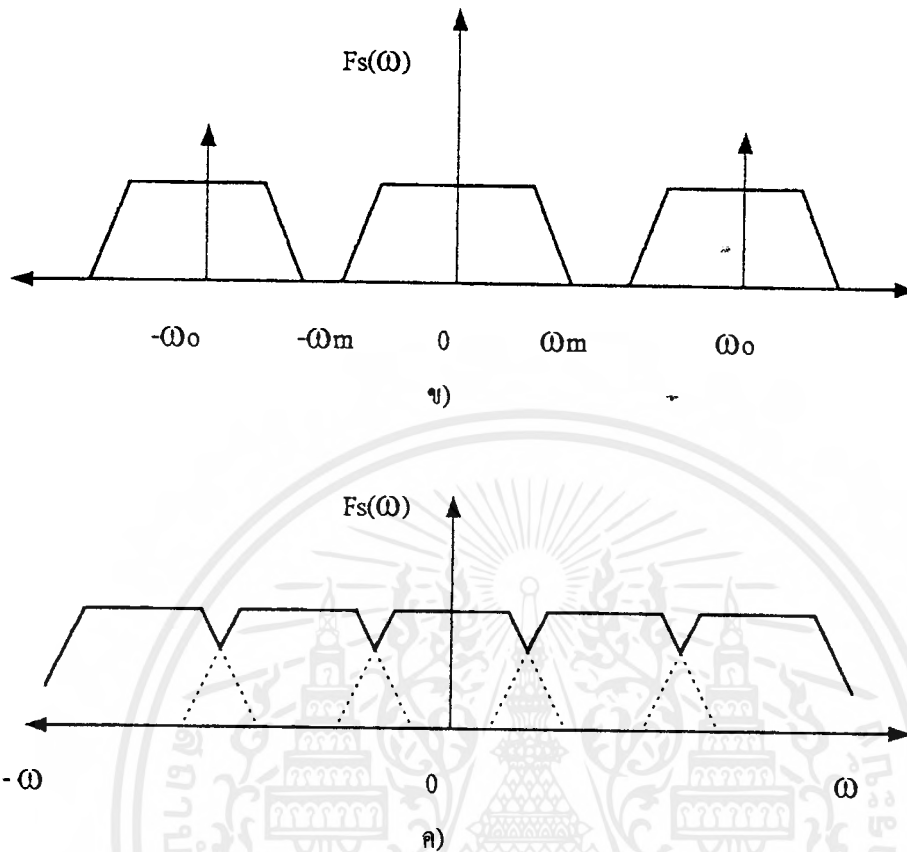
ดังนั้นสเปกตรัมของสัญญาณที่ถูกสุ่ม จะประกอบด้วยสเปกตรัมของ  $F(\omega)$  ซึ่งเป็นสัญญาณเดิม (original continuous time signal) กระจายออกไปเป็นคาบตามแกนของ  $\omega$  ดังรูป ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญมาก เพราะมันจะเป็นผลที่ตามมาเนื่องจากกระบวนการสุ่มสัญญาณ



ก)



ง)



รูป 2.23 เป็นผลมาจากการกระบวนการสุ่มสัญญาณ

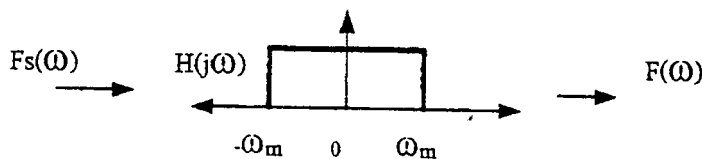
- ก) สเปกตรัมของสัญญาณเดิม
- ข) สเปกตรัมของการสุ่มสัญญาณที่  $\omega_0 > 2\omega_m$
- ค) สเปกตรัมของการสุ่มสัญญาณที่  $\omega_0 < 2\omega_m$
- ง) สเปกตรัมของการสุ่มสัญญาณที่  $\omega_0 = \omega_m$

ซึ่ง  $\omega_0 > 2\omega_m$  หมายความว่า  $\omega_0$  เป็นความถี่ของการสุ่มสัญญาณที่มีค่ามากกว่า 2 เท่าของความถี่สูงสุดของสัญญาณ  $f(t)$ ;  $F(\omega)$  ในกรณีนี้  $F(\omega)$  สามารถที่จะกู้สัญญาณกลับคืนมาได้โดยการให้  $F_s(\omega)$  ผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำซึ่งจะจำกัดสเปกตรัมดังนี้

$$\sum_{r=-\infty}^{\infty} F(\omega - r\omega_0) \quad \text{for } r = 1, 2, 3, \dots \quad (2.4.9)$$

ในรูป ค) สเปกตรัมของ  $F_s(\omega)$  แสดงกรณีของ  $\omega_0 < 2\omega_m$  ซึ่งจะหมายความว่าความถี่ของการสุ่มสัญญาณน้อยกว่าสองเท่าของความถี่สูงสุดของสัญญาณเดิม ในกรณีนี้สเปกตรัมที่เป็นคาบๆ จะเกิดการทับกัน(Overlap) ผลที่ตามมาเรียกว่า “การทับซ้อน” (Aliasing) ซึ่งทำให้เราไม่สามารถที่จะกู้สัญญาณ(Recovery)เดิมกลับคืนมาได้แม้จะเป็นวงจรกรองแบบอุดมคติก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.24 กระบวนการกู้สัญญาณ กลับคืน

ส่วนรูป d) แสดงกรณีของความถี่ของการสุ่มสัญญาณเท่ากับสองเท่าของความถี่สูงสุดของสัญญาณเดิม ( $\omega_0 = 2\omega_m$  : critical frequency) กรณีนี้เป็นไปได้ตามหลักที่สามารถกู้(Recovery)สัญญาณเดิมกลับคืนมาโดยให้  $F_s(\omega)$  ผ่าน วงจรกรองความถี่ต่ำที่เป็นแบบอุดมคติ(Ideal Low Pass Filter)ซึ่งมีความถี่คัทออฟ (Cutoff Frequency) ที่  $\omega_m$  ตามรูป (๓) เพราะฉะนั้นเราจะได้เงื่อนไขของการสุ่มสัญญาณ(Sampling condition) คือ

อัตราการสุ่มสัญญาณ(Sampling Rate) ต่ำสุดที่ไม่ก่อให้เกิด การทับซ้อน (Aliasing) จะต้องมามีค่าเท่ากับ 2 เท่าของความถี่สูงสุดของสัญญาณอนาล็อก ;  $f(t)$  (Baseband Signal) ซึ่งอัตราการสุ่มสัญญาณต่ำสุด(minimum Sampling rate) เรียกว่า “ความถี่ไนควิสต์”(Nyquist frequency;  $\omega_n$ )

#### ทฤษฎีของการสุ่มสัญญาณ

(Sampling theorem)

สัญญาณอนาล็อก  $f(t)$  ซึ่งมีสเปกตรัมที่มีย่านจำกัด (Band limited) อยู่ที่  $\omega_m$  และสามารถกู้สัญญาณกลับคืนมาได้จาก  $f(nT)$  ที่มีอัตราการสุ่มสัญญาณคือ

$$f_n = \omega_n/2 \text{ ซึ่ง } \omega_n = 2\omega_m$$

สัญญาณ  $f(t)$  ถูกกำหนดให้อยู่ในรูปของค่าที่ได้จากการสุ่มสัญญาณ  $f(nT)$  จะได้

$$f_N = \frac{\omega_n}{2\pi} \quad (= 1/T) \text{ where } \omega_n = 2\omega_m \quad (2.4.10)$$

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} f(nT) \frac{\sin \omega_m(t - nT)}{\omega_m(t - nT)} \quad (2.4.11)$$

$$T = \frac{\pi}{\omega_m} = \frac{2\pi}{\omega_n} = \frac{1}{f_n}$$

สมการที่ (12) สามารถพิสูจน์ได้ นั่นคือสัญญาณ  $f(t)$  ที่ว่านี้ได้มาจากการกู้สัญญาณกลับคืน (Reoved) มาจากสเปกตรัมของ  $F_s(\omega)$  โดยการเอา  $f_s(\omega)$  ผ่านเข้าไปใน วงจรกรองความถี่ต่ำแบบอุดมคติ (Ideal Low Pass Filter) ที่มีขนาดเท่ากับ  $T$  และมี ความถี่คัทออฟอยู่ที่  $\omega_m$  สมมติว่า  $\omega_0 = 2\omega_m$  (Critical sampling frequency) เราจะได้ ผลตอบสนองของอิมพัลส์ (Impulse response) ในวงจรกรอง(filter) ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$h(t) = F^{-1}[H(j\omega)] \quad (2.4.12)$$

$$H(j\omega) = T \quad |\omega| \leq \omega_m$$

$$= 0 \quad |\omega| > \omega_m$$

จากรูปเราใช้ความสัมพันธ์ของ การทรานสฟอร์มกลับของฟูเรียร์(Inverse Fourier Transform) จะได้

$$h(t) = T \frac{\sin \omega_m t}{\pi t}$$

$$= \frac{\sin \omega_m t}{\omega_m t} \quad (2.4.13)$$

และเอาที่ฟูทของวงจรกรองคือ

$$f(t) = f_s(t) * h(t) \quad (2.4.14)$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} \left( \sum_{n=-\infty}^{\infty} f(nT) \delta(t - nT) \right) \frac{\sin \omega_m(t - \tau)}{\omega_m(t - \tau)} d\tau$$

$$= \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left( \int_{-\infty}^{\infty} f(nT) \delta(\tau - nT) \frac{\sin \omega_m(t - \tau)}{\omega_m(t - \tau)} d\tau \right) \quad (2.4.15)$$

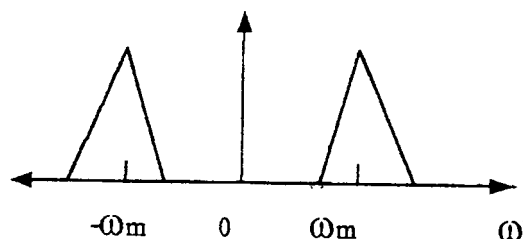
เป็นความสัมพันธ์ของ คอนโวลูชัน (Convolution) จะได้

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} f(nT) \frac{\sin \omega_m(t - nT)}{\omega_m(t - nT)} \quad (2.4.16)$$

โดยที่กล่าวมาข้างต้นนี้เป็นการพิจารณากระบวนการสุ่มสัญญาณ สามารถสรุปได้ดังนี้

1)เลือกความถี่ในการสุ่มสัญญาณ(sampling) โดยถูกกำหนดจากองค์ประกอบของความถี่สูงสุดใน สเปกตรัมของฟูเรียร์(Fourier spectrum) ของ  $f(t)$  ซึ่งในทางปฏิบัติสัญญาณควรมีแบนด์วิดท์ที่จำกัดอยู่ที่  $\omega_m/2$  ;  $\omega_m$ :ความถี่ของการสุ่มสัญญาณ

2)การสุ่มสัญญาณที่วิกฤติ(critical sampling)ด้วย  $\omega_m = 2\omega_m$  เราจะต้องใช้ วงจรกรองทางอุดมคติ(Ideal filter)มา กู้สัญญาณเดิมกลับคืน แต่ในทางฟิสิกส์ไม่สามารถที่จะสร้างได้ ดังนั้นในทางปฏิบัติ ความถี่ของการสุ่มสัญญาณควรเลือกให้มีค่าสูงกว่า อัตราไนควิสต์(Nyquist rate) จึงจะสามารถกู้สัญญาณเดิมกลับมาได้หมด



### รูป 2.25 สเปกตรัมของสัญญาณแบนด์พาส

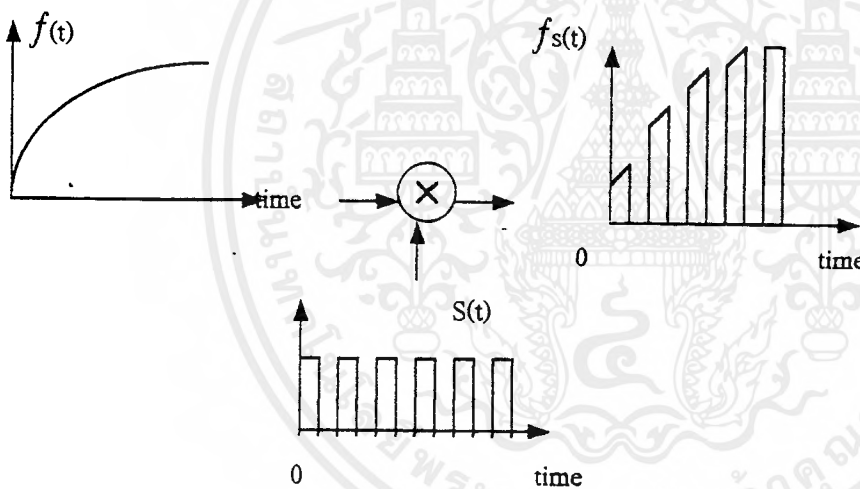
จากรูปแสดงให้เห็นว่า ความถี่ของสัญญาณการสุ่มมีค่าเป็น  $\omega_n = 2(\omega_2 - \omega_1)$  ซึ่งการที่จะกู้สัญญาณกลับคืนมาได้นั้นเราจะต้องใช้ วงจรกรองแบบย่าน (Band pass filter)

#### การสุ่มสัญญาณในทางปฏิบัติ (Practical Sampling Function)

ในเนื้อหาก่อนหน้านี้ เราพิจารณาการสุ่มสัญญาณโดยความหมายของ อิมพัลส์ แต่ในทางปฏิบัติการสุ่มสัญญาณโดยใช้ อิมพัลส์นั้น มันเป็นไปได้ ดังนั้นเราจึงใช้วิธีการสุ่มสัญญาณด้วยการที่มีความใกล้เคียงกับการสุ่มสัญญาณโดยอิมพัลส์มากที่สุด

#### การสุ่มสัญญาณแบบธรรมชาติ (Natural sampling)

พิจารณาสัญญาณ  $f(t)$  ที่มี ย่าน ความถี่เท่ากับ  $\omega_m$  ที่ถูกคูณด้วย  $S(t)$  (เป็นฟังก์ชันของการสุ่มสัญญาณ) ซึ่งเป็นขบวนพัลส์สี่เหลี่ยม (Rectangular pulse Train) ดังรูปข้างล่างนี้ และ  $S(t)$  มี อนุกรมฟูเรียร์ (Fourier Series) ดังนี้



รูป 2.26 แสดงการสุ่มสัญญาณแบบธรรมชาติ

$$s(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} c_k \exp(jk\omega_0 t) \quad (2.4.17)$$

$$c_k = \frac{\tau \sin(k\pi\tau / T)}{T (k\pi\tau / T)} \quad (2.4.18)$$

ซึ่ง  $\tau$  ก็คือ ความกว้างของพัลส์ (pulse width) และ  $T = 2\pi\omega_0$  เป็นคาบของสัญญาณการสุ่ม ผลลัพธ์ของการคูณระหว่าง  $f(t)$  กับ  $S(t)$  แสดงไว้ในรูปข้างบน

$$fs(t) = f(t)s(t)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \sum_{k=-\infty}^{\infty} ck f(t) \exp(jk\omega_0 t) \quad (2.4.19)$$

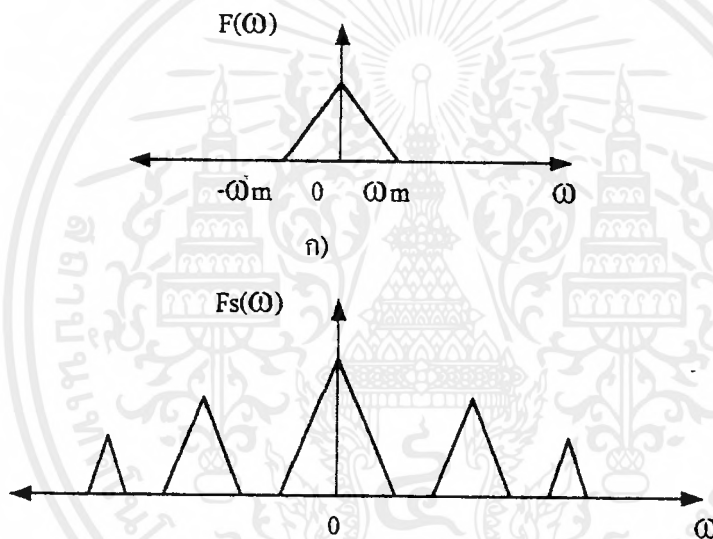
เพราะฉะนั้น ผลการแปลงฟูรีเยร์ จะได้

$$Fs(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \left( \sum_{k=-\infty}^{\infty} ck f(t) \exp(-j\omega t) \right) dt \quad (2.4.20)$$

$$= \sum_{k=-\infty}^{\infty} ck \left( \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \exp[-j(\omega - k\omega_0) t] dt \right)$$

$$Fs(\omega) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} ck F(\omega - k\omega_0)$$

สมการข้างต้นนี้แสดงให้เห็นว่าสเปกตรัมของสัญญาณ(sampled signal)จะมีความคล้ายคลึงกับการใช้ อิมพัลซ์ มาคูณสัญญาณ ขกเว้น ย่านด้านข้าง (side band) คือ  $F(\omega - K\omega_0)$  จะมีค่า  $ck$  คูณอยู่ ;  $ck$  คือ สัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ ของ  $S(t)$  (fourier coefficients) ของ  $S(t)$  ดังนั้นสเปกตรัมจะแสดงได้ดังรูปนี้



รูป 2.27 ก)สเปกตรัมของสัญญาณเดิม(baseband signal) ข)สเปกตรัมของสัญญาณหลังจากการถูกสุ่ม(Natural sampling)

จะเห็นว่าการสุ่มสัญญาณแบบนี้เราก็สามารถกู้สัญญาณเดิมกลับคืนมาได้เช่นกัน และเงื่อนไขของทฤษฎีการสุ่มสัญญาณ ยังใช้ได้เหมือนกันกับการสุ่มสัญญาณโดย อิมพัลซ์ อีกด้วย

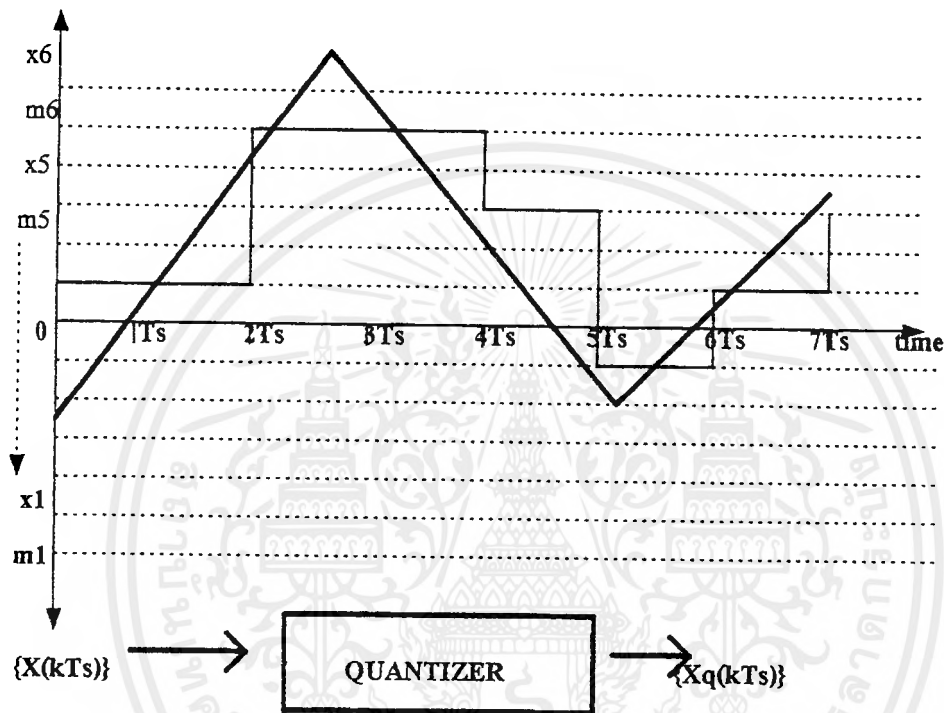
จากสมการทั้งหมดที่กล่าวมานั้น รูปร่างของสัญญาณหลังการสุ่มไม่ว่าจะโดย อิมพัลซ์ หรือ พัลซ์ แบบสี่เหลี่ยม มันไม่ได้เป็นจุดสำคัญเลย หากแต่จะมีความแตกต่างอยู่อย่างเดียวกันนั่นคือ สัมประสิทธิ์ของฟูรีเยร์ (Fourier coefficient; $ck$ )นั่นเอง

## 2.4.2 การควอนไทซ์

(Quantization)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประมาณค่าของสัญญาณอนาล็อกที่ถูกที่ถูกรุ่นแล้วนั้นจะใช้กลุ่มของระดับ เรียกว่า “การควอนไทซ์” (Quantizing) ซึ่ง การควอนไทซ์ เป็นการเปลี่ยนขนาดของสัญญาณที่ถูกกรุ่นแล้วเป็นขนาดของสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่อง (Discrete time signal) เพราะฉะนั้นการกรุ่นสัญญาณ(Sampling)และการควอนไทซ์(Quantizing)จึงเป็นกระบวนการที่เปลี่ยนข่าวสารทางอนาล็อกเป็นลำดับสัญญาณที่มีระดับต่างๆกัน ซึ่งตัวอย่างการควอนไทซ์แสดงในรูปที่ ๑



รูปที่ 2.28 การทำงานของตัวควอนไทซ์

ถ้าอินพุตของตัวควอนไทซ์(Quantizer)คือ  $X(t)$  ซึ่งเป็นสัญญาณที่มีรูปร่างต่างๆ(Random Waveform)ที่ถูกกรุ่นสัญญาณด้วยอัตราที่เหมาะสมดังนั้นด้านทางออก(Output)ของตัวควอนไทซ์คือ  $X_q(t)$  ดังนั้นสัญญาณทางออกที่เป็นฟังก์ชันของเวลาจะกลายเป็น  $X_q(KTs)$

$$X_q(t) = X_q(t) \quad ; \quad KTs \leq t < (K+1) Ts$$

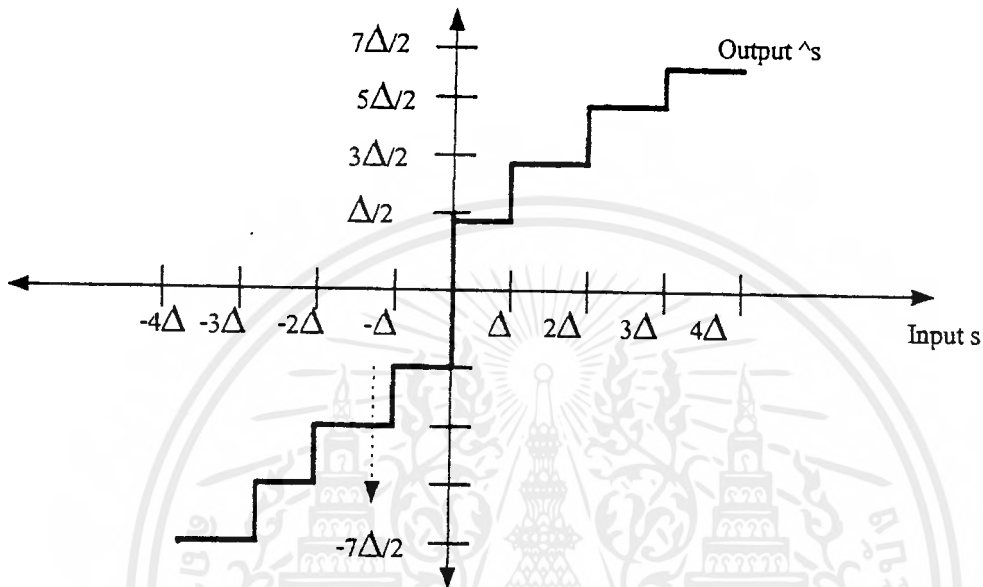
เราพิจารณาการควอนไทซ์สองวิธีหลักๆ ปัญหาของการควอนไทซ์ประกอบด้วยปัญหาของการประมาณค่า  $X(t)$  (เป็นสัญญาณที่ถูกกรุ่น)ไปเป็นสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่อง  $X_q(t)$  ซึ่งจะมีค่าผิดพลาดเกิดขึ้น โดยมีค่าในฟังก์ชันของความแตกต่างกันยกกำลังสอง  $E\{X - X_q\}^2$  ค่านี้จะเป็นตัวบอกปริมาณความผิดพลาด

วิธีการควอนไทซ์มีดังนี้

#### 2.4.2.1. การควอนไทซ์แบบรูปแบบเดียวกัน ( Uniform Quantization )

คุณสมบัติของอินพุต/เอาพุต ของการควอนไทซ์แบบนี้แสดงในรูปที่2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.29 แสดงตัวควอนไทซ์แบบรูปแบบเดียวกัน

ค่า  $-3\Delta, -2\Delta, -\Delta, 0, \Delta, 2\Delta$  และ  $3\Delta$  ถูกกำหนดไปตามแกน x (abscissa) เรียกว่าจุดของสเตป (sept point) และค่า นอกเหนือจากนี้ คือ  $-4\Delta$  และ  $4\Delta$  เรียกว่า “จุดโอเวอร์โหลด” (overload point) ค่าที่อยู่ในแนวแกน y คือ  $-7\Delta/2, -\Delta/2, \Delta/2, 3\Delta/2, 5\Delta/2, 7\Delta/2$  เรียกว่า “ขนาดของเอาต์พุต” (output level) วิธีการควอนไทซ์แบบนี้พูดได้ เป็นการควอนไทซ์ที่มีรูปแบบเดียวกัน (uniform) การวางระยะระหว่าง จุดสเตป หรือ ขนาดของเอาต์พุต มีค่าเท่า กันคือ  $\Delta$

$\Delta$  เรียกว่า “ขนาดของสเตป” (step size) การควอนไทซ์ที่ไม่มีระดับที่ 0 เรียกว่า “มิดไครเซอร์” (midriser) และการควอนไทซ์ที่มีระดับที่ 0 เรียกว่า “มิดเทรด” (midtreed quantizer) ดังนั้น เมื่อ คุณสมบัติในรูปที่ 2 มีระดับ และสมมาตร (saymetry) แสดงว่ามันเป็นตัวควอนไทซ์ ที่เป็นรูปแบบเดียวกัน (uniform) สมมาตร (symmetry) แบบมิดไครเซอร์ ๘ ระดับ (midriser eight level) ซึ่งมีขนาดของช่วง (Step size) =  $\Delta$

ในรูปที่ ๒ ถ้าสัญญาณอินพุตมีขนาด (Sample Amplitude) ;  $S$  ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง  $-\infty$  ถึง  $+\infty$  แต่จะมี เอาต์พุตออกมาที่เป็นไปได้มี ๘ ค่าเท่านั้นคือ  $\hat{s}$  ดังนั้นถ้าอินพุตมีขนาดอยู่ในช่วง  $2\Delta \leq S < 3\Delta$  ค่าของ  $\hat{s} = 5\Delta/2$  ขนาดของสัญญาณอินพุตที่มีค่ามากที่สุดคือ อยู่ระหว่าง  $-4\Delta$  ถึง  $4\Delta$  และมีความผิดพลาดในการ ควอนไทซ์สูงสุด คือ  $\pm\Delta/2$  ถ้า  $S > 4\Delta$  หรือ  $S < -4\Delta$  ช่วงนั้นจะเรียกว่า บริเวณโอเวอร์โหลด (Overload

region) ช่วงนี้ค่าความผิดพลาดในการควอนไทซ์จะมากกว่า  $\Delta/2$  โดยทั่วไปจะไม่พิจารณาให้มีขึ้นในการออกแบบตัวควอนไทซ์

ถ้าตัวควอนไทซ์แบบนี้ มีความยาว  $L$  ระดับ และสัญญาณอินพุตมีมีค่าแรงดันขดถึงขด เท่ากับ  $V$  โวลท์( คือ  $V = S_{\max} - S_{\min}$ ) ถ้าสัญญาณอินพุตสมมาตร(เมื่อเทียบกับศูนย์) นั่นคืออยู่ในช่วง  $-V/2$  ถึง  $V/2$  เรา จะหาสเกลไปไซด์( $\Delta$ )ได้ดังนี้

$$\Delta = V/L$$

เราจะหาสเกลไปไซด์ได้

$$\pm\Delta, \pm 2\Delta, \dots, \pm(L/2-1)\Delta$$

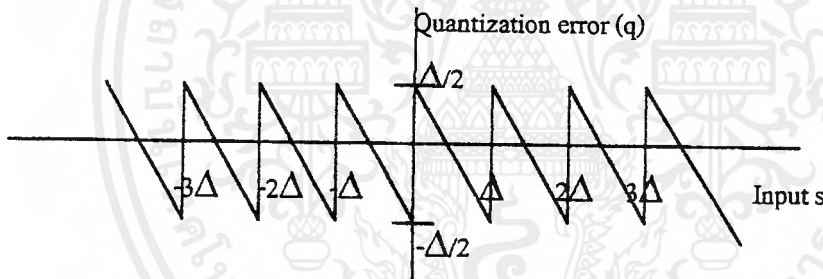
และระดับสัญญาณเอาต์พุต จะเป็น

$$\pm\Delta/2, \pm 3\Delta/2, \dots, \pm(L-1)\Delta/2$$

เราจะได้ความผิดพลาดในการประมาณค่าหรือควอนไทซ์ (Quantization error or Quantization noise)

$$q = \hat{S} - S$$

รูปร่างของ  $q$  จะได้จากรูปที่ ๓



รูปที่ 2.30 ความผิดพลาดจากการควอนไทซ์เกิดขึ้นในการควอนไทซ์แบบรูปแบบเดียวกัน

สำหรับสัญญาณอินพุตที่อยู่ในช่วง  $-V/2 \leq S \leq V/2$ ,  $|q| \leq \Delta/2$  (Granular distortion) ถ้า  $|S| > V/2$  เรียกว่า “การผิดเพี้ยนโอเวอร์โหลด”(Overload Distortion) ดังนั้นถึงแม้ว่าสัญญาณอินพุตจะเปลี่ยนแปลงมากกว่า  $V = \Delta L$  ขนาดเอาต์พุตของตัวควอนไทซ์ ก็จะมีอยู่แค่ช่วง  $(1-1)\Delta = V - \Delta$  เท่านั้น การควอนไทซ์จึงไม่สามารถที่จะปราศจาก ความผิดพลาดในการประมาณค่า (quantization noise) ได้

#### 2.4.2.2 การประมาณค่าที่มีรูปแบบไม่เป็นรูปแบบเดียวกัน (non-uniform quantization)

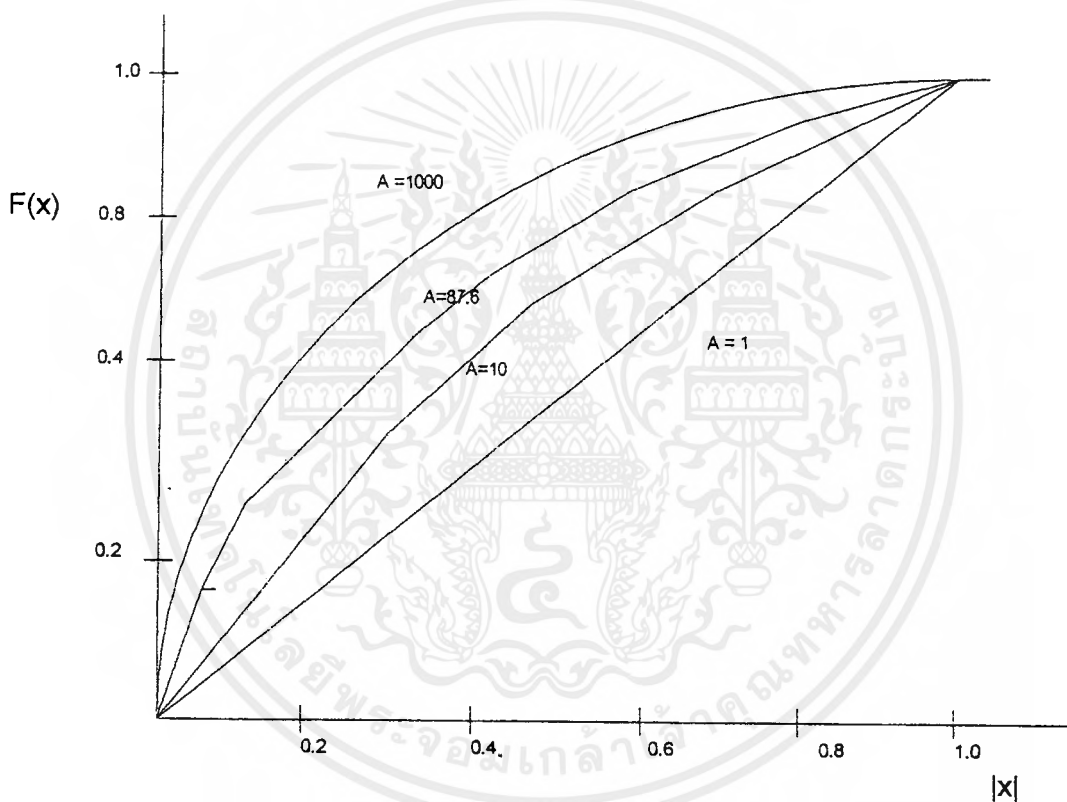
สิ่งที่สำคัญที่สุดในการประมาณค่าแบบนี้เป็นการประมาณค่าที่เป็นแบบลอการิทึม(logarithmic quantiser) ซึ่งใช้ใน โครงข่ายโทรศัพท์ สำหรับการแปลงสัญญาณเสียงพูดให้เป็นสัญญาณดิจิทัล แนวคิดโดยทั่วไปคือว่า การประมาณค่าแบบรูปแบบเดียวกัน(uniform quantiser) ถ้าสัญญาณ อินพุตมีขนาด ค่าๆ(ต่ำกว่าค่าสูงสุดมาก)มันจะมี อัตราส่วนของสัญญาณที่ควอนไทซ์แล้วคือสัญญาณรบกวน(Signal Quantiser Noise Ratio ;SQNR) ต่ำกว่า สัญญาณ อินพุต ที่มีขนาดสูงๆ(แต่ไม่อยู่ในช่วง overload region)

ดังนั้นเป็น การ แก้ไขข้อบกพร่องนี้ ฟังก์ชัน ของ ควอนไทซ์ค่าสัญญาณอินพุต คือเมื่อ ขนาดของสัญญาณอินพุตมีขนาดต่ำ ถ้าเป็นสัญญาณเสียงพูดสัญญาณ เอาท์พุต ที่ได้ต้องมีSQNR คือคือ สัญญาณเสียงพูด ชัดเหมือนเดิม ในการพิจารณา สัญญาณ อินพุตค่านั้น จะมีความยุ่งยากมากกว่าสัญญาณที่มีขนาดสูงๆ

ดังนั้นสำหรับสัญญาณเสียงพูด (speech signal) จึงจะใช้ การประมาณค่าแบบนี้ซึ่งถูกคิดขึ้นในชื่อ “ล็อก การบีบอัด คอมแพนดิง” (logarithmic companding)

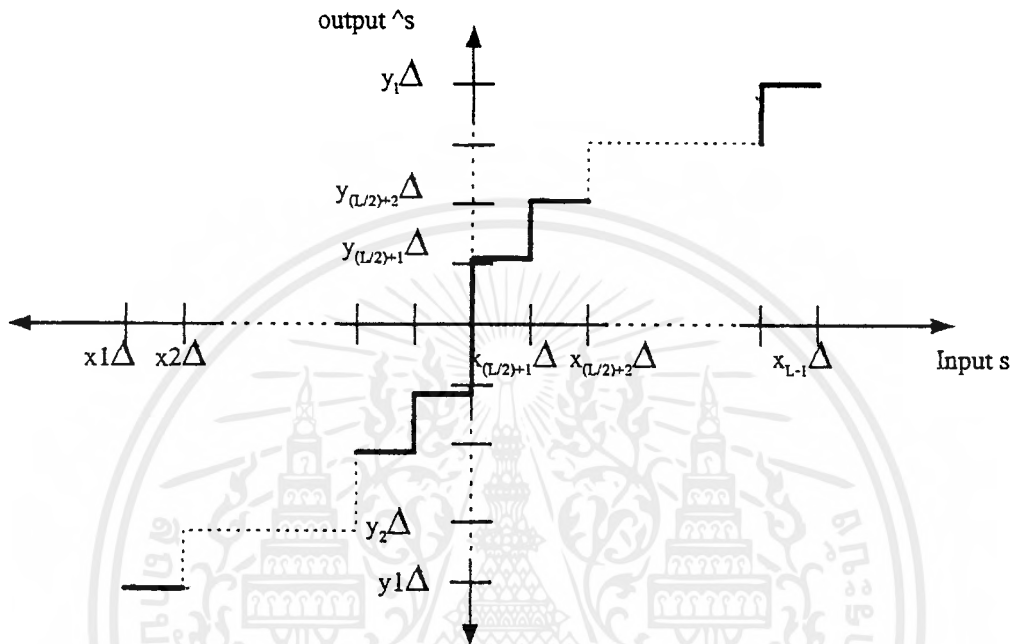
เริ่มต้นด้วยสัญญาณอินพุตผ่านเข้าไปในตัวประมาณค่าแบบนี้ ซึ่งมีคุณสมบัติที่เป็น

$$F(x) = \text{sgn}(x) \frac{\ln(1 + \mu|x|)}{\ln(1 + \mu)} s$$



ซึ่ง  $x$  ก็คือ สัญญาณเสียงพูด (อินพุต) ที่ถูกนอร์มอลไลซ์แล้ว และ  $\mu$  คือ พารามิเตอร์ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้ ค่า  $\mu=100$  หรือประมาณ  $\mu=255$  ฟังก์ชัน  $F(s)$  คือ แสดงในรูปที่ 5 จะเห็นว่ามันจะมีการขยายในช่วงที่ขนาดของสัญญาณอินพุตมีขนาดต่ำ มากกว่าช่วงของสัญญาณอินพุตมีขนาดสูง เมื่อ  $\mu > 0$  เอาท์พุต ของ  $F(x)$  อยู่ที่ การควอนไทซ์ว่ามีค่ากี่บิต

การควอนไทซ์แบบนี้ รูปร่างโดยทั่วไปจะเป็นแบบ มิดไริเซอร์ (midriser quantizer characteristic) แสดงในรูปที่ 7



รูป 2.31 แสดงตัวควอนไทซ์แบบไม่เป็นรูปแบบเดียวกัน

สเต็ปพอยต์  $x_0 = -\infty, x_1, x_2, \dots, x_{L-1}, x_L = +\infty$  และระดับสัญญาณ เอาท์พุท  $y_1, y_2, \dots, y_L$  มีลักษณะดังนี้

#### 2.4.3 การเข้ารหัสสัญญาณ

##### (ENCODING)

ขั้นตอนสุดท้ายในกระบวนการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็น สัญญาณดิจิทัล ก็คือ การเข้ารหัส ในการเข้ารหัสนี้จะเลือกรหัสแบบไบนารี ได้ด(Binary code เลขฐาน 2)

สัญญาณอินพุตจะเป็นสัญญาณที่ผ่านการสุ่มและการควอนไทซ์ (sampling and quantization) มาแล้ว ให้เป็น  $F_q(nT)$  หลังจากผ่านกระบวนการนี้แล้วมันสามารถที่นำสัญญาณ ไปให้ตัวประมวลผล ประมวลผลสัญญาณได้ หรือสามารถเก็บไว้ใน หน่วยความจำก็ได้

เราพิจารณาโดยทั่วๆ ไปรหัสจะแสดงได้ด้วย

$$N = \sum_{i=-m}^n c_i * r^i \quad (2.4.21)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$C_i$  ก็คือ สัมประสิทธิ์ที่ลำดับที่ 2 และ  $r$  เรียกว่า เรดิก(radix)

$$N = \{C_n C_{n-1} \dots C_0 C_{-1} C_{-2} \dots C_{-n}\}_r$$

ซึ่งจุดระหว่างส่วน 2 ส่วนเป็นจำนวนที่เรียกว่า จุดเรดิกตัวอย่างเช่น  $r = 10$  เราจะมี  $N$  เป็นเลขทศนิยม ตามจำนวน  $r$  จุด ดังนั้น  $N$  จะมีเลขจุดทศนิยม ค่า  $r = 2$  มันจะแสดงว่า  $N$  เป็นเลขฐาน 2  $r$  จะเรียกว่า ไบนารีพอยต์ (binary point) ดังนั้นสำหรับเลขฐาน 2 จะมี  $C_i$  เป็น 0 กับ 1

$$0 \leq C_i \leq 1$$

สำหรับเลขฐาน 10  $(N)_{10}$  จะประกอบด้วยส่วนที่เป็นจำนวนเต็มกับส่วนที่เป็นเศษส่วนสามารถเปลี่ยนไปเป็นฐาน 2 ได้ โดย

- 1) หารเลขที่เป็นส่วนของจำนวนเต็มด้วย 2 ผลลัพธ์ที่ได้ไม่คิดเศษส่วน แล้วเอา 2 หารไปเรื่อยๆจนได้ 0 ส่วนที่เหลือจากการหาร(เศษส่วน)ถ้ามีจะมีค่า ลอจิก “ 1”
- 2) เอาส่วนของเศษส่วนคูณด้วย 2 ถ้าคูณแล้วมีค่าจำนวนเต็มด้วยให้เป็น 1 ถ้ามีค่าน้อยกว่า 1 ให้เป็น 0 ตัวอย่างเช่น

$$(15.375)_{10}$$

ส่วนจำนวนเต็ม  $(15)_{10}$

$$15/2 = 7 \text{ ————— } 1$$

$$7/2 = 3 \text{ ————— } 1$$

$$3/2 = 1 \text{ ————— } 1$$

$$1/2 = 0 \text{ ————— } 1$$

ส่วนเศษส่วน  $(0.375)_{10}$

$$2 \times 0.375 = 0.75 \text{ ————— } 0$$

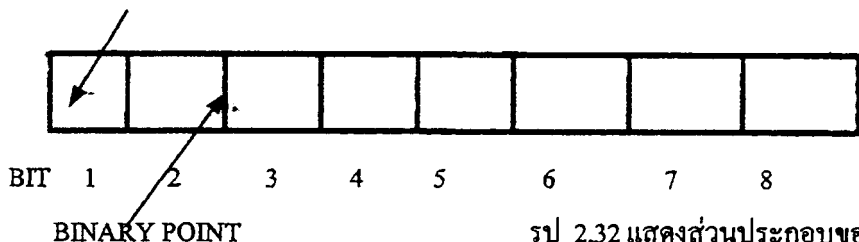
$$2 \times 0.75 = 1.5 \text{ ————— } 1$$

$$2 \times 0.5 = 1 \text{ ————— } 1$$

$$2 \times 0 = 0 \text{ ————— } 0$$

$$(15.375)_{10} = (1111.011)_2$$

SIGN BIT



รูป 2.32 แสดงส่วนประกอบของรหัสฐาน 2 จำนวน 8 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งแรกเป็นบิตที่บอกเครื่องหมายของเลขนั้น มีอยู่ 3 วิธี ในการเปลี่ยนขนาดของสัญญาณอินพุต ซึ่งเป็นฐาน 10 ที่มีค่าเป็นลบ คือ

ไซค์ แมกนิจูด(signed magnitude) จะแสดงเครื่องหมายที่บิตนัยสำคัญมากที่สุด( most significant bit) (MSB) ถ้าตำแหน่ง บิต (MSB)มี บิต เป็น “0” แสดงว่า เป็นจำนวนเป็นค่าบวก ถ้า “1” จะแสดงว่าเป็นค่าลบ เช่น

$$(+5.75)_{10} = (0101.110)_2$$

$$(-5.75)_{10} = (1101.110)_2$$

วิธีนี้โดยทั่วไปจะใช้ในเลขจำนวนบวก ส่วนเลขลบถูกใช้ใน 2 วิธีหลัง

วัน คอมพลีเมนต์(one 's complement) จะแสดงค่า N ดังนี้

$$Noc = N \quad \text{เมื่อ } N \geq 0$$

$$Noc = 2 - 2^L - |N| \quad \text{เมื่อ } N < 0$$

ซึ่ง L คือจำนวนบิต

ยกตัวอย่าง

$$(N)_{10} = (-6.625)_{10}; L = 7$$

$$Noc = 2 - 2^L - |N|$$

$$= (1001.10)_2$$

$$(N)_{10} = (6.625)_{10}; L = 7$$

$$= (0110.101)_2$$

ทู คอมพลีเมนต์ (two 's complement)

$$Ntc = N \quad \text{เมื่อ } N \geq 0$$

$$= 2 - |N| \quad \text{เมื่อ } N < 0$$

จะแสดงเลขฐาน 10 ที่ เป็นค่าลบ ให้อยู่ในรูปของเลขฐาน 2 ก็โดยการบวก 1 ไปยังบิต บิตนัยสำคัญน้อยที่สุด( Least Significant Bit;LSB)

จาก วัน คอมพลีเมนต์

$$(-6.625)_{10} = (1001.10)_2$$

$$Ntc = (1001.011)_2$$

## 2.5 ตระกูลของวงจรถลอจิก

### 2.5.1 ตระกูลซีมอส (CMOS Family)

การพิจารณาอนุกรมของ วงจรรวม ตระกูลซีมอส แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ อนุกรมแบบเก่าหรือ อนุกรมดั้งเดิม และ อนุกรมใหม่

อนุกรมเก่าของซีมอส ได้แก่ 4000 และ 14000 มีปฏิบัติการทางลอจิกเหมือนกับตระกูลทีทีแอล แต่มี ตำแหน่งของขาไม่ตรงกับตระกูลทีทีแอล เช่น ชิป 4001(Quad NOR Gate) ซึ่งประกอบด้วยอินเวอร์เกต ที่มี อินพุตจำนวน 4 ตัว เช่นเดียวกับชิป 7402 ของทีทีแอล แต่ขาอินพุตและเอาต์พุตบนชิปของวงจรรวม สอง ตระกูลไม่ตรงกัน

สำหรับอนุกรมใหม่ของซีมอส ได้แก่ 74C, 74HC, 74HCT, 74AC และ 74ACT มีขาของวงจรรวม ตรง กับตระกูลทีทีแอล เช่น 74C02, 74HC02 และ 74HCT02 มีขาตรงกับ 7402, 74H02 และ 74LS02 เป็นต้น .

| ชื่ออนุกรม                                                        | นำหน้าด้วย  | ตัวอย่าง                       |
|-------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------|
| Metal-gate CMOS                                                   | 40 หรือ 140 | 4001 หรือ 14001(quad NORgates) |
| Metal-gate,<br>pin-compatible with TTL                            | 74C         | 74C02(quad NOR gates)          |
| Silicon-gate,<br>pin-compatible with TTL ,<br>high-speed          | 74HC        | 74HC02(quad NOR gates)         |
| Silicon-gate,<br>electrically compatible with TTL ,<br>high-speed | 74HCT       | 74HCT02(quad NOR gates)        |

รูปที่ 2.33 ตารางแสดงรายชื่ออนุกรมของตระกูลซีมอส

วงจรรวม อนุกรม 74HC และ 74HCT มีความเร็วในการทำงานสูงกว่าวงจรรวม อนุกรม 74C นอกจากนี้ ยังมีการออกแบบอนุกรม 74HCT ให้มีคุณลักษณะทางไฟฟ้าตรงกับตระกูลทีทีแอล ทำให้ วงจรรวม อนุกรม 74HCT ต่อโดยตรงกับ วงจรรวมตระกูลทีทีแอล เพื่อทำงานร่วมกันได้

### 2.5.2 ตระกูลทีทีแอล (TTL Family)

วงจรรวมตระกูลทีทีแอล ประกอบด้วยหลายตระกูลย่อยหรือหลายอนุกรม อนุกรมต่างๆของทีทีแอล แตกต่างกันในด้านคุณลักษณะทางไฟฟ้า, เวลาหน่วง และ ความเร็วในการสวิตช์ แต่ละอนุกรมของทีทีแอล จะมีอักษรกำกับไว้เพื่อแยกความแตกต่างของวงจรรวม ซึ่งมีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) 74ALS00 (Standard TTL) เป็นอนุกรมเริ่มแรกที่ถูกสร้างขึ้นมา โดยในปัจจุบันยังคงรวมเป็นส่วนหนึ่งของอนุกรมย่อยทั้งหลาย กำหนดเลขอนุกรม 7400 และ 5400 โดยไม่มีตัวอักษรแทรกระหว่างตัวเลข

(2) 74ALS00 (High-speed TTL) เป็นการปรับปรุงครั้งแรกของ 74ALS00 โดยการเพิ่มชุดขับภาคเอาต์พุต ซึ่งทำให้ความเร็วในการสวิตช์เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าโดยประมาณ แต่อย่างไรก็ตามการใช้กำลังไฟฟ้าก็สูงขึ้นเป็น 2 เท่าด้วย อนุกรมนี้จะมีตัวอักษร H แทรกอยู่ระหว่าง 74(หรือ 54) กับตัวเลขที่เหลือ

(3) 74ALS00 (Low-power TTL) เป็นการปรับปรุงครั้งแรกในการลดการใช้กำลังไฟฟ้า โดยการเพิ่มค่าความต้านทาน ทั้งนี้ทำให้การใช้กำลังไฟฟ้าเหลือประมาณ 1/10 เท่าของ 74ALS00 ใช้ตัวอักษร L แทน low-power

(4) 74ALS00 (Schottky TTL) เป็นรุ่นแรกที่มีตัวเชื่อม Schottky (Schottky clamp) เข้าไป 74ALS00 รุ่นแรกๆ นี้ มีความเร็วในการสวิตช์มากกว่า 3 เท่าของ 74ALS00 ที่การใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 2 เท่า ใช้ตัวอักษร S แทน Schottky

(5) 74ALS00 (Low-power Schottky TTL) เป็นรุ่นกำลังไฟฟ้าน้อยกว่าของ 74ALS00 ด้วยความเร็วในการสวิตช์ที่ใกล้เคียงกับ 74ALS00 แต่การใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 1/5 เท่า ใช้ตัวอักษร LS แทน Low-power Schottky

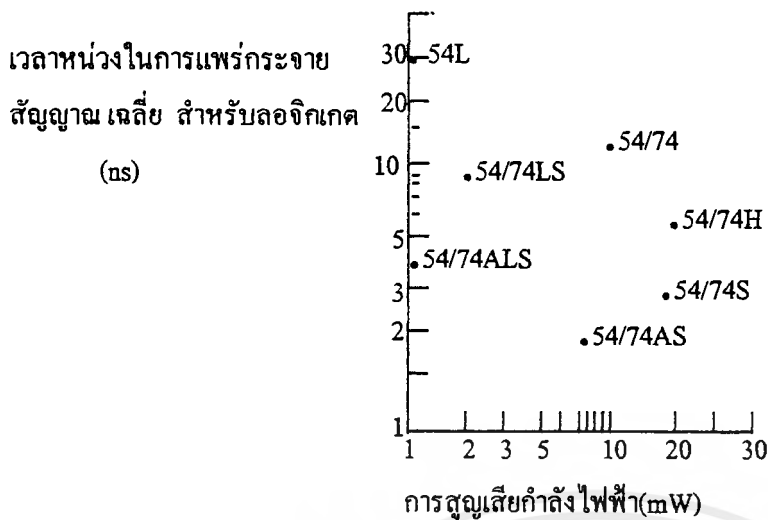
(6) 74ALS00 (Advanced Schottky TTL) เป็นรุ่นที่มีตัวเชื่อม Schottky ใหม่ ซึ่งมีความเร็วเกือบเป็น 2 เท่า และ การใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่า 1/2 เท่าของรุ่นแรก ใช้ตัวอักษร AS แทน Advanced Schottky

(7) 74ALS00 (Advanced low-power Schottky TTL) เป็นรุ่นกำลังไฟฟ้าน้อยกว่าของ 74ALS00 ที่มีความเร็วมากกว่าและใช้กำลังไฟฟ้าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับรุ่นที่มีตัวเชื่อม Schottky ใช้ตัวอักษร ALS แทน Advanced low-power Schottky

(8) 74ALS00 (fast) เป็นอนุกรม 74ALS00 ที่ใหม่ล่าสุดและมีความเร็วที่สุด ใช้ตัวอักษร F แทน fast

| ชื่ออนุกรม             | นำหน้าด้วย | ตัวอย่าง              |
|------------------------|------------|-----------------------|
| Standard TTL           | 74         | 7404(hex INVERTER)    |
| High-speed TTL         | 74H        | 74H04(hex INVERTER)   |
| Low-power TTL          | 74L        | 74L04(hex INVERTER)   |
| Schottky TTL           | 74S        | 74S04(hex INVERTER)   |
| Low-power Schottky TTL | 74LS       | 74LS04(hex INVERTER)  |
| Advanced Schottky TTL  | 74AS       | 74AS04(hex INVERTER)  |
| Advanced Low-power     | 74ALS      | 74ALS04(hex INVERTER) |
| Schottky TTL           |            |                       |

รูปที่ 2.34 ตารางแสดงรายชื่ออนุกรมของตระกูล 74ALS



รูปที่ 2.35 แสดงความสัมพันธ์ ความเร็ว-กำลังไฟฟ้า ของอนุกรมต่างๆ ในตระกูลทีแอล

### 2.5.3 ระดับสัญญาณลอจิก และ สัญญาณรบกวนในตระกูลทีแอล

$V_{OH\ min}$  เป็นค่าแรงดันเอาต์พุตต่ำสุด เมื่อลอจิกมีสถานะ “1” มีค่า 2.7 โวลต์

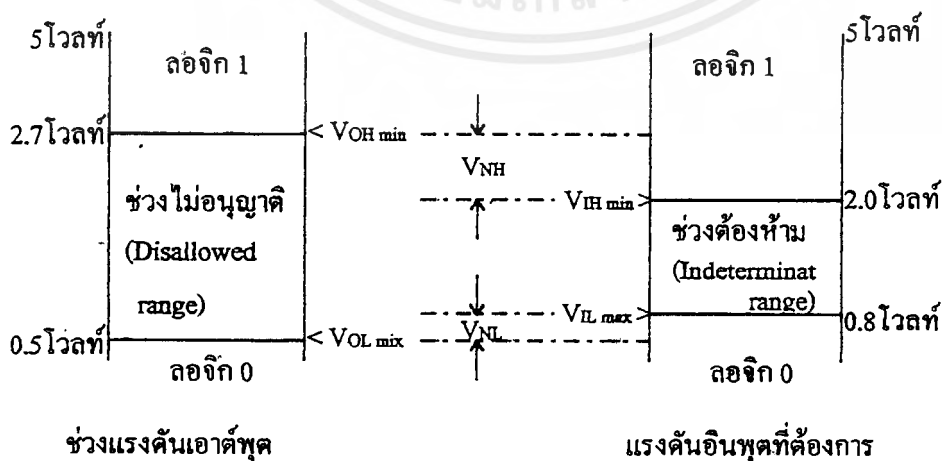
$V_{IH\ min}$  เป็นค่าแรงดันอินพุตต่ำสุด ที่รับประกันได้ว่า มีสถานะเป็น “1” แน่แน่นอน มีค่า 2.0 โวลต์

$V_{IL\ max}$  เป็นค่าแรงดันอินพุตสูงสุด ที่รับประกันได้ว่า มีสถานะเป็น “0” แน่แน่นอน มีค่า 0.8 โวลต์

$V_{OL\ max}$  เป็นค่าแรงดันเอาต์พุตสูงสุด เมื่อลอจิกมีสถานะ “0” มีค่า 0.5 โวลต์

สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กบางส่วน สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าบนจุดต่อของสายส่งระหว่างวงจร ทำให้เกิดสัญญาณปลอมปนเข้ามาในสัญญาณลอจิก สัญญาณที่ปลอมปนนี้เราเรียกว่า สัญญาณรบกวน(Noise) สัญญาณรบกวนนี้ อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้แรงดันอินพุตของวงจรลอจิก ลดต่ำกว่าค่า  $V_{IH\ min}$  หรือสูงกว่า  $V_{IL\ max}$  โดยไม่คาดคิด

การปลอดภัยจากสัญญาณรบกวน หมายถึง ความสามารถของวงจรที่จะทนต่อแรงดันไฟฟ้าซึ่งเกิดจากสัญญาณรบกวนที่อินพุต ส่วนปริมาณที่ใช้วัดการปลอดภัยจากสัญญาณรบกวนเราเรียกว่า ส่วนเผื่อสัญญาณรบกวน(Noise Margin) ซึ่งแสดงดังรูป



รูปที่ 2.36 ส่วนเผื่อสัญญาณรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนเพื่อสัญญาณรบกวนสถานะสูง( $V_{NH}$ ) หาได้จาก

$$V_{NH} = V_{OH \min} - V_{IH \min} \quad \dots\dots(1)$$

จากสมการ (1) ทำให้เราทราบว่า  $V_{NH}$  เป็นค่าที่เกิดจากความแตกต่างระหว่างค่าแรงดันเอาต์พุตระดับสูง กับ ค่าแรงดันอินพุตระดับสูง และถ้าสัญญาณรบกวนใดๆ มีค่าเป็นลบมากกว่าค่า  $V_{NH}$  เกิดขึ้นในสาย จะทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้าลดลงจนเข้าสู่ช่วงต้องห้ามได้

ส่วนเพื่อสัญญาณรบกวนสถานะต่ำ( $V_{NL}$ ) หาได้จาก

$$V_{NL} = V_{IL \max} - V_{OL \max} \quad \dots\dots(2)$$

จากสมการ (2) ทำให้เราทราบว่า  $V_{NL}$  เป็นค่าที่เกิดจากความแตกต่างระหว่างค่าแรงดันอินพุตระดับต่ำ กับ ค่าแรงดันเอาต์พุตระดับต่ำ และถ้าสัญญาณรบกวนใดๆ มีค่าเป็นบวกมากกว่าค่า  $V_{NL}$  เกิดขึ้นในสาย จะทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจนเข้าสู่ช่วงต้องห้ามได้

จะเห็นได้ว่า ในตระกูลทีทีแอล จะมีความไวต่อสัญญาณรบกวน ในสถานะ “0” มากกว่า ในสถานะ “1” โดยสังเกตได้จาก  $V_{NH}$  มีค่าเท่ากับ 0.7 โวลต์ ส่วน  $V_{NL}$  มีค่าเพียง 0.3 โวลต์ เท่านั้น

#### 2.5.4 แพนเอาต์ (Fan Out)

แพนเอาต์หรือบางครั้ง เรียกว่า โหลดคิงแฟคเตอร์(Loadng Factor) คือตัวเลขสูงสุดที่ใช้บ่งบอกว่าเราสามารถนำ เอาต์พุตของเกตลอจิกไปใช้ขับเป็นอินพุตให้กับเกตอื่นเป็นจำนวนสูงสุดได้เท่าไร

ค่าแพนเอาต์ เมื่อเอาต์พุตมีระดับ “0” หาได้จาก

$$\text{แพนเอาต์} = \frac{I_{OL(\max)}}{|I_{IL(\max)}|}$$

โดย  $I_{OL(\max)}$  คือ กระแสสูงสุดที่เอาต์พุต สามารถรับได้ ในสถานะ “0”

$I_{IL(\max)}$  คือ ค่ากระแสสูงสุดที่อินพุตต้องการเพื่อดึงให้เป็นสถานะ “0”

ค่าแพนเอาต์ เมื่อเอาต์พุตมีระดับ “1” หาได้จาก

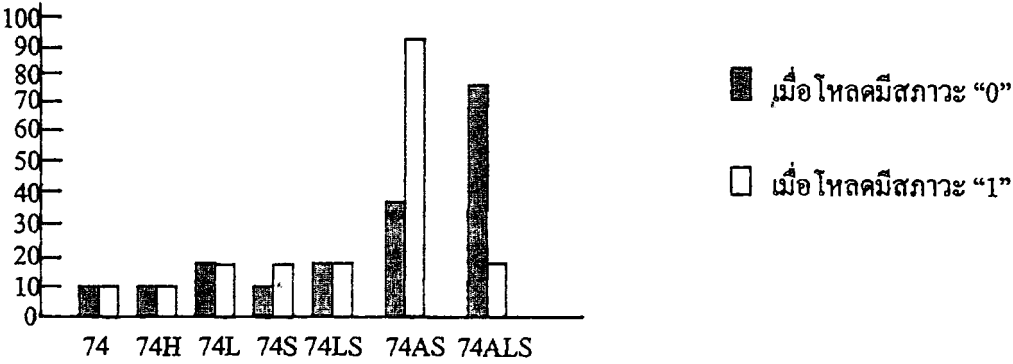
$$\text{แพนเอาต์} = \frac{|I_{OH(\max)}|}{I_{IH(\max)}}$$

โดย  $I_{OH(\max)}$  คือ กระแสสูงสุดที่เอาต์พุต สามารถจ่ายได้ ในสถานะ “1”

$I_{IH(\max)}$  คือ ค่ากระแสสูงสุดที่อินพุตต้องการเพื่อดึงให้เป็นสถานะ “1”

ซึ่งในการใช้งานจริงแล้ว ค่าแพนเอาต์จะน้อยกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณทั้งสองแบบเสมอ แสดงการเปรียบเทียบกับค่าแพนเอาต์ ของอนุกรม ทีทีแอล ดังรูป

แพนเอาต์



รูปที่ 2.37 แสดงการเปรียบเทียบค่าฟีนอล ของอนุกรม ทีทีแอล



## 2.6 วงจรรวม ของวงจรมัลติเพลกเซอร์

รูป 2.38 การเปรียบเทียบรูปเปิดแคร่ กับ ลูกอะเซดแคร่ ในวงจรนับแบบซิงโครนัส

เพื่อเป็นการเพิ่มความเร็วในการนับ วงจรรวม หลายๆรุ่นของวงจรรนับแบบซิงโครนัส ใช้แคร์รีแบบลูกอะเสด ดังแสดงในรูป 2(b) ซึ่งจะสังเกตได้ว่า ลอจิกที่ควบคุม เจ-ค จะเหมือนกับแบบรีปีเทดแคร์รี แต่การคำนวณเวลาในการหน่วงของการแพร่กระจายสัญญาณ(propagation delay time)จะลดลง โดยที่เวลาหน่วงโดยรวมนั้น จะขึ้นอยู่กับ แอนด์เกต เพียงตัวเดียวเท่านั้น

### 2.6.3 วงจรรนับใช้ วงจรรวม เบอร์ อนุกรม 74160 ถึง 74163

วงจรรนับเบอร์ อนุกรม 74160 ถึง 74163 คือตัวอย่าง วงจรรวม ของวงจรรนับแบบซิงโครนัส 4 บิตที่มีการ โหลดแบบซิงโครนัส และมี แคร์รี แบบลูกอะเสด ในรุ่นที่เป็นซ็อกเก็ต โครงสร้างภายในจะเป็นดีฟลิปฟลอปแทนที่จะเป็นชนิด เจ-เค หรือ ที อีกทั้งลอจิกโคะแกรมจะมีความซับซ้อนกว่ามาก รูป 3 แสดงรายละเอียดของขาเพื่อนำไปใช้งาน วงจรรวม เบอร์ 74160 และ 74162 เป็นวงจรรนับดีเคด(decade counters) ส่วน 74161 และ 74163 เป็นวงจรรนับไบนารี ในรูป 3 จะสรุป ฟังก์ชันการทำงานของอินพุตและเอาต์พุต

|     |   |    |                 |
|-----|---|----|-----------------|
| CLR | 1 | 16 | V <sub>cc</sub> |
| CLK | 2 | 15 | RCO             |
| A   | 3 | 14 | Q <sub>A</sub>  |
| B   | 4 | 13 | Q <sub>B</sub>  |
| C   | 5 | 12 | Q <sub>C</sub>  |
| D   | 6 | 11 | Q <sub>D</sub>  |
| ENP | 7 | 10 | ENT             |
| GND | 8 | 9  | LOAD            |

|                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CLR                                                            | Active-low clear. เมื่อมีสถานะ “0” ข้อมูลจะถูกเคียร์ให้เป็น 0000 ทันทีทันใดใน 74160 และ 74161 ส่วนใน 74162 และ 74163 ข้อมูลจะถูกเคียร์เป็น 0000 ที่ขอบขาขึ้นของ คล็อกพัลส์ถูกถัดไป                                                                  |
| CLK                                                            | Clock input. ฟลิปฟลอป ถูกทริกที่ขอบขาขึ้นของคล็อก                                                                                                                                                                                                   |
| A,B,C,D                                                        | ข้อมูลอินพุตสำหรับเตรียมการโหลด Aคือบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด(LSB:Least Significant Bit) และ Dคือบิตที่มีนัยสำคัญสูงสุด(MSB:Most Significant Bit) ข้อมูลถูกโหลดแบบเข้าจังหวะ เมื่อ LOAD มีสถานะเป็น “0”                                                |
| ENP,ENT                                                        | Active-high enable inputs. เมื่ออินพุตใดอินพุตหนึ่งเป็น “0” การนับจะถูกกระบังไว้ วงจรรนับจะยังคงสถานะสุดท้ายไว้                                                                                                                                     |
| Q <sub>A</sub> ,Q <sub>B</sub> ,Q <sub>C</sub> ,Q <sub>D</sub> | flip-flop outputs. Q <sub>A</sub> คือบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด Q <sub>D</sub> คือบิตที่มีนัยสำคัญสูงสุด                                                                                                                                                |
| RCO                                                            | Ripple carry output. ขานี้ถูกอินเเบิล(enable) โดย ENT สำหรับในวงจรรนับไบนารีนั้นจะ<br>ได้ $RCO = (Q_A, Q_B, Q_C, Q_D)ENT$ ส่วนในวงจรรนับดีเคด $RCO = (Q_A, \overline{Q_B}, \overline{Q_C}, Q_D)ENT$                                                 |
| LOAD                                                           | อินพุตสำหรับควบคุมการโหลดแบบเข้าจังหวะ เมื่อ LOAD ถูกทำให้เป็น “0” ข้อมูลที่ A B C D ถูกโหลดเข้าไปยัง Q <sub>A</sub> ,Q <sub>B</sub> ,Q <sub>C</sub> ,Q <sub>D</sub> ที่ขอบขาขึ้นของ คล็อกพัลส์ ถูกถัดไป (โดยไม่คำนึงถึงสถานะของอินพุต ENP และ ENT) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### รูป 2.39 วงจรนับแบบซิงโครนัส 4 บิต อนุกรม 74160 ถึง 74163

คุณสมบัติสำหรับ วงจรรวม อนุกรมนี้ โดยแสดงค่าต่ำสุด(minimum) ของการใช้งานความถี่ที่ถือ สูงสุดมีค่าดังนี้

74160 ถึง 74163 : 25 เมกะเฮิร์ต

74160:Decade counter;asynchronous clear.

74LS160A ถึง 74LS163A : 25 เมกะเฮิร์ต

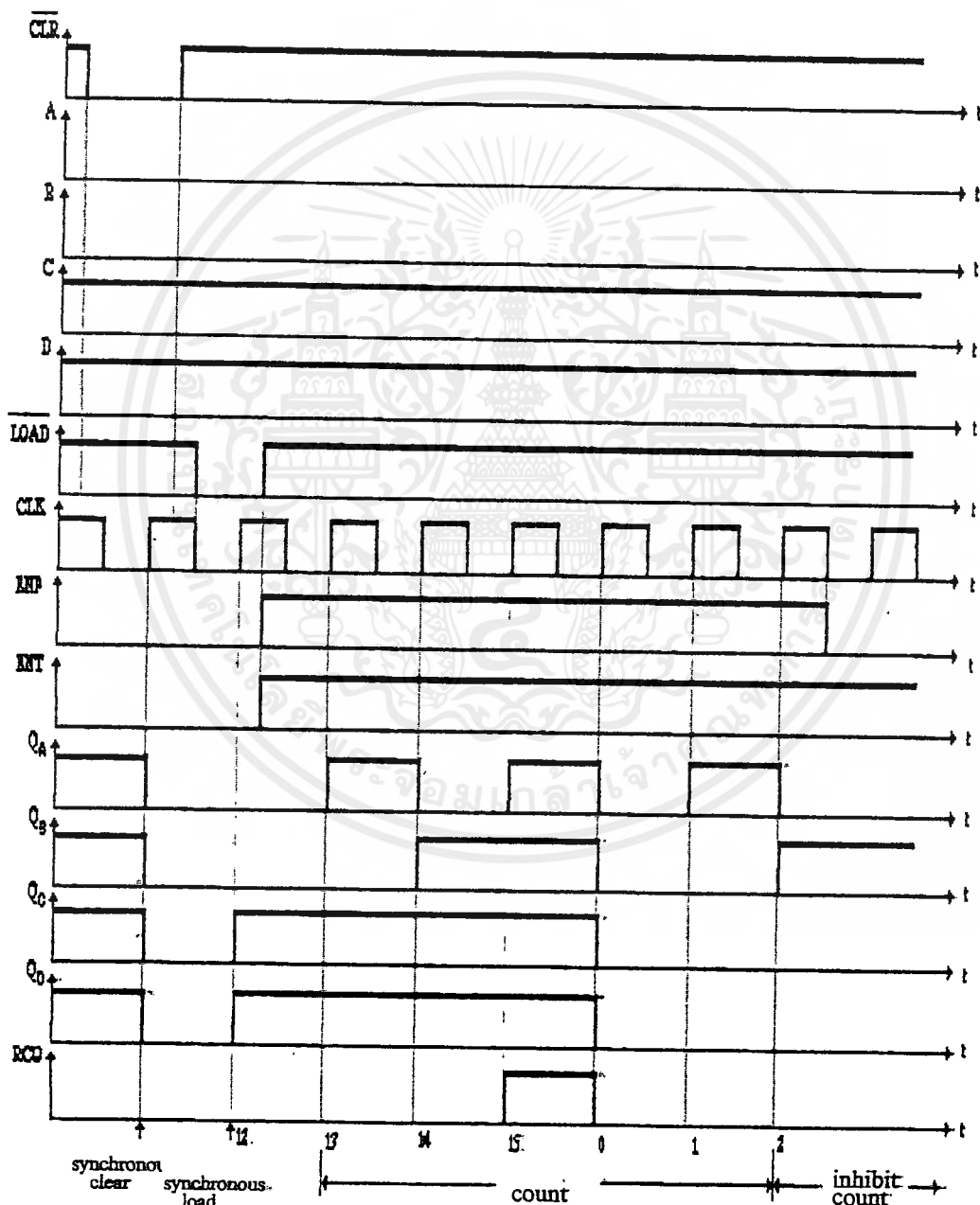
74161:Binary counter;asynchronous clear.

74ALS160B ถึง 74ALS163B : 40 เมกะเฮิร์ต

74162:Decade counter;synchronous clear.

74AS160 ถึง 74AS163 : 75 เมกะเฮิร์ต

74163:Binary counter;synchronous clear.



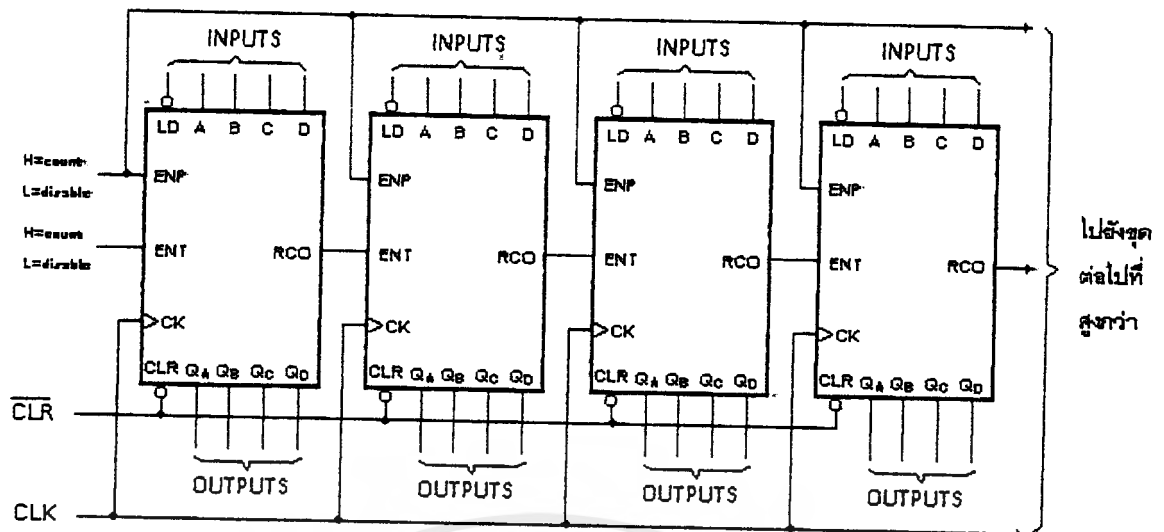
รูป 2.40 พังเวลา สำหรับวงจรนับ อนุกรม 74163A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

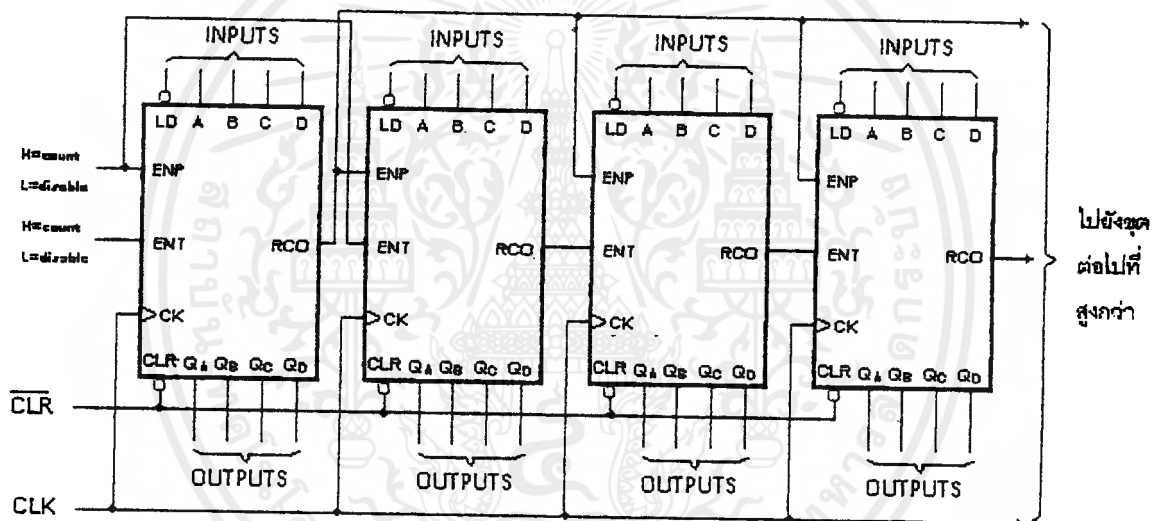
รูป 2.40 แสดงผังเวลาสำหรับวงจรนับ อนุกรม 74163A ซึ่งสมมุติว่ามีสถานะเริ่มต้นที่ 1111 แล้ว. การทำงานลำดับต่อไปตามผังเวลา อธิบายได้ดังนี้

1.  $\overline{CLR}$  เปลี่ยนสถานะเป็น “0” ทำให้  $Q_D Q_C Q_B Q_A = 0000$  ที่ขอบขาขึ้นของ คล็อกพัลส์ ถูกถัดไป
2.  $\overline{LOAD}$  เปลี่ยนสถานะเป็น “0” และ  $DCBA = 1100 = 12)_{10}$  ถูกโหลดเข้าไปยัง  $Q_D Q_C Q_B Q_A$  ที่ขอบขาขึ้นของ คล็อกพัลส์ ถูกถัดไป
3. ขาอินพุต ENP และ ENT เปลี่ยนเป็น “1” และเป็นการเริ่มต้นการนับขึ้น ทำให้วงจรนับมีสถานะ  $1101 = 13)_{10}$  ที่ขอบขาขึ้นของ คล็อกพัลส์ ถูกถัดไป
4. การนับดำเนินไปจนถึง  $1111 = 15)_{10}$  ณ.จุดนี้ RCO จะมีสถานะเป็น “1” วงจรนับจะรีเซ็ตเป็น 0000 และดำเนินการนับขึ้นต่อไป
5. หลังจากนับได้  $0010 = 2)_{10}$  ขาอินพุต ENP เปลี่ยนสถานะเป็น “0” การนับหยุดลง ข้อมูล 0010 ยังคงอยู่ใน  $Q_D Q_C Q_B Q_A$





(ก) รีปเปิลโหมด แคร์รี่



(ข) ลูคอะเฮด แคร์รี่

รูป 2.41 แสดงการต่อแอสเคดของวงจรนับ อนุกรม 74160 ถึง 74163

รูป 2.41 แสดงการต่อแอสเคดของวงจรนับ อนุกรม 74160 ถึง 74163 ซึ่งมีอยู่ 2 วิธี โดยการใช้ เอาต์พุต รีปเปิลแคร์รี่ และ อินพุตอินาเบิล ในการต่อแอสเคดของวงจรนับไบนารีนั้น ชุด 4 บิตแต่ละชุดจะกำเนิดพัลส์ RCO เมื่อมันนับถึง 1111 และจะใช้พัลส์ RCO นี้ไปอินาเบิล ชุดถัดไปที่สูงกว่า ถ้าเป็นการต่อแอสเคดของวงจรนับเดซิโมด RCO จะเกิดเมื่อนับถึง  $1001 = 9_{10}$  ดังนั้นถ้าใช้วงจรนับเดซิโมด 4 บิต ต่อกัน  $n$  ตัว ก็จะสามารถนับได้ BCD  $n$  หลัก

ในรูป 2.41(ก) เรียกว่าวงจร รีปเปิลโหมด แคร์รี่ ขา ENP ทุกตัวจะป้อน "1" ไว้สำหรับการนับปกติ และ RCO จากชุดหนึ่งจะไปต่อกับ ENT ของชุดต่อไปที่สูงกว่า ทำให้ชุดที่สูงกว่านี้ถูกอินาเบิล เพียงภายใน คล็อกพัลส์ ลูกเดียว ดังนั้นการนับก็จะเพิ่มขึ้นเพียงครั้งละหนึ่ง ในรูป 5(ข) เรียกว่าลูคอะเฮดแคร์รี่ โหมด ENP ของ

ชุดแรก และ ENT ของชุดที่สองถูกป้อน “1” และ RCO จากชุดที่หนึ่งจะป้อนให้กับ ENP ของชุดต่อไป ในขณะเดียวกัน RCO ของแต่ละชุดที่ถัดจากชุดที่หนึ่ง จะต่อกับ ENT ของชุดต่อไป

ชุดโหมด รีปเปิล หรือ ลูคอะเฮด ที่อ้างถึงในกรณีนี้ เพื่อชี้ให้เห็นว่า แครี่ ถูกถ่ายทอดไประหว่างวงจร นับ 4 บิตแต่ละชุดได้อย่างไร การต่อแอสเซตของวงจรนับ อนุกรม 74160 ถึง 74163 ทำให้ความถี่สูงสุดของ คล็อก ที่สามารถใช้งานได้ลดลง ถ้าเป็นกรณีของ รีปเปิลโหมด การลดลงจะขึ้นอยู่กับจำนวนชุดที่นำมาต่อ นั้น ค่าความถี่สูงสุดของสัญญาณคล็อก ที่สามารถใช้งานได้ คำนวณได้ดังนี้

รีปเปิลโหมด แครี่ :

$$f_{max} = \frac{1}{t_{pLH}(CLK \text{ to } RCO) + (n - 2)t_{pLH}(ENT \text{ to } RCO) + t_{su}(ENT)}$$

โดยที่ n คือ จำนวนชุดของวงจรนับ 4 บิตที่นำมาต่อแอสเซต

ลูคอะเฮด แครี่ :

$$f_{max} = \frac{1}{t_{pLH}(CLK \text{ to } RCO) + t_{su}(ENP)}$$

คุณสมบัติที่ผู้ผลิตกำหนด สำหรับค่าสูงสุด(maximum values)ของปริมาณต่างๆที่ปรากฏในสมการข้างบนนี้มีดังนี้

| อนุกรม              | $t_{pLH}(CLK \text{ to } RCO)$ | $t_{pLH}(ENT \text{ to } RCO)$ | $t_{su}(ENT)$ | $t_{su}(ENP)$ |
|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------|---------------|
| 74160-74163         | 35 ns                          | 16 ns                          | 20 ns         | 20 ns         |
| 74LS160A-74LS163A   | 35 ns                          | 14 ns                          | 20 ns         | 20 ns         |
| 74ALS160B-74ALS163B | 20 ns                          | 13 ns                          | * 15 ns       | * 15 ns       |
| 74AS160-74AS163     | 12.5 ns                        | 9 ns                           | * 8 ns        | * 8 ns        |

\* ค่าต่ำสุด

## 2.7 หน่วยความจำที่สามารถ อ่าน/เขียน ได้ (Read/Write Memory)

ที่ชื่อว่าหน่วยความจำ อ่าน/เขียน ได้มาจาก ชุดของหน่วยความจำ(memory arrays)ที่ในบางครั้งสามารถเก็บข้อมูลได้ และในบางครั้งเราสามารถดึงข้อมูลออกมาใช้ได้ ส่วนมากแล้วมันจะถูกใช้งานในระบบดิจิทัล ซึ่งในปัจจุบันนี้ก็คือ แรม (random-access memories :RAMs) ซึ่งในความหมายก็คือ เวลาที่ใช้ในการอ่านหรือเขียนใน หน่วยความจำ จะไม่ขึ้นกับตำแหน่งของข้อมูลใน แรม

ใน สแตติกแรม(SRAM) ข้อมูลที่ถูกเขียนลงที่ตำแหน่งหนึ่ง จะยังคงอยู่ดั้งเดิม ตราบเท่าที่ยังจ่ายแหล่งจ่ายให้กับ แรม อยู่ เว้นเสียแต่เราจะเขียนข้อมูลอื่นทับลงไปตำแหน่งเดิม ส่วนใน ไดนามิกแรม(DRAM) ข้อมูลที่ถูกเก็บไว้แต่ละตำแหน่งจะต้องถูกรีเฟรช(refresh) เป็นระยะๆ โดยการอ่านออกมาแล้วเขียนเข้าไปใหม่ ถ้าไม่เช่นนั้นข้อมูลจะสูญหายได้

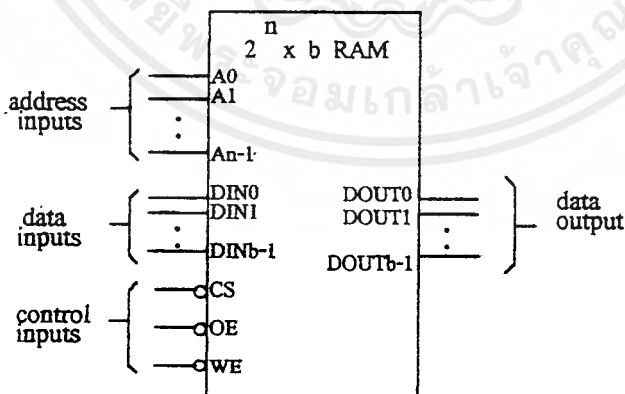
แรม ส่วนมากจะสูญเสียข้อมูลเมื่อเอาแหล่งจ่ายออก ซึ่งเราเรียกรูปแบบนี้ว่า “volatile memory” ใน แรม บางชนิดมันจะยังคงเก็บข้อมูลไว้ได้ทั้งที่เอาแหล่งจ่ายออก ซึ่งเราเรียกรูปแบบนี้ว่า “nonvolatile memory” ยกตัวอย่างเช่น หน่วยความจำแกนแม่เหล็กรูปแบบเก่า และ ซีมอสสแตติกเมโมรี สมัยใหม่ ในแบบตัวถังขนาดใหญ่เป็นพิเศษ ซึ่งภายในบรรจุแบตเตอรี่ลิเทียม ซึ่งมีอายุใช้งาน 10 ปี

เมื่อเร็วๆนี้ ได้มีการแนะนำตัว แรม ประเภท “nonvolatile” ที่มีชื่อว่า “ferroelectric RAMs” ซึ่งอุปกรณ์นี้จะมีส่วนประกอบของแม่เหล็ก กับ ส่วนของอิเล็กทรอนิกส์ รวมกันอยู่ในวงจรรวมชิ้นเดียว ซึ่งจะทำให้มันยังคงสถานะเดิมได้ถึงแม้ไม่ได้จ่ายแหล่งจ่ายให้มันก็ตาม ซึ่งจะคล้ายกับหน่วยความจำแกนแม่เหล็กรูปแบบเก่า

## 2.8 สแตติกแรม

### 2.8.1 อินพุต / เอาต์พุต ของสแตติกแรม

เช่นเดียวกับรอม แรม จะมีแอดเดรส, ส่วนควบคุมข้อมูลอินพุต/เอาต์พุต และ ส่วนของข้อมูลอินพุต/เอาต์พุต แต่สิ่งที่จะต้องมีส่วนคือ ส่วนของข้อมูลอินพุต อินพุตและเอาต์พุตอย่างง่ายของ สแตติกแรม ขนาด  $2^n \times b$  บิต แสดงดังรูป 2.42



รูป 2.42 โครงสร้างพื้นฐานของแรมขนาด  $2^n \times b$  บิต.

ตำแหน่งหน่วยความจำใน สเตตติกแรม จะประพฤติตัวคล้ายกับคีน-เลขซ์ มากกว่าที่จะคล้ายกับดีฟลิปฟลอป ที่ทริกโดยขอบของพัลซ์ นั้นหมายความว่าเมื่อไรก็ตามที่อินพุต /WE ถูกเลือกใช้งาน แลทซ์ที่ใช้สำหรับตำแหน่ง เมโมรี ที่ถูกเลือกไว้จะเปิด และข้อมูลอินพุตจะไหลเข้าไปและไหลผ่านแลทซ์ไป ค่าที่ถูกเก็บไว้จริงๆก็คือ ค่าอะไรก็ตามที่ยังคงอยู่ในปัจจุบันเมื่อแลทซ์ปิด สเตตติกแรม โดยทั่วไปเข้าถึงข้อมูลดังนี้

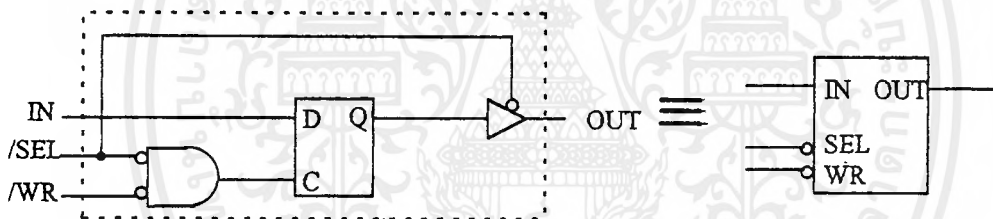
อ่าน : แอดเดรส ถูกตั้ง โดย แอดเดรสอินพุต แล้ว /CSและ/OE ถูกเลือกใช้งาน เอาต์พุตแลทซ์สำหรับตำแหน่งเมโมรี ที่ถูกเลือกไว้จะช่วยส่งข้อมูลไปยัง DOUT

เขียน : แอดเดรส ถูกตั้ง โดย แอดเดรสอินพุต และข้อมูลถูกตั้งไว้ที่ DIN แล้ว /CS และ /WE ถูกเลือกใช้งาน แลทซ์ของตำแหน่ง เมโมรี ที่ถูกเลือกไว้เปิด และ ข้อมูลอินพุตถูกเก็บไว้

มีความจำเป็นอย่างมากที่ต้องระมัดระวัง ในการเข้าถึงข้อมูลของ สเตตติกแรม เพราะว่ามันเป็นไปได้ที่จะเกิดความผิดพลาดของข้อมูลในหนึ่งตำแหน่งหรือมากกว่า ในขณะที่กำลังเขียนในตำแหน่งที่เลือกไว้ ถ้าช่วงเวลา ที่ สเตตติกแรม ต้องการไม่เหมาะสมกับช่วงเวลาที่เราเขียนลงไป ซึ่งจะกล่าวถึงอย่างละเอียดในหัวข้อต่อไป

## 2.8.2 โครงสร้างภายในของ สเตตติกแรม

หน่วยความจำแต่ละบิต(หรือ เซล)ใน สเตตติกแรม มีลักษณะการทำงานเหมือนกัน ดังรูป 2.43



รูป 2.43 เซลของ สเตตติกแรม

อุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูลแต่ละเซลล์ก็คือดีแลทซ์ นั่นเอง เมื่อขา /SEL ของเซลล์ถูกเลือกใช้งาน ข้อมูลที่ถูกเก็บไว้จะออกไปยังเอาต์พุตของเซลล์ซึ่งถูกต่ออยู่กับเส้นข้อมูล 1 บิต เมื่อทั้ง /SEL และ /WR ถูกเลือกใช้งาน แลทซ์จะเปิด และข้อมูลใหม่ 1 บิต จะถูกเก็บเข้าไว้

เซลล์ของ สเตตติกแรม ถูกเชื่อมต่อกันเป็นชุด(Array)ร่วมกับลอจิกสำหรับควบคุม เพื่อจัดรูปแบบให้เป็น สเตตติกแรม ที่สมบูรณ์ ดังแสดงในรูป 2.44 ซึ่งเป็นโครงสร้างภายในของ สเตตติกแรม ขนาด 8 x 4.ทำให้เราเห็นภาพการทำงานของ สเตตติกแรม ได้อย่างชัดเจน

– การทำงานขณะอ่าน : ข้อมูลเอาต์พุต ก็คือ ข้อมูลที่สอดคล้องกับแอดเดรสอินพุต ไม่มีอันตรายใดๆในการเปลี่ยนแอดเดรสขณะบัสข้อมูลเอาต์พุตถูกอินาเบล เวลาการเข้าถึงข้อมูลสำหรับการอ่าน ถูกกำหนดจากเวลา ณ.แอดเดรสอินพุตหลังสุดมีสถานะเสถียร (stable)

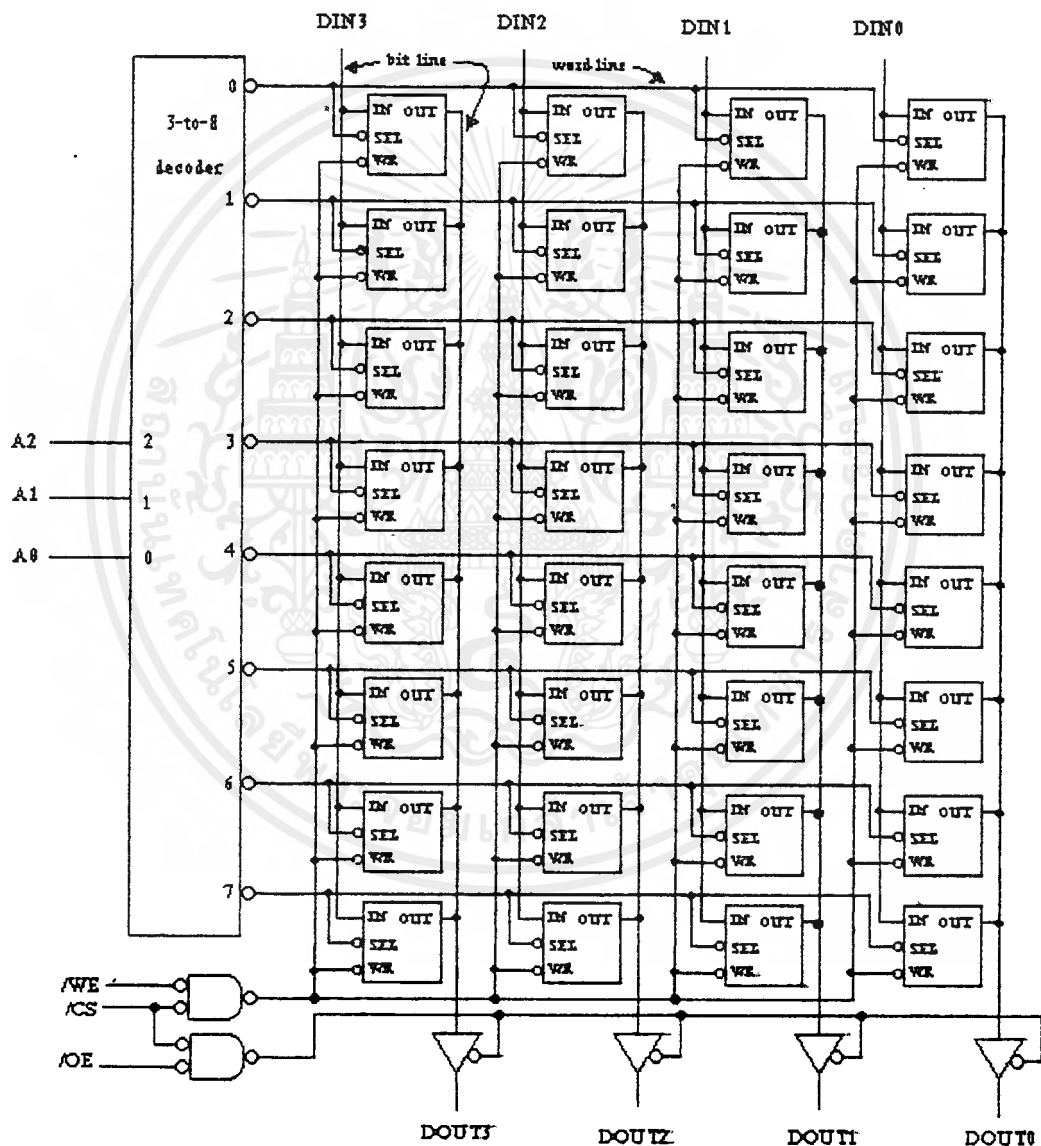
– การทำงานขณะเขียน : ข้อมูลถูกเก็บไว้ในแลทซ์ อธิบายได้ว่า ข้อมูลต้องใช้เวลาเซ็ทอัพ และคงค่า ที่แน่นอน อ้างอิงกับขอบขาของสัญญาณ แลทซ์อินาเบล นั่นคือ ข้อมูลอินพุตต้องการความไม่เสถียรชั่วขณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ /WR ถูกเลือกใช้งานจากภายใน เพียงแต่ว่า มันจะต้องเสถียรในเวลาที่แน่นอนก่อน /WR ถูกยกเลิกการใช้งาน

แอดเดรสต้องมีสถานะเสถียรในเวลาที่แน่นอน สำหรับเวลาเซตอัพ(setup time)ก่อน /WR ถูกเลือกใช้งานจากภายใน และสำหรับเวลาคงค่าเวลาคงค่า(hold time)หลัง/WRถูกยกเลิกการใช้งาน

– การทำงานภายใน : /WR ถูกอ้างการใช้งานเพียงตัวเดียว เมื่อทั้ง /CS และ /WE ถูกเลือกใช้งาน นั่นคือ “ วงรอบเขียน ” เริ่มต้นขึ้นเมื่อ ทั้ง /CS และ /WE ถูกเลือกใช้งาน และจบลงเมื่อทั้งสองถูกยกเลิกการใช้งาน เวลาเซตอัพ และ คงค่า ของแอดเดรสและข้อมูล ถูกกำหนดให้มีความสัมพันธ์กับเหตุการณ์นี้ด้วย



รูป 2.44 แสดงโครงสร้างภายในของสแตติกแรม ขนาด 8x4-

### 2.8.3 พลังเวลาของสแตติกแรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 2.44 แสดงพารามิเตอร์ต่างๆของผังเวลา ซึ่งถูกกำหนดเป็นแบบอย่างสำหรับการปฏิบัติงานในการอ่านของสแตติกแรม ซึ่งความหมายของพารามิเตอร์ต่างๆมีดังต่อไปนี้

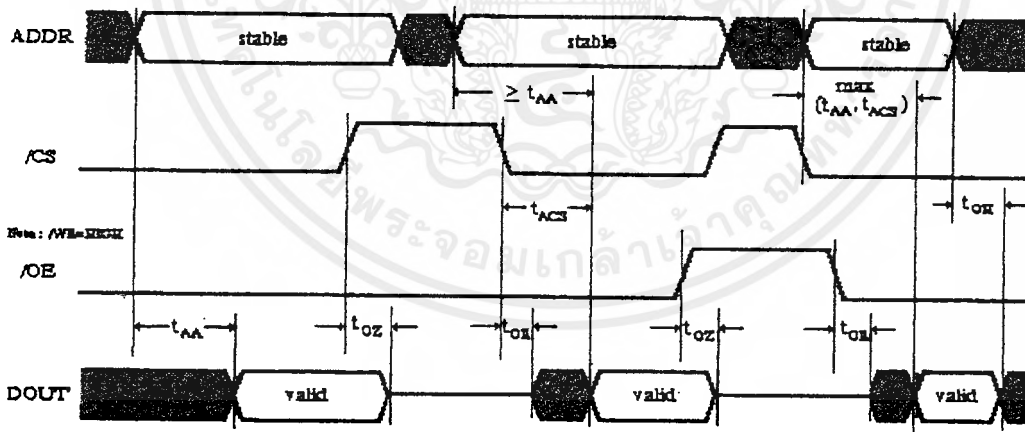
$t_{AA}$  : Access time from address. สมมติว่า /OE และ /CS ถูกเลือกใช้งานเรียบร้อยแล้ว ความหมายของ  $t_{AA}$  คือ ใช้เวลานานเท่าไร ที่ทำให้ข้อมูลเอาต์พุตมีสถานะเสถียร หลังจากการเปลี่ยนแอดเดรส นั่นคือ เมื่อนักออกแบบ พูตถึง “70-ns SRAM” เขากำลังอ้างถึงค่า  $t_{AA}$  นี้

$t_{ACS}$  : Access time from chip select. สมมติว่าแอดเดรส และ /OE อยู่ในสถานะเสถียรแล้ว ความหมายของ  $t_{ACS}$  คือ ใช้เวลานานเท่าไร ที่ทำให้ข้อมูลเอาต์พุตมีสถานะเสถียร หลังจาก /CS ถูกเลือกใช้งาน มีบ่อยครั้งที่พารามิเตอร์ตัวนี้มีค่าเหมือนกับ  $t_{AA}$  แต่บางครั้งใช้เวลานานกว่าเมื่ออยู่ในโหมด “power-down” และใช้เวลาสั้นกว่าเมื่อไม่ได้ใช้โหมดดังกล่าว

$t_{OE}$  : Output-enable time. นั่นคือ ใช้เวลานานเท่าไรที่ทำให้ บัฟเฟอร์เอาต์พุต 3 สถานะ (three-state output buffers) ออกจากสถานะ อิมพีแดนซ์สูง (high-impedance) เมื่อ /OE และ /CS ถูกเลือกใช้งานทั้งคู่ ปกติค่าพารามิเตอร์ตัวนี้จะน้อยกว่า  $t_{ACS}$  ดังนั้นมันเป็นไปได้ว่า แรม เริ่มต้นการเข้าถึงข้อมูลภายใน ก่อนที่ /OE จะถูกเลือกใช้งาน คุณสมบัติข้อนี้ถูกใช้เพื่อให้เวลาการเข้าถึงข้อมูลที่เร็ว ในขณะที่หลีกเลี่ยงการใช้เส้นทางบัสในงานประยุกต์ทั้งหลาย

$t_{OZ}$  : Output-disable time. นั่นคือ ใช้เวลานานเท่าไรที่ทำให้ บัฟเฟอร์เอาต์พุต 3 สถานะ เข้าสู่สถานะอิมพีแดนซ์สูง หลังจาก /OE หรือ /CS ถูกยกเลิกการใช้งาน

$t_{OH}$  : Output-hold time. พารามิเตอร์ตัวนี้ใช้กำหนดว่า เป็นเวลานานเท่าไรที่ ข้อมูลเอาต์พุต ยังคงปรากฏอยู่ หลังจากเปลี่ยนแอดเดรสไปแล้ว



รูป 2.45 พารามิเตอร์ผังเวลา สำหรับการปฏิบัติงานในการอ่าน

พารามิเตอร์ผังเวลาสำหรับการปฏิบัติงานในการเขียน แสดงไว้ในรูป 5 มีคำอธิบายดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$t_{AS}$ : Address setup time before write. อินพุตแอดเดรสทั้งหมด ต้องอยู่ในสถานะเสถียรเป็นเวลา  $t_{AS}$  นี้ ก่อนที่ ทั้ง /CS และ /WE ถูกเลือกใช้งาน มิฉะนั้นข้อมูลที่ถูกระบุที่ตำแหน่งที่ไม่สามารถคาดเดาได้ อาจถูกทำให้เสียหายได้

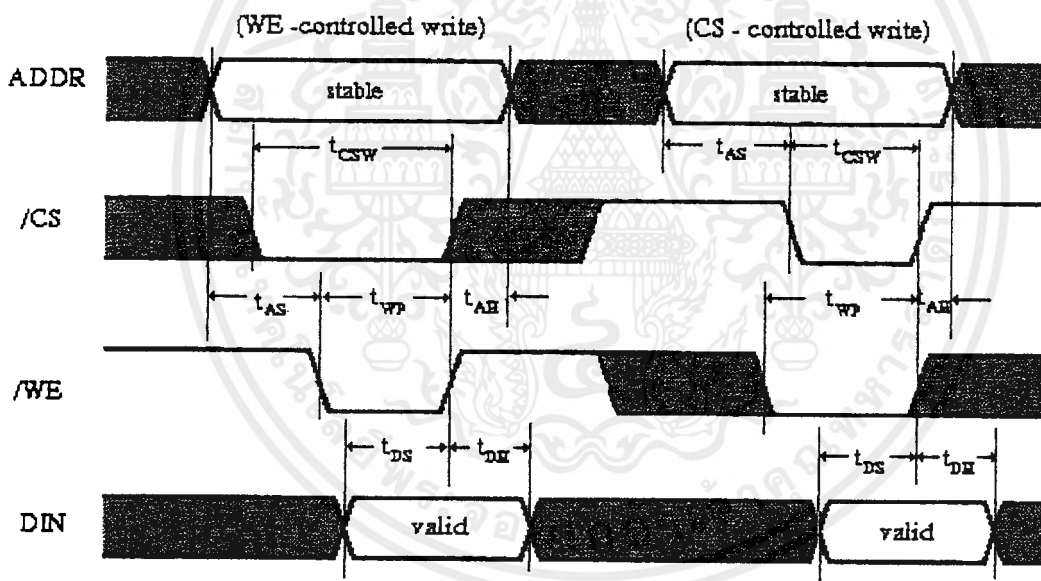
$t_{AH}$ : Address hold time after write. คล้ายกับ  $t_{AS}$  คือ อินพุตแอดเดรสทั้งหมดต้องคงสถานะเสถียร เป็นเวลา  $t_{AH}$  หลังจาก /CS หรือ /WE ถูกยกเลิกการใช้งาน

$t_{CSW}$ : Chip-select setup before end of write. /CS ต้องถูกเลือกใช้งานเป็นเวลานานอย่างน้อยที่สุดเท่ากับ  $t_{CSW}$  ก่อนที่ “วงรอบเขียน” ในขั้นตอนเลือกเซลล์จะจบลง

$t_{WP}$ : Write-pulse width. /WE ต้องถูกเลือกใช้งานเป็นเวลานานอย่างน้อยที่สุดเท่ากับ  $t_{WP}$  เพื่อให้แน่ใจได้ว่า ข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในเซลล์ที่ถูกเลือกไว้

$t_{DS}$ : Data setup time before end of write. ข้อมูลอินพุตทั้งหมดต้องเสถียร ณ.เวลานี้ ก่อนที่ “วงรอบเขียน” จะจบลง มิฉะนั้นข้อมูลอาจจะไม่ถูกเก็บเข้าไป

$t_{DH}$ : Data hold time after end of write. คล้ายกับ  $t_{DS}$  คือข้อมูลอินพุตทั้งหมดต้องคงสถานะเสถียร จนกระทั่งถึงเวลานี้ หลังจาก “วงรอบเขียน” จบลง



รูป 2.46 พารามิเตอร์ผังเวลา สำหรับการปฏิบัติงานในการเขียน

## 2.8 พอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์

ผู้คนส่วนใหญ่มักจะคิดว่า พอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์นั้นเป็นพอร์ตที่ทำหน้าที่เป็นเอาต์พุตพอร์ตเพียงอย่างเดียวเพราะงานส่วนใหญ่ของพอร์ตขนานก็คือการส่งข้อมูลออกไปยังเครื่องพิมพ์ แต่จริงๆ แล้วพอร์ตขนาน นอกจากจะมีสัญญาณข้อมูลขนาด 8 เส้น แล้วก็ยังมีสายสัญญาณอีก 9 เส้นในการแสดงสถานะและควบคุมซึ่งเราสามารถใช้งานสายสัญญาณเหล่านี้สำหรับเป็นสัญญาณอินพุต โดยการประยุกต์เอาลักษณะเฉพาะของมัน ไปใช้ในการตรวจจับหรือตรวจวัดสัญญาณต่างๆ

| ขา      | หน้าที่การทำงาน                                                                                                      |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| D0 - D7 | ส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ ไปยังอุปกรณ์ภายนอก                                                                           |
| STB     | สัญญาณที่บอกให้อุปกรณ์ภายนอกรู้ว่า เครื่องคอมพิวเตอร์ พร้อมที่จะส่งข้อมูลไปให้แล้ว ให้อุปกรณ์ภายนอกมารับข้อมูลได้เลย |
| SEL IN  | เป็นสัญญาณที่บอกให้เครื่องคอมพิวเตอร์รู้ว่า มีสัญญาณจากภายนอกเข้ามาในเครื่องคอมพิวเตอร์                              |
| INIT    | เป็นสัญญาณที่บอกให้อุปกรณ์ภายนอกรู้ว่าเครื่องคอมพิวเตอร์จะทำการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับอุปกรณ์ภายนอก                   |
| AUTOLF  | เป็นสัญญาณที่บอกให้อุปกรณ์ภายนอก ซึ่งเป็นเครื่องพิมพ์ ให้ทำการเลื่อนกระดาษ ไปหนึ่งบรรทัด                             |
| BSY     | เป็นสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอก ที่บอกให้คอมพิวเตอร์ รู้ว่าอุปกรณ์ภายนอกยังไม่พร้อมที่จะติดต่อ                            |
| ACK     | เป็นสัญญาณที่บอกให้คอมพิวเตอร์รู้ว่าอุปกรณ์ภายนอกพร้อมที่จะติดต่อแล้ว                                                |
| PE      | เป็นสัญญาณที่บอกให้เครื่องคอมพิวเตอร์รู้ว่าเครื่องพิมพ์ไม่มีกระดาษ                                                   |
| SEL     | เป็นขาที่บอกให้คอมพิวเตอร์รู้ว่าเครื่องพิมพ์ทำงานอยู่                                                                |
| ERR     | เป็นสัญญาณที่บอกให้เครื่องคอมพิวเตอร์รู้ว่าอุปกรณ์ที่เชื่อมต่ออยู่มีการผิดพลาดเกิดขึ้น                               |

ตำแหน่งแอดเดรส

| พอร์ตข้อมูล | พอร์ตแสดงสถานะ | พอร์ตควบคุม |
|-------------|----------------|-------------|
| 3BCH        | 3BDH           | 3BEH        |
| 378H        | 379H           | 37AH        |
| 278H        | 279H           | 27AH        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณต่างๆที่กล่าวมาข้างต้นนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานต่างๆ ได้อย่างมากมาย ซึ่งจะช่วยให้คอมพิวเตอร์สามารถติดต่อกับสัญญาณอินพุตเอาต์พุตภายนอกได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# บทที่ 3

## หลักการทำงานและการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

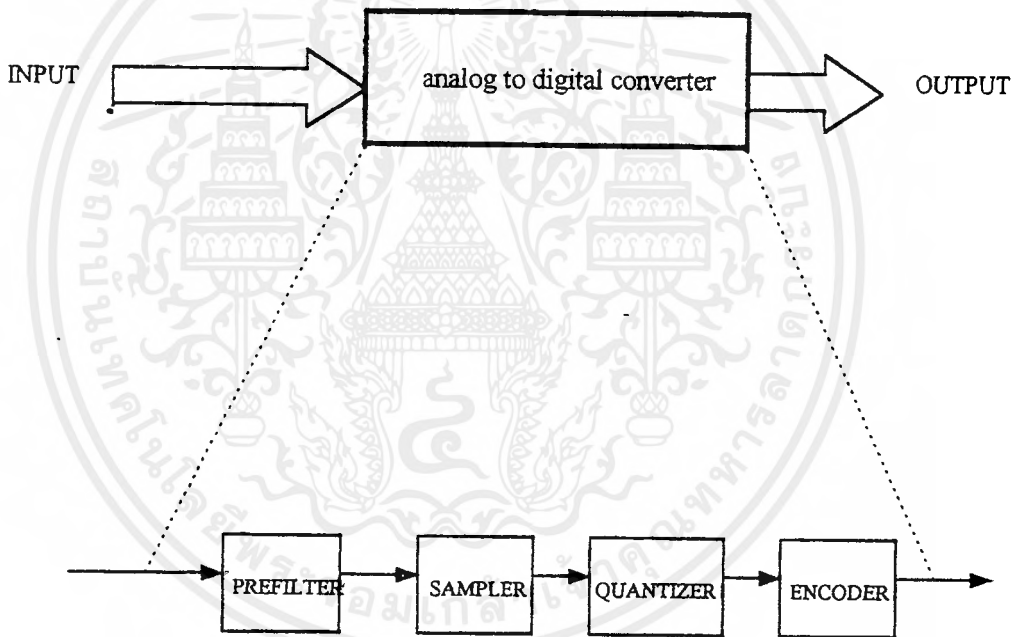
### 3.1 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล

#### (Analog to Digital Converter : ADC)

จากทฤษฎีการแปลงสัญญาณเป็นดิจิทัล (Digitization to Analog Signal) ที่กล่าวมาแล้วนั้น เป็นการศึกษาดังผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นและเงื่อนไขต่าง ๆ ในระบบการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (Analog to Digital Conversion System) เพื่อให้ระบบทำงานอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพสูงสุด

เพราะฉะนั้นในทางปฏิบัติ การที่จะสร้างตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลนั้นจึงต้องใช้เงื่อนไข และทฤษฎีต่าง ๆ มาเป็นตัวกำหนด แต่ในความจริงแล้ว หลักในทฤษฎีอาจจะทำไม่ได้ในทางปฏิบัติ ยกตัวอย่างเช่น การกำเนิดสัญญาณอิมพัลส์ (Impulse Generation) ในทางฟิสิกส์ทำไม่ได้ ดังนั้นในทางปฏิบัติจะต้องสร้างให้มีความใกล้เคียงกับ ทฤษฎีให้มากที่สุด จึงสามารถใช้หลักทฤษฎีมาอธิบายผลได้

โดยหลักทั่วไปแล้ว วงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล จะประกอบด้วย ส่วนของการสุ่มสัญญาณ (Sampling Part) กับส่วนการเข้ารหัส (Coding Part) และส่วนอื่น ๆ อีกเช่นวงจรกรอง(Filter) ดังรูป



รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล

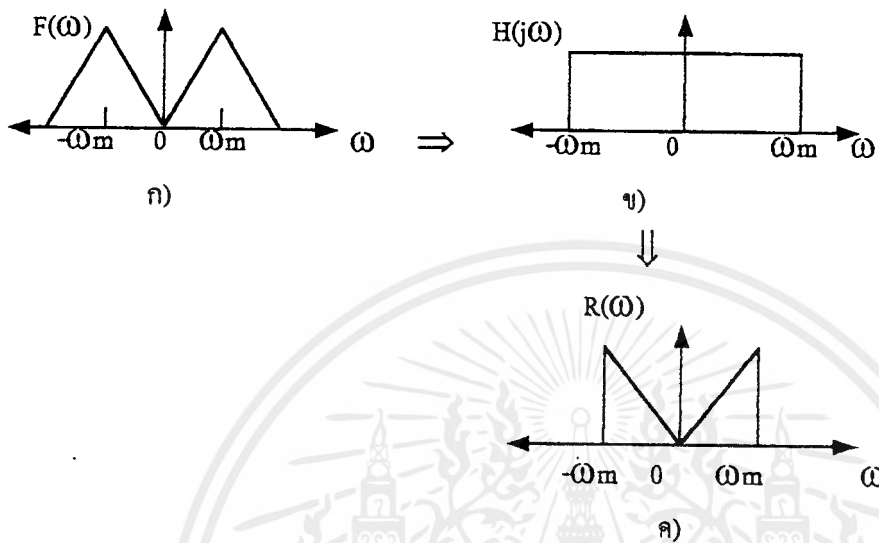
#### 3.1.1 วงจรกรองเบื้องต้น

##### (Pre-Filtering)

บล็อกไดอะแกรมส่วนแรกคือ ตัวกรองความถี่ขั้นต้น (Perfilter) ส่วนนี้มีไว้เพื่อ กรองความถี่เฉพาะที่ต้องการเท่านั้น หรือการ กำจัดย่านความถี่ (Bandlimiting) เพราะจากทฤษฎีที่กล่าวไว้ข้างต้นนั้น สัญญาณอนาล็อกอินพุต(Baseband Signal) จะต้องมีย่านความถี่(Band width) ที่จำกัดอยู่ค่าหนึ่ง เพราะฉะนั้นก่อนทำการสุ่มสัญญาณ หรือกระบวนการเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิทัลจึงจำเป็นที่จะต้องมีส่วนนี้อยู่ก่อนเสมอ เพื่อการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนสัญญาณและจัดระดับ (Quantization) ที่ปราศจากความผิดพลาด (error free) เว้นแต่สัญญาณ อินพุต มี ย่านที่ จำกัดอยู่แล้ว วงจรปริฟิลเตอร์ เรียกชื่ออีกอย่างหนึ่งว่า “วงจรป้องกันการทับซ้อน” (anti-aliasing Filter)  
ทฤษฎีของการกรองความถี่ (Filtering Theorem)



รูปที่ 3.2 แสดง สเปกตรัม ของกระบวนการกรองความถี่

ก) สเปกตรัม ของสัญญาณอินพุต (Baseband Signal)

ข) สเปกตรัมคุณสมบัติของ Lowpass Filter (Impulse Response)

ค) สเปกตรัมที่ได้จาก ผลของอิมพัลส์ (Impulse Response)

จากรูป 3.2 เราจะได้

$$R(\omega) = H(j\omega)F(\omega)$$

$$\text{ซึ่ง } H(j\omega) = |A|; |\omega| \leq \omega_m$$

ในลักษณะจะเป็น วงจรกรองความถี่ต่ำทางอุดมคติ (Ideal Lowpass Filter) เพราะฉะนั้นการแปลงฟูเรียร์ (Fourier Transform) ของ  $R(\omega)$  จะได้

$$R(\omega) \leftrightarrow r(t); H(j\omega) \leftrightarrow h(t); F(\omega) \leftrightarrow f(t)$$

$$r(t) = h(t) * f(t) \leftarrow \text{ความสัมพันธ์ คอนโวลูชัน (convolution relation)}$$

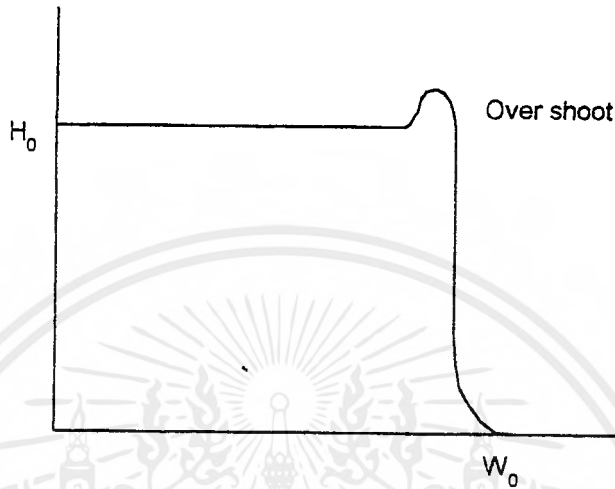
$$h(t) = \frac{|A| \sin \omega_m t}{\omega_m t}$$

$$r(t) = \frac{|A| \sin \omega_m t}{\omega_m t} * f(t)$$

$$r(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau) |A| \frac{\sin \omega_m (t - \tau)}{\omega_m (t - \tau)} d\tau$$

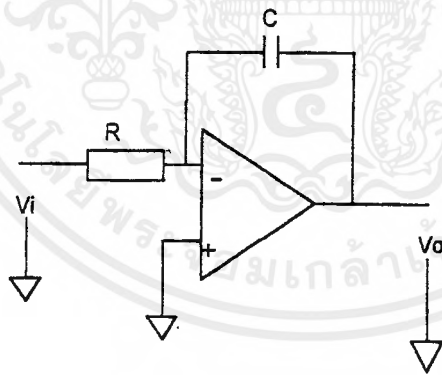
ในการใช้งานนี้ตัวกรองความถี่ต่ำ (Lowpass Filter) จะใช้ แบบ แอคทีฟ ฟิลเตอร์ (Active Filter) ซึ่ง ทรานสเฟอ์ ฟังก์ชัน (Transfer function) จะได้

$$H(s) = - \frac{H_o w^2 c}{s^2 + \frac{w c s}{Q} + w^2 c} ; H_o: \text{ขนาดของสัญญาณที่จุดความถี่คัทออฟ}$$



รูปที่ 3.3 แสดงสเปกตรัมของวงจรกรองความถี่ต่ำ

โอเวอร์ ชู้ด (over shoot) จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่า  $Q$  ถ้าค่า  $Q$  สูง โอเวอร์ ชู้ด จะสูง รูปวงจรโดยทั่วไปของวงจรกรองความถี่ต่ำนี้จะใช้วงจรดังรูป



รูปที่ 3.4 วงจรอินทิเกรเตอร์

เราจะได้

$$\frac{0 - V_i}{R} + i_c = 0$$

$$\text{ถ้า } i_c = \frac{0 - V_o}{\frac{1}{sC}} ; s = j\omega$$

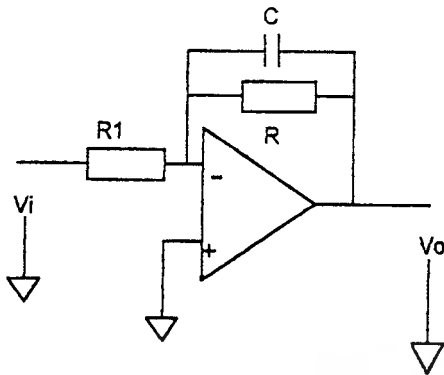
$$i_c = -V_o s C$$

เพราะฉะนั้น

$$\frac{V_o}{V_i} = -\frac{1}{RSC} = \frac{1}{KS}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าทรานสเฟอ์ ฟังก์ชัน เป็นแบบนี้เราจะทราบได้ว่าวงจรนี้เป็นวงจร อินทิเกรเตอร์



รูปที่ 3.5

จากรูป

$$\frac{V_i}{R} + \frac{V_o}{R_1} + V_{osc} = 0$$

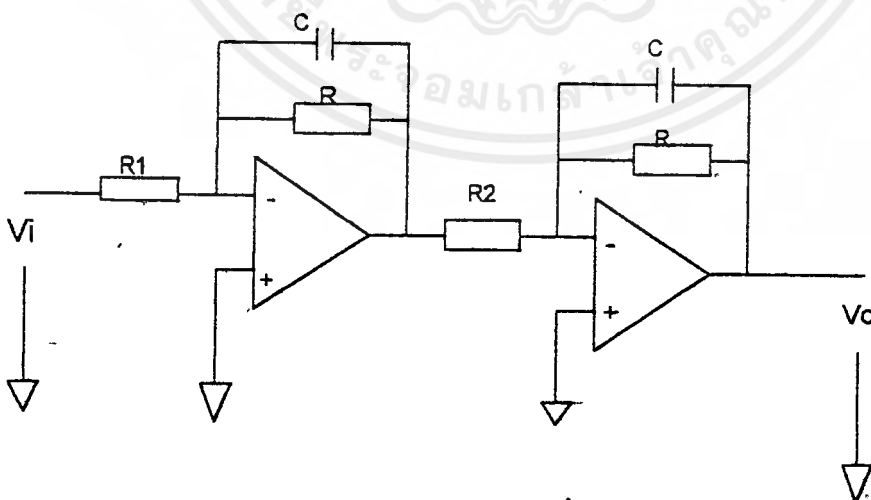
$$V_o \left( \frac{1}{R_1} + sc \right) = -\frac{V_i}{R}$$

$$V_o \left( \frac{1 + scR_1}{R_1} \right) = -\frac{V_i}{R}$$

$$\frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_1}{R} \left( \frac{1}{1 + scR_1} \right)$$

นี่เป็นวงจรกรองความถี่ต่ำแบบ เฟิร์ส ออร์เดอร์ (First order Lowpass Filter)

ซึ่ง ทรานสเฟอ์ ฟังก์ชัน (Transfer function) ไม่ได้อยู่ในรูปแบบข้างต้น จึงไม่ใช่วงจรนี้มาต่อ คาสเคด (cascade) กัน เป็น 2- สเตจ จะเรียกว่า “วงจรกรองความถี่ต่ำอันดับหนึ่งแบบคาสเคด” (Cascade First Order Low pass Filter)



รูปที่ 3.6 วงจรกรองความถี่ต่ำ 2 สเตจ

เราจะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{V_{O_1}}{R} + V_{O_1}sc + \frac{V_i}{R_1} = 0$$

$$V_{O_1} = -\frac{R}{R_1} \frac{V_i}{(1+scR)}$$

และ

$$\frac{V_o}{R} + V_{osc} + \frac{V_{O_1}}{R_1} = 0$$

$$\frac{V_o}{R} + V_{osc} + \frac{-R}{R_1 R_1} \frac{V_i}{(1+scR)} = 0$$

$$\frac{V_o(1+scR)}{V_i \left( \frac{1}{R} \right)} = \frac{R}{R_1 R_1 [1+scR]}$$

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{R^2}{R_1^2} \left\{ \frac{1}{(1+scR)(1+scR)} \right\} = \frac{R^2}{R_1^2} \left\{ \frac{1}{1+2scR+s^2c^2R^2} \right\}; \frac{R^2}{R_1^2} = A$$

$$\text{จาก } H(s) = \frac{How^2c}{s^2 + \frac{wc}{Q}s + w^2s} = \frac{V_o}{V_i} = \frac{A}{\left( s^2 + \frac{2s}{CR} + \frac{1}{(CR)^2} \right) C^2 R^2} = \frac{A/(CR)^2}{\left( S^2 + \frac{2s}{CR} + \frac{1}{(CR)^2} \right)}$$

$$H(s) = \frac{A/(CR)^2}{\left( S^2 + \frac{2S}{CR} + \frac{1}{(CR)^2} \right)}$$

$$\therefore Ho w^2c = \frac{A}{(CR)^2}$$

$$w^2c = \frac{A}{(CR)^2}$$

$$\frac{wc}{Q} = 2$$

$$\text{เราจะได้ } Q = \frac{wc}{2} = \frac{1}{2RC}$$

$$wc = \frac{1}{RC}$$

$$Ho = A = \frac{R^2}{R_1^2}$$

พิจารณาวงจรนี้ในโดเมน ของเวลา (Time domain) และเราทราบว่า ความถี่ cut off อยู่ที่  $f_c$

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$\text{เราจะได้ } \frac{V_i}{R_1} + \frac{V_o}{R} + \frac{CdV_o}{dt} = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C \frac{dv_o}{dt} + \frac{V_o}{R} = -\frac{V_i}{R_1}$$

$$\frac{dv_o}{dt} + \frac{V_o}{CR} = -\frac{1}{CR_1} V_i$$

$$-\frac{1}{CR_1} V_i = f(t)$$

$$\frac{dv_o}{dt} + \frac{V_o}{CR} = f(t)$$

แก้สมการเชิงอนุพันธ์ได้

$$V_o(t) = K e^{-\frac{1}{CR}t} + e^{-\frac{1}{CR}t} \int f(t) e^{\frac{1}{CR}t} dt$$

ถ้าอยู่ในช่วง สเตตัสเตต (Steady State)

$$V_o(t) = e^{-\frac{1}{CR}t} \int f(t) e^{\frac{1}{CR}t} dt$$

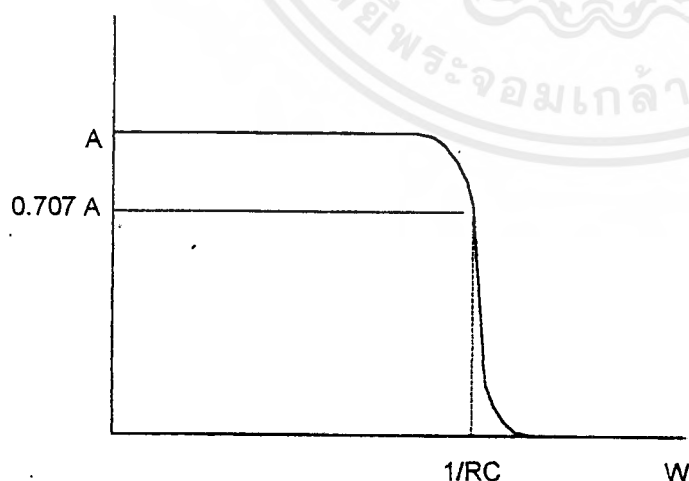
ถ้าสัญญาณ อินพุต เข้ามาเป็น  $A \cos wt$

$$V_o(t) = \frac{-RA \cos(wt - \phi)}{R_1 \sqrt{1 + w^2(RC)^2}}$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{1/RC}{w}$$

ถ้า  $R = R_1$  Gain = 1

$$V_o(t) = \frac{A \cos(wt - \phi)}{\sqrt{1 - w^2 R^2 C^2}} \quad \text{จะได้กราฟในโดเมนของความถี่ดังนี้}$$



รูปที่ 3.7 ผลตอบสนองของวงจรกรองความถี่ต่ำ 1 สเตต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\therefore \text{ความถี่คัทออฟ } \omega c = \frac{1}{RC}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

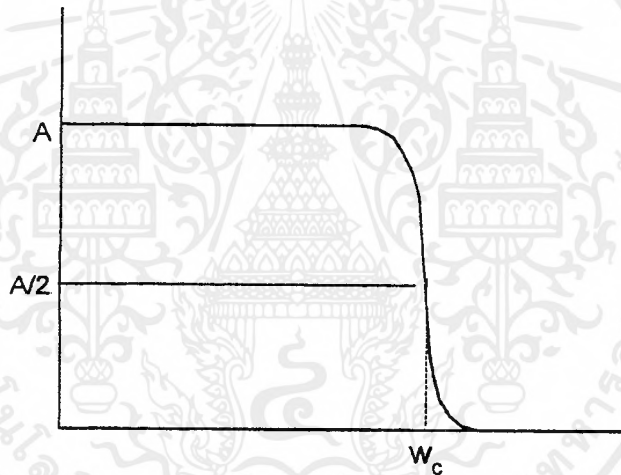
ส่วน ต่อมาก็เช่นเดียวกัน เราจะได้สัญญาณ เอาท์พุท  $v_o(t)$

$$V_o(t) = \frac{A \cos \omega t}{(R_1 C)^2 (a^2 + \omega^2)}; a = \frac{1}{RC}$$

$$R_1 = R$$

$$V_o(t) = \frac{A}{(1 + \omega^2 a^2)} \cos \omega t$$

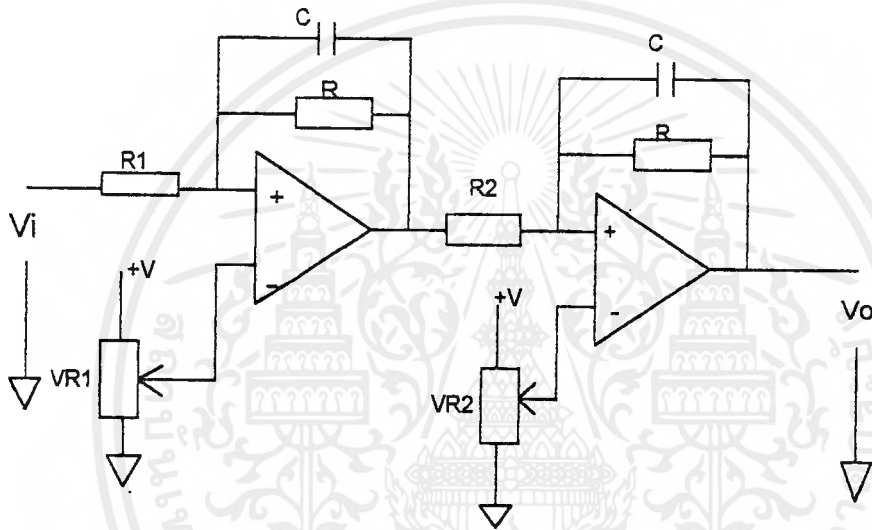
จะเห็นว่าสัญญาณ เอาท์พุท จะเหมือน อินพุทแต่ ที่ความถี่คัทออฟ ขนาดของสัญญาณจะลดลงมาครึ่งหนึ่งดังรูป



รูปที่ 3.8 ผลตอบสนองของวงจรกรองความถี่ต่ำ 2 สเตจ

$$\omega c = \frac{1}{RC}; f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

แสดงว่าถ้าต่อ 2 สเตจ กราฟจะมีความชันมากขึ้น เข้าใกล้วงจรกรองในอุดมคติ(Ideal Filter) แต่ในการใช้งานที่ต่อร่วมกับ ไอซี เบอร์ CA3318C อินพุท ของมัน จะมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 5 โวลต์ ดังนั้น เราจะต้องพยายามยก ระดับของสัญญาณอินพุทขึ้นด้วยแรงดันไฟตรงคงรูป



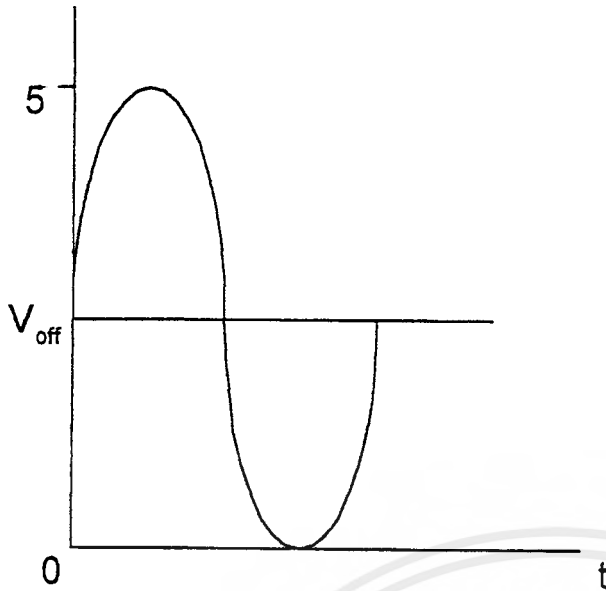
รูปที่ 3.9 วงจรกรองความถี่ต่ำที่ถูกยกระดับ โดยแรงดันไฟตรง

ทำให้เราได้เอาต์พุต ใหม่เป็น

$$V_o(t) = 2V \left[ \frac{RaRb' - Ra'Rb}{(Ra' + Rb')(Ra + Rb)} \right] + \frac{A \cdot R^2}{(1 + w^2 a^2) R_1 R_2} \cos wt \text{ ----- (*)}$$

สัญญาณ อินพุต ที่ได้จากวงจรส่วนก่อนคือ ตัวถอดรหัสสัญญาณแม่สี (RGB decoder) นั้น ค่าสูงสุดของมันอยู่ในช่วง 1-2 โวลต์พีค ๆ พีค

เพราะฉะนั้น อินพุต ของ ไอซี CA3318C มีค่า = 5 โวลต์ (สูงที่สุด)



รูปที่ 3.10 แสดงสัญญาณอินพุตที่ถูกกระตุ้นโดยแรงดันไฟตรง

เพราะฉะนั้น เกน ของ วงจรกรองความถี่ต่ำ นี้คือ

$$G = \frac{2.5}{1} = 2.5; \text{ เมื่อ สัญญาณอินพุตเท่ากับ } \cos wt$$

เราจะใช้ วงจรกรองความถี่ต่ำ ที่มี ย่านความถี่ เท่ากับ 5 เมกกะเฮิร์ต เพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขของ ทฤษฎีการ  
สุ่มสัญญาณ(Sampling Theorem)

คือ  $fs \geq 2fm$

$fs$  : ความถี่ ที่ใช้สุ่มสัญญาณเราใช้ 10.240 เมกกะเฮิร์ต

จาก อัตราการขยาย ของ วงจรกรองความถี่ต่ำ

$$\frac{R^2}{R_1 R_2} = 2.5$$

ปกติ  $R_1, R_2, R$  จะอยู่ในช่วง  $5k\Omega \rightarrow 100k\Omega$  จะเป็นการเหมาะสมที่สุด

ถ้าเลือก  $R = 10k$

$\therefore fc = \frac{1}{2\pi RC}$ ; เราต้องการความถี่อินพุตสูงสุด 4 เมกกะเฮิร์ต ก็เพียงพอแล้วดังนั้น

$$4MHz(2\pi) = \frac{1}{10kC}$$

$$C = \frac{1}{2\pi 10k4 \times 10^6} = 3.9pF$$

แต่ในท้องตลาดมี 5 pF เราจึงใช้ 5 pF แทน

ทำให้ได้  $fc$  จริง ๆ คือ

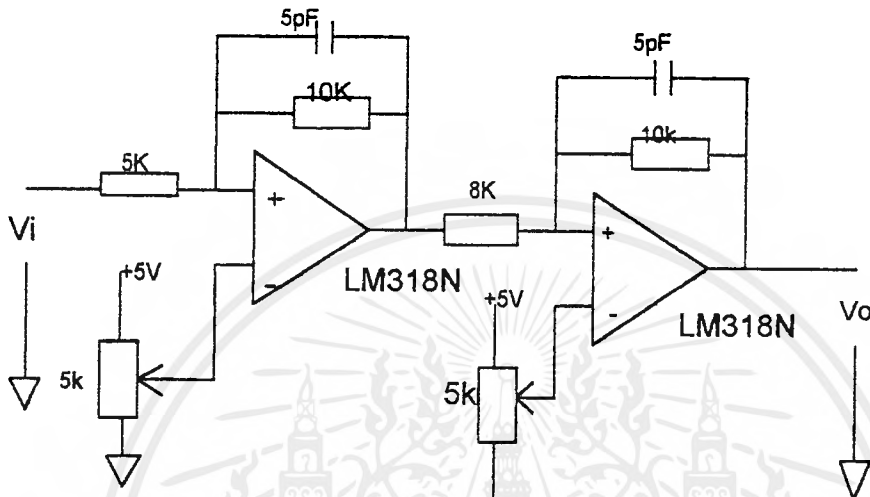
$$fc = \frac{1}{2\pi 5k(5pF)} = 3.18MHz$$

ถ้า  $R = 10K$  จะได้

$$\frac{(10k)^2}{R_1 R_2} = 2.5 ; R_1 R_2 = 40 \times 10^6$$

เลือก  $R_1 = 5k ; R_2 = 8k$

และ ออปแอมป์ ต้อง มี ย่านตอบสนอง(band width )กว้าง สลิวเรต(slew Rate )สูง ๆ เลือก ไอซี เบอร์ LM318N ซึ่งมี ย่านตอบสนองเท่ากับ 15 เมกกาเฮิร์ต ซึ่งเพียงพอกับการใช้งานเพราะฉะนั้นวงจรที่สมบูรณ์ของวงจรกรองความถี่เบื้องต้นมีดังนี้



รูปที่ 3.11 วงจรที่สมบูรณ์ของวงจรกรองความถี่ต่ำ 2 สเตจ

### 3.1.2 ตัวสุ่มสัญญาณ ตัวควอนไทซ์ และ ตัวเข้ารหัส

(Sampler Quantizer and Encoder)

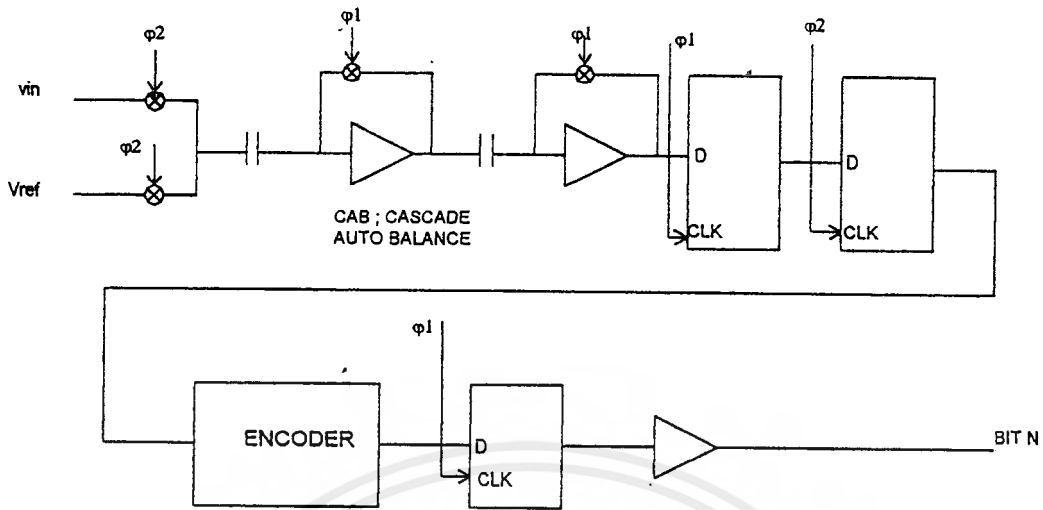
วงจรทั้งสามส่วนนี้จะรวมอยู่ในตัวเดียวกัน ซึ่งอยู่ใน ไอซี เบอร์ CA3318C เป็น ไอซี ที่เปลี่ยนจากสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณแบบ ดิจิตอลความเร็วสูง ( Analog to Digital Flash converter type)

จุดประสงค์หลักของ ไอซีเบอร์นี้เพื่อแปลงสัญญาณวิดีโอ เป็น สัญญาณ ดิจิตอลโดยเฉพาะ ดังนั้นสัญญาณนาฬิกาที่ใช้จึงมีความถี่สูง ซึ่งมีอัตราการสุ่มสัญญาณสูงสุด 15 เมกกาเฮิร์ต แต่ในโครงงานนี้จะใช้สัญญาณนาฬิกา 10 เมกกาเฮิร์ต เพราะในสัญญาณวิดีโอใน 1เส้นสแกน 64 ไมโครวินาที แต่เป็นแนวฮอริซอนทัลภาพจริง ๆ นั้น จะมีอยู่ประมาณ 80 เปอร์เซนต์ นั่นคือ

$$64 \mu s \times 0.8 = 51.2 \mu s$$

ดังนั้น จากจุดประสงค์ของโครงงานชิ้นนี้ต้องการความละเอียดของภาพเท่ากับ  $512 \times 256$  (จุดในแนวนอน  $\times$  จุดในแนวตั้ง) ถ้าต้องการจุดใน 1 เส้นสแกนเท่ากับ 512 จุด จะต้องใช้อัตราการสุ่มสัญญาณคือ

$$51.2 \mu s / 512 = 10 \text{ Mhz}$$



รูปที่ 3.12 ส่วนประกอบของวงจรในไอซี 1 ชุด

จากรูปจะมีชุดของสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ชุดขยายและเปรียบเทียบ (Commutator capacitor and amplifier set) และชุดของตัวเข้ารหัส (Encoder array logic) ซึ่งมีทั้งหมด 256 ชุด มีหลักการทำงานดังนี้

ชุดสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ จะประกอบไปด้วยสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ควบคุมสวิตช์ดังรูป

สัญญาณนาฬิกาควบคุมสวิตช์มีสองตัวคือ  $\phi 1$  (Auto balance) และ  $\phi 2$  (Sample unknown) เมื่อ  $\phi 2$  มีลอจิก "0"  $\phi 1$  จะมีลอจิก "1" สัญญาณอินพุตจะถูกคูณด้วย ศูนย์ ทำให้เสมือนสวิตช์ถูกเปิด (opened) และตรงจุดชั่วของตัวเก็บประจุที่เรียกว่า "คอมมูเตเตอร์ คาปาซิเตอร์" (Commutator capacitor) จะมีค่าแรงดันจากแรงดันอ้างอิง (Reference Voltage ;  $V_{ref}$ ) เข้ามาและตัวเก็บประจุจะเก็บแรงดันนี้ไว้ (Charge) ซึ่งค่าของแรงดันในตัวเก็บประจุแต่ละชุด (มี 256 ชุด) และมีค่าเท่ากับแรงดัน  $V_{tap(n)}$  ดังนี้

$$V_{tap(n)} = [(N/256)V_{ref} - (1/512)V_{ref}]$$

$$= [(2N - 1)/512]V_{ref}$$

ซึ่ง  $V_{tap(N)}$  : เป็นแรงดันของตัวเก็บประจุแต่ละชุด

$V_{ref}$  : แรงดันที่ตกคร่อมขา  $V_{ref-}$  กับ  $V_{ref+}$

$N$  : หมายเลขของแต่ละชุด

เมื่อ  $\phi 2$  คือ "1"  $\phi 1$  จะมีลอจิกเป็น "0" ทำให้แรงดันอินพุตเข้ามาได้และถ้าแรงดันอินพุตมากกว่าแรงดัน  $V_{tap(N)}$  กระแสก็จะไหลผ่านตัวเก็บประจุไปยังตัวขยายได้ แต่ถ้าแรงดันอินพุตน้อยกว่า ก็จะไม่มีการแสไหลผ่านตัวเก็บประจุนั้น

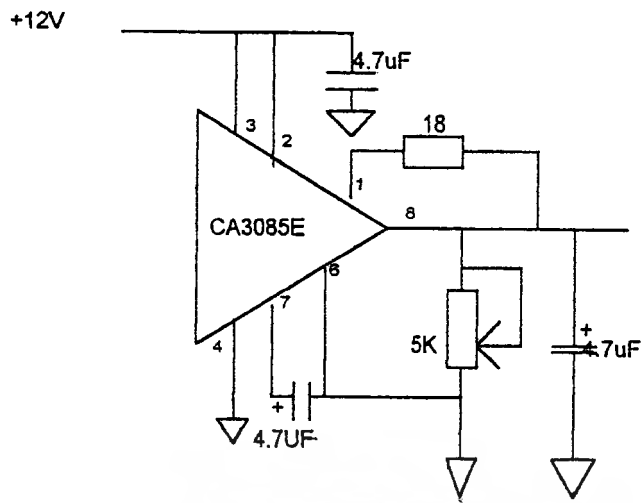
100

**F**



2

5



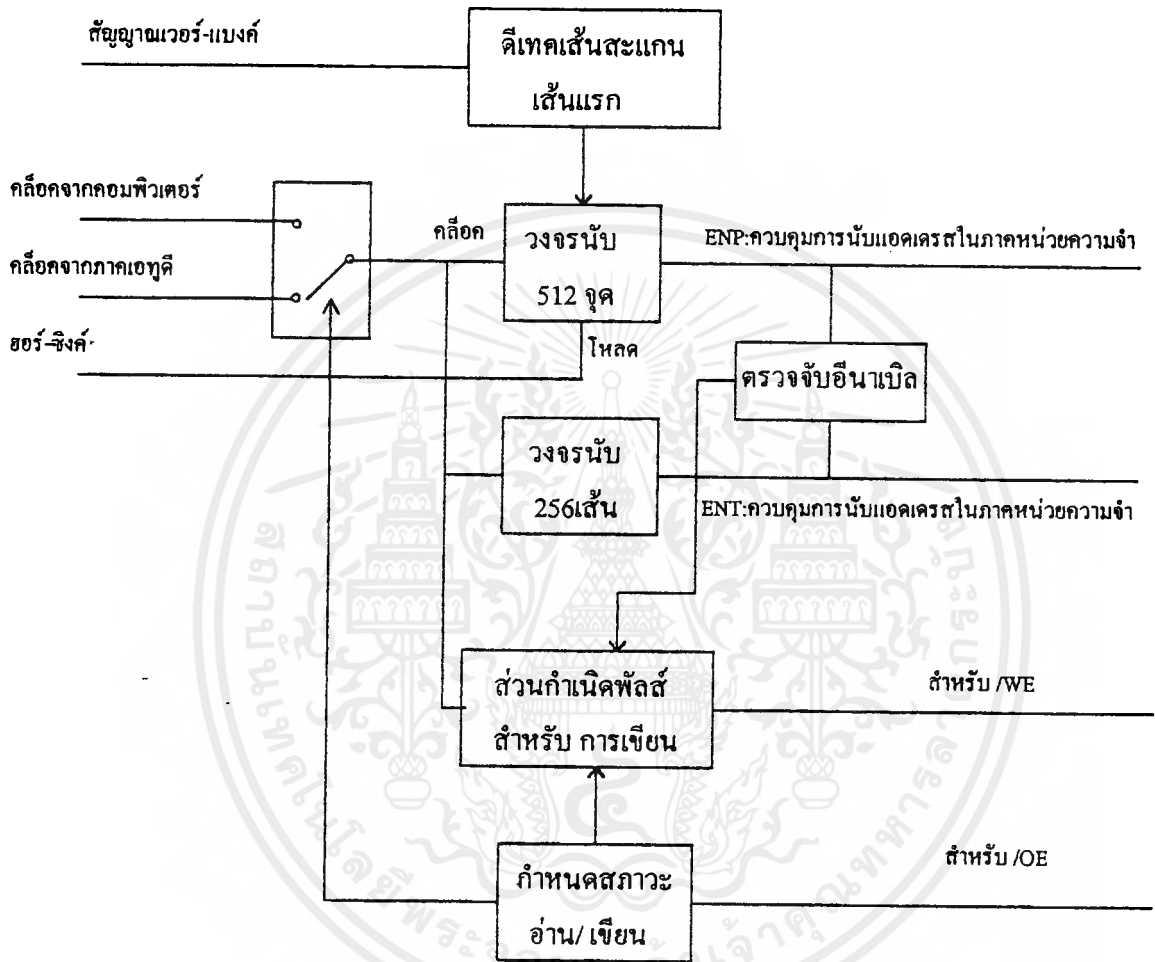
รูปที่ 3.14 วงจรปรับระดับแรงดันอ้างอิง

วงจรที่สมบูรณ์ของตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลและผล(output)ที่เป็นสัญญาณดิจิทัลจะอยู่ในคู่มือของไอซีเบอร์ CA3318C ในภาคผนวก

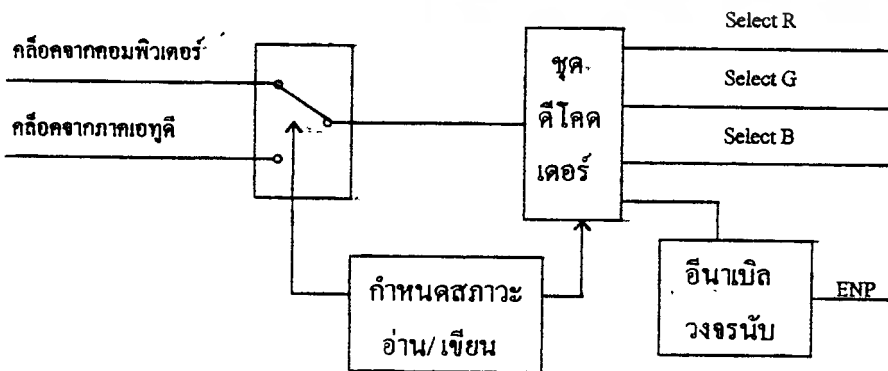
### 3.2 ภาคคอนโทรล

#### 3.2.1 บล็อกไดอะแกรมภาคคอนโทรล

สามารถแบ่งการทำงานของภาคคอนโทรลได้เป็น 2 ช่วงคือ ช่วงขณะทำการเขียนข้อมูลเข้าหน่วยความจำ และ ช่วงทำการอ่านข้อมูลออกจากหน่วยความจำ ซึ่งจะแยกบล็อกไดอะแกรมออกเป็น 2 ส่วนเพื่อสะดวกในการพิจารณา ดังนี้



รูป 3.15 บล็อกไดอะแกรมในช่วงการเขียนข้อมูล



รูป 3.16 บล็อกไดอะแกรมในช่วงการอ่านข้อมูล

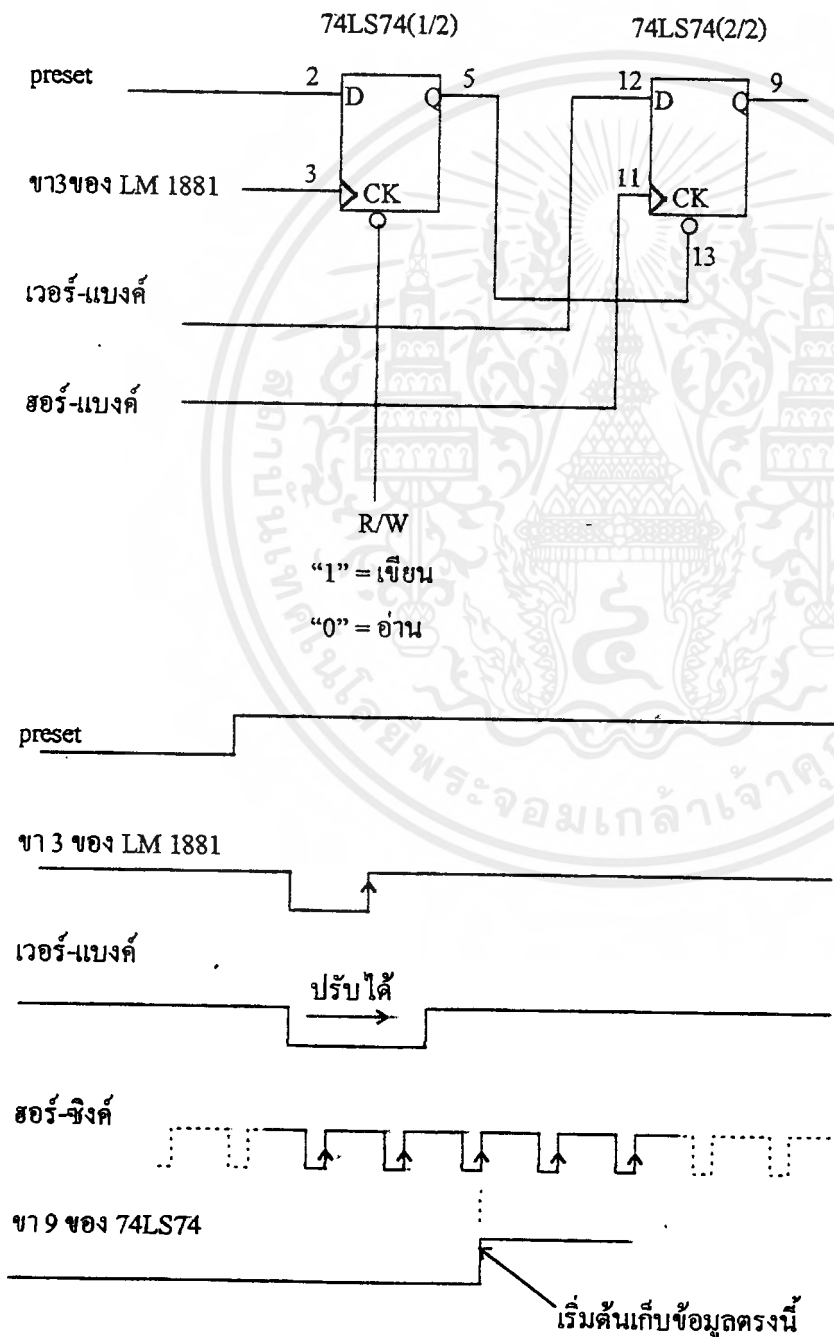
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2 การทำงานภาคคอนโทรล

#### การทำงานช่วงการเขียนข้อมูลเป็นดังนี้

##### การเริ่มต้นเก็บข้อมูล

การสะแกนภาพในโทรทัศน์ระบบ 625 เส้นนั้น จะสะแกน 2 ครั้ง คือ 312.5 เส้นในแต่ละฟิลด์ ในโครงงานนี้จะทำการเก็บข้อมูลเพียง 256 เส้นเท่านั้น เพราะฉะนั้นก็จะออกแบบวงจรให้รับข้อมูลภาพเพียง 1 ฟิลด์ สิ่งที่สำคัญก็คือจะต้องเริ่มต้นเก็บข้อมูลที่เส้นสะแกนต้น ๆ ของฟิลด์นั้น เพื่อให้เก็บข้อมูลได้ครบ 256 เส้นก่อนที่จะหมดฟิลด์ มิฉะนั้นแล้วข้อมูลที่ได้จะเป็นภาพที่ขาดความสมบูรณ์ อาจจะเป็นภาพที่ส่วนบนถูกตัดไปก็ได้ การเริ่มต้นเก็บข้อมูลจะใช้วงจรดังนี้



รูปที่ 3.17 แสดงการเริ่มต้นเก็บข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เงื่อนไขการเริ่มต้นการนับ ของวงจรมานับอีกอย่างก็คือ ชุดกำหนดสถานะอ่าน/เขียน จะต้องอยู่ในสถานะเขียน ซึ่งตรวจสอบได้จากสัญญาณลอจิก ที่ขา 13 ของ U6 ต้องมีสถานะ “1” การทำงานของวงจรมานับมีอยู่ 2 ส่วน คือ

1. ส่วนวงจรมานับ 512 จุด ใช้สำหรับนับจำนวนจุดที่จะทำการเขียนลงไปหน่วยความจำให้ครบ 512 จุด แล้วทำการหยุดรอ ฮอร์-เบงค์เพื่อมารีเซ็ต เพื่อทำการเริ่มนับจุดในเส้นสะแกนเส้นใหม่ต่อไป
2. ส่วนวงจรมานับ 256 เส้น ใช้สำหรับนับจำนวนเส้นให้ครบ 256 เส้น

การทำงานของวงจรมานับทั้ง 2 ส่วนนี้ จะนำไปควบคุมชุดนับแอดเดรสในภาคหน่วยความจำ ซึ่งแอดเดรสจะถูกนับและหยุดนับตามการนับของวงจรมานับในภาคคอนโทรล ทำให้เราสามารถเก็บข้อมูลเข้าหน่วยความจำได้ตรงตามจุดในแต่ละเส้นสะแกน ครบ 512 จุด จำนวน 256 เส้นสะแกน ตามต้องการ ซึ่งการทำงานของวงจรมานับนี้จะใช้ วงจรรวมเบอร์ 74LS163 ถ้าเป็นวงจรมานับ 512 จุด จะใช้ 74LS163 จำนวน 3 ตัว ถ้าเป็นวงจรมานับ 256 เส้น จะใช้เพิ่มอีก 2 ตัว โดยทั้ง 5 ตัวนั้น คอแอสเคดกันแบบลูกอะเสดแคร์ เพื่อให้ใช้งานกับคล็อกความถี่สูงได้

ในขณะที่วงจรมานับทำงาน ชุดกำเนิดพัลส์ สำหรับการเขียนก็จะทำงานด้วย ถ้าวางจรมานับหยุดทำงาน ชุดกำเนิดพัลส์นี้ก็หยุดตาม ซึ่งเป็นการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำ เมื่อแอดเดรสเปลี่ยนเท่านั้น พัลส์ที่กำเนิดมานี้เป็นพัลส์ลบ ซึ่งความกว้างจะเพียงพอสำหรับค่าเวลาการเข้าถึงข้อมูลของหน่วยความจำ และไม่มากเกินไปสำหรับช่วงเวลาการเปลี่ยนแอดเดรส ซึ่งจะได้อ่านรายละเอียดในหัวข้อการคำนวณ

ส่วนสุดท้ายที่จะกล่าวถึงก็คือ ส่วนกำหนดสถานะอ่าน/เขียน ส่วนนี้จะใช้วงจรรวมเบอร์ 74LS163 ซึ่งก็คือ ตำแหน่ง U6 โดยมันจะเป็นตัวนับว่าการเก็บข้อมูลครบ 512 จุด 256 เส้นหรือยัง ถ้าครบแล้วมันก็จะเปลี่ยนสถานะลอจิกขา 13 จากเดิม “1” ไปเป็น “0” เป็นการกำหนดว่าหมดช่วงเวลาการเขียนแล้ว ต่อไปเป็นช่วงเวลาการอ่าน แล้วการควบคุมก็จะเปลี่ยนไปเป็นการควบคุมจากคอมพิวเตอร์แทน โดยคล็อกที่ส่งมาจากคอมพิวเตอร์

#### การทำงานช่วงการอ่านข้อมูลเป็นดังนี้

คอมพิวเตอร์จะตรวจสอบขา 13 ของ U6 นี้ ถ้ามีสถานะ “0” แสดงว่าอยู่ในเงื่อนไขที่จะทำงานได้แล้ว คอมพิวเตอร์จะส่งพัลส์ออกมารีเซ็ตให้ภาคคอนโทรลหยุดทำงาน แล้วรีเซ็ตแอดเดรสและภาคดีโคเดอ์ให้ select R เป็นศูนย์ เป็นการเริ่มต้นเลือกอ่านข้อมูลจากเพจดีแอง (R)

คอมพิวเตอร์จะอ่านข้อมูลเข้ามาครั้งหนึ่งแล้วส่งคล็อกออกไป เพื่อเปลี่ยนไปเลือกเพจดีแอง (G) แล้วอ่านข้อมูลเข้ามา ในขณะนี้อแอดเดรสยังไม่เปลี่ยน ต่อจากนั้นก็ส่งคล็อกออกไป เพื่อเปลี่ยนไปเลือกเพจดีแอง (B) ในตอนนี้จะมีสัญญาณอินพุตส่งไปยังชุดนับแอดเดรสในภาคหน่วยความจำ เมื่อคอมพิวเตอร์ส่งคล็อกมาอีกครั้งหนึ่งแอดเดรสจะเพิ่มขึ้นหนึ่ง และดีโคเดอ์ก็จะทำการเลือกเพจดีแอง การทำงานจะวนเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งนับแอดเดรสได้  $512 \times 256$  ตำแหน่ง

#### 3.2.3 การคำนวณค่าต่างๆในภาคคอนโทรล

1. วงจรมานับ 512 จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราต้องการให้วงจรนับจาก 0 ไปจนถึง 512 จะต้องใช้เลขไบนารีจำนวน 10 บิต เพราะเราต้องการการเปลี่ยนแปลงสถานะของบิตเมื่อนับครบ 512 ซึ่งก็คือ บิตที่ 10 นั่นเอง

วงจรรวม 74LS163 เป็นวงจรนับไบนารีขนาด 4 บิต ดังนั้นเราจึงต้องใช้จำนวน 3 ตัวมาต่อแคสเคดกัน ซึ่งจะทำได้จำนวนบิตเท่ากับ 12 บิตซึ่งเกินพอ แต่เนื่องจากเราต้องการต่อแคสเคดไปอีก 2 ตัว เพื่อเป็นชุดนับ 256 เส้น ซึ่งเราต้องการใช้สัญญาณ TC (หรือ RCO) เพราะฉะนั้นเราจะต้องทำการโหลดค่าเริ่มต้นให้บิตที่สูงกว่าบิตที่ 9 จนถึงบิตที่ 12 เป็นค่า "1" ให้หมด ดังนั้นจึงต้องโหลดค่า 11100000000<sub>2</sub> เข้าไปในวงจรนับ

## 2. วงจรนับ 256 เส้น

ส่วนของวงจรนับ 256 เส้น จะแบ่งการนับเป็นสองรอบ แต่ละรอบนับ 128 เส้น ดังนั้นในส่วนนี้จะต้องคำนวณค่าเริ่มต้นที่จะโหลดให้วงจรนับ นับได้ 128 เส้น ดังนี้

$$128_{10} = 10000000_2$$

เนื่องจากเห็นว่า บิตที่ 8 จะเปลี่ยนสถานะได้เมื่ วงจรนับ นับถึง 128 ดังนั้นเราจึงเอาบิตที่ 8 นี้ออกไปเป็นเอาต์พุตสำหรับควบคุม และเราจำเป็นต้องนำเอา TC ไปใช้งานอีก เราจึงต้องโหลดค่าเข้าวงจรนับ เป็นค่า 100000000<sub>2</sub>

## 3. วงจรกำเนิดพัลส์สำหรับการเขียน

ใช้วงจรรวมเบอร์ 74LS123 ซึ่งต้องวงจรเป็นโมโนสเตเบิล ซึ่งจะต้องทำให้ความกว้างของพัลส์อยู่ในช่วงที่กำหนดคือ ไม่น้อยกว่าค่าเวลาการเข้าถึงข้อมูลของหน่วยความจำ ซึ่งหน่วยความจำที่ใช้คือวงจรรวมเบอร์ HM628128 มีค่าเวลาการเข้าถึงข้อมูลเท่ากับ 70 นาโนวินาที และไม่มากกว่าคาบเวลาของคล็อกที่ใช้ในการนับแอดเดรส ซึ่งก็คือ 97.65 นาโนวินาที

$$\text{สูตรที่ใช้คำนวณคือ } tw = 6 + 0.05C_{ext}(pF) + 0.45R_{ext}(k\Omega) \cdot C_{ext} + 11.6 R_{ext}$$

กำหนดให้  $C = 5$  พิกโตฟาราด ความกว้างของพัลส์ 80 - 90 นาโนวินาที

หาค่า ความต้านทานที่จะต้องนำมาต่อ

แทนค่าในสูตร

$$80 = 6 + (0.05 \cdot 5) + 0.45(R \cdot 5) + 11.6R$$

$$80 = 6.25 + 13.85R$$

$$R = (80 - 6.25) / 13.85 = 5.325 \text{ กิโลโอห์ม}$$

$$90 = 6 + (0.05 \cdot 5) + 0.45(R \cdot 5) + 11.6R$$

$$90 = 6.25 + 13.85R$$

$$R = (90 - 6.25) / 13.85 = 6.047 \text{ กิโลโอห์ม}$$

เพราะฉะนั้นค่าความต้านทานที่ใช้มีค่าระหว่าง 5.325 กิโลโอห์ม ถึง 6.047 กิโลโอห์ม.

## 3.3 การทำงานของภาคหน่วยความจำ (MEMORY)

ในภาคหน่วยความจำ (MEMORY) จะใช้วงจรรวม เบอร์ HM628128BLP-7 จำนวน 3 ตัว สำหรับเก็บข้อมูลแต่ละเพจสี (R,G,B) ซึ่งวงจรรวม แต่ละตัวจะเก็บข้อมูลได้สูงสุด 128 กิโลไบต์ ซึ่งพอดีกับความต้องการ

ของเราที่จะเก็บข้อมูลจำนวน  $512 \times 256$  จุดในแต่ละเพจสี เพราะฉะนั้นในการเก็บภาพ 1 ภาพเราจะต้องใช้หน่วยความจำทั้งสิ้น 384 กิโลไบต์

HM628128BLP-7 มีความเร็วในการเข้าถึงข้อมูล 70 นาโนวินาที ซึ่งเร็วพอที่จะเก็บข้อมูลจากการ แชนเปลิ่ง ของภาคเอพิดิคอนเวอร์เตอร์ ได้เป็นอย่างดี เพราะภาคเอพิดิคอนเวอร์เตอร์ จะใช้ความถี่ในการแชนเปลิ่งเท่ากับ 10.240 เมกเฮิร์ตซ์ ซึ่งคาบเวลาเท่ากับ 97.65625 นาโนวินาที จำเห็นว่า HM628128BLP-7 จะเก็บข้อมูลไว้เรียบร้อยแล้วก่อนที่ข้อมูลใหม่จะเข้ามา

HM628128BLP-7 มีขาแอดเดรสใช้ในการอ้างตำแหน่ง 17 ขา ซึ่งสามารถอ้างตำแหน่งได้ 131072 ตำแหน่ง ในการเปลี่ยนตำแหน่งแอดเดรสจะใช้วงจรรวมเบอร์ 74LS163 ซึ่งจะเป็นวงจรนับ 4 บิตแบบซิงโครนัส (4 bit synchronous counter) จำนวน 5 ตัว มาใช้นับแอดเดรส ในการออกแบบนี้จะให้หน่วยความจำ เริ่มเก็บข้อมูลที่แอดเดรส 0 0000 H เป็นต้นไป จึงต้องโหลดค่า 1 FFFF H เป็นค่าเริ่มต้น เมื่อคล็อกของภาคเอพิดิคอนเวอร์เตอร์ เข้ามาลูกแรกแอดเดรสก็จะเปลี่ยนไปที่ 0 0000 H แล้วข้อมูลแรกก็จะถูกเก็บไว้ในแอดเดรส 0 0000 H นี้ได้ตามต้องการ เหตุนี้เราจึงต่อขา P0, P1, P2, P3 ให้มีสถานะเป็น "1"

ในช่วงการถ่ายข้อมูลจากหน่วยความจำ เข้ายังคอมพิวเตอร์ ผ่านพอร์ตนานนั้น จะสามารถถ่ายได้ครั้งละ 8 บิต เท่านั้น แต่ข้อมูลจากหน่วยความจำมีถึง 24 บิต จะถ่ายทีเดียวพร้อมกันไม่ได้ จึงได้ใช้บัฟเฟอร์ มาต่อทางด้านเอาต์พุตโดยต่อเอาต์พุตรวมกันไว้ จะเห็นว่ามีเพียง 8 เส้นเท่านั้นที่ถือเป็นเอาต์พุตของข้อมูลไปยังพอร์ตนานของคอมพิวเตอร์ เพราะฉะนั้นเวลาเราจะถ่ายข้อมูลจากหน่วยความจำตัวใด เราก็สามารถควบคุมได้จากขา /Select R, /Select G และ / Select B โดยทั้ง 3 ขานี้ได้รับการควบคุมมาจากคอมพิวเตอร์ โดยสัญญาณคล็อกร่วมกับชุดดีโคเดอ์ของภาคคอนโทรล

### 3.4 การเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

โครงการนี้ได้ออกแบบให้เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตนาน ซึ่งที่พอร์ตนี้นี้จะมีขาอินพุตสำหรับข้อมูล (data) จำนวน 8 ขา คือ ขา 2 ถึงขา 9 จากข้อมูลภาพ 1 จุดจะมี 24 บิต ดังนั้นเราจะต้องถ่ายข้อมูลจากเมโมรี่ในภาคหน่วยความจำเป็นจำนวน 3 ครั้ง จึงจะได้ข้อมูลภาพครบ 1 จุด นอกจากนี้ยังมีขาที่ใช้สำหรับให้อุปกรณ์ภายนอกส่งสัญญาณเข้ามาควบคุมคอมพิวเตอร์อีก 5 ขา และขาสำหรับให้คอมพิวเตอร์ส่งสัญญาณออกไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกอีก 4 ขา

ตำแหน่งแอดเดรสของพอร์ตนานสำหรับ โครงการนี้ออกแบบไว้ที่ LPT1 คือ ตำแหน่ง 378H ซึ่งนำขาต่าง ๆ ของพอร์ตนานมาใช้งานสรุปได้ดังนี้

ตำแหน่ง 37BH ใช้งานเป็นอินพุตรับข้อมูลภาพเข้าคอมพิวเตอร์

|   |   |   |   |   |   |   |   |         |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---------|
| 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | ← ขาที่ |
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | ← บิต   |

ใช้เป็นอินพุตทุกขา

ตำแหน่ง 379H ใช้งานขา 13 เป็นอินพุตส่งมาจากภาคคอนโทรล ขา R/W สำหรับให้โปรแกรมตรวจสอบว่าอยู่ในสถานะอ่านหรือเขียน

|    |    |    |    |    |   |   |   |         |
|----|----|----|----|----|---|---|---|---------|
| 11 | 10 | 12 | 13 | 32 | x | x | x | ← ขาที่ |
| 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2 | 1 | 0 | ← บิต   |

#

↓  
ใช้ขา 13 เป็นอินพุต  
สำหรับสัญญาณ R/W

ตำแหน่ง 37AH ใช้งานทั้งหมด 4 ขาดังนี้ (เป็นเอาต์พุตทั้งหมด)

- ขา 1 ส่งสัญญาณรีเซตออกไปควบคุมภาคคอนโทรล
- ขา 14 ส่งสัญญาณพรีเซตออกไปควบคุมภาคคอนโทรล
- ขา 31 ส่งสัญญาณคล็อกจ่ายให้ภาคคอนโทรล
- ขา 36 ส่งสัญญาณไปควบคุมการเปิด-ปิดแหล่งจ่ายไฟที่จ่ายให้กับภาคคอนโทรลและภาคหน่วยความจำ

|   |   |   |   |    |    |    |   |         |
|---|---|---|---|----|----|----|---|---------|
| x | x | x | x | 36 | 31 | 14 | 1 | ← ขาที่ |
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3  | 2  | 1  | 0 | ← บิต   |

#                    #                    #  
↓                    ↓                    ↓  
ควบคุมการ      ส่งออกไปควบคุม  
เปิดปิดแหล่ง    ภาควภาคคอนโทรล  
จ่ายไฟ

หมายเหตุ : เครื่องหมาย # หมายถึง ถ้ากำหนดค่ามาเป็นบวกค่าที่อ่านได้จะเป็นลบหรือทำงานที่ลอจิก 0

สำหรับรายละเอียดของตำแหน่งที่กล่าวมานี้ จะนำไปออกแบบโปรแกรมเพื่อให้ควบคุมการรับข้อมูล

ภาพเป็นไปตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 ภาคซิงค์เซพเพอเรเตอร์ (SYNC SEPARATOR)

ภาคซิงค์เซพเพอเรเตอร์ ทำหน้าที่แยกเอาสัญญาณควบคุมตำแหน่งภาพได้แก่สัญญาณฮอริซอนตัลซิงค์, สัญญาณเวอร์ติคัลซิงค์และไอควอลไลซิงค์ออกจากสัญญาณภาพ เพื่อส่งควบคุมการสร้างภาพที่มีความถี่เพียงบนทางแนวนอนและแนวตั้ง โดยในโครงการนี้เราจะใช้ IC เบอร์ LM 1881 ในการแยกเอาสัญญาณควบคุมตำแหน่งภาพออกจากสัญญาณวิดีโอ และ IC เบอร์ 74LS123 ในการควบคุมความกว้างของสัญญาณ

IC เบอร์ LM 1881 ตัวนี้จะมีขา 8 ขา โดยสัญญาณวิดีโอจะเข้าที่ขา 2 ส่วนการทำงานภายใน IC ตัวนี้สามารถดูได้ที่ภาคผนวก เมื่อสัญญาณวิดีโอเข้าไปภายใน IC แล้ว IC ตัวนี้จะทำการแยกเอาสัญญาณควบคุมตำแหน่งภาพ ได้แก่ สัญญาณฮอริซอนตัลซิงค์, สัญญาณเวอร์ติคัลซิงค์, สัญญาณซิงค์รวม (COMPOSITE SYNC) โดยสัญญาณเวอร์ติคัลซิงค์ จะออกที่ขา 3 ส่วนสัญญาณซิงค์รวม จะออกที่ขา 1 และสัญญาณที่ได้นี้เราจะต้องนำไปผ่าน IC 74LS123 เพื่อทำการกำหนดช่วงของสัญญาณควบคุมตำแหน่งภาพที่เราจะใช้ต่อไป โดย IC 74LS123 ตัวนี้จะมีชุดการควบคุม 2 ชุด โดยเราจะนำชุดหนึ่งไปควบคุมความกว้างของสัญญาณวิดีโอรวม และอีกชุดหนึ่งควบคุมความกว้างของสัญญาณเวอร์ติคัลซิงค์ โดยแต่ละชุดจะใช้ ค่าของ RC ในการควบคุมความกว้าง โดยการออกแบบนั้นเราสามารถคำนวณค่า R และ C ออกมาได้จาก

สูตร ความกว้างของสัญญาณ (nsec) =  $KRC$

K คือ ค่าคงที่มีค่า = 0.45

C คือ ค่าของตัวเก็บประจุ โดยจะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1000 Pf

R คือ ค่าความต้านทาน หน่วยที่ได้เป็น  $K\Omega$

ตัวอย่างเช่น ความกว้างของสัญญาณเท่ากับ 12  $\mu\text{sec}$

$$12000 \text{ nsec} = KRC$$

$$12000 = (0.45)(1000)R$$

$$12000 = 450R$$

$$R = 26.6 \text{ K}\Omega$$

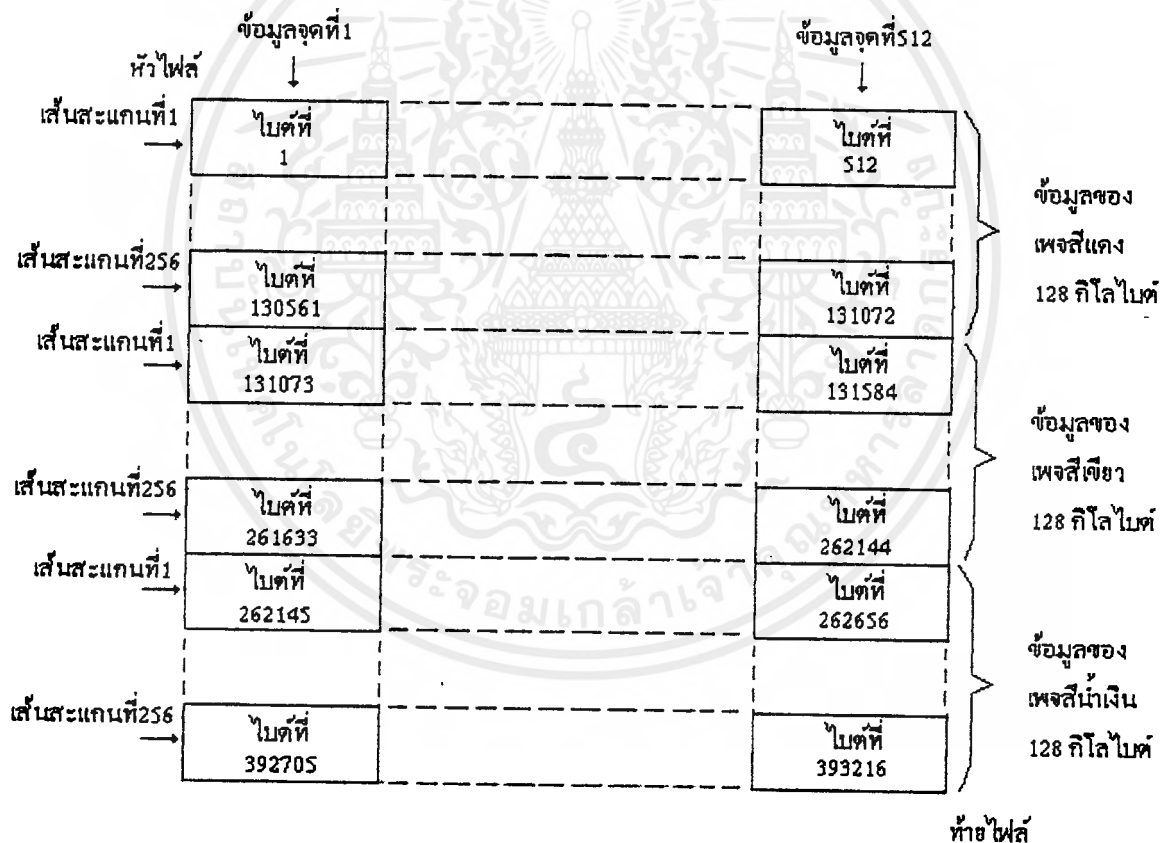
และเราก็นำค่าที่ได้ไปประมาณเป็นค่า R ตามท้องตลาดทดลองดูโดยแปรเปลี่ยนค่าความต้านทานไปหลายๆ จนได้ความกว้างของสัญญาณตามที่ต้องการ

### 3.6 การแสดงภาพบนจอคอมพิวเตอร์

การแสดงภาพบนจอคอมพิวเตอร์ของคอมพิวเตอร์ ได้ออกแบบไว้ให้แสดงในโหมดของมาตรฐาน VESA โหมด 112h ซึ่งมีความละเอียด 640\*480 จุด สามารถให้ความแตกต่างสีได้ถึง 16,777,216 สี ซึ่งแต่ละพิกเซลจะใช้ข้อมูล 24 บิต ในการอ้างสี แบ่งเป็นแม่สีแดง 8 บิต, เขียว 8 บิต และ น้ำเงิน 8 บิต ซึ่งเป็นรูปแบบเดียวกันกับข้อมูลภาพที่รับเข้ามา โดยมาตรฐาน VESA นี้ จะถูกกำหนดมาตรฐานของการแสดงผลในรูปแบบของ VESA VGA BIOS เป็นฟังก์ชันเพิ่มเติมในอินเทอร์พรีตหมายเลข 10h ซึ่งสามารถเรียกใช้งานโดยผ่านอินเทอร์พรีตหมายเลข 10h ฟังก์ชัน 4Fh ในโครงการนี้ได้ทำการเขียนโมดูลสำหรับใช้งานกราฟฟิก ในโหมดมาตรฐาน VESA นี้ มีชื่อว่า "VESAGRAPH.C"

### 3.7 รูปแบบไฟล์ที่ใช้เก็บข้อมูลภาพ

ไฟล์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลภาพไม่ได้เป็นไฟล์มาตรฐานที่ใช้ทั่วไป แต่เป็นรูปแบบที่คิดขึ้นเอง ดังนั้นในการดึงข้อมูลภาพมาใช้งานจึงไม่สามารถใช้โปรแกรมประยุกต์ทั่วไปมาเปิดไฟล์นี้ได้ จำเป็นต้องเขียนโปรแกรมต่างหากมาอ่านข้อมูลที่อยู่ในไฟล์ ซึ่งรูปแบบที่ใช้เป็นแบบง่าย ๆ ดังรูป



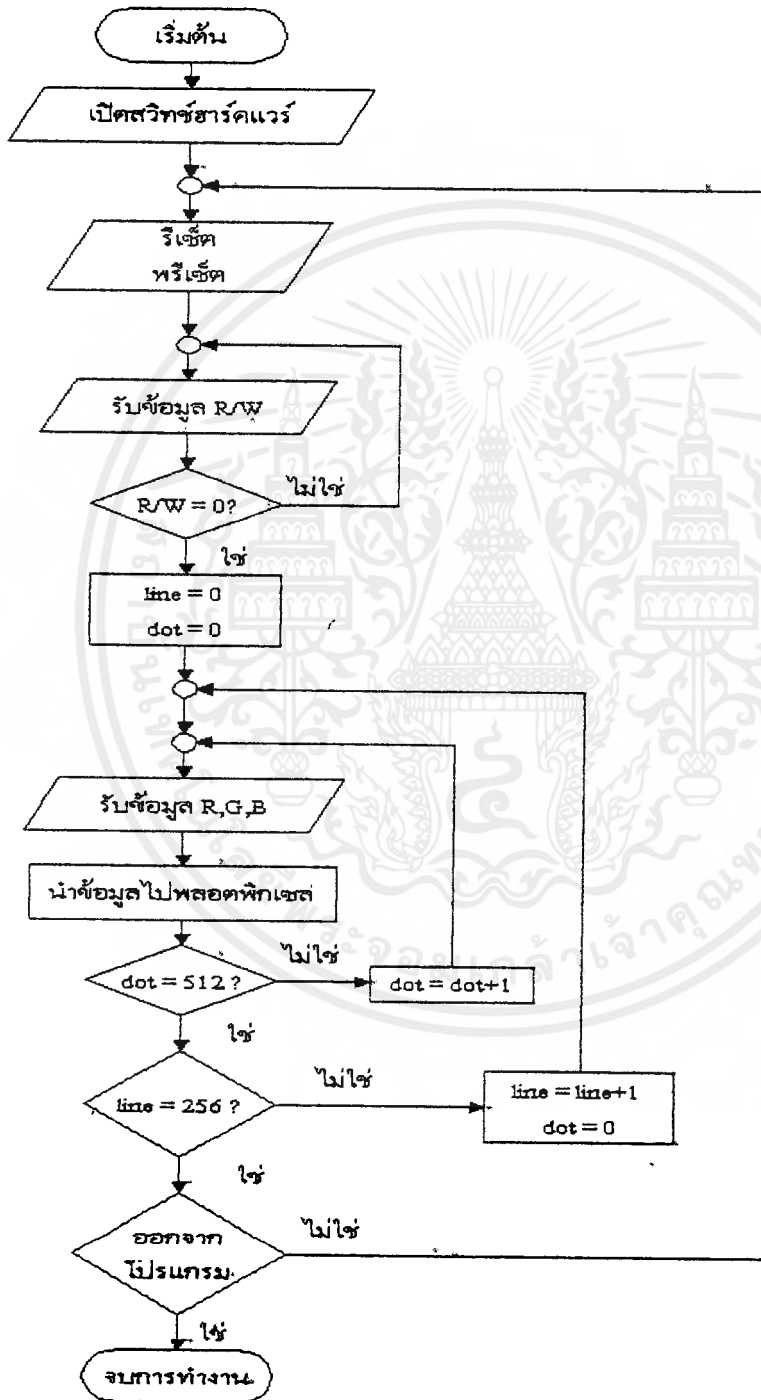
รูปที่ 3.18 รูปแบบไฟล์ที่ใช้เก็บข้อมูลภาพ

### 3.8 การออกแบบโปรแกรม

สำหรับโปรแกรมที่ใช้ในโครงงานนี้ เขียนด้วยภาษาซี ซึ่งทำงานบนระบบปฏิบัติการดอส แบ่งส่วนของโปรแกรมออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนหนึ่งสำหรับทดสอบฮาร์ดแวร์ว่าทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ ส่วนที่สอคือ โปรแกรม สำหรับประยุกต์ใช้งานเมื่อฮาร์ดแวร์ทำงานได้ตามต้องการแล้ว

#### 3.8.1 โปรแกรมสำหรับทดสอบฮาร์ดแวร์

เขียนเป็นแผนภูมิแสดงการทำงานได้ดังนี้



แผนภูมิที่ 1 แสดงการทำงานของโปรแกรมทดสอบฮาร์ดแวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมสำหรับทดสอบการทำงานของฮาร์ดแวร์ เป็นดังนี้ (สำหรับข้อมูลภาพที่เป็นขาวดำ)

```
#include <dos.h>
#include <stdio.h>
#include <conio.h>
#include <stdlib.h>
#include "vesagrap.c"
#define port 0x378
void main(void)
{
    unsigned int dot=10,line=0;
    unsigned char R,G,B;
    unsigned char RW=0, sync=0;
    int key='0';
    Opengraph(0x112);
    setcolors();
    Bar(1,1,639,479,255);
    outportb(port,0xff);
    outportb(port+2,0x00);
    while(key!=27)
    {
        sound(1000); delay(100); nosound();
        outportb(port+2,0x01); //Reset//
        outportb(port+2,0x05); //Clock//
        outportb(port+2,0x02); //Preset//
        outportb(port+2,0x06); //Clock//
        outportb(port+2,0x00); //Start//
        RW=inportb(port+1);
        while((RW&0x10)!=0x00)
        RW=inportb(port+1);
        outportb(port+2,0x01);
        outportb(port+2,0x05);
        outportb(port+2,0x00);
        if(key=='0')
        { //=====//
            for(line=0;line<256;sync++)
            {
                //R = inportb(port+3);
                outportb(port+2,0x04); /* CLOCK PULSE */
                outportb(port+2,0x00);
                G = inportb(port+3);
                outportb(port+2,0x04); /* CLOCK PULSE */
                outportb(port+2,0x00);
                R=G;
                B =G; // inportb(port+3);
                outportb(port+2,0x04); /* CLOCK PULSE */
                outportb(port+2,0x00);
                if((G<0x65)&dot>300)
                {
                    line++; dot=0;
                }
                Putpixel(50+dot,50+line,R,G,B);
                dot++;
                if(dot>512) { dot=512;}
            }
        } //=====//
        if(key=='1')
        { //=====//
            for(line=0;line<256;line++)
            {
                for(dot=0;dot<512;dot++)
                {
                    //R = inportb(port+3);
                    outportb(port+2,0x04); /* CLOCK PULSE */
                    outportb(port+2,0x00);
                    G = inportb(port+3);
                    outportb(port+2,0x04); /* CLOCK PULSE */
                    outportb(port+2,0x00);
                    R=G;
                    B =G; // inportb(port+3);
                    outportb(port+2,0x04); /* CLOCK PULSE */
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        outportb(port+2,0x00);
        Putpixel(50+dot,50+line,R,G,B);
    }
} //-----//
if(kbhit()) key=getch();
if(key=='9') key=getch();
} //-----//
outportb(port+2,0x08);
Closegraph();
}

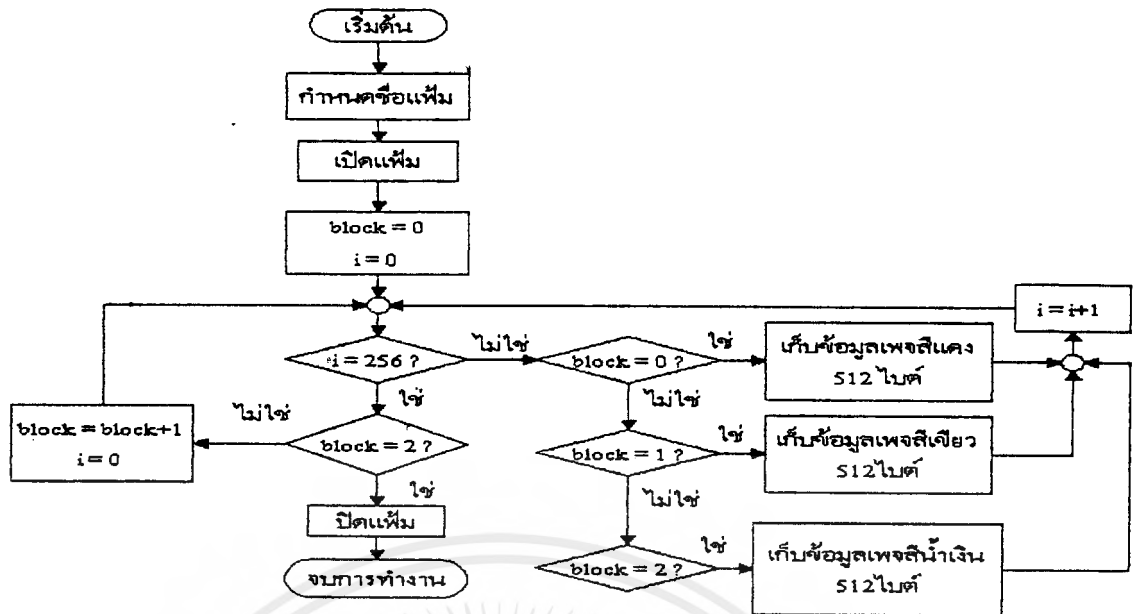
```

### 3.8.2 โปรแกรมประยุกต์ใช้งาน

เนื่องจากข้อมูลภาพที่เก็บไว้ในไฟล์ไม่ใช่รูปแบบที่เป็นมาตรฐาน การที่จะนำไฟล์ไปใช้งานจะต้องเขียนโปรแกรมสำหรับอ่านข้อมูลภาพขึ้นมาเอง ซึ่งในโครงงานนี้ได้เขียนโปรแกรมสำหรับประยุกต์ใช้งาน โดยเขียนเป็นโปรแกรมสำหรับเก็บแฟ้มประวัตินักศึกษาจำนวนหนึ่ง พอเป็นแนวทางสำหรับการประยุกต์ใช้งานในด้านอื่นๆต่อไป ซึ่งสามารถเขียนการทำงานของโปรแกรมได้ดังนี้

1. เช็จอภาพให้ทำงานในมาตรฐาน VESA โหมด 112h.
2. แสดงหน้าจอเมนูหลัก และ รอกการกดปุ่ม “เพิ่ม”
3. กดปุ่ม “เพิ่ม” เลือก ...
  - 3.1 เปิดแฟ้ม ให้ไปข้อ 4
  - 3.2 ค้นหา ให้ไปข้อ 5
  - 3.3 ออกจากโปรแกรม ให้ไปข้อ 6
4. พิมพ์เพิ่มประวัติ/รับข้อมูลภาพ
  - 4.1 บันทึกเพิ่มประวัติ / บันทึกเพิ่มภาพ
  - 4.2 ปิดแฟ้ม กลับไปข้อ 3
5. ค้นหาแฟ้มตาม ชื่อจริง หรือ ชื่อเล่น หรือ อายุ หรือ รหัสประจำตัว หรือ ... แล้วกลับไปข้อ 3.1
6. ออกจากมาตรฐาน VESA โหมด112h. กลับสู่โหมดเดิม
7. จบการทำงาน

ส่วนสำคัญของโปรแกรมก็คือ ส่วนของการบันทึกข้อมูลภาพลงไฟล์ และ ส่วนของการอ่านข้อมูลภาพจากไฟล์ไปใช้งาน แสดงได้ดังแผนภูมิต่อไปนี้

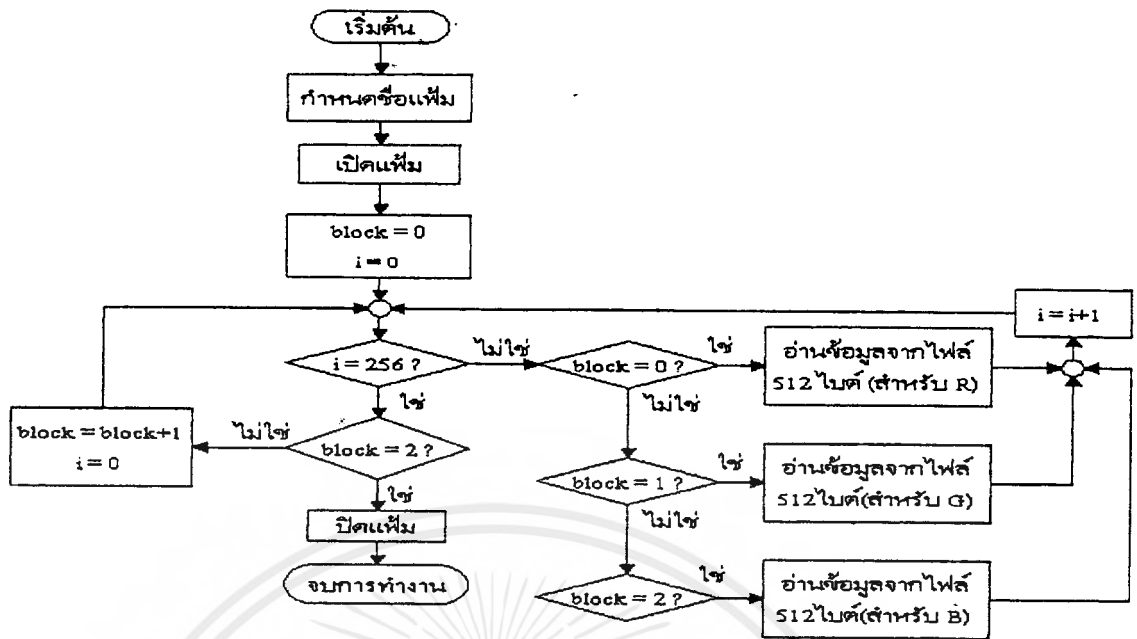


แผนภูมิที่ 2 แสดงการเก็บข้อมูลภาพลงไฟล์

โปรแกรมสำหรับบันทึกข้อมูลลงไฟล์

```

void SAVEpicture()
{
    char filename[20],buff[40];
    FILE *fp;
    int i,block;
    unsigned long step;
    OldINT = getvect(0x24);
    setvect(0x24,DriveError);
    sprintf(filename,"\\picture\\%d.aaa",NUM_for_SAVE);
    sprintf(buff,OPEN_DIR);
    strcat(buff,filename);
    if((fp = fopen(buff,"wb"))==NULL)
    { warning(3); }
    else
    {
        for(block=0;block<3;block++)
        for(i=0,step=0;i<256;i++,step+=512)
        {
            if(block==0)
            { XMSreadoff(dataR,handleR,512L,(long)(offR+step));
              fwrite(dataR,512L,1,fp); }
            if(block==1)
            { XMSreadoff(dataG,handleG,512L,(long)(offG+step));
              fwrite(dataG,512L,1,fp); }
            if(block==2)
            { XMSreadoff(dataB,handleB,512L,(long)(offB+step));
              fwrite(dataB,512L,1,fp); }
            fseek(fp,0L,SEEK_END);
        }
        mouse_hide();
        PHOTO(6,84);
        ShowSaveName(0);
        fclose(fp); pic_change=0;
        mouse_show();
    }
    setvect(0x24,OldINT);
}
//+++++
  
```



แผนภูมิที่ 3 แสดงการอ่านข้อมูลจากไฟล์ภาพ

ส่วนของโปรแกรมที่ใช้สำหรับอ่านข้อมูลภาพจากไฟล์

```

sprintf(buff2, OPEN_DIR);
sprintf(filename, "\\picture\\%d.aaa", order[WORK_NUM]);
strcat(buff2, filename);
if((fp2=fopen(buff2, "rb")) == NULL)
    insertNULLpic();
else
{
    for(block=0; block<3; block++)
        for(i=0, step=0; i<256; i++, step+=512)
        {
            if(block==0)
            { fread(dataR, 512L, 1, fp2);
              XMSwriteoff(dataR, handleR, 512L, (long)(offR+step)); }
            if(block==1)
            { fread(dataG, 512L, 1, fp2);
              XMSwriteoff(dataG, handleG, 512L, (long)(offG+step)); }
            if(block==2)
            { fread(dataB, 512L, 1, fp2);
              XMSwriteoff(dataB, handleB, 512L, (long)(offB+step)); }
        }
    fclose(fp2);
}
  
```



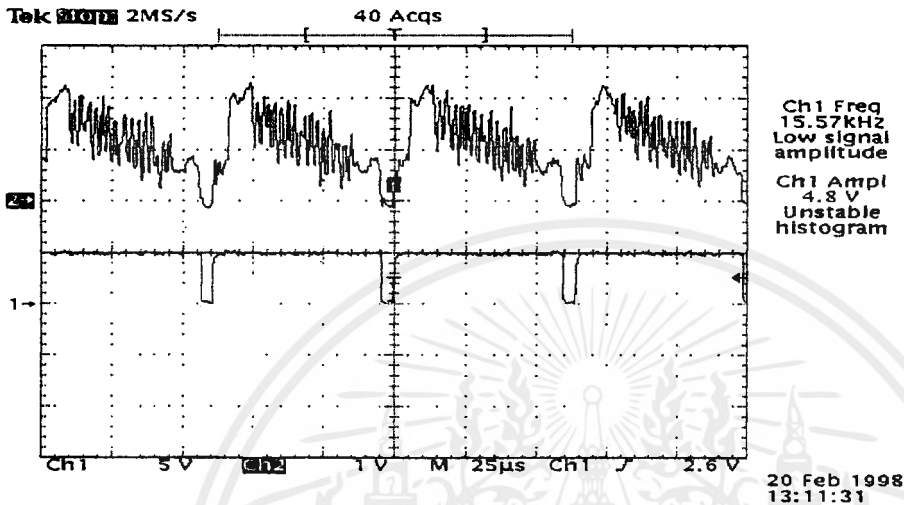
## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

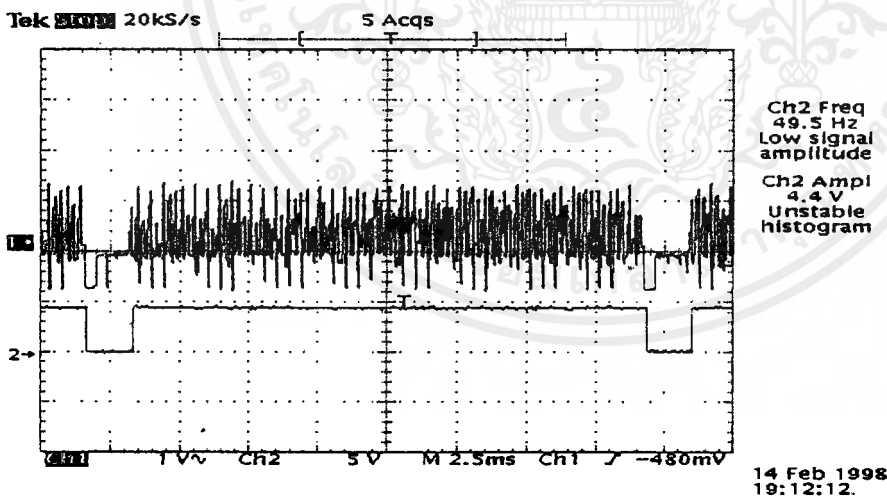
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1 ผลการทดลองภาคซิงค์เซฟพารเตอร์

การทดลองภาคนี้ เราจะวัดเอาต์พุต ซึ่งจะเป็นสัญญาณของเวอร์ซิงค์ และฮอร์ซิงค์ที่ทำการปรับแล้ว สาเหตุที่ต้องปรับก็เพื่อที่จะเอาซิงค์นี้ไปเป็นตัวกำหนดรูปร่างของภาพจริงๆ ไม่มีสัญญาณที่ไม่เป็นภาพปรากฏออกไป ซึ่งจากการวัดเราจะได้สัญญาณดังนี้



รูปที่ 4.1 สัญญาณฮอร์ซิงค์

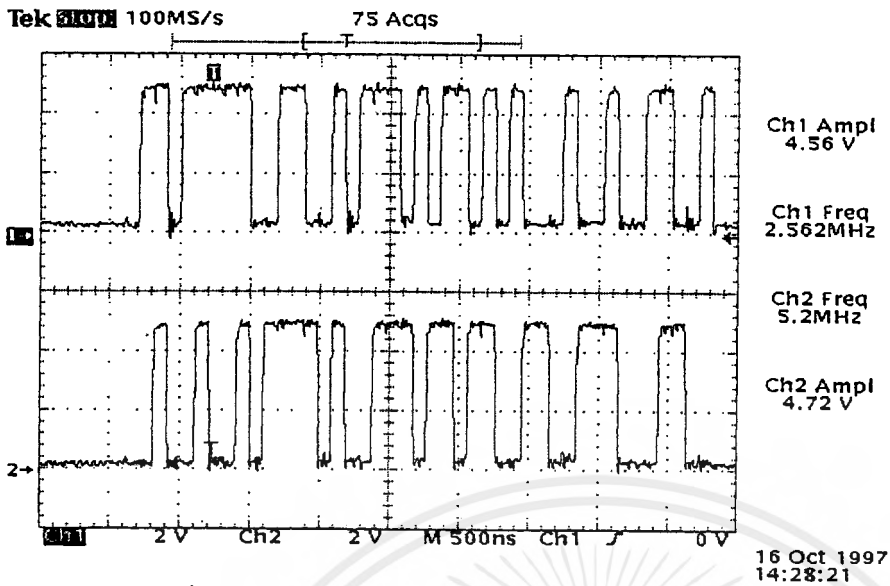


รูปที่ 4.2 สัญญาณเวอร์เบลนด์ที่ปรับแล้ว

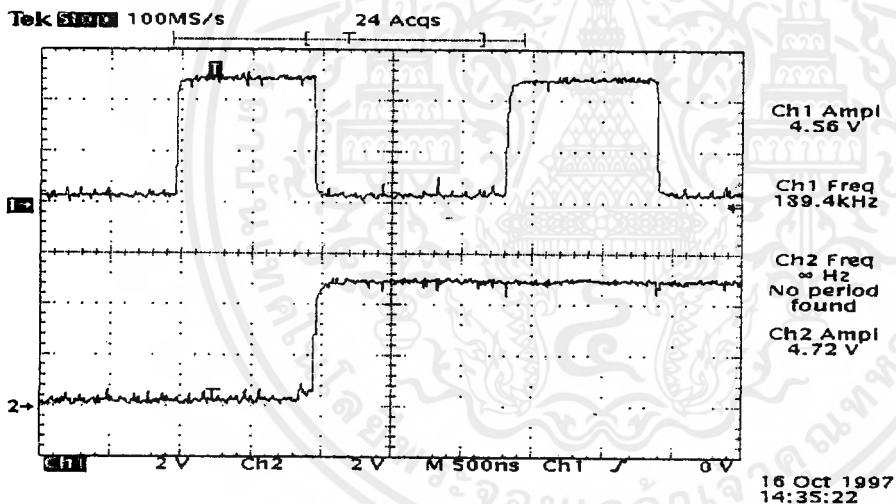
#### 4.2 ผลการทดลองภาคเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล

การทดลองในภาคนี้ เราจะวัดสัญญาณอนาล็อก ซึ่งเป็นอินพุตเทียบกับสัญญาณดิจิตอลซึ่งเป็นเอาต์พุต 8 บิต แต่สัญญาณเอาต์พุต ที่ได้มีจำนวนมาก จึงแสดงรูปสัญญาณดิจิตอลเทียบกับสัญญาณอินพุตเพียงบางบิตเท่านั้น (สัญญาณอนาล็อกจะยกระดับขึ้นเพื่อไม่ให้เป็นค่าลบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



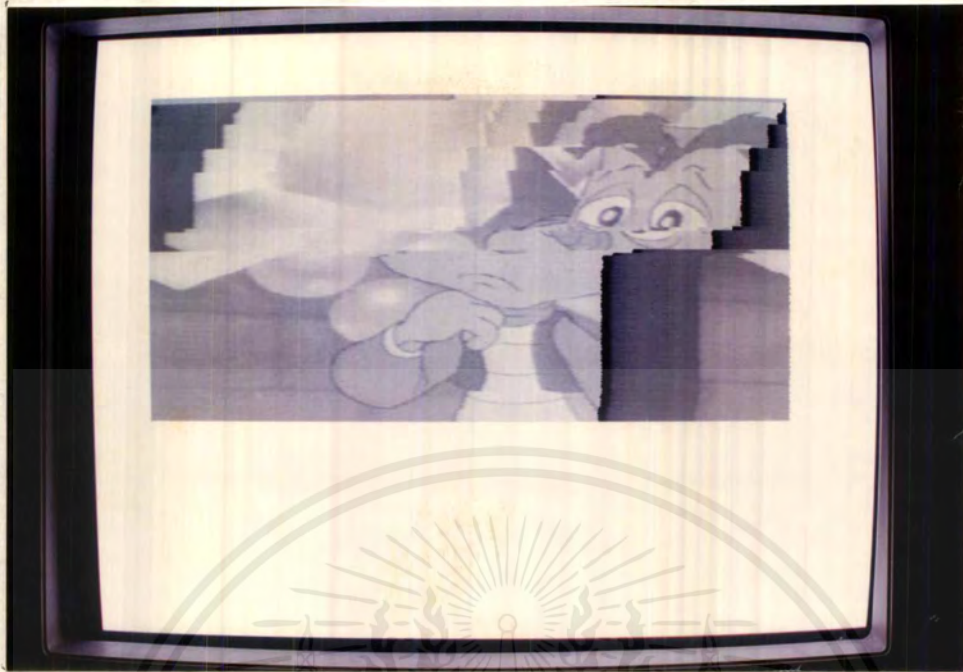
รูปที่ 4.3 สัญญาณดิจิตอลบิตที่ 0 เทียบกับบิตที่ 1



รูปที่ 4.4 สัญญาณดิจิตอลบิตที่ 6 เทียบกับบิตที่ 7

#### 4.3 ผลการทดสอบการแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์

เมื่อเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์แล้ว เราจะใช้โปรแกรมที่ใช้ทดสอบซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมที่ใช้งานหลัก เพื่อให้แสดงภาพได้ใหญ่ขึ้น ซึ่งเราจะได้ภาพ ดังนี้



รูปที่ 4.5 ภาพที่เกิดจากฮาร์ดแวร์ ถูกสัญญาณอื่นรบกวน



รูปที่ 4.6 ภาพที่แก้ไขโดยซอฟต์แวร์

#### 4.4 ผลการทดลองโปรแกรมประยุกต์ใช้งาน

เป็นผลการทดลอง โปรแกรมที่ใช้งานจริงๆ ซึ่งสามารถแสดงผลเป็นรูปภาพ และประวัติส่วนตัวได้ซึ่งผลการทดลองเป็น ดังนี้  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 4.9 ฮาร์ดแวร์ที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทวิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเครื่องแปลงและเชื่อมต่อสัญญาณภาพสีกับคอมพิวเตอร์ สามารถแปลงและเก็บภาพได้เป็นภาพขาวดำ ที่มีความละเอียด 512\*256 จุด ดังนั้นภาพที่ได้จึงมีขนาดของข้อมูลภาพ 128 kbytes ภาพที่ออกมาได้นั้นเป็นภาพขาวดำที่มีความชัดพอสมควรแต่ไม่ถึงชัดมาก เพราะไม่มีสีดำซึ่งสีที่มีมืดที่สุดจะเป็นสีเทา แต่ตัวอย่างการใช้งานของโครงการงานชิ้นนี้ คือทะเบียนประวัติของนักศึกษา ห้อง 3T ซึ่งภาพที่ออกมาเพียงพอที่จะบอกได้ว่าภาพนั้นเป็นภาพของใครจึงสามารถจะนำไปทำเป็นทะเบียนประวัติหรือทะเบียนรุ่นที่งานจริงได้ เมื่อต้องการที่จะดูประวัติหรือภาพของใคร ก็สามารถที่จะเรียกมาดูได้ โดยพิมพ์เฉพาะชื่อจริงหรือชื่อเล่นของคนนั้น ถ้ามีชื่อซ้ำกัน เครื่องก็สามารถแสดงรายชื่อและนามสกุลออกมาให้เลือกอีกได้ นอกจากนี้ เราสามารถค้นหาโดยการพิมพ์, รหัสประจำตัว, ศาสนา ได้เช่นกัน

เครื่องแปลงสัญญาณภาพสีนี้สามารถต่อกับคอมพิวเตอร์ทั่วๆไปได้ โดยเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ที่พอร์ตเครื่องพิมพ์ (Printer Port) ซึ่งคอมพิวเตอร์ต้องมีเมาส์(mouse) และโปรแกรมใช้งานสำหรับสัญญาณภาพที่ต้องการจะแปลงและเก็บนั้นได้มาจากเครื่องเล่นวีดีโอ กล้องวีดีโอ หรือเครื่องรับโทรทัศน์ก็ได้ ซึ่งทุกอย่างจะต้องเป็นระบบ PAL แต่สามารถที่จะเป็นระบบ NTSC ได้

หลักการของเครื่องนี้จะคล้ายกับกล้องถ่ายภาพดิจิทัล (Digital Camera) ซึ่งถึงแม้ประสิทธิภาพของโครงการงานชิ้นนี้ จะมีไม่มากเท่ากับกล้องดิจิทัลที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดแต่จุดประสงค์หนึ่งของการสร้างโครงการงานชิ้นนี้เพื่อศึกษา และเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาขึ้นไปเรื่อยๆ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า กล้องดิจิทัลพัฒนาการของแนวคิดนี้

### ปัญหาและอุปสรรค

ในการสร้างและทดสอบโครงการงานชิ้นนี้ต้องพบกับปัญหามากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์นั่นคือ ส่วนของภาคถอดรหัสสัญญาณสี (RGB Decoder) ซึ่งใช้ไอซีเบอร์ VL 7021 ซึ่งเมืองไทยไม่มีขาย ทำให้โครงการงานชิ้นนี้สามารถแปลงและเก็บได้เพียงภาพที่เป็นขาวดำเท่านั้น เพราะไม่สามารถที่จะแยกสัญญาณภาพสีออกมาจากสัญญาณคอมโพสิตวีดีโอได้ จึงจำเป็นต้องใช้สัญญาณมัลติแม็กซ์มาทำการแปลงและเก็บแทน ไอซีอีกเบอร์หนึ่งคือ CA3318CE ซึ่งมีราคาค่อนข้างสูงมาก ปัญหาในการทดสอบคือ เมื่อต่ออุปกรณ์ลงบนแผ่นปริ้นต์และเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ กราวนด์ของคอมพิวเตอร์ซึ่งมีศักย์ไฟฟ้า(ไฟสลับ)มาต่อกับกราวนด์ของคอมพิวเตอร์ไปรบกวนภาคแยกซิงค์(Sync saperator) ซึ่งเป็นตัวกำหนดขอบภาพ ทำให้ภาพที่ได้มาบนจอคอมพิวเตอร์เกิดเบี้ยวเหมือนภาพลั้ม การแก้ไขปัญหานี้โดยการต่อสายกราวนด์ของคอมพิวเตอร์ลงดิน แต่โดยจุดมุ่งหมายของโครงการงานชิ้นนี้ต้องการใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วๆไป จึงไม่เป็นการสะดวกนักที่จะแก้ปัญหานี้โดยวิธีนี้ วิธีแก้ไขอีกวิธีคือแก้ไขที่โปรแกรมใช้งาน ให้โปรแกรมปรับภาพที่ลั้มให้ตรงซึ่งเป็นวิธีที่ใช้แก้ไขในโครงการงานชิ้นนี้

ปัญหาอีกอย่างหนึ่งซึ่งแก้ไขยากมาก นั่นคือ ขณะทำการเก็บภาพ ถ้ามีการปิด-เปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าในบริเวณใกล้ๆ ขณะนั้น จะทำให้ภาพที่จะทำการเก็บเสียหาย นั่นคือ ภาพหลังจากปิด-เปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าจะเป็นสีขาวหมดเหมือน เครื่องคอมพิวเตอร์ ไม่ทำการเก็บภาพ แต่จากการวิเคราะห์เป็นไปได้ว่า ผลของการปิด-เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า, ทำให้มีสัญญาณสไปซ์ ซึ่งผลของการเกิดแบบนี้ จะทำให้รบกวนสัญญาณวัดทุกความถี่ ซึ่งถ้าตัวนี้ไปรบกวนแรม (RAM) ซึ่งกำลังถ่ายข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์อยู่ ทำให้RAM ถูกเซตให้ข้อมูลเป็น High ตลอด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และทำให้โปรแกรม ที่แก้ไขภาพเบี่ยงหาระดับสีดำไม่เจอ ( จะใช้ระดับของสีดำเป็นตัวเริ่มต้นของแต่ละเส้นของภาพ เมื่อหาไม่เจอโปรแกรมจะอ่านข้อมูลจาก RAM ตลอด ซึ่ง RAM จะถูก set ให้เป็น High ตลอด ทำให้ภาพที่ได้เป็นสีขาวตลอด ซึ่งปัญหานี้สามารถแก้ไขที่โปรแกรมใช้งานแต่การแก้ไขสามารถแก้ไขได้เฉพาะบางครั้ง เพราะบางครั้งที่เราแก้ไข ถึงจะไม่มีจุดขาวแต่ภาพที่ได้ก็มีการบิดเบี้ยวไป แต่ส่วนมากจะสามารถแก้ปัญหาดตรงจุดนี้ได้

#### แนวทางการพัฒนาในอนาคต

โครงการชิ้นนี้ จุดประสงค์คือต้องให้เป็นภาพสีแต่ด้วยปัญหาที่ไม่มีอุปกรณ์บางตัว จึงสามารถทำได้แค่ภาพขาวดำเท่านั้น เพราะฉะนั้นแนวทางในการพัฒนาควรจะพัฒนาให้ได้เป็นภาพสีก่อนต่อจากนั้น ควรพัฒนาด้วยการเพิ่มความละเอียดของภาพให้สูงขึ้นและขนาดของภาพให้ควรเพิ่มได้ภาพที่มีขนาดใหญ่และความละเอียดสูง ข้อเสียคือ เราจะต้องเพิ่มอัตราการสุ่มสัญญาณและหน่วยความจำให้สูงขึ้น ทำให้ข้อมูลมีขนาดใหญ่มากจนเกินไป สมมุติว่าเราใช้ไอซีเบอร์ CA 3318 ใช้อัตราการสุ่มสัญญาณสูงสุดคือ 15 MHz และต้องการเก็บภาพเต็มจอ เราจะได้ภาพที่มีขนาด 768\*625 จุด ในหนึ่งเฟรม มี 480000 จุด:1จุด มี 24 bits (Truecolor) เท่ากับ 1.40625 Mbytes ดังนั้นเราจะต้องใช้หน่วยความจำ 1.40625 Mbytes และจะต้องมีเวลาในการเก็บข้อมูล (Access time) ใน 1 บิต เท่ากับหรือน้อยกว่า  $1/15\text{MHz} = 66.66 \text{ nsec}$  จุดนี้ควรพัฒนาให้ขนาดของข้อมูลภาพมีขนาดลดลง โดยการบีบอัดข้อมูลหรือเข้ารหัสข้อมูล แต่เวลาที่เราจะดูภาพเราจะต้องคายข้อมูลออกมาทำให้เวลาในการแสดงช้าลงแต่อย่างไรก็ตามในอนาคตเทคโนโลยีการเพิ่มความเร็วของ CPU จะช่วยลดความล่าช้าออกไปได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การส่งสัญญาณควบคุมผ่านพอร์ตขนาน

สำหรับการส่งสัญญาณควบคุมไปยังภาคคอนโทรลและการรับข้อมูลจากเมโมรี เข้ามายังคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตขนานนั้น จะเขียนโปรแกรมขึ้นมาใช้ในการควบคุม ซึ่งมีลำดับขั้นตอนการทำงานดังนี้

1.ส่งข้อมูล 00h ออกทางแอดเดรส 37Ah เพื่อเปิดสวิตช์แหล่งจ่ายไฟภาคคอนโทรล ซึ่งในขณะนี้ขา 36 ของพอร์ตขนาน จะมีสถานะลอจิก “1” ไปสั่งให้รีเลย์ทำงานเปิดสวิตช์ให้มีความดัน 5 โวลต์มาเลี้ยงภาคคอนโทรล

2.ส่งข้อมูล 01h ออกทางแอดเดรส 37Ah เพื่อรีเซ็ตภาคคอนโทรล ซึ่งในขณะนี้ขา 1 ของพอร์ตขนาน จะมีสถานะลอจิก “0” เพื่อรีเซ็ตภาคคอนโทรลให้อยู่ในสถานะเริ่มต้น

3.ส่งข้อมูล 05h ออกทางแอดเดรส 37Ah เพื่อเป็นคล็อกในการทำให้การรีเซ็ตเกิดผล (เนื่องจากการรีเซ็ตแบบซิงโครนัสจึงต้องใช้คล็อก 1 ลูกในการรีเซ็ต) ในขณะนี้ขา 31 ของพอร์ตขนานจะมีสถานะลอจิก “1”

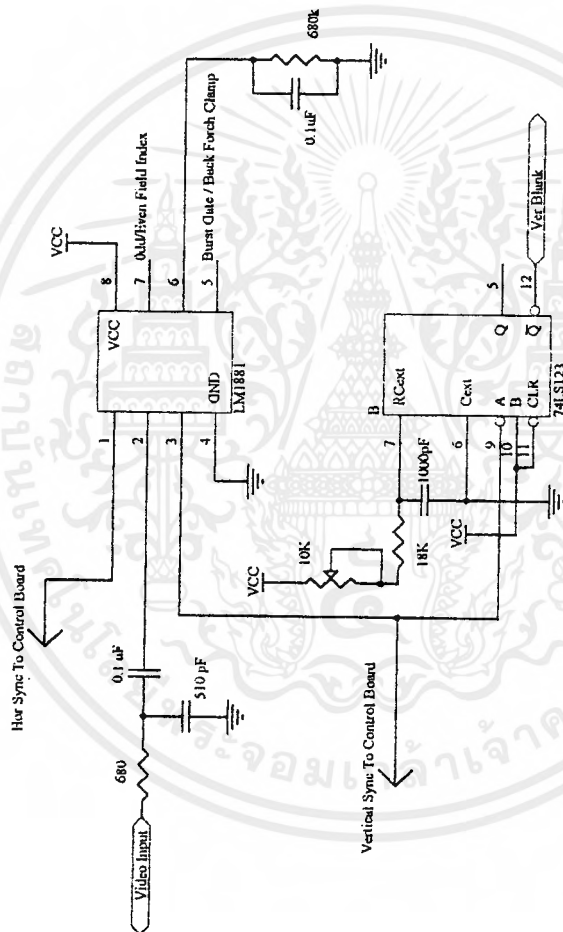
4.ส่งข้อมูล 02h ออกทางแอดเดรส 37Ah เพื่อพรีเซ็ตภาคคอนโทรล ในขณะนี้ขา 1 ของพอร์ตขนานจะกลับไปมีสถานะลอจิก “1” ขา 31 กลับไปมีสถานะ “0” ส่วนขา 14 จะมีสถานะ “0”

5.ส่งข้อมูล 06h ออกทางแอดเดรส 37Ah เพื่อเป็นคล็อกในการทำให้การพรีเซ็ตเกิดผล (เนื่องจากการพรีเซ็ตแบบซิงโครนัสจึงต้องใช้คล็อก 1 ลูกในการพรีเซ็ต) ในขณะนี้ขา 31 จะมีสถานะลอจิก “1”

6.ส่งข้อมูล 00h ออกทางแอดเดรส 37Ah เพื่อให้ภาคคอนโทรลเริ่มต้นเก็บข้อมูลเข้าเมโมรี ซึ่งในขณะนี้ ขา 31, 14 และ 1 ของพอร์ตขนานจะมีสถานะลอจิกเป็น “0”, “1”, “1” ตามลำดับ

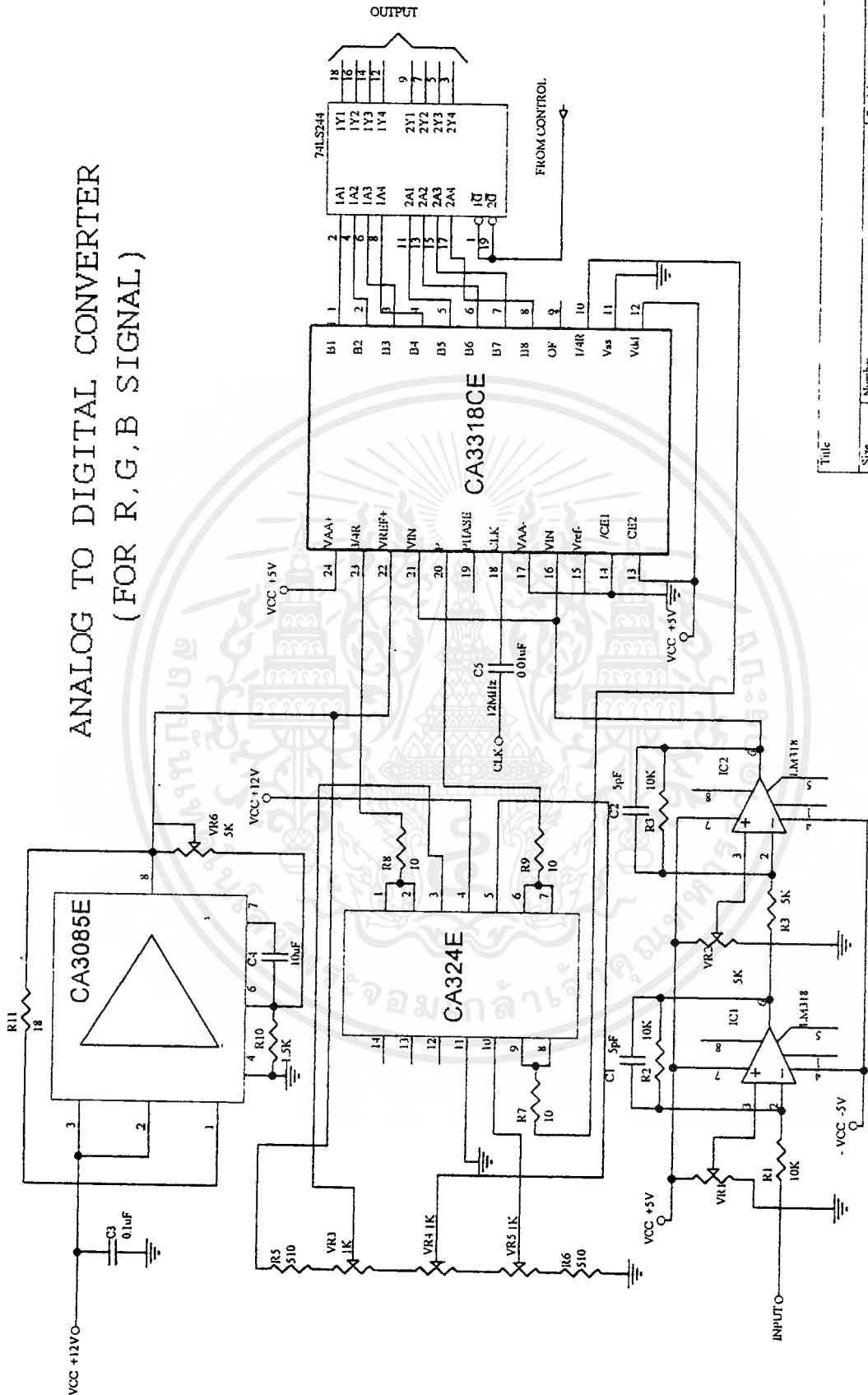
7.ในขณะนี้ภาคคอนโทรลจะส่งสถานะ R/W มายังขา 13 ของพอร์ตขนานมีสถานะ “1” เพื่อบอกให้รู้ว่ากำลังเขียนข้อมูลลงเมโมรีอยู่ ในจุดนี้โปรแกรมก็จะคอยตรวจสอบสถานะของขา 13 นี้ตลอดเวลา ก็ต่อเมื่อภาคคอนโทรลเก็บข้อมูลเข้าเมโมรีจนครบแล้ว ก็จะเปลี่ยนสถานะที่ขา 13 นี้ให้เป็น “0” เพื่อบอกให้โปรแกรมทราบว่าถึงเวลาถ่ายข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์แล้ว

8.ในขณะถ่ายข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์ข้อมูลบิต 0 ถึงบิต 7 จะถูกส่งเข้ามาทางขา 2 ถึงขา 9 ของพอร์ตขนาน ซึ่งจะเข้ามาที่แอดเดรส 37Bh ดังนั้นจะต้องเขียนโปรแกรมไปรับข้อมูลที่เข้ามาที่แอดเดรส 37Bh ซึ่งข้อมูลแรกที่เข้ามาจะเป็นข้อมูลจากเพจสีแดง 8 บิต จากนั้นจะส่งคล็อก ผ่านจากขา 31 ของพอร์ตขนานไป 1 ลูก เพื่อเปลี่ยนไปเลือกที่เพจสีเขียว แล้วจึงถ่ายข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์ จากนั้นก็ส่งคล็อกออกไปอีก 1 ลูกเพื่อเลือกเพจสีน้ำเงิน เพราะฉะนั้นข้อมูลภาพ 1 จุด จะต้องส่งคล็อกออกไปจำนวน 3 ลูก

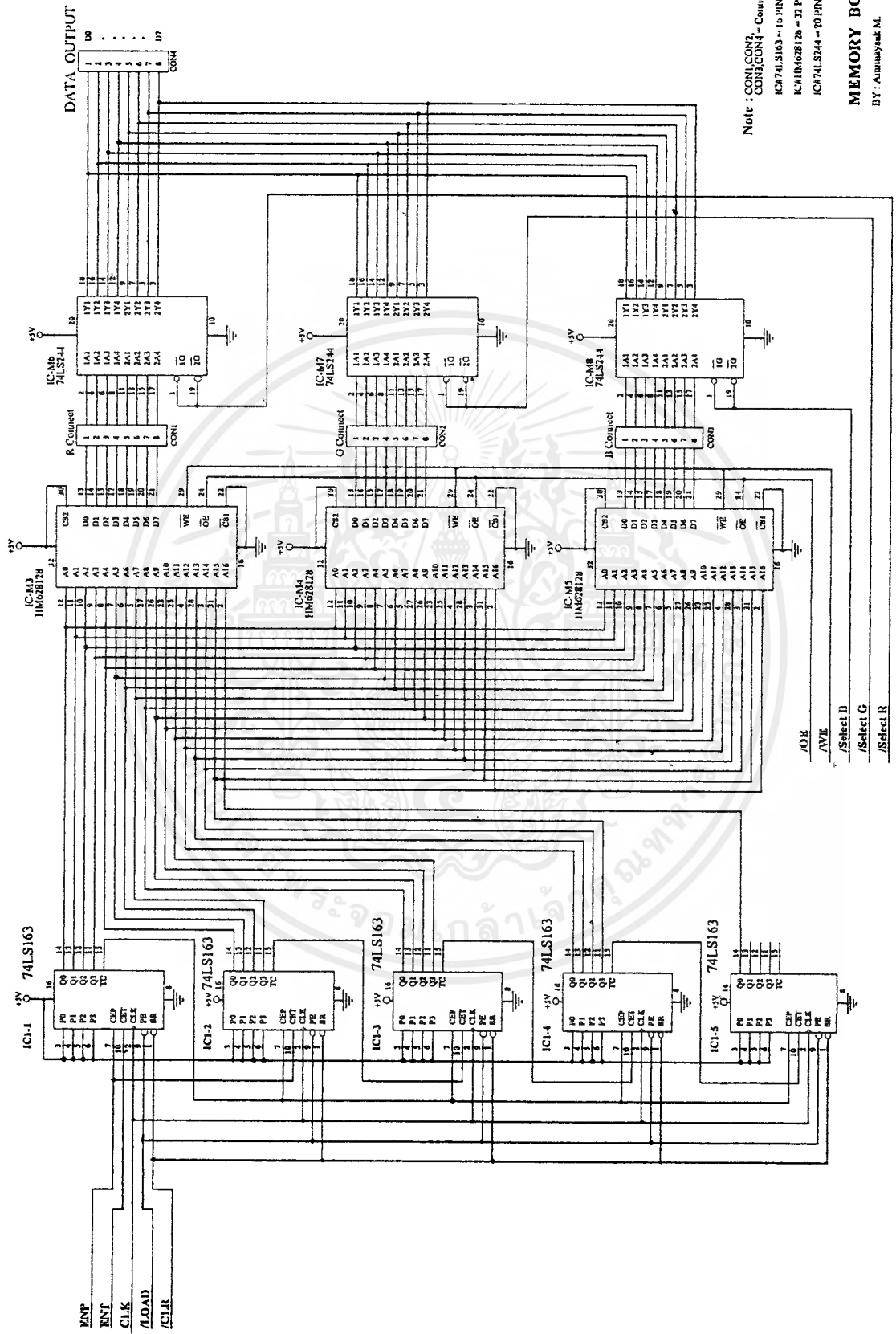


Sync separator

# ANALOG TO DIGITAL CONVERTER (FOR R,G,B SIGNAL)

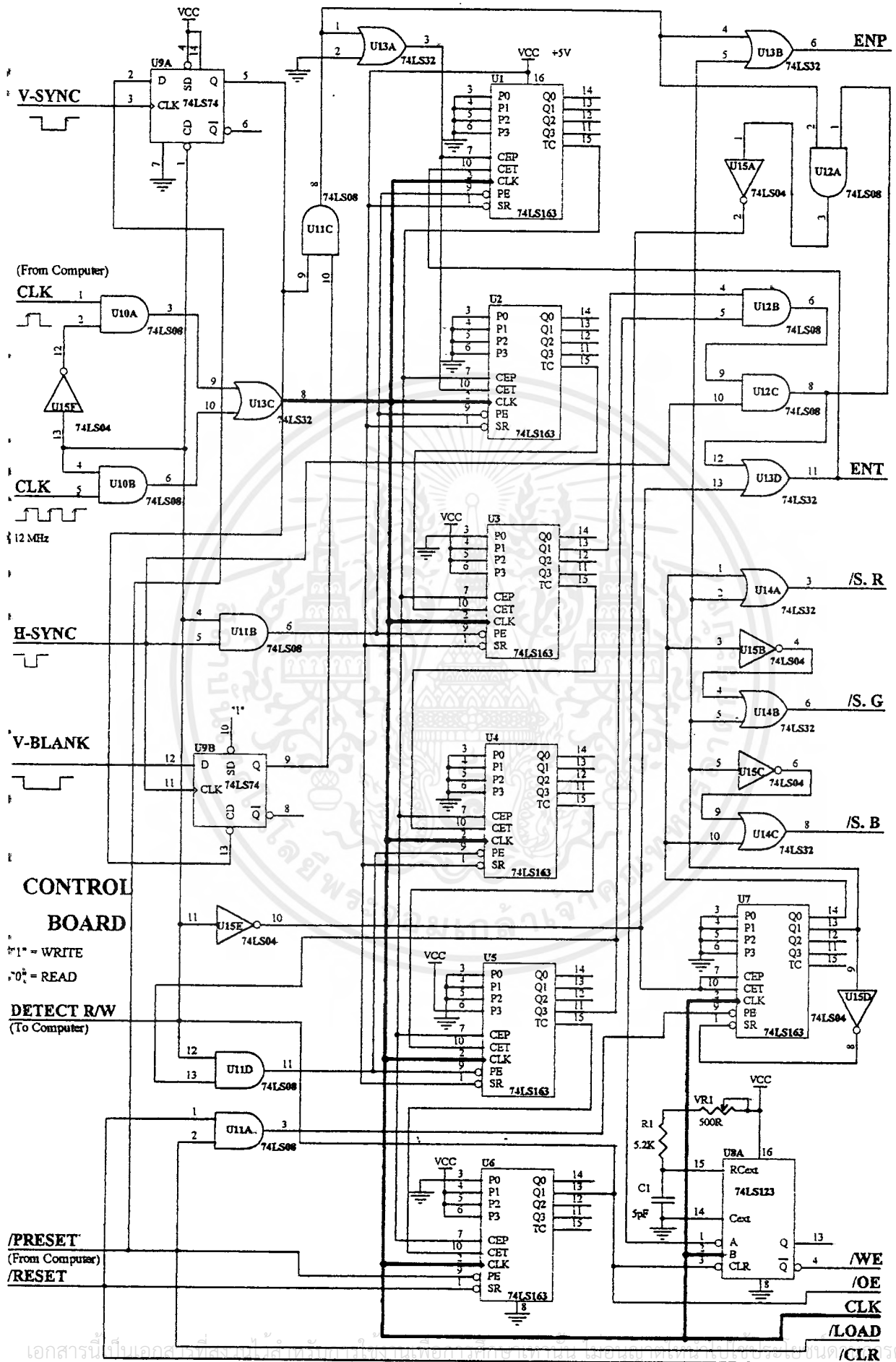


|       |  |             |          |          |
|-------|--|-------------|----------|----------|
| Title |  | Size        | Number   | Revision |
| A4    |  | 26 Feb 1998 | Sheet of | Drawn by |
| File  |  | AMDC SCH    | Drawn by |          |



Note : CON1,CON2,  
CON3,CON4 - Connector 8 pins  
IC#74LS163 - 10 PINS  
IC#74LS128 - 22 PINS (P11-NC)  
IC#74LS244 - 20 PINS

**MEMORY BOARD**  
BY : Atinayak M.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

---

# HM628128B Series

131,072-word × 8-bit High speed CMOS Static RAM

# HITACHI

ADE-203-243D (Z)

Rev. 4.0

Jul. 9, 1997

---

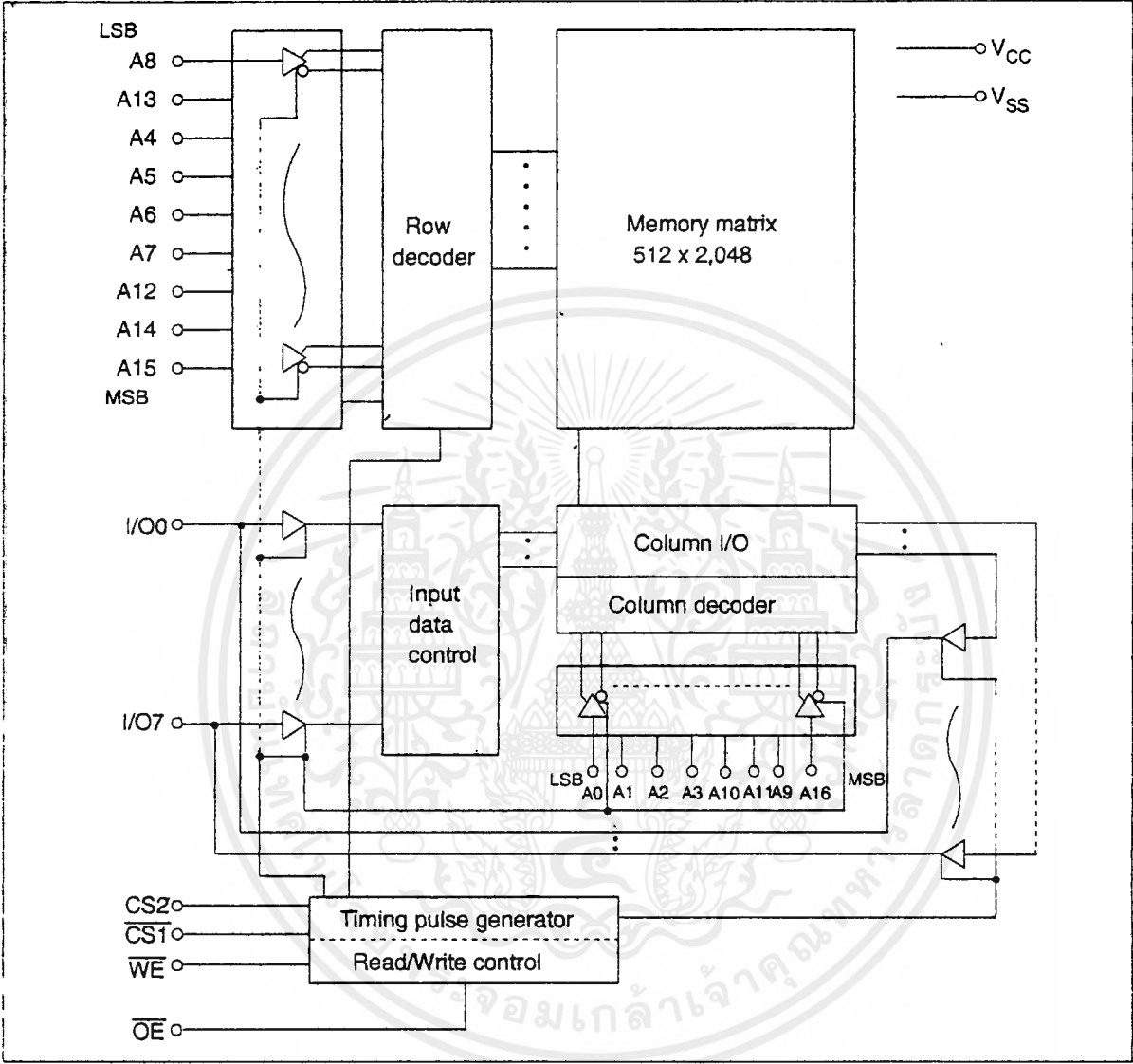
## Description

The Hitachi HM628128B is a CMOS static RAM organized 131,072-word × 8-bit. It realizes higher density, higher performance and low power consumption by employing 0.8 μm Hi-CMOS shrink process technology. It offers low power standby power dissipation, therefore, it is suitable for battery backup systems. The device, packaged in a 525 mil SOP or a 8 mm × 20 mm TSOP or a 600 mil plastic DIP is available.

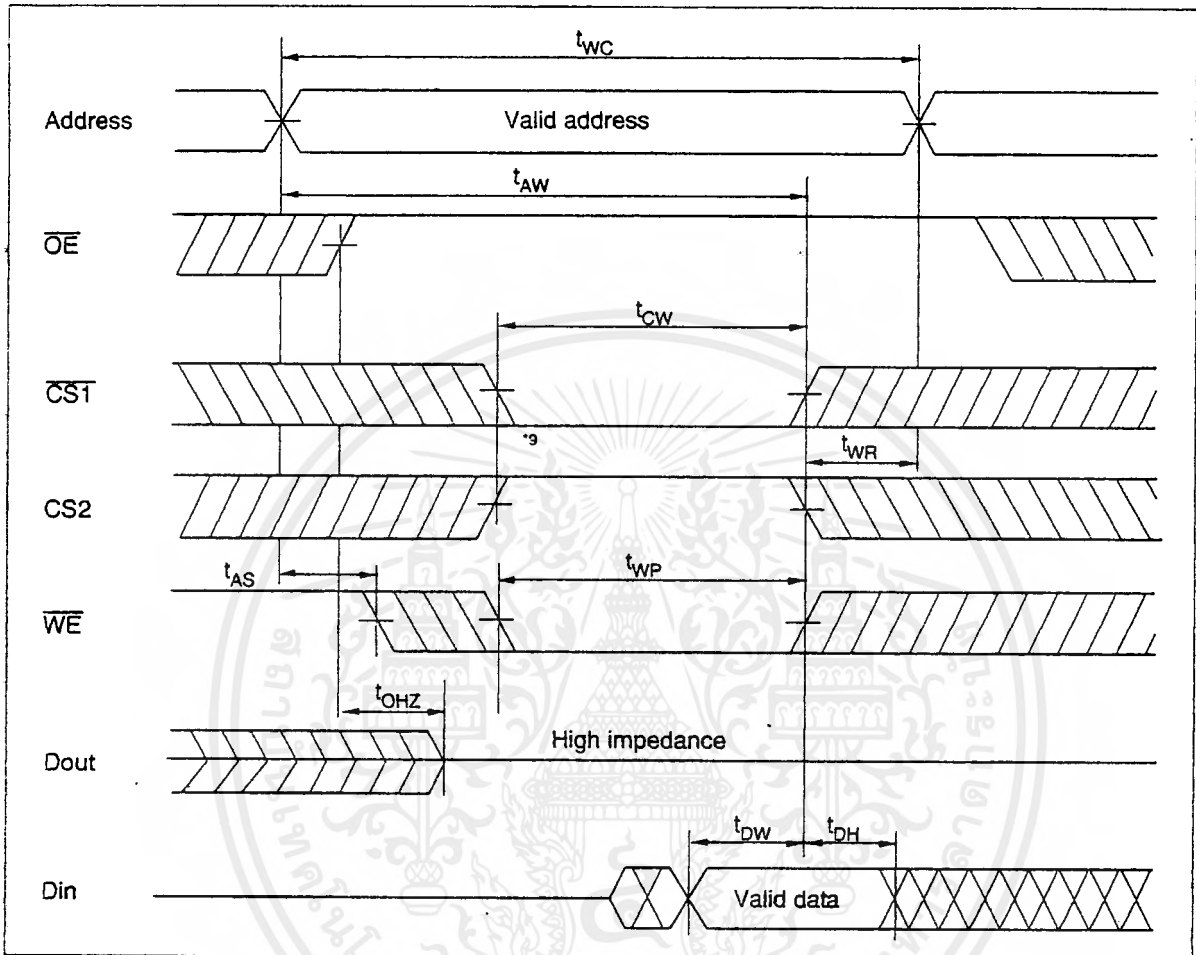
## Features

- Single 5 V supply: 5.0 V ± 10%
- Access time: 70/75/85 ns (max)
- Power dissipation
  - Active: 50 mW/MHz (typ)
  - Standby: 10 μW (typ) (L/L-SL version)
- Completely static memory
  - No clock or timing strobe required
- Equal access and cycle times
- Common data input and output
  - Three state output
- Directly TTL compatible all inputs and outputs
- Capability of battery backup operation (L/L-SL version)
  - 2 chip selection for battery backup

Block Diagram



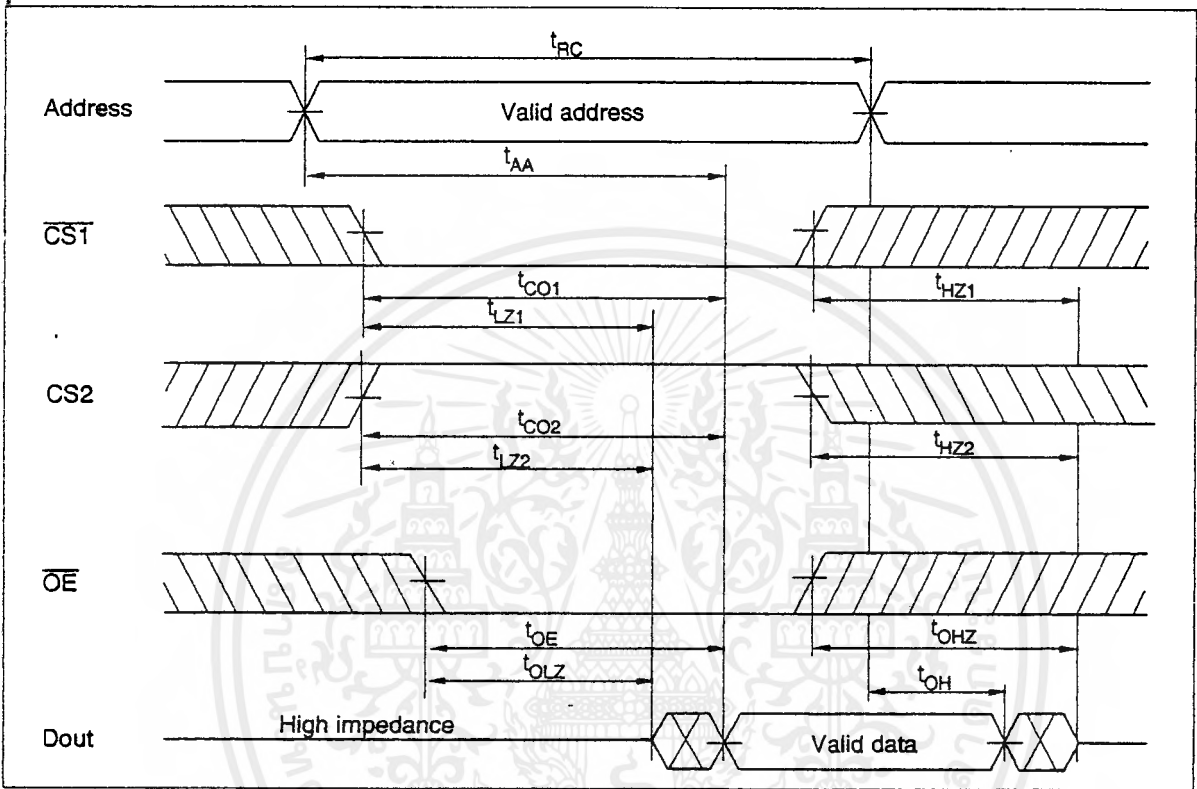
Write Timing Waveform (1) ( $\overline{\text{OE}}$  Clock)



HM628128B Series

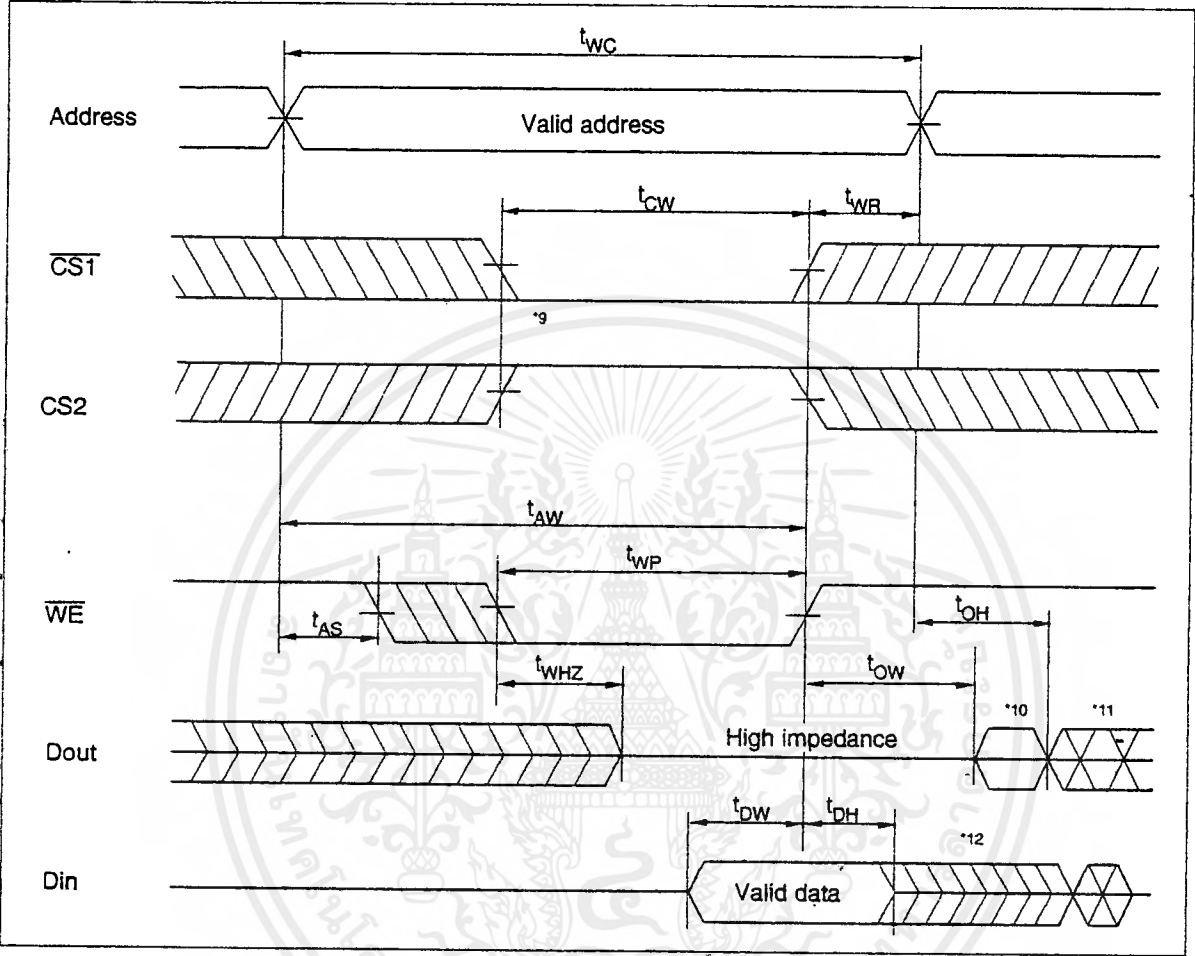
Timing Waveform

Read Timing Waveform ( $\overline{WE} = V_{IH}$ )



HM628128B Series

Write Timing Waveform (2) ( $\overline{\text{OE}}$  Low Fixed)



## LM1881 Video Sync Separator

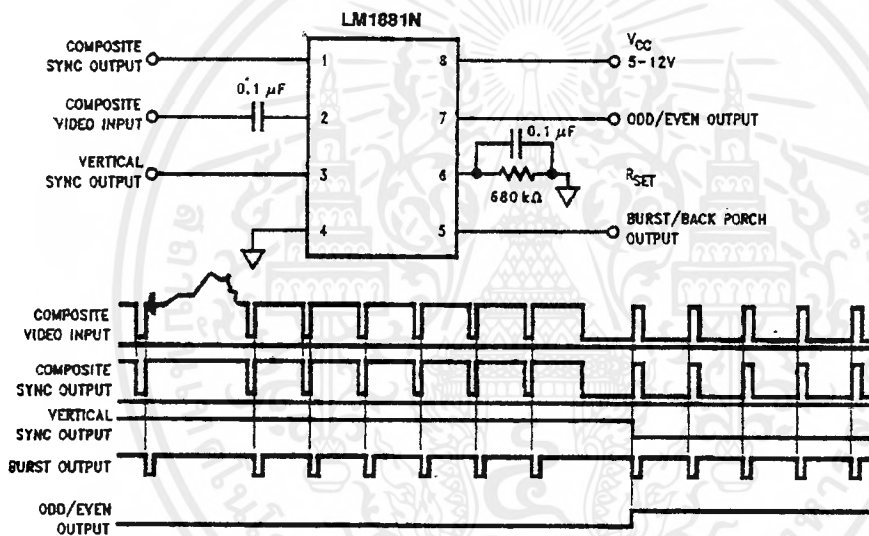
### General Description

The LM1881 Video sync separator extracts timing information including composite and vertical sync, burst/back porch timing, and odd/even field information from standard negative going sync NTSC, PAL\*, and SECAM video signals with amplitude from 0.5V to 2V p-p. The integrated circuit is also capable of providing sync separation for non-standard, faster horizontal rate video signals. 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 externally set delay period, such as might be the case for a non-standard video signal.

### Features

- AC coupled composite input signal
- > 10 k $\Omega$  input resistance
- < 10 mA power supply drain current
- Composite sync and vertical outputs
- Odd/even field output
- Burst gate/back porch output
- Horizontal scan rates to 150 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

TL/H/0150-1

\*PAL in this datasheet refers to European broadcast TV standard "Phase Alternating Line", and not to Programmable Array Logic.

## Application Notes (Continued)

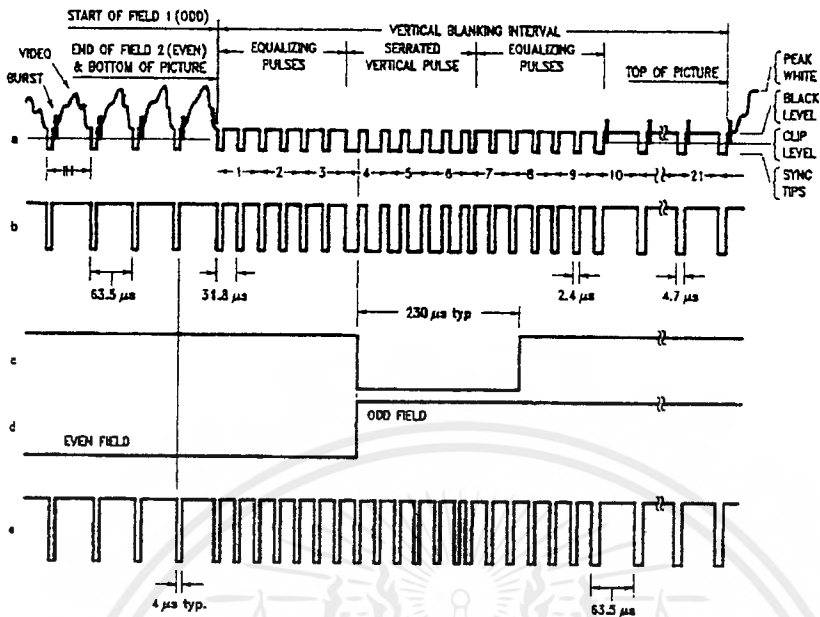
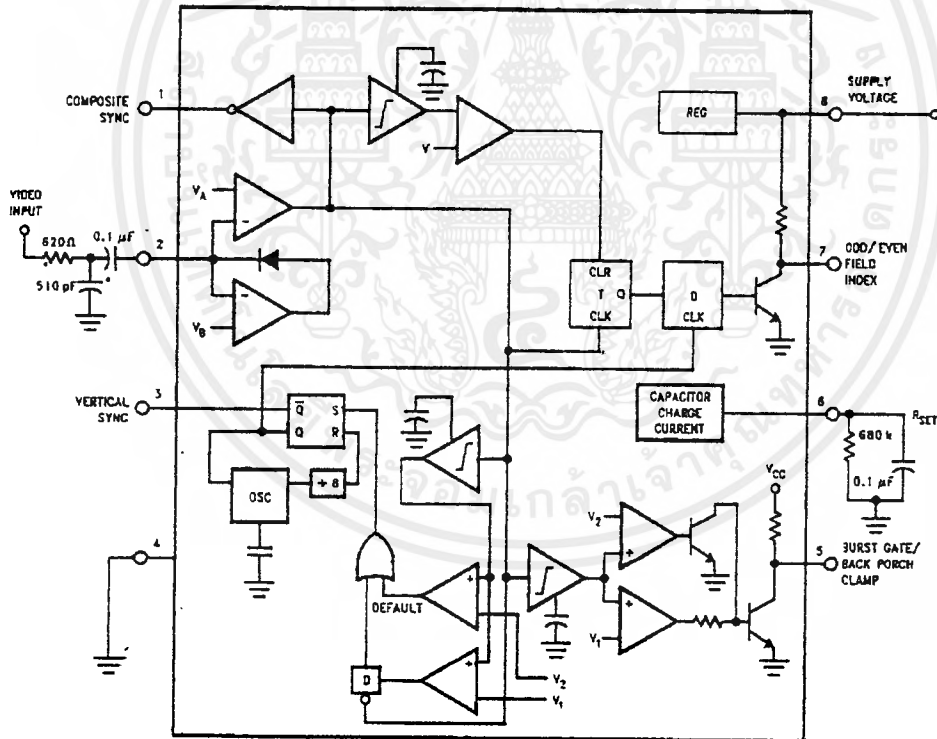


FIGURE 2. (a) Composite Video; (b) Composite Sync; (c) Vertical Output Pulse; (d) Odd/Even Field Index; (e) Burst Gate/Back Porch Clamp

TL/H/9150-3



\*Components Optional.  
See Text

FIGURE 3

TL/H/9150-4

## Typical Applications

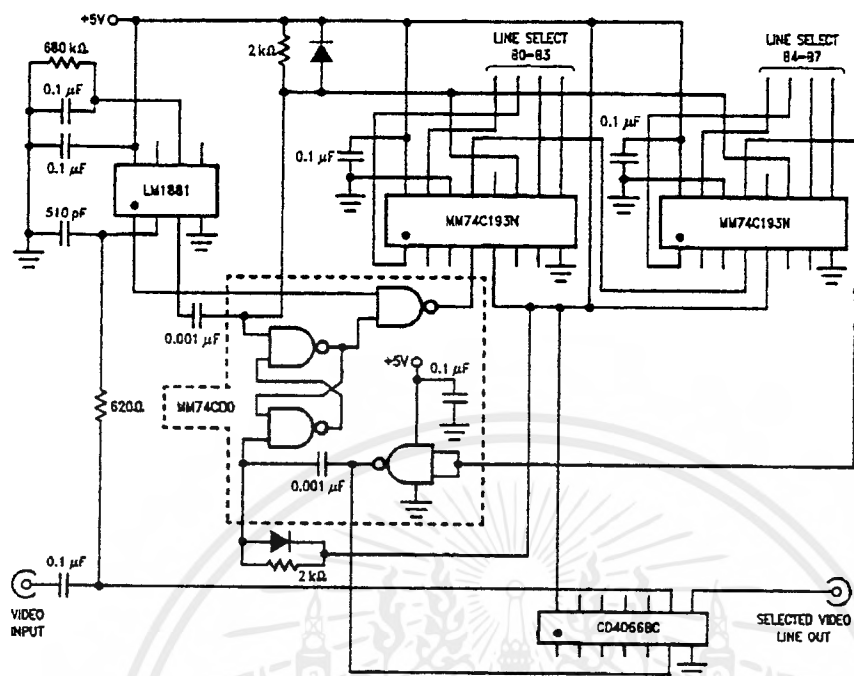


**FIGURE 4. Video Line Selector**

TL/H/9150-5

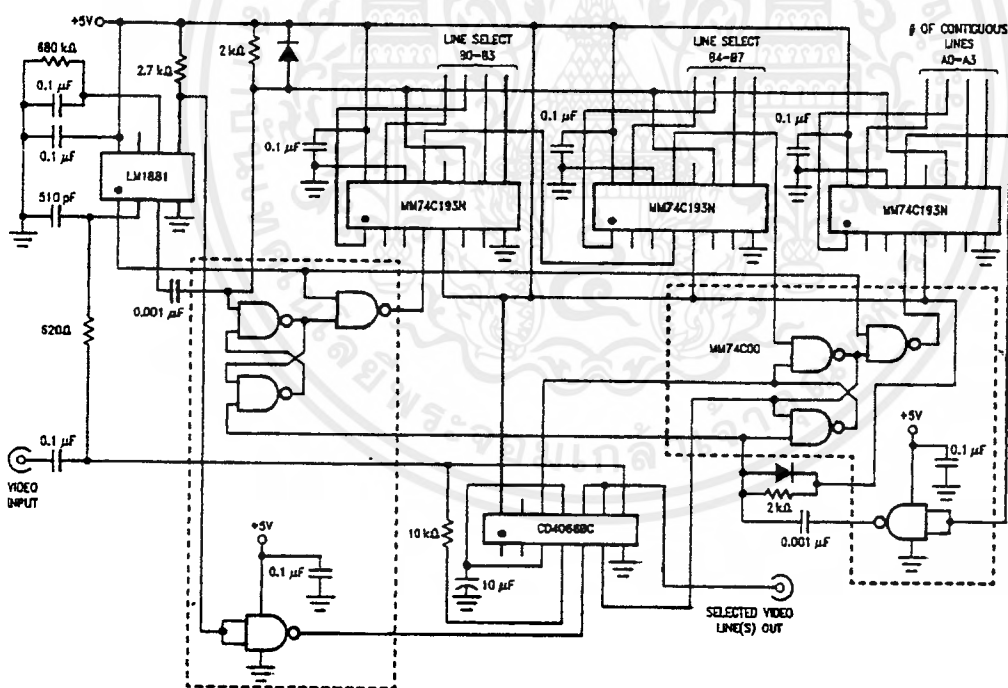


**FIGURE 5. Multiple Contiguous Video Line Selector With Black Level Restoration**

TL/H/9150-6

## CMOS Video Speed, 8-Bit, Flash A/D Converter

August 1997

### Features

- CMOS Low Power with SOS Speed (Typ)..... 150mW
- Parallel Conversion Technique
- 15MHz Sampling Rate (Conversion Time)..... 67ns
- 8-Bit Latched Three-State Output with Overflow Bit
- Accuracy (Typ).....  $\pm 1$  LSB
- Single Supply Voltage ..... 4V to 7.5V
- 2 Units in Series Allow 9-Bit Output
- 2 Units in Parallel Allow 30MHz Sampling Rate

### Applications

- TV Video Digitizing (Industrial/Security/Broadcast)
- High Speed A/D Conversion
- Ultrasound Signature Analysis
- Transient Signal Analysis
- High Energy Physics Research
- General-Purpose Hybrid ADCs
- Optical Character Recognition
- Radar Pulse Analysis
- Motion Signature Analysis
- $\mu$ P Data Acquisition Systems

### Description

The CA3318 is a CMOS parallel (FLASH) analog-to-digital converter designed for applications demanding both low power consumption and high speed digitization.

The CA3318 operates over a wide full scale input voltage range of 4V up to 7.5V with maximum power consumption depending upon the clock frequency selected. When operated from a 5V supply at a clock frequency of 15MHz, the typical power consumption of the CA3318 is 150mW.

The intrinsic high conversion rate makes the CA3318 ideally suited for digitizing high speed signals. The overflow bit makes possible the connection of two or more CA3318s in series to increase the resolution of the conversion system. A series connection of two CA3318s may be used to produce a 9-bit high speed converter. Operation of two CA3318s in parallel doubles the conversion speed (i.e., increases the sampling rate from 15MHz to 30MHz).

256 paralleled auto balanced voltage comparators measure the input voltage with respect to a known reference to produce the parallel bit outputs in the CA3318.

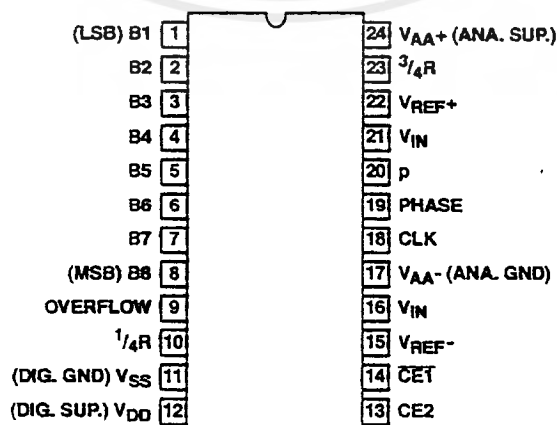
255 comparators are required to quantize all input voltage levels in this 8-bit converter, and the additional comparator is required for the overflow bit.

### Ordering Information

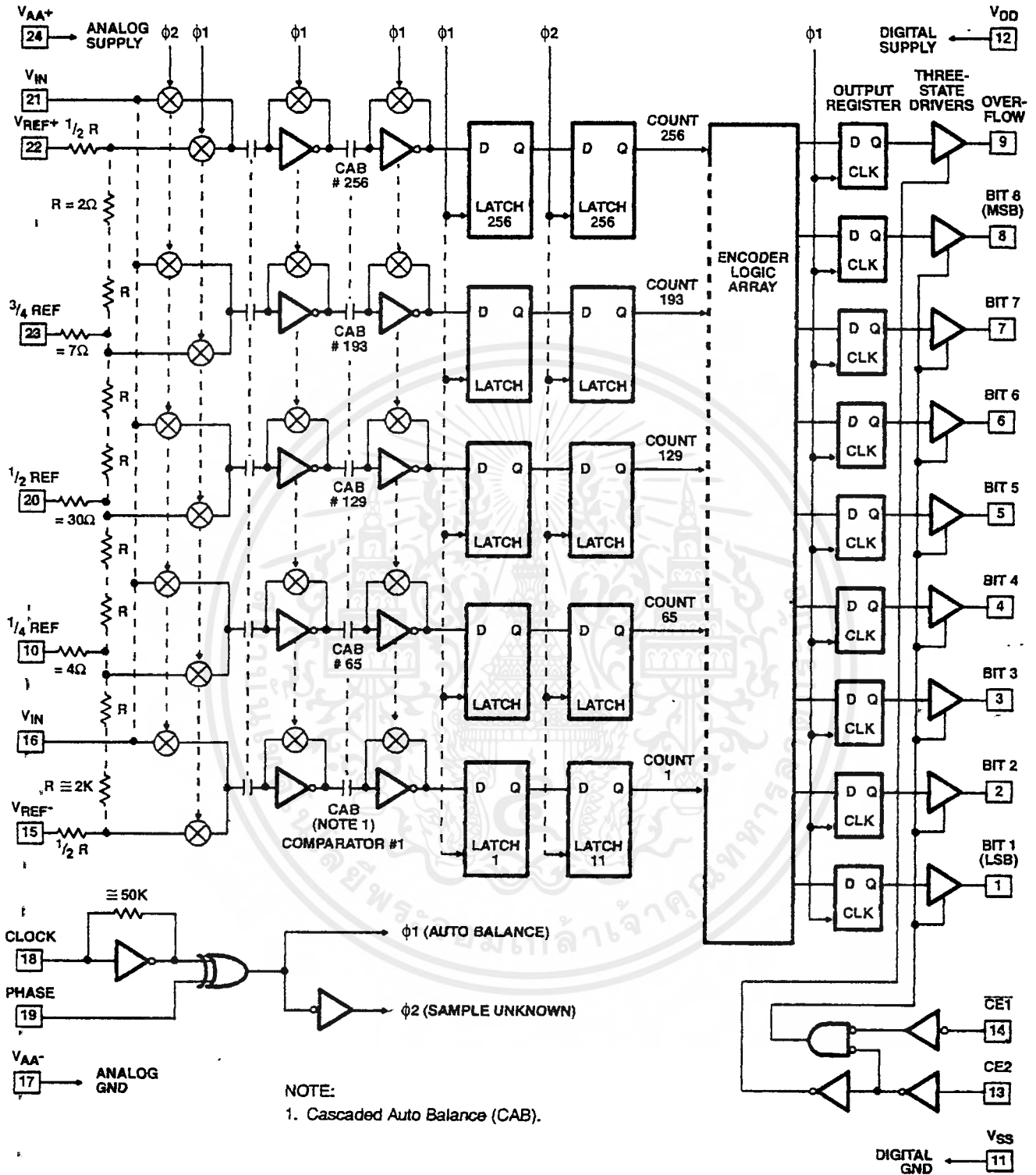
| PART NUMBER | LINEARITY (INL, DNL) | SAMPLING RATE | TEMP. RANGE (°C) | PACKAGE     | PKG. NO. |
|-------------|----------------------|---------------|------------------|-------------|----------|
| CA3318CE    | $\pm 1.5$ LSB        | 15MHz (67ns)  | -40 to 85        | 24 Ld PDIP  | E24.6    |
| CA3318CM    | $\pm 1.5$ LSB        | 15MHz (67ns)  | -40 to 85        | 24 Ld SOIC  | M24.3    |
| CA3318CD    | $\pm 1.5$ LSB        | 15MHz (67ns)  | -40 to 85        | 24 Ld SBDIP | D24.6    |

### Pinout

CA3318  
(PDIP, SBDIP, SOIC)  
TOP VIEW



## Functional Block Diagram



## Timing Waveforms (Continued)

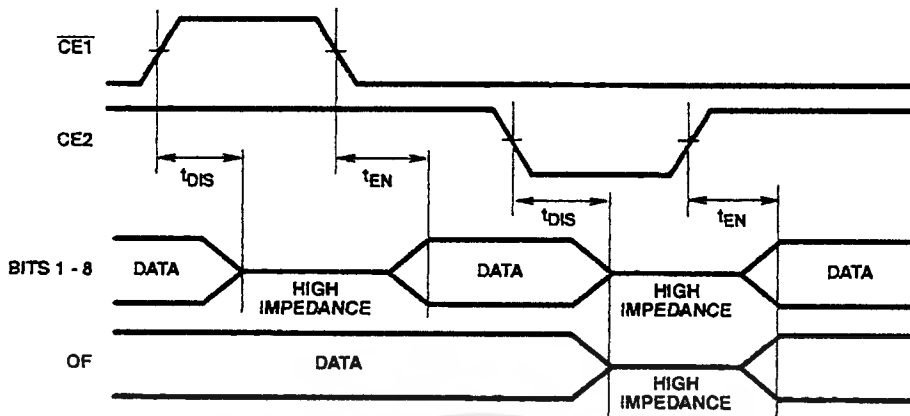


FIGURE 2. OUTPUT ENABLE TIMING DIAGRAM

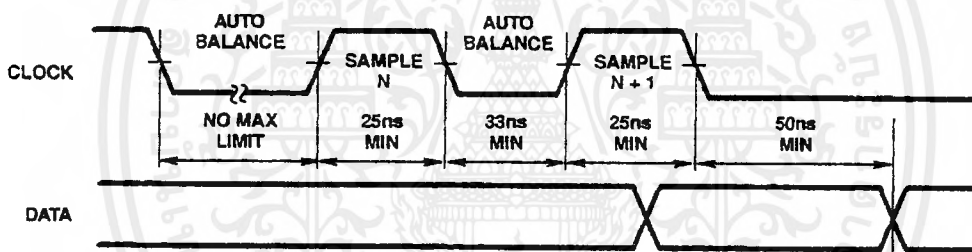


FIGURE 3A. STANDBY IN INDEFINITE AUTO BALANCE (SHOWN WITH PHASE = LOW)

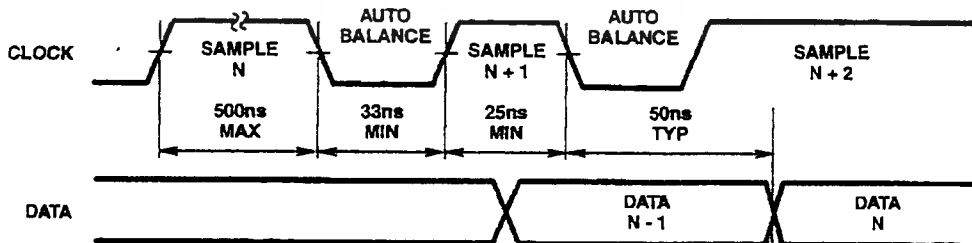


FIGURE 3B. STANDBY IN SAMPLE (SHOWN WITH PHASE = LOW)

FIGURE 3. PULSE MODE OPERATION.

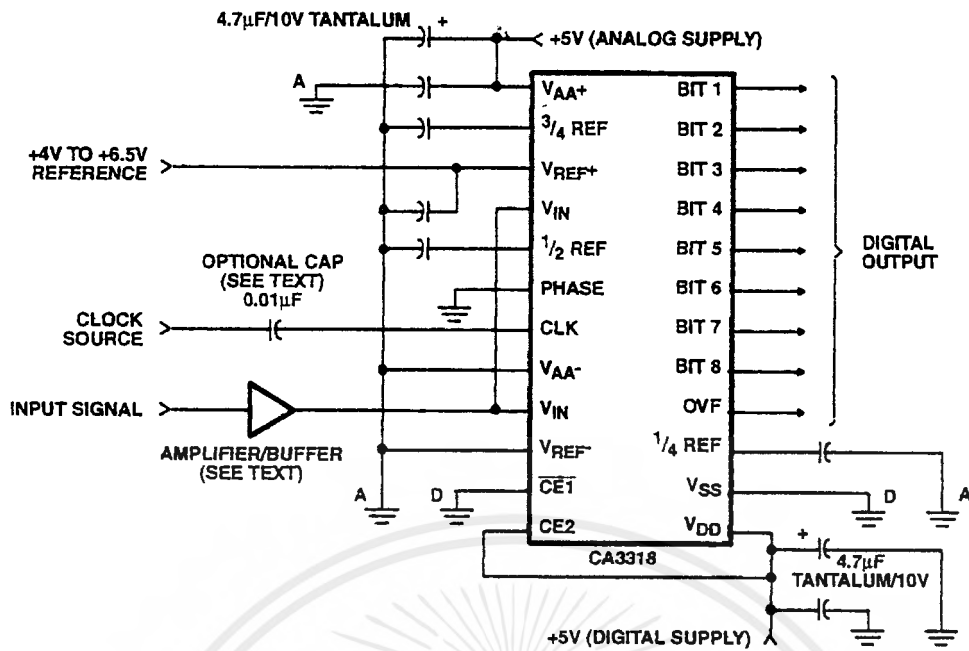


FIGURE 14. TYPICAL CIRCUIT CONFIGURATION FOR THE CA3318 WITH NO LINEARITY ADJUST

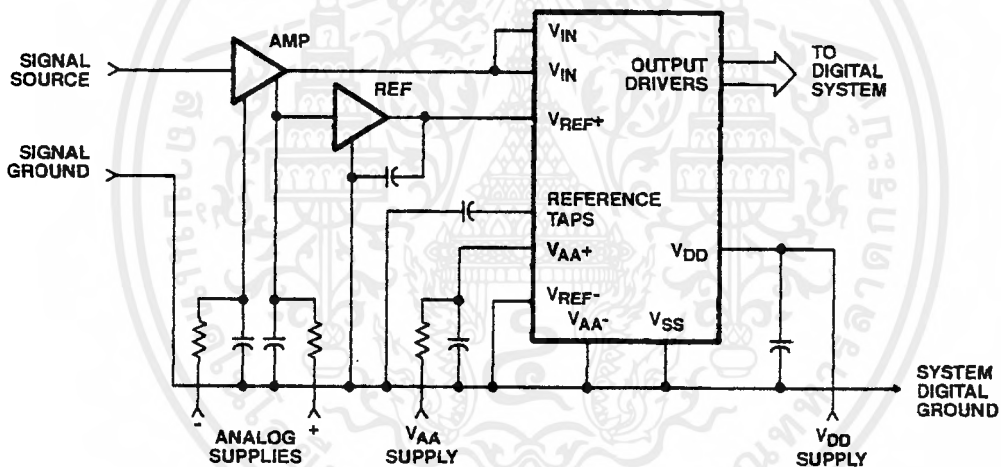


FIGURE 15. TYPICAL SYSTEM GROUNDING/BYPASSING

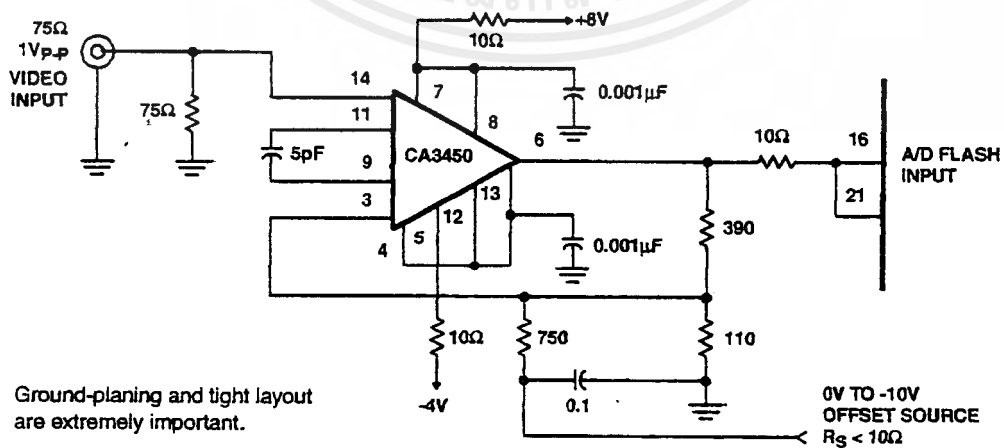


FIGURE 16. TYPICAL HIGH BANDWIDTH AMPLIFIER FOR DRIVING THE CA3318

TABLE 1. OUTPUT CODE TABLE

| CODE DESCRIPTION       | (NOTE 1)<br>INPUT VOLTAGE     |                               | BINARY OUTPUT CODE |           |    |    |    |    |    |    |           | DECIMAL COUNT |
|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|-----------|----|----|----|----|----|----|-----------|---------------|
|                        | V <sub>REF</sub><br>6.40V (V) | V <sub>REF</sub><br>5.12V (V) | OF                 | MSB<br>B8 | B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | LSB<br>B1 |               |
| Zero                   | 0.00                          | 0.00                          | 0                  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0         | 0             |
| 1 LSB                  | 0.025                         | 0.02                          | 0                  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1         | 1             |
| 2 LSB                  | 0.05                          | 0.04                          | 0                  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0         | 2             |
| •                      | •                             | •                             |                    |           |    |    | •  |    |    |    |           | •             |
| •                      | •                             | •                             |                    |           |    |    | •  |    |    |    |           | •             |
| •                      | •                             | •                             |                    |           |    |    | •  |    |    |    |           | •             |
| 1/4 Full Scale         | 1.60                          | 1.28                          | 0                  | 0         | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0         | 64            |
| •                      | •                             | •                             |                    |           |    |    | •  |    |    |    |           | •             |
| •                      | •                             | •                             |                    |           |    |    | •  |    |    |    |           | •             |
| •                      | •                             | •                             |                    |           |    |    | •  |    |    |    |           | •             |
| 1/2 Full Scale - 1 LSB | 3.175                         | 2.54                          | 0                  | 0         | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1         | 127           |
| 1/2 Full Scale         | 3.20                          | 2.56                          | 0                  | 1         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0         | 128           |
| 1/2 Full Scale + 1 LSB | 3.225                         | 2.58                          | 0                  | 1         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1         | 129           |
| •                      | •                             | •                             |                    |           |    |    | •  |    |    |    |           | •             |
| •                      | •                             | •                             |                    |           |    |    | •  |    |    |    |           | •             |
| •                      | •                             | •                             |                    |           |    |    | •  |    |    |    |           | •             |
| 3/4 Full Scale         | 4.80                          | 3.84                          | 0                  | 1         | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0         | 192           |
| •                      | •                             | •                             |                    |           |    |    | •  |    |    |    |           | •             |
| •                      | •                             | •                             |                    |           |    |    | •  |    |    |    |           | •             |
| •                      | •                             | •                             |                    |           |    |    | •  |    |    |    |           | •             |
| Full Scale - 1 LSB     | 6.35                          | 5.08                          | 0                  | 1         | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0         | 254           |
| Full Scale             | 6.375                         | 5.10                          | 0                  | 1         | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1         | 255           |
| Over Flow              | 6.40                          | 5.12                          | 1                  | 1         | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1         | 511           |

NOTE: 1. The voltages listed above are the ideal centers of each output code shown as a function of its associated reference voltage.

### Reducing Power

Most power is consumed while in the auto-balance state. When operating at lower than 15MHz clock speed, power can be reduced by stretching the sample ( $\phi_2$ ) time. The constraints are a minimum balance time ( $\phi_1$ ) of 33ns, and a maximum sample time of 500ns. Longer sample times cause droop in the auto-balance capacitors. Power can also be reduced in the reference string by switching the reference on only during auto-balance.

### Clock Input

The Clock and Phase inputs feed buffers referenced to  $V_{AA+}$  and  $V_{AA-}$ . Phase should be tied to one of these two potentials, while the clock (if DC coupled) should be driven at least from 0.2 to 0.7 x ( $V_{AA+} - V_{AA-}$ ). The clock may also be AC coupled with at least a 1V<sub>p-p</sub> swing. This allows TTL drive levels or 5V QMOS levels when  $V_{AA+}$  is greater than 5V.

## หนังสืออ้างอิง

- 1) Modern Television Practice RR. Gulati
- 2) Basic Television and Video Systems , Bernard Grob
- 3) Principle of Digital and Analog Communication , Jerry D Gibson
- 4) Continuous and Discrete Signal and System Analysis , Clare D. Mogillem / Geoge R. Cooper
- 5) Introduction To Digital Circuits , Theodore F.Bogart,JR.
- 6) TV สีระบบ PAL , สมศักดิ์ เตชะเศรษฐ์ธนะ , ร.ต.อ. ฤชาดิ กังวารจิตต์
- 7) ทฤษฎีตรวจสอบ TV ขาวดำ , ชูเกียรติ จันทราณี
- 8) ทฤษฎีดิจิทัล , มงคล ทองสงคราม
- 9) การเขียน โปรแกรมภาษาซีสำหรับวิศวกรรม , อ. ธันวา ศรีประโม่ง

