บทที่ 3

แนวคิดและการออกแบบ

ข้อกำหนดรายละเอียดของเครื่องควบคุมโทรทัศน์ที่จัดวางแบบอาร์เรย์

1. ต้องสามารถแสดงภาพ ณ เวลาจริง (real time) ออกจอโทรทัศน์ทุกจอที่ต่ออยู่พร้อมกันได้
2. ใช้จอโทรทัศน์ได้ 2x2 จอและสามารถเพิ่มจำนวนจอโทรทัศน์ได้
3. สัญญาณเข้าเป็นสัญญาณภาพวิดีโอ (composite video)
4. สัญญาณออกเป็นสัญญาณภาพวิดีโอ
5. ใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ควบคุมขนาดจำนวนจอที่ใช้ได้
6. จำนวนจอในแนวตั้งและแนวนอนเป็นอิสระต่อกัน

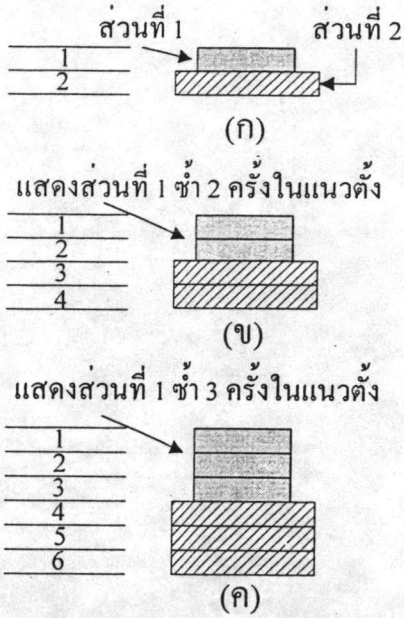
แนวคิดทั่วๆไปในการออกแบบ

1. ควรมีลักษณะฮาร์ดแวร์ที่เป็นโมดูลเพื่อสะดวกในการขยายระบบ
2. สามารถหาซื้ออุปกรณ์ได้ภายในประเทศไทย
3. ติดต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ทเครื่องพิมพ์

แนวคิดการขยายภาพ

1. แนวคิดการขยายภาพทางแนวตั้ง

เพื่อง่ายต่อการอธิบายแนวคิด จึงขอใช้รูปอธิบายแนวคิด โดยรูปที่ 3.1 (ก) แสดงรูปขนาดปกติ, รูปที่ 3.1 (ข) แสดงรูปขยายในแนวตั้งเป็น 2 เท่าของรูปที่ 3.1 (ก) และรูปที่ 3.1 (ค) แสดงรูปขยายในแนวตั้งเป็น 3 เท่าของรูปที่ 3.1 (ก)

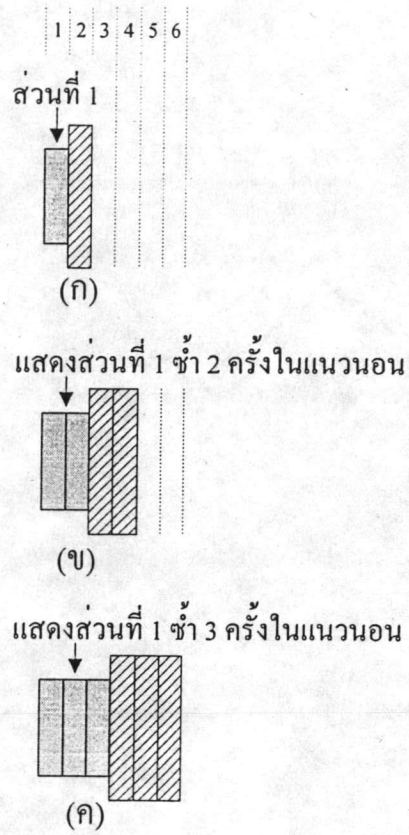


รูปที่ 3.1 (ก) แสดงรูปขนาดปกติ (ข) แสดงรูปขยาย 2 เท่าในแนวตั้ง
(ค) แสดงรูปขยาย 3 เท่าในแนวตั้ง

การขยายรูปในแนวตั้งก็คือทำให้รูปที่ขยายแล้วใหญ่ขึ้นในแนวตั้งกว่ารูปต้นแบบเป็นจำนวนเท่าที่ต้องการ เช่นถ้าต้องการขยายเป็น 2 เท่าในแนวตั้ง ภาพใหม่ที่เกิดขึ้นจะมีสัดส่วนของภาพนั้นในแนวตั้งใหญ่กว่าต้นแบบ 2 เท่า ซึ่งจากรูปที่ 3.1 แสดงให้เห็นว่าการขยายภาพในแนวตั้งทำได้โดยแบ่งภาพออกเป็นส่วนๆในแนวตั้ง จากนั้นก็แสดงภาพแต่ละส่วนซ้ำเป็นจำนวนครั้งในแนวตั้งเท่ากับสัดส่วนที่ต้องการขยาย ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการขยายรูปที่ 3.1 (ก) เป็น 2 เท่าในแนวตั้งก็ทำได้โดยแบ่งรูปที่ 3.1 (ก) ออกเป็นส่วนๆ (ในที่นี้ขอแบ่งเป็น 2 ส่วน และให้แต่ละส่วนสูงเท่ากับ 1 บรรทัด) จากนั้น ก็แสดงภาพแต่ละส่วนซ้ำ 2 ครั้งในแนวตั้งแสดงในรูปที่ 3.1 (ข) ซึ่งภาพที่ปรากฏเป็นภาพที่ขยายเป็น 2 เท่าในแนวตั้งของรูปที่ 3.1 (ก) หรือถ้าต้องการขยายรูปที่ 3.1 (ก) เป็น 3 เท่าในแนวตั้งก็ทำได้โดยแสดงภาพแต่ละส่วนนั้นซ้ำ 3 ครั้งในแนวตั้ง ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.1 (ค) นั่นเอง

2. แนวคิดการขยายภาพในแนวนอน

เช่นเดียวกับการอธิบายแนวคิดในการขยายภาพทางแนวตั้ง จึงขอใช้รูปที่ 3.2 ช่วยประกอบอธิบายแนวคิดการขยายภาพแนวนอน โดยรูปที่ 3.2 (ก) แสดงรูปขนาดปกติ, รูปที่ 3.2 (ข) แสดงรูปขยาย 2 เท่าในแนวนอน และรูปที่ 3.2 (ค) แสดงรูปขยาย 3 เท่าในแนวนอน



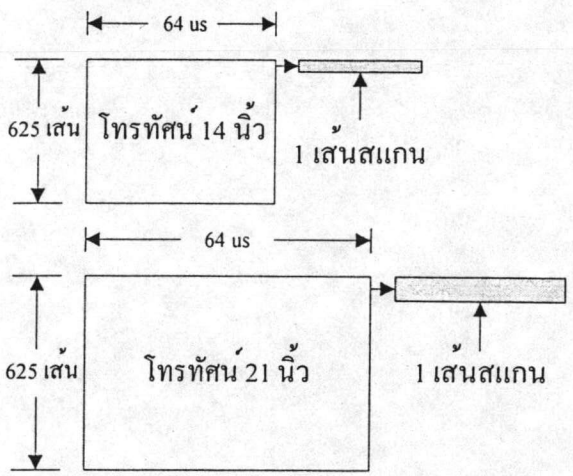
รูปที่ 3.2 (ก) แสดงรูปปกติ (ข) แสดงรูปขยาย 2 เท่าในแนวนอน
(ค) แสดงรูปขยาย 3 เท่าในแนวนอน

การขยายภาพในแนวนอนก็คือการทำให้ภาพที่ขยายแล้วใหญ่ขึ้นในแนวนอนกว่าภาพต้นแบบเป็นจำนวนเท่าที่ต้องการ เช่นถ้าต้องการขยายภาพ 2 เท่าในแนวนอน ภาพใหม่ที่เกิดขึ้นจะมีสัดส่วนของภาพในแนวนอนใหญ่กว่าต้นแบบ 2 เท่า ซึ่งจากรูปที่ 3.2 แสดงให้เห็นว่าการขยายภาพในแนวนอนทำได้โดยแบ่งภาพเป็นส่วนๆในแนวนอน จากนั้นก็แสดงภาพแต่ละส่วนซ้ำเป็นจำนวนครั้งในแนวนอนเท่ากับสัดส่วนที่ต้องการขยาย ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการขยายรูปที่ 3.2 (ก)เป็น 2 เท่าในแนวนอน ก็ทำได้โดย แบ่งรูปที่ 3.2 (ก) ออกเป็นส่วนๆ (ในที่นี้ขอแบ่งเป็น 2 ส่วน และให้แต่ละส่วนกว้างเท่ากับ 1 คอลัมน์)จากนั้นก็แสดงภาพแต่ละส่วนซ้ำ 2 ครั้งในแนวนอน ดังแสดงดังรูปที่ 3.2 (ข) ซึ่งภาพที่ปรากฏเป็นภาพที่ขยายเป็น 2 เท่าในแนวนอนของรูปที่ 3.2 (ก) หรือถ้าต้องการขยายรูปที่ 3.2 (ก) เป็น 3 เท่าในแนวนอนก็ทำได้โดยแสดงภาพแต่ละส่วนนั้นซ้ำ 3 ครั้งในแนวนอน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.2 (ค) นั่นเอง

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของภาพขยายแล้วก็คือความละเอียดในการแบ่งภาพเป็นส่วนๆทั้งในแนวตั้งและแนวนอน ถ้าความละเอียดในการแบ่งสูง จำนวนส่วนที่เกิดขึ้นมาก ภาพที่จะขยายแล้วก็จะมีคุณภาพสูงกว่าภาพที่แบ่งด้วยความละเอียดต่ำกว่า ซึ่งความละเอียดของการแบ่งภาพแต่ละแนวเป็นส่วนๆในการวิจัยนี้นั้นจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

<u>ความละเอียดของภาพกับขนาดจอโทรทัศน์</u>

เนื่องจากมาตรฐานการแสดงในระบบ PAL กำหนดให้มีจำนวนเส้นในแนวนอนเท่ากับ 625 เส้นเสมอโดยไม่สนใจว่าขนาดของจอภาพมีขนาดเท่าไร เช่นขนาด 14 นิ้ว และขนาด 21 นิ้วจะมีจำนวนเส้นในแนวนอนเท่ากับ 625 เส้นเหมือนกัน แต่เนื่องจากจอภาพขนาด 21 นิ้วมีขนาดใหญ่กว่า ดังนั้นเมื่อนำขนาดของหน้าจอหารด้วยจำนวนเส้น จึงทำให้ดูเหมือนว่าขนาดของเส้นหนึ่งเส้นของโทรทัศน์ขนาด 21 นิ้วจึงดูใหญ่กว่า



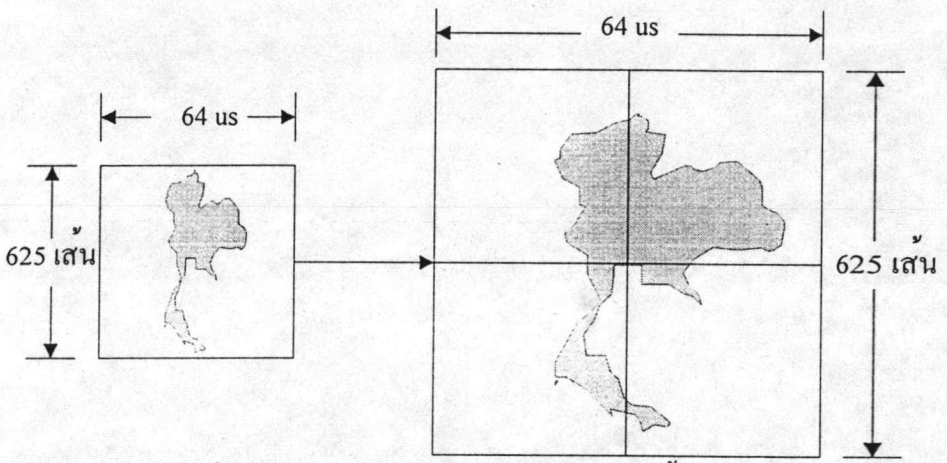
รูปที่ 3.3 แสดงภาพเปรียบเทียบโทรทัศน์ขนาด 14 นิ้วและ 21 นิ้ว

ภาพแนวตั้งก็มีลักษณะคล้ายกับแนวนอน คาบของเส้นสแกน 1 เส้นเท่ากับ 64 ไมโครวินาที เสมอไม่ว่าภาพนั้นๆจะปรากฏบนจอโทรทัศน์ขนาดเท่าไร

สรุปได้ว่าถ้าต้องการสร้างโทรทัศน์ที่มีหน้าจอขนาดใหญ่ขึ้น ก็สามารถทำได้โดยรักษาเส้นสแกนไว้เท่ากับ 625 เส้นและคาบของเส้นสแกนให้เท่ากับ 64 ไมโครวินาที

งานวิจัยนี้ก็มีลักษณะคล้ายกับการสร้างโทรทัศน์ที่มีขนาดหน้าจอใหญ่ขึ้นนั่นเอง เพียงแต่ว่าจอโทรทัศน์ที่ใหญ่ขึ้นนั้นไม่ได้เกิดจากการทำหลอดภาพให้มีขนาดใหญ่ขึ้น แต่เกิดจากการนำจอโทรทัศน์ที่มีอยู่แล้วมาจัดวางแบบอาร์เรย์นั่นเอง

ถ้านำโทรทัศน์จำนวน 2x2 จอมาสร้างโทรทัศน์ขนาดใหญ่ขึ้น ภาพที่ปรากฏบนจอโทรทัศน์แต่ละเครื่องจะเป็นภาพเพียง 1 ใน 4 ของภาพที่เกิดขึ้นทั้งหมดดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.4 ดังนั้นถ้าสามารถหาทางขยายภาพที่เกิดขึ้นบนจอโทรทัศน์แต่ละเครื่องให้มิติทางแนวตั้งและแนวนอนเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าหรือเป็นจำนวนเท่าที่ต้องการและเลือกส่วนที่ต้องการขยายได้ ก็จะสามารถสร้างระบบที่ต้องการได้



รูปที่ 3.4 แสดงการภาพขยาย 2 เท่าของรูปต้นแบบ

<u>การประยุกต์แนวคิดการขยายภาพเข้ากับการขยายภาพที่เกิดขึ้นบนจอโทรทัศน์</u>

1. การขยายภาพแนวตั้ง

จากที่กล่าวมาแล้วว่าการขยายภาพแนวตั้งต้องมีการแบ่งภาพออกเป็นส่วนๆในแนวตั้งเสียก่อน ซึ่งภาพแต่ละส่วนในแนวตั้งสำหรับกรณีของภาพโทรทัศน์ก็คือจำนวนเส้นสแกนนั่นเอง หรือกล่าวได้ว่าภาพแนวตั้งแบ่งออกเป็น 625 ส่วน การขยายภาพแนวตั้งก็ทำได้โดยแสดงภาพของแต่ละเส้นสแกนซ้ำเป็นจำนวนครั้งตามค่าที่ต้องการขยาย เช่นถ้าต้องการขยายภาพแนวตั้งเป็น 2 เท่า ก็ทำได้โดยแสดงภาพในแต่ละเส้นซ้ำ 2 ครั้งในแนวตั้งตามวิธีเดียวกับแนวคิดการขยายภาพแนวตั้งนั่นเอง

2. การขยายภาพแนวนอน

การขยายภาพแนวนอนก็เช่นกันที่จะต้องมีการแบ่งภาพเป็นส่วนๆในแนวนอนเสียก่อน ความละเอียดของการแบ่งภาพในแนวนอนนั้นจะขึ้นอยู่กับความถี่การสุ่มสัญญาณภาพกับระยะเวลาที่เกิดภาพใน 1 เส้นสแกน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ใช้ความถี่ของสัญญาณสุ่ม 10 เมกะเฮิรตซ์และระยะเวลาที่เกิดภาพจริงใน 1 เส้นสแกน (ไม่รวมสัญญาณซิงค์) ประมาณ 50 ไมโครวินาที นั่นคือจะแบ่งภาพในแนวนอนออกเป็นประมาณ 500 ส่วน การขยายภาพในแนวนอนก็ทำได้โดยแสดงภาพแต่ละส่วน ซ้ำในแนวนอนเป็นจำนวนครั้งตามค่าที่ต้องการขยาย เช่นถ้าต้องการ ขยายภาพแนวนอนเป็น 2 เท่าก็ทำได้โดยแสดงภาพในแต่ละส่วนซ้ำ 2 ครั้งในแนวนอน ตามวิธีเดียวกับแนวคิดการขยายภาพแนวนอนนั่นเอง

<u>ความต้องการหน่วยความจำ</u>

จากการที่กล่าวมาแล้วว่าการขยายภาพนั้นมีการแบ่งภาพเป็นส่วนๆแล้วนำแต่ละส่วนมาแสดงซ้ำ แต่สัญญาณภาพโทรทัศน์ที่เกิดขึ้นนั้นเป็นสัญญาณอนาลอกที่เกิดขึ้นแล้วผ่านไปเลย การทำจะนำสัญญาณภาพมาแสดงซ้ำได้จึงต้องมีการเก็บสัญญาณภาพแต่ละเส้นไว้ก่อนแล้วจึงนำมาแสดงซ้ำภายหลัง จึงจำเป็นต้องมีหน่วยความจำคอยเก็บสัญญาณภาพไว้

<u>ความต้องการวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (A/D)</u>

เนื่องจากหน่วยความจำเป็นอุปกรณ์ทางด้านดิจิตอล เพราะฉะนั้นก่อนจะเก็บสัญญาณภาพสู่หน่วยความจำได้จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์แปลงสัญญาณภาพอนาลอกเป็นสัญญาณภาพดิจิตอลเสียก่อน

<u>วิธีเก็บสัญญาณภาพ</u>

วิธีเก็บสัญญาณภาพสามารถทำได้ 2 วิธีคือ

1. เก็บสัญญาณสีโดยตรง นั่นคือเก็บสัญญาณทั้ง 3 สีคือแดง, เขียว และน้ำเงิน

2. เก็บสัญญาณภาพขาวดำและสัญญาณความต่างสี คือเก็บสัญญาณภาพขาวดำ, สัญญาณความแตกต่างระหว่างสีแดงกับสัญญาณภาพขาวดำ และสัญญาณความแตกต่างระหว่างสัญญาณสีน้ำเงินกับสัญญาณภาพขาวดำ

การเก็บสัญญาณภาพทั้ง 2 วิธีนั้นต้องเก็บสัญญาณ 3 สัญญาณเหมือนกัน แต่วิธีที่ 2 จะประหยัดหน่วยความจำกว่าเพราะสัญญาณความแตกต่างสีทั้งสองสัญญาณนั้นมี

ความกว้างของแถบสัญญาณ (bandwidth) น้อยกว่าสัญญาณภาพประมาณครึ่งหนึ่ง ความถี่ของสัญญาณสุ่มจึงมีค่า 5 เมกะเฮิรตซ์ซึ่งเป็นครึ่งหนึ่งของสัญญาณภาพได้ ผลก็คือการเก็บสัญญาณภาพโดยวิธีที่ 2 จะใช้หน่วยความจำเป็น 2 ใน 3 ของวิธีที่ 1

แต่เนื่องจากอุปกรณ์แยกสัญญาณภาพโดยวิธีที่ 2 นั้นไม่สามารถหาซื้อได้ในตลาดทั่วไปในเมืองไทย จึงจำเป็นต้องเลือกวิธีเก็บสัญญาณภาพโดยวิธีเก็บสัญญาณสีโดยตรงซึ่งหาได้ง่ายกว่าเพราะในวงจรของเครื่องรับโทรทัศน์ก็มีวงจรที่ทำหน้าที่ในลักษณะนี้

<u>จำนวนบิทของสัญญาณดิจิตอล</u>

เนื่องจากไอซีแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลแบบแฟลชที่หาได้โดยง่าย,มีจำนวนบิทของสัญญาณดิจิตอลเหมาะสมและราคาไม่สูงเกินไปนักในตลาดเมืองไทยนั้นคือไอซีหมายเลข CA3306 ซึ่งมีจำนวนบิทของสัญญาณดิจิตอลขนาด 6 บิท ถ้านำสัญญาณดิจิตอลขนาด 6 บิทแทนสีแต่ละสี ดังนั้นจำนวนบิทของสัญญาณสีทั้งหมด หรือจำนวนสีทั้งหมดที่เก็บได้จะมีค่าเท่ากับ 2^{18} สี หรือ 262,144 สี ซึ่งจำนวนสีขนาดนี้เป็นจำนวนสีที่เกินความสามารถของมนุษย์จะแยกแยะความแตกต่างได้

<u>ขนาดหน่วยความจำที่ใช้ต่อภาพ 1 เฟรม</u>

ขนาดของหน่วยความจำที่ใช้ต่อภาพ 1สี ต่อ 1 ฟิลด์หาได้จากจำนวนจุดในแนวนอนคูณด้วยจำนวนแถว(เส้น)ในแนวตั้ง ในการวิจัยครั้งนี้จำนวนจุดในแนวนอนคูณจำนวนจุดในแนวตั้งเท่ากับ 500x312.5 ไบต์ ซึ่งพบว่าไอซีหน่วยความจำที่เหมาะในกรณีนี้คือไอซีหมายเลข 44256 ซึ่งเป็นไอซีหน่วยความจำขนาด 256 กิโลไบต์ (512x512 ไบต์) จำนวน 2 ตัว ทั้งนี้เพราะต้องการเก็บสัญญาณภาพสีขนาด 6 บิท แต่ไอซีหมายเลข 44256 มีจำนวนบิทข้อมูล 4 บิท จึงจำเป็นต้องใช้ 2 ตัว ดังนั้นถ้าจะเก็บสัญญาณภาพทั้ง 3 สีใน 1 ฟิลด์จึงต้องใช้ไอซีหน่วยความจำทั้งหมด 6 ตัว

ภาพ 1 เฟรมประกอบด้วย 2 ฟิลด์ และภาพ 1 ฟิลด์ใช้ไอซีหน่วยความจำ 6 ตัว ดังนี้จึงต้องใช้ไอซีหน่วยความจำทั้งหมด12 ตัวต่อภาพ 1 เฟรม

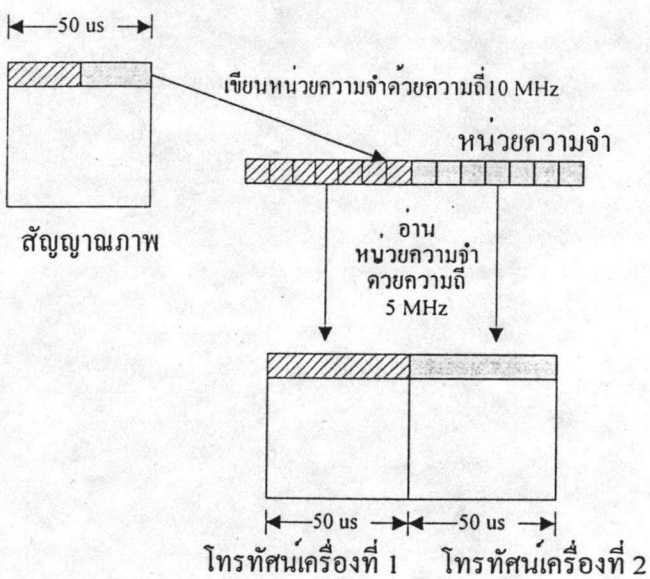
<u>จำนวนหน่วยความจำที่ใช้ทั้งหมดต่อโทรทัศน์ 1 เครื่อง</u>

เนื่องจากการขยายภาพนั้นจำเป็นต้องมีการเก็บสัญญาณภาพลงสู่หน่วยความจำ และในขณะเดียวกันนั้นจำเป็นจะต้องแสดงภาพออกจากจอโทรทัศน์ไปพร้อมๆกันด้วย จึงจำเป็นต้องมีหน่วยความจำเฟรม 2 ชุด สำหรับเก็บสัญญาณภาพและแสดงภาพ หน่วย

ความจำทั้ง 2 ชุด นี้จะเก็บสัญญาณภาพและแสดงภาพสลับกันไปเรื่อยๆ ดังนั้นจำนวนหน่วยความจำที่ต้องใช้ทั้งหมดต่อโทรทัศน์ 1 เครื่องมีค่าเท่ากับ 24 ตัว

<u>การประยุกต์แนวคิดการขยายภาพสู่วงจรอิเล็กทรอนิกส์</u>

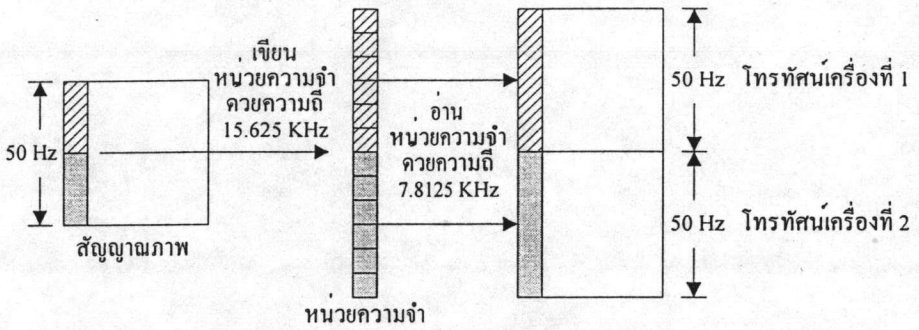
จากแนวคิดการขยายภาพซึ่งจำเป็นจำต้องมีการแสดงภาพแต่ละส่วนซ้ำๆกันนั้น เราสามารถประยุกต์แนวคิดนั้นสู่วงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้โดยการออกแบบให้ความเร็วในการอ่านข้อมูลภาพจากหน่วยความจำนั้นช้ากว่าความเร็วในการเขียนข้อมูลลงสู่หน่วยความจำ ตัวอย่างเช่นข้อมูลภาพซึ่งมีคาบเวลาประมาณ 50 ไมโครวินาทีต่อ 1 เส้นสแกนนั้น ก็ให้เขียนข้อมูลภาพนั้นสู่หน่วยความจำด้วยความถี่(เร็ว) 10 เมกะเฮิรตซ์ แต่เวลาอ่านข้อมูลกลับขึ้นมานั้น ถ้าต้องการขยายภาพเป็น 2 เท่าก็ให้อ่านหน่วยความจำด้วยความถี่(เร็ว) 5 เมกะเฮิรตซ์ ดังนั้นภาพที่ปรากฏบนจอโทรทัศน์ซึ่งมีคาบเวลาของสัญญาณภาพ 1 เส้นสแกนเป็นปกติคือ 50 ไมโครวินาทีนั้นก็จะเป็น ครึ่งหนึ่งของสัญญาณภาพที่เขียนสู่หน่วยความจำ นั่นคือภาพจะขยายเป็น 2 เท่าของภาพปกติ และถ้าสามารถกำหนดจุดเริ่มต้นของการอ่านสัญญาณภาพได้ว่าจะให้เริ่มอ่านจากส่วนไหนของสัญญาณภาพได้ ก็จะกำหนดได้ว่าจะให้จอโทรทัศน์นั้นๆ แสดงส่วนไหนของภาพได้ ซึ่งวิธีการที่กล่าวถึงนั้นแสดงไว้ในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงวิธีขยายภาพ 2 เท่าในแนวนอน

สำหรับการขยายภาพในแนวตั้งก็ทำได้ในลักษณะเดียวกัน กล่าวคือให้เขียนข้อมูลภาพด้วยความถี่ (เร็ว) 15.625 กิโลเฮิรตซ์ แต่เวลาอ่านข้อมูลกลับขึ้นมานั้น ถ้าต้องการ

ขยายภาพเป็น 2 เท่าก็ให้อ่านหน่วยความจำด้วยความถี่ (เร็ว) 7.8125 กิโลเฮิรตซ์ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงวิธีขยายภาพ 2 เท่าในแนวตั้ง

วิธีการอ่านและเขียนหน่วยความจำด้วยความเร็วต่างกันนั้นทำได้โดยออกแบบให้ระบบมีวงจรนับเพื่อใช้เป็นแอดเดรสทางแถวและทางคอลัมน์สำหรับหน่วยความจำอย่างละ 2 ชุด ชุดแรกเป็นวงจรนับเพื่อใช้เป็นแอดเดรสทางแถวและทางคอลัมน์สำหรับใช้เวลาเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำ ส่วนอีกชุดเป็นวงจรนับเพื่อใช้เป็นแอดเดรสทางแถวและทางคอลัมน์สำหรับใช้เวลาอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ ซึ่งวงจรสร้างสัญญาณแอดเดรสในชุดที่สองนี้จะต่างจากวงจรสร้างแอดเดรสชุดแรกคือสามารถควบคุมความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนเข้าวงจรนับ และควบคุมจุดเริ่มต้นที่จะนับได้

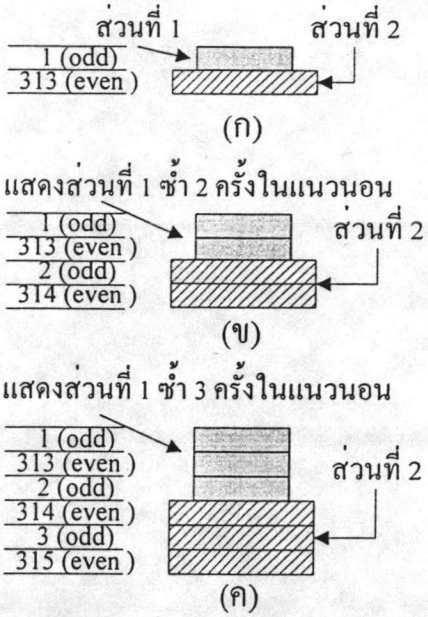
<u>ความต้องการวงจรมัลติเพลกเซอร์ (multiplexer)</u>

จากที่กล่าวมาแล้วว่าสัญญาณแอดเดรสที่ใช้ควบคุมการเขียนและอ่านหน่วยความจำเป็นคนละชุดกัน แต่แอดเดรสทั้งสองชุดนั้นต้องติดต่อกับหน่วยความจำชุดเดียวกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวงจรส่วนมัลติเพลกเซอร์เพื่อเลือกแอดเดรสที่ส่งเข้าสู่หน่วยความจำให้เหมาะสมกับเวลา

<u>ความต้องการวงจร line selector</u>

เพื่อความง่ายในการอธิบายความต้องการวงจรส่วนนี้ จึงขอใช้รูปที่ 3.7 ประกอบคำอธิบาย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเท่าในการขยายกับเส้นคี่และเส้นคู่

รูปที่ 3.7 (ก) แสดงภาพขนาดปกติซึ่งจะเห็นได้ว่าส่วนที่หนึ่งเป็นภาพในฟิลด์คี่และส่วนที่สองเป็นภาพในฟิลด์คู่ ถ้าขยายภาพเป็น 2 เท่า ภาพส่วนที่หนึ่งซึ่งเป็นภาพจากฟิลด์คี่จะต้องปรากฏติดกันบนจอภาพแต่ในแง่ของสัญญาณโทรทัศน์แล้วภาพทั้งสองจะอยู่กันคนละฟิลด์คืออยู่ที่เส้นที่ 1 (ฟิลด์คี่) และเส้นที่ 313 (ฟิลด์คู่) ส่วนภาพส่วนที่สองซึ่งเป็นภาพจากฟิลด์คู่ซึ่งต้องปรากฏติดกันบนจอภาพ ก็จะอยู่แยกกันคนละฟิลด์เช่นกันคือเส้นที่ 2 (ฟิลด์คี่) และเส้นที่ 314 (ฟิลด์คู่) หรือถ้าขยายภาพเป็น 3 เท่าภาพของส่วนที่หนึ่งของภาพซึ่งเป็นภาพของฟิลด์คี่และจะต้องอยู่ติดกันบนจอภาพจะแยกอยู่คนละฟิลด์คือเส้นที่ 1 (ฟิลด์คี่), เส้นที่ 313 (ฟิลด์คู่) และเส้นที่ 2 (ฟิลด์คี่) ตามลำดับ ส่วนภาพส่วนที่สองซึ่งเป็นภาพฟิลด์คู่นั้น การขยายภาพเป็น 3 เท่าก็จะทำให้ภาพส่วนที่สองแยกอยู่ที่เส้น 314 (ฟิลด์คู่), เส้นที่ 3 (ฟิลด์คี่) และเส้นที่ 315 (ฟิลด์คู่) ตามลำดับ

จะเห็นได้เมื่อมีการขยายภาพให้ใหญ่ขึ้นนั้น จำเป็นจะต้องมีการเรียงลำดับเส้นคี่และเส้นคู่เสียใหม่เพื่อให้ภาพที่เกิดขึ้นจัดเรียงลำดับได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นก่อนที่จะส่งสัญญาณภาพหน่วยความจำไปยังวงจรที่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณภาพขึ้นมาใหม่นั้น จำเป็นจะต้องส่งสัญญาณภาพนั้นผ่านวงจร line selector เสียก่อน

และเนื่องจากวงจรส่วนนี้ค่อนข้างจะซับซ้อนคือจะต้องทราบว่าต้องการขยายภาพเป็นกี่เท่า, ต้องทราบว่ากำลังแสดงภาพ ณ เส้นที่เท่าไรอยู่ และต้องทราบว่าภาพที่กำลัง

แสดงนั้นเดิมเป็นภาพฟิลด์คี่หรือฟิลด์คู่ ดังนั้นจึงเลือกออกแบบโดยใช้ไอซีหน่วยความจำหมายเลข 27128 ซึ่งเป็น EPROM

<u>แนวคิดการควบคุมระบบ</u>

เพื่อให้ระบบมีความยืดหยุ่นในแง่ของการขยายระบบและ สามารถแสดง effect แบบต่างๆได้จึงควรจะต้องมีส่วนควบคุมเพื่อจัดการกับสิ่งต่างๆเหล่านั้น โดยเครื่องควบคุมนั้นควรจะเป็นได้ทั้ง

1. อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมาเฉพาะ ซึ่งเครื่องควบคุมที่สร้างขึ้นมาโดยเฉพาะนั้นจะเหมาะกับการใช้งานทั่วๆไปไม่ค่อยมีลูกเล่นมากนักและมีการจัดวางรูปแบบจอโทรทัศน์ที่ตายตัว ลักษณะของเครื่องควรจะเป็นเครื่องที่มีปุ่มประมาณ 8 ปุ่มและอาจเป็นเครื่องที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงาน

2. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ การใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เหมาะกับการใช้งานที่มีการจัดวางโทรทัศน์ในรูปแบบพิเศษและต้องการลูกเล่นที่เปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา และเหมาะยังกับการพัฒนาการระบบในช่วงแรกด้วยเพราะสามารถเปลี่ยนคำสั่งจากเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ง่าย

เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้เป็นการเริ่มต้นวิจัย จึงเลือกใช้วิธีควบคุมระบบผ่านเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ โดยออกแบบให้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ติดต่อกับระบบผ่านพอร์ทขนาน (พอร์ทเครื่องพิมพ์)

<u>ความต้องการวงจร decoder and latch</u>

เนื่องจากพอร์ทขนานของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์มีขาสัญญาณออกจำนวน 12 เส้นแต่การควบคุมระบบที่ออกแบบขึ้นจำเป็นต้องใช้สัญญาณควบคุมมากกว่านั้น (ดูรายละเอียดสัญญาณควบคุมในบทที่ 6) จึงจำเป็นต้องมีวงจรส่วน decoder and latch เพื่อถอดรหัสสัญญาณที่ส่งมาทางพอร์ท

<u>ความต้องการวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก (D/A)</u>

สัญญาณภาพที่อ่านจากหน่วยความจำนั้นเป็นสัญญาณภาพดิจิตอล จึงจำเป็นต้องมีวงจรทำหน้าที่แปลงสัญญาณภาพดิจิตอลกลับเป็นสัญญาณภาพอนาลอกเพื่อส่งไปยังจอโทรทัศน์ต่อไป

ความต้องการวงจร video encoder

เนื่องจากสัญญาณภาพที่เก็บไว้ในในลักษณะส่วนประกอบของสัญญาณภาพคือสัญญาณสีทั้ง 3 สี แต่ในขั้นสุดท้ายนั้นจะต้องส่งสัญญาณนั้นกลับไปยังจอโทรทัศน์ จึงจำเป็นต้องมีวงจร video encoder เพื่อสร้างสัญญาณภาพที่เหมาะสมสำหรับส่งไปยังจอโทรทัศน์ต่อไป

การออกแบบระบบระดับบล็อก [7],[8]

จากแนวคิดที่กล่าวมาทั้งหมดนั้นสามารถมารวมกันในระดับบล็อกทางฮาร์ดแวร์แสดงได้ดังรูปที่ 3.8 โดยหมายเลขของบล็อกแสดงไว้ในสัญลักษณ์วงกลม

1. ส่วน video decoder เป็นส่วนที่ใช้สำหรับแยกสัญญาณภาพออกเป็นสัญญาณของแต่ละสีและแยกสัญญาณควบคุมที่แฝงมากับสัญญาณภาพ วงจรส่วนนี้เป็นวงจรลักษณะเดียวกับวงจรแยกสีในโทรทัศน์สี วงจรส่วนนี้มีชุดเดียวทั้งระบบ

2. ส่วน signal generator เป็นส่วนที่สร้างสัญญาณนาฬิกาและสัญญาณควบคุมอื่นๆที่จำเป็นสำหรับการควบคุมการทำงานของวงจรทั้งหมด วงจรส่วนนี้มีชุดเดียวทั้งระบบ

3. ส่วน decoder and latch เป็นส่วนที่ติดต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์หรือเครื่องควบคุมชนิดอื่นๆ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มากำหนดรูปแบบการแสดงผล วงจรส่วนนี้มีจำนวนชุดเท่ากับจำนวนจอโทรทัศน์

4. ส่วน video encoder เป็นส่วนที่รับสัญญาณสีและสัญญาณควบคุมภาพแล้วสร้างสัญญาณภาพขึ้นมาเพื่อส่งออกไปยังจอโทรทัศน์ วงจรส่วนนี้มีจำนวนชุดเท่ากับจำนวนจอโทรทัศน์

5. ส่วน address generator for writing เป็นส่วนที่สร้างสัญญาณกำหนดแอดเดรสของหน่วยความจำที่จะเขียนข้อมูลสัญญาณภาพดิจิตอลลงไป วงจรส่วนนี้มีชุดเดียวทั้งระบบ

6. ส่วน address generator for reading เป็นส่วนที่สร้างสัญญาณกำหนดแอดเดรสของหน่วยความจำที่จะอ่านข้อมูลออกมา วงจรส่วนนี้มีจำนวนชุดเท่ากับจำนวนจอโทรทัศน์

7. ส่วนแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (A/D:analog to digital converter) เป็นส่วนที่ใช้แปลงสัญญาณภาพอนาลอกเป็นสัญญาณภาพดิจิตอล วงจรส่วนนี้มีชุดเดียวทั้งระบบ

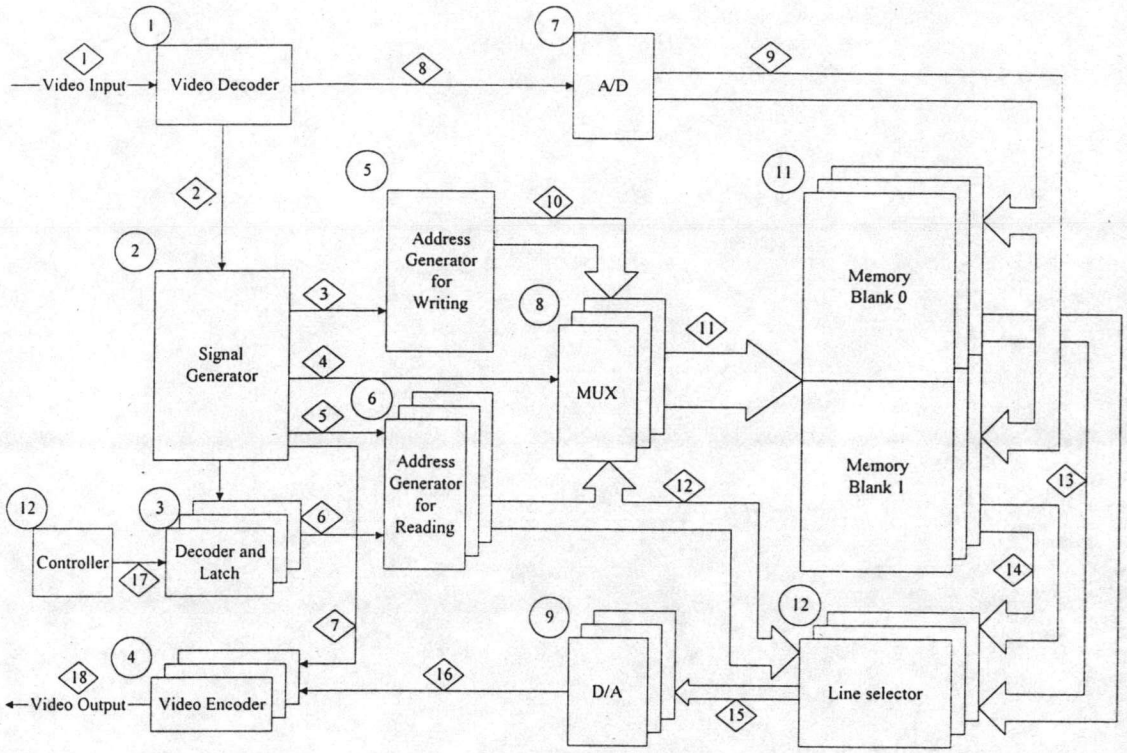
8. ส่วน MUX เป็นส่วนที่ใช้จัดลำดับสัญญาณแอดเดรสที่จะใช้อ่านหรือเขียนหน่วยความจำให้เหมะสมกับเวลา วงจรส่วนนี้มีจำนวนชุดเท่ากับจำนวนจอโทรทัศน์

9. ส่วนแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก (D/A:digital to analog converter) เป็นส่วนที่ใช้แปลงสัญญาณภาพดิจิตอลเป็นสัญญาณภาพอนาลอก วงจรส่วนนี้มีจำนวนชุดเท่ากับจำนวนจอโทรทัศน์

10. ส่วนหน่วยความจำเป็นส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลภาพ (Memory) โดยจะแบ่งหน่วยความจำเป็น 2 ส่วน โดยแต่ละส่วนจะมี 2 ส่วนย่อยเพื่อใช้เก็บภาพฟิลด์คี่และฟิลด์คู่ วงจรส่วนนี้มีจำนวนเท่ากับจำนวนจอโทรทัศน์

11. ส่วน line selector เป็นส่วนที่ใช้เลือกเส้นของภาพทางสัญญาณขาออกให้เหมาะสมสำหรับการขยายภาพที่ขนาดต่างๆกัน ทั้งนี้เพราะลำดับเส้นของภาพที่ปรากฏทางโทรทัศน์จะเปลี่ยนไปตามขนาดของภาพที่ขยาย ตัวอย่างเช่น ถ้าขยายภาพขึ้น 2 เท่าสัญญาณเส้นแรกของสัญญาณภาพเข้าจะปรากฏเป็นเส้นที่หนึ่งและเส้นที่สองของสัญญาณออก แต่ตามหลักการทำงานของโทรทัศน์นั้นเส้นของภาพที่อยู่ติดกันจะอยู่คนละฟิลด์ และภาพแต่ละฟิลด์จะปรากฏคนละเวลากัน จึงจำเป็นต้องมีวงจรส่วนนี้คอยจะลำดับเส้นของภาพที่ปรากฏให้ถูกต้อง วงจรส่วนนี้มีจำนวนชุดเท่ากับจำนวนจอโทรทัศน์

12. อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน (Controller) ซึ่งอาจจะเป็นเครื่องควบคุมที่ออกแบบมาเฉพาะหรือเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ก็ได้



รูปที่ 3.8 แสดงแผนภาพบล็อกทางฮาร์ดแวร์ของระบบทั้งหมด

สัญญาณการเชื่อมต่อระหว่างส่วนต่างๆแสดงในเครื่องหมายสี่เหลี่ยมข้าวหลามตัดในรูปที่ 3.8 ซึ่งสัญญาณเชื่อมต่อต่างมีดังต่อไปนี้

1. สัญญาณอนาลอกจากแหล่งกำเนิดสัญญาณต่างๆ

2. สัญญาณควบคุมที่แฝงมากับสัญญาณภาพได้แก่สัญญาณซิงค์ทั้งแนวตั้งและแนวนอน เป็นต้น มีเพื่อให้วงจร signal generator (ส่วนที่ 2) กำเนิดสัญญาณต่างๆ ให้เข้าจังหวะ (synchronize) กับสัญญาณหมายเลข 1

3. สัญญาณควบคุมวงจร Address Generator for Writing (ส่วนที่ 5) เช่น สัญญาณนาฬิกา, สัญญาณเริ่มต้นนับ, และสัญญาณเคลียร์ตัวนับ เป็นต้น

4. สัญญาณควบคุมวงจรมัลติเพลกเซอร์ (MUX) (ส่วนที่ 8) เพื่อให้วงจรมัลติเพลกเซอร์เลือกสัญญาณแอดเดรสที่ส่งให้หน่วยความจำให้เหมาะสมกับเวลา

5. สัญญาณควบคุมวงจร Address Generator for Reading (ส่วนที่ 6) เช่น สัญญาณนาฬิกา, สัญญาณเริ่มต้นนับ, และสัญญาณเคลียร์ตัวนับ เป็นต้น

6. สัญญาณควบคุมความถี่สัญญาณนาฬิกาของวงจรนับและควบคุมตำแหน่งเริ่มต้นนับของวงจรนับ เพื่อประโยชน์ในการขยายภาพ

7. สัญญาณที่จำเป็นต่อการสร้างสัญญาณภาพกลับมา ได้แก่สัญญาณซิงค์ทั้งแนวตั้งและแนวนอน

8. สัญญาณภาพสีทั้ง 3 สีที่เป็นอนาลอก เพื่อป้อนให้วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (ส่วนที่ 7)

9. สัญญาณภาพสีทั้ง 3 สีที่แปลงเป็นดิจิตอลแล้วเพื่อเขียนลงหน่วยความจำ (ส่วนที่ 11) ต่อไป

10. สัญญาณกำหนดแอดเดรสที่จะเขียนข้อมูล

11. สัญญาณกำหนดแอดเดรสที่จะอ่านหรือเขียนข้อมูล สัญญาณนี้เป็นสัญญาณที่เลือกให้เหมาะสมกับเวลาแล้ว

12. สัญญาณกำหนดแอดเดรสที่จะอ่านข้อมูล

13. สัญญาณภาพดิจิตอลทั้ง 3 สีจากหน่วยความจำชุดที่ 1

14. สัญญาณภาพดิจิตอลทั้ง 3 สีจากหน่วยความจำชุดที่ 2

15. สัญญาณภาพดิจิตอลทั้ง 3 สีจากวงจร Line Selector (ส่วนที่ 12)

16. สัญญาณภาพอนาลอกทั้ง 3 สีจากวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก (ส่วนที่ 9)

17. สัญญาณควบคุมระบบจากเครื่องควบคุม เพื่อกำหนดขนาดและรูปแบบการแสดงผล

18. สัญญาณภาพเพื่อส่งเข้าสู่จอโทรทัศน์ต่อไป

<u>หลักการทำงานของระบบที่ออกแบบ</u>

การทำงานของระบบเริ่มจากมีสัญญาณภาพป้อนเข้าสู่วงจร Video Decoder (ส่วนที่ 1) วงจร Video Decoder จะแยกสัญญาณภาพออกเป็นสัญญาณสี 3 สีเพื่อส่งให้วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (A/D) (ส่วนที่ 7) และขณะเดียวกันก็จะแยกสัญญาณควบคุมที่แฝงมากับสัญญาณภาพส่งให้วงจรส่วน Signal Generator (ส่วนที่ 2) เพื่อสร้างสัญญาณควบคุมที่จำเป็นทั้งหมด

เมื่อสัญญาณควบคุมทั้งหมดเกิดขึ้นเรียบร้อย หน่วยความจำฟิลด์คี่ของหน่วยความจำชุดแรก (Memory Blank 0) ก็จะเก็บสัญญาณภาพฟิลด์คี่ไว้ จากนั้นเมื่อสัญญาณภาพฟิลด์คู่เกิดขึ้น หน่วยความจำฟิลด์คู่ของหน่วยความจำชุดแรกก็จะเก็บภาพฟิลด์คู่นั้นไว้ เมื่อภาพเฟรมถัดไปเกิดขึ้นหน่วยความจำฟิลด์คี่ของหน่วยความจำชุดที่สอง (Memory Blank 1) ก็

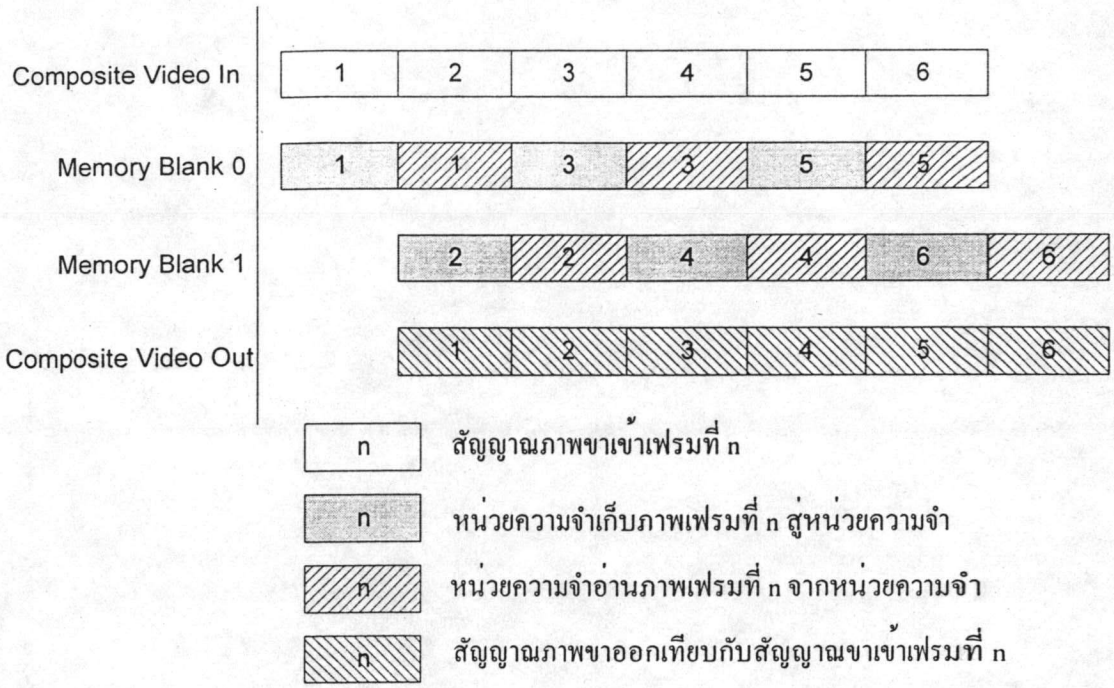
จะเก็บสัญญาณภาพฟิลด์คี่เอาไว้ ตามด้วยหน่วยความจำฟิลด์คู่ของหน่วยความจำชุดที่สองเก็บสัญญาณภาพฟิลด์คู่ไว้ตามลำดับ และเมื่อภาพเฟรมถัดไปเกิดขึ้นมาอีก หน่วยความจำชุดแรกจะเก็บภาพทั้งเฟรมนั้นไว้ ตามด้วยหน่วยความจำชุดที่สองเก็บภาพเฟรมต่อไป สลับไปมาอย่างนี้เรื่อยไป

ในขณะที่หน่วยความจำชุดแรกกำลังเก็บเฟรมที่เกิดขึ้นอยู่นั้น หน่วยความจำชุดที่สองก็จะปล่อยสัญญาณภาพออกไปยังวงจร Video Encoder (ส่วนที่ 4) ผ่านทางวงจร Line Selector(ส่วนที่ 12) และวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก(ส่วนที่ 9) เพื่อสร้างสัญญาณภาพ อัตราความเร็วที่หน่วยความจำชุดที่สองปล่อยสัญญาณภาพออกนั้นขึ้นอยู่กับว่าต้องการขยายภาพกี่เท่า ถ้าขยายภาพใหญ่ขึ้น 2 เท่า หน่วยความจำชุดที่สองก็จะปล่อยภาพด้วยความเร็วช้าลงเป็นครึ่งหนึ่งของความเร็วในการเขียนหน่วยความจำ หรือถ้าขยายภาพใหญ่ขึ้น 3 เท่า หน่วยความจำชุดที่สองก็จะปล่อยภาพด้วยความเร็วช้าลงเป็นหนึ่งในสามของความเร็วในการเขียนหน่วยความจำ ถ้าไม่ต้องการขยายเลยหน่วยความจำชุดที่สองก็จะปล่อยสัญญาณภาพออกไปด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วในการเขียนหน่วยความจำ

เมื่อหน่วยความจำชุดแรกเก็บภาพเฟรมแรกทั้งเฟรมเสร็จ หน่วยความจำชุดที่สองก็จะเก็บภาพเฟรมถัดมา ส่วนหน่วยความจำชุดแรกก็จะปล่อยสัญญาณภาพออกไปวงจร video encoder แทนหน่วยความจำชุดที่สองด้วยความเร็วตามต้องการ จากนั้นเมื่อหน่วยความจำชุดที่สองเก็บภาพเสร็จสิ้น หน่วยความจำชุดแรกก็จะเก็บภาพของเฟรมถัดมาแทน โดยให้หน่วยความจำชุดที่สองปล่อยภาพออกไปแทน สลับไปมาเรื่อยไป

การควบคุมขนาดของภาพที่ต้องการขยายสามารถทำได้โดยผ่านเครื่องควบคุมหรือผ่านเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์(ส่วนที่ 12) ก็ได้ สัญญาณที่ส่งเข้ามาจะควบคุมความเร็วในการปล่อยสัญญาณภาพออกจากหน่วยความจำและควบคุมตำแหน่งเริ่มต้นของภาพในแต่ละจอ

ลักษณะการอ่านและเขียนหน่วยความจำเขียนเป็นผังเวลาได้ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงผังเวลาการอ่านและเขียนหน่วยความจำของระบบที่ออกแบบ