สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# การจดจำวัตถุที่ถูกปิดบังเป็นบางส่วน

# Recognizing Partially Occluded Objects

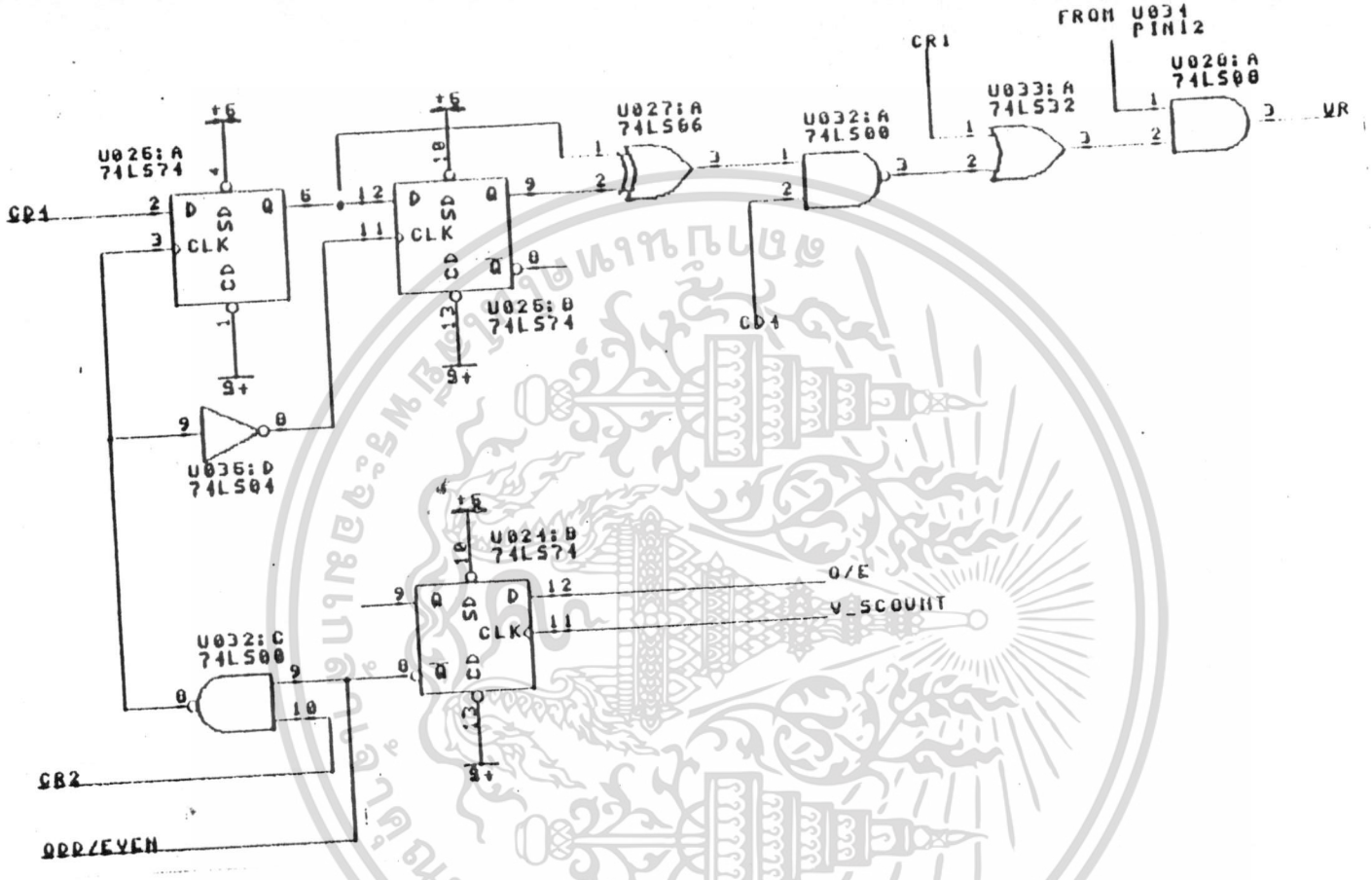
ผู้ดำเนินงานวิจัย นายเกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์ หัวหน้าโครงการ
นายมัฆวาน จันทร์กอฮอ ผู้ช่วยนักวิจัย

โครงการวิจัยคณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประจำปีงบประมาณ 2537

RCH
TK
7882
P3
ก782ก

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 32240
วัน, เดือน, ปี 11 ส.ค. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.14 วงจรภาคควบคุมการเขียนข้อมูลภาพ

# สารบัญ


| เนื้อเรื่อง | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อ | 1 |
| บทนำ | 1 |
| อุปกรณ์เก็บภาพแบบการ์ดดิจิไตเซอร์ | 3 |
| การรู้จำสัญฐานย่อย | 29 |
| กระบวนการประมวลผลต้น | 31 |
| การดึงจุดเด่น | 34 |
| การเลือกชุดของจุดเด่นที่จับคู่ได้ดีที่สุด | 36 |
| การตรวจสอบสมมติฐาน | 42 |
| ตัวอย่างการทดสอบ | 45 |
| สรุป | 49 |
| เอกสารอ้างอิง | 49 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่กรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**บทคัดย่อ**

**การรู้จำสัญฐานของวัตถุ** ( object shape recognition ) เป็นงานวิจัยที่สำคัญสาขาหนึ่งในการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ ( computer vision ) ซึ่งปัจจุบันงานวิจัยด้านนี้กำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างยิ่ง ทั้งนี้เนื่องจากสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานหลายๆด้าน เช่น 1. ในด้านอุตสาหกรรม ใช้ในการรู้จำชิ้นส่วนของวัตถุสำหรับงานประกอบการ( assembly ) เพื่อให้หุ่นยนต์หยิบชิ้นงานในการผลิตได้ถูกต้อง 2. ในด้านทหาร ใช้ในการตรวจจับเครื่องบินเพื่อติดตามและทำลาย 3. ในด้านการแพทย์ ใช้ในการรู้จำโครโมโซม แต่อย่างไรก็ตาม ปัญหาหลักอย่างหนึ่งคือ เมื่อสัญฐานของวัตถุถูกบดบังจากวัตถุอื่นเป็นบางส่วน การรู้จำของระบบจะเกิดการผิดพลาด

งานวิจัยนี้มุ่งแก้ปัญหาดังกล่าว โดยจะใช้ข้อมูลจากสัญฐานที่เหลืออยู่ในการรู้จำ งานวิจัยแบ่งเป็นสองส่วนคือ 1. ทำการพัฒนาฮาร์ดแวร์เก็บภาพ 2. พัฒนาวิธีการเพื่อแก้ปัญหาการรู้จำสัญฐานของวัตถุซึ่งถูกบดบังไปเป็นบางส่วน โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมโฮปฟิลด์ ทำให้การรู้จำสามารถเกิดขึ้นได้แม้ว่าวัตถุจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางขนาด ( ในย่านที่กำหนด ) การเลื่อนตำแหน่งและการหมุน

**Abstract**

Object shape recognition is a part of Computer Vision . Nowadays , the research is extremely interested. Because it can be applied in many fields such as 1. industry : part recognition for picking industrail parts of robots 2. military : aircraft detection for tracking and demaging 3. medical : to recognize chromosomes . A main problem , however , the recognition may be missed when the shape is occluded partially.

This research uses the data from the inoccluded shape to overcome the above problem . It can be devided into two parts as 1. to develop the digitizer card 2. to develop the method to recognize partially occluded shape with Neueral Network Hopfield . In addition to , object shapes can be recognized under resonable scaling , translation and rotation.

## 1. บทนำ

เทคนิคสำหรับการรู้จำวัตถุโดยทั่วไป มักจะใช้สัญฐานเป็นตัวแทนของวัตถุนั้น โดยจะขอเรียกการรู้จำแบบนี้ว่า "การรู้จำสัญฐาน (shape recognition)" กระบวนการรู้จำจะเริ่มด้วยการประมวลผลสัญฐานของวัตถุต้นแบบ (วัตถุที่รู้ประเภทอยู่ก่อน) แล้วทำการแทนด้วยปริมาณบางอย่างเพื่อเก็บเป็นฐานข้อมูลร่วมกับประเภทของวัตถุ เมื่อต้องการรู้จำวัตถุทดสอบ ( วัตถุที่ยังไม่รู้ประเภท ) ระบบจะทำการประมวลผลเพื่อหาปริมาณที่แทนวัตถุทดสอบนั้น แล้วนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณที่ใช้แทนวัตถุต้นแบบในฐานข้อมูล เพื่อหาค่าความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คล้ายและตัดสินว่าวัตถุทดสอบเป็นประเภทเดียวกับวัตถุต้นแบบใด การรู้จำสัญฐานสามารถแบ่งปัญหาออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ 1. สัญฐานของวัตถุในฉากแต่ละชิ้นแยกออกจากกันอย่างชัดเจน ไม่มีสัญฐานส่วนใดของวัตถุซ้อนทับ (overlabing) หรือสัมผัส (touching) กัน การรู้จำวัตถุในลักษณะนี้ทำได้โดยการเปรียบเทียบรูปพรรณสัญฐานโดยรวมของวัตถุที่ต้องการนำมาทดสอบกับวัตถุในฐานข้อมูล 2. สัญฐานของวัตถุในฉากแต่ละชิ้นจะมีบางส่วนสัมผัสกัน ซึ่งทำให้รูปพรรณโดยรวมของสัญฐานสูญเสียไป การรู้จำโดยวิธีการแรกจึงเป็นไปไม่ได้ การรู้จำวัตถุในลักษณะนี้ทำได้โดยการแบ่งสัญฐานของวัตถุออกเป็นส่วนๆ แล้วทำการเปรียบเทียบรูปพรรณของสัญฐานในแต่ละส่วน ซึ่งจะเรียกการรู้จำแบบนี้ว่า "การรู้จำสัญฐานย่อย ( partial shape recognition )"

ในระยะเวลาที่ผ่านมานี้ ได้มีการเสนอวิธีการต่าง ๆ เป็นจำนวนมากสำหรับการรู้จำสัญฐานย่อย โดยไม่ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงขนาด ทิศทางและตำแหน่งของวัตถุนั้น ในบทความที่ [1] ได้เสนอการประยุกต์โครงข่ายประสาทโฮปฟิลด์ (Hopfield neural network) ในการรู้จำ วิธีการนี้มีข้อดีที่เป็นกระบวนการแบบขนานและมีการปรับตัวเองของเซลประสาท แต่มีข้อเสียที่ค่อนข้างไวต่อการเปลี่ยนขนาด ในบทความที่ [2] ได้ใช้หลักเขตแดน (landmarks) เป็นลักษณะเด่น (Shape feature) ของสัญฐาน การจับคู่ (matching) ลักษณะเด่นได้ใช้โฮปปิ้งไดนามิคโปรแกรมมิ่ง (Hopping dynamic programming) เทคนิคนี้ให้ผลลัพธ์ที่ดีแม้วัตถุจะมีการซ้อนทับกันอย่างมาก นอกจากนี้ยังไม่ไวต่อการเปลี่ยนขนาด ต่อมาบทความที่ [3] ได้ใช้โครงข่ายประสาทโฮปฟิลด์แทนโฮปปิ้งไดนามิคโปรแกรมมิ่งใน [2] และใช้การตึงกำลังสองน้อยที่สุด (least square fitting) และมาตรวัดฮิวริสติก (heuristic measure) ในการตรวจสอบสมมุติฐาน ซึ่งเทคนิคนี้จะรวมข้อดีของ [1] และ [2] ไว้ด้วยกัน

ในบทความที่นำเสนอนี้ เทคนิคที่ใช้อยู่บนหลักการของ [3] โดยมีข้อแตกต่างดังนี้ (1) ในขั้นตอนของการดึงหลักเขตแดน (ในบทความนี้ใช้จุดเด่น (Dominant point) เป็นหลักเขตแดน) บทความ [3] ใช้จุดเด่นซึ่งหาได้จากการกรองสัญฐานของวัตถุให้เรียบด้วยตัวกรองเกาส์เซียน (Gaussian) โดยหลักการนี้อ้างถึงใน [4] วิธีการนี้มีข้อเสียที่จุดเด่นไม่คงที่เมื่อวัตถุมีการเปลี่ยนขนาด บทความนี้ทำการปรับปรุงโดยใช้ขั้นตอนวิธีตามรอยกลับ (tracing back) ซึ่งถูกเสนอใน [5] (2) บทความนี้เสนอรูปสมการพลังงานประยุกต์ของโครงข่ายโฮปฟิลด์อีกแบบหนึ่งซึ่งจะได้กล่าวต่อไป (3) ในการตรวจสอบสมมุติฐานได้ใช้โมเมนต์อินวาเรียนเชิงเส้น (linear invariant moment) กับมาตรวัดสัดส่วนแทนการตึงกำลังสองน้อยสุดและมาตรวัดฮิวริสติก ทั้งนี้เพราะว่า [3] จะต้องทำการแปลง(หมุน,สเกลหรือเลื่อนตำแหน่ง)วัตถุต้นแบบลงไปทับกับวัตถุในฉากเพื่อหาค่าผิดพลาด(error) แต่โมเมนต์อินวาเรียนเชิงเส้นไม่จำเป็นต้องทำขั้นตอนเหล่านี้

การนำเสนอของบทความนี้จะแบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆคือ 1. การ์ดิจิไตซ์เซอร์ซึ่งเป็นฮาร์ดแวร์เก็บภาพ ในงานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างการ์ดเก็บภาพขาวดำ โดยมีความละเอียด 512 × 512 2. วิธีการรู้จำสัญฐานย่อย ในส่วนนี้จะกล่าวถึงกระบวนการประมวลผลภาพเบื้องต้น ( preprocessing ) , การดึงจุดเด่นโดยใช้วิธีตามรอยกลับ , การเลือกชุดของจุดเด่นที่จับคู่ได้ดีที่สุดด้วยโครงข่ายประสาทเทียมโฮปฟิลด์ และท้ายสุดการตรวจสอบสมมุติฐานจากโมเมนต์อินวาเรียนเชิงเส้นกับมาตรวัดสัดส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.อุปกรณ์เก็บภาพแบบการ์ดดิจิไตเซอร์ (Digitizer Card)**

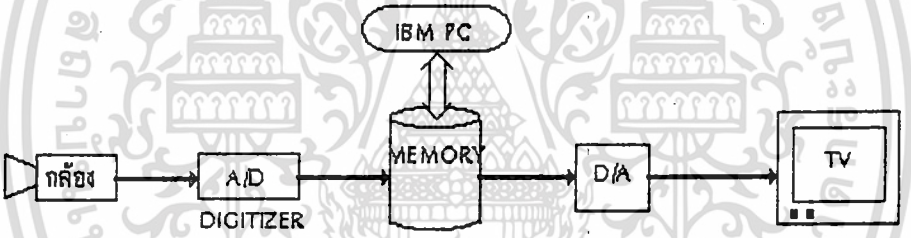
การ์ดดิจิไตเซอร์เป็นอุปกรณ์เก็บภาพแบบหนึ่ง ซึ่งจะทำหน้าที่แปลงสัญญาณเชิงอุปมาน (Analog Signal) จากกล้องวิดีโอให้เป็นสัญญาณเชิงเลข (Digital Signal) เพื่อนำไปประมวลผลในส่วนต่อไป

ส่วนหนึ่งของงานวิจัยที่นำเสนอนี้ คือการพัฒนาการ์ดดิจิไตเซอร์ที่ใช้ร่วมกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลในตระกูล IBM PC การ์ดดิจิไตเซอร์จะทำงานเป็นเสมือนช่องแปลงสัญญาณ โดยมีคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมสั่งงาน ดังแสดงในรูปที่ 2.1 หน้าที่การทำงานของการ์ดนี้มีดังนี้

1.ส่งผ่านสัญญาณจากกล้องวิดีโอไปแสดงผลบนจอมอนิเตอร์

2.ทำการแปลงสัญญาณเชิงอุปมานจากกล้องวิดีโอเป็นสัญญาณเชิงเลขแล้วนำไปเก็บในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์เพื่อประมวณผลต่อไป

3.ทำการแปลงสัญญาณเชิงเลขจากหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์เป็นสัญญาณเชิงอุปมานแล้วส่งไปแสดงผลที่จอมอนิเตอร์




**รูปที่ 2.1 โครงสร้างของระบบ**

เนื่องจากในการรู้จำสัญฐานย่อยของวัตถุ ข้อมูลภาพแบบระดับสีเทาก็เพียงพอต่อความต้องการของระบบ ดังนั้นการ์ดดิจิไตเซอร์ที่พัฒนานี้จะเก็บข้อมูลภาพเป็นระดับเทาเท่านั้น อย่างไรก็ตาม จากแนวความคิดทางฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์ของระบบสามารถทำการปรับปรุงเป็นการ์ดดิจิไตเซอร์สีได้โดยง่าย

**2.1 ทฤษฎีทั่วไปของระบบโทรทัศน์**

ภาพที่ตาของมนุษย์มองเห็นได้นั้น เกิดขึ้นจากมีแสงไปกระทบวัตถุแล้วสะท้อนมาเข้าดวงตา และการที่มนุษย์สามารถมองเห็นวัตถุมีสีต่างๆกัน ก็เนื่องจากวัตถุมีการดูดกลืนและสะท้อนความยาวคลื่นแสงได้ไม่เท่ากัน ในการเปลี่ยนคลื่นแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้านั้นสามารถทำได้โดยใช้กล้องวิดีโอชนิดวีดีคอนหรือชนิด CCD ซึ่งสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากกล้องวิดีโอจะประกอบด้วยสัญญาณหลายๆสัญญาณรวมกันซึ่งเรียกว่า "สัญญาณโทรทัศน์ (composite video signal)"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

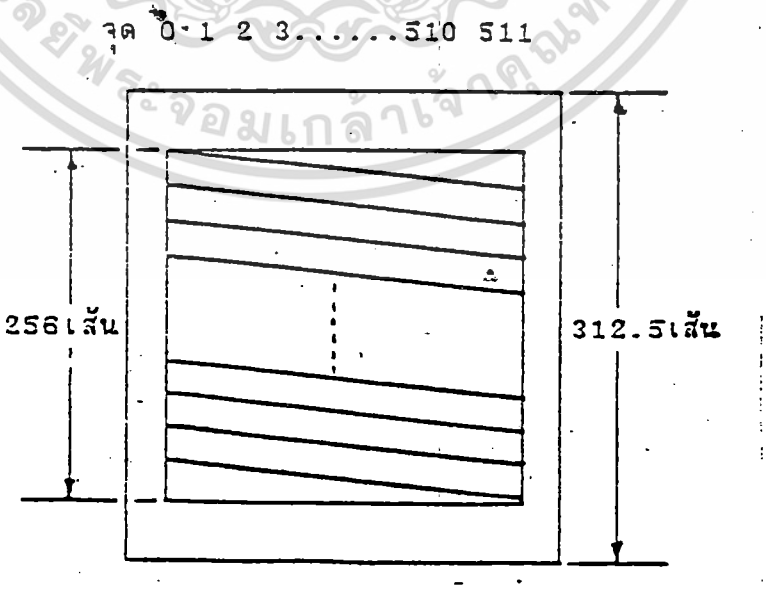
เมื่อลบด้วยเวลาที่มีสัญญาณ Blanking แล้วจะเหลือเวลาในการแสดงภาพจริงประมาณ 52μs สำหรับในแต่ละเส้นสแกน

4. Equalizing Pluse

เป็นสัญญาณที่ใช้เพื่อช่วยให้สัญญาณ Sync ทางแนวตั้งยังมีรูปร่างดีเหมือนเดิม หลังจากถูกแยกออกจากสัญญาณ Sync ทางแนวนอน ช่วยให้การสแกนแบบไขว้กันเป็นไปโดยเรียบร้อยสม่ำเสมอ ช่วยให้สัญญาณ Sync ทางแนวนอนไม่ขาดหายไปในช่วงเวลาของสัญญาณ Sync ทางแนวตั้งและช่วยลดความผิดพลาดที่เกิดจากการสบัดกลับผิดตำแหน่งของการสแกนแบบสลับ อย่างไรก็ตามเราไม่ได้ใช้สัญญาณพลัซอันนี้ในดิจิไตเซอร์การ์ด

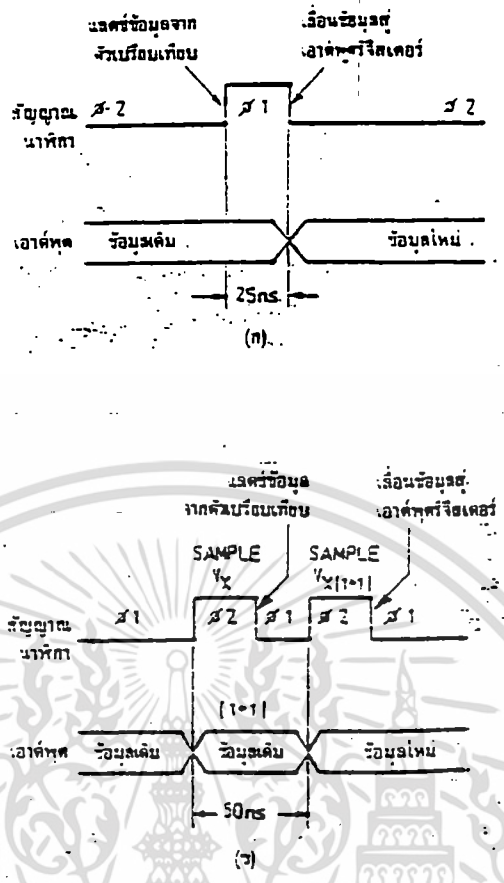
## 2.2 หลักการออกแบบ

ในโครงงานนี้เราจะใช้การเก็บข้อมูลภาพผ่านกล้องวีดีโอชนิด ซีซีดี ด้วยขนาดข้อมูล 512 x 512 จุดต่อภาพ การเก็บภาพแบ่งเป็นแบบสลับเส้นเก็บภาพฟิลด์คี่และการเก็บภาพฟิลด์คู่ ซึ่งการเก็บลักษณะนี้จะให้รายละเอียดของภาพมากกว่าการเก็บภาพฟิลด์คี่หรือฟิลด์คู่เพียงฟิลด์เดียวเท่านั้น การเก็บภาพแต่ละจุดจะใช้เวลา 100 นาโนวินาที เนื่องจากสัญญาณภาพที่แสดงนั้นจะมีความถี่ 15,625 Hz ( 64 s ) ต่อ 1เส้นสแกน ซึ่งจะแบ่งออกเป็นสัญญาณสะบัดกลับประมาณ 20 % ดังนั้นสัญญาณภาพที่ปรากฏที่จอจริง ๆ คือ 1/15625 x 80/100 = 51.2 ไมโครวินาที ดังนั้นถ้าเราจะเก็บภาพขนาด 512 จุดต่อ 1 เส้นสแกน เราต้องใช้เวลาในการเก็บภาพต่อจุดเท่ากับ 51.2/512 = 100 นาโนวินาที (10 เมกกะเฮริทซ์) นอกจากนี้เราจะเก็บภาพทางแนวตั้งเพียง 256 เส้นต่อหนึ่งฟิลด์ (จากปกติสัญญาณภาพจะมีจำนวน 312.5 เส้นต่อหนึ่งฟิลด์) ดังนั้นถ้าเราเก็บภาพทั้งฟิลด์คี่ และฟิลด์คู่เราจะได้ภาพขนาด 512 x 512 จุดต่อหนึ่งภาพเราสามารถแสดงลักษณะของการเก็บได้ดังรูปที่ 2.2




**รูปที่ 2.2 แสดงส่วนของภาพที่ต้องการเก็บทั้งฟิลด์คี่และฟิลด์คู่**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

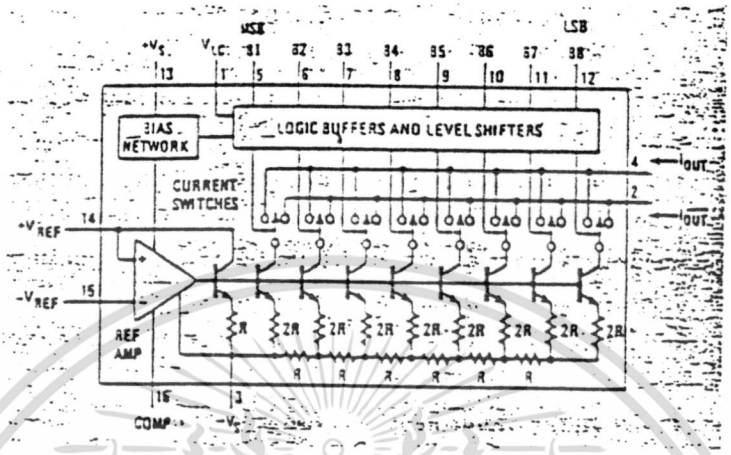



รูปที่ 2.4 แสดงการควบคุม CA3318 ด้วยการใช้ขาควบคุมเฟสไป ควบคุมระดับลอจิกของสัญญาณนาฬิกา

ก. เมื่อให้ขาควบคุมเฟสเป็น "0" ข. เมื่อให้ขาควบคุมเฟสเป็น "1"

เอาท์พุทรีจิสเตอร์ วิธีนี้จะแปลงสัญญาณเสร็จสิ้นภายใน 1 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา จะเห็นได้ว่าวิธีแรกใช้เวลาในการแปลงสัญญาณน้อยกว่าวิธีที่สอง ซึ่ง โครงงานนี้จะนำวิธีการควบคุมวิธีแรกมาใช้ เพื่อให้เราสามารถดูลักษณะของภาพที่ได้หลังจาก การแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลเราจำเป็นต้องใช้ไอซีแปลงสัญญาณจากดิจิตอลเป็นอนาลอก โดยที่ไอซีตัวที่ทำหน้าที่นี้ต้องสามารถทำงานที่ความถี่สูงคือ 10เมกกะเฮริทซ์ได้และต้องมีขนาดของข้อมูลอินพุท 8 บิท จากการหาข้อมูลมาไอซีเบอร์ DAC 0800 สามารถทำงานตามที่ต้องการได้ ซึ่งมีข้อมูลดังนี้ DAC 0800 เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณดิจิตอล 8 บิทให้เป็นสัญญาณอนาลอกความเร็วสูง (มีการจัดการภายใน 100 นาโนวินาที) โดยที่เอาท์พุทที่ได้จะมีลักษณะเป็นกระแสเอาท์พุทที่เป็นสัดส่วนกับข้อมูลดิจิตอลอินพุท ซึ่งกระแสเอาท์พุทจะมีลักษณะเป็นคอมพลีเมนต์กันด้วย นอกจากนี้ยังยอมให้แรงดันระหว่างขาเอาท์พุททั้งสองแตกต่างกันได้ถึง 20 โวลท์พีทูพี การทำงานของ DAC 0800จะเป็นชนิด R-2R ดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.5 แสดงโครงสร้างภายในของ DAC 0800**

คุณสมบัติของ DAC 0800 มีดังนี้

มีการจัดการภายในที่เร็ว คือ 100 นาโนวินาที

การผิดพลาดขณะแสดงค่าสูงสุด คือ 1 LSB

การเปลี่ยนแปลงต่ออุณหภูมิไม่เป็นเชิงเส้น คือ 0.1 %

ให้สัญญาณเอาท์พุทได้ในช่วง -10 V ถึง +18 V

มีสัญญาณกระแสเอาท์พุทแบบคอมพลีเมนต์

ต่อใช้งานได้โดยตรงกับไอซีชนิด TTL,CMOS,PMOS และอื่น ๆ

สามารถทำงานได้ทั้ง 2 ย่าน (บวกและลบ)

ย่านแหล่งจ่ายไฟกว้าง 4.5 ถึง 18 V

ใช้กำลังไฟต่ำเพียง 33 มิลลิวัตต์ (ที่ 5 โวลท์)

ราคาถูก

ภายหลังจากที่เราได้สัญญาณดิจิตอลมาแล้ว เราต้องทำการจัดเก็บข้อมูลดังกล่าวสู่**หน่วยความจำภาพ** ซึ่งในการเก็บข้อมูลภาพขนาด 512 x 512 จุดต่อภาพนี้ เราต้องใช้หน่วยความจำขนาด 512 x 512 = **256 กิโลไบท์** และความเร็วในการเก็บข้อมูลของหน่วยความจำแต่ละค่าต้องน้อยกว่า 100 นาโนวินาที(**มากกว่า 10 เมกกะเฮริทซ์**) เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งาน เราจึงเลือกหน่วยความจำแบบสแตติก เราจะไม่ใช้**หน่วยความจำแบบไดนามิก** (เพราะหน่วยความจำแบบไดนามิกมีการอ้างแอดเดรสที่ยุ่งยาก) ซึ่งหน่วยความจำ 8 บิท ชนิดสแตติกที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลื่อน (shift)ข้อมูลนั้นส่งเข้าชุดเข้ารหัส (Encoder Logic Array) เพื่อแปลงข้อมูลทั้ง 256 ค่าออกเป็นข้อมูลดิจิตอลขนาด 9 บิท (รวมบิทเกินด้วย) ส่งต่อไปยังเอาท์พุทรีจิสเตอร์ ซึ่งเป็นดีฟลิปพลอป ก่อนส่งไปยังตัวรับ 3 สถานะเป็นเอาท์พุทต่อไป เอาท์พุทนี้สามารถควบคุมได้โดย CE1 และ CE2 คุณสมบัติของ CA3318 มีดังนี้

ใช้เทคโนโลยี ซีมอส/เอสโอเอส (CMOS / SOS)

ใช้เทคนิคการแปลงข้อมูลแบบขนาน

อัตราการแปลงข้อมูล 15 ล้านการสุ่มต่อวินาที(15 MSPS = Million Sampling Per Second)

ให้เอาท์พุทขนาด 8 บิท

ใช้แหล่งจ่ายไฟชุดเดียว 4 โวลท์ ถึง 6.5 โวลท์

แยกระบบกราวด์ของอนาลอกกับดิจิตอลออกจากกันโดยเด็ดขาด

กำลังงานสูญเสีย 200 มิลลิวัตต์

แรงดันอินพุทอยู่ในช่วง 0-6.4 โวลท์

สัญญาณนาฬิกา 20 เมกกะเฮริทซ์

CA3318 ใช้เทคนิคการแปลงข้อมูลเป็นลำดับแบบขนาน (Sequential Parallel Technique) โดยอาศัย การจัดระดับของสัญญาณนาฬิกาไปควบคุมจังหวะในการทำงานของส่วนต่างๆให้สอดคล้องกัน จากรูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้างภายใน ขาป้อนสัญญาณนาฬิกา ( ขา 18 )และขาควบคุมเฟส( ขา19 ) ต่อกับวงจรลอจิกเกตชุดหนึ่ง ซึ่งวงจรนี้ทำหน้าที่จัดสัญญาณนาฬิกาให้แบ่งออกเป็น 2 เฟส คือ 1 (Auto Balance) และ 2 (Sample Unknown) เฟสทั้งสองนี้จะถูกจัดให้อยู่ในช่วงลอจิก "0" หรือ "1" ของสัญญาณนาฬิกา (ใน 1 คาบเวลา) การจัด 1 และ 1 ให้อยู่คนละช่วงของสัญญาณนาฬิกาซึ่งถูกกำหนดด้วยขาควบคุมเฟส ทำให้เราสามารถควบคุมความเร็วในการแปลงสัญญาณของCA3318 ให้เปลี่ยนแปลงตามสัญญาณนาฬิกาได้

เราสามารถใช้ขาควบคุมเฟส ควบคุมความเร็วในการแปลงสัญญาณของ CA3318 ได้ 2 วิธี คือ วิธีแรกโดยการป้อนลอจิก "0" เข้าที่ขาควบคุมเฟส แสดงดังรูปที่ 2.4 ก. 1 ถูกจัดให้อยู่ในลอจิก "1"และ 2 ถูกจัดให้อยู่ในลอจิก "0" ของสัญญาณนาฬิกา ข้อมูลจากตัวเปรียบเทียบจะถูกแลทช์ไว้ที่ขอบขาขึ้นของพัลซ์ 2 และเมื่อถึงขอบขาลงของ 1 ข้อมูลจะถูกเลื่อนเข้าสู่รีจีสเตอร์ต่อไป วิธีการแปลงแบบนี้ข้อมูลเสร็จสิ้นภายในครึ่งคาบของสัญญาณนาฬิกาเท่านั้น วิธีที่สอง โดยป้อนลอจิก "1" เข้าที่ขาควบคุมเฟสเช่นกันแสดงดังรูปที่ 2.4 ข. 1 ถูกจัดให้อยู่ในลอจิก "0" และ 2 ถูกจัดให้อยู่ในลอจิก "1" ของสัญญาณนาฬิกา เมื่อถึงช่วงขาขอบขาลงของพัลซ์ 2 ข้อมูลจากตัวเปรียบเทียบจะถูกแลทช์ไว้จนกว่าจะถึงช่วงขอบขาขึ้นของพัลซ์ 2 ลูกต่อมา จึงจะทำการเลื่อนข้อมูลส่งเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีความเร็วมากกว่า 10 เมกกะเฮริทซ์ ที่มีขายในตลาดขณะนี้มีขนาดความจุสูงสุดเพียง 128 กิโลไบท์ คือ เบอร์ HM628128 ของบริษัท ฮิตาชิ และเพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลภาพได้ถึง 256 กิโลไบท์เราต้องใช้หน่วยความจำ HM628128 2 ตัว โดยที่ข้อมูลของ HM628128 มีดังนี้ HM628128 ไอซีไฮสปีดสแตติกแรมความจุสูง กินกระแสต่ำ และมีการจัดตำแหน่งขาสัญญาณต่าง ๆ ตามมาตราฐาน JEDEC โดยบรรจุอยู่ในถังพลาสติกดิพ 32 ขา ขนาด 600 มิลลิเมตร คุณสมบัติพิเศษมีดังนี้

มีความเร็วสูง สามารถเข้าถึงข้อมูลได้เร็วถึง 70,85,100 และ 120 นาโนวินาที (ดูได้จากตัวเลขที่ต่อท้ายเบอร์ของไอซี)

มีความจุสูง 128 K x 8 บิท

ใช้กำลังงานต่ำ

ขณะสแตนด์บาย 0.01 มิลลิวัตต์

ขณะทำงาน 75 มิลลิวัตต์

สามารถแบคอัพข้อมูลได้ด้วยแบตเตอรี่

ให้เอาท์พุทแบบ 3 สถานะ สามารถต่อบิทร่วมกับอุปกรณ์อื่นได้

เอาท์พุท/อินพุท มีระดับสัญญาณทีทีแอล

ใช้แหล่งจ่ายไฟ 4.5 ถึง 5.5 โวลท์ ชุดเดียว

อุปกรณ์ต่าง ๆ นอกเหนือจากที่ได้กล่าวมาจะใช้อุปกรณ์ที่มีความถี่ทำงานสูงกว่า 10 เมกกะเฮริทซ์ ทั้งสิ้น

<u>การออกแบบ</u>

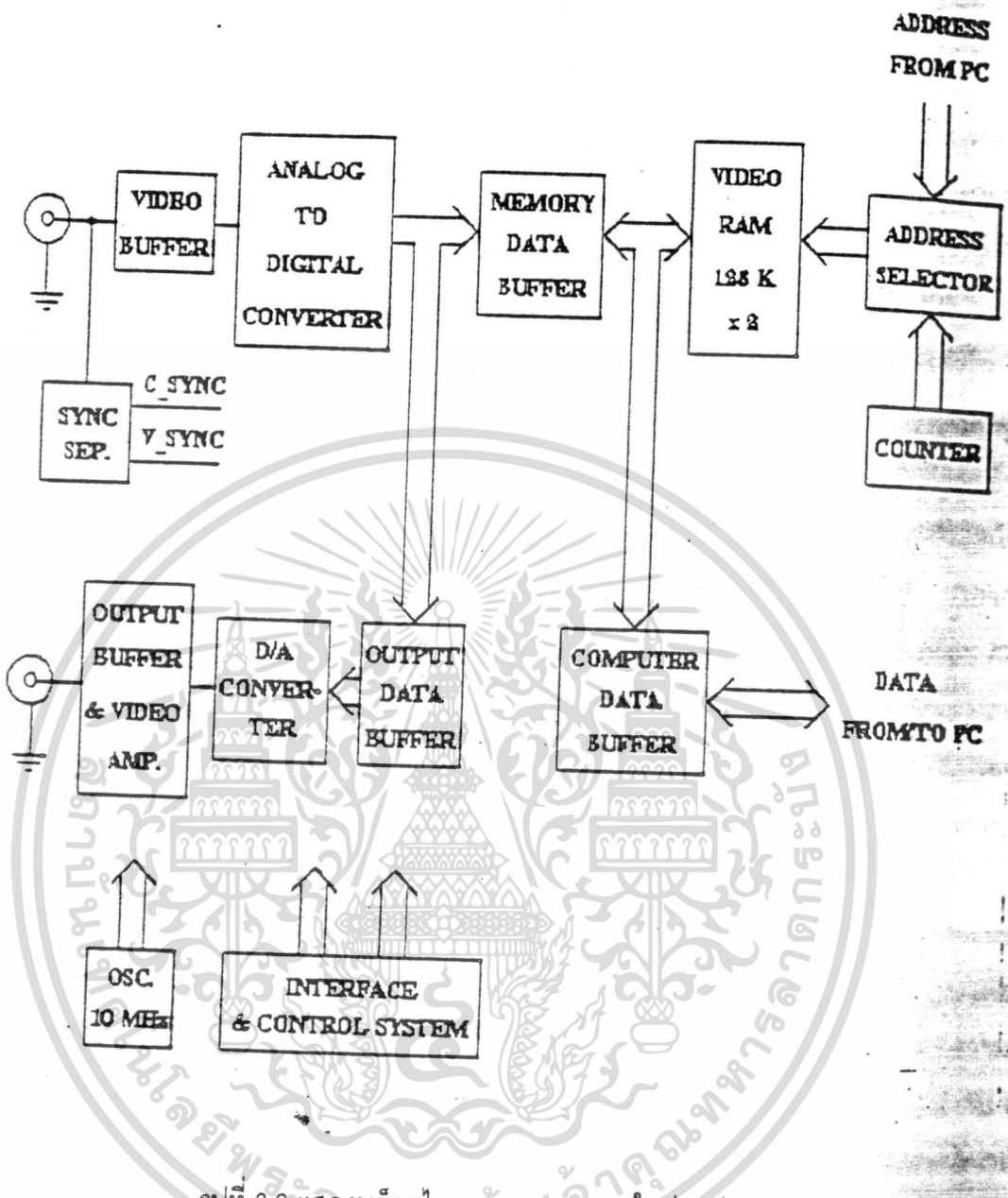
หลังจากได้จัดหาอุปกรณ์หลัก ๆ ได้แล้วขั้นตอนต่อมา เราก็ทำการออกแบบวงจร ซึ่งแต่ละส่วนจะประกอบกันดังนี้

จากบล็อกไดอะแกรมเราสามารถแยกวงจรออกได้เป็น 8 ส่วน คือ

1. ภาคอินพุท
2. ภาคหน่วยความจำภาพ
3. ภาควงจรนับ
4. ภาคแยกสัญญาณซิงค์
5. ภาคเลือกแอดเดรส และผลิตความถี่
6. ภาคเอาท์พุท
7. ภาคควบคุมการเขียนข้อมูลภาพ
8. ภาคอินเทอร์เฟส

ซึ่งแต่ละส่วนสามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า กรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.6 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรในส่วนต่างๆ

<u>วงจรภาคอินพุท</u>

สัญญาณภาพจากกล้องวีดีโอชนิดซีซีดี ที่มีขนาด 1 โวลท์พีทูพี ถูกป้อนเข้าสู่วงจรทางอินพุทเทอร์มินอล J1 และต่อผ่าน R01 โดยทำหน้าที่ปรับอิมพีแดนซ์ของวงจรให้เหมาะสมกับอิมพีแดนซ์ของกล้องคือ 75 โอห์ม จาก R01 สัญญาณภาพจะถูกส่งเข้า C01 เพื่อให้สัญญาณภาพนี้มีเฉพาะสัญญาณที่เป็นสัญญาณกระแสสลับเท่านั้น (ตัดแรงดันไฟตรงออก) จากนั้นสัญญาณภาพจะถูกยกระดับด้วย D1 และ VR01 วัตถุประสงค์ของการยกระดับสัญญาณนี้ก็เพื่อให้สัญญาณภาพมีสัญญาณรบกวนน้อยที่สุด ก่อนที่จะถูกส่งผ่าน R02 และ C03 เข้า Q1 เพื่อทำการขยายต่อไปสัญญาณภาพที่ขยายแล้วจะถูกส่งเข้าที่ขา 21 (Vin) ของ U01 (CA3318) ซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล การทำงานของไอซีตัวนี้ต้องประกอบด้วย

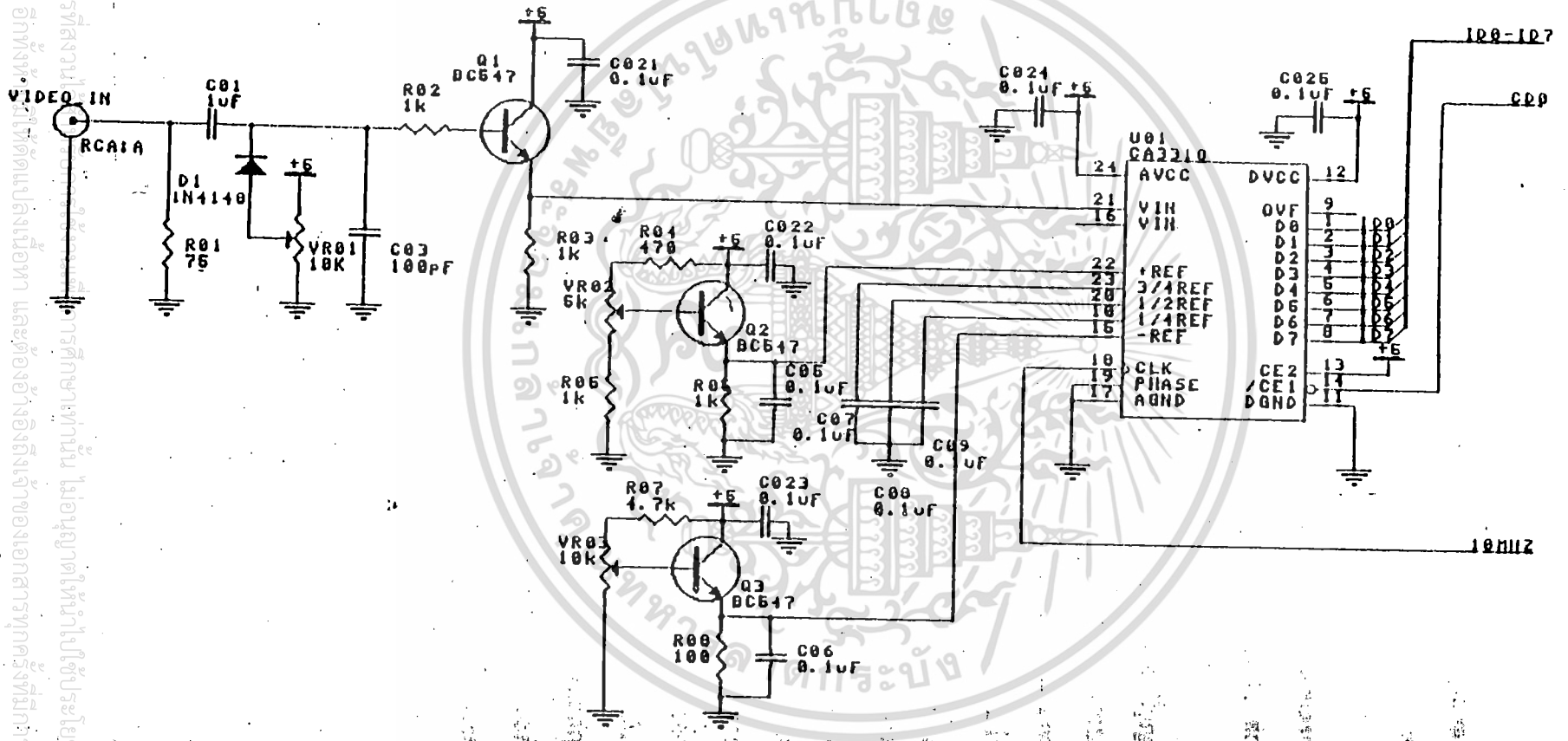
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณอินพุท,ระดับแรงดันอ้างอิงทางด้านบวก,ระดับแรงดันอ้างอิงทางด้านลบ,สัญญาณนาฬิกา และสัญญาณควบคุม ดังที่กล่าวมาแล้วว่าสัญญาณอินพุทของไอซีนั้นได้มาจากสัญญาณภาพที่ผ่านการขยายโดย Q1 ในส่วนของระดับแรงดันอ้างอิงทางบวก (ขา 22)นั้น จะได้มาจากวงจรซึ่งประกอบด้วย R04,R05,R06,VR02 ,C05 และ Q2 ซึ่งจากวงจรนี้เราสามารถปรับระดับของแรงดันอ้างอิงทางบวก ได้จาก 0.2 - 3.7 โวลท์ แรงดันอ้างอิงทางบวกนี้จะถูกปรับให้มีขนาดเท่ากับ แรงดันสูงสุดของสัญญาณภาพอินพุท วงจรของระดับแรงดันอ้างอิงทางลบที่ใช้จะ ประกอบด้วย R07,R08,VR03,C06 และ Q3 แรงดันที่ได้นี้จะอยู่ระหว่าง 0 - 0.7 โวลท์ ต่อเข้าไอซีที่ขา 15 ซึ่งระดับสัญญาณนี้จะถูกปรับให้มีขนาดเท่ากับแรงดันต่ำสุดของสัญญาณภาพอินพุท ในวงจรนี้เราจะใช้ระดับแรงดันอ้างอิงเพียง 2 ค่า คือ ระดับแรงดันอ้างอิงทางด้านบวก และระดับแรงดันอ้างอิงทางด้านลบ ดังนั้นระดับอ้างอิงที่เหลือคือ 3/4,1/2 และ 1/4เท่าของระดับอ้างอิง (ขา 23 ,20,10) จะไม่ถูกใช้งานเราจะต่อผ่าน C07,C08 และ C09 ลงกราวด์ตามลำดับ เพื่อลดสัญญาณรบกวนที่อาจจะมีขึ้นได้ นอกจากนี้ไอซีต้องทำงานร่วมกับสัญญาณนาฬิกาขนาด 10MHz และต้องมีการควบคุมการทำงานของไอซีที่ขา /CE1 และ CE2 เพื่อให้เกิดการทำงานที่เหมาะสม สัญญาณเอาท์พุทที่ได้จากไอซีตัวนี้เป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด 8 บิท ซึ่งจะให้ความแตกต่างของระดับสัญญาณ 256 ระดับ สัญญาณเอาท์พุทนี้จะถูกส่งต่อไปยังชุดหน่วยความจำภาพและชุดแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอกต่อไป

<u>วงจรภาคหน่วยความจำภาพ</u>

วงจรหน่วยความจำภาพ ประกอบด้วย U05,U06,U07 และ U08 โดยที่U05 จะเป็นตัวบัฟเฟอร์ข้อมูลภาพระหว่างวงจรแปลงสัญญาณกับหน่วยความจำภาพ(U08,U09) ในส่วนของ U06 จะเป็นตัวบัฟเฟอร์ข้อมูลภาพระหว่างหน่วยความจำภาพกับคอมพิวเตอร์ ในการใช้งานเราจะเลือกติดต่อระหว่างหน่วยความจำภาพกับวงจรแปลงสัญญาณ หรือกับคอมพิวเตอร์อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น นั่นหมายความว่า U05 กับ U06 จะไม่สามารถทำงานพร้อมกันได้ การควบคุมU05 ให้ทำงานต้องอาศัยสัญญาณ CD2 ซึ่งต่อกับขาอีนาเบิล (ขา 19) คือถ้าสัญญาณ CD2 เป็น "0" U05 จะสามารถส่งผ่านข้อมูลได้แต่ถ้า CD2 เป็น "1" ทุกขาที่เป็นข้อมูลของ U05 จะเป็นไฮอิมพีแดนซ์ การที่ U05 จะทำการส่งข้อมูลจากวงจรแปลงสัญญาณเข้าสู่หน่วยความจำภาพหรือจากหน่วยความจำภาพเข้าสู่วงจรแปลงสัญญาณ ก็ขึ้นอยู่กับสัญญาณ CD0 คือถ้าสัญญาณ CD0 (ต่อที่ขาควบคุมทิศทางของ U05) มีค่าเป็น "0" การติดต่อข้อมูลจะเป็นลักษณะจากวงจรแปลงสัญญาณเข้าหน่วยความจำภาพ แต่ถ้า CD0 เป็น "1" จะเป็นการส่งข้อมูลจากหน่วยความจำภาพไปสู่วงจรแปลงสัญญาณ ในส่วนของ U06 การที่จะควบคุมให้ทำงานนั้นต้องอาศัยสัญญาณควบคุมซึ่งได้มาจากเอาท์พุทของ U031: A (ซึ่งจะได้กล่าวภายหลัง) โดยที่ U06 จะทำงานในช่วงที่มีการอ่าน,เขียน กับหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์เท่านั้น ถ้าไม่มีการอ่านหรือเขียนกับหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ U06 จะไม่ทำงานคือขาข้อมูลทุกขาจะมีสถานะเป็นไฮอิมพีแดนซ์ การควบคุม U06 ให้มีการส่งข้อมูลจากหน่วยความจำภาพเข้าคอมพิวเตอร์หรือจากคอมพิวเตอร์สู่หน่วยความจำภาพนั้น ขึ้นอยู่กับสัญญาณของ CD3 (ต่อที่ขาควบคุมทิศทางของ U06) คือถ้า

ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.7 วงจรภาคอินพุท**

CD3 เป็น "0" เป็นการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์สู่หน่วยความจำภาพ และถ้า CD3 เป็น "1" เป็นการส่งข้อมูลจากหน่วยความจำภาพสู่คอมพิวเตอร์

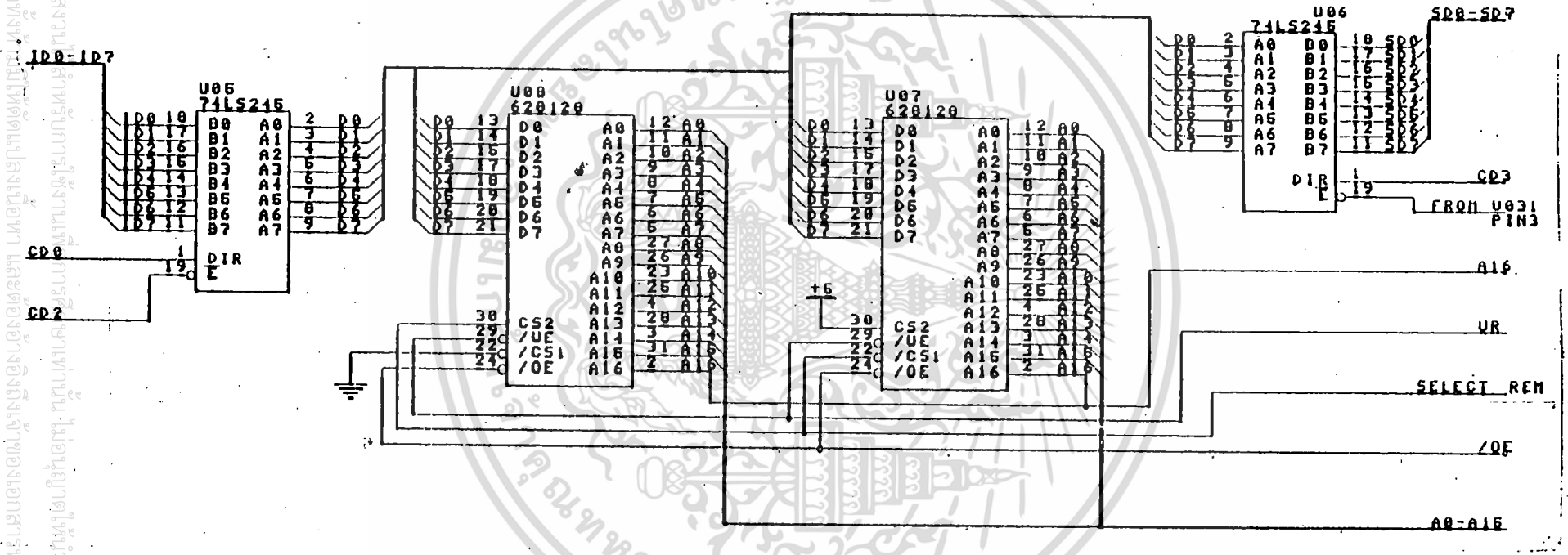
U07 และ U08 เป็นหน่วยความจำภาพขนาด 128 กิโลไบท์ ใช้เก็บข้อมูลภาพในแต่ละฟิลด์ คือ U07 จะเก็บข้อมูลภาพในฟิลด์คี่และ U08 จะเก็บข้อมูลภาพในฟิลด์คู่ เนื่องจาก U07 และ U08 เป็นหน่วยความจำขนาด 128 กิโลไบท์ จำเป็นต้องใช้แอดเดรสในการอ้างตำแหน่งหน่วยความจำถึง 17 เส้น คือ A0 - A16 สัญญาณแอดเดรสนี้จะมาจากวงจรนับภายใน การ์ด หรือคอมพิวเตอร์ นอกจากสัญญาณแอดเดรสทั้ง 17 เส้นแล้ว U07,U08 จะทำงานได้ต้องอาศัยสัญญาณอื่น ๆ อีก คือ สัญญาณควบคุมไอซี 1 (/CS1), สัญญาณควบคุมไอซี 2 (CS2),

สัญญาณควบคุมการเขียน (/WE),สัญญาณควบคุมเอาท์พุท (/OE) การต่อใช้งานของสัญญาณต่าง ๆ มีดังนี้ คือ U07 (เก็บข้อมูลภาพฟิลด์คี่) เราจะต่อ CS2 กับ +Vcc , /CS1 ต่อเข้ากับสัญญาณควบคุมการเลือกหน่วยความจำ(ได้มาจากเอาท์พุท ขา 7 ของ U014) สัญญาณ /WE ต่อเข้ากับสัญญาณควบคุมการเขียน (ได้มาจากเอาท์พุทของ U028:A) และสัญญาณ/OE ต่อเข้ากับสัญญาณควบคุมเอาท์พุทหน่วยความจำภาพ (เอาท์พุทขา 9 ของ U014) ส่วน U08 นั้น สัญญาณ /CS1 ต่อเข้ากับกราวด์ ,สัญญาณ CS2 ต่อเข้ากับสัญญาณควบคุมการเลือกหน่วยความจำ เช่นเดียวกับ /CS1ของ U07 สัญญาณ /WE ต่อเข้ากับสัญญาณควบคุมการเขียนเช่นเดียวกับ U07 และสัญญาณ /OE ต่อเข้ากับสัญญาณควบคุมเอาท์พุทหน่วยความจำเช่นเดียวกับ U07 ถ้าเราต้องการให้ U07 ทำงาน เราจะให้สัญญาณควบคุมการเลือกหน่วยความจำเป็น "0" แต่ถ้าสัญญาณควบคุมนี้เป็น "1" จะเป็นการกำหนดให้ U08 ทำงานแทน จะเห็นว่า U07 และ U08 ไม่สามารถทำงานพร้อมกันได้ และต้องทำงานสลับกันตลอดเวลา เมื่อตัวใดหยุดทำงานขาสัญญาณอินพุท/เอาท์พุทของตัวนั้นจะเป็นสถานะไฮอิมพีแดนซ์ ในกรณีที่ต้องการเขียนหรืออ่านข้อมูลสู่หรือจากหน่วยความจำภาพนั้นทำได้โดยการควบคุมสัญญาณ /WE และ /OE (ซึ่งจะเหมือนกันทั้ง U07 และ U08)คือถ้าต้องการอ่านข้อมูลสัญญาณ /WE ต้องเป็น "1" และ /OE ต้องเป็น "0" แต่ถ้าต้องการเขียนข้อมูลสัญญาณ /WE ต้องเป็น "0" และสัญญาณ /OE จะเป็น "1" หรือ "0" ก็ได้ การอ่านหรือเขียนข้อมูลนั้นจะต้องทำร่วมกับการกำหนดตำแหน่งของข้อมูลบนหน่วยความจำภาพซึ่งก็คือ การกำหนดค่าแอดเดรสนั่นเอง

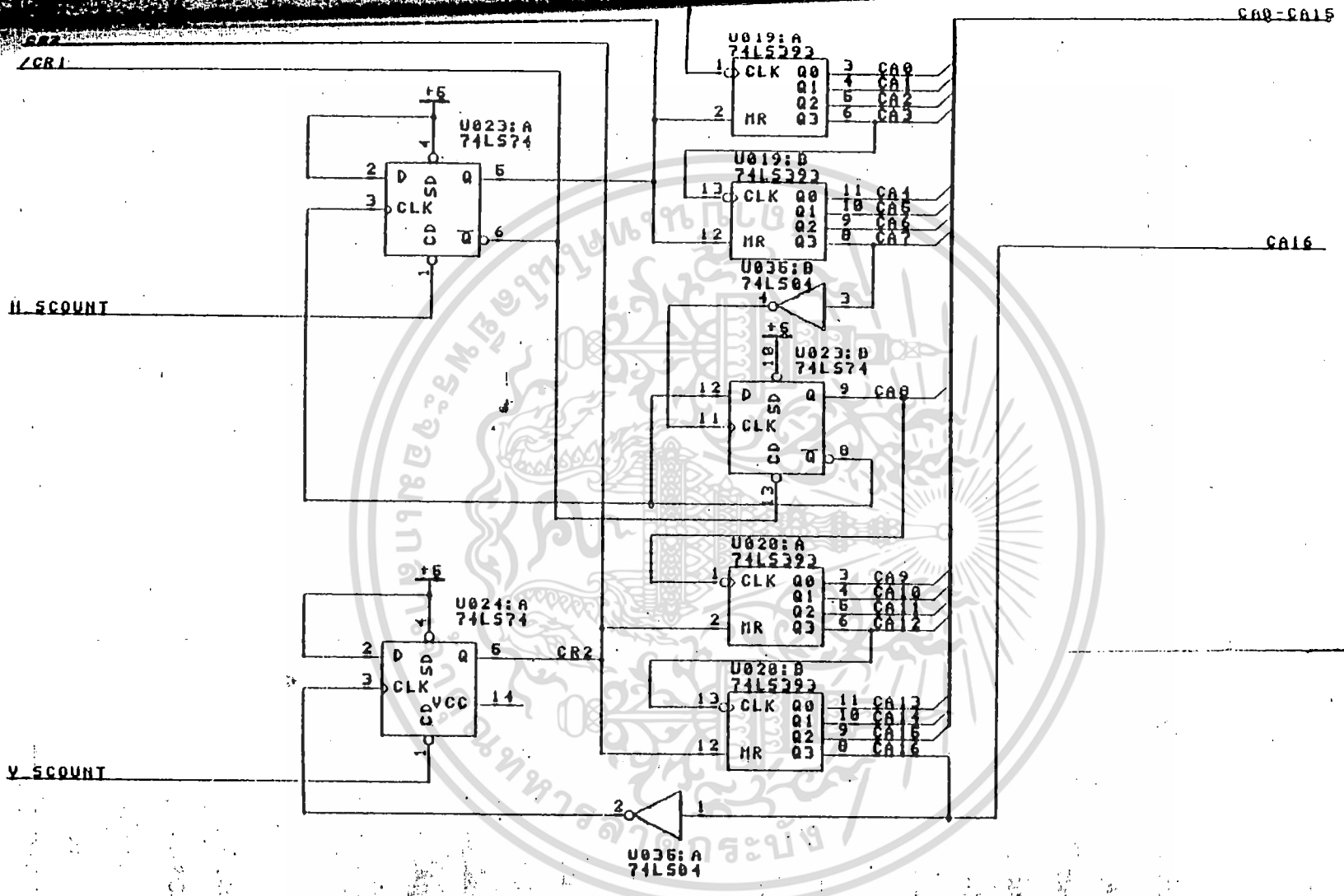
<u>วงจรภาควงจรนับ</u>

วงจรนับและวงจรควบคุมการนับทั้งทางแนวนอนและแนวตั้งประกอบด้วยU019:A,U019:B,U020:A,U020:B,U023:A,U023:B,U024:A,U035:AและU035:B การทำงานก็คือสัญญาณนาฬิกาขนาด 10 MHzจากวงจรกำเนิดความถี่ถูกส่งเข้าที่ขา 1 ของ U019:A ซึ่งเป็นไอซีไบนารี่อะซิงโครนัสเคาว์เตอร์ขนาด4 บิท และเอาท์พุท CA3 (ขา 6)ถูกต่อเข้าสู่อินพุทของ U019:B ที่ขา 13 และเอาท์พุท CA7 (ขา 8) ของ U019:B ก็ต่อเข้ากับอินพุทของ U023 B (ดี ฟลิปฟลอป) ผ่าน U035:B (น็อตเกต) เอาท์พุท Q ขา 9ของ U023:B ถูกต่อเป็นอินพุทให้กับ U020:A (ขา 1) และเอาท์พุท CA12 (ขา 6) ของ U020:A ต่อ

การนำเนื้อหาเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.8 วงจรภาคหน่วยความจำภาพ




รูปที่ 2.9 วงจรภาควงจรนับ

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

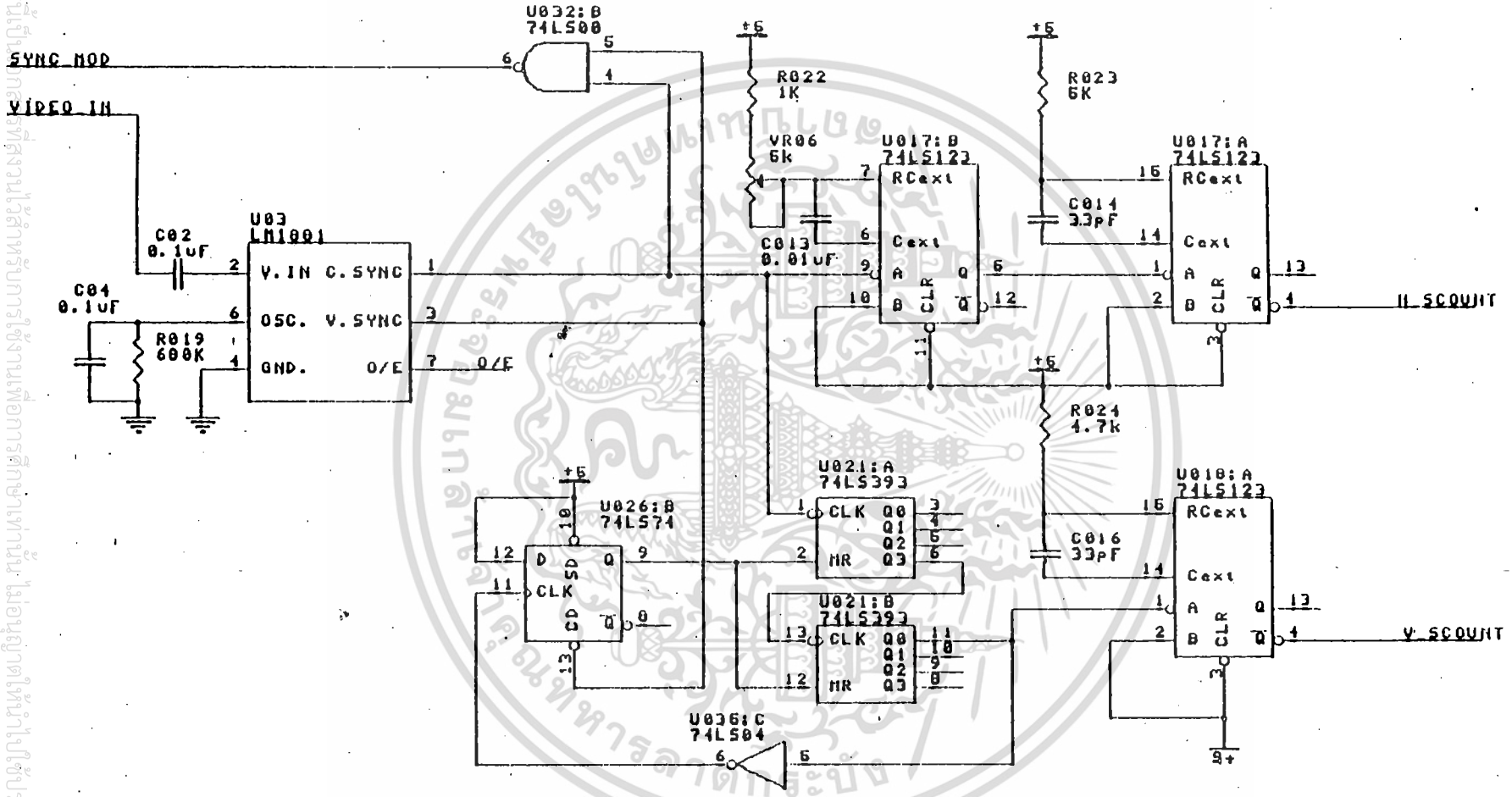
เป็นอินพุทให้กับ U020:Bการต่อเร่นนี้ก็เพื่อให้ได้สัญญาณเอาท์พุทของวงจรนับรวมทั้งหมด 17 เส้น เพื่อใช้ในการอ้างตำแหน่งของข้อมูลที่จะเก็บในหน่วยความภาพการเก็บสัญญาณภาพ 1 ฟิลด์ ใช้หน่วยความจำ 128 กิโลไบท์ ซึ่งต้องใช้การอ้างตำแหน่งถึง 17 เส้น การอ้างตำแหน่งนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ U019:A , U019:B และ U023:B จะให้เอาท์พุทของการนับ 9 เส้น เพื่อใช้อ้างตำแหน่งหน่วยความจำภาพทางแนวนอน (เก็บข้อมูลภาพ 1 เส้นสแกนภาพ) มีขนาด 512 จุดภาพ ส่วนที่สองประกอบด้วย U020:A และ U020:B ให้เอาท์พุทการนับ8 เส้น ใช้ในการกำหนดตำแหน่งของหน่วยความจำภาพทางแนวตั้ง(ใช้นับเส้นสแกนภาพที่ทำการเก็บข้อมูล) ซึ่งการอ้างตำแหน่งนี้อ้างได้ 256 เส้น การอ้างตำแหน่งหน่วยความจำภาพที่แบ่งออกเป็นสองส่วนนี้ จะต้องมีชุดควบคุมการนับ2 ชุด เช่นเดียวกัน คือ U023:Aใช้ควบคุมการนับทางแนวนอน และ U024:A ใช้ควบคุมการนับทางแนวตั้ง วงจรนับทางแนวนอนจะมีการนับก็ต่อเมื่อสัญญาณควบคุมการนับ (CR1) มีค่าเป็น "0" ให้ U019:A , U019:B และเป็น "1" ให้ U023:B ส่วนวงจรนับทางแนวตั้งจะทำการนับได้ก็ต่อเมื่อสัญญาณควบคุมการนับ (CR2) ต้องมีสัญญาณ "0" ให้กับ U020:A , U020:B การที่วงจรควบคุมการนับจะให้สัญญาณควบคุมการนับเป็น "0" หรือ "1" นั้น ขึ้นอยู่กับพัลซ์รีเซ็ตวงจรควบคุมการนับ (เป็นสัญญาณที่เกิดหลังจากมีการหน่วงสัญญาณซิงค์แล้ว) สัญญาณพัลซ์รีเซ็ตวงจรควบคุมการนับทางแนวนอนคือ สัญญาณ H_SCOUNT ส่วนสัญญาณพัลซ์รีเซ็ตวงจรควบคุมการนับทางแนวตั้งคือ สัญญาณV_SCOUNT ถ้าสัญญาณรีเซ็ตนี้มีค่าเป็น "0" เอาท์พุทของสัญญาณควบคุมการนับจะเป็น "0"(เพราะสัญญาณรีเซ็ตนี้ต่อเข้าที่ขารีเซ็ตของชุดควบคุมการนับ) ทำให้เกิดการนับได้ สัญญาณรีเซ็ตนี้จะเป็นเพียงสัญญาณพัลซ์เล็ก ๆ วัตถุประสงค์ก็เพียงเพื่อรีเซ็ตวงจรควบคุมให้ได้เท่านั้นหลังจากที่เอาท์พุทของสัญญาณควบคุมเป็น "0" แล้ว รีเซ็ตพัลซ์นี้จะมีค่าเป็น "1" การที่เอาท์พุทของวงจรควบคุมการนับทางแนวนอน หรือทางแนวตั้งจะมีค่าเป็น "1" ได้นั้นก็เกิดจากการที่ วงจรนับทางแนวนอนนับครบ512 จุดภาพ หรือวงจรนับทางแนวตั้งนับครบ 256 เส้น กล่าวคือวงจรนับจะเริ่มนับเมื่อมีสัญญาณพัลซ์รีเซ็ตเข้ามาสู่วงจรควบคุมการนับ และจะหยุดนับก็ต่อเมื่อ
นับครบ 512 (ทางด้านแนวนอน) หรือ 256 (ทางด้านแนวตั้ง) และจะหยุดนับจนกว่าจะมีสัญญาณพัลซ์รีเซ็ตลูกต่อไปเข้ามา

<u>วงจรภาคแยกซิงค์</u>

สัญญาณจากกล้องวีดีโอส่วนหนึ่งจะถูกส่งเข้าวงจรแยกสัญญาณซิงค์ซึ่งใช้ไอซี LM1881 (U03) ทางขา 2 ผ่าน C02 ไอซี U03 นี้จะต้องต่อกับตัวความต้านทาน และตัวเก็บประจุภายนอก(R019,C04) เพื่อกำหนดช่วงเวลาของวงจรผลิตความถี่ภายในสัญญาณเอาท์พุทของไอซีU03 ได้แก่ สัญญาณซิงค์รวม,สัญญาณซิงค์ทางแนวตั้ง,สัญญาณกำหนดฟิลด์คี่พิลด์คู่ สัญญาณซิงค์รวมที่ได้นี้จะถูกส่งไปยังชุดหน่วงเวลาทางด้านแนวนอนซึ่งประกอบ R022,VR06,C013,U017:B,R023,C014 และ U017:Aการทำงาน คือสัญญาณซิงค์รวมจะถูกหน่วงประมาณ 9 ไมโครวินาที ด้วย R022,VR06,C013 และ U017:B เมื่อการหน่วงเวลาสิ้นสุดลงจะเกิดสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

32240




รูปที่ 2.10 วงจรภาคแยกซิงค์

พัลซ์ช่วงสั้น ๆ ประมาณ 46 นาโนวินาที สัญญาณพัลซ์นี้เกิดขึ้นจาก R023,C014 และ U017:A ซึ่งสัญญาณพัลซ์นี้จะถูกส่งต่อไปยังวงจรควบคุมการนับทางแนวนอนเพื่อทำการรีเซ็ตให้วงจรนับทางแนวนอนทำการนับได้ วัตถุประสงค์ของการหน่วงเวลาก็เพื่อให้วงจรนับทางแนวนอนเริ่มทำการนับ ณ. ตำแหน่งเริ่มต้นของการสแกนสัญญาณภาพที่เท่ากันทุกเส้นสแกนเพราะถ้าเรานำเอาสัญญาณซิงค์รวมไปรีเซ็ตวงจรควบคุมการนับทางแนวนอนโดยที่ไม่มีการหน่วงเวลาเลย จะทำให้การนับทางแนวนอนแต่ละครั้งไม่เริ่มต้นที่ตำแหน่งของการสแกนภาพแต่จะเริ่มต้นก่อนหน้าการสแกนภาพ ซึ่งเป็นการไม่ถูกต้อง นอกจากนี้สัญญาณซิงค์รวมจาก U03 จะถูกส่งสู่วงจรนับสัญญาณซิงค์ เพื่อใช้หน่วงเวลาให้กับสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้ง วงจรนับซิงค์นี้จะประกอบด้วย U026:B,U021:A,U021:B การทำงานคือ เมื่อมีสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้ง (มีค่าเป็น "0")เข้ามา จะทำให้เกิดการรีเซ็ตชุดควบคุมการนับสัญญาณซิงค์รวม (เพราะสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้งต่อเข้ากับขารีเซ็ตของชุดควบคุมการนับซิงค์รวม)ทำให้เอาท์พุท Q ของ U026:B มีค่าเป็น "0" ผลก็คือทำให้ U021:A และ U021:B ทำการนับสัญญาณซิงค์รวมนั้น จากวงจรจะต่อเป็นวงจรนับ 32 คือ ถ้านับสัญญาณซิงค์รวมได้ครบ 32 ลูก ก็จะเกิดสัญญาณพัลซ์เล็ก ๆ ประมาณ 43 นาโนวินาที ซึ่งสัญญาณพัลซ์นี้เกิดจาก R024,C016 และ U018:A โดยส่งไปรีเซ็ตวงจรควบคุมการนับทางแนวตั้งเพื่อให้เกิดการนับทางแนวตั้งต่อไป ซึ่งการนับซิงค์รวมนี้จะเริ่มทำการนับอีกครั้งภายหลังจากมีสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้งลูกใหม่เข้ามา

<u>วงจรภาคเลือกแอดเดรสและผลิตความถี่</u>

วงจรผลิตความถี่จะประกอบด้วย X1,R020,R021,C011,C012,U030:Aและ U026:A ตามปกติวงจรผลิตความถี่จะถูกทำงานเป็นอิสระไม่เกี่ยวข้องกับสัญญาณควบคุมใด ๆ แต่ในวงจรนี้สัญญาณนาฬิกาที่ออกจากวงจรผลิตความถี่ถูกควบคุมให้ทำงานเป็นจังหวะ ๆ สัญญาณควบคุมที่มาใช้ควบคุมวงจรผลิตความถี่ก็คือ /CR1 เหตุที่ต้องนำสัญญาณควบคุมมาใช้ก็ เพื่อให้สัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการสุ่มข้อมูลในเอทูดีคอนเวอเตอร์สัมพันธ์กับสัญญาณภาพที่จะทำการเก็บ ผลเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลภาพที่ทำการเก็บสัญญาณนาฬิกาที่ออกจากวงจรผลิตความถี่มีขนาด 10 MHz ส่วนวงจรเลือกแอดเดรสของหน่วยความจำภาพนี้มีหน้าที่ เลือกสัญญาณแอดเดรสที่มาจากวงจรนับ ( ซึ่งใช้ในกรณีที่เก็บข้อมูลภาพเข้าสู่หน่วยความจำภาพ ) หรือเลือกสัญญาณแอดเดรสที่มาจากคอมพิวเตอร์ (ใช้ในกรณีที่อ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภาพเข้าสู่คอมพิวเตอร์) เราใช้ U09 และ U010 ติดต่อกับแอดเดรสที่มาจากวงจรนับ ส่วน U011 และ U012 ใช้ติดต่อกับแอดเดรสที่มาจากคอมพิวเตอร์ สัญญาณที่ใช้เลือกว่าจะเป็นแอดเดรสที่มาวงจรนับ หรือคอมพิวเตอร์ คือ CD2 และ /CD2 สัญญาณทั้งสองนี้จะมีค่าต่างเฟสกันคือถ้า CD2 เป็น "1" /CD2 จะเป็น "0" หรือถ้า CD2 เป็น "0" /CD2 จะเป็น "1" ด้วยเหตุนี้เราจะต่อCD2 เข้ากับ U09 และ U010 ที่ขาอีนาเบิล (ขา 1 และ 19) และต่อ /CD2 เข้ากับ U011 และ U012 ที่ขาอีนาเบิล (ขา 1 และ 19 เช่นเดียวกัน) กล่าวคือ เมื่อสัญญาณอีนาเบิลของ U09,U010 หรือ U011,U012 ชุดใดชุดหนึ่งมีค่าเป็น "0" จะทำให้มีข้อมูลเอาท์พุทที่ชุดนั้น เช่น ถ้าเราให้ CD2 เป็น "0" /CD2 จะเป็น "1" ทำให้สัญญาณอีนาเบิลของ U09,U010 เป็น "0" ก็จะมีสัญญาณเอาท์พุทที่ U09

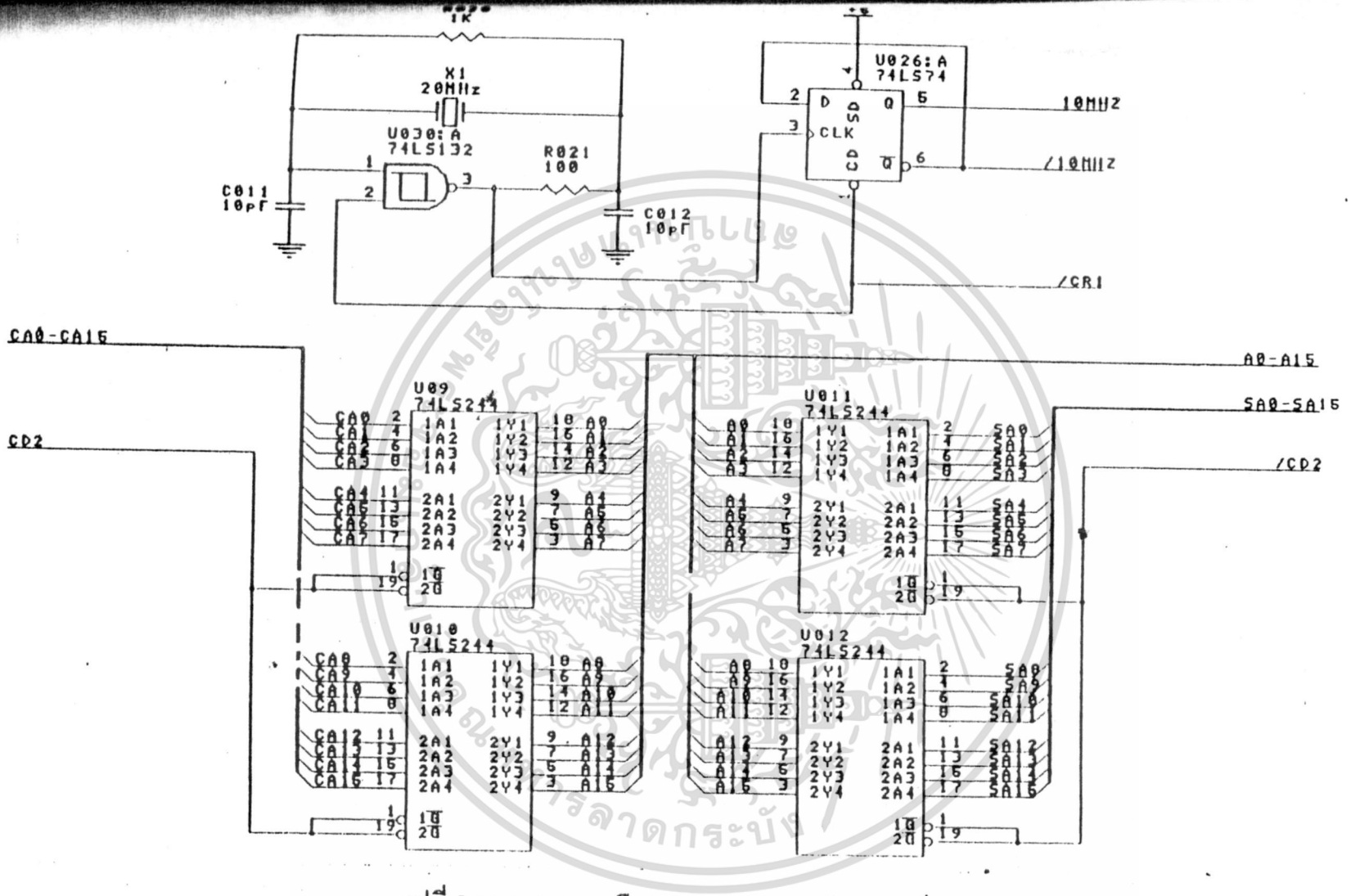
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ U010 แต่เนื่องจาก U09 และ U010 มีอินพุทต่ออยู่กับวงจรนับ ดังนั้นแอดเดรสของหน่วยความจำภาพถูกกำหนดด้วยวงจรนับส่วนเอาท์พุทของ U011 และ U012 จะมีค่าเป็นไฮอิมพีแดนซ์ เพราะสัญญาณอีนาเบิลของ U011 และ U012 เป็น "1" ในทางกลับกันถ้าสัญญาณควบคุม CD2 เป็น "1" /CD2 จะเป็น "0" ทำให้สัญญาณอีนาเบิลของ U09 และ U010 เป็น "1" ผลก็คือ เอาท์พุทของ U09 และ U010 จะมีค่าเป็นไฮอิมพีแดนซ์ ขณะเดียวกันสัญญาณอีนาเบิลของ U011 และ U012 มีค่าเป็น "0" จะทำให้มีเอาท์พุทออกมา และเนื่องจากอินพุทของ U011 และ U012 ต่อกับแอดเดรสของคอมพิวเตอร์ ดังนั้นแอดเดรสของหน่วยความจำภาพจะถูกกำหนดด้วยแอดเดรสของการใช้ U09,U010 หรือ U011,U012 กับการเลือกแอดเดรสจะทำได้เพียง 16 เส้นเท่านั้น ดังนั้นสัญญาณแอดเดรสที่เหลืออีก1เส้นจะถูกส่งเข้าวงจรเลือกอีกชุดหนึ่งซึ่งจะได้กล่าวถึงในภายหลังต่อไป

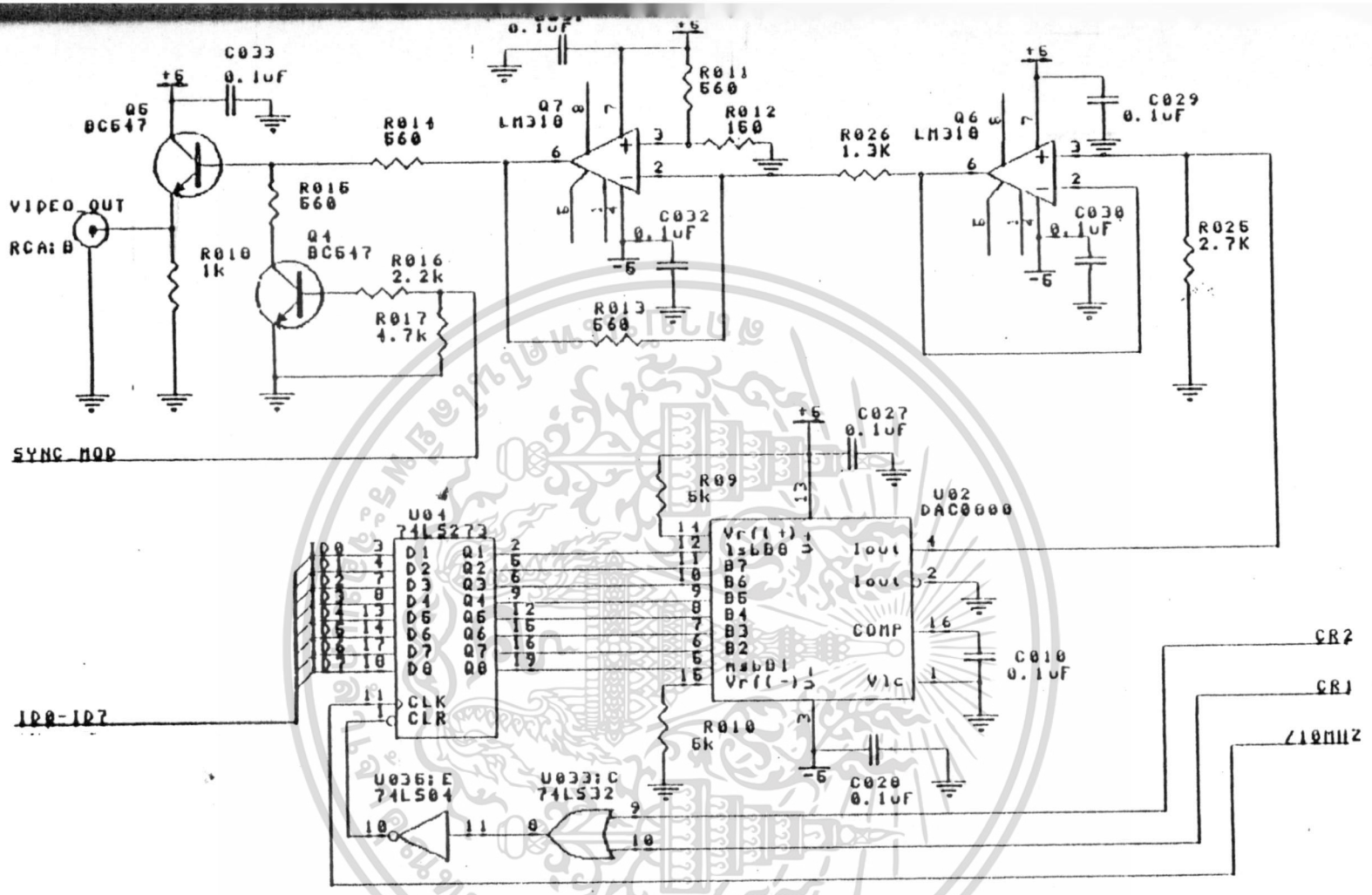
<u>วงจรภาคเอาท์พุท</u>

สัญญาณดิจิตอลที่ได้จากชุดแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลส่วนหนึ่งจะถูกส่งเข้าชุดวงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก ซึ่งสัญญาณดิจิตอลที่เข้าสู่วงจรนี้ จะถูกส่งผ่าน U04 (74LS273) โดยที่ไอซี U04 ตัวนี้ทำหน้าที่เป็นตัวบัฟเฟอร์ข้อมูลเอาท์พุท เพื่อส่งข้อมูลไปยัง U02 (DAC0800) เป็นไอซีที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก U04 จะทำงานได้ต้องอาศัยสัญญาณนาฬิกาที่มีขนาด 10 MHz และสัญญาณควบคุมการส่งข้อมูล โดยควบคุมที่ขารีเซ็ต (ขา 1) สัญญาณดิจิตอลทางด้านอินพุทของ U04 จะถูกส่งออกทางเอาท์พุทตามจังหวะของสัญญาณนาฬิกา (ทุก ๆ ขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกา) และสัญญาณควบคุมการส่งข้อมูลนี้ต้องมีค่าสัญญาณเป็น "1" (ระดับ high) สัญญาณควบคุมนี้ได้มาจากการรวมสัญญาณควบคุมการนับทางแนวนอน (CR1)กับสัญญาณควบคุมการนับทางแนวตั้ง(CR2) แบบนอร์ (ผ่าน U033:C และ U035:E) แต่ถ้าสัญญาณควบคุมการส่งข้อมูลมีค่าเป็น "0" (ระดับ Low) เอาท์พุทของ U04 จะมีค่าเป็น "0" ทุกบิท แม้ว่าจะมีสัญญาณอินพุทและสัญญาณนาฬิกาหรือไม่ก็ตาม สัญญาณควบคุมนี้จะมีสัญญาณเป็น "1" ได้ก็ต่อเมื่อสัญญาณควบคุมการนับทั้งแนวนอนและแนวตั้งต้องมีค่าเป็น "0" แต่ถ้าสัญญาณควบคุมการนับทางด้านแนวนอนหรือแนวตั้งตัวใดตัวหนึ่งมีค่าเป็น "1" สัญญาณควบคุมการส่งข้อมูลจะมีค่าเป็น "0" ทันที (สัญญาณควบคุมการนับทั้งทางแนวนอนและแนวตั้งนั้น ถ้ามีสัญญาณเป็น "0" หมายความว่า กำลังมีการนับเกิดขึ้น แต่ถ้ามีสัญญาณเป็น "1" จะไม่มีการนับเกิดขึ้น)สัญญาณดิจิตอลที่ออกจาก U04 จะถูกส่งเข้า U02 ซึ่ง U02 นี้จะทำงานได้ต้องอาศัยระดับของแรงดันอ้างอิงทางด้านบวกและแรงดันอ้างอิงทางด้านลบเป็นตัวกำหนดค่าสัญญาณสูงสุดและต่ำสุดที่จะได้ทางด้านเอาท์พุทหลังการเปลี่ยนแปลงข้อมูลเป็นสัญญาณอนาลอกแล้ว จากวงจรนี้ระดับแรงดันอ้างอิงทางด้านบวกจะถูกต่อเข้ากับแรงดัน +5โวลท์ ผ่าน R09 และระดับแรงดันอ้างอิงทางด้านลบจะถูกต่อเข้ากับกราวด์ ผ่าน R010 สัญญาณเอาท์พุทที่ได้จาก U02 นี้จะมีลักษณะเป็นกระแสเอาท์พุท ดังนั้นเพื่อให้ได้สัญญาณเอาท์พุทเป็นแรงดันเราก็ต้องต่อขาเอาท์พุทนี้ร่วมกับ R025 ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนกระแสเอาท์พุทให้เป็นแรงดันเอาท์พุท จากนั้นแรงดันเอาท์พุทนี้จะถูกส่งผ่าน Q6 คอมพิวเตอร์

ณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.11 วงจรภาคเลือกแอดเดรสและผลิตความถี่



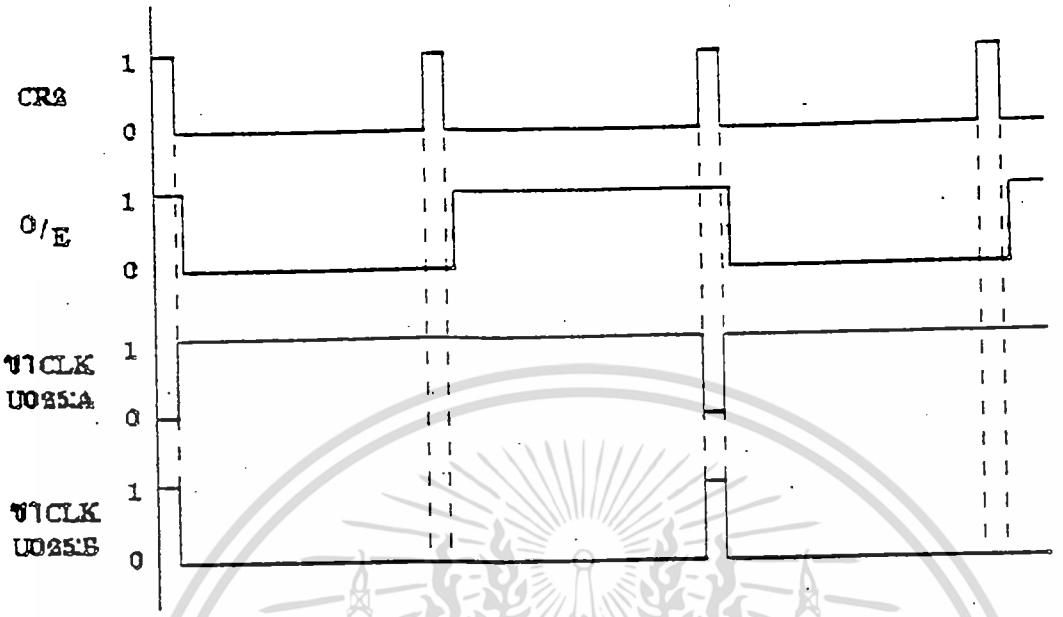

รูปที่ 2.12 วงจรภาคเอาท์พุท

ซึ่งทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ ซึ่งเอาท์พุทของ Q6 ที่ได้จะเป็นสัญญาณภาพ ต่อมาเราจะนำสัญญาณภาพมาทำการขยายและยกระดับด้วย Q7 การขยายนี้จะเป็นการขยายแบบกลับเฟสเพราะว่าสัญญาณภาพที่มาจาก Q6 จะทำงานทางด้านลบ ดังนั้น เราจึงต้องขยายแบบกลับเฟสเพื่อให้ได้สัญญาณภาพที่ทำงานทางด้านบวก ซึ่งอัตราการขยายนี้ถูกกำหนดด้วย R026 และ R013 Q7 นอกจากจะทำหน้าที่ขยายสัญญาณภาพแล้ว จะมีการยกระดับของสัญญาณภาพด้วย การยกระดับของสัญญาณภาพนี้ก็เพื่อให้สามารถรวมกับสัญญาณซิงค์ได้ระดับของสัญญาณภาพที่ยกนี้จะถูกกำหนดด้วย R011 และ R012 ซึ่งต่อเป็นลักษณะวงจรแบ่งแรงดันเข้าที่ขาอินพุทแบบไม่กลับเฟสของ Q7 จากวงจรสัญญาณภาพจะถูกยกระดับที่ 1.05 โวลท์ และก่อนที่จะส่งสัญญาณภาพออกไปยังจอมอนิเตอร์เราจำเป็นต้องทำการรวมสัญญาณภาพเข้ากับสัญญาณซิงค์เสียก่อน สัญญาณซิงค์ที่จะนำมารวมนี้ได้มาจากสัญญาณซิงค์ที่ถูกแยกออกจากสัญญาณภาพด้วย U03 การรวมสัญญาณภาพกับสัญญาณซิงค์ จะทำภายในวงจรที่ประกอบด้วย R014,R015,R016,R017,R018,Q4 และ Q5 คือถ้ามีสัญญาณซิงค์ Q4 จะทำงานผลก็คือสัญญาณภาพที่ถูกยกระดับก่อนเข้าQ5 จะมีค่าเป็นศูนย์ กล่าวคือถ้าไม่มีสัญญาณซิงค์สัญญาณภาพจะถูกยกระดับที่ 1.05 โวลท์ แต่ถ้ามีสัญญาณซิงค์ Q4 จะทำให้ระดับของสัญญาณภาพช่วงขณะที่ Q4 ทำงานจะถูกปรับจาก 1.05 โวลท์ มาเป็น 0 โวลท์ ดังนั้นทุกๆครั้งที่มีสัญญาณซิงค์ ระดับของสัญญาณภาพจะถูกปรับจาก 1.05 โวลท์ เป็น 0 โวลท์ นั่นหมายถึงเป็นการรวมสัญญาณนั่นเอง สัญญาณภาพรวมจะถูกส่งเข้าQ5 เพื่อทำการขยายแล้วส่งออกเอาท์พุท คือ จอมอนิเตอร์ต่อไป

<u>วงจรภาคควบคุมการเขียนข้อมูลภาพ</u>

วงจรควบคุมการเขียนข้อมูลภาพเข้าสู่หน่วยความจำภาพ มีการทำงานดังนี้คือ เมื่อสัญญาณอินพุทของ U025:A เปลี่ยนสถานะ (จากการใช้งานจะเปลี่ยนสถานะจาก "0" เป็น "1") U025:A จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเอาท์พุทก็ต่อเมื่อสัญญาณที่ต่อกับขานาฬิกา (ขา 3) เปลี่ยนสถานะจาก "0" เป็น "1" สัญญาณนี้ได้มาจากการแนนด์ (โดย U032:C)กันระหว่างสัญญาณควบคุมการนับทางแนวตั้ง (CR2) กับสัญญาณกำหนดฟิลด์คี่หรือฟิลด์คู่ กล่าวคือสัญญาณนี้จะเป็น "1" ก็ต่อเมื่อสัญญาณ CR2 เป็น "0" และ/หรือสัญญาณกำหนดฟิลด์คี่หรือฟิลด์คู่ (ได้จากขา Q ของ U024:B) เป็น "0" และสัญญาณนี้จะเป็น "0" ก็ต่อเมื่อสัญญาณ CR2 เป็น"1" และสัญญาณกำหนดฟิลด์คี่หรือฟิลด์คู่เป็น "1" เท่านั้น ด้วยเหตุนี้ถ้าเราให้มีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลทางด้านอินพุทของ U025:A (จาก "0" เป็น "1") เอาท์พุทของ U025:A จะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามอินพุท เมื่อสัญญาณควบคุมการนับทางแนวตั้ง (CR2) เป็น "0" จากวงจรนั้นเอาท์พุทของ U025:A จะถูกต่อเข้าเป็นอินพุทให้กับ U025:Bและเอาท์พุทของ U025:B จะเกิดการเปลี่ยนแปลงก็ต่อเมื่อสัญญาณที่ขานาฬิกาเปลี่ยนสถานะจาก "0" เป็น "1"แต่เนื่องจากสัญญาณที่ขานาฬิกาของ U025:B จะต่อกลับเฟสกัน กับสัญญาณที่ขานาฬิกาของ U025:A โดยใช้ U035:D เป็นตัวกลับเฟส เพื่อให้มองเห็นภาพชัดเจนขอให้ดูจากไดอะแกรมเวลารูปที่ 2.13 ในช่วงที่สัญญาณ CR2 เป็น "0" หมายถึง ช่วงที่วงจรนับทางแนวตั้งกำลังทำการนับเพื่อกำหนดแอดเดรสให้กับหน่วยความจำภาพ จังหวะที่สัญญาณ CR2 จะเปลี่ยนสถานะจาก "1" เป็น "0"ทำให้สัญญาณที่ขานาฬิกาของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.13 แสดงไดอะแกรมเวลาของการเขียนข้อมูลภาพ**

U025:A เปลี่ยนสถานะเช่นกัน คือจาก "0" เป็น "1" นั่นหมายถึงถ้าอินพุทของ U025:A มีการเปลี่ยนแปลงสถานะก่อนหน้านี้และคงค่าไว้ จะทำให้เอาท์พุทของ U025:A เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะตามอินพุทในจังหวะนี้ จากที่ได้กล่าวแล้วว่าเอาท์พุทของU025:Aจะต่อเข้าอินพุทของ U025:B ดังนั้น U025:Bจะมีการเปลี่ยนแปลงทางเอาท์พุทตามอินพุทก็ต่อเมื่อ สัญญาณ CR2 เปลี่ยนสถานะจาก "0" เป็น "1" และสัญญาณกำหนดฟิลด์คี่หรือฟิลด์คู่เป็น "1" จากไดอะแกรมเวลาจะเห็นว่าข้อมูลจากอินพุท U025:A กว่าจะไปปรากฏเป็นเอาท์พุทของ U025:Bต้องใช้เวลาถึง 2 รอบของการนับทางแนวตั้ง (2 ฟิลด์) จากการเปลี่ยนแปลงนี้เราก็จะนำไปใช้ควบคุมการเขียนข้อมูลภาพเข้าสู่หน่วยความจำภาพ (ต้องใช้เวลาการเขียน 2 ฟิลด์)โดยต่อเอาท์พุทของ U025:A และเอาท์พุทของ U025:B เข้ากับ U027:A เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลกันคือ ถ้าเอาท์พุทของ U025:A และ U025:B เหมือนกัน U027:A จะให้เอาท์พุทเป็น "0" แต่ถ้าข้อมูลเอาท์พุทของ U025:A และของU025:B ต่างกัน U027:A จะให้เอาท์พุทเป็น "1" เอาท์พุทของ U027:A จะต่อเป็นอินพุทให้กับ U032:A โดยที่อินพุทอีกข้างหนึ่งของ U032:Aถูกต่อกับสัญญาณควบคุม CD4 (เป็นสัญญาณควบคุมที่ส่งมาจากคอมพิวเตอร์) U032:A จะให้ค่าเอาท์พุทเปลี่ยนแปลงตามอินพุทที่ได้จาก U027:A หรือไม่ก็ขึ้นอยู่กับสัญญาณควบคุม CD4 คือ ถ้า CD4 เป็น "1" สัญญาณเอาท์พุทของ U032:A จะเปลี่ยนแปลงตามอินพุทที่ต่อกับ U027:A แต่ถ้า CD4 เป็น "0" เอาท์พุท U032:A จะมีสถานะเป็น "1" เพียงสถานะเดียวตลอดเวลา การที่เอาท์พุทของ U032:A จะมีสถานะเป็น "0" ได้เมื่อสัญญาณ CD4 มีค่าเป็น "1" และเอาท์พุทของ U027:A เป็น "1" (ซึ่งจะเกิดในช่วงที่ข้อมูลอินพุทของ U025:Aไปปรากฏที่เอาท์พุทของU025:Bเท่านั้น) จากวงจรจะเห็นว่าเอาท์พุทของ U032:Aต่อเข้าเป็นอินพุทของ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A และอินพุทอีกขาหนึ่งของ U033:A ถูกต่อกับสัญญาณควบคุมการนับทางแนวนอน (CR1) ซึ่งเอาท์พุท
U033:A จะเป็น "0" ได้ก็ต่อเมื่อสัญญาณ CR1 เป็น "0"(หมายถึงการนับเพื่อกำหนดแอดเดรสให้กับหน่วย
จำภาพทางแนวนอน) และสัญญาณเอาท์พุทของ U032:A เป็น "0" เท่านั้น จากนั้นสัญญาณเอาท์พุทของ
A จะถูกต่อเข้า U028:A เพื่อให้สัญญาณควบคุมการเขียนนี้ทำงานร่วมกับสัญญาณเขียนที่มาจาก
พิวเตอร์ได้

จะเห็นได้ว่า เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ CD4 จาก "0" เป็น "1" จะก่อให้เกิดสัญญาณเขียน (เอาท์พุทของ
:A) เป็นจำนวน 2 รอบการนับทางแนวตั้ง (2 ฟิลด์) หลังจากนั้นเอาท์พุทของ U032:A จะเป็น "1" ตลอด
และถ้าเราเปลี่ยนข้อมูลที่ CD4 จาก "1"เป็น "0" เอาท์พุทของ U032:A จะยังคงเป็น "1" เช่นเดิมไม่เปลี่ยน
ง

ยเหตุ การเขียนข้อมูลภาพเข้าสู่หน่วยความจำภาพ U07 และ U08 สัญญาณ /WE จะต้องมีค่าเป็น "0"
อ แต่ถ้าสัญญาณ /WE มีค่าเป็น "1" จะไม่เกิดการเขียนข้อมูลเด็ดขาด

รภาคอินเทอร์เฟส

ส่วนอินเทอร์เฟสเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก วงจร
ทอร์เฟสนี้จะประกอบด้วยชุดกำหนดแอดเดรสพอร์ตของการ์ด , ชุดกำหนดตำแหน่งแอดเดรสของหน่วย
มจำภาพ , ชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของการ์ด และสัญญาณอื่น ๆอีก เช่น /MEMW , /MEMR ชุด
หนดแอดเดรสพอร์ตของการ์ดจะใช้ U016 (ไอซีถอดระหัส) เป็นตัวกำหนดพอร์ต ซึ่งสัญญาณที่ใช้กับ U016
ประกอบด้วย SA5,SA6,SA7,SA8,SA9 และ AEN จากรูปเราเลือกเอาเอาท์พุทของ U016 ที่ Y1 (ขา 14) ไป
งาน ดังนั้นการที่จะทำให้ Y1 มีค่าเป็น "0" สัญญาณอินพุทต่างๆของ U016 ต้องมีสถานะดังนี้ คือ SA5 (ต่อที่
2),SA6 (ต่อขา 3),SA7 (ต่อขา 4)และAEN (ต่อขา 5) มีสถานะเป็น "0" ส่วน SA8 (ต่อขา 1),SA9 (ต่อขา 6) มี
านะเป็น "1" เท่านั้น จึงทำให้เอาท์พุท Y1 มีค่าเป็น "0" จะเห็นว่าถ้าSA5 - SA7 เป็น "0" และ SA8 - SA9
น "1" ตำแหน่งของพอร์ตนี้จะอยู่ในช่วง 300H - 31FH ดังนั้น ถ้าต้องการติดต่อกับ CARD นี้จะต้องกำหนด
อร์ตให้อยู่ในช่วง 300H - 31FH และการติดต่อกับการ์ดโดยเฉพาะในกรณีของการเขียนข้อมูลสู่พอร์ตจะ
มบูรณ์ไม่ได้ ถ้าสัญญาณ Y1 ที่ได้ไม่ถูกต้องร่วมกับสัญญาณ /IOW ซึ่งการต่อร่วมกันของสัญญาณแอดเด
สพอร์ต Y1 กับ /IOW จะผ่านU029:A ถ้าเรามีคำสั่งให้เขียนข้อมูลสู่พอร์ตผลก็คือ เอาท์พุทของU029:A จะ
ป็น "1" ซึ่งเกิดจากสัญญาณ Y1 มีค่าเป็น "0" และสัญญาณ /IOW ก็เป็น "0" สัญญาณเอาท์พุทของ U029:A
ะต่อเป็นสัญญาณนาฬิกาให้กับ U015 ต่อไป ชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของการ์ด จะใช้ U015 ทำหน้าที่ส่ง
ผ่านคำสั่งจากคอมพิวเตอร์สู่การ์ด ข้อมูลคำสั่งจากคอมพิวเตอร์จะเป็น SD0 - SD4 และถูกต่อเข้าที่อินพุทของ
U015 ซึ่งข้อมูลคำสั่งจากคอมพิวเตอร์จะถูกส่งไปสู่การ์ดได้ก็ต้องอาศัยสัญญาณนาฬิกาจากเอาท์พุทของ
U029:A (จากชุดกำหนดแอดเดรสพอร์ต) คือถ้าเอาท์พุทจาก U029:A เปลี่ยนสถานะจาก "0" เป็น "1" U015 จะ
ทำการส่งข้อมูลจากอินพุทไปยังเอาท์พุท ดังที่กล่าวมาแล้วว่า สัญญาณเอาท์พุทของ U029:A นี้ จะเปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

านะจาก "0" เป็น "1" ได้ก็ต่อเมื่อมีคำสั่งเขียนข้อมูลสู่พอร์ตเท่านั้น ซึ่งถ้าไม่มีคำสั่งเขียนข้อมูลสู่พอร์ตเอาท์
า U029:A จะมีสถานะเป็น "0" ตลอดเวลาเราจึงไม่ต้องกังวลว่าการควบคุมการ์ดจะเกิดความผิดพลาดตราบ
ก็ตามที่ไม่มีการเขียนข้อมูลคำสั่งชุดใหม่เข้าสู่พอร์ต การทำงานของการ์ดก็ยังจะใช้คำสั่งที่มีอยู่เดิมตลอดไป
ญญาณเอาท์พุทที่ออกจาก U015 จะเป็นสัญญาณ CD0 - CD4 และถูกนำไปใช้ควบคุมวงจรต่างๆต่อไป

ชุดกำหนดตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำภาพเราจะใช้ U027:B ,U031:C,U034:E,U031:D ซึ่ง
นเกตชนิดต่างๆที่มีการต่อใช้งานดังรูปที่ 2.15 คือสัญญาณ SA16 และSA17 ต่อเป็นอินพุทให้กับ U027:B
าหน้าที่เปรียบเทียบสัญญาณ),สัญญาณ SA18 และ SA19 ต่อเป็นอินพุทให้ U031:C (แนนด์เกต)และเอาท์
ทของ U031:C จะถูกต่อเป็นอินพุทให้กับ U031:D โดยผ่าน U034:E เพื่อกลับเฟสสัญญาณก่อน โดยที่
าท์พุทของ U027:B จะถูกต่อเป็นอินพุทให้กับ U031:D เช่นกัน ซึ่งเอาท์พุทของ U031:D จะมีค่าเป็น "0" ก็ต่อ
มื่อสัญญาณ SA18,SA19 เป็น "1" และสัญญาณ SA16 และ SA17 มีสัญญาณที่แตกต่างกัน ดังนั้น อาจจะ
ล่าวได้ว่าเอาท์พุทของU031:Dจะเป็น "0" ได้ก็ต่อ เมื่อมีการอ้างตำแหน่งหน่วยความจำในช่วง D0000H-
FFFFH จากวงจรนี้หน่วยความจำภาพทั้งฟิลด์คี่ และฟิลด์คู่จะอยู่ในตำแหน่ง D0000H-EFFFFH ที่มีขนาด 128
โลไบท์เหมือนกัน ดังนั้นการจะอ้างตำแหน่งของข้อมูลภาพฟิลด์ใดฟิลด์หนึ่งก็ต้องใช้ร่วมกับสัญญาณ CD1
งเป็นสัญญาณกำหนดฟิลด์ของหน่วยความจำภาพอีกทีหนึ่ง

สัญญาณ /MEMW,/MEMR จะถูกใช้ในกรณีที่ต้องการเขียนหรืออ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภาพสู่
อมพิวเตอร์ โดยที่สัญญาณ /MEMW จะถูกใช้ร่วมกับชุดกำหนดแอดเดรสหน่วยความจำภาพ (เอาท์พุทของ
U031:D) สัญญาณ /MEMW และสัญญาณเอาท์พุท U031:D ถูกต่อเป็นอินพุทให้กับ U029:B ดังนั้นถ้า
สัญญาณ /MEMWและสัญญาณเอาท์พุทของ U031:D มีค่าเป็น "0" ทั้งคู่ จะทำให้เอาท์พุทของU029:B มีค่า
เป็น "1"เพื่อนำไปควบคุมการเขียนของหน่วยความจำภาพ(ซึ่งการเขียนใช้สัญญาณ "0") เราต้องนำสัญญาณนี้
ผ่าน U034:F เพื่อกลับเฟสเสียก่อน นอกจากนี้สัญญาณ /MEMW และ /MEMR จะถูกต่อเป็นอินพุทให้กับ
U031:B และเอาท์พุทของ U031:B จะต่อเป็นอินพุทให้กับ U031:A ร่วมกับสัญญาณ CD2 เพื่อให้เอาท์พุทของ
U031:A ถูกใช้เป็นสัญญาณควบคุมให้ U06 (ไอซีบัฟเฟอร์ข้อมูลระหว่างหน่วยความจำภาพกับคอมพิวเตอร์)
ทำงานในช่วงที่มีการเขียน และ อ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์สู่หน่วยความจำภาพอีกด้วย นอกเหนือจากชุด
ต่างๆที่กล่าวมาแล้วข้างต้นก็ยังมีวงจรควบคุมการเลือกใช้สัญญาณกับหน่วยความจำภาพ ซึ่งสัญญาณเหล่านี้
ได้มาจากวงจรต่างๆ ภายในการ์ดเอง หรือมาจากคอมพิวเตอร์ ซึ่งสัญญาณต่างๆที่จะติดต่อกับหน่วยความ
จำภาพนี้ ได้แก่สัญญาณ A16 (สัญญาณกำหนดแอดเดรสบิทที่16),สัญญาณเลือกหน่วยความจำฟิลด์คี่หรือ
ฟิลด์คู่ และสัญญาณเอาท์พุทอีนาเบิลของหน่วยความจำภาพ เราจะใช้U014 เป็นตัวเลือกสัญญาณดังกล่าว
U014 จะทำงานได้ต้องอาศัยสัญญาณCD2 จากชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของการ์ดเพื่อกำหนดให้ U014
เลือกสัญญาณให้กับหน่วยความจำภาพว่าจะมาจากการ์ด หรือจากคอมพิวเตอร์ คือ ถ้าสัญญาณ CD2 (ต่อ
กับขา1 ของ U014) เป็น "0" สัญญาณทั้งสามที่มาจากการ์ดจะถูกต่อให้กับหน่วยความจำภาพ แต่ถ้า CD2

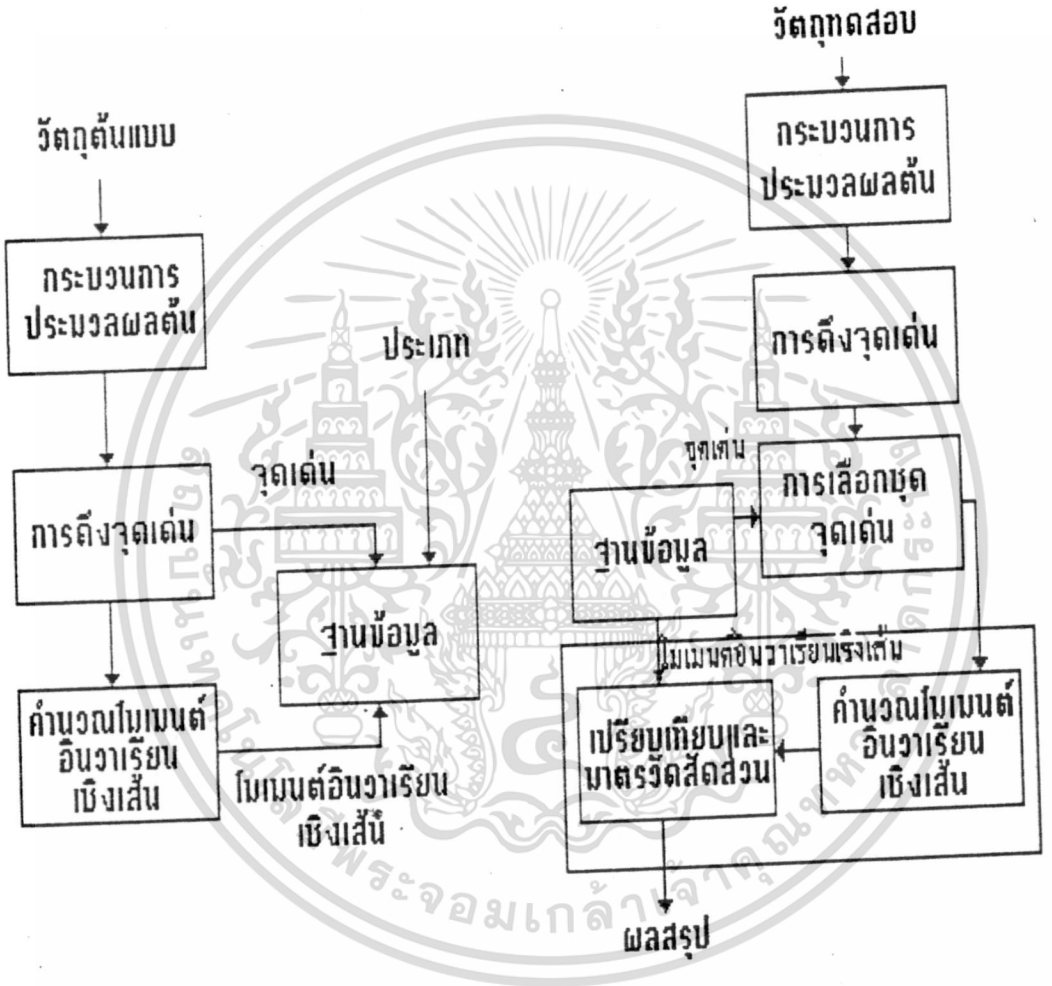
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็น "1" สัญญาณทั้งสามที่ได้จากคอมพิวเตอร์จะถูกต่อให้หน่วยความจำภาพเช่นกัน

### 3. การรู้จำสัญฐานย่อย

วิธีการรู้จำสัญฐานย่อยที่เสนอในรายงานนี้ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ 1. ขั้นตอนการสอนระบบ 2. ขั้นตอนการรู้จำ ดังแสดงในบล็อกไดอะแกรมนี้ตามลำดับ ในขั้นตอนการสอนระบบ วัตถุต้นแบบ(วัตถุที่รู้ประเภท )จะผ่านกระบวนการต่างๆในบล็อกไดอะแกรม 3.1 เพื่อนำจุดเด่น,ค่าโมเมนต์อินวาเรียนเชิงเส้นและประเภทของวัตถุต้นแบบไปเก็บในฐานข้อมูล ในขั้นตอนการรู้จำซึ่งแสดงในบล็อกไดอะแกรม 3.2 วัตถุทดสอบอาจประกอบจากวัตถุต้นแบบหลายๆประเภทซ้อนทับหรือสัมผัสกัน ระบบจะนำวัตถุต้นแบบแต่ละประเภทในฐานข้อมูลมาเปรียบเทียบกับวัตถุทดสอบ เพื่อทำการสรุปว่าวัตถุทดสอบประกอบจากวัตถุต้นแบบประเภทใดและอยู่ที่ตำแหน่งไหน ลำดับการทำงานจะเริ่มด้วยการนำวัตถุทดสอบผ่านกระบวนการประมวลผลต้นและการดึงจุดเด่น แล้วนำจุดเด่นที่ได้ไปจับคู่กับจุดเด่นของวัตถุต้นแบบแต่ละประเภทในฐานข้อมูล เพื่อหาชุดที่จับคู่ได้ดีที่สุดและจะตั้งสมมุติฐานว่าวัตถุต้นแบบประเภทนี้มีอยู่ในวัตถุทดสอบ ซึ่งขั้นตอนนี้ได้ประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมโฮบฟิลด์ในการเลือกชุดจุดเด่นของวัตถุต้นแบบกับวัตถุทดสอบที่จับคู่ได้ดีที่สุด และจะตั้งสมมุติฐานว่าวัตถุต้นแบบประเภทนี้มีอยู่ในวัตถุทดสอบ ซึ่งขั้นตอนนี้ได้ประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมโฮบฟิลด์ในการเลือกชุดจุดเด่นของวัตถุต้นแบบกับวัตถุทดสอบที่จับคู่ได้ดีที่สุด หลังจากนั้นจะทำการตรวจสอบสมมุติฐานว่าเป็นจริงหรือไม่ โดยทำการเปรียบเทียบโมเมนต์อินวาเรียนเชิงเส้นและคำนวณมาตรวัดสัดส่วน ซึ่งจะได้กล่าวโดยละเอียดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.1 บล็อกการสอนระบบ




รูปที่ 3.2 บล็อกการรู้จำ

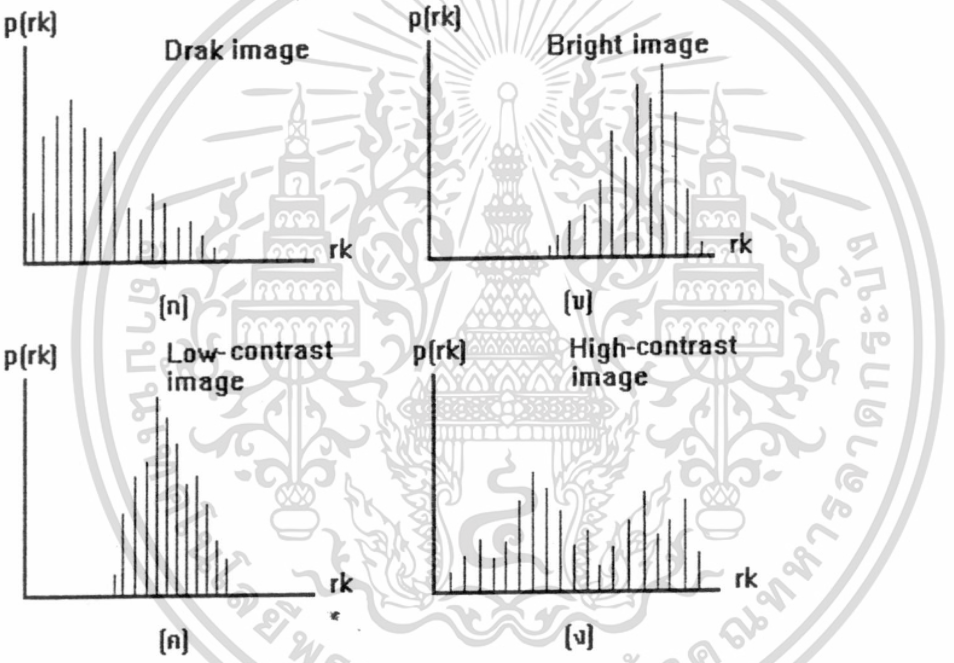
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1 กระบวนการประมวลผลต้น (Preprocessing)

ขั้นตอนนี้ ข้อมูลดิจิตอล 256 ระดับสีเทา ขนาด 512x512 จุด ภาพ ที่ได้จากอุปกรณ์อินพุทจะนำมาหาฮีสโต รมเพื่อทำการปรับปรุงคุณภาพของภาพ จากนั้น เปลี่ยนข้อมูลภาพจาก 256 ระดับสีเทาเป็นข้อมูลภาพสอง ดับ (binary) และทำการหาขอบของวัตถุเพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

#### 3.1.1 กระบวนการฮีสโตแกรม

สโตแกรมของข้อมูลภาพดิจิตอลที่มีระดับสีเทาอยู่ในย่าน [0,L-1] คือดีสครีทฟังก์ชั่น (discrete function) $r_k) = n_k/n$ เมื่อ $r_k$ คือสีเทาที่มีจำนวน k ระดับ $n_k$ คือจำนวนจุดภาพในข้อมูลภาพที่มีระดับสีเทาเหมือนกัน n จำนวนองจุดภาพในข้อมูลภาพทั้งหมด และ k = 0,1,2,...,L-1




รูปที่ 3.3 ฮีสโตแกรมที่สอดคล้องกับข้อมูลภาพพื้นฐานสี่ชนิด

ย่างไรก็ตาม เมื่อกล่าวให้ง่ายขึ้น $p(r_k)$ ก็คือการหาความน่าจะเป็นของการเกิด ขึ้นของระดับสีเทา $r_k$ และเมื่อ กฟังก์ชั่นนี้ไปพล็อตสำหรับทุกๆค่าของ k จะทำให้ทราบลักษณะโดยรวมทั้งหมดของข้อมูลภาพ ตัวอย่างเช่น นรูปที่ 3.3 แสดงถึงฮีสโตแกรมของข้อมูลภาพพื้นฐาน 4 ชนิด ฮีสโตแกรมที่แสดงในรูปที่ 3.3(ก) แสดงว่าระดับ เทาได้รวมกันอยู่ในส่วนที่ดำของสเกลสีเทาซึ่งฮีสโตแกรมนี้จะสอดคล้องกับภาพค่อนข้างจะดำมืดเกือบทั้งหมด ละในทางกลับกันสำหรับภาพที่สว่างมากจะมีฮีสโตแกรมดังแสดงในรูปที่3.3(ข) ฮีสโตแกรมที่แสดงในรูปที่ 3.3 ค) มีรูปร่างที่แคบซึ่งแสดงว่ามีย่านการเปลี่ยนแปลงของระดับสีเทาเพียงเล็กน้อย และอันนี้เองสอดคล้องกับ าพที่มีความแตกต่างของระดับสีเทาต่ำ (low contrast) เมื่อระดับสีเทาทั้งหมดเกิดขึ้นที่บริเวณตรงกลางของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกลสีเทา ภาพจะปรากฏเป็นสีเทาดำ (murky gray) อันสุดท้ายรูปที่ 3.3(ง) แสดงฮีสโตแกรมที่มีการกระจายของระดับสีเทาอย่างเหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับภาพที่มีความแตกต่างของระดับสีเทาสูง (high contrast)

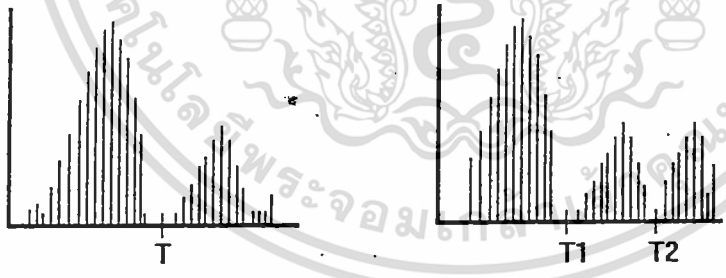
จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น แม้ว่าจะเป็นการสังเกตุลักษณะโดยรวมทั้งหมดของข้อมูลภาพ ซึ่งยังไม่ได้พิจารณาถึงรายละเอียดของภาพก็ตาม รูปร่างของฮีสโตแกรมของข้อมูลภาพก็ได้ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพ

ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพ เมื่อพิจารณาฮีสโตแกรมของข้อมูลภาพแล้วปรากฏว่าข้อมูลภาพมีความแตกต่างของระดับสีเทาไม่เหมาะสม อาจทำการปรับปรุงแก้ไขข้อมูลภาพได้โดยใช้วิธีฮีสโตแกรมอิควอไลเซชั่น (histogram equalization) หรือฮีสโตแกรมสเปรคซิฟิเคชั่น (specification) ใน[9]

ในกรณีที่ข้อมูลภาพมีสัญญาณรบกวน จำเป็นต้องนำข้อมูลภาพไปผ่านกระบวนการกรอง (filter) เสียก่อนที่จะนำข้อมูลภาพนั้นมาเข้าสู่กระบวนการฮีสโตแกรม ซึ่งการกรองสัญญาณรบกวนบนข้อมูลภาพจำแนกออกได้เป็น 2 ชนิดคือการกรองบนโดเมนความถี่ (frequency domain filtering) โดยใช้ฟูเรียทรานส์ฟอร์ม (fourier transform) และ การกรองที่เรียกว่า spatial filtering โดยใช้หน้าต่างขนาดต่างๆ เช่น ตัวกรองมัธยฐาน (median filter) เป็นต้น

### 3.1.2 การแปลงข้อมูลภาพระดับสีเทาเป็นข้อมูลภาพสองระดับ

ข้อมูลภาพระดับสีเทาภายหลังจากผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพแล้ว จะถูกแปลงเป็นข้อมูลภาพสองระดับ (binary image) ทั้งนี้ก็เพื่อลดขนาดของข้อมูลภาพลงและใช้ในขั้นตอนถัดไป อย่างไรก็ตาม ในขั้นตอนนี้จำเป็นต้องใช้ฮีสโตแกรมของข้อมูลภาพร่วมกับการกำหนดค่า threshold




**รูปที่ 3.4 ฮีสโตแกรมของข้อมูลภาพที่สามารถแบ่งออกเป็น (ก) มี threshold ระดับเดียว และ (ข) มี threshold หลายระดับ**

สมมุติว่าฮีสโตแกรมของข้อมูลภาพเป็นดังที่แสดงในรูปที่3.4(ก) สอดคล้องกับข้อมูลภาพ f(x,y) ที่ประกอบด้วยวัตถุที่สว่างบนฉากหลังที่ดำมืด ในกรณีเช่นนี้จุดภาพของวัตถุและฉากหลังจะมีกลุ่มของระดับสีเทาสองกลุ่ม วิธีหนึ่งที่จะแยกวัตถุออกจากฉากหลังก็คือการเลือกค่า threshold T ค่าหนึ่ง เพื่อแยกกลุ่มของจุดภาพทั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอง ด้วยเหตุนี้จุด(x,y)ใดๆ ที่ซึ่ง f(x,y)>T ถูกเรียกว่า"จุดวัตถุ" ในทางตรงกันข้าม จุดที่ f(x,y)<=T ถูกเรียกว่า "จุดฉากหลัง" รูปที่ 3.4(ข) แสดงฮีสโตแกรมที่มีกลุ่มของจุดภาพสามกลุ่ม แสดงว่ามีวัตถุ 2 ชนิด ที่มีความสว่างแตกต่างกันบนฉากหลังที่ดำมืด วิธีการแยกกลุ่มของจุดภาพ(x,y)จะใช้พื้นฐาน อันเดียวกันเมื่ออยู่ในกลุ่มของวัตถุอันหนึ่ง ถ้า $T_1<f(x,y)<=T_2$ และอยู่ในกลุ่มวัตถุอีกอัน หนึ่งถ้า $f(x,y)>T_2$ และเป็นฉากหลังถ้า $f(x,y)<=T_1$ threshold หลายระดับนี้โดยทั่วไปจะให้ความเชื่อถือน้อยกว่า threshold ระดับเดียว ทั้งนี้เพราะความยุ่งยากในการกำหนด threshold หลายระดับให้สามารถแยกขอบเขตได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากหลักการที่กล่าวมาแล้วข้างต้น การกำหนดค่า threshold อาจดูคล้ายกับ การทำงานที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบเทียบกับฟังก์ชั่น T ในรูปแบบ

$$T = T[x,y,p(x,y),f(x,y)] \quad (1)$$

เมื่อ f(x,y) คือระดับสีเทาของจุด (x,y) และ p(x,y) ใช้แทนคุณสมบัติเฉพาะที่จุดนั้นข้อมูลภาพที่ผ่านการกำหนดค่า threshold แล้ว g(x,y) ถูกกำหนดเหมือนกับ

$$g(x,y) = 1 \quad \text{ถ้า } f(x,y) > T$$
$$= 0 \quad \text{ถ้า } f(x,y) <= T \quad (2)$$

ดังนั้นจุดภาพที่ตรงกับวัตถุจะถูกแทนด้วยหมายเลข 1 หรือระดับความเข้มอื่นๆที่ต้องการ ในทำนองเดียวกัน จุดภาพที่เป็นฉากหลังจะถูกแทนด้วยหมายเลข 0 ภาพที่มีลักษณะเป็น 0 กับ 1 หรือสองระดับเช่นนี้ เราเรียกว่า" ภาพสองระดับ"

### 3.1.3 การดึงเส้นขอบของวัตถุ

ในส่วนนี้ อัลกอริธึมสำหรับการดึงเส้นขอบของวัตถุจากภาพ 2 มิติจะถูกแสดง ดังต่อไปนี้

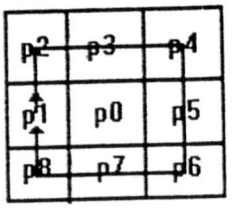
**นิยาม**

1. ให้ p คือค่าระดับของพิกเซลมีสองค่าคือ 0 กับ 1
2. x , y คือโคออดิเนตของ p ใดๆ
3. Sx , Sy คือจุดเริ่มต้นในการสแกนหมุน
4. Lx[ ] , Ly[ ] เป็นอาเรย์สำหรับเก็บโคออนิเนตของเส้นขอบ

5 i เป็นตัวแปรทั่วไป

6. การสแกนหมุนคือ การสแกนไปบนพิกเซลที่อยู่รอบๆพิกเซลปัจจุบัน ดูรูปที่ 3.5 สมมุติให้ P0 เป็นพิกเซลปัจจุบัน ส่วน p1 - p9 เป็นพิกเซลรอบๆ p0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.5 แสดงการสแกนหมุน (ซ้าย) รอบจุด p0**

**วอริธึม**

= 0;

ากการสแกนภาพจากซ้ายไปขวา จากบนลงล่าง จนกระทั่งพบ p = 1 ให้ :

Lx[ i ] = x , Ly[ i ] = y

Sx = x - 1 , Sy = y

ำการสแกนหมุนซ้ายรอบจุด Lx[i],Ly[i] จนกระทั่ง p = 1

ห้ i = i + 1 แล้ว Lx[i] = x , Ly[i] = y

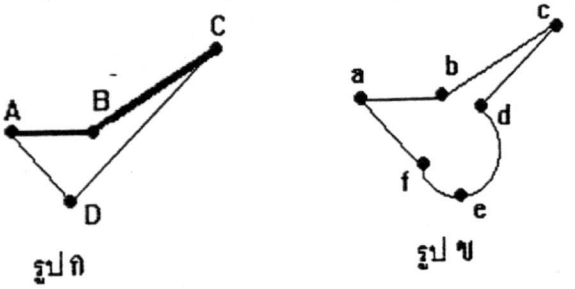
ำการสแกนหมุนขวา 1 พิกเซลและกำหนดให้ Sx = x , Sy = y

า x = Lx[0] และ y = Ly[0] แล้วให้สิ้นสุดกระบวนการ

ถ้าไม่ ให้ไปทำขั้นตอน 2.

**: การดึงจุดเด่น** (Dominant Point Extraction)

จุดเด่นคือจุดที่มีอิทธิพลต่อลักษณะของสัญฐาน ในที่นี้จุดเด่นเป็นจุดที่มีความโค้งสูงๆ ในการดึงจุดล่านี้ได้ประยุกต์ใช้ตัวกรองเกาส์เซียนและขั้นตอนวิธีตามรอยกลับ จุดเด่นนี้จะแบ่งสัญฐานออกเป็นส่วนๆ อกำหนดสัญฐานย่อย(partial shape) ดังแสดงในรูปที่ 3.6 รูปที่ 3.6ก แสดงสัญฐานของวัตถุต้นแบบชนิดหนึ่ง ที่ 3.6ข แสดงสัญฐานของวัตถุทดสอบในฉากซึ่งประกอบจากวัตถุต้นแบบในรูป 3.6ก ซ้อนทับกับวัตถุอื่น โดย รื่องหมาย ● แสดงจุดเด่นบนสัญฐาน และให้นิยามของสัญฐานย่อยดังนี้ 'สัญฐานย่อยซึ่งเกิดจากจุดเด่น x ส่วนของสัญฐานที่ลากผ่านเฉพาะจุดเด่น x เท่านั้น' อย่างเช่นในรูปที่ 3.6ก เส้นหนาคือสัญฐานย่อยซึ่งเกิด กจุดเด่น B ต่อมาทำการเลือกชุดของจุดเด่นที่จับคู่กันดีที่สุดจากสัญฐานของวัตถุทั้งสอง นั่นคือ สัญฐาน อยคู่นั้นจะมีลักษณะคล้ายกันที่สุด อย่างเช่นในรูปที่ 3.6 สัญฐานย่อย B จับคู่กับสัญฐานย่อย b




รูป ก รูป ข

**รูปที่ 3.6 แสดงสัญฐานของวัตถุต้นแบบและวัตถุทดสอบ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 **การคำนวณความโค้งบนเส้นโค้งดิจิตอล**

พิจารณาสมการที่ (3) ให้ L คือเส้นโค้งและ $t$ คือตัวแปรความยาวของเส้นโค้ง $x(t),y(t)$ คือโคออดิเนต

ของเส้นโค้ง L ที่ $t$

$$L = \{x(t), y(t)\} \tag{3}$$

หนดให้ $K$ คือ ความโค้งที่จุด $t$ เราสามารถเขียน $K$ ในรูป $X(t),Y(t)$ ได้ดังนี้

$$K = \frac{d\phi}{dt}$$

่อ $\varnothing$ คือมุนของเส้นสัมผัส(tangent angle)ที่จุดtใดๆ

$$y' = \frac{dy}{dx} \ , \ y'' = \frac{d^2y}{dx^2}$$

$$K = \frac{y''}{(1+(y')^2)^{3/2}}$$

ำหนดให้ $\dot{x} = \frac{dx}{dt}$ , $\ddot{x} = \frac{d^2x}{dt^2}$

$$\dot{y} = \frac{dy}{dt} \ , \ \ddot{y} = \frac{d^2y}{dt^2}$$

ะได้ $y' = \frac{\dot{y}}{\dot{x}}$ , $y'' = \frac{\ddot{y}\dot{x} - \dot{y}\ddot{x}}{\dot{x}^3}$

ละ $K = \frac{\dot{x}\ddot{y} - \dot{y}\ddot{x}}{(\dot{x}^2 + \dot{y}^2)^{3/2}}$ (4)

2.1.2 **การดึงจุดเด่นโดยตัวกรองเกาส์เซียนและขั้นตอนวิธีตามรอยกลับ**

กำหนดให้ $g(t,\sigma)$ เป็นแกนเกาส์เซียน(Gaussian Kernal)

$$g(t,\sigma) = \frac{1}{(\sqrt{2\pi})\sigma} e^{-t^2/2\sigma^2} \tag{5}$$

พื่อที่จะลดผลจากการควอนไทซ์(Quantization)และสัญญาณรบกวนในการคำนวณค่าความโค้งบนเส้นโค้ง L

ะต้องทำเส้นโค้ง L ให้เรียบโดยใช้ตัวกรองเกาส์เซียนที่ $\sigma$ เล็กๆ(ในที่นี้ใช้ $\sigma$ =2)

$$x(t) = x(t) * g(t,\sigma) \quad , \quad y(t) = y(t) * g(t,\sigma)$$

มื่อ * คือตัวดำเนินการประสาน(convolution) แล้วจึงหา $K(t)$ จาก $x(t),y(t)$

$$K(t) = \frac{\dot{x}\ddot{y} - \dot{y}\ddot{x}}{(\dot{x}^2 + \dot{y}^2)^{3/2}} \tag{6}$$

หลังจากนั้นนำ $K(t)$ ไปประสานกับแกนเกาส์เซียน โดยเปลี่ยนค่า $\sigma$ จากน้อยไปหามาก

ะได้ $K(t,\sigma) = K(t) * g(t,\sigma)$ (7)

ที่ $(t,\sigma)$ ใดๆ จะถือเป็นจุดเด่นถ้า $K(t,\sigma)$ เป็นจุดสูงสุดสัมพันธ์(relative maximum)ของฟังค์ชัน ถ้าค่า $K(t,\sigma)$

เป็นบวก และเป็นจุดต่ำสุดสัมพันธ์(relative minimum)ของฟังค์ชั่น ถ้าค่า $K(t,\sigma)$ เป็นลบ โดยปกติแล้วจุดเด่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีการเลื่อนตำแหน่งเมื่อขนาดของภาพหรือ $\sigma$ เปลี่ยนไป เพื่อให้จุดเด่นที่ได้รับมีความเสถียรภาพ จะต้อง
ขั้นตอนวิธีต่อไปนี้

**กมแถวลำดับ**

3(i) เป็นแถวลำดับสำหรับเก็บตำแหน่ง t ของจุดเด่นที่ $\sigma$ เล็กสุด

2(i) เป็นแถวลำดับสำหรับเก็บตำแหน่ง t ของจุดเด่นที่ $\sigma$ ปัจจุบัน

1(i) เป็นแถวลำดับสำหรับเก็บตำแหน่ง t ของจุดเด่นที่ $\sigma$-2

**ดอนวิธีตามรอยกลับ**

หาจุดเด่นบน $K(t,3)$ แล้วเก็บตำแหน่ง $t$ ของจุดเด่นลงในแถวลำดับ p3(i) และ p1(i) สำหรับ i = 1,2,.....,$M_1$
ยที่ $M_1$ คือจำนวนจุดเด่นที่พบ

ให้ $\sigma = \sigma+2$ แล้วทำการหาจุดเด่นบน $K(t,\sigma)$ ตำแหน่ง $t$ ของจุดเด่นที่ได้จะถูกเก็บลงในแถวลำดับ p2(i)
หรับ i = 1,2,...,$M_2$ โดยที่ $M_2$ คือจำนวนจุดเด่นที่พบ และ $M_2 \leq M_1$

ดึงจุดเด่นที่เลื่อนไปโดยใช้ขั้นตอนวิธีต่อไปนี้

i = 1 to $M_2$

search p1(k) so that $\min_k |p1(j) - p2(j)|$ , $1 \leq j \leq M_1$

p3(i) = p3(k)

d for

$M_1 = M_2$ then

counter = counter+1

if counter > threshold , find dominant point

else if counter < threshold , go to step(2)

e if $M_1 \neq M_2$ , then

counter = 0

$M_1 = M_2$

go to step (2)

เริ่มเปลี่ยน(threshold)เป็นค่าที่เรากำหนดขึ้น ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดช่วงของการเปลี่ยนขนาดที่จุดเด่นยังคง
ถียรภาพ

**3. การเลือกชุดของจุดเด่นที่จับคู่ได้ดีที่สุด**

ในส่วนนี้ จะเป็นการเลือกชุดของจุดเด่นที่จับคู่กันได้ดีที่สุดโดยใช้โครงข่ายประสาทโฮปฟิลด์ ถ้าสมมุติ
นที่ตั้งไว้ว่า วัตถุต้นแบบมีอยู่ในฉากเป็นจริง ชุดของจุดเด่นที่เลือกจะผ่านขั้นตอนการตรวจสมมุติฐาน ถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มืออยู่จริงก็จะไม่ผ่านขั้นตอนการตรวจสอบ ในการเลือกชุดของจุดเด่นที่จับคู่ได้ดีที่สุด จะใช้มาตรวัดความวงรีในการวัดความคล้ายของจุดเด่น ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

1 มาตรวัดค่าความเป็นวงรี

ในการวัดความคล้ายระหว่างจุดเด่นบนวัตถุต้นแบบ $(x_1,y_1)$ กับจุดเด่นบนวัตถุทดสอบ $(u_1,v_1)$ ทำได้ยการหาค่าความเป็นวงรีโดยแสดงเป็นขั้นตอนดังนี้

1 กำหนดให้ $p_1,t_1$ เป็นจุดเด่นบนสัญฐานวัตถุต้นแบบและวัตถุทดสอบ โดยมี $p_2,t_2$ เป็นจุดข้างเคียงในด้านนึ่งและ $p_3,t_3$ เป็นจุดข้างเคียงในอีกด้านหนึ่ง เราสามารถสร้างรูปสามเหลี่ยม $p_2p_1p_3$ และ $t_2t_1t_3$ ดังแสดงในปที่ 16.1 และกล่าวว่าสามเหลี่ยม $p_2p_1p_3$ แปลงไปเป็นสามเหลี่ยม $t_2t_1t_3$ โดยการแปลงแอ็ฟไฟน(affine) ดังมการที่ (8) ความคล้ายของสามเหลี่ยมทั้งสองรูปจะเป็นตัวกำหนดความคล้ายของจุดเด่น $p_1$ กับ $t_1$

$$u = Ax + t \tag{8}$$

$$x = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix}, \; t = \begin{bmatrix} e \\ f \end{bmatrix}, \; A = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$$

ละ $|A| \neq 0$

ำการหาค่าสัมประสิทธิ์การแปลงในเมตริกซ์ A โดยใช้สมการ (9)

$$\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} = B^{-1} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{bmatrix} \quad \text{และ} \quad \begin{bmatrix} c \\ d \\ f \end{bmatrix} = B^{-1} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix} \tag{9}$$

ึ่ง $B = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & 1 \end{bmatrix}$

$(x_i,y_i)$ เป็นโคออดิเนตของจุด $p_i$

$(u_i,v_i)$ เป็นโคออดิเนตของจุด $t_i$

นื่องจากจุดหมุนของสามเหลี่ยมเป็นนอนโคลิเนียร์(noncollinear) ดังนั้นจะได้ $|B| \neq 0$ และ $B^{-1}$ หาค่าได้ [3]

2) ในการหาค่าความคล้ายของสามเหลี่ยม $p_2p_1p_3$ และ $t_2t_1t_3$ เพื่อไปกำหนดค่าความคล้ายของจุด $p_1$ กับ $t_1$ ทำได้โดยการหาค่าความเป็นวงรี จากรูป 16.2 วงกลมในสามเหลี่ยม $p_2p_1p_3$ จะถูกแปลงผ่านการแปลงแอ็ฟไฟนไปเป็นวงรีในสามเหลี่ยม $t_2t_1t_3$ ซึ่งเราหาค่าความเป็นวงรีได้จากสมการ (10)

ค่าความเป็นวงรี $S = \dfrac{2\sqrt{d1d2}}{(d1+d2)}$ (10)

เมื่อ d1 คือ ความยาวแกนหลักของวงรี

d2 คือ ความยาวแกนรองของวงรี

จาก [3] ถ้า $|A| > 0$ เราสามารถหา $S$ จากสัมประสิทธิ์การแปลง

ดังสมการ (11)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

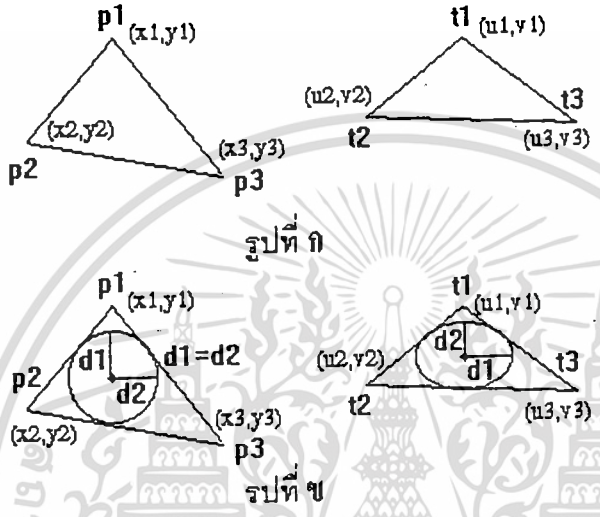
$$S = \frac{t_1^2 + t_3^2 - \left(t_2^2 + t_4^2\right)}{t_1^2 + t_2^2 + t_3^2 + t_4^2} \qquad (11)$$

ใน

$t_1 = a + b$ , $t_2 = a - d$

$t_3 = b - c$ , $t_4 = b + c$

ในกรณีที่ |A| < 0 หรือ ad - cb < 0 แสดงว่าเกิดการสะท้อนในการแปลงสามเหลี่ยม นั่นคือ $p_2p_1p_3$ และ $t_2t_1t_3$ ไม่คล้ายกัน ดังนั้นจึงกำหนดให้ S = 0




รูปที่ 3.7 แสดงการหามาตรวัดความคล้ายของ p1 กับ t1

### 3.3.2 โครงข่ายประสาทเทียมโฮปฟิลด์

โครงข่ายประสาทเทียมโฮปฟิลด์เป็นโครงข่ายแบบรีเคอเร็นท์(recurrent) ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปตารางเมตริกซ์ NXM ได้ดังแสดงในรูปที่ 3.8 ค่า N คือจำนวนจุดเด่นของวัตถุต้นแบบ ส่วน M คือจำนวนจุดเด่นของวัตถุทดสอบในฉาก รายละเอียดพื้นฐานอ้างอิงใน [6],[7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(x) N = 5

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 (i) M = 7 |

**รูปที่ 3.8 แสดงโครงข่ายในรูปเมตริกซ์**

ให้ *Vxi* เป็นเซลประสาทที่ตำแหน่ง *(i,x)* ในตารางเมตริกซ์ โดย $x$ = 1,2,3,...,N และ $i$ = 1,2,3,.....,M เซลประสาท *Vxi* แต่ละหน่วยจะมี 2 สภาวะ คือ 0 และ 1 ถ้า *Vxi* = 1 ในที่นี้หมายความว่าจุดเด่น $x$ บนวัตถุต้นแบบคล้ายกับจุดเด่น $i$ บนวัตถุทดสอบ และถ้า *Vxi* = 0 จุดเด่น $x$ บนวัตถุต้นแบบไม่คล้ายกับจุดเด่น $i$ บนวัตถุทดสอบ ในการประยุกต์ใช้งาน จะเริ่มต้นตั้งค่าเซลประสาทแต่ละหน่วย โดยใช้เงื่อนไขการตั้งค่าเริ่มต้นแล้วทำกระบวนการปรับสภาวะ(updating)เซลประสาทแต่ละหน่วยจนกระทั่งโครงข่ายเข้าสู่สภาวะเสถียรภาพ (stable state) ที่สภาวะนี้ พลังงานของระบบจะมีค่าต่ำสุด และชุดของ *Vxi* = 1 คือชุดของจุดเด่นที่จับคู่กันได้ดีที่สุด

**3.3.2.1 การประยุกต์สมการพลังงาน**

ในส่วนนี้จะอธิบายถึงแนวทางการสร้างสมการพลังงานของบทความนี้ และแสดงให้เห็นความสอดคล้องกับสมการพลังงานดั่งเดิมของโครงข่ายประสาทโฮปฟิลด์

สมการพลังงานที่จะสร้างจะต้องทำให้โครงข่ายประสาทโฮปฟิลด์สอดคล้องกับข้อกำหนดดังต่อไปนี้

(1) จุดเด่นบนวัตถุต้นแบบแต่ละจุดต้องจับคู่กับจุดเด่นบนวัตถุทดสอบในฉากเพียง 1 คู่เท่านั้น

(2) จุดเด่นบนวัตถุทดสอบแต่ละจุดต้องจับคู่กับจุดเด่นบนวัตถุต้นแบบเพียง 1 คู่เท่านั้น

(3) เมื่อพลังงานมีค่าต่ำสุด โครงข่ายประสาทโฮปฟิลด์ควรจะให้ชุดของจุดเด่นระหว่างวัตถุต้นแบบกับวัตถุทดสอบในฉากที่จับคู่กันได้ดีที่สุดเป็นคำตอบ

สมการพลังงานที่ใช้ ได้แสดงในสมการที่ (12)

$$E = \sum_x \left(1 - \sum_i Vxi\right)^2 + \sum_i \left(1 - \sum_x Vxi\right)^2 - \sum_x \sum_y \sum_i \sum_j F_i Vxi Vyj \qquad (12)$$

โดยที่ $\sum_x = \sum_{x=1}^{N}$ , $\sum_y = \sum_{y=1}^{N}$ , $\sum_i = \sum_{i=1}^{M}$ , $\sum_j = \sum_{j=1}^{M}$

พจน์ที่ 1 และพจน์ที่ 2 ของสมการ E สอดคล้องกับข้อกำหนด 1 และ 2 พจน์ทั้งคู่จะมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0 ส่วนพจน์ที่ 3 ถูกแสดงอีกครั้งข้างล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$-\sum_{x}\sum_{y}\sum_{i}\sum_{j}F_1 Vxi Vyj$$

โดยนิยาม $F_1$ ดังนี้

$$F_1 = \begin{cases} Syx(x+1), ji(i+1); if\ Syx(x+1), ji(i+1) \geq \theta_1 \\ -1 \qquad\qquad\qquad\qquad ;\ other \end{cases}$$

$Syx(x+1),ji(i+1)$ เป็นค่าความเป็นวงรีของการแปลงสามเหลี่ยม$yx(x+1)$ ไปเป็น $ji(i+1)$ $\theta_1$ เป็นค่าที่กำหนดขึ้นอยู่ในช่วง [0,1] ต่อไปจะแสดงให้เห็นว่าสมการพลังงาน (สมการที่ 12) ที่ตั้งขึ้นเทียบเท่ากับสมการพลังงานดั่งเดิมของโดครงข่ายประสาทโฮปฟิลด์ ดังแสดงในสมการที่ (13)

$$E = -\frac{1}{2}\sum_{x}\sum_{y}\sum_{i}\sum_{j}T_{xi,yj}V_{xi}V_{yj} - \sum_{x}\sum_{x}V_{xi}I_{xi} \qquad (13)$$

เมื่อ $T_{xi,yj}$ คือความตึงของการเชื่อมต่อ(Interconnection Strengh)จากเซลประสาท $yj$ ไปยังเซลประสาท $xi$

$I_{xi}$ คือ อินพุตที่ต่อกับเซลประสาท $xi$

จากสมการ (12)

$$E = \sum_{x}\left(1 - \sum_{i}Vxi\right)^2 + \sum_{i}\left(1 - \sum_{x}Vxi\right)^2 - \sum_{x}\sum_{y}\sum_{i}\sum_{j}F_1 Vxi Vyj$$

$$= \sum_{x}1 + \sum_{x}\left(\sum_{i}Vxi\right)^2 - 2\sum_{x}\sum_{i}Vxi + \sum_{i}1 + \sum_{i}\left(\sum_{x}Vxi\right)^2 - 2\sum_{i}\sum_{x}Vxi - \sum_{x}\sum_{y}\sum_{i}\sum_{j}F_1 Vxi Vyj$$

$$= N + M + \sum_{x}\sum_{i}\sum_{j}Vxi Vxj + \sum_{x}\sum_{i}\sum_{y}Vxi Vyi - 4\sum_{x}\sum_{i}Vxi - \sum_{x}\sum_{y}\sum_{i}\sum_{j}F_1 Vxi Vyj$$

$$E - (N + M) = \sum_{x}\sum_{y}\sum_{i}\sum_{j}Vxi Vyj\delta xy + \sum_{x}\sum_{y}\sum_{i}\sum_{j}Vxi Vyj\ \delta ij$$

$$-4\sum_{x}\sum_{i}Vxi - \sum_{x}\sum_{y}\sum_{i}\sum_{j}F_1 Vxi Vyj$$

เมื่อ $\delta_{xy}$ และ $\delta_{ij}$ คือโครเนคเกอร์เดลต้าฟังค์ชัน(Kronecker delta function)

$$\delta xy = \begin{cases} 1 & if\ x = y \\ 0 & if\ x \neq y \end{cases}, \delta ij = \begin{cases} 1 & if\ i = j \\ 0 & if\ i \neq j \end{cases}$$

$$\frac{E - (N + M)}{2} = -\frac{1}{2}\sum_{x}\sum_{y}\sum_{i}\sum_{j}\left(-\delta xy - \delta ij + F_1\right)Vxi Vyj - \sum_{x}\sum_{i}2Vxi$$

ถ้ากำหนดให้ $T_{xi,yj} = -\delta_{xy} - \delta_{ij} + F_1$ และ $I_{xi} = 2$ จะพบว่าสมการ (12) เทียบเท่าสมการ (13) และสามารถเขียนใหม่ได้ดังสมการ (14)

$$E = -\sum_{x}\sum_{y}\sum_{i}\sum_{j}Txi,yjVxiVyj - 4\sum_{x}\sum_{i}Vxi \qquad (14)$$

ต่อไปจะแสดงกฎการปรับสภาวะ(updating rule)สำหรับเซลประสาทแต่ละหน่วย ซึ่งจะทำให้พลังงานของระบบลดลงจนถึงสภาวะเสถียรภาพ พิจารณาการเปลี่ยนแปลงของโครงข่ายประสาทเมื่อมีการปรับสภาวะที่เซลประสาท $Vxi$ จะได้

$$\Delta E = E^{(new)} - E^{(old)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \overbrace{-\sum_x\sum_y\sum_i\sum_j Txi,yjVxiVyj - 4\sum_x\sum_i Vxi}^{new} \overbrace{+\sum_x\sum_i\sum_y\sum_j Txi,yjVxiVyj + 4\sum_x\sum_i Vxi}^{old}$$

$$= \left\{ -\sum_{\substack{y \\ (y\neq x)}}\sum_{\substack{j \\ (j\neq i)}} (Txi,yj + Tyj,Txi)Vyi - 4 \right\} \Delta Vxi$$

กำหนดให้

$$Uxi = \sum_{\substack{y \\ (y\neq x)}}\sum_{\substack{j \\ (j\neq i)}} (Txi,yj + Tyj,Txi)Vyi + 4 \qquad (15)$$

จะได้ $\Delta E = -Uxi\Delta Vxi$ (16)

เนื่องจากสมการ (16) และเงื่อนไขพลังงานของระบบซึ่งจะต้องลดลงจนเข้าสภาวะเสถียรภาพ ดังนั้นทุกครั้งที่เซลประสาทมีการปรับสภาวะ $\Delta E$ จะต้องไม่เป็นบวก จึงสรุปเป็นกฎการปรับสภาวะได้ดังนี้

$$Vxi = \begin{cases} 1 & Uxi > 0 \\ 0 & Uxi < 0 \\ unchanged & Uxi = 0 \end{cases} \qquad (17)$$

**3.3.2.2 ขั้นตอนการประยุกต์โครงข่ายประสาทโฮปฟิลด์**

ในการประยุกต์โครงข่ายประสาทโฮปฟิลด์เพื่อหาชุดของจุดเด่นที่จับคู่ดีที่สุด สามารถสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

(1) ทำการตั้งสภาวะเริ่มต้นของเซลประสาทแต่ละหน่วย โดยใช้เงื่อนไขต่อไปนี้

$$Vxi = \begin{cases} 1 & if \quad S_{(x-1)x(x+1),(i-1)i(i+1)} \geq \theta_1 \; or \; C_{x,i} \leq \theta_2 \\ 0 & other \end{cases} \quad \text{โดย} C_{x,i} = \frac{|C_x - C_i|}{|C_x| + |C_i|}$$

$Cx,Ci$ เป็นค่าความโค้งของจุดเด่น $x$ และ $i$ ตามลำดับ ส่วน $\theta_1, \theta_2$ คือ ขีดเริ่มเปลี่ยน ซึ่งเราจะต้องกำหนดขึ้นเอง

(2) ทำการแก้ไขสภาวะเริ่มต้นของเซลประสาทแต่ละหน่วย ทั้งนี้เนื่องจากการซ้อนทับหรือข้อผิดพลาดอื่นๆ อาจทำให้เกิดการตั้งค่า 1 แก่เซลประสาทผิดหน่วย ซึ่งจะมีผลต่อการเข้าสภาวะเสถียรภาพ การแก้ไขทำได้โดยใช้เงื่อนไขดังต่อไปนี้ และตัวอย่างแสดงในรูปที่ 3.9

$$v_{xi} = \begin{cases} 0 & if \; v_{xi} = 1 and \; v_{(x-1)(i-1)} + v_{(x+1)(i+1)} = 0 \\ unchanged & other \end{cases}$$

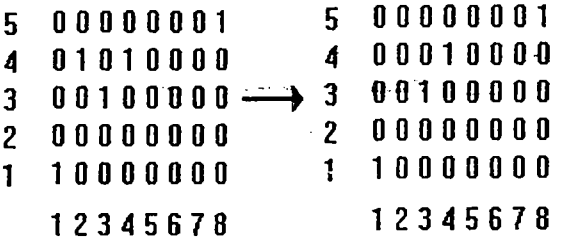
ถ้า (x-1) = 0 กำหนดให้ (x-1) = N

(x+1) > N กำหนดให้ (x+1) = 0

(i-1) = 0 กำหนดให้ (i-1) = M

(i-1) > M กำหนดให้ (i+1) = 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.9 ตัวอย่างแสดงการแก้ไขสภาวะเริ่มต้น

(3) ทำการปรับสภาวะของเซลประสาทแต่ละหน่วย โดยใช้สมการ (17) หลักเกณฑ์ในการปรับ คืออัตราจำนวนครั้งเฉลี่ยในการปรับเซลประสาทแต่ละหน่วยต้องเท่ากัน

(4) กระทำซ้ำขั้นตอน (3) จนกระทั่งโครงข่ายประสาทเข้าสู่สภาวะเสถียรภาพ นั่นคือเซลประสาททุกหน่วยไม่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งแสดงว่าพลังงานของโครงข่ายประสาทมีค่าต่ำสุดและชุดของ $Vxi = 1$ คือชุดของจุดเด่นที่จับคู่ได้ดีที่สุด

### 3.4. การตรวจสอบสมมติฐาน

จากสมมติฐานที่ตั้งว่ามีวัตถุต้นแบบอยู่ในฉาก ในขั้นตอนนี้จะทำการตรวจสอบสมมติฐานนั้น โดยคำนวณโมเมนต์อินวาเรียนเชิงเส้นและมาตรวัดสัดส่วนจากสัญฐานย่อยที่จับคู่ได้ดีที่สุด

### 3.4.1 โมเมนต์อินวาเรียนเชิงเส้น (Line invariant moment)

ค่าโมเมนต์อินวาเรียนเชิงเส้น คือปริมาณทางคณิตศาสตร์ 7 ค่า($\phi_1$-$\phi_7$) ซึ่งคำนวณจากโมเมนต์เชิงเส้นอันดับ 0-3 โดยรายละเอียดอ้างอิงใน [8]

ในบทความนี้เราได้ใช้ปริมาณ($\phi_1$-$\phi_7$)ในการบรรยายสัญฐานย่อยที่จับคู่ได้ดีที่สุด ถ้าคู่สัญฐานย่อยนั้นเหมือนกัน ค่า($\phi_1$-$\phi_7$)จะเหมือนกันด้วย โดยไม่ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของขนาด การเลื่อนตำแหน่งและทิศทางการหมุน การหาโมเมนต์อินวาเรียนเชิงเส้นของสัญฐานย่อยใดๆทำได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4. การตรวจสอบสมมติฐาน

จากสมมติฐานที่ตั้งว่ามีวัตถุต้นแบบอยู่ในฉาก ในขั้นตอนนี้จะทำการตรวจสอบสมมติฐานนั้น โดยคำนวณโมเมนต์อินวาเรียนเชิงเส้นและมาตรวัดสัดส่วนจากสัญฐานย่อยที่จับคู่ได้ดีที่สุด

#### 3.4.1 โมเมนต์อินวาเรียนเชิงเส้น (Line invariant moment)

ค่าโมเมนต์อินวาเรียนเชิงเส้น คือปริมาณทางคณิตศาสตร์ 7 ค่า($\phi_1$-$\phi_7$) ซึ่งคำนวณจากโมเมนต์เชิงเส้นอันดับ 0-3 โดยรายละเอียดอ้างอิงใน [8]

ในบทความนี้เราได้ใช้ปริมาณ($\phi_1$-$\phi_7$)ในการบรรยายสัญฐานย่อยที่จับคู่ได้ดีที่สุด ถ้าคู่สัญฐานย่อยนั้นเหมือนกัน ค่า($\phi_1$-$\phi_7$)จะเหมือนกันด้วย โดยไม่ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของขนาด การเลื่อนตำแหน่งและทิศทางการหมุน การหาโมเมนต์อินวาเรียนเชิงเส้นของสัญฐานย่อยใดๆทำได้ดังนี้

(1) หาโมเมนต์เชิงเส้น(Line moment)

ให้ $C$ เป็นเซตของคู่อันดับ$(x,y)$บนสัญฐานย่อย โดยกำหนดให้$m_{pq}$เป็นโมเมนต์เชิงเส้น และ$(p+q)$เป็นอันดับของโมเมนต์เชิงเส้น จะได้

$$m_{pq} = \sum_{(x,y)\in C} x^p y^q, (p+q) = 0,1,2,3,.... \quad (18)$$

(2) หาโมเมนต์ศูนย์กลางเชิงเส้น (Line central moment)

โมเมนต์ศูนย์กลางเชิงเส้น($\mu_{pq}$) เป็นโมเมนต์ที่ไม่เปลี่ยนแปลงต่อการเลื่อนตำแหน่งของสัญฐานย่อย และสามารถคำนวณ$\mu_{pq}$จาก$m_{pq}$ในสมการ(18)ได้ดังนี้

$$\mu_{00} = m_{00}$$
$$\mu_{10} = \mu_{01} = 0$$
$$\mu_{11} = m_{11} - \bar{y} m_{10}$$
$$\mu_{20} = m_{20} - \bar{x} m_{10}$$
$$\mu_{02} = m_{02} - \bar{y} m_{01}$$
$$\mu_{30} = m_{30} - 3\bar{x} m_{20} + 2\bar{x}^2 m_{10}$$
$$\mu_{03} = m_{03} - 3\bar{y} m_{02} + 2\bar{y}^2 m_{01}$$
$$\mu_{12} = m_{12} - 2\bar{y} m_{11} - \bar{x} m_{02} + 2\bar{y}^2 m_{10}$$
$$\mu_{21} = m_{21} - 2\bar{x} m_{11} - \bar{y} m_{20} + 2\bar{x}^2 m_{01}$$

$$\bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}}, \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}} \quad (19)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$d_k = \|A_k - B_k\| = \sqrt{(A_k - B_k)(A_k - B_k)'} \qquad (22)$$
$$D = \sum_k d_k$$

กำหนดให้ $S_p$ เป็นมาตรวัดสัดส่วน ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

$$Sp = \frac{m'_{00}}{m''_{00}} \qquad (23)$$

โดย $m'_{00}$ เป็นโมเมนต์เชิงเส้นอันดับศูนย์ของสัญฐานย่อยที่ถูกจับคู่ในวัตถุต้นแบบ

$m''_{00}$ เป็นโมเมนต์เชิงเส้นอันดับศูนย์ของสัญฐานที่ถูกจับคู่ในวัตถุต้นแบบ

สมมติฐานที่ว่า "มีวัตถุต้นแบบอยู่ในฉาก" จะเป็นจริงถ้าเงื่อนไขในสมการ (24) เป็นจริง

$D \leq T1$ , $T1$ มีค่าอยู่ในช่วง$(0,\infty)$

$Sp \geq T2$ , $T2$ มีค่าอยู่ในช่วง$[0,1]$ (24)

โดย T1,T2 เป็นขีดเริ่มเปลี่ยนที่กำหนดขึ้น ถ้า T1 มีค่าน้อย สัญฐานย่อยจะต้องเหมือนกันมากจึงจะผ่านเงื่อนไขนี้ ถ้า T2 มีค่ามากสัดส่วนของสัญฐานย่อยที่จับคู่กับสัญฐานในวัตถุต้นแบบจะต้องใกล้เคียงกันมากจึงจะผ่านเงื่อนไขนี้ค่า

## 4. ตัวอย่างการทดสอบ

การทดสอบได้ใช้วัตถุต้นแบบ 2 ชิ้น วัตถุต้นแบบที่ 1 แสดงดังรูปที่ 4.1 และวัตถุต้นแบบที่ 2 แสดงดังรูปที่ 4.2 นำวัตถุทั้งสองมาวางซ้อนกันเป็นวัตถุทดสอบ โดยวัตถุต้นแบบที่ 1 ถูกขยายไป 1.2 เท่า ดังแสดงในรูปที่ 4.3 จุดเด่นของวัตถุต้นแบบและวัตถุทดสอบได้แสดงในภาพ4.4 - 4.6 ตามลำดับ

ในขั้นตอนต่อไป จะทำการทำการจับคู่วัตถุต้นแบบว่าอยู่ส่วนไหนของวัตถุทดสอบ โดยจะใช้วัตถุต้นแบบที่ 1 จับคู่ก่อน ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

(1) หาค่าความเป็นวงรีเปรียบเทียบกันระหว่างวัตถุต้นแบบกับวัตถุทดสอบในฉาก

( x )

N=

7

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | ( i ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | M= |
| | | | | | | | | | | | | | | | 14 |

(2) ทำการตั้งสภาวะเริ่มต้นของเซลประสาทแต่ละหน่วย

( x )

N=

7

| 7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | ( i ) |
| | | | | | | | | | | | | | | | M= |
| | | | | | | | | | | | | | | | 14 |

(3) ทำการปรับสภาวะของเซลประสาท จนกระทั่งโครงข่ายประสาทเข้าสู่สภาวะเสถียรภาพ

( x )

N=

7

| 7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | ( i ) |
| | | | | | | | | | | | | | | | M= |
| | | | | | | | | | | | | | | | 14 |

(4) ทดสอบสมมุติฐานโดยใช้โมเมนต์อินวาเรียนเชิงเส้น จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | ( i ) |
| | | | | | | | | | | | | | | | M= |
| | | | | | | | | | | | | | | | 14 |

(2) ทำการตั้งสภาวะเริ่มต้นของเซลประสาทแต่ละหน่วย

( x )

N=

7

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | ( i ) |
| | | | | | | | | | | | | | | | M= |
| | | | | | | | | | | | | | | | 14 |

(3) ทำการปรับสภาวะของเซลประสาท จนกระทั่งโครงข่ายประสาทเข้าสู่สภาวะเสถียรภาพ

( x )

N=

7

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | ( i ) |
| | | | | | | | | | | | | | | | M= |
| | | | | | | | | | | | | | | | 14 |

(4) ทดสอบสมมุติฐานโดยใช้โมเมนต์อินวาเรียนเชิงเส้น จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D = 2.8043274276

Sp = 0.7235932873

ส่วนที่สามารถจับคู่กันได้ระหว่างวัตถุต้นแบบที่ 1 กับวัตถุทดสอบในฉากแสดงเป็นเส้นหนาในรูปที่ 4.7

ในขั้นต่อไป จะทำการทำการจับคู่วัตถุต้นแบบ 2 ว่าอยู่ส่วนไหนของวัตถุทดสอบ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

(1) หาค่าความเป็นวงรีเปรียบเทียบกันระหว่างวัตถุต้นแบบกับวัตถุทดสอบในฉาก

( x )

N=

6

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | ( i ) |

M=

14

(2) ทำการตั้งสภาวะเริ่มต้นของเซลประสาทแต่ละหน่วย

( x )

N=

6

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | ( i ) |

M=

14

(3) ทำการปรับสภาวะของเซลประสาท จนกระทั่งโครงข่ายประสาทเข้าสู่สภาวะเสถียรภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ( x ) | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N= | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | ( i ) |
| | | | | | | | | | | | | | | | M= |
| | | | | | | | | | | | | | | | 14 |

(4) ทดสอบสมมุติฐานโดยใช้โมเมนต์อินวาเรียนเชิงเส้น จะได้

$D = 7.5421 \times 10^{-14}$

$Sp = 0.68314$

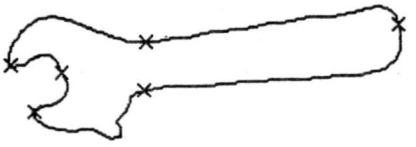
ส่วนที่สามารถจับคู่กันได้ระหว่างวัตถุต้นแบบที่ 1 กับวัตถุทดสอบในฉากแสดงเป็นเส้นหนาในรูปที่ 4.8

รูปที่ 4.1 วัตถุต้นแบบที่ 1

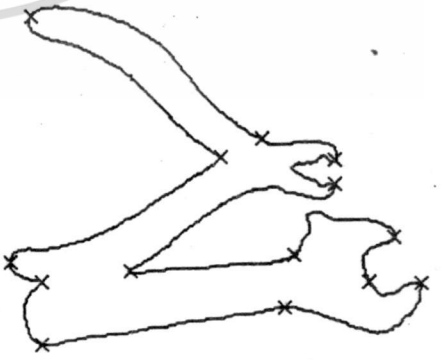
รูปที่ 4.2 วัตถุต้นแบบที่ 2

รูปที่ 4.3 วัตถุทดสอบ

รูปที่ 4.4

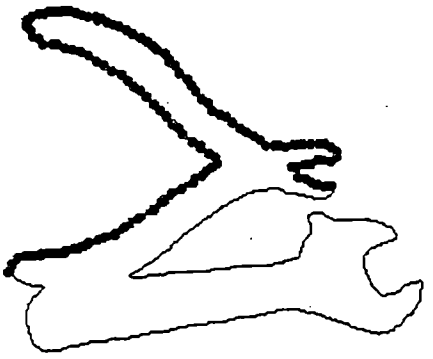


รูปที่ 4.5



รูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7

รูปที่ 4.8

## 5. สรุป

บทความนี้ได้นำเสนอวิธีการรู้จำสัญฐานย่อยของวัตถุโดยสัญฐานย่อยของวัตถุบางส่วนอาจมีการสูญเสียเนื่องจากการซ้อนทับหรือการสัมผัสกัน นอกจากนี้ยังได้กล่าวถึงการพัฒนาการ์ดดิจิไตซ์เซอร์อีกด้วย ในส่วนของวิธีการรู้จำสัญฐานที่นำเสนอ ได้ใช้หลักการของบทความ [3] ซึ่งประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทโฮปฟิลด์และตั้งสมมติฐานว่ามีวัตถุต้นแบบอยู่ในฉาก

ข้อแตกต่างของบทความนี้กับ [3] มีดังนี้ (1) บทความนี้ใช้ตัวกรองเกาส์เซียนและขั้นตอนวิธีตามรอยกลับในการดึงจุดเด่นออกจากสัญฐานของวัตถุ ซึ่งจะได้จุดเด่นที่มีเสถียรภาพต่อการเปลี่ยนขนาด การเลื่อนตำแหน่งและการหมุนที่ดีกว่า (2) บทความนี้เสนอรูปของสมการพลังงานประยุกต์ที่ต่างไป และได้แสดงให้เห็นว่าสอดคล้องกับสมการพลังงานดั่งเดิม (3) โมเมนต์อินวาเรียนเชิงเส้นและมาตรวัดสัดส่วนได้ถูกประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐาน เพื่อสรุปว่าวัตถุต้นแบบมีอยู่ในฉากหรือไม่

## 6. เอกสารอ้างอิง


1. N.M.Nasrabadi , W.Li , Object recognition by a hopfield neural network , *IEEE Trans. Syst.,Man,Cybern*,Vol 21,pp. 1523-1535 , November/December 1991

2. N. Ansari , E.J.Delp , Partial shape recognition:A landmark-based approach,*IEEE Trans. PAMI* ,vol.12,pp. 470-483 ,May 1990

3. N.Ansari,K.Li,Landmark-Based shape recognition by a modified hopfield neural network,*Pattern recognition*,vol.24,pp. 531-542 , 1993

4. N.Ansari , E.J.Delp,Ondetection dominant point , Pattern *recognition*,vol.24,pp.441-451,1991

5. S.C.Pei ,C.N.Lin , The detection of dominant points on digital curves by scale-space filtering , *Pattern recognition* , Vol.25,pp.1307-1314,1992

6. J.E.Dayhoff , *Neural network architectures:an introduction* , Van Nostrand Reinhold , pp.37-57,1990

7. R.K.Nielsen , *Neurocomputing* , Addison-Weslay Publishing Company , pp.95-99,1990

8. C.C.Chen , Improved moment invariants for shape discrimina tion , *Pattern Recognition* 26,pp.619-686,1993



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้