

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การแปลงภาพ GREY-LEVEL เป็นภาพ BINARY โดยใช้วิธีของ
ENTROPY แสดงผลบนบอร์ด STARTER KIT TMS 320C31

CONVERSION OF GREY-LEVEL PICTURE TO BINARY PICTURE

BY ENTROPY METHOD

IMPLEMENTED ON TMS 320C31 STARTER KIT



เพชร ใจหาญ
PETCH CHAIHARN

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 47654
วัน, เดือน, ปี..... 21 ส.ค. 2546

.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

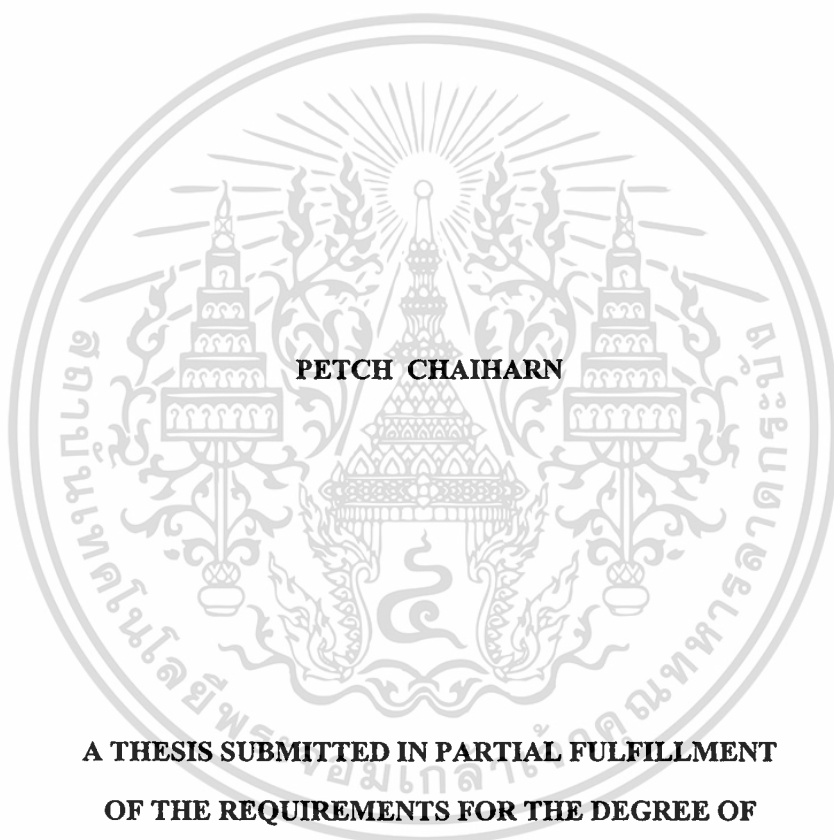
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2546

ISBN 974-324-487-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**CONVERSION OF GREY-LEVEL PICTURE TO BINARY PICTURE
BY ENTROPY METHOD
IMPLEMENTED ON TMS 320C31 STARTER KIT**



PETCH CHAIHARN

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2003

ISBN 974-324-487-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2003

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การแปลงภาพ Grey– level เป็นภาพ Binary โดยใช้วิธีของ Entropy แสดงผลบนบอร์ด Starter Kit TMS 320C31
นักศึกษา	นาย เพชร ใจหาญ
รหัสประจำตัว	41061011
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2546
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. พุศักรดิ์ ชิวสุวิทย์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการประยุกต์ใช้งานบอร์ดสตาร์ทเตอร์ คิท TMS320C31 ในการแปลงภาพระดับสีเทาเป็นภาพสองระดับเพื่อใช้ในงานจำแนกวัตถุโดยหุ่นยนต์ โดยอาศัยการเลือกค่าเทรชโฮลด์ ที่เหมาะสมด้วยวิธีเอนโทรปีของฮิสโตแกรม , ผลการทดลองเปรียบเทียบกับวิธีเทรชโฮลด์คงที่และวิธีของ Otsu โดยอาศัยการตรวจสอบคุณภาพของภาพที่ได้ ด้วยวิธีเกรเดียนต์เฉลี่ยและวิธีผลรวมค่าความแปรปรวนในแต่ละคลาส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. พุศศักดิ์ ชิวสุวิทย์ เป็นอย่างสูงที่ได้ให้การประสิทธิ์ประสาทวิชา คำแนะนำและคำปรึกษาในเรื่องต่างๆ ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านที่ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. กอบชัย เดชหาญ และ รศ. สักกริยา ชิตวงศ์ ที่ได้ช่วยเหลือและให้คำแนะนำต่างๆ ขอขอบพระคุณ ท่านกรรมการสอบทุกท่านที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้ให้กำลังใจและแรงผลักดันตลอดมา

ขอขอบคุณ พี่ภาวิน โคมลวิภาท ที่ได้ช่วยแก้ปัญหาและให้คำแนะนำต่างๆ มาโดยตลอด

ขอขอบคุณ พี่ๆ และเพื่อนๆ นักศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม ทุกคนที่ช่วยเหลือและให้คำแนะนำต่างๆ จนสำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณพินิต ชลชวทิต ผู้ช่วยผู้จัดการส่วนวิศวกรรม บริษัท รังสิตฟุตแวร์ จำกัด ที่ได้ให้โอกาสในการศึกษา และเป็นกำลังใจมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ คุณเกสินี ใจหาญ ที่ช่วยพิมพ์วิทยานิพนธ์และตรวจทานจนเป็นรูปเล่มสมบูรณ์และเป็นกำลังใจมาโดยตลอด

สุดท้ายขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้สนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนขอบอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

เพชร ใจหาญ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 คำนำ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	1
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
บทที่ 2 สถาปัตยกรรมของ TMS 320C31.....	4
2.1 คำนำ.....	4
2.2 หน่วยประมวลผลกลาง.....	5
2.2.1 หน่วยกระทำการคูณ.....	5
2.2.2 หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์.....	5
2.2.3 หน่วยช่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์.....	5
2.2.4 รีจิสเตอร์.....	5
2.3 หน่วยความจำ.....	8
2.3.1 แรม, รอม.....	8
2.3.2 ตารางหน่วยความจำ.....	8
2.3.3 โหมดของการอ้างแอดเดรส.....	9
2.4 บัสภายใน.....	10
2.5 บัสภายนอก.....	11
2.6 ระบบติดต่อกายนอก.....	13
2.7 ระบบถ่ายโอนข้อมูล.....	14
2.8 คำสั่งภาษาแอสเซมบลี.....	15
2.9 บทสรุป.....	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 รูปแบบข้อมูลภาพ.....	24
3.1 คำนำ.....	24
3.2 การแสดงภาพดิจิทัล.....	24
3.2.1 การแสดงภาพดิจิทัล.....	24
3.2.2 รูปแบบข้อมูลภาพ.....	25
3.3 ซีสโตแกรม.....	32
3.3.1 ไบโมดอล ซีสโตแกรม.....	35
3.4 บทสรุป.....	36
บทที่ 4 การออกแบบแผงวงจรหน่วยความจำ.....	37
4.1 คำนำ.....	37
4.2 สัญญาณที่ต้องใช้.....	37
4.3 สเตติกแรม.....	39
4.4 ลอจิกเกตตระกูล HCT.....	42
4.5 วงจรหน่วยความจำ.....	46
4.6 บทสรุป.....	47
บทที่ 5 การทำเทรซโฮลด์โดยวิธีเอนโทรปีของซีสโตแกรม.....	48
5.1 คำนำ.....	48
5.2 การทำเทรซโฮลด์.....	48
5.2.1 การทำเทรซโฮลด์ด้วยค่าคงที่.....	48
5.2.2 การทำเทรซโฮลด์ด้วยวิธีอื่นๆ.....	50
5.3 การทำเทรซโฮลด์โดยวิธีเอนโทรปีของซีสโตแกรม.....	50
5.3.1 วิธีหาสมการเอนโทรปีคเทรซโฮลด์.....	50
5.3.2 การเลือกค่าเอนโทรปีคเทรซโฮลด์.....	54
5.4 การทำเทรซโฮลด์โดยวิธีของ Otsu.....	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

5.5 การตรวจสอบคุณภาพของภาพ.....	66
5.5.1 วิธีการเกรเดียนต์.....	66
5.5.2 วิธีการหาค่า Mean และ Variance.....	69
5.6 บทสรุป.....	71
บทที่ 6 บทสรุปและแนวทางการพัฒนา.....	72
6.1 สรุปผลการวิจัย.....	72
6.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและข้อเสนอแนะ.....	73
เอกสารอ้างอิง.....	74
ภาคผนวก.....	75
ภาคผนวก ก. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์.....	76
ประวัติผู้เขียน.....	84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ชื่อและหน้าที่ต่างๆ ของรีจิสเตอร์ใน CPU.....	7
2.2 แสดงหน้าที่ต่างๆ ของ primary bus control register.....	12
2.3 แสดงหน้าที่ต่างๆ ของ expansion bus control register.....	13
2.4 แสดงคำสั่งต่าง ๆ ของ ไอซี TMS 320C31.....	16
2.4 แสดงคำสั่งต่างๆ ของ ไอซี TMS 320C31(ต่อ).....	17
2.4 แสดงคำสั่งต่างๆ ของ ไอซี TMS 320C31(ต่อ).....	18
2.4 แสดงคำสั่งต่าง ๆ ของ ไอซี TMS 320C31(ต่อ).....	19
2.4 แสดงคำสั่งต่าง ๆ ของ ไอซี TMS 320C31(ต่อ).....	20
2.4 แสดงคำสั่งต่าง ๆ ของ ไอซี TMS 320C31(ต่อ).....	21
2.4 แสดงคำสั่งต่าง ๆ ของ ไอซี TMS 320C31(ต่อ).....	22
3.1 แสดงขนาดหน่วยความจำที่ใช้เก็บรูปภาพที่มีขนาด N และ m ต่างๆ กัน.....	28
3.2 แสดงขนาดหน่วยความจำเป็นไบต์ (8บิต) ที่ใช้เก็บรูปภาพที่มีขนาด N และ m ต่างกัน.....	28
4.1 แสดงตำแหน่งหน่วยความจำตามช่วงของ Address Bus จำเป็นต้องต่อเข้ากับบัฟเฟอร์ (Buffer) 74ALS541.....	39
4.2 เปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่าง CMOS และ TTL โดยที่ $V_{CC} = 5V$, อุณหภูมิแวดล้อม $T_{amb} = 25^{\circ}C$ และ โหลด Capacitance $C_L = 15pF$	43
4.3 เปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่าง HCMOS และ LSTTL โดยที่ $V_{CC} = 5V$ และ $C_L = 50pF$	44
4.3 (ต่อ).....	45
5.1 แสดงผลเปรียบเทียบคุณภาพภาพสองระดับด้วยเกรเดียนต์เฉลี่ย.....	66
5.2 แสดงผลเปรียบเทียบที่ได้จากการทำเทรซโซลด์รูปทดสอบที่มีสัญญาณรบกวน.....	70
6.1 แสดงผลเปรียบเทียบคุณภาพภาพสองระดับด้วยเกรเดียนต์เฉลี่ย.....	71
6.2 แสดงผลเปรียบเทียบที่ได้จากการทำเทรซโซลด์รูปทดสอบที่มีสัญญาณรบกวน.....	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงสถาปัตยกรรมของไอซีเบอร์ TMS 320C3X.....	4
2.2 แสดงหน่วยความจำของไอซีเบอร์ TMS 320C31.....	8
2.3 แสดงการจัดหน่วยความจำของไอซี TMS320C31.....	9
2.4 memory-mapped external Interface control register.....	11
2.5 primary bus control register.....	12
2.6 expansion bus control register.....	12
2.7 peripheral module.....	14
2.8 DMA controller.....	15
3.1 ภาพดิจิทัลแบบขาวดำหรือโมโนโครม.....	25
3.2 รูปภาพผลลัพธ์จากการลดค่ารีโซลูชันทางสปีเชียล.....	30
3.3 รูปภาพขนาด 1,024 x 1,024 ที่แสดงด้วยจำนวนระดับสีเทาต่างๆ.....	31
3.4 ตัวอย่างการเปลี่ยนค่าความชัดอย่างเฉียบพลันเมื่อสีเหลืองเล็กน้อยตรงกลางซึ่งมีความเข้มเท่ากัน แต่จะเห็นสีเหลืองเล็กน้อยมากขึ้นเมื่อบริเวณที่เหลืองรอบนอกมีความสว่างกว่า..	32
3.5 ฮิสโตแกรมของรูปภาพ (a) รูปแบบคัสคริต (b) รูปแบบต่อเนื่อง.....	33
3.6 รูปภาพหนึ่งมิติอย่างง่าย (a) รูปภาพในลักษณะสามเหลี่ยม (b) ฮิสโตแกรมของภาพ (a).....	34
3.7 ฮิสโตแกรมสำหรับเกาเซียนฟิลส์.....	35
3.8 แสดงไปโมดอล ฮิสโตแกรมโดยที่รูป (a) จะเห็นจุดตัดที่ซ้อนกันของกราฟการกระจายตัวของวัตถุและกราฟการกระจายตัวของฉากหลัง รูป (b) แสดงจุดที่เหมาะสมที่สามารถแยกวัตถุและฉากหลังออกจากกันได้.....	35
3.9 แสดงภาพระเบียงและฮิสโตแกรมที่มีลักษณะเป็นไป โมดอล.....	36
3.10 แสดงภาพระเบียง 2 ด้านและฮิสโตแกรมที่มีลักษณะลักษณะเป็นไป โมดอล.....	36
4.1 แสดงส่วนประกอบทั้ง 3 ของการประมวลผลภาพ.....	37
4.2 แสดงตำแหน่ง JP ต่างๆ บนบอร์ด TMS.....	38
4.3 แสดงขาต่างๆ ใน JP2.....	40
4.4 แสดงผังการทำงานของส่วนต่างๆ ภายในสเตติกแรม.....	40
4.5 แสดงตำแหน่งขาในแบบ DIP.....	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.6 แสดง Timing diagram ขณะอ่านข้อมูล.....	41
4.7 แสดงเวลาในช่วงต่างๆ ที่เกิดขึ้นขณะอ่านข้อมูล.....	42
4.8 แสดง Timing diagram ขณะเขียนข้อมูล.....	42
4.9 แสดงเวลาในช่วงต่างๆ ที่เกิดขึ้นขณะเขียนข้อมูล.....	46
4.10 แสดงวงจร SRAM ขนาด 256 KB ในที่นี้แสดงเฉพาะการต่อเพียง 1 BANK (32 KB).....	46
4.11 แสดงการต่อแผงวงจรหน่วยความจำเข้ากับ TMS 320C31.....	46
5.1 แสดงภาพ Barbara และ Histogram ก่อนการทำเทรซโฮลด์.....	49
5.2 แสดงภาพ Barbara และ Histogram หลังการทำเทรซโฮลด์ด้วย $T = 100$	49
5.3 แสดงภาพ Barbara และ Histogram หลังการทำเทรซโฮลด์ด้วย $T = 150$	49
5.4 แสดงโพลีชาร์ตขั้นตอนการคำนวณหาค่าเทรซโฮลด์โดยวิธีเอนโทรปีของ ฮิสโตแกรม.....	55
5.5 แสดง (a) เป็นภาพทดสอบ (b) เป็นฮิสโตแกรมของภาพทดสอบนี้ (c) เป็นผลที่ได้ จากการทำเทรซโฮลด์ครั้งที่ (121) (d) เป็นผลที่ได้จากการทำเทรซโฮลด์โดยวิธี เอนโทรปีของฮิสโตแกรม.....	56
5.6 (a) เป็นภาพ Camera man (b) เป็นฮิสโตแกรมของภาพทดสอบนี้ (c) เป็นผลที่ได้ จากการทำเทรซโฮลด์ครั้งที่ (78) (d) เป็นผลที่ได้จากการทำเทรซโฮลด์โดยวิธี เอนโทรปีของฮิสโตแกรม.....	57
5.7 (a) เป็นภาพ Lena (b) เป็นฮิสโตแกรมของภาพทดสอบนี้ (c) เป็นผลที่ได้จาก การทำเทรซโฮลด์ครั้งที่ (100) (d) เป็นผลที่ได้จากการทำเทรซโฮลด์โดยวิธี เอนโทรปีของฮิสโตแกรม	58
5.8 (a) เป็นภาพ Barbara (b) เป็นฮิสโตแกรมของภาพทดสอบนี้ (c) เป็นผลที่ได้ จากการทำเทรซโฮลด์ครั้งที่ (137) (d) เป็นผลที่ได้จากการทำเทรซโฮลด์โดยวิธี เอนโทรปีของฮิสโตแกรม.....	59
5.9 (a) เป็นภาพ Terrace (b) เป็นฮิสโตแกรมของภาพทดสอบนี้ (c) เป็นผลที่ได้จาก การทำเทรซโฮลด์ครั้งที่ (130) (d) เป็นผลที่ได้จากการทำเทรซโฮลด์โดยวิธี เอนโทรปีของฮิสโตแกรม.....	60

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.10 (a) เป็นภาพ Room (b) เป็นฮิสโตแกรมของภาพทดสอบนี้ (c) เป็นผลที่ได้จากการทำเทรชโฮลด์คงที่ (128) (d) เป็นผลที่ได้จากการทำเทรชโฮลด์โดยวิธีเอนโทรปีของฮิสโตแกรม.....	61
5.11 (a) เป็นภาพ Link (b) เป็นฮิสโตแกรมของภาพทดสอบนี้ (c) เป็นผลที่ได้จากการทำเทรชโฮลด์คงที่ (105) (d) เป็นผลที่ได้จากการทำเทรชโฮลด์โดยวิธีเอนโทรปีของฮิสโตแกรม.....	62
5.12 (a) เป็นภาพ Door (b) เป็นฮิสโตแกรมของภาพทดสอบนี้ (c) เป็นผลที่ได้จากการทำเทรชโฮลด์คงที่ (113) (d) เป็นผลที่ได้จากการทำเทรชโฮลด์โดยวิธีเอนโทรปีของฮิสโตแกรม.....	63
5.13 เทมเพลตสองทิศทางที่นิยมใช้กัน.....	65

บทที่ 1

บทนำ

1.1 คำนำ

ปัจจุบันการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์เป็นไปอย่างรวดเร็วและแนวโน้มของราคาจะลดลงเรื่อยๆ จึงเอื้ออำนวยต่อการประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ ดิจิตอลซิกแนลโปรเซสเซอร์เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ที่ถูกพัฒนาขึ้น มีความยืดหยุ่นในการเปลี่ยนแปลงโปรแกรมการทำงานได้ง่าย มีการประมวลผลแบบขนาน และมีชุดคำสั่งที่สร้างขึ้นมาโดยเฉพาะ ทำให้มีความเร็วในการประมวลผลข้อมูลสูง มีเวลาหน่วงน้อยมากทำให้ดูเหมือนว่าใส่สัญญาณอินพุตเข้าไปก็จะได้สัญญาณเอาต์พุตออกมา เลยซึ่ง เหมาะกับการใช้งานที่มีความเร็วเป็นเงื่อนไขหนึ่งในการออกแบบ เช่น การประมวลผลภาพเพื่อจำแนกวัตถุของหุ่นยนต์ สำหรับในวิทยานิพนธ์นี้จะเสนอการแปลงภาพระดับสีเทา (Grey-Level) เป็นภาพสองระดับ (Binary) ซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญในการจำแนกวัตถุโดยภาพที่ได้มาจากการจับสัญญาณ (Capture) วิดีโอจากกล้อง CCD เป็นข้อมูลภาพขนาด 256 x 256 จุดภาพ แต่ละภาพให้ระดับสีเทา 256 ระดับ ภาพดังกล่าวนำมาผ่านการทรานส์โพลต์ โดยผลลัพธ์ที่ได้จัดเก็บไว้ใน แฟลชหน่วยความจำที่สร้างขึ้นเพิ่มเติมเข้ากับบอร์ดดิจิตอลซิกแนลโปรเซสเซอร์และแสดงผลที่ได้บน คอมพิวเตอร์ต่อไป

ในวิทยานิพนธ์นี้เลือกใช้ดิจิตอลซิกแนลโปรเซสเซอร์ ของ บริษัท เทกซ์สตีนิสตรูเมนต์ รุ่น TMS 320C31 และเลือกใช้วิธีเอนโทรปีของ ฮิสโตแกรมในการหาค่าทรานส์โพลต์ อัตราโน้มติเปรียบเทียบกับวิธีทรานส์โพลต์คงที่และวิธีของ Otsu โดยเปรียบเทียบคุณภาพด้วยการหาเกรเดียนต์เฉลี่ย (Gradient) ระหว่างทั้ง 3 วิธีและออกแบบแฟลชหน่วยความจำเพิ่มทำให้สามารถเก็บข้อมูลภาพได้มากถึง 265 กิโลไบต์

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อนำเสนอการแปลงภาพระดับสีเทาเป็นภาพสองระดับโดยใช้วิธีของเอนโทรปีแสดงผลบนบอร์ด Starter Kit TMS320C31 โดยจะเป็นการศึกษาถึงวิธีการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาแอสเซมบลีและการออกแบบแฟลชหน่วยความจำเพิ่มขนาด 256 กิโลไบต์

1.3 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในการแยกภาพออกจากพื้นหลัง (Background) เทคนิคทั่วไปที่นิยมใช้ คือการเลือกค่า Threshold ที่เหมาะสมโดยการแปลงมาจากระดับสีดำและสีขาวทั้งหมด ถ้าภาพที่ตัดออกมาให้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาก็เท่านั้น เมื่อนุญเตเห็นาเปเซประะเขียนดานการค้ำ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชัดเจนของความแตกต่างจากพื้นหลังจะมีฮิสโตแกรมเป็นลักษณะ bimodal ตามแนวความคิดนี้เทอร์ซโซลด์จะอยู่ในหุบ (Valley) ระหว่างยอดทั้งสองของฮิสโตแกรมสำหรับภาพจริงแล้วการตรวจหาตำแหน่งต่ำสุดเป็นการยากมากเหตุผลคือฮิสโตแกรมถูกรบกวนโดยสัญญาณรบกวนทำให้เกิดความเข้มไม่เท่ากัน ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าจะมีค่ายอดจำนวนมากหรือไม่มีค่ายอดเลย เทคนิคทั่วไปจะพยายามจัดรูปฮิสโตแกรมให้เป็น Bimodal Distribution เช่นการใช้ weighting ย้อนของระดับความเข้มสีเทาหรือ ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างจุดที่อยู่ใกล้เคียงกัน ซึ่งในกรณีทั้งหมดนี้ไม่มีการกำหนด มาตรฐานว่าเทอร์ซโซลด์ที่เลือกเป็นค่าที่ดีหรือไม่ดี ซึ่งคุณสมบัติทั้งหมดนี้มีประโยชน์ในการวัดจุดทำงานของเทอร์ซโซลด์ในวิทยานิพนธ์นี้เลือกใช้วิธีเอนโทรปีของฮิสโตแกรมซึ่งเป็นวิธีที่ไม่ต้องการ priori knowledge เกี่ยวกับภาพ นอกจากฮิสโตแกรมของภาพระดับสีเทานั้นๆ

1.4 ขอบเขตการวิจัย

ในส่วนของการวิจัยได้เสนอการแปลงภาพระดับสีเทาเป็นภาพสองระดับโดยใช้วิธีเอนโทรปีของฮิสโตแกรมและแสดงผลของภาพบนบอร์ด Starter Kit TMS320C31

ในวิทยานิพนธ์นี้แบ่งย่อยออกเป็น 6 บท โดยแต่ละบทมีหัวข้อดังนี้

บทที่ 1 บทนำ

กล่าวถึงบทนำและความสำคัญของงานวิจัย วัตถุประสงค์ ของการวิจัยและขอบเขตเนื้อหาของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 สถาปัตยกรรมของ TMS 320C31

กล่าวถึงหน่วยประมวลผลกลางและส่วนประกอบต่างๆ รวมทั้งรูปแบบคำสั่งของไอซี TMS 320C31

บทที่ 3 รูปแบบข้อมูลภาพ

กล่าวถึงการแสดงภาพดิจิทัล รูปแบบของข้อมูลภาพดิจิทัล ความสัมพันธ์ของข้อมูลภาพกับฮิสโตแกรม รวมถึง ฮิสโตแกรมที่มีลักษณะการกระจายตัวแบบ ไบ โมดอล (Bimodal)

บทที่ 4 การออกแบบวงจร

กล่าวถึงการอ้างตำแหน่งหน่วยความจำ สัญญาณที่ต้องใช้ในการติดต่อ การเลือกอุปกรณ์เพื่อให้ทำงานให้สอดคล้องกับความเร็วของ TMS 320C31 และการออกแบบวงจรเพื่อใช้งานจริง

บทที่ 5 การทำเทรชโฮลด์โดยใช้วิธีเอนโทรปีของฮีสโตแกรม

กล่าวถึงทฤษฎีเอนโทรปีของฮีสโตแกรมและสมการที่ใช้ในการหาค่า Entropic Threshold รวมถึงการเลือกค่า Entropic Threshold และขนาดของภาพต่อการหาค่าเทรชโฮลด์โดยจะ เปรียบเทียบกับวิธีทำเทรชโฮลด์คงที่ (Fixed threshold)

บทที่ 6 บทสรุปและแนวทางพัฒนา

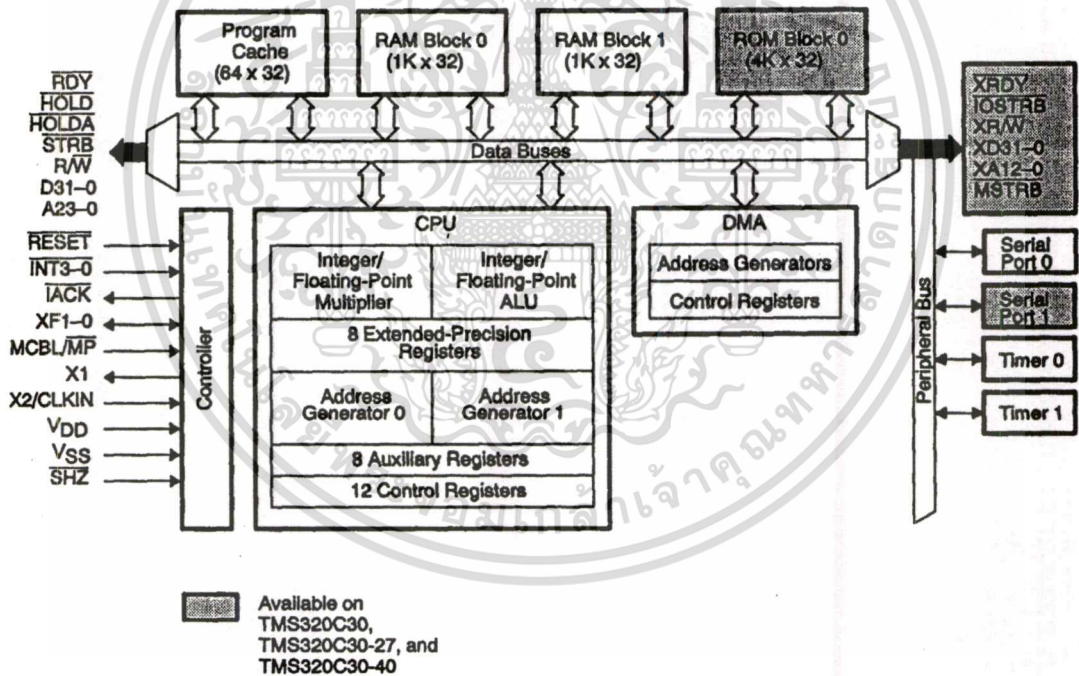
กล่าวถึงผลสรุปจากการเปรียบเทียบระหว่างการเทรชโฮลด์ด้วยวิธีของเอนโทรปี และการทำเทรชโฮลด์ด้วยวิธีเทรชโฮลด์คงที่ และ วิธีของ Otsu ต่อจากนั้นวิเคราะห์ผลที่ได้ด้วยการหาค่า Gradient เฉลี่ยของภาพที่ได้พร้อมทั้ง วิจัยถึงข้อดี ข้อเสีย พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางการวิจัยที่สามารถพัฒนาต่อไปได้

บทที่ 2

สถาปัตยกรรมของ TMS 320C31

2.1 คำนำ

ไอซีเบอร์ TMS320C31 ถูกสร้างและออกแบบมาเพื่อตอบสนองความต้องการทางการประมวลผลบนพื้นฐานของคณิตศาสตร์ชั้นสูงและการแก้ปัญหาทาง hard ware และ software ประสิทธิภาพอันสูงของ TMS 320C31 เกิดจากความแน่นอนและความกว้างทางไดนามิกของส่วนคำนวณทางทศนิยม มีหน่วยความจำขนาดใหญ่ การทำงานแบบขนานและมี DMA Controller เพื่อการทำงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น



รูปที่ 2.1 แสดงสถาปัตยกรรมของไอซีเบอร์ TMS 320C3X

สถาปัตยกรรม TMS 320C31 ประกอบด้วยส่วนต่างๆ สำคัญดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU)

หน่วยประมวลผลกลางจะประกอบไปด้วย

2.2.1 หน่วยกระทำการคูณ (Multiplier)

มีหน้าที่ในการคูณ และสามารถคูณจำนวนเต็ม 24 บิต และจำนวนทศนิยม 32 บิตโดยใช้เวลาเพียง 1 รอบ ซึ่งการคำนวณจำนวนทศนิยมจะใช้เวลา 50 ns ต่อรอบ และสามารถประมวลผลแบบขนานได้เพื่อที่จะเพิ่มความสามารถในการประมวลผลข้อมูล โดยใช้คำสั่งแบบขนานให้ทำการคูณและการทำงานของ ALU ภายในหนึ่งรอบ

เมื่อ multiplier ทำการคำนวณทศนิยม อินพุตที่ใช้จะมีขนาด 32 บิต และผลลัพธ์ที่ได้จะมีขนาด 40 บิต แต่ถ้า multiplier ทำการคูณจำนวนเต็มอินพุตจะมีขนาดเพียง 24 บิต และจะได้ผลลัพธ์ขนาด 32 บิต

2.2.2 หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic Logic Unit (ALU))

ใน 1 รอบการทำงานของ ALU จะประมวลผลจำนวนเต็มได้ 32 บิตและทศนิยมได้ 40 บิต โดยผลลัพธ์จาก ALU ยังคงมีขนาด 32 บิต ถ้าเป็นจำนวนเต็ม และ 40 บิตถ้าเป็นทศนิยม barrel shifter จะมีหน้าที่ในการเลื่อนข้อมูล 32 บิต ทั้ง ซ้ายและขวาใน 1 รอบของการทำงาน

บัสภายใน (CPU1/CPU2 และ REG1/REG2) จะเป็นตัวพาข้อมูลที่จะนำมาประมวลผล 2 ตัวจากหน่วยความจำ และอีก 2 ตัวจากรีจิสเตอร์ ดังนั้นจึงสามารถทำการคูณ บวก หรือลบแบบขนานได้ ใน 1 รอบการทำงาน

2.2.3 หน่วยช่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์ (Auxiliary Register Arithmetic Unit (ARAUs))

ARAUS เป็นรีจิสเตอร์ที่ช่วยในการทำงานแบบขนานกับตัวคูณและ ALU โดย ARAUs จะมี 2 ตัวคือ ARAU0 และ ARAU1 ARAU จะสามารถเก็บแอดเดรสได้ 2 แอดเดรสใน 1 รอบการทำงาน เพื่อใช้ในการอ้างตำแหน่งแบบต่าง ๆ

2.2.4 รีจิสเตอร์ (CPU Register File)

ใน TMS320C31 จะมีรีจิสเตอร์อยู่ 28 ตัว ซึ่งตรงกับ CPU โดย รีจิสเตอร์ทั้งหลายเหล่านี้จะทำงานกับ multiplier และ ALU และยังสามารถใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นอีกด้วย อย่างไรก็ตาม รีจิสเตอร์เหล่านี้ก็ยังมีหน้าที่พิเศษบางอย่างด้วย เช่น ใช้สำหรับการทำงานเกี่ยวกับจำนวนเลขทศนิยม และรีจิสเตอร์ช่วย (Auxiliary register) ทั้ง 8 ตัวยังใช้ในการอ้างแอดเดรสแบบ indirect addressing register ด้วย รีจิสเตอร์ที่เหลือจะทำหน้าที่เกี่ยวกับระบบต่างๆ เช่น การอ้างแอดเดรส การเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จัดการเกี่ยวกับแอสตค (stack) การบอกลสถานะของโปรเซสเซอร์ การอินเตอร์รัพต์ และการเคลื่อนย้ายข้อมูลเป็นบล็อก ชื่อต่างๆ ของรีจิสเตอร์และหน้าที่ของมันแสดงดังตาราง 2.1

2.2.4.1 exten-precision register (R7-R0) :สามารถใช้เก็บค่าจำนวนเต็ม 32 บิต และทศนิยม 40 บิต โดยจะเก็บค่าลงในบิตที่ 0-39 แต่ถ้าจำนวนเต็มแบบมีเครื่องหมายก็จะทำการเก็บที่ บิต 0-31 ส่วนบิตที่ 32-39 จะไม่ใช่

2.2.4.2 auxilairy register (AR7-AR0) : จะถูกใช้โดย CPU และถูกควบคุมโดย ARAU ทั้ง 2 ตัว หน้าที่แรกของ AR ยังใช้ให้ส่วนที่เก็บตัวนับในการวนลูปหรือจะใช้เพื่องานอื่นๆ ที่เกี่ยวกับตัวมัลติเพล็กซ์เซอร์และ ALU

2.2.4.3 data page pointer (DP) : ส่วนรีจิสเตอร์ขนาด 32 บิต โดยที่ 8 บิตแรก จะถูกใช้ในการอ้างแอดเดรสแบบ direct addressing mode ซึ่งใช้เป็นตัวชี้ (pointer) ไปยังหน้า (page) ต่างๆ ของข้อมูล

2.2.4.4 index register (IR0,IR1) : จะถูกใช้โดย ARAU ในการเก็บค่าของดัชนีในการชี้แอดเดรส (indexed address)

2.2.4.5 block size register (BK) : มีขนาด 32 บิตซึ่ง ARAU จะใช้ในการอ้างแอดเดรสแบบเก็บ circular addressing เพื่อเป็นตัวเก็บค่าของขนาดของบล็อกข้อมูล

2.2.4.6 system stack pointer (SP) : เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 32 บิต ซึ่งเป็นค่าของแอดเดรสของยอดของแอสตค โดยปกติ SP จะชี้ไปยังค่าสุดท้ายซึ่งถูกเก็บอยู่บนแอสตค การ PUSH จะกระทำ ก่อนที่จะเพิ่มค่าของ SP และการ POP หลังการลดค่าของ SP คำสั่งที่จะทำงานกับ SP ได้คือ interrupts, traps, returns, PUSH และ POP

2.2.4.7 status register (ST) : เป็นรีจิสเตอร์ที่เก็บข้อมูลต่างๆ ที่แสดงสถานะของ CPU เช่น ค่าของ flag ซึ่งจะแสดงสถานะของผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ว่า เป็น ศูนย์ ลบ ฯลฯ รวมถึงการคำนวณทางลอจิกด้วย

2.2.4.8 CPU/DMA interrupt enable register (IE) : เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 32 บิต ใช้สำหรับการกำหนดการเอนาเบิ้ลอินเตอร์รัพต์ของ CPU โดยการเอนาเบิ้ลของ CPU จะใช้บิตที่ 0-10 และการเอนาเบิ้ลของ DMA จะใช้บิตที่ 16-26 "1" จะเป็นการเอนาเบิ้ล และ "0" จะเป็นการดีสเอนาเบิ้ล

2.2.4.9 I/O Flage register (IOF) : เป็นรีจิสเตอร์ในการควบคุมขา XF0 และ XF1

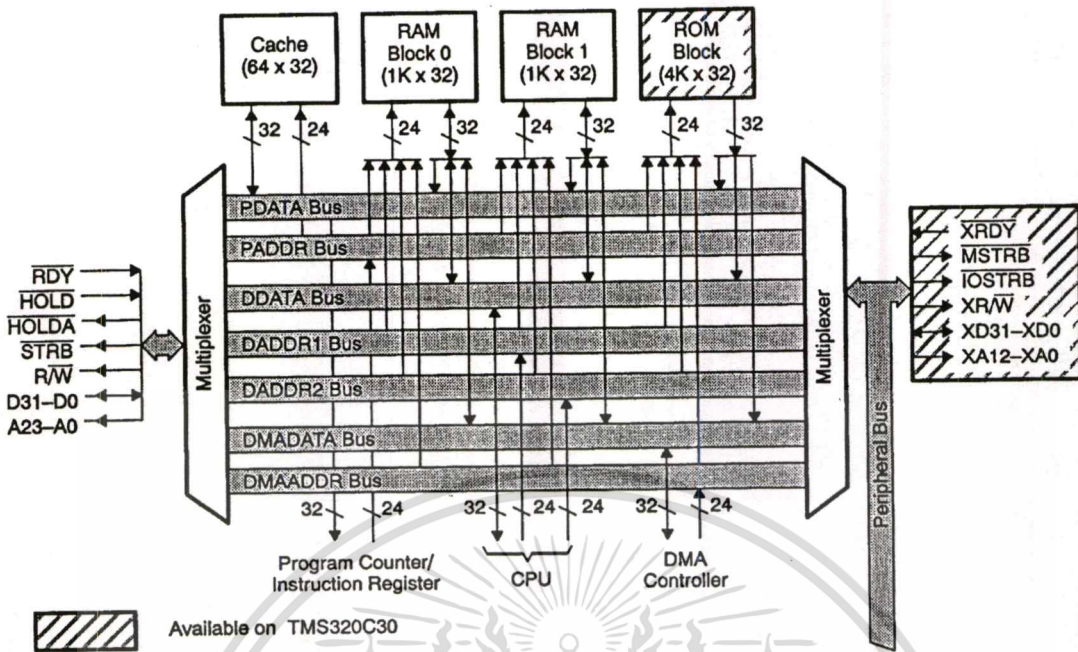
2.2.4.10 repeat counter (RC) : เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 32 บิตใช้เก็บค่าของจำนวนเท่าหรือจำนวนครั้งของบล็อกข้อมูลซึ่งถูกกระทำซ้ำ เมื่อโปรเซสเซอร์ทำงานในโหมดของการกระทำในข้อมูลซ้ำ (repeat mode) repeat star address register (RS) รีจิสเตอร์ขนาด 32 บิต จะถูกใช้ในการเก็บ

แอดเดรสเริ่มต้นของบล็อกข้อมูลที่จะถูกกระทำซ้ำ และ repeat end address register (RE) : ซึ่งเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 32 บิต จะถูกเก็บแอดเดรสสุดท้ายของบล็อกข้อมูลซึ่งจะถูกกระทำซ้ำ

2.2.4.11 program counter (PC) : เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 32 บิต ซึ่งเก็บแอดเดรสของคำสั่งที่จะถูกนำมาอ่าน คำสั่งถัดไป

ตารางที่ 2.1 ชื่อและหน้าที่ต่างๆ ของรีจิสเตอร์ใน CPU

Register Name	Assigned Function
R0	Extended-precision register 0
R1	Extended-precision register 1
R2	Extended-precision register 2
R3	Extended-precision register 3
R4	Extended-precision register 4
R5	Extended-precision register 5
R6	Extended-precision register 6
R7	Extended-precision register 7
AR0	Auxiliary register 0
AR1	Auxiliary register 1
AR2	Auxiliary register 2
AR3	Auxiliary register 3
AR4	Auxiliary register 4
AR5	Auxiliary register 5
AR6	Auxiliary register 6
AR7	Auxiliary register 7
DP	Data-page pointer
IR0	Index register 0
IR1	Index register 1
BK	Block-size register
SP	System-stack pointer
ST	Status register
IE	CPU/DMA interrupt-enable
IF	CPU interrupt flag
IOF	I/O flag
RS	Repeat start-address
RE	Repeat end-address
RC	Repeat counter
PC	Program counter



รูปที่ 2.2 แสดงหน่วยความจำของไอซีเบอร์ TMS 320C31

2.3 หน่วยความจำ (Memory Organization)

หน่วยความจำของ TMS320 C31 จะมีขนาด 16M และมีขนาดของ 1 word เท่ากับ 32บิต โดยในหน่วยความจำนี้จะใช้กับโปรแกรมข้อมูล และการอินพุต เอาท์พุต ดังนั้นค่าของสัมประสิทธิ์โปรแกรมหรือข้อมูล จะถูกเก็บได้ทั้ง RAM และ ROM

2.3.1 แรม, รอม (RAM, ROM)

รูปที่ 2.2 จะแสดงการจัดหน่วยความจำภายใน TMS 320C31 โดยแรมจะแบ่งออกเป็น บล็อก 0 และ 1 ซึ่งจะมีขนาดบล็อกละ 1K x 32 และ ROM จะมีขนาด 4K x 32 ทั้ง RAM และ ROM สามารถถูกเข้าใช้ได้โดย CPU 2 ครั้งใน 1 รอบของการทำงานได้ ดังนั้นการที่มีบัสของโปรแกรมแยกกัน และบัสของ DMA แยกกัน ทำให้การอ่านโปรแกรม การอ่านและการเขียนข้อมูล หรือ การทำงานของ DMA ที่สามารถทำงานแบบขนานได้

2.3.2 ตารางหน่วยความจำ (Memory Maps)

ตารางหน่วยความจำจะขึ้นอยู่กับว่าจะให้โปรเซสเซอร์ประมวลผลในโหมดของไมโครโปรเซสเซอร์ หรือ ไมโครคอมพิวเตอร์ แต่ในโครงการนี้จะให้โปรเซสเซอร์ประมวลผลในโหมดของไมโครโปรเซสเซอร์ แสดงดังรูปที่ 2.3 ในแอดเดรสที่ 800000h จนถึง 801FFFh จะถูกใช้สำหรับ expansion bus ซึ่งจะถูกเข้าถึงได้โดยให้สัญญาณ / MSTRB แอดเดรสที่ 80200h จนถึง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

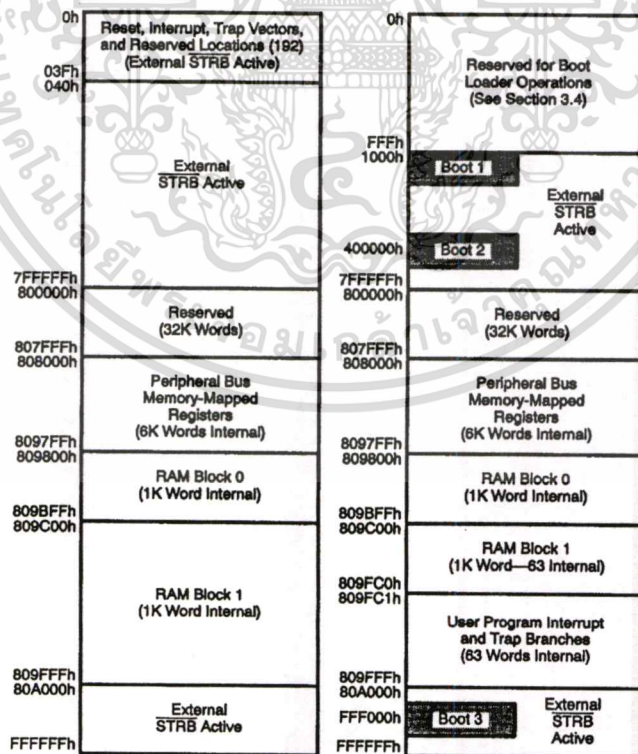
803FFFh จะไม่ใช่แอดเดรสที่ 80400h ถึง 805FFFh จะถูกใช้สำหรับ expansion bus ซึ่งจะถูกทำให้เข้าถึงโดยให้สัญญาณ /IOSTRB แอคติฟ แอดเดรส 80600h ถึง 807FFFh จะไม่ใช่ทุกๆ รีจิสเตอร์จะอยู่ที่แอดเดรส 80800h ถึง 8097FFFh RAM บล็อก 0 จะอยู่ที่ 809800h ถึง 809BFFFh และ บล็อก 1 จะอยู่ที่ 809C00h ถึง 809FFFh แอดเดรส 80A00h จนถึง 0FFFFFFh จะถูกใช้โดยอุปกรณ์ภายนอก (เมื่อสัญญาณ /STRB แอคติฟ)

2.3.3 โหมดของการอ้างแอดเดรส (Memory Address Modes)

TMS 320C31 จะแบ่งโหมดของการอ้างแอดเดรสออกเป็น 5 กลุ่ม โดยมีโหมดการอ้างแอดเดรสทั้งหมด 6 แบบ ดังนี้

2.3.3.1 General addressing mode

- 1). Register : ค่าที่นำมาคำนวณจะเก็บที่ CPU รีจิสเตอร์
- 2). Short immediate : ค่าที่นำมาคำนวณจะเป็นค่าที่โหลดโดยตรงขนาด 16 บิต จากคำสั่ง
- 3). Direct : ค่าที่นำมาคำนวณจะถูกเก็บอยู่ในตำแหน่ง ซึ่งมีแอดเดรสขนาด 24 บิต แสดงอยู่ในคำสั่ง
- 4). Indirect : รีจิสเตอร์ช่วยจะเก็บแอดเดรสของข้อมูล



(a) Microprocessor Mode

(b) Microcomputer/Boot Loader Mode

รูปที่ 2.3 แสดงการจัดหน่วยความจำของไอซี TMS 320C31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.2 Three-operand addressing mode :

- 1). Register
- 2). Indirect

2.3.3.3 Parallel addressing mode :

- 1). Register : ข้อมูลจะอยู่ใน extended-precision register
- 2). Indirect

2.3.3.4 Long-immediate addressing mode :

- 1). Long-immediate : ข้อมูลจะเป็นค่าที่โหลดโดยตรงขนาด 24 บิต จากคำสั่ง

2.3.3.5 Conditional branch addressing mode :

- 1). Register
- 2). PC-relative : ค่าที่มีเครื่องหมายขนาด 16 บิต จะถูกบวกกับค่าใน PC

2.4 บัสภายใน (Internal Bus Operation)

ข้อดีที่สำคัญประการหนึ่งของ TMS 320C31 คือการที่มีบัสภายในและสามารถประมวลผลแบบขนานได้บัสโปรแกรมที่แยกกัน (PADDR และ PDATA) บัสข้อมูลที่แยกกัน (DADDR1, DADDR2 และ DDATA) และบัส DMA ที่แยกกัน (DMAADDR และ DMADATA) ทำให้สามารถทำการประมวลผลแบบขนานได้ บัสเหล่านี้สามารถต่อได้กับหน่วยความจำภายใน หน่วยความจำภายนอก หรือ อุปกรณ์ภายนอกอื่นๆ รูปที่ 2.2 จะแสดงการต่อบัสต่างๆ เหล่านี้

PC จะถูกต่ออยู่กับ PADDR (ขนาด 24 บิต) IR จะต่ออยู่กับ PDATA (ขนาด 32 บิต) ซึ่งบัสเหล่านี้สามารถอ่านคำสั่ง ทุกๆ รอบของการทำงาน

DADDR1 และ DADDR2 (ขนาด 24 บิต) และ DDATA (ขนาด 32 บิต) จะใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำในหลายๆรอบของการทำงาน DDATA จะใช้ในการส่งข้อมูลไปยัง CPU โดยผ่านบัส CPU1 และ CPU2 บัส CPU1 และ CPU2 สามารถส่งข้อมูลจากหน่วยความจำ 2 ข้อมูลไปยัง Multiplier ALU และรีจิสเตอร์ในหลายๆ รอบของการทำงาน นอกจากนี้ภายใน CPU มีบัสรีจิสเตอร์ REG1 และ REG2 ซึ่งใช้ในการหาข้อมูล 2 ค่าจากรีจิสเตอร์ไปยัง Multiplier และ ALU ในทุกๆ รอบการทำงานรูปที่ 2.2 แสดงบัสภายในต่างๆ DMA Controller จะใช้ DMAADDR (ขนาด 24 บิต) และ DMADATA (ขนาด 32 บิต) โดยบัสเหล่านี้ทำให้ DMA สามารถติดต่อกับหน่วยความจำแบบขนานได้

2.5 บัสภายนอก (External Bus Operation)

หน่วยความจำและอุปกรณ์ภายนอกสามารถอินเตอร์เฟสกับ TMS 320C31 ได้ 2 ทางคือ ทาง Primary bus expansion bus การอินเตอร์เฟสกับหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ภายนอกที่มีความเร็วช้ากว่า TMS 320C31 จะต้องเพิ่ม Wait state เข้าไป โดยอาศัยการควบคุมของ memory mapped control register และสัญญาณจากภายนอก primary bus มีขนาดของ data bus 32 บิต, address bus 24 บิต และ control signal อีก 1 ชุด expansion bus มีขนาด data bus 32 บิต, address bus 13 บิต และ control signal อีก 1 ชุดโดยบัสทั้งสอง สามารถถูกควบคุมได้โดยการใช้โปรแกรม (Software) ตั้งงานและสัญญาณควบคุมจากภายนอก

Register	Peripheral Address
Expansion-Bus Control (see subsection 7.1.2)†	808060h
Reserved	808061h
Reserved	808062h
Reserved	808063h
Primary-Bus Control (see subsection 7.1.1)	808064h
Reserved	808065h
Reserved	808066h
Reserved	808067h
Reserved	808068h
Reserved	808069h
Reserved	80806Ah
Reserved	80806Bh
Reserved	80806Ch
Reserved	80806Dh
Reserved	80806Eh
Reserved	80806Fh

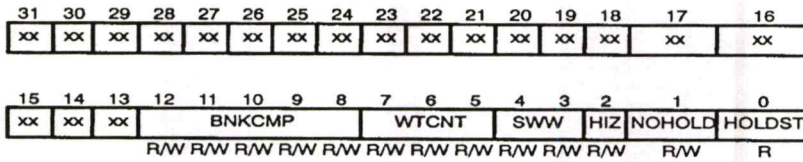
† Reserved on the TMS320C31

รูปที่ 2.4 memory-mapped external Interface control register

อุปกรณ์ภายนอกสามารถเข้าถึงได้โดยการใช้สัญญาณ /STRB,/MSTRB และ /IOSTRB โดยสัญญาณ /STRB จะใช้เมื่อต้องการ primary bus ส่วน expansion bus จะสามารถใช้งานได้โดย 2 แบบ คือ

- 1). การเข้าใช้ memory สามารถทำได้โดยให้ /MSTRB เป็น 0 โดย /MSTRB จะมีวงรอบการทำงานเหมือนกับ /STRB
- 2). อุปกรณ์ภายนอกสามารถเข้าใช้ได้โดยให้สัญญาณ /IOSTRB เป็น 0 primary bus และ expansion bus จะมี control register ดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



NOTE: xx = reserved bit, read as 0.
R = read, W = write.

รูปที่ 2.5 primary bus control register

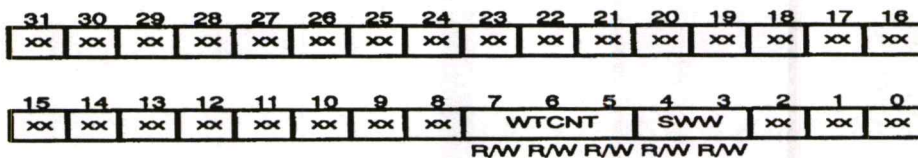
ตารางที่ 2.2 แสดงหน้าที่ต่าง ๆ ของ primary bus control register

Bit	Name	Reset Value	Function
0	HOLDST	x†	Hold status bit. This bit signals whether the port is being held (HOLDST = 1) or is not being held (HOLDST = 0). This status bit is valid whether the port has been held via hardware or software.
1	NOHOLD	0	Port hold signal. NOHOLD allows or disallows the port to be held by an external HOLD signal. When NOHOLD = 1, the TMS320C3x takes over the external bus and controls it, regardless of serviced or pending requests by external devices. No hold acknowledge (HOLDA) is asserted when a HOLD is received. However, it is asserted if an internal hold is generated (HIZ = 1). NOHOLD is set to 0 at reset.
2	HIZ	0	Internal hold. When set (HIZ = 1), the port is put in hold mode. This is equivalent to the external HOLD signal. By forcing a high-impedance condition, the TMS320C3x can relinquish the external memory port through software. HOLDA goes low when the port is placed in the high-impedance state. HIZ is set to 0 at reset.
4-3	SWW	11	Software wait mode. In conjunction with WTCNT, this two-bit field defines the mode of wait-state generation. It is set to 1 1 at reset.
7-5	WTCNT	111	Software wait mode. This three-bit field specifies the number of cycles to use when in software wait mode for the generation of internal wait states. The range is 0 (WTCNT = 0 0 0) to 7 (WTCNT = 1 1 1) H1/H3 cycles. It is set to 1 1 1 at reset.
12-8	BNKCMP	10000	Bank compare. This five-bit field specifies the number of MSBs of the address to be used to define the bank size. It is set to 1 0 0 0 0 at reset.
31-13	Reserved	0-0	Read as 0.

†x = 0 or 1

control register ของ primary bus จะมีขนาด 32 บิต ดังรูปที่ 2.5 และตาราง 2.2

control register ของ expansion bus จะมีขนาด 32 บิต ดังรูปที่ 2.6 และตาราง 2.3



NOTE: xx = reserved bit, read as 0.
R = read, W = write.

รูปที่ 2.6 expansion bus control register

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงหน้าที่ต่าง ๆ ของ expansion bus control register

Bit	Name	Reset Value	Function
2-0	Reserved	000	Read as 0.
4-3	SWW	11	Software wait-state generation. In conjunction with the WTCNT, this two-bit field defines the mode of wait-state generation. It is set to 1 1 at reset.
7-5	WTCNT	111	Software wait mode. This three-bit field specifies the number of cycles to use when in software wait mode for the generation of internal wait states. The range is 0 (WTCNT = 0 0 0) to 7 (WTCNT = 1 1 1) H1/H3 clock cycles. It is set to 1 1 1 at reset.
31-8	Reserved	0-0	Read as 0.

ทุกๆ วงรอบของสัญญาณบนสายบัสจะขึ้นอยู่กับสัญญาณนาฬิกา H1 โดย 1 รอบของ H1 เริ่มนับจากขอบขาสูงจนถึงขอบขาสูงของลูกถัดไป สำหรับการดำเนินงานแบบความเร็วเต็มที่ (คือไม่ใช่ wait state) ในการเขียนข้อมูลจะใช้เวลา 2 รอบของ H1 และการอ่านข้อมูลจะใช้ 1 รอบของ H1 แต่ถ้าการอ่านข้อมูลกระทำต่อจากคำสั่งการเขียนข้อมูลการอ่านข้อมูลจะใช้เวลา 2 รอบของ H1 ซึ่งหลักการนี้จะใช้ได้ทั้งกับ primary bus และ expansion bus (เมื่อใช้ /MSTRB)

ถ้าการเขียนข้อมูลเป็นการกระทำภายใน โดยไม่มีการอินเตอร์เฟสกับอุปกรณ์ภายนอก (คือการใช้จาก CPU และ DMA) วงรอบของการเขียนข้อมูลจะใช้เพียง 1 รอบของ H1 เท่านั้น

สัญญาณ /MSTRB และ /STRB จะแอกติฟที่สถานะ 0 สำหรับการอ่านและการเขียนข้อมูลในขณะที่สถานะก่อนหลังของการแอกติฟของ /MSTRB และ /STRB ในการเขียนข้อมูลจะมี transion cycle ของ H1 ในระหว่าง transion cycle จะเกิด

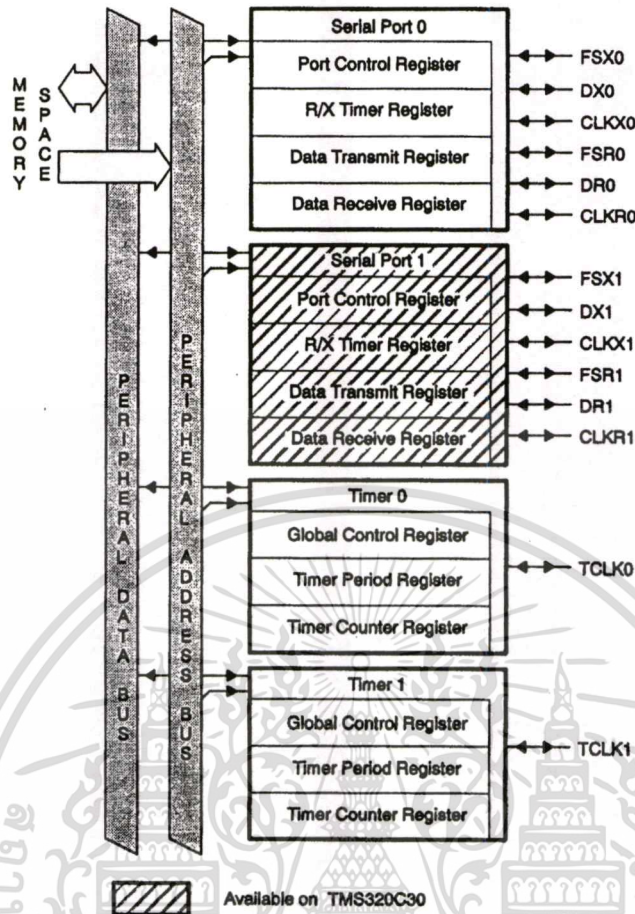
- 1). /MSTRB และ /STRB จะเป็นสถานะ high
- 2). (X)R/W จะเปลี่ยนสถานะที่ขอบขาขึ้นของ H1
- 3) ถ้าเป็นสถานะของการเขียนข้อมูล address จะเปลี่ยนสถานะที่ขอบขาขึ้นของ H1 และถ้าเป็นสถานะของการอ่านข้อมูล address จะเปลี่ยนที่ขอบขาลงของ H1

2.6 ระบบติดต่อภายนอก (Peripherals)

อุปกรณ์ภายนอกที่ติดต่อกับ TMS 320C31 จะควบคุมโดยผ่านหน่วยความจำในตำแหน่ง 8097FFh ถึง 808000h บัสที่ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกหรือ peripheral bus จะมีบัสข้อมูลขนาด 32 บิต และบัส แอดเดรสขนาด 24 บิต

การติดต่อภายนอกจะผ่าน timer 2 ตัว และพอร์ตอนุกรม 2 ตัว รูปที่ 2.7 จะแสดงบัสและสัญญาณต่างๆ กับอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

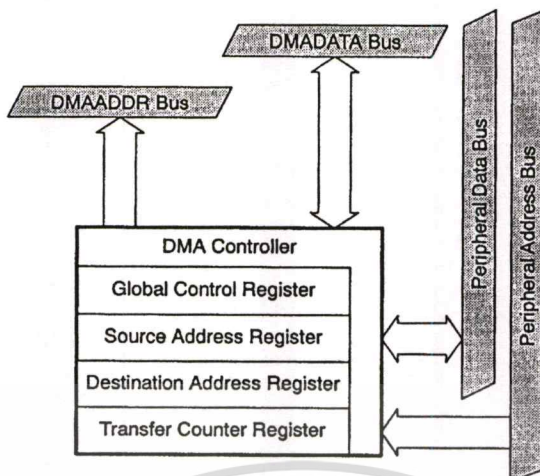


รูปที่ 2.7 peripheral module

2.7 ระบบถ่ายโอนข้อมูล (Direct Memory Access (DMA))

TMS 320C31 จะมี DMA controller ภายใน ซึ่งสามารถอ่านหรือเขียนลงไปในตำแหน่งใดๆ ก็ได้ บนหน่วยความจำโดยไม่ไปขัดการทำงานของ CPU ดังนั้น TMS 320C31 จึงสามารถติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกที่มีความเร็วช้าได้ และสามารถติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกโดยไม่ไปรบกวนการทำงานของ CPU

DMA controller จะมี address generator , source register , destination register และ transfer counter การที่ DMA มีบัสข้อมูลและบัสแอดเดรสเป็นของตัวเอง จะทำให้การทำงานจะไม่ไปรบกวนการทำงานของ CPU การทำงานของ DMA จะทำการย้ายข้อมูลเป็นบล็อกหรือเพียง 1 word ไปลงหน่วยความจำหรือนำออกมาจากหน่วยความจำ รูป 2.7 แสดง DMA controller



รูปที่ 2.8 DMA controller

2.8 คำสั่งภาษาแอสเซมบลี

คำสั่งของไอซีเบอร์ TMS 320C31 เป็นคำสั่งภาษาแอสเซมบลีซึ่งเป็นคำสั่งเฉพาะของไอซีตระกูล TMS 320C3x ซึ่งประกอบไปด้วยคำสั่งแบบธรรมดา กับคำสั่งแบบขนาน ที่จะทำให้มีการประมวลผลที่เร็วขึ้นซึ่งคำสั่งต่างๆ จะแสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงคำสั่งต่าง ๆ ของ ไอซี TMS 320C31

Mnemonic	Description	Operation
ABSF	Absolute value of a floating-point number	$ src \rightarrow Rn$
ABSI	Absolute value of an integer	$ src \rightarrow Dreg$
ADDC	Add integers with carry	$src + Dreg + C \rightarrow Dreg$
ADDC3	Add integers with carry (3 operand)	$src1 + src2 + C \rightarrow Dreg$
ADDF	Add floating-point values	$src + Rn \rightarrow Rn$
ADDF3	Add floating-point values (3 operand)	$src1 + src2 \rightarrow Rn$
ADDI	Add integers	$src + Dreg \rightarrow Dreg$
ADDI3	Add integers (3 operand)	$src1 + src2 + \rightarrow Dreg$
AND	Bitwise logical AND	$Dreg \text{ AND } src \rightarrow Dreg$
AND3	Bitwise logical AND (3 operand)	$src1 \text{ AND } src2 \rightarrow Dreg$
ANDN	Bitwise logical AND with complement	$Dreg \text{ AND } \overline{src} \rightarrow Dreg$
ANDN3	Bitwise logical ANDN (3 operand)	$src1 \text{ AND } \overline{src2} \rightarrow Dreg$
ASH	Arithmetic shift	If $count \geq 0$: (Shifted $Dreg$ left by $count$) $\rightarrow Dreg$ Else: (Shifted $Dreg$ right by $ count $) $\rightarrow Dreg$
ASH3	Arithmetic shift (3 operand)	If $count \geq 0$: (Shifted src left by $count$) $\rightarrow Dreg$ Else: (Shifted src right by $ count $) $\rightarrow Dreg$
Bcond	Branch conditionally (standard)	If $cond = true$: If $Csrc$ is a register, $Csrc \rightarrow PC$ If $Csrc$ is a value, $Csrc + PC \rightarrow PC$ Else, $PC + 1 \rightarrow PC$
BcondD	Branch conditionally (delayed)	If $cond = true$: If $Csrc$ is a register, $Csrc \rightarrow PC$ If $Csrc$ is a value, $Csrc + PC + 3 \rightarrow PC$ Else, $PC + 1 \rightarrow PC$
BR	Branch unconditionally (standard)	Value $\rightarrow PC$
BRD	Branch unconditionally (delayed)	Value $\rightarrow PC$
CALL	Call subroutine	$PC + 1 \rightarrow TOS$ Value $\rightarrow PC$
Legend:	C carry bit	Csrc conditional-branch addressing modes
	cond condition code	count shift value (general addressing modes)
	Dreg register address (any register)	PC program counter
	Rn register address (R7–R0)	src general addressing modes
	src1 three-operand addressing modes	src2 three-operand addressing modes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงคำสั่งต่าง ๆ ของ ไอซี TMS 320C31 (ต่อ)

Mnemonic	Description	Operation
CALL <i>cond</i>	Call subroutine conditionally	If <i>cond</i> = true: PC + 1 → TOS If <i>Csrc</i> is a register, <i>Csrc</i> → PC If <i>Csrc</i> is a value, <i>Csrc</i> + PC → PC Else, PC + 1 → PC
CMPF	Compare floating-point values	Set flags on Rn – <i>src</i>
CMPF3	Compare floating-point values (3 operand)	Set flags on <i>src1</i> – <i>src2</i>
CMPI	Compare integers	Set flags on Dreg – <i>src</i>
CMPI3	Compare integers (3 operand)	Set flags on <i>src1</i> – <i>src2</i>
DB <i>cond</i>	Decrement and branch conditionally (standard)	ARn – 1 → ARn If <i>cond</i> = true and ARn ≥ 0: If <i>Csrc</i> is a register, <i>Csrc</i> → PC If <i>Csrc</i> is a value, <i>Csrc</i> + PC + 1 → PC Else, PC + 1 → PC
DB <i>condD</i>	Decrement and branch conditionally (delayed)	ARn – 1 → ARn If <i>cond</i> = true and ARn ≥ 0: If <i>Csrc</i> is a register, <i>Csrc</i> → PC If <i>Csrc</i> is a value, <i>Csrc</i> + PC + 3 → PC Else, PC + 1 → PC
FIX	Convert floating-point value to integer	Fix (<i>src</i>) → Dreg
FLOAT	Convert integer to floating-point value	Float(<i>src</i>) → Rn
IACK	Interrupt acknowledge	Dummy read of <i>src</i> IACK toggled low, then high
IDLE	Idle until interrupt	PC + 1 → PC Idle until next interrupt
LDE	Load floating-point exponent	<i>src</i> (exponent) → Rn(exponent)
LDF	Load floating-point value	<i>src</i> → Rn
LDF <i>cond</i>	Load floating-point value conditionally	If <i>cond</i> = true, <i>src</i> → Rn Else, Rn is not changed
LDFI	Load floating-point value, interlocked	Signal interlocked operation <i>src</i> → Rn
LDI	Load integer	<i>src</i> → Dreg
LDI <i>cond</i>	Load integer conditionally	If <i>cond</i> = true, <i>src</i> → Dreg Else, Dreg is not changed
Legend:	ARn auxiliary register n (AR7–AR0) Csrc conditional-branch addressing modes cond condition code Dreg register addresses (any register) PC program counter	Rn register address (R7 – R0) src general addressing modes src1 three-operand addressing modes src2 three-operand addressing modes TOS top of stack

ตารางที่ 2.4 แสดงคำสั่งต่าง ๆ ของ ไอซี TMS 320C31 (ต่อ)

Mnemonic	Description	Operation
LDII	Load integer, interlocked	Signal interlocked operation $src \rightarrow Dreg$
LDM	Load floating-point mantissa	src (mantissa) $\rightarrow Rn$ (mantissa)
LSH	Logical shift	If count ≥ 0 : (Dreg left-shifted by count) $\rightarrow Dreg$ Else: (Dreg right-shifted by count) $\rightarrow Dreg$
LSH3	Logical shift (3-operand)	If count ≥ 0 : (src left-shifted by count) $\rightarrow Dreg$ Else: (src right-shifted by count) $\rightarrow Dreg$
MPYF	Multiply floating-point values	$src \times Rn \rightarrow Rn$
MPYF3	Multiply floating-point value (3 operand)	$src1 \times src2 \rightarrow Rn$
MPYI	Multiply integers	$src \times Dreg \rightarrow Dreg$
MPYI3	Multiply integers (3 operand)	$src1 \times src2 \rightarrow Dreg$
NEGB	Negate integer with borrow	$0 - src - C \rightarrow Dreg$
NEGF	Negate floating-point value	$0 - src \rightarrow Rn$
NEGI	Negate integer	$0 - src \rightarrow Dreg$
NOP	No operation	Modify ARn if specified
NORM	Normalize floating-point value	Normalize (src) $\rightarrow Rn$
NOT	Bitwise logical complement	$\overline{src} \rightarrow Dreg$
OR	Bitwise logical OR	Dreg OR $src \rightarrow Dreg$
OR3	Bitwise logical OR (3 operand)	$src1$ OR $src2 \rightarrow Dreg$
POP	Pop integer from stack	*SP $\rightarrow Dreg$
POPF	Pop floating-point value from stack	*SP $\rightarrow Rn$
PUSH	Push integer on stack	Sreg $\rightarrow *++ SP$
PUSHF	Push floating-point value on stack	Rn $\rightarrow *++ SP$
Legend:	ARn auxiliary register n (AR7-AR0) C carry bit Dreg register address (any register) PC program counter Rn register address (R7-R0)	SP stack pointer Sreg register address (any register) src general addressing modes src1 3-operand addressing modes src2 3-operand addressing modes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงคำสั่งต่าง ๆ ของ ไอซี TMS 320C31 (ต่อ)

Mnemonic	Description	Operation
RETI $cond$	Return from interrupt conditionally	If $cond = true$ or missing: *SP $_{---}$ \rightarrow PC 1 \rightarrow ST (GIE) Else, continue
RETS $cond$	Return from subroutine conditionally	If $cond = true$ or missing: *SP $_{---}$ \rightarrow PC Else, continue
RND	Round floating-point value	Round (src) \rightarrow Rn
ROL	Rotate left	Dreg rotated left 1 bit \rightarrow Dreg
ROLC	Rotate left through carry	Dreg rotated left 1 bit through carry \rightarrow Dreg
ROR	Rotate right	Dreg rotated right 1 bit \rightarrow Dreg
RORC	Rotate right through carry	Dreg rotated right 1 bit through carry \rightarrow Dreg
RPTB	Repeat block of instructions	$src \rightarrow$ RE 1 \rightarrow ST (RM) Next PC \rightarrow RS
RPTS	Repeat single instruction	$src \rightarrow$ RC 1 \rightarrow ST (RM) Next PC \rightarrow RS Next PC \rightarrow RE
SIGI	Signal, Interlocked	Signal interlocked operation Wait for interlock acknowledge Clear interlock
STF	Store floating-point value	Rn \rightarrow Daddr
STF \bar{I}	Store floating-point value, interlocked	Rn \rightarrow Daddr Signal end of interlocked operation
STI	Store integer	Sreg \rightarrow Daddr
STI \bar{I}	Store Integer, Interlocked	Sreg \rightarrow Daddr Signal end of interlocked operation
SUBB	Subtract integers with borrow	Dreg $- src - C \rightarrow$ Dreg
Legend:	C carry bit	RM repeat mode bit
	$cond$ condition code	RS repeat start register
	Daddr destination memory address	Rn register address (R7-R0)
	Dreg register address (any register)	SP stack pointer
	GIE global interrupt enable register	ST status register
	PC program counter	Sreg register address (any register)
	RC repeat counter register	src general addressing modes
	RE repeat interrupt register	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงคำสั่งต่าง ๆ ของ ไอซี TMS 320C31 (ต่อ)

Mnemonic	Description	Operation
SUBB3	Subtract integers with borrow (3 operand)	$src1 - src2 - C \rightarrow Dreg$
SUBC	Subtract integers conditionally	If $Dreg - src \geq 0$: [[$Dreg - src$] << 1] OR 1 $\rightarrow Dreg$ Else, $Dreg \ll 1 \rightarrow Dreg$
SUBF	Subtract floating-point values	$Rn - src \rightarrow Rn$
SUBF3	Subtract floating-point values (3 operand)	$src1 - src2 \rightarrow Rn$
SUBI	Subtract integers	$Dreg - src \rightarrow Dreg$
SUBI3	Subtract integers (3 operand)	$src1 - src2 \rightarrow Dreg$
SUBRB	Subtract reverse integer with borrow	$src - Dreg - C \rightarrow Dreg$
SUBRF	Subtract reverse floating-point value	$src - Rn \rightarrow Rn$
SUBRI	Subtract reverse Integer	$src - Dreg \rightarrow Dreg$
SWI	Software interrupt	Perform emulator interrupt sequence
TRAP $cond$	Trap conditionally	If $cond = true$ or missing: Next PC $\rightarrow *++ SP$ Trap vector N $\rightarrow PC$ 0 $\rightarrow ST$ (GIE) Else, continue
TSTB	Test bit fields	$Dreg \text{ AND } src$
TSTB3	Test bit fields (3 operand)	$src1 \text{ AND } src2$
XOR	Bitwise exclusive OR	$Dreg \text{ XOR } src \rightarrow Dreg$
XOR3	Bitwise exclusive OR (3 operand)	$src1 \text{ XOR } src2 \rightarrow Dreg$
Legend:	C carry bit	Rn register address (R7-R0)
	$cond$ condition code	SP stack pointer
	Dreg register address (any register)	src general addressing modes
	GIE global interrupt enable register	src1 3-operand addressing modes
	N any trap vector 0-27	src2 3-operand addressing modes
	PC program counter	ST status register

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงคำสั่งต่าง ๆ ของ ไอซี TMS 320C31 (ต่อ)

Mnemonic	Description	Operation
Parallel Arithmetic With Store Instructions		
ABSF STF	Absolute value of a floating point	$ src2 \rightarrow dst1$ $src3 \rightarrow dst2$
ABSI STI	Absolute value of an integer	$ src2 \rightarrow dst1$ $src3 \rightarrow dst2$
ADDF3 STF	Add floating point	$src1 + src2 \rightarrow dst1$ $src3 \rightarrow dst2$
ADDI3 STI	Add integer	$src1 + src2 \rightarrow dst1$ $src3 \rightarrow dst2$
AND3 STI	Bitwise logical AND	$src1 \text{ AND } src2 \rightarrow dst1$ $src3 \rightarrow dst2$
ASH3 STI	Arithmetic shift	If $count \geq 0$: $src2 \ll count \rightarrow dst1$ $src3 \rightarrow dst2$ Else: $src2 \gg count \rightarrow dst1$ $src3 \rightarrow dst2$
FIX STI	Convert floating point to integer	$Fix(src2) \rightarrow dst1$ $src3 \rightarrow dst2$
FLOAT STF	Convert integer to floating point	$Float(src2) \rightarrow dst1$ $src3 \rightarrow dst2$
LDF STF	Load floating point	$src2 \rightarrow dst1$ $src3 \rightarrow dst2$
LDI STI	Load Integer	$src2 \rightarrow dst1$ $src3 \rightarrow dst2$
LSH3 STI	Logical shift	If $count \geq 0$: $src2 \ll count \rightarrow dst1$ $src3 \rightarrow dst2$ Else: $src2 \gg count \rightarrow dst1$ $src3 \rightarrow dst2$
MPYF3 STF	Multiply floating point	$src1 \times src2 \rightarrow dst1$ $src3 \rightarrow dst2$
MPYI3 STI	Multiply integer	$src1 \times src2 \rightarrow dst1$ $src3 \rightarrow dst2$
Legend:	count register addr (R7–R0) dst1 register addr (R7–R0) dst2 indirect addr (disp = 0, 1, IR0, IR1)	src1 register addr (R7–R0) src2 indirect addr (disp = 0, 1, IR0, IR1) src3 register addr (R7–R0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงคำสั่งต่าง ๆ ของ ไอซี TMS 320C31 (ต่อ)

Mnemonic	Description	Operation
Parallel Arithmetic With Store Instructions (Concluded)		
NEGF STF	Negate floating point	$0 - src2 \rightarrow dst1$ $src3 \rightarrow dst2$
NEGI STI	Negate integer	$0 - src2 \rightarrow dst1$ $src3 \rightarrow dst2$
NOT STI	Complement	$\overline{src1} \rightarrow dst1$ $src3 \rightarrow dst2$
OR3 STI	Bitwise logical OR	$src1 \text{ OR } src2 \rightarrow dst1$ $src3 \rightarrow dst2$
STF STF	Store floating point	$src1 \rightarrow dst1$ $src3 \rightarrow dst2$
STI STI	Store integer	$src1 \rightarrow dst1$ $src3 \rightarrow dst2$
SUBF3 STF	Subtract floating point	$src1 - src2 \rightarrow dst1$ $src3 \rightarrow dst2$
SUBI3 STI	Subtract integer	$src1 - src2 \rightarrow dst1$ $src3 \rightarrow dst2$
XOR3 STI	Bitwise exclusive OR	$src1 \text{ XOR } src2 \rightarrow dst1$ $src3 \rightarrow dst2$
Parallel Load Instructions		
LDF LDF	Load floating point	$src2 \rightarrow dst1$ $src4 \rightarrow dst2$
LDI LDI	Load integer	$src2 \rightarrow dst1$ $src4 \rightarrow dst2$
Parallel Multiply And Add/Subtract Instructions		
MPYF3 ADDF3	Multiply and add floating point	$op1 \times op2 \rightarrow op3$ $op4 + op5 \rightarrow op6$
MPYF3 SUBF3	Multiply and subtract floating point	$op1 \times op2 \rightarrow op3$ $op4 - op5 \rightarrow op6$
MPYI3 ADDI3	Multiply and add integer	$op1 \times op2 \rightarrow op3$ $op4 + op5 \rightarrow op6$
MPYI3 SUBI3	Multiply and subtract integer	$op1 \times op2 \rightarrow op3$ $op4 - op5 \rightarrow op6$
Legend:	<i>dst1</i> register addr (R7–R0) <i>dst2</i> indirect addr (disp = 0, 1, IR0, IR1) <i>op1, op2, op4, and op5</i> Any two of these operands must be specified using register addr; the remaining two must be specified using indirect.	<i>op3</i> register addr (R0 or R1) <i>op6</i> register addr (R2 or R3) <i>src1</i> register addr (R7–R0) <i>src2</i> indirect addr (disp = 0, 1, IR0, IR1) <i>src3</i> register addr (R7–R0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทสรุป

ในบทนี้เป็นการกล่าวถึงความรู้พื้นฐานที่ควรจะทราบเกี่ยวกับสถาปัตยกรรมของ TMS 320C31 ทำให้เข้าใจหลักการทำงานของหน่วยประมวลผลกลาง หน่วยกระทำการคูณ หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์ รีจิสเตอร์ต่างๆ หน่วยความจำ ระบบติดต่อภายในและภายนอก รวมทั้งคำสั่งภาษาแอสเซมบลี เพื่อใช้ในการเขียน โปรแกรมควบคุมการทำงานตามที่ต้องการ ส่วนการติดต่อกับหน่วย ความจำภายนอกจะอธิบายโดยละเอียดในบทที่ 4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

รูปแบบข้อมูลภาพ

3.1 คำนำ

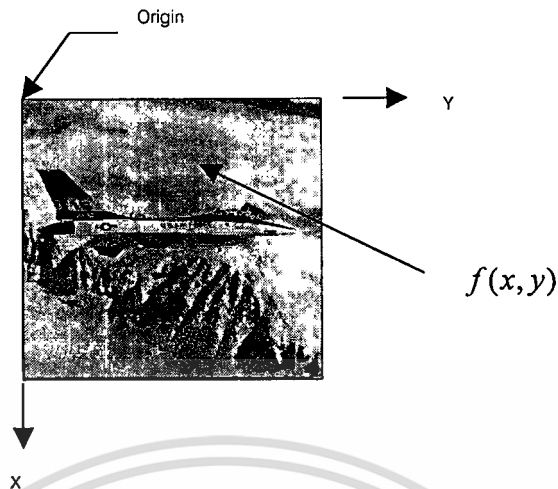
เนื้อหาภายในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงลักษณะของข้อมูลภาพดิจิทัลของภาพรูปแบบข้อมูลภาพ รายละเอียดของภาพ (Resolution) จำนวนระดับสีเทาของภาพ ฮีสโตแกรมของภาพ รวมถึงฮีสโตแกรมที่มีลักษณะการกระจายตัวเป็นแบบ ไบ โมดอลซึ่งมีความสำคัญในการพิจารณาเลือกจุดเทรชโฮลด์

3.2 การแสดงภาพดิจิทัล [1]

3.2.1 การแทนภาพดิจิทัล (digital image representation)

ภาพขาวดำที่เป็นข้อมูลดิจิทัลนี้ มักจะถูกแทนด้วยฟังก์ชันสองมิติที่เขียนอยู่ในรูป $f(x, y)$ โดย (x, y) จะเป็นตำแหน่งบอกพิกัดทางสถาเขียลในรูปคาร์ทีเซียน ส่วนค่าของฟังก์ชันจะเป็นระดับของความสว่าง ณ จุดภาพดังกล่าว ซึ่งบางครั้งจะเรียกว่าค่าระดับสีเทา (Brightness or Grey level) ในแต่ละภาพจะมีจำนวนระดับสีเทาที่ระดับก็จะขึ้นกับจำนวนบิตที่นำมาเข้ารหัสว่ามีกี่บิต (Bit) ในบางครั้งถ้ากำหนดให้ค่าของฟังก์ชันหรือค่าระดับสีเทาอยู่ในแกน Z ก็จะสามารถพล็อต (Plot) ข้อมูลภาพดิจิทัลเป็นรูปสามมิติได้ แต่การมองภาพเป็นการมองในแนวตั้งฉาก ดังนั้นค่าความสูงของระดับสีเทาในแกน z จึงถูกปรับเปลี่ยนให้เป็นความขาวดำของจุดภาพในรูปสองมิติแทนดังแสดงในรูปที่ 3.1 ถ้าหากจุดภาพที่อยู่ติดกันมีความแตกต่างของระดับสีเทาสูงก็จะเกิดเป็นขอบของวัตถุในภาพขึ้น การเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทาของจุดภาพต่างๆ นี้เองจะทำให้ผู้มองสามารถแยกแยะรายละเอียดของภาพหรือสามารถจำแนก (Classify) วัตถุต่างๆ ในภาพได้

เนื่องจากตำแหน่งโคออดิเนท (x, y) จะเป็นเลขจำนวนเต็ม (Integer) ดังนั้นแต่ละตำแหน่งโคออดิเนทจึงเป็นจุดภาพที่เรียกกันว่าพิกเซล (Pixel หรือ Picture Element) โดยขนาดของภาพขึ้นอยู่กับค่า x และ y ที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่นดังรูปที่ 3.1 ซึ่งเป็นภาพขนาด 512×512 จุดภาพและค่าความสว่างของแต่ละจุดภาพจะถูกเข้ารหัสไว้ 8 บิต จะได้ความแตกต่างของความสว่างหรือระดับสีเทาเป็น 256 ระดับและจุดมุมบนซ้ายของภาพจะเป็นจุดออริจิน (Origin) ซึ่งเป็นตำแหน่งเริ่มต้นของภาพคือ $(0, 0)$



รูปที่ 3.1 ภาพดิจิทัลแบบขาวดำหรือโมโนโครม

3.2.2 รูปแบบข้อมูลภาพ

ฟังก์ชันของข้อมูลภาพจะหมายถึงฟังก์ชันค่าความสว่างของแสงในสองมิติ ซึ่งอธิบายโดยค่า $f(x,y)$ เมื่อค่าหรือแอมพลิจูดของ f ที่โคออดิเนต (x,y) จะเป็นค่าความเข้มหรือค่าความสว่างของภาพที่ตำแหน่งนั้นโดย $f(x,y)$ เป็นรูปแบบของพลังงานที่มีค่ามากกว่าศูนย์แต่เกินอินฟินิตี้ ดังสมการ

$$0 < f(x,y) < \infty \quad (3.1)$$

ภาพที่ปรากฏแก่สายตามนุษย์จะเกิดมาจากการสะท้อนของแสงจากวัตถุ โดยธรรมชาติของฟังก์ชัน $f(x,y)$ จะเป็นลักษณะที่ประกอบด้วยสององค์ประกอบคือ (1) จำนวนแหล่งกำเนิดแสงที่ตกกระทบบนฉากจนเกิดเป็นรูปภาพขึ้น (2) ปริมาณแสงที่สะท้อนโดยวัตถุในฉาก ซึ่งสามารถอธิบายโดยองค์ประกอบการให้แสงสว่าง (Illumination Component) และการสะท้อนแสง (Reflectance Component) แทนด้วย $i(x,y)$ และ $r(x,y)$ ตามลำดับ ซึ่งฟังก์ชัน $i(x,y)$ และ $r(x,y)$ ร่วมกันสร้างค่า $f(x,y)$ ดังสมการ

$$f(x,y) = i(x,y) r(x,y) \quad (3.2)$$

เมื่อ

$$0 < i(x,y) < \infty \quad (3.3)$$

และ

$$0 < r(x,y) < 1 \quad (3.4)$$

สมการ (3.4) แสดงได้ว่าค่าการสะท้อนแสงจะอยู่ในย่าน 0 คือเกิดการดูดกลืนแสงหมด (Total Absorption) ถึงค่า 1 คือ เกิดการสะท้อนแสงหมด (Total reflectance) ธรรมชาติของ $i(x,y)$ จะถูกพิจารณาโดยแหล่งกำเนิดแสงและ $r(x,y)$ จะถูกพิจารณาโดยลักษณะของวัตถุที่จะสะท้อน

ค่าความสว่างของภาพโมนโครม f ที่โคออดิเนท (x,y) ก็คือ ระดับสีเทา (L) ของภาพที่จุดนั้น จากสมการ (3.2) ถึง (3.4) จะให้ค่า L จะอยู่ในย่านดังสมการ

$$L_{\min} \leq l \leq L_{\max} \quad (3.5)$$

ตามทฤษฎีแล้วต้องการค่า L_{\min} ที่เป็นค่าบวก และค่า L_{\max} จะต้องจำกัด ในทางปฏิบัติ $L_{\min} = r_{\min} i_{\min}$ และ $L_{\max} = r_{\max} i_{\max}$ โดยใช้ค่าการให้แสงสว่าง และค่าการสะท้อนแสง โดยรูปภาพที่นำมาประยุกต์ใช้งานจะมีค่า $L_{\min} \approx 0.005$ และค่า $L_{\max} \approx 100$ ค่าระหว่าง $[L_{\min}, L_{\max}]$ จะเป็นค่าระดับสีเทา ซึ่งส่วนใหญ่จะมีการเลื่อนไปใช้ค่าระหว่าง $[0, L-1]$ เมื่อค่า $l = 0$ จะเป็นค่าระดับสีดำ และค่า $l = L-1$ เป็นค่าระดับสีขาว ค่าระหว่าง $[0, L-1]$ จะเป็นค่าระดับสีเทาที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องจากระดับสีดำไปยังสีขาว ซึ่งรูปภาพ โมน โครม โดยทั่วไปมักจะแสดง ข้อมูลด้วย 8 บิตต่อจุดภาพ ซึ่งจะประกอบด้วยระดับสีเทา 256 ระดับ (L) หรือค่าระดับสีเทาจะแปรจากระดับ 0 ถึง 255

จากความเหมาะสมกับกรรมวิธีทางคอมพิวเตอร์ ฟังก์ชันรูปภาพ $f(x,y)$ จะต้องมีการดิจิไตน์ทั้งทางสเปเชียล และทางแอมพลิจูด การดิจิไตน์ทางโคออดิเนททางสเปเชียล (x,y) เรียกว่า การแซมปีงภาพ (Image sampling) และการดิจิไตน์ทางแอมพลิจูดเรียกว่าการควอนไตน์ระดับสีเทา (Gray-level Quantization)

สมมุติว่าฟังก์ชันรูปภาพที่ต่อเนื่องกันถูกแบ่งเป็นแซมเปิ้ลที่จัดเรียงโดยมีช่องห่างระหว่างกันเป็นระยะเท่าๆ กัน ในรูปแบบอาร์เรย์ $N \times M$ ดังแสดงในสมการ (3.6) เมื่อสมาชิกแต่ละตัวในอาร์เรย์เป็นปริมาณดิสครีต

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0, 0) & f(0, 1) & \dots & f(0, M-1) \\ f(1, 0) & f(1, 1) & \dots & f(1, M-1) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ f(N-1, 0) & f(N-1, 1) & \dots & f(N-1, M-1) \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

จากทางด้านขวามือของสมการ (3.6) จะแสดงในรูปแบบทั่วไปของภาพดิจิทัล แต่ละสมาชิกของอาร์เรย์จะหมายถึงจุดภาพของภาพ

ในการอธิบายในเรื่องการแซมปิ้ง และการควอนไตน์เซชันนั้น ให้ z เป็นเซตของจำนวนเต็ม และ R เป็นเซตของจำนวนจริง กรรมวิธีในการแซมปิ้งอาจมองระนาบ xy เป็นตาราง โดยโคออดิเนตตรงกลางของตารางจะเป็นหน่วยย่อยในคาร์ทีเซียน $Z \times Z$ (หรือเขียนเป็น Z^2) ซึ่งจะ เป็นเซตของหน่วย (a, b) เมื่อ a และ b เป็นจำนวนเต็มจาก Z ดังนั้น $f(x, y)$ เป็นรูปภาพดิจิทัล ถ้า (x, y) เป็นจำนวนเต็มจาก $Z \times Z$ และ f เป็นฟังก์ชันของค่าระดับสีเทา (ค่าจำนวนจริง, R) ที่โคออดิเนตตำแหน่ง (x, y) ถ้าระดับสีเทาเป็นจำนวนเต็มจึงมีการแทนค่า R ด้วยค่า Z และภาพดิจิทัลเป็นฟังก์ชันสองมิติ (2-D) ซึ่งมีค่าโคออดิเนต และค่าระดับสีเทาเป็นจำนวนเต็ม

กรรมวิธีทางดิจิทัลจะมีการพิจารณาค่า N, M เป็นจำนวนจุดภาพในลักษณะดิสครีต และ G เป็นระดับสีเทาโดยทั่วไปกรรมวิธีทางดิจิทัล รูปภาพจะมีค่าต่างๆ เท่ากับจำนวนเต็มยกกำลังสอง กล่าวคือ

$$N = 2^n, \quad M = 2^k \quad (3.7)$$

และ

$$G = 2^m \quad (3.8)$$

เมื่อ G เป็นจำนวนระดับสีเทาที่เป็นค่าดิสครีตที่มีค่าห่างเป็นระยะเท่าๆ กันระหว่างค่า 0 ถึง $L-1$ เป็นสเกลสีเทา จากการใช้สมการ (3.7) และ (3.8) มาใช้พิจารณาจำนวนบิตที่ใช้ในการเก็บรูปภาพจากการดิจิทัลไนซ์

$$b = N \times M \times m \quad (3.9)$$

โดยปกติภาพมักจะถูกกำหนดให้มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสกล่าวคือ $M = N$ ทำให้

$$b = N^2 m \quad (3.10)$$

จากตัวอย่างเช่น รูปภาพขนาด 128 x 128 ที่มีค่าระดับสีเทา 64 ระดับ การเก็บภาพดิจิทัลนี้ต้องการหน่วยความจำในการเก็บ 98,304 บิต จากตารางที่ 3.1 เป็นการแสดงค่า b จากสมการ (3.10) ที่มีค่า N และ m ต่างๆ กัน และจากตารางที่ 3.2 แสดงหน่วยความจำที่ใช้ในการเก็บรูปภาพเป็นไบต์ ข้อมูล ซึ่งหนึ่งไบต์จะมีข้อมูลขนาด 8 บิต

ตารางที่ 3.1 แสดงขนาดหน่วยความจำที่ใช้เก็บรูปภาพที่มีขนาด N และ m ต่างๆ กัน

$N \backslash m$									
32	1,024	2,048	3,072	4,096	5,120	6,144	7,168	8,192	
64	4,096	8,192	12,288	16,384	20,480	24,576	28,672	32,768	
128	16,384	32,768	49,152	65,536	81,920	98,304	114,688	131,072	
256	65,536	131,072	196,608	262,144	327,680	393,216	458,752	524,288	
512	262,144	524,288	786,432	1,048,576	1,310,720	1,572,864	1,835,008	2,097,152	
1,024	1,048,576	2,097,152	3,145,728	4,194,304	5,242,880	6,291,456	7,340,032	8,388,608	

ตารางที่ 3.2 แสดงขนาดหน่วยความจำเป็นไบต์ (8บิต) ที่ใช้เก็บรูปภาพที่มีขนาด N และ m ต่างๆ กัน

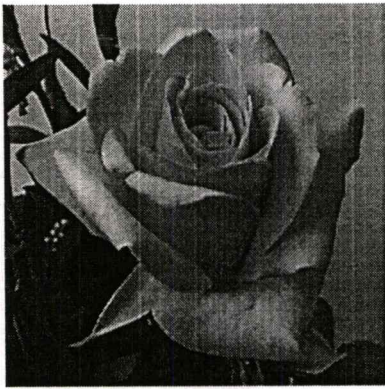
$N \backslash m$	1	2	3	4	5	6	7	8
32	128	256	512	512	1,024	1,024	1,024	1,024
64	512	1,024	2,048	2,048	4,096	4,096	4,096	4,096
128	2,048	4,096	8,192	8,192	16,384	16,384	16,384	16,384
256	8,192	16,384	32,768	32,768	65,536	65,536	65,536	65,536
512	32,768	65,536	131,072	131,072	262,144	262,144	262,144	262,144
1,024	131,072	262,144	393,216	524,288	655,360	786,432	917,504	1,048,576

ค่ารีโซลูชัน (Resolution) คือ ระดับของการมองเห็นรายละเอียดภาพได้ จะขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ N และ m อย่างมาก ถ้าค่าพารามิเตอร์ทั้งสองนี้มีค่าเพิ่มขึ้น อารยที่ได้จากการดิจิทัลจะไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

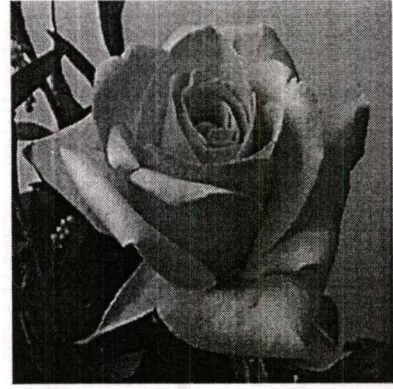
จะมีความใกล้เคียงกับภาพต้นแบบมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อหน่วยความจำที่ใช้ในการเก็บภาพที่ต้องเพิ่มขึ้น และความเร็วในการจัดเก็บข้อมูลก็ต้องสูงตาม (A/D ที่ใช้และ RAM ต้องทำงานที่ความเร็วสูง)

รูปภาพที่มีขนาดเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสสามารถนำไปใช้งานได้อย่างสะดวก ดังนั้นการพิจารณาคุณภาพของรูปภาพจะพิจารณาค่า N และ m ซึ่งรูปภาพที่ดีไม่สามารถระบุลงไปได้อย่างชัดเจนได้ เพราะว่าคุณภาพของรูปภาพไม่ได้ขึ้นอยู่กับรูปภาพเท่านั้น แต่ยังขึ้นกับความต้องการของการนำไปประยุกต์ใช้งานด้วย คุณภาพของภาพดิจิทัลจะถูกลดลงเมื่อค่ารีโซลูชันทาง สเปเชียล และค่าระดับสีเทาของการควอนไทน์เซชันลดลง

จากรูปที่ 3.2 (a) แสดงรูปดอกกุหลาบที่มีสีเทาระดับ ขนาด $1,024 \times 1,024$ และรูปที่ 3.2 (b) - 3.2 (f) แสดงรูปภาพผลลัพธ์จากการลดค่ารีโซลูชันจาก $N = 1024$ เป็น $N = 512, 256, 128, 64$ และ 32 ตามลำดับ ซึ่งทุกรูปจะมีค่าระดับสีเทามากที่สุด คือ 256 โดยใช้พื้นที่ในการแสดงภาพแต่ละภาพด้วยขนาดเท่ากัน ($1,024 \times 1,024$) จุดภาพ จุดภาพของภาพที่มีค่ารีโซลูชันต่ำจะมีการวางซ้ำกันในการแสดงภาพ เปรียบเทียบภาพในรูปที่ 3.2 (a) กับรูปภาพขนาด 512×512 ในรูปที่ 3.2 (b) ถ้าเปรียบเทียบสองรูปนี้แล้ว จะมองเห็นความหยาบของภาพเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และความคมชัดของภาพขนาด 512×512 จะลดลงเล็กน้อย โดยทั่วไปแล้วรายละเอียดของภาพในส่วนนี้จะหายไปเมื่อผ่านกรรมวิธีการพิมพ์ และยากต่อการมองเห็นในภาพที่พิมพ์ จากการลดรีโซลูชันให้ต่ำลงเป็นภาพขนาด 128×128 จะเริ่มมีรอยยักที่ขอบภาพให้เห็น และความหยาบมากขึ้น ซึ่งจะเห็นรอยยักชัดเจนมากขึ้นเมื่อขนาดของข้อมูลภาพลดลง โดยเฉพาะถ้าขนาดภาพเหลือเพียง 32×32 จุดภาพจะมองไม่ออกว่าเป็นรูปภาพอะไร ส่วนรูปที่ 3.3 แสดงผลจากการลดจำนวนบิตที่ใช้ในการแสดงค่าระดับสีเทาของภาพ ในรูปที่ 3.3 (a) แสดงภาพขนาด $1,024 \times 1,024$ ใช้ข้อมูล 8 บิตในการพิจารณารูปที่ 3.3 (b) - 3.3 (f) แสดงภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการลดจำนวนบิตที่ใช้ในการแสดงค่าระดับสีเทา จากค่า $m = 7$ ถึงค่า $m = 1$ โดยค่ารีโซลูชันทางสเปเชียลคงที่ คือค่า $1,024 \times 1,024$ โดยภาพที่มีค่าระดับสีเทา $256, 128$ และ 64 ระดับ ยังสามารถให้ลักษณะเฉพาะของรูปภาพตามการมองเห็นได้ ส่วนภาพที่มีค่าระดับสีเทา 16 ระดับ หรือน้อยกว่า จะไม่เพียงพอต่อการแสดงภาพดิจิทัลในบริเวณที่มีระดับสีใกล้เคียงกัน ทำให้เกิดการแสดงการเกิดสีเทียมในบริเวณสีที่ใกล้เคียงกัน (False Contouring) ดังแสดงดังรูปที่ 3.3 (g) - 3.3 (h) อย่างชัดเจน จากกรรมวิธีแสดงผลเกี่ยวกับคุณภาพของภาพ โดยการเปลี่ยนแปลงค่า N และ m อย่างอิสระต่อกัน



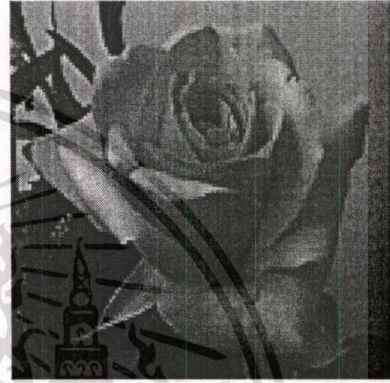
(a) 1024 x 1024 จุดภาพ



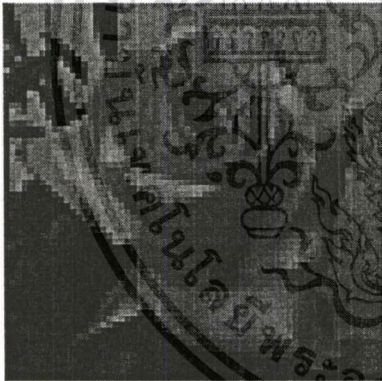
(b) 512 x 512 จุดภาพ



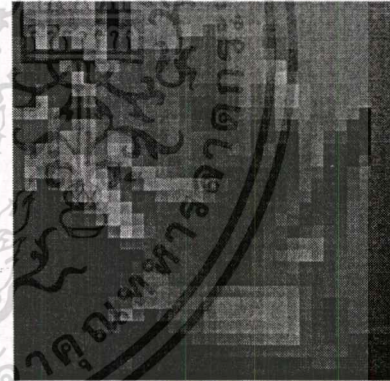
(c) 256 x 256 จุดภาพ



(d) 128 x 128 จุดภาพ



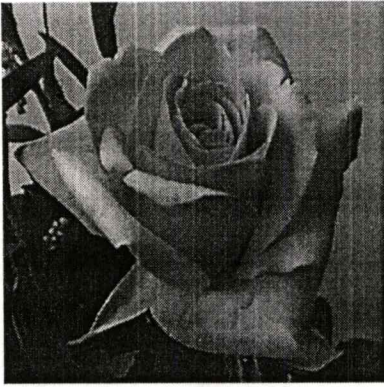
(e) 64 x 64 จุดภาพ



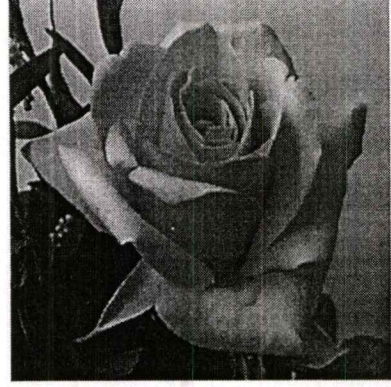
(f) 32 x 32 จุดภาพ

รูปที่ 3.2 รูปภาพผลลัพธ์จากการลดค่ารีโซลูชันทางสเปเชียล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



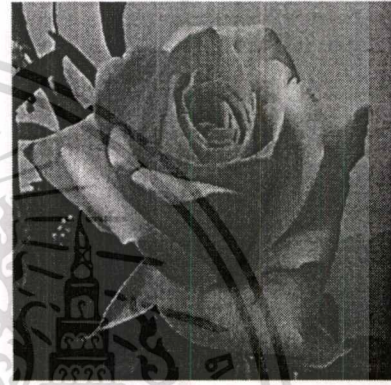
(a) 256 ระดับ



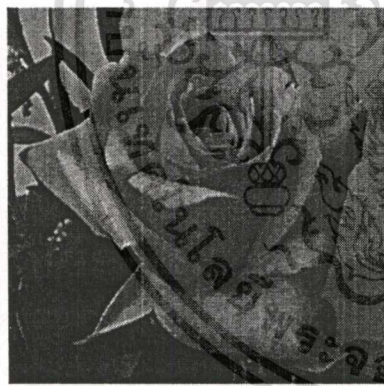
(b) 128 ระดับ



(c) 64 ระดับ



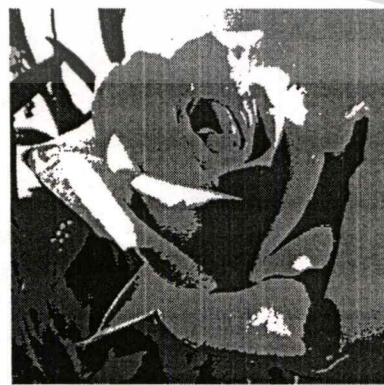
(d) 32 ระดับ



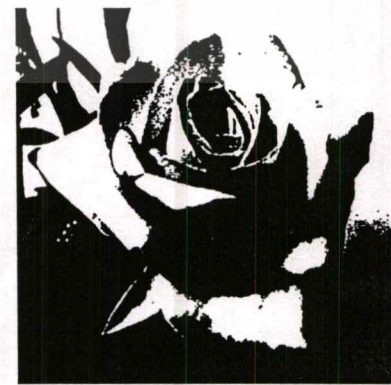
(e) 16 ระดับ



(f) 8 ระดับ



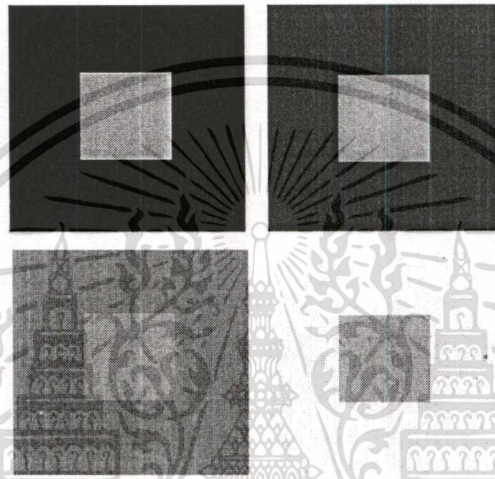
(g) 4 ระดับ



(h) 2 ระดับ

รูปที่ 3.3 รูปภาพขนาด 1,024 x 1,024 ที่แสดงด้วยจำนวนระดับสีเทาต่างๆ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การมองเห็นค่าความสว่างของภาพหรือค่าความแตกต่างของภาพ (Contrast) ที่มีการเปลี่ยนความคมชัดอย่างเฉียบพลันเมื่ออยู่ที่บริเวณต่างกัน ซึ่งค่าความสว่างที่มองเห็นไม่ได้ขึ้นกับค่าความเข้มแสงของบริเวณภาพส่วนนั้นเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.4 พื้นที่สี่เหลี่ยมตรงกลางที่มีค่าความเข้มเท่ากัน แต่ถูกล้อมรอบด้วยสีเหลี่ยมที่ใหญ่กว่าซึ่งมีค่าความเข้มต่างกัน ดังนั้นภาพที่มองเห็นบริเวณสี่เหลี่ยมตรงกลางจะเห็นมืดกว่าเมื่อบริเวณสี่เหลี่ยมรอบนอกมีความสว่างกว่า [1]



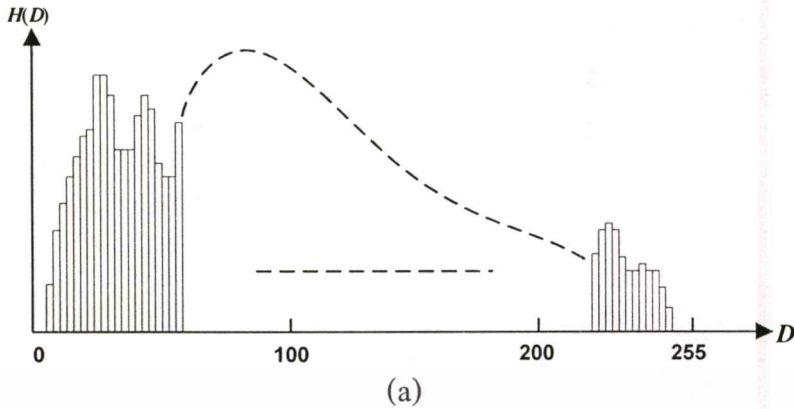
รูปที่ 3.4 ตัวอย่างการเปลี่ยนค่าคมชัดอย่างเฉียบพลันเมื่อสี่เหลี่ยมเล็กตรงกลางซึ่งมีค่าความเข้มเท่ากัน แต่จะเห็นสี่เหลี่ยมเล็กดำขึ้นเมื่อบริเวณสี่เหลี่ยมรอบนอกมีความสว่างกว่า

3.3 ฮิสโตแกรม

จากภาพขาวดำที่ถูกเข้ารหัสไว้ 8 บิตต่อจุดภาพ ดังนั้นแต่ละจุดภาพจะถูกแทนด้วยค่าระดับสีเทาตั้งแต่ 0 ถึง 255 จากการเก็บข้อมูลจำนวนจุดภาพของแต่ละระดับสีเทาที่ปรากฏในภาพนั้น จะได้กราฟแท่งความถี่ของค่าระดับสีเทาทั้ง 256 ระดับ ซึ่งกราฟแท่งนี้จะถูกเรียกว่าฮิสโตแกรมของภาพ ความสูงของกราฟแท่งในบางครั้งจะแสดงเป็นจำนวนจุดภาพของแต่ละระดับสีเทา ถ้าแต่ละแท่งของกราฟในฮิสโตแกรม คือ $H(D_i)$ โดย D_i เป็นค่าระดับสีเทาที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 ($0 \leq D_i \leq 255$) ตัวอย่างของกราฟแท่งหรือฮิสโตแกรมแสดงได้ดังรูปที่ 3.5 (a) โดยการพล็อตอาจจะทำในรูปของกราฟต่อเนื่องก็ได้เช่นกัน ในรูปที่ 3.5 (b) ถ้าหาก $H(D_i)$ เป็นจำนวนจุดภาพที่ระดับสีเทา D_i ดังนั้นจำนวนจุดภาพทั้งหมดในภาพดังกล่าวคือ N ซึ่งจะได้จาก

$$N = \sum_{i=0}^{255} H(D_i) \quad (3.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)



(b)

รูปที่ 3.5 ฮิสโตแกรมของรูปภาพ (a) รูปแบบดิสครีต (b) รูปแบบต่อเนื่อง

ในกรณีของภาพสี วิธีหนึ่งที่จะนำมาใช้คือฮิสโตแกรมสามมิติ $H(D_{R_i}, D_{B_i}, D_{G_i})$ โดยที่ D_{R_i} จะเป็นจำนวนจุดภาพระดับ i ของสีแดง D_{B_i} เป็นจำนวนจุดภาพระดับ i ของสีน้ำเงิน และ D_{G_i} จะเป็นจำนวนจุดภาพระดับ i ของสีเขียว หรืออาจจะเขียนเป็นฮิสโตแกรมหนึ่งมิติจำนวนสามชุด โดยแยกเป็นแต่ละสีอย่างอิสระ ซึ่งเขียนอยู่ในรูป $H(D_{R_i})$, $H(D_{B_i})$ และ $H(D_{G_i})$ ฟังก์ชันของฮิสโตแกรมหนึ่งมิติสามชุดนี้จะมีข้อมูลน้อยกว่าฮิสโตแกรมสามมิติ แต่การนำไปใช้งานจะทำให้ได้ง่ายกว่า ดังนั้นในหนังสือเล่มนี้จะพูดถึงเฉพาะฮิสโตแกรมหนึ่งมิติเท่านั้น

เมื่อพิจารณาจากภาพ โมโน โครมหรือภาพขาวดำ เมื่อค่าระดับสีเทาที่กำหนดไว้ ณ ระดับที่ D ที่ปรากฏอยู่ภายในเคิร์ฟวงปิด (Closed Curve) ถ้า $A(D)$ เป็นพื้นที่ที่ปิดล้อมค่า D จะได้ว่า

$$H(D) = \lim_{\Delta D \rightarrow 0} \frac{A(D) - A(D + \Delta D)}{\Delta D} = \frac{-dA}{dD} \quad (3.12)$$

โดย D เป็นค่าคงที่ที่ถูกปิดล้อมด้วยจุดภาพต่างๆ ที่มีค่าระดับสีเทามากกว่าหรือเท่ากับ D ดังนั้น

$$A(D) = \int_0^{\infty} H(D') dD' \quad (3.13)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และถ้า $A_i = \int H(D')dD'$ เป็นพื้นที่ของทั้งภาพ มีบ่อยครั้งที่ใช้ฮิสโตแกรมเป็นความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability Density) ดังนั้นการนอมอลไลซ์พื้นที่ของภาพให้เป็นหนึ่ง ดังนั้นความหนาแน่นความน่าจะเป็นของจุดภาพในระดับสีเทา D คือ

$$P(D) = H(D) / A_i \quad (3.14)$$

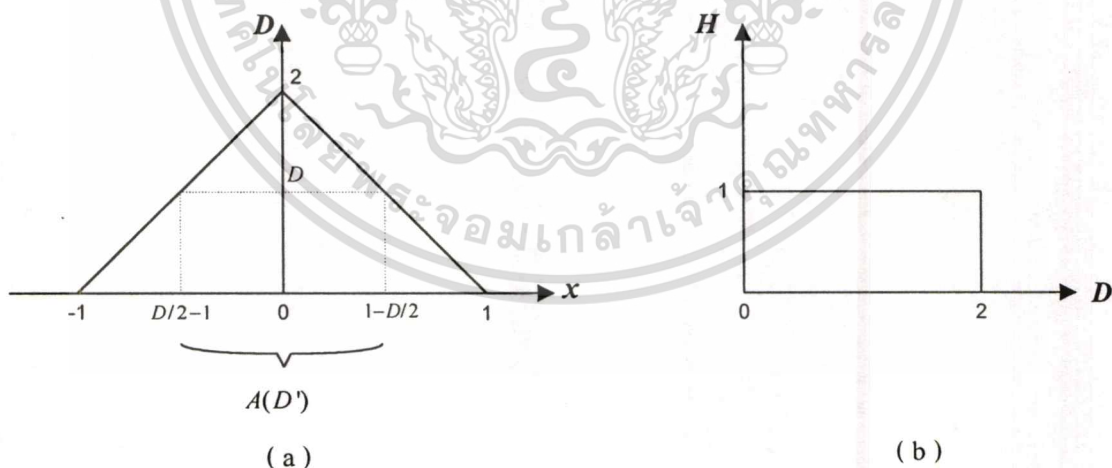
ตัวอย่างของฮิสโตแกรมหนึ่งมิติ และสองมิติมีดังนี้
กรณีพัลส์หนึ่งมิติ

$$D(x) = \begin{cases} 2-2x & 0 \leq x \leq 1 \\ 2+2x & -1 \leq x \leq 0 \end{cases} \quad (3.15)$$

ดังนั้นที่ค่าระดับสีเทามากกว่าหรือเท่ากับระดับสีเทา D จะให้พื้นที่เป็น $2-D$ โดยที่

$$H(D) = \frac{-dA}{dD} = 1 \quad (3.16)$$

จากผลที่ได้แสดงเป็นฮิสโตแกรมในรูปที่ 3.6 (b)



รูปที่ 3.6 รูปภาพหนึ่งมิติอย่างง่าย (a) รูปภาพตามสมการที่ 3.15 (b) ฮิสโตแกรมของภาพ (a)

กรณีพัลส์แบบเกาส์ (Gaussian) สองมิติ เมื่อ $D(r, \theta) = \exp(-r^2)$ โดย $0 \leq r \leq \alpha$ และ $0 \leq \theta \leq 2\pi$ ระดับค่าคงที่ D จะเป็นวงกลมที่มีรัศมี $r(D) = \sqrt{-\ln D}$ พื้นที่ภายในวงล้อมปิดของวงกลมคือ

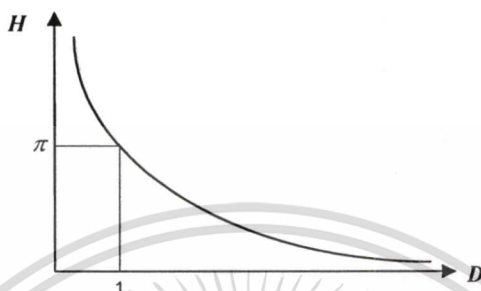
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A(D) = \pi(r(D))^2 s = -\pi \ln D \tag{3.17}$$

ดังนั้น

$$H(D) = \pi / D \tag{3.18}$$

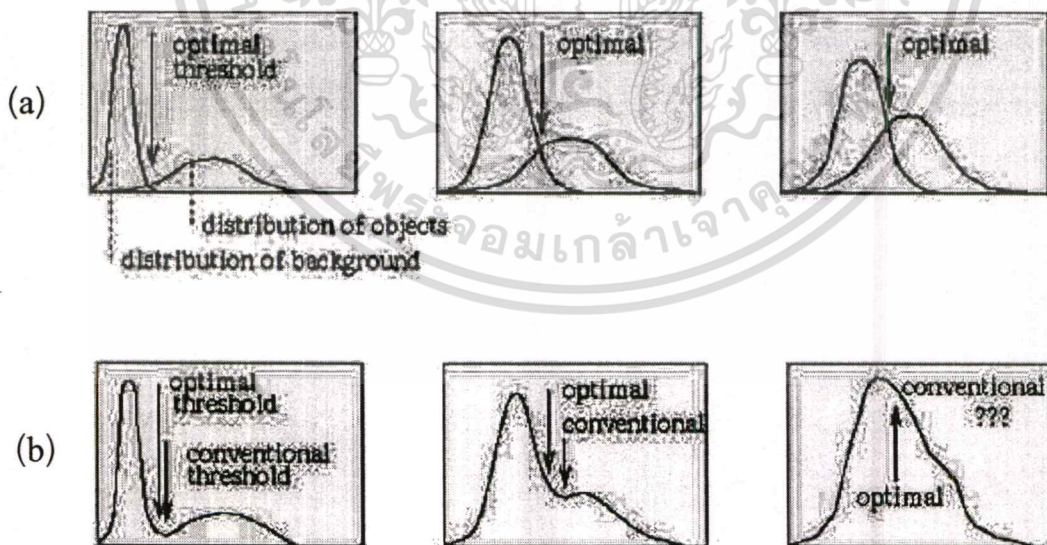
ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ฮิสโตแกรมสำหรับเกาส์พัลส์

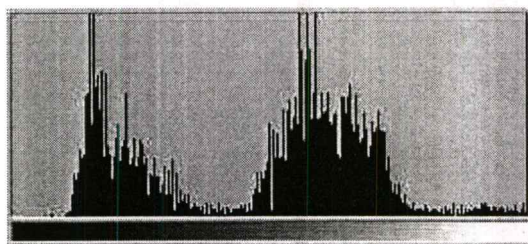
3.3.1 ไบโมดอลฮิสโตแกรม

เมื่อภาพประกอบด้วยวัตถุเพียงสิ่งเดียวที่มีความเข้มของแสงเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous intensity) และพื้นหลังประกอบด้วยความเข้มของแสงต่างระดับกัน ฮิสโตแกรมของภาพมักจะมีลักษณะการกระจายตัวเป็นไบ โมดอล ฮิสโตแกรม (bimodal histogram) ดังรูป

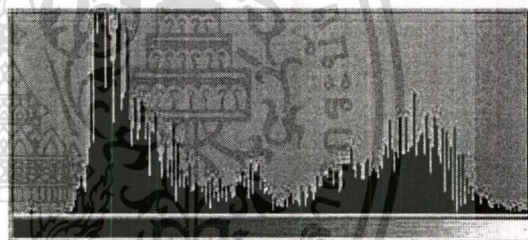
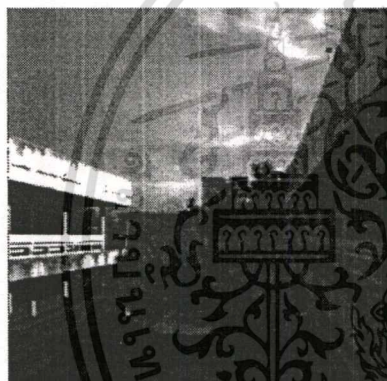


รูปที่ 3.8 แสดงไบ โมดอล ฮิสโตแกรมโดยที่รูป (a) จะเห็นจุดตัดที่ซ้อนกันของกราฟการกระจายตัวของวัตถุและกราฟการกระจายตัวของฉากหลัง รูป (b) แสดงจุดที่เหมาะสมที่สามารถแยกวัตถุและฉากหลังออกจากกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แสดงภาพพระเบียงและฮิสโตแกรมที่มีลักษณะเป็นไบโมดอล



รูปที่ 3.10 แสดงภาพพระเบียง 2 ด้านและฮิสโตแกรมที่มีลักษณะลักษณะเป็นไบโมดอล

3.4 บทสรุป

ในบทนี้เป็นการกล่าวถึงความรู้พื้นฐานที่ควรจะทราบเกี่ยวกับการแสดงภาพดิจิทัลรูปแบบข้อมูลภาพ ความสัมพันธ์ของข้อมูลภาพในรูปฮิสโตแกรม พร้อมทั้งแสดงตัวอย่างภาพที่มีลักษณะการกระจายตัวของฮิสโตแกรมเป็นไบโมดอล ฮิสโตแกรม

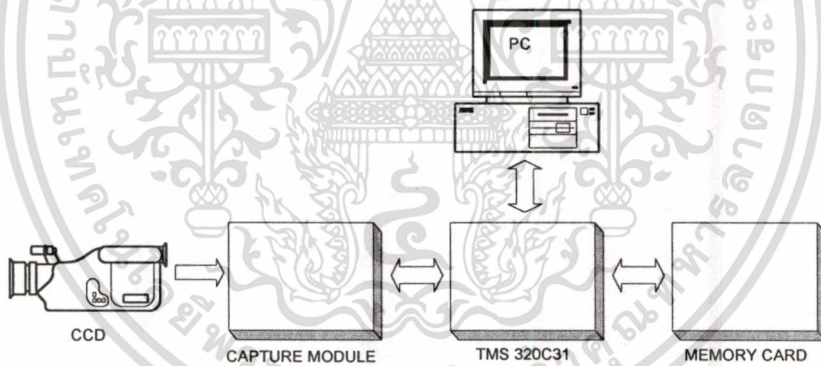
บทที่ 4

การออกแบบวงจรหน่วยความจำ

4.1 คำนำ

เนื่องจากสแตร์ทเตอร์คิท TMS 320C31 เป็นเพียงชุดทดลองเบื้องต้นที่รองรับ โปรแกรมขนาดเล็ก ไม่ใหญ่มาก เพื่อทดลองเขียน, อ่านข้อมูล ซึ่งมีขนาดรวมเพียง 2 KB ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงต้องออกแบบหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเพื่อให้สามารถเก็บได้ทั้งข้อมูลภาพ และ โปรแกรมโดยจะอธิบาย รวมถึงการเลือกอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้ทำงานสอดคล้องกับความเร็วของ TMS 320C31

การแปลงสัญญาณภาพจากกล้อง CCD ให้เป็นข้อมูลภาพแล้วนำไปประมวลผลด้วย TMS 320C31 และนำผลที่ได้ไปแสดงที่จอคอมพิวเตอร์ (PC) นั้นสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ การเก็บข้อมูลภาพ, การประมวลผลภาพและการแสดงผลภาพดังรูปที่ 4.1 ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึง เฉพาะ Memory Card

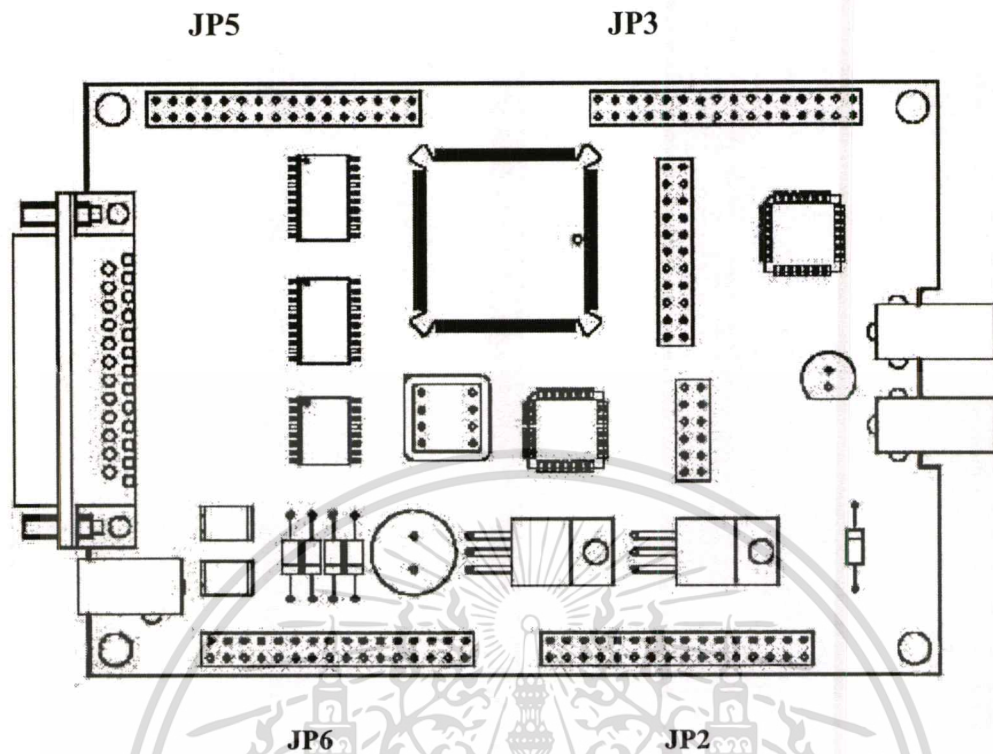


รูปที่ 4.1 แสดงส่วนประกอบทั้ง 3 ของการประมวลผลภาพ

4.2 สัญญาณที่ต้องใช้ [2]

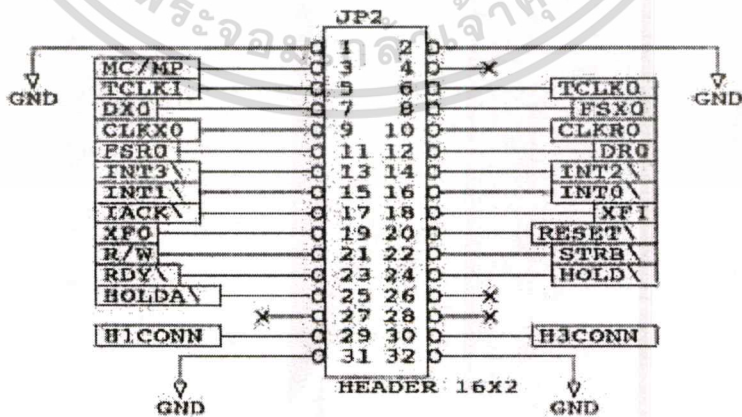
สัญญาณที่ต้องใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกประกอบด้วย

- 4.2.1 \overline{STRB} เป็นสัญญาณที่ส่งออกมาเพื่อสร้างจังหวะในการอ่านหรือเขียน โดยจะตรงกับขาที่ 22 ใน JP2 บนบอร์ด TMS มักนิยมนำไปต่อกับขา E (Enable Input) หรือ CS (Chip Select) ของอุปกรณ์ภาคต่อไป



รูปที่ 4.2 แสดงตำแหน่ง JP ต่างๆ บนบอร์ด TMS

4.2.2 R/W เป็นสัญญาณที่ส่งออกมาเพื่อกำหนดว่าจะอ่านหรือเขียนไปยังอุปกรณ์ภายนอก โดยจะมีสถานะเป็น “1” เมื่อต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำและเป็น “0” เมื่อต้องการเขียนตำแหน่งจะตรงกับขาที่ 21 ใน JP2



รูปที่ 4.3 แสดงขาต่างๆ ใน JP2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 A0-A23 เป็นสัญญาณจาก Address Bus มีทั้งหมด 24 ขานำมาใช้ร่วมกับลอจิกเกต (logic gate) เพื่อทำหน้าที่กำหนดตำแหน่งหน่วยความจำที่ต้องการแสดงในตารางที่ 4.1 โดยที่ A0-A14 จำเป็นต้องต่อเข้ากับบัฟเฟอร์ (Buffer) 74HCT541 เพื่อเพิ่มความสามารถในการรับ Capacitive load ของ TMS 320C31 ซึ่งรับได้เพียง 80 pF และเพื่อให้ การทำงานมีประสิทธิภาพดีขึ้นลดผลตอบสนองทรานเซียนัล (transient response) จะต้องต่อความต้านทานเข้ากับขาต้านเข้าที่พุทของบัฟเฟอร์ โดยอย่างยิ่งเมื่อ Load เป็น CMOS ความต้านทานนี้จะช่วยลด Over Shoot ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ค่าความต้านทานเท่ากับ 30 Ω

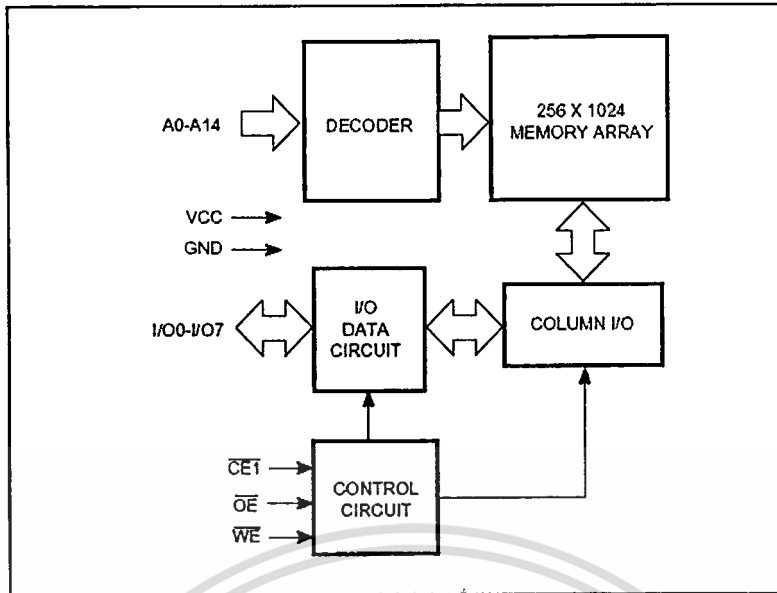
4.2.4 D0-D31 เป็นสัญญาณ Data Bus มีทั้งหมด 32 ขาเพื่อที่จะเก็บข้อมูลขนาด 32 บิต ได้ดังนั้นต้องใช้ SRAM 4 ตัวต่อ 1 Bank โดยลักษณะการต่อจะอธิบาย โดยละเอียดในส่วนถัดไป

ตารางที่ 4.1 แสดงตำแหน่งหน่วยความจำตามช่วงของ Address Bus

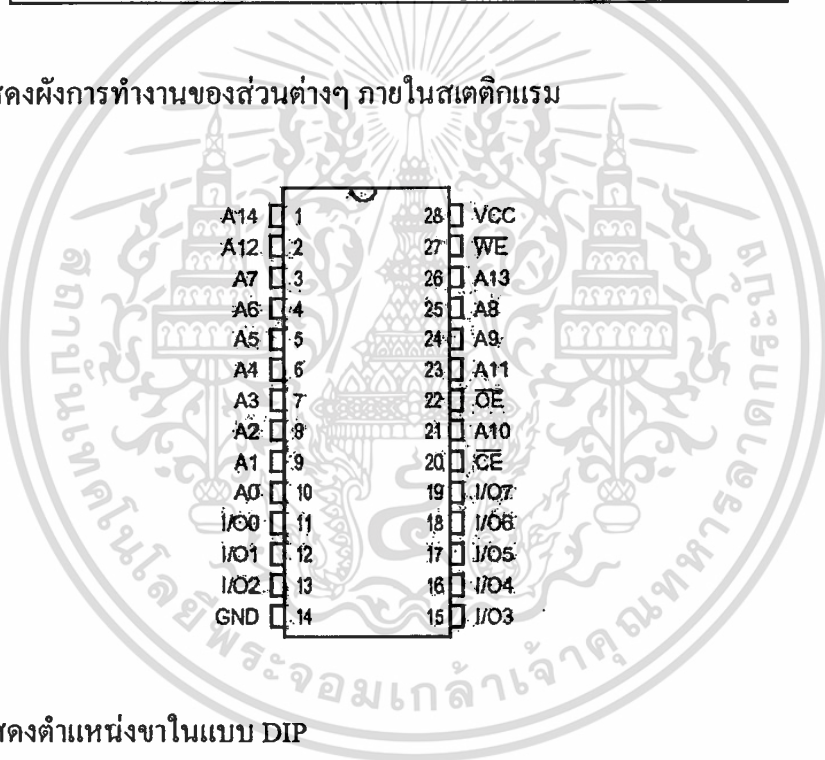
BANK 0	840000h - 847FFFh
BANK 1	848000h - 84FFFFh
BANK 2	850000h - 857FFFh
BANK 3	858000h - 85FFFFh
BANK 4	860000h - 867FFFh
BANK 5	868000h - 86FFFFh
BANK 6	870000h - 877FFFh
BANK 7	878000h - 87FFFFh

4.3 สเตติกแรม (Static RAM) [7]

เป็นหน่วยความจำแบบที่ไม่ต้องมีการกระตุ้น (Refresh) トラบไคที่ยังคงมีแรงดันเลี้ยงมันไว้ข้อมูลที่เก็บอยู่ภายในจะยังคงอยู่ ในงานวิจัยนี้เลือกใช้สเตติกแรม เบอร์ IS61M256-15N ของบริษัท Integrated Silicon Solution, Inc. ย่อว่า ISSI มีเวลาการเข้าถึงข้อมูล 15 nsec (Access time) มีความจุขนาด 32 KB ที่ 8 บิต มีโครงสร้างภายในเป็น CMOS มีพลังงานสูญเสียในตัวเองขณะไม่ได้เลือกใช้ทำงานอยู่ที่ 250 μW มี Block diagram ดังรูปที่ 5.4 และมีตำแหน่งขาแบบ DIP ดังรูปที่ 4.5

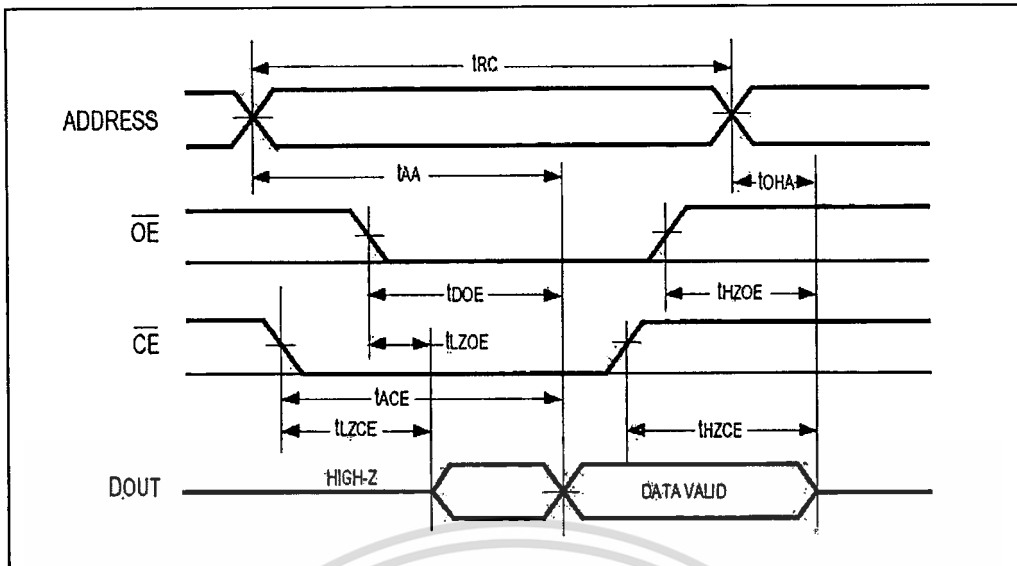


รูปที่ 4.4 แสดงผังการทำงานของส่วนต่างๆ ภายในสเตติกแรม



รูปที่ 4.5 แสดงตำแหน่งขาในแบบ DIP

สิ่งที่ต้องสนใจนอกจากผังการทำงานและตำแหน่งขาก็ยังมี Timing diagram ขณะอ่านและเขียน ดังแสดงในรูปที่ 4.6-4.9



Notes:

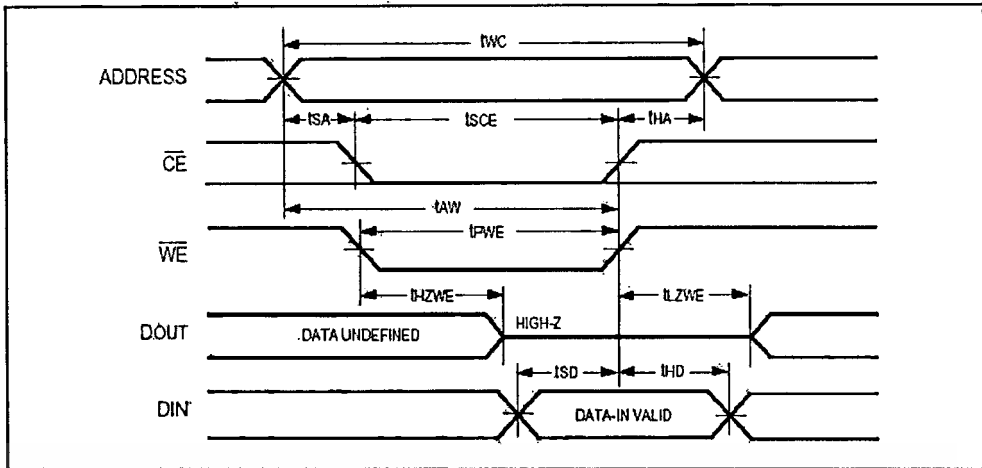
1. WE is HIGH for a Read Cycle.
2. The device is continuously selected, OE, CE = V_L.
3. Address is valid prior to or coincident with CE LOW transitions.

รูปที่ 4.6 แสดง Timing diagram ขณะอ่านข้อมูล

Symbol	Parameter	-10 ns		-12 ns		-15 ns		-20 ns		-25 ns		Unit
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
t _{RC}	Read Cycle Time	10	—	12	—	15	—	20	—	25	—	ns
t _{AA}	Address Access Time	—	10	—	12	—	15	—	20	—	25	ns
t _{OHA}	Output Hold Time	2	—	2	—	2	—	2	—	2	—	ns
t _{ACE}	CE Access Time	—	10	—	12	—	15	—	20	—	25	ns
t _{DOE}	OE Access Time	—	5	—	5	—	7	—	8	—	9	ns
t _{LZOE} ⁽¹⁾	OE to Low-Z Output	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—	ns
t _{HZOE} ⁽²⁾	OE to High-Z Output	—	5	—	6	—	7	—	9	—	10	ns
t _{LZCE} ⁽¹⁾	CE to Low-Z Output	2	—	3	—	3	—	3	—	3	—	ns
t _{HZCE} ⁽²⁾	CE to High-Z Output	—	5	—	7	—	8	—	9	—	10	ns
t _{PU} ⁽³⁾	CE to Power-Up	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—	ns
t _{PD} ⁽³⁾	CE to Power-Down	—	10	—	12	—	15	—	18	—	20	ns

รูปที่ 4.7 แสดงเวลาในช่วงต่างๆ ที่เกิดขึ้นขณะอ่านข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Notes:

1. The internal write time is defined by the overlap of CE LOW and WE LOW. All signals must be in valid states to initiate a Write, but any one can go inactive to terminate the Write. The Data Input Setup and Hold timing are referenced to the rising or falling edge of the signal that terminates the write.
2. I/O will assume the High-Z state if CE \geq VIH.

รูปที่ 4.8 แสดง Timing diagram ขณะเขียนข้อมูล

Symbol	Parameter	-10 ns		-12 ns		-15 ns		-20 ns		-25 ns		Unit
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
t _{WC}	Write Cycle Time	10	—	12	—	15	—	20	—	25	—	ns
t _{SCE}	CE to Write End	9	—	10	—	12	—	13	—	15	—	ns
t _{AW}	Address Setup Time to Write End	9	—	10	—	12	—	15	—	20	—	ns
t _{HZA}	Address Hold from Write End	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—	ns
t _{SA}	Address Setup Time	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—	ns
t _{PWE} ²⁾	WE Pulse Width	8	—	8	—	10	—	13	—	15	—	ns
t _{SD}	Data Setup to Write End	7	—	7	—	9	—	10	—	12	—	ns
t _{HD}	Data Hold from Write End	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—	ns
t _{IHZWE} ²⁾	WE LOW to High-Z Output	—	6	—	6	—	7	—	8	—	10	ns
t _{LZWE}	WE HIGH to Low-Z Output	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—	ns

Notes:

1. Test conditions assume signal transition times of 3 ns or less, timing reference levels of 1.5V, input pulse levels of 0 to 3.0V and output loading specified in Figure 1a.
2. Tested with the load in Figure 1b. Transition is measured ± 500 mV from steady-state voltage. Not 100% tested.
3. The internal write time is defined by the overlap of CE LOW and WE LOW. All signals must be in valid states to initiate a Write, but any one can go inactive to terminate the Write. The Data Input Setup and Hold timing are referenced to the rising or falling edge of the signal that terminates the write.
4. Tested with OE HIGH.

รูปที่ 4.9 แสดงเวลาในช่วงต่างๆ ที่เกิดขึ้นขณะเขียนข้อมูล

4.4 ลอจิกเกตตระกูล HCT [8]

เป็นลอจิกเกตที่ขึ้นต้นด้วย 74HC, 74HCT หรือ 74HCU โครงสร้างภายในเป็น CMOS ที่ทำงานในย่านความเร็วสูง (high-speed CMOS) หรือ HCMOS ฟังก์ชันการทำงานจะเหมือนกับ TTL ทั่วๆ ไป ส่วนคุณสมบัติด้านต่างๆ เปรียบเทียบให้เห็นดังตารางที่ 4.2 และ 4.3

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่าง CMOS และ TTL โดยที่ $V_{CC} = 5V$, อุณหภูมิแวดล้อม

$T_{amb} = 25^{\circ}C$ และ โหลด Capacitance $C_L = 15pF$

technology	HCMOS	metal gate CMOS	standard TTL	low-power Schottky TTL	Schottky TTL	advanced low-power Schottky TTL	advanced Schottky TTL	Fairchild advanced Schottky TTL	
parameters	family	74HC	4000 CD HE	74	74LS	74S	74ALS	74AS	74F
Power dissipation, typ. (mW)									
Gate	static	0.000025	0.001	10	2	19	1.2	8.5	5.5
	dynamic @ 100 kHz	0.075	0.1	10	2	19	1.2	8.5	5.5
Counter	static	0.000005	0.001	300	100	500	60	-	190
	dynamic @ 100 kHz	0.125	0.120	300	100	500	60	-	190
Propagation delay (ns)									
Gate	typical	8	94 40	10	9.5	3	4	1.5	3
	maximum	14	190 80	20	15	5	7	2.5	4
Delay/power product (pd)									
Gate	at 100 kHz	0.52	9 4	100	19	57	4.8	13	16.5
Maximum clock frequency (kHz)									
	typical	55	4 12	25	33	100	60	160	125
D-type flip-flop									
	minimum	30	2 6	15	25	75	40	-	100
Counter									
	typical	45	2 6	32	32	70	45	-	125
	minimum	25	1 3	25	25	40	-	-	100
Output drive (mA)									
	standard outputs	4	0.51 0.8	16	8	20	8	20	20
	bus outputs	6	1.6	48	24	64	24	48	64
Fan-out (ES-loads)									
	standard outputs	10	1 2	40	20	60	20	50	50
	bus outputs	15	4	120	60	160	60	120	160

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่าง HCMOS และ LSTTL โดยที่ $V_{CC} = 5V$ และ

$$C_L = 50 \text{ pF}$$

characteristic	74HCXXX (note 1) 74HCTXXX	74LSXXX
Max. quiescent power dissipation over temp. range at V_{CCmax}		
per gate (mW)	0.027	6
per flip-flop (mW)	0.11	22
per 4-stage counter (mW)	0.44	175
per transceiver/buffer (mW)	0.055	60
Max. dynamic power dissipation ($C_L = 50 \text{ pF}$)		
at f _i (MHz)	0.1 1 10	0.1 to 1 10
per gate (mW)	0.25 2.25 22	6 22
per flip-flop (mW)	0.95 2.5 24	22 27
per 4-stage counter (mW)	0.70 3 27	175 200
per buffer/transceiver (mW)	0.30 2.5 24	60 90
Operating supply voltage (V)	2 to 5 (HC) 4.5 to 5.5 (HCT)	4.75 to 5.25
Operating temperature range (°C)	-40 to +85 -40 to +125	0 to +70
Max. noise margin (V_{NH}/V_{NL} ; $I_{OHCMOS} = 20 \mu\text{A}$; $I_{OLSTTL} = 4 \text{ mA}$)	1.4/1.4 (HC) 2.9/0.7 (HCT)	0.7/0.4
Input switching voltage stability over temp. range	±80 mV	±200 mV
Min. output drive current at T_{ambmax} and V_{CCmin} (mA)		
source current ($V_{OL} = 2.7 \text{ V}$; note 2)		
standard logic	-8	-0.4
bus logic	-12	-2.8
sink current		
standard logic ($V_{OL} = 0.4 \text{ V}$)	4	4
standard logic ($V_{OL} = 0.5 \text{ V}$)	6	8
bus logic ($V_{OL} = 0.4 \text{ V}$)	8	12
bus logic ($V_{OL} = 0.5 \text{ V}$)	9	24
Typ. output transition time (ns) ($C_L = 15 \text{ pF}$)		
standard logic		
t _{PLH}	8	15
t _{PHL}	6	6
bus logic		
t _{PLH}	4	15
t _{PHL}	4	6
Typ. propagation delay (ns) ($C_L = 15 \text{ pF}$; note 3)		
gate t _{PHL} /t _{PLH}	8/8	8/11
flip-flop t _{PLH}	14	15
t _{PHL}	14	22
Typ. clock rate of a flip-flop; note 5 (MHz)	50	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

characteristic	74HCXXX (note 1) 74HCTXXX	74LSXXX
Max. input current (μA)		
I_{IL}	-1	-400 to -800
I_{IH}	1	40
3-state output leakage current ($\pm \mu\text{A}$)	5	20
Reliability (%/1000 h at 60% confidence level)	0.0005	0.008 (note 4)

Notes

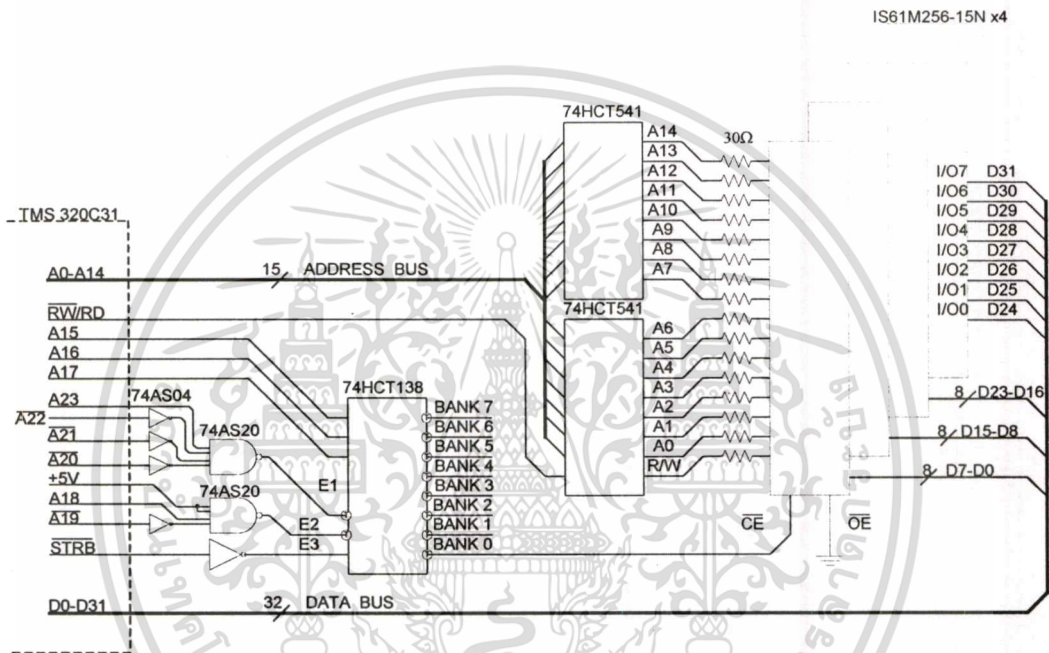
1. Data valid for HCMOS between -40°C . and $+85^\circ\text{C}$.
2. V_{OH} for a few LSTTL bus outputs is specified as 2.4 V.
3. Refer to data sheets for the effect of capacitive loading.
4. RADC report.
5. Measured with a 50% duty factor for HCMOS. For LSTTL, per industry convention, the maximum clock frequency is specified with no constraints on rise and fall times, pulse width or duty factor.



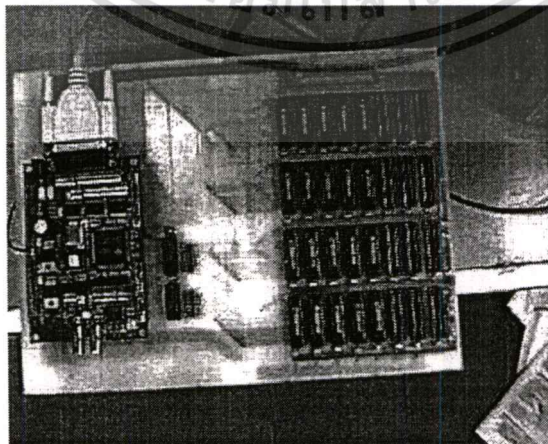
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 วงจรหน่วยความจำ

แผงวงจรหน่วยความจำที่ออกแบบขึ้นมีขนาด 256 กิโลไบต์ มีบัสข้อมูลเป็นแบบ 32 บิต เพื่อความอเนกประสงค์ในการใช้งานสามารถเก็บได้ทั้งข้อมูลภาพ (8 บิต) และ โปรแกรม (32 บิต) โดยเลือกใช้แรมแบบสถิติก (static- RAM) เบอร์ IS61M256-15N มีความจุขนาด 32 กิโลไบต์ ที่ 8 บิต ดังนั้นจึงต้องใช้จำนวน 4 ตัวต่อรวมกันเป็น 1 BANK จะได้ความจุขนาด 32 กิโลไบต์ ที่ 32 บิต โดยมีเวลาในการเข้าถึงข้อมูล 15 nsec. ซึ่งเร็วพอที่จะทำงานร่วมกับ TMS 320C31 ได้ดังแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แสดงวงจร SRAM ขนาด 256 KB ในที่นี้แสดงเฉพาะการต่อเพียง 1 BANK (32KB)



รูปที่ 4.11 แสดงการต่อแผงวงจรหน่วยความจำเข้ากับ TMS 320C31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 บทสรุป

ในบทนี้อธิบายถึงการออกแบบแผงวงจรหน่วยความจำ สัญญาณต่างๆ ที่ต้องใช้เพื่อติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก การเลือก SRAM การเลือกอุปกรณ์ลอจิกเกตเพื่อให้ทำงานสอดคล้องกับความเร็วยของ TMS 320C31 รวมถึงการติดต่อใช้งานกับ TMS 320C31 ดังนั้นในรูปที่ 4 จะเห็นว่า NOT เกต และ NAND เกตเลือกใช้เป็น TTL ชนิด AS เพื่อต่อเป็นวงจร Decode สัญญาณ Address และ STRB เนื่องจากมี Propagation delay time ต่ำกว่าลอจิกเกตตระกูล HCT ทำให้ตอบสนองต่อสัญญาณได้ดี ส่วน Address Buffer รวมถึง Bank Selector เลือกใช้ตระกูล HCT เนื่องจากมีความสามารถในการรับ Capacitive load ได้ดีกว่า และ Propagation delay time มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าเมื่อ Load เพิ่มขึ้น



บทที่ 5

การทำเทรชโฮลด์โดยวิธีเอนโทรปีของฮีสโตแกรม

5.1 คำนำ

การทำเทรชโฮลด์เป็นการแยกวัตถุกับพื้นของภาพให้แตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง ทำให้สามารถแยกแยะวัตถุในภาพได้ง่ายยิ่งขึ้น โดยค่าเทรชโฮลด์ที่เหมาะสมจะอยู่ที่จุดต่ำสุดระหว่างยอดทั้งสองของฮีสโตแกรมเมื่อฮีสโตแกรมนั้นๆ มีลักษณะการกระจายตัวเป็น bimodal แต่ในความเป็นจริงแล้วเป็นการยากที่ฮีสโตแกรมของทุกๆ ภาพจะกระจายตัวเป็น bimodal เสมอไป เนื่องจากสัญญาณรบกวนและองค์ประกอบของแสงทำให้ไม่สามารถหาจุดที่อยู่ต่ำสุดระหว่างยอดทั้งสองของฮีสโตแกรมได้ง่ายนัก ดังนั้นจึงมีวิธีการมากมายในการหาค่าเทรชโฮลด์ที่เหมาะสม

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีเลือกค่าเทรชโฮลด์โดยใช้เอนโทรปีของฮีสโตแกรมซึ่งเป็นวิธีที่ไม่ต้องการ priori knowledge เกี่ยวกับภาพนอกจากฮีสโตแกรมของภาพระดับสีเทา

5.2 การทำเทรชโฮลด์ (Threshold)

$$B(i, j) = \begin{cases} 255, & G(i, j) > T \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5.1)$$

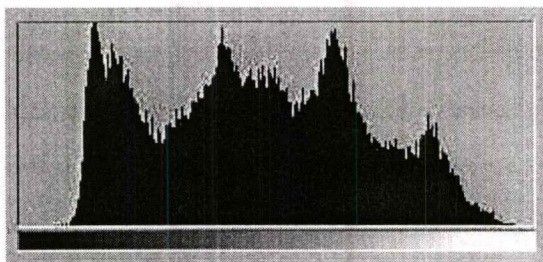
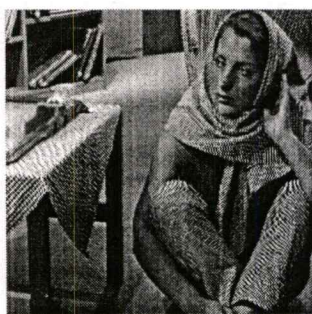
เมื่อ $G(i, j)$ = ระดับความสว่างของภาพระดับเทาที่โคออดิเนต (i, j)

$B(i, j)$ = ระดับความสว่างของภาพสองระดับที่ได้

T = ค่าตัดสินใจในการแปลงภาพสองระดับ

5.2.1 การทำเทรชโฮลด์ด้วยค่าคงที่ (Fixed Threshold)

เป็นการกำหนดค่า T ให้คงที่ในการแปลงภาพ ตามตัวอย่างต่อไปนี้จะกำหนดให้ $T = 100$ ดังนั้นระดับความสว่างของภาพระดับเทาที่โคออดิเนต (i, j) ใดๆ มีค่ามากกว่า 100 ระดับความสว่างของภาพสองระดับที่โคออดิเนต (i, j) นั้นจะมีค่าเป็น 255 หรือสีขาว ในทางกลับกันระดับความสว่างของภาพระดับเทาที่โคออดิเนต (i, j) ใดๆ มีค่าน้อยกว่า 100 ระดับความสว่างของภาพสองระดับที่โคออดิเนต (i, j) นั้นจะมีค่าเป็น 0 หรือสีดำ

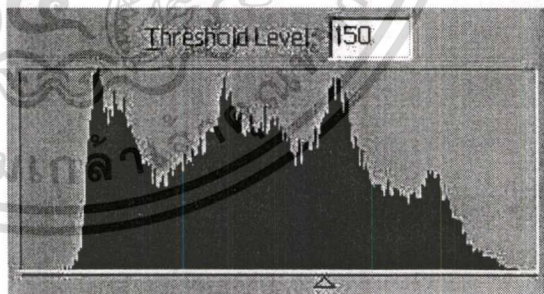


รูปที่ 5.1 แสดงภาพ Barbara และ Histogram ก่อนการทำเทรชโฮลด์



รูปที่ 5.2 แสดงภาพ Barbara และ Histogram หลังการทำเทรชโฮลด์ด้วย $T = 100$

เมื่อเพิ่มค่า T ขึ้นจำนวนจุดสีค่าจะเพิ่มขึ้นเช่นกำหนดให้ $T = 150$ ภาพที่ได้จะเป็นดังนี้



รูปที่ 5.3 แสดงภาพ Barbara และ Histogram หลังการทำเทรชโฮลด์ด้วย $T = 150$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 การทำเทรซโฮลด์ด้วยวิธีการอื่นๆ

เมื่อฮิสโตแกรมไม่เข้าลักษณะไบโมดอลเทคนิคโดยทั่วไป พยายามจัดรูปฮิสโตแกรมให้เข้ากรณีไบโมดอล ฮิสโตแกรม เช่น การ Weighting ย่นของระดับความเข้มสีเทา หรือใช้ความสัมพันธ์ระหว่างจุดที่อยู่ใกล้เคียงกัน ในวิทยานิพนธ์นี้เลือกการทำเทรซโฮลด์โดยวิธีเอนโทรปีของฮิสโตแกรม และเปรียบเทียบกับวิธีของ Otsu โดยจะกล่าวถึงโดยละเอียดในหัวข้อถัดไป

5.3 การทำเทรซโฮลด์โดยวิธีเอนโทรปีของฮิสโตแกรม [4]

5.3.1 วิธีหาสมการเอนโทรปีคเทรซโฮลด์

ให้รูปภาพแบ่งเป็น n ระดับสีเทา $[1, 2, \dots, n]$ ดังนั้นจำนวนจุดภาพ (Pixels) ที่ระดับ i เขียนแทนด้วย N_i และผลรวมของจุดภาพทั้งหมดคือ $N = N_1 + N_2 + \dots + N_n$ จะเห็นว่า การกระจายตัวของจุดภาพที่ระดับสีเทาต่างๆ สามารถพิจารณาเป็นความน่าจะเป็นคงที่ตามความสัมพันธ์ดังนี้

$$P(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & \text{for } : a \leq x \leq b \\ 0 & \text{for } : x < a, x > b \end{cases} \quad (5.2)$$

หรือเรียกได้ว่าเป็นการกระจายตัวแบบเร็กเทงกิวเลาะ (Rectangular Distribution) ดังนั้นความน่าจะเป็นที่จะเกิดจุดภาพที่ระดับ i เป็น

$$P_i = \sum_{i=1}^n N_i = \frac{N_i}{N} \quad \text{โดย} \quad \sum_{i=1}^n P_i = 1 \quad (5.3)$$

ฮิสโตแกรมระดับสีเทา สามารถพิจารณาจากค่าสัญลักษณ์ n เราตั้งสมมุติฐานว่าสัญลักษณ์เหล่านี้เป็นอิสระต่อกัน ไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างจำนวนจุดที่ระดับที่ให้มาและจำนวนจุดที่ระดับใกล้เคียงกัน ในกรณีภาพจริง ค่าที่เราสมมุติอาจไม่ถูกต้อง แต่มันทำให้ง่ายขึ้นที่จะได้มาซึ่งวิธีการเลือกค่าเทรซโฮลด์การรวบรวมข้อมูลแต่ละระดับ i ของฮิสโตแกรมเขียนได้เป็น

$$I_i = -\log_2(P_i) \quad (5.4)$$

และ Entropy ของข้อมูลนี้คือ

$$H = E[I_i] = -\sum_{i=1}^n P_i \cdot \log_2(P_i) \quad (5.5)$$

หลังจากการทำเทรซโฮลด์ แล้วภาพที่ได้มี 2 ระดับ คือ สีดำ (b) และสีขาว (w) โดยจำนวนจุดนี้เขียนแทนโดย N'_b และ N'_w ตามลำดับและมีความน่าจะเป็น คือ P'_b และ P'_w ตามลำดับ ถ้าเราสมมติให้ความน่าจะเป็นทั้งสองเป็นอิสระจากกัน ดังนั้นเอนโทรปีของภาพทั้งสองระดับนี้คือ

$$H' = -P'_w \cdot \log_2(P'_w) - P'_b \cdot \log_2(P'_b) \quad (5.6)$$

ถ้าให้ s แทนค่าของฮิสโตแกรมดังนั้น

$$N'_w = \sum_{i=1}^s N_i, N'_b = \sum_{i=s+1}^n N_i \quad (5.7)$$

และ

$$P'_w = \frac{N'_w}{N}, P'_b = \frac{N'_b}{N} \quad (5.8)$$

จากสมการข้างต้นสามารถแตกเป็น 4 สมการดังนี้

$$H_w = -\sum_{i=1}^s P_i \cdot \log_2(P_i) \quad (5.9)$$

$$H_b = -\sum_{i=s+1}^n P_i \cdot \log_2(P_i) \quad (5.10)$$

$$H'_w = -P'_w \cdot \log_2(P'_w) \quad (5.11)$$

$$H'_b = -P'_b \cdot \log_2(P'_b) \quad (5.12)$$

สมการที่ (5.9) และ (5.10) แสดงจำนวนจุดสีขาวและสีดำที่สัมพันธ์กับระดับ s ของเทรซโฮลด์ก่อนที่จะแปลงไปเป็นระดับสีขาวหรือสีดำ ตามลำดับสมการที่ (5.11) และ (5.12) แสดงจำนวนจุดสีขาวและสีดำ ซึ่งเกิดหลังจากการเทรซโฮลด์

จากสมการที่ (5.5) และ (5.6) จะเขียนความสัมพันธ์ได้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$H = H_w + H_b, \quad H' = H_w' + H_b' \quad (5.13)$$

การค้นหาค่าจุดเทรชโฮลด์ซึ่งให้ผลลัพธ์สองระดับในจำนวนที่มากที่สุดตรงกับกรณีแรก H' ซึ่งให้ค่า a posteriori entropy สูงสุด แต่ใช้ประโยชน์ไม่ได้ ในการวัดที่ไม่คำนึงถึงคุณสมบัติทางสถิติของฮิสโตแกรมที่ยังไม่ผ่านการเทรชโฮลด์ (unthresholded histogram)

อย่างไรก็ตามการกระทำดังกล่าวจะปรากฏชัดเจนดังนี้ คือ จำนวนจุดสีดำเท่ากับจำนวนจุดสีขาวในภาพที่ผ่านการเทรชโฮลด์ แล้ว

$$P_b' = P_w', N_b' = N_w' \quad (5.14)$$

การเทรชโฮลด์ภาพคล้ายกับการแบ่ง a priori entropy H ของฮิสโตแกรมเป็น 2 ส่วน คือ H_w และ H_b เรากำหนดพารามิเตอร์ α โดย

$$H_w = \alpha H, \quad H_b = (1-\alpha)H, \quad 0 \leq \alpha \leq 1 \quad (5.15)$$

แทนสัดส่วนของค่าเฉลี่ยของข้อมูลซึ่งอ้างเป็น a priori ของจุดขาวและจุดดำ จากสมการที่ (5.9) และ (5.10) เราจะได้

$$\sum_{i=1}^s P_i \cdot \log_2(P_i) = \alpha \sum_{i=1}^n P_i \cdot \log_2(P_i) = -\alpha H \quad (5.16)$$

จากสมการด้านซ้าย เราจะเขียนได้เป็น

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^s P_i \cdot \log_2(P_i) &\leq \sum_{i=1}^s [P_i \cdot \log_2(\max\{P_1 \dots P_s\})] \\ &= \log_2[\max\{P_1 \dots P_s\}] \cdot \left[\sum_{i=1}^s P_i \right] \end{aligned} \quad (5.17)$$

$P_i \leq 1$, สำหรับค่า i ทั้งหมด ดังนั้น $\log_2[\max\{P_1 \dots P_s\}]$ และสมการด้านซ้ายมือของสมการที่ (5.17) จะติดลบ , เทอม $\log_2[\max\{P_1 \dots P_s\}] = 0$ ไม่ได้เพราะฮิสโตแกรมไม่เท่ากับ 0 ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\sum_{i=1}^s P_i \leq \frac{\sum_1^s \{P_i \cdot \log_2(P_i)\}}{\log_2(\max\{P_1 \dots P_s\})} = \frac{-\alpha H}{\log_2(\max\{P_1 \dots P_s\})} \quad (5.18)$$

ในขณะเดียวกัน

$$\sum_{i=s+1}^n P_i \leq \frac{\sum_{s+1}^n \{P_i \cdot \log_2(P_i)\}}{\log_2(\max\{P_{s+1} \dots P_n\})} = \frac{-(1-\alpha)H}{\log_2(\max\{P_{s+1} \dots P_n\})} \quad (5.19)$$

จากนิยามที่ (5.6) ของ a posteriori entropy H' , เราจะได้

$$\begin{aligned} -H' &= P_w' \cdot \log_2(P_w') + P_b' \cdot \log_2(P_b') \\ &= \left[\sum_1^s P_i \right] \cdot \log_2 \left[\sum_1^s P_i \right] + \left[\sum_{s+1}^n P_i \right] \cdot \log_2 \left[\sum_{s+1}^n P_i \right] \end{aligned} \quad (5.20)$$

จากสมการที่ (5.18) และ (5.19) เราจะได้

$$H' \leq \frac{-\alpha H \cdot \log_2 \left(\sum_1^s P_i \right)}{\log_2 [\max\{P_1 \dots P_s\}]} + \frac{(1-\alpha) H \cdot \log_2 \left(\sum_{s+1}^n P_i \right)}{\log_2 [\max\{P_{s+1} \dots P_n\}]} \quad (5.21)$$

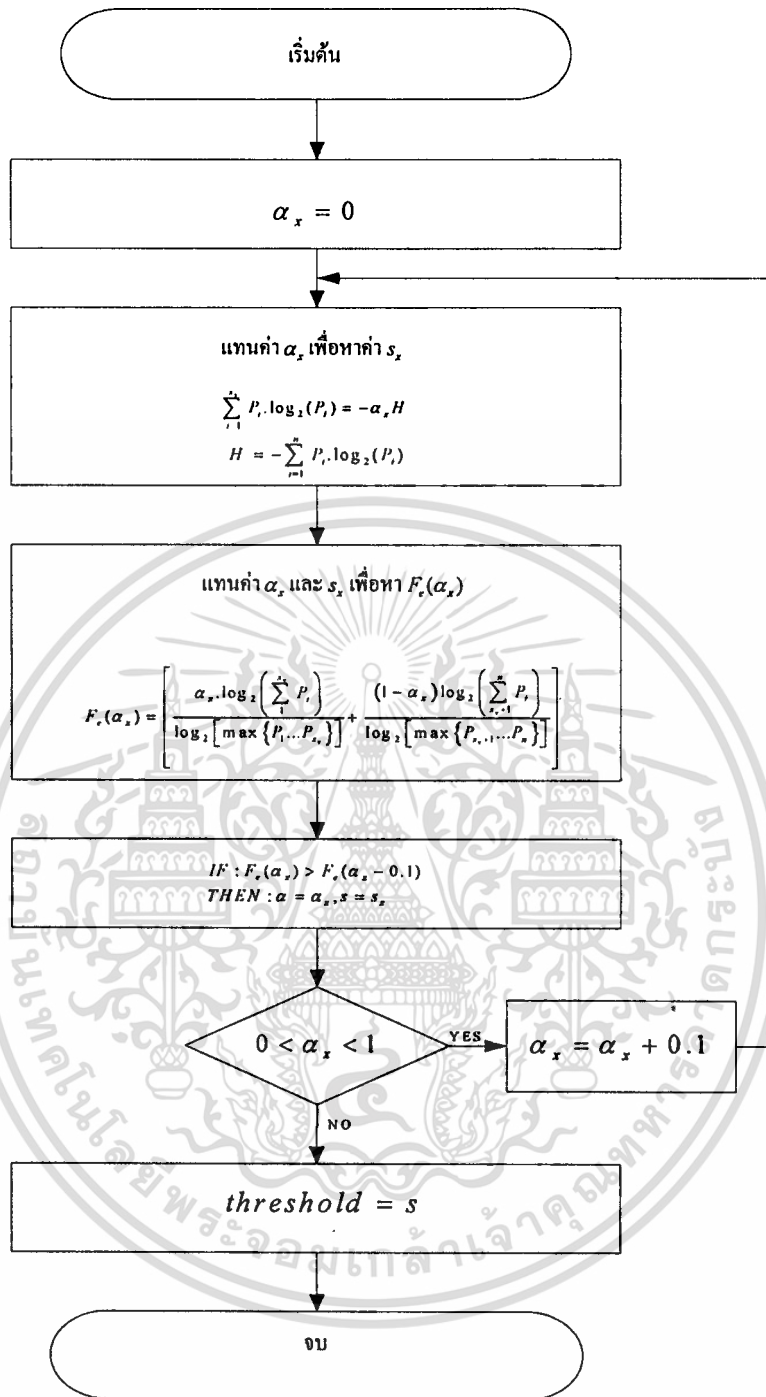
ดังนั้น

$$H' \geq H \left[\frac{\alpha \log_2 \left(\sum_1^s P_i \right)}{\log_2 [\max\{P_1 \dots P_s\}]} + \frac{(1-\alpha) \log_2 \left(\sum_{s+1}^n P_i \right)}{\log_2 [\max\{P_{s+1} \dots P_n\}]} \right] \quad (5.22)$$

$$H' \geq F_c(\alpha) \cdot H \quad (5.23)$$

$F_c(\alpha)$ เป็นฟังก์ชันการประเมิน (evaluation function) ของ H' ซึ่งใช้ในการเลือกค่า S ที่ดีที่สุด

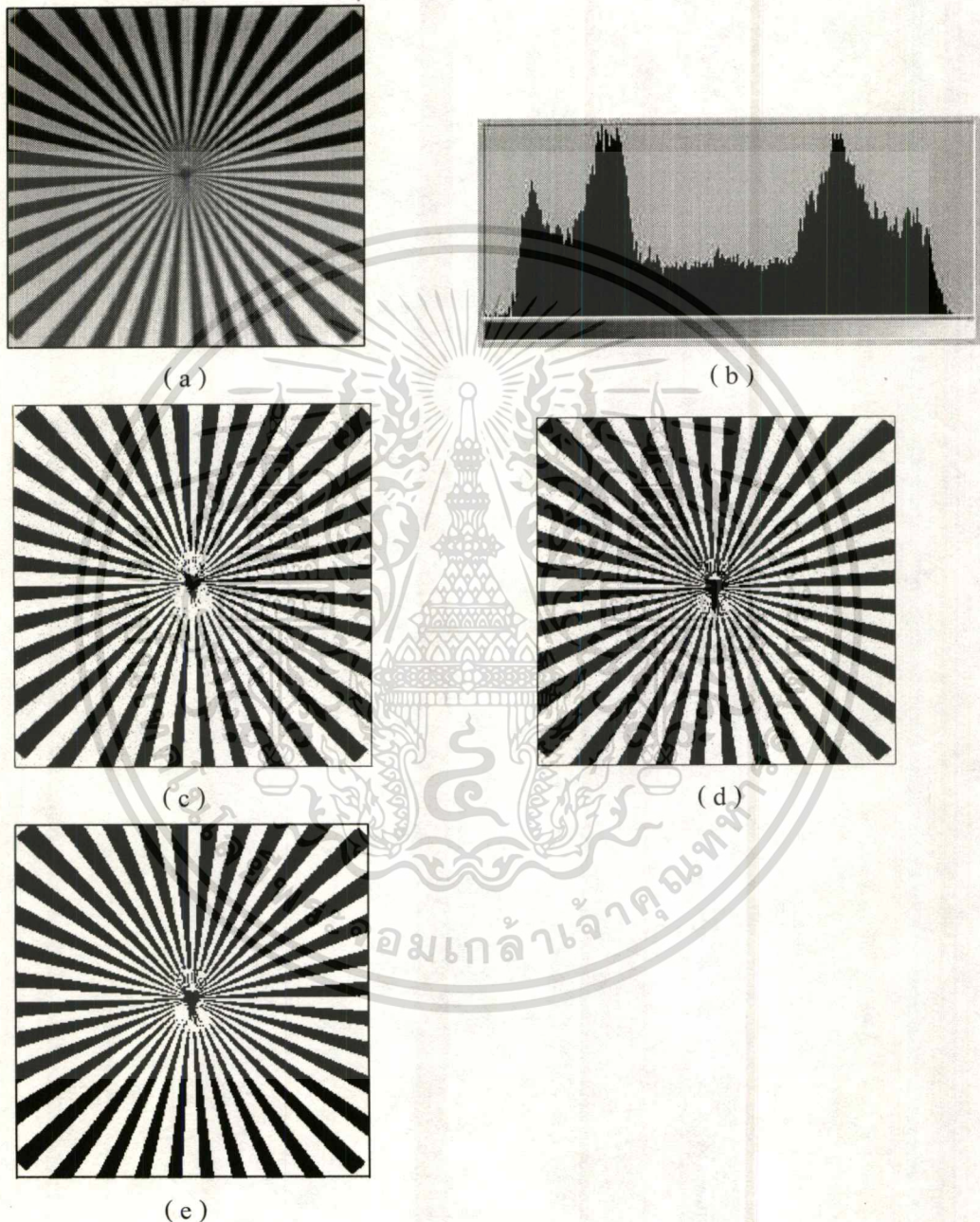
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 แสดงโพลีชาร์ตขั้นตอนการคำนวณหาค่าเทรซโฮลด์โดยวิธีเอนโทรปีของฮีสโตแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการหาค่าเทรซโฮลด์ทั้งสองวิธีแสดงผลเปรียบเทียบให้เห็นดังต่อไปนี้ โดยวิธีเทรซโฮลด์คงที่ค่าที่เลือกได้มาจากการพิจารณาบนฮิสโตแกรมดังรูปต่อไปนี้ ค่าเทรซโฮลด์คงที่อยู่ที่ 121 ผลที่ได้แสดงในรูป (c) ส่วน (d) เป็นผลที่ได้จากวิธีเอนโทรปีของฮิสโตแกรม ซึ่งผ่านการประมวลผลบนบอร์ด TMS แล้วนำผลมาแสดงบน PC



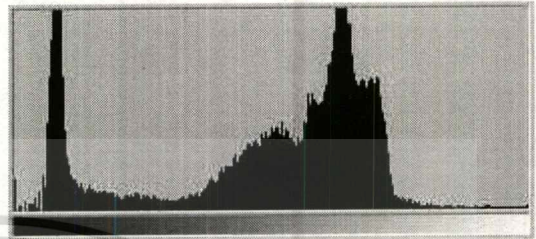
รูปที่ 5.5 แสดง (a) เป็นภาพทดสอบ (b) เป็นฮิสโตแกรมของภาพทดสอบนี้ (c) เป็นผลที่ได้จากการเทรซโฮลด์คงที่ (121) (d) เป็นผลที่ได้จากการเทรซโฮลด์โดยวิธีเอนโทรปีของฮิสโตแกรม (129) (e) เป็นผลที่ได้จากการทำเทรซโฮลด์โดยวิธีการของ otsu (124)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับต่อมาเป็นรูป Camera man (a) และมีฮิสโตแกรมดังในรูป (b) โดยเทรซโฮลด์โดยค่าคงที่ที่ 78 ผลที่ได้ดังในรูป (c) เปรียบเทียบกับวิธีเอนโทรปีในรูป (d)



(a)



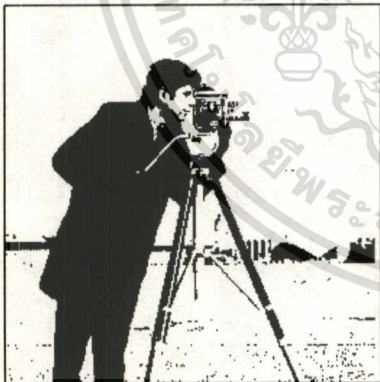
(b)



(c)



(d)



(e)

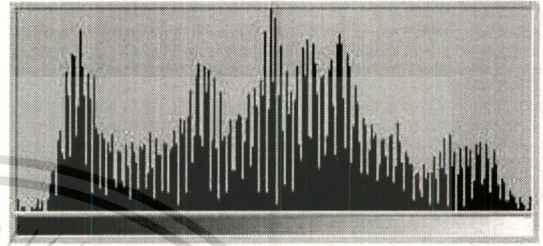
รูปที่ 5.6 (a) เป็นภาพ Camera man (b) เป็นฮิสโตแกรมของภาพทดสอบนี้ (c) เป็นผลที่ได้จากการเทรซโฮลด์คงที่ (78) (d) เป็นผลที่ได้จากการเทรซโฮลด์โดยวิธีเอนโทรปีของฮิสโตแกรม (143) (e) เป็นผลที่ได้จากการทำเทรซโฮลด์โดยวิธีการของ otsu (91)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อจากนั้นทดลองโดยใช้รูป Lena (a) และมีฮิสโตแกรมดังในรูป (b) โดยเทรชโฮลด์คงที่ที่ 100 ผลที่ได้ดังรูป (c) เปรียบเทียบกับผลจากวิธีเอนโทรปีของฮิสโตแกรมในรูป (d)



(a)



(b)



(c)



(d)

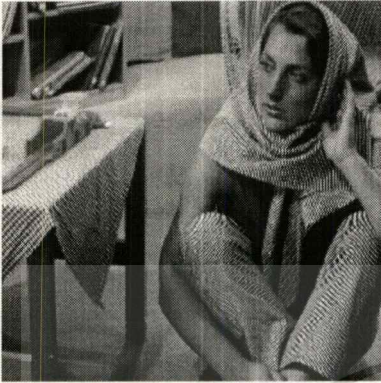


(e)

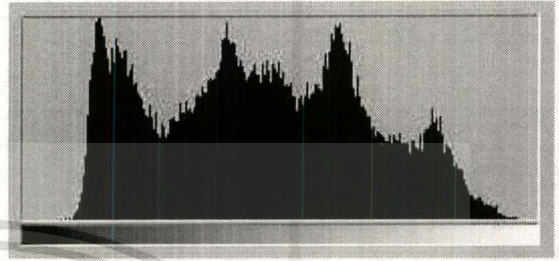
รูปที่ 5.7 (a) เป็นภาพ Lena (b) เป็นฮิสโตแกรมของภาพทดสอบนี้ (c) เป็นผลที่ได้จากการเทรชโฮลด์คงที่ (100) (d) เป็นผลที่ได้จากการเทรชโฮลด์โดยวิธีเอนโทรปีของฮิสโตแกรม (127) (e) เป็นผลที่ได้จากการทำเทรชโฮลด์โดยวิธีการของ otsu (115)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อจากนั้น ทดลองโดยใช้รูป Barbara ตามรูป (a) มีฮิสโตแกรมดังในรูป (b) เลือกใช้เทรชโฮลด์คิงที่ 137 ผลที่ได้แสดงดังในรูป (c) เปรียบเทียบกับผลจากวิธีเอนโทรปีของฮิสโตแกรมในรูป (d)



(a)



(b)



(c)



(d)

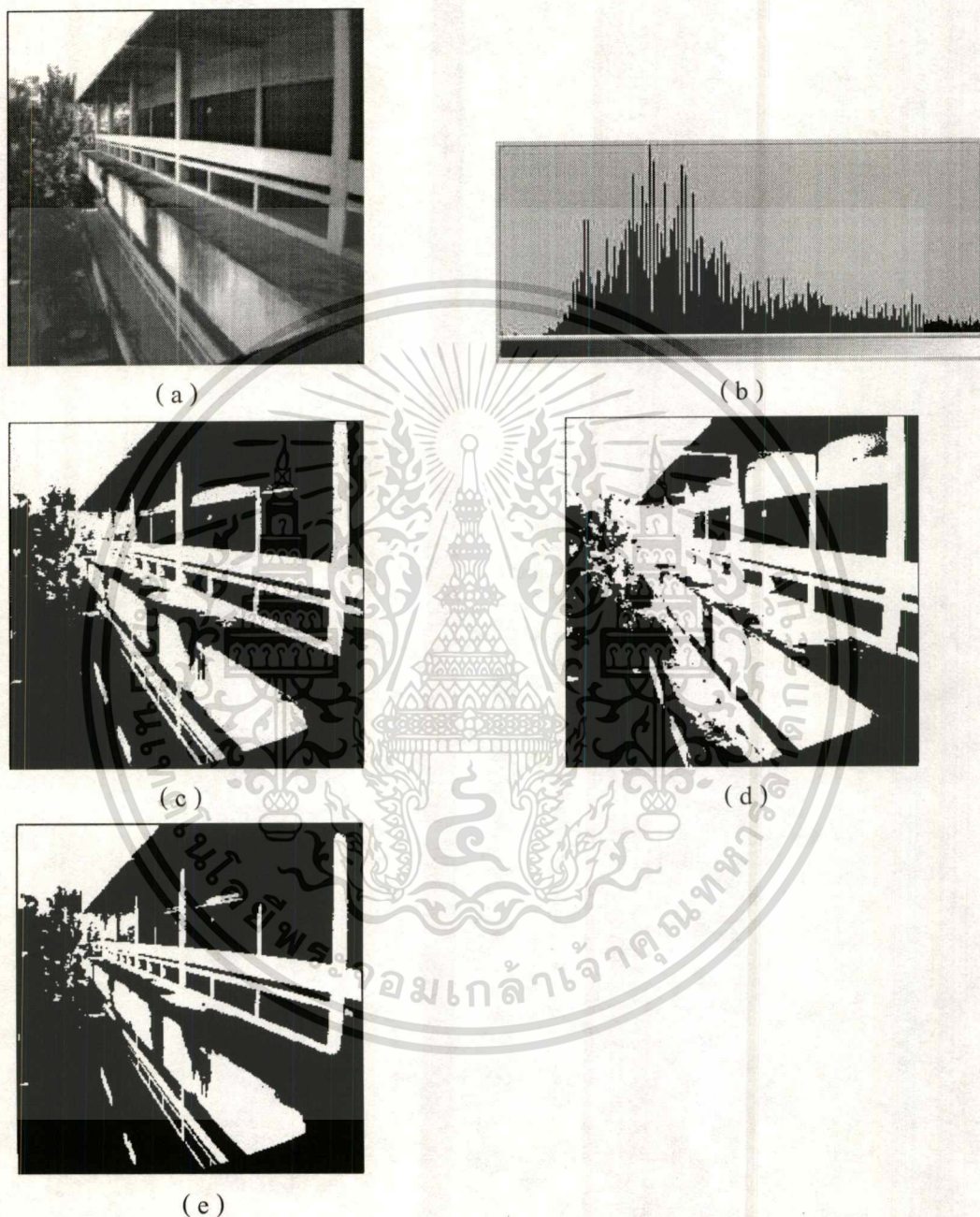


(e)

รูปที่ 5.8 (a) เป็นภาพ Barbara (b) เป็นฮิสโตแกรมของภาพทดสอบนี้ (c) เป็นผลที่ได้จากการเทรชโฮลด์คิงที่ (137) (d) เป็นผลที่ได้จากการเทรชโฮลด์โดยวิธีเอนโทรปีของฮิสโตแกรม (118) (e) เป็นผลที่ได้จากการทำเทรชโฮลด์โดยวิธีการของ otsu (120)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

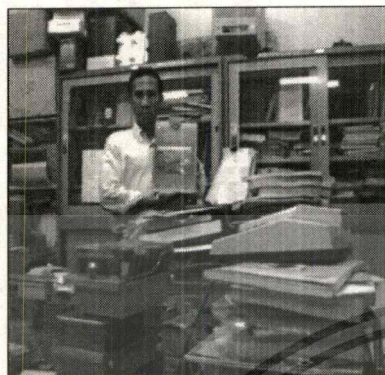
ส่วนภาพที่จะทดลองต่อไปนี้เป็นภาพ Terrace ซึ่งได้มาจากการเก็บภาพจากกล้อง CCD ผ่านแผงวงจรเก็บข้อมูลที่ประกอบด้วยฟังก์ชันหน่วยความจำ [5] แล้วผ่านการประมวลผลบนบอร์ด TMS ผลที่ได้แสดงดังรูป (c) และ (d)



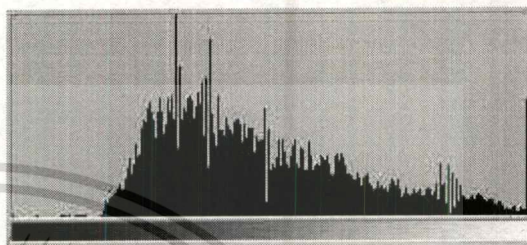
รูปที่ 5.9 (a) เป็นภาพ Terrace (b) เป็นฮิสโตแกรมของภาพทดสอบนี้ (c) เป็นผลที่ได้จากการเทรชโฮลด์คิงที่ (130) (d) เป็นผลที่ได้จากการเทรชโฮลด์โดยวิธีเอนโทรปีของฮิสโตแกรม (98) (e) เป็นผลที่ได้จากการทำเทรชโฮลด์โดยวิธีการของ otsu (145)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพนี้ก็เช่นกันเป็นภาพ Room ซึ่งได้มาจากการเก็บภาพจากกล้อง CCD ผ่านแผงวงจรเก็บข้อมูล ที่ประกอบด้วยฟังก์ชันหน่วยความจำ [5] แล้วผ่านการประมวลผลบนบอร์ด TMS ผลที่ได้แสดงดัง รูป (c) และ (d)



(a)



(b)



(c)



(d)

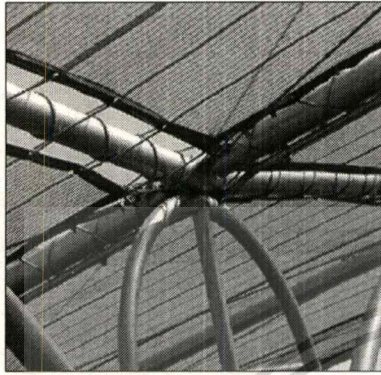


(e)

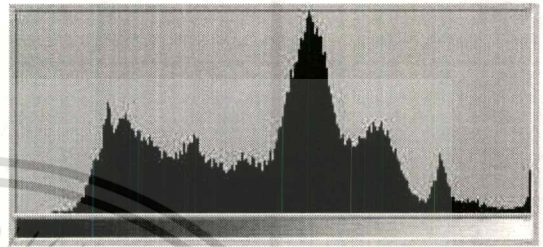
รูปที่ 5.10 (a) เป็นภาพ Room (b) เป็นฮิสโตแกรมของภาพทดสอบนี้ (c) เป็นผลที่ได้จากการ เทรชโฮลด์คิงที่ (128) (d) เป็นผลที่ได้จากการเทรชโฮลด์โดยวิธีเอนโทรปีของ ฮิสโตแกรม (115) (e) เป็นผลที่ได้จากการทำเทรชโฮลด์โดยวิธีการของ otsu (137)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพต่อไปนี้เป็นภาพที่ได้จากกล้องดิจิทัลแล้วนำมาตัดให้มีขนาด 256 x 256 จุดภาพ จากนั้นแปลงนามสกุลของภาพเป็น img และแปลงเป็นภาพระดับสีเทาก่อนจะประมวลผลบนบอร์ด TMS ผลที่ได้แสดงดังในรูป (c) และ (d)



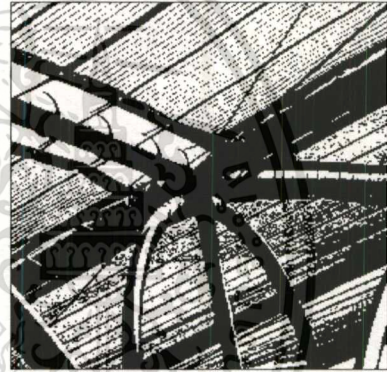
(a)



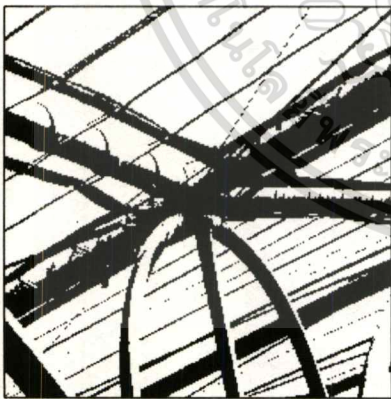
(b)



(c)



(d)

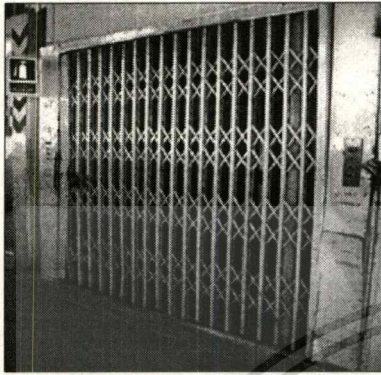


(e)

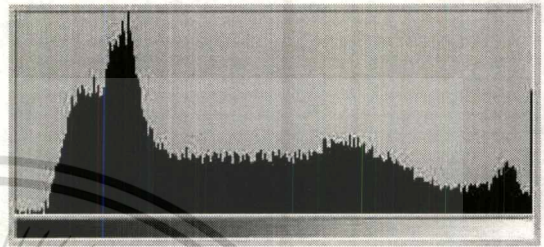
รูปที่ 5.11 (a) เป็นภาพ Link (b) เป็นฮิสโตแกรมของภาพทดสอบนี้ (c) เป็นผลที่ได้จากการเทรชโฮลด์คิงที่ (105) (d) เป็นผลที่ได้จากการเทรชโฮลด์โดยวิธีเอนโทรปีของฮิสโตแกรม (142) (e) เป็นผลที่ได้จากการทำเทรชโฮลด์โดยวิธีการของ otsu (114)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

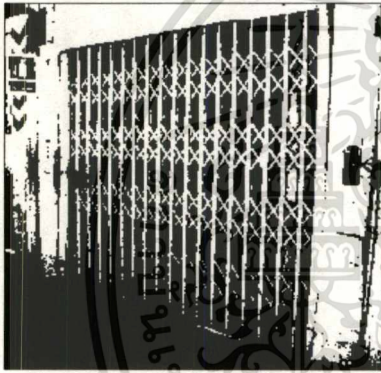
ภาพสุดท้ายที่นำมาทดสอบเป็นภาพที่ได้จากกล้องดิจิทัลเช่นกัน แล้วนำมาตัดให้มีขนาด 256 x 256 จุดภาพ จากนั้นแปลงเป็นภาพระดับสีเทา และแปลงนามสกุลของภาพเป็น img ก่อนจะประมวลผลบนบอร์ด TMS ผลที่ได้แสดงดังรูป (c) และ (d)



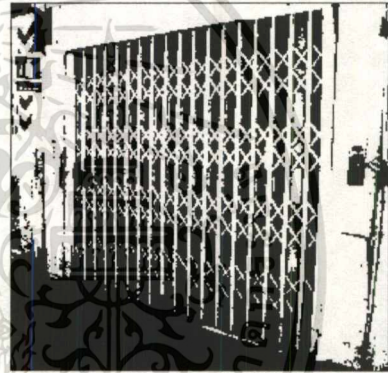
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

รูปที่ 5.12 (a) เป็นภาพ Door (b) เป็นฮิสโตแกรมของภาพทดสอบนี้ (c) เป็นผลที่ได้จากการ
 เทรซโฮลด์คั่งที่ (113) (d) เป็นผลที่ได้จากการเทรซโฮลด์โดยวิธีเอนโทรปีของ
 ฮิสโตแกรม (100) (e) เป็นผลที่ได้จากการทำเทรซโฮลด์โดยวิธีการของ otsu (116)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 การตรวจสอบคุณภาพของภาพ

ภาพที่ผ่านการเทรซโฮลด์ด้วยวิธีที่เหมาะสมจะสามารถให้รายละเอียดต่างๆ ภายในภาพได้มากกว่า ซึ่งมีวิธีการตรวจสอบ โดยการตรวจจับขอบด้วยวิธีเกรเดียนต์ (Gradient) นอกจากนั้น ยังมีการหาค่า Mean และ Variance เพื่อบอกถึงความแม่นยำในการแยกกลุ่มข้อมูลภาพ ดังจะกล่าวถึงดังนี้

5.5.1 วิธีการเกรเดียนต์

ขอบต่างๆ ภายในภาพเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของค่าระดับสีเทาแบบทันทีทันใดจากค่าระดับสีเทาดำๆ ไปเป็นค่าระดับสีเทาสูงๆ หรือในทางตรงกันข้ามจะเปลี่ยนจากค่าระดับสีเทาสูงๆ ไปเป็นค่าระดับสีเทาดำๆ ดังนั้นการตรวจจับขอบจึงเป็นการหาค่าความลาดชัน (Slope) ระหว่างจุดภาพ โดยทั่วไปมักเรียกว่า ค่าเกรเดียนต์ (Gradient) ซึ่งจะทำให้ทราบว่าถ้าหากขอบของภาพมีค่ามากจะทำให้การมองเห็นรายละเอียดต่างๆ ภายในภาพได้มากเช่นกัน เนื่องจากการตรวจจับขอบภายในภาพจะเป็นการหาค่าความแตกต่างของจุดภาพจากจุดภาพข้างเคียงว่ามีมากน้อยเพียงไร เพื่อไม่ให้เกิดการไบแอส (Bias) ขึ้นในพื้นที่เอกพันธ์ (Homogeneous) เทมเพลตที่นำมาใช้ตรวจจับขอบจึงมีเงื่อนไขว่าผลรวมของน้ำหนักถ่วงในแต่ละเทมเพลตจะต้องเป็นศูนย์

ดังนั้นถ้าหากนำไปประยุกต์กับข้อมูลภาพแล้ว บริเวณใดที่มีค่าระดับสีเทาเท่ากันหมดจะให้ค่าผลลัพธ์หลังการประมวลผลเป็นศูนย์ (ตรวจสอบดูได้จากรูปที่ 5.13) เทมเพลตที่ใช้ในการตรวจจับขอบบางครั้งเรียกว่าเทมเพลต เกรเดียนต์ (Gradient template) ค่าผลลัพธ์จากการคำนวณจะเป็นค่าเกรเดียนต์ของจุดภาพนั้น ในการคำนวณจึงมีการนำเอาเทมเพลตสองทิศที่ตั้งฉากกัน (Orthogonal template) มาคำนวณหาค่าเกรเดียนต์ร่วมกัน ซึ่งปกติมักจะเลือกเทมเพลตทิศเหนือ กับทิศตะวันตก ดังแสดงในรูปที่ 5.13 เทมเพลตทั้งสองทิศจะให้ค่าเกรเดียนต์ที่ประมาณจากอนุพันธ์พาร์เชียล (Partial derivative) ตามทิศทางของวัตถุในภาพ ซึ่งเทมเพลตทิศเหนือจะให้ค่าเกรเดียนต์สูงสำหรับบริเวณที่มีขอบทางแนวนอน และเทมเพลตทิศตะวันตกจะให้ค่าเกรเดียนต์สูงสำหรับบริเวณที่มีขอบทางแนวตั้ง ส่วนบริเวณที่ขอบเป็นเส้นเฉียงก็จะให้ค่าเกรเดียนต์ จากการเฉลี่ยของเทมเพลตทั้งสอง

	สามระดับ	ห้าระดับ (หรือ Sobel)																		
ทิศเหนือ	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>-1</td><td>-1</td><td>-1</td></tr> </table>	1	1	1	0	0	0	-1	-1	-1	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>-1</td><td>-2</td><td>-1</td></tr> </table>	1	2	1	0	0	0	-1	-2	-1
1	1	1																		
0	0	0																		
-1	-1	-1																		
1	2	1																		
0	0	0																		
-1	-2	-1																		
ทิศตะวันตก	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0</td><td>-1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>-1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>-1</td></tr> </table>	1	0	-1	1	0	-1	1	0	-1	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0</td><td>-1</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>-2</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>-1</td></tr> </table>	1	0	-1	2	0	-2	1	0	-1
1	0	-1																		
1	0	-1																		
1	0	-1																		
1	0	-1																		
2	0	-2																		
1	0	-1																		

รูปที่ 5.13 เเทมเพลตสองทิศทางที่นิยมใช้กัน

เทมเพลตห้าระดับทั้งสองเทมเพลตในรูปที่ 5.13 นั้นบางครั้งเรียกว่าเทมเพลตของ Sobel [1] จะเป็นที่นิยมใช้กันในการคำนวณหาค่าเกรเดียนต์กันมาก ทั้งนี้เพราะนำไปใช้ในการสร้างฮาร์ดแวร์ได้ง่าย ถ้าหากกำหนดให้เทมเพลตทิศเหนือในรูปที่ 5.13 เป็น $W_h(i, j)$ และเทมเพลตทิศตะวันตกเป็น $W_v(i, j)$ เทมเพลตทั้งคู่จะถูกนำมาทำคอนโวลูชันกับข้อมูลภาพต้นฉบับ $I(x, y)$ โดยจะให้ค่าเกรเดียนต์ของขอบในแนวนอนและแนวตั้งเป็น $G_h(x, y)$ กับ $G_v(x, y)$ ดังสมการที่ 5.23 และ 5.24 ตามลำดับ

$$G_h(x, y) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 w_h(i, j) I(x+2-i, y+2-j) \quad (5.23)$$

$$G_v(x, y) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 w_v(i, j) I(x+2-i, y+2-j) \quad (5.24)$$

ค่าเกรเดียนต์เฉลี่ยของภาพเอาท์พุท $O(x, y)$ ได้จากสมการที่ (5.25) คือ

$$O(x, y) = \sqrt{[G_h(x, y)]^2 + [G_v(x, y)]^2} \quad (5.25)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นถ้าหากทำการประยุกต์ใช้เทมเพลตหาระดับของ Sobel กับภาพที่ผ่านการเทรชโฮลด์ ทั้ง 2 วิธี จะได้ค่าขอบหรือเกรเดียนต์เฉลี่ยที่สามารถนำมาเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการเทรชโฮลด์ได้ ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงผลเปรียบเทียบคุณภาพสองระดับด้วยเกรเดียนต์เฉลี่ย

รูปภาพ	ค่าเกรเดียนต์เฉลี่ย		
	เทรชโฮลด์คงที่	เอนโทรปี	otsu
ทดสอบ	1.149	1.162	1.159
Camera man	0.376	0.540	0.425
Lena	0.567	0.584	0.564
Barbara	0.721	0.788	0.789
Terace	0.517	0.524	0.486
Room	0.776	0.879	0.696
Link	0.825	1.322	0.861
Door	1.274	1.311	1.266

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นถ้าหากทำการประยุกต์ใช้เทมเพลตหาระดับของ Sobel กับภาพที่ผ่านการเทรชโฮลด์ ทั้ง 2 วิธี จะได้ค่าขอบหรือเกรเดียนต์เฉลี่ยที่สามารถนำมาเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการเทรชโฮลด์ได้ ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงผลเปรียบเทียบคุณภาพสองระดับด้วยเกรเดียนต์เฉลี่ย

รูปภาพ	ค่าเกรเดียนต์เฉลี่ย		
	เทรชโฮลด์คงที่	เอนโทรปี	otsu
ทดสอบ	1.149	1.162	1.159
Camera man	0.376	0.540	0.425
Lena	0.567	0.584	0.564
Barbara	0.721	0.788	0.789
Terace	0.517	0.524	0.486
Room	0.776	0.879	0.696
Link	0.825	1.322	0.861
Door	1.274	1.311	1.266

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5.2 วิธีหาค่า Mean และ Variance (Mean and Variance) [9]

ค่า Mean (\bar{x}) เป็นค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพ ซึ่งสูตรที่ใช้ในการคำนวณ คือ

$$\bar{x} = \frac{1}{N \times M} \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M x_{nm} \quad (5.26)$$

เพื่อต้องการหาค่าเฉลี่ยความสว่างของกลุ่มภาพและกลุ่มพื้นหลังจึงแบ่ง \bar{x}_1 และ \bar{x}_2 ตามลำดับ

ดังนั้น
$$\bar{x}_1 = \frac{1}{N \times M} \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M x_{nm} \quad \text{โดย } x_{nm} \leq T \quad (5.27)$$

และ
$$\bar{x}_2 = \frac{1}{N \times M} \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M x_{nm} \quad \text{โดย } x_{nm} > T \quad (5.28)$$

เมื่อ T คือ ค่าเทรชโฮลด์

และค่า Variance (σ^2) เป็นค่ากำลังสองของผลต่างระหว่างค่าความสว่างของจุดภาพกับค่าเฉลี่ย (\bar{x})

และหารด้วยจำนวนจุดภาพทั้งหมด ($N \times M$ จุดภาพ) สูตรที่ใช้คือ

$$\sigma^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 \quad (5.29)$$

ดังนั้น

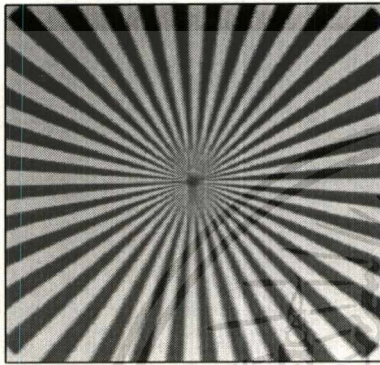
$$\sigma_1^2 = \frac{1}{N \times M} \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M (x_{nm} - \bar{x}_1)^2 \quad \text{โดย } x_{nm} \leq T \quad (5.30)$$

และ
$$\sigma_2^2 = \frac{1}{N \times M} \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M (x_{nm} - \bar{x}_2)^2 \quad \text{โดย } x_{nm} > T \quad (5.31)$$

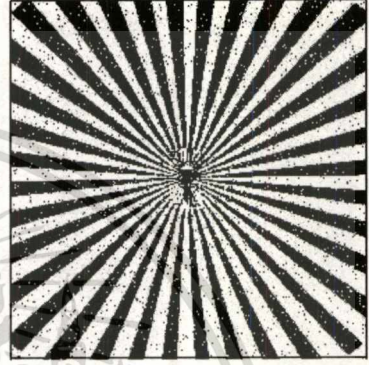
โดยค่า Variance เป็นตัวชี้วัดว่าภาพที่ผ่านการทำเทรชโฮลด์จากแต่ละวิธีนั้นมีความแม่นยำในการแยกกลุ่มข้อมูลภาพระหว่างวัตถุกับพื้นหลังได้ดีเพียงใด โดยภาพที่แบ่งได้เหมาะสมจะให้ค่า variance ต่ำ เพราะกลุ่มข้อมูลวัตถุรวมกันเป็นเนื้อเดียวกันค่า σ_1^2 จึงต่ำและในทำนองเดียวกันเมื่อกลุ่มพื้นหลังรวมกันเป็นเนื้อเดียวกันค่า σ_2^2 จึงต่ำด้วย ซึ่งหมายความว่าค่า Variance ยิ่งต่ำแสดงว่ามีความแม่นยำ

เอกสาร เป็นเอกสารที่สละส่วนลิขสิทธิ์แก่โรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อคุณได้เห็นใบเซอร์ใบนี้เป็นการดำเนินการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

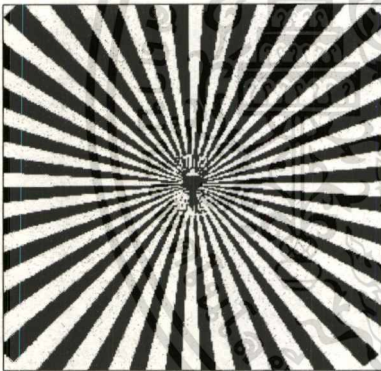
ซึ่งค่าที่ได้จะสวนทางกับค่าเกรเดียนต์เฉลี่ย ซึ่งภาพที่ให้รายละเอียดมากจะให้ค่าเกรเดียนต์เฉลี่ยมาก ดังนั้นถ้าภาพมีสัญญาณรบกวนปนเข้ามาค่าเกรเดียนต์เฉลี่ยจะยิ่งสูงมาก แต่ภาพที่ได้จะใช้ประโยชน์อะไรไม่ได้ ดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้ จะขอเปรียบเทียบการทำเทรซโฮลด์ระหว่างวิธีการของ เอนโทรปี้กับวิธีของ Otsu โดยทำกับภาพทดสอบที่มีสัญญาณรบกวนชนิด salt และ pepper โดยผลที่ได้แสดงดังนี้



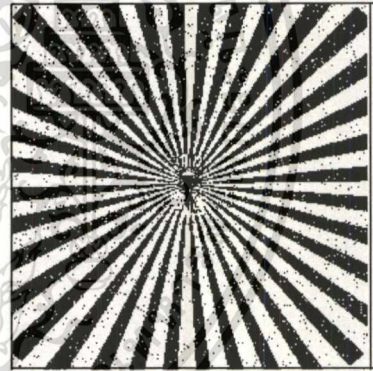
(a)



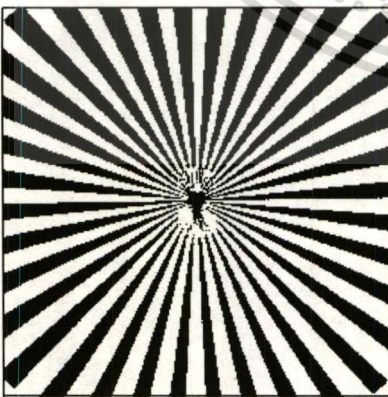
(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.14 แสดงผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่าง (a) รูปทดสอบ และ (b) รูปทดสอบที่มีสัญญาณบกพร่องเมื่อผ่านการทำเทรซโฮลด์โดยวิธีของเอนโทรปีและวิธีของ Otsu ดังรูป (c) (129) และ (e) (124) ตามลำดับ ส่วนรูป (d) (167) และ (f) (135) เป็นผลที่ได้จากรูปทดสอบที่มีสัญญาณรบกวนหลังจากผ่านการทำเทรซโฮลด์โดยวิธีดังกล่าวตามลำดับ

ตารางที่ 5.2 แสดงผลเปรียบเทียบที่ได้จากการทำเทรซโฮลด์รูปทดสอบที่มีสัญญาณรบกวน

	รูปทดสอบ			
	รูปทดสอบ		รูปทดสอบที่มีสัญญาณรบกวน	
	วิธีเอนโทรปี	วิธี Otsu	วิธีเอนโทรปี	วิธี Otsu
ค่าเทรซโฮลด์	129	124	167	135
ค่าเกรเดียนต์	1.162172	1.159292	1.329319	1.329442
ค่า Variance	55.9327	55.8149	28.8936	28.0144

5.6 บทสรุป

ในบทนี้อธิบายถึงวิธีการทำเทรซโฮลด์ด้วยค่าคงที่และการทำเทรซโฮลด์โดยวิธีของ Otsu เพื่อเป็นวิธีการเปรียบเทียบกับวิธีการทำเทรซโฮลด์โดยวิธีการเอนโทรปีของฮิสโตแกรม ซึ่งได้อธิบายโดยละเอียดถึงที่มาของสมการ วิธีการเลือกค่าเทรซโฮลด์ได้แสดงผลทดลองเปรียบเทียบให้เห็น โดยใช้วิธีการเกรเดียนต์เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบคุณภาพของภาพ จากตารางที่ 5.1 จะเห็นว่าภาพที่ผ่านการทำเทรซโฮลด์โดยวิธีของเอนโทรปียังให้ค่าเกรเดียนต์เฉลี่ยมากกว่าภาพที่ได้จากวิธีเทรซโฮลด์คงที่และวิธีของ Otsu ตารางที่ 5.2 แสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการเทรซโฮลด์ภาพที่มีสัญญาณรบกวนค่าเกรเดียนต์เฉลี่ยจะเพิ่มขึ้น ส่วนค่า variance จะลดลง เมื่อเทียบกับการทำเทรซโฮลด์ด้วยวิธีเดียวกันกับภาพที่ไม่มีสัญญาณรบกวน โดยวิธีของ Otsu จะให้ค่า variance ต่ำกว่าวิธีของเอนโทรปี แสดงว่าวิธีของ Otsu สามารถเลือกค่าเทรซโฮลด์ได้แม่นยำกว่าวิธีของเอนโทรปี เมื่อดูจากค่า variance

บทที่ 6

บทสรุปและแนวทางการพัฒนา

6.1 สรุปผลการวิจัย

จากการออกแบบแผงวงจรหน่วยความจำต่อเข้ากับสถาปัตยกรรม TMS 320C31 ทำให้สามารถเก็บข้อมูลภาพขนาด 64 KB ซึ่งมีจุดภาพเท่ากับ 256×256 จุดภาพได้ นอกจากนั้นยังสามารถเก็บโปรแกรมได้อีกด้วย เนื่องจากได้ออกแบบไว้เป็นแบบ 32 บิต ทำให้แผงวงจรหน่วยความจำที่ออกแบบขึ้นมีความยืดหยุ่นในการใช้งานสูงขึ้น เนื่องจาก SRAM 1 ตัว มีความจุ 32 KB ที่ 8 บิต ดังนั้น 32 KB ที่ 32 บิต จึงต้องใช้ SRAM 4 ตัว ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบแผงวงจรหน่วยความจำไว้ที่ 256 KB ดังนั้นจึงต้องใช้ SRAM ทั้งสิ้น 32 ตัว ทำให้แผงวงจรที่ออกแบบขึ้นมีขนาดใหญ่ และเส้นทาง Data Bus จะเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดค่าความจุระหว่างสายเพิ่มขึ้น เป็นผลให้เวลาในการเข้าถึงข้อมูลเพิ่มขึ้นด้วยนั่นเอง เมื่อนำแผงวงจรนี้ต่อเข้ากับ TMS 320C31 แล้วนำมาแปลงภาพระดับสีเทาเป็นภาพสองระดับ โดยวิธีเอนโทรปีของฮิสโตแกรมเปรียบเทียบกับวิธีเทรชโฮลด์คงที่และวิธีของ Otsu ผลที่ได้แสดงเปรียบเทียบให้เห็นดังรูปที่ 5.5- 5.12 จะเห็นว่ารูปที่ผ่านการเทรชโฮลด์โดยวิธีเอนโทรปีของ ฮิสโตแกรม จะให้รายละเอียดได้มากกว่าวิธีการเทรชโฮลด์คงที่และวิธีของ Otsu นอกจากนั้นได้เปรียบเทียบคุณภาพของขอบภาพที่ผ่านการเทรชโฮลด์แล้ว ดังแสดงในตารางที่ 6.1

ส่วนเวลาที่ใช้ในการประมวลผลบน TMS ด้วยวิธีเอนโทรปีของฮิสโตแกรมนั้นทุกภาพใช้เวลาเท่ากัน คือ ประมาณ 80 msec จากการนับคำสั่งทั้งหมดและจากไฟลว์ชาร์ตในรูปที่ 5.4 จะเห็นว่าถ้าขนาดของจุดภาพเท่ากันเวลาที่ใช้จะเท่ากัน

ตารางที่ 6.1 แสดงผลการเปรียบเทียบคุณภาพสองระดับด้วยเกรเดียนต์เฉลี่ย

รูปภาพ	ค่าเกรเดียนต์เฉลี่ย		
	เทรชโฮลด์คงที่	เอนโทรปี	otsu
ทดสอบ	1.149	1.162	1.159
Camera man	0.376	0.540	0.425
Lena	0.567	0.584	0.564
Barbara	0.721	0.788	0.789
Terace	0.517	0.524	0.486
Room	0.776	0.879	0.696
Link	0.825	1.322	0.861
Door	1.274	1.311	1.266

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.2 แสดงผลเปรียบเทียบที่ได้จากการทำเทรซโฮลด์รูปทดสอบที่มีสัญญาณรบกวน

	รูปทดสอบ			
	รูปทดสอบ		รูปทดสอบที่มีสัญญาณรบกวน	
	วิธีเอนโทรปี	วิธี Otsu	วิธีเอนโทรปี	วิธี Otsu
ค่าเทรซโฮลด์	129	124	167	135
ค่าเกรเดียนต์	1.162172	1.159292	1.329319	1.329442
ค่า Variance	55.9327	55.8149	28.8936	28.0144

จากตารางที่ 6.2 ได้เปรียบเทียบผลการทำเทรซโฮลด์เมื่อมีสัญญาณรบกวนพบว่าวิธีของ Otsu สามารถแยกกลุ่มข้อมูลภาพระหว่างกลุ่มที่เป็นวัตถุและกลุ่มที่เป็นพื้นหลังได้ดีกว่า สังเกตจากค่าผลรวมของความแปรปรวนในแต่ละคลาสลดลง เมื่อเทียบกับภาพเดิมที่ไม่มีสัญญาณรบกวน ในทางปฏิบัติจะนิยมกรองสัญญาณรบกวนก่อนจะนำไปทำการเทรซโฮลด์

6.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและข้อเสนอแนะ

ปัญหาสาย Data Bus มีความยาวเกินไป สามารถแก้ไขได้โดยเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสม เช่น อาจจะใช้ SRAM ที่มีความจุมากกว่านี้เป็นการลดจำนวนอุปกรณ์ลง ทำให้เวลาในการเข้าถึงข้อมูลลดลงด้วย เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการทำเทรซโฮลด์ ควรเพิ่มการปรับปรุงภาพก่อนการทำเทรซโฮลด์ เช่นการปรับปรุงด้วยเทคนิคฮิสโตแกรม

ดังนั้นการแปลงภาพระดับสีเทาเป็นภาพสองระดับโดยใช้วิธีของเอนโทรปีแสดงผลบนบอร์ด TMS ควรได้รับการพัฒนาต่อไปเนื่องจากสามารถนำมาประยุกต์เข้ากับการจำแนกวัตถุของหุ่นยนต์ได้โดยที่ความเร็วในการประมวลผลภาพสามารถเพิ่มขึ้นได้โดยการเปลี่ยนไปใช้บอร์ด TMS ที่มีความเร็วสูงกว่าและเพิ่มการปรับปรุงภาพก่อนการทำเทรซโฮลด์เพื่อเพิ่มรายละเอียดในภาพอีกทางหนึ่ง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Rafael C.Gonzalez and Richard E. Woods. 1992. **Digital Image Processing**. USA: Addison-Wesley Publishing company, Inc.
- [2] Texas Instruments, Inc 1994. **TMS 320C3X User' Guide**. USA:Texas Instruments, Inc.
- [3] Erwin Kreyszig. 1993. **Advanced Engineering Mathematics**. Singapore: John Wiley & Sons, Inc.
- [4] Thierry Pun. **A New Method For Gray-Level Picture thresholding Using the Entropy of The Histogram**. Signal processing 2, 1980. pp. 223-237.
- [5] Nobuyuki Otsu. **A threshold selection method from grey-levels histograms**. IEEE Trans. System, Man, And Cybernet., Vol. SMC-9 , No. 1, 1979. pp. 62-66.
- [6] บัณฑิต สมุนวิฒนเดช. “แผนวงจรเก็บข้อมูลภาพที่ประกอบด้วยฟังก์ชันหน่วยความจำ,” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2539.
- [7] Integrated Silicon Solution, Inc. 1998. **.32K x 8 HIGH-SPEED CMOS STATIC RAM**. [Online]. Available on : <http://www.issiusa.com>
- [8] Philips Semiconductors. 1997. **HCT User's Guide**. [Online]. Available on : <http://www.philips.com>
- [9] R.J. Clarke , **Transform Coding of Image**. United State of America : Academic Press, 1985.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

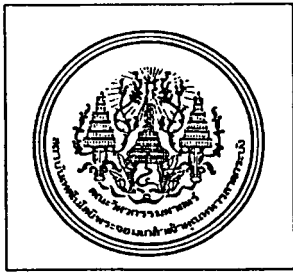
ภาคผนวก ก.

ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์

- [1] เพชร ใจหาญ , พุศศักดิ์ ชีวสุวิทย์ “การแปลงภาพระดับสีเทาเป็นภาพสองระดับโดยใช้วิธีของเอนโทรปีด้วยบอร์คสตาร์ทเตอร์ลิต TMS 320C31”
 วิศวกรรมลาดกระบัง , มีนาคม , 2546



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1.	วงจรรวมต้านทานแบบลอยตัวที่ควบคุมด้วยกระแสใช้มอสทรานซิสเตอร์ สมนึก หัวหาญ กอบชัย เดชหาญ ไชโย ธรรมรัตน์	1
2.	วงจรรยกกำลังที่ใช้วงจรรายพานกระแสควบคุมด้วยกระแส วิจิตรา เพ็ชรกิจ สิทธิพร เพ็ชรกิจ วิวัฒน์ กิรานนท์	7
3.	วงจรมัลติเพล็กซ์แบบลอยตัวโดยใช้วงจรรานสลีเนียมแบบมอสเฟตและการประยุกต์ ภัทรา เพ็ชรชอบ อมร จิรเสรีอมรกุล วัลลภ สุระกำพลธร	13
4.	การศึกษาเปรียบเทียบวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ในโหมดการนำกระแสแบบต่อเนื่อง (CCM) และแบบไม่ต่อเนื่อง (DCM) ศุภชัย หอวิมานพร ชนินทร์ บุญลักษณ์านุสรณ์	19
5.	เอทีเอ็มสวิตช์ที่มีบัฟเฟอร์ทางต้านขาเข้าซึ่งมีนโยบายการจัดลำดับความสำคัญของข้อมูลภายใต้กราฟฟิกแบบคล้ายคลึงตัวเอง ปิติพงษ์ ประภามณฑล สุวิพล สิทธิชัยภาค เกียรติกร วงศ์โรจน์ภรณ์	25
6.	การจัดเส้นทางของโครงข่ายโทรศัพทให้ดีที่สุดโดยวิธีฮอปฟิลด์เน็ต ฉัตรชัย วัฒนพันธ์ มบุญ สุขเกษม ถวิล พึ่งมา	31
7.	การปรับปรุงคุณภาพของแต่ละคลาสที่ได้จากตัวจำแนกความเหมือนสูงสุด สมบัติ อิศระวานิชย์ พุศศักดิ์ ชิวสุวิทย์	37
8.	การแปลงภาพระดับสีเทาเป็นภาพสองระดับโดยใช้วิธีของเอนโทรปีด้วยบอร์ดคอมพิวเตอร์ TMS 320C31 เพชร ใจหาญ พุศศักดิ์ ชิวสุวิทย์	43
9.	การแปลงเวฟเล็ดและโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับแบ่งประเภทฟอลต์ในสายส่ง อรรถพล เก่าพิทักษ์กุล ศุภี บรรจงจิตร สมชาติ จิรวិภากร สุวิวัฒน์ นงนุช	49
10.	การระบุตำแหน่งฟอลต์ในสายส่งโดยใช้การแปลงเวฟเล็ดและโครงข่ายประสาทเทียม อรรถพล เก่าพิทักษ์กุล ศุภี บรรจงจิตร สมชาติ จิรวิภากร อัครชัย บรรจงศิลป์	55
11.	การหาฟอลต์ในสถานีไฟฟ้าแรงสูงหนองจอกโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม พูนิจจร บุญมี มารุต ตันติเตชามงคล สมชาติ จิรวิภากร นิตศัน กฤษณจินดา	61
12.	การวิเคราะห์ฟอลต์ที่ขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสโดยใช้โปรแกรม ATP/EMTP จิตร อินทร์พยุง มณฑล สิลลาจินดาไกรฤกษ์ บุญเลิศ สือเฉย ปัญญา มาลีวัตร สิริวิช ทัดสวน	67
13.	การวิเคราะห์ผลการออกแบบหม้อแปลงจำหน่ายเชิงเศรษฐศาสตร์ บุญเลิศ สือเฉย ปัญญา มาลีวัตร สมศักดิ์ สิริปราถมานนท์ ศุภี บรรจงจิตร	73
14.	การออกแบบราคาที่เหมาะสมของหม้อแปลงจำหน่ายโดยใช้จเนติกอัลกอริธึม ชวรัตน์ เก่งธรรมกิจ ต่อพงษ์ ภูมิภาค ชัยวุฒิ ฉัตรอุทัย	79
15.	การออกแบบโปรแกรมวิเคราะห์การใช้ไฟฟ้าของโรงงานอุตสาหกรรม มารุต ตันติเตชามงคล สมชาติ จิรวิภากร	85
16.	การป้องกันโหลดเกินในระบบไฟฟ้ากำลังโดยวิธีการปรับตารางการป้อนแหล่งจ่ายและไลน์สวิตซ์ สิทธิเดช วชิราศรีศิริกุล มณฑล สิลลาจินดาไกรฤกษ์	91
17.	การวิเคราะห์และจำลองพฤติกรรมของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน นิตพงษ์ สมไชยวงศ์ ประภาส อุดคึกกิมพันธ์	97
18.	Semantic Query for Content-Based Image Retrieval Using Genetic Algorithm Cattleya Duanggate Orachat Chitsobhuk Suphamit Chittayasothorn	103
19.	Robust Inverse Response Compensator Pratch Tontirittiphol Mongkol Janchookiat Kiattisak Kumwachara	109
20.	อิทธิพลของตำแหน่งการฉีดอากาศทุติยภูมิต่ออุณหภูมิการเผาไหม้ในเตาเผาฟลูอิดไดซ์เบดแบบอากาศหมุนวน นิยม ศรีศิริสิทธิกุล พงษ์เจต พรหมวงษ์ ภูรินทร์ อัครกุลธร	115

การแปลงภาพ ระดับสีเทา เป็นภาพ สองระดับ โดยใช้วิธีของ เอนโทรปีด้วยบอร์ดสตาร์ทเตอร์คิท TMS 320C31

Conversion of Grey-Level Picture to Binary Picture By Entropy Method Implemented on TMS 320C31 Starter Kit

เพชร ใจหาญ พุศักรัตน์ ชีวสุวิทย์

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้งานบอร์ดสตาร์ทเตอร์คิท TMS320C31 ในการแปลงภาพระดับสีเทาเป็นภาพสองระดับเพื่อใช้ในงานจำแนกวัตถุของหุ่นยนต์ โดยอาศัยการเลือกค่าเทรชโฮลด์ ที่เหมาะสมด้วยวิธีเอนโทรปีของฮิสโตแกรม ผลการทดลองเปรียบเทียบกับวิธีเทรชโฮลด์คงที่ โดยอาศัยการตรวจสอบคุณภาพด้วยวิธีเกรเดียนต์ แสดงให้เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจน

Abstract

This article presents the application of Starter Kit Board TMS320C31 to the conversion of grey-level into binary image. This technique can be used for a robot to classify objects by choosing an appropriate threshold value based on an entropy of the histogram. The experimental results compare with the fixed threshold method evaluated by gradient method.

1. บทนำ

การประมวลผลภาพดิจิทัลในการจำแนกวัตถุของหุ่นยนต์จำเป็นต้องใช้การประมวลผลภาพแบบเวลาจริงทั้งนี้เนื่องจากภาพดังกล่าวประกอบด้วยชุดของภาพ ซึ่งมีช่วงระยะเวลาห่างกันคงที่และสัมพันธ์กัน ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีในปัจจุบันจะสามารถรองรับความต้องการดังกล่าวได้ในระดับหนึ่ง แต่การใช้ฮาร์ดแวร์เฉพาะงานสำหรับการประมวลผลก็ยังเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีข้อดีคือสามารถประมวลผลด้วยความเร็วสูงอย่างเช่นบอร์ดสตาร์ทเตอร์คิทของบริษัทเทคซัสอินสตรูเมนต์รุ่น TMS320C31 ใช้เวลาในการประมวลผลแต่ละ คำสั่งใน ภาษาแอสเซมบลี 50 nsec ซึ่งเหมาะกับการประยุกต์ใช้

งานกับข้อมูลภาพที่มีปริมาณข้อมูลมาก และความเร็วเป็นเงื่อนไขวิกฤต โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาพเคลื่อนไหว ระบบโดยรวมมีขนาดเล็กเหมาะสำหรับการผลิตในเชิงอุตสาหกรรม งานวิจัยนี้เสนอการแปลงภาพระดับสีเทา (Grey - Level) เป็นภาพสองระดับ(Binary) ซึ่งมาจากการเก็บสัญญาณวิดีโอจากกล้อง CCD เป็นข้อมูลภาพดิจิทัลขนาด 256 X 256 จุดภาพแต่ละจุดภาพให้ระดับสีเทา 256 ระดับ ภาพดังกล่าวนำมาผ่านการเทรชโฮลด์ ซึ่งได้มาจากการเลือกค่าเทรชโฮลด์ ที่เหมาะสมตามวิธีเอนโทรปีของฮิสโตแกรม [1] ซึ่งเขียนโปรแกรมด้วยภาษาแอสเซมบลีบนชุดสตาร์ทเตอร์คิทTMS320C31 ผลลัพธ์ที่ได้จัดเก็บไว้ในแฟลชหน่วยความจำและแสดงผลบนเครื่องคอมพิวเตอร์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทฤษฎีเอนโทรปีของฮีสโตแกรม[1]

ภาพแต่ละจุดภาพถูกเข้ารหัสสีเทาไว้ n ระดับสีเทา $(0,1,2,\dots,n)$ ดังนั้นจำนวนจุดภาพ (pixel) ที่ระดับ i เขียนแทนด้วย N_i และผลรวมของจุดภาพทั้งภาพคือ $N = N_1 + N_2 + \dots + N_n$ ความน่าจะเป็นที่จะปรากฏระดับสีเทาที่ระดับที่ i เป็น

$$P_i = \frac{N_i}{N} \geq 0, \quad \sum_{i=1}^n P_i = 1$$

ฮีสโตแกรมของภาพระดับสีเทาสามารถพิจารณาจากค่าสัญลักษณ์ n สมมุติตามสมมุติฐาน (hypothesis) ให้สัญลักษณ์เหล่านี้เป็นสถิติที่อิสระต่อกัน ไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างจำนวนจุดที่ระดับที่ให้มาและจำนวนจุดที่ระดับใกล้เคียงกัน ทำให้ง่ายที่จะได้มาซึ่งวิธีการเลือกค่าเทรซโพลด์สำหรับการรวบรวมข้อมูลแต่ละระดับ i ของฮีสโตแกรมเขียนได้ดังสมการที่(1)คือ

$$I_i = -\log_2(P_i) \quad (1)$$

และเอนโทรปีของข้อมูลนี้ดังสมการที่(2)คือ

$$H = -\sum_{i=1}^n P_i \cdot \log_2(P_i) \quad (2)$$

หลังจากการเทรซโพลด์แล้วภาพที่ได้มี 2 ระดับ คือ สีดำ (b) และสีขาว (w) โดยจำนวนจุดนี้เขียนแทนโดย N'_b และ N'_w ตามลำดับและมีความน่าจะเป็น คือ P'_b และ P'_w ตามลำดับ ถ้าเราสมมุติให้ความน่าจะเป็นทั้งสองเป็นอิสระจากกัน ดังนั้นเอนโทรปีของภาพทั้งสองระดับนี้หาค่าได้จากสมการที่(3)คือ

$$H' = -P'_w \cdot \log_2(P'_w) - P'_b \cdot \log_2(P'_b) \quad (3)$$

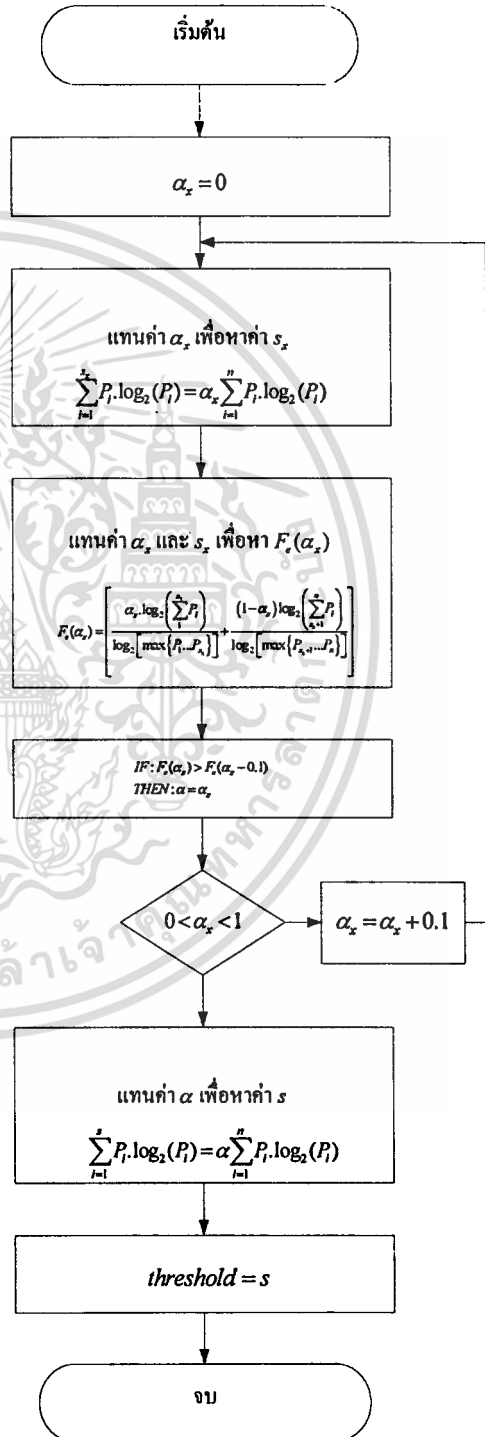
ถ้าให้ s แทนค่าของเทรซโพลด์ดังนั้น จาก[1] สามารถหาค่าได้จากสมการที่(4)คือ

$$\sum_{i=1}^s P_i \cdot \log_2(P_i) = \alpha \sum_{i=1}^n P_i \cdot \log_2(P_i) = -\alpha H \quad (4)$$

และมี $F_c(\alpha)$ เป็นฟังก์ชันการประเมินของ H' ซึ่งใช้ในการเลือกค่า S ที่ดีที่สุดโดยหาได้จากสมการที่(5)คือ

$$F_c(\alpha) = \left[\frac{\alpha \cdot \log_2 \left(\sum_{i=1}^s P_i \right)}{\log_2 [\max \{P_1 \dots P_s\}]} + \frac{(1-\alpha) \log_2 \left(\sum_{i=s+1}^n P_i \right)}{\log_2 [\max \{P_{s+1} \dots P_n\}]} \right]$$

สามารถนำมาเขียนเป็นโฟลว์ชาร์ตแสดงขั้นตอนการหาเทรซโพลด์ที่เหมาะสมได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการคำนวณหาค่าเทรซโพลด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าในขั้นตอนแรกจะต้องให้ $\alpha_x = 0$ และที่ต้องสมมุติเป็น α_x ก็เพราะยังไม่ใช่ค่าจริงเป็นเพียงค่าสมมุติเพื่อใช้ในการวนรอบ ต่อจากนั้นเมื่อแทนค่าในสมการที่ (4) จะสามารถหาค่า s_x ได้ และเช่นกันที่ต้องสมมุติเป็น s_x ก็เพราะว่ายังไม่ใช่ค่าทรซโฮลต์ แต่ใช้เพื่อการวนรอบ ต่อจากนั้นนำค่า α_x และ s_x ไปแทนค่าในสมการที่ (5) จะได้ค่า $F_e(\alpha_x)$ และ $F_e(\alpha_x)$ ตัวนี้เองที่จะเป็นตัวบอกได้ว่า α_x ค่าใดเหมาะที่สุดโดยวัดจาก α_x ที่ทำให้ $F_e(\alpha_x)$ มีค่ามากที่สุดโดยการตรวจสอบด้วยเงื่อนไขดังนี้

$$IF : F_e(\alpha_x) > F_e(\alpha_x - 0.1) \\ THEN : \alpha = \alpha_x$$

ก่อนที่จะเพิ่มค่าขึ้นอีกครั้งละ 0.1 แล้วกลับไปเริ่มหาค่า α_x และ s_x ใหม่ เมื่อตรวจสอบแล้วพบว่า α_x ยังมีค่าไม่เกิน 1 ต่อจากนั้นเมื่อสามารถหาค่า α ได้แล้วให้นำไปแทนในสมการที่ (5) ก็จะได้ค่า s ซึ่งในที่นี้ก็คือค่าทรซโฮลต์ที่เหมาะสมนั่นเองและในการเขียนโปรแกรมเพื่อคำนวณจะเห็นว่านอกจากการวนรอบและการเปรียบเทียบแล้วยังมีฟังก์ชันลอการิทึมฐานสองซึ่งเป็นฟังก์ชันที่สำคัญในสมการเอนโทรปีสามารถหาค่าได้จากเทคนิคที่จะอธิบายในส่วนถัดไป

3. เทคนิคการประมวลผลเชิงตัวเลข [4]

เนื่องจาก TMS 320C31 ไม่มีฟังก์ชันลอการิทึมฐานสองสำเร็จรูปดังนั้นจึงต้องเขียนโปรแกรมขึ้นดังจะอธิบายต่อไปนี้โดยอาศัยความสัมพันธ์จาก [4] ให้ x แทนจำนวนจุดทศนิยม(floating point) ซึ่งเขียนแทนด้วย

$$x = 2^{e_{old}} \times mant_{old} \quad (6)$$

โดยที่ e_{old} คือค่าเลขชี้กำลังก่อนการคำนวณ

$mant_{old}$ คือจำนวนหน้าจุดทศนิยมก่อนคำนวณ

e_{new} คือค่าเลขชี้กำลังหลังการคำนวณ

$mant_{new}$ คือจำนวนหน้าจุดทศนิยมหลังคำนวณ

x_{new} คือจำนวนจุดทศนิยมหลังคำนวณ

เมื่อใส่ \log_2 เข้าไปทั้งสองข้างของสมการที่ (6) จะได้

$$\log_2(x) = e_{old} + \log_2(mant_{old}) \quad (7)$$

เมื่อ e คือรีจิสเตอร์เลขชี้กำลัง (exponent register) ซึ่งไม่ต้องคำนวณสามารถใช้ได้โดยตรงเหมือนจำนวนเต็มและ การที่จะแยกเลขชี้กำลังออกมานั้นสามารถทำได้โดยการ PUSH, POP และ การกระทำแมสคิง(masking operation) ส่วนการเก็บค่าแมนทิสซา(mantissa)ไว้ขั้นแรกต้องให้บิตเลขชี้กำลัง(exponent bits) เป็น 0 โดยใช้คำสั่ง LDE 1.0 จะส่งผลให้เทอม 2^e ในสมการที่ (6) มีค่าเท่ากับ 1.0 โดยค่าที่เหลืออยู่ในช่วงมากกว่าหรือเท่ากับ 1.0 แต่ไม่เกิน 2.0 สามารถเขียนได้ด้วย

$$x_{new} = mant_{old}^N \quad (8)$$

โดยที่ $1.0 \leq x_{new} < 2^N$ และ $N = 1, 2, 4, 6, 8, 16, \dots$

จากสมการที่(6) เมื่อผ่านการคำนวณ จะได้ค่า x ใหม่คือ

$$x_{new} = 2^{e_{new}} \times mant_{new} \quad (9)$$

เมื่อให้สมการที่(8)เท่ากับ(9)และใส่ \log_2 ทั้งสองข้างจะได้

$$\log_2(mant_{old}) = \frac{e_{new}}{N} + \frac{\log_2(mant_{new})}{N} \quad (10)$$

จากสมการข้างต้นแสดงให้เห็นว่า $\log_2(x)$ สามารถหาได้จากสมการที่ (7) และเทอม $\log_2(mant_{old})$ สามารถหาได้จากสมการที่ (10) ส่วนการหารด้วย N ก็คือการเลื่อน(shift)แต่ละครั้งของการยกกำลังสองนั่นเอง โดยในการใช้งานจริงนั้นจะเขียนเป็นโปรแกรมย่อยและตรวจสอบค่าก่อนเรียกโปรแกรมย่อยต้องไม่เท่ากับศูนย์เพราะจะไม่สามารถหาค่า $\log_2(x)$ ได้ซึ่งก็มีโอกาสที่จะพบศูนย์ได้เนื่องจาก x ในที่นี้ก็คือ P_i ถ้าจำนวนจุดทศนิยมที่ระดับ i เป็นศูนย์ก็จะทำให้ P_i เท่ากับศูนย์ด้วย แต่ถ้าไม่เท่ากับศูนย์ก็จะมีค่าเป็นทศนิยมทำให้สามารถเขียนอยู่ในรูปจุดทศนิยม ซึ่งจะมีค่าเลขชี้กำลังและแมนทิสซา ดังนั้นจึงต้องใช้ สมการที่ (7) ช่วยในการเขียนโปรแกรมเพื่อหาค่า นอกจากใช้โปรแกรมย่อยช่วยหาลอการิทึมฐานสองแล้วยังมีการเลือกใช้คำสั่งที่เป็นคำสั่งแบบขนาน ซึ่งทำให้สามารถทำงานได้ 2 คำสั่งพร้อมกันโดยใช้เวลาเท่ากับ 1 คำสั่งคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นต้นการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50 nsec ทำให้เวลาในการประมวลผล ข้อมูลภาพเร็วยิ่งขึ้น ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

- 1 คำสั่งการกระทำทางคณิตศาสตร์พร้อมกับการจัดเก็บ
- 2 คำสั่งการดึงข้อมูลสองชุดพร้อมๆกัน
- 3 คำสั่งการคูณและลบพร้อมๆกัน

ในการหาฮิสโตแกรมภาพขนาด 256X256 จุดภาพ จะมีจุดภาพทั้งหมด 65,535 จุดที่จะต้องแจกแจงระดับความเข้มตาม 256 ระดับสีเทา จึงสามารถใช้คำสั่ง ในกลุ่มที่ 1 คือ ADDI3 || STI เพื่อทำการเพิ่มค่าของแท่งฮิสโตแกรมและจัดเก็บสะสมให้ตรงระดับสีนั้นๆ ตามตัวอย่างโปรแกรมต่อไปนี้

```
LDI 65535,RC          ;set repeat counter=65536
RPTB LOOP            ;repeat to loop 65536 times
ADDI3 AR1,*AR0++,AR1 ;index HIS location
ADDI3 R2,*AR1,R3     ;add 1 to old value
|| STI R3,*AR1       ;store new value
```

ก่อนที่จะเริ่มการแปลงภาพมีสิ่งหนึ่งที่ต้องพิจารณาถึงคือขนาดหน่วยความจำในการเก็บข้อมูลภาพ เนื่องจากบอร์ด TMS 320C31 เป็นเพียงบอร์ดทดลองเบื้องต้นในการเขียนโปรแกรมทางการประมวลผลสัญญาณ ดังนั้นหน่วยความจำภายในจึงมีจำกัดอยู่เพียง 2 กิโลไบต์ ซึ่งไม่พอต่อการใช้งาน จะต้องมีส่วนที่อย่างน้อย 128 กิโลไบต์เพื่อเก็บข้อมูลภาพโดยแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งเพื่อเก็บข้อมูลภาพก่อนเทรซโฮลด์ มีขนาด 64 กิโลไบต์ และอีกส่วนหนึ่งเพื่อเก็บข้อมูลภาพหลังเทรซโฮลด์ มีขนาด 64 กิโลไบต์ ดังนั้นในส่วนถัดไปจะอธิบายถึงการขยายหน่วยความจำเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

4. การขยายหน่วยความจำ

แผงวงจรหน่วยความจำที่ออกแบบขึ้นมีขนาด 256 กิโลไบต์ มีบิตข้อมูลเป็นแบบ 32 บิต เพื่อความอนุเคราะห์ในการใช้งานสามารถเก็บได้ทั้งข้อมูลภาพ (8 บิต)

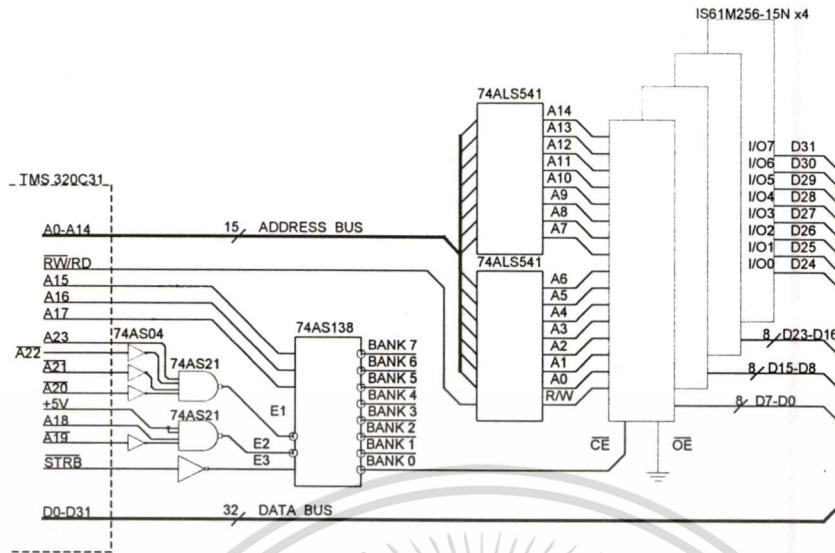
และโปรแกรม(32 บิต)โดยเลือกใช้แรมแบบสแตติก(static-ram) เบอร์IS61M256-15N มีความจุขนาด 32 กิโลไบต์ ที่ 8 บิต ดังนั้นจึงต้องใช้จำนวน 4 ตัวต่อรวมกันเป็น 1 BANKจะให้ความจุขนาด 32 กิโลไบต์ ที่ 32 บิต โดยมีเวลาในการเข้าถึงข้อมูล 15 nsec. ซึ่งเร็วพอที่จะทำงานร่วมกับ TMS 320C31 ได้ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยสามารถอ้างตำแหน่งได้ตั้งแต่ 840000h-87FFFFh ตามตารางที่ 1 และแสดงการใช้งานจริงตามรูปที่ 3

5. ลำดับขั้นการทดลอง

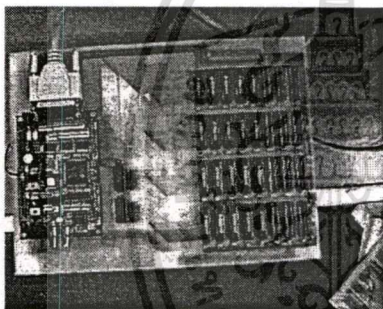
1. พัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาแอสเซมบลี [2]
2. ต่ออุปกรณ์ทดลองตามรูปที่ 4
3. ทำการเก็บภาพโดยในการทดลองนี้ใช้ขนาด 256 X 256 จุดภาพที่ 256ระดับสี
4. ทำการแปลงภาพระดับสีเทาเป็นภาพสองระดับโดยใช้บอร์ดสตาร์ทเตอร์คิท TMS 320C31
5. ดึงภาพสองระดับที่ได้มาแสดงผลบน PC เปรียบเทียบกับภาพต้นแบบและภาพเทรซโฮลด์คิงที่
6. เปรียบเทียบคุณภาพของภาพสองระดับโดยใช้วีธีเกรเดียนต์ [3]

BANK 0	840000h – 847FFFFh
BANK 1	848000h – 84FFFFh
BANK 2	850000h – 857FFFFh
BANK 3	858000h – 85FFFFh
BANK 4	860000h – 867FFFFh
BANK 5	868000h – 86FFFFh
BANK 6	870000h – 877FFFFh
BANK 7	878000h – 87FFFFh

ตารางที่ 1 แสดงตำแหน่งหน่วยความจำตามวงจรในรูปที่



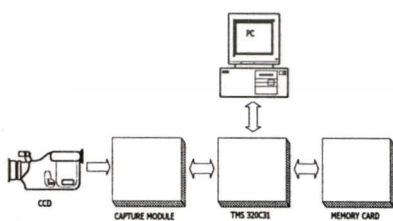
รูปที่ 2 แสดงวงจร SRAM ขนาด 256 กิโลไบต์ ในที่นี้แสดงเฉพาะการต่อเพียง 1 แบนท์ (32 กิโลไบท์)



รูปที่ 3 แสดงการต่อ แผงวงจรหน่วยความจำเข้ากับ

TMS 320C31

TMS 320C31 บล็อกที่ 1 โดยภาพที่ 1 เป็นภาพที่ได้จากการเก็บผ่านกล้อง CCD ส่วนภาพที่ 2 ได้จากเพิ่มภาพชื่อ Lena ต่อจากนั้น โหลดภาพที่ผ่านการแปลงแล้วจากตำแหน่ง 850000h ของแผงวงจรหน่วยความจำ มาแสดงผลบนคอมพิวเตอร์ โดยต้องแปลงรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลเป็นแบบ BMP ก่อนจึงสามารถแสดงผลบนจอภาพ ได้โดยผลการแปลงภาพแสดงเปรียบเทียบให้เห็นในส่วนถัดไปและต่อจากนั้นเปรียบเทียบคุณภาพของภาพทั้งสองด้วยการหาเกรเดียนต์เฉลี่ย โดยผลที่ได้แสดงในตารางที่ 2



รูปที่ 4 แสดงการต่อชุดทดลอง

ในการทดลองทำได้โดยโหลดข้อมูลภาพไปไว้ที่ตำแหน่ง 840000h เมื่อแปลงภาพแล้วผลที่ได้จะถูกเก็บอยู่ที่ตำแหน่ง 850000h ส่วนโปรแกรมเก็บอยู่ในตำแหน่ง 809C00h ซึ่งเป็นตำแหน่งหน่วยความจำภายใน บอร์ด

ตารางที่ 2 แสดงผลการเปรียบเทียบคุณภาพของภาพสอง

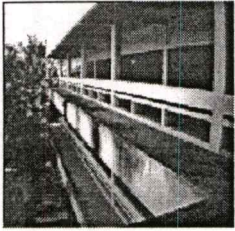
ระดับด้วยเกรเดียนต์เฉลี่ย

ภาพ	เอนโทรปี	เทรซโฮลด์ คงที่=100	เทรซโฮลด์ คงที่=130
Terrace	134.990	132.486	131.502
Lena	148.915	144.600	145.645

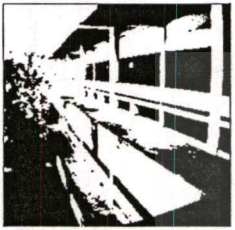
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

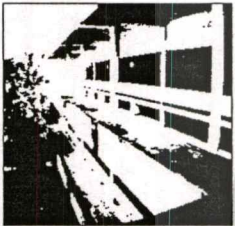
6. ผลการทดลอง



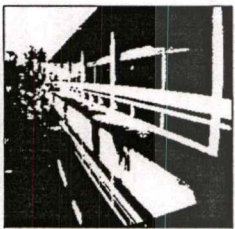
รูปที่ 5 แสดงภาพ Terrace และ Lena ก่อนเทรซโฮลด์



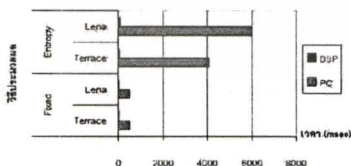
รูปที่ 6 แสดงผลที่ได้จากวิธีของเอนโทรปี



รูปที่ 7 แสดงผลที่ได้จากวิธีเทรซโฮลด์คงที่(100)



รูปที่ 8 แสดงผลที่ได้จากวิธีเทรซโฮลด์คงที่(130)



รูปที่ 9 เปรียบเทียบความเร็วในการแปลงภาพ โดยเริ่มที่

$$\alpha = 0$$

7. สรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองจะเห็นว่าสามารถโปรแกรมให้บอร์ดสตาร์ทเตอร์คิท TMS 320C31 แปลงภาพ ระดับสีเทา เป็นภาพสองระดับได้โดยค่าเทรซโฮลด์ ที่ได้มาจากวิธีเอนโทรปีของฮีสโตแกรม [1] และผลจากการตรวจสอบคุณภาพของภาพสองระดับด้วยวิธี การเกรเดียนต์ [3] ตามตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าภาพสองระดับที่ได้จากวิธีของเอนโทรปี มีคุณภาพสูงกว่าวิธีเทรซโฮลด์คงที่ คือรูปที่ 6 ซึ่งให้ค่าเกรเดียนต์ ที่สูงกว่ารูปอื่นๆ ซึ่งแสดงว่าให้ขอบได้มากกว่าวิธี เทรซโฮลด์คงที่ส่วนเวลาที่ใช้ในการแปลงภาพ เปรียบเทียบให้เห็นดังรูปที่ 9 จะเห็นว่าวิธีเอนโทรปี ใช้เวลามากกว่าโดยอยู่ที่ประมาณ 50-80 msec ซึ่งจะเปลี่ยนไปตามค่า α ของแต่ละภาพแต่ทั้งนี้การแปลงภาพด้วย TMS ก็ยังใช้เวลาน้อยกว่า PC (1.8GHz) ซึ่งใช้เวลาอยู่ที่ 4-6 sec นอกจากนั้นเพื่อลดเวลาในการประมวลผล ถ้าสภาพแวดล้อมของแสงตกกระทบวัตถุไม่เปลี่ยน ในการใช้งานสามารถกำหนดให้ค่า α เป็นค่าคงตัวในช่วง 0.35 - 0.65 โดยภาพที่ได้ยังให้รายละเอียด จึงสามารถประยุกต์เข้ากับการที่ต้องการความเร็วเช่นการจำแนกวัตถุของหุ่นยนต์ได้

8. เอกสารอ้างอิง

- [1].T. Pun, "A New Method For Gray-Level Picture thresholding Using the Entropy of The Histogram.", Signal Processing 2 , pp 223-237,1980.
- [2].“TMS320C3X User’s Guide.”USA:Texas Instruments Inc.,1994.
- [3].R. C. Gonzalez and R. E. Woods., “Digital Image Processing.”,USA:Addison-Wesley Publishing company,Inc.,1992.
- [4].“TMS 320 DSP DESIGNER’S NOTE BOOK” USA: Texas Instruments Inc., 1993.

ประวัติผู้เขียน

นายเพชร ใจหาญ เกิดเมื่อวันที่ 31 ตุลาคม 2517 ที่จังหวัดระนอง จบการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

หลังจากนั้นได้ศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2541 ปัจจุบันทำงานในตำแหน่ง วิศวกรไฟฟ้า บริษัท รังสิตฟุตแวร์ จำกัด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้