สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

อุปกรณ์ตรวจจับรถยนต์เข้าออกและบันทึกข้อมูลบริเวณป้ายทะเบียน

DETECTOR MACHINE AND RECORD CAR LICENSE PLATE

T117517

โดย

นายพชร เที่ยงธรรม

นายพิฆานิก เดชอรัญ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 117517
วัน,เดือน,ปี 5 ส.ค. 2554

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ตรวจจับรถยนต์เข้าออกและบันทึกข้อมูลบริเวณป้ายทะเบียน

DETECTOR MACHINE AND RECORD CAR LICENSE PLATE

โดย

นายพชร เที่ยงธรรม 48010570

นายพิฆานิก เดชอรัญ 49012188

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.สุทธิชัย นพนาคีพงษ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

ฝ่ายการตรวจชิ้นงานแล้ว

(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

ฝ่ายการตรวจรูปเล่มแล้ว

(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง อุปกรณ์ตรวจจับรถยนต์เข้าออกและบันทึกข้อมูลบริเวณป้ายทะเบียน

DETECTOR MACHINE AND RECORD CAR LICENSE PLATE

ผู้จัดทำ

1. นายพชร เที่ยงธรรม 48010570
2. นายพิฌานิก เดชอรัญ 49012188

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.สุทธิชัย นพนาคีพงษ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

กลุ่มข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. สุทธิชัย นพนาคพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาให้ความช่วยเหลือทางด้านความรู้ คำแนะนำ จัดหาตำรา อุปกรณ์ต่าง ๆ ค่าใช้จ่ายในการทำโครงงาน และขอขอบคุณรุ่นพี่ที่คอยให้คำแนะนำ รวมถึงพระคุณของบิดามารดา ที่คอยเป็นกำลังใจ และอบรมเลี้ยงดูสั่งสอน ทั้งหมดนี้มีส่วนทำให้ข้าพเจ้าทำวิชาโครงงานฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

นายพชร เที่ยงธรรม

นายพิฆานิก เดชอรัญ

ผู้จัดทำ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์เครื่องมือตรวจจับรถยนต์เข้าออกและบันทึกข้อมูลบริเวณป้ายทะเบียน

DETECTOR MACHINE AND RECORD CAR LICENSE PLATE

โดย นายพชร เที่ยงธรรม 48010570
นายพิฆานิก เดชอรัญ 49012188

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.สุทธิชัย นพนาคีพงษ์

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการนำเสนออุปกรณ์ตรวจจับรถยนต์เข้าออกและบันทึกข้อมูลบริเวณป้ายทะเบียน ระบบจะทำงานโดยเซนเซอร์ตรวจจับรถยนต์วิ่งผ่าน เซนเซอร์จะส่งสัญญาณไปยังบอร์ดอาร์ม7 เพื่อบอร์ดอาร์ม7 นั้นจะทำการส่งข้อมูลภาพไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อทำการประมวลผลภาพอีกทีหนึ่ง

ABSTRACT

This project presents a detector car machine and record car license plate. The system works through sensors detect vehicle. Sensors will send signals to board arm7. That will send images to a computer for image processing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		I
บทคัดย่อ		II
สารบัญ		III
สารบัญรูป		VI
สารบัญตาราง		IX
บทที่ 1	**บทนำ**	1
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	1
	1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
บทที่ 2	**ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง**	3
	2.1 กล้องดิจิตอล	3
	2.1.1 ประวัติของกล้องดิจิตอล	3
	2.1.2 อิมเมจเซ็นเซอร์	4
	2.1.3 การจัดเตรียมไฟล์บนกล้องดิจิตอล	5
	2.1.4 JPEG CAMERA C328-7460	7
	2.2 สายสัญญาณ RS-485	9
	2.2.1 การส่งข้อมูล (DATA TRANSMISSION SIGNALS)	9
	2.2.1.2 ตัวส่งแบบสมดุล (BALANCED LINE DRIVER)	10
	2.2.2 การส่งข้อมูลตามมาตรฐาน RS-422 (EIA STANDARD RS-422 DATA TRANSMISSION)	11
	2.2.3 การส่งข้อมูลตามมาตรฐาน RS-485 (EIA STANDARD RS-485 DATA TRANSMISSION)	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	2.2.4 การควบคุมการส่งข้อมูลของอุปกรณ์ RS-485 (SEND DATA CONTROL OF A RS-485 DEVICE)	16
	2.3 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7	17
	2.3.1 ไปป์ไลน์	18
	2.3.2 เรจิสเตอร์	19
	2.3.3 ภาวะผิดปกติ	22
	2.4 การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข (DIGITAL IMAGE PROCESSING)	23
	2.4.1 การแทนภาพด้วยข้อมูลแบบดิจิตอล	23
	2.4.2 ลักษณะการจัดเก็บข้อมูลภาพแบบดิจิตอล	24
	2.5 การสร้างภาพไบนารี	25
	2.6 การแบ่งส่วนภาพ (IMAGE SEGMENTATION)	28
	2.6.1 การตรวจรู้แนวเส้น (LINE DETECTION)	28
	2.6.2 การตรวจหาขอบ (EDGE DETECTION)	29
	2.7 ทฤษฎีการแยกตัวอักขระออกจากภาพ	35
	2.7.1 การหาตัวอักขระโดยวิธี LINE CROSSING	35
	2.8 เซนเซอร์	37
	2.8.1 ระบบการวัด	38
	2.8.2 ระบบควบคุมวงเปิด	38
	2.8.3 ระบบควบคุมวงปิด	40
	2.8.4 ตัวอย่างชุดตรวจจับการะสะท้อนของอินฟราเรด	41
บทที่ 3	**การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์**	43
	3.1 การออกแบบ	43
	3.1.1 การออกแบบในส่วนของอุปกรณ์	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	3.1.1.1 การทำงานในส่วนอุปกรณ์บนบอร์ด	44
	3.1.1.2 ส่วนของโปรแกรมเพื่อควบคุมบอร์ด	45
	3.1.2 การออกแบบในส่วนของโปรแกรม	46
	3.1.2.1 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมการแปลงภาพ	47
	3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	55
	3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง	56
บทที่ 4	**ผลการทดลอง**	57
	4.1 ผลการทดลองเมื่อมีรถผ่านและมีการถ่ายรูป	57
	4.1.1 สัญญาณที่วัดจากตัวเซนเซอร์	57
	4.1.2 สัญญาณที่วัดจากตัวกล้อง	58
	4.2 ผลการทดลองการสั่งภาพมายังคอมพิวเตอร์	59
บทที่ 5	**สรุปผลและข้อเสนอแนะ**	64
	5.1 สรุปการทดลอง	64
	5.3 ข้อเสนอแนะ	64
บรรณานุกรม		65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ภาพเปรียบเทียบระหว่าง JPEG / TIFF / RAW	5
2.2	รูปเปรียบเทียบระหว่าง JPEG กับ RAW	7
2.3	รูป JPEG CAMERA C328-7460	7
2.4	ภาพ JPEG CAMERA C328-7460 BLOCK DIAGRAM	8
2.5	ภาพแสดง PIN DESCRIPTION	8
2.6	RS-232 INTERFACE CIRCUIT	9
2.7	BALANCED DIFFERENTIAL INPUT RECEIVER	10
2.8	BALANCED DIFFERENTIAL INPUT LINE RECEIVER	11
2.9	TYPICAL RS-422 FOUR--WIRE NETWORK	12
2.10	RELATIONSHIP BETWEEN EIA STANDARD 'A' AND 'B' TERMINAL ON RS-485	12
2.11	TYPICAL RS - 485 TWO WIRE MULTIDROP NETWORK	13
2.12	TYPICAL RS – 485 FOUR WIRE MULTIDROP NETWORK	14
2.13	TIMING DIAGRAM FOR RS – 232 TO RS – 485 CONVERTER WITH RTS CONTROL OF RS – 485 DRIVER AND RECEIVER	15
2.14	TIMING DIAGRAM FOR RS – 232 TO RS – 485 CONVERTER WITH SEND DATA (SD) CONTROL OF RS – 485 DRIVER AND RECEIVE	16
2.15	ARM7 BLOCK DIAGRAM	17
2.16	ไปป์ไลน์ของ ARM7 ทั้ง 3 สเตจ	18
2.17	ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยความจำ เรจิสเตอร์ และหน่วยประมวลผลของ ARM7	20
2.18	ความหมายของบิตในเรจิสเตอร์สถานการณ์ทำงาน	21
2.19	การใช้เรจิสเตอร์ในภาวะผิดปกติ	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

2.20	ภาพไบนารีและข้อมูลของแต่ละพิกเซล	26
2.21	ตัวดำเนินการที่ใช้ในการคำนวณหาค่าเกรเดียนต์	32
2.22	หน้ากากที่ใช้ในตัวดำเนินการลาปลาเซียน	33
2.23	แสดงการแยกตัวอักขระด้วยวิธี LINE CROSSING	35
2.24	แสดง FLOW CHART การแยกอักขระด้วยวิธี LINE CROSSING	37
2.25	องค์ประกอบสำคัญในระบบการวัด	38
2.26	ผังสัญญาณแสดงหลักการทำงานของระบบควบคุมเปิด	39
2.27	ผังสัญญาณของระบบควบคุมแสงสว่างทางเดินแบบตั้งเวลา เปิด-ปิด	49
2.28	ผังสัญญาณแสดงหลักการทำงานของระบบควบคุมวงปิด	40
2.29	วงจรเซนเซอร์อินฟราเรด เบอร์ RPR-3359F	41
3.1	BLOCK DIAGRAM ในส่วนของอุปกรณ์	43
3.2	การจำแนกการทำงาน	44
3.3	BLOCK DIAGRAM การทำงานในส่วนของโปรแกรมเพื่อควบคุมบอร์ด	45
3.4	BLOCK DIAGRAM ในส่วนของโปรแกรมประมวลผลภาพ	46
3.5	ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม	47
3.6	ตัวอย่างภาพสีจากกล้องเมื่อตอนเริ่มต้น	48
3.7	ภาพสีเทา GRAYSCALE 8 BITS	59
3.8	ภาพที่มีการกำหนดค่า THRESHOLD ต่ำเกินไป	50
3.9	ภาพที่มีการกำหนดค่า THRESHOLD สูงเกินไป	50
3.10	ภาพหลังจากการผ่านกระบวนการ THRESHOLD	51
3.11	ภาพ THRESHOLD หลังผ่านการกำจัด NOISE	52
3.12	แสดงการแบ่งรอยต่อของวัตถุต่างๆในภาพ	52
3.13	แสดงขอบ BOUNDING BOX กับจุด CENTROID	53
3.14	ภาพหลังจากผ่านกระบวนการหาตำแหน่งป้ายทะเบียนในรูป	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

3.15	ตำแหน่งของแผ่นป้ายทะเบียนที่แยกออกมาจากรูป	54
3.16	แสดงการแยกตัวอักษร โดยกระบวนการ SEGMENTATION	55
4.1	สัญญาณที่วัดเมื่อไม่มีวัตถุเคลื่อนผ่าน	57
4.2	สัญญาณที่วัดเมื่อมีวัตถุเคลื่อนผ่าน	58
4.3	สัญญาณที่วัดเมื่อไม่มีวัตถุเคลื่อนผ่าน	58
4.4	สัญญาณที่วัดได้เมื่อมีวัตถุเคลื่อนผ่าน	59
4.5	โปรแกรมทำงานเมื่อเชื่อมต่อกับชุดอุปกรณ์	60
4.6	การทำงานของโปรแกรมเมื่อมีการเคลื่อนไหวผ่านเซนเซอร์	60
4.7	บอร์ดกำลังส่งรูปมายังเครื่องคอมพิวเตอร์	61
4.8	โปรแกรมได้รับรูปจากบอร์ดเรียบร้อยและเตรียมการประมวลผลภาพ	61
4.9	โปรแกรมทำการประมวลผลภาพเสร็จเรียบร้อยและได้ข้อมูลออกมาเป็นตัวเลข	62
4.10	หน้าต่างโปรแกรมที่จะแสดงผลการเก็บข้อมูลของ DATABASE	62
4.11	หน้าต่างโปรแกรมแสดงการบันทึกข้อมูลรถขาเข้า	63
4.12	หน้าต่างโปรแกรมแสดงการบันทึกข้อมูลรถขาเข้าและออก	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่

2.1 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง PIN DESCRIPTION 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในสภาวะปัจจุบัน ด้วยโลก ที่ครอบคลุม ไปด้วยประชากรอันหนาแน่น ทุกคนต่างแก่งแย่งชิงดีชิงเด่น เพื่อที่จะดำรงชีวิตอยู่ได้ในสังคมเมือง ที่แสนวุ่นวาย ในโลกของทุนนิยม ค่าครองชีพสูง ยุคที่ราคาน้ำมันไม่คงที่ ทุกครอบครัวต่างเอาตัวรอด คนต่างจังหวัดต่างพากันเข้ามาทำงานในเมือง ทำให้คนที่อยู่ในเมืองต้องทนกับความแออัดของพลเมือง ที่มากมาย ส่งผลต่อหลายๆด้าน ทั้งทางด้านการจราจร สิ่งอำนวยความสะดวก หรือแม้กระทั้งสิ่งอุปโภคบริโภค ที่ล้วนต้องใช้ค่าใช้จ่ายด้วยกันทั้งสิ้น ปฏิเสธไม่ได้ว่ายานพาหนะก็เป็นความจำเป็นต่อมนุษย์ นอกจากอำนวยความสะดวกสบายแล้ว ยังบ่งบอกถึงรสนิยมของผู้ใช้อีกด้วย จึงไม่แปลกที่หลากหลายคน และหลากหลายครอบครัวต่างตั้งจุดมุ่งหมาย ถึงยานพาหนะที่จะสร้างความสะดวกสบาย และ ค่านิยมให้ตน โดยถือเป็นเรื่องที่ธรรมดาในปัจจุบัน ทำให้มิจฉาชีพคอยหาผลประโยชน์จากยานพาหนะ มากขึ้น อาจจะมา ทั้งในรูปแบบ ของการโจรกรรม หรือ แม้กระทั่งอาชญากรรม ที่ก่อตัวมากขึ้นทุกวัน จนทำให้มีการคิดวิธีการป้องกันขึ้นมากมาย ทั้งในรูปแบบของ ระบบรักษาความปลอดภัย ในรูปแบบต่างๆ ทำให้ผู้บริโภคมีทางเลือกที่หลากหลายมากขึ้น เราจึงควรที่พิจารณาถึงข้อดีและข้อเสีย รวมถึงความเหมาะสม ในการใช้งานอีกด้วย

โปรแกรมการอ่านป้ายทะเบียนรถ เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อที่จะช่วยในการอ่านป้ายทะเบียนรถโดยใช้แนวความคิดที่จะใช้แรงงานจากเครื่องจักรแทนการใช้แรงงานจากคน โดยใช้วิธีการตรวจจับภาพและใช้โปรแกรมช่วยในการวิเคราะห์ภาพ เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถอ่านและเข้าใจได้ว่าทะเบียนรถนั้นเป็นหมายเลขใด และนอกจากนี้ การใช้เครื่องจักรแทนนั้นเป็นการช่วยแก้ปัญหาการอ่านทะเบียนรถที่ผิดพลาด หรือข้อผิดพลาดที่เกิดจากมนุษย์ นั่นเอง เพราะเครื่องจักรสามารถทำงานได้เป็นระยะเวลานานโดยไม่เหนื่อยและไม่ต้องการพักผ่อน และยังสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายที่จะต้องจ้างพนักงานที่จะต้องจ่ายค่าจ้างทุกเดือนๆอีกด้วย นอกจากนี้โปรแกรมยังสามารถทำงานได้รวดเร็วยิ่งขึ้นลดระยะเวลาในการรอรับบัตรจอดรถทำให้ความวุ่นวายลดลงได้ในช่วงเวลาเร่งด่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการประมวลผลภาพเชิงดิจิตอล
2. เพื่อศึกษาการจดจำรูปแบบ
3. เพื่อศึกษาการรู้จำด้วยโครงข่ายประสาทเทียม
4. เพื่อศึกษาการใช้บอร์ดอาร์ม 7

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- สามารถรู้จำเลขทะเบียนรถยนต์ได้ (0-9)
- ป้ายทะเบียนเป็นป้ายชนิดใหม่เท่านั้น
- ถ่ายภาพในสภาวะแสงเหมาะสม (ค่าเทรชโฮลอยู่ในช่วง 130-170 จากการคำนวณหาค่าเฉลี่ยจุดสีบริเวณห่างจากขอบ 50 พิกเซล)
- ระยะการถ่ายภาพตั้งแต่ 30-70 เซนติเมตร (ระยะที่เหมาะสมคือ 50 เซนติเมตร)
- มุมการถ่ายภาพที่สามารถรู้จำไม่เกิน 25 องศาเทียบกับมุมฉากของทะเบียน
- รับภาพจากกล้อง ด้วยความละเอียดของภาพ 640 x 480 พิกเซล
- ถ่ายภาพโดยใช้กล้อง CMOS ผ่านบอร์ด ARM7
- บันทึกข้อมูลจากการประมวลผลภาพลงฐานข้อมูลอยู่ในรูปตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีหรือหลักการ

2.1 กล้องดิจิตอล

2.1.1 ประวัติของกล้องดิจิตอล

นับตั้งแต่ที่มีการคิดค้นการถ่ายภาพจนปรากฏภาพถ่ายแรกของโลก และมีหลักฐานมาจนถึงปัจจุบัน ในปี ค.ศ. 1825 กล้องถ่ายภาพมีวิวัฒนาการเปลี่ยนแปลงมาอย่างช้าๆ โดยเริ่มจากกล้องสำหรับผู้ใช้ทั่วๆไป ตัวแรกของโลก คือ Daguerrotype ในปี ค.ศ.1839 กระทั่งปี ค.ศ. 1900 โกดักก็เปิดตัวกล้องถ่ายภาพรุ่น Brownie สามารถโหลดฟิล์มได้ และมีช่องมองภาพเป็นอุปกรณ์เสริมใส่ไว้ทางด้านบน

การถ่ายภาพระบบดิจิตอลถือ กำเนิดขึ้นเมื่อมีการคิดค้น CCD สำหรับใช้บันทึกในกล้องวิดีโอเมื่อปี ค.ศ. 1970 ถัดมาอีกเพียงปีเดียวก็มีการส่งข้อความทางอีเมล์เป็นครั้งแรกของโลกโดย Ray Tomlinsn และในปี ค.ศ. 1974 ก็มีการใช้เทคโนโลยี CCD ร่วมกับกล้องเทเลสโคบขนาด 8 นิ้ว บันทึกภาพดวงจันทร์ด้วยระบบดิจิตอลเป็นภาพแรกที่ความละเอียด 100 x 100 พิกเซล ในปี ค.ศ. 1976 Canon ได้ประดิษฐ์กล้องถ่ายภาพ 35 มม. SLR ตัวแรกของโลกที่มีไมโครโปรเซสเซอร์รุ่น AE-1 สำหรับการประมวลผลและควบคุมการทำงาน ถือเป็นจุดเริ่มต้นของกล้องระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่สมบูรณ์แบบในปัจจุบัน อีกห้าปีต่อมา Pentax ก็ผลิตกล้องรุ่น ME-F ที่ใช้เลนส์ออโต้โฟกัสในกล้อง SLR เป็นตัวแรกของโลก ปีค.ศ.1981 Sony เปิดตัวกล้องถ่ายภาพที่ถอดเปลี่ยนเลนส์ได้ ถ่ายภาพแบบอิเล็กทรอนิกส์ไม่ต้องใช้ฟิล์ม แต่ยังไม่ใช่กล้องดิจิตอล เป็นเพียงกล้องโทรทัศน์หรือกล้องภาพนิ่งวิดีโอ จัดเก็บภาพด้วยแผ่นฟล็อปปี้ดิสก์ขนาด 2 นิ้ว ใช้ชื่อว่า Sony Mavica (Megnetic Video Camera) บันทึกด้วย CCD ให้ภาพที่มีความละเอียด 570 x 490 พิกเซล (ขนาดของชิพคือ 10 x 12 มม.) ความไวแสงเทียบเท่า ISO 200 ปีค.ศ.1984 Canon ได้ทดลองใช้กล้องภาพนิ่งวิดีโอระดับมืออาชีพเป็นครั้งแรกในโอลิมปิกที่ลอสแองเจลิส หลังจากบันทึกภาพแล้วมีการส่งภาพกลับไปที่ประเทศญี่ปุ่นผ่านทางสายโทรศัพท์ ในเวลาที่ต่ำกว่า 30 วินาที จากนั้นก็พิมพ์เป็นภาพข่าวในหนังสือพิมพ์ Yomiuri ซึ่งพิมพ์ออกจำหน่ายในขณะที่การแข่งขันยังไม่เสร็จสิ้น ปีค.ศ.1986 หรืออีกสองปีต่อมา Canon

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก็ผลิตกล้องภาพนิ่งวิดีโอออกจำหน่ายให้กับนักถ่ายภาพมืออาชีพเป็นครั้งแรกในรุ่น RC-701 โดยมีกลุ่มเป้าหมายอยู่ที่ช่างภาพข่าวเป็นหลัก ช่วยให้การทำงานรวดเร็วขึ้น โดยชื่อรุ่น RC มาจากคำว่า Realtime Camera หรือกล้องที่ได้ภาพทันทีนั่นเอง มีเลนส์ซูมขนาด 11-66 มม. f/1.2 ขนาดของ CCD คือ 6.6 x 8.8 มม. ความละเอียด 187,200 พิกเซล ถ่ายภาพต่อเนื่องได้เร็ว 1-10 เฟรม/วินาที ถอดเปลี่ยนเลนส์ได้และกล้องรุ่นนี้ได้ถูกช่างภาพข่าว Tom Dillon ของหนังสือพิมพ์ USA Today ถ่ายภาพและตีพิมพ์เป็นภาพข่าวสีภาพแรกที่บันทึกด้วยกล้องภาพนิ่งวิดีโอ โดยบรรณาธิการภาพข่าวได้เห็นภาพดังกล่าวหลังจากที่ช่างภาพบันทึกไปแล้วใน เวลาเพียง 12 นาที ทำให้ทางสมาคมนักข่าวของอเมริกาเล็งเห็นประโยชน์ของภาพดิจิตอลกับงานข่าวจึงวางแผนที่จะเปลี่ยนการส่งภาพข่าวจากระบบอะนาล็อกมาเป็นดิจิตอล เพราะช่วยประหยัด เวลาในการส่งภาพได้ถึง90%

ปี ค.ศ. 1987 Minolta ได้สร้างปรากฏการณ์ใหม่ด้วยการออกแบบดิจิตอลแบคสำหรับใช้กับกล้องรุ่น 7000 และ 9000 ซึ่งเป็นกล้องใช้ฟิล์ม โดยใช้ CCD รับภาพขนาด 2/3 นิ้ว ความละเอียด 640 x 480 พิกเซลในชื่อรุ่น Minolta SB-70S และSB-90S นับจากนั้นเป็นต้นมาผู้ผลิตกล้องถ่ายภาพและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างให้ความ สนใจและผลิตกล้องถ่ายภาพนิ่งวิดีโออย่างต่อเนื่อง

ต่อมาภาพอิเล็กทรอนิกส์เริ่มมี ความละเอียดที่สูงขึ้น จึงมีการกำหนดมาตรฐานของไฟล์ภาพเพื่อให้มีขนาดที่เล็กลง ใช้เนื้อที่การจัดเก็บน้อยและส่งภาพได้รวดเร็วขึ้น โดย Joint Photographic Expert Group มีชื่อย่อว่า JPEG กำหนดมาตรฐานนี้ในปี 1988

2.1.2 อิมเมจเซ็นเซอร์

เซ็นเซอร์รับภาพ หรืออิมเมจเซ็นเซอร์ (Image sensor) เป็นส่วนสำคัญของกล้องดิจิตอล ทำหน้าที่เสมือนฟิล์มที่รับภาพมาจากเลนส์ ในขณะที่ฟิล์มภาพจะเกิดเป็นภาพแฝงในฟิล์ม หลังจากนำไปผ่านกระบวนการเคมีจึงจะออกมาเป็นภาพจริงได้ ในกรณีของเซ็นเซอร์รับภาพมันจะแปลงแสงที่รับมาให้สุดท้ายออกมาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า หรือออกเป็นข้อมูลได้นั่นเอง โดยอาศัยวงจรอิเล็กทรอนิคส์ช่วย ภาพที่ออกมาจึงอยู่ในรูปแบบไฟล์ข้อมูลดิจิตอลที่จับต้องไม่ได้อย่างฟิล์ม มีข้อดีตรงที่เราสามารถโอนย้ายและทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

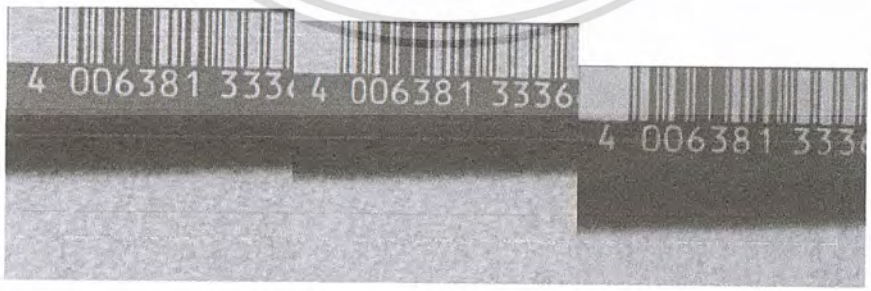
สำเนาไฟล์ข้อมูลนี้ให้เหมือนต้นฉบับร้อย เปอร์เซ็นต์ ได้ไม่จำกัดจำนวน และสามารถนำไฟล์ข้อมูลดิจิตอลนี้ไปใช้งานได้หลากหลาย

ขนาดภาพของไฟล์ข้อมูลที่ออกมาเป็นพิกเซล (pixels) ขึ้นอยู่กับขนาดและจำนวนพิกเซลของอิมเมจเซ็นเซอร์ ในแต่ละพิกเซลก็เหมือนเป็นจุดสีเล็กๆ เมื่อนำวางเรียงต่อกัน จนประกอบขึ้นเป็นภาพๆ หนึ่ง หากจำนวนพิกเซลมาก ก็จะมีรายละเอียดของภาพมาก

ขนาดของอิมเมจเซ็นเซอร์มักจะมีขนาดเล็กกว่าฟิล์ม 35 มม. (36 x 24 มม. อัตราส่วน 3:2) ชนิดของเซ็นเซอร์รับภาพโดยทั่วไปจะมีสองแบบตามกรรมวิธีผลิต คือ ซีซีดี (CCD) กับ ซีมอส (CMOS)

2.1.3 การจัดเตรียมไฟล์บนกล้องดิจิตอล

กล้องถ่ายภาพดิจิตอลสามารถบันทึก เป็นไฟล์ภาพได้หลายรูปแบบ การเลือกใช้ไฟล์ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้งาน ในแต่ละไฟล์มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน การบันทึกไฟล์สำหรับการถ่ายภาพนิ่งมีอยู่ 3 ชนิด คือ Jpeg, Tiff และ Raw



รูปที่ 2.1 ภาพเปรียบเทียบระหว่าง Jpeg / Tiff / Raw

1. JPEG (Join Photographic Experts Group)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็น ไฟล์บันทึกภาพที่กล้องดิจิตอลทุกรุ่นสามารถบันทึกได้ เป็นไฟล์รูปภาพที่นิยมกันมาก สามารถบีบอัดไฟล์ประเภทรูปภาพให้มีขนาดเล็กลงได้มาก เช่น กล้องดิจิตอลที่ถ่ายภาพได้ 3.2 ล้านพิกเซล บันทึกเป็นไฟล์ภาพ Jpeg จะมีขนาดประมาณ 1 MB ถ้าใช้การ์ด 64 MB สามารถบันทึกได้ประมาณ 60 รูป แต่การที่ Jpeg สามารถบีบอัดรูปให้มีขนาดไฟล์เล็กลงนั้น ทำให้คุณภาพลดลงตามไปด้วย เพราะ Jpeg ใช้เทคโนโลยี Lossy Compression ซึ่งเป็นการบีบอัดไฟล์ที่ยอมให้มีการสูญเสียคุณภาพได้ตามที่กำหนด

การบันทึกภาพด้วยไฟล์ Jpeg สามารถกำหนดค่าการบีบอัดไฟล์ได้หลายระดับ โดยทั่วไปกล้องดิจิตอลสามารถเลือกได้ 3 ระดับ คือ Fine, Normal, Low การเลือกแบบ Fine ภาพจะมีคุณภาพสูงสุด แต่ไฟล์มีขนาดใหญ่ ถ้าเลือกไฟล์ที่มีขนาดเล็กแบบ Low ความละเอียดมีน้อย ขยายภาพใหญ่ไม่ได้ สามารถบันทึกภาพได้เป็นจำนวนมาก แต่ภาพที่ได้จะสูญเสียรายละเอียดไปมาก ควรเลือกบันทึกไฟล์ Jpeg ในโหมด Fine เพื่อให้ได้คุณภาพที่ดีที่สุด สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย

2. Tiff (Tagged Image File Format)

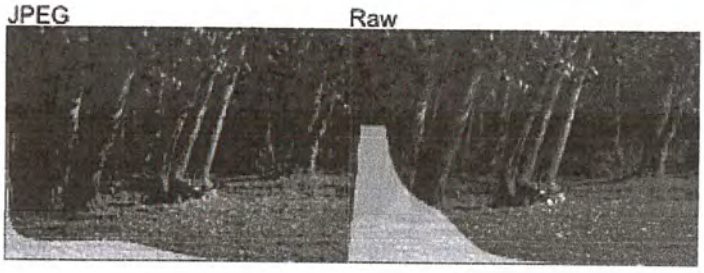
เป็น รูปแบบการบันทึกไฟล์ภาพคุณภาพสูงไม่สูญเสียคุณภาพของภาพขณะบันทึก เหมาะสำหรับการทำงานกับรูปภาพที่มีขนาดใหญ่เกี่ยวกับสิ่งพิมพ์ กล้องดิจิตอลระดับกลางขึ้นไปเท่านั้นที่สามารถบันทึกไฟล์ Tiff ได้ ข้อดีของไฟล์ Tiff คือ สามารถบันทึกภาพได้ด้วยคุณภาพสูง แต่ไฟล์ที่ได้มีขนาดใหญ่มาก เช่น ภาพถ่ายจากกล้องดิจิตอล 3.2 ล้านพิกเซลหากเซฟเป็นไฟล์ Tiff จะมีขนาดเกือบ 10 MB ทำให้ไม่เป็นที่นิยมกันมากนัก เพราะเป็นไฟล์ขนาดใหญ่และใช้เวลาในการบันทึกนานเกินไป

ในปัจจุบันเริ่มมีกล้องระดับกลางที่มีคุณสมบัติบันทึกไฟล์ Tiff ได้ แต่ในการใช้งานทั่วๆ ไป โอกาสที่จะใช้ไฟล์ Tiffบันทึกภาพมีน้อย เพราะการทำงานช้า เปลืองเนื้อที่ในการเก็บข้อมูลอย่างมาก

3. Raw

เป็นการบันทึกข้อมูลภาพที่แตกต่างไปจากไฟล์ Jpeg และ Tiff เนื่อง จากไฟล์ทั้งสองแบบนั้นเป็นการประมวลผลจากเซ็นเซอร์ในตัวกล้อง แล้วเปลี่ยนเป็นข้อมูลในรูปแบบที่คอมพิวเตอร์สามารถอ่านได้ สำหรับการบันทึกไฟล์แบบ Raw เป็นข้อมูลดิบ ที่ไม่ผ่านกระบวนการแปลงข้อมูลใดๆ แต่จะเป็นข้อมูลจากกล้องดิจิตอลโดยตรง ไม่มีการปรับความคมชัด การปรับค่าสี หรือแม้แต่การลบรอยใดๆ ภาพที่ได้จึงมีคุณภาพสูง ไฟล์มีขนาดเล็กกว่า Tiff ใช้เวลาในการบันทึกไฟล์รวดเร็วกว่า Tiff แต่ไฟล์ Raw เป็นข้อมูลดิบ คอมพิวเตอร์ไม่สามารถอ่านได้โดยตรงต้องใช้โปรแกรมเฉพาะ เช่น Capture One DSLR และ Camera Raw & Jpeg 2000 Plug-in เพื่ออ่านข้อมูลภาพแล้วจึงบันทึกเป็นไฟล์ที่ต้องการในเครื่องคอมพิวเตอร์ภาย หลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

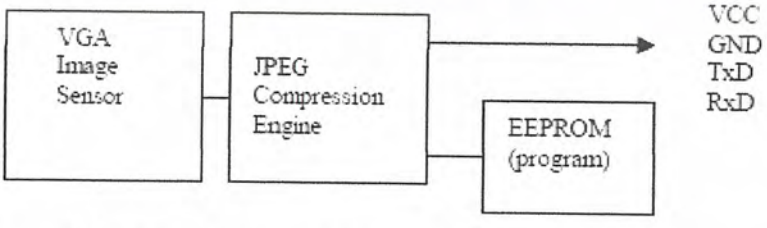


รูปที่ 2.2 รูปเปรียบเทียบระหว่าง JPEG กับ RAW

การใช้ไฟล์ Raw เป็น เรื่องค่อนข้างยาก เพราะไฟล์ภาพแบบนี้เปรียบเสมือนฟิล์มที่ยังไม่ได้ล้าง อัด ขยาย ผู้ใช้ต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องอุณหภูมิสี แสง และความชำนาญในการใช้โปรแกรมสูง จึงจะได้ภาพที่คุณภาพสูงได้ แต่ถ้ามีความเข้าใจในการบันทึกภาพด้วยไฟล์ Raw แล้วจะพบว่า เป็นไฟล์ที่มีความยืดหยุ่นและมีประสิทธิภาพสูงมาก

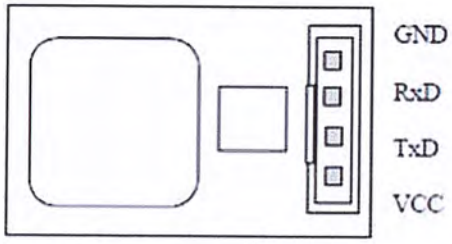
2.1.4 JPEG CAMERA C328-7460

รูปที่ 2.3 รูป JPEG CAMERA C328-7460



รูปที่ 2.4 ภาพ JPEG CAMERA C328-7460 Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ภาพแสดง Pin Description

ตาราง 2.1 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง Pin Description

Pin	Description
VCC	Power 3.3VDC
TxD	Data Transmit (3.3V)
RxD	Data Receive (3.3V)
GND	Power Ground

คุณสมบัติของ JPEG CAMERA C328-7460

- มีขนาดเล็กเพียง 20*28mm
- ใช้นวัตกรรม VGA
- ง่ายต่อการใช้และการควบคุม
- UART INTERFACE UP TO 115.2 kbps
- ประหยัดพลังงาน
- ทำการเชื่อมต่อแบบอัตโนมัติ และ มีระบบ ตัดสัญญาณ
- เลนส์มีสมรรถนะสูง

2.2 สายสัญญาณ RS-485

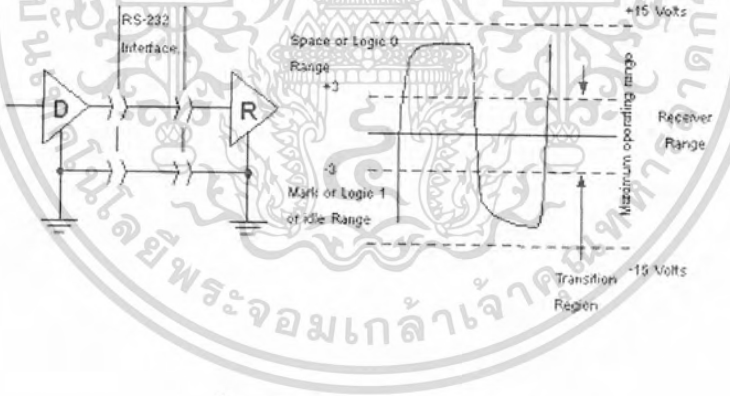
เนื่องจาก RS-422 และ RS-485 เป็นการส่งข้อมูลในระบบสมดุล (Balanced System) เหมือนกัน จึงนำมากล่าวไว้ในบทเดียวกัน และต่อไปนี้จะแทนมาตรฐาน EIA/TIA - 422 ด้วย RS-422 และแทนมาตรฐาน EIA/TIA - 485 ด้วย RS-485

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 การส่งข้อมูล (Data Transmission Signals)

2.2.1.1 ตัวส่งแบบไม่สมดุล (Unbalanced line driver)

ระดับสัญญาณที่ส่งในระบบไม่สมดุล RS-232 เป็นระบบที่วัดระดับแรงดันสัญญาณเทียบกับสายกราวด์ ยกตัวอย่างเช่น ในการส่งข้อมูล (Transmission Data : TD) จากอุปกรณ์ (Data Terminal Equipment : DTE) ผ่านหัวต่อแบบ DB-25 จะส่งสัญญาณข้อมูลทางขา 2 โดยการวัดระดับแรงดันของสัญญาณจะวัดเทียบกับสายกราวด์(Signal ground) ที่ขา 7 ถ้าสายส่งข้อมูลอยู่ในสถานะ idle ระดับแรงดันจะมีค่าเป็นลบ และเมื่อทำการส่งข้อมูลระดับแรงดันจะเปลี่ยนแปลงในช่วงค่าบวกและค่าลบ โดยมีระดับแรงดันอยู่ในช่วง +- 5 V ถึง +- 15 V รูปที่ 2.7 แสดงการทำงานที่ตัวรับของ RS-232 โดยจะทำงานในระดับแรงดันช่วง +3 ถึง +12 และ -3 ถึง -12



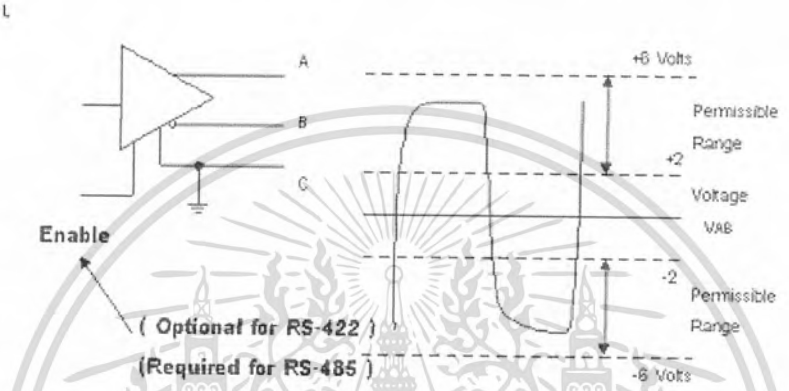
รูปที่ 2.6 RS-232 Interface circuit

2.2.1.2 ตัวส่งแบบสมดุล (Balanced line driver)

ระบบสมดุลจะส่งสัญญาณผ่านสาย 2 เส้น รูปที่2.6 แสดงรูปแบบและระดับแรงดัน ตัวส่งจะส่งแรงดันช่วง 2-6 V ที่เอาท์พุทระหว่าง A และ B ระบบจะมีการเชื่อมต่อสายกราวด์ 1 เส้น สายกราวด์ในระบบนี้ไม่ได้ใช้ในการส่งสัญญาณหรือหาสถานะลอจิกของข้อมูล แต่สายกราวด์มีความสำคัญคือใช้เป็นจุดอ้างอิงของระบบ การวัดสัญญาณข้อมูลจะถูกวัดเทียบกับสายกราวด์ ในการส่งข้อมูลตัวส่งจะได้รับสัญญาณหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

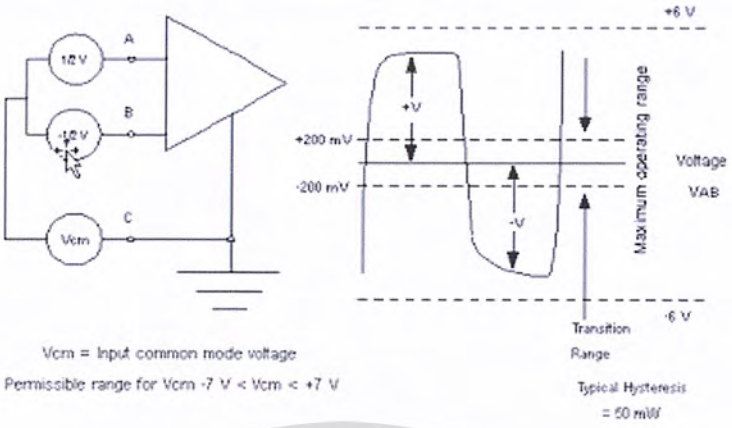
เรียกว่าสัญญาณควบคุม หรือ Enable signal ซึ่งเชื่อมต่อระหว่างตัวส่งและเทอร์มินอล A และ B ที่เอาท์พุท ตัวส่งจะส่งสัญญาณควบคุมซึ่งเปรียบเสมือนเป็นเอาท์พุทที่ 3 นอกจากการส่งสถานะลอจิก 1 หรือ 0 ให้กับเทอร์มินอล ถ้าสัญญาณควบคุมอยู่ในสถานะ OFF จะหมายถึงตัวส่งตัวนั้นไม่ได้ต่ออยู่กับสายสัญญาณและไม่สามารถส่งสัญญาณข้อมูลได้ หรืออยู่ในสถานะ disable หรือ tri-state



รูปที่2.7 Balanced Differential Input Receiver

ตัวรับในระบบสมดุลจะถูกเชื่อมต่อด้วยสายส่งสัญญาณข้อมูลและสายกราวด์ โดยจะรับสถานะของสัญญาณได้โดยวัดความแตกต่างของระดับแรงดันที่สายอินพุทของตัวรับ หรือ วัดระหว่างเทอร์มินอล A และ B (Vab) ดังแสดงในรูปที่1.3 ถ้าแรงดันมีขนาดมากกว่า +200 mV จะถูกกำหนดให้มีสถานะเป็นลอจิกค่าหนึ่ง และถ้ามีขนาดน้อยกว่า -200 mV จะถูกกำหนดให้มีสถานะตรงข้ามเนื่องจากอาจเกิดการลดทอนสัญญาณ (Attenuate)ขึ้นในสาย ที่ตัวรับจึงถูกออกแบบให้สามารถรับความแตกต่างระดับแรงดันของสัญญาณได้ในช่วงที่กว้างกว่าตัวส่งคือ +- 200 mV ถึง +- 6 V ในขณะที่แรงดันที่ตัวส่งอยู่ในช่วง +- 2 V ถึง +- 6 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

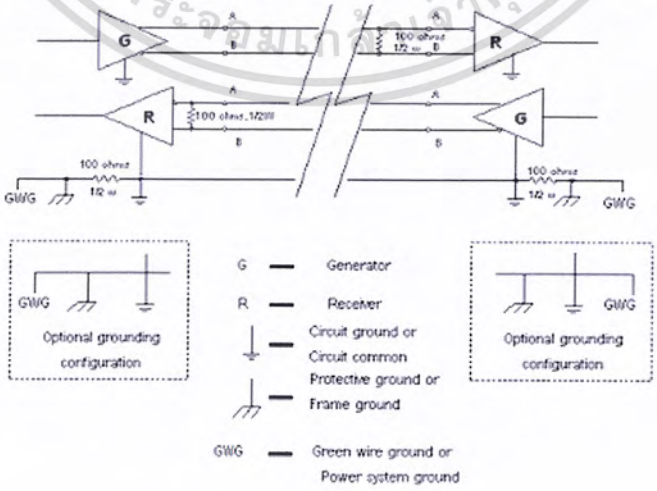


รูปที่2.8 Balanced Differential Input Line Receiver

2.2.2 การส่งข้อมูลตามมาตรฐาน RS-422 (EIA Standard RS-422 Data Transmission)

รูปที่2.8 เป็นการเชื่อมต่อทางมาตรฐาน RS-422 แบบ 4 สาย ซึ่งประกอบด้วยสายตัวนำ 5 เส้น (สายสัญญาณ 4 เส้น และสายกราวด์ 1 เส้น) โดยสถานะในการส่งดังนี้

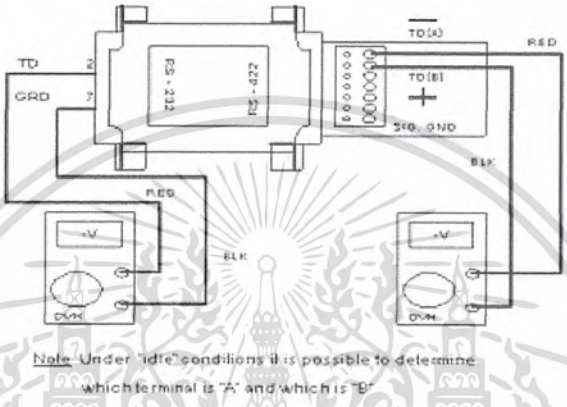
- ถ้าแรงดัน A เทียบ B (Vab) มีค่าเป็นลบ จะถูกกำหนดให้มีสถานะลอจิก 1 หรือ MARK หรือ OFF
- ถ้าแรงดัน A เทียบ B (Vab) มีค่าเป็นบวก จะถูกกำหนดให้มีสถานะลอจิก 0 หรือ SPACE หรือ ON



รูปที่ 2.9 Typical RS-422 Four--wire Network

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.9 แสดงระดับแรงดันของวงจรสมดุลของตัวเปลี่ยนจาก RS-232 เป็น RS-485 (RS-232 to RS-485 Converter) ขณะที่อยู่ในสถานะ idle หรือ off ระบบ RS-422 จะเรียกขั้วเป็น A และ B หรือขั้ว - และ + โดยจะเทียบขั้ว A เข้ากับขั้ว - และเทียบขั้ว B เข้ากับขั้ว + ในระบบ RS-422 สามารถทนแรงดันระหว่างสายสัญญาณและสายกราวด์ หรือ Common Mode Voltage หรือ Vcm ได้ในช่วง 7 V

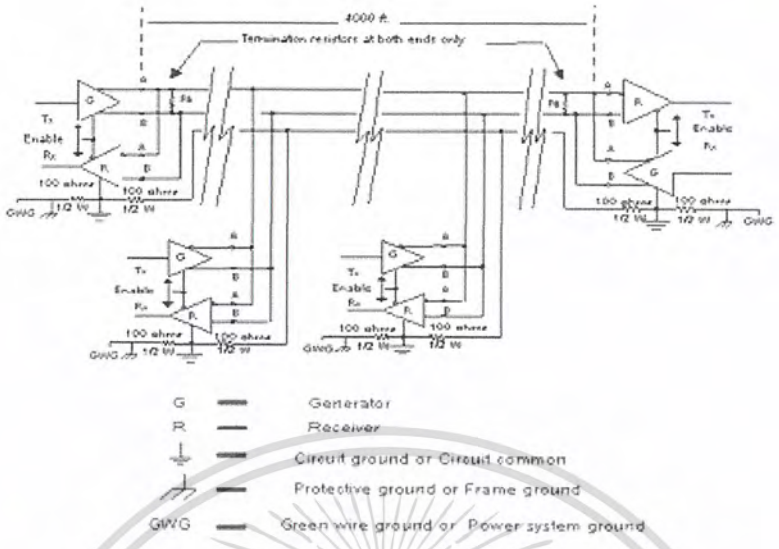


รูปที่ 2.10 Relationship between EIA Standard 'A' and 'B' Terminal on RS-485

2.2.3 การส่งข้อมูลตามมาตรฐาน RS-485 (EIA Standard RS-485 Data Transmission)

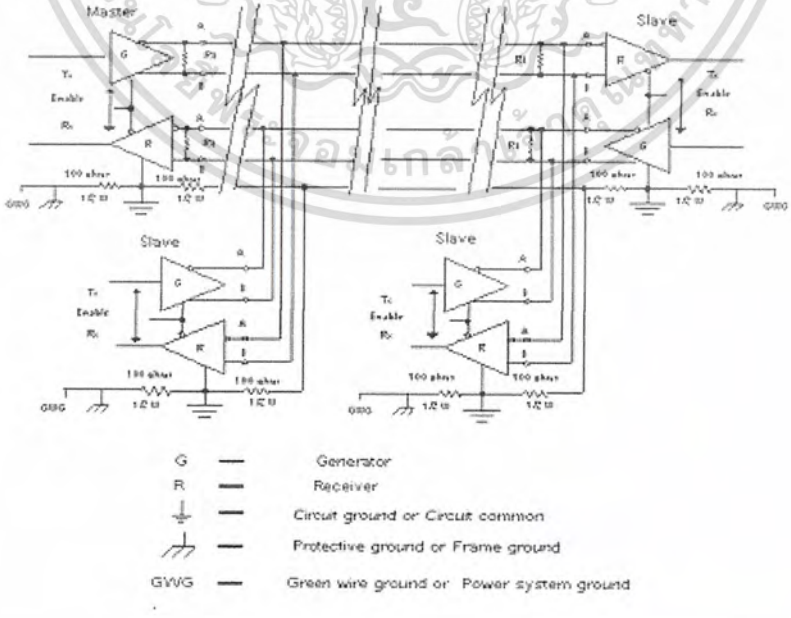
RS-485 เป็นการส่งข้อมูลในระบบสมดุล สายสัญญาณ 1 คู่สายสามารถติดต่ออุปกรณ์ได้ถึง 32 ตัว คุณสมบัติของอุปกรณ์ในระบบ RS-422 และ RS-485 มีลักษณะคล้ายคลึงกัน สำหรับในระบบ RS-485 สามารถทนแรงดันระหว่างสายสัญญาณและสายกราวด์ หรือ Common Mode Voltage หรือ Vcm ได้ในช่วง - 7 V ถึง +12 V ซึ่งมากกว่าอุปกรณ์ในระบบ RS-422

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 Typical RS - 485 Two Wire Multidrop Network

รูปที่2.11 แสดงระบบเครือข่ายที่เรียกการต่อในลักษณะนี้ว่า two-wire multidrop จากรูปสังเกตได้ว่ามีการต่อความต้านทานขั้วที่โหนดปลายทั้งสองด้านของสายส่งแต่ไม่มีการต่อขั้วปลายที่โหนดที่อยู่ระหว่างสายส่ง การต่อขั้วปลาย (termination) มักใช้กับระบบที่มีอัตราการส่งข้อมูลสูงและระยะทางยาว



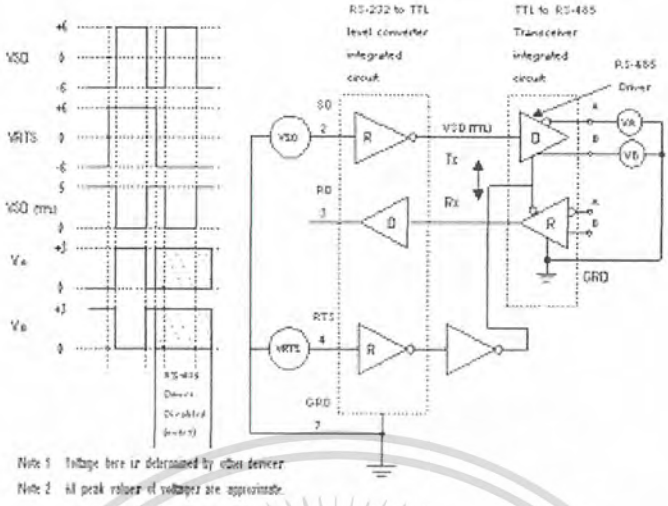
รูปที่ 2.12 Typical RS – 485 Four Wire Multidrop Network

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่2.12 แสดงระบบ RS-485 แบบ 4 สาย ประกอบด้วยสายสัญญาณ 4 เส้น และสายกราวด์ 1 เส้น มีลักษณะการติดต่อแบบโหนดแม่ (master node) และโหนดลูก (slave node) ตัวส่งของตัวแม่จะต่อถึงตัวรับของตัวลูกทุกตัวผ่านสายสัญญาณ(โดยมากใช้เป็นสายคู่ตีเกลียว) 1 คู่ และตัวส่งของตัวลูกทุกตัวจะต่อเข้ากับตัวรับของตัวแม่ผ่านสายสัญญาณอีก 1 คู่ โดยในการติดต่อนั้นตัวแม่จะสามารถติดต่อกับตัวลูกได้ทุกตัวแต่ตัวลูกทุกตัวจะติดต่อกับตัวแม่ได้เท่านั้น ไม่สามารถติดต่อกับตัวลูกตัวอื่นหรือติดต่อกันเองได้ และในการติดต่อจากตัวลูกไปยังตัวแม่นั้นจะทำได้ทีละ 1 ตัว เมื่อมีตัวใดตัวหนึ่งติดต่อหรือทำการส่งข้อมูลอยู่ ตัวลูกตัวอื่นที่เหลือในระบบจะไม่สามารถส่งข้อมูลได้โดยต้องอยู่ในสถานะ disable หรือ tri-state เนื่องจากตัวลูกจะไม่สนใจการติดต่อของตัวลูกตัวอื่นกับตัวแม่ ถือเป็นข้อดีคือทำให้สามารถต่ออุปกรณ์ที่มีโปรโตคอลต่างกันเข้าไว้ในระบบเดียวกันได้

ในระบบ RS-485 เป็นการส่งผ่านข้อมูลผ่านสายส่งชุดเดียวกันโดยผลัดกันส่ง เมื่ออุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งต้องการส่งข้อมูลจะทำการเชื่อมต่อตัวส่งเข้ากับสายส่ง และจะตัดตัวส่งออกจากสายส่งเมื่อส่งข้อมูลเสร็จ โดยส่วนมากมักใช้อุปกรณ์ที่เปลี่ยน RS-232 เป็น RS-485 หรือการ์ดอนุกรม RS-485 ต่อเข้ากับระบบเพื่อใช้เป็นตัวให้สัญญาณควบคุมการส่ง หรือเรียกว่า RTS : Request To Send โดยต่อจาก Asynchronous serial port ไปยังขา Enable ของตัวส่งผ่านสาย RTS และอาจกำหนดการทำงานของขา Enable โดยถ้าได้รับสถานะ High หรือลอจิก 1 ให้ตัวส่งต่อเข้ากับสายส่งและทำการส่งข้อมูลได้ ถ้าได้รับสถานะ Low หรือลอจิก 0 ให้ตัวส่งตัดการต่อออกจากสายส่ง หรือเรียกว่า tri-state และยอมให้ตัวส่งอื่นที่ได้รับลอจิก 1 ต่อเข้ากับสายส่งและส่งข้อมูลผ่านสายส่งได้ ดังนั้นในขณะที่มีตัวส่งตัวเดียวได้รับลอจิก 1 และต่อเข้ากับสายส่ง ตัวส่งตัวอื่นๆที่เหลือจะต้องได้รับลอจิก 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 Timing Diagram For RS – 232 to RS – 485 Converter With RTS Control of RS – 485 Driver and Receiver

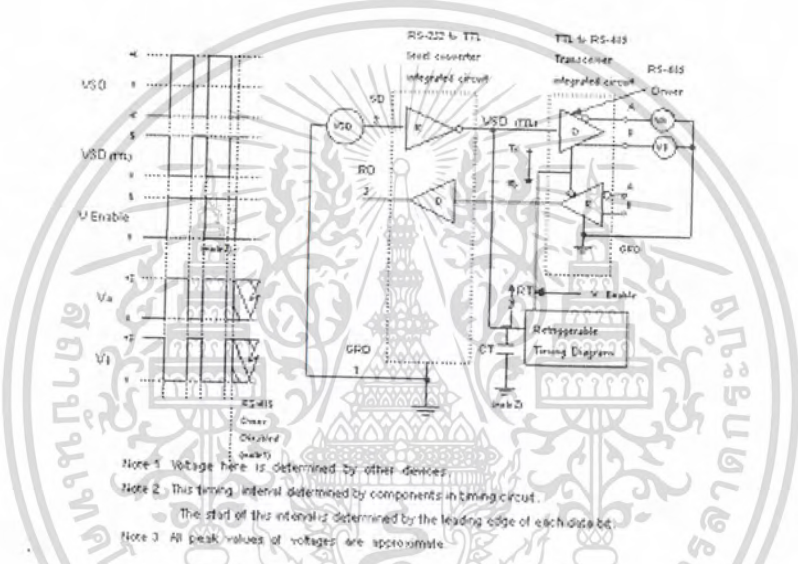
รูป2.13 แสดง Timimg diagram ของตัวเปลี่ยน RS-232 เป็น RS-485 (RS-232 to RS-485 Converter) จากรูปคลื่น(waveform)แสดงให้เห็นถึงความผิดพลาดเนื่องจากสัญญาณที่ควบคุมการส่งหรือสัญญาณที่ส่งให้กับขา Enable หรือ VRTS ที่มีขนาดแคบกว่าสัญญาณข้อมูล (VSD) มีผลทำให้เกิดการสูญหายของข้อมูล ในส่วนหลังนับจากที่สัญญาณ VRTS อยู่ในสถานะ low ดังนั้นต้องมั่นใจว่าสัญญาณควบคุมหรือ VRTS ต้องมีขนาดกว้างกว่าสัญญาณข้อมูล (VSD) หรือกล่าวได้ว่าสัญญาณ RTS จะต้องเป็น High ก่อนข้อมูลจะถูกส่ง และจะต้องเป็น Low หลังจากส่งบิทสุดท้ายแล้ว ซึ่งช่วงเวลาการทำงานดังกล่าวนี้จะถูกทำโดย software ที่ทำหน้าที่ควบคุมผ่านพอร์ตอนุกรมในการ์ดอนุกรม RS-485 ดังนั้นในการต่ออุปกรณ์หรือการเชื่อมต่อระบบเครือข่าย RS-485 ในลักษณะ 2 สายที่ตัวรับแต่ละตัวจะถูกต่อเข้ากับสายส่งข้อมูล

2.2.4 การควบคุมการส่งข้อมูลของอุปกรณ์ RS-485 (Send Data Control of a RS-485 Device)

ผลิตภัณฑ์ตัวเปลี่ยน RS-232 เป็น RS-485 (RS-232 to RS-485 Converter) และการ์ดอนุกรม RS-485 (RS-485 serial cards) มีวงจรพิเศษในการใช้สัญญาณข้อมูลเป็นตัว enable ให้กับตัวส่ง (RS-485 driver) รูปที่1.9 แสดง Timing diagram ของสัญญาณที่ใช้ควบคุมตัวเปลี่ยน(Converter) จาก diagram แสดงให้เห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่ามีช่วงเวลาคงที่เวลาหนึ่งหลังการส่งข้อมูลบิทสุดท้ายและก่อนการ disable ของตัวส่ง ถ้าระยะเวลานั้นสั้นเกินไปหรือตัวส่งอาจถูก disableก่อนที่ตัวส่งจะส่งข้อมูลเสร็จ อาจทำให้ข้อมูลในส่วนท้ายสูญหายได้ และถ้ามีขนาดยาวเกินไปจะทำให้ระบบเปลี่ยนสายสัญญาณจากส่งเป็นรับก่อนที่โหนดพร้อมจะรับข้อมูลหรือตัวรับเชื่อมต่อเข้ากับสายส่งและรับข้อมูลช้าไม่ทันต่อสัญญาณที่ส่งมาถึง ทำให้ไม่ได้รับข้อมูลในส่วนแรก ดังนั้นควรกำหนดช่วงเวลาดังกล่าวให้เหมาะสม โดยส่วนมากมักเท่ากับความยาวหนึ่งตัวอักษรที่อัตราการส่งข้อมูลนั้นๆ



รูปที่ 2.14 Timing Diagram For RS – 232 to RS – 485 Converter With Send Data (SD) Control of RS – 485 Driver and Receive

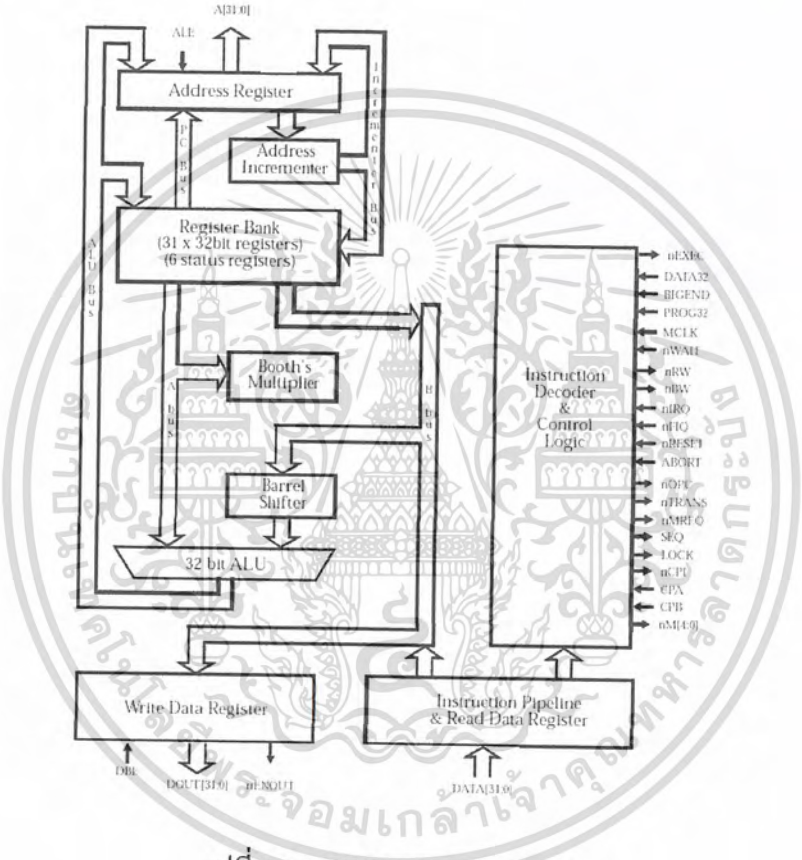
2.3 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM7

ARM7 เป็นบอร์ดที่ใช้ไฟต่ำ ซึ่งภายในประกอบด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ 32 - bit RISC สำหรับใช้ในระบบปฏิบัติการและ integrated circuits (ASICs หรือ CSICs). ออกแบบมาให้เรียบง่ายต่อการใช้งาน ราคาที่เหมาะสมและใช้งานได้ดีต่อระบบปฏิบัติการ. ขนาดของ ARM 7 ออกแบบมาให้เล็ก ทำให้เหมาะสำหรับรวมเป็น Ship ที่กำหนดเองขนาดใหญ่ที่ยังสามารถมี RAM, ROM, ตรรกะ, DSP และเซลล์อื่นๆ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ARM7 เป็นส่วนหนึ่งของเครื่อง Advanced RISC (ARM) ซึ่งอยู่ในตระกูลของ 32-bit Microprocessor ซึ่งมีการใช้พลังงานต่ำมากและราคาสำหรับอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง สถาปัตยกรรมนี้ขึ้นอยู่กับการลดชุดคำสั่งคอมพิวเตอร์ (RISC) หลักการและชุดคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับกลไกการถอดรหัสได้ง่ายมาก เมื่อเปรียบเทียบกับ microprogrammed Complex คำสั่งของ Computers. ผลลัพธ์นี้จะผ่านคำสั่งชั้นสูงและแบบเรียลไทม์ จากชิปขนาดเล็กและประหยัดค่าใช้จ่าย



รูปที่ 2.15 ARM7 Block Diagram

ในตระกูลของไมโครคอนโทรลเลอร์LPC2000 จะใช้หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียูชนิด ARM7 เป็นตัวขับเคลื่อนการทำงาน โดยใช้โปรแกรมสั่งการหน่วยประมวลผล ซึ่งการออกแบบชุดคำสั่งของ ARM7 นั้นเป็นชนิด RISC (reduce instruction set computer) ที่มีการออกแบบให้มีคำสั่งขนาดเล็ก ทำให้สามารถประมวลผลได้เร็ว โดยเฉพาะใน ARM7 นี้ คำสั่งที่ออกแบบนั้นสามารถทำงานได้เสร็จในเพียง 1 รอบการทำงาน (single cycle) เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
117517

2.3.1 ไปป์ไลน์

ไปป์ไลน์(pipeline) หรือการทำงานแบบสายท่อของARM7นั้นมีการออกแบบไปป์ไลน์ของชุดคำสั่งเอาไว้ 3 สเตจ (stage) คือ ระยะของการอ่านชุดคำสั่ง (fetch) ระยะการถอดรหัสของชุดคำสั่ง (decode) และระยะการทำงานของชุดคำสั่ง (execute) ซึ่งการออกแบบด้วยวิธีการนี้มีข้อดี คือ ทำให้สามารถเรียกคำสั่งได้หลายคำสั่งมาซ้อนกันได้ดังรูป จะเห็นว่าในช่วงแรกของการทำงานรอบที่ 1 นั้นจะมีการอ่านชุดคำสั่งที่ 1 เข้าสู่ไปป์ไลน์ หลังจากนั้นเมื่อทำการถอดรหัสชุดคำสั่งที่ 1 ระยะการอ่านจะว่างจึงทำการอ่านชุดคำสั่งที่ 2 เมื่อทำตามชุดคำสั่งที่ 1 อยู่นั้น ชุดคำสั่งที่ 2 ก็จะถูกถอดรหัสและชุดคำสั่งที่ 3 จะถูกอ่านเข้ามา และเมื่อทำไปเรื่อยๆ จะเห็นว่าจะสามารถทำงานได้ 4 คำสั่งโดยใช้การทำงานเพียง 2 รอบเท่านั้น

	ชุดคำสั่งที่ 1	ชุดคำสั่งที่ 2	ชุดคำสั่งที่ 3	ชุดคำสั่งที่ 4
การทำงานรอบที่ 1	Fetch	รอ	รอ	รอ
	Decode	Fetch	รอ	รอ
	Execute	Decode	Fetch	รอ
การทำงานรอบที่ 2	ทำงานเสร็จ	Execute	Decode	Fetch
	ทำงานเสร็จ	ทำงานเสร็จ	Execute	Decode
	ทำงานเสร็จ	ทำงานเสร็จ	ทำงานเสร็จ	Execute
	ทำงานเสร็จ	ทำงานเสร็จ	ทำงานเสร็จ	ทำงานเสร็จ

รูปที่ 2.16 ไปป์ไลน์ของ ARM7 ทั้ง 3 สเตจ

2.3.2 เรจิสเตอร์

เรจิสเตอร์ (register) เป็นหน่วยความจำที่อยู่ในหน่วยประมวลผล และตัว ARM7 มีสถาปัตยกรรมการทำงานแบบโหลดและสโตร์ (load and store) ซึ่งหมายความว่าข้อมูลที่จะใช้ในการประมวลผลนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะต้องถูกนำเข้ามาเก็บในเรจิสเตอร์แล้วจึงทำการประมวลผล และเมื่อได้ทำการประมวลผลเสร็จ ผลลัพธ์ที่ได้นั้นจะถูกนำไปเก็บเอาไว้ในเรจิสเตอร์ ซึ่งสรุปการทำงานได้ 3 ขั้นตอนดังนี้

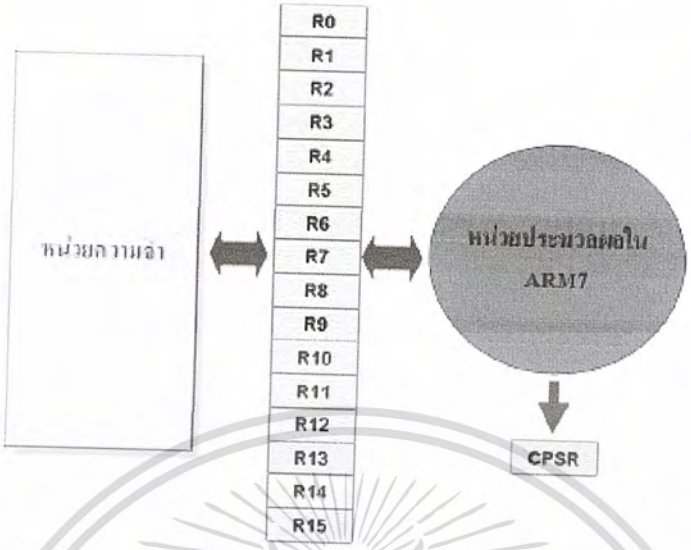
ขั้นตอนที่ 1 ทำการโหลดข้อมูลเข้ามาเก็บในเรจิสเตอร์
ขั้นตอนที่ 2 ทำการประมวลผลจากข้อมูลในเรจิสเตอร์
ขั้นตอนที่ 3 นำผลลัพธ์ที่ได้เก็บในเรจิสเตอร์ปลายทาง

เรจิสเตอร์สำหรับผู้ใช้ของหน่วยประมวลผล ARM7 นั้นจะมีขนาด 32 บิต ซึ่งมีทั้งหมด 17 ตัว คือ R0 ถึง R15 และ CPSR (current program status register) โดยจำแนกกลุ่มทำงานได้ดังนี้

- R0 ถึง R12 สามารถใช้งานได้ตามที่ผู้ใช้หรือเขียนโปรแกรมตามต้องการ
- R13 ถูกใช้เป็นที่เก็บค่าตัวชี้ไปยังหน่วยความจำสแตก(stack pointer)
- R14 หรือเรียกว่า LR(link register) ถูกใช้เป็นที่เก็บตำแหน่งของชุดคำสั่งถัดไปที่จะต้องประมวลผลก่อนที่จะเกิดการเรียกโปรแกรมย่อย ซึ่งเป็นชุดคำสั่งที่จะต้องนำมาทำงานหลังจากที่โปรแกรมย่อยนั้นทำงานเสร็จแล้ว
- R15 หรือเรียกว่า PC(program counter) ถูกใช้เป็นที่เก็บตำแหน่งของคำสั่งถัดไปที่จะถูกนำมาประมวลผล
- CPSR ใช้เป็นที่เก็บสถานการณ์ทำงานของคำสั่งที่ถูกประมวลผลไปหลังสุด ซึ่งนิยมเรียกเรจิสเตอร์นี้กันว่าเรจิสเตอร์สถานะหรือเรจิสเตอร์แฟล็ก

จากเรจิสเตอร์ที่กล่าวมานี้ สามารถนำมาเขียนความสัมพันธ์ระหว่างกันได้ดังรูปที่ 2.17 ซึ่งจะเห็นว่าหน่วยความจำนั้นจะต้องถ่ายโอน แลกเปลี่ยนข้อมูลกับเรจิสเตอร์ โดยการประมวลผลนั้นตัวประมวลผลจะใช้ข้อมูลจากเรจิสเตอร์ประกอบการทำงาน และเมื่อทำงานเสร็จจะบันทึกสถานะของการทำงานจากคำสั่งปัจจุบันเก็บเอาไว้ใน CPSR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยความจำ เรจิสเตอร์ และหน่วยประมวลผลของ ARM7

เรจิสเตอร์เก็บสถานการณ์ทำงาน

เรจิสเตอร์เก็บสถานการณ์การทำงานของ ARM7 จะมีขนาด 32 บิต มีหน้าที่รายงานและใช้ควบคุมการทำงานของหน่วยประมวลผล ARM 7 นั่นคือ เมื่อหน่วยประมวลผลทำงานเสร็จจะเก็บสถานการณ์ทำงานใน CPSR แล้วผู้เขียนโปรแกรมสามารถนำค่าเหล่านี้มาใช้เป็นการควบคุม

โปรแกรมที่เขียนเพื่อสั่งงานหน่วยประมวลผล หรืออาจจะกำหนดสถานะบางอย่างเพื่อให้หน่วยประมวลผลทำงานภายใต้ภาวะที่ผู้เขียนโปรแกรมกำหนด

โครงสร้างของเรจิสเตอร์แบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มรายงานสถานการณ์ทำงาน ได้แก่
   - N (negative) เป็น 1 เมื่อผลการทำงานก่อให้เกิดค่าลบ
   - Z (zero) เป็น 1 เมื่อผลการทำงานทำให้เกิดค่าศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- C (carry) เป็น 1 เมื่อผลการทำงานทำให้เกิดการทดค่า

- V (overflow) เป็น 1 เมื่อผลการทำงานเกิดการล้นของข้อมูล

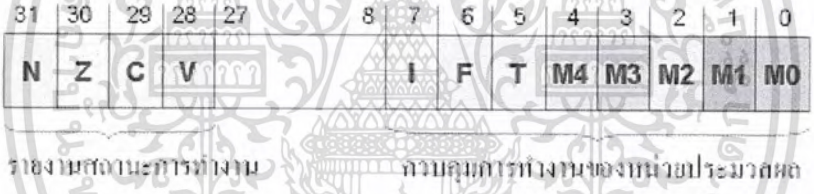
2. กลุ่มกำหนดการทำงานของหน่วยประมวลผล ได้แก่

- I (interrupt enable) กำหนดให้เป็น 1 เมื่อต้องการดักสัญญาณขัดจังหวะแบบ IRQ

- F (fast interrupt enable) กำหนดให้เป็น 1 เมื่อต้องการดักสัญญาณขัดจังหวะแบบ FIQ

- T (thumb instruction set) กำหนดให้เป็น 1 เมื่อต้องการให้ทำงานชุดคำสั่งแบบ 16 บิต ซึ่งจะทำให้ ARM7 สามารถประมวลผลคำสั่งได้ 2 คำสั่งในการทำงานเพียง 1 รอบการทำงาน

- M4, M3, M2, M1, M0 ใช้ในการกำหนดภาวการณ์ทำงาน ซึ่งมีทั้งหมด 7 โหมด ที่มีผลต่อการใช้งานเรจิสเตอร์แตกต่างกันไป



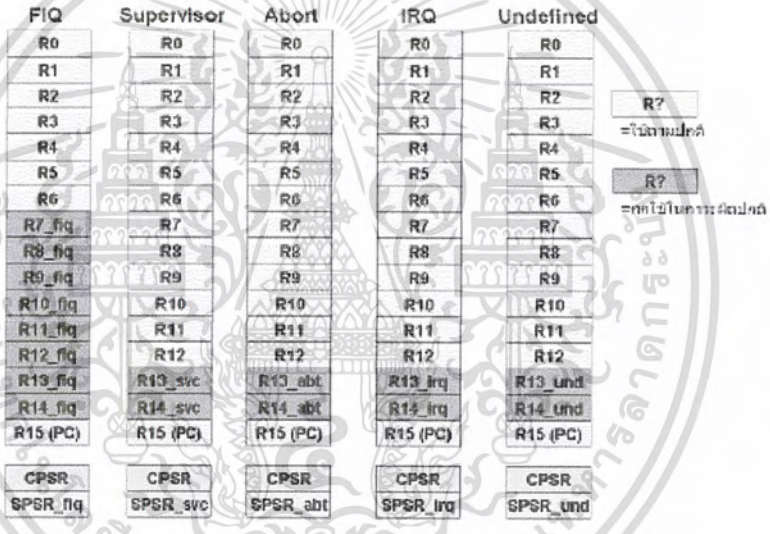
รูปที่ 2.18 ความหมายของบิตในเรจิสเตอร์สถานการณ์ทำงาน

2.3.3 ภาวะผิดปกติ

ภาวะผิดปกติ (exception modes) เป็นการเกิดสิ่งที่ผิดปกติจากการทำงานทั่วไป และเมื่อเกิดสิ่งผิดปกตินี้หน่วยประมวลผลจะเปลี่ยนภาวการณ์ทำงานของตัวเอง พร้อมทั้งเปลี่ยนแปลงค่าของเรจิสเตอร์ PC เพื่อกระโดดไปทำงาน ณ ตำแหน่งที่กำหนดไว้ดังตาราง เพื่อตอบสนองต่อการทำงานตามชนิดของภาวะผิดปกติที่เกิดขึ้น โดยแต่ละภาวะนั้นจะมีการใช้เรจิสเตอร์แกต่างกันออกไปดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งผิดปกติ	ภาวะการทำงาน	ตำแหน่ง
Reset	Supervisor	0x00000000
Undefined instruction	Undefined	0x00000004
Software interrupt (SWI)	Supervisor	0x00000008
Prefetch Abort (fetch memory abort)	Abort	0x0000000C
Data Abort (data access memory abort)	Abort	0x00000010
IRQ (interrupt)	IRQ	0x00000018
FIQ (fast insterrupt)	FIQ	0x0000001C



รูปที่ 2.19 การใช้เรจิสเตอร์ในภาวะผิดปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข (Digital Image Processing)

การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข หมายถึง การนำภาพที่พบทั่วไปมาประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยภาพที่นำมาประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์นี้จะถูกแทนที่ให้อยู่ในรูปแบบของเมตริกซ์ แต่ภาพที่นำมาประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์นี้จะถูกแทนที่ให้อยู่ในรูปแบบของเมตริกซ์ แต่ภาพที่ได้โดยส่วนมากแล้วจะเป็นภาพที่ได้รับจากตัวรับสัญญาณ ซึ่งอยู่ในรูปของฟังก์ชัน f(x,y) ที่ต่อเนื่องในระนาบสองมิติ โดยจะเป็นสัดส่วนกับค่าความสว่างหรือความเข้มของภาพที่ตำแหน่ง (x,y) ซึ่งเรียกว่า ระดับสีเทา (Gray Level)

2.4.1 การแทนภาพด้วยข้อมูลแบบดิจิตอล

ภาพข้อมูลดิจิตอล (Digital Image) เป็นภาพที่ถูกแปลงมาจากอนาลอก อยู่ในรูปของตัวเลข โดยภาพอนาลอกถูกแบ่งเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมเล็ก ๆ ที่เรียกว่า พิกเซล (Pixels) ในแต่ละพิกเซลจะถูกระบุตำแหน่งโดย (x,y) และค่าระดับสีเทาของพิกเซล โดยเราสามารถแปลงภาพเป็นข้อมูลแบบดิจิตอลได้ โดยมีขั้นตอนและวิธีการดังนี้

เมื่อเราส่งสัญญาณอนาลอกที่ต้องการประมวลผลมาผ่านส่วนที่เรียกว่า ดิจิไตเซอร์ (Digitizer) ซึ่งเราจะมีหน้าที่ในการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล อุปกรณ์ส่วนนี้ได้แก่ กล้องโทรทัศน์ดิจิไตเซอร์ จากนั้นทำการ ควอนไตซ์ (Quantizing) เพื่อที่จะประมวลสัญญาณด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ฟังก์ชันของภาพ f(x,y) จะถูกทำให้สัญญาณไม่ต่อเนื่องทั้งระนาบของภาพซึ่งเราเรียกว่า การสุ่มภาพ (Image Sampling) ของฟังก์ชันที่ได้เรียกว่า การ ควอนไตเซชัน (Gray Level Quantization) ก็จะได้ข้อมูลที่เป็นดิจิตอล

สมมุติว่าสัญญาณภาพต่อเนื่อง f(x,y) ถูกดิจิไตซ์ในระนาบ X และ Y เป็นช่วงเท่า ๆ กันเราสามารจัด f(x,y) ให้อยู่ในรูปของเมตริกซ์ขนาด NXN ได้ดังสมการที่ 2.1

$$f(x,y) = \begin{cases} f(0,0) & f(0,1) & f(0,2) & \ldots\ldots f(o,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & f(1,2) & \ldots\ldots f(1,N-1) \\ - & - & - & - \\ - & - & - & - \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & f(N-1,N-1) & \end{cases} \qquad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งทางขวาของสมการ จะเรียกได้ว่า ภาพดิจิตอล และทุก ๆ สมาชิกของเมตริกซ์ จะเรียกว่า พิกเซล จากขบวนการสร้างภาพดิจิตอลข้างต้น จะเห็นได้ว่าสามารถทราบขนาดของความละเอียดของภาพ NXN พิกเซล และจำนวนระดับเกรย์สเกล ในทางปฏิบัติการอำควอนไตเซชันในระบบภาพดิจิตอล จะมีค่าดังสมการที่ 2.2

$$B = M \times N \times M \tag{2.2}$$

เมื่อ B = ขนาดของข้อมูลภาพที่เป็นดิจิตอล

G = จำนวนของเกรย์สเกลที่ต้องการใช้ในการเก็บข้อมูลภาพ

M= จำนวนบิตที่ใช้ในภาพการแทนข้อมูลภาพ 1 พิกเซล

โดย M สามารถหาได้จาก

$G = 2^M$

2.4.2 ลักษณะการจัดเก็บข้อมูลภาพแบบดิจิตอล

โดยทั่วไปแล้ว ข้อมูลภาพจะมีค่าความเข้มข้นตั้งแต่ 2 ระดับขึ้นไป แต่ที่ใช้กันมากจะใช้กันที่ค่าระดับความเข้มของจุดภาพเท่ากับ 256 ระดับ ซึ่งจะทำให้ค่าของจุดภาพอยู่ในช่วง 0- 255 โดยใช้เนื้อที่การเก็บข้อมูลขนาด 1 ไบต์ หรือ 8 บิต สำหรับข้อมูล 1 จุดภาพในช่วง ($2^8 = 256$) ในกรณีที่ต้องการภาพที่มีความละเอียดของระดับความเข้มข้นสูง ๆ อาจจะต้องการจำนวนบิตสำหรับการเก็บข้อมูลมากกว่า 8 บิต คืออาจจะเป็น 16 หรือ 24 บิต โดยค่าความเข้มของจุดภาพจะเท่ากับ 2^{16} และ 2^{24} โดยจะแยกให้เห็นชัดเจนดังนี้

1. ภาพ 2 ระดับ คือมีเพียงแค่จุดภาพขาวกับดำเท่านั้น โดยแต่ละจุดภาพเป็นข้อมูลขนาด 1 บิต
2. ภาพ 16 ระดับ คือในแต่ละชุดจะมีภาพที่มีขนาดของข้อมูล 4 บิต ซึ่งทำให้สามารถแสดงได้ 16 ระดับสี หรือ 16 เกรย์สเกล ขึ้นอยู่กับภาพนั้นเป็นภาพสีหรือภาพขาวดำ
3. ภาพ 256 ระดับ คือ ในแต่ละจุดภาพจะมีขนาดของข้อมูล 8 บิตซึ่งทำให้สามารถแสดงภาพได้ 256 ระดับสี หรือ 256 เกรย์สเกล ขึ้นอยู่กับภาพนั้นเป็นภาพสี หรือภาพขาวดำ
4. ภาพทรูคัลเลอร์ (True Color) คือ ในแต่ละจุดภาพจะมีขนาดของข้อมูล 24 บิต ทำให้สามารถแสดงผลภาพได้เหมือนภาพจริงที่สุด เพราะสามารถแสดงสีได้ถึง 16,777,216 สีภาพทรูคัลเลอร์สามารถแสดงได้เฉพาะภาพสีเท่านั้น ไม่สามารถแสดงผลภาพขาวดำได้

โดยทั่วไปวิธีการประมวลผลภาพเชิงตัวเลขที่ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรู้จักวัตถุภาพในภาพได้นั้นพอจะแบ่งได้สองระดับด้วยกันคือ การประมวลผลภาพในระดับต่ำ (Low level Image Processing) และการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมวลผลภาพในระดับสูง (High Level Image Processing) การประมวลผลในระดับต่ำจะเป็นการประมวลผลในเชิงตัวเลขเกือบทั้งหมด เพื่อหาตัวแปรต่าง ๆ มาอธิบายข้อมูลภาพ โดยมีจุดประสงค์เพื่อนำตัวแปรเหล่านั้นไปประมวลผลในระดับภาพก่อน (Preprocessing) การกำจัดสัญญาณรบกวน หรือการทำให้ภาพคมชัด การหาขอบภาพ เป็นต้น

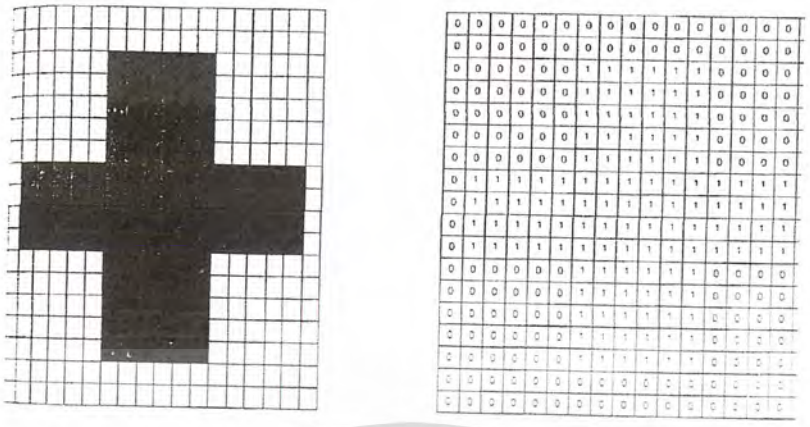
การประมวลผลในระดับสูงเป็นการนำผลลัพธ์ หรือสัญลักษณ์ที่ได้จากการประมวลผลระดับต่ำมาตีความ หรือประมวลผลเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถรู้จักและเข้าใจภาพได้ สำหรับความแตกต่างของการประมวลผลระดับต่ำและระดับสูงนั้นคือ ข้อมูลที่นำมาใช้ในการประมวลผลภาพในระดับสูงนั้นข้อมูลของภาพที่นำมาประมวลผลจะถูกแสดงในรูปของสัญลักษณ์ ซึ่งสัญลักษณ์เหล่านั้นจะแสดงถึงสิ่งต่าง ๆ ที่มีอยู่ในภาพ เช่น ขนาดวัตถุ รูปร่าง และความสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุภาพในภาพ

2.5 การสร้างภาพไบนารี

อุปกรณ์ที่มีความสามารถในการแสดงผลได้แค่ 2 ระดับ หรือ 2 สี คือสีขาวกับสีดำยังมีการใช้อย่างแพร่หลาย เช่น เครื่องพิมพ์ (Printer) เครื่องโทรสาร (Fax) จอภาพแสดงผลแบบ โมโนโครม (Monochrome Monitor) เป็นต้น เนื่องจากอุปกรณ์เหล่านี้เป็นอุปกรณ์ที่มีราคาถูก ดังนั้น การที่จะแสดงผลหรือพิมพ์รูปภาพที่มีระดับความเข้มของภาพหลายระดับซึ่งมากกว่าความสามารถในการแสดงผลของอุปกรณ์เหล่านั้นที่มีเพียงแค่ 2 ระดับเท่านั้น

จะเห็นได้ว่าการที่จะแก้ปัญหาการแสดงผลที่มีความเข้มหลายระดับชั้นบนอุปกรณ์ที่สามารถแสดงผลได้ 2 ระดับนั้น จะต้องทำการแปลงข้อมูลที่มีระดับความเข้มหลายระดับ (Multi Level Image) ให้เป็นภาพที่มีระดับความเข้มเพียง 2 ระดับ นั่นคือ 1 จุดภาพนี้ได้ 2 ค่าเท่านั้น คือ 0กับ 1 โดยจุดภาพที่แทนด้วย 0 จะหมายถึงจุดภาพที่มีสีดำ ส่วนจุดที่แทนด้วย 1 จะหมายถึงจุดภาพที่มีสีขาว เมื่อทำการแปลงเป็นภาพไบนารีจึงมีความจำเป็นและมีประโยชน์มากในการแสดงผลที่ระดับความเข้มของภาพหลายระดับบนอุปกรณ์ที่มีความสามารถในการแสดงผลได้ 2 ระดับการเก็บข้อมูลจะใช้ในการเก็บ 8 บิต เมื่อสร้างเป็นภาพไบนารีและสามารถลดลงได้ถึง 8 เท่านั่นคือ 1 จุดภาพจะใช้เนื้อหาในการเก็บบิต อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างแพร่หลาย เช่น นำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์เอกสารในขั้นตอนที่เรียกว่า การประมวลผลขั้นต้น (Preprocessing)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 ภาพไบนารีและข้อมูลของแต่ละพิกเซล

ในการสร้างภาพไบนารี สามารถทำได้โดยใช้เทคนิคการทำเทรชโฮล (Thresholding Techinque) โดยพิจารณาว่าจุดภาพใดควรจะเป็นจุดขาวหรือจุดดำกระทำโดยการเปรียบเทียบระหว่างจุดภาพที่เริ่มต้นกับค่าคงที่ค่าหนึ่งที่เรียกว่า "ค่าเทรชโฮล" (Threshold Value) เทคนิคนี้ใช้กันมากในกรณีที่มีข้อมูลมีลักษณะแตกต่างกันระหว่างวัตถุ (Object) และพื้นหลัง (Background) ของจุดภาพใด ๆ ที่มีค่าน้อยมากว่าเทรชโฮลจะถูกกำหนดให้เป็น 0 (จุดดำ) และถ้าค่ามากกว่าค่า เทรชโฮลจะถูกกำหนดให้เป็น 1 (จุดขาว) ซึ่งการทำงานสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2.3

$$b(x,y) = \begin{cases} 0 : g(x,y) < Thr \\ 1 : g(x,y) \geq Thr \end{cases} \qquad (2.3)$$

b(x,y) ข้อมูลภาพผลลัพธ์เป็นภาพไบนารี

g(x,y) ข้อมูลภาพอินพุทที่มีระดับความเข้ม 0 ถึง 1 ระดับ

Thr ค่าเทรชโฮลเป็นค่าคงที่ที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง L ระดับ

0 จุดดำ

1 จุดขาว

โดย L ระดับความเข้มของจุดภาพสูงสุด

โดยการสร้างภาพไบนารีโดยใช้เทคนิคเทรชโฮลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ได้เหมาะสมและคมชัดสิ่งที่สำคัญที่สุดคือ ค่าเทรชโฮล เนื่องจากถ้าเลือกค่าเทรชโฮลไม่เหมาะสม (ค่าเทรชโฮล)ที่มีค่าน้อยเกินไปหรือมีค่ามากเกินไป) ภาพที่ได้อาจไม่เหมาะสม ขาดความคมชัดและรายละเอียดบางส่วนขาดหายไปกล่าวคือ ภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ได้อาจมีเกินไป (จุดดำมากเกินไป) หรือสว่างเกินไป(จุดขาวมากเกินไป) หรือภาพที่ได้มีสิ่งรบกวนเกิดขึ้น (Noise) เกิดขึ้น อันเป็นผลให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้ไม่สวยงามเท่าที่ควรดังนั้นปัญหาของการสร้างภาพไบนารีโดยวิธีเทรชโฮลนี้คือ ทำอย่างไรจึงจะสามารถคำนวนหาค่าเทรชโฮลหลายวิธี โดยแต่ละวิธีเหมาะสมสำหรับการทำงานที่แตกต่างกันไป เช่นการหาค่าเทรชโฮลโดยการกำหนดค่าล่วงหน้า (Reassigned Threshold) การหาค่าเทรชโฮลจากค่ากลาง (Mid-Range Threshold Value) แต่ละวิธีอธิบายได้ดังนี้

การหาค่าเทรชโฮลโดยการกำหนดค่าล่วงหน้า (Reassigned Threshold Value) การหาค่าเทรชโฮลโดยวิธีการกำหนดล่วงหน้านี้เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด เป็นการคำนวนค่าเทรชโฮลโดยการกำหนดเองจากผู้ใช้ ซึ่งการกำหนดนี้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ใช้นั้น ๆ โดยการเลือกค่าคงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งเรียกค่านั้นว่า ค่าเทรชโฮล โดยค่าที่เลือกมานี้เป็นค่าที่อยู่ระหว่างค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของระดับความเข้มของข้อมูลภาพอินพุท เช่นภาพข้อมูลอินพุทมีเกรย์สเกล 256 ระดับ จะมีค่าเกรย์สเกลได้ตั้งแต่ 0-255 เมื่อเลือกค่าเทรชโฮลได้แล้วสามารถสร้างภาพไบนารีได้ดังสมการ 2.3

การหาค่าเทรชโฮลจากค่ากลาง (Mid-Rang Threshold Value) การหาค่าเทรชโฮลโดยพิจารณาจากค่ากลาง เป็นการหาค่าเทรชโฮลที่แตกต่างจากการหาค่าเทรชโฮลที่แตกต่างกันจากการหาค่าเทรชโฮลวิธีแรก สำหรับวิธีนี้จะเป็นการคำนวณหาค่าโดยอัตโนมัติ โดยไม่ต้องให้ผู้ใช้เป็นผู้กำหนด การหาค่าเทรชโฮลวิธีนี้ได้อาศัยการคำนวณพื้นฐานทางสถิติในเรื่องการหาค่ากลางหรือหาค่าเฉลี่ย (Mean)มาประยุกต์ใช้ค่าเทรชโฮลที่คำนวณได้จะเป็นค่าที่ได้จากค่ากึ่งกลางที่อยู่ระหว่างค่าระดับความเข้มสูงสุดและค่าความเข้มต่ำสุดของข้อมูลภาพอินพุท สำหรับการคำนวณหาค่ากึ่งกลางนี้สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.4

$$Thr = \frac{Maximum(g(x,y)) + Minimum(g(x,y))}{2} \qquad (2.4)$$

โดยที่ Thr : ค่าเทรชโฮล

g(x,y) : ข้อมูลภาพอินพุทที่มีระดับความเข้ม 0 ถึง L

Maximum (g(x,y)) : ค่าสูงสุดเกรย์สเกลของข้อมูลอินพุท

Minimum (g,xy)) : ค่าต่ำสุดเกรย์สเกลของข้อมูลอินพุท

เมื่อทำการคำนวณค่าเทรชโฮลได้แล้ว ก็สามารถสร้างภาพไบนารีได้โดยนำค่าเทรชโฮลได้มาแทนค่าในสมการ 2.3

การหาค่าเทรชโฮลจากค่าเฉลี่ยเลขคณิต หาได้จากสมการที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Thr = \frac{\sum_{T=0}^{XxN} g_1(x,y)}{NxN} \qquad (2.5)$$

2.6 การแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation)

บางครั้งการวิเคราะห์ภาพจะเน้นที่วัตถุ (Object) บนภาพ ซึ่งวัตถุเหล่านั้นจะถูกแยกแยะออกได้ด้วยวิธีที่หลากหลายตั้งแต่วิธีการง่าย ๆ เช่น การหาส่วนที่เป็นแนวทางของวัตถุ หรือ ส่วนที่เป็นขอบของวัตถุ ไปจนกระทั่งวิธีการที่สลับซับซ้อน สำหรับวิธีการง่าย ๆ ในการแบ่งส่วนภาพได้แก่

2.6.1 การตรวจรู้แนวเส้น (Line Detection)

สำหรับวิธีการนี้เป็นการเปรียบเทียบค่าระดับสีเท่าระหว่างจุดภาพที่พิจารณา กับจุดภาพข้างเคียงทั้งนี้จะเพิ่มน้ำหนักหรือให้ความสำคัญของจุดภาพข้างเคียงที่มีการเรียงตัวร่วมกับจุดภาพที่พิจารณาเป็นเส้นตรงรวม 4 แบบ คือ เส้นตรงในแนวตั้ง เส้นตรงในแนวนอน เส้นตรงในแนวทแยงจากล่างซ้ายขึ้นไปทางบนขวา หรือเรียกว่าเส้นทแยงมุม $+45^0$ และเส้นตรงในแนวทแยงจากบนขวาลงไปทางล่างซ้าย หรือเรียกว่าเส้นทแยง -45^0 หมายความว่าแนวเส้นจะตรวจรู้เป็นแนวเส้นตั้ง แนวเส้นนอนและเส้นเอียงทำมุม $+45^0$ หรือ -45^0 เท่านั้น

กระบวนการตรวจรู้จะทำได้โดยนำหน้ากาก (Mask) ขนาด 3x3 (อาจใช้ขนาดใหญ่กว่านี้เช่น 5x5 หรือ 7x7) ก็ได้ แต่จะใช้เวลาในการประมวลผลเพิ่มมากขึ้น) ไปทาบกับจุดภาพในตำแหน่งที่จะทำการประมวลผล จากนั้นจะคำนวณหาค่าตามสมการที่ (2.6)

$$R = \sum_{k=1}^{9} w_k z_k \qquad (2.6)$$

โดยที่ W_k เป็นค่าน้ำหนักของแต่ละจุดบนหน้ากาก ดังรูปที่ 2.17

Z_k เป็นค่าระดับสีเทาของจุดภาพในตำแหน่งที่ตรงกับจุดบนหน้ากาก กล่าวคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Z_1 = f(x-1, y-1) \quad Z_2 = f(x, y-1) \quad Z_3 = f(x+1, y-1)$$
$$Z_4 = f(x-1, y) \quad Z_5 = f(x, y) \quad Z_3 = f(x+1, y)$$
$$Z_7 = f(x-1, y+1) \quad Z_8 = f(x, y+1) \quad Z_9 = f(x+1, y+1)$$

W_1	W_2	W_3
W_4	W_5	W_6
W_7	W_8	W_9

ก) หน้ากากทั่วไป

-1	-1	-1
2	2	2
-1	-1	-1

ข) หน้ากากแนวนอน

-1	2	-1
-1	2	-1
-1	2	-1

ค) หน้ากากแนวตั้ง

2	-1	-1
-1	2	-1
-1	-1	2

ง) หน้ากากแนว+45

2	-1	-1
-1	2	-1
-1	-1	2

จ)หน้ากากแนว-45

รูปที่ 2.17 หน้ากากที่ใช้ในการหาแนวเส้น

ในการตรวจหาแนวเส้นของภาพจะนำหน้ากากทั้ง 4 แบบ ไปทาบบนจุดภาพต่าง ๆ จนครบทั้งภาพ แล้วคำนวณตามสมการที่ 2.6 จะได้ค่า R มา 1 ค่า คือค่า R_1 แล้วเปลี่ยนหน้ากากไปเรื่อย ๆ ตามรูปที่ 2.2 จนครบ 4 อัน จะได้ค่า R_2,R_3 ตามลำดับ จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่า R ทั้ง 4 ค่า ถ้า$|R_i| > |R_j|$ ที่ทุกค่าของ $j \neq I$ จุดภาพนั้นจะถูกตัดสินว่าเป็นส่วนหนึ่งของแนวเส้นตรงตามแบบของหน้ากากที่ I

บางครั้ง มีความต้องการหาแนวเส้นลักษณะใดลักษณะหนึ่ง ก็อาจทำได้โดยการเลือกใช้หน้ากากแนวที่ต้องการบนจุดภาพ และหาผลรวมตามสมการที่ 2.21 จากนั้นนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าเทรชโฮลที่ได้กำหนดไว้แล้ว ถ้าค่าที่สูงกว่าเทรชโฮล จุดภาพนั้นจะถูกตัดสินว่าเป็นส่วนหนึ่งของแนวเส้น

2.6.2 การตรวจหาขอบ (Edge detection)

องค์ประกอบหรือวัตถุที่ถูกบันทึกภาพจะมีตำแหน่ง การจัดวางที่ทำการให้เกิดการสะท้อนแสงที่ต่างกัน ค่าความเข้มแสงหรือค่าระดับสีเทาที่ปรากฏบนภาพ จะต้องมีขอบเขตองค์ประกอบนั้น ๆ แสดงให้เห็นชัดเจนหรือค่อนข้างชัดเจน เนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีค่าระดับสีเทาแตกต่างกัน ดังนั้นการตรวจสอบของวัตถุบนภาพ จึงใช้หลักการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทา ที่มี 2 แนวทาง คือ การพิจารณาอัตราหรือค่าความชันในการเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทา ซึ่งเรียกว่าวิธีเกรเดียนธ์ (Gradient Method) และการพิจาณาอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความชันในการเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทา ซึ่งเราเรียกวิธีลาปลาเซียน (Laplacian Method)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2.1 วิธีเกรเดียนต์ (Gradient Method)

จะใช้กับภาพที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่มีค่าระดับสีเทาไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งภาพ ได้ แต่ความแตกต่างของค่าระดับสีเทาในวัตถุใดๆ จะมีไม่มาก คือ มีการเปลี่ยนแปลงของระดับสีเทาอย่างช้าๆ ในวัตถุใดๆ จะมีไม่มาก คือ มีการเปลี่ยนแปลงของระดับสีเทาอย่างช้า ในวัตถุใดวัตถุหนึ่ง การตัดสินใจว่าบริเวณใดเป็นขอบก็ขึ้นอยู่กับค่าความชันในการเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทา ซึ่งต้องมีค่ามากกว่าค่าเทรชโฮลด์ ซึ่งภาพที่ได้จะหาขอบได้ดีหรือไม่ก็ขึ้นกับการกำหนดค่าเทรชโฮลนั่นเอง

เนื่องจากวิธีเกรเดียนต์ใช้หลักการในการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่าระดับสีเทาของภาพ ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงมาก ก็จะถูกกำหดนให้เป็นขอบของวัตถุทั้งนี้ค่าเกรเดียนต์ของภาพ f(x,y) ณ ตำแหน่ง (x,y) จะเป็นค่าเวกเตอร์

$$\nabla f = \begin{pmatrix} G_X \\ G_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{af}{ax} \\ \frac{af}{ay} \end{pmatrix} \qquad (2.7)$$

โดยที่ขนาดของค่าเวกเตอร์ ∇f เป็นปริมาณที่มีความสำคัญในการหาขอบของวัตถุโดยทั่ว ๆ ไปจะเรียกว่าเกรเดียนต์ และใช้สัญลักษณ์ ∇f ที่มีค่า

$$\nabla f \text{ mag } (\nabla f) = \sqrt{G_X^2 + G_X^2} \qquad (2.8)$$

ในทางปฏิบัติเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ จะทำการประมาณค่าเกรเดียนต์ด้วยค่าสัมบูรณ์

$$\nabla f \gg | G_X | G_y | \qquad (2.9)$$

การหาค่าอนุพันธ์ G_x และ G_y ทำได้โดยการใช้หน้ากาก (mask) หรือหน้าต่าง (window) หรือตัวดำเนินการ (operator) ขนาด 3x3 ที่มีค่าสัมพันธ์ประสิทธิ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.18ก เข้าช่วยปรับค่าระดับสีเทา ณ จุดภาพที่สอดคล้องกัน ซึ่งตัวดำเนินการมีหลายแบบดังนี้

1. ตัวดำเนินการโรเบิร์ตครอสส์เกรเดียนต์ (Robert-cross gradient)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวดำเนินการแบบโรเบิร์ตครอสส์เกรเดียนต์ อาจพิจารณาให้เป็นหน้ากากขนาด 3x3 ดังรูปที่ 2.18 ข.1 หรือเป็นหน้าที่กากขนาด 3x3 ดังรูปที่ 2.18 ข.2 ที่ให้ค่าอนุพันธ์ย่อยเป็น

$$G_X = |Z_5 - Z_9| \quad (2.10a)$$

$$G_y = |Z_6 - Z_8| \quad (2.10b)$$

2. ตัวดำเนินการแบบโซเบล (Sobel Operator)

ตัวดำเนินการแบบโซเบลมีหน้ากากขนาด 3x3 ดังรูปที่ 2.18 ค. ทำให้ได้ค่าอนุพันธ์ย่อยเป็น

$$G_x = (Z_7 + 2Z_8 + Z_9) - (Z_1 + 2Z_2 + Z_3) \quad (2.11a)$$

$$G_y = (Z_3 + 2Z_6 + Z_9) - (Z_1 + 2Z_4 + Z_7) \quad (2.11b)$$

3. ตัวดำเนินการแบบพรีวิตต์ (Prewitt Operator)

ตัวดำเนินการแบบพรีวิตต์ มีหน้ากากขนาด 3x3 เช่นเดียวกับตัวดำเนินการ โซเบลแต่มีค่าสัมพันธ์ประสิทธิ์แตกต่างกัน ดังรูปที่ 2.3 ง ทำให้ได้ค่าอนุพันธ์ย่อยเป็น

$$G_x = (Z_7 + 2Z_8 + Z_9) - (Z_1 + Z_2 + Z_3) \quad (2.12a)$$

$$G_y = (Z_3 + 2Z_6 + Z_9) - (Z_1 + Z_4 + Z_7) \quad (2.12b)$$

W_1	W_2	W_3
W_4	W_5	W_6
W_7	W_8	W_9

ก) หน้ากากขนาด 3x3 ที่จะใช้เป็นตัวดำเนินการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1	0
0	-1

0	1
-1	0

หน้ากากที่ใช้คำนวณค่า G_x และ G_y

0	0	0
0	1	0
0	0	-1

0	0	0
0	0	1
0	-1	0

หน้ากากที่ใช้เป็นตัวดำเนินการ

ข) ตัวดำเนินการแบบโรเบิร์ตครอสส์เกรเดียนต์

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

หน้ากากที่ใช้คำนวณค่า G_x

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

หน้ากากที่ใช้คำนวณค่า G_y

ค) ตัวดำเนินการแบบโซเบล

-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

หน้ากากที่ใช้คำนวณค่า G_x

-1	0	-1
-1	0	1
-1	0	-1

หน้ากากที่ใช้คำนวณค่า G_y

ง) ตัวดำเนินการแบบพรีวิตต์

รูปที่ 2.21 ตัวดำเนินการที่ใช้ในการคำนวณหาค่าเกรเดียนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2.2 วิธีลาปลาเซียน (Laplacian Method)

วิธีลาปลาเซียน ให้หลักการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่า Graditent ของค่าระดับสีเทาอีกต่อหนึ่ง และจะกำหนดตำแหน่งที่มี Zero-Crossing เกิดขึ้นเป็นตำแหน่งของขอบวัตถุทั้งนี้ การหาอนุพันธ์ย่อยอันดับสองของภาพ f(x,y) คือการหาค่า Laplacian แบบ 2 มิติ เป็นต้น

$$\nabla f \frac{a^2 f}{ax^2} + \frac{a^2 f}{ay^2} \qquad (2.13a)$$

หน้ากากของวิธีลาปลาเซียนขนาด 3x3 จะมีค่าสัมประสิทธิแตกต่างกันหลายแบบดังรูปที่ 2.4 และตัวอย่างการใช้ดำเนินการแบบ 4-neighbor เพื่อหาค่าอนุพันธ์ย่อยอันดับสองของจุดภาพ f(x,y) คือ

$$\nabla f \; 4Z_5 - (Z_2 + Z_4 + Z_6 + Z_8) \qquad (2.13b)$$

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

ก)แบบ 4-neighborhood

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

ข) แบบ 8-neighborhood

-2	1	-2
1	4	1
-2	1	-5

ค) แบบ separable-neighborhood

รูปที่ 2.22 หน้ากากที่ใช้ในตัวดำเนินการลาปลาเซียน

2.7.2.3 การหาขอบแบบแคนนี (Canny edge detection)

การหาของแบบแคนนี เป็นการดัดแปลงวิธีเกรเดียนต์ให้เหมาะสมกับการตรวจหาขอบองค์ประกอบในภาพที่มีสัญญาณรบกวน แต่อยู่บนเงื่อนไข 3 ประการดังนี้

ก) ไม่เกิดความผิดพลาดในการหาขอบที่สำคัญ และไม่ควรมีการหาขอบที่ผิดเกินจริง

ข) การบอกตำแหน่งของขอบ จะต้องมีระยะระหว่างตำแหน่งของจริงและตำแหน่งที่ห่างขอบสั้นที่สุด

ค) ถ้ามีหลายค่าในการหาขอบของขอบใดขอบหนึ่ง ค่าที่น้อยที่สุดจะเป็นค่าของขอบที่แท้จริง เพื่อแก้ปัญหาสัญญาณรบกวน ซึ่งจะทำให้ได้ขอบที่ไม่เรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับขั้นตอนวิธีการหาขอบแบบแคนนี มี 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 ใช้ตัวกรองไบโนเมียล (Binomial Filter) เพื่อลดทอนสัญญาณรบกวน ดังสมการที่ 2.14

$$f(x,y) = \left[\frac{1}{16}\begin{bmatrix}1 & 2 & 1\\ 2 & 4 & 2\\ 1 & 2 & 1\end{bmatrix}\right] \qquad (2.14)$$

โดยที่ n=2 เท่าของความแปรปรวนของการกระจายแบบเกาส์ (Gaussian distribution)

ขั้นที่ 2 ทำการคำนวณเกรเดียนต์ตามสมการที่ (2.10) และใช้ตัวดำเนินการแบบพรีวิต ดังรูปที่ 2.3ง. จะได้

$$\nabla^2 f = |Z_7 + Z_8 + Z_9) - (Z1 + Z_2 + Z_3)| + |(Z_3 + Z_6 + Z_9) - (Z_1 + Z_4 + Z_7)| \qquad (2.15)$$

ขั้นที่ 3 ทำการหาว่าจุดภาพที่มีค่า เกรเดียนต์เฉพาะถิ่นสูงสุด (Maximum local gradient) หรือไม่ สมมติค่าเกรเดียนต์ของแต่ละจุดภาพในกรอบขนาด 3x3 มีค่าเป็น

P1	P2	P3
P4	P5	P6
P6	P7	P8

ทำการพิจารณาเปรียบเทียบค่าเกรเดียนต์ของจุดภาพกลางกับจุดภาพอื่น ๆ ในแนวเส้นตรงต่าง ๆ ประกอบด้วย แนวตั้ง แนวนอน แนวทแยง $+45^0$ และ -45^0

ถ้า P5>Pk ทุกค่า $k \neq 5$และ P5> ค่าเทรชโฮลต่ำ (Low threshold value) แสดงว่าค่า P5 เป็นค่าเกรเดียนต์เฉพาะถิ่นสูงสุด บันทึกและนำค่าดังกล่าวไปคำนวณตามขั้นตอนที่ 4 ต่อไป

ขั้นที่ 4 การทำเทรชโฮลด์แบบฮีสเทอรีซิส (Hystersis Threshold)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนสุดท้ายนี้ เป็นขั้นตอนการตัดสินใจว่าจุดภาพหนึ่ง ๆ เป็นขอบขององค์ประกอบหรือไม่ มีเงื่อนไข 3 ประการ ดังนี้

- จุดภาพที่มีขนาดของเกรเดียนต์ใหญ่กว่าค่าเทรชโฮลด์สูง (High threshold Value) T_H จุดภาพนั้นจะเป็นขอบขององค์ประกอบ
- ทุกจุดภาพที่จะประกอบกันเป็นแนวขอบแนวหนึ่ง จะต้องมีอย่างน้อย 1 จุดภาพในแนวนั้นมีค่าเกรเดียนต์ $>T_H$
- จุดภาพที่มีค่าเกรเดียนต์$<$ T_H และไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขที่สอง จะถูกตัดออกไป

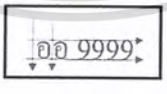
2.7 ทฤษฎีการแยกตัวอักขระออกจากภาพ

2.7.1 การหาตัวอักขระโดยวิธี Line Crossing

เทคนิคนี้จะมีหลักการง่าย ๆคือ พยายามแบ่งอักขระแต่ละตัวออกมาให้ได้มากที่สุด โดยเริ่มจากการสแกนเป็นแนวตรง ทั้งแนวนอนและแนวตั้ง ตัดไปตามช่องว่างทำให้เกิดเป็นตารางครอบตัวอักขระซึ่งตารางที่เล็กที่สุดที่ครอบตัวอักขระอยู่ถือเป็นการ Segment ได้หนึ่งอักขระดังรูปที่ 2.20

แนวคิดของวิธีการ Line crossing ดังรูปที่ 2.20 มีขั้นตอนดังนี้

1. สแกนเป็นเส้นตรงตามแนวนอน
2. สแกนเป็นเส้นตรงตามแนวตั้ง
3. คัดลอกข้อมูลที่อยู่ในกรอบที่มีอักขระเก็บไว้ใน buffer เพื่อนำไปแสดงผล



รูปที่ 2.23 แสดงการแยกตัวอักขระด้วยวิธี Line Crossing

อธิบาย Flowchart อักขระด้วยวิธีการ Line Crossing จากรูปที่ 2.21

1. Scan Row : หาช่องว่างในแนวนอน
2. Scan Column : หาช่องว่างในแนวตั้ง
3. Copy Image : คัดลอกข้อมูลส่วนที่ตัดได้
4. Display: แสดงรูปที่ตัดมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. End Column : การ Scan ข้อมูลในแกนนอนครบหมด

   Yes : End Row

   No : Scan Column

6. End Row : การ Scan ข้อมูลในแนวแกนตั้งครบหมด

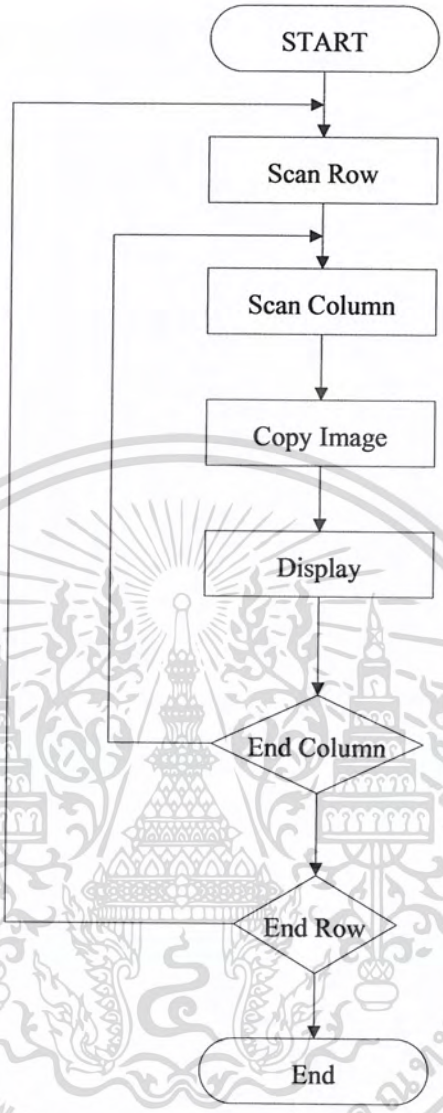
   Yes : End Row

   No : Scan Column

ข้อดีของการทำ Line Crossing ก็คือ ง่ายต่อการเขียนโปรแกรม และมีประสิทธิภาพในการแยกอักขระกับแบบอักขระที่มีข้อผิดพลาดน้อย ตัดอักขระไม่ติดกันมาก และถ้ามีการ Segment ตัวอักขระภาษาอังกฤษจะได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าอักขระภาษาไทย

ข้อเสียของวิธีการนี้เห็นได้ชัดเจนก็คือ ในการทำการแยกตัวอักขระที่มีการเหลื่อมล้ำกันจะไม่สามารถใช้เทคนิควิธีนี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 แสดง Flow Chart การแยกอักขระด้วยวิธี Line Crossing

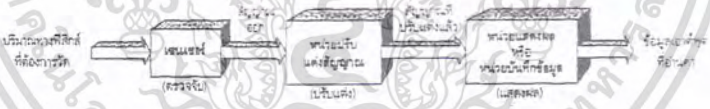
2.8 เซนเซอร์

กระบวนการโดยทั่วไปสามารถจำแนกชนิดและคุณลักษณะของระบบได้มากมายหลายแบบเพื่อให้สอดคล้องกับเนื้อหาของลักษณะและการควบคุมและกระบวนการแล้ว ในที่นี้จะพิจารณาตามลักษณะของระบบเซนเซอร์ที่ให้สัญญาณออกหรือปริมาณเอาท์พุทของระบบมีค่าเปลี่ยนแปลงในสัดส่วนไปตามปริมาณต่างๆ ที่ตรวจวัดทางอินพุท โดยหลักการทำงานพื้นฐานของระบบกระบวนการทั่งไปนั้นสามารถแสดงผลได้ผังสัญญาณจากรูป ซึ่งการประยุกต์ใช้เซนเซอร์ในกระบวนการสามารถจำแนกการนำไปใช้งานในระบบต่างๆ ได้เป็น 3 ระบบดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 ระบบการวัด

ระบบการวัด ทำหน้าที่แสดงผลหรือบันทึกข้อมูลของปริมาณเอาท์พุทซึ่งได้จากปริมาณอินพุทที่ได้ทำการวัดผังสัญญาณของระบบการวัดแสดงดังรูปที่ 2.7 หลักการทำงานสำคัญของระบบการวัดหรือระบบการวัดจะทำหน้าที่เพียงแต่แสดงผลหรือบันทึกข้อมูลที่ได้จากการวัดปริมาณจากอินพุทเท่านั้น ไม่สามารถปรับหรือทำการควบคุมสภาพการทำงานของระบบให้เป็นไปตามที่ต้องการได้แต่อย่างใด องค์ประกอบสำคัญในการวัด ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 3 ส่วนคือ 1. ส่วนตรวจจับสัญญาณ 2. ส่วนปรับแต่งสัญญาณ 3. ส่วนแสดงผล หรือส่วนบันทึกข้อมูล ดังแสดงในผังสัญญาณของระบบในรูปที่ 2.8 ปริมาณทางฟิสิกส์ที่ทำการวัดจะถูกเซนเซอร์เปลี่ยนให้เป็นสัญญาณออกที่สามารถนำไปปรับแต่งหรือแสดงผลต่อได้ จากนั้นหน่วยปรับแต่งสัญญาณจะทำหน้าที่ปรับแต่งสภาพของสัญญาณออกที่ได้จากเซนเซอร์ให้มีรูปแบบเหมาะสมเพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้กับหน่วยแสดงผลหรือหน่วยบันทึกข้อมูล เช่น ถ้าสัญญาณออกจากเซนเซอร์เป็นแรงดันไฟฟ้าที่มีขนาดสัญญาณต่ำมากก็ต้องมีหน่วยปรับแต่งสภาพสัญญาณออกเป็นการเคลื่อนที่ทางกลที่มีระยะขจัดสั้น ก็ควรมีการเปลี่ยนรูปแบบการเคลื่อนที่ให้มีระยะขจัดเพิ่มขึ้น เป็นต้น หลังจากนั้นสัญญาณที่มีการปรับแต่งแล้วจะถูกนำไปแสดงผลให้กับผู้ใช้งานอ่านค่าหรืออาจมีการเก็บค่าที่วัดได้ลงในเครื่องบันทึกข้อมูลเพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในภายหลัง



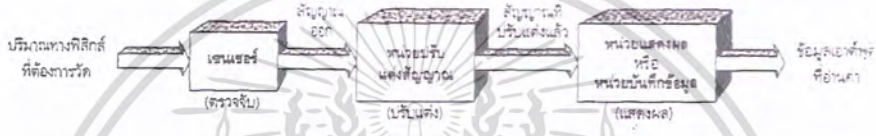
รูปที่ 2.25 องค์ประกอบสำคัญในระบบการวัด

2.8.2 ระบบควบคุมวงเปิด

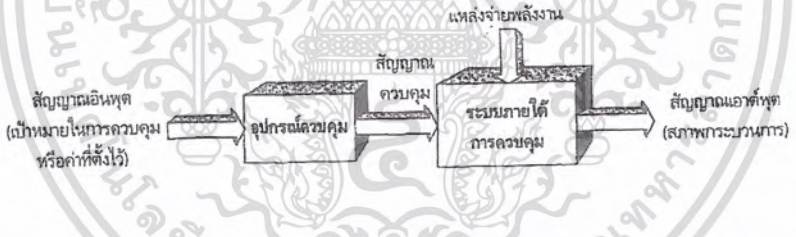
ระบบควบคุมมีหลักการทำงานพื้นฐานต่างจากระบบวัด คือ ระบบควบคุมพยายามปรับสภาพกระบวนการหรือรักษาสภาพการทำงานของกระบวนการให้มีค่าเป็นไปตามค่าที่ตั้งไว้ในทางอินพุท หรือให้มีเป้าหมายเป็นไปตามที่ผู้ควบคุมกระบวนการต้องการ ผังสัญญาณแสดงหลักการทำงานของระบบควบคุมวงเปิดแสดงได้ดังรูปที่ 2.9 สัญญาณอินพุทซึ่งเป็นค่าที่ตั้งไว้จะถูกส่งให้กับอุปกรณ์ควบคุม เพื่อสร้างสัญญาณควบคุมไปปรับสภาพของการทำงานของระบบภายใต้การควบคุมให้มีสัญญาณออกหรือสภาพกระบวนการของระบบเป็นไปตามเป้าหมายที่ต้องการ โดยประมาณว่าการควบคุมลักษณะนี้สภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการของระบบสามารถเป็นไปตามค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้จากอินพุทได้โดยไม่มีการวัดหรือตรวจสอบสภาพของกระบวนการที่เอาท์พุทของระบบเลย สังเกตได้ง่าย จากผังสัญญาณของระบบจะเห็นว่าระบบมีกระบวนการส่งผ่านสัญญาณอินพุทเป็นลำดับไปยังเอาท์พุท โดยไม่มีส่วนหนึ่งส่วนใดของระบบการป้อนสัญญาณกลับมายังอินพุทอีกเลย พิจารณาการควบคุมระบบแสงสว่างทางเดินหรือตามท้องถนนแบบตั้งเวลาเปิด-ปิด ซึ่งเป็นตัวอย่างง่าย ๆ แสดงถึงการควบคุมแบบวงเปิด โดยมีผังสัญญาณการทำงานของระบบแสดงได้ดังรูป



รูปที่ 2.26 ผังสัญญาณแสดงหลักการทำงานของระบบควบคุมเปิด



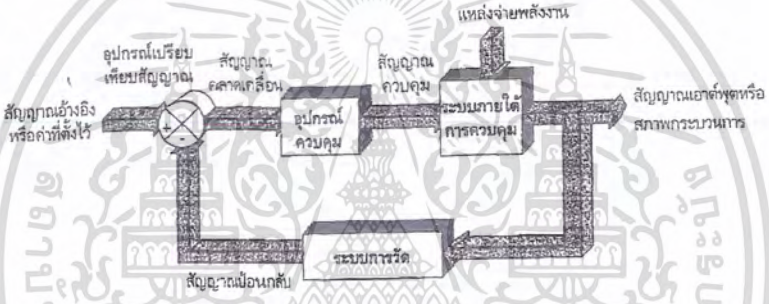
รูปที่ 2.27 ผังสัญญาณของระบบควบคุมแสงสว่างทางเดินแบบตั้งเวลา เปิด-ปิด

เป้าหมายที่ต้องการของระบบควบคุมแสงสว่างแบบนี้ คือ เมื่อถึงเวลากลางคืนแสงมืดลง ระบบควบคุมแสงสว่างจะทำงานเปิดหลอดไฟตามทางเดินให้สว่างขึ้น และเมื่อถึงตอนเช้าหลอดไฟจะต้องดับลง การทำงานของระบบจะถูกควบคุมโดยสัญญาณควบคุมจากสวิตช์ซึ่งทำหน้าที่เปิด-ปิดหลอดไฟตามช่วงเวลาที่ได้ตั้งค่าไว้ในช่วงเช้าและช่วงเย็นโดยใช้อุปกรณ์ตั้งเวลา ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าระบบควบคุมวงเปิดเป็นระบบควบคุมพื้นฐานที่มีรูปแบบง่าย การออกแบบระบบไม่ซับซ้อน มีราคาไม่แพงมากนักแต่ประสิทธิภาพในการทำงานค่อนข้างต่ำ ทั้งยังต้องการการควบคุมเข้าไปตรวจสอบหรือปรับแต่งระบบบ่อย ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3 ระบบควบคุมวงปิด

สำหรับระบบควบคุมวงปิด ซึ่งเป็นสัญญาณของระบบดังรูปที่ 2.11 จะมีองค์ประกอบของระบบต่างจากระบบควบคุมวงเปิด โดยมีการเพิ่มส่วนของระบบการวัดเพื่อทำหน้าที่วัดและตรวจสอบค่าตัวแปรเอาท์พุทหรือสภาพกระบวนการทางด้านเอาท์พุทของระบบแล้วนำสัญญาณป้อนกลับมาเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้เป็นสัญญาณอ้างอิงทางอินพุทอีก จึงทำให้กระบวนการของระบบทางด้านเอาท์พุทมีผล โดยตรงกับเงื่อนไขทางด้านอินพุท



รูปที่ 2.28 ผังสัญญาณแสดงหลักการทำงานของระบบควบคุมวงปิด

จากรูปที่ 2.11 สัญญาณอ้างอิงหรือค่าที่ตั้งไว้เป็นเป้าหมายในการควบคุมระบบให้มีสภาพกระบวนการเป็นไปตามที่ต้องการ ซึ่งสัญญาณส่วนนี้จะถูกอุปกรณ์เปรียบเทียบนำไปเปรียบเทียบกับสัญญาณป้อนกลับ ที่ได้จากกระบวนการวัด โดยผลต่างกับสัญญาณอ้างอิงกับสัญญาณที่ได้เรียกว่าสัญญาณคลาดเคลื่อน จากนั้นอุปกรณ์ควบคุมจะนำสัญญาณคลาดเคลื่อนนี้ไปปรับแต่งให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมแล้วสร้างเป็นสัญญาณควบคุม เพื่อทำการปรับการทำงานของระบบให้สภาพของกระบวนการทางด้านเอาท์พุทมีการเปลี่ยนแปลง จนกระทั่งสัญญาณป้อนกลับที่ได้จากระบบการวัดมีค่าเข้าใกล้สัญญาณอ้างอิง ทำให้สัญญาณคลาดเคลื่อนมีค่าเป็นศูนย์ หรือนั่นคือ สภาพกระบวนการของระบบเข้าสู่เป้าหมายในการควบคุมแล้วนั่นเอง

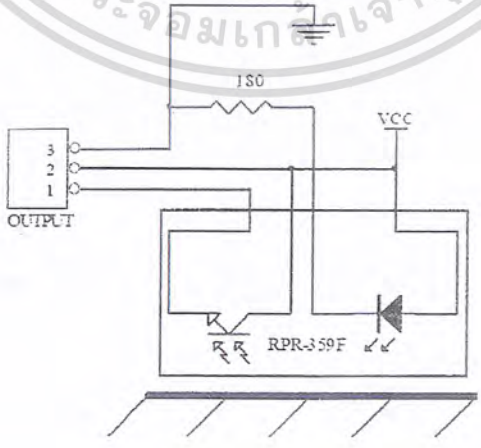
เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับแบบใช้หลักการสะท้อนของแสง ในการกำหนดพื้นที่ในการทำงานเพื่อใช้ในการตรวจสอบเส้นทางได้อย่างสม่ำเสมอ ตัวระบบนั้นสามารถออกแบบได้ง่ายและเกิดความผิดพลาดน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินฟราเรด แอลอีดี ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อกำหนดแสงในย่านอินฟราเรด ช่วงที่อินฟราเรด แอลอีดี นำกระแสอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ผ่านสารตัวนำชนิดพิเศษเกิดพลังงานขึ้นจากโฟตอนการเกิดพลังงานดังกล่าวเป็นไปได้ทันทีที่มีกระแสไหลผ่าน อินฟราเรด แอลอีดี สามารถกำหนดแสงได้ใน 2 ช่วง ความยาวคลื่นคือ อินฟราเรดแอลอีดี ที่สร้างจากสารแกลเลี่ยมอาเซไนต์ (GalliumAsenide:GaAs) จะให้ความยาวคลื่นประมาณ 940 นาโนเมตร และอินฟราเรดแอลอีดีที่สร้างจากสารแกลเลี่ยมอลูมินั่ม-อาเซไนต์ (Gallium Aluminum Aendie:FaAIAs) จะกำเนิดแสงที่มีความยาวคลื่นประมาณ 880 นาโนเมตร สำหรับคุณสมบัติของลำแสงอินฟราเรดที่ว่าจะเคลื่อนที่จากตัวส่งในลักษณะเส้นตรง และเมื่อลำแสงเคลื่อนที่ไปกระทบวัตถุจะเกิดการสะท้อน ดังหลักการที่เกิดขึ้นแสดงได้ดังรูป โดยอุปกรณ์เซนเซอร์ส่วนใหญ่นั้นจะมีแบบภาคส่งและภาครับในตัวเดียวกันอีกประเภทจะแยกกัน ภาคส่งจะส่งลำแสงอินฟราเรดจากอินฟราเรดตัวส่งเรียกว่า IRED (Infrared Emitting Diode) ซึ่งในปกตินั้นตัวรับจะยังไม่ได้รับแสงที่ถูกส่งออกมาจนกว่าลำแสงจะไปตกกระทบหรือมีวัตถุตัดผ่านถึงจะเกิดการสะท้อนกลับมายังตัวภาครับเกิดเอาท์พุทขึ้นเพื่อจะส่งเป็นอินพุทให้กับวงจรทำงานต่อไปจากภาครับ

2.8.4 ตัวอย่างชุดตรวจจับการะสะท้อนของอินฟราเรด

การทำงานของ R-REFLEX จะใช้หลักการส่งไปและสะท้อนกลับของแสงอินฟราเรด ซึ่งจะใช้ Sensor เบอร์ RPR-359F ซึ่งเป็นโมดูลส่งและรับแสงอินฟราเรดรวมอยู่ในตัวเดียวกัน ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในการตรวจจับการสะท้อนกับวัตถุต่าง ๆ ได้ ซึ่งวงจรของชุดตรวจจับ R-REFLEX เป็นดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.29 วงจรเซนเซอร์อินฟราเรด เบอร์ RPR-3359F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปวงจรจะเห็นได้ว่า Sensor เบอร์RPR-359F ซึ่งเป็น Sensor แบบอินฟราเรดนั้นจะประกอบไปภาคส่งและภาครับแสงอินฟราเรดรวมอยู่ในตัวเดียวกัน โดยในด้านของภาคส่งนั้นจะมีลักษณะโครงสร้างเป็น LED แบบอินฟราเรด ซึ่งจะใช้เป็นตัวส่ง และส่วนของอินฟราเรดนั้น จะมีโครงสร้างแบบ Transistor โดย Sensor จะถูกจัดวงจรให้ทำงานอยู่ตลอดเวลาทั้งส่วนของภาคส่ง (LED) และภาครับ (Transistor) โดยระดับแรงดันที่ขา Emitter ของทรานซิสเตอร์จาก RPR-359F นั้น จะมีค่าสูงถ้ามีการสะท้อนของคลื่นอินฟราเรดในระดับต่ำ ๆ โดยผลการสะท้อนของคลื่นอินฟราเรดจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 2 ข้อ คือ สีของวัตถุ (การสะท้อนจะอยู่ในระดับต่ำถ้าใช้กับวัตถุที่มีสีดำ) และระยะความห่างของวัตถุที่ใช้เป็นตัวสะท้อนคลื่นอินฟราเรดซึ่งถ้าระยะใกล้มากจะมีระดับแรงดันสูงแต่ถ้าระยะห่างจะมีระดับแรงดันต่ำลงตามระยะทางซึ่งจากคุณสมบัติดังกล่าวเราสามารถนำชุด R-REFLEX ไปใช้ตรวจจับการสะท้อนของวัตถุเช่น ตรวจสอบวัตถุที่กีดขวางการเคลื่อนที่ของรถหุ่นยนต์ เป็นต้น โดยใช้วงจร A/D ในการอ่านค่าระดับแรงดันของ Sensor หรือใช้ชุด R-OPAM เพื่อกำหนดระดับค่าแรงดันเปรียบเทียบระยะห่างของวัตถุกับ Sensor และตรวจสอบค่าลอจิก Output จาก R-OPAMP อีกต่อหนึ่ง เป็นต้น

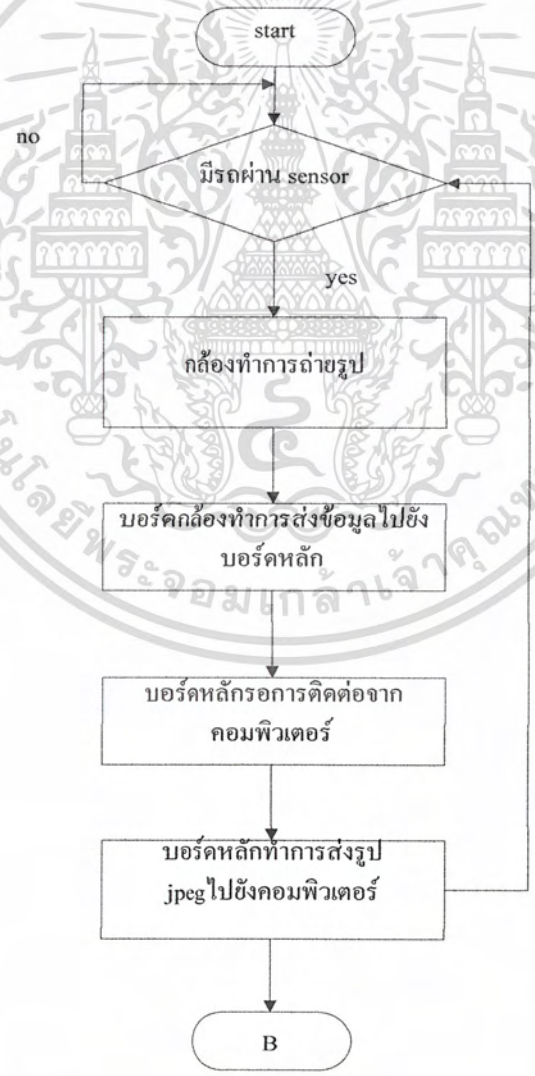
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์

3.1 การออกแบบ

3.1.1 การออกแบบในส่วนของอุปกรณ์



รูปที่ 3.1 Block Diagram ในส่วนของอุปกรณ์

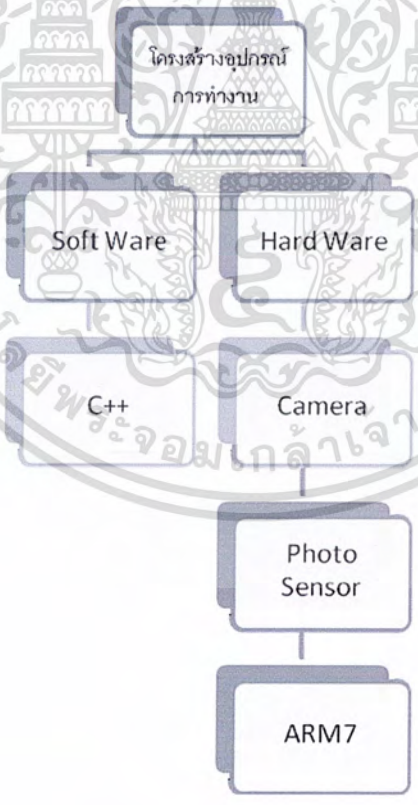
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบาย Block Diagram รูปที่ 3.1.1

- Photo Sensor ทำการตรวจจับว่ามีรถเข้ามาในระยะแล้วส่งสัญญาณไปยังบอร์ดรอง
- บอร์ดรองทำการส่งสัญญาณไปยังกล้องและกล้องทำการถ่ายรูป
- บอร์ดรองได้รับข้อมูลภาพ jpeg และทำการส่งข้อมูลภาพไปยังบอร์ดหลักผ่านสายสัญญาณ RS-485
- บอร์ดหลักรอการติดต่อจากคอมพิวเตอร์
- บอร์ดหลักทำการส่งข้อมูลภาพไปยังคอมพิวเตอร์

3.1.1.1 การทำงานในส่วนอุปกรณ์บนบอร์ด

การออกแบบอาจแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของอุปกรณ์ และส่วนของโปรแกรมเพื่อควบคุมบอร์ดตัวอุปกรณ์

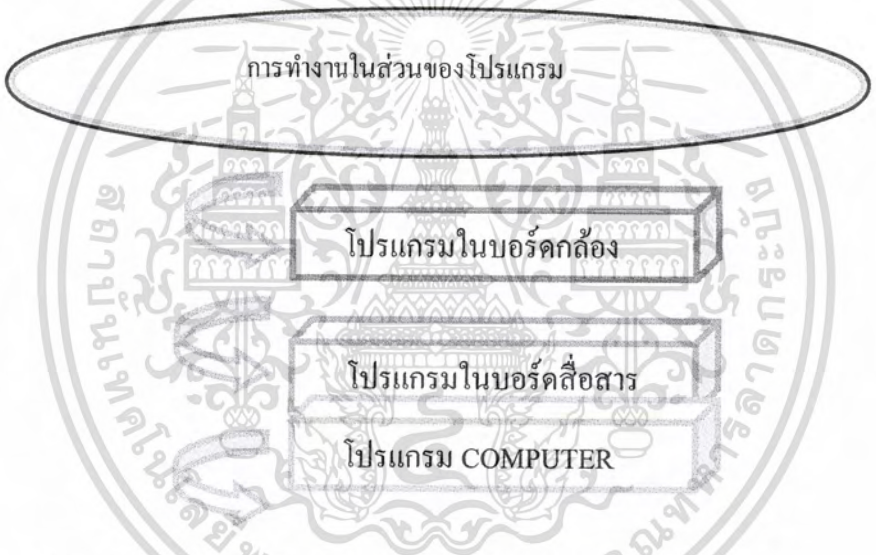


รูปที่ 3.2 การจำแนกการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.2 ส่วนของโปรแกรมเพื่อควบคุมบอร์ด

ส่วนของโปรแกรมควบคุมบอร์ดนี้จะแบ่งเป็นส่วนโปรแกรมที่ควบคุมบอร์ดของกล้อง และส่วนของโปรแกรมที่ควบคุมส่วนของบอร์ดสื่อสาร ซึ่งเป็นส่วนที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกัน มีการทำงานร่วมกัน จึงทำให้ทั้งสองส่วน มีหลักการทำงานที่ใกล้เคียงกัน



รูปที่ 3.3 Block Diagram การทำงานในส่วนของโปรแกรมเพื่อควบคุมบอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การออกแบบในส่วนของโปรแกรม

รูปที่ 3.4 Block Diagram ในส่วนของโปรแกรมประมวลผลภาพ

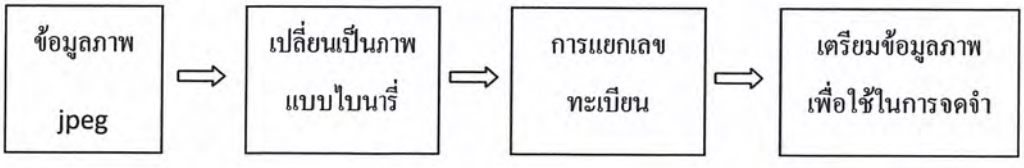
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบาย Block Diagram รูปที่ 3.1.2

- รับข้อมูลภาพจากบอร์ดหลักมาเป็น jpeg
- ทำการแปลงภาพให้อยู่ในรูปไบนารี่
- หาตำแหน่งของบริเวณป้ายทะเบียนรถ
- กำจัดสิ่งรบกวนออกเพื่อให้ง่ายต่อการหาตำแหน่งตัวเลข
- ทำการหาตำแหน่งตัวเลข
- ทำการรู้จำป้ายทะเบียน
- เก็บข้อมูลภาพและตัวอักษรลงใน database

3.1.2.1 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมการแปลงภาพ

ส่วนของโปรแกรมในการประมวลผลภาพนั้น จะมีขั้นตอนการแยกหมายเลขออกจากภาพทั้งหมด ดังนี้ คือ ขั้นแรกจะเป็นการแปลงภาพสีเป็นภาพ Grayscale (256 สี) จากนั้นแปลงภาพให้เป็น Binary ด้วยวิธีเลือกค่า Threshold ซึ่งจะเหลือข้อมูลภาพเพียงสองระดับคือ 0 กับ 1 โดย 0 จะเป็นพื้นหลังส่วน 1 จะเป็นวัตถุในภาพ จากนั้นทำการลดสัญญาณรบกวน (Noise) ที่เกิดขึ้น แล้วจึงทำการหาตำแหน่งของป้ายทะเบียน โดยพิจารณาจากแต่ละวัตถุว่ามีความน่าจะเป็นป้ายทะเบียนหรือไม่ โดยอาศัยคุณสมบัติที่สังเกตได้ เช่นขนาดการเรียงของตัวอักษรในภาพเป็นต้น หลังจากผ่านขั้นตอนนี้จะได้ตำแหน่งของทะเบียนรถยนต์จากนั้นทำการแยกเลขทะเบียนออกจากภาพ เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนการรู้จำรูปแบบด้วย Neural Network ในลำดับต่อไป



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เริ่มต้นการทำงาน

นำเอาภาพสี 24 Bits ที่ได้จากกล้องผ่านเข้ามาในโปรแกรม ซึ่งภาพสี 24 Bits นี้จะแสดงเฉดสีทั้งหมด 16,776,960 สี จากนั้นกำหนดขนาดของภาพให้ลดลงเหลือ 640 x 480 pixel ที่ต้องกำหนดขนาดภาพเป็นเพราะภาพที่รับเข้ามาจากแหล่งต่างๆจะมีขนาดไม่เท่ากัน และที่เลือกกำหนดขนาดภาพเป็น 640 x 480 pixel เพราะเป็นขนาดที่เหมาะสมในการนำมาทดลอง ซึ่งหากภาพมีขนาดใหญ่เกินไปจะทำให้การทำงานของโปรแกรมช้า หากภาพมีขนาดเล็กเกินไปอาจไม่สามารถแยกทะเบียนออกจากภาพได้ ดังรูป

รูปที่ 3.6 ตัวอย่างภาพสีจากกล้องเมื่อตอนเริ่มต้น

2. แปลงภาพเป็นภาพ Grayscale

จากนั้นผ่านขั้นตอนการแปลงภาพเป็นภาพ Grayscale ที่มีเฉดสี 256 สี หรือภาพ 8 Bits ที่ต้องการทำการแปลงภาพเป็นภาพสีเทา เพราะว่าหากใช้ภาพสีจะทำให้กระบวนการแยกอักษรในภาพเป็นไปได้ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.7 ภาพสีเทา Grayscale 8 Bits

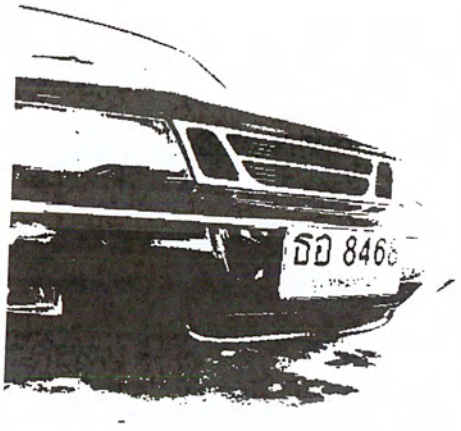
3. แปลงภาพด้วยกระบวนการ Threshold

ทำให้ข้อมูลภาพมีรูปแบบที่เหมาะสมในการประมวลผล จึงต้องทำการแปลงข้อมูลของภาพให้เป็นภาพ Binary คือ มีระดับสีเพียง 2 ระดับ ได้แก่ สีดำเป็น 1 และสีขาวเป็น 0 วิธีการแปลงข้อมูลภาพให้เป็น Binary นั้นทำได้โดยการเลือกค่า Threshold ที่เหมาะสม โดยข้อมูลที่มีค่าระดับความสว่างสูงกว่า Threshold จะถูกปรับให้เป็น 0 หรือสีขาว ส่วนค่าที่มีระดับความสว่างต่ำกว่า Threshold จะถูกปรับให้เป็น 1 หรือสีดำ ซึ่งในการเลือกค่า Threshold จะมีวิธีการเลือก 2 วิธีคือ

1. เลือกโดยการระบุลงไปในโปรแกรมก่อนการทำงาน
2. ให้โปรแกรมคำนวณค่า Threshold ที่เหมาะสมโดยดูจากภาพที่รับเข้ามา

ซึ่งในที่นี้เราเลือกวิธีที่ 2 ในการเลือกค่า Threshold ภาพที่เป็น Binary แล้วจะได้เลขทะเบียนแยกออกจากพื้นหลังของป้ายทะเบียนเป็นตัวเดี่ยวๆอย่างชัดเจน เนื่องมาจากการเลือกค่า Threshold ที่เหมาะสมอาจมีบางกรณีที่เลือกค่า Threshold สูงหรือต่ำเกินไป ทำให้ไม่สามารถแยกเลขทะเบียนได้ทุกตัวหรือสูญเสียเลขทะเบียนบางตัวไป ดังนั้นจึงต้องเลือกค่า Threshold ที่เหมาะสมที่สุดในการแปลงเป็นภาพ Binary เพื่อให้เกิดความเสียหายน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ภาพที่มีการกำหนดค่า Threshold ต่ำเกินไป

รูปที่ 3.9 ภาพที่มีการกำหนดค่า Threshold สูงเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.10 ภาพหลังจากการผ่านกระบวนการ Threshold

หลังจากผ่านการทำ Threshold แล้วภาพที่ได้ออกมาจะเป็นภาพขาวดำ 1 Bit และจะยังมี noise อยู่บนภาพจึงทำการกำจัดออก โดยขั้นตอนการกำจัด noise นั้น ถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก และมีผลลัพธ์ที่จะทำการทดลองนี้มีความถูกต้องเพิ่มสูงขึ้น ซึ่ง noise ที่เราเลือกกำจัด คือ Salt and Paper โดยการใช้ Median Filter

รูปที่ 3.11 ภาพ Threshold หลังผ่านการกำจัด noise

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แยกภาพด้วยวิธี Segment

จากนั้นทำการกำหนดจุดขอบของการเชื่อมต่อของวัตถุทั้งหมดในภาพ โดยในภาพนั้นจะมีรูปต่างๆ มากมายหากเราไม่กำหนดขอบเขตของแต่ละภาพในนั้น จะทำให้เราไม่สามารถระบุความต่อเนื่องบนภาพได้ ในที่นี้จะกำหนดการเชื่อมต่อของวัตถุในภาพเป็นแบบ 8 ทิศทาง คือ บน , ล่าง , ซ้าย , ขวา , ขวาบน , ขวาล่าง , ซ้ายบน,ซ้ายล่าง ที่ต้องกำหนดถึง 8 ทิศทาง เพื่อความถูกต้องในกระบวนการแยกภาพ

รูปที่ 3.12 แสดงการแบ่งรอยต่อของวัตถุต่างๆในภาพ

เมื่อกำหนดรอยต่อของวัตถุในภาพแล้ว จะเข้าสู่การแบ่งตัวอักษรเป็นส่วนๆ โดยการกำหนด Bounding Box กับจุด Centroid การทำวิธีนี้จะทำให้ตัวอักษรในแผ่นป้านทะเบียนถูกแบ่งเป็นตัว โดยจะทำการกำหนดขอบ Bounding Box ล้อมรอบส่วนของภาพที่มีขนาดใกล้กัน จากนั้นระบุจุด Centroid ซึ่งจุดนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดศูนย์มวลของรูปใน Bounding Box ไม่ใช่จุดศูนย์กลางของภาพ ซึ่งหลังจากผ่านขั้นตอนนี้แล้วจะสามารถแบ่งวัตถุในภาพออกเป็นตัวๆ ได้อย่างชัดเจน

รูปที่ 3.13 แสดงขอบ Bounding Box กับจุด Centroid

ขั้นตอนการหาตำแหน่งที่แท้จริงของป้ายทะเบียน

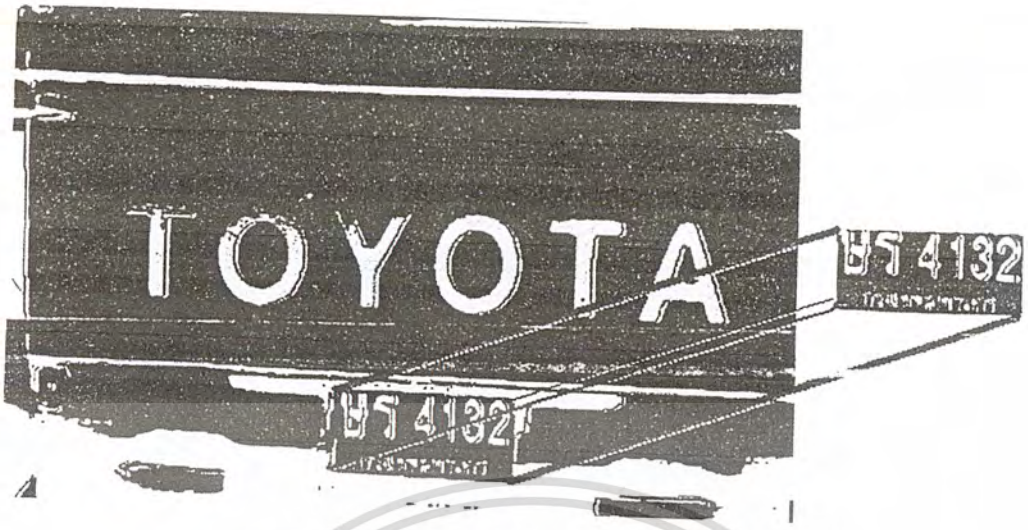
1. การหาตำแหน่งที่น่าจะเป็นตำแหน่งของป้ายทะเบียน

การหาตำแหน่งที่น่าจะเป็นตำแหน่งของป้ายทะเบียน ในขั้นตอนนี้จะทำการหาพื้นที่ที่ติดกัน โดยต้องมีขนาดความสูงมากกว่าความกว้าง และขนาดของความกว้างและความสูงนั้นจะต้องไม่ต่ำกว่าค่าที่กำหนด ซึ่งในที่นี้จะกำหนดให้ไม่ต่ำกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ของภาพ สำหรับขั้นตอนนี้จะช่วยกำจัดพื้นที่ที่ไม่เกี่ยวข้องออกไปได้

2. การระบุพื้นที่จริงของป้ายทะเบียนรถ

ในขั้นตอนนี้จะมีพื้นที่หลายๆแห่งที่ได้ออกมาจากขั้นตอนแรก ทำการหาตำแหน่งที่แท้จริงของป้ายทะเบียน โดยใช้วิธีการหาตำแหน่งป้ายทะเบียนที่แท้จริง โดยนำพื้นที่แต่ละแห่งมาหาจุดต่ำสุดตามแนวแกน Y แล้วนำมาเปรียบเทียบกันดูว่าอยู่ในแนวเดียวกันหรือไม่ โดยในที่นี้จะเป็นตัวอักษรของแผ่นป้ายทะเบียนแล้วนำเฉพาะพื้นที่ที่มีความสูงใกล้เคียงกัน และจะมีจำนวนอักษรตั้งแต่ 3 ถึง 6 ตัว ซึ่งค่าเหล่านี้คือตำแหน่งตัวอักษรของทะเบียนรถ ซึ่งมีโอกาสที่จะเป็นตัวอักษรตำแหน่งที่ 3 ถึงตำแหน่งที่ 6 ในป้ายทะเบียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 ภาพหลังจากผ่านกระบวนการหาตำแหน่งป้ายทะเบียนในรูป

การทำ Segment โดยหลังจากได้ตำแหน่งของป้ายทะเบียนแล้ว จะทำการ Segment รูป โดยจะแบ่งตัวอักษรกับตัวเลขแยกออกจากกันเป็นตัวๆ ที่ต้องทำการแบ่ง Segment ตัวอักษรกับตัวเลขนั้น เพราะจะนำเข้าสู่ระบบรู้จำ Neural Network เพื่อหาว่าตัวอักษรและตัวเลขเหล่านั้นคือตัวอะไร

รูปที่ 3.15 ตำแหน่งของแผ่นป้ายทะเบียนที่แยกออกมาจากรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.16 แสดงการแยกตัวอักษร โดยกระบวนการ Segmentation

ในส่วนของการระบุตัวเลขทะเบียนรถนี้ คือความสามารถในการระบุหมายเลขทะเบียนรถได้อย่างถูกต้องมากที่สุด โดยหลังจากขั้นตอนก่อนหน้านี้ที่สามารถแบ่งตัวอักษรและตัวเลขแต่ละตัวได้แล้ว และจะส่งภาพของตัวอักษรเหล่านั้นมายังขั้นตอนรู้จำเพื่อระบุว่าเป็นหมายเลขใด โดยในส่วนของระบบรู้จำหรือ Neural Network นั้นจะมีการเก็บตัวอักษรที่มีการใช้งานทั้งหมด 33 ตัว และตัวเลขอีก 10 ตัว โดยแต่ละตัวอักษรจะมีการเก็บไว้ประมาณ 20-30 ตัว ที่ไม่สามารเก็บได้มากกว่านี้เพราะตัวอักษรบางตัวถูกใช้ไปนานแล้ว หลังจากผ่านกระบวนการ Neural Network เราจะสามารถระบุชนิดของตัวอักษรและตัวเลขได้

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1) คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค ใช้ในการทดลองและสร้างโปรแกรม และใช้ในการทำรับข้อมูลภาพและการทำ Image Processing ในการทดลอง
2) บอร์ด ARM7 ใช้ในการทดลองการถ่ายภาพและส่งข้อมูลภาพมายังโน๊ตบุ๊ค
3) Photo sensor ใช้ในการทดลองและจับการเคลื่อนไหวของรถยนต์ที่เข้ามาใกล้
4) กล้อง CMOS ใช้ในการทดลองการถ่ายภาพป้ายทะเบียน
5) โปรแกรม Visual Studio 2005 ใช้ในการสร้างโปรแกรมหลักของโครงงานนี้
6) โปรแกรม keil ใช้ในการลงโปรแกรมให้กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

ส่วนของบอร์ด ARM7 จะเก็บผลสองที่คือ จาก Photo Sensor และ CMOS Camera โดยสองอันนี้เก็บผลโดยการวัดค่าจากสโคป ซึ่งเป็นการตรวจสอบว่า Photo Sensor และ CMOS Camera ได้ทำงานเป็นไปตามต้องการหรือไม่

ส่วนของโปรแกรมนั้น จะเก็บผลโดยการเขียนโปรแกรมให้แสดงผลออกมาว่าได้รับภาพจากบอร์ด ARM7 หรือไม่ และมีการเก็บผลจากโปรแกรมที่มีการทำ Image Processing โดยจะมีการแสดงผลตัวเลขที่ได้ผ่านกระบวนการประมวลผลภาพออกมาทางหน้าต่างโปรแกรม ในส่วนการเก็บผลนั้นจะเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลและจัดเก็บในรูปแบบตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

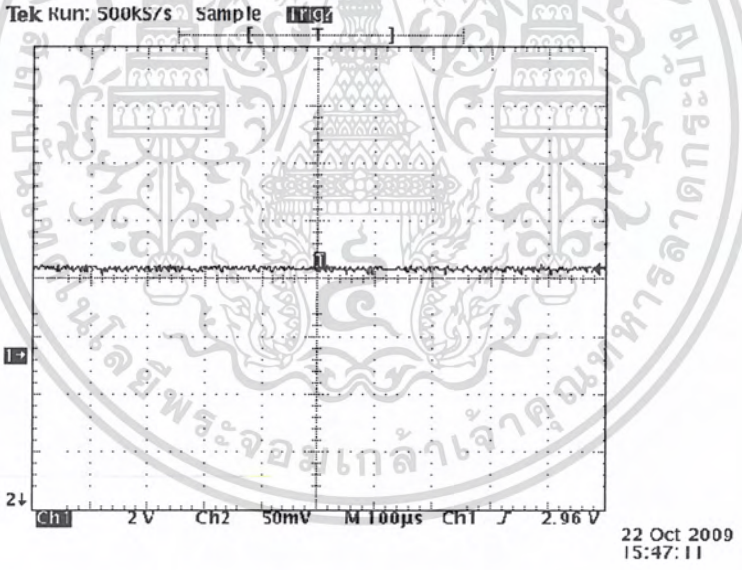
บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองเมื่อมีรถผ่านและมีการถ่ายรูป

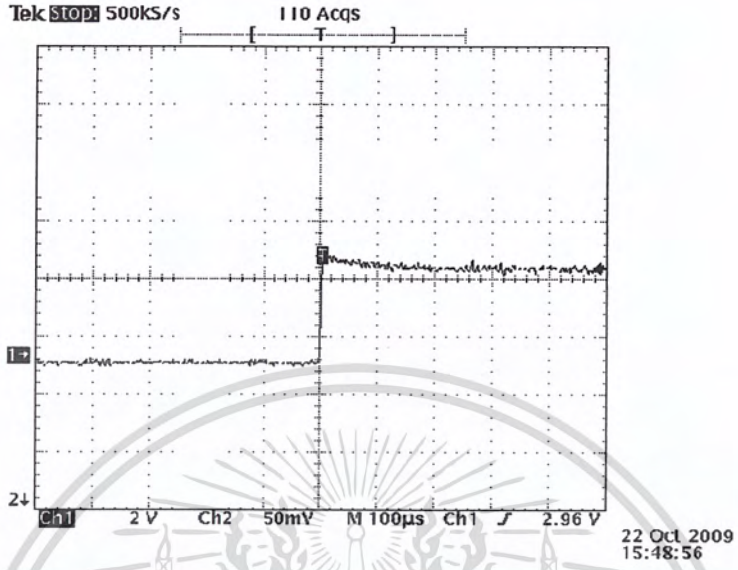
การที่กล้องจะถ่ายรูปรถยนต์นั้น จะต้องมีรถยนต์วิ่งผ่าน Photo Sensor ก่อน จากนั้นบอร์ด ARM7 จะทำการสั่งกล้อง CMOS ทำการถ่ายภาพรถยนต์

4.1.1สัญญาณที่วัดจากตัวเซนเซอร์



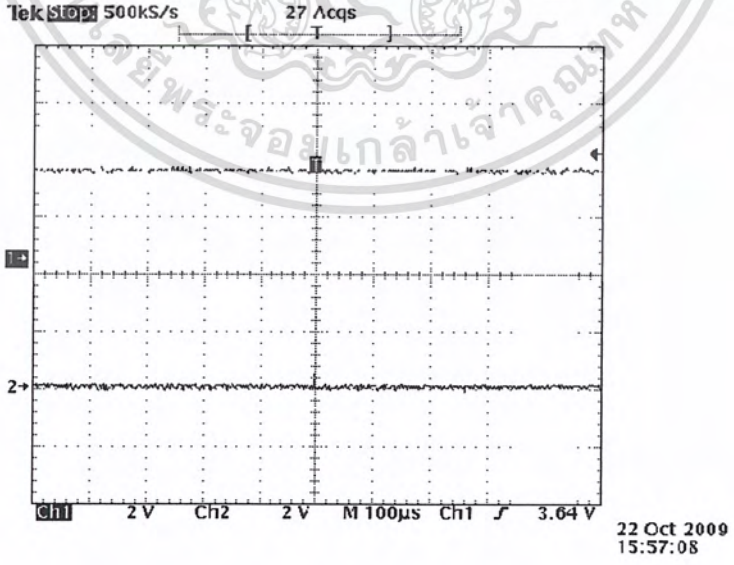
รูปที่ 4.1 สัญญาณที่วัดเมื่อไม่มีวัตถุเคลื่อนผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



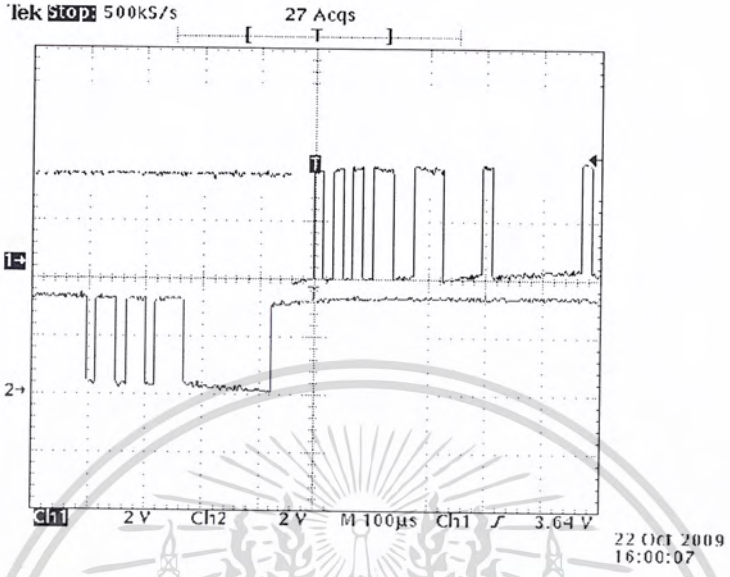
รูปที่ 4.2 สัญญาณที่วัดเมื่อมีวัตถุเคลื่อนผ่าน

4.1.2 สัญญาณที่วัดจากตัวกล้อง



รูปที่ 4.3 สัญญาณที่วัดเมื่อไม่มีวัตถุเคลื่อนผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

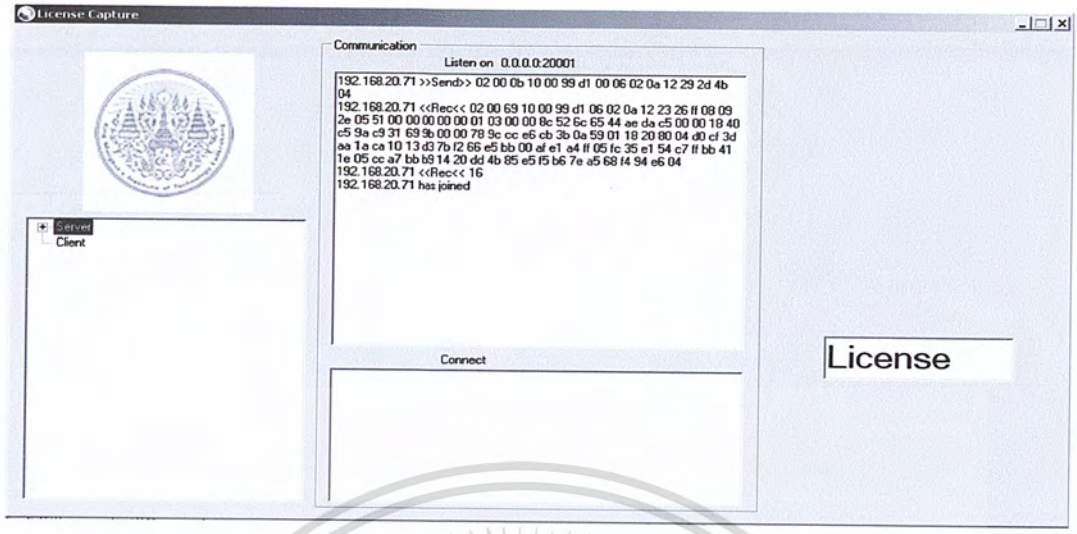


รูปที่ 4.4 สัญญาณที่วัดได้เมื่อมีวัตถุเคลื่อนผ่าน

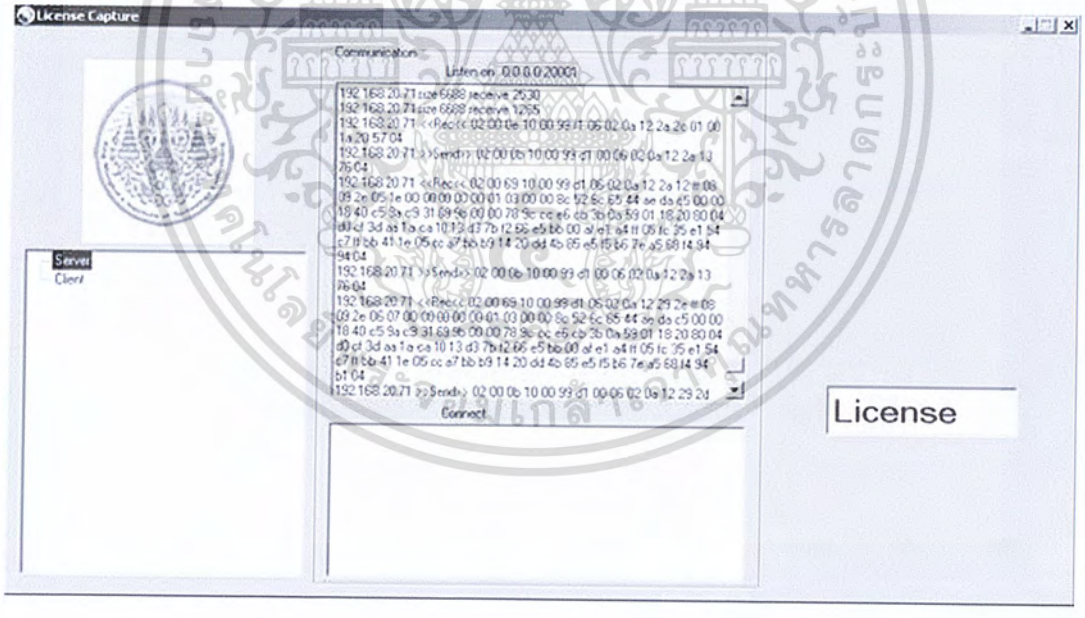
4.2 ผลการทดลองการส่งภาพมายังคอมพิวเตอร์

เมื่อบอร์ด ARM7 ได้ทำการส่งรูปมายังเครื่องคอมพิวเตอร์ บอร์ดจะทำการติดต่อกับคอมพิวเตอร์จะทำการ Sync เวลากันเพื่อให้เวลาบอร์ดกับเครื่องคอมพิวเตอร์ตรงกันหลังจากนั้นพอเซนเซอร์สั่งกล้องถ่ายรูป กล้องจะทำการถ่ายรูปและส่งรูปมายังบอร์ดหลัก และบอร์ดหลักจะทำการส่งรูปมายังคอมพิวเตอร์อีกทีหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

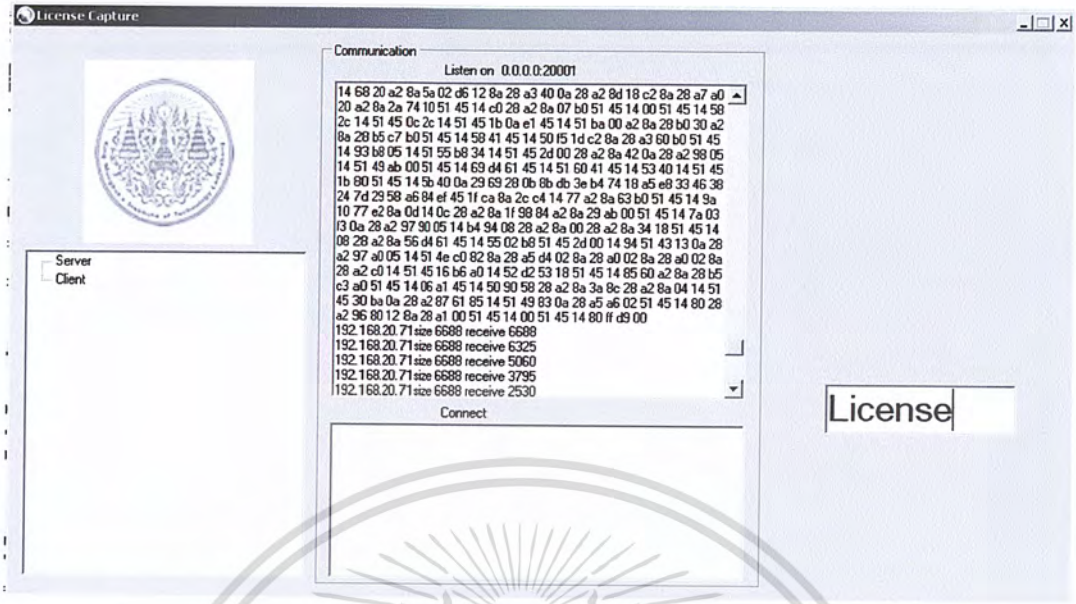


รูปที่ 4.5 โปรแกรมทำงานเมื่อเชื่อมต่อกับชุดอุปกรณ์

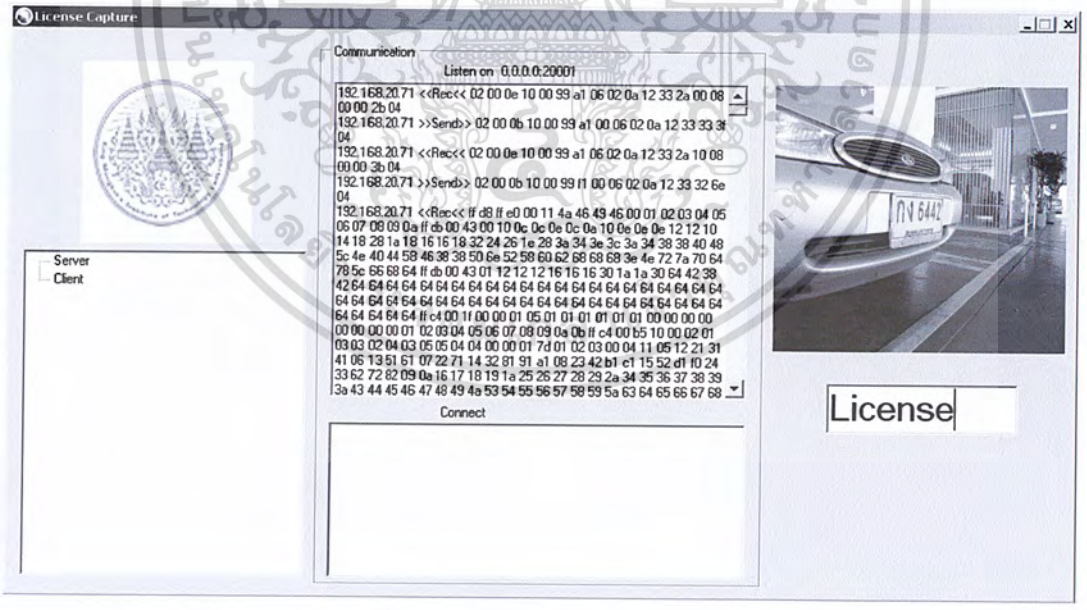


รูปที่ 4.6 การทำงานของโปรแกรมเมื่อมีการเคลื่อนไหวผ่านเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

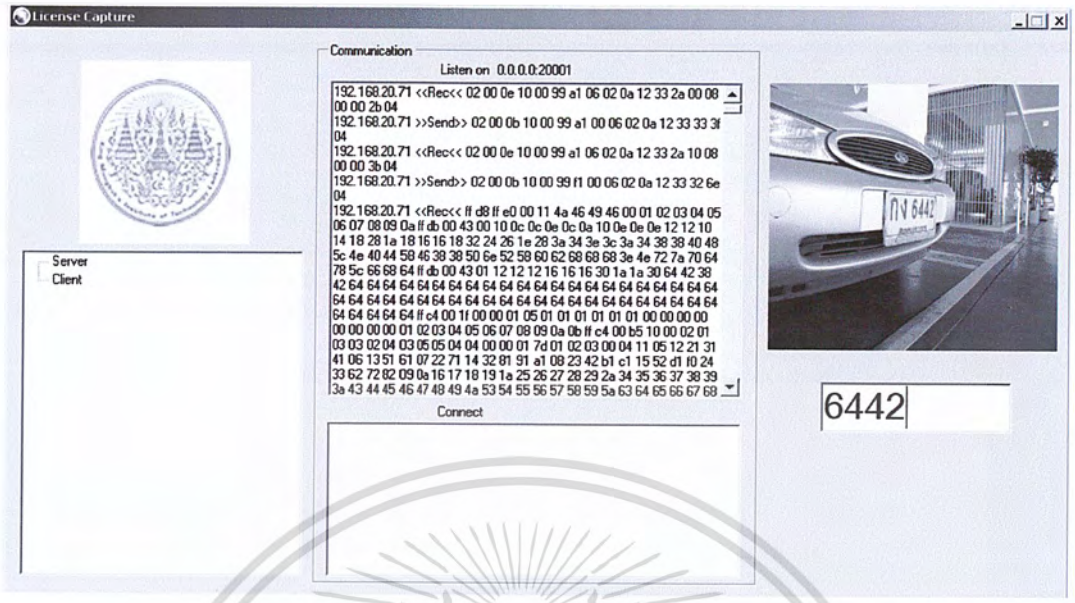


รูปที่ 4.7 บอร์ดกำลังส่งรูปมายังเครื่องคอมพิวเตอร์

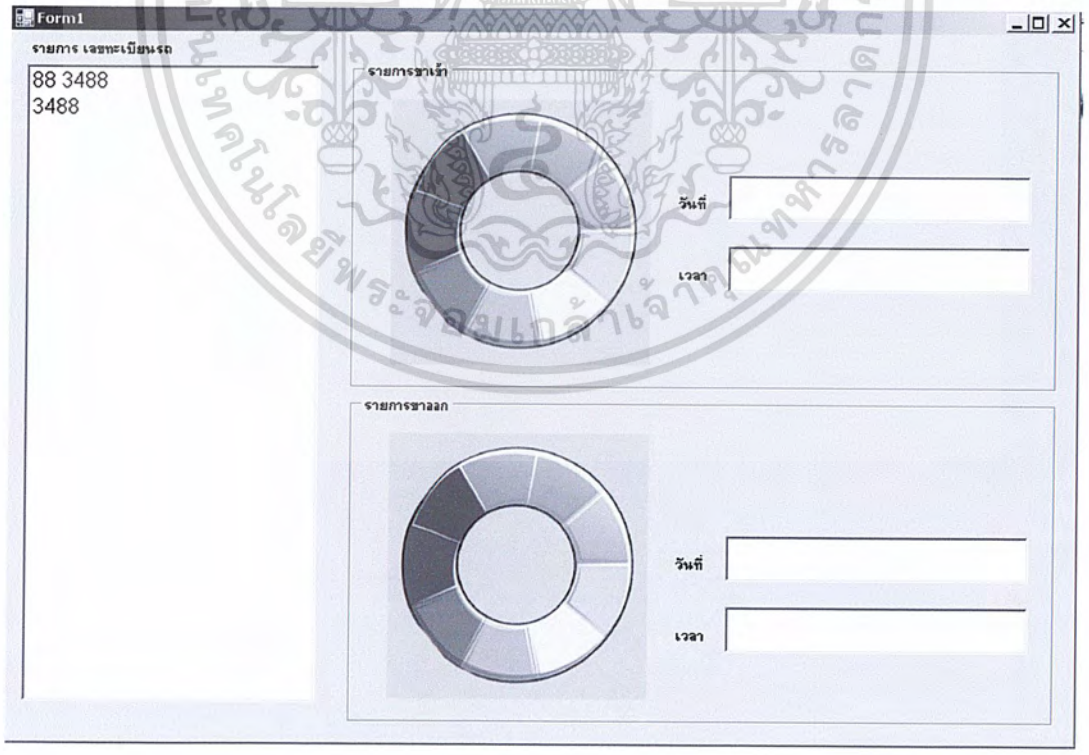


รูปที่ 4.8 โปรแกรมได้รับรูปจากบอร์ดเรียบร้อยและเตรียมการประมวลผลภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

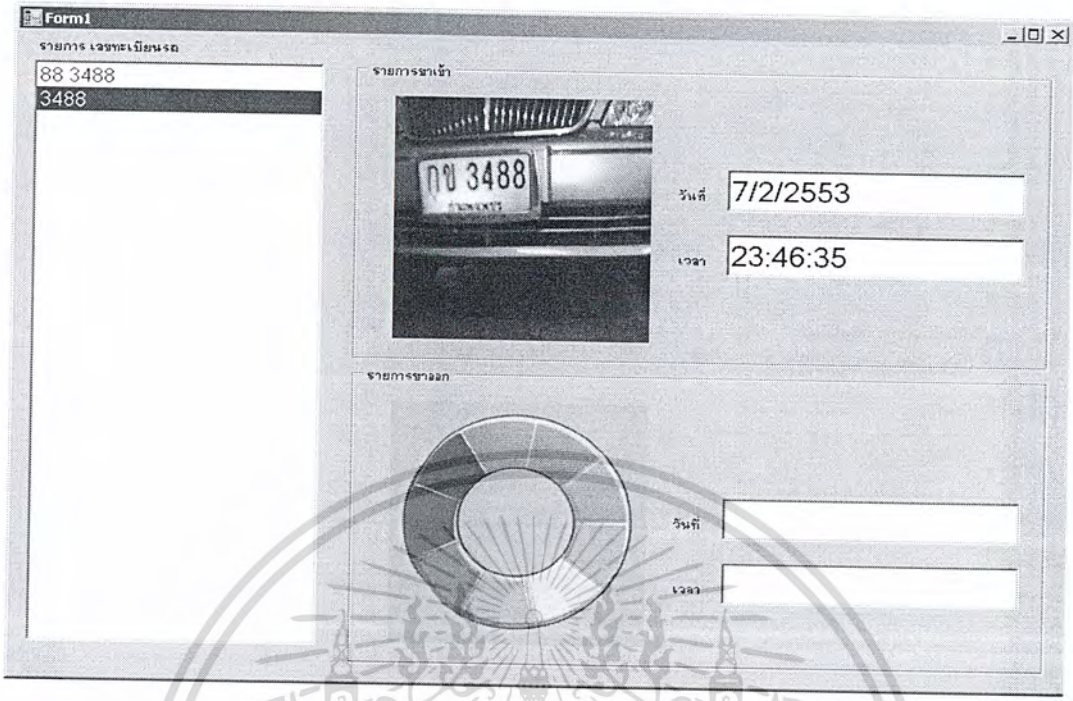


รูปที่ 4.9 โปรแกรมทำการประมวลผลภาพเสร็จเรียบร้อยและได้ข้อมูลออกมาเป็นตัวเลข

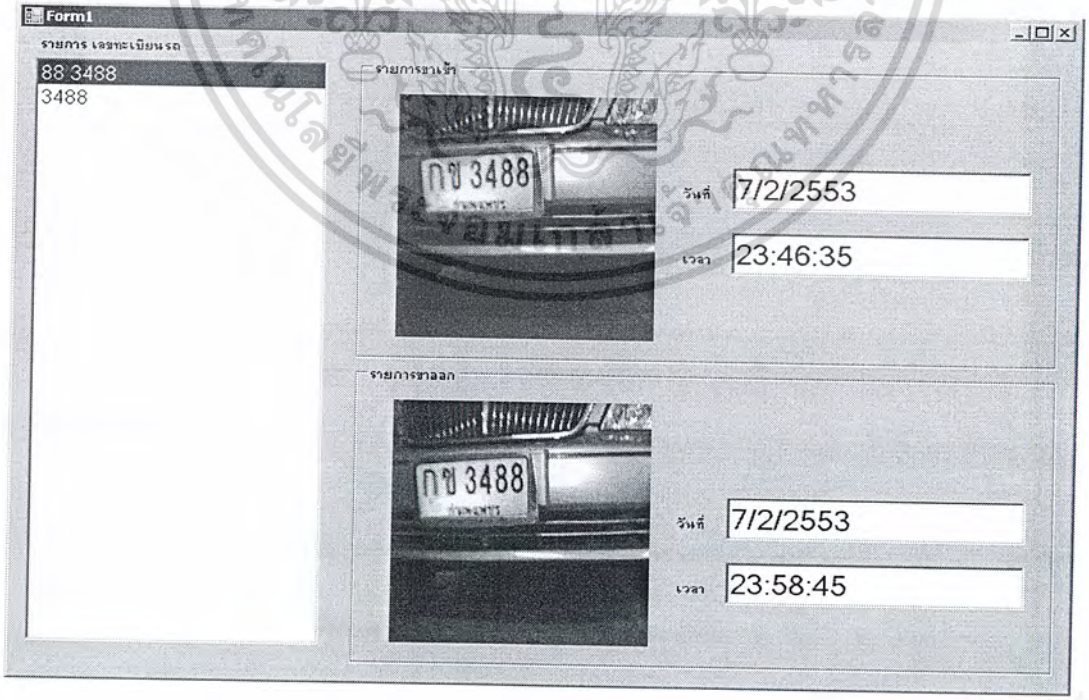


รูปที่ 4.10 หน้าต่างโปรแกรมที่จะแสดงผลการเก็บข้อมูลของ database

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 หน้าต่างโปรแกรมแสดงการบันทึกข้อมูลรถขาเข้า



รูปที่ 4.12 หน้าต่างโปรแกรมแสดงการบันทึกข้อมูลรถขาเข้าและออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

โครงงานนี้เป็นการสร้างระบบการตรวจจับรถยนต์เข้าออกโดยใช้กล้อง CMOS ซึ่งสามารถใช้ในการถ่ายภาพบริเวณป้ายทะเบียนรถยนต์ โดยฮาร์ดแวร์ในส่วนของวงจรกล้อง CMOS และ Photo Sensor จะควบคุมผ่านบอร์ด ARM7 เพื่อทำหน้าที่ตรวจสอบรถยนต์ที่ผ่านมาและทำให้กล้องทำการถ่ายภาพ และทำการส่งข้อมูลภาพไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านสาย UTP ด้วยโปรโตคอล TCP/IP จากนั้นคอมพิวเตอร์จะทำการประมวลผลภาพมาเป็นข้อมูลตัวอักษรและทำการจัดเก็บข้อมูลในลำดับต่อไป

1. Photo Sensor ทำการสั่งกล้อง CMOS ทำการถ่ายรูปแล้วบอร์ด ARM7 ทำการส่งข้อมูลภาพไปยังคอมพิวเตอร์
2. คอมพิวเตอร์ทำการประมวลผลภาพมาเป็นข้อมูลตัวอักษร
3. นำภาพและข้อมูลตัวอักษรมาจัดเก็บในเครื่องคอมพิวเตอร์

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. แสง และสิ่งแวดล้อมเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบมาก ดังนั้นหากนำไปใช้ประยุกต์ในงานด้านต่างๆ จำเป็นต้องควบคุมสภาวะแสงให้เหมาะสม
2. ในโครงงานนี้เลือกใช้กล้อง CMOS ซึ่งง่ายต่อการใช้งานแต่มีข้อจำกัดเรื่องแสง หากจำเป็นต้องนำระบบใช้เวลาในบริเวณที่มีปริมาณแสงมากควรเปลี่ยนกล้องเพื่อทำให้ระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] จันทร์จิรา สินทนะโยธิน, วิศรุต พลสิทธิ์. “Image processing”. http://www.nectec.or.th/

[2] ธีรพงษ์ พุ่มพฤกษ์ และปนัย เจียมเจริญกูล *“ระบบจดจำทะเบียนรถยนต์”*.ปริญญานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง, 2546

[3] ธรรมนูญ กวินเฟื่องฟูกุล และปวงชัย สัตยภิวัตน์. *“การรู้จำป้ายทะเบียนรถด้วยระบบสมองกลฝังตัว”*. ปริญญานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง, 2550

[4] สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร. “คู่มือ Visual C# 2005 ฉบับสมบูรณ์”. ไอดีซี อินโฟ ดิสทริบิวเตอร์ เซ็นเตอร์, บจก. ,2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้