ระบบวัดระยะทางด้วยแสงเลเซอร์ร่วมกับการประมวลผลภาพ

SYSTEM OF LASER AND IMAGE PROCESSING RANGE FINDER

โดย

นางสาวพลอยชมพู ฤกษ์พินธุวัฒน์

นางสาวอิสราภรณ์ โภคินโชติอนันต์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

ระบบวัดระยะทางด้วยแสงเลเซอร์ร่วมกับการประมวลผลภาพ
SYSTEM OF LASER AND IMAGE PROCESSING RANGE FINDER

โดย
นางสาวพลอยชมพู ฤกษ์พินธุวัฒน์
นางสาวอิสราภรณ์ โภคินโชติอนันต์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบวัดระยะทางด้วยแสงเลเซอร์ร่วมกับการประมวลผลภาพ
SYSTEM OF LASER AND IMAGE PROCESSING RANGE FINDER

โดย

นางสาวพลอยชมพู	ฤกษ์พินธุวัฒน์	53011073
นางสาวอิสราภรณ์	โภคินโชติอนันต์	53011945

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน

รศ.ดร.จีรสุดา โกษียาภรณ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว

(.....)

อาจารย์ที่ปรึกษา

7 / มี.ค. 57

วิศวกรรมโทรคมนาคม
Telecommunications Engineering

ผ่านการตรวจชิ้นงานแล้ว

(.....)

กรรมการผู้ตรวจชิ้นงาน

15 / มี.ค. 57

วิศวกรรมโทรคมนาคม
Telecommunications Engineering

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2556
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง ระบบวัดระยะทางด้วยแสงเลเซอร์ร่วมกับการประมวลผลภาพ
SYSTEM OF LASER AND IMAGE PROCESSING RANGE FINDER

ผู้จัดทำ
1. นางสาวพลอยชมพู ฤกษ์พินธุวัฒน์ 53011073
2. นางสาวอิสราภรณ์ โภคินโชติอนันต์ 53011945

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รศ.ดร.จีรสุดา โกษียาภรณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้ สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเพราะได้รับการช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ท่านอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน และ รศ.ดร.จีรสุดา โกษียาภรณ์ ที่ให้คำแนะนำ คำสั่งสอน ให้ความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่ทำโครงงานนี้ ขอขอบพระคุณท่านในความห่วงใยและความหวังดีที่ให้แก่พวกเราเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณ คณาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนและประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้จัดทำ

ขอขอบคุณ ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่คอยช่วยเหลือ ให้กำลังใจแก่ผู้จัดทำเสมอมา จนกระทั่งปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ความดีอันเกิดจากการทำปริญญานิพนธ์นี้ผู้จัดทำขอมอบแด่ บิดา มารดา ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

นางสาวพลอยชมพู ฤกษ์พินธุวัฒน์
นางสาวอิสราภรณ์ โภคินโชติอนันต์

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบวัดระยะทางด้วยแสงเลเซอร์ร่วมกับการประมวลผลภาพ
SYSTEM OF LASER AND IMAGE PROCESSING RANGE FINDER

โดย นางสาวพลอยชมพู ฤกษ์พินธุวัฒน์ 53011073
นางสาวอิสราภรณ์ โภคินโชติอนันต์ 53011945

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน
รศ.ดร.จีรสุดา โกษียาภรณ์

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอการสร้างระบบวัดระยะทางด้วยลำแสงเลเซอร์ร่วมกับการประมวลผลภาพ โดยระบบจะยิงลำแสงเลเซอร์ไปตกกระทบกับวัตถุเป้าหมายที่ต้องการวัดระยะทาง จากนั้นระบบจะถ่ายภาพแล้วนำภาพดังกล่าวไปผ่านการประมวลผลเพื่อตรวจจับตำแหน่งของเลเซอร์บนภาพ โดยใช้หลักการการสร้างสี่เหลี่ยมล้อมรอบขอบเขตภาพที่คาดว่าจะเป็นตำแหน่งที่เลเซอร์ตกกระทบ แล้วกำหนดเงื่อนไขของสี่เหลี่ยมดังกล่าว เพื่อให้สามารถตรวจจับขอบเขตของภาพที่เลเซอร์ตกกระทบได้ถูกต้อง จากนั้นระบบจะทำการหาจุดเซนทรอยด์ของภาพเพื่อนำมาหาระยะห่างจากขอบบนของภาพในหน่วยพิกเซล ค่าดังกล่าวจะถูกนำไปเทียบมาตรฐานกับระยะทางจริงแล้วใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลเพื่อหาสมการความสัมพันธ์ในการคำนวณระยะทาง อีกทั้งระบบจะแสดงผลค่าระยะทางผ่านจอ LCD และแจ้งเตือนด้วยเสียงเมื่อระยะทางมีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้

ABSTRACT

This thesis presents a system of Infrared and Image Processing Range Finder. The system will shoot laser on a target. Then the captured image will be processed by image processing to detect a position of laser on image by using bounding box solution which is under the condition for finding the correct laser point. Next, the system will find centroid of laser for calculating the distance from top of image frame in pixel unit. Exponential linear regression is then employed to determine the relation for range calculation. Finally, the system will display range on LCD screen and also provide warning when the range is less than the pre-defined value.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	V
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	
2.1 เลเซอร์ไดโอด (Laser Diode)	2
2.2 โมดูลกล้องราสเบอร์รี่ไพ (Raspberry Pi Camera Module)	3
2.3 วงจรโวลเตจเรกกูเรเตอร์ (Voltage Regulator)	4
2.4 วงจรกำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยม	6
2.5 วงจรส่งผ่านแรงดัน (Voltage Follower)	8
2.6 วงจรขับกระแส (Drive Current)	8
2.7 ราสเบอร์รี่ไพ (Rasberry Pi)	10
2.8 ภาษา C++	12
2.9 ไลบรารี่โอเพ่นซีวี (OpenCV)	13
2.10 การปรับแต่งก่อนการประมวลผลข้อมูล (Image Pre-processing)	14
2.11 ส่วนประกอบที่เชื่อมกัน (Connected Component)	16
2.12 การหาขอบภาพ (Edge Detection)	17
2.13 การหาขอบภาพด้วยวิธี Canny (Canny Edge Detection)	20
2.14 การสร้างสี่เหลี่ยมล้อมรอบขอบเขตวัตถุ (Bounding Box)	21
2.15 เซนทรอยด์ (Centriod)	22
2.16 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression)	23
2.17 ไมโครคอนโทรลเลอร์	25
2.18 อาร์ดูโน่ (Arduino)	28
2.19 การสื่อสารข้อมูล (Data Communication)	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

		หน้า
บทที่ 3	**การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์**	
	3.1 ส่วนประกอบโดยรวมของระบบ	41
	3.2 การออกแบบส่วนประกอบด้านฮาร์ดแวร์	41
	3.3 การออกแบบส่วนประกอบด้านซอฟต์แวร์	45
	3.4 การออกแบบการจัดเก็บการทดลอง	58
	3.5 การออกแบบชิ้นงาน	59
	3.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	61
บทที่ 4	**ผลการทดลอง**	
	4.1 ทดลองวงจรขับกระแส	63
	4.2 การเทียบมาตรฐาน	64
	4.3 การหาระยะทางจากเลเซอร์	66
	4.4 ทดสอบการแสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี	71
	4.5 ทดลองในส่วนของการแจ้งเตือน	71
บทที่ 5	**สรุปผลและข้อเสนอแนะ**	
	5.1 สรุปผล	77
	5.2 ข้อเสนอแนะ	79
	บรรณานุกรม	80
	ภาคผนวก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ความยาวคลื่นแสง	2
2.2	โมดูลกล้องราสเบอร์รี่ไพ	3
2.3	การเชื่อมต่อโมดูลกล้องราสเบอร์รี่ไพกับบอร์ดราสเบอร์รี่ไพ	3
2.4	แผนภาพแสดงการเชื่อมต่อของวงจรเรกกูเรเตอร์	4
2.5	การสร้างวงจรเรกกูเรเตอร์	5
2.6	วงจรแหล่งจ่ายไฟโดยใช้ MC78XX	5
2.7	ลักษณะของไอซี 555	6
2.8	การจัดเรียงขาของไอซี 555	6
2.9	วงจรกำเนิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม	7
2.10	วงจรส่งผ่านแรงดัน	8
2.11	วงจรขับกระแสแบบอิมิตเตอร์ร่วม	9
2.12	ส่วนประกอบของราสเบอร์รี่ไพ	10
2.13	การจัดเรียงขาของพอร์ตอินพุตเอาต์พุตอเนกประสงค์	12
2.14	ตัวอย่างการเขียนภาษา C++	13
2.15	การเก็บค่าระดับความเข้มแสงแต่ละระดับสีในจุดภาพ	14
2.16	การเก็บค่าระดับสีเทาในแต่ละจุดภาพ	15
2.17	ค่าไบนารี่ของภาพขาวดำในแต่ละจุดภาพ	15
2.18	พิกเซลที่เชื่อมต่อกันแบบ $N_4(p)$	16
2.19	พิกเซลที่เชื่อมต่อกันแบบ $N_D(p)$	16
2.20	พิกเซลที่เชื่อมต่อกันในภาพขาวดำ	16
2.21	ส่วนประกอบที่เชื่อมกัน	17
2.22	การหาขอบภาพโดยการหาผลต่างเคลื่อนที่ของพิกเซลแนวแถวและคอลัมน์	18
2.23	ตัวอย่างการหาขอบภาพด้วยวิธีเกรเดียนต์	18
2.24	ตัวอย่างในการหาขอบภาพด้วยวิธีลาปลาสเซียน	19
2.25	ภาพเปรียบเทียบในการหาขอบภาพด้วยวิธีเกรนเดียนต์และลาปลาสเซียน	19
2.26	แนวคิดในการสร้างสี่เหลี่ยมล้อมรอบขอบเขตวัตถุ	22
2.27	ตัวอย่างเซนทรอยด์ของวัตถุแสดงจุดเซนทรอยด์เป็นจุดกากบาท	23
2.28	แผนภาพกระจายรูปแบบต่างๆของกราฟความสัมพันธ์	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.29	การจัดวางขาของเอทีเมกา 168	28
2.30	หน้าต่างโปรแกรมอาร์ดูโน่	30
2.31	ขั้นตอนการเข้าสู่การเปิดตัวอย่างของโปรแกรม	30
2.32	การเปิดโปรแกรมตัวอย่าง Blink	31
2.33	การตรวจสอบโปรแกรมที่เขียน	32
2.34	การเลือกชนิดของบอร์ด	33
2.35	การเลือกชนิดของพอร์ต	33
2.36	การเขียนข้อมูลคำสั่งลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์	34
2.37	การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส	35
2.38	การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส	36
2.39	การสื่อสารข้อมูลแบบขนาน	37
2.40	ระดับสัญญาณของ RS232	38
2.41	ตำแหน่งขาของไอซี MAX232	38
2.42	การต่อใช้งานไอซี MAX232 กับไมโครคอนโทรลเลอร์	40
3.1	แผนภาพส่วนประกอบของระบบโดยรวม	41
3.2	วงจรย่อยภายในชุดอินฟราเรด	42
3.3	วงจรโวลเตจเรกกูเรเตอร์ด้วยไอซี 7805	42
3.4	วงจรกำเนิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม	43
3.5	ชุดวงจรขับเลเซอร์ไดโอด	44
3.6	ผังงานการทำงานของโปรแกรมทั้งหมด	46
3.7	ผังงานการปรับแต่งข้อมูลก่อนการประมวลผล	47
3.8	โค้ดในการปรับแต่งข้อมูลก่อนการประมวลผล	48
3.9	ผังงานการตรวจจับตำแหน่งอินฟราเรด	49
3.10	โค้ดตรวจจับตำแหน่งเลเซอร์	50
3.11	การเชื่อมต่อแอลซีดีกับราสเบอร์รี่ไพ	52
3.12	ผังงานแสดงการทำงานของส่วนแสดงผล	53
3.13	โค้ดการแสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวน ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.14	บล็อกไดอะแกรมการแจ้งเตือน	54
3.15	การเชื่อมต่อระหว่างราสเบอร์รี่ไพกับไมโครคอนโทรลเลอร์	54
3.16	ผังงานการส่งข้อมูลจากราสเบอร์รี่ไพไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์	55
3.17	โค้ดการแจ้งเตือนในส่วนของราสเบอร์รี่ไพ	55
3.18	การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์บัซเซอร์	56
3.19	ผังงานการรับค่าระยะทางและเงื่อนไขการแจ้งเตือน	57
3.20	โค้ดการแจ้งเตือนในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์	58
3.21	การออกแบบการจัดเก็บผลการทดลอง	59
3.22	โครงสร้างด้านหน้าของชิ้นงาน	60
3.23	โครงสร้างด้านหลังของชิ้นงาน	60
3.24	การวางอุปกรณ์ภายในชิ้นงาน	61
3.25	ภาพ 3 มิติ ของชิ้นงาน	61
4.1	การทดลองวงจรขับกระแส	63
4.2	สัญญาณที่ได้จากวงจรขับกระแส เมื่อกำหนด DUTY CYCLE เท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์	64
4.3	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างของเลเซอร์ในหน่วยพิกเซลกับระยะทางจริง	65
4.4	กราฟจากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น	65
4.5	ภาพสีที่ถ่ายจากโมดูลกล้อง	67
4.6	ภาพสีเทา	67
4.7	ภาพขาวดำ	68
4.8	ภาพที่ตัดเฉพาะส่วนที่มีเลเซอร์	68
4.9	ภาพจากการวาดเส้นตามขอบภาพ	69
4.10	ภาพที่ทำการสร้างกรอบสี่เหลี่ยมล้อมรอบขอบเขตภาพทั้งหมด	69
4.11	การหาจุดเซนทรอยด์ของภาพทั้งหมด	70
4.12	ภาพแสดงตำแหน่งที่เลเซอร์ตกกระทบในภาพ	70
4.13	ค่าระยะห่างในหน่วยพิกเซล และค่าระยะทางจากสมการคำนวณระยะทางที่แสดงบนหน้าต่างคอมมานไลน์	71
4.14	ข้อความแสดงบนหน้าจอแอลซีดีโดยใช้ราสเบอร์รี่ไพในการควบคุม	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.15	ค่าที่วัดได้จากขา TX ของราสเบอร์รี่ไพ กรณีส่งค่าเป็น 1.111 เมตร	72
4.16	ค่าที่รับได้แสดงบนหน้าจอซีเรียลมอนิเตอร์ กรณีค่าที่รับได้เท่ากับ 1.111 เมตร	73
4.17	สัญญาณจังหวะการทำงานของบัซเซอร์ กรณีค่าที่รับได้เท่ากับ 1.111 เมตร	73
4.18	ค่าที่วัดได้จากขา TX ของราสเบอร์รี่ไพ กรณีส่งค่าเป็น 3.333 เมตร	74
4.19	ค่าที่รับได้แสดงบนหน้าจอซีเรียลมอนิเตอร์ กรณีค่าที่รับได้เท่ากับ 3.333 เมตร	75
4.20	สัญญาณจังหวะการทำงานของบัซเซอร์ กรณีค่าที่รับได้เท่ากับ 3.333 เมตร	75
4.21	ค่าที่วัดได้จากขา TX ของราสเบอร์รี่ไพ กรณีส่งค่าเป็น 6.333 เมตร	76
4.22	ค่าที่รับได้แสดงบนหน้าจอซีเรียลมอนิเตอร์ กรณีค่าที่รับได้เท่ากับ 6.333 เมตร	76
5.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางจริงกับค่าความคลาดเคลื่อน	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ส่วนประกอบต่างๆที่สำคัญของราสเบอร์รี่ไพ	11
2.2	ส่วนประกอบต่างๆ ที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์	26
2.3	หน้าที่การทำงานของแต่ละขาของเอทีเมกา 168	29
2.4	หน้าที่การทำงานของแต่ละขาของไอซี MAX232	39
5.1	ค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดระยะทาง	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันระบบคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer vision system) ได้ถูกนำมาเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันมากมาย เช่น การประยุกต์ใช้ในการการวัดระยะห่างระหว่างรถยนต์ การสร้างแผนที่ของหุ่นยนต์ การควบคุมการผลิตสินค้าในโรงงาน เป็นต้น

ดังนั้นปริญญานิพนธ์นี้จึงได้นำเสนอระบบการวัดระยะทางด้วยแสงเลเซอร์ร่วมกับการประมวลผลภาพโดยจะนำภาพที่ได้มาทำการประมวลผลเพื่อหาระยะทาง และแสดงผลผ่านทางหน้าจอแอลซีดี อีกทั้งระบบจะแจ้งเตือนด้วยเสียงหากระยะทางที่วัดได้มีค่าน้อยกว่ากว่าระยะทางที่ได้กำหนดไว้

1.2 วัตถุประสงค์

ในการทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้ มีวัตถุประสงค์ที่สามารถแบ่งได้หลักๆดังนี้

1) ทำการหาระยะทางของวัตถุที่อยู่เบื้องหน้า
2) ทำการแจ้งเตือนเมื่อวัตถุมีระยะทางใกล้กับเครื่องวัดมากเกินไป
3) ทำการศึกษาการสะท้อนของแสงเลเซอร์

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

ในปริญญานิพนธ์นี้ได้กำหนดขอบเขตไว้ดังนี้

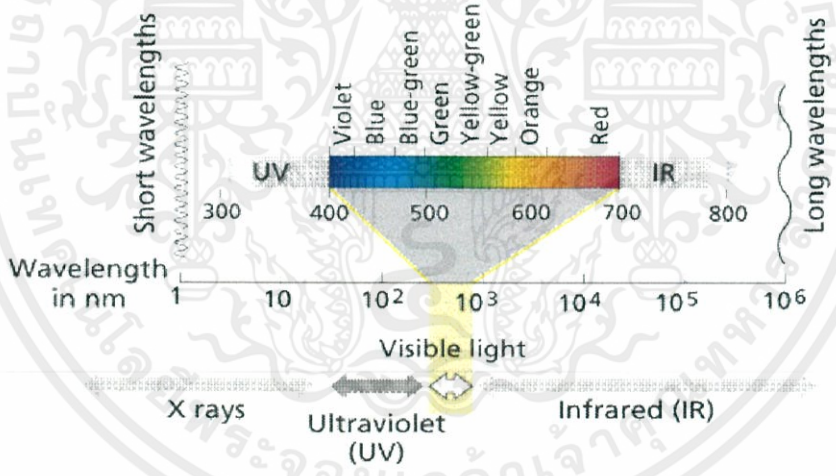
1) ใช้ลำแสงอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่น 800-1200 นาโนเมตร ยิงไปที่วัตถุเพื่อหาระยะทางของวัตถุ
2) ลำแสงเลเซอร์จะสะท้อนกลับมายังโมดูลกล้องราสเบอรี่ไพ
3) ระยะทางสูงสุดที่คำนวณได้มีระยะ 20 เมตร
4) แสดงผลระยะทางผ่านหน้าจอแอลซีดีขนาด 16x2 ตัวอักษร
5) แจ้งเตือนด้วยเสียงเมื่อระยะทางมีระยะใกล้กับเครื่องวัดมากกว่าระยะทางที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 เลเซอร์ไดโอด (Laser Diode)

เลเซอร์ไดโอดเป็นอุปกรณ์ที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำ (semiconductor) เช่น GaAs (แกลเลียมอาร์เซไนด์) GaAlAs (แกลเลียมอะลูมิเนียมอาร์เซไนด์) InGaAsP (อินเดียมแกลเลียมอาร์เซไนด์ฟอสฟายด์) ซึ่งมีค่าแถบพลังงานที่ต่างกัน ค่าของแถบพลังงานที่ต่างกันนั้นส่งผลให้ความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์นั้นมีค่าที่ต่างกัน เช่น GaAs ให้แสงเลเซอร์ที่มีความยาวคลื่น 800 นาโนเมตร ซึ่งอยู่ในช่วงเสปกตรัมของอินฟราเรด แสงที่ได้ก็จะไม่สามารถใช้ตาเปล่ามองดูได้ GaAlAs ให้แสงเลเซอร์ที่มีความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร ซึ่งอยู่ในช่วงเสปกตรัมของสีแดงซึ่งสามารถมองเห็นได้ โดยแสงที่ได้จะเป็นแสงสีแดง ซึ่งคลื่นทั้งหมดนั้นจะมีความถี่และเฟสเดียวกัน ซึ่งแสดงค่าเสปคตรัมในช่วงต่างๆดังรูปที่ 2.1 ในปริญญานิพนธ์นี้ใช้เลเซอร์ไดโอด ที่มีช่วงความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร (สีแดง) และช่วงความยาวคลื่น 800 นาโนเมตร (อินฟราเรด) ในการวัดระยะทาง แต่เนื่องด้วยในการใช้งานในปริญญานิพน์นี้นั้น ใช้ในการวัดระยะห่างระหว่างรถ จึงใช้ตัวอินฟราเรดซึ่งอยู่ในย่านความถี่ที่สายตาไม่สามารถมองเห็นได้ จึงขออธิบายส่วนอินฟราเรดเป็นหลัก



รูปที่ 2.1 ความยาวคลื่นแสง

2.1.1 อินฟราเรด (Infrared)

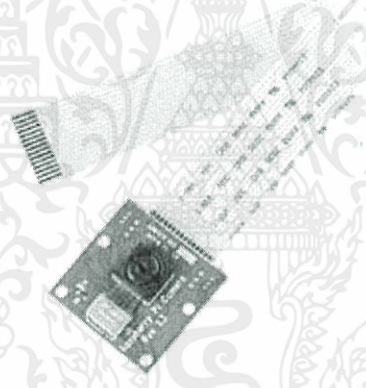
อินฟราเรดมีชื่อเรียกว่า รังสีใต้แดงหรือรังสีความร้อน มีคุณสมบัติเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่างคลื่นวิทยุและแสงมีความยาวคลื่นในช่วง 800 นาโนเมตร ซึ่งลำแสงอินฟราเรดเดินทางเป็นเส้นตรง ไม่สามารถผ่านวัตถุทึบแสง และสามารถสะท้อนแสงในวัสดุผิวเรียบได้เหมือนกับแสงทั่วไป โดยในปัจจุบันได้มีการนำอินฟราเรดมาประยุกต์ใช้งานกันอย่าง

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

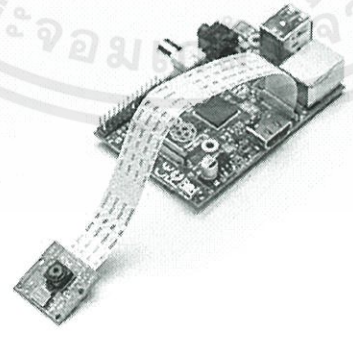
แพร่หลาย เช่น การใช้ในกล้องถ่ายรูปในเวลากลางคืน และกล้องส่องทางไกลในที่มืด เป็นต้น ซึ่งมีข้อดีดังนี้ ใช้พลังงานที่น้อย มีราคาถูกและคลื่นแทรกจากเครื่องไฟฟ้าใกล้เคียงมีน้อย ซึ่งในปริญญานิพนธ์นี้ได้เลือกใช้อินฟราเรดความยาวคลื่น 808 นาโนเมตร มีความถี่เท่ากับ 371 เทระเฮิรตซ์ ซึ่งใช้กำลังงานเท่ากับ 400 มิลลิวัตต์

2.2 โมดูลกล้องราสเบอร์รี่ไพ (Raspberry Pi Camera Module)

โมดูลกล้องราสเบอร์รี่ไพเป็นโมดูลกล้องที่ใช้เชื่อมต่อการใช้งานกับบอร์ดราสเบอร์รี่ไพ แสดงโมดูลกล้องราสเบอร์รี่ไพดังรูปที่ 2.2 สามารถเชื่อมต่อกับบอร์ดราสเบอร์รี่ไพโดยเสียบสายแพรของโมดูลกล้องเข้ากับตัวเชื่อมต่อกล้อง (camera connector) ซึ่งก็คือ CSI (Camera Serial Interface) สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.3 โมดูกล้องนี้มีความละเอียด 5 ล้านพิกเซล สามารถถ่ายภาพนิ่งและสามารถถ่ายวิดีโอระดับ HD ที่ความละเอียดสูงถึง 1080p ขนาดของบอร์ด Raspberry Pi Camera Module มีขนาดประมาน 25 มิลลิเมตร x 20 มิลลิเมตร x 9 มิลลิเมตร และมีน้ำหนักเบาเพียง 3 กรัม



รูปที่ 2.2 โมดูลกล้องราสเบอร์รี่ไพ



รูปที่ 2.3 การเชื่อมต่อโมดูลกล้องราสเบอร์รี่ไพกับบอร์ดราสเบอร์รี่ไพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 วงจรโวลเตจเรกกูเรเตอร์ (Voltage Regulator)

วงจรโวลเตจเรกกูเรเตอร์ คือ วงจรที่ต่อระหว่างแหล่งจ่ายไฟตรงซึ่งมีค่าไม่คงที่กับโหลด โดยมีหน้าที่จ่ายไฟตรงให้กับโหลดและสามารถรักษาระดับแรงดันให้คงตัว ขณะที่โหลดมีการทำงานเป็น 3 กรณี คือ

กรณีที่1 เมื่อโหลดมีการเปลี่ยนแปลงซึ่งหมายถึงกระแสเอาต์พุตมีการเปลี่ยนแปลง

กรณีที่2 ระดับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟตรงมีค่าไม่คงที่โดยรวมถึงระลอกคลื่น (ripple)

กรณีที่3 อุณหภูมิของวงจรมีการเปลี่ยนแปลง

จากแผนภาพดังรูปที่ 2.4 ในกรณีที่ระดับของสัญญาณที่ออกมาจากทางด้านเอาต์พุตของวงจรแหล่งจ่าย นั้นมีระดับกระแสที่ไม่คงที่ ซึ่งในกรณีที่ต้องต่อกับวงจรโดยทั่วไป ควรใช้งานกับวงจรที่ไม่ต้องการความละเอียดของแหล่งจ่ายไฟมาก

รูปที่ 2.4 แผนภาพแสดงการเชื่อมต่อของวงจรเรกกูเรเตอร์

สำหรับกรณีในงานที่ต้องการความละเอียดของแหล่งจ่ายไฟ หรือ ในกรณีที่ต้องการใช้แหล่งจ่ายไฟมีค่าที่คงตัวไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้เข้ากับวงจรที่ต้องการระดับแรงดันที่ต่ำกว่าแหล่งจ่ายไฟที่คงตัวนั้น สามารถแก้ไขได้โดยใช้วงจรโวลเตจเรกกูเรเตอร์ซึ่งทำหน้าที่ปรับแต่งระดับสัญญาณที่ไม่ราบเรียบ ให้ราบเรียบจนเกือบเป็นไฟตรง 100 เปอร์เซ็นต์ หรือมีหน้าที่ปรับเปลี่ยนระดับแรงดันให้ลดลงจนมีระดับแรงดันตรงกับ วงจรที่นำมาต่อเป็นโหลด ซึ่งหลักการสร้างของวงจรเรกกูเรเตอร์จะมี 2 ลักษณะ คือ การสร้างแบบอนุกรมกับโหลด ดังรูปที่ 2.5ก และแบบขนานกับโหลดดังรูปที่ 2.5ข โดยใช้ซีนเนอร์ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และไอซี โดยภายในหัวข้อนี้กล่าวถึงเพียงการสร้างเรกกูเรเตอร์แบบใช้ไอซีเป็นหลัก ซึ่งเป็นชนิดที่ใช้ในระบบหลักในปริญญานิพนธ์นี้

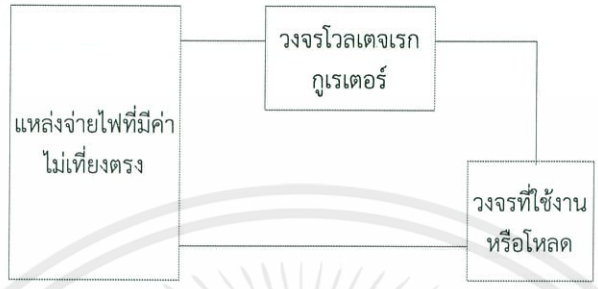
2.3.1 วงจรเรกกูเรเตอร์โดยใช้ไอซี

ปัจจุบันการใช้วงจรโวลเตจเรกกูเรเตอร์โดยอาศัยไอซีนั้นเป็นที่แพร่หลายอย่างมากเนื่องจากสามารถออกแบบได้ง่าย ราคาถูก มีขนาดเล็ก และให้คุณภาพสูง

การออกแบบวงจรโวลเตจเรกกูเรเตอร์ โดยใช้ไอซี 3 ขาแบบแรงดันเอาต์พุตคงที่เป็นบวก ซึ่งในปริญญานิพนธ์นี้ได้เลือกใช้ ไอซีตระกูล MC 78XX โดยที่ XX หมายถึงการบอกขนาดของแรงดัน เช่น MC7805 สามารถให้ระดับแรงดันมีค่าคงที่แบบบวกขนาด 5 โวลต์ โดยทั่วไปการใช้งาน ไอซี 78XX สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.6 เห็นได้ว่า ขาอินพุตของ MC78XX ต่อเข้ากับแรงดันไฟตรง และตัวเก็บประจุ C_1 สำหรับส่วนขาเอาต์พุตต่อเข้ากับตัวเก็บประจุ C_2 โดยตัวเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประจุ C_1 และ C_2 มีหน้าที่ป้องกันสัญญาณรบกวน โดยทั่วไปนิยมใช้ค่า 0.1 ไมโครฟารัดหรือ 1 ไมโครฟารัด

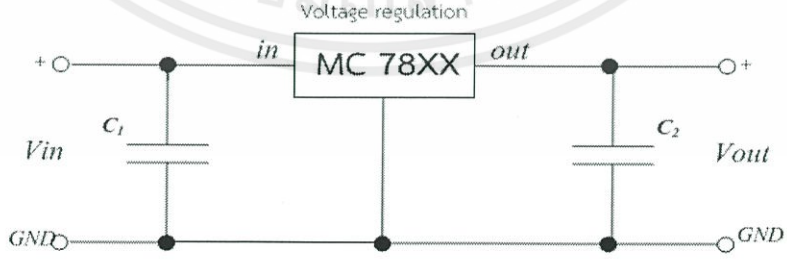


(ก) แบบต่อนุกรม

(ข) แบบต่อขนาน

รูปที่ 2.5 การสร้างวงจรเรกกูเรเตอร์

การป้องกันแรงดันที่ขาอินพุต และ ขาเอาต์พุต ของ MC78XX จำเป็นต้องมีค่าต่างกัน โดยดูจากค่า *Vin-Vout* ใน Datasheet เช่น MC7805 ค่า *Vin-Vout* เท่ากับ 2 โวลต์ ดังนั้นแรงดันที่ขาอินพุตให้ควรมีค่ามากกว่า 7 โวลต์และต้องมีค่าไม่เกิน ค่าระดับแรงดันสูงสุดที่ไอซีรับได้ (*Vmax*) จากที่ระบุไว้ใน Datasheet ซึ่งมีค่าเท่ากับ 25 โวลต์

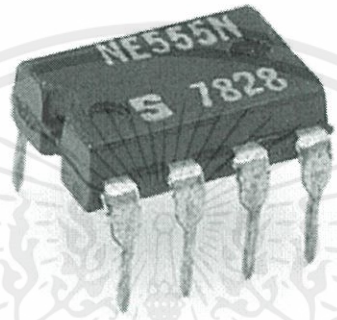


รูปที่ 2.6 วงจรแหล่งจ่ายไฟโดยใช้ MC78XX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

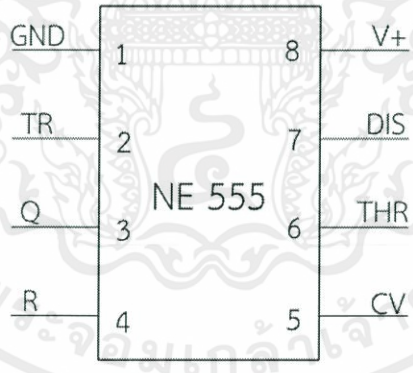
2.4 วงจรกำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยม

ในปริญญานิพนธ์นี้จะใช้ ไอซี ในการสร้างสัญญาณสี่เหลี่ยม ซึ่งไอซี 555 หรือ ไทเมอร์ 555 (Timer 555) เป็นวงจรรวม (Integrate Circuit : IC) มีหมายเลขรุ่นอยู่ 2 รุ่นได้แก่ เอสอี 555 (SE 555) และ เอ็นอี 555 (NE555) ภายในตัวไอซี 555 ประกอบไปด้วย ทรานซิสเตอร์จำนวน 23 ตัว ไดโอดจำนวน 2 ตัว และตัวต้านทานจำนวน 16 ตัว โดยติดตั้งในตัวถังแบบดิพ (DIP : Dual-in-line package) แบบดิพ 8 (DIP 8) โดยลักษณะของไอซี 555 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ลักษณะของไอซี 555

ซึ่งการจัดเรียงของขาของไอซี 555 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 การจัดเรียงขาของไอซี 555

โดยการทำงานของไอซี 555 นั้นจะมีโหมดการทำงานอยู่ 3 โหมด ได้แก่

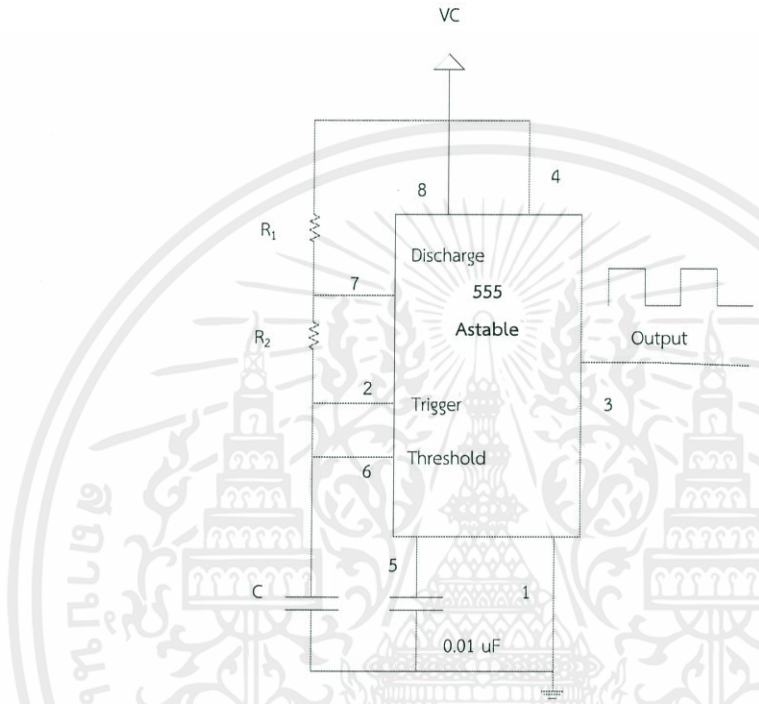
1. โหมดโมโนสเตเบิ้ล (Monostable) โหมดนี้จะมีการทำงานแบบซิงเกิ้ลช็อต(Single Shot) หรือที่เรียกว่าแบบวันช็อต (One Shot) โดยการสร้างสัญญาณเพียงแค่ครั้งเดียว

2. โหมดอะสเตเบิ้ล (Astable) จะเป็นการทำงานแบบวงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. โหมดไบสเตเบิ้ล (Bistable) สามารถทำงานเป็นฟลิพฟลอฟ (Flip-Flop) ถ้าไม่ต่อขา DIS และไม่ใช้ตัวเก็บประจุ

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้อาศัยการทำงานของไอซี 555 ในโหมดอะสเตเบิ้ลในการสร้างสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมโดยที่วงจรอะสเตเบิ้ลของไอซี 555 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 วงจรกำเนิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม

จากวงจรในรูปที่ 2.9 สามารถหาช่วงเวลาบวก ช่วงเวลาลบ และความถี่ได้จากสมการที่ 2.1 2.2 และ 2.3 ตามลำดับ

$$T_{high} = \ln(2)\cdot(R_1 + R_2)\cdot C \quad (2.1)$$

$$T_{low} = \ln(2)\cdot R_2\cdot C \quad (2.2)$$

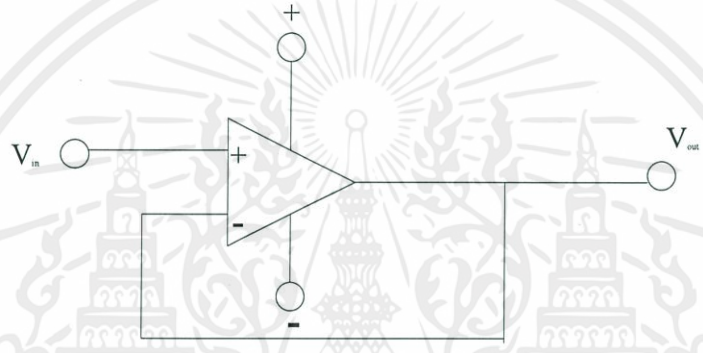
$$f = \frac{1}{\ln(2)\cdot C\cdot(R_1 + R_2)} \quad (2.3)$$

$$Duty\ cycle = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + 2R_2} \quad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 วงจรส่งผ่านแรงดัน (Voltage Follower)

วงจรส่งผ่านแรงดันหรือวงจรบัฟเฟอร์ (Buffer) โดยสามารถแสดงรูปของวงจรส่งผ่านแรงดันได้ดังรูปที่ 2.10 เป็นวงจรที่มีอิมพีแดนซ์ขาเข้าของวงจรค่อนข้างสูง ในขณะที่อิมพีแดนซ์ขาออกของวงจรค่อนข้างต่ำ ซึ่งเป็นวงจรที่ทำหน้าที่ในการป้องกันไม่ให้กระแสที่ไหลเข้าไปในอุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์ที่มีความละเอียดอ่อนค่อนข้างสูง โดยจะจ่ายกระแสหรือแรงดัน เพื่อทำให้อุปกรณ์ที่มีความสามารถในการจ่ายกระแสได้น้อยหรือมีความบอบบาง สามารถที่จะควบคุมอุปกรณ์ที่ใช้กระแสสูงๆได้ เมื่อเชื่อมต่อกับวงจรอื่นแล้วจะไม่ทำให้วงจรอื่นมีผลที่แตกต่างไปจากเดิม โดยวงจรบัฟเฟอร์นั้นจะมีอัตราการขยายเท่ากับ 1 หรือ $V_{out} = V_{in}$



รูปที่ 2.10 วงจรส่งผ่านแรงดัน

2.6 วงจรขับกระแส (Drive Current)

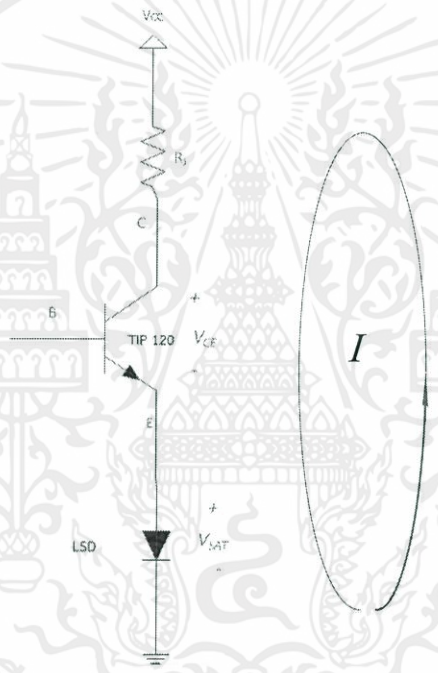
วงจรขับกระแส คือ วงจรที่ใช้ขับกระแส เพื่อเพิ่มกำลังงานให้กับเลเซอร์ไดโอด ทำให้เลเซอร์ไดโอดทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งปริญญานิพนธ์นี้จะใช้ทรานซิสเตอร์ในการขับกระแส เนื่องจากทรานซิสเตอร์ประกอบด้วยวัสดุเซมิคอนดักเตอร์ที่มีอย่างน้อยสามขั้วไฟฟ้าเพื่อเชื่อมต่อกับวงจรภายนอก แรงดันหรือกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้กับขั้วทรานซิสเตอร์หนึ่งคู่ จะมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในกระแสที่ไหลผ่านในขั้วทรานซิสเตอร์อีกคู่หนึ่ง เนื่องจากกำลังงานที่ถูกควบคุมทางด้านเอาต์พุตจะมีค่าสูงกว่ากำลังงานที่ใช้ในการควบคุมทางด้านอินพุต ทรานซิสเตอร์จึงสามารถขยายสัญญาณได้ การใช้งานของทรานซิสเตอร์ จะต้องมีอินพุต 2 ขั้ว และต้องมีเอาต์พุต 2 ขั้ว แต่ตัวทรานซิสเตอร์เองมีเพียง 3 ขา คือ ขา E (Emitter หรืออิมิตเตอร์), ขา C (Collector หรือคอลเลคเตอร์), และ ขา B (Base หรือเบส) เมื่อต้องการจัดไว้เป็น 4 ขั้ว คือ อินพุต 2 ขั้ว และเอาต์พุต 2 ขั้ว จะต้องจัดให้ขาใดขาหนึ่งของทรานซิสเตอร์เป็นขาร่วม หรือขาคอมมอน (Common) โดยใช้เป็นทั้งขาอินพุตและเป็นทั้งขาเอาต์พุต โดยสามารถแบ่งการใช้งานในการขับกระแสของทรานซิสเตอร์ได้เป็น 3 ชนิดดังนี้ วงจรเบสร่วม (Common Base) , วงจรคอลเลคเตอร์ร่วม (Common Collector) และ วงจรอิมิตเตอร์ร่วม (Common Emitter) ซึ่งในปริญญานิพนธ์นี้ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกใช้วงจรขับกระแสชนิดอิมิตเตอร์ร่วม เนื่องจากมีคุณสมบัติคือมีอัตราการขยายกระแสและแรงดันที่สูง จึงทำให้อัตราขยายกำลัง (POWER GAIN) สูงตามไปด้วย ซึ่งตรงกับความต้องการในการใช้งานของตัวเลเซอร์ไดโอด

2.6.1 วงจรขับกระแส แบบอิมิตเตอร์ร่วม (Common-emitter)

เป็นวงจรขับแส โดยจะขยายกระแสที่ขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ จะต่อกับตัวเลเซอร์ไดโอด ซึ่งขาเบสจะต่อกับอินพุตที่ต้องการป้อนให้กับวงจรขับกระแส และขาคอลเลคเตอร์จะต่อกับตัวต้านทานซึ่งมีหน้าที่ในการป้องกันกระแสในกรณีที่มีค่าสูงเกิน ดังแสดงได้ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 วงจรขับกระแสแบบอิมิตเตอร์ร่วม

2.6.2 การคำนวณ

พิจารณากระแสภายในวงปิด ของวงจรในรูปที่ 2.11 โดยใช้กฎของ KVL และกฎของโอห์ม

จาก KVL $$\sum V = 0 \qquad (2.5)$$

ดังนั้น $$-V_{CC} + IR_3 + V_{CE} + V_{SAT} = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ $$I = \frac{V_{CC} - V_{SAT} - V_{CE}}{R_3} \quad (2.6)$$

เมื่อ V_{CC} คือ ค่าแรงดันของไฟเลี้ยงที่จ่ายให้กับอุปกรณ์

V_{SAT} คือ ค่าแรงดันที่สภาวะอิ่มตัวของเลเซอร์ไดโอด

R_1 คือ ค่าความต้านทานที่ต่อกับขาคอลเลคเตอร์

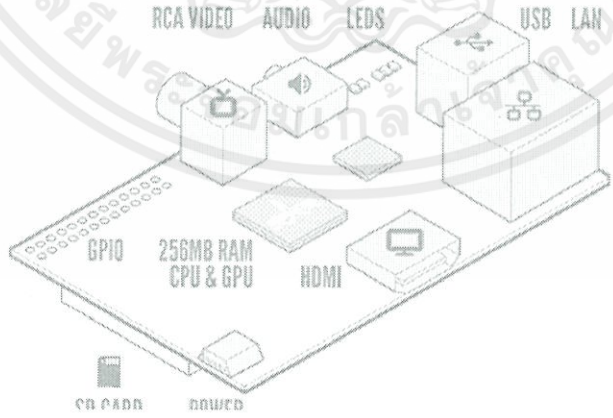
V_{CE} คือ ค่าแรงดันที่ทรานซิสเตอร์ทำงานอยู่ในสภาวะอิ่มตัว ตกคร่อมระหว่างขาคอลเลคเตอร์กับขาอิมิตเตอร์

2.7 ราสเบอร์รี่ไพ (Rasberry Pi)

ราสเบอร์รี่ไพ คือ คอมพิวเตอร์ขนาดจิ๋ว เป็นคอมพิวเตอร์ในบอร์ดเดียว (Single Board Computer) ถูกพัฒนาขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกา โดย ดร.อีเบน อัพตัน (Eben Upton) ภายใต้ มูลนิธิราสเบอร์รี่ไพ (Raspberry Pi Foundation) แต่เดิมนั้นราสเบอร์รี่ไพได้ถูกพัฒนาขึ้นมาให้มีราคาที่ต่ำ เพื่อใช้สำหรับการเรียนของนักศึกษา แต่ด้วยที่มีขนาดเล็ก สามารถพกพาได้สะดวก เนื่องจากเมื่อต่อกับจอคอมพิวเตอร์ เม้าส์ และคีย์บอร์ด ก็จะเปรียบเสมือนคอมพิวเตอร์ที่ใช้อยู่ทั่วไป จึงทำให้ปัจจุบันได้รับความนิยมอย่างสูงในการนำมาฝึกพัฒนาโปรแกรมเบื้องต้น อีกทั้งยังสามารถใช้งานร่วมกับระบบอินเทอร์เน็ตได้อีกด้วย

2.7.1 โครงสร้างของราสเบอร์รี่ไพ

ปัจจุบันราสเบอร์รี่ไพ ได้ถูกผลิตออกมาเป็น 2 โมเดล คือโมเดล A และโมเดล B แต่ด้วยที่ว่าประสิทธิภาพของโมเดล A นั้นน้อยกว่าโมเดล B จึงทำให้ได้รับความนิยมน้อยกว่า ซึ่งภายในปริญญานิพนธ์นี้จะกล่าวถึงส่วนประกอบของโมเดล B เป็นหลัก แสดงได้ดังตารางที่ 2.1 และแสดงส่วนประกอบของราสเบอร์รี่ไพ ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ส่วนประกอบของราสเบอร์รี่ไพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

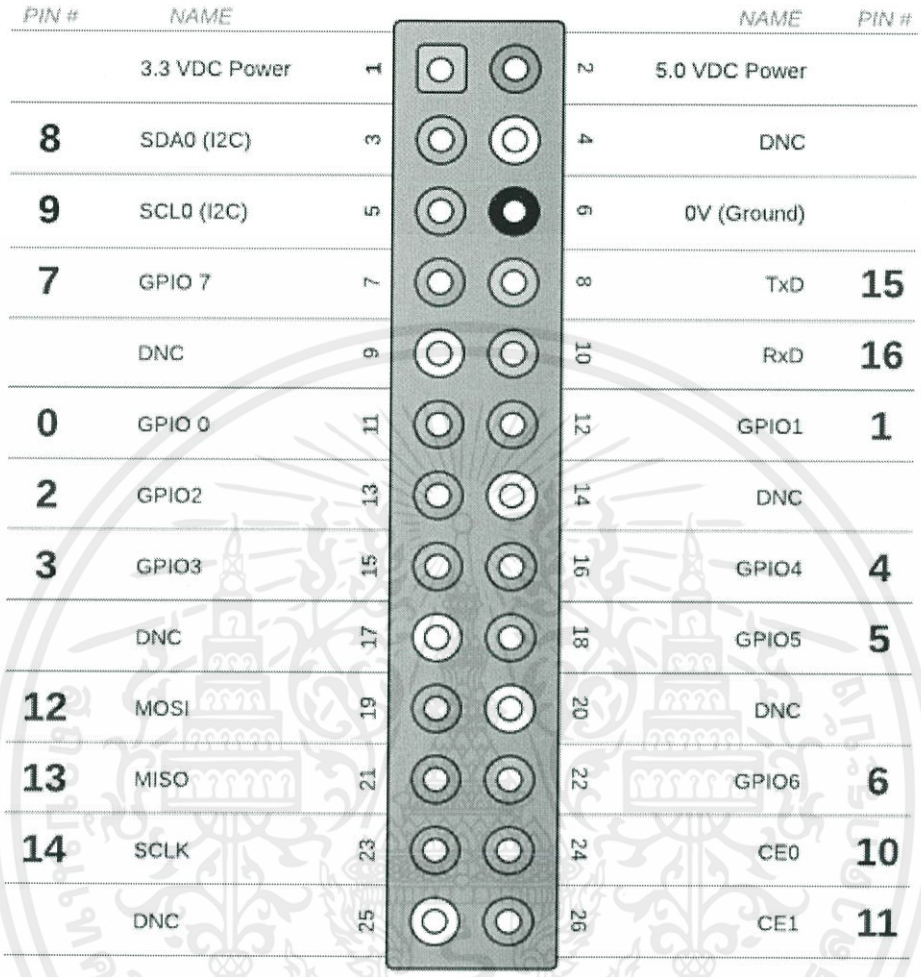
ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบต่างๆ ที่สำคัญของราสเบอร์รี่ไพ

ส่วนประกอบหลัก	รายละเอียด
หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit:CPU)	การประมวลผลจะใช้สัญญาณนาฬิกา 700 เมกกะเฮิรตซ์ ARM Processor
หน่วยความจำ (Memory)	มีขนาดความจุ 512 เมกกะไบต์
ระบบวีดีโอ (Video)	สามารถเชื่อมต่อระบบภาพวีดีโอผ่านทางพอร์ต RCA
ระบบเสียง (Audio)	สามารถเชื่อมต่อระบบเสียงผ่านทางพอร์ต 3.5 mm jack หรือ ผ่านทางพอร์ต HDMI
พอร์ตยูเอสบี 2.0 (USB 2.0 Port)	มี 2 พอร์ต ใช้ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก เช่น คีย์บอร์ด เม้าส์ เป็นต้น
ส่วนเชื่อมต่อเน็ตเวิร์ค (Networking)	ผ่านทางพอร์ตUSB LAN โดยจะใช้มาตรฐาน RJ45
ความจุข้อมูล (Storage)	จะใช้การเก็บข้อมูลลงบนการ์ด ได้แก่ SD MMC และ SDIO
ส่วนเชื่อมต่อเน็ตเวิร์ค (Networking)	ผ่านทางพอร์ตUSB LAN โดยจะใช้มาตรฐาน RJ45
ส่วนของไฟเลี้ยงวงจร (Power Source)	ใช้ไฟกระแสตรงที่ระดับแรงดัน 5 โวลต์ โดยผ่านทางพอร์ตไมโครยูเอสบี (Micro USB)

2.7.2 พอร์ตอินพุตเอาต์พุตอเนกประสงค์ (General Purpose Input Output : GPIO)

คุณสมบัติที่โดดเด่นอีกอย่างของราสเบอร์รี่ไพก็คือ ความยืดหยุ่นในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างสะดวก โดยราสเบอร์รี่ไพมีพอร์ตอินพุตเอาต์พุตอเนกประสงค์ สำหรับโมเดล B นั้นจะมีจำนวนทั้งสิ้น 26 ขา โดยประกอบด้วยขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิตอลปกติ, ขาเชื่อมต่อบัสไอสแควร์ซี และ เอสพีไอ จึงทำให้ราสเบอร์รี่ไพสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างหลากหลาย ซึ่งการจัดเรียงขาของพอร์ตอินพุตเอาต์พุตอเนกประสงค์แสดงได้ดังรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 การจัดเรียงขาของพอร์ตอินพุตเอาต์พุตอเนกประสงค์

2.8 ภาษา C++

โปรแกรม คือ ชุดคำสั่งที่สามารถประมวลผลโดยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ผลการทำงานตามที่ผู้ใช้งานต้องการ โปรแกรมจะถูกพัฒนาขึ้นได้ต้องอาศัยภาษาคอมพิวเตอร์ ภาษา C++ จัดเป็นภาษาคอมพิวเตอร์ภาษาหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากว่า ภาษา C++ เป็นภาษาที่ผู้เขียนโปรแกรมสามารถนำไปพัฒนาโปรแกรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังเป็นภาษาที่รองรับการพัฒนาโปรแกรมเชิงวัตถุอีกด้วย ภาษา C++ มีรากฐานมาจากภาษา C และยังครอบคลุมภาษา C ไว้ด้วยทำให้มีความกะทัดรัดและลดข้อผิดพลาดลงได้มาก เนื่องจากภาษา C ยอมให้โปรแกรมเมอร์ทำงานโดยเริ่มจากโครงสร้างระดับต่ำแล้วนำส่วนต่างๆเหล่านี้มาประกอบกันเป็นโครงสร้างใหญ่ แต่ในภาษา C++ จะทำในทางตรงกันข้ามคือ กำหนดโครงสร้างใหญ่ก่อน แล้วจึงกำหนดโครงสร้างย่อยๆต่อไปเพื่อความสะดวกและง่ายในการแก้ไขข้อผิดพลาด ตัวอย่างการเขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาษา C++ แสดงได้ดังรูปที่ 2.14 ซึ่งสามารถอธิบายได้คือ ในบรรทัดแรกของโปรแกรมเป็นการกำหนดตัวเตรียมประมวลผลด้วยคำว่า #include เพื่อแสดงว่าโปรแกรมนี้มีการนำข้อมูลออกหรือมีการแสดงผลออกทางอุปกรณ์ใดอุปกรณ์หนึ่งโดยการอ้างชื่อไฟล์ iostream.h ซึ่งเป็นชื่อโปรแกรมไฟล์ที่ทำหน้าที่จัดการกับกลุ่มสารสนเทศที่ต้องการส่งให้หน่วยควบคุมการนำข้อมูลออก ในบรรทัดที่2 เป็นการคอมเมนต์หรือการหมายเหตุ คือการเขียนอธิบายการทำงานของโปรแกรม จะเขียนด้วยสัญลักษณ์ // และตามด้วยข้อความ ซึ่งไม่มีผลต่อการทำงานของโปรแกรม บรรทัดที่3 คือการกำหนดฟังชัน main() เป็นฟังก์ชันหลักสำหรับทุกโปรแกรมที่เขียนด้วยภาษา C++ เป็นการบอกจุดเริ่มต้นของการปฏิบัติงานของโปรแกรม รายการคำสั่งต่างๆจะเขียนอยู่ภายในปีกกาเปิดและปิด แสดงได้ดังบรรทัดที่ 4 และบรรทัดที่ 7 โดยรายการคำสั่งในบรรทัดที่ 5 หมายความว่าให้ระบบคอมพิวเตอร์ส่งข้อความ “Hello,World” ไปที่ส่วนควบคุมการนำข้อมูลออกซึ่งหมายถึงจอแสดงผลนั่นเอง ส่วน \n หมายถึงการขึ้นบรรทัดใหม่ บรรทัดที่ 6 หมายถึงการจบการทำงานของโปรแกรมเมื่อไม่มีข้อผิดพลาดใดๆเกิดขึ้น

รูปที่ 2.14 ตัวอย่างการเขียนภาษา C++

2.9 ไลบรารี่โอเพ่นซีวี (OpenCV)

OpenCV ย่อมาจาก Open Source Computer Vision เป็นหนึ่งในไลบรารี่สำหรับการพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision) ภายในไลบรารี่ของโอเพ่นซีวีถูกพัฒนาขึ้นมาจากภาษา C และ C++ โดยโอเพ่นซีวีสามารถรันซอฟต์แวร์ภายใต้ระบบปฏิการ Linux, Window หรือ MAC OsX ได้ อีกทั้งยังสามารถพัฒนาแอพพลิเคชันจากการใช้โอเพ่นซีวีโดยการใช้ภาษาอื่นนอกเหนือจาก C และ C++ ได้อีกด้วย เช่น Python, Ruby เป็นต้น ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ไลบรารี่โอเพ่นซีวี ได้แก่ การประมวลผลเกี่ยวกับภาพและสัญญาณ (Image and Signal Processing), การตรวจสอบลักษณะวัตถุจากภาพหรือวิดีโอ (Object Identification), การตรวจสอบขอบหรือด้านของวัตถุ (Edge Detection), การตรวจสอบความเคลื่อนไหว (Motion Detection) เป็นต้น

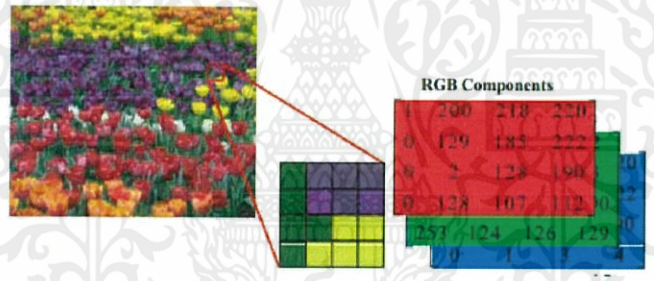
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 การปรับแต่งก่อนการประมวลผลข้อมูล (Image Pre-processing)

การประมวลผลภาพเป็นการประมวลผลค่าตัวเลขของภาพโดยนำค่าตัวเลขของภาพมาผ่านกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ และเพื่อให้ผลลัพธ์เกิดประสิทธิภาพและเกิดความผิดพลาดน้อยที่สุดต้องมีการปรับแต่งข้อมูลก่อนนำไปใช้ เรียกกระบวนการปรับแต่งข้อมูลดังกล่าวว่า การปรับแก้ก่อนการประมวลผลภาพ (Image Pre-processing) การปรับแต่งข้อมูลที่นำมาใช้คือ การเปลี่ยนประเภทของภาพตามคุณสมบัติของสี โดยการเปลี่ยนภาพสีให้เป็นภาพขาวดำ

2.10.1 ภาพสี (Color Image)

ภาพสีเป็นการเก็บค่าระดับความเข้มแสงแต่ละระดับของแม่สีทั้งสามสีลงในแต่ละจุดภาพได้แก่ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน โดยมีระดับความเข้มแสงอยู่ที่ 256 ระดับ คือตั้งแต่ 0-255 ถ้ามีระดับความเข้มแสงที่ 0 หมายความว่าไม่มีส่วนประกอบของสีนั้นอยู่เลย แต่ถ้ามีระดับความเข้มแสงที่ 255 หมายความว่ามีระดับความเข้มแสงของสีนั้นๆอยู่มาก และการผสมกันของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินทำให้สามารถแสดงสีได้มากถึง 16.7 ล้านสี สามารถแสดงการเก็บค่าระดับความเข้มแสงแต่ละระดับสีในจุดภาพได้ดังรูปที่ 2.15

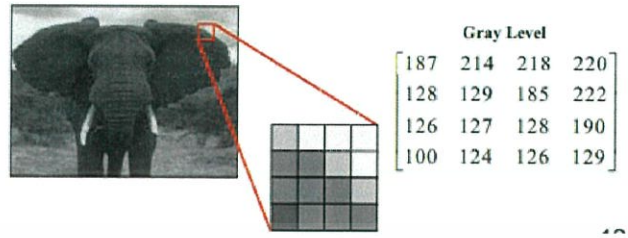


รูปที่ 2.15 การเก็บค่าระดับความเข้มแสงแต่ละระดับสีในจุดภาพ

2.10.2 ภาพระดับสีเทา (Grayscale Image)

ก่อนการเปลี่ยนภาพเป็นภาพขาวดำ จะต้องเปลี่ยนภาพสีให้เป็นภาพระดับสีเทาก่อน ซึ่งการเปลี่ยนภาพสีเป็นภาพระดับสีเทาเป็นหนึ่งในวิธีการปรับแต่งข้อมูลของภาพซึ่งเป็นการเน้นคุณภาพของข้อมูลภาพให้เด่นชัดขึ้น ภาพชนิดนี้ในแต่ละจุดภาพจะมีค่าความเข้มของสีเทาแตกต่างกันไปตั้งแต่สีขาวไปยังสีดำ โดยมีทั้งหมด 256 ระดับ คือตั้งแต่ 0-255 จุดภาพที่มีค่าระดับสีเทาอยู่ที่ 0 จะเป็นสีดำ ส่วนจุดภาพที่มีค่าระดับสีเทาที่ 255 จะเป็นสีขาว การเก็บค่าระดับสีเทาในแต่ละจุดภาพแสดงได้ดังรูปที่ 2.16 และสมการในการเปลี่ยนภาพสีเป็นภาพสีเทาแสดงได้ดังสมการที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 การเก็บค่าระดับสีเทาในแต่ละจุดภาพ

$$Gray = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (2.7)$$

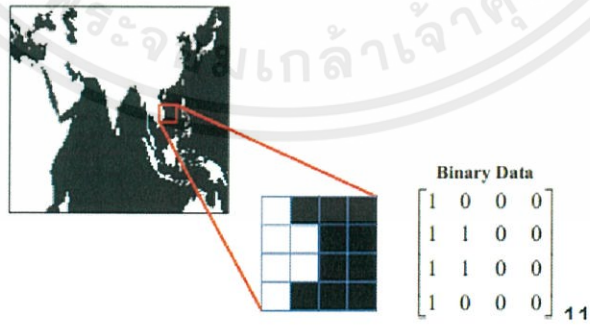
R = ค่าความเข้มของสีแดงโดยจะมีค่าระหว่าง 0-255

G = ค่าความเข้มของสีเขียวโดยจะมีค่าระหว่าง 0-255

B = ค่าความเข้มของสีน้ำเงินโดยจะมีค่าระหว่าง 0-255

2.10.3 ภาพขาวดำ (Binary Image)

การเปลี่ยนภาพสีเป็นภาพขาวดำช่วยให้สามารถแยกแยะวัตถุในภาพให้ชัดเจนขึ้น ลักษณะของภาพขาวดำในแต่ละจุดภาพจะแสดงค่าเป็นแบบไบนารี่ คือมีแค่ 1 บิต ประกอบด้วยค่า 0 และ 1 ซึ่งหมายความว่า จุดภาพใดที่มีค่าเป็น 0 จุดภาพนั้นจะแสดงสีดำ ส่วนจุดภาพที่มีค่าเป็น 1 จะแสดงสีขาว ในการเปลี่ยนภาพเป็นภาพขาวดำจะต้องเปลี่ยนภาพเป็นภาพระดับสีเทาก่อนเพื่อกำหนดค่าความเข้มสีเทาที่ต้องการนำมาอ้างอิง เรียกค่าความเข้มสีเทาที่ต้องการนำมาอ้างอิงว่า เทรชโฮลด์ โดยหากจุดภาพใดของภาพระดับสีเทามีค่าความเข้มสีเทาต่ำกว่าค่าเทรชโฮลด์จะเปลี่ยนสถานะเป็น 0 คือสีดำ แต่หากจุดภาพใดของภาพระดับสีเทามีค่าความเข้มสีเทาสูงกว่าค่าเทรชโฮลด์จะเปลี่ยนสถานะเป็น 1 คือสีขาว สามารถแสดงค่าไบนารี่ของภาพขาวดำในแต่ละจุดภาพได้ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 ค่าไบนารี่ของภาพขาวดำในแต่ละจุดภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 ส่วนประกอบที่เชื่อมกัน (Connected Component)

การหาส่วนประกอบที่เชื่อมกันในภาพ เป็นการแยกวัตถุออกจากพื้นหลังและสามารถบอกขอบเขตของวัตถุดังกล่าวได้ การหาส่วนประกอบที่เชื่อมกันจำเป็นต้องพิจารณาค่าระดับสีเทาของพิกเซลที่ติดกัน กำหนดให้ $p(x,y)$ เป็นพิกเซลที่ต้องการหาพิกเซลที่เชื่อมกัน จะแสดงพิกเซลที่เชื่อมต่อกับพิกเซล $p(x,y)$ ในแนวนอนและแนวตั้งได้ดังรูปที่ 2.18 และเรียกการเชื่อมต่อกันของพิกเซลในแบบดังกล่าวว่า $N_4(p)$ และแสดงพิกเซลที่เชื่อมต่อกันในแนวทแยงดังรูปที่ 2.19 และเรียกการเชื่อมต่อของพิกเซลแบบดังกล่าวว่า $N_D(p)$ เมื่อนำ $N_4(p)$ มารวมกับ $N_D(p)$ จะได้จำนวนพิกเซลที่เชื่อมต่อกันทั้งหมด 8 พิกเซล เรียกว่า $N_8(p)$

	$(x-1,y)$	
$(x,y-1)$	$p(x,y)$	$(x,y+1)$
	$(x+1,y)$	

รูปที่ 2.18 พิกเซลที่เชื่อมต่อกันแบบ $N_4(p)$

$(x-1,y-1)$		$(x-1,y+1)$
	$p(x,y)$	
$(x+1,y-1)$		$(x+1,y+1)$

รูปที่ 2.19 พิกเซลที่เชื่อมต่อกันแบบ $N_D(p)$

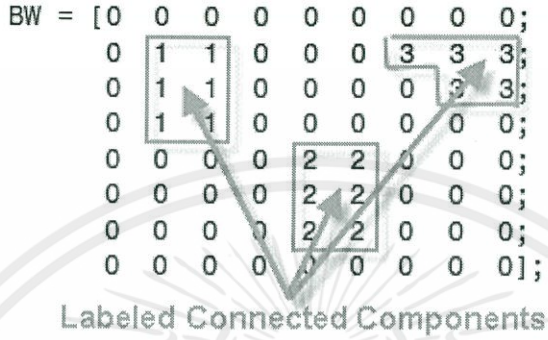
ตัวอย่างของพิกเซลที่เชื่อมต่อกันสำหรับภาพขาวดำ B แสดงพิกเซล p และ q เป็นพิกเซลที่เชื่อมต่อกัน โดยมีเงื่อนไขของการหาพิกเซลที่เชื่อมต่อกัน คือ $q \in N(p)$ หรือ $p \in N(q)$ และ $B(p) = B(q)$ ดังรูปที่ 2.20

	q	
	p	

รูปที่ 2.20 พิกเซลที่เชื่อมต่อกันในภาพขาวดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้พิกเซลที่เชื่อมต่อกันแล้ว จะนำค่าระดับสีเทาที่พิกเซลนั้นๆมาเปรียบเทียบกัน หากมีค่าระดับสีเทาที่เท่ากันและเป็นพิกเซลที่เชื่อมต่อกันแล้ว จะเป็นส่วนประกอบที่เชื่อมกัน ดังรูปที่ 2.21 จะเห็นได้ว่ามีส่วนประกอบที่เชื่อมกันทั้งหมด 3 ส่วนประกอบด้วยกัน



รูปที่ 2.21 ส่วนประกอบที่เชื่อมกัน

2.12 การหาขอบภาพ (Edge Detection)

การหาขอบภาพคือการหาเส้นขอบของวัตถุในภาพหรือส่วนประกอบที่เชื่อมกันโดยอาศัยความไม่ต่อเนื่องของค่าระดับความเข้มสีเทาของพิกเซลที่อยู่ติดกัน ถ้าหาขอบภาพได้ถูกต้องก็จะสามารถหาเส้นรอบวง พื้นที่และรูปร่างของวัตถุที่อยู่ในภาพได้ การหาขอบภาพสามารถหาได้หลายวิธีได้แก่

2.12.1 วิธีเกรเดียนต์ (Gradient Method)

การหาขอบภาพวิธีนี้จะใช้วิธีการหาจุดต่ำสุดและจุดสูงสุดในรูปของอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งของภาพ $I(x,y)$ โดยจุดที่เป็นขอบจะอยู่เหนือค่าเทรชโฮลด์ การหาขอบภาพวิธีนี้คือการหาขนาดของเกรเดียนต์ แสดงได้ในสมการที่ 2.8 วิธีที่ง่ายที่สุดในการหาขอบภาพคือการหาผลต่างเคลื่อนที่ของพิกเซลแนวแถวและแนวคอลัมน์ของภาพ ซึ่งเป็นการประมานการหาอนุพันธ์ในแนวแถวและแนวคอลัมน์ สามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2.9 และ 2.10 ตามลำดับ จากนั้นนำค่าการหาอนุพันธ์ในแนวแถวและแนวคอลัมน์มารวมกันจะได้ค่าขนาดของเกรเดียนต์ซึ่งก็คือขอบภาพแสดงได้ดังสมการที่ 2.11 แสดงการหาขอบภาพโดยการหาผลต่างเคลื่อนที่ของพิกเซลแนวแถวและคอลัมน์ได้ดังรูปที่ 2.22 ตัวอย่างการหาขอบภาพด้วยวิธีเกรเดียนต์ แสดงได้ดังรูปที่ 2.23 วิธีการหาขอบภาพของกลุ่มนี้ได้แก่ Roberts, Prewitt, Sobel และ Canny เป็นต้น ซึ่งปริญญานิพนธ์นี้เลือกใช้วิธี Canny เนื่องจากสามารถควบคุมความละเอียดของขอบได้ ซึ่งจะอธิบายไว้ในหัวข้อต่อไป

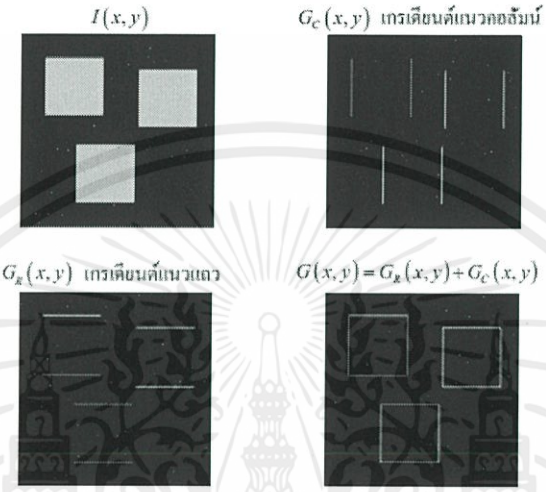
$$G(x,y) = \left|\frac{\partial I}{\partial x}\right| + \left|\frac{\partial I}{\partial y}\right| = I_x + I_y \tag{2.8}$$

$$G_R(x,y) = \left|I(x,y) - I(x,y+1)\right| \tag{2.9}$$

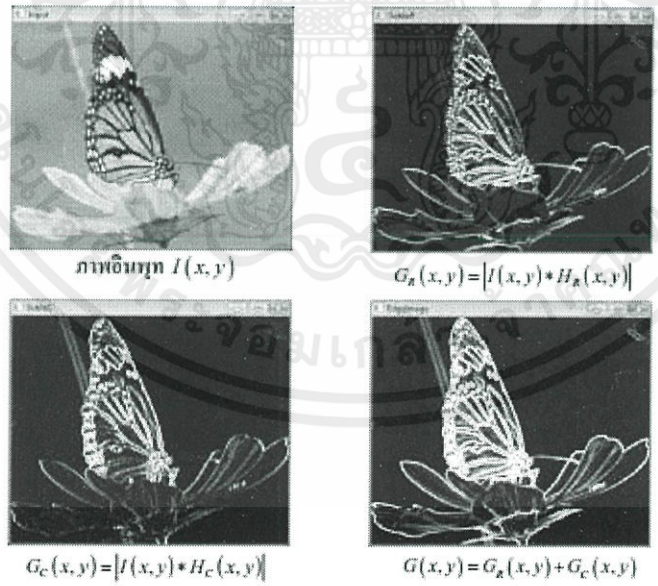
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$G_C(x,y) = \left| I(x,y) - I(x-1),y \right| \tag{2.10}$$

$$G(x,y) = G_R(x,y) + G_C(x,y) \tag{2.11}$$



รูปที่ 2.22 การหาขอบภาพโดยการหาผลต่างเคลื่อนที่ของพิกเซลแนวแถวและคอลัมน์



รูปที่ 2.23 ตัวอย่างการหาขอบภาพด้วยวิธีเกรเดียนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12.2 วิธีลาปลาสเซียน (Laplacian Method)

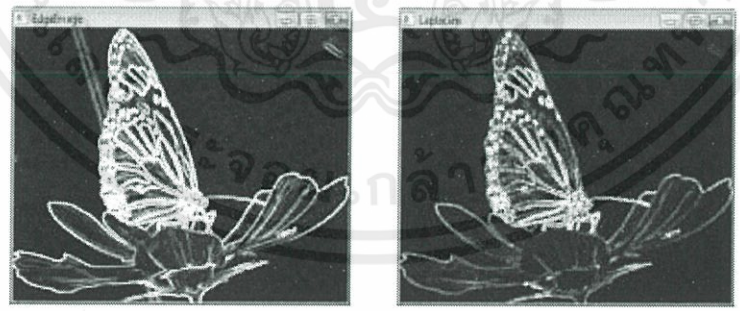
การหาขอบภาพวิธีนี้จะใช้วิธีการหาอนุพันธ์อันดับที่สองของภาพ $I(x,y)$ ซึ่งจะได้การหาอนุพันธ์อันดับที่สองในแนวแถวแสดงได้ดังสมการที่ 2.12 และการหาอนุพันธ์อันดับที่สองในแนวคอลัมน์แสดงได้ดังสมการที่ 2.13 เมื่อนำมารวมกันจะได้ขอบภาพของวิธีลาปลาสเซียนแสดงได้ดังสมการที่ 2.14 ตัวอย่างการหาขอบภาพด้วยวิธีลาปลาสเซียน แสดงได้ดังรูปที่2.24 และภาพเปรียบเทียบในการหาขอบภาพแบบเกรเดียนต์และลาปลาสเซียนแสดงได้ดังรูปที่ 2.25

$$\frac{\partial^2 I(x,y)}{\partial x^2} = I(x+1,y)+I(x-1,y)-2I(x,y) \tag{2.12}$$

$$\frac{\partial^2 I(x,y)}{\partial y^2} = I(x,y+1)+I(x,y-1)-2I(x,y) \tag{2.13}$$

$$G(x,y) = I(x+1,y)+I(x-1,y)+I(x,y+1)+I(x,y-1)-4I(x,y) \tag{2.14}$$

รูปที่ 2.24 ตัวอย่างในการหาขอบภาพด้วยวิธีลาปลาสเซียน



รูปที่ 2.25 ภาพเปรียบเทียบในการหาขอบภาพด้วยวิธีเกรนเดียนต์และลาปลาสเซียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 การหาขอบภาพด้วยวิธี Canny (Canny Edge Detection)

ขั้นตอนการหาขอบภาพด้วยวิธีนี้เริ่มต้นจากการปรับภาพให้เรียบ (smoothing) ด้วยตัวกรองเกาส์เซียนเพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน จากนั้นคำนวณค่าขนาดและทิศทางของเกรเดียนต์ โดยใช้วิธีการหาอนุพันธ์อันดับหนึ่ง ต่อมาใช้วิธีขจัดค่าที่ไม่มากที่สุด (nonmaxima suppression) เพื่อทำให้ได้ขอบที่บางลง และในขั้นตอนสุดท้ายใช้การกำหนดขีดแบ่ง (double thresholding algorithm) เพื่อระบุพิกเซลที่เป็นขอบและช่วยเชื่อมต่อขอบ ซึ่งจะอธิบายรายละเอียดแต่ละขั้นตอนไว้ดังนี้

2.13.1 การปรับภาพให้เรียบ (Smoothing)

ขั้นตอนแรกของการหาขอบภาพด้วยวิธีนี้จะต้องกำจัดสัญญาณรบกวนออกก่อนโดยใช้ตัวกรองเกาส์เซียน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากการใช้กรอบ (mask) ขนาดเล็ก ขนาดของ Gaussian mask นี้หากมีขนาดกว้างจะมีผลทำให้ลดสัญญาณรบกวนได้มาก แต่ถ้ากว้างมากเกินไปจะมีผลทำให้ขอบย่อยๆ ที่เป็นส่วนรายละเอียดนั้นหายไป ผลของภาพที่ผ่านการปรับให้เรียบด้วยตัวกรองเกาส์เซียนหาได้ได้จากสมการที่ 2.15

$$S[i,j] = G[i,j,\sigma] * I[i,j] \tag{2.15}$$

$I[i,j]$ = ภาพที่ต้องการหาขอบ

$G[i,j,\sigma]$ = ตัวกรองเกาส์เซียน

σ = ควบคุมระดับของการ smoothing (spread of the Gaussian)

2.13.2 คำนวณค่าขนาดและทิศทางของ Gradient (Gradient Calculation)

ในขั้นตอนแรกให้ปรับภาพ $I[i,j]$ ให้มีความเรียบ ผลลัพธ์ที่ได้คือค่าในฟังก์ชัน $S[i,j]$ ขั้นตอนที่สองคือการหาค่าของเกรเดียนต์ในทิศทางของแกน x แทนด้วย $P[i,j]$ และในทิศทางของแกน y แทนด้วย $Q[i,j]$ และสามารถกำหนดขนาดอนุพันธ์อันดับหนึ่งของ $P[i,j]$ และ $Q[i,j]$ ตามลำดับดังสมการที่ 2.16 และ 2.17 จากนั้นนำค่า $P[i,j]$ และ $Q[i,j]$ ที่ผ่านการหาอนุพันธ์อันดับหนึ่งไปคำนวณการแปลงรูปแบบของระบบพิกัดฉากไปเป็นระนาบพิกัดเชิงขั้วเพื่อหาขนาดและทิศทางของเกรเดียนต์ ได้ขนาดของเกรเดียนต์ $M[i,j]$ ดังสมการที่ 2.18 และทิศทางของเกรเดียนต์ $\theta[i,j]$ ดังสมการที่ 2.19 และสามารถหาค่า θ ออกมาได้เมื่อแทนค่าตัวแปรในฟังก์ชันดังสมการที่ 2.20

$$P[i,j] \approx \frac{S[i,j+1] - S[i,j] + S[i+1,j+1] - S[i+1,j]}{2} \tag{2.16}$$

$$Q[i,j] \approx \frac{S[i,j] - S[i+1,j] + S[i,j+1] - S[i+1,j+1]}{2} \tag{2.17}$$

$$M[i,j] = \sqrt{P[i,j]^2 + Q[i,j]^2} \tag{2.18}$$

$$\theta[i,j] = \tan^{-1}(Q[i,j], P[i,j]) \tag{2.19}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\theta = \tan^{-1}(x, y) \tag{2.20}$$

2.13.3 การขจัดค่าที่ไม่มากที่สุด (Nonmaxima Suppression)

สำหรับการหาขอบโดยวิธีการของ Canny จุดที่ถือเป็นเส้นขอบได้นั้นต้องเป็นจุดที่ให้ค่าสูงสุดเฉพาะที่และเป็นทิศทางเดียวกับเกรเดียนต์ ซึ่งด้วยวิธีดังกล่าวนี้ทำให้ได้ขอบที่บางเพียง 1 พิกเซล ภาพที่ได้หลังการทำการขจัดค่าที่ไม่มากที่สุดแล้วจะให้ค่าเป็นศูนย์ในทุกจุด ยกเว้นจุดที่เป็นค่าสูงสุดสัมพัทธ์ (local maxima points) ซึ่งจะยังคงค่าเดิมไว้

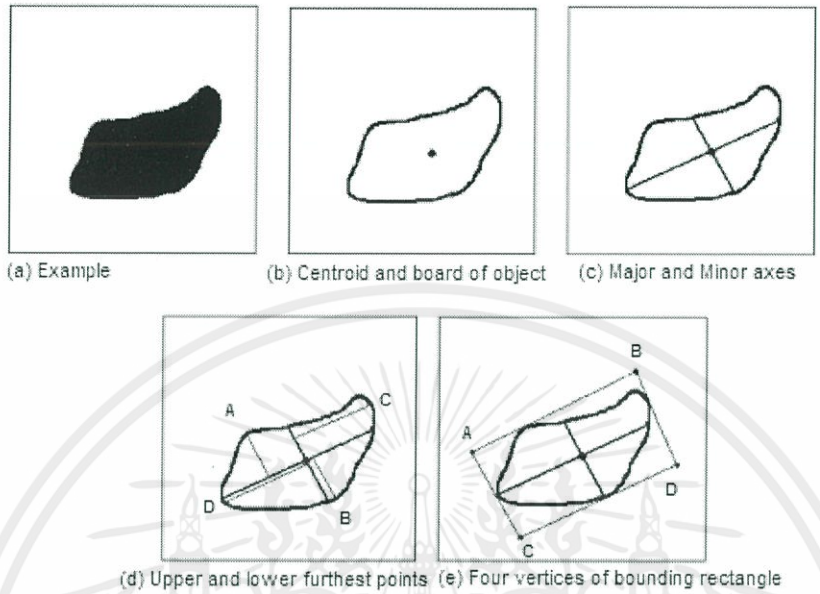
2.13.4 การกำหนดค่าขีดแบ่ง (Double Thresholding)

แม้ว่าภาพจะผ่านการขจัดสัญญาณรบกวนในขั้นตอนแรกแล้วก็ตาม ภาพที่ได้อาจยังมีเส้นขอบที่ไม่ใช่ขอบที่แท้จริงปรากฏอยู่อันเนื่องจากสัญญาณรบกวนหรือลักษณะของวัตถุในภาพเป็นพื้นผิวที่มีลวดลายหรือมีรายละเอียดภายในมาก ดังนั้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการกำหนดค่า threshold ขึ้นมา 2 ค่า คือ high threshold (T1) และ low threshold (T2) โดยพิกเซลที่มีค่ามากกว่า T1 จะถูกปรับเป็น 1 (เป็นพิกเซลที่เป็นขอบ) แต่ถ้าน้อยกว่า T2 จะถูกปรับเป็น 0 ส่วนค่าที่อยู่ระหว่างค่า threshold ทั้งสอง การปรับเป็นค่า 0 หรือ 1 นั้นขึ้นอยู่กับพิกเซลที่อยู่รอบข้าง หากพบว่าพิกเซลที่อยู่รอบข้างของพิกเซลที่เป็นขอบจะปรับค่าพิกเซลดังกล่าวให้มีค่าเป็น 1 และถือพิกเซลนั้นเป็นหนึ่งในสมาชิกภาพขอบด้วยเช่นกัน

2.14 การสร้างสี่เหลี่ยมล้อมรอบขอบเขตวัตถุ (Bounding Box)

Bounding Box คือ สี่เหลี่ยมที่บรรจุวัตถุไว้ภายในโดยให้ด้านของสี่เหลี่ยมสัมผัสกับขอบเขตของวัตถุ สี่เหลี่ยมที่เล็กที่สุดที่สามารถสร้างขึ้นมาล้อมรอบวัตถุได้เรียกว่า Minimal Bounding Box การสร้างสี่เหลี่ยมดังกล่าวนี้จะช่วยในการคำนวณพื้นที่ จุดศูนย์กลาง พิกัดของวัตถุในภาพหรือบริเวณขอบเขตที่สนใจ แนวคิดในการสร้างสี่เหลี่ยมล้อมรอบขอบเขตของวัตถุสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.26 โดยในรูปที่ 2.26 (a) ภาพวัตถุที่ต้องการสร้างสี่เหลี่ยมล้อมรอบ รูปที่ 2.26 (b) แสดงเส้นขอบและจุดเซนทรอยด์ของวัตถุ รูปที่ 2.26 (c) แสดงการหาแกนเอกและแกนโทของวัตถุ จากนั้นจะมีการหาตำแหน่งที่มีระยะห่างจากจุดเซนทรอยด์ถึงเส้นขอบวัตถุที่ยาวที่สุดดังรูปที่ 2.26 (d) โดยพิจารณาจากส่วนด้านบนของแกนเอกและส่วนล่างของแกนเอก (A และ B) รวมทั้งการพิจารณาจากบริเวณส่วนซ้ายของแกนโทและส่วนขวาของแกนโท (C และ D) สุดท้ายก็จะได้ตำแหน่งพิกัดในการสร้างกล่องสี่เหลี่ยมที่เล็กที่สุดในการปิดล้อมวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 แนวคิดในการสร้างสี่เหลี่ยมล้อมรอบขอบเขตวัตถุ

2.15 เซนทรอยด์ (Centroid)

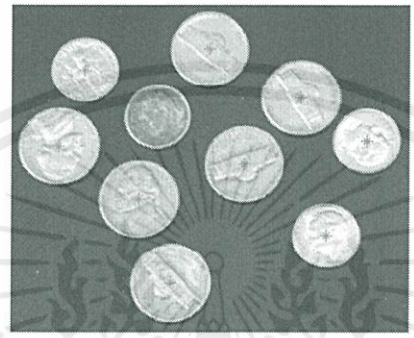
จุดเซนทรอยด์ในทางเรขาคณิต คือ จุดตัดของเส้นตรงทั้งหมดที่แบ่งรูปร่าง x ออกเป็นสองส่วนตามโมเมนต์เท่าๆ กัน หรือเรียกได้ว่าเป็นแนวโน้มสู่ส่วนกลางของจุดทั้งหมดที่อยู่ภายในรูปร่าง x หรืออาจเรียกได้ว่าเป็นจุดศูนย์กลางมวลหรือจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุตามหลักฟิสิกส์ สามารถคำนวณตำแหน่งของเซนทรอยด์ของรูปหลายเหลี่ยม (C_x, C_y) ได้จากสมการที่ 2.21 เมื่อ A คือพื้นที่ของรูปหลายเหลี่ยม (x_i, y_i) คือจุดยอด และ n คือจำนวนจุดยอด และสามารถหาค่าตัวแปร A ในสมการได้จากสมการที่ 2.22 สมการในการหาเซนทรอยด์หรือศูนย์กลางวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่ (a,b) เมื่อวงกลมมีรัศมี r สามารถหาได้จากสมการที่ 2.23 ภาพตัวอย่างจุดเซนทรอยด์ของวงกลมแสดงเป็นจุดกากบาทแสดงได้ดังรูปที่ 2.27

$$\left.\begin{aligned} C_x &= \frac{1}{6A} + \sum_{i=0}^{n-1} (x_i + x_{i+1})(x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i) \\ C_y &= \frac{1}{6A} + \sum_{i=0}^{n-1} (y_i + y_{i+1})(x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i) \end{aligned}\right\} \quad (2.21)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A = \frac{1}{2} + \sum_{i=0}^{n-1} \left(x_i y_{i+1} + x_{i+1} y_i \right) \tag{2.22}$$

$$\left(x - a \right)^2 + \left(y - b \right)^2 = r^2 \tag{2.23}$$



รูปที่ 2.27 ตัวอย่างเซนทรอยด์ของวัตถุแสดงจุดเซนทรอยด์เป็นจุดกากบาท

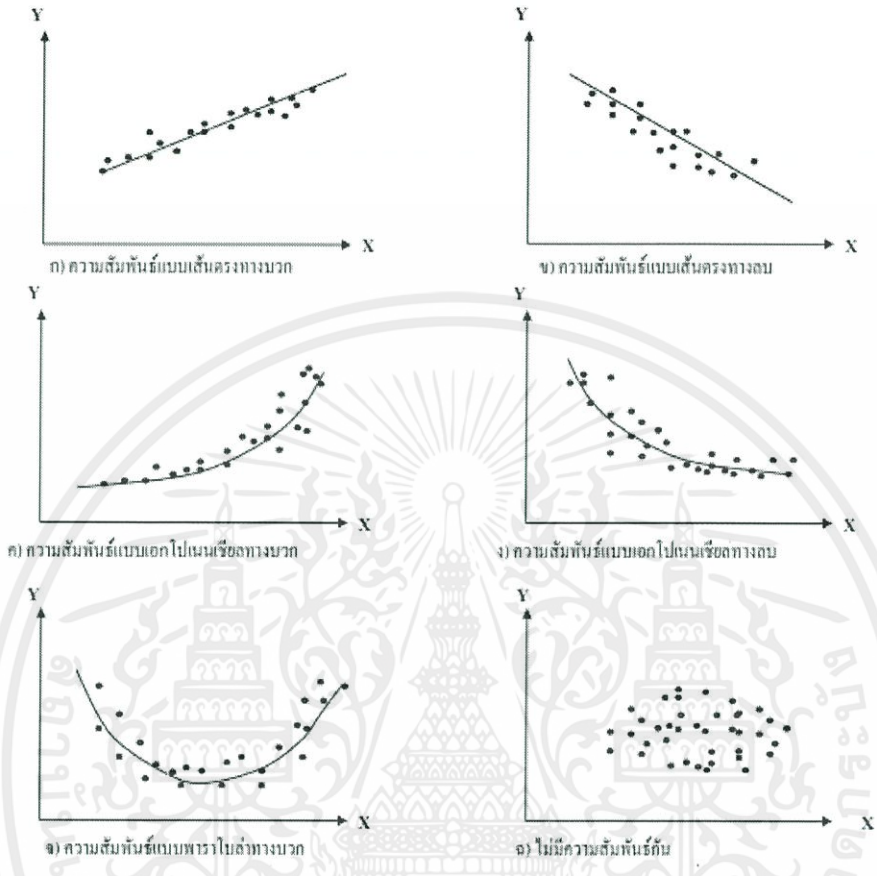
2.16 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression)

การวิเคราะห์การถดถอยเป็นวิธีการทางสถิติอย่างหนึ่ง ที่ใช้ในการตรวจสอบลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวแปรขึ้นไป โดยแบ่งเป็นตัวแปรต้น และตัวแปรตาม เพื่อให้ทราบถึงทิศทางความสัมพันธ์ หรือเป็นการวิเคราะห์โดยอาศัยค่าที่ทราบจากตัวแปรหนึ่งแล้วนำไปพยากรณ์ค่าของอีกตัวแปรหนึ่ง โดยอาศัยสมการทางคณิตศาสตร์

2.16.1 แผนภาพกระจาย

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรสองตัวสามารถวิเคราะห์ได้ง่ายในที่สุดในรูปของกราฟความสัมพันธ์ ที่เรียกว่าแผนภาพกระจาย สำหรับการหาความสัมพันธระหว่างตัวแปร x และตัวแปร y ขั้นตอนแรกจะนำข้อมูลของตัวแปรทั้งสองมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ จากนั้นพิจารณาแผนภาพกระจายของข้อมูลทั้งสองว่าอยู่ในรูปแบบใด เช่น เส้นตรง เอ็กโพเนนเชียล เป็นต้น โดยสามารถเขียนความสัมพันธ์ของข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ได้ แผนภาพกระจายรูปแบบต่างๆของกราฟความสัมพันธ์แสดงได้ดังรูปที่ 2.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 แผนภาพกระจายรูปแบบต่างๆของกราฟความสัมพันธ์

2.16.2 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายจะมีรูปแบบของสมการความสัมพันธ์เหมือนกับสมการทางคณิตศาสตร์เรียกรูปแบบสมการความสัมพันธ์ว่าสมการถดถอย แสดงได้ดังสมการที่ 2.24 เมื่อวิเคราะห์แผนภาพกระจายแล้วต้องคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของสมการซึ่งก็คือ β_0 และ β_1 จะทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่าง x และ y ว่ามีความสัมพันธ์ตามกันหรือตรงข้ามกัน การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของสมการจะคำนวณด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเพื่อให้มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + e_i \qquad (2.24)$$

โดย y_i เป็นตัวแปรตาม

x เป็นตัวแปรอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

β_0 เป็นค่าจุดตัดแกน y

β_1 เป็นค่าความชันของเส้นตรง

e_i เป็นค่าความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม

2.16.3 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

β_0 และ β_1 สามารถประมาณค่าได้จาก a และ b ตามลำดับ จากสมการที่ 2.24 และสมการที่ 2.25 ทำให้ได้สมการที่ 2.26 และได้ผลบวกค่าความคลาดเคลื่อนยกกำลังสองดังสมการที่ 2.27 ดังนั้นวิธีกำลังสองน้อยที่สุดคือ การหาค่าสัมประสิทธิ์ a และ b ที่ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนยกกำลังสองมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งสามารถประมานค่า a และ b ได้ดังสมการที่ 2.28 และ 2.29 ตามลำดับ

$$\hat{y}_i = a + bx_i \tag{2.25}$$

$$y_i - \hat{y}_i = e_i \tag{2.26}$$

$$\sum_{i=1}^{n} e_i^2 = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 \tag{2.27}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \tag{2.28}$$

$$b = \frac{\sum x_i y_i - \frac{(\sum x_i)(\sum y_i)}{n}}{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}} \tag{2.29}$$

2.17 ไมโครคอนโทรลเลอร์

2.17.1 ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์(Microcontroller) เป็นชื่อของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบหนึ่งที่รวมเอาหน่วยประมวลผล หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก วงจรรับสัญญาณอินพุต วงจรขับสัญญาณเอาต์พุต หน่วยความจำ วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาไว้ด้วยกัน ทำให้สามารถนำไปใช้งานแทนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนได้เป็นอย่างดี ช่วยลดจำนวนอุปกรณ์และขนาดของระบบ ในขณะที่มีขีดความสามารถสูงขึ้น ภายใต้งบประมาณที่เหมาะสม ไมโครคอนโทรลเลอร์มาจาก 2 คำรวมกันคือคำว่า “ไมโคร” (Micro) ซึ่งจะหมายถึง ไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor) ซึ่งจะเป็นหน่วยประมวลผลกลาง หรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit) หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU : Arithmetic Logic Unit) วงจรเชื่อมต่อหน่วยความจำและวงจรสัญญาณนาฬิกา อีกคำหนึ่งคือ "คอนโทรลเลอร์"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Controller) หมายถึงอุปกรณ์ควบคุม ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม โดยที่สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดรูปแบบการควบคุมได้อย่างดี

2.17.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลเอวีอาร์ (AVR Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เป็นไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ของบริษัท Atmel มีสถาปัตยกรรมภายในแบบ RISC (Reduced Instruction Set Computer) โดยที่ทำให้คำสั่งสามารถตรงกับความเร็วนาฬิกาของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งก็คือ 1 คำสั่งจะสามารถทำงานได้ใน 1 รอบนาฬิกา

โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์(Microcontroller) ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญแสดงได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบต่างๆ ที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์

ส่วนประกอบหลัก	รายละเอียด
หน่วยประมวลผลกลาง(Central Processing Unit:CPU)	ประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆคือ หน่วยควบคุมและหน่วยคำนวณ มีหน้าที่ในการนำข้อมูลที่รับและส่งมาประมวลผล
หน่วยความจำ(Memory)	เก็บข้อมูลและโปรแกรมการทำงานต่างๆ ซึ่งหน่วยความจำสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประภท คือ แรม และ รอม
ส่วนติดต่อภายนอก(Port)	ส่วนนี้จะใช้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ อินพุตพอร์ต(Input Port) และ เอาต์พุตพอร์ต (Output Port)
ช่องทางเดินของสัญญาณ(Bus)	บัสจะเป็นส่วนที่ใช้ในการส่งข้อมูลติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่าง ซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ท แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ บัสที่อยู่ : เป็นบัสชนิดส่งข้อมูลทิศทางเดียว โดยจะส่งค่าแอดเดรสไปยังหน่วยความจำ บัสข้อมูล : เป็นบัสชนิดส่งข้อมูลแบบสองทิศทาง โดยจะทำหน้าที่เป็นทางผ่านในการส่งข้อมูล บัสควบคุม : เป็นบัสที่มีหน้าที่ในการส่งหรือรับสัญญาณควบคุมระหว่างซีพียูกับอุปกรณ์ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

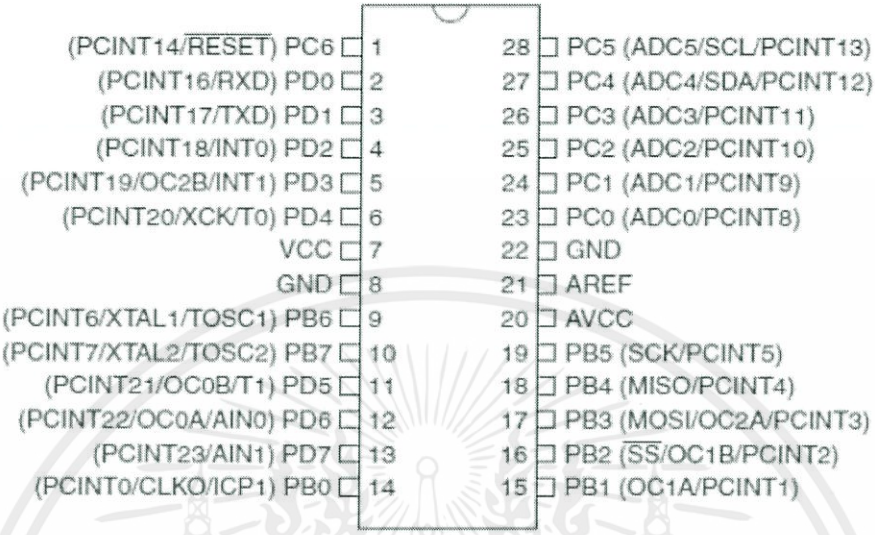
โดยในปริญญานิพนธ์นี้ได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เอทีเมกา 168 (ATMega168) ในการวบคุมการทำงานในส่วนของระบบการแจ้งเตือน

2.17.2.1 ข้อมูลเบื้องต้นของไมโครคอนโทรลเลอร์เอทีเมกา 168 (ATMega168)

การจัดเรียงขาของไมโครคอนโทรลเลอร์เอทีเมกา 168 แสดงได้ดังรูปที่ 2.29 ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

- หน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช (Flash Memory) โดยขนาดของหน่วยความจำส่วนนี้จะเท่ากับ 16 กิโลไบต์
- มีหน่วยความจำข้อมูลแบบเอสแรม (SRAM) โดยขนาดของหน่วยความจำส่วนนี้จะเท่ากับ 2 กิโลไบต์
- มีหน่วยความจำข้อมูลแบบอีอีพรอม (EEPROM) โดยขนาดของหน่วยความจำส่วนนี้จะเท่ากับ 1 กิโลไบต์
- ส่วนของการสนับสนุนการรับส่งข้อมูลแบบไอสแควร์ซี (I2C Bus :Inter Integrated Bus)
- มีโครงสร้างอินพุต (Input) และเอาต์พุต (Output) พอร์ต จำนวน 20 พอร์ต
- ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัล (Analog to Digital Converter) ขนาด 10 บิต จำนวน 6 ช่อง
- สามารถใช้งานที่ความถี่สูงสุด 20 เมกกะเฮิร์ส
- สามารถทำงานได้ตั้งแต่ระดับแรงดัน 1.8 โวลต์ ไปจนถึง 5.5 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.29 การจัดวางขาของเอทีเมกา 168

ซึ่งรายละเอียดการทำงานของแต่ละขาของเอทีเมกา 168 แสดงได้ดังตารางที่ 2.3

2.18 อาร์ดูโน่ (Arduino)

อาร์ดูโน่ คือ รูปแบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ซึ่งเป็นแบบ Open Source จึงทำให้มีผู้ให้ความสนใจเป็นจำนวนมาก และมี Library ให้ใช้งานมากมาย สามารถทำงานได้ทุกระบบปฏิบัติการ เช่น Linux, MAC , Windows เป็นต้น พัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา C++ ซึ่งสามารถลบและเขียนใหม่ได้ นอกจากนั้นอาร์ดูโน่ยังมีราคาที่ประหยัดและมีซอฟต์แวร์ให้ใช้งานได้ฟรี จึงทำให้สะดวกในการพัฒนาโปรแกรม ในการที่ต้องการให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำงานได้นั้น ผู้ใช้จำเป็นจะต้องเขียนโปรแกรมคำสั่งเข้าไปสั่งการให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานต่างๆ เช่น การรับค่าจากอุปกรณ์ภายนอกมาแสดงผลยังจอแอลซีดี เป็นต้น โดยในการเขียนคำสั่งนั้นจะต้องมีฟังก์ชั่นอย่างน้อย 2 ฟังก์ชั่นคือ ฟังก์ชั่นสำหรับการตั้งค่า (Set up Function) และฟังก์ชั่นสำหรับการลูปของโปรแกรม (Loop Function) โดยรูปแบบการเขียนฟังก์ชั่นทั้ง 2 เป็นไปดังนี้

- void setup() : ฟังก์ชั่นนี้เป็นฟังก์ชั่นการตั้งค่า มีไว้สำหรับกำหนดการทำงานของระบบหรือคุณสมบัติของระบบซึ่งคำสั่งที่อยู่ภายในฟังก์ชั่นนี้จะเปรียบเสมือนโปรแกรมย่อย

- void loop() :ฟังก์ชั่นนี้เป็นฟังก์ชั่นสำหรับคำสั่งที่ต้องการให้มีการวนลูปหรือทำซ้ำ ซึ่งคำสั่งต่างๆที่อยู่ภายในจะเปรียบเสมือนโปรแกรมหลัก

โดยภายในปริญญานิพนธ์นี้จะอธิบายวิธีการใช้งานอาร์ดูโน่เบื้องต้น ดังนี้

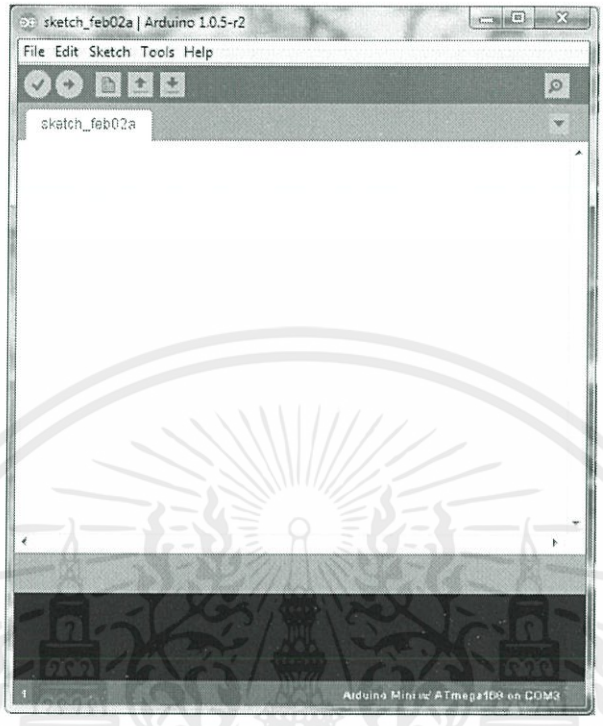
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 หน้าที่การทำงานของแต่ละขาของเอทีเมกา 168

ตำแหน่งขา	ชื่อ	หน้าที่
1	PC6	พอร์ตนี้ใช้สำหรับรีเซ็ต (Reset) การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
2	PD0	พอร์ตนี้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RXD
3	PD1	พอร์ตนี้เป็นขาเอาต์พุตสำหรับส่งข้อมูลการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TXD
4	PD2	พอร์ตนี้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัพท์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา INT0
5	PD3	พอร์ตนี้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัพท์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา INT1
6	PD4	พอร์ตนี้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา T0
7	VCC	จ่ายไฟให้กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์
8,22	GND	พอร์ตนี้ใช้สำหรับต่อลงกราวด์
9-10	PB6-PB7	พอร์ตนี้เป็นขาสำหรับต่อคริสตอล (Crystal) เพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
11-13	PD5-PD7	เป็นขาดิจิทัลอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป
14-19	PB0-PB5	เป็นขาดิจิทัลอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป
20	AVCC	จ่ายไฟให้กับวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล
21	AREF	ขาสำหรับอ้างอิงแรงดันสำหรับการรับสัญญาณอนาล็อก
23-28	PC0-PC5	เป็นขาอนาล็อกอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป

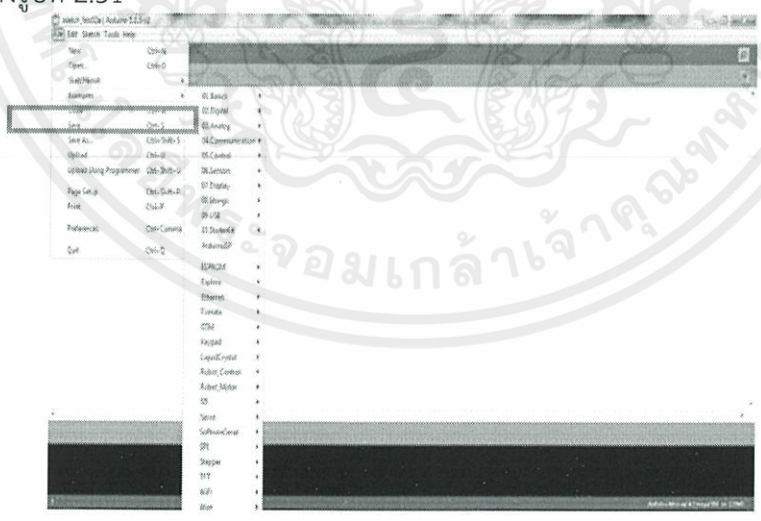
1) ทำการเปิดโปรแกรม arduino.exe แสดงหน้าต่างโปรแกรมได้ดังรูปที่ 2.30 ในกรณีที่ยังไม่ได้ทำการติดตั้งสามารถเข้าไปดาวน์โหลดได้ที่ http://www.arduino.cc/en/Main/Software

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.30 หน้าต่างโปรแกรมอาร์ดูโน่

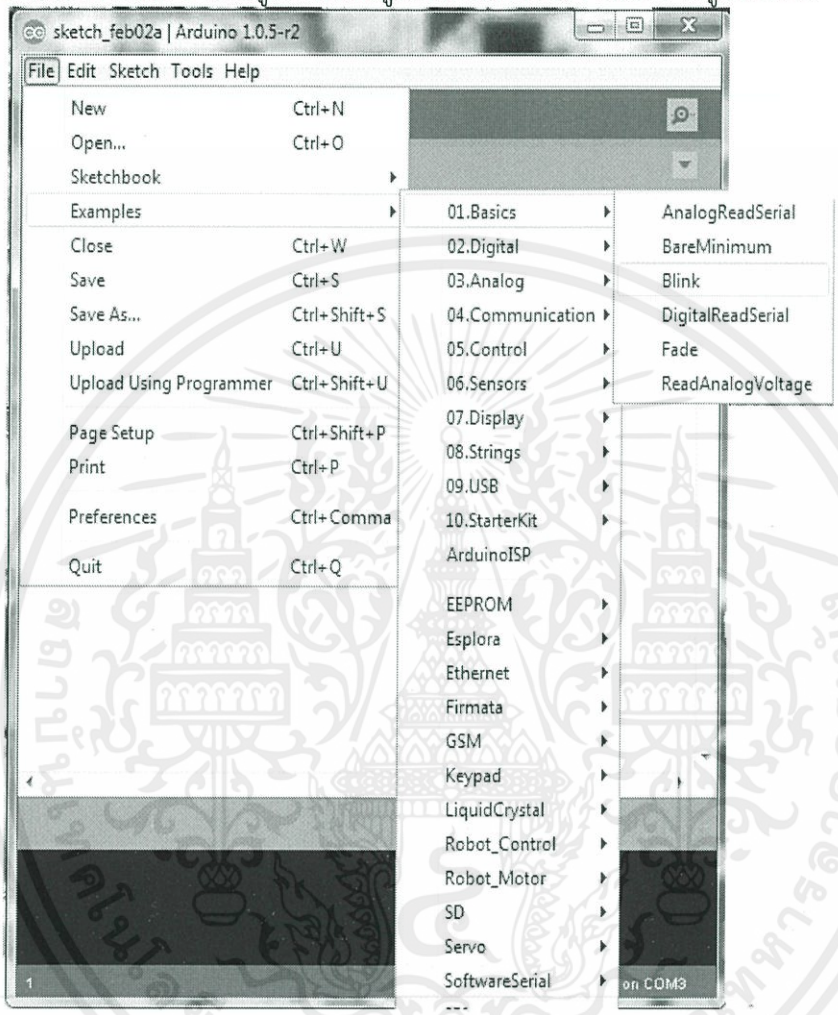
2) ภายในโปรแกรมอาร์ดูโน่จะมีหมวดหมู่ของโปรแกรมต่างๆ และในหมวดหมู่ของโปรแกรมนั้นจะมีตัวอย่างของโปรแกรม (Example) โดยมีลำดับขั้นตอนคือ กดที่ File>Example จะได้หน้าจอโปรแกรมดังรูปที่ 2.31



รูปที่ 2.31 ขั้นตอนการเข้าสู่การเปิดตัวอย่างของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

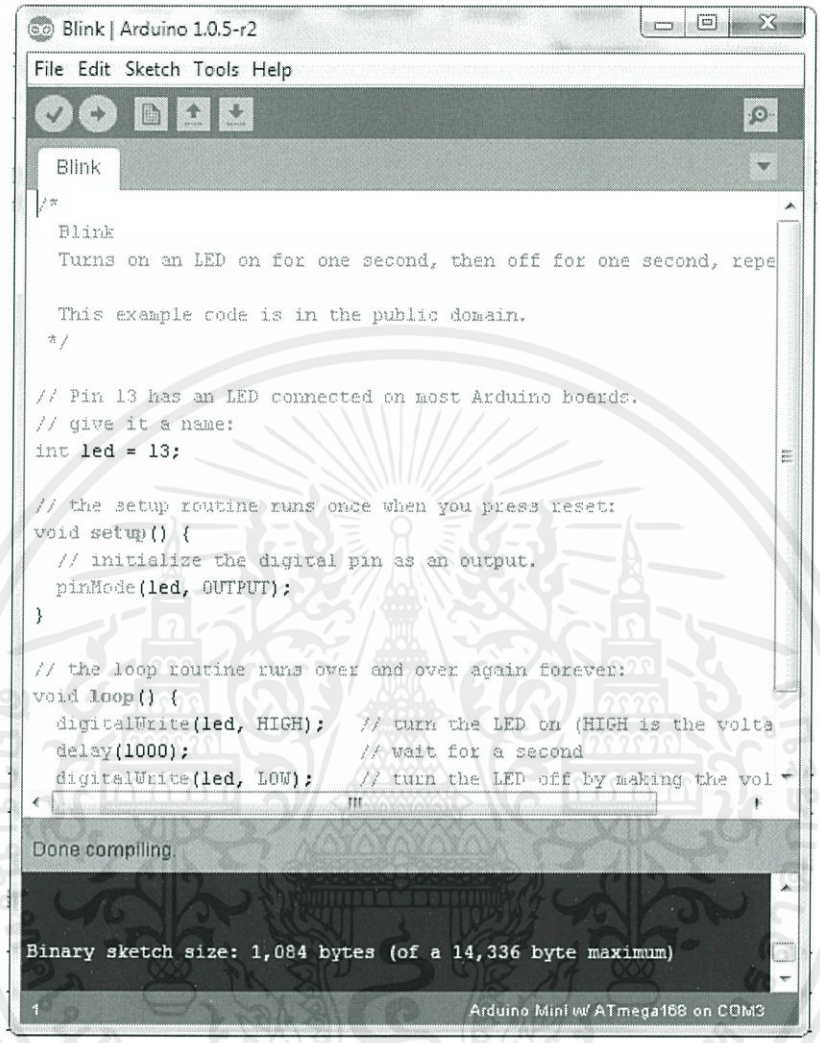
3) เพื่อง่ายต่อการทำความเข้าใจในการใช้งานโปรแกรมอาร์ดูโน่ ในที่นี้จะทำการเลือกโปรแกรมตัวอย่างที่มีชื่อว่า Blink ซึ่งจะอยู่ในหมวดหมู่โปรแกรมที่มีชื่อว่า Basics ดังรูปที่ 2.32



รูปที่ 2.32 การเปิดโปรแกรมตัวอย่าง Blink

4) ทำการตรวจสอบโปรแกรมที่เขียน โดยการกดปุ่ม Verify ในที่นี้จะทำการตรวจสอบโปรแกรมตัวอย่าง Blink ดังรูปที่ 2.33

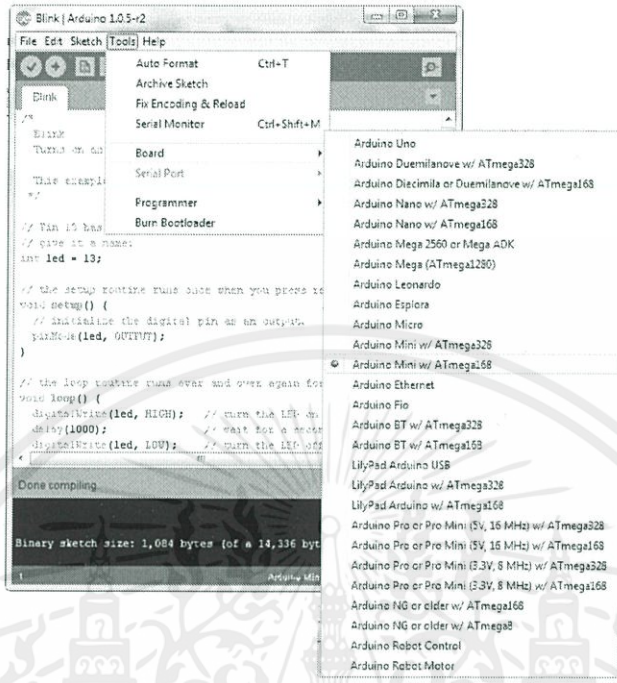
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



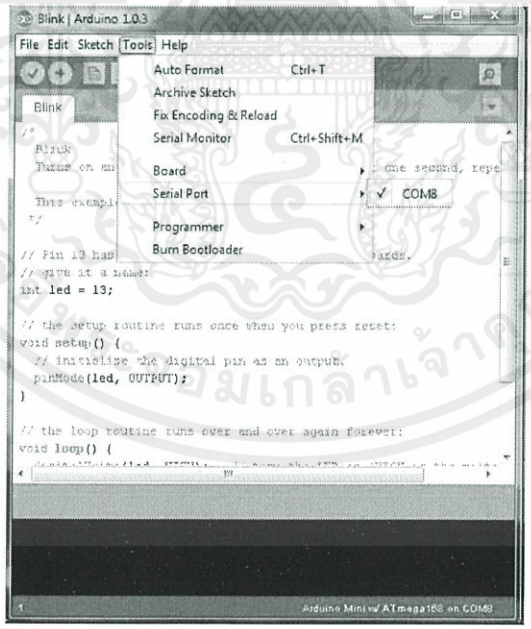
รูปที่ 2.33 การตรวจสอบโปรแกรมที่เขียน

5) ก่อนการเขียนข้อมูลลงไปในไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยโปรแกรมอาร์ดูโน่ทุกครั้ง จำเป็นที่จะต้องเลือกคอมพอร์ต (Com port) และเลือกชนิดของบอร์ด (Board) โดยกดที่ Tools > Board ดังรูปที่ 2.34 สำหรับการเลือกชนิดของบอร์ด และสำหรับการเลือกคอมพอร์ต จะกดที่ Tools> Serial Port ดังรูปที่ 2.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



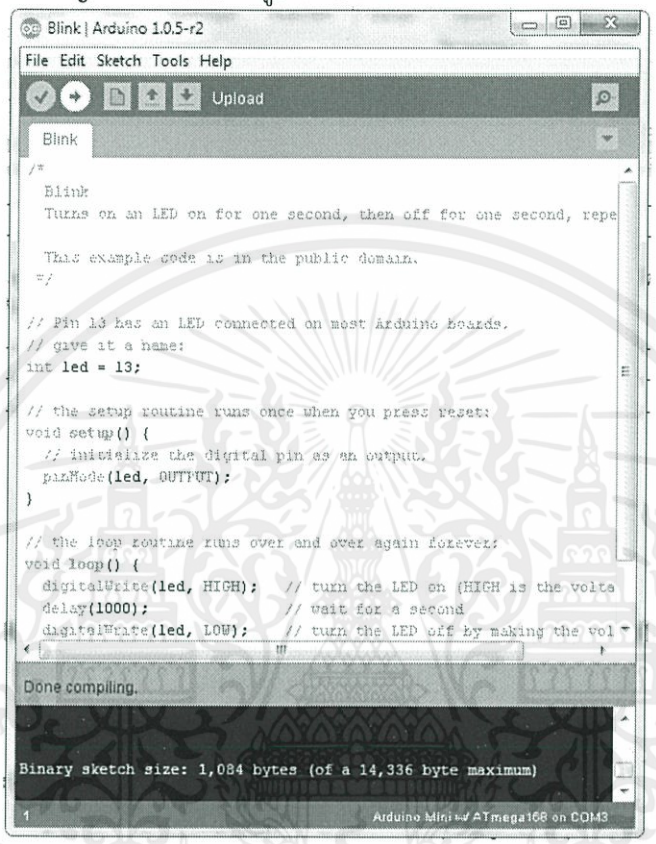
รูปที่ 2.34 การเลือกชนิดของบอร์ด



รูปที่ 2.35 การเลือกชนิดของพอร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) ขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการเขียนข้อมูลคำสั่งลงบนยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งสามารถทำได้โดยกดปุ่ม Upload หรือสัญลักษณ์ ดังรูปที่ 2.36



รูปที่ 2.36 การเขียนข้อมูลคำสั่งลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์

2.19 การสื่อสารข้อมูล (Data communication)

2.19.1 ความหมายของการสื่อสารข้อมูล

การสื่อสารข้อมูล คือ การส่งข้อมูลที่ทำการเข้ารหัสระหว่างอุปกรณ์ 2 ชนิด ซึ่งประกอบด้วย อุปกรณ์ฝั่งส่ง (Transmitter) อุปกรณ์ฝั่งรับ (Receiver) และตัวกลางในการสื่อข้อมูล (Medium) ซึ่งตัวกลางที่ใช้ในการส่งข้อมูลสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่แบบมีสาย (wire) และแบบไร้สาย (wireless) โดยข้อมูลที่ส่งจะอยู่ในรูปของสัญญาณดิจิตอล

2.19.2 ประเภทของการสื่อสาร

ประเภทของการสื่อสารข้อมูล สามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ คือ การสื่อสารแบบอนุกรม (Serial communication) และการสื่อสารแบบขนาน (Parallel communication) ซึ่งการสื่อสารแต่ละรูปแบบจะมีรายละเอียดดังนี้

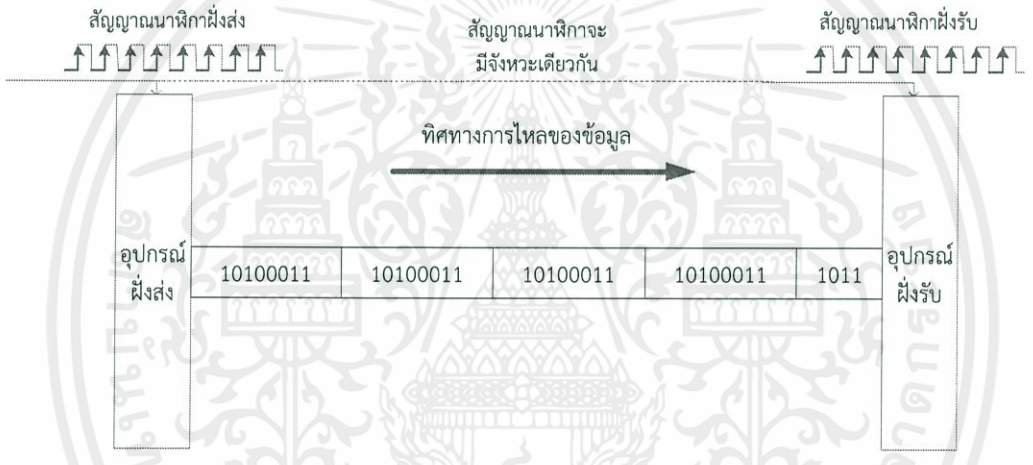
เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.19.2.1) การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม (Serial communication)

การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม เป็นการส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต และเรียงกันต่อไปเรื่อยๆ จนสิ้นสุดการส่งในแต่ละครั้ง ซึ่งข้อดีของการสื่อสารรูปแบบนี้คือ มีการใช้สายที่ใช้ในการส่งข้อมูลที่น้อย เพียง 2-3 เส้น เท่านั้นอีกทั้งยังสามารถรับและส่งข้อมูลได้ในระยะทางที่ไกลได้ดีโดยการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมเมื่อแบ่งตามลักษณะของการส่งข้อมูล สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ

2.19.2.1.1 การสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส(Synchronous)

การสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัสเป็นการส่งข้อมูลเป็นบล็อก ครั้งละหลายๆไบต์สัญญาณ โดยจะใช้จังหวะของสัญญาณนาฬิกาช่วยในการทำงานของอุปกรณ์ส่งและอุปกรณ์รับสอดคล้องกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.37

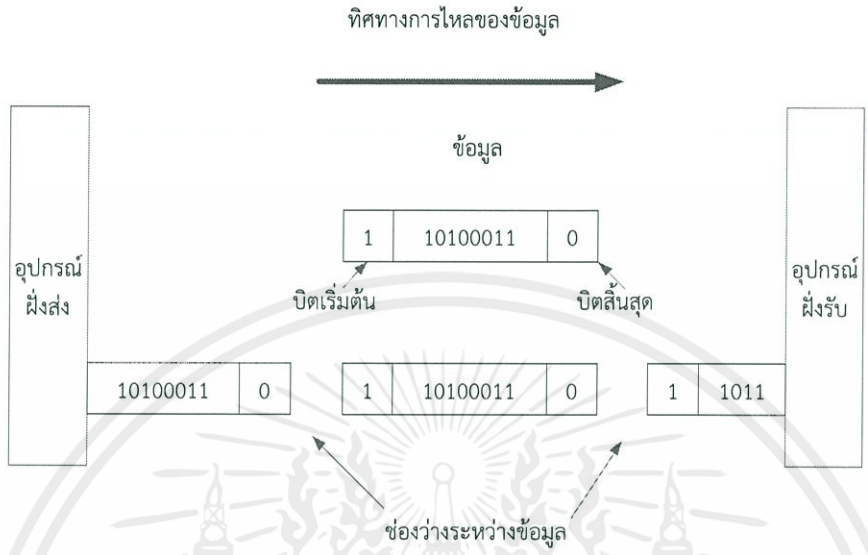


รูปที่ 2.37 การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส

2.19.2.1.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)

การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส เป็นการรับและส่งข้อมูลครั้งละ1 ไบต์ โดยที่อุปกรณ์รับและอุปกรณ์ส่งไม่จำเป็นต้องใช้จังหวะของสัญญาณนาฬิกาเดียวกัน แต่ข้อมูลที่ส่งจะต้องมีรูปแบบเดียวกับที่อุปกรณ์ฝั่งรับเข้าใจ โดยทั่วไปจะใช้รูปแบบดังนี้คือ เริ่มต้นด้วยบิตเริ่มต้น (Start Bit) ตามด้วยข้อมูล (Data) ตามด้วยบิตพาริตี้ (Parity Bit) และจะสิ้นสุดด้วยบิตสิ้นสุด (Stop Bit) ดังแสดงในรูปที่ 2.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

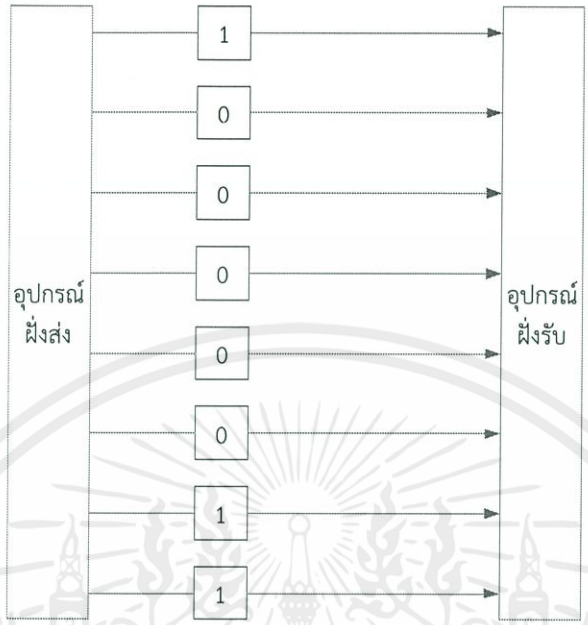


รูปที่ 2.38 การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

2.19.2.2 การสื่อสารข้อมูลแบบขนาน (Paralell Communication)

การสื่อสารข้อมูลแบบขนาน เป็นการส่งรับข้อมูลทีละกลุ่ม โดยข้อมูลในแต่ละ 1 ครั้ง สามารถส่งได้ทั้ง 56, 48, 32 ,24 ,16 บิต เป็นต้น และจะถูกส่งออกจากอุปกรณ์ส่งไปยังอุปกรณ์รับพร้อมๆกัน โดยที่ช่องสัญญาณที่ใช้จะต้องมีขนาดอย่างน้อย 8 ช่องสัญญาณ โดยภายในหัวข้อนี้จะแสดงการส่งข้อมูลแบบ 8 บิต ดังแสดงในรูปที่ 2.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

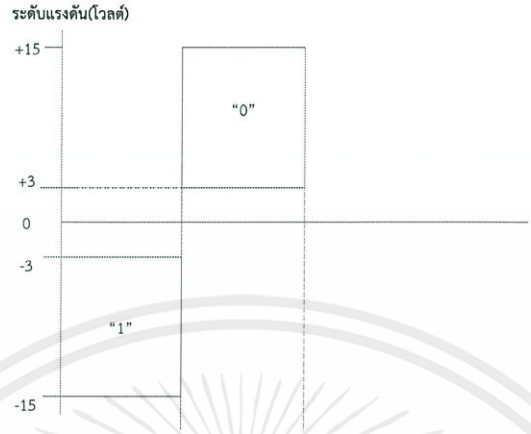


รูปที่ 2.39 การสื่อสารข้อมูลแบบขนาน

2.19.3 มาตรฐานอาร์เอส 232 (RS-232)

อาร์เอส 232 หรือที่ย่อมาจากคำว่า Recommended Standard 232 เป็นมาตรฐานที่อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industrial Association) หรือ EIA ได้กำหนดขึ้น เพื่อใช้ในการทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลในแบบอนุกรมหรือที่เรียกว่า Universal Asynchronous Adapter โดยมาตรฐานอาร์เอส 232 มีระดับแรงดันอยู่ในช่วง -15 ถึง 15 โวลต์ โดยที่ลอจิก “0” จะมีแรงดันอยู่ในช่วง 3 ถึง15 โวลต์ และลอจิก “1” จะมีแรงดันในช่วง -15 ถึง -3 โวลต์ ดังแสดงในรูปที่ 2.40 การเชื่อมต่อตามมาตรฐานอาร์เอส 232 นั้นจะมีสายสัญญาณ 3 เส้นก็คือ สายส่งข้อมูล (Tx) สายรับข้อมูล (Rx) และกราวด์ (GND) ในการใช้งานจริงจำเป็นจะต้องมีวงจรเปลี่ยนระดับแรงดันของอาร์เอส 232 มาเป็นระดับแรงดันของทีทีแอลก่อน

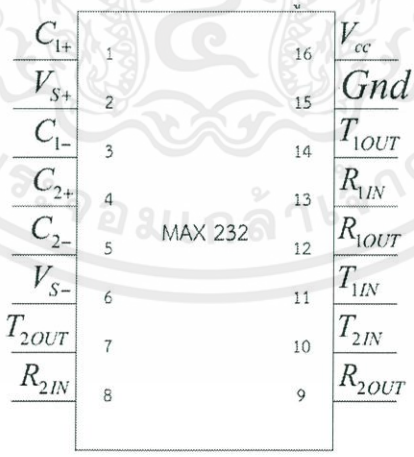
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.40 ระดับสัญญาณของ RS232

2.19.4 การแปลงระดับแรงดัน

ในการติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์จำเป็นที่จะต้องมีการแปลงระดับแรงดัน เนื่องจากว่าระดับแรงดันของข้อมูลที่ส่งออกจากพอร์ตของคอมพิวเตอร์เป็นระดับแรงดันแบบมาตรฐาน อาร์เอส 232 (RS232) แต่ระดับแรงดันที่ไมโครคอนโทรเลอร์รับได้นั้นเป็นระดับแรงดันแบบทีทีแอล จึงจำเป็นที่จะต้องมีการนำวงจรแปลงระดับสัญญาณโดยใช้ไอซี MAX232 มาต่อร่วมกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยตำแหน่งขาของไอซี MAX 232 แสดงได้ดังรูปที่ 2.41 และการต่อใช้งานไอซี MAX232 แสดงดังรูปที่ 2.42



รูปที่ 2.41 ตำแหน่งขาของไอซี MAX232

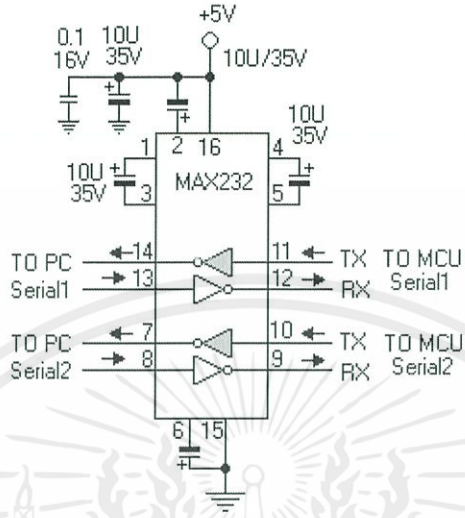
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งรายละเอียดการทำงานของแต่ละขาของไอซี MAX232 ภายในปริญญานิพนธ์นี้จะแสดงรายละเอียดต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารข้อมูล แสดงได้ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 หน้าที่การทำงานของแต่ละขาของไอซี MAX232

ตำแหน่งขา	ชื่อ	รายละเอียด	ระดับแรงดัน(โวลต์)
7	T_{2OUT}	ส่งออกสัญญาณด้วยระดับแรงดันตามมาตรฐานอาร์เอส 232	-15 ถึง 15
8	R_{2IN}	รับเข้าสัญญาณด้วยระดับแรงดันตามมาตรฐานอาร์เอส 232	-15 ถึง 15
9	R_{2OUT}	ส่งออกสัญญาณด้วยระดับแรงดันทีทีแอล	0 ถึง 3.3 หรือ 0 ถึง 5
10	T_{2IN}	รับเข้าสัญญาณด้วยระดับแรงดันทีทีแอล	0 ถึง 3.3 หรือ 0 ถึง 5
11	T_{1IN}	รับเข้าสัญญาณด้วยระดับแรงดันทีทีแอล	0 ถึง 3.3 หรือ 0 ถึง 5
12	R_{1OUT}	ส่งออกสัญญาณด้วยระดับแรงดันทีทีแอล	0 ถึง 3.3 หรือ 0 ถึง 5
13	R_{1IN}	รับเข้าสัญญาณด้วยระดับแรงดันตามมาตรฐานอาร์เอส 232	-15 ถึง 15
14	T_{1OUT}	ส่งออกสัญญาณด้วยระดับแรงดันตามมาตรฐานอาร์เอส 232	-15 ถึง 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

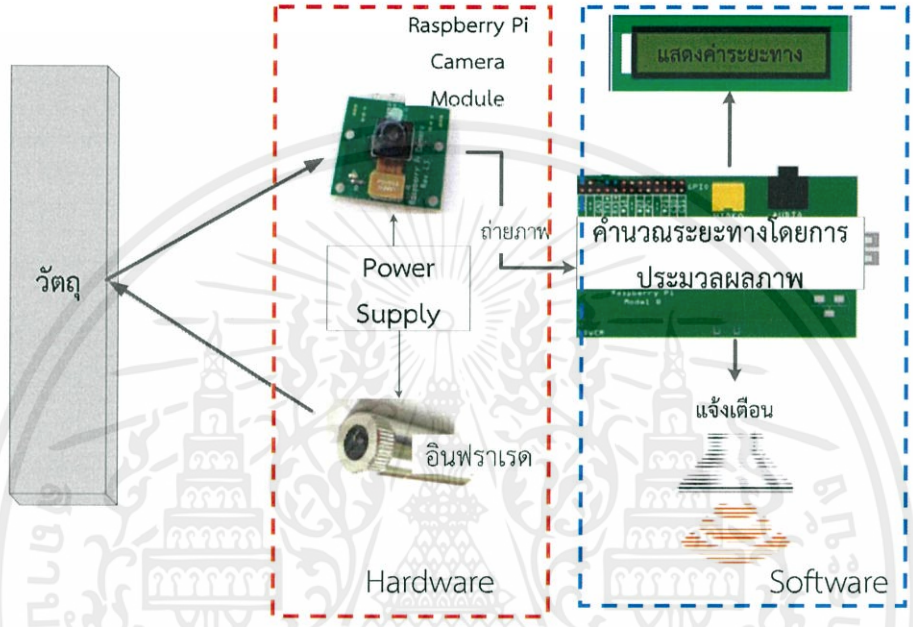


รูปที่ 2.42 การต่อใช้งานไอซี MAX232 กับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์

3.1 ส่วนประกอบโดยรวมของระบบ



รูปที่ 3.1 แผนภาพส่วนประกอบของระบบโดยรวม

จากแผนภาพในรูปที่ 3.1 เป็นแผนภาพที่อธิบายถึงส่วนประกอบโดยรวมของระบบ โดยในกรอบสี่เหลี่ยมสีแดงเป็นส่วนประกอบด้านฮาร์ดแวร์ และในกรอบสีน้ำเงินเป็นส่วนประกอบด้านซอฟต์แวร์ ซึ่งมีระบบการทำงานดังนี้ เมื่อลำแสงอินฟราเรดไปตกกระทบบนวัตถุจะเกิดการสะท้อนกลับมายังโมดูลกล้องราสเบอร์รี่ไพซึ่งเป็นตัวรับภาพ จากนั้นระบบจะถ่ายภาพไว้ตามระยะเวลาที่กำหนด เพื่อนำภาพดังกล่าวนั้นไปเข้ากระบวนการคำนวณระยะทางโดยใช้หลักการของการประมวลผลภาพ เมื่อคำนวณระยะทางได้แล้วจะแสดงผลโดยผ่านหน้าจอแอลซีดี และหากระยะทางที่คำนวณได้มีระยะทางใกล้เกินค่าที่ได้ตั้งไว้จะระบบจะทำการแจ้งเตือนด้วยเสียง

3.2 การออกแบบส่วนประกอบด้านฮาร์ดแวร์

3.2.1 อินฟราเรด

เนื่องจากปริญญานิพนธ์นี้มีอินฟราเรดเป็นอุปกรณ์ส่วนหนึ่งของปริญญานิพนธ์ ซึ่งจะนำภาพถ่ายของจุดอินฟราเรดไปประมวลผลภาพ จึงได้ออกแบบวงจรขับ

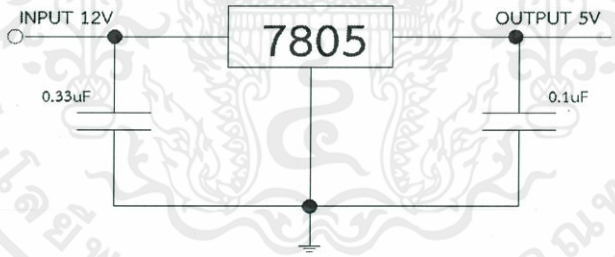
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสเพื่อเพิ่มกำลังงานให้กับอินฟราเรด ซึ่งจะทำให้มีความชัดเจนของอินฟราเรดมากขึ้นเมื่อถ่ายภาพ อีกทั้งปริญญานิพนธ์นี้จะนำไปใช้งานในรถยนต์ ซึ่งภายในรถยนต์จะมีแหล่งจ่ายไฟ 12 โวลต์ แต่อุปกรณ์ที่ใช้งานต้องใช้แหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ ดังนั้นจึงออกแบบวงจรโวลเตจเรกกูเรเตอร์เพื่อแปลงแหล่งจ่ายไฟจาก 12 โวลต์ เป็น 5 โวลต์ โดยแผนภาพการทำงานของอินฟราเรดที่จะนำไปใช้งานแสดงได้ดังรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 วงจรย่อยภายในชุดอินฟราเรด

3.2.1.1 วงจรโวลเจตเรกกูเรเตอร์

ในปริญญานิพนธ์ที่นำเสนอนี้จำเป็นจะต้องใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มีระดับแรงดันขนาด5 โวลต์ เพื่อจ่ายให้กับอุปกรณ์ต่างๆภายในวงจรขับกระแส ซึ่งในการใช้งานจริงจำเป็นต้องต่อกับแหล่งจ่ายที่มีขนาดแรงดัน 12 โวลต์จึงต้องใช้วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 12 โวลต์ เป็น 5 โวลต์ โดยใช้ไอซี เรกกูเรเตอร์เบอร์ 7805 ซึ่งมีความสามารถในการรับแรงดันไฟฟ้าที่ขนาดระหว่าง 7 - 25 โวลต์ และให้แรงดันเอาท์พุทมีขนาดเท่ากับ 5 โวลต์ ซึ่งจะทำการต่อวงจรดังรูปที่ 3.3 โดยภายในปริญญานิพนธ์นี้จะใช้ค่าตัวเก็บประจุที่ตำแหน่งทางด้านอินพุต และตำแหน่งทางด้านเอาต์พุต ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 0.33 ไมโครฟารัต และ 0.1 ไมโครฟารัต ตามลำดับ

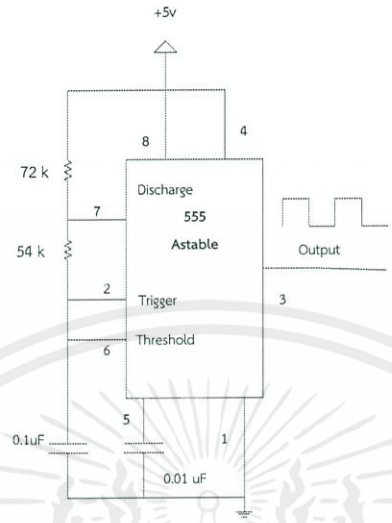


รูปที่ 3.3 วงจรโวลเตจเรกกูเรเตอร์ด้วยไอซี 7805

3.2.1.2 ชุดวงจรขับเลเซอร์ไดโอด

วงจรขับกระแสทำหน้าที่ขับกระแสเพื่อเพิ่มกำลังงานให้กับเลเซอร์ไดโอด ส่งผลให้เลเซอร์ไดโอดมีความเข้มแสงมากขึ้น เมื่อเลเซอร์ไดโอดมีความเข้มแสงมากขึ้น แสงจะสามารถเดินทางได้ไกลและสามารถเห็นได้ชัดเจนมากขึ้น โดยวงจรขับกระแสที่ได้ออกแบบ ประกอบด้วยวงจรสร้างสัญญาณสี่เหลี่ยม วงจรตามแรงดัน และวงจรขับกระแส ซึ่งวงจรสร้างสัญญาณสี่เหลี่ยมจะอาศัยไอซีไทมเมอร์ 555 เป็นตัวกำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยม โดยวงจรกำเนิดสัญญาณแสดงได้ดังรูปที่ 3.4

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 วงจรกำเนิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม

เมื่อได้ทำการอ้างอิงจากสมการที่ 2.1 2.2 2.3 และ 2.4 ตามลำดับ ในการคำนวณหาช่วงเวลาบวก ช่วงเวลาลบ ความถี่ และค่า Duty cycle จะได้สมการที่ 3.1 3.2 3.3 และ 3.4 ตามลำดับ

$$T_{high} = \ln(2)\cdot(R_1+R_2)\cdot C \quad (3.1)$$

$$T_{low} = \ln(2)\cdot R_2\cdot C \quad (3.2)$$

$$f = \frac{1}{\ln(2)\cdot C\cdot(R_1+R_2)} \quad (3.3)$$

$$Duty\ cycle = \frac{R_1+R_2}{R_1+2R_2} \quad (3.4)$$

ซึ่งจากวงจรในรูปที่ 3.4 จะเห็นได้ว่า R_1 เท่ากับ 72 กิโลโอห์ม R_2 เท่ากับ 54 กิโลโอห์ม และ C เท่ากับ 0.1 ไมโครฟารัด เมื่อทำการแทนค่าลงไปในสมการที่ 3.1 3.2 3.3 และ 3.4 ตามลำดับ จะได้

$$T_{high} = \ln(2)\cdot(R_1+R_2)\cdot C \quad (3.5)$$

$$T_{low} = \ln(2)\cdot R_2\cdot C \quad (3.6)$$

$$f = \frac{1}{\ln(2)\cdot C\cdot(R_1+R_2)} \quad (3.7)$$

$$Duty\ cycle = \frac{R_1+R_2}{R_1+2R_2} \quad (3.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ 3.5 3.6 3.7 และ 3.8 จะได้ช่วงเวลาบวก ช่วงเวลาลบ ความถี่ และค่า Duty cycle ตามสมการที่ 3.9 3.10 3.11 และ 3.12 ตามลำดับ

$$T_{high} = 8.73 \text{ msec} \quad (3.9)$$

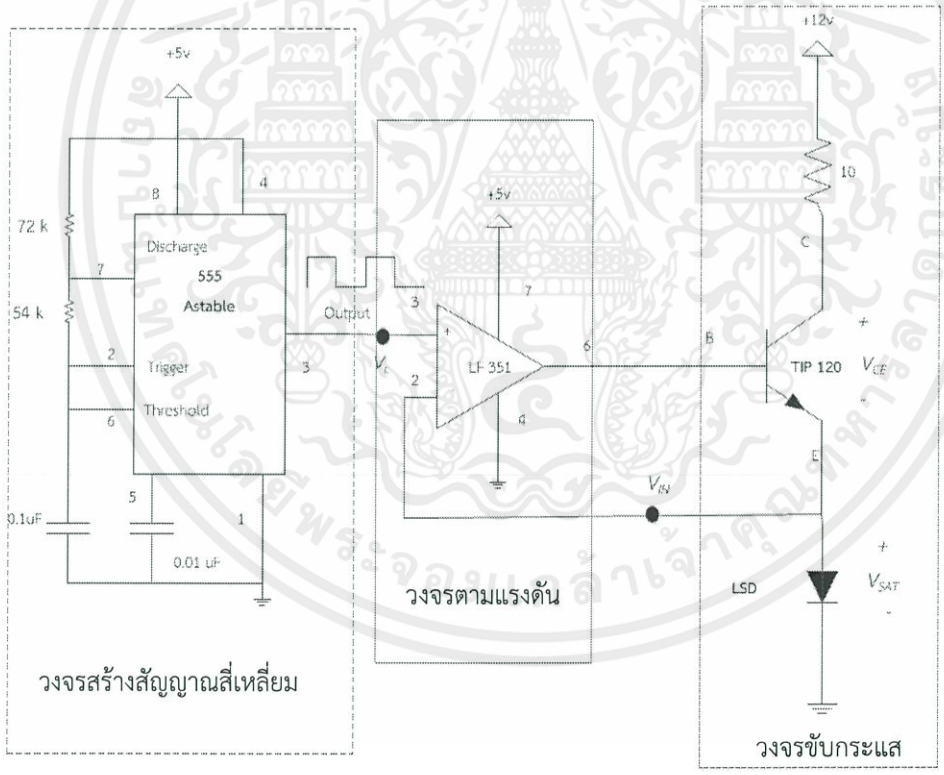
$$T_{low} = 3.74 \text{ msec} \quad (3.10)$$

$$f = 80.15 \text{ Hz} \quad (3.11)$$

$$Duty\ cycle = 70\% \quad (3.12)$$

โดยจะนำสัญญาณเอาต์พุตสี่เหลี่ยมที่ได้จากวงจรกำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยม ไปขับวงจรขับกระแส โดยจะเข้าทางขาเข้าของออปแอมป์ ซึ่งค่า Duty cycle ที่ได้จะมีผลต่อกระแสที่เลเซอร์ไดโอดใช้ ยิ่งค่า Duty cycle มีค่ามากจะยิ่งส่งผลให้กระแสที่เลเซอร์ไดโอดใช้มีค่าสูงขึ้น

ในการเชื่อมต่อวงจรระหว่างวงจรสร้างสัญญาณสี่เหลี่ยมกับส่วนของการขับกระแสจะเชื่อมต่อกันด้วยวงจรตามแรงดันซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ชุดวงจรขับเลเซอร์ไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสัญญาณเอาต์พุตของวงจรกำเนิดสัญญาณส่งผ่านเข้าทางด้านอินพุตขาเข้าของออปแอมป์มายังทรานซิสเตอร์ ซึ่งทรานซิสเตอร์ทำงานอยู่ในสภาวะอิ่มตัว ทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน โดยจะทำให้กระแสที่ขาคอลเลคเตอร์ส่งผ่านไปยังที่ขาอิมิตเตอร์ ที่ได้ทำการเชื่อมต่อกับเลเซอร์ไดโอดและขาลบของออปแอมป์ กระแสจากทางด้านอิมิตเตอร์ จะส่งผ่านไปยังขาลบของออปแอมป์ ซึ่งออปแอมป์จะถูกต่อไว้เพื่อปรับเสถียรภาพของวงจรในกรณีที่แรงดันทางด้านขาลบกับขาบวกของออปแอมป์มีค่าไม่เท่ากัน ส่วนค่าความต้านทานที่มีค่าเท่ากับ 10 โอห์ม นั้นจะเป็นตัวป้องกันในกรณีที่มีการจ่ายกระแสเกิน เพื่อป้องกันตัวเลเซอร์ไดโอดไม่ให้เกิดความเสียหาย โดยสามารถคำนวณกระแสที่ไหลผ่านตัวเลเซอร์ไดโอดได้จากสมการที่ 3.13

$$I = \frac{V_{CC} - V_{SAT} - V_{CE}}{R_3} \tag{3.13}$$

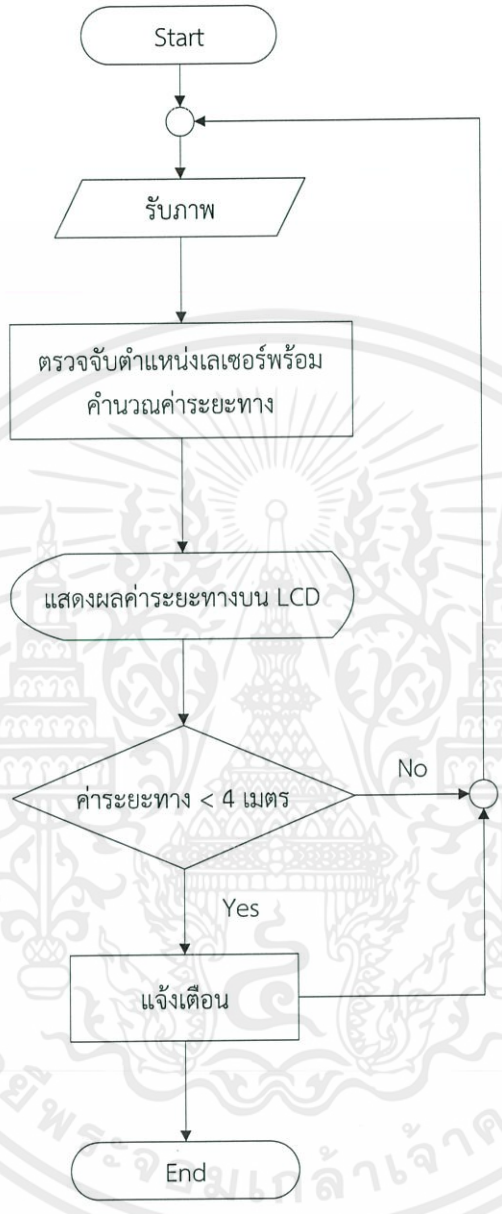
เมื่อแทนค่าในสมการที่ 3.13 ด้วยค่า R_3 = 10 Ω เนื่องจากทรานซิสเตอร์ทำงานอยู่ใน ภาวะอิ่มตัว V_{BE} จะมีค่าเท่ากับ 0.7 โวลต์กับ V_{CE} จะมีค่าเท่ากับ 0.3 โวลต์ แรงดันตกคร่อมตัวเลเซอร์ไดโอดที่ทำให้เลเซอร์ไดโอดทำงาน (V_{SAT}) มีค่าเท่ากับ 2.2 โวลต์ และแรงดัน V_{CC} ที่ป้อนทางขาคอลเลคเตอร์มีค่าเท่ากับ 12 โวลต์ เมื่อแทนค่าแล้วจะได้กระแสที่ไหลผ่านตัวเลเซอร์มีค่าตามสมการที่ 3.14

$$I = 0.95 \text{ A} \tag{3.14}$$

3.3 การออกแบบส่วนประกอบด้านซอฟต์แวร์

การออกแบบโปรแกรมด้านซอฟต์แวร์สามารถแบ่งออกเป็นส่วนหลักๆ 4 ส่วนได้แก่ ส่วนการปรับแต่งข้อมูลก่อนการประมวลผล, ส่วนการตรวจจับตำแหน่งเลเซอร์, ส่วนการแสดงผลผ่านจอแอลซีดี และส่วนของการแจ้งเตือน โดยผังงานการทำงานของโปรแกรมทั้งหมดสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.6 ซึ่งสามารถอธิบายได้คือ เมื่อระบบรับภาพจากโมดูลกล้องราสเบอร์รี่พายแล้วจะนำภาพไปผ่านกระบวนการประมวลผลในหาตำแหน่งเลเซอร์เพื่อนำมาหาค่าระยะทางแล้วจะแสดงผลค่าระยะทางที่ได้ผ่านจอแอลซีดี และหากระยะทางที่ได้มีค่าน้อยกว่าที่ได้ตั้งไว้ระบบจะแจ้งเตือนด้วยเสียง แต่ถ้าหากระยะทางที่ได้มีค่ามากกว่าระยะที่ได้ตั้งไว้ระบบก็จะรับภาพไปประมวลผลเพื่อหาระยะทางต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



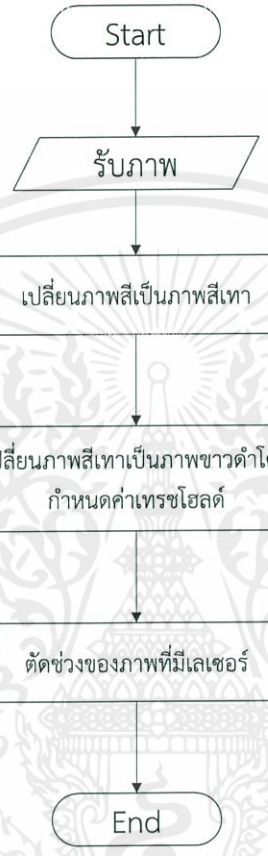
รูปที่ 3.6 ผังงานการทำงานของโปรแกรมทั้งหมด

3.3.1 การปรับแต่งข้อมูลก่อนการประมวลผล

ก่อนการตรวจจับตำแหน่งเลเซอร์จะต้องผ่านกระบวนการปรับแต่งข้อมูลก่อนการประมวลผลซึ่งก็คือการเปลี่ยนภาพสีที่ถ่ายจากโมดูลกล้องให้เป็นภาพขาวดำโดยขั้นตอนแรกเปลี่ยนภาพสีให้เป็นภาพสีเทา จากนั้นเปลี่ยนภาพสีเทาให้เป็นภาพขาวดำโดยใช้ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทรชโฮลด์เป็นค่าอ้างอิง และทำการตัดช่วงของภาพที่มีเลเซอร์อยู่ สามารถแสดงผังงานการปรับแต่งข้อมูลก่อนการประมวลผลได้ดังรูปที่ 3.7 และโค้ดที่ใช้ในการปรับแต่งข้อมูลดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.7 ผังงานการปรับแต่งข้อมูลก่อนการประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

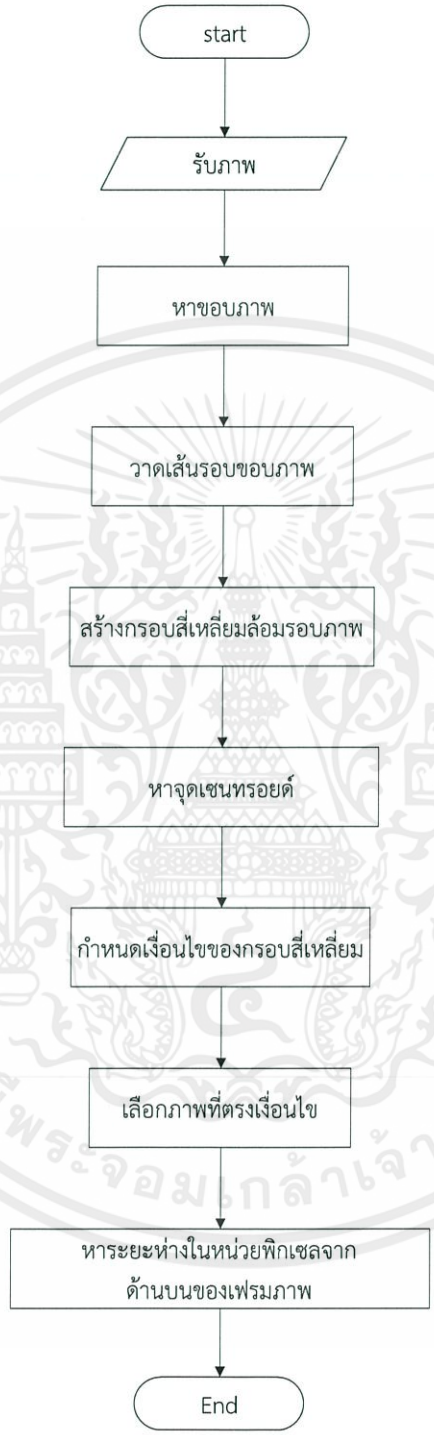
```
system("raspistill -o abc.jpeg -w 640 -h 480");
Mat image = imread("abc.jpeg");
namedWindow("Image:",1);
imshow("Image:",image);
waitKey(0);


Mat grayscale;
cvtColor(image,grayscale,CV_RGB2GRAY);
namedWindow("grayscale",1);
imshow("grayscale",grayscale);
waitKey(0);


Mat bnimage;
threshold(image,bnimage,230,255,THRESH_BINARY);
namedWindow("binaryimage",1);
imshow("binaryimage",bnimage);
waitKey(3000);


Mat fixcol = bnimage.colRange(Range(230,320));
namedWindow("fixcolumn",1);
imshow("fixcolumn",fixcol);
waitKey(0);
```

รูปที่ 3.8 โค้ดในการปรับแต่งข้อมูลก่อนการประมวลผล

3.3.2 การออกแบบการตรวจจับตำแหน่งเลเซอร์

การตรวจจับตำแหน่งเลเซอร์นั้นจะใช้การหาเส้นขอบของภาพที่มีความไม่ต่อเนื่องกันของค่าความเข้มสีเทา ต่อมาจะหาส่วนประกอบที่เชื่อมกัน (Connected Component) เพื่อวาดเส้นตามขอบของภาพดังกล่าว จากนั้นวาดสี่เหลี่ยมล้อมรอบขอบเขตของภาพทั้งหมด แล้วหาจุดเซนทรอยด์ของภาพพร้อมระบุเงื่อนไขของกล่องสี่เหลี่ยมให้สอดคล้องกับลักษณะของเลเซอร์ เพื่อให้สามารถตรวจจับภาพที่เลเซอร์ตกกระทบได้ถูกต้อง เมื่อได้ภาพที่เป็นตำแหน่งเลเซอร์แล้วจะหาระยะห่างระหว่างจุดเซนทรอยด์กับขอบบนของภาพในหน่วยพิกเซล สามารถแสดงผังงานการตรวจจับตำแหน่งอินฟราเรดดังรูปที่ 3.9 โค้ดที่ใช้ในการตรวจจับตำแหน่งเลเซอร์แสดงได้ดังรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ผังงานการตรวจจับตำแหน่งอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
int thresh = 140;
int max_thresh = 255;
vector<vector<Point> > contours;
vector<Vec4i> hierarchy;
Mat cannyop;
Canny(fixcol, cannyop, thresh, thresh*2, 3 );
namedWindow("cannyoutput",1);
imshow("cannyoutput",cannyop);
waitKey(0);
```

```
findContours(cannyop,contours,hierarchy,RETR_TREE,CHAIN_APPROX_SIMPLE,Point (0,0));

vector<Rect> boundRect(contours.size());
for (int i=0; i<contours.size(); i++)
{
  boundRect[i] = boundingRect(Mat(contours[i]));
}


Mat drawww = Mat::zeros(cannyop.size(),CV_8UC3);
for(int i = 0; i<contours.size(); i++)
{
        Scalar colour = Scalar(0,0,255);
        rectangle(drawww,boundRect[i].tl(),boundRect[i].br(),colour,2,8,0);
}
namedWindow("bound",1);
imshow("bound",drawww);
waitKey(0);
vector<Rect> boundRect(contours.size());
for (int i=0; i<contours.size(); i++)
{
  boundRect[i] = boundingRect(Mat(contours[i]));
}


Mat drawww = Mat::zeros(cannyop.size(),CV_8UC3);
for(int i = 0; i<contours.size(); i++)
{
        Scalar colour = Scalar(0,0,255);
        rectangle(drawww,boundRect[i].tl(),boundRect[i].br(),colour,2,8,0);
}
namedWindow("bound",1);
imshow("bound",drawww);
waitKey(0);
```

```
if (contours.size() == 0)
{
        continue ;
}

vector<Moments> mu(contours.size() );
for( int i = 0; i < contours.size(); i++ )
{ mu[i] = moments( contours[i], false ); }

vector<Point2f> mc( contours.size() );
for( int i = 0; i < contours.size(); i++ )
{ mc[i] = Point2f( mu[i].m10/mu[i].m00 , mu[i].m01/mu[i].m00 ); }

vector<int> abc;
Mat drawing;
drawing = Mat::zeros(cannyop.size(), CV_8UC3);
```

รูปที่ 3.10 โค้ดตรวจจับตำแหน่งเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

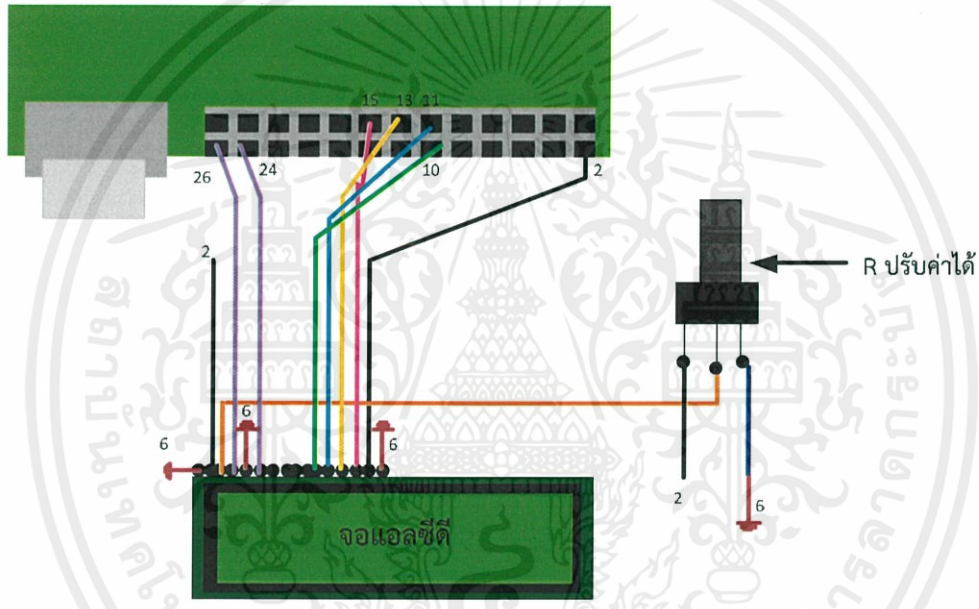
```
for (int i = 0; i < contours.size() ; i++)
{
        float r = boundRect[i].width/boundRect[i].height;
        float  y = (boundRect[i].tl().y+boundRect[i].br().y)/2;
        if
           ((boundRect[i].width > 4) && (boundRect[i].width < 150)     &&
           (boundRect[i].height > 4) && (boundRect[i].height < 150)  &&
           (boundRect[i].area() > 15) && (boundRect[i].area() < 5000)   &&

           (y > 180 ) && (y < 400) )

        {
                Scalar colourr = Scalar (0,255,0);
                rectangle(drawing,boundRect[i].tl(),boundRect[i].br(),colourr,2,8,0);
                abc.push_back(i);
        }

}
if (abc.size() == 0)
{
        continue ;
}




for (int i = 0; i < abc.size(); i++)
{


        Scalar colors = Scalar (255,0,0);
        circle( drawing, mc[abc[i]],0, colors, 6, 8, 0 );
}

namedWindow("rect",1);
imshow ("rect",drawing);
waitKey(0);
Mat draw;
draw = Mat::zeros(cannyop.size(),      );

float max = boundRect[abc[0]].area();
int idx=0;
for (int i = 0; i < abc.size() - 1; i++)
{
        if ( boundRect[abc[i+1]].area() > max)
        {
                max = (boundRect[abc[i+1]].area());
                idx = i+1;
        }
}

Scalar colorrr = Scalar (255,0,0);
circle(draw, mc[abc[idx]],0, colorrr,6,8,0);
Scalar colorr = Scalar(0,255,0);
rectangle(draw,boundRect[abc[idx]].tl(),boundRect[abc[idx]].br(),colorr,2,8,0);

cout << "distance(pixel) = " << mc[abc[idx]].y << endl;
```

รูปที่ 3.10 โค้ดตรวจจับตำแหน่งเลเซอร์ (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

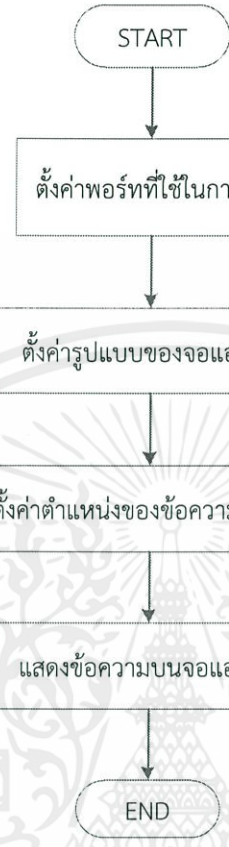
3.3.3 การออกแบบส่วนแสดงผล

จะทำการนำค่าระยะทางที่คำนวณได้จากสมการระยะทาง มาแสดงบนหน้าจอแอลซีดี ซึ่งค่าที่แสดงยังหน้าจอแอลซีดีจะถูกเก็บให้อยู่ในรูปของทศนิยมสามตำแหน่ง และจะแสดงผลค่าระยะทางที่ได้บนหน้าจอแอลซีดีในหน่วยของเมตร ในการนำค่าที่ได้ไปแสดงผลนั้นจำเป็นที่จะต้องเขียนโปรแกรม โดยในปริญญานิพนธ์นี้จะใช้ภาษา C++ ในการเขียนคำสั่งสำหรับควบคุมการทำงานของจอแอลซีดี โดยได้ทำการส่งข้อความในโหมด 4 บิต และทำการต่อวงจรเชื่อมกันระหว่างราสเบอร์รี่ไพ กับจอแอลซีดีดังรูปที่ 3.11 ซึ่งผังงานการทำงานแสดงได้ดังรูปที่ 3.12 โค้ดที่ใช้ในการแสดงผลบนหน้าจอแอลซีดีแสดงได้ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.11 การเชื่อมต่อแอลซีดีกับราสเบอร์รี่ไพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 ผังงานแสดงการทำงานของส่วนแสดงผล

```
#include <rpi-hw.hpp>
#include <rpi-hw/display/hd44780.hpp>

using namespace rpihw;

int main( int argc, char *args[] )
{
    display::hd44780 dev( 7, 25, 17, 18, 27, 22 );

    dev.init( 16, 2 );

    dev.move( 0, 0 );

    dev.write( "DISTANCE :    m" );

    return 0;
}
```

รูปที่ 3.13 โค้ดการแสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 การออกแบบส่วนของการแจ้งเตือน

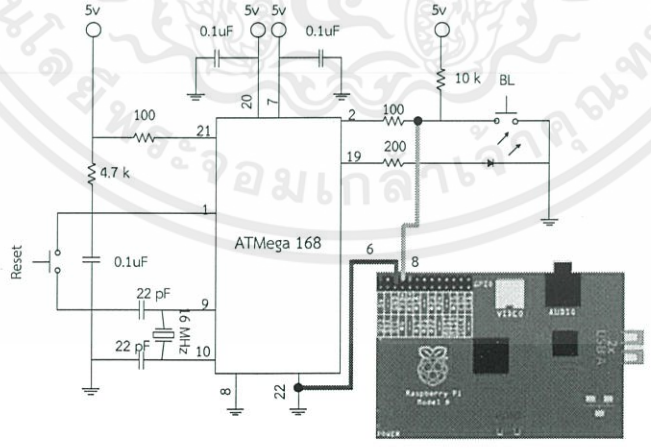
ในส่วนของระบบการแจ้งเตือน จะทำการแจ้งเตือนด้วยเสียง เพื่อเป็นการเตือนว่าวัตถุที่ต้องการทราบระยะทางนั้นอยู่ห่างจากเครื่องวัดมากเท่าไร ซึ่งภายในปริญญานิพนธ์นี้ ได้กำหนดค่าระยะทางที่ใกล้ที่สุดก่อนที่ระบบจะทำการแจ้งเตือนไว้ 4 เมตร โดยถ้าระยะทางยิ่งใกล้มากการแจ้งเตือนก็จะให้เสียงที่มีความถี่มากขึ้น โดยหลักการทำงานของส่วนการแจ้งเตือนสามารถแสดงแผนภาพได้ดังรูปที่ 3.14

รูปที่ 3.14 แผนภาพการแจ้งเตือน

จากแผนภาพสามารถแบ่งการทำงานได้เป็น 2 ขั้นตอน

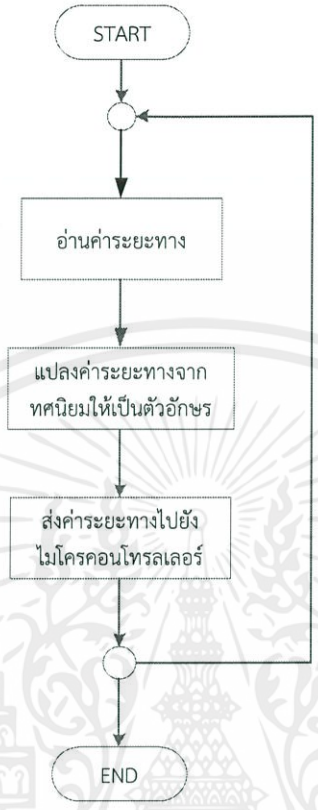
3.3.4.1 ขั้นตอนการส่งค่าระยะทางที่ได้จากราสเบอร์รี่ไพ ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์

เมื่อระบบได้ทำการนำภาพที่ได้ไปประมวลผล จนได้ค่าระยะทางตามที่ต้องการแล้ว ซึ่งค่าที่ได้นั้นจะอยู่ในรูปของทศนิยม โดยในการที่จะส่งค่าออกทางพอร์ตส่ง (Tx) ของราสเบอร์รี่ไพนั้น จำเป็นที่จะต้องแปลงค่าที่ได้ให้เป็นรูปแบบตัวอักษรก่อน ซึ่งสามารถแสดงการเชื่อมต่อระหว่างราสเบอร์รี่ไพกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้ดังรูปที่ 3.15 ผังงานแสดงการส่งข้อมูลจากราสเบอร์รี่ไพไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ดังรูปที่ 3.16 และ โค้ดที่ใช้ในการส่งค่า ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.15 การเชื่อมต่อระหว่างราสเบอร์รี่ไพกับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 ผังงานการส่งข้อมูลจากราสเบอร์รี่ไพไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์

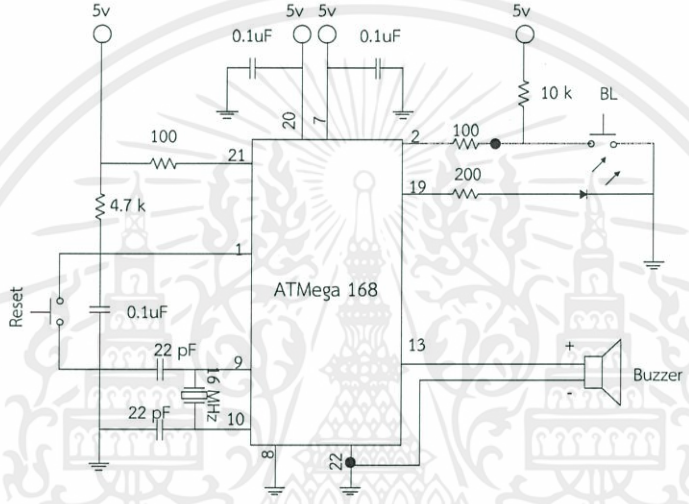
```
#include <wiringSerial.h>
#include <wiringPi.h>
#include <stdio.h>
int main () {
        float r = 1.110;
        char i[6];
        int j;
        sprintf(i,"%.3f",r);
        int fd ;
        fd = serialOpen("/dev/ttyAMA0",9600);
        while(1){
                for(j=0;j<6;j++){
                        serialPutchar(fd,i[j]);
                }
                delay(5000);
        }
}
```

รูปที่ 3.17 โค้ดการแจ้งเตือนในส่วนของราสเบอร์รี่ไพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4.2 ขั้นตอนการรับค่าจากราสเบอร์รี่ไพ

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าจากราสเบอร์รี่ไพแล้ว จะทำการแปลงค่าที่ได้นั้นจากรูปแบบตัวอักษรให้เป็นรูปแบบทศนิยม แล้วนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้กำหนดไว้ โดยถ้าค่าที่ระยะทางได้มีค่าน้อยกว่า 4 เมตร จะทำการส่งระดับแรงดัน 5 โวลต์ เพื่อทำการกระตุ้นให้บัซเซอร์ทำงาน ซึ่งสามารถแสดงการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์บัซเซอร์ ได้ดังรูปที่ 3.18 ผังงานแสดงการรับค่าระยะทางและเงื่อนไขการแจ้งเตือนได้ดังรูปที่ 3.19 และ โค้ดที่ใช้ในการรับค่า ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.18 การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์บัซเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.19 ผังงานการรับค่าระยะทางและเงื่อนไขการแจ้งเตือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

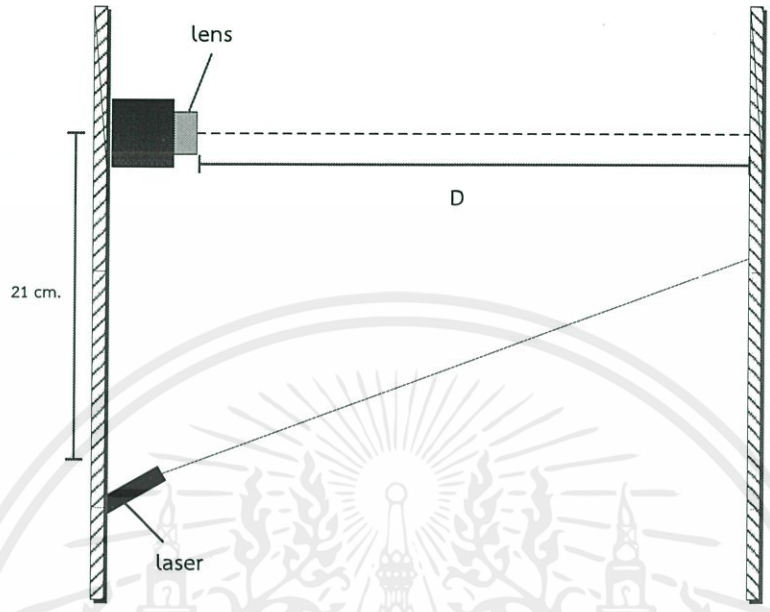
```
char inChar[6];
int i;
float r;
int buzzer = 7;
int dtime;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(buzzer, OUTPUT);
  pinMode(13, OUTPUT);
}
void loop() {
  if(Serial.available()){
    delay(50);
    i=0;
    while(Serial.available())
    {
    inChar[i] = Serial.read();
    i++;}
    r = atof(inChar);
  }
   if(r < 6 && r != 0){
     digitalWrite(buzzer, HIGH);
     dtime = r*100;
     delay(dtime);
     digitalWrite(buzzer, LOW);
     delay(dtime);
   }
```

รูปที่ 3.20 โค้ดการแจ้งเตือนในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์

3.4 การออกแบบการจัดเก็บผลการทดลอง

ทำการออกแบบโดยวางกล้องให้ห่างจากตำแหน่งเลเซอร์เป็นระยะทาง 21 เซนติเมตร และถ่ายภาพเลเซอร์ที่ตกกระทบบนฉาก ซึ่งแทนด้วยตัวแปร D ในภาพ การออกแบบการใช้เลเซอร์แสดงได้ดังรูปที่ 3.21 และการเก็บภาพเลเซอร์ที่ตกกระทบบนฉากจะเริ่มที่ระยะทาง 120 เซนติเมตร และเก็บภาพต่อไปทุกๆ 120 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 การออกแบบการจัดเก็บผลการทดลอง

3.5 การออกแบบชิ้นงาน

ทำการออกแบบโครงสร้างชิ้นงานของระบบโดยรวม ซึ่งหลักการออกแบบชิ้นงานนี้คือออกแบบให้ตัวชิ้นงานนั้นมีความกะทัดรัด ใช้งานง่ายและสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้มากที่สุด โดยในปริญญานิพนธ์นี้ได้เลือกใช้กล่องพลาสติกรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่มีขนาดความกว้างเท่ากับ 260 มิลลิเมตร ความยาวเท่ากับ 220 มิลลิเมตร และความสูงเท่ากับ 100 มิลลิเมตร

สำหรับส่วนประกอบต่าง ๆ ที่สำคัญของชิ้นงาน มีดังนี้

1. โมดูลกล้องราสเบอร์รี่ไพ
2. เลเซอร์ไดโอด ย่านความถี่อินฟราเรด
3. สวิตช์
4. ช่องทางเดินของสายไฟ
5. จอแสดงผล
6. บอร์ดราสเบอร์รี่ไพ
7. วงจรขับกระแส
8. วงจรโวลเตจเรกกูเรเตอร์
9. ไมโครคอนโทรลเลอร์
10. บัซเซอร์

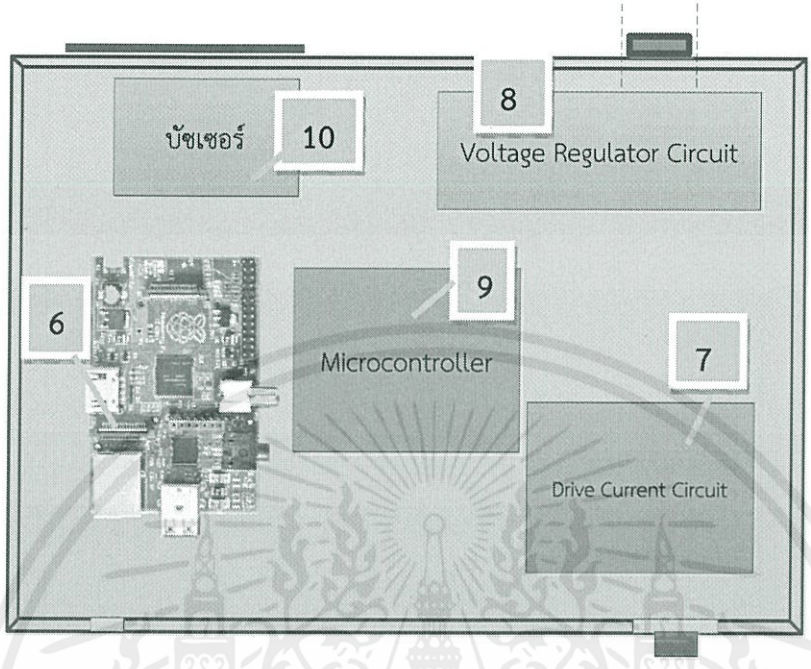
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสามารถแสดงโครงสร้างด้านหน้าของชิ้นงานได้ดังรูปที่ 3.22 โครงสร้างด้านหลังของชิ้นงานได้ดังรูปที่ 3.23 การวางอุปกรณ์ภายในชิ้นงานดังรูปที่ 3.24 และ ภาพ 3 มิติ ของชิ้นงานดังรูปที่ 3.25

รูปที่ 3.22 โครงสร้างด้านหน้าของชิ้นงาน

รูปที่ 3.23 โครงสร้างด้านหลังของชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 การวางอุปกรณ์ภายในชิ้นงาน

รูปที่ 3.25 ภาพ 3 มิติ ของชิ้นงาน

3.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.6.1 เลเซอร์ไดโอดในย่านความถี่อินฟราเรด ขนาดความยาวคลื่นเท่ากับ 808 นาโนเมตร และมีกำลัง 1000 ถึง 1500 มิลลิวัตต์

3.6.2 วงจรโวลเตจเรกกูเรเตอร์

3.6.3 วงจรขับกระแส

3.6.4 โมดูลกล้องราสเบอร์รี่ไพ

3.6.5 ราสเบอร์รี่ไพ

3.6.6 วงจร RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

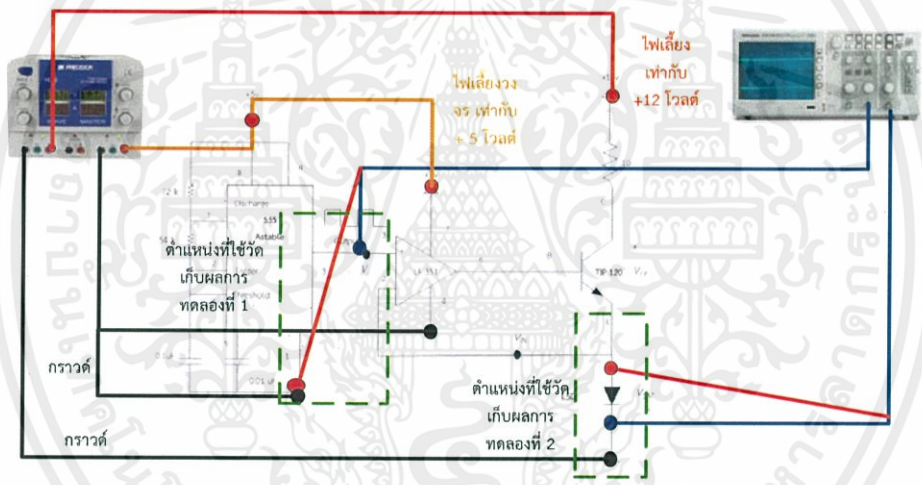
3.6.7 จอแอลซีดี
3.6.8 ไมโครคอนโทรลเลอร์
3.6.9 โปรแกรมอาร์ดูอิโน่
3.6.10 บัซเซอร์
3.6.11 ออซซิลโลสโคป
3.6.12 คอมพิวเตอร์
3.6.13 open cv

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

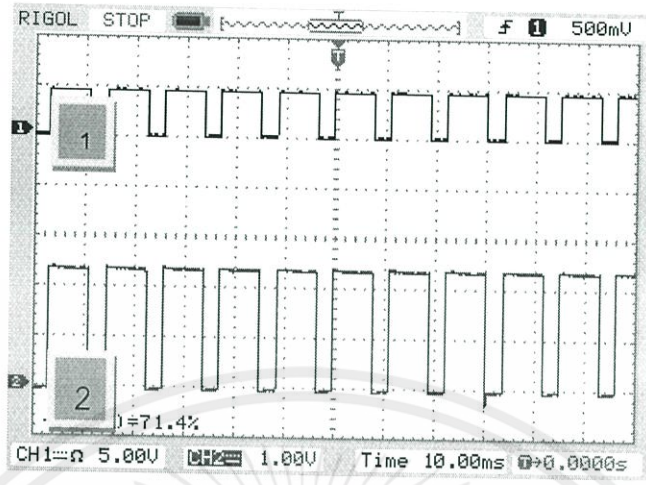
4.1 วงจรขับกระแส

นำวงจรขับกระแสที่ได้ออกแบบไว้ มาทำการทดลองเพื่อทดลองหาค่าการใช้กระแสของเลเซอร์ไดโอด โดยได้ทำการวัดสัญญาณจากขาเอาท์พุตของวงจรสัญญาณนาฬิกา และวัดแรงดันที่ตกคร่อมจากขาของเลเซอร์ไดโอด ดังรูปที่ 4.1 และสามารถแสดงผลการทดลองได้ดังรูปที่ 4.2 เมื่อได้ทำการทดลองปรับค่า Duty cycle ของวงจร ซึ่งปรับที่ตัวต้านทาน (R1) ให้มีค่าเท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์ วงจรจะสามารถ เปิด-ปิด ตามที่ได้ทำการออกแบบไว้ พบว่าวงจรขับกระแสสามารถทำงานได้ เนื่องจากได้ทำการป้อนไฟเลี้ยงเท่ากับ 12 โวลต์ ที่ขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ ซึ่งจากการทดลองพบว่า กระแสที่ไหลผ่านเลเซอร์ไดโอด มีค่าเท่ากับ 0.93 แอมแปร์



รูปที่ 4.1 การทดลองวงจรขับกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

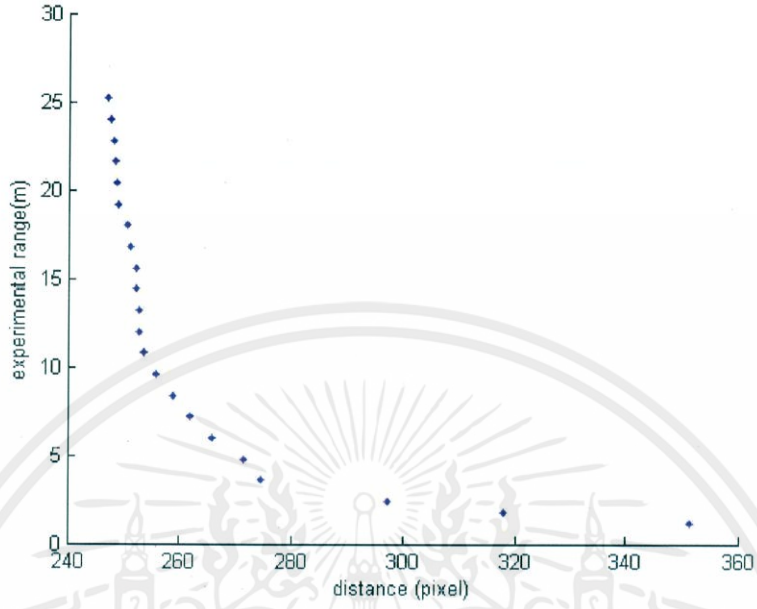


รูปที่ 4.2 สัญญาณที่ได้จากวงจรขับกระแส เมื่อกำหนด Duty cycle เท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์
หมายเลขที่ 1 : สัญญาณที่ป้อนเข้าขานอนอินเวอร์ติ้งแอมป์ (Ch1)
หมายเลขที่ 2 : รูปสัญญาณของแรงดันตกคร่อมเลเซอร์ไดโอด (Ch2)

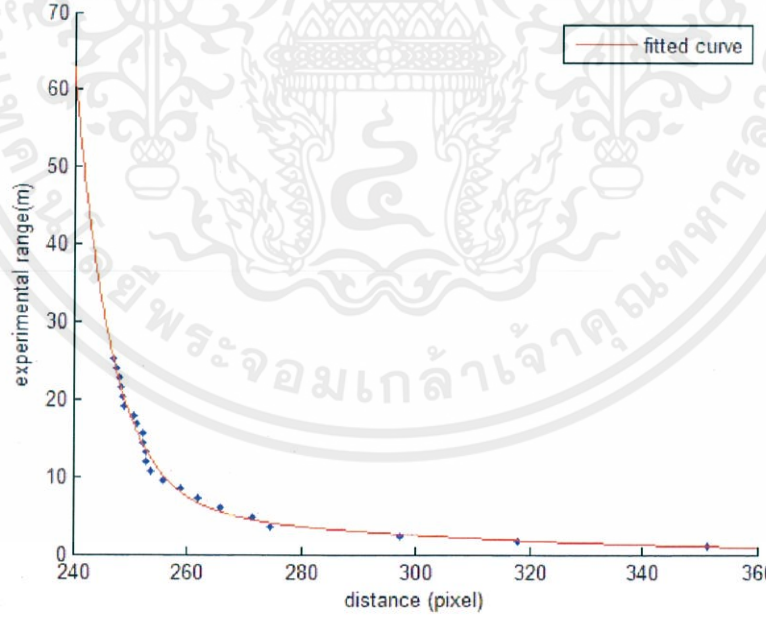
4.2 การเทียบมาตรฐาน

ในปริญญานิพนธ์นี้จะทำการเทียบมาตรฐานระหว่างระยะทางจริงกับระยะห่างของเลเซอร์กับด้านบนของเฟรมภาพโดยวิธีวาดกราฟความสัมพันธ์ เพื่อนำมาหาสมการในการคำนวณระยะทาง โดยทำการเทียบมาตรฐานที่ระยะทางจริงทุกๆ 120 เซนติเมตร เก็บผลการทดลองภายในอาคารและเป้าหมายที่เลเซอร์ตกกระทบเป็นวัตถุผิวเรียบที่สามารถรองรับเลเซอร์ได้เต็มวงเพื่อให้ระบบสามารถตรวจจับเลเซอร์ได้อย่างชัดเจน จากหัวข้อที่ 3.3.2 เมื่อได้ระยะห่างของเลเซอร์กับด้านบนสุดของเฟรมภาพเป็นจำนวนพิกเซลออกมาแล้ว จะนำไปวาดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนพิกเซลที่ได้กับระยะทางจริงแสดงได้ดังรูปที่ 4.3 เมื่อพิจารณากราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวพบว่าลักษณะกราฟความสัมพันธ์มีลักษณะความสัมพันธ์แบบเอ็กซ์โพเนนเชียลดังรูปที่ 2.28 จึงใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลในการหาสมการคำนวณระยะทาง ได้กราฟจากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงส้นแสดงได้ดังรูปที่ 4.4 และสมการที่นำไปคำนวณระยะทางพร้อมค่าสัมประสิทธิ์แสดงได้สมการที่ 4.1 เมื่อแทนค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆจะได้สมการคำนวณระยะทางแสดงได้ดังสมการที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างของเลเซอร์ในหน่วยพิกเซลกับระยะทางจริง



รูปที่ 4.4 กราฟจากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R = a(\exp(b \bullet x)) + c(\exp(d \bullet x)) \quad (4.1)$$

a = 2.014e+19

b = -0.1643

c = 2.327e+4

d = -0.01608

$$R = 2.014e+19(\exp(-0.1643 \bullet x)) + 2.327e+4(\exp(-0.01608 \bullet x)) \quad (4.2)$$

4.3 การหาระยะทางจากเลเซอร์

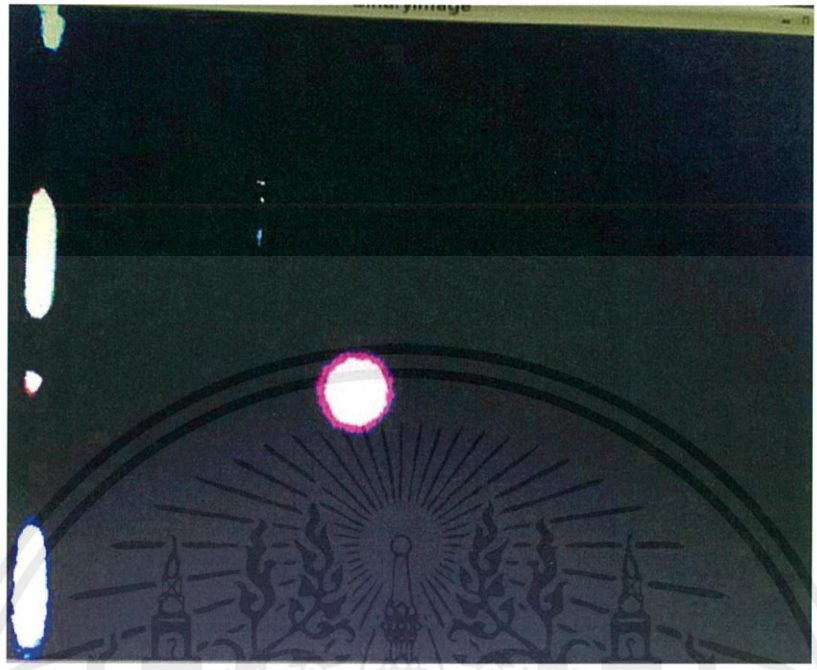
การหาระยะทางจากเลเซอร์เริ่มต้นโดยการเก็บภาพเลเซอร์ที่ตกกระทบบนฉากที่ระยะทางต่างๆมาเทียบกับระยะห่างจากจุดเลเซอร์กับด้านบนของเฟรมภาพเพื่อนำมาวาดกราฟความสัมพันธ์ดังรูปที่ 4.3 และหาสมการคำนวณระยะทางดังสมการที่ 4.1 ก่อนการหาตำแหน่งเลเซอร์จะต้องผ่านกระบวนการปรับแต่งข้อมูลก่อนการประมวลผลซึ่งก็คือการเปลี่ยนภาพสีที่ถ่ายจากโมดูลกล้องให้เป็นภาพขาวดำ โดยภาพที่ถ่ายจากโมดูลกล้องซึ่งเป็นภาพสี แสดงได้ดังรูปที่ 4.5 จากนั้นเปลี่ยนให้เป็นภาพสีเทาแสดงได้ดังรูปที่ 4.6 ต่อมาเปลี่ยนภาพสีเทาให้เป็นภาพขาวดำโดยใช้ค่าเทรชโฮลด์เป็นค่าอ้างอิงแสดงได้ดังรูปที่ 4.7 และทำการตัดช่วงของภาพที่มีเลเซอร์อยู่แสดงได้ดังรูปที่ 4.8 เมื่อได้ช่วงของภาพที่มีเลเซอร์แล้วจะเข้าสู่กระบวนการหาตำแหน่งของเลเซอร์โดยทำการหาขอบของภาพทั้งหมดพร้อมวาดเส้นตามขอบ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.9 จากนั้นจะสร้างกรอบสี่เหลี่ยมล้อมรอบภาพทั้งหมดไว้เพื่อนำมาตรวจสอบให้ตรงเงื่อนไขในการพิจารณาหาตำแหน่งเลเซอร์สามารถแสดงกรอบสี่เหลี่ยมได้ดังรูปที่ 4.10 พร้อมทำการหาจุดเซนทรอยด์ของภาพทั้งหมดแสดงได้ดังรูปที่ 4.11 ระบบจะนำกรอบสี่เหลี่ยมทั้งหมดมาผ่านเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในการพิจารณาหาตำแหน่งภาพที่เลเซอร์ตกกระทบ เมื่อได้กรอบสี่เหลี่ยมที่ต้องการแล้วจะนำไปคำนวณหาระยะห่างจากจุดเซนทรอยด์ของภาพกับด้านบนของเฟรมภาพ สามารถแสดงกรอบสี่เหลี่ยมซึ่งเป็นตำแหน่งที่เลเซอร์ตกกระทบในภาพได้ดังรูปที่ 4.12 จากนั้นแสดงค่าระยะห่างดังกล่าวออกมาในค่า distance และแสดงค่าระยะทาง range จากสมการคำนวณระยะทางในหน่วยเซนติเมตรซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 4.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 ภาพสีที่ถ่ายจากโมดูลกล้อง

รูปที่ 4.6 ภาพสีเทา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ภาพขาวดำ

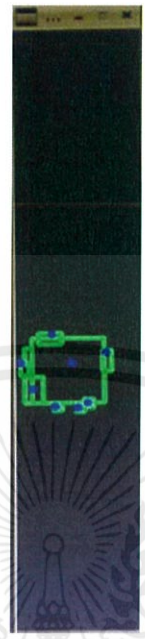
รูปที่ 4.8 ภาพที่ตัดเฉพาะส่วนที่มีเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.9 ภาพจากการวาดเส้นตามขอบภาพ

รูปที่ 4.10 ภาพที่ทำการสร้างกรอบสี่เหลี่ยมล้อมรอบขอบเขตภาพทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 การหาจุดเซนทรอยด์ของภาพทั้งหมด

รูปที่ 4.12 ภาพแสดงตำแหน่งที่เลเซอร์ตกกระทบในภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
pi@raspberrypi ~ $ ./ploy1
distance(pixel) = 268.592
Range = 311.189
```

รูปที่ 4.13 ค่าระยะห่างในหน่วยพิกเซล และค่าระยะทางจากสมการคำนวณระยะทางที่แสดงบนหน้าต่างคอมมานไลน์

4.4 การแสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี

ทำการส่งค่าระหว่างราสเบอร์รี่ไพและจอแอลซีดีโดยเขียนโปรแกรมภาษา C++ เพื่อควบคุมการทำงานของราสเบอร์รี่ไพ และให้แสดงข้อความที่ต้องการให้ปรากฏบนหน้าจอแอลซีดี แสดงผลการทดลองได้ดังรูปที่ 4.14

รูปที่ 4.14 ข้อความแสดงบนหน้าจอแอลซีดีโดยใช้ราสเบอร์รี่ไพในการควบคุม

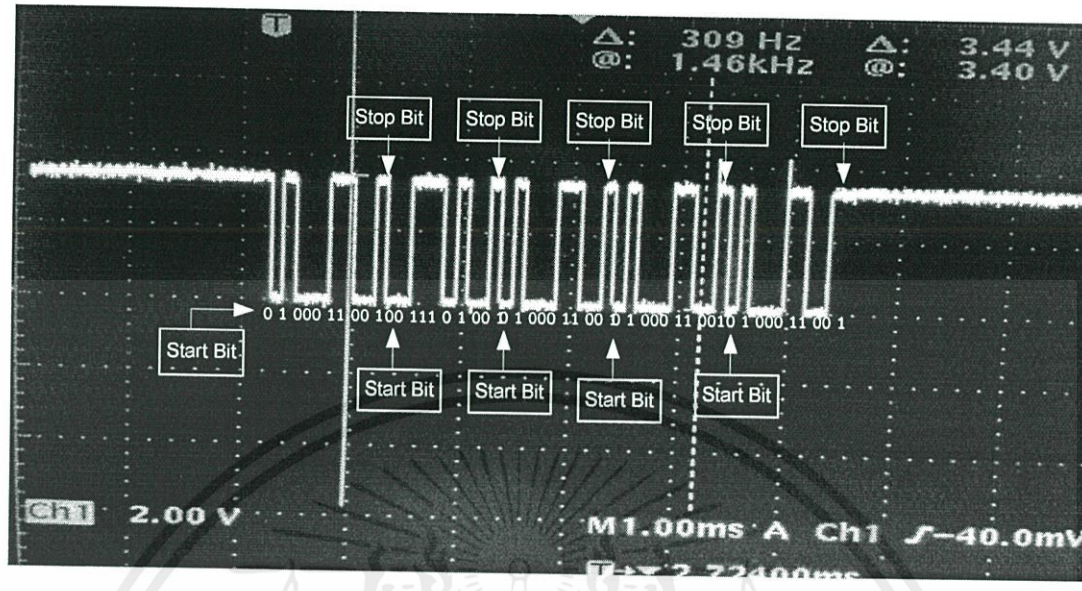
4.5 การแจ้งเตือน

จากหัวข้อที่ 3.3.4 ได้ทำการทดลองส่งค่าจากราสเบอร์รี่ไพไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในปริญญานิพนธ์นี้จะยกตัวอย่างค่าที่ใช้ส่ง 3 ค่า ดังนี้

4.5.1 เมื่อส่งค่าเท่ากับ “1.111” เมตร

จะได้รูปสัญญาณที่ออกมาจากขา Tx ของราสเบอร์รี่ไพเมื่อส่งค่าเป็น 1.111 เมตร ดังรูปที่ 4.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

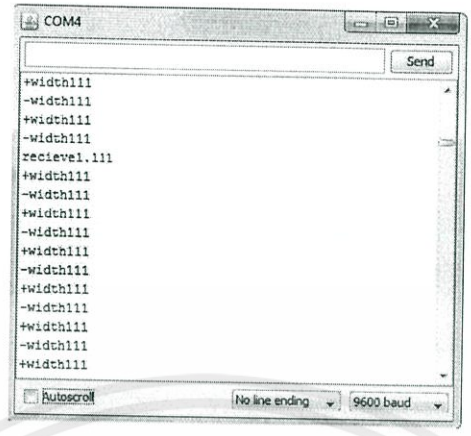


รูปที่ 4.15 ค่าที่วัดได้จากขา Tx ของราสเบอร์รี่ไพกรณีส่งค่าเป็น 1.111เมตร

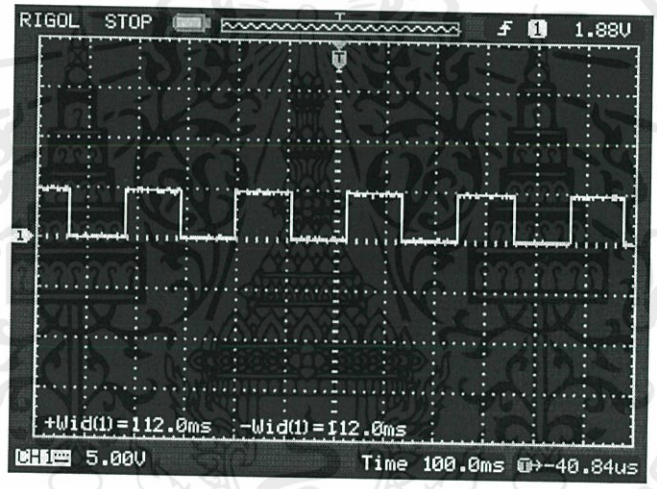
จากรูปที่ 4.15 สามารถอ่านค่าได้ดังนี้ 0100011001 0011101001 0100011001 0100011001 0100011001 ทำการตัดบิตเริ่มต้นและบิตสิ้นสุดออกไปและทำการเรียงจากขวาไปซ้ายจะได้ค่าไบนารี่คือ 00110001 00101110 001100010011000100110001 โดยเมื่อเทียบกับตาราง ASCII00110001 มีค่าเท่ากับ “1” และ 00101110 จะมีค่าเท่ากับ “.” ดังนั้นค่าที่ได้เป็น 1.111 ซึ่งมีค่าตรงตามข้อมูลทางด้านฝั่งส่ง

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับค่า จะแสดงค่าที่ได้บนหน้าจอซีเรียลมอนิเตอร์ดังรูปที่ 4.16 ซึ่งจากรูปจะเห็นได้ว่าค่าที่ได้นั้นมีค่าตรงกับค่าที่ได้ทำการส่งจากราสเบอร์รี่ไพ โดยในกรณีนี้ค่าที่ส่งได้ตรงกับเงื่อนไขดังที่ได้แสดงไว้ในผังงาน รูปที่ 3.19 โดยโปรแกรมจะนำค่าที่ได้ไปคูณ 100 เพื่อนำเลขที่ได้ไปกำหนดช่วงเวลาการติด–ดับ ของบัซเซอร์ โดยเมื่อรับค่า 1.111 ช่วงเวลาที่บัซเซอร์ติดจะเป็น 111 มิลลิวินาทีและ ดับ 111 มิลลิวินาทีซึ่งสัญญาณจังหวะการทำงานของบัซเซอร์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 ค่าที่รับได้แสดงบนหน้าจอซีเรียลมอนิเตอร์ กรณีค่าที่รับได้เท่ากับ 1.111 เมตร



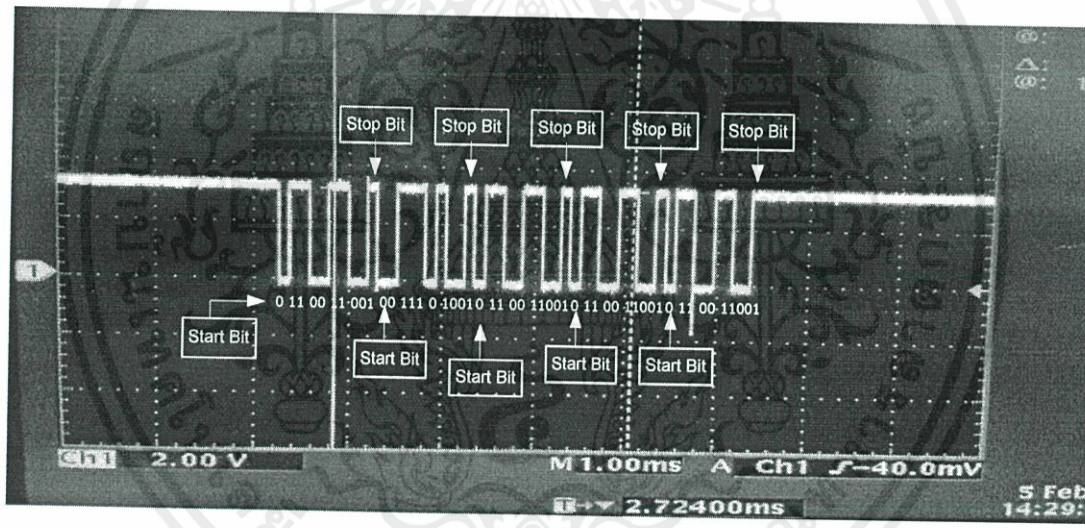
รูปที่ 4.17 สัญญาณจังหวะการทำงานของบัซเซอร์ กรณีค่าที่รับได้เท่ากับ 1.111 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 เมื่อส่งค่าเท่ากับ “3.333” เมตร

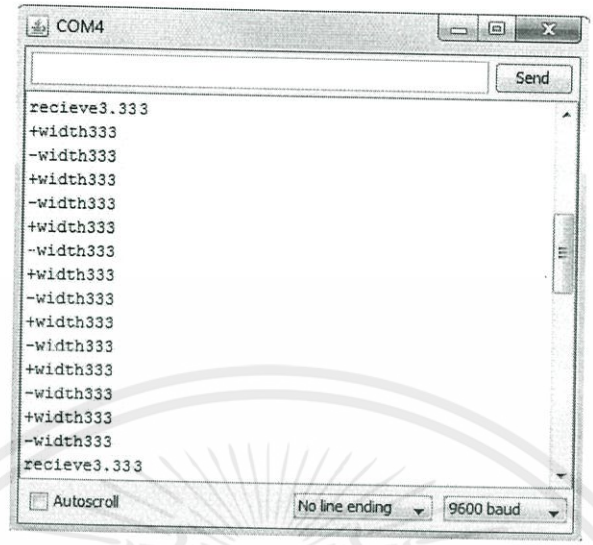
จะได้รูปสัญญาณที่ออกมาจากขา Tx ของราสเบอร์รี่ไพดังรูปที่ 4.18 ซึ่งสามารถอ่านค่าได้ดังนี้ 0110011001 0011101001 0110011001 0110011001 0110011001 ทำการตัดบิตเริ่มต้นและบิตสิ้นสุดทิ้งและทำการเรียงจากขวาไปซ้ายจะได้ค่าไบนารี่คือ 00110011 00101110 00110011 00110011 00110011 โดยเมื่อเทียบกับตาราง ASCII 00110011 มีค่าเท่ากับ “3” และ 00101110 จะมีค่าเท่ากับ “.” ดังนั้นค่าที่ได้เป็น 3.333 ซึ่งมีค่าตรงตามที่ส่ง

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับค่า จะแสดงค่าที่ได้บนหน้าจอซีเรียลมอนิเตอร์ดังรูปที่ 4.19 ซึ่งจากรูปจะเห็นได้ว่าค่าที่ได้นั้นมีค่าตรงกับค่าที่ได้ทำการส่งจากราสเบอร์รี่ไพ โดยในกรณีนี้ค่าที่ส่งได้ตรงกับเงื่อนไขดังที่ได้แสดงไว้ในผังงาน รูปที่ 3.20 โดยโปรแกรมจะนำค่าที่ได้ไปคูณ 100 เพื่อนำเลขที่ได้ไปกำหนดช่วงเวลาการติด – ดับ ของบัซเซอร์ โดยเมื่อรับค่า 3.333 ช่วงเวลาที่บัซเซอร์ติดจะเป็น 333 มิลลิวินาทีและ ดับ 333 มิลลิวินาทีซึ่งสัญญาณจังหวะการทำงานของบัซเซอร์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.20

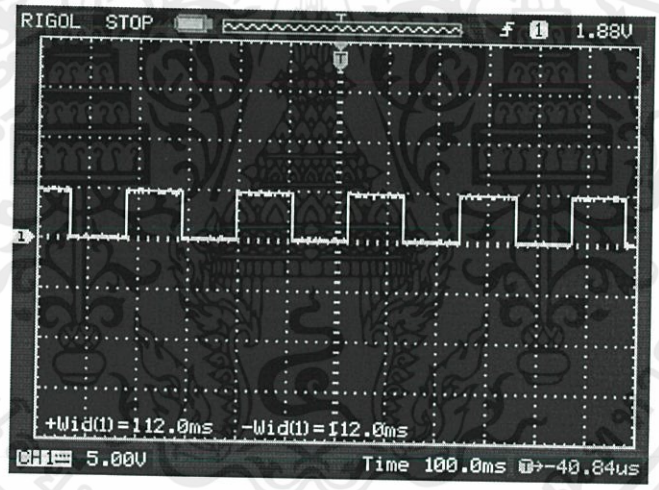


รูปที่ 4.18 ค่าที่วัดได้จากขา Tx ของราสเบอร์รี่ไพ กรณีส่งค่าเป็น 3.333 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 ค่าที่รับได้แสดงบนหน้าจอซีเรียลมอนิเตอร์ กรณีค่าที่รับได้เท่ากับ 3.333 เมตร



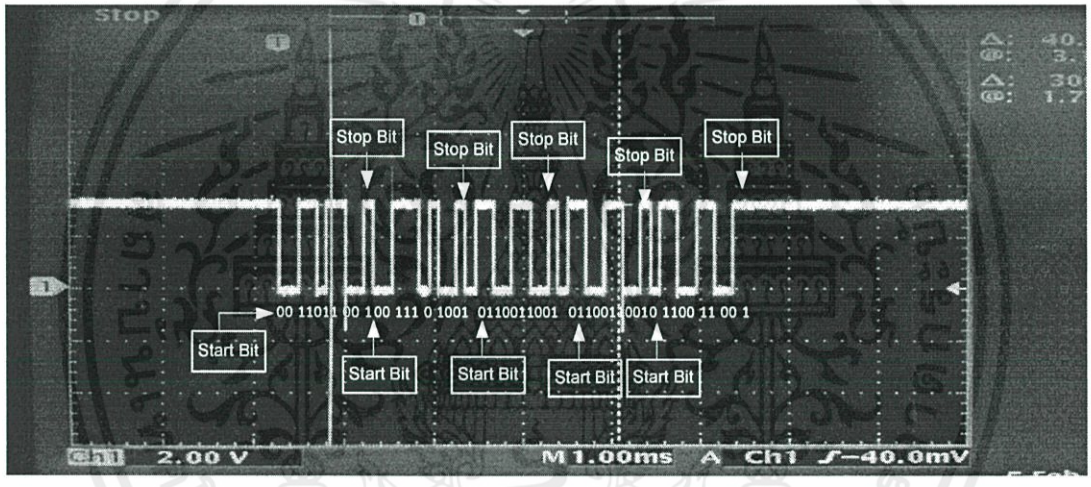
รูปที่ 4.20 สัญญาณจังหวะการทำงานของบัซเซอร์ กรณีค่าที่รับได้เท่ากับ 3.333 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.3 เมื่อส่งค่าเท่ากับ “6.333”เมตร

จะได้รูปสัญญาณที่ออกมาจากขา Tx ของราสเบอร์รี่ไพดังรูปที่ 4.21ซึ่งสามารถอ่านค่าได้ดังนี้ 0011011001 0011101001 0110011001 0110011001 0110011001 ทำการตัดบิตเริ่มต้นและบิตสิ้นสุดทิ้งและทำการเรียงจากขวาไปซ้ายจะได้ค่าไบนารี่คือ 00110110 00101110 00110011001100110011001100110011 โดยเมื่อเทียบกับตาราง ASCII00110110 มีค่าเท่ากับ “6” 00110011 มีค่าเท่ากับ “3” และ 00101110 จะมีค่าเท่ากับ “.” ดังนั้นค่าที่ได้เป็น 6.333 ซึ่งมีค่าตรงตามที่ส่ง

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับค่า จะแสดงค่าที่ได้บนหน้าจอซีเรียลมอนิเตอร์ดังรูปที่ 4.22 ซึ่งจากรูปจะพบว่าค่าที่ได้รับนั้น มีค่ามากกว่าเงื่อนไขที่ได้ทำการกำหนดไว้บัซเซอร์จะไม่ทำงาน



รูปที่ 4.21 ค่าที่วัดได้จากขา Tx ของราสเบอร์รี่ไพ กรณีส่งค่าเป็น 6.333 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.22 ค่าที่รับได้แสดงบนหน้าจอซีเรียลมอนิเตอร์ กรณีค่าที่รับได้เท่ากับ 6.333 เมตร

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทำปริญญานิพนธ์เรื่องระบบวัดระยะทางด้วยแสงเลเซอร์ร่วมกับการประมวลผลภาพ ซึ่งได้ศึกษาหลักการต่างๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการหาค่าระยะทางจากเครื่องวัดไปยังวัตถุที่ต้องการทราบระยะทางนั้น สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ทำการทดลองภายในอาคารปิดที่มีความยาว 30 เมตร

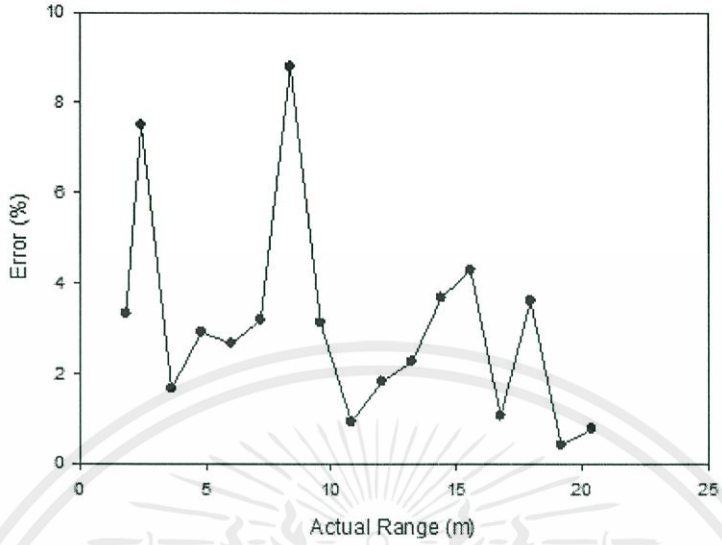
2. ระบบสามารถวัดระยะได้ 20 เมตร

3. เมื่อนำค่าการใช้กระแสสูงสุดของเลเซอร์ไดโอดซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.6 แอมป์ มาเปรียบเทียบกับค่าการใช้กระแสของเลเซอร์ไดโอดที่ได้คำนวณไว้ดังแสดงไว้ในสมการที่ 3.14 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.63 แอมป์ โดยเมื่อทำการหาความคลาดเคลื่อน พบว่ามีความคลาดเคลื่อนคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 4.76% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลการทดลองที่ได้ แต่ในการใช้งานจริงในปริญญานิพนธ์นี้ได้เลือกใช้ค่า Duty cycle เท่ากับ 70% และค่าความถี่ 80 เฮิรตซ์ ตามที่ได้ทำการออกแบบไว้ในสมการที่ 3.12 ซึ่งเป็นค่าที่กล้องสามารถรับได้ และไม่มีผลต่อภาพที่จะนำไปใช้ในการคำนวณหาระยะทาง อีกทั้งยังเป็นการลดกำลังที่ใช้จากแหล่งจ่ายได้

4. ระยะทางที่คำนวณจะแสดงผลผ่านจอแอลซีดี พร้อมกับสามารถทำการแจ้งเตือนเมื่อระยะทางที่ได้มีค่าที่น้อยกว่า 4 เมตรซึ่งแสดงรูปของสัญญาณที่วัดได้จากขาของบัซเซอร์ดังรูปที่ 4.18 และ 4.19 โดยการติด – ดับ ของบัซเซอร์จะมีความถี่ในการติดและดับที่ต่างกันขึ้นอยู่กับระยะทางที่คำนวณได้ แต่ถ้าในกรณีที่ระบบสามารถวัดระยะทางได้มากกว่า 4 เมตร ระบบจะไม่ทำการแจ้งเตือนซึ่งได้ผลตามที่ได้ทำการออกแบบไว้ในบทที่ 3

5. จากการวัดระยะทางด้วยระบบวัดระยะทางด้วยแสงเลเซอร์ร่วมกับการประมวลผลภาพ สามารถสรุปค่าความคลาดเคลื่อนได้ดังตารางที่ 5.1 และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางจริงกับค่าความคลาดเคลื่อนได้ดังรูปที่ 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางจริงกับค่าความคลาดเคลื่อน

ตารางที่ 5.1 ค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดระยะทาง

ระยะทางจริง (m)	ระยะทางจากระบบวัดระยะ (m)	ความคลาดเคลื่อน (%)
1.80	1.86	3.33
2.40	2.58	7.50
3.60	3.66	1.67
4.80	4.66	2.92
6.00	5.84	2.67
7.20	6.97	3.19
8.40	7.66	8.80
9.60	9.90	3.13
10.80	10.90	0.93
12.00	11.78	1.83
13.20	13.50	2.27
14.40	14.93	3.68
15.60	16.27	4.29
16.80	16.98	1.07
18.00	17.35	3.61
19.20	19.12	0.42
20.40	20.24	0.78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

- โฟกัสของเลเซอร์มีผลต่อการคำนวณค่าระยะทางจากสมการถดถอย เนื่องจากหากจุดโฟกัสเปลี่ยนจะทำให้การหาจุดเซนทรอยด์ของเลเซอร์เปลี่ยนซึ่งทำให้ค่าระยะทางที่คำนวณได้คลาดเคลื่อนไปจากระยะทางจริง

- สามารถเพิ่มระยะทางในการวัดได้ โดยเปลี่ยนแปลงค่าระยะห่างระหว่างโมดูลกล้องราสเบอร์รี่ไพและเลเซอร์

- ภายใต้การออกแบบในปริญญานิพนธ์นี้สามารถนำไปประยุกต์ในการใช้งานจริง เช่น การวัดระยะห่างระหว่างรถยนต์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] มงคล ทองสงคราม.*อิเล็กทรอนิกส์ 2* .พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ.พริ้นติ้ง, 2547

[2] ดร.มงคล เดชนครินทร์และดร.ชาตรี ศรีไพพรรณ.*อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน ทฤษฎีพร้อมตัวอย่างการคำนวณ*.พิมพ์ครั้งที่ 5.กรุงเทพฯ:บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จากัด, 2531

[3] Raspberry Pi Camera Module เข้าถึงได้จาก http://www.thaieasyelec.com/Development-Tools/Raspberry-Pi/Raspberry-Pi-Camera-Module.html (สืบค้นข้อมูลวันที่ 31 มกราคม 2557)

[4] ภาษา C++ เข้าถึงได้จาก http://itd.htc.ac.th/st_it50/it5012/P_2/Object%20Oriented%20Programming%201/B2.htm (สืบค้นข้อมูลวันที่ 31 มกราคม 2557)

[5] ระบบการประมวลผลภาพ เข้าถึงได้จาก http://natres.psu.ac.th/Department/EarthScience/remote1/chapter6.pdf (สืบค้นข้อมูลวันที่ 30 มกราคม 2557)

[6] Computer vision เข้าถึงได้จาก http://www.rmuti.ac.th/user/kedkarn/2012/com_vision/com_vision.html (สืบค้นข้อมูลวันที่ 30 มกราคม 2557)

[7] การประมวลผลภาพดิจิตอล เข้าถึงได้จาก https://sites.google.com/site/dip7123512/sheet (สืบค้นข้อมูลวันที่ 30 มกราคม 2557)

[8] รูปร่างของภาพ เข้าถึงได้จาก http://www.bloggang.com/viewblog.php?id=hin-kmitnb&date=24-04-2010&group=1&gblog=3 (สืบค้นข้อมูลวันที่ 30 มกราคม 2557)

[9] Gray Scale & Color Composite เข้าถึงได้จาก http://wipadageo26.blogspot.com/2010/02/gray-scale-color-composite.html (สืบค้นข้อมูลวันที่ 30 มกราคม 2557)

[10] Labeled Connected Component เข้าถึงได้จาก http://www.mathworks.com/searchresults/?c%5B%5D=entiresite&q=connected+component+labeling (สืบค้นข้อมูลวันที่ 30 มกราคม 2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[11] การหาขอบภาพ เข้าถึงได้จาก
http://www.boarddev.com/forum/index.php?topic=4081.0
(สืบค้นข้อมูลวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2557)
[12] Canny Edge Detection เข้าถึงได้จาก
http://fivedots.coe.psu.ac.th/~kom/wp-content/uploads/2009/07/4810214.pdf
(สืบค้นข้อมูลวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2557)
[13] centroid of an image เข้าถึงได้จาก
http://www.mathworks.com/matlabcentral/answers/28996-centroid-of-an-image
(สืบค้นข้อมูลวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2557)
[14] การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (linear regression) เข้าถึงได้จาก
http://intraserver.nurse.cmu.ac.th/mis/download/course/lec_567730_lesson_08.pdf
(สืบค้นข้อมูลวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2557)
[15] การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Anlysis) เข้าถึงได้จาก
http://www.nubkk.nu.ac.th/picnews/s_1327074364.chapter%2010%20statistic.pdf
(สืบค้นข้อมูลวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2557)
[16] การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย เข้าถึงได้จาก
http://www.watpon.com/regression/chap2.pdf
(สืบค้นข้อมูลวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2557)
[17] การวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์เชิงเส้นอย่างง่าย เข้าถึงได้จาก
http://ir.rmuti.ac.th/xmlui/bitstream/handle/123456789/348/Appendix.pdf?sequence=11
(สืบค้นข้อมูลวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2557)
[18] รศ.ดร.จีรสุดา โกษียาภรณ์.*วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ENGINEERING ELECTRONIC*.พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพฯ:ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ.พริ้นติ้ง.2551
[19] Gary Bradski & Adrian Kaebler.Learning Open CV.O'Reilly Media,Inc.2008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ดาต้าชีทของตัวเลเซอร์ไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hi! Sign in or register Daily Deals Customer Support

ebay Shop by category All Categories

Back to home page | Listed in category: Business & Industrial > MRO & Industrial Supply > Lighting & Lasers > Industrial Lasers

This listing has ended.

One extra high burning power (1000mW-1500mW) 808nm TO-5 9mm laser diode + Gift*

See original listing

Item condition: **New**
Ended: Sep 11, 2013 06:21:55 PDT
Price: **US $29.99** [181 sold]
Approximately **THB970.49**
Shipping: **FREE** Economy Int'l Shipping
Item location: Heredia, Heredia, Costa Rica
Seller: **specialized_photonics_lab** (1154) | Seller's other items

COI
ABC
DEL
eBa
Prot
help
LEA

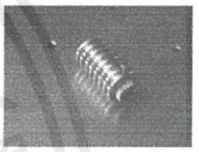
More chances to get what you want

One high burning power (900mW)...
THB646.88
Buy It Now
Free shipping

Lot of 2 x 808nm 1000 mw high power 1 wa...
THB501.59
3 bids
Free shipping

Lot of 2 x 808nm 1000 mw high power 1 wa...
THB517.77
4 bids
Free shipping

400mW 650nm high power burning laser...
THB299.33
Buy It Now



LASER HEATSINK Φ12mm burning las...
THB310.34
Buy It Now
Free shipping

More from the same seller

One Adjustable Current (4A max) DC...
THB808.69
Buy It Now
Free shipping

One high burning power 0.8 Watt...
THB339.78
11 bids
Free shipping

One high burning power (900mW)...
THB646.88
Buy It Now
Free shipping

One high burning power (700mW)...
THB517.44
Buy It Now
Free shipping

One high burning power (600mW)...
THB452.72
Buy It Now
Free shipping

Description

Seller assumes all responsibility for this listing.

Last updated on Sep 04, 2013 21:02:34 PDT View all revisions

Item specifics

Condition:	New: A brand-new, unused, unopened, undamaged item in its original packaging (where packaging is ... Read more	Brand:	OEM
Maximum power output:	1000mW - 1500mW	Model:	TO-5 (9mm)
# leads:	2	Country of Manufacture:	United States
Type of spot:	lineal multimode	Typical wavelength:	808nm

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

You are buying / bidding for:

One (x1) extra high burning power (1000mW-1500mW) infrared TO-5 (9 mm) laser diode + One FREE laser diode *
* One infrared >100mW laser diode (limited time offer)*

This offer includes:

One laser diode with a assorted output between **1000mW and 1500mW** of optical power + one extra FREE >100mW laser di
+ FREE Shipping
All were made in the **USA** and are Brand **NEW.**
All items were professionally tested (spectral and power test) in our lab and all are functional laser diodes.

We also ship the diodes inside an anti-static bag with extra bubbles for protection.

++

Typical operation voltage is 2.2V

Maximum operation voltage is 2.5V

Typical wavelength is

The wavelength ranges of these diodes are between and

Typical operation current is 1.2A

Maximum operation current depends of the diode, the interval value is 1.2A - 1.6A

++

*** Datasheet is NOT included ***

Manufacturer doesn't provide the data sheet at this time.
However, we do have a PDF file with some indications that might be helpful. We will send it after a purchase.

Diodes can be use for :

- Pumping laser systems
- Prototypes / Projects
- Some medicals applications.
- Graving and/or **burning** a sort of wood and some plastic
  * does not work very well on metals nor heavy/thick materials*

WARNING ! This is NOT a toy!

... by buying/bidding this item, make sure you understand and comply with the following...

1. You are over +18 years of age and know the potential hazards inherent in high power laser equipment.
2. You will use this device in a safe and sane manner for a legal purposes.
3. You accept this item as a component for electronic integration in a system of your own design. You'll be responsible for any damage to the diode
4. You be aware about the electrostatic, electric and thermal cautions to handle and using these items.
5. You will exclude the seller and eBay Inc. from any matter and all liability from damage or injury that may be sustained.
6. All items were previously tested and are running properly; the seller will not accept returns for these articles or provide any full or partial refund al a special situation specified previously by the seller.
7. Once the item is won, it needs to be paid during the 1st - 3rd day. this will allow you to receive the article sooner. Otherwise you may need to wa standard shipping time will not be accepted.

BE AWARE

Laser diodes can be potential dangerous.
They can injure eyes and skin in an instant, so **never shine the laser in your eyes or skin**.
You should use protection. You'll employ this product at your own risk and the seller nor eBay will be held liable for any damages i

---

INDICATIONS

There are some regulations that need to be adhered to in order to protect the diodes from any damage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

They don't live forever, and their "life time" depends on how many times it is used and the conditions that they are subr

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remember:

DO NOT touch the diode directly and please USE a proper heat sink.

It can be hurt by electrostatic discharge (use an anti-static wrist band and mat), passing too much current through the diode or overheating or w
When it comes to supplying current to the diode, observe the polarity of the diode (positive and negative terminals... **The positive terminal** of the

Shipping WORLDWIDE

Our items will be ship worldwide **by priority certified mail** and in most of the cases we pay shipping costs so you can have it fo
Tracking number will be provided once we received it.
Important ! Any additional costs, such as taxes or country fees will be covered by the buyer.
We are NOT responsible for any packets held by customs or incomplete shipping addresses provided by the buyer.

F.A.Q

How long do I have to wait to get my packet?

As soon as payment is confirmed, we take between 1 or 2 business days to prepare and pack your order according to your needs, after that we ship the packet into a by certificate mail.

Packets may take between **10** to **25** working days.
That depends in how fast the local or international postal service handles your packet.

Approximately for NORTH AMERICA it takes about **10** to **15** Business Days

for CENTRAL AMERICA and SOUTH AMERICA about **15** to **20** Business Days

for EUROPE about **15** to **25** Business Days

for ASIA and OTHER COUNTRIES about **20** to **25** Business Days

Why the packet takes too long to arrive to my country?

We pay shipping costs and send the items by priority mail so they can ship the packet a little bit faster than the regular mai
However, **we have no control** how fast your packet is handle by the international customs. That's why we provide the tracking number which can be used tc

Why eBay doesn't show the tracking information?

eBay tracking pop-up normally shows where your packet may be located. However, it sometimes doesn't have register the company/services used that provides the tra
In some cases (sometimes, for buyers how use USPS for example) **it appears once** the packet arrives to a local custom area and if they scan the code

Where can I track and verify the tracking code you gave me?

You can verify your tracking number from Costa Rica to 1st international check point if you visit: **correos.go.cr**
just go to the **"rastreo"** tab located on top of the site and paste your tracking number, you should see the details there.

If you're in North America, **as soon as the packet arrives to any state of the US** and US customs scan the tracking number and add it into their system, you may a

If you're in other country or use a different postal service, **as soon as it arrives to your country**, you may track it on your local custom office website. It might show tl
it and the code bars were scanned property.

If you're not sure about which website or service to use, you can also try to track the packet on: track-trace *(dot)* com /post

If I just want to use the diode to cut, grave or burn stuff, what materials are recommended? Do I need to use anothe job?

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือส่งต่อ

The infrared diodes can be used for cutting, graving and/or burning some materials. **Not all materials** work.
For example, you can try them on thin wood, foam (dark foam or black surfaces work great) and some other plastic materials

For metal and other heavy wood, we recommend you use more powerful laser, such as the CO2 lasers since these will work much better for your projects

Some additional components will help the diodes work in optimal conditions:
Glass LENS are necessary so it can focus properly to a specific point.
Also it is necessary to mount the diode into a metallic laser housing to dissipate heat and then,