

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

หุ่นยนต์กู้ภัย 2



รฟ
๙ ๑๑๑๗
๘๖๔๙

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... **76646**
วัน,เดือน,ปี..... **-3 S.ศ. 2550**

b. 118 50149
i.

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา พ.ศ. 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rescue Robot 2



A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Bachelor
of Science

Department of Applied Physics

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง
นักศึกษา

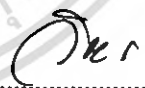
การศึกษาและพัฒนาหุ่นยนต์ผู้ภัยโครงการที่ 2
นางสาวโสมลักษณ์ สุดแสง
นายเอกภพ กิตติวิริยาภรณ์
นายปรีชา สีแดง

ภาควิชา
สาขาวิชา
อาจารย์ที่ปรึกษา

ฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
ฟิสิกส์ประยุกต์ – เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม
รศ. อนุพงศ์ สรวงประภา

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้โครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ กรรมการ กรรมการ กรรมการที่ปรึกษา	อ.เบญจพล ต้นสู อ.ชนภรณ์ สีลาพัฒนานนท์ อ.ภารุจ บัณฑิตาควิชย์ รศ. อนุพงศ์ สรวงประภา


.....
(รองศาสตราจารย์ วิชาญ เดชิตธีระ)
หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษ	หุ่นยนต์กู้ภัย 2
นักศึกษา	นางสาวโสมลักษณ์ สุดแสง นายเอกภพ กิตติวิริยาภรณ์ นายปรีชา สีแดง
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์ - เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2549
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. อนุพงศ์ สรงประภา

บทคัดย่อ

หุ่นยนต์ในปัจจุบันมีการสร้างและพัฒนาในหลายรูปแบบที่ตอบสนองต่อการใช้งาน หุ่นยนต์กู้ภัยก็คือ หนึ่งในหลายการพัฒนาที่ใช้งานได้จริงในการค้นหาผู้ประสบภัยภายในอาคารหรือสถานที่ต่างๆ ที่เกิดการถล่ม ฟ้าผ่า รุกเสียว ภัย จำเป็นต้องสำรวจ โครงสร้างและค้นหาผู้ประสบภัยและในการค้นหาจะต้องทำให้เกิดความเสี่ยงต่อสภาพที่ไม่มั่นคงของซากปรักหักพัง ในการค้นหานั้นหุ่นจะต้องทำการส่งข้อมูลที่จะนำมา วิเคราะห์หว่าเป็นผู้รอดชีวิต ทำการวัดอุณหภูมิ, การเคลื่อนไหว, รวมทั้งสัญญาณภาพจากกล้องที่ติดตั้งอยู่บนตัวหุ่นยนต์ ที่แสดงผลออกมาทาง โปรแกรมเบสิกบนคอมพิวเตอร์ ผ่านระบบการสื่อสารไร้สายแบบอนุกรม การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จะมีลักษณะคล้ายรถตั้งแต่จะมีลักษณะล้อเป็นสี่เหลี่ยมสี่ล้อ เคลื่อนที่ด้วยกำลังขับเคลื่อนของมอเตอร์กระแสตรงทดเกียร์ขนาด 24 โวลต์ 6 แอมป์ ระบบทั้งหมดได้รับพลังงานจากแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 7.5 แอมป์/ชั่วโมง, 6 โวลต์ 3.0 แอมป์/ชั่วโมง ซึ่งสามารถทำงานอย่างต่อเนื่องได้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในงานนี้เป็นงานที่ศึกษาพัฒนาระบบต่างๆ มาจากโครงการหุ่นยนต์กู้ภัย 1 เมื่อปีการศึกษาที่แล้ว

Special Project Title	Rescue Robot 2	
Name	Miss.Somluk	Sudsang
	Mr.Aekgapob	Kittiwiriyaporn
	Mr.Precha	Seedang
Department	Applied Physics Faculty of Science	
Program	Applied Physics and Science and Industry Instrumentation	
Academic Year	2006	
Special Project Advisor	Assc. Prof. Anupong Songprapa	

ABSTRACT

Robot has built and developed for many application Rescue Robot are one of application working in real situation. Robot found people in building which destroyed by disaster or bomb. Robot know that people by sensor of temperature, physical movement and video on the Robot .That are interface with Basic program on computer by serial wireless communication. Robot movement is the same as tank but wheel are square move by DC gear motor 24 volt 6 A system use battery 12 volt 7.5 A/h and 6 volt 3 A/h it can work for 1 hour. In this project are developed and refer from Rescue Robot 1 project at last year.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากความสนับสนุน ช่วยเหลือ และความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

บิดา – มารดา

ผู้ซึ่งให้กำเนิด เลี้ยงดู อบรม และให้โอกาสทางการศึกษา
ตลอดมา จนสามารถสำเร็จการศึกษาได้

รศ.อนุพงศ์ สรงประภา

ผู้ซึ่งถ่ายทอดวิชาความรู้ทางด้านกระบวนการ วิชาการ
ความคิด ความอดทน และคำปรึกษาแนะนำต่าง ๆ ในการ
ทำงานเป็นอย่างดีตลอดมาจนโครงการนี้สามารถสำเร็จ
ลุล่วงไปได้ด้วยดี

พี่ๆ คณะวิจัย Medical and Environment Equipment (MEE) ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

ผู้ถ่ายทอดวิชาความรู้ต่างๆ และช่วยเหลือในด้านต่างๆ

คณาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

ผู้ถ่ายทอดวิชาความรู้ต่างๆ มาตลอด 4 ปี

เพื่อนๆ ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ รุ่น 22

ผู้ซึ่งคอยเป็นกำลังใจและช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ

คณะผู้จัดทำ

นางสาวโสมลักษ์ณ์ สุดแสง

นายเอกภพ กิตติวิริยาภรณ์

นายปรีชา สีแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง

หน้า

บทคัดย่อโครงการพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อโครงการพิเศษภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญเรื่อง	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	1
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีดำเนินงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 หลักการทำงานของระบบ	4
2.1 การเคลื่อนที่ของล้อสี่เหลี่ยม	5
2.1.1 การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่	5
2.1.2 พิจารณาพื้นผิวที่มีการขรุขระ	6
2.1.3 การป็นขึ้นบันได	7
2.1.4 ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ของล้อสี่เหลี่ยม โดย Stan Wagon	8
2.2 เกียร์มอเตอร์กระแสตรง	10
2.2.1 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	10
2.2.2 Pittman brand LO-COG® รุ่น GM14900	13
2.2.2.1 โครงสร้าง	14
2.2.2.2 Option	14
2.2.2.3 Series GM14000	15
2.3 สเตปป์มอเตอร์ 5 เฟส	16
2.3.1 โครงสร้างและหลักการทำงานของสเตปป์มอเตอร์แบบ 5 เฟส	16
2.3.2 ไดรเวอร์ MMC 2	19
2.4 หลักการวัดอุณหภูมิด้วยแสงอินฟราเรด	21

เอกสารนี้ 2.4.1 วัตถุประสงค์กำหนดไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
2.4.2 เครื่องวัดอุณหภูมิด้วยแสงอินฟราเรด	22
2.4.2.1 การทำงานของระบบการวัดอุณหภูมิภายในเครื่อง	24
2.4.2.1.1 ระบบทางแสงภายในเครื่อง	25
2.4.2.1.2 การทำงานและการใช้งาน	26
2.4.3 ป็งจี้ที่มีผลต่อการอ่านค่าอุณหภูมิ	26
2.4.3.1 สภาพการปล่อยแสง	26
2.4.3.2 Filed Of View	27
2.4.3.3 อัตราส่วนระหว่างระยะทางที่วัดต่อ spot size	27
2.4.4 ขอบเขตการใช้งาน	28
2.4.5 ข้อได้เปรียบที่เลือกใช้เครื่องวัดอุณหภูมิด้วยแสงอินฟราเรด	28
2.5 ระบบไมโครเวฟ	30
2.5.1 ปรากฎการณ์คอปเลอร์	31
2.5.2 กัมน์เพลกเซอร์	33
2.5.2.1 แหล่งกำเนิดสัญญาณแบบกัมน์ไดโอด	33
2.5.2.2 เฟอริไรท์เซอร์คิวเลเตอร์	35
2.5.2.3 ไมโครเวฟมิกเซอร์	36
2.5.3 สายอากาศ	37
2.5.3.1 สายอากาศแบบฮอร์น (Horn Antenna)	37
2.5.3.1 สายอากาศแบบไมโครสตริป	38
2.5.3.1.1 ลักษณะโครงสร้างของสายอากาศไมโครสตริป	38
2.5.3.1.2 ข้อดีและข้อเสียของสายอากาศไมโครสตริป	39
2.5.4 ภาคการปรับสภาพสัญญาณ	40
2.5.4.1 วงจรขยายสัญญาณภาคคั่น	40
2.5.4.2 วงจรกรองความถี่	40
2.5.4.3 วงจรขยายสัญญาณภาคหลัง	41
2.5.4.4 ภาคแสดงผลด้วยเกทบอกระดับ	42
2.5.5 ระบบหัวใจจำลอง	43
2.5.5.1 ลูกโป่ง	43
2.5.5.1.1 สมบัติของอากาศ	43
2.5.5.1.2 ความหนาแน่นของอากาศ	44

หน้า

2.5.5.1.3 ความดันอากาศ	45
2.6 โฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์แบบร่องหรือก้ามปู	49
2.6.1 ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทรอนิกส์	49
2.6.2 อุปกรณ์ของโฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์แบบร่องหรือก้ามปู	54
2.6.2.1 คุณสมบัติ	54
2.6.2.2 รายละเอียดทางเทคนิค	55
2.6.2.3 การทำงาน	57
2.7 การรับ – ส่งข้อมูลด้วยชุดรับ – ส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย	61
2.7.1 ลักษณะการทำงานของชุดรับ - ส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย	61
2.7.2 เทคนิคการส่งข้อมูลแบบเกาซ์เซียน	61
2.7.2.1 การมอดูเลตทางความถี่	62
2.7.3 โหมคการทำงานและสมบัติการใช้งาน	63
บทที่ 3 ส่วนประกอบของระบบ	64
3.1 ไตอะแกรมของระบบ	64
3.2 ขั้นตอนการออกแบบระบบ	64
3.2.1 ระบบการขับเคลื่อน	65
3.2.1.1 ส่วนประกอบ	65
3.2.1.1.1 วัสดุและโครงสร้าง	65
3.2.1.1.2 มอเตอร์	66
3.2.1.1.2.1 DC motor	66
3.2.1.1.2.2 DC gear servo motor	67
3.2.1.1.3 สายพาน เฟือง	68
3.2.1.1.4 ล้อ	68
3.2.1.2 การเคลื่อนที่	69
3.2.2 ระบบควบคุม	69
3.2.2.1 ชุดตรวจจับสัญญาณแสงอินฟราเรด	71
3.2.2.2 ชุดแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล	71
3.2.3 ระบบการประมวลผล	73
3.2.3.1 ตำแหน่งของหุ่นยนต์	73
3.2.3.2 ค่ามุมของกล้อองวิตีโอไร้สาย	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
4.1.1.2 การควบคุมฐานวางกล้อง	98
4.1.2 ระบบประมวลผล	102
4.1.2.1 ตำแหน่งของหุ่นยนต์	103
4.1.3.2 คำมูมของกล้องวิดีโอไร้สาย	106
4.1.3 ระบบการตรวจรู้	106
4.1.3.1 ระบบตรวจจับอุณหภูมิ	106
4.1.3.2 ระบบไมโครเวฟ	107
4.1.3.3 ภาพและเสียง	116
4.1.4 ระบบการสื่อสารไร้สาย	118
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	120
5.1 สรุปผลการทดลอง	120
5.1.1 ระบบขับเคลื่อน	120
5.1.2 ระบบตรวจรู้	120
5.1.2.1 ระบบตรวจจับอุณหภูมิ	120
5.1.2.2 ระบบไมโครเวฟ	120
5.1.2.3 ภาพและเสียง	121
5.1.3 การเชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน	121
5.2 ปัญหาที่พบ	121
5.2.1 น้ำหนักอันเนื่องมาจากระบบพลังงานและ ชุดอุปกรณ์ขับเคลื่อนมอเตอร์ 5 เฟส	121
5.2.2 โครงสร้าง	121
5.2.3 สัญญาณจากกล้องวิดีโอไร้สาย	121
5.2.4 การใช้โปรแกรมวิซวลเบสิคในการประมวลผลภาพ	121
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา	122
เอกสารอ้างอิง	
ภาคผนวก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 แสดงการวางแผนขั้นตอนการดำเนินงานทั้งหมด	2
ตารางที่ 2.1 ค่าความหนาแน่นของอากาศที่ระดับความสูงต่างๆ	44
ตารางที่ 2.2 ความดันของอากาศที่ระดับความสูงต่างๆ กัน	48
ตารางที่ 2.3 แสดงรายละเอียดทางเทคนิค	55
ตารางที่ 2.4 แสดงวงจรภาคเอาต์พุต (เอาต์พุต NPN)	57
ตารางที่ 2.5 แสดงวงจรภาคเอาต์พุต (เอาต์พุต PNP)	59
ตารางที่ 4.1 การทดลองหาค่าอัตราเร็วของหุ่นยนต์ (ล้อขนาด 15 เซนติเมตร)	98
ตารางที่ 4.2 แสดงผลจากการแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิทัลของ กล้องวิดีโอ (ADC0804) ที่หมุนในแนวตั้ง (ต่ำกว่าแนวระดับ)	99
ตารางที่ 4.3 แสดงผลจากการแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิทัลของ กล้องวิดีโอ (ADC0804) ที่หมุนในแนวตั้ง (สูงกว่าแนวระดับ)	100
ตารางที่ 4.4 แสดงผลจากการแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิทัลของ กล้องวิดีโอ (ADC0804) ที่หมุนในแนวนอน (ขวา)	101
ตารางที่ 4.5 แสดงผลจากการแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิทัลของ กล้องวิดีโอ (ADC0804) ที่หมุนในแนวนอน (ซ้าย)	102
ตารางที่ 4.6 แสดงค่า V_{RMS} เอาต์พุตที่ได้จากการทดลองที่ระยะทางตั้งแต่ 10-100 ซม.	108
ตารางที่ 4.7 แสดงค่า V_{RMS} เอาต์พุตที่ได้จากการทดลองที่ระยะทางตั้งแต่ 30-100 ซม.	111
ตารางที่ 4.8 แสดงค่า V_{RMS} เอาต์พุตที่ได้จากการทดลองที่ระยะทางตั้งแต่ 40-100 ซม.	113
ตารางที่ 4.9 แสดงค่า V_{RMS} เอาต์พุตที่ได้จากการทดลองที่ระยะทางตั้งแต่ 50-100 ซม.	115

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะของหุ่นยนต์ที่ร่วมแข่งขัน	4
รูปที่ 2.2 แสดงการเคลื่อนที่ของล้อกลมเมื่อกำลังด้วยความเร็วคงที่	5
รูปที่ 2.3 เปรียบเทียบน้ำหนักที่กดลงบนพื้นผิวสัมผัส	6
รูปที่ 2.4 แสดงเริ่มการเคลื่อนที่จากจุดหยุดนิ่งระหว่างล้อกลมและล้อสี่เหลี่ยม	6
รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะคานรับน้ำหนักของตัวหุ่นเป็นแบบ 4X4	8
รูปที่ 2.6 แสดงการป็นขึ้นบันไดของล้อสี่เหลี่ยม	8
รูปที่ 2.7 (ก) ลักษณะของ catenary	8
(ข) ลักษณะของ Inverted catenary	8
รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของล้อสี่เหลี่ยม	9
รูปที่ 2.9 แสดงการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	10
รูปที่ 2.10 แสดงกระแสในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	11
รูปที่ 2.11 แสดงสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	11
รูปที่ 2.12 แสดงแรงในมอเตอร์กระแสตรง	12
รูปที่ 2.13 แสดงทอร์กในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	13
รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะโครงสร้างภายนอกของ เกียร์มอเตอร์ LO-COG	14
รูปที่ 2.15 ส่วนประกอบต่างๆ ของสเตปป์มอเตอร์แบบ 5 เฟส	17
(ก). โรเตอร์ 1 และ โรเตอร์ 2	
(ข). สเตเตอร์	
(ค). ภาพตัดขวางของสเตปป์มอเตอร์แบบ 5 เฟส	
(ง). โครงสร้างของสเตปป์มอเตอร์แบบ 5 เฟส	
รูปที่ 2.16 แสดงการกระตุ้นของเฟส A	18
รูปที่ 2.17 แสดงการกระตุ้นของเฟส B	19
รูปที่ 2.18 กราฟแสดงพื้นฐานของความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของการแผ่รังสีและความยาวคลื่นที่อุณหภูมิต่าง ๆ	22
รูปที่ 2.19 สเตปคัทรีมของแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วง $0.7 - 14 \mu m$ สำหรับใช้วัดอุณหภูมิ	23
รูปที่ 2.20 การถ่ายเทพลังงานของรังสีอินฟราเรด	23
รูปที่ 2.21 แสดงลักษณะของเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยแสงอินฟราเรดและการใช้งาน	24
รูปที่ 2.22 แสดงแนวความคิดของระบบการวัดอุณหภูมิด้วยแสงอินฟราเรด	24
รูปที่ 2.23 แสดงภาพของระบบทางแสงและการแสดงผล	25

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.24 แสดงส่วนประกอบของระบบอิเล็กทรอนิกส์ภายในของระบบทางแสง	25
รูปที่ 2.25 แสดงลักษณะขนาดของจุด (spot Size) กับขนาดของเป้าหมายในลักษณะต่างๆ	27
รูปที่ 2.26 แสดงอัตราส่วนของระยะทางจากเครื่องมือถึงวัตถุกับขนาดของจุด (Spot Size)	28
รูปที่ 2.27 แสดงโคอะแกรมของระบบที่ใช้ในค้นหาสิ่งที่มีการเคลื่อนไหว	30
รูปที่ 2.28 แสดงการเกิดปรากฏการณ์คอปเลอร์	31
รูปที่ 2.29 แสดงแนวคิดพื้นฐานของปรากฏการณ์คอปเลอร์	33
รูปที่ 2.30 แสดงวงจรสมมูลของกัมมันต์ ไอคอสซิลเลเตอร์	33
รูปที่ 2.31 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานของอิเล็กตรอนกับเวฟนิ่งเบอร์ในสารกึ่งตัวนำ GaAs	34
รูปที่ 2.32 การไหลของกระแสเมื่อสนามไฟฟ้ามีขนาดเปลี่ยนไป	35
รูปที่ 2.33 แสดงลักษณะของเฟอร์ไรท์เซอร์กิตเตอร์	35
รูปที่ 2.34 แสดงวงจรสมมูลไมโครเวฟมิกเซอร์	36
รูปที่ 2.35 แสดงลักษณะโครงสร้างของฮอว์น	37
รูปที่ 2.36 ลักษณะของสายส่งสัญญาณแบบพีระมิด	37
รูปที่ 2.37 แสดงโครงสร้างของไมโครสตริป	38
รูปที่ 2.38 แสดงลักษณะของสายอากาศไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยม	39
รูปที่ 2.39 แสดงวงจรขยายสัญญาณภาคต้น	40
รูปที่ 2.40 แสดงกราฟการตอบสนองของการกรองความถี่สูง	41
รูปที่ 2.41 แสดงวงจรกรองความถี่สูง (High-Pass Filter)	41
รูปที่ 2.42 แสดงวงจรขยายแบบกลับเฟสที่ใช้ในโครงงานพิเศษ	42
รูปที่ 2.43 วงจรสมมูลที่ใช้ในการเปรียบเทียบแรงดันแสดงผลออกทางเลทบอกระดับ	42
รูปที่ 2.44 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของ อากาศกับความสูงจากระดับน้ำทะเล	45
รูปที่ 2.45 แสดงชั้นบรรยากาศต่างๆ ที่ห่อหุ้มโลก	46
รูปที่ 2.46 แรงที่กระทำต่อพื้นที่	47
รูปที่ 2.47 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันของอากาศกับความสูงจากระดับน้ำทะเล	48
รูปที่ 2.48 แสดงลำดับการเกิดโฟโตอิเล็กตรอน	49
รูปที่ 2.49 แสดงลำดับการเกิดโฟโตอิเล็กตรอน	50
รูปที่ 2.50 แสดงลำดับการเกิดโฟโตอิเล็กตรอน	50
รูปที่ 2.51 แสดงลำดับการเกิดโฟโตอิเล็กตรอน	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.52 กราฟแสดงผลของการเปลี่ยนความเข้มของแสง (ก) ระหว่าง i กับ V (ข) ระหว่าง i กับ I	51
รูปที่ 2.53 แสดงลำดับการเกิดโฟโตอิเล็กตรอน	51
รูปที่ 2.54 แสดงกราฟเมื่อเทียบกับการเปลี่ยนแปลงความถี่ (ก) ระหว่าง i กับ V (ข) ระหว่าง i กับ f (ค) ระหว่าง $K.E_{max}$ กับ f	52
รูปที่ 2.55 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับความถี่	54
รูปที่ 2.56 แสดงโครงสร้างภายนอกของโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์แบบร่องหรือก้ำมู	54
รูปที่ 2.57 แสดงไดอะแกรมระบบ GFSK	61
รูปที่ 2.58 แสดงสัญญาณ FSK (ก) ไบนารี FSK (ข) 4-Array FSK	62
รูปที่ 3.1 ภาพแสดงระบบทั้งหมด	64
รูปที่ 3.2 แสดงแผนผังของการพัฒนาในส่วนของระบบการขับเคลื่อน	65
รูปที่ 3.3 แสดง โครงสร้างหุ่นยนต์และตำแหน่งการวางมอเตอร์	66
รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะและตำแหน่งของมอเตอร์กระแสตรง	67
รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะของ Dc gear servo motor	67
รูปที่ 3.6 รีเลย์ที่ใช้ในการควบคุมการจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบขับเคลื่อน	68
รูปที่ 3.7 ลักษณะของล้อสี่เหลี่ยม	68
รูปที่ 3.8 แสดงลักษณะการเลี้ยวของหุ่นยนต์	69
รูปที่ 3.9 แสดงบอร์ดที่ชุดควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อนและชุดควบคุมมอเตอร์สำหรับกล่อง VDO	70
รูปที่ 3.10 แสดงบอร์ดที่ใช้หาค่ามุมในการหมุนงานหมุนของกล้องวิดีโอไร้สาย	70
รูปที่ 3.11 ลักษณะของความต้านทานปรับค่าได้ ทั้งด้านหน้าและด้านหลัง	71
รูปที่ 3.12 แสดงขอบเขตช่วงของมุมซึ่งกล้องสามารถหมุนไปได้ (มุมทั้งหมด 210 องศา)	72
รูปที่ 3.13 แสดงตำแหน่งของหุ่นยนต์บนสนามแข่งขันจำลอง	73
รูปที่ 3.14 ภาพแสดงค่าต่างๆ จากโปรแกรม Visual Basic ที่รับมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์	74
รูปที่ 3.15 เครื่องวัดอุณหภูมิด้วยแสงอินฟราเรด	75
รูปที่ 3.16 แสดงการวัดอุณหภูมิวัตถุที่มีความเย็น	75
รูปที่ 3.17 แสดงการวัดอุณหภูมิวัตถุที่มีความร้อน	76

รูปที่ 3.18 แสดงสายส่งสัญญาณแบบฮอร์นพิระมิดการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
รูปที่ 3.19 แสดงค่าไคร่กติวิตี	77
รูปที่ 3.20 แสดงสายอากาศไมโครสตริปที่ใช้ในการทดลอง	77
รูปที่ 3.21 แสดงลักษณะกั้นน้ำโคโคที่ใช้ในโครงการพิเศษ	78
รูปที่ 3.22 แสดงโคอะแกรมการส่งสัญญาณของกั้นน้ำเพลกเซอร์	78
รูปที่ 3.23 แสดงโคอะแกรมการรับสัญญาณของกั้นน้ำเพลกเซอร์	79
รูปที่ 3.24 แสดงโคอะแกรมการทำงานของภาคปรับสัญญาณ	79
รูปที่ 3.25 แสดงวงจรขยายภาคต้น	80
รูปที่ 3.26 แสดงวงจรกรองความถี่สูง	81
รูปที่ 3.27 แสดงวงจรขยายภาคหลัง	82
รูปที่ 3.28 บอร์ดภาคการปรับสัญญาณทั้ง 3 ส่วน	83
รูปที่ 3.29 แสดงวงจรของภาคแสดงผลออกทางเกทบอกระดับ	84
รูปที่ 3.30 ภาคแสดงผล คือ ใช้เกทบอกระดับความแรงของการเคลื่อนไหว (Bar Level)	85
รูปที่ 3.31 แสดงหัวใจจำลอง	85
รูปที่ 3.32 แสดงลักษณะของสเตปปีงมอเตอร์ 5 เฟส	86
รูปที่ 3.33 แสดงลักษณะการวางมอเตอร์	86
รูปที่ 3.34 แสดงไดรเวอร์ MMC 2	87
รูปที่ 3.35 แสดงส่วนประกอบของระบบที่ใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวด้วยไมโครเวฟ	87
รูปที่ 3.36 แสดงภาคส่งสัญญาณ	87
รูปที่ 3.37 แสดงอุปกรณ์ในการส่งสัญญาณภาพเข้าสู่คอมพิวเตอร์	88
(ก) เครื่องรับและส่งสัญญาณภาพ (กล้องวิดีโอไร้สาย)	
(ข) เครื่องแปลงสัญญาณภาพเข้าสู่คอมพิวเตอร์	
รูปที่ 3.38 ลักษณะของสาย data link	89
รูปที่ 3.39 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ สาย Data link เข้ากับ เครื่องแปลงสัญญาณภาพ	89
รูปที่ 3.40 แสดงตำแหน่งของช่อง ไมโครโฟนของคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ	90
รูปที่ 3.41 สายสัญญาณภาพและเสียงจากกล้องวิดีโอไร้สาย	90
รูปที่ 3.42 แสดงตำแหน่งต่างๆ ที่ต่อเข้าเครื่องแปลงสัญญาณภาพที่ใช้ในการติดต่อสัญญาณภาพเข้าสู่คอมพิวเตอร์	91
รูปที่ 3.43 แสดงลักษณะและตำแหน่งการต่อสายสัญญาณเข้าเครื่องแปลงสัญญาณภาพ และเครื่องรับสัญญาณภาพวิดีโอ	91
รูปที่ 3.44 ลักษณะของชุดรับ – ส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย	92

รูปที่ 3.45 แสดงการจัดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์	92
รูปที่ 3.46 แสดงการจัดตั้งอุปกรณ์ทดสอบการรับส่งข้อมูลที่ระยะ 1.50 เซนติเมตร	93
รูปที่ 3.47 แสดงการจัดตั้งอุปกรณ์ทดสอบการรับส่งข้อมูลที่ระยะ 50 เมตร	94
รูปที่ 3.48 แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 7.5 แอมแปร์	95
รูปที่ 3.49 แบตเตอรี่ขนาด 9 โวลต์ 50 มิลลิแอมแปร์	95
รูปที่ 3.50 แบตเตอรี่ขนาด 9.6 โวลต์ 1 แอมแปร์	96
รูปที่ 4.1 แสดงโปรแกรมที่ผู้ควบคุมใช้ติดต่อกับหุ่นยนต์	103
รูปที่ 4.2 โปรแกรม Visual Basic แสดงภาพหุ่นยนต์จำลองเมื่อหุ่นยนต์ เคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ระยะทาง $3 \times 15 = 45$ เซนติเมตร	104
รูปที่ 4.3 โปรแกรม Visual Basic แสดงภาพหุ่นยนต์จำลองเมื่อหุ่นยนต์ เคลื่อนที่ไปข้างหลังได้ระยะทาง $4 \times 15 = 60$ เซนติเมตร	104
รูปที่ 4.4 โปรแกรม Visual Basic แสดงภาพหุ่นยนต์จำลองเมื่อหุ่นยนต์ เคลื่อนที่ไปด้านซ้ายได้ระยะทาง $5 \times 15 = 75$ เซนติเมตร	105
รูปที่ 4.5 โปรแกรม Visual Basic แสดงภาพหุ่นยนต์จำลองเมื่อหุ่นยนต์ เคลื่อนที่ไปด้านขวาได้ระยะทาง $5 \times 15 = 75$ เซนติเมตร	105
รูปที่ 4.6 แสดงการวัดอุณหภูมิวัตถุที่มีความเย็น	106
รูปที่ 4.7 แสดงการวัดอุณหภูมิวัตถุที่มีความร้อน	106
รูปที่ 4.8 แสดงส่วนประกอบของระบบที่ใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวด้วยไมโครเวฟ	107
รูปที่ 4.9 แสดงภาคส่งสัญญาณ	108
รูปที่ 4.10 แสดงกราฟตอนที่ 1	109
รูปที่ 4.11 แสดงกราฟตอนที่ 2	111
รูปที่ 4.12 แสดงกราฟตอนที่ 3	113
รูปที่ 4.13 แสดงกราฟตอนที่ 4	115
รูปที่ 4.14 แสดงสัญญาณภาพที่คู่ผ่านทางโปรแกรม Visual Basic 6	117
รูปที่ 4.15 แสดงสัญญาณภาพจากโปรแกรมที่ใช้ติดต่อกับหุ่นยนต์โดยสามารถ ดูค่าอุณหภูมิและเกทบอกระดับการเคลื่อนไหวได้	118
รูปที่ 4.16 ผลเมื่อกดหมายเลข 1 คือ LED ดิจ และส่งข้อความ "LED Turn ON" กลับมา	119
รูปที่ 4.17 ผลเมื่อกดหมายเลข 2 คือ LED ดับ และส่งข้อความ "LED Turn OFF" กลับมา	119

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ

ปฏิบัติการกู้ภัยในบริเวณอาคารที่มีการถล่มพังทลายอันเนื่องมาจากภัยธรรมชาติ เช่น แผ่นดินไหว วาตภัย หรือภัยจากการก่อการร้าย กรณีการรั่วไหลของแก๊สมันตราฟรังสี ฯลฯ อาจมีความเสี่ยงและเป็นอันตรายกับหน่วยกู้ภัยหรือกระทั่งผู้รอดชีวิต จึงมีการสร้างอุปกรณ์ต่าง ๆ มากมายเพื่อใช้ลดและป้องกันอันตรายที่เกิดขึ้น หนึ่งในสิ่งที่มีมนุษย์ได้พัฒนานั้นก็คือ หุ่นยนต์กู้ภัย ด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้ประเทศไทยได้เห็นความสำคัญต่อการวิจัยและการพัฒนาหุ่นยนต์กู้ภัยนี้ เห็นได้จากการจัดการแข่งขันหุ่นยนต์กู้ภัยครั้งแรกในปี พ.ศ. 2547 และในปี พ.ศ. 2548 โดยมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาศักยภาพของระบบการทำงานของหุ่นยนต์ รวมถึงพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ไปโดยพร้อมกัน จึงเป็นที่มาของโครงการพิเศษนี้ ซึ่งจะเป็นการพัฒนาเพิ่มขีดความสามารถของหุ่นยนต์กู้ภัย โดยมีการประยุกต์ใช้ทฤษฎีและเทคนิคต่าง ๆ ในทางฟิสิกส์

โครงการพิเศษนี้ได้ทำการพัฒนาความสามารถของหุ่นยนต์กู้ภัยเพื่อเข้าร่วมการแข่งขันในปี พ.ศ. 2549 โดยมีการพัฒนาในส่วนของการขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ โดยสามารถระบุตำแหน่งที่เคลื่อนที่ไปได้ และพัฒนาการควบคุมระยะไกลให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมถึงระบบตรวจรู้ (เซนเซอร์) ในการจับสัญญาณต่าง ๆ ที่บ่งบอกถึงลักษณะของผู้รอดชีวิต

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อเข้าร่วมการแข่งขันหุ่นยนต์กู้ภัยชิงแชมป์ประเทศไทยในปี พ.ศ. 2549
2. เพื่อเป็นการพัฒนาเพิ่มขีดความสามารถของหุ่นยนต์กู้ภัย
3. เพื่อเป็นประชาสัมพันธ์ ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. พัฒนาในการควบคุมการเคลื่อนที่ระยะไกลและการรับส่งข้อมูลแบบไร้สาย โดยใช้สัญญาณคลื่นวิทยุ
2. พัฒนาระบบตรวจรู้ต่าง ๆ (เซนเซอร์) ที่บ่งบอกถึงลักษณะของผู้รอดชีวิต
3. พัฒนาในส่วนของน้ำหนักของหุ่นยนต์ให้เบาลงเพื่อให้หุ่นยนต์มีประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่

เอกสารนี้ได้ตีพิมพ์ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พัฒนาในส่วนอุปกรณ์การตรวจรู้ระบบไมโครเวฟให้มีประสิทธิภาพในการค้นหาผู้รอดชีวิตให้ดีขึ้น

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีดำเนินงาน

- ศึกษาโครงสร้างและการขับเคลื่อนของหุ่นยนต์
- ศึกษาอุปกรณ์ตรวจรู้แบบต่าง ๆ เช่น ระบบไมโครเวฟ ระบบอินฟราเรดและกล้องวิดีโอแบบไร้สาย ไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์แบบร่องหรือก้ามปู
- ศึกษาชุดรับส่งอนุกรมแบบไร้สาย โดยใช้คลื่นวิทยุ
- ศึกษาอุปกรณ์เก็บรอมเตอร์กระแสดตรง
- ศึกษาระบบควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
- สร้างหุ่นยนต์
- เข้าร่วมการแข่งขันหุ่นยนต์กู้ภัยประจำปี 2549
- ศึกษาและหาแนวทางปรับปรุงในส่วนที่ยังด้อย
- ลงมือแก้ไขและปรับปรุงพร้อมทั้งส่งรูปเล่มรายงานฉบับร่าง
- ทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

ตารางที่ 1.1 แสดงการวางแผนขั้นตอนการดำเนินงานทั้งหมด

ขั้นตอน	ปี พ.ศ. 2549							ปี พ.ศ. 2550		
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1.	■									
2.		■								
3.			■							
4.				■						
5.					■					
6.						■				
7.							■			
8.								■		
9.									■	
10.										■

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เข้าร่วมการแข่งขันหุ่นยนต์กู้ภัยชิงแชมป์ประเทศไทยในปี พ.ศ. 2549
2. ได้นำความรู้ที่ศึกษามาประยุกต์ใช้ในการสร้างหุ่นยนต์กู้ภัยได้
3. นำข้อผิดพลาดจากการแข่งขันมาปรับปรุงแก้ไขให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
4. ได้ประชาสัมพันธ์ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

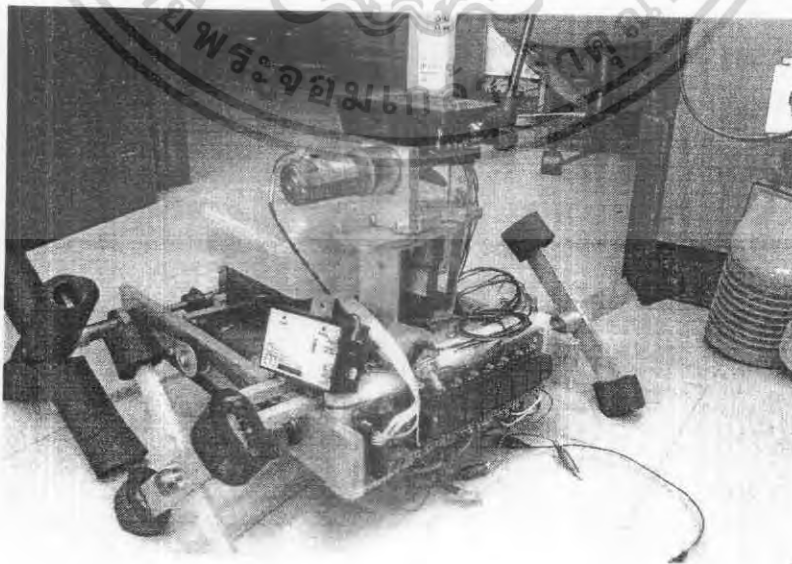
บทที่ 2

หลักการทำงานของระบบ

ในการเข้าร่วมแข่งขันหุ่นยนต์กู้ภัยชิงแชมป์ประเทศไทยประจำปี 2549 หรือ Thailand Rescue Robot Championship 2006 นั้นคณะทำงานมีแผนงานในการสร้างหุ่นยนต์ที่มีลักษณะและส่วนประกอบโดยรวมดังรูปที่ 2.1 หุ่นยนต์สามารถขับเคลื่อนโดยล้อ 4 เหลี่ยมจำนวน 4 ล้อและกำหนดพิกัดโดย sensor infrared ทางด้านบนตัวหุ่นยนต์จะประกอบด้วย sensor 4 ชนิด ได้แก่

1. กล้องวิดีโอไร้สาย ใช้สำหรับจับภาพและเสียงเพื่อให้เรารู้เส้นทางและสามารถบังคับหุ่นยนต์ได้
2. Microwave sensor ใช้ในการช่วยสำรวจหาผู้ประสบภัยที่อาจซุกซ่อนอยู่หลังวัตถุต่างๆ
3. Infrared sensor ใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมิร่างกายของมนุษย์

ส่วนแบตเตอรี่จำเป็นกับระบบทุกส่วนในหุ่นยนต์เนื่องจากความมีการควบคุมระยะไกลจึงไม่สะดวกกับการใช้พลังงานโดยตรงจากไฟบ้าน การควบคุมการทำงานของระบบใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS51 ในส่วนการรับส่งข้อมูลระหว่างผู้ควบคุมกับหุ่นยนต์จะอาศัยชุดรับส่งข้อมูลแบบ RS-232 แบบไร้สาย ซึ่งผู้ควบคุมหุ่นยนต์ที่อยู่ในห้องบังคับนั้นสามารถบังคับหุ่นยนต์พร้อมทั้งรู้ตำแหน่งของหุ่นยนต์และคุณภาพเหตุการณ์ในสนามแข่งขันทั้งหมดได้โดยผ่าน โปรแกรม Visual Basic บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ รายละเอียดและหลักการของส่วนต่างๆ จะได้กล่าวถึงต่อไปนี้



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะของหุ่นยนต์ที่ร่วมแข่งขัน

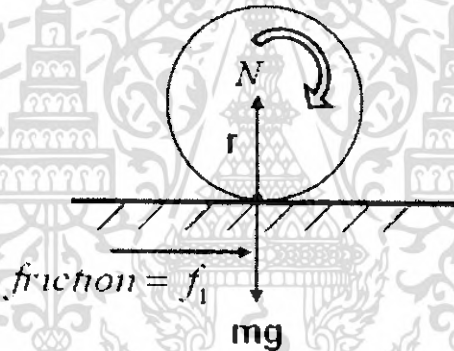
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 การเคลื่อนที่ของล้อที่เสถียร

ในการแข่งขันหุ่นยนต์ผู้ภัยชิงแชมป์ประเทศไทย คนส่วนใหญ่ได้ใช้ล้อกลมและล้อคินตะขาบ ในการเคลื่อนที่ แต่เราได้พบว่าจากการใช้ล้อประเภทนี้ได้เกิดปัญหาการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในบริเวณที่มีความลื่น เช่น บริเวณที่มีสิ่งกีดขวางพวกถุงพลาสติก ทำให้ล้อเคลื่อนที่แบบลื่นไถล หุ่นยนต์จึงไม่สามารถเคลื่อนที่ไปได้ ส่งผลให้การระบุตำแหน่งจาก สเตปปีงมอเตอร์มีความคลาดเคลื่อนไปด้วย ดังนั้นโครงการพิเศษนี้จึงได้มีการนำล้อสี่เหลี่ยมมาใช้ ซึ่งความแตกต่างหรือข้อได้เปรียบของล้อสี่เหลี่ยมนี้ได้พูดถึงกันต่อไป

2.1.1 การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่

ในทางทฤษฎีหรือทางอุดมคตินั้นการที่ล้อกลมหรือล้อทั่วไปจะหมุนกลิ้งไปด้วยความเร็วคงที่บนพื้นผิวเรียบ โดยไม่มีแรงภายนอกใดๆ มากระทำก็จะทำให้ล้อหมุนกลิ้งไปอย่างราบรื่น ไม่มีที่สิ้นสุด ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงการเคลื่อนที่ของล้อกลมเมื่อกลิ้งด้วยความเร็วคงที่

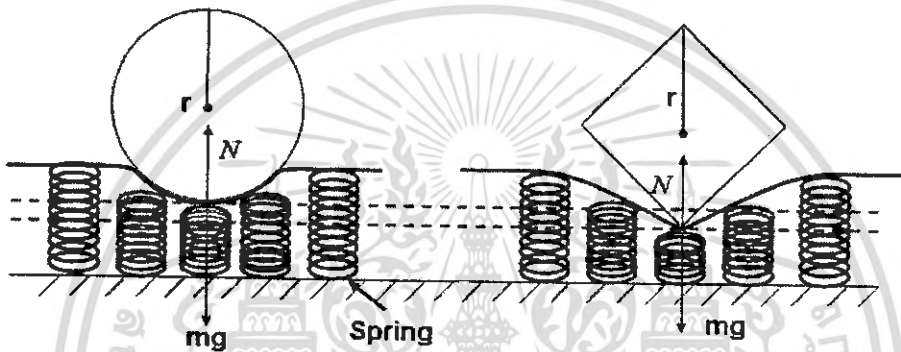
จากรูปที่ 2.2 ตัวล้อนั้นจะอยู่ในสภาพสมดุล ก็คือแรงคจากล้อหรือ (mg) จะเท่ากับแรงที่พื้นผิวสัมผัสกระทำต่อล้อ (N) นั่นคือถ้าหากเกิดแรงเสียดทานเข้ามาแต่เมื่อไม่มีแรงใดๆ มากระทำดังนั้นแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นนี้ก็ย่อมเป็นศูนย์ ในพื้นผิวสัมผัสที่เรียบนี้จะมีทอร์กที่เกิดจากแรงเสียดทานและทอร์กที่เกิดจาก mg ซึ่งผ่านจุดหมุนทั้งคู่ ทำให้ทอร์กที่เกิดขึ้นเป็นศูนย์ด้วยส่งผลให้ล้อกลมกลิ้งไปเรื่อยๆ ไม่สิ้นสุดและไม่ไถล เนื่องจากมีความเร็วเชิงมุมที่คงที่ ทำให้มีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ด้วย

แต่ในทางปฏิบัตินั้นไม่สามารถเกิดขึ้นได้จริง เนื่องจากว่าพื้นผิวโดยทั่วไปไม่ใช่วัตถุแข็งเกร็ง (Rigid body) ดังนั้นย่อมจะทำให้พื้นผิวกับล้อนั้นมีการยุบตัวหรือเปลี่ยนรูปไปจากเดิม (Deformation) หรือแม้กระทั่งตัวล้อเองไม่ว่าเป็นการบิดเบี้ยวที่เกิดจากล้อเอง หรือว่าแรงเสียดทานที่ต้านการหมุนกลิ้งไปของล้อนี้ (Rolling Friction) ด้วยเหตุนี้เองที่ทำให้ล้อที่หมุนไปได้มันมีการเคลื่อนที่ช้าลงและหยุดหมุนในที่สุด

2.1.2 พิจารณาพื้นผิวที่มีการยุบตัว

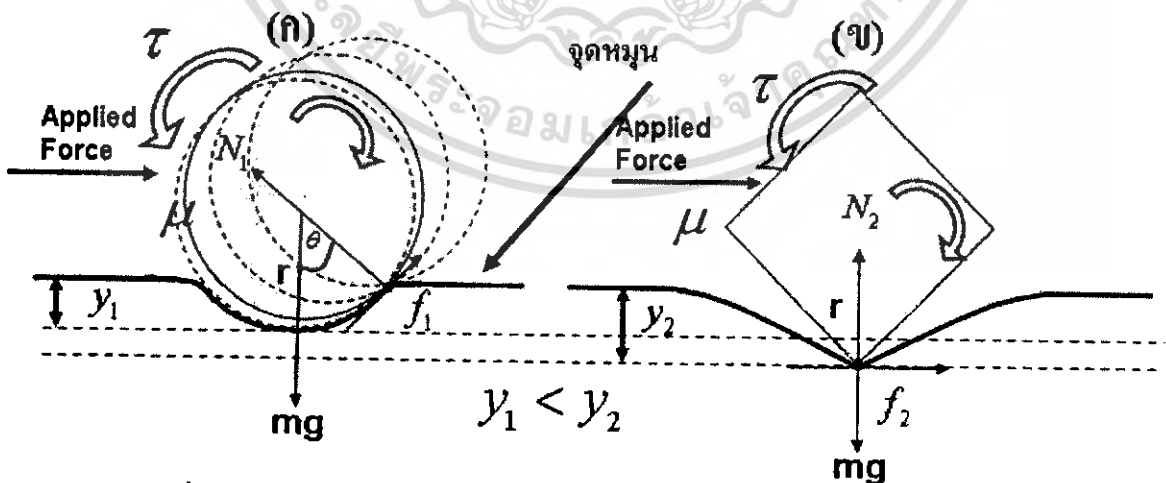
ในกรณีนี้จะพูดถึงการเริ่มเคลื่อนที่ของล้อ หรืออาจจะเป็นในกรณีที่เจอบริเวณพื้นผิวที่มีการยุบตัว โดยกำหนดให้ขนาดของล้อกลมและล้อสี่เหลี่ยมมีมวล, สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน และเส้นผ่าศูนย์กลางมีขนาดเท่ากัน จะมีการพิจารณาได้ดังนี้ คือ

นำหนักที่กดลงบนพื้นผิวที่รองรับด้วยสปริงจากรูปที่ 2.3 จะเห็นได้ชัดเจนว่าล้อกลมจะมีการกระจายน้ำหนักลงบนสปริง แต่ล้อสี่เหลี่ยมจะมีน้ำหนักกดลงมากที่จุดเดียว เป็นผลได้ว่าล้อสี่เหลี่ยมจะทำให้พื้นผิวมีการยุบตัวมากกว่าล้อกลม



รูปที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักที่กดลงบนพื้นผิวสัมผัส

จากรูปที่ 2.3 แสดงให้เห็นถึงหลักความจริงในการยุบตัวของพื้นผิว ซึ่งเราจะพิจารณาในเรื่องการเคลื่อนที่กรณีพื้นผิวยุบตัวจะแสดงถึงข้อได้เปรียบของล้อสี่เหลี่ยมโดยพิจารณารูปที่ 2.4 คือ



รูปที่ 2.4 แสดงเริ่มการเคลื่อนที่จากจุดหยุดนิ่งระหว่างล้อกลมและล้อสี่เหลี่ยม

ล้อกลม

จากรูปที่ 2.4 (ก) จะเป็นการเคลื่อนของล้อที่จะพยายามหมุนเคลื่อนที่ขึ้นไปจากพื้นผิวที่ขรุขระ จะเห็นว่าจุดหมุนจะอยู่ที่มุมเหลี่ยมของพื้นผิวที่แตกต่างไม่ใช่ตรงที่จุดที่ mg ตกลงพื้น เพราะล้อพยายามที่จะกลิ้งไป ดังนั้นตรงจุดหมุนนี้ก็จะทำให้แรงปฏิกิริยา (N) ไม่เท่ากับค่า mg ซึ่งจากรูปจะได้สมการดังนี้คือ

$$mg \cos \theta = N_1$$

$$mg > N_1$$

$$\therefore \mu mg > \mu N_1$$

จากสมการทั้งนี้ยังมีทอร์กที่เกิดจากค่า mg ด้วย ซึ่งจะเป็นตัวต้านทานการกลิ้งของล้อ และ $f_1 = \mu N_1$ เป็นค่าแรงเสียดทานสูงสุดที่จะทำให้ล้อไม่เลื่อนไถล ซึ่งน้อยกว่า ค่า μmg

ล้อสี่เหลี่ยม

จากรูปที่ 2.4 (ข) จะเห็นว่าจุดหมุนและจุดสัมผัสที่ทำให้เกิดแรงเสียดทานเป็นจุดเดียว ดังนั้นแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นนี้และทอร์กจากค่า mg ซึ่งผ่านจุดหมุน ทอร์กที่เกิดขึ้นนี้จึงเป็นศูนย์ ดังนั้น

$$f_2 = \mu N_2$$

$$\mu N_2 = \mu mg$$

สรุปก็คือ ในการทำให้ล้อหมุนเคลื่อนที่ไปได้บนผิวเรียบในอุดมคติโดยไม่ไถลนั้นจะต้องมีแรงเสียดทานสถิตซึ่งมีค่าขึ้นกับแรงกดลงพื้น ล้อกลมมีโอกาสที่จะเคลื่อนที่ขึ้นไปจากพื้นผิวที่ขรุขระน้อยกว่าล้อสี่เหลี่ยมเนื่องจากว่าค่าแรงเสียดทานสูงสุดที่ยังไม่ให้ล้อเกิดการเลื่อนไถลของล้อน้อยกว่าล้อสี่เหลี่ยม ทำให้โอกาสของล้อกลมจะเกิดการเลื่อนไถลหรือการที่ล้อหมุนอยู่กับที่ได้มากกว่ามาก

ด้วยเหตุนี้ในโครงการพิเศษนี้จึงพัฒนาในส่วนของเคลื่อนที่โดยใช้ล้อสี่เหลี่ยมแทนล้อกลมหรือล้อดินตะขาบ เพื่อมีแรงเสียดทานที่จะจับพื้นผิวสัมผัสไม่ให้ไถลโดยแรงเสียดทานนั้นจะไม่มากกว่าแรงเสียดทานสถิตของมันเอง และสามารถกำหนดระยะได้อย่างแม่นยำ โดยไม่มีผลจากการเลื่อนไถลหรือล้อลากไปเหมือนล้อกลม

2.1.3 การปีนขึ้นบันได

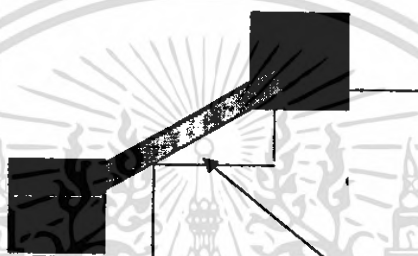
เพื่อให้เห็นภาพว่าล้อสี่เหลี่ยมได้เปรียบล้อกลมในเรื่องปีนป่ายหรือการปีนขึ้นบันไดจริง โดยถ้าพิจารณาในแง่ของเรขาคณิตนั้น เราจึงได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างล้อกลมและล้อสี่เหลี่ยม เมื่อรัศมีของวงกลมและระยะจากกึ่งกลางไปตั้งฉากด้านข้างของล้อสี่เหลี่ยม และน้ำหนักของล้อทั้ง 2 เท่ากัน และความสูงของบันไดเท่ากันในแต่ละเงื่อนไขด้วย โดยแบ่งได้เป็นกรณีดังนี้คือ

หลักการเดิมของหุ่นยนต์กู้ภัย 1 ใช้ล้อทั้งหมด 4 ล้อ และลักษณะคานรับน้ำหนักของตัวหุ่นเป็นแบบ 4X4 ดังรูปที่ 2.5 เป็นส่วนประกอบชิ้นส่วนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะคานรับน้ำหนักของตัวหุ่นเป็นแบบ 4X4

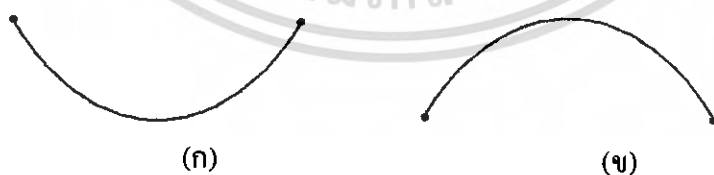
ในการป็นป้ายสิ่งกีดขวางหรือพื้นผิวที่มีความแตกต่างเช่น ความขรุขระ ความสูงต่ำที่ไม่เท่ากัน ในการขึ้นบันไดจะเห็นได้ว่าคานจะทำให้ล้อลอยไม่สัมผัสกับพื้นผิวดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงการป็นขึ้นบันไดของล้อสี่เหลี่ยม

2.1.4 ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ของล้อสี่เหลี่ยมโดย Stan Wagon

ล้อสี่เหลี่ยมสามารถเคลื่อนที่ข้ามพื้นผิวที่เป็นหลุมเป็นบ่อได้อย่างราบรื่น สอดคล้องกับแกนกลางของล้อที่เคลื่อนไปในลักษณะเป็นเส้นตรงที่ความเร็วคงที่ ถ้าเคลื่อนที่ไปบนยอดพื้นขรุขระที่มีระยะห่างที่สอดคล้องเท่ากันพอดีกับขนาดรูปร่างด้านข้างของล้อ ดังรูปที่ 2.6 ลักษณะที่พิเศษนี้เรียกว่าเส้นโค้งที่เกิดจากการแขวนเชือกหรือโซ่ ระหว่างจุด 2 จุด คว่ำลง (Inverted Catenary) ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 (ก) ลักษณะของ catenary

(ข) ลักษณะของ Inverted catenary

Catenary จะบอกลักษณะของเส้นโค้งของเชือกหรือโซ่ที่ถูกแขวนไว้อย่างหลวมๆระหว่างจุด 2 จุด มองครั้งแรกจะเหมือนกับกราฟพาราโบลา ในความจริงแล้วจะสอดคล้องกับกราฟฟังก์ชัน Hyperbolic Cosine ถ้าหมุนเส้นโค้งคว่ำลงจะเรียกได้ว่า Inverted Catenary จากสมการ Hyperbolic เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

$$y = \cosh(x)$$

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นเส้นโค้ง catenary ซึ่งมีความสัมพันธ์กับฟังก์ชันเอ็กซ์โปเนนเชียล จะได้

$$\cosh(x) = \left[\frac{\exp(x) + \exp(-x)}{2} \right]$$

เส้นโค้งที่เกิดจากจุดของพื้นราบ 2 จุด ซึ่งจะตรงกับความยาวด้านข้างของล้อยอดี้ โค้งเหล่านี้จะสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของค่าความสูงต่ำของแกนกลางล้อ ดังนั้นทำให้แกนกลางของล้อมีลักษณะเป็นเส้นตรงในขณะที่เคลื่อนที่ไปตามทางส่งผลให้ลดกระแทกได้

ถ้าเพิ่มจำนวนเหลี่ยมของล้อให้มากขึ้น (ห้าเหลี่ยม, หกเหลี่ยม, แปดเหลี่ยม จนเข้าใกล้วงกลม) ลักษณะของ Catenary จะต้องมีระยะสั้นกว่าและแบนราบขึ้นด้วย ยิ่งเพิ่มจำนวนเหลี่ยมขึ้นเรื่อยๆ จนใกล้เคียงกับวงกลมเส้นโค้งที่เหมาะสมกับล้อก็จะเป็นเส้นตรงหรือพื้นแบนราบแนวอนในที่สุด ด้วยเหตุนี้จึงเลือกล้อสี่เหลี่ยมเพื่อเข้าแข่งขันหุ่นยนต์ชิงแชมป์ประเทศไทย เนื่องจากสถานการณ์ของการแข่งขันนั้นมีสิ่งกีดขวาง พื้นผิวเป็นแบบขรุขระ นอกจากนี้ตัวหุ่นยนต์ยังประกอบอุปกรณ์ต่างๆ หลายชิ้น จึงจำเป็นต้องมีการลดแรงกระแทกอีกด้วยให้การเคลื่อนที่เป็นไปอย่างราบรื่น



รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของล้อสี่เหลี่ยม

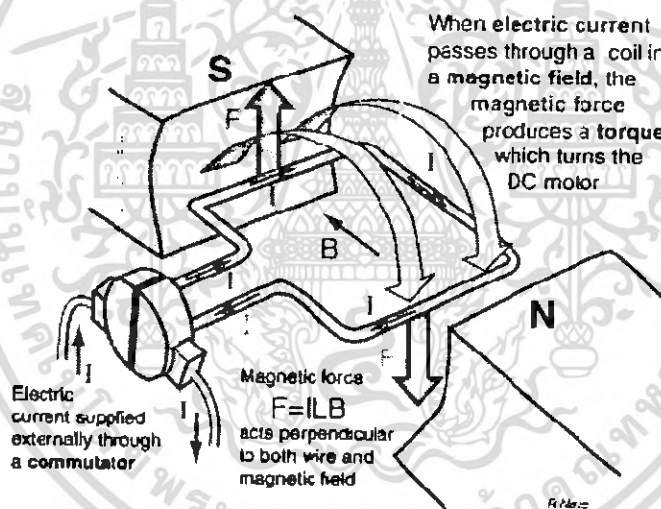
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เกียร์มอเตอร์กระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง(Direct Current, D.C. Motor) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล หรือจะกล่าวว่าเป็นระบบที่มีสัญญาณไฟฟ้าเป็นอินพุต และมีเอาต์พุตเป็นพลังงานกลก็ได้ โดยทั่วไปมอเตอร์จะประกอบด้วยขดลวดที่ส่วนหมุน หรือ armature coil ซึ่งสามารถที่จะหมุนไปได้อย่างอิสระ ขดลวดนี้จะวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก ซึ่งอาจจะเป็นแม่เหล็กถาวร หรือส่วนมากจะเป็นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สร้างจากกระแสไฟฟ้าผ่าน field coils เมื่อมีกระแสไฟฟ้า i ไหลผ่าน armature coil ซึ่งวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก ก็จะทำให้เกิดแรงผลักดันทำให้ armature นี้เกิดการหมุน

2.2.1 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปยังขดลวดในสนามแม่เหล็ก ก็จะทำให้เกิดแรงแม่เหล็กขึ้น โดยแรงแม่เหล็กนี้ก็จะทำให้เกิดทอร์กขึ้นทำให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหมุน

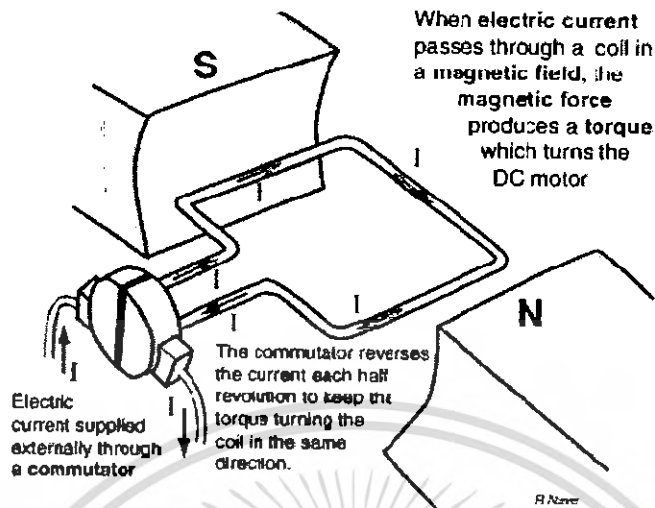


รูปที่ 2.9 แสดงการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

จากรูปที่ 2.9 แสดงการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จะเห็นว่าเริ่มแรกเราจะทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟข้างนอกแล้วจะมีเครื่องที่ทำการเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าสลับให้เป็นกระแสตรง เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปยังขดลวดในสนามแม่เหล็ก ก็จะทำให้เกิดแรงแม่เหล็กขึ้น โดยแรงแม่เหล็กนี้ก็จะทำให้เกิดทอร์กขึ้นทำให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหมุน โดยแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้จะตั้งฉากกับเส้นสนามแม่เหล็กทั้ง 2 เส้น ดังสมการ

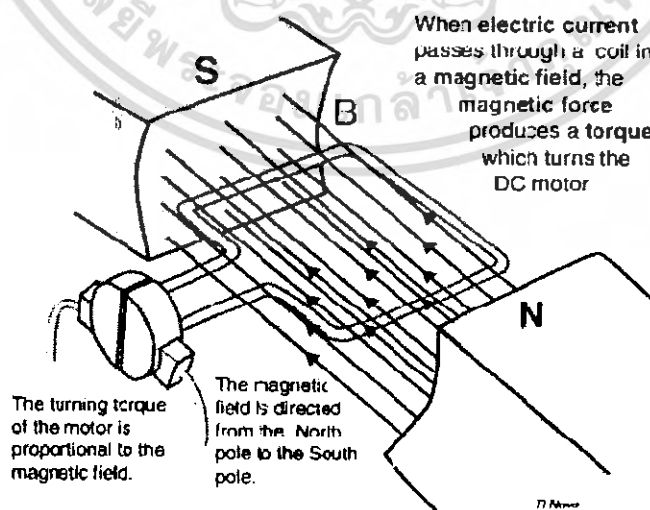
$$F = ILB$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แสดงกระแสในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

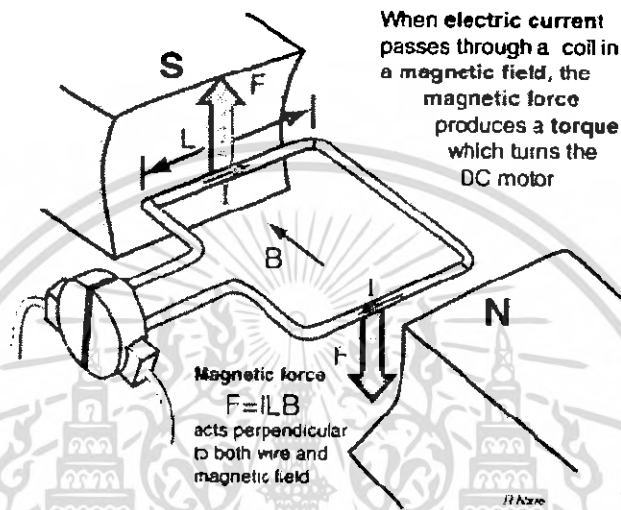
จากรูปที่ 2.10 แสดงกระแสในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะเห็นว่าเราจะทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟข้างนอกแล้วจะมีเครื่องที่ทำกรเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยเครื่องที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงนี้จะเกิดตรงกันข้ามกับกระแสอื่น ไปครึ่งรอบเพื่อเก็บการหมุนของทอร์คของขดลวดในทิศทางเดียวกัน เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปยังขดลวดในสนามแม่เหล็ก ก็จะทำให้เกิดแรงแม่เหล็กขึ้น โดยแรงแม่เหล็กนี้ก็จะทำให้เกิดทอร์คขึ้นทำให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหมุน



รูปที่ 2.11 แสดงสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

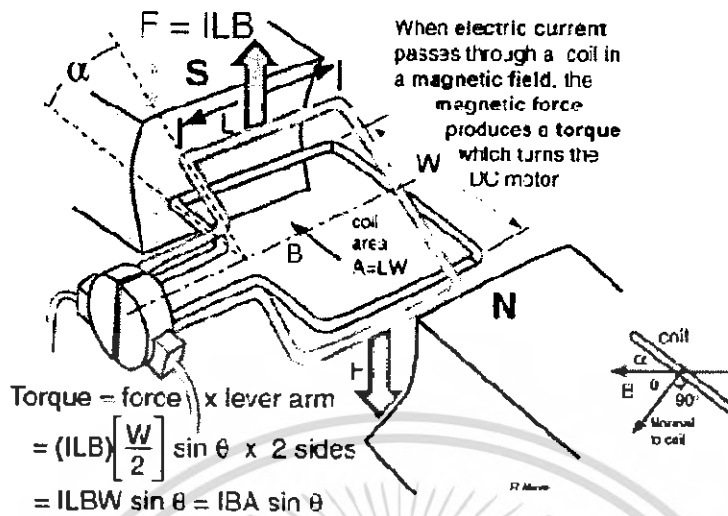
จากรูปที่ 2.11 แสดงสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จะเห็นว่าเมื่อการหมุนของ ทอร์กในมอเตอร์ได้สัดส่วนเดียวกับสนามไฟฟ้าแล้ว สนามไฟฟ้าก็จะไหลจากขั้วเหนือไปขั้วใต้ เมื่อ กระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปยังขดลวดในสนามแม่เหล็ก ก็จะเกิดแรงแม่เหล็กขึ้น โดยแรงแม่เหล็กนี้ก็จะทำ ให้เกิดทอร์กขึ้นทำให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหมุน



รูปที่ 2.12 แสดงแรงในมอเตอร์กระแสตรง

จากรูปที่ 2.12 แสดงแรงในมอเตอร์กระแสตรง จะเห็นได้ว่าเมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปยัง ขดลวดในสนามแม่เหล็ก ก็จะเกิดแรงแม่เหล็กขึ้น โดยแรงแม่เหล็กนี้ก็จะทำให้เกิดทอร์กขึ้นทำให้ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหมุน โดยแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้จะตั้งฉากกับเส้นสนามแม่เหล็กทั้ง 2 เส้น ตั้งสมการ

$$F = ILB$$



รูปที่ 2.13 แสดงทอร์กในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

จากรูปที่ 2.13 แสดงทอร์กในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จะเห็นว่าเมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปยังขดลวดในสนามแม่เหล็ก ก็จะทำให้เกิดแรงแม่เหล็กขึ้น โดยแรงแม่เหล็กนี้ก็จะทำให้เกิดทอร์กขึ้นทำให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหมุนได้สมการดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{ทอร์ก} &= \text{แรง} \times \text{มุมของแขนที่เปลี่ยนไป} \\
 &= (ILB) \left[\frac{W}{2} \right] \sin \theta \times 2 \\
 &= ILBW \sin \theta \\
 &= IBA \sin \theta
 \end{aligned}$$

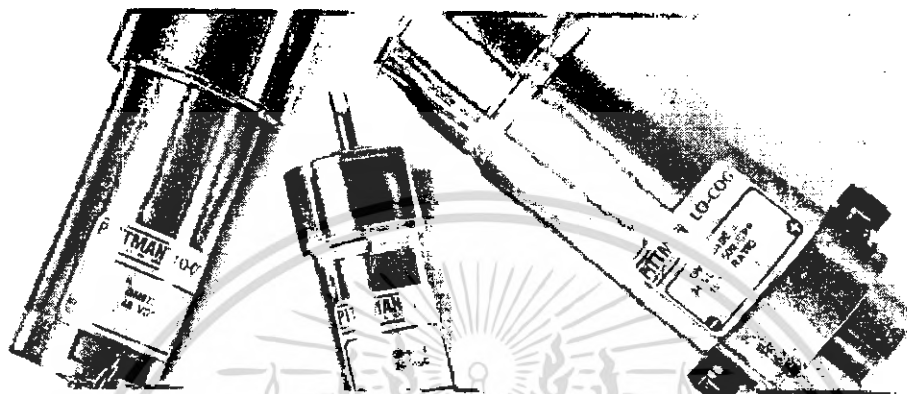
2.2.2 Pittman brand LO-COG® รุ่น GM14900

ในโครงการพิเศษนี้ทางทีมงานได้ใช้ Pittman brand LO-COG® รุ่น GM14900 ดังรูปที่ 2.14 ซึ่งเป็นเกียร์มอเตอร์กระแสตรง การทำงานค่อนข้างเงียบ ทำงานไม่ติดขัด และมีระยะเวลาใช้งานที่ยาวนาน คุณสมบัติของเกียร์มอเตอร์ LO-COG คือ เฟืองเกียร์เหล็กหล่อแบบขนานช่วยในเรื่องอัตราส่วนของทอร์ก จะมีการใช้วิธีการทำงานที่น้อยที่สุดในการนำไปประยุกต์ใช้ใน ช่วงกว้าง เหล็กอ่อนที่พันขดลวดโค่นาโมตรงเกียร์ที่เป็นแม่เหล็กจะบิดเบือนน้อยจากตำแหน่งเดิม มีการทำงานอย่างสม่ำเสมอไม่ติดขัดที่ความเร็วต่ำๆ และจะใช้ยางเรซินในการพันทำให้ไม่เกิดความเสียหายได้ง่ายในนำไปประยุกต์ใช้ในส่วนการเพิ่มการเคลื่อนที่ การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้าในส่วนที่เป็นตะกั่วมีทำให้เสียงลดลงแบบแทบจะไม่ได้ยินรวมถึงเสียงในส่วนของไฟฟ้าด้วย และที่สำคัญยังช่วยปรับปรุงระยะเวลาการใช้งานของมอเตอร์ไฟฟ้าโดยให้แรงของมอเตอร์ไฟฟ้าทำงานต่อไปให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นไปใช้ประโยชน์ตามการดำเนินงาน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ผลดีที่สุดตลอดอายุการใช้งานของมอเตอร์ สำหรับความแม่นยำในการควบคุมมอเตอร์ การเข้ารหัส Hewlett-Packard® optical มีค่าอยู่ 2 หรือ 3 ช่อง กับที่บอกลำดับของตำแหน่งต่างๆ ของ CPR ที่พบ ความเร็วและทิศทางที่ต้องการก็จะส่งผลออกมาให้ดู



รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะ โครงสร้างภายนอกของ เกียร์มอเตอร์ LO-COG

2.2.2.1 โครงสร้าง

1. มีแม่เหล็กไฟฟ้าถาวร 2 ขั้วใช้แม่เหล็กเซรามิกในการสร้างโดยโครงสร้างจะอยู่ในเหล็กที่มีมาตรฐานสูงโดยเหล็กนี้จะเป็นวงแหวนล้อมรอบ โครงสร้างเหล่านี้
2. การจูนรูปสี่เหลี่ยมเปียกปูนให้เป็นกระแสดตรงจะทำให้เกิดการใช้งานของมอเตอร์ไฟฟ้าให้มีอายุการใช้งานได้สูงสุด
3. ใช้คอปเปอร์เกรดไฟต์ที่เป็นมาตรฐานเป็นส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้า (อุปกรณ์มอเตอร์ไฟฟ้าอื่น ใช้ได้เหมือนกัน)
4. เพลตที่เป็นสแตนเลสทำให้แข็งโดยมีการยึดให้แน่น
5. ซิลิกอน – เหล็กกล้า วางเป็นชั้นบางๆ
6. การเผาทองสัมฤทธิ์ทำให้เกิดการจัดให้เป็นเส้นเดียวกันด้วยตัวเอง

2.2.2.2 Option

1. เฟืองมีทอร์กสูง หรือเฟืองมีทอร์กสูงในช่วงกว้าง
2. มีสัญญาณรบกวนน้อย อย่างแรกเฟืองจะเป็นกลุ่ม
3. มีการปรับสายเคเบิลให้เหมาะสม
4. มีองค์ประกอบของเพลตหลายๆ อัน
5. เพลตจะเป็นขดเป็นได้ทั้งล้อยหมุนสำหรับสวมสายพานและเฟือง
6. ลูกบอลมีความแข็งแรงและมีทิศทางที่แน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. มีการพันของลวดมีจำนวนมาก
8. มีตัวเบรก electromechanical
9. มีการรวมตัวกันของการเข้ารหัสของ Hewlett-Packard® optical
10. มีเครื่องปรับที่ใช้ได้กับตัวเข้ารหัสเครื่องอื่น
11. การกำจัดความถี่วิทยุ
12. เหล็กอ่อนที่พันขดลวดไดนาโมมีความสมดุลกัน

2.2.2.3 Series GM14000

1. มี 4 อัตราส่วน จาก 5:9:1 ถึง 218:4:1
2. มาตรฐานพีคของทอร์คมีค่าถึง 175 ออน-นิ้ว
3. มีตัวเลือก gearhead 300 – 500 ออน-นิ้ว
4. ความยาวมอเตอร์ที่นำมาใช้ได้มีค่า 7
5. มีความละเอียดในการเข้ารหัสจาก 96 ถึง 2048



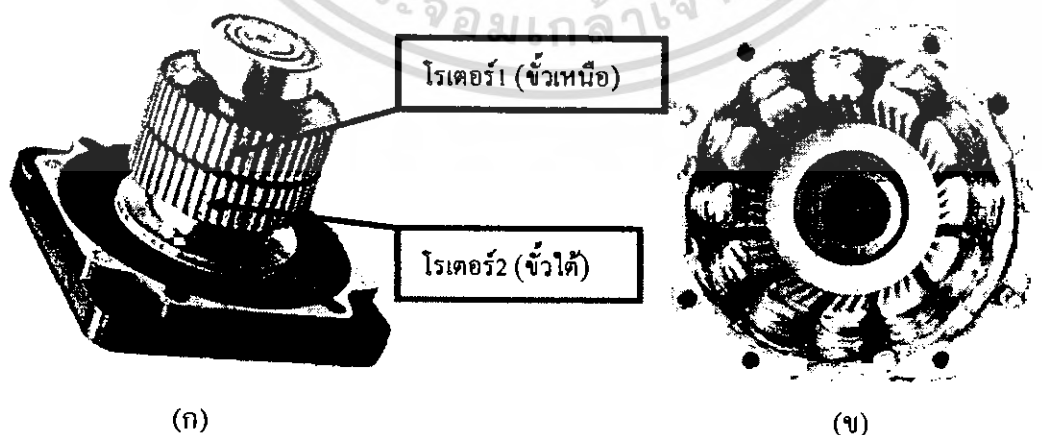
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 สเตปปีงมอเตอร์ 5 เฟส

สเตปปีงมอเตอร์เป็นมอเตอร์ที่มีลักษณะเมื่อป้อนไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ทำให้หมุนเพียงเล็กน้อยตามเส้นรอบวงและหยุด ซึ่งต่างจากมอเตอร์ทั่วไปที่จะหมุนทันทีและตลอดเวลาเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้า ข้อดีของสเตปปีงมอเตอร์ คือสามารถกำหนด ตำแหน่งของการหมุนด้วยตัวเลข (องศาหรือระยะทาง) ได้อย่างละเอียดโดยใช้คอมพิวเตอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นเครื่องกำหนดและจัดเก็บตัวเลข

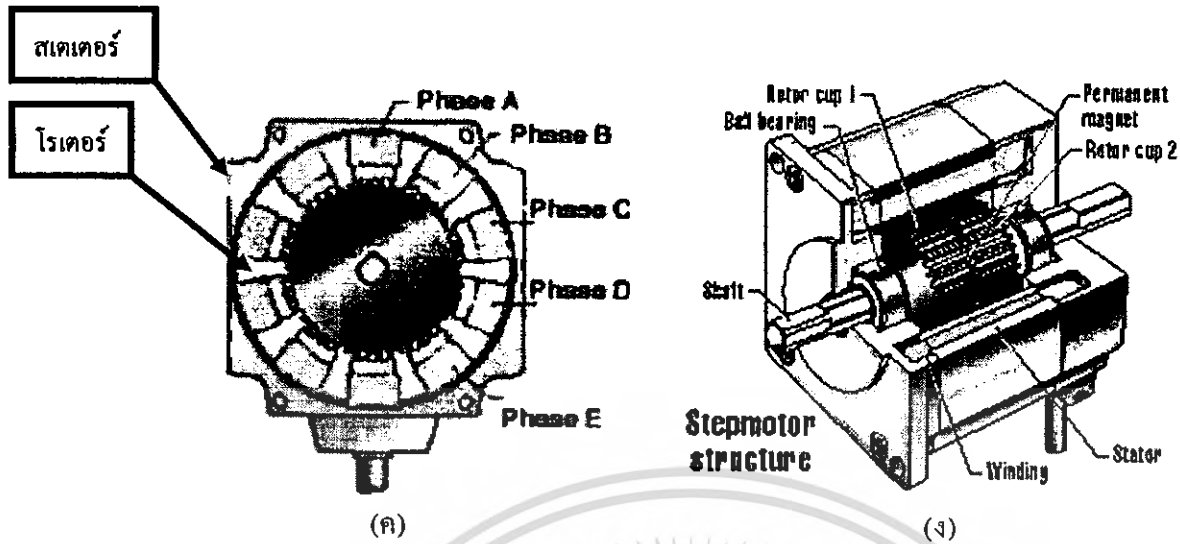
2.3.1 โครงสร้างและหลักการทำงานของสเตปปีงมอเตอร์แบบ 5 เฟส

สเตปปีงมอเตอร์มีลักษณะเช่น ดังรูปที่ 2.15 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ โรเตอร์ (rotor) เป็นส่วนแกนที่หมุนที่เคลื่อนที่ได้ ทำจากแม่เหล็กถาวรที่มีลักษณะวงกลมที่ผิวด้านข้างเป็นแฉกหรือซี่ ประกอบด้วย 2 โรเตอร์ (โรเตอร์ 1 และ โรเตอร์ 2) โดยมีฟันสับหว่างกัน ดังรูปที่ 2.15 ก. โดยโรเตอร์ถูกล้อมรอบด้วยสเตเตอร์ (stator) ซึ่งเป็นส่วนที่อยู่กับที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ซึ่งมีขดลวดพันล้อมอยู่บนแกนเหล็ก ดังรูปที่ 2.15 ข. ในรูปที่ 2.15 ก. เมื่อจ่ายไฟเข้าที่ขดลวดที่พันอยู่บนสเตเตอร์ เฟส A ก่อน ก็จะทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กขึ้นที่ตำแหน่งเฟส A นี้ และผลักให้โรเตอร์เกิดการเคลื่อนที่ได้ การเคลื่อนที่นี้เรียกว่า เคลื่อนที่ไป 1 สเตป ค่าความละเอียดของมุมในแต่ละสเตป ขึ้นอยู่กับสมบัติเฉพาะตัวของสเตปปีงมอเตอร์ตัวนั้นว่าสามารถที่จะหมุนได้สเตปละกี่องศา ต่อมาหยุดจ่ายไฟเข้าที่เฟส A แล้วจ่ายไฟเข้าที่เฟส B แทนก็จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่บริเวณเฟส B เป็นผลให้สนามแม่เหล็กนี้ผลักโรเตอร์ให้เคลื่อนที่ต่อไปได้ ต่อมาหยุดจ่ายกระแสเข้าเฟส B แล้วจ่ายเข้าที่เฟส C แทนก็จะทำให้สนามแม่เหล็กมาเกิดที่เฟส C ซึ่งผลักให้โรเตอร์เคลื่อนที่ต่อไปได้อีกจะเห็นว่า สเตปปีงมอเตอร์นั้นสามารถที่จะเคลื่อนที่ได้จากหลักการของการจ่ายไฟเข้าที่ขดลวดบนสเตเตอร์โดยที่จ่ายไฟให้เกิดแบบลำดับเฟสกันไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



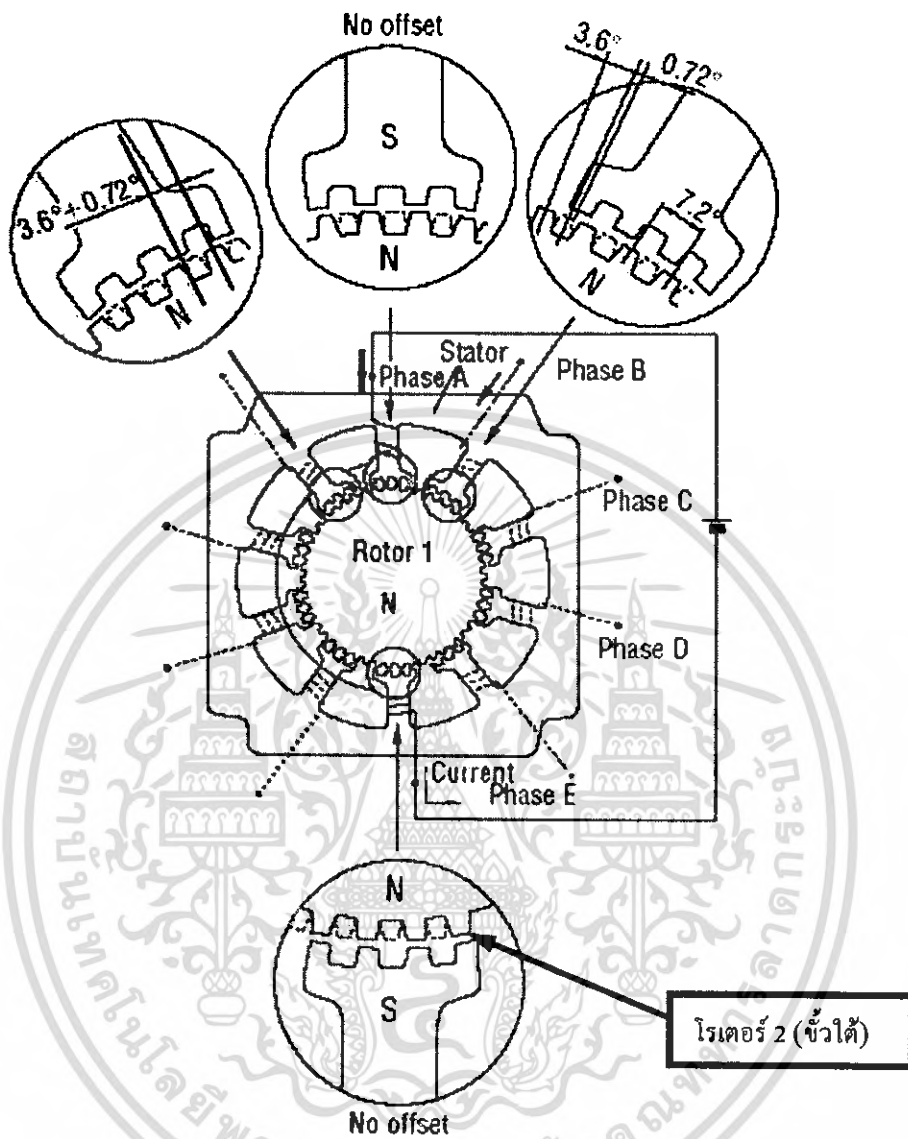
รูปที่ 2.15 ส่วนประกอบต่างๆ ของสเตปป์มอเตอร์แบบ 5 เฟส

- (ก). โรเตอร์ 1 และโรเตอร์ 2
- (ข). สเตเตอร์
- (ค). ภาพตัดขวางของสเตปป์มอเตอร์แบบ 5 เฟส
- (ง). โครงสร้างของสเตปป์มอเตอร์แบบ 5 เฟส

พิจารณาการทำงานของสเตปป์มอเตอร์แบบ 5 เฟส ดังรูปที่ 2.15 เมื่อจ่ายกระแสไหลผ่านตั้งแต่ A ถึง E คือ มี 5 เฟส มอเตอร์แบบนี้จะเรียกว่า “สเตปป์มอเตอร์แบบ 5 เฟส” มีฟัน 50 ซี่ บนเส้นรอบรูปด้านนอกของแต่ละโรเตอร์ เฟืองของโรเตอร์ 1 (ขั้วเหนือ) และ โรเตอร์ 2 (ขั้วใต้) จะเป็นการชดเชยทางกลจากแต่ละอัน โดยครึ่งหนึ่งของระดับเฟือง เมื่อเฟส A ถูกกระตุ้น ขั้วจะถูกโพลาริซ์เป็นขั้วได้ดึงดูดเฟืองของ โรเตอร์ 1 ซึ่งถูกทำให้เป็นขั้วเหนือ ทำให้เกิดการผลักกับเฟือง โรเตอร์ 2 ซึ่งถูกทำให้เป็นขั้วใต้ เนื่องจากแรงบนหน่วยที่สมมูลย์ทั้งหมดทำให้โรเตอร์คงที่ ในเวลานี้เฟืองของขั้วเฟส B ที่ยังไม่ถูกกระตุ้นแต่จะวางตัวผิดเนื่องมาจากการเป็นขั้วได้ของเฟืองโรเตอร์ 2 ดังนั้นจึงมีค่าออฟเซต 0.72°

76646

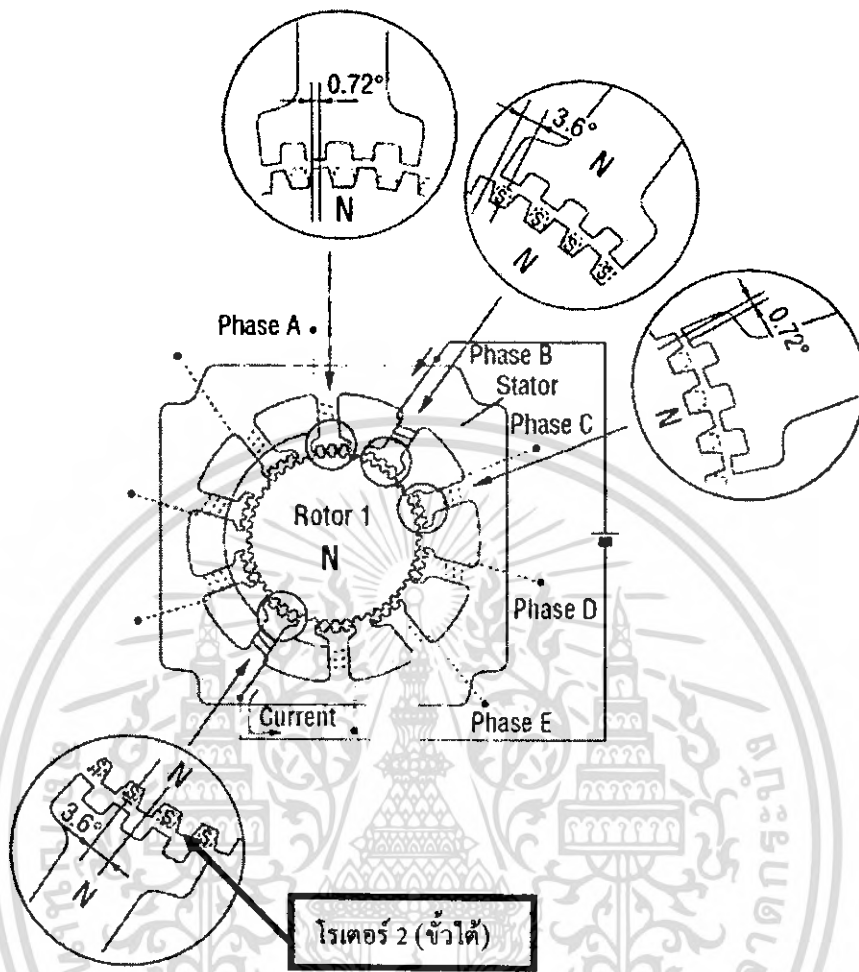
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 แสดงการกระตุ้นของเฟส A

รูปที่ 2.16 เมื่อเฟส B ถูกกระตุ้น - เมื่อมีการกระตุ้นจากเฟส A ไป B ขั้วของเฟส B จะถูกโพลาร์ไรซ์เป็นขั้วเหนือ (พันขดลวดกลับด้านกับเฟส A) ดึงดูดกับขั้วแม่เหล็กใต้กับโรเตอร์ 2 และเกิดการผลักกันกับขั้วเหนือของ โรเตอร์ 1 เมื่อกระตุ้นเปลี่ยนเฟสจาก A ไป B โรเตอร์จะหมุนไป 0.72° เหมือนการเลื่อนจากเฟส A ไปเฟส B, C, D และ E ดังนั้นการหมุนกับเฟส A ไปเฟส E, D, C, B และกลับมาเฟส A จะหมุนไปด้วยความละเอียด 0.72° ใน 1 สเตป การได้ค่าออฟเซตระหว่าง สเตเตอร์ และโรเตอร์ ที่มีความละเอียดและแม่นยำสูงนี้ไม่ต้องมีการเข้ารหัสหรือใช้เซนเซอร์อื่นๆ เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 แสดงการกระตุ้นของเฟส B

2.3.2 ไดรเวอร์ MMC 2

เราจะใช้ไดรเวอร์ MMC 2 ขับสเตปมอเตอร์ 5 เฟส เพราะว่าไดรเวอร์นี้จะใช้คำสั่งผ่านไฮเปอร์เทอร์มินอลได้โดยตรง หรือจะใช้รีโมทคอนโทรลก็ได้ โดยวิธีสั่งเราสามารถสั่งเป็นสเตปได้ โดยป้อนตัวเลขลงไปว่าต้องการให้มอเตอร์หมุนไปที่ตำแหน่ง แล้วยังสามารถกำหนดความเร็วของมอเตอร์โดยป้อนตัวเลขเช่นกัน

ตัวควบคุม MMC ประกอบด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ CY 545 เป็นตัวควบคุมสเตปมอเตอร์ ซึ่งสามารถควบคุมมอเตอร์ได้มากกว่า 4 สเตป โดยสัญญาณการเคลื่อนที่หลายๆ ช่อง การทำงานทั้งหมดของระบบควบคุมโดยคำสั่งระดับสูงของ CY 545

ในระบบนี้บิทของ CY545 (USRB0-7) เป็นตัวกำหนดเพื่อควบคุมเอาต์พุต 8 เส้นและอินพุต 8 เส้น เส้นเอาต์พุต (0, 1, 2 และ 3) เป็นตัวเลือกช่องมอเตอร์ ที่เหลือ (4, 5, 6 และ 7) ใช้กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชันเอาท์พุททั่วไป ส่วนอินพุทมี 8 เส้น อินพุทของเซนเซอร์ (0, 1, 2 และ 3) ที่เหลือเป็นตัวเลือกทั่วไป (4, 5, 6 และ 7)

เมื่อเราเลือกช่องแล้ว พัลส์ของสเตปและสัญญาณจาก CY 545 จะส่งไปยังไครเวอร์มอเตอร์ ถ้าเราเปลี่ยนตัวเลือกไครเวอร์จากไม่มีกำลังเป็นเต็มกำลัง ตัวมัทซ์ก็จะส่งสัญญาณจากเซนเซอร์ที่ช่องสัญญาณกลับไปยังตัวควบคุม

ปกติแล้วเราเลือกการ์ด MMC 1 ช่องจะเป็นตัวกำเนิดสัญญาณมอเตอร์ 1 สเตป ถ้ามากกว่า 1 ช่องมอเตอร์ก็จะเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ในแนวโค้งและ 3 มิติจะทำได้โดยระบบสเตปปิงเดียว และสวิตช์ให้มอเตอร์ไปยังสเตปอื่น ข้อดีของระบบนี้คือสามารถเคลื่อนที่ในรูปแบบจุดต่อจุดได้อย่างถูกต้อง

การ์ดนี้ทำงานได้โดยใช้คำสั่งจากคอมพิวเตอร์ โดยส่งคำสั่งที่ละบรรทัด ซึ่งสามารถเก็บไว้เป็นคำสั่งค่อไปได้ โดยจะเก็บไว้ในหน่วยความจำบนบอร์ดของการ์ดที่เป็นตัวควบคุม ในโหมดคำสั่งนี้จะใช้ CY 545 เป็นตัวสั่งให้ทำงาน มีความเป็นไปได้ที่จะนำ 2 โหมดมารวมกันก็คือคำสั่งที่ละบรรทัดเป็นตัวส่งไปยังหน่วยความจำและหลังจากนั้นก็ทำงานตามที่สั่ง ตารางคำสั่งได้กล่าวไว้แล้วในภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 หลักการวัตถุดูหมุมด้วยแสงอินฟราเรด

ในการกั๊ยนั้น เมื่อสำรวจพบว่าของผู้กระห้กัยที่ไม่มีการเคลื่อนไหว ก็จำเป็นจะต้องระบุว่ายังมีชีวิตอยู่หรือไม่ โดยมีวิธีการหนึ่งที่สามารถแยกแยะได้ก็คือ การวัตถุดูหมุม ซึ่งเป็นที่รู้กันดีอยู่แล้วว่าร่างกายคนปกคตินั้นจะอยู่ที่ประมาณ 37 องศาเซลเซียส ซึ่งจะแตกต่างจากสิ่งแวดล้อมทั่วไป กระทำโดยใช้หลักการวัตถุดูหมุมแบบไม่สัมผัส วัดที่จุดต่างๆ ของวัตถุที่สนใจโดยใช้หลักการวัดปริมาณรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกมาจากผิววัตถุ ซึ่งแสดงพฤติกรรมแบบเดียวกับวัตถุดำ (Black Body)

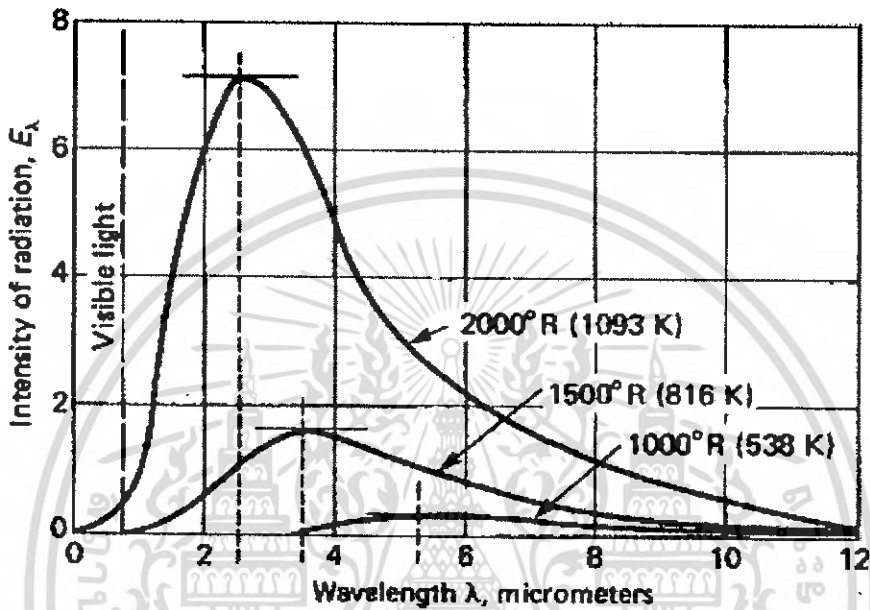
2.4.1 วัตถุดำ

วัตถุดำ หมายถึง วัตถุในอุดมคติ ที่มีความสามารถเท่าเทียมในการดูดกลืนหรือปลดปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ได้ในทุกช่วงของความยาวคลื่น โดยทั่วไปวัตถุทุกชนิดที่มีอุณหภูมิสูงกว่าศูนย์องศาสัมบูรณ์จะแผ่รังสีพลังงานออกมา และไม่เพียงแต่แผ่หรือส่งพลังงานออกมา แต่ยังรับหรือดูดกลืนจากแหล่งอื่นด้วย เช่น เมื่อชิ้นเหล็กกล้าได้รับความร้อนจนถึงประมาณ 550 องศาเซลเซียส จะเริ่มมีสีแดง นั่นคือรู้สึกถึงแสงที่มองเห็นได้เปล่งหรือแผ่ออกมาจากผิววัตถุ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นแสงจะยิ่งสว่างขึ้นหรือเข้มขึ้นขึ้น และยังมีการเปลี่ยนสีจากแดงหม่นเป็นส้มแล้วเหลือง และสุดท้ายเกือบเป็นสีขาวที่อุณหภูมิหลอมเหลว (1430 องศาเซลเซียส ถึง 1540 องศาเซลเซียส) กล่าวคือ ในช่วงอุณหภูมิจากประมาณ 550 องศาเซลเซียส ถึง 1540 องศาเซลเซียส พลังงานในรูปของ แสงที่มองเห็น (visible light) ได้แผ่รังสีออกจากเหล็กกล้า แต่สำหรับกรณีที่อุณหภูมิต่ำกว่า 550 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิห้อง ชิ้นของเหล็กกล้ายังคงแผ่รังสีพลังงานส่วนมากในช่วงความยาวคลื่นของรังสีอินฟราเรด (infrared radiation) และถ้าเป็นมวลขนาดใหญ่พอ แม้แต่ผิวหนังของมนุษย์ก็จะสามารถบ่งบอกได้ถึงระดับความร้อนของวัตถุนั้นได้โดยไม่ต้องสัมผัสโดยตรง แม้ว่าอาจรับรู้ได้ไม่คินัที่อุณหภูมิต่ำ แต่ในกรณีตัวอย่างเช่น ห้องที่มีผนังเย็น ผู้ที่อยู่กลางห้องก็รู้สึกได้ เนื่องจากความร้อนมีการแผ่ออกจากร่างกายไปยังผนังนั้น การส่งผ่านพลังงานในลักษณะนี้ไม่ต้องมีตัวกลางมาคั้น และถ้ามีอะไรมาคั้นกลางจะส่งผลกระทบต่อการส่งผ่าน พลังงานที่กำลังพูดถึง ส่งออกในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโฟตอนที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วแสง วัตถุทุกอย่าง แพร่ และดูดกลืน พลังงานที่แผ่รังสี ด้วยอัตราที่ขึ้นกับ อุณหภูมิสัมบูรณ์ และสมบัติทางกายภาพของวัตถุ รังสีที่ตกกระทบผิววัตถุ บางส่วนถูกดูดกลืน บางส่วนสะท้อน และบางส่วนส่งผ่านออกไป สัดส่วนเหล่านี้วัดได้ในรูปของ absorptivity (a), reflectivity (r), and transmissivity (t), เมื่อ

$$a + r + t = 1$$

วัตถุอยู่ในสภาพสมดุลการแผ่รังสีกับสภาวะแวดล้อม จะแผ่พลังงานเท่ากับปริมาณที่ดูดกลืน เป็นผลให้วัตถุที่ดูดกลืนได้ดีจะแผ่รังสีได้ดีด้วย และอาจสรุปได้ว่า การแผ่รังสีอุดมคติ (Ideal radiator) คือวัตถุที่มีค่า a เท่ากับหนึ่ง เมื่อกล่าวถึงการแผ่รังสีที่เปล่งออกจากวัตถุ จะใช้คำว่า emissivity (e) รัคค่าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนที่จะใช้ absorptivity (a) สีของแสงเปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนสียอมสมนัยกับการเปลี่ยนความยาวคลื่น และความยาวคลื่นของการแผ่รังสีปริมาณความเข้มสูงสุดลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น การลดลงของความยาวคลื่น ทำให้สีเปลี่ยนจากแดงไปทางเหลือง ดังรูปที่ 2.18

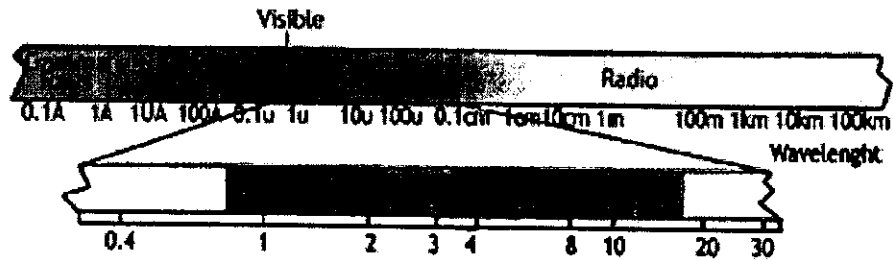


รูปที่ 2.18 กราฟแสดงพื้นฐานของความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของการแผ่รังสีและความยาวคลื่นที่อุณหภูมิต่าง ๆ

2.4.2 เครื่องวัดอุณหภูมิด้วยแสงอินฟราเรด (IR Thermometer)

เครื่องวัดอุณหภูมิด้วยแสงอินฟราเรดจะตรวจจับในช่วงพลังงานอินฟราเรดที่ตามองไม่เห็น (Invisible infrared energy) ที่แผ่มาจากวัตถุทั้งหมด การแผ่รังสีของอินฟราเรดเป็นส่วนหนึ่งของสเปกตรัมของแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งรวมทั้งคลื่นวิทยุ ไมโครเวฟ แสงในช่วงที่ตามองเห็น (Visible light) อัลตราไวโอเลต แกมมา และรังสีเอ็กซ์ อินฟราเรดอยู่ในช่วงสเปกตรัมของแสงในช่วงที่ตามองเห็นกับคลื่นวิทยุ ความยาวคลื่นของอินฟราเรดโดยปกติจะอยู่ในหน่วยไมครอน (μm) โดยสเปกตรัมจะอยู่ที่ $0.7 - 1000 \mu\text{m}$ ในทางปฏิบัติจะใช้ช่วง $8 - 20 \mu\text{m}$ เพราะเป็นช่วงที่ได้รับผลกระทบจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำ (H_2O) หรือความชื้นจากบรรยากาศน้อยที่สุดเนื่องจากเป็นช่วงที่มีความยาวคลื่นยาวและพลังงานต่ำ

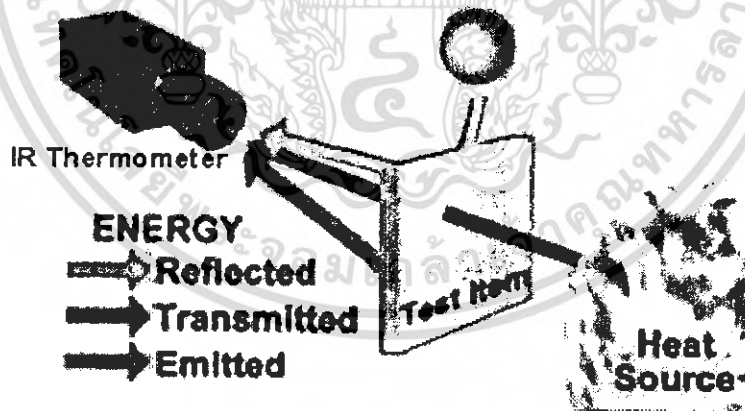
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 สเปกตรัมของแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วง $0.7 - 14 \mu\text{m}$ สำหรับใช้วัดอุณหภูมิ

การแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าในรูปความยาวคลื่นหรือความถี่ เป็นช่วงกว้างมาก ดังแสดงในรูปที่ 2.19 การวัดอุณหภูมิใช้พื้นฐานจากการสุมตัวอย่างค่าพลังงานในช่วงแถบความยาวคลื่นช่วงหนึ่งของสเปกตรัม ที่ความยาวคลื่นหนึ่ง ๆ วัตถุจะแผ่รังสีพลังงานด้วยความเข้มสูงขึ้นตามอุณหภูมิของวัตถุ โดยการหาพลังงานที่ความยาวคลื่นที่ทราบก็สามารหาค่าอุณหภูมิของวัตถุนั้นได้

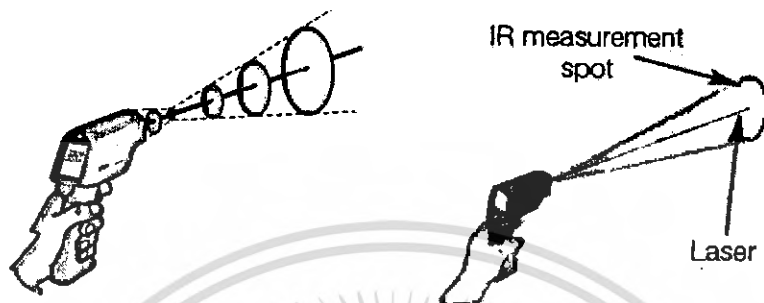
ข้อดีของการตรวจวัดรังสีอินฟราเรดก็คือจะแสดงถึงปริมาณการแผ่รังสีสูงสุดของวัตถุอุณหภูมิต่ำ เกิดที่ช่วงความยาวคลื่นอินฟราเรด ตัวอย่างเช่น วัตถุที่ 25 องศาเซลเซียส (298 K) จะแผ่รังสีสูงสุดที่ความยาวคลื่น 9.7 mm. ดังนั้น การตรวจวัดอินฟราเรดจึงเป็นปัจจัยหลักในการวัดการแผ่รังสีของวัตถุที่มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง



รูปที่ 2.20 การถ่ายเทพลังงานของรังสีอินฟราเรด

จากรูปที่ 2.20 การถ่ายเทพลังงานของรังสีอินฟราเรดมี 3 ทางคือ การสะท้อน (Reflect), การทะลุผ่าน (Transmit) และ การแผ่รังสี (Emitted) พลังงานชนิดเดียวที่ใช้บอกอุณหภูมิที่พื้นผิวของวัตถุได้คือ พลังงานที่แผ่ออกมา (Emitted energy) พลังงานนี้เกิดจากความร้อนภายในวัตถุ ซึ่งทำให้โมเลกุลของวัตถุเกิดการสั่น และชักนำให้อิเล็กตรอนสั่นตามในเวลาต่อมา อิเล็กตรอนที่สั่นจนหลุดออกจากพื้นผิวเหล่านี้จะกลายเป็นอิเล็กตรอนอิสระ เกิดเป็นรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เราใช้ตรวจจบบการแผ่รังสี เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

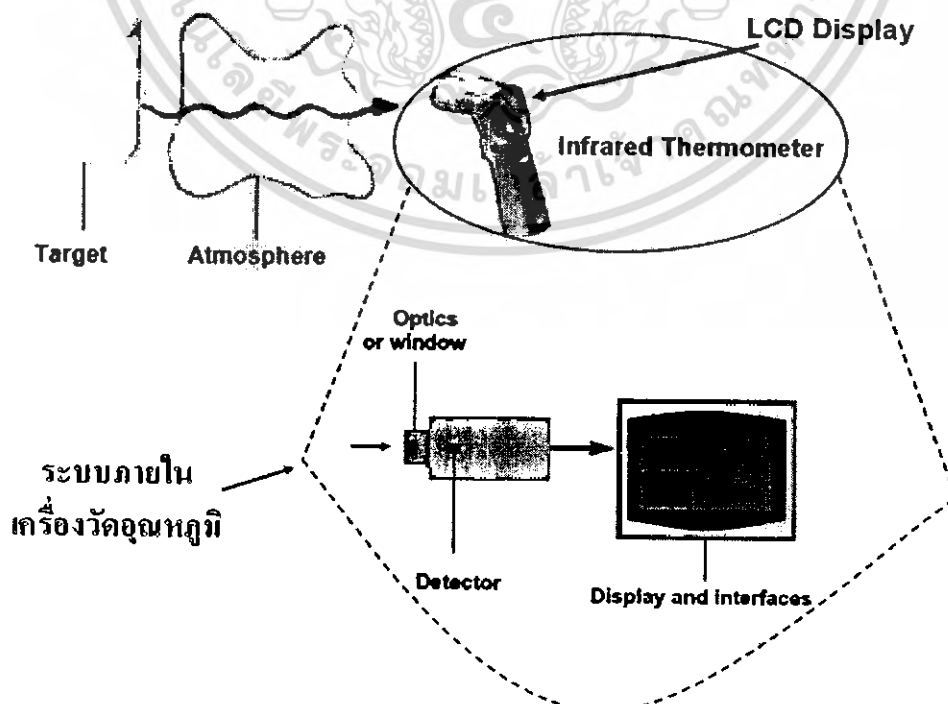
เพื่อวัดอุณหภูมิของวัตถุ ซึ่งลักษณะของเครื่องและการใช้งาน แสดงไว้ดังรูปที่ 2.24 จะเห็นว่ามิเลเซอร์ชี้ตำแหน่งบริเวณที่ต้องการวัดอุณหภูมิ



รูปที่ 2.21 แสดงลักษณะของเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยแสงอินฟราเรดและการใช้งาน

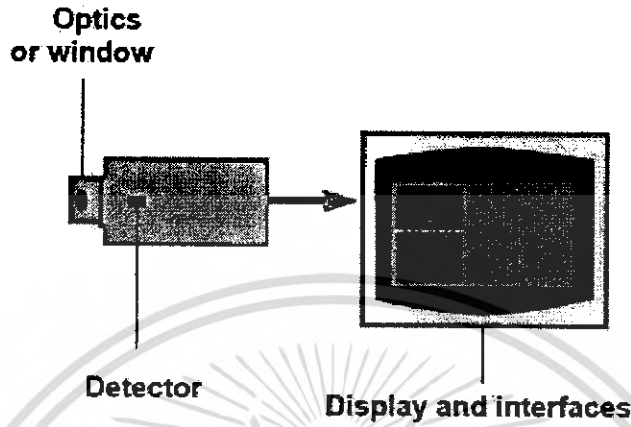
2.4.2.1 การทำงานของระบบการวัดอุณหภูมิภายในเครื่อง (The Infrared Measuring System)

ปริมาณรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกมาจะผ่านบรรยากาศเข้าเครื่องวัดอุณหภูมิ โดยภายในเครื่องวัดนั้นจะมีระบบทางแสง (Optical System) ที่ทำหน้าที่รับรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่รังสีมาจากวัตถุ และถูกแปลงสัญญาณเป็นสัญญาณไฟฟ้าเข้าที่เครื่องรับสัญญาณ (Detector) สัญญาณนี้จะถูกส่งไปส่วนแสดงผลเพื่ออ่านค่าอุณหภูมิเป็นอุณหภูมิแสดงบนหน้าจอ LCD ระบบของการวัดอุณหภูมิด้วยแสงอินฟราเรดนี้จะปฏิบัติตามแนวคิดแผนผัง ดังรูปที่ 2.22

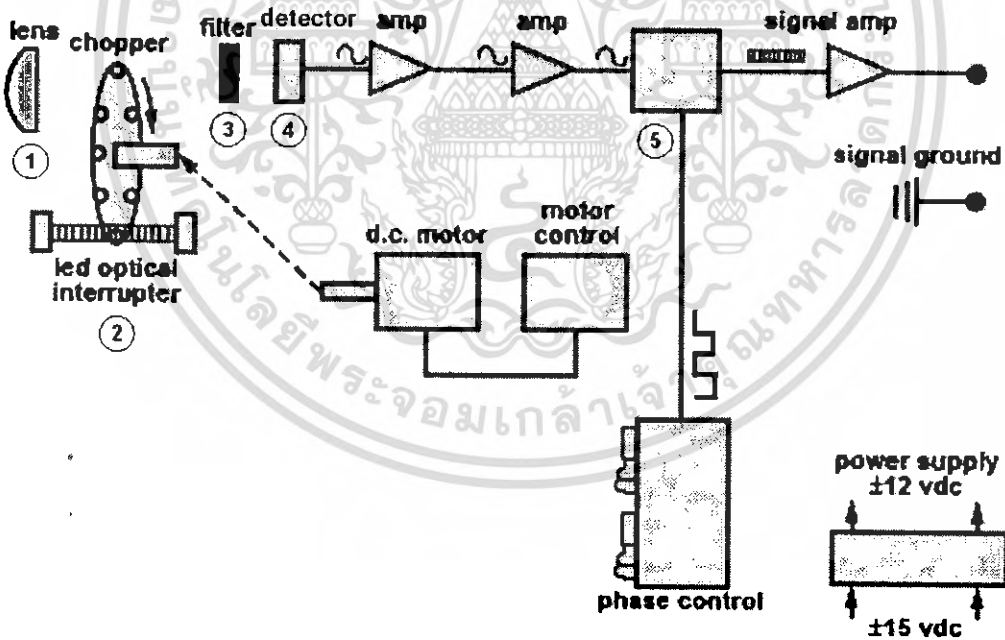


เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ 2.22 แสดงแนวความคิดของระบบการวัดอุณหภูมิด้วยแสงอินฟราเรด ละโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.1.1 ระบบทางแสงภายในเครื่อง (Optics System)



รูปที่ 2.23 แสดงภาพของระบบทางแสงและการแสดงผล



รูปที่ 2.24 แสดงส่วนประกอบของระบบอิเล็กทรอนิกส์ภายในของระบบทางแสง

จากรูปที่ 2.24 จะเป็นในส่วนหนึ่งของระบบทางแสงภายในเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยอินฟราเรด โดย จะมีการทำงานหลักๆ ตามลำดับดังนี้ หมายเลข 1 จะเป็นเลนส์รวมแสง (Collective Lens) สำหรับรวม และสะสมพลังงานการแผ่รังสีที่ออกมาจากวัตถุ ผ่านเข้าไปยังหมายเลข 2 คือ ส่วนตัวลำแสงให้เป็น รค่า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จิ้งหะ (Chopper) เพื่อเก็บสัญญาณเฉพาะช่วงที่ตรงกับ Chopper และลดสัญญาณรบกวนต่างๆ ที่เข้ามา ก่อนที่จะผ่านการกรองสัญญาณ (Filter) หรือหมายเลข 3 จะเลือกช่วงความยาวคลื่นที่สนใจ (Selective narrowband infrared filter) ที่แผ่ออกมาจากวัตถุ มีความจำเป็นอย่างมากในการที่จะเลือกช่วงสเปกตรัม ในช่วงที่ใกล้อุณหภูมิห้อง เพราะต้องมองผ่านชั้นบรรยากาศ หรือการแทรกสอดจากทางเดินแสงอื่นๆ รวมถึง ค่าแก๊สต่างๆ ที่ได้รับมาจากการทะลุผ่าน board band ของพลังงานรังสีอินฟราเรด แสงที่ผ่านการกรองแล้วจะเข้าดีเทกเตอร์ (Detector) หมายเลข 4 จะทำหน้าที่แปลงพลังงานอินฟราเรดเป็นรูปแบบของสัญญาณทางไฟฟ้าและส่งต่อไปภาคขยายสัญญาณในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และต้องมีการปรับสัญญาณสำหรับปรับดัชนีการแผ่รังสีของวัตถุ (Emissivity) ให้เข้ากับการปรับเทียบสัญญาณของเครื่องวัดอุณหภูมิที่จะวัดวัตถุแต่ละชนิดในหมายเลข 5 ก่อนที่จะเข้าวงจรชุดเซมิคอนดักเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิต่างๆ ที่เปลี่ยนไปซึ่งไม่สามารถส่งข้อมูลได้ขณะนั้นเข้าไปใหม่ได้ทันในขณะการวัดในช่วงนั้น

2.4.2.1.2 การทำงานและการใช้งาน

ในการใช้งานนั้นจะใช้โดยการกดสวิทช์เพื่อวัดอุณหภูมิตำแหน่งที่เราสนใจ ซึ่งจะมีลำแสงเลเซอร์ยิงออกไปเพื่อเล็งและวัดระยะทางของวัตถุเป้าหมาย พื้นที่วงกลมปลายทางของลำแสงจะเป็นบริเวณที่เลนส์รับพลังงานอินฟราเรดที่วัตถุแผ่ออกมา (ความยาวคลื่นของพลังงานที่ดีเทกเตอร์ตอบสนองได้ดีจะอยู่ในช่วงของสเปกตรัมที่ 8-14 μm) พลังงานที่มากกระทบเลนส์จะถูกโฟกัสลงสู่ดีเทกเตอร์ พลังงานนี้จะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าซึ่งจะถูกขยายสัญญาณ และแปรผลเป็นอุณหภูมิที่วัดได้อย่างรวดเร็ว โดยอุณหภูมิที่วัดได้จากดีเทกเตอร์ นี้จะอยู่ในช่วงศูนย์องศาสัมบูรณ์ขึ้นไปรังสีอินฟราเรดจะเดินทางเป็นเส้นตรงจากแหล่งกำเนิด ไปสะท้อนและดูดกลืนพื้นผิวของวัตถุที่อยู่ในเส้นทาง ในกรณีที่วัตถุเป็นของแข็งที่ทึบแสง พลังงานจะปะทะกับพื้นผิวของวัตถุแล้วสะท้อนกลับและดูดซับไว้บางส่วน ส่วนวัตถุที่มีความโปร่งแสงอย่าง แก้ว พลาสติกบางใส หรือก๊าซ การสะท้อนกลับและการแผ่รังสีของพลังงานส่วนหนึ่งจะเกิดขึ้นอยู่ภายในวัตถุและทะลุผ่านออกไปได้

2.4.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการอ่านค่าอุณหภูมิ

ปัจจัยในการกำหนดความแม่นยำของการวัด จะมีหลายปัจจัยที่สำคัญ คือ

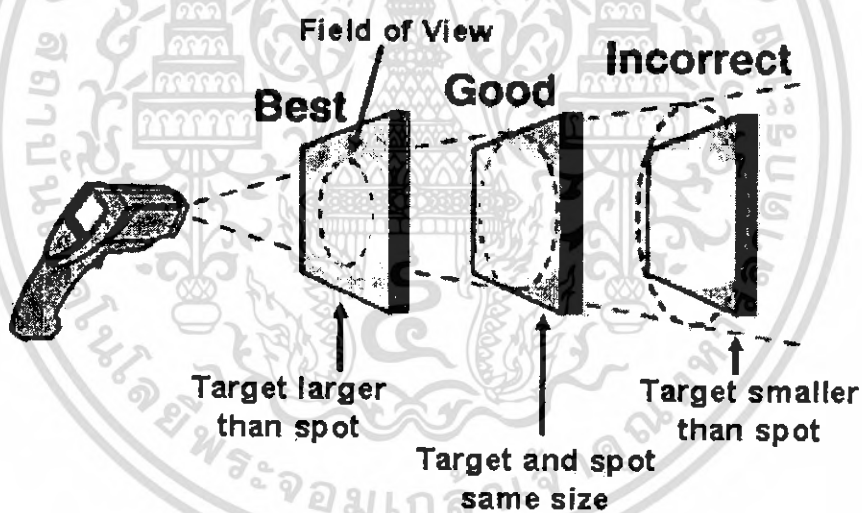
2.4.3.1 สภาพการปล่อยแสง (Emissivity):

วัตถุจะมีการสะท้อน ส่งผ่านและแผ่กระจายพลังงาน ถ้ามีการแผ่กระจายอย่างเดียวกจะบอกถึงอุณหภูมิของวัตถุ เมื่อเครื่องวัดอุณหภูมินี้วัดพื้นผิวอุณหภูมิและมีการรับรู้พลังงานทั้งหมด 3 ชนิด คือ การสะท้อน, การทะลุผ่านและการแผ่กระจาย จะต้องปรับให้อ่านค่าพลังงานของการแผ่กระจายอย่างเดียว การผิดพลาดจากการวัดจึงเกิดได้บ่อย เพราะว่าพลังงานอินฟราเรดจะเกิดการสะท้อนจากแหล่งกำเนิดแสงด้วย กล่าวคือ สภาพการปล่อยแสง คือ ความสามารถในการดูดกลืนและปลดปล่อยพลังงานของวัตถุ การปลดปล่อยแสง (emitters) ที่สมบูรณ์ที่สุดจะมีค่าสภาพการปล่อยแสงเท่ากับ 1 เรียกว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจะมีการแผ่รังสี 100 % ของพลังงานที่ตกกระทบมา ถ้าวัตถุมีค่าสภาพการปล่อยแสงเท่ากับ 0.8 จะมีการดูดกลืนของวัตถุของการแผ่รังสี 80% และสะท้อน 20% ของพลังงานที่ตกกระทบ ค่าสภาพการปล่อยแสงนี้จะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิการตอบสนองของสเปกตรัมหรือความยาวคลื่น ซึ่งถูกใช้ในการคำนวณหาค่าอุณหภูมิจริงของวัตถุ

2.4.3.2 Field Of View

Filed OF View คือ บริเวณขอบเขตที่มีขนาดจำกัด คือ พื้นที่ใช้ในการวัดพลังงานการแผ่รังสีอินฟราเรดที่มาจากวัตถุ ในการที่จะวัดให้ได้ค่าที่แม่นยำนั้น เป้าหมายหรือภาพของวัตถุที่มองเห็นจากเลนส์ของเครื่องวัดอุณหภูมิ ควรจะต้องมีขนาดใหญ่กว่าพื้นที่ที่รับพลังงานการแผ่รังสีอินฟราเรด (IR measurement spot หรือว่า Field Of View) อย่างน้อยสองเท่า หากเป้าหมายเล็กกว่า ผู้ใช้ควรย้ายเครื่องวัดเข้าไปใกล้เป้าหมายให้มากขึ้น เพื่อไม่ให้อุณหภูมिनอกเหนือหรือรอบข้างวัตถุเข้ามาในระบบการวัด

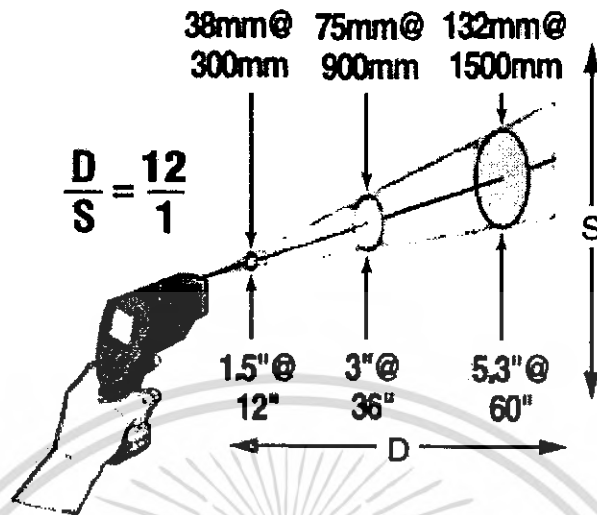


รูปที่ 2.25 แสดงลักษณะขนาดของจุด (spot Size) กับขนาดของเป้าหมายในลักษณะต่างๆ

2.4.3.3 อัตราส่วนระหว่างระยะทางที่วัดต่อ spot size (Distance to spot ratio)

ความละเอียดของการมองเห็นถูกกำหนดด้วยอัตราส่วนของระยะห่าง (Distance) จากเครื่องมือสู่วัตถุ ซึ่งเปรียบเทียบกับขนาด (Size) ของวัตถุที่จะวัด ($D : S$) สรุปก็คือยิ่งใกล้ยิ่งแม่นยำ เพราะการวัดเป้าหมายที่มีพื้นที่เล็กจะมีการรบกวนจากอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมที่ไม่ต้องการน้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 แสดงอัตราส่วนของระยะทางจากเครื่องมือถึงวัตถุกับขนาดของจุด (Spot Size)

2.4.4 ขอบเขตการใช้งาน

ข้อควรปฏิบัติในการการลดความคลาดเคลื่อนในการวัดอุณหภูมิมีดังนี้

2.4.4.1 การวัดอุณหภูมิของวัตถุที่พื้นผิวมีความแวววาวมาก เช่น แก้วหรือพลาสติกใส ควรลดแสงส่วนที่สะท้อนกลับมา โดยใช้เทปทำเครื่องหมายหรือสีดำที่ไม่เป็นเงาทาปิดทับไว้ หิ้งไว้ระยะหนึ่ง เทปหรือสีที่ทาไว้จะได้รับการแผ่ความร้อนจมีอุณหภูมิเดียวกับวัตถุที่อยู่ข้างใต้ การวัดอุณหภูมิที่ผิวของเทปหรือสีนี้จะได้อุณหภูมิที่แท้จริง

2.4.4.2 การวัดอุณหภูมิจะคลาดเคลื่อนได้ หากสิ่งแวดล้้อมนั้นมีฝุ่นหรือควันมาก

2.4.4.3 สำหรับวัตถุที่อุณหภูมิต่ำ ควรนำวัตถุที่จะวัดออกจากห้องเย็นหรือสิ่งแวดล้้อมที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า เพราะไอเย็นจากเครื่องทำความเย็นจะรบกวนการแผ่รังสีของวัตถุ ถ้าให้เวลาวัตถุปรับตัวเข้ากับอุณหภูมิของสภาวะแวดล้้อมในเวลาที่ไม่นานเกินไป ความแม่นยำในการวัดอุณหภูมิจะยังคงอยู่

2.4.4.4 การใช้เครื่องวัดอุณหภูมิด้วยอินฟราเรดในการอ่านค่าอุณหภูมิภายในของเหลว เช่น ซุปหรือซอส ให้คนของเหลวนั้นให้ทั่วก่อนแล้ววัดอุณหภูมิที่ผิวหน้า โดยระมัดระวังเทอร์โมมิเตอร์ให้อยู่ห่างจากไอน้ำซึ่งอาจควมแน่นเป็นหยดน้ำเกาะผิวหน้าเลนส์ ทำให้อุปกรณ์อ่านผลคลาดเคลื่อนได้

2.4.4.6 วัดอุณหภูมิที่พื้นผิวอย่างเดียว ไม่สามารถวัดอุณหภูมิภายในวัตถุได้

2.4.5 ข้อได้เปรียบที่เลือกใช้เครื่องวัดอุณหภูมิด้วยแสงอินฟราเรด

2.4.5.1. สามารถเก็บข้อมูลจากการวัดแล้วแสดงผลได้รวดเร็วซึ่งอยู่ในช่วงมิลลิวินาที

2.4.5.2 สะดวกและง่ายต่อการวัดวัตถุที่มีการเคลื่อนไหวและพวกพาสะดวก

2.4.5.3 สามารถวัดวัตถุที่ไม่สามารถเข้าถึงไปได้ อยู่ในสถานที่ที่เป็นอันตราย เช่น ในส่วนที่มีแรงดันไฟฟ้ากำลังสูง หรืออุณหภูมิภายในส่วนที่ยากจะเข้าถึง เช่น รูที่เจาะเข้าไปในวัตถุหรือวัดในไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะที่ไกลมากๆ เหมาะสมกับการวัดอุณหภูมิที่ต้องหลีกเลี่ยงการสัมผัสพื้นผิวชิ้นงานโดยตรง เพื่อป้องกันปัญหาการปนเปื้อน สามารถใช้วัดอุณหภูมิพื้นผิวที่ร้อน หรือจุดที่อาจเกิดอันตราย หรือพื้นที่ที่ยากต่อการเข้าถึง

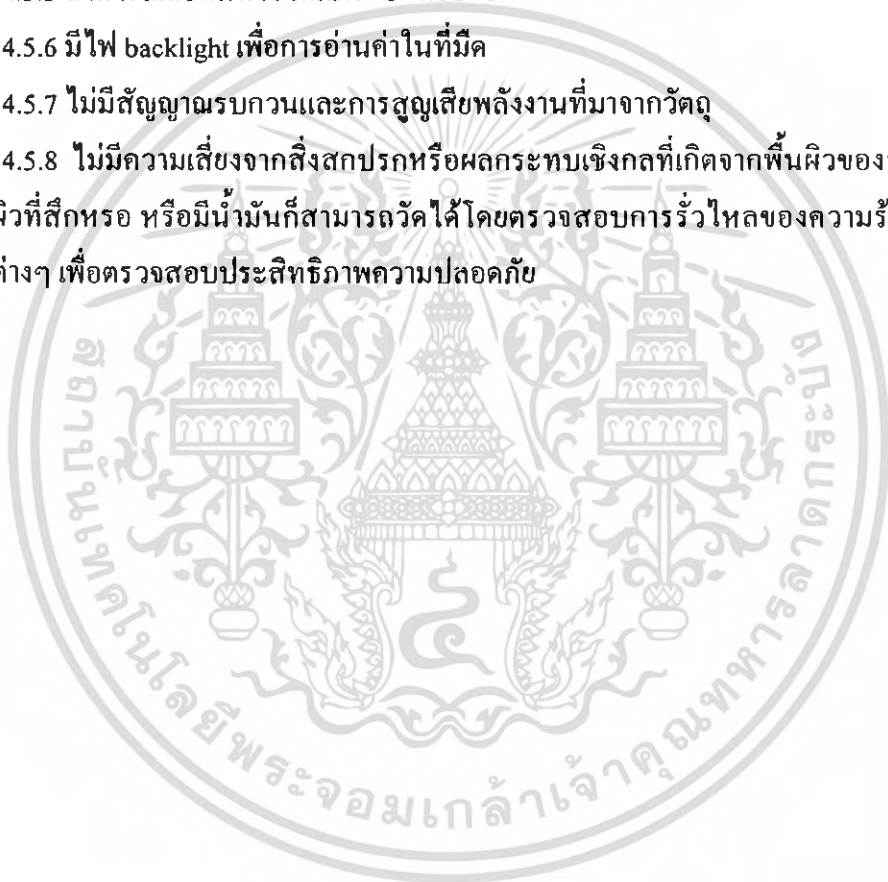
2.4.5.4 สามารถวัดวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงได้ (มากกว่า 1300 องศาเซลเซียส) และแสดงผลได้อย่างไม่มีปัญหา ซึ่งในเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบเดียวกันนี้หรือว่าการวัดอุณหภูมิแบบสัมผัส (contact thermometers) ไม่สามารถใช้ได้

2.4.5.5 สามารถเลือกหน่วยวัดเป็น °C หรือ °F

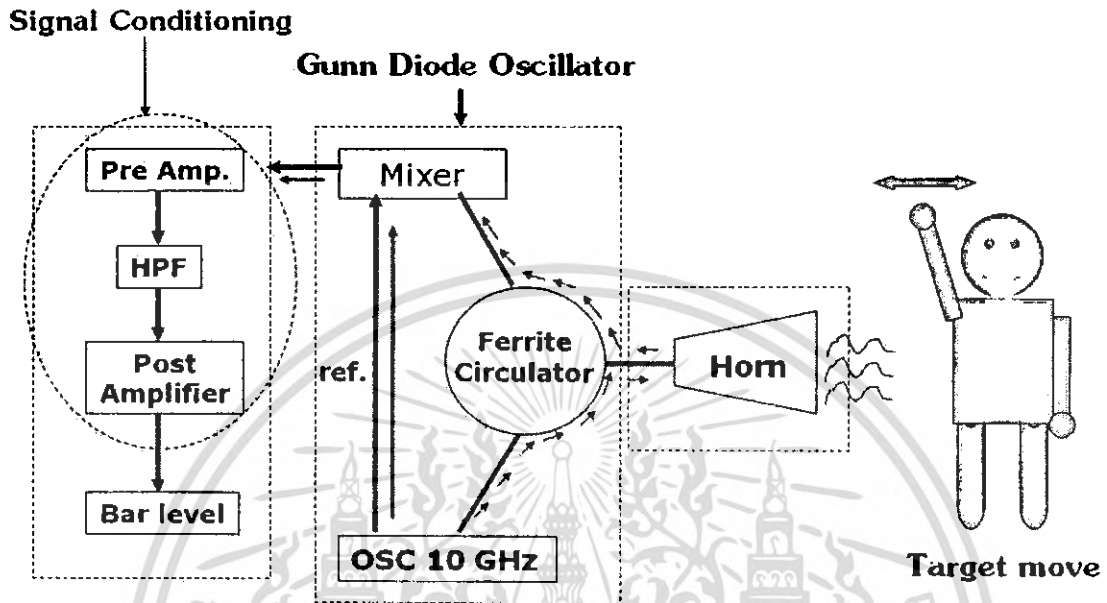
2.4.5.6 มีไฟ backlight เพื่อการอ่านค่าในที่มืด

2.4.5.7 ไม่มีสัญญาณรบกวนและการสูญเสียพลังงานที่มาจากวัตถุ

2.4.5.8 ไม่มีความเสี่ยงจากสิ่งสกปรกหรือผลกระทบเชิงกลที่เกิดจากพื้นผิวของวัตถุที่วัด ด้วยเหตุนี้พื้นผิวที่สึกหรอ หรือมีน้ำมันก็สามารถวัดได้โดยตรวจสอบการรั่วไหลของความร้อนหรือความเย็นในจุดต่างๆ เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพความปลอดภัย



2.5 ระบบไมโครเวฟ



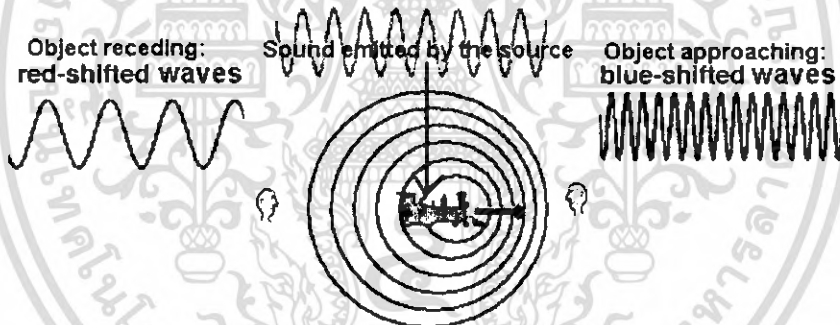
รูปที่ 2.27 แสดงไดอะแกรมของระบบที่ใช้ในค้นหาสิ่งที่มีการเคลื่อนไหว

ระบบที่ใช้คลื่นไมโครเวฟในการค้นหาผู้รอดชีวิตนั้นมีหลักการทำงานพื้นฐานคือ ส่วนกำเนิดสัญญาณไมโครเวฟจะส่งคลื่นไมโครเวฟไปที่ส่วนแบ่งกำลัง โดยส่วนหนึ่งจะถูกแบ่งไปเป็นคลื่นอ้างอิง (reference) และอีกส่วนหนึ่งจะถูกส่งผ่านอุปกรณ์เซอร์คิวเลเตอร์ (Circulator) ออกไปทางสายอากาศไปตกกระทบที่ผู้รอดชีวิตและจะสะท้อนกลับมาเข้าที่สายอากาศ โดยคลื่นที่ได้กลับมาจากผู้รอดชีวิตจะมีส่วนของความถี่ที่ได้จากการเคลื่อนที่ของร่างกาย เนื่องจากการหายใจและการเต้นของหัวใจ เรียกความถี่ในส่วนนี้ว่า “ความถี่ดอปเปลอร์” โดยทั่วไปถ้าไม่มีสิ่งกีดขวางมาบังจะตรวจวัดสัญญาณได้แต่ในที่นี้มีสิ่งกีดขวางมาบังอยู่ เพราะฉะนั้นมักจำเป็นต้องใช้การลดทอนที่เป็นคลื่นอ้างอิงให้หักล้างกับคลื่นที่สะท้อนในส่วนที่มาจากสิ่งกีดขวาง โดยในที่นี้การลดทอนและเฟสชิฟเตอร์แบบปรับเองหรือแบบอัตโนมัติซึ่งจากเทคนิคที่กล่าวมานี้จะทำให้สามารถตรวจจับสัญญาณที่ได้จากร่างกายของผู้รอดชีวิตได้ โดยอาจจะบันทึกผลโดยบันทึกกราฟหรือดูออสซิลโลสโคป

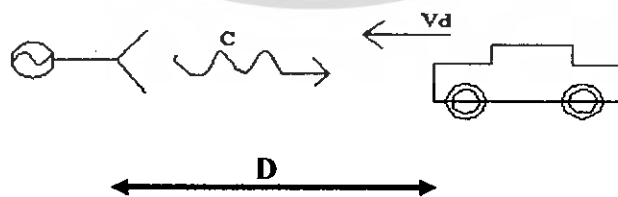
2.5.1 ปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ (Doppler Effect)

ปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ เป็นผลมาจากความถี่ที่เลื่อนไประหว่างคลื่นที่ส่งจากแหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ กับ แหล่งกำเนิดคลื่นที่เคลื่อนที่ หรือคลื่นที่สะท้อนจากเป้าหมายที่มีการเคลื่อนที่ โดยสัญญาณที่เป็นแหล่งกำเนิดอาจเป็น คลื่นเสียงหรือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตัวอย่างของปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ ที่เห็นได้ในชีวิตประจำวันเช่น ขณะรถไฟวิ่งเข้าหาขบวนขาลา จะพบว่าเสียงที่ได้ยินมีความถี่สูงขึ้น และถ้าวิ่งจากขบวนขาลาจะทำให้ได้ยินเสียงที่มีความถี่ต่ำลง โดยถ้าความถี่ที่ได้จากการสังเกตมีความถี่สูงขึ้นจะเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า Blue shift Doppler Effect แต่ถ้าความถี่ที่สังเกตได้มีความถี่ต่ำลงจะเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า Red shift Doppler Effect

นอกจากนี้ยังมีการนำเทคนิคที่ได้จากปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ มาประยุกต์ใช้งานต่างๆมากมาย เช่น ใช้ในการตรวจจับความเร็วของรถยนต์ที่วิ่งในท้องถนน การวัดอัตราการไหลของของเหลว ใช้ในเรดาร์แบบเอ็มทีไอเรดาร์ (MTI radar) ตรวจเฉพาะตำแหน่งของวัตถุที่เคลื่อนที่ จึงเลือกมาใช้ในการจับการเคลื่อนไหวของผู้รอดชีวิตในโครงการพิเศษนี้



รูปที่ 2.28 แสดงการเกิดปรากฏการณ์ดอปเปลอร์



รูปที่ 2.29 แสดงแนวคิดพื้นฐานของปรากฏการณ์ดอปเปลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวคิดพื้นฐานของปรากฏการณ์คอปเลอร์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพิจารณาได้จากสถานการณ์ ดังรูปที่ 2.29 การตรวจจับการเคลื่อนที่ของเป้าหมายที่กำลังเคลื่อนด้วยอัตราเร็ว V_d เข้าหาแหล่งกำเนิด คลื่นต่อเนื่องที่เวลา t ใดๆ ในเทอมของสัญญาณ

$$X_1 = \cos \omega t ; \text{เมื่อ } \omega \text{ คือความถี่เชิงมุมของคลื่นตัวส่ง}$$

สำหรับเวลาที่ใช้ในการส่งถึงเป้าหมาย $t = \frac{D}{c}$ โดย c คือความเร็วในการแพร่กระจายของคลื่น ในอากาศซึ่งมีค่า $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ และ D คือระยะระหว่างเป้าหมายกับแหล่งกำเนิด เนื่องจากเป้าหมาย มีการเคลื่อนที่ จะทำให้ระยะ D เปลี่ยนกับเวลา แต่ความถี่อัตราเร็ว (V_d) มีค่าน้อยเมื่อเทียบกับอัตราเร็ว แสง ดังนั้นจะได้ว่าสัญญาณที่ตรงตำแหน่งเป้าหมายจะมีค่าเดียวกับสัญญาณที่ส่งมาก่อนหน้านั้นเป็น เวลา $t = \frac{D}{c}$ กล่าวคือ

$$X_2 = \cos \left[\omega \left(t - \frac{D}{c} \right) \right] = \cos \left(\omega t - \frac{\omega D}{c} \right)$$

และส่วนหนึ่งของสัญญาณซึ่งสะท้อนจากเป้าหมายกลับมายังตำแหน่งภาครับก็จะมีค่าเป็น

$$X_3 = \cos \left(\omega t - 2\omega \frac{D}{c} \right)$$

เนื่องจาก $t = \frac{D}{c}$ ก็เป็นเวลาที่ใช้ระหว่างเป้าหมายกับภาครับของระบบด้วย สมมติในกรณีถ้าอัตราเร็วของเป้าหมายคงที่ ซึ่งระยะทาง D จะเปลี่ยนกับเวลา คือ

$$D = D_0 \mp V_d (t - t_0)$$

เมื่อ D_0 คือระยะทางที่เวลา t_0 และเครื่องหมายลบและบวก ใช้ในกรณีวัตถุวิ่งเข้าหา และวิ่งออกจากแหล่งกำเนิดตามลำดับ แทนค่านี้ลงไปก็จะได้ว่าสัญญาณสะท้อนมีรูปเป็น

$$\cos \left[\omega t - \frac{2\omega D_0}{c} \pm \frac{V_d \cdot 2\omega t}{c} \mp \frac{\omega_d \cdot 2\omega t_0}{c} \right]$$

$$\text{หรือ } \cos \left[(\omega \pm \omega_d) t - \left(\frac{2\omega D_0}{c} \pm \omega_d t_0 \right) \right]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น กรุณาอย่านำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่ง $\omega_d = \frac{2\omega V_d}{c}$ เป็นความถี่เชิงมุมส่วนที่เลื่อนไปมีสาเหตุมาจากเป้าหมายสะท้อนคลื่นมีการเคลื่อนที่ หรือสามารถเขียนในรูปของความถี่ว่า

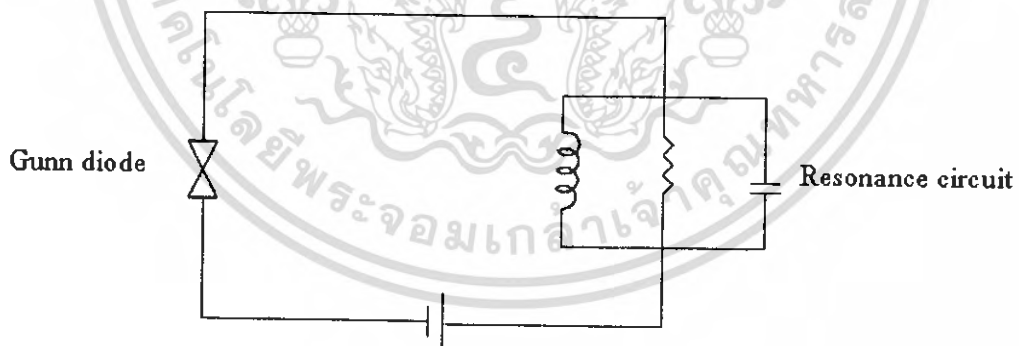
$$f_d = \frac{\omega_d}{2\pi} = \frac{2f}{c} v_d$$

เรียก f_d ว่า ความถี่ดอปเปลอร์

2.5.2 กัณฑ์เพลกเซอร์ (Gunn Plexer) ประกอบด้วย

2.5.2.1 แหล่งกำเนิดสัญญาณแบบกัณฑ์ไดโอด (Gunn Diode Oscillator)

เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นไมโครเวฟ โดยมีไดโอดแบบกัณฑ์ซึ่งมีชั้นสาร แกลเลียมอาเซไนด์ (Gallium-Arsenide) ชนิด N ที่มีการทำชั้นโอมิก (Ohmic Contact) ที่ปลายขั้วทั้ง 2 ด้าน บรรจุอยู่ในโพรงกำทอน (resonator) ซึ่งทำหน้าที่เทียบได้กับแทงค์จูน (tank tune) หรือวงจรแอลซี (LC) ดังรูปที่ 2.30 ที่ความถี่ต่ำ กัณฑ์ไดโอดจะทำงานร่วมกับวงจรกำทอน ซึ่งติดตั้งอยู่ในกล่องเดียวกัน เพื่อนำพลังงานไมโครเวฟที่เกิดขึ้นภายในส่งออกไปยังท่อนำคลื่น วงจรสมนัย (Equivalent circuit) เป็นดังรูปที่ 2.30



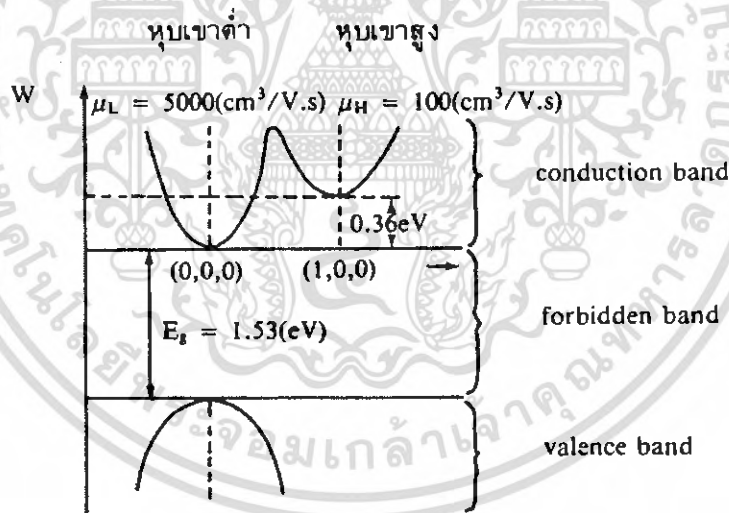
รูปที่ 2.30 แสดงวงจรสมนัยของกัณฑ์ไดโอดออสซิลเลเตอร์

เมื่อป้อนแรงดันไฟตรงให้กับจุดสัมผัสแบบโอมิก (ohmic contact) ในช่วงแรกจะมีกระแสไหลในลักษณะเป็นอัตราส่วนกับแรงดัน แต่เมื่อเพิ่มแรงดันจนสนามไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำมีค่าเกินค่าเทรชโฮลด์ค่าหนึ่ง (กรณีของ GaAs แบบ n สนามไฟฟ้าเทรชโฮลด์จะมีค่าประมาณ 3.4 kV/cm) กระแสที่ไหลจะไม่มีเสถียรภาพและเริ่มออสซิลเลต โดยที่คาบของการ ออสซิลเลตจะใกล้เคียงกับเวลาที่ใช้ในการส่งผ่านของพาหะ (transit time) จากจุดสัมผัสด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง เวลาที่ใช้ในการส่งผ่าน

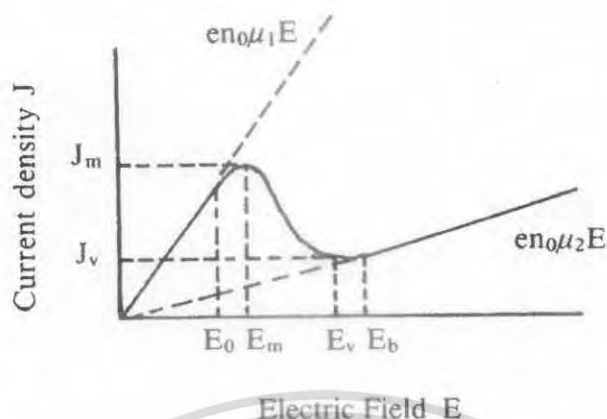
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปโฆษณาตามการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังกล่าวนี้คำนวณจากค่าโมบิลิตีของสนามไฟฟ้าต่ำ (low-field mobility) กับสนามไฟฟ้าเทรชโฮลด์ ดังกล่าวข้างต้น เมื่อทำการตัดความยาวของชั้นสารกึ่งตัวนำให้เป็นประมาณ $100\mu\text{m}$ - $300\mu\text{m}$ ก็พบว่า การออสซิลเลตนั้นให้ความถี่ไมโครเวฟที่มีคุณสมบัติเชิงโคฮีเรนต์ที่ดีออกมา

ความสัมพันธ์ระหว่างระดับพลังงานของอิเล็กตรอนกับเวฟนิ่งเบอร์ของอิเล็กตรอนจะได้ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.31 จากรูปจะเห็นได้ว่าเป็น โครงสร้างแบบ 2 หุบเขา (two-valley structure) ในช่วงที่สนามไฟฟ้ามีค่าไม่สูงนัก อิเล็กตรอนส่วนใหญ่จะอยู่ในบริเวณหุบเขาดำ (low-valley) และเคลื่อนที่ได้ด้วยความเร็วเฉลี่ยที่แปรตรงกับ $\mu_L E$ โดยที่ μ_L เป็น โมบิลิตีในหุบเขาดำ และ E เป็นสนามไฟฟ้าในบัลค์ของประจุ เมื่อสนามไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้น จะทำให้อิเล็กตรอนส่วนหนึ่งย้ายสถานะไปอยู่ในหุบเขาสูง (upper valley) เนื่องจากโมบิลิตีในหุบเขาสูงคือ μ_H มีค่าต่ำกว่า μ_L ประมาณ 50 เท่า จึงทำให้กระแสที่ไหลในช่วงนี้ลดต่ำลงจากเดิมตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.32 และเกิดช่วงที่ความนำไฟฟ้า (Conductance) เป็นลบขึ้น เมื่อสนามไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้นไปอีก อิเล็กตรอนส่วนใหญ่จะอยู่ที่หุบเขาสูงและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ยที่แปรตาม $\mu_H E$ ซึ่งทำให้กระแสมีขนาดเพิ่มสูงขึ้นตามค่า $\mu_H E$ อีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 2.31 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานของอิเล็กตรอนกับเวฟนิ่งเบอร์ในสารกึ่งตัวนำ GaAs



รูปที่ 2.32 การไหลของกระแสเมื่อสนามไฟฟ้ามีขนาดเปลี่ยนไป

การที่เส้นโค้ง I-V ของกัมมันต์ไดโอดมีบริเวณที่มีค่าความนำไฟฟ้า (Conductance) เป็นลบนั้นก็เป็นบ่งบอกว่าสามารถทำเป็นออสซิลเลเตอร์ และแอมพลิไฟเออร์ได้ ดังนั้นการเกิดออสซิลเลชันในกัมมันต์ไดโอดซึ่งนำไปใช้เป็นออสซิลเลเตอร์ของคลื่นไมโครเวฟ

2.5.2 เฟอไรท์เซอร์คิวเลเตอร์ (Ferrites Circulators)



รูปที่ 2.33 แสดงลักษณะของเฟอไรท์เซอร์คิวเลเตอร์

เฟอไรท์เซอร์คิวเลเตอร์เป็นอุปกรณ์เกี่ยวกับความถี่ไมโครเวฟ ซึ่งมีอินพุทหรือเอาต์พุทพอร์ต 3 ช่องทาง หรืออาจจะมากกว่านั้น ถ้าคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเข้าที่พอร์ต 1 จะสามารถผ่านออกไปได้เฉพาะทางพอร์ต 2 เพียงช่องทางเดียวเท่านั้น คลื่นซึ่งเข้าที่พอร์ต 2 ก็สามารถออกไปได้ทางพอร์ต 3 เท่านั้น และคลื่นที่เข้าพอร์ต 3 ก็จะออกได้ที่พอร์ต 1 เพียงช่องทางเดียวเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.33 ตัวเซอร์คิวเลเตอร์ที่มี 3 พอร์ตนี้มีแกนเฟอไรท์ที่อยู่ตรงกลาง ซึ่งจะถูกเหนี่ยวนำด้วยสนามแม่เหล็กคงที่ H_0 ตลอดแนวแกน การหมุนของคลื่นในแกน ซึ่งให้สัญญาณความถี่วิทยุ (RF Signal) ที่พอร์ตที่ 3 เป็นไม่มีค่าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

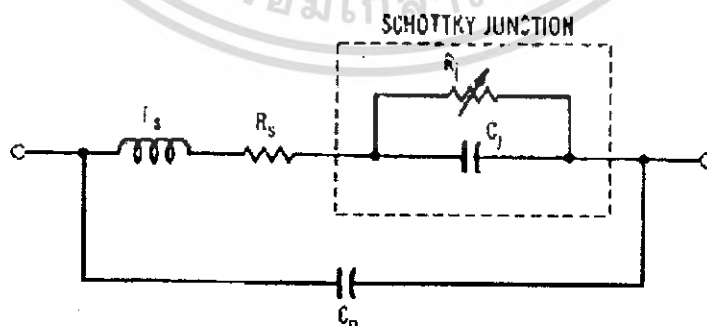
แล้วค่าสัญญาณความถี่วิทยุที่พอร์ตที่ 2 จะมีค่าเท่ากับสัญญาณอินพุตที่พอร์ตที่ 1 หมายความว่าเมื่อป้อนสัญญาณเข้าที่พอร์ตที่ 1 สัญญาณเอาต์พุตจะออกที่พอร์ต 2

เฟอร์ไรต์เป็นแม่เหล็กออกไซด์ของเหล็ก โดยปกติแล้วจะมีอยู่ในโลหะชนิดอื่นๆ เช่น นิกเกิล (Nickel) และ แมงกานีส (Manganese) หรือ ออกไซด์ของโลหะที่หายาก เช่น ยทเทรียม (Yttrium) สารพวกนี้รวมกันให้ค่าสภาพซึมซาบที่สูง ค่าความต้านทานสูงและทำให้คลื่นไมโครเวฟสามารถเพิ่มในเฟอร์ไรต์จนไม่มีขีดจำกัดได้

คุณสมบัติแม่เหล็กของเฟอร์ไรต์เป็นฟิสิกส์พื้นฐาน (Fundamental) เนื่องจากแมกเนติกไดโพลโมเมนต์ (Magnetic dipole moment) ของการสปินอิเล็กตรอน (Spinning electrons) แต่ละอะตอมประกอบด้วยหนึ่งหรือมากกว่าอิเล็กตรอนที่ไม่คู่ ดังนั้นอะตอมคือตาข่ายสนามแม่เหล็กโมเมนต์ ถ้าเฟอร์ไรต์ถูกวางอยู่ในสนามแม่เหล็กคงที่โมเมนต์ของอะตอมที่ต่อกันเป็นแนวเดียวจะไม่ขนาบกับสนามภายใน

2.5.2.3 ไมโครเวฟมิกเซอร์

ไมโครเวฟมิกเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่มี 2 อินพุต มิกเซอร์ไดโอดที่ใช้เป็นอุปกรณ์แบบไม่เป็นเชิงเส้น (non-linear) ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการตรวจจับสัญญาณ, การแปลงสัญญาณความถี่ และการผลิตสัญญาณฮาร์โมนิก โดยจะทำการเปลี่ยนสัญญาณความถี่อินพุต 2 สัญญาณให้เป็นสัญญาณผลบวกและผลต่างของสัญญาณอินพุต ไดโอดที่ใช้งานในย่านความถี่ไมโครเวฟจะมีค่าความจุไฟฟ้า (Capacitance) ความเหนี่ยวนำ (Inductance) และมีค่าตัวเลขของสัญญาณรบกวนต่ำ (Noise figure) สามารถทำงานได้ดีถึงย่านความถี่ 100 GHz ไมโครเวฟไดโอดที่ใช้กันมีชื่อเรียกว่า พ้อยท์คอนแทคซิลิกอน แกลเลียมอาร์เซไนด์ หรือช็อกกี้บาเรียร์ไดโอด (Point contact silicon, Gallium arsenide or schottky barrier diode) วงจรสมมูล (Equivalent circuit) จะเป็นดังรูปที่ 2.34



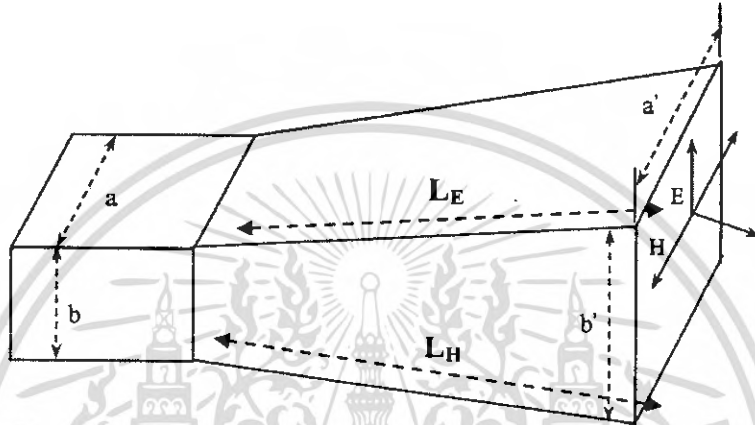
รูปที่ 2.34 แสดงวงจรสมมูลไมโครเวฟมิกเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

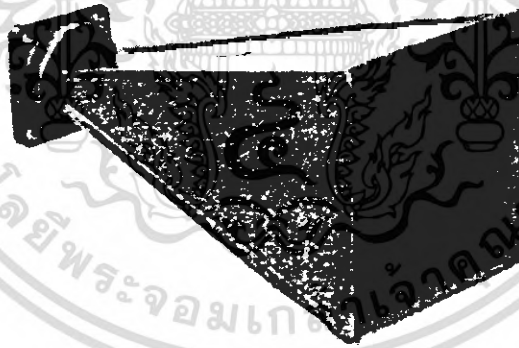
2.5.3 สายอากาศ

2.5.3.1 สายอากาศแบบฮอร์น (Horn Antenna)

เป็นสายส่งสัญญาณชนิดหนึ่งที่จะทำการส่งคลื่นตามพื้นที่หน้าตัด โดยระยะการส่งสัญญาณจะขึ้นกับขนาดและการออกแบบของฮอร์น ซึ่งในระบบไมโครเวฟนี้ใช้ฮอร์นแบบพีระมิด (Pyramidal horn) ดังรูปที่ 2.35



รูปที่ 2.35 แสดงลักษณะ โครงสร้างของฮอร์น



รูปที่ 2.36 ลักษณะของสายส่งสัญญาณแบบพีระมิด

ค่าอัตราขยาย (Gain) เกี่ยวกับการแผ่จากแหล่งกำเนิดคลื่นแบบจุด (point source) ขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นของสัญญาณ (λ), ผ่านศูนย์กลาง a , b และ ความยาวของการเอียง ค่าอัตราขยายของฮอร์นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากจะเป็น

$$G = G_0 R_E R_H$$

เมื่อ R_E และ R_H คือ ค่า gain reduction factor ของ H-plane และ E-plane ที่จะขึ้นกับระยะทาง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

G_0 คือ ค่า Far-field gain ของช่องสี่เหลี่ยมมุมฉากมีค่าเป็น

$$G_0 = 32 \frac{ab}{\pi\lambda^2}$$

สามารถเขียนให้อยู่ในรูปเดซิเบลเป็น

$$G_0(dB) = 10 \log \left(\frac{32ab}{\pi\lambda^2} \right)$$

ดังนั้น อัตราการขยายของฮอร์นพีระมิดจะเป็น

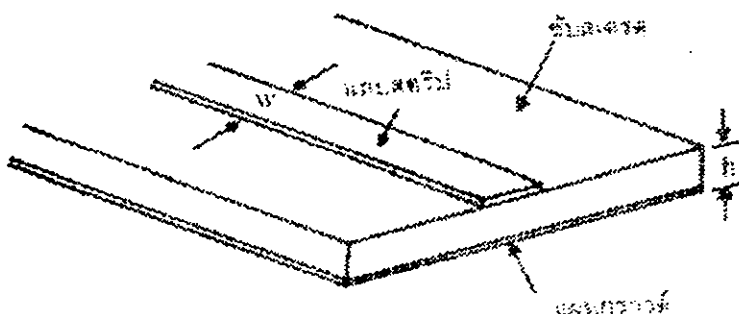
$$G(dB) = G_0(dB) + R_E(dB) + R_H(dB)$$

2.5.3.1 สายอากาศแบบไมโครสตริป

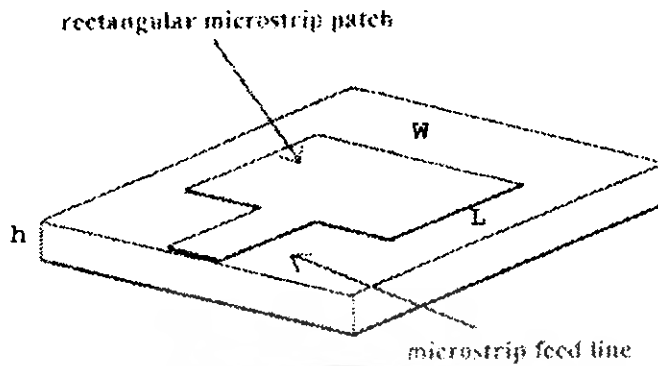
สายอากาศไมโครสตริปเกิดขึ้นครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1953 โดย Deschamps เป็นสายอากาศที่สร้างจากแผ่นวงจรพิมพ์ (Print Circuit Board : PCB) ประกอบด้วย แผ่นตัวนำที่วางอยู่บน ไดอิเล็กตริก ทำหน้าที่เป็นส่วนแผ่กระจายคลื่น โดยมีขนาดและรูปร่างที่แตกต่างกันไปตามการออกแบบใช้งาน และด้านล่างจะมีแผ่นตัวนำวางรองอยู่อีกชั้นเสมือนเป็นแผ่นกราวด์

2.5.3.1.1 ลักษณะโครงสร้างของสายอากาศไมโครสตริป

ลักษณะ โครงสร้างของสายอากาศไมโครสตริปประกอบด้วย แผ่นตัวนำสองแผ่นวางขนานกันอยู่ โดยมีแผ่นตัวนำที่อยู่ด้านบนซึ่งจะมีรูปร่างต่างๆ เช่น รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส วงกลม วงรี ฯลฯ โดยทั่วไปมักจะเป็นแผ่นทองแดงหรือทองคำ แผ่นตัวนำที่อยู่ด้านล่างจะเป็นลักษณะแผ่นตัวนำทั้งแผ่น โดยอุดมคติจะต้องมีขนาดใหญ่กว่าตัวแผ่กระจายคลื่นเป็นอย่างมาก เรียกว่า แผ่นกราวด์ และมีวัสดุที่ไม่เป็นสื่อกลางทางไฟฟ้า (Dielectric Substrate) กั้นกลางระหว่างแผ่นตัวนำทั้งสอง ขนาดของตัวแผ่กระจายคลื่นจะมีขนาดตามความเหมาะสมกับงานหรือความถี่ที่จะนำไปใช้งาน แผ่นกราวด์ตามทฤษฎีจะต้องมีขนาดที่ไม่จำกัด แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถที่จะให้แผ่นกราวด์มีขนาดจนไม่สิ้นสุดได้ ลักษณะ โครงสร้างโดยทั่วไปของสายอากาศไมโครสตริปแสดงดังรูปที่ 2.37 และรูปที่ 2.38 แสดงลักษณะของสายอากาศไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 2.37 แสดง โครงสร้างของไมโครสตริปาดให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.38 แสดงลักษณะของสายอากาศไมโครสตริปสี่เหลี่ยม

2.5.3.1.2 ข้อดีและข้อเสียของสายอากาศไมโครสตริป

สายอากาศไมโครสตริปมีข้อดีดังนี้

- มีขนาดเล็ก ปริมาณน้อย น้ำหนักเบา
- สามารถสร้างได้ง่าย ราคาถูก
- ติดโค้งงอได้ง่าย มีความสะดวกในการติดตั้งบนวัตถุที่เคลื่อนที่ได้
- ต่อเข้ากับวงจรได้ง่าย
- สามารถกำหนดลักษณะการเดินทางของคลื่นได้ทั้งแบบเชิงเส้นและแบบวงกลม
- สามารถป้องกันสัญญาณและปรับอิมพีแดนซ์ได้พร้อมๆ กับการสร้างตัวสายอากาศ
- ทำเป็นสายอากาศแบบอาร์เรย์ (array) ได้ง่าย

สายอากาศไมโครสตริปมีข้อเสียดังนี้

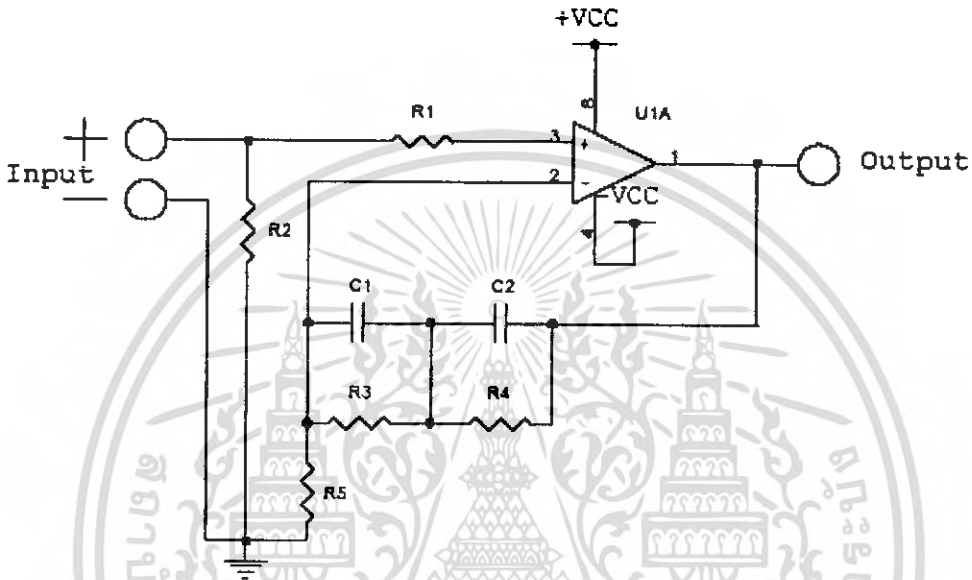
- มีอัตราการสูญเสียสูง ประสิทธิภาพต่ำ
- แบนด์วิดท์แคบ
- มักเกิดการสูญเสียที่จุดต่อและจุดป้องกันสัญญาณ
- การแผ่กระจายคลื่นมีได้เพียงครึ่งระนาบ
- ต้องเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิที่เหมาะสม เพื่อรักษาคุณสมบัติของสารที่ใช้ทำสายอากาศ
- คุณภาพของการเดินทางของคลื่น (polarization) ไม่ดีพอ
- หากต้องการระบบป้องกันสัญญาณที่มีคุณภาพดี ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 ภาคการปรับสภาพสัญญาณ (Signal Conditioning)

2.5.4.1 วงจรขยายสัญญาณภาคต้น (Pre Amplifier)

เป็นวงจรที่ช่วยในการลดสัญญาณรบกวนและขยายสัญญาณเพียงเล็กน้อย วงจรที่ใช้เป็นดังรูปที่ 2.39



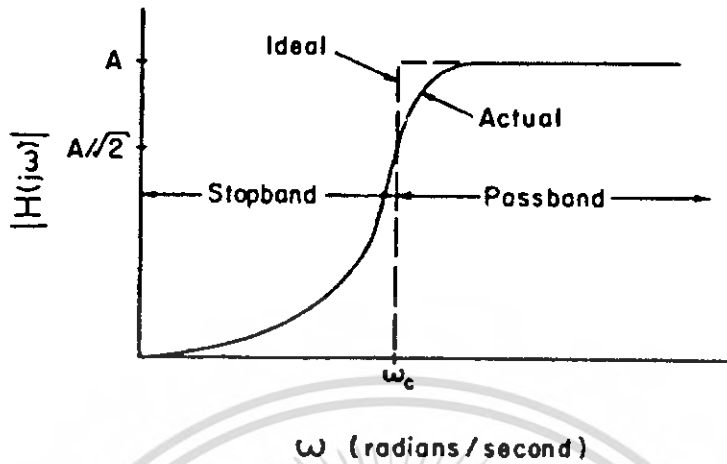
รูปที่ 2.39 แสดงวงจรขยายสัญญาณภาคต้น

2.5.4.2 วงจรกรองความถี่ (Filter)

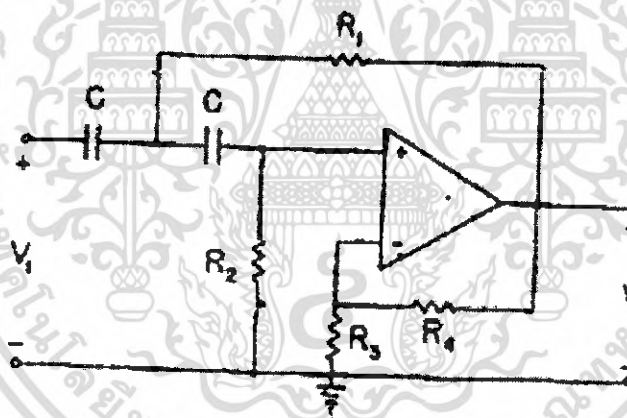
วงจรกรองความถี่หรือวงจรฟิลเตอร์จะมีหน้าที่คือยอมให้สัญญาณของความถี่ที่ต้องการผ่านเข้าไปได้ ในขณะที่เดียวกันก็จะกำจัดลดทอนความถี่อื่นที่นอกเหนือจากความถี่ที่ต้องการ โดยทั่วไปจะมีทั้งวงจรกรองความถี่สูง ความถี่ต่ำ หรือเฉพาะช่วงความถี่ที่ต้องการ ซึ่งความถี่ที่ไม่ต้องการในโครงการนี้ก็จะเป็นความถี่ต่ำที่ยังสามารถผ่านมิกเซอร์มาได้หรือความถี่สัญญาณรบกวน มีผลทำให้สัญญาณไม่เป็นที่ตามต้องการ ดังนั้นจึงต้องมีวงจรกรองความถี่สูงผ่าน (High-Pass Filter) คุณสมบัติของวงจรนี้แสดงได้ดังรูปที่ 2.40 แสดงกราฟการตอบสนองเชิงขนาดของสัญญาณ โดยเส้นประแสดงถึงการตอบสนองเชิงขนาดของสัญญาณในทางอุดมคติ ส่วนเส้นทึบแสดงถึงการตอบสนองเชิงขนาดของสัญญาณในทางปฏิบัติ ส่วนรูปที่ 2.41 จะแสดงวงจรกรองความถี่สูงซึ่งค่าของการเก็บประจุ C และความต้านทาน R สามารถออกแบบคำนวณหาเพื่อให้สอดคล้องกับความถี่ที่ต้องการกรองได้ดังนี้

$$f = \frac{\sqrt{2}}{4\pi R_1 C} \quad \text{โดยที่ } R_2 = R_3 \text{ และ } R_1 = \frac{R_2}{2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.40 แสดงกราฟการตอบสนองของการกรองความถี่สูง

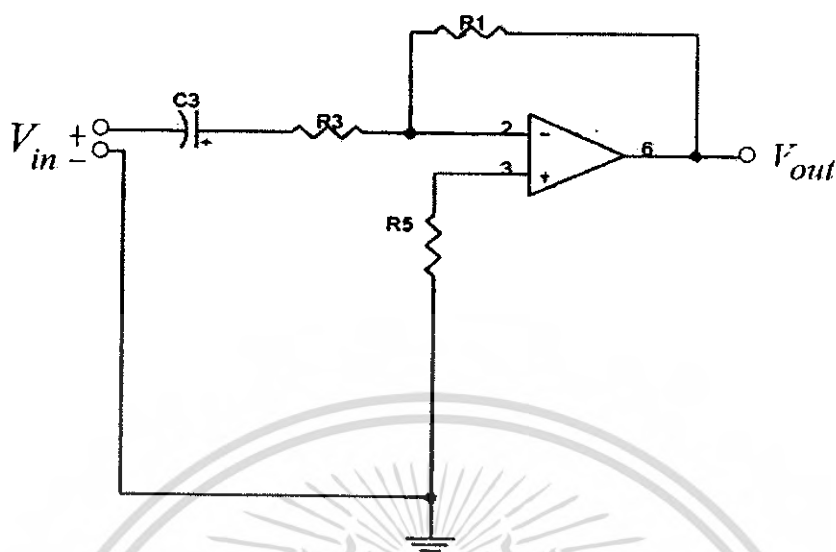


รูปที่ 2.41 แสดงวงจรกรองความถี่สูง (High-Pass Filter)

2.5.4.3 วงจรขยายสัญญาณภาคหลัง (Post Amplifier)

เนื่องจากสัญญาณที่เข้ามามีขนาดเล็กอาจมองเห็นไม่ชัดเจน จึงต้องมีการทำการขยายสัญญาณ เพื่อให้ได้ขนาดสัญญาณตามต้องการ วงจรขยายที่ใช้จะเป็นแบบกลับเฟส (Inverting amplifier) ซึ่งวงจรนี้จะให้สัญญาณเอาต์พุตต่างเฟสไปจากอินพุต 180° ดังรูป 2.42 โดยมี $V_{out} = -\left(\frac{R_1}{R_3}V_{in}\right)$

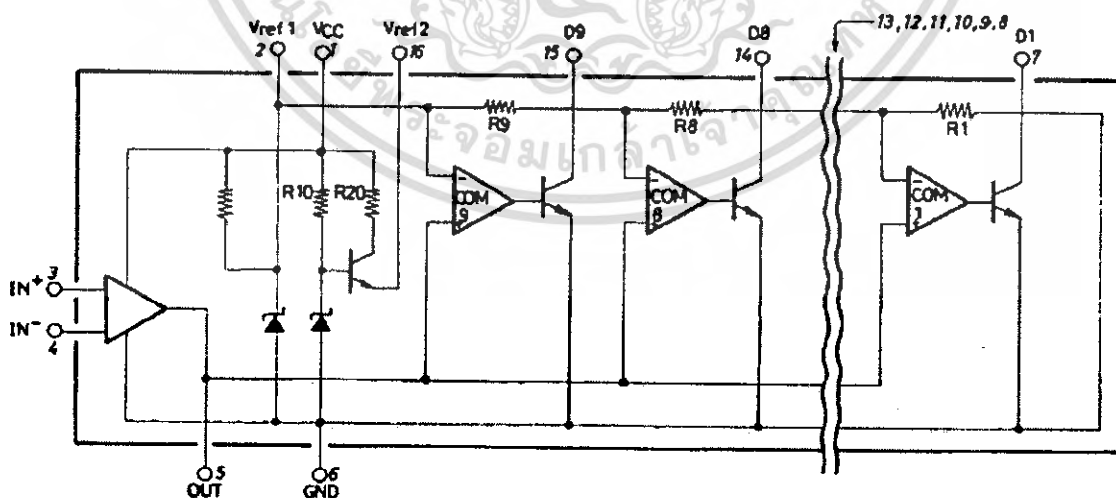
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.42 แสดงวงจรขยายแบบกลับเฟสที่ใช้ในโรงงานพิเศษ

2.5.4.4 ภาคแสดงผลด้วยเกทบอลระดับ (Bar Level)

จะใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดันเพื่อทำการเปรียบเทียบแรงดันที่เข้ามาระหว่าง 0 โวลต์ และ 12 โวลต์ แล้วแสดงผลออกทางการเปล่งแสงของ LED เป็นเกทบอลระดับ โดยมี LED 10 ตัวโดยจะกำหนดค่าแรงดันไว้ทั้งหมด 10 ค่า ตาม LED แต่ละตัว



รูปที่ 2.43 วงจรสมมุทธ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบแรงดันแสดงผลออกทางเกทบอลระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการเปรียบเทียบแรงดันที่เข้ามาจากวงจรขยายสัญญาณภาคหลัง ถ้าเกินระดับแรงดันที่กำหนดไว้จะยังผลให้ LED เปล่งแสงได้ลำดับไปตามแรงดันที่กำหนดไว้ซึ่งเปรียบได้กับความรุนแรงของการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้น นั่นเอง โดยถ้ามีการเคลื่อนไหวที่รุนแรงก็ยังมีแรงดันเอาท์พุทออกมา มาก ถ้ามีการเคลื่อนไหวที่เล็กน้อยค่าแรงดันที่ออกมาได้ก็จะน้อยตามไปด้วย ซึ่งจะมีวงจรเทียบเท่าหรือ วงจรสมมูลที่ใช้ในโครงการพิเศษ ดังรูปที่ 2.43

2.5.5 ระบบหัวใจจำลอง

ในปีการศึกษา 2549 คณะทำงานได้พัฒนาระบบไมโครเวฟให้วัดได้ถึงระดับหัวใจ ซึ่งปีการศึกษา 2548 วัดได้แค่การเคลื่อนไหวของร่างกาย ก็คือวัดได้เฉพาะสิ่งที่เคลื่อนไหวแรงๆ แต่ในปีนี้สามารถวัดได้ถึงการเคลื่อนไหวเบาๆ จนถึงระดับการเต้นของหัวใจได้ แต่เป็นการยากกว่าในการทดลอง เราจะจำลองรูปแบบการเต้นของหัวใจขึ้นมา โดยการเต้นของหัวใจนี้จะเต้นเบา เสมือนกับว่าเกิดเหตุการณ์ตีกล่มแล้วร่างกายบาดเจ็บและอยู่ได้สิ่งกีดขวางต่างๆ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการจำลองการเต้นของหัวใจจะกล่าวได้ดังนี้

2.5.5.1 ลูกโป่ง

2.5.5.2 สเตปปีงมอเตอร์ 5 เฟส กล่าวไว้แล้วข้างต้น

2.5.5.3 ไครเวอร์ MMC 2 กล่าวไว้แล้วข้างต้น

2.5.5.1 ลูกโป่ง

ในการศึกษาระบบไมโครเวฟเราจะใช้หัวใจจำลองมาใช้ในการทดลอง โดยเราจะใช้ลูกโป่งเป็นหัวใจ โดยการให้แรงกระทำให้เกิดแรงดันอากาศทำให้ลูกโป่งขยายตัวออก และเราก็จะปล่อยให้ลูกโป่งกลับมามีอยู่ในสภาพเดิมโดยไม่มีแรงใดๆ ไปกระทำกับลูกโป่ง ซึ่งหลักการนี้จะเกี่ยวกับความดันอากาศ

2.5.5.1.1 สมบัติของอากาศ

อากาศเป็นสสารประเภทหนึ่งจึงมีมวลและต้องการที่อยู่ มวลของอากาศจะเท่ากับผลรวมของมวลก๊าซชนิดต่างๆ ในอากาศและมวลของอนุภาคต่างๆ ที่แขวนลอยอยู่ในอากาศรวมกัน มวลของอากาศมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ในช่วงเวลาหนึ่งๆ ตัวอย่างการเพิ่มมวลของอากาศ เช่น การเผาไหม้ของอุกกาบาตในชั้นบรรยากาศของโลกการที่ลมพัดหอบฝุ่นผงจากผิวโลกขึ้นไปในอากาศ ส่วนการลดลงของมวลอากาศ เช่น การที่อนุภาคของสารแขวนลอยในอากาศตกลงมาสะสมยังผิวโลก การเกิดเป็นฝน หิมะหรือลูกเห็บของไอน้ำในอากาศ

นอกจากการศึกษาเรื่องส่วนประกอบของอากาศแล้ว นักวิทยาศาสตร์ยังให้ความสำคัญต่อการศึกษามวลของอากาศ เพื่อที่จะนำสมบัติเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ สมบัติของอากาศได้แก่ ความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนาแน่นของอากาศ ความดันอากาศ ความชื้นสัมบูรณ์ และความชื้นสัมพัทธ์ สามารถศึกษารายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

2.5.5.1.2 ความหนาแน่นของอากาศ

เราทราบมาแล้วว่า อากาศมีมวลและต้องการที่อยู่ เราเรียกมวลของอากาศในหนึ่งหน่วยปริมาตร หรืออัตราส่วนของมวลของอากาศต่อปริมาตรของอากาศว่า ความหนาแน่นของอากาศ ซึ่งแสดงในรูปสมการได้ดังนี้

$$\text{ความหนาแน่นของอากาศ} = \frac{\text{มวลของอากาศ}}{\text{ปริมาตรของอากาศ}}$$

ในระบบ SI ซึ่งเป็นระบบหน่วยมาตรฐานที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบันใช้หน่วยของมวลและหน่วยของปริมาตรเป็นกิโลกรัมและลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ดังนั้นความหนาแน่นของอากาศจึงมีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

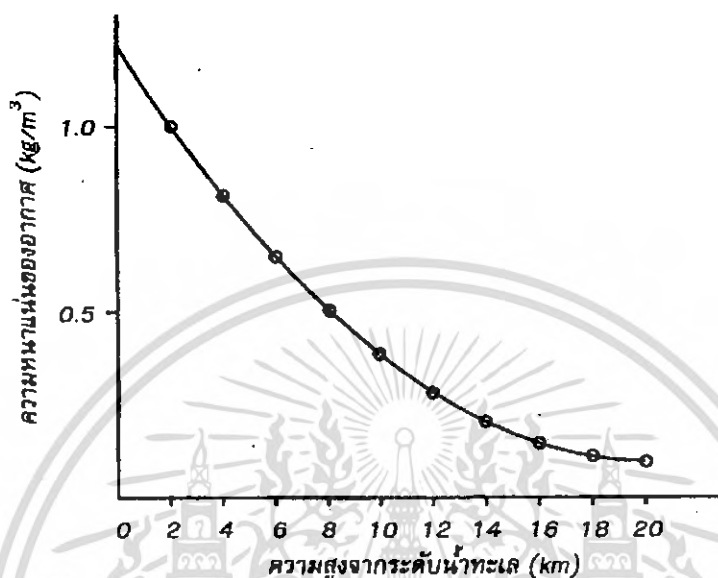
พื้นผิวโลกบริเวณระดับน้ำทะเลมีความหนาแน่นของอากาศประมาณ 1.2 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หมายความว่า อากาศที่ระดับน้ำทะเลปริมาณ 1 ลูกบาศก์เมตร จะมีมวลประมาณ 1.2 กิโลกรัม จากผลการตรวจวัดค่าความหนาแน่นของอากาศที่ระดับความสูงต่างๆ กันได้ข้อมูลดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าความหนาแน่นของอากาศที่ระดับความสูงต่างๆ

ความสูงจากระดับน้ำทะเล (กิโลเมตร)	ความหนาแน่นของอากาศ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)
0	1.22
2	1.00
4	0.82
6	0.66
8	0.53
10	0.41
12	0.31
14	0.23
16	0.17
18	0.12
20	0.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเรานำข้อมูลจากตารางมาเขียนกราฟ โดยให้แกนอนแสดงระดับความสูง และแกนตั้งแสดง ความหนาแน่นของอากาศ จะได้กราฟที่มีลักษณะดังรูปที่ 2.44

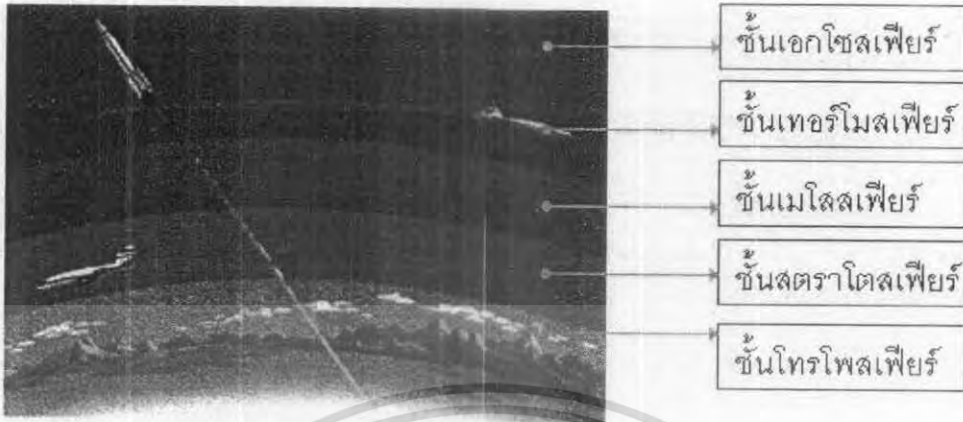


รูปที่ 2.44 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของอากาศกับ ความสูงจากระดับน้ำทะเล

ข้อมูลจากตารางที่ 2 ทำให้เราทราบว่า อากาศมีความหนาแน่นมากที่สุดที่ระดับน้ำทะเล แต่ถ้า ความสูงจากระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของอากาศจะมีค่าลดลง นั่นคือ ยิ่งสูงขึ้นไปอากาศก็ จะเบาบางลง ความหนาแน่นจะลดลงไม่เท่ากันในทุกๆ 2 กิโลเมตร โดยช่วงต้นๆ จะลดลงมากกว่า จึง ทำให้รูปกราฟระหว่างความหนาแน่นของอากาศกับ ความสูงจากระดับผิวโลกเป็นเส้น โค้ง

2.5.5.1.3 ความดันอากาศ

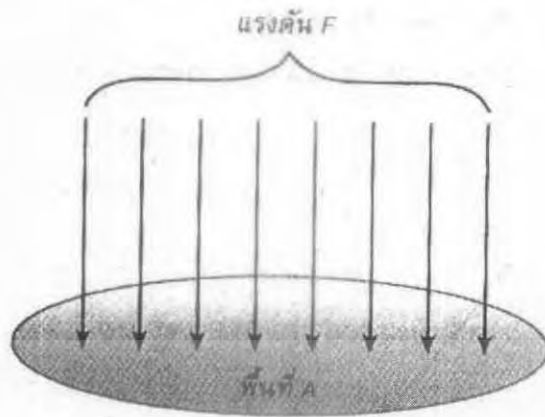
อากาศที่ห่อหุ้มโลกเรียกว่า บรรยากาศ บรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกมีความหนาแน่นประมาณ 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรแสดงดังรูปที่ 2.45 บรรยากาศชั้นล่างๆ จะมีปริมาณของแก๊สที่เป็นส่วนประกอบของอากาศ มากกว่า บรรยากาศชั้นบน ยิ่งสูงขึ้นไปอากาศยิ่งเบาบางลง และเนื่องจากอากาศมีน้ำหนัก ดังนั้นน้ำหนัก อากาศกดลงบนพื้นผิวโลก ทำให้เกิดแรงดันอากาศกระทำต่อพื้นผิวโลก



รูปที่ 2.45 แสดงชั้นบรรยากาศต่างๆ ที่ห่อหุ้มโลก

แรงดันอากาศที่กระทำต่อพื้นที่ 1 ตารางหน่วย เรียกว่า ความดันอากาศหรือความกดอากาศ ความดันเนื่องจากน้ำหนักอากาศที่อยู่เหนือหัวโดย เรียกว่า ความดันบรรยากาศ ความดันอากาศที่ระดับสูงขึ้นไป เช่น บนยอดเขาสูงๆ มีความดันอากาศน้อยกว่าที่ระดับน้ำทะเล นอกจากนี้ ลมและอุณหภูมิก็เป็นสาเหตุที่ทำให้ความดันอากาศมีค่าเปลี่ยนแปลง อากาศมีแรงดันทุกทิศทาง เมื่ออากาศถูกบีบอัดให้มีปริมาตรน้อยลงจะมีความดันมากขึ้น ฤดูกาลขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนและหดตัวเมื่อคลายความร้อน อากาศมีลักษณะเป็นก๊าซเป็นสสารที่มีน้ำหนัก สามารถออกแรงกระทำต่อสิ่งต่างๆ ที่อยู่บนผิวโลกและอยู่ในบรรยากาศของโลก จะรู้สึกหนักคอกเมื่อมีลมพัดมากระทบตัวเรา โดยปกติแล้วน้ำหนักของอากาศมีมากจริงๆ แต่เราไม่ค่อยรู้สึกเพราะว่ามีน้ำหนักอากาศกดดันรอบๆ ตัวเราประการหนึ่งและอีกประการหนึ่งเนื่องจากความเฉื่อยของเรานั่นเอง ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าอากาศมีแรงดัน แรงดันของอากาศจะกระทำต่อสิ่งต่างๆ ที่อยู่บนผิวโลก เราสามารถสังเกตแรงดันของอากาศได้เมื่อเราออกแรงเป่าลูกโป่งหรือสูบลมยางล้อรถยนต์ อากาศที่เราสูบลมเข้าไปมากอาจทำให้ลูกโป่งและยางล้อรถยนต์พองโตขึ้น ซึ่งถ้าเราเป่าลมหรือสูบลมเข้าไปมากอาจทำให้ลูกโป่งและยางแตกได้ การพิจารณาเกี่ยวกับแรงดันของอากาศ นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการทดลองแล้วพบว่าค่าความดันของอากาศ คือค่าแรงดันของอากาศต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่รองรับแรงดันนั้นหรืออัตราส่วนของแรงดันต่อหน่วยพื้นที่แรงดันนั้นกระทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.46 แรงที่กระทำต่อพื้นที่

จากรูปที่ 2.46 แสดงบริเวณใด ๆ ซึ่งมีขนาดพื้นที่เป็น A F เป็นแรงค้ำที่กระทำต่อพื้นที่ A ในทิศทางที่ตั้งฉากกับพื้นที่ A ถ้าให้ P แทนแรงค้ำหรือสวางค้ำที่กระทำต่อพื้นที่ A จะได้ว่า

$$P = FA$$

ในระบบหน่วยมาตรฐาน SI F มีหน่วยเป็นนิวตัน A มีหน่วยเป็นตารางเมตร และ P มีหน่วยเป็นนิวตันต่อเมตรหรือปาสคาล

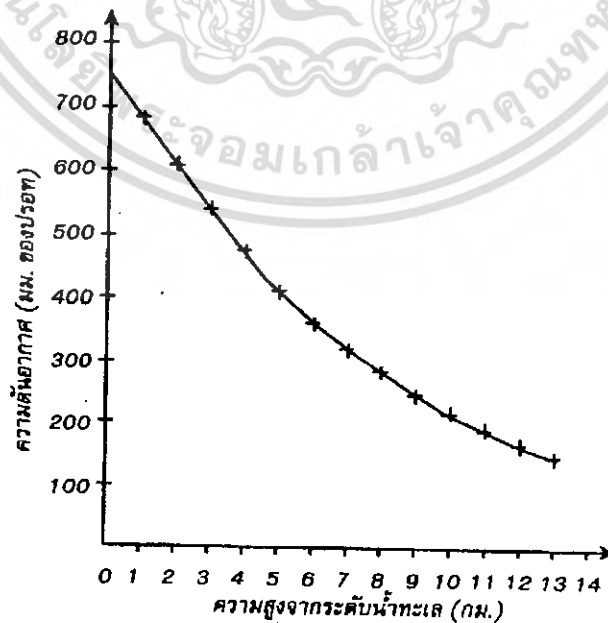
ความดันของอากาศหรือที่เรียกกันว่าในทางอุตุนิยมวิทยา ความกดอากาศนั้นมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของอากาศ กล่าวคือ บริเวณใดที่อากาศมีความหนาแน่นมากก็就会有ความกดอากาศสูง และบริเวณใดที่มีความหนาแน่นน้อย ความกดอากาศก็จะมีค่าน้อยตามไปด้วย และความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้ยังสัมพันธ์กับระดับความสูงต่างๆ กันจากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับความดันอากาศ ณ ระดับความสูงต่างๆ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.2 ต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ความดันของอากาศที่ระดับความสูงต่างๆ กัน

ความสูงจากระดับน้ำทะเล (กิโลกรัม)	ความดันของอากาศ (มิลลิเมตรของปรอท)	ความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (กิโลกรัม)	ความดันของอากาศ (มิลลิเมตรของปรอท)
0	760	8	280
1	675	9	245
2	600	10	210
3	530	11	185
4	470	12	160
5	410	13	140
6	360		
7	320		

จากตารางที่ 2.2 เมื่อนำข้อมูลไปเขียนกราฟโดยให้ความดันของอากาศเป็นแกนตั้งและความสูงจากระดับน้ำทะเลเป็นแกนนอน จะได้กราฟของความหนาแน่นของอากาศกับความสูงดังรูปที่ 2.47 ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า เมื่อความสูงเพิ่มขึ้นความดันและความหนาแน่นของอากาศจะลดลง



รูปที่ 2.47 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันของอากาศกับความสูงจากระดับน้ำทะเล
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์แบบร่องหรือก้านปู

2.6.1 ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

ในปัจจุบันถ้ากล่าวถึงโฟโตเซลล์ โซลาร์เซลล์ หรือเซลล์แสงอาทิตย์ย่อมเป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวาง เพราะเครื่องมือดังกล่าวสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้ และมีการนำไปใช้ประโยชน์อย่างมากมาย

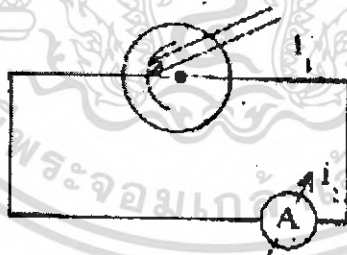
การค้นพบและแนวทางการศึกษาปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกมีลำดับดังนี้

ในปี ค.ศ. 1887 เฮนริช เฮิร์ตซ์ ค้นพบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและได้สังเกตว่าเมื่อมีแสงช่วงคลื่นหรือความถี่สูงตกกระทบผิวโลหะจะทำให้มีประจุไฟฟ้าหลุดจากโลหะได้ ปรากฏการณ์นี้จึงได้ชื่อว่า โฟโตอิเล็กทริก เอฟเฟก (Photoelectric effect) หมายถึง การเกิดไฟฟ้าจากแสงนั่นเอง

ในปี ค.ศ. 1898 ทอมสันค้นพบอิเล็กตรอนและเชื่อว่าอนุภาคไฟฟ้าที่หลุดจากผิวโลหะเป็นอิเล็กตรอนนั่นเอง อิเล็กตรอนที่เกิดจากปรากฏการณ์ดังกล่าวข้างต้นจึงเรียกว่า โฟโตอิเล็กตรอน

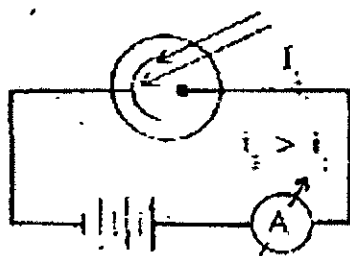
ในปี ค.ศ. 1905 ไอน์สไตน์นำความคิดเกี่ยวกับควอนตัมของพลังงานตามแบบของพลังค์มาอธิบายการเกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกได้สำเร็จ และทำให้แนวความคิดเรื่องแสงทำตัวเป็นกลุ่มก้อนคล้ายอนุภาค เรียกว่า โฟตอน

เราจะพิจารณาลำดับการเกิดโฟโตอิเล็กตรอนและปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งรวบรวมโดย ริชาร์ดสันและคอมป์ตันในปี ค.ศ.1921 ได้เป็นลำดับดังนี้



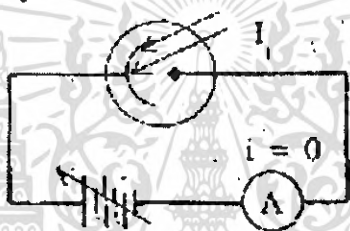
รูปที่ 2.48 แสดงลำดับการเกิดโฟโตอิเล็กตรอน

เมื่อแสงสว่างตกกระทบผิวโลหะ (ซีเซียม, โพแทสเซียม, ฯลฯ) จะมีกระแสไฟฟ้าไหลครบวงจรได้ทั้งๆที่ไม่ครบวงจร อธิบายว่าเป็นเพราะแสงทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกมาจากผิวโลหะได้ ดังรูปที่ 2.48



รูปที่ 2.49 แสดงลำดับการเกิดโฟโตอิเล็กตรอน

เมื่อต่อเซลล์ไฟฟ้าโดยใช้ขั้วต่อเข้ากับแผ่นโลหะปรากฏว่า กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะมีค่ามากขึ้น เพราะอิเล็กตรอนต่างก็วิ่งไปยังขั้วบวก ดังรูปที่ 2.49

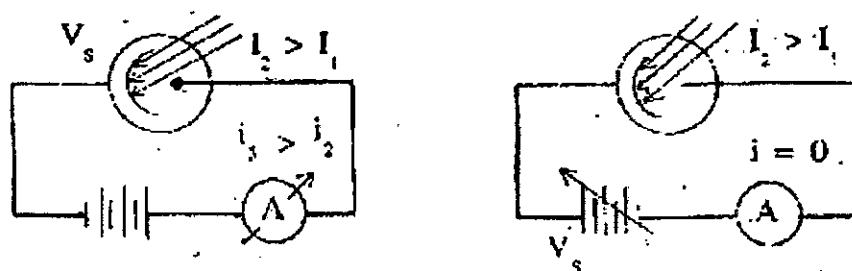


รูปที่ 2.50 แสดงลำดับการเกิดโฟโตอิเล็กตรอน

จากรูปที่ 2.50 จะเห็นว่าเมื่อต่อเซลล์ไฟฟ้าโดยให้ขั้วไฟฟ้าบวกต่อเข้ากับแผ่นโลหะปรากฏว่า ค่ากระแสไฟฟ้ามีน้อยลง เนื่องจากมีไฟฟ้าต้านอิเล็กตรอนเมื่อเพิ่มความต่างศักย์จนไม่มีกระแสไฟฟ้าไหล เรียกค่าความต่างศักย์นี้ว่า ความต่างศักย์หยุดยั้ง (stopping potential) V_s ที่ความต่างศักย์ที่หยุดอิเล็กตรอนนี้ แสดงว่า

พลังงานสูงสุดของอิเล็กตรอน = พลังงานไฟฟ้า

$$E_g = eV_s$$

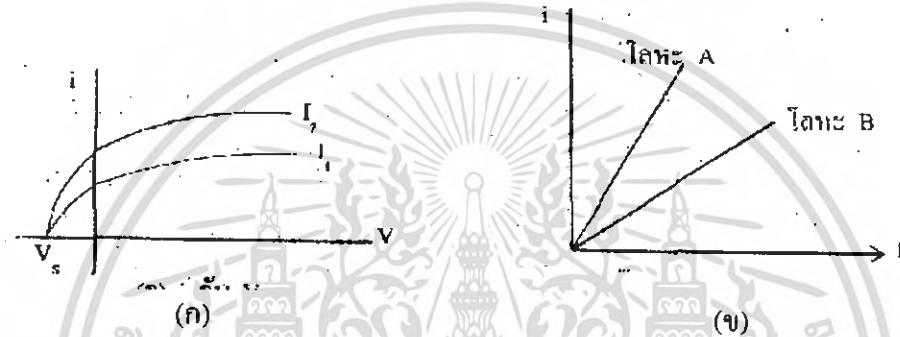


รูปที่ 2.51 แสดงลำดับการเกิดโฟโตอิเล็กตรอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

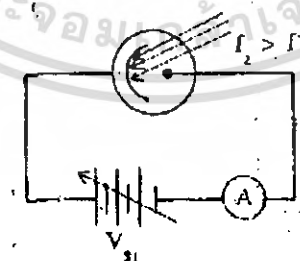
จากรูปที่ 2.51 จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มความเข้มของแสงให้มากขึ้น ปากฎว่ากระแสไฟฟ้ามีค่ามากขึ้น แสดงว่าจำนวนอิเล็กตรอนที่หลุดออกมามีค่าขึ้นอยู่กับความเข้มของแสง เมื่อกลับขั้วเซลล์ของแสงจะมีค่ามากขึ้น แต่ค่าความต่างศักย์หยุดยั้งยังคงมีค่าเท่าเดิม แสดงว่าพลังงานของอิเล็กตรอนไม่ขึ้นอยู่กับค่าความเข้มของแสง

จากผลของการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสง (I) ที่ใช้ นำค่ากระแสไฟฟ้า (i) ที่ได้มาเขียนกราฟกับค่าความต่างศักย์ (V) ที่ใช้ดังนี้



รูปที่ 2.52 กราฟแสดงผลของการเปลี่ยนความเข้มของแสง
(ก) ระหว่าง i กับ V_s
(ข) ระหว่าง i กับ I

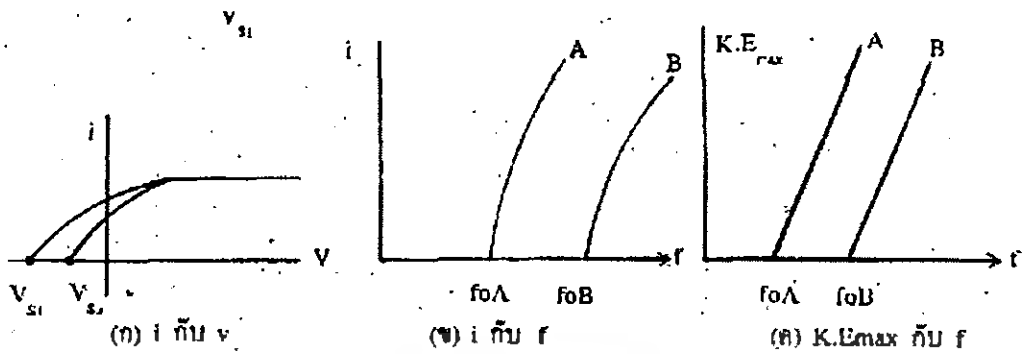
จากกราฟจะเห็นได้ว่า กระแสไฟฟ้าขึ้นอยู่กับความเข้มแสง ความต่างศักย์หยุดยั้งไม่ขึ้นอยู่กับค่าความเข้มแสง แสดงว่าเมื่อแสงมีความเข้มมากขึ้น จำนวนอิเล็กตรอนจะหลุดออกมามากขึ้น แต่ยังคงมีค่าพลังงานเท่าเดิม



รูปที่ 2.53 แสดงลำดับการเกิดโฟโตอิเล็กตรอน

จากรูปที่ 2.53 จะเห็นว่าเมื่อเปลี่ยนค่าความถี่ของแสงที่ใช้ให้สูงขึ้น ปากฎว่ากระแสไฟฟ้ายังคงเป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงที่ใช้ แต่ค่าความต่างศักย์หยุดยั้งที่ใช้จะมีค่ามากขึ้น แสดงว่าอิเล็กตรอนมีพลังงานขึ้นอยู่กับค่าความถี่ของแสง นำผลการทดลองมาเขียนกราฟ ได้ผลดังรูปที่ 2.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.54 แสดงกราฟเมื่อเทียบกับการเปลี่ยนแปลงความถี่

- (ก) ระหว่าง i กับ V
 (ข) ระหว่าง i กับ f
 (ค) ระหว่าง $K.E_{max}$ กับ f

ดังนั้นพลังงานอิเล็กตรอนขึ้นอยู่กับความถี่ของแสง แต่พลังงานอิเล็กตรอนแปรตามกับพลังงานแสงดังกราฟรูปที่ 2.54(ค)

พลังงานของแสงแปรผันโดยตรงกับความถี่ของแสง

$$E \propto f$$

$$E = hf$$

เมื่อ h คือค่าคงที่ของพลังค์มีค่าประมาณ 6.63×10^{-34} จูล-วินาที

f คือค่าความถี่ของแสง

ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของพลังงานของแสงข้างต้น ตรงกับสมมติฐานของแมกซ์ พลังค์ ซึ่งเสนอไว้ว่า พลังงานของคลื่นแสง เช่น แสงมิได้กระจายตลอดหน้าคลื่น แต่รวมกันเป็นกลุ่มก้อน เรียกว่า ควอนตาของพลังงาน ปัจจุบันเรียกว่า โฟตอน (Photon)

จากปรากฏการณ์ที่พบว่าแสงสว่างมิได้ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกมาจากผิวโลหะทุกชนิด แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าใช้แสงที่มีความถี่สูงๆ ก็จะทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกมาจากผิวโลหะต่างๆ ได้ เช่น เหล็ก โดยปกติถูกแสงสว่างจะไม่มีโฟโตอิเล็กตรอนเกิดขึ้น แต่ถ้าใช้รังสีอัลตราไวโอเล็ตก็สามารถให้โฟโตอิเล็กตรอนได้ แสดงว่าโลหะต่างชนิดกันมีความสามารถในการจับอิเล็กตรอนไว้ไม่เท่ากัน

ให้พลังงานที่จับอิเล็กตรอนไว้เรียกว่าฟังก์ชันงาน (Work function) W จากการศึกษาปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตรอนข้างต้น ทำให้ไอน์สไตน์สามารถสรุปผลของปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริกได้อย่างถูกต้อง ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ตามความเข้าใจเดิมที่ว่าแสงเป็นคลื่น เมื่อความเข้มสูงน่าจะมีพลังงานสูง เพราะมีค่าแอมพลิจูดมาก ไม่สามารถนำมาอธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตรอนนี้ได้ เพราะถ้าแสงเป็นคลื่นอย่างต่อเนื่อง แสงที่มีความถี่ต่ำแต่มีความเข้มสูง น่าจะทำให้เกิดโฟโตอิเล็กตรอนได้ จึงเกิดความคิดว่าแสงมีลักษณะเป็นกลุ่มก้อน โดยมีพลังงานเป็นปฏิภาคตรงกับค่าความถี่ เขียนเป็นสูตรได้ว่า

$$E = hf$$

2. โฟโตอิเล็กตรอนจะเกิดจากสารชนิดใด ก็ต่อเมื่อแสงที่มาตกกระทบบมีความถี่สูงกว่าความถี่ค่าหนึ่ง ความถี่ดังกล่าวเรียกว่า ความถี่ขีดเริ่ม (threshold frequency), f_0 แสงที่มีความถี่นี้ย่อมจะมีพลังงาน $E = hf_0$ ค่าพลังงานนี้ควรจะเท่ากับค่าพลังงานขีดเริ่มของอิเล็กตรอน เขียนเป็นสูตรได้ว่า

$$W = hf_0 = hc/\lambda_0$$

3. เมื่อแสงที่มาตกกระทบบมีความถี่สูงกว่าความถี่ขีดเริ่มดังกล่าว จำนวน โฟโตอิเล็กตรอนหรือค่ากระแสไฟฟ้าจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับค่าความเข้มแสง และเกิดทันทีที่แสงตกกระทบบ
4. พลังงานสูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนจะเพิ่มเมื่อค่าความถี่ของแสงเพิ่มขึ้น โดยอาศัยสมมติฐานที่ว่า แสงมีลักษณะเป็นกลุ่มก้อนของพลังค์ ดังกล่าวแล้ว โอน์สไตน์จึงนำมาอธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกได้อย่างถูกต้องว่า

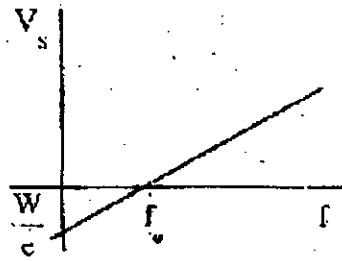
พลังงานของโฟโตอิเล็กตรอน = พลังงานของโฟโตของแสง x ฟังก์ชันงาน

$$E_e = eV_s = hf - W$$

ค่าความต่างศักย์

$$V_s = (h/e)f - (W/e)$$

ถ้านำค่าความต่างศักย์ที่นำมาเขียนกราฟกับค่าความถี่ จะได้เป็นกราฟเส้นตรง



รูปที่ 2.55 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับความถี่

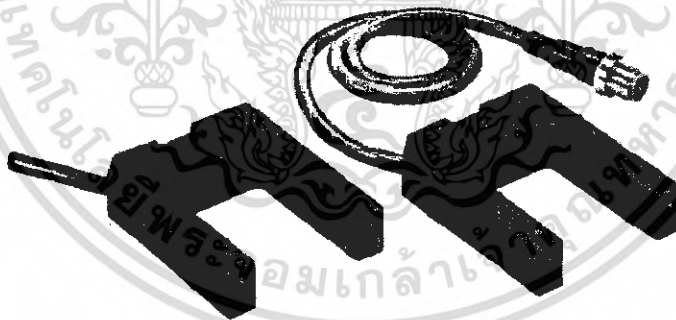
ค่าความชันของกราฟได้ $= h/e$

จุดตัดแกน x ของกราฟได้ $= f_0$

จุดตัดแกน y ของกราฟได้ $= -(W/e)$

2.6.2 อุปกรณ์ของโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์แบบร่องหรือก้ามปู

- ด้วยการออกแบบลักษณะเป็นร่องทำให้สามารถลดขั้นตอนการปรับแต่งแนวแกนแสงตรวจจับได้
- มีรุ่นแนวแกนแสงตรวจจับ 2 แกนให้เลือกใช้
- เหมาะสมอย่างยิ่งในงานตรวจจับตำแหน่ง



รูปที่ 2.56 แสดงโครงสร้างภายนอกของโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์แบบร่องหรือก้ามปู

2.6.2.1 คุณสมบัติ

โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ของออมรอนรุ่น E3Z เป็นผลิตภัณฑ์ที่ถูกออกแบบมาสำหรับการใช้งานจริงที่มีย่านกว้างสำหรับสายการผลิตที่กว้าง และมีการติดตั้งง่าย นอกจากนี้รุ่น E3Z ยังมีคุณสมบัติทนน้ำและฝุ่น ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้ในพื้นที่ต่างๆ ได้หลากหลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.2 รายละเอียดทางเทคนิค

ตารางที่ 2.3 แสดงรายละเอียดทางเทคนิค

วิธีตรวจจับ	แบบตัวรับ-ตัวส่งแยกกัน (ชนิดร่อง)			
	1		2	
จำนวนแนวแกน แสงตรวจจับ				
เอาต์พุต NPN	E3Z-G61	E3Z-G61-M3J	E3Z-G62	E3Z-G62-M3J
เอาต์พุต PNP	E3Z-G81	E3Z-G81-M3J	E3Z-G82	E3Z-G82-M3J
ระยะทางการ ตรวจจับ	25 มม. (ระยะทางการตรวจจับระหว่างร่องแกน)			
แหล่งกำเนิดแสง (ความยาวคลื่น)	LED อินฟราเรด (940 nm)			
แรงดันแหล่งจ่าย	12 ถึง 24 VDC \pm 10% รวมริปเปิล (p-p) สูงสุด 10%			
การใช้ กระแสไฟฟ้า	สูงสุด 25 mA		สูงสุด 40 mA	
เอาต์พุตควบคุม	แรงดันโหลด: สูงสุด 26.4 VDC กระแสโหลด: สูงสุด 100 mA (แรงดันตกค้าง: สูงสุด 1 V) สามารถเลือก L-ON/D-ON ได้ (ในรุ่น 2 แกนสามารถเลือก L-ON หรือ D-ON ของแต่ละแกนได้)			
การป้องกันวงจร	ป้องกันการต่อแหล่งจ่ายกลับขั้ว เอาต์พุตลัดวงจร และป้องกันการรบกวน			
เวลาตอบสนอง	การทำงานหรือรีเซ็ต: สูงสุด 1 ms			
สภาพแสง แวดล้อม (ด้าน ตัวรับแสง)	หลอดไส้: สูงสุด 3,000 ลักซ์ แสงอาทิตย์: สูงสุด 10,000 ลักซ์			
สภาพอุณหภูมิ แวดล้อม	ขณะทำงาน: -25°C ถึง 55°C /ขณะเก็บรักษา: -40°C ถึง 70°C (สถานะไม่ เป็นน้ำแข็งหรือควบแน่น)			
ความต้านทาน ฉนวน	ต่ำสุด 20 MW ที่ 500 VDC ระหว่างสายและตัวเครื่อง			
ความคงทนของ ฉนวน	1,000 VAC, 50/60 Hz เป็นเวลา 1 นาทีระหว่างสายและตัวเครื่อง			

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนแนวแกน แสงตรวจจับ	1	2		
ความต้านทานการ สั่นสะเทือน	10 ถึง 55 Hz ที่แอมพลิจูดเป็นสองเท่าของ 1.5 มม. เป็นเวลา 2 ชม. ตามแนวแกน X, Y และ Z			
ความต้านทานการ กระแทก	เกิดความเสียหาย: 500 m/s^2 3 ครั้ง ตามแนวแกน X, Y และ Z			
พิกัดการป้องกัน	IP64 (IEC60529)			
วิธีการต่อ	สายในตัว (ความยาว 2 ม. หรือ 0.5 ม.)	สายต่อคอนเนค เตอร์	สายในตัว (ความยาว 2 ม. หรือ 0.5 ม.)	สายต่อคอนเนค เตอร์
ไฟแสดงผล	ไฟแสดงสถานะการทำงาน (สีเขียว)			
น้ำหนัก (รวม กล่อง)	รุ่นสายในตัว (2 ม.): 65 กรัม รุ่นจุดต่อคอนเนคเตอร์: 30 กรัม			
วัสดุ	ABS			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.3 การทำงาน

ตารางที่ 2.4 แสดงวงจรภาคเอาต์พุต (เอาต์พุต NPN)

จำนวนแนวแกน แสงตรวจจับ/รุ่น	สถานะ เอาต์พุต ทรานซิสเตอร์	แผนภูมิเวลา		ตัวเลือก โหมด
1 แนวแกน E3Z-G61 E3Z-G61-M3J	Light-ON	ไฟแสดง สถานะ การทำงาน เอาต์พุต ทรานซิสเตอร์ โพล (รีเลย์)	ได้รับความแสง ไม่ได้รับความแสง ON OFF ON OFF ขณะทำงาน รีเซ็ต ระหว่างนำตาลและดำ	Light-ON (L/ON)
	Dark-ON		ได้รับความแสง ไม่ได้รับความแสง ON OFF ON OFF ขณะทำงาน รีเซ็ต ระหว่างนำตาลและดำ	Dark-ON (D/ON)
2 แนวแกน E3Z-G62 E3Z-G62-M3J	Light-ON		ได้รับความแสง ไม่ได้รับความแสง ON OFF ON OFF ขณะทำงาน รีเซ็ต ระหว่างนำตาลและดำ	Light-ON (L/ON)
	Dark-ON		ได้รับความแสง ไม่ได้รับความแสง ON OFF ON OFF ขณะทำงาน รีเซ็ต ระหว่างนำตาลและดำ	Dark-ON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

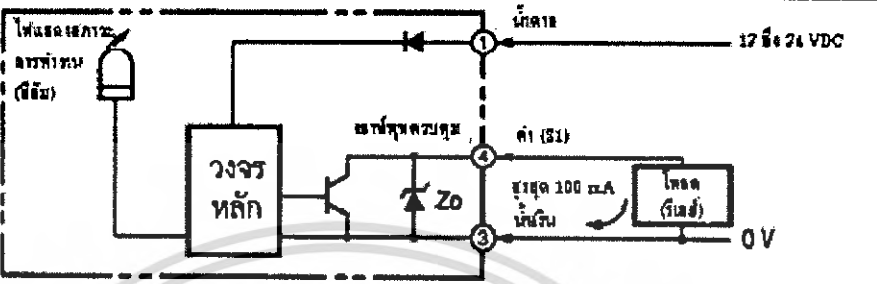
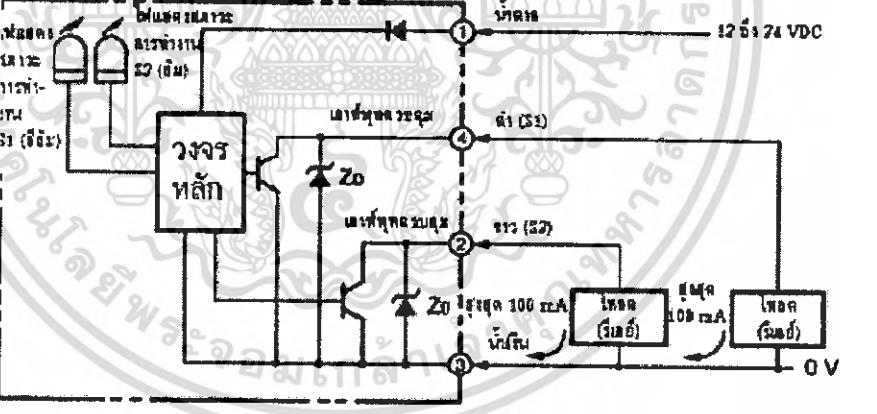
จำนวนแนวแกน แสงตรวจจับ/รุ่น	วงจรภาคเอาต์พุต
<p>1 แนวแกน E3Z-G61 E3Z-G61-M3J</p>	<p>การจัตรีงของขาคอนเนคเตอร์</p>
<p>2 แนวแกน E3Z-G62 E3Z-G62-M3J</p>	<p>หมายเหตุ: ขา 2 ไม่ใช้งาน</p> <p>การจัตรีงของขาคอนเนคเตอร์</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 แสดงวงจรภาคเอาต์พุต (เอาต์พุต PNP)

จำนวน แนวแกน แสดงตรวจจับ/ รุ่น	สถานะเอาต์พุต ทรานซิสเตอร์	แผนภูมิเวลา		ตัวเลือก โหมด
1 แนวแกน E3Z-G81 E3Z-G81-M3J	Light-ON	ไฟแสดง สถานะ การทำงาน เอาต์พุต ทรานซิสเตอร์ โหลด (รีเลย์)		Light-ON (L/ON)
	Dark-ON			Dark-ON (D/ON)
2 แนวแกน E3Z-G82 E3Z-G82-M3J	Light-ON	ไฟแสดง สถานะ การทำงาน เอาต์พุต ทรานซิสเตอร์ โหลด (รีเลย์)		Light-ON (L/ON)
	Dark-ON			Dark-ON (D/ON)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนแนวแกน แสดงตรวงจรับ/รุ่น	วงจรภาคเอาต์พุต
<p>1 แนวแกน E3Z-G81 E3Z-G81-M3J</p>	 <p>การจัดเรียงขาคอนเนคเตอร์</p> <p>หมายเหตุ: ขา 2 ไม่ใช้งาน</p>
<p>2 แนวแกน E3Z-G82 E3Z-G82-M3J</p>	 <p>การจัดเรียงขาคอนเนคเตอร์</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

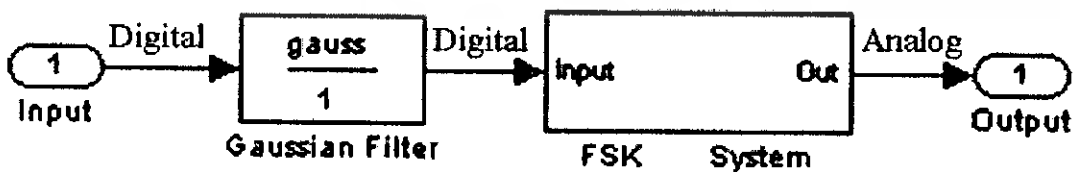
2.7 การรับ – ส่งข้อมูลด้วยชุดรับ – ส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย

2.7.1 ลักษณะการทำงานของชุดรับ - ส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย

เป็นชุดสำหรับใช้แปลงสัญญาณระหว่าง RS232 และ RF-Wireless โดยในโหมดการทำงานของการส่งข้อมูล (Transmitter) จะทำหน้าที่ที่รองรับข้อมูลจากพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS232 จากขา RX แล้วแปลงเป็นสัญญาณความถี่ (Gaussian Frequency Shift Keying : GFSK) ส่งออกไปในอากาศ และในทางกลับกันในโหมดการทำงานแบบรับ (Receiver) ก็จะทำหน้าที่คอยตรวจจับข้อมูลที่อยู่ในรูปของสัญญาณความถี่ (GFSK) จากด้านคลื่นวิทยุ (Radio Frequency: RF) เพื่อแปลงกลับเป็นข้อมูลแบบ RS232 ส่งออกไปทางขา TX ได้ด้วยซึ่งจะเห็นได้ว่าชุดแปลงสัญญาณนี้ สามารถนำไปต่อใช้งานร่วมกับพอร์ตสื่อสารอนุกรม แบบ RS232 เพื่อใช้งานในลักษณะของการสื่อสารอนุกรมแบบไร้สาย (Wireless Transceiver) ได้โดยตรง โดยจะมีข้อดีกว่า คือ สามารถรับส่งข้อมูลกันได้ในระยะทางที่ไกลกว่า RS232 หลายเท่าตัว และที่สำคัญ คือ ไม่จำเป็นต้องใช้สายสัญญาณที่เป็นตัวนำสัญญาณทางไฟฟ้าในการสื่อสารข้อมูลกันทำให้สามารถเปลี่ยนแปลงหรือเคลื่อนย้ายจุดรับส่งข้อมูลได้ตลอดเวลา ซึ่งระบบการจัดการข้อมูลนั้น มีระบบการเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ โดยข้อมูลแต่ละ ไบต์ที่มีการรับส่งกันนั้น จะมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลให้ด้วยแล้ว โดยข้อมูลที่รับได้จากด้าน RF นั้นเป็นข้อมูลที่มีความถูกต้อง

2.7.2 เทคนิคการส่งข้อมูลแบบเกาซ์เซียน (GFSK)

GFSK เป็นการมอดูเลตสัญญาณแบบดิจิทัล โดยข้อมูลที่เข้ามานั้นจะเป็นสัญญาณ baseband ที่มีแบนด์วิดท์ข้อมูลกว้าง ดังนั้นจึงต้องผ่าน Gaussian filter ก่อนเพื่อลดแบนด์วิดท์ลงแล้วค่อยทำการมอดูเลตข้อมูลแบบ FSK (Frequency Shift Keying) ส่งออกไป ดังรูปที่ 2.57 ซึ่งจะเป็นไดอะแกรมการทำงานของระบบ Gaussian Frequency Shift Keying



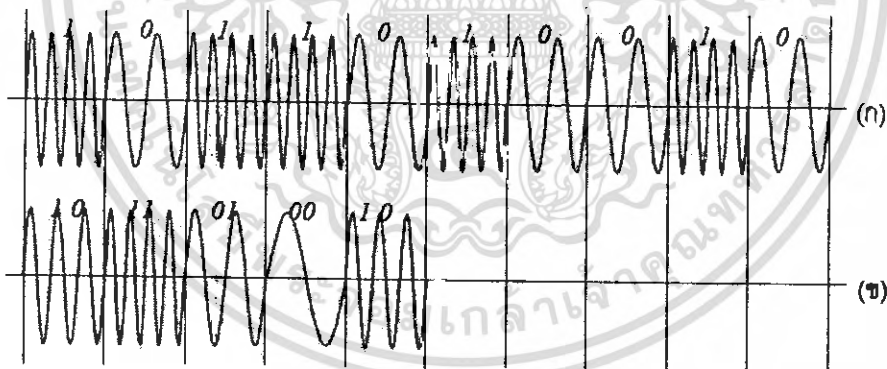
รูปที่ 2.57 แสดงไดอะแกรมระบบ GFSK

Gaussian Filter จะทำให้รูปร่างของพัลส์ถูกจำกัดความกว้างของสเปกตรัม และทำให้การตอบสนองทางความถี่มีแบนด์วิดท์ที่แคบ และผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ (impulse response) สามารถหลีกเลี่ยง low overshoot ที่จะเกิดขึ้นในความถี่สัญญาณแบบ FM ที่จะทำการส่งออกไปนั่นเอง ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GFSK ใช้ความถี่การกระโดดเปลี่ยนความถี่ของช่องสัญญาณและการมอดูเลตแบบจีเอฟเอสเค (GFSK modulation) ในโหมดการส่งข้อมูล ข้อมูลเลขฐาน 2 (binary data) จะถูกส่งเข้าสู่ modulator โดยการใช้ GFSK scheme ซึ่งผลของการมอดูเลตกับสัญญาณเอาท์พุทที่มาจาก GFSK modulator แล้วจะ shift สัญญาณไปที่ประมาณศูนย์กลางของ การเลือกกระโดดช่วงความถี่ (selected hop frequency) ส่วนทางด้านตัวรับ จะมี frequency-hopped spread-spectrum คือ ก่อนการแยกสัญญาณ (pre-demodulated) จะใช้หลักการเดียวกันที่ใช้ด้านตัวส่ง และจะถูกส่งเข้าสู่การแยกสัญญาณ FSK ดังนั้นข้อมูลเลขฐานสอง (binary data) จะถูกกู้คืนกลับมาที่ด้านสุดท้ายของเอาท์พุท

2.7.2.1 การมอดูเลตทางความถี่ (FSK: Frequency Shift Keying)

เป็นการเปลี่ยนความถี่ของพาหะเนื่องจากการมอดูเลตด้วยสัญญาณดิจิทัลจะทำให้พาหะของสัญญาณเปลี่ยนไปเป็นความถี่ที่แน่นอนในลักษณะของการเลื่อนความถี่ ซึ่งถ้าเป็นการมอดูเลตแบบไบนารี FSK คือมีการรวมของบิต ข้อมูล 0 กับ 1 ก็จะทำให้สัญญาณพาหะเปลี่ยนไปเป็นความถี่สองความถี่ ดังแสดงในรูปที่ 2.58 (ก) และเมื่อใช้หลายความถี่เพื่อแทนการรวมกันของบิตข้อมูลที่มากขึ้นจะทำให้ความถี่ของพาหะเปลี่ยนไปหลายความถี่ได้ เป็นการมอดูเลตแบบ M-array FSK ดังรูปที่ 2.58 (ข) ซึ่งเป็นกรณี 4-array FSK จะทำให้ได้อัตราบิตที่สูงขึ้นทำนองเดียวกับ M-array ASK



รูปที่ 2.58 แสดงสัญญาณ FSK (ก) ไบนารี FSK (ข) 4-Array FSK

Binary FSK:

เป็นการมอดูเลตโดยการเปลี่ยนความถี่ของพาหะสองค่าตามข้อมูลคือเมื่อบิตข้อมูลเป็น '1' ก็จะมีพาหะที่มีความถี่สูงออกไป และถ้าบิตข้อมูลเป็น '0' ก็จะมีพาหะที่มีความถี่ต่ำออกไป

M-Array FSK:

ในกรณีที่ต้องการส่งข้อมูลให้เร็วขึ้นอาจใช้ขนาดพาหะหลายความถี่โดยที่ M คือจำนวนความถี่ของแต่ละความถี่จะแทนจำนวนบิตข้อมูลมากกว่า 1 บิต ดังรูปที่ 2.58 จะแทนข้อมูล 2 บิต ในแต่ละความถี่ของพาหะในจำนวนการเปลี่ยนแปลงสัญญาณที่เท่ากัน จะแทนด้วยจำนวนบิตที่มากกว่าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือเท่ากับว่าส่งข้อมูลได้เร็วกว่า แต่การเพิ่มจำนวนความถี่ ทำให้แบนด์วิธของสัญญาณสูงขึ้นและอาจทำให้แต่ละความถี่ใกล้กันมีโอกาสที่จะทำให้การรับผิดพลาดได้ง่ายขึ้น

2.7.3 โหมดการทำงานและสมบัติการใช้งาน

สำหรับโหมดการทำงานของชุดแปลงสัญญาณนี้จะแบ่งออกเป็น 2 โหมด ด้วยกันคือ RUN MODE และ SETUP MODE โดยการทำงานของเครื่องนั้นจะมี LED แสดงสถานะการทำงานของเครื่องจำนวน 2 หลอด คือ LED POWER ซึ่งเป็น LED สีแดง โดยที่ LED POWER นี้จะติดสว่างให้เห็นตลอดเวลาที่มีการจ่ายไฟเลี้ยงให้เครื่องทำงานอยู่ ส่วน LED อีกดวงหนึ่งนั้นจะเป็น LED สีเขียวใช้แสดงสถานะการทำงานของเครื่อง ซึ่งจะเกิดการกระพริบตามจังหวะของการรับส่งข้อมูลกันในแต่ละครั้งโดยในสภาวะปกตินั้น ถ้าเครื่องทำงานอยู่ใน RUN MODE หลอด ไฟแสดงสถานะการทำงานของเครื่องจะดับอยู่ตลอดเวลาถ้าไม่มีการรับส่งข้อมูล แต่ถ้าเครื่องทำงานอยู่ใน SETUP MODE หลอด ไฟแสดงสถานะการทำงานของเครื่อง จะติดอยู่ตลอดเวลาถ้าไม่มีการรับส่งข้อมูล โดยมีคุณสมบัติดังนี้

- มีรูปแบบและความเร็วสูงในการ รับ-ส่งข้อมูลสูง โดยส่งแบบ GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying) ความเร็ว รับ-ส่ง ข้อมูลสูงถึง 1Mbps, 250Kbps มีทั้ง ชุดรับ-ส่ง ในชุดเดียวกัน โดยเป็นแบบสลับกันทำงานรับส่ง

- ความถี่ในการใช้งานที่ 2.4 GHz - 2.524 GHz

- กำลังส่ง Output Power 10 mW , พร้อมเสาอากาศในเครื่อง

- สามารถตั้งช่องความถี่ใช้งานด้วยโปรแกรมได้ถึง 125 ช่องสัญญาณ ทำให้สามารถ ใช้ทำงานได้หลายๆ เครื่องในพื้นที่เดียวกัน และนอกจากนี้ยังสามารถ ตั้ง ID Code ในการรับ หรือ ID Code ในการส่ง ก็ได้ถึง 256 ตำแหน่งต่อช่อง ทำให้สามารถประยุกต์ใช้เป็นแบบ RF Network ได้อีกด้วย

- ระยะทางในการ รับ-ส่ง สัญญาณ 280 เมตร (250Kbps) -150 เมตร (1Mbps) กลางแจ้ง และในอาคารระยะทาง 50 เมตร

- ขั้วต่อ RS232 เป็นแบบขั้ว 4 PIN สามารถต่อกับขั้วแบบ DB 9 Pin ได้

- ใช้แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง 5 - 9 โวลต์ กระแสสูงสุด 30 mA เป็นขั้วแบบ 4 Pin และ

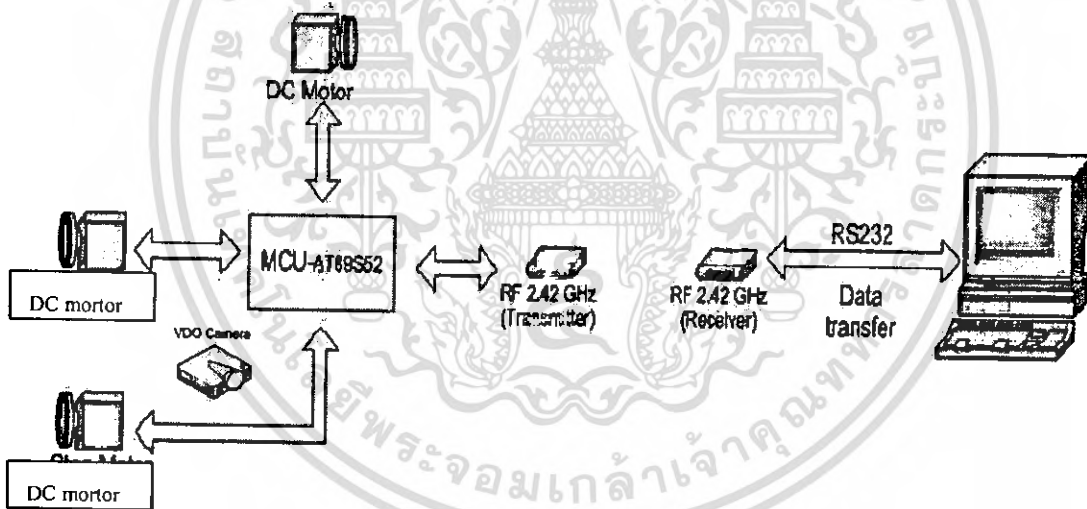
แบบ 2 Pin

บทที่ 3

ส่วนประกอบของระบบ

ปัจจัยที่สำคัญในสร้างการหุ่นยนต์ คือ โครงสร้างและอุปกรณ์ต่างๆที่ติดบนโครงหุ่นยนต์ จะต้องมีน้ำหนักเบา สามารถเคลื่อนที่ย้ายได้ อุปกรณ์สื่อสารไร้สายเพื่อสื่อสารข้อมูล อุปกรณ์ตรวจรู้ต่างๆ เช่น การเคลื่อนที่ อุณหภูมิ เสียงและภาพ ที่สำคัญในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จำเป็นต้องรู้ทิศทาง การเคลื่อนที่และระบุตำแหน่งที่แน่นอนได้เพื่อที่จะทราบตำแหน่งของผู้รอดชีวิต ดังนั้น สเตปมิ่งมอเตอร์จึงถูกนำมาใช้ในโครงงานพิเศษนี้เนื่องจากสามารถคำนวณรอบการหมุนของล้อแล้วนำมาหาระยะทางที่เคลื่อนที่ไปได้ นอกจากนี้ยังมีการนำล้อสี่เหลี่ยมมาใช้เพื่อลดปัญหาของการลื่นไถล

3.1 ใคอะแกรมของระบบ



รูปที่ 3.1 ภาพแสดงระบบทั้งหมด

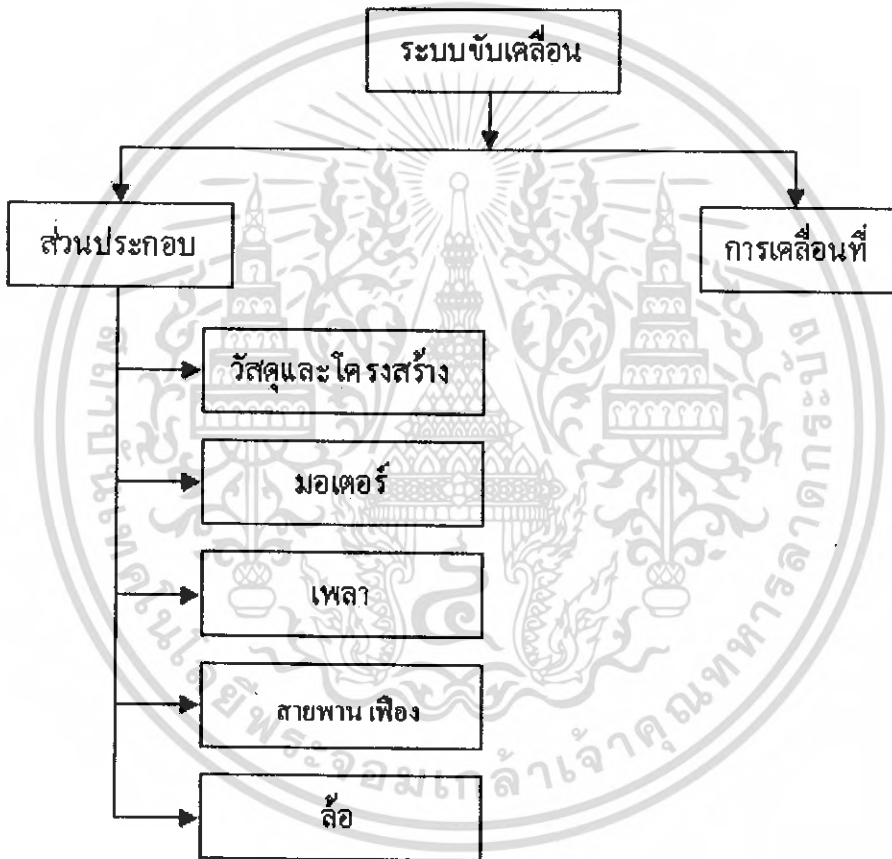
3.2 ขั้นตอนการออกแบบระบบ

- 3.2.1 ระบบขับเคลื่อน
- 3.2.2 ระบบควบคุม
- 3.2.3 ระบบประมวลผล
- 3.2.4 ระบบการตรวจรู้
- 3.2.5 ระบบพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 ระบบการขับเคลื่อน

หุ่นยนต์จะมีการเคลื่อนที่ในลักษณะเดียวกันกับรถถัง แต่เราจะใช้ล้อเป็นลักษณะของล้อสี่เหลี่ยมจำนวน 4 ล้อ โดยข้างซ้ายมี 2 ล้อ ข้างขวา 2 ล้อ โดยใช้ DCmotor 2 ตัว เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อน ใช้สายพานและเฟลาในการส่งกำลังให้ และเลือกการเคลื่อนที่ในแต่ละล้อได้ด้วยระบบไฟฟ้า การพัฒนาส่วนของระบบการขับเคลื่อนนี้จะมีขั้นตอนการสร้างและมีส่วนประกอบของระบบเป็น ดังรูปที่ 3.2



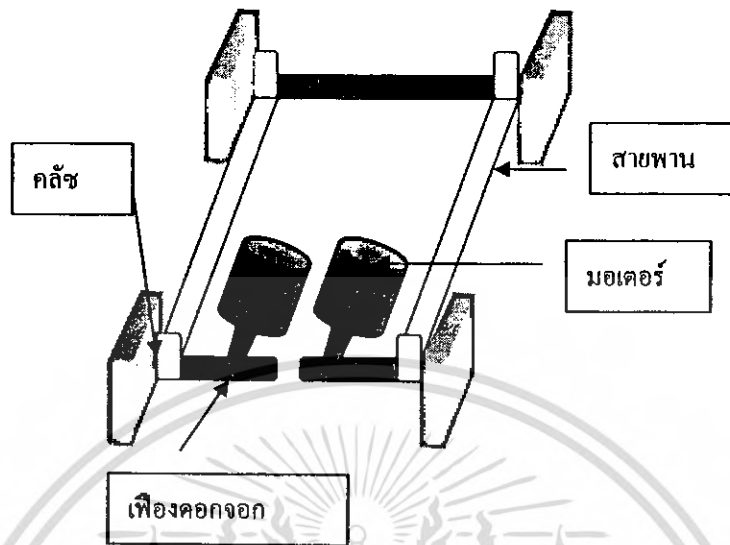
รูปที่ 3.2 แสดงแผนผังของการพัฒนาในส่วนของระบบการขับเคลื่อน

3.2.1.1 ส่วนประกอบ

3.2.1.1.1 วัสดุและโครงสร้าง

ใช้อะลูมิเนียมเป็น โครงสร้างของหุ่นยนต์ทั้งหมด ซึ่งมีลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยมประกอบกันเป็นตัวถังของหุ่นยนต์สำหรับบรรจุอุปกรณ์ต่างๆของหุ่น เช่น แบตเตอรี่ ดังรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



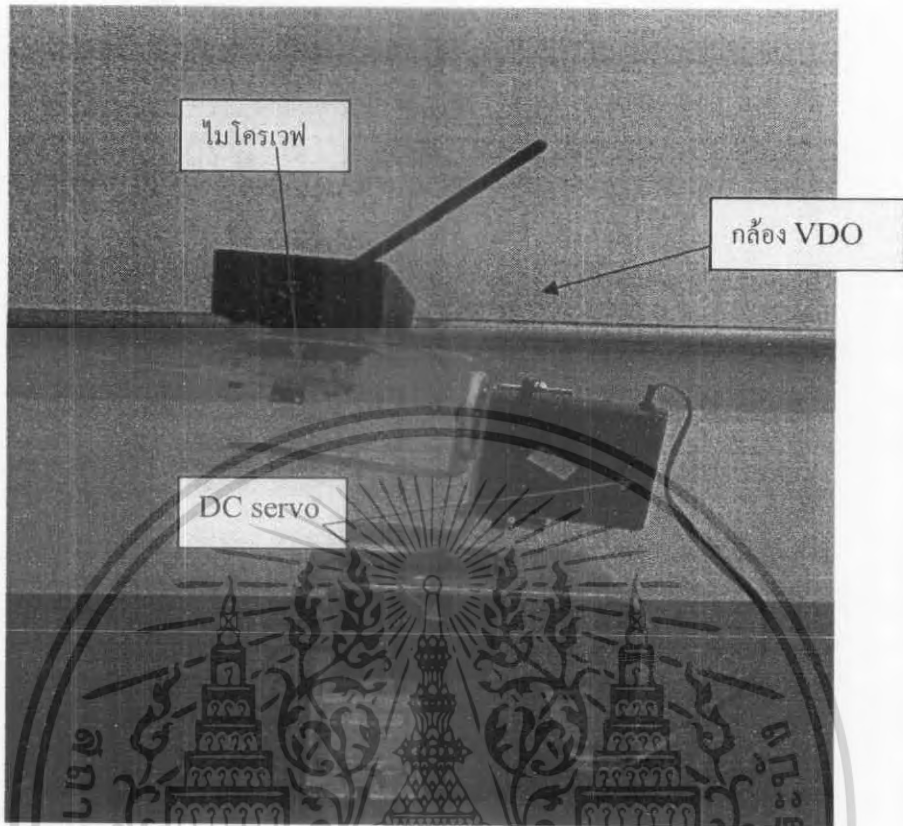
รูปที่ 3.3 แสดง โครงสร้างหุ่นยนต์และตำแหน่งการวางมอเตอร์

3.2.1.1.2 มอเตอร์ จะมีการขับเคลื่อนแบ่งตามหน้าที่การทำงาน คือ

DCmotor (ทำงานร่วมกัน 2 ตัว) ที่ทำหน้าที่หมุนกลิ้งและส่งกำลังขับเคลื่อนให้กับหุ่นยนต์ (2ตัว)

3.2.1.1.2.1 DC motor

ใช้ในการหมุนแท่นงานหมุนที่เป็นฐานของชุดตรวจจับสัญญาณต่างๆ เช่นกลิ้ง ไมโครเวฟ และอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะการติดตั้งแท่งของมอเตอร์กระแสตรง

3.2.1.1.2.2 DC gear servo motor

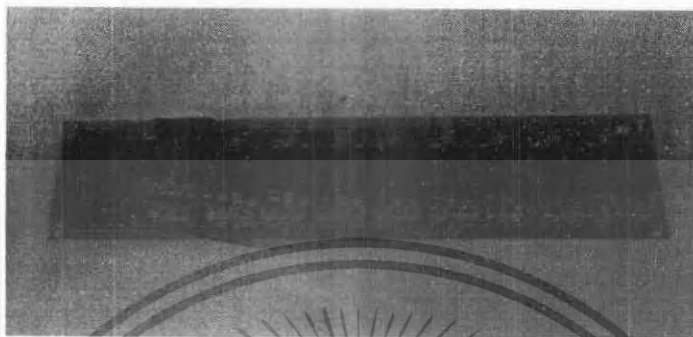
ใช้เป็นตัวต้นกำลังในการขับเคลื่อนลิ้นให้สามารถเคลื่อนที่ได้ ที่ใช้ในโครงการพิเศษนี้เป็นของ Pittman brand LO-COG® รุ่น GM14900 ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะของ DC gear servo motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจะมีรีเลย์คอยควบคุมการการไฟฟ้าให้กับมอเตอร์และคลัทซ์ ให้หุ่นยนต์ทำงานได้ตามต้องการ ซึ่งลักษณะของรีเลย์จะเป็นดังรูปที่ 3.6



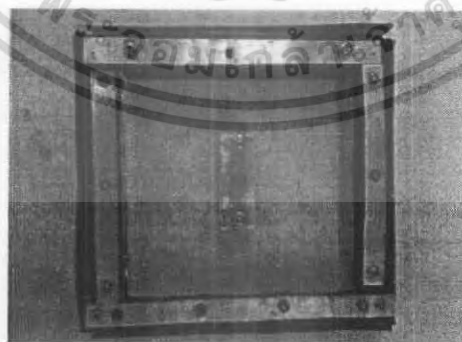
รูปที่ 3.6 รีเลย์ที่ใช้ในการควบคุมการจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบขับเคลื่อน

3.2.1.1.3 สายพาน เพื่อ

ใช้สายพานและเพลาเป็นต้นกำลัง เพื่อส่งกำลังที่ทำให้ล้อมารถเคลื่อนที่ไปพร้อมกันได้ด้านละ 2 ล้อ คลัทซ์ไฟฟ้าใช้ในการควบคุมล้อทั้งสองหุ่น โดยสามารถเลือกการเคลื่อนที่ในแต่ละล้อได้ ใช้ไฟฟ้าในการควบคุม 12 โวลต์ 0.1 แอมป์

3.2.1.1.4 ล้อ

ใช้วัสดุที่เป็น อะคริลิก (Acrylic) ลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีขนาด 14 x 14 x 1 เซนติเมตร โดยมียางหุ้มที่ขอบของล้อเพื่อเพิ่มแรงยึดเกาะพื้น ดังรูปที่ 3.7

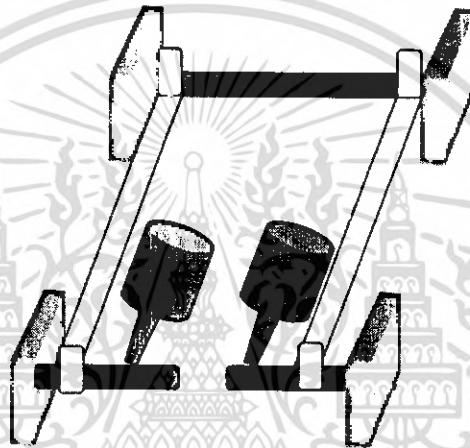


รูปที่ 3.7 ลักษณะของล้อสี่เหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.1 การเคลื่อนที่

เริ่มจากมอเตอร์เป็นตัวส่งกำลังไปเพลลา ทำให้เพลลาที่ติดกับล้อหมุน โดย 2 ล้อที่ติดกับสายจะเคลื่อนไปพร้อมกันในแต่ละชุดของล้อ (ชุดละ 2 ล้อสองข้าง) ซึ่งลักษณะการเคลื่อนที่คล้ายกับการเคลื่อนที่ของรถถัง (ตีนตะขาบ) เมื่อต้องการเปลี่ยนทิศทางเช่น เลี้ยวซ้ายชุดของล้อทางซ้ายจะถอยกลับพร้อมกับชุดล้อทางขวาจะเดินหน้า ทั้งนี้เพื่อการเคลื่อนที่ที่มีประสิทธิภาพในหลากหลายสภาพพื้นผิวจึงมีจุดหมุนที่ล้อกลางและมีระบบ Shoke up ในการปรับความสมดุลของหุ่นยนต์ ดังรูปที่ 3.8



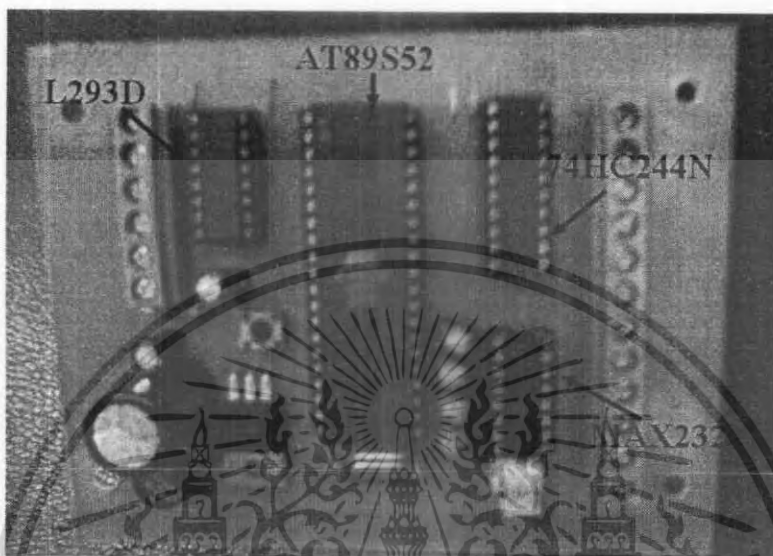
รูปที่ 3.8 แสดงลักษณะการเลี้ยวของหุ่นยนต์

3.2.2 ระบบควบคุม

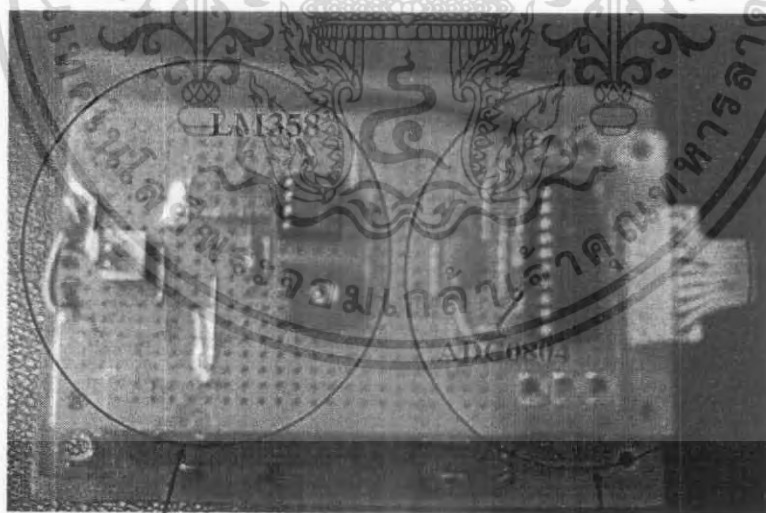
ในการควบคุมหุ่นยนต์นั้นผู้ควบคุมสามารถบังคับทิศทางและการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ การหมุนของกล้องวิดีโอไร้สายได้ด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมที่ติดต่อกับหุ่นยนต์กับผู้ใช้งาน (User Interface) คือ โปรแกรม Visual Basic 6 จะบังคับหุ่นยนต์โดยการกดแป้นคีย์บอร์ดปุ่มที่กำหนดบนคอมพิวเตอร์ ในการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ จะเป็นไปตามคำสั่งจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด โดยจะแบ่งการควบคุมเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ด้วยสเตปมอเตอร์ และส่วนควบคุมการหมุนกล้องวิดีโอไร้สายที่อยู่บนจานหมุนด้วยมอเตอร์กระแสตรง

โดยคอมพิวเตอร์จะส่งข้อมูลการควบคุมออกทางพอร์ตสื่อสารอนุกรม (Serial Port) ด้วยชุดส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย จากนั้นจะส่งข้อมูลไปยังชุดรับข้อมูล RS232 แบบไร้สายเข้ามาที่ชุดแปลงระดับสัญญาณ RS232 คือไอซี MAX232 เพื่อป้อนสัญญาณให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ 8 บิต AT89S52 ซึ่งจะควบคุมระบบทั้งหมดของหุ่นยนต์ คือ ชุดควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อน และชุดควบคุมเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์สำหรับกล่องVDO ซึ่งใช้ในการควบคุมการหมุนของฐานรอบแกนของกล่องวิดีโอไร้สาย (แทน หมุน) ซึ่งบอร์ดวงจรควบคุมจะเป็นดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงบอร์ดที่ชุดควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อน และชุดควบคุมมอเตอร์สำหรับกล่องVDO



ชุดตรวจจับสัญญาณด้วย
แสงอินฟราเรด

ชุดแปลงสัญญาณอนาล็อก
เป็นดิจิทัล

รูปที่ 3.10 แสดงบอร์ดที่ใช้หาค่ามุมในการหมุนจานหมุนของกล่องวิดีโอไร้สาย

ในรูปที่ 3.10 จะเป็นบอร์ดที่ใช้ในหาระยะหรือมุมในการหมุนของกล่อง ซึ่งได้มาจากการแปลง
เอสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิทัล คือ ชุดแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล ซึ่งภายในบอร์ด คือ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.1 ชุดตรวจจับสัญญาณแสงอินฟราเรด

ซึ่งจะมีเครื่องตรวจจับแสงติดอยู่ที่ล้อของหุ่น เมื่อหุ่นเคลื่อนที่ไปได้ครึ่งรอบ ชุดภาครับสัญญาณอินฟราเรดก็จะส่งค่าดิจิทัลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อบอกว่าหุ่นยนต์ได้เคลื่อนที่ไปในทางใดและเคลื่อนที่ไปได้ระยะทางเท่าใด ทั้งนี้เซนเซอร์จะบอกเพียงระยะทางที่หุ่นเคลื่อนที่ไปได้เท่านั้น แต่การเคลื่อนที่ในทิศทางใด โปรแกรมจะประมวลผลมาจากการสั่งงานโดยผู้ควบคุม

3.2.2.2 ชุดแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิทัล

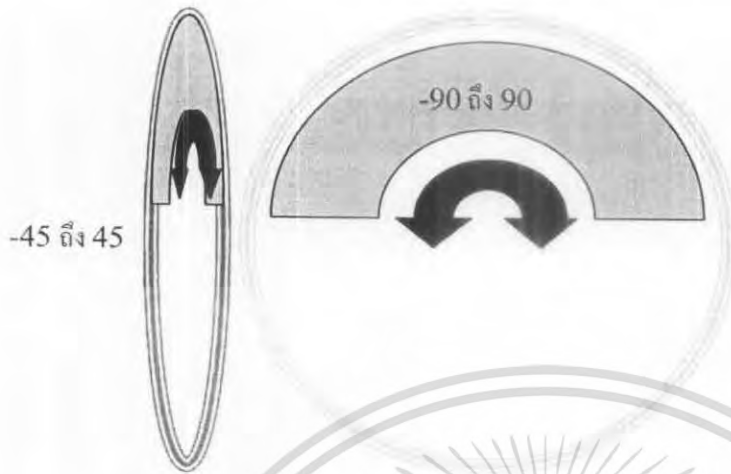
สัญญาณอะนาลอกจะได้อาจจากการหมุนของแท่งที่ใช้สำหรับติดตั้งอุปกรณ์เช่น กล้อ โดยสัญญาณอะนาลอกได้มาจากตัวต้านทานปรับค่าได้ที่ติดตั้งไว้ 2 ตัว (ในแนวระนาบและในแนวตั้ง) ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.11 แสดงลักษณะของอานาลอกปรับค่าได้ ทั้งด้านหน้าและด้านหลัง

แท่งนี้จะหมุนไปได้ในสองแนวแกนก็ได้ จึงเป็นสองค่าส่งไปยังไอซีเบอร์ 0804 เพื่อทำการแปลงสัญญาณให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิทัล ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงจะประมวลผลได้ การหมุนของแท่งจะหมุนไปได้ 360 องศา แต่เนื่องจากอุปกรณ์และระบบส่งพลังงานมีข้อจำกัดในการหมุนไปพร้อมกับแท่ง จึงสามารถแสดงผลในแนวตั้ง มุมต่ำกวาระดับ 0-45 องศา มุมสูงกวาระดับ 0-45 องศา (แสดงค่าที่ละ 5 องศา) และแสดงผลในแนวนอน 180 องศา (ซ้าย 90 องศา ขวา 90 องศา แสดงค่าที่ละ 10 องศา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 แสดงขอบเขตช่วงของมุมซึ่งกลิ้งสามารถหมุนไปได้

ในการบังคับหุ่นยนต์ด้วยแป้นคีย์บอร์ดนั้นจะมีปุ่มที่ทำงานอยู่ 6 ปุ่มด้วยกัน คือ

1. ปุ่ม w บังคับให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เดินหน้า
2. ปุ่ม s บังคับให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ถอยหลัง
3. ปุ่ม a บังคับให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปทางซ้าย
4. ปุ่ม d บังคับให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปทางขวา
5. ปุ่ม z บังคับให้กล้องวิดีโอหมุนไปทางซ้าย
6. ปุ่ม c บังคับให้กล้องวิดีโอหมุนไปทางขวา
7. ปุ่ม x บังคับให้กล้องวิดีโอหมุนขึ้น
8. ปุ่ม v บังคับให้กล้องวิดีโอหมุนลง

โดยวงจรของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ควบคุมระบบทั้งหมดจะเป็นดังรูปที่ 3.9

การทำงานในส่วนการควบคุมการหมุนกล้องวิดีโอไว้สายนั้นมีอุปกรณ์หลายอย่างที่ทำงานร่วมกัน จึงต้องใช้อุปกรณ์เสริมเข้ามาเพื่อช่วยให้จัดวางอุปกรณ์บนโครงหุ่นยนต์ได้เหมาะสม คือฐานรองกล้องที่จะยึดติดกับแท่นจานหมุน ซึ่งฐานรองนี้ยังไว้ใช้วางอุปกรณ์หรือเซ็นเซอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการหาผู้รอดชีวิตด้วย

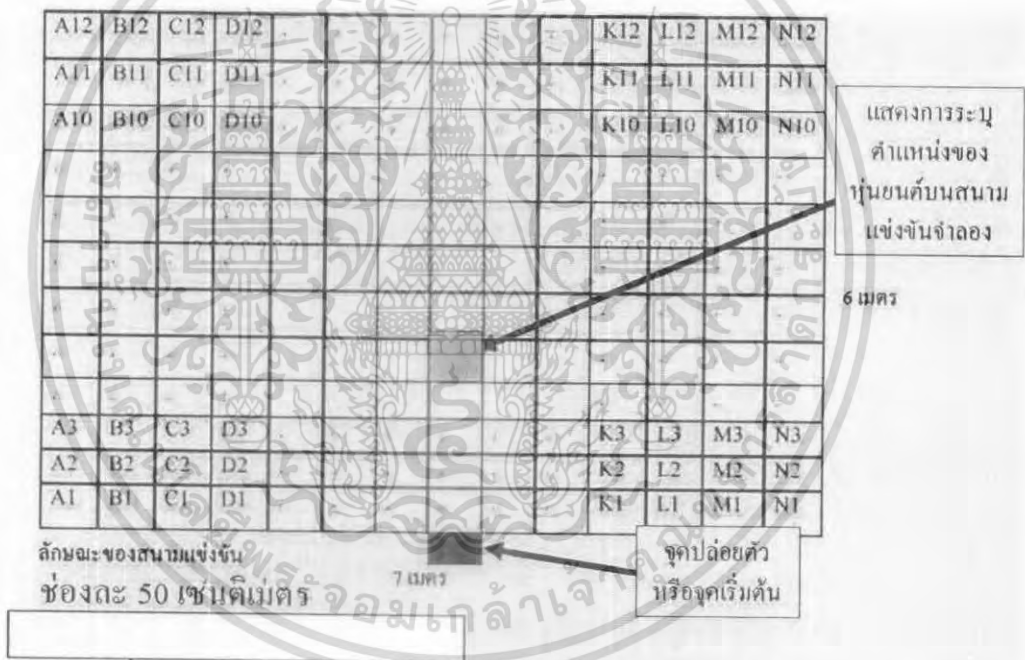
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ระบบการประมวลผล

ใช้โปรแกรม Visual Basic ในการประมวลผลแสดงทางคอมพิวเตอร์โดยรับค่าต่างๆ จากไมโครคอนโทรลเลอร์มา แล้วคำนวณเป็นค่าต่างๆ ดังนี้ คือ

3.2.3.1 ตำแหน่งของหุ่นยนต์

เป็นการคำนวณหาระยะทางหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปได้ จากที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 2 หัวข้อ 2.3 หลักการบอกตำแหน่ง การทำงานโปรแกรมนั้นจะรับค่าจำนวนไซเคิลของสเตปป์มอเตอร์ที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปได้จากการบังคับขณะนั้น เพื่อนำมาคูณกับขนาดของล้อสี่เหลี่ยม 1 ด้านที่มีขนาด 15 เซนติเมตร จะได้ระยะทางจริงที่หุ่นเคลื่อนที่ได้ แล้วคำนวณเทียบมาตราส่วนระยะทางในสนามแข่งขันจริงกับระยะที่จะแสดงผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์เพื่อบอกพิกัดว่าหุ่นอยู่ตำแหน่งใด ดังรูปที่ 3.13

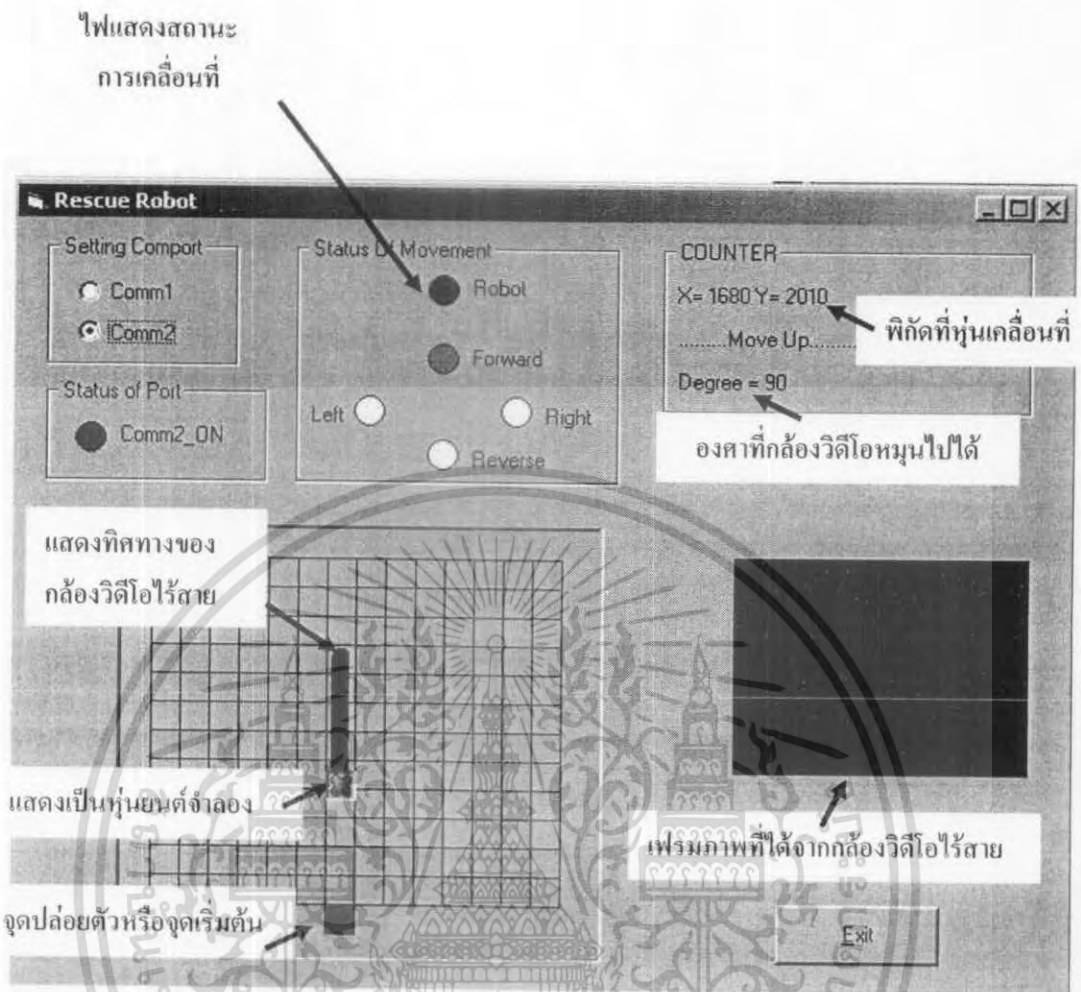


รูปที่ 3.13 แสดงตำแหน่งของหุ่นยนต์บนสนามแข่งขันจำลอง

3.2.3.2 ค่ามุมของกล้องวิดีโอไร้สาย

เป็นค่าความด้านทานที่เปลี่ยนแปลงไปตามการหมุนของแท่นจานหมุน โดยมีการแปลงค่าที่ได้ นี้ให้เป็นดิจิทัลเพื่อส่งไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้วยชุดวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลในรูปของเลขฐานสิบหก จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะส่งค่าเลขฐานสิบหกนี้มาให้โปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ เพื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้เห็นว่าสัมพันธ์กับมุมใด ที่ทำการบันทึกผลไว้ เพื่อแสดงผลออกทางโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ ในรูปของการจำลองรัศมีการคาดกล้องสำรวจที่มุมต่างๆ ดังรูปที่ 3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 ภาพแสดงค่าต่างๆ จากโปรแกรม Visual Basic ที่รับมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์

3.2.4 ระบบตรวจรู้

3.2.4.1 ระบบตรวจจับอุณหภูมิ

ในโครงการพิเศษนี้เราใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสด้วยแสงอินฟราเรดของ RAYTEK รุ่น The Mini Temp FS ซึ่งวิธีการวัดนั้นคือเหนี่ยวไกที่เครื่อง (ปุ่มสีแดง) แล้วค่าอุณหภูมิก็จะแสดงผลที่ LCD ทันที โดยเราจะพิจารณาที่อุณหภูมิร่างกายของมนุษย์ ก็คือช่วงอุณหภูมิ 30 – 40 °C เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 เครื่องวัดอุณหภูมิด้วยแสงอินฟราเรด

ในการทดลองวัดอุณหภูมินั้นจะวัดให้เห็นถึงความแตกต่างของอุณหภูมิที่เห็นได้ชัดเจน โดยได้ทำการทดลองเป็น 2 ตอนคือ

ตอนที่ 1 วัดวัตถุที่มีความเย็นนั้นก็คือ น้ำแข็ง ดังรูปที่ 3.16

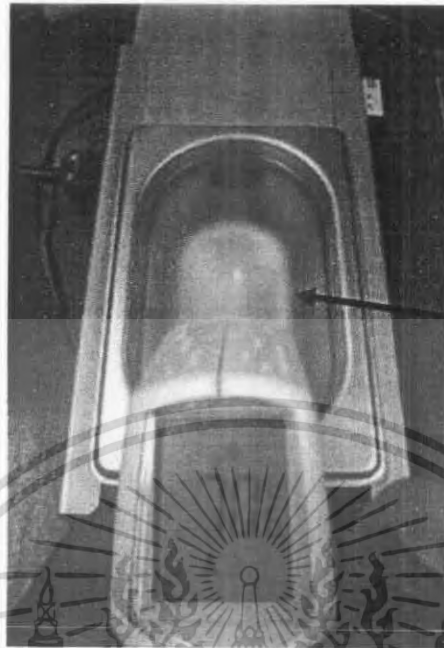
น้ำแข็ง



รูปที่ 3.16 แสดงการวัดอุณหภูมิวัตถุที่มีความเย็น

ตอนที่ 2 วัดวัตถุที่มีความร้อน โดยการต้มน้ำจนเดือดแล้วปล่อยให้เย็นประมาณ 5 นาที แล้วจึงวัดอุณหภูมิ ดังรูปที่ 3.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



น้ำอุ่นที่บรรจุ
ลงในภาชนะ

รูปที่ 3.17 แสดงการวัดอุณหภูมิวัตถุที่มีความร้อน

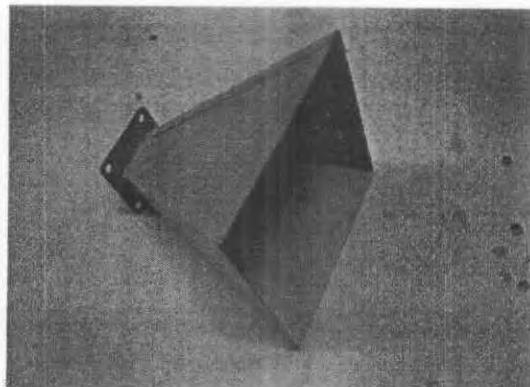
3.2.4.2 ระบบไมโครเวฟ

ใช้ในการตรวจับการเคลื่อนไหวโดยใช้คลื่นไมโครเวฟสามารถแสดงผลออกมาทางเกทบอก ระดับความแรงของการเคลื่อนไหว (Bar level) โดยสีเขียวบ่งบอกถึงเคลื่อนไหวรุนแรงน้อยสุด ได้ระดับไปถึงสีแดงคือบอกถึงการเคลื่อนไหวรุนแรงมากที่สุด ในระบบไมโครเวฟนี้ได้แบ่งเป็น 5 ส่วนคือ

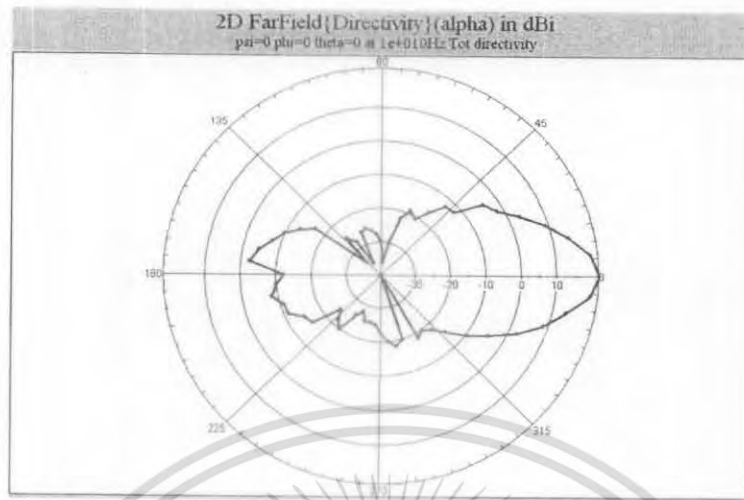
3.2.4.2.1 สายอากาศ

3.2.4.2.1.1 สายอากาศแบบฮอร์นพีระมิด (Pyramidal Horn Antenna)

ใช้สายส่งสัญญาณที่มีลักษณะแบบพีระมิด ซึ่งมีขนาด ดังรูปที่ 3.18



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.18 แสดงสายส่งสัญญาณแบบฮอร์นพีระมิด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 แสดงค่าแบริกตีวีส

3.2.4.2.1.2 สายอากาศแบบไมโครสตริป

เราจะใช้สายอากาศไมโครสตริปเป็นตัวส่งสัญญาณ เพราะว่าจุดประสงค์ของโครงการนี้คือ ทำให้น้ำหนักหุ่นยนต์ลดลง เพื่อไม่ให้เกิดโหลดอะกับหุ่นยนต์ ทำให้การเคลื่อนที่เร็วและคล่องตัวกว่าเดิม ส่วนสายอากาศไมโครสตริปที่ใช้ในการทดลองแสดงดังรูปที่ 3.20

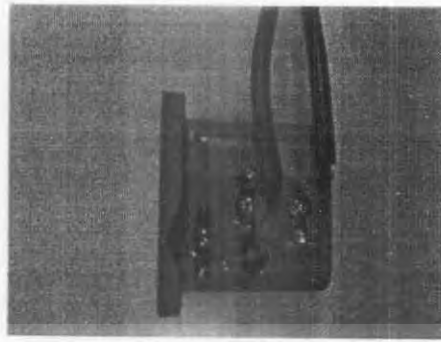


รูปที่ 3.20 แสดงสายอากาศไมโครสตริปที่ใช้ในการทดลอง

3.2.4.2.2 กัมน์เพลกเซอร์ (Gunn Plexer)

กัมน์เพลกเซอร์ ที่ใช้เป็นของบริษัทเอ็ม พี แอด โตเกียวญี่ปุ่น (M.P.L Tokyo Japan) รุ่น เอ็ม พี - 10 จี โอ เอ็ม (MP-10GOM) จะผลิตคลื่นความถี่ 10 กิกะเฮิรท์ซ (GHz) มีกำลัง 10 มิลลิวัตต์ (mW) ภายในจะประกอบด้วยกัมน์ไดโอด เฟอโรโรทีเซอร์คูเลเตอร์ และมิกเซอร์ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.21

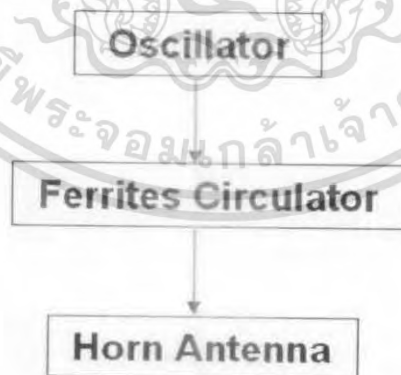
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 แสดงลักษณะกัมมันต์ไดโอดที่ใช้ในโครงการพิเศษ

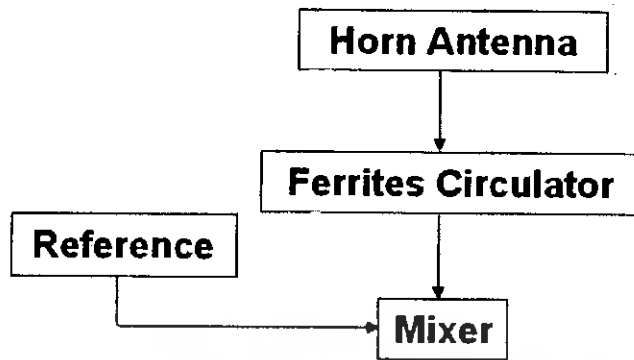
3.2.4.2.2.1 แผนผังการส่งและรับคลื่นของกัมมันต์เพลกเซอร์ (Gunn Plexer) และสายอากาศแบบฮอร์น พีระมิด (Pyramidal Horn Antenna)

ในการส่งสัญญาณคลื่นของกัมมันต์เพลกเซอร์และสายอากาศแบบฮอร์นพีระมิด จะมีกัมมันต์ออสซิลเลเตอร์ทำหน้าที่ผลิตคลื่นส่งไปยังเพอร์โรทเซอร์คูเลเตอร์ทางพอร์ตที่ 1 ผ่านไปพอร์ตที่ 2 แล้วออกสู่สายอากาศฮอร์น ดังไดอะแกรมรูปที่ 3.22 ส่วนตรงรับสัญญาณคลื่น สัญญาณคลื่นสะท้อนเข้ามาที่สายอากาศฮอร์น ส่งไปยังเพอร์โรทเซอร์คูเลเตอร์ทางพอร์ตที่ 2 ผ่านไปพอร์ตที่ 3 เข้าสู่มิกเซอร์ ดังไดอะแกรมรูปที่ 3.23 ภายในจะมีการเปรียบเทียบกับสัญญาณที่ได้รับมากับสัญญาณที่ออกมาจากกัมมันต์ออสซิลเลเตอร์



รูปที่ 3.22 แสดงไดอะแกรมการส่งสัญญาณของกัมมันต์เพลกเซอร์ (Gunn Plexer)

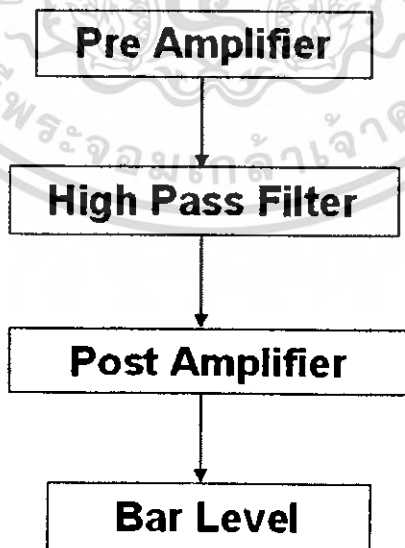
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 แสดงไดอะแกรมการรับสัญญาณของกันนัฟเลกเซอร์ (Gunn plexer)

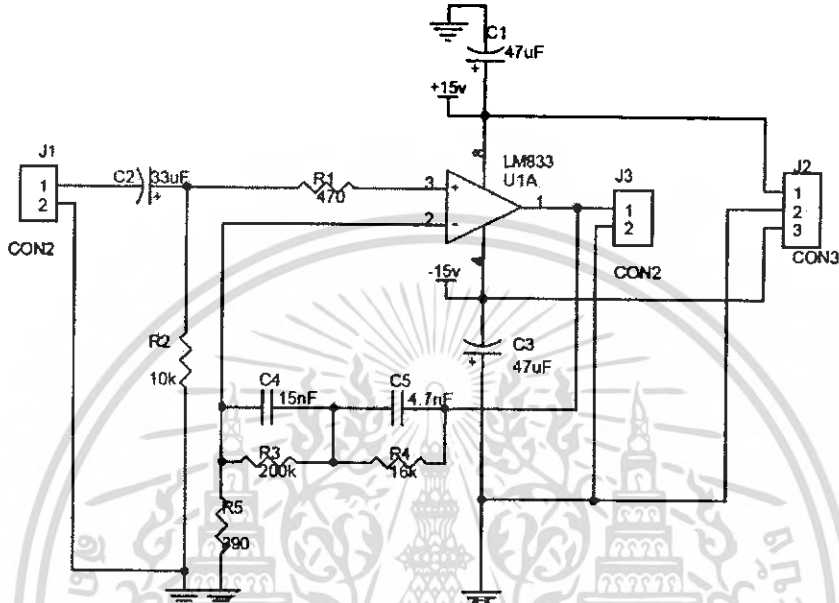
3.2.4.2.3 ภาคการปรับสัญญาณ

ภาคนี้จะรับสัญญาณมาจากมิกเซอร์เพื่อจัดการสัญญาณให้ได้ตามต้องการให้อยู่ในรูปที่สามารถแสดงผลได้ง่ายขึ้น โดยมีวงจรอยู่ 3 ส่วนเรียงกันโดยจะรับสัญญาณมาจากกันนัฟเลกแล้วเข้าในวงจรทั้ง 3 ส่วนนี้ คือ วงจรขยายภาคต้น (Pre Amplifier), วงจรกรองความถี่สูง (High Pass Filter) และ วงจรขยายภาคหลัง (Post Amplifier) โดยการทำงานจะเป็นไปตามไดอะแกรม รูปที่ 3.24 จากนั้นจะเอาสัญญาณสุดท้ายมาแสดงผลออกทางภาคแสดงผล การแสดงผลนั้นเป็นการแสดงโดยใช้ เกทบอกระดับ (Bar Level) เปรียบเทียบระดับแรงดัน



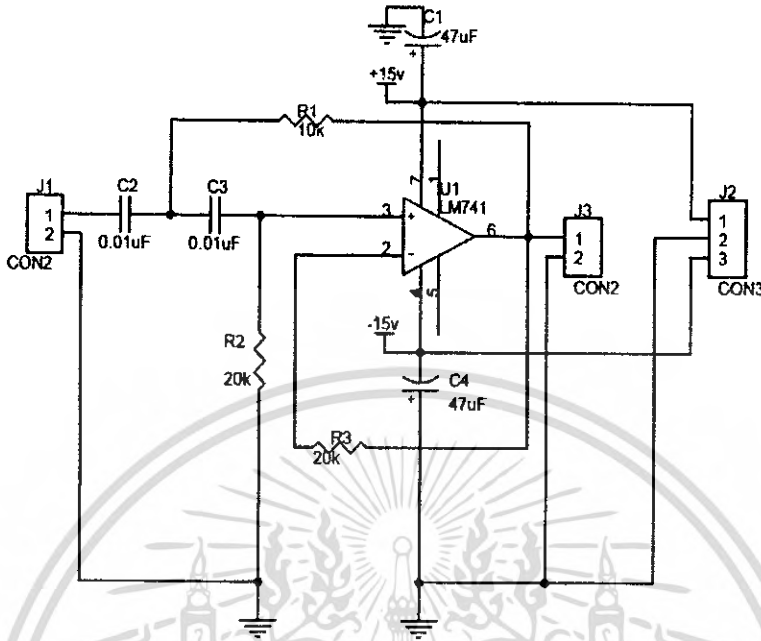
รูปที่ 3.24 แสดงไดอะแกรมการทำงานของภาคปรับสัญญาณ

3.2.4.2.3.1 วงจรขยายสัญญาณภาคต้น (Pre Amplifier) มีทำหน้าที่ในการขยายสัญญาณ และสามารถกรองสัญญาณรบกวนได้ โดยที่ไอซีที่ใช้จะเป็นเบอร์ LM 833 ที่มีคุณสมบัติ คือ มีสัญญาณรบกวนอินพุตต่ำและมีการออฟเซตแรงดันต่ำ ซึ่งวงจรเป็นดังรูปที่ 3.25



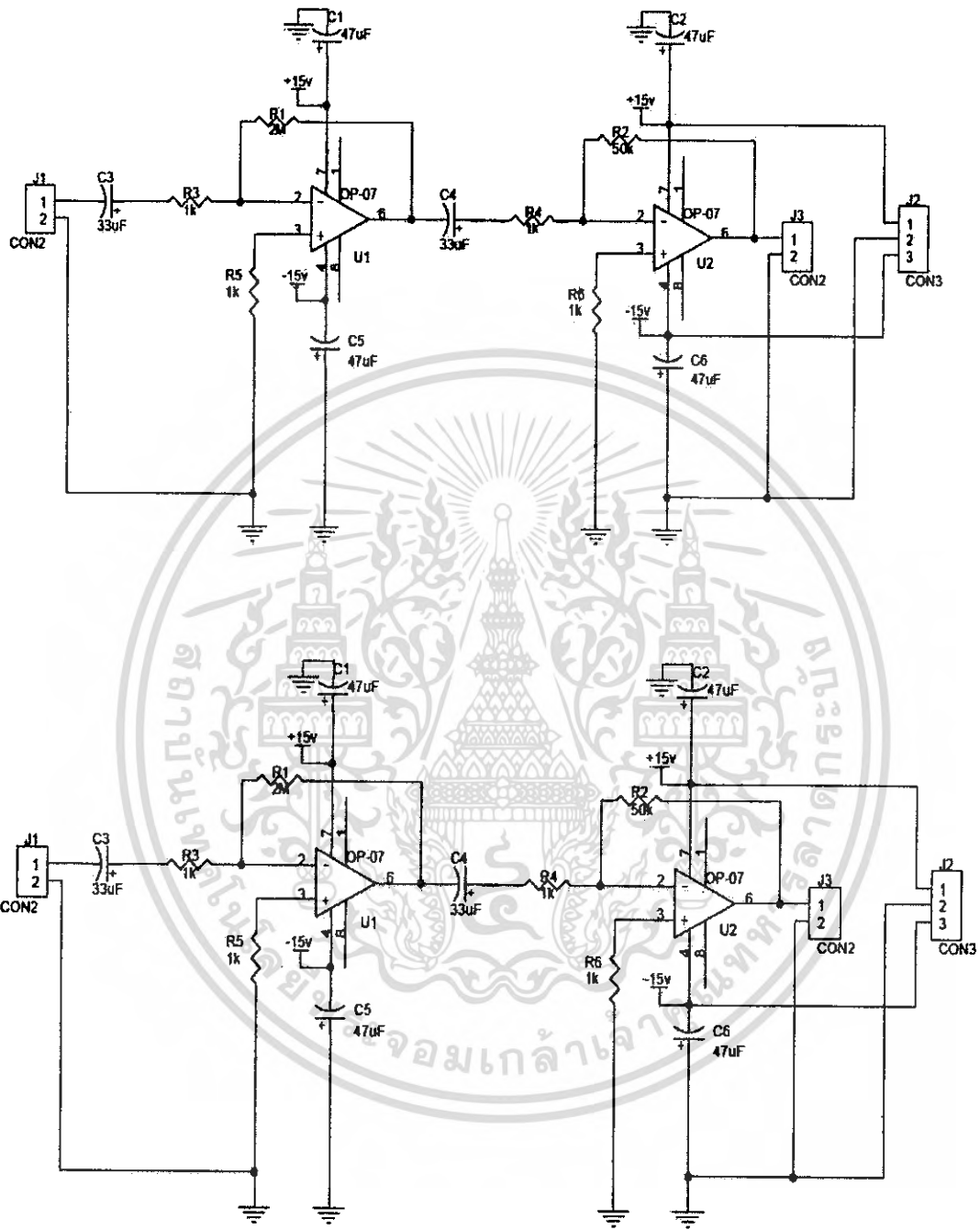
รูปที่ 3.25 แสดงวงจรขยายภาคต้น (Pre Amplifier)

3.2.4.3.3.2 วงจรกรองความถี่สูง (High Pass Filter) มีทำหน้าที่ในการกรองสัญญาณความถี่ต่ำๆออกไป เป็นวงจรกรองความถี่สูงที่ความถี่ 300 เฮิรตซ์ (Hz) โดยที่ไอซีที่ใช้จะเป็นเบอร์ LM 741 ซึ่งวงจรที่ใช้เป็นดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 แสดงวงจรกรองความถี่สูง (High Pass Filter)

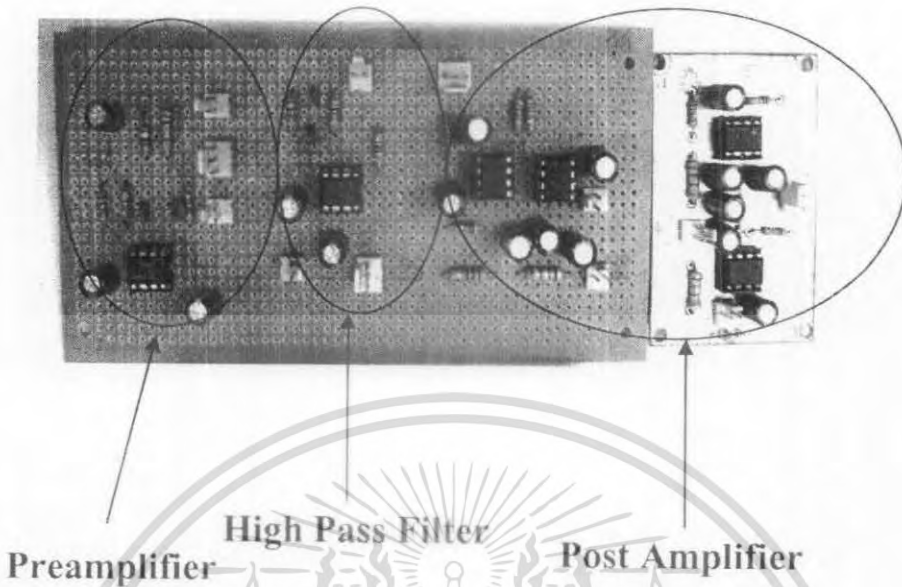
3.2.4.3.3 วงจรขยายสัญญาณภาคหลัง (Post Amplifier) มีทำหน้าที่ในการขยายสัญญาณที่มีขนาดเล็กให้โตขึ้นตามอัตราขยาย อีกทั้งทำให้สัญญาณสามารถส่งไปได้ไกลขึ้นด้วย โดยที่ใช้ไอซีออปแอมป์เป็นเบอร์ OP-07C ที่มีคุณสมบัติ คือ ทำให้เอาท์พุทมีสัญญาณรบกวนต่ำ และมีการออฟเซตสัญญาณต่ำ ดังรูปที่ 3.27 มีอัตราการขยายสัญญาณ (gain) เป็น 50,000 เท่า



รูปที่ 3.27 แสดงวงจรขยายภาคหลัง (Post Amplifier)

นำทั้ง 3 วงจรมารวมกันให้อยู่ภายในบอร์ดเดียวกัน เพื่อลดพื้นที่ใช้สอยภายในโครงหุ่นยนต์ให้สามารถวางอุปกรณ์ต่างๆ เพิ่มได้อีก ซึ่งลักษณะบอร์ดของระบบไมโครเวฟที่ใช้งานนั้นจะเป็นไปดังรูปที่ 3.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

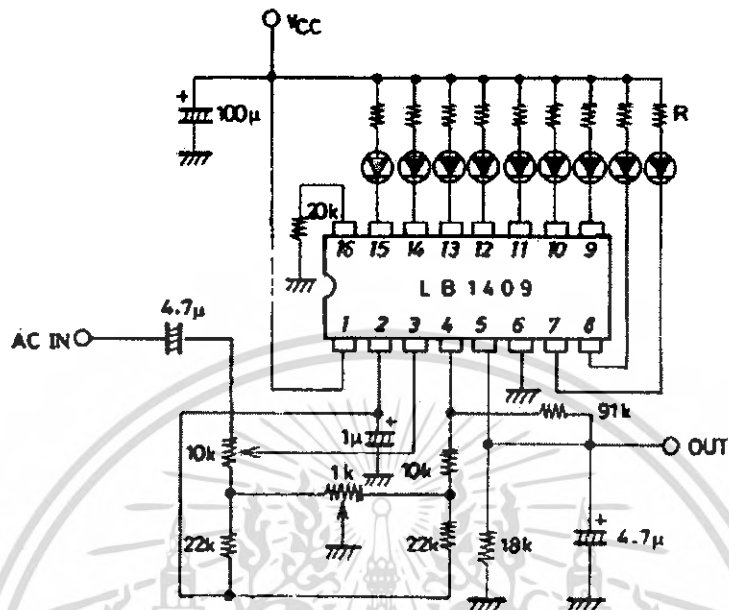


รูปที่ 3.28 บอร์ดภาคการปรับสัญญาณทั้ง 3 ส่วน

จะเห็นได้ว่าเราได้เพิ่มวงจร Post Amplifier มาอีกชุดหนึ่ง เพราะว่าขณะทำงานปีที่แล้วไม่สามารถวัดถึงระดับการเต้นของหัวใจได้ เพราะว่าวงจรขยายสัญญาณออกทางเทปออกระดับได้ไม่มาก แต่ปีนี้เราจะทำการวัดให้สัญญาณออกทางเทปออกระดับได้ถึงระดับการวัดของหัวใจ โดยมีสิ่งกีดขวางมาบ้าง จึงเพิ่มวงจรชุดนี้มา

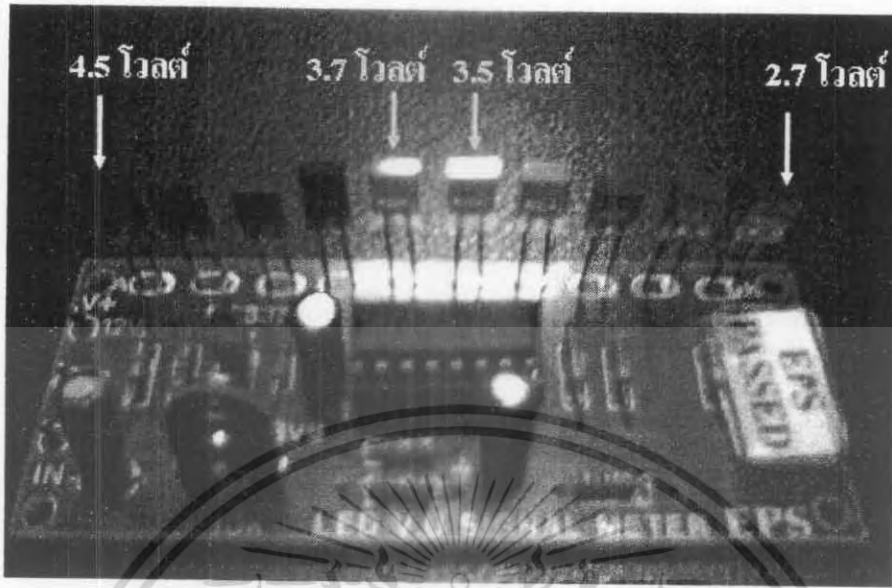
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4.2.4 ภาคแสดงผล



รูปที่ 3.29 แสดงวงจรของภาคแสดงผลออกทางเกทบอกระดับ

ส่วนการแสดงผลจะใช้ LED เปล่งแสงในกรณีที่มีการเคลื่อนไหวเกิดขึ้นโดยจะใช้ไอซีเบอร์ LB 1409 เพื่อเปรียบเทียบแรงดันที่เข้ามา ว่ามีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ ซึ่งวงจรที่ใช้นั้นจะเป็นไปตามดังรูปที่ 3.29 โดยค่าที่คั้งไว้ นั้นจะคั้งค่ามากที่สุดและน้อยที่สุดไว้ ในขั้นตอนนี้เราคั้งค่ามากที่สุดไว้ที่แรงดัน 4.50 โวลต์ และค่าน้อยที่สุดที่แรงดัน 2.70 โวลต์ แล้วสังเกตการแสดงผลที่เกทบอกระดับแรงดัน โดยมี LED 10 ตัว ซึ่ง LED แต่ละตัวมีความแตกต่างของระดับแรงดันอยู่ที่ 0.20 โวลต์ ถ้าแรงดันที่เข้ามามีค่าเกินกว่า 2.70 โวลต์ LED สีเขียวด้านขวาสุดในรูปที่ 3.27 ก็จะติด และถ้าแรงดันเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เกทบอกระดับก็จะแสดงสีของ LED ไล่ไปทางซ้ายมือเรื่อยๆ ตามระดับแรงดันที่กำหนด ซึ่งสีแดงด้านซ้ายสุดจะบ่งบอกถึงระดับแรงดันที่เข้ามานั้นมีค่ามากที่สุด นั่นก็คือมีการเคลื่อนไหวอย่างรุนแรง



รูปที่ 3.30 ภาคแสดงผล คือ ใช้เกทบอกระดับความแรงของการเคลื่อนไหว (Bar Level)

3.2.4.2.5 ระบบหัวใจจำลอง

3.2.4.2.5.1 ลูกโป่ง

เราจะใช้ลูกโป่งขยายตัวโดยการกลดลูกบอลเพื่อให้เกิดแรงดันอากาศขึ้นและกลับมาสู่สภาพเดิมตัวเมื่อไม่มีแรงกระทำเกิดขึ้น เพื่อให้มีเหมือนจังหวะการเต้นของหัวใจ

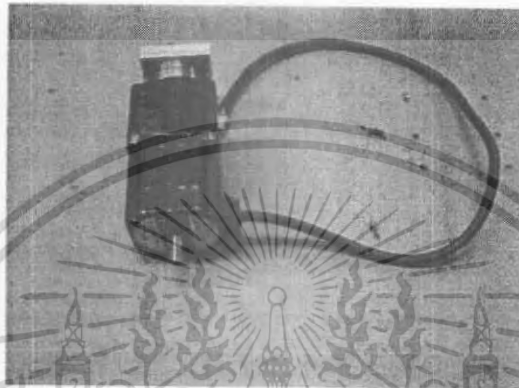


รูปที่ 3.31 แสดงหัวใจจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4.2.5.2 สเตปปีงมอเตอร์ 5 เฟส

เราจะใช้สเตปปีงมอเตอร์ 5 เฟส ยี่ห้อ VEXTA รุ่น RK566BM-A13 เพราะว่าสามารถกำหนดตำแหน่งและความเร็วของมอเตอร์ได้ว่าการให้หัวใจเดินแรงขนาดไหน โดยมอเตอร์ชนิดนี้จะแสดงดังรูปที่ 3.32



รูปที่ 3.32 แสดงลักษณะของสเตปปีงมอเตอร์ 5 เฟส

เราจะใช้เกลิยตัวหนอนต่อกับแกนมอเตอร์แล้วก็รวมมอเตอร์บนแท่นสไลด์เพื่อให้เกลิยตัวหนอนดันลูกโป่ง เช่นเดียวกับลักษณะของปั้มแสดงดังรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 แสดงลักษณะการวางมอเตอร์

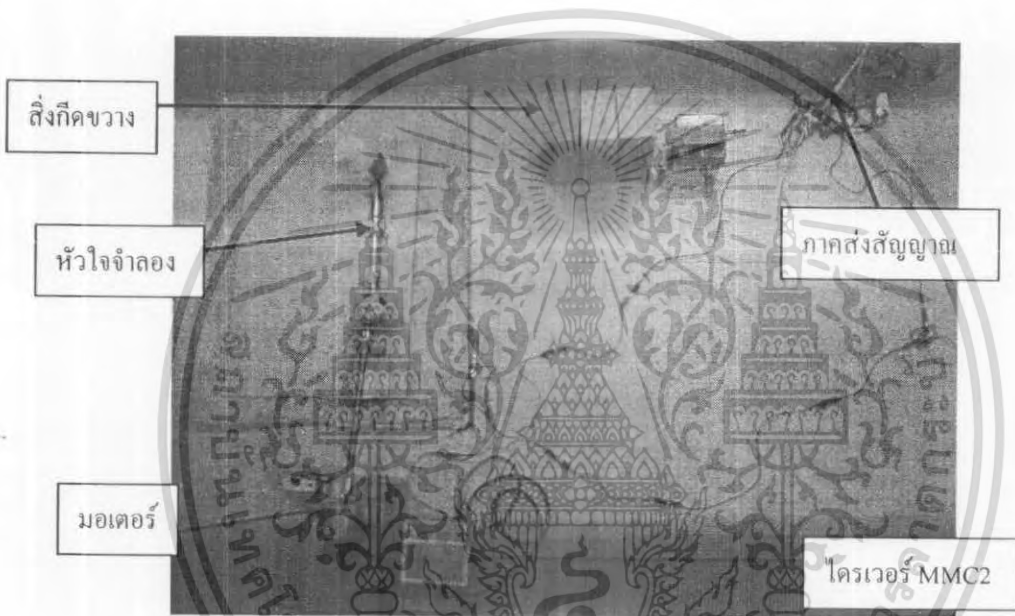
3.2.4.2.5.3 ไดรเวอร์ MMC 2

เราจะใช้ไดรเวอร์ MMC 2 ในการขับสเตปปีงมอเตอร์ 5 เฟส เพราะว่าใช้คำสั่งง่ายต่อการเข้าใจ และสามารถกำหนดตำแหน่งในการหมุนของมอเตอร์ได้แน่นอน โดยไดรเวอร์ MMC 2 แสดงได้ดังรูปที่ 3.34

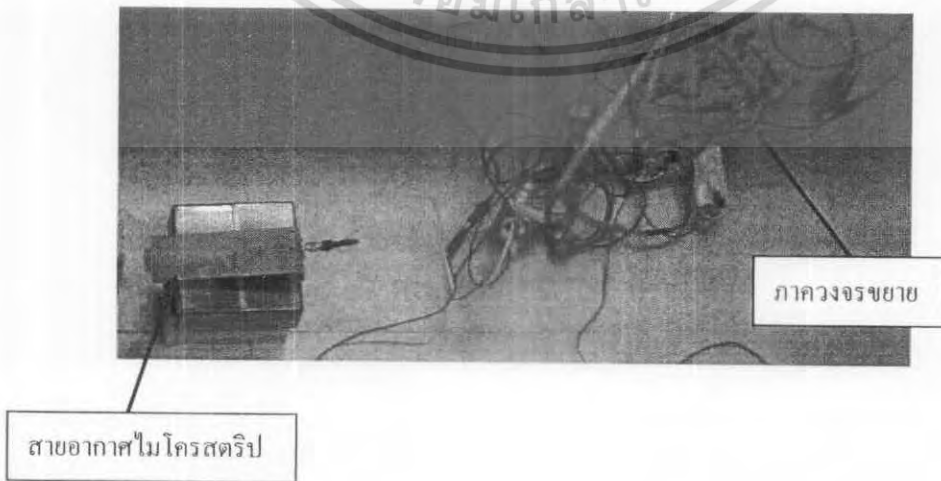
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.34 แสดงไดรเวอร์ MMC 2



รูปที่ 3.35 แสดงส่วนประกอบของระบบที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยไมโครเวฟ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 3.36 แสดงภาคส่งสัญญาณ ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.34 แสดงส่วนประกอบของระบบไมโครเวฟ โดยเราจะหมุนมอเตอร์โดยใช้คำสั่งผ่านไดรเวอร์ MMC 2 แล้วเก็ยตัวนอนก็จะหมุนไปค้นลูกบอลแล้วแรงดันจากลูกบอลก็ส่งไปยังลูกโป่งให้ขยายตัวออก ถ้าเราสั่งให้มอเตอร์หมุนไปอีกทางเก็ยตัวก็จะหมุนกลับ ลูกโป่งก็จะกลับมาลักษณะเดิมแล้วเราก็จะวัดสัญญาณที่ออกจากวงจรขยาย เพื่อสังเกตแรงดันและสัญญาณ

3.2.4.2 ภาพและเสียง

สัญญาณภาพนั้นสามารถรับรู้ได้จากกล้องวิดีโอไร้สายผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์นั้น จะส่งสัญญาณด้วยคลื่นวิทยุที่ความถี่ 2.4 กิกะเฮิร์ต จากเครื่องส่งสัญญาณ ไปยังเครื่องรับสัญญาณภาพ ดังรูปที่ 3.37 (ก) ส่งต่อไปยังเครื่องแปลงสัญญาณภาพจากกล้องเข้าสู่คอมพิวเตอร์ ซึ่งเราจะ USB2.0 TV BOX ของ D-Tech รุ่น UTV310 ดังรูปที่ 3.37 (ข) และยังใช้ประโยชน์ในการดูสถานะของเกทบอกระดับ และจอแสดงผลของอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ

เสียง ใช้ไมโครโฟนจากกล้องวิดีโอไร้สาย เพื่อตรวจจับเสียง โดยส่งสัญญาณเสียงมาแสดงผลที่ลำโพงคอมพิวเตอร์ของผู้ควบคุม โดยจะสนใจเฉพาะเสียงร้องเจ็บปวดและเสียงร้องขอความช่วยเหลือเท่านั้น



(ก)

(ข)

รูปที่ 3.37 แสดงอุปกรณ์ในการส่งสัญญาณภาพเข้าสู่คอมพิวเตอร์

(ก) เครื่องรับและส่งสัญญาณภาพ (กล้องวิดีโอไร้สาย)

(ข) เครื่องแปลงสัญญาณภาพเข้าสู่คอมพิวเตอร์

การติดตั้งและอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับเครื่องแปลงสัญญาณภาพและเสียงเข้าสู่คอมพิวเตอร์นั้นจะมีดังนี้ คือ

3.2.4.2.1 สายสัญญาณเสียงและไฟเลี้ยง

ใช้ต่อเข้ากับเครื่องแปลงสัญญาณภาพและเข้าคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นพอร์ตยูเอสบี (USB) เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงให้เครื่องแปลงสัญญาณโดยรับมาจากคอมพิวเตอร์ โดยจะมีหัวเสียบช่อง line in หรือไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครโฟนบนคอมพิวเตอร์รวมมาด้วย ดังรูปที่ 3.38 เพื่อจะนำเสียงผ่านสายสัญญาณนี้ออกลำโพงของคอมพิวเตอร์ผู้บังคับได้



รูปที่ 3.39 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ สาย Data link เข้ากับ เครื่องแปลงสัญญาณภาพ

ในช่องเสียบใช้ไมโครโฟน จะมีที่ใช้กันอยู่ 2 ลักษณะคือ ที่ต่อเข้ากับโน้ตบุค (รูปที่ 3.39) และที่ใช้ต่อเข้ากับ PC (Personal Computer) หรือคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ (รูปที่ 3.40)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.40 แสดงตำแหน่งของช่อง ไมโครโฟนของคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ

3.2.4.2.2 สายสัญญาณวิดีโอ

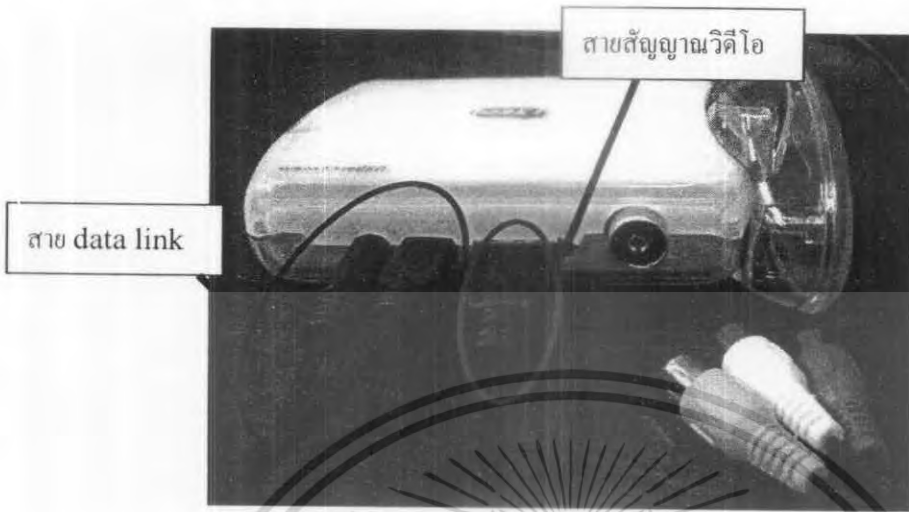
จะต่อเข้ากับเครื่องแปลงสัญญาณภาพและเครื่องรับสัญญาณภาพกล้องวิดีโอไร้สาย ดังรูปที่ 3.41 เพื่อแสดงสัญญาณภาพออกหน้าจอคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.41 สายสัญญาณภาพและเสียงจากกล้องวิดีโอไร้สาย

เมื่อติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดเข้าที่เครื่องแปลงสัญญาณภาพเข้าสู่คอมพิวเตอร์เป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะมีลักษณะของเครื่องแปลงสัญญาณที่ใช้งานดังรูปที่ 3.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.42 แสดงตำแหน่งต่างๆ ที่คดเข้าเครื่องแปลงสัญญาณภาพที่ใช้ในการตัดต่อสัญญาณภาพเข้าคอมพิวเตอร์

เมื่อติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้งานเสร็จเรียบร้อยแล้วทั้งกับอุปกรณ์ที่ใช้ตัดต่อกล้องวิดีโอไว้สายเข้ากับเครื่องแปลงสัญญาณภาพ ดังรูปที่ 3.43



รูปที่ 3.43 แสดงลักษณะและตำแหน่งการต่อสายสัญญาณเข้าเครื่องแปลงสัญญาณภาพ

และเครื่องรับสัญญาณภาพวิดีโอ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 ระบบสื่อสารไร้สาย

ใช้ชุดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย 2 เครื่อง ของบริษัทอีทีที รุ่น ET-RF24G V1.0 (รูปที่ 3.44) ในการติดต่อรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์อยู่ โดยเครื่องหนึ่งติดต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อรับข้อมูลจากคีย์บอร์ดและส่งข้อมูลไปยังชุดรับส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สายอีกเครื่องหนึ่งซึ่งติดต่อกับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ในหุ่นยนต์ ดังรูปที่ 3.45



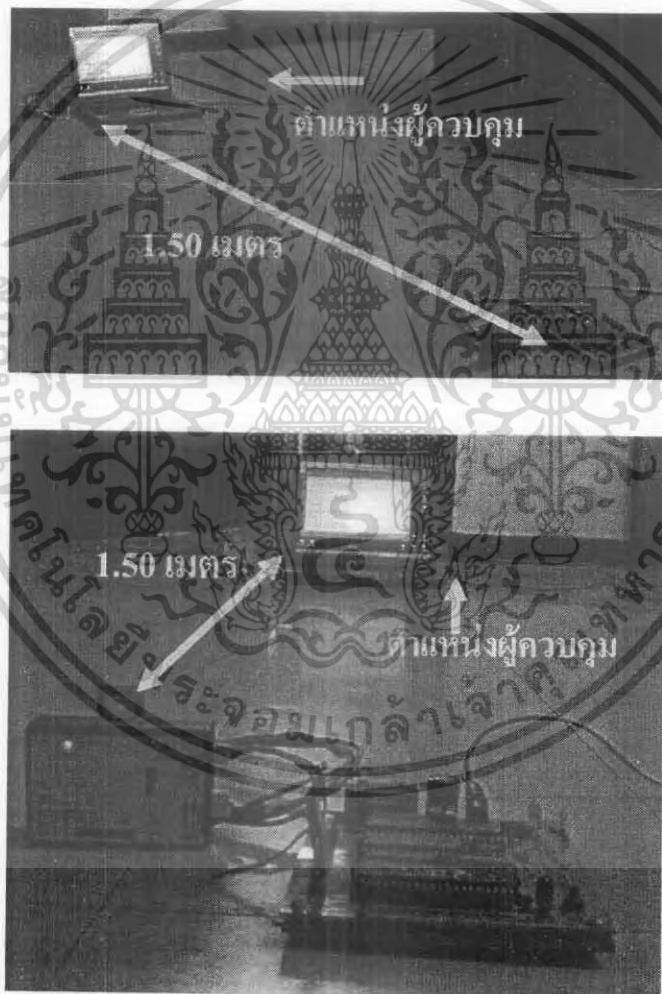
รูปที่ 3.45 แสดงการจัดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดสอบการติดต่อรับส่งข้อมูลนั้น จะทดสอบการรับส่งข้อมูลแบบไร้สายโดยการใช้คำสั่งให้ LED ที่อยู่บนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถติดและดับ โดยการกดเลข 1 และ 2 จากบอร์ดบนคอมพิวเตอร์ตามลำดับ เปรียบเสมือนการบังคับหุ่นยนต์ระยะไกลจากผู้ควบคุมและให้ส่งค่ากลับมาแสดงผลออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยใช้ Hyper Terminal ในการติดต่อสื่อสาร

โดยการทดสอบนั้นจะแบ่งเป็น 2 ตอน คือ

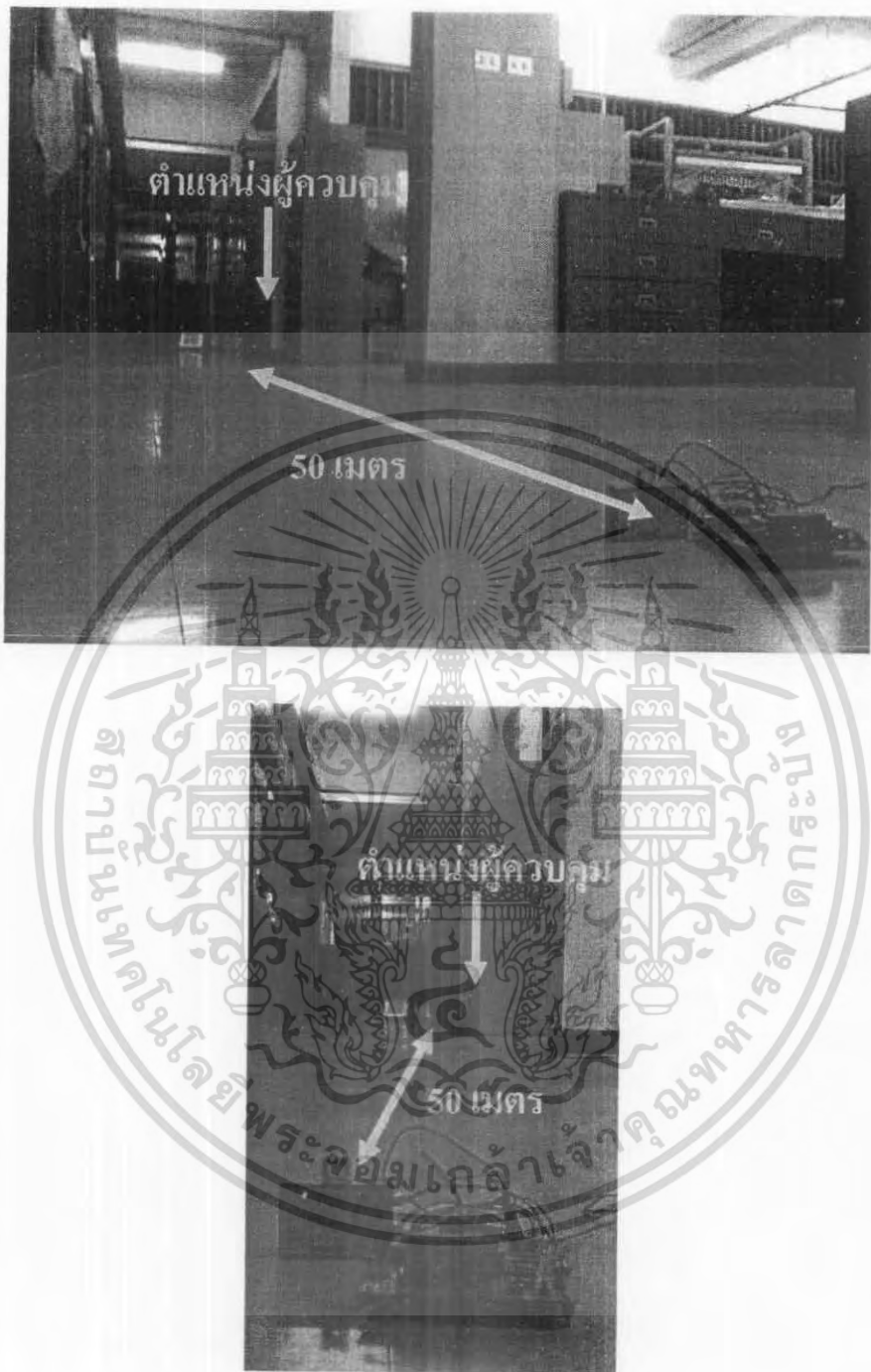
ตอนที่ 1 ทดสอบการรับส่งข้อมูลที่ระยะใกล้ โดยจัดตั้งการทดลองเป็นดังรูปที่ 3.46 โดยให้เครื่องรับส่ง RS 232 แบบไร้สายทั้ง 2 เครื่องจะอยู่ห่างกันเป็นระยะ 1.50 เมตร



รูปที่ 3.46 แสดงการจัดตั้งอุปกรณ์ทดสอบการรับส่งข้อมูลที่ระยะ 1.50 เซนติเมตร

ตอนที่ 2 ทดสอบการรับส่งข้อมูลที่ระยะไกล โดยจัดตั้งการทดลองเป็นดังรูปที่ 3.47 จะให้เครื่องรับส่ง RS 232 แบบไร้สายทั้ง 2 เครื่องจะอยู่ห่างกันเป็นระยะ 50 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.47 แสดงการจัดตั้งอุปกรณ์ทดสอบการรับส่งข้อมูลที่ระยะ 50 เมตร

3.2.6 ระบบพลังงาน

เนื่องด้วยการแข่งขันเป็นการควบคุมระยะไกล หุ่นยนต์จึงต้องมีพลังงานหรือแหล่งจ่ายไฟที่สามารถพกพาได้ โดยเลือกใช้พลังงานจากแบตเตอรี่เพราะง่ายต่อการใช้งาน สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และมีราคาถูกเมื่อเทียบกับแหล่งจ่ายพลังงานอื่นๆ โดยแบตเตอรี่ที่เลือกใช้ในงานพิเศษนี้จะแบ่งไปตามชนิดของอุปกรณ์ที่ใช้งาน โดยมี 3 แบบ คือ

3.2.6.1 เกียร์มอเตอร์กระแสตรง และ servo motor

ใช้แหล่งจ่าย 12 โวลต์ 7.5 แอมแปร์ ดังรูปที่ 3.48



รูปที่ 3.48 แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 7.5 แอมแปร์

3.2.6.2 ชุดรับ – ส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย

ใช้แหล่งจ่าย 9 โวลต์ 50 มิลลิแอมแปร์ดังรูปที่ 3.49



รูปที่ 3.49 แบตเตอรี่ขนาด 9 โวลต์ 50 มิลลิแอมแปร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6.3 ระบบควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

ใช้แหล่งจ่าย 9.6 โวลต์ 1 แอมแปร์ ดังรูปที่ 3.50



รูปที่ 3.50 แบตเตอรี่ขนาด 9.6 โวลต์ 1 แอมแปร์

เราจึงได้ทำการทดสอบการใช้งานของแบตเตอรี่ โดยวัดจากการทำงานกับอุปกรณ์ต่างๆ ตามที่กล่าวไปแล้ว แล้วจับเวลาที่แบตเตอรี่แต่ละชนิดมีระยะเวลาในการใช้งานนานเท่าไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการศึกษาและพัฒนา

จากบทที่ 3 จะแบ่งขั้นตอนการพัฒนาส่วนประกอบของระบบเป็น 4 ส่วน ดังนั้นในบทที่ 4 นี้ จึงนำเสนอผลจากการพัฒนาในบทที่ 3 ดังนี้

4.1 ผลจากการพัฒนาส่วนประกอบของระบบ

4.1.1 ระบบขับเคลื่อนและระบบควบคุม

4.1.2 ระบบประมวลผล

4.1.3 ระบบการตรวจรู้

4.1.4 ระบบพลังงาน

4.1.1 ระบบขับเคลื่อนและระบบควบคุม

4.1.1.1 การควบคุมระบบขับเคลื่อน

ในระบบขับเคลื่อนจะใช้มอเตอร์เกียร์กระแสตรงเป็นต้นกำลัง ซึ่งในการทดลองการขับเคลื่อน มี 2 การทดลอง คือ

1. เป็นการทดลองมอเตอร์กระแสตรงขับเคลื่อนเดินหน้าและถอยหลังด้วย ซ้ายและขวา ด้วยการควบคุมจากคอมพิวเตอร์ คอนโทลเลอร์และรีเลย์ ในขณะที่ไม่มีโหลด เช่นอุปกรณ์ตรวจรู้ต่างๆ แบตเตอรี่

2. เป็นการทดลองมอเตอร์กระแสตรงขับเคลื่อนเดินหน้าและถอยหลังด้วย ซ้ายและขวา ด้วยการควบคุมจากคอมพิวเตอร์ คอนโทลเลอร์และรีเลย์ ในขณะที่มีโหลด

3. การหาอัตราเร็วของหุ่นยนต์ที่เคลื่อนที่ไป

ตารางที่ 4.1 การทดลองหาค่าอัตราเร็วของหุ่นยนต์ (ล้อขนาด 15 เซนติเมตร)

การทดลอง ครั้งที่	อัตราเร็วที่ได้จาก การทดลอง (ไม่มีโหลด) (เมตร/วินาที)	อัตราเร็วที่ได้จาก การทดลอง (เมตร/วินาที)	กระแสไฟฟ้าที่ใช้ใน การขับเคลื่อน	กระแสไฟฟ้าที่ ใช้ในการ ขับเคลื่อน (มีโหลด)
1	0.965	1.01	0.41 A	1.00 A
2	0.965	1.02	0.41 A	0.96 A
3	0.965	1.98	0.42 A	1.00 A
4	0.965	1.00	0.41 A	1.00 A
5	0.965	1.02	0.40 A	0.98 A
เฉลี่ย	0.965	1.012	0.41 A	1.00 A

4.1.1.2 การควบคุมฐานวางล้อ

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นตัวกำหนดให้แทนงานหมุนหมุนไปด้วย DC servo ทางด้านซ้ายขวาและขึ้นลง ดังนั้นการทดลองที่จะหาค่าสัญญาณที่สัมพันธ์กับตำแหน่งมุมต่างๆ จะทำได้จากการทดลองซึ่งจะแบ่งเป็น 3 ตอน คือ

1. ให้แทนงานหมุนหมุนไปซ้ายสุดทำโดยกดปุ่ม Z จากคอมพิวเตอร์ ค้างไว้จนกว่ามอเตอร์ที่ฐานจะหยุดหมุนจึงวัดค่ามุมที่บอกสเกลแล้วสังเกตค่าที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งกลับมาที่คอมพิวเตอร์

ตารางที่ 4.2 แสดงแสดงผลจากการแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิทัลของกล้องวิดีโอ (ADC0804) ที่หมุนในแนวตั้ง (ต่ำกว่าแนวระดับ)

มุม(องศา)	ระดับบิต(ครั้งที่ 1)	ระดับบิต(ครั้งที่ 2)	ระดับบิต(ครั้งที่ 3)
0	10000110	10000110	10000110
5	10000010	10000011	10000010
10	01101101	01101101	01101111
15	01101011	01101011	01101011
20	01100101	01100101	01100101
25	01100011	01100011	01100011
30	01101111	01101111	01101111
35	01101011	01101011	01101011
40	01100110	01100110	01100110
45	01100010	01100010	01100010
ระดับบิตที่คลาดเคลื่อน	อ้างอิง	1 ระดับ (ที่ 5 องศา)	1 ระดับ (ที่ 10 องศา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การทดลองให้แท่นงานหมุนหมุนไปตำแหน่งตรงกลางของฐานงานหมุน หรือตรงด้านหน้า โครงหุ่นยนต์ ทำได้โดยกดปุ่ม H เพียงครั้งเดียวแล้วรอกจนกว่ามอเตอร์จะหยุดหมุน

ตารางที่ 4.3 แสดงผลจากการแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิทัลของกล้องวิดีโอ (ADC0804) ที่หมุนในแนวตั้ง (สูงกว่าแนวระดับ)

มุม(องศา)	ระดับบิต(ครั้งที่ 1)	ระดับบิต(ครั้งที่ 2)	ระดับบิต(ครั้งที่ 3)
0	10000110	10000110	10000110
5	10001010	10001010	10001010
10	10001110	10001110	10001110
15	10000010	10000010	10000010
20	10000110	10000110	10000110
25	10001000	10001000	10001000
30	10001100	10001100	10001100
35	10001101	10001101	10001101
40	10100011	10100011	10100011
45	10100111	10100111	10100111
ระดับบิตที่กลาดเคลื่อน	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การทดลองให้แท่นงานหมุนไปขวาสุดทำได้โดยกดปุ่ม V ค้างไว้จนกว่ามอเตอร์จะหยุดหมุน จึงวัดค่ามุมแล้วแล้วสังเกตค่าที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งมา

ตารางที่ 4.4 แสดงผลจากการแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอลของกล้องวิดีโอ (ADC0804) ที่หมุนในแนวอน (ขวา)

มุม(องศา)	ระดับบิต(ครั้งที่ 1)	ระดับบิต(ครั้งที่ 2)	ระดับบิต(ครั้งที่ 3)
0	10000111	10000111	10000111
10	10001001	10001001	10001001
20	10001011	10001011	10001011
30	10001010	10001010	10001010
40	10001011	10001011	10001011
50	10100011	10100011	10100011
60	10101110	10101110	10101110
70	10101011	10101011	10101011
80	11000011	11000011	11000011
90	-	-	-
ระดับบิตที่คลาดเคลื่อน	อ้างอิง	ไม่มี	ไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

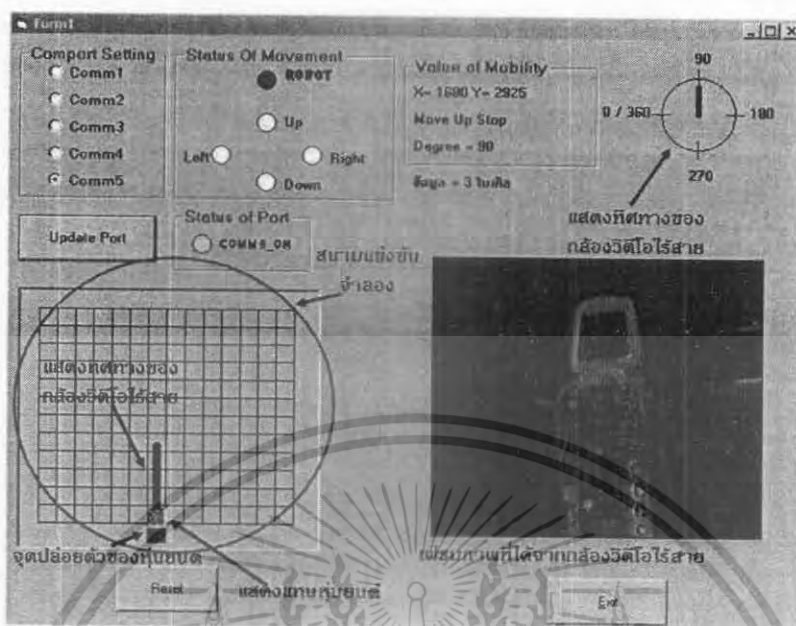
ตารางที่ 4.5 แสดงผลจากการแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิทัลของกล้องวิดีโอ (ADC0804) ที่หมุนในแนวนอน (ซ้าย)

มุม(องศา)	ระดับบิต(ครั้งที่ 1)	ระดับบิต(ครั้งที่ 2)	ระดับบิต(ครั้งที่ 3)
0	10000111	10000111	10000111
10	10000011	10000011	10000011
20	01111110	01111110	01111110
30	01110111	01110111	01100111
40	01101111	01101111	01101111
50	01101011	01101011	01101011
60	01101111	01101111	01101111
70	01001011	01001011	01001011
80	00101111	00101111	00101111
90	-	-	-
ระดับบิตที่คลาดเคลื่อน	อ้างอิง	ไม่มี	ไม่มี

4.1.2 ระบบประมวลผล

ใช้โปรแกรม Visual Basic ในการรับค่าจำนวนไซเคิลจากไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วคำนวณระยะที่เคลื่อนไป โดยเทียบมาตรฐานจากสนามจริงจะมีขนาด 6x7 เมตร ซึ่งแต่ละช่องในตาราง จะมีขนาด 50 เซนติเมตร ซึ่งหนึ่งช่องตารางใน โปรแกรมจะมีขนาด 223 twip ซึ่งเป็นหน่วยในโปรแกรม

เมื่อเขียน โปรแกรม Visual Basic เพื่อสร้าง โปรแกรมที่ผู้ควบคุมติดต่อกับหุ่นยนต์ในการบังคับควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์และทิศทางกล้องวิดีโอไร้สายเสร็จเรียบร้อยแล้วจะมีรูปร่างหน้าปรากฏบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 4.1 โดยมีการใช้งานดังนี้ คือ กคคีย์บอร์ดคอมพิวเตอร์



รูปที่ 4.1 แสดงโปรแกรมที่ผู้ควบคุมใช้ติดต่อกับหุ่นยนต์

จากรูปที่ 4.1 นอกจากแสดงการบอกตำแหน่งและทิศทางของกล้องแล้วยังมีส่วนแสดงข้อมูล ดังนี้

- ข้อมูลที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปได้สามารถส่งเข้ามาแสดงในโปรแกรม Visual Basic จะมีระยะแนวแกน X และแนวแกน Y โดยพิกัดที่หุ่นยนต์อยู่ตำแหน่งเริ่มต้นจะเป็น $X = 1680$ และ $Y = 3120$ Twip (1 twip = 0.067 pixel) ดังนั้นจะสามารถดูได้ว่าหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปได้เท่าไร โดยความกว้างของ 1 ช่องตารางจะมีระยะห่างเท่ากับ 223 twip

- ข้อมูลที่กล้องวิดีโอไร้สายหมุนไป โดยจะบอกมุมเป็นองศา

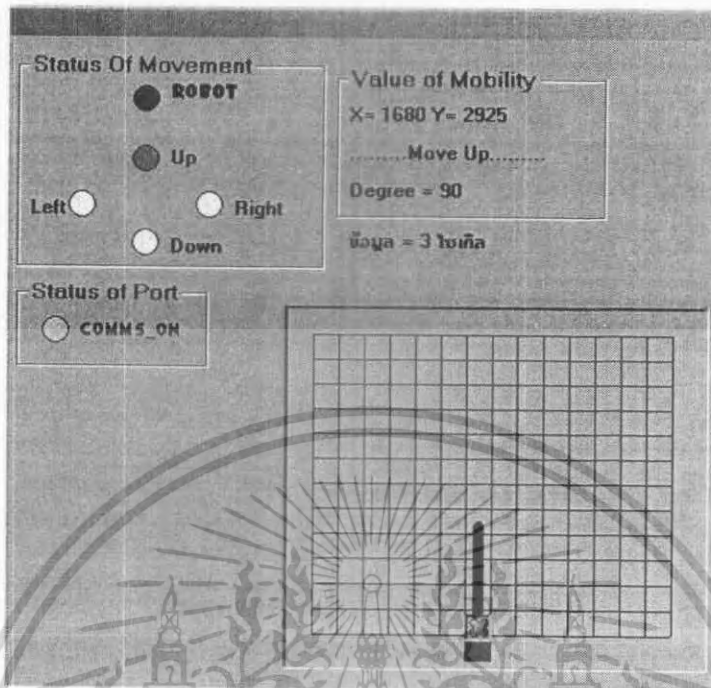
- ข้อมูลที่ไม่โครคอนโทรลเลอร์ส่งค่ากลับมา เช่น จำนวนไซเคิลที่สเตปป์มอเตอร์ทำงานได้ หรือว่าค่าเลขฐานสิบ (แปลงมาจากเลขฐานสิบหก) ที่กล้องวิดีโอไร้สายหมุนไป

- ไฟแสดงสถานะของการทำงานของหุ่นยนต์ขณะนั้น ว่าเป็นการเคลื่อนที่คือ เดินหน้า ถอยหลัง ช้ำย และขวาหรือการหมุนกล้องไปทางซ้ายหรือขวา จะขึ้นวงกลมสีเขียวปรากฏขึ้น

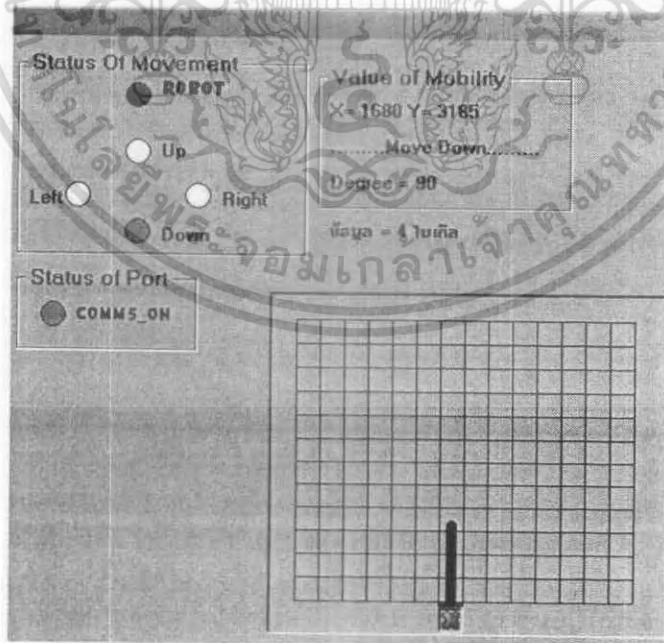
4.1.2.1 ตำแหน่งของหุ่นยนต์

ในการป้อนสัญญาณพัลส์ 1 ไซเคิลจะทำให้ล้อสี่เหลี่ยมหมุนไป 1 ด้านก็คือเคลื่อนที่เป็นระยะ 15 เซนติเมตร แต่เนื่องจากแต่ละช่องในตารางสนามจำลองมีขนาด 50 เซนติเมตร จะเท่ากับว่า ถ้าล้อเคลื่อนที่ไปได้ 3 ด้าน ก็คือ 45 เซนติเมตร ดังนั้นหุ่นยนต์จำลองจะเคลื่อนที่ไปได้ 0.9 เท่าของ 1 ช่องตาราง ดังเช่นในรูปที่ 4.2 โปรแกรมรับค่า 3 ไซเคิลมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

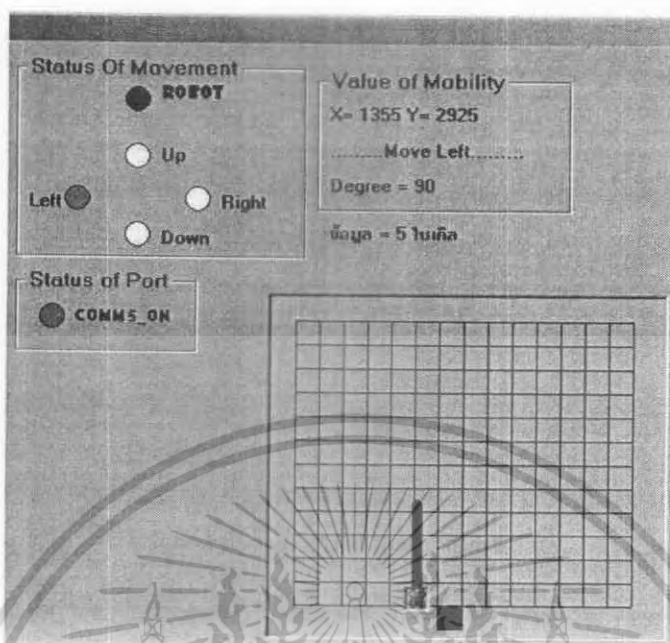


รูปที่ 4.2 แสดงโปรแกรม Visual Basic แสดงภาพหุ่นยนต์จำลองเมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ ระยะทาง 3 x 15 = 45 เซนติเมตร

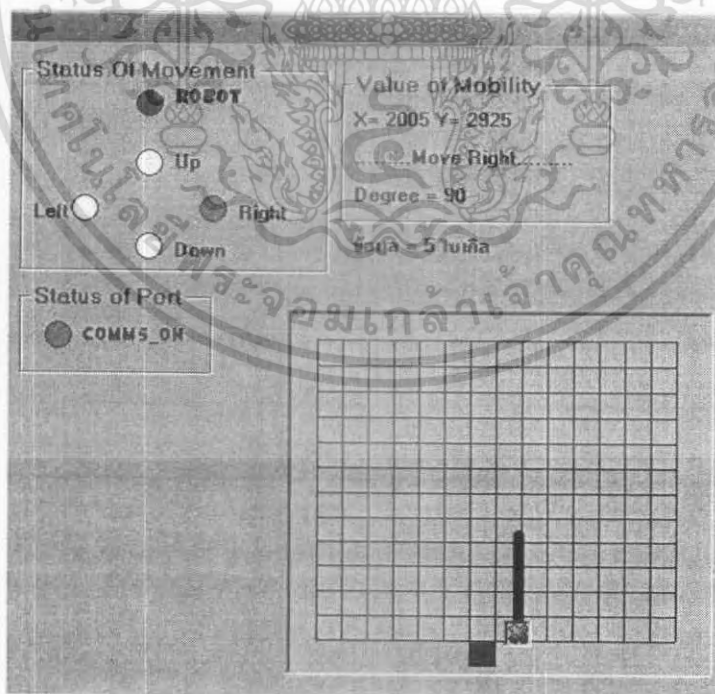


รูปที่ 4.3 แสดงโปรแกรม Visual Basic แสดงภาพหุ่นยนต์จำลองเมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหลังได้ ระยะทาง 4 x 15 = 60 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงโปรแกรม Visual Basic แสดงภาพหุ่นยนต์จำลองเมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปด้านซ้ายได้
ระยะทาง $5 \times 15 = 75$ เซนติเมตร



รูปที่ 4.5 แสดงโปรแกรม Visual Basic แสดงภาพหุ่นยนต์จำลองเมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปด้านขวาได้
ระยะทาง $5 \times 15 = 75$ เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.2 ค่ามุมของกล้องวิดีโอไร้สาย

ได้รับการบอกตำแหน่งจากใจโรสโคบในทิศทางขึ้นลงและซ้ายขวาเป็นการใช้สัญญาณจากเมาส์ใจโร ที่แสดงผ่านโปรแกรมคอนโทลบน visual

4.1.3 ระบบการตรวจรู้

4.1.3.1 ระบบตรวจจับอุณหภูมิ

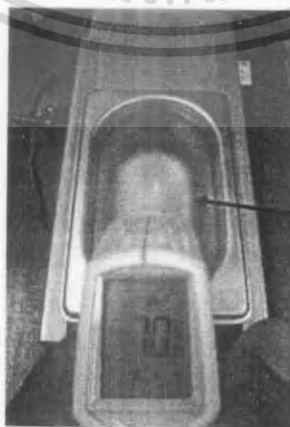
เป็นการวัดอุณหภูมิที่ร้อนและเย็นจะได้ผลดังนี้ คือ

ตอนที่ 1 วัดวัตถุที่มีความเย็นนั้นก็คือน้ำแข็ง ได้ค่าอุณหภูมิที่ 0.2 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงการวัดอุณหภูมิวัตถุที่มีความเย็น

ตอนที่ 2 วัดวัตถุที่มีความร้อน โดยการต้มน้ำจนเดือดแล้วปล่อยให้เย็นประมาณ 5 นาที แล้วจึงวัดอุณหภูมิ จะได้ค่าอุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส



น้ำอุ่นที่บรรจุ
ลงในภาชนะ

รูปที่ 4.7 แสดงการวัดอุณหภูมิวัตถุที่มีความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3.2 ระบบไมโครเวฟ

การทดลองในปี 2549 นี้จะแตกต่างกับการทดลองในปี 2548 ที่ผ่านมา เพราะว่าในปีนี้ คณะทำงานจะทำการพัฒนาระบบไมโครเวฟให้วัดถึงระดับการเต้นของหัวใจ ซึ่งปีที่แล้ววัดได้แค่การเคลื่อนไหวของร่างกาย คณะทำงานจึงเพิ่มวงจรรขยายสัญญาณภาคหลัง แล้วก็ทำการจำลองระบบการเต้นของหัวใจขึ้นมาโดยเราจะปล่อยให้ลมเข้าไปในลูกโป่งโดยให้ลูกโป่งขยายออกไม่เกิน 1 เซนติเมตร ในการทดลองนี้เราจะแบ่งเป็น 4 ตอน คือ

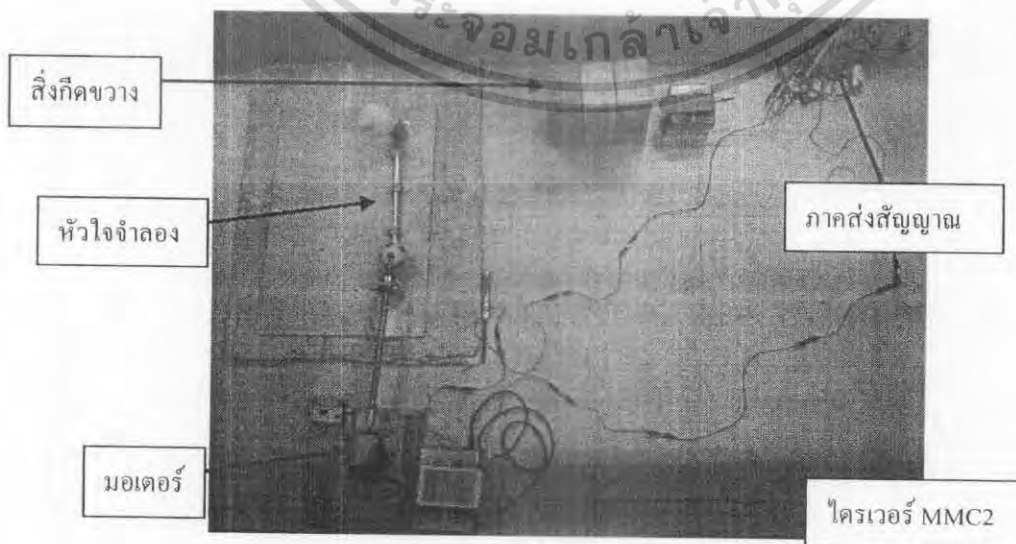
ตอนที่ 1 วัดการเต้นของหัวใจจำลองโดยไม่มีสิ่งกีดขวางแล้ววัดตั้งแต่ 10 เซนติเมตร ไปจนถึง 100 เซนติเมตร แล้วสังเกตแรงดันจากออสซิลอโคป โดยสัญญาณบนเป็นสัญญาณอินพุต ส่วนสัญญาณล่างเป็นสัญญาณเอาต์พุต

ตอนที่ 2 วัดการเต้นของหัวใจจำลองโดยมีสิ่งกีดขวางเป็นอูฐบล็อกจำนวน 1 ก้อนหนา 7 เซนติเมตรแล้ววัดตั้งแต่ 30 เซนติเมตร ไปจนถึง 100 เซนติเมตร แล้วสังเกตแรงดันจากออสซิลอโคป โดยสัญญาณบนเป็นสัญญาณอินพุต ส่วนสัญญาณล่างเป็นสัญญาณเอาต์พุต

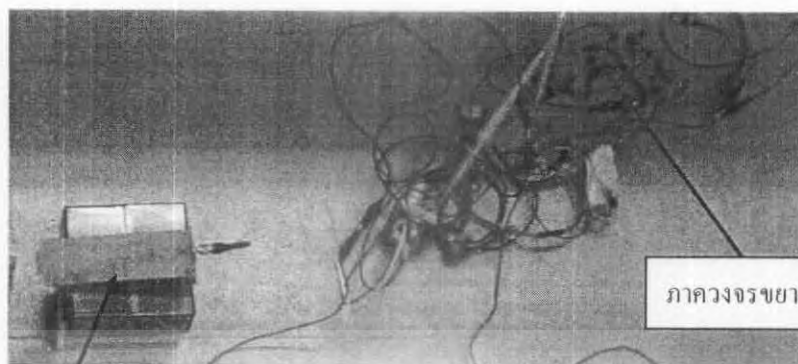
ตอนที่ 3 วัดการเต้นของหัวใจจำลองโดยมีสิ่งกีดขวางเป็นอูฐบล็อกจำนวน 2 ก้อนรวมหนา 14 เซนติเมตรแล้ววัดตั้งแต่ 40 เซนติเมตร ไปจนถึง 100 เซนติเมตร แล้วสังเกตแรงดันจากออสซิลอโคป โดยสัญญาณบนเป็นสัญญาณอินพุต ส่วนสัญญาณล่างเป็นสัญญาณเอาต์พุต

ตอนที่ 4 วัดการเต้นของหัวใจจำลองโดยมีสิ่งกีดขวางเป็นอูฐบล็อกจำนวน 3 ก้อนรวมหนา 21 เซนติเมตรแล้ววัดตั้งแต่ 50 เซนติเมตร ไปจนถึง 100 เซนติเมตร แล้วสังเกตแรงดันจากออสซิลอโคป โดยสัญญาณบนเป็นสัญญาณอินพุต ส่วนสัญญาณล่างเป็นสัญญาณเอาต์พุต

แผนผังการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.8 และ 4.9 ผลการทดลองทั้ง 4 ตอน แสดงดังตารางที่ 4.6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.8 แสดงส่วนประกอบของระบบที่ใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวด้วยไมโครเวฟ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สายอากาศไมโครสตริป

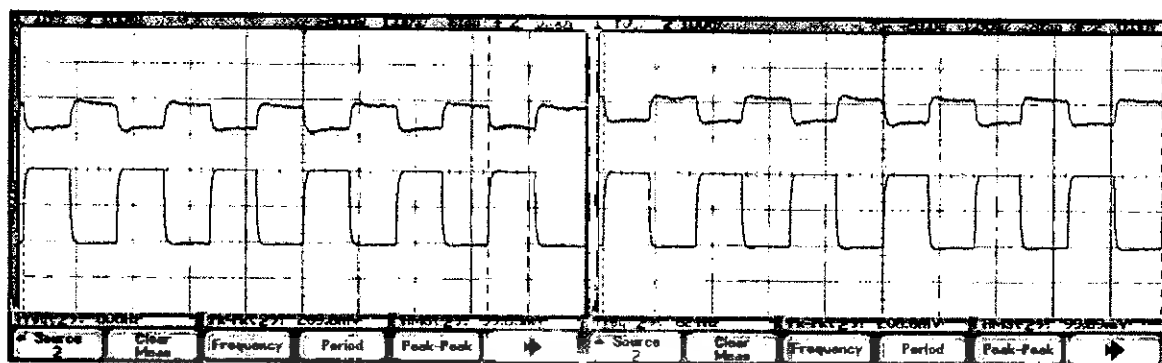
รูปที่ 4.9 แสดงภาคส่งสัญญาณ

ตอนที่ 1

ตารางที่ 4.6 แสดงค่า V_{RMS} ของที่พหุที่ได้จากการทดลองที่ระยะทางตั้งแต่ 10-100 ซม.

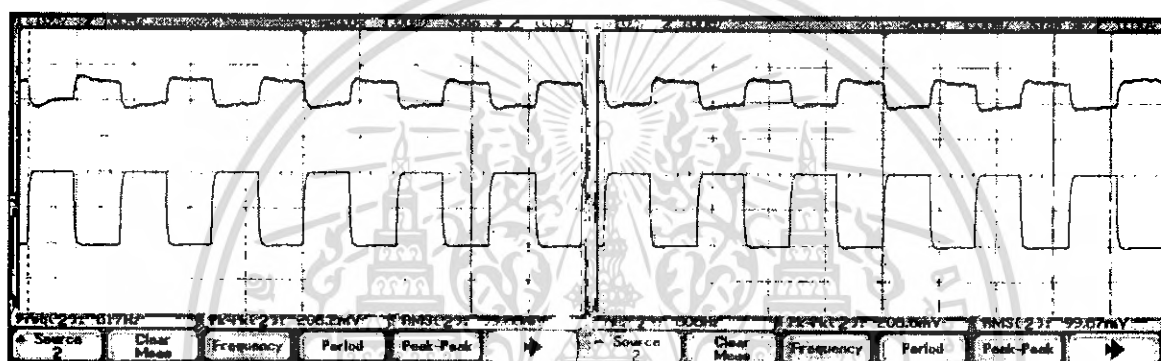
ระยะทาง (ซม.)	V_{RMS} (mV)					เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
10	99.83	99.80	99.85	99.82	99.81	99.822
20	99.69	99.70	99.72	99.66	99.64	99.682
30	99.68	99.69	99.70	99.65	99.72	99.688
40	99.67	99.66	99.69	99.64	99.65	99.662
50	99.67	99.69	99.65	99.70	99.66	99.674
60	99.66	99.64	99.63	99.69	99.65	99.654
70	99.64	99.60	99.67	99.65	99.63	99.638
80	99.62	99.61	99.65	99.66	99.60	99.628
90	99.61	99.60	99.57	99.63	99.59	99.600
100	99.61	99.65	99.54	99.59	99.64	99.606

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



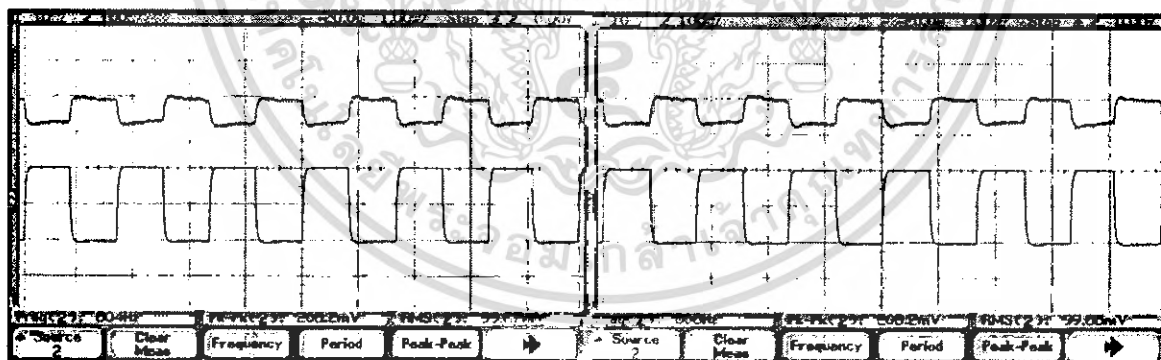
ระยะทาง 10 ชม.

ระยะทาง 20 ชม.



ระยะทาง 30 ชม.

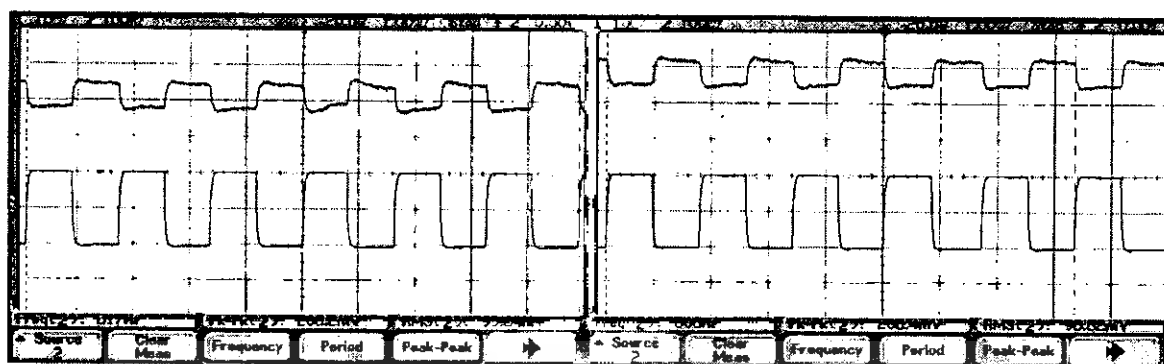
ระยะทาง 40 ชม.



ระยะทาง 50 ชม.

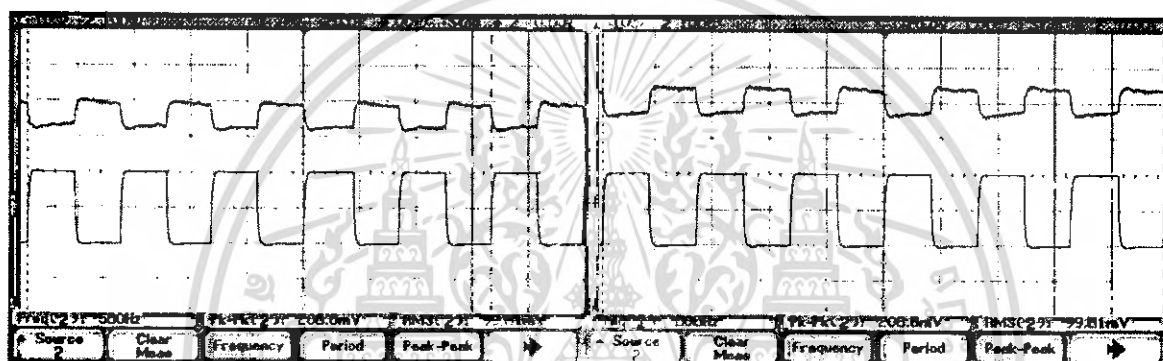
ระยะทาง 60 ชม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ระยะทาง 70 ซม.

ระยะทาง 80 ซม.



ระยะทาง 90 ซม.

ระยะทาง 100 ซม.

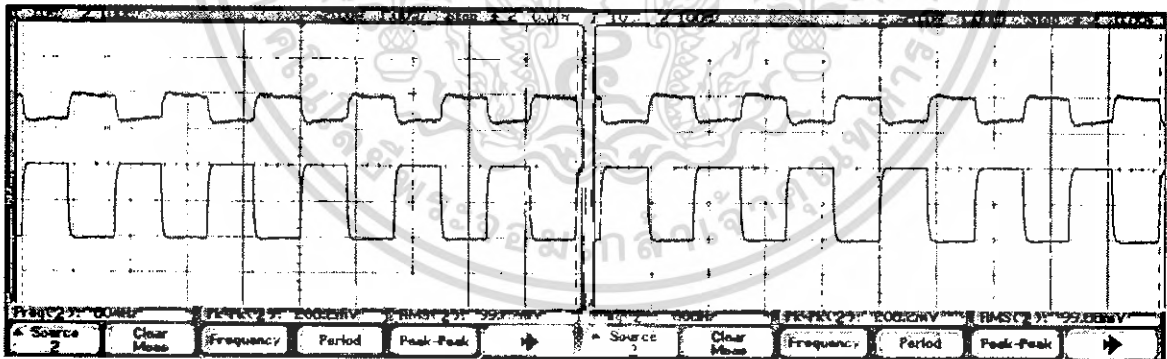
รูปที่ 4.10 แสดงกราฟตอนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 2

ตารางที่ 4.7 แสดงค่า V_{RMS} เอาท์พุทที่ได้จากการทดลองที่ระยะทางตั้งแต่ 30-100 ซม.

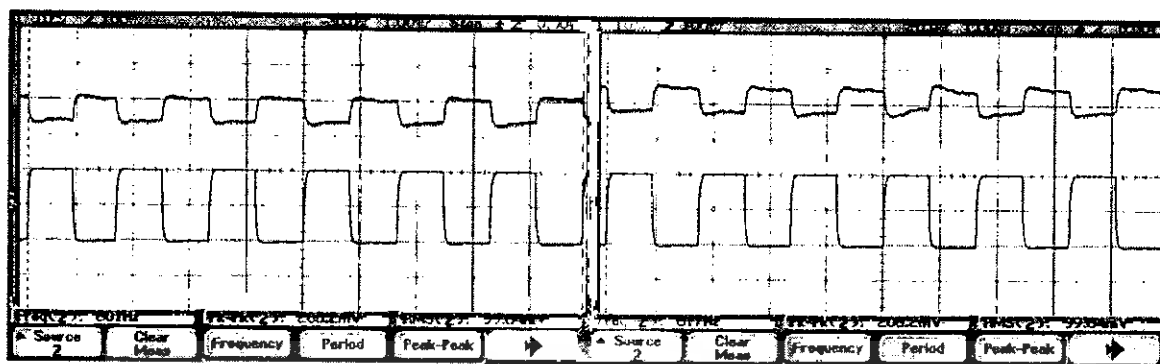
ระยะทาง (ซม.)	V_{RMS} (mV)					เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
10	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-
30	99.67	99.70	99.72	99.69	99.66	99.688
40	99.66	99.64	99.69	99.63	99.67	99.658
50	99.64	99.66	99.67	99.61	99.63	99.642
60	99.64	99.65	99.60	99.67	99.62	99.636
70	99.62	99.64	99.58	99.60	99.64	99.616
80	99.61	99.63	99.57	99.60	99.59	99.600
90	99.59	99.58	99.54	99.62	99.61	99.588
100	99.57	99.53	99.59	99.60	99.59	99.576



ระยะทาง 30 ซม.

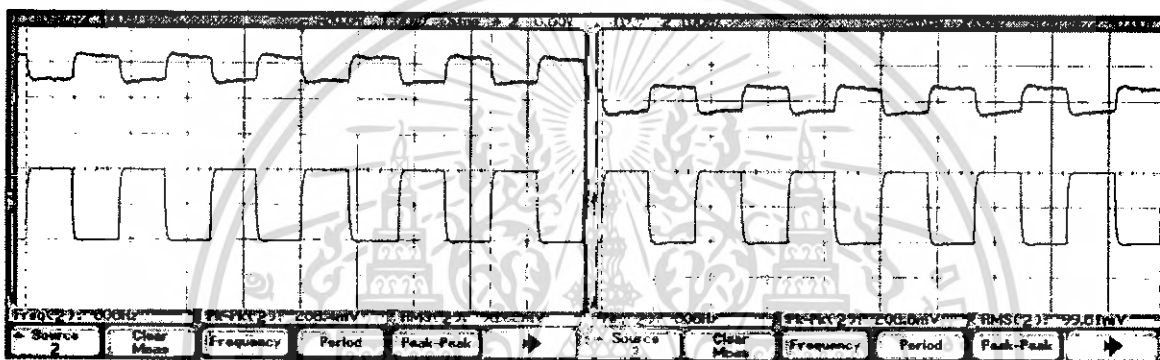
ระยะทาง 40 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



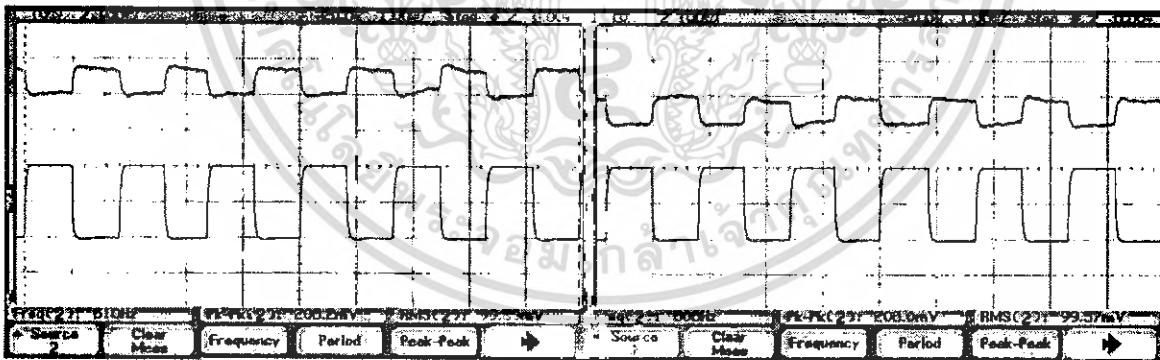
ระยะทาง 50 ชม.

ระยะทาง 60 ชม.



ระยะทาง 70 ชม.

ระยะทาง 80 ชม.



ระยะทาง 90 ชม.

ระยะทาง 100 ชม.

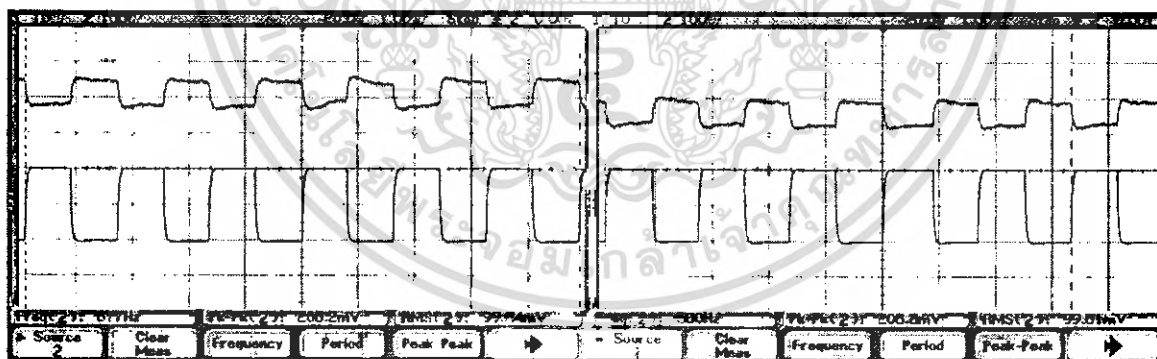
รูปที่ 4.11 แสดงกราฟตอนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 3

ตารางที่ 4.8 แสดงค่า V_{RMS} เอาท์พุทที่ได้จากการทดลองที่ระยะทางตั้งแต่ 40-100 ซม.

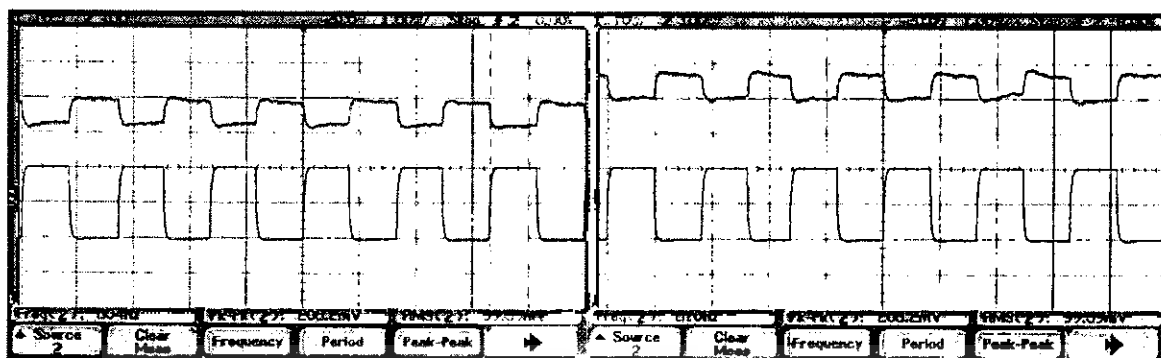
ระยะทาง (ซม.)	V_{RMS} (mV)					เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
10	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-
40	99.64	99.61	99.66	99.63	99.62	99.632
50	99.61	99.60	99.63	99.59	99.58	99.602
60	99.59	99.57	99.62	99.60	99.58	99.592
70	99.59	99.56	99.57	99.61	99.60	99.586
80	99.57	99.55	99.59	99.56	99.58	99.570
90	99.55	99.58	99.54	99.52	99.56	99.550
100	99.54	99.55	99.51	99.57	99.53	99.540



ระยะทาง 40 ซม.

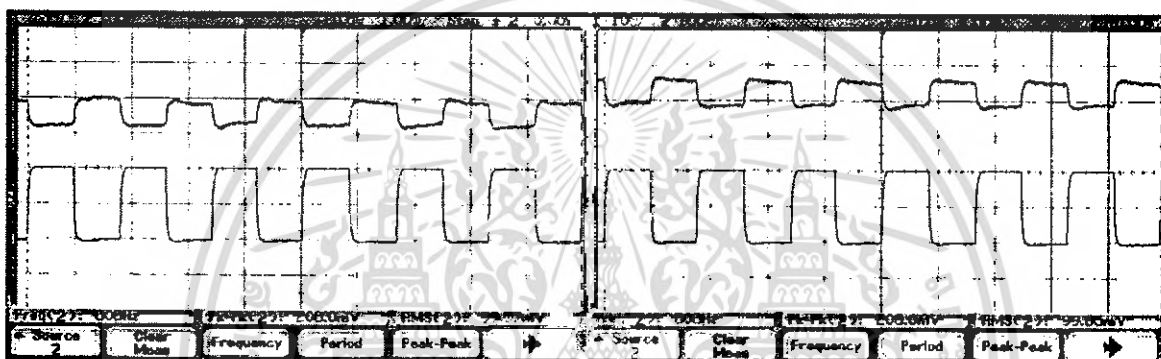
ระยะทาง 50 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



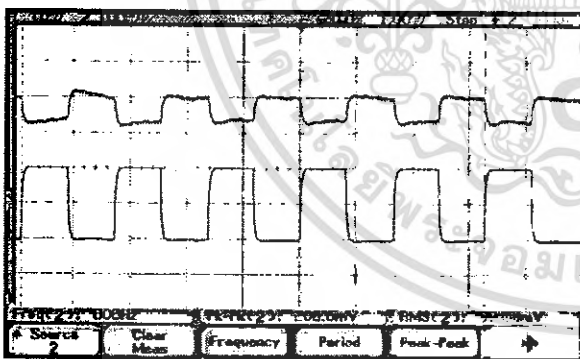
ระยะทาง 60 ซม.

ระยะทาง 70 ซม.



ระยะทาง 80 ซม.

ระยะทาง 90 ซม.



ระยะทาง 100 ซม.

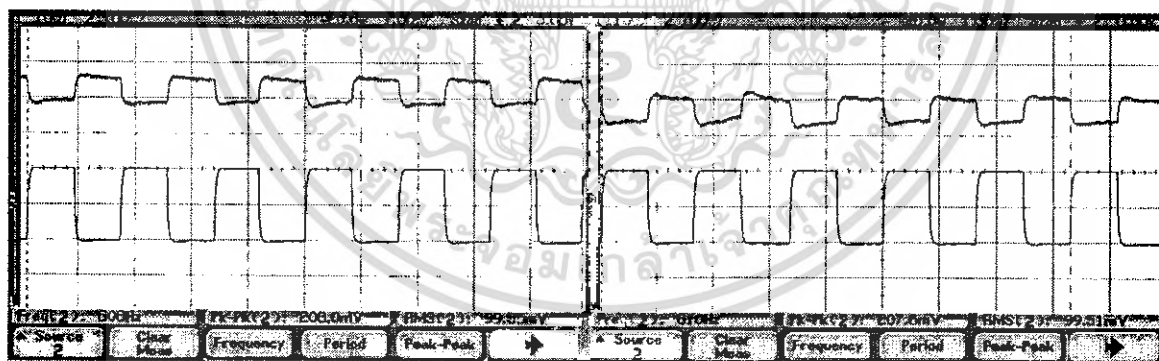
รูปที่ 4.12 แสดงกราฟตอนที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 4

ตารางที่ 4.9 แสดงค่า V_{RMS} เอาท์พุทที่ได้จากการทดลองที่ระยะทางตั้งแต่ 50-100 ซม.

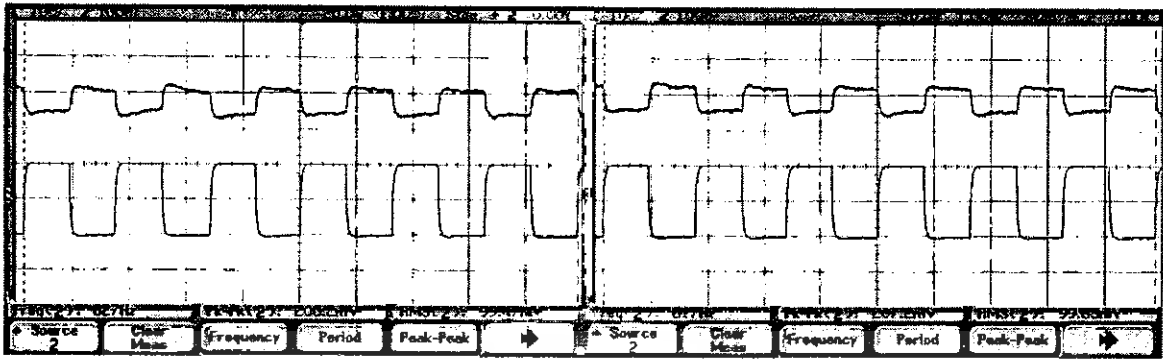
ระยะทาง (ซม.)	V_{RMS} (mV)					เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
10	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-	-
50	99.55	99.52	99.49	99.57	99.56	99.538
60	99.51	99.55	99.50	99.54	99.48	99.516
70	99.47	99.45	99.44	99.50	99.51	99.474
80	99.33	99.34	99.31	99.36	99.30	99.328
90	99.15	99.10	99.14	99.17	99.12	99.136
100	98.97	98.99	99.02	99.00	98.95	98.986



ระยะทาง 50 ซม.

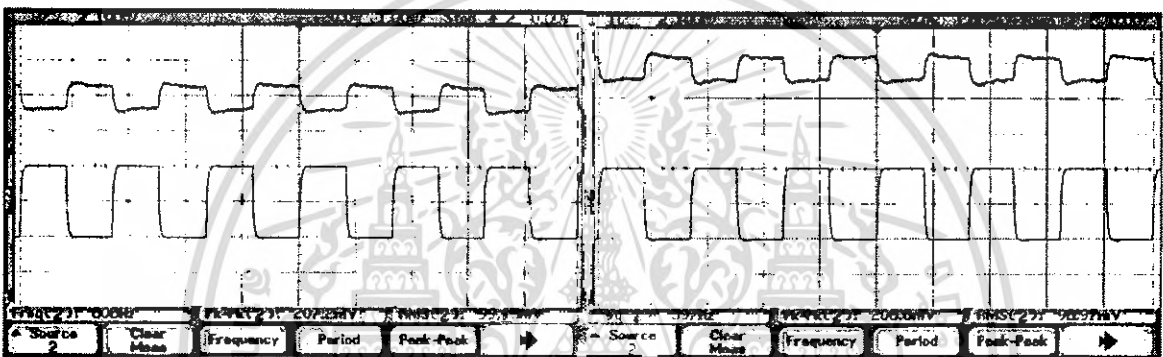
ระยะทาง 60 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ระยะทาง 70 ซม.

ระยะทาง 80 ซม.



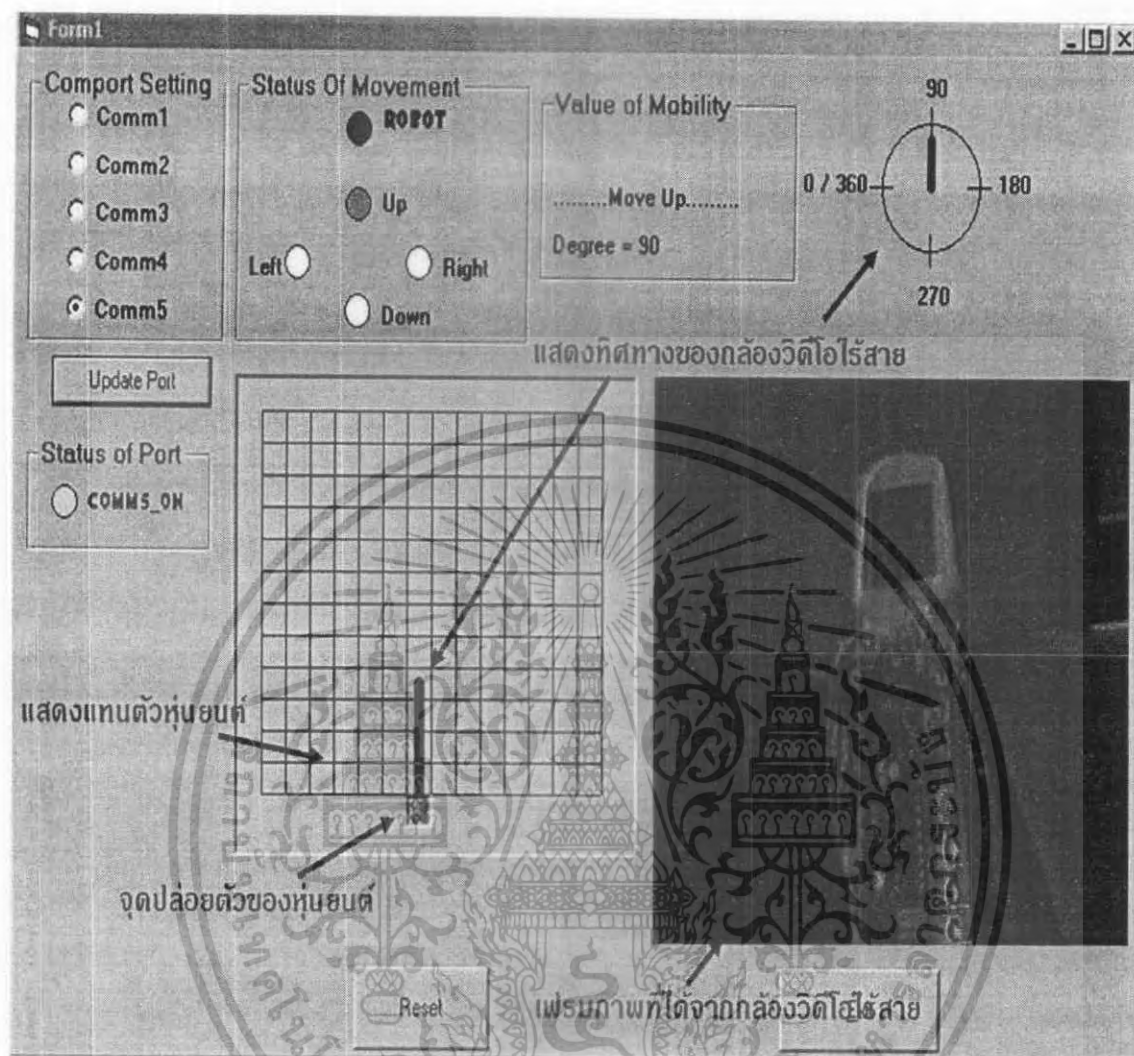
ระยะทาง 90 ซม.

ระยะทาง 100 ซม.

รูปที่ 4.13 แสดงกราฟตอนที่ 4

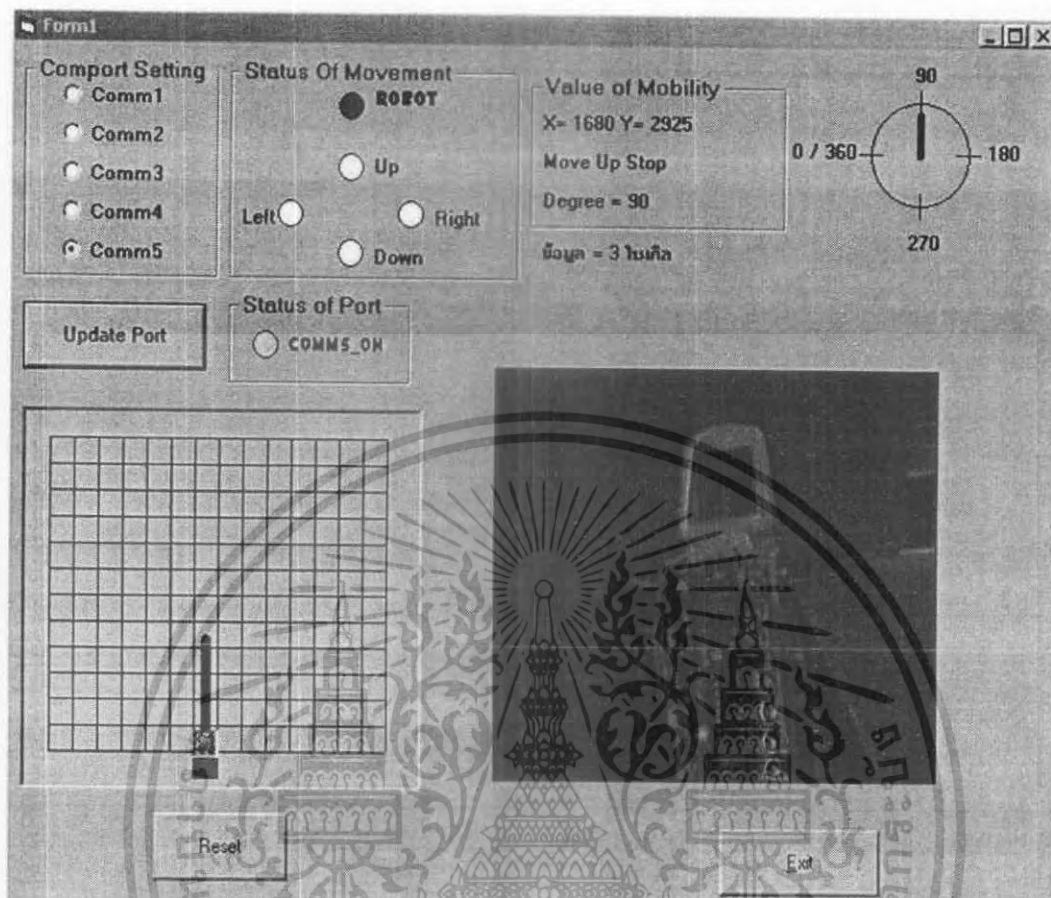
4.1.3.3 ภาพและเสียง

จะได้สัญญาณภาพจากการติดกล้องวิดีโอไร้สายไว้ที่หุ่นยนต์โดยดูผ่านทางโปรแกรม User Interface บนหน้าจอคอมพิวเตอร์นั้น ดังรูปที่ 4.14 และใช้ประโยชน์ในการดูสถานะของเกทบอกระดับ และจอแสดงผลของอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 แสดงสัญญาณภาพที่คู่ผ่านทาง โปรแกรม Visual Basic 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



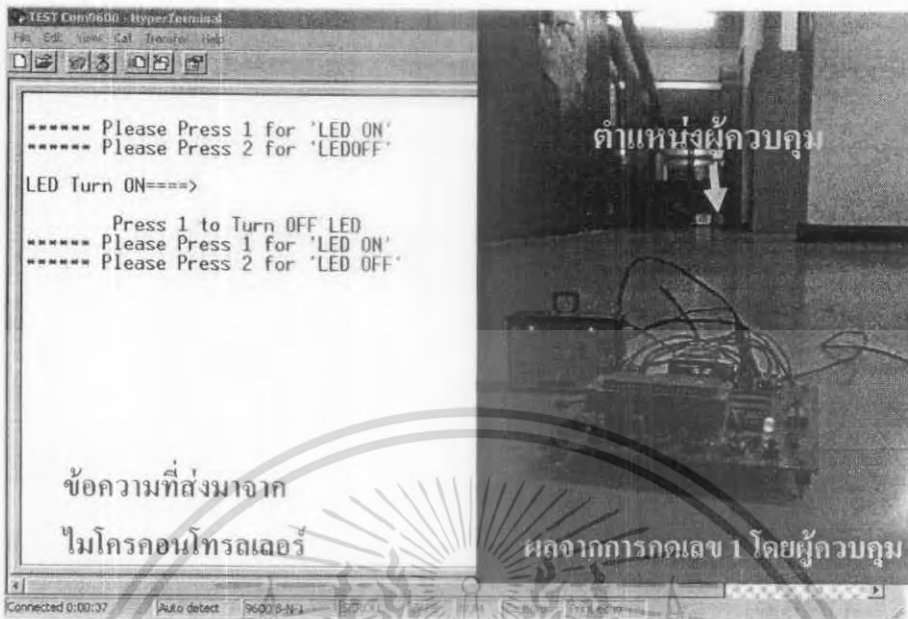
รูปที่ 4.15 แสดงสัญญาณภาพจากโปรแกรมที่ใช้ติดต่อกับหุ่นยนต์ โดยสามารถดูค่าอุณหภูมิและเกท
บอกระดับการเคลื่อนไหวได้

เสียง ใช้ไมโครโฟนจากกล้องวิดีโอไร้สายเพื่อตรวจจับเสียง โดยส่งสัญญาณเสียงมาแสดงผลที่
ลำโพงคอมพิวเตอร์ของผู้ควบคุม โดยจะสนใจเฉพาะเสียงร้องเจ็บปวด และเสียงร้องขอความช่วยเหลือ
เท่านั้น

4.1.4 ระบบการสื่อสารไร้สาย

เป็นการทดลองรับ-ส่งข้อมูล RS232 แบบไร้สาย ที่ระยะทาง 1.50 เมตร และ 50 เมตร ซึ่งจะได้
ผลเช่นเดียวกันคือ สามารถสั่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานได้ และยังส่งข้อมูลกลับมาที่ผู้ควบคุม
โดย กดเลข 1 จะทำให้ LED ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ติด และ เมื่อกดเลข 2 LED จะดับพร้อมกับส่งค่า
กลับมายังคอมพิวเตอร์ตามดังรูปที่ 4.16 และ รูปที่ 4.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 ผลเมื่อกดหมายเลข 1 คือ LED ติด และส่งข้อความ "LED Turn ON" กลับมา



รูปที่ 4.17 ผลเมื่อกดหมายเลข 2 คือ LED ดับ และส่งข้อความ "LED Turn OFF" กลับมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในระบบของหุ่นยนต์กู้ภัยนั้นประกอบด้วยหลายส่วน จึงได้มีการทดลองแต่ละส่วนเพื่อให้สามารถใช้งานได้ตามที่กำหนดไว้ จึงได้แบ่งเป็นส่วนๆ ที่สำคัญดังนี้

5.1.1 ระบบขับเคลื่อน

ใช้มอเตอร์กระแสตรงเป็นตัวขับเคลื่อน มีสายพานและเฟืองเป็นตัวส่งกำลัง มีการเคลื่อนที่แบบรถถัง โดยใช้ล้อสี่เหลี่ยมขนาด 15x15 เซนติเมตร จากการทดลองให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ 60 เซนติเมตร คือ 1 รอบการหมุนของล้อ 4 เหลี่ยม ได้ระยะเฉลี่ยจากการทดลอง 61.1 เซนติเมตร มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 1.1 เซนติเมตร คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1.833 เปอร์เซ็นต์ ความคลาดเคลื่อนเกิดจากความสั่นของล้อกับพื้นผิวที่เดินผ่าน และจุดสัมผัสของล้อน้อยทำให้มีแรงเสียดทานน้อย

5.1.2 ระบบตรวจรู้

5.1.2.1 ระบบตรวจจับอุณหภูมิ

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิของผู้รอดชีวิต ตามกติกาการแข่งขันจะสนใจอุณหภูมิไว้ที่ 40 องศาเซลเซียส โดยแสดงผลเป็นตัวเลขผ่านหน้าจอแอลซีดี (LCD) สามารถสังเกตได้ผ่านกล้องวิดีโอไร้สาย ผลการทดลองสามารถวัดอุณหภูมิได้อย่างถูกต้อง

5.1.2.2 ระบบไมโครเวฟ

ใช้ระบบไมโครเวฟในการตรวจจับการเคลื่อนไหว โดยแสดงผลในลักษณะสัญญาณจากออสซิลโลสโคปและทำการวัดค่า V_{RMS} ซึ่งจากผลการทดลองในความหนาของจำนวนอิฐตั้งแต่ 0, 1, 2 และ 3 ก้อน (หนาก้อนละ 7 cm) วางกันสายอากาศไมโครสตริปจะพบว่าหากมีการเคลื่อนไหวของหัวใจเกิดขึ้น สัญญาณที่อินพุต (สัญญาณบน) จะแตกต่างจากสัญญาณที่ไม่มีเคลื่อนไหว คือรูปของสัญญาณจะเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ส่วนเอาต์พุตของวงจรขยายจะขยายสัญญาณให้ใหญ่กว่าเดิม (สัญญาณล่าง) ค่า V_{RMS} ที่ได้จะแปรผกผันกับระยะทางจากสายอากาศไมโครสตริปจนถึงหัวใจ คือเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นค่า V_{RMS} จะลดลง และพบว่าค่า V_{RMS} ได้แปรผกผันกับจำนวนของก้อนอิฐด้วย ก็คือเมื่อมีจำนวนก้อนอิฐมากขึ้นค่า V_{RMS} จะลดลงตามความหนาของก้อนอิฐ ดังนั้นระบบไมโครเวฟนี้สามารถใช้ค้นหาผู้รอดชีวิตได้โดยวัดการเต้นของหัวใจซึ่งมีสิ่งกีดขวางบังอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2.3 ภาพและเสียง

ใช้ไมโครโฟนจากกล้องวิดีโอไร้สายซึ่งเป็นอุปกรณ์ชุดเดียวกัน ใช้ในการตรวจจับภาพและเสียงของผู้รอดชีวิต เช่น ภาพการเคลื่อนไหว สีเสื้อ การระบุเพศ อายุ รวมทั้งเสียงร้อง เช่น “ช่วยด้วย” หรือ “โอย” จะได้ผลการทดลองจากกล้องวิดีโอไร้สายสามารถแยก ภาพและเสียงของผู้รอดชีวิตได้ชัดเจนได้โดยมีระยะสูงสุด ที่ 75 เมตร

5.1.3 การเชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน (User Interfacing)

ผู้ใช้งานหรือผู้ควบคุมสามารถควบคุมหุ่นยนต์ผ่านคอมพิวเตอร์โดยใช้คีย์บอร์ดจากโปรแกรม Visual Basic 6 โดยตัวโปรแกรมสามารถระบุตำแหน่งของหุ่นยนต์และผู้รอดชีวิตในรูปแบบของตาราง และมีการแสดงผลของกล้องวิดีโอไร้สาย ซึ่งสามารถมองเห็นสภาพแวดล้อมรอบในสนามแข่งขัน เช่นเดียวกับกับมุมมองของสายดาหุ่นยนต์ ผลการทดลองพบว่าสามารถระบุตำแหน่งของหุ่นยนต์และผู้รอดชีวิตได้อย่างถูกต้องและยังสามารถมองเห็นสภาพแวดล้อมรอบในสนามแข่งขันเช่นเดียวกับมุมมองของสายดาหุ่นยนต์ ทางกล้องวิดีโอไร้สายผ่านทางโปรแกรมอีกด้วย

5.2 ปัญหาที่พบ

แบ่งออกเป็นปัญหาด้านต่างๆ ดังนี้ นำหนักอันเนื่องมาจากระบบพลังงานและชุดอุปกรณ์ขับเคลื่อนมอเตอร์แบบห้าเฟส โครงสร้าง สัญญาณจากกล้องวิดีโอไร้สาย การประมวลผลด้วยโปรแกรมวิซวลเบสิก

5.2.1 นำหนักอันเนื่องมาจากระบบพลังงานและชุดอุปกรณ์มอเตอร์กระแสตรง

อุปกรณ์ Dc gear และ Dc servo ใน โครงงานพิเศษนี้ต้องการ ไฟฟ้ากระแสตรงในการทำงาน แต่หุ่นยนต์นั้นมีลักษณะการควบคุมแบบไร้สายจึงมีการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ เป็นผลให้พื้นที่การใช้งานบนตัวหุ่นยนต์ลดลงและยังมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น

5.2.2 โครงสร้าง

ในการประกอบ โครงสร้างจำเป็นต้องมีความแข็งแรงและความสมมาตร แต่ในการประกอบจริงนั้น ยังขาดทั้งสองส่วนนี้อยู่ อันเนื่องจากอุปกรณ์ เครื่องมือ และความชำนาญของผู้ประกอบ เป็นผลให้ต้องมีการปรับแต่งอยู่บ่อยครั้ง

5.2.3 สัญญาณจากกล้องวิดีโอไร้สาย

สัญญาณถูกรบกวนได้ง่าย ในขณะที่กำลังทำการแข่งขันอยู่หากมีผู้เข้าแข่งขันอื่นกำลังทดสอบหุ่นยนต์สัญญาณจะของกล้องวิดีโอไร้สายจะถูกรบกวน

5.2.4 การใช้โปรแกรมวิซวลเบสิกในการประมวลผลภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาวิจัยเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
การประมวลผลภาพการเปลี่ยนตำแหน่งของหุ่นยนต์ทำได้ช้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา

1. การประกอบโครงสร้างนั้นควรมีการออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ที่ดีก่อน จากนั้นค่อยลงมือทำโครงสร้าง เมื่อมีปัญหาทางโครงสร้างเกิดขึ้นจะสามารถแก้ไขได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. ควรปรับปรุงโครงสร้างให้มีน้ำหนักเบาและแข็งแรง
3. การสื่อสารไร้สายกล้องวิดีโอ ไร้สายและชุดรับ-ส่งข้อมูลสามารถนำมาใช้โดยไม่ต้องปรับแต่ง
4. การใช้โปรแกรมวิซวลเบสิก (Visual Basic 6) ในการประมวลผลภาพนั้นเกิดการประมวลผลที่ล่าช้า ควรพัฒนาด้วย โปรแกรมวิซวลซี (Visual C)
5. ควรเปลี่ยนไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีความเร็วในการประมวลผลเร็วมากขึ้น เพื่อสร้างสัญญาณพัลส์ให้กับชุดขับสเตปมอเตอร์ที่มีความถี่สูงขึ้น เพื่อเพิ่มความสามารถให้กับหุ่นยนต์



เอกสารอ้างอิง

LO-COG® DC Gearmotors Series GM8000, GM9000, GM14900.

(http://www.pittmannet.com/quick_index.html)

The Motion Group, Inc Product Catalog: Multiple Axes Systems.

(http://www.motiongroup.info/Downloadfiles/TMG_catalog.pdf)

สมบัติของอากาศ.

(<http://members.thai.net/sc303/1302.doc>)

ผศ. อติชาต บัวนภิกษาพันธุ์. 2547. ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก. นครราชสีมา: ภาควิชาฟิสิกส์

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

(<http://www.rmutphysics.com/CHARUD/virtualexperiment/virtual2/photoelectric/index.html>)

Grooved-type Photoelectric Sensor: OMRON.

(http://www.omron-ap.co.th/product_info/F3Z-G/E3Z-G.pdf)

สันติ นุราช และอุกฤษฏ์ ดันตสุทธานนท์. 2546. เรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ฉบับภาษา C.

ปทุมธานี: Micro Research Technology Ltd.,Part.

กิตติ ภัคดีวัฒน์กุล และจำลอง กระจุดสาหะ. 2544. Visual Basic 6. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ: บริษัท เค

ทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์ จำกัด.

ประจักษ์ ทองจันทร์ และสุภูมิ ลัยกิจมงคล. 2544. ระบบไมโครเวฟในการตรวจตำแหน่งผู้รอดชีวิต.

**วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.**

จิรกาญจน์ ฟุ้งสวัสดิ์, ภาณุพล โขลกนระโทก และวรเชษฐ์ พรหมวัง. 2548. การศึกษาและพัฒนาหุ่นยนต์

**กู้ภัยโครงการที่ 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะ
วิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.**

ภาคผนวก

ตารางคำสั่งของ MMC SYSTEM

Command	Option	Meaning	Example
H	W	ไป $x=0$ และ $y=0$	H:W
	X	ไป $x=0$	H:X
	Y	ไป $y=0$	H:Y
A	W	ไปที่ตำแหน่ง x และ y	A:WP1000P-3000
	X	ไปที่ตำแหน่ง x	A:XP-100
	Y	ไปที่ตำแหน่ง y	A:YP300
M	W	กำหนด x และ y step	M:WP1000P1000
	X	กำหนด x step	M:XP100
	Y	กำหนด y step	M:YP100
G		เคลื่อนที่แบบ step	G:
Q		ถามตำแหน่ง x และ y และสถานะ	Q:
	X	ถามตำแหน่ง x และสถานะ	Q:X
	Y	ถามตำแหน่ง y และสถานะ	Q:Y
P		ถามค่าในหน่วยความจำ	P:14
	P	กำหนดค่าในกับหน่วยความจำ	P:14P0
C	X	Unknow	C:X1
	Y	Unknow	C:Y1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งภาษาซี

```
#include "reg52.h"
#include "stdio.h"

bit ch0=0;
bit ch1=0;
bit ch2=0;
bit ch3=0;
bit ch4=0;
bit ch5=0;
bit ch6=0;
bit ch7=0;
unsigned int data_cw = 0 ;
unsigned int data_LR = 0 ;
sbit   Sensor = P3^4 ;

bit   flag_Sensor = 0 ;

bit rxd=0;
bit txd=0;
char rxd_buf;
float cam1,cam2;
void delay(unsigned int a)
{
    TR0=1;
    while(--a)
    {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    TF0=0;
}
    TR0=0;
}

```

Chk_Sensor(void)

```

{
    flag_Sensor = 0;
    if (Sensor == 0)
    {
        delay(1000);
        if(Sensor == 0)
        flag_Sensor = 1;
    }
    return (flag_Sensor);
}

```

void print_data_cw()

```

{
    EA = 0;
    TI = 1;
    printf(" %d %d %d %d\n",data_cw,data_LR,cam1,cam2);
    EA = 1;
}

```

void uart_init()

{
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SCON = 0x50;
EA = 1;
ES = 1;
RI = 0;
TI = 0;
TMOD = 0x22;
TH1 = 0xFD;
TL1 = 0xFD;
TR1 = 1;
}

void uart_int(void) interrupt 4
{
    if(RI){
        RI=0;
        rxd=1;
        rxd_buf=SBUF;
    }

    if(TI)
    {
        TI=0;
        if(txd)
        {
            txd=0;
            SBUF=rxd_buf;
        }
    }
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void OutPrt1(unsigned char Prt1Dat)
```

```
{  
    P1=~Prt1Dat;  
}
```

```
void timer_0_init()
```

```
{  
    TMOD = 0x22;  
    TH0 = 0xE9;  
    TL0 = 0xE9;  
}
```

```
void cam()
```

```
{  
    if(P2^=10100111)  
        cam1=45;  
    if(P2^=10100011)  
        cam1=40;  
    if(P2^=10001101)  
        cam1=35;  
    if(P2^=10001100)  
        cam1=30;  
    if(P2^=10001000)  
        cam1=25;  
    if(P2^=10000110)  
        cam1=20;  
    if(P2^=10000010)  
        cam1=15;  
    if(P2^=10001110)  
        cam1=10;  
    if(P2^=10001010)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

cam1=5;

if(P2^=10000110)

cam1=0;

if(P2^=10000010)

cam1=-5;

if(P2^=1101101)

cam1=-10;

if(P2^=1101011)

cam1=-15;

if(P2^=1100101)

cam1=-20;

if(P2^=1100011)

cam1=-25;

if(P2^=1101111)

cam1=-30;

if(P2^=1101011)

cam1=-35;

if(P2^=1100110)

cam1=-40;

if(P2^=1100010)

cam1=-45;

if(P0^=11000011)

cam2=80;

if(P0^=10101011)

cam2=70;

if(P0^=10101110)

cam2=60;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



if(P0^=10100011)

cam2=50;

if(P0^=10001011)

cam2=40;

if(P0^=10001010)

cam2=30;

if(P0^=10001011)

cam2=20;

if(P0^=10001001)

cam2=10;

if(P0^=10000111)

cam2=0;

if(P0^=10000011)

cam2=-10;

if(P2^=1111110)

cam2=-20;

if(P0^=1110111)

cam2=-30;

if(P0^=1101111)

cam2=-40;

if(P0^=1101011)

cam2=-50;

if(P0^=1101111)

cam2=-60;

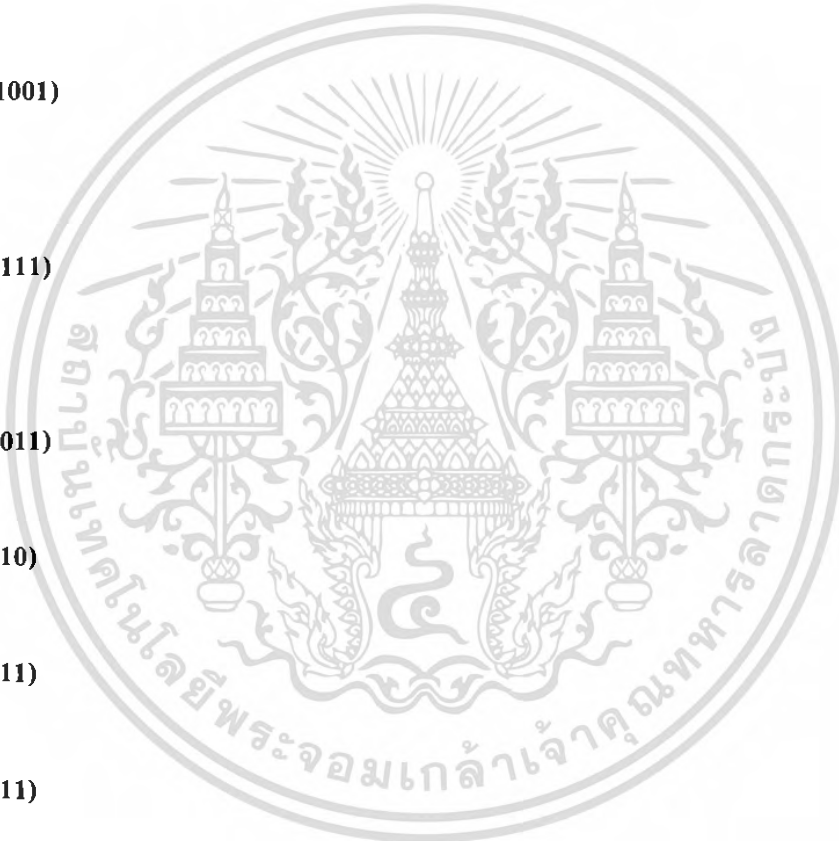
if(P0^=1001011)

cam2=-70;

if(P0^=101111)

cam2=-80;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```

else
{cam1=cam1,cam2=cam2;
}
}
void control(unsigned char cmd)
{

switch(cmd)
{
case 'z':
ch0=!ch0;
if(ch0)
{
OutPrt1(0x80);
delay(1000);
print_data_cw();
}
else
{ OutPrt1(0x00);
}break;

case 'c':
ch1=!ch1;
if(ch1)
{
OutPrt1(0x40);
delay(1000);
print_data_cw();
}
else

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    {OutPrt1(0x00);
    }break;

    case 'x':
    ch2=!ch2;
    if(ch2)
    {
    OutPrt1(0x20);
    delay(1000);
    print_data_cw();
    }
    else
    { OutPrt1(0x00);
    }break;

    case 'v':
    ch3=!ch3;
    if(ch3)
    {
    OutPrt1(0x10);
    delay(1000);
    print_data_cw();
    }
    else
    { OutPrt1(0x00);
    }break;

    case 'w':
    ch4=!ch4;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        {
            delay(400);
OutPrt1(0x0A);
            if(Chk_Sensor()==1)
                data_cw = data_cw++ ;

            delay(1000);
                print_data_cw();
        }
    else
    { OutPrt1(0x00);
    }break;

    case 's':
        ch5=!ch5;
        if(ch5)
            {delay(400);
OutPrt1(0x05);
            if(Chk_Sensor()==1)
                data_cw = data_cw-- ;

            delay(1000);
                print_data_cw();
            }
    else
    {
        OutPrt1(0x00);
    }break;

    case 'a':

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ch6!=!ch6;
if(ch6)
{
OutPrt1(0x09);
    if(Chk_Sensor()==1)
data_LR = data_LR++ ;

    delay(1000);
        print_data_cw();
    }
else
{ OutPrt1(0x00);
}break;
case 'd':
ch7!=!ch7;
if(ch7)
{
OutPrt1(0x06);
    if(Chk_Sensor()==1)
data_LR = data_LR-- ;

    delay(1000);
        print_data_cw();
    }
else
{ OutPrt1(0x00);
}break;
}}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

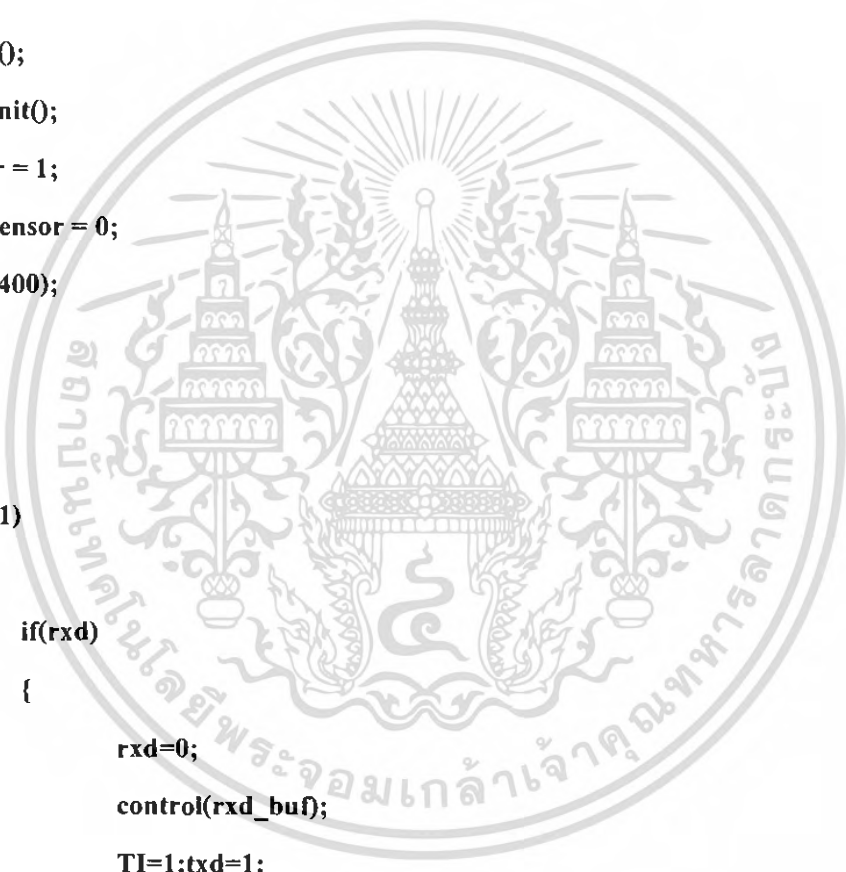
```

void main(void)
{
    uart_init();

    timer_0_init();
    uart_init();
    Sensor = 1;
    flag_Sensor = 0;
    delay(400);
    cam();

    while(1)
    {
        if(rxd)
        {
            rxd=0;
            control(rxd_buf);
            TI=1;txd=1;
        }
    }
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BULLETIN LCG

Series GM8000,
GM9000, GM14900

LO-COG® DC Gearmotors



Pittman brand LO-COG® brush-commutated DC gearmotors offer smooth, quiet operation and long life. LO-COG gearmotors feature sintered steel spur gears and are available with a wide range of reduction ratios and torque ratings to provide an economical solution for a wide range of applications. Armatures are skewed to minimize magnetic cogging, even at low speeds, and windings are resin impregnated for greater reliability in incremental motion applications. An innovative cartridge brush assembly reduces audible and electrical noise significantly and improves brush life by maintaining optimum brush force throughout the life of the motor. For precision motor control, Hewlett-Packard® optical encoders are available in 2 or 3 channel versions with several CPR ranges to meet your position, velocity and direction feedback needs.

Construction

• Pole permanent magnet stators are constructed of ceramic magnets enclosed in heavy-gauge steel return rings
• Diamond turned commutators ensure optimum brush life
• Standard copper graphite brushes (other brush materials available)
• Precision ground hardened stainless steel shafts
• Non-steel laminations
• Precision aligning, sintered bronze bearings

Options

- High-torque gears or high-torque wide-face gears
- Low noise, primary cluster gears
- Custom cables
- Multiple shaft configurations
- Shaft-mounted pulleys and gears
- Ball bearings
- Multiple windings
- Electromechanical brakes
- Integrated Hewlett-Packard® optical encoders
- Adaptors available for other encoders
- RFI suppression
- Dynamic armature balancing

Series GM8000

- 11 ratios from 6.3:1 to 1803:6:1
- Peak Torques to 100 oz-in standard
- 160 and 175 oz-in gearheads optional
- Available in 3 motor lengths
- Encoder resolutions from 96 to 1024

Series GM9000

- 12 ratios from 5.9:1 to 4732:5:1
- Peak Torques to 175 oz-in standard
- 300 and 500 oz-in gearheads optional
- Available in 6 motor lengths
- Encoder resolutions from 96 to 2048

Series GM14000

- 4 ratios from 5.9:1 to 218:4:1
- Peak Torques to 175 oz-in standard
- 300 and 500 oz-in gearheads optional
- Available in 7 motor lengths
- Encoder resolutions from 96 to 2048

PITTMAN
Engineering® company
Put Your Ideas™



Get same day shipment of sample motors for models listed in the Pittman Express Catalog (Bulletin PE).

Every Pittman motor is subjected to automated performance testing prior to shipment.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Motor Data

Parameter	Symbol	Units	Reduction Ratios										
			6.3:1	9.9:1	19.5:1	33.3:1	60.5:1	95.9:1	187.7:1	297.5:1	581.8:1	922.3:1	1803.6:1
Mechanical Specifications													
Max. Load Standard Gears ¹	T _L	oz-in (N·m)	100 (0.71)	100 (0.71)	100 (0.71)	100 (0.71)	100 (0.71)	100 (0.71)	100 (0.71)	100 (0.71)	100 (0.71)	100 (0.71)	100 (0.71)
Max. Load Cut Steel Gears ¹	T _L	oz-in (N·m)	N/A (N/A)	160 (1.13)	160 (1.13)	160 (1.13)	160 (1.13)	160 (1.13)	160 (1.13)	160 (1.13)	160 (1.13)	160 (1.13)	160 (1.13)
Max. Load Wide Face Gears ¹	T _L	oz-in (N·m)	N/A (N/A)	175 (1.24)	175 (1.24)	175 (1.24)	175 (1.24)	175 (1.24)	175 (1.24)	175 (1.24)	175 (1.24)	175 (1.24)	175 (1.24)
Gearbox Shaft Rotation ²	—	—	CW	CCW	CCW	CW	CW	CCW	CCW	CW	CW	CCW	CCW
Gearbox Efficiency	—	%	81	73	73	66	66	59	59	53	53	48	48
Gearbox Weight (Mass)	W _G	oz (g)	2.35 (66.6)	2.49 (70.6)	2.49 (70.6)	2.62 (74.3)	2.62 (74.3)	2.76 (78.2)	2.76 (78.2)	3.11 (88.2)	3.11 (88.2)	3.25 (92.1)	3.25 (92.1)
Gearbox Length	L ₂	in max (mm max)	0.968 (24.6)	0.968 (24.6)	0.968 (24.6)	0.968 (24.6)	0.968 (24.6)	0.968 (24.6)	0.968 (24.6)	1.164 (29.6)	1.164 (29.6)	1.164 (29.6)	1.164 (29.6)
Length, GM82X2	L ₃	in max (mm max)	2.977 (75.6)	2.977 (75.6)	2.977 (75.6)	2.977 (75.6)	2.977 (75.6)	2.977 (75.6)	2.977 (75.6)	3.173 (80.6)	3.173 (80.6)	3.173 (80.6)	3.173 (80.6)
Length, GM82X3	L ₃	in max (mm max)	3.102 (78.8)	3.102 (78.8)	3.102 (78.8)	3.102 (78.8)	3.102 (78.8)	3.102 (78.8)	3.102 (78.8)	3.298 (83.8)	3.298 (83.8)	3.298 (83.8)	3.298 (83.8)
Length, GM82X4	L ₃	in max (mm max)	3.352 (85.1)	3.352 (85.1)	3.352 (85.1)	3.352 (85.1)	3.352 (85.1)	3.352 (85.1)	3.352 (85.1)	3.548 (90.1)	3.548 (90.1)	3.548 (90.1)	3.548 (90.1)
Length, GM87X2	L ₃	in max (mm max)	2.91 (73.9)	2.91 (73.9)	2.91 (73.9)	2.91 (73.9)	2.91 (73.9)	2.91 (73.9)	2.91 (73.9)	3.106 (78.9)	3.106 (78.9)	3.106 (78.9)	3.106 (78.9)
Length, GM87X3	L ₃	in max (mm max)	3.035 (77.1)	3.035 (77.1)	3.035 (77.1)	3.035 (77.1)	3.035 (77.1)	3.035 (77.1)	3.035 (77.1)	3.231 (82.1)	3.231 (82.1)	3.231 (82.1)	3.231 (82.1)
Length, GM87X4	L ₃	in max (mm max)	3.285 (83.4)	3.285 (83.4)	3.285 (83.4)	3.285 (83.4)	3.285 (83.4)	3.285 (83.4)	3.285 (83.4)	3.481 (88.4)	3.481 (88.4)	3.481 (88.4)	3.481 (88.4)
SPEED													
GM8X22	S _{NL}	rpm (rad/s)	1246 (130)	786 (82.3)	402 (42.1)	253 (26.5)	130 (13.6)	81.8 (8.57)	41.8 (4.38)	26.4 (2.76)	13.5 (1.41)	8.51 (.891)	4.35 (.456)
GM8X23	S _{NL}	rpm (rad/s)	1317 (138)	831 (87.0)	425 (44.5)	268 (28.1)	137 (14.3)	86.5 (9.06)	44.2 (4.63)	27.9 (2.92)	14.3 (1.50)	9.00 (.942)	4.60 (.482)
GM8X24	S _{NL}	rpm (rad/s)	1612 (169)	1017 (107)	520 (54.5)	328 (34.3)	168 (17.6)	106 (11.1)	54.1 (5.67)	34.1 (3.57)	17.5 (1.83)	11.0 (1.15)	5.63 (.590)

¹ Gearbox capability only. Continuous load torque capability will vary with gear ratio, motor selection, and operating conditions. CW is designated while looking at output shaft with motor operating in a clockwise direction. Gearmotor is polarity reversible.

Motor Data

Parameter	Symbol	Units	8X22	8X23	8X24
Continuous Torque (Max.) ³	T _C	oz-in (N·m)	1.6 (11.2 X 10 ⁻³)	2.0 (14.1 X 10 ⁻³)	2.6 (18.5 X 10 ⁻³)
Peak Torque (Stall)	T _{PK}	oz-in (N·m)	7.4 (52.0 X 10 ⁻³)	10.5 (74.2 X 10 ⁻³)	16.8 (118.6 X 10 ⁻³)
Motor Constant	K _M	oz-in/√W (N·m/√W)	1.12 (7.9 X 10 ⁻³)	1.30 (9.2 X 10 ⁻³)	1.49 (710.5 X 10 ⁻³)
No-Load Speed	S ₀	rpm (rad/s)	7847 (822)	8298 (869)	10158 (1064)
Friction Torque	T _F	oz-in (N·m)	0.35 (2.5 X 10 ⁻³)	0.35 (2.5 X 10 ⁻³)	0.35 (2.5 X 10 ⁻³)
Rotor Inertia	J _M	oz-in-s ² (kg·m ²)	1.4 X 10 ⁻⁴ (9.89 X 10 ⁻⁷)	1.7 X 10 ⁻⁴ (1.20 X 10 ⁻⁶)	2.3 X 10 ⁻⁴ (1.62 X 10 ⁻⁶)

³ Torque specified at 25°C ambient temperature and without additional heat sink.

© 1999 Pittman, a PennEngineering company. LO-COG, ELCOM, GM ST, and ELCOM ST are brand names and trademarks for products manufactured exclusively by Pittman.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Motor Data, continued

No.	Parameter	Symbol	Units	8X22	8X23	8X24
6	Electrical Time Constant	τ_E	ms	0.52	0.55	0.54
7	Mechanical Time Constant	τ_M	ms	15.6	14.1	14.7
8	Viscous Damping— Infinite Source Impedance	D	oz-in/krpm (N-m/(rad/s))	0.0153 (1.03×10^{-3})	0.0176 (1.19×10^{-3})	0.0202 (1.36×10^{-3})
9	Viscous Damping— Zero Source Impedance	K_D	oz-in/krpm (N-m/(rad/s))	0.92 (6.20×10^{-3})	1.25 (8.43×10^{-3})	1.63 (1.10×10^{-2})
10	Maximum Winding Temperature	θ_{MAX}	$^{\circ}F$ $^{\circ}C$	311 (155)	311 (155)	311 (155)
11	Thermal Impedance	R_{TH}	$^{\circ}F/watt$ $^{\circ}C/watt$	75.9 (24.4)	72.9 (22.7)	70.5 (21.4)
12	Thermal Time Constant	τ_{TH}	min	7.75	9.00	10.70
13	Motor Weight (Mass)	W_M	oz (g)	4.69 (133.2)	5.05 (143.2)	5.81 (164.7)

del GM8XX2 Winding Data (other windings available upon request)

No.	Parameter	Symbol	Units	GM8X22			
1	Reference Voltage	E	V	12.0	19.1	24.0	30.3
2	Torque Constant	K_T	oz-in/A (N-m/A)	1.94 (13.7×10^{-3})	3.07 (21.7×10^{-3})	3.88 (27.4×10^{-3})	4.88 (34.5×10^{-3})
3	Back-EMF Constant	K_E	V/krpm (V/rad/s)	1.43 (13.7×10^{-3})	2.27 (21.7×10^{-3})	2.87 (27.4×10^{-3})	3.61 (34.5×10^{-3})
4	Resistance	R_T	Ω	3.10	7.61	12.1	19.1
5	Inductance	L	mH	1.57	3.93	6.27	9.92
6	No-Load Current	I_{NL}	A	0.25	0.16	0.12	0.10
7	Peak Current (Stall) ⁴	I_p	A	3.88	2.51	1.99	1.59

del GM8XX3 Winding Data (other windings available upon request)

No.	Parameter	Symbol	Units	GM8X23			
1	Reference Voltage	E	V	12.0	19.1	24.0	30.3
2	Torque Constant	K_T	oz-in/A (N-m/A)	1.88 (13.3×10^{-3})	2.94 (20.8×10^{-3})	3.73 (26.4×10^{-3})	4.71 (33.3×10^{-3})
3	Back-EMF Constant	K_E	V/krpm (V/rad/s)	1.39 (13.3×10^{-3})	2.18 (20.8×10^{-3})	2.76 (26.4×10^{-3})	3.48 (33.3×10^{-3})
4	Resistance	R_T	Ω	2.17	5.20	8.24	13.1
5	Inductance	L	mH	1.17	2.85	4.57	7.29
6	No-Load Current	I_{NL}	A	0.27	0.17	0.13	0.11
7	Peak Current (Stall) ⁴	I_p	A	5.54	3.67	2.91	2.32

del GM8XX4 Winding Data (other windings available upon request)

No.	Parameter	Symbol	Units	GM8X24			
1	Reference Voltage	E	V	12.0	19.1	24.0	30.3
2	Torque Constant	K_T	oz-in/A (N-m/A)	1.54 (10.9×10^{-3})	2.47 (17.5×10^{-3})	3.09 (21.9×10^{-3})	3.86 (27.3×10^{-3})
3	Back-EMF Constant	K_E	V/krpm (V/rad/s)	1.14 (10.9×10^{-3})	1.83 (17.5×10^{-3})	2.29 (21.9×10^{-3})	2.86 (27.3×10^{-3})
4	Resistance	R_T	Ω	1.17	2.79	4.33	6.75
5	Inductance	L	mH	0.58	1.50	2.34	3.65
6	No-Load Current	I_{NL}	A	0.36	0.23	0.18	0.15
7	Peak Current (Stall) ⁴	I_p	A	10.3	6.85	5.54	4.49

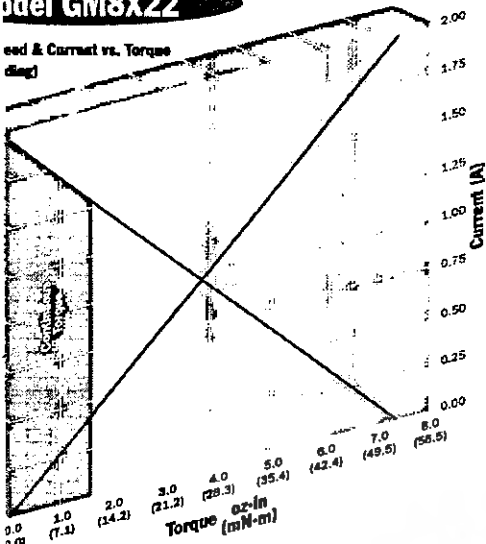
⁴Typical values supplied for reference only.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

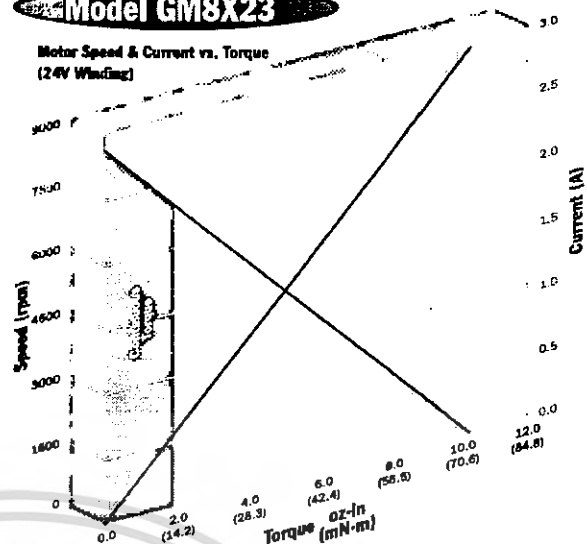
Model GM8X22

Motor Speed & Current vs. Torque (2.4V Winding)



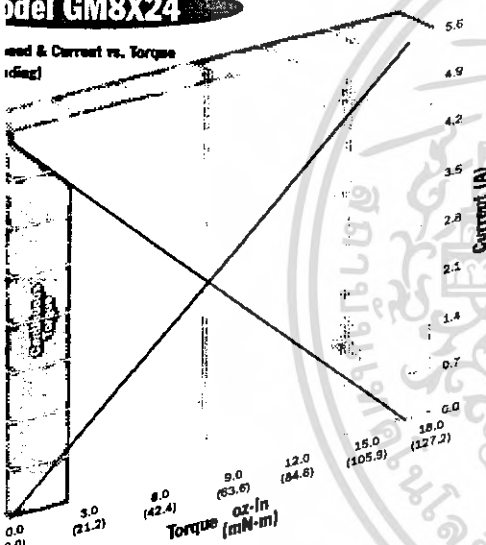
Model GM8X23

Motor Speed & Current vs. Torque (2.4V Winding)



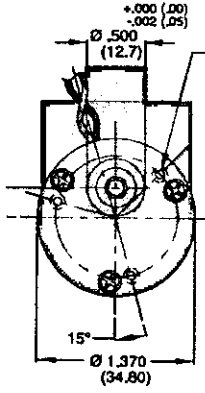
Model GM8X24

Motor Speed & Current vs. Torque (2.4V Winding)

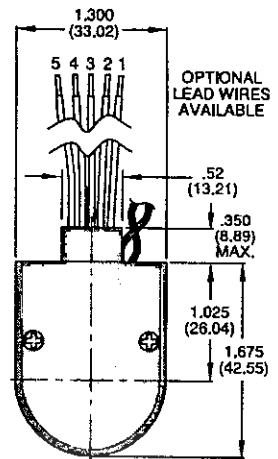
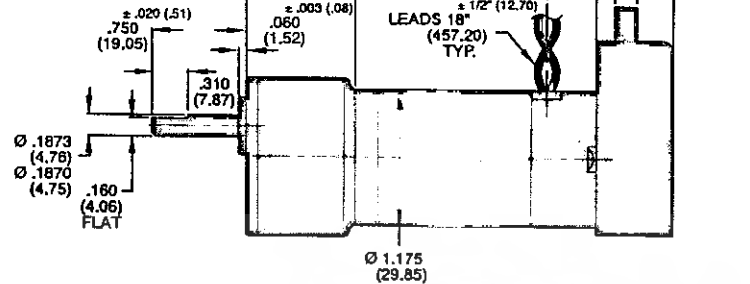


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

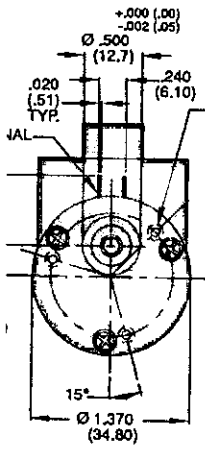
IX Motor with Encoder



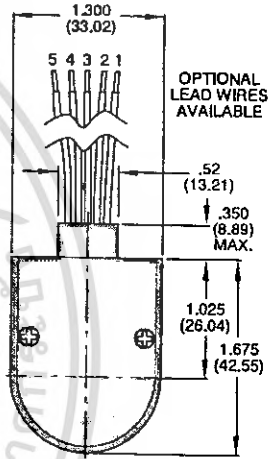
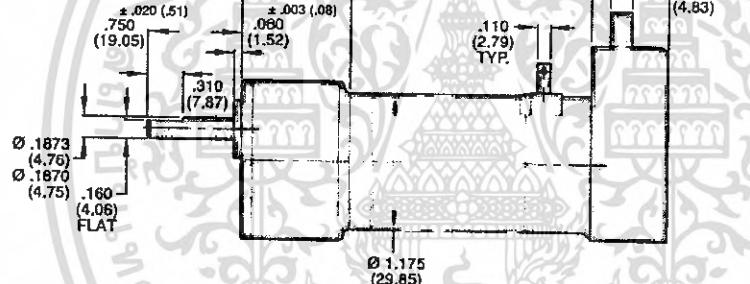
#4-40 UNC-2B .19 (4.83) DP NOM.
(3) HOLES EQ. SP. ON A
1.062 (27) DIA. B.C.



X Motor with Encoder



#4-40 UNC-2B .19 (4.83) DP NOM.
(3) HOLES EQ. SP. ON A
1.062 (27) DIA. B.C.



Encoder Connection Chart

Pin No.	Color	Connection
1	Black	Ground
2	Green	Index/NC
3	Yellow	Channel A
4	Red	Vcc
5	Blue	Channel B

Notes:
 • Unless otherwise specified, all tolerances are to be $\pm .005$ (.01)
 • All measurements are in inches (mm)
 • *See line numbers 7 through 13 in gearmotor data chart



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Motor Data

Parameter	Symbol	Units	Reduction Ratios											
			5.9:1	11.5:1	19.7:1	38.3:1	75.5:1	127.8:1	218.4:1	425.9:1	728.1:1	1419.8:1	2426.9:1	4732.5:1
STANDARD SPECIFICATIONS (Standard and High-Torque Gears)														
Max. Load Standard Gears ¹	T _L	oz-in (N·m)	175 (1.24)	175 (1.24)	175 (1.24)	175 (1.24)	175 (1.24)	175 (1.24)	175 (1.24)	175 (1.24)	175 (1.24)	175 (1.24)	175 (1.24)	175 (1.24)
Max. Load High-Torque Gears ¹	T _L	oz-in (N·m)	300 (2.12)	300 (2.12)	300 (2.12)	300 (2.12)	300 (2.12)	300 (2.12)	300 (2.12)	300 (2.12)	300 (2.12)	300 (2.12)	300 (2.12)	300 (2.12)
Gearbox Shaft Rotation ²	—	—	CW	CW	CCW	CCW	CW	CW	CCW	CCW	CW	CW	CCW	CCW
Gearbox Efficiency	—	%	81	81	73	73	66	66	59	59	53	53	48	48
Gearbox Weight (Mass)	W _G	oz (g)	5.90 (167.3)	5.90 (167.3)	6.26 (177.5)	6.26 (177.5)	6.62 (187.7)	6.62 (187.7)	6.98 (197.9)	6.98 (197.9)	7.34 (208.1)	7.34 (208.1)	8.18 (231.9)	8.18 (231.9)
Gearbox Length	L ₂	in max (mm max)	1.373 (34.9)	1.373 (34.9)	1.373 (34.9)	1.373 (34.9)	1.373 (34.9)	1.373 (34.9)	1.373 (34.9)	1.373 (34.9)	1.373 (34.9)	1.373 (34.9)	1.528 (38.8)	1.528 (38.8)
Length, GM92X2/GM94X2	L ₃	in max (mm max)	3.101 (78.8)	3.101 (78.8)	3.101 (78.8)	3.101 (78.8)	3.101 (78.8)	3.101 (78.8)	3.101 (78.8)	3.101 (78.8)	3.101 (78.8)	3.101 (78.8)	3.256 (82.7)	3.256 (82.7)
Length, GM92X3/GM94X3	L ₃	in max (mm max)	3.476 (88.3)	3.476 (88.3)	3.476 (88.3)	3.476 (88.3)	3.476 (88.3)	3.476 (88.3)	3.476 (88.3)	3.476 (88.3)	3.476 (88.3)	3.476 (88.3)	3.631 (92.2)	3.631 (92.2)
Length, GM92X4/GM94X4	L ₃	in max (mm max)	3.676 (93.4)	3.676 (93.4)	3.676 (93.4)	3.676 (93.4)	3.676 (93.4)	3.676 (93.4)	3.676 (93.4)	3.676 (93.4)	3.676 (93.4)	3.676 (93.4)	3.831 (97.3)	3.831 (97.3)
Length, GM9235/GM9435	L ₃	in max (mm max)	3.976 (101.0)	3.976 (101.0)	3.976 (101.0)	3.976 (101.0)	3.976 (101.0)	3.976 (101.0)	3.976 (101.0)	3.976 (101.0)	3.976 (101.0)	3.976 (101.0)	4.131 (104.9)	4.131 (104.9)
Length, GM9236/GM9436	L ₃	in max (mm max)	4.326 (109.9)	4.326 (109.9)	4.326 (109.9)	4.326 (109.9)	4.326 (109.9)	4.326 (109.9)	4.326 (109.9)	4.326 (109.9)	4.326 (109.9)	4.326 (109.9)	4.481 (113.8)	4.481 (113.8)

STANDARD SPECIFICATIONS (High-Torque Wide Face Gears)														
Max. Load ¹	T _L	oz-in (N·m)			500 (3.53)	500 (3.53)	500 (3.53)	500 (3.53)	500 (3.53)	500 (3.53)	500 (3.53)	500 (3.53)	500 (3.53)	
Gearbox Shaft Rotation ²	—	—			CCW	CCW	CW	CW	CCW	CCW	CW	CW		
Gearbox Efficiency	—	%			73	73	66	66	59	59	53	53		
Gearbox Weight (Mass)	W _G	oz (g)			6.52 (184.8)	6.52 (184.8)	6.88 (195.0)	6.88 (195.0)	7.24 (205.3)	7.24 (205.3)	8.08 (229.1)	8.08 (229.1)		
Gearbox Length	L ₂	in max (mm max)			1.373 (34.9)	1.373 (34.9)	1.373 (34.9)	1.373 (34.9)	1.373 (34.9)	1.373 (34.9)	1.528 (38.8)	1.528 (38.8)		
Length, GM92X2/GM94X2	L ₃	in max (mm max)			3.101 (78.8)	3.101 (78.8)	3.101 (78.8)	3.101 (78.8)	3.101 (78.8)	3.101 (78.8)	3.256 (82.7)	3.256 (82.7)		
Length, GM92X3/GM94X3	L ₃	in max (mm max)			3.476 (88.3)	3.476 (88.3)	3.476 (88.3)	3.476 (88.3)	3.476 (88.3)	3.476 (88.3)	3.631 (92.2)	3.631 (92.2)		
Length, GM92X4/GM94X4	L ₃	in max (mm max)			3.676 (93.4)	3.676 (93.4)	3.676 (93.4)	3.676 (93.4)	3.676 (93.4)	3.676 (93.4)	3.831 (97.3)	3.831 (97.3)		
Length, GM9235/GM9435	L ₃	in max (mm max)			3.976 (101.1)	3.976 (101.1)	3.976 (101.1)	3.976 (101.1)	3.976 (101.1)	3.976 (101.1)	4.131 (104.9)	4.131 (104.9)		
Length, GM9236/GM9436	L ₃	in max (mm max)			4.326 (109.9)	4.326 (109.9)	4.326 (109.9)	4.326 (109.9)	4.326 (109.9)	4.326 (109.9)	4.481 (113.8)	4.481 (113.8)		

SPEED (All Gears)														
M9X32	S _{NL}	rpm (rad/s)	1189 (125)	610 (63.9)	357 (37.4)	183 (19.2)	107 (11.2)	54.9 (5.75)	32.1 (3.36)	16.5 (1.73)	9.6 (.513)	4.9 (.513)	2.9 (.304)	1.5 (.157)
M9X33	S _{NL}	rpm (rad/s)	1016 (106)	521 (54.6)	305 (31.9)	156 (16.3)	91.5 (9.58)	46.9 (4.91)	27.4 (2.87)	14.1 (1.48)	8.2 (.859)	4.2 (.440)	2.5 (.262)	1.3 (.136)
M9X34	S _{NL}	rpm (rad/s)	1043 (109)	535 (56.0)	313 (32.8)	160 (16.8)	93.9 (9.83)	48.1 (5.04)	28.2 (2.95)	14.4 (1.51)	8.5 (.890)	4.3 (.450)	2.5 (.262)	1.3 (.136)

¹ Gearbox capability only. Continuous load torque capability will vary with gear ratio, motor selection, and operating conditions. ² is designated while looking at output shaft with motor operating in a clockwise direction. Gearmotor is polarity reversible.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Motor Data, continued

No.	Parameter	Symbol	Units	Reduction Ratios											
				5.9:1	11.5:1	19.7:1	38.3:1	85.5:1	127.8:1	218.4:1	425.9:1	728.1:1	1419.8:1	2426.9:1	4732.5:1
LOAD SPEED (All Gears), continued															
3	GM9X35	S _{NL}	rpm (rad/s)	1075 (112.5)	552 (57.8)	322 (33.7)	166 (17.4)	96.9 (10.1)	49.7 (5.2)	29.1 (3.0)	14.9 (1.6)	8.7 (.913)	4.4 (.468)	2.6 (.274)	1.3 (.140)
3	GM9X36	S _{NL}	rpm (rad/s)	834 (87.3)	427 (44.7)	250 (26.2)	128 (13.4)	75 (7.85)	38.5 (4.03)	22.5 (2.36)	11.5 (1.20)	6.8 (.712)	3.5 (.367)	2.0 (.209)	1.0 (.105)

Motor Data

No.	Parameter	Symbol	Units	GM9X32	GM9X33	GM9X34	GM9X35	GM9X36
1	Continuous Torque (Max.) ³	T _C	oz-in (N·m)	2.3 (16.2 X 10 ⁻³)	4.7 (33.2 X 10 ⁻³)	6.1 (43.1 X 10 ⁻³)	6.9 (48.7 X 10 ⁻³)	9.5 (67.1 X 10 ⁻³)
1	Peak Torque (Stall) ⁴	T _{PK}	oz-in (N·m)	13.8 (97.5 X 10 ⁻³)	31.6 (225.7 X 10 ⁻³)	41.3 (291.7 X 10 ⁻³)	49.4 (348.9 X 10 ⁻³)	61.8 (436.4 X 10 ⁻³)
1	Motor Constant	K _M	oz-in/√W (N·m/√W)	1.62 (11.4 X 10 ⁻³)	2.66 (18.8 X 10 ⁻³)	3.01 (21.3 X 10 ⁻³)	3.21 (22.7 X 10 ⁻³)	4.11 (29.0 X 10 ⁻³)
1	No-Load Speed	S ₀	rpm (rad/s)	7015 (734.6)	5993 (627.6)	6151 (644.2)	6348 (664.8)	4916 (514.8)
1	Friction Torque	T _F	oz-in (N·m)	0.5 (3.5 X 10 ⁻³)	0.6 (4.2 X 10 ⁻³)	0.6 (4.2 X 10 ⁻³)	0.65 (4.6 X 10 ⁻³)	0.8 (5.6 X 10 ⁻³)
1	Rotor Inertia	J _M	oz-in-s ² (kg-m ²)	2.7 X 10 ⁻⁴ (1.91 X 10 ⁻⁶)	4.6 X 10 ⁻⁴ (3.25 X 10 ⁻⁶)	5.9 X 10 ⁻⁴ (4.17 X 10 ⁻⁶)	7.9 X 10 ⁻⁴ (5.58 X 10 ⁻⁶)	1.0 X 10 ⁻³ (7.06 X 10 ⁻⁶)
1	Electrical Time Constant	τ _E	ms	0.63	0.84	0.85	0.89	1.06
1	Mechanical Time Constant	τ _M	ms	14.4	9.29	9.25	10.9	8.5
1	Viscous Damping—Infinite Source Impedance	D	oz-in/krpm (N·m/rad/s)	0.0272 (1.83 X 10 ⁻⁶)	0.0335 (2.25 X 10 ⁻⁶)	0.0387 (2.60 X 10 ⁻⁶)	0.0450 (3.03 X 10 ⁻⁶)	0.0525 (3.54 X 10 ⁻⁶)
1	Viscous Damping—Zero Source Impedance	K _D	oz-in/krpm (N·m/rad/s)	1.94 (1.31 X 10 ⁻⁴)	5.23 (3.52 X 10 ⁻⁴)	6.68 (4.50 X 10 ⁻⁴)	7.6 (5.12 X 10 ⁻⁴)	12.5 (8.42 X 10 ⁻⁴)
1	Maximum Winding Temp.	θ _{MAX}	°F (°C)	311 (155)	311 (155)	311 (155)	311 (155)	311 (155)
1	Thermal Impedance	R _{TH}	°F/watt (°C/watt)	72.9 (22.7)	66.4 (19.1)	62.8 (17.1)	58.5 (14.7)	56.3 (13.5)
1	Thermal Time Constant	τ _{TH}	min	7.21	11.1	12.0	12.9	13.5
1	Motor Weight (Mass)	W _M	oz (g)	6.98 (197.9)	8.90 (252.3)	10.1 (286.3)	0.0 (TBD)	13.8 (391.2)

GM9XX2 Winding Data (other windings available upon request)

No.	Parameter	Symbol	Units	9X32			
1	Reference Voltage	E	V	12.0	19.1	24.0	30.3
1	Torque Constant	K _T	oz-in/A (N·m/A)	2.20 (15.6 X 10 ⁻³)	3.50 (24.7 X 10 ⁻³)	4.40 (31.1 X 10 ⁻³)	5.53 (39.1 X 10 ⁻³)
1	Back-EMF Constant	K _E	V/krpm (V/rad/s)	1.63 (15.6 X 10 ⁻³)	2.59 (24.7 X 10 ⁻³)	3.25 (31.1 X 10 ⁻³)	4.09 (39.1 X 10 ⁻³)
1	Resistance	R _T	Ω	1.93	4.70	7.38	11.6
1	Inductance	L	mH	1.16	2.94	4.64	7.34
1	No-Load Current	I _{NL}	A	0.32	0.20	0.16	0.13
1	Peak Current (Stall)	I _P	A	6.22	4.06	3.25	2.60

Continuous torque specified at 25°C ambient temperature and without additional heat sink.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GM9X33 Winding Data (other windings available upon request)

Parameter	Symbol	Units	9X33			
			12.0	19.1	24.0	30.3
Reference Voltage	E	V	12.0	19.1	24.0	30.3
Torque Constant	K_T	oz-in/A (N-m/A)	2.67 (18.9×10^{-3})	4.20 (29.7×10^{-3})	5.28 (37.3×10^{-3})	6.68 (47.2×10^{-3})
Back-EMF Constant	K_E	V/krpm (V/rad/s)	1.98 (18.9×10^{-3})	3.10 (29.7×10^{-3})	3.90 (37.3×10^{-3})	4.94 (47.2×10^{-3})
Resistance	R_T	Ω	1.08	2.53	3.94	6.21
Inductance	L	mH	0.84	2.08	3.29	5.27
No-Load Current	I_{NL}	A	0.30	0.19	0.15	0.12
Peak Current (Stall)	I_p	A	11.1	7.55	6.09	4.88

GM9X34 Winding Data (other windings available upon request)

Parameter	Symbol	Units	9X34			
			12.0	19.1	24.0	30.3
Reference Voltage	E	V	12.0	19.1	24.0	30.3
Torque Constant	K_T	oz-in/A (N-m/A)	2.58 (18.2×10^{-3})	4.07 (28.7×10^{-3})	5.17 (36.5×10^{-3})	6.50 (45.9×10^{-3})
Back-EMF Constant	K_E	V/krpm (V/rad/s)	1.91 (18.2×10^{-3})	3.01 (28.7×10^{-3})	3.82 (36.5×10^{-3})	4.81 (45.9×10^{-3})
Resistance	R_T	Ω	0.83	1.89	2.96	4.62
Inductance	L	mH	0.63	1.56	2.51	3.97
No-Load Current	I_{NL}	A	0.33	0.21	0.16	0.13
Peak Current (Stall)	I_p	A	14.5	10.1	8.11	6.55

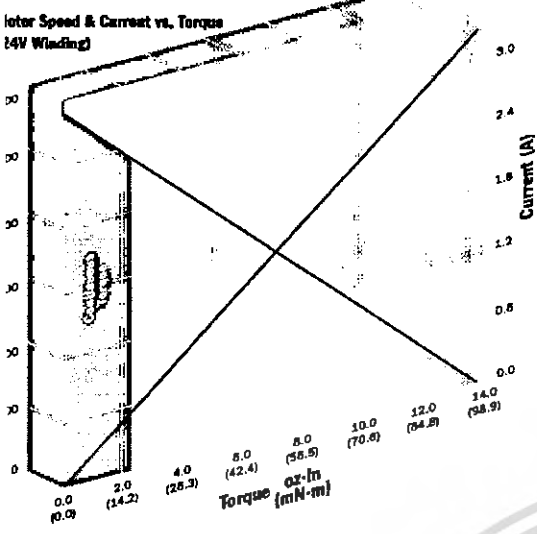
GM9X35/9X36 Winding Data (other windings available upon request)

Parameter	Symbol	Units	9X35				9X36			
			12.0	19.1	24.0	30.3	12.0	19.1	24.0	30.3
Reference Voltage	E	V	12.0	19.1	24.0	30.3	12.0	19.1	24.0	30.3
Torque Constant	K_T	oz-in/A (N-m/A)	2.47 (17.4×10^{-3})	3.99 (28.2×10^{-3})	4.94 (34.9×10^{-3})	6.27 (44.3×10^{-3})	3.25 (23.0×10^{-3})	5.24 (37.0×10^{-3})	6.49 (45.8×10^{-3})	8.24 (58.2×10^{-3})
Back-EMF Constant	K_E	V/krpm (V/rad/s)	1.83 (17.4×10^{-3})	2.95 (28.2×10^{-3})	3.65 (34.9×10^{-3})	3.65 (44.3×10^{-3})	2.4 (23.0×10^{-3})	3.88 (37.0×10^{-3})	4.8 (45.8×10^{-3})	6.09 (58.2×10^{-3})
Resistance	R_T	Ω	.68	1.56	2.37	3.72	0.71	1.64	2.49	3.91
Inductance	L	mH	.51	1.34	2.05	3.30	0.66	1.72	2.63	4.24
No-Load Current	I_{NL}	A	0.38	0.24	0.19	0.16	0.33	0.20	0.16	0.13
Peak Current (Stall)	I_p	A	17.6	12.2	10.1	8.14	16.9	11.7	9.64	7.74

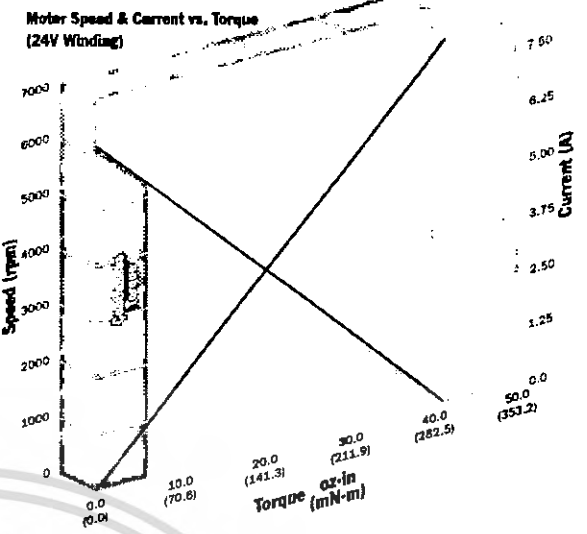


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

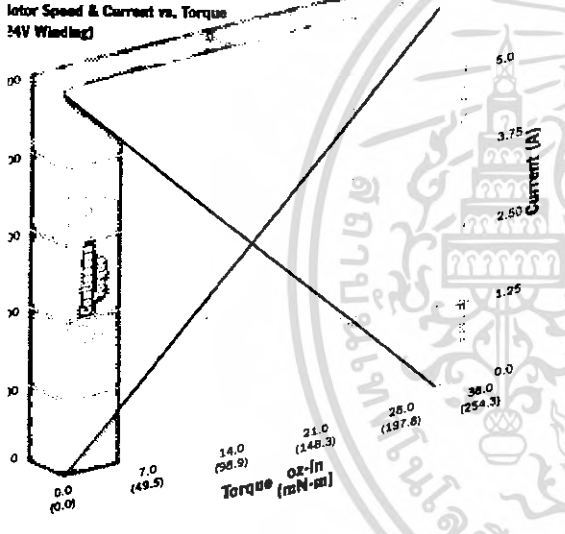
Model GM9X32



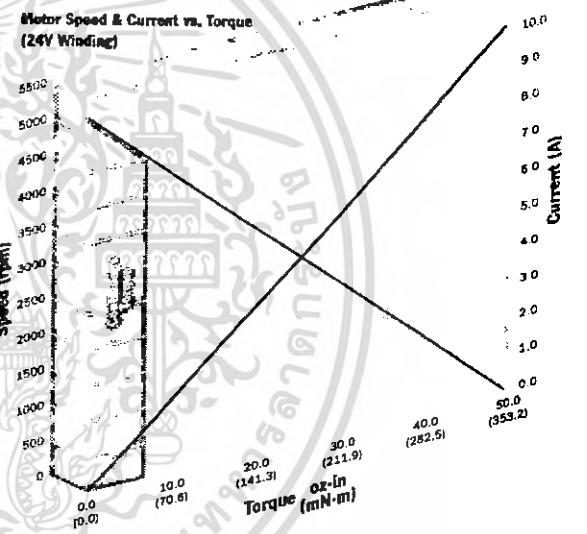
Model GM9X34



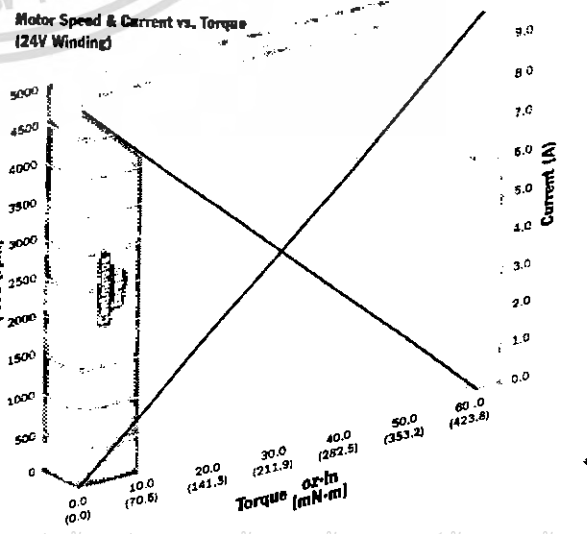
Model GM9X33



Model GM9X35

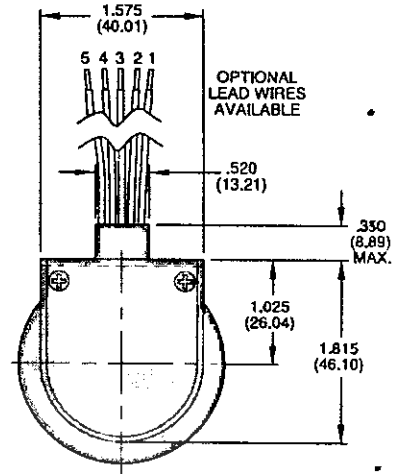
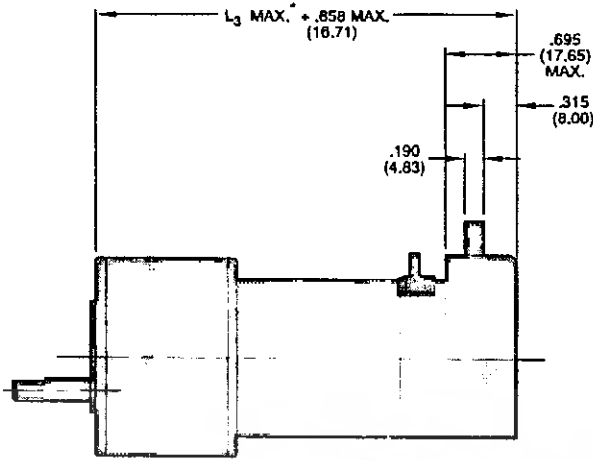
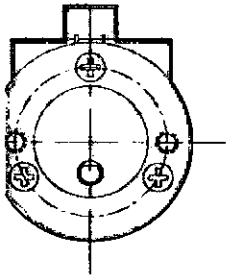


Model GM9X36

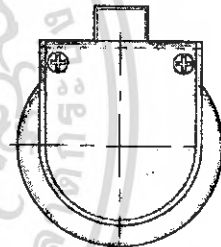
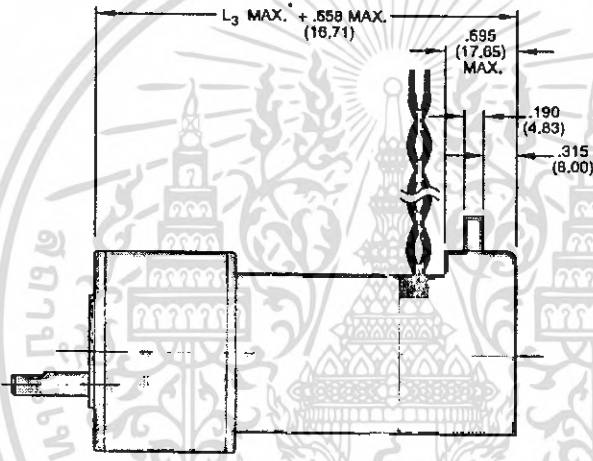
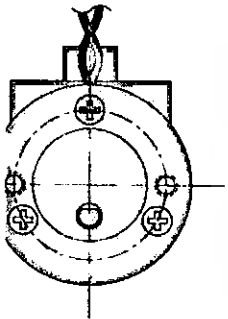


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**94XX Motor
91XX Encoder**



**92XX Motor
91XX Encoder**



Encoder Connection Chart

Pin No.	Color	Connection
1	Black	Ground
2	Green	Index/NC
3	Yellow	Channel A
4	Red	Vcc
5	Blue	Channel B

- Notes:
- Unless otherwise specified, all tolerances are to be $\pm .005$ (.01)
 - All measurements are in inches (mm)
 - See line numbers 6 through 11 and 17 through 21



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า LCG-33
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Motor Data

Parameter	Symbol	Units	Reduction Ratios		
			5.9:1	19.7:1	65.5:1*
STANDARD SPECIFICATIONS (Standard and High-Torque Gears)					
Max. Load Standard Gears ¹	T _L	oz-in (N-m)	175 (1.24)	175 (1.24)	175 (1.24)
Max. Load High-Torque Gears ¹	T _L	oz-in (N-m)	N/A N/A	300 (2.12)	300 (2.12)
Gearbox Shaft Rotation ²	—	—	CW	CCW	CW
Gearbox Efficiency	—	%	81	73	66
Gearbox Weight (Mass)	W _G	oz (g)	5.90 (167.3)	6.26 (177.5)	6.62 (187.7)
Gearbox Length	L ₂	in max (mm max)	1.373 (34.87)	1.373 (34.87)	1.373 (34.87)
Length, GM14901	L ₃	in max (mm max)	4.322 (109.78)	4.322 (109.78)	4.322 (109.78)
Length, GM14902	L ₃	in max (mm max)	4.572 (116.13)	4.572 (116.13)	4.572 (116.13)
STANDARD SPECIFICATIONS (High-Torque, Wide-Face Gears)					
Max. Load ¹	T _L	oz-in (N-m)	N/A N/A	500 (3.53)	500 (3.53)
Gearbox Shaft Rotation	—	—	CW	CCW	CW
Gearbox Efficiency	—	%	81	73	66
Gearbox Weight (Mass)	W _G	oz (g)	N/A N/A	6.52 (184.8)	6.88 (195.0)
Gearbox Length	L ₂	in max (mm max)	N/A N/A	1.373 (34.87)	1.373 (34.87)
Length, GM14901	L ₃	in max (mm max)	N/A N/A	4.322 (109.78)	4.322 (109.78)
Length, GM14902	L ₃	in max (mm max)	N/A N/A	4.572 (116.13)	4.572 (116.13)
SPEED (All Gears)					
GM14901	S _{NL}	rpm (rad/s)	713 (75)	214 (22)	64.2 (7)
GM14902	S _{NL}	rpm (rad/s)	690 (72)	207 (22)	62.1 (6)

¹ Torque capability only. Continuous load torque capability will vary with gear ratio, motor selection, and operating conditions. Torque is designated while looking at output shaft with motor operating in a clockwise direction. Gearmotor is polarity reversible. ² Only for higher ratios.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Motor Data

No.	Parameter	Symbol	Units	14X01	14X02
3	Continuous Torque ³	T _C	oz-in (N-m)	10.0 (70.6 X 10 ⁻³)	14.0 (98.9 X 10 ⁻³)
9	Peak Torque (Stall)	T _{PK}	oz-in (N-m)	62.8 (.44)	107 (.76)
3	Motor Constant	K _M	oz-in/√W (N-m/√W)	4.45 (31.4 X 10 ⁻³)	5.93 (41.9 X 10 ⁻³)
1	No-Load Speed	S _D	rpm (rad/s)	4230 (443)	4087 (428)
2	Friction Torque	T _F	oz-in (N-m)	1.20 (8.5 X 10 ⁻³)	1.20 (8.5 X 10 ⁻³)
3	Rotor Inertia	J _M	oz-in-s ² (kg-cm ²)	1.6 X 10 ⁻³ (1.13 X 10 ⁻⁵)	2.3 X 10 ⁻³ (1.62 X 10 ⁻⁵)
1	Electrical Time Constant	τ _E	ms	0.91	1.47
3	Mechanical Time Constant	τ _M	ms	11.4	9.26
3	Viscous Damping— Infinite Source Impedance	D	oz-in/krpm (N-m/(rad/s))	0.17 (1.15 X 10 ⁻⁵)	0.17 (1.15 X 10 ⁻⁵)
7	Viscous Damping— Zero Source Impedance	K _D	oz-in/krpm (N-m/(rad/s))	14.7 (9.91 X 10 ⁻⁴)	26.0 (1.75 X 10 ⁻³)
3	Maximum Winding Temperature	θ _{MAX}	°F (°C)	311 (155)	311 (155)
3	Thermal Impedance	R _{TH}	°F/watt °C/watt	49.8 (9.90)	48.2 (9.00)
1	Thermal Time Constant	τ _{TH}	min	22.0	24.0
1	Motor Weight (Mass)	W _M	oz (g)	20.8 (589.7)	26.0 (737.1)
1	Motor Length, 1410X, 1420X	L ₁	in max (mm max)	2.953 (75.01)	3.203 (81.36)

Continuous torque specified at 25°C ambient temperature and without additional heat sink.

Motor GM14X01/GM14X02 Winding Data (other windings available upon request)

No.	Parameter	Symbol	Units	GM14X01				GM14X02			
				12.0	19.1	24.0	30.3	12.0	19.1	24.0	30.3
	Reference Voltage	E	V	12.0	19.1	24.0	30.3	12.0	19.1	24.0	30.3
	Torque Constant	K _T	oz-in/A (N-m/A)	3.72 (26.3 X 10 ⁻³)	5.89 (41.6 X 10 ⁻³)	7.44 (52.5 X 10 ⁻³)	9.46 (66.8 X 10 ⁻³)	3.90 (27.5 X 10 ⁻³)	6.16 (43.5 X 10 ⁻³)	7.80 (55.1 X 10 ⁻³)	9.85 (69.6 X 10 ⁻³)
	Back-EMF Constant	K _E	V/krpm (V/rad/s)	2.75 (26.3 X 10 ⁻³)	4.36 (41.6 X 10 ⁻³)	5.50 (52.5 X 10 ⁻³)	6.99 (66.8 X 10 ⁻³)	2.88 (27.5 X 10 ⁻³)	4.55 (43.5 X 10 ⁻³)	5.77 (55.1 X 10 ⁻³)	7.29 (69.6 X 10 ⁻³)
	Resistance	R _T	Ω	0.72	1.76	2.79	4.45	0.45	1.09	1.73	2.74
	Inductance	L	mH	0.63	1.59	2.54	4.10	0.63	1.58	2.54	4.05
	No-Load Current	I _{NL}	A	0.52	0.33	0.26	0.20	0.49	0.31	0.24	0.19
	Peak Current (Stall) ⁴	I _p	A	16.7	10.8	8.60	6.80	26.4	17.5	13.9	11.1

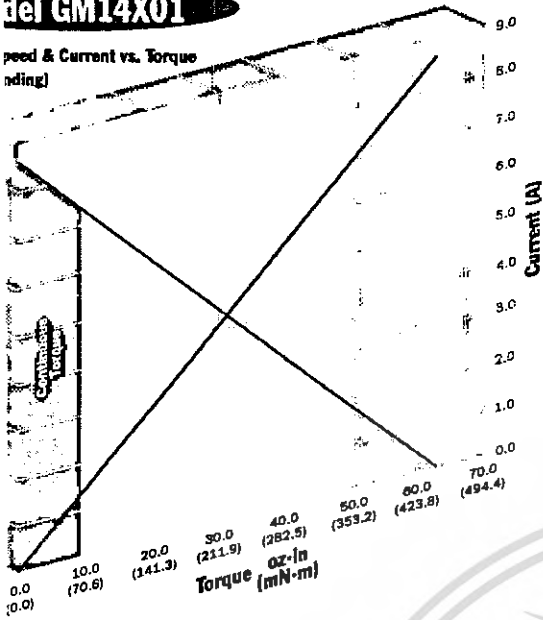
Typical values supplied for reference only.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

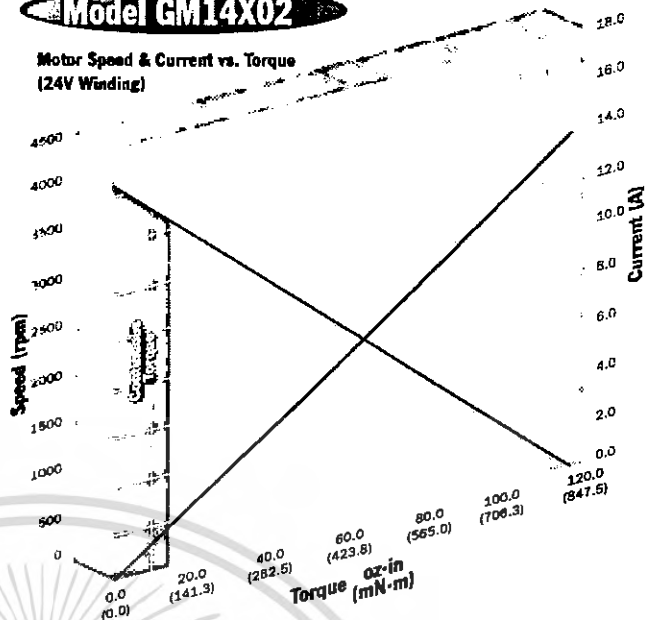
Model GM14X01

Motor Speed & Current vs. Torque (24V Winding)

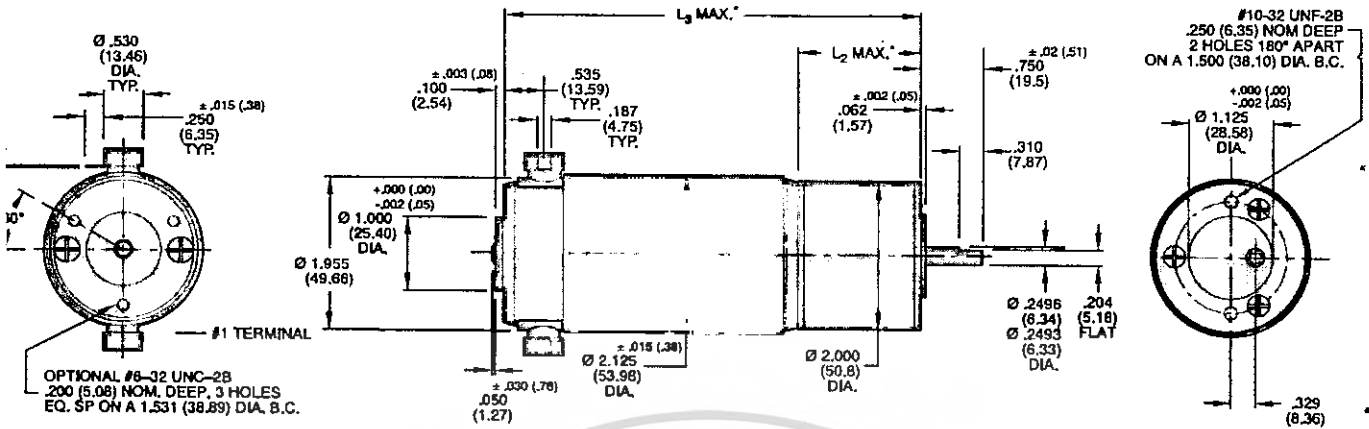


Model GM14X02

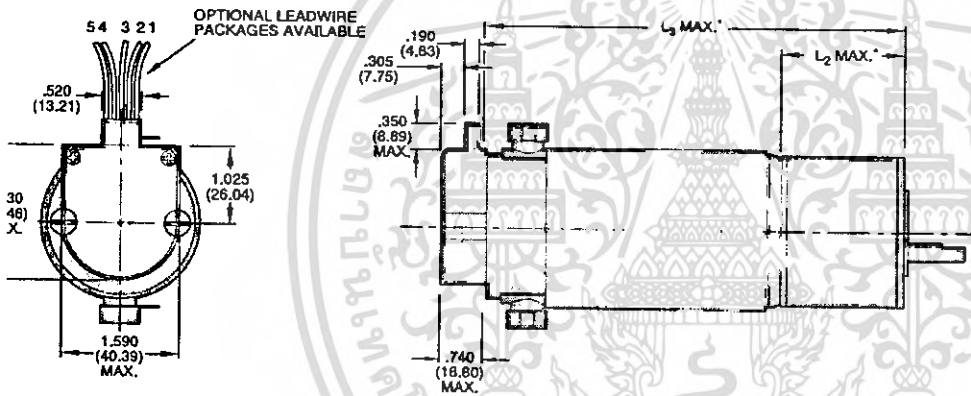
Motor Speed & Current vs. Torque (24V Winding)



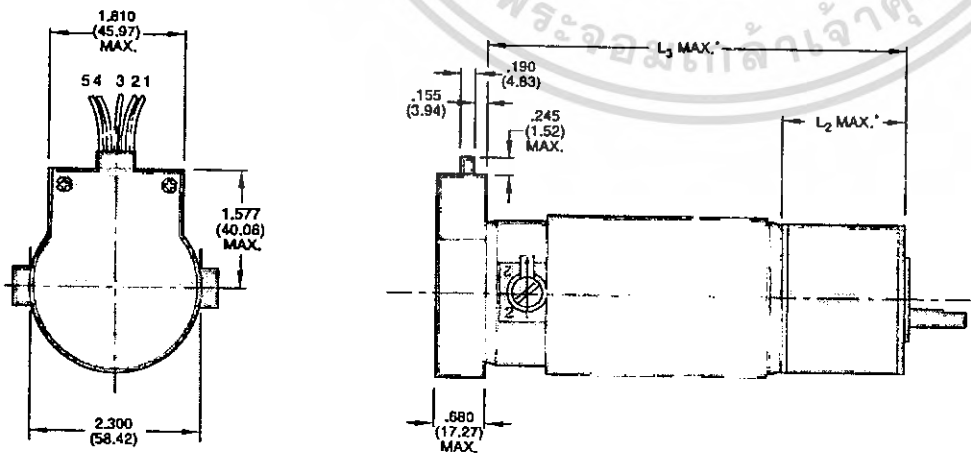
149XX Motor



149XX Motor
91X0 Encoder



149XX Motor
90X0 Encoder



Encoder Connection Chart

Pin No.	Color	Connection
1	Black	Ground
2	Green	Index/NC
3	Yellow	Channel A
4	Red	Vcc
5	Blue	Channel B

Notes:
 • Unless otherwise specified, all tolerances are to be $\pm .005$ (.01)
 • All measurements are in inches (mm)
 • See line no. 6 through 8 and 13 through 15 in gearmotor data chart



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



is subject to change without notice.

PITTMAN®

343 GODSHALL DRIVE
HARLEYSVILLE, PENNSYLVANIA 19438 U.S.A.
PHONE: 215-256-6601 • FAX: 215-256-1338
TOLL FREE: 877-PITTMAN (USA Only)
E-MAIL: info@pittmannot.com
WEB SITE: www.pittmannot.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10/05

(@1000kbps)

TRW-2.4G Part No:

Part No	Description
TRW-2.4G	High frequency Transceiver module (GFSK) 2.4GHz



TRW-2.4G Transceiver



Partnership



TRW-2.4G Transceiver

Copyright c 2000-2004 WENSHING. All rights reserved. For personal, noncommercial use only.

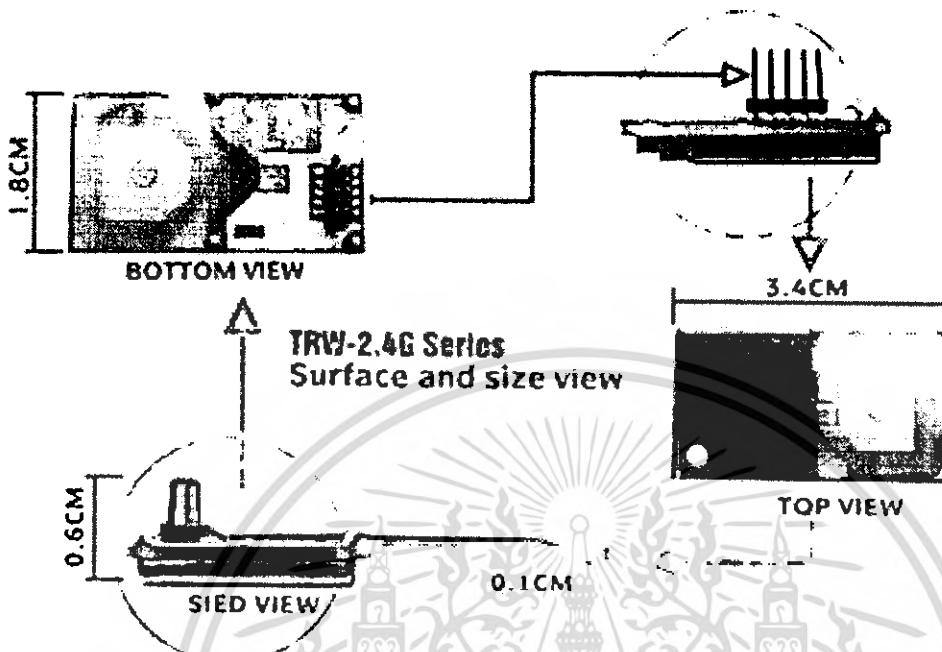


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

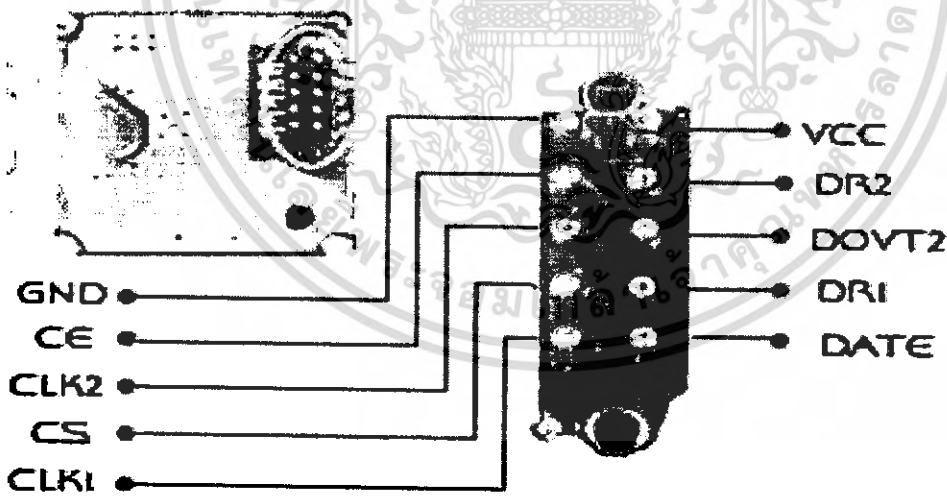
mble list
 rsmmitter
 /-2.4G(250kbps)
 /-2.4G(1Mbps)
 ce And Size View

Receiver
 TRW-2.4G(250kbps)
 TRW-2.4G(1Mbps)

Distance
 280m
 150m



ing Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features
 Compatible with MCS[®]-51 Products
 In-System Programmable (ISP) Flash Memory
 Endurance: 1000 Write/Erase Cycles
 2.7V to 5.5V Operating Range
 Standby Current: 0 Hz to 33 MHz
 Two-Level Program Memory Lock
 128-bit Internal RAM
 Programmable I/O Lines
 16-bit Timer/Counters
 Multiple Interrupt Sources
 Full Duplex UART Serial Channel
 Low Power Idle and Power-down Modes
 Fast Recovery from Power-down Mode
 Watchdog Timer
 Two Data Pointers
 Sleep Mode Flag
 In-System Programming Time
 In-System Programming (Byte and Page Mode)
 (Pb/Halide-free) Packaging Option

Description

The AT89S52 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcontroller with 8K bytes of in-system programmable Flash memory. The device is manufactured using high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industrial standard 80C51 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with in-system programmable Flash on the same chip, the Atmel AT89S52 is a powerful microcontroller which provides a flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The AT89S52 provides the following standard features: 8K bytes of Flash, 256 bytes of internal RAM, 32 I/O lines, Watchdog timer, two data pointers, three 16-bit timer/counters, a two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and logic circuitry. In addition, the AT89S52 is designed with static logic for operation at zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM content, freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or reset.



**8-bit
 Microcontroller
 with 8K Bytes
 In-System
 Programmable
 Flash**

AT89S52

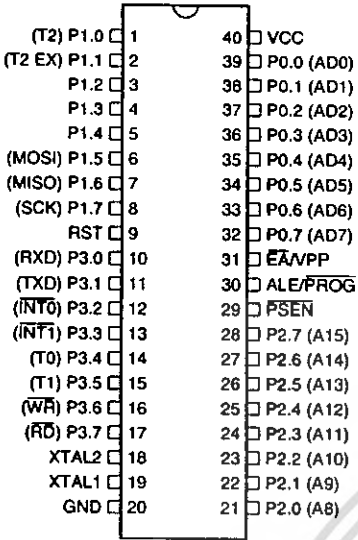
1919C-MICRO-3/05



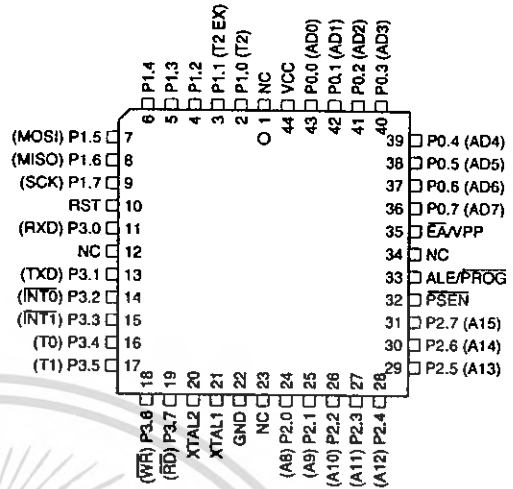
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Configurations

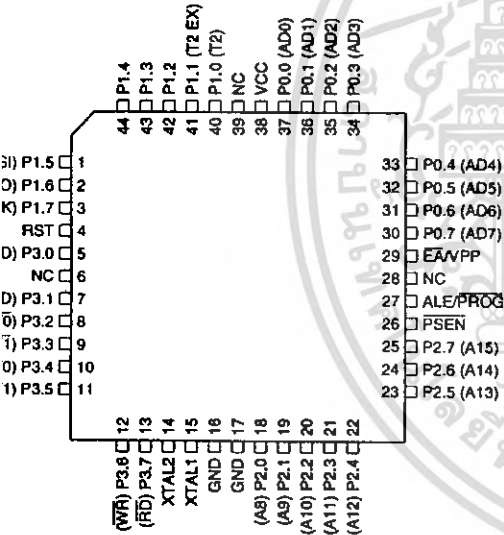
40-lead PDIP



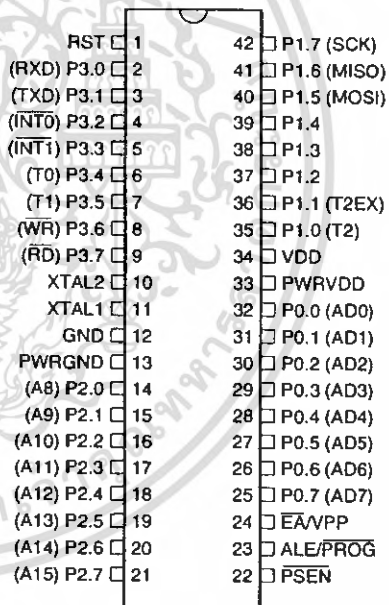
2.3 44-lead PLCC



44-lead TQFP



2.4 42-lead PDIP



AT89S52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Pin Description

VCC

Supply voltage.

GND

Ground.

Port 0

Port 0 is an 8-bit open drain bidirectional I/O port. As an output port, each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 can also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode, P0 has internal pull-ups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming and outputs the code bytes during program verification. **External pull-ups are required during program verification.**

Port 1

Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pull-ups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins, they are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pull-ups.

In addition, P1.0 and P1.1 can be configured to be the timer/counter 2 external count input (P1.0/T2) and the timer/counter 2 trigger input (P1.1/T2EX), respectively, as shown in the following table.

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port Pin	Alternate Functions
P1.0	T2 (external count input to Timer/Counter 2), clock-out
P1.1	T2EX (Timer/Counter 2 capture/reload trigger and direction control)
P1.5	MOSI (used for In-System Programming)
P1.6	MISO (used for In-System Programming)
P1.7	SCK (used for In-System Programming)

Port 2

Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pull-ups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins, they are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pull-ups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, Port 2 uses strong internal pull-ups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

AT89S52

Port 3

Port 3 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pull-ups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins, they are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pull-ups.

Port 3 receives some control signals for Flash programming and verification.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89S52, as shown in the following table.

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{INT0}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{INT1}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	\overline{WR} (external data memory write strobe)
P3.7	\overline{RD} (external data memory read strobe)

RST

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device. This pin drives high for 98 oscillator periods after the Watchdog times out. The DISRTO bit in SFR AUXR (address 8EH) can be used to disable this feature. In the default state of bit DISRTO, the RESET HIGH out feature is enabled.

ALE/PROG

Address Latch Enable (ALE) is an output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input (\overline{PROG}) during Flash programming.

In normal operation, ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external data memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.





$\overline{\text{PSEN}}$

Program Store Enable ($\overline{\text{PSEN}}$) is the read strobe to external program memory.

When the AT89S52 is executing code from external program memory, $\overline{\text{PSEN}}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{\text{PSEN}}$ activations are skipped during each access to external data memory.

$\overline{\text{EA/VPP}}$

External Access Enable. $\overline{\text{EA}}$ must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, $\overline{\text{EA}}$ will be internally latched on reset.

$\overline{\text{EA}}$ should be strapped to V_{CC} for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming.

XTAL1

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Special Function Registers

A map of the on-chip memory area called the Special Function Register (SFR) space is shown in Table 5-1.

Note that not all of the addresses are occupied, and unoccupied addresses may not be implemented on the chip. Read accesses to these addresses will in general return random data, and write accesses will have an indeterminate effect.

User software should not write 1s to these unlisted locations, since they may be used in future products to invoke new features. In that case, the reset or inactive values of the new bits will always be 0.

Timer 2 Registers: Control and status bits are contained in registers T2CON (shown in Table 5-2) and T2MOD (shown in Table 10-2) for Timer 2. The register pair (RCAP2H, RCAP2L) are the Capture/Reload registers for Timer 2 in 16-bit capture mode or 16-bit auto-reload mode.

Interrupt Registers: The individual interrupt enable bits are in the IE register. Two priorities can be set for each of the six interrupt sources in the IP register.

AT89S52

1. AT89S52 SFR Map and Reset Values

								0FFH
B 00000000								0F7H
								0EFH
ACC 00000000								0E7H
								0DFH
PSW 00000000								0D7H
T2CON 00000000	T2MOD XXXXXX00	RCAP2L 00000000	RCAP2H 00000000	TL2 00000000	TH2 00000000			0CFH
								0C7H
IP XX000000								0BFH
P3 11111111								0B7H
IE 0X000000								0AFH
P2 11111111		AUXR1 XXXXXXX0				WDTRST XXXXXXX0		0A7H
SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX							9FH
P1 11111111								97H
TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000	AUXR XXX0XX0		8FH
P0 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000		PCON 0XXX0000	87H





2. T2CON – Timer/Counter 2 Control Register

CON Address = 0C8H

Reset Value = 0000 0000B

Addressable

TF2	EXF2	RCLK	TCLK	EXEN2	TR2	C/T2	CP/RL2
7	6	5	4	3	2	1	0

Function

Timer 2 overflow flag set by a Timer 2 overflow and must be cleared by software. TF2 will not be set when either RCLK = 1 or TCLK = 1.

Timer 2 external flag set when either a capture or reload is caused by a negative transition on T2EX and EXEN2 = 1. When Timer 2 interrupt is enabled, EXF2 = 1 will cause the CPU to vector to the Timer 2 interrupt routine. EXF2 must be cleared by software. EXF2 does not cause an interrupt in up/down counter mode (DCEN = 1).

Receive clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its receive clock in serial port Modes 1 and 3. RCLK = 0 causes Timer 1 overflow to be used for the receive clock.

Transmit clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its transmit clock in serial port Modes 1 and 3. TCLK = 0 causes Timer 1 overflows to be used for the transmit clock.

Timer 2 external enable. When set, allows a capture or reload to occur as a result of a negative transition on T2EX if Timer 2 is not being used to clock the serial port. EXEN2 = 0 causes Timer 2 to ignore events at T2EX.

Start/Stop control for Timer 2. TR2 = 1 starts the timer.

Timer or counter select for Timer 2. C/T2 = 0 for timer function. C/T2 = 1 for external event counter (falling edge triggered).

Capture/Reload select. CP/RL2 = 1 causes captures to occur on negative transitions at T2EX if EXEN2 = 1. CP/RL2 = 0 causes automatic reloads to occur when Timer 2 overflows or negative transitions occur at T2EX when EXEN2 = 1. When either RCLK or TCLK = 1, this bit is ignored and the timer is forced to auto-reload on Timer 2 overflow.



AT89S52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1919C-MICRO-3/05

3. AUXR: Auxiliary Register

Address = 8EH

Reset Value = XXX00XX0B

Not Bit Addressable

	-	-	-	WDIDLE	DISRTO	-	-	DISALE
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0

Reserved for future expansion

Disable/Enable ALE

DISALE Operating Mode

0 ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency

1 ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction

Disable/Enable Reset out

DISRTO

0 Reset pin is driven High after WDT times out

1 Reset pin is input only

Disable/Enable WDT in IDLE mode

WDIDLE

0 WDT continues to count in IDLE mode

1 WDT halts counting in IDLE mode

Data Pointer Registers: To facilitate accessing both internal and external data memory, two banks of 16-bit Data Registers are provided: DP0 at SFR address locations 82H-83H and DP1 at 84H-85H. Bit DPS = 0 in SFR AUXR1 DP0 and DPS = 1 selects DP1. The user should **ALWAYS** initialize the DPS bit to the appropriate value before using the respective Data Pointer Register.

Power Off Flag: The Power Off Flag (POF) is located at bit 4 (PCON.4) in the PCON SFR. POF is set to "1" during power up. It can be set and reset under software control and is not affected by reset.

4. AUXR1: Auxiliary Register 1

Address = A2H

Reset Value = XXXXXXX0B

Not Bit Addressable

	-	-	-	-	-	-	-	DPS
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0

Reserved for future expansion

Data Pointer Register Select

DPS

0 Selects DPTR Registers DP0L, DP0H

1 Selects DPTR Registers DP1L, DP1H





Memory Organization

MCS-51 devices have a separate address space for Program and Data Memory. Up to 64K bytes each of external Program and Data Memory can be addressed.

Program Memory

If the \overline{EA} pin is connected to GND, all program fetches are directed to external memory.

On the AT89S52, if \overline{EA} is connected to V_{CC} , program fetches to addresses 0000H through 1FFFH are directed to internal memory and fetches to addresses 2000H through FFFFH are to external memory.

Data Memory

The AT89S52 implements 256 bytes of on-chip RAM. The upper 128 bytes occupy a parallel address space to the Special Function Registers. This means that the upper 128 bytes have the same addresses as the SFR space but are physically separate from SFR space.

When an instruction accesses an internal location above address 7FH, the address mode used in the instruction specifies whether the CPU accesses the upper 128 bytes of RAM or the SFR space. Instructions which use direct addressing access the SFR space.

For example, the following direct addressing instruction accesses the SFR at location 0A0H (which is P2).

```
MOV 0A0H, #data
```

Instructions that use indirect addressing access the upper 128 bytes of RAM. For example, the following indirect addressing instruction, where R0 contains 0A0H, accesses the data byte at address 0A0H, rather than P2 (whose address is 0A0H).

```
MOV @R0, #data
```

Note that stack operations are examples of indirect addressing, so the upper 128 bytes of data RAM are available as stack space.

Watchdog Timer (One-time Enabled with Reset-out)

The WDT is intended as a recovery method in situations where the CPU may be subjected to software upsets. The WDT consists of a 14-bit counter and the Watchdog Timer Reset (WDTRST) SFR. The WDT is defaulted to disable from exiting reset. To enable the WDT, a user must write 01EH and 0E1H in sequence to the WDTRST register (SFR location 0A6H). When the WDT is enabled, it will increment every machine cycle while the oscillator is running. The WDT timeout period is dependent on the external clock frequency. There is no way to disable the WDT except through reset (either hardware reset or WDT overflow reset). When WDT overflows, it will drive an output RESET HIGH pulse at the RST pin.

Using the WDT

To enable the WDT, a user must write 01EH and 0E1H in sequence to the WDTRST register (SFR location 0A6H). When the WDT is enabled, the user needs to service it by writing 01EH and 0E1H to WDTRST to avoid a WDT overflow. The 14-bit counter overflows when it reaches 16383 (3FFFH), and this will reset the device. When the WDT is enabled, it will increment every machine cycle while the oscillator is running. This means the user must reset the WDT at least every 16383 machine cycles. To reset the WDT the user must write 01EH and 0E1H to WDTRST. WDTRST is a write-only register. The WDT counter cannot be read or written. When

AT89S52

WDT overflows, it will generate an output RESET pulse at the RST pin. The RESET pulse duration is $98 \times TOSC$, where $TOSC = 1/FOSC$. To make the best use of the WDT, it should be serviced in those sections of code that will periodically be executed within the time required to prevent a WDT reset.

WDT During Power-down and Idle

In Power-down mode the oscillator stops, which means the WDT also stops. While in Power-down mode, the user does not need to service the WDT. There are two methods of exiting Power-down mode: by a hardware reset or via a level-activated external interrupt which is enabled prior to entering Power-down mode. When Power-down is exited with hardware reset, servicing the WDT should occur as it normally does whenever the AT89S52 is reset. Exiting Power-down with an interrupt is significantly different. The interrupt is held low long enough for the oscillator to stabilize. When the interrupt is brought high, the interrupt is serviced. To prevent the WDT from resetting the device while the interrupt pin is held low, the WDT is not started until the interrupt is pulled high. It is suggested that the WDT be reset during the interrupt service for the interrupt used to exit Power-down mode.

To ensure that the WDT does not overflow within a few states of exiting Power-down, it is best to reset the WDT just before entering Power-down mode.

Before going into the IDLE mode, the WDIDLE bit in SFR AUXR is used to determine whether the WDT continues to count if enabled. The WDT keeps counting during IDLE (WDIDLE bit = 0) as the default state. To prevent the WDT from resetting the AT89S52 while in IDLE mode, the user should always set up a timer that will periodically exit IDLE, service the WDT, and reenter IDLE mode.

With WDIDLE bit enabled, the WDT will stop to count in IDLE mode and resumes the count upon exit from IDLE.

UART

The UART in the AT89S52 operates the same way as the UART in the AT89C51 and AT89C52. For further information on the UART operation, please click on the document link below:

http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/DOC4316.PDF

Timer 0 and 1

Timer 0 and Timer 1 in the AT89S52 operate the same way as Timer 0 and Timer 1 in the AT89C51 and AT89C52. For further information on the timers' operation, please click on the document link below:

http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/DOC4316.PDF



mer 2

Timer 2 is a 16-bit Timer/Counter that can operate as either a timer or an event counter. The type of operation is selected by bit $C/\overline{T}2$ in the SFR T2CON (shown in Table 5-2). Timer 2 has three operating modes: capture, auto-reload (up or down counting), and baud rate generator. The modes are selected by bits in T2CON, as shown in Table 10-1. Timer 2 consists of two 8-bit registers, TH2 and TL2. In the Timer function, the TL2 register is incremented every machine cycle. Since a machine cycle consists of 12 oscillator periods, the count rate is 1/12 of the oscillator frequency.

Table 10-1. Timer 2 Operating Modes

RCLK +TCLK	CP/ $\overline{RL}2$	TR2	MODE
0	0	1	16-bit Auto-reload
0	1	1	16-bit Capture
1	X	1	Baud Rate Generator
X	X	0	(Off)

In the Counter function, the register is incremented in response to a 1-to-0 transition at its corresponding external input pin, T2. In this function, the external input is sampled during S5P2 of every machine cycle. When the samples show a high in one cycle and a low in the next cycle, the count is incremented. The new count value appears in the register during S3P1 of the cycle following the one in which the transition was detected. Since two machine cycles (24 oscillator periods) are required to recognize a 1-to-0 transition, the maximum count rate is 1/24 of the oscillator frequency. To ensure that a given level is sampled at least once before it changes, the level should be held for at least one full machine cycle.

Capture Mode

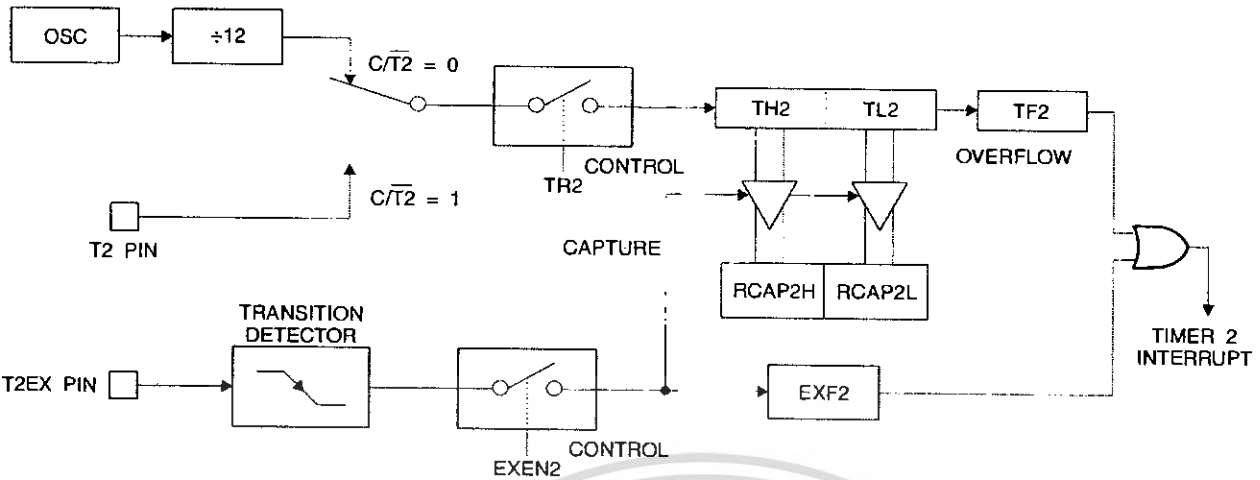
In the capture mode, two options are selected by bit EXEN2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 is a 16-bit timer or counter which upon overflow sets bit TF2 in T2CON. This bit can then be used to generate an interrupt. If EXEN2 = 1, Timer 2 performs the same operation, but a 1-to-0 transition at external input T2EX also causes the current value in TH2 and TL2 to be captured into RCAP2H and RCAP2L, respectively. In addition, the transition at T2EX causes bit EXF2 in T2CON to be set. The EXF2 bit, like TF2, can generate an interrupt. The capture mode is illustrated in Figure 10-1.

Auto-reload (Up or Down Counter)

Timer 2 can be programmed to count up or down when configured in its 16-bit auto-reload mode. This feature is invoked by the DCEN (Down Counter Enable) bit located in the SFR T2MOD (see Table 10-2). Upon reset, the DCEN bit is set to 0 so that timer 2 will default to count up. When DCEN is set, Timer 2 can count up or down, depending on the value of the T2EX pin.

AT89S52

10-1. Timer in Capture Mode



10-2. T2MOD – Timer 2 Mode Control Register

MOD Address = 0C9H Reset Value = XXXX XX00B

Bit Addressable							
7	6	5	4	3	2	1	0
-	-	-	-	-	-	T2OE	DCEN
Function							
Not implemented, reserved for future							
Timer 2 Output Enable bit							
When set, this bit allows Timer 2 to be configured as an up/down counter							

Figure 10-2 shows Timer 2 automatically counting up when DCEN = 0. In this mode, two options are selected by bit EXEN2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 counts up to 0FFFFH and then sets the TF2 bit upon overflow. The overflow also causes the timer registers to be reloaded with the 16-bit value in RCAP2H and RCAP2L. The values in Timer in Capture Mode RCAP2H and RCAP2L are preset by software. If EXEN2 = 1, a 1-to-0 transition at external input T2EX. This transition also sets the EXF2 bit. Both the TF2 and EXF2 bits can generate an interrupt if enabled.

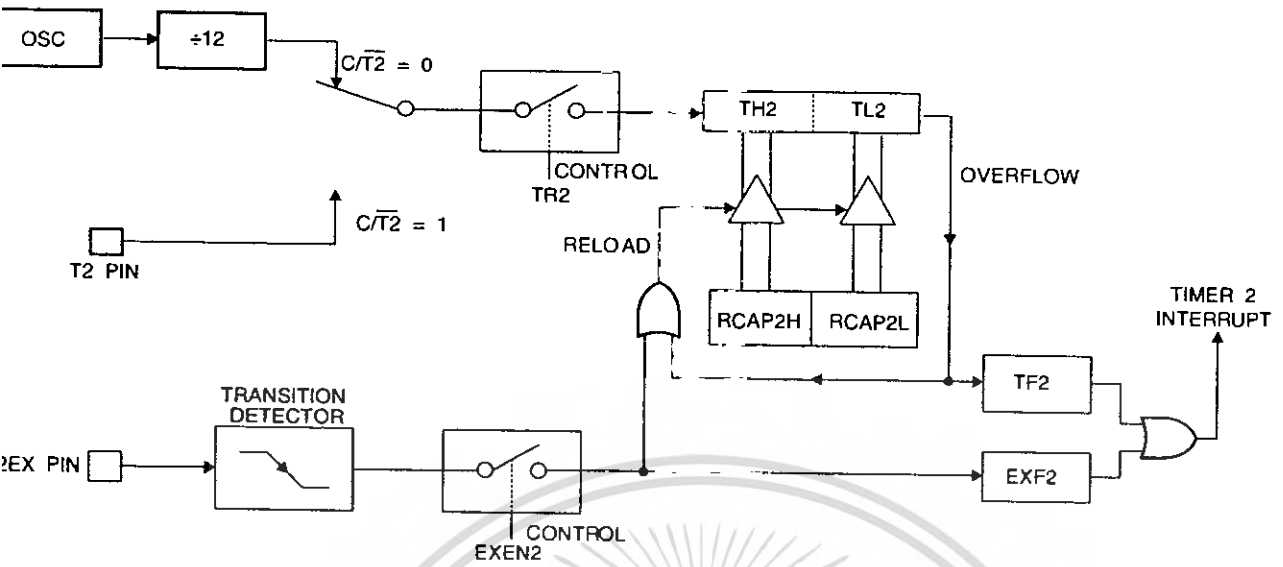
Setting the DCEN bit enables Timer 2 to count up or down, as shown in Figure 10-2. In this mode, the T2EX pin controls the direction of the count. A logic 1 at T2EX makes Timer 2 count up. The timer will overflow at 0FFFFH and set the TF2 bit. This overflow also causes the 16-bit value in RCAP2H and RCAP2L to be reloaded into the timer registers, TH2 and TL2, respectively.

A logic 0 at T2EX makes Timer 2 count down. The timer underflows when TH2 and TL2 equal the values stored in RCAP2H and RCAP2L. The underflow sets the TF2 bit and causes 0FFFFH to be reloaded into the timer registers.

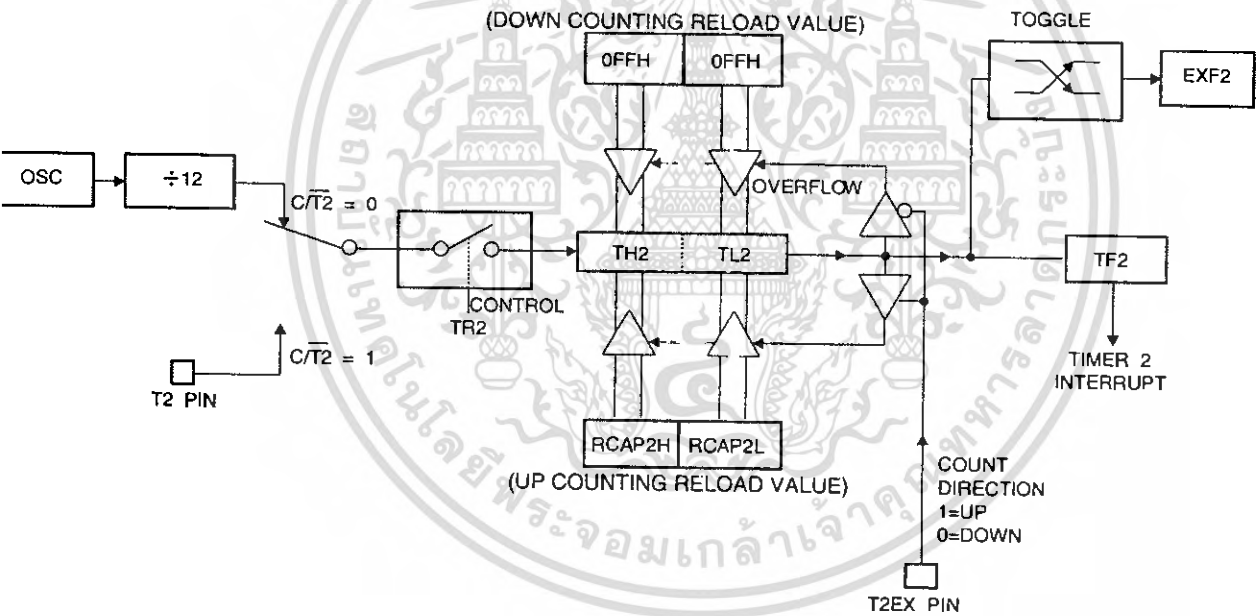
The EXF2 bit toggles whenever Timer 2 overflows or underflows and can be used as a 17th bit of resolution. In this operating mode, EXF2 does not flag an interrupt.



10-2. Timer 2 Auto Reload Mode (DCEN = 0)



10-3. Timer 2 Auto Reload Mode (DCEN = 1)



AT89S52

Baud Rate Generator

Timer 2 is selected as the baud rate generator by setting TCLK and/or RCLK in T2CON (Table 5-2). Note that the baud rates for transmit and receive can be different if Timer 2 is used for the receiver or transmitter and Timer 1 is used for the other function. Setting RCLK and/or TCLK puts Timer 2 into its baud rate generator mode, as shown in Figure 11-1.

The baud rate generator mode is similar to the auto-reload mode, in that a rollover in TH2 causes the Timer 2 registers to be reloaded with the 16-bit value in registers RCAP2H and RCAP2L, which are preset by software.

The baud rates in Modes 1 and 3 are determined by Timer 2's overflow rate according to the following equation.

$$\text{Modes 1 and 3 Baud Rates} = \frac{\text{Timer 2 Overflow Rate}}{16}$$

The Timer can be configured for either timer or counter operation. In most applications, it is configured for timer operation ($CP/\overline{T2} = 0$). The timer operation is different for Timer 2 when it is used as a baud rate generator. Normally, as a timer, it increments every machine cycle (at 1/12 the oscillator frequency). As a baud rate generator, however, it increments every state time (at 1/2 the oscillator frequency). The baud rate formula is given below.

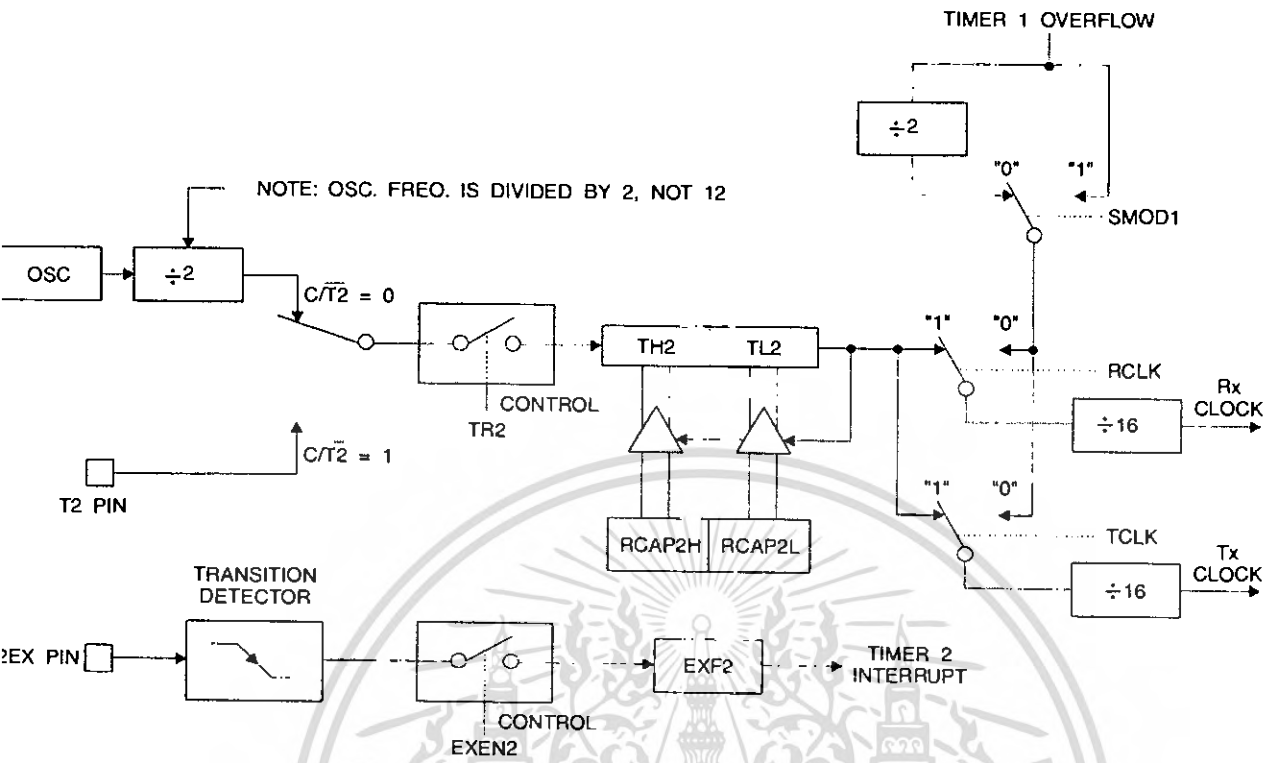
$$\frac{\text{Modes 1 and 3}}{\text{Baud Rate}} = \frac{\text{Oscillator Frequency}}{32 \times [65536 - \text{RCAP2H}, \text{RCAP2L}]}$$

where (RCAP2H, RCAP2L) is the content of RCAP2H and RCAP2L taken as a 16-bit unsigned integer.

Timer 2 as a baud rate generator is shown in Figure 11-1. This figure is valid only if RCLK or TCLK = 1 in T2CON. Note that a rollover in TH2 does not set TF2 and will not generate an interrupt. Note too, that if EXEN2 is set, a 1-to-0 transition in T2EX will set EXF2 but will not cause a reload from (RCAP2H, RCAP2L) to (TH2, TL2). Thus, when Timer 2 is in use as a baud rate generator, T2EX can be used as an extra external interrupt.

Note that when Timer 2 is running ($TR2 = 1$) as a timer in the baud rate generator mode, TH2 or TL2 should not be read from or written to. Under these conditions, the Timer is incremented every state time, and the results of a read or write may not be accurate. The RCAP2 registers may be read but should not be written to, because a write might overlap a reload and cause write and/or reload errors. The timer should be turned off (clear TR2) before accessing the Timer 2 or RCAP2 registers.

1-1. Timer 2 in Baud Rate Generator Mode



Programmable Clock Out

A 50% duty cycle clock can be programmed to come out on P1.0, as shown in Figure 12-1. This pin, besides being a regular I/O pin, has two alternate functions. It can be programmed to input the external clock for Timer/Counter 2 or to output a 50% duty cycle clock ranging from 61 Hz to 4 MHz (for a 16-MHz operating frequency).

To configure the Timer/Counter 2 as a clock generator, bit $\overline{C/T2}$ (T2CON.1) must be cleared and bit T2OE (T2MOD.1) must be set. Bit TR2 (T2CON.2) starts and stops the timer.

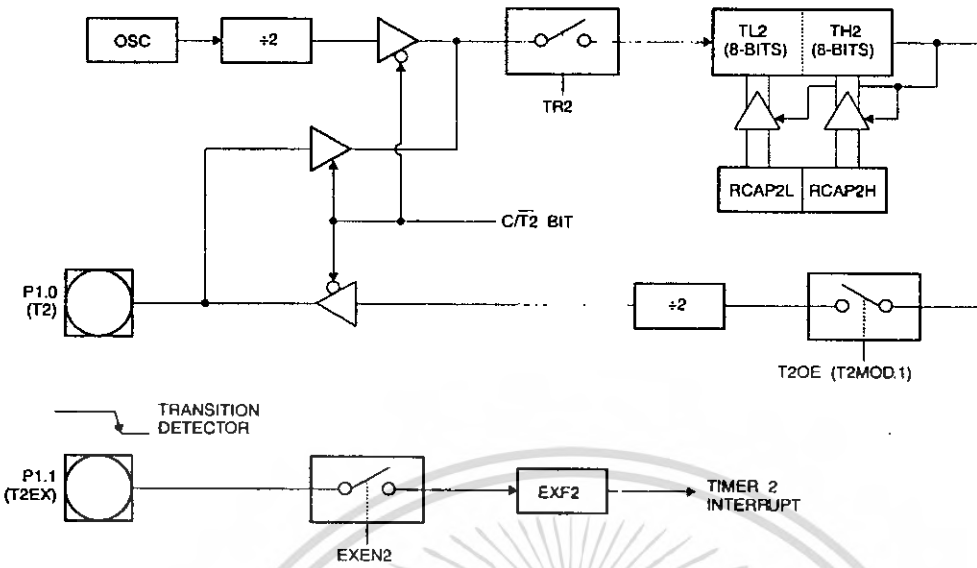
The clock-out frequency depends on the oscillator frequency and the reload value of Timer 2 capture registers (RCAP2H, RCAP2L), as shown in the following equation.

$$\text{Clock-Out Frequency} = \frac{\text{Oscillator Frequency}}{4 \times [65536 - (\text{RCAP2H}, \text{RCAP2L})]}$$

In the clock-out mode, Timer 2 roll-overs will not generate an interrupt. This behavior is similar to when Timer 2 is used as a baud-rate generator. It is possible to use Timer 2 as a baud-rate generator and a clock generator simultaneously. Note, however, that the baud-rate and clock-out frequencies cannot be determined independently from one another since they both use RCAP2H and RCAP2L.

AT89S52

2-1. Timer 2 in Clock-Out Mode



Interrupts

The AT89S52 has a total of six interrupt vectors: two external interrupts ($\overline{INT0}$ and $\overline{INT1}$), three timer interrupts (Timers 0, 1, and 2), and the serial port interrupt. These interrupts are all shown in Figure 13-1.

Each of these interrupt sources can be individually enabled or disabled by setting or clearing a bit in Special Function Register IE. IE also contains a global disable bit, EA, which disables all interrupts at once.

Note that Table 13-1 shows that bit position IE.6 is unimplemented. User software should not write a 1 to this bit position, since it may be used in future AT89 products.

Timer 2 interrupt is generated by the logical OR of bits TF2 and EXF2 in register T2CON. Neither of these flags is cleared by hardware when the service routine is vectored to. In fact, the service routine may have to determine whether it was TF2 or EXF2 that generated the interrupt, and that bit will have to be cleared in software.

The Timer 0 and Timer 1 flags, TF0 and TF1, are set at S5P2 of the cycle in which the timers overflow. The values are then polled by the circuitry in the next cycle. However, the Timer 2 flag, TF2, is set at S2P2 and is polled in the same cycle in which the timer overflows.



-1. Interrupt Enable (IE) Register

(LSB)							
EA	-	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

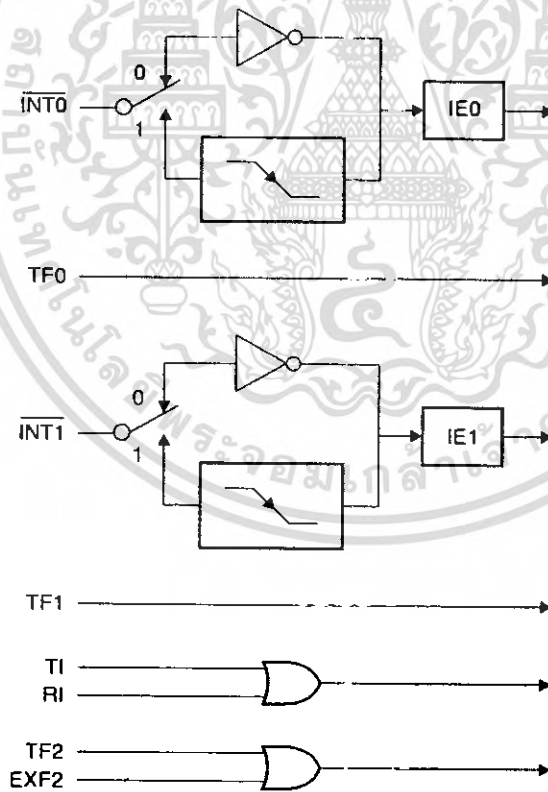
Enable Bit = 1 enables the interrupt.

Enable Bit = 0 disables the interrupt.

Position	Function
IE.7	Disables all interrupts. If EA = 0, no interrupt is acknowledged. If EA = 1, each interrupt source is individually enabled or disabled by setting or clearing its enable bit.
IE.6	Reserved.
IE.5	Timer 2 interrupt enable bit.
IE.4	Serial Port interrupt enable bit.
IE.3	Timer 1 interrupt enable bit.
IE.2	External interrupt 1 enable bit.
IE.1	Timer 0 interrupt enable bit.
IE.0	External interrupt 0 enable bit.

Software should never write 1s to reserved bits, because they may be used in future AT89 products.

3-1. Interrupt Sources



AT89S52

Oscillator Characteristics

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 16-1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven, as shown in Figure 16-2. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Idle Mode

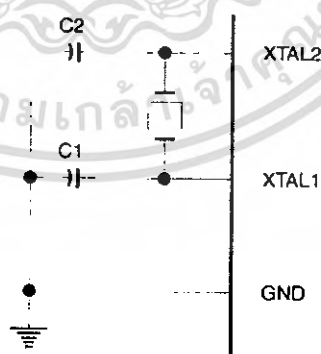
In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

Note that when idle mode is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when idle mode is terminated by a reset, the instruction following the one that invokes idle mode should not write to a port pin or to external memory.

Power-down Mode

In the Power-down mode, the oscillator is stopped, and the instruction that invokes Power-down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the Power-down mode is terminated. Exit from Power-down mode can be initiated either by a hardware reset or by an enabled external interrupt. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before V_{CC} is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

Figure 16-1. Oscillator Connections



Note: 1. C1, C2 = 30 pF \pm 10 pF for Crystals
= 40 pF \pm 10 pF for Ceramic Resonators





Figure 16-2. External Clock Drive Configuration

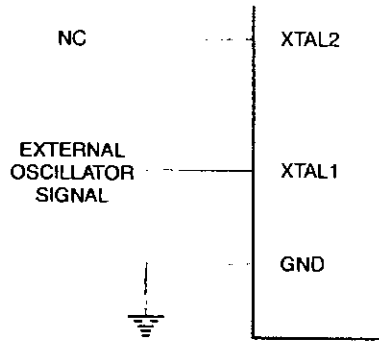


Table 16-1. Status of External Pins During Idle and Power-down Modes

Mode	Program Memory	ALE	$\overline{\text{PSEN}}$	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Idle	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power-down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power-down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

Program Memory Lock Bits

The AT89S52 has three lock bits that can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in Table 17-1.

Table 17-1. Lock Bit Protection Modes

	Program Lock Bits			Protection Type
	LB1	LB2	LB3	
1	U	U	U	No program lock features
2	P	U	U	MOV _C instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, $\overline{\text{EA}}$ is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash memory is disabled
3	P	P	U	Same as mode 2, but verify is also disabled
4	P	P	P	Same as mode 3, but external execution is also disabled

When lock bit 1 is programmed, the logic level at the $\overline{\text{EA}}$ pin is sampled and latched during reset. If the device is powered up without a reset, the latch initializes to a random value and holds that value until reset is activated. The latched value of $\overline{\text{EA}}$ must agree with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

AT89S52

Programming the Flash – Parallel Mode

The AT89S52 is shipped with the on-chip Flash memory array ready to be programmed. The programming interface needs a high-voltage (12-volt) program enable signal and is compatible with conventional third-party Flash or EPROM programmers.

The AT89S52 code memory array is programmed byte-by-byte.

Programming Algorithm: Before programming the AT89S52, the address, data, and control signals should be set up according to the “Flash Programming Modes” (Table 22-1) and Figure 22-1 and Figure 22-2. To program the AT89S52, take the following steps:

1. Input the desired memory location on the address lines.
2. Input the appropriate data byte on the data lines.
3. Activate the correct combination of control signals.
4. Raise \overline{EA}/V_{PP} to 12V.
5. Pulse ALE/\overline{PROG} once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 50 μ s. Repeat steps 1 through 5, changing the address and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

Data Polling: The AT89S52 features \overline{Data} Polling to indicate the end of a byte write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written data on P0.7. Once the write cycle has been completed, true data is valid on all outputs, and the next cycle may begin. \overline{Data} Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

Ready/Busy: The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/\overline{BSY} output signal. P3.0 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate \overline{BUSY} . P3.0 is pulled high again when programming is done to indicate $READY$.

Program Verify: If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed code data can be read back via the address and data lines for verification. **The status of the individual lock bits can be verified directly by reading them back.**

Reading the Signature Bytes: The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 000H, 100H, and 200H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

- (000H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
- (100H) = 52H indicates AT89S52
- (200H) = 06H

Chip Erase: In the parallel programming mode, a chip erase operation is initiated by using the proper combination of control signals and by pulsing ALE/\overline{PROG} low for a duration of 200 ns - 500 ns.

In the serial programming mode, a chip erase operation is initiated by issuing the Chip Erase instruction. In this mode, chip erase is self-timed and takes about 500 ms.

During chip erase, a serial read from any address location will return 00H at the data output.





Programming the Flash – Serial Mode

The Code memory array can be programmed using the serial ISP interface while RST is pulled to V_{CC} . The serial interface consists of pins SCK, MOSI (input) and MISO (output). After RST is set high, the Programming Enable instruction needs to be executed first before other operations can be executed. Before a reprogramming sequence can occur, a Chip Erase operation is required.

The Chip Erase operation turns the content of every memory location in the Code array into FFH.

Either an external system clock can be supplied at pin XTAL1 or a crystal needs to be connected across pins XTAL1 and XTAL2. The maximum serial clock (SCK) frequency should be less than 1/16 of the crystal frequency. With a 33 MHz oscillator clock, the maximum SCK frequency is 2 MHz.

Serial Programming Algorithm

To program and verify the AT89S52 in the serial programming mode, the following sequence is recommended:

1. Power-up sequence:
 - a. Apply power between VCC and GND pins.
 - b. Set RST pin to "H".

If a crystal is not connected across pins XTAL1 and XTAL2, apply a 3 MHz to 33 MHz clock to XTAL1 pin and wait for at least 10 milliseconds.

2. Enable serial programming by sending the Programming Enable serial instruction to pin MOSI/P1.5. The frequency of the shift clock supplied at pin SCK/P1.7 needs to be less than the CPU clock at XTAL1 divided by 16.
3. The Code array is programmed one byte at a time in either the Byte or Page mode. The write cycle is self-timed and typically takes less than 0.5 ms at 5V.
4. Any memory location can be verified by using the Read instruction which returns the content at the selected address at serial output MISO/P1.6.
5. At the end of a programming session, RST can be set low to commence normal device operation.

Power-off sequence (if needed):

1. Set XTAL1 to "L" (if a crystal is not used).
2. Set RST to "L".
3. Turn V_{CC} power off.

Data Polling: The Data Polling feature is also available in the serial mode. In this mode, during a write cycle an attempted read of the last byte written will result in the complement of the MSB of the serial output byte on MISO.

Serial Programming Instruction Set

The Instruction Set for Serial Programming follows a 4-byte protocol and is shown in Table 24-1.

AT89S52

Programming Interface – Parallel Mode

Every code byte in the Flash array can be programmed by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

Most major worldwide programming vendors offer support for the Atmel AT89 microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

2-1. Flash Programming Modes

	V _{CC}	RST	PSEN	ALE/ PROG	EA/ V _{PP}	P2.6	P2.7	P3.3	P3.6	P3.7	P0.7-0 Data	P2.4-0	P1.7-0
												Address	
Code Data	5V	H	L		12V	L	H	H	H	H	D _{IN}	A12-8	A7-0
Code Data	5V	H	L	H	H	L	L	L	H	H	D _{OUT}	A12-8	A7-0
Lock Bit 1	5V	H	L		12V	H	H	H	H	H	X	X	X
Lock Bit 2	5V	H	L		12V	H	H	H	L	L	X	X	X
Lock Bit 3	5V	H	L		12V	H	L	H	H	L	X	X	X
Lock Bits	5V	H	L	H	H	H	H	L	H	L	P0.2, P0.3, P0.4	X	X
Chip Erase	5V	H	L		12V	H	L	H	L	L	X	X	X
Device ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	1EH	X 0000	00H
Device ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	52H	X 0001	00H
Device ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	06H	X 0010	00H

- Each PROG pulse is 200 ns - 500 ns for Chip Erase.
- Each PROG pulse is 200 ns - 500 ns for Write Code Data.
- Each PROG pulse is 200 ns - 500 ns for Write Lock Bits.
- RDY/BSY signal is output on P3.0 during programming.
- X = don't care.



Figure 22-1. Programming the Flash Memory (Parallel Mode)

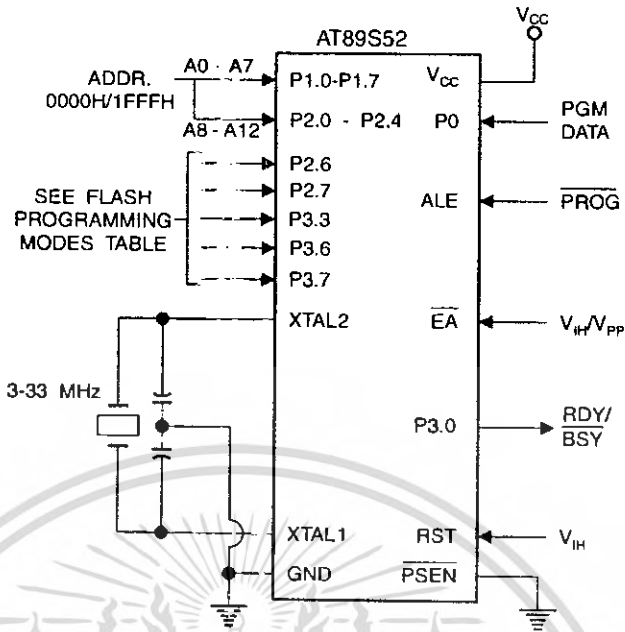
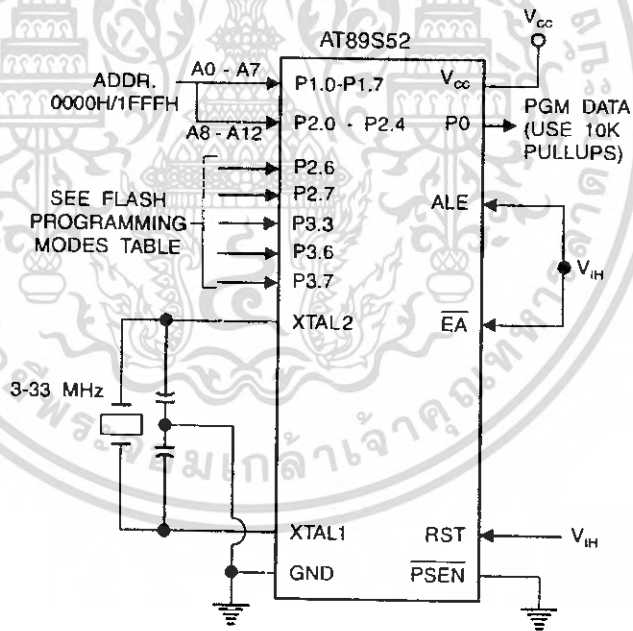


Figure 22-2. Verifying the Flash Memory (Parallel Mode)



AT89S52

Flash Programming and Verification Characteristics (Parallel Mode)

0 to 30°C, V_{CC} = 4.5 to 5.5V

Parameter	Min	Max	Units
Programming Supply Voltage	11.5	12.5	V
Programming Supply Current		10	mA
V _{CC} Supply Current		30	mA
Oscillator Frequency	3	33	MHz
Address Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	48 t _{CLCL}		
Address Hold After $\overline{\text{PROG}}$	48 t _{CLCL}		
Data Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	48 t _{CLCL}		
Data Hold After $\overline{\text{PROG}}$	48 t _{CLCL}		
P2.7 ($\overline{\text{ENABLE}}$) High to V _{PP}	48 t _{CLCL}		
V _{PP} Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	10		μs
V _{PP} Hold After $\overline{\text{PROG}}$	10		μs
$\overline{\text{PROG}}$ Width	0.2	1	μs
Address to Data Valid		48 t _{CLCL}	
$\overline{\text{ENABLE}}$ Low to Data Valid		48 t _{CLCL}	
Data Float After $\overline{\text{ENABLE}}$	0	48 t _{CLCL}	
$\overline{\text{PROG}}$ High to $\overline{\text{BUSY}}$ Low		1.0	μs
Byte Write Cycle Time		50	μs

3-1. Flash Programming and Verification Waveforms – Parallel Mode

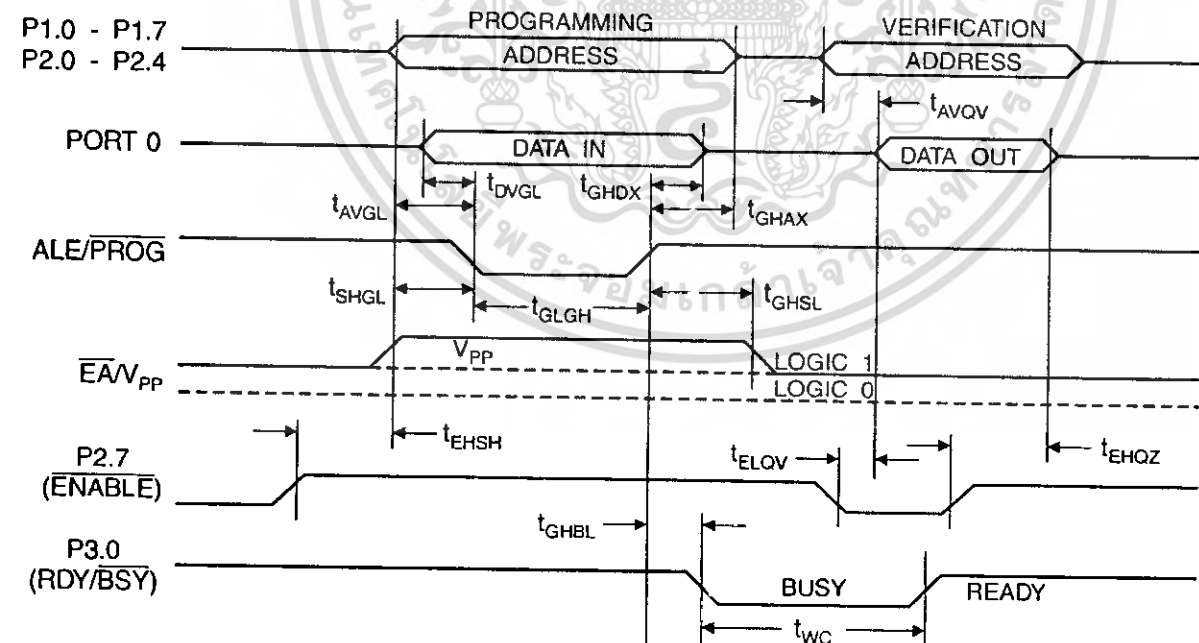
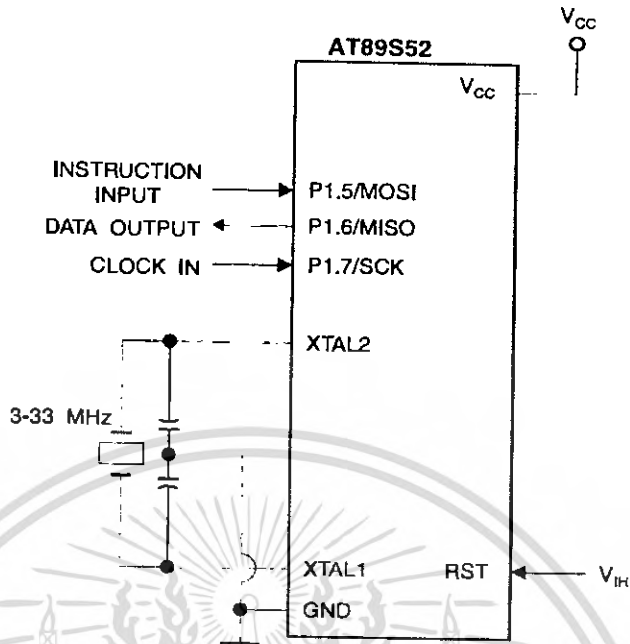
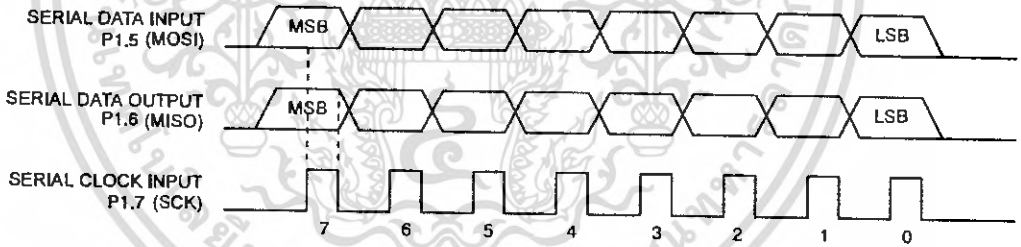


Figure 23-2. Flash Memory Serial Downloading



Flash Programming and Verification Waveforms – Serial Mode

Figure 24-1. Serial Programming Waveforms



AT89S52

-1. Serial Programming Instruction Set

Instruction	Instruction Format				Operation
	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	
Programming Enable	1010 1100	0101 0011	xxxx xxxx	xxxx xxxx 0110 1001 (Output on MISO)	Enable Serial Programming while RST is high
Chip Erase	1010 1100	100x xxxx	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Chip Erase Flash memory array
Read Program Memory (Byte Mode)	0010 0000	xxx A12 A11 A10 A9 A8	A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	Read data from Program memory in the byte mode
Write Program Memory (Byte Mode)	0100 0000	xxx A12 A11 A10 A9 A8	A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	A7 A6 A5 A4 A3 A2 A1 A0	Write data to Program memory in the byte mode
Write Lock Bits ⁽¹⁾	1010 1100	1110 00B1 B2	xxxx xxxx	xxxx xxxx	Write Lock bits. See Note (1).
Read Lock Bits	0010 0100	xxxx xxxx	xxxx xxxx	xxx LB3 LB2 LB1 xx	Read back current status of the lock bits (a programmed lock bit reads back as a "1")
Read Signature Bytes	0010 1000	xxx A12 A11 A10 A9 A8	A7 xxxx	xxxx0	Signature Byte Read Signature Byte
Read Program Memory (Page Mode)	0011 0000	xxx A12 A11 A10 A9 A8	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Read data from Program memory in the Page Mode (256 bytes)
Write Program Memory (Page Mode)	0101 0000	xxx A12 A11 A10 A9 A8	Byte 0	Byte 1... Byte 255	Write data to Program memory in the Page Mode (256 bytes)

- B1 = 0, B2 = 0 ----> Mode 1, no lock protection
- B1 = 0, B2 = 1 ----> Mode 2, lock bit 1 activated
- B1 = 1, B2 = 0 ----> Mode 3, lock bit 2 activated
- B1 = 1, B2 = 1 ----> Mode 4, lock bit 3 activated

Each of the lock bit modes needs to be activated sequentially before Mode 4 can be executed.

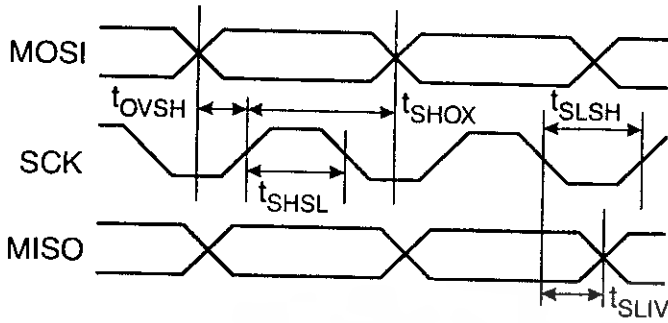
After Reset signal is high, SCK should be low for at least 64 system clocks before it goes high to clock in the enable data bytes. No pulsing of Reset signal is necessary. SCK should be no faster than 1/16 of the system clock at XTAL1.

For Page Read/Write, the data always starts from byte 0 to 255. After the command byte and upper address byte are latched, each byte thereafter is treated as data until all 256 bytes are shifted in/out. Then the next instruction will be ready to be decoded.



Serial Programming Characteristics

5-1. Serial Programming Timing



5-1. Serial Programming Characteristics, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C , $V_{CC} = 4.0 - 5.5\text{V}$ (Unless Otherwise Noted)

Parameter	Min	Typ	Max	Units
Oscillator Frequency	3		33	MHz
Oscillator Period	30			ns
SCK Pulse Width High	$8 t_{CLCL}$			ns
SCK Pulse Width Low	$8 t_{CLCL}$			ns
MOSI Setup to SCK High	t_{CLCL}			ns
MOSI Hold after SCK High	$2 t_{CLCL}$			ns
SCK Low to MISO Valid	10	16	32	ns
Chip Erase Instruction Cycle Time			500	ms
Serial Byte Write Cycle Time			$64 t_{CLCL} + 400$	μs

AT89S52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings*

Storage Temperature	-55°C to +125°C
Operating Temperature	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage	6.6V
Maximum Output Current	15.0 mA

*NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and does not imply functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

3 Characteristics

Conditions shown in this table are valid for $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C and $V_{CC} = 4.0\text{V}$ to 5.5V , unless otherwise noted.

Parameter	Condition	Min	Max	Units
Input Low Voltage	(Except $\bar{E}A$)	-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V
Input Low Voltage ($\bar{E}A$)		-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.3$	V
Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC} + 0.9$	$V_{CC} + 0.5$	V
Input High Voltage	(XTAL1, RST)	$0.7 V_{CC}$	$V_{CC} + 0.5$	V
Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Ports 1,2,3)	$I_{OL} = 1.6 \text{ mA}$		0.45	V
Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Port 0, ALE, PSEN)	$I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$		0.45	V
Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, PSEN)	$I_{OH} = -60 \mu\text{A}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
	$I_{OH} = -25 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
	$I_{OH} = -10 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	$I_{OH} = -800 \mu\text{A}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
	$I_{OH} = -300 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
	$I_{OH} = -80 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 0.45\text{V}$		-50	μA
Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 2\text{V}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$		-300	μA
Input Leakage Current (Port 0, $\bar{E}A$)	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		± 10	μA
Reset Pulldown Resistor		50	300	$\text{K}\Omega$
Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF
Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		25	mA
	Idle Mode, 12 MHz		6.5	mA
Power-down Mode ⁽¹⁾	$V_{CC} = 5.5\text{V}$		50	μA

Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:
 Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA
 Maximum I_{OL} per 8-bit port:
 Port 0: 26 mA Ports 1, 2, 3: 15 mA
 Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA
 If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.
 Minimum V_{CC} for Power-down is 2V.





C Characteristics

Operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/PROG, and PSEN = 100 pF; load capacitance for all other = 80 pF.

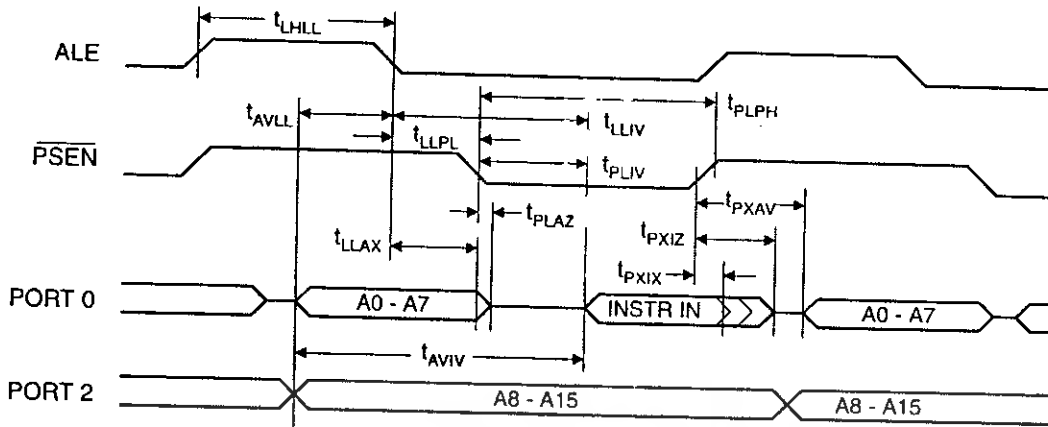
External Program and Data Memory Characteristics

Parameter	12 MHz Oscillator		Variable Oscillator		Units
	Min	Max	Min	Max	
Oscillator Frequency			0	33	MHz
ALE Pulse Width	127		$2t_{CLCL}-40$		ns
Address Valid to ALE Low	43		$t_{CLCL}-25$		ns
Address Hold After ALE Low	48		$t_{CLCL}-25$		ns
ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{CLCL}-65$	ns
ALE Low to PSEN Low	43		$t_{CLCL}-25$		ns
PSEN Pulse Width	205		$3t_{CLCL}-45$		ns
PSEN Low to Valid Instruction In		145		$3t_{CLCL}-60$	ns
Input Instruction Hold After PSEN	0		0		ns
Input Instruction Float After PSEN		59		$t_{CLCL}-25$	ns
PSEN to Address Valid	75		$t_{CLCL}-8$		ns
Address to Valid Instruction In		312		$5t_{CLCL}-80$	ns
PSEN Low to Address Float		10		10	ns
RD Pulse Width	400		$6t_{CLCL}-100$		ns
WR Pulse Width	400		$6t_{CLCL}-100$		ns
RD Low to Valid Data In		252		$5t_{CLCL}-90$	ns
Data Hold After RD	0		0		ns
Data Float After RD		97		$2t_{CLCL}-28$	ns
ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{CLCL}-150$	ns
Address to Valid Data In		585		$9t_{CLCL}-165$	ns
ALE Low to RD or WR Low	200	300	$3t_{CLCL}-50$	$3t_{CLCL}+50$	ns
Address to RD or WR Low	203		$4t_{CLCL}-75$		ns
Data Valid to WR Transition	23		$t_{CLCL}-30$		ns
Data Valid to WR High	433		$7t_{CLCL}-130$		ns
Data Hold After WR	33		$t_{CLCL}-25$		ns
RD Low to Address Float		0		0	ns
RD or WR High to ALE High	43	123	$t_{CLCL}-25$	$t_{CLCL}+25$	ns

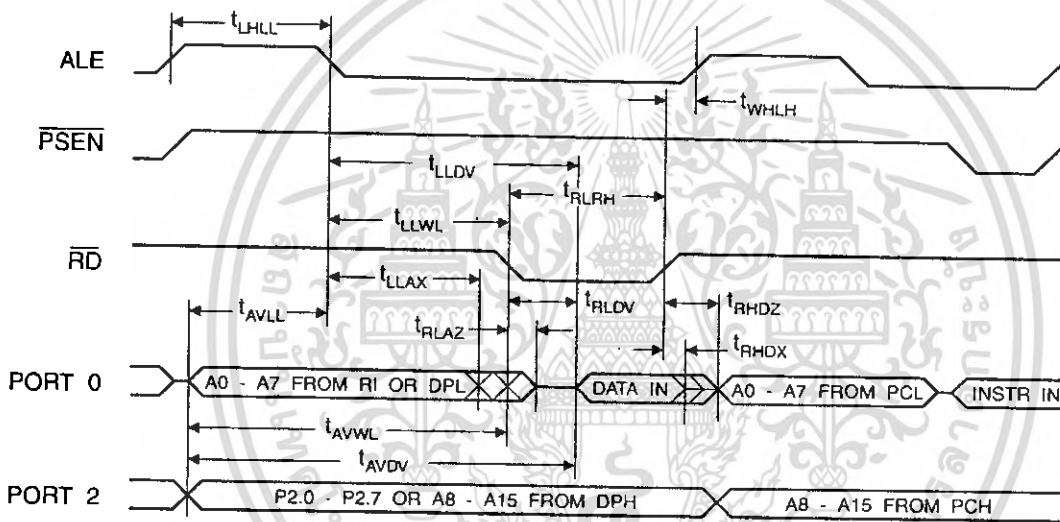
AT89S52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

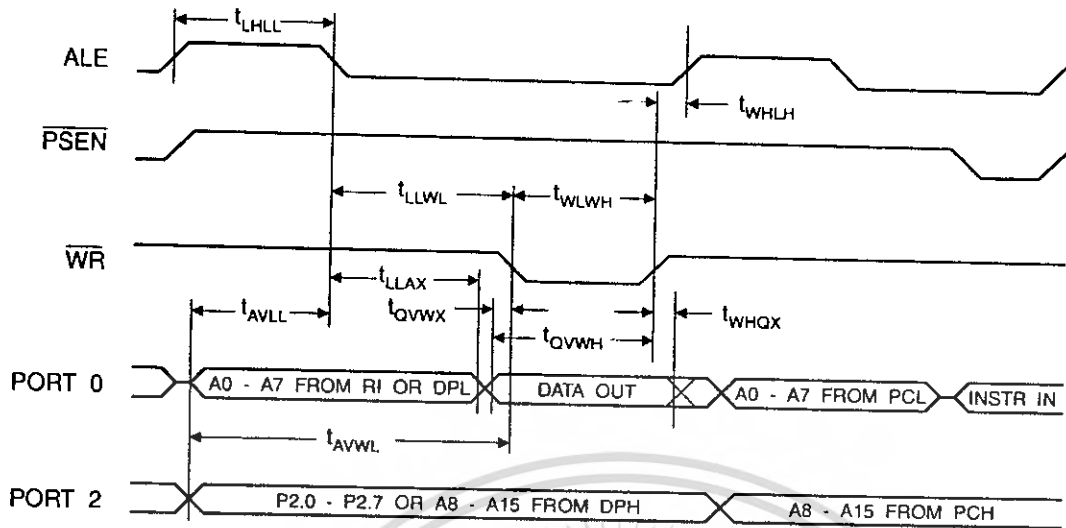
External Program Memory Read Cycle



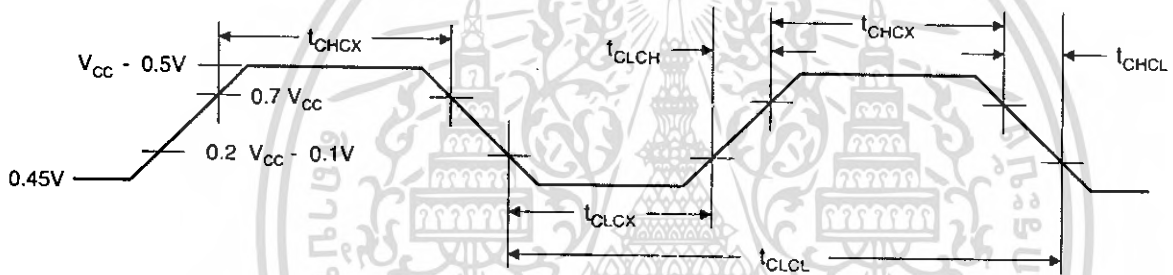
External Data Memory Read Cycle



External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

Parameter	Min	Max	Units
Oscillator Frequency	0	33	MHz
Clock Period	30		ns
High Time	12		ns
Low Time	12		ns
Rise Time		5	ns
Fall Time		5	ns

AT89S52

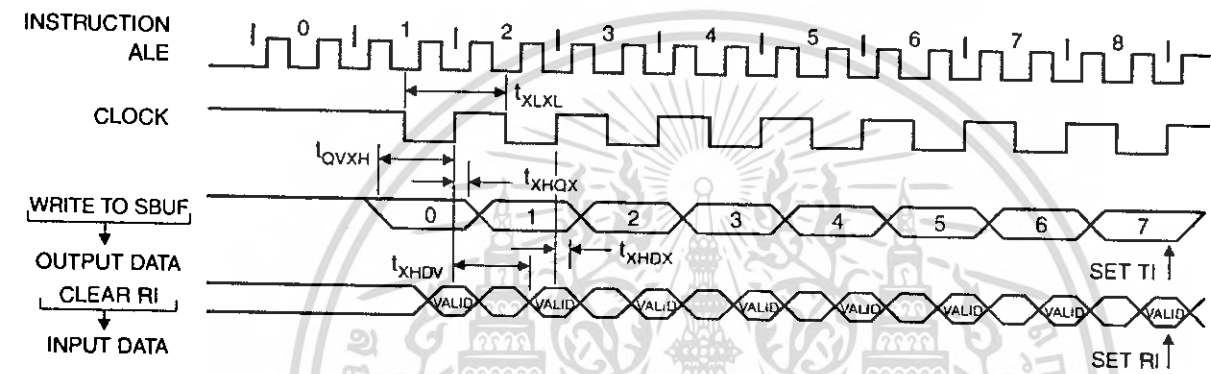
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

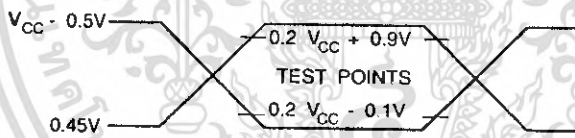
Conditions in this table are valid for $V_{CC} = 4.0V$ to $5.5V$ and Load Capacitance = 80 pF .

Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
	Min	Max	Min	Max	
Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12 t_{CLCL}$		μs
Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10 t_{CLCL}-133$		ns
Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2 t_{CLCL}-80$		ns
Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10 t_{CLCL}-133$	ns

Shift Register Mode Timing Waveforms

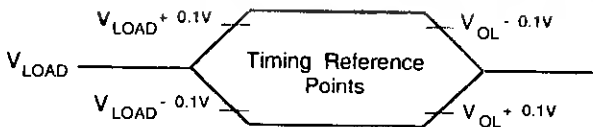


Testing Input/Output Waveforms (1)



AC Inputs during testing are driven at $V_{CC} - 0.5V$ for a logic 1 and $0.45V$ for a logic 0. Timing measurements are made at V_{IH} min. for a logic 1 and V_{IL} max. for a logic 0.

Load Waveforms (1)



For timing purposes, a port pin is no longer floating when a 100 mV change from load voltage occurs. A port pin begins to float when a 100 mV change from the loaded V_{OH}/V_{OL} level occurs.



Ordering Information

Standard Package

Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
4.0V to 5.5V	AT89S52-24AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
	AT89S52-24JC	44J	
	AT89S52-24PC	40P6	
	AT89S52-24SC	42PS6	
	AT89S52-24AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
	AT89S52-24JI	44J	
	AT89S52-24PI	40P6	
4.5V to 5.5V	AT89S52-33AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
	AT89S52-33JC	44J	
	AT89S52-33PC	40P6	
	AT89S52-33SC	42PS6	

Green Package Option (Pb/Halide-free)

Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
4.0V to 5.5V	AT89S52-24AU	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
	AT89S52-24JU	44J	
	AT89S52-24PU	40P6	

Package Type

44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
42-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)

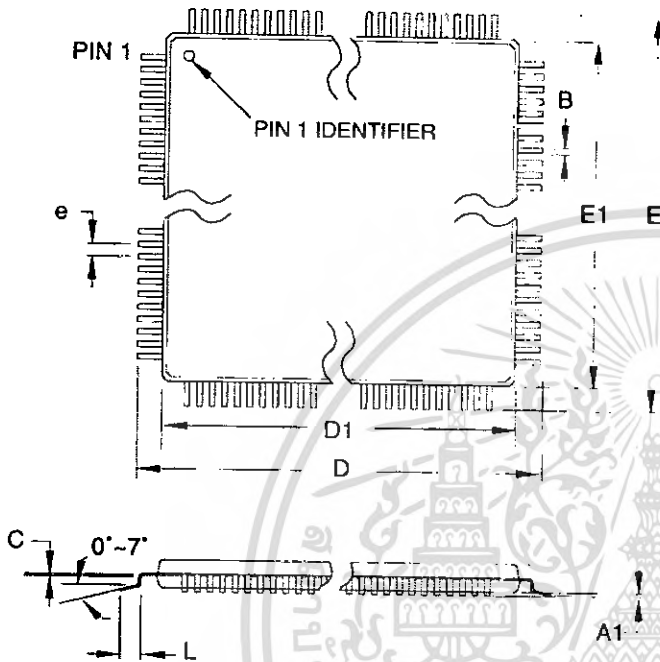
AT89S52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1919C-MICRO-3/05

Packaging Information

44A - TQFP



COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	-	-	1.20	
A1	0.05	-	0.15	
A2	0.95	1.00	1.05	
D	11.75	12.00	12.25	
D1	9.90	10.00	10.10	Note 2
E	11.75	12.00	12.25	
E1	9.90	10.00	10.10	Note 2
B	0.30	-	0.45	
C	0.09	-	0.20	
L	0.45	-	0.75	
e	0.80 TYP			

1. This package conforms to JEDEC reference MS-026, Variation ACB.
2. Dimensions D1 and E1 do not include mold protrusion. Allowable protrusion is 0.25 mm per side. Dimensions D1 and E1 are maximum plastic body size dimensions including mold mismatch.
3. Lead coplanarity is 0.10 mm maximum.

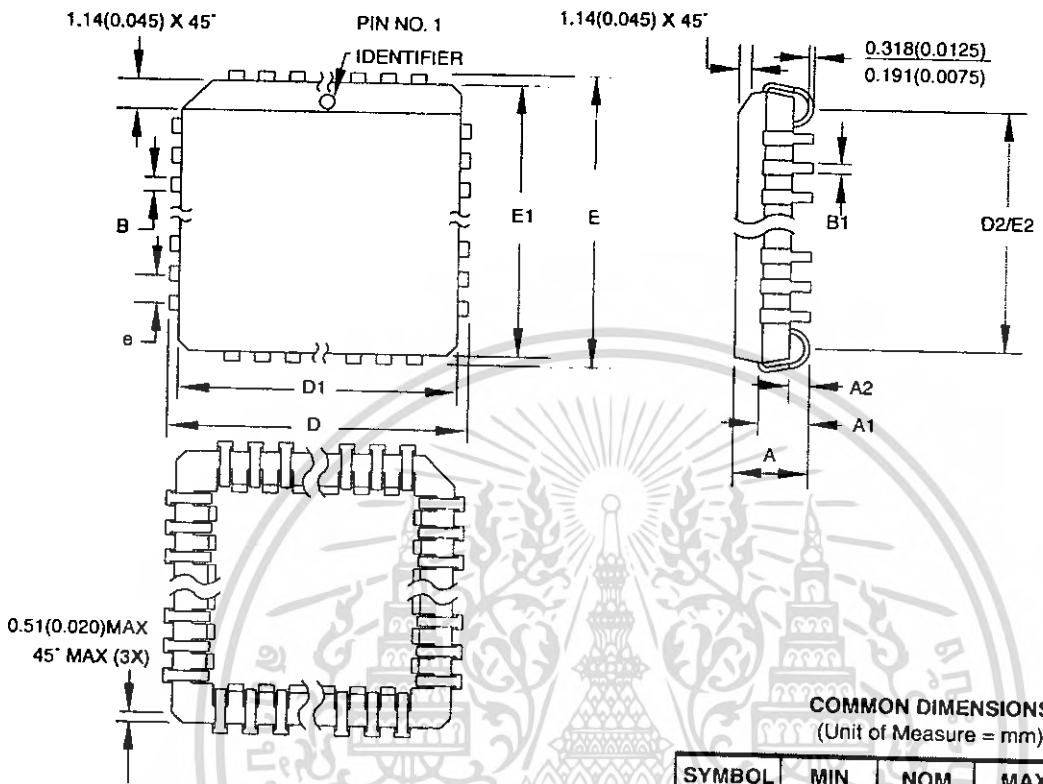
10/5/2001

2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	TITLE	DRAWING NO.	REV.
	44A, 44-lead, 10 x 10 mm Body Size, 1.0 mm Body Thickness, 0.8 mm Lead Pitch, Thin Profile Plastic Quad Flat Package (TQFP)	44A	B



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

44J – PLCC



COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	4.191	-	4.572	
A1	2.286	-	3.048	
A2	0.508	-	-	
D	17.399	-	17.653	
D1	16.510	-	16.662	Note 2
E	17.399	-	17.653	
E1	16.510	-	16.662	Note 2
D2/E2	14.986	-	16.002	
B	0.660	-	0.813	
B1	0.330	-	0.533	
e	1.270 TYP			

- Notes:
1. This package conforms to JEDEC reference MS-018, Variation AC.
 2. Dimensions D1 and E1 do not include mold protrusion. Allowable protrusion is .010" (0.254 mm) per side. Dimension D1 and E1 include mold mismatch and are measured at the extreme material condition at the upper or lower parting line.
 3. Lead coplanarity is 0.004" (0.102 mm) maximum.

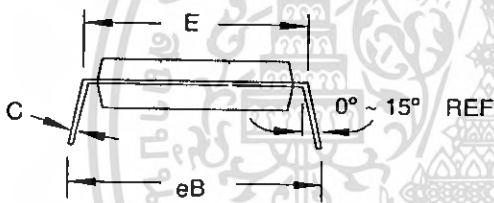
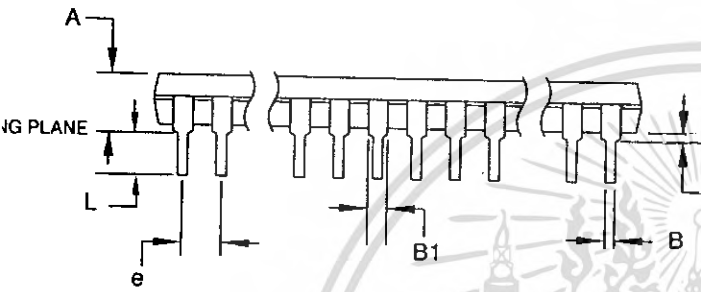
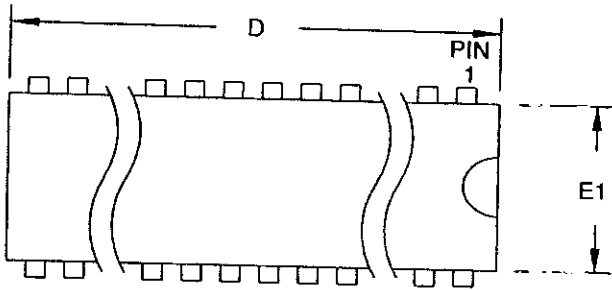
10/04/01

2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	TITLE 44J, 44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)	DRAWING NO.	REV.
		44J	B

AT89S52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40P6 – PDIP



COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	-	-	4.826	
A1	0.381	-	-	
D	52.070	-	52.578	Note 2
E	15.240	-	15.875	
E1	13.462	-	13.970	Note 2
B	0.356	-	0.559	
B1	1.041	-	1.651	
L	3.048	-	3.556	
C	0.203	-	0.381	
eB	15.494	-	17.526	
e	2.540 TYP			

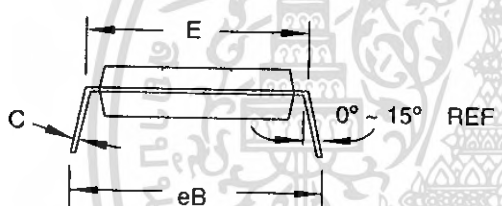
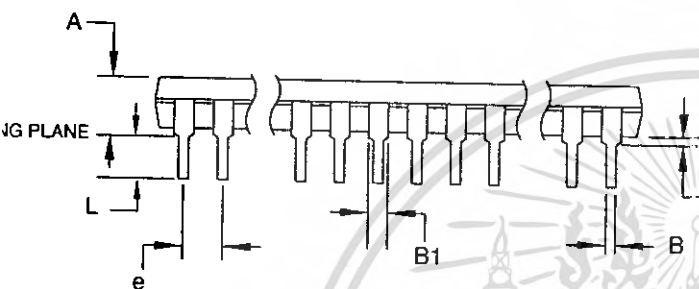
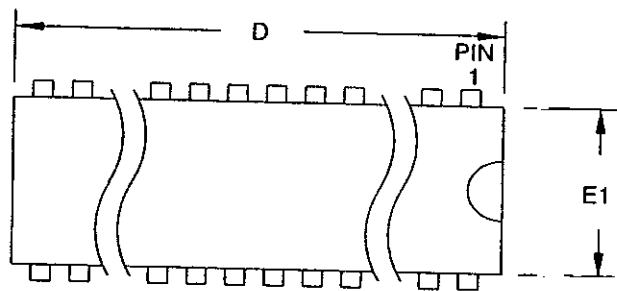
1. This package conforms to JEDEC reference MS-011, Variation AC.
2. Dimensions D and E1 do not include mold Flash or Protrusion.
Mold Flash or Protrusion shall not exceed 0.25 mm (0.010").

09/28/01

2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	TITLE 40P6, 40-lead (0.600"/15.24 mm Wide) Plastic Dual Inline Package (PDIP)	DRAWING NO.	REV.
		40P6	B



42PS6 – PDIP



COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	-	-	4.83	
A1	0.51	-	-	
D	36.70	-	36.96	Note 2
E	15.24	-	15.88	
E1	13.46	-	13.97	Note 2
B	0.38	-	0.56	
B1	0.76	-	1.27	
L	3.05	-	3.43	
C	0.20	-	0.30	
eB	-	-	18.55	
e	1.78 TYP			

1. This package conforms to JEDEC reference MS-011, Variation AC.
2. Dimensions D and E1 do not include mold Flash or Protrusion.
Mold Flash or Protrusion shall not exceed 0.25 mm (0.010").

11/6/03

2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	TITLE	DRAWING NO.	REV.
	42PS6, 42-lead (0.600"/15.24 mm Wide) Plastic Dual Inline Package (PDIP)		

AT89S52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Atmel Corporation

Orchard Parkway
San Jose, CA 95131, USA
(408) 441-0311
(408) 487-2600

Regional Headquarters

Atmel Sarl
Rue des Arsenaux 41
Postale 80
1705 Fribourg
Switzerland
(41) 26-426-5555
(41) 26-426-5500

Atmel
1219
Chemical Golden Plaza
Tsimshatsui Road
Kowloon
Kong
(852) 2721-9778
(852) 2722-1369

Atmel
Shinkawa Bldg.
Shinkawa
Mitsubishi City
Tokyo, Tokyo 104-0033

(1) 3-3523-3551
(31) 3-3523-7581

Atmel Operations

Memory

2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131, USA
Tel: 1(408) 441-0311
Fax: 1(408) 436-4314

Microcontrollers

2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131, USA
Tel: 1(408) 441-0311
Fax: 1(408) 436-4314

La Chantierie

BP 70602
44306 Nantes Cedex 3, France
Tel: (33) 2-40-18-18-18
Fax: (33) 2-40-18-19-60

ASIC/ASSP/Smart Cards

Zone Industrielle
13106 Rousset Cedex, France
Tel: (33) 4-42-53-60-00
Fax: (33) 4-42-53-60-01

1150 East Cheyenne Mtn. Blvd.
Colorado Springs, CO 80906, USA
Tel: 1(719) 576-3300
Fax: 1(719) 540-1759

Scottish Enterprise Technology Park

Maxwell Building
East Kilbride G75 0QR, Scotland
Tel: (44) 1355-803-000
Fax: (44) 1355-242-743

RF/Automotive

Theresienstrasse 2
Postfach 3535
74025 Heilbronn, Germany
Tel: (49) 71-31-67-0
Fax: (49) 71-31-67-2340

1150 East Cheyenne Mtn. Blvd.
Colorado Springs, CO 80906, USA
Tel: 1(719) 576-3300
Fax: 1(719) 540-1759

Biometrics/Imaging/Hi-Rel MPU/ High Speed Converters/RF Datacom

Avenue de Rochepleine
BP 123
38521 Saint-Egreve Cedex, France
Tel: (33) 4-76-58-30-00
Fax: (33) 4-76-58-34-80

Literature Requests
www.atmel.com/literature

The information in this document is provided in connection with Atmel products. No license, express or implied, by estoppel or otherwise, to any property right is granted by this document or in connection with the sale of Atmel products. EXCEPT AS SET FORTH IN ATMEL'S TERMS AND CONDITIONS LOCATED ON ATMEL'S WEB SITE, ATMEL ASSUMES NO LIABILITY WHATSOEVER AND DISCLAIMS ANY EXPRESS, IMPLIED OR STATUTORY LIABILITY RELATING TO ITS PRODUCTS INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTY OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT. IN NO EVENT SHALL ATMEL BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, CONSEQUENTIAL, PUNITIVE, SPECIAL OR INCIDENTAL DAMAGES (INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, DAMAGES FOR LOSS OF PROFITS, BUSINESS INTERRUPTION, OR LOSS OF INFORMATION) ARISING OUT OF THIS DOCUMENT, EVEN IF ATMEL HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES. Atmel makes no representations or warranties with respect to the accuracy or completeness of the contents of this document and reserves the right to make changes to specifications or descriptions at any time without notice. Atmel does not make any commitment to update the information contained herein. Atmel's products are not authorized, or warranted for use as components in applications intended to support or sustain life.

© Atmel Corporation 2005. All rights reserved. Atmel®, logo and combinations thereof, and others, are registered trademarks, and You Are™ and others are the trademarks of Atmel Corporation or its subsidiaries. Other terms and product names may be trademarks of others.



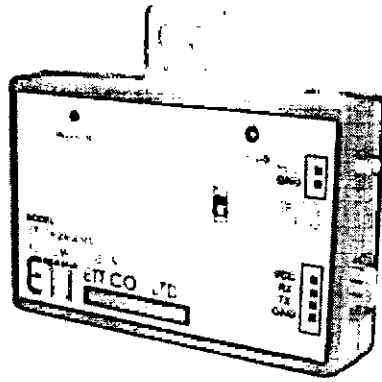
Printed on recycled paper. ♻️

1919C-MICRO-3/05

xM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ET-RF24G V1.0



ลักษณะโดยทั่วไป

ET-RF24G V1.0 เป็นชุด Signal Converter สำหรับใช้แปลงสัญญาณระหว่าง RS232 และ RF-Wireless โดยในโหมดการทำงานของการส่งข้อมูล (Transmitter) จะทำหน้าที่รองรับข้อมูลจากพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS232 อกขา RX แล้วแปลงเป็นสัญญาณความถี่ (GFSK) ส่งออกไปในอากาศ และในทางกลับกันในโหมดการทำงาน มรับ (Receiver) ชุด ET-RF24G V1.0 ก็จะทำหน้าที่คอยตรวจจับข้อมูลที่อยู่ในรูปของสัญญาณความถี่ (GFSK) ากด้าน RF เพื่อแปลงกลับเป็นข้อมูลแบบ RS232 ส่งออกไปทางขา TX ได้ด้วย

ซึ่งจะเห็นได้ว่าชุดแปลงสัญญาณ ET-RF24G V1.0 นั้น สามารถนำไปต่อใช้งานร่วมกับพอร์ตสื่อสาร อนุกรม แบบ RS232 เพื่อใช้งานในลักษณะของการสื่อสารอนุกรมแบบไร้สาย (Wireless Transceiver) ได้โดยตรง อยจะมีข้อดีกว่า คือ สามารถรับส่งข้อมูลกันได้ในระยะทางที่ไกลกว่า RS232 หลายเท่าตัว และประการสำคัญ คือ ึ่งจำเป็นต้องใช้สายสัญญาณที่เป็นตัวนำสัญญาณทางไฟฟ้าในการสื่อสารข้อมูลกัน ทำให้สามารถเปลี่ยนแปลง ือเคลื่อนย้ายจุดรับส่งข้อมูลได้ตลอดเวลา ซึ่งถ้าเป็นการรับส่งข้อมูลด้วยระบบ RS232 แบบที่ใช้สายสัญญาณนั้น ะเกิดความยุ่งยากในการติดตั้งสายสัญญาณเป็นอย่างมาก

แต่อย่างไรก็ตามการรับส่งข้อมูลโดยใช้อากาศเป็นตัวกลางในการสื่อสารนั้น ก็มีข้อจำกัดบางประการ ีเหมือนกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เรื่องความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่รับส่งกัน ซึ่งมีโอกาสผิดพลาดหรือสูญหายได้เหมือน ัน เนื่องจากในการลำเลียงข้อมูลนั้นไม่ได้ใช้สายสัญญาณเป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูล แต่ใช้อากาศเป็นตัว ึ่งมีโอกาที่ข้อมูลจะเกิดการรบกวนจากสัญญาณอื่นๆที่มีย่านความถี่ใกล้เคียงกัน ึ่งทำให้ข้อมูลผิดเพี้ยนไปได้บ้างเหมือนกัน ซึ่งระบบการจัดการข้อมูลของเครื่อง ET-RF24G V1.0 นั้น มีระบบการ ารหัสและถอดรหัสข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถืออยู่ในเกณฑ์ที่จัดว่าดี โดยข้อมูลแต่ละ Byte ที่มีการรับส่งกันนั้น จะมี ะตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลให้ด้วยแล้ว โดยข้อมูลที่รับได้จากด้าน RF นั้นรับประกันได้ว่าเป็นข้อมูลที่มี ามถูกต้องแน่นอน แต่อย่างไรก็ตามการรับส่งข้อมูลนั้นมีโอกาสผิดพลาดในเรื่องของการสูญหายของข้อมูลบ้าง ีเหมือนกัน เนื่องจากกลไกในการรับส่งข้อมูลของเครื่อง ET-RF24G V1.0 นั้น จะมีการตรวจสอบข้อมูลทุก Byte ที่ ได้จาก RF เสมอ ซึ่งถ้าพบว่ามีผิดพลาดเกิดขึ้นจะทิ้งข้อมูล Byte นั้นไป ซึ่งผู้ใช้ควรมีกลไกในการตรวจ ับข้อมูลที่รับส่งกันว่าครบถ้วนหรือไม่ด้วย ซึ่งหากพบว่ามี การสูญหายของข้อมูลเกิดขึ้นก็ให้ร้องขอให้มีการส่งข้อ ้นั้นซ้ำนั้นๆใหม่อีกครั้งหนึ่ง ก็จะสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้

คู่มือการใช้งาน RS232 to RF-Wireless (RF2.4GHz) CONVERTER รุ่น ET-RF24G V1.0

Power Supply

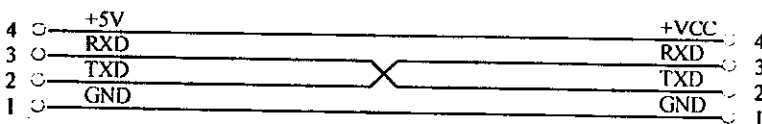
สำหรับการต่อแหล่งจ่ายไฟให้กับเครื่อง ET-RF24G V1.0 นั้น จะสามารถเลือกต่อแหล่งจ่ายไฟให้กับตัวเครื่องได้ 2 ทางด้วยกัน โดยเครื่อง ET-RF24G V1.0 นั้น ต้องการไฟเลี้ยงวงจร ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายกระแสตรง ขนาดประมาณ +5VDC ถึง +9VDC โดยจุดเชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟของเครื่อง ET-RF24G V1.0 นี้ สามารถเชื่อมต่อได้ 2 จุดด้วยกัน โดยผู้ใช้สามารถเลือกต่อแหล่งจ่ายไฟให้กับเครื่อง ET-RF24G V1.0 จุดใดจุดหนึ่งก็ได้



แหล่งจ่ายไฟ
ภายนอก
แหล่งจ่ายไฟ +5VDC
จาก RS232 ของ อีทีที

ในกรณีที่นำเครื่อง ET-RF24G V1.0 ไปเชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นต่างๆของ อีทีที นั้น สามารถใช้แหล่งจ่ายไฟจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อจ่ายให้กับตัวเครื่อง ET-RF24G V1.0 ได้ทันที โดยไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟจากภายนอก เนื่องจากขั้วต่อสัญญาณ RS232 ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นต่างๆ ของ อีทีที นั้น ได้จัดเตรียมแหล่งจ่ายไฟตรง ขนาด +5V เตรียมไว้ให้ด้วยแล้ว โดยผู้ใช้เพียงแต่นำสายสัญญาณ RS232 ซึ่งทำการต่อสายสัญญาณครบทั้ง 4 เส้น ดังรูปมาเชื่อมต่อก็สามารถใช้งานได้แล้ว

RS232 Port Standard ETI

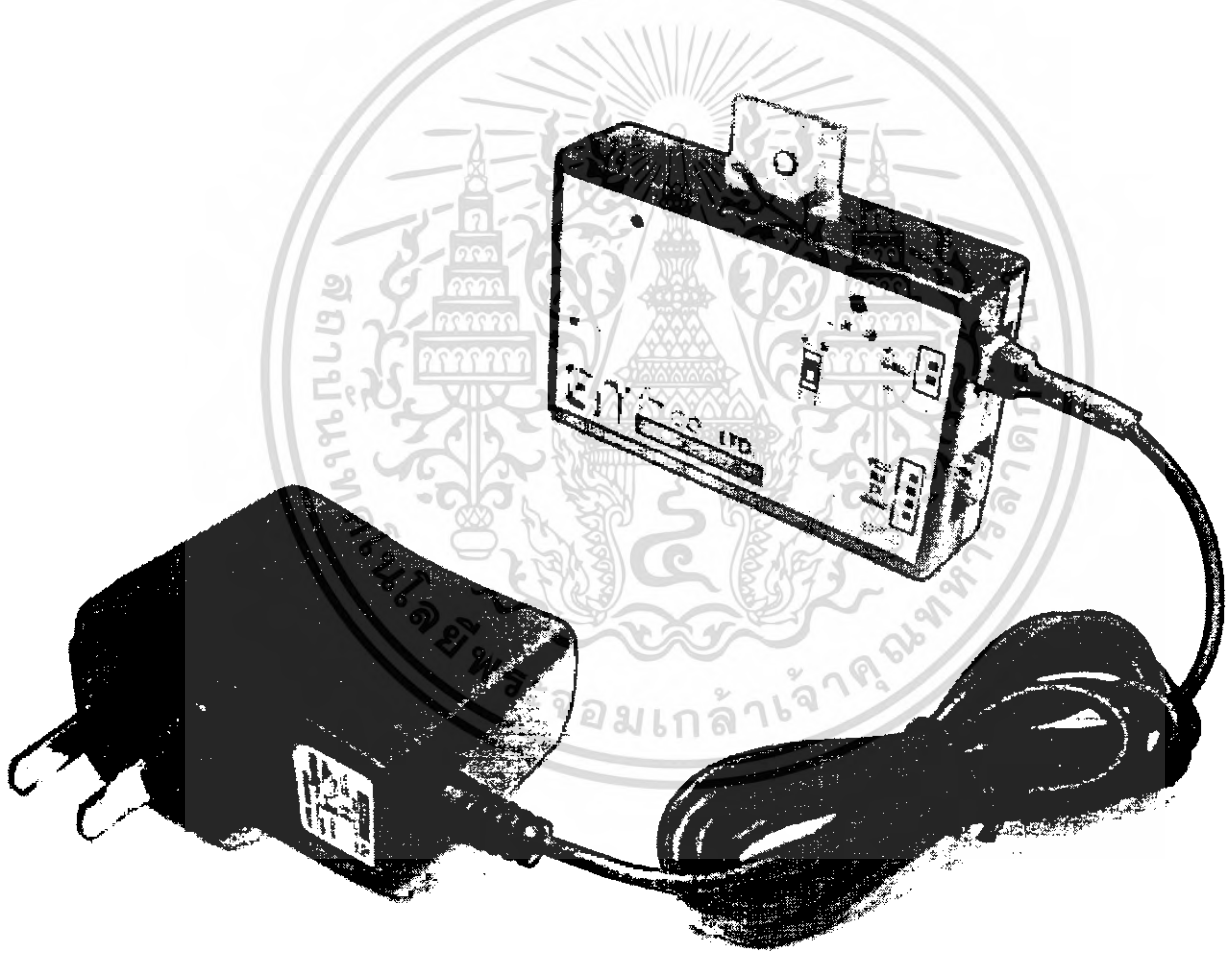


RS232 (ET-RF24G)

รูปแสดง การต่อสายสัญญาณ RS232 เพื่อใช้แหล่งจ่ายไฟจากบอร์ดไมโครฯ ของ อีทีที

คู่มือการใช้งาน RS232 to RF-Wireless (RF2.4GHz) CONVERTER รุ่น ET-RF24G V1.0

แต่สำหรับกรณีที่น่าเครื่อง ET-RF24G V1.0 ไปต่อใช้งานกับอุปกรณ์อื่นๆที่ไม่ได้มีการจัดเตรียมจุดต่อไฟเลี้ยงไว้ให้ด้วย ผู้ใช้จำเป็นต้องจัดหา Adapter จ่ายไฟจากภายนอกมาต่อให้กับเครื่อง ET-RF24G V1.0 ต่างหากด้วย โดยให้เลือกแหล่งจ่ายไฟที่มีขนาดแรงดันไฟตรงประมาณ +5VDC และสามารถจ่ายกระแสได้ประมาณ 00mA เป็นอย่างน้อย ซึ่งในกรณีนี้ขอแนะนำให้เลือกใช้ Power Supply รุ่น "ACH-4E" ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายไฟแบบ Switching Power ใช้กับไฟบ้าน 220VAC และให้เข้าชุดเป็นไฟกระแสตรง ขนาดประมาณ 5VDC / 750mA เพราะ Power Supply รุ่นนี้ สามารถใช้งานร่วมกับเครื่อง ET-RF24G V1.0 ได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานๆ โดยไม่เกิดความร้อนสะสมที่วงจร Regulate ของบอร์ด ET-RF24G V1.0 มากนัก ซึ่งถ้าผู้ใช้เลือกใช้แหล่งจ่ายไฟรุ่นอื่นๆ ที่มีขนาดแรงดันสูงกว่า +5V มากๆ ซึ่งถึงแม้ว่าจะสามารถใช้งานร่วมกันกับเครื่อง ET-RF24G V1.0 ได้ แต่ถ้ามีการใช้งานอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานๆแล้ว อาจทำให้เกิดความร้อนสะสมที่ตัวไอซี Regulate มากเกินไป จนอาจทำให้ภาค Power ของเครื่อง ET-RF24G V1.0 หยุดจ่ายไฟทำให้เครื่องหยุดทำงานได้



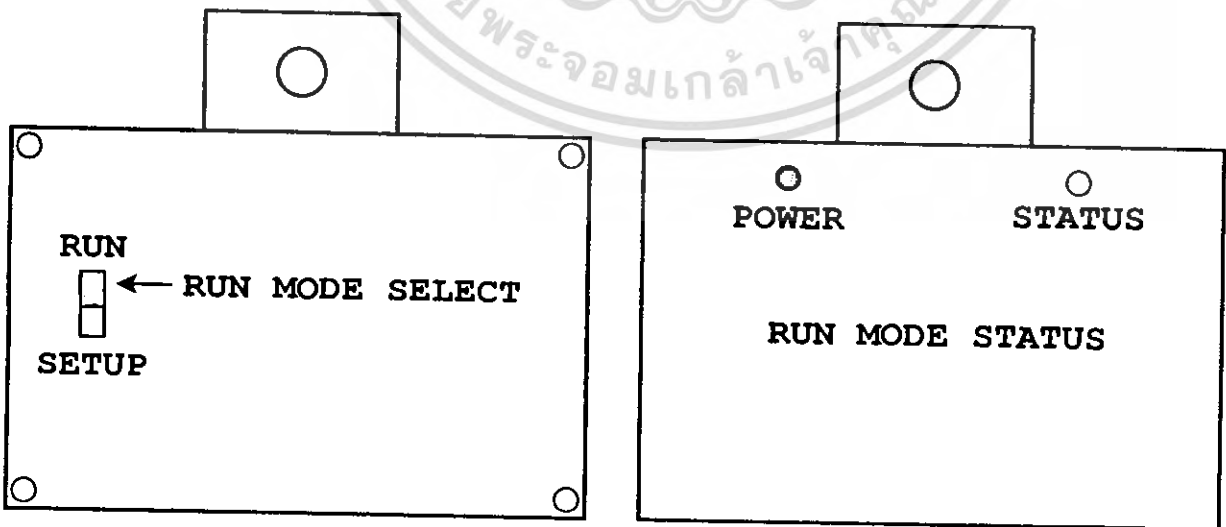
แสดง การต่อ แหล่งจ่ายไฟรุ่น "ACH-4E" จากภายนอกให้กับเครื่อง ET-RF24G V1.0

หมวดการทำงาน

สำหรับโหมดการทำงานของ ET-RF24G V1.0 นั้นจะแบ่งออกเป็น 2 โหมดด้วยกัน โดยการกำหนดโหมดการทำงานของ ET-RF24G V1.0 นั้นจะกระทำผ่าน Switch เล็กโหมด ซึ่งอยู่ด้านใต้กล่อง โดยการเลือกโหมดการทำงานนั้นจะต้องกระทำให้เสร็จเรียบร้อยก่อนการจ่ายไฟให้กับ ET-RF24G V1.0 ด้วยเสมอ เนื่องจากการทำงานของเครื่อง ET-RF24G V1.0 นั้นจะทำการตรวจสอบโหมดการทำงานของเครื่องจาก Switch เล็กโหมด เฉพาะในช่วงของการจ่ายไฟเลี้ยงให้เครื่องเริ่มต้นทำงานครั้งแรก (Power-ON) เท่านั้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งการทำงานของ Switch เล็กโหมด หลังจากทำการจ่ายไฟให้กับ ET-RF24G V1.0 ไปแล้ว จะไม่มีผลต่อการทำงานของเครื่องแต่อย่างใด โดยการทำงานของเครื่อง ET-RF24G V1.0 นั้นจะมี LED แสดงสถานะการทำงานของเครื่องจำนวน 2 หลอด คือ LED POWER ซึ่งเป็น LED สีแดง โดยที่ LED POWER นี้จะติดสว่างให้เห็นตลอดเวลาที่มีการจ่ายไฟเลี้ยงให้เครื่องทำงานอยู่ ส่วน LED อีกดวงหนึ่งนั้นจะเป็น LED สีเขียว ใช้แสดงสถานะการทำงานของเครื่องเรียกว่า LED STATUS โดย LED STATUS นี้จะเกิดการกะพริบตามจังหวะของการรับส่งข้อมูลกันในแต่ละครั้งภายในสภาวะปรกตินั้น ถ้าเครื่องทำงานอยู่ใน RUN MODE หลอด LED STATUS จะดับอยู่ตลอดเวลาถ้าไม่มีการรับส่งข้อมูล แต่ถ้าตัวเครื่องทำงานอยู่ใน SETUP MODE หลอด LED STATUS จะติดอยู่ตลอดเวลาถ้าไม่มีการรับส่งข้อมูล โดยโหมดการทำงานของ ET-RF24G V1.0 จะมีอยู่ด้วยกัน 2 โหมด คือ

การใช้งานเครื่อง ET-RF24G V1.0 ใน Run Mode

การใช้งานใน Run Mode ซึ่งเป็นโหมดของการใช้งานตามปรกติของเครื่อง โดยเมื่อเครื่อง ET-RF24G V1.0 ทำงานในโหมดนี้แล้ว จะสังเกตเห็นหลอดไฟแสดงสถานะการทำงานของ หรือ LED STATUS ดับอยู่ แต่เมื่อมีการรับหรือ ส่ง ข้อมูล เกิดขึ้น สถานะการทำงานของ LED STATUS จึงจะกะพริบตามจังหวะของการรับส่งข้อมูลนั้นๆ แต่ถ้ายังไม่มีการรับส่งข้อมูลกัน LED STATUS จะดับอยู่ตลอดเวลา



รูปแสดง การเลือกโหมดการทำงาน สำหรับใช้งานปรกติ (Run Mode)

คู่มือการใช้งาน RS232 to RF-Wireless (RF2.4GHz) CONVERTER รุ่น ET-RF24G V1.0

สำหรับการทำงานใน Run Mode นั้น จะแบ่งลักษณะการทำงานออกเป็น 3 แบบด้วยกัน โดยลักษณะการทำงานนี้จะถูกกำหนดไว้แล้วใน Configuration ของเครื่องใน Setup Mode ดังนั้นก่อนการใช้งานเครื่อง ในครั้งแรกจะต้องทำการกำหนดค่า Configuration ต่างๆให้เรียบร้อยเสียก่อน โดยเมื่อเครื่อง ET-RF24G V1.0 เริ่มต้นเข้าทำงานใน Run Mode แล้วมันจะทำการอ่านค่า Configuration ที่เก็บไว้ออกมา เพื่อใช้เป็นเงื่อนไขในการทำงานตามค่าที่ได้กำหนดไว้ โดยลักษณะการทำงานใน Run Mode แบ่งออกเป็นดังนี้

1.1 การทำงานแบบ RF Receive Only

เป็นการทำงานแบบทิศทางเดียว โดยการทำงานในโหมดนี้ จะเป็นการรอรับข้อมูลความถี่แบบ GFSK จากย่าน RF แล้วเปลี่ยนเป็นข้อมูลอนุกรมส่งออกไปทางขา TX (Transmit) ของ RS232 โดยการทำงานจะวนรอบอยู่เช่นนี้ไปตลอด ซึ่งในการใช้งานเครื่อง ET-RF24G V1.0 ในโหมดนี้จะต้องนำสัญญาณ TX(Transmit) ไปต่อกับขาสัญญาณ RX (Receive) ของอุปกรณ์ด้านตรงข้าม (RS232 ของคอมพิวเตอร์ PC) โดยในโหมดนี้ การทำงานของขาสัญญาณ RX ด้าน RS232 ของเครื่อง ET-RF24G V1.0 จะถูกเปลี่ยนหน้าที่เป็นสัญญาณ CTS (Clear To Send) มาให้ใช้ตรวจสอบความพร้อมในการส่งข้อมูลไปให้อุปกรณ์ด้านตรงข้ามแทน ซึ่งในการใช้งานจะต้องนำสัญญาณไปต่อเข้ากับสัญญาณ RTS (Ready To Send) ของอุปกรณ์ด้านตรงข้าม โดยเครื่อง ET-RF24G V1.0 จะทำการตรวจสอบสถานะของสัญญาณ RX ซึ่งในโหมดนี้เปรียบเสมือน CTS ว่ามีค่าเป็น "0" หรือไม่ โดยถ้าพบว่าเป็น "0" ก็จะส่งข้อมูลออกไปให้ทางขา TX แต่ถ้าพบว่าสถานะของขาสัญญาณนี้มีค่าเป็น "1" แสดงว่าอุปกรณ์ด้านตรงข้ามยังไม่พร้อมรับข้อมูลก็จะรอจนกว่าจะพบว่าสถานะของสัญญาณดังกล่าวมีค่าเป็น "0" จึงจะส่งข้อมูลออกไปให้ โดยเครื่อง ET-RF24G V1.0 จะสามารถจัดเก็บข้อมูลไว้ใน Buffer เพื่อรอการส่งได้สูงสุด 64 Byte เท่านั้น ซึ่งถ้าในระหว่างที่รอความพร้อมอยู่นั้น มีข้อมูลด้าน RF ส่งเข้ามาเกินกว่า 64 Byte จะทำให้ข้อมูลที่เกินมานั้นสูญหายไป

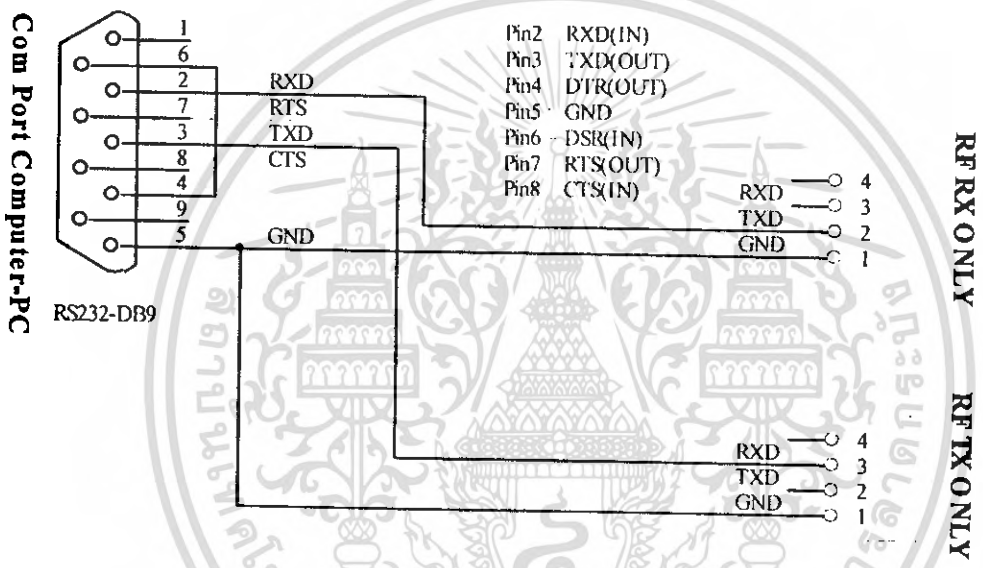
2 การทำงานแบบ RF Transmit Only

เป็นการทำงานแบบทิศทางเดียว โดยการทำงานในโหมดนี้จะมีลักษณะตรงกันข้ามกับ RF Receive Only กล่าวคือ เครื่อง ET-RF24G V1.0 จะทำหน้าที่รอรับข้อมูลจากขา RX (Receive) ด้าน RS232 แล้วเปลี่ยนเป็นข้อมูลแบบ GFSK ส่งออกไปทางด้าน RF โดยการใช้งานเครื่องในโหมดนี้ จะต้องนำสัญญาณ TX (Transmit) ซึ่งเป็นขาส่งข้อมูลจาก RS232 ของอุปกรณ์ด้านตรงข้ามมาต่อเข้ากับขา RX(Receive) ของเครื่อง ET-RF24G V1.0 ส่วนขาสัญญาณ TX จะถูกเปลี่ยนหน้าที่เป็น RTS (Ready To Send) เพื่อให้แสดงสถานะความพร้อมในการรับข้อมูลจาก RS232 ซึ่งในการใช้งานจะต้องนำสัญญาณ TX ซึ่งในขณะนี้เปรียบเสมือนกับ RTS นำไปต่อเข้ากับสัญญาณ CTS (Clear To Send) ของอุปกรณ์ด้านตรงข้าม เพื่อใช้ในการตรวจสอบความพร้อมในการรับข้อมูล โดยอุปกรณ์ด้านตรงข้ามจะต้องทำการตรวจสอบสถานะของสัญญาณ RTS นี้ เพื่อตรวจสอบความพร้อมในการรับข้อมูลของเครื่อง ET-RF24G V1.0 ด้วย โดยถ้าเครื่อง ET-RF24G V1.0 พร้อมรับข้อมูลจาก RS232 มันจะส่งสัญญาณ RTS มีค่าเป็น "0" รอไว้ และเมื่อใดก็ตามที่การรับข้อมูลทางด้านของ RS232 มีจำนวนข้อมูลที่ยังไม่สามารถเปลี่ยน

คู่มือการใช้งาน RS232 to RF-Wireless (RF2.4GHz) CONVERTER รุ่น ET-RF24G V1.0

ใน GFSK เพื่อส่งออกไปทางด้าน RF ได้ทันทีจนเกือบจะเต็ม Buffer แล้ว เครื่อง ET-RF24G V1.0 จะทำการส่งสัญญาณ RTS ให้มีค่าเป็น "1" ออกไปบอกให้อุปกรณ์ด้านตรงข้ามทราบเพื่อจะได้หยุดการส่งข้อมูลออกมา โดยอุปกรณ์ด้านตรงข้ามจะต้องหยุดการส่งข้อมูลและรอจนกว่าสถานะของสัญญาณ RTS จะกลับเป็น "0" จึงจะเริ่มส่งข้อมูลออกมาใหม่ ซึ่งหลังจากที่เครื่อง ET-RF24G V1.0 ส่งสัญญาณ RTS ด้วยค่า "1" ออกไปแล้ว จะยังคงสามารถรับข้อมูลได้เพิ่มเติมอีกไม่เกิน 16 Byte เท่านั้น ซึ่งถ้าอุปกรณ์ด้านตรงข้ามยังส่งข้อมูลต่อเนื่องมาอีกจนเกินขนาดของ Buffer ที่เครื่อง ET-RF24G V1.0 จะรับไว้ได้จะทำให้ข้อมูลที่เกินมานั้นเกิดการสูญหายได้

โดยเราสามารถนำเครื่อง ET-RF24G V1.0 จำนวน 4 ชุด มาต่อใช้งานร่วมกัน เพื่อใช้งานในการรับส่งข้อมูลแบบ Full Duplex โดยแบ่งการใช้งานออกเป็น 2 ด้าน คือ ต้นทาง และ ปลายทาง ด้านละ 2 ชุด โดยแต่ละด้านกำหนดหน้าที่การทำงานเป็น RF Receive Only 1 ชุด และ RF Transmit Only อีก 1 ชุด



แสดงสายสัญญาณ RS232 เพื่อใช้กับ ET-RF24G ในโหมด RF Receive Only และ RF Transmit Only

3 การทำงานแบบ RF Auto Direction

เป็นการทำงานชนิด 2 ทิศทาง แบบ Half Duplex หรือ ผลัดกันรับผลัดกันส่ง ซึ่งสามารถใช้รับส่งข้อมูลระหว่างต้นทาง และ ปลายทาง ได้ โดยใช้เครื่อง ET-RF24G V1.0 ด้านละ 1 ชุด เท่านั้น เพียงแต่การรับส่งข้อมูลแบบนี้จะไม่สามารถส่งข้อมูลสวนทางกันได้เหมือนกับแบบ Full Duplex แต่จะต้องใช้วิธีการผลัดกันรับข้อมูลและส่งข้อมูลแทน โดยเมื่อฝ่ายรับทำการรับข้อมูลได้จนครบแล้วจึงจะสลับหน้าที่เป็นฝ่ายส่งเพื่อส่งข้อมูลย้อนกลับไป

โดยในโหมดนี้ เครื่อง ET-RF24G V1.0 จะทำหน้าที่เป็นทั้ง ฝ่ายรับ และ ฝ่ายส่ง ข้อมูล แบบอัตโนมัติ โดยสถานะปรกติจะอยู่ในสถานะของการรอรับข้อมูล ทั้งด้าน RF และ RS232 ซึ่งถ้าพบว่ามีข้อมูลส่งเข้ามาทางด้าน RF ก็จะนำข้อมูลนั้นส่งออกไปทางด้าน TX ของ RS232 ทันที และในทำนองเดียวกัน ถ้าพบว่ามีข้อมูลส่งเข้ามาทางด้าน RX ของ RS232 มันก็จะทำการรับข้อมูลนั้นจาก RS232 พร้อมกับเปลี่ยนทิศทางของอุปกรณ์ RF จาก

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากมีการนำใบ

คู่มือการใช้งาน RS232 to RF-Wireless (RF2.4GHz) CONVERTER รุ่น ET-RF24G V1.0

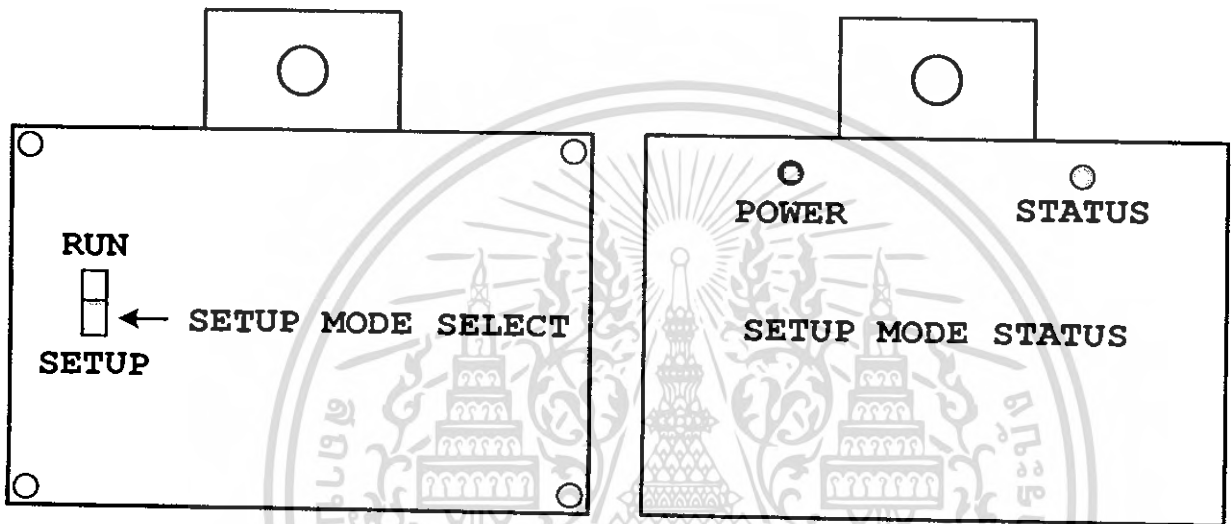
การรับข้อมูลให้ทำหน้าที่เป็นตัวส่งข้อมูลแทน เพื่อทำการส่งข้อมูลที่รับได้จาก RS232 ออกไปทาง RF ในทันที ซึ่งหลังจากที่เครื่อง ET-RF24G V1.0 ทำการสลับโหมดการทำงานของอุปกรณ์ด้าน RF จากการรับเป็นการส่งและทำการเริ่มต้นส่งข้อมูลออกไปทางด้าน RF เรียบร้อยแล้ว มันจะวนกลับไปตรวจสอบการรับข้อมูลจากด้าน RS232 ใหม่ว่ายังมีข้อมูลส่งเข้ามาอีกหรือไม่ ถ้าพบว่ามีข้อมูลส่งเข้ามาก็จะทำการแปลงข้อมูลนั้นเพื่อส่งออกไปยังด้าน RF ต่อไปอีกจนกว่าการส่งข้อมูลด้าน RS232 จะสิ้นสุดลง ซึ่งข้อมูลด้าน RS232 ที่ส่งเข้ามานั้น ควรส่งอย่างต่อเนื่องโดยเมื่อเครื่อง ET-RF24G V1.0 ทำการส่งข้อมูลแต่ละ Byte ออกไปทางด้าน RF เรียบร้อยแล้วมันจะวนรอบรอรับข้อมูล Byte ถัดไปจาก RS232 ภายในเวลา 2.5 mS ถ้าไม่พบข้อมูลส่งเข้ามาอีกภายในระยะเวลาดังกล่าวมันจึงจะทำการเปลี่ยนหน้าที่ของอุปกรณ์ด้าน RF ให้กลับมาทำหน้าที่เป็นการรับข้อมูลตามเดิม โดยในขณะที่อุปกรณ์ด้าน RF ถูกกำหนดให้เป็นฝ่ายส่งข้อมูลอยู่นั้น จะไม่สามารถทำการรับข้อมูลจาก RF ได้ ซึ่งถ้ามีการส่งข้อมูลเข้ามาขณะนั้นก็จะไม่สามารถรับได้ โดยค่าเวลาที่จะใช้ในการสลับโหมดการทำงานของ RF จากฝ่ายส่งข้อมูลให้เป็นการรับข้อมูลนั้น จะมีค่าเป็น 2.5mS ดังนั้นเมื่อฝ่ายรับสามารถรับข้อมูลได้ครบหมดแล้วก่อนที่จะทำการส่งข้อมูลเพื่อตอบกลับไปยังฝ่ายตรงข้ามนั้น ควรทำการหน่วงเวลาไว้ไม่น้อยกว่า 3mS นับจากรับข้อมูล Byte สุดท้ายได้เรียบร้อยแล้วจึงเริ่มต้นส่งข้อมูล Byte แรกย้อนกลับไป ซึ่งถ้าฝ่ายรับทำการส่งข้อมูลตอบกลับไปยังฝ่ายตรงข้ามเร็วกว่านี้ จะทำให้ฝ่ายตรงข้ามไม่สามารถรับข้อมูล Byte แรกได้ทัน

สำหรับการใช้งานเครื่อง ET-RF24G V1.0 ในโหมด RF Auto Direction นี้ การรับ และ ส่ง ข้อมูล ด้าน RS232 จะไม่มีการตรวจสอบความพร้อมของฝ่ายรับและส่ง ด้วยสัญญาณทางไฟฟ้า (CTS/RTS) เหมือนกับการใช้โหมดที่ผ่านมาแล้ว โดยเมื่อมันสามารถรับข้อมูลจาก RF ได้ ก็จะทำให้ทำการส่งข้อมูลนั้นออกไปทางขา TX (transmit) ของ RS232 ในทันที โดยไม่สนใจว่า อุปกรณ์ที่ต่อไว้ด้าน RS232 จะพร้อมรับข้อมูลหรือไม่ ซึ่งถ้าด้าน RS232 ไม่พร้อมรับข้อมูลก็จะทำให้ข้อมูล Byte นั้นสูญหายไปทันที ซึ่งในการใช้งานนั้น ผู้ใช้ควรกำหนดค่าความเร็วในการรับส่งข้อมูลด้าน RS232 ที่จะใช้กับเครื่อง ET-RF24G V1.0 ทุกๆตัวด้วยค่าความเร็วที่เท่ากันด้วย เพื่อให้การรับและส่งข้อมูลเกิดความสัมพันธ์กันอย่างเหมาะสม

สำหรับความสามารถในการรับข้อมูลจาก RS232 ของเครื่อง ET-RF24G V1.0 ในโหมดนี้ จะสามารถรับข้อมูลได้อย่างต่อเนื่องสูงสุด ไม่เกิน 64 Byte ดังนั้นในกรณีที่มีการส่งข้อมูลจากด้าน RS232 ด้วยข้อมูลจำนวนมากเกิน 64 Byte ต่อเนื่องกันนั้น ควรทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดๆ โดยให้มีขนาดชุดละไม่เกิน 64 Byte ซึ่งหลังจากทำการส่งข้อมูลอย่างต่อเนื่องไปได้ 1 ชุด (64 Byte) แล้วควรทำการหน่วงเวลาไว้ชั่วขณะหนึ่งอย่างน้อย 1mS แล้วจึงส่งข้อมูลชุดถัดไป สลับกับการหน่วงเวลา อย่างนี้เรื่อยๆ เพื่อให้เครื่อง ET-RF24G V1.0 สามารถนำข้อมูลที่รับได้จากด้าน RS232 ส่งออกไปทางด้าน RF ได้ทัน ซึ่งถ้าทำการส่งข้อมูลอย่างต่อเนื่องโดยไม่มีการหน่วงเวลาเลยอาจให้ข้อมูลบาง Byte เกิดการสูญหายไป

2. การใช้งานเครื่อง ET-RF24G V1.0 ใน Setup Mode

การใช้งานเครื่อง ET-RF24G V1.0 ใน Setup Mode ซึ่งเป็นโหมดสำหรับใช้กำหนดค่า Configuration ใดๆ สำหรับควบคุมการทำงานของเครื่อง ET-RF24G V1.0 ที่จะใช้ในขณะที่เครื่องทำงานอยู่ใน Run Mode โดยการ Setup ค่า Configuration ต่างๆนั้นจะกระทำร่วมกับโปรแกรม "ET_RF24G_V1.EXE" ของ อีทีที ซึ่งเมื่อเครื่อง ET-RF24G V1.0 เข้าทำงานในโหมด Setup แล้ว จะสังเกตเห็นหลอดไฟแสดงสถานะการทำงาน หรือ LED STATUS ติดสว่างค้างอยู่ตลอดเวลา แต่เมื่อมีการส่งอ่านหรือเขียนข้อมูลกับบอร์ด สถานะการทำงานของ LED STATUS จึงจะกระพริบตามจังหวะของการรับส่งข้อมูล แต่ถ้ายังไม่มี การรับส่งข้อมูลกัน LED STATUS จะติดค้างอยู่ตลอดเวลา

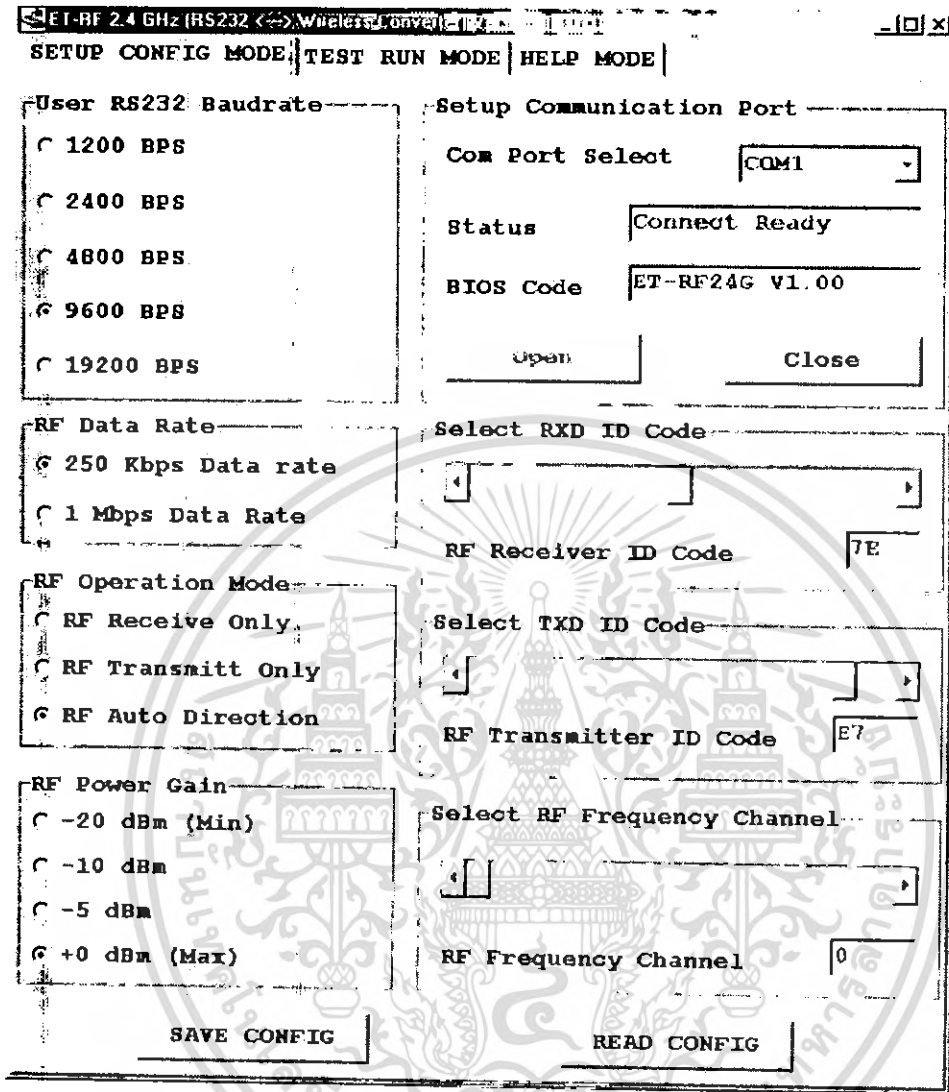


รูปแสดง การเลือกโหมดการทำงาน สำหรับกำหนดค่า Configuration (Setup Mode)

ซึ่งการกำหนดค่า Configuration ให้กับ ET-RF24G V1.0 นั้น จะต้องกระทำในขณะที่ตัวเครื่องทำงานอยู่ใน Setup Mode เท่านั้น (เลือก Switch กำหนดโหมดไว้ทางด้าน Setup แล้วจ่ายไฟให้เครื่องเริ่มต้นทำงาน) โดยค่าของ Configuration ต่างๆนั้นจะถูกใช้สำหรับเป็นเงื่อนไขในการทำงานของ ET-RF24G V1.0 ในขณะที่อยู่ใน Run Mode นั้น ก่อนการเริ่มต้นใช้งานเครื่องในครั้งแรกนั้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการกำหนดค่าของ Configuration ใดๆให้ถูกต้องและตรงกับความต้องการที่จะใช้งานเสียก่อน โดยเมื่อทำการกำหนดค่าตัวเลือกต่างๆของ Configuration เรียบร้อยแล้ว ก็สามารถเปลี่ยนโหมดการทำงานของตัวเครื่องกลับเป็น Run Mode พร้อมกับการปิดที่จ่ายให้กับตัวเครื่อง (Power-OFF) ชั่วขณะหนึ่ง จากนั้นจึงเริ่มต้นจ่ายไฟให้กับตัวเครื่องใหม่ (Power-ON) ก็สามารถใช้งาน ET-RF24G V1.0 ตามค่าของ Configuration ที่กำหนดไว้แล้วได้ทันที โดยค่าตัวเลือกต่างๆของ Configuration ที่ได้กำหนดไว้แล้วจะถูกเก็บไว้ในตัวเครื่องอย่างถาวร ถึงแม้ว่าจะไม่ได้ทำการจ่ายไฟให้กับตัวเครื่องแล้วก็ตาม ดังนั้นเมื่อทำการกำหนดค่า Configuration ต่างๆเรียบร้อยแล้ว ถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขการทำงานของตัวเครื่องต่างไปจากเงื่อนไขเดิมที่ได้กำหนดไว้แล้ว ก็ไม่จำเป็นต้องทำการกำหนดค่า Configuration

คู่มือการใช้งาน RS232 to RF-Wireless (RF2.4GHz) CONVERTER รุ่น ET-RF24G V1.0

หม้ออีกแต่อย่างใด โดยทุกๆครั้งที่เริ่มต้นจ่ายไฟเข้าเครื่องในครั้งแรกนั้น การทำงานของ ET-RF24G V1.0 จะเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ใน Configuration เสมอทุกๆครั้ง โดยคุณสมบัติของ Configuration ต่างๆนั้นมีดังนี้



แสดง รูปโปรแกรมที่ใช้สำหรับกำหนดค่า Configuration ของ ET-RF24G V1.0

- User RS232 Baudrate ใช้สำหรับกำหนดค่าความเร็วในการรับส่งข้อมูลทางด้าน RS232 ของตัวเครื่อง ในขณะที่ทำงานอยู่ใน Run Mode ซึ่งสามารถกำหนดได้ 5 ค่าคือ
 - 1200 BPS
 - 2400 BPS
 - 4800 BPS
 - 9600 BPS
 - 19200 BPS

คู่มือการใช้งาน RS232 to RF-Wireless (RF2.4GHz) CONVERTER รุ่น ET-RF24G V1.0

- RF Data Rate ใช้สำหรับกำหนดความเร็วในการรับส่งข้อมูลทางด้าน RF ของ ET-RF24G V1.0 ซึ่งจะต้องกำหนดให้เครื่อง ET-RF24G V1.0 ทุกตัว ที่จะนำมาใช้ติดต่อสื่อสารกัน มีค่าอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลด้าน RF หรือ RF Data Rate นี้มีค่าเท่ากันทั้งหมด ซึ่งถ้ากำหนดค่าความเร็วต่างกันจะไม่สามารถรับส่งข้อมูลกันได้ ซึ่งค่าอัตราความเร็วในการส่งข้อมูลนี้จะมีผลต่อระยะทางการรับส่งข้อมูลด้วย ซึ่งถ้าใช้ความเร็วในการส่งสูง (1Mbps) จะทำให้รัศมีการรับส่งข้อมูลได้ระยะทางสั้นลง แต่ถ้าใช้ความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่ช้าลง (250Kbps) จะทำให้ได้รัศมีการรับส่งไกลขึ้น โดยค่า RF Data Rate สามารถกำหนดได้ 2 ค่า คือ
 - 250 Kbps
 - 1 Mbps
- RF Operation Mode ใช้สำหรับกำหนดโหมดการทำงานของ ET-RF24G V1.0 ซึ่งสามารถกำหนดหน้าที่การทำงานได้ 3 แบบ ด้วยกันคือ
 - RF Receive Only เป็นการกำหนดให้ ET-RF24G V1.0 ทำหน้าที่เป็นฝ่ายรอรับข้อมูลทางด้าน RF เพื่อเปลี่ยนเป็นข้อมูลแบบ RS232 และส่งออกทางด้านขา TX ของ RS232 ตลอดเวลา
 - RF Transmit Only เป็นการกำหนดให้ ET-RF24G V1.0 ทำหน้าที่เป็นฝ่ายรอรับข้อมูลทางด้าน RS232 จากขา RX เพื่อเปลี่ยนเป็นข้อมูลแบบ GFSK และส่งออกทางด้าน RF ตลอดเวลา
 - RF Auto Direction เป็นการกำหนดโหมดการทำงานแบบ Half Duplex 2 ทิศทาง ซึ่งสามารถสลับโหมดการทำงานระหว่างการรับและส่งข้อมูลได้เองโดยอัตโนมัติ โดยในโหมดการทำงานนี้ เครื่อง ET-RF24G V1.0 จะรอตรวจสอบข้อมูลทั้งจากด้าน RS232 และด้าน RF อยู่ตลอดเวลา โดยถ้าได้รับข้อมูลจากด้าน RS232 ก็จะทำการแปลงแล้วส่งออกทางด้าน RF จากนั้นก็จะกำหนดให้ด้าน RF กลับมาเป็นฝ่ายรอรับข้อมูลตามเดิม และเมื่อได้รับข้อมูลจากด้าน RF ก็จะทำแปลงเป็นข้อมูลแล้วส่งออกทางด้าน RS232 โดยอัตโนมัติ
- RF Power Gain เป็นการกำหนดกำลังส่งของวงจร RF Power ที่ใช้ในการส่งข้อมูล โดยค่า +0dBm เป็นค่ากำลังส่งสูงสุด ส่วน -20dBm เป็นค่ากำลังส่งต่ำสุด โดยสามารถกำหนดได้ 4 ระดับคือ
 - -20dBm (กำลังส่งต่ำสุด)
 - -10dBm
 - -5dBm
 - +0dBm (กำลังส่งสูงสุด)

คู่มือการใช้งาน RS232 to RF-Wireless (RF2.4GHz) CONVERTER รุ่น ET-RF24G V1.0

- RXD ID Code เป็นรหัส ID Code ของเครื่อง ET-RF24G V1.0 ในโหมดของการรับข้อมูลจาก RF โดยเมื่อเครื่อง ET-RF24G V1.0 ด้านส่งจะทำการส่งข้อมูลออกไปทาง RF นั้นจะมีการระบุหมายเลข ID Code ของด้านรับรวมไปกับชุดข้อมูลด้วยเสมอ โดยเมื่อเครื่อง ET-RF24G V1.0 ที่อยู่ทางด้านรับทำการรับข้อมูลจากด้าน RF ได้ อันดับแรกมันจะทำการเปรียบเทียบรหัส ID Code ที่รวมมากับข้อมูลที่รับมาได้ว่าตรงกับรหัสของ RXD ID Code ที่กำหนดไว้ในตัวมันหรือไม่ ซึ่งถ้าถูกต้องก็จะแยกเอาเฉพาะส่วนของข้อมูลที่รับเข้ามาได้เพื่อเปลี่ยนเป็นข้อมูลแบบ RS232 แล้วส่งออกไปทางด้าน TX ของ RS232 แต่ถ้ารหัส ID Code ที่รับมาได้ไม่ตรงกับรหัส RXD ID Code ที่กำหนดไว้ เครื่อง ET-RF24G V1.0 จะทิ้งข้อมูลชุดนั้นไปทันที โดยค่า RXD ID Code นั้นสามารถกำหนดได้ 256 ค่าในรูปแบบของเลขฐานสิบหก (00H-FFH)
- TXD ID Code เป็นรหัส ID Code ปลายทางที่จะส่งข้อมูลไปหา โดยที่เครื่อง ET-RF24G V1.0 ที่ถูกกำหนดให้ทำหน้าที่เป็นฝ่ายส่งข้อมูลนั้น เมื่อมันสามารถรับข้อมูลจาก RS232 ได้แล้ว มันจะทำการนำเอาข้อมูลนั้นไปเข้ารหัสรวมกับ TXD ID Code ที่กำหนดไว้ แล้วส่งออกไปทางด้าน RF โดยรหัสของ TXD ID Code นี้หมายถึง รหัส RXD ID Code ของฝ่ายรับที่ต้องการส่งข้อมูลไปหา นั่นเอง โดยค่า TXD ID Code นั้นสามารถกำหนดได้ 256 ค่าในรูปแบบของเลขฐานสิบหก (00H-FFH)
- RF Frequency Channel เป็นการกำหนดค่าของช่องความถี่ที่จะใช้ในการรับส่งข้อมูลกัน โดยสามารถเลือกกำหนดช่องความถี่ได้สูงสุดมากถึง 125 ช่อง (0-124) โดยการที่เครื่อง ET-RF24G V1.0 จะทำการรับส่งข้อมูลกันได้นั้นจะต้องกำหนดช่องความถี่ที่ตรงกัน และ ใช้อัตราความเร็ว RF Data Rate ที่เท่ากันด้วย ซึ่งที่สามารถเลือกกำหนดช่องความถี่ RF Frequency Channel ได้นั้น จะมีประโยชน์เป็นอย่างมากในกรณีที่มีการใช้งานเครื่อง ET-RF24G V1.0 จำนวนหลายๆกลุ่ม ในบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงกัน โดยให้กำหนดช่องความถี่ของ ET-RF24G V1.0 กลุ่มที่จะสื่อสารข้อมูลร่วมกันไว้ที่ช่องความถี่เดียวกัน ส่วนกลุ่มอื่นๆก็ให้เลือกกำหนดช่องความถี่ที่ต่างกันไป เพื่อลดปัญหาการรบกวนกัน

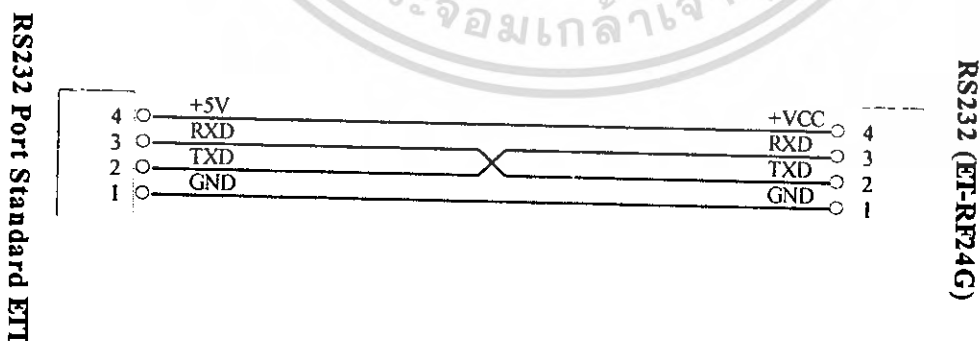
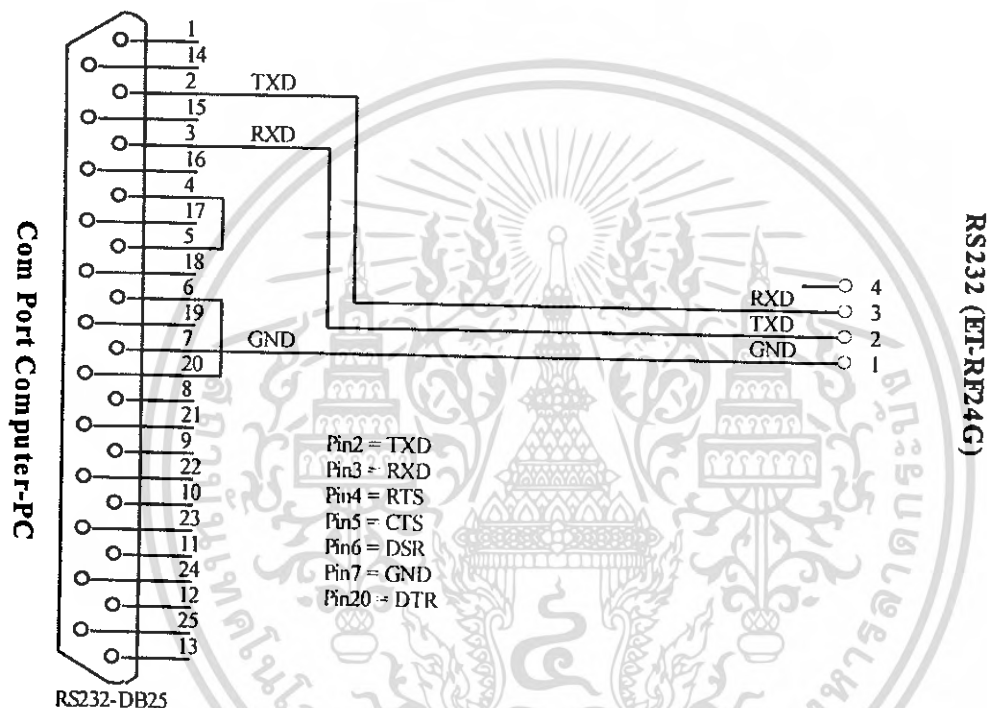
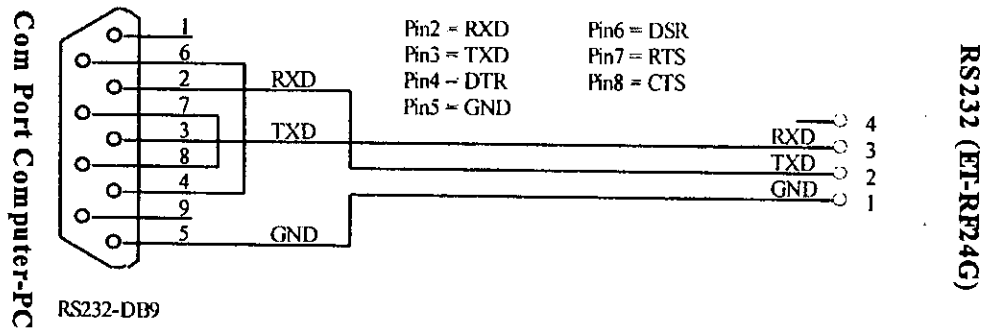
ข้อแนะนำในการกำหนดค่า Configuration

การกำหนดค่า Configuration ให้กับเครื่อง ET-RF24G V1.0 นั้น สามารถเลือกกำหนดได้ตามความต้องการและจุดประสงค์ของการใช้งาน โดยแต่ละโหมดของการใช้งานนั้นจะมีค่า Configuration ที่เหมาะสมต่างกัน
จึงขอแนะนำวิธีการกำหนดค่า Configuration ดังแนวทางต่อไปนี้

- ความเร็วในการรับส่งข้อมูลด้าน RS232 หรือ User RS232 Baudrate ที่ความเร็ว 19200 Bps นั้น เหมาะกับการใช้งาน ET-RF24G V1.0 แบบ Receive Only หรือ Transmit Only ซึ่งมีการตรวจสอบความพร้อมของสัญญาณในการรับส่งข้อมูลกันด้วย แต่ถ้าต้องการใช้งานเครื่อง ET-RF24G V1.0 ในโหมด Auto Direction นั้น ควรกำหนดค่า User RS232 Baudrate ไว้ที่ความเร็วไม่เกิน 9600 Bps จะดีที่สุด และควรกำหนดค่า Baudrate ของทั้งสองฝ่ายให้มีค่าเท่ากันด้วย
- ค่าความเร็วของการรับส่งข้อมูลด้าน RF หรือ RF Data Rate ที่สามารถรับส่งข้อมูลกันได้ระยะทางไกลมากที่สุด และมีโอกาสผิดพลาดน้อยที่สุด คือ 250Kbps
- ค่า RF Power Gain ที่ดีที่สุดคือ 0dBm ซึ่งเป็นค่ากำลังส่งสูงสุด ซึ่งจะทำให้สามารถส่งข้อมูลได้ระยะทางไกลที่สุด แต่ถ้าระยะการรับส่งข้อมูลไม่ไกลกันมาก และมีการใช้งานเครื่อง ET-RF24G V1.0 จำนวนหลายกลุ่มในพื้นที่ใกล้เคียงกัน ก็อาจทำการลดกำลังส่งให้ต่ำลงเพื่อลดปัญหาการรบกวนกันหรือกำหนดช่องความถี่ RF Frequency Channel ให้ห่างกันมาก ๆ
- ในกรณีที่มีการใช้เครื่อง ET-RF24G V1.0 หลายกลุ่มในพื้นที่ใกล้เคียงกัน ควรกำหนดช่องความถี่ในการใช้งาน หรือ RF Frequency Channel ให้ห่างกันด้วยเพื่อป้องกันการรบกวนกัน
- การใช้งานเครื่อง ET-RF24G V1.0 แบบ Auto Direction นั้น ถ้ามีการส่งข้อมูลจำนวนมากๆ ควรจัดแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดๆ โดยให้มีขนาดข้อมูลชุดละไม่เกิน 64 Byte โดยในการส่งข้อมูลแต่ละชุดนั้นให้ทำการส่งข้อมูลอย่างต่อเนื่องโดยให้ข้อมูลแต่ละ Byte มีระยะเวลาห่างกันไม่เกิน 2.5ms เนื่องจากถ้าข้อมูลขาดหายไปนานกว่านี้ เครื่อง ET-RF24G V1.0 จะทำการเปลี่ยนโหมดของการส่งข้อมูลกลับเป็นโหมดของการรับข้อมูลแทน ซึ่งเมื่อมีการส่งข้อมูล Byte ถัดไปมาอีกก็จะต้องเสียเวลาในการสลับโหมดจากฝ่ายรอรับข้อมูลให้เป็นฝ่ายส่งข้อมูลอีก ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพในการจัดส่งข้อมูลลดลงเนื่องจากต้องเสียเวลาในการสลับโหมดการทำงานของวงจรภาค RF อยู่ตลอดเวลา โดยที่เมื่อทำการจัดส่งข้อมูลครบ 64 Byte แล้ว ให้ทำการหน่วงเวลาไว้ชั่วขณะหนึ่ง ประมาณ 1ms-2ms แล้วจึงส่งข้อมูลชุดถัดไปอีกอย่างนี้เรื่อยๆ จะทำให้การรับส่งข้อมูลมีประสิทธิภาพสูงสุด
- การใช้งานเครื่อง ET-RF24G V1.0 แบบ Auto Direction นั้น ควรหน่วงเวลาในการสลับโหมดจากฝ่ายของการรอรับข้อมูลเป็นฝ่ายส่งข้อมูล อย่างน้อยที่สุด 3ms - 5ms ซึ่งถ้าส่งข้อมูลย้อนกลับด้วยเวลาที่เร็วกว่านี้อาจทำให้ฝ่ายตรงข้ามไม่สามารถรับข้อมูล Byte แรกได้ทัน

คู่มือการใช้งาน RS232 to RF-Wireless (RF2.4GHz) CONVERTER รุ่น ET-RF24G V1.0

การเชื่อมต่อสัญญาณ RS232

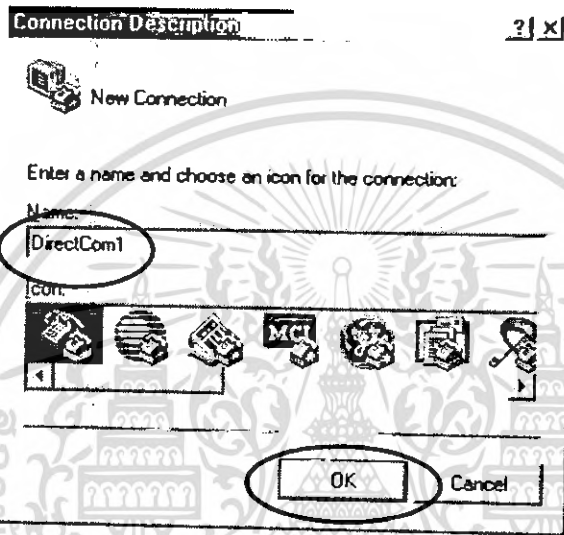


รูปแสดง แผนผังการต่อสาย RS232 เพื่อใช้งานกับ ET-RF24G V1.0 ในโหมด Auto Direction

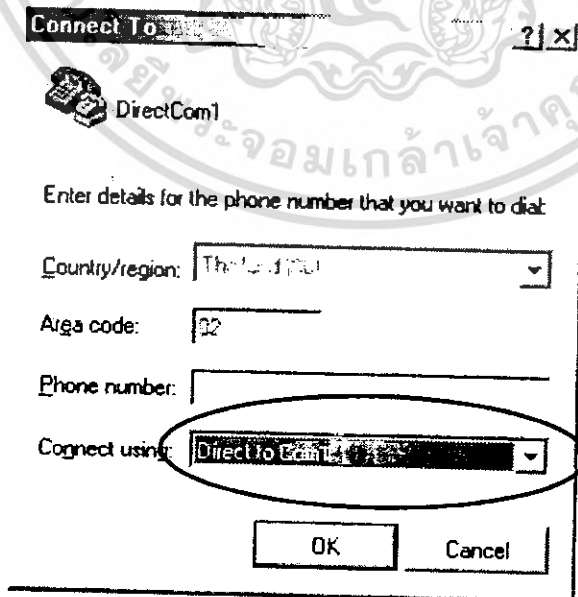
ตัวอย่างการใช้งาน

สำหรับตัวอย่างการใช้นั้น จะขอแสดงให้เห็นโดยใช้คอมพิวเตอร์ PC เป็นอุปกรณ์การทดลอง โดยในที่นี้จะขอเลือกใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการสื่อสารของ Windows ซึ่งก็คือ Hyper Terminal โดยใน 2 ตัวอย่างเรานั้นจะใช้งานกับเครื่อง ET-RF24G V1.0 ในโหมด Auto Direction ซึ่งมีวิธีการใช้งานดังต่อไปนี้

เรียกใช้โปรแกรม Hyper Terminal ของ Windows โดยเรียกจาก Start → Programs → Accessories → Communications → Hyper Terminal ซึ่งจะได้ผลดังรูป

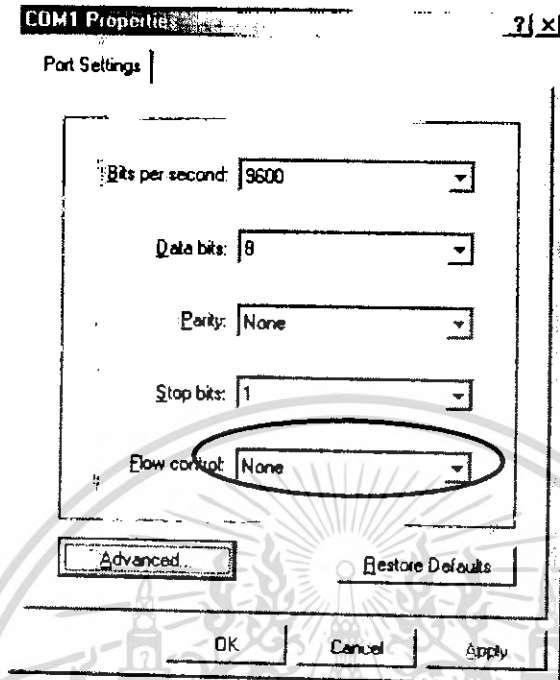


ให้เลือกกำหนดชื่อสำหรับการเชื่อมต่อ ซึ่งสามารถกำหนดได้เองตามต้องการ โดยในตัวอย่างจะกำหนดเป็น DirectCom1 จากนั้นให้เลือก OK เพื่อข้ามไปยังขั้นตอนถัดไป

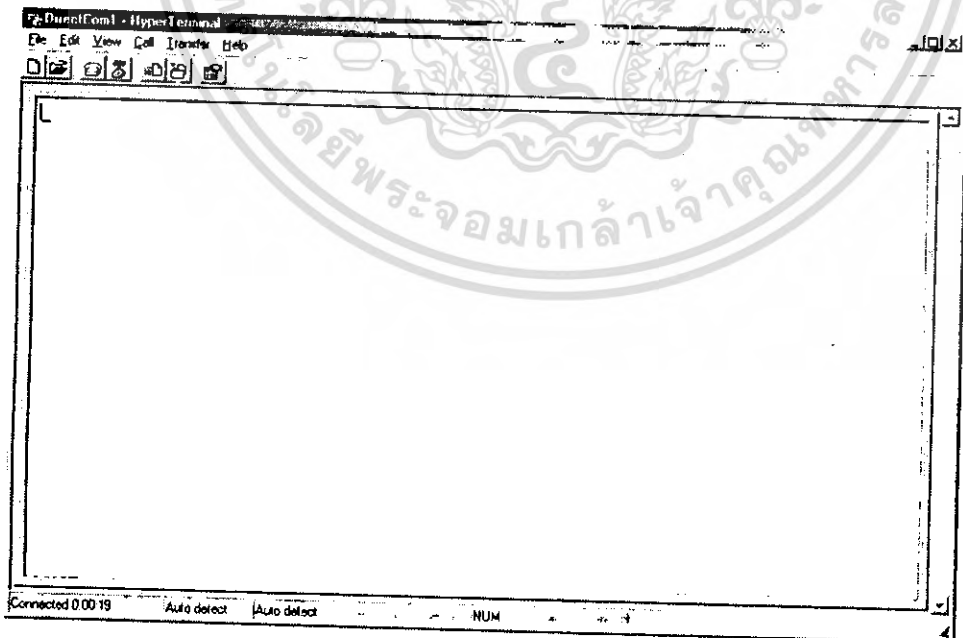


คู่มือการใช้งาน RS232 to RF-Wireless (RF2.4GHz) CONVERTER รุ่น ET-RF24G V1.0

3. ให้เลือกกำหนดการเชื่อมต่อเป็น Direct to Com1 ซึ่งถ้าเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้เป็น Comport อื่นที่ไม่ใช่ Com1 ก็ให้เลือกให้ตรงกับความเป็นจริง จากนั้นให้เลือก OK เพื่อข้ามไปยังขั้นตอนถัดไป

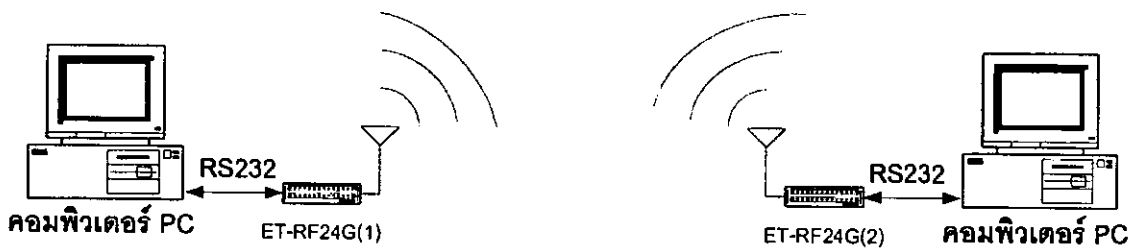


ในขั้นตอนนี้ จะใช้สำหรับกำหนดคุณสมบัติของพอร์ตอนุกรม RS232 โดยให้เลือก Bit per second = 9600 Data Bit = 8 ,Parity = None ,Stop Bit=1 ส่วน Flow Control ให้เลือกเป็น None จากนั้นเลือก OK ซึ่งจะเข้าสู่หน้าต่างโปรแกรมหลักของ Hyper Terminal ดังรูป



คู่มือการใช้งาน RS232 to RF-Wireless (RF2.4GHz) CONVERTER รุ่น ET-RF24G V1.0

ตัวอย่างที่ 1 การรับส่งข้อมูล 2 ทิศทาง (Half Duplex) แบบ จุดต่อจุด (Point-to-Point)



สำหรับตัวอย่างนี้จะเป็นการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ที่มีการสื่อสารอนุกรมแบบ RS232 จำนวน 2 ชุด โดยต้องใช้รูปแบบการสื่อสารแบบ Half Duplex หรือ ผลัดกันรับ ผลัดกันส่ง กล่าวคือ ด้านรับจะต้องทำการรอรับข้อมูลจากด้านส่งจนครบทั้งหมด แล้วจึงจะส่งข้อมูลตอบกลับไปได้ ซึ่งจะไม่สามารถส่งข้อมูลสวนทางกลับไปในขณะที่กำลังรับข้อมูลอยู่ได้ โดยการสื่อสารแบบนี้ฝ่ายรับข้อมูลจะต้องรอให้รับข้อมูลได้ครบทั้งหมดเสียก่อน จากนั้นจึงจะส่งข้อมูลตอบกลับไปได้ โดยให้กำหนดค่า Configuration ของตัวเครื่อง ET-RF24G V1.0 เป็นดังนี้

ค่า Configuration	ET-RF24G V1.0 ตัวที่ 1	ET-RF24G V1.0 ตัวที่ 2
Serial RS232 Baudrate	9600 Bps	9600 Bps
RF Data Rate	250 Kbps	250 Kbps
RF Operation Mode	Auto Direction	Auto Direction
RF Power Gain	+0dBm	+0dBm
RXD ID Code	01	02
TXD ID Code	02	01
RF Frequency Channel	0	0

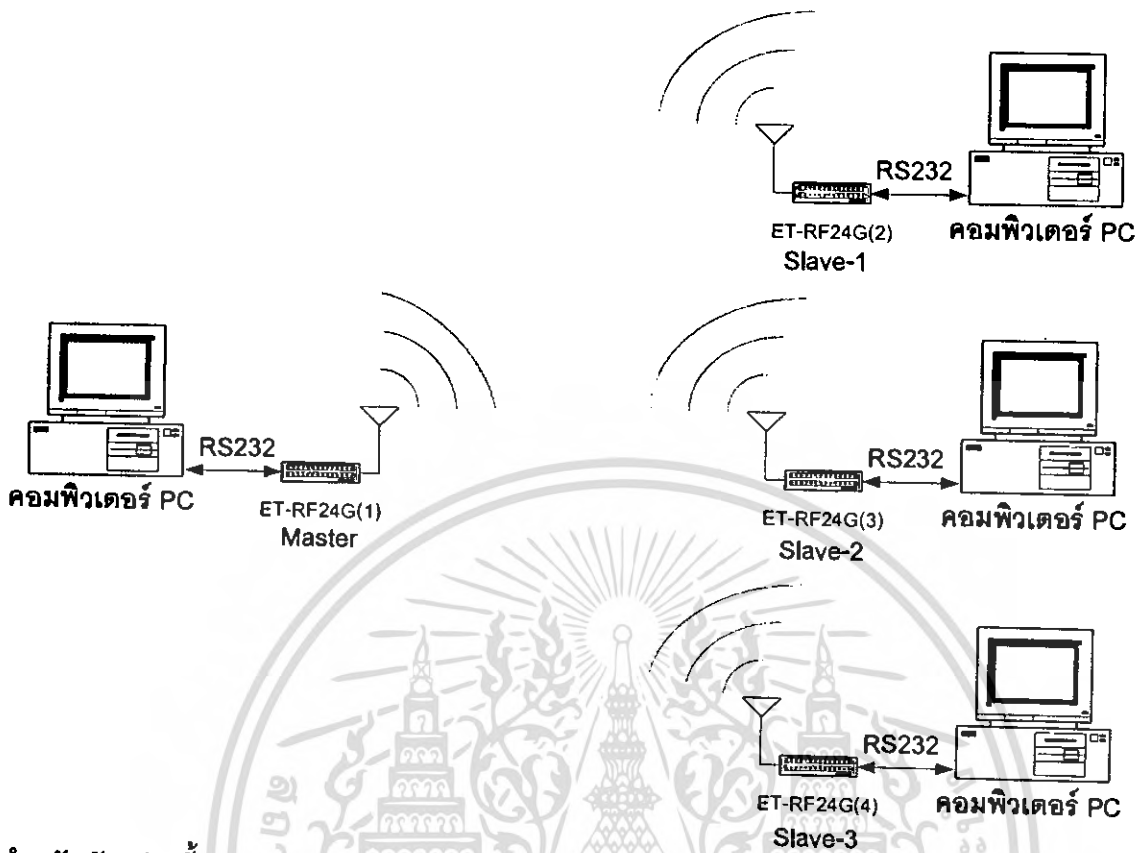
ข้อสังเกตในการกำหนด Configuration

- ค่า RF Frequency Channel ต้องกำหนดให้ตรงกันทั้ง 2 ตัว
- ค่า RF Data Rate ต้องกำหนดให้ตรงกันทั้ง 2 ตัว
- ค่า RXD ID Code ของตัวที่ 1 ต้องตรงกับ TXD ID Code ของตัวที่ 2
- ค่า TXD ID Code ของตัวที่ 1 ต้องตรงกับ RXD ID Code ของตัวที่ 2

สำหรับการทดสอบการทำงานด้วย Hyper Terminal นั้นให้ทดลองกดคีย์ใดๆ ในขณะที่ Run โปรแกรม Hyper Terminal อยู่ โดยจะสังเกตเห็นตัวอักษรจากแป้นพิมพ์ของฝ่ายที่เป็นฝ่ายส่งข้อมูล จะถูกส่งออกไปแสดงผลหน้าจอโปรแกรม Hyper Terminal ของอีกฝ่ายหนึ่งในทันที

คู่มือการใช้งาน RS232 to RF-Wireless (RF2.4GHz) CONVERTER รุ่น ET-RF24G V1.0

ตัวอย่างที่2 การรับส่งข้อมูล 2 ทิศทาง (Half Duplex) แบบ หลายๆจุด (RF Network)



สำหรับตัวอย่างนี้จะเป็นการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ที่มีการสื่อสารอนุกรมแบบ RS232 จำนวน หลายๆตัวร่วมกัน โดยหลักการสื่อสารแบบนี้จะให้ตัว Master เป็นตัวควบคุมการสื่อสารกับ Slave แต่ละตัวในระบบ โดยตัว Master จะทำการส่งข้อมูลออกไปจะมีการใส่รหัส ID Code ของ Slave ที่ต้องการสื่อสารด้วย รวมไปถึงในชุดข้อมูลนั้นๆด้วย ซึ่ง Slave ทุกๆตัวจะรับข้อมูลจาก Master ได้เหมือนกัน แต่จะมี Slave เพียงตัวเดียวที่ตอบสนองต่อข้อมูลนั้นๆ โดยให้กำหนดค่า Configuration ของตัวเครื่อง ET-RF24G V1.0 เป็นดังนี้

ค่า Configuration	ET-RF24G V1.0 ตัวที่1(Master)	ET-RF24G V1.0 ตัวที่2 (Slave1)	ET-RF24G V1.0 ตัวที่3 (Slave2)	ET-RF24G V1.0 ตัวที่4 (Slave3)
Serial RS232 Baudrate	9600 Bps	9600 Bps	9600 Bps	9600 Bps
Data Rate	250 Kbps	250 Kbps	250 Kbps	250 Kbps
Operation Mode	Auto Direction	Auto Direction	Auto Direction	Auto Direction
Power Gain	+0dBm	+0dBm	+0dBm	+0dBm
Slave ID Code	01	02	02	02
Master ID Code	02	01	01	01
Frequency Channel	0	0	0	0

ข้อสังเกตในการกำหนด Configuration

- ค่า RF Frequency Channel ต้องกำหนดให้ตรงกันทั้งหมดทุกตัว
- ค่า RF Data Rate ต้องกำหนดให้ตรงกันทั้งหมดทุกตัว
- ค่า RXD ID Code ของตัวที่1(Master) ต้องตรงกับ TXD ID Code ของตัวที่2-4(Slave1-3)
- ค่า TXD ID Code ของตัวที่1(Master) ต้องตรงกับ RXD ID Code ของตัวที่2-4(Slave1-3)

สำหรับการสื่อสารแบบนี้ จะต้องมีการกำหนด Protocol ขึ้นมาใช้ในการรับส่งข้อมูลกันด้วย ตัวอย่างเช่น กำหนดให้ใช้รหัส เครื่องหมาย "*" เป็นรหัสเริ่มต้นของชุดข้อมูล ตามด้วยรหัสหมายเลข ID Code ของ Slave ปลายางเป็นตัวเลข 2 หลัก และจบด้วยรหัส Enter ดังนั้น ในการส่งข้อมูลแต่ละครั้ง Master จะต้องทำการส่งข้อมูลขนาด 4 Byte เสมอ และทางด้าน Slave ก็จะต้องรอรับข้อมูล โดยจะรอรับรหัสเครื่องหมาย "*" เป็นอันดับแรก ซึ่งเมื่อรับรหัสเครื่องหมาย "*" ได้แล้ว จึงรอรับข้อมูลถัดไปอีก 2 Byte จากนั้นจึงรอรับข้อมูล Byte ที่ 4 ซึ่งจะต้องตรวจสอบว่าเท่ากับรหัส Enter หรือไม่ ซึ่งถ้าใช่ก็แสดงว่ารับข้อมูลได้ถูกต้อง จากนั้นจึงทำการตรวจสอบข้อมูลใน Byte ที่ 2 และ 3 ว่าตรงกับรหัส ID Code ของตัวเองหรือไม่ โดย Slave-1 จะมีรหัสเป็น '0','1' ส่วน Slave-2 และ Slave-3 ก็จะมีรหัส ID Code เป็น '0','2' และ '0','3' ตามลำดับ ซึ่งถ้าตรวจสอบแล้วพบว่าข้อมูลใน Byte ที่ 2 และ 3 ตรงกับรหัส ID Code ของตนเอง ก็ให้ตอบกลับด้วย รหัส ID Code ตามด้วยข้อความ 'OK'

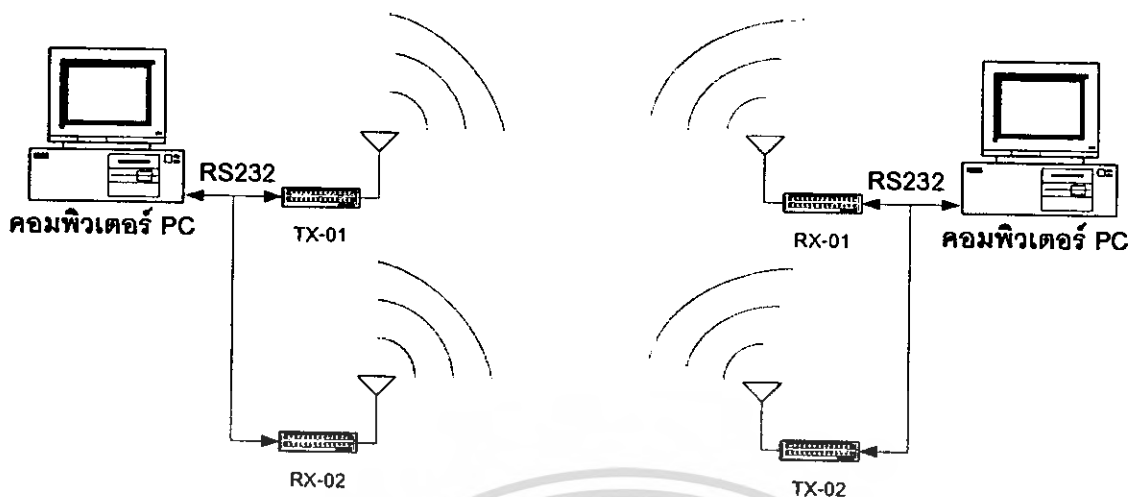
ซึ่งจากตัวอย่าง Protocol ข้างต้นจะเห็นว่า เมื่อ Master ต้องการส่งข้อมูลไปยัง Slave-1 จะต้องมีการระบุหมายเลข ID Code ของ Slave-1 รวมไปในชุดข้อมูลด้วย โดยจะส่งข้อมูลเป็น "*" , '0', '1', Enter ออกไป ซึ่งข้อความดังกล่าวที่ส่งออกไปจาก Master นั้น ตัว Slave ทุกตัวจะสามารถรับข้อมูลได้เหมือนกันทั้งหมด ซึ่ง Slave ทุกตัวจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่รับได้ ซึ่งในที่นี้ Slave-1 จะต้องตอบกลับด้วยข้อมูล "*" , '0', '1', '0', 'K', Enter เป็นต้น

ซึ่งจากตัวอย่างที่ได้กล่าวอธิบายมานี้ เป็นเพียงตัวอย่างแนวทางขั้นต้น เท่านั้น ซึ่งในการนำไปใช้งานจริง จะต้องมีการดัดแปลงและเพิ่มเติมข้อกำหนดต่างๆเข้าไปในชุดข้อมูลอีก เช่น รหัสคำสั่ง รหัสตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล (Checksum) เป็นต้น ซึ่งข้อกำหนดต่างๆเหล่านี้ ผู้ใช้สามารถ คิดค้น ออกแบบ รูปแบบของข้อมูล และคำสั่งต่างๆขึ้นมาใช้งานได้เองตามต้องการ

สำหรับการทดสอบการทำงานด้วยโปรแกรม Hyper Terminal นั้น อันดับแรกให้ทดสอบกดแป้นพิมพ์จากห้องที่เป็น Master ด้วยข้อความ *01 และ Enter ดู ซึ่งจะเห็นข้อความดังกล่าวไปแสดงอยู่ที่หน้าจอโปรแกรมที่เป็นตัว Slave ทุกๆตัวเหมือนกันหมด จากนั้นให้ทดลองคีย์ข้อความ *01OK และ Enter จาก Slave-1 ซึ่งก็จะเป็นข้อความนั้นไปปรากฏที่หน้าจอโปรแกรมของตัว Master ทันที ซึ่งในการทดสอบการทำงานนั้นจะเห็นได้ว่า เมื่อมีการส่งข้อมูลใดๆจาก Master ข้อมูลนั้นจะถูกส่งไปแสดงผลยังหน้าจอของ Slave ทุกตัวเหมือนกันหมด และเมื่อมีการส่งข้อมูลใดๆจาก Slave ไม่ว่าตัวใด ข้อมูลนั้นๆก็จะถูกส่งไปแสดงผลยังหน้าจอของ Master เช่นเดียวกัน แต่ข้อมูลที่ส่งจาก Slave จะไม่ถูกส่งไปแสดงผลที่หน้าจอของ Slave ตัวอื่นๆเลย

คู่มือการใช้งาน RS232 to RF-Wireless (RF2.4GHz) CONVERTER รุ่น ET-RF24G V1.0

ตัวอย่างที่ 3 การรับส่งข้อมูลแบบ Full Duplex ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป



ในตัวอย่างนี้จะเป็นการประยุกต์ใช้งานเครื่อง ET-RF24G V1.0 สำหรับทำการรับส่งข้อมูลกันแบบ Full duplex โดยกำหนดโหมดการใช้งานเป็น RF Receive Only และ RF Transmit Only ฝายละ 1 ชุด

ค่า Configuration	ET-RF24G V1.0 ฝายต้นทาง		ET-RF24G V1.0 ฝายปลายทาง	
	ตัวที่1 (RF RX1)	ตัวที่2 (RF TX1)	ตัวที่3 (RF RX2)	ตัวที่4 (RF TX2)
ser RS232 Baudrate	19200 Bps	19200 Bps	19200 Bps	19200 Bps
F Data Rate	250 Kbps	250 Kbps	250 Kbps	250 Kbps
F Operation Mode	RF RX Only	RF TX Only	RF RX Only	RF TX Only
F Power Gain	+0dBm	+0dBm	+0dBm	+0dBm
XD ID Code	01	-	02	-
XD ID Code	-	02	-	01
F Frequency Channel	0	124	124	0

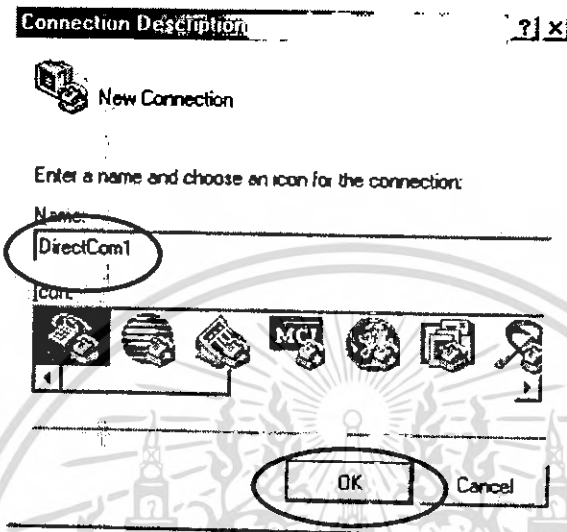
สิ่งที่เกิดในการกำหนด Configuration

- ค่า RF Data Rate ต้องกำหนดให้ตรงกันทั้งหมดทุกตัว
- ค่า RF Frequency Channel ของ ตัวรับ ด้านต้นทาง ต้องกำหนดให้ตรงกับ ตัวส่ง ด้านปลายทาง
- ค่า RF Frequency Channel ของ ตัวส่ง ด้านต้นทาง ต้องกำหนดให้ตรงกับ ตัวรับ ด้านปลายทาง
- ค่า RXD ID Code ของ ตัวรับ ด้านต้นทาง ต้องตรงกับ TXD ID Code ของ ตัวส่ง ด้านปลายทาง
- ค่า TXD ID Code ของ ตัวส่ง ด้านต้นทาง ต้องตรงกับ RXD ID Code ของ ตัวรับ ด้านปลายทาง

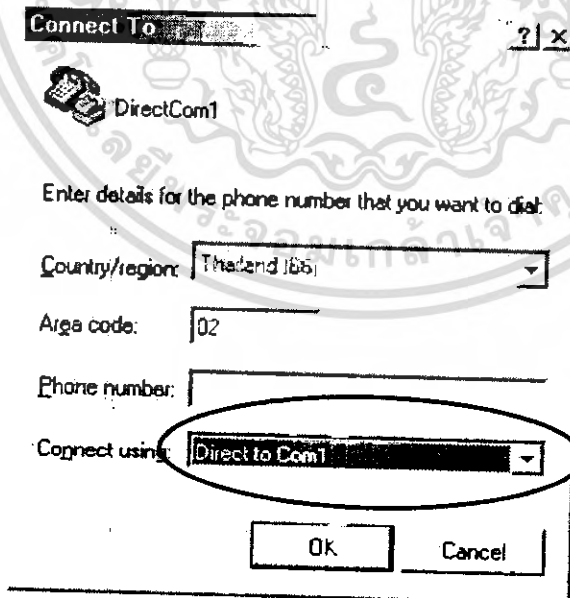
คู่มือการใช้งาน RS232 to RF-Wireless (RF2.4GHz) CONVERTER รุ่น ET-RF24G V1.0

สำหรับการทดสอบการใช้งาน ตามตัวอย่างนี้ สามารถเรียกใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่จัดการเรื่องการสื่อสาร
ของ Windows ซึ่งก็คือ Hyper Terminal ได้ทันที โดยในการใช้งานนั้นสามารถกระทำได้ดังขั้นตอนต่อไปนี้

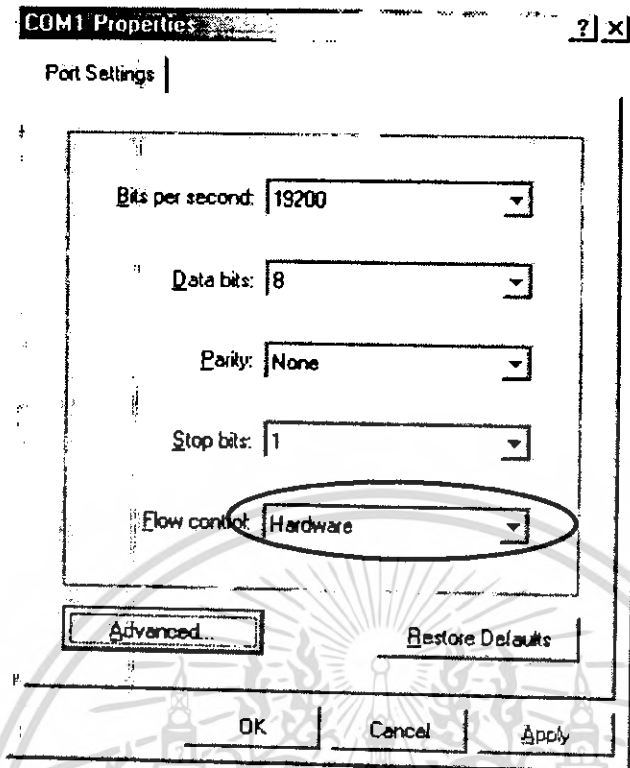
1. เรียกใช้โปรแกรม Hyper Terminal ของ Windows โดยเรียกจาก Start → Programs → Accessories → Communications → Hyper Terminal ซึ่งจะได้ผลดังรูป



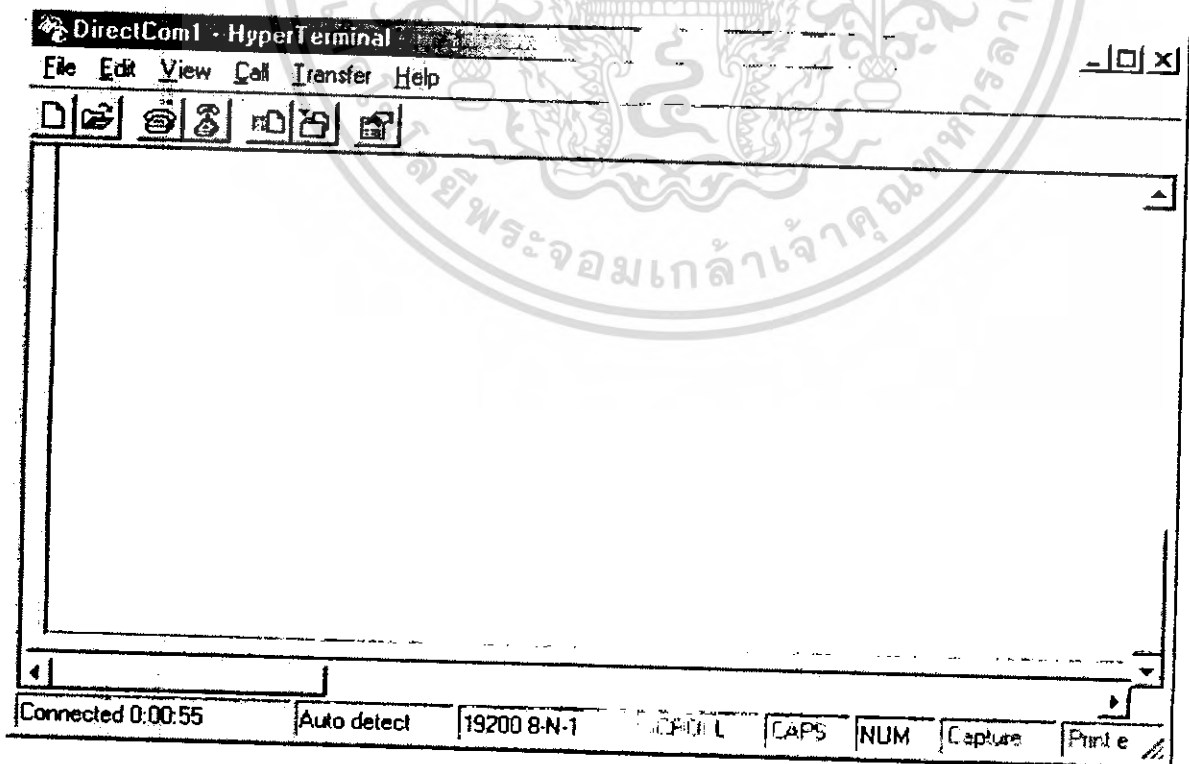
ให้เลือกกำหนดชื่อสำหรับใช้ในการเชื่อมต่อ ซึ่งสามารถกำหนดได้เองตามต้องการ โดยในตัวอย่างจะกำหนดเป็น
DirectCom1 จากนั้นให้เลือก OK เพื่อข้ามไปยังขั้นตอนถัดไป



ให้เลือกกำหนดการเชื่อมต่อเป็น Direct to Com1 ซึ่งถ้าเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้เป็น Comport อื่นที่ไม่ใช่ Com1
ให้เลือกให้ตรงกับความเป็นจริง จากนั้นให้เลือก OK เพื่อข้ามไปยังขั้นตอนถัดไป



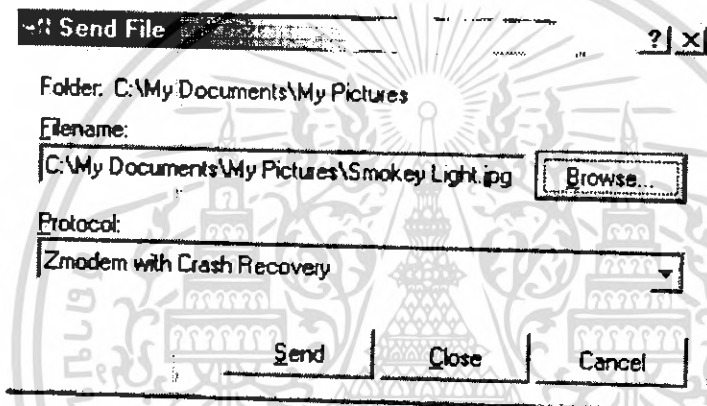
ในขั้นตอนนี้ จะใช้สำหรับกำหนดคุณสมบัติของพอร์ตอนุกรม RS232 โดยให้เลือก Bit per second = 19200 Data Bit = 8 ,Parity = None ,Stop Bit=1 ส่วน Flow Control ให้เลือกเป็น Hardware จากนั้นเลือก OK ซึ่งจะเข้าหน้าต่างโปรแกรมหลักของ Hyper Terminal ดังรูป



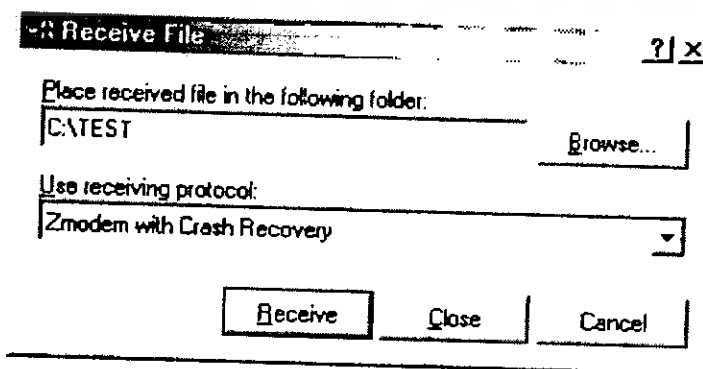
คู่มือการใช้งาน RS232 to RF-Wireless (RF2.4GHz) CONVERTER รุ่น ET-RF24G V1.0

6. ในขั้นตอนนี้สามารถทำการรับส่งข้อมูลระหว่างทั้ง 2 ฝ่ายได้แล้ว ซึ่งสามารถทดสอบได้โดยการกดคีย์ใดๆจากฝ่ายหนึ่ง ซึ่งตัวอักษรบนคีย์นั้นๆจะถูกส่งไปแสดงผลยังฝั่งตรงข้ามทันที แต่ในที่นี่เราจะทำการทดสอบการรับและส่งไฟล์ โดยใช้ Protocol สำเร็จรูปของ Hyper Terminal ซึ่งมีให้เลือกใช้มากมายหลาย Protocol โดยต้องกำหนด Protocol ให้ตรงกันทั้งฝ่ายส่งและฝ่ายรับ ซึ่งในขั้นตอนของการทดสอบนั้นต้องกำหนดให้ฝ่ายหนึ่งเป็นฝ่ายรับและอีกฝ่ายหนึ่งเป็นฝ่ายส่ง ซึ่งในที่นี้จะขอแนะนำให้ทดสอบโดยเลือกใช้ Protocol ของ Zmodem with Crash Recovery ซึ่งมีวิธีการทดสอบการรับส่งข้อมูลดังนี้

ทางด้านฝ่ายส่งให้ทำการเลือกกำหนดไฟล์ที่จะส่งจากเมนูคำสั่ง Transfer → Send File... จากนั้นให้เลือกกำหนดชื่อและที่อยู่ของไฟล์ที่ต้องการจะส่ง โดยคลิกเมาส์ที่ปุ่ม Browse พร้อมกับกำหนดชื่อและที่อยู่ของไฟล์ตามต้องการ จากนั้นให้เลือกกำหนด Protocol ของการรับส่งข้อมูลเป็น Zmodem with Crash Recovery แล้วคลิกเมาส์ที่ปุ่ม Send เพื่อทำการเริ่มต้นส่งข้อมูลดังรูป

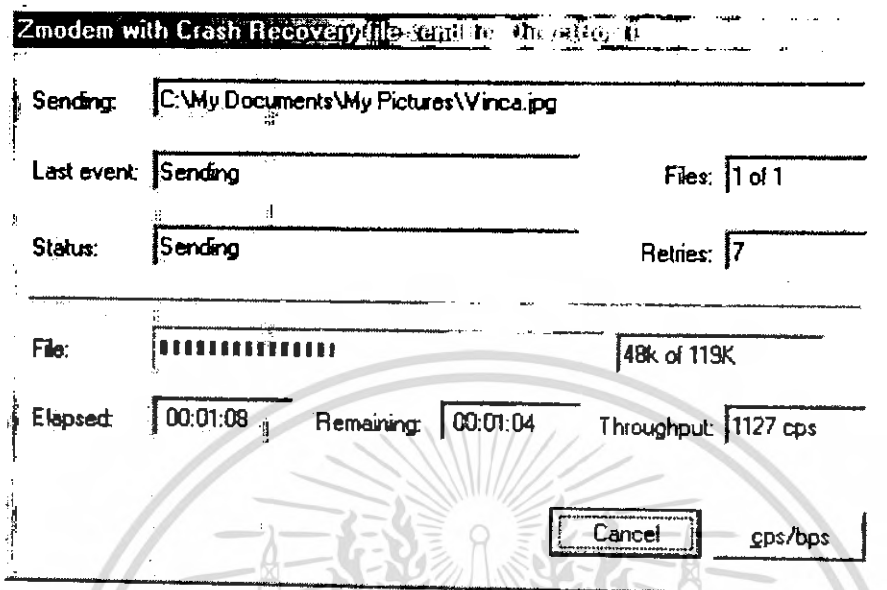


สำหรับในด้านที่เป็นฝ่ายรับข้อมูลนั้นก็ให้เลือกกำหนดการทำงานให้เป็นฝ่ายรับ โดยกำหนดจากเมนูคำสั่ง Transfer → Receive File... จากนั้นให้เลือกกำหนดตำแหน่งของ Folder สำหรับใช้บันทึกไฟล์ที่รับได้จากผู้ส่ง โดยการเลือกจากปุ่ม Browse แล้วเลือกกำหนด Folder ที่ต้องการ ส่วนชื่อนั้นไม่ต้องกำหนด โดยโปรแกรม Hyper Terminal จะตั้งให้เองตามชื่อไฟล์จริงที่ส่งมา และในส่วนช่อง Protocol ที่ใช้นั้นก็ต้องกำหนดให้ตรงกับทางผู้ส่ง คือ Zmodem with Crash Recovery จากนั้นให้เลือก Receive เพื่อให้โปรแกรมรอรับไฟล์จากด้านส่ง



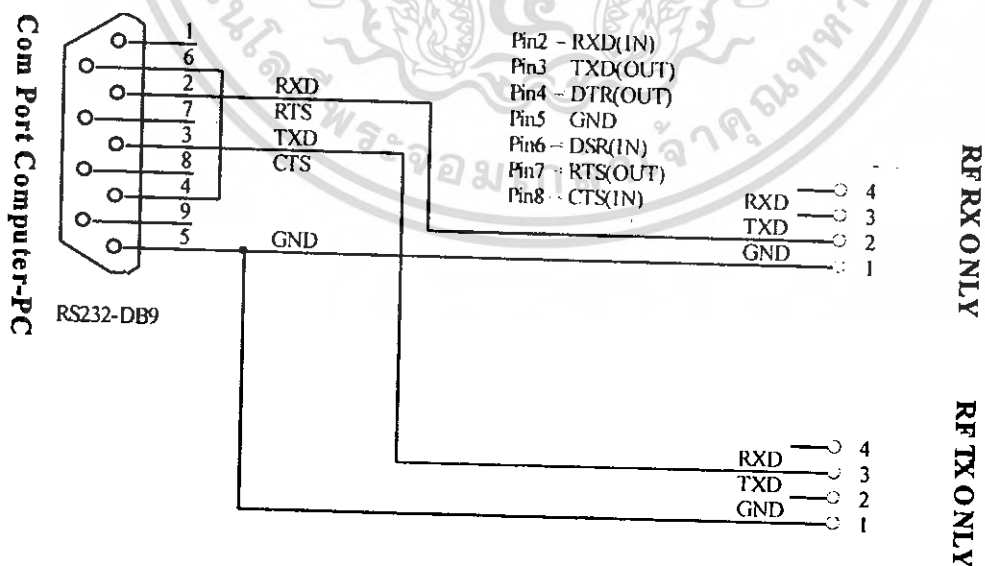
คู่มือการใช้งาน RS232 to RF-Wireless (RF2.4GHz) CONVERTER รุ่น ET-RF24G V1.0

โดยในขณะที่มีการรับส่งข้อมูลกันอยู่นั้น โปรแกรม Hyper Terminal ทั้ง 2 ด้านจะแสดงสถานะการทำงานให้ทราบอยู่ตลอดเวลา ดังรูป

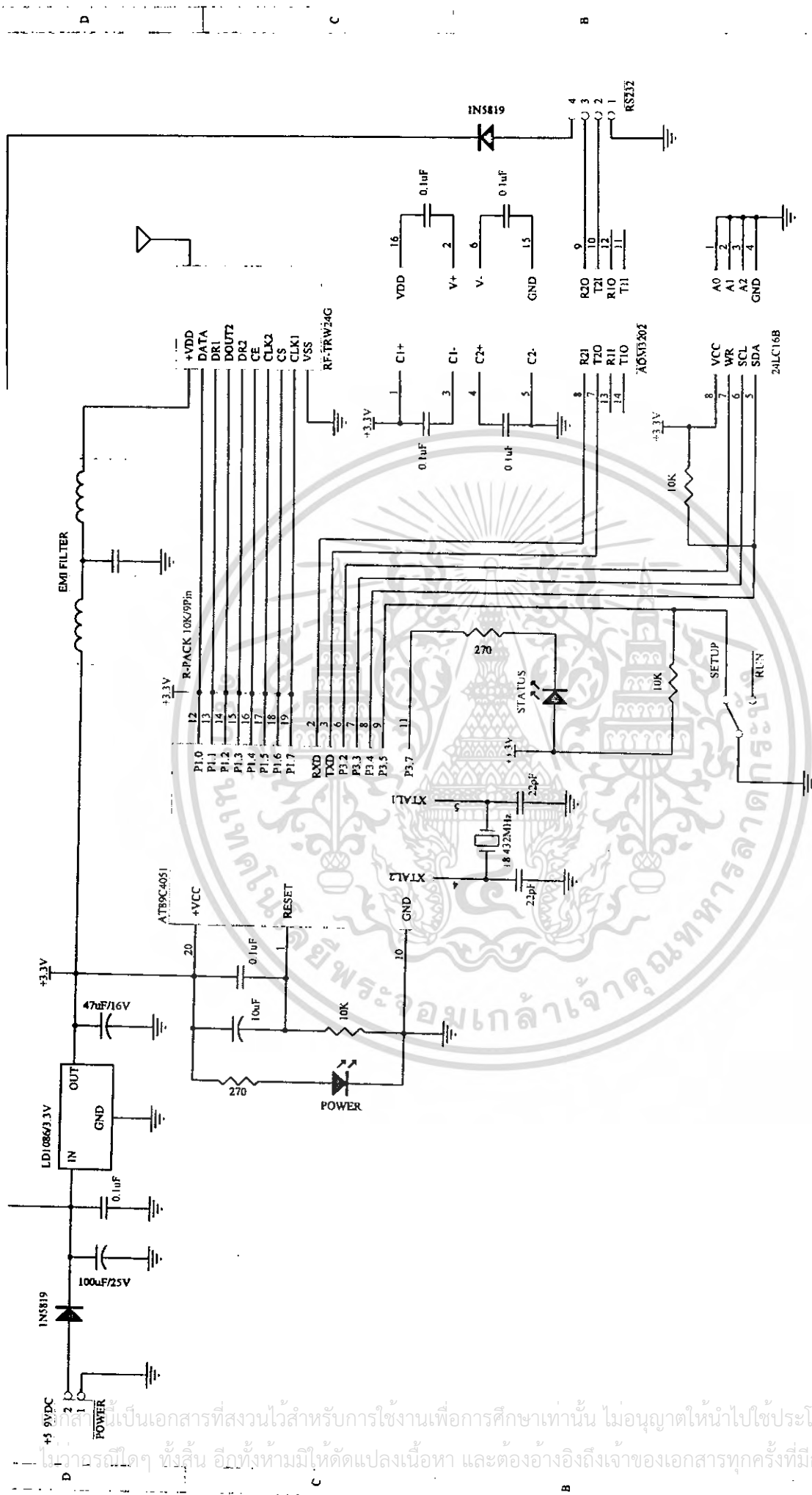


โดยให้รอจนกว่าการทำงานจะเสร็จสมบูรณ์ ซึ่งหน้าต่างที่แสดงสถานะการทำงานของโปรแกรมจะถูกปิดไปโดยอัตโนมัติหลังจากทำการรับส่งข้อมูลกันเสร็จเรียบร้อยแล้ว

โดยในการทดสอบการทำงานของโปรแกรมตามตัวอย่างนี้ จะต้องกำหนดรูปแบบการสื่อสารของ RS232 มีการตรวจสอบความพร้อมในการรับส่งข้อมูลกันด้วยสัญญาณทาง Hardware ด้วย โดยเลือกกำหนดรูปแบบการสื่อสารของ RS232 ในหัวข้อ Flow Control เป็น Hardware พร้อมกับต่อสายสัญญาณดังวงจรต่อไปนี้



รูปแสดง วงจรของสายที่ใช้สำหรับทดสอบการรับส่งข้อมูลแบบ Full Duplex



A

Title: RS232 to RF- Wireless 2.4 GHz Converter Model ET-RF24G V1.0

Size: A4

Number: ETT CO.,LTD (WWW.ETT.CO.TH)

Date: 22-Sep-2004

File: C:\My Documents\ET-RF24GV1.ddb

Revision: Rev 1.00

Sheet 1 of 1

Drawn By: Eakachai Makin

3

4

นี่เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้