สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

อุปกรณ์นำเสนอแบบหลายฟังก์ชัน

MULTIFUNTION PRESENTATION DEVICE

โดย

นายวุฒิกร เตชะเวชเจริญ

นายสรวิชญ์ ถาวรยุศม์

วพ.
TK8620
2550
เลขหมู่.....
83319
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี..... 11 ส.ค. 2551

b.....11976252
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MULTIFUNTION PRESENTATION DEVICE

BY

MR. WUTTHIKORN TECHAVEJCHAROEN

MR. SORAWICH TAWARAYUT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF

BACHERLOR IN DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	อุปกรณ์นำเสนอแบบหลายฟังก์ชั่น	
	MULTIFUNCTION PRESENTATION DEVICE	
ชื่อนักศึกษา	นายวุฒิกร เตชะเวชเจริญ	รหัสประจำตัว 47010735
	นายสรวิชญ์ ถาวรยุศม์	รหัสประจำตัว 47010814
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. นภพินทุ์ อนันตรศิริชัย	
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
	สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ	
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ	
ปีการศึกษา	2550	

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับความเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

(รศ. นภพินทุ์ อนันตรศิริชัย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	อุปกรณ์นำเสนอแบบหลายฟังก์ชัน				
นักศึกษา	นายวุฒิกร	เตชะเวชเจริญ	รหัสประจำตัว	47010735	
	นายสรวิชญ์	ถาวรายุศม์	รหัสประจำตัว	47010814	
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.นภพินทุ์	อนันตรศิริชัย			
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต				
ภาควิชา	สาขาวิชาสารสนเทศ				
ปีการศึกษา	2550				

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการสร้างอุปกรณ์นำเสนอแบบหลายฟังก์ชัน ซึ่งได้เอาไมโครคอนโทรลเลอร์ มาประยุกต์ใช้งาน โครงงานชิ้นนี้จะศึกษาเกี่ยวกับการรับ-ส่งข้อมูลระหว่าง ตัวอุปกรณ์นำเสนอ กับ คอมพิวเตอร์ โดยใช้คลื่นวิทยุเป็นช่องทางในการส่งข้อมูลมายังไมโครคอนโทรลเลอร์ และทำการส่งข้อมูลต่อไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านทางสายแปลงพอร์ตอนุกรม เป็นพอร์ต ยู เอส บี อุปกรณ์นำเสนอนี้จะมีฟังก์ชันการใช้งานของเลเซอร์ตัวชี้ ฟังก์ชันการเลื่อนลูกศรเม้าส์แบบที่ไม่ต้องนำตัวอุปกรณ์นำเสนอไปทาบกับระนาบพื้นโต๊ะ ฟังก์ชันการเลื่อนสไลด์ และ ฟังก์ชันในการสับเปลี่ยนหน้าต่างการทำงาน ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะช่วยอำนวยความสะดวกแก่การนำเสนอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THESIS TITLE	Multifunction Presentation Device	
STUDENT	Mr.Wutthikorn Techavejcharoen	ID 47010735
	Mr.Sorawich Tawarayut	ID 47010814
ADVISER	Assoc. Prof. Noppin Anantrasirichai	
GRADUATE LEVEL	Bachelor Degree of Information Technology Engineering	
DEPARTMENT	Information Engineering	
ACADEMIC YEAR	2007	

ABSTRACT

This thesis study on presentation device that use microcontroller for apply in this project. And focus on communication between presentation and computer. The radio wave is used to transfer data to microcontroller and connect to computer by USB to Serial port. A Presentation device has got many functions such as function to move mouse's pointer (without put on the table) laser pointer function next & previous slide function and window switching function (same press Alt + Tab). These functions are useful for presentation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี จากการช่วยเหลือที่ดีอย่างยิ่ง จาก อาจารย์ นภพินทุ์ อนันตรศิริชัย อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่คอยให้คำปรึกษาชี้แนวทาง บิดา มารดา และครอบครัวของผู้จัดทำที่คอยให้กำลังใจ รวมถึงเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ

ผู้จัดทำต้องขอขอบคุณ บุคคลต่าง ๆที่ได้กล่าวมาแล้วไว้ ณ ที่นี้ ด้วยความจริงใจ

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทนำ	
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตโครงงาน	1
1.4 ขั้นตอนการทำโครงงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 หลักการ และคุณสมบัติของอุปกรณ์นำเสนอทั่วไป	3
2.2 หลักการ และคุณสมบัติอุปกรณ์ของนำเสนอแบบหลายฟังก์ชัน	5
2.3 ทฤษฎีการสื่อสาร	7
2.4 ทฤษฎี เซ็นเซอร์	19
2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และ วงจรรวม MAX 232	24
บทที่ 3 การออกแบบโครงสร้าง	
3.1 หลักการออกแบบอุปกรณ์นำเสนอแบบหลายฟังก์ชัน	28
3.2 การออกแบบโครงสร้างภายนอก	30
3.3 การออกแบบด้านเซ็นเซอร์ของอุปกรณ์นำเสนอ	32
3.4 การออกแบบวงจรสำหรับอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับข้อมูลจากผู้ใช้	34
3.5 การออกแบบวงจรสำหรับภาคส่ง	35
3.6 การออกแบบวงจรสำหรับภาครับ	37
3.7 การติดต่อระหว่างไมโคคอนโทรลเลอร์ กับ คอมพิวเตอร์	39
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	46
4.2 ผลการทดลองการติดต่อระหว่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์ กับ คอมพิวเตอร์ โดยใช้ Hyper Terminal ผ่านพอร์ตอนุกรม	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
4.3 การทดลองกดปุ่มฟังก์ชันต่าง ๆบนตัวอุปกรณ์นำเสนอ	47
บทที่ 5 สรุป	
5.1 ปัญหาในการทดลอง	51
5.2 สรุปผลการทดลอง	51
5.3 การปรับปรุง และ แนวทางการนำไปพัฒนาต่อ	52
บรรณานุกรม	ญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 เลเซอร์ พอยน์เตอร์	4
รูปที่ 2.2 Green laser pointer	4
รูปที่ 2.3 อุปกรณ์นำเสนอในยุคปัจจุบัน	5
รูปที่ 2.4 ลักษณะของอุปกรณ์นำเสนอที่เป็นแบบไร้สาย	5
รูปที่ 2.5 เม้าส์โดยทั่วไปที่ต้องทาบกับระนาบพื้นโต๊ะ	6
รูปที่ 2.6 ปุ่มคลิกซ้ายของเม้าส์	7
รูปที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรมแสดงการสื่อสาร	8
รูปที่ 2.8 การสื่อสารแบบต่าง ๆ	8
รูปที่2.9 คลื่นฟ้าและคลื่นดิน	10
รูปที่ 2.10 องค์ประกอบของคลื่น	11
รูปที่ 2.11 แสดงการแพร่กระจายคลื่นพื้นผิว (Surface wave)	11
รูปที่2.12 แสดงทิศทางของคลื่นตรง และ คลื่นที่สะท้อนจากผิวโลก	12
รูปที่ 2.13 แสดงการเกิด Diffraction over a spherical earth	13
รูปที่ 2.14 แสดงการเกิดจุดบอดของการส่งคลื่นวิทยุที่เกิด Diffraction over a spherical earth เมื่อคลื่นกระทบกับสิ่งกีดขวางลักษณะต่าง ๆ	13
รูปที่ 2.15 รูปแสดงTRW-2.4G ในด้านต่าง ๆ พร้อมทั้งขนาด	14
รูปที่ 2.16 แสดงการส่งข้อมูลแบบขนานและแบบอนุกรม	15
รูป 2.17 แสดงการส่งข้อมูลแบบอนุกรมด้วยความเร็ว 9600 บิตต่อวินาที	16
รูป 2.18 แสดงการส่งข้อมูลขนาด 8 บิตแบบอนุกรมพร้อมด้วย บิตเริ่มต้น บิตพาริตี้ บิตหยุด ด้วยความเร็ว 9600 บิตต่อวินาที	18
รูปที่ 2.19 แสดงระดับแรงดันสัญญาณของพอร์ตอนุกรม RS-232 กับ TTL	19
รูปที่ 2.20 รูปร่างของแอลอีดี และสัญลักษณ์ของไดโอดเปล่งแสง	20
รูปที่ 2.21 การทำงานของโฟโต้ไดโอด	22
รูปที่ 2.22 โครงสร้างภายในของ LDR	22
รูปที่ 2.23 อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์	23
รูปที่ 2.24 แสดงการทำงานของอัลตราโซนิกเซ็นเซอร์	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 2.24 แสดงการทำงานของอัลตราโซนิกเซ็นเซอร์	24
รูปที่ 2.25 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C2051	25
รูปที่ 2.26 แสดงขาต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C2051	26
รูปที่ 2.27 แสดงตำแหน่งขาของไอซี MAX232 และ รูปวงจรภายใน	26
รูปที่ 2.28 แผนภาพแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงสัญญาณระดับ TTL เป็น	27
รูปที่ 2.29 แสดงตำแหน่งขาของ MAX232, L232 และ การต่อใช้งาน	27
รูปที่ 3.1 แสดงอุปกรณ์ และ เครื่องมือที่เกี่ยวข้องในการนำเสนอ	28
รูปที่ 3.2 ลักษณะภายนอกของตัวอุปกรณ์ตามที่ได้ออกแบบไว้	30
รูปที่ 3.3 ลักษณะภายนอกของอุปกรณ์เมื่อสร้างขึ้นจริง	31
รูปที่ 3.4 ลักษณะของสวิตช์กดติด-ปล่อยดับทั้งสองแบบที่นำมาใช้	31
รูปที่ 3.5 ผังแสดงการทำงานของอินฟราเรดเซ็นเซอร์ที่นำมาใช้ในอุปกรณ์นำเสนอ	33
รูปที่ 3.6 เซ็นเซอร์ในสภาวะปกติ	34
รูปที่ 3.7 เซ็นเซอร์ในสภาวะทำงาน	34
รูปที่ 3.8 แสดงอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนแผงวงจรเอนกประสงค์	34
รูปที่ 3.9 แสดงการต่อสายไฟของอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนแผงวงจรเอนกประสงค์	35
รูปที่ 3.10 แสดงการออกแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์บนแผงวงจร (แผ่นปริ้นต์) ของภาคส่ง	36
รูปที่ 3.11 แผงลายวงจร (แผ่นปริ้นต์) ของภาคส่ง	36
รูปที่ 3.12 แสดงการวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ลงบนแผงลายวงจร (แผ่นปริ้นต์) ของภาคส่ง	37
รูปที่ 3.13 แสดงการออกแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์บนแผงวงจร (แผ่นปริ้นต์) ของภาครับ	38
รูปที่ 3.14 แผงลายวงจร(แผ่นปริ้นต์)ของภาครับ	38
รูปที่ 3.15 แสดงการวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ลงบนแผงลายวงจร (แผ่นปริ้นต์) ของภาครับ โดยมีลักษณะเหมือนภาคส่ง	39
รูปที่ 3.16 สายแปลงพอร์ตอนุกรมเป็น ยู เอส บี	40
รูปที่ 4.2 แสดงการกดปุ่มเลื่อนสไลด์	48
รูปที่ 4.3 แสดงการกดปุ่มฟังชั่นสลับหน้าต่างการทำงาน (Alt + Tab)	49
รูปที่ 4.4 ก. และ ข. แสดงถึงการกดปุ่มฟังชั่นคลิกซ้ายของเม้าส์	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 1.1 ตารางการทำโครงงาน	2
ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงหน้าที่ขาแต่ละขาของ TRW-2.4G	14
ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงค่าที่ออกจากขา CS และ CE ของแต่ละสถานะ	15
ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงสารที่ใช้ทำไดโอดเปล่งแสง และความยาวคลื่นของแสง	21
ตารางที่ 4.1 ตารางการทดลองติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ กับ คอมพิวเตอร์ โดยใช้ Hyper terminal ผ่านทางพอร์ตอนุกรม	46
ตารางที่ 4.2 ตารางการทดลอง	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันในการเจรจาตกลงทำธุรกิจร่วมกัน รวมถึงการเรียนการสอน การนำเสนอเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งที่จะนำไปสู่การประสบผลสำเร็จ ดังนั้นในโครงงานนี้จึงมีแนวคิดที่จะจัดทำอุปกรณ์นำเสนอแบบหลายฟังก์ชันเพื่อที่จะอำนวยความสะดวกในการนำเสนอให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยอุปกรณ์นำเสนอแบบหลายฟังก์ชันนี้จะประกอบด้วย

1. ฟังก์ชันการใช้งานของเลเซอร์พอยน์เตอร์
2. ฟังก์ชันการเลื่อนลูกศรเม้าส์ แบบที่ไม่ต้องนำตัวอุปกรณ์ไปทาบกับระนาบอาทิเช่น ระนาบของโต๊ะ
3. ฟังก์ชันการเลื่อนสไลด์
4. ฟังชันการสลับหน้าต่างการทำงาน (เหมือนกับการกด Atl + Tab)
5. อุปกรณ์นำเสนอแบบไร้สาย

เมื่อพิจารณาเรื่องการรับส่งข้อมูลในปัจจุบันแล้วพบว่า ระบบคลื่นวิทยุยังคงได้รับความนิยมในการนำมาใช้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์อย่างกว้างขวาง ในโครงงานนี้จึงได้นำระบบคลื่นวิทยุมาใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งทำให้ตัวอุปกรณ์นำเสนอเป็นอิสระจากคอมพิวเตอร์ ผู้ทำการนำเสนอจึงสามารถเคลื่อนไหวไปยังส่วนต่าง ๆ ของบริเวณที่ทำการนำเสนอได้ แม้แต่บริเวณที่ไม่มีโต๊ะ เนื่องจากฟังก์ชันเลื่อนลูกศเม้าส์นั้นไม่จำเป็นต้องนำอุปกรณ์ไปทาบกับระนาบพื้นโต๊ะ อีกทั้งเมื่อต้องการเปลี่ยนหน้าต่างการทำงานก็ไม่ต้องกลับไปที่คอมพิวเตอร์

ในส่วนของการที่จะส่งข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ของภาครับสัญญาณ ไปยังคอมพิวเตอร์นั้น โครงงานนี้ได้ใช้พอร์ตอนุกรมซึ่งส่วนใหญ่แล้วมักต้องใช้สายแปลงพอร์ตอนุกรมเป็นพอร์ต ยู เอส บี (Serial to USB) เนื่องจากความนิยมในการใช้พอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์เริ่มลดลง

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. ศึกษาและทำการเขียนโปรแกรม เพื่อทำให้อุปกรณ์นำเสนอติดต่อใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และ คอมพิวเตอร์ได้ โดยใช้คลื่นวิทยุเป็นช่องทางการสื่อสาร

2. ศึกษาการทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมได้โดยใช้ วงจรรวม MAX232A

3. ศึกษาการทำงานของเซ็นเซอร์เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการเลื่อนลูกศรเม้าส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สามารถนำโครงงานนี้ไปพัฒนาและปรับปรุงให้ดีขึ้นต่อไปได้ในอนาคต

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. สร้างอุปกรณ์นำเสนอ โดยมีฟังก์ชันในการทำงานที่หลากหลายเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้นำเสนอ

2. ใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการรองรับฟังก์ชันต่าง ๆ ของอุปกรณ์นำเสนอ โดยทำการรับ-ส่งข้อมูลผ่านทางคลื่นวิทยุ

3. สามารถใช้ตัวอุปกรณ์ควบคุมการทำงานในฟังก์ชั่นต่าง ๆ จากระยะทางไกล ๆ จากคอมพิวเตอร์ที่ทำการนำเสนอได้

1.4 ขั้นตอนการทำโครงงาน

ตารางที่1.1 ตารางการทำโครงงาน

ขั้นตอนการทำโครงงาน	ช่วงระยะเวลา								
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ
1. ค้นคว้าข้อมูล	←	—	→			←	—	→	
2. ออกแบบโครงสร้างอุปกรณ์	←	—	→				←	—	→
3. จัดซื้ออุปกรณ์							←	—	→
4. เขียนโปรแกรมเพื่อติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ และ อุปกรณ์						←	—	→	
5. ดำเนินงานส่วนที่เป็นเซ็นเซอร์และ ฟังก์ชั่นอื่น ๆ				←	—	—	—	→	
6. ทดลองการใช้งาน						←	—	→	
7.ทำปริญญานิพนธ์							←	—	→

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการและคุณสมบัติอุปกรณ์นำเสนอทั่ว ๆ ไป

โดยทั่วไปแล้วอุปกรณ์สำหรับนำเสนอนั้นจะมีเพียงแค่ เลเซอร์พอยเตอร์ และปุ่มฟังก์ชัน เพื่อเลื่อนสไลด์ เท่านั้น โดยตัวอุปกรณ์นำเสนอมักจะถูกทำให้เป็นระบบไร้สายเพื่อความสะดวกของผู้ทำการนำเสนอ

2.1.1 เลเซอร์พอยน์เตอร์

แสงเลเซอร์ (Laser) ย่อมาจากคำว่า Light Amplification by Stimulate Emission of Radiation ในยุคแรกจะเป็นลำแสงสีแดง ซึ่งสร้างมาจากก๊าซฮีเลียม (Helium) และนีออน (Neon) โดยแสงสีแดงเข้มจะมีความยาวคลื่น 632.8 นาโนเมตร ยังอยู่ในช่วงที่สายตามองเห็น

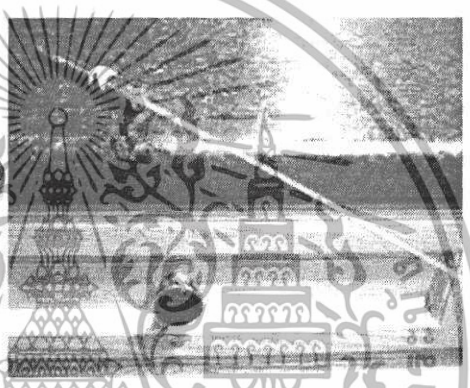
เลเซอร์ไดโอดมีโครงสร้างมาจากสารกึ่งตัวนำ P-N Junction ที่เป็นแกนเลียมอาร์เซไนด์ (Gallium Arsenid : GaAs) เมื่อมีการจ่ายแรงดันไบแอสให้กับเลเซอร์ไดโอด จะเกิดการรวมตัวของโฮลกับอิเล็กตรอน ทำให้สารพี ที่ได้รับอิเล็กตรอนมีประจุเป็นลบ และ สารเอ็น ที่ได้รับโฮล มีประจุเป็นบวก จนเมื่อถึงจุดหนึ่งที่เรียกว่า จุดสมดุล อิเล็กตรอนกับโฮลก็ไม่สามารถรวมตัวกันได้ เกิดเป็นช่องว่างระหว่างประจุขึ้น เรียกว่า Space Charge Region ก่อนที่จะมีการรวมตัวกัน อิเล็กตรอนจะมีพลังงานสูงอยู่แล้ว เมื่อรวมตัวกันโฮลพลังงานก็จะต่ำลง จึงต้องมีการคายพลังงานออกมา พลังงานที่คายออกมานี้เรียกว่าพลังงานโฟตอน ทำให้เกิดแสงที่มีความยาวคลื่นที่มี เฟสไม่เท่ากัน จึงต้องมีการควบคุมกระแสการทำงานของเลเซอร์ไดโอด พลังงานโฟตอนจะเคลื่อนที่ไปกระทบกับผิวของไดโอด และจะสะท้อนไปมาจนพลังงานในตัวสูงถึงย่านความถี่แสง ทำให้แสงเลเซอร์ผ่านออกมาได้ แสงที่ได้นี้จะมีค่าความเข้มของแสงต่ำ ลักษณะของแสงเลเซอร์จะแตกต่างกันไปจากแสงทั่ว ๆ ไป คือ เป็นแสงที่เป็นสีหนึ่งสีใดเพียงสีเดียวมีความถี่และเฟสเดียวกัน ไม่มีการกระจายในแบบมุมกว้างออกไปเหมือนแสงปกติ ทำให้แสงเดินทางไปได้ไกล เมื่อใช้เลนส์มาทำการรวมแสงก็จะได้ความเข้มของแสงต่อหน่วยพื้นที่มาก

เลเซอร์พอยน์เตอร์ หรือ เลเซอร์ตัวชี้ ที่นำมาใช้ในที่นี้นั้น เป็นแบบเลเซอร์สารกึ่งตัวนำมีลักษณะคล้ายกับ LED (light emitting diode) แต่มีลักษณะพิเศษบางประการ ทำให้แสงที่ออกมาเป็นเลเซอร์ โดย LED จะให้แสงจาก spontaneous emission แต่เลเซอร์สารกึ่งตัวนำให้แสงจาก stimulated emission แสงในเลเซอร์ชนิดนี้เกิดจากการรวมตัว (recombination) ของอิเล็กตรอน กับ "โฮล" (hole) ที่บริเวณรอยต่อ P-N ของสารกึ่งตัวนำ เช่น GaAs, GaP และ GaAlAs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันการหาซื้อ Laser ทำได้ง่าย ราคาถูก แต่น้อยคนที่จะรู้ว่าแสงที่ให้นั้นเป็นอันตรายต่อนัยน์ตาได้ ความยาวคลื่นของแสงขึ้นกับชนิดของสารกึ่งตัวนำที่ใช้เป็นตัวกลาง โดยความยาวคลื่นหลัก คือ 650, 770, 809, 1100 และ 1500 นาโนเมตร สามารถประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์หลายชนิด เช่น เครื่องพิมพ์แบบเลเซอร์ เลเซอร์พอยน์เตอร์ หรือ แม้แต่เครื่องแกะสลักกระจก กำลังของเลเซอร์ที่ได้มีตั้งแต่ระดับ มิลลิวัตต์ ถึง วัตต์ แต่สามารถนำเลเซอร์สารกึ่งตัวนำหลาย ๆ อัน มารวมกันในรูปแบบของ array หรือ bar เพื่อให้มีกำลังสูงเป็นระดับ กิโลวัตต์ได้ เมื่อนำไปใช้แกะสลักกระจกนั้น จะใช้ประมาณ 40-60 วัตต์ และ นอกจากนี้ยังมีเลเซอร์พอยน์เตอร์ชนิด Green Laser Pointer ซึ่งเป็นเลเซอร์พอยเตอร์ที่มีกำลังสูง สามารถใช้ในการส่องชี้ดาวบนฟ้าโดยนำมาใช้ประโยชน์ในทางดาราศาสตร์ได้

รูปที่ 2.1 เลเซอร์ พอยน์เตอร์



รูปที่ 2.2 Green laser pointer

องค์ประกอบที่สำคัญในการทำให้เกิดแสงเลเซอร์ มีดังนี้

1. วัสดุที่ต้องการการกระตุ้นให้ปล่อยแสงเลเซอร์ (อาจเป็นของแข็ง ของเหลว แก๊ส หรือสารประกอบ) ซึ่งเรียกว่า ตัวกลางเลเซอร์ (laser medium) หรือตัวกลางทำงาน (working medium หรือ active medium)

2. การทำให้เกิดการย้ายกลับมาทำงานใหม่ (population inversion) ในตัวกลางทำงาน โดยกระบวนการที่เรียกว่า การปั๊มเลเซอร์ (laser pumping)

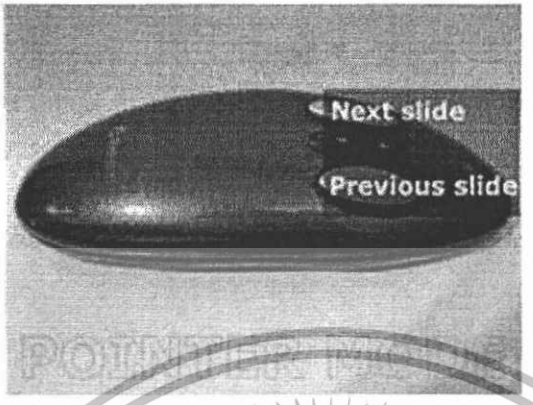
3. กระบวนการที่ทำให้เกิดการแกว่งกวัดเลเซอร์ (laser oscillation) เพื่อเพิ่ม (amplify) ความเข้มของกระบวนการปล่อยโฟตอนแบบกระตุ้นจนสามารถมีแสงเลเซอร์ออกมาได้ กระบวนการนี้ใช้กระจกเลเซอร์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวทำให้เกิดเรโซแนนท์

2.1.2 ฟังก์ชันการเลื่อนสไลด์

ฟังก์ชันการเลื่อนสไลด์ คือ ปุ่มฟังก์ชันที่สามารถกดเพื่อเลื่อนสไลด์ของไฟล์นำเสนอใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบของการใช้โปรแกรมพาวเวอร์พอยน์ ซึ่งอุปกรณ์นำเสนอในยุคปัจจุบันมักจะมีฟังก์ชันดังกล่า วเพื่อเป็นที่ดึงดูดให้ผู้ใช้ซื้อ เนื่องจากสามารถควบคุมการเลื่อนสไลด์จากระยะไกลได้โดยไม่ต้องกลับไปที่คอมพิวเตอร์เพื่อกดเลื่อน



รูปที่ 2.3 อุปกรณ์นำเสนอในยุคปัจจุบัน

2.1.3 อุปกรณ์นำเสนอแบบไร้สาย

ในอดีตจะมีอุปกรณ์นำเสนอที่สามารถควบคุมการเลื่อนของสไลด์ได้ แต่ต้องอาศัยสายไฟในการส่งสัญญาณควบคุม แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเป็นระบบไร้สาย (Wireless) โดยอาจนำคลื่นวิทยุ บลูทูธ หรือ คลื่นอินฟราเรด ในการติดต่อรับ-ส่งสัญญาณ ตามแต่ผู้ผลิตจะทำขึ้น การทำให้อุปกรณ์นั้นเป็นระบบไร้สายมีข้อดีคือ สามารถควบคุมได้จากระยะไกล และ ไม่มีสายมาเกะกะเวลาทำการนำเสนอ

รูปที่ 2.4 ลักษณะของอุปกรณ์นำเสนอที่เป็นแบบไร้สาย

2.2 หลักการและคุณสมบัติอุปกรณ์นำเสนอแบบหลายฟังก์ชัน

นอกเหนือจากฟังก์ชันทั่ว ๆ ไปของอุปกรณ์นำเสนอที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว อุปกรณ์นำเสนอแบบหลายฟังก์ชันยัง มีฟังก์ชันการทำงานอีกดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ฟังก์ชันสับเปลี่ยนหน้าต่างการทำงาน

โดยปกติการเปิดโปรแกรมหลาย ๆ โปรแกรมหรือทำงานหลาย ๆ อย่างพร้อมกันในเวลาเดียว จะทำให้มีหลายหน้าต่างการทำงาน ซึ่งการที่จะเปลี่ยนหน้าต่างการทำงานสามารถทำได้โดยเลื่อนลูกศรเม้าส์ไปคลิกซ้ายที่ตำแหน่งของโปรแกรมนั้น ๆ ที่แถบเครื่องมือ หรืออาจใช้วิธีการกดปุ่ม Alt และ Tab พร้อมกันก็ได้

อุปกรณ์นำเสนอแบบหลายฟังก์ชัน เป็นการนำฟังก์ชันสับเปลี่ยนหน้าต่างการทำงานมาเพิ่มเข้าไป เนื่องจากเล็งเห็นว่าเป็นประโยชน์ต่อผู้ทำการนำเสนอในกรณีที่ต้องเปิดหลาย ๆ โปรแกรมพร้อมกันในการนำเสนอและต้องการสลับหน้าต่างการทำงานไปมา

2.2.3 ฟังชันการเลื่อนลูกศรเม้าส์

เป็นอีกหนึ่งฟังก์ชันที่ได้ติดตั้งเข้าไปในอุปกรณ์นำเสนอตัวนี้ ซึ่งเป็นที่แน่นอนอยู่แล้วว่าเม้าส์โดยทั่วไปต้องนำตัวเม้าส์มาทาบกับระนาบพื้นโต๊ะเพื่อทำให้ลูกศรเม้าส์ในหน้าจอคอมพิว-เตอร์เลื่อนไปมาได้ แต่ถ้าหากอุปกรณ์นำเสนอแบบไร้สายที่มีฟังก์ชันของการเลื่อนลูกศรเม้าส์ยังต้องนำตัวอุปกรณ์ไปทาบกับระนาบโต๊ะอีก ก็จะไม่เป็นประโยชน์เท่าที่ควร ในโครงงานนี้จึงได้จัดทำให้สามารถใช้งานในฟังก์ชันนี้ได้โดยไม่ต้องทาบกับระนาบ โดยใช้เซ็นเซอร์ 4 ตัว เป็นตัวช่วยในการควบคุมทิศทาง

รูปที่ 2.5 เม้าส์โดยทั่วไปที่ต้องทาบกับระนาบพื้นโต๊ะ

2.2.4 ฟังก์ชันคลิกซ้ายของเม้าส์

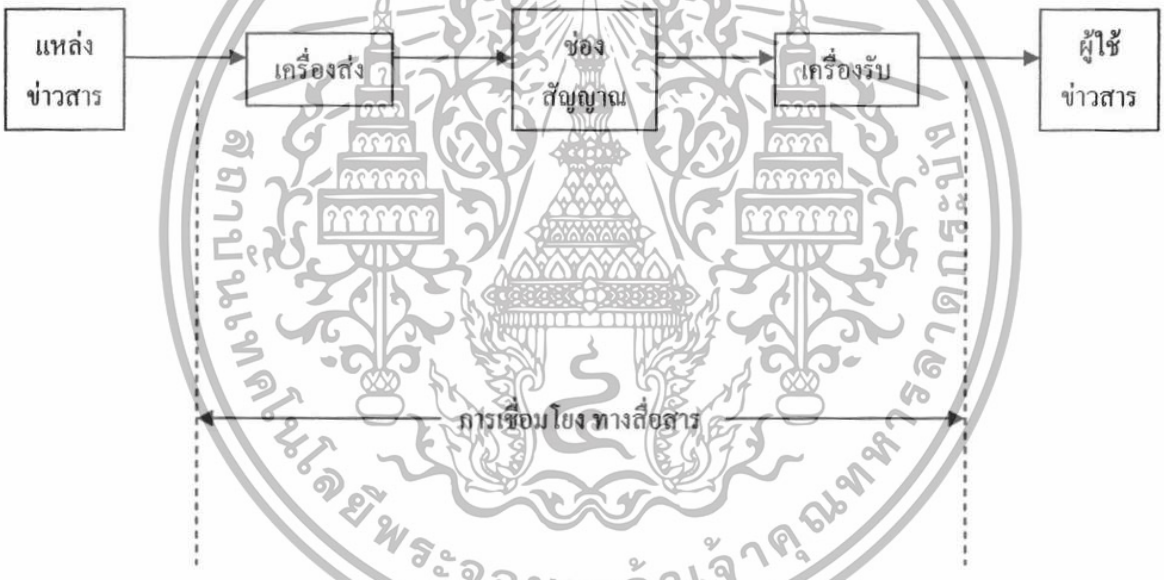
ฟังก์ชันคลิกซ้ายของเม้าส์เป็นอีกฟังก์ชันที่ทางผู้จัดทำเล็งเห็นประโยชน์ในการเพิ่มเข้าไปในฟังก์ชันต่าง ๆ ของตัวอุปกรณ์นำเสนอ การคลิกซ้ายของเม้าส์นั้นเป็นการทำการเลือกไอคอนต่าง ๆ ที่อยู่บนหน้าจอ และสามารถทำการดับเบิ้ลคลิกเพื่อเข้าสู่ไอคอนนั้น ๆ ได้ โดยมีค่าเทียบเท่ากับการกดปุ่ม Enter บนคีย์บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.6 ปุ่มคลิกซ้ายของเม้าส์

2.3 ทฤษฎีการสื่อสาร

การสื่อสารอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง การส่ง-การรับ และการประมวลผลของข้อมูล หรือข่าวสารระหว่างจุด 2 จุด หรือมากกว่า ด้วยการใช้อิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรมแสดงการสื่อสาร

ตัวกลางการสื่อสาร เป็นช่องทางหรือตัวกลางซึ่งสัญญาณของระบบสื่อสารใช้เป็นทางผ่านจากจุดส่งไปยังจุดรับสัญญาณ โดยชนิดของตัวกลางสื่อสารมี 2 แบบคือ

1) แบบมีสาย ซึ่งอาจจะเป็นสายตัวนำไฟฟ้า 1 คู่ หรือ เส้นใยนำแสงก็ได้

2) แบบไร้สาย สัญญาณของระบบสื่อสารแบบนี้จะอยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องส่ง เป็นอุปกรณ์หรือวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่ถูกออกแบบมาสำหรับการแปลงสัญญาณจากแหล่งกำเนิดสัญญาณที่จะสื่อสาร ให้กลายเป็นสัญญาณที่มีรูปแบบ และระดับพลังงานที่เหมาะสมกับตัวกลางการสื่อสารของแต่ละแบบ

เครื่องรับ เป็นอุปกรณ์ และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่รับมาได้จากตัวกลาง ให้กลายเป็นสัญญาณที่มีรูปแบบ และระดับพลังงานที่เหมาะสมกับอุปกรณ์ปลายทางด้านรับ

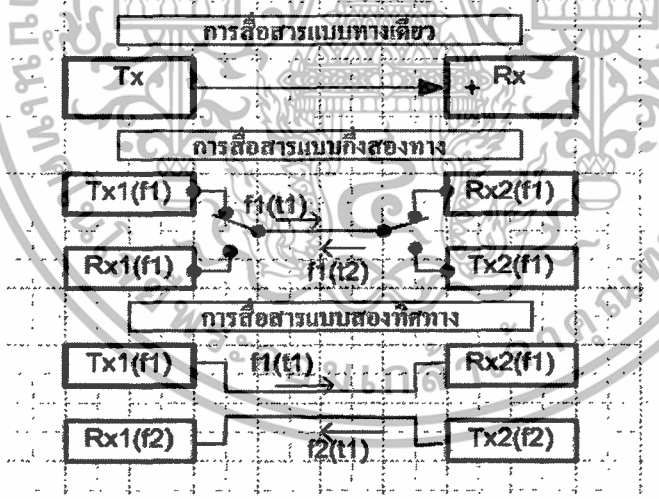
ถ้ามีสัญญาณมากกว่าหนึ่งสัญญาณในอาณาบริเวณเดียวกัน และสัญญาณเหล่านั้นมีค่าแถบความถี่ที่ซ้อนทับกันจะทำให้เกิดการรบกวนซึ่งกันและกัน

รูปแบบของการสื่อสาร ซึ่งแบ่งตามทิศทางของการสื่อสารหรือช่องสื่อสารได้ 3 แบบ คือ

1) แบบทิศทางเดียว มีฝ่ายส่งเพียงอย่างเดียว และอีกฝ่ายหนึ่งจะรับเพียงอย่างเดียว ซึ่งการสื่อสารแบบนี้จะใช้ช่องสื่อสารเพียงช่องเดียว

2) แบบกึ่งสองทาง เป็นการสื่อสาร 2 ทาง ในเวลาที่ต่างกันอีกฝ่ายหนึ่งจะส่ง และอีกฝ่ายหนึ่งจะรับ ซึ่งการสื่อสารแบบนี้จะใช้ช่องสื่อสารเพียงช่องเดียวเช่นกัน

3) แบบสองทาง เป็นการสื่อสารแบบ 2 ทิศทาง โดยทั้งสองฝ่ายสามารถรับและส่งได้พร้อมกัน ในเวลาเดียวกัน ซึ่งการสื่อสารแบบนี้จะใช้ช่องสื่อสาร 2 ช่อง



รูปที่ 2.8 การสื่อสารแบบต่าง ๆ

การมอดดูเลตสัญญาณ

การมอดดูเลต คือกระบวนการเลื่อนแถบความถี่ของสัญญาณ ซึ่งในขบวนการมอดดูเลตนี้ใช้คลื่นพาห์ที่มีความถี่สูงเป็นพาหะ แล้วเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางอย่างของพาหะด้วยสัญญาณที่จะทำการส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การมอดดูเลตให้กับคลื่นพาหะแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ

1. มอดดูเลตทางแอมพลิจูด (Amplitude Modulation หรือ AM) ขนาดของคลื่นพาห์จะเปลี่ยนแปลงตามขนาดของสัญญาณ

2. มอดดูเลตทางมุม แบ่งย่อยได้ 2 รูปแบบ

2.1 มอดดูเลตทางความถี่ (Frequency Modulation หรือ FM) ความถี่ของลื่นพาห์จะเปลี่ยนแปลงตามขนาดของสัญญาณ

2.2 มอดดูเลตทางเฟส (phase modulation หรือ PM) เฟสของคลื่นพาห์จะเปลี่ยนแปลงตามขนาดของสัญญาณ

การดีมอดดูเลตสัญญาณ

เป็นกระบวนการย้อนกลับของการมอดดูเลต ซึ่งก็คือการแยกสัญญาณออกจากคลื่นพาห์

จุดประสงค์ของการมอดูเลชั่น

1. ทำให้สัญญาณมีกำลังสูงสามารถเดินทางไปที่ไกล ๆ ได้
2. ทำให้สัญญาณมีความถี่สูงขึ้น ซึ่งเหมาะสำหรับการรับส่งสัญญาณมากขึ้นเพราะใช้เสาอากาศที่สั้นลงได้
3: สามารถแบ่งความถี่ให้หลาย ๆ สัญญาณส่งพร้อมกันภายใต้ตัวพาห์ตัวเดียวกันได้ เรียกว่าการมัลติเพล็กซิ่ง(Multiplexing)
4. ทำให้สัญญาณมีความต้านทานการรบกวนของสัญญาณรบกวนได้ดีขึ้น
5. ควบคุมความจุของช่องสัญญาณให้มีขนาดเล็กลงเมื่อมีการใช้งาน

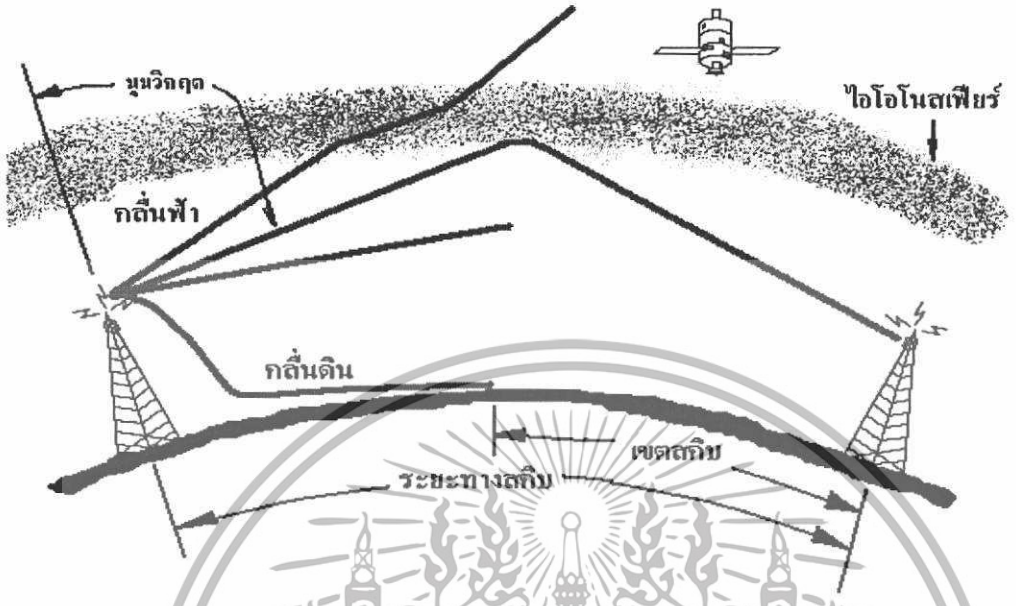
2.3.1 ทฤษฎีการสื่อสารผ่านคลื่นวิทยุ

คลื่นวิทยุที่กระจายออกจากสายอากาศ จะเดินทางไปทุกทิศทาง ในทุกระนาบ การกระจายคลื่นนี้มีลักษณะเป็นการขยายตัวของพลังงานออกเป็นทรงกลม ถ้าจะพิจารณาในส่วนของพื้นที่แทนหน้าคลื่นจะเห็นได้ว่ามันพุ่งออกไปเรื่อย ๆ จากจุดกำเนิด และสามารถเขียนแนวทิศทางเดินของหน้าคลื่นได้ด้วยเส้นตรงหรือเส้นรังสี เส้นรังสีที่ลากจากสายอากาศออกไปจะทำมุมกับระนาบแนวนอน มุมนี้เรียกว่า มุมแผ่คลื่น อาจมีค่าเป็นบวก (มุมเงย) หรือมีค่าเป็นลบ (มุมกด) ก็ได้ มุมของการแผ่คลื่นนี้อาจนำมาใช้เป็นตัวกำหนดประเภทของคลื่นวิทยุได้

โดยทั่วไปคลื่นวิทยุอาจแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ คลื่นดิน (GROUND WAVE) กับคลื่นฟ้า (SKY WAVE) พลังงานคลื่นวิทยุส่วนใหญ่จะเดินทางอยู่ใกล้ ๆ ผิวโลก หรือเรียกว่าคลื่นดิน ซึ่งคลื่นนี้จะเดินไปตามส่วนโค้งของโลก คลื่นอีกส่วนที่ออกจากสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยมุมแผ่คลื่นเป็นค่าบวก จะเดินทางจากพื้นโลกพุ่งไปยังบรรยากาศจนถึงชั้นเพดานฟ้าและจะสะท้อนกลับลงมายังโลกนี้เรียกว่า คลื่นฟ้า



รูปที่2.9 คลื่นฟ้าและคลื่นดิน

องค์ประกอบของคลื่น แบ่งออกเป็น 4 องค์ประกอบด้วยกัน คือ คลื่นผิวดิน (SURFACE WAVE) คลื่นตรง (DIRECT WAVE) คลื่นสะท้อนดิน (GROUND REFLECTED WAVE) และคลื่นหักเหโทรโปสเฟียร์ (REFLECTED TROPOSPHERIC WAVE)

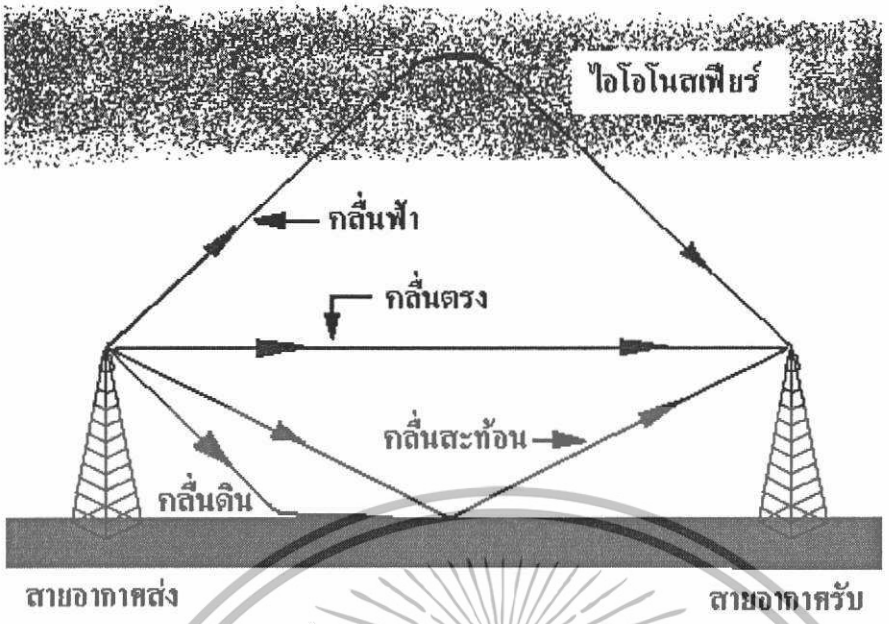
คลื่นผิวดิน หมายถึง คลื่นที่เดินตามไปยังผิวโลกอาจเป็นผิวดิน หรือผิวน้ำก็ได้ พิสัยของการกระจายคลื่นชนิดนี้ขึ้นอยู่กับค่าความนำทางไฟฟ้าของผิวที่คลื่นนี้เดินทางผ่านไป เพราะค่าความนำจะเป็นตัวกำหนดการถูกดูดกลืนพลังงานของคลื่นผิวโลก การถูกดูดกลืนของคลื่นผิวนี้จะเพิ่มขึ้นตามความถี่ที่สูงขึ้น

คลื่นตรง หมายถึง คลื่นที่เดินทางออกไปเป็นเส้นตรงจากสายอากาศส่งผ่านบรรยากาศตรงไปยังสายอากาศรับโดยมิได้มีการสะท้อนใด ๆ

คลื่นสะท้อนดิน หมายถึง คลื่นที่ออกมาจากสายอากาศ ไปกระทบผิวดินแล้วเกิดการสะท้อนไปเข้าที่สายอากาศรับ

คลื่นหักเหโทรโปสเฟียร์ หมายถึง คลื่นหักเหในบรรยากาศชั้นต่ำของโลกที่เรียกว่า โทร-โปสเฟียร์ การหักเหนี้มิใช่เป็นการหักเหแบบปกติที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของชั้นบรรยากาศของโลกกับความสูง แต่เป็นการหักเหที่เกิดการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของชั้นบรรยากาศอย่างทันทีทันใด และไม่สม่ำเสมอของความหนาแน่นและในความชื้นของบรรยากาศ ได้แก่ ปรากฏการณ์ที่เรียกว่า อุณหภูมิแปรกลับ

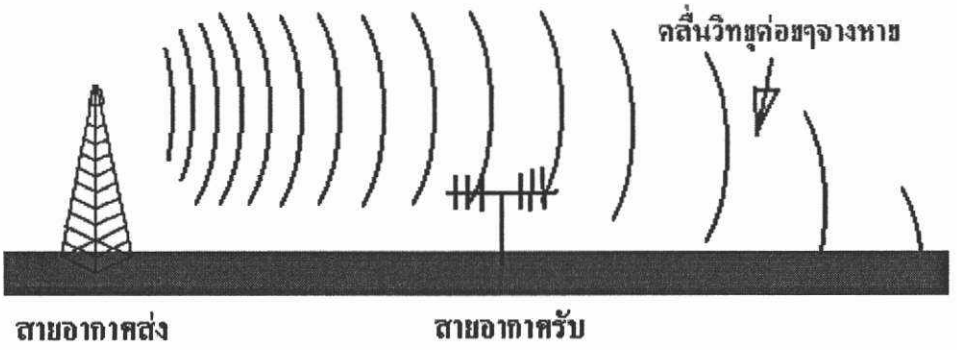
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 องค์ประกอบของคลื่น

1. คลื่นผิวดิน (Surface wave propagation)

เป็นคลื่นที่แพร่กระจายออกจากสายอากาศโดยผิวพื้นดินเป็นสื่อนำ คลื่นผิวดินจะมีขึ้นได้ก็ต่อเมื่อสายอากาศของเครื่องส่งจะต้องอยู่ใกล้ชิดกับพื้นดิน ซึ่งจะมีอิทธิพลต่อความถี่ในย่าน VLF, LF และ MF การแพร่กระจายคลื่นชนิดนี้ สามารถแพร่กระจายได้ระยะทางไกลมาก ส่วนย่านVHF, UHF ก็สามารถที่จะแพร่กระจายคลื่นชนิดนี้ได้ เช่นกัน แต่ระยะทางติดต่อไม่ไกลนัก เพราะค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าของพื้นดินจะมีผลต่อความถี่สูง ๆ เป็นอย่างมาก เพราะจะทำให้เกิดความสูญเสียกำลังไปในพื้นดิน นั่นคือ เมื่อคลื่นแพร่ผ่านผิวดินลงไป เส้นแรงของสนามไฟฟ้าของคลื่นจะเหนี่ยวนำให้เกิดประจุไฟฟ้าเกิดขึ้นบนดิน ทำให้เกิดกระแสไหลในดินขึ้น และเนื่องจากพื้นดินมิใช่เป็นตัวนำสมบูรณ์แบบ ทำให้มีความต้านทานเกิดขึ้นเป็นเหตุให้เกิดการสูญเสียกำลังขึ้น

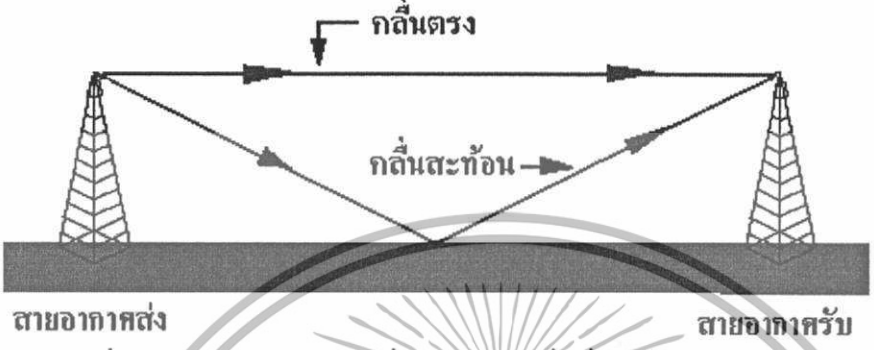


รูปที่ 2.11 แสดงการแพร่กระจายคลื่นพื้นผิว (Surface wave)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คลื่นตรง (Direct wave propagation)

คลื่นตรงมีลักษณะการแพร่กระจายคลื่นวิทยุเหมือนกับการเดินทางของแสง คือ พุ่งเป็นเส้นตรง และการกระจายคลื่นชนิดนี้จะอยู่ในระดับสายตา (line of sight)



รูปที่2.12 แสดงทิศทางของคลื่นตรง และ คลื่นที่สะท้อนจากผิวโลก

การกระจายคลื่นชนิดนี้จะมีการกระจายออกของ Radio beam และมีการแตกกระจายหรือสะท้อนได้ เมื่อพบกับสิ่งกีดขวาง เช่น ตึก ภูเขา โดยที่ระยะทางของการแพร่กระจายคลื่นจะมากหรือน้อยนั้นต้องขึ้นอยู่กับความสูงของสายอากาศเป็นสำคัญ การแพร่กระจายคลื่นชนิดนี้จะมีผลต่อการแพร่กระจายคลื่น ในย่านความถี่ที่สูงกว่าย่าน VHF ขึ้นไป แต่ส่วนใหญ่ จะใช้ความถี่ในย่านที่สูงกว่า UHF ขึ้นไป เนื่องจากการใช้ความถี่ในย่าน VHF และ UHF (LOW BAND) จะมีการสะท้อนบนพื้นดินด้วย (reflection propagation) ซึ่งเกิดขึ้นเป็นอย่างมากจากการแพร่กระจายคลื่นตรงนี้

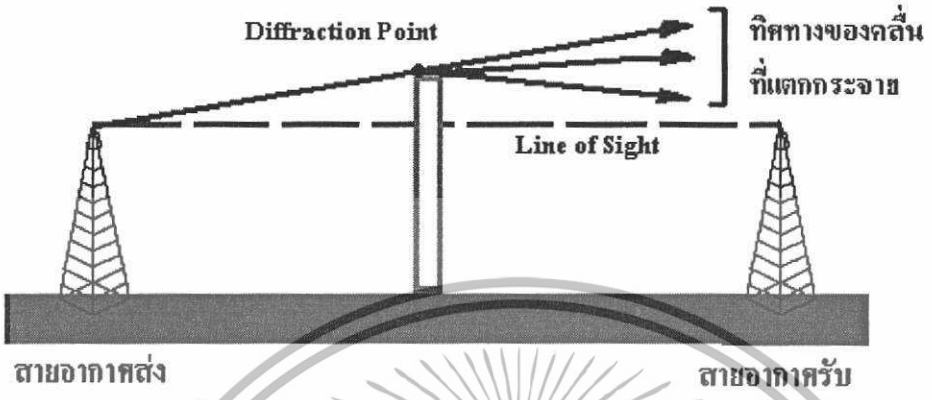
การแพร่กระจายคลื่นไปยังด้านที่มองไม่เห็นในระยะสายตา (Diffraction Propagation)

เป็นการแพร่กระจายคลื่นวิทยุ กล่าวคือเมื่อคลื่นวิทยุที่ส่งออกไปกระทบกับสิ่งที่กีดขวาง พลังงานบางส่วนจะเกิดการแตกกระจายรอบ ๆ บริเวณสิ่งกีดขวางนั้น ในทางปฏิบัติ จะให้คลื่นวิทยุพุ่งไปกระทบกับส่วนบนของสิ่งกีดขวางนั้น ๆ สืบเนื่องจากเหตุผลที่ว่า คลื่นที่เกิดการแตกกระจายไปนั้น สามารถเคลื่อนที่ต่อไปได้ตามหลักการของ Ray Theory จะถือเอาส่วนโค้งของผิวโลก อาคาร ต้นไม้ เนินเขา ที่ราบสูง ภูเขา หรืออากาศยาน เหล่านี้เป็นส่วนที่ทำให้คลื่นเกิดการเบนออก แต่ถ้าสิ่งกีดขวางมีขนาดเล็กและมียอดแหลมคล้ายสันมีด (มุมยอดเล็ก) คลื่นที่มาตกกระทบจะไม่มีผลต่อการที่จะทำให้เกิด Diffraction loss หรือ Shower effect ได้ แต่ถ้าหากสิ่งกีดขวางมีขนาดใหญ่ ค่าของ Shower effect จะเกิดขึ้นมาก ซึ่งเป็นผลทำให้ความแรงของสัญญาณลดลง

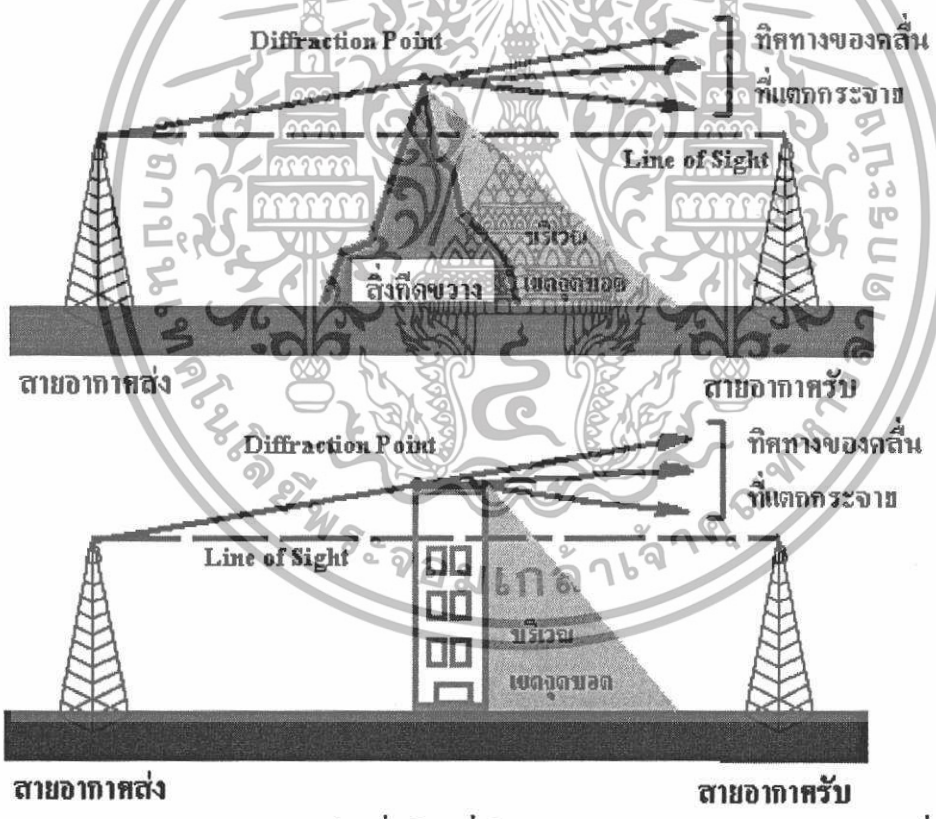
ในกรณีของ Diffraction over a spherical earth ปกติคลื่นวิทยุที่ส่งไปชั้นบรรยากาศจะโค้งตามผิวโลกและเป็นเส้นตรง แต่ถ้าหากเครื่องส่งและเครื่องรับอยู่ห่างไกลเกินกว่าแนวระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายตามาก ๆ แล้ว ก็จะสามารถติดต่อได้โดยการใช้คลื่นวิทยุไปกระทบหรือเสียดผิวโลก ซึ่งจะทำให้เกิดการแตกกระจายของคลื่นวิทยุ ทำให้สามารถรับคลื่นวิทยุได้ในระยะทางไกลเกินกว่าแนวระดับสายตา การติดต่อในลักษณะนี้สามารถแสดงได้ดังรูป



รูปที่ 2.13 แสดงการเกิด Diffraction over a spherical earth



รูปที่ 2.14 แสดงการเกิดจุดบอดของการส่งคลื่นวิทยุที่เกิด Diffraction over a spherical earth เมื่อคลื่นกระทบกับสิ่งกีดขวางลักษณะต่าง ๆ

หลักการใช้โมดุล TRW2.4G ในการรับส่งคลื่นวิทยุ

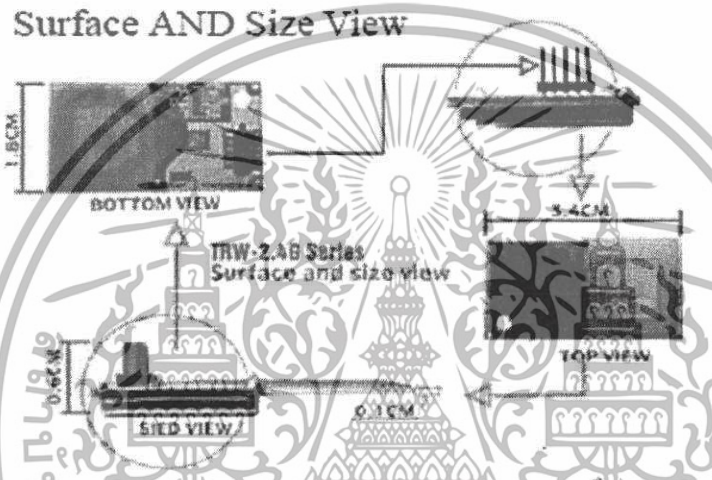
โมดุลRF-TRW 24G เป็น Module Transceiver สำเร็จรูป ใช้ รับ - ส่ง ข้อมูล ในแบบอนุกรม ใช้กับความถี่ 2.4 GHz ปรับแต่งสำเร็จรูปพร้อมมีเสาอากาศในตัว กำลังในการส่ง 4 dBm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้งานได้ในระยะไกล 280 เมตร (ความ- เร็วข้อมูล 250 kbps) ระยะ 150 เมตร (ความเร็ว 1 Mbps) ในพื้นที่โล่งแจ้ง ตามทฤษฎี ใช้ chip เบอร์ nRF2401 ของ Nordic ใช้แรงดันไฟฟ้า 3.3 โวลต์

ข้อดีของ RF-TRW 24G

1. ระยะการส่งได้ไกล
2. มีสัญญาณรบกวนที่ขาดิจิตอลเอาท์พุทน้อย
3. เสถียรภาพดี
4. รับและส่งได้ในตัวดียวกัน
5. สามารถส่งข้อมูลได้รวดเร็ว



รูปที่ 2.15 รูปแสดงTRW-2.4G ในด้านต่าง ๆ พร้อมทั้งขนาด

ตารางที่ 2.1 แสดงหน้าที่ขาแต่ละขาของ TRW-2.4G

Pin	Name	Pin funtion	Description
1	GND	Power	Gound (0V)
2	CE	Input	Chip Enable activates RX or TX mode
3	CLK2	I/O	Clock outpu/input for RX data channel 2
4	CS	Input	Chip Select activates Configuration mode
5	CLK1	I/O	Clock Input(TX)&I/O(RX) for data channel 1 3-wire interface
6	DATA	I/O	RX data channel 1/TX data input /3-wire interface
7	DR1	Output	RX data ready at data channel 1 (ShockBurst only)
8	DOUT2	Output	RX data channel 2
9	DR2	Output	RX data ready at data channel 2 (ShockBurst only)
10	VCC	Power	Power Supply (+3V DC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

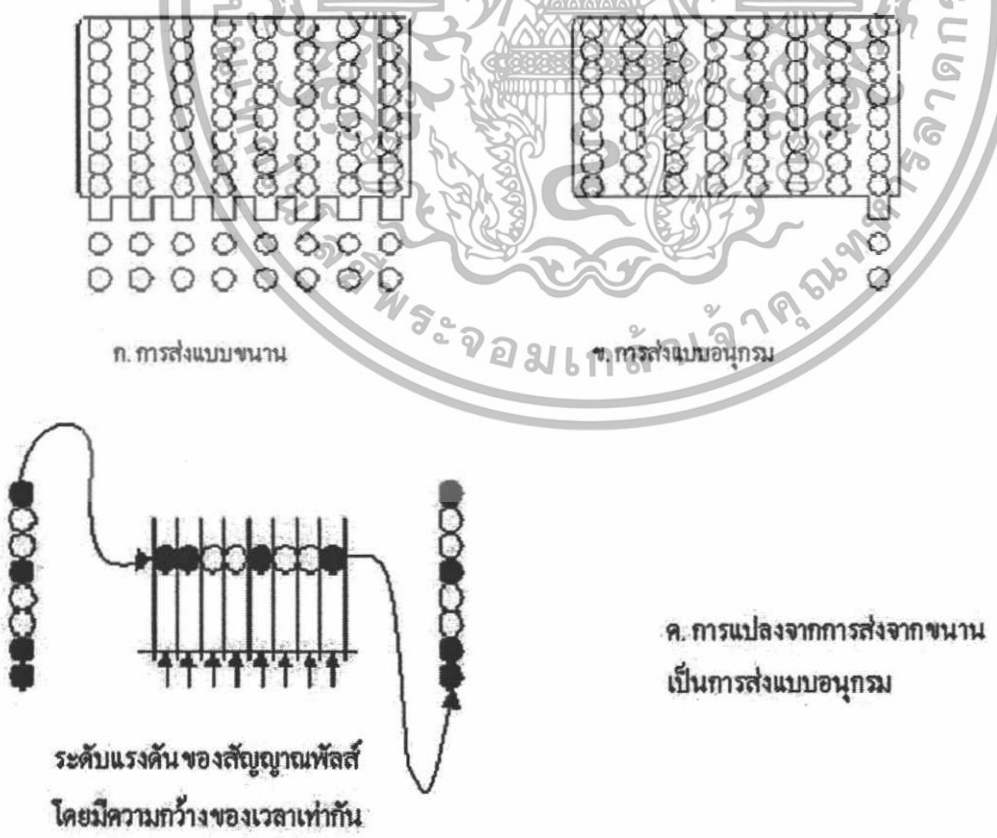
ตารางที่ 2.2 แสดงค่าที่ออกจากขา CS และ CE ของแต่ละสถานะ

Mode	CE	CS
Active (RX /TX)	1	0
Configuration	0	1
Stand by	0	0

2.3.2 ทฤษฎีการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

พอร์ตอนุกรม (Serial Port) คือ พอร์ตชนิดหนึ่งที่ใช้รับ-ส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีลักษณะเป็นการส่งสัญญาณต่าง ๆ ร่วมกัน ซึ่งพอร์ตอนุกรมนี้จะใช้ระดับสัญญาณ RS-232

ข้อมูลในไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ศึกษาอยู่นี้ จะเป็นข้อมูลที่มีความยาวขนาด 1 ไบต์ หรือ 8 บิต ซึ่งโดยปกติถ้าจะให้ส่งข้อมูลพร้อม ๆ กันไป 8 บิต จะเป็นวิธีการส่งข้อมูลแบบขนาน แสดงได้ดังรูป 2.16 ซึ่งจะเป็นการส่งข้อมูลขนาด 8 บิตพร้อมกันไปยังอุปกรณ์ภายนอก และจะต้องมีจำนวนของสายสัญญาณจำนวน 8 เส้น เพื่อให้พอดีกับจำนวนของบิตที่ต้องการจะส่ง การส่งข้อมูลแบบขนานจึงทำให้มีการส่งข้อมูลที่มีความรวดเร็ว แต่ถ้าหากมีการสื่อสารข้อมูลในระยะไกลก็จะต้องใช้จำนวนของสาย และระยะทางของสายมากขึ้นจึงทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง



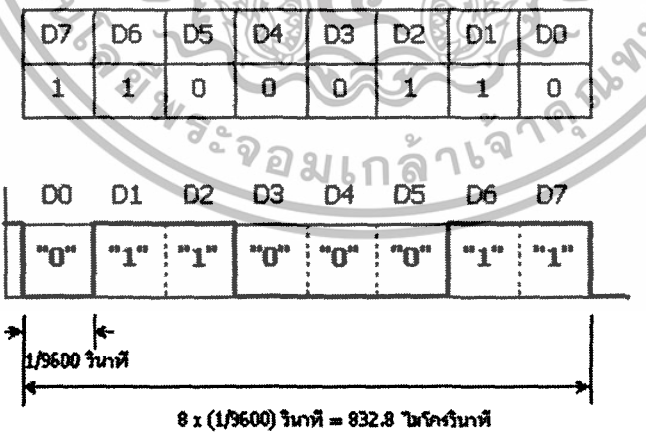
รูปที่ 2.16 ก. ข. และ ค. แสดงการส่งข้อมูลแบบขนานและแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมจึงถูกนำมาใช้ ในการสื่อสาร โดยจะใช้สายเพียงเส้นเดียวในการส่งข้อมูล หรือรับข้อมูล (คำว่าเส้นเดียวหมายความว่าสายส่ง (TxD) 1 เส้น สายรับ (RxD) 1 เส้น และสายกราวด์ร่วม (Ground) 1 เส้น) โดยนำมาใช้สื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอกในระยะทางที่ไกล ดังในรูปที่ 2.16 ข. ถ้าหากต้องการส่งข้อมูลขนาด 8 บิต ก็จะทำการส่งข้อมูลออกไปทีละบิตเป็นลำดับไป จนกว่าจะครบจำนวนทั้ง 8 บิต ดังในรูปที่ 2.16 ค. จะแสดงการเปลี่ยนข้อมูลแบบขนานให้เป็นแบบอนุกรม ข้อมูลจะถูกส่งไปตามสายสัญญาณที่ละบิตตามจังหวะเวลาที่กำหนด เป็นความกว้างของพัลส์ โดยจังหวะเวลาที่กล่าวนี้จะต้องมีมาตรฐาน ของฝ่ายส่ง และฝ่ายรับด้วย ในการรับสัญญาณที่ส่งมาทีละบิต จะทำการตรวจสอบระดับแรงดันของสัญญาณที่เข้ามาเพื่อแปลงเป็นลอจิก "1" หรือ "0" เมื่อรับข้อมูลเข้ามาครบใน 1 ไบต์ที่กำหนดไว้ ก็จะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลแบบขนานเหมือนเดิม

จังหวะเวลาของการสื่อสารข้อมูลอนุกรม

ในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม เพื่อรับหรือส่งข้อมูล จะเป็นลักษณะของกลุ่มข้อมูล ดังนั้นอัตราความเร็วจะต้องมีค่าเท่ากันระหว่างการรับและการส่ง โดยทั่วไปจะระบุความเร็วของจำนวนบิตในการรับและส่งข้อมูล เป็นจำนวนของบิตที่จะส่งใน 1 วินาที โดยเรียกความเร็วในการส่งข้อมูลว่า อัตราบอด (Baud Rate) ซึ่งมีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที เช่น 300, 1200, 2400, 4800 และ 9600 บิตต่อวินาที ในรูปที่ 2.17 ถ้าหากมีการส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 9600 บิตต่อวินาที จะใช้เวลาในการรับส่งข้อมูลหนึ่งบิตมีค่าเท่ากับ 1/9600 หรือ 104.1 ไมโครวินาที และเวลาในการรับส่งข้อมูลทั้ง 8 บิตจะมีค่าเท่ากับ 8 x 104.1 หรือ 832.8 ไมโครวินาที



รูป 2.17 แสดงการส่งข้อมูลแบบอนุกรมด้วยความเร็ว 9600 บิตต่อวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบของการสื่อสารข้อมูลอนุกรม

การสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโคนัส เป็นวิธีการรับและส่งข้อมูลโดยไม่ต้องอาศัยสัญญาณนาฬิกาส่งร่วมไปด้วย แต่จะใช้อัตราความเร็วของจำนวนข้อมูลต่อวินาที และจะทำการเพิ่มบิตข้อมูลบางอย่างร่วมไปกับการส่งข้อมูลจริง เพื่อจะได้ทำการตรวจสอบข้อมูลได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้นซึ่งประกอบด้วยกัน 4 ส่วน คือ

1. บิตเริ่มต้น (Start bit) จะมีขนาด 1 บิต จะเป็นละดับลอจิกตรงกันข้ามกับระดับลอจิกของสภาวะสายสื่อสาร ขณะที่ยังไม่มีการส่งข้อมูล

2. บิตข้อมูล (Data bit) จะเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุดก่อนหรือ บิต LSB ก่อน โดยข้อมูลที่จะส่งอาจจะมีขนาด 5, 6, 7 หรือ 8 บิตก็ได้

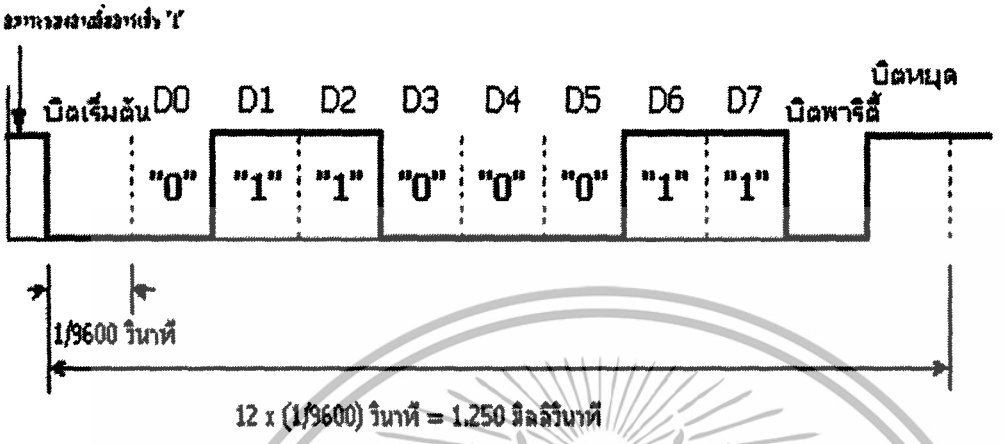
3. บิตแสดงสภาวะเลขคู่หรือเลขคี่ (Parity bit) มีขนาด 1 บิต โดยบิตนี้จะนำไปต่อท้ายกับบิตข้อมูล ค่าของบิตนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนค่าของข้อมูลที่เป็น "1" โดยเลือกการส่งข้อมูลเป็นแบบ พาริตี้คู่ หรือ พาริตี้คี่ ตัวอย่าง ถ้ากำหนดให้มีการส่งข้อมูลแบบพาริตี้คู่ แต่ข้อมูลมีเลข 1 เป็นจำนวนคี่ ก็จะให้บิตพาริตี้นี้เป็น "1" เพื่อจะได้จำนวนเลข "1" เป็นคู่นั่นเอง ทำนองเดียวกันทางด้านรับก็ต้องมีการตรวจสอบจำนวนข้อมูลที่รับเข้ามาเป็น "1" รวมทั้งบิตพาริตี้ 1 บิต ถ้ามีค่า "1" เป็นจำนวนคู่แสดงว่าข้อมูลที่รับเข้ามาถูกต้อง

หมายเหตุ สามารถกำหนดการรับและส่งข้อมูลเป็นแบบ NONE โดยไม่ต้องมีการตรวจสอบพาริตี้บิตก็ได้

4. บิตสุดท้ายหรือบิตหยุด (Stop bit) เป็นการระบุถึงขอบเขตของการสิ้นสุดข้อมูล โดยจะทำให้ขาข้อมูลมีสถานะ ลอจิกเป็น "1" ซึ่งอาจมีจำนวนมากกว่า หนึ่งบิตก็ได้ เช่น 1 บิต 1.5 บิต หรือ 2 บิต

83319
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	1	0	0	0	1	1	0



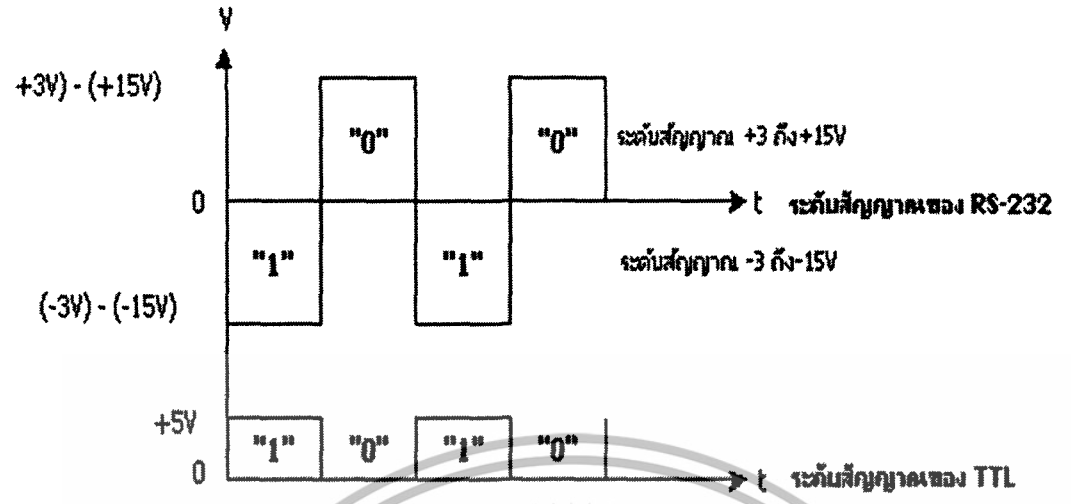
รูป 2.18 แสดงการส่งข้อมูลขนาด 8 บิตแบบอนุกรมพร้อมด้วย บิตเริ่มต้น, บิตพาริตี้, บิตหยุด ด้วยความเร็ว 9600 บิตต่อวินาที

การเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมมาตรฐาน RS-232

การกำหนดมาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม EIA RS-232 (x) เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรม โดยคณะกรรมการสมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industries Association) ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลอนุกรมแบบ อะซิงโครนัส 2 ทิศทาง เพื่อให้มีการใช้งานในการเชื่อมต่อที่สอดคล้องกัน ระหว่างอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ต่าง ๆ การรับส่งสัญญาณจะกำหนดความยาวสูงสุดไว้ที่ไม่เกิน 50 ฟุต โดยมีระดับสัญญาณตั้งแต่ 3 โวลท์ จนถึง 15 โวลท์ สำหรับลอจิก "0" และมีระดับแรงดันที่ -3 โวลท์ จนถึง -15 โวลท์ สำหรับลอจิก "1" ดังแสดงในรูป

ดังนั้นจะสังเกตได้ว่ามีระดับแรงดันที่ใช้ในสถานะลอจิก "0" และ ลอจิก "1" แตกต่างออกไปจากระบบไอซีดิจิตอลทั่ว ๆ ไป การต่อใช้งานจึงต้องมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนระดับแรงดันจาก 0 – 5 โวลท์ จากไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้เป็นระดับแรงดันที่สูงกว่า +3 หรือต่ำกว่า - 3 โดยจะมีไอซีสำเร็จรูปพร้อมใช้งาน หรืออาจจะต่อวงจรจากทรานซิสเตอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 แสดงระดับแรงดันสัญญาณของพอร์ตอนุกรม RS-232 กับ TTL ในสถานะลอจิก "1" และ "0"

2.4 ทฤษฎี เซ็นเซอร์

เซ็นเซอร์ คืออะไร คำนี้คงจะอธิบายได้ว่าเปรียบเสมือนเป็นประสาทสัมผัสของคน โดยในโครงการนี้จะมองว่าเซ็นเซอร์เป็นตัวที่ใช้ตรวจจับสภาวะใด ๆ เช่น สี อุณหภูมิ แสง หรือวัตถุต่าง ๆ โดยอาศัยหลักการที่แตกต่างกันไปตามแต่ชนิด เช่น เซนเซอร์สีขาวดำ โดยอาศัยหลักการสะท้อนแสงของสีขาวและดำ ทางฟิสิกส์แล้วจะเห็นว่าสีขาวมีอัตราการสะท้อนแสงมากกว่าสีดำ จึงสามารถนำแสงสะท้อนมาเปรียบเทียบได้ โดยใช้ตัวเซ็นเซอร์ คือ อุปกรณ์จำพวกโฟโต้ เช่น โฟโต้ไดโอด โฟโต้ทรานซิสเตอร์ เป็นต้น ซึ่งมีความไวต่อแสงมาก โดยส่วนใหญ่จะแสดงผลเอาต์พุตในรูปของความต้านทานที่เปลี่ยนไปตามสภาวะของตัวเซ็นเซอร์นั้น ๆ ซึ่งในโครงการนี้จะศึกษาการใช้เซ็นเซอร์อย่างน้อย 2 ชนิด คือ อินฟราเรด และ อัลตราโซนิก ซึ่งแต่ละแบบมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.4.1 อินฟราเรดเซ็นเซอร์ (Infrared Sensor)

ในอุปกรณ์นำเสนอแบบหลายฟังก์ชันนั้น ได้นำเซ็นเซอร์ชนิดนี้มาใช้ในควบคุมลูกศรเม้าส์บนหน้าจอคอมพิวเตอร์โดยจะใช้ตัวเซ็นเซอร์ 4 ตัวในการควบคุมทิศทาง

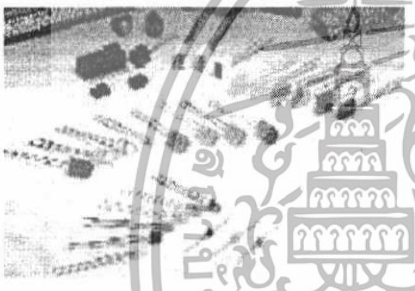
อินฟราเรดเป็นแสงที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงประมาณ 780-3000 นาโนเมตร ซึ่งเป็นแสงที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จึงเป็นที่นิยมที่จะนำมาใช้ในการสื่อสารหรือตรวจจับสิ่งของต่าง ๆ เพราะปัญหาการรบกวนของสัญญาณของแสงอื่น ๆ มีน้อย อีกทั้งการสร้างวงจรที่ใช้ในระบบอินฟราเรดก็ง่ายไม่มีความซับซ้อนมากนัก และความน่าเชื่อถือของสัญญาณที่ส่งก็มีความเชื่อถือที่สูงในการนำไปใช้งาน โดยในระบบอินฟราเรดจะต้องมีเครื่องส่ง และเครื่องรับ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

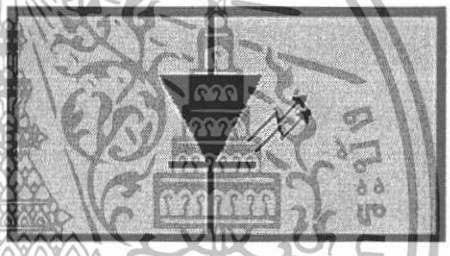
ตัวเปล่งแสง (เครื่องส่ง)

แอลอีดี (LED) ซึ่งย่อมาจากคำว่า LIGHT EMITTING DIODE เป็นไดโอดชนิดพิเศษที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำหัวต่อ พี-เอ็น (P-N Junction) เมื่อมีการป้อนไบแอสเป็นแบบฟอร์เวิร์ด ไบแอสจะทำให้ไดโอดส่องแสงสว่างออกมาแสงที่ส่องสว่างออกมามีหลายช่วงคลื่น แล้วแต่ชนิดของสารที่ทำ เช่น แสงสีแดง แสงสีเขียว แสงสีเหลือง หรือ แสงที่ตาเรามองไม่เห็น เช่น แสงอินฟาเรด (Infrared)

โครงสร้างของแอลอีดีนั้น ประกอบด้วยชั้นซับสเตรท (Substrate Layer) ทำด้วย GaP of GaAs ชั้นถัดมาจะทำด้วยสาร GaAsP ทั้งสองชั้น แล้วจะทำการโด๊ป (Doped) ให้เป็นสารเอ็น ชั้นที่สาม จะเป็นชั้นของ ซิลิคอนไพไตต์ (Si3A4) แล้วทำการแพร่สารพีลงไปให้ติดกับสารเอ็น เกิดเป็นรอยต่อ พี-เอ็น (P-N Junction)



รูปที่ 2.20 รูปร่างของแอลอีดี



รูปที่ 2.1.2 สัญลักษณ์ของไดโอดเปล่งแสง

เมื่อแอลอีดีได้รับ ฟอร์เวิร์ดไบแอสอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น มีพลังงานสูงขึ้นจนสามารถวิ่งข้ามรอยต่อไปรวมกับโฮลในสารพี ทำให้เกิดแสงที่เรียกว่าพลังงานโฟตอน (Photon) เปล่งออกมา ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นกับไดโอดเปล่งแสงนั้น เกิดจากกระบวนการผลิตที่ เรียกว่า "อิเล็กโตรลูมิเนสเซนส์" (Electro Luminescence) คือ การสร้างให้หน้าสัมผัสของสารพีมีขนาดเล็กกว่าสารเอ็น เติมสารเจือบางชนิดลงไปเช่น แคลเลี่ยมอาร์เซไนด์ฟอสไฟด์ (Gallium Arsenird Phosphide : GaAsP) หรือ แกลเลี่ยม ฟอสไฟด์ (Gallium Phosphide : GaP) เพื่อให้พลังงานโฟตอนมีจำนวนมากที่สุด และเรืองแสงสว่างสุกใสขึ้น ในปัจจุบันการพัฒนาทางด้านแสดงของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้ก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว จนมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางแสงขึ้นมาก เช่น ไฟเบอร์ออปติค ไอซีประเภทออปติคอล รวมไปถึงวงจรที่มีการเชื่อมโยงทางแสง หรือ ออปโต้ไอโซเลต (Opto Isolate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงสารที่ใช้ทำไดโอดเปล่งแสง และความยาวคลื่นของแสง

สีของแสง	ความยาวคลื่น	สารที่ใช้ทำไดโอดเปล่งแสง
ไม่มีสี (อินฟราเรด)	1000-740	แกลเลียมอาร์เซไนด์ (Gallium Aresenid-GaAs)
สีแดง	740-620	แกลเลียมฟอสไฟด์
สีส้ม	620-575	(Gallium Phosphide-GaP)
สีเหลือง	585-575	แกลเลียมอาร์เซไนด์ฟอสไฟด์
สีเขียว	575-500	(Gallium Arsenide Phosphide – GaAsP)

ไดโอดเปล่งแสงมีข้อดีก็คือการใช้งานจะใช้แรงดันไฟฟ้าน้อยกระแสไฟฟ้าต่ำ โดยทั่วไปจะใช้แรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 1.5 ถึง 3.5 โวลต์ ซึ่งจะทำงานได้ดีที่สุด ไดโอดเปล่งแสงทั่ว ๆ ไปจะมีสีเดียว แต่ปัจจุบันถูกสร้างให้มีสองสีอยู่ในตัวเดียวกัน ซึ่งเรียกว่า ทูลีด (Two LED) มีทั้งแบบที่เป็น 3 ขา เมื่อป้อนไบแอสแต่ละครั้งก็จะมีสีแตกต่างกันออกไป

อินฟราเรดแอลอีดี (Infrared LED) ซึ่งจะมีรูปร่างและลักษณะงานเช่นเดียวกันกับแอลอีดีธรรมดา เพียงแต่ไม่มีแสงให้เห็นด้วยตาเปล่าในเวลาทำงาน แสงที่ออกมาจะอยู่ในช่วงความถี่ที่สูงกว่าความถี่ทั่ว ๆ ไปของแสงธรรมดา คือ ต้องมากกว่า 20 kHz โดยจะใช้ IR LED เป็นตัวขับแสงอินฟราเรด

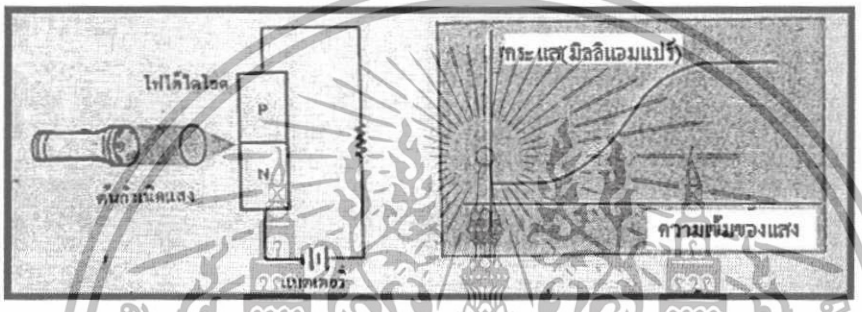
ตัวตรวจจับแสง (เครื่องรับ)

ส่วนการสร้างเครื่องรับนั้นจะใช้ โฟโต้ไดโอด หรือ โฟโต้ทรานซิสเตอร์ เป็นตัวรับแสง โดยที่ทั้งโครื่องรับ และเครื่องส่งจะต้องมีความถี่เท่ากัน เพราะถ้าไม่เท่ากันจะทำให้การ Detect สัญญาณได้ไม่ตรง แต่สำหรับโครงการนี้จะใช้คุณสมบัติของตัวโฟโต้ไดโอด ที่เมื่อมีแสงมาตกกระทบมันแล้วจะทำให้ปริมาณของกระแสที่วิ่งผ่านโฟโต้ไดโอดมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มของแสงทำให้ Voltage ที่ตกคร่อมโฟโต้ไดโอดมีค่ามากตามไปด้วย และใช้ในการตรวจจับหาแหล่งที่มาของแสงเพื่อที่จะใช้บอกทิศทางรวมถึงความเอียงของลำแสงต่อไป

โฟโต้ไดโอด (PHOTO DIODE) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางแสงอีกชนิดหนึ่ง ที่มีการทำงานพิเศษออกไป โดยจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานในตัวของมันเองเมื่อได้รับพลังงานแสงจากภายนอก ซึ่งสามารถที่จะนำมาใช้งานในวงจรต่าง ๆ ได้แก่ วงจรนับจำนวน (Counter) วงจรปิด - เปิดสวิตช์โดยใช้แสง วงจรเตือนภัย เป็นต้น

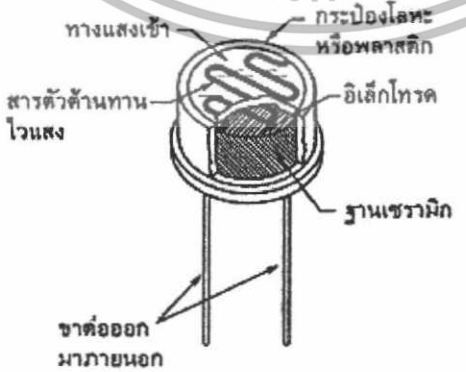
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำโฟโต้ไดโอดไปใช้งานจะต้องป้อนแรงดันไฟฟ้าในลักษณะรีเวิร์สไบแอส ซึ่งค่าความต้านทานระหว่างรอยต่อของสารพี – เอ็น ในโฟโต้ไดโอดจะมีค่าสูงมาก เนื่องจากขอบเขตของดีพลีชันรีเยียนถูกขยายให้กว้างขึ้น จึงทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านโฟโต้ไดโอดได้ โดยสามารถทำให้ค่าความต้านทานระหว่างรอยต่อ พี-เอ็น ลดลงได้ด้วยการใช้แสงส่องไประหว่างรอยต่อพี-เอ็น พลังงานแสงจะเข้าไปยังเขตดีพลีชันรีเยียน และสร้างอิเล็กตรอนอิสระขึ้นมา จึงมีผลทำให้ค่าความต้านทานระหว่างรอยต่อลดลง กระแสไฟฟ้าจึงสามารถไหลผ่านโฟโต้ไดโอดได้ สภาพการนำไฟฟ้าของโฟโต้ไดโอดขึ้นอยู่กับความเข้มของแสง ถ้าความเข้มของแสงมาก จำนวนอิเล็กตรอนอิสระก็จะเพิ่มมากขึ้น กระแสไฟฟ้าก็จะไหลผ่านโฟโต้ไดโอดโดยมากขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 2.21 การทำงานของโฟโต้ไดโอด

LDR (Light Dependent Resistor)ตัว LDR ว่าที่จริงแล้วมีเรียกกันอีกหลายชื่อ เช่น โฟโต้คอนดักตีฟเซล (photocon - ductive cell) หรือ ตัวต้านทานไวแสง (LSR-light sensitive resistor) ส่วนใหญ่จะทำด้วยสารแคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) หรือไม่ก็แคดเมียมซีนิไนด์ (CdSe) ซึ่งทั้งสองตัวนี้ก็เป็นสารประเภทกึ่งตัวนำ เอามาฉาบลงบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรองแล้วต่อขาจากสารที่ฉาบไว้ออกมา



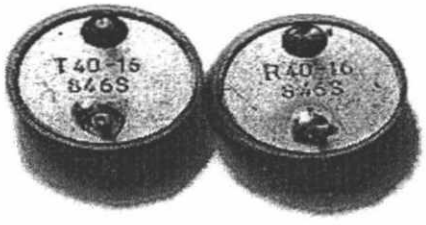
รูปที่ 2.22 โครงสร้างภายในของ LDR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปร่างของ LDR จะเห็นได้ในรูปด้านบน ส่วนที่ขดเป็นแนวเล็ก ๆ สีดำจะทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไวแสง และแนวสีดำ จะแบ่งพื้นที่ของตัวมันออกเป็น 2 ข้าง ซึ่งถ้าดูของจริงจะเห็นสีออกสีทองนั้นจะเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ทำหน้าที่สัมผัสกับตัวต้านทานไวแสง เป็นที่สำหรับต่อขาออกมาภายนอก หรือ เรียกว่าอิเล็กโทรด ที่เหลือก็จะเป็นฐานเซรามิก และ อุปกรณ์ สำหรับห่อหุ้มมัน ซึ่งมีได้หลายรูปแบบ ส่วนการทำงานของ LDR ก็ง่ายๆเพราะ ว่ามันเป็นสารกึ่งตัวนำ เวลามีแสงตกกระทบลงไปก็จะถ่ายทอดพลังงานให้กับสารที่ฉาบอยู่ ทำให้เกิดโฮลกับอิเล็กตรอนวิ่งไปมาเต็มไปหมด การที่มีโฮล กับอิเล็กตรอนอิสระนี้มากขึ้นก็ทำให้ความต้านทานลดลงยิ่งความเข้มของแสงที่ตกกระทบมากเท่าไร ความต้านทานก็ยิ่งลดลงมากเท่านั้น ส่วนแสงที่จะมาตกกระทบนั้นจะเป็นได้เฉพาะแสงในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 4,000 อังสตรอม (1 อังสตรอม เท่ากับ 10 - 10 เมตร) ถึงประมาณ 10,000 อังสตรอมเท่านั้น (สายตาคนจะเห็นได้ ในช่วงประมาณ 4,000 อังสตรอม ถึง 7,000 อังสตรอม) ซึ่งก็เป็นเพียงช่วงคลื่นแคบ ๆ เมื่อเทียบกับการทำงานของอุปกรณ์ไวแสงประเภทอื่น ๆอย่างไรก็ตามช่วงคลื่นในช่วงนี้ก็มีอยู่ในแสงอาทิตย์ แสงจากหลอดไฟแบบไส้ และแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ และความยาวคลื่นที่ LDR จะตอบสนองไวที่สุดก็มีอยู่หลายช่วงความยาวคลื่น ซึ่งโดยทั่วไป LDR ที่ทำจากแคดเมียมซัลไฟด์ จะไวต่อแสงที่มีความยาวคลื่นในช่วง 5,000 กว่า อังสตรอม ซึ่งจะเห็นเป็นสีเขียว ไปจนถึงสีเหลือง แต่สำหรับ LDR บางตัวความยาวคลื่นที่ไวที่สุดของมันใกล้เคียงกับความยาวคลื่นที่ไวที่สุดของตาคนมาก (ตาคนไวต่อความ ยาวคลื่นประมาณ 5,550 อังสตรอม) จึงมักจะใช้ทำเป็นเครื่องวัดแสง ในกล้องถ่ายรูป ถ้า LDR ทำจากแคดเมียมซีลิไนด์ก็จะไวต่อความยาวคลื่นในช่วง 7,000 กว่าอังสตรอม ซึ่งอยู่ในช่วงของแสงอินฟราเรด

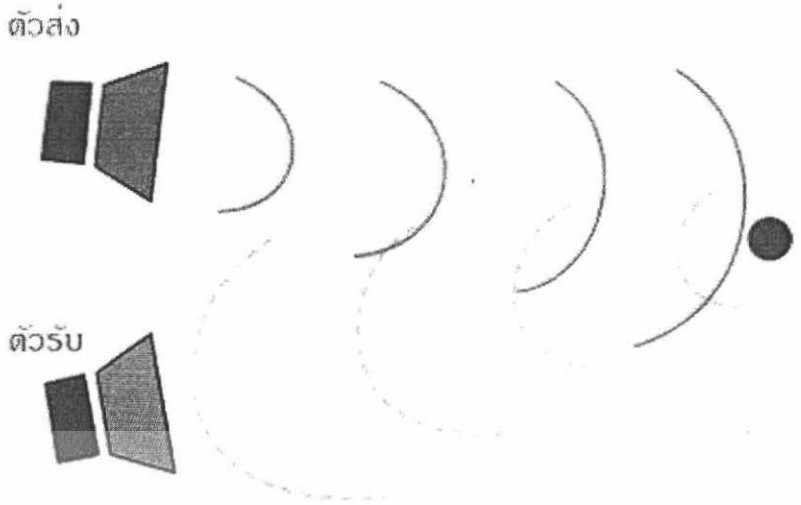
2.4.2 อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ (Ultrasonic Sensor)

จะเป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้สำหรับการหาระยะทางของวัตถุต่าง ๆ รอบตัวโดยถ้ามีการส่งสัญญาณที่มีความถี่ประมาณ 40 kHz ซึ่งเป็นความถี่ที่มนุษย์ไม่ได้ยินออกมา และเมื่อมันไปกระทบกับวัตถุมันก็จะสะท้อนกลับมาที่เครื่องรับแล้วจากนั้นก็ให้ Microcontroller คำนวณจากเวลาที่ส่งจนกลับมาก็จะรู้ระยะทางอย่างคร่าว ๆ ของวัตถุนั้น แต่การที่จะ Detect ได้ใกล้ไกลเท่าไรนั้นก็ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่ใช้ทำด้วย และอัลตราโซนิกแต่ละชนิดก็จะมีระยะที่ใช้ในการตรวจสอบไม่เท่ากันแล้วแต่ชนิด ซึ่งก็ต้องเลือกใช้ตามความเหมาะสม



รูปที่ 2.23 อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 แสดงการทำงานของอัลตราโซนิกเซ็นเซอร์

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และ วงจรรวม MAX 232

2.5.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ในตัวอุปกรณ์นำเสนอของทั้งภาครับและภาคส่ง ได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C2051 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 ซึ่งนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

1. เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่มีหน่วยความจำชั่วคราว (RAM) 8 บิต
2. มีหน่วยความจำแบบแฟลช (PEROM) สามารถเขียนแล้วลบได้ถึง 1000 ครั้ง ระยะเวลาการใช้งาน 10 ปี
3. มีสายสัญญาณสำหรับต่ออินพุท เอาต์พุทได้ 32 เส้น และเป็นแบบ 2 ทิศทาง
4. มีวงจรสำหรับการอินเตอร์รัปท์ (Interrupt) ไม่ต่ำกว่า 6 ชนิด
5. มีวงจรตั้งเวลา และ นับเวลา 16 บิต ประมาณ 2-3 ชุด

หน้าที่การทำงานขาต่าง ๆ ของ MCS-51

1. (ขา 40) คือ Vcc Supply Voltage
2. (ขา 20) คือ GND Ground
3. Port 0 (ขา 32-39)

ทั้งหมด 8 bit คือ (P0.7-P0.0)

การใช้งานมี 2 หน้าที่ คือ Address bus และ Data bus ติดต่อกับ External RAM

หน้าที่ที่เป็น Address bus คือ จะเป็น Address byte ต่ำ (A0-A7) ทำงานร่วมกับ IC Latch (74LS373) โดยทำให้ขา ALE ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นLogic 1 เมื่อทำการ Latch Address A0-A7 ไว้ที่ IC Latch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ที่เป็น Data bus คือ หลังจากที่ส่ง Address byte แล้วจะทำหน้าที่เป็น bus ข้อมูลต่อไป เนื่องจากโครงสร้างของ Port 0 ไม่มีการพูลอัพ ภายใน จึงต้องต่อตัวต้านทาน ไว้กับ Vcc เพื่อเป็นการพูลอัพ

4. Port 1 (ขา1-8)

ทั้งหมด 8 bit คือ (P0.7-P0.0) ภายในมีการพูลอัพอยู่แล้วจึงไม่ต้องต่อตัวต้านทานอีก ทำหน้าที่เป็น I/O Port

5. Port 2 (ขา22-29)

ทำ 2 หน้าที่ คือ Address byte สูง (A8-A15) และเป็น I/O Port ต่อใช้งานทั่วไป

6. Port 3 (ขา10-17)

ทั้งหมด 8 bit คือ (P3.7-P3.0) ทำ 2 หน้าที่ คือ รับส่งสัญญาณควบคุม และเป็น I/O Port ต่อใช้งานทั่วไป

7. (ขา 30) ALE

เป็นขาส่งสัญญาณที่ใช้ในการ Latch Address Byte ต่ำ ที่ส่งออกจาก Port 0 สัญญาณนี้จะทำงานทุก ๆ 2 ครั้งใน 1 Machine Cycle

8.(ขา 31) EA

ใช้เลือกหน่วยความจำภายนอก ดังนี้

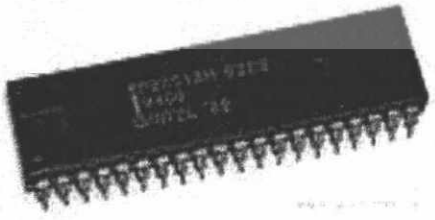
ถ้า Logic 0 จะหมายถึง จะอ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำภายนอก

ถ้า Logic 1 จะหมายถึง จะอ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำภายใน

9. (ขา 9) RST

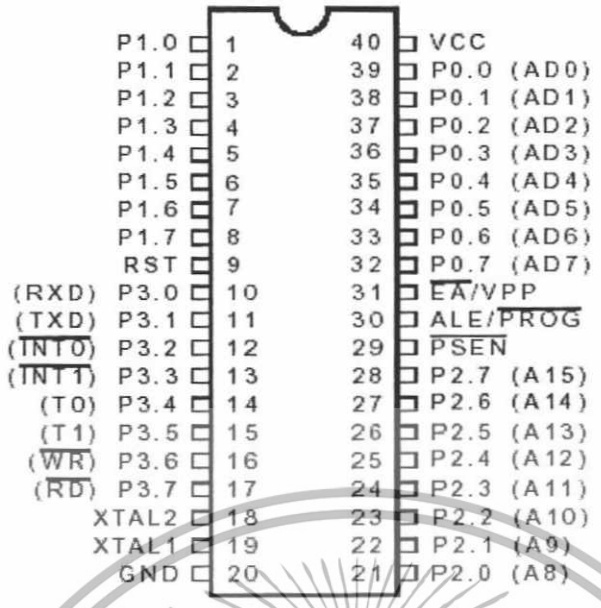
เป็นขาสำหรับ Reset การทำงานของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 ขานี้มักจะต่ออยู่กับ Switch เมื่อถูกกดก็จะทำการ Reset ทันที

10. (ขา 18 และ 19) XTAL1 และ XTAL2



รูปที่ 2.25 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C2051

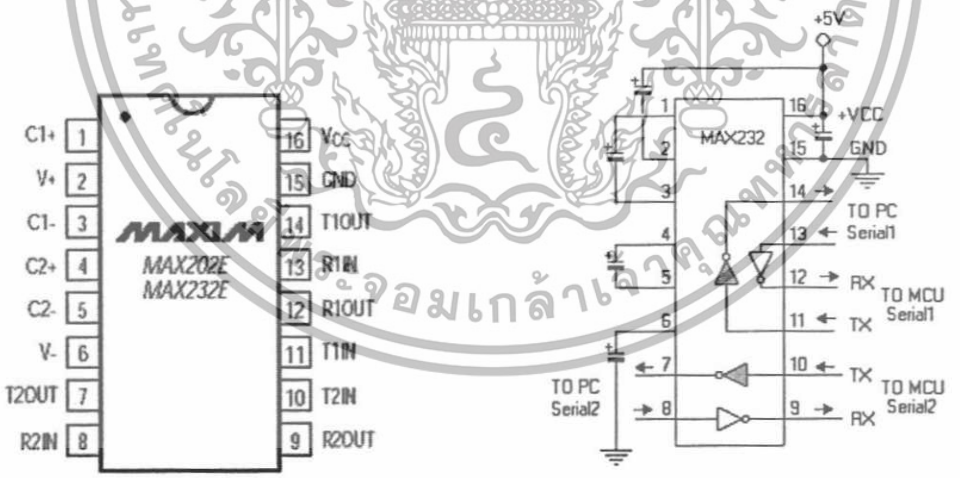
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 แสดงขาต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C2051

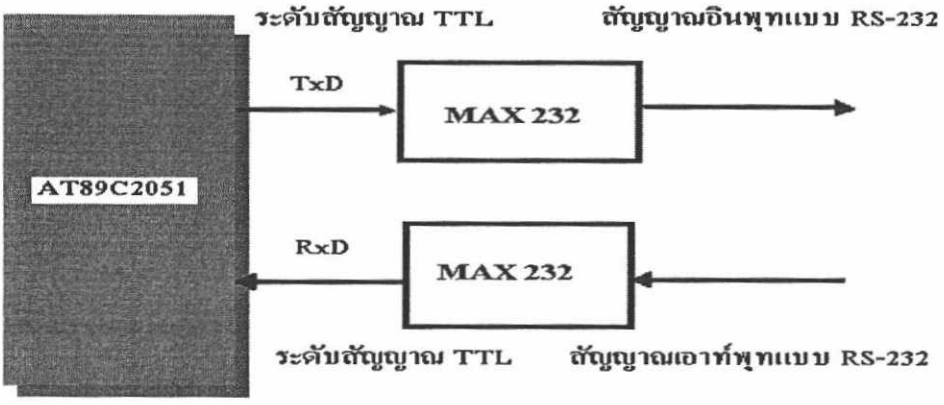
2.5.2 วงจรรวม MAX232

MAX232, ICL 232 เป็นวงจรรวมที่แปลงระดับสัญญาณของ RS-232 มาเป็นระดับ TTL และในทำนองเดียวกันก็แปลงระดับสัญญาณ TTL ไปเป็นระดับสัญญาณ RS- 232

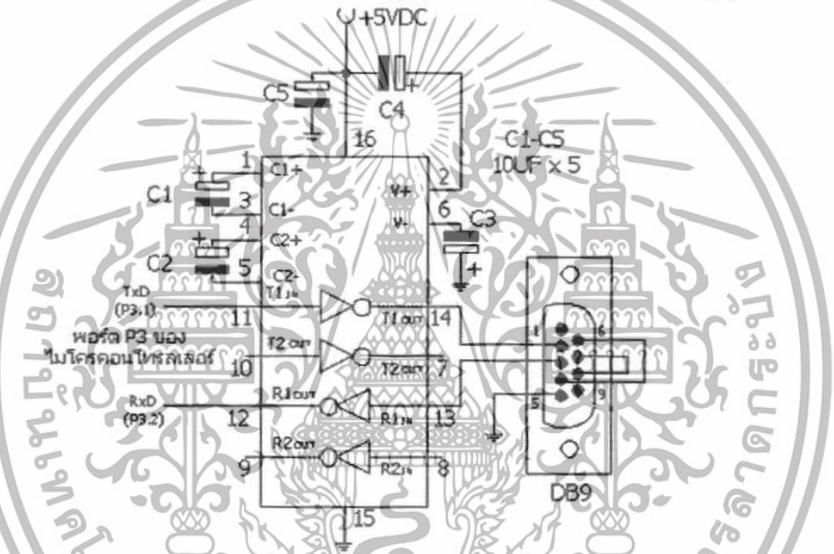


รูปที่ 2.27 แสดงตำแหน่งขาของไอซี MAX232 และ รูปวงจรภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 แผนภาพแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงสัญญาณระดับ TTL เป็น
สัญญาณระดับ RS-232 และ การเปลี่ยนแปลงจากสัญญาณระดับ RS-232 เป็นสัญญาณระดับ TTL



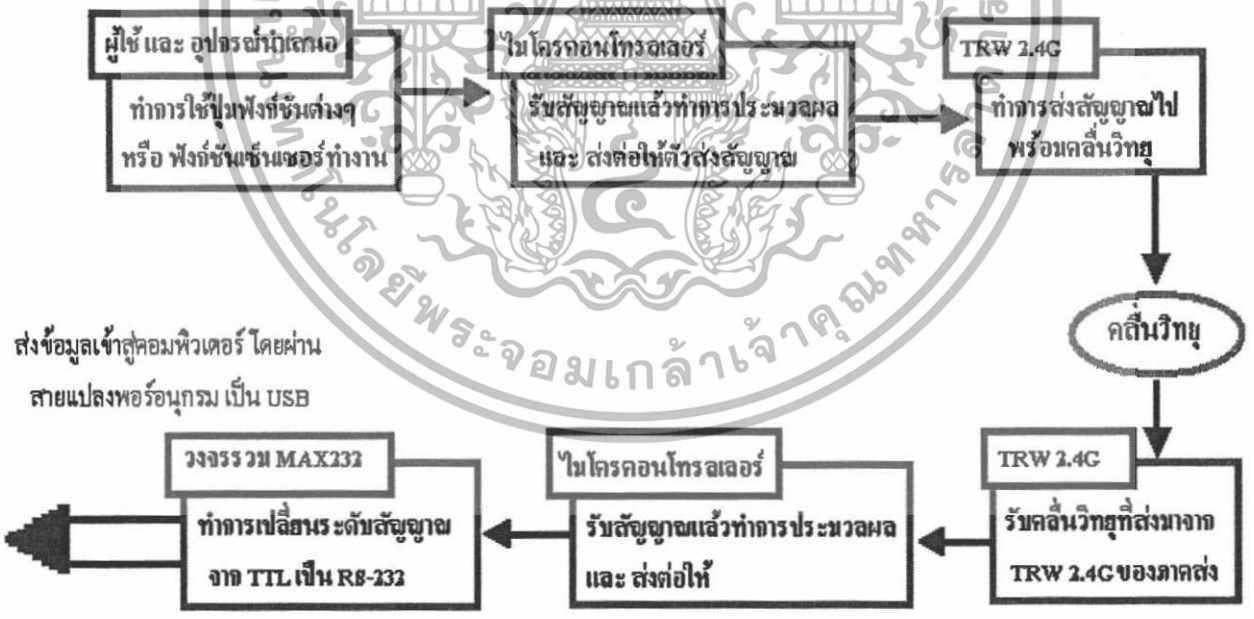
รูปที่ 2.29 แสดงตำแหน่งขาของ MAX232, L232 และ การต่อใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ และ โครงสร้าง

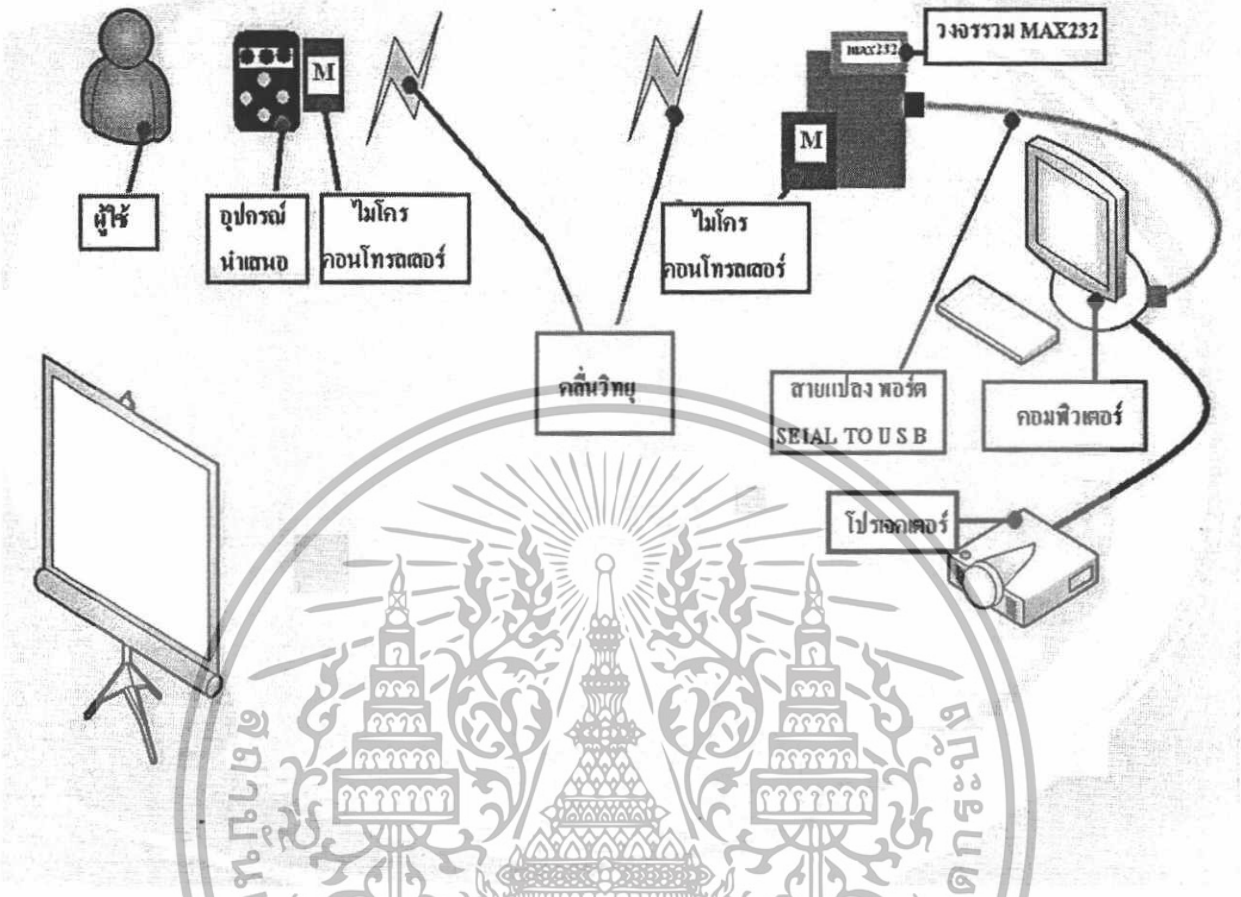
3.1 หลักการออกแบบอุปกรณ์นำเสนอแบบหลายฟังก์ชัน

การรับข้อมูลของอุปกรณ์นำเสนอแบบหลายฟังก์ชัน จะเริ่มขึ้นเมื่อผู้ทำการนำเสนอกดปุ่มฟังก์ชันต่าง ๆ ที่มีอยู่บนตัวอุปกรณ์นำเสนอ หรือ การนำนิ้วมือไปอังบริเวณเซ็นเซอร์ ข้อมูลจะถูกส่งไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการประมวลผลแล้วส่งต่อให้ โมดุล TRW 2.4G ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวส่งคลื่นวิทยุซึ่งเป็นคลื่นพาหะ จากนั้นคลื่นวิทยุจะเดินทางผ่านอากาศไปสู่ โมดุล TRW 2.4G ของภาครับ จากนั้นข้อมูลจะถูกนำไปเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ของภาครับเพื่อทำการประมวลผล และส่งต่อไปยังวงจรรวม MAX 232 เพื่อแปลงระดับสัญญาณจาก TTL ให้เป็นระดับ RS-232 เพื่อส่งข้อมูลเข้าพอร์ตอนุกรมในขาออก จากนั้นข้อมูลจะถูกส่งผ่าน สายแปลงพอร์ตอนุกรมเป็นยู เอส บี (Serial to USB) เข้าสู่คอมพิวเตอร์เพื่อทำการแสดงผลทางหน้าจอ ถ้าเป็นการนำเสนอผ่านโปรเจคเตอร์ ภาพที่ปรากฏบนหน้าจอคอมพิวเตอร์จะถูกฉายไปยังฉาก



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์นำเสนอ ไปยัง คอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงอุปกรณ์ และ เครื่องมือที่เกี่ยวข้องในการนำเสนอ โดยใช้อุปกรณ์นำเสนอแบบหลายฟังก์ชัน

โดยอุปกรณ์ และ เครื่องมือ ที่เห็นในรูปที่ 3.1 มีดังนี้

1. ตัวผู้ใช้
2. ตัวอุปกรณ์นำเสนอซึ่งจะประกอบด้วย
    - 2.1 ตัวเซ็นเซอร์สำหรับควบคุมทิศทางลูกศรเม้าส์
    - 2.2 ปุ่มคลิกซ้ายของเม้าส์
    - 2.3 ปุ่มกดเลื่อนสไลด์
    - 2.4 ปุ่มกดสลับหน้าต่างการทำงาน
    - 2.5 ปุ่มกดเลเซอร์พอยน์เตอร์
3. ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล
4. คลื่นวิทยุทำหน้าที่เป็นช่องทางในการส่งข้อมูล ซึ่งรับ-ส่งข้อมูลผ่านโมดุล TRW-2.4G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ไอซี MAX 232A โดยจะวางอยู่บน บอร์ดควบคุมการทำงานซึ่งมีพอร์ตขาออก เป็นพอร์ตอนุกรม

6. ตัวแปลงพอร์ตอนุกรมเป็น ยู เอส บี (SERIAL to U S B)

7. คอมพิวเตอร์ ทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้รับมาแล้วแสดงผลออกทางจอแสดงผล ของคอมพิวเตอร์ จากนั้นส่งข้อมูลที่แสดงทางจอแสดงผลทั้งหมดไปยังเครื่องฉายโปรเจคเตอร์

8. โปรเจคเตอร์ทำการแสดงหน้าจอของคอมพิวเตอร์ลงบนฉาก

3.2 การออกแบบโครงสร้างภายนอก

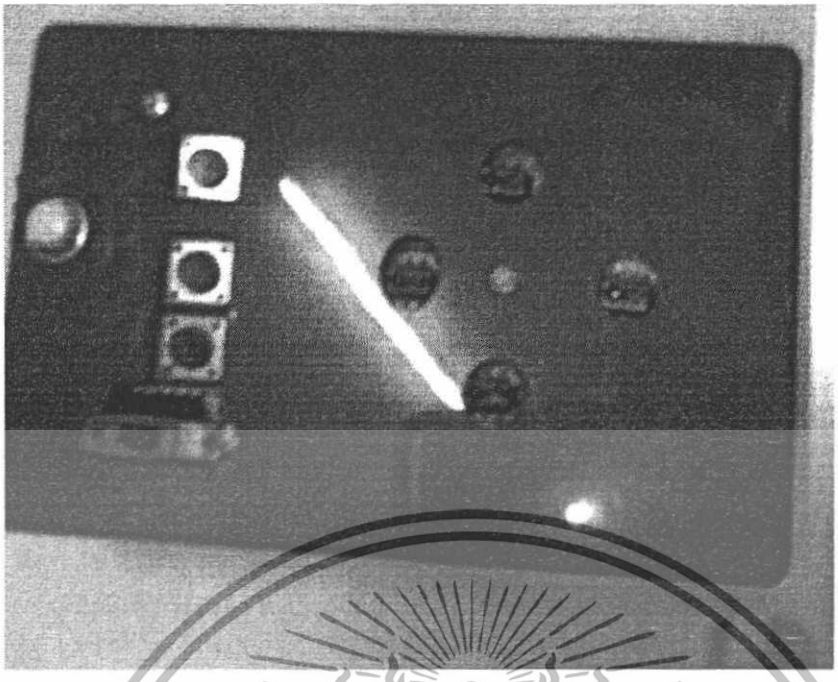
ฟังก์ชันทั่วไปที่ต้องใช้ปุ่มกด จะใช้สวิชต์กดติด-ปล่อยดับในการควบคุม ได้แก่

1. ฟังก์ชันการเลื่อนสไลด์
2. ฟังก์ชันคลิกซ้ายของเม้าส์
3. ฟังก์ชันสับเปลี่ยนหน้าต่างการทำงาน
4. ฟังก์ชันเลเซอร์พอยน์เตอร์

นอกจากสวิตช์กดติด-ปล่อยดับแล้ว ยังมีสวิตช์แบบ 3 ขา ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเปิด-ปิดอุปกรณ์ และในส่วนของฟังก์ชันการควบคุมลูกศรเม้าส์นั้น จะใช้ตัวเซ็นเซอร์ 4 ตัวเป็นตัวควบคุมทิศทางโดยจะวางเป็นลักษณะของสี่เหลี่ยมดังที่แสดงไว้ในรูป 3.2

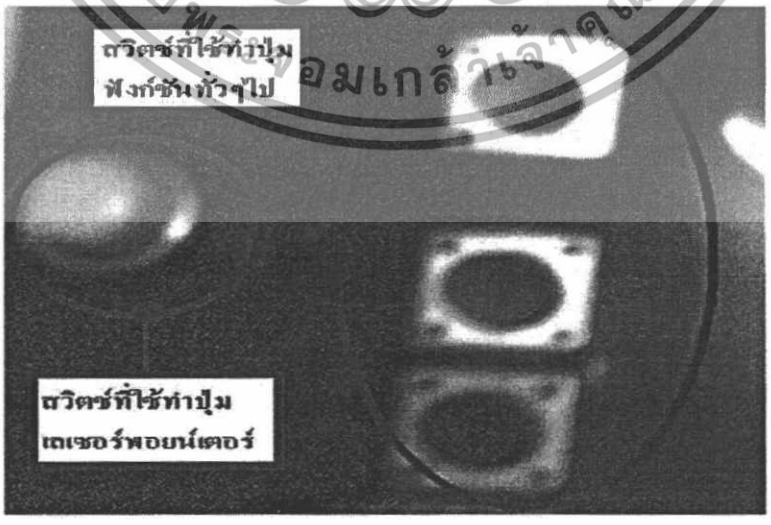
รูปที่ 3.2 ลักษณะภายนอกของตัวอุปกรณ์ตามที่ได้ออกแบบไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ลักษณะภายนอกของอุปกรณ์เมื่อสร้างขึ้นจริง

เนื่องจากฟังก์ชันสับเปลี่ยนหน้าต่างการทำงาน ฟังก์ชันคลิกซ้ายของเม้าส์ และฟังก์ชันการเลื่อนสไลด์ เป็นฟังก์ชันที่แสดงผลการทำงานบนหน้าจอคอมพิวเตอร์เหมือนกัน จึงออกแบบมาให้ใช้สวิตช์กดติด-ปล่อยดับแบบธรรมดาซึ่งมีลักษณะคล้ายกัน ส่วนฟังก์ชันเลเซอร์พอยน์เตอร์นั้นได้ออกแบบให้ใช้ปุ่มที่ต่างออกไป โดยใช้แบบที่มีอายุการใช้งานที่นานกว่าแบบแรก เนื่องจากการกดใช้เลเซอร์พอยน์เตอร์นั้นจำเป็นต้องกดค้าง ซึ่งความแตกต่างของสวิตช์ทั้งสองแบบแสดงไว้ให้เห็นในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.4 ลักษณะของสวิตช์กดติด-ปล่อยดับทั้งสองแบบที่นำมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบด้านเซ็นเซอร์ของอุปกรณ์นำเสนอ

การเลือกใช้เซ็นเซอร์ ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้ อินฟราเรดเซ็นเซอร์ในการทำการควบคุมทิศทางการเลื่อนลูกศรของเม้าส์โดยพิจารณาจากข้อดี ข้อเสียของเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ดังนี้

3.3.1 ข้อดีข้อเสียของอินฟราเรดเซ็นเซอร์

ข้อดีของอินฟราเรดเซ็นเซอร์

1. มีน้ำหนักเบา ติดตั้งง่าย
2. มีการติดต่อใช้งานที่ง่ายไม่ยุ่งยากซับซ้อน
3. มีราคาถูก
4. เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย
5. สามารถนำไปประยุกต์ใช้หาความเอียงของระนาบพื้นได้

ข้อเสียของอินฟราเรดเซ็นเซอร์

1. สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้น้อยกว่าอัลตร้าโซนิกเซ็นเซอร์
2. อาจมีปัญหาเรื่องการสะท้อนกลับจากพื้นผิวที่มีการสะท้อนต่างกัน

3.3.2 ข้อดีข้อเสียของอัลตร้าโซนิกเซ็นเซอร์

ข้อดีของอัลตร้าโซนิกเซ็นเซอร์

1. สามารถใช้ในระยะที่ไกลกว่าและสามารถทำการเซ็นเซอร์ได้สูงกว่า
2. สามารถบอกระยะห่าง ลักษณะพื้นผิว รวมถึงความเอียงของระนาบพื้นที่คลื่นส่งไปกระทบได้

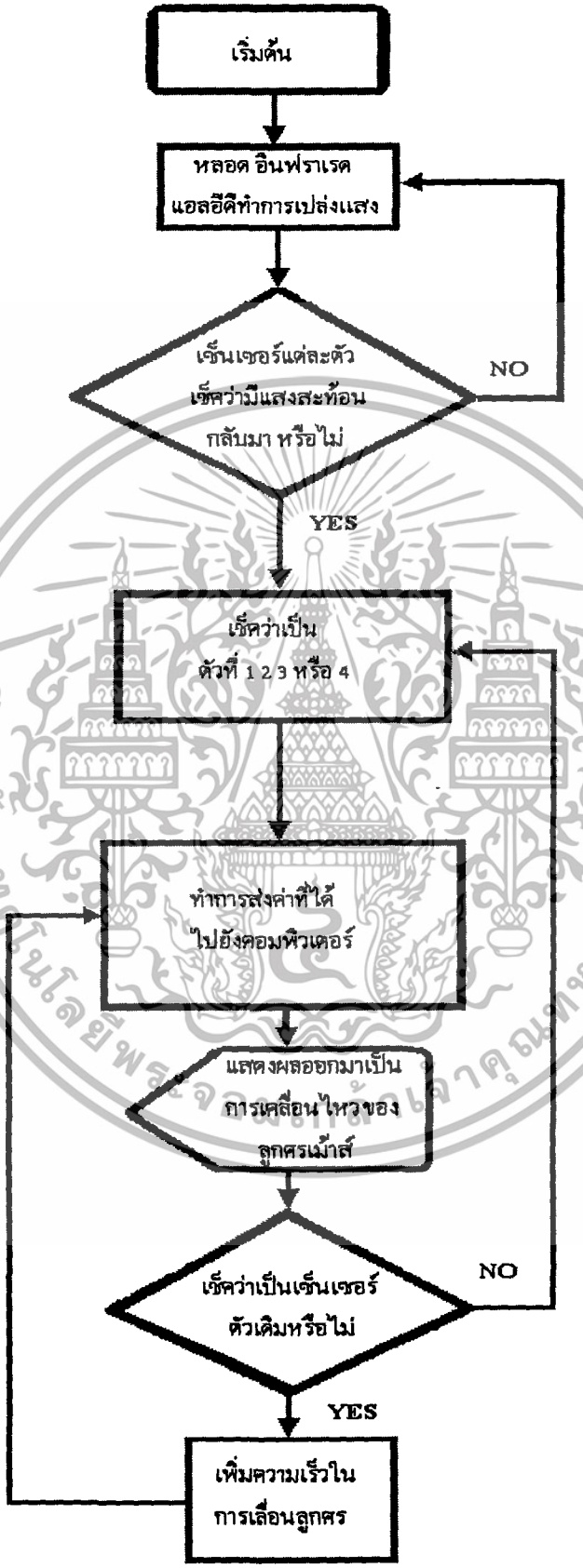
ข้อเสียของอัลตร้าโซนิกเซ็นเซอร์

1. มีราคาสูง
2. มีการต่อใช้งานที่ซับซ้อนกว่า

นอกจากนี้ยังมี ไจโรสโคป ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นตัวเซ็นเซอร์ได้ แต่เนื่องจากมีราคาสูง การทำงานที่ซับซ้อนเกินไป และขนาดที่ค่อนข้างใหญ่ จึงไม่ค่อยเหมาะที่จะนำมาติดตั้งในตัวอุปกรณ์นำเสนอ

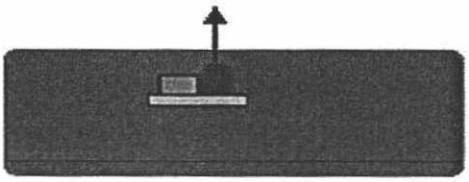
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 ขั้นตอนการทำงานของอินฟราเรดเซ็นเซอร์

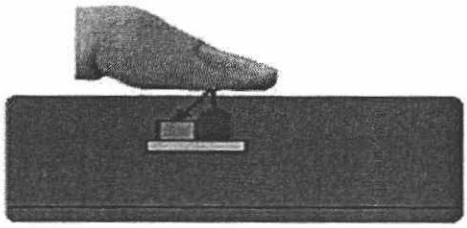


รูปที่ 3.5 ผังแสดงการทำงานของอินฟราเรดเซ็นเซอร์ที่นำมาใช้ในอุปกรณ์นำเสนอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 เซ็นเซอร์ในสภาวะปกติ



รูปที่ 3.7 เซ็นเซอร์ในสภาวะทำงาน

เซ็นเซอร์จะทำงานเมื่อมีวัตถุมาเป็นตัวสะท้อนแสง หรือ เมื่อนำนิ้วมือไปอังบริเวณเซ็นเซอร์

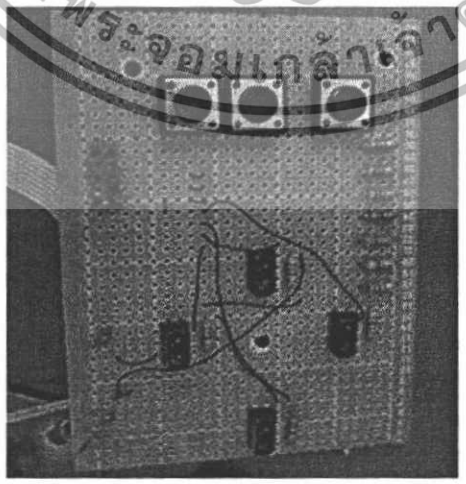
3.4 การออกแบบวงจรสำหรับอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับข้อมูลจากผู้ใช้

อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการรับข้อมูลได้แก่

1. ปุ่มกดฟังก์ชันการเลื่อนสไลด์
2. ปุ่มกดฟังก์ชันคลิกซ้ายของเม้าส์
3. ปุ่มกดฟังก์ชันสับเปลี่ยนหน้าต่างการทำงาน
4. ปุ่มกดฟังก์ชันเลเซอร์พอยน์เตอร์
5. เซ็นเซอร์ควบคุมการเคลื่อนที่ของลูกศรเม้าส์

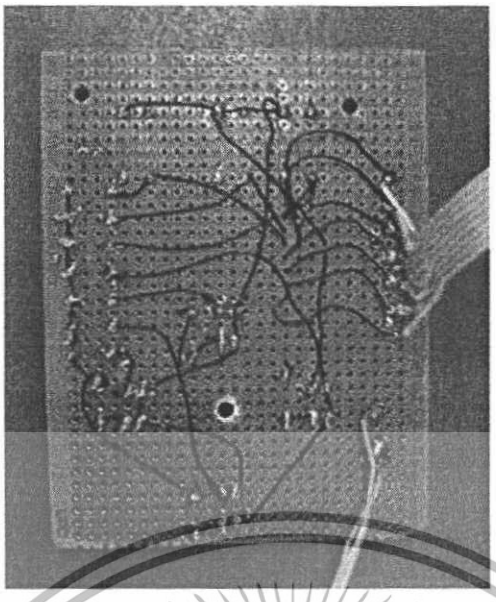
อุปกรณ์ดังกล่าวข้างต้น บางอย่าง ได้ถูกจัดวางลงบนแผงวงจรเอนกประสงค์ (บอร์ดไข่ปลา) และบางอย่าง ได้นำไปติดตั้งกับ ตัวกล่องอุปกรณ์

ซึ่งปุ่มที่ติดตั้งบนแผงวงจรเอนกประสงค์ได้แก่ ปุ่มกดฟังก์ชันการเลื่อนสไลด์ ปุ่มกดฟังก์ชันคลิกซ้ายของเม้าส์ ปุ่มกดฟังก์ชันสับเปลี่ยนหน้าต่างการทำงาน และเซ็นเซอร์ควบคุมการเคลื่อนที่ของลูกศรเม้าส์



รูปที่ 3.8 แสดงอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนแผงวงจรเอนกประสงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แสดงการต่อสายไฟของอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนแผงวงจรเอนกประสงค์

ส่วนปุ่มที่นำมาติดตั้งกับตัวอุปกรณ์ได้แก่ ปุ่มกดฟังก์ชันเลเซอร์พอยน์เตอร์ นอกจากนี้ยังได้ติดตั้ง สวิตช์เปิด-ปิด ที่ตัวกล่องอุปกรณ์ไว้ด้วย

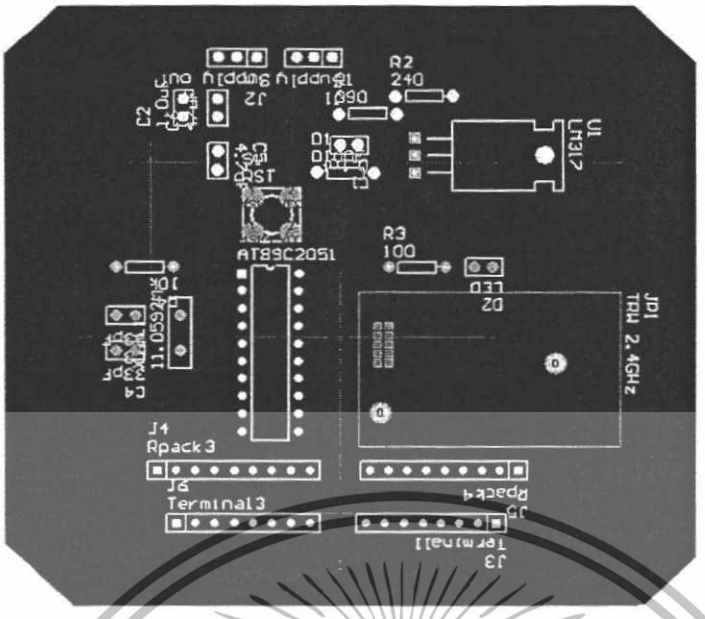
3.5 การออกแบบวงจรสำหรับภาคส่ง

ภาคส่งสัญญาณจะมีอุปกรณ์ ที่ติดตั้งเข้าไปได้แก่

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์
2. Oscillator (ตัวสร้างคลื่นความถี่)
3. โมดุล TRW 2.4G
4. ตัวต้านทานแบบเป็นแผง (R Pack)
5. ตัวเก็บประจุ
6. สวิตช์กดติด-ปล่อยดับสำหรับทำการรีเซ็ทอุปกรณ์
7. Terminal สำหรับ รับข้อมูลจากปุ่มฟังก์ชันต่าง ๆ และ เซ็นเซอร์
8. Connector สำหรับ รับไฟเลี้ยงแผงวงจร
9. หลอด LED แสดงสถานะการทำงาน

โดยแผงวงจรนี้จะรับไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอร์รี่ 3 โวลต์

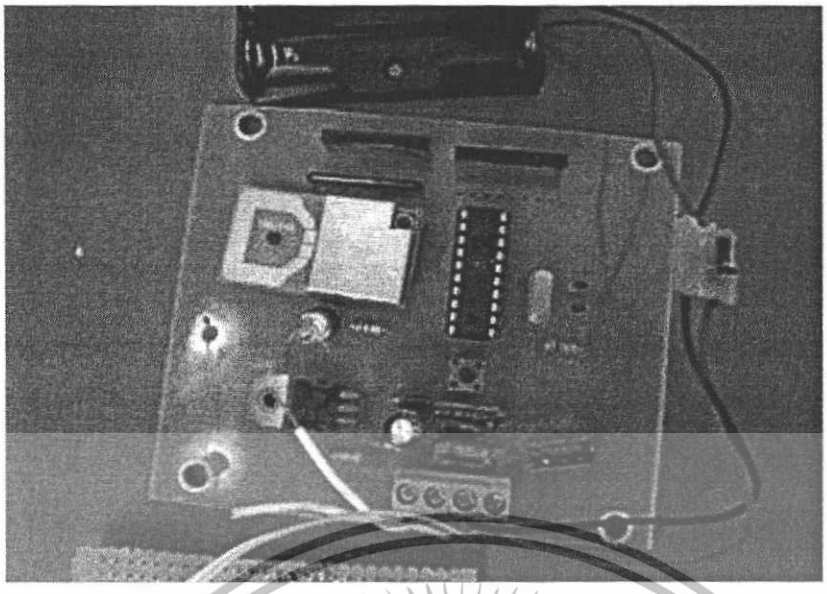
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แสดงการออกแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์บนแผงวงจร (แผ่นปริ้นต์) ของภาคส่ง

รูปที่ 3.11 แผงลายวงจร (แผ่นปริ้นต์) ของภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 แสดงการวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ลงบนแผงลายวงจร (แผ่นปริ้นต์) ของภาคส่ง

3.6 การออกแบบวงจรสำหรับภาครับ

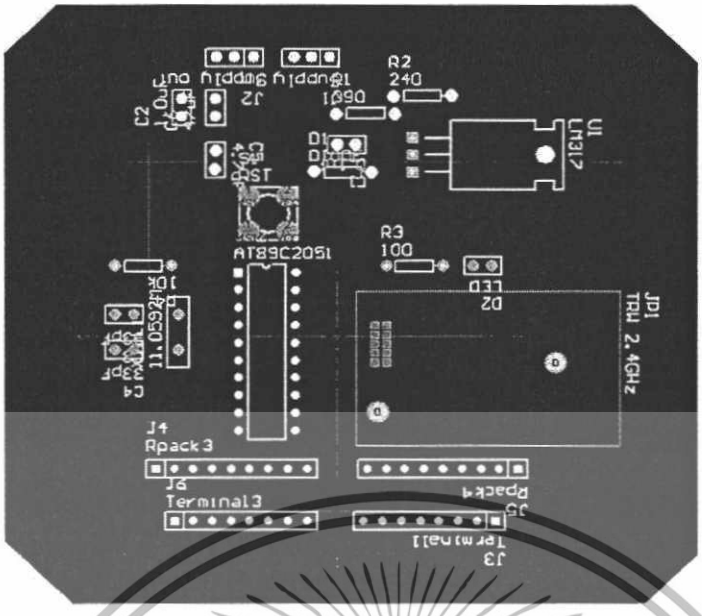
เนื่องจากโมดูลที่ใช้ในการรับ-ส่งนั้นเป็นตัวเดียวกัน กล่าว คือเป็น Transceiver ซึ่งสามารถใช้งานได้ทั้งการรับและการส่ง จึงทำให้แผงลายวงจรมีลักษณะเป็นแบบเดียวกัน

โดยมีอุปกรณ์ที่ติดตั้งลงบนแผงลายวงจรดังนี้

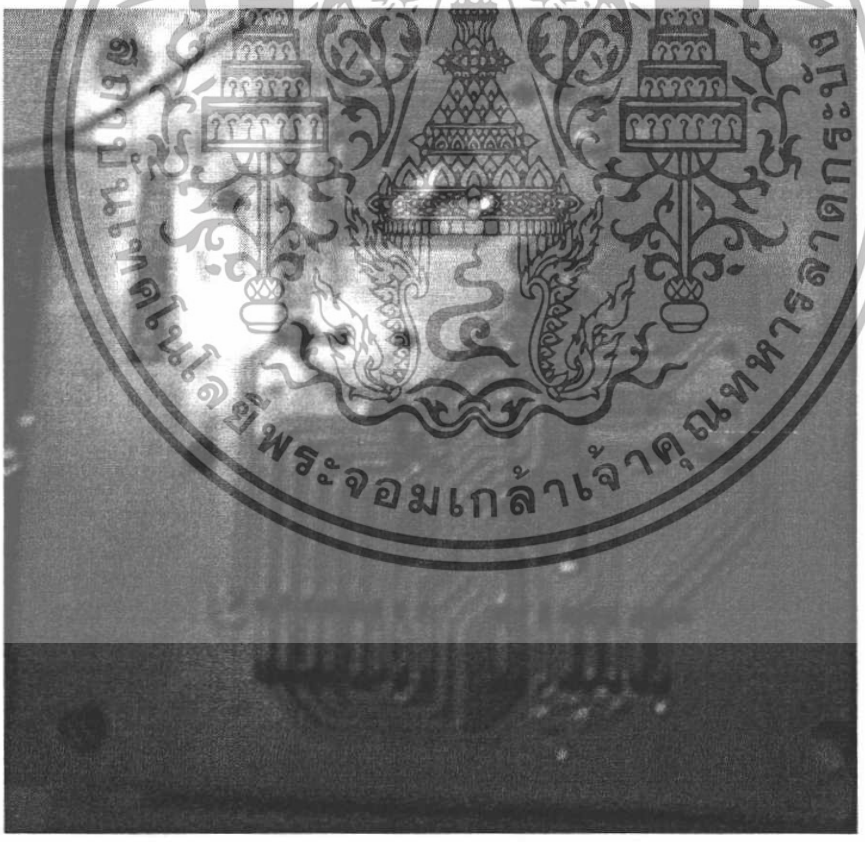
1. ไมโครคอนโทรลเลอร์
2. Oscillator (ตัวสร้างคลื่นความถี่)
3. โมดูล TRW 2.4G สำหรับรับสัญญาณคลื่นวิทยุ
4. ตัวต้านทานแบบเป็นแผง (R Pack)
5. ตัวเก็บประจุ
6. สวิตช์กดติด-ปล่อยดับสำหรับทำการรีเซ็ทอุปกรณ์
7. Terminal สำหรับ รับข้อมูลจากปุ่มฟังก์ชันต่าง ๆ และ เซ็นเซอร์
8. Connector สำหรับ รับไฟเลี้ยงแผงวงจร
9. หลอด LED แสดงสถานะการทำงาน

โดยแผงวงจรนี้จะรับไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอร์รี่ 3 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

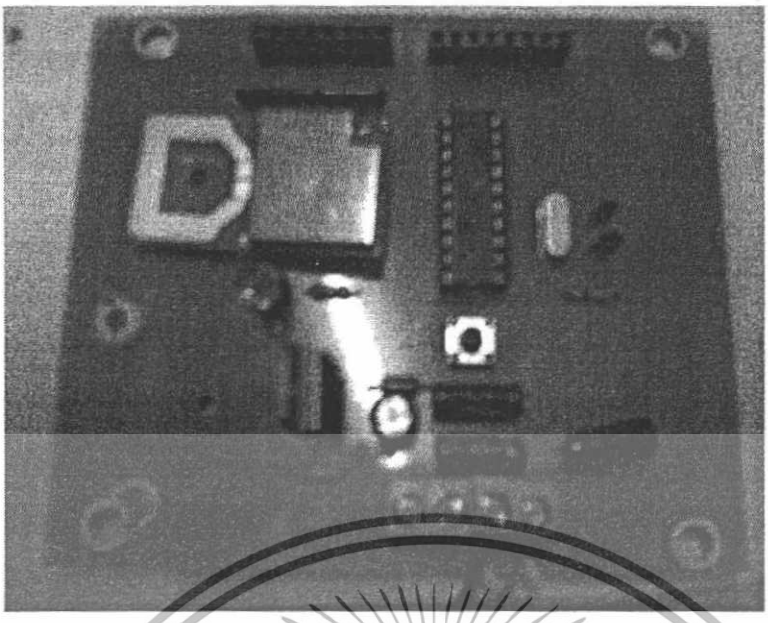


รูปที่ 3.13 แสดงการออกแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์บนแผงวงจร (แผ่นปริ้นต์) ของภาครับ



รูปที่ 3.14 แผงลายวงจร(แผ่นปริ้นต์)ของภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 แสดงการวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ลงบนแผงลายวงจร (แผ่นปริ้นต์) ของภาครับ

3.7 การติดต่อระหว่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์ กับ คอมพิวเตอร์

3.4.1 ส่วนของ พอร์ตที่ใช้เชื่อมต่อ

เนื่องจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์ ใช้ RS-232 (Serial Port) ในการเชื่อมต่อ แต่ว่าในปัจจุบัน คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล หรือ คอมพิวเตอร์ Notebook ส่วนใหญ่จะไม่มี พอร์ตอนุกรมอยู่ ดังนั้นจึงต้องใช้ สายแปลงพอร์ต USB to Serial ช่วยในการติดต่อ โดยทางด้านคอมพิวเตอร์ใช้เพียง พอร์ต USB เท่านั้น

รูปที่ 3.16 สายแปลงพอร์ตอนุกรมเป็น ยู เอส บี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 ส่วนของ โปรแกรมที่ใช้สั่งการ

จะใช้ โปรแกรม Visual Basic รับข้อมูลจากพอร์ต ยู เอส บี และ สั่งการทำงานไปที่ระบบปฏิบัติการWindows โดยมี Source Code ดังนี้

```
Private Declare Sub Sleep Lib "kernel32" (ByVal dwMilliseconds As Long)
Private Declare Sub keybd_event Lib "user32" (ByVal bVk As Byte, ByVal bScan As Byte,
ByVal dwFlags As Long, ByVal dwExtraInfo As Long)
Private Declare Function GetVersion Lib "kernel32" () As Long
Private Declare Function VkKeyScan Lib "user32" Alias "VkKeyScanA" (ByVal cChar As Byte)
As Integer
Private Declare Function VkKeyScanW Lib "user32" (ByVal cChar As Integer) As Integer
Private Declare Sub CopyMemory Lib "kernel32" Alias "RtlMoveMemory" (lpvDest As Any,
lpvSource As Any, ByVal cbCopy As Long)
Private Declare Function SendInput Lib "user32.dll" (ByVal nInputs As Long, pInputs As
GENERALINPUT, ByVal cbSize As Long) As Long
Private Declare Function SetCursorPos Lib "user32" (ByVal X As Long, ByVal Y As Long) As
Long
Private Declare Function GetCursorPos Lib "user32" (lpPoint As POINTAPI) As Long

Private Const KEYEVENTF_EXTENDEDKEY = &H1
Private Const INPUT_MOUSE = 0

Private Const KEYEVENTF_KEYUP = &H2
Private Const MOUSEEVENTF_LEFTDOWN = &H2
Private Const MOUSEEVENTF_LEFTUP = &H4
Private Const MOUSEEVENTF_RIGHTDOWN = &H8
Private Const MOUSEEVENTF_RIGHTUP = &H10

Private Type POINTAPI
  X As Long
  Y As Long
End Type
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ผ่านมาเป็นการเรียกใช้ Function และคำสั่งใน Library อื่น ๆ ที่โปรแกรม VB ไม่ได้เรียกใช้มาตั้งแต่แรก รวมถึงการประกาศ ค่า Constant ตัวแปรและชนิดข้อมูลที่จำเป็น

```
Private Type MOUSEINPUT
   dx As Long
   dy As Long
   mouseData As Long
   dwFlags As Long
   time As Long
   dwExtraInfo As Long
End Type

Private Type GENERALINPUT
   dwType As Long
   xi(0 To 23) As Byte
End Type

Public Sub KeyDown(ByVal vKey As KeyCodeConstants)
   keybd_event vKey, 0, KEYEVENTF_EXTENDEDKEY, 0
End Sub

Public Sub KeyUp(ByVal vKey As KeyCodeConstants)
   keybd_event vKey, 0, KEYEVENTF_EXTENDEDKEY Or KEYEVENTF_KEYUP, 0
End Sub

Private Sub LeftDown()
   Dim GInput(0 To 0) As GENERALINPUT
   Dim KInput As MOUSEINPUT
   KInput.dwFlags = MOUSEEVENTF_LEFTDOWN
   GInput(0).dwType = INPUT_MOUSE
   CopyMemory GInput(0).xi(0), KInput, Len(KInput)
   Call SendInput(1, GInput(0), Len(GInput(0)))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Private Sub LeftUp()
   Dim GInput(0 To 0) As GENERALINPUT
   Dim KInput As MOUSEINPUT
   KInput.dwFlags = MOUSEEVENTF_LEFTUP
   GInput(0).dwType = INPUT_MOUSE
   CopyMemory GInput(0).xi(0), KInput, Len(KInput)
   Call SendInput(1, GInput(0), Len(GInput(0)))
End Sub

Private Sub RightDown()
   Dim GInput(0 To 0) As GENERALINPUT
   Dim KInput As MOUSEINPUT
   KInput.dwFlags = MOUSEEVENTF_RIGHTDOWN
   GInput(0).dwType = INPUT_MOUSE
   CopyMemory GInput(0).xi(0), KInput, Len(KInput)
   Call SendInput(1, GInput(0), Len(GInput(0)))
End Sub

Private Sub RightUp()
   Dim GInput(0 To 0) As GENERALINPUT
   Dim KInput As MOUSEINPUT
   KInput.dwFlags = MOUSEEVENTF_RIGHTUP
   GInput(0).dwType = INPUT_MOUSE
   CopyMemory GInput(0).xi(0), KInput, Len(KInput)
   Call SendInput(1, GInput(0), Len(GInput(0)))
End Sub

Public Function KeyCode(ByVal sChar As String) As KeyCodeConstants
Dim bNt As Boolean
Dim iKeyCode As Integer
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Dim b() As Byte
Dim iKey As Integer
Dim vKey As KeyCodeConstants
Dim iShift As ShiftConstants

   'Determine if we have Unicode support or not:
   bNt = ((GetVersion() And &H80000000) = 0)

   'Get the keyboard scan code for the character:
   If (bNt) Then
      b = sChar
      CopyMemory iKey, b(0), 2
      iKeyCode = VkKeyScanW(iKey)
   Else
      b = StrConv(sChar, vbFromUnicode)
      iKeyCode = VkKeyScan(b(0))
   End If
   KeyCode = (iKeyCode And &HFF&)

End Function
```

ส่วนบนที่ผ่านมานั้นทำหน้าที่จำลองการทำงานของเม้าส์และคีย์บอร์ดต่าง ๆ

```
Private Sub Form_Load()
msReceiver.CommPort = 3
```

คำสั่งนี้ใช้ในการกำหนดหมายเลขของ Port อนุกรมที่เราต้องการติดต่อ

```
msReceiver.Settings = "9600,n,8,1"
```

คำสั่งนี้ใช้ในการกำหนดอัตราบอด(Baud Rate) หรือความเร็วในการส่งข้อมูล มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที, พาริตี้, จำนวนบิตข้อมูล, จำนวนบิตปิดท้าย

```
msReceiver.PortOpen = True
```

คำสั่งนี้ใช้สำหรับเปิดและปิดการใช้ Port อนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Timer1.Interval = 100
```
คำสั่งนี้ใช้ในการตั้งเวลาในการวนค่าอ่านบัฟเฟอร์ในแต่ละรอบ

```
Timer1.Enabled = True
```
คำสั่งนี้ใช้สำหรับเปิดการทำงานของการตั้งเวลา

```
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
On Error Resume Next
  Dim ABC As String
  Dim pos As POINTAPI
  ABC = 0
  ABC = msReceiver.Input
```
คำสั่งนี้เป็นการกำหนดของข้อมูลที่อ่านจากบัฟเฟอร์ภาครับ

```
  If ABC = "F" Then
    KeyDown vbKeyUp
    KeyUp vbKeyUp
  End If


  If ABC = "E" Then
    KeyDown vbKeyMenu
    KeyDown vbKeyTab
    KeyUp vbKeyTab
    KeyUp vbKeyMenu
  End If

  If ABC = "D" Then
    LeftDown
    LeftUp
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  End If

If ABC = "H" Then
    GetCursorPos pos
    SetCursorPos pos.X, pos.Y - 5
  End If

  If ABC = "G" Then
    GetCursorPos pos
    SetCursorPos pos.X - 5, pos.Y
  End If
  If ABC = "I" Then
    GetCursorPos pos
    SetCursorPos pos.X + 5, pos.Y
  End If

  If ABC = "J" Then
    GetCursorPos pos
    SetCursorPos pos.X, pos.Y + 5
  End If

End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

4.1.1 อุปกรณ์ด้านฮาร์ดแวร์

1. ชุดเซ็นเซอร์ ประกอบไปด้วย หลอดไฟ IR LED และ Photodiode
2. ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
3. IC MAX 232A
4. Laser Pointer
5. Switch แบบกดติดปล่อยดับ
6. Oscillator
7. บอร์ดควบคุมการทำงานที่มีขาออกเป็นพอร์ตอนุกรม

4.1.2 อุปกรณ์ด้านซอร์ฟแวร์

1. คอมพิวเตอร์ Pentium 4, 1.7 GHz, RAM 1024Mbit
2. โปรมแกรม ภาษา C
3. โปรแกรม Visual Basic 6.0

4.2 การทดลองติดต่อระหว่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์ กับ คอมพิวเตอร์ โดยใช้ Hyper terminal ผ่านทางพอร์ตอนุกรม

ทำการเบิร์นโปรแกรมภาษา C ลงไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วทำการทดสอบโดยกดปุ่มฟังชั่นต่างๆเช่น การเลื่อนสไลด์ขึ้นหน้า กลับหลัง การสลับหน้าต่าง และ การเลื่อนตัวชี้ของเม้าส์

ตารางที่ 4.1 การทดลองติดต่อระหว่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์ กับ คอมพิวเตอร์ โดยใช้ Hyper terminal ผ่านทางพอร์ตอนุกรม

การทำงาน	ผลจาก Hyper Terminal	ผลจากโปรแกรม Visual Basic
กดปุ่มที่ 1	Button1	เลื่อนขึ้น/เปลี่ยนหน้าslide ย้อนกลับ
กดปุ่มที่ 2	Button2	เริ่มการทำงาน
กดปุ่มที่ 3	Button3	เลื่อนขึ้น/เปลี่ยนหน้าslide ไปหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองในการกดปุ่มฟังก์ชันต่างๆบนตัวอุปกรณ์นำเสนอ

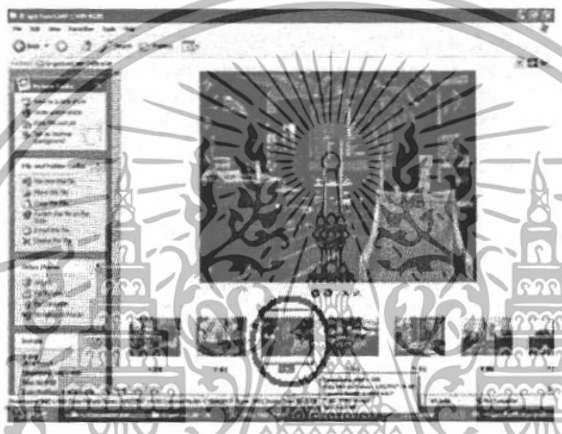
ตารางที่ 4.2 การทดลองในการกดปุ่มฟังก์ชันต่างๆบนตัวอุปกรณ์นำเสนอ

การทำงาน	ผลจาก Hyper Terminal	ผลจากโปรแกรม Visual Basic
กดปุ่มที่ 1	E	เลื่อนสไลด์
กดปุ่มที่ 2	F	สลับหน้าจอ
กดปุ่มที่ 3	D	คลิกเม้าส์
Sensor ที่ 1	G	เลื่อนเม้าส์ขึ้น
Sensor ที่ 2	H	เลื่อนเม้าส์ซ้าย
Sensor ที่ 3	J	เลื่อนเม้าส์ขวา
Sensor ที่ 4	I	เลื่อนเม้าส์ลง

รูปที่ 4.1 แสดงปุ่มต่าง ๆ ตามตารางผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

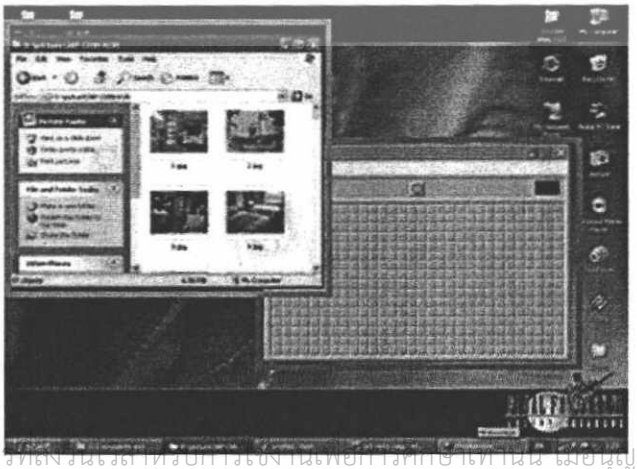
ก. ข.



ก.

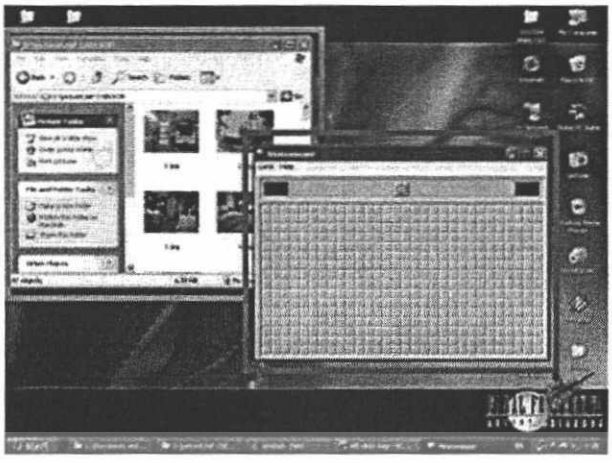
รูปที่ 4.2 ก. ข. และ ค. แสดงการกดปุ่มเลื่อนสไลด์

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่า การกดปุ่มที่ 1 ทำให้กรอบสีฟ้าที่แสดงอยู่บนหน้าจอคอมพิวเตอร์เลื่อนจากไอคอนที่ 1 ไปยัง ไอคอนที่ 2 และไอคอนที่ 3 ตามลำดับ ซึ่งถ้าเป็นไฟล์สไลด์ก็จะเลื่อนไปยังสไลด์ลำดับต่อไป



ก.

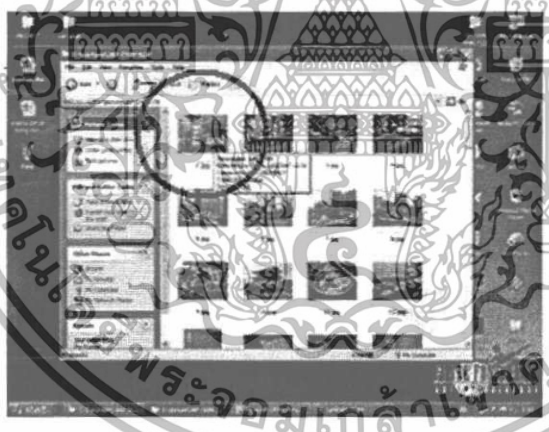
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข.

รูปที่ 4.3 ก. และ ข. แสดงการกดปุ่มฟังชั่นสลับหน้าต่างการทำงาน (Alt + Tab)

การกดปุ่มที่ 2 ทำให้เกิดการทำงานของฟังก์ชันสลับหน้าต่างการทำงาน โดยจะเห็นได้จาก รูป 4.3 ก. หน้าต่างการทำงานของโฟลเดอร์รูปภาพ ซ้อนทับบน หน้าต่างการทำงานของเกมส์ Mine sweeper พอทำการกดปุ่มฟังก์ชันนี้แล้วจะทำให้ หน้าต่างการทำงานของเกมส์ Minesweeper ซ้อนทับบน หน้าต่างการทำงานของโฟลเดอร์รูปภาพ



ก.

ข.

รูปที่ 4.4 ก. และ ข. แสดงถึงการกดปุ่มฟังชั่นคลิกซ้ายของเม้าส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกดปุ่มที่ 3 ทำให้เกิดฟังก์ชันการคลิกซ้ายของเม้าส์ ซึ่งจะเห็นได้จากรูปที่ 4.4 ก. ว่าเป็นเพียงหน้าต่างการทำงานที่แสดงรูปภาพ แต่พอนำลูกศรเม้าส์ไปวางที่ภาพแรก แล้วทำการกดปุ่มฟังก์ชันคลิกซ้ายของเม้าส์แล้วกรอบสีฟ้าจะขึ้นที่ภาพที่นำเอาลูกศรไปวางไว้

ตารางที่ 4.3 การทดลองด้านการเพิ่มความเร็วของเซ็นเซอร์

เซ็นเซอร์ตัวที่	ผลจากนำนิ้วไปอังบริเวณเซ็นเซอร์นาน ๆ
เซ็นเซอร์ตัวที่ 1	ลูกศรเม้าส์ เลื่อนไปด้านบน อย่างเร็วขึ้นเรื่อย ๆ
เซ็นเซอร์ตัวที่ 2	ลูกศรเม้าส์ เลื่อนไปด้านซ้าย อย่างเร็วขึ้นเรื่อย ๆ
เซ็นเซอร์ตัวที่ 3	ลูกศรเม้าส์ เลื่อนไปด้านขวา อย่างเร็วขึ้นเรื่อย ๆ
เซ็นเซอร์ตัวที่ 4	ลูกศรเม้าส์ เลื่อนไปด้านล่าง อย่างเร็วขึ้นเรื่อย ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า ในด้านของเซ็นเซอร์นั้นสามารถทำงานได้ดีเมื่อแสงตกกระทบบนระนาบวัตถุที่สะท้อนแสงได้ ซึ่งการเคลื่อนที่ของลูกศรเม้าส์นั้นจะเร็วขึ้นเรื่อย ๆ ไปในทิศทางที่มีตัวเซ็นเซอร์ในทิศทางนั้นรับแสงนาน ๆ

ในด้านโปรแกรมการติดต่อที่เขียนด้วยโปรแกรม Visual Basic นั้นสามารถทำได้ตรงตามเป้าหมายคือ สามารถทำการติดต่อระหว่างตัว Microcontroller เข้ากับ Computer ได้เป็นอย่างดี การกดปุ่มสามารถ ตอบสนองได้ตามที่ต้องการ

5.2 ปัญหาที่พบ

1. การใช้ อินฟราเรดเซ็นเซอร์ เป็นตัวเซ็นเซอร์นั้น จะมีปัญหาในเรื่องการรับแสงที่สะท้อนมาอันเนื่องจากสภาพ และสีของพื้นผิวที่แตกต่างกัน และการทำใช้เซ็นเซอร์สามารถทำงานได้ในระยะไกล นั้นจะมีปัญหาอยู่บ้าง

2. เนื่องจาก dsPIC30F4011 นั้นเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ไม่ค่อยได้รับความนิยมจึงทำให้การหาข้อมูลนั้นเป็นไปได้ยาก และ การทำงานของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวดังกล่าวยังค่อนข้างแคบ ดังนั้นในโครงงานนี้ จึงได้เปลี่ยนมาใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 แทน

3. การปรับความถี่ของคลื่นวิทยุต้องทำให้ตรงกันพอดีทั้งตัวส่งและตัวรับ หากคลาดเคลื่อนแล้วจะไม่สามารถทำการรับส่งข้อมูลได้

4. เนื่องจากแผ่นวงจรมีขนาดใหญ่จึงทำให้ตัวอุปกรณ์นำเสนอนั้นมีขนาดใหญ่ตามไปด้วย อาจทำให้ดูเทอะทะและไม่ค่อยสะดวก

5. การติดต่อระหว่างตัวอุปกรณ์และคอมพิวเตอร์นั้นมีตัวกลาง เพิ่มเข้ามา นั่นคือ ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ไอซี และ พอร์ตอนุกรม ซึ่งในความเป็นจริงอาจใช้การส่งสัญญาณผ่านทาง Bluetooth เข้าคอมพิวเตอร์โดยตรงเลยก็ได้ แต่การใช้ Bluetooth นั้นจะรองรับฮาร์ดแวร์ได้น้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การปรับปรุง และ แนวทางการนำไปพัฒนาต่อ

1. ในด้านเซ็นเซอร์นั้น การใช้เซ็นเซอร์อินฟราเรดนับว่าใช้ได้ในระดับหนึ่ง แต่การใช้อัลตร้าโซนิคเซ็นเซอร์ และการใช้ไจโรสโคป เป็นตัววัดความเอียงก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าจะลองศึกษาดู

2. การลดขนาดของแผงวงจรเป็นอีกปัจจัยที่สมควรนำไปพัฒนาต่อ ซึ่งขนาดแผงวงจรในขณะนี้ ทางผู้จัดทำได้พยายามทำให้เล็กที่สุด โดยการออกแบบให้ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์น้อยที่สุด

3. หากต้องการลดต้นทุนในการทำอาจใช้โมดุล TLP 434 เป็นตัวส่งคลื่นวิทยุ และ RLP 434 เป็นตัวรับคลื่นวิทยุแทนได้ แต่อาจจะต้องพบกับปัญหาสัญญาณรบกวนมากขึ้น และระยะในการใช้งานก็แคบกว่าด้วย

4. ควรจะปรับปรุงการเพิ่มฟังก์ชันที่เป็นประโยชน์ต่อการนำเสนอเข้าไป เช่น การเพิ่ม-ลดระดับเสียงในกรณีที่ไฟล์การนำเสนอนั้นมีเสียงประกอบด้วย ปุ่มหยุดชั่วขณะ (Pause) ในกรณีที่เป็นไฟล์วิดีโอ หรือ อื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] อภิชาต ภู่พลับ, "เริ่มเขียนโปรแกรมติดต่อ และควบคุมฮาร์ดแวร์ด้วย Visual Basic". นนทบุรี : อินโฟเพรส ดิวิลอปเปอร์, 2546

[2] นคร ภักดีชาติ, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. 2547, "คู่มือการทดลอง dsPIC Microcontroller เบื้องต้น ด้วยโปรแกรมภาษา C กับ MPLAB C30".กรุงเทพ : บริษัท อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด

[3] ธีรวัฒน์ ประกอบผล, "การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์", สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) , 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

APPENDIX

1. Data sheet Microcontroller MCS-51
2. Data sheet IC MAX 232
3. Data sheet TRW 2.4 Ghz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

APPENDIX

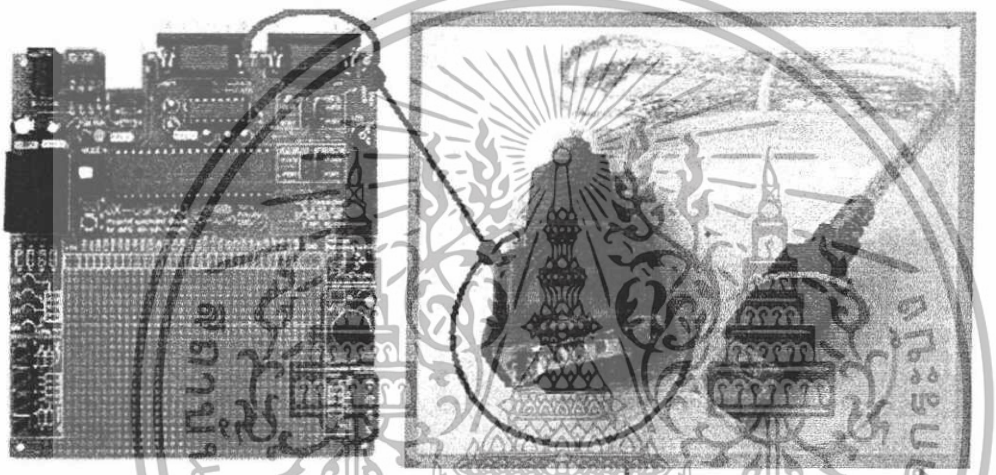
1. คู่มือการใช้งานอุปกรณ์นำเสนอแบบหลายฟังก์ชัน
2. Data sheet Microcontroller MCS-51
3. Data sheet IC MAX 232
4. Data sheet TRW 2.4 Ghz

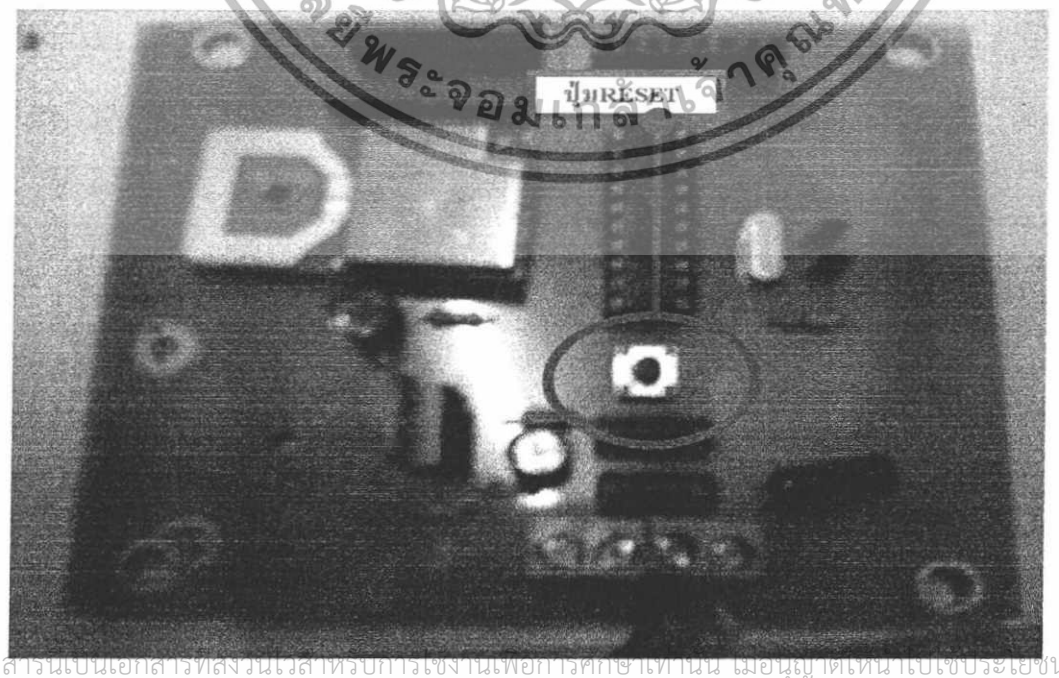
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน

ทำการต่อบอร์ดทดลอง JX DSPIC40 เข้ากับคอมพิวเตอร์ โดยใช้ สายแปลงพอร์ต ยู เอส บี เป็นอนุกรม ลงในพอร์ตขาออกของบอร์ดในรูป จากนั้นนำสายแปลงอีกด้านที่เป็นหัวต่อของยู เอส บี ต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์

ในด้านโปรแกรมที่ต้องลงในคอมพิวเตอร์ที่ต้องการเชื่อมต่อ เพื่อทำการนำเสนอนั้นได้แสดงไว้แล้วในบทที่ 3 โดยเพียงแค่ทำการเปิดโปรแกรมที่มีสกุลไฟล์ . EXE ขึ้นมาก็จะทำการใช้งานได้ทันที





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนการใช้งานทุกครั้ง ควรกดปุ่ม Reset ที่ภาครับเสมอเพราะจะเป็นการเคลียร์ข้อมูลที่ตกค้างอยู่

ส่วนด้านการใช้งานของตัวอุปกรณ์เริ่มจากการเลื่อนสวิชต์เปิด-ปิดอุปกรณ์ขึ้นจะเป็นการเปิดตัวอุปกรณ์ ซึ่งฟังก์ชันของปุ่มต่าง ๆจะมีดังต่อไปนี้ดังต่อไปนี้

ปุ่มกดเลเซอร์พอยน์เตอร์	ฟังก์ชันยิงเลเซอร์พอยน์เตอร์
ปุ่มที่ 1	ฟังก์ชันเลื่อนสไลด์
ปุ่มที่ 2	ฟังก์ชันสลับหน้าจอ
ปุ่มที่ 3	ฟังก์ชันคลิกเม้าส์
เซ็นเซอร์ตัวที่ 1	เลื่อนลูกศรเม้าส์ขึ้น
เซ็นเซอร์ตัวที่ 2	เลื่อนลูกศรเม้าส์ซ้าย
เซ็นเซอร์ตัวที่ 3	เลื่อนลูกศรเม้าส์ขวา
เซ็นเซอร์ตัวที่ 4	เลื่อนลูกศรเม้าส์ลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LAIPAC TECH

TRF-2.4G Transceiver

Data Sheet

High frequency 2.4G Wireless Transceiver

Antenna, Codec and CRC built in

Data Rate up to 1Mbps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
Laipac Technology Inc. www.laipac.com Phone +1-905-7621228 Fax +1-905-7631737
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

High frequency TRF-2.4G Transceiver module

Specification

- Frequency Range: 2.4~2.524 GHz ISM band
- Modulate Mode: GFSK
- Data Rate: 1Mbps; 250Kbps
- Multi channel operation: 125 channels, Channel switching time<200uS, Support frequency hopping
- Emulated full duplex RF link due to the 1Mbits/s on the air data rate
- Simultaneous dual receiver
- Data slicer / clock recovery of data
- Including decoder, encoder and data buffer and CRC computation
- ShockBurst mode for ultra-low power operation and relaxed MCU performance
- Sensitivity: -90dBm
- Built in antenna
- Power supply range: 1.9 to 3.6 V
- Low supply current (TX), typical 10.5mA peak@ -5dBm output power
- Low supply current (RX), typical18mA peak in receive mode
- Supply current in Power Down Mode: 1 uA
- Operating Temperature: -40~+85 Centigrade
- Size: 20.5*36.5*2.4mm
- 100% RF tested
- Competitive price

Applications

- Wireless mouse, keyboard, joystick
- Wireless data communication
- Alarm and security systems
- Home automation
- Wireless Earphone
- Telemetry
- Surveillance
- Automotive

GENERAL DESCRIPTION

Laipac TRF-2.4G Module is an easy to use radio transceiver for the world wide 2.4 - 2.5 GHz ISM band. The transceiver consists of an antenna, a fully integrated frequency synthesizer, a power amplifier, a crystal oscillator and a modulator. Output power and frequency channels are easily programmable by use of the 3-wire serial interface. Current consumption is very low, only 10.5mA at an output power of -5dBm and 18mA in receive mode. Built-in Power Down modes makes power saving easily realizable.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Conditions: VCC = +3V, VSS = 0V, T_A = - 40°C to + 85°C

Symbol	Parameter (condition)	Notes	Min.	Ttp.	Max.	Units
	Operating conditions					
VCC	Supply voltage		1.9	3.0	3.6	V
TEMP	Operating Temperature		-40	+27	+85	°C
	Digital input pin					
V_{IH}	HIGH level input voltage		VCC-0.3		VCC	V
V_{IL}	LOW level input voltage		Vss		0.3	V
	Digital output pin					
V_{OH}	HIGH level output voltage (IOH=-0.5mA)		VCC-0.3		VCC	V
V_{OL}	LOW level output voltage (IOL=0.5mA)		Vss		0.3	V
	General RF conditions					
f_{OP}	Operating frequency	1)	2400		2524	MHz
Δf	Frequency deviation			±156		kHz
R_{GFSK}	Data rate ShockBurst		>0		1000	kbps
R_{GFSK}	Data rate Direct Mode	2)	250		1000	kbps
$F_{CHANNEL}$	Channel spacing			1		MHz
	Transmitter operation					
P_{RF}	Maximum Output Power	3)		0	+4	dBm
P_{RFC}	RF Power Control Range		16	20		dB
P_{RFCR}	RF Power Control Range Resolution				±3	dB
P_{BW}	20dB Bandwidth for Modulated Carrier				1000	kHz
P_{RF2}	2nd Adjacent Channel Transmit Power 2MHz				-20	dBm
P_{RF3}	3rd Adjacent Channel Transmit Power 3MHz				-40	dBm
I_{VCC}	Supply current @ 0dBm output power	4)		13		mA
I_{VCC}	Supply current @ -20dBm output power	4)		8.8		mA
I_{VCC}	Average Supply current @ -5dBm output power, ShockBurst	5)		0.8		mA
I_{VCC}	Average Supply current in stand-by mode	6)		12		µA
I_{VCC}	Average Supply current in power down			1		µA
	Receiver operation					
I_{VCC}	Supply current one channel 250kbps			18		mA
I_{VCC}	Supply current one channel 1000kbps			19		mA
I_{VCC}	Supply current two channels 250kbps			23		mA
I_{VCC}	Supply current two channels 1000kbps			25		mA
RX_{SENS}	Sensitivity at 0.1%BER (@250kbps)			-90		dBm
RX_{SENS}	Sensitivity at 0.1%BER (@1000kbps)			-80		dBm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

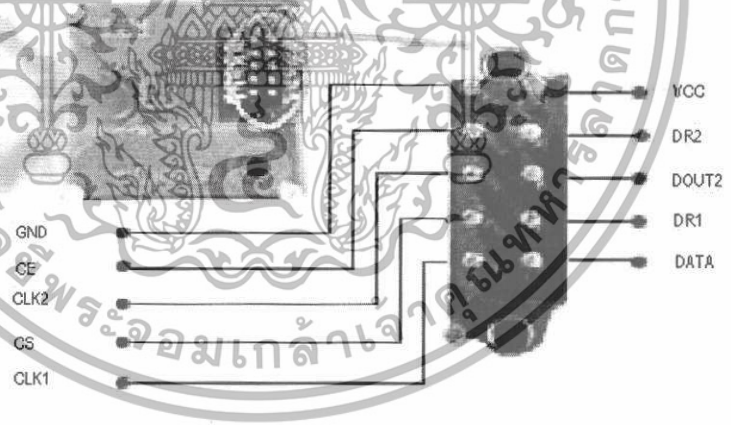
และการณีต่างๆทั้งสิ้น ยกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C/ICO	C/I Co-channel			6		dB
C/I1ST	1st Adjacent Channel Selectivity C/I 1MHz			-1		dB
C/I2ND	2nd Adjacent Channel Selectivity C/I 2MHz			-16		dB
C/I3RD	3rd Adjacent Channel Selectivity C/I 3MHz			-26		dB
RXB	Blocking Data Channel 2			-41		dB

1) Usable band is determined by local regulations
2) Data rate must be either 250kbps or 1000kbps.
3) De-embedded Antenna load impedance = 400
4) De-embedded Antenna load impedance = 400 . Effective data rate 250kbps or 1Mbps.
5) De-embedded Antenna load impedance = 400 . Effective data rate 10kbps.
6) Current if 4 MHz crystal is used.

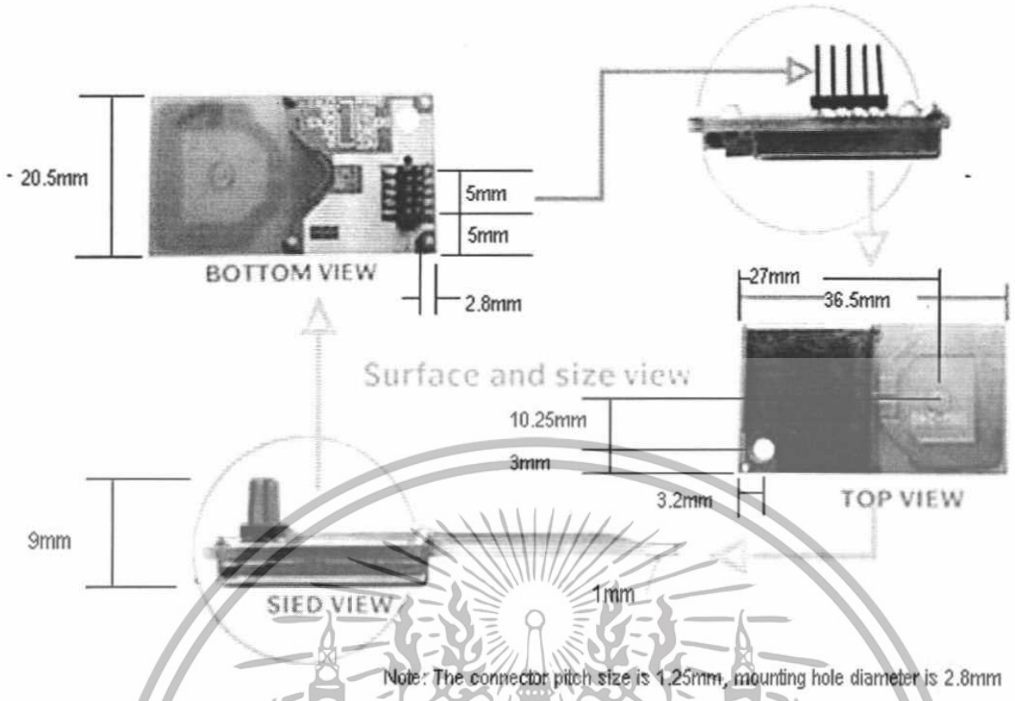
Table 1 TRF-2.4G RF specifications

PIN ASSIGNMENT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Laipac Technology Inc. www.laipac.com Phone +1-905-7621228 Fax +1-905-7631737
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Note: The connector pitch size is 1.25mm, mounting hole diameter is 2.8mm

PIN FUNCTIONS

Pin	Name	Pin funtion	Description
1	GND	Power	Gound (0V)
2	CE	Input	Chip Enable activates RX or TX mode
3	CLK2	I/O	Clock output/input for RX data channel 2
4	CS	Input	Chip Select activates Configuration mode
5	CLK1	I/O	Clock Input(TX)&I/O(RX) for data channel 1 3-wire interface
6	DATA	I/O	RX data channel 1/TX data input /3-wire interface
7	DR1	Output	RX data ready at data channel 1 (ShockBurst only)
8	DOUT2	Output	RX data channel 2
9	DR2	Output	RX data ready at data channel 2 (ShockBurst only)
10	VCC	Power	Power Supply (+3V DC)

Table 2 TRF-2.4G pin function

MODE OF OPERATION

TRF-2.4G can be set in the following main mode:

Mode	CE	CS
Active (RX /TX)	1	0
Configuration	0	1
Stand by	0	0

Table 3 TRF-2.4G main modes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRF-2.4G has two active (RX /TX) modes:

- ShockBurst
- Direct Mode

The device functionality in these modes is decided by the content of a configuration word. This configuration word is presented in configuration section.

Absolute Maximum Ratings

Supply voltages

VCC.....- 0.3V to + 3.6V

VSS 0V

Input/Output voltages

V_I.....- 0.3V to VCC + 0.3V

V_O.....- 0.3V to VCC + 0.3V

Total Power Dissipation

P_D (T_A=85°C).....90mW

Temperatures

Operating Temperature.... - 40°C to + 85°C

Storage Temperature..... - 40°C to + 125°C

ShockBurst Mode

The ShockBurst technology uses on-chip FIFO to clock in data at a low data rate and transmit at a very high rate thus enabling extremely power reduction.
When operating the TRF-2.4G in ShockBurst, you gain access to the high data rates (1 Mbps) offered by the 2.4 GHz band without the need of a costly, high-speed micro
controller (MCU) for data processing.
By putting all high speed signal processing related to RF protocol on-chip, the TRF-2.4G offers the following benefits:

- Highly reduced current consumption
- Lower system cost (facilitates use of less expensive micro controller)
- Greatly reduced risk of 'on-air' collisions due to short transmission time

The TRF-2.4G can be programmed using a simple 3-wire interface where the data rate is decided by the speed of the micro controller.
By allowing the digital part of the application to run at low speed while maximizing the data rate on the RF link, the nRF ShockBurst mode reduces the average current consumption in applications considerably.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ShockBurst principle

When the TRF-2.4G is configured in ShockBurst, TX or RX operation is conducted in the following way (10 kbps for the example only).

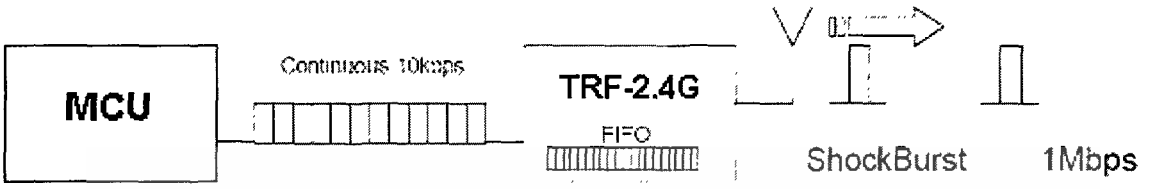


Figure 0 Clocking in data with MCU and sending with ShockBursttechnology

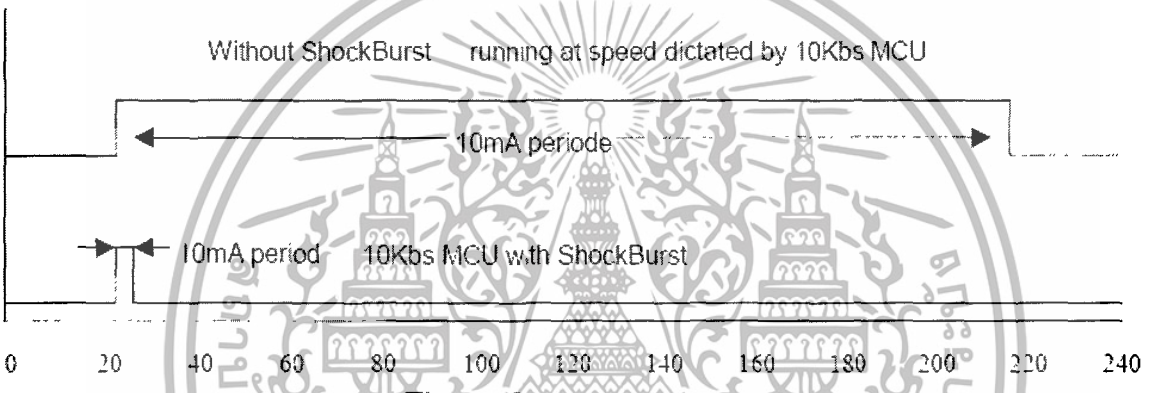


Figure 1 Current consumption with & without ShockBursttechnology

TRF-2.4G ShockBurst Transmit:

MCU interface pins: CE, CLK1, DATA

1. When the application MCU has data to send, set CE high. This activates TRF-2.4G on-board data processing.
2. The address of the receiving node (RX address) and payload data is clocked into the TRF-2.4G. The application protocol or MCU sets the speed <1Mbps (ex: 10kbps).
3. MCU sets CE low, this activates a TRF-2.4G ShockBurst transmission.
4. TRF-2.4G ShockBurst:
   - RF front end is powered up
   - RF package is completed (preamble added, CRC calculated)
   - Data is transmitted at high speed (250 kbps or 1 Mbps configured by user).
   - TRF-2.4G return to stand-by when finished

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Laipac Technology Inc. www.laipac.com Phone +1-905-7621228 Fax +1-905-7631737
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

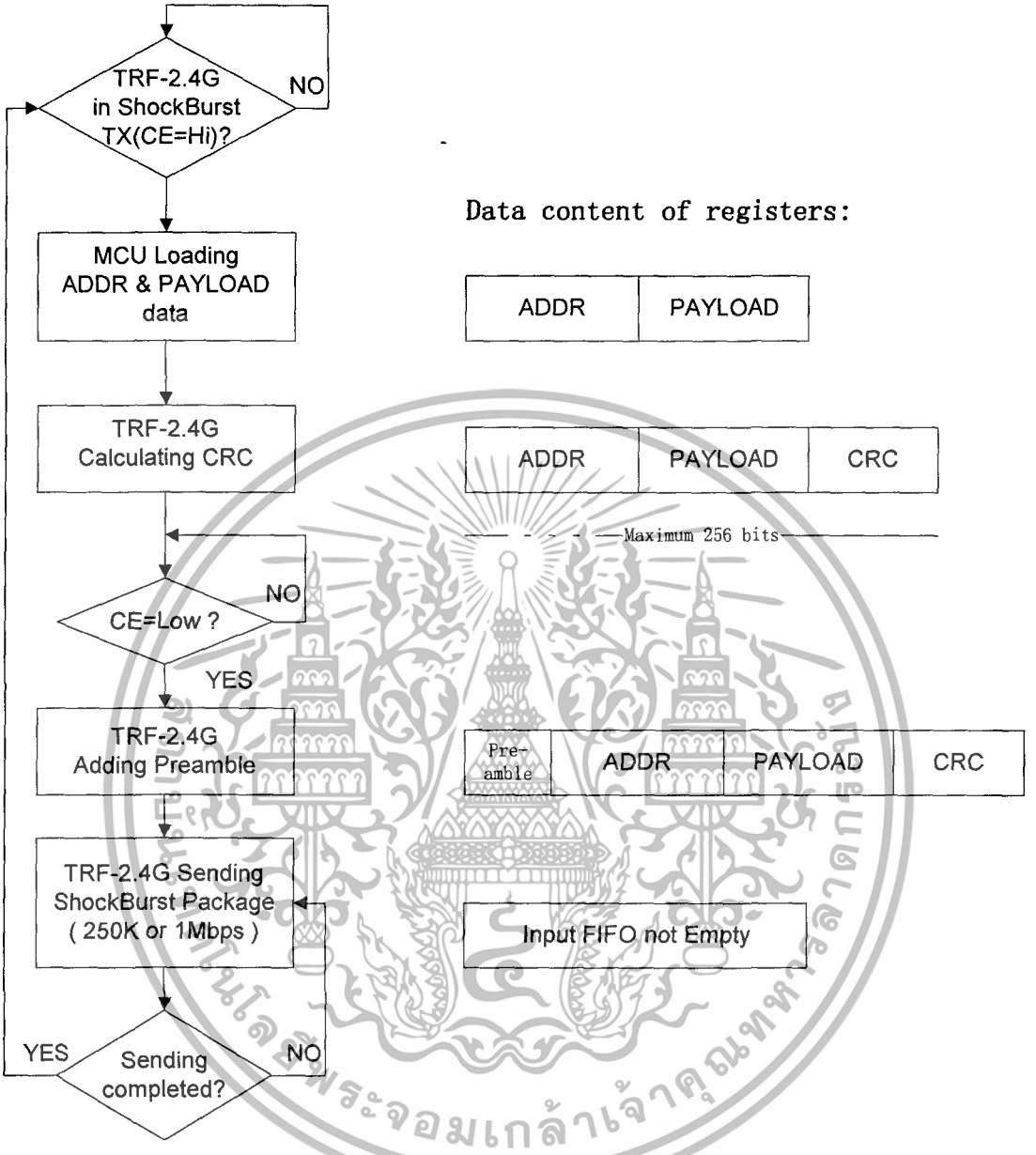


Figure 2 Flow Chart ShockBurst Transmit of TRF-2.4G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRF-2.4G ShockBurst Receive:

MCU interface pins: CE, DR1, CLK1 and DATA (one RX channel receive)

1. Correct address and size of payload of incoming RF packages are set when TRF-2.4G is configured to ShockBurst RX.
2. To activate RX, set CE high.
3. After 200 s settling, TRF-2.4G is monitoring the air for incoming communication.
4. When a valid package has been received (correct address and CRC found), TRF-2.4G removes the preamble, address and CRC bits.
5. TRF-2.4G then notifies (interrupts) the MCU by setting the DR1 pin high.
6. MCU may (or may not) set the CE low to disable the RF front end (low current mode).
7. The MCU will clock out just the payload data at a suitable rate (ex. 10 kbps).
8. When all payload data is retrieved TRF-2.4G sets DR1 low again, and is ready for new incoming data package if CE is kept high during data download. If the CE was set low, a new start up sequence can begin, see Figure 2.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

และการณีต่างๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

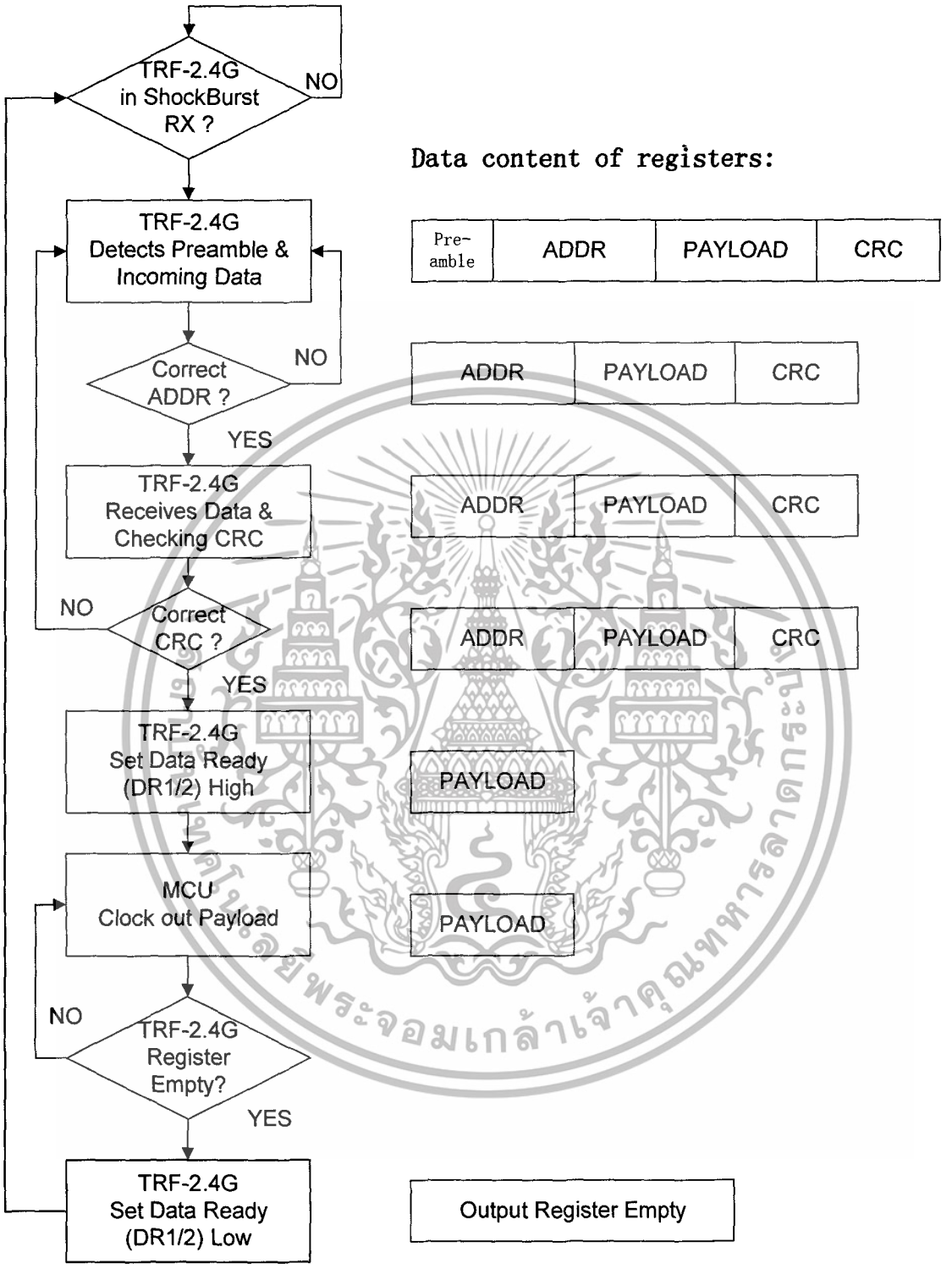


Figure 3 Flow Chart ShockBurst Receive of TRF-2.4G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRF-2.4G Direct Mode:

In direct mode the TRF-2.4G works like a traditional RF device. Data must be at 1Mbps, or 250kbps at low data rate setting, for the receiver to detect the signals.

Direct Mode Transmit:

MCU interface pins: CE, DATA

1. When application MCU has data to send, set CE high
2. The TRF-2.4G RF front end is now immediately activated, and after 200 seconds settling time, data will modulate the carrier directly.
3. All RF protocol parts must hence be implemented in MCU firmware (preamble, address and CRC).

Direct Mode Receive:

MCU interface pins: CE, CLK1, and DATA

1. Once the TRF-2.4G is configured and powered up (CE high) in direct RX mode, DATA will start to toggle due to noise present on the air.
2. CLK1 will also start to toggle as TRF-2.4G is trying to lock on to the incoming data stream.
3. Once a valid preamble arrives, CLK1 and DATA will lock on to the incoming signal and the RF package will appear at the DATA pin with the same speed as it is transmitted.
4. To enable the demodulator to re-generate the clock, the preamble must be 8 bits toggling hi-low, starting with low if the first data bit low.
5. In this mode no data ready (DR) signals is available. Address and checksum verification must also be done in the receiving MC.

DuoCeiver Simultaneous Two Channel Receive Mode

In both ShockBurst & Direct modes the TRF-2.4G can facilitate simultaneous reception of two parallel independent frequency channels at the maximum data rate.

This means:

- TRF-2.4G can receive data from two 1 Mbps transmitters, 8 MHz (8 frequency channels) apart through one antenna interface.
- The output from the two data channels is fed to two separate MCU interfaces.
    - Data channel 1: CLK1, DATA, and DR1
    - Data channel 2: CLK2, DOUT2, and DR2
    - DR1 and DR2 are available only in ShockBurst.

The DuoCeiver technology provides 2 separate dedicated data channels for RX and replaces the need for two, stand alone receiver systems.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

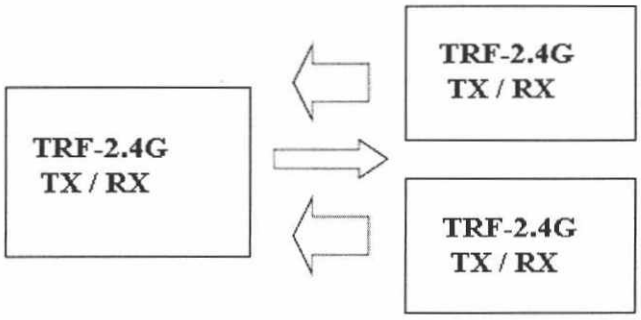
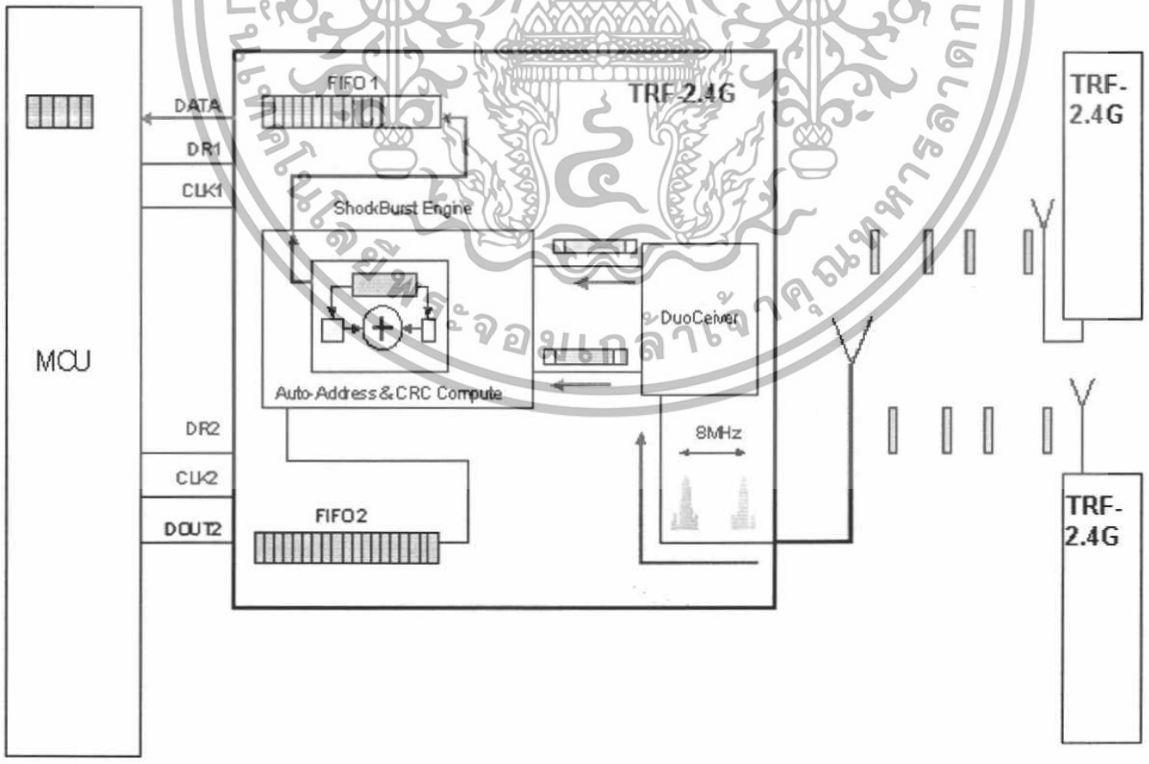


Figure 4 Simultaneous 2 channel receive on TRF-2.4G

There is one absolute requirement for using the second data channel. For the TRF-2.4G to be able to receive at the second data channel the frequency channel must be 8MHz higher than the frequency of data channel 1. The TRF-2.4G must be programmed to receive at the frequency of data channel 1. No time ultiplexing is used in TRF-2.4G to fulfil this function. In direct mode the MCU must be able to handle two simultaneously incoming data packets if it is not multiplexing between the two data channels. In ShockBurst it is possible for the MCU to clock out one data channel at a time while data on the other data channel waits for MCU availability, without any lost data packets, and by doing so reduce the needed performance of the MCU.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Laipac Technology Inc. www.laipac.com Phone +1-905-7621228 Fax +1-905-7631737
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

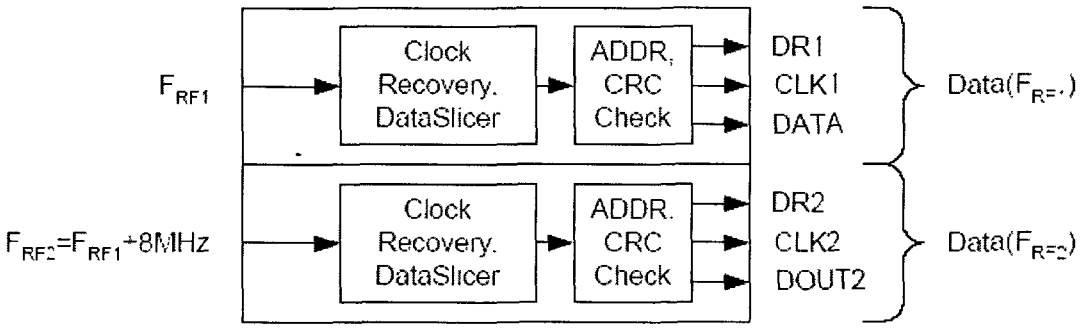


Figure 5 DuoCeiver with two simultaneously independent receive channels.

Configuration Mode

In configuration mode a configuration word of up to 15 bytes is downloaded to TRF-2.4G. This is done through a simple 3-wire interface (CS, CLK1 and DATA). For more information on configuration please refer to the TRF-2.4G Device configuration chapter on next 2nd page.

Stand-By Mode

Stand by mode is used to minimize average current consumption while aintaining short start up times. In this mode, part of the crystal oscillator is active. Current consumption is dependent on crystal frequency (Ex: 12uA @ 4 MHz, 32uA@ 16MHz). The configuration word content is maintained during stand by.

Power Down Mode

In power down the TRF-2.4G is disabled with minimal current consumption, typically less than 1 A. Entering this mode when the device is not active minimizes average current consumption, maximizing battery lifetime. The configuration word content is maintained during power down.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Laipac Technology Inc. www.laipac.com Phone +1-905-7621228 Fax +1-905-7631737
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVICE CONFIGURATION

All configuration of the TRF-2.4G is done via a 3-wire interface to a single configuration register. The configuration word can be up to 15 bytes long for ShockBurst use and up to 2 bytes long for direct mode.

Configuration for ShockBurst operation

The configuration word in ShockBurst enables the TRF-2.4G to handle the RF protocol. Once the protocol is completed and loaded into TRF-2.4G only one byte, bit[7:0], needs to be updated during actual operation.

The configuration blocks dedicated to ShockBurst is as follows:

- Payload section width: Specifies the number of payload bits in a RF package. This enables the TRF-2.4G to distinguish between payload data and the CRC bytes in a received package.
- Address width: Sets the number of bits used for address in the RF package. This enables the TRF-2.4G to distinguish between address and payload data.
- Address (RX Channel 1 and 2): Destination address for received data.
- CRC: Enables TRF-2.4G on-chip CRC generation and de-coding.

NOTE:
These configuration blocks, with the exception of the CRC, are dedicated for the packages that a TRF-2.4G is to receive.
In TX mode, the MCU must generate an address and a payload section that fits the configuration of the TRF-2.4G that is to receive the data.
When using the TRF-2.4G on-chip CRC feature ensure that CRC is enabled and uses the same length for both the TX and RX devices.

Figure 6 Data packet set-up

Configuration for Direct Mode operation

For direct mode operation only the two first bytes (bit[15:0]) of the configuring word are relevant.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Configuration Word overview

	Bit position	Number of bits	Name	Function
ShockBurst configuration	143:120	24	TEST	Reserved for testing
	119:112	8	DATA2_W	Length of data payload section RX channel 1
	111:104	8	DATA1_W	Length of data payload section RX channel 1
	103:64	40	ADDR2	Up to 5 bytes address for channel 2
	63:24	40	ADDR1	Up to 5 bytes address for channel 1
	23:18	6	ADDR_W	Number of address bits(both RX channels)
	17	1	CRC_L	8 or 16 bits CRC
	16	1	CRC_EN	Enable on-chip CRC generation/checking
General device configuration	15	1	RX2_EN	Enable two channel receive mode
	14	1	CM	Communication mode (Direct or ShockBurst)
	13	1	RFDR_SB	RF data rate (1Mbps requires 16MHz crystal)
	12:10	3	XO_F	Crystal frequency (Factory default 16MHz crystal mounted)
	9:8	2	RF_PWR	RF output power
	7:1	7	RF_CH#	Frequency channel
	0	1	RXEN	RX or TX operation

Table 4 Table of configuration words.

The configuration word is shifted in MSB first on positive CLK1 edges. New configuration is enabled on the falling edge of CS.

NOTE.
On the falling edge of CS, the TRF-2.4G updates the number of bits actually shifted in during the last configuration.
Ex:
If the TRF-2.4G is to be configured for 2 channel RX in ShockBurst, a total of 120 bits must be shifted in during the first configuration after VCC is applied.
Once the wanted protocol, modus and RF channel are set, only one bit (RXEN) is shifted in to switch between RX and TX.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของเอกสารนี้ก่อนล่วงหน้า

Configuration Word Detailed Description

The following describes the function of the 144 bits (bit 143 = MSB) that is used to configure the TRF-2.4G.
General Device Configuration: bit[15:0]
ShockBurst Configuration: bit[119:0]
Test Configuration: bit[143:120]

MSB	TEST						
D143	D142	D141	D140	D139	D138	D137	D136
Reserved for testing							
1	0	0	0	1	1	1	0 Default

MSB	TEST														
D127	D126	D125	D124	D123	D122	D121	D120	D119	D118	D117	D116	D115	D114	D113	D112
Reserved for testing														Close PLL in TX	
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0 Default

DATA2_W							
D119	D118	D117	D116	D115	D114	D113	D112
Data width channel=2 in # of bits excluding addr crc							
0	0	1	0	0	0	0	0 Default

DATA1_W							
D111	D110	D109	D108	D107	D106	D105	D104
Data width channel=1 in # of bits excluding addr crc							
0	0	1	0	0	0	0	0 Default

ADDR2										
D103	D102	D101	...	D71	D70	D69	D68	D67	D66	D65	D64
Channel=2 Address RX (up to 40bit)											
0	0	0		1	1	1	0	0	1	1	1 Default

ADDR1										
D63	D62	D61	...	D31	D30	D29	D28	D27	D26	D25	D24
Channel=1 Address RX (up to 40bit)											
0	0	0		1	1	1	0	0	1	1	1 Default

ADDR_W					
D23	D22	D21	D20	D19	D18
Address width in # of bits (both channels)					
0	0	1	0	0	0 Default

CRC	
D17	D16
CRC Mode 1 = 16bit, 0 = 8bit	CRC 1 = enable, 0 = disable
0	1 Default

RF-Programming															LSB
D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Two Ch	BUF	OD	XO Frequency			RF Power		Channel selection							RXEN
0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0 Default

Table 5 Configuration data word

The MSB bit should be loaded first into the configuration register.

ShochBurst configuation:

The section B[119:16] contains the segments of the configuration register dedicated to ShockBurst operational protocol. After VCC is turned on ShockBurst configuration is done once and remains set whilst VCC is present. During

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Laipac Technology Inc. www.laipac.com Phone +1-905-7621228 Fax +1-905-7631737
แม้ว่าการใช้ทุกส่วน ยกเว้นห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

operation only the first byte for frequency channel and RX/TX switching need to be changed.

DATAx_W

DATA2_W							
119	118	117	116	115	114	113	112

DATA1_W							
111	110	109	108	107	106	105	104

Table 6 Number of bits in payload.

Bit 119 – 112:

DATA2_W: Length of RF package payload section for receive-channel 2.

Bit 111 – 104:

DATA1_W: Length of RF package payload section for receive-channel 1.

NOTE:

The total number of bits in a ShockBurst RF package may not exceed 256!

Maximum length of payload section is hence given by:

DATAx_W(bits) = 256-ADDR_W - CRC

Where:

ADDR_W: length of RX address set in configuration word B[23:18]

CRC: check sum, 8 or 16 bits set in configuration word B[17]

PRE: preamble, 4 or 8 bits are automatically included

Shorter address and CRC leaves more room for payload data in each package.

ADDRx

ADDR2											
103	102	101	… …	71	70	69	68	67	66	65	64

ADDR1											
63	62	61	… …	31	30	29	28	27	26	25	24

Table 7 Address of receiver #2 and receiver #1.

Bit 103 – 64:

ADDR2: Receiver address channel 2, up to 40 bit.

Bit 63 – 24: ADDR1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ADDR1: Receiver address channel 1, up to 40 bit.

NOTE!

Bits in ADDRx exceeding the address width set in ADDR_W are redundant and can be set to logic 0.

ADDR_W& CRC

ADDR_W						CRC_L	CRC_EN
23	22	21	20	19	18	17	16

Table 8 Number of bits reserved for RX address + CRC setting.

Bit 23 – 18:

ADDR_W: Number of bits reserved for RX address in ShockBurst packages.

NOTE:

Maximum number of address bits is 40 (5 bytes). Values over 40 in ADDR_W are not valid.

Bit 17:

CRC_L: CRC length to be calculated by TRF-2.4G in ShockBurst.

Logic 0: 8 bit CRC

Logic 1: 16 bit CRC

Bit: 16:

CRC_EN: Enables on-chip CRC generation (TX) and verification (RX).

Logic 0: On-chip CRC generation/checking disabled

Logic 1: On-chip CRC generation/checking enabled

NOTE:

An 8 bit CRC will increase the number of payload bits possible in each ShockBurst data packet, but will also reduce the system integrity.

General device configuration:

This section of the configuration word handles RF and device related parameters.

Modes:

RX2_EN	CM	RFDR_SB	XO_F			RF_PWR	
15	14	13	12	11	10	9	8

Table 9 RF operational settings.

Bit 15:

RX2_EN:

Logic 0: One channel receive

Logic 1: Two channels receive

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
Laipac Technology Inc. www.laipac.com Phone +1-905-7621228 Fax +1-905-7631737
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOTE:

In two channels receive, the TRF-2.4G receives on two, separate frequency channels simultaneously. The frequency of receive channel 1 is set in the configuration word B[7-1], receive channel 2 is always 8 channels (8 MHz) above receive channel 1.

Bit 14:

Communication Mode:

Logic 0: TRF-2.4G operates in direct mode.

Logic 1: TRF-2.4G operates in ShockBurst mode

Bit 13:

RF Data Rate:

Logic 0: 250 kbps

Logic 1: 1 Mbps

NOTE:

Utilizing 250 kbps instead of 1Mbps will improve the receiver sensitivity by 10 dB. 1Mbps requires 16MHz crystal.

Bit 12-10:

XO_F: Selects the TRF-2.4G crystal frequency to be used:

XO FREQUENCY SELECTION			
D12	D11	D10	Crystal Frequency (MHz)
0	1	1	16
Factory default: 16MHz Crystal is used inside module			

Table 10 Crystal frequency setting.

Bit 9-8:

RF_PWR: Sets TRF-2.4G RF output power in transmit mode:

RF OUTPUT POWER		
D9	D8	P (dBm)
0	0	-20
0	1	-10
1	0	-5
1	1	0

Table 11 RF output power setting.

RF channel & direction

RF_CH#							RXEN
7	6	5	4	3	2	1	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Laipac Technology Inc. www.laipac.com Phone +1-905-7621228 Fax +1-905-7631737
มิฉะนั้นจะถูกดำเนินคดีตามกฎหมาย

Table 12 Frequency channel + RX / TX setting.

Bit 7 – 1:

RF_CH#: Sets the frequency channel the TRF-2.4G operates on.

The channel frequency in ***transmit*** is given by:

$Channel_{RF} = 2400MHz + RF_CH\# * 1.0MHz$

RF_CH #: between 2400MHz and 2527MHz may be set.

The channel frequency in ***data channel 1*** is given by:

$Channel_{RF} = 2400MHz + RF_CH\# * 1.0MHz$ *(Reiceive at PIN#8)*

RF_CH #: between 2400MHz and 2524MHz may be set.

NOTE:

The channels above 83 can only be utilized in certain territories (ex: Japan)

The channel frequency in ***data channel 2*** is given by:

$Channel_{RF} = 2400MHz + RF_CH\# * 1.0MHz + 8MHz$ *(Reiceive at PIN#4)* ???

RF_CH #: between 2408MHz and 2524MHz may be set.

Bit 0:

Set active mode:

Logic 0: transmit mode

Logic 1: receive mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Laipac Technology Inc. www.laipac.com Phone +1-905-7621228 Fax +1-905-7631737
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATA PACKAGE DESCRIPTION

Figure 7 Data Package Diagram

The data packet for both ShockBurst mode and direct mode communication is divided into 4 sections. These are:

1 PREAMBLE	• The preamble field is required in ShockBurst and Direct modes • Preamble is 8 (or 4) bits in length and is dependent of the first data bit in direct mode. PREAMBLE 1st ADDR-BIT 01010101 0 10101010 1 • Preamble is automatically added to the data packet in ShockBurst and thereby gives extra space for payload. • In ShockBurst mode the preamble is stripped from the received output data, in direct mode the preamble is transparent to the output data.
2 ADDRESS	• The address field is required in ShockBurst mode. • 8 to 40 bits length. • Address automatically removed from received packet in ShockBurst mode. In Direct mode MCU must handle address.
3 PAYLOAD	• The data to be transmitted • In Shock-Burst mode payload size is 256 bits minus the following: (Address: 8 to 40 bits. + CRC 8 or 16 bits). • In Direct mode the payload size is defined by 1Mbps for 4ms: 4000 bits minus the following: (Preamble: 8 (or 4) bits. + Address: 8 to 40 bits. + CRC: 0, 8 or 16 bits).
4 CRC	• The CRC is optional in ShockBurst mode, and is not used in Direct mode. • 8 or 16 bits length • The CRC is stripped from the received output data.

Table 13 Data package description

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

และการใช้งานอื่นๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPORTANT TIMING DATA

The following timing applies for operation of TRF-2.4G.

TRF-2.4G Timing Information

TRF-2.4G timing	Max.	Min.	Name
PWR_DWN => ST_BY mode	3ms		Tpd2sby
PWR_DWN =>Active mode (RX/TX)	3ms		Tpd2a
ST_BY => TX ShockBurst	195µs		Tsby2txSB
ST_BY => TX Direct Mode	202µs		Tsby2txDM
ST_BY => RX mode	202µs		Tsby2rx
Minimum delay from CS to data		5µs	Tcs2data
Minimum delay from CE to data		5µs	Tce2data
Minimum delay from DR1/2 to clk		50ns	Tdr2clk
Maximum delay from clk to data	50ns		Tclk2data
Delay between edges		50ns	Td
Setup time		500ns	Ts
Hold time		500ns	Th
Delay to finish internal GFSK data		1/data rate	Tfd
Minimum input clock high		500ns	Thmin
Set-up of data in Direct Mode	50ns		Tsdm
Minimum clock high in Direct Mode		300ns	Thdm
Minimum clock low in Direct Mode		230ns	Tldm

Table 14 Switching times for TRF-2.4G

When the TRF-2.4G is in power down it must always settle in stand-by (Tpd2sby) before it can enter configuration or one of the active modes.

Figure 8 Timing diagram for power down (or VCC off) to stand by mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

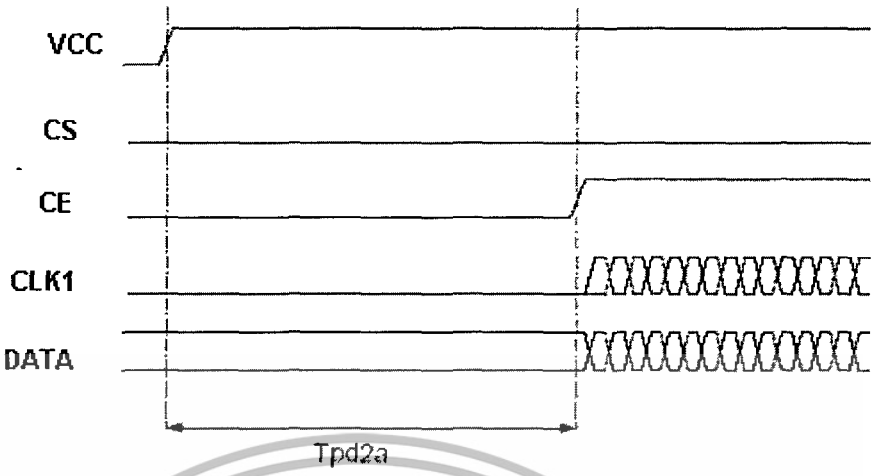


Figure 9 Power down (or VCC off) to active mode

Note that the configuration word will be lost when VCC is turned off and that the device then must be configured before going to one of the active modes. If the device is configured one can go directly from power down to the wanted active mode.

Note:

CE and CS may not be high at the same time. Setting one or the other decides whether configuration or active mode is entered.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Configuration mode timing

When one or more of the bits in the configuration word needs to be changed the following timing apply.

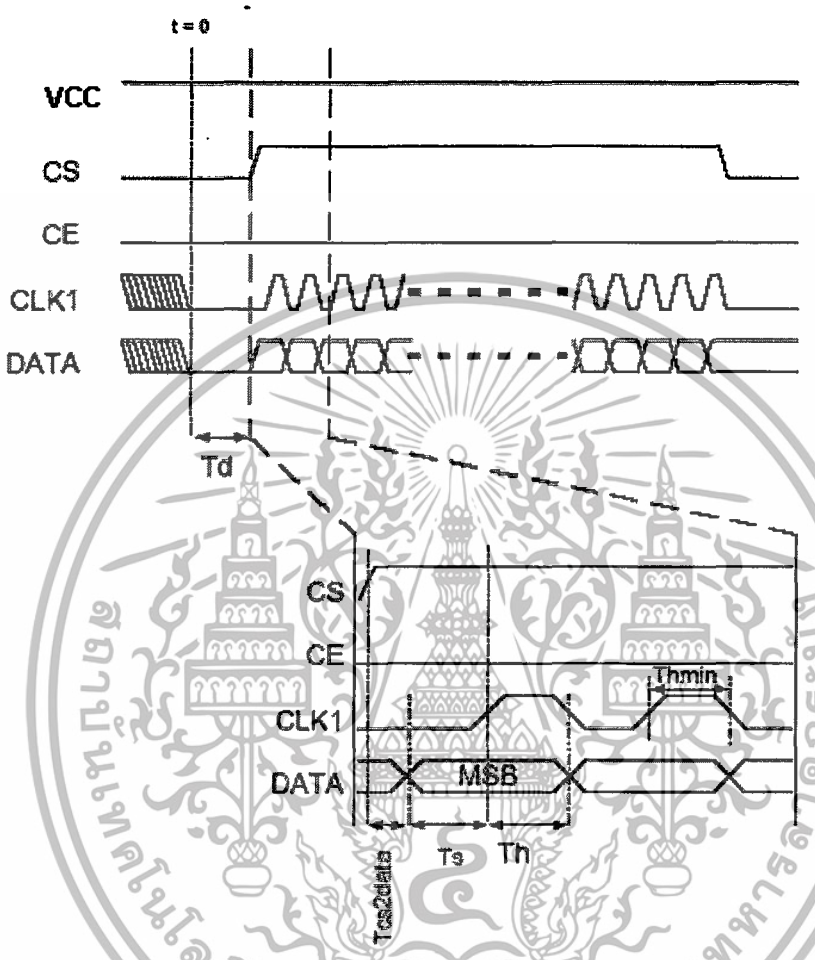


Figure 10 Timing diagram for configuration of TRF-2.4G

If configuration mode is entered from power down, CS can be set high after Tpd2sby as shown in Figure 10.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ShockBurst mode timing

ShockBurst TX:

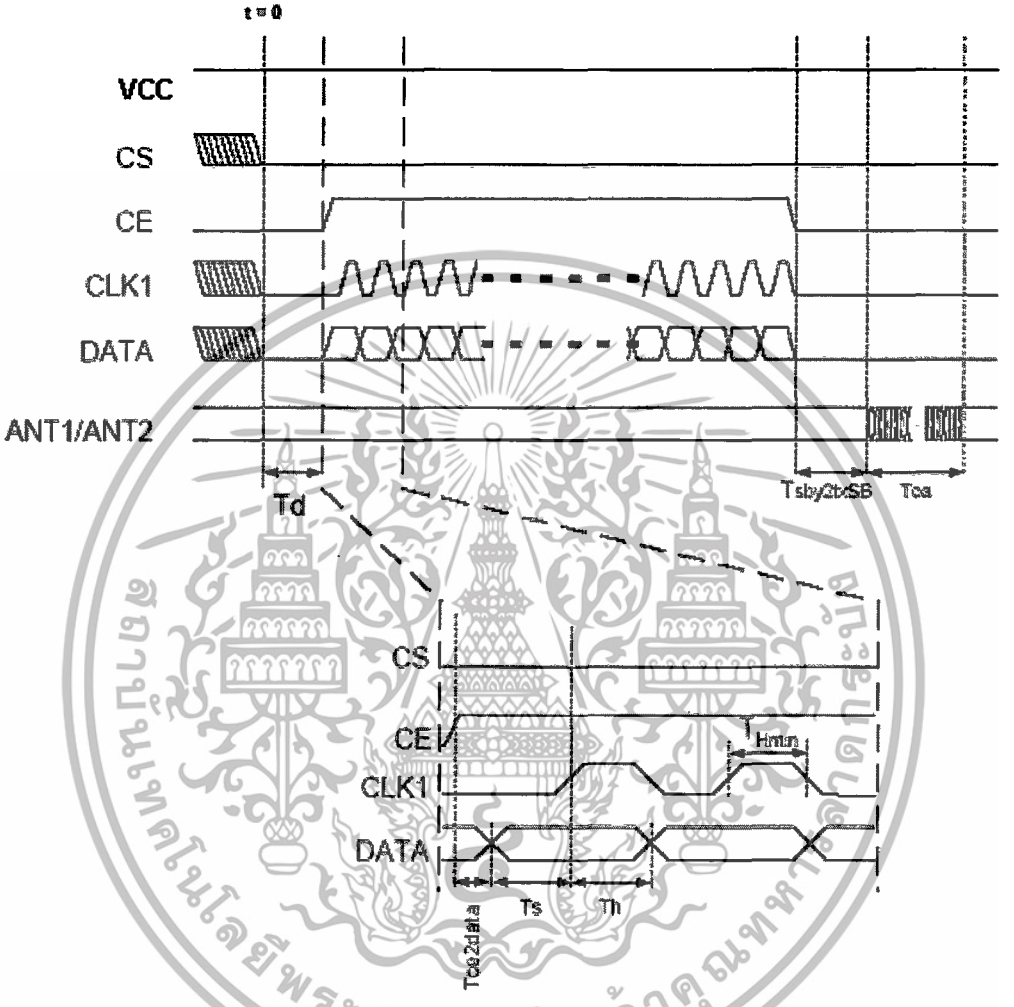


Figure 11 Timing of ShockBurst in TX

The package length and the data rate give the delay Toa (time on air), as shown in the equation.

$$T_{OA} = 1/datarate * (\#databits + 1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ShockBurst RX:

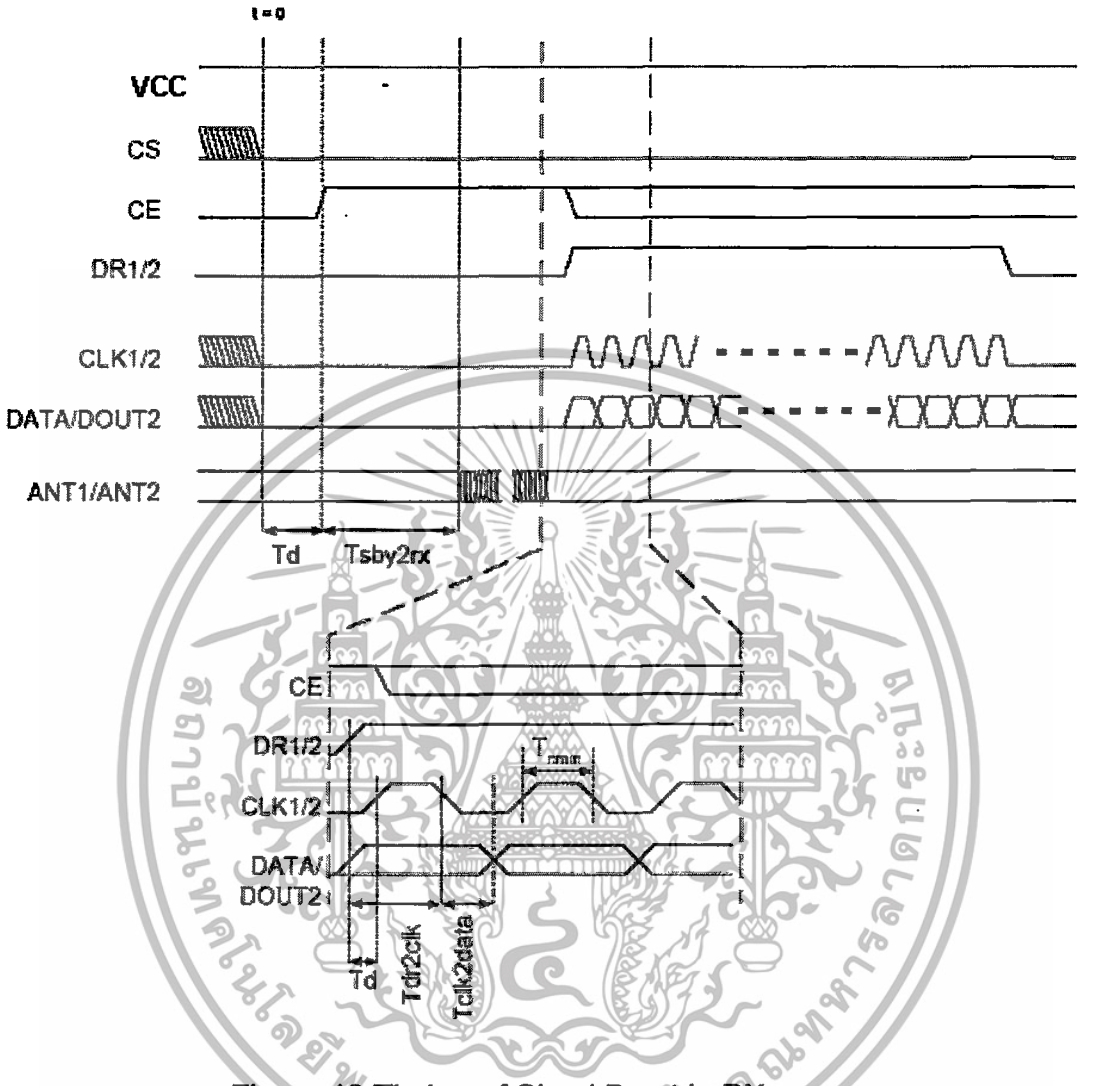


Figure 12 Timing of ShockBurst in RX

The CE may be kept high during downloading of data, but the cost is higher current consumption (18mA) and the benefit is no start-up time (200 s) after the DR1 goes low.

Direct Mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

แม้ว่าการแก้ไขทั้งสิ้น ยกเว้นห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Direct Mode TX

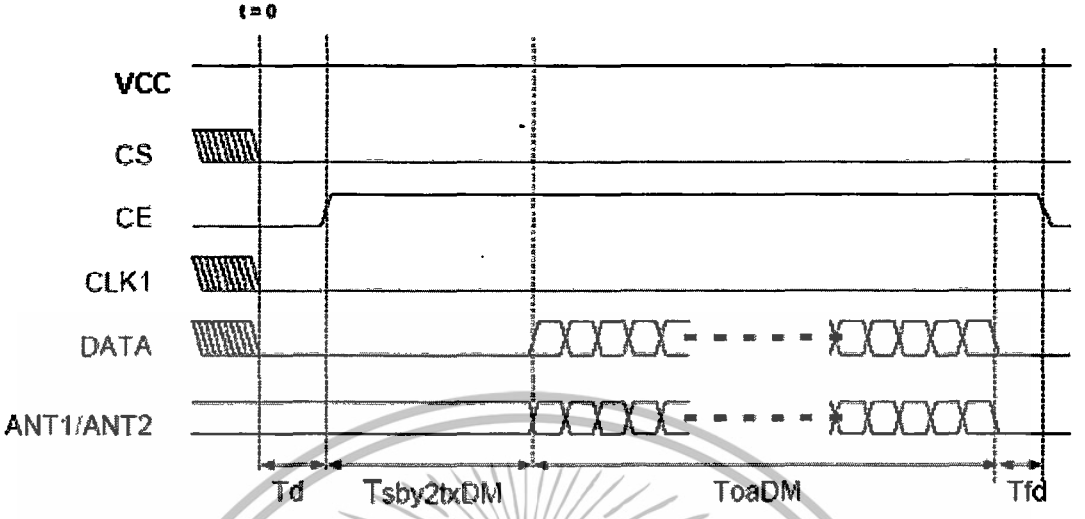


Figure 13 Timing of direct mode TX

In TX direct mode the input data will be sampled by TRF-2.4G and therefore no clock is needed. The clock must be stable at low level during transmission due to noise considerations. The exact delay Tsby2txDM is given by the equation:

$$T_{sby2txDM} = 194uS + 1/F_{XO} * 14 + 2.25uS$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Direct Mode RX

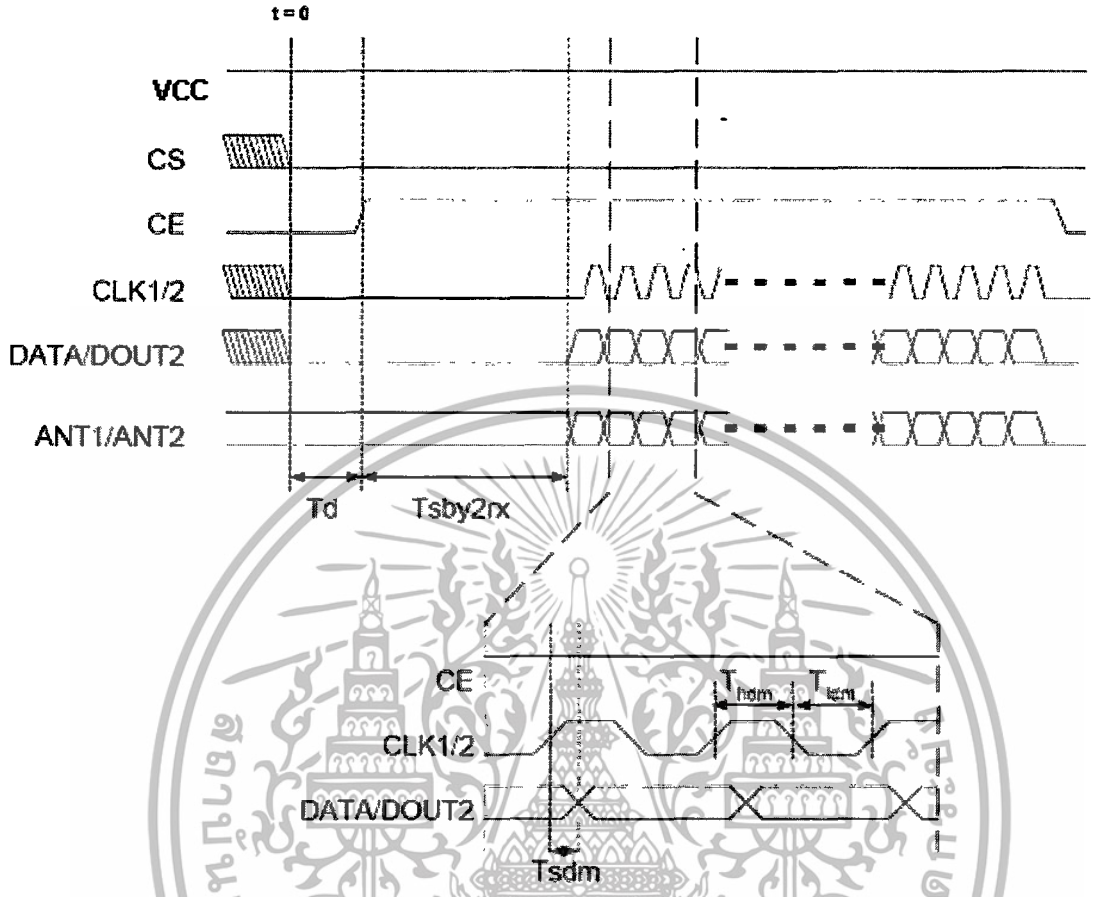


Figure 14 Timing of direct mode RX

Tsby2rx describes the delay from the positive edge of CE to the start detection of (demodulated) incoming data.

PERIPHERAL RFINFORMATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Laipac Technology Inc. www.laipac.com Phone +1-905-7621228 Fax +1-905-7631737
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Antenna output

The ANT1 & ANT2 output pins provide a balanced RF output to the antenna. The pins must have a DC path to VCC, either via a RF choke or via the center point in a dipole antenna. The load impedance seen between the ANT1/ANT2 outputs should be in the range 200-700 . A de-embedded load impedance i.e. impedance seen at drain terminals of the output transistors of 400 . is recommended for maximum output power (0dBm). Lower load impedance (for instance 50) can be obtained by fitting a simple matching network.

Output Power adjustment

Power setting bits of Configuring word	RF output power	DC current consumption
11	0 dBm ±3dB	13.0 mA
10	-5 dBm ±3dB	10.5 mA
01	-10 dBm ±3dB	9.4 mA
00	-20 dBm ±3dB	8.8 mA

Conditions: VCC = 3.0V, VSS = 0V, TA = 27°C, Load impedance = 400 .

Table 15 RF output power setting for the TRF-2.4G.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Configuration Word Example

1 Channel, Freq.: 2410MHz, 1Mbps and Transmit mode:

Bit143	Bit142	Bit41	Bit140	Bit139	Bit138	Bit137	Bit136
1	0	0	0	1	1	1	0
Bit135	Bit134	Bit133	Bit132	Bit131	Bit130	Bit129	Bit128
0	0	0	0	1	0	0	0
Bit127	Bit126	Bit125	Bit124	Bit123	Bit122	Bit121	Bit120
0	0	0	1	1	1	0	0
Bit119	Bit118	Bit117	Bit116	Bit115	Bit114	Bit113	Bit112
1	1	0	0	1	0	0	0
Bit111	Bit110	Bit109	Bit108	Bit107	Bit106	Bit105	Bit104
1	1	0	0	1	0	0	0
Bit103	Bit102	Bit101	Bit100	Bit99	Bit98	Bit97	Bit96
1	1	0	0	0	0	0	0
Bit95	Bit94	Bit93	Bit92	Bit91	Bit90	Bit89	Bit88
1	0	1	0	1	0	1	0
Bit87	Bit86	Bit85	Bit84	Bit83	Bit82	Bit81	Bit80
0	1	0	1	0	1	0	1
Bit79	Bit78	Bit77	Bit76	Bit75	Bit74	Bit73	Bit72
1	0	1	0	1	0	1	0
Bit71	Bit70	Bit69	Bit68	Bit67	Bit66	Bit65	Bit64
0	1	0	1	0	1	0	1
Bit63	Bit62	Bit61	Bit60	Bit59	Bit58	Bit57	Bit56
1	0	1	0	1	0	1	0
Bit55	Bit54	Bit53	Bit52	Bit51	Bit50	Bit49	Bit48
0	1	0	1	0	1	0	1
Bit47	Bit46	Bit45	Bit44	Bit43	Bit42	Bit41	Bit40
1	0	1	0	1	0	1	0
Bit39	Bit38	Bit37	Bit36	Bit35	Bit34	Bit33	Bit32
0	1	0	1	0	1	0	1
Bit31	Bit30	Bit29	Bit28	Bit27	Bit26	Bit25	Bit24
1	0	1	0	1	0	1	0
Bit23	Bit22	Bit21	Bit20	Bit19	Bit18	Bit17	Bit16
1	0	1	0	0	0	1	1
Bit15	Bit4	Bit13	Bit12	Bit11	Bit10	Bit9	Bit8
0	**1**	**1**	0	1	1	1	1
Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
0	0	0	1	0	1	0	**0**

Table 16 Configuration Example

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Laipac Technology Inc.

Headquarter

Laipac Technology, Inc.
55 West Beaver Creek Rd., Unit 1
Richmond Hill, Ontario.
L4B 1K5 - Canada
Tel: 905-762-1228 Fax: 905-763-1737

Europe Office

Laipac Tech Europe SL.
Güell 58 (Edificio CINC)
(17001) Gerona - Spain
Tel:+34 972 940 947 Fax: +34 972 940 948

For European Customers, click here

Africa, Middle East & Other countries, click here.

For Sales : sales@laipac.com
For Customer Service: cs@laipac.com
For General Info : info@laipac.com
For Technical : tech@laipac.com
For Human Resources : diego@laipac.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19-0175; Rev 3; 5/96

MAXIM

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

General Description

The MAX202E–MAX213E, MAX232E/MAX241E line drivers/receivers are designed for RS-232 and V.28 communications in harsh environments. Each transmitter output and receiver input is protected against ±15kV electrostatic discharge (ESD) shocks, without latchup. The various combinations of features are outlined in the *Selection Guide*. The drivers and receivers for all ten devices meet all EIA/TIA-232E and CCITT V.28 specifications at data rates up to 120kbps, when loaded in accordance with the EIA/TIA-232E specification.

The MAX211E/MAX213E/MAX241E are available in 28-pin SO packages, as well as a 28-pin SSOP that uses 60% less board space. The MAX202E/MAX232E come in 16-pin narrow SO, wide SO, and DIP packages. The MAX203E comes in a 20-pin DIP/SO package, and needs no external charge-pump capacitors. The MAX205E comes in a 24-pin wide DIP package, and also eliminates external charge-pump capacitors. The MAX206E/MAX207E/MAX208E come in 24-pin SO, SSOP, and narrow DIP packages. The MAX232E/MAX241E operate with four 1µF capacitors, while the MAX202E/MAX206E/MAX207E/MAX208E/MAX211E/MAX213E operate with four 0.1µF capacitors, further reducing cost and board space.

Applications

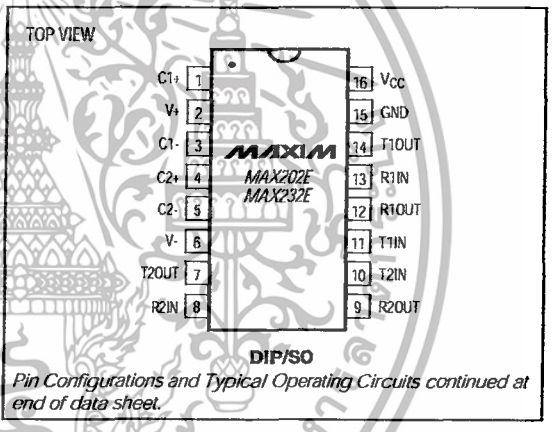
Notebook, Subnotebook, and Palmtop Computers
Battery-Powered Equipment
Hand-Held Equipment

Ordering Information appears at end of data sheet.

Features

- **ESD Protection for RS-232 I/O Pins:**
  ±15kV—Human Body Model
  ±8kV—IEC1000-4-2, Contact Discharge
  ±15kV—IEC1000-4-2, Air-Gap Discharge
- **Latchup Free (unlike bipolar equivalents)**
- **Guaranteed 120kbps Data Rate—LapLink™ Compatible**
- **Guaranteed 3V/µs Min Slew Rate**
- **Operate from a Single +5V Power Supply**

Pin Configurations



Pin Configurations and Typical Operating Circuits continued at end of data sheet.

Selection Guide

PART	No. of RS-232 DRIVERS	No. of RS-232 RECEIVERS	RECEIVERS ACTIVE IN SHUTDOWN	No. of EXTERNAL CAPACITORS	LOW-POWER SHUTDOWN	TTL THREE-STATE
MAX202E	2	2	0	4 (0.1µF)	No	No
MAX203E	2	2	0	None	No	No
MAX205E	5	5	0	None	Yes	Yes
MAX206E	4	3	0	4 (0.1µF)	Yes	Yes
MAX207E	5	3	0	4 (0.1µF)	No	No
MAX208E	4	4	0	4 (0.1µF)	No	No
MAX211E	4	5	0	4 (0.1µF)	Yes	Yes
MAX213E	4	5	2	4 (0.1µF)	Yes	Yes
MAX232E	2	2	0	4 (1µF)	No	No
MAX241E	4	5	0	4 (1µF)	Yes	Yes

LapLink is a registered trademark of Traveling Software, Inc.

For free samples & the latest literature: http://www.maxim-ic.com, or phone 1-800-998-8800

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

VCC .....-0.3V to +6V
V+ .....(VCC - 0.3V) to +14V
V- .....-14V to +0.3V
Input Voltages
T_IN .....-0.3V to (V+ + 0.3V)
R_IN .....±30V
Output Voltages
T_OUT.....(V- - 0.3V) to (V+ + 0.3V)
R_OUT.....-0.3V to (VCC + 0.3V)
Short-Circuit Duration, T_OUT.....Continuous
Continuous Power Dissipation (TA = +70°C)
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C)....842mW
16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C) 696mW
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
20-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C)...889mW
20-Pin SO (derate 10.00mW/°C above +70°C).....800mW
24-Pin Narrow Plastic DIP
(derate 13.33mW/°C above +70°C) 1.07W
24-Pin Wide Plastic DIP
(derate 14.29mW/°C above +70°C).....1.14W
24-Pin SO (derate 11.76mW/°C above +70°C).....941mW
24-Pin SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C) 640mW
28-Pin SO (derate 12.50mW/°C above +70°C).....1W
28-Pin SSOP (derate 9.52mW/°C above +70°C) 762mW
Operating Temperature Ranges
MAX2__EC__ .....0°C to +70°C
MAX2__EE__.....-40°C to +85°C
Storage Temperature Range .....-65°C to +165°C
Lead Temperature (soldering, 10sec) .....+300°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(VCC = +5V ±10% for MAX202E/206E/208E/211E/213E/232E/241E; VCC = +5V ±5% for MAX203E/205E/207E; C1–C4 = 0.1µF for MAX202E/206E/207E/208E/211E/213E; C1–C4 = 1µF for MAX232E/241E; TA = TMIN to TMAX; unless otherwise noted. Typical values are at TA = +25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
DC CHARACTERISTICS							
VCC Supply Current	ICC	No load, TA = +25°C	MAX202E/203E		8	15	mA
			MAX205E–208E		11	20	
			MAX211E/213E		14	20	
			MAX232E		5	10	
			MAX241E		7	15	
Shutdown Supply Current		TA = +25°C, Figure 1	MAX205E/206E		1	10	µA
			MAX211E/241E		1	10	
			MAX213E		15	50	
LOGIC							
Input Pull-Up Current		T_IN = 0V (MAX205E–208E/211E/213E/241E)			15	200	µA
Input Leakage Current		T_IN = 0V to VCC (MAX202E/203E/232E)				±10	µA
Input Threshold Low	VIL	T_IN; EN, $\overline{SHDN}$ (MAX213E) or $\overline{EN}$, SHDN (MAX205E–208E/211E/241E)				0.8	V
Input Threshold High	VIH	T_IN		2.0			V
		EN, $\overline{SHDN}$ (MAX213E) or $\overline{EN}$, SHDN (MAX205E–208E/211E/241E)		2.4			
Output Voltage Low	VOL	R_OUT; IOUT = 3.2mA (MAX202E/203E/232E) or IOUT = 1.6mA (MAX205E/208E/211E/213E/241E)				0.4	V
Output Voltage High	VOH	R_OUT; IOUT = -1.0mA		3.5	VCC - 0.4		V
Output Leakage Current		$\overline{EN}$ = VCC, EN = 0V, 0V ≤ ROUT ≤ VCC, MAX205E–208E/211E/213E/241E outputs disabled			±0.05	±10	µA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{CC} = +5V ±10% for MAX202E/206E/208E/211E/213E/232E/241E; V_{CC} = +5V ±5% for MAX203E/205E/207E; C1–C4 = 0.1µF for MAX202E/206E/207E/208E/211E/213E; C1–C4 = 1µF for MAX232E/241E; T_A = T_{MIN} to T_{MAX}; unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
EIA/TIA-232E RECEIVER INPUTS							
Input Voltage Range				-30		30	V
Input Threshold Low		T_A = +25°C, V_{CC} = 5V	All parts, normal operation	0.8	1.2		V
			MAX213E, $\overline{SHDN}$ = 0V, EN = V_{CC}	0.6	1.5		
Input Threshold High		T_A = +25°C, V_{CC} = 5V	All parts, normal operation		1.7	2.4	V
			MAX213E (R4, R5), $\overline{SHDN}$ = 0V, EN = V_{CC}		1.5	2.4	
Input Hysteresis		V_{CC} = 5V, no hysteresis in shutdown		0.2	0.5	1.0	V
Input Resistance		T_A = +25°C, V_{CC} = 5V		3	5	7	kΩ
EIA/TIA-232E TRANSMITTER OUTPUTS							
Output Voltage Swing		All drivers loaded with 3kΩ to ground (Note 1)		±5	±9		V
Output Resistance		V_{CC} = V_+ = V_- = 0V, V_{OUT} = ±2V		300			Ω
Output Short-Circuit Current					±10	±60	mA
TIMING CHARACTERISTICS							
Maximum Data Rate		R_L = 3kΩ to 7kΩ, C_L = 50pF to 1000pF, one transmitter switching		120			kbps
Receiver Propagation Delay	t_{PLHR}, t_{PHLR}	C_L = 150pF	All parts, normal operation		0.5	10	µs
			MAX213E (R4, R5), $\overline{SHDN}$ = 0V, EN = V_{CC}		4	40	
Receiver Output Enable Time		MAX205E/206E/211E/213E/241E normal operation, Figure 2			600		ns
Receiver Output Disable Time		MAX205E/206E/211E/213E/241E normal operation, Figure 2			200		ns
Transmitter Propagation Delay	t_{PLHT}, t_{PHLT}	R_L = 3kΩ, C_L = 2500pF, all transmitters loaded			2		µs
Transition-Region Slew Rate		T_A = +25°C, V_{CC} = 5V, R_L = 3kΩ to 7kΩ, C_L = 50pF to 1000pF, measured from -3V to +3V or +3V to -3V, Figure 3		3	6	30	V/µs
ESD PERFORMANCE: TRANSMITTER OUTPUTS, RECEIVER INPUTS							
ESD-Protection Voltage		Human Body Model			±15		kV
		IEC1000-4-2, Contact Discharge			±8		
		IEC1000-4-2, Air-Gap Discharge			±15		

Note 1: MAX211EE__ tested with V_{CC} = +5V ±5%.

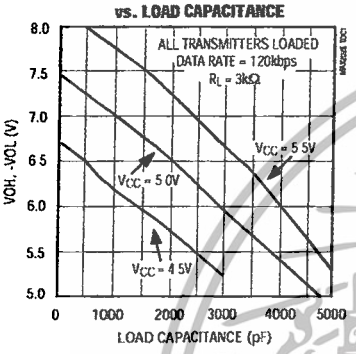
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

±15kV ESD-Protected, +5V RS-232 Transceivers

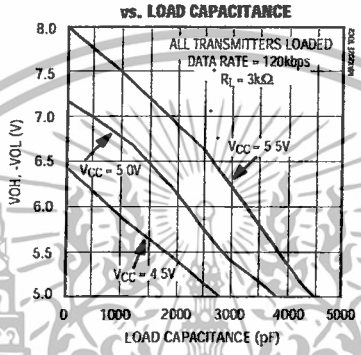
Typical Operating Characteristics

(Typical Operating Circuits, V_{CC} = +5V, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

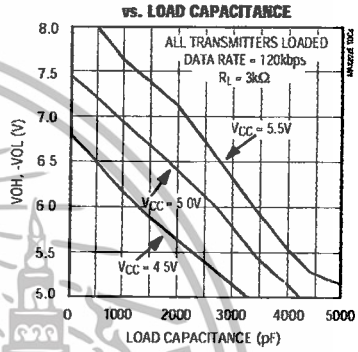
MAX232E
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE
vs. LOAD CAPACITANCE



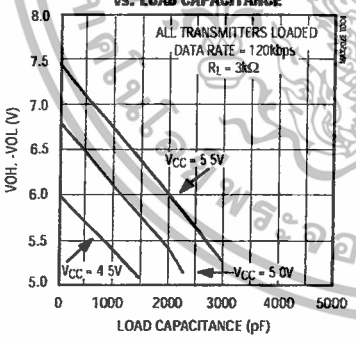
MAX202E/MAX203E
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE
vs. LOAD CAPACITANCE



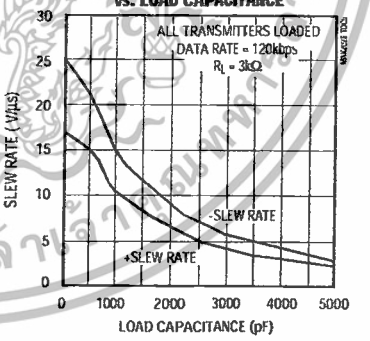
MAX241E
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE
vs. LOAD CAPACITANCE



MAX211E/MAX213E
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE
vs. LOAD CAPACITANCE



MAX211E/MAX213E/MAX241E
TRANSMITTER SLEW RATE
vs. LOAD CAPACITANCE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

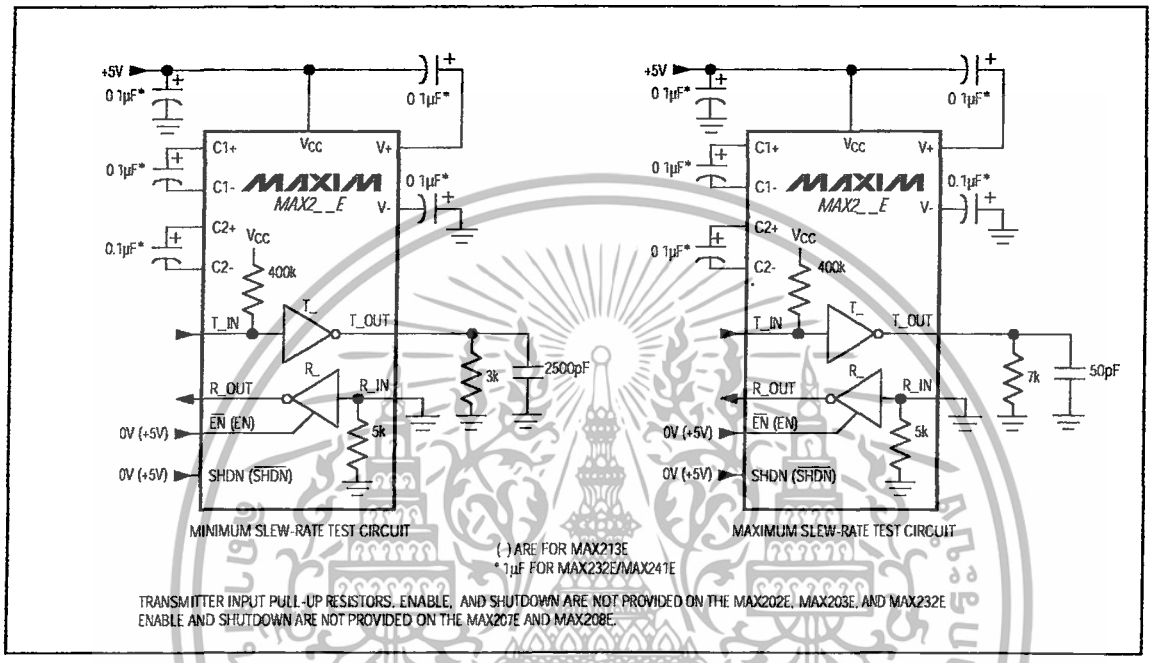


Figure 3. Transition Slew-Rate Circuit

Detailed Description

The MAX202E–MAX213E, MAX232E/MAX241E consist of three sections: charge-pump voltage converters, drivers (transmitters), and receivers. These E versions provide extra protection against ESD. They survive ±15kV discharges to the RS-232 inputs and outputs, tested using the Human Body Model. When tested according to IEC1000-4-2, they survive ±8kV contact-discharges and ±15kV air-gap discharges. The rugged E versions are intended for use in harsh environments or applications where the RS-232 connection is frequently changed (such as notebook computers). The standard (non-"E") MAX202, MAX203, MAX205–MAX208, MAX211, MAX213, MAX232, and MAX241 are recommended for applications where cost is critical.

+5V to ±10V Dual Charge-Pump Voltage Converter

The +5V to ±10V conversion is performed by dual charge-pump voltage converters (Figure 4). The first charge-pump converter uses capacitor C1 to double the +5V into +10V, storing the +10V on the output filter capacitor, C3. The second uses C2 to invert the +10V into -10V, storing the -10V on the V- output filter capacitor, C4.

In shutdown mode, V+ is internally connected to V_{CC} by a 1kΩ pull-down resistor, and V- is internally connected to ground by a 1kΩ pull-up resistor.

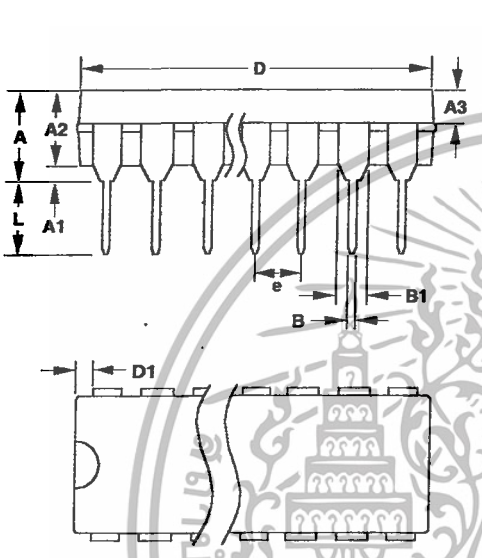
RS-232 Drivers

With V_{CC} = 5V, the typical driver output voltage swing is ±8V when loaded with a nominal 5kΩ RS-232 receiver. The output swing is guaranteed to meet EIA/TIA-232E and V.28 specifications that call for ±5V minimum output levels under worst-case conditions. These include a 3kΩ load, minimum V_{CC}, and maximum operating temperature. The open-circuit output voltage swings from (V+ - 0.6V) to V-.

Input thresholds are CMOS/TTL compatible. The unused drivers' inputs on the MAX205E–MAX208E, MAX211E, MAX213E, and MAX241E can be left unconnected because 400kΩ pull-up resistors to V_{CC} are included on-chip. Since all drivers invert, the pull-up resistors force the unused drivers' outputs low. The MAX202E, MAX203E, and MAX232E do not have pull-up resistors on the transmitter inputs.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Information

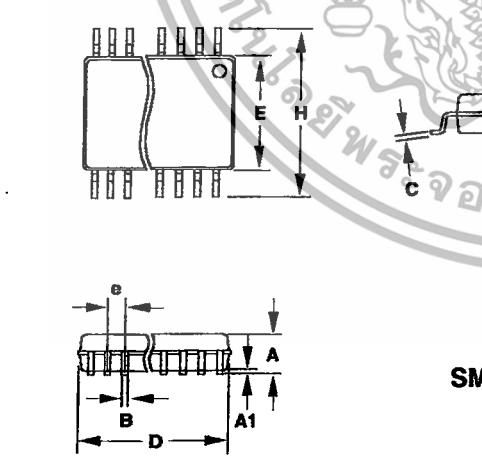


Plastic DIP
PLASTIC
DUAL-IN-LINE
PACKAGE
(0.300 in.)

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	–	0.200	–	5.08
A1	0.015	–	0.38	–
A2	0.125	0.175	3.18	4.45
A3	0.055	0.080	1.40	2.03
B	0.016	0.022	0.41	0.56
B1	0.045	0.065	1.14	1.65
C	0.008	0.012	0.20	0.30
D1	0.005	0.080	0.13	2.03
E	0.300	0.325	7.62	8.26
E1	0.240	0.310	6.10	7.87
e	0.100	–	2.54	–
eA	0.300	–	7.62	–
eB	–	0.400	–	10.16
L	0.115	0.150	2.92	3.81

PKG.	DIM	PINS	INCHES		MILLIMETERS	
			MIN	MAX	MIN	MAX
P	D	8	0.348	0.390	8.84	9.91
P	D	14	0.735	0.765	18.67	19.43
P	D	16	0.745	0.765	18.92	19.43
P	D	18	0.885	0.915	22.48	23.24
P	D	20	1.015	1.045	25.78	26.54
N	D	24	1.14	1.265	28.96	32.13

21-0043A



SSOP
SHRINK
SMALL-OUTLINE
PACKAGE

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.068	0.078	1.73	1.99
A1	0.002	0.008	0.05	0.21
B	0.010	0.015	0.25	0.38
C	0.004	0.008	0.09	0.20
D	SEE VARIATIONS			
E	0.205	0.209	5.20	5.38
e	0.0256 BSC		0.65 BSC	
H	0.301	0.311	7.65	7.90
L	0.025	0.037	0.63	0.95
α	0°	8°	0°	8°

DIM	PINS	INCHES		MILLIMETERS	
		MIN	MAX	MIN	MAX
D	14	0.239	0.249	6.07	6.33
D	16	0.239	0.249	6.07	6.33
D	20	0.278	0.289	7.07	7.33
D	24	0.317	0.328	8.07	8.33
D	28	0.397	0.407	10.07	10.33

21-0056A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HM62256B Series

256k SRAM (32-kword × 8-bit)

HITACHI

ADE-203-135F (Z)
Rev. 6.0
Nov. 13, 1997

Description

The Hitachi HM62256B Series is a CMOS static RAM organized 32,768-word × 8-bit. It realizes higher performance and low power consumption by employing 0.8 µm Hi-CMOS process technology. The device, packaged in 8 × 14 mm TSOP, 8 × 13.4 mm TSOP with thickness of 1.2 mm, 450 mil SOP (foot print pitch width), 600 mil plastic DIP, or 300 mil plastic DIP, is available for high density mounting. It offers low power standby power dissipation; therefore, it is suitable for battery backup systems.

Features

- Single 5.0 V supply: 5.0 V ± 10%
- Access time: 55 ns/70 ns/85 ns (max)
- Power dissipation:
  - — Active: 25 mW (typ) (f = 1 MHz)
  - — Standby: 1.0 µW (typ)
- Completely static memory
  - — No clock or timing strobe required
- Equal access and cycle times
- Common data input and output
  - — Three state output
- Directly TTL compatible all inputs and outputs
- Battery backup operation

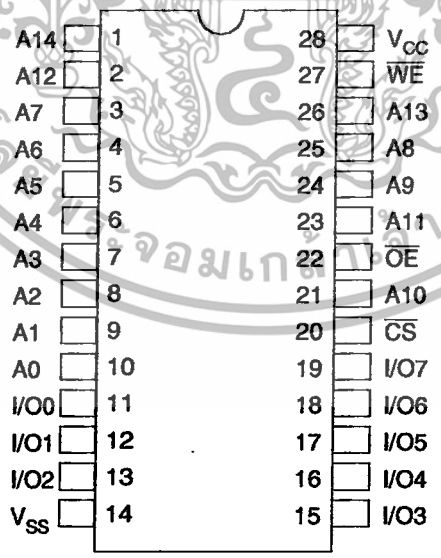
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

Type No.	Access time	Package
HM62256BLP-7	70 ns	600-mil 28-pin plastic DIP (DP-28)
HM62256BLP-7SL	70 ns	
HM62256BLSP-7	70 ns	300-mil 28-pin plastic DIP (DP-28NA)
HM62256BLSP-7SL	70 ns	
HM62256BLFP-7T	70 ns	450-mil 28-pin plastic SOP (FP-28DA)
HM62256BLFP-5SLT	55 ns	
HM62256BLFP-7SLT	70 ns	
HM62256BLFP-7ULT	70 ns	
HM62256BLT-8	85 ns	8 mm × 14 mm 32-pin TSOP (TFP-32DA)
HM62256BLT-7SL	70 ns	
HM62256BLTM-8	85 ns	8 mm × 13.4 mm 28-pin TSOP (TFP-28DA)
HM62256BLTM-5SL	55 ns	
HM62256BLTM-7SL	70 ns	
HM62256BLTM-7UL	70 ns	

Pin Arrangement

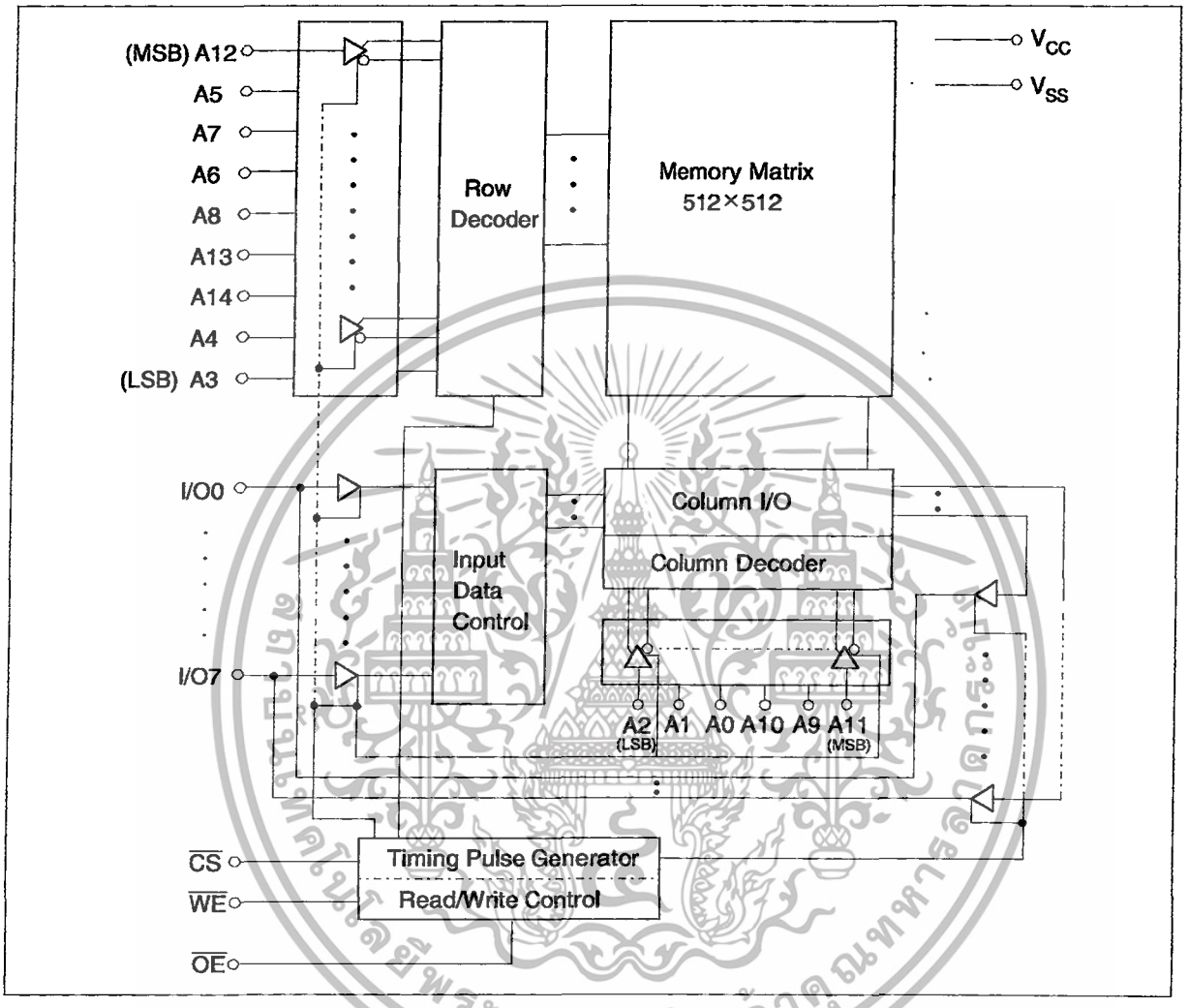
HM62256BLP/BLFP/BLSP Series



(Top view)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

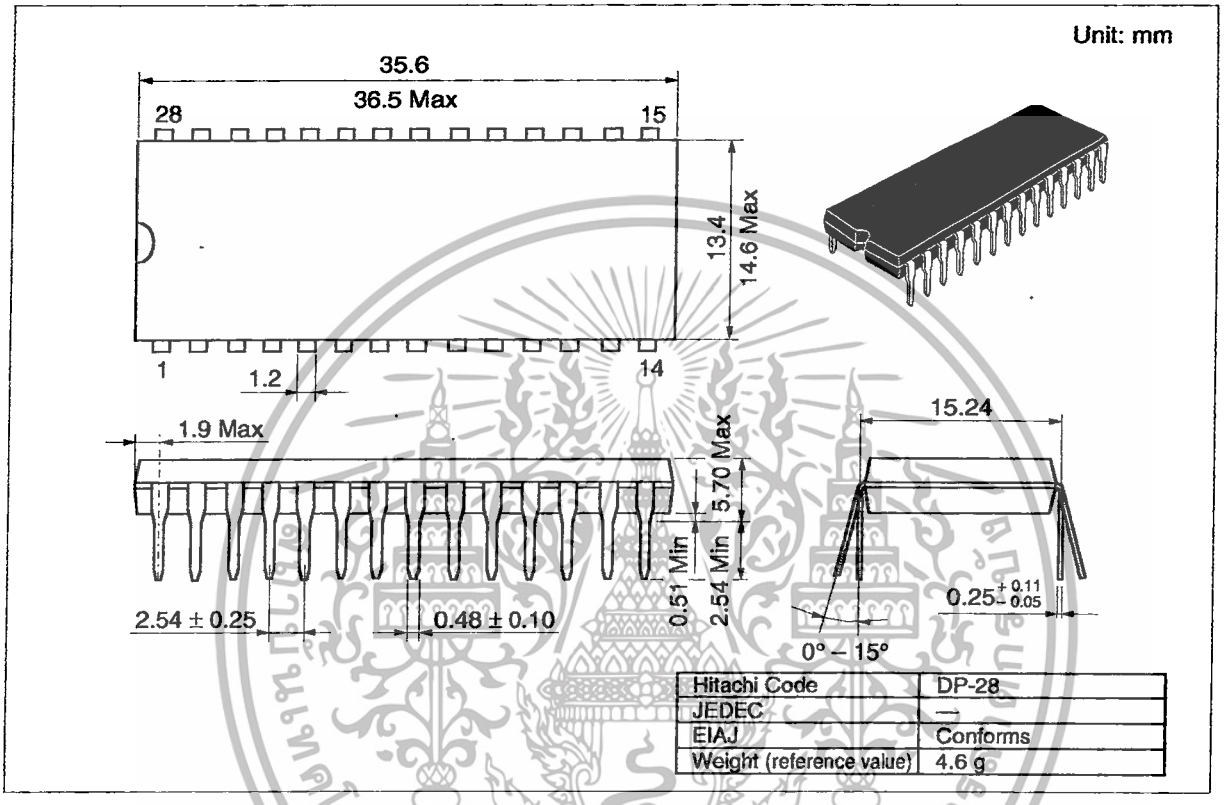
Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Dimensions

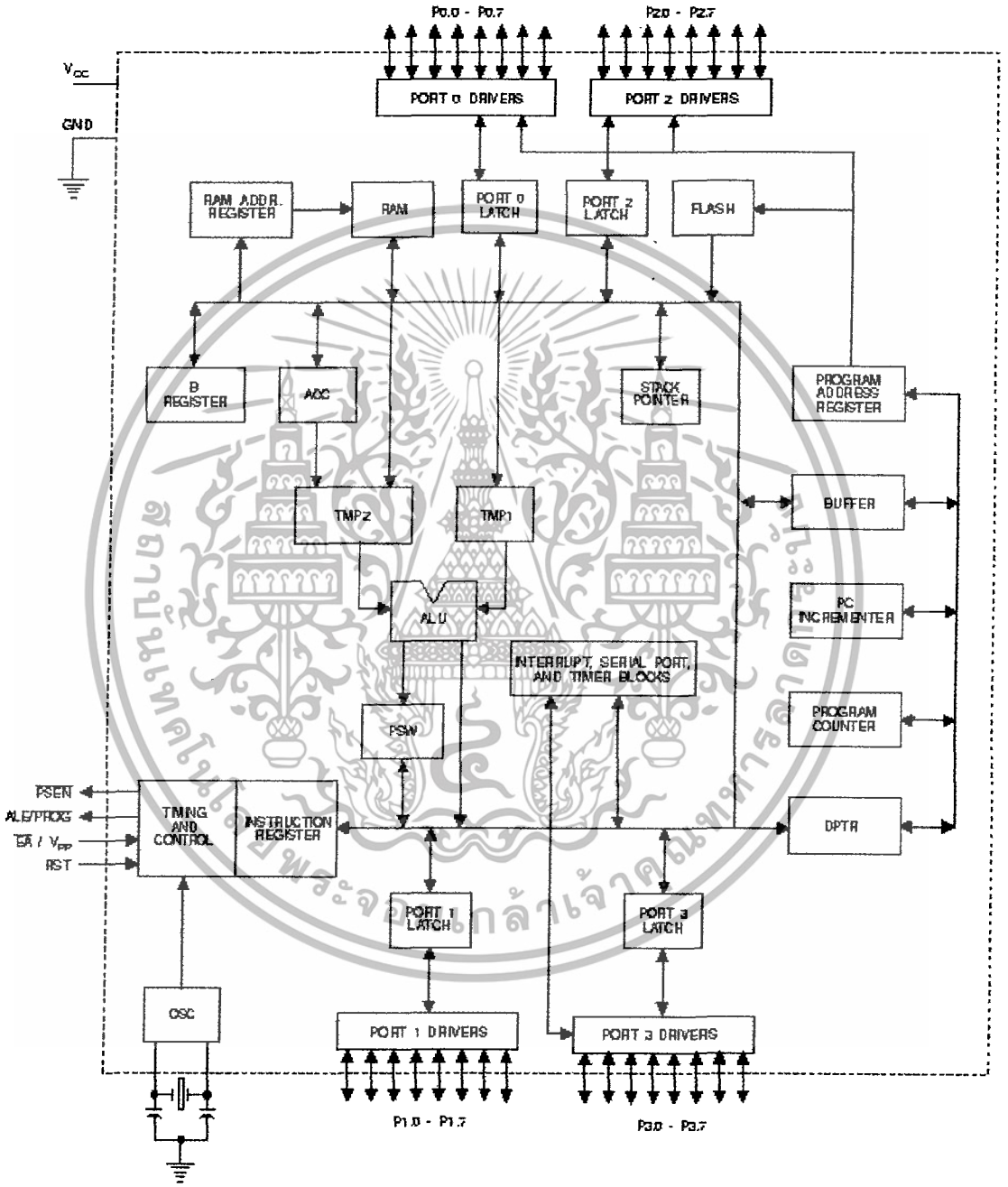
HM62256BLP Series (DP-28)



Hitachi Code	DP-28
JEDEC	—
EIAJ	Conforms
Weight (reference value)	4.6 g

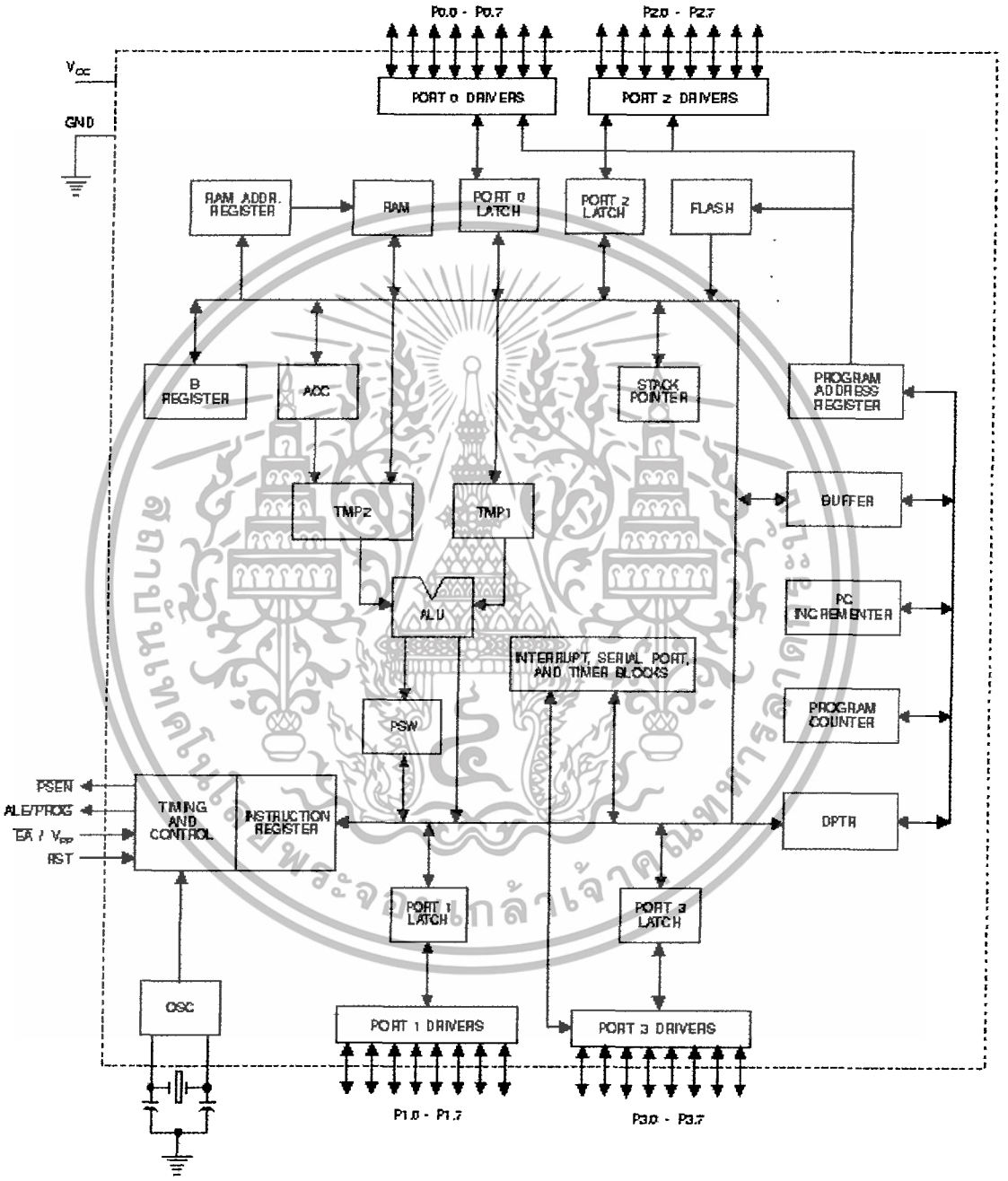
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 3. Programming the Flash

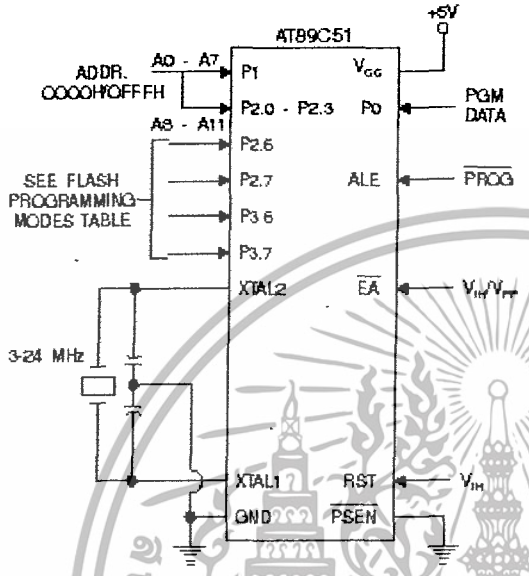
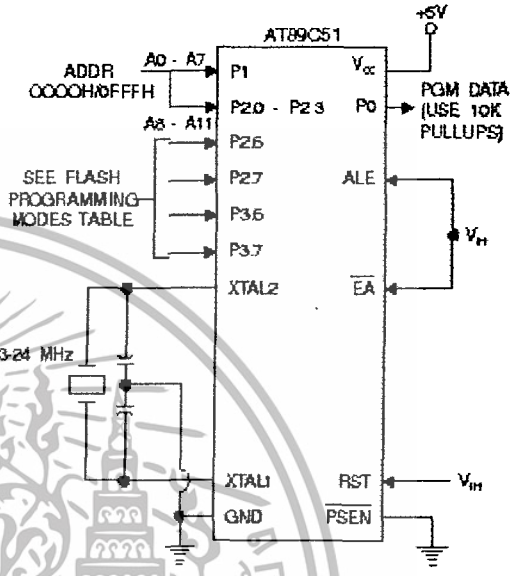


Figure 4. Verifying the Flash



Flash Programming and Verification Characteristics

$T_A = 0°C$ to $70°C$, $V_{CC} = 5.0 \pm 10\%$

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
V_{PP}[1]	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
I_{PP}[1]	Programming Enable Current		1.0	mA
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3	24	MHz
t_{AVGL}	Address Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHAX}	Address Hold After $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
t_{DVGL}	Data Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHDX}	Data Hold After $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
t_{EHSH}	P2.7 ($\overline{ENABLE}$) High to V_{PP}	$48t_{CLCL}$		
t_{SHGL}	V_{PP} Setup to $\overline{PROG}$ Low	10		µs
t_{GHSL}[1]	V_{PP} Hold After $\overline{PROG}$	10		µs
t_{GLGH}	$\overline{PROG}$ Width	1	110	µs
t_{AVQV}	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{ELQV}	$\overline{ENABLE}$ Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{EHQZ}	Data Float After $\overline{ENABLE}$	0	$48t_{CLCL}$	
t_{GHBL}	$\overline{PROG}$ High to $\overline{BUSY}$ Low		1.0	µs
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

Note: 1 Only used in 12-volt programming mode.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 3. Programming the Flash

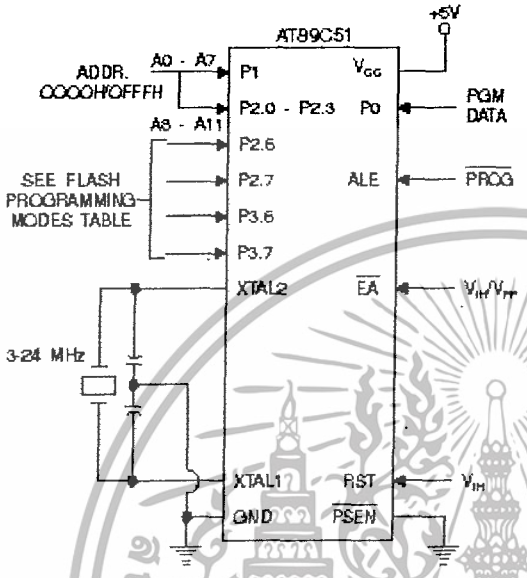
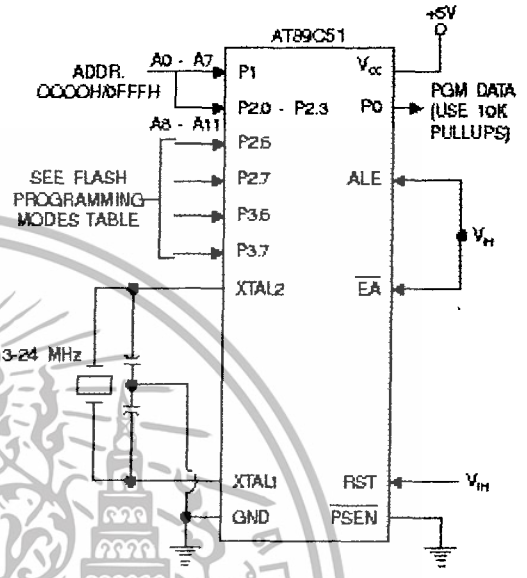


Figure 4. Verifying the Flash



Flash Programming and Verification Characteristics

$T_A = 0°C$ to $70°C$, $V_{CC} = 5.0 \pm 10\%$

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
V_{PP}[1]	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
I_{PP}[1]	Programming Enable Current		1.0	mA
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3	24	MHz
t_{AVGL}	Address Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHAX}	Address Hold After $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
t_{DVGL}	Data Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHDX}	Data Hold After $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
t_{EHSH}	P2.7 ($\overline{ENABLE}$) High to V_{PP}	$48t_{CLCL}$		
t_{SHGL}	V_{PP} Setup to $\overline{PROG}$ Low	10		µs
t_{GHSL}[1]	V_{PP} Hold After $\overline{PROG}$	10		µs
t_{GLGH}	$\overline{PROG}$ Width	1	110	µs
t_{AVQV}	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{ELQV}	$\overline{ENABLE}$ Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{EHQZ}	Data Float After $\overline{ENABLE}$	0	$48t_{CLCL}$	
t_{GHBL}	$\overline{PROG}$ High to $\overline{BUSY}$ Low		1.0	µs
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings*

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

DC Characteristics

T_A = -40°C to 85°C, V_{CC} = 5.0V ± 20% (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low Voltage	(Except $\overline{EA}$)	-0.5	$0.2V_{CC}$ - 0.1	V
V_{IL1}	Input Low Voltage ($\overline{EA}$)		-0.5	$0.2V_{CC}$ - 0.3	V
V_{IH}	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2V_{CC}$ + 0.9	V_{CC} + 0.5	V
V_{IH1}	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	$0.7V_{CC}$	V_{CC} + 0.5	V
V_{OL}	Output Low Voltage[1] (Ports 1,2,3)	I_{OL} = 1.6 mA		0.45	V
V_{OL1}	Output Low Voltage[1] (Port 0, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OL} = 3.2 mA		0.45	V
V_{OH}	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OH} = -60 µA, V_{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -25 µA	$0.75V_{CC}$		V
		I_{OH} = -10 µA	$0.9V_{CC}$		V
V_{OH1}	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	I_{OH} = -800 µA, V_{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -300 µA	$0.75V_{CC}$		V
		I_{OH} = -80 µA	$0.9V_{CC}$		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 0.45V		-50	µA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 2V, VCC = 5V ± 10%		-650	µA
I_{LI}	Input Leakage Current (Port 0, $\overline{EA}$)	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		±10	µA
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	KΩ
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, T_A = 25°C		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		20	mA
		Idle Mode, 12 MHz		5	mA
	Power Down Mode[2]	V_{CC} = 6V		100	µA
		V_{CC} = 3V		40	µA

Notes: 1. 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.

2. Minimum V_{CC} for Power Down is 2V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้