

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การประยุกต์ เทคโนโลยีระบบการชี้เฉพาะ
ด้วยคลื่นความถี่วิทยุ เพื่อใช้ในการคมนาคมขนส่ง

An Application of Radio Frequency Identification (RFID)
in transportation



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประจำปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ เทคโนโลยีระบบการชี้เฉพาะ
ด้วยคลื่นความถี่วิทยุ เพื่อใช้ในการคมนาคมขนส่ง
An Application of Radio Frequency Identification (RFID)
in transportation

โดย
นาย กนต์ยศ โทณะพันธ์ รหัส 46010027
นาย อริยะ อำพันธ์ทองศิริ รหัส 46010942

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. อภินันท์ ธนชยานนท์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประจำปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

ปีการศึกษา 2549

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เรื่อง

การประยุกต์ เทคโนโลยีระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ
เพื่อใช้ในการคมนาคมขนส่ง

จัดทำโดย

นาย กัญตย์ศ โทณะพันธ์

รหัส 46010027

นาย อริยะ อำพันธ์ทองศิริ

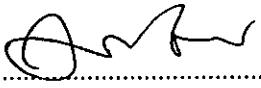
รหัส 46010942

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. อภินันท์ ธนชยานนท์



รายงานฉบับนี้ผ่านการตรวจสอบ โดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ..........อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. อภินันท์ ธนชยานนท์)

วันที่ 12/12/49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ เทคโนโลยีระบบการชี้เฉพาะ ด้วยคลื่นความถี่วิทยุ เพื่อใช้ในการคมนาคมขนส่ง

นาย กัญต์ยศ โทณะพันธ์ รหัส 46010027

นาย อริยะ อัมพันธ์ทองศิริ รหัส 46010942

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. อภินันท์ ธนชยานนท์

ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเทคโนโลยีระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ (Radio Frequency Identification; RFID) มาประยุกต์ใช้ในการคมนาคมขนส่งเพื่อความแม่นยำ ในการระบุตำแหน่งและเอกลักษณ์ของวัตถุ โดยได้จัดทำโมเดลระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ ซึ่งมีหลักการคือใช้เครื่องอ่าน (reader) ที่มีคลื่นความถี่ต่ำ (125 กิโลเฮิร์ตซ์) ติดไว้กับโมเดลระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ และติดป้ายชื่อ (tag) ไว้ที่สถานีต่างๆที่สร้างเป็นโมเดลขึ้นมา เมื่อคลื่นวิทยุวิ่งผ่านสถานี เครื่องอ่าน ที่ติดไว้กับรถไฟก็จะอ่านสัญญาณจากป้ายชื่อ โดยสัญญาณที่ได้จากป้ายชื่อ จะถูกส่งผ่านไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์และเครื่องส่ง (RF module) จากนั้นสัญญาณจะถูกส่งไปประมวลผลที่คอมพิวเตอร์ ซึ่งต้องใช้การเขียนโปรแกรมช่วยในการเชื่อมต่อและแสดงผลระหว่าง เครื่องอ่านและคอมพิวเตอร์ โดยที่หน้าจอกอมพิวเตอร์ จะสามารถแสดง ตำแหน่งของรถได้

An Application of Radio Frequency Identification (RFID) in transportation

Mr. Kanyod Tonapan ID. 46010027

Mr. Ariya Ampanthongsiri ID. 46010942

Assoc. Prof. Dr. Apinunt Thanachayanont (Advisor)

Educational Year 2006

Abstract

Due to Radio Frequency Identification (RFID) provides accuracy in specifying a position and identifying an object, the application of RFID in transportation is investigated in this research. Train model is produced in order to study the efficiency of this system. General principals is setting the reader giving 125 kHz of frequency at a train model and the tag at any model of train stations. When the train passing the stations, the reader adhered with the train will receive the signal from the tag which it passes. This signal is sent through microcontroller and RF module. Then, the signal is computerized by using computer programming after that the position of the train model is displayed on the monitor screen.

กิตติกรรมประกาศ

ก่อนที่รายงานนี้สำเร็จด้วยดี ได้มีผู้เกี่ยวข้องที่สนับสนุนและให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ได้แก่ รศ.ดร. อภินันท์ ธนชยานนท์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ผู้สอนหลายท่านในภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางในการแก้ไขปัญหาข้อผิดพลาดต่างๆ ของวงจร รวมถึงการอำนวยความสะดวกในด้านอุปกรณ์สำหรับการทดลองจนทำให้เกิดเป็นชิ้นงานที่สมบูรณ์มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ สำหรับการจัดทำรายงาน ในส่วนของเนื้อหาได้รับความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์และนักศึกษารุ่นพี่

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านและเพื่อนทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมาไว้ ณ โอกาสนี้



ผู้จัดทำ

นาย กันต์ยศ โทณะพันธ์

นาย อริยะ อัมพันธ์ทองศิริ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการทำโครงการ	1
1.3 เป้าหมายและขอบเขตของโครงการ	1
1.4 วิธีการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 ระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ (Radio Frequency Identification, RFID)	3
2.2 ส่วนประกอบของระบบ RFID	4
2.3 หลักการและเทคนิคที่ใช้รับและส่งข้อมูลระหว่างเครื่องอ่านและแท็ก	7
2.4 ย่านความถี่ที่ใช้ในระบบ RFID	12
2.5 คลื่นพาหะและมาตรฐานของระบบ RFID	13
2.6 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี RFID ทางด้านต่างๆ	13
บทที่ 3 ขั้นตอนการทดลองและการออกแบบวงจร	17
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	17
3.2 หลักการทำงาน	17
3.3 การออกแบบวงจร	18
3.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์	19
3.5 ไอซีแมค232	21
3.6 IC LM7812 และ 7805	22
3.7 Module TRW-24G และ ET-RF 24G	23
3.8 เครื่องอ่าน (Reader)	27
3.9 การออกแบบโปรแกรม Visual Basic	28
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	29
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	37
ภาคผนวก	

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างการทำงานของระบบอาร์เอฟไอดี (RFID) แบบอินดักทีฟคัปปลิง (Inductive Coupling)	3
รูปที่ 2.2 แท็กชนิดพาสซีฟ	5
รูปที่ 2.3 แท็กชนิดแอกทีฟ	5
รูปที่ 2.4 เครื่องอ่านและโครงสร้างภายในเครื่องอ่าน	6
รูปที่ 2.5 แสดงรูปคลื่นของสัญญาณระหว่างแท็กและเครื่องอ่านแบบ AM	7
รูปที่ 2.6 (ซ้าย) แสดงรูปคลื่นที่ถูกระบายความร้อนด้วยสนามแม่เหล็ก (ขวา) แสดงวงจรที่สมมูลกับรูปทางซ้ายมือ	8
รูปที่ 2.7 แสดงการสัญญาณรูปคลื่นที่เข้ารหัสแบบแมนเชสเตอร์	9
รูปที่ 2.8 โครงสร้างและระบบการทำงานของ RFID	10
รูปที่ 2.9 วิธีเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	11
รูปที่ 2.10 วิธีการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	11
รูปที่ 2.11 ย่นความถี่ที่ใช้ในระบบ RFID	12
รูปที่ 2.12 การใช้งาน RFID ในภาคเกษตรกรรม	13
รูปที่ 2.13 การใช้งาน RFID ในระบบสมาร์ทการ์ด	14
รูปที่ 2.14 การใช้งาน RFID ในด้านการบริการต่างๆ	15
รูปที่ 2.15 การใช้งาน RFID ในระบบจัดการคลังสินค้า	16
รูปที่ 3.1 แสดงภาพรวมของการทำงาน	17
รูปที่ 3.2 แสดงการจัดขาของ AT89C2051	19
รูปที่ 3.3 แสดงBlock Diagram ของ AT89C2051	20
รูปที่ 3.4 แสดง IC Max 232	21
รูปที่ 3.5 แสดงแบบการต่อ IC Max 232	21
รูปที่ 3.6 แสดงวงจรการทำงานภายในLM78xx	22
รูปที่ 3.7 วงจรไฟกระแสตรง	22
รูปที่ 3.8 แสดงสายสัญญาณ RS232 เพื่อใช้กับ ET-RF24G ในโหมด RF Receive Only และ RF Transmit Only	23

รูปที่ 3.9แสดงแผนผังการต่อสาย RS232 เพื่อใช้งานกับ ET-RF24G V1.0	24
รูปที่3.10แสดงวงจรภายใน ET-RF24G	25
รูปที่ 3.11 แสดงการเชื่อมต่อ RS232	27
รูปที่3.13แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมVisual Basic	28
รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณที่อ่านได้เมื่อยังไม่มี tag	30
รูปที่ 4.2 ขณะกำลังอ่าน tag	30
รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณที่ส่งออกไปขณะอ่าน tag	31
รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณที่รับได้	31
รูปที่ 4.5ภาพขณะทำการทดลอง	32
รูปที่ 4.6 รูปจอแสดงผล	32
รูปที่ 4.7ภาพขณะทำการทดลอง	33
รูปที่ 4.8รูปจอแสดงผล	33
รูปที่ 4.9 ภาพขณะทำการทดลอง	34
รูปที่ 4.10รูปจอแสดงผล	34
รูปที่ 4.11ภาพขณะทำการทดลอง	35
รูปที่ 4.12รูปจอแสดงผล	35
รูปที่ 4.13ภาพขณะทำการทดลอง	36
รูปที่ 4.14 รูปจอแสดงผล	36
ตารางที่1 แสดงรายละเอียดการต่อคอนเน็คเตอร์แบบ DB9 มาตรฐาน RS-232	26
ตารางที่ 2 แสดงระยะทางที่สามารถอ่านค่าได้	29

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

การระบุด้วยคลื่นวิทยุหรือ RFID (Radio Frequency Identification) เป็นเทคโนโลยีอัตโนมัติที่ใช้สำหรับการระบุบุคคล สัตว์ หรือสิ่งของ เพื่อใช้ในการตรวจสอบ ติดตาม ควบคุม และบริหารจัดการอย่างมีประสิทธิภาพและความมั่นคงปลอดภัย ปัจจุบัน RFID เริ่มมีบทบาทสำคัญในภาคเศรษฐกิจทุกภาค ทั้งเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และ พาณิชยกรรม รวมถึงการค้าระหว่างประเทศ เนื่องจากผู้ผลิตสินค้า ผู้ขาย ผู้ให้บริการขนส่ง และหน่วยงานรัฐบาลในหลายประเทศได้ตระหนักถึงประโยชน์ของ RFID ในการเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนการผลิตและการขนส่ง ซึ่งจะเป็นเทคโนโลยีที่สำคัญในอนาคต ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษากระบวนการทำงานของ RFID และการนำเทคโนโลยี RFID ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านต่างๆ โดยเฉพาะในด้านการคมนาคมขนส่ง

1.2 วัตถุประสงค์ในการทำโครงการ

- 1.2.1 เพื่อศึกษาถึงโครงสร้างและการทำงานของ RFID
- 1.2.2 เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมติดต่อสื่อสารระหว่าง RFID และ COMPUTER
- 1.2.3 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำ RFID มาประยุกต์ใช้ในการคมนาคมขนส่ง

1.3 เป้าหมายและขอบเขตของโครงการ

โครงการนี้เป็นการศึกษาหลักการการทำงานของ RFID และสร้างรูปแบบจำลองของรถไฟที่วิ่งผ่านสถานีต่างๆ โดยที่สามารถรู้ตำแหน่งของรถไฟและอัตราเร็วเฉลี่ยของรถไฟได้ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี RFID กับการคมนาคมขนส่งที่ใช้งานจริง โดยแบ่งส่วนศึกษาออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

1.3.1 ส่วนของ Hardware แบ่งเป็น

- 1.3.1.1 ศึกษาทฤษฎีและการทำงานของ RFID
- 1.3.1.2 ศึกษาการทำงานของวงจรภาคส่งและภาครับ

1.3.2 ส่วนของ Software

- 1.3.2.1 ศึกษาโปรแกรมภาษาซี เพื่อควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
- 1.3.2.2 ศึกษาโปรแกรม Visual Basic เพื่อสร้าง Software ที่สามารถประมวลผล และ

แสดงผลที่คอมพิวเตอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีการดำเนินงาน

- 1.4.1 ศึกษาทฤษฎีการทำงานของ RFID พร้อมทั้งทำการทดลองไปพร้อมกันด้วย
- 1.4.2 ศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
- 1.4.3 ศึกษาการเชื่อมต่อโดยใช้วงจรถ่ายรับและภาคส่ง
- 1.4.4 ศึกษาโปรแกรม Visual Basic
- 1.4.5 พัฒนาโปรแกรม Visual Basic ให้สามารถเชื่อมต่อระหว่าง RFID กับ คอมพิวเตอร์

ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

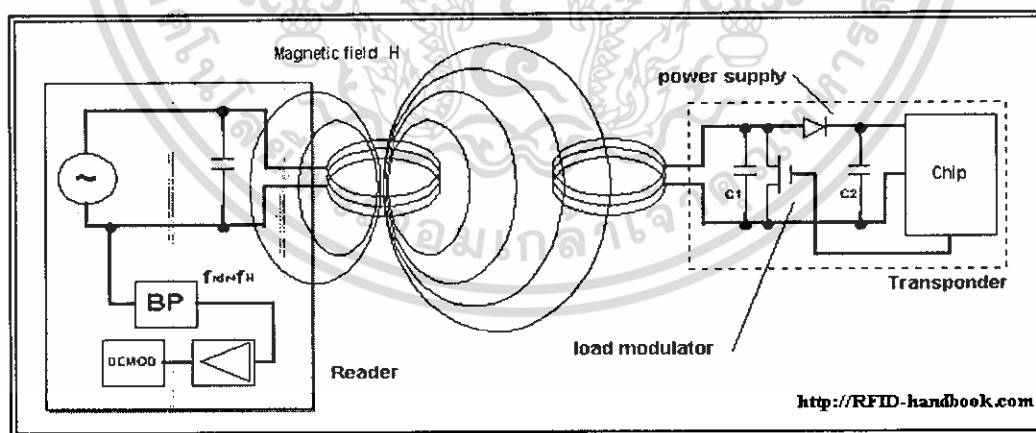
บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ (Radio Frequency Identification, RFID)

RFID ย่อมาจาก **Radio Frequency Identification** คือ ระบบระบุลักษณะของวัตถุด้วยคลื่นความถี่วิทยุ ซึ่งพัฒนามาตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1980 โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อนำไปใช้งานแทนระบบบาร์โค้ด (Barcode) จุดเด่นของ RFID อยู่ที่การอ่านข้อมูลจากแท็ก (Tag) ได้หลายๆแท็กแบบไร้สัมผัสและสามารถอ่านค่าได้แม้ในสภาพที่ทัศนวิสัยไม่ดี ทนต่อความเปียกชื้นแรงสั่นสะเทือน การกระทบกระแทก สามารถอ่านข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูง โดยข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในไมโครชิปที่อยู่ในแท็ก

ในปัจจุบันได้ มีการนำ RFID ไปประยุกต์กับงานในด้านอื่นๆนอกเหนือจากนำมาใช้แทนระบบบาร์โค้ดแบบเดิม เช่น ใช้ในบัตรชนิดต่างๆ บัตรสำหรับผ่านเข้าออกสถานที่ต่างๆ บัตรจอดรถตามศูนย์การค้าต่างๆที่เราอาจพบเห็นอยู่ในรูปของแท็กสินค้า ที่มีขนาดเล็กจนสามารถแทรกลงระหว่างชั้นของเนื้อกระดาษได้หรือเป็นแคปซูลขนาดเล็กฝังเอาไว้ ในตัวสัตว์ เพื่อบันทึกประวัติต่างๆ เป็นต้น



รูปที่ 2.1 โครงสร้างการทำงานของระบบอาร์เอฟไอดี (RFID) แบบอินดักทีฟคัปปลิง (Inductive Coupling)

2.2 ส่วนประกอบของระบบ RFID

ระบบที่เฉพาะอัตโนมัติ (Automatic Identification) แบบไร้สาย (Wireless) ระบบนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์สองส่วน คือ ทรานสปอนเดอร์หรือแท็ก (Transponder or Tag) ซึ่งใช้ติดกับวัตถุต่างๆ ที่เราต้องการ โดยแท็กจะทำหน้าที่บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุชิ้นนั้นๆ ส่วนที่สองก็คือเครื่องสำหรับอ่านหรือเขียนข้อมูลภายในแท็ก (Interrogator or Reader) ด้วยคลื่นความถี่วิทยุ

เมื่อเปรียบเทียบกับระบบบาร์โค้ด แท็กในระบบ RFID คือ ตัวบาร์โค้ดที่ติดกันฉลากของสินค้า และเครื่องอ่านในระบบ RFID คือ เครื่องอ่านบาร์โค้ด (Scanner) โดยข้อแตกต่างของทั้งสองระบบคือ ระบบ RFID เป็นการใช้คลื่นความถี่วิทยุในการอ่านหรือเขียน ส่วนระบบบาร์โค้ดใช้แสงเลเซอร์ ในการอ่าน ซึ่งข้อเสียของระบบบาร์โค้ด คือหลักการทำงานเป็นการใช้แสงในการอ่านแท็กบาร์โค้ด ซึ่งจะต้องอ่านแท็กที่ไม่มีอะไรกับปกปิด หรือต้องอยู่ในเส้นตรงเดียวกับลำแสงที่ยิงจากเครื่องสแกน และอ่านได้ทีละแท็กในระยะใกล้ๆ แต่ระบบ RFID จะแตกต่างโดยสามารถอ่านแท็กได้โดยไม่ต้องเห็นแท็ก หรือแท็กนั้นซ่อนอยู่ภายในวัตถุและไม่จำเป็นต้องอยู่ในเส้นตรงกับคลื่นเพียงอยู่ในบริเวณที่สามารถรับคลื่นวิทยุได้ก็สามารถอ่านข้อมูลได้ และการอ่านแท็กในระบบ RFID ยังสามารถอ่านได้หลายๆ แท็กในเวลาเดียวกัน โดยระยะในการอ่านข้อมูลได้ไกลกว่าระบบบาร์โค้ดอีกด้วย

2.2.1 แท็ก (Tag)

โครงสร้างภายในของแท็กจะประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ขดลวดขนาดเล็ก ซึ่งทำหน้าที่เป็นสายอากาศ (Antenna) สำหรับรับส่งสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุและสร้างพลังงานเพื่อป้อนให้ส่วนของไมโครชิป (Microchip) ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลของวัตถุ แท็กนั้นมีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่นำไปติด และมีหลายรูปแบบเช่น ขนาดเท่าบัตรเครดิต เหรียญ กระดุม ฉลากสินค้า แคปซูล เป็นต้น

แท็กที่มีการใช้งานส่วนใหญ่ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด โดยแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันในด้านของการใช้งาน ราคา โครงสร้างและหลักการทำงาน

2.2.1.1 แท็กชนิดพาสซีฟ (Passive RFID Tags)

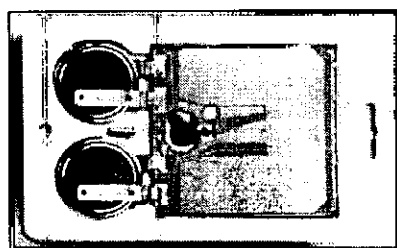
แท็กชนิดนี้ไม่ต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟภายนอกใดๆ เพราะภายในแท็กมีวงจรรำนาถไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาดเล็กเป็นแหล่งจ่ายไฟในตัวอยู่ ทำให้การอ่านข้อมูลทำได้ไม่ไกลมากนัก ระยะอ่านสูงสุดประมาณ 1 เมตร ขึ้นอยู่กับความแรงของเครื่องส่งและคลื่นความถี่วิทยุที่ใช้ ปกติแท็กชนิดพาสซีฟ มักมีหน่วยความจำขนาดเล็กโดยทั่วไปประมาณ 16 ถึง 1,024 ไบต์ มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา ราคาต่อหน่วยต่ำ ไอซีของแท็กชนิดพาสซีฟที่มีการผลิตออกมามีทั้งขนาดและรูปร่างเป็นแท่งหรือแผ่นขนาดเล็กจนแทบไม่สามารถมองเห็นได้ไปจนถึงขนาดใหญ่ ซึ่งต่างก็มีความเหมาะสมกับชนิดงานที่แตกต่างกัน ส่วนโครงสร้างภายในที่เป็นไอซีของแท็กนั้นประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนควบคุมการทำงานของภาครับ-ส่งสัญญาณวิทยุ (Analog Front-End) ส่วนควบคุมภาคลอจิก (Digital Control Unit) และส่วนของหน่วยความจำ (Memory) ซึ่งอาจจะเป็นแบบ ROM หรือ EEPROM แสดงดังรูปที่ 2.2.



รูปที่ 2.2 แท็กชนิดพาสซีฟ

2.2.1.2 แท็กชนิดแอคทีฟ (Active RFID Tags)

แท็กชนิดนี้ต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ภายนอกเพื่อจ่ายพลังงานให้กับวงจรภายใน แท็กชนิดนี้มีหน่วยความจำภายในขนาดใหญ่ได้ถึง 1 เมกะไบต์ และสามารถอ่านได้ในระยะไกลสูงสุดประมาณ 10 เมตร ทำงานในบริเวณที่มีสัญญาณรบกวนได้ดี แม้ว่าแท็กชนิดแอคทีฟมีข้อดีหลายประการ แต่ราคาต่อหน่วยแพง มีขนาดค่อนข้างใหญ่ มีระยะเวลาในการทำงานที่จำกัด และไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้



รูปที่ 2.3 แท็กชนิดแอคทีฟ

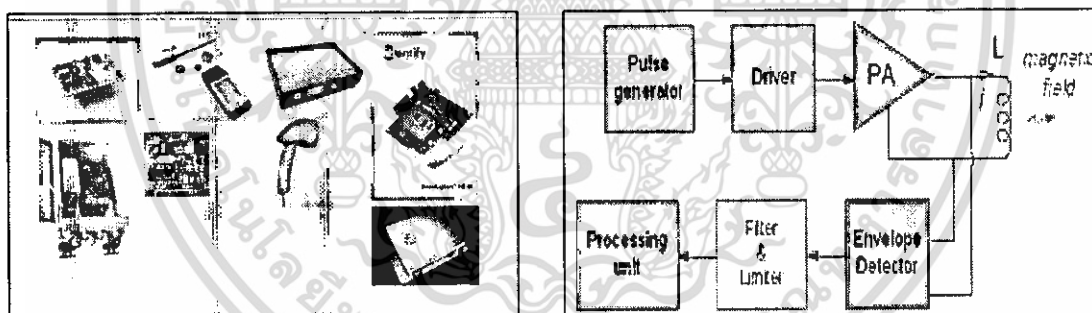
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 เครื่องอ่าน (Reader)

ภายในเครื่องอ่านจะประกอบด้วยเสาอากาศที่ทำจากขดลวดทองแดงเพื่อใช้รับส่งสัญญาณภาครับและภาคส่งสัญญาณวิทยุ วงจรควบคุมการอ่าน-เขียนข้อมูลจำพวกไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่วนของการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 2.4.

หน้าที่และคุณสมบัติโดยทั่วไปของเครื่องอ่าน

- รับข้อมูลที่ส่งมาจากแท็กส์ แล้วทำการตรวจสอบข้อมูล ถอดรหัสข้อมูล และนำข้อมูลผ่านเข้าสู่กระบวนการต่อไป
- สามารถป้องกันการอ่านข้อมูลซ้ำ หรือที่เรียกว่า "Hands Down Polling"
- สามารถที่จะจัดลำดับการอ่านแท็กส์ได้ หรือที่เรียกว่า "Batch Reading"
- เครื่องอ่านติดต่อกับคอมพิวเตอร์โดยผ่านสายเครือข่าย LAN (Local Area Network) หรือส่งผ่านทางความถี่วิทยุจากทั้งอุปกรณ์มีสายและอุปกรณ์ไร้สาย
- แท็กและเครื่องอ่านสื่อสารกันโดยอาศัยช่องความถี่วิทยุที่สามารถผ่านได้ทั้งโลหะและอโลหะ

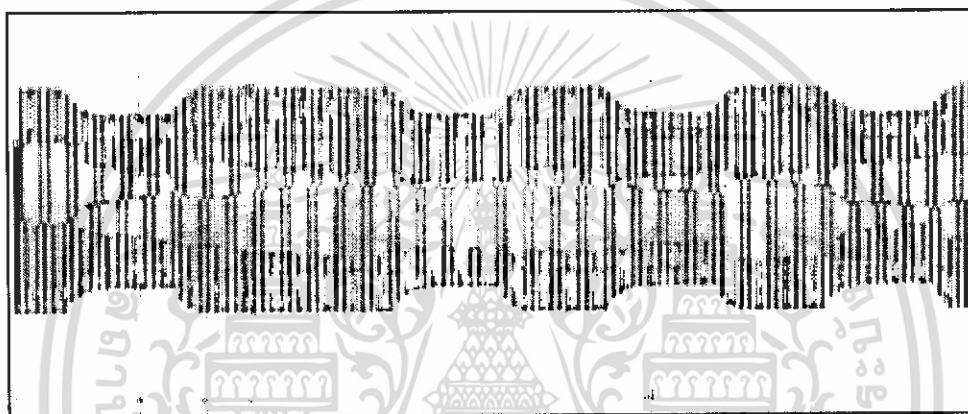


รูปที่ 2.4 เครื่องอ่านและโครงสร้างภายในเครื่องอ่าน

หน่วยประมวลผลข้อมูลที่อยู่ ภายในเครื่องอ่านมักใช้เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งอัลกอริทึมที่อยู่ภายในโปรแกรมจะทำหน้าที่ถอดรหัสข้อมูล (Decoding) ที่ได้รับและทำหน้าที่ติดต่อกับคอมพิวเตอร์ ลักษณะขนาดและรูปร่างของเครื่องอ่านจะแตกต่างกันไปตามประเภทของการใช้งาน เช่น แบบมือถือขนาดเล็กหรือติดผนัง จนถึงขนาดใหญ่เท่าประตู (Gate size) เป็นต้น

2.3 หลักการและเทคนิคที่รับและส่งข้อมูลระหว่างเครื่องอ่านและแท็ก

เทคนิคในการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องอ่านและแท็ก จะใช้หลักการมอดูเลตทางแอมพลิจูด (Amplitude Modulation: AM) หรือใช้การมอดูเลตทางแอมพลิจูดบวกกับการเข้ารหัสแมนเชสเตอร์ (Manchester encoded AM) แต่ทว่าในปัจจุบันก็มีแท็กที่ใช้การมอดูเลตแบบอื่นๆ ด้วย เช่นการมอดูเลตแบบเฟสชิฟต์คีย์อิง (Phase Shift Keying: PSK), ฟรีควนซีชิฟต์คีย์อิง (Frequency Shift Keying: FSK) หรือการใช้การมอดูเลตทางความถี่ (Frequency Modulation: FM)

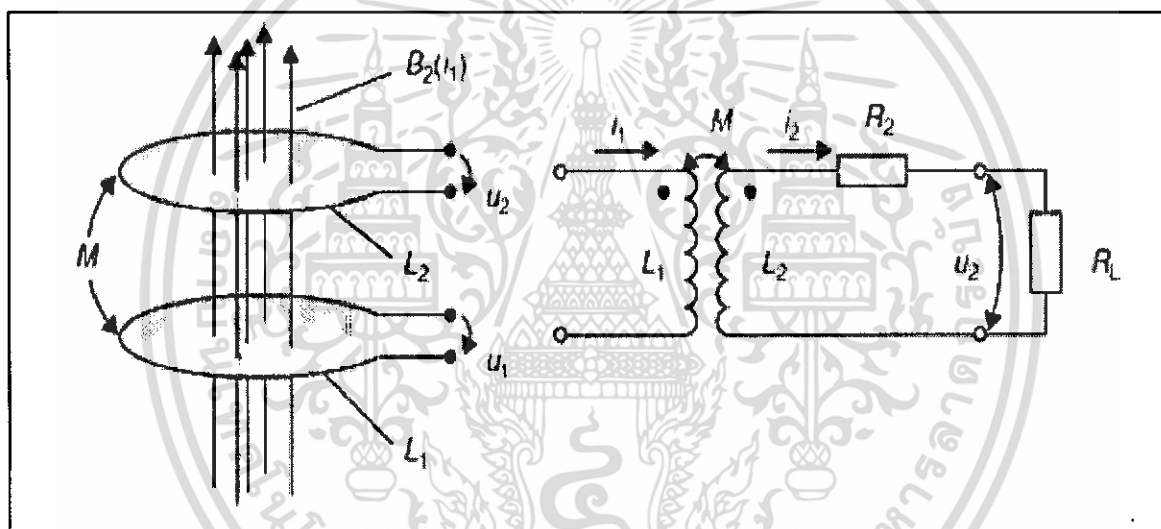


รูปที่ 2.5 แสดงรูปคลื่นของสัญญาณระหว่างแท็กและเครื่องอ่านแบบ AM

ในการรับส่งข้อมูลหรือสัญญาณวิทยุระหว่างแท็กกับเครื่องอ่านจะทำได้โดยมีประสิทธิภาพต่อเมื่อสายอากาศมีความยาวที่เหมาะสมกับความถี่พาหะที่ใช้งาน เช่น เมื่อความถี่ใช้งานเป็น 13.56 เมกะเฮิร์ตซ์ ความยาวของเสาอากาศ (เป็นเส้นตรง) ที่เหมาะสมก็คือ 22.12 เมตร แน่นอนว่าในทางปฏิบัติเราคงไม่สามารถนำเสาอากาศที่ใหญ่ขนาดนั้นมาใช้งานกับแท็กขนาดเล็กของเราได้ สายอากาศที่เหมาะสมจะใช้ร่วมกับแท็กมากที่สุดก็คือสายอากาศที่เป็นขดลวดขนาดเล็ก หรือที่มีชื่ออย่างเป็นทางการว่าสายอากาศแบบแมกเนติกไดโพล (magnetic dipole antenna) รูปแบบของสายอากาศแบบนี้ก็จะมียู้อะหลาหลาย ทั้งแบบที่เป็นขดลวดพันบนแกน อากาศหรือแกนเฟอร์ไรต์ แบบที่เป็นวงรูปที่ทำขึ้นจากลวดทองแดง บนแผ่นวงจรพิมพ์ทั้งที่เป็นรูปแบบวงกลมและสี่เหลี่ยม ทั้งนี้ความเหมาะสมในการใช้งานก็แตกต่างกันไปตามความถี่พาหะ และประเภทของงานด้วยเช่นกัน

นอกจากการรับส่งข้อมูลแล้วสายอากาศก็ยังสามารถทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับแท็กด้วย โดยอาศัยหลักการทำงานตามแนวคิดของไมเคิล ฟาราเดย์ เรื่องแรงดันเหนี่ยวนำในขดลวดที่เกิดขึ้นจากเส้นแรงแม่เหล็ก (จากเครื่องอ่าน) ที่มีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา (Time-varying magnetic field) พุ่งผ่านสายอากาศของแท็ก เมื่อแท็กและเครื่องอ่านตั้งอยู่ห่างกันในระยะ 0.16 เท่าของความยาวคลื่นพาหะที่ใช้เรียกปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนี้ว่า transformer-type coupling ซึ่งเป็นปรากฏการณ์แบบเดียวกับการเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นระหว่างขดลวดปฐมภูมิ (primary) และขดลวดทุติยภูมิ (secondary)

ในหม้อแปลงไฟฟ้า (transformer) จะเป็นวงจรพื้นฐานสำหรับอธิบายกลไกที่เกิดขึ้นในการส่งข้อมูลของแท็ก



รูปที่ 2.6 (ซ้าย) แสดงรูปตัวนำที่ถูกเหนี่ยวนำด้วยสนามแม่เหล็ก

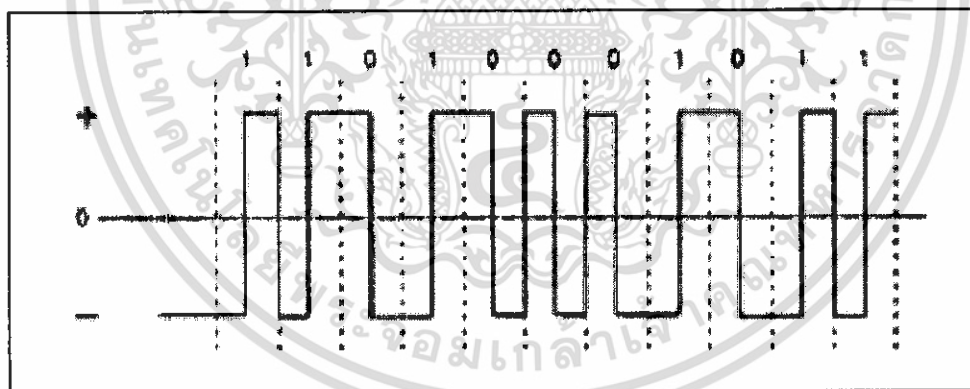
(ขวา) แสดงวงจรที่สมมูลกับรูปทางซ้ายมือ

2.3.1 การเข้ารหัสแบบแมนเชสเตอร์

เป็นการเข้ารหัสข้อมูลดิจิทัลวิธีหนึ่ง ก่อนที่ข้อมูลซึ่งผ่านการเข้ารหัสแล้วจะถูกส่งไปมอดูเลต เพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับการซิงโครไนซ์ของข้อมูล เนื่องจากการส่งกระจายสัญญาณตามปกตินั้น หากมีการส่งสัญญาณดิจิทัลในระดับเดียวกันติดต่อกันเป็นช่วงยาว เช่น ส่งสัญญาณดิจิทัลที่มีค่าลอจิกเป็น 1 ออกไป 20 บิตติดต่อกัน จะทำให้การซิงโครไนซ์ของข้อมูลเกิดการคลาดเคลื่อน (โดยปกติวงจรดิจิทัลจะปรับการซิงโครไนซ์ของข้อมูลได้เฉพาะในช่วงที่มีการเปลี่ยนระดับของข้อมูลจาก 1 เป็น 0 หรือ

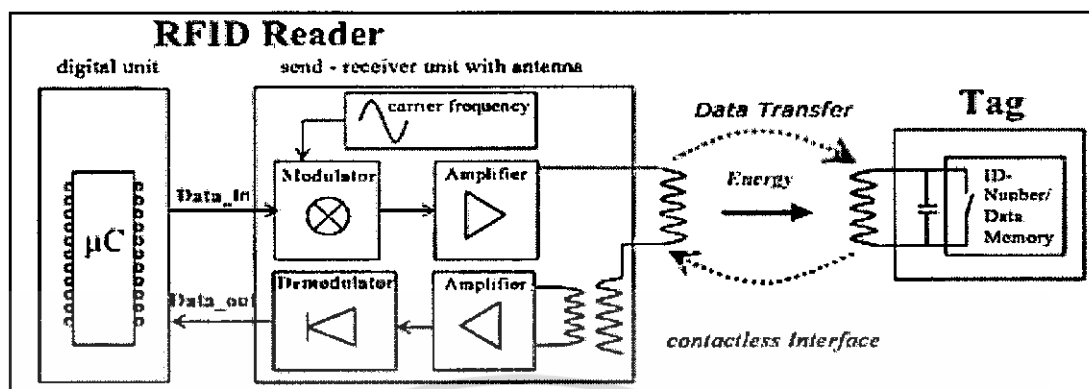
จาก 0 เป็น 1) และทำให้รับข้อมูลผิดพลาดเพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าวจึงจะต้องมีการนำสัญญาณดิจิทัลปกติ ไปผ่านเข้ารหัสเสียก่อน โดยการเข้ารหัสแบบแมนเชสเตอร์ จะเปลี่ยนให้สัญญาณดิจิทัลลอจิก 0 ถูกแทนด้วยการเปลี่ยนค่าจากลอจิก 1 เป็น 0 และสัญญาณดิจิทัลลอจิก 1 แทนด้วยการเปลี่ยน

ค่าจากลอจิก 0 เป็น 1 ข้อดีของการเข้ารหัสแบบนี้ก็คือ ทำให้การเปลี่ยนระดับของข้อมูลทุกๆ ครั้ง เป็นไปอย่างแน่นอน หรือเกิดการเข้าจังหวะ (synchronize) กันของข้อมูลนั่นเอง แต่ว่าการเข้ารหัสแบบนี้ก็มี ข้อเสียอยู่กล่าวคือช่วงเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลต้องเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า



รูปที่ 2.7 แสดงการสัญญาณรูปคลื่นที่เข้ารหัสแบบแมนเชสเตอร์

2.3.2 หลักการทำงานและเทคนิคการรับและส่งข้อมูล



รูปที่ 2.8 โครงสร้างและระบบการทำงานของ RFID

เครื่องอ่านจะส่งสัญญาณวิทยุอย่างต่อเนื่อง โดยหัวอ่านจะสร้างสนามเหนี่ยวนำ ซึ่งจะขยายไปบริเวณใกล้เคียงและคอยสัญญาณตอบจากแท็ก เมื่อแท็กได้รับพลังงานจากสัญญาณ แท็กจะดึงพลังงานจากสนามเหนี่ยวนำ และทำให้สนามเหนี่ยวนำที่มีความแรงที่เพียงพอ จะไปทำให้วงจรภายในไมโครเซกิตที่บรรจุอยู่ภายในเริ่มการทำงาน ก็จะทำการส่งสัญญาณนาฬิกาเพื่อเป็นการกระตุ้นให้แท็กทำงาน ข้อมูลจากแท็กก็就会被ส่งออกมาจากหน่วยความจำ ให้กับวงจรของสายอากาศโดยวิธีแอมพลิจูดมอดูเลชัน (amplitude modulation) วงจรของสายอากาศจะทำการ มอดูเลตข้อมูลทาง แอมพลิจูดบวกกับการเข้ารหัสข้อมูล ที่นิยมคือ การเข้ารหัสแบบแมนเชสเตอร์ เครื่องอ่านจะสามารถรับสัญญาณการเปลี่ยนแปลงของแอมพลิจูดจากแท็กได้ และสามารถถอดรหัสนำข้อมูลนั้นมาใช้งานในกระบวนการต่อไป

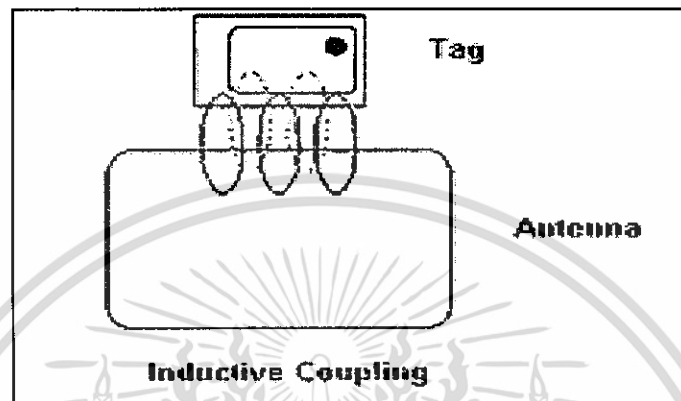
2.3.3 การป้องกันการชนกันของสัญญาณข้อมูล (Anti-Collision)

การอ่านข้อมูลจากแท็กได้หลายๆ แท็กในเวลาเดียวกันเป็นข้อดีข้อหนึ่งของ RFID จะทำให้การอ่านข้อมูลของแท็กจำนวนมากทำได้ อย่างรวดเร็ว ซึ่งสิ่งที่ทำให้การอ่านข้อมูลจากแท็กได้พร้อมๆ กัน นั่นก็คือ อัลกอริทึมที่ใช้ในการป้องกันการชนของข้อมูล (Anti-Collision) ที่อยู่ในระบบ RFID ซึ่งหลัก การของการอ่านข้อมูลจากแท็กจะอ่านเป็นลำดับในเวลาที่กำหนด แต่ละแท็กจะไม่ส่งข้อมูลไปยังเครื่องอ่านทันที แต่จะมีการจัดสรรลำดับเวลา (TimeSlot) ในการส่งข้อมูลที่เวลาต่างๆกัน ตามอัลกอริทึมที่กำหนดทำให้ข้อมูลที่เครื่องอ่านรับได้ไม่ มีการชนของข้อมูลที่ส่งมาจากแท็กหลายแท็กพร้อมกันนั่นเอง

2.3.4 การสื่อสารของระบบ RFID

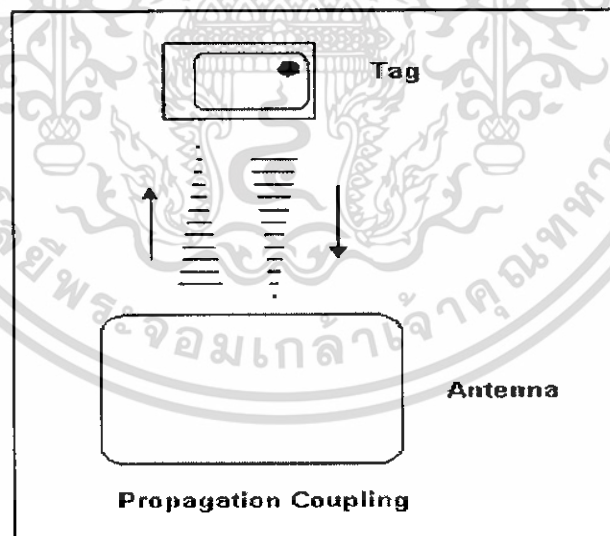
สำหรับการสื่อสารของระบบ RFID สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

- ◆ วิธีเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Inductive Coupling หรือ Proximity Electromagnetic)



รูปที่ 2.9 วิธีเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

- ◆ วิธีการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Propagation Coupling)



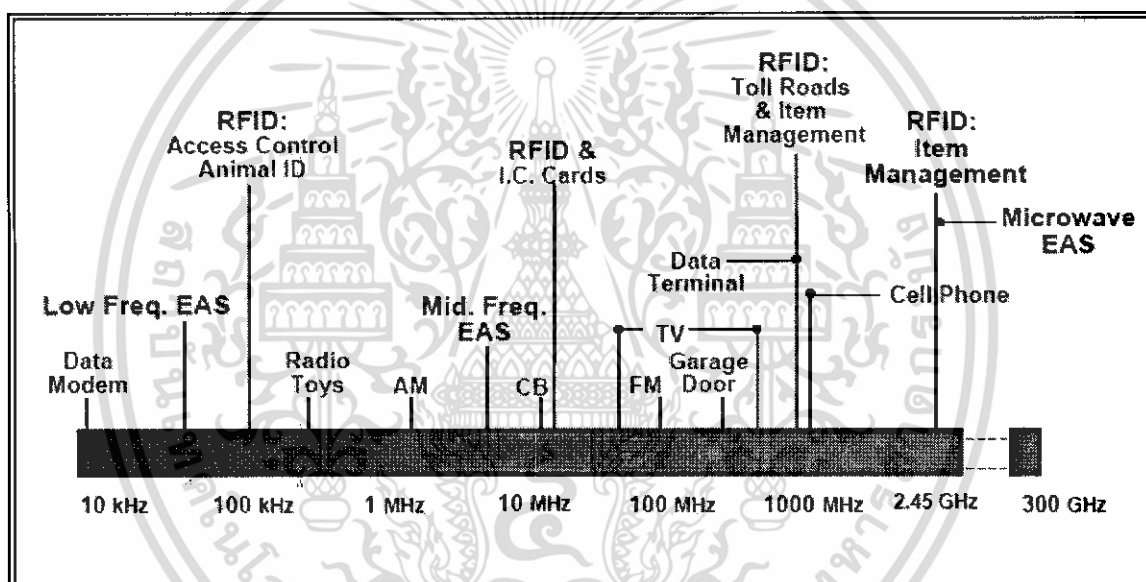
รูปที่ 2.10 วิธีการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ย่านความถี่ที่ใช้ในระบบ RFID

ในปัจจุบันคลื่นพาหะที่ใช้งานกันในระบบ RFID อยู่ในย่านความถี่ ISM (Industrial-Scientific-Medical) อาจแบ่งออกได้เป็น 4 ย่านหลักได้แก่

- ย่านความถี่ต่ำ (Low Frequency: LF) ต่ำกว่า 150kHz
- ย่านความถี่สูง (High Frequency: HF) 13.56MHz
- ย่านความถี่สูงยิ่ง (Ultra High Frequency: UHF) 433/868*/915**MHz
- ย่านความถี่ไมโครเวฟ (Microwave) 2.4/5.8 GHz



รูปที่ 2.11 ย่านความถี่ที่ใช้ในระบบ RFID

อัตราการรับส่งข้อมูลและแบนด์วิดท์

- อัตราการรับส่งข้อมูล (Data Transfer Rate) จะขึ้นอยู่กับความถี่ของคลื่นพาหะ ความถี่ของคลื่นพาหะยิ่งสูง อัตราการรับส่งข้อมูลก็จะยิ่งสูงตาม
- แบนด์วิดท์ควรจะมีค่ามากกว่าอัตราการรับส่งข้อมูลที่ต้องการอย่างน้อยสองเท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 คลื่นพาหะและมาตรฐานของระบบ RFID

การกำหนดมาตรฐานความถี่คลื่นพาหะของระบบ RFID แบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

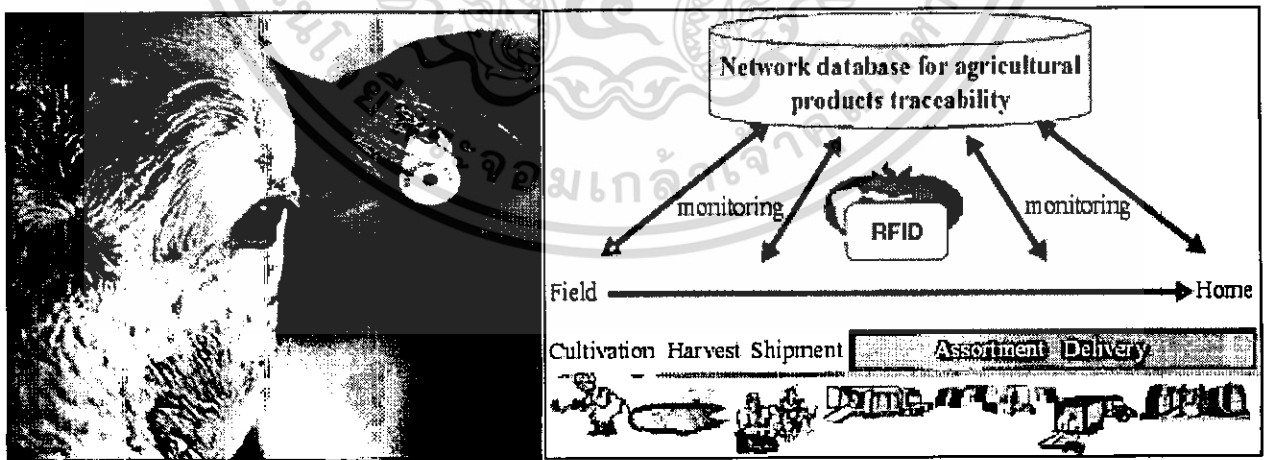
- กลุ่มประเทศในยุโรปและแอฟริกา (Region 1)
- กลุ่มประเทศอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ (Region 2)
- กลุ่มประเทศตะวันออกไกลและออสเตรเลีย (Region 3)

การพิจารณาระบบ RFID มาใช้งานต้องคำนึงถึงข้อจำกัดต่างๆ ดังนี้

- เรื่องของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในสภาพแวดล้อม
- กฎหมายเกี่ยวกับการใช้คลื่นความถี่วิทยุและกำลังส่งแต่ละประเทศ

2.6 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี RFID ทางด้านต่างๆ

- ระบบการบอกรหัสในภาคเกษตรกรรม ในภาคเกษตรกรรมมีการใช้งาน RFID ในระบบบริหารจัดการฟาร์มปศุสัตว์และระบบตรวจสอบย้อนกลับในสายโซ่การผลิตอาหาร (foodtraceability system) ผู้ส่งออกสินค้าเกษตรและอาหารของไทยมีความจำเป็นต้องพัฒนาระบบนี้เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานที่ประเทศคู่ค้ากำหนดซึ่งประเทศคู่ค้าที่สำคัญของไทยได้ออกกฎหมายว่าด้วยความปลอดภัยอาหารและการตรวจสอบย้อนกลับและเริ่มบังคับใช้แล้วในปีนี้



รูปที่ 2.12 การใช้งาน RFID ในภาคเกษตรกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระบบทะเบียนประวัติ บัตรประชาชน (smart-card) สมาร์ทการ์ดสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบใหญ่ ๆ คือ 1. สมาร์ทการ์ดแบบมีการสัมผัส (Contact smart cards) ซึ่งการใช้งานจำเป็นต้องมีการสอดใส่เข้าไปในเครื่องอ่านสมาร์ทการ์ด (smart card reader) 2. สมาร์ทการ์ดแบบไม่มีการสัมผัส (Contactless smart cards) ซึ่งการใช้งานต้องการเพียงให้วางอยู่ใกล้ ๆ กับสายอากาศเท่านั้น สมาร์ทการ์ดแบบมีการสัมผัสเป็นบัตรที่มีการฉีกชิพทองขนาดเล็กลงเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณครึ่งนิ้ว เอาไว้ที่ด้านหลังบัตร แทนการใช้แถบแม่เหล็ก (Magnetic stripe) ที่เคยพบเห็นใช้กันมากที่สุดในบัตรเครดิตหรือบัตรเอทีเอ็ม เมื่อผู้ใช้สอดใส่บัตรเข้าไปในเครื่องอ่านบัตรสมาร์ทการ์ดแล้ว มันจะสัมผัสกับหัวต่อหรือคอนเน็กเตอร์ทางไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้การส่งถ่ายข้อมูลเข้าและออกจากชิพสมาร์ทการ์ดแบบไม่มีการสัมผัส เป็นบัตรที่มองดูรูปร่างภายนอกแล้วคล้ายกับบัตรเครดิตพลาสติกแบบหนึ่ง ที่ภายในมีการฉีกชิพคอมพิวเตอร์และขดลวดสายอากาศไว้ภายใน ซึ่งใช้ในการติดต่อกับเครื่องรับ/เครื่องส่งที่อยู่ในระยะไกล (Remote receiver/transmitter) โดยทั่ว ๆ ไปเรามักใช้บัตรแบบนี้เมื่อต้องมีการดำเนินการทางด้านรายการ (Transactions) อย่างรวดเร็ว ตัวอย่างเช่นที่ใช้กับการจัดเก็บเงินค่าผ่านทางด่วน นอกจากบัตรสมาร์ทการ์ดทั้งสองแบบดังกล่าวแล้ว ปัจจุบันยังมีการผลิตสมาร์ทการ์ดแบบผสมหรือที่เรียกว่า คอมบิการ์ด (Combi Card) ออกมาใช้งานอีกด้วย โดยบัตรแบบนี้เป็นบัตรใบเดียวแต่ทำหน้าที่เป็นทั้งสมาร์ทการ์ดแบบมีการสัมผัส และสมาร์ทการ์ดแบบไม่มีการสัมผัสเพื่อเพิ่มความสะดวกและประโยชน์ในการใช้งานมากขึ้น

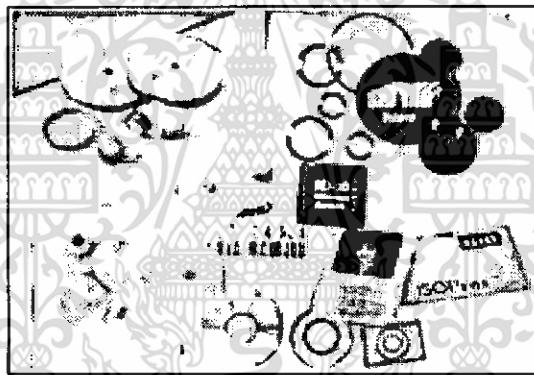


รูปที่ 2.13 การใช้งาน RFID ในระบบสมาร์ทการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระบบในภาคบริการ มีการใช้งาน RFID ในหลายด้าน เช่น ในด้านการขนส่งสาธารณะ มีการใช้ RFID ในระบบชำระค่าผ่านทางหรือค่าโดยสารแบบอัตโนมัติ ในด้านการศึกษา มีการใช้ฉลาก RFID บนที่กเลขประจำหนังสือ ทำให้สามารถตรวจสอบและจัดวางหนังสือบนชั้นได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว สามารถให้บริการยืมคืนแบบอัตโนมัติด้วยตนเองได้ ทำให้เป็นห้องสมุดอิเล็กทรอนิกส์ ในด้านการแพทย์และสุขภาพ มีการใช้ในฉลากยาชุดได้เพื่ออำนวยความสะดวกแก่คนที่มีสายตาบกพร่อง ใช้ในสายรัดข้อมือผู้ป่วยแบบไร้สายในโรงพยาบาลเพื่อการระบุตัวผู้ป่วย และเข้าถึงเวชระเบียนของผู้ป่วยได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

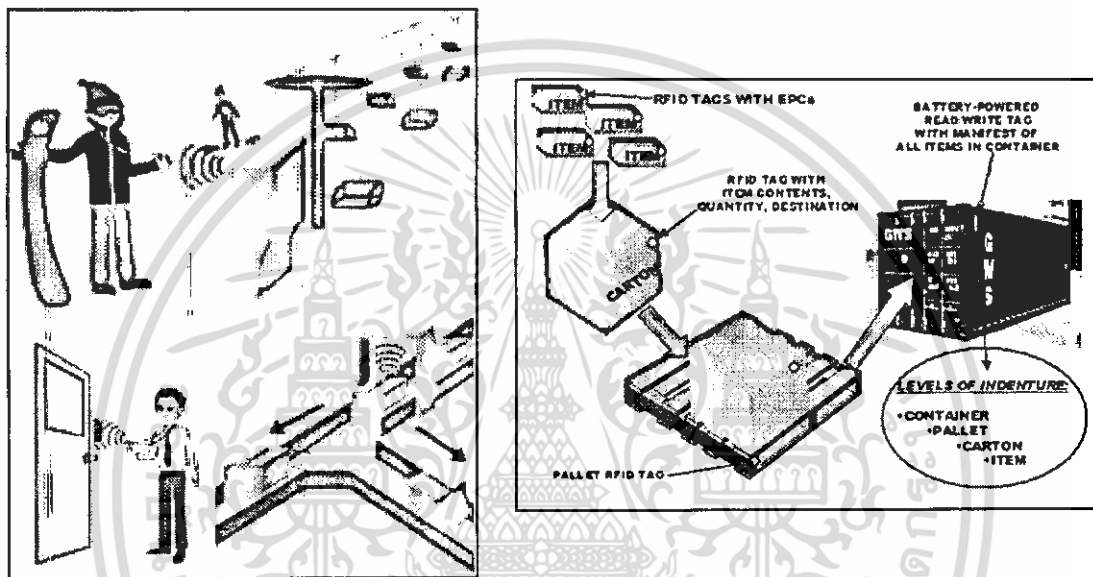
ในด้านการท่องเที่ยว อาจใช้พวงกุญแจหรือกำไลข้อมือ RFID เป็นกระเป๋าเงินอิเล็กทรอนิกส์สำหรับนักท่องเที่ยว ซึ่งสามารถใช้ระบุตัวบุคคลเมื่อมีเหตุฉุกเฉิน เช่น ภัยพิบัติทางธรรมชาติหรืออุบัติเหตุ; ในด้านบริการภาครัฐ มีการฝังชิป RFID ในหนังสือเดินทางอิเล็กทรอนิกส์รุ่นใหม่



รูปที่ 2.14 การใช้งาน RFID ในด้านการบริการต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระบบในภาคอุตสาหกรรมและพาณิชย์กรรม มีการใช้งาน RFID ในระบบบริหารการผลิต ระบบจัดการคลังสินค้าและบริหารสินค้าคงคลัง ระบบบริหารการขนส่งและกระจายสินค้า) โลจิสติกส์ (ระบบบริหารการค้าปลีก ซึ่งปัจจุบันบริษัทค้าปลีกรายใหญ่ของโลกได้เริ่มวางกฎเกณฑ์ให้ผู้ผลิตหรือผู้ส่งสินค้าใช้ฉลาก RFID บนที่กรหัสสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ หรือ EPC (Electronic Product Code) แทนที่รหัสแท่ง (bar code) ในหน่วยการบรรจุขนาดใหญ่) หีบและพัลเลต) แล้ว ผู้ส่งออกจึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาระบบ EPC เพื่อรักษาขีดความสามารถในการแข่งขัน



รูปที่ 2.15 การใช้งาน RFID ในระบบจัดการคลังสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนการทดลองและการออกแบบวงจร

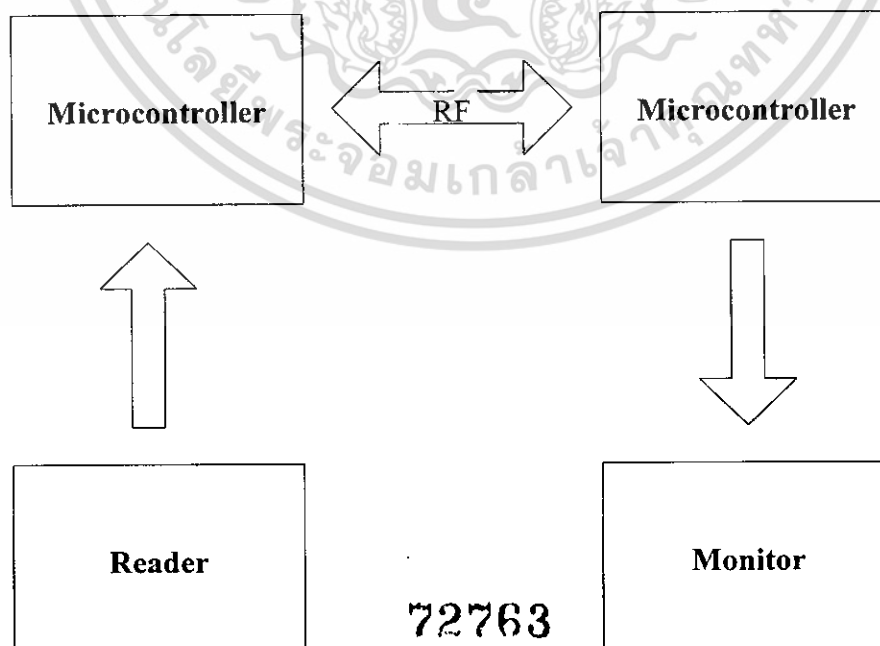
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ระบบ RFID
 - เครื่องอ่าน (reader)
 - แท็ก (tag)
2. ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C2051
3. IC LM7812และ7805
4. IC Max 232
5. RF Transceiver

3.2 หลักการทำงาน

ในโครงการนี้ เป็นการ ระบุตำแหน่งของรถไฟ ด้วยระบบความถี่คลื่นวิทยุหรือ RFID ซึ่งเมื่อรถแล่นผ่านแต่ละจุดที่กำหนดไว้ เราจะสามารถทราบได้ทันทีว่าขณะนี้ตัวรถได้อยู่ที่ตำแหน่งใด และเมื่อเรารู้ระยะทางที่คงที่ของแต่ละจุด รู้ระยะเวลาที่รถไฟผ่าน เราก็สามารถคำนวณหาอัตราเร็วเฉลี่ย ของรถไฟได้

การทดลองนั้น จะกำหนดให้ตัวอ่าน(Reader) เป็นตัวที่ติดอยู่กับตัวรถ และตัวการ์ด(Tag) จะวางอยู่ที่จุดต่างๆ ระหว่างเส้นทางที่รถวิ่งผ่าน นอกจากนี้เราจะส่งสัญญาณที่ตัวอ่านอ่านได้ส่งไปประมวลผลยังหน้าจอ



รูปที่3.1 แสดงภาพรวมของการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบวงจร

การทดลองนี้ เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเทคโนโลยีระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ (Radio Frequency Identification; RFID) มาประยุกต์ใช้ในการคมนาคมขนส่งเพื่อความแม่นยำ ในการระบุตำแหน่งและเอกลักษณ์ของวัตถุ โดยได้จัดทำโมเดลรถไฟจำลองขึ้นเพื่อการวิจัย ซึ่งมีหลักการคือใช้เครื่องอ่าน (reader) ที่มีคลื่นความถี่ต่ำ (125 กิโลเฮิร์ตซ์) ติดไว้กับโมเดลรถไฟจำลอง และติดป้ายชื่อ (tag) ไว้ที่สถานีต่างๆที่สร้างเป็น โมเดลขึ้นมา เมื่อรถไฟวิ่งผ่านสถานี เครื่องอ่าน ที่ติดไว้กับรถไฟก็จะอ่านสัญญาณจากป้ายชื่อ โดยสัญญาณที่ได้จากป้ายชื่อ จะถูกส่งผ่านไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์และเครื่องส่งคลื่นวิทยุ (RF transmitter) ที่ส่งสัญญาณด้วยความถี่ 2.4 GHz จากนั้นวงจรภาครับสัญญาณจะนำสัญญาณที่รับจากเครื่องรับคลื่นวิทยุ (RF receiver) ได้ส่งต่อผ่านให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการจัดเก็บเป็นข้อมูล แล้วนำไปต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่าน RS 232 เพื่อส่งไปประมวลผลที่คอมพิวเตอร์ ซึ่งต้องเขียนโปรแกรมช่วยในการเชื่อมต่อและแสดงผลระหว่าง เครื่องอ่านและคอมพิวเตอร์ โดยที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ จะสามารถแสดง ตำแหน่งของรถ

3.3.1 วงจรภาคส่ง

ในวงจรภาคส่งนี้ เป็นวงจรที่ติดอยู่กับตัวรถและเคลื่อนที่ไปด้วยกัน ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก คือ

- ตัวอ่าน(Reader) ทำหน้าที่อ่านข้อมูลจากการ์ด(Tag) ที่อยู่ตามป้ายต่างๆ โดยตัวที่ใช้ในโครงการนี้เป็นอุปกรณ์ที่อยู่ในย่านความถี่ที่ 125KHz
- Microcontroller ทำหน้าที่รับข้อมูลที่ถูกส่งมาจากตัวอ่าน(Reader) แล้วนำไปประมวลผลก่อนที่จะส่งข้อมูลออกไป
- Module ตัวส่งเบอร์ TRW-24G ทำหน้าที่รับข้อมูลจาก Microcontroller แล้วทำการส่งออกไปยังวงจรภาครับเพื่อแสดงผล
- Regulator IC เบอร์ LM7812และ7805 ทำหน้าที่จ่ายพลังงาน 12Vและ5V ให้กับ ตัวอ่าน(Reader) Microcontroller และ Module ตัวส่ง
- IC MAX 232 ทำหน้าที่รับข้อมูลจาก Microcontroller แล้วแปลงข้อมูลให้เป็นไปตามมาตรฐาน RS-232

3.3.2 วงจรภาครับ

ในวงจรภาครับนี้ จะทำหน้าที่รับข้อมูลที่ถูกส่งมาจากวงจรภาคส่งแล้วส่งต่อข้อมูลไปยังหน้าจอเพื่อทำการแสดงผลต่อไป โดยในวงจรภาครับนี้ จะประกอบด้วยอุปกรณ์หลักทั้งหมด คือ

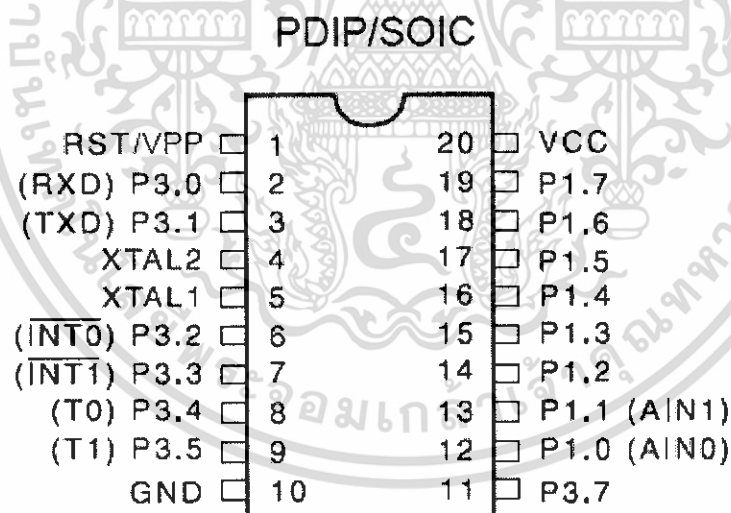
- Module ตัวรับเบอร์ ET-RF24G ทำหน้าที่รับข้อมูลที่ถูกส่งมาจาก โมดูลตัวส่ง จาก วงจรภาคส่ง

3.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์

คุณสมบัติ

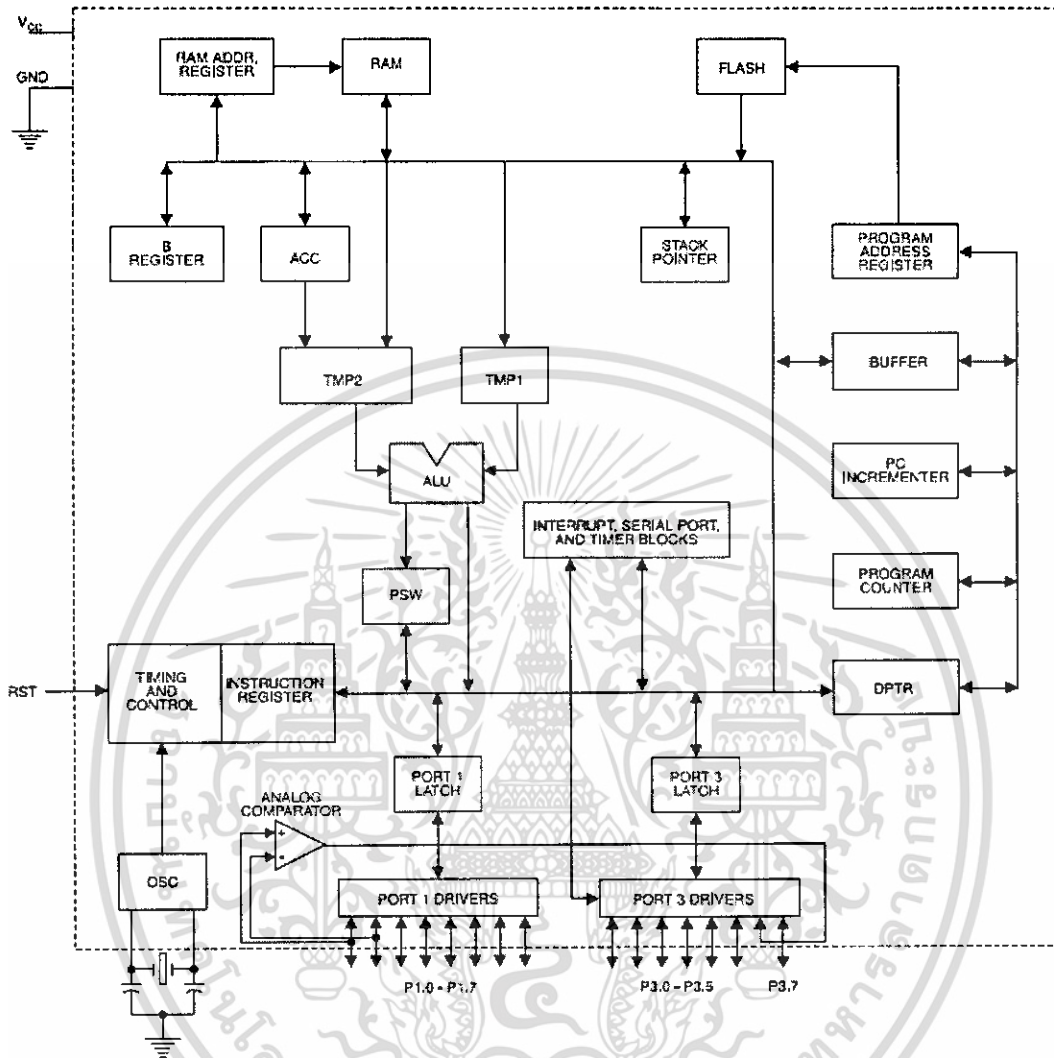
- ทำงานที่ระดับแรงดัน 2.7-6V
- ทำงานที่ระดับความถี่ 0-24 MHz
- 128x8Bit Internal RAM
- หน่วยความจำ แบบ Flash 2K Byte สามารถโปรแกรมได้
- 15 I/O

การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.2 แสดงการจัดขาของ AT89C2051

Block Diagram

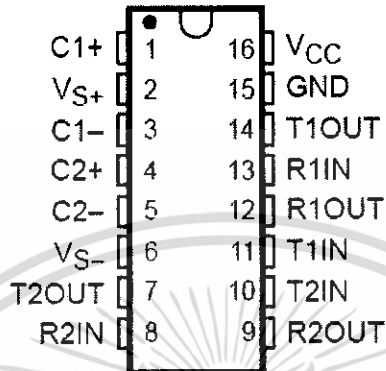


รูปที่ 3.3 แสดง Block Diagram ของ AT89C2051

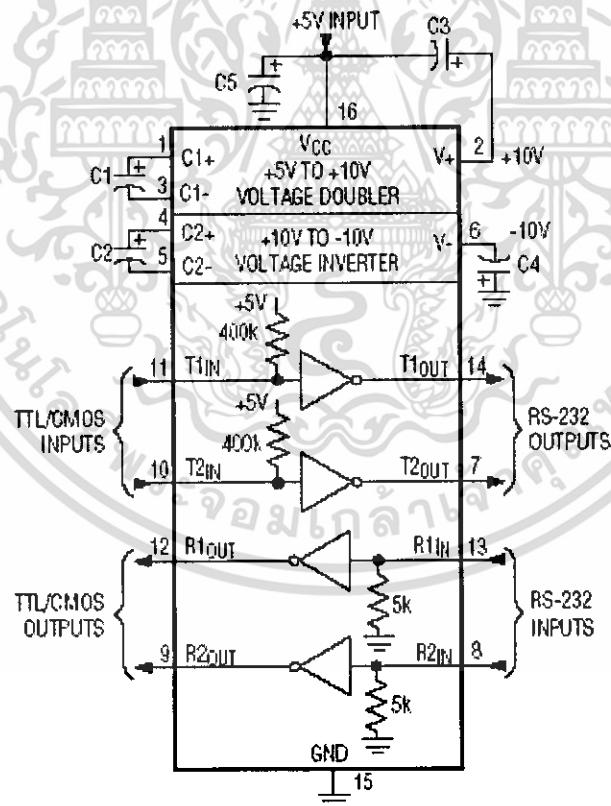
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ไอซีแมค232

เป็นไอซีที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันที่เข้ามาจากพอร์ตอนุกรมไปเป็นแรงดันตามมาตรฐาน RS-232 โดยเปลี่ยนระดับแรงดัน TTL เพื่อให้สามารถใช้ได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.4 แสดง IC Max 232

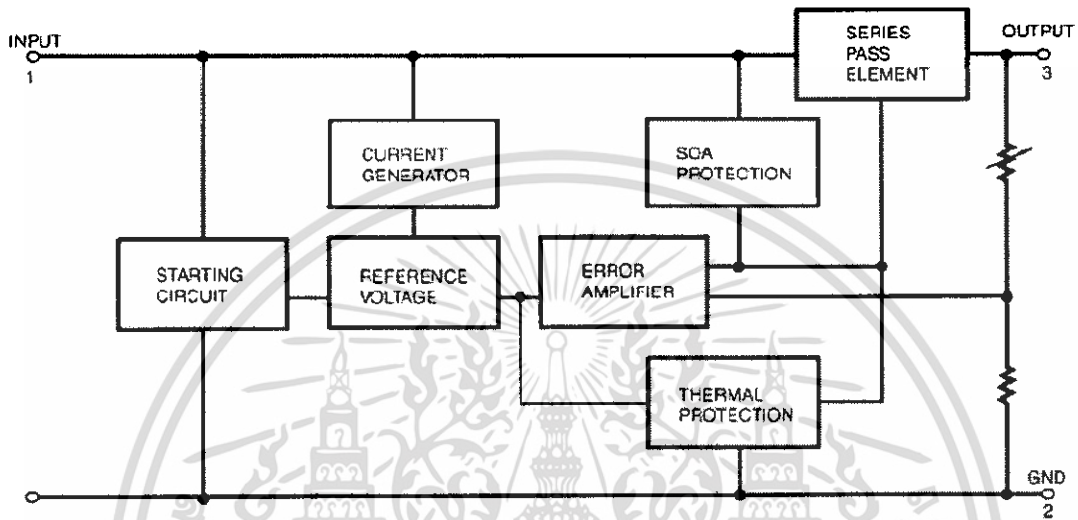


รูปที่ 3.5 แสดงแบบการต่อ IC Max 232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

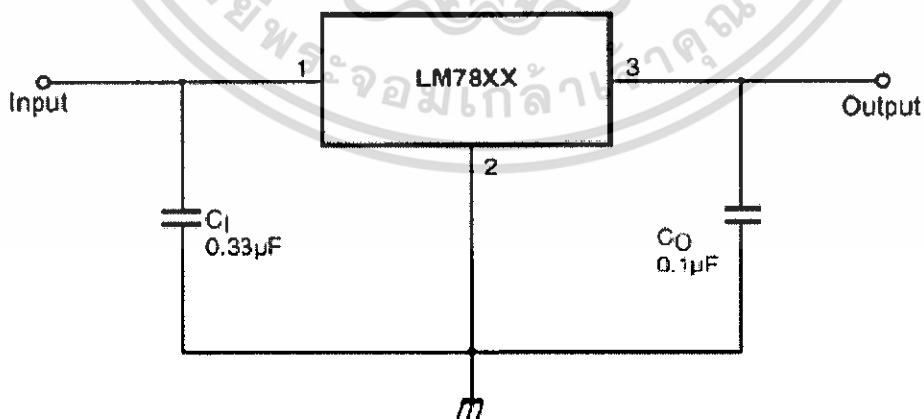
3.6 IC LM7812 และ 7805

เป็นส่วนประกอบของวงจรจ่ายไฟกระแสตรง 12V และ 5V ให้กับวงจร โดยวงจรการทำงานภายในเป็นดังรูป



รูปที่ 3.6 แสดงวงจรการทำงานภายใน LM78xx

การต่อวงจรไฟกระแสตรง 12V และ 5V

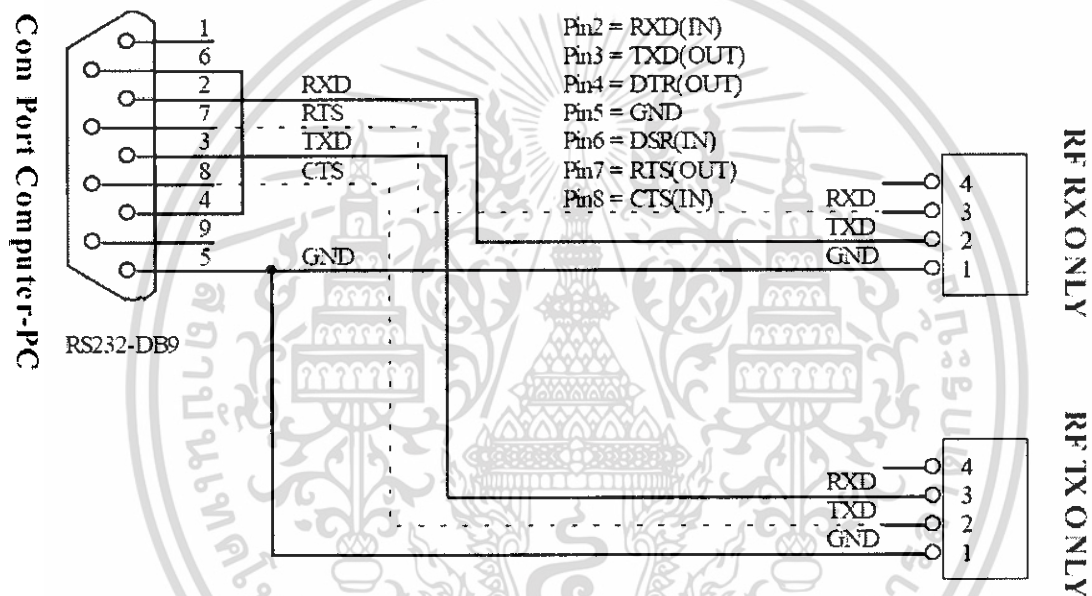


รูปที่ 3.7 วงจรไฟกระแสตรง

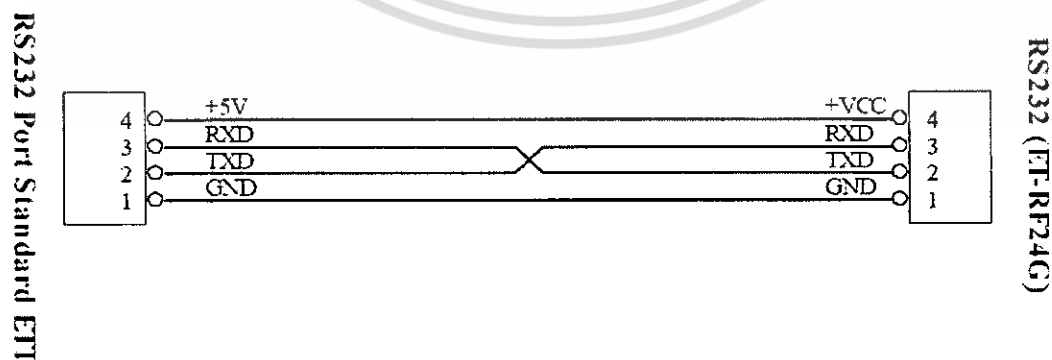
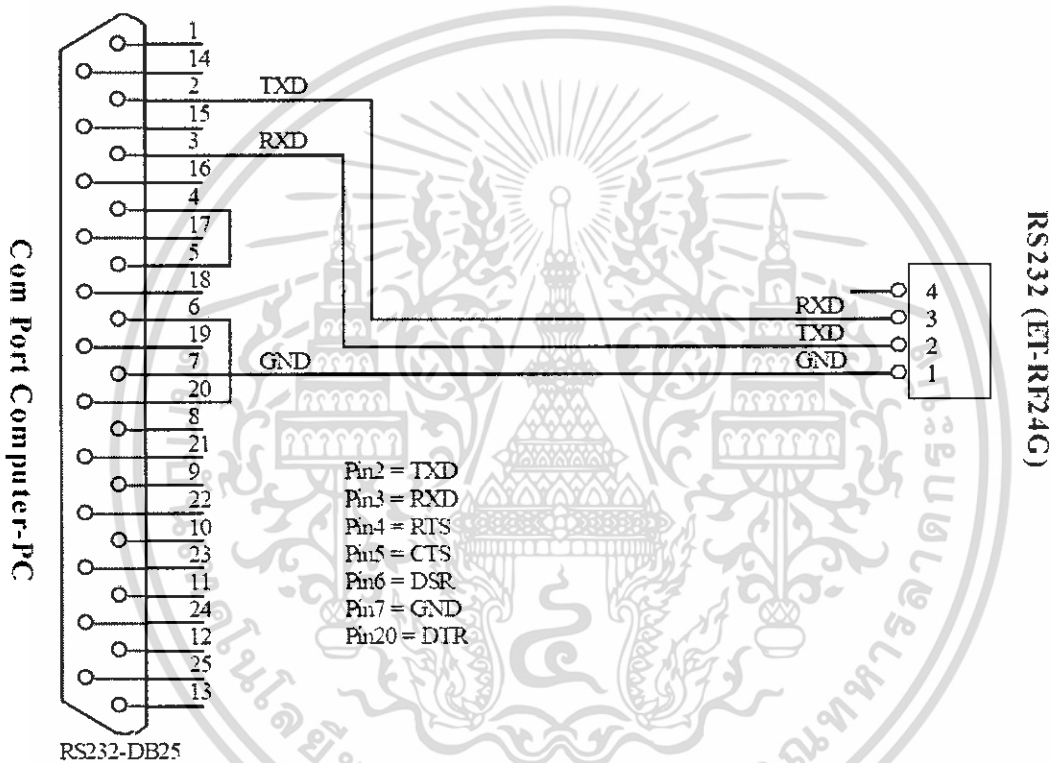
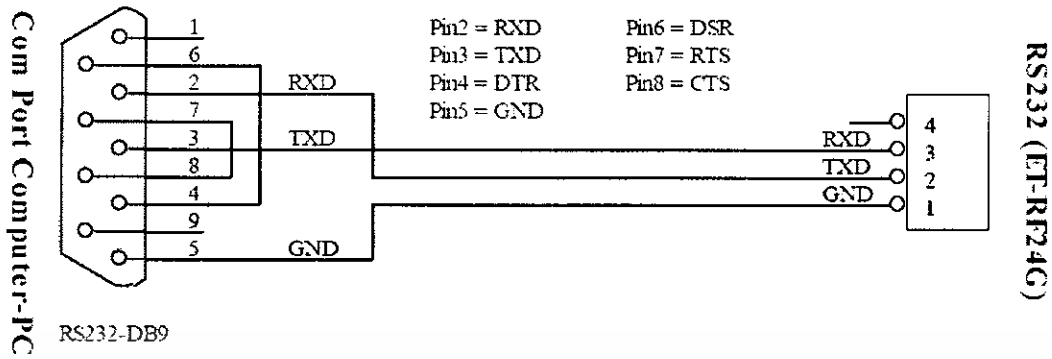
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 Module TRW-24G และ ET-RF 24G

Module TRW-24G เป็นอุปกรณ์ที่รับส่งข้อมูลกันด้วยสัญญาณความถี่ 2.4GHz **ET-RF24G V1.0** เป็นชุด Signal Converter ทำหน้าที่แปลงสัญญาณระหว่าง RS232 และ RF-Wireless โดยในโหมดการทำงานของการส่งข้อมูล (Transmitter) จะทำหน้าที่รรับข้อมูลจากพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS232 จากขา RX แล้วแปลงเป็นสัญญาณความถี่ (GFSK) ส่งออกไปในอากาศ และในทางกลับกันในโหมดการทำงานแบบรับ (Receiver) ชุด ET-RF24G V1.0 ก็จะทำหน้าที่คอยตรวจจับข้อมูลที่อยู่ในรูปของสัญญาณความถี่ (GFSK) จากด้าน RF เพื่อแปลงกลับเป็นข้อมูลแบบ RS232 ส่งออกไปทางขา TX ได้ด้วย

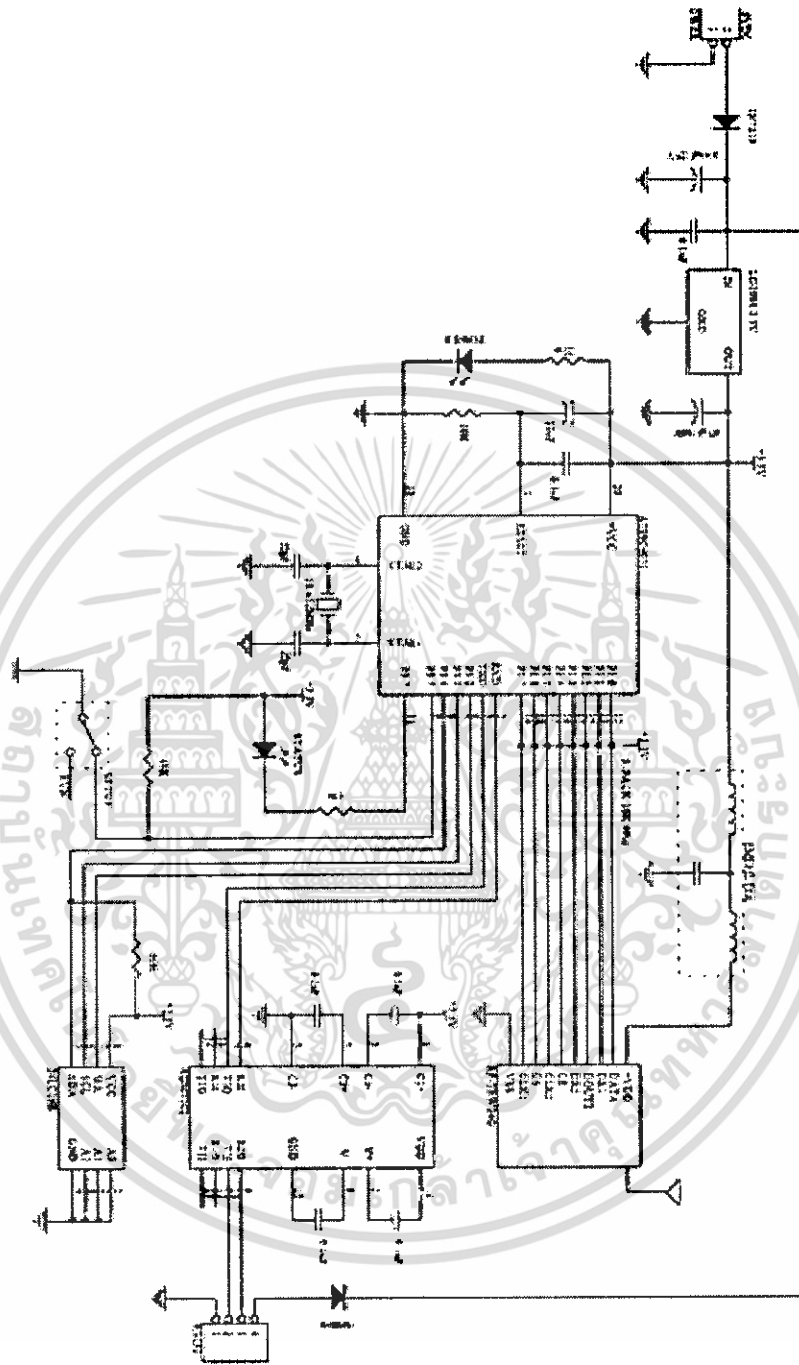


รูปที่ 3.8 แสดงสายสัญญาณ RS232 เพื่อใช้กับ ET-RF24G ในโหมด RF Receive Only และ RF Transmit Only



รูปที่ 3.9 แสดงแผนผังการต่อสาย RS232 เพื่อใช้งานกับ ET-RF24G V1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.10 แสดงวงจรภายใน ET-RF24G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐาน RS-232

เพื่อที่จะทำให้อุปกรณ์จากผู้ผลิตต่างกันทำงานร่วมกันได้ มาตรฐานหลายชนิดจึงได้รับการออกแบบขึ้นมาตรฐานที่ใช้กันอย่างกว้างขวางมากที่สุดคือRS-232Cซึ่งโดยปกติไมโครคอมพิวเตอร์จะมีพอร์ตที่เป็นแบบอนุกรมอยู่ในตัวแล้ว

ตามจุดประสงค์ของมาตรฐาน RS-232C นั้นเพื่อจะสามารถเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์รับส่งปลายทาง (DATA TERMINAL EQUIPMENT: DTE) เช่นพอร์ตของคอมพิวเตอร์หลักหรืออุปกรณ์ปลายทางกับอุปกรณ์ RS-232 เป็นข้อกำหนดของการอินเตอร์เฟซมาตรฐาน และสามารถใช้เพื่อจุดประสงค์อื่นๆต่างๆกันไป เช่นการสื่อสารแบบซิงโครนัส (Synchronous Communication) และรูปแบบการสื่อสารที่ต้องการสัญญาณนาฬิกาและสัญญาณกำหนดจังหวะเพิ่มเติมขึ้นมาในความเป็นจริงแล้วเราสามารถทำให้มีการสนทนาระหว่าง DTE และ DCE โดยการใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้นเท่านั้น คือใช้สาย TD สาย RD และสายกราวด์เท่านั้น

หมายเลขสัญญาณ	ชื่อของสายสัญญาณ
1	Data Carrier
2	Received Data
3	Transmitted Data
4	Data Terminal Ready
5	Signal Common
6	Data Set Ready
7	Request To Send
8	Clear To Send
9	Ring Indicator

ตารางที่1 แสดงรายละเอียดการต่อคอนเน็คเตอร์แบบ DB9 มาตรฐาน RS-232

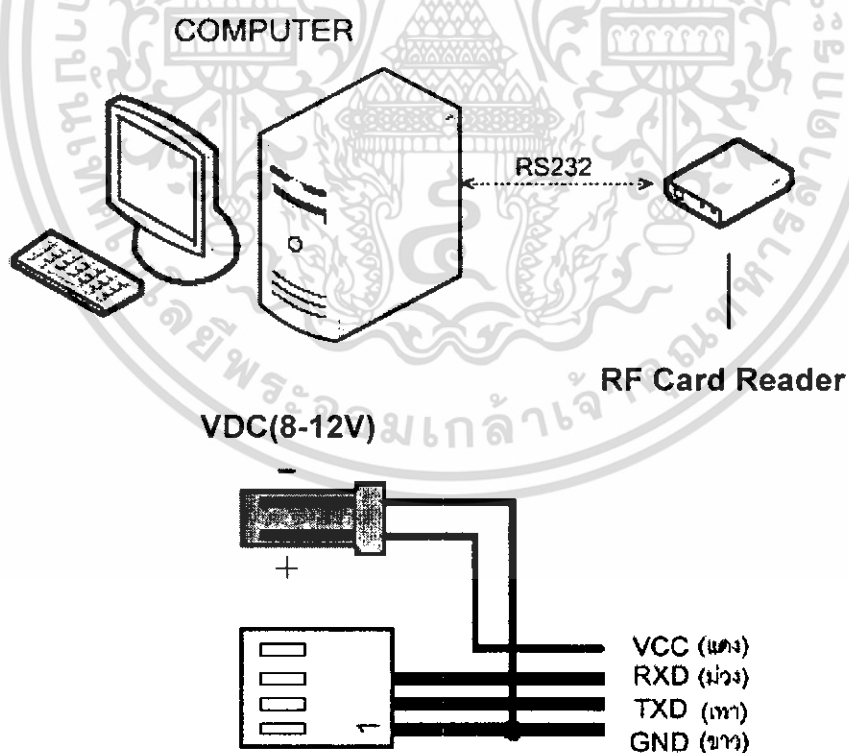
3.8 เครื่องอ่าน (Reader)

คุณสมบัติ (SPECIFICATION)

- ใช้กับการ์ด RFID ประเภทความถี่ 125 KHz
- ใช้การเชื่อมต่อในรูปแบบของ RS232
- อัตราความเร็วในการสื่อสาร (Baud rate) 9600BPS
- แหล่งจ่ายไฟที่ใช้ DC 8-12V
- อ่านข้อมูลจากบัตรได้อย่างเดียวไม่สามารถเขียนได้
- ช่วงการทำงานในสภาวะอุณหภูมิ (Temperature) $-10^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$
- ช่วงการทำงานในสภาวะความชื้น (Humidity) 20% ~ 90% RH
- อัตราการกินกระแสต่ำกว่า 120 mA
- ขนาด (Dimension) 108mm (L) x 87mm (W) x 30mm (H)

การเชื่อมต่อ RS232

จะใช้การเชื่อมต่อแบบ RS-232 ซึ่งสามารถนำไปต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่รองรับ การเชื่อมต่อแบบ RS232 ได้ทันทีดังรูปต่อไปนี้

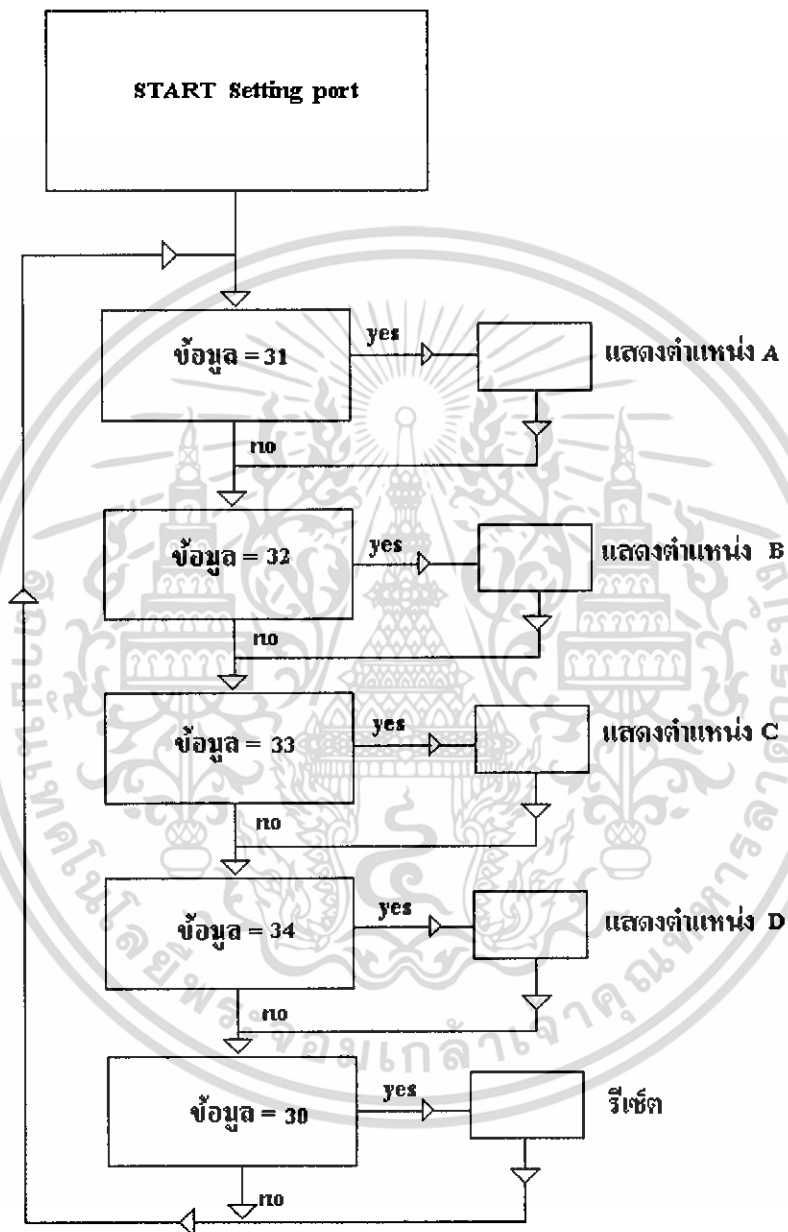


รูปที่ 3.11 แสดงการเชื่อมต่อ RS232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 การออกแบบโปรแกรม Visual Basic

การออกแบบ โปรแกรมเพื่อแสดงผลเป็นดังรูป



รูปที่ 3.12 แสดงขั้นตอนการทำงานของ โปรแกรม Visual Basic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองนั้นจะแบ่งเป็น 2 ช่วงการทดลอง ช่วงแรกจะเป็นการทดสอบความสามารถในการอ่านข้อมูลของ Reader กับ Tag โดยจะวัดระยะห่างที่มากที่สุด ที่ Reader กับ Tag จะสามารถสื่อสารกันได้ ซึ่งก็คือช่วงระยะที่สามารถนำไปทดลองได้ ช่วงที่สองจะเป็นการทดลองโดยนำรถไฟที่มี Reader ติดไว้ มาวิ่งผ่าน Tag ที่วางไว้ที่ตำแหน่งต่างๆ แล้วตรวจสอบการแสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ ว่าสามารถแสดงตำแหน่งของรถไฟได้หรือไม่

การทดลองตอนที่หนึ่ง เป็นการทดลองวัดระยะทางการอ่านของ Reader กับ Tag

ระยะห่าง (cm)	Tag ตัวที่ 1	Tag ตัวที่ 2	Tag ตัวที่ 3	Tag ตัวที่ 4
1	✓	✓	✓	✓
2	✓	✓	✓	✓
3	✓	✓	✓	✓
4	✓	✓	✓	✓
5	✓	✓	✓	✓
6	✗	✓	✗	✓
7	✗	✗	✗	✗
8	✗	✗	✗	✗

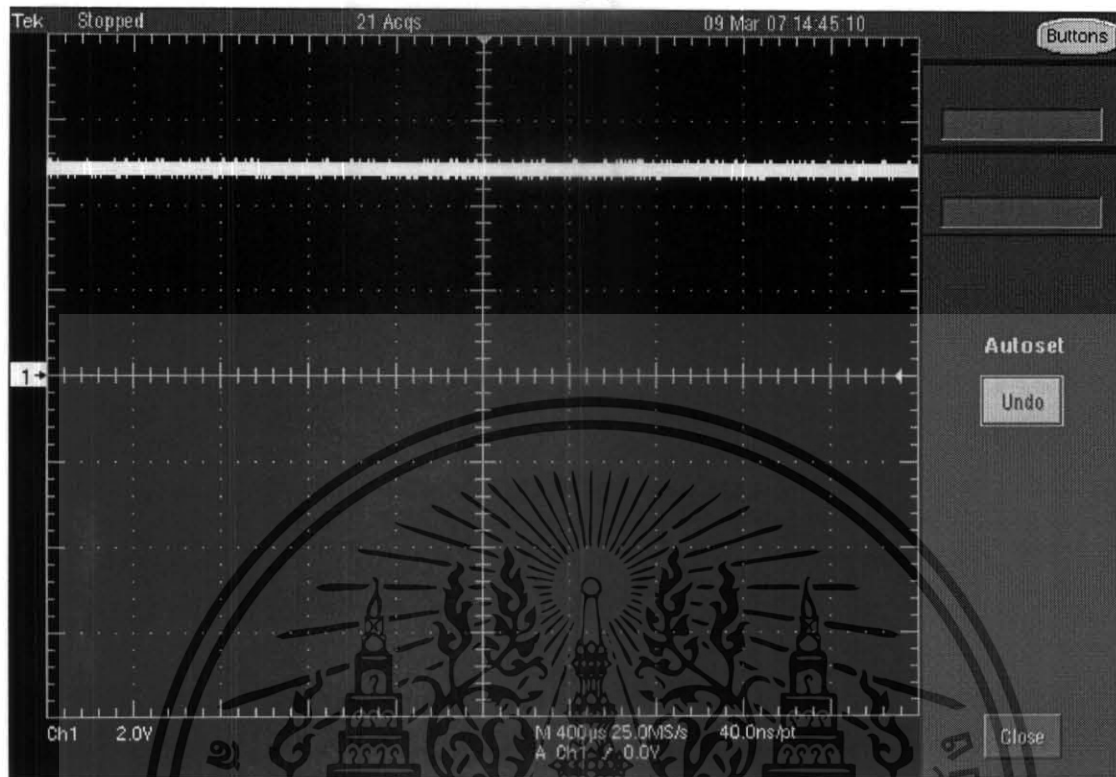
อ่านได้ =	✓
อ่านไม่ได้ =	✗

ตารางที่ 2 แสดงระยะทางที่สามารถอ่านค่าได้

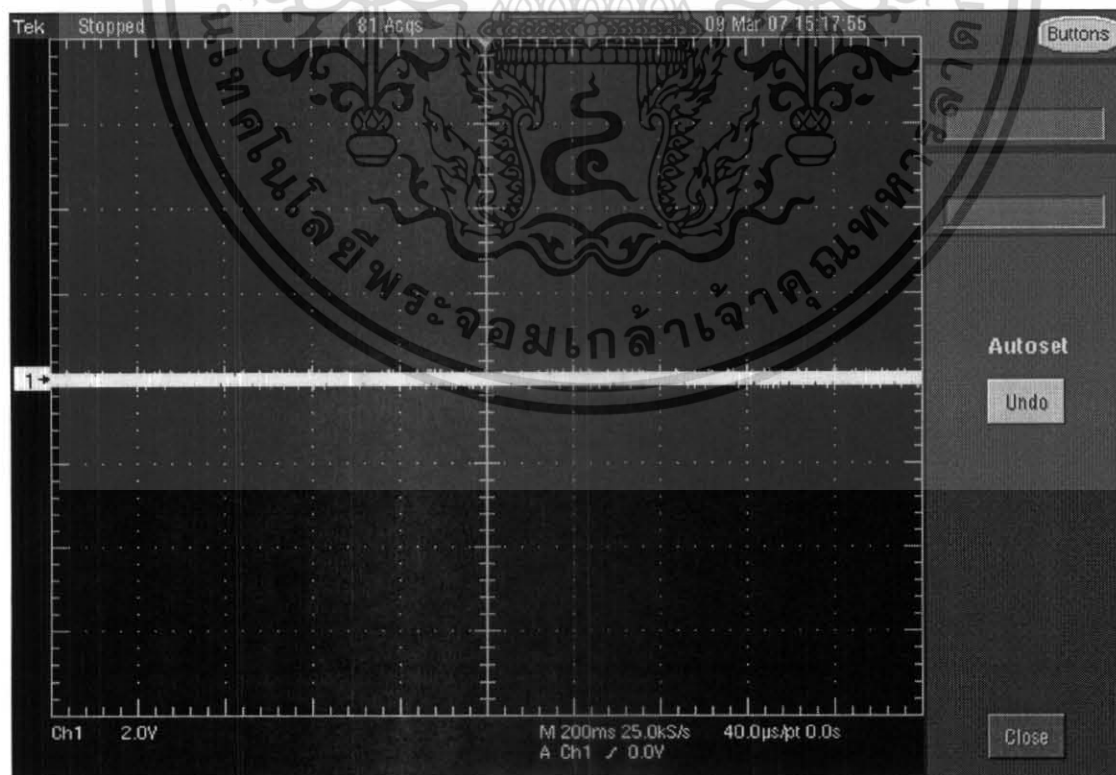
จากผลการทดลองพบว่า Reader ตัวนี้ มีความสามารถอ่าน Tag ได้ดีที่ระยะ 0-5 เซนติเมตร ดังนั้น ช่วงของระยะห่างที่เหมาะสมที่ใช้ในการทดลองคือ ระยะ 0-5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองตอนที่สอง การทดลองวัดคลื่นสัญญาณ

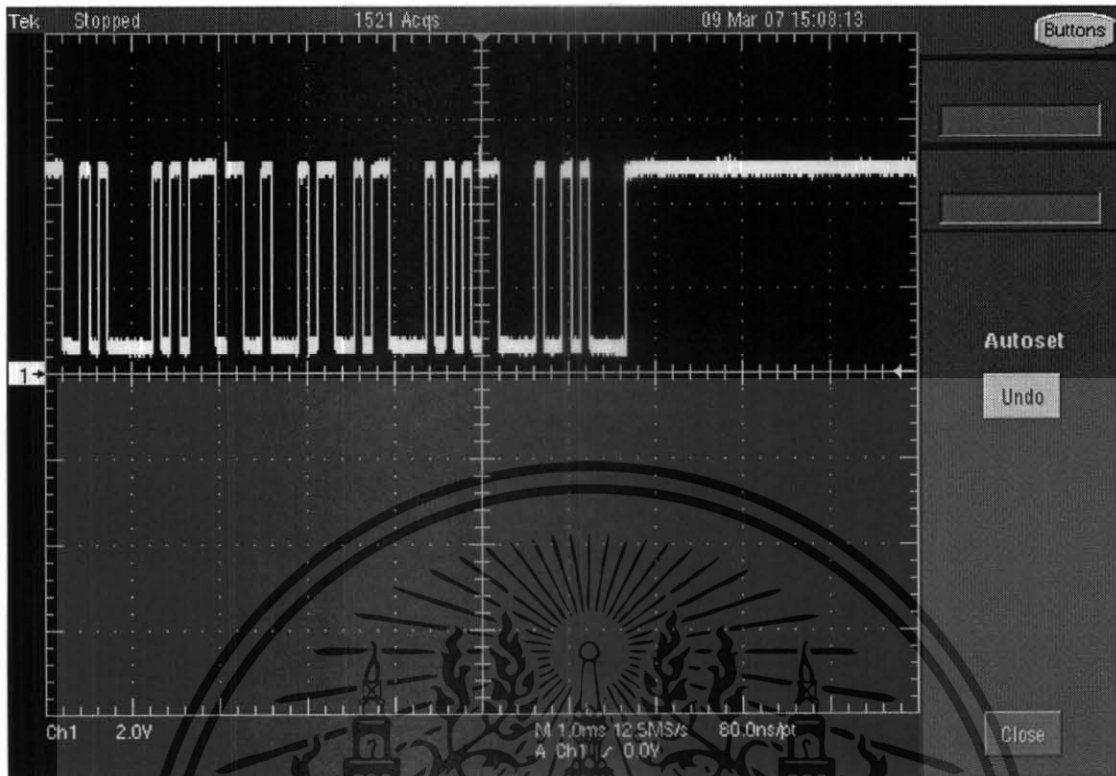


รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณที่อ่านได้เมื่อยังไม่มี tag

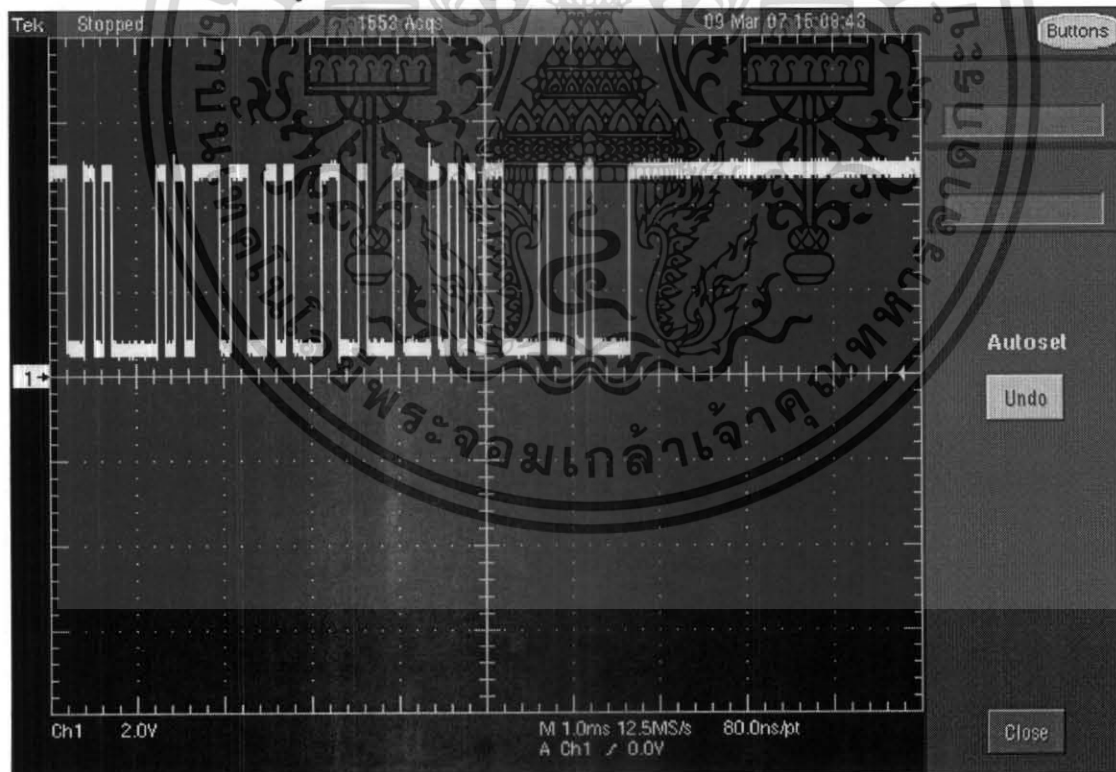


รูปที่ 4.2 ขณะกำลังอ่าน tag

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณที่ส่งออกไปขณะอ่าน tag

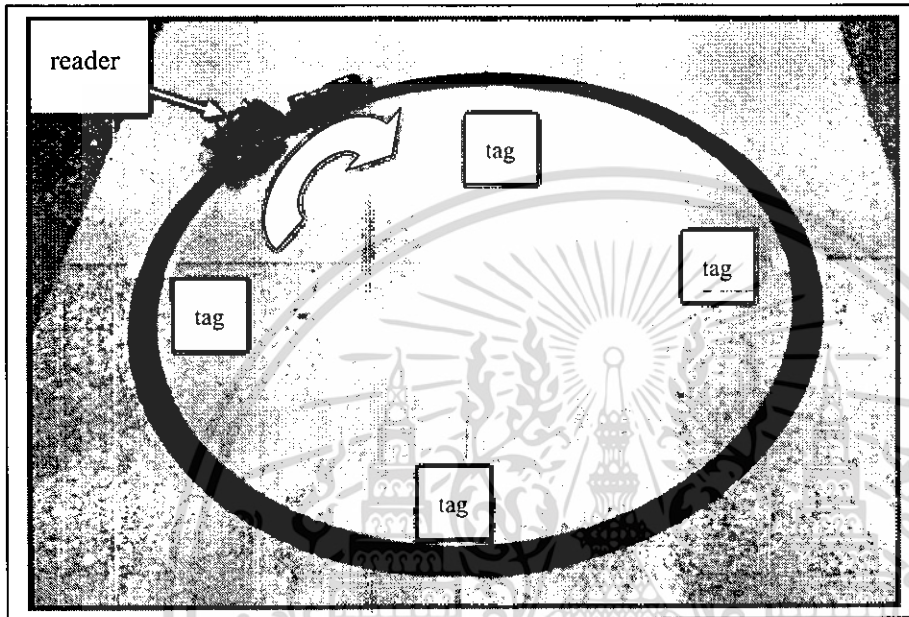


รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณที่รับได้

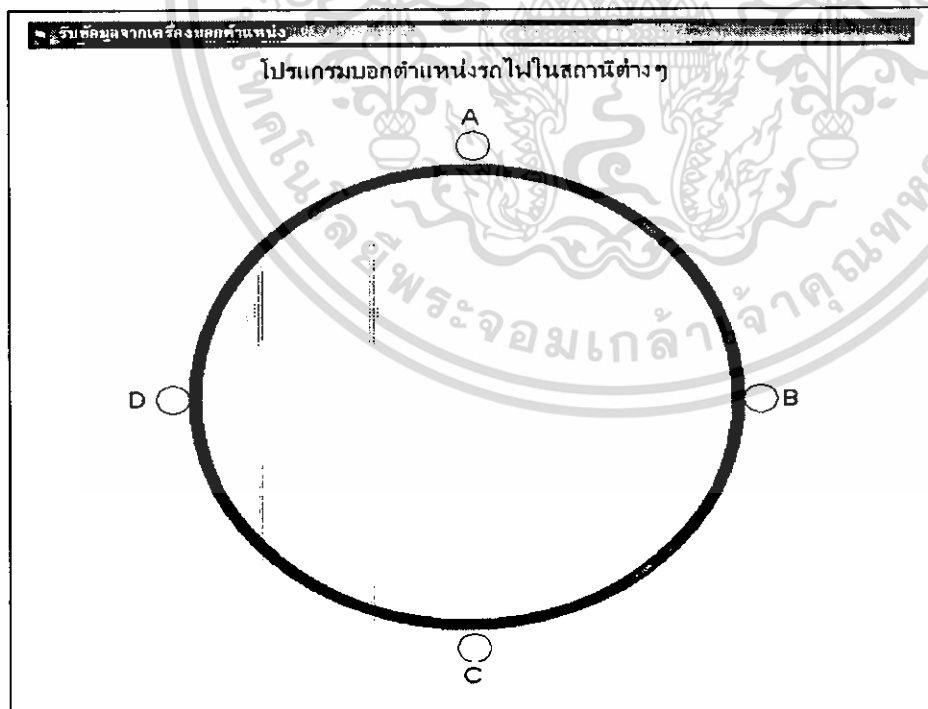
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองตอนที่สาม

เป็นการทดลองให้รถไฟซึ่งมี Reader ติดอยู่ด้วย วิ่งผ่าน Tag ซึ่งเราวางไว้ 4 จุด โดยจะมีภาพการแสดงความตำแหน่งของรถไฟด้วย จากรูปด้านล่าง ด้านซ้ายมือจะเป็นภาพถ่ายการวิ่งของรถไฟ ส่วนด้านขวาเป็นจอภาพที่แสดงตำแหน่งของรถไฟ



รูปที่ 4.5



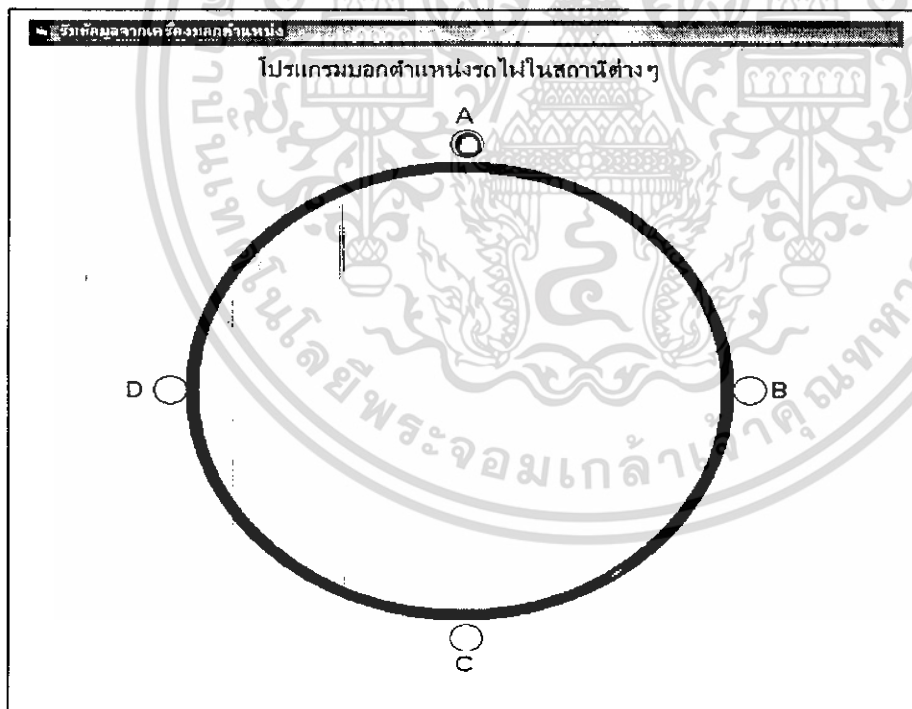
รูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.5 เป็นภาพที่แสดงตำแหน่งเริ่มของรถไฟ โดยที่รถไฟยังไม่ได้วิ่งผ่าน tag ใดเลย ซึ่งจอแสดงผลรูปที่ 4.6 ก็ยังไม่ได้ขึ้นไฟแสดงตำแหน่งของรถไฟเช่นกัน



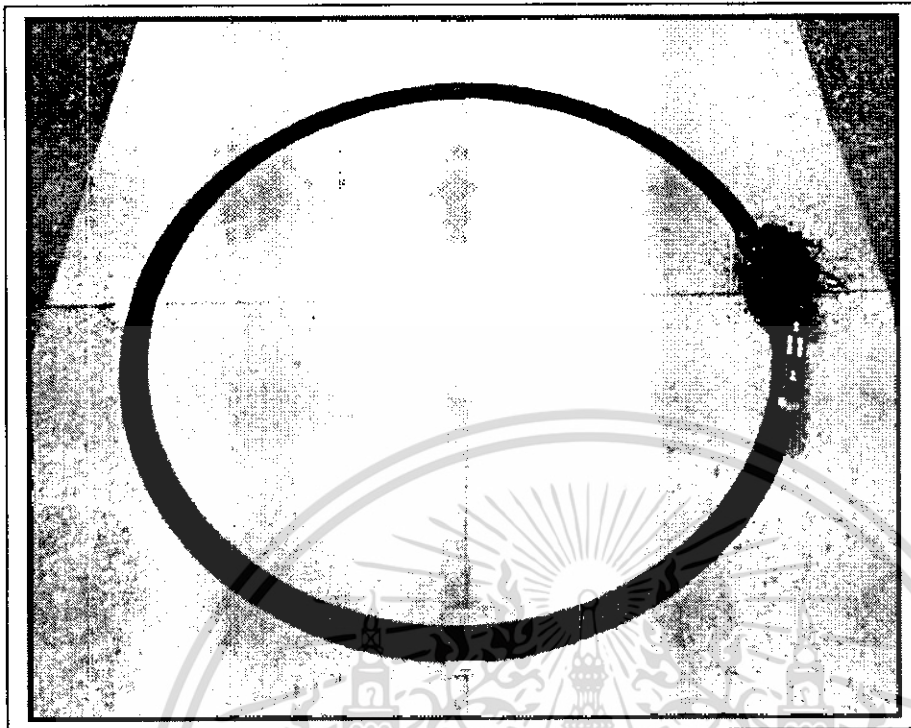
รูปที่ 4.7



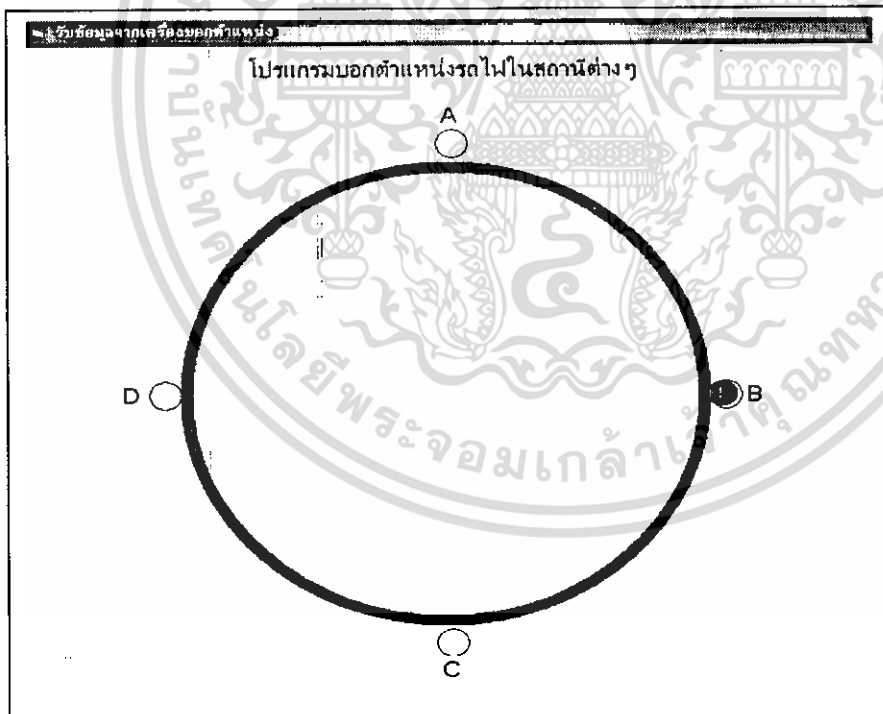
รูปที่ 4.8

จากรูปที่ 4.7 เมื่อรถไฟวิ่งผ่าน Tag ตัว Reader ที่ติดอยู่กับรถไฟก็จะอ่านข้อมูลของ Tag แล้วส่งข้อมูลไร้สาย ด้วยคลื่นวิทยุ เข้าคอมพิวเตอร์มาแสดงผลบอกตำแหน่งของรถไฟ โดยจะมีไฟสีแดงขึ้นที่จุด A ในรูปที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



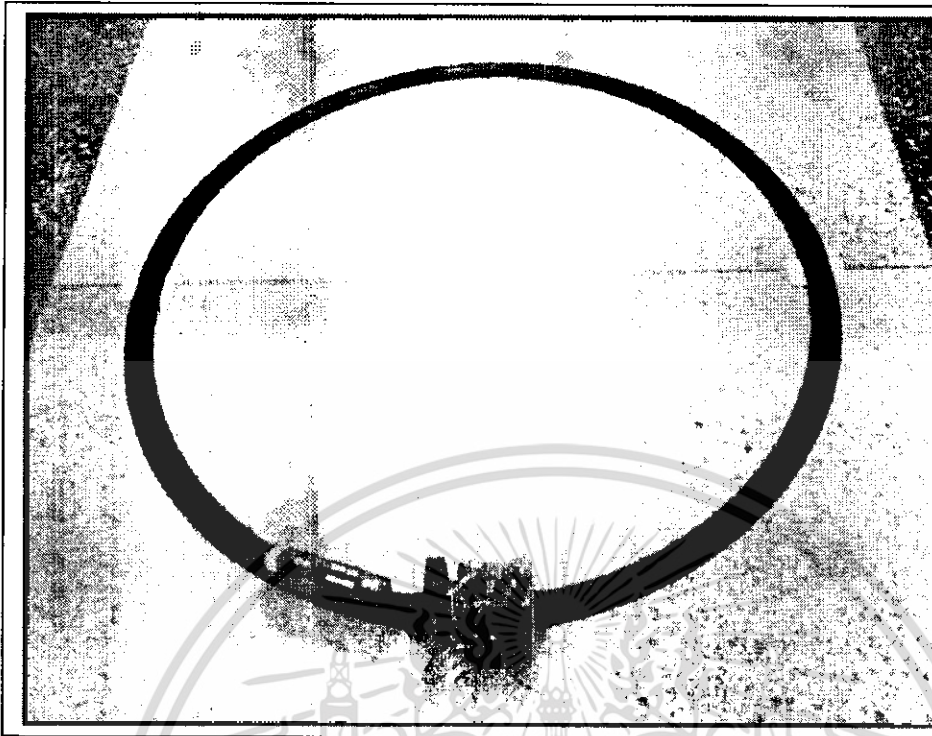
รูปที่ 4.9



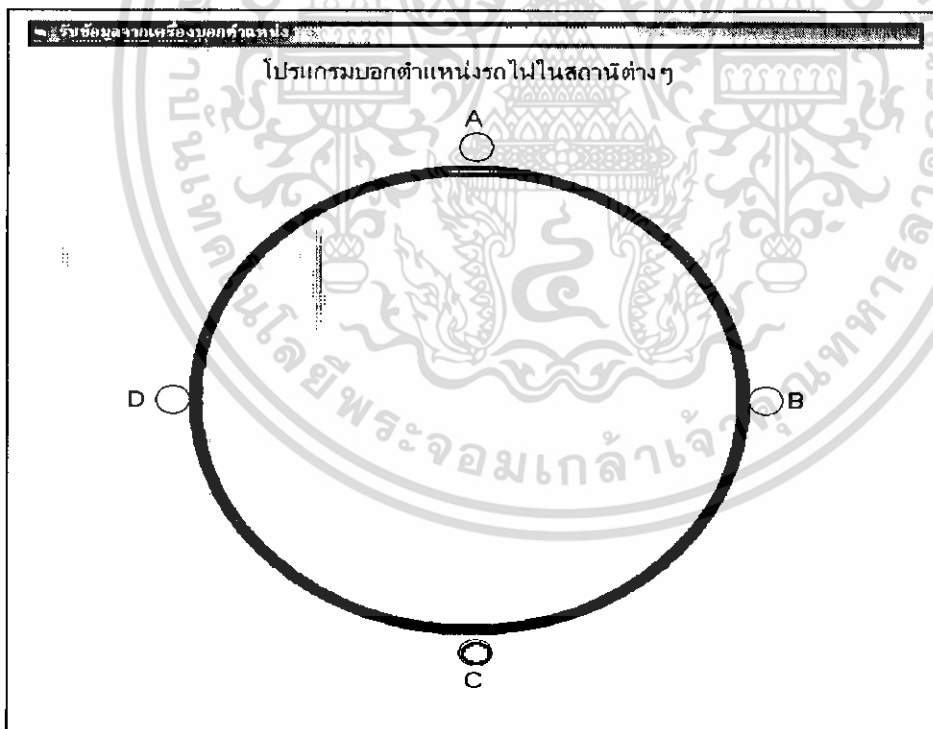
รูปที่ 4.10

จากรูปที่ 4.9 เมื่อรถไฟ วิ่งผ่าน Tag ตัวแรก มาถึง Tag ตัวที่สอง Reader จากรถไฟก็จะอ่าน Tag ตัวที่สอง แล้วส่งข้อมูลไร้สาย ไปแสดงผลที่หน้าจอกอมพิวเตอร์ ดังในรูปที่ 4.10 จะพบว่าไฟสีแดงจากจุด A จะดับแล้วจะมาติดที่จุด B แทน ซึ่งตรงกับที่ตำแหน่งที่รถไฟวิ่งอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



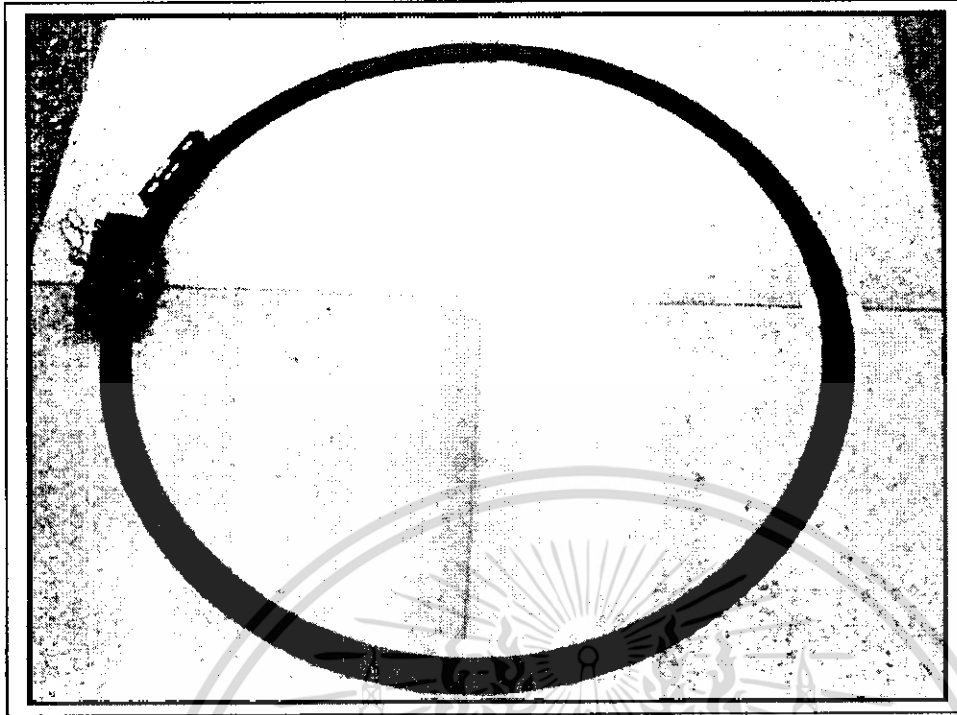
รูปที่ 4.11



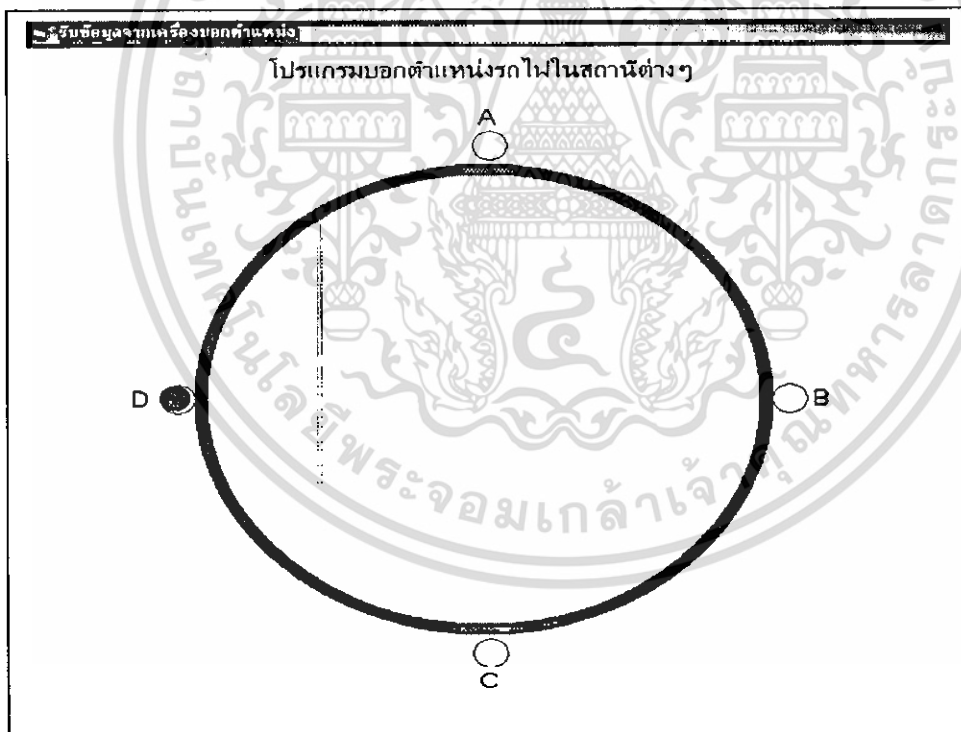
รูปที่ 4.12

จากรูปที่ 4.11 เมื่อรถไฟ วิ่งผ่าน Tag ตัวที่สอง มาถึง Tag ตัวที่สาม Readerจากรถไฟก็จะอ่าน Tag ตัวที่สาม แล้วส่งข้อมูลไร้สาย ไปแสดงผลที่หน้าจอกอมพิวเตอร์ ดังในรูปที่ 4.12 จะพบว่าไฟสีแดงจากจุด B จะดับแล้วจะมาติดที่จุด C แทน ซึ่งก็ตรงกับที่ตำแหน่งที่รถไฟวิ่งอยู่พอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13

รูปที่
4.14

จากรูปที่ 4.13 เมื่อรถไฟ วิ่งผ่าน Tag ตัวที่สาม มาถึง Tag ตัวที่สี่ Readerจากรถไฟก็จะอ่าน Tag ตัวที่สี่ แล้วส่งข้อมูล ไร้สาย ไปแสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ ดังในรูปที่ 4.14 จะพบว่าไฟสีแดงจากจุด C จะดับแล้วจะมาติดที่จุด D แทน ซึ่งตรงกับที่ตำแหน่งที่รถไฟวิ่งอยู่ หลังจากนั้นไฟแสดงตำแหน่งก็จะไปขึ้นที่จุด A ใหม่ ตามตำแหน่งของรถไฟ วนรูปA-B-C-D ไปเรื่อยๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

ตอนที่ 1

ในการทดลองขั้นตอนนี้ ผู้จัดทำได้นำอุปกรณ์ RFID มาทำการทดลองโดยนำ Reader อ่านค่าของ Tag แล้วทำการหารระยะทางที่มากที่สุด ที่ตัว Reader สามารถอ่านค่าจาก Tag ได้ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า Reader ตัวนี้ มีความสามารถอ่าน Tag ได้ดีที่ระยะ 0-5 เซนติเมตร ดังนั้น ช่วงของระยะห่างที่เหมาะสมที่ใช้ในการทดลองคือ ระยะ 0-5 เซนติเมตร

ตอนที่ 2

ในการทดลองขั้นตอนนี้ ผู้จัดทำได้นำอุปกรณ์ RFID มาทำการทดลองโดยนำ Reader อ่านค่าของ Tag แล้ววัดค่าที่จุดต่างๆ พบว่า เมื่ออ่านค่าจาก Tag ระดับแรงดันไฟเลี้ยงจะตก และสัญญาณที่รับ-ส่งต้องเหมือนกัน

ตอนที่ 3

ในการทดลองขั้นตอนนี้ ได้ทำการทดลองนำ Reader ไปติดตั้งบนตัวรถไฟจำลอง แล้วทำการส่งค่าผ่าน RF Module เพื่อนำไปแสดงผลที่หน้าจอด้วยโปรแกรม Visual Basic โดยเมื่อ Reader วิ่งผ่าน Tag จะมีระยะห่างกัน 3.5 เซนติเมตร ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในตอนที่ 1 ซึ่งเมื่อรถไฟวิ่งผ่านจุดที่จัดวาง Tag ไว้ โปรแกรม Visual Basic ก็จะแสดงตำแหน่งของรถไฟ โดยการแสดงจุดที่รถไฟวิ่งผ่านบนรางรถไฟจำลองที่อยู่ในหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้

การระบุชี้ชัดด้วยคลื่นวิทยุหรือ RFID (Radio Frequency Identification) เป็นเทคโนโลยีอัตโนมัติที่ใช้สำหรับการระบุบุคคล สัตว์ หรือสิ่งของ เพื่อใช้ในการตรวจสอบ ติดตาม ควบคุม และบริหารจัดการอย่างมีประสิทธิภาพและความมั่นคงปลอดภัย ดังนั้นงานวิจัยและทดลองนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษากระบวนการทำงานของ RFID และความเป็นไปได้การนำเทคโนโลยี RFID ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านต่างๆ โดยเฉพาะในด้าน การคมนาคมขนส่ง ซึ่งในการทดลองเป็นเพียงการประยุกต์ใช้งาน โดยการทำให้เป็นแบบจำลอง แต่ในการใช้งานจริงนั้นต้องทำการปรับเปลี่ยนอีกหลายอย่างจึงสามารถนำไปใช้งานในระบบขนาดใหญ่ได้ เช่น Reader ที่จำเป็นต้องใช้ย่านความถี่ที่สูงขึ้นจึงจะสามารถนำไปใช้งานได้

บรรณานุกรม

1. วรพจน์ กรแก้วพัฒนกุล , ชัยวัฒน์ ลิ่มพรจิตรวิไล , เรียนรู้และปฏิบัติการ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ,บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด
2. ศัจจะ จรัสรุ่งรวีวร , คู่มือการเขียนโปรแกรม Visual Basic 6
3. อภิชาติ ภู่อุปถัมภ์ , ควบคุมฮาร์ดแวร์ด้วย Visual Basic



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**LM7805 • LM7806 • LM7808 • LM7809 •
LM7810 • LM7812 • LM7815 • LM7818 • LM7824 •
LM7805A • LM7806A • LM7808A • LM7809A •
LM7810A • LM7812A • LM7815A • LM7818A • LM7824A**
3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

General Description

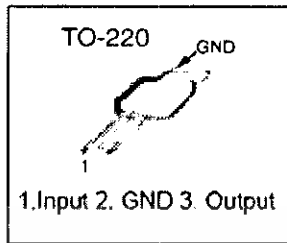
The LM78XX series of three terminal positive regulators are available in the TO-220 package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

Features

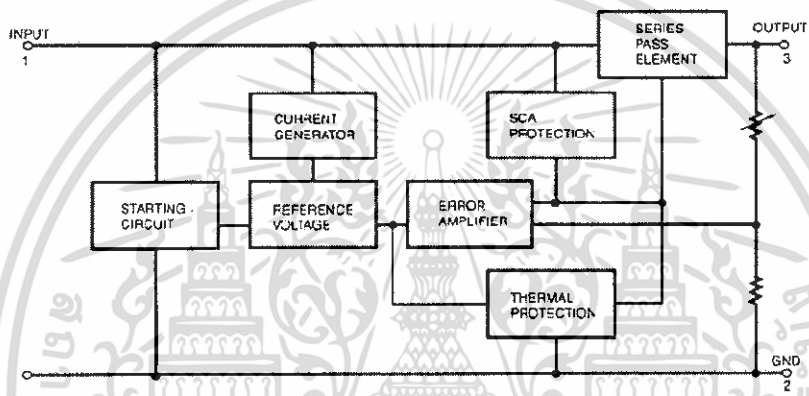
- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 12, 15, 18, 24
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

Ordering Code:

Product Number	Output Voltage Tolerance	Package	Operating Temperature
LM7805CT	±4%	TO-220	-40°C - +125°C
LM7806CT			
LM7808CT			
LM7809CT			
LM7810CT			
LM7812CT			
LM7815CT			
LM7818CT			
LM7824CT			
LM7805ACT	±2%		0°C - +125°C
LM7806ACT			
LM7808ACT			
LM7809ACT			
LM7810ACT			
LM7812ACT			
LM7818ACT			
LM7824ACT			



Internal Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input Voltage (for $V_O = 5V$ to $18V$)	V_I	35	V
(for $V_O = 24V$)	V_I	40	V
Thermal Resistance Junction-Cases (TO-220)	$R_{\theta JC}$	5	$^{\circ}C/W$
Thermal Resistance Junction-Air (TO-220)	$R_{\theta JA}$	65	$^{\circ}C/W$
Operating Temperature Range	T_{OPR}	0 ~ +125	$^{\circ}C$
LM78xx		-40 ~ +125	$^{\circ}C$
LM78xxA		0 ~ +125	$^{\circ}C$
Storage Temperature Range	T_{STG}	-65 ~ +150	$^{\circ}C$

Note 1: Absolute maximum ratings are those values beyond which damage to the device may occur. The datasheet specifications should be met, without exception, to ensure that the system design is reliable over its power supply, temperature, and output/input loading variables. Fairchild does not recommend operation outside datasheet specifications.

Electrical Characteristics (LM7805)

(Refer to the test circuits. $-40^{\circ}C < T_J < 125^{\circ}C$, $I_O = 500mA$, $V_I = 10V$, $C_1 = 0.1\mu F$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}C$	4.8	5.0	5.2	V
		$5mA < I_O < 1A$, $P_D = 15W$, $V_I = 7V$ to $20V$	4.75	5.0	5.25	
Line Regulation (Note 2)	Regline	$T_J = +25^{\circ}C$	-	4.0	100	mV
		$V_O = 7V$ to $25V$	-	1.6	50.0	
Load Regulation	Regload	$T_J = +25^{\circ}C$	-	9.0	100	mV
		$I_O = 5mA$ to $1.5mA$	-	4.0	50.0	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}C$	-	5.0	8.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5mA$ to $1A$	-	0.03	0.5	mA
		$V_I = 7V$ to $25V$	-	0.3	1.3	
Output Voltage Drift (Note 3)	$\Delta V_O/\Delta T$	$I_O = 5mA$	-	0.8	-	mV/ $^{\circ}C$
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10Hz$ to $100KHz$, $T_A = +25^{\circ}C$	-	42.0	-	$\mu V/V_O$
Ripple Rejection (Note 3)	RR	$f = 120Hz$, $V_O = 8V$ to $18V$	62.0	73.0	-	dB
Dropout Voltage	V_{DROP}	$I_O = 1A$, $T_J = +25^{\circ}C$	-	2.0	-	V
Output Resistance (Note 3)	r_O	$f = 1KHz$	-	15.0	-	m Ω
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35V$, $T_A = +25^{\circ}C$	-	230	-	mA
Peak Current (Note 3)	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}C$	-	2.2	-	A

Note 2: Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Note 3: These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (LM7812)

(Refer to the test circuits. $-40^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 19\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit	
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	11.5	12.0	12.5	V	
		$5\text{mA} \leq I_O \leq 1\text{A}$, $P_D \leq 15\text{W}$, $V_I = 14.5\text{V to } 27\text{V}$	11.4	12.0	12.6		
Line Regulation (Note 12)	Regline	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 14.5\text{V to } 30\text{V}$	-	10.0	240	mV
			$V_I = 16\text{V to } 22\text{V}$	-	3.0	120	
Load Regulation (Note 12)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{mA}$	-	11.0	240	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	-	5.0	120	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	5.1	8.0	nA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$	$V_I = 14.5\text{V to } 30\text{V}$	-	0.1	0.5	mA
				-	0.5	1.0	
Output Voltage Drift (Note 13)	$\Delta V_O/\Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	-	1.0	-	mV/°C	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{kHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	76.0	-	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection (Note 13)	RR	$f = 120\text{Hz}$, $V_I = 15\text{V to } 25\text{V}$	55.0	71.0	-	dB	
Dropout Voltage	V_{DROPP}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.0	-	V	
Output Resistance (Note 13)	r_O	$f = 1\text{kHz}$	-	18.0	-	m Ω	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	230	-	mA	
Peak Current (Note 13)	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.2	-	A	

Note 12: Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Note 13: These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

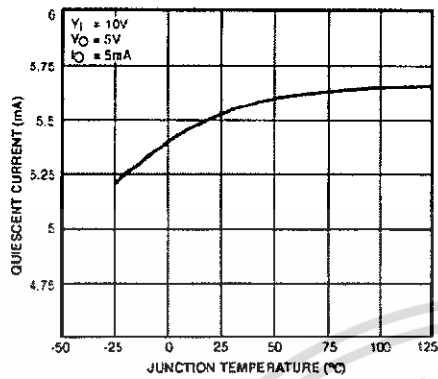


FIGURE 1. Quiescent Current

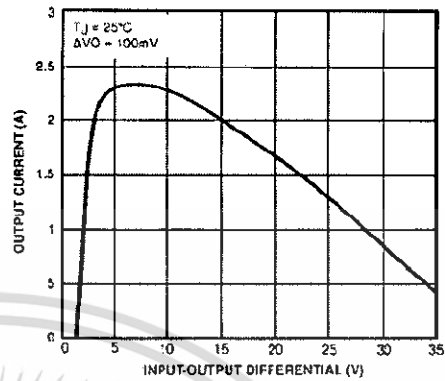


FIGURE 2. Peak Output Current

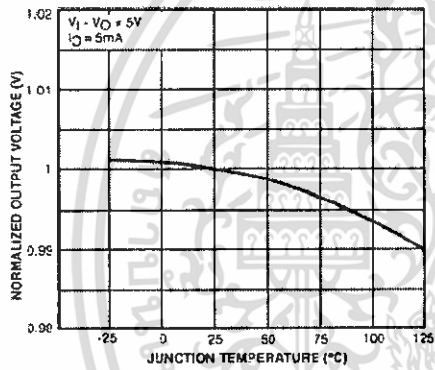


FIGURE 3. Output Voltage

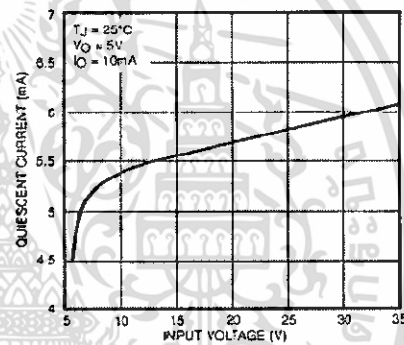


FIGURE 4. Quiescent Current

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

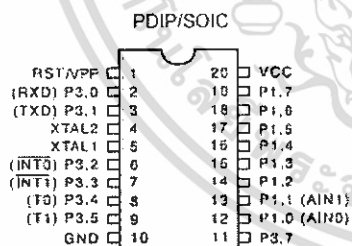
- Compatible with MCS-51™ Products
- 2K Bytes of Reprogrammable Flash Memory
 - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- 2.7V to 6V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Two-Level Program Memory Lock
- 128 x 8-Bit Internal RAM
- 15 Programmable I/O Lines
- Two 16-Bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Programmable Serial UART Channel
- Direct LED Drive Outputs
- On-Chip Analog Comparator
- Low Power Idle and Power Down Modes

Description

The AT89C2051 is a low-voltage, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 2K Bytes of Flash programmable and erasable read only memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard MCS-51™ instruction set. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C2051 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The AT89C2051 provides the following standard features. 2K Bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 15 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, a precision analog comparator, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C2051 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port and interrupt system to continue functioning. The Power Down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator disabling all other chip functions until the next hardware reset.

Pin Configuration



8-Bit
Microcontroller
with 2K Bytes
Flash

AT89C2051

0386D-B-12/87

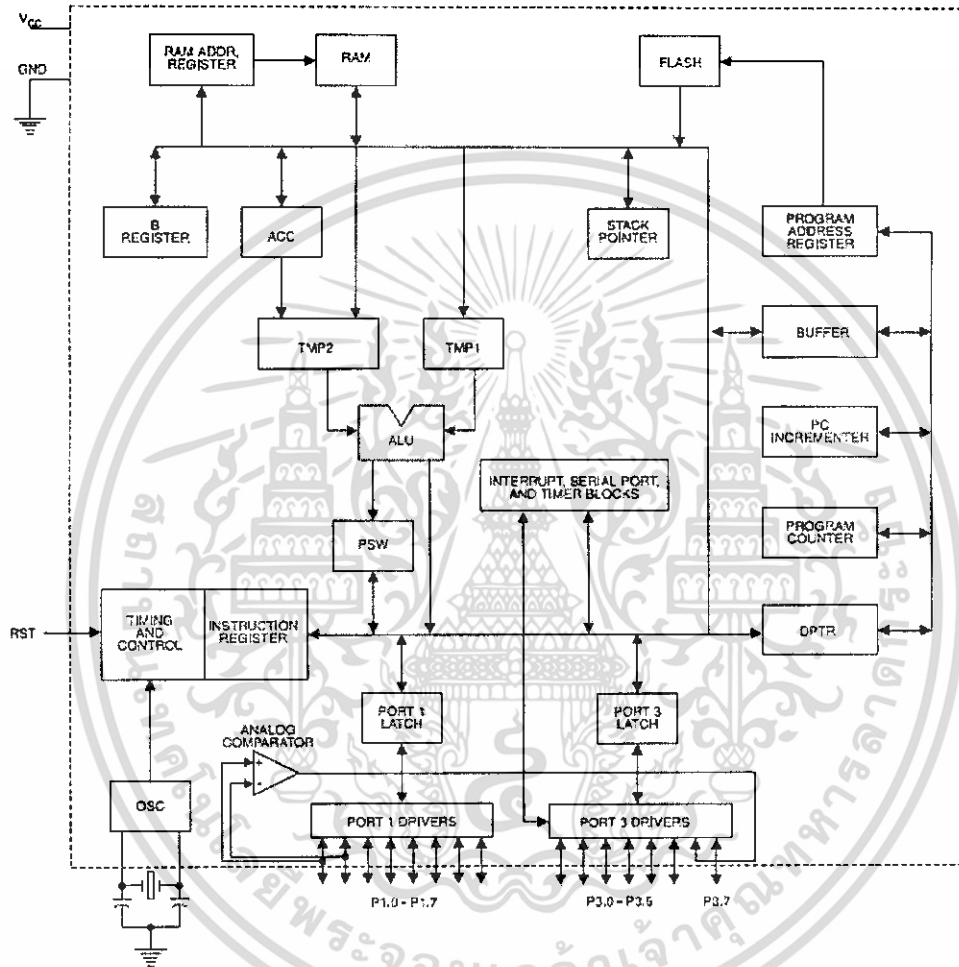


4.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Description

V_{CC}
Supply voltage.
GND
Ground.

Port 1
Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port. Port pins P1.2 to P1.7 provide internal pullups. P1.0 and P1.1 require external pullups. P1.0 and P1.1 also serve as the positive input (AIN0) and the negative input (AIN1), respectively, of the on-chip precision analog comparator. The Port 1 output buffers can sink 20 mA and can drive LED displays directly. When 1s are written to Port 1 pins, they can be used as inputs. When pins P1.2 to P1.7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 1 also receives code data during Flash programming and verification.

Port 3
Port 3 pins P3.0 to P3.5, P3.7 are seven bidirectional I/O pins with internal pullups. P3.6 is hard-wired as an input to the output of the on-chip comparator and is not accessible as a general purpose I/O pin. The Port 3 output buffers can sink 20 mA. When 1s are written to Port 3 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C2051 as listed below:

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	INT0 (external interrupt 0)
P3.3	INT1 (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)

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

RST
Reset input. All I/O pins are reset to 1s as soon as RST goes high. Holding the RST pin high for two machine cycles while the oscillator is running resets the device. Each machine cycle takes 12 oscillator or clock cycles.

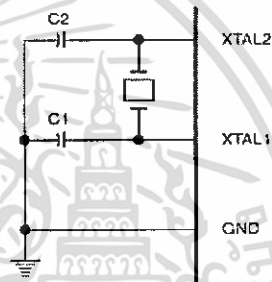
XTAL1
Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2
Output from the inverting oscillator amplifier.

Oscillator Characteristics

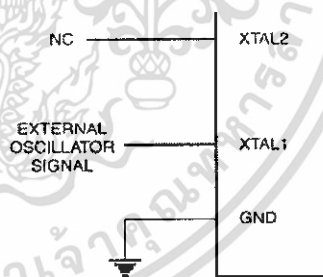
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected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

Figure 1. Oscillator Connections



Note: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

Figure 2. External Clock Drive Configuration





Special Function Registers

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

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

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

Table 1. AT89C2051 SFR Map and Reset Values

0F8H								0FFH
0F0H	B 00000000							0F7H
0E8H								0EFH
0E0H	ACC 00000000							0E7H
0D8H								0DFH
0D0H	PSW 00000000							0D7H
0C8H								0CFH
0C0H								0C7H
0B8H	IP XXX00000							0BFH
0B0H	P3 11111111							0B7H
0A8H	IE 0XX00000							0AFH
0A0H								0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX						9FH
90H	P1 11111111							97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TLC 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000		8FH
80H		SP 00001111	DPL 00000000	DPH 00000000			PCON 0XXX0000	87H

Restrictions on Certain Instructions

The AT89C2051 is an economical and cost-effective member of Atmel's growing family of microcontrollers. It contains 2K bytes of flash program memory. It is fully compatible with the MCS-51 architecture, and can be programmed using the MCS-51 instruction set. However, there are a few considerations one must keep in mind when utilizing certain instructions to program this device.

All the instructions related to jumping or branching should be restricted such that the destination address falls within the physical program memory space of the device, which is 2K for the AT89C2051. This should be the responsibility of the software programmer. For example, LJMP 7E0H would be a valid instruction for the AT89C2051 (with 2K of memory), whereas LJMP 900H would not.

1. Branching instructions:

LCALL, LJMP, ACALL, AJMP, SJMP, JMP @A+DPTR

These unconditional branching instructions will execute correctly as long as the programmer keeps in mind that the destination branching address must fall within the physical boundaries of the program memory size (locations 00H to 7FFH for the 89C2051). Violating the physical space limits may cause unknown program behavior.

CJNE [...], DJNZ [...], JB, JNB, JC, JNC, JBC, JZ, JNZ With these conditional branching instructions the same rule above applies. Again, violating the memory boundaries may cause erratic execution.

For applications involving interrupts the normal interrupt service routine address locations of the 80C51 family architecture have been preserved.

2. MOVX-related instructions, Data Memory:

The AT89C2051 contains 128 bytes of internal data memory. Thus, in the AT89C2051 the stack depth is limited to 128 bytes, the amount of available RAM. External DATA memory access is not supported in this device, nor is external PROGRAM memory execution. Therefore, no MOVX [...] instructions should be included in the program.

A typical 80C51 assembler will still assemble instructions, even if they are written in violation of the restrictions mentioned above. It is the responsibility of the controller user to know the physical features and limitations of the device being used and adjust the instructions used correspondingly.

Program Memory Lock Bits

On the chip are two lock bits which can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the table below:

Lock Bit Protection Modes⁽¹⁾

Program Lock Bits			Protection Type
	LB1	LB2	
1	U	U	No program lock features.
2	P	U	Further programming of the Flash is disabled.
3	P	P	Same as mode 2, also verify is disabled.

Note: 1. The Lock Bits can only be erased with the Chip Erase operation.

Idle Mode

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

P1.0 and P1.1 should be set to '0' if no external pullups are used, or set to '1' if external pullups are used.

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

Power Down Mode

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

P1.0 and P1.1 should be set to '0' if no external pullups are used, or set to '1' if external pullups are used.





Programming The Flash

The AT89C2051 is shipped with the 2K bytes of on-chip PEROM code memory array in the erased state (i.e., contents = FFH) and ready to be programmed. The code memory array is programmed one byte at a time. *Once the array is programmed, to re-program any non-blank byte, the entire memory array needs to be erased electrically.*

Internal Address Counter: The AT89C2051 contains an internal PEROM address counter which is always reset to 000H on the rising edge of RST and is advanced by applying a positive going pulse to pin XTAL1.

Programming Algorithm: To program the AT89C2051, the following sequence is recommended.

1. Power-up sequence:
Apply power between V_{CC} and GND pins
Set RST and XTAL1 to GND
2. Set pin RST to 'H'
Set pin P3.2 to 'H'
3. Apply the appropriate combination of 'H' or 'L' logic levels to pins P3.3, P3.4, P3.5, P3.7 to select one of the programming operations shown in the PEROM Programming Modes table.

To Program and Verify the Array:

4. Apply data for Code byte at location 000H to P1.0 to P1.7.
5. Raise RST to 12V to enable programming.
6. Pulse P3.2 once to program a byte in the PEROM array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes 1.2 ms.
7. To verify the programmed data, lower RST from 12V to logic 'H' level and set pins P3.3 to P3.7 to the appropriate levels. Output data can be read at the port P1 pins.
8. To program a byte at the next address location, pulse XTAL1 pin once to advance the internal address counter. Apply new data to the port P1 pins.
9. Repeat steps 5 through 8, changing data and advancing the address counter for the entire 2K bytes array or until the end of the object file is reached.
10. Power-off sequence:
set XTAL1 to 'L'
set RST to 'L'
Turn V_{CC} power off

Data Polling: The AT89C2051 features Data Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written data on P1.7. Once the write cycle has been completed, true data is valid on all outputs, and the next cycle may begin. Data Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

Ready/Busy: The Progress of byte programming can also be monitored by the RDY/BSY output signal. Pin P3.1 is pulled low after P3.2 goes High during programming to indicate BUSY. P3.1 is pulled High again when programming is done to indicate READY.

Program Verify: If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed code data can be read back via the data lines for verification:

1. Reset the internal address counter to 000H by bringing RST from 'L' to 'H'.
2. Apply the appropriate control signals for Read Code data and read the output data at the port P1 pins.
3. Pulse pin XTAL1 once to advance the internal address counter.
4. Read the next code data byte at the port P1 pins.
5. Repeat steps 3 and 4 until the entire array is read.

The lock bits cannot be verified directly. Verification of the lock bits is achieved by observing that their features are enabled.

Chip Erase: The entire PEROM array (2K bytes) and the two Lock Bits are erased electrically by using the proper combination of control signals and by holding P3.2 low for 10 ms. The code array is written with all "1"s in the Chip Erase operation and must be executed before any non-blank memory byte can be re-programmed.

Reading the Signature Bytes: The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 000H, 001H, and 002H, except that P3.5 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

(000H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
(001H) = 21H indicates 89C2051

Programming Interface

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

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

Flash Programming Modes

Mode	RST/VPP	P3.2/PROG	P3.3	P3.4	P3.5	P3.7
Write Code Data ⁽¹⁾⁽³⁾	12V		L	H	H	H
Read Code Data ⁽¹⁾	H	H	L	L	H	H
Write Lock	Bit - 1		H	H	H	H
	Bit - 2		H	H	L	L
Chip Erase	12V		H	L	L	L
Read Signature Byte	H	H	L	L	L	L

Notes: 1. The internal PEROM address counter is reset to 000H on the rising edge of RST and is advanced by a positive pulse at XTAL 1 pin.
 2. Chip Erase requires a 10-ms PROG pulse.
 3. P3.1 is pulled Low during programming to indicate RDY/BSY.

Figure 3. Programming the Flash Memory

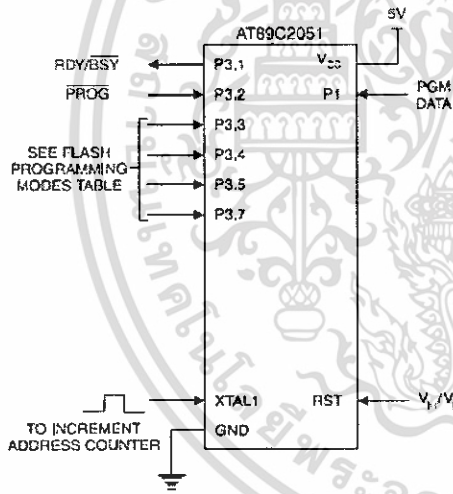
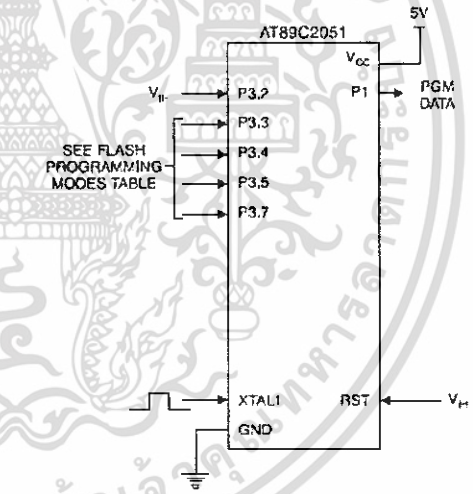


Figure 4. Verifying the Flash Memory



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



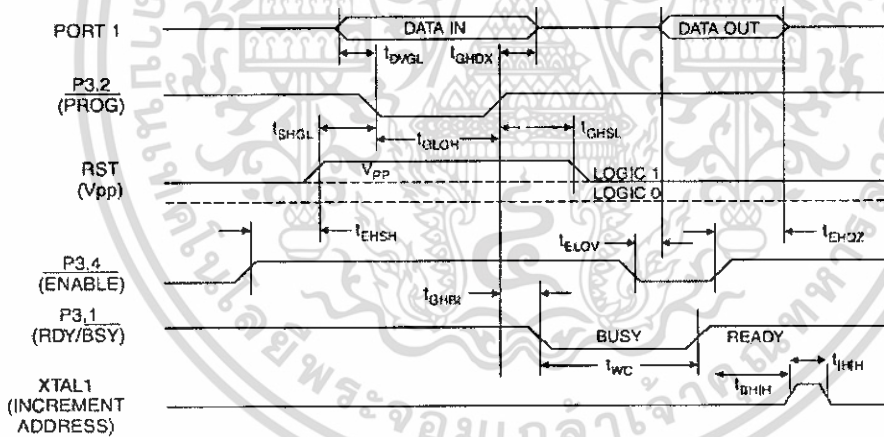
Flash Programming and Verification Characteristics

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

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
V_{PP}	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
I_{PP}	Programming Enable Current		250	μA
t_{DVL}	Data Setup to PROG Low	1.0		μs
t_{GHD}	Data Hold After PROG	1.0		μs
t_{EHS}	P3.4 (ENABLE) High to V_{PP}	1.0		μs
t_{SHL}	V_{PP} Setup to PROG Low	10		μs
t_{GHS}	V_{PP} Hold After PROG	10		μs
t_{GLH}	PROG Width	1	110	μs
t_{ELO}	ENABLE Low to Data Valid		1.0	μs
t_{EQZ}	Data Float After ENABLE	0	1.0	μs
t_{GHL}	PROG High to BUSY Low		50	ns
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms
t_{BHH}	RDY/BSY to Increment Clock Delay	1.0		μs
t_{HIL}	Increment Clock High	200		ns

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

Flash Programming and Verification Waveforms



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.....	25.0 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} = 2.0V to 6.0V (unless otherwise noted)

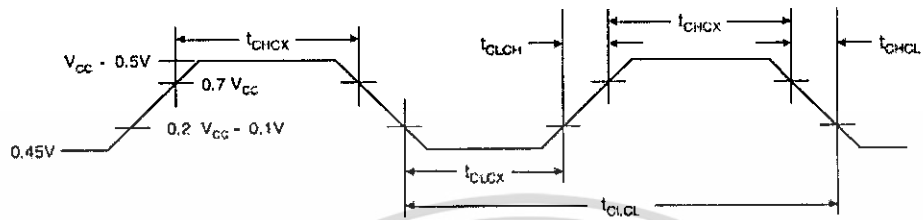
Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V _{IL}	Input Low Voltage		-0.5	0.2 V _{CC} - 0.1	V
V _{IH}	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	0.2 V _{CC} + 0.9	V _{CC} + 0.5	V
V _{IH1}	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	0.7 V _{CC}	V _{CC} + 0.5	V
V _{OL}	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Ports 1, 3)	I _{OL} = 20 mA, V _{CC} = 5V I _{OL} = 10 mA, V _{CC} = 2.7V		0.5	V
V _{OH}	Output High Voltage (Ports 1, 3)	I _{OH} = -80 μA, V _{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I _{OH} = -30 μA	0.75 V _{CC}		V
		I _{OH} = -12 μA	0.9 V _{CC}		V
I _{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1, 3)	V _{IN} = 0.45V		-50	μA
I _{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1, 3)	V _{IN} = 2V, V _{CC} = 5V ± 10%		-750	μA
I _{LI}	Input Leakage Current (Port P1.0, P1.1)	0 < V _{IN} < V _{CC}		±10	μA
V _{OS}	Comparator Input Offset Voltage	V _{CC} = 5V		20	mV
V _{CM}	Comparator Input Common Mode Voltage		0	V _{CC}	V
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	KΩ
C _{ID}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, T _A = 25°C		10	pF
I _{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz, V _{CC} = 6V/3V		15/5.5	mA
		Idle Mode, 12 MHz, V _{CC} = 6V/3V P1.0 & P1.1 = 0V or V _{CC}		5/1	mA
	Power Down Mode ⁽²⁾	V _{CC} = 6V P1.0 & P1.1 = 0V or V _{CC}		100	μA
		V _{CC} = 3V P1.0 & P1.1 = 0V or V _{CC}		20	μA

- Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:
 Maximum I_{OL} per port pin: 20 mA
 Maximum total I_{OL} for all output pins: 80 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.





External Clock Drive Waveforms

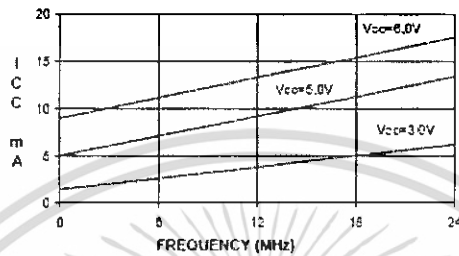


External Clock Drive

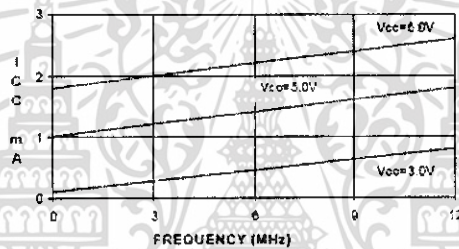
Symbol	Parameter	$V_{CC} = 2.7V \text{ to } 6.0V$		$V_{CC} = 4.0V \text{ to } 6.0V$		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	12	0	24	MHz
t_{CLCL}	Clock Period	83.3		41.6		ns
t_{CHCX}	High Time	30		15		ns
t_{CLCX}	Low Time	30		15		ns
t_{CLCH}	Rise Time		20		20	ns
t_{CHCL}	Fall Time		20		20	ns



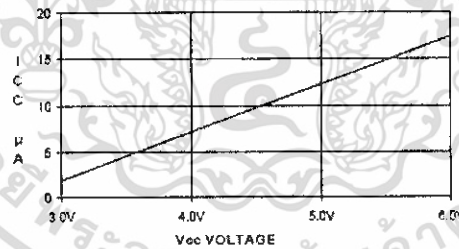
AT89C2051
TYPICAL I_{CC} - ACTIVE (85°C)



AT89C2051
TYPICAL I_{CC} - IDLE (85°C)



AT89C2051
TYPICAL I_{CC} vs. VOLTAGE - POWER DOWN (85°C)



- Notes:
1. XTAL1 tied to GND for I_{CC} (power down)
 2. P1.0 and P1.1 = V_{CC} or GND
 3. Lock bits programmed

AT89C2051

Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
12	2.7V to 6.0V	AT89C2051-12PC	20P3	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C2051-12SC	20S	
		AT89C2051-12PI	20P3	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C2051-12SI	20S	
		AT89C2051-12PA	20P3	Automotive (-40°C to 105°C)
		AT89C2051-12SA	20S	
24	4.0V to 6.0V	AT89C2051-24PC	20P3	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C2051-24SC	20S	
		AT89C2051-24PI	20P3	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C2051-24SI	20S	

Package Type	
20P3	20 Lead, 0.300" Wide, Plastic Dual In-line Package (PDIP)
20S	20 Lead, 0.300" Wide, Plastic Gull Wing Small Outline (SOIC)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



±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 *Selector 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 TSSOP, 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

Next-Generation Device Features

- ◆ For Low-Voltage Applications
MAX3222E/MAX3232E/MAX3237E/MAX3241E/
MAX3246E: ±15kV ESD-Protected Down to
10nA, +3.0V to +5.5V, Up to 1Mbps, True RS-232
Transceivers (MAX3246E Available in a UCSP™
Package)
- ◆ For Low-Power Applications
MAX3221/MAX3223/MAX3243: 1µA Supply
Current, True +3V to +5.5V RS-232 Transceivers
with Auto-Shutdown™
- ◆ For Space-Constrained Applications
MAX3233E/MAX3235E: ±15kV ESD-Protected,
1µA, 250kbps, +3.0V/+5.5V, Dual RS-232
Transceivers with Internal Capacitors
- ◆ For Low-Voltage or Data Cable Applications
MAX3380E/MAX3381E: +2.35V to +5.5V, 1µA,
2Tx/2Rx RS-232 Transceivers with ±15kV ESD-
Protected I/O and Logic Pins

Ordering Information, Pin Configurations, and Typical
Operating Circuits appear at end of data sheet.

AutoShutdown and UCSP are trademarks of Maxim Integrated
Products, Inc.

Selector Guide

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V _{CC}	-0.3V to +6V	20-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C).....	589mW
V ₊	(V _{CC} - 0.3V) to +14V	20-Pin SO (derate 10.00mW/°C above +70°C).....	800mW
V ₋	-14V to +0.3V	24-Pin Narrow Plastic DIP	
Input Voltages		(derate 13.33mW/°C above +70°C).....	1.07W
T _{IN}	-0.3V to (V ₊ + 0.3V)	24-Pin Wide Plastic DIP	
R _{IN}	±30V	(derate 14.29mW/°C above +70°C).....	1.14W
Output Voltages		24-Pin SO (derate 11.76mW/°C above +70°C).....	941mW
T _{OUT}	(V ₋ - 0.3V) to (V ₊ + 0.3V)	24-Pin SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C).....	640mW
R _{OUT}	-0.3V to (V _{CC} + 0.3V)	28-Pin SO (derate 12.50mW/°C above +70°C).....	1W
Short-Circuit Duration, T _{OUT}	Continuous	28-Pin SSOP (derate 9.52mW/°C above +70°C).....	762mW
Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)		Operating Temperature Ranges	
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C).....	842mW	MAX2 ₋ EC.....	0°C to +70°C
16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C).....	696mW	MAX2 ₋ EE.....	-40°C to +85°C
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C).....	762mW	Storage Temperature Range.....	-65°C to +165°C
16-Pin TSSOP (derate 9.4mW/°C above +70°C).....	755mW	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

(V_{CC} = +5V ±10% for MAX202E/206E/208E/211E/213E/232E/241E; V_{CC} = +6V ±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	
DC CHARACTERISTICS							
V _{CC} Supply Current	I _{CC}	No load, T _A = +25°C	MAX202E/203E		8	15	mA
			MAX205E-208E		11	20	
			MAX211E/213E		14	20	
			MAX232E		5	10	
			MAX241E		7	15	
Shutdown Supply Current	I _{SD}	T _A = +25°C, Figure 1	MAX205E/206E		1	10	µA
			MAX211E/241E		1	10	
			MAX213E		15	50	
LOGIC							
Input Pull-Up Current	I _{PU}	T _{IN} = 0V (MAX205E-208E/211E/213E/241E)		15	200	µA	
Input Leakage Current	I _{IL}	T _{IN} = 0V to V _{CC} (MAX202E/203E/232E)			±10	µA	
Input Threshold Low	V _{IL}	T _{IN} ; EN, SHDN (MAX213E) or EN, SHDN (MAX205E-208E/211E/241E)			0.8	V	
Input Threshold High	V _{IH}	T _{IN}	2.0			V	
		EN, SHDN (MAX213E) or EN, SHDN (MAX205E-208E/211E/241E)	2.4				
Output Voltage Low	V _{OL}	R _{OUT} ; I _{OUT} = 3.2mA (MAX202E/203E/232E) or I _{OUT} = 1.6mA (MAX205E/206E/211E/213E/241E)			0.4	V	
Output Voltage High	V _{OH}	R _{OUT} ; I _{OUT} = -1.0mA	3.5	V _{CC} - 0.4		V	
Output Leakage Current	I _{OL}	EN = V _{CC} , EN = 0V, 0V ≤ R _{OUT} ≤ V _{CC} . MAX205E-208E/211E/213E/241E outputs disabled		±0.05	±10	µA	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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 MAX213E, $\overline{\text{SHDN}} = 0\text{V}$, EN = V _{CC}	0.8 1.2		V
Input Threshold High		T _A = +25°C, V _{CC} = 5V	All parts, normal operation MAX213E (R4, R5), $\overline{\text{SHDN}} = 0\text{V}$, EN = V _{CC}	1.7 1.5	2.4 2.4	V
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	¹ PLHR, ¹ PHLR	C _L = 150pF	All parts, normal operation MAX213E (R4, R5), $\overline{\text{SHDN}} = 0\text{V}$, EN = V _{CC}	0.5 4	10 40	µs
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	¹ PLHT, ¹ 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		

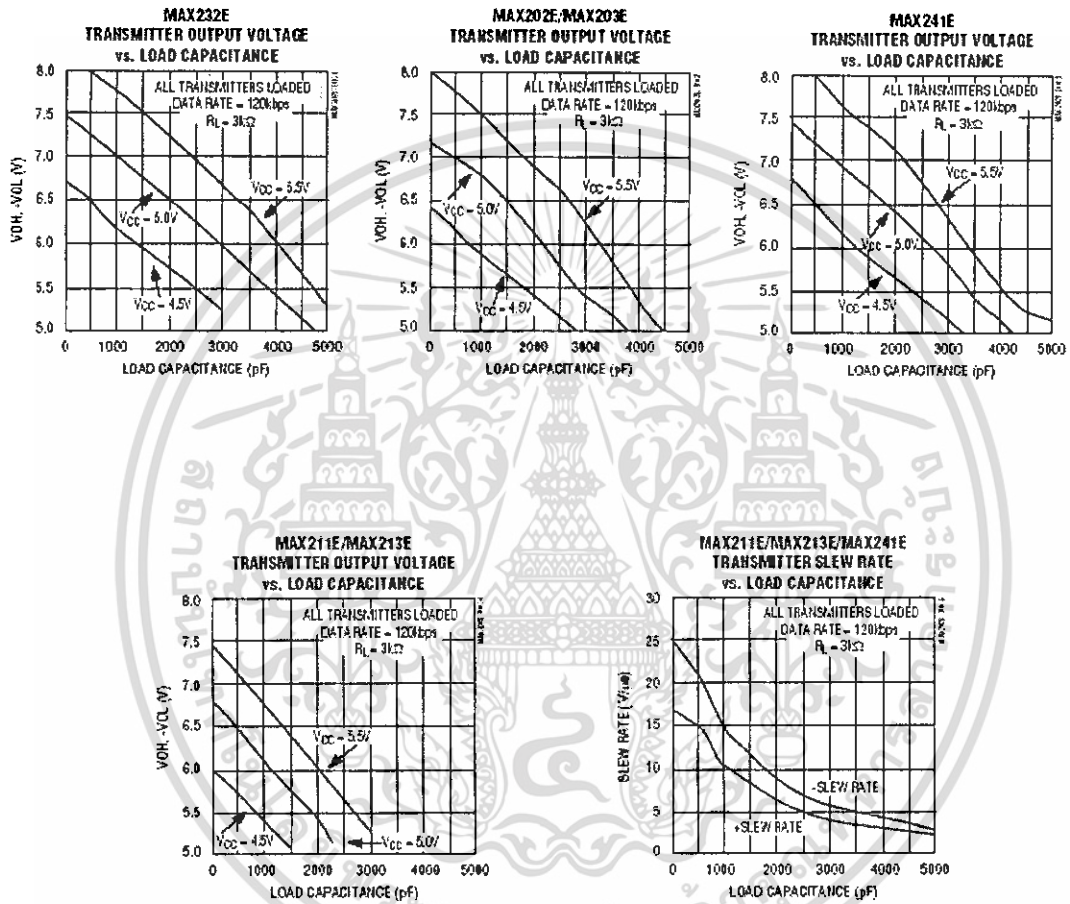
Note 1: MAX211EE_ tested with V_{CC} = +5V ±5%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Typical Operating Characteristics

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

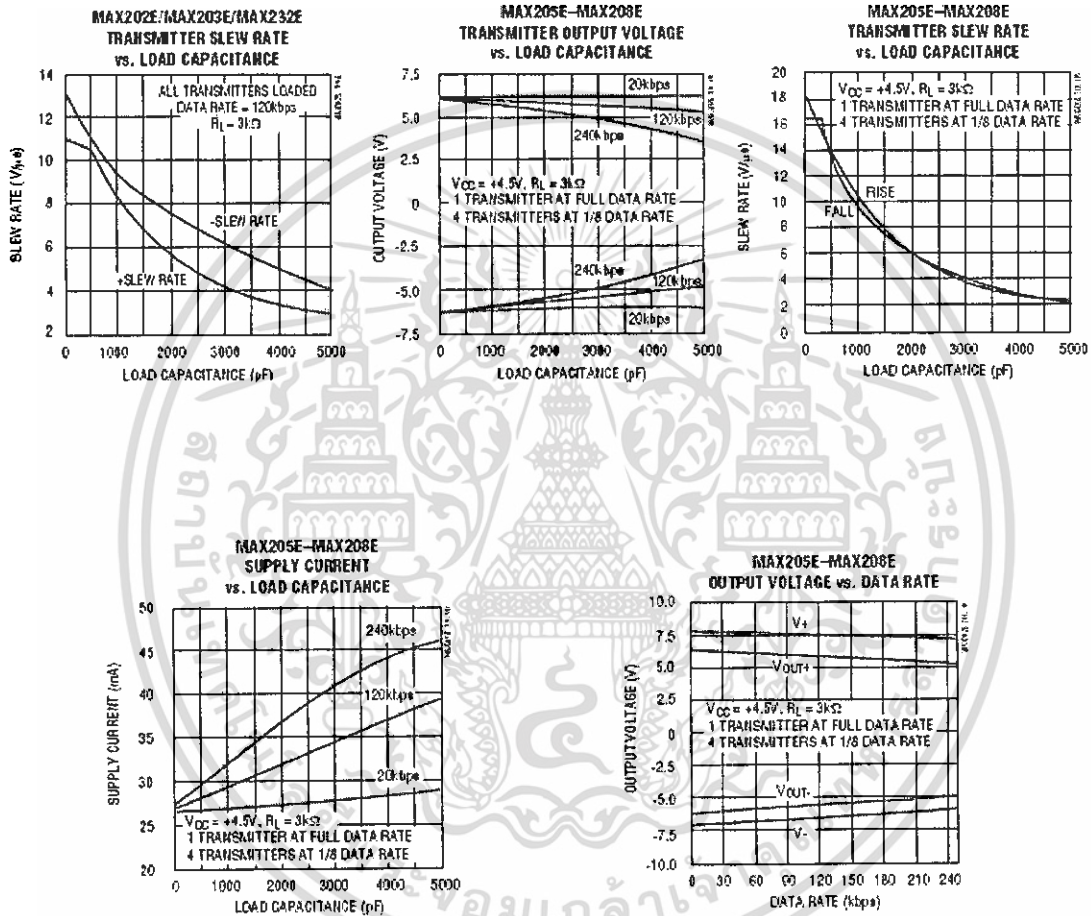


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Typical Operating Characteristics (continued)

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Pin Descriptions

MAX202E/MAX232E

PIN		NAME	FUNCTION
DIP/SO/TSSOP	LCC		
1, 3	2, 4	C1+, C1-	Terminals for positive charge-pump capacitor
2	3	V+	+2V _{CC} voltage generated by the charge pump
4, 5	5, 7	C2+, C2-	Terminals for negative charge-pump capacitor
6	8	V-	-2V _{CC} voltage generated by the charge pump
7, 14	9, 18	T_OUT	RS-232 Driver Outputs
8, 13	10, 17	R_IN	RS-232 Receiver Outputs
9, 12	12, 15	R_OUT	RS-232 Receiver Outputs
10, 11	13, 14	T_IN	RS-232 Driver Inputs
15	18	GND	Ground
16	20	V _{CC}	+4.5V to +5.5V Supply-Voltage Input
—	1, 6, 11, 16	N.C.	No Connect—not internally connected.

MAX203E

PIN		NAME	FUNCTION
DIP	SO		
1, 2	1, 2	T_IN	RS-232 Driver Inputs
3, 20	3, 23	R_OUT	RS-232 Receiver Outputs
4, 19	4, 19	R_IN	RS-232 Receiver Inputs
5, 18	5, 18	T_OUT	RS-232 Transmitter Outputs
6, 9	6, 9	GND	Ground
7	7	V _{CC}	+4.5V to +5.5V Supply-Voltage Input
8	13	C1+	Make no connection to this pin.
10, 16	11, 16	C2-	Connect pins together.
12, 17	10, 17	V-	-2V _{CC} voltage generated by the charge pump. Connect pins together.
13	14	C1-	Make no connection to this pin.
14	8	V+	+2V _{CC} voltage generated by the charge pump
11, 15	12, 15	C2+	Connect pins together.

MAX205E

PIN	NAME	FUNCTION
1-4, 19	T_OUT	RS-232 Driver Outputs
5, 10, 13, 18, 24	R_IN	RS-232 Receiver Inputs
6, 9, 14, 17, 23	R_OUT	TTL/CMOS Receiver Outputs. All receivers are inactive in shutdown.
7, 8, 15, 16, 22	T_IN	TTL/CMOS Driver Inputs. Internal pull-ups to V _{CC} .
11	GND	Ground
12	V _{CC}	+4.75V to +5.25V Supply Voltage
20	EN	Receiver Enable—active low
21	SHDN	Shutdown Control—active high

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

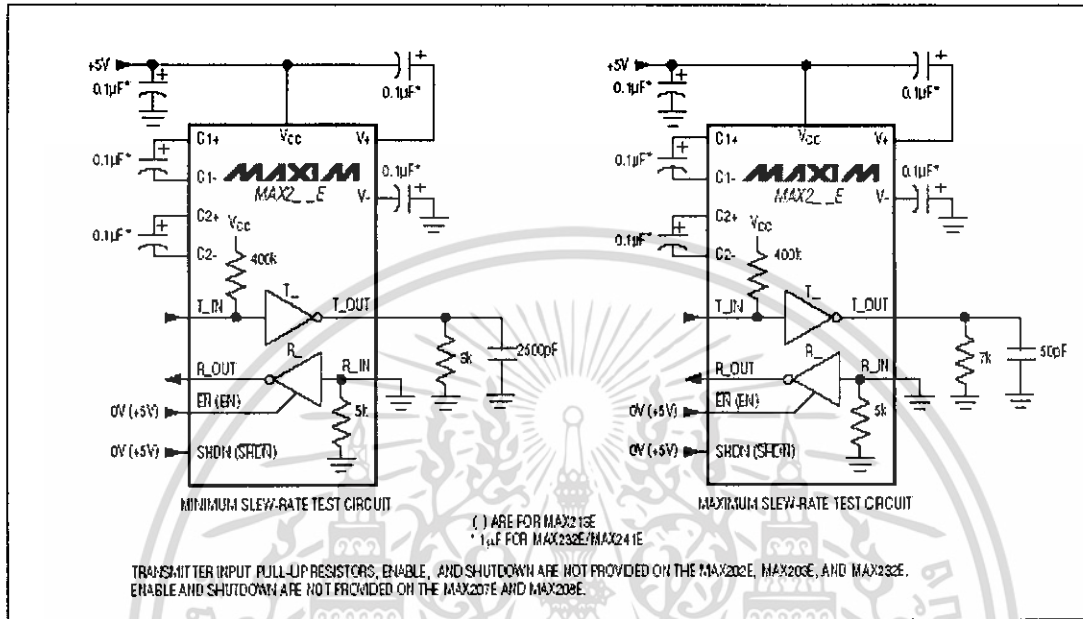


Figure 3. Transition Slew-Rate Circuit

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 ±2kV 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 VCC by a 1kΩ pull-down resistor, and V- is internally connected to ground by a 1kΩ pull up resistor.

RS-232 Drivers

With VCC = 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.29 specifications that call for ±5V minimum output levels under worst-case conditions. These include a 3kΩ load, minimum VCC, 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 VCC 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
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

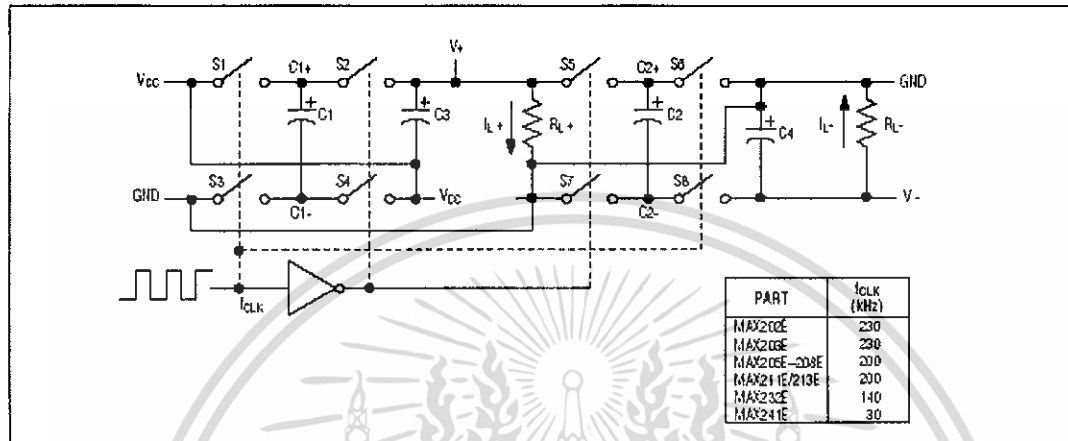


Figure 4. Charge-Pump Diagram

When in low-power shutdown mode, the MAX205E/MAX206E/MAX211E/MAX213E/MAX241E driver outputs are turned off and draw only leakage currents—even if they are back-driven with voltages between 0V and 12V. Below -0.5V in shutdown, the transmitter output is diode-clamped to ground with a 1kΩ series impedance.

RS-232 Receivers

The receivers convert the RS-232 signals to CMOS-logic output levels. The guaranteed 0.8V and 2.4V receiver input thresholds are significantly tighter than the ±3V thresholds required by the EIA/TIA-232E specification. This allows the receiver inputs to respond to TTL/CMOS-logic levels, as well as RS-232 levels.

The guaranteed 0.8V input low threshold ensures that receivers shorted to ground have a logic 1 output. The 5kΩ input resistance to ground ensures that a receiver with its input left open will also have a logic 1 output.

Receiver inputs have approximately 0.5V hysteresis. This provides clean output transitions, even with slow rise/fall-time signals with moderate amounts of noise and ringing.

In shutdown, the MAX213E's R4 and R5 receivers have no hysteresis.

Shutdown and Enable Control (MAX205E/MAX206E/MAX211E/MAX213E/MAX241E)

In shutdown mode, the charge pumps are turned off, V+ is pulled down to VCC, V- is pulled to ground, and the transmitter outputs are disabled. This reduces supply current typically to 1μA (15μA for the MAX213E). The time required to exit shutdown is under 1ms, as shown in Figure 5.

Receivers

All MAX213E receivers, except R4 and R5, are put into a high-impedance state in shutdown mode (see Tables 1a and 1b). The MAX213E's R4 and R5 receivers still function in shutdown mode. These two awake-in-shutdown receivers can monitor external activity while maintaining minimal power consumption.

The enable control is used to put the receiver outputs into a high-impedance state, to allow wire-OR connection of two EIA/TIA-232E ports (or ports of different types) at the UART. It has no effect on the RS-232 drivers or the charge pumps.

Note: The enable control pin is active low for the MAX211E/MAX241E (EN), but is active high for the MAX213E (EN). The shutdown control pin is active high for the MAX205E/MAX206E/MAX211E/MAX241E (SHDN), but is active low for the MAX213E (SHDN).

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

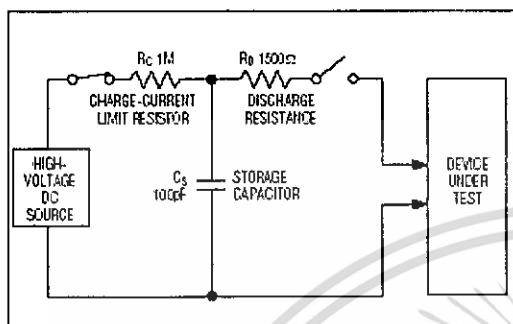


Figure 6a. Human Body ESD Test Model

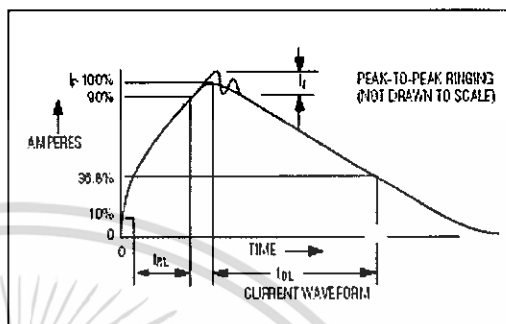


Figure 6b. Human Body Model Current Waveform

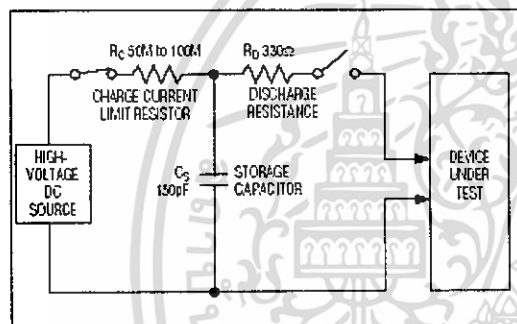


Figure 7a. IEC1000-4-2 ESD Test Model

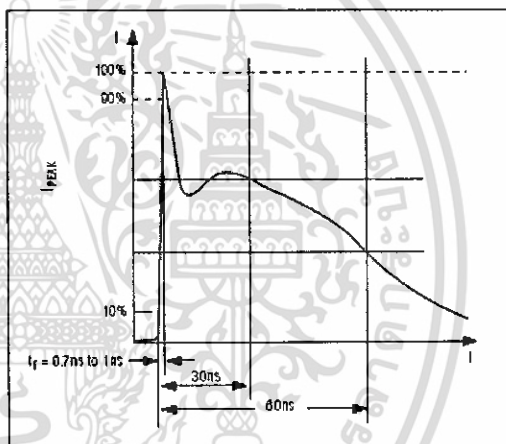


Figure 7b. IEC1000-4-2 ESD Generator Current Waveform

IEC1000-4-2

The IEC1000-4-2 standard covers ESD testing and performance of finished equipment; it does not specifically refer to integrated circuits. The MAX202E/MAX203E-MAX213E, MAX232E/MAX241E help you design equipment that meets level 4 (the highest level) of IEC1000-4-2, without the need for additional ESD-protection components.

The major difference between tests done using the Human Body Model and IEC1000-4-2 is higher peak current in IEC1000-4-2, because series resistance is lower in the IEC1000-4-2 model. Hence, the ESD withstand voltage measured to IEC1000-4-2 is generally lower than that measured using the Human Body Model. Figure 7b shows the current waveform for the 8kV IEC1000-4-2 level-four ESD contact-discharge test.

The air-gap test involves approaching the device with a charged probe. The contact-discharge method connects the probe to the device before the probe is energized.

Machine Model

The Machine Model for ESD tests all pins using a 200pF storage capacitor and zero discharge resistance. Its objective is to emulate the stress caused by contact that occurs with handling and assembly during manufacturing. Of course, all pins require this protection during manufacturing, not just RS-232 inputs and outputs. Therefore, after PC board assembly, the Machine Model is less relevant to I/O ports.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Applications Information

Capacitor Selection

The capacitor type used for C1–C4 is not critical for proper operation. The MAX202E, MAX206–MAX209E, MAX211E, and MAX213E require 0.1µF capacitors, and the MAX232E and MAX241E require 1µF capacitors, although in all cases capacitors up to 10µF can be used without harm. Ceramic, aluminum-electrolytic, or tantalum capacitors are suggested for the 1µF capacitors, and ceramic dielectrics are suggested for the 0.1µF capacitors. When using the minimum recommended capacitor values, make sure the capacitance value does not degrade excessively as the operating temperature varies. If in doubt, use capacitors with a larger (e.g., 2x) nominal value. The capacitors' effective series resistance (ESR), which usually rises at low temperatures, influences the amount of ripple on V+ and V-.

Use larger capacitors (up to 10µF) to reduce the output impedance at V+ and V-. This can be useful when "stealing" power from V+ or from V-. The MAX203E and MAX205E have internal charge-pump capacitors.

Bypass VCC to ground with at least 0.1µF. In applications sensitive to power-supply noise generated by the charge pumps, decouple VCC to ground with a capacitor the same size as (or larger than) the charge-pump capacitors (C1–C4).

V+ and V- as Power Supplies

A small amount of power can be drawn from V+ and V-, although this will reduce both driver output swing and noise margins. Increasing the value of the charge-pump capacitors (up to 10µF) helps maintain performance when power is drawn from V+ or V-.

Driving Multiple Receivers

Each transmitter is designed to drive a single receiver. Transmitters can be paralleled to drive multiple receivers.

Driver Outputs when Exiting Shutdown

The driver outputs display no ringing or undesirable transients as they come out of shutdown.

High Data Rates

These transceivers maintain the RS-232 ±5.0V minimum driver output voltages at data rates of over 120kbps. For data rates above 120kbps, refer to the Transmitter Output Voltage vs. Load Capacitance graphs in the *Typical Operating Characteristics*. Communication at these high rates is easier if the capacitive loads on the transmitters are small; i.e., short cables are best.

Table 2. Summary of EIA/TIA-232E, V.28 Specifications

PARAMETER		CONDITIONS	EIA/TIA-232E, V.28 SPECIFICATIONS
Driver Output Voltage	0 Level	3kΩ to 7kΩ load	+5V to +15V
	1 Level	3kΩ to 7kΩ load	-5V to -15V
Driver Output Level, Max		No load	±25V
Data Rate		3kΩ ≤ R _L ≤ 7kΩ, C _L ≤ 2500pF	Up to 20kbps
Receiver Input Voltage	0 Level		+3V to +15V
	1 Level		-3V to -15V
Receiver Input Level			±25V
Instantaneous Slew Rate, Max		3kΩ ≤ R _L ≤ 7kΩ, C _L ≤ 2500pF	30V/µs
Driver Output Short-Circuit Current, Max			100mA
Transition Rate on Driver Output		V.28	1ms or 3% of the period
		EIA/TIA-232E	4% of the period
Driver Output Resistance		-2V < V _{OUT} < +2V	300Ω

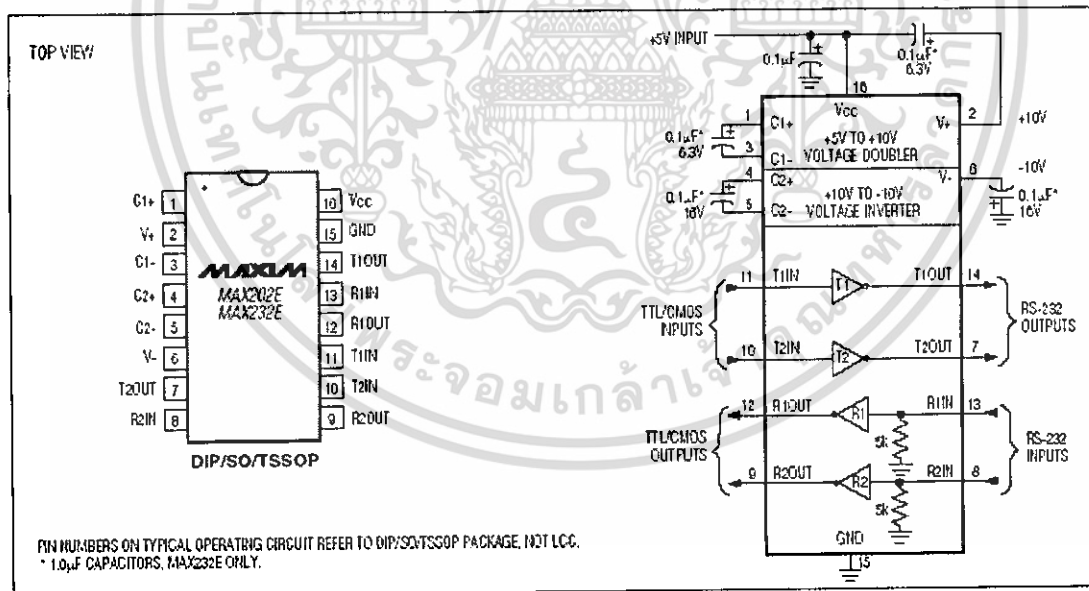
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Table 3. DB9 Cable Connections
Commonly Used for EIA/TIAE-232E and
V.24 Asynchronous Interfaces

PIN	CONNECTION	
1	Received Line Signal Detector (sometimes called Carrier Detect, DCD)	Handshake from DCE
2	Receive Data (RD)	Data from DCE
3	Transmit Data (TD)	Data from DTE
4	Data Terminal Ready	Handshake from DTE
5	Signal Ground	Reference point for signals
6	Data Set Ready (DSR)	Handshake from DCE
7	Request to Send (RTS)	Handshake from DTE
8	Clear to Send (CTS)	Handshake from DCE
9	Ring Indicator	Handshake from DCE

Pin Configurations and Typical Operating Circuits (continued)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX202ECPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX202ECSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX202ECUE	0°C to +70°C	16 TSSOP
MAX202ECWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX202EC/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX202EEPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX202EESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX202EEUE	-40°C to +85°C	16 TSSOP
MAX202EEWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX203ECPP	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX203ECWP	0°C to +70°C	20 SO
MAX203EEPP	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
MAX203EEWP	-40°C to +85°C	20 SO
MAX205ECPG	0°C to +70°C	24 Wide Plastic DIP
MAX205EEPG	-40°C to +85°C	24 Wide Plastic DIP
MAX206ECNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX206ECWG	0°C to +70°C	24 SO
MAX206ECAG	0°C to +70°C	24 SSOP
MAX206EENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX206EEWG	-40°C to +85°C	24 SO
MAX206EEAG	-40°C to +85°C	24 SSOP
MAX207ECNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX207ECWG	0°C to +70°C	24 SO
MAX207ECAG	0°C to +70°C	24 SSOP
MAX207EENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX207EEWG	-40°C to +85°C	24 SO
MAX207EEAG	-40°C to +85°C	24 SSOP

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX208ECNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX208ECWG	0°C to +70°C	24 SO
MAX208ECAG	0°C to +70°C	24 SSOP
MAX208EENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX208EEWG	-40°C to +85°C	24 SO
MAX208EEAG	-40°C to +85°C	24 SSOP
MAX211ECWI	0°C to +70°C	28 SO
MAX211ECAI	0°C to +70°C	28 SSOP
MAX211EEWI	-40°C to +85°C	28 SO
MAX211EEAI	-40°C to +85°C	28 SSOP
MAX213ECWI	0°C to +70°C	28 SO
MAX213ECAI	0°C to +70°C	28 SSOP
MAX213EEWI	-40°C to +85°C	28 SO
MAX213EEAI	-40°C to +85°C	28 SSOP
MAX232ECPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX232ECSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX232ECWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX232EC/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX232EEPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX232EESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX232EEWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX241ECWI	0°C to +70°C	28 SO
MAX241ECAI	0°C to +70°C	28 SSOP
MAX241EEWI	-40°C to +85°C	28 SO
MAX241EEAI	-40°C to +85°C	28 SSOP

*Dice are specified at $T_A = +25^\circ\text{C}$.

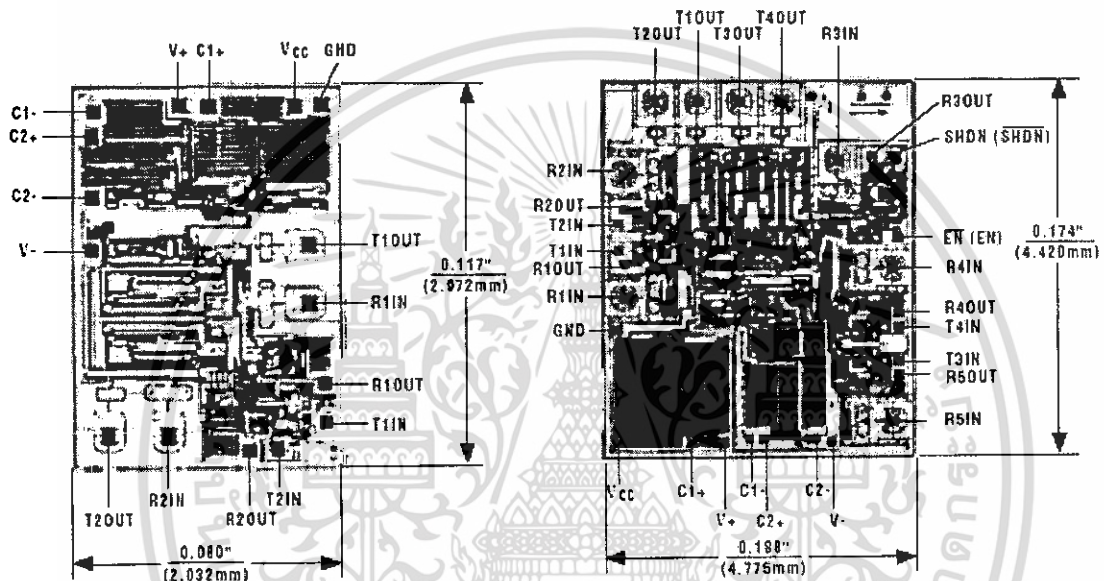
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Chip Topographies

MAX202E/MAX232E

MAX211E/MAX213E/MAX241E



() ARE FOR MAX213E ONLY

TRANSISTOR COUNT: 123
SUBSTRATE CONNECTED TO GND

TRANSISTOR COUNT: 542
SUBSTRATE CONNECTED TO GND

Chip Information

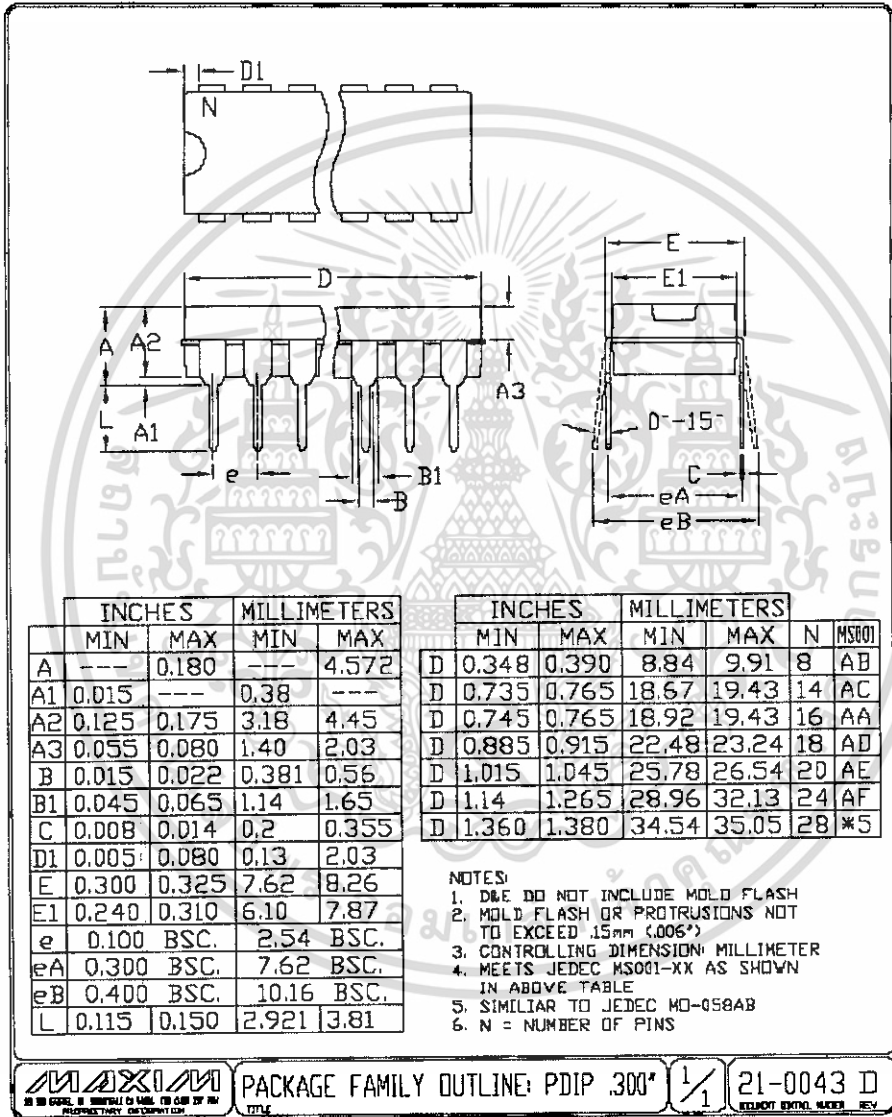
MAX205E/MAX206E/MAX207E/MAX208E
TRANSISTOR COUNT: 328
SUBSTRATE CONNECTED TO GND

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Package Information

(The package drawing(s) in this data sheet may not reflect the most current specifications. For the latest package outline information, go to www.maxim-ic.com/packages.)

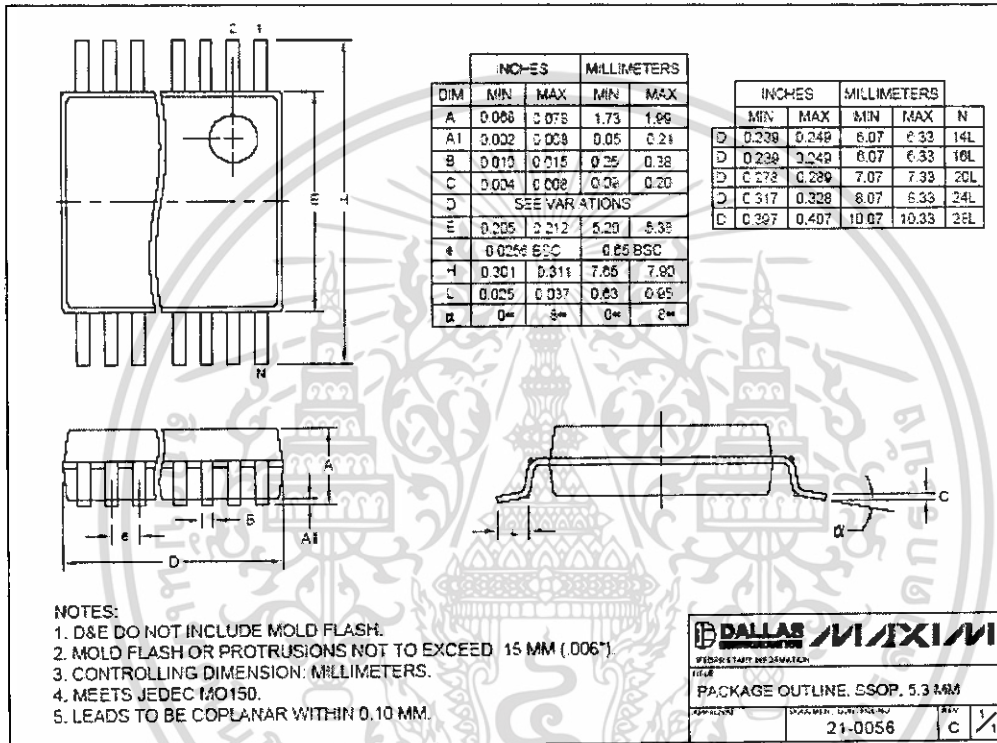


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Package Information (continued)

(The package drawing(s) in this data sheet may not reflect the most current specifications. For the latest package outline information, go to www.maxim-ic.com/packages.)

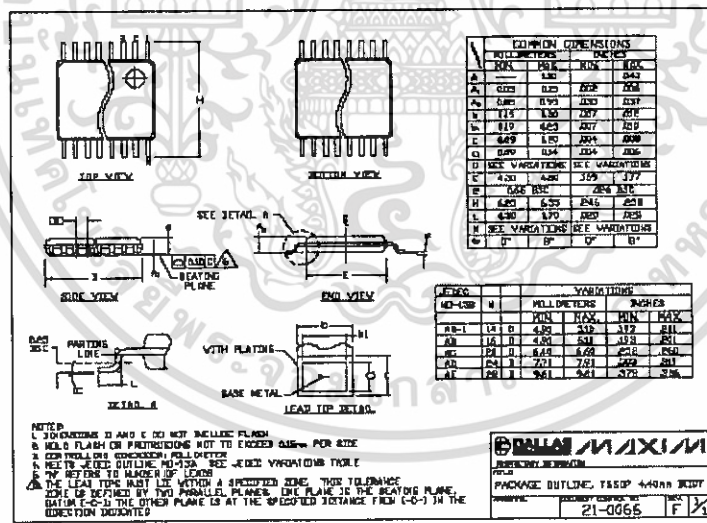
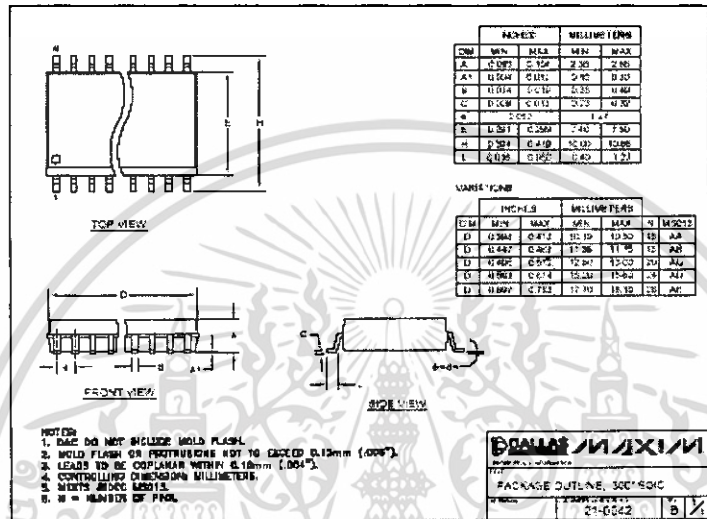


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Package Information (continued)

(The package drawing(s) in this data sheet may not reflect the most current specifications. For the latest package outline information, go to www.maxim-ic.com/packages.)



Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOURCE CODE (ASSEMBLY)

```
;*****  
; START PROGRAM : 20/12/49 TIME 15:55a.  
; PROGRAMMER   : WITTAYA.WIT  
; USER NAME  
; SYSTEM      :  
; FILENAME    : MAG232.ASM  
; CONTROLLER  : AT89C2051  
;*****  
;-----  
; DEFINE PORT&PIN NAME  
;-----  
  
IN1      BIT      P3.4  
RST      BIT      P1.2  
;-----  
; MAIN PROGRAM  
;-----  
ORG      0000H  
MOV      P1,#11111111B  
MOV      P3,#11111111B  
ACALL    DELAY_1S  
MOV      A,#01H  
ACALL    INIT  
MAIN:    ACALL    DELAY_10MS  
          JNB     RST,RESET_ALL  
          JNB     IN1,LOOP_SEN  
          SETB    P1.7  
          ACALL   DELAY_10MS_1  
          CLR     P1.7  
          AJMP   MAIN  
RESET_ALL: ACALL   DELAY_1S  
          MOV     SBUF,#30H  
          JNB     TI,$  
          CLR     T1  
          LCALL   DELAY_10MS  
          CLR     P1.7  
          JNB     RST,$  
          ACALL   DELAY_1S  
          SETB    P1.7  
          MOV     A,#01H  
          AJMP   MAIN  
;*****  
LOOP_SEN: ACALL   DELAY_10MS  
          JB      IN1,MAIN  
LOOP_SEN1: CJNE   A,#01H,LOOP_SEN2  
          MOV     SBUF,#31H  
          JNB     TI,$  
          CLR     T1  
          LCALL   DELAY_10MS  
          JNB     IN1,$  
          INC     A  
          AJMP   MAIN  
;*****  
LOOP_SEN2: CJNE   A,#02H,LOOP_SEN3  
          MOV     SBUF,#32H  
          JNB     TI,$  
          CLR     T1  
          LCALL   DELAY_10MS  
          JNB     IN1,$
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                INC     A
                AJMP    MAIN
;*****
LOOP_SEN3:     CJNE    A,#03H,LOOP_SEN4
                MOV     SBUF,#33H
                JNB    TI,$
                CLR    T1
                LCALL  DELAY_10MS
                JNB    IN1,$
                INC    A
                AJMP    MAIN
;*****
LOOP_SEN4:     CJNE    A,#04H,RE_MAIN
                MOV     SBUF,#34H
                JNB    TI,$
                CLR    T1
                LCALL  DELAY_10MS
                JNB    IN1,$
                MOV     A,#01H
RE_MAIN:      AJMP    MAIN
;*****
INIT:          MOV     IE,#1000000B
                MOV     TMOD,#0010000B
                MOV     TL1,#0FDH
                MOV     TH1,#0FDH
                MOV     SCON,#01010000B
                SETB   TR1
                RET

;-----
; DUMMY DELAY TIME 10ms,1s
;-----
DELAY_10MS:    MOV     7,#05
DELAY_10ms_1: MOV     6,#0E6H
DELAY_10ms_2: NOP
                NOP
                DJNZ   R6,DELAY_10ms_2
                DJNZ   R7,DELAY_10ms_1
                RET

DELAY_1S:     MOV     5,#100
DELAY_1s_1:   ACALL  DELAY_10MS
                DJNZ   R5,DELAY_1s_1
                RET

                END

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOURCE CODE (VISUAL BASIC)

```
VERSION 5.00
Object = "{648A5603-2C6E-101B-82B6-000000000014}#1.1#0";
"MSCOMM32.OCX"
Begin VB.Form frmreceive
    Caption           =   "รับข้อมูลออกตำแหน่ง"
    ClientHeight      =   3195
    ClientLeft        =   60
    ClientTop         =   345
    ClientWidth       =   4680
    LinkTopic         =   "Form1"
    ScaleHeight       =   3195
    ScaleWidth        =   4680
    StartUpPosition  =   3 'Windows Default
Begin VB.Timer Timer1
    Left              =   2520
    Top               =   720
End
Begin MSCommLib.MSComm mscReceive
    Left              =   1440
    Top               =   600
    _ExtentX          =   1005
    _ExtentY          =   1005
    _Version          =   393216
    DTREnable        =   -1 'True
End
Begin VB.Shape Shape4
    BackStyle         =   1 'Opaque
    Height            =   255
    Left              =   3000
    Shape             =   3 'Circle
    Top               =   1800
    Width             =   375
End
Begin VB.Shape Shape3
    BackStyle         =   1 'Opaque
    Height            =   255
    Left              =   2400
    Shape             =   3 'Circle
    Top               =   1800
    Width             =   375
End
Begin VB.Shape Shape2
    BackStyle         =   1 'Opaque
    Height            =   255
    Left              =   1800
    Shape             =   3 'Circle
    Top               =   1800
    Width             =   375
End
Begin VB.Shape Shape1
    BackStyle         =   1 'Opaque
    Height            =   255
    Left              =   1200
    Shape             =   3 'Circle
    Top               =   1800
    Width             =   375
End
End
Attribute VB_Name = "frmreceive"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = False
Private Sub Form_Load()
    mscReceive.CommPort = 1
    mscReceive.Settings = "9600,n,8,1"
    mscReceive.PortOpen = True
    Timer1.Interval = 200
    Timer1.Enabled = True
```

End Sub

```
Private Sub Timer1_Timer()
On Error Resume Next
    mscReceive.DTREnable = False
    mscReceive.DTREnable = True
    mscReceive.InputLen = 0
    Data = mscReceive.Input
    recdata = Hex$(Asc(Data))
    Select Case recdata

        Case 31
            Shape1.BackColor = vbRed
            Shape2.BackColor = vbWhite
            Shape3.BackColor = vbWhite
            Shape4.BackColor = vbWhite

        Case 32
            Shape1.BackColor = vbWhite
            Shape2.BackColor = vbRed
            Shape3.BackColor = vbWhite
            Shape4.BackColor = vbWhite

        Case 33
            Shape1.BackColor = vbWhite
            Shape2.BackColor = vbWhite
            Shape3.BackColor = vbRed
            Shape4.BackColor = vbWhite

        Case 34
            Shape1.BackColor = vbWhite
            Shape2.BackColor = vbWhite
            Shape3.BackColor = vbWhite
            Shape4.BackColor = vbRed

        Case 34
            Shape1.BackColor = vbWhite
            Shape2.BackColor = vbWhite
            Shape3.BackColor = vbWhite
            Shape4.BackColor = vbWhite

    End Select

End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้