สำนักหอสมุด

อภินันทนาการ

ชุดจำลองเครื่องควบคุมการทำงานของรีเลย์ด้วยระบบ RFID

DEMONSTRATION SET FOR RELAY OPERATION CONTROLLED BY RFID SYSTEM

นายกัมปนาท มาดำ รหัส 53362440

นายกิตติ พาผล รหัส 53362457

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 12 ก.ค. 2558
เลขทะเบียน 17197065
เลขเรียกหนังสือ

ฝ
ก393 ช
2557

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2557

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน ชุดจำลองเครื่องควบคุมการทำงานของรีเลย์ด้วยระบบ RFID

ผู้ดำเนินโครงงาน นายกัมปนาท มาคำ รหัส 53362440

นายกิตติ พาผล รหัส 53362457

ที่ปรึกษาโครงงาน ดร.สราวุฒิ วัฒนวงค์พิทักษ์

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2557

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ดร.สราวุฒิ วัฒนวงค์พิทักษ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนัส นัถฤทธิ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	**ชุดจำลองเครื่องควบคุมการทำงานของรีเลย์ด้วยระบบ RFID**
ผู้ดำเนินโครงงาน	**นายกัมปนาท มาคำ รหัส 53362440**
	นายกิตติ พาพล รหัส 53362457
ที่ปรึกษาโครงงาน	**ดร. สราวุฒิ วัฒนวงค์พิทักษ์**
สาขาวิชา	**วิศวกรรมไฟฟ้า**
ภาควิชา	**วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์**
ปีการศึกษา	**2557**

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เกี่ยวกับการสร้างชุดจำลองเครื่องควบคุมการทำงานของรีเลย์ด้วยระบบ RFID จะแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ แบบใช้บัตรคีย์การ์ดในการควบคุมการทำงานของรีเลย์และแบบใช้สวิตช์ควบคุมการทำงานของรีเลย์ โดยมีภาคควบคุม 2 ภาคควบคุมได้แก่ ภาคควบคุมบอร์ด RFID Reader และภาคควบคุมบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ กระบวนการทำงานของชุดจำลองเครื่องควบคุมการทำงานของรีเลย์ด้วยระบบ RFID นี้ ส่วนของภาคควบคุมบอร์ด RFID Reader จะทำการอ่านรหัสบัตรคีย์การ์ดและถอดรหัสบัตรคีย์การ์ดแล้วส่งรหัสไปให้ภาคควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อตรวจสอบรหัสของบัตรคีย์การ์ดแล้วเปรียบเทียบกับรหัสที่บันทึกไว้ใน eeprom และนำผลที่ได้ไปควบคุมการทำงานของรีเลย์ จากการทดลองการทำงานของชุดจำลองเครื่องควบคุมการทำงานของรีเลย์ด้วยระบบ RFID นี้แสดงให้เห็นว่าสามารถควบคุมการทำงานของรีเลย์ด้วยระบบ RFID ได้ถูกต้องทั้ง 2 แบบ ซึ่งจากการสร้างชุดจำลองดังกล่าวนี้สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาให้ทำงานเป็นระบบเปิด/ปิด กลอนประตูไฟฟ้าของสำนักงาน หอพัก หรือโรงแรมให้สามารถบันทึกข้อมูลผู้อาศัยได้ รวมทั้งนำไปพัฒนาให้สามารถกดรหัสตัวเลขก่อนใช้บัตรคีย์การ์ดเปิด/ปิด กลอนประตูไฟฟ้าเพื่อเพิ่มความปลอดภัยเป็น 2 ระดับ และสามารถประยุกต์ใช้กับงานด้านอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับระบบ RFID ต่างๆได้ต่อไป

Project title	Demonstration Set for Relay Operation Controlled by RFID System
Name	Mr. Kumpanat Makum ID. 53362440
	Mr. Kitti Paphon ID. 53362457
Project advisor	Mr.Sarawut Wattanawongpitak, Ph.D.
Major	Electrical Engineering
Department	Electrical and Computer Engineering
Academic year	2014

Abstract

This thesis presents demonstration set of a simulation of relay's operation controlled by RFID System. To control relay's operation, the demonstration set can be operated in two modes: key card scan and manual switch. The RFID system is used to detect the key card code and sent the code to microcontroller for comparing with the setting code in eeprom assigned by operator. Then microcontroller will control the relay's operation. The results of efficiency test show this demonstration set can operated precisely. Furthermore, it can be developed in many applications such as on/off electric door in offices ,dormitories, hotels and related industrials.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาคือ ดร. สราวุฒิ วัฒนวงค์พิทักษ์ เป็นอย่างสูง สำหรับคำแนะนำและการให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ต่อโครงงานรวมถึงกำลังใจที่มีให้ตลอดการทำงานจึงทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ตามเป้าประสงค์ และขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย และขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนัส นัถฤทธิ์ที่ช่วยสละเวลาในการให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำโครงงานและที่ให้เกียรติสละเวลามาเป็นกรรมการและช่วยตรวจสอบรูปเล่มปริญญานิพนธ์คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณทั้งสามท่านเป็นอย่างสูง

นอกจากนี้ทางคณะผู้จัดทำต้องขอขอบคุณว่าที่ร้อยตรี ธานี โกสุม และนาย เผ่าพัฒน์ แสงอบ ที่ช่วยให้คำปรึกษาโครงงาน และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ที่เป็นสถานที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และให้ยืมอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทำโครงงาน ทำให้โครงงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

และสุดท้ายต้องขอขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่และคนในครอบครัวทุกคนที่คอยให้กำลังใจคอยผลักดันให้ก้าวเดินอย่างมั่นคงเสมอมา จนทุกอย่างสำเร็จลุล่วงมาได้จนถึงวันนี้ ต้องขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงด้วยใจ

นาย กัมปนาท มาดำ

นาย กิตติ พาผล

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
1.6 งบประมาณที่ใช้ 4

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR 5
2.1.1 ประเภทของไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR 6
2.1.2 ข้อมูลเบื้องต้นของไมโครคอนโทรลเลอร์ ชนิด AVR ATmega8 8
2.1.3 โครงสร้างการจัดวางขาพอร์ตต่างๆใน ATmega8 9
2.1.4 หน้าที่การทำงานของแต่ละพอร์ต 9
2.1.5 รายละเอียดของรีจีสเตอร์ในแต่ละพอร์ต 11
2.1.6 ภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทลเลอร์ 12
2.2 Radio Frequency Identification (RFID) 12
2.2.1 อัตราการรับส่งข้อมูลและแบนด์วิดธ์ (Bandwidch) 14
2.2.2 ระยะการรับส่งข้อมูลและกำลังส่ง 14
2.3 รีเลย์ (Relay) 15

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.1 หน้าที่และหลักการทำงานของรีเลย์ 15
2.3.2 ลักษณะการใช้งานรีเลย์ 15
2.4 วงจรขยายสัญญาณ ออปแอมป์ (operational amplifier) 16
2.4.1 ออปแอมป์ จะมีขาใช้งานพื้นฐานอยู่ 3 ประเภท 17
2.4.2 คุณสมบัติของออปแอมป์ในทางอุดมคติ 17
2.5 วงจรรักษาระดับแรงดัน 17
2.6 วงจรเรียงกระแส 19
2.6.1 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier Circuit) 19
2.6.2 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full Wave Rectifier Circuit) 20
2.6.3 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier Circuit) 20
2.7 บัตรคีย์การ์ด 21
2.7.1 บัตรคีย์การ์ด แบบ Proximity Card 21
2.7.2 บัตรคีย์การ์ดแบบ Mifare Card 22

บทที่ 3 การออกแบบชุดจำลอง 23
3.1 ชนิดอุปกรณ์และแผนผังวงจรของชุดจำลอง 23
3.1.1 บัตรคีย์การ์ด 23
3.1.2 หม้อแปลงไฟฟ้า 24
3.1.3 โหลดแสดงสถานการณ์ทำงานของรีเลย์ 24
3.1.4 บอร์ด RFID Reader และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 25
3.2 หลักทำงานเบื้องต้นของชุดจำลอง 30
3.2.1 ขั้นตอนในการออกแบบชุดจำลอง 31
3.3 การใช้งานของชุดจำลอง 31
3.3.1 โครงสร้างภายในและภายนอกของชุดจำลอง 32
3.3.2 การใช้งานแบบใช้คีย์การ์ดควบคุมการทำงานของรีเลย์ 34
3.3.3 การใช้งานแบบสวิตซ์ปุ่มกด (Manual) 36

บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของชุดจำลอง 37
4.1 การทดสอบความถูกต้องในการควบคุมการทำงานของรีเลย์ 38

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.1 การทดสอบความถูกต้องในการทำงานรีเลย์ กรณีที่1 38
4.1.2 การทดสอบความถูกต้องในการทำงานรีเลย์ กรณีที่2 40
4.2 ระยะที่บัตรคีย์การ์ดเข้าใกล้คีย์การ์ดสแกน 42

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 44
5.1 สรุปผลการทดสอบการทำงานของชุดจำลอง 44
5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา 45

เอกสารอ้างอิง 46
ภาคผนวก ก รายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega 8 47
ภาคผนวก ข รายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ ATtiny 2313 58
ภาคผนวก ค รายละเอียดของทรานซิสเตอร์ BC 549 74
ภาคผนวก ง รายละเอียดของไอซี LM 7805 80
ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 92

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน 3
2.1 แสดงย่านความถี่ต่างๆ ของระบบ RFID และการใช้งาน 13
4.1 ผลการทดสอบกรณีที่ 2 จากเหตุการณ์ที่ 1 39
4.2 ผลการทดสอบกรณีที่ 2 จากเหตุการณ์ที่ 2 41
4.3 การทดสอบระยะการทำงานของบัตรคีย์การ์ดเมื่อเข้าใกล้คีย์การ์ดสแกน 43

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 (ก) แบบ TQFP (ข) แบบ QFN/MLF (ค) แบบ PDIP 6

2.2 โครงสร้างภายในของ ATmega 8 8

2.3 โครงสร้างการจัดวางขาพอร์ตต่างๆใน ATmega 8 9

2.4 การทำงานโดยทั่วไปของพอร์ตต่างๆ 11

2.5 แผนภาพแสดงระบบ RFID 12

2.6 แสดงหลักการทำงานเบื้องต้นของรีเลย์ 16

2.7 สัญลักษณ์แบบตัวเหนี่ยวนำพันแกนเหล็กและสัญลักษณ์แบบลวดพัน 16

2.8 โครงสร้างของออปแอมป์ 17

2.9 ไอซีรักษาระดับแรงดันไฟตรงเบอร์ 7805 18

2.10 วงจรรักษาระดับแรงดันเอาท์พุตไฟออก 5 โวลต์ 18

2.11 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น 19

2.12 แสดงรูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 19

2.13 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ 20

2.14 บัตรคีย์การ์ด แบบ Proximity Card 21

2.15 บัตรคีย์การ์ดแบบ Mifare Card 22

3.1 บัตรคีย์การ์ด 23

3.2 หม้อแปลงไฟฟ้า Step down 220V/9V 24

3.3 หลอดไฟฟ้า (แทนการทำงานของรีเลย์) 24

3.4 แผนผังภาพรวมของระบบชุดจำลองเครื่องควบคุมการทำงานของรีเลย์ 25

3.5 รูปแบบของสัญญาณอนุกรม 25

3.6 แผนผังบอร์ดภาคควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ 26

3.7 วงจรรักษาระดับแรงดัน 26

3.8 วงจรสวิตซ์ และหลอด LED 27

3.9 ส่วนของวงจรรีเลย์ 27

3.10 แผนผังบอร์ดภาคควบคุม RFID Reader 28

3.11 ส่วนของวงจร IC SN75176 28

3.12 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาด้วยคริสตอล 29

3.13 แผนภาพหลักการทำงานของชุดจำลอง 30

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.14 แผนภาพแสดงการทำงานรวมของระบบ 32

3.15 ด้านหน้าของชุดจำลอง....32

3.16 ด้านข้างของชุดจำลอง 33

3.17 ด้านในของชุดจำลอง....33

3.18 การบันทึกบัตรคีย์การ์ดหลัก 34

3.19 แสดงหน้าเครื่องเมื่อทาบบัตรคีย์การ์ด B....34

3.20 แสดงการบันทึกบัตรคีย์การ์ด B ให้เป็นบัตรรอง 35

3.21 แสดงเมื่อนำบัตรคีย์การ์ด B มาทาบคีย์การ์ดสแกน....35

3.22 แสดงเมื่อนำบัตรคีย์การ์ด C มาทาบบนคีย์การ์ดสแกน 36

3.23 แสดงการกดสวิตซ์สั่งการทำงานของรีเลย์ 36

4.1 การทดสอบของแต่ละบัตรกรณีที่ 1 38

4.2 การทดสอบของแต่ละบัตรกรณีที่ 2 40

4.3 รูปแสดงการทดสอบระยะห่างที่เครื่องจำลองทำงาน 42

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันความปลอดภัยในชีวิตประจำวันเป็นอีกหนึ่งสิ่งสำคัญในการดำรงชีวิตสำหรับมนุษย์ เทคโนโลยีความเจริญก้าวหน้าต่างๆก็เกิดขึ้นมากมาย ส่วนหนึ่งเพื่อตอบสนองความต้องการความปลอดภัยและความสะดวกสบายของมนุษย์ปัจจุบันเทคโนโลยี RFID (Radio Frequency Identification) กำลังเข้ามามีบทบาทกับการดำรงชีวิตของมนุษย์มากขึ้น ซึ่งส่วนใหญ่แล้วเป็นการนำมาใช้ในด้านของความปลอดภัยและการจัดการฐานข้อมูลต่างๆ อุปกรณ์ของระบบ RFID จะประกอบด้วยแท็กส์ (Tags) ซึ่งจะทำหน้าที่ในการส่งสัญญาณระหว่างตัวรับกับตัวส่งข้อมูลที่บันทึกอยู่ในแท็กส์ (Tags) แล้วตอบสนองไปที่ตัวอ่านข้อมูล การสื่อสารจะอาศัยความถี่วิทยุผ่านอากาศ ที่พบได้จำนวนมากในปัจจุบันคือการใช้ระบบ RFID ในการเข้าออกผ่านประตู

ระบบควบคุมการเข้าออกผ่านประตูที่เริ่มมีการใช้อย่างแพร่หลายคือระบบกุญแจชีวภาพโดยใช้ส่วนของร่างกายเช่น ลายนิ้วมือ เป็นต้นข้อดีคือสามารถที่จะยืนยันตัวตนที่เข้าออกได้อย่างถูกต้องแม่นยำแต่ในบางกรณีที่บุคคลมีปัญหาเรื่องของรอยนิ้วมือหรือบาดแผลที่เกิดขึ้นกับนิ้วมือรวมทั้งระบบที่ใช้สัมผัสมีการอ่านค่าที่ไม่แน่นอนหรือมีความสกปรกบริเวณจอสัมผัสซึ่งมีผลทำให้ข้อมูลเกิดการผิดพลาดการประมวลผลนานขึ้น ส่งผลให้เกิดความไม่สะดวกสบายแก่ผู้ใช้งานต่อมาจึงมีการพัฒนาการใช้ระบบกุญแจหรือบัตรในการเข้าออกประตูที่มีความปลอดภัยสูงกว่าเช่น เครื่องสแกนบัตรเข้าโรงแรม เครื่องสแกนบัตรเข้าหอพักและการใช้เป็นรหัสสินค้าต่างๆ เป็นต้นดังนั้นโครงงานนี้จึงศึกษาเกี่ยวกับระบบการทำงานของ RFID ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการเปิด/ปิดกลอนประตูแบบที่ไม่ต้องใช้คนสัมผัส มีความถูกต้องและสะดวกลดระยะเวลาในการใช้งานได้โดยการศึกษาการทำงานของระบบ RFID ที่นำมาประยุกต์ใช้กับ Microcontroller ตระกูล AVR ชนิด ATmega8 ซึ่งเป็นตัวประมวลผลและควบคุมการทำงานชุดจำลองเครื่องควบคุมการเปิด/ปิดกลอนประตูไฟฟ้าด้วยระบบ RFID

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อพัฒนาและออกแบบชุดจำลองเครื่องควบคุมการทำงานของรีเลย์ด้วยระบบ RFID

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. สามารถใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR เบอร์ ATmega8 มาประยุกต์การใช้งานชุดจำลองเครื่องควบคุมการทำงานของรีเลย์ด้วยระบบ RFID

2. บอร์ดภาคควบคุม RFID ทำงานที่ความถี่ 125 KHz และสามารถอ่านข้อมูลได้ 64 บิต

3. สามารถจดจำบัตรคีย์การ์ดได้ 2 บัตรคือบัตรคีย์การ์ดหลักและบัตรคีย์การ์ดรอง

4. ระยะการทำงานที่บัตรคีย์การ์ดทาบบนคีย์การ์ดสแกนไม่เกิน 2.5 cm

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

รายละเอียด	ปี 2557		ปี 2558						
	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.
1. ศึกษาข้อมูลและเรียนรู้กระบวนการทำงานของ RFID									
2. ศึกษาข้อมูลและเรียนรู้ระบบการทำงานของรีเลย์ด้วยระบบ RFID									
3. ออกแบบระบบและสร้างชุดจำลองเครื่องควบคุมการทำงานของรีเลย์ด้วยระบบ RFID									
4. เขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของรีเลย์ด้วยระบบ RFID									
5. ทดสอบการควบคุมการทำงานของรีเลย์ด้วยระบบ RFID									
6. จัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์									

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำไปประยุกต์ใช้การควบคุมการเปิด/ปิดกลอนประตูไฟฟ้าด้วยระบบ RFID ได้

2. สามารถนำโครงงานนี้มาประยุกต์เป็นสื่อการเรียนรู้สำหรับบุคคลที่ต้องการศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมการเปิด/ปิดกลอนประตูไฟฟ้าด้วยระบบ RFID ได้

1.6 งบประมาณที่ใช้

1.บอร์ดภาคควบคุม RFID	300 บาท
2.ไมโครคอนโทรลเลอร์	500 บาท
3.กล่องอเนกประสงค์,ปุ่มกด	200 บาท
4.ค่าถ่ายเอกสารแล้วเข้าเล่ม	1,500 บาท
รวมเป็นเงินทั้งหมด (สองพันห้าร้อยบาทถ้วน)	2,500 บาท

หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะรวมหลักการและทฤษฎีขององค์ประกอบต่างๆที่มีความจำเป็นต่อการทำงานของชุดทดลองระบบควบคุมการเปิด/ปิดกลอนประตูไฟฟ้าด้วย RFID ซึ่งในแต่ละองค์ประกอบนั้นจะทำงานโดยมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันได้แก่ บอร์ดภาคควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ภาคควบคุมบอร์ด RFID Reader รีเลย์กลอนประตูไฟฟ้า

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR

ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ของบริษัท Atmel มีสถาปัตยกรรมภายในเป็นแบบ RISC (reduced instruction set computer) โดยใช้สัญญาณนาฬิกาเพียง 1 ลูกในการปฏิบัติงานใน 1 คำสั่งโดยจะประกอบด้วยหน่วยความจำโปรแกรมภายในที่เป็นแบบแฟล์ชโปรแกรมข้อมูลได้แบบ In-System programmable และในบางเบอร์ยังสามารถมีการกำหนดตำแหน่งของหน่วยความจำที่สร้างเป็นบูตโหลดเดอร์ (เขียนโปรแกรมเพื่อติดต่อกับ PC หรือไอซีตัวอื่นๆ และยังสามารถโปรแกรมให้กับตัวเองได้) มีขนาดของหน่วยความจำตามเบอร์ของไอซีแต่ละตัว ยกตัวอย่างคุณสมบัติเบื้องต้นของไอซีเบอร์ Atmega8A ได้ดังต่อไปนี้

- เป็นไอซีขนาด 8-bit ใช้พลังงานต่ำ
- มีโครงสร้างภายในแบบ RISC
- มีคำสั่งควบคุมการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ 130 คำสั่ง คำสั่งส่วนมากจะทำสำเร็จในรอบสัญญาณนาฬิกาเดี่ยว
- มีจำนวนรีจิสเตอร์ทั่วไปขนาด 32 x 8
- มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในแบบ Flash ขนาด 8K Bytes มีการโปรแกรมได้แบบ In-System Self-programmable
- มีหน่วยความจำภายในแบบ EEPROM ขนาด 512 Bytes
- มีหน่วยความจำภายในแบบ SRAM ขนาด 1K Byte
- เขียนและลบได้ถึง 10,000 ครั้งสำหรับหน่วยความจำแบบ Flash และ 100,000 สำหรับหน่วยความจำแบบ EEPROM
- กำหนดการ Boot Code Section ในตำแหน่งต่างๆ และ Lock Bits ได้ (ทำ boot loader)

- Programming Lock for Software Security ป้องกันข้อมูล

- Timer/Counters ขนาด 8-bit 2 ตัว และมี Separate Prescaler โหมด Compare อีก 1 ตัว

- One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler , Compare Mode, and Capture

- มี PWM 3 ช่อง

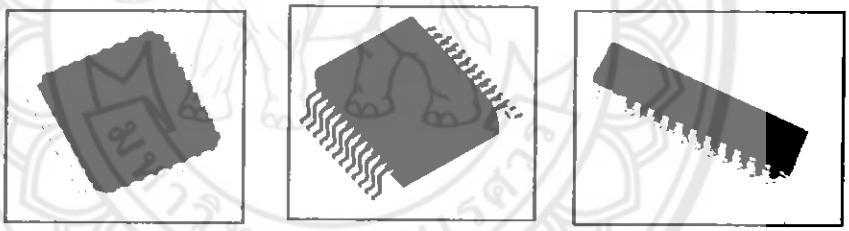
- มีการติดต่อแบบ Master/Slave SPI Serial Interface

- ใช้งาน RC Oscillator ภายในไอซี และภายนอกไอซีได้

- ทำงานที่แรงดัน 2.7 - 5.5 V for ATmega8A

- ทำงานที่ความถี่ 0 - 16 MHz for ATmega8A

สังเกตเบอร์ไอซี และรูปร่างของไอซี มีคุณสมบัติบางอย่างไม่เท่ากันเช่น เบอร์ที่ลงท้ายด้วยอักษรตัว L ค่าความถี่ และแรงดันในการใช้งาน จะต่างกันไปเช่น ATmega8L จะทำงานที่สัญญาณนาฬิกา 0 - 8 MHz และที่แรงดัน 2.7 - 5.5 V ส่วน ATmega8 จะทำงานที่สัญญาณนาฬิกา 0- 16 MHz และที่แรงดัน 4.5 - 5.5V ส่วนรูปร่างของไอซี เช่นมีรูปร่าง (package) แบบ TQFP หรือ QFN/MLF จะมี 8-channel ADC ส่วนรูปร่างแบบ PDIP จะมี ADC 6-channel ดังรูปที่ 2.3



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 2.1 (ก) แบบ TQFP (ข) แบบ QFN/MLF (ค) แบบ PDIP

2.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ได้แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

1. TinyAVR - ATtiny series เช่นเบอร์ Tiny13 , Tiny2313

- มีหน่วยความจำโปรแกรมขนาด 1 ถึง 8 kB

- มีจำนวนขาใช้งาน 6 ถึง 32 ขา

- มีส่วนของอุปกรณ์เสริมที่ค่อนข้างจำกัด

2. MegaAVR - ATmega series เช่นเบอร์ ATmega8 , ATmega16 , ATmega32 , ATmega64

- มีหน่วยความจำโปรแกรมขนาด 4 , 256 kB

- มีจำนวนขาใช้งาน 28 , 100 ขา

- มีชุดคำสั่งที่สามารถจัดการกับหน่วยความจำที่มีขนาดใหญ่มากขึ้น

- มีส่วนของอุปกรณ์เสริมมากในตัวไอซี

3. XMEGA - ATxmega series เช่นเบอร์ ATxmega64A1 , ATxmega128A1

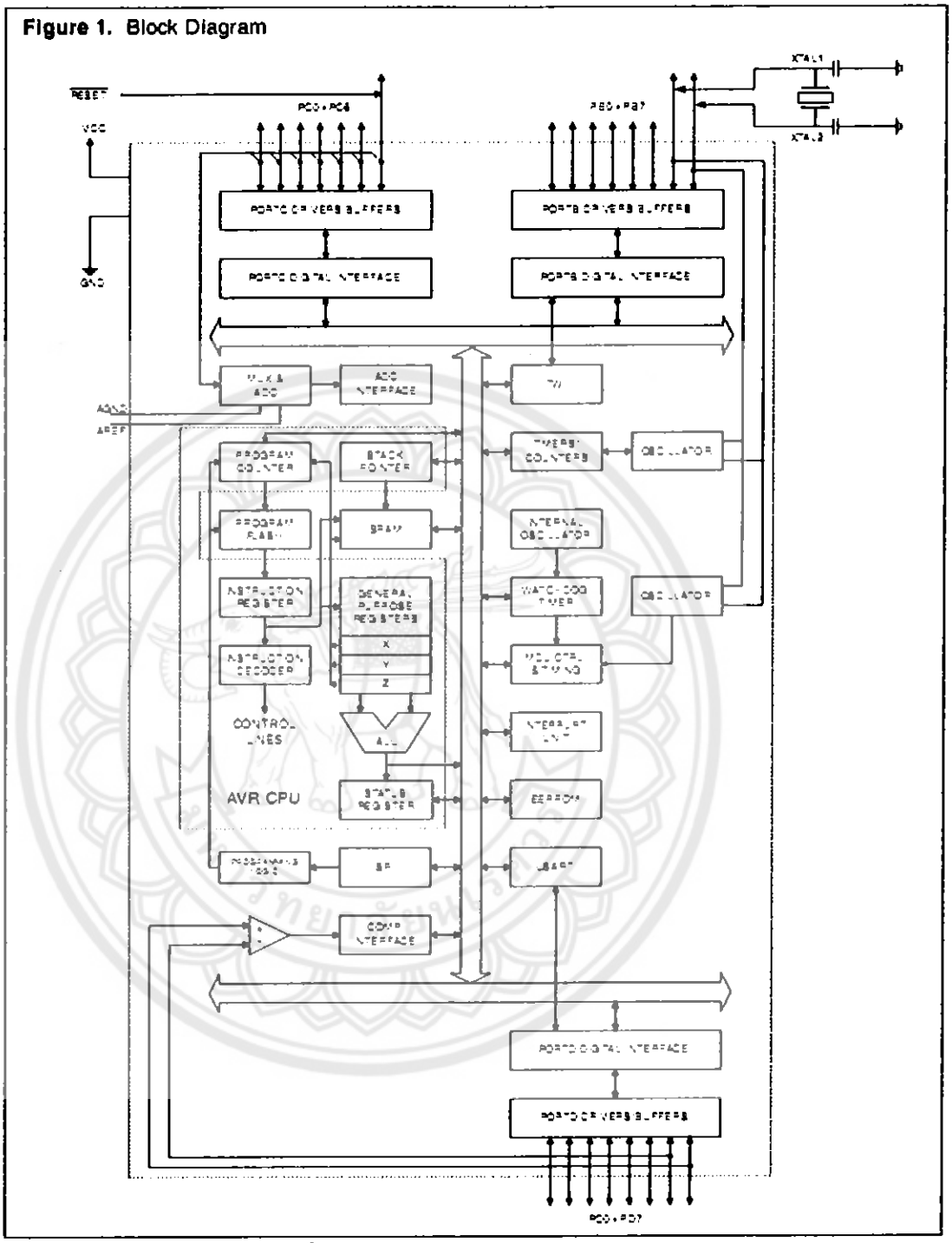
- มีหน่วยความจำโปรแกรมขนาด 16 , 384 kB

- มีจำนวนขาใช้งาน 44 , 64 , 100 ขา

- มีชุดคำสั่งที่สามารถจัดการกับระบบ DMA และการเข้าถึงเหตุการณ์ได้เร็วมากขึ้น โดยใช้การสื่อสารในแบบต่างๆได้หลายรูปแบบ

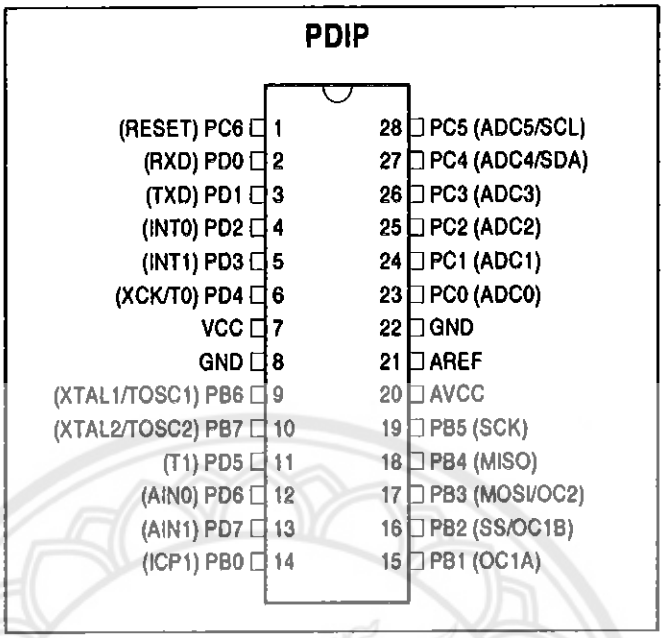
4. Application specific AVR เป็นไอซีที่สร้างเพื่อใช้งานโดยเฉพาะเช่น CAN AVR (ATmega64C1) , LCD AVR (ATmega3290P/V) , USB AVR (AT90USB1287)

2.1.2 ข้อมูลเบื้องต้นของไมโครคอนโทรลเลอร์ ชนิด AVR ATmega8



รูปที่ 2.2 โครงสร้างภายในของ ATmega 8

2.1.3 โครงสร้างการจัดวางขาพอร์ตต่างๆใน ATmega8



รูปที่ 2.3 โครงสร้างการจัดวางขาพอร์ตต่างๆใน ATmega 8

2.1.4 หน้าที่การทำงานของแต่ละพอร์ต มีดังนี้

1. Port B

Port Pin	Alternate Functions
PB7	XTAL2 (Chip Clock Oscillator pin 2) TOSC2 (Timer Oscillator pin 2)
PB6	XTAL1 (Chip Clock Oscillator pin 1 or External clock input) TOSC1 (Timer Oscillator pin 1)
PB5	SCK (SPI Bus Master clock Input)
PB4	MISO (SPI Bus Master Input/Slave Output)
PB3	MOSI (SPI Bus Master Output/Slave Input) OC2 (Timer/Counter2 Output Compare Match Output)
PB2	$\overline{SS}$ (SPI Bus Master Slave select) OC1B (Timer/Counter1 Output Compare Match B Output)
PB1	OC1A (Timer/Counter1 Output Compare Match A Output)
PB0	ICP1 (Timer/Counter1 Input Capture Pin)

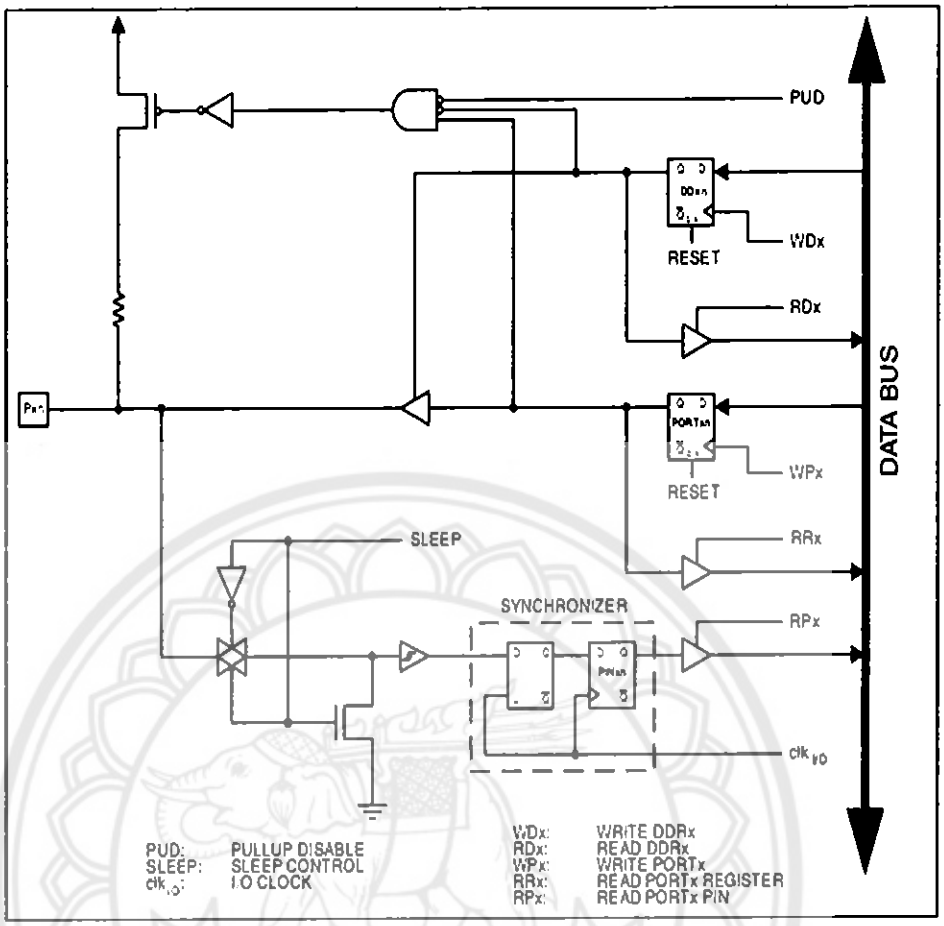
2. พอร์ต C

Port Pin	Alternate Function
PC6	$\overline{\text{RESET}}$ (Reset pin)
PC5	ADC5 (ADC Input Channel 5) SCL (Two-wire Serial Bus Clock Line)
PC4	ADC4 (ADC Input Channel 4) SDA (Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line)
PC3	ADC3 (ADC Input Channel 3)
PC2	ADC2 (ADC Input Channel 2)
PC1	ADC1 (ADC Input Channel 1)
PC0	ADC0 (ADC Input Channel 0)

3. พอร์ต D

Port Pin	Alternate Function
PD7	AIN1 (Analog Comparator Negative Input)
PD6	AIN0 (Analog Comparator Positive Input)
PD5	T1 (Timer/Counter 1 External Counter Input)
PD4	XCK (USART External Clock Input/Output) T0 (Timer/Counter 0 External Counter Input)
PD3	INT1 (External Interrupt 1 Input)
PD2	INT0 (External Interrupt 0 Input)
PD1	TXD (USART Output Pin)
PD0	RXD (USART Input Pin)

การทำงานโดยทั่วไปของพอร์ตต่างๆเป็นดังรูปที่ 2.6 จะเห็นว่ามีความพิเศษขึ้นมาอีกอย่างหนึ่งคือ เราสามารถกำหนดการใช้งานของ R_{PullUp} ได้โดยผ่านทาง Register PUD ดังนั้นในการนำไปใช้งานก็สามารถยืดหยุ่นได้เลือกใช้หรือไม่ใช้ก็ได้ตามความต้องการ



รูปที่ 2.4 การทำงานโดยทั่วไปของพอร์ตต่างๆ

2.1.5 รายละเอียดของรีจีสเตอร์ในแต่ละพอร์ตเป็นดังนี้

ในการควบคุมพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตนั้นสิ่งที่ขาดไม่ได้เลยก็คือ การรู้จักกับรีจีสเตอร์ (Register) ซึ่งรีจีสเตอร์เป็นตัวสำคัญที่เราต้องรู้ว่าจะต้องใช้รีจีสเตอร์ตัวใดกำหนดค่าอย่างไร ในการสั่งงานให้พอร์ตสามารถทำงานได้ตามที่เราต้องการซึ่งรีจีสเตอร์ที่เกี่ยวข้อง คือ DDRx , PORTx , PINx มีรายละเอียดดังนี้

1. DDRx ใช้เพื่อกำหนดให้พอร์ตนั้นๆเป็นอินพุต หรือเอาต์พุต (0 = อินพุต , 1 = เอาต์พุต)

2. PORTx ใช้กำหนดสถานะของพอร์ตหรือกำหนดค่าพอร์ต (กำหนดเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต) เพื่อกำหนดค่าเอาต์พุตให้กับพอร์ตในการควบคุมวงจรหรืออุปกรณ์ที่ต่อใช้งาน เช่น มอเตอร์,หลอดแอลอีดี (0 = LOW หรือ 0 V , 1 = HIGH หรือ 5 V)

3. PINx ใช้ในการอ่านค่าสถานะของพอร์ต เพื่ออ่านค่าสถานะของวงจรหรืออุปกรณ์ที่ต่อใช้งานกับพอร์ตนั้นๆ เช่น สวิตช์ (0 = LOW หรือ 0 V , 1 = HIGH หรือ 5 V)

2.1.6 ภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทลเลอร์

1. ภาษา Assembly

2. ภาษา Basic

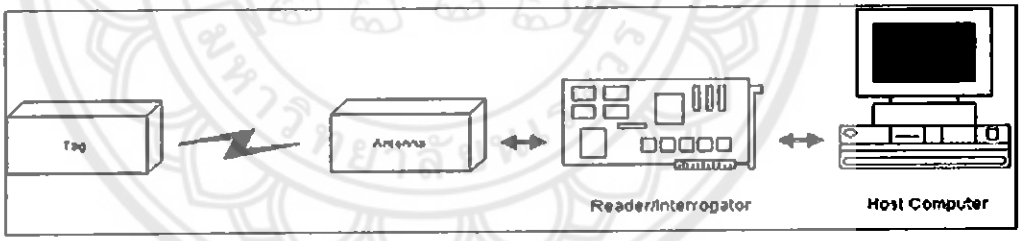
3. ภาษา C

4. ภาษา Pascal

ภาษาดังกล่าวที่กล่าวในเบื้องต้น ไมโครคอนโทรลเลอร์บางตระกูล จะใช้ได้ครบทุกภาษา แต่บางตระกูลจะใช้ได้บางภาษา ขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิต Software (โดยทั่วไปจะเรียกว่า Editor And Complier) ที่ใช้เขียนภาษาไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะผลิตออกมาให้รองรับ

2.2 Radio Frequency Identification (RFID)

RFID ย่อมาจากคำว่า Radio Frequency Identification เป็นระบบที่นำเอาคลื่นวิทยุมาเป็นคลื่นพาหะเพื่อใช้ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์สองชนิดที่เรียกว่า แท็ก (Tag) และตัวอ่านข้อมูล (Reader หรือ Interrogator) ซึ่งเป็นการสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless) โดยการนำข้อมูลที่ต้องการส่งมาทำการมอดูเลต (Modulation) กับคลื่นวิทยุแล้วส่งออกผ่านทางสายอากาศที่อยู่ในตัวรับข้อมูล ดังรูปที่ 2.5 แผนผังการทำงานของระบบ RFID



รูปที่ 2.5 แผนภาพแสดงระบบ RFID

การประยุกต์ใช้งาน RFID จะมีลักษณะการใช้งานที่คล้ายกับบาร์โค้ด (Bar code) และยังสามารถรองรับความต้องการอีกหลายอย่างที่บาร์โค้ดไม่สามารถตอบสนองได้เนื่องจากบาร์โค้ดจะเป็นระบบที่อ่านได้อย่างเดียว (Read only) ไม่สามารถทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่อยู่บนบาร์โค้ดได้ แต่แท็ก (Tag) ของระบบ RFID จะสามารถทั้งอ่านและบันทึกข้อมูลได้ ดังนั้นเราจึงสามารถเปลี่ยนแปลง หรือทำการบันทึกข้อมูลที่อยู่ในแท็ก (Tag) ได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน

นอกจากนี้ระบบ RFID ยังสามารถใช้งานได้แม้ในขณะที่วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ เช่นในขณะสินค้ากำลังเคลื่อนที่อยู่บนสายพานการผลิต (Conveyor) หรือในบางประเทศก็มีการใช้ระบบ RFID ในการเก็บค่าผ่านทางด่วนโดยที่ผู้ใช้บริการทางด่วนไม่ต้องหยุดรถเพื่อจ่ายค่าบริการผู้ใช้บริการทาง

ด่วนจะมีแท็ก (Tag) ติดอยู่กับรถ และแท็ก (Tag) จะทำการสื่อสารกับตัวอ่านข้อมูล ผ่านสายอากาศขนาดใหญ่ที่ติดตั้งอยู่ตรงบริเวณทางขึ้นทางด่วน ในขณะที่รถแล่นผ่านสายอากาศ ตัวอ่านข้อมูลก็จะคิดค่าบริการและบันทึกจำนวนเงินที่เหลือลงในแท็ก (Tag) โดยอัตโนมัติหรือแม้กระทั่งการใช้งานในปศุสัตว์เพื่อบันทึกประวัติหรือระบุความแตกต่างของสัตว์แต่ละตัวที่อยู่ในฟาร์ม ข้อดีของระบบ RFID อีกอย่างก็คือ แท็ก (Tag) และตัวอ่านข้อมูลสามารถสื่อสารผ่านตัวกลางได้หลายอย่างเช่น น้ำ , พลาสติก , กระจก หรือวัสดุทึบแสงอื่นๆในขณะที่บาร์โค้ดทำไม่ได้

ตารางที่ 2.1 แสดงย่านความถี่ต่างๆ ของระบบ RFID และการใช้งาน

ย่านความถี่	คุณลักษณะ	การใช้งาน
ย่านความถี่ต่ำ 100-500 kHz ความถี่มาตรฐานที่ใช้งานทั่วไปคือ 125 kHz	-ระยะการรับส่งข้อมูลใกล้ -ต้นทุนไม่สูง -ความเร็วในการอ่านข้อมูลต่ำ -ความถี่ในย่านนี้เป็นที่แพร่หลายทั่วโลก	-Access Control -ปศุสัตว์ -ระบบคงคลัง -รถยนต์
ย่านความถี่กลาง 10-15 MHz ความถี่มาตรฐานที่ใช้งานทั่วไปคือ 13.56 MHz	-ระยะการรับส่งข้อมูลปานกลาง -ราคามีแนวโน้มถูกลงในอนาคต -ความเร็วในการอ่านข้อมูลปานกลาง	-Access Control -สมาร์ตการ์ด
ย่านความถี่สูง 850-950 MHz 2.4-5.8 GHzความถี่มาตรฐานที่ใช้งานทั่วไปคือ 2.45 GHz	-ระยะการรับส่งข้อมูลไกล (10 เมตร) -ความเร็วในการอ่านข้อมูลสูง -ราคาแพง	-รถไฟ -ระบบเก็บค่าผ่านทาง

2.2.1 อัตราการรับส่งข้อมูลและแบนด์วิดธ์ (Bandwidch)

อัตราการรับส่งข้อมูล (Data Transfer Rate) จะขึ้นอยู่กับความถี่ของคลื่นพาหะ โดยปกติถ้าความถี่ของคลื่นพาหะยิ่งสูง อัตราการรับส่งข้อมูลก็จะยิ่งสูงตามไปด้วย ส่วนการเลือกแบนด์วิดธ์ (Bandwidch) หรือย่านความถี่นั้นก็จะมีผลต่ออัตราการรับส่งข้อมูลเช่นกัน โดยมีหลักว่า แบนด์วิดธ์ (Bandwidch) ควรจะมีค่ามากกว่าอัตราการรับส่งข้อมูลที่ต้องการอย่างน้อยสองเท่า ยกตัวอย่างเช่น ถ้าใช้แบนด์วิดธ์ (Bandwidch) ในช่วง 2.4 - 2.5 GHz ก็จะสามารถรองรับอัตราการรับส่งข้อมูลได้ถึงประมาณ 2 Megabits ต่อวินาทีเป็นต้น แต่การใช้แบนด์วิดธ์ (Bandwidch) ที่กว้างเกินไปก็อาจทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับสัญญาณรบกวนมาก หรือทำให้ S/N Ratio ต่ำลงนั่นเอง ดังนั้นการเลือกใช้แบนด์วิดธ์ (Bandwidch) ให้ถูกต้องก็เป็นส่วนสำคัญในการพิจารณา

2.2.2 ระยะการรับส่งข้อมูลและกำลังส่ง

ระยะการรับส่งข้อมูลในระบบ RFID ขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญต่างๆ คือ กำลังส่งของตัวอ่านข้อมูล (Reader/Interrogator Power) กำลังส่งของแท็ก (Tag Power) และสภาพแวดล้อม ส่วนการออกแบบสายอากาศของตัวอ่านข้อมูลจะเป็นตัวกำหนดลักษณะรูปร่างของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่กระจายออกมาจากสายอากาศ ดังนั้นระยะการรับส่งข้อมูลบางทีอาจขึ้นอยู่กับมุมของการรับส่งระหว่างแท็ก (Tag) และตัวอ่านข้อมูลด้วยเช่นกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรูปร่างของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสำคัญ

ความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยทั่วไปจะลดลงตามระยะทางโดยแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสองแต่ในบางสภาพแวดล้อมซึ่งอาจมีการสะท้อนกลับของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากสิ่งต่างๆรอบตัว เช่น โลหะ ก็อาจทำให้ความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าลดลงอย่างรวดเร็วโดยอาจแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสี่ ปรากฏการณ์เช่นนี้เราเรียกว่า"Multi-path Attenuation" ซึ่งจะส่งผลให้ระยะการรับส่งข้อมูลสั้นลง หรือแม้กระทั่งความชื้นในอากาศก็อาจมีผลในกรณีที่ความถี่สูงๆดังนั้นการนำระบบ RFID ไปใช้งานก็ควรมีการคำนึงถึงสภาพแวดล้อม เพราะจะมีผลกระทบกับระยะการรับส่งข้อมูล และพยายามติดตั้งระบบให้ห่างไกลจากโลหะซึ่งอาจทำให้เกิดการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้

กำลังส่งของแท็ก (Tag) ที่จะส่งกลับมายังตัวอ่านข้อมูลนั้น โดยทั่วไปจะมีกำลังที่ต่ำมากเมื่อเทียบกับกำลังส่งของตัวอ่านข้อมูล ดังนั้นความไวในการตรวจจับสัญญาณของตัวอ่านข้อมูล ก็เป็นอีกจุดหนึ่งที่ต้องพิจารณาถึงแม้ในทางเทคนิคเราจะสามารถทำให้ตัวอ่านข้อมูลมีกำลังส่งมาก

แต่ไหนก็ได้ แต่โดยทั่วไปก็จะถูกจำกัดโดยกฎหมายของแต่ละประเทศ เช่นเดียวกับความถี่ ดังนั้นในระบบ RFID โดยทั่วๆไปจะมีกำลังส่งเพียงระหว่าง 100 - 500 mW

2.3 รีเลย์ (Relay)

รีเลย์ เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็กเพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสให้เปลี่ยนสภาวะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดเพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมวงจรต่าง ๆได้มากมาย

2.3.1 หน้าที่และหลักการทำงานของรีเลย์

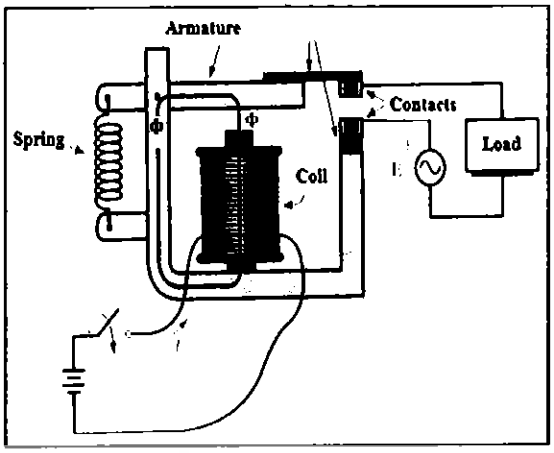
หน้าที่ของคอนแทคเตอร์ (Contactor) คือ การใช้กำลังไฟฟ้าจำนวนน้อยเพื่อไปควบคุมการตัดต่อกำลังไฟฟ้าจำนวนมาก คอนแทคเตอร์ ทำให้เราสามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าในตำแหน่งอื่นๆ ของระบบไฟฟ้าได้ สายไฟควบคุมให้รีเลย์กำลังหรือคอนแทคเตอร์ทำงานเป็นสายไฟฟ้าขนาดเล็กต่อเข้ากับสวิตช์ควบคุมและขดลวด (Coil) ของของคอนแทคเตอร์ กำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าขดลวดอาจจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง หรือไฟฟ้ากระแสสลับก็ได้ขึ้นอยู่กับการออกแบบการใช้คอนแทคเตอร์ทำให้สามารถควบคุมวงจรจากระยะไกล (Remote) ได้ ซึ่งทำให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงานในการควบคุมกำลังไฟฟ้า

หลักการทำงานเบื้องต้นของรีเลย์แสดงดังรูปที่ 2.7 การทำงานเริ่มจากปิดสวิตช์ เพื่อป้อนกระแสให้กับขดลวด โดยทั่วไปจะเป็นขดลวดพันรอบแกนเหล็ก ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไปดูดเหล็กอ่อนที่เรียกว่าอาร์เมเจอร์ (Armature) ให้ต่ำลงมา ที่ปลายของอาร์เมเจอร์ด้านหนึ่งมักยึดติดกับสปริง (Spring) และปลายอีกด้านหนึ่งยึดติดกับหน้าสัมผัส การเคลื่อนที่อาร์เมเจอร์ จึงเป็นการควบคุมการเคลื่อนที่ของหน้าสัมผัส ให้แยกจากหรือแตะกับหน้าสัมผัสอีกอันหนึ่งซึ่งยึดติดอยู่กับที่ เมื่อเปิดสวิตช์อาร์เมเจอร์ ก็จะกลับสู่ตำแหน่งเดิม เราสามารถนำหลักการนี้ไปควบคุมโหลด (Load) หรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ได้ตามต้องการ

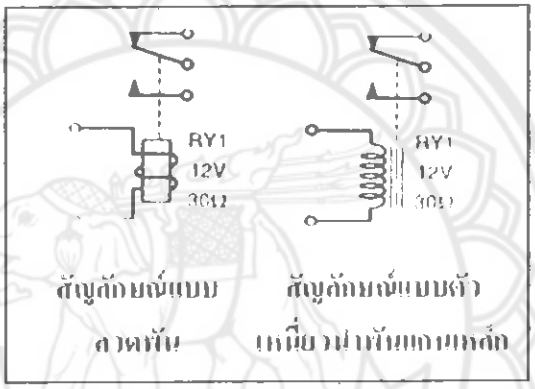
2.3.2 รีเลย์แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. รีเลย์กำลัง (Power relay) หรือมักเรียกกันว่า คอนแทคเตอร์ (Contactor or Magnetic contactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

2. รีเลย์ควบคุม (Control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทคเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุมบางทีเรียกกันง่ายๆว่า รีเลย์



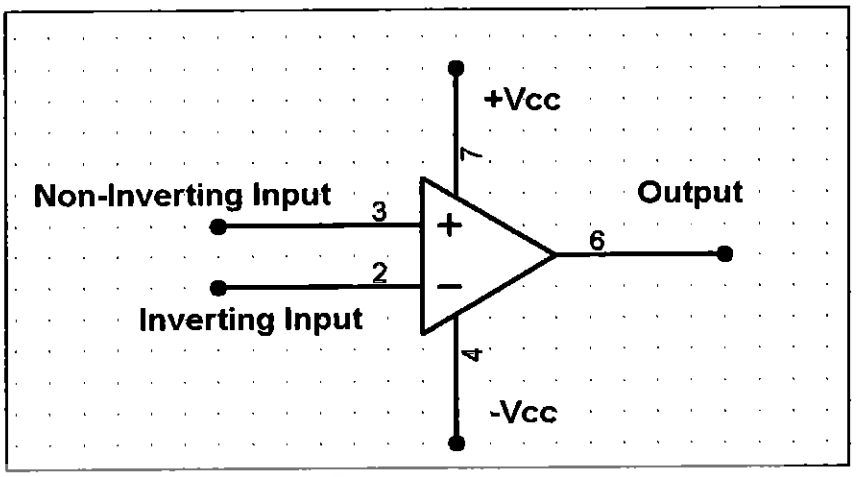
รูปที่ 2.6 แสดงหลักการทำงานเบื้องต้นของรีเลย์



รูปที่ 2.7 สัญลักษณ์แบบตัวเหนี่ยวนำพันแกนเหล็กและสัญลักษณ์แบบลวดพัน

2.4 วงจรขยายสัญญาณออปแอมป์ (operational amplifier)

ออปแอมป์เป็นอุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่สามารถใช้งานได้สารพัดประโยชน์สร้างขึ้นมาเพื่อลดความยุ่งยากในการออกแบบ วงจรพื้นฐานออปแอมป์ถูกสร้างเพื่อขยายสัญญาณ โดยออปแอมป์จะขยายสัญญาหรือแรงดันที่ป้อนเข้าไปขาอินพุท ซึ่งสามารถป้อนสัญญาณหรือแรงดันเข้าขาใดขาหนึ่งหรือทั้งสองขาก็ได้



รูปที่ 2.8 โครงสร้างของออปแอมป์

2.4.1 ออปแอมป์จะมีขาใช้งานพื้นฐานอยู่ 3 ประเภท คือ

- ขาอินพุท 2 ขา 1) ขาอินพุทกลับเฟส (inverting input) และ 2) ขาอินพุทไม่กลับเฟส (non-inverting input)
- ขาต่อไฟเลี้ยง 2 ขา คือ 1) ขา +Vcc และ 2) ขา –Vcc
- ขาเอาท์พุท 1 ขา

2.4.2 คุณสมบัติของออปแอมป์ในทางอุดมคติ

- อัตราการขยายแรงดันมีค่าสูงมากเป็นอนันต์
- อินพุทอิมพีแดนซ์มีค่าสูงมากเป็นอนันต์
- ความกว้างของแบนด์วิดธ์ในการขยายสูงมากเป็นอนันต์
- สามารถขยายสัญญาณได้ทั้งสัญญาณไฟกระแสตรงและกระแสสลับ

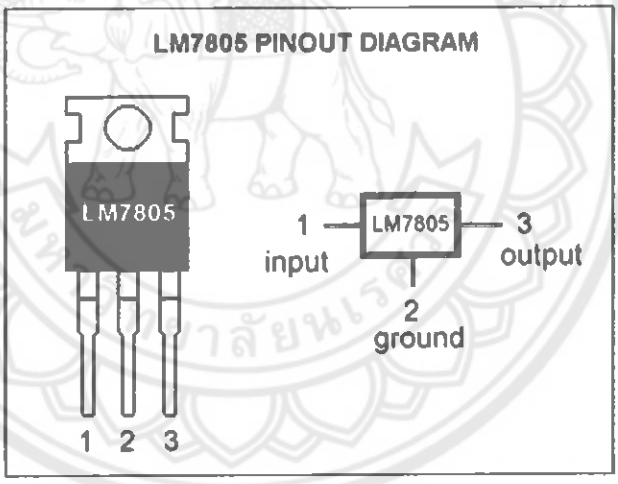
2.5 วงจรรักษาระดับแรงดัน

วงจรรักษาระดับแรงดัน (Voltage Regulators) มีหน้าที่รักษาระดับแรงดันไฟตรงที่จ่ายให้โหลดมีค่าคงที่ ไม่เปลี่ยนตามสภาพโหลด โดยทั่วไปสามารถแบ่งชนิดของ Regulator ออกเป็น 2 ชนิด Series Regulator จะควบคุมแรงดันเอาต์พุตให้คงที่ได้โดยการใช้ตัวเปรียบเทียบแรงดันกับแรงดันเอาต์พุตที่ย้อนกลับมา Switching Regulator นั้นจะทำงานในลักษณะ On-off ก็จะผ่านวงจร LC Filter เพื่อกรองกระแสให้เรียบเป็นไฟตรงส่วนการควบคุมแรงดันเอาต์พุตให้คงที่ทำได้โดยการปรับค่าเวลาในการ On (ton)IC Voltage Regulator เป็นที่นิยมนำ มาใช้กันมาก เนื่องจากใช้งานง่ายและมีราคาไม่แพงมากอีกทั้งยังมีวงจรป้องกันภายในตัว IC เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังมีหลาย

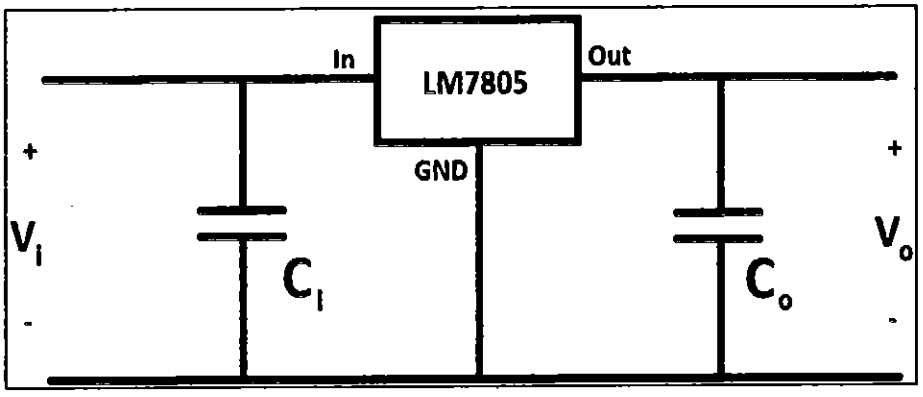
ประเภทไว้ให้เลือกเพื่อความเหมาะสมในการใช้งาน Three- terminal Fixed voltage Regulators เป็น IC ที่ให้แรงดันออกมาคงที่ (ตามเบอร์IC) โดยประกอบด้วย 3 ขาคือ Unregulated input , Regulated output และ Common หรือ Ground IC ชนิดนี้สามารถจำแนกได้ 2 ประเภทคือ

1. Positive fixed Voltage Regulators จะขึ้นต้นด้วย 78XX โดยที่ XX นี้ หมายถึงแรงดันไฟตรงที่ผ่านการ Regulated เช่น 7805 จำ ให้แรงดันไฟตรงออกมาคงที่ 5V

2. Negative fixed Voltage Regulators จะขึ้นต้นด้วย 79XX โดยที่ XX นี้มีความหมายคือ เป็นแรงดันไฟลบที่ผ่านการ Regulated แล้วสำหรับรูปร่างของ IC ชนิดนี้จะมีอยู่ 2 แบบ ถ้าเป็น IC ที่จ่ายกระแสได้ประมาณ 1A ตัว IC จะเป็น TO –220 Package แต่ถ้าจ่ายกระแสได้สูงกว่านั้น ตัว IC จะมีรูปร่างเป็น TO-3 Package ทั้ง 2 แบบนี้ ต้องติดแผ่นระบายความร้อนให้กับตัว IC ด้วยถ้า IC ที่จ่ายกระแสได้ต่ำกว่า 1A ก็จะมีรูปร่างเล็กลงไปด้วยซึ่งผู้ผลิตจะไม่มีการเตรียมสำหรับยึดตัวIC เข้ากับแผ่นระบายความร้อน (Heat Sink) เนื่องจากเกิดความร้อนขึ้นไม่มาก แต่เราก็ไม่ค่อยนำมาใช้มากนัก เนื่องจากจ่ายกระแสได้ต่ำ



รูปที่ 2.9 ไอซีรักษาระดับแรงดันไฟตรงเบอร์ 7805

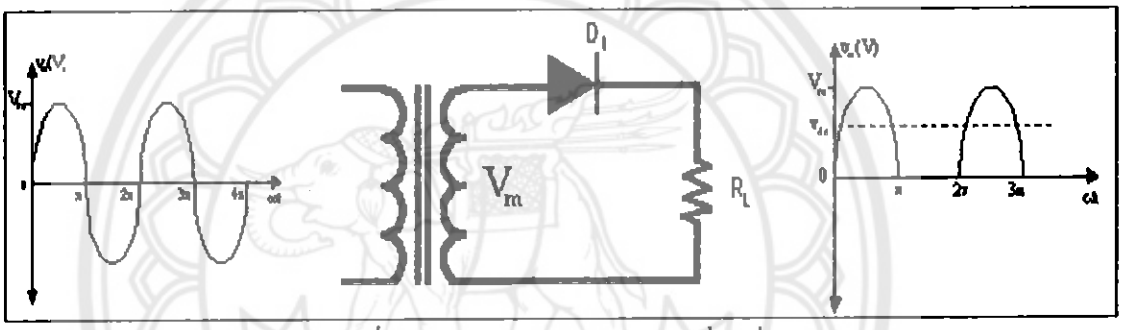


รูปที่ 2.10 วงจรรักษาระดับแรงดันเอาท์พุตไฟออก 5 โวลต์

วงจรจากรูปจะเห็นว่าแรงดันเอาท์พุตออกมา 5 โวลต์เมื่อใช้ไอซีเบอร์ 7805 ในวงจรประกอบด้วยตัวเก็บประจุ ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันสัญญาณบกวนความถี่สูงที่เข้ามาทำความเสียหายให้กับไอซี ถ้าใช้กระแสมากควรติดแผ่นระบายความร้อนให้กับไอซีด้วยและถ้าต้องการที่จะให้มีกระแสมากขึ้นต้องใช้ทรานซิสเตอร์แบ่งกระแสให้กับไอซี

2.6 วงจรเรียงกระแส

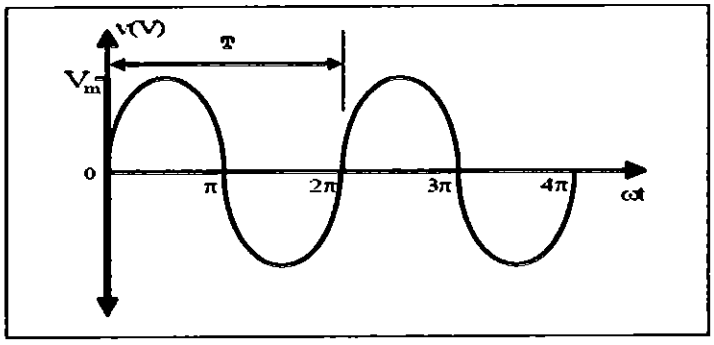
วงจรเรียงกระแสหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เรคติไฟเออร์ คือวงจรไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติในการแปลงสัญญาณกระแสสลับให้กลายเป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงหรือมีคุณสมบัติยอมให้ไฟฟ้าไหลผ่านไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งอุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการแปลงสัญญาณได้แก่ ไดโอด



รูปที่ 2.11 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น

2.6.1 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier Circuit)

จากรูป 2.11 อธิบายการทำงานของวงจรได้ดังนี้ เมื่อสัญญาณครึ่งบวกเข้ามาไดโอดจะถูก ไบอัส ตรงทำให้กระแสไหลในวงจร เกิดแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน L R ตามลักษณะของสัญญาณอินพุตแต่เมื่อมีสัญญาณครึ่งลบเข้ามาไดโอดจะถูกไบอัสกลับจึงทำให้ไม่มีกระแสไหลในวงจร แรงดันที่ตกคร่อม L R จึงมีค่าเป็นศูนย์ดังนั้นสัญญาณเอาต์พุตที่โหลดจึงมีค่าเป็นสัญญาณรูปครึ่งไซเคิล ที่เรียกว่า ฮาล์ฟเวฟ (Half wave)



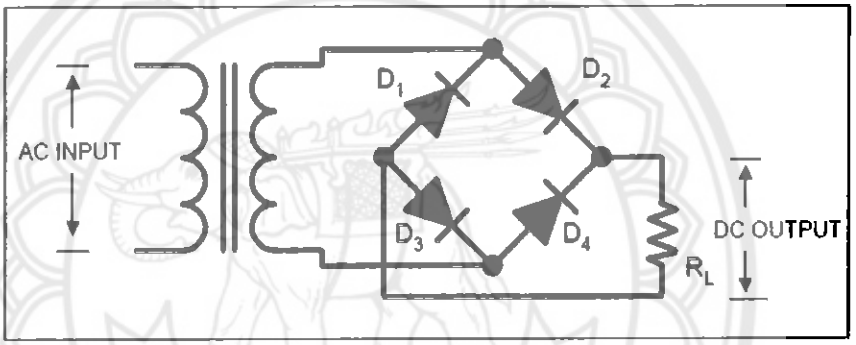
รูปที่ 2.12 แสดงรูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

2.6.2 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full Wave Rectifier Circuit)

จากข้อเสียของวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น สามารถแก้ไขปัญหาโดยการใช้วงจรที่เรียกว่าวงจรเรียงกระแบบเต็มคลื่นวงจรเรียงกระแสแบบนี้จะใช้ไดโอดอย่างน้อย 2 ตัวต่ออยู่ในวงจรเพื่อว่าจะทำให้ไดโอดสามารถนำกระแสในแต่ละครึ่งไซเคิลของกระแสสลับ ไดโอดทั้งสองจึงทำหน้าที่เป็นตัวจ่ายกระแสให้กับความต้านโหลด ตัวละครึ่งไซเคิลแต่ต้องจ่ายให้ทิศทางเดียวกัน ดังนั้นวงจรจึงสามารถจ่ายไฟกระแสตรงได้ตรงกว่าแบบครึ่งคลื่น

2.6.3 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier Circuit)

วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full Wave) อีกแบบหนึ่ง คือวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์แรงดันไฟสลับจะต่อเข้าที่สองมุมของวงจรบริดจ์และเอาต์พุตจะถูกนำออกที่สองมุมที่เหลือ



รูปที่ 2.13 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์

ในแต่ละครึ่งไซเคิลของวงจรอินพุตสมมุติว่าเมื่อขั้ว A ของขดทุติยภูมิมีค่าเป็นบวกและขั้วB มีค่าเป็นลบจึงเหมือนกับครึ่งไซเคิลลบถูกป้อนเข้าทางขดปฐมภูมิของหม้อแปลง ไดโอด D2 และ D3 จะอยู่ในลักษณะไบอัสตรงดังนั้นกระแสจึงไหลครบวงจรจากขั้ว A ผ่านไดโอด D2 ความต้านทานโหลดและไดโอด D3 แล้วกลับเข้าสู่ขั้ว B ของหม้อแปลง และเมื่อแรงดันไฟสลับเปลี่ยนข้างมาเป็นขั้วบวก ที่ขั้ว B และเป็นลบที่ขั้ว A การนำกระแสของไดโอดจะเปลี่ยนไปโดยเริ่มจากจุด B ของขดทุติยภูมิ ผ่าน D4 ความต้านทานโหลด และ D1 กลับเข้าขั้ว A ของหม้อแปลง ทิศทางแรงดันตกคร่อมโหลดจะมีทิศทางเดียวกับตอนแรกคือมีขั้วบวกอยู่ทางด้านบน ดังนั้นการนำกระแสไดโอดจะเกิดสลับกันทีละสองตัว D2 กับ D3 และ D1 กับ D4

2.7 บัตรคีย์การ์ด

บัตรคีย์การ์ดจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้ดังนี้

2.7.1 บัตรคีย์การ์ด แบบ Proximity Card

รูปที่ 2.14 บัตรคีย์การ์ด แบบ Proximity Card

จากรูปที่ 2.14 บัตรคีย์การ์ด แบบ Proximity Card สามารถใช้งานร่วมกับชุดหัวอ่านประเภท Proximity Card Reader หรือประเภท ID CARD ได้ทั่วไป ทั้งระบบบันทึกเวลาทำงานพนักงาน และระบบ Access Control บัตรคีย์การ์ดแบบ Proximity Card มี 3 ประเภทดังนี้

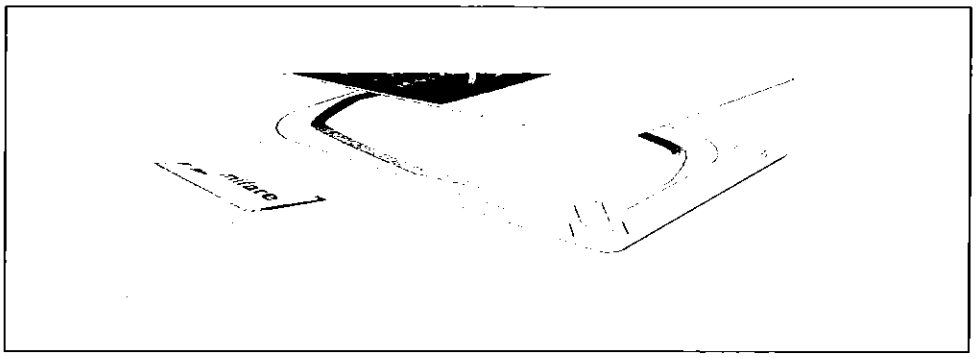
1. Proximity Card แบบบาง 0.8 มิลลิเมตร สามารถเข้าเครื่องพิมพ์บัตรได้

2. Proximity Card แบบหนา 1.8 มิลลิเมตร เหมาะสำหรับใช้เป็นบัตรพนักงาน เพราะมีรูสำหรับห้อยสายคล้องคอ

3. Key Tag มีลักษณะเป็นกุญแจ เพื่อความสะดวกในการพกพาและคุณสมบัติพื้นฐานของบัตรคีย์การ์ดแบบ Proximity Card มีดังนี้

- ทำงานที่ความถี่ 125 KHz
- สามารถอ่านข้อมูลได้ 64 บิต
- สามารถทำงานในอุณหภูมิ -40 ถึง 85
- สามารถทำงานในความชื้นได้ 5 - 95%

2.7.2 บัตรคีย์การ์ดแบบ Mifare Card



รูปที่ 2.15 บัตรคีย์การ์ด แบบ Mifare Card

จากรูปที่ 2.15 บัตรคีย์การ์ดแบบ MifareCard เป็นบัตรที่ใช้กับตัวอ่านบัตรที่มีคลื่นความถี่ 13.56 Mhz เท่านั้น ซึ่งเป็นความถี่ที่สูงจึงทำให้ระยะที่คีย์การ์ดสแกนจะทำงานเมื่อมีบัตรคีย์การ์ดเข้ามาใกล้ในระยะที่ไกลกว่าแบบ Proximity Card แต่ไม่เกิน 10 cm ก็สามารถรับส่งข้อมูลได้ และบัตรคีย์การ์ดแบบ Mifare Card จะมีความจุ 1 Kbit , 2 Kbit , 4 Kbit ซึ่งสามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสมกับลักษณะงานของแต่ละหน่วยงาน คุณสมบัติพื้นฐานของบัตรคีย์การ์ดแบบ Mifire Card มีดังนี้

1. ทำงานที่ความถี่ 13.56 MHz
2. รองรับการอ่าน/เขียน 1 Kbit , 2 Kbit , 4 Kbit
3. สามารถทำงานได้ในอุณหภูมิ -20 ถึง 50 C
4. สามารถทำงานได้ในความชื้น 5 - 95%
5. ระยะอ่านบัตร 10 cm

บทที่ 3

การออกแบบชุดจำลอง

การศึกษาการออกแบบชุดจำลองเครื่องควบคุมการทำงานของรีเลย์ด้วยระบบ RFID โดยจะกล่าวถึงอุปกรณ์ลักษณะการทำงาน รวมถึงแผนภาพการทำงานของระบบเช่น คีย์การ์ดสแกน บอร์ดภาคควบคุม RFID Reader , ภาคควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ และแบบแผนผังวงจรต่างๆ เพื่อกำหนดให้อุปกรณ์และส่วนภาคควบคุมต่างๆในชุดจำลองทำงานเพื่อใช้ควบคุมการทำงานของรีเลย์ด้วยระบบ RFID

3.1 ชนิดอุปกรณ์และแผนผังวงจรของชุดจำลอง

ชุดจำลองเครื่องควบคุมการทำงานของรีเลย์ด้วยระบบ RFID ประกอบด้วยอุปกรณ์และแผนผังวงจรของชุดจำลองดังต่อไปนี้

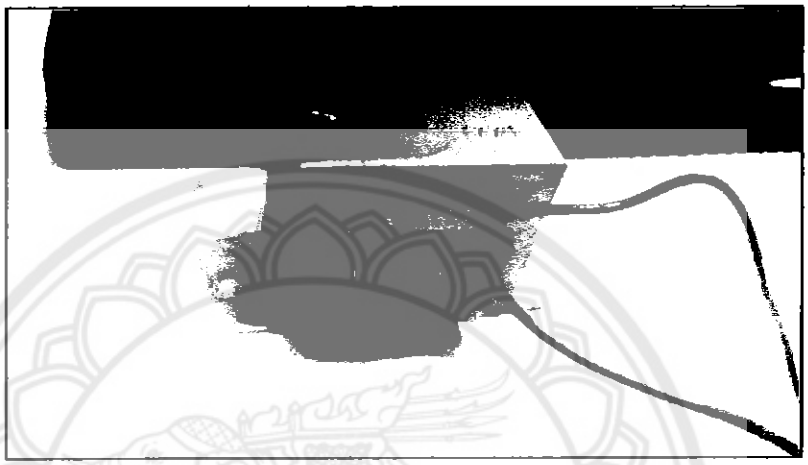
3.1.1 บัตรคีย์การ์ด

บัตรคีย์การ์ดแบบ Proximity Card ขนาดบาง 0.8 mm ทำงานที่ความถี่ 125 KH และสามารถอ่านข้อมูลได้ 64 บิต ภายในประกอบด้วยขดลวดทองแดงซึ่งทำหน้าที่ในการรับส่งค่าจากเครื่องอ่าน และชิพสำหรับเก็บข้อมูลภายในบัตร ดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 บัตรคีย์การ์ด

3.1.2 หม้อแปลงไฟฟ้า

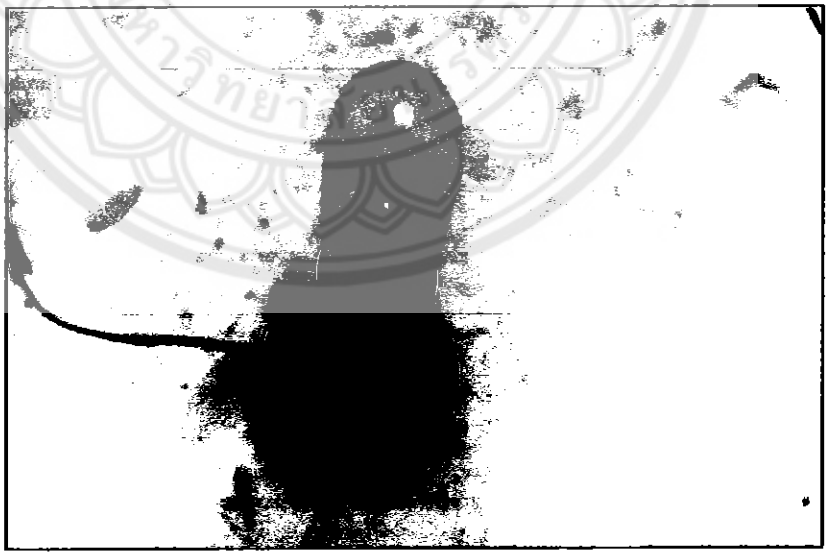
หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแกนเหล็ก มีไฟฟ้าขาเข้า 220V และไฟฟ้าขาออก 9V ขนาดกระแส 500 mA นำไฟฟ้าขาออก 9 V จ่ายให้กับวงจร Relay และจ่ายให้กับวงจรรักษาระดับแรงดัน 5V เพื่อจ่ายให้กับบอร์ดภาคควบคุม RFID Reader และบอร์ดภาคควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 หม้อแปลงไฟฟ้า Step down 220V/9V

3.1.3 โหลดแสดงสถานะการทำงานของรีเลย์

หลอดไฟฟ้าE 17 220V ขนาด 15W ต่อกับ ขา NC ของหน้าสัมผัสรีเลย์ ดังรูปที่ 3.3

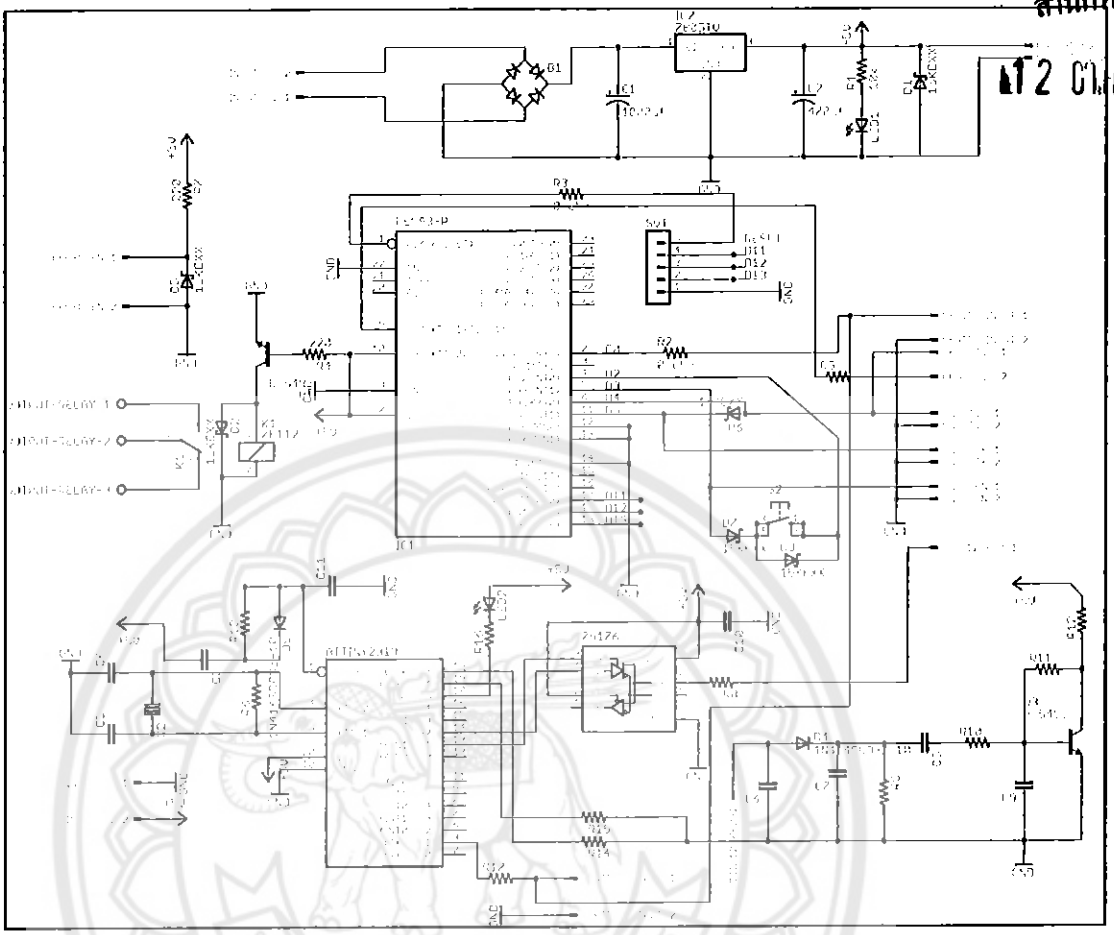


รูปที่ 3.3 หลอดไฟฟ้า (แทนการทำงานสถานะการทำงานของรีเลย์)

i 7197066 ป
ก393ธ
2557

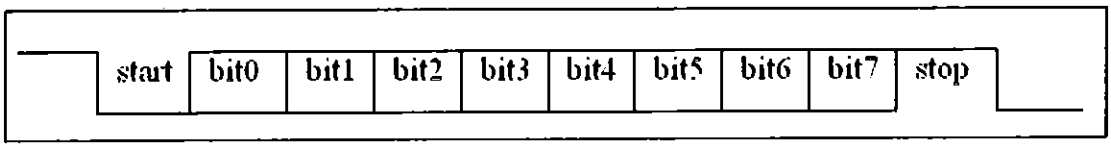
สำนักหอสมุด
12 ต.ค. 2560

3.1.4 บอร์ดภาคควบคุมRFID Reader และบอร์ดภาคควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.4 แผนผังภาพรวมของระบบชุดจำลองเครื่องควบคุมการทำงานของรีเลย์

จากรูปที่ 3.4 การเชื่อมต่อกันของบอร์ดภาคควบคุมทั้งสองเป็นการเชื่อมต่อกันทางพอร์ตอนุกรมจากขา (TxD)PD1 ของ ATtiny2313 ซึ่งทำหน้าที่เชื่อมต่อข้อมูลอนุกรมด้วยมาตรฐาน RS232 ให้กับขา (RxD)PD0 ของ ATmega8 โดยใช้กราวด์ร่วมกัน การส่งสัญญาณข้อมูลจะส่งไปทีละ1 บิต ความเร็วในการส่งข้อมูลนั้นขึ้นอยู่กับความถี่ที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูลและขนาดความกว้างของช่องสัญญาณซึ่งทั้งการรับและการส่งจะต้องกำหนดความเร็วให้เท่ากันถ้าไม่เท่ากันสัญญาณทางด้านรับจะเกิดการผิดพลาดได้



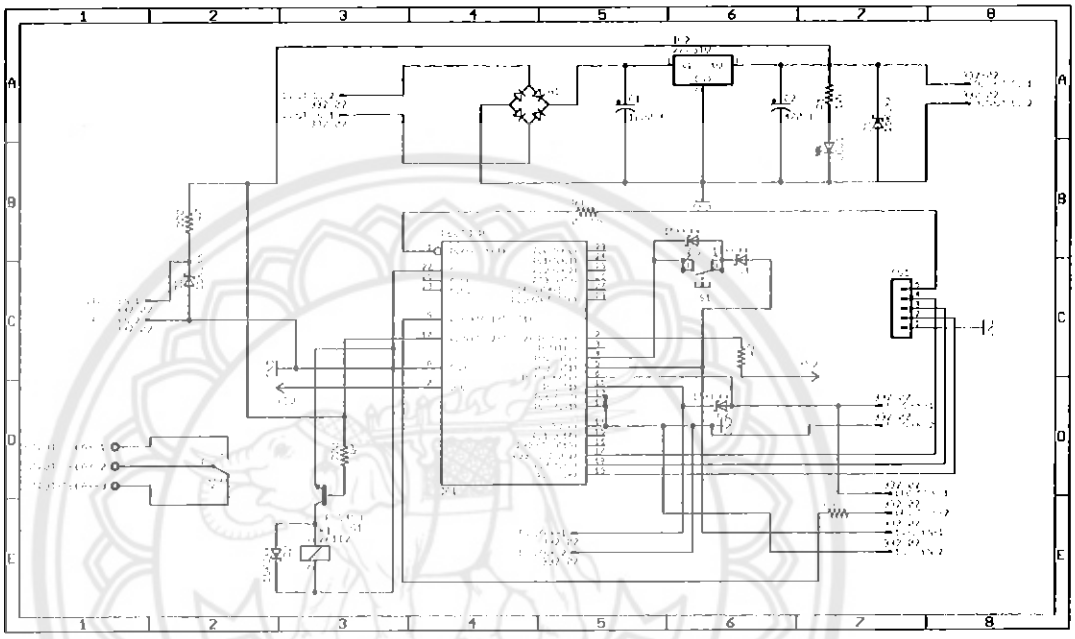
รูปที่ 3.5 รูปแบบของสัญญาณอนุกรม

รูปแบบการส่งข้อมูลแบบอนุกรมนั้นจะมีลักษณะการส่งข้อมูลด้วยการเริ่มต้นด้วย Start bit ซึ่งจะมีค่าเป็น 0 และจะตามด้วย bit 0 จนถึง bit 7 และจากนั้นก็จะปิดท้ายด้วย Stop bit ซึ่งมีค่าเป็น 1 และ

ในบางครั้งก็อาจจะมี Parity bit ซึ่งจะเป็นบิตที่เป็นตัวตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูลขนาด 1 byte ที่เราทำ การส่งซึ่งอยู่ระหว่าง bit 7 และ Stop bit ซึ่ง Stop bit จะมีขนาด 1 หรือ 2 bit ก็ได้ แล้วแต่กำหนด

จากรูปที่ 3.4 แผนผังภาพรวมของระบบชุดจำลองนี้แบ่งออกเป็น 2 ภาคควบคุม

1. ส่วนของบอร์ดภาคควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

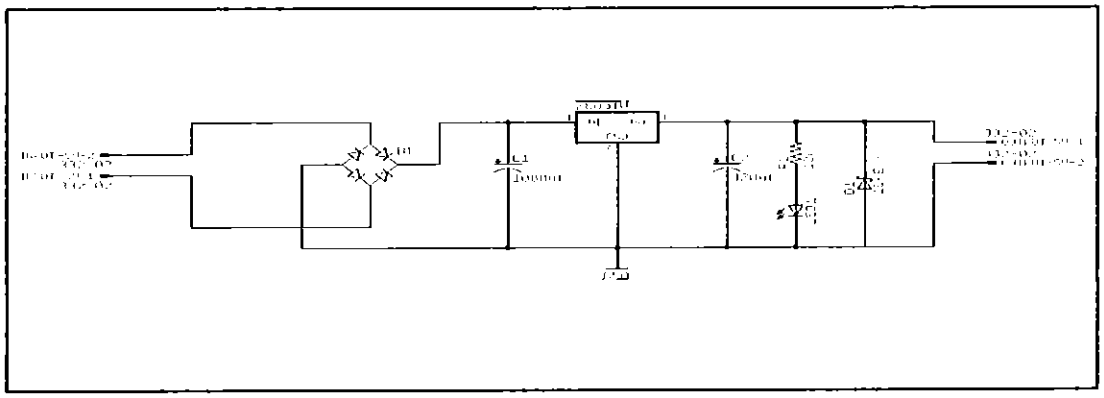


รูปที่ 3.6 แผนผังบอร์ดภาคควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

จากรูปที่ 3.6 บอร์ดภาคควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

- ส่วนของวงจร Regulator หรือวงจรรักษาระดับแรงดัน

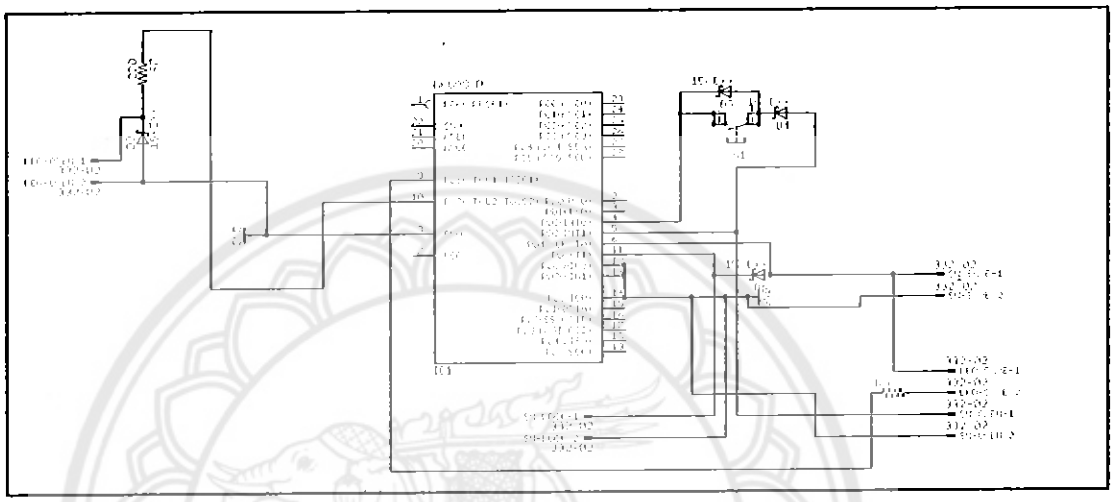
วงจร Regulator หรือวงจรรักษาระดับแรงดันโดยใช้ IC 7805 เพื่อให้ได้แรงดัน 5 V ไปเลี้ยงบอร์ดภาคควบคุม RFID Reader และบอร์ดภาคควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 วงจรรักษาระดับแรงดัน

- ส่วนของวงจรสวิตซ์และหลอด LED

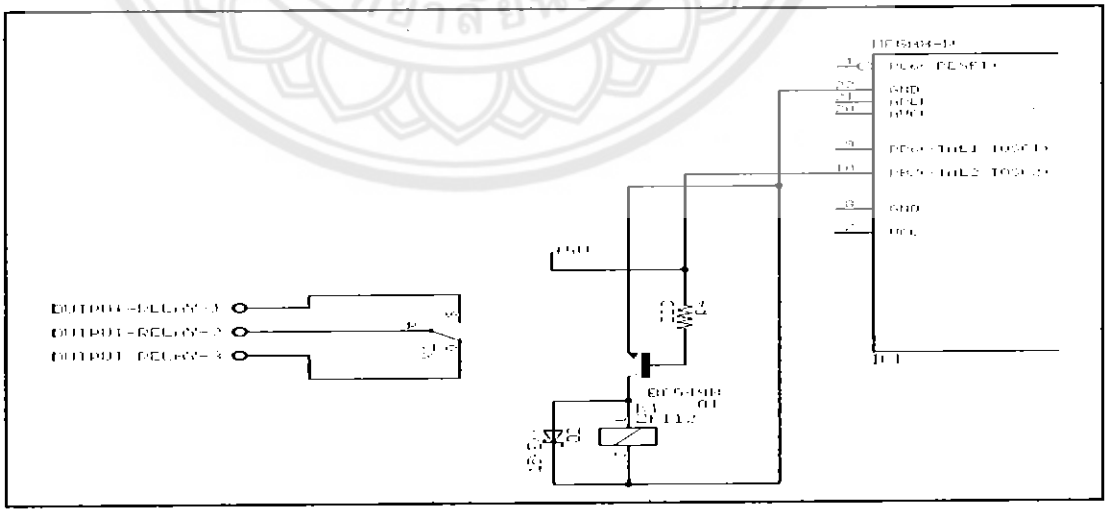
ส่วนของวงจรสวิตซ์ และหลอด LED ประกอบไปด้วย 1. S1 คือสวิตซ์กดเพื่อบันทึกบัตรหลัก 2. SW-SAVE คือสวิตซ์กดเพื่อบันทึกบัตรรอง 3.SW-OPEN คือสวิตซ์กดเพื่อเปิดกลอนประตูไฟฟ้า 4. SW-LOCK คือสวิตซ์กดเพื่อล็อคประตูกลอนไฟฟ้า 5.D1 คือ หลอด LED แสดงสถานะเปิด 6. D2 คือหลอด LED แสดงสถานะขณะบันทึกบัตรคีย์การ์ด ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 วงจรสวิตซ์ และหลอด LED

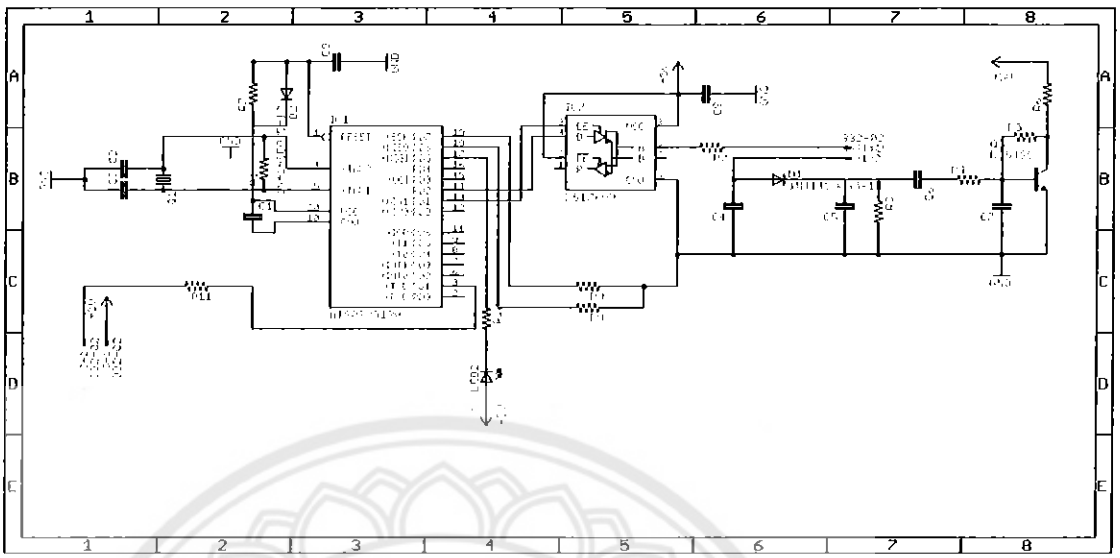
- ส่วนของวงจร Relay

ส่วนของวงจร Relay ควบคุมการทำงานของสถานะเปิด/ปิดของหลอดไฟ ซึ่งมีทรานซิสเตอร์เบอร์ BC549 เพื่อช่วยขยายกระแสให้สูงขึ้นจนขับขดลวดรีเลย์ได้ ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ส่วนของวงจรรีเลย์

2. บอร์ดภาคควบคุม RFID Reader

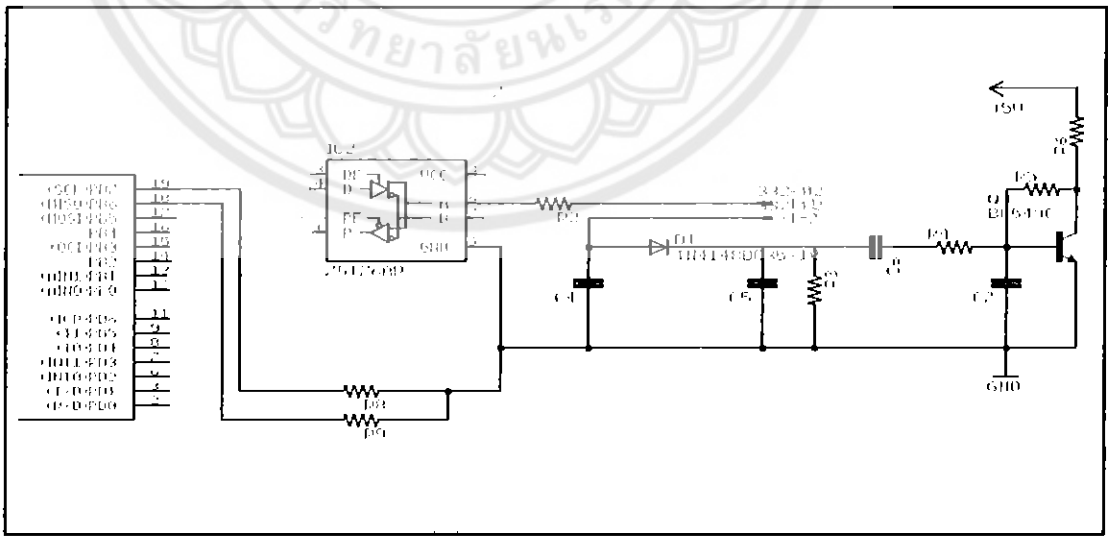


รูปที่ 3.10 แผนผังบอร์ดภาคควบคุม RFID Reader

จากรูปที่ 3.10 บอร์ดภาคควบคุม RFID Reader แบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

- ส่วนของวงจร IC SN75176

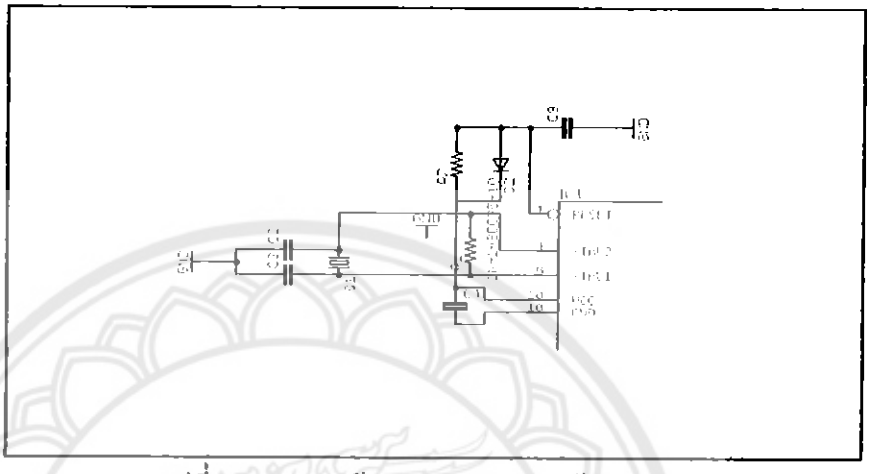
ส่วนของ IC SN75176 เป็นไอซีขับสัญญาณข้อมูลในระบบบัสแบบผลต่างแรงดัน (Differential Bus Transceiver) แปลงสัญญาณรับข้อมูล (Receive Enable) และส่งข้อมูล (Driver Enable) ให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ส่วนของวงจร IC SN75176

- ส่วนของวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาด้วยคริสตอล

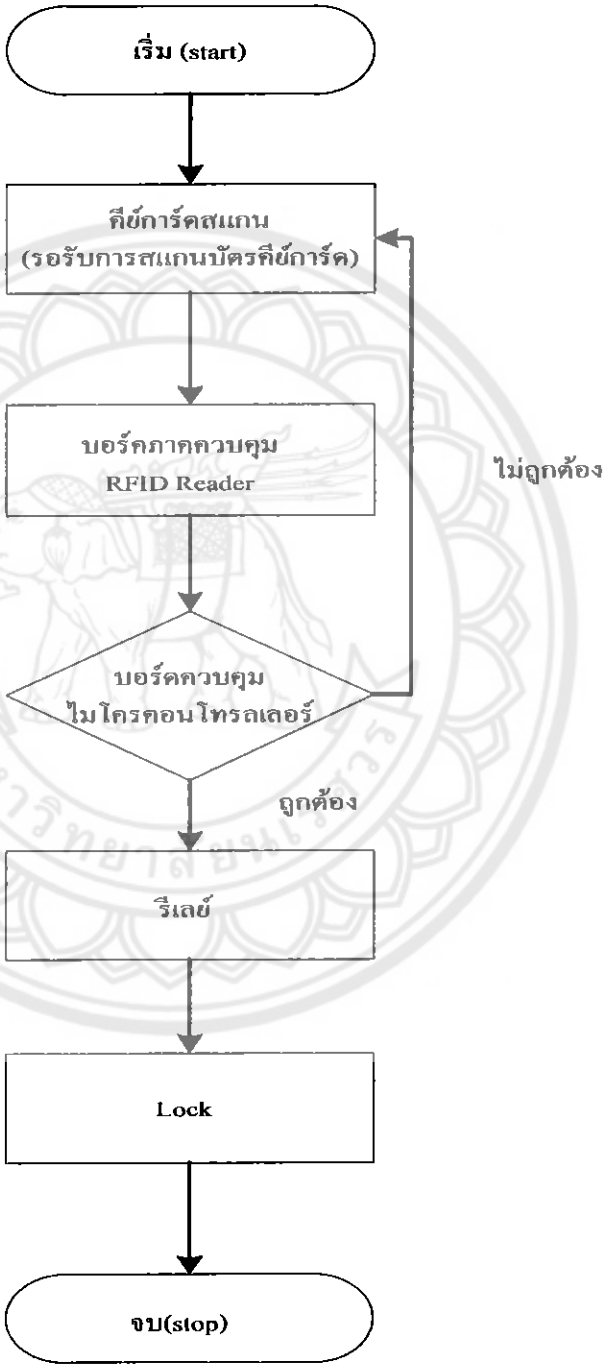
คริสตอล (Crystal) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างจากผลึกควอทซ์บรรจุอยู่ในตัวถังโลหะ เมื่อมีแรงดันตกคร่อมขาทั้งสองข้างผลึกควอทซ์จะสั่น ด้วยความถี่ค่าหนึ่ง จะใช้การสั่นนี้มาเป็นตัวกำหนดค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกา ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาด้วยคริสตอล

3.2 หลักทำงานเบื้องต้นของชุดจำลอง

หลักการทำงานเบื้องต้นของชุดจำลองเครื่องควบคุมการทำงานของรีเลย์ด้วยระบบ RFID ประกอบด้วย คีย์การ์ด สแกน , บอร์ด RFID Reader , บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega8 และรีเลย์ ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แผนภาพหลักการทำงานของชุดจำลองเครื่องควบคุมการทำงานของรีเลย์ด้วยระบบ RFID

3.2.1 ขั้นตอนในการออกแบบชุดจำลองเครื่องควบคุมการทำงานของรีเลย์ด้วยระบบ RFID ดังแสดงในรูปที่ 3.14

1. กดสวิตซ์เปิด (Power) เครื่อง เริ่มทำงาน (Start)

2. คีย์การ์ด สแกน (coil) จะปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาตลอดเวลา และจะคอยตรวจจับว่ามีแถบข้อมูลในบริเวณสนามแม่เหล็กหรือไม่ หรือค่อยตรวจว่ามอดูเลตสัญญาณเกิดขึ้นหรือไม่

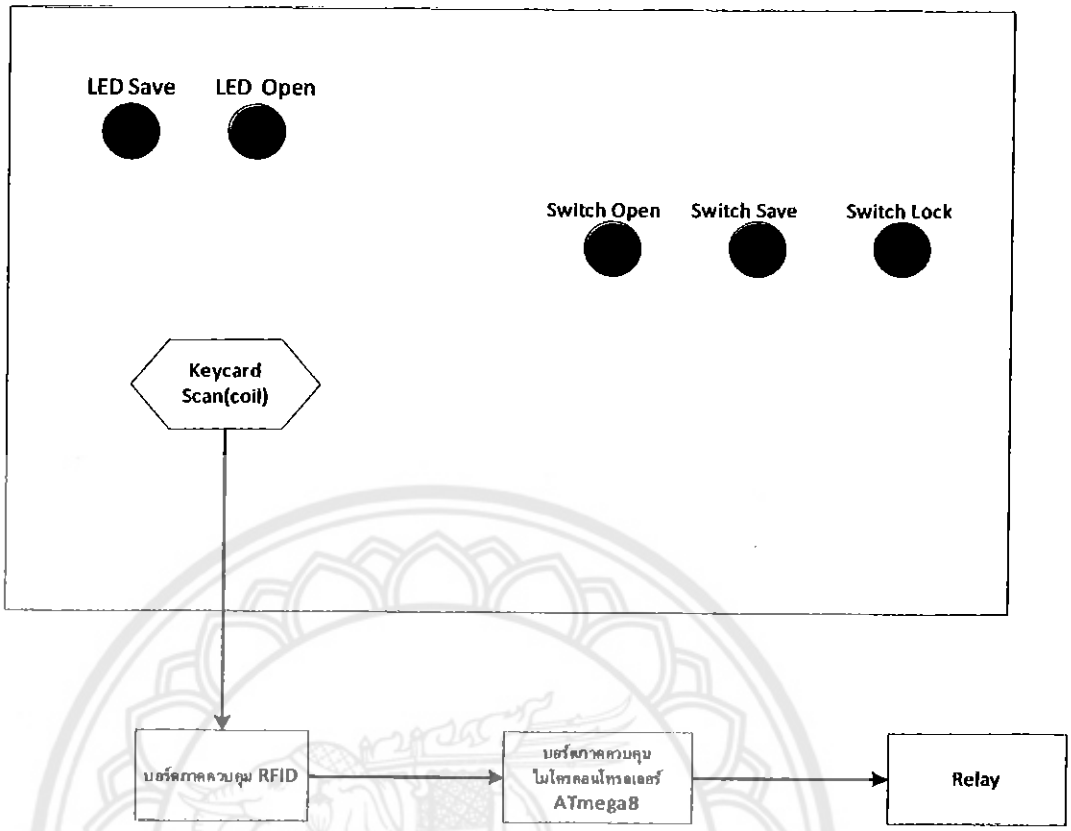
3. เมื่อมีแถบข้อมูล เข้ามาในบริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแถบข้อมูลจะได้รับพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อให้แถบข้อมูลเริ่มทำงานแล้วจะส่งข้อมูลในหน่วยความจำที่ผ่านการมอดูเลตกับคลื่นพาหะแล้ว ออกมาทางสายอากาศที่อยู่ภายในคีย์การ์ด

4. ตัว RFID Reader จะตรวจจับความเปลี่ยนแปลงความถี่ของคลื่นพาหะแปลงออกมาเป็นข้อมูลและถอดรหัสแล้วนำข้อมูลส่งต่อให้กับบอร์ดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลเพื่อควบคุมการทำงานของรีเลย์

5. กดปุ่ม LOCK เพื่อเปลี่ยนการทำงานของหน้าสัมผัสรีเลย์

3.3 การใช้งานของชุดจำลอง

ชุดจำลองเครื่องควบคุมการทำงานของรีเลย์ด้วยระบบ RFID นี้จะประกอบไปด้วยการโครงสร้างภายในและภายนอกของชุดจำลอง,การทำงานของชุดจำลองด้วยการทำงานแบบทาบบัตรคีย์การ์ด และการทำงานแบบสวิตซ์ปุ่มกด (Manual) โดยมีแผนภาพการทำงานของระบบ ดังรูปที่ 3.13

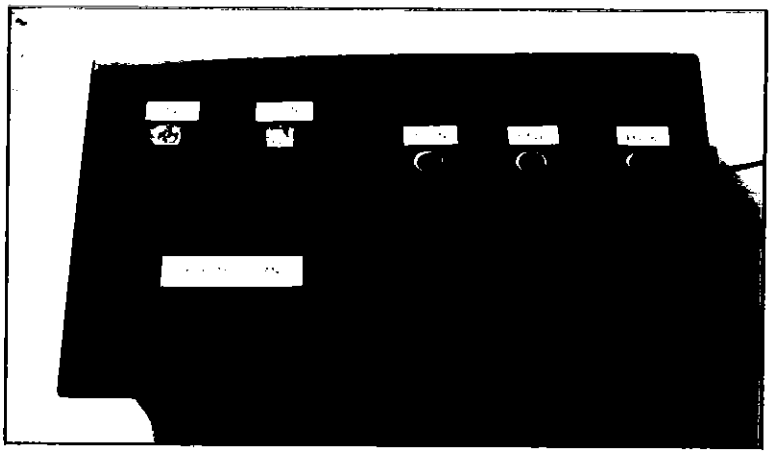


รูปที่ 3.14 แผนภาพแสดงการทำงานรวมของระบบ

3.3.1 โครงสร้างภายในและภายนอกของชุดจำลอง

1. ด้านหน้าของชุดจำลอง

ด้านหน้าของชุดจำลองประกอบไปด้วย LED OPEN หลอดไฟแสดงสถานะ NC หน้าสัมผัส ของรีเลย์ และ LED SAVE หลอดไฟแสดงสถานการณ์บันทึกรหัสบัตรคีย์การ์ด สวิตซ์ SAVE เพื่อบันทึกบัตรคีย์การ์ดรองและสวิตซ์ OPEN เพื่อสั่งหน้าสัมผัสสั่งรีเลย์ทำงานที่หน้าสัมผัส NC ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ด้านหน้าของกล่อง

2. ด้านข้างของชุดจำลอง

ด้านข้างของกล่องประกอบไปด้วยสวิตซ์เปิด/ปิดชุดจำลอง กระบอกฟิวส์ 1 A และเทอร์มินอลต่อจากรีเลย์ประกอบด้วยขา NO , ขา COM และ ขา NC เอาไว้ควบคุมการเปิด/ปิดของหลอดไฟฟ้าแสดงสถานะของรีเลย์ ดังรูปที่ 3.16

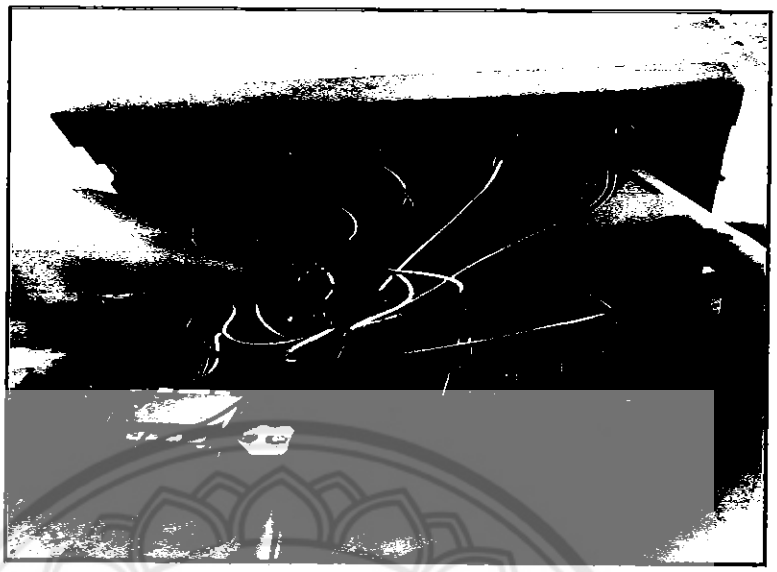
รูปที่ 3.16 ด้านข้างของกล่อง

3. ด้านในของกล่อง

ด้านในของกล่องประกอบด้วย หม้อแปลง AC 220 V - 9 V บอร์ดวงจรควบคุม(ซ้าย) และบอร์ดวงจร RFID READER (ขวา) ดังรูปที่ 3.17

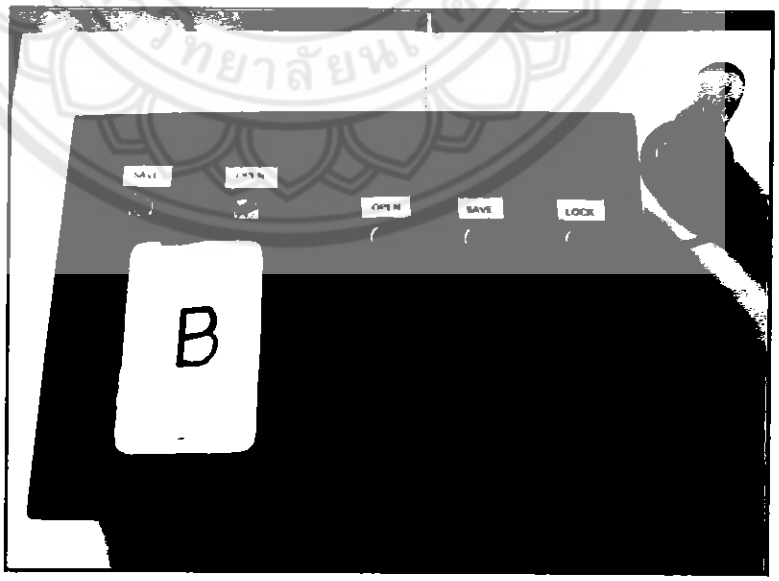
รูปที่ 3.17 ด้านในของกล่อง

3.3.2 การใช้งานแบบใช้คีย์การ์ดเปิดกลอนประตูไฟฟ้า



รูปที่ 3.18 การบันทึกบัตรคีย์การ์ดหลัก

จากรูปที่ 3.18 การบันทึกบัตรคีย์การ์ดให้เป็นบัตรหลักโดยการกดสวิตซ์จากในกล่อง ซึ่งอยู่บนบอร์ดภาคควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์(ซึ่งเจ้าของเท่านั้นที่มีสิทธิ์บันทึกบัตรหลักเพื่อป้องกันการลักลอบเปลี่ยนบัตรหลัก) เมื่อกดสวิตซ์บันทึกบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วไฟแสดงผล LED SAVE ติดสว่างแสดงว่ากำลังบันทึกบัตรคีย์การ์ด รอจนกว่าไฟแสดงผล LED SAVE ดับ ก็จะได้บัตรคีย์การ์ดหลักที่สามารถควบคุมการทำงานของรีเลย์

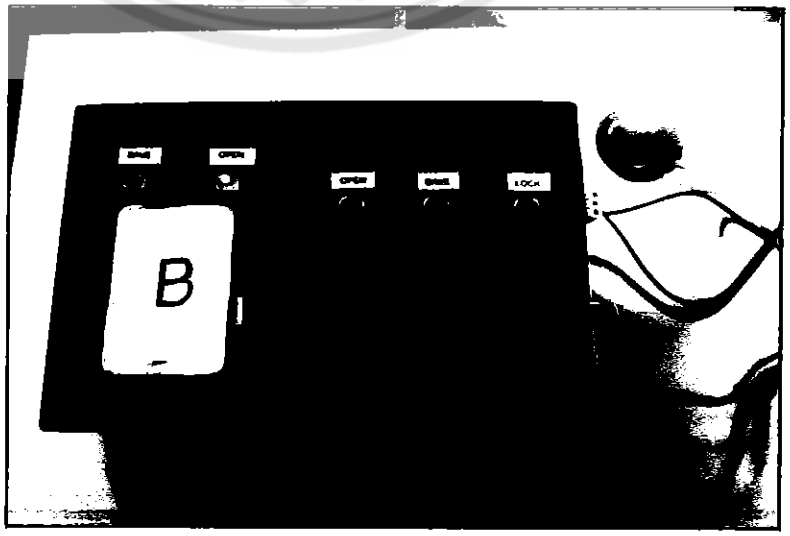


รูปที่ 3.19 แสดงหน้าเครื่องเมื่อทาบบัตรคีย์การ์ด B

จากรูปที่ 3.19 เมื่อนำบัตรคีย์การ์ด B ซึ่งเป็นบัตรคีย์การ์ดที่ไม่ถูกต้องนั้นคือเป็นบัตรคีย์การ์ดที่ยังไม่ได้บันทึกเป็นบัตรรอง มาทาบกับเครื่องหลอดไฟและ LED OPEN จะไม่ติดสว่าง ซึ่งจะไม่สามารถควบคุมการทำงานของรีเลย์ได้

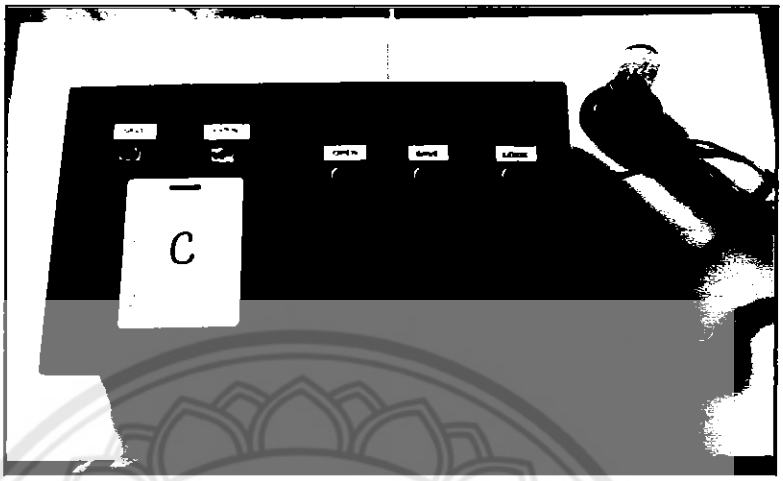
รูปที่ 3.20 แสดงการบันทึกบัตรคีย์การ์ด B ให้เป็นบัตรรอง

นำบัตรหลักคือบัตรคีย์การ์ด A มาทาบบนคีย์การ์ด สแกนก่อน(เพื่อป้องกันการบันทึกบัตรรองโดยไม่ได้รับอนุญาต)จากนั้นจะเห็นว่าสถานะของ LED OPEN และหลอดไฟจะติดสว่าง จากนั้นก็เอาบัตรคีย์การ์ด B (เป็นบัตรที่ยังไม่ได้ทำการบันทึก) มาทาบบนคีย์การ์ดสแกน แล้วกดสวิตซ์ SAVE หลอด LED SAVE จะติดสว่าง ยกนิ้วออกแล้วรอจนกว่าหลอด LED SAVE ดับ บัตรคีย์การ์ด B ก็จะเป็นบัตรรองที่ถูกต้อง ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.21 แสดงเมื่อนำบัตรคีย์การ์ด B มาทาบคีย์การ์ดสแกน

จากรูปที่ 3.21 เมื่อนำบัตรคีย์การ์ด B ได้ทำการบันทึกแล้วก็จะเป็นบัตรที่ถูกต้องเมื่อนำมาทาบบนคีย์การ์ดสแกน LED OPEN และหลอดไฟก็จะติดสว่าง



รูปที่ 3.22 แสดงเมื่อนำบัตรคีย์การ์ด C มาทาบบนคีย์การ์ดสแกน

บัตรคีย์การ์ด C เป็นบัตรที่ไม่ได้ทำการบันทึกเป็นบัตรรองเมื่อนำมาทาบบนคีย์การ์ดสแกน ระบบจะไม่ทำงาน ดังรูปที่ 3.22

3.3.3 การใช้งานแบบสวิตซ์ปุ่มกด (Manual)

รูปที่ 3.23 แสดงการกดสวิตซ์เปิดกลอนประตูไฟฟ้า

จากรูปที่ 3.23 กดสวิตซ์ OPEN แล้วจะเห็นว่าสถานะของ LED OPEN และหลอดไฟฟ้าจะติดสว่างแสดงสถานะว่ากลอนประตูไฟฟ้าเปิดออกแล้ว

บทที่ 4

การทดสอบและผลการทดสอบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการทดสอบและผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของชุดจำลองเครื่องควบคุมการทำงานของรีเลย์ด้วยระบบ RFID โดยประกอบด้วยการทดสอบความถูกต้องในการทำงานของระบบ และการทดสอบระยะการทาบบัตรคีย์การ์ดบนคีย์การ์ดสแกน และสามารถอธิบายด้วยผลการทดสอบดังต่อไปนี้

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของชุดจำลอง

ในการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของชุดจำลองเครื่องควบคุมการทำงานของรีเลย์ด้วยระบบ RFID ได้ทำการตั้งขอบเขตการทำงานของระบบให้ระบบทำการจำบัตรคีย์การ์ดได้ 2 บัตรซึ่งเกณฑ์ในการวัดความสามารถของชุดจำลองเครื่องควบคุมการทำงานของรีเลย์ด้วยระบบ RFID ที่ใช้ในการทดสอบได้แก่ ความถูกต้องของระบบและระยะการทาบบัตรคีย์การ์ดบนคีย์การ์ดสแกนโดยมีการทดสอบทั้งหมด 2 การทดสอบดังต่อไปนี้

4.1 การทดสอบความถูกต้องในการควบคุมการทำงานรีเลย์จากบัตรคีย์การ์ดที่ทำการบันทึกและบัตรคีย์การ์ดที่ไม่ได้ทำการบันทึก

4.2 ระยะที่บัตรคีย์การ์ดเข้าใกล้คีย์การ์ดสแกนแล้วทำให้หลอดไฟฟ้าติดสว่าง (หลอดไฟฟ้าแทนการแสดงสถานะการทำงานของรีเลย์)

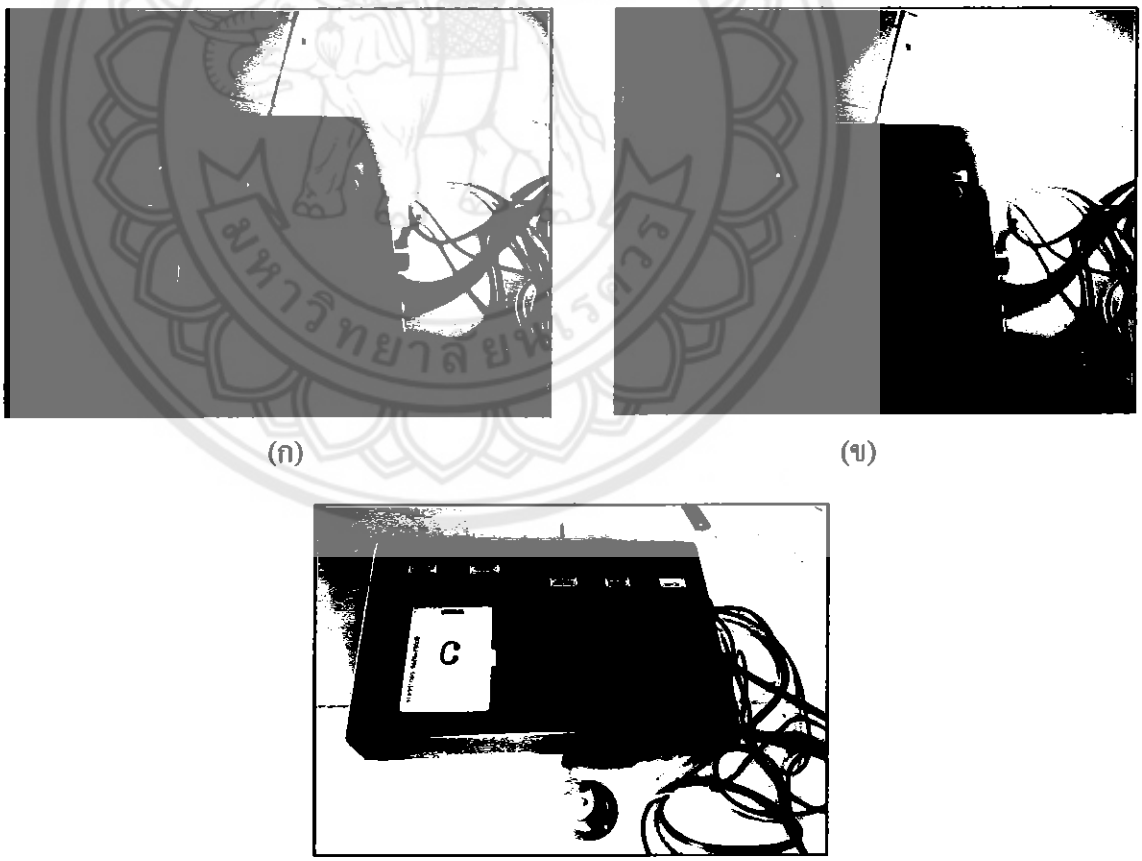
4.1 การทดสอบความถูกต้องในการควบคุมการทำงานรีเลย์จากบัตรคีย์การ์ดที่ทำการบันทึกและบัตรคีย์การ์ดที่ไม่ได้ทำการบันทึก

การทดสอบความถูกต้องในการควบคุมการทำงานรีเลย์จากบัตรที่ทำการบันทึกกับบัตรที่ไม่ได้ทำการบันทึก แบ่งเป็นการทดสอบ 2 กรณีดังนี้

4.1.1 การทดสอบความถูกต้องในการควบคุมการทำงานรีเลย์ กรณีที่ 1

เป็นเหตุการณ์ปกติที่บัตรคีย์การ์ด A และบัตรคีย์การ์ด B ซึ่งเป็นบัตรที่ถูกต้องสามารถนำมาทาบกับคีย์การ์ดสแกนได้ตามปกติ ถ้ามีบัตรคีย์การ์ดอื่นไม่รู้จักมาทาบกับคีย์การ์ดสแกนระบบจะไม่ทำงาน

จากรูปที่ 4.1 บัตรคีย์การ์ด A เป็นบัตรหลัก , บัตรคีย์การ์ด B เป็นบัตรรอง และบัตรคีย์การ์ด C เป็นบัตรที่ไม่ได้บันทึก แล้วสังเกตการทำงานหลอดไฟฟ้า และสถานะของหลอด LED OPEN



(ก) (ข)

(ค)

รูปที่ 4.1 การทดสอบของแต่ละบัตร กรณีที่ 1 ก) บัตรคีย์การ์ด A เป็นบัตรหลัก (ข) บัตรคีย์การ์ด B เป็นบัตรรอง (ค) บัตรคีย์การ์ด C เป็นบัตรที่ไม่ได้บันทึก

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบจากกรณีที่ 1

การทดสอบ	หลอดไฟ LED แสดงสถานะOPEN	สถานะแสดงผลหลอดไฟฟ้า
ทาบบัตรคีย์การ์ด A	ติด	ติด
ทาบบัตรคีย์การ์ด B	ติด	ติด
ทาบบัตรคีย์การ์ด C	ดับ	ดับ

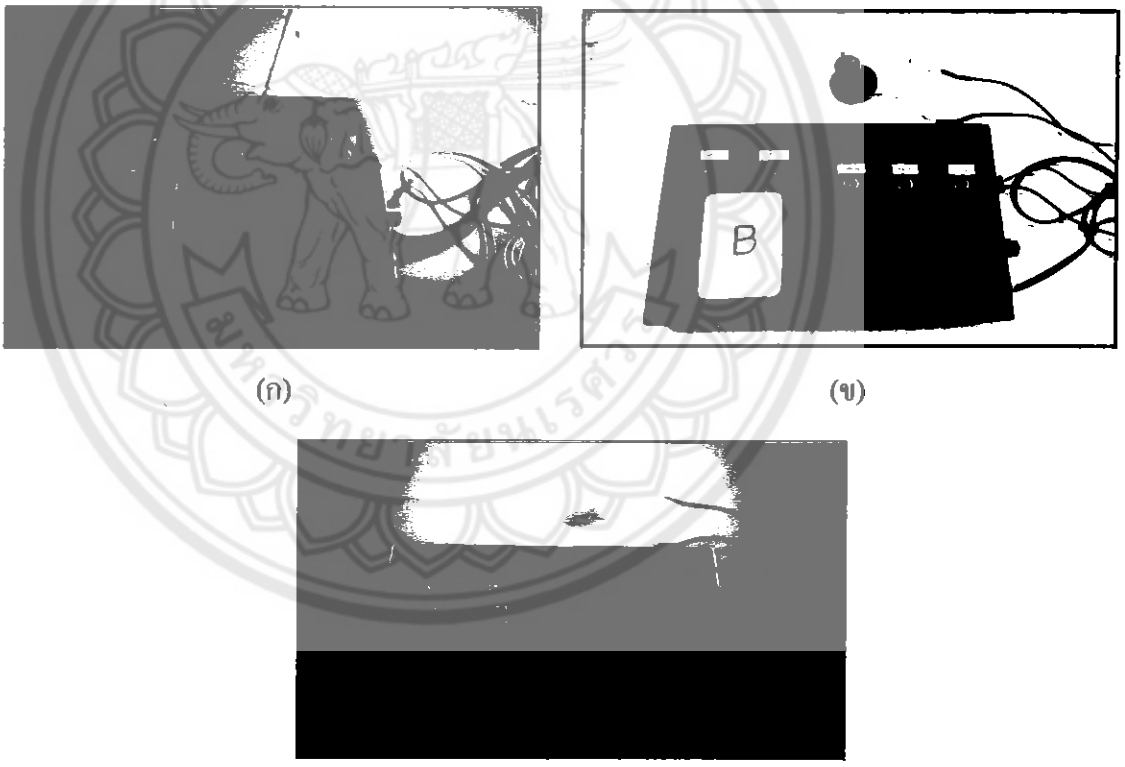
จากรูปที่ 4.1 และตารางที่ 4.1 สามารถอธิบายผลการทดสอบการทำงานของบัตรคีย์การ์ด Aเป็นบัตรหลัก เมื่อทาบบัตรคีย์การ์ด A ลงบนคีย์การ์ดสแกนหลอดไฟ LED แสดงสถานะการเปิดและหลอดไฟฟ้าจะติดสว่าง และเมื่อทาบบัตรคีย์การ์ด B ลงบนคีย์การ์ดสแกนหลอดไฟแสดงผล LED OPEN และหลอดไฟฟ้าจะติดสว่างและเมื่อทาบบัตรคีย์การ์ด C ลงบนคีย์การ์ดสแกนหลอดไฟแสดงผล LED OPEN และหลอดไฟฟ้าจะแสดงสถานะดับ

จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าสถานะของไฟ LED ที่จะติดสว่างหรือดับนั้นขึ้นอยู่กับการทาบบัตรคีย์การ์ดลงไปโดยการทาบบัตรคีย์การ์ดที่เป็นบัตรหลักหรือบัตรรองจะสามารถทำให้หลอดไฟ LED ติด ถ้าหากทาบบัตรคีย์การ์ดที่ไม่ได้บันทึกข้อมูลหลอดไฟ LED จะไม่ติดสว่างซึ่งกล่าวได้ว่าบัตรที่ไม่ได้บันทึกข้อมูลนั้นไม่สามารถนำมาใช้งานได้

4.1.2 การทดสอบความถูกต้องในการควบคุมการทำงานรีเลย์ กรณีที่ 2

เป็นเหตุการณ์ที่ไม่ปกติ ซึ่งได้สมมุติให้บัตรคีย์การ์ด B ซึ่งเป็นบัตรคีย์การ์ดรองหายไป ดังนั้นก็หมายความว่าจะเหลือบัตรคีย์การ์ดที่ใช้งานได้แค่บัตรคีย์การ์ด A ซึ่งเป็นบัตรคีย์การ์ดหลักเพียง 1 ใบ ถ้าต้องการอยากได้บัตรคีย์การ์ดรองเพิ่มอีก 1 ใบจะต้องหาบัตรคีย์การ์ดใหม่มาทำการบันทึกให้เป็นบัตรคีย์การ์ดรองของเครื่องนี้ โดยสมมุติให้บัตรคีย์การ์ด C เป็นบัตรคีย์การ์ดใหม่ที่นำมาทำการบันทึกเป็นบัตรคีย์การ์ดรองแทนบัตรคีย์การ์ด B ซึ่งเมื่อทำการบันทึกบัตรคีย์การ์ด C เป็นบัตรคีย์การ์ดรองแล้ว บัตรคีย์การ์ด B จะใช้งานกับเครื่องนี้ไม่ได้อีกต่อไป

จากรูปที่ 4.2 บัตรคีย์การ์ด A เป็นบัตรคีย์การ์ดหลัก , บัตรคีย์การ์ด B ซึ่งเป็นบัตรคีย์การ์ดที่หาย และบัตรคีย์การ์ด C เป็นบัตรคีย์การ์ดที่ทำการบันทึกเป็นบัตรคีย์การ์ดรองใบใหม่แทนบัตรคีย์การ์ด B ที่หายไป แล้วสังเกตการทำงานหลอดไฟฟ้าและสถานะของหลอด LED OPEN



(ก) (ข)

(ค)

รูปที่ 4.2 การทดสอบของแต่ละบัตรกรณีที่ 2 (ก) บัตรคีย์การ์ด A เป็นบัตรหลัก (ข) บัตรคีย์การ์ด B เป็นบัตรที่ไม่ได้ทำการบันทึก (ค) บัตรคีย์การ์ด C เป็นบัตรรอง

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบกรณีที่ 2

การทดสอบ	หลอดไฟ LED แสดงสถานะ OPEN		สถานะแสดงผลหลอดไฟฟ้า	
	ก่อนบัตรคีย์การ์ด B หาย	หลังบัตรคีย์การ์ด B หาย	ก่อนบัตรคีย์การ์ด B หาย	หลังบัตรคีย์การ์ด B หาย
ทาบบัตรคีย์การ์ด A	ติด	ติด	ติด	ติด
ทาบบัตรคีย์การ์ด B	ติด	ดับ	ติด	ดับ
ทาบบัตรคีย์การ์ด C	ดับ	ติด	ดับ	ติด

จากรูปที่ 4.2 และตารางที่ 4.2 อธิบายผลการทดสอบการทำงานของชุดจำลองก่อนและหลังที่บัตรคีย์การ์ด B หายโดยให้บัตรคีย์การ์ด A เป็นบัตรหลัก บัตรคีย์การ์ด B เป็นบัตรรอง และบัตรคีย์การ์ด C เป็นบัตรที่ไม่ได้บันทึก ซึ่งผลการทดสอบก่อนที่บัตรคีย์การ์ด B หายได้ผลทดสอบดังนี้ บัตรคีย์การ์ด A เป็นบัตรหลัก เมื่อนำบัตรคีย์การ์ด A ลงบนคีย์การ์ดสแกนไฟแสดงผล LED OPEN และหลอดไฟฟ้าจะแสดงสถานะติด บัตรคีย์การ์ด B เป็นบัตรรอง เมื่อทาบบัตรคีย์การ์ด B ลงบนคีย์การ์ดสแกนไฟแสดงผล LED OPEN และหลอดไฟฟ้าจะแสดงสถานะติดสว่าง และบัตรคีย์การ์ด C เป็นบัตรที่ไม่ได้บันทึก เมื่อทาบบัตรคีย์การ์ด C ลงบนคีย์การ์ดสแกนหลอดไฟแสดงผล LED OPEN และหลอดไฟฟ้าจะแสดงสถานะดับ และผลการทดสอบหลังที่บัตรคีย์การ์ด B หายโดยได้บันทึกบัตรคีย์การ์ด C เป็นคีย์การ์ดรองแทนบัตรคีย์การ์ด B ซึ่งได้ผลทดสอบดังนี้ เมื่อทาบบัตรคีย์การ์ด A ลงบนคีย์การ์ดสแกนไฟแสดงผล LED OPEN และหลอดไฟฟ้าจะแสดงสถานะติด เมื่อทาบบัตรคีย์การ์ด B ลงบนคีย์การ์ดสแกนไฟแสดงผล LED OPEN และหลอดไฟฟ้าจะแสดงสถานะดับ และเมื่อทาบบัตรคีย์การ์ด C ลงบนคีย์การ์ดสแกนหลอดไฟแสดงผล LED OPEN และหลอดไฟฟ้าจะแสดงสถานะติดสว่าง

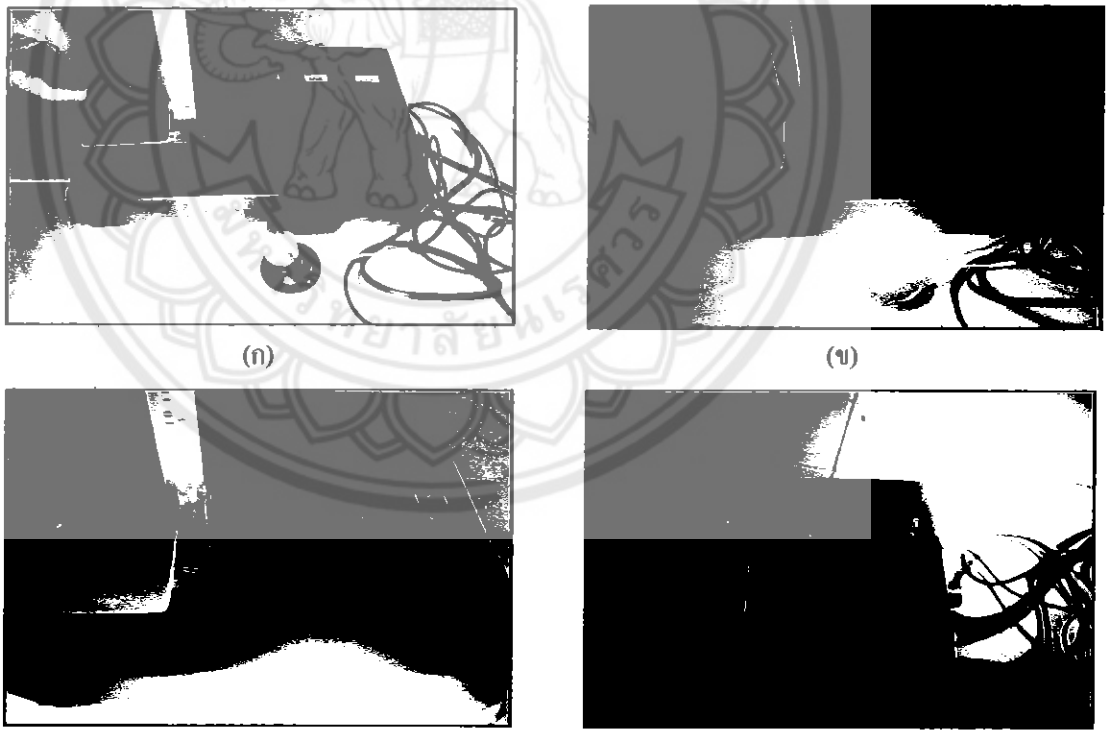
จากการทดสอบกรณีที่ 2 จะเห็นได้ว่าสถานะของไฟ LED ที่จะแสดงสถานะติดหรือสถานะดับนั้นขึ้นอยู่กับการทาบบัตรคีย์การ์ดที่เป็นบัตรหลักหรือบัตรรองเท่านั้นที่จะสามารถทำให้หลอดไฟแสดงผล LED OPEN และหลอดไฟฟ้าจะแสดงสถานะติด ถ้าหากทาบบัตรคีย์การ์ดที่ไม่ได้บันทึกหลอดไฟแสดงผล LED OPEN และหลอดไฟฟ้าจะแสดงสถานะดับซึ่งกล่าวได้ว่าบัตร

ที่ไม่ได้บันทึกข้อมูลนั้นไม่สามารถนำมาใช้งานได้และเมื่อทำการบันทึกบัตรคีย์การ์ด C เป็นบัตรคีย์การ์ดรองแล้วบัตรคีย์การ์ด B จะใช้งานกับเครื่องนี้ไม่ได้อีกต่อไปเพราะชุดจำลองนี้สามารถจำบัตรคีย์การ์ดได้เพียงสองบัตรเท่านั้น

จากผลการทดสอบความถูกต้องในการควบคุมการทำงานของรีเลย์จากบัตรที่ทำการบันทึก และบัตรที่ไม่ได้ทำการบันทึกจะเห็นได้ว่าผลการทดสอบดังกล่าวมีความถูกต้อง 100 %

4.2 ระยะที่บัตรคีย์การ์ดเข้าใกล้คีย์การ์ดสแกนแล้วทำให้หลอดไฟฟ้าติดสว่าง (หลอดไฟฟ้าแทนการทำงานรีเลย์)

แสดงการทดสอบระยะห่างที่เครื่องจำลองนี้ทำงานเมื่อมีบัตรคีย์การ์ดเข้าใกล้คีย์การ์ดสแกน โดยคีย์การ์ด A เป็นบัตรหลัก , คีย์การ์ด B เป็นบัตรรอง และคีย์การ์ด C เป็นบัตรที่ไม่ได้บันทึก แล้วสังเกตการทำงานของหลอดไฟฟ้าและสถานะของหลอด LED OPEN และหลอดไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 4.3



(ก) (ข) (ค) (ง)

รูปที่ 4.3 รูปแสดงการทดสอบระยะห่างที่เครื่องจำลองทำงานที่ระยะบัตรคีย์การ์ด A เข้าใกล้คีย์การ์ดสแกน ที่ระยะ (ก) 3 cm (ข) 2 cm (ค) 1 cm (ง) 0 cm

ตารางที่ 4.4 การทดสอบระยะการทำงานของบัตรคีย์การ์ดเมื่อเข้าใกล้คีย์การ์ดสแกน

ระยะทดสอบการทำงานของคีย์การ์ดสแกน(cm)	สถานะการทำงานของหลอด LED OPEN และหลอดไฟฟ้า	ระยะทดสอบการทำงานของคีย์การ์ดสแกน(cm)	สถานะการทำงานของหลอด LED OPEN และหลอดไฟฟ้า
3	ดับ	1.4	ติด
2.9	ดับ	1.3	ติด
2.8	ดับ	1.2	ติด
2.7	ดับ	1.1	ติด
2.6	ดับ	1.0	ติด
2.5	ติด	0.9	ติด
2.4	ติด	0.8	ติด
2.3	ติด	0.7	ติด
2.2	ติด	0.6	ติด
2.1	ติด	0.5	ติด
2.0	ติด	0.4	ติด
1.9	ติด	0.3	ติด
1.8	ติด	0.2	ติด
1.7	ติด	0.1	ติด
1.6	ติด	0	ติด
1.5	ติด		

จากรูปที่ 4.3 และตารางที่ 4.4 แสดงการทดลองระยะที่บัตรคีย์การ์ดเข้าใกล้คีย์การ์ดสแกนแล้วทำให้รีเลย์ทำงาน จะเห็นได้ว่าผลในการทดสอบจะได้ระยะที่เครื่องสามารถสแกนได้จะอยู่ในระยะที่ 0 cm ถึงระยะ 2.5 cm

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการที่ได้ศึกษา ออกแบบ ทดสอบ ทำให้รู้ถึงศักยภาพของชุดจำลอง และขอบเขตของการใช้งานของชุดจำลองนี้ และในบทนี้เป็นการสรุปผลที่ได้จากการทดลองโครงงาน พร้อมข้อเสนอแนะแนวทางในการดำเนินโครงงานนี้ไปพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

5.1 สรุปผลการทดสอบการทำงานของชุดจำลอง

การทดสอบการทำงานของชุดจำลองเครื่องควบคุมการทำงานของรีเลย์ด้วยระบบ RFID นี้ได้ทำการทดสอบอยู่ 2 กรณีคือ 1. การทดสอบความถูกต้องในการควบคุมหารทำงานของรีเลย์จากบัตรที่ทำการบันทึกกับบัตรที่ไม่ได้ทำการบันทึก 2. ระยะที่บัตรคีย์การ์ดเข้าใกล้คีย์การ์ดสแกนแล้วทำให้รีเลย์ทำงาน ซึ่งในการทดสอบนี้เราให้เครื่องสามารถจดจำบัตรคีย์การ์ดได้ 2 บัตร คือ บัตรหลัก และบัตรรอง โดยผลที่ได้จากการทดสอบความถูกต้องในการควบคุมการทำงานของรีเลย์ด้วยบัตรคีการ์ดที่ทำการบันทึกกับบัตรคีย์การ์ดที่ไม่ได้ทำการบันทึก จะเห็นได้ว่าผลการทดสอบดังกล่าวมีความถูกต้อง 100 % และผลที่ได้จากการทดลองระยะที่บัตรคีย์การ์ด เข้าใกล้คีย์การ์ดสแกนแล้วทำให้รีเลย์ทำงาน จะเห็นได้ว่าผลในการทดสอบจะได้ระยะที่เครื่องสามารถสแกนได้จะอยู่ในระยะที่บัตรทาบบนคีย์การ์ดสแกนถึงระยะ 2.5 cm การทดสอบทั้ง 2 กรณีทำให้รู้ถึงศักยภาพของชุดจำลอง และขอบเขตของการใช้งานของชุดจำลองนี้และแสดงให้เห็นว่าชุดทดลองนี้สามารถนำไปใช้งานได้จริงโดยเหมาะสมสำหรับการใช้ควบคุมการเปิด/ปิดกลอนประตูไฟฟ้าที่บ้าน หรือสำนักงานต่างๆและสามารถนำไปเป็นต้นแบบเพื่อไปต่อยอดและพัฒนาให้เป็นระบบที่ใหญ่ขึ้นได้

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

โครงงานนี้เป็นโครงงานที่ศึกษาเกี่ยวกับระบบควบคุม RFID ที่นำมาประยุกต์ใช้เกี่ยวกับระบบการเปิด/ปิดประตูอัตโนมัติ ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้จริง ช่วยเพิ่มความปลอดภัย และสามารถนำไปพัฒนาเพื่อให้มีลักษณะการใช้งานที่ครบถ้วนมากขึ้นได้ ดังข้อเสนอแนะต่อไปนี้

1. สามารถนำไปพัฒนาให้ทำงานเป็นระบบเปิด/ปิดกลอนประตูไฟฟ้าของสำนักงาน หอพัก หรือโรงแรมให้สามารถบันทึกข้อมูลผู้พักอาศัยแต่ละห้องหรือแม้กระทั่งควบคุมการเข้า/ออกเฉพาะผู้อาศัยเท่านั้น

2. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี RFID ในอุตสาหกรรมรถยนต์ คือ การติดตามส่วนประกอบรถยนต์ ก็จะประกอบไปด้วย การบริหารสินค้าคงคลัง การประกอบรถยนต์ การป้องกันการขโมย การยืนยันความถูกต้องของตัวสินค้าว่าเป็นของแท้ไม่ได้มีการทำลอกเลียนแบบ การบำรุงรักษา และการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) อีกด้านหนึ่งในส่วนของการประยุกต์ใช้กับตัวรถยนต์ ก็จะให้ความสำคัญในเรื่อง การแสดงตัวของรถยนต์แต่ละคัน การอนุญาตการเข้า/ออก (การฝัง RFID ไว้กับกุญแจหรือคีย์การ์ดสำหรับเปิดประตูรถ) และการติดตามวัดแรงดันของยางรถยนต์เป็นต้น

3. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี RFID ในห้องสมุดคือ ห้องสมุดแต่ละแห่งพัฒนาฐานข้อมูลเพื่อจัดเก็บรายละเอียดทางบรรณานุกรมและสถานภาพของทรัพยากรสารสนเทศ เพื่อใช้ในการตรวจสอบข้อมูลเกี่ยวกับยืมคืนทรัพยากรสารสนเทศแต่ละรายการของห้องสมุด

4. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี RFID ในการแพทย์ ในเทคโนโลยีฝังชิ้นส่วนของไมโครชิพขนาดเล็กใช้ฉีดเข้าไปฝังตัวใต้ผิวหนังของผู้ป่วยเพื่อช่วยเก็บข้อมูลในทางการแพทย์ อาทิเช่น ข้อมูลกรุ๊ปเลือด ข้อมูลการเกิดภูมิแพ้ ข้อมูลลักษณะเฉพาะของผู้ป่วยแต่ละบุคคลเพื่อให้แพทย์ช่วยรักษาและวินิจฉัยให้ตรงกับโรคมากที่สุดอีกทั้งยังใช้เป็นรหัสส่วนบุคคลของผู้ป่วย

5. นำไปพัฒนาให้สามารถกดรหัสตัวเลขก่อนหรือการ์ดใช้บัตรคีย์การ์ดเปิด/ปิดกลอนประตูไฟฟ้าเพื่อเพิ่มความปลอดภัยเป็น 2 ระดับ

6. สามารถนำไปพัฒนาให้กลอนประตูไฟฟ้าล็อคเองเวลาที่เปิด/ปิดประตูโดยอัตโนมัติ

เอกสารอ้างอิง

[1] Adisak Chinawong . **AVR Microcontroller**. [Online]: http://www.adisak51.com /avr2.html . สืบค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2557.

[2] **การประยุกต์ระบบ RFID** . [Online]: http://www.ecti-thailand.org/Emagazine /views/60 . สืบค้นเมื่อ 29 ธันวาคม 2557.

[3] ขวัญชนก วิรยิกุลโอภาศ . **การทำงานของระบบ RFID** . [Online]: http://www.thaieei .com/embedded/pdf/RFID/40024.pdf . สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2557.

[4] **ระบบควบคุมการเข้าออกสถานที่** .[Online]:http://www.vecthai.com/main/?p=399. สืบค้นเมื่อ 29 ธันวาคม 2557.

[5] วชิรากร หนทูองและคณะ . **RFID เทคโนโลยีสารพัดประโยชน์** . [Online]: http://www.geocities.ws/kitalo17/Papers/RFID.pdf . สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2557.

[6] **ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega 8** .[Online]: http://www.semi-shop.com/ knowledge/knowledge_detail.php?sk_id=86 . สืบค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2557.

[7] **องค์ประกอบของระบบ RFID** . [Online]: http://www.rfidbasic.com/ index.php?option=com_content&view=article&id=18:-rfid&catid=2:technology& Itemid=52 . สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2557.

ภาคผนวก ก

รายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega 8

Features

- High-performance, Low-power Atmel® AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 130 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 16MIPS Throughput at 16MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
  - 8Kbytes of In-System Self-programmable Flash program memory
  - 512Bytes EEPROM
  - 1Kbyte Internal SRAM
  - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
  - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C(1)
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    In-System Programming by On-chip Boot Program
    True Read-While-Write Operation
  - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler, one Compare Mode
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Three PWM Channels
  - 8-channel ADC in TQFP and QFN/MLF package
    Eight Channels 10-bit Accuracy
  - 6-channel ADC in PDIP package
    Six Channels 10-bit Accuracy
  - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
  - Programmable Serial USART
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated RC Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Five Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, and Standby
- I/O and Packages
  - 23 Programmable I/O Lines
  - 28-lead PDIP, 32-lead TQFP, and 32-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
  - 2.7V - 5.5V (ATmega8L)
  - 4.5V - 5.5V (ATmega8)
- Speed Grades
  - 0 - 8MHz (ATmega8L)
  - 0 - 16MHz (ATmega8)
- Power Consumption at 4Mhz, 3V, 25°C
  - Active: 3.6mA
  - Idle Mode: 1.0mA

Atmel

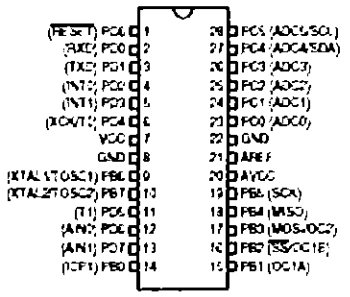
8-bit Atmel with 8KBytes In-System Programmable Flash

ATmega8
ATmega8L

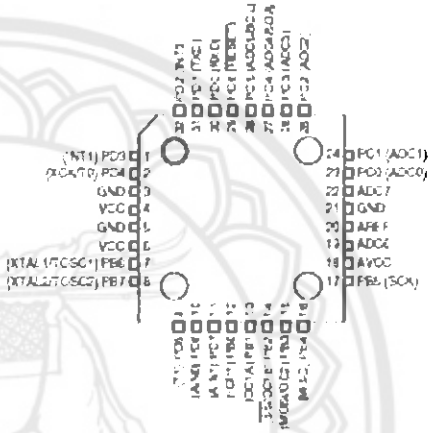
Summary

Pin Configurations

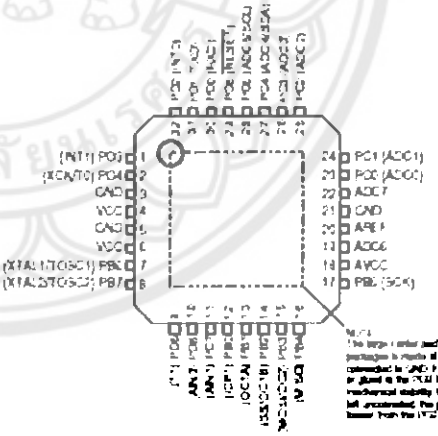
PDIP



TQFP Top View



MLF Top View

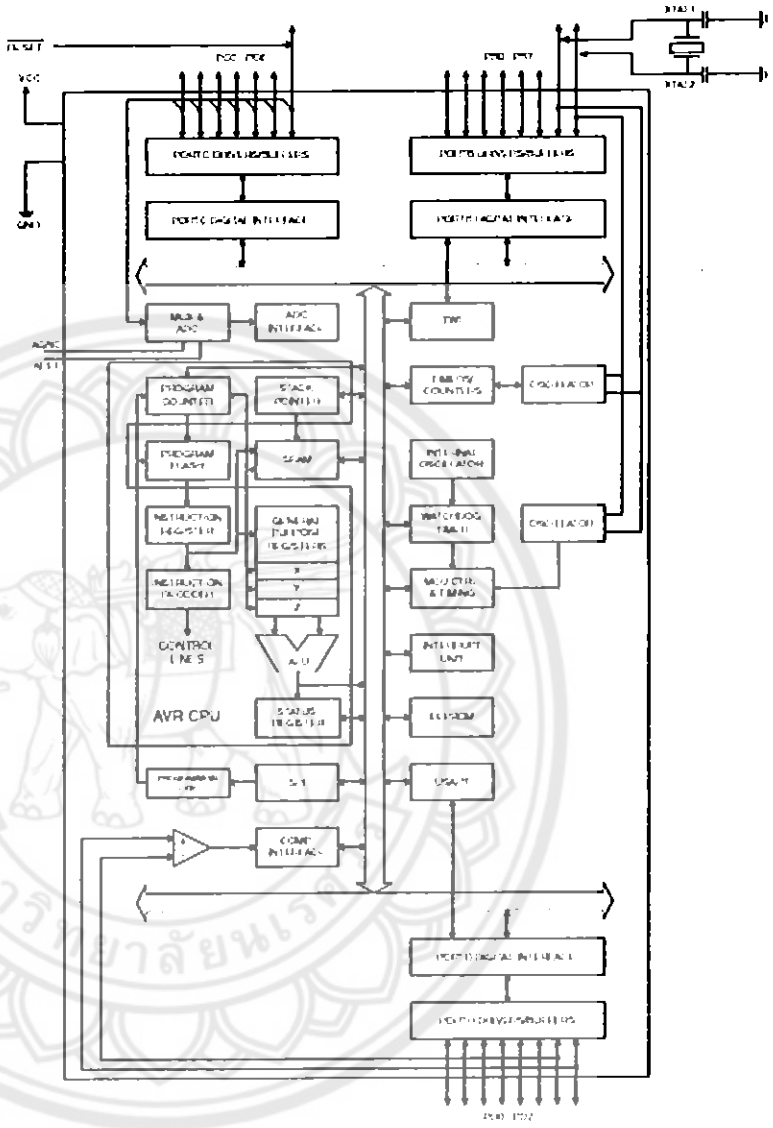


Overview

The Atmel® AVR® ATmega8 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega8 achieves throughputs approaching 1MIPS per MHz, allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

Block Diagram

Figure 1. Block Diagram



The Atmel® AVR® core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega8 provides the following features: 8 Kbytes of In-System Programmable Flash with Read-While-Write capabilities, 512 bytes of EEPROM, 1 Kbyte of SRAM, 23 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, three flexible Timer/Counters with compare modes, internal and external interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented Two-wire Serial Interface, a 6-channel ADC (eight channels in TQFP and QFN/MLF packages) with 10-bit accuracy, a programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, and five software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next Interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the asynchronous timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except asynchronous timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption.

The device is manufactured using Atmel's high density non-volatile memory technology. The Flash Program memory can be reprogrammed In-System through an SPI serial interface, by a conventional non-volatile memory programmer, or by an On-chip boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash Section will continue to run while the Application Flash Section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega8 is a powerful microcontroller that provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The ATmega8 is supported with a full suite of program and system development tools, including C compilers, macro assemblers, program simulators, and evaluation kits.

Disclaimer

Typical values contained in this datasheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Minimum and Maximum values will be available after the device is characterized.

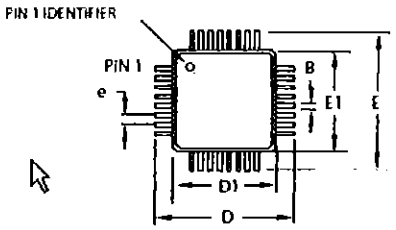
Pin Descriptions

VCC	Digital supply voltage.
GND	Ground.
Port B (PB7..PB0) XTAL1/XTAL2/TOSC1/ TOSC2	Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. Depending on the clock selection fuse settings, PB6 can be used as input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit. Depending on the clock selection fuse settings, PB7 can be used as output from the inverting Oscillator amplifier. If the Internal Calibrated RC Oscillator is used as chip clock source, PB7..6 is used as TOSC2..1 input for the Asynchronous Timer/Counter2 if the AS2 bit in ASSR is set. The various special features of Port B are elaborated in "Alternate Functions of Port B" on page 58 and "System Clock and Clock Options" on page 25.
Port C (PC5..PC0)	Port C is an 7-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.
PC6/RESET	If the RSTDISBL Fuse is programmed, PC6 is used as an I/O pin. Note that the electrical characteristics of PC6 differ from those of the other pins of Port C. If the RSTDISBL Fuse is unprogrammed, PC6 is used as a Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a Reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 38. Shorter pulses are not guaranteed to generate a Reset. The various special features of Port C are elaborated on page 61.
Port D (PD7..PD0)	Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. Port D also serves the functions of various special features of the ATmega8 as listed on page 63.
RESET	Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 38. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.

Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply (V)	Ordering Code[2]	Package[1]	Operation Range
8	2.7 - 5.5	ATmega8L-8AU ATmega8L-8AUR[3] ATmega8L-8PU ATmega8L-8MU ATmega8L-8MUR[3]	32A 32A 28P3 32M1-A 32M1-A	Industrial (-40°C to 85°C)
16	4.5 - 5.5	ATmega8-16AU ATmega8-16AUR[3] ATmega8-16PU ATmega8-16MU ATmega8-16MUR[3]	32A 32A 28P3 32M1-A 32M1-A	
8	2.7 - 5.5	ATmega8L-8AN ATmega8L-8ANR[3] ATmega8L-8PN ATmega8L-8MN ATmega8L-8MUR[3]	32A 32A 28P3 32M1-A 32M1-A	Industrial (-40°C to 105°C)
16	4.5 - 5.5	ATmega8-16AN ATmega8-16ANR[3] ATmega8-16PN ATmega8-16MN ATmega8-16MUR[3]	32A 32A 28P3 32M1-A 32M1-A	

Notes:
1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities
2. Pb-free packaging complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive). Also Halide free and fully Green
3. Tape & Reel
4. See characterization specification at 105°C



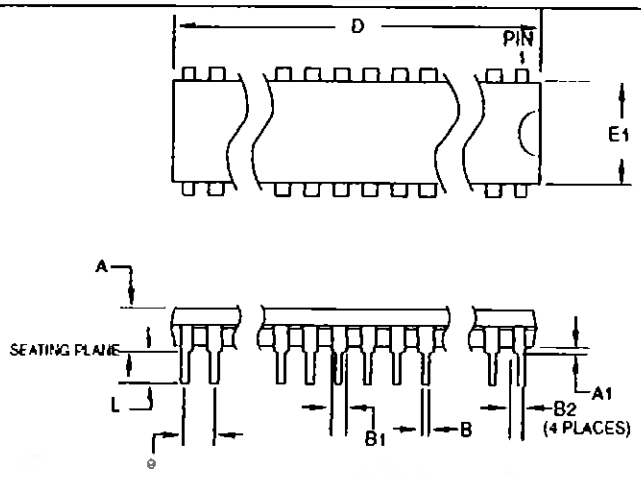
COMMON DIMENSIONS
(Unit of measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	–	–	1.20	
A1	0.05	–	0.15	
A2	0.95	1.00	1.05	
D	8.75	9.00	9.25	
D1	6.90	7.00	7.10	Note 2
E	8.75	9.00	9.25	
E1	6.90	7.00	7.10	Note 2
B	0.30	–	0.45	
C	0.09	–	0.20	
L	0.45	–	0.75	
e		0.80 TYP		

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

2010-10-20

Atmel	TITLE	DRAWING NO.	REV.
	32A, 32-lead, 7 x 7mm body size, 1.0mm body thickness, 0.8mm lead pitch, thin profile plastic quad flat package (TQFP)	32A	C



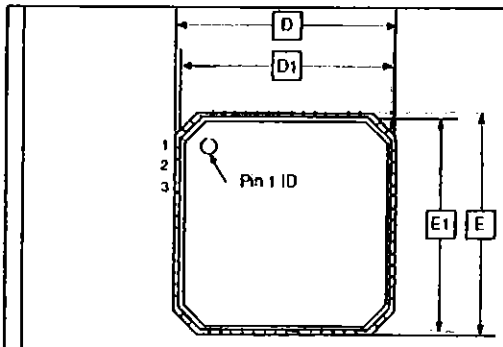
COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

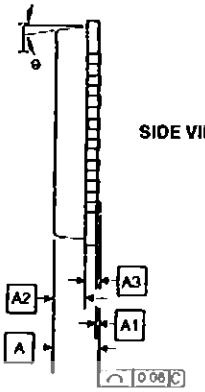
SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	–	–	4.5724	
A1	0.508	–	–	
D	34.544	–	34.798	Note 1
E	7.620	–	8.255	
E1	7.112	–	7.493	Note 1
B	0.381	–	0.533	
B1	1.143	–	1.397	
B2	0.762	–	1.143	
L	3.175	–	3.429	
C	0.203	–	0.356	
eB	–	–	10.160	
e		2.540 TYP		

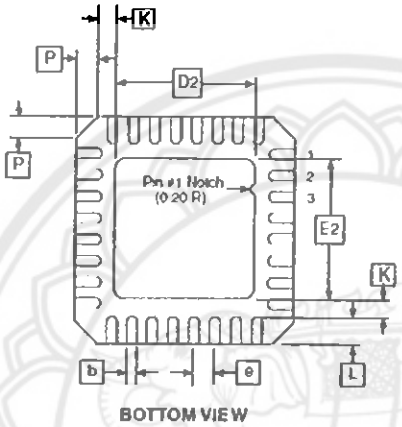
Note: 1. Dimensions D and E1 do not include mold Flash or Protrusion. Mold Flash or Protrusion shall not exceed 0.25mm (0.010").

09/28/01

	TITLE	DRAWING NO.	REV.
2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	28P3, 28-lead (0.300"/7.62mm Wide) Plastic Dual Inline Package (PDIP)	28P3	B







COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	0.80	0.90	1.00	
A1	–	0.02	0.05	
A2	–	0.65	1.00	
A3		0.20 REF		
b	0.18	0.23	0.30	
D	4.90	5.00	5.10	
D1	4.70	4.75	4.80	
D2	2.95	3.10	3.25	
E	4.90	5.00	5.10	
E1	4.70	4.75	4.80	
E2	2.95	3.10	3.25	
e		0.50 BSC		
L	0.30	0.40	0.50	
P	–	–	0.60	
θ	–	–	12°	
K	0.20	–	–	

Note: JEDEC Standard MO-220, Fig. 2 (Anvil Singulation), VHHD-2.

5/25/06

2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131

TITLE
32M1-A, 32-pad, 5 x 5 x 1.0mm Body, Lead Pitch 0.50mm,
3.10mm Exposed Pad, Micro Lead Frame Package (MLF)

DRAWING NO. 32M1-A

REV. E

Errata

The revision letter in this section refers to the revision of the ATmega8 device.

ATmega8
Rev. D to I, M

- First Analog Comparator conversion may be delayed
- Interrupts may be lost when writing the timer registers in the asynchronous timer
- Signature may be Erased in Serial Programming Mode
- CKOPT Does not Enable Internal Capacitors on XTALn/TOSCn Pins when 32KHz Oscillator is Used to Clock the Asynchronous Timer/Counter2
- Reading EEPROM by using ST or STS to set EERE bit triggers unexpected interrupt request

1. **First Analog Comparator conversion may be delayed**

   If the device is powered by a slow rising V_{CC}, the first Analog Comparator conversion will take longer than expected on some devices.

   Problem Fix / Workaround

   When the device has been powered or reset, disable then enable theAnalog Comparator before the first conversion.

2. **Interrupts may be lost when writing the timer registers in the asynchronous timer**

   The interrupt will be lost if a timer register that is synchronized to the asynchronous timer clock is written when the asynchronous Timer/Counter register(TCNTx) is 0x00.

   Problem Fix / Workaround

   Always check that the asynchronous Timer/Counter register neither have the value 0xFF nor 0x00 before writing to the asynchronous Timer Control Register(TCCRx), asynchronous Timer Counter Register(TCNTx), or asynchronous Output Compare Register(OCRx).

3. **Signature may be Erased in Serial Programming Mode**

   If the signature bytes are read before a chiperase command is completed, the signature may be erased causing the device ID and calibration bytes to disappear. This is critical, especially, if the part is running on internal RC oscillator.

   Problem Fix / Workaround:

   Ensure that the chiperase command has exceeded before applying the next command.

4. **CKOPT Does not Enable Internal Capacitors on XTALn/TOSCn Pins when 32KHz Oscillator is Used to Clock the Asynchronous Timer/Counter2**

   When the internal RC Oscillator is used as the main clock source, it is possible to run the Timer/Counter2 asynchronously by connecting a 32KHz Oscillator between XTAL1/TOSC1 and XTAL2/TOSC2. But when the internal RC Oscillator is selected as the main clock source, the CKOPT Fuse does not control the internal capacitors on XTAL1/TOSC1 and XTAL2/TOSC2. As long as there are no capacitors connected to XTAL1/TOSC1 and XTAL2/TOSC2, safe operation of the Oscillator is not guaranteed.

   Problem Fix / Workaround

   Use external capacitors in the range of 20pF - 36pF on XTAL1/TOSC1 and XTAL2/TOSC2. This will be fixed in ATmega8 Rev. G where the CKOPT Fuse will control internal capacitors also when internal RC Oscillator is selected as main clock source. For ATmega8 Rev. G, CKOPT = 0 (programmed) will enable the internal capacitors on XTAL1 and XTAL2. Customers who want compatibility between Rev. G and older revisions, must ensure that CKOPT is unprogrammed (CKOPT = 1).

5. **Reading EEPROM by using ST or STS to set EERE bit triggers unexpected interrupt request.**

   Reading EEPROM by using the ST or STS command to set the EERE bit in the EECR register triggers an unexpected EEPROM interrupt request.

   Problem Fix / Workaround

   Always use OUT or SBI to set EERE in EECR.

ภาคผนวก ข

รายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ ATtiny 2313

Features

- Utilizes the AVR® RISC Architecture
- AVR – High-performance and Low-power RISC Architecture
  - 120 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 20 MIPS Throughput at 20 MHz
- Data and Non-volatile Program and Data Memories
  - 2K Bytes of In-System Self Programmable Flash
    Endurance 10,000 Write/Erase Cycles
  - 128 Bytes In-System Programmable EEPROM
    Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
  - 128 Bytes Internal SRAM
  - Programming Lock for Flash Program and EEPROM Data Security
- Peripheral Features
  - One 8-bit Timer/Counter with Separate Prescaler and Compare Mode
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare and Capture Modes
  - Four PWM Channels
  - On-chip Analog Comparator
  - Programmable Watchdog Timer with On-chip Oscillator
  - USI – Universal Serial Interface
  - Full Duplex USART
- Special Microcontroller Features
  - debugWIRE On-chip Debugging
  - In-System Programmable via SPI Port
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Low-power Idle, Power-down, and Standby Modes
  - Enhanced Power-on Reset Circuit
  - Programmable Brown-out Detection Circuit
  - Internal Calibrated Oscillator
- I/O and Packages
  - 18 Programmable I/O Lines
  - 20-pin PDIP, 20-pin SOIC, 20-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
  - 1.8 – 5.5V (ATtiny2313V)
  - 2.7 – 5.5V (ATtiny2313)
- Speed Grades
  - ATtiny2313V: 0 – 4 MHz @ 1.8 - 5.5V, 0 – 10 MHz @ 2.7 – 5.5V
  - ATtiny2313: 0 – 10 MHz @ 2.7 - 5.5V, 0 – 20 MHz @ 4.5 – 5.5V
- Typical Power Consumption
  - Active Mode
    1 MHz, 1.8V: 230 µA
    32 kHz, 1.8V: 20 µA (including oscillator)
  - Power-down Mode
    < 0.1 µA at 1.8V

ATMEL®

8-bit AVR® Microcontroller with 2K Bytes In-System Programmable Flash

ATtiny2313/V

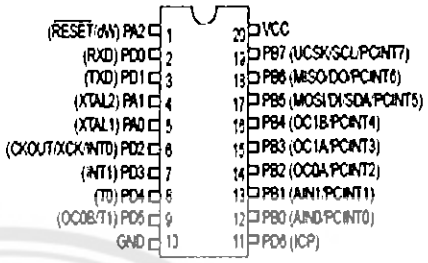
Preliminary

Summary

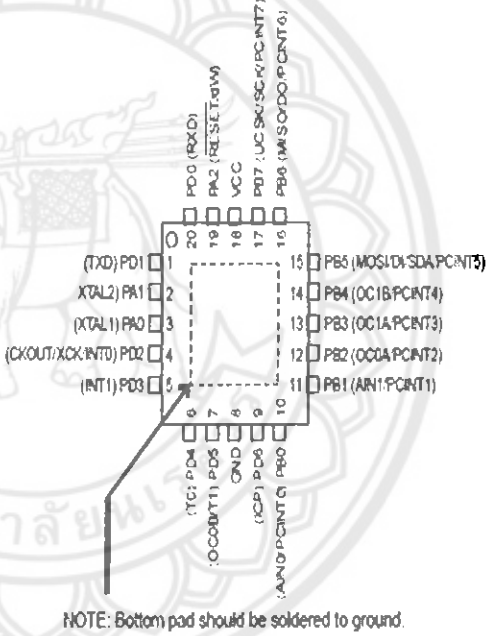
Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATtiny2313

PDIP/SOIC



MLF

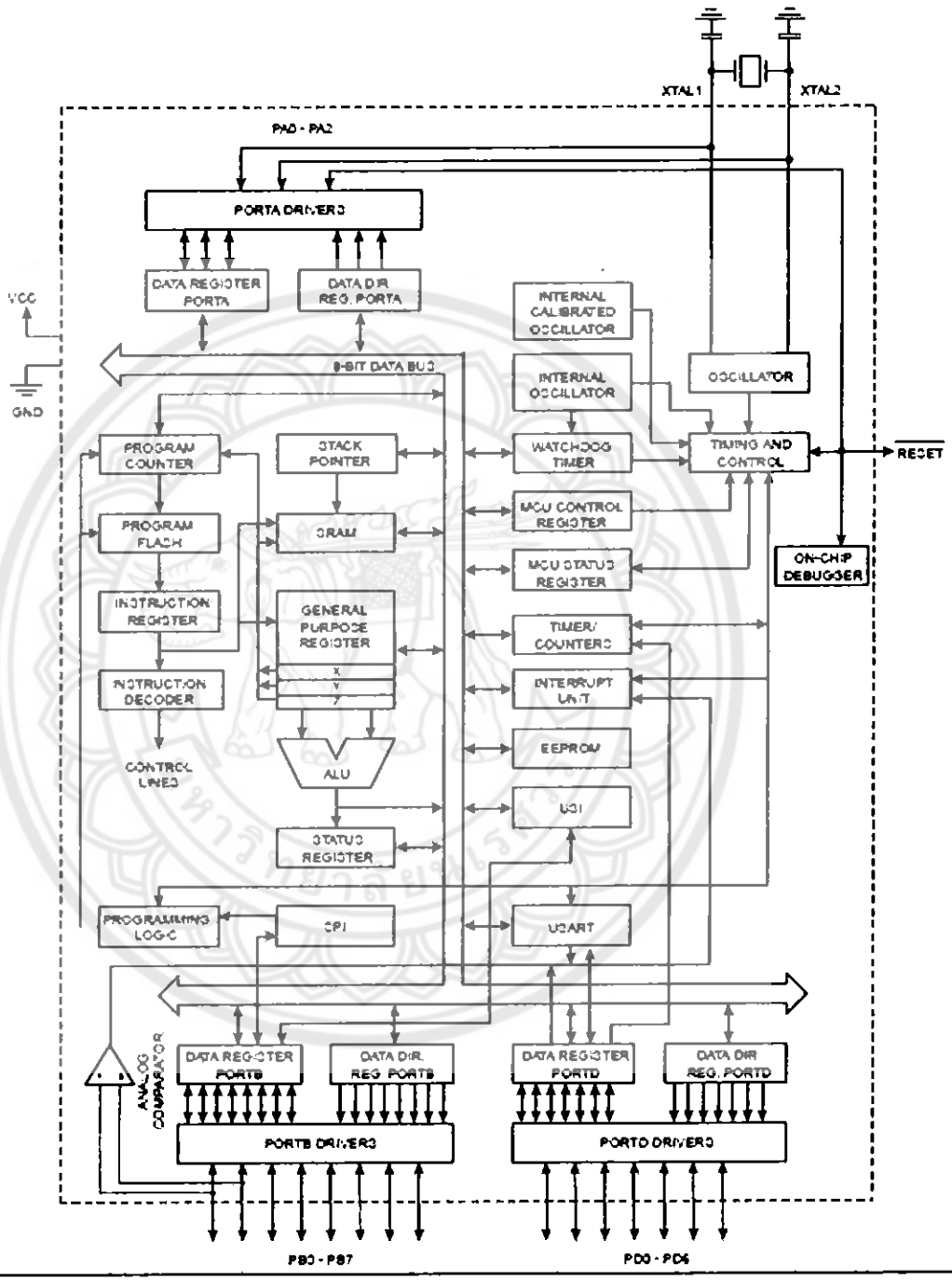


NOTE: Bottom pad should be soldered to ground.

Overview

The ATtiny2313 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATtiny2313 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

Figure 2. Block Diagram



The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATtiny2313 provides the following features: 2K bytes of In-System Programmable Flash, 128 bytes EEPROM, 128 bytes SRAM, 18 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, a single-wire Interface for On-chip Debugging, two flexible Timer/Counters with compare modes, internal and external interrupts, a serial programmable USART, Universal Serial Interface with Start Condition Detector, a programmable Watchdog Timer with internal Oscillator, and three software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the SRAM, Timer/Counters, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or hardware reset. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption.

The device is manufactured using Atmel's high density non-volatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed In-System through an SPI serial interface, or by a conventional non-volatile memory programmer. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATtiny2313 is a powerful microcontroller that provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The ATtiny2313 AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C Compilers, Macro Assemblers, Program Debugger/Simulators, In-Circuit Emulators, and Evaluation kits.

Pin Descriptions

V_{CC}	Digital supply voltage.
GND	Ground.
Port A (PA2..PA0)	Port A is a 3-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port A pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. Port A also serves the functions of various special features of the ATtiny2313 as listed on page 53.
Port B (PB7..PB0)	Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. Port B also serves the functions of various special features of the ATtiny2313 as listed on page 53.
Port D (PD6..PD0)	Port D is a 7-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. Port D also serves the functions of various special features of the ATtiny2313 as listed on page 56.
$\overline{\text{RESET}}$	Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 34. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset. The Reset Input is an alternate function for PA2 and dW.
XTAL1	Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit. XTAL1 is an alternate function for PA0.
XTAL2	Output from the inverting Oscillator amplifier. XTAL2 is an alternate function for PA1.

General Information

Resources

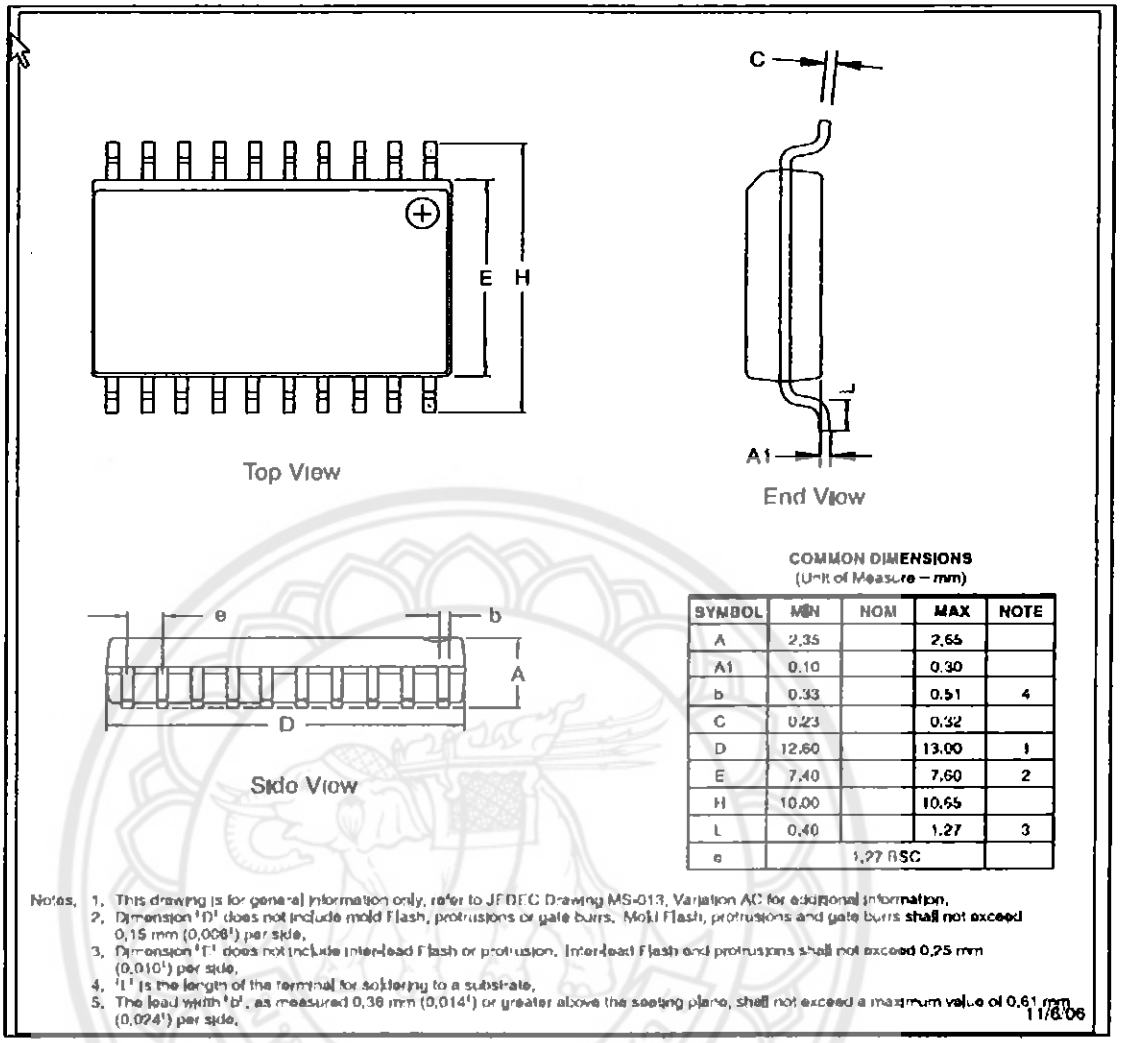
A comprehensive set of development tools, application notes and datasheets are available for downloadon http://www.atmel.com/avr.

Code Examples

This documentation contains simple code examples that briefly show how to use various parts of the device. These code examples assume that the part specific header file is included before compilation. Be aware that not all C compiler vendors include bit definitions in the header files and interrupt handling in C is compiler dependent. Please confirm with the C compiler documentation for more details.

Disclaimer

Typical values contained in this data sheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.

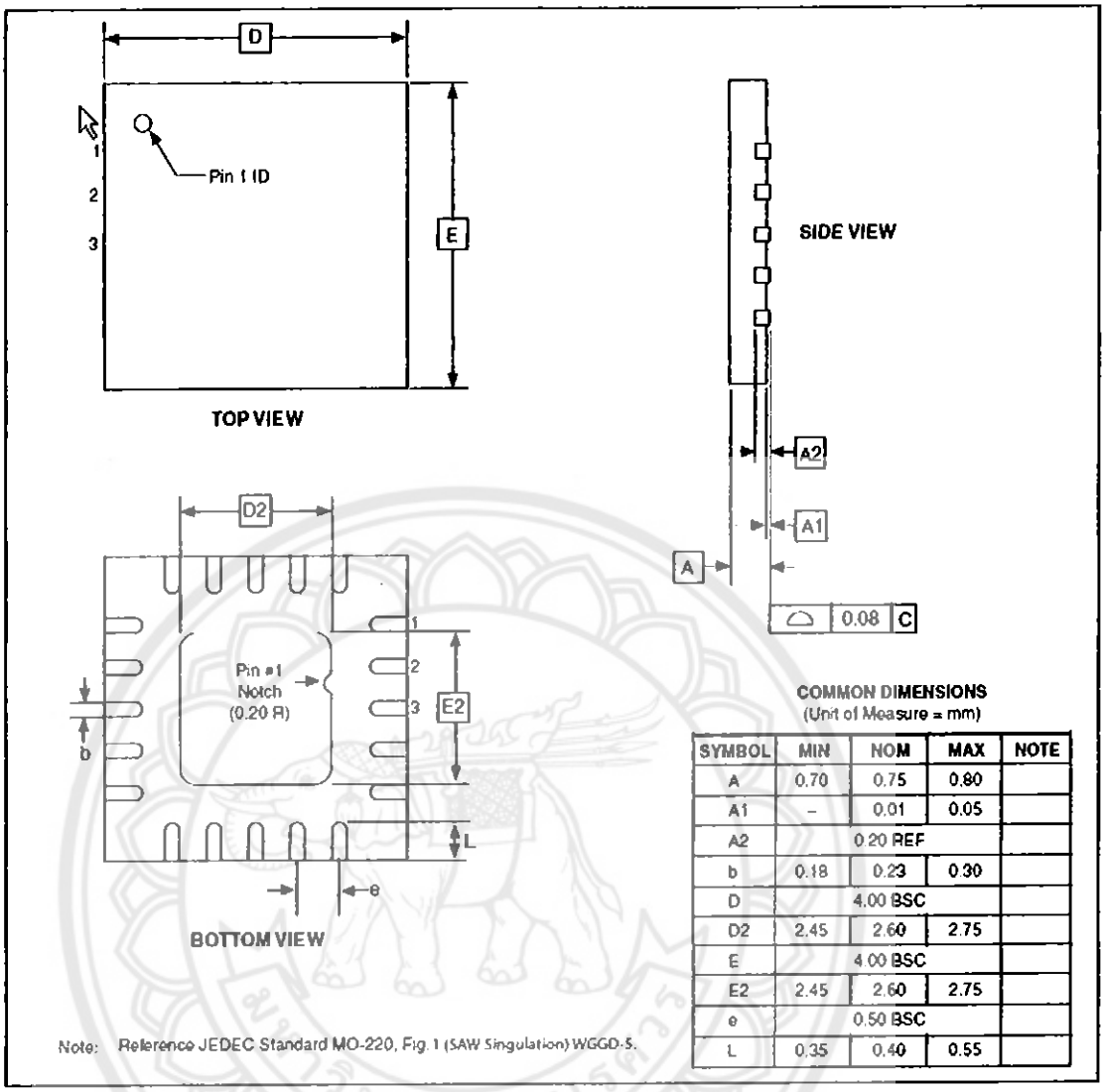


COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure – mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	2,35		2,65	
A1	0,10		0,30	
b	0,33		0,51	4
C	0,23		0,32	
D	12,60		13,00	1
E	7,40		7,60	2
H	10,00		10,65	
L	0,40		1,27	3
e		1,27 BSC		

Notes,
1. This drawing is for general information only, refer to JEDEC Drawing MS-013, Variation AC for additional information.
2. Dimension 'D' does not include mold Flash, protrusions or gate burrs. Mold Flash, protrusions and gate burrs **shall not exceed** 0,15 mm (0,006') per side.
3. Dimension 'E' does not include inter-lead Flash or protrusion. Inter-lead Flash and protrusions shall not exceed 0,25 mm (0,010') per side.
4. 'L' is the length of the terminal for soldering to a substrate.
5. The lead width 'b', as measured 0,36 mm (0,014') or greater above the seating plane, shall not exceed a maximum value of 0,61 mm (0,024') per side.

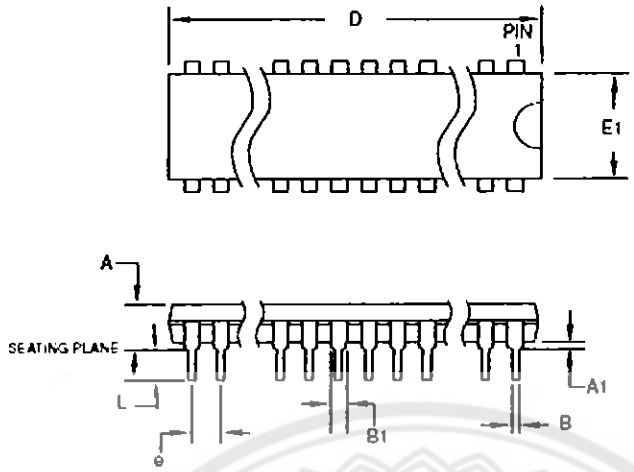
11/6/06



Note: Reference JEDEC Standard MO-220, Fig. 1 (SAW Singulation) WGGD-5.

COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	0.70	0.75	0.80	
A1	–	0.01	0.05	
A2		0.20 REF		
b	0.18	0.23	0.30	
D		4.00 BSC		
D2	2.45	2.60	2.75	
E		4.00 BSC		
E2	2.45	2.60	2.75	
e		0.50 BSC		
L	0.35	0.40	0.55	



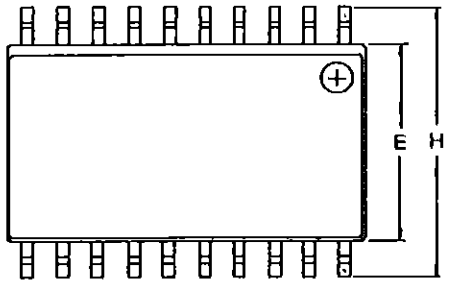
COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	–	–	5.334	
A1	0.381	–	–	
D	25.493	–	25.984	Note 2
E	7.620	–	8.255	
E1	6.096	–	7.112	Note 2
B	0.356	–	0.559	
B1	1.270	–	1.551	
L	2.921	–	3.810	
C	0.203	–	0.356	
eB	–	–	10.922	
eC	0.000	–	1.524	
e	2.540 TYP			

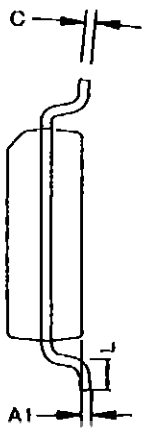
Notes:
1. This package conforms to JEDEC reference MS-001, Variation AD.
2. Dimensions D and E1 do not include mold Flash or Protrusion. Mold Flash or Protrusion shall not exceed 0.25 mm (0.010").

1/12/04

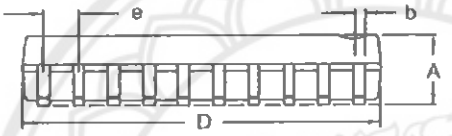
	TITLE	DRAWING NO.	REV.
2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	20P3, 20-lead (0.300"/7.62 mm Wide) Plastic Dual Inline Package (PDIP)	20P3	C



Top View



End View



Side View

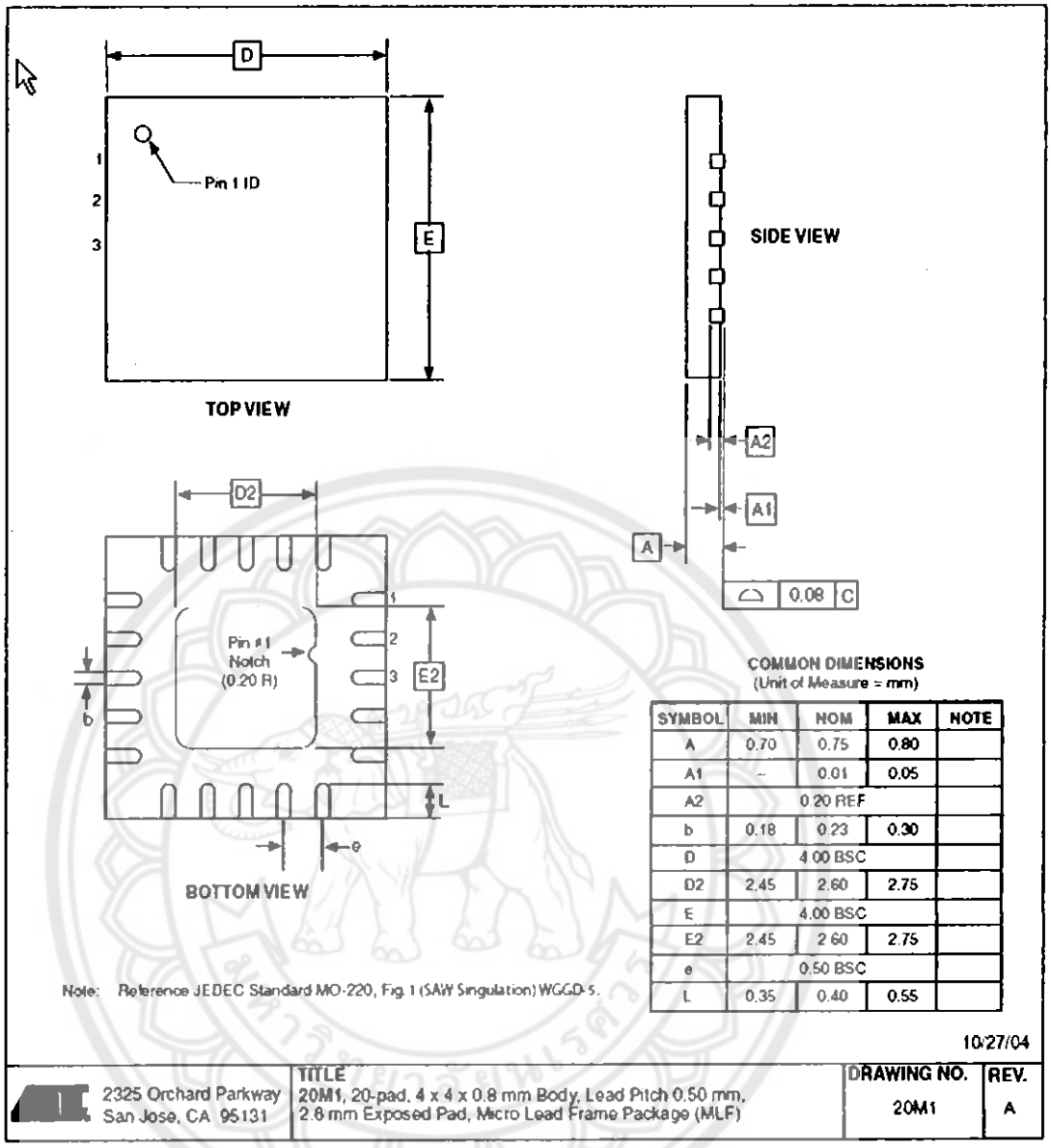
COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	2.35		2.65	
A1	0.10		0.30	
b	0.33		0.51	4
C	0.23		0.32	
D	12.60		13.00	1
E	7.40		7.60	2
H	10.00		10.65	
L	0.40		1.27	3
e		1.27 BSC		

Notes,
1. This drawing is for general information only, refer to JEDEC Drawing MS-013, Variation AC for additional information.
2. Dimension 'D' does not include mold Flash, protrusions or gate burrs. Mold Flash, protrusions and gate burrs shall not exceed 0,15 mm (0,006') per side.
3. Dimension 'E' does not include inter-lead Flash or protrusion. Inter-lead Flash and protrusions shall not exceed 0,25 mm (0,010') per side.
4. 'L' is the length of the terminal for soldering to a substrate.
5. The lead width 'b', as measured 0,36 mm (0,014') or greater above the seating plane, shall not exceed a maximum value of 0,61 mm (0,024') per side.

11/6/06

2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	TITLE 20S2, 20-lead, 0.300' Wide Body, Plastic Gull Wing Small Outline Package (SOIC)	DRAWING NO. 20S2	REV. B



Note: Reference JEDEC Standard MO-220, Fig. 1 (SAW Singulation) WGGD-5.

COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	0.70	0.75	0.80	
A1	–	0.01	0.05	
A2		0.20 REF		
b	0.18	0.23	0.30	
D		4.00 BSC		
D2	2.45	2.60	2.75	
E		4.00 BSC		
E2	2.45	2.60	2.75	
e		0.50 BSC		
L	0.35	0.40	0.55	

10/27/04

	TITLE	DRAWING NO.	REV.
2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	20M1, 20-pad, 4 x 4 x 0.8 mm Body, Lead Pitch 0.50 mm, 2.6 mm Exposed Pad, Micro Lead Frame Package (MLF)	20M1	A

Errata

The revision in this section refers to the revision of the ATtiny2313 device.

ATtiny2313 Rev C

No known errata

ATtiny2313 Rev B

- Wrong values read after Erase Only operation
- Parallel Programming does not work
- Watchdog Timer Interrupt disabled
- EEPROM can not be written below 1,9 volts

1. Wrong values read after Erase Only operation

   At supply voltages below 2.7 V, an EEPROM location that is erased by the Erase Only operation may read as programmed (0x00).

   Problem Fix/Workaround

   If it is necessary to read an EEPROM location after Erase Only, use an Atomic Write operation with 0xFF as data in order to erase a location. In any case, the Write Only operation can be used as intended. Thus no special considerations are needed as long as the erased location is not read before it is programmed.

2. Parallel Programming does not work

   Parallel Programming is not functioning correctly. Because of this, reprogramming of the device is impossible if one of the following modes are selected:

   - In-System Programming disabled (SPIEN unprogrammed)
   - Reset Disabled (RSTDISBL programmed)

   Problem Fix/Workaround

   Serial Programming is still working correctly. By avoiding the two modes above, the device can be reprogrammed serially.

3. Watchdog Timer Interrupt disabled

   If the watchdog timer interrupt flag is not cleared before a new timeout occurs, the watchdog will be disabled, and the interrupt flag will automatically be cleared. This is only applicable in interrupt only mode. If the Watchdog is configured to reset the device in the watchdog timeout following an interrupt, the device works correctly.

   Problem fix / Workaround

   Make sure there is enough time to always service the first timeout event before a new watchdog timeout occurs. This is done by selecting a long enough time-out period.

4. EEPROM can not be written below 1,9 volts

   Writing the EEPROM at V_{CC} below 1.9 volts might fail.

   Problem fix / Workaround

   Do not write the EEPROM when V_{CC} is below 1.9 volts.

ATtiny2313 Rev A

Revision A has not been sampled.

Datasheet Revision History

Please note that the referring page numbers in this section refer to the complete document.

Rev. 2543L - 8/10

Added tape and reel part numbers in "Ordering Information" on page 215. Removed text "Not recommended for new design" from cover page. Fixed literature number mismatch in Datasheet Revision History.

Rev. 2543K - 03/10

1. Added device Rev C "No known errata" in "Errata" on page 219.

Rev. 2543J - 11/09

1. Updated template
2. Changed device status to "Not recommended for new designs."
3. Updated "Stack Pointer" on page 11.
4. Updated Table "Sleep Mode Select" on page 30.
5. Updated "Calibration Byte" on page 160 (to one byte of calibration data)

Changes from Rev. 2543H-02/05 to Rev. 2543I-04/06

1. Updated typos.
2. Updated Figure 1 on page 2.
3. Added "Resources" on page 6.
4. Updated "Default Clock Source" on page 23.
5. Updated "128 kHz Internal Oscillator" on page 28.
6. Updated "Power Management and Sleep Modes" on page 30
7. Updated Table 3 on page 23,Table 13 on page 30, Table 14 on page 31, Table 19 on page 42, Table 31 on page 60, Table 79 on page 176.
8. Updated "External Interrupts" on page 59.
9. Updated "Bit 7..0 – PCINT7..0: Pin Change Enable Mask 7..0" on page 61.
10. Updated "Bit 6 – ACBG: Analog Comparator Bandgap Select" on page 149.
11. Updated "Calibration Byte" on page 160.
12. Updated "DC Characteristics" on page 177.
13. Updated "Register Summary" on page 211.
14. Updated "Ordering Information" on page 215.
15. Changed occurences of OCnA to OCFnA, OCnB to OCFnB and OC1x to OCF1x.

Changes from Rev. 2543G-10/04 to Rev. 2543H-02/05

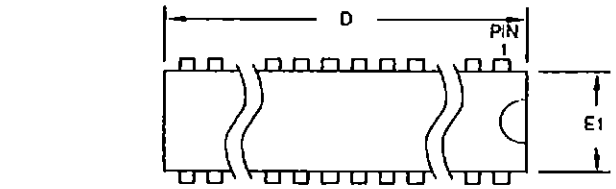
1. Updated Table 6 on page 25, Table 15 on page 34, Table 68 on page 160 and Table 80 on page 179.
2. Changed CKSEL default value in "Default Clock Source" on page 23 to 8 MHz.

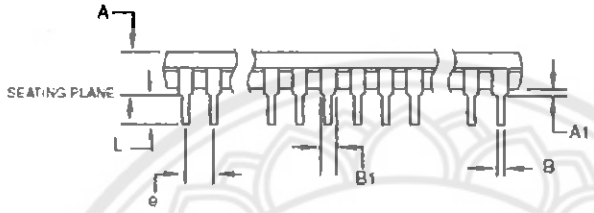
	3.	Updated "Programming the Flash" on page 165, "Programming the EEPROM" on page 167 and "Enter Programming Mode" on page 163.
	4.	Updated "DC Characteristics" on page 177.
	5.	MLF option updated to "Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame (QFN/MLF)"
Changes from Rev. 2543F-08/04 to Rev. 2543G-10/04	1.	Updated "Features" on page 1.
	2.	Updated "Pinout ATtiny2313" on page 2.
	3.	Updated "Ordering Information" on page 215.
	4.	Updated "Packaging Information" on page 216.
	5.	Updated "Errata" on page 219.
Changes from Rev. 2543E-04/04 to Rev. 2543F-08/04	1.	Updated "Features" on page 1.
	2.	Updated "Alternate Functions of Port B" on page 53.
	3.	Updated "Calibration Byte" on page 160.
	4.	Moved Table 69 on page 160 and Table 70 on page 160 to "Page Size" on page 160.
	5.	Updated "Enter Programming Mode" on page 163.
	6.	Updated "Serial Programming Algorithm" on page 173.
	7.	Updated Table 78 on page 174.
	8.	Updated "DC Characteristics" on page 177.
	9.	Updated "ATtiny2313 Typical Characteristics" on page 181.
	10.	Changed occurences of PCINT15 to PCINT7, EEMWE to EEMPE and EEWE to EEPE in the document.
Changes from Rev. 2543D-03/04 to Rev. 2543E-04/04	1.	Speed Grades changed - 12MHz to 10MHz - 24MHz to 20MHz
	2.	Updated Figure 1 on page 2.
	3.	Updated "Ordering Information" on page 215.
	4.	Updated "Maximum Speed vs. V_{CC}" on page 180.
	5.	Updated "ATtiny2313 Typical Characteristics" on page 181.
Changes from Rev. 2543C-12/03 to Rev. 2543D-03/04	1.	Updated Table 2 on page 23.
	2.	Replaced "Watchdog Timer" on page 39.
	3.	Added "Maximum Speed vs. V_{CC}" on page 180.
	4.	"Serial Programming Algorithm" on page 173 updated.
	5.	Changed mA to µA in preliminary Figure 136 on page 207.
	6.	"Ordering Information" on page 215 updated. MLF package option removed

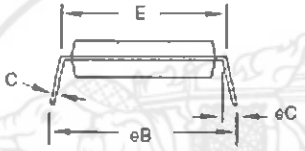
	7.	Package drawing "20P3" on page 216 updated.
	8.	Updated C-code examples.
	9.	Renamed instances of SPMEN to SELFPRGEN, Self Programming Enable.
Changes from Rev. 2543B-09/03 to Rev. 2543C-12/03	1.	Updated "Calibrated Internal RC Oscillator" on page 25.
Changes from Rev. 2543A-09/03 to Rev. 2543B-09/03	1.	Fixed typo from UART to USART and updated Speed Grades and Power Consumption Estimates in "Features" on page 1.
	2.	Updated "Pin Configurations" on page 2.
	3.	Updated Table 15 on page 34 and Table 80 on page 179.
	4.	Updated item 5 in "Serial Programming Algorithm" on page 173.
	5.	Updated "Electrical Characteristics" on page 177.
	6.	Updated Figure 82 on page 180 and added Figure 83 on page 180.
	7.	Changed SFIOR to GTCCR in "Register Summary" on page 211.
	8.	Updated "Ordering Information" on page 215.
	9.	Added new errata in "Errata" on page 219.

Packaging Information

20P3







COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	–	–	5.334	
A1	0.381	–	–	
D	25.493	–	25.984	Note 2
E	7.620	–	8.255	
E1	6.096	–	7.112	Note 2
B	0.356	–	0.559	
B1	1.270	–	1.551	
L	2.921	–	3.810	
C	0.203	–	0.356	
eB	–	–	10.922	
eC	0.000	–	1.524	
e	2.540 TYP			

Notes: 1. This package conforms to JEDEC reference MS-001, Variation AD.
2. Dimensions D and E1 do not include mold Flash or Protrusion.
Mold Flash or Protrusion shall not exceed 0.25 mm (0.010").

1/12/04

ภาคผนวก ค

รายละเอียดของทรานซิสเตอร์ BC 549

BC546 / BC547 / BC548 / BC549 / BC550
NPN Epitaxial Silicon Transistor

Features

- Switching and Amplifier
- High-Voltage: BC546, V_{CEO} = 65 V
- Low-Noise: BC549, BC550
- Complement to BC556, BC557, BC558, BC559, and BC560

TO-92

1. Collector 2. Base 3. Emitter

Ordering Information

Part Number	Marking	Package	Packing Method
BC546ABU	BC546A	TO-92 3L	Bulk
BC546ATA	BC546A	TO-92 3L	Ammo
BC546BTA	BC546B	TO-92 3L	Ammo
BC546BTF	BC546B	TO-92 3L	Tape and Reel
BC546CTA	BC546C	TO-92 3L	Ammo
BC547ATA	BC547A	TO-92 3L	Ammo
BC547B	BC547B	TO-92 3L	Bulk
BC547BBU	BC547B	TO-92 3L	Bulk
BC547BTA	BC547B	TO-92 3L	Ammo
BC547BTF	BC547B	TO-92 3L	Tape and Reel
BC547CBU	BC547C	TO-92 3L	Bulk
BC547CTA	BC547C	TO-92 3L	Ammo
BC547CTFR	BC547C	TO-92 3L	Tape and Reel
BC548BU	BC548	TO-92 3L	Bulk
BC548BTA	BC548B	TO-92 3L	Ammo
BC548CTA	BC548C	TO-92 3L	Ammo
BC549BTA	BC549B	TO-92 3L	Ammo
BC549BTF	BC549B	TO-92 3L	Tape and Reel
BC549CTA	BC549C	TO-92 3L	Ammo
BC550CBU	BC550C	TO-92 3L	Bulk
BC550CTA	BC550C	TO-92 3L	Ammo

Absolute Maximum Ratings

Stresses exceeding the absolute maximum ratings may damage the device. The device may not function or be operable above the recommended operating conditions and stressing the parts to these levels is not recommended. In addition, extended exposure to stresses above the recommended operating conditions may affect device reliability. The absolute maximum ratings are stress ratings only. Values are at T_A = 25°C unless otherwise noted.

Symbol	Parameter		Value	Unit
V_{CBO}	Collector-Base Voltage	BC546	80	V
		BC547 / BC550	50	
		BC548 / BC549	30	
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage	BC546	65	V
		BC547 / BC550	45	
		BC548 / BC549	30	
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage	BC546 / BC547	6	V
		BC548 / BC549 / BC550	5	
I_C	Collector Current (DC)		100	mA
P_C	Collector Power Dissipation		500	mW
T_J	Junction Temperature		150	°C
T_{STG}	Storage Temperature Range		-65 to +150	°C

Electrical Characteristics

Values are at T_A = 25°C unless otherwise noted.

Symbol	Parameter		Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{CBO}	Collector Cut-Off Current		V_{CB} = 30 V, I_E = 0			15	nA
h_{FE}	DC Current Gain		V_{CE} = 5 V, I_C = 2 mA	110		800	
$V_{CE}(sat)$	Collector-Emitter Saturation Voltage		I_C = 10 mA, I_B = 0.5 mA		90	250	mV
			I_C = 100 mA, I_B = 5 mA		250	600	
$V_{BE}(sat)$	Base-Emitter Saturation Voltage		I_C = 10 mA, I_B = 0.5 mA		700		mV
			I_C = 100 mA, I_B = 5 mA		900		
$V_{BE}(on)$	Base-Emitter On Voltage		V_{CE} = 5 V, I_C = 2 mA	580	660	700	mV
			V_{CE} = 5 V, I_C = 10 mA			720	
f_T	Current Gain Bandwidth Product		V_{CE} = 5 V, I_C = 10 mA, f = 100 MHz		300		MHz
C_{ob}	Output Capacitance		V_{CB} = 10 V, I_E = 0, f = 1 MHz		3.5	6.0	pF
C_{ib}	Input Capacitance		V_{EB} = 0.5 V, I_C = 0, f = 1 MHz		9		pF
NF	Noise Figure	BC546 / BC547 / BC548	V_{CE} = 5 V, I_C = 200 µA, f = 1 kHz, R_G = 2 kΩ		2.0	10.0	dB
		BC549 / BC550			1.2	4.0	
		BC549	V_{CE} = 5 V, I_C = 200 µA, R_G = 2 kΩ, f = 30 to 15000 MHz		1.4	4.0	
		BC550			1.4	3.0	

h_{FE} Classification

Classification	A	B	C
h_{FE}	110 ~ 220	200 ~ 450	420 ~ 800

Typical Performance Characteristics

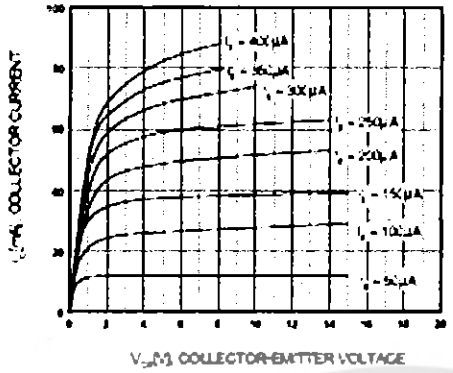


Figure 1. Static Characteristic

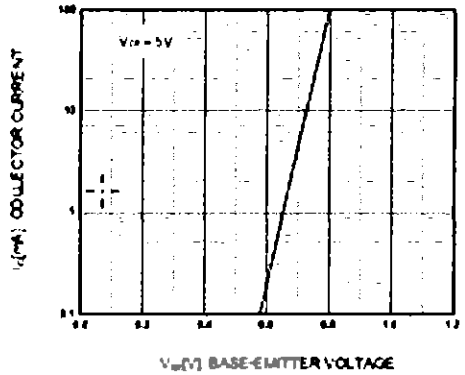


Figure 2. Transfer Characteristic

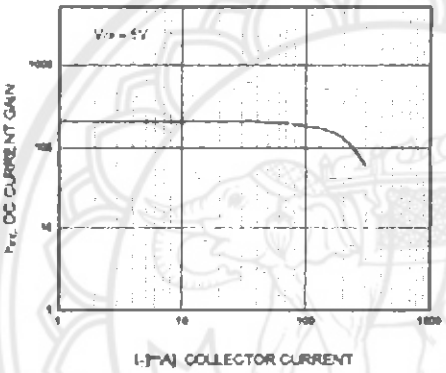


Figure 3. DC Current Gain

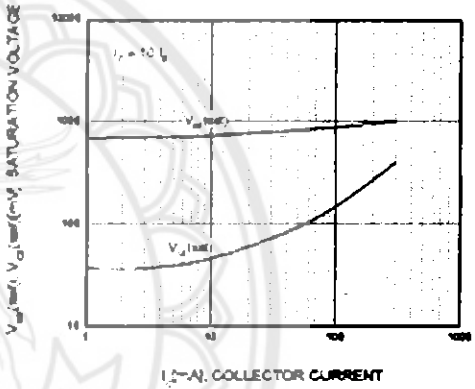


Figure 4. Base-Emitter Saturation Voltage and Collector-Emitter Saturation Voltage

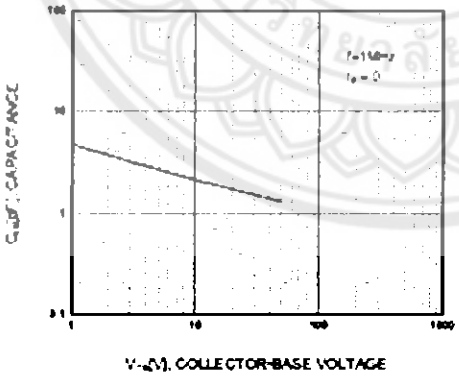


Figure 5. Output Capacitance

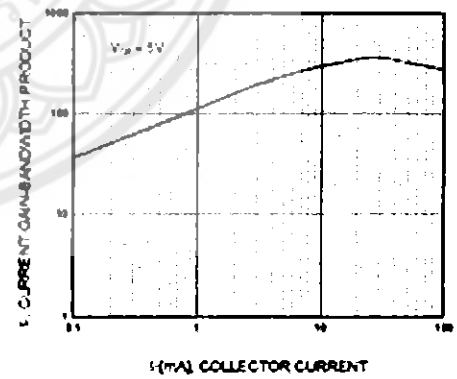
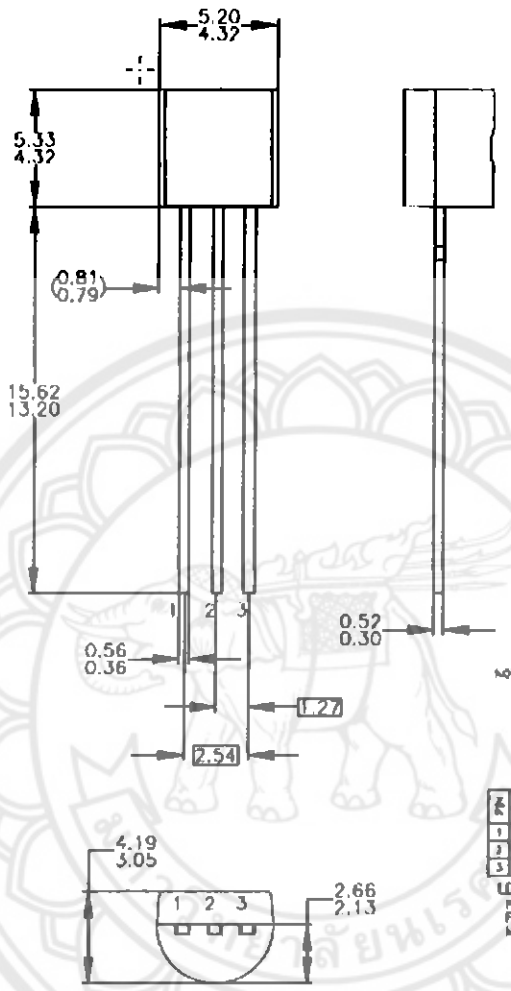


Figure 6. Current Gain Bandwidth Product

Physical Dimensions



NOTES UNLESS OTHERWISE SPECIFIED

A) DRAWING WITH REFERENCE TO JEDEC TO-92 RECOMMENDATIONS
B) ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
C) DRAWING CONFORMS TO ASME Y14.5M-1994
D) TO-92 (92,94,96,97,98) PIN CONFIGURATION:

PIN	92			94			96			97			98		
	P	F	M	P	F	M	B	F	M	P	F	M	P	F	M
1	E	S	S	E	S	S	B	D	G	C	G	D	C	G	D
2	B	D	G	C	G	D	E	S	S	B	D	G	E	S	S
3	C	G	D	B	D	G	C	G	D	E	S	S	B	D	G

LEGEND:
P – BIPOLAR E – EMITTER D – DRAIN
F – JFET B – BASE S – SOURCE
M – DMOS C – COLLECTOR G – GATE

E) FOR PACKAGE 92, 94, 96, 97 AND 98, PIN CONFIGURATION DRAIN "D" AND SOURCE "S" ARE INTERCHANGEABLE AT JFET "F" OPTION.
F) DRAWING FILENAME: MKT-ZA03DREV3.

Figure 7. 3-Lead, TO-92, JEDEC TO-92 Compliant Straight Lead Configuration, **Bulk Type**

Physical Dimensions (Continued)

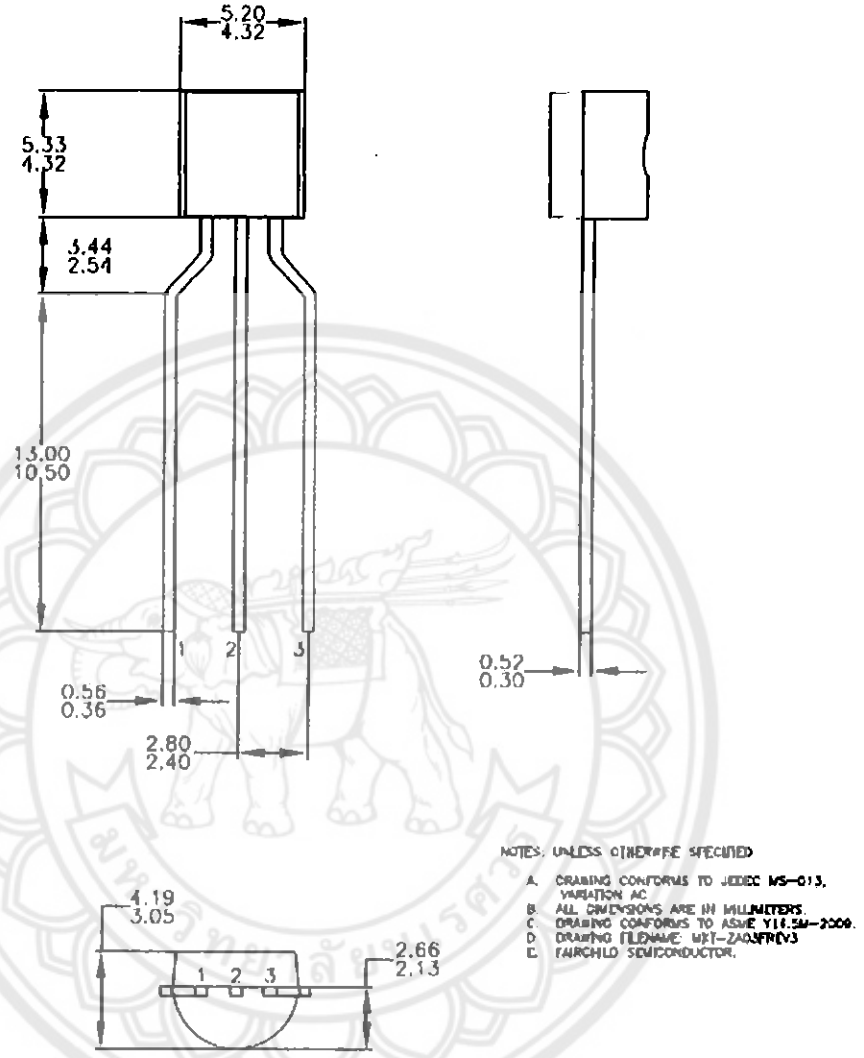


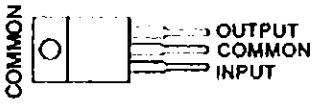
Figure 8. 3-Lead, TO-92, Molded, 0.2 In Line Spacing Lead Form, Ammo, Tape and Reel Type

ภาคผนวก ง

รายละเอียดของไอซี LM 7805

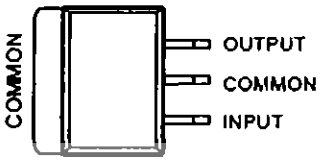
- 3-Terminal Regulators
- Output Current up to 1.5 A
- Internal Thermal-Overload Protection
- High Power-Dissipation Capability
- Internal Short-Circuit Current Limiting
- Output Transistor Safe-Area Compensation

KC (TO-220) PACKAGE
(TOP VIEW)



KCS (TO-220) PACKAGE
(TOP VIEW)

KTE PACKAGE
(TOP VIEW)



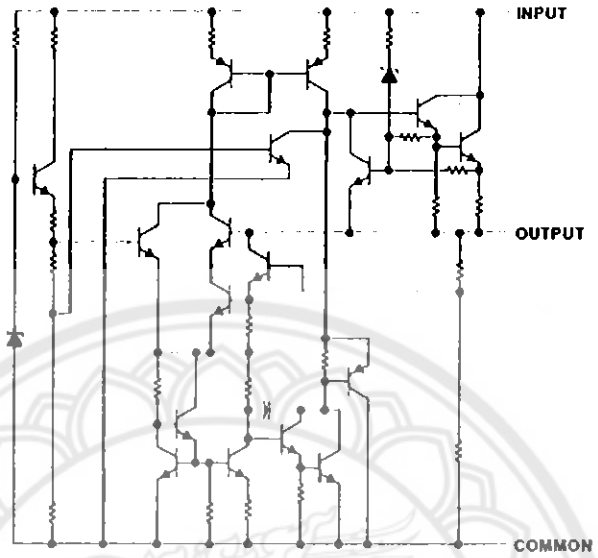
escription/ordering information

This series of fixed-voltage integrated-circuit voltage regulators is designed for a wide range of application These applications include on-card regulation for elimination of noise and distribution problems associated wi single-point regulation. Each of these regulators can deliver up to 1.5 A of output current. The intern current-limiting and thermal-shutdown features of these regulators essentially make them immune to overloa In addition to use as fixed-voltage regulators, these devices can be used with external components to obta adjustable output voltages and currents, and also can be used as the power-pass element in precisio regulators.

ORDERING INFORMATION

T_J	$V_{O(NOM)}$ (V)	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 125°C	5	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	µA7805CKTER	µA7805C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	µA7805CKC	µA7805C
		TO-220, short shoulder (KCS)	Tube of 20	µA7805CKCS	
	8	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	µA7808CKTER	µA7808C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	µA7808CKC	µA7808C
		TO-220, short shoulder (KCS)	Tube of 20	µA7808CKCS	
	10	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	µA7810CKTER	µA7810C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	µA7810CKC	µA7810C
	12	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	µA7812CKTER	µA7812C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	µA7812CKC	µA7812C
		TO-220, short shoulder (KCS)	Tube of 20	µA7812CKCS	
	15	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	µA7815CKTER	µA7815C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	µA7815CKC	µA7815C
		TO-220, short shoulder (KCS)	Tube of 20	µA7815CKCS	
	24	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	µA7824CKTER	µA7824C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	µA7824CKC	µA7824C

schematic



absolute maximum ratings over virtual junction temperature range (unless otherwise noted)†

Input voltage, V_I: µA7824C	40 V
All others	35 V
Operating virtual junction temperature, T_J	150°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	260°C
Storage temperature range, T_{stg}	–65°C to 150°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 under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

package thermal data (see Note 1)

PACKAGE	BOARD	θ_{JC}	θ_{JA}
POWER-FLEX (KTE)	High K, JESD 51-5	3 C/W	23 C/W
TO-220 (KC/KCS)	High K, JESD 51-5	3 C/W	19 C/W

NOTE 1: Maximum power dissipation is a function of $T_J(max)$, θ_{JA}, and T_A. The maximum allowable power dissipation at any allowable ambient temperature is $P_D = (T_J(max) - T_A)/\theta_{JA}$. Operating at the absolute maximum T_J of 150 C can affect reliability.

recommended operating conditions

			MIN	MAX	UNIT
V_I	Input voltage	µA7805C	7	25	V
		µA7808C	10.5	25	
		µA7810C	12.5	28	
		µA7812C	14.5	30	
		µA7815C	17.5	30	
		µA7824C	27	38	
I_O	Output current			1.5	A
T_J	Operating virtual junction temperature	µA7800C series	0	125	°C

electrical characteristics at specified virtual junction temperature, V_I = 10 V, I_O = 500 mA (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS		T_J†	µA7805C			UNIT
				MIN	TYP	MAX	
Output voltage	I_O = 5 mA to 1 A, $P_D \le 15$ W	V_I = 7 V to 20 V,	25°C	4.8	5	5.2	V
			0°C to 125°C	4.75		5.25	
Input voltage regulation	V_I = 7 V to 25 V		25°C		3	100	mV
	V_I = 8 V to 12 V				1	50	
Ripple rejection	V_I = 8 V to 18 V,	f = 120 Hz	0°C to 125°C	62	78		dB
Output voltage regulation	I_O = 5 mA to 1.5 A		25°C		15	100	mV
	I_O = 250 mA to 750 mA				5	50	
Output resistance	f = 1 kHz		0°C to 125°C		0.017		Ω
Temperature coefficient of output voltage	I_O = 5 mA		0°C to 125°C		−1.1		mV/°C
Output noise voltage	f = 10 Hz to 100 kHz		25°C		40		µV
Dropout voltage	I_O = 1 A		25°C		2		V
Bias current			25°C		4.2	8	mA
Bias current change	V_I = 7 V to 25 V		0°C to 125°C			1.3	mA
	I_O = 5 mA to 1 A					0.5	
Short-circuit output current			25°C		750		mA
Peak output current			25°C		2.2		A

† Pulse-testing techniques maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-µF capacitor across the input and a 0.1-µF capacitor across the output.

electrical characteristics at specified virtual junction temperature, V_I = 14 V, I_O = 500 mA (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	T_J†	µA7808C			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
Output voltage	I_O = 5 mA to 1 A, V_I = 10.5 V to 23 V, $P_D \leq$ 15 W	25°C	7.7	8	8.3	V
		0°C to 125°C	7.6		8.4	
Input voltage regulation	V_I = 10.5 V to 25 V	25°C		6	160	mV
	V_I = 11 V to 17 V			2	80	
Ripple rejection	V_I = 11.5 V to 21.5 V, f = 120 Hz	0°C to 125°C	55	72		dB
Output voltage regulation	I_O = 5 mA to 1.5 A	25°C		12	160	mV
	I_O = 250 mA to 750 mA			4	80	
Output resistance	f = 1 kHz	0°C to 125°C		0.016		Ω
Temperature coefficient of output voltage	I_O = 5 mA	0°C to 125°C		−0.8		mV/°C
Output noise voltage	f = 10 Hz to 100 kHz	25°C		52		µV
Dropout voltage	I_O = 1 A	25°C		2		V
Bias current		25°C		4.3	8	mA
Bias current change	V_I = 10.5 V to 25 V	0°C to 125°C			1	mA
	I_O = 5 mA to 1 A				0.5	
Short-circuit output current		25°C		450		mA
Peak output current		25°C		2.2		A

† Pulse-testing techniques maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-µF capacitor across the input and a 0.1-µF capacitor across the output.

electrical characteristics at specified virtual junction temperature, V_I = 17 V, I_O = 500 mA (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	T_J†	µA7810C			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
Output voltage	I_O = 5 mA to 1 A, V_I = 12.5 V to 25 V, $P_D \leq$ 15 W	25°C	9.6	10	10.4	V
		0°C to 125°C	9.5	10	10.5	
Input voltage regulation	V_I = 12.5 V to 28 V	25°C		7	200	mV
	V_I = 14 V to 20 V			2	100	
Ripple rejection	V_I = 13 V to 23 V, f = 120 Hz	0°C to 125°C	55	71		dB
Output voltage regulation	I_O = 5 mA to 1.5 A	25°C		12	200	mV
	I_O = 250 mA to 750 mA			4	100	
Output resistance	f = 1 kHz	0°C to 125°C		0.018		Ω
Temperature coefficient of output voltage	I_O = 5 mA	0°C to 125°C		−1		mV/°C
Output noise voltage	f = 10 Hz to 100 kHz	25°C		70		µV
Dropout voltage	I_O = 1 A	25°C		2		V
Bias current		25°C		4.3	8	mA
Bias current change	V_I = 12.5 V to 28 V	0°C to 125°C			1	mA
	I_O = 5 mA to 1 A				0.5	
Short-circuit output current		25°C		400		mA
Peak output current		25°C		2.2		A

† Pulse-testing techniques maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-µF capacitor across the input and a 0.1-µF capacitor across the output.

electrical characteristics at specified virtual junction temperature, V_I = 19 V, I_O = 500 mA (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS		T_J†	μA7812C			UNIT
				MIN	TYP	MAX	
Output voltage	I_O = 5 mA to 1 A, $P_D \leq$ 15 W	V_I = 14.5 V to 27 V,	25°C	11.5	12	12.5	V
			0°C to 125°C	11.4		12.6	
Input voltage regulation	V_I = 14.5 V to 30 V		25°C		10	240	mV
	V_I = 16 V to 22 V				3	120	
Ripple rejection	V_I = 15 V to 25 V,	f = 120 Hz	0°C to 125°C	55	71		dB
Output voltage regulation	I_O = 5 mA to 1.5 A		25°C		12	240	mV
	I_O = 250 mA to 750 mA				4	120	
Output resistance	f = 1 kHz		0°C to 125°C		0.018		Ω
Temperature coefficient of output voltage	I_O = 5 mA		0°C to 125°C		−1		mV/°C
Output noise voltage	f = 10 Hz to 100 kHz		25°C		75		μV
Dropout voltage	I_O = 1 A		25°C		2		V
Bias current			25°C		4.3	8	mA
Bias current change	V_I = 14.5 V to 30 V		0°C to 125°C			1	mA
	I_O = 5 mA to 1 A					0.5	
Short-circuit output current			25°C		350		mA
Peak output current			25°C		2.2		A

† Pulse-testing techniques maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-μF capacitor across the input and a 0.1-μF capacitor across the output.

electrical characteristics at specified virtual junction temperature, V_I = 23 V, I_O = 500 mA (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS		T_J†	μA7815C			UNIT
				MIN	TYP	MAX	
Output voltage	I_O = 5 mA to 1 A, $P_D \leq$ 15 W	V_I = 17.5 V to 30 V,	25°C	14.4	15	15.6	V
			0°C to 125°C	14.25		15.75	
Input voltage regulation	V_I = 17.5 V to 30 V		25°C		11	300	mV
	V_I = 20 V to 26 V				3	150	
Ripple rejection	V_I = 18.5 V to 28.5 V,	f = 120 Hz	0°C to 125°C	54	70		dB
Output voltage regulation	I_O = 5 mA to 1.5 A		25°C		12	300	mV
	I_O = 250 mA to 750 mA				4	150	
Output resistance	f = 1 kHz		0°C to 125°C		0.019		Ω
Temperature coefficient of output voltage	I_O = 5 mA		0°C to 125°C		−1		mV/°C
Output noise voltage	f = 10 Hz to 100 kHz		25°C		90		μV
Dropout voltage	I_O = 1 A		25°C		2		V
Bias current			25°C		4.4	8	mA
Bias current change	V_I = 17.5 V to 30 V		0°C to 125°C			1	mA
	I_O = 5 mA to 1 A					0.5	
Short-circuit output current			25°C		230		mA
Peak output current			25°C		2.1		A

† Pulse-testing techniques maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-μF capacitor across the input and a 0.1-μF capacitor across the output.

electrical characteristics at specified virtual junction temperature, V_I = 33 V, I_O = 500 mA (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	T_J†	μA7824C			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
Output voltage	I_O = 5 mA to 1 A, $P_D \leq$ 15 W, V_I = 27 V to 38 V	25°C	23	24	25	V
		0°C to 125°C	22.8		25.2	
Input voltage regulation	V_I = 27 V to 38 V	25°C		18	480	mV
	V_I = 30 V to 36 V			6	240	
Ripple rejection	V_I = 28 V to 38 V, f = 120 Hz	0°C to 125°C	50	66		dB
Output voltage regulation	I_O = 5 mA to 1.5 A	25°C		12	480	mV
	I_O = 250 mA to 750 mA			4	240	
Output resistance	f = 1 kHz	0°C to 125°C		0.028		Ω
Temperature coefficient of output voltage	I_O = 5 mA	0°C to 125°C		−1.5		mV/°C
Output noise voltage	f = 10 Hz to 100 kHz	25°C		170		μV
Dropout voltage	I_O = 1 A	25°C		2		V
Bias current		25°C		4.6	8	mA
Bias current change	V_I = 27 V to 38 V	0°C to 125°C			1	mA
	I_O = 5 mA to 1 A				0.5	
Short-circuit output current		25°C		150		mA
Peak output current		25°C		2.1		A

† Pulse-testing techniques maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-μF capacitor across the input and a 0.1-μF capacitor across the output.

APPLICATION INFORMATION

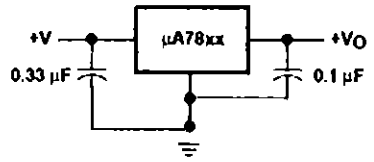


Figure 1. Fixed-Output Regulator

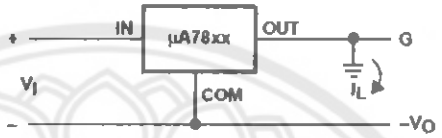
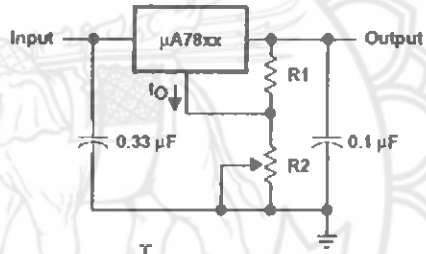


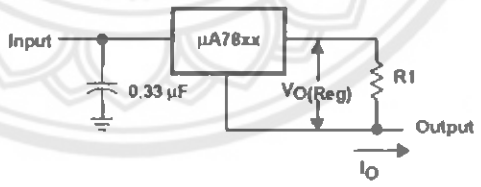
Figure 2. Positive Regulator in Negative Configuration (V_I Must Float)



NOTE A: The following formula is used when V_{XX} is the nominal output voltage (output to common) of the fixed regulator:

$$V_O = V_{XX} \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) + I_O R2$$

Figure 3. Adjustable-Output Regulator



$I_O = (V_O/R1) + I_O$ Bias Current

Figure 4. Current Regulator

APPLICATION INFORMATION

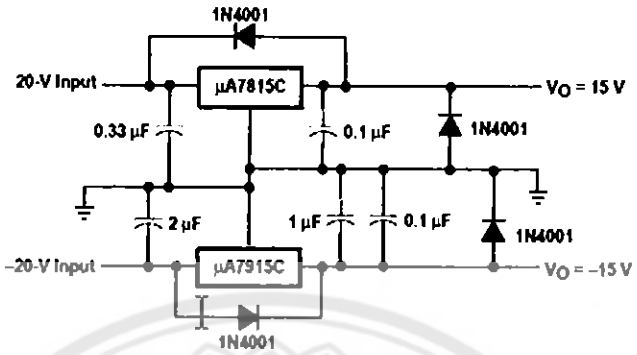


Figure 5. Regulated Dual Supply

operation with a load common to a voltage of opposite polarity

In many cases, a regulator powers a load that is not connected to ground but, instead, is connected to a voltage source of opposite polarity (e.g., operational amplifiers, level-shifting circuits, etc.). In these cases, a clamp diode should be connected to the regulator output as shown in Figure 6. This protects the regulator from output polarity reversals during startup and short-circuit operation.

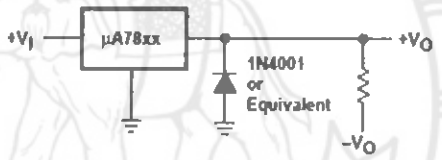


Figure 6. Output Polarity-Reversal-Protection Circuit

reverse-bias protection

Occasionally, the input voltage to the regulator can collapse faster than the output voltage. This can occur, for example, when the input supply is crowbarred during an output overvoltage condition. If the output voltage is greater than approximately 7 V, the emitter-base junction of the series-pass element (internal or external) could break down and be damaged. To prevent this, a diode shunt can be used as shown in Figure 7.

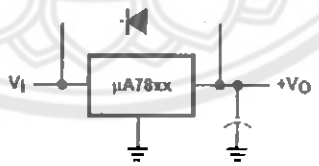
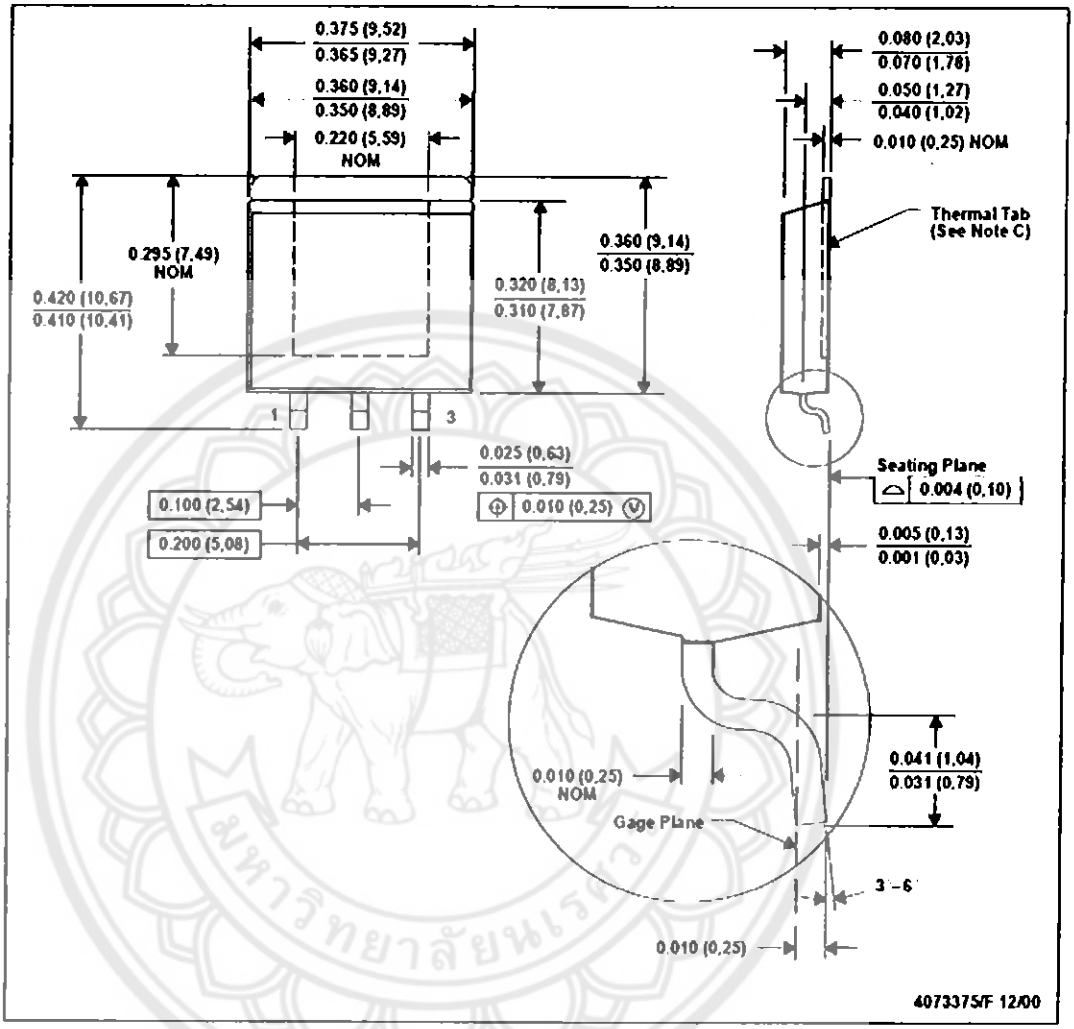


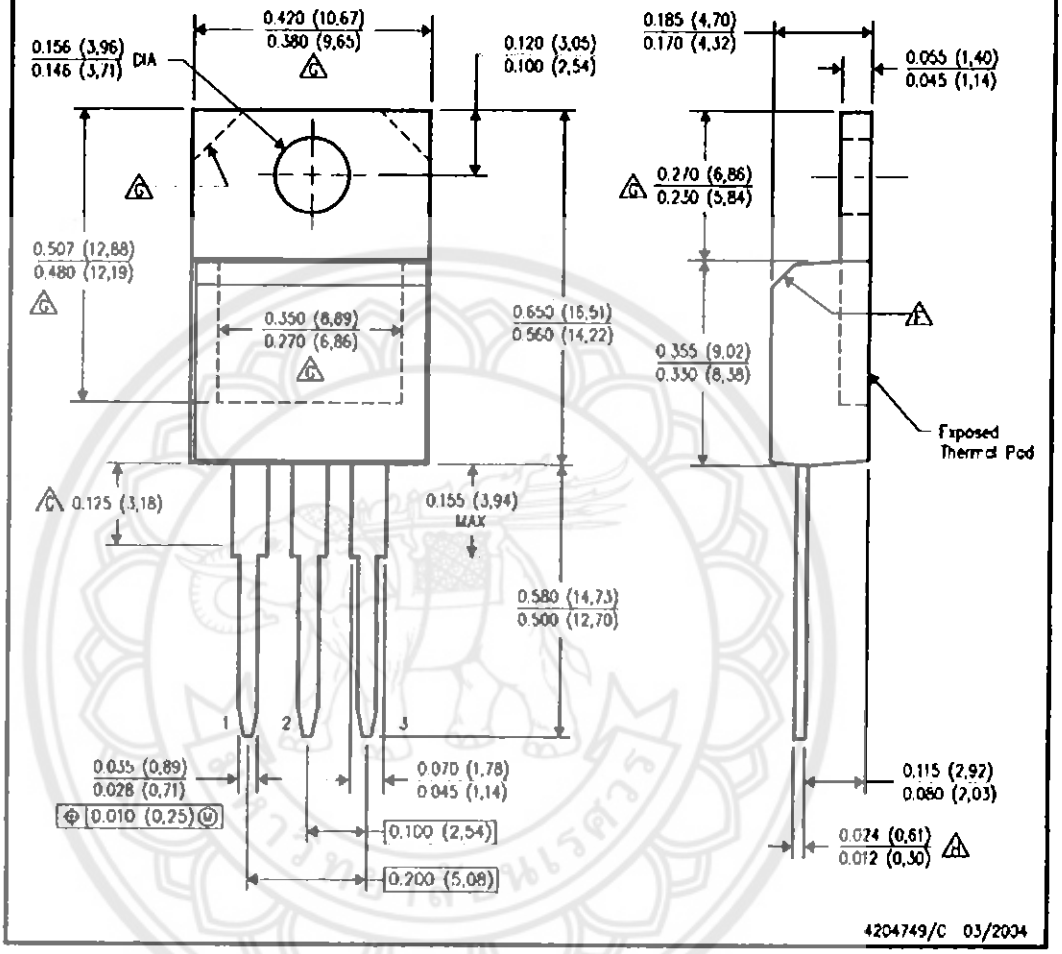
Figure 7. Reverse-Bias-Protection Circuit

KTE (R-PSFM-G3) **PowerFLEX™ PLASTIC FLANGE-MOUNT**



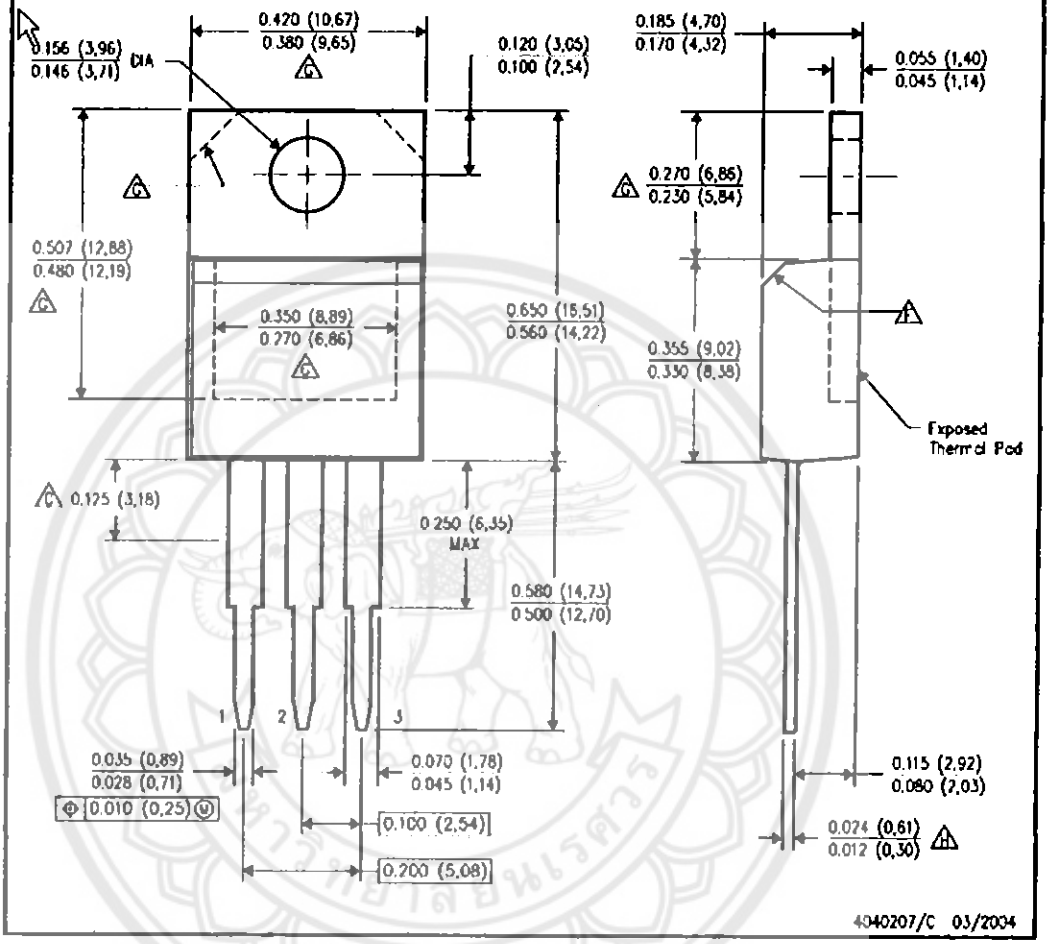
NOTES: A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
B. This drawing is subject to change without notice.
C. The center lead is in electrical contact with the thermal tab.
D. Dimensions do not include mold protrusions, not to exceed 0.006 (0,15).
E. Falls within JEDEC MO-169

KCS (R–PSFM–T3) PLASTIC FLANGE–MOUNT PACKAGE



NOTES:
A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
B. This drawing is subject to change without notice.
C. Lead dimensions are not controlled within this area
D. All lead dimensions apply before solder dip.
E. The center lead is in electrical contact with the mounting tab.
F. The chamfer is optional.
G. Thermal pad contour optional within these dimensions.
H. Falls within JEDEC TO-220 variation AB, except minimum lead thickness

KC (R–PSFM–T3) PLASTIC FLANGE–MOUNT PACKAGE



NOTES:
A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
B. This drawing is subject to change without notice.
C. Lead dimensions are not controlled within this area.
D. All lead dimensions apply before solder dip.
E. The center lead is in electrical contact with the mounting tab.
F. The chamfer is optional.
G. Thermal pad contour optional within these dimensions.
H. Falls within JEDEC TO-220 variation AB, except minimum lead thickness.