สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิตอล

Digital Energy Meter

โดย

นายปฐมพงษ์ โหรารัมย์

นายปวิตร หมื่นคง

นายเอกชัย จ่าเดน

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 82937
วัน,เดือน,ปี 29 ก.ค. 2551

ข.11957608
ง.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIGITAL ENERGY METER

BY

MR. PATOMPONG HORARAM

MR. PRAWIT MUENKONG

MR.EKKACHAI JAKHEN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR IN DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิตอล
ชื่อนักศึกษา	นายปฐมพงษ์ โหรารัมย์ รหัสประจำตัว 47010416
	นายปวิตร หมื่นคง รหัสประจำตัว 47010444
	นายเอกชัย จ่าเคน รหัสประจำตัว 47011006
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.อุทัย ศรีธีระวิโรจน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผศ.ดร.สมเกียรติ อุดมหรรษากุล
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
	สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2550

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับความเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

.....

(ผศ.อุทัย ศรีธีระวิโรจน์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(ผศ.ดร.สมเกียรติ อุดมหรรษากุล)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิตอล
ชื่อนักศึกษา	นายปฐมพงษ์ โหรารัมย์ รหัสประจำตัว 47010416
	นายปวิตร หมื่นคง รหัสประจำตัว 47010444
	นายเอกชัย จ่าเคน รหัสประจำตัว 47011006
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.อุทัย ศรีธีระวิโรจน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผศ.ดร.สมเกียรติ อุดมหรรษากุล
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
	สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2550

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและรวดเร็วไม่ว่าจะเป็นทางด้านซอร์ฟแวร์ และ ฮาร์ดแวร์ รวมไปยังระบบเครือข่ายการเชื่อมต่อกันของคอมพิวเตอร์ที่มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารระหว่างกัน ระบบเครือข่ายไม่เพียงแต่สามารถเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกันเท่านั้น แต่ยังสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่รองรับการทำงานได้ โครงงานนี้จึงเป็นการประยุกต์ใช้เครือข่ายที่มีอยู่แล้ว ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเป็นการสร้างมูลค่าให้กับงาน โดยประยุกต์ใช้กับงานตรวจวัดและควบคุม ทำให้อุปกรณ์ตรวจวัดสามารถส่งค่าข้อมูลการตรวจวัดเข้าสู่เครือข่ายคอมพิวเตอร์ และสามารถควบคุมอุปกรณ์เหล่านั้นได้เช่นกัน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้งานตรวจวัดที่ต้องการเชื่อมต่อเป็นเครือข่ายสามารถทำได้ง่ายขึ้น สามารถลดขั้นตอนในการนำส่งข้อมูล ลทรัพยากรบุคคล มีความรวดเร็วในการรับรู้ข้อมูลข่าวสารต่างๆ และมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Digital Energy Meter	
Student	Mr. Patompong Horaram	ID. 47010416
	Mr. Prawit Muenkong	ID. 47010444
	Mr.Ekkachai Jakhen	ID. 47011006
Advisor	Asst. Prof. Uthai Sreeterawirot	
Co-advisor	Asst. Prof. Somkiat Udomhunsakoon	
Graduate Level	Bachelor Degree of Information Engineering	
Department	Information Engineering	
Academic Year	2007	

ABSTRACT

Nowadays, computer's technology have been rapidly developed not only hardware but also software, including communicating dimension. The communicating system make any computers to be connect all together and also link them to external gadgets too. This project works on a model which apply the communication technology knowledge for ultimatum cost-benefit and efficiency . This model is received general electrically data then transmit the measured values to a central network via Ethernet as so as to control them. The main processing of this project is microcontroller functions which act on an automatic meter reading, including billing. Overall , this model could improve the connection between networking system ; to make the transferring procedure less complicated, less subject to use.Thus, The communication will be more convenient and faster.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มิอาจสำเร็จลุล่วงไปได้หากขาดความช่วยเหลือจากบุคคลต่างๆ ในหลายๆฝ่าย ดังนั้นทางกลุ่มผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณบุคคลต่างๆ ดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.อุทัย ศรีธีระวิโรจน์ และ ผศ.ดร.สมเกียรติ อุดมหรรษากุล อาจารย์ที่ปรึกษา พร้อมทั้งคณาจารย์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำแก่ผู้จัดทำตลอดมา และบุคคลอื่นๆที่ให้ความช่วยเหลือ แต่ไม่ได้กล่าวถึง

ผู้จัดทำ
นายปฐมพงษ์ โหรารัมย์
นายปวิตร หมื่นคง
นายเอกชัย จ่าเคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ข

กิตติกรรมประกาศ ค

สารบัญ ง

สารบัญตาราง ช

สารบัญรูปภาพ ซ

บทที่1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1

1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน 2

บทที่2 หลักการและทฤษฎี

2.1 เน็ตเวิร์ค (Network) 3

2.2 โครงสร้างของโปรโตคอลทีซีพี/ไอพี (TCP/IP) 4

2.2.1 โพรเซสเลเยอร์ หรือ แอพพลิเคชั่นเลเยอร์ (Process Layer or Application Layer) 5

2.2.2 โฮสทูโฮสหรือทรานสปอร์ตเลเยอร์ (Host-to-Host layer or Transport Layer) 6

2.2.3 อินเตอร์เน็ตเวิร์คเลเยอร์ (Internetwork Layer) 9

2.2.4 เน็ตเวิร์คอินเตอร์เฟสเลเยอร์ (Network Interface Layer) 11

2.3 โปรโตคอลดีเอชซีพี (DHCP:Dynamic Host Configuration Protocol) 12

2.3.1 การทำงานของดีเอชซีพี 12

2.3.2 ขั้นตอนการสร้างกำหนดแอดเดรสให้กับ ดีเอชซีพีไคลเอนท์ 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4 วินโดว์ ซ็อกเก็ต 14

2.4.1 ซ็อกเก็ตคืออะไร 15

2.4.2 การได้รับ เอพีไอ ของวินโดวส์ซ็อกเก็ต 16

2.4.3 ฟังก์ชันซ็อกเก็ตของเบิร์กเลย์ 17

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์เอวีอาร์ (AVR Microcontroller) 19

2.5.1 คุณสมบัติที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์เอวีอาร์ 20

2.5.2 ขาพอร์ตอินพุตเอาท์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์เอวีอาร์ 21

2.6 เอสพีไอ (SPI:Serial Peripheral Interface Bus) 25

2.7 หลักการของ ENC28J60 26

2.8 HTTP โปรโตคอล 27

2.9 กราฟิกแอลซีดี ABG128064A15-BIW 34

2.9.1 ขาควบคุมการใช้งานของแอลซีดี 35

2.9.2 คำสั่งควบคุมการแสดงของ กราฟิกแอลซีดี 36

2.10 พลังงานไฟฟ้า 38

2.11 ความหมายของกำลังไฟฟ้าและเพาเวอร์แฟคเตอร์ 38

2.12 เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า 41

2.12.1 คลาสของเครื่องวัด 41

2.12.2 วัตต์อาวร์มิเตอร์เฟสเดียวแบบอาศัยการเหนี่ยวนำไฟฟ้า 41

2.12.3 ความคลาดเคลื่อน 45

บทที่ 3 วิธีการออกแบบและดำเนินงาน

3.1 โครงสร้างของระบบ 47

3.2 ส่วนของฮาร์ดแวร์ 48

3.2.1 มิเตอร์แบบจานหมุน 48

3.2.2 เซนเซอร์ ตรวจนับการหมุน 48

3.2.3 ส่วนประมวลผลของ Sensor และส่งต่อค่า 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.4 ส่วนในการเชื่อมต่อ Ethernet 50

3.3 ส่วนของซอฟต์แวร์ 51

3.3.1 Web Application เพื่อการเข้าดูค่าการใช้พลังงาน 52

3.4 การออกแบบ ฐานข้อมูล 52

3.5 การออกแบบ User Interface (Web page) 53

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

4.1 อุปกรณ์ควบคุมการส่งค่าผ่านอีเธอร์เน็ต (Ethernet) 55

4.2 การทดลองส่วนของการรับส่งข้อมูลบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ 57

4.3 มิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า 59

4.3.1 การเรียกดูค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านเว็บเพจ 59

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป

5.1 สรุปผลโครงงาน 61

5.2 ปัญหาที่พบในโครงงาน 61

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ 62

ภาคผนวก

บรรณานุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดในแต่ละขาพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR 22

ตารางที่ 2.2 ประเภทของรหัสสถานะ HTTP 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินโครงงาน 2
รูปที่ 2.1 แสดง TCP/IP stack เปรียบเทียบกับมาตรฐาน OSI 4
รูปที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโปรโตคอลต่างๆของ TCP/IP 5
รูปที่ 2.3 แสดงแอพพลิเคชั่นต่างๆใน TCP/IP Stack 5
รูปที่ 2.4 รูปแบบของ UDP packet 8
รูปที่ 2.5 โปรโตคอล TCP/IP ในแต่ละชั้น จะมีโปรโตคอลทำหน้าที่หลัก 11
รูปที่ 2.6 แสดงการติดต่อวินโดวส์แอพพลิเคชันสองแอพพลิเคชัน 16
รูปที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรม AVR (ATmega3535) 20
รูปที่ 2.8 ขาพอร์ต AVR (ATmega16) ตัวถังแบบ PDIP และ TQFP/MLF 22
รูปที่ 2.9 โครงสร้างขาพอร์ตดิจิตอล 24
รูปที่ 2.10 แสดงการต่อมาสเตอร์กับสเลฟ 25
รูปที่ 2 .11 hardware setup using two shift register to form an inter-chip circular buffer 25
รูปที่ 2.12 แสดงโครงสร้างของ ENC28j60 26
รูปที่ 2.13 แสดงไทม์มิ่งอินพุตและไทม์มิ่งเอาท์พุตของ SPI 27
รูปที่ 2.14 โครงสร้างดอตของกราฟิกแอลซีดี 34
รูปที่ 2.15 แสดงโครงสร้างภายในและขาควบคุม 35
รูปที่ 2.16 กราฟความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าและเวลา 38
รูปที่ 2.17 กำลังไฟฟ้ากระแสสลับในโหลดชนิดความต้านทาน R 40
รูปที่ 2.18 กำลังไฟฟ้ากระแสสลับในโหลดทั่วๆไป 40
รูปที่ 2.19 อินดักชันมิเตอร์ 42
รูปที่ 2.20 คอยล์แม่เหล็ก จานหมุน แม่เหล็กหน่วง และชุดบอกปริมาณพลังงานไฟฟ้า 43
รูปที่ 2.21 แสดงการต่อกิโลวัตต์อาวร์มิเตอร์หนึ่งเฟส 43
รูปที่ 2.22 แสดงการต่อกิโลวัตต์อาวร์มิเตอร์ร่วมกับวัตต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์และโวลต์มิเตอร์ 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.1 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระบบการอ่านค่าพลังงาน 47

รูปที่ 3.2 แสดงการวัดและส่งค่าผ่านอีเทอร์เน็ตแลน 48

รูปที่ 3.3 แสดงสมการความถี่ ที่สร้างวงจร Osilator ของ Schmitt Trigger 49

รูปที่ 3.4 แสดงวงจรส่งอินฟราเรด 50

รูปที่ 3.5 วงจรรับอินฟราเรด 50

รูปที่ 3.6 วงจรติดต่อกับ IEEE802.3 51

รูปที่ 3.7 แสดงการทำงานโดยรวมของ Meter Data Center 51

รูปที่ 3.8 แสดงไดอะแกรม ของดาตาเบส Apartment 52

รูปที่ 3.9 แสดงหน้าเว็ปเพจ สำหรับเพิ่มผู้เช่า รายใหม่ 54

รูปที่ 3.10 แสดงหน้าเว็ปเพจ สำหรับ เข้าสู่ระบบ 54

รูปที่ 4.1 บอร์ดทดสอบเพื่อส่งค่าผ่าน IEEE802.3 55

รูปที่ 4.2 หมายเลข IP Address ของการเชื่อมต่อ 56

รูปที่ 4.3 การใช้คำสั่ง ipconfig 56
เพื่อดูเลข IP Address คอมพิวเตอร์ที่ต่อกับ บอร์ดทดสอบ

รูปที่ 4.4 ผลที่ได้จากการใช้คำสั่ง ping 10.1.1.1 56
โดยที่ 10.1.1.1 เป็น IP Address ของบอร์ดทดสอบ

รูปที่ 4.5 หน้า web page ที่ถูกเก็บไว้ในไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงค่า แรงดันที่อ่านค่าได้ 57

รูปที่ 4.6 โปรแกรมในฝั่งของ Server 58

รูปที่ 4.7 โปรแกรมในฝั่งของ Client 58

รูปที่ 4.8 CurrPorts v1.30 - View Opened TCP/IP ports / connections 59

รูปที่ 4.9 แสดงหน้า Web page ข้อมูล การใช้พลังงาน 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในโลกยุคปัจจุบันการติดต่อสื่อสารเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด ในการดำรงชีวิตและการดำเนินไป ซึ่งกิจกรรมต่างๆ การติดต่อสื่อสารในปัจจุบันพัฒนาไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงทำให้เกิดเทคโนโลยี (Technology) ใหม่เกิดขึ้นมากมาย เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันของมนุษย์ ทำให้ข้ามขีดจำกัดของการสื่อสารแบบเก่าที่มีระยะทางและการวางสายซึ่งเป็นอุปสรรคในการติดต่อสื่อสารในอดีต

ในโลกของการสื่อสารไม่ได้จำกัดแค่เพียงการสื่อสารระหว่างบุคคลกับบุคคล การสื่อสารยังรวมไปถึงการสื่อสาร ระหว่างบุคคลกับอุปกรณ์ หรือแม้แต่อุปกรณ์กับอุปกรณ์ด้วยกันเอง

โครงงานนี้จะนำความสามารถของระบบเครือข่ายของคอมพิวเตอร์ (Computer networks) มาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ตรวจวัดและควบคุม เพื่อให้ระบบเครือข่ายที่มีอยู่แล้วมีความหลากหลายในการใช้งานมากขึ้น สามารถสร้างเครือข่ายของอุปกรณ์ตรวจวัดและควบคุมเป็นเครือข่ายขนาดใหญ่ได้ สามารถ แลกเปลี่ยนข้อมูล อีกทั้งประหยัดค่าใช้จ่ายในการวางระบบเครือข่ายของระบบตรวจวัดและควบคุม

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาและออกแบบ อุปกรณ์ตรวจวัด และควบคุมผ่านระบบเครือข่าย

1.2.2 เพื่อศึกษาการทำงานของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิตอล (Digital Energy Meter)

1.2.3 มีความเข้าใจเกี่ยวกับโปรแกรมภาษาซี (C language)ในการควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

1.2.4 เพื่อศึกษาและออกแบบการควบคุมอุปกรณ์เครือข่ายผ่านเว็บเพจ (Web Page)

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ศึกษาลักษณะการทำงานของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิตอล

1.3.2 ใช้ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ในการประมวลผลวงจรโดยรวม

1.3.3 ออกแบบวงจรมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า

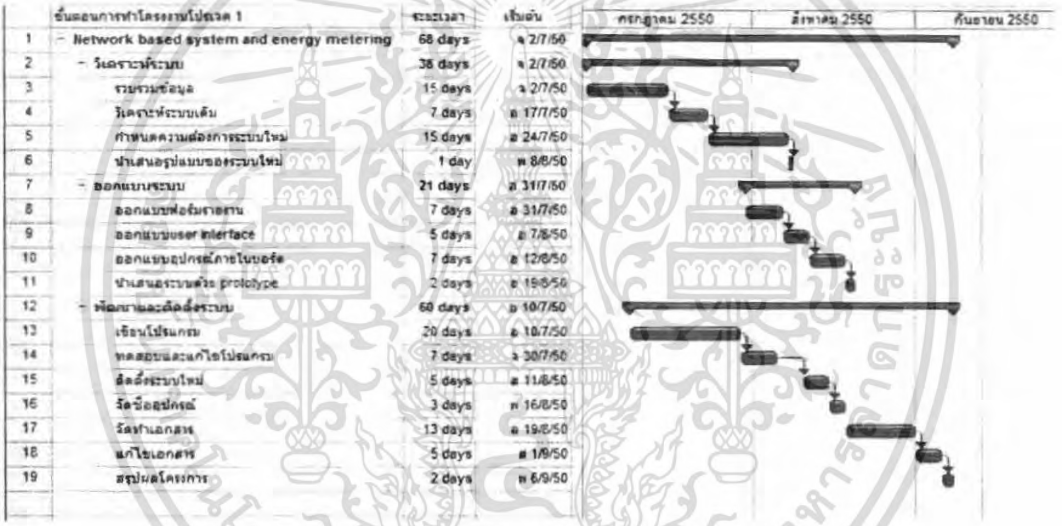
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.4 เขียนโปรแกรมภาษาซี เพื่อนำมาใช้ควบคุมและติดต่อเชื่อมโยงข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR (AVR Microcontroller)

1.3.5 สามารถส่งข้อมูลจากอุปกรณ์มิเตอร์ (Meter) ไปยังคอมพิวเตอร์โดยโปรโตคอล TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)

1.3.6 สามารถเรียกดูข้อมูลการใช้ไฟฟ้าผ่านเว็บเพจ

1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน



รูปที่ 1.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 เน็ตเวิร์ค (Network)

เน็ตเวิร์ค หมายถึง กลุ่มของคอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์ซึ่งเชื่อมโยงและสื่อสารกันได้ผ่านการเชื่อมต่อในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง โดยที่อุปกรณ์ใดๆ ซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับโครงข่าย จะถูกเรียกว่าโหนด (Node) โดยที่โหนดแต่ละโหนดจะเชื่อมต่อกันโดยลิงค์ (Links) แต่ละโหนดในโครงข่ายนั้นสามารถสื่อสารได้โดยการส่งข้อมูลถึงกันได้ผ่านทางลิงค์เหล่านี้ สำหรับตัวโครงข่ายเองแล้วสามารถจำแนกออกเป็น

- แลน (LAN : Local Area Network)

ระบบเครือข่ายระดับท้องถิ่น เป็นเน็ตเวิร์คในระยะไม่เกิน 10 กิโลเมตร ไม่ต้องใช้โครงข่ายการสื่อสารขององค์การโทรศัพท์ คือ จะเป็นระบบเน็ตเวิร์คที่อยู่ภายในอาคารเดียวกัน หรือต่างอาคารแต่ระยะใกล้ๆกัน

- แมน (MAN : Metropolitan Area Network)

ระบบเครือข่ายระดับเมือง เป็นเน็ตเวิร์คที่จะต้องใช้การสื่อสารขององค์การโทรศัพท์หรือการสื่อสารแห่งประเทศไทย เพราะเป็นการติดต่อกันในเมือง เช่น มีเครื่องเวิร์คสเตชันอยู่ที่บางนา มีกาติดต่อสื่อสารกับเครื่องที่ดอนเมือง

- แวน (WAN : Wide Area Network)

ระบบเครือข่ายระดับกว้างไกลหรือเรียกได้ว่าเป็นเวิร์ลไวด์ (World Wide) ของระบบเน็ตเวิร์ค โดยจะเป็นการติดต่อสื่อสารกันในระดับประเทศ ข้ามทวีป จะต้องใช้มีเดีย (Media) ในการสื่อสารขององค์กรโทรศัพท์หรือการสื่อสารแห่งประเทศไทย สามารถส่งข้อมูลได้ทั้งข้อมูล เสียงและภาพในเวลาเดียวกัน

ในการที่จะให้แต่ละโหนดในโครงข่ายสามารถสื่อสารระหว่างกันได้ นอกจากการเชื่อมต่อแต่ละโหนดเข้าด้วยกันทางกายภาพด้วยลิงค์แล้วนั้น ยังมีความจำเป็นที่จะต้องกำหนดรูปแบบและขั้นตอนของการส่งสัญญาณ โดยรูปแบบและขั้นตอนดังกล่าวจะถูกเรียกว่าโปรโตคอล (Protocol) ในปัจจุบันโปรโตคอลซึ่งเป็นที่นิยมเชื่อมต่อแลน ได้แก่อีเทอร์เน็ต (Ethernet) โดยอีเทอร์เน็ตโปรโตคอล (Ethernet Protocol) ยังได้ถูกพัฒนาต่อไป ทำให้เกิดอีเทอร์เน็ตโปรโตคอลอีกหลายมาตรฐานมีข้อแตกต่างกันที่ความเร็วในการรับส่งข้อมูล หรือสายสัญญาณที่ใช้

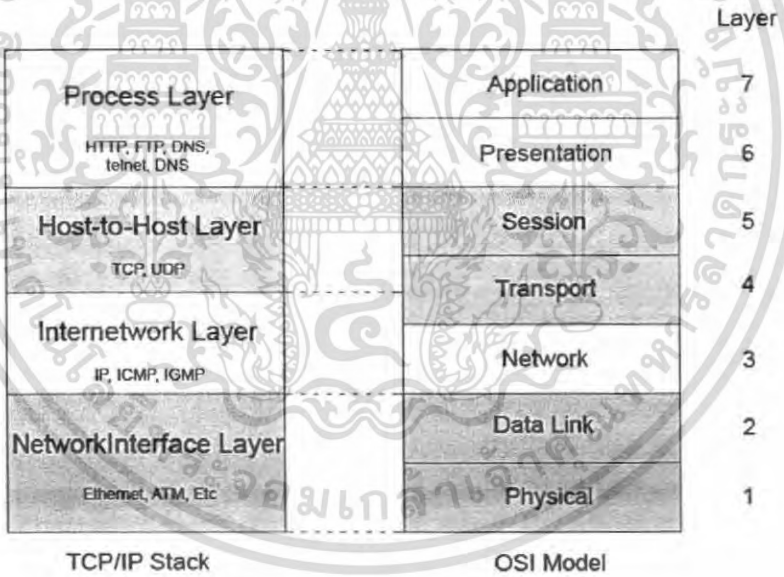
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 โครงสร้างของโปรโตคอลทีซีพี/ไอพี (TCP/IP)

โปรโตคอลทีซีพี/ไอพี มีการจัดแบ่งกลไกการทำงานออกเป็นชั้นๆ หรือเลเยอร์ เหมือนกับมาตรฐาน โอเอสไอโมเดล (OSI : Open System interconnection Model) และสามารถเทียบเคียงกับมาตรฐานของโอเอสไอ ได้ ซึ่งในแต่ละเลเยอร์ของโปรโตคอล TCP/IP จะประกอบด้วย

- โพรเซสเลเยอร์ หรือ แอพพลิเคชันเลเยอร์ (Process Layer or Application Layer)
- โฮสทูโฮสหรือทรานสปอร์ตเลเยอร์ (Host -to –Host Layer or Transport Layer)
- อินเตอร์เน็ตเวิร์คเลเยอร์ (Internetwork Layer)
- เน็ตเวิร์คอินเตอร์เฟสเลเยอร์ (Network Interface Layer)

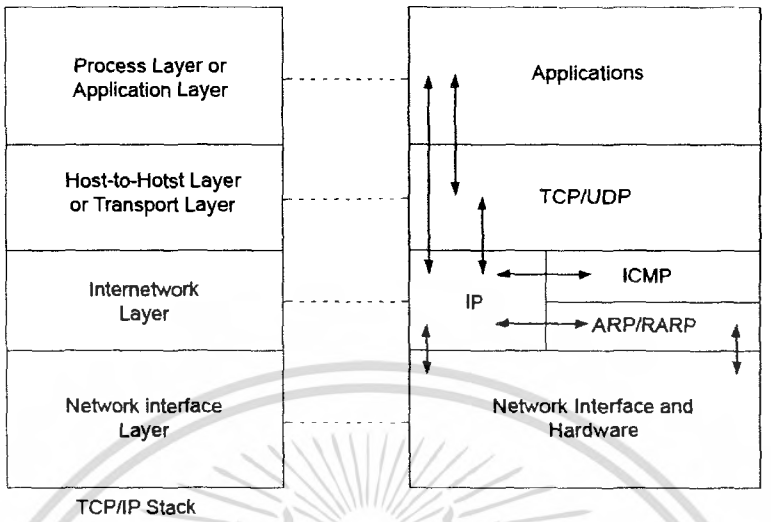
โดยเมื่อเทียบกับมาตรฐานโอเอสไอ แล้วจะเป็นดังรูปที่ 2.1 ซึ่งเราจะเห็นว่าบางเลเยอร์ของโปรโตคอลทีซีพี/ไอพี เทียบได้กับมาตรฐานโอเอสไอถึงสองเลเยอร์ (Layer) และบางเลเยอร์ก็จะทำงานคาบเกี่ยวกับหลายๆเลเยอร์ของมาตรฐานโอเอสไอ



รูปที่ 2.1 แสดง TCP/IP stack เปรียบเทียบกับมาตรฐาน OSI

ในแต่ละกลไกของโปรโตคอลทีซีพี/ไอพี จะมีโปรโตคอลอื่นๆในชุดของทีซีพี/ไอพี ร่วมทำงานอยู่ด้วย จึงทำให้เป็นที่มาของชื่อเรียก โปรโตคอลแสต็ก (Protocol Stack) เนื่องจากมีโปรโตคอลซ้อนทับกันอยู่เพื่อช่วยกันทำงานดังรูปที่ 2.2

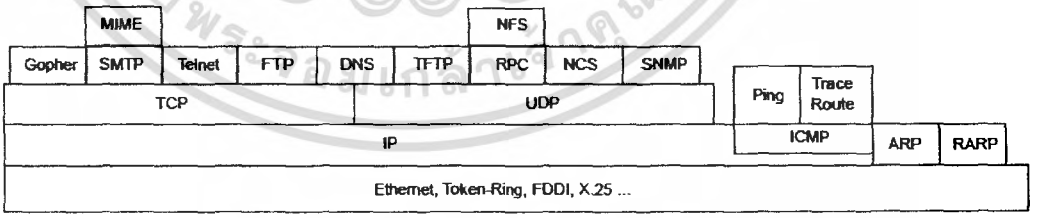
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโปรโตคอลต่างๆของ ทีซีพี/ไอพี

จากรูปที่ 2.2 จะเห็นได้ว่า มีโปรโตคอลในแต่ละระดับซ้อนทับกันอยู่หลายตัวด้วยกัน การซ้อนกันเป็นชั้นๆ หรือแต่ละเลเยอร์นี้ หากเป็นมาตรฐานโอเอสไอ จะมีข้อบังคับให้แต่ละชั้นติดต่อได้กับเฉพาะชั้นที่ติดกับตนเองเท่านั้น แต่สำหรับสแต็ก ทีซีพี/ไอพี แล้วจะเห็นว่าบางชั้นสามารถละเลยหรือข้ามไปติดต่อกับชั้นอื่นที่ไม่ติดกับตนได้

2.2.1 โพรเซสเลเยอร์ หรือ แอพพลิเคชั่นเลเยอร์ (Process Layer or Application Layer)



รูปที่ 2.3 แสดงแอพพลิเคชั่นต่างๆใน TCP/IP Stack

จากรูปที่ 2.3 แสดงลำดับชั้นการทำงานของโปรโตคอลทีซีพี/ไอพี เทียบกับมาตรฐานโอเอสไอนั้น ในชั้นบนสุดเรียกว่าโพรเซสเลเยอร์ (Process Layer) ทำงาน 2 หน้าที่เทียบได้กับแอพพลิเคชั่นเลเยอร์ (Application Layer) และพรีเซนต์เตชั่นเลเยอร์ (Presentation Layer) ในชั้นนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะรองรับการทำงานของแอพพลิเคชั่นต่างๆที่ทำงานเป็นโปรเซส อยู่ในเครื่องเซิร์ฟเวอร์(Server) ที่ให้บริการและเครื่องที่ขอใช้บริการ หรือไคลเอนต์ ซึ่งจะติดต่อกันผ่านโปรโตคอลเฉพาะแอพพลิเคชั่นอีกทีหนึ่ง

การทำงานของแอพพลิเคชั่นต่างๆจะอยู่ที่โพรเซสเลเยอร์นี้ และมีการติดต่อกันตามแต่ละโปรโตคอลเฉพาะแล้วแต่แอพพลิเคชั่นที่ใช้งาน จากการที่โพรเซสเลเยอร์ของทีซีพี/ไอพี รองรับให้โปรโตคอลอื่นทำงานได้หลายโปรเซสและหลายโปรโตคอลได้พร้อมกันนั้น ทำให้ผู้ใช้สามารถเปิดโปรแกรมใช้งานได้หลายๆอย่างพร้อมกัน เช่น เปิดโปรแกรมเว็บเบราเซอร์เพื่อเรียกดูเว็บเพจพร้อมกับใช้งานโปรแกรมรับส่งอีเมล์ไปพร้อมกันได้โดยไม่ต้องรอให้ทำงานอย่างหนึ่งอย่างใดเสร็จก่อน

โปรโตคอลหลักๆที่ทำงานในโพรเซสเลเยอร์ ซึ่งผู้ใช้มักจะคุ้นเคยกันดีได้แก่ เอฟทีพี (FTP:File Transfer Protocol), เทลเนท(Telnet), เอชทีทีพี(HTTP:Hypertext Transfer Protocol) และเอสเอ็มทีพี (SMTP:Simple Mail Transfer Protocol) นอกจากนี้ยังมีโปรโตคอลอื่นที่อยู่เบื้องหลังซึ่งทำงานโดยที่ผู้ใช้ไม่สามารถมองเห็นได้จากโปรแกรมหรือไม่ได้มีการใช้งานโดยตรง เช่น

- โปรโตคอลดีเอนเอส (DNS:Domain Name System) ที่ทำหน้าที่แปลงข้อมูลชื่อโดเมนเนมหรือชื่อเว็บไซท์ให้เป็นหมายเลข IP (IP Address)
- โปรโตคอลเอสเอนเอมพี (SNMP:Simple Network Management Protocol) ใช้ในการควบคุมและตรวจสอบอุปกรณ์ที่อยู่ในเครือข่าย
- โปรโตคอลดีเอชซีพี (DHCP:Dynamic Host Configuration Protocol) ทำหน้าที่แจกจ่ายข้อมูลพารามิเตอร์ของเครือข่ายให้กับเครื่องลูกข่ายที่เชื่อมต่ออยู่
- โปรโตคอลเอชทีทีพีใช้ในการทำเว็ปเพจ

2.2.2 โฮสทูโฮสหรือทรานสปอร์ตเลเยอร์ (Host-to-Host layer or Transport Layer)

การทำงานที่ชั้นนี้จะมีบทบาทในการจัดการต่อจากโพรเซสเลเยอร์ บางครั้งเรามักเรียกชั้นโฮสทูโฮส (Host-to-Host) ว่าเป็นทรานสปอร์ตเลเยอร์ (Transport Layer) ซึ่งไม่ใช่ชั้นของทรานสปอร์ตในมาตรฐานโอเอสไอ การทำงานของโฮสทูโฮส นี้จะมีการสร้างการเชื่อมต่อกันระหว่างแอพพลิเคชั่นกับโฮสทูโฮส โดยจุดที่เชื่อมกันเพื่อรับส่งข้อมูลนี้เรียกว่า พอร์ต (Port) หรือซ็อกเก็ต (Socket) และในแต่ละแอพพลิเคชั่นก็จะสร้างการเชื่อมต่อผ่านพอร์ต ได้พร้อมกันหลายแอพพลิเคชั่น ซึ่งการใช้งานพอร์ตของแต่ละแอพพลิเคชั่นที่อยู่ในชั้นโพรเซสเลเยอร์ จะแตกต่างกันตามหมายเลขที่กำหนดไว้ และแต่ละโปรโตคอลจะมีการใช้งานพอร์ตหมายเลขต่างๆไม่ซ้ำกัน

เมื่อแอพพลิเคชั่นทำงานผ่านโปรโตคอลในชั้นโพรเซสเลเยอร์ จะมีการส่งผ่านข้อมูลไปยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฮสทูโฮสเลเยอร์ ที่ชั้นนี้จะมีการเชื่อมต่อผ่านพอร์ตที่กำหนด ทำให้การรับส่งข้อมูลในแต่ละโปรโตคอลทำได้ถูกต้อง ถึงแม้ว่าในเครื่องเซิฟเวอร์ที่ให้บริการจะมีการทำงานอยู่หลายโปรเซสที่แตกต่างกันก็ตาม หรือมีผู้ใช้บริการเข้ามาใช้งานพร้อมกันจำนวนมาก และหลายแอพพลิเคชั่นในเวลาเดียวกัน ในชั้นโฮสทูโฮส นี้จะมีโปรโตคอลทำงานอยู่ 2 โปรโตคอลที่แตกต่างกัน คือ โปรโตคอลทีซีพี/ไอพี และโปรโตคอลยูดีพี (UDP) ในการส่งผ่านข้อมูลลงไปที่ชั้นถัดๆไป จะเห็นว่าโปรโตคอลทีซีพี/ไอพี และโปรโตคอลยูดีพี จะถูกผนึกเข้าไปในโปรโตคอลไอพี อีกทีหนึ่งและส่งต่อไปยังเครือข่ายอินเตอร์เน็ตต่อไป

ตัวโปรโตคอลทีซีพี/ไอพี และโปรโตคอลยูดีพี จะมีแอพพลิเคชั่นเฉพาะเพื่อเรียกใช้งานแยกกันคือ แอพพลิเคชั่นที่ใช้โปรโตคอล เอฟทีพี, เทลเนท, เอชทีทีพี และ เอสเอมทีพี จะมีการส่งผ่านข้อมูลโดยเรียกใช้โปรโตคอลทีซีพี ส่วนแอพพลิเคชั่นที่ใช้โปรโตคอลเอสเอนเอ็มพีและดีเอชซีพี จะส่งผ่านข้อมูลโดยเรียกใช้โปรโตคอลยูดีพี และสำหรับโปรโตคอลดีเอนเอส นั้นจะสามารถเรียกใช้งานได้ทั้งทีซีพี และ ยูดีพี ซึ่งเหตุผลที่มีการเรียกใช้โปรโตคอล ทีซีพี และ ยูดีพี แตกต่างกัน เนื่องจากวิธีการทำงานของทั้งสองโปรโตคอลต่างกันนั่นเอง

2.2.2.1 โปรโตคอลทีซีพี

เป็นโปรโตคอลที่มีการรับส่งข้อมูลแบบแบ่งเป็นส่วนย่อยๆก่อน โดยไม่คำนึงถึงปริมาณข้อมูลที่จะส่งออกไป แล้วจึงส่งไปยังปลายทางอย่างต่อเนื่องเป็นลำดับข้อมูล ในกรณีที่ข้อมูลส่วนใดส่วนหนึ่งสูญหายไป ก็จะส่งข้อมูลส่วนนั้นใหม่อีกครั้ง สำหรับปลายทางก็จะทำหน้าที่จัดเรียงส่วนของข้อมูลดาต้าแกรมใหม่ให้ต่อเนื่องกัน และประกอบกลับเป็นข้อมูลทั้งหมดได้ ซึ่งจะแยกข้อมูลที่ไม่ถูกต้องออก ดังนั้นแอพพลิเคชั่นหรือโปรเซสใดที่อาศัยการส่งผ่านข้อมูลด้วยโปรโตคอลทีซีพี จะต้องใช้หน่วยความจำและขนาดของช่องสัญญาณมากกว่ายูดีพี

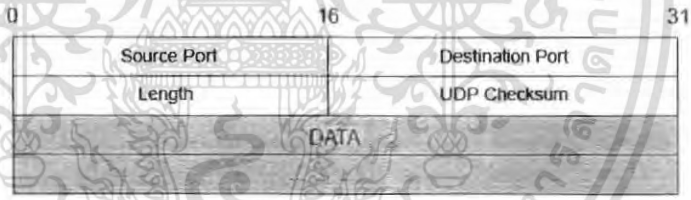
การติดต่อระหว่างกันจะต้องเป็นแบบคอนเนคชั่นโอเรียนเตด (Connection-Oriented) คือ ต้องมีการสร้างการติดต่อกับเป็นเซสชั่น (Session) ทั้ง 2 ด้านเสียก่อน แล้วจึงจะรับส่งข้อมูลไปได้พร้อมกัน (Full Duplex) เหมือนกับการใช้โทรศัพท์ติดต่อกัน เมื่อผู้ติดต่อต้นทางเรียกให้ฝ่ายตรงข้ามรับสายแล้ว จึงเริ่มการทักทายกันก่อนเพื่อให้แน่ใจว่าฝั่งตรงข้ามพร้อมที่จะติดต่อด้วย จากนั้นจึงเริ่มต้นติดต่อกัน และเมื่อต้องการจะเลิกการติดต่อก็จะมีการแจ้งบอกยกเลิกให้ฝั่งตรงข้ามทราบว่าจะเลิกการติดต่อและวางสายไป ซึ่งในระหว่างการติดต่อกันนั้น แม้ว่าฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งหรือทั้งสองฝ่ายจะเงียบไป คือไม่พูดอะไรเป็นเวลานานๆ แต่การเชื่อมโยงจะยังคงอยู่ไม่ขาดไปจนกว่าฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งจะวางสาย เช่นเดียวกับการติดต่อกันด้วยกลไกโปรโตคอลทีซีพี เมื่อแอพพลิเคชั่นต้องการส่งผ่านข้อมูลจะใช้โปรโตคอลที่เหมาะสมในชั้นโพรเซสเลเยอร์ (Process Layer) ติดต่อไปและมีการสร้างช่องส่งข้อมูลผ่านพอร์ตที่กำหนดเพื่อส่งผ่านข้อมูลไปยังโปรโตคอลทีซีพี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระหว่างการรับส่งข้อมูลนี้ โปรโตคอลทีซีพีจะเพิ่มขบวนการสอบทานข้อมูลเพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้อง โดยการส่งสัญญาณสอบทานข้อมูล (Acknowledgement) และส่งข้อมูลให้ใหม่อีกครั้ง ถ้าปลายทางไม่ได้รับหรือเกิดความผิดพลาดขึ้น ความน่าเชื่อถือของการส่งผ่านข้อมูลโดยโปรโตคอลทีซีพี จะมีมากกว่า แต่ก็ต้องอาศัยทรัพยากรของระบบมากกว่าในการทำงานเช่นกัน

2.2.2.2 โปรโตคอลยูดีพี

ในโฮสทูโฮสเลเยอร์ นอกจากจะมีโปรโตคอลทีซีพี ทำงานแล้ว ก็ยังมีโปรโตคอลยูดีพี ที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันอยู่ด้วย ในการรับส่งข้อมูลผ่านโปรโตคอลยูดีพี จะเป็นแบบที่ทั้งสองด้านไม่จำเป็นต้องอาศัยการสร้างช่องทางเชื่อมต่อกัน (Connectionless) ระหว่างเครื่องเซิร์ฟเวอร์ให้บริการกับเครื่องที่ขอใช้บริการ โดยไม่ต้องแจ้งให้ฝ่ายรับข้อมูลเตรียมรับข้อมูลเหมือนโปรโตคอลทีซีพี และไม่มีการตรวจสอบความถูกต้องครบถ้วนในการรับส่งข้อมูลนั้นๆด้วย เนื่องจากโปรโตคอลยูดีพี ไม่มีสัญญาณสอบทานข้อมูล (Acknowledgement) ในการส่งข้อมูลแต่ละครั้ง และไม่มีการส่งข้อมูลให้อีกในกรณีที่เกิดความผิดพลาดของการส่งข้อมูล เมื่อเป็นเช่นนี้แอพพลิเคชั่นหรือโพรเซสใดที่ต้องอาศัยโปรโตคอลยูดีพี ในการส่งผ่านข้อมูลก็อาจจะต้องสร้างขบวนการตรวจสอบข้อมูลขึ้นมาเอง



รูปที่ 2.4 รูปแบบของ UDP packet

ตามรูปที่ 2.4 จะเห็นว่าโปรโตคอลชั้นบนขึ้นไป ที่ใช้การส่งผ่านข้อมูลโดยโปรโตคอลยูดีพี เช่น โปรโตคอล เอสเอนเอมพี (ใช้ควบคุมและจัดการอุปกรณ์ในเครือข่าย) หรือโปรโตคอลดีเอชซีพี (ใช้ส่งข้อมูลพารามิเตอร์ของเครือข่ายให้กับเครื่องลูกข่ายได้ใช้งาน) การส่งข้อมูลเหล่านั้นไม่ต้องรับทราบหรือตรวจสอบว่าข้อมูลไปถึงปลายทางถูกต้องหรือไม่ แต่กลไกการตรวจสอบข้อมูลที่มีการรับส่งจะไปทำในขั้นตอนของโปรโตคอลชั้นที่สูงกว่าแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างขั้นตอนกลไกการทำงานโดยใช้โปรโตคอลยูดีพี มีดังต่อไปนี้

ในชั้นของโพรเซสเลเยอร์ เมื่อโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์เครือข่ายเช่น โปรแกรมจัดการเครือข่าย (Network Management) ต้องการส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ที่ต้องการแอพพลิเคชั่นนั้นจะติดต่อผ่านโปรโตคอลเอสเอนเอมพีในชั้น โพรเซสเลเยอร์

1. โปรโตคอล เอสเอนเอมพี จะติดต่อกับโปรโตคอลยูดีพี ในชั้นถัดไป เพื่อขอติดต่อผ่านพอร์ต (Port) ที่กำหนด

2. โปรโตคอล เอสเอนเอมพี เตรียมข้อมูลที่จะส่ง รวมทั้งที่อยู่ปลายทาง

3. โปรโตคอล เอสเอนเอมพี ส่งผ่านข้อมูลให้โปรโตคอล ยูดีพี ที่อยู่ในชั้นโฮสทูโฮสเลเยอร์ (Host-to-Host Layer)

4. โปรโตคอลยูดีพี ทำหน้าที่ผนึกข้อมูลหรือดาตาแกรม (Datagram) นั้น ไปกับโปรโตคอล IP ในชั้นถัดลงไป เพื่อส่งข้อมูลออกจากเครื่อง

ซึ่งจะเห็นว่ามีกลไกที่ต่างจากการส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอลทีซีพี ซึ่งจะต้องมีการติดต่อกันก่อน และทั้งสองฝ่ายรับทราบการรับส่งข้อมูลของช่องการส่งข้อมูลนั้น

2.2.3 อินเตอร์เน็ตเวิร์คเลเยอร์ (Internetwork Layer)

ในระดับล่างต่อมาในชั้นอินเตอร์เน็ตเวิร์ค (Internetwork Layer) มีหน้าที่ส่งผ่านข้อมูลในระหว่างเครือข่าย โดยมีโปรโตคอลที่ทำงานเป็นกลไกสำคัญในการส่งผ่านข้อมูลไปยังเครือข่ายใดๆ บนอินเตอร์เน็ต คือ โปรโตคอลไอพี นอกจากนี้ในชั้นอินเตอร์เน็ตเวิร์ค ยังมีโปรโตคอลทำงานอยู่ด้วยอีก 2 ชนิดคือ โปรโตคอลไอซีเอมพี (ICMP:Internet Control Message Protocol) และโปรโตคอล เออาร์พี (ARP:Address Resolution Protocol)

2.2.3.1 โปรโตคอลไอพี

โปรโตคอลไอพี ทำหน้าที่ให้บริการส่งผ่านข้อมูลที่มาจากโฮสทูโฮส เพื่อส่งข้ามไปยังเครือข่ายใดๆได้อย่างถูกต้อง แม้ว่าจะมีเครือข่ายเชื่อมต่อกันอยู่ในอินเตอร์เน็ตเป็นล้านๆเครือข่ายก็ตาม เนื่องจากโปรโตคอลไอพี มีข้อมูลตำแหน่งไอพี ปลายทางที่จะส่งข้อมูลไปให้ โดยทำงานร่วมกับอุปกรณ์เราท์เตอร์ เพื่อส่งข้อมูลข้ามเครือข่ายออกไปได้ ตัวโปรโตคอลไอพี จะทำงานแบบแพ็คเกจสวิตชิ่ง (Packet switching) คือมีการส่งข้อมูลผ่านสวิตช์ไปยังปลายทาง โดยข้อมูลจะเดินทางไปยังเครือข่ายต่างๆ ผ่านสวิตช์นี้ไปเรื่อยๆจนกว่าจะถึงปลายทาง ตัววงจรผ่านหรือสวิตช์นี้อาจเป็นเกตเวย์หรือเราท์เตอร์ ในระบบเครือข่ายก็ได้ ซึ่งในข้อมูลของโปรโตคอลไอพี จะมีข้อมูลของหมายเลขไอพี ปลายทางที่จะส่งข้อมูลไปและเมื่อถึงเครือข่ายปลายทางแล้ว จะมีกลไกแปลงหมายเลข ไอพี ให้เป็นหมายเลขฮาร์ดแวร์ประจำเครื่องที่ถูกต้องอีกทีหนึ่งด้วยโปรโตคอล เออาร์พี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.2 โปรโตคอล ไอซีเอมพี

หน้าที่หลักของโปรโตคอลไอซีเอมพี คือการแจ้งหรือแสดงข้อความจากระบบ เพื่อบอกให้ผู้ใช้ทราบว่าเกิดอะไรขึ้นในการส่งผ่านข้อมูลนั้น ซึ่งปัญหาส่วนมากที่พบคือส่งไปไม่ได้ หรือปลายทางรับข้อมูลไม่ได้ เป็นต้น นอกจากนี้โปรโตคอลไอซีเอมพี ยังถูกเรียกใช้งานจากเครื่องเซิร์ฟเวอร์และเราท์เตอร์อีกด้วย เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลที่ใช้ควบคุม ส่วนรูปแบบการทำงานของโปรโตคอลไอซีเอมพี นั้นจะทำควบคู่กับโปรโตคอลไอพี ในระดับเดียวกัน และข้อความต่างๆที่แจ้งให้ทราบจะถูกผนึกอยู่ภายในข้อมูลของไอพี อีกทีหนึ่ง

ข้อความที่โปรโตคอลไอซีเอมพี ส่งนั้นแบ่งออกได้ 2 แบบคือ ข้อความแจ้งข้อผิดพลาด (ICMP Error Message) และ ข้อความเรียกขอข้อมูลเพิ่ม (ICMP query) ตัวอย่างกลไกการทำงานของโปรโตคอลไอซีเอมพี เช่น เมื่อมีการส่งผ่านข้อมูลจากผู้ใช้ไปยังปลายทางที่ไม่ถูกต้อง หรือขณะนั้นเครื่องปลายทางเกิดปัญหาจนไม่สามารถรับข้อมูลได้ ที่เราท์เตอร์จะส่งข้อความแจ้งเป็น ICMP Message ที่ชื่อ Destination Unreachable ให้กับผู้ส่งข้อมูล นอกจากนี้ตัวข้อมูลที่แจ้งข้อความก็จะมีส่วนของข้อมูลไอพีดาต้าแกรม (IP Datagram) ที่เกิดปัญหาด้วย ดังนั้นเมื่อผู้ส่งข้อมูลได้รับข้อความแจ้งแล้วก็จะทราบได้ว่าจุดที่เกิดปัญหานั้นอยู่ที่ใด

ดังนั้นโปรโตคอลไอซีเอมพี จึงกลายมาเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งในการช่วยทดสอบเครือข่าย เช่น คำสั่งปิง (Ping) ที่เรามักใช้ทดสอบว่าเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่ให้บริการหรืออุปกรณ์ที่ต่ออยู่ในเครือข่ายอินเตอร์เน็ตนั้น ยังทำงานเป็นปกติหรือไม่ แล้วคำสั่งปิง (Ping) มีการเรียกใช้งานโปรโตคอล ไอซีเอมพี แจ้งเป็นข้อความให้ทราบอีกต่อหนึ่ง

2.2.3.3 โปรโตคอล เออาร์พี

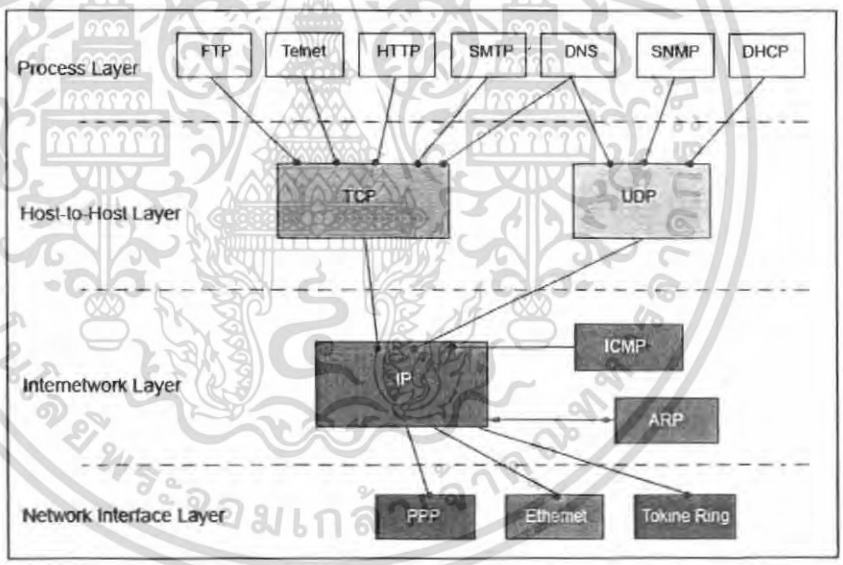
โปรโตคอล เออาร์พี ถูกเรียกใช้งานโดยโปรโตคอลไอพี เพื่อช่วยแปลงหมายเลขไอพี ไปเป็นหมายเลขฮาร์ดแวร์ปลายทาง ตัวอย่างเช่น เว็บเซิร์ฟเวอร์เครื่องหนึ่งเชื่อมต่ออยู่ในเครือข่ายอินเตอร์เน็ต และในการเชื่อมต่อนี้ต้องอาศัยนิคการ์ด (Network Interface Card) หรือการ์ดแลนติดตั้งอยู่ ที่การ์ดแลนนี้เองจะมีหมายเลขเฉพาะประจำฮาร์ดแวร์ที่ไม่ซ้ำกับใคร เพื่อใช้อ้างอิงการส่งข้อมูลในเครือข่าย แต่เมื่อมาใช้งานในโปรโตคอลทีซีพี/ไอพี ก็จะต้องมีการกำหนดหมายเลขไอพีประจำตัวเพื่อใช้อ้างอิงกัน และโปรโตคอลเออาร์พี จะทำหน้าที่แปลงค่าหมายเลขไอพี ให้เป็นหมายเลขฮาร์ดแวร์จริงให้ในระดับการทำงานที่ชั้นอินเตอร์เน็ตเวิร์ค (Internetwork Layer) นี้ ซึ่งกลไกการแปลงนี้เรียกว่าแอดเดรสเรโซลูชัน (Address Resolution)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 เน็ตเวิร์คอินเตอร์เฟสเลเยอร์ (Network Interface Layer)

เนื่องจากในด้านกายภาพของเครือข่ายนั้น มีหลายวิธีการและหลายรูปแบบในการเชื่อมต่อระบบให้เป็นเครือข่าย แต่อย่างไรก็ตามในเครือข่ายอินเตอร์เน็ตนี้ ข้อมูลหรือไอพีดาต้าแกรม (IP Datagram) จะถูกถ่ายทอดและส่งผ่านไปยังปลายทางโดยไม่คำนึงถึงรูปแบบการเชื่อมต่อทางกายภาพ ไม่ว่าจะเป็นการใช้เครือข่ายใยแก้วนำแสงหรือเครือข่ายสายยูทีพี (UTP:Unshielded Twist Pair) เชื่อมต่อแบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ทธรรมดาหรือเครือข่ายโทคเคนริง (Token Ring), เอทีเอม (ATM), ไอเอสดีเอน (ISDN) หรืออื่นๆก็ตาม

การทำงานระดับล่างสุดต่อจากชั้นอินเตอร์เน็ตเวิร์ค (Internetwork Layer) จะเป็นการแปลงข้อมูลไอพีดาต้าแกรม (IP datagram) ให้อยู่ในรูปที่เหมาะสม และแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าส่งไปยังเครือข่ายต่อไป ซึ่งในชั้นเน็ตเวิร์คอินเตอร์เฟต นี้เมื่อเทียบกับมาตรฐานโอเอสไอ แล้วจะเป็นการรวม 2 เลเยอร์ เข้าด้วยกัน คือชั้นดาต้าลิงค์และชั้นฟิสิคอล (Data link Layer and Physical Layer)



รูปที่ 2.5 โปรโตคอล TCP/IP ในแต่ละชั้น จะมีโปรโตคอลทำหน้าที่หลัก

กล่าวโดยสรุปก็คือ โปรโตคอลทีซีพี/ไอพี ทำงานโดยแบ่งเป็นชั้นเทียบกับ โอเอสไอ โมเดล ได้ กลไกในการทำงานของโปรโตคอล ทีซีพี/ไอพี มี 4 ชั้น ซึ่งในชั้นแรก คือ โพรเซสเลเยอร์ ทำหน้าที่ติดต่อกับแอพพลิเคชั่นและโปรโตคอลที่แอพพลิเคชั่นนั้นๆใช้งาน และส่งต่อมาให้ชั้นโฮส-ทู-โฮส เพื่อติดต่อกันระหว่างเครื่องเซิร์ฟเวอร์ให้บริการกับเครื่องผู้ขอใช้บริการ ในชั้นนี้จะมีการสร้างการเชื่อมต่อระหว่างระบบขึ้นตามแต่ละโปรโตคอลที่ต้องการ ต่อมาเป็นการผนึกข้อมูลไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นไอพี ดาตาแกรม ที่ชั้น อินเตอร์เน็ตเวิร์ค โดยอาศัยโปรโตคอลไอพี เพื่อให้สามารถติดต่อส่งข้อมูลข้ามเครือข่ายไปยังเครือข่ายและเครื่องที่ถูกต้องได้ และสุดท้ายการส่งข้อมูลออกสู่โลกภายนอก ต้องอาศัยกลไกในชั้น เน็ตเวิร์คอินเทอร์เฟสเลเยอร์ เพื่อแปลงข้อมูลใหม่ เพิ่มข้อมูลที่จำเป็นในการอ้างอิงตำแหน่งและแปลงข้อมูลเป็นสัญญาณไฟฟ้าส่งออกไปยังเครือข่าย และอาจจะออกไปยังเกตเวย์หรือเราท์เตอร์เพื่อข้ามเครือข่ายออกไปยังเส้นทางที่กำหนดไว้ในอินเตอร์เน็ตต่อไป

เราจะเห็นว่าในแต่ละชั้นของโครงสร้าง ทีซีพี/ไอพี มีการใช้งานโปรโตคอลต่างๆอยู่หนึ่งโปรโตคอลหรือมากกว่า ในแต่ละโปรโตคอลเหล่านี้ก็จะรับผิดชอบทำหน้าที่ของตน เพื่อส่งผ่านข้อมูลลงไปยังระดับล่าง และออกสู่เครือข่ายอินเตอร์เน็ตในที่สุด

2.3 โปรโตคอลดีเอชซีพี (DHCP:Dynamic Host Configuration Protocol)

การกำหนดแอดเดรสสำหรับอินเตอร์เน็ทโปรโตคอล (Internet Protocol) หรือหมายเลขไอพีให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่าง ภายในเครือข่ายทีซีพี/ไอพี เป็นสิ่งที่ผู้บริหารเครือข่ายต้องวางแผนและจัดการอย่างเป็นระบบ เพื่อไม่ให้เกิดการใช้งานแอดเดรสที่ซ้ำกัน หรือการกำหนดแอดเดรสผิดทำให้ไม่สามารสื่อสารถึงกันได้ ในกรณีที่เครือข่ายขนาดเล็ก การเพิ่มเติมหรือแก้ไขสามารถที่จะกระทำได้เองโดยง่าย แต่หากเครือข่ายมีขนาดใหญ่มากๆ แล้วจะกลายเป็นงานที่ลำบากและเสียเวลามาก

ด้วยเหตุนี้จะมีผู้คิดค้นโปรโตคอลดีเอชซีพี สำหรับการกำหนดแอดเดรสแบบไดนามิค (dynamic) ขึ้นมาใช้งาน โดยจะทำหน้าที่แจกจ่ายแอดเดรสและพารามิเตอร์ที่จำเป็นให้กับคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ภายในเครือข่าย โดยอัตโนมัติ การทำงานของโปรโตคอลดีเอชซีพี ได้รับการปรับปรุงมากจากโปรโตคอลบูทแทรพ (Bootstrap protocol) กล่าวคือได้เพิ่มเติมความสามารถในการนำแอดเดรสที่กำหนดให้เครื่องคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์นำไปใช้งานกลับมาแล้วแจกจ่ายออกไปใหม่ได้นั่นเอง

2.3.1 การทำงานของ ดีเอชซีพี

การทำงานของโปรโตคอลดีเอชซีพี จัดอยู่ใน สถาปัตยกรรมแบบไคลเอนต์เซิร์ฟเวอร์ โดยเครื่องที่ทำหน้าที่เก็บฐานข้อมูลของแอดเดรสและพารามิเตอร์ (DHCP database) ที่จำเป็นเพื่อแจกจ่ายให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อื่นๆจุถูกเรียกกว่าดีเอชซีพีเซิร์ฟเวอร์ (DHCP server) และเครื่องที่ร้องขอแอดเดรสและพารามิเตอร์อื่นๆ จากเซิร์ฟเวอร์ดีเอชซีพี เพื่อนำไปใช้งาน จะถูกเรียกว่าดีเอชซีพีไคลเอนท์ (DHCP client)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ ดีเอชซีพีไคลเอนท์ เริ่มทำงาน จะส่งข้อความเพื่อร้องขอแอดเดรสออกไปยัง ดีเอชซีพีเซิร์ฟเวอร์ เมื่อ ดีเอชซีพีเซิร์ฟเวอร์ ได้รับข้อความร้องขอแล้วจะทำการเลือกแอดเดรสที่ยังถูกจ่ายออกไปจากฐานข้อมูล และส่งข้อความเพื่อเสนอแอดเดรสดังกล่าวให้กับ ดีเอชซีพีไคลเอนท์ หาก ดีเอชซีพีไคลเอนท์ ต้องการรับข้อเสนอนี้ ก็จะส่งข้อความตอบรับกลับไปยัง ดีเอชซีพีเซิร์ฟเวอร์ จากนั้น ดีเอชซีพีเซิร์ฟเวอร์ จะตอบกลับไปยัง ดีเอชซีพีไคลเอนท์ อีกครั้งเพื่อยืนยันว่าได้รับข้อความตอบรับข้างต้นนี้แล้ว พร้อมกับส่งค่าพารามิเตอร์อื่นๆที่ เอชซีพีไคลเอนท์ จำเป็นต้องใช้ และกำหนดช่วงเวลาที่อนุญาตให้ใช้แอดเดรสนี้ ซึ่งต่อไปขอเรียกว่า "Lease duration" ส่งไปพร้อมกันในคราวเดียว

2.3.2 ขั้นตอนการสร้างกำหนดแอดเดรสให้กับ ดีเอชซีพีไคลเอนท์

เมื่อ ดีเอชซีพีไคลเอนท์ เริ่มทำงาน ซอฟต์แวร์ของทีซีพี/ไอพี จะถูกโหลดเข้าสู่หน่วยความจำและพร้อมใช้งาน แต่เนื่องจากยังไม่ได้ทำการกำหนดแอดเดรสและพารามิเตอร์ต่างๆ ดีเอชซีพีไคลเอนท์ จึงยังไม่สามารถที่จะรับส่งข้อมูลได้โดยตรง ทีซีพี/ไอพี เป็นโปรโตคอลที่มีความสามารถในการกำหนดเส้นทางดังนั้นจึงต้องมีการระบุแอดเดรสทั้งต้นทางและปลายทางลงไปในดาตาแกรมเสมอ แต่ในกรณีนี้ ดีเอชซีพีไคลเอนท์ ยังไม่มีแอดเดรสต้นทางจึง ไม่สามารถรับส่งข้อมูลกับคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อื่นๆได้โดยตรง แต่จะเป็นการรับส่งผ่านการบรอดแคสท์ (Broadcast) คือส่งกระจายไปยังทุกๆ โหนด เสมอ ซึ่งโดยปกติหากดีเอชซีพีไคลเอนท์ ต้องการส่งข้อมูลไปยัง ดีเอชซีพีเซิร์ฟเวอร์ จะระบุแอดเดรสปลายทางเป็น 255.255.255.255 (Broadcast address) และกำหนดพอร์ตปลายทางเป็น 68 โดยใช้ยูดีพี เป็น ทรานสพอร์ตโปรโตคอล (Transport Protocol) ดีเอชซีพีเซิร์ฟเวอร์ จะคอยตรวจจับการร้องขอจาก ดีเอชซีพีไคลเอนท์ ที่พอร์ตนี้ และทำนองเดียวกันดีเอชซีพีเซิร์ฟเวอร์ เมื่อต้องการตอบรับกลับไปยังดีเอชซีพีไคลเอนท์ ก็จะส่งข้อมูลในลักษณะบรอดแคสท์ ออกไปเช่นกัน แต่ระบุพอร์ตปลายทางเป็น 67 บรอดแคสท์ทุกตัวก็จะคอยตรวจจับการตอบรับดีเอชซีพีเซิร์ฟเวอร์ ที่พอร์ต 67 ของตน

- ขั้นที่ 1 ร้องขอไอพี (IP Lease Request)

ดีเอชซีพีไคลเอนท์ จะทำการบรอดแคสท์ ข้อความ DHCPDISCOVER พร้อมกับระบุค่าที่อยู่ (MAC address) ของเนตเวิร์กการ์ดบนดีเอชซีพีไคลเอนท์ ไปกับข้อความดังกล่าวด้วย (เพื่อใช้อ้างอิง เนื่องจาก ดีเอชซีพีไคลเอนท์ ยังไม่ได้กำหนดค่าไอพี) โดยส่งไปในฟิสิคัล ซับเนต (physical subnet) (หาก ดีเอชซีพีเซิร์ฟเวอร์ อยู่คนละ ฟิสิคัล ซับเนต และจำเป็นต้องติดตั้ง DHCP/BOOTP Relay Agent ลงใน ฟิสิคัล ซับเนต ที่ไม่มีดีเอชซีพีเซิร์ฟเวอร์ติดตั้งอยู่ เพื่อนำข้อความ DHCPDISCOVER ส่งต่อให้กับ ดีเอชซีพีเซิร์ฟเวอร์ใน ฟิสิคัล ซับเนต อื่น ซึ่งจะกล่าวถึงภายหลัง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขั้นที่ 2 ตอบรับการร้องขอไอพี (IP Lease Offer)

เมื่อทุกๆ ดีเอชซีพีไคลเอนท์ จะทำการบรอดแคสท์ ข้อความ DHCPDISCOVER จากดีเอชซีพีไคลเอนท์ ก็จะทำการส่งข้อความ DHCPOFFER โดยวิธีส่งตรงหรือยูนิแคสท์ (unicast) ไปยัง ดีเอชซีพีไคลเอนท์ ที่ทำการร้องขอถ้าสามารถกระทำได้ แต่หากไม่สามารถยูนิแคสท์ ไปยัง ดีเอชซีพีไคลเอนท์ ที่ทำการร้องขอได้โดยตรง ก็จะทำการบรอดแคสท์ ผ่าน บรอดแคสท์ แอดเดรส (broadcast address) สำหรับข้อความ DHCPOFFER จะประกอบด้วย ไอพี แอดเดรส ที่สามารถให้ได้ ,ค่า ซับเนตมาสค์(subnet Mask) , ค่า แมคแอดเดรส ของดีเอชซีพีไคลเอนท์ ช่วงเวลาที่อนุญาตใช้งานแอดเดรสดังกล่าว หรือ ลีส (Lease) นั่นเอง และไอพี ของ ดีเอชซีพีเซิร์ฟเวอร์ เพื่อใช้อ้างอิง

- ขั้นที่ 3 เลือกไอพี (IP Lease Selection)

เมื่อ ดีเอชซีพีไคลเอนท์ ได้รับข้อความ DHCPOFFER จาก ดีเอชซีพีเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งอาจมีเพียงตัวเดียวหรือหลายตัวก็ได้ (โดยหลักการแล้ว ดีเอชซีพีไคลเอนท์ ควรรอให้ได้รับข้อความ DHCPOFFER จากทุกๆ ดีเอชซีพีเซิร์ฟเวอร์เสียก่อน แต่ในความเป็นจริงแล้ว ดีเอชซีพีไคลเอนท์ส่วนใหญ่มักถูกกำหนดให้ยอมรับข้อความ DHCPOFFER จาก ดีเอชซีพีเซิร์ฟเวอร์ ที่ส่งมาถึงเร็วที่สุด คือเลือกใช้จากตัวที่ตอบกลับมาถึงก่อนนั่นเอง) จากนั้นจึงทำการเลือกที่จะตอบรับข้อเสนอของ ดีเอชซีพีเซิร์ฟเวอร์เครื่องใดเครื่องหนึ่ง และทำการบรอดแคสท์ ข้อความ DHCPREQUEST ออกไปโดยระบุไอพีของ ดีเอชซีพีเซิร์ฟเวอร์ ที่ได้รับเลือกลงไปด้วยเพื่อเป็นการบอกว่าได้เลือก ดีเอชซีพีเซิร์ฟเวอร์ ตัวใด

- ขั้นที่ 4 IP Lease Acknowledgement

เมื่อ ดีเอชซีพีเซิร์ฟเวอร์ได้รับข้อความ DHCPREQUEST และตรวจสอบแล้วว่าเป็นข้อความที่เป็นของตน ก็จะทำการบรอดแคสท์ ข้อความ DHCPACK ออกไป ซึ่งประสอบด้วยไอพี, ค่า ซับเนต มาสค์, ค่า แมคแอดเดรส ของ ดีเอชซีพีไคลเอนท์, ช่วงเวลาที่อนุญาตให้ใช้งานไอพีดังกล่าว และค่าพารามิเตอร์อื่นๆ ที่จำเป็นต้องกำหนดให้กับ ดีเอชซีพีไคลเอนท์

เมื่อ ดีเอชซีพีไคลเอนท์ ได้รับข้อความ DHCPACK ก็จะนำค่าต่างๆไปกำหนด แล้วเริ่มใช้งานโปรโตคอล ทีซีพี/ไอพี ต่อไป

2.4 วินโดว์ ซ็อกเก็ต

กุญแจที่จะนำไปสู่การเขียนโปรแกรมบนอินเตอร์เน็ต (Internet Programming) โดยใช้วินโดว์ คือ "ซ็อกเก็ต" (Socket) โดยทั่วไปแล้วซ็อกเก็ต หมายถึง เซต เซตหนึ่ง (a set) ของฟังก์ชันที่ใช้ทำการติดต่อสื่อสารแบบสองทาง (Two-way Communication) โดยใช้โปรโตคอลทีซีพี/ไอพี หรือโปรโตคอลอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนถ้าหากเราพิจารณาคำว่าวินโดวส์ ซ็อกเก็ต (Windows Sockets) แล้วจะหมายความถึงเอพีไอ (API) มาตรฐานที่ถูกพัฒนาโดยกลุ่มบริษัทกว่า 20 บริษัทและถูกใช้เป็นมาตรฐานการเปิดเครือข่ายเพื่อจัดการการติดต่อโดยใช้โปรโตคอลทีซีพี/ไอพี (ถึงแม้ว่าจะมีการเผื่อไว้สำหรับการใช้กับโปรโตคอลอื่นภายหลังก็ตาม) ถ้าหากเราต้องการเขียนโปรแกรมบนอินเตอร์เน็ตสำหรับวินโดวส์แล้ว เราต้องรู้จักซ็อกเก็ตและวินโดว์ซ็อกเก็ต

2.4.1 ซ็อกเก็ตคืออะไร

ซ็อกเก็ตมาจากระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ (UNIX) และโดยเฉพาะอย่างยิ่งมาจากเบิร์กเลย์ยูนิกส์ (Berkley UNIX: BSD) ช่วงประมาณปีคริสตศักราช 1980 ซ็อกเก็ตหนึ่งซ็อกเก็ตคือชิ้นส่วนหนึ่งของซอร์ฟแวร์ ซึ่งสามารถรับและส่งข้อมูลบนเครือข่าย ทีซีพี/ไอพี ได้ ส่วนของข่าวสารข้อมูล (Information) เกี่ยวกับซ็อกเก็ตที่สำคัญมีอยู่ 3 ส่วนคือ

1. ไอพี แอดเดรส ที่ ซ็อกเก็ตกำลังติดต่ออยู่
2. พอร์ต ที่ซ็อกเก็ตใช้ติดต่อกับแอดเดรสนั้น
3. ชนิดของซ็อกเก็ต

สิ่งหนึ่งที่เกี่ยวกับพอร์ตที่จำเป็นต้องทำความเข้าใจให้ถูกต้องนั่นคือ พอร์ตในที่นี้ไม่เหมือนพอร์ตขนานหรือพอร์ตอนุกรม พอร์ตเหล่านี้ไม่ได้เป็นฮาร์ดแวร์ (Hardware) ใดๆ ทั้งสิ้นพอร์ตในที่นี้เป็นเพียงสภาวะ (Convention) ที่ถูกใช้โดยโปรแกรมที่รันอยู่บนเครื่องที่รันอยู่บนเครื่องที่กำลังทำการติดต่อสื่อสาร โปรโตคอล TCP/IP จะให้เครื่องหนึ่งสามารถติดต่อกับอีกหลาย ๆ เครื่องในขณะเดียวกันได้ ยกตัวอย่างเช่น เราสามารถเปิดเว็บบราวเซอร์ (Web browser) ให้โหลดเพจขนาดใหญ่ๆ ขณะเดียวกันก็ใช้นิวส์รีดเดอร์จัดเรียงและอินเดกซิ่งบทความขนาดใหญ่ และโปรแกรม เอฟทีพี กำลังดาวน์โหลด (download)ไฟล์ขนาดใหญ่ไฟล์หนึ่ง และทันใดนั้นก็มีอีเมล์ส่งมาถึงพอดี เราก็เลยหันไปอ่านอีเมล์โดยปล่อยให้มีการดาวน์โหลด , อินเดกซิ่งและอื่นๆต่อไป สภาวะต่างๆ ของการติดต่อบนอินเทอร์เนตระหว่างเครื่องของเรากับเครื่องอื่น สภาวะเหล่านี้จะเกิดขึ้นบนพอร์ตที่แตกต่างกัน บริการมาตรฐานบนอินเตอร์เน็ตเช่น เวบนิวส์ เอฟทีพี และเมล์ เหล่านี้จะมีพอร์ตมาตรฐานของแต่ละการบริการ

ซ็อกเก็ตมีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ สตรีมซ็อกเก็ต (Stream Socket) และดาต้าแกรมซ็อกเก็ต (Datagram Socket) ซึ่งทั้งสองชนิดใช้กับโปรโตคอลหลักสองประเภทของ ทีซีพี/ไอพี คือ ทีซีพี และ ยูดีพี โปรโตคอล ทีซีพี มีกระบวนการคล้ายกับการที่เครื่องสองเครื่องสร้างการติดต่อหนึ่งช่องการติดต่อ (Form a connection) จากนั้นข้อมูลจะถูกแลกเปลี่ยนผ่านช่องการติดต่อนี้ เมื่อเสร็จก็ทำการปิดช่องการติดต่อนั้น ในทางตรงกันข้าม โปรโตคอลยูดีพี จะไม่เกี่ยวข้องกับการสร้างการติดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

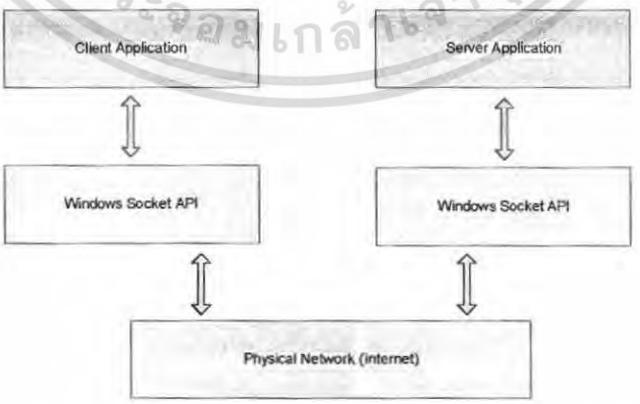
เครื่องหนึ่งส่งข้อมูลให้เครื่องอื่นโดยที่ไม่ต้องสร้างช่องทางการติดต่อ สตรีมซ็อกเก็ตใช้สร้างโปรโตคอลทีซีพี และถูกใช้กับงานที่จะต้องการแลกเปลี่ยนข้อมูลจำนวนมากๆ หรืองานที่เน้นว่าลำดับก่อนหลังของข้อมูลที่เข้ามามีความสำคัญ ตัวอย่างของการใช้งานทีซีพี ที่เก่าแก่ซึ่งก็ใช้สตรีมซ็อกเก็ตนั่นก็คือ โปรโตคอลเอฟทีพี แต่ดาต้าแกรมซ็อกเก็ตใช้สร้างโปรโตคอลยูดีพี และถูกใช้กับงานที่มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลน้อยๆ หรืองานที่ไม่สนใจลำดับก่อนหลังของข้อมูล ตัวอย่างของการใช้งานยูดีพี ที่เก่าแก่เห็นจะเป็น คล็อกอัพเดทเตอร์ (Clock updater) ซึ่งจะบรอดคาสท์เวลาของระบบไปสู่เครื่องอื่นๆ

2.4.2 การได้รับ เอพีไอ ของวินโดวส์ซ็อกเก็ต

เมื่อมีคนพูดถึง เอพีไอ ของวินโดวส์ซ็อกเก็ต คนๆ นั้นจะหมายถึงข้อตกลงที่เป็นที่ยอมรับของทุกๆบริษัท ซึ่งก็คือชื่อของฟังก์ชันต่างๆ และหน้าที่การทำงานของฟังก์ชันเหล่านั้น ยกตัวอย่างเช่น ข้อตกลงระบุว่า มีฟังก์ชันหนึ่งชื่อ connect () ทำหน้าที่ “สร้างช่องการติดต่อระหว่างซ็อกเก็ตที่กำหนด”

อย่างไรก็ตามเราไม่สามารถที่จะเอ็กซิคิวต์ “ข้อตกลง” ได้ เราต้องมีซอสโค๊ด หรือโค้ดที่คอมไพล์แล้ว หลายบริษัทจึงจัดหาไดนามิกไลบรารี่เรียกว่า WINSOCK.DLL ซึ่งทำให้เราสามารถเรียกฟังก์ได้ทุกฟังก์ชันที่ระบุไว้ในข้อตกลงดังกล่าว ตัวอย่างชุดของโปรแกรมซึ่งโดยทั่วไปเรียกว่า ทรัมเป็ด (Trumpet) ของ ปีเตอร์ แทตแทม (Peter Tattam) จะมีไฟล์ WINSOCK.DLL ซึ่งจะมีฟังก์ชันเหล่านี้และฟังก์ชันอื่นที่ใช้ในการสร้างการเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ต แต่ถ้าเป็นวินโดวส์ 95 และวินโดวส์ NT จะมี WINSOCK.DLL ต่างกันเล็กน้อย

เอพีไอ ของวินโดวส์ซ็อกเก็ตจะเป็นตัวที่อยู่ระหว่างแอพพลิเคชันกับเน็ตเวิร์ก



รูปที่ 2.6 แสดงการติดต่อวินโดวส์แอพพลิเคชันสองแอพพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รูปที่ 2.6 นี้แสดงการติดต่อของวินโดวส์แอพพลิเคชันสองแอพพลิเคชันคือ อินเตอร์เน็ตไคลเอนต์กับอินเตอร์เน็ตเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งทั้งสองติดต่อผ่านเครื่อข่ายอินเตอร์เน็ตทางวินโดวส์ซ็อกเก็ต เป็นที่แน่นอนว่าโปรแกรมที่เราติดต่ออยู่อาจไม่เป็นวินโดวส์แอพพลิเคชัน ซ็อกเก็ตสร้างกระบวนการติดต่อแบบเดียวกันในหลายระบบปฏิบัติการ

2.4.3 ฟังก์ชันซ็อกเก็ตของเบิร์กเลย์

สำหรับโปรแกรมเมอร์ที่เคยเขียนซ็อกเก็ตของระบบปฏิบัติการอื่นมาแล้วจขะคุ้นเคยกับฟังก์ชันเหล่านี้เป็นอย่างดี เพราะฟังก์ชันเหล่านี้มีชื่อเดียวกัน และมีการทำงานเหมือนกันกับฟังก์ชันในซ็อกเก็ตของระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ดั้งเดิมซึ่งถูกสร้างที่เบิร์กเลย์ ฟังก์ชันเหล่านี้ได้แก่

- Closesocket
- Connect
- Getpeername
- Getsockname
- Getsockopt , Setsockopt
- Htonl ,Htons ,Ntohl,Ntohs
- Inet_addr ,Inet_ntoa
- Ioctlsocket
- Listen
- Recv,Recvfrom
- Select
- Send,Sendto
- Shutdown
- Socket

ถ้าหากเราไม่เคยมีประสบการณ์การเขียนโปรแกรมซ็อกเก็ตมาก่อน ฟังก์ชันทั้งสามคือ htonl , ntohl และ ntohs มีความพิเศษคือ ใช้สำหรับใช้แปลงตัวเลขซึ่งแทนอินเตอร์เน็ตแอดเดรส อินเตอร์เน็ตแอดเดรสสามารถแทนด้วยตัวเลขจำนวน 4 ชุดซึ่งคั่นด้วยเครื่องหมาย "." เช่น 198.53.145.3 ซึ่งตัวเลขแต่ละจำนวนมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 255 สามารถแทนด้วยรหัส 8 บิต ดังนั้นเลขทั้งสี่จะแทนด้วยรหัส 32 บิต เป็นที่น่าเสียดายว่าการแทนเลข 32 บิตสามารถทำได้สองวิธี

วิธีแรกคือแทนตัวเลขซ้ายสุด (ในกรณีนี้คือ 198) แทนด้วย 8 บิตบนสุด (8 most significant bits) ตัวเลขถัดมาทางขวาก็แทนด้วย 8 บิตที่อยู่ถัดมาข้างล่าง ทำอย่างนี้จนครบ 32 บิต เป็นการใส่จากบิตสูงมาบิตต่ำเรียกว่า "การเรียงลำดับแบบบิ๊กอินเดียน" (little – Endian order) ยกตัวอย่างเช่น แอดเดรส 0.0.0.1 จะถูกแปลงเป็น 1 ในการเรียงแบบบิกอินเดียนหรือ 16,777,216 (เท่ากับ 2^{24}) ถ้าหากเครื่องสองเครื่องที่ใช้การเรียงลำดับต่างกันจำเป็นต้องแลกเปลี่ยนแอดเดรสกัน เครื่องหนึ่งส่งตัวเลขแบบบิกอินเดียนแต่อีกเครื่องส่งตัวเลขแบบลิตเติลอินเดียน และนี่เป็นปัญหาที่ชัดเจนที่สุดของการสร้างช่องทางการติดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
82937

ระบบอินเตอร์เน็ตใช้การเรียงลำดับแบบบิกอินเดียน แต่เครื่องของเราใช้การเรียงลำดับแบบลิตเติลอินเดียน (เครื่องที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ของอินเทลใช้การเรียงลำดับแบบลิตเติลอินเดียน ขณะที่เครื่องที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ของโมโตโรล่า รวมทั้งเครื่องแมกอินทอชใช้การเรียงลำดับแบบบิกอินเดียน) ซ็อกเก็ตฟังก์ชัน hton() แปลง 32 บิตโฮสแอดเดรสไปเป็นเน็ตเวิร์กแอดเดรส (32 บิตเรียงลำดับแบบอินเดียน) ทั้งนี้โฮสแอดเดรสเดิมจะเป็นการเรียงลำดับแบบใด ก็จะมี DLL ที่ออกแบบมาเหมาะสมเพื่อใช้ในการแปลงนี้ ส่วนฟังก์ชัน hton() ก็ทำแบบเดียวกัน แต่กับ 16 บิตโฮสแอดเดรส และการแปลงกลับเป็นโฮสแอดเดรสก็ใช้ฟังก์ชัน nton() และ ntons()

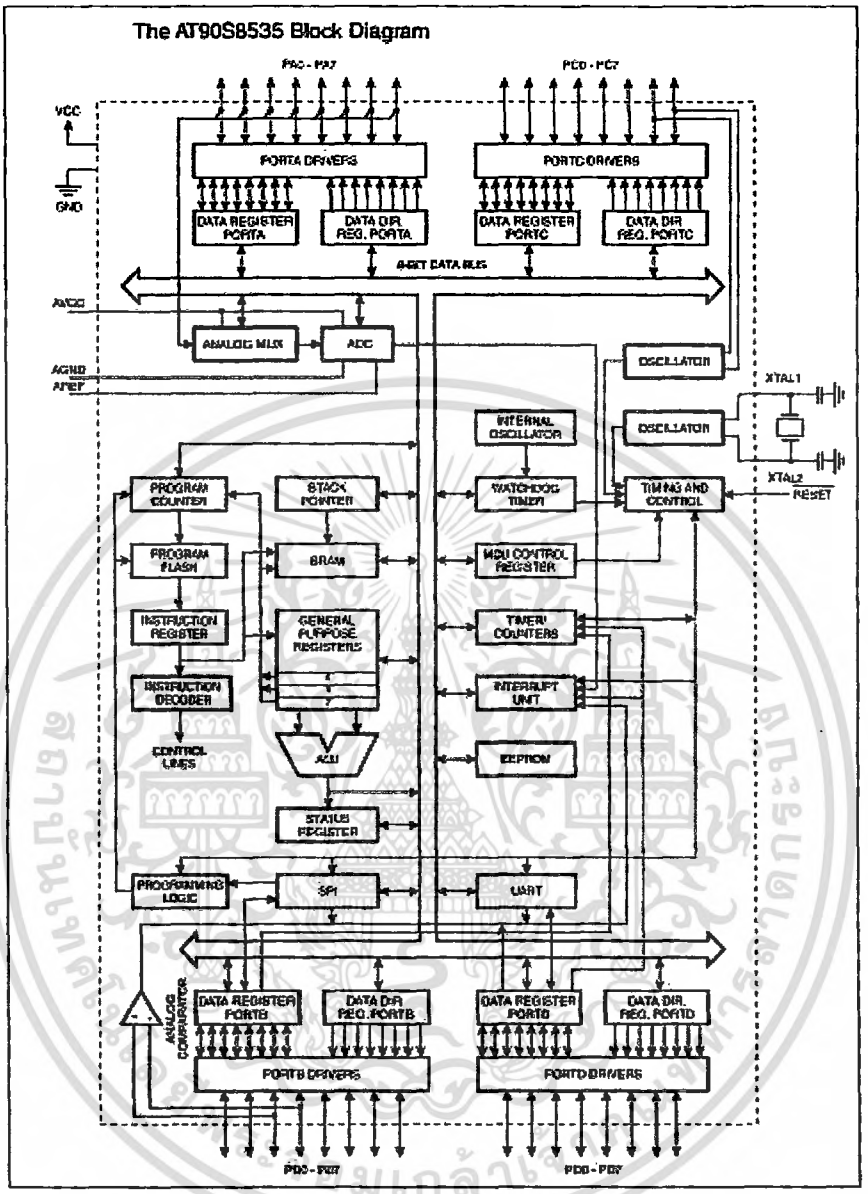
โดยทั่วไปฟังก์ชันที่ใช้สำหรับแปลงค่าแอดเดรสเหล่านี้จะถูกนำไปใช้เมื่อมีเครื่องหนึ่งต้องการผ่านค่าอินเตอร์เน็ตแอดเดรสหรือค่าพอร์ตไปให้เครื่องอื่น และอาจถูกนำไปใช้ในกรณีอื่น

นอกจากนี้ฟังก์ชัน inet_addr() แปลงจากสตริงของตัวอักขระ เช่น “198.53.145.3” ไปเป็นเน็ตเวิร์กแอดเดรสและในทางกลับกัน ฟังก์ชัน inet_ntoa() เปลี่ยนเน็ตเวิร์กแอดเดรสไปเป็นสตริงของตัวอักขระ แอสกี (ASCII)

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์เอวีอาร์ (AVR Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์เอวีอาร์ เป็นหนึ่งในไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ผลิตโดยบริษัท ATMEL (ผู้นำทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51) เอวีอาร์ จัดเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลใหม่จาก ATMEL มีสถาปัตยกรรมแบบ RISC (Advanced RISC architecture) คือหนึ่งคำสั่งทำงานใช้สัญญาณนาฬิกาเพียง 1 ลูก (instructions in a single clock cycle) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีประสิทธิภาพและความสามารถสูง แบ่งออกเป็นหลายอนุกรม ในแต่ละอนุกรมยังแบ่งออกเป็นหลายเบอร์ เพื่อรองรับความต้องการที่แตกต่างของผู้ใช้งาน ในขณะที่ยังคงความประสิทธิภาพที่เท่ากัน สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์เอวีอาร์ ที่นำเสนอในที่นี้จะเป็นเบอร์ ATmega16 รายละเอียดและคุณสมบัติภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega16 แสดงดังไดอะแกรมรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรม AVR (ATmega3535)

2.5.1 คุณสมบัติที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์เอวีอาร์

- สถาปัตยกรรมภายในแบบ Advance RISC (Reduce Instruction Set Computer)

- มีคำสั่งควบคุมการทำงานมากกว่า 100 คำสั่ง โดยมีความเร็วในการประมวลผล 1 คำสั่งต่อ 1 สัญญาณนาฬิกา (1 MIP/1MHz)

- มีรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปขนาด 8 บิต จำนวน 32 ตัว (ทำให้สะดวกต่อการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา C เป็นอย่างมาก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความเร็วในการทำงาน 1 MIPS ต่อ 1 MHz และมากถึง 16 MIPS เมื่อใช้ความถี่ 16 MHz (ความสามารถในการใช้งานความถี่สัญญาณนาฬิกาขึ้นอยู่กับเบอร์ที่เลือกใช้งาน)

- หน่วยความจำ ROM แบบ Flash (มีโหมดป้องกันหน่วยความจำ) ขนาด 16 กิโลไบต์ (เขียน/ลบ ได้ 100,000 ครั้ง)

- หน่วยความจำข้อมูลแบบ EEPROM (มีโหมดป้องกันหน่วยความจำ) ขนาด 512 ไบต์ (เขียน/ลบ ได้ 100,000 ครั้ง)

- หน่วยความจำ SRAM 1 กิโลไบต์

- ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ทั้งแบบ 8 บิตและ 16 บิต พร้อมปรีสเกลเลอร์

- มีระบบตรวจสอบความผิดพลาดในการทำงานของซอฟต์แวร์ (Watchdog Timer with On-Chip Oscillator)

- โมดูลสร้างสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulator) มีจำนวน 4 ช่อง

- มีโมดูลแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล (ADC) ขนาด 10 บิต มากถึง 8 ช่อง

- โมดูลเปรียบเทียบแรงดันอะนาลอก(Analog Comparator)

- การสื่อสารข้อมูลอนุกรมมีทั้งแบบ UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitters) หรือแบบ RS232,SPI (Serial Peripheral Interface) และแบบ I^2C เป็นต้น

-พอร์ตอินพุตเอาต์พุตขึ้นอยู่กับเบอร์ AVR ที่เลือกใช้งาน มีตั้งแต่ 8 ขา จนมากกว่า 100 ขา พอร์ต (ATmega16 มีพอร์ตอินพุตเอาต์พุต 32 ขา)

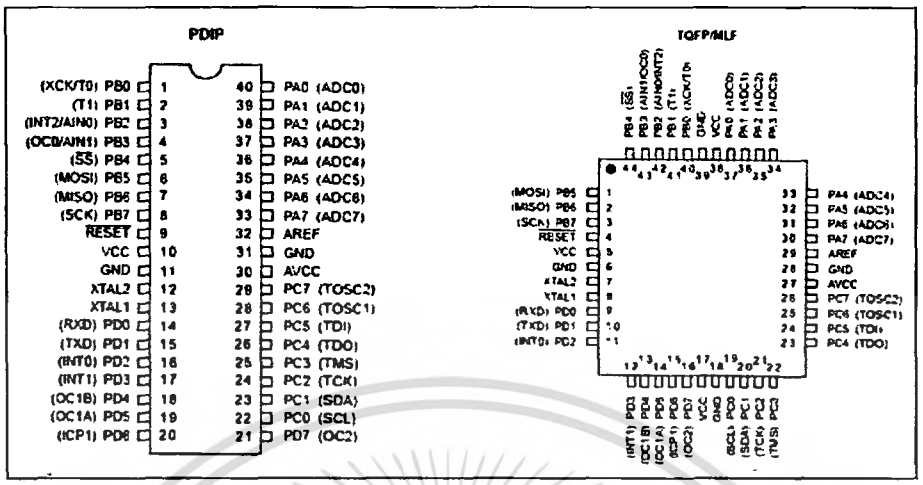
- แรงดันไฟเลี้ยงและความเร็วในการทำงานขึ้นอยู่กับเบอร์ AVR ที่เลือกใช้งาน

หมายเหตุ คุณสมบัติต่างๆจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับเบอร์ของ AVR ที่เลือกใช้งาน ซึ่งจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปในแต่ละเบอร์

2.5.2 ขาพอร์ตอินพุตเอาท์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์เอวีอาร์

ขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega16 มีจำนวน 40 ขา โดยแบ่งเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตอิสระ จำนวน 32 ขา ประกอบไปด้วย PA,PB,PC,PD ขนาด 8 บิต และขาพอร์ตที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณอะนาลอกจำนวน 2 ขาพอร์ต คือ AREF และ AVCC รายละเอียดขาพอร์ตทั้งหมดแสดงดังรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ขาพอร์ต AVR (ATmega16) ตัวถังแบบ PDIP และ TQFP/MLF

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดในแต่ละขาพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR

ขาพอร์ต	ขาพอร์ตฟังก์ชันพิเศษ
VCC	ขาแรงดันไฟ
GND	ขากราวน์
PA0-PA7	ADC7 (ขาพอร์ตอินพุตสัญญาณอะนาลอกช่องที่ 7) ADC6 (ขาพอร์ตอินพุตสัญญาณอะนาลอกช่องที่ 6) ADC5 (ขาพอร์ตอินพุตสัญญาณอะนาลอกช่องที่ 5) ADC4 (ขาพอร์ตอินพุตสัญญาณอะนาลอกช่องที่ 4) ADC3 (ขาพอร์ตอินพุตสัญญาณอะนาลอกช่องที่ 3) ADC2 (ขาพอร์ตอินพุตสัญญาณอะนาลอกช่องที่ 2) ADC1 (ขาพอร์ตอินพุตสัญญาณอะนาลอกช่องที่ 1) ADC0 (ขาพอร์ตอินพุตสัญญาณอะนาลอกช่องที่ 0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

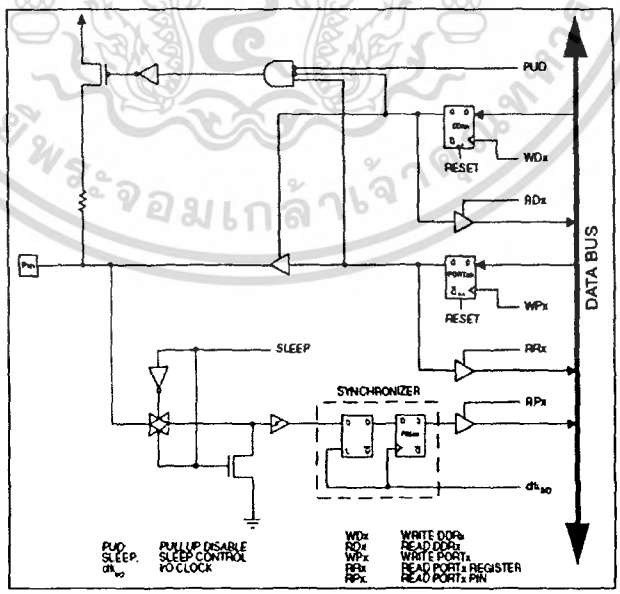
ตารางที่ **2.1** (ต่อ)

ขาพอร์ต	ขาพอร์ตฟังก์ชันพิเศษ
PB0-PB7	SCK (ขาสัญญาณของระบบบัส SPI) MISO (ขาสัญญาณอินพุตมาสเตอร์/ขาสัญญาณเอาต์พุตสเลฟ สำหรับบัส SPI) MISI (ขาสัญญาณอินพุตมาสเตอร์/ขาสัญญาณเอาต์พุตสเลฟ สำหรับบัส SPI) SS (ขาสัญญาณอินพุตเลือกสเลฟ สำหรับบัส SPI) AIN1(อินพุตสัญญาณด้านลบสำหรับโมดูลเปรียบเทียบสำหรับสัญญาณอะนาลอกอินพุต) OC0(โมดูลเปรียบเทียบค่าเอาต์พุตกับไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0) AIN0 (อินพุตสัญญาณด้านบวกสำหรับโมดูลเปรียบเทียบสำหรับสัญญาณอะนาลอกอินพุต) INT2 (อินพุตสัญญาณอินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอกช่องที่ 2) T1 (ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 1 และอินพุตรับสัญญาณจากภายนอกในโหมดเคาน์เตอร์ 1) T0 (ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 และอินพุตรับสัญญาณจากภายนอกในโหมดเคาน์เตอร์ 0) XCK(อินพุตเอาต์พุตสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกสำหรับโมดูล USART)
PC0-PC7	TOSC2 (ไทเมอร์ออสซิเลเตอร์ ขา 2) TOSC1 (ไทเมอร์ออสซิเลเตอร์ ขา 1) TDI (ขาเชื่อมต่อการดีบักวงจรอินพุต กับการเชื่อมต่อแบบ JTAG) TDO (ขาเชื่อมต่อการดีบักวงจรเอาต์พุต กับการเชื่อมต่อแบบ JTAG) TMS (ขาเชื่อมต่อการดีบักวงจรกำหนดโหมด กับการเชื่อมต่อแบบ JTAG) TCK (ขาเชื่อมต่อการดีบักวงจรสัญญาณนาฬิกา กับการเชื่อมต่อแบบ JTAG) SDA (ขาสัญญาณข้อมูลอินพุตเอาต์พุตสำหรับบัสข้อมูลอนุกรม 2 สาย หรือ I^2C บัส) SCL (ขาสัญญาณนาฬิกาสำหรับบัสข้อมูลอนุกรม 2 สาย หรือ I^2C บัส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ **2.1** (ต่อ)

ขาพอร์ต	ขาพอร์ตฟังก์ชันพิเศษ
PD0-PD7	OC2 (โมดูลเปรียบเทียบค่าเอาต์พุต กับไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2) ICP1 (โมดูลอินพุตตรวจจับสัญญาณ กับไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 1) OC1A (โมดูลเปรียบเทียบสัญญาณเอาต์พุต A กับไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 1) OC1B (โมดูลเปรียบเทียบสัญญาณเอาต์พุต B กับไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 1) INT1 (อินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอกช่องที่ 1) INT0 (อินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอกช่องที่ 0) TXD (ขาเอาต์พุตสัญญาณสำหรับโมดูล USART) RXD (ขาอินพุตสัญญาณสำหรับโมดูล USART)
/RESET	ขารีเซตวงจร
XTAL1	ขาต่อคริสตอลออสซิเลเตอร์ ช่องที่ 1 ด้านอินพุต
XTAL2	ขาต่อคริสตอลออสซิเลเตอร์ ช่องที่ 2 ด้านเอาต์พุต
AVCC	ขาแรงดันสำหรับพอร์ต A และโมดูลแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล
AREF	ขาแรงดันอะนาลอกอ้างอิงสำหรับโมดูลแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล

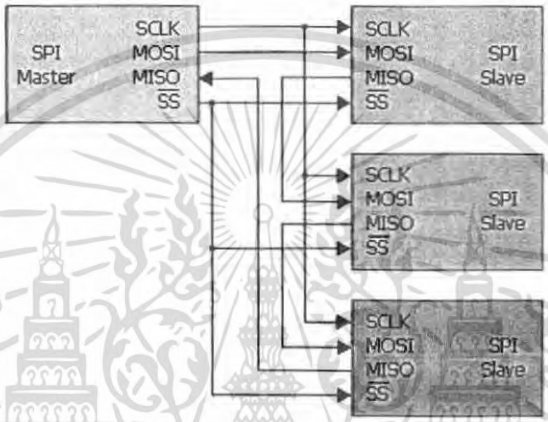


รูปที่ 2.9 โครงสร้างขาพอร์ตดิจิตอล

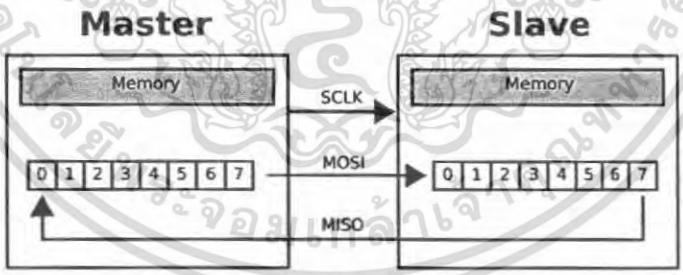
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 เอสพีไอ (SPI:Serial Peripheral Interface Bus)

เป็นการสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท โมโตโรล่า ทำงานเป็นแบบ ฟุลดูเพกซ์ อุปกรณ์ในระบบบัสเอสพีไอ จะประกอบด้วยสองส่วนคือมาสเตอร์ (Master) และสเลฟ (Slave) การส่งข้อมูลจะเริ่มจากมาสเตอร์ เริ่มสถานการณ์ติดต่อไปยังอุปกรณ์สเลฟทุกๆตัวในบัส แต่ สเลฟ ที่ถูกเลือกไว้ จะส่งค่าตอบกลับมา



รูปที่ 2.10 แสดงการต่อมาสเตอร์กับสเลฟ



รูปที่ 2.11 hardware setup using two shift register to form an inter-chip circular buffer

การสื่อสารข้อมูลของเอสพีไอ จะเริ่มด้วยอุปกรณ์ด้านที่เป็นมาสเตอร์ หรือ สเลฟ ก็ได้ โดยที่มาสเตอร์ จะเป็นตัวกำหนดว่าจะเลือกติดต่อกับสเลฟ ตัวไหนโดยใช้ สายสัญญาณ CS (Chip Select) โดยบังคับระดับสัญญาณให้เป็นระดับ LOW จากนั้น บังคับขาสัญญาณนาฬิกา (SCLK) เพื่อบังคับจังหวะในการส่งข้อมูลโดยข้อมูลที่ออกไปจากส่งออกทางขาสัญญาณ MOSI (Master

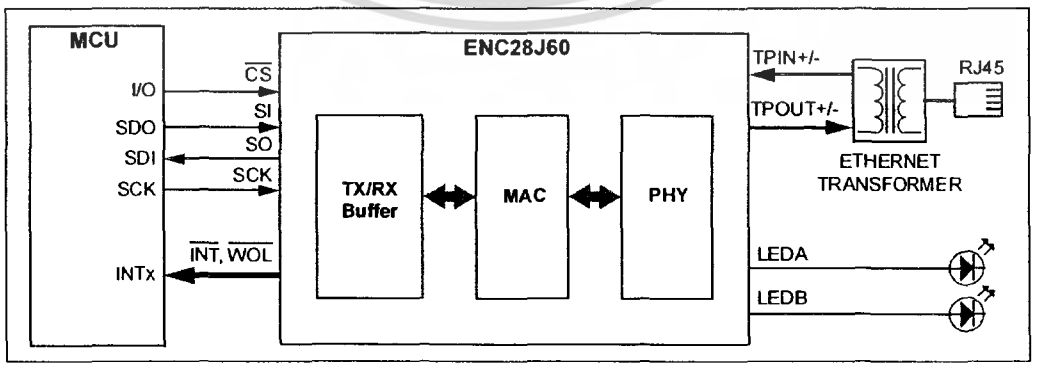
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Out SlaveIn) โดยการขึ้นลง 1 ครั้งของขาสัญญาณ SCLK ก็จะส่งข้อมูลออกไปได้ 1 Bit และเมื่อข้อมูลออกไป 1Bit ก็จะมีข้อมูลเข้ามา 1 Bit จากขาสัญญาณ MOSI (Master In Slave Out)

2.7 หลักการของ ENC28J60

Ethernet ตั้งอยู่บนมาตรฐานการส่งข้อมูล หรือ Protocol CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) โปรโตคอลนี้ใช้สำหรับการเข้าใช้สื่อกลางในการส่งสัญญาณ จึงมีโหลดที่ส่งข้อมูลได้แค่โหลดเดียวในขณะใดขณะหนึ่งการชนกันของข้อมูลเกิดขึ้นเนื่องจากมีมากกว่าหนึ่งโหนดที่ทำการส่งข้อมูลไปบนสื่อกลางในเวลาเดียวกัน ผลที่ได้ คือ ข้อมูลจะกลายเป็นขยะหรืออ่านไม่ได้ทันที เมื่อมีจำหนวนโหนดเพิ่มมากขึ้น ความน่าจะเป็นที่ข้อมูลชนกันก็จะเพิ่มขึ้นตามลำดับ ตามมาตรฐานแล้ว Ethernet จะมีอัตราการส่งข้อมูล หรือ แบนด์วิดธ์ที่ 10 Mbps ในขณะที่ Fast Ethernet มีการทำงานคล้ายๆ กัน เพียงแต่มีอัตราการส่งข้อมูลที่สูงกว่า 10 เท่า หรือ 100Mbps ส่วน Gigabit Ethernet มี อัตราการส่งข้อมูลสูงกว่า 1000 Mbps เป็นมาตรฐานที่ทาง IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineer) กำหนดขึ้น โดยที่ไม่ได้มีการกำหนดประเภทของสายสัญญาณที่ใช้โดยตรง แต่ว่ากำหนดเทคนิคการรับส่งสัญญาณบนสายสัญญาณ 4 เส้นที่มีคุณภาพเท่ากับหรือดีกว่า สาย UTP ประเภท 3 (Unshielded Twisted Pair , Category 3) ซึ่งสายสัญญาณแต่ละเส้นจะตั้งชื่อตามหน้าที่และขั้นไฟฟ้าโดนเส้นหนึ่งจะเป็นขั้วบวก และอีกเส้นหนึ่งเป็นขั้วลบ โดยสายทั้ง 4 เส้นมีชื่อเรียกดังนี้ T+ คือสายส่งขั้วบวก , T- คือสายส่งขั้วลบ ,R+ คือสายรับขั้วบวก ,R- คือสายรับขั้วลบ

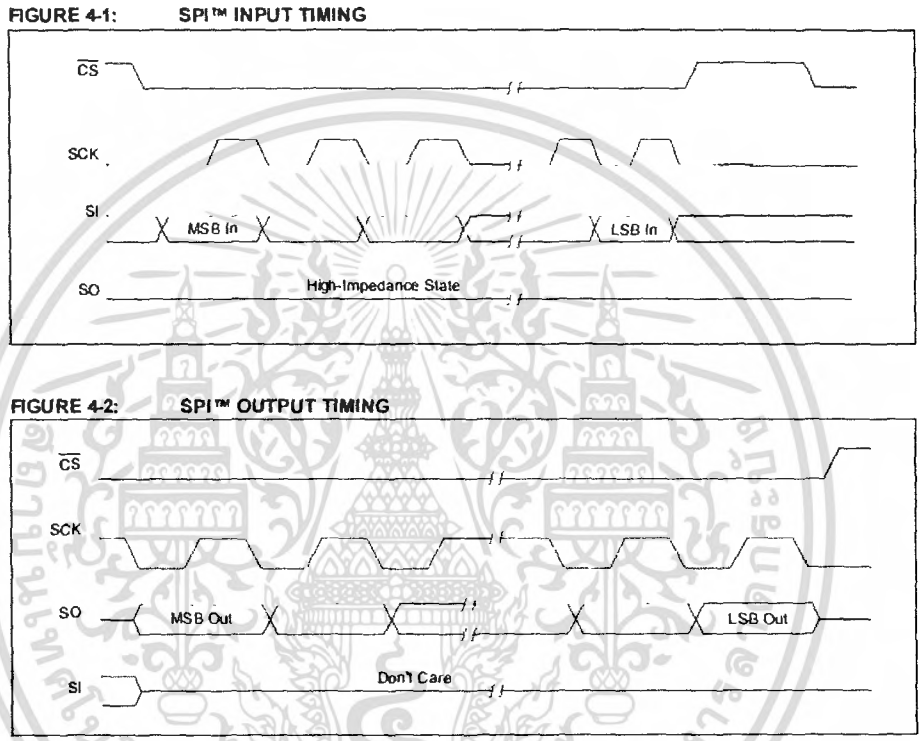
ENC28J60 เป็น Ethernet Controller ขนาด 28 ขา รองรับมาตรฐาน IEEE 802.3 ต่อกับพอร์ตแบบ 10BASET ภายในไอซีจะมีการติดต่อแบบ DMA และมีหน่วยความจำ Dual Port RAM ขนาด 8KB มีขา SPI พอร์ตรองรับการติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ความเร็ว 10Mbit/s



รูปที่ 2.12 แสดงโครงสร้างของ ENC28j60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย ENC28J60 มีการแสดงสถานการณ์เชื่อมต่อกับสัญญาณอินเทอร์เน็ตด้วย LED 2 ตัว ใช้ไฟเลี้ยงสำหรับ ENC28J60 คือ 3.3โวลต์ และที่ขาอินพุตสามารถรับสัญญาณไฟ 5.0โวลต์ ได้ โดยการเชื่อมต่อเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์จะใช้ขาสัญญาณทั้งหมด 5 เส้น คือ SDI, SDO, SCK, CS และ INT



รูปที่ 2.13 แสดงไทม์มิ่งอินพุตและไทม์มิ่งเอาท์พุตของ SPI

2.8 โปรโตคอลเอชทีทีพี (HTTP)

เอชทีทีพี (HTTP: Hypertext Transfer Protocol) เป็นโปรโตคอลหลักที่เว็ปใช้รับ /ส่งข้อมูลระหว่างเซิร์ฟเวอร์ และไคลเอนต์ แต่วิธีที่ง่ายๆ ก่อนที่จะกำหนดเวปและเอชทีทีพี ส่วนโปรโตคอลหลักที่ใช้ในการรับ/ ส่งข้อมูลคือ เอฟทีพี

เอชทีทีพี เป็นโปรโตคอลที่เล็ก สามารถรับ/ส่งข้อมูลได้รวดเร็ว และเข้าใจ ยูอาร์แอล (URL) ที่ทำขึ้นมาเพื่อสภาวะแวดล้อมที่เป็นไอเปอร์เท็กซ์ / ไฮเปอร์มีเดีย โดยเป็นระบบการทำงานที่ไม่มีสถานะ ซึ่งต่างจากของ เอฟทีพี ที่มีคำสั่งหรือวิธีการจำนวนไม่มากนั้น โปรโตคอล เอชทีทีพีใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MIME เพื่อช่วยในการรองรับรูปแบบสื่อที่หลากหลายและวัตถุประสงค์ของ I/O ที่แตกต่างกันออกไป

เอชทีทีพีเป็นโปรโตคอลแบบไคลเอนท์/เซิร์ฟเวอร์ ที่ทำงานแบบถามมา-ตอบไป ไคลเอนท์ของเอชทีทีพี หรือเรียกว่า ยูสเซอร์ (User Agent ปกติก็คือเว็บเบราเซอร์) ที่เชื่อมต่อไปยังเอชทีทีพีเซิร์ฟเวอร์จะใช้ยูอาร์แอล ร้องขอทรัพยากร เช่น เอกสารเอชทีเอมแอล เป็นต้น

รูปแบบการร้องขอและตอบสนองนั้นจะใช้ MIME บรรจุข้อมูลคำร้องขอที่เดินทางไปมาระหว่างไคลเอนและเซิร์ฟเวอร์ โดยใช้แนวคิดเดียวกันกับของอีเมล์ ซึ่งจะประกอบไปด้วยข้อมูล (ตัวข้อมูล) และเมตะดาต้า (Metadata) คือส่วนเฮดเดอร์ของข้อมูล โปรโตคอล เอชทีทีพี จะขนส่งข้อมูลในรูปแบบ MIME และเมตะดาต้า (Metadata) ที่จะเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นในจการขนส่งข้อมูลระหว่างเซิร์ฟเวอร์และไคลเอนท์ แต่อย่างไรก็ตามเอชทีทีพี ถือว่าการเชื่อมต่อแบบไบนารี ซึ่งเป็นดั้งเดิมของ MIME (มีข้อจำกัดอยู่ที่ 7 บิต หากมีเกตเวย์ให้กับอีเมล์) ไม่สามารถทำได้

โดยปกติแล้วจะมี ไคลเอนท์ของเอชทีทีพี (เวปเบราเซอร์) และ เอชทีทีพีเซิร์ฟเวอร์ (Web Server) นอกจากนี้ยังมี Proxy / Gateway Server ที่สามารถทำหน้าที่เป็นเซิร์ฟเวอร์ให้กับไคลเอนท์และเป็นไคลเอนท์ ให้กับเซิร์ฟเวอร์อื่นด้วยเพื่อสนองคำร้องขอข้อมูลของไคลเอนท์ผ่านเกตเวย์ (อย่างเช่น Firewall ที่มีอยู่ระหว่างอินทราเน็ตของบริษัทและอินเทอร์เน็ต)

ปกติแล้วไคลเอนท์และเซิร์ฟเวอร์ของเอชทีทีพี จะสื่อสารกัน โดยใช้ทีซีพี/ไอพี ด้วยพอร์ต 80 ซึ่งเป็นพอร์ตมาตรฐานของ เอชทีทีพี แต่อย่างไรก็ตามอาจใช้พอร์ตหมายเลขอื่นก็ได้ โดยจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดที่ ยูอาร์แอล นอกจากนี้เอชทีทีพี ยังไม่ได้บังคับว่าจะต้องใช้ ทีซีพี/ไอพี จึงสามารถนำโปรโตคอลอื่นที่มีความไว้ใจได้มาใช้แทน

เว็บเบราเซอร์มักจะมองว่าเว็ปมีส่วนประกอบหลายอย่าง เช่น เอกสารเอชทีทีพี และรูปภาพ (GIF, JPEG ,PNG และอื่นๆ) ไคลเอนท์ของ เอชทีทีพี จะต้องใช้ 1 เธรด (ทำหน้าที่ติดต่อกับ Server) เพื่ออ่านข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์ หลังจากนั้นจึงแตกเธรดออกเป็นหลายเธรด (โดยแต่ละเธรดจะติดต่อกับเซิร์ฟเวอร์เอง) เพื่ออ่านไฟล์ที่จำเป็นจากเซิร์ฟเวอร์ การเชื่อมต่อนั้นจะเริ่มจากไคลเอนท์เพื่อร้องขอข้อมูล และจบลงที่เซิร์ฟเวอร์เมื่อทำการตอบสนองคำร้องขอนั้นๆ กลับมา

- เมสเสจ

แมสเสจ ของ เอชทีทีพี โดยปกติจเป็นคำร้องขอจากไคลเอนท์ และตอบสนองโดยเซิร์ฟเวอร์ ข่าวสาร ที่ใช้การร้องขอจะมีบรรทัด Request-Line ที่แสดงถึงการร้องขอ และข่าวสารที่เป็นการตอบสนองก็ จะมีบรรทัด Status-Line ที่จะบอกว่าเป็นการตอบสนอง และตัวเนื้อหาของข่าวสารของการตอบสนองที่แสดงข้อมูลจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คำสั่ง

หากเปรียบกับโปรโตคอบ I/O อื่นๆ แล้วเอชทีทีพี จะถือว่ามีคำสั่งน้อยมาก อาจเรียว่า เมธอด (Method) ก็ได้ ซึ่งมีอยู่เพียง 3 แบบเท่านั้น คือ GET,HEAD และ POST ซึ่งเป็นคำสั่งที่จำเป็นในการใช้งาน นอกจากนี้ยังมีอีก 4 เมธอด ที่กำหนดไว้คือ PUT ,DELETE ,LINK และ UNLINK แต่ไม่ค่อยมีการนำไปใช้กันมากนัก

- GET

GET เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์แล้วส่งไปที่ไคลเอนต์หลักการในการใช้คำสั่งนี้เป็นดังนี้

GET <URL> HTTP/1.0

ตัวอย่างเช่น ไคลเอนท์ต้องการไฟล์ foo.html จากเซิร์ฟเวอร์ www.mysite.com ด้วยคำสั่ง GETจะต้องทำดังนี้

GET www.mysite.com/foo.html HTTP/1.0

หากมีฟิลด์เฮดเอร์ If-Modified-Sinc จะทำให้สามารถใช้คำสั่ง GET อย่างมีเงื่อนไขได้ นั่นคือ จะอ่านข้อมูลมาเฉพาะที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงจากวันที่กำหนด

- HEAD

คำสั่ง HEAD นี้จะคล้ายกับคำสั่ง GET มาก แต่การตอบสนองจะเป็นเฉพาะส่วนที่เป็นข้อมูลเกี่ยวกับ URL โดยจะไม่ส่งตัวไฟล์นั้นมาจริงๆ ดังนั้นเมื่อไม่มีตัวข้อมูลจริงมาในการตอบสนองไคลเอนท์จะใช้คำสั่ง HEAD แทนที่จะใช้คำสั่ง GET ในการตรวจสอบว่า URL นั้นมีอยู่จริง หรือมีการเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่เท่านั้น

- PUT

คำสั่ง PUT ใช้กันน้อยกว่าการใช้คำสั่ง POST (และได้รับการสนับสนุนการใช้งานไม่มากนัก) โดยทำหน้าที่ในการส่งข้อมูลจากไคลเอนต์ไปยัง HTTP Server

- DELETE

คำสั่ง DELETE ใช้โดยใครเอนต์ เพื่อใช้แจ้งให้เซิร์ฟเวอร์ลบ URL ที่กำหนดออกจากเซิร์ฟเวอร์ แต่ว่าคำสั่งนี้ไม่ได้ถูกนำไปใช้มากนัก เนื่องจากการใช้ HTTP ไม่ได้มีการระบุตัวผู้ใช้ อีกทั้งธรรมชาติของเว็บนั้นก็เป็นแบบอ่านได้อย่างเดียว

- LINK

คำสั่ง LINK ใช้เชื่อมโยง URL ที่กำหนดเข้ากับทรัพยากรอื่น เป็ฯคำสั่งที่ไม่ค่อยมีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- UNLINK

คำสั่ง UNLINK ใช้ในการยกเลิกเชื่อมโยง URL ที่กำหนดเข้ากับทรัพยากรอื่น เป็นคำสั่งที่ไม่ค่อยมีการนำไปใช้เช่นกัน รหัสบอกสถานะ

- HTTP

กำหนดชุดของรหัสแจ้งสถานะเพื่อให้ไคลเอนต์และเซิร์ฟเวอร์ได้เข้าใจสำหรับใช้รับ/ส่งแมสเสจระหว่างกัน รหัสเหล่านี้จัดแบ่งกลุ่มเป็นประเภทต่างๆ

ตารางที่ **2.2** ประเภทของรหัสสถานะ

ประเภทของรหัสสถานะ	หมายเลขรหัส	รายละเอียด
ข้อมูลข่าวสาร	100-199	ขาวสารเฉพาะของโปรแกรมนั้นๆ
สำเร็จ	200-299	คำร้องขอได้รับการสนองตอบอย่างสมบูรณ์
การเปลี่ยนทิศทาง	300-399	ไคลเอนต์ต้องเริ่มการดำเนินการอื่นๆเพื่อนจะได้รับ ข้อมูลที่ร้องขอมา
ความผิดปกติที่ไคลเอนต์ ความผิดปกติที่เซิร์ฟเวอร์	400-499 500-599	มีปัญหาเกิดขึ้นทางด้านไคลเอนต์ มีปัญหาเกิดขึ้นทางด้านเซิร์ฟเวอร์

- ฟิลด์เฮดเดอร์

แมสเสจของ HTTP จะมีฟิลด์เฮดเดอร์ที่หลากหลาย สามารถใช้ทั้งในการร้องขอและการตอบสนอง บางครั้งอาจจะใช้ในการร้องขอของไคลเอนต์ หรือใช้ตอบสนองการร้องขอ ซึ่งในบางฟิลด์เฮดเดอร์อาจไม่ได้รับการสนับสนุนจากเซิร์ฟเวอร์และไคลเอนต์บางเครื่อง ฟิลด์ต่างๆมีอธิบายในเนื้อหาต่อไปนี้

- Accept

ฟิลด์นี้ใช้แสดงประเภทของสื่อที่สามารถใช้ในการสนองตอบคำร้องขอ โดยปกติไคลเอนต์จะระบุว่าสามารถรับได้จากทุกสื่อด้วยการระบุเครื่องหมายดอกจัน(*) ลงในฟิลด์นี้ การผ่านค่าประเภทสื่อที่ไม่รู้จักไปยังผู้ใช้จะขอให้ผู้ใช้ระบุประเภทของ MIME ที่เหมาะสม

- Accept - Charset

ฟิลด์นี้คล้ายกับฟิลด์ Accept แต่มีการจำกัดค่าที่ตอบสนองมาให้เป็นรูปแบบเข้ารหัสอักขระที่สามารถรองรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Accept-Language

ฟิลด์นี้คล้ายกับฟิลด์ Accept แต่มีการจำกัดค่าที่ตอบสนองมาให้เป็นรูปแบบของภาษาที่สามารถรองรับได้

- Allow

ฟิลด์นี้เป็นการแสดงคำสั่ง(GET,HEAD และอื่นๆ) ที่สนับสนุนโดยเซิร์ฟเวอร์(และแน่นอนสนับสนุนให้ใช้งานได้โดยไคลเอนต์ด้วย)

- Authorization

ฟิลด์นี้เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับเซิร์ฟเวอร์ที่ไม่อนุญาตให้เข้าถึงทรัพยากรบางส่วนหรือทั้งหมดที่กำหนดโดยผู้ใช้ที่เป็นอะโนนีมัส (Anonymous) ดังนั้นผู้ใช้ต้องส่งชื่อและรหัสผ่านไปพร้อมกับคำร้องขอข้อมูลด้วย

เอชทีทีพี มีกาลไกการตรวจพิสูจน์ตัวจริงง่ายๆ ในแบบ Challenge-response เมื่อต้องควบคุมการเข้าข้อมูลที่ต้องการ และยังสามารถรองรับการตรวจพิสูจน์ตัวจริงแบบหลายครั้งได้ ในกลไกนั้นโดยปกติชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านจะถูกเข้ารหัสลับโดยวิธี MIME Base64 และยังมีไคลเอนต์ของ เอชทีทีพี ที่สนับสนุนวิธีการเข้ารหัสลับที่ปลอดภัยกว่านี้ เช่น Microsoft Windows NTLM

ขณะเดียวกันกับที่ตอบสนองด้วยรหัส 401 Unauthorized นั้น ตัวเซิร์ฟเวอร์ยังได้รวมฟิลด์ WW-Authenticate ด้วย ซึ่งจะเป็นส่วนที่บอกว่า เซอร์ฟเวอร์สนับสนุนการตรวจพิสูจน์ตัวจริงแบบใดได้บ้างซึ่งไคลเอนต์จะสามารถส่งคำร้องขอไปใหม่พร้อมทั้งข้อมูลก็จะตอบสนองกลับด้วยสถานะ "403 Forbidden"

- Content-Encoding

ฟิลด์นี้อธิบายกลไกการเข้ารหัส (Zip,Compress และอื่นๆ) ที่จะต้องใช้ถอดรหัสข้อมูล

- Content-Language

แจ้งภาษาท้องถิ่นสำหรับผู้รับ

- Content-Length

ฟิลด์นี้อธิบายขนาดของส่วนเนื้อหาของแมสเสจที่ส่งมา สำหรับคำสั่ง HEAD จะเป็นการอธิบายว่าขนาดของข้อมูลจะเป็นเท่าใด้มีการใช้คำสั่ง GET

- Content-Type

ฟิลด์นี้อธิบายถึงสื่อที่ใช้สำหรับส่วนเนื้อหาของแมสเสจ ปกติฟิลด์นี้จะมีค่าเป็น "text/html" แต่ถ้าใช้คำสั่ง HEAD ฟิลด์นี้จะบอกว่าใช้สื่อประเภทใดเมื่อใช้คำสั่ง GET

- Date

ฟิลด์แจ้งวันที่และเวลาที่สร้างแมสเสจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Expires

ฟิลด์นี้ให้ข้อมูลวนที่และเวลาของแมสเสจที่ควรถูกมองว่าหมดอายุ และไม่ควรถูกนำไปใช้งานต่อไป ฟิลด์นี้ไม่ได้กำหนดว่าไคลเอนต์ควรจะอ่านข้อมูลมาใหม่อีกครั้ง แต่ไคลเอนต์ก็ไม่ควรเก็บข้อมูลนี้แสดงว่าข้อมูลนี้หมดอายุในทันที

- Form

ฟิลด์นี้ระบุอีเมล์แอดเดรสของผู้ใช้งานที่จะส่งไปยังเซิร์ฟเวอร์ หากเป็นการใช้งานเพื่อการล็อกอินโดยไม่ได้ใช้เพื่อตรวจพิสูจน์ตัวจริง ไคลเอนต์ของ HTTP ที่ทำงานแบบอัตโนมัติอย่างเช่นโรบอท (Robot) ควรจะระบุอีเมล์แอดเดรสของผู้รับผิดชอบการทำงานของโรบอท เพื่อใช้ติดต่อในกรณีที่เกิดข้อผิดพลาดขึ้น

- If-Modified-Since

ฟิลด์นี้มีรูปแบบเป็นวันที่/เวลา ใช้เป็นตัวเสริมสำหรับคำสั่ง GET ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบดูว่าทรัพยากรที่ร้องขอได้มีการเปลี่ยนแปลงไปบ้างหรือไม่ ฟิลด์นี้เหมาะสำหรับให้ไคลเอนต์ใช้ทำแคช หากไม่มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลก็จะได้รับรหัสสถานะเป็น "304 Not Modified"

- Last-Modified

ฟิลด์นี้จะบอกว่าข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงล่าสุดเมื่อใด

- Link

ฟิลด์นี้ให้ความสัมพันธ์ อย่างเช่น การเชื่อมโยงระหว่างตัวข้อมูลและทรัพยากรอื่นๆ เป็นโครงสร้างในแบบลำดับชั้นและเส้นทางการท่องไปตามแหล่งข้อมูลอื่น เป็นต้น

- Location

ฟิลด์นี้กำหนด URL ที่ชัดเจนซึ่งทรัพยากรตั้งอยู่ เพื่อใช้เปลี่ยนเส้นทางในแบบอัตโนมัติ (รหัสสถานะ 300-399)

- MIME-Version

ฟิลด์นี้แจ้งเวอร์ชันของ MIME ที่ใช้อยู่

- Pragma

ฟิลด์นี้นำมาใช้งานได้ทั่วไปสำหรับกำหนดชี้แนะใดๆ ตัวอย่างเช่นกำหนดเป็น "No-cache" เพื่อระบุว่าข้อมูลนี้ไม่ควรนำมาทำแคช

- Referer

ฟิลด์นี้เปิดโอกาสให้ไคลเอนต์สามารถระบุ URL ที่เป็นตัวชี้มายัง URL ใหม่อีกอันหนึ่ง สิ่งนี้จะช่วยให้สามารระบุ "Back-links" หรือการเชื่อมโยงแบบย้อนกลับ เพื่อใช้ตรวจสอบการเชื่อมโยงที่มีว่าใช้ได้หรือไม่ และยังใช้ในแง่ของการโฆษณา ข้อมูลนี้อาจกำหนดเป็นข้อมูลส่วนตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ ดังนั้นโปรแกรมไคลเอนต์ (เว็บเบราเซอร์) จึงควรจะให้ผู้ใช้กำหนดได้เองว่าจะเปิดเผยข้อมูลนี้หรือไม่ อย่างไรก็ตามเบราเซอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปไม่ได้เปิดโอกาสให้ผู้ใช้ควบคุมข้อมูลในส่วนนี้

- after

ฟิลด์นี้ใช้กำหนดหน่วยเวลาที่งดให้บริการ ปกติจะใช้งานร่วมกับรหัสสานะ "503 Service Unavailable"

- Server

ฟิลด์นี้กำหนดชื่อและเวอร์ชันของ HTTP Server

- URI

ฟิลด์นี้แสดงบางส่วนหรือทั้งหมดของ URI (Uniform Resource Identifier) ที่เซิร์ฟเวอร์สามารถจะให้บริการได้

- User-Agent

ฟิลด์นี้กำหนดชื่อและเวอร์ชันไคลเอนต์ของ HTTP (เว็บเบราเซอร์)

- WWW-Authenticate

ฟิลด์นี้ใช้ในกรณีเข้าถึงข้อมูลแบบไม่ระบุผู้ใช้ โดยจะตรวจพิสูจน์ตัวจริงในแบบ Challenge/Response อย่างง่าย ข้อมูลที่ใช้ในการตรวจพิสูจน์ (ชื่อและรหัสผ่าน) จะไม่เข้ารหัสลับ

HTTP 1.1

ในส่วนของการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนของ HTTP1.1 เมื่อเปรียบเทียบกับ HTTP1.0 ก็คือเรื่องของประสิทธิภาพทางด้านความเร็ว การเปลี่ยนแปลงที่กล่าวถึงนั้นประกอบด้วย

- การเชื่อมต่อแบบต่อเนื่อง (Persisen Connection) HTTP1.1 จะสร้างการเชื่อมต่อในระดับ TCP กับทุกๆ HTML ที่ถูกร้องขอ แต่ใน HTTP 1.1 จะสร้างการเชื่อมต่อที่จะคงใช้ได้หลายครั้งเพื่อร้องขอข้อมูล การดำเนินการเช่นนี้จะทำให้เซ็กเมนต์ของ TCP หนึ่งต้องรองรับคำร้องขอข้อมูลหลายครั้ง ซึ่งหากเป็นการเชื่อมต่อแบบต่อเนื่อง จะให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าในแบบที่ Netscape เรียกว่า "Keep Alive" โดยเฉพาะในสถานการณ์ที่กับข้องกับการใช้ Proxy Server

- HTTP1.1 สนับสนุนการบีบอัด/ขยายข้อมูล ซึ่งหมายถึงข้อมูลที่รับ /ส่งกันระหว่างไคลเอนต์และเซิร์ฟเวอร์จะเป็นไปในแบบที่ถูกบีบอัดเพื่อช่วยลดภาระของระบบเครือข่ายลงไป

- การทำโฮสต์แบบเสมือน (Virtual Host) HTTP1.1 สนับสนุนการทำเว็บเซิร์ฟเวอร์เดียว (โดยมี IP Address เดียว) ให้มีชื่อโดเมนได้หลายชื่อ ซึ่งมีการใช้กันมากสำหรับผู้ใช้บริการเชิงพาณิชย์ที่ต้องทำหน้าที่เป็นโฮสต์ให้กับเว็บไซต์หลายตัว โดยอาศัยเครื่องเซิร์ฟเวอร์เพียงตัวเดียว HTTP อนุญาตให้โอนย้ายข้อมูล โดยระบุเป็นช่วงไบต์ของไฟล์หรือเอกสารที่ต้องการ กรณีนี้จะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์มากหากการเชื่อมต่อระดับ TCP หยุดชะงักลง โดยไม่ต้องโอนย้ายไฟล์ทั้งหมดใหม่ การโอนย้ายครั้งต่อมาจะเริ่มต้นจากจุดตรวจสอบสุดท้าย

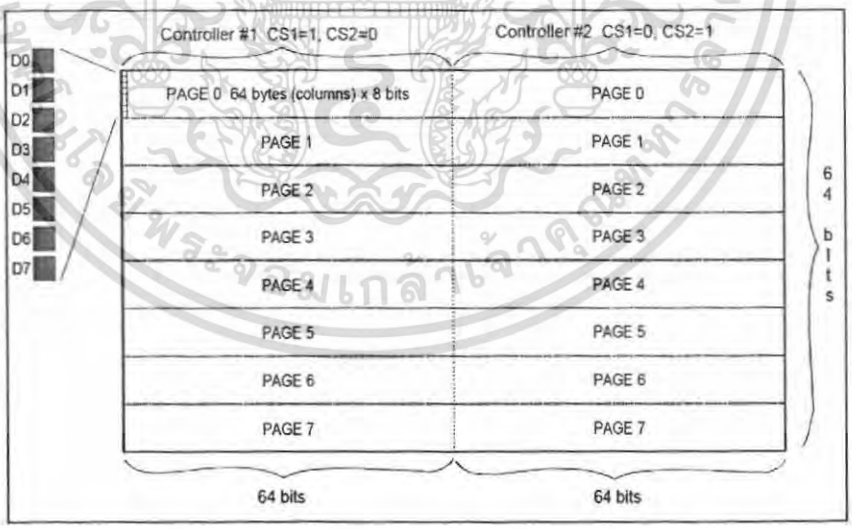
2.9 กราฟิกแอลซีดี ABG128064A15-BIW

ABG128064A15-BIW เป็น กราฟิกแอลซีดีขนาด 128X64 Dot ซึ่งมีคอนโทรลเลอร์ภายใน (KS0107B, KS0107B) โดยการทำงานของคอนโทรลเลอร์จะมีลักษณะการควบคุมดังนี้

- Line คือการอ้างอิงบรรทัดของข้อมูลภายในจะแบ่งเป็น 64 แถว (com1-com64)

- Page (X-address) เป็นการอ้างอิงหน้าต่างของการแสดงผลภายในหนึ่งเพจ จะประกอบไปด้วย 8 ไลน์ ซึ่งจะเป็นการอ้างถึงข้อมูลด้วย ดาต้าบัส (Data bus) โดยตรง ภายในของ LCD จะประกอบไปด้วย 8 เพจ ซึ่งถูกชี้โดย X-register โดยเมื่อตั้งค่า X ให้กับ LCD แสดงผลที่หน้าต่างใดของจอ เราจะต้องตั้งค่า X ให้กับ LCD ซึ่งเมื่อตั้งค่า X ให้กับ LCD แล้ว ค่า X นั้นจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงจนกระทั่งจะมีการตั้งค่าใหม่ให้กับ LCD

- Segment (Y-address) เป็นค่าพอยท์เตอร์ในการชี้ที่อยู่ของข้อมูลซึ่งภายใน LCD จะถูกควบคุมการอ้างถึงของข้อมูล โดย KS0108B ซึ่ง KS0108B จะสามารถชี้ที่อยู่ของข้อมูลได้ 64 เซกเมนต์ ซึ่ง KS0108B 2 ตัว จะสามารถทำการอ้าง เซกเมนต์ ได้ถึง 128 เซกเมนต์

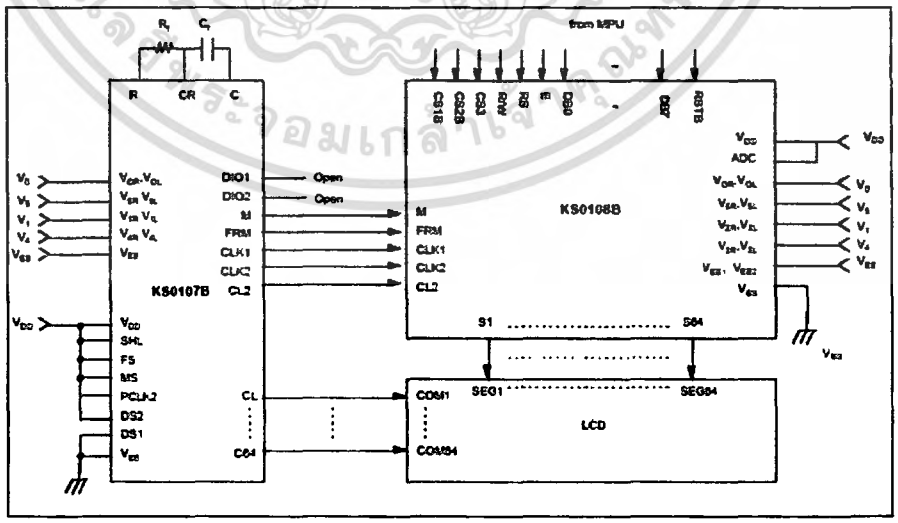


รูปที่ 2.14 โครงสร้างดอตของกราฟิกแอลซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1 ขาควบคุมการใช้งานของแอลซีดี

- Gnd ต่อกับกราวด์
- VDD ต่อกับแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์
- VO ควบคุมความเข้มของดอตทั้งหมด
- ขา D/I ใช้บ่งบอกว่าจะเป็นการเขียนคำสั่ง (Command) เมื่อขานี้มีสถานะลอจิกต่ำ (low) และเป็นการเขียนข้อมูล (Data) เมื่อขานี้มีสถานะลอจิกสูง (High)
- ขา R/W เป็นขาอ่าน/เขียน หาหขานี้มีสถานะเป็นลอจิกต่ำจะเป็นการเขียนข้อมูลและหากสถานะลอจิกเป็นลอจิกสูงจะเป็นการอ่านข้อมูลจากตัวแอลซีดี
- ขา E เพื่อ Active ข้อมูล จะใช้ Active Low เพื่อนอ่านและเขียนข้อมูล
- ขา D0 ถึง D7 เป็นขาข้อมูล (Data Bus)
- ขา CS1 และขา CS2 เป็นขาเลือกเพจ ของคอนโทรลเลอร์ โดยที่ขาทั้งสองจะมีสถานะสลับกัน คือ ถ้า CS1 เป็นลอจิกต่ำและ CS2 มีสถานะเป็นลอจิกสูงจะเป็นการเลือกแสดงผลของ KS0108B ชุดที่1 และหาก CS1 เป็นลอจิกสูงและ CS2 มีสถานะลอจิกต่ำจะเลือกการแสดงผลของ KS0108B ชุดที่ 2
- ขา Reset จะใช้สถานะลอจิกต่ำเพื่อ รีเซต (Reset) การทำงานของตัวแอลซีดี
- Vee ขานี้จะมีวงจรเพื่อสร้างฟ้าเป็นศักย์ลบใช้ร่วมกับขา VO
- A เป็นขาบวกของไฟพื้นหลัง (Back Light)
- K เป็นขาลบของไฟพื้นหลัง

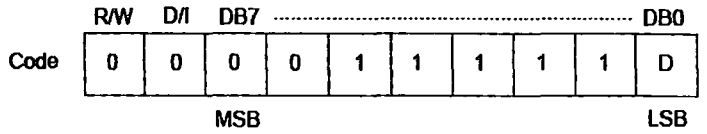


รูปที่ 2.15 แสดงโครงสร้างภายในและขาควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

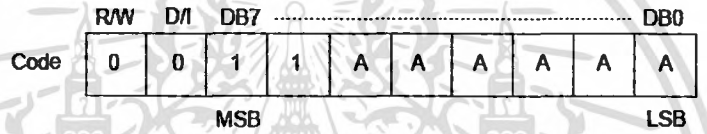
2.9.2 คำสั่งควบคุมการแสดงของ กราฟิกแอลซีดี

2.9.2.1 Display ON/OFF



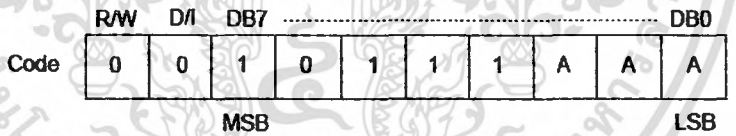
เป็นคำสั่งควบคุมการแสดงผล โดยการแสดงผลจะขึ้นอยู่กับค่า D (DB0) เมื่อค่า D เป็น 1 LCD จะทำการแสดงผลและเมื่อค่า D เป็น 0 LCD จะไม่ทำการแสดงผล ข้อมูลภายใน LCD จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากคำสั่งนี้

2.9.2.2 Start line



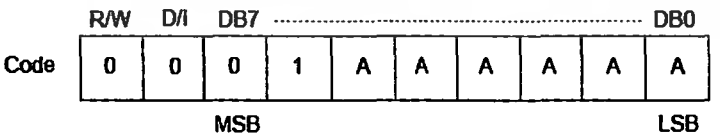
ค่า AAAAAA จะเป็นค่าหมายเลขบรรทัด ที่จะให้ LCD แสดงผลเป็นบรรทัดแรกของจอภาพ

2.9.2.3 Set PAGE (X-address)



ค่า AAA ของคำสั่ง จะเป็นการตั้งค่า X-address ซึ่งหลังจากทำคำสั่งนี้แล้วข้อมูลจาก DB0-DB7 จะเป็นการติดต่อกับแรมที่เพจนี้ตลอดจนกว่าจะมีการตั้งค่าใหม่ให้กับ LCD

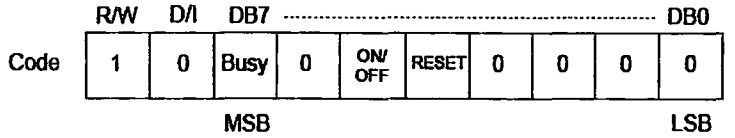
2.9.2.4 Set Y-address



ค่า AAAAAA จะเป็นการตั้งค่าของ Y-address (ค่า Y จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-63) และค่า Y จะเพิ่มขึ้นครั้งละ1 เมื่อมีการหรือเขียนข้อมูลจาก ซีพียู

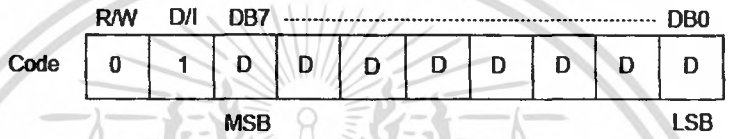
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2.5 Status Read



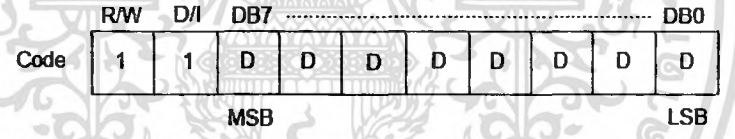
เป็นการอ่านค่าสถานะของ LCD โดยถ้าค่า Busy เป็น 1 LCD จะทำงานในส่วนภายในซึ่งจะทำให้ไม่สามารถทำการควบคุม LCD ในขณะนี้ได้เพราะฉะนั้นเพื่อให้แน่ใจในการควบคุมครั้งต่อไปจะต้องตรวจ ค่า Busy ให้ได้ค่าเป็น 0 เสียก่อน

2.9.2.6 Write Display Data



การเขียนข้อมูลเข้าไปใน LCD ซึ่งข้อมูล DDDDDDDD จะถูกเก็บใน แอลซีดีแรม และค่า Y จะถูกเพิ่มขึ้น 1

2.9.2.7 Read Display Data

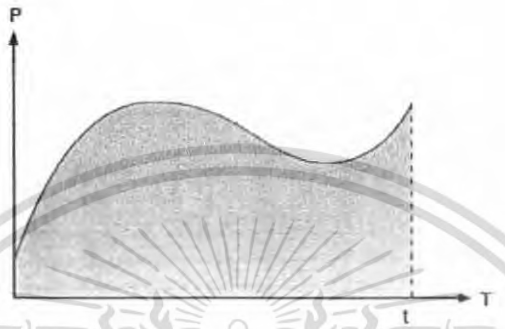


เป็นการอ่านข้อมูลที่แสดงผล โดย LCD จะให้ค่าของข้อมูลออกมาที่ ดาต้าบัส ค่า Y จะถูกเพิ่มค่าขึ้น 1 เช่นเดียวกับการเขียนข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 พลังงานไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้า คือ ผลรวมของกำลังไฟฟ้าที่ถูกใช้ในช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งพลังงานไฟฟ้าสามารถหาได้จากกราฟของความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าและเวลาดังนี้



รูปที่ 2.16 กราฟความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าและเวลา

$$W = \int_0^t P dt = \text{พื้นที่ใต้กราฟ} \tag{2.1}$$

$$W = P \cdot t \tag{2.2}$$

$$P = I \cdot V \tag{2.3}$$

2.11 ความหมายของกำลังไฟฟ้าและเพาเวอร์แฟคเตอร์

ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง กำลังไฟฟ้า P ที่ใช้ไปในความต้านทานที่โหลด R จะมีค่าเป็น

$$P = V \cdot I = I^2 R = \frac{V^2}{R} \quad \text{วัตต์} \tag{2.4}$$

โดยที่ V เป็นแรงดันตกคร่อมโหลดและ I เป็นกระแสที่ไหลผ่านโหลด ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปในโหลด ขณะที่แรงดันตกคร่อมโหลดเท่ากับ V(t) และกระแสในโหลดเท่ากับ i(t) เป็นกำลังงานไฟฟ้าแต่ละขณะซึ่งมีค่าเป็น

$$p(t) = v(t)i(t) \quad \text{วัตต์} \tag{2.5}$$

สมมติว่าแรงดันตกคร่อมโหลดเป็นแรงดันไฟฟ้าสลับรูปที่ไซน์ที่มีสมการเป็น

$$v = V_m \sin \omega t \quad \text{โวลต์} \tag{2.6}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าโหลดที่มีความต้านทานเป็น R กระแสที่ไหลผ่านโหลด I จะเขียนได้เป็น

$$\frac{V_m}{R}\sin\omega t = I_m \sin\omega t \qquad \text{แอมแปร์} \tag{2.7}$$

เพราะฉะนั้น p จะเขียนได้เป็น

$$p = V_m I_m \sin^2 \omega t \qquad \text{วัตต์} \tag{2.8}$$

สมการข้างบนนี้ได้เขียนรูปที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.17 เช่นเดียวกับคำจำกัดความของค่าประสิทธิผล ค่าเฉลี่ยของ p ในหนึ่งช่วงเวลาครบรอบซึ่งก็คือ กำลังไฟฟ้าโดยเฉลี่ย p จะมีค่าเป็น

$$P = (\frac{V_m}{\omega L}) = VI = I^2 R = \frac{V^2}{R} \qquad \text{วัตต์} \tag{2.9}$$

โดยให้ V และ I เป็นค่าประสิทธิผลของ V และ I ตามลำดับ สมการนี้รูปที่แบบเดียวกับสมการกระแสตรง p ในสมการนี้เรียกว่ากำลังไฟฟ้ากระแสสลับ ถ้าโหลดเป็นตัวรีแอคตีฟ (Reactive element) เช่น อินดัคแตนซ์ L เป็นต้น

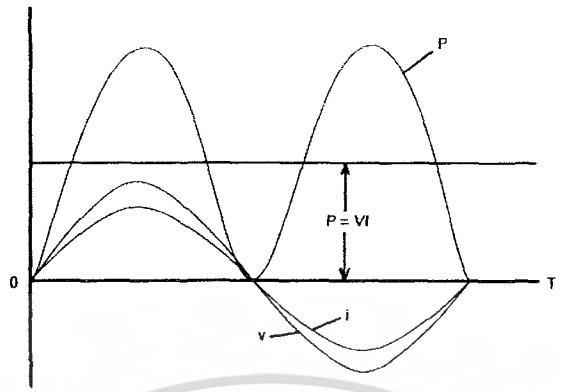
ความสัมพันธ์แสดงไว้ในรูปที่ 2.18 และกรณีนี้ กำลังเฉลี่ย P จะมีค่าเป็นดังนี้

$$P = VI\cos\varphi \tag{2.10}$$

โดยอาศัยความสัมพันธ์ที่ว่า

$$\cos\varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}} \tag{2.11}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

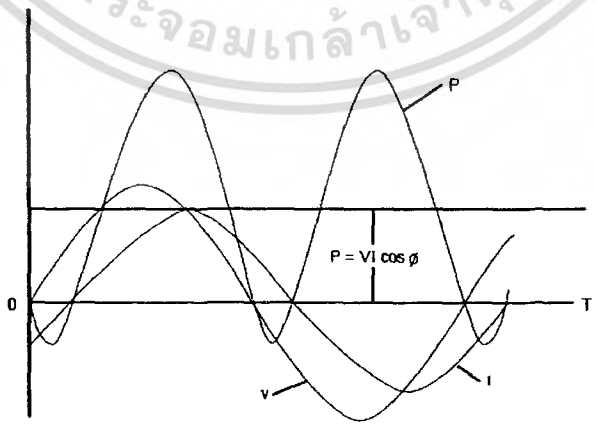


รูปที่ 2.17 กำลังไฟฟ้ากระแสสลับในโหลดชนิดความต้านทาน R

เราจะหาต่อไปได้ว่า

$$P = I^2 R = \frac{V^2}{R} \tag{2.12}$$

ที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่า โดยทั่วไปแล้วกำลังเฉลี่ยในกรณีของไฟฟ้ากระแสสลับแสดงโดยผลคูณแรงดันประสิทธิผลคร่อมโหลดกับกระแสประสิทธิผลที่ไหลผ่านโหลดกับค่า cos ของมุมระหว่างเฟสของแรงดันกับกระแส กำลังเฉลี่ยนี้จะมีค่าเท่ากับกำลังที่ใช้ไปในความต้านทานของโหลด กำลังนี้จึงเรียกว่า กำลังประสิทธิผล ส่วนกำลังแต่ละขณะซึ่งมีค่าเท่ากับ $P = VI\cos\varphi$ ซึ่งเป็นกำลังถ่ายเทไปมาระหว่าง ต้นกำเนิดกำลังกับรีแอคแตนซ์ของโหลดไม่มีการสิ้นเปลืองไป เรียกว่า กำลังรีแอคตีฟ ค่า VI เรียกว่า กำลังที่ปรากฏและค่าของ $\cos\varphi$ เรียกว่า เพาเวอร์แฟคเตอร์



รูปที่ 2.18 กำลังไฟฟ้ากระแสสลับในโหลดทั่วๆไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า

เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า คือ เครื่องวัดแบบรวมยอด (บวกทบ) ใช้สำหรับวัดปริมาณของพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับวงจนหนึ่งในเวลาที่กำหนดให้เวลาหนึ่ง เครื่องวัดแบบนี้ไม่สามารถบอกค่ากำลังของไฟฟ้าได้โดยตรง เช่น ไม่สามารถบอกได้ว่าขณะนี้กำลังไฟฟ้าหรือพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับวงจรมีค่าเท่าไร เพราะว่าการบวกทบหรือรวมยอดของกำลังไฟฟ้านี้ เป็นการรวมยอดของปริมาณที่ได้ใช้มาทั้งหมด เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้ามีหลายแบบด้วยกัน เช่น มอเตอร์ มิเตอร์ (Motor meters)

2.12.1 คลาสของเครื่องวัด

ในการทำเครื่องวัดทุกชนิดนั้น จะไม่สามารถทำให้สมบูรณ์แบบจนไม่มีความผิดพลาดจากตัวเครื่องวัดเองได้ คลาสของเครื่องวัดจะเป็นตัวเลขบอกถึงความเที่ยงตรงของเครื่องวัดเอง เครื่องวัดที่มีคลาสสูงๆ จะวัดค่าได้ผิดพลาดมากกว่าเครื่องวัดที่มีคลาดต่ำๆ (ในกรณีเปรียบเทียบที่ผ่านการวัดเดียวกัน)

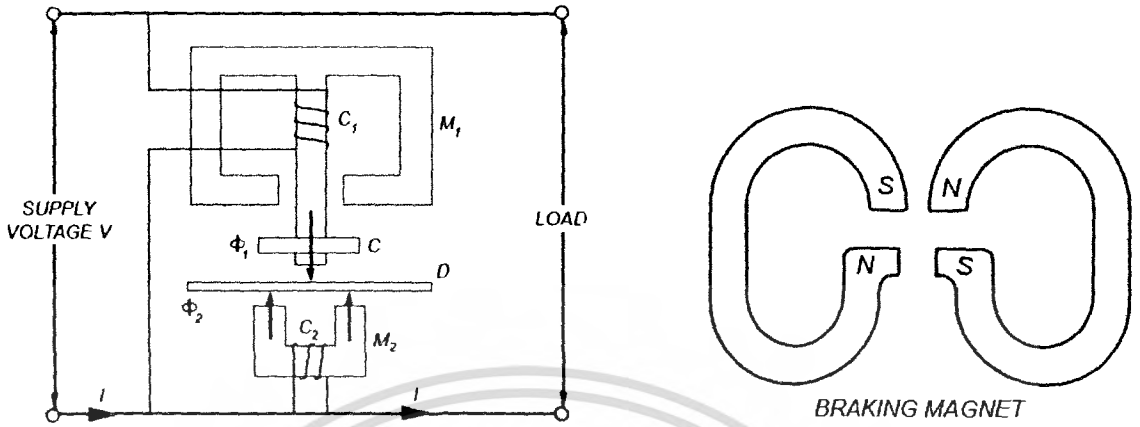
คลาสของเครื่องวัดจะบอกถึงเปอร์เซ็นต์การผิดพลาดของแต่ละย่านการวัด ในเครื่องวัดนั้นๆ เมื่อนำคลาสของเครื่องวัดคูณกับย่านการวัดแต่ละย่านจะได้ค่าผิดพลาดสัมบูรณ์จากเครื่องวัดในย่านนั้นๆ

2.12.2 วัตต์อาวร์มิเตอร์เฟสเดียวแบบอาศัยการเหนี่ยวนำไฟฟ้า

เครื่องวัดที่ทำงานด้วยการเหนี่ยวนำไฟฟ้าเป็นแบบที่ใช้กันทั่วๆไปในเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสสลับ และมักจะได้พบเห็นเสมอทั้งในบ้านและในโรงงานอุตสาหกรรมมิเตอร์แบบนี้จะวัดพลังงานไฟฟ้าในหน่วยกิโลวัตต์อาวร์ หรือกิโลวัตต์ชั่วโมง

เครื่องวัดแบบนี้ประกอบด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า 2 ชุด คือแม่เหล็กไฟฟ้า M_1 และ M_2 แม่เหล็ก M_1 เรียกว่าแม่เหล็กขนาน (Shunt magnet) ขดลวดที่ทำให้เกิดแม่เหล็กไฟฟ้าชุดนี้จะต่อขนานกับแรงดันของโหลด กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดชุดนี้จะแปรผันโดยตรงกับแรงดันของโหลด V แม่เหล็กอีกชุดหนึ่งคือ M_2 เรียกว่าแม่เหล็กอันดับ (Series magnet) ขดลวดที่ทำให้เกิดแม่เหล็กไฟฟ้าชุดนี้ต่ออันดับกับโหลด กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดชุดนี้จะแปลผันตรงกับกระแสของโหลด แม่เหล็ก M_2 จะสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก ϕ_2 ขึ้นมา และแม่เหล็ก M_1 จะสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก ϕ_1 ขึ้นมา ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ϕ_2 จะแปรผันโดยตรงกับกระแสของโหลด I และมีเฟสเดียวกันกับกระแส I ด้วย ส่วน ϕ_1 จะแปรผันโดยตรงกับแรงดันของโหลด V และมีมุมต่างเฟส 90° ล้าหลังกับแรงดันของโหลด มุมต่างเฟสอันนี้สามารถที่จะปรับแต่งได้โดยการปรับตำแหน่งของแหวนทองแดง C ที่สวมอยู่ที่แกนกลางของแม่เหล็กขนาน M_1 ดังรูป 2.19 ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก. แสดงการต่อวัตต์อาวร์มิเตอร์ ข. แม่เหล็กหน่วง

รูปที่ 2.19 อินดักชันมิเตอร์

เส้นแรงแม่เหล็ก ϕ_1 ส่วนใหญ่จะเคลื่อนที่ผ่านช่องว่างไปยังแกนด้านข้างของแม่เหล็ก M_1 แต่มีเส้นแรงแม่เหล็กอีกจำนวนหนึ่งที่มีจำนวนน้อยที่เคลื่อนที่ผ่านจาน D และเป็นแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในจาน D และจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนขึ้นในจาน D ด้วย
ปฏิกิริยาระหว่างเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองจำนวนกับกระแสไหลวนทั้งสอง จะทำเกิดแรงบิดหรือแรงขับขึ้นมาที่จาน D ส่วนแรงบิดหรือแรงหน่วงควบคุม เกิดขึ้นได้จากแม่เหล็กถาวรหนึ่งคู่ ดังรูปที่ 2.19 ข. และรูปที่ 2.20 ซึ่งติดตั้งเป็นแนวเส้นตรงตามแนวเส้นผ่าศูนย์กลางของจานและให้มีทิศทางของอำนาจแม่เหล็กต้านกันกับอำนาจแม่เหล็กของ M_1 และ M_2 ทั้งนี้ก็เพื่อที่จะลดปฏิกิริยาระหว่างอำนาจแม่เหล็กของ M_1 และ M_2

เมื่อขอบจานของจาน D เคลื่อนที่ผ่านช่องว่างระหว่างขั้ว N และ S ของแม่เหล็กหน่วงก็จะทำให้เกิดกระแสไฟไหลวนเหนี่ยวนำขึ้นในจาน กระแสไฟจำนวนนี้จะทำให้เกิดแรงหน่วงขึ้น ซึ่งแรงหน่วง T_B จะมีค่าดังนี้

$$\therefore T_B \propto \frac{\phi^2 N}{r} \qquad (2.13)$$

ϕ = เส้นแรงแม่เหล็กของแม่เหล็กหน่วง

N = ความเร็วของจานหมุน

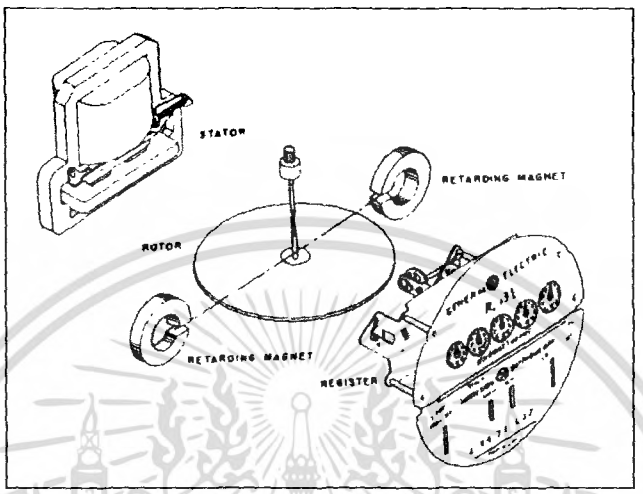
r = ความต้านทานในวงจรของกระแสไหลวน

$$\therefore T_B \propto N \qquad (2.14)$$

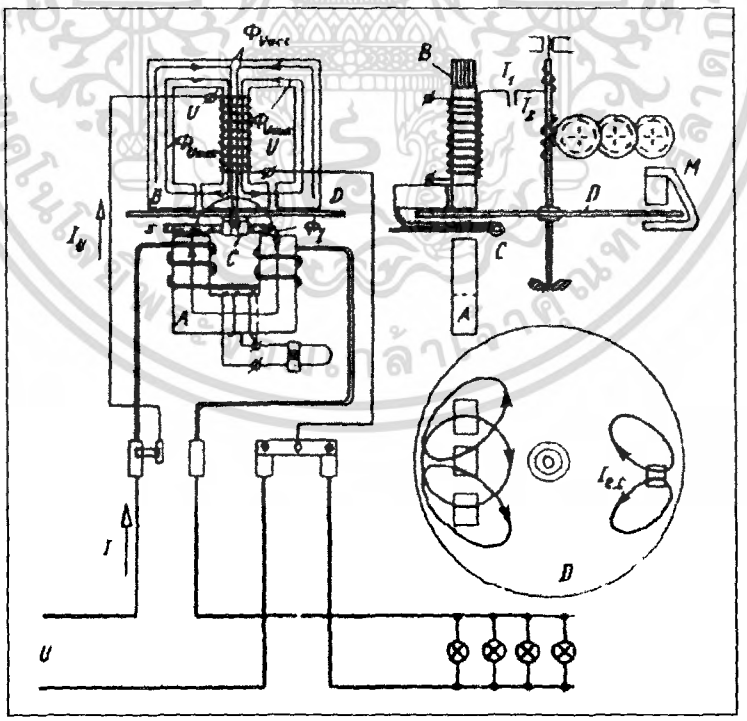
เพราะว่า ϕ และ r จะมีค่าคงที่เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.20 เป็นส่วนประกอบของกิโลวัตต์อาวร์มิเตอร์แบบหนึ่งเฟสหน้าปัทม์เป็นแบบเข็มชี้ ส่วนรูปที่ 2.21 เป็นวงจรการต่อวัตต์อาวร์หรือกิโลวัตต์อาวร์มิเตอร์เพื่อใช้งาน



รูปที่ 2.20 คอยล์แม่เหล็ก จานหมุน แม่เหล็กหน่วง และชุดบอกปริมาณพลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 2.21 แสดงการต่อกิโลวัตต์อาวร์มิเตอร์หนึ่งเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดบอกปริมาณของพลังงานไฟฟ้าแบบเก่าจะประกอบด้วยชุดของเฟืองทด (เฟืองตัวเล็กขับเฟืองตัวใหญ่) 4 ถึง 6 ตัวที่มีเข็มชี้ยึดติดอยู่ทุกตัว ให้เข็มชี้เคลื่อนที่ไปบนหน้าปัดที่มีสเกลบอกไว้ สเกลบนหน้าปัดของเฟืองหรือเข็มชี้แต่ละตัวจะแบ่งออกไว้เป็น 10 ช่องเท่ากัน สเกลบนหน้าปัดของเฟืองตัวใหญ่จะมีค่ามากกว่าสเกลบนหน้าปัดของเฟืองตัวเล็ก 10 เท่า คือเมื่อเฟืองตัวเล็กหมุนได้ 10 รอบ เฟืองตัวใหญ่อยู่ถัดไปจะหมุนได้ 1 รอบ โดยเพลาของเฟืองตัวเล็กจะเป็นเพลาเดียวกันกับเพลาของระบบเคลื่อนที่ของเครื่องวัดพลังงาน

ได้อธิบายมาแล้วว่า แรงบิดบ่ายเบนหรือแรงขับของเครื่องวัดแบบนี้เป็นสัดส่วนกับกำลังของไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้านั้นๆ

$$\therefore T_d \propto VI\cos\phi \qquad (2.15)$$

เมื่อความเร็วของเครื่องวัดคงที่ (Steady speed)

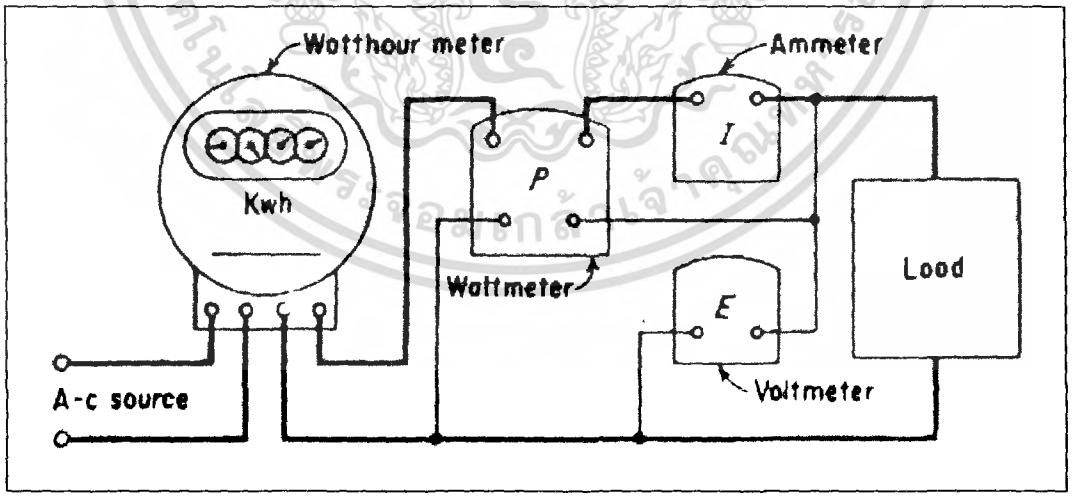
$$T_B = T_D \qquad (2.16)$$

$$\because T_B \propto N \qquad (2.17)$$

$$\therefore N \propto VI\cos\phi \qquad (2.18)$$

$$\propto \text{กำลังไฟฟ้า (W)}$$

หรือ
$$N \propto \frac{VI\cos\phi \cdot t}{3600 \times 1000} \qquad (2.19)$$



รูปที่ 2.22 แสดงการต่อกิโลวัตต์อาวร์มิเตอร์ร่วมกับวัตต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์และโวลต์มิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$N = K \frac{VI\cos\phi \cdot t}{3600 \times 1000} \quad (2.20)$$

$$= K \frac{W \cdot t}{3600 \times 1000} \text{ รอบ}$$

$$t = \frac{3600 \times 1000N}{K \cdot W} \text{ วินาที} \quad (2.21)$$

K = ค่าคงที่ของเครื่องวัด (จำนวนรอบ/กิโลวัตต์ชั่วโมง)

ดังนั้นจำนวนรอบทั้งหมดของเครื่องวัดจะเป็นสัดส่วนกับพลังงานไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้านั่นเอง วงจรสำหรับการปรับแต่งสเกลของวัตต์อาวร์มิเตอร์จะต่อดังรูปที่ 2.22

2.12.3 ความคลาดเคลื่อน

สำหรับความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจจะมาจากหลายแห่งด้วยกัน เช่น

1. จากความต่างเฟส ได้กล่าวมาแล้วว่าเส้นแรงแม่เหล็กของแม่เหล็กขนานจะมีมุมต่างเฟสกับแรงดัน 90° แต่ที่จริงแล้วไม่เป็นเช่นนั้น เพราะว่าในขดลวดแม่เหล็กขนานนี้ยังมีค่าความต้านทานรวมอยู่ด้วย เพราะฉะนั้นที่ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ศูนย์ แรงบิดจะมีค่าไม่เป็นศูนย์ ความคลาดเคลื่อนอันนี้แก้ไขได้โดยปรับตำแหน่งของแหวน ทองแดง (Shading ring) ที่สวมอยู่บนแกนของแม่เหล็กขนาน ดังนั้นจึงเรียกแหวนทองแดงนี้ว่า เครื่องแก้เพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power factor compensator)

2. จากความเร็ว ถ้าใช้เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าไปวัดพลังงานไฟฟ้าในวงจรที่มีโหลดเป็นความต้านทานอย่างเดียว เครื่องวัดจะมีความเร็วสูงเกินไปจากความเป็นจริง แต่เราก็สามารถที่จะปรับความเร็วได้ โดยปรับตำแหน่งของแม่เหล็กหน่วง (Braking magnet) ที่เป็นแม่เหล็กถาวรให้เลื่อนเข้าหรือเลื่อนออกจากจานได้ ถ้าปรับตำแหน่งของแม่เหล็กหน่วงให้เข้าใกล้กับจุดศูนย์กลางของจานจะทำให้แรงหน่วง (Braking torque) ลดลง และถ้าดึงแม่เหล็กออกจะทำให้แรงหน่วงเพิ่มขึ้น (Full load adjustment)

พิกัดของวัตต์อาวร์มิเตอร์ หรือกิโลวัตต์อาวร์มิเตอร์เช่นขนาดของแรงดัน กระแสและจำนวนรอบต่อกิโลวัตต์ชั่วโมงจะมีบอกไว้ที่แผ่นป้าย (Name plate)

3. จากความเสียดทาน ความเสียดทานเกิดขึ้นได้เนื่องจากแบริ่งที่รองรับระบบเคลื่อนที่ และเกิดจากชุดบอกปริมาณพลังงานไฟฟ้า แรงเสียดทานหรือความเสียดทานที่เกิดขึ้นนี้อาจจะทำให้ลดลงได้ โดยทำให้อัตราส่วนของเส้นแรงแม่เหล็ก ϕ_1 และ ϕ_2 มีค่ามากขึ้น โดยใช้แหวนทองแดงสองชุดเข้าช่วย แหวนทองแดงนี้จะสวมอยู่ที่ปลายของแกนสองแกนที่อยู่ด้านข้างทั้งสองของแม่เหล็กขนาน ดังนั้นจะเห็นว่าจะมีกระแสไหลวนเกิดขึ้นในแหวนทองแดงทั้งสองนี้ด้วย ผลอันนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะทำให้เกิดแรงบิดบ่ายเบนขึ้นที่จานด้วย แรงบิดบ่ายเบนที่ทำให้เกิดขึ้น เพื่อแก้แรงเสียดทานนี้จะมีค่ามากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับการปรับตำแหน่งของแกนสองแกนที่อยู่ด้านข้างทั้งสองของแม่เหล็กขนาน วิธีแก้ความเสียดทานนี้จะต้องทดลองทำในขณะที่ป้อนแรงดันให้กับมิเตอร์อย่างเดียวเท่านั้น โดยจะต้องไม่ให้ระบบเคลื่อนที่หรือจานอลูมิเนียมหมุน (No-load adjustment)

4. เมื่อระบบเคลื่อนที่หมุนช้าๆ (Creeping or slow) แต่หมุนติดต่อกันเรื่อยไปในขณะที่ยังไม่มีกระแสของโหลด (ป้อนแต่แรงดันให้อย่างเดียว) อาการแบบนี้อาจจะเนื่องจากการแก้แรงเสียดทานไม่ถูกต้อง หรือการสั่น (Vibration) จากที่อื่น เจาะรูสองรูบนจานให้อยู่ในแนวเดียวกันแต่คนละด้านของเพลา การเจาะรูก็เพื่อทำให้สนามแม่เหล็กของแม่เหล็กขนานเกิดการบิดเบนตัว (Distortion) เมื่อรูหนึ่งบนจานเคลื่อนที่ผ่านขั้วแม่เหล็กขนาน ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่ป้องกันไม่ให้จานหมุนเมื่อยังไม่มีโหลด

5. จากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงแทบจะพูดได้ว่าไม่มีผลต่อการทำงานของเครื่องวัดแบบนี้เลย เพราะทุกอย่างจะมีการเปลี่ยนแปลงไปพร้อมๆกันหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการออกแบบและดำเนินงาน

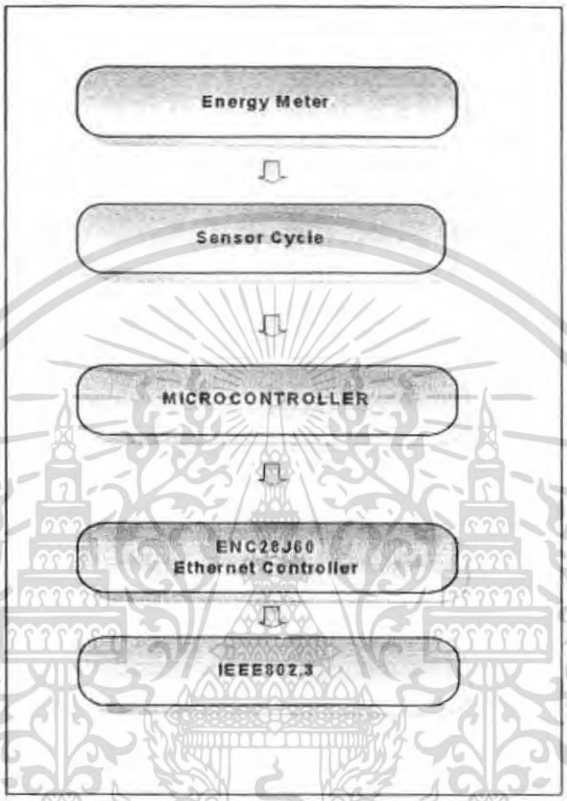
3.1 โครงสร้างของระบบ

รูปที่ 3.1 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระบบการอ่านค่าพลังงาน

จากรูปที่ 3.1 แสดงให้เห็นถึงการเชื่อมต่อของอุปกรณ์แต่ละตัวในระบบอ่านค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยแบ่งเป็นส่วนของ อุปกรณ์อ่านค่าการใช้พลังงาน อุปกรณ์ระบบควบคุมการอ่านค่า ดาต้าเบสเซิร์ฟเวอร์ (Database server) และเว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web server) และเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับติดต่อผู้ใช้ ซึ่งอุปกรณ์ทั้งหมดติดต่อสื่อสารผ่านเครือข่าย LAN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ส่วนของฮาร์ดแวร์



รูปที่ 3.2 แสดงการวัดและส่งค่าผ่านอีเทอร์เน็ตแลน

3.2.1 มิเตอร์แบบจานหมุน

มิเตอร์อ่านค่าพลังงานแบบแผ่นจานหมุน โดยมีการใช้พลังงานแผ่นจะหมุนจะหมุด โดยที่ การใช้พลังงาน 1 KW Hr จะทำให้แผ่นจานหมุน หมุนได้ 1200 รอบ

3.2.2 เซนเซอร์ ตรวจนับการหมุน

เซนเซอร์ (sensor) ตรวจนับการหมุน อาศัยหลักการการตัดผ่านของวัตถุผ่านม่านแสง โดยรูที่เจาะบนแผ่นจานหมุนของมิเตอร์จะตัดผ่านช่องที่รับส่งแสงอินฟราเรด (infrared) โดยจะมีรูเจาะรอบจานหมุนจำนวน 1 รู ในขณะที่รูเจาะยังไม่ผ่านช่องตรวจจับแสงอินฟราเรดจากตัวส่งจะส่งไปไม่ถึงตัวรับ ตัวตรวจจับก็จะไม่สามารถตรวจจับได้ แต่เมื่อรูเจาะหมุนไปตรงกับช่องตรวจจับลำแสงอินฟราเรดจากตัวส่งก็สามารถผ่านไปยังตัวรับได้ ทำให้สามารถตรวจจับรอบการหมุนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงอินฟราเรดที่ใช้ส่งหากัน เพื่อตรวจจับนั้น ผ่านการเข้ารหัสดิจิตอล (Digital coding) ฝากเข้าไปกับแสงที่ส่ง เนื่องจากโดยทั่วไปแล้วแสงอินฟราเรดสามารถถูกรบกวนได้ง่าย จากสภาพแวดล้อม เช่น ถูกรบกวนจากแสงอาทิตย์ การมอดูเลท (Modulation) สัญญาณรหัสเข้าไปก่อนที่จะส่งออกไปนั้นทำให้ป้องกันการรบกวนจากสภาพแวดล้อมได้

การทำงานเริ่มจาก มีส่วนกำเนิดความถี่พาร์สำหรับมอดูเลทสัญญาณเข้าไป ซึ่งมีความถี่พาร์ (Carrier frequency) 38 KHz โดยใช้วงจรชมิททริกเกอร์ (Schmitt Trigger) จาก IC 74HC132 Quad 2-input NAND Schmitt Trigger

รูปที่ 3.3 แสดงสมการความถี่ ที่สร้างวงจร Osilator ของ Schmitt Trigger

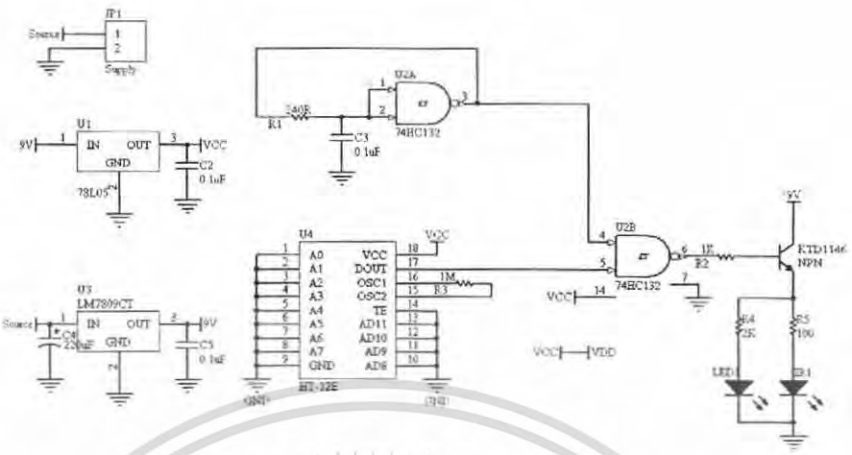
โดยได้ใช้ R = 240 Ohm และ C = 0.1uF จะได้ค่าเท่ากับ 1/ 0.8(33*0.1^-6) = 38KHz ซึ่งความถี่ที่ประมาณ 38Khz เป็นความถี่ที่เหมาะสมสำหรับการนำมาเป็นความถี่พาร์สำหรับแสงอินฟราเรดเมื่อได้ความถี่พาร์ได้ ก็นำมามอดูเลต กับสัญญาณที่มาจาก IC HT12E ซึ่งจะทำหน้าที่กำหนดสัญญาณรหัส เพื่อให้ IC HT12D ตรวจจับได้ จากนั้นก็ผ่านวงจรส่วนไดรเวอร์ (Driver) เพื่อนำสัญญาณที่ได้มาขยายกระแสให้สูงขึ้น แล้วจึงส่งให้ หลอดส่งอินฟาเรดการขยายกระแสใช้ทรานซิสเตอร์ (Transistor) แบบ NPN จะทำให้ระยะทางการส่งมีความไกลมากขึ้น

ส่วนในด้านรับสัญญาณอินฟราเรด จะใช้โมดูลอินฟาเรดรีซีฟเวอร์ (Module infrared receiver) รับสัญญาณ แล้วมีการขยายสัญญาณในตัวโมดูลได้เลย จากนั้นเอาสัญญาณที่ขยายแล้ว ส่งต่อให้ IC HT12D เพื่อกรองความถี่พาร์ออก แล้วตรวจดูสัญญาณที่ส่งเข้ามาว่า มีการเข้ารหัสสัญญาณที่ถูกต้องรึเปล่า

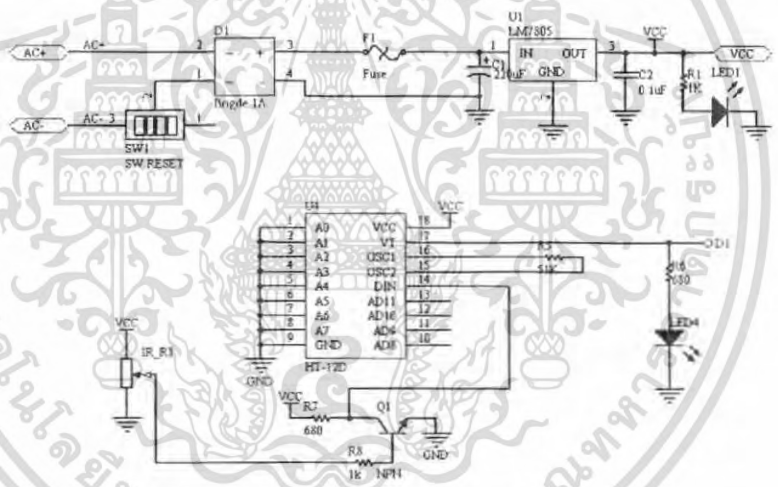
3.2.3 ส่วนประมวลผลขอ เซ็นเซอร์ และส่งต่อค่า

ส่วนประมวลผลของเซ็นเซอร์ (Sensor) และส่งต่อค่า เมื่อวงจรด้านรับรับสัญญาณได้แล้ว ขาของสัญญาณด้านรับต่อออกมาจาก IC HT12D แล้วส่งไปต่อยังไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เพื่อตรวจดูสัญญาณว่ามีสัญญาณจำนวนรอบเข้ามาหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงวงจรส่งอินฟราเรด



รูปที่ 3.5 วงจรรับอินฟราเรด

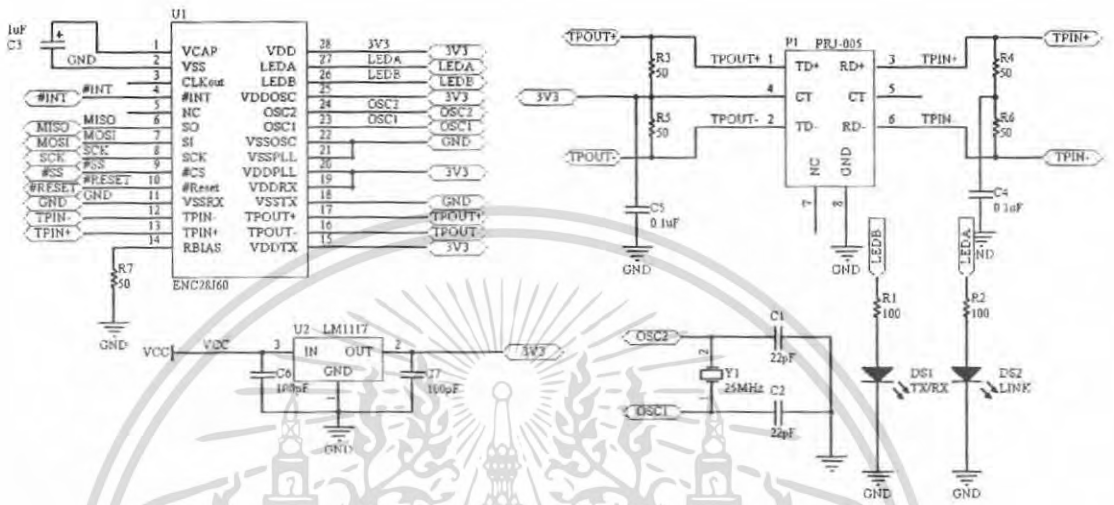
3.2.4 ส่วนในการเชื่อมต่ออีเทอร์เน็ต Ethernet

ส่วนในการเชื่อมต่ออีเทอร์เน็ตทุกๆช่วงเวลาที่ตั้งไว้ AVR จะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่ายอีเทอร์เน็ตโดยที่ จะใช้ IC ENC28J60 เป็นไดรเวอร์สำหรับการเชื่อมต่ออีเทอร์เน็ต โดยการส่งนั้นจะกำหนด เครื่องปลายทาง ทั้งหมายเลข IP และ PORT ของ TCP สำหรับการเชื่อมต่อ

การออกแบบการรับของระบบรับค่าพลังงานใช้เว็บเซิร์ฟเวอร์เป็นตัวรับค่าเข้ามา โดย ที่เซิร์ฟเวอร์จะลิสเทนนิ่ง (Listening) ที่พอร์ต 80 (PORT 80) เมื่อข้อมูลมาถึงเซิร์ฟเวอร์ ที่เป็นการร้องของไฟล์ ASP (File ASP) ก็จะเรียกใช้ไฟล์ ASP ที่ถูกเขียนให้ประมวลผลคำสั่งการรับค่า

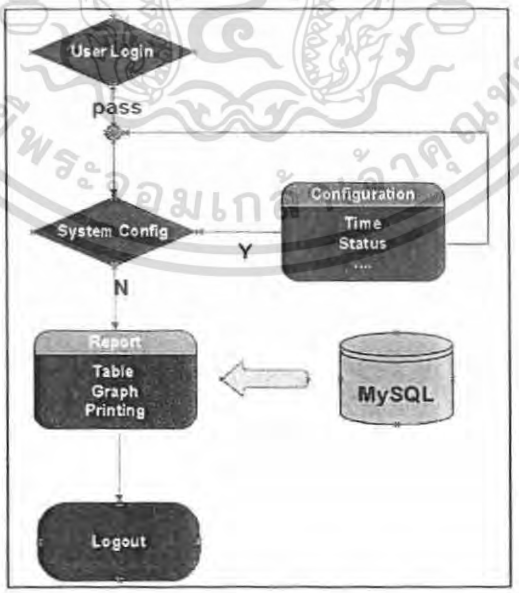
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานไว้แล้วรับค่าพลังงานพร้อมพารามิเตอร์ต่างๆไว้ จากนั้นทำการเก็บข้อมูลของในฐานข้อมูล รอการเรียกใช้ต่อไป



รูปที่ 3.6 วงจรติดต่อกับ IEEE802.3

3.3 ส่วนของซอฟต์แวร์



รูปที่ 3.7 แสดงการทำงานโดยรวมของ Meter Data Center

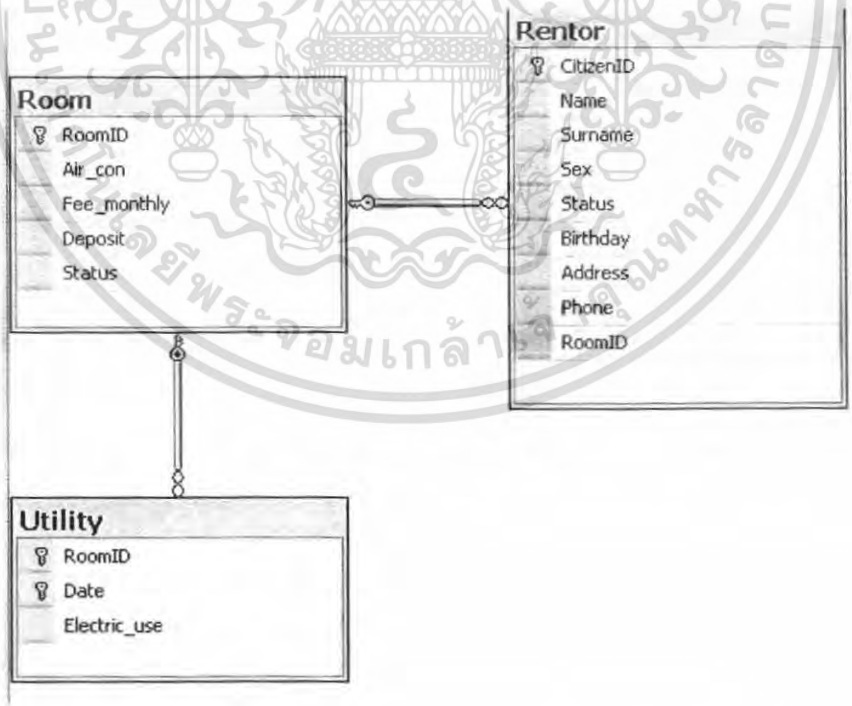
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถติดต่อกับฐานข้อมูล เพื่อการบันทึกจัดเก็บค่าต่างๆของระบบ เนื่องจากฐานข้อมูลตัวนี้ต้องเชื่อมต่อกับเว็บแอพพลิเคชัน (Web Application) ได้ จึงเลือกใช้ ฐานข้อมูล SQL Server 2005
- สามารถแสดงกราฟและรายงานในลักษณะของตารางได้
- สามารถเลือกดูรายงานโดยการเลือกตามวัน เดือน หรือ ปี ที่ต้องการได้
- สามารถทำใบแจ้งค่าใช้ไฟฟ้าเพื่อแจ้งต่อ ผู้ใช้ไฟฟ้าได้
- สามารถเชื่อมต่อกับมิเตอร์ ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้

3.3.1 เว็บแอพพลิเคชั่นเพื่อการเข้าดูค่าการใช้พลังงาน

ส่วนของเว็บแอพพลิเคชั่นเป็นการอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้ เพื่อสามารถเข้าดูข้อมูลจากสถานที่ต่างๆได้โดยง่าย หลักการทำงานของเว็บแอพพลิเคชั่นตัวนี้ จะทำการร้องขอข้อมูลจาก ดาต้าเบสเซิร์ฟเวอร์ที่เก็บข้อมูลค่าการใช้พลังงานเพื่อแสดงค่าตามที่ผู้ใช้งานร้องขอเข้ามา โดยสามารถกำหนดสิทธิอนุญาตในการเข้าถึงข้อมูลได้

3.4 การออกแบบ ฐานข้อมูล



รูปที่3.8 แสดงไดอะแกรม ของดาตาเบส Apartment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางเรนเทอร์ (Rentor) เก็บข้อมูลของผู้เช่า

- Citizen ID (PK) ข้อมูลหมายเลขประจำตัวประชาชน
- Name ชื่อผู้เช่า
- Surname นามสกุล
- Sex เพศ
- Status สถานะภาพ
- Birthday วันเกิด
- Address ที่อยู่
- Phone เบอร์โทรศัพท์
- Room ID หมายเลขห้องที่เช่าอยู่

ตารางยูทิลิตี้ (Utility)

- Room ID (PK) หมายเลขห้อง
- Date วันที่บันทึกข้อมูลไฟฟ้า
- Electric_use จำนวนหน่วยของไฟฟ้าที่ใช้ไป

ตารางรูม (Room) เก็บค่า ข้อมูลต่างของห้องเช่าแต่ละห้อง ประกอบไปด้วย

- Room ID (PK) หมายเลขห้อง
- Air_con บอกว่า มี เครื่องปรับอากาศหรือไม่
- Fee_monthly ค่าเช่ารายเดือน
- Deposit จำนวนเงินที่ต้องจ่ายมัดจำ
- Status เก็บค่าว่ามีผู้เช่าอยู่ หรือไม่

3.5 การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ หรือเว็บเพจ

การออกแบบส่วนติดต่อของผู้ใช้ (UI) ของอินโฟพาร์ทเมนท์ มีดังนี้

สำหรับผู้เช่ารายใหม่ต้องทำการสมัครแอคเคาน์ใหม่ (New Account) โดยเปิดหน้าต่างเว็บเพจสำหรับสมัครสมาชิก โดยผู้ใช้ต้องกรอกชื่อผู้ใช้ (User Name) เอาไว้สำหรับล็อกอินเข้าสู่ระบบ รวมทั้งรหัสผ่าน (Password) และยืนยันรหัสผ่านอีกครั้ง (Confirm Password) จากนั้นกรอกอีเมล์ (E-mail) ปัจจุบันที่ใช้ได้จริงเพื่อให้ผู้ดูแลระบบสามารถติดต่อกับผู้ใช้ได้ในกรณีที่เกิดปัญหาเกี่ยวกับการเข้าสู่ระบบ หลังจากนั้นเลือกคำถาม (Security Question) และคำตอบ (Security Answer) กรณีที่ลืมรหัสผ่านไม่สามารถเข้าสู่ระบบได้ หลักจากนั้นก็ทำการสมัครสมาชิกโดยกดปุ่ม Create User

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.9 แสดงหน้าเว็ปเพจ สำหรับเพิ่มผู้เช่า รายใหม่

รูปที่ 3.10 แสดงหน้าเว็ปเพจ สำหรับ เข้าสู่ระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

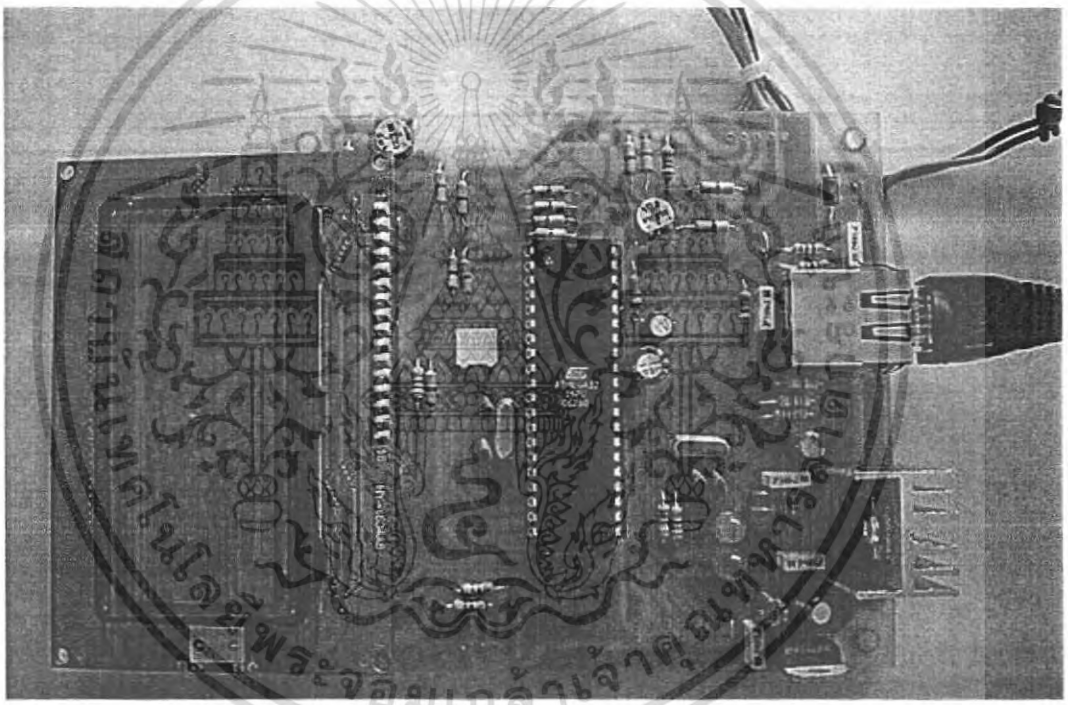
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 อุปกรณ์ควบคุมการส่งค่าผ่านอีเทอร์เน็ต (Ethernet)

ขั้นตอนการทดลอง

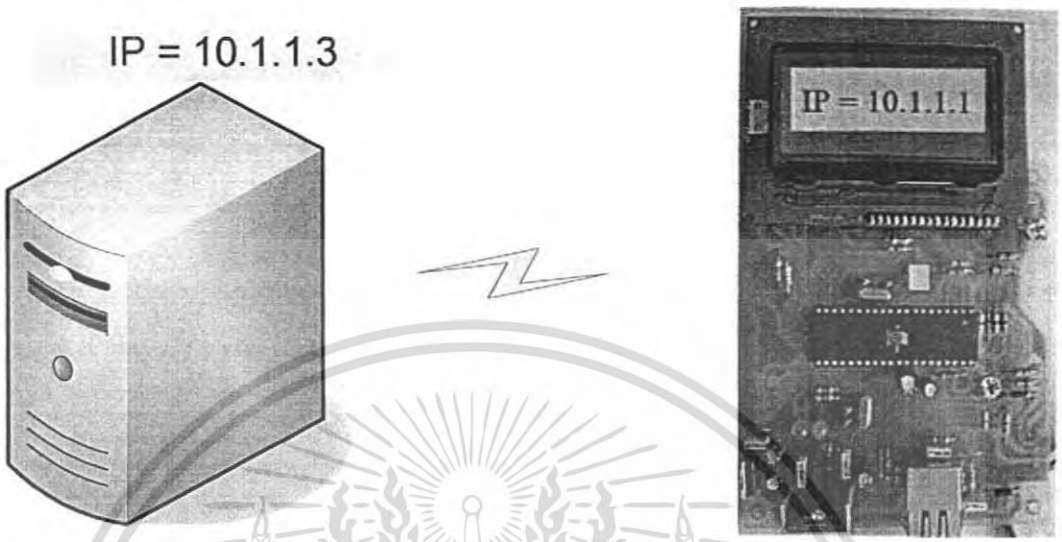
1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 4.1
2. ตรวจสอบความเรียบร้อยในการประกอบ



รูปที่ 4.1 บอร์ดทดสอบเพื่อส่งค่าผ่าน IEEE802.3

3. ทำการเขียนโปรแกรมควบคุมสั่งงาน ENC28J60
4. นำสาย UTP ชนิดครอสไวร์ (Cross Wire) ต่อเข้ากับบอร์ดสั่งงานและคอมพิวเตอร์ แล้วทดลองใช้ คำสั่งปิง (ping) ไปที่ IP ของบอร์ดสั่งงาน โดยที่สามารถเขียนโปรแกรมกำหนด IP ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 หมายเลข IP Address ของการเชื่อมต่อ

```
Ethernet adapter Local Area Connection:

        Connection-specific DNS Suffix  . :
        IP Address. . . . . . . . . . . . : 10.1.1.3
        Subnet Mask . . . . . . . . . . . : 255.0.0.0
        Default Gateway . . . . . . . . . : 10.1.1.3
```

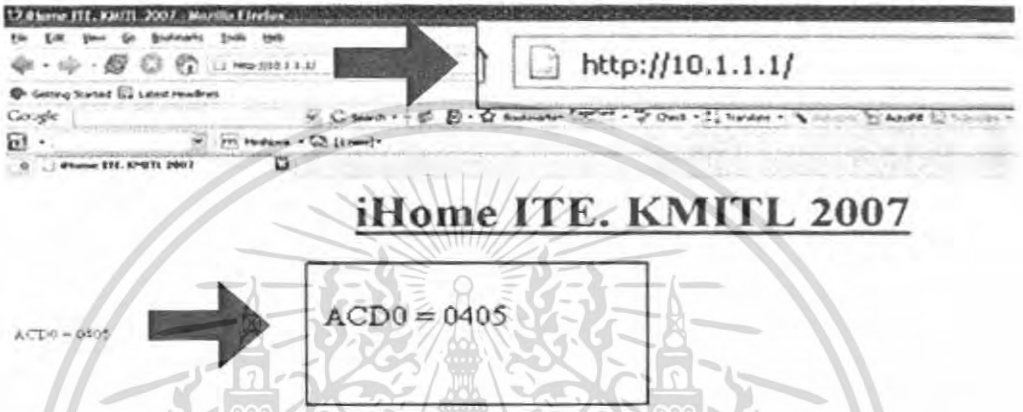
รูปที่ 4.3 การใช้คำสั่ง ipconfig เพื่อดูเลข IP Address คอมพิวเตอร์ที่ต่อกับ บอร์ดทดสอบ

```
Pinging 10.1.1.1 with 32 bytes of data:

Reply from 10.1.1.1: bytes=32 time=4ms TTL=128
Reply from 10.1.1.1: bytes=32 time=3ms TTL=128
Reply from 10.1.1.1: bytes=32 time=3ms TTL=128
Reply from 10.1.1.1: bytes=32 time=2ms TTL=128

Ping statistics for 10.1.1.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 2ms, Maximum = 4ms, Average = 3ms
```

รูปที่ 4.4 ผลที่ได้จากการใช้คำสั่ง ping 10.1.1.1 โดยที่ 10.1.1.1 เป็น IP Address ของบอร์ดทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ทดลองร้องขอหน้าเว็บเพจที่ถูกสร้างอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์โดยการเปิดบราวเซอร์ (Internet Browser) ขึ้นมา จากนั้นในช่อง URL ให้พิมพ์ หมายเลข IP ของ อุปกรณ์บอร์ดทดสอบ จะปรากฏหน้าเวปเพจออกมาดังรูปด้านล่าง และหากทดลองปรับค่า R ที่ปรับค่าได้แล้วทำการร้องขอให้หน้าเวปเพจใหม่ ค่าที่อ่านได้ก็จะเปลี่ยนไปด้วย



รูปที่ 4.5 หน้าเว็บเพจที่ถูกเก็บไว้ในไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงค่า แรงดันที่อ่านค่าได้

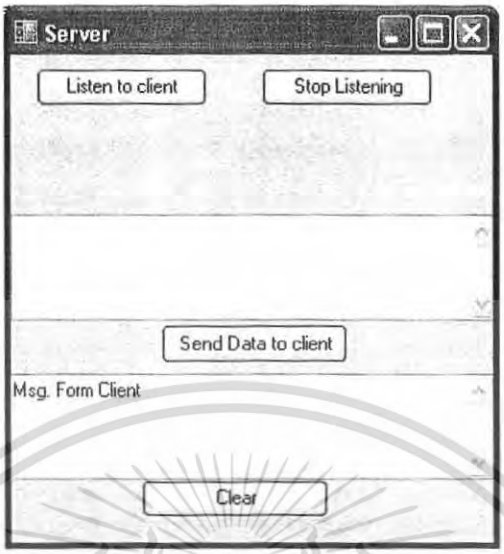
4.2 การทดลองส่วนของการรับส่งข้อมูลบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์

ขั้นตอนการทดลอง

เขียนโปรแกรม เพื่อทดสอบการส่งค่าผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์โดย แบ่งการเขียนเป็น 2 ส่วน คือ ส่วน ที่ติดตั้งบนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ และ ส่วนที่ติดตั้งบนเครื่องไคลเอนท์

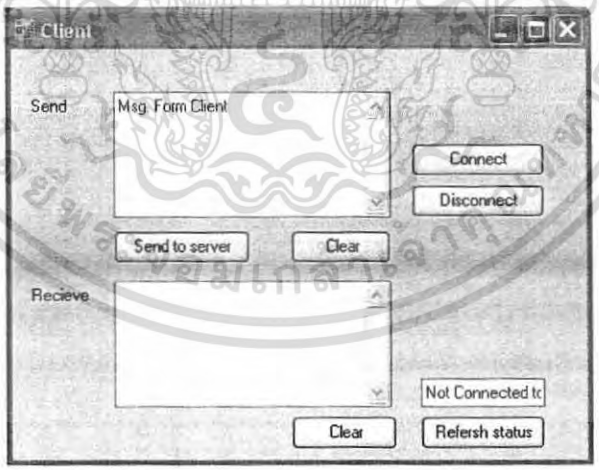
1. กำหนดให้การเชื่อมต่อผ่าน TCP หมายเลขพอร์ต 5000 โดยเริ่มจากโปรแกรมบนเครื่องที่เป็นเซิร์ฟเวอร์ทำการเปิดสถานะรอการเชื่อมต่อ (Listening) โดยการเปิดที่พอร์ต 5000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 โปรแกรมในฝั่งของ Server

2. ทำการเชื่อมต่อ โดยทางเครื่องฝั่งไคลเอนท์ให้ทำการกำหนดหมายเลข IP เครื่องเซิร์ฟเวอร์ว่าจะให้โปรแกรมฝั่งไคลเอนท์ติดต่อไปยังเซิร์ฟเวอร์เครื่องใด จากนั้นก็กำหนดหมายเลขพอร์ตให้ตรงกัน

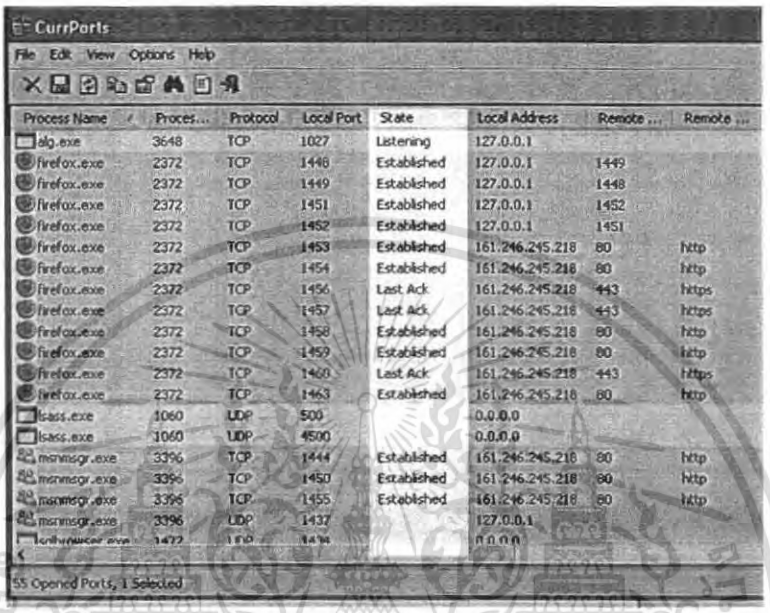


รูปที่ 4.7 โปรแกรมในฝั่งของ Client

3. ทำการเชื่อมต่อโดยกดปุ่มเชื่อมต่อ (Connect) และสามารถยกเลิกการเชื่อมต่อได้โดยกดปุ่มหยุดเชื่อมต่อ (Disconnect) เมื่อมีเชื่อมต่อ (Connected) ก็สามารถส่งข้อมูลหากันได้ ในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองนี้สามารถดูสถานะทำงานของโปรแกรมทั้งสองฝั่งผ่านด้วยโปรแกรมเคอร์พอร์ท (CurrPorts) ได้ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 CurrPorts v1.30 - View Opened TCP/IP ports / connections

Hompage: http//www.nirsoft.net/utils/cports.html

4. ทำการทดลองส่งข้อมูลจากฝั่ง ไคลเอนท์ไปยัง เซิร์ฟเวอร์ และจาก เซิร์ฟเวอร์ไปยังไคลเอนท์

4.3 มิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า

4.3.1 การเรียกดูค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านเว็บเพจ

หลังจากทำการตั้งค่าให้กับ เครื่องเซิร์ฟเวอร์ และอุปกรณ์ตรวจวัดค่าพลังงานแล้ว ก็ทำการเชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์ซึ่งทำการเปิดลิสเทนนิ่งพอร์ต (listening port 80) ของเว็บเซิร์ฟเวอร์ โดยโปรแกรม IIS (Internet Information Services) โดยที่อุปกรณ์ตรวจวัดค่าพลังงานจะส่ง HTTP รีเควส (HTTP Request) ไปยังเครื่องเซิร์ฟเวอร์ โดยในการส่งแต่ละครั้งจะมีข้อมูลซึ่งประกอบด้วย หมายเลขของอุปกรณ์ตรวจวัดค่าพลังงาน และค่าพลังงานที่สามารถอ่านค่าได้ HTTP รีเควส ที่ส่งมาจะส่งมาในรูปแบบของเก็ท เมธอด (GET Method) ตัวอย่าง URL ที่อุปกรณ์ตรวจวัดค่าพลังงานส่งให้กับเซิร์ฟเวอร์ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

http://10.1.1.2/ihome/save.aspx?id=001&power=0034

จากรูปที่ 4.9 คือการร้องขอ file save.aspx ซึ่งเป็นหน้าเว็บเพจหน้าหนึ่ง ที่เขียนขึ้นมาด้วย ASP.NET และยังมีการส่งค่า id = 001 และ ค่า power = 0034 ไปให้ file save.aspx เพื่อประมวลผลคำขอต่อไป เมื่อ ไฟล์ save.aspx ได้รับการร้องขอแล้ว ก็จะประมวลค่าที่ส่งมาด้วย และทำการเก็บค่าลงเข้าสู่ ฐานข้อมูล Microsoft SQL SERVER เพื่อประโยชน์ในการตรวจสอบร้องขอข้อมูลมาวิเคราะห์ภายหลัง

รูปที่ 4.9 แสดงหน้า Web page ข้อมูล การใช้พลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และสรุป

5.1 สรุปผลโครงงาน

ในการจัดทำโครงงานนี้ ได้ทำการศึกษาถึงเนื้อหาและพื้นฐานโครงสร้างการทำงาน โดยทั่วไปของ เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิตอลซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ

- การทำงานของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิตอลโดยศึกษาเกี่ยวกับหลักการการวัดกระแสไฟฟ้า เพื่อให้ได้มาซึ่งค่าพลังงาน
- การทำงานของมิเตอร์แบบแผ่นจานหมุน
- ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การประยุกต์ใช้และพัฒนาระบบตรวจวัดอ่านค่าของมิเตอร์แบบแผ่นจานหมุน ได้ศึกษาและออกแบบการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ตรวจวัดเข้ากับระบบเครือข่ายโดยผ่านอีเทอร์เน็ต
- ศึกษาเทคโนโลยีการทำงานของ ASP.NET รวมถึงการประยุกต์ใช้งานเพื่อเก็บค่าและแสดงผลค่าการใช้พลังงาน

5.2 ปัญหาที่พบในโครงงาน

- ส่วนของโปรแกรม

การเขียนโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพดีต้องมีการจัดการกับหน่วยความจำให้คุ้มค่ามากที่สุด มิฉะนั้นโปรแกรมจะทำงานได้ช้ามาก และปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นอีกก็คือ เกิดการวนลูป (loop) ไม่รู้จบของการโปรแกรมที่เกี่ยวเนื่องกับการอินเตอร์รัพท์ เพราะเราไม่สามารถรู้ได้เลยว่าจะออกจากลูปได้เมื่อไหร่ การเขียนโปรแกรมจึงต้องมีการทดสอบให้ถูกต้องเสียก่อน

- ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์

การจัดการพอร์ทต่างๆ ในไมโครคอนโทรลเลอร์ พอร์ทบางพอร์ทมีหน้าที่พิเศษแตกต่างกัน เพราะฉะนั้นการกำหนดจึงต้องศึกษาการทำงานของพอร์ทแต่ละพอร์ทให้ดีเสียก่อน ไม่ควรกำหนดหน้าที่ของพอร์ทซ้ำซ้อนกัน จะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เราไม่สามารถใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวกลางกระจายข้อมูลได้ เนื่องจากมีข้อจำกัดของจำนวนพอร์ทที่ใช้งาน และระยะทางในการส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ส่วนของเว็บเพจ

การเขียนเว็บเพจด้วยภาษา ASP.NET ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัย ทำให้มีแหล่งอ้างอิง แหล่งความรู้อยู่ อย่างจำกัด และยังมีข้อจำกัดของแพลทฟอร์ม (Platform) เนื่องสามารถใช้ได้บนผลิตภัณฑ์ของไมโครซอฟตท์ (Microsoft)

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ

1. พัฒนาเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิตอลให้มีมาตรฐานที่น่าเชื่อถือมากขึ้น โดยอาจจะนำเครื่อง เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิตอลที่สร้างขึ้น ไปเปรียบเทียบกับตัวเครื่องวัดมาตรฐานที่การไฟฟ้าใช้งานจริง เมื่อสร้างความมาตรฐานให้แก่ เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิตอล ที่สร้างขึ้น

2. พัฒนาเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิตอล ให้สามารถแจ้งอัตราค่าไฟฟ้าให้เร็วขึ้น เช่นการส่งใบแจ้งหนี้ ผ่านทาง SMS เป็นต้น

3. พัฒนาให้สามารถแจ้งเตือนเมื่อมีการใช้ปริมาณไฟฟ้าเกินกำหนด จนถึงขั้นอันตราย อาจเกิดไฟฟ้าลัดวงจรได้

4. พัฒนาการเชื่อมต่อกับเครื่องข่ายให้สามารถส่งข้อมูลแบบไร้สายได้ เพื่อความคล่องตัวในการติดตั้งใช้งานหรือการเคลื่อนย้าย

5. พัฒนา เว็บเพจให้มีประสิทธิภาพและความสามารถเพิ่มมากขึ้น เช่นสามารถออกรายงานแสดงผลเป็นกราฟได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] ณรงค์ ชอนตะวัน. 2538. **เครื่องวัดไฟฟ้า**. กรุงเทพฯ : เอาราวัณการพิมพ์.

[2] เกรียงศักดิ์ หงส์ชุมแพ. 2544. **มาตรฐานอินเตอร์เน็ตและโปรโตคอล.** กรุงเทพฯ : สามย่าน.COM.

[3] สุวัฒน์ ปุณณชัยยะ, ต้น ตัณฑ์สุทธิวงศ์ และ สุพจน์ ปุณณชัยยะ. 2545. **เปิดโลก TCP/IP และโปรโตคอลของอินเตอร์เน็ต**. กรุงเทพ : โปรวิชั่น.

[4] ประจิน พลังสันติกุล. 2549. **C Programming for AVR Microcontroller and WinAVR (C Compiler).** กรุงเทพฯ : แอพซอฟต์เทค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- High-performance, Low-power AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memories
  - 32K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
    Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    In-System Programming by On-chip Boot Program
    True Read-While-Write Operation
  - 1024 Bytes EEPROM
    Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
  - 2K Byte Internal SRAM
  - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
  - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
  - Extensive On-chip Debug Support
  - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Four PWM Channels
  - 8-channel, 10-bit ADC
    8 Single-ended Channels
    7 Differential Channels in TQFP Package Only
    2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
  - 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
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
  - 32 Programmable I/O Lines
  - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
  - 2.7 - 5.5V for ATmega32L
  - 4.5 - 5.5V for ATmega32
- Speed Grades
  - 0 - 8 MHz for ATmega32L
  - 0 - 16 MHz for ATmega32
- Power Consumption at 1 MHz, 3V, 25 C for ATmega32L
  - Active: 1.1 mA
  - Idle Mode: 0.35 mA
  - Power-down Mode: < 1 µA

8-bit Microcontroller with 32K Bytes In-System Programmable Flash

ATmega32
ATmega32L

Summary

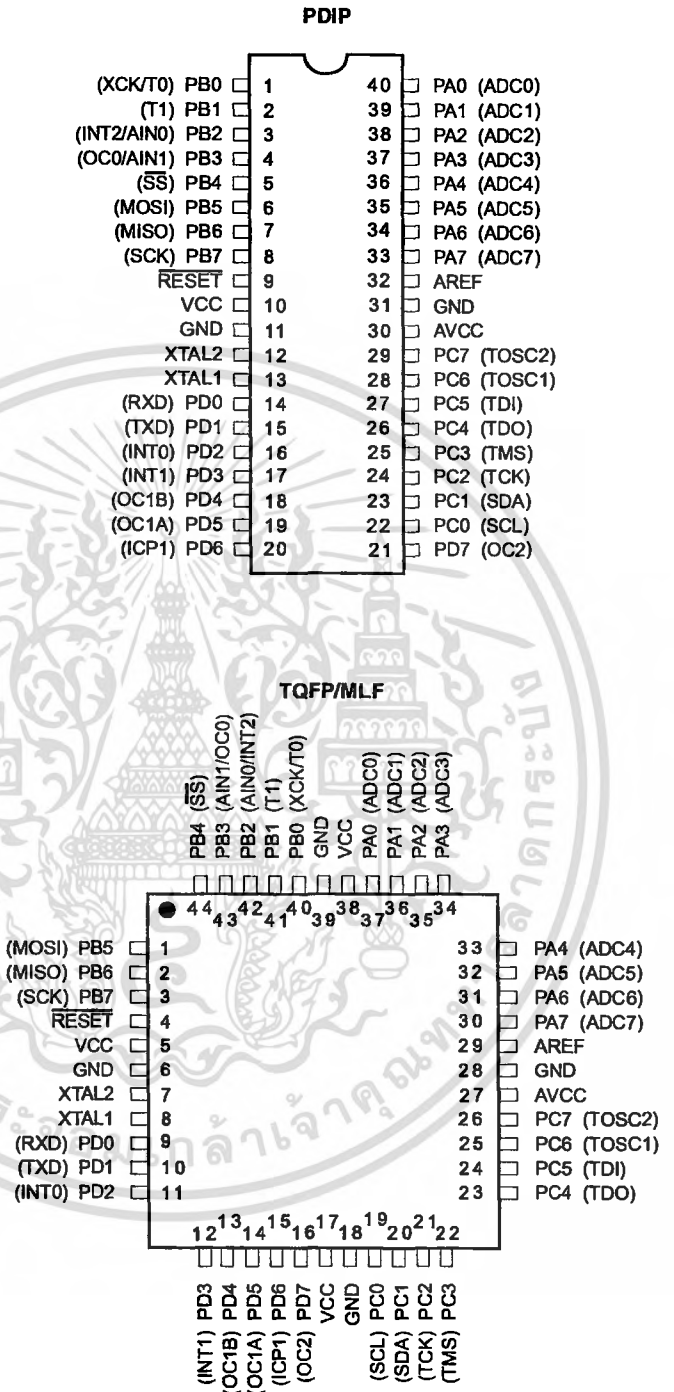
2503HS–AVR–03/05

Note: This is a summary document. A complete document is available on our Web site at www.atmel.com.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega32



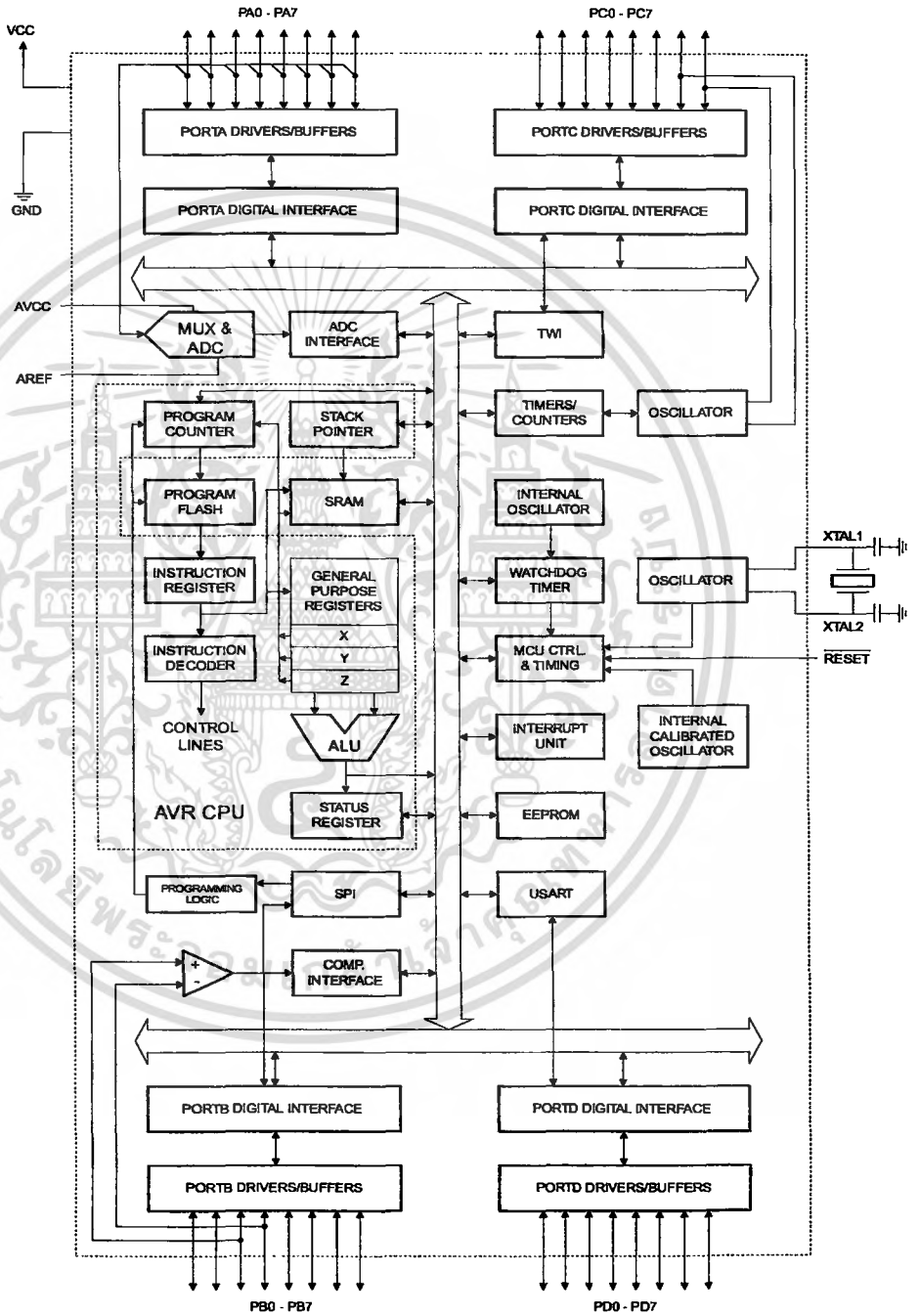
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Overview

The ATmega32 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 ATmega32 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

Block Diagram

Figure 2. Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 ATmega32 provides the following features: 32K bytes of In-System Programmable Flash Program memory with Read-While-Write capabilities, 1024 bytes EEPROM, 2K byte SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, a JTAG interface for Boundary-scan, On-chip Debugging support and programming, three flexible Timer/Counters with compare modes, Internal and External Interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented Two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain (TQFP package only), a programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the USART, Two-wire interface, A/D Converter, 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 External 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. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the Asynchronous Timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile 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 ATmega32 is a powerful microcontroller that provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The ATmega32 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

VCC

Digital supply voltage.

GND

Ground.

Port A (PA7..PA0)

Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.

Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 ATmega32 as listed on page 55.

Port C (PC7..PC0)

Port C is an 8-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. If the JTAG interface is enabled, the pull-up resistors on pins PC5(TDI), PC3(TMS) and PC2(TCK) will be activated even if a reset occurs.

The TD0 pin is tri-stated unless TAP states that shift out data are entered.

Port C also serves the functions of the JTAG interface and other special features of the ATmega32 as listed on page 58.

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 ATmega32 as listed on page 60.

$\overline{\text{RESET}}$

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 35. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.

XTAL1

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

XTAL2

Output from the inverting Oscillator amplifier.

AVCC

AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to V_{CC}, even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter.

AREF

AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Register Summary

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
$3F ($5F)	SREG	I	T	H	S	V	N	Z	C	8
$3E ($5E)	SPH	–	–	–	–	SP11	SP10	SP9	SP8	10
$3D ($5D)	SPL	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0	10
$3C ($5C)	OCR0	Timer/Counter0 Output Compare Register								80
$3B ($5B)	GICR	INT1	INT0	INT2	–	–	–	IVSEL	IVCE	45, 65
$3A ($5A)	GIFR	INTF1	INTF0	INTF2	–	–	–	–	–	66
$39 ($59)	TIMSK	OCIE2	TOIE2	TICIE1	OCIE1A	OCIE1B	TOIE1	OCIE0	TOIE0	80, 110, 128
$38 ($58)	TIFR	OCF2	TOV2	ICF1	OCF1A	OCF1B	TOV1	OCF0	TOV0	81, 111, 128
$37 ($57)	SPMCR	SPMIE	RWWSB	–	RWWSRE	BLBSET	PGWRT	PGERS	SPMEN	246
$36 ($56)	TWCR	TWINT	TWEA	TWSTA	TWSTO	TWWC	TWEN	–	TWIE	175
$35 ($55)	MCUCR	SE	SM2	SM1	SM0	ISC11	ISC10	ISC01	ISC00	30, 64
$34 ($54)	MCUCSR	JTD	ISC2	–	JTRF	WDRF	BORF	EXTRF	PORF	38, 65, 226
$33 ($53)	TCCR0	FOC0	WGM00	COM01	COM00	WGM01	CS02	CS01	CS00	78
$32 ($52)	TCNT0	Timer/Counter0 (8 Bits)								80
$31[1] ($51)[1]	OSCCAL	Oscillator Calibration Register								28
	OCDR	On-Chip Debug Register								222
$30 ($50)	SFIOR	ADTS2	ADTS1	ADTS0	–	ACME	PUD	PSR2	PSR10	54,83,129,196,216
$2F ($4F)	TCCR1A	COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B0	FOC1A	FOC1B	WGM11	WGM10	105
$2E ($4E)	TCCR1B	ICNC1	ICES1	–	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	108
$2D ($4D)	TCNT1H	Timer/Counter1 – Counter Register High Byte								109
$2C ($4C)	TCNT1L	Timer/Counter1 – Counter Register Low Byte								109
$2B ($4B)	OCR1AH	Timer/Counter1 – Output Compare Register A High Byte								109
$2A ($4A)	OCR1AL	Timer/Counter1 – Output Compare Register A Low Byte								109
$29 ($49)	OCR1BH	Timer/Counter1 – Output Compare Register B High Byte								109
$28 ($48)	OCR1BL	Timer/Counter1 – Output Compare Register B Low Byte								109
$27 ($47)	ICR1H	Timer/Counter1 – Input Capture Register High Byte								110
$26 ($46)	ICR1L	Timer/Counter1 – Input Capture Register Low Byte								110
$25 ($45)	TCCR2	FOC2	WGM20	COM21	COM20	WGM21	CS22	CS21	CS20	123
$24 ($44)	TCNT2	Timer/Counter2 (8 Bits)								125
$23 ($43)	OCR2	Timer/Counter2 Output Compare Register								125
$22 ($42)	ASSR	–	–	–	–	AS2	TCN2UB	OCR2UB	TCR2UB	126
$21 ($41)	WDTCR	–	–	–	WDTOE	WDE	WDP2	WDP1	WDP0	40
$20[2] ($40)[2]	UBRRH	URSEL	–	–	–	UBRR[11:8]				162
	UCSRC	URSEL	UMSEL	UPM1	UPM0	USBS	UCSZ1	UCSZ0	UCPOL	160
$1F ($3F)	EEARH	–	–	–	–	–	–	EEAR9	EEAR8	17
$1E ($3E)	EEARL	EEPROM Address Register Low Byte								17
$1D ($3D)	EEDR	EEPROM Data Register								17
$1C ($3C)	EECR	–	–	–	–	EERIE	EEMWE	EEWE	EERE	17
$1B ($3B)	PORTA	PORTA7	PORTA6	PORTA5	PORTA4	PORTA3	PORTA2	PORTA1	PORTA0	62
$1A ($3A)	DDRA	DDA7	DDA6	DDA5	DDA4	DDA3	DDA2	DDA1	DDA0	62
$19 ($39)	PINA	PINA7	PINA6	PINA5	PINA4	PINA3	PINA2	PINA1	PINA0	62
$18 ($38)	PORTB	PORTB7	PORTB6	PORTB5	PORTB4	PORTB3	PORTB2	PORTB1	PORTB0	62
$17 ($37)	DDRB	DDB7	DDB6	DDB5	DDB4	DDB3	DDB2	DDB1	DDB0	62
$16 ($36)	PINB	PINB7	PINB6	PINB5	PINB4	PINB3	PINB2	PINB1	PINB0	63
$15 ($35)	PORTC	PORTC7	PORTC6	PORTC5	PORTC4	PORTC3	PORTC2	PORTC1	PORTC0	63
$14 ($34)	DDRC	DDC7	DDC6	DDC5	DDC4	DDC3	DDC2	DDC1	DDC0	63
$13 ($33)	PINC	PINC7	PINC6	PINC5	PINC4	PINC3	PINC2	PINC1	PINC0	63
$12 ($32)	PORTD	PORTD7	PORTD6	PORTD5	PORTD4	PORTD3	PORTD2	PORTD1	PORTD0	63
$11 ($31)	DDRD	DDD7	DDD6	DDD5	DDD4	DDD3	DDD2	DDD1	DDD0	63
$10 ($30)	PIND	PIND7	PIND6	PIND5	PIND4	PIND3	PIND2	PIND1	PIND0	63
$0F ($2F)	SPDR	SPI Data Register								136
$0E ($2E)	SPSR	SPIF	WCOL	–	–	–	–	–	SPI2X	136
$0D ($2D)	SPCR	SPIE	SPE	DORD	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0	134
$0C ($2C)	UDR	USART I/O Data Register								157
$0B ($2B)	UCSRA	RXC	TXC	UDRE	FE	DOR	PE	U2X	MPCM	158
$0A ($2A)	UCSRB	RXCIE	TXCIE	UDRIE	RXEN	TXEN	UCSZ2	RXB8	TXB8	159
$09 ($29)	UBRRL	USART Baud Rate Register Low Byte								162
$08 ($28)	ACSR	ACD	ACBG	ACO	ACI	ACIE	ACIC	ACIS1	ACIS0	197
$07 ($27)	ADMUX	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	212
$06 ($26)	ADCSRA	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	214
$05 ($25)	ADCH	ADC Data Register High Byte								215
$04 ($24)	ADCL	ADC Data Register Low Byte								215
$03 ($23)	TWDR	Two-wire Serial Interface Data Register								177
$02 ($22)	TWAR	TWA6	TWA5	TWA4	TWA3	TWA2	TWA1	TWA0	TWGCE	177

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
$01 ($21)	TWSR	TWS7	TWS6	TWS5	TWS4	TWS3	–	TWPS1	TWPS0	176
$00 ($20)	TWBR	Two-wire Serial Interface Bit Rate Register								175

Notes:
1. When the OCDEN Fuse is unprogrammed, the OSCCAL Register is always accessed on this address. Refer to the debugger specific documentation for details on how to use the OCDR Register.
2. Refer to the USART description for details on how to access UBRRH and UCSRC.
3. For compatibility with future devices, reserved bits should be written to zero if accessed. Reserved I/O memory addresses should never be written.
4. Some of the Status Flags are cleared by writing a logical one to them. Note that the CBI and SBI instructions will operate on all bits in the I/O Register, writing a one back into any flag read as set, thus clearing the flag. The CBI and SBI instructions work with registers $00 to $1F only.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Instruction Set Summary

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
ARITHMETIC AND LOGIC INSTRUCTIONS					
ADD	Rd, Rr	Add two Registers	Rd ← Rd + Rr	Z,C,N,V,H	1
ADC	Rd, Rr	Add with Carry two Registers	Rd ← Rd + Rr + C	Z,C,N,V,H	1
ADIW	Rdl,K	Add Immediate to Word	Rdh:Rdl ← Rdh:Rdl + K	Z,C,N,V,S	2
SUB	Rd, Rr	Subtract two Registers	Rd ← Rd - Rr	Z,C,N,V,H	1
SUBI	Rd, K	Subtract Constant from Register	Rd ← Rd - K	Z,C,N,V,H	1
SBC	Rd, Rr	Subtract with Carry two Registers	Rd ← Rd - Rr - C	Z,C,N,V,H	1
SBCI	Rd, K	Subtract with Carry Constant from Reg	Rd ← Rd - K - C	Z,C,N,V,H	1
SBIW	Rdl,K	Subtract Immediate from Word	Rdh:Rdl ← Rdh:Rdl - K	Z,C,N,V,S	2
AND	Rd, Rr	Logical AND Registers	Rd ← Rd • Rr	Z,N,V	1
ANDI	Rd, K	Logical AND Register and Constant	Rd ← Rd • K	Z,N,V	1
OR	Rd, Rr	Logical OR Registers	Rd ← Rd v Rr	Z,N,V	1
ORI	Rd, K	Logical OR Register and Constant	Rd ← Rd v K	Z,N,V	1
EOR	Rd, Rr	Exclusive OR Registers	Rd ← Rd ⊕ Rr	Z,N,V	1
COM	Rd	One's Complement	Rd ← $FF - Rd	Z,C,N,V	1
NEG	Rd	Two's Complement	Rd ← $00 - Rd	Z,C,N,V,H	1
SBR	Rd,K	Set Bit(s) in Register	Rd ← Rd v K	Z,N,V	1
CBR	Rd,K	Clear Bit(s) in Register	Rd ← Rd • ($FF - K)	Z,N,V	1
INC	Rd	Increment	Rd ← Rd + 1	Z,N,V	1
DEC	Rd	Decrement	Rd ← Rd - 1	Z,N,V	1
TST	Rd	Test for Zero or Minus	Rd ← Rd • Rd	Z,N,V	1
CLR	Rd	Clear Register	Rd ← Rd ⊕ Rd	Z,N,V	1
SER	Rd	Set Register	Rd ← $FF	None	1
MUL	Rd, Rr	Multiply Unsigned	R1:R0 ← Rd x Rr	Z,C	2
MULS	Rd, Rr	Multiply Signed	R1:R0 ← Rd x Rr	Z,C	2
MULSU	Rd, Rr	Multiply Signed with Unsigned	R1:R0 ← Rd x Rr	Z,C	2
FMUL	Rd, Rr	Fractional Multiply Unsigned	R1:R0 ← (Rd x Rr) << 1	Z,C	2
FMULS	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed	R1:R0 ← (Rd x Rr) << 1	Z,C	2
FMULSU	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed with Unsigned	R1:R0 ← (Rd x Rr) << 1	Z,C	2
BRANCH INSTRUCTIONS					
RJMP	k	Relative Jump	PC ← PC + k + 1	None	2
IJMP		Indirect Jump to (Z)	PC ← Z	None	2
JMP	k	Direct Jump	PC ← k	None	3
RCALL	k	Relative Subroutine Call	PC ← PC + k + 1	None	3
ICALL		Indirect Call to (Z)	PC ← Z	None	3
CALL	k	Direct Subroutine Call	PC ← k	None	4
RET		Subroutine Return	PC ← Stack	None	4
RETI		Interrupt Return	PC ← Stack	I	4
CPSE	Rd,Rr	Compare, Skip if Equal	if (Rd = Rr) PC ← PC + 2 or 3	None	1 / 2 / 3
CP	Rd,Rr	Compare	Rd - Rr	Z, N,V,C,H	1
CPC	Rd,Rr	Compare with Carry	Rd - Rr - C	Z, N,V,C,H	1
CPI	Rd,K	Compare Register with Immediate	Rd - K	Z, N,V,C,H	1
SBRC	Rr, b	Skip if Bit in Register Cleared	if (Rr(b)=0) PC ← PC + 2 or 3	None	1 / 2 / 3
SBRS	Rr, b	Skip if Bit in Register is Set	if (Rr(b)=1) PC ← PC + 2 or 3	None	1 / 2 / 3
SBIC	P, b	Skip if Bit in I/O Register Cleared	if (P(b)=0) PC ← PC + 2 or 3	None	1 / 2 / 3
SBIS	P, b	Skip if Bit in I/O Register is Set	if (P(b)=1) PC ← PC + 2 or 3	None	1 / 2 / 3
BRBS	s, k	Branch if Status Flag Set	if (SREG(s) = 1) then PC ← PC+k + 1	None	1 / 2
BRBC	s, k	Branch if Status Flag Cleared	if (SREG(s) = 0) then PC ← PC+k + 1	None	1 / 2
BREQ	k	Branch if Equal	if (Z = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRNE	k	Branch if Not Equal	if (Z = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRCS	k	Branch if Carry Set	if (C = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRCC	k	Branch if Carry Cleared	if (C = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRSH	k	Branch if Same or Higher	if (C = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRLO	k	Branch if Lower	if (C = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRMI	k	Branch if Minus	if (N = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRPL	k	Branch if Plus	if (N = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRGE	k	Branch if Greater or Equal, Signed	if (N ⊕ V= 0) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRLT	k	Branch if Less Than Zero, Signed	if (N ⊕ V= 1) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRHS	k	Branch if Half Carry Flag Set	if (H = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRHC	k	Branch if Half Carry Flag Cleared	if (H = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRTS	k	Branch if T Flag Set	if (T = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRTC	k	Branch if T Flag Cleared	if (T = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRVS	k	Branch if Overflow Flag is Set	if (V = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2
BRVC	k	Branch if Overflow Flag is Cleared	if (V = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1 / 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
BRIE	k	Branch if Interrupt Enabled	if (I = 1) then PC PC + k + 1	None	1 / 2
BRID	k	Branch if Interrupt Disabled	if (I = 0) then PC PC + k + 1	None	1 / 2
DATA TRANSFER INSTRUCTIONS					
MOV	Rd, Rr	Move Between Registers	Rd Rr	None	1
MOVW	Rd, Rr	Copy Register Word	Rd+1 Rd Rr+1 Rr	None	1
LDI	Rd, K	Load Immediate	Rd K	None	1
LD	Rd, X	Load Indirect	Rd (X)	None	2
LD	Rd, X+	Load Indirect and Post-Inc	Rd (X), X X + 1	None	2
LD	Rd, - X	Load Indirect and Pre-Dec	X X - 1, Rd (X)	None	2
LD	Rd, Y	Load Indirect	Rd (Y)	None	2
LD	Rd, Y+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd (Y), Y Y + 1	None	2
LD	Rd, - Y	Load Indirect and Pre-Dec	Y Y - 1, Rd (Y)	None	2
LDD	Rd,Y+q	Load Indirect with Displacement	Rd (Y + q)	None	2
LD	Rd, Z	Load Indirect	Rd (Z)	None	2
LD	Rd, Z+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd (Z), Z Z+1	None	2
LD	Rd, -Z	Load Indirect and Pre-Dec	Z Z - 1, Rd (Z)	None	2
LDD	Rd, Z+q	Load Indirect with Displacement	Rd (Z + q)	None	2
LDS	Rd, k	Load Direct from SRAM	Rd (k)	None	2
ST	X, Rr	Store Indirect	(X) Rr	None	2
ST	X+, Rr	Store Indirect and Post-Inc	(X) Rr, X X + 1	None	2
ST	- X, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	X X - 1, (X) Rr	None	2
ST	Y, Rr	Store Indirect	(Y) Rr	None	2
ST	Y+, Rr	Store Indirect and Post-Inc	(Y) Rr, Y Y + 1	None	2
ST	- Y, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	Y Y - 1, (Y) Rr	None	2
STD	Y+q,Rr	Store Indirect with Displacement	(Y + q) Rr	None	2
ST	Z, Rr	Store Indirect	(Z) Rr	None	2
ST	Z+, Rr	Store Indirect and Post-Inc	(Z) Rr, Z Z + 1	None	2
ST	-Z, Rr	Store Indirect and Pre-Dec	Z Z - 1, (Z) Rr	None	2
STD	Z+q,Rr	Store Indirect with Displacement	(Z + q) Rr	None	2
STS	k, Rr	Store Direct to SRAM	(k) Rr	None	2
LPM		Load Program Memory	R0 (Z)	None	3
LPM	Rd, Z	Load Program Memory	Rd (Z)	None	3
LPM	Rd, Z+	Load Program Memory and Post-Inc	Rd (Z), Z Z+1	None	3
SPM		Store Program Memory	(Z) R1 R0	None	-
IN	Rd, P	In Port	Rd P	None	1
OUT	P, Rr	Out Port	P Rr	None	1
PUSH	Rr	Push Register on Stack	Stack Rr	None	2
POP	Rd	Pop Register from Stack	Rd Stack	None	2
BIT AND BIT-TEST INSTRUCTIONS					
SBI	P,b	Set Bit in I/O Register	I/O(P,b) 1	None	2
CBI	P,b	Clear Bit in I/O Register	I/O(P,b) 0	None	2
LSL	Rd	Logical Shift Left	Rd(n+1) Rd(n), Rd(0) 0	Z,C,N,V	1
LSR	Rd	Logical Shift Right	Rd(n) Rd(n+1), Rd(7) 0	Z,C,N,V	1
ROL	Rd	Rotate Left Through Carry	Rd(0) C,Rd(n+1) Rd(n),C Rd(7)	Z,C,N,V	1
ROR	Rd	Rotate Right Through Carry	Rd(7) C,Rd(n) Rd(n+1),C Rd(0)	Z,C,N,V	1
ASR	Rd	Arithmetic Shift Right	Rd(n) Rd(n+1), n=0..6	Z,C,N,V	1
SWAP	Rd	Swap Nibbles	Rd(3..0) Rd(7..4),Rd(7..4) Rd(3 .0)	None	1
BSET	s	Flag Set	SREG(s) 1	SREG(s)	1
BCLR	s	Flag Clear	SREG(s) 0	SREG(s)	1
BST	Rr, b	Bit Store from Register to T	T Rr(b)	T	1
BLD	Rd, b	Bit load from T to Register	Rd(b) T	None	1
SEC		Set Carry	C 1	C	1
CLC		Clear Carry	C 0	C	1
SEN		Set Negative Flag	N 1	N	1
CLN		Clear Negative Flag	N 0	N	1
SEZ		Set Zero Flag	Z 1	Z	1
CLZ		Clear Zero Flag	Z 0	Z	1
SEI		Global Interrupt Enable	I 1	I	1
CLI		Global Interrupt Disable	I 0	I	1
SES		Set Signed Test Flag	S 1	S	1
CLS		Clear Signed Test Flag	S 0	S	1
SEV		Set Twos Complement Overflow.	V 1	V	1
CLV		Clear Twos Complement Overflow	V 0	V	1
SET		Set T in SREG	T 1	T	1
CLT		Clear T in SREG	T 0	T	1
SEH		Set Half Carry Flag in SREG	H 1	H	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
CLH		Clear Half Carry Flag in SREG	H 0	H	1
MCU CONTROL INSTRUCTIONS					
NOP		No Operation		None	1
SLEEP		Sleep	(see specific descr for Sleep function)	None	1
WDR		Watchdog Reset	(see specific descr. for WDR/timer)	None	1
BREAK		Break	For On-Chip Debug Only	None	N/A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package[1]	Operational Range
8	2.7 - 5.5V	ATmega32L-8AC ATmega32L-8PC ATmega32L-8MC	44A 40P6 44M1	Commercial (0°C to 70°C)
		ATmega32L-8AI ATmega32L-8PI ATmega32L-8MI ATmega32L-8AU[2] ATmega32L-8PU[2] ATmega32L-8MU[2]	44A 40P6 44M1 44A 40P6 44M1	Industrial (-40°C to 85°C)
16	4.5 - 5.5V	ATmega32-16AC ATmega32-16PC ATmega32-16MC	44A 40P6 44M1	Commercial (0°C to 70°C)
		ATmega32-16AI ATmega32-16PI ATmega32-16MI ATmega32-16AU[2] ATmega32-16PU[2] ATmega32-16MU[2]	44A 40P6 44M1 44A 40P6 44M1	Industrial (-40°C to 85°C)

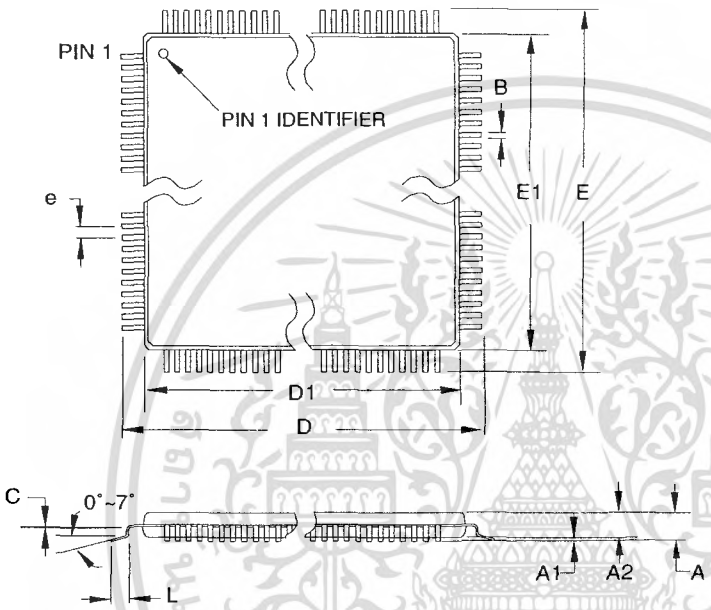
Notes: 1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.
2. Pb-free packaging alternative. Complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive). Also Halide free and fully Green.

Package Type	
44A	44-lead, 10 x 10 x 1.0 mm, Thin Profile Plastic Quad Flat Package (TQFP)
40P6	40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
44M1	44-pad, 7 x 7 x 1.0 mm, Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Packaging Information

44A



COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

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

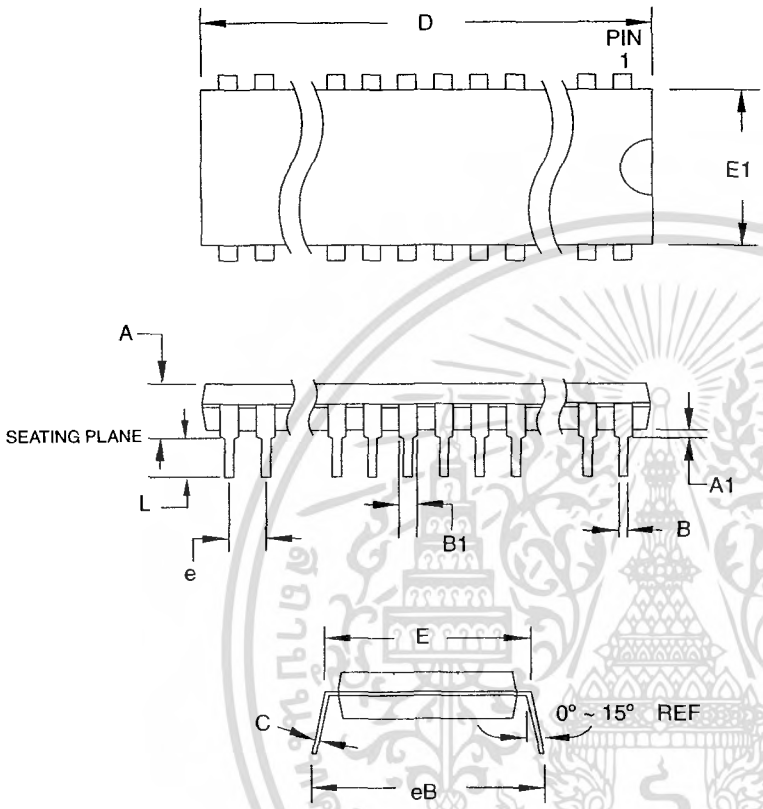
Notes:
1. This package conforms to JEDEC reference MS-026, Variation ACB.
2. Dimensions D1 and E1 do not include mold protrusion. Allowable protrusion is 0.25 mm per side. Dimensions D1 and E1 are maximum plastic body size dimensions including mold mismatch.
3. Lead coplanarity is 0.10 mm maximum.

10/5/2001

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40P6



COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

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

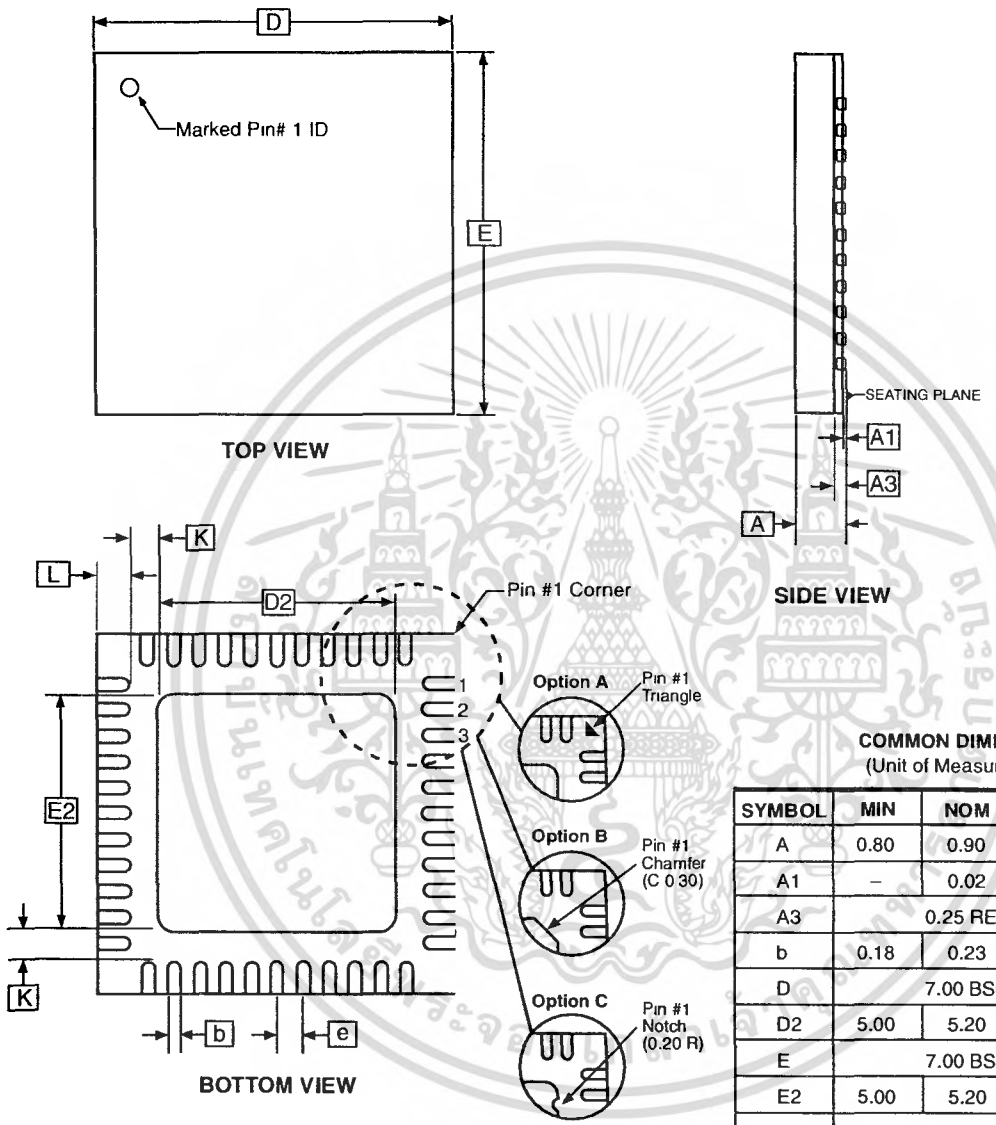
Notes:
1. This package conforms to JEDEC reference MS-011, Variation AC.
2. Dimensions D and E1 do not include mold Flash or Protrusion. Mold Flash or Protrusion shall not exceed 0.25 mm (0.010").

09/28/01

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

44M1



Note: JEDEC Standard MO-220, Fig. 1 (SAW Singulation) VKKD-3.

COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	0.80	0.90	1.00	
A1	–	0.02	0.05	
A3		0.25 REF		
b	0.18	0.23	0.30	
D		7.00 BSC		
D2	5.00	5.20	5.40	
E		7.00 BSC		
E2	5.00	5.20	5.40	
e		0.50 BSC		
L	0.59	0.64	0.69	
K	0.20	0.26	0.41	

3/18/05

	TITLE	DRAWING NO.	REV.
2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	**44M1**, 44-pad, 7 x 7 x 1.0 mm Body, Lead Pitch 0.50 mm, 5.20 mm Exposed Pad, Micro Lead Frame Package (MLF)	44M1	F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HT12A/HT12E
2^{12} Series of Encoders

Features

- Operating voltage
  - 2.4V~5V for the HT12A
  - 2.4V~12V for the HT12E
- Low power and high noise immunity CMOS technology
- Low standby current: 0.1μA (typ.) at V_{DD}=5V
- HT12A with a 38kHz carrier for infrared transmission medium
- Minimum transmission word
  - Four words for the HT12E
  - One word for the HT12A
- Built-in oscillator needs only 5% resistor
- Data code has positive polarity
- Minimal external components
- HT12A/E: 18-pin DIP/20-pin SOP package

Applications

- Burglar alarm system
- Smoke and fire alarm system
- Garage door controllers
- Car door controllers
- Car alarm system
- Security system
- Cordless telephones
- Other remote control systems

General Description

The 2^{12} encoders are a series of CMOS LSIs for remote control system applications. They are capable of encoding information which consists of N address bits and 12–N data bits. Each address/data input can be set to one of the two logic states. The programmed addresses/data are transmitted together with the header bits via an RF or an infrared transmission medium upon receipt of a trigger signal. The capability to select a $\overline{TE}$ trigger on the HT12E or a DATA trigger on the HT12A further enhances the application flexibility of the 2^{12} series of encoders. The HT12A additionally provides a 38kHz carrier for infrared systems.

Selection Table

Function / Part No.	Address No.	Address/ Data No.	Data No.	Oscillator	Trigger	Package	Carrier Output	Negative Polarity
HT12A	8	0	4	455kHz resonator	D8~D11	18 DIP 20 SOP	38kHz	No
HT12E	8	4	0	RC oscillator	$\overline{TE}$	18 DIP 20 SOP	No	No

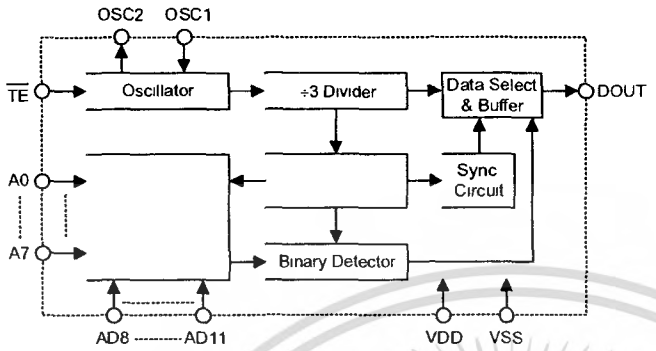
Note: Address/Data represents pins that can be address or data according to the decoder requirement.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram

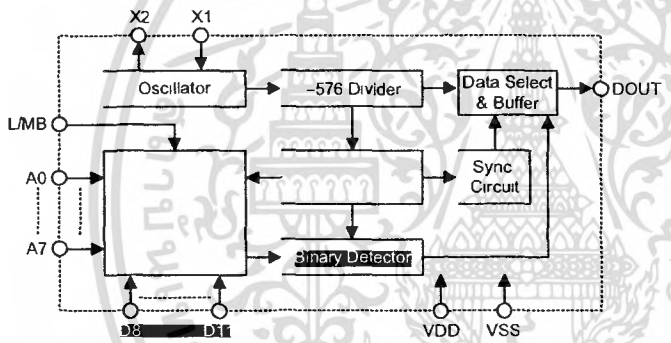
$\overline{TE}$ trigger

HT12E



DATA trigger

HT12A

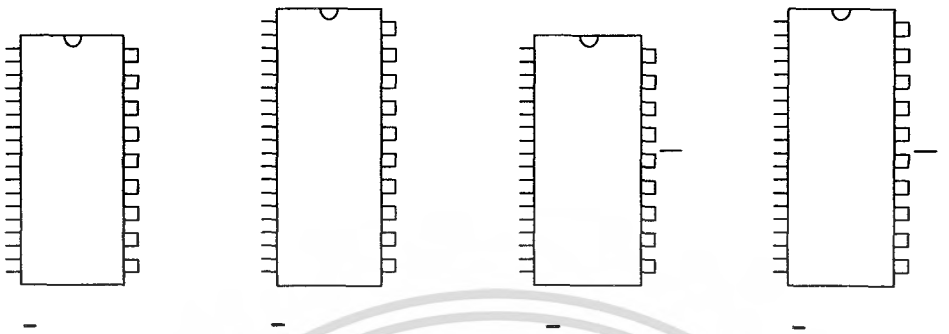


Note: The address data pins are available in various combinations (refer to the address/data table).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Assignment

8-Address
4-Data



Pin Description

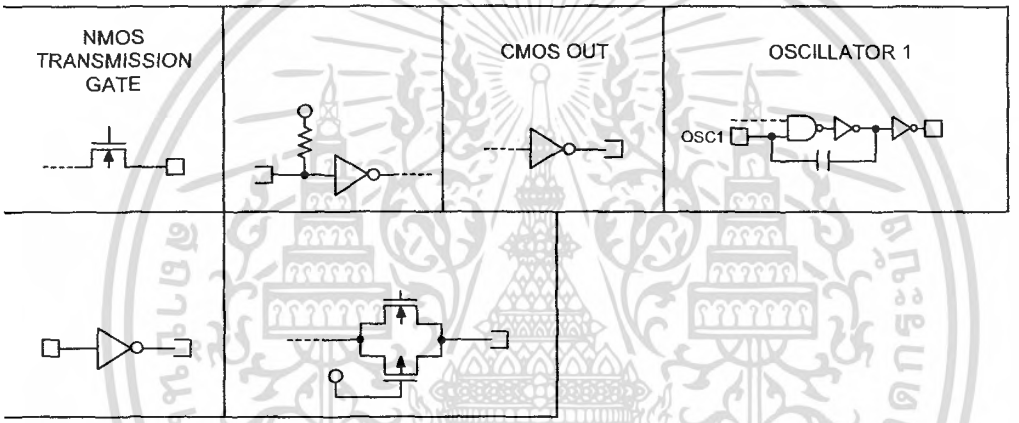
Pin Name	I/O	Internal Connection	Description
A0~A7	I	CMOS IN Pull-high (HT12A) NMOS TRANSMISSION GATE PROTECTION DIODE (HT12E)	Input pins for address A0~A7 setting These pins can be externally set to VSS or left open
AD8~AD11	I	NMOS TRANSMISSION GATE PROTECTION DIODE (HT12E)	Input pins for address/data AD8~AD11 setting These pins can be externally set to VSS or left open
D8~D11	I	CMOS IN Pull-high	Input pins for data D8~D11 setting and transmission enable, active low These pins should be externally set to VSS or left open (see Note)
DOUT	O	CMOS OUT	Encoder data serial transmission output
L/MB	I	CMOS IN Pull-high	Latch/Momentary transmission format selection pin: Latch: Floating or VDD Momentary: VSS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Name	I/O	Internal Connection	Description
$\overline{TE}$	I	CMOS IN Pull-high	Transmission enable, active low (see Note)
OSC1	I	OSCILLATOR 1	Oscillator input pin
OSC2	O	OSCILLATOR 1	Oscillator output pin
X1	I	OSCILLATOR 2	455kHz resonator oscillator input
X2	O	OSCILLATOR 2	455kHz resonator oscillator output
VSS	I	—	Negative power supply, grounds
VDD	I	—	Positive power supply

Note: D8~D11 are all data input and transmission enable pins of the HT12A.
$\overline{TE}$ is a transmission enable pin of the HT12E.

Approximate internal connections



Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage (HT12A) .....–0.3V to 5.5V
Supply Voltage (HT12E) .....–0.3V to 13V
Input Voltage.....V_{SS}–0.3 to V_{DD}+0.3V
Storage Temperature.....–50°C to 125°C
Operating Temperature.....–20°C to 75°C

Note: These are stress ratings only. Stresses exceeding the range specified under "Absolute Maximum Ratings" may cause substantial damage to the device. Functional operation of this device at other conditions beyond those listed in the specification is not implied and prolonged exposure to extreme conditions may affect device reliability.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics

HT12A Ta=25°C

Symbol	Parameter	Test Conditions		Min.	Typ.	Max.	Unit
		V_{DD}	Conditions				
V_{DD}	Operating Voltage	—	—	2.4	3	5	V
I_{STB}	Standby Current	3V	Oscillator stops	—	0.1	1	μA
		5V		—	0.1	1	μA
I_{DD}	Operating Current	3V	No load f_{OSC}=455kHz	—	200	400	μA
		5V		—	400	800	μA
I_{DOUT}	Output Drive Current	5V	V_{OH}=0.9V_{DD} (Source)	−1	−1.6		mA
			V_{OL}=0.1V_{DD} (Sink)	2	3.2	—	mA
V_{IH}	"H" Input Voltage	—	—	0.8V_{DD}	—	V_{DD}	V
V_{IL}	"L" Input Voltage	—	—	0		0.2V_{DD}	V
R_{DATA}	D8~D11 Pull-high Resistance	5V	V_{DATA}=0V	—	150	300	kΩ

HT12E Ta=25°C

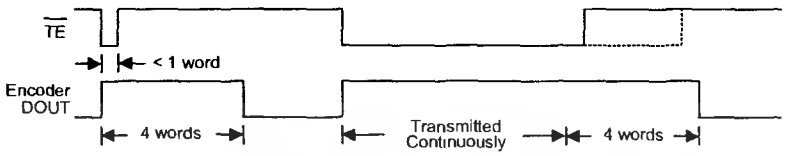
Symbol	Parameter	Test Conditions		Min.	Typ.	Max.	Unit
		V_{DD}	Conditions				
V_{DD}	Operating Voltage	—	—	2.4	5	12	V
I_{STB}	Standby Current	3V	Oscillator stops	—	0.1	1	μA
		12V		—	2	4	μA
I_{DD}	Operating Current	3V	No load f_{OSC}=3kHz	—	40	80	μA
		12V		—	150	300	μA
I_{DOUT}	Output Drive Current	5V	V_{OH}=0.9V_{DD} (Source)	−1	−1.6	—	mA
			V_{OL}=0.1V_{DD} (Sink)	1	1.6	—	mA
V_{IH}	"H" Input Voltage	—	—	0.8V_{DD}		V_{DD}	V
V_{IL}	"L" Input Voltage	—	—	0	—	0.2V_{DD}	V
f_{OSC}	Oscillator Frequency	5V	R_{OSC}=1.1MΩ	—	3	—	kHz
$R_{\overline{TE}}$	$\overline{TE}$ Pull-high Resistance	5V	$V_{\overline{TE}}$=0V	—	1.5	3	MΩ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

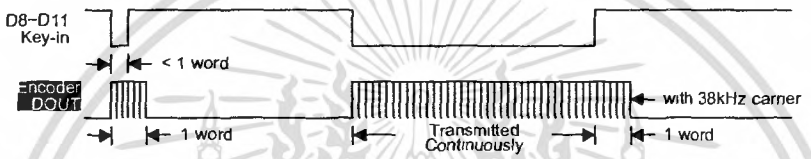
Functional Description

Operation

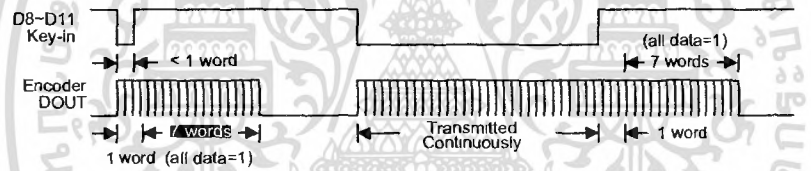
The 2^{12} series of encoders begin a 4-word transmission cycle upon receipt of a transmission enable ($\overline{TE}$ for the HT12E or D8~D11 for the HT12A, active low). This cycle will repeat itself as long as the transmission enable ($\overline{TE}$ or D8~D11) is held low. Once the transmission enable returns high the encoder output completes its final cycle and then stops as shown below.



Transmission timing for the HT12E



Transmission timing for the HT12A (L/MB=Floating or VDD)



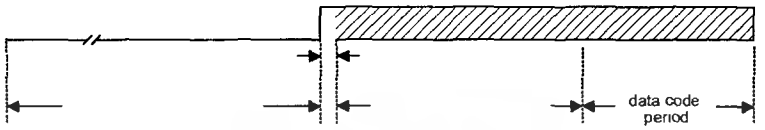
Transmission timing for the HT12A (L/MB=VSS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Information word

If L/MB=1 the device is in the latch mode (for use with the latch type of data decoders). When the transmission enable is removed during a transmission, the DOUT pin outputs a complete word and then stops. On the other hand, if L/MB=0 the device is in the momentary mode (for use with the momentary type of data decoders). When the transmission enable is removed during a transmission, the DOUT outputs a complete word and then adds 7 words all with the "1" data code.

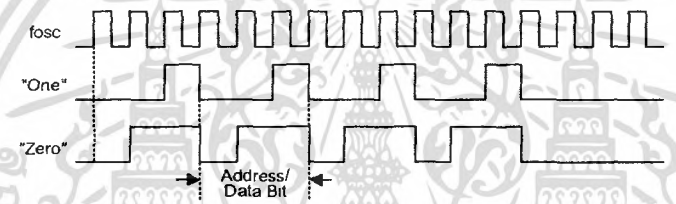
An information word consists of 4 periods as illustrated below.



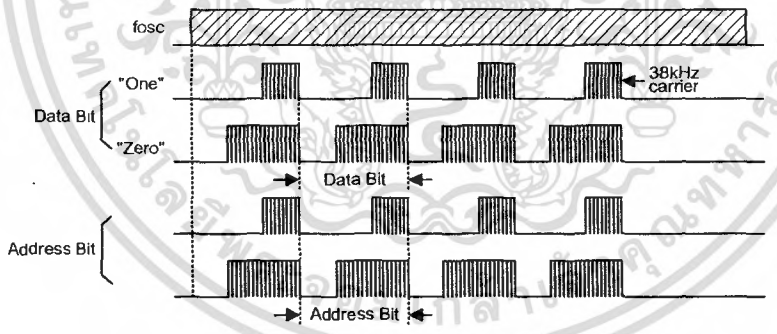
Composition of information

Address/data waveform

Each programmable address/data pin can be externally set to one of the following two logic states as shown below.



Address/Data bit waveform for the HT12E



Address/Data bit waveform for the HT12A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The address/data bits of the HT12A are transmitted with a 38kHz carrier for infrared remote controller flexibility.

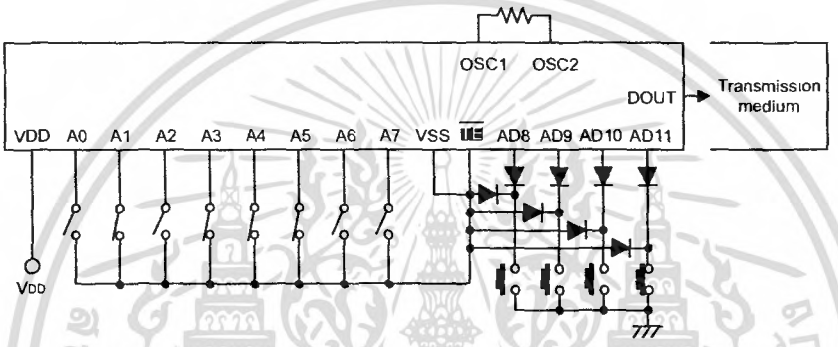
Address/data programming (preset)

The status of each address/data pin can be individually pre-set to logic "high" or "low". If a transmission-enable signal is applied, the encoder scans and transmits the status of the 12 bits of address/data serially in the order A0 to AD11 for the HT12E encoder and A0 to D11 for the HT12A encoder.

During information transmission these bits are transmitted with a preceding synchronization bit. If the trigger signal is not applied, the chip enters the standby mode and consumes a reduced current of less than 1μA for a supply voltage of 5V.

Usual applications preset the address pins with individual security codes using DIP switches or PCB wiring, while the data is selected by push buttons or electronic switches.

The following figure shows an application using the HT12E:



The transmitted information is as shown:

Pilot & Sync.	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	AD8	AD9	AD10	AD11
	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Address/Data sequence

The following provides the address/data sequence table for various models of the 2^{12} series of encoders. The correct device should be selected according to the individual address and data requirements.

Part No.	Address/Data Bits											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
HT12A	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	D8	D9	D10	D11
HT12E	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	AD8	AD9	AD10	AD11

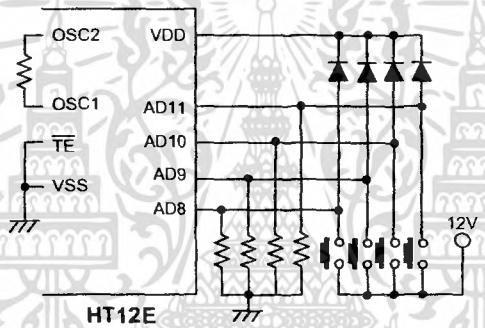
Transmission enable

For the HT12E encoders, transmission is enabled by applying a low signal to the $\overline{TE}$ pin. For the HT12A encoders, transmission is enabled by applying a low signal to one of the data pins D8~D11.

Two erroneous HT12E application circuits

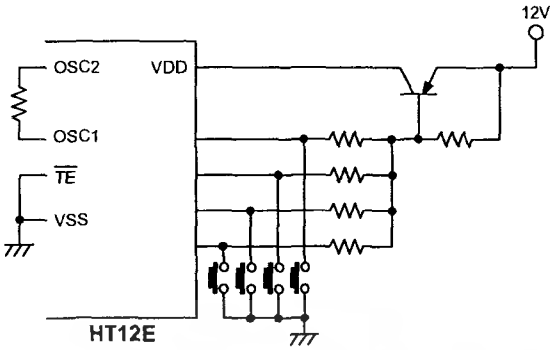
The HT12E must follow closely the application circuits provided by Holtek (see the "Application circuits").

- Error: AD8~AD11 pins input voltage > V_{DD}+0.3V



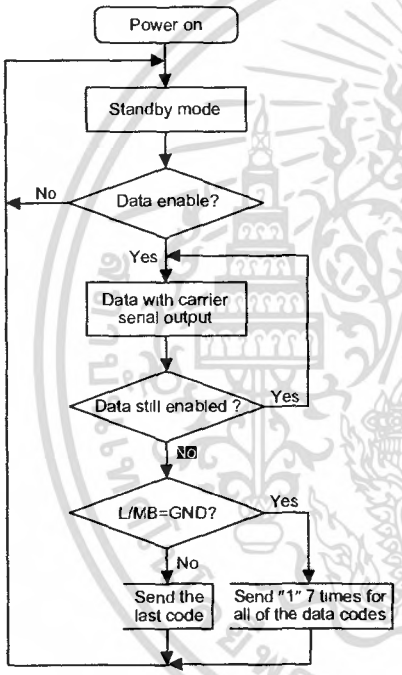
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

• Error: The IC's power source is activated by pins AD8~AD11

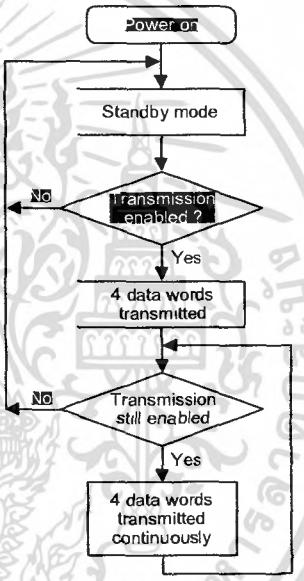


Flowchart

• HT12A



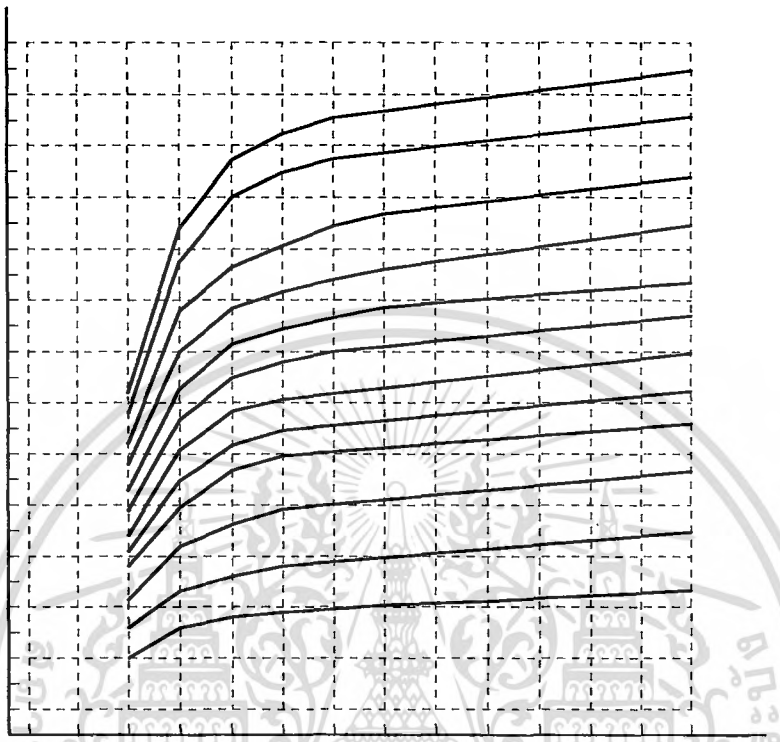
• HT12E



Note: D8~D11 are transmission enables of the HT12A.
$\overline{TE}$ is the transmission enable of the HT12E.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Oscillator frequency vs supply voltage

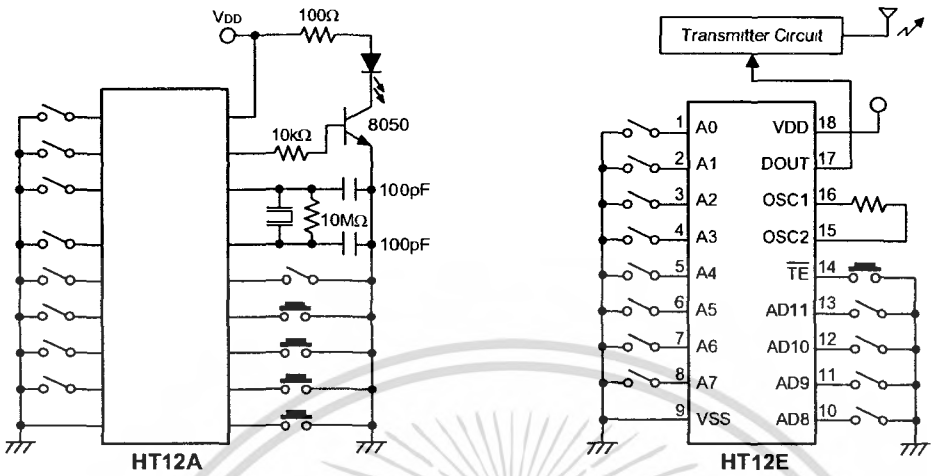


The recommended oscillator frequency is f_{OSCD} (decoder) $\cong$ 50 f_{OSCE} (HT12E encoder)

$\cong \frac{1}{3} f_{OSCE}$ (HT12A encoder)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Circuits



Note: Typical infrared diode: EL-1L2 (KODENSHI CORP.)
Typical RF transmitter: JR-220 (JUWA CORP.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HOLTEK

2^{12} Series of Decoders

Features

- Operating voltage: 2.4V~12V
- Low power and high noise immunity CMOS technology
- Low standby current
- Capable of decoding 12 bits of information
- Pair with Holtek's 2^{12} series of encoders
- Binary address setting
- Received codes are checked 3 times
- Address/Data number combination
  - HT12D: 8 address bits and 4 data bits
  - HT12F: 12 address bits only
- Built-in oscillator needs only 5% resistor
- Valid transmission indicator
- Easy interface with an RF or an infrared transmission medium
- Minimal external components

Applications

- Burglar alarm system
- Smoke and fire alarm system
- Garage door controllers
- Car door controllers
- Car alarm system
- Security system
- Cordless telephones
- Other remote control systems

General Description

The 2^{12} decoders are a series of CMOS LSIs for remote control system applications. They are paired with Holtek's 2^{12} series of encoders (refer to the encoder/decoder cross reference table). For proper operation, a pair of encoder/decoder with the same number of addresses and data format should be chosen.

The decoders receive serial addresses and data from a programmed 2^{12} series of encoders that are transmitted by a carrier using an RF or an IR transmission medium. They compare the serial input data three times continuously with their local addresses. If no error or unmatched codes are found, the input data codes are decoded and then transferred to the output pins. The VT pin also goes high to indicate a valid transmission.

The 2^{12} series of decoders are capable of decoding informations that consist of N bits of address and 12-N bits of data. Of this series, the HT12D is arranged to provide 8 address bits and 4 data bits, and HT12F is used to decode 12 bits of address information.

Selection Table

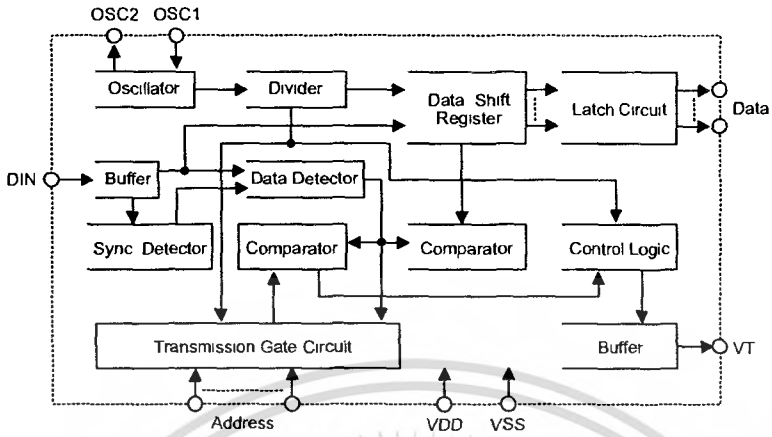
Function / Part No.	Address No.	Data No.	Data Type	VT	Oscillator	Trigger	Package
HT12D	8	4	L	√	RC oscillator	DIN active "Hi"	18 DIP/20 SOP
HT12F	12	0	—	√	RC oscillator	DIN active "Hi"	18 DIP/20 SOP

Notes: Data type: L stands for latch type data output.

VT can be used as a momentary data output.

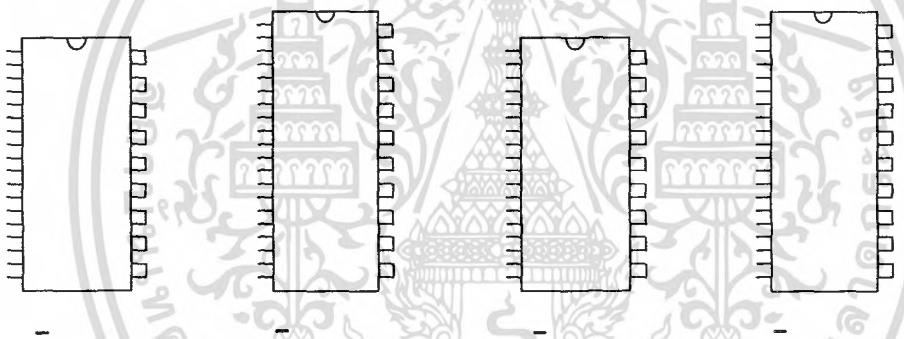
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



Note: The address/data pins are available in various combinations (see the address/data table).

Pin Assignment

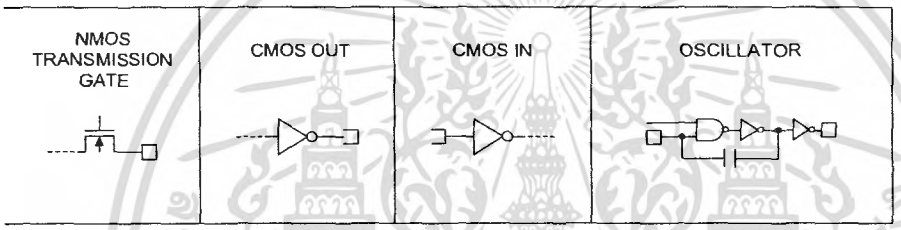


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Description

Pin Name	I/O	Internal Connection	Description
A0~A11	I	NMOS TRANSMISSION GATE	Input pins for address A0~A11 setting They can be externally set to VDD or VSS.
D8~D11	O	CMOS OUT	Output data pins
DIN	I	CMOS IN	Serial data input pin
VT	O	CMOS OUT	Valid transmission, active high
OSC1	I	OSCILLATOR	Oscillator input pin
OSC2	O	OSCILLATOR	Oscillator output pin
VSS	I	—	Negative power supply (GND)
VDD	I		Positive power supply

Approximate internal connection circuits



Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage.....–0.3V to 13V Storage Temperature.....–50°C to 125°C

Input Voltage.....V_{SS}–0.3 to V_{DD}+0.3V Operating Temperature .....–20°C to 75°C

Note: These are stress ratings only. Stresses exceeding the range specified under "Absolute Maximum Ratings" may cause substantial damage to the device. Functional operation of this device at other conditions beyond those listed in the specification is not implied and prolonged exposure to extreme conditions may affect device reliability.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics

Ta=25°C

Symbol	Parameter	Test Conditions		Min.	Typ.	Max.	Unit
		V_{DD}	Conditions				
V_{DD}	Operating Voltage	—	———	2.4	5	12	V
I_{STB}	Standby Current	5V	Oscillator stops	—	0.1	1	μA
		12V		—	2	4	μA
I_{DD}	Operating Current	5V	No load f_{OSC}=150kHz	—	200	400	μA
I_O	Data Output Source Current (D8~D11)	5V	V_{OH}=4.5V	-1	-1.6	—	mA
	Data Output Sink Current (D8~D11)	5V	V_{OL}=0.5V	1	1.6	—	mA
I_{VT}	VT Output Source Current	5V	V_{OH}=4.5V	-1	-1.6	—	mA
	VT Output Sink Current		V_{OL}=0.5V	1	1.6	—	mA
V_{IH}	"H" Input Voltage	5V	—	3.5	—	5	V
V_{IL}	"L" Input Voltage	5V	—	0	—	1	V
f_{OSC}	Oscillator Frequency	5V	R_{OSC}=51kΩ	—	150	—	kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

Operation

The 2^{12} series of decoders provides various combinations of addresses and data pins in different packages so as to pair with the 2^{12} series of encoders.

The decoders receive data that are transmitted by an encoder and interpret the first N bits of code period as addresses and the last 12–N bits as data, where N is the address code number. A signal on the DIN pin activates the oscillator which in turn decodes the incoming address and data. The decoders will then check the received address three times continuously. If the received address codes all match the contents of the decoder's local address, the 12–N bits of data are decoded to activate the output pins and the VT pin is set high to indicate a valid transmission. This will last unless the address code is incorrect or no signal is received.

The output of the VT pin is high only when the transmission is valid. Otherwise it is always low.

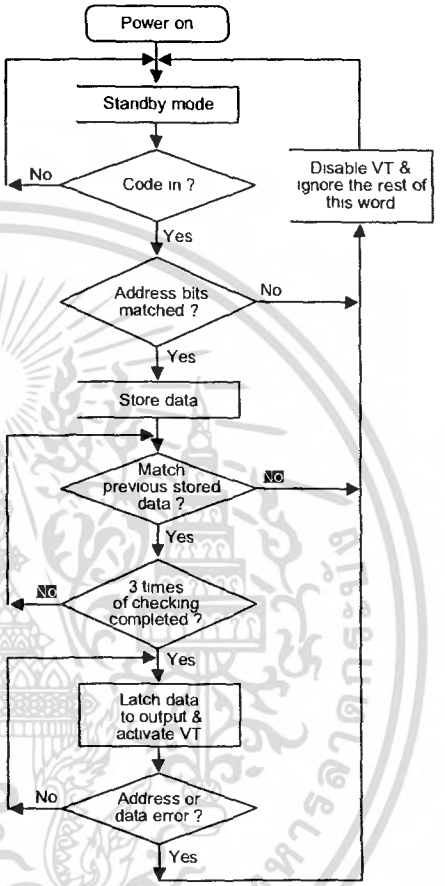
Output type

Of the 2^{12} series of decoders, the HT12F has no data output pin but its VT pin can be used as a momentary data output. The HT12D, on the other hand, provides 4 latch type data pins whose data remain unchanged until new data are received.

Part No.	Data Pins	Address Pins	Output Type	Operating Voltage
HT12D	4	8	Latch	2.4V~12V
HT12F	0	12		2.4V~12V

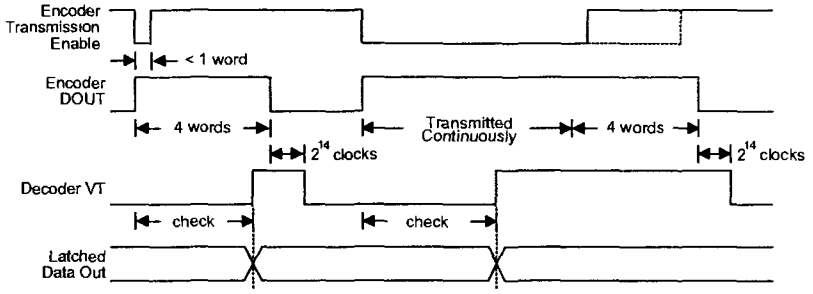
Flowchart

The oscillator is disabled in the standby state and activated when a logic "high" signal applies to the DIN pin. That is to say, the DIN should be kept low if there is no signal input.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Decoder timing



Encoder/Decoder cross reference table

Decoders Part No.	Data Pins	Address Pins	VT	Pair Encoder	Package			
					Encoder		Decoder	
					DIP	SOP	DIP	SOP
HT12D	4	8	√	HT12A	18	20	18	20
				HT12E	18	20		
HT12F	0	12	√	HT12A	18	20	18	20
				HT12E	18	20		

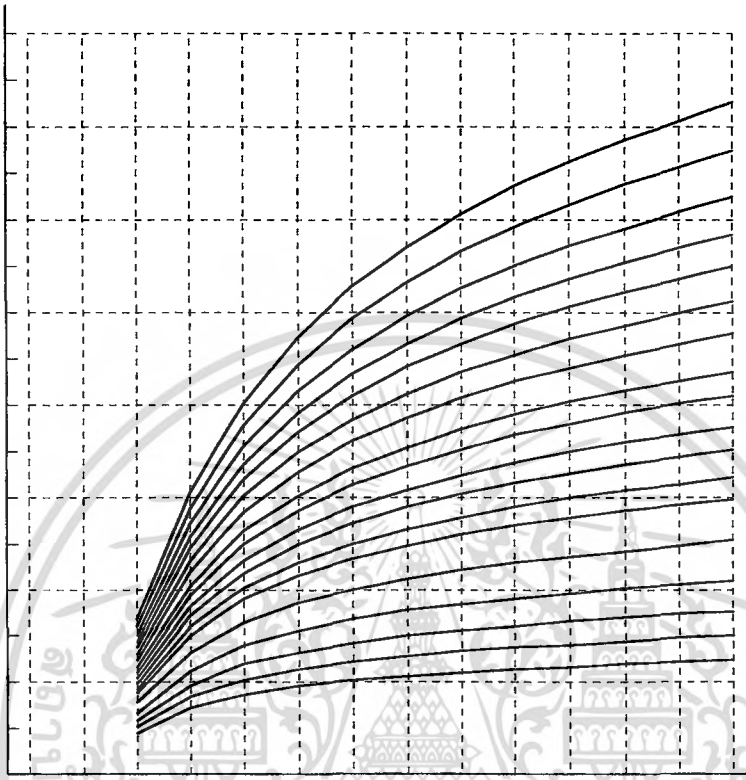
Address/Data sequence

The following table provides address/data sequence for various models of the 2^{12} series of decoders. A correct device should be chosen according to the requirements of the individual addresses and data.

Part No.	Address/Data Bits											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
HT12D	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	D8	D9	D10	D11
HT12F	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Oscillator frequency vs supply voltage

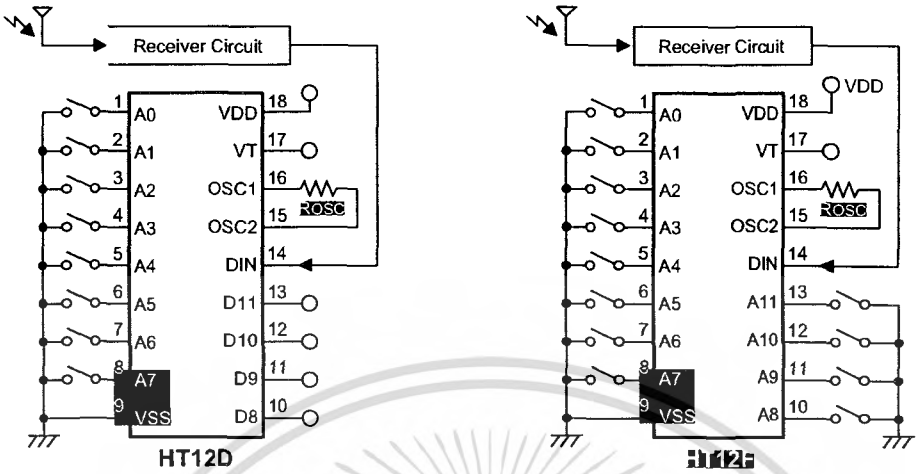


The recommended oscillator frequency is f_{OSCD} (decoder) $\cong$ 50 f_{OSCE} (HT12E encoder)

$\cong \frac{1}{3} f_{OSCE}$ (HT12A encoder).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Circuits



Notes: Typical infrared receiver: PIC-12043T/PIC-12043S (KODESHI CORP.)
or LTM9052 (LITEON CORP.)

Typical RF receiver: JR-200 (JUWA CORP.)
RE-99 (MING MICROSYSTEM, U.S.A.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้