

ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านระบบอินเทอร์เน็ต
AN ELECTRICAL EQUIPMENT CONTROLLED VIA THE INTERNET

ไอริน วรรณประภา
Irin Wannaprapa

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557

ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านระบบอินเทอร์เน็ต
AN ELECTRICAL EQUIPMENT CONTROLLED VIA THE INTERNET

โดย
ไอริน วรรณประภา

อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.ดร. ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557

ปริญญาโทปีการศึกษา 2557

สาขาวิชา

คณะ

เรื่อง

ผู้จัดทำ

วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

An electrical equipment system which was controlled
by from the internet

นาย ไอริน วรรณประภา รหัสนักศึกษา 54011584

ปริญญาโทนี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ภาส-ภ.



(ผศ.ดร. ภาสพงษ์ ผาสุขกิจ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

หัวข้อปริญญาานิพนธ์

นักศึกษา

ปริญญา

สาขาวิชา

ปีการศึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์

ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

นายไอริน วรรณประภา รหัสประจำตัว 54011584

วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

2557

ผศ.ดร. ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอ ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านระบบอินเทอร์เน็ต เพื่อสามารถควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบไร้สายผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ซึ่งงานวิจัยนี้หลักการทำงานคือ เมื่อผู้ใช้ต้องการใช้งานหรือปิดการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้า สามารถสั่งการผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ โดยผ่านทางไอพีที่ตั้งค่าไว้บนบอร์ดอาดุยโน นอกจากนี้สามารถควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ 2500วัตต์ จำนวน 4 โหลด

Thesis Title	An electrical equipment controlled via the internet
Student	Mr.Irin Wannaprapa Student ID 54011584
Degree	Bachelor of Engineering
Year	2014
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr. Pattarapong Phasukkit

Abstract

This project presents an electrical equipment system which was controlled by from the internet to wireless. The principle of this project is, when users requite to use the electrical equipment, it will be controlled through electronic devices is called the Arduino that can connect to the Internet. By the IP address was set up on the Arduino board. In addition, this project could be control electrical equipment 2500 watt and 4 ports.

กิตติกรรมประกาศ

การทำปริญญาโท ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านระบบอินเทอร์เน็ต(An electrical equipment controlled via the internet) นี้ ได้รับการสนับสนุนและช่วยเหลือให้คำแนะนำจาก อาจารย์ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ และได้รับความอนุเคราะห์ในด้านอุปกรณ์และเครื่องมือจากภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผศ.ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ ที่ให้แนวคิดและคำปรึกษา การแก้ไขปัญหาและการสนับสนุนในการทำวิจัย รวมไปถึงบิดามารดาของผู้ทำโครงการ ที่ให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์เพื่อทำการจัดหาอุปกรณ์บางส่วน ซึ่งทางผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านอย่างที่สุดและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ไอริน วรรณประภา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
1.5 ส่วนประกอบของปริญญาานิพนธ์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 Client	3
2.2 SPI	3
2.3 Arduino UNO R3	4
2.4 Ethernet Shield W5100	6
2.5 TCP และ IP	7
2.6 Tenda Portable Router W150M+	9
2.7 Optoisolator PC817	13
2.8 Transistor BC337	14
2.9 Diode	18
2.10 รีเลย์ (Relay)	21
บทที่ 3 การออกแบบ	26
3.1 การออกแบบระบบ	26
3.2 สร้าง Client	27
3.3 การออกแบบวงจรขับรีเลย์	28

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	29
4.1 วิธีการทดลอง	29
4.2 ผลการทดลอง	29
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	33
5.1 ปัญหาและอุปสรรค	33
5.2 ข้อเสนอแนะ	33
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก	35

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงผลการทำงานของระบบ	29
ตารางที่ 2 แสดงผลการทดลองการสั่งการ	30

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 Arduino UNO R3	4
2.2 การต่อสัญญาณ	5
2.3 Ethernet Shield W5100	6
2.4 ประกอบ Arduino UNO R3 กับ Ethernet Shield W5100	6
2.5 IP Address	9
2.6 Tenda Portable Router W150M+	9
2.7 Scan Access Point	10
2.8 ตั้งค่า Access Point	11
2.9 Access Point	11
2.10 Tenda Portable Router W150M+ และ Ethernet Shield	12
2.11 สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าของอุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสง	13
2.12 transistor BC337	15
2.13 โครงสร้างของไดโอด	18
2.14 สัญลักษณ์ของไดโอด	18
2.15 ตัวอย่าง Specification datasheet ของไดโอด รุ่น 1N4001-1N4007	19
2.16 ตัวอย่าง Specification datasheet ของไดโอด รุ่น 1N4001-1N4007	20
2.17 การทำงานของ Relay	22
3.1 การทำงานของระบบ	26
3.2 Web Browser	27
3.3 วงจรขับ Relay	28
4.1 ผลการทดลอง Relay Port 1	30
4.2 ผลการทดลอง Relay Port 2	31
4.3 ผลการทดลอง Relay Port 3	31
4.4 ผลการทดลอง Relay Port 4	32
4.5 ผลการทดลอง Relay ทั้ง 4 Port	32

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น เทคโนโลยีหนึ่งที่เราสามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน คือ ระบบอินเทอร์เน็ต เห็นได้ชัดว่าผู้คนส่วนมากในปัจจุบัน มีความนิยมใช้อินเทอร์เน็ตอย่างมาก และผู้จัดทำมีความสนใจที่จะศึกษาระบบการทำงานของ Arduino board จึงเป็นจุดเริ่มต้นของการทำปริญญานิพนธ์ชิ้นนี้ขึ้น คือ ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านระบบอินเทอร์เน็ต (An electrical equipment controlled via the internet)

โดยระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ทำงานโดยใช้ Arduino board และ Ethernet Shield สำหรับการติดต่อผ่านระบบอินเทอร์เน็ตซึ่งสามารถติดต่อกันได้ทั่วโลกนั้นต้องมีการระบุโดยใช้ IP address โดยเป็นการทำงานครอบบน Ethernet ภายใน LAN โดย Ethernet Shield จะมี IP ของตัวอุปกรณ์ เพื่อใช้ในการสื่อสาร และสร้าง Hypertext Markup Language (HTML) เพื่อใช้เป็นคำสั่งฟังก์ชันการทำงาน แล้วใช้ web browser ไม่ว่าจะเป็ Internet Explorer Chrome หรือ Safari ในการเข้าถึงการสื่อสารที่เรียกว่า HTTP หรือ Hyper Text Transfer Protocol สื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ กับอุปกรณ์ โดยที่ Web Browser มีหน้าที่แปลงข้อความภาพ และ อื่นๆ ที่ส่งให้โดยใช้ Hypertext Markup Language (HTML) มาแปลความและแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์แล้วส่งการทำงานของอุปกรณ์

นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ Tenda Portable Router W150M+ มาทำให้ Ethernet Shield ทำงานแบบไร้สาย โดย Tenda Portable Router W150M+ นี้จะทำหน้าที่ติดต่อกับ WIFI ที่อยู่ในบริเวณที่ Arduino ต้องการงานผ่าน Ethernet Shield ซึ่งปกติแล้ว Ethernet Shield ต้องต่อสาย LAN เข้ากัน Router ทำให้ Ethernet Shield ทำงานแบบไร้สายแทน

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาเกี่ยวกับ Arduino Board และ Ethernet Shield เพื่อให้สามารถนำไปใช้ประยุกต์ใช้งานต่างๆได้
2. ศึกษาคำสั่งที่ใช้ในการควบคุม Arduino Board เขียนคำสั่ง และสร้างวงจรขับ Relay เพื่อนำไปใช้งานได้จริงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการได้
3. เพื่อนำไปใช้ในชีวิตจริง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษา ทำความเข้าใจเกี่ยวกับระบบ คำสั่งที่ใช้ในการควบคุมโครงงานชิ้นนี้
2. นำไปประยุกต์สร้างระบบที่สามารถทำงานตามที่ต้องการได้

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เป็นแนวทางการพัฒนาและออกแบบการทำงานของ Arduino Board
2. ได้ความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้าง การใช้งาน และคำสั่งต่างๆของ Arduino Board
3. นำไปประยุกต์ใช้งานในชีวิตจริงได้

1.5 ส่วนประกอบของปริญญานิพนธ์

บทที่ 1 บทนำ เป็นการกล่าวถึงรายละเอียดความเป็นมาและวัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ เพื่อให้เห็นภาพรวมก่อนที่จะเข้าสู่บทฤษฎีต่อไป

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ กล่าวถึงรายละเอียด ทฤษฎีเบื้องต้นของอุปกรณ์ที่สำคัญ และรายละเอียดต่างๆของปริญญานิพนธ์

บทที่ 3 วิธีการออกแบบและขั้นตอนการดำเนินงานกล่าวถึงรายละเอียดของอุปกรณ์ในส่วนต่างๆและวงจรขับ Relay

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง จะกล่าวถึงวิธีการทดสอบ และผลการทดสอบหลังการนำอุปกรณ์และวงจรที่ได้สร้างจากบทที่ 3 แล้วทำการวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้น

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง จะสรุปผลลัพธ์ที่ได้จากการปฏิบัติงานวิจัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 Client และ Server

Client คือ อุปกรณ์ที่ไปร้องขอบริการและรับบริการอย่างใดอย่างหนึ่งจาก Server

Server คือ เครื่องคอมพิวเตอร์หรือระบบปฏิบัติการหรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ทำหน้าที่ให้บริการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง โดยอาศัยโปรแกรม Web server แก่เครื่องคอมพิวเตอร์หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เป็นลูกข่าย ในระบบเครือข่าย Server แบ่งเป็น 3 ประเภทได้แก่

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่ให้บริการบางอย่างแก่คอมพิวเตอร์หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์อื่น
2. ระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่ให้บริการบางอย่างแก่คอมพิวเตอร์หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์อื่น
3. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่ให้บริการบางอย่างแก่คอมพิวเตอร์หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์อื่น

Client/Server คือ การที่มีเครื่องผู้ให้บริการ (server) และเครื่องผู้ใช้บริการ (client) เชื่อมต่อกันอยู่ และเครื่องผู้ใช้บริการได้มีการติดต่อร้องขอบริการจากเครื่องผู้ให้บริการ เครื่องผู้ให้บริการก็จะจัดการตามที่เครื่องผู้ขอใช้บริการร้องขอ แล้วส่งข้อมูลกลับไปให้เครือข่ายแบบ Client / server เหมาะกับระบบเครือข่ายที่ต้องการเชื่อมต่อกับเครื่องลูกข่ายจำนวนมาก โดยการรองรับจำนวนเครื่องลูกข่าย (Client)อาจเป็นหลักสิบ หลักร้อย หรือหลักพัน เพราะฉะนั้นเครื่องที่จะนำมาทำหน้าที่ให้บริการจะต้องเป็นเครื่องที่มี ประสิทธิภาพสูง เนื่องจากถูกต้องออกแบบมาเพื่อทนทานต่อความผิดพลาด (Fault Tolerance)และต้องคอยให้บริการทรัพยากรให้กับเครื่องลูกข่ายตลอดเวลา โดยเครื่องที่จะนำมาทำเป็นเซิร์ฟเวอร์อาจเป็นคอมพิวเตอร์แบบเมนเฟรม มินิคอมพิวเตอร์ หรือไมโครคอมพิวเตอร์ก็ได้

2.2 SPI

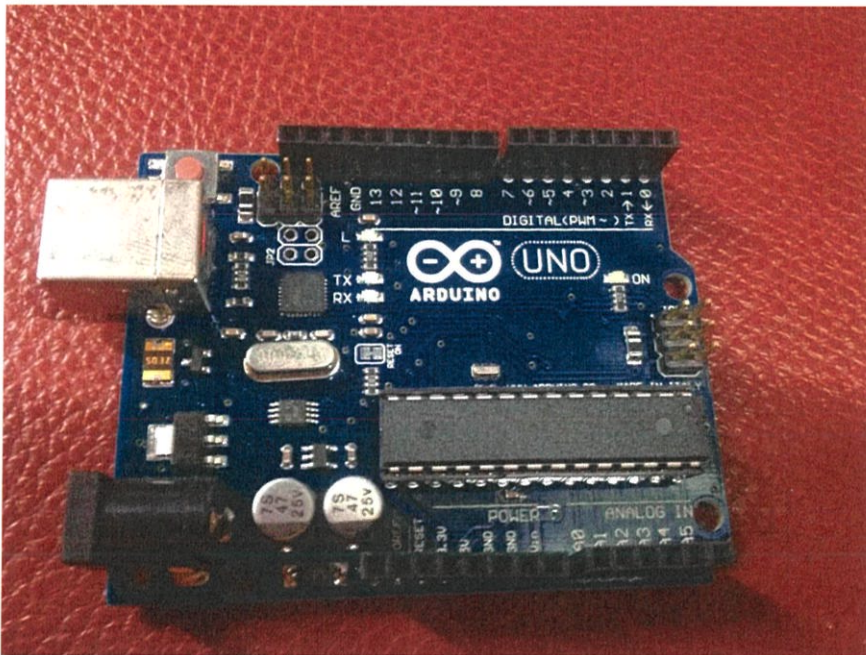
SPI หรือ Serial Peripheral Interface เป็นวิธีการสื่อสารอนุกรมแบบ Synchronous อีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งทำงานในรูปแบบที่ให้อุปกรณ์ตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็น Master ในขณะที่อีกตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็น Slave และสามารถส่งข้อมูลในโหมด Full-duplex นั้นหมายความว่า สัญญาณสามารถส่งหากันได้ระหว่าง Master และ Slave ได้อย่างต่อเนื่อง รูปแบบข้อมูลการสื่อสารหรือ Protocol ของแบบ SPI นี้ ไม่ได้มาตรฐานกำหนดตายตัว ว่าข้อมูลที่ส่งหากันต้องอยู่ในรูปแบบหรือ Format แบบไหน เป็นการคิด Protocol การสื่อสารกันเอาเอง หรือดูจาก Datasheet ของอุปกรณ์ ยกตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้การสื่อสารแบบ SPI ได้แก่

- โมดูลแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล และโมดูลแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก
- การติดต่อกับหน่วยความจำ EEPROM และ FLASH

- โมดูลนาฬิกาดิจิตอล หรือ Real Time Clock : RTC
เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ และความดัน

2.3 Arduino UNO R3

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ตัวบอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ ผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ ในงานวิจัยนี้ใช้ Ethernet Shield มาเสียบกับบอร์ดบน บอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อ



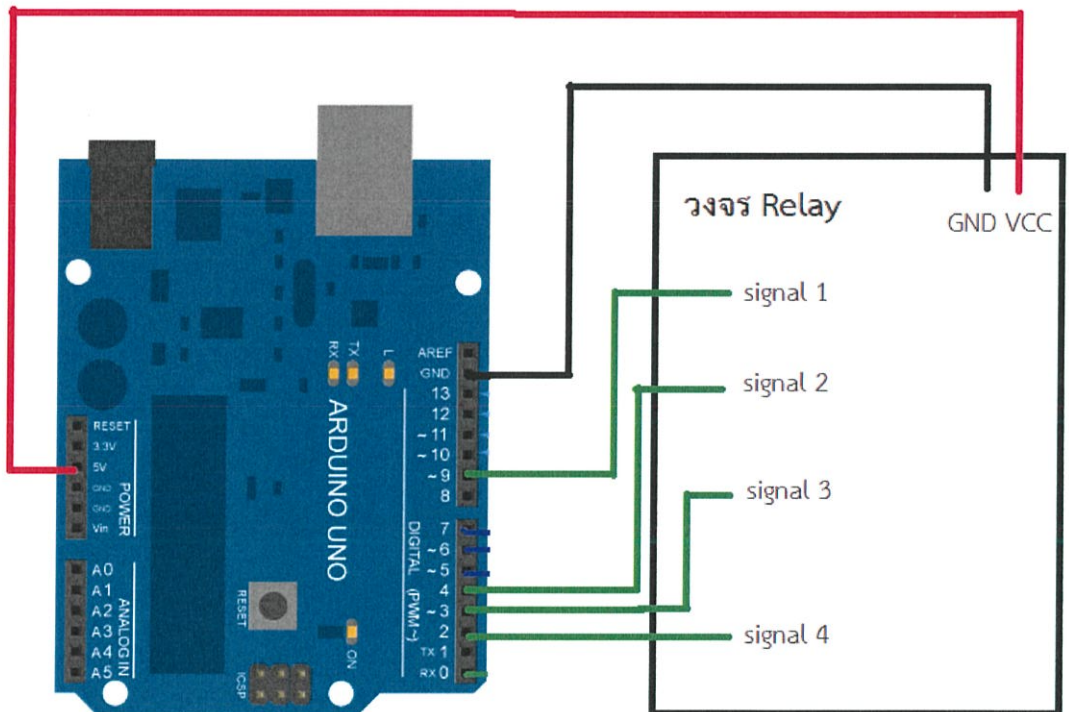
รูปที่ 2.1 Arduino UNO R3

รายละเอียดของ Arduino UNO R3

ไมโครคอนโทรลเลอร์	ATmega328
แหล่งจ่ายไฟ	5V
ไฟเข้า(แนะนำ)	7-12V
ไฟเข้า (จำกัดไว้ที่)	6-20V
ขาดิจิตอล I/O	14 ขา
ขานาล็อกอินพุต	6 ขา
กระแสไฟฟ้า DC ต่อขา I/O	40 mA
กระแสไฟฟ้าออก DC สำหรับขา 3.3V	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328)

SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

Arduino UNO R3 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ Open-source บนแพลตฟอร์ม Arduino ออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ใช้ชิพ ATmega328 ทำงานที่ความถี่ 16 MHz หน่วยความจำแฟลช 32 KB แรม 2 KB บอร์ดใช้ไฟเลี้ยง 7 ถึง 12 V มีระดับแรงดันไฟฟ้าในการทำงานและขาสัญญาณอยู่ที่ 5 V มี Digital Input / Output 14 ขา มี Analog Input 6 ขา เขียนโปรแกรมบนซอฟต์แวร์ Arduino IDE และโปรแกรมผ่านพอร์ต USB

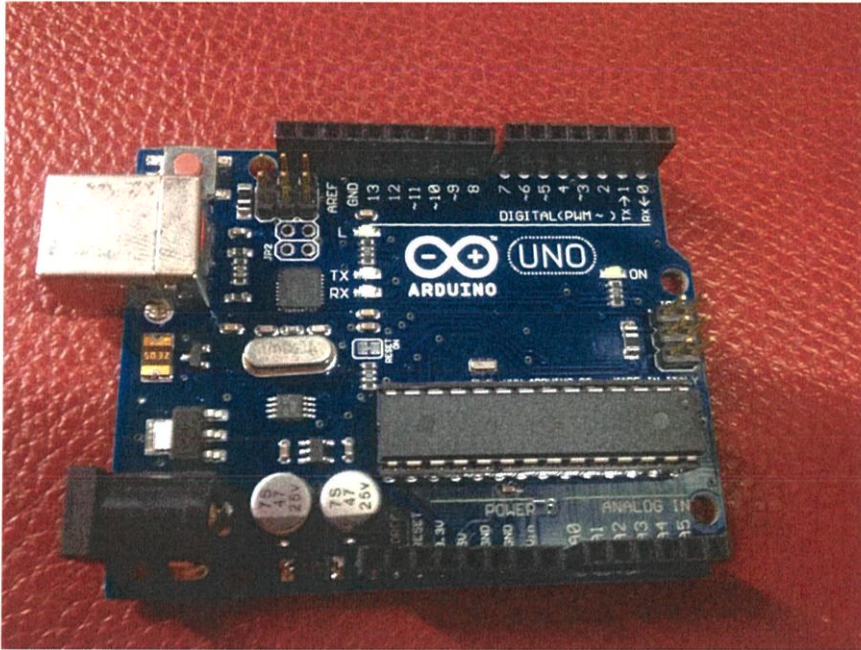


รูปที่ 2.2 การต่อสัญญาณ

รูปที่ 2.2 แสดงการต่อสัญญาณจาก Arduino board กับ วงจรขั้วรีเลย์ โดยใช้ ขา I/O 2, I/O 3, I/O 4 และ I/O 9

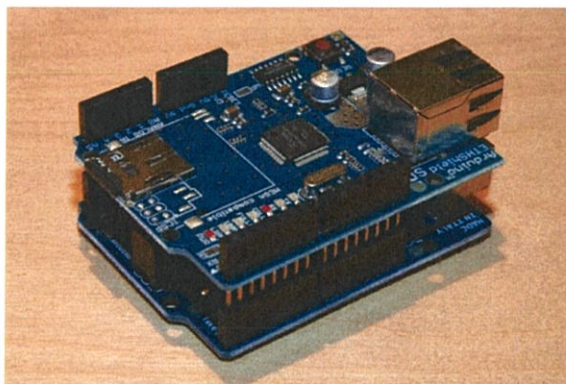
2.4 Ethernet Shield W5100

Ethernet หมายถึงส่วนของการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ที่อยู่ภายใน Local Area Network (LAN) ซึ่งจะใช้เป็นส่วนพื้นฐานในการส่งผ่านข้อมูล โดยที่การสื่อสารผ่าน Ethernet จะต้องมีการระบุที่อยู่ของผู้ส่งและผู้รับ หรือ MAC Address (Media Address Control)



รูปที่ 2.3 Ethernet Shield W5100

Ethernet Shield เป็นอุปกรณ์เสริม ที่ทำให้ Arduino UNO R3 สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ จึงต้องทำงานร่วมกับ Arduino UNO R3 ซึ่งทำให้สามารถออกแบบโปรแกรมที่ใช้งานเกี่ยวกับอินเทอร์เน็ต



รูปที่ 2.4 ประกอบ Arduino UNO R3 กับ Ethernet Shield W5100

เมื่อประกอบ Arduino UNO R3 กับ Ethernet shield W5100 แล้วจะทำให้ Arduino board สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ โดยการต่อสาย LAN เข้ากับ Ethernet shield

2.5 TCP และ IP (Transmission Control Protocol and Internet Protocol)

การที่เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ถูกเชื่อมโยงกันไว้ในระบบ จะสามารถติดต่อสื่อสารกันได้นั้น จำเป็นจะต้องมีภาษาสื่อสารที่เรียกว่า โพรโตคอล (Protocol) ซึ่งในระบบ Internet จะใช้ภาษาสื่อสารมาตรฐานที่ชื่อว่า TCP/IP เป็นภาษาหลัก ดังนั้นหากเครื่องคอมพิวเตอร์ไม่ว่าจะเป็นเครื่องระดับไมโครคอมพิวเตอร์ มินิคอมพิวเตอร์ หรือเมนเฟรมคอมพิวเตอร์ ก็สามารถเชื่อมโยงเข้าสู่ อินเทอร์เน็ตได้

TCP ย่อมาจากคำว่า Transmission Control Protocol

IP ย่อมาจากคำว่า Internet Protocol

TCP/IP คือชุดของโปรโตคอลที่ถูกใช้ในการสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อให้สามารถใช้สื่อสารจากต้นทางข้ามเครือข่ายไปยังปลายทางได้ และสามารถหาเส้นทางที่จะส่งข้อมูลไปได้เองโดยอัตโนมัติ

2.5.1 TCP และ IP มีหน้าที่ต่างกัน คือ

2.5.1.1 TCP จะทำหน้าที่ในการแยกข้อมูลเป็นส่วน ๆ หรือที่เรียกว่า Package ส่งออกไป ส่วน TCP ปลายทาง ก็จะทำการรวบรวมข้อมูลแต่ละส่วนเข้าด้วยกัน เพื่อนำไปประมวลผลต่อไป โดยระหว่างการรับส่งข้อมูลนั้นก็จะมีการตรวจสอบความถูกต้องของ ข้อมูลด้วย ถ้าเกิดผิดพลาด TCP ปลายทางก็จะขอไปยัง TCP ต้นทางให้ส่งข้อมูลมาใหม่

2.5.1.2 IP จะทำหน้าที่ในการจัดส่งข้อมูลจากเครื่องต้นทางไปยังเครื่อง ปลายทางโดยอาศัย IP Address

การติดต่อผ่านระบบอินเทอร์เน็ตซึ่งสามารถติดต่อกันได้ทั่วโลกนั้นต้องมีการระบุโดยใช้ IP address โดยเป็นการทำงานกรอบบน Ethernet ภายใน LAN อีกที IP Address นั้นจะเป็นตัวเลขที่ไม่ซ้ำกันจากผู้ส่งไปถึง IP Address ของผู้รับ โดยเป็นตัวเลข 4 ไบต์ แยกกันแต่ละไบต์ด้วยจุด เช่น 192.168.1.25 เป็นต้น

2.5.2 IP Address

IP Address ย่อมาจากคำเต็มว่า Internet Protocol Address คือ หมายเลขประจำเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องในระบบเครือข่ายที่ใช้โปรโตคอลแบบ TCP/IP เปรียบเทียบคือบ้านเลขที่ ในระบบเครือข่าย จำเป็นจะต้องมีหมายเลข IP กำหนดไว้ให้กับคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์อื่นๆ ที่ต้องการ IP เมื่อมีการโอนย้ายข้อมูล หรือสิ่งงานใดๆ จะสามารถทราบตำแหน่งของเครื่องที่เราต้องการส่งข้อมูลไป เพื่อไม่ให้มีผิดพลาดเวลาส่งข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยตัวเลข 4 ชุด มีเครื่องหมายจุดขึ้นระหว่างชุด เช่น 192.168.100.1 หรือ 172.16.10.1 เป็นต้น (ในโครงการนี้ใช้ 192.168.2.9) โดยหมายเลข IP Address ของเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องจะมีค่าไม่ซ้ำกัน สิ่งตัวเลข 4 ชุดนี้บอก คือ Network ID กับ Host ID ซึ่งจะบอกให้รู้ว่า เครื่อง computer ของเราอยู่ใน network ไหน และเป็นเครื่อง

ไหนใน network นั้น จะทราบได้อย่างไรว่า Network ID และ Host ID มีค่าเท่าไร ขึ้นอยู่กับว่า IP Address นั้น อยู่ใน class อะไร

เหตุที่ต้องมีการแบ่ง class ก็เพื่อให้เกิดความเป็นระเบียบ เป็นการแบ่ง IP Address ออกเป็นหมวดหมู่นั้นเอง สิ่งที่จะเป็นตัวจำแนก class ของ network ก็คือ bit ทางซ้ายมือสุดของตัวเลขตัวแรกของ IP Address (ที่แปลงเป็นเลขฐาน 2 แล้ว) นั่นเอง โดยที่ถ้า bit ทางซ้ายมือสุดเป็น 0 ก็จะเป็น class A ถ้าเป็น 10 ก็จะเป็น class B ถ้าเป็น 110 ก็จะเป็น class C ดังนั้น IP Address จะอยู่ใน class A ถ้าตัวเลขตัวแรกมีค่าได้ตั้งแต่ 0 ? 127 (00000002 ? 01111112) จะอยู่ใน class B ถ้าเลขตัวแรกมีค่าตั้งแต่ 128 ? 191 (10000002 ? 10111112) และจะอยู่ใน class C ถ้าเลขตัวแรกมีค่าตั้งแต่ 192 - 223 (11000002 ? 11011112) มีข้อยกเว้นอยู่คือตัวเลข 0, 127 จะใช้ในความหมายพิเศษ จะไม่ใช่เป็น address ของ network ดังนั้น network ใน class A จะมีค่าตัวเลขตัวแรกในช่วง 1 ? 126

สำหรับตัวเลขตั้งแต่ 224 ขึ้นไป จะเป็น class พิเศษ อย่างเช่น Class D ซึ่งถูกใช้สำหรับการส่งข้อมูลแบบ Multicast ของบาง Application และ Class E ซึ่ง Class นี้เป็น Address ที่ถูกสงวนไว้ ยังไม่ถูกใช้งานจริง ๆ โดย Class D และ Class E นี้เป็น Class พิเศษ ซึ่งไม่ได้ถูกนำมาใช้งานในภาวะปกติ

2.5.2.1 ตัวอย่าง IP Address

Class A ตั้งแต่ 10.xxx.xxx.xxx

Class B ตั้งแต่ 172.16.xxx.xxx ถึง 172.31.xxx.xxx

Class C ตั้งแต่ 192.168.0.xxx ถึง 192.168.255.xxx

จาก IP Address สามารถบอก ได้คร่าวๆ ว่า computer 2 เครื่อง อยู่ใน network วงเดียวกันหรือเปล่าโดยการเปรียบเทียบ Network ID ของ IP Address ถ้ามี Network ID ตรงกันก็แสดงว่าอยู่ใน network วงเดียวกัน เช่น computer เครื่องหนึ่งมี IP Address 1.2.3.4 จะอยู่ใน network วงเดียวกับอีกเครื่องหนึ่งซึ่งมี IP Address 1.100.150.200 เนื่องจากมี Network ID ตรงกันคือ 1 (class A ใช้ Network ID 1 byte)

2.5.2.2 วิธีตรวจสอบ IP Address

- 1.คลิกปุ่ม Start เลือก Run
- 2.พิมพ์คำว่า cmd กดปุ่ม OK
- 3.จะได้หน้าต่างสีดำ
- 4.พิมพ์คำว่า ipconfig กด enter
- 5.จะเห็นกลุ่มหมายเลข IP Address

```
Wireless LAN adapter Wi-Fi 4:
```

```
Connection-specific DNS Suffix . . . : 
Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::a479:ac99:7c7d:bbce%15
IPv4 Address. . . . . : 192.168.2.6
Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
Default Gateway . . . . . : 192.168.2.1
```

รูปที่ 2.5 IP Address

ต้องกำหนด IP Address ของ Ethernet Shield ให้ไม่ซ้ำกับ IP Address ของอุปกรณ์อื่นๆ (กำหนด IP Address ของ Ethernet Shield คือ 192.168.2.9)

2.6 Tenda Portable Router W150M+

Tenda Portable Router W150M+ ทำให้ Ethernet Shield ทำงานแบบไร้สาย โดย Tenda Portable Router W150M+ นี้จะทำหน้าที่ติดต่อกับ WIFI ที่อยู่ในบริเวณที่ Arduino ต้องการการทำงานผ่าน Ethernet Shield ซึ่งปกติแล้ว Ethernet Shield ต้องต่อสาย LAN เข้ากับ Router ทำให้ Ethernet Shield ทำงานแบบไร้สายแทน



รูปที่ 2.6 Tenda Portable Router W150M+

- เป็น Router ขนาดพกพา รองรับ Mode การทำงาน 5 โหมด คือ AP, Client+AP(WiFi Bridge), WDS+AP, WISP, and Wireless router นิยมใช้ 2 โหมด คือ AP = Access Point ต่อ ADSL Modem/Switch แล้วกระจายเป็น WiFi

Client+AP = รับสัญญาณผ่าน WiFi แล้วกระจายต่อผ่าน WiFi หรือ LAN(เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า WiFi Bridge)

- รองรับ WiFi ความเร็วสูงสุด 150Mbps มีเสาอากาศนอกและสามารถถอดเปลี่ยนได้
- รองรับ Security แบบ 64/128-bit WEP, WPA และ WPA2
- รองรับ WPS (PBC and PIN)
- LAN/WAN 1 ช่อง แบบ 10/100Mbps
- รองรับการจัดการตั้งค่าผ่าน Web Management
- ต่อ Power เป็นแบบ AC Adapter และ USB
- ขนาด 103 x 66 x 18 มม.

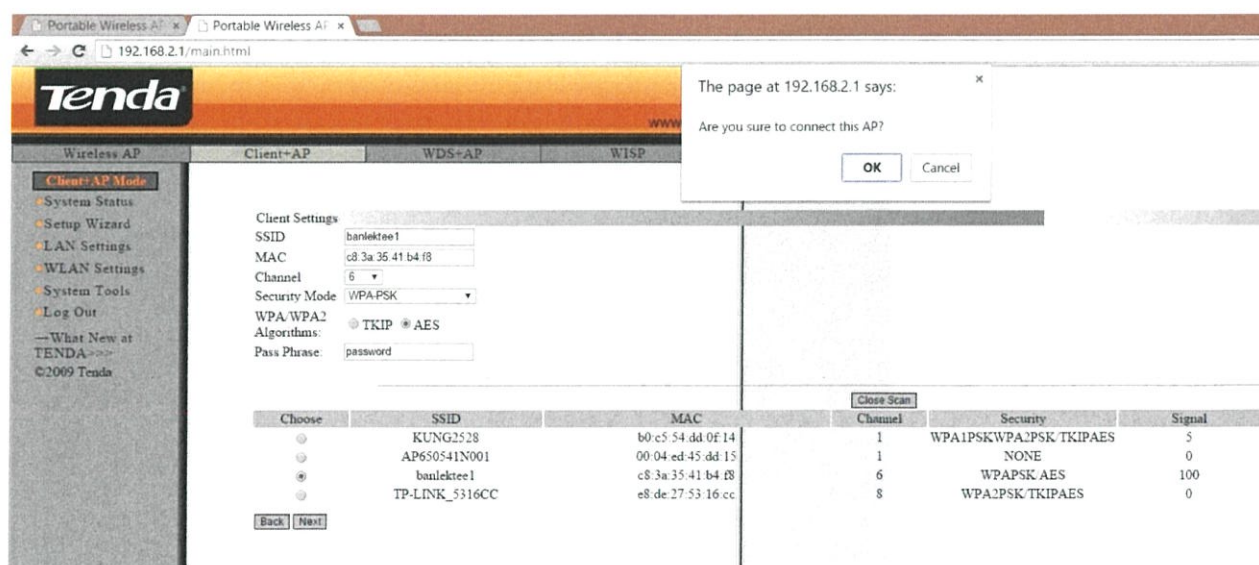
2.6.1 ตั้งค่า Tenda Portable Router W150M+ Wireless AP/Router/WiFi Bridge
ใช้ Tenda Portable Router W150M+ ในโหมด Client+AP ซึ่งคือการรับสัญญาณผ่าน WiFi แล้วกระจายต่อผ่าน WiFi หรือ LAN (เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า WiFi Bridge) เพื่อให้ Ethernet Shield ทำงานเป็นไร้สาย โดยไม่ต้องต่อสาย LAN เข้าตัว Router

2.6.1.1 เสียบสาย LAN จาก W150M+ เข้าเครื่องคอมพิวเตอร์

2.6.1.2 เข้า web browser เช่น internet Explorer ,Google Chrome หรือ Firefox แล้วพิมพ์ http://192.168.2.1 ตรงช่อง address ดังรูป แล้วกด Enter

2.6.1.3 คลิกที่เมนูหลัก Client+AP แล้วกดปุ่ม next

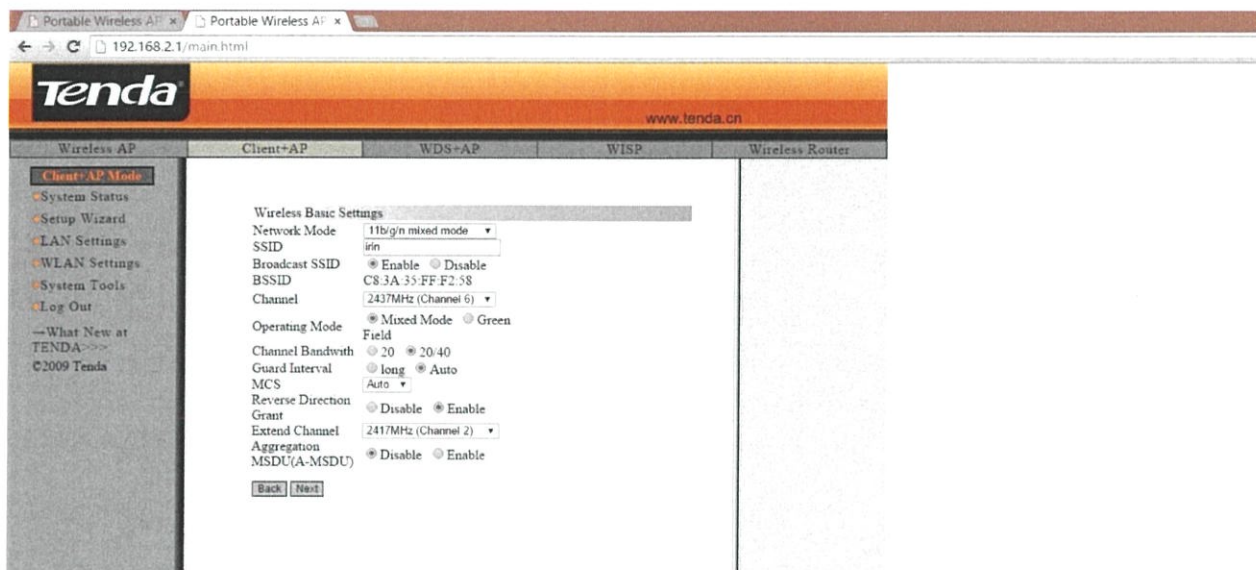
2.6.1.4 กดปุ่ม Scan แล้วจะมี List แสดงรายชื่อของ Access Point ที่อยู่บริเวณข้างเคียงรวมทั้ง Access Point ที่ต้องการเกาะ แสดงขึ้นมา (จากรูปทำการเกาะ Access Point ที่ชื่อ “banlektee1”) ถ้า Access Point ที่เราเกาะมี password ก็ใส่ให้เรียบร้อย ในช่อง Pass Phrase



รูปที่ 2.7 Scan Access Point

2.6.1.5 ตั้งค่า security Mode ให้ตรงกับ Access Point แล้วกดปุ่ม next

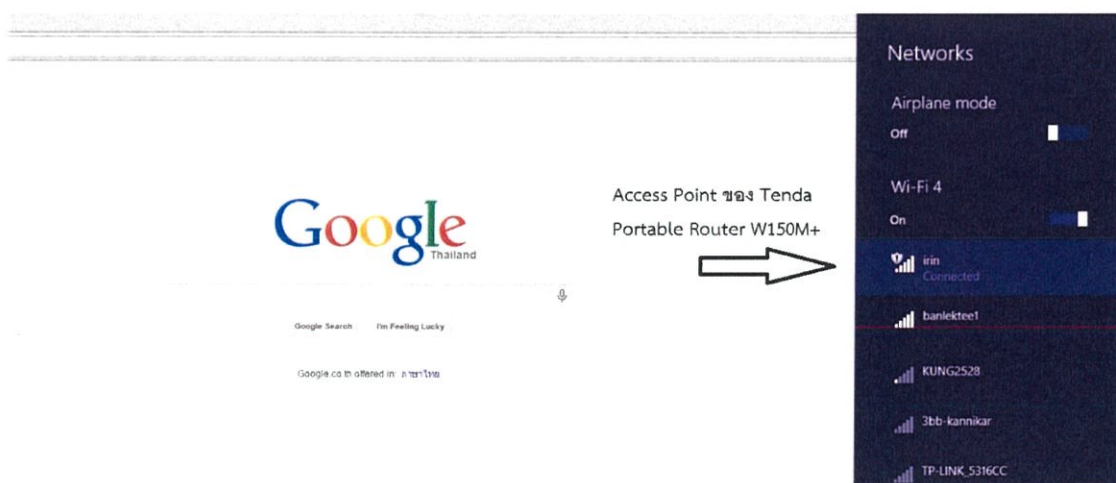
2.6.1.6 ตั้งค่าในส่วนของ Access Point Mode สามารถเปลี่ยนชื่อ เป็น SSID ใหม่ตามต้องการได้ (จากรูปเปลี่ยนชื่อเป็น“irin”) ห้ามเปลี่ยน channel เพราะต้องตรงกับ Access Point ตัวหลัก กดปุ่ม next



รูปที่ 2.8 ตั้งค่า Access Point

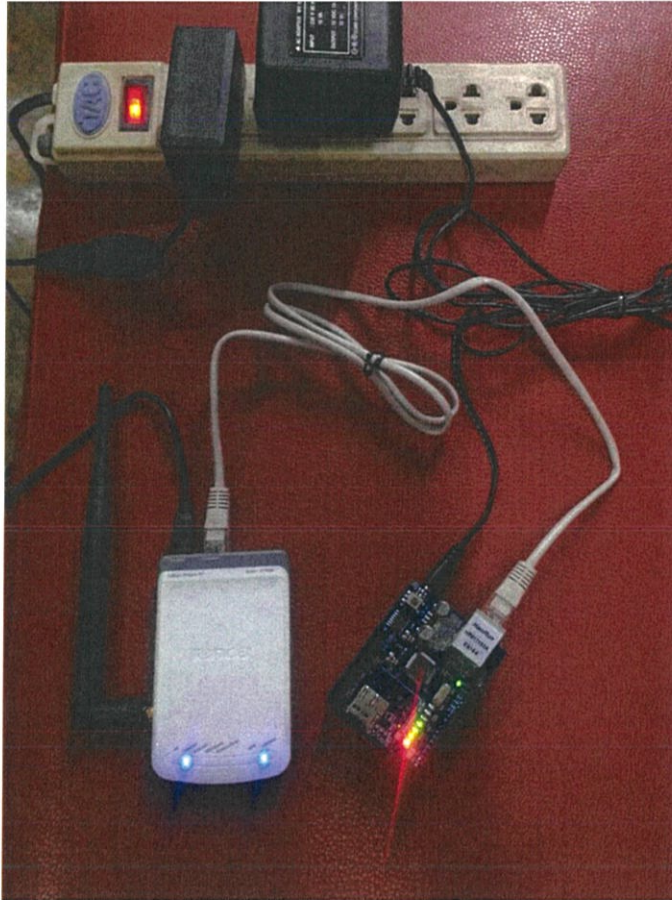
2.6.1.7 ตั้งค่าความปลอดภัย Wireless กด Disable (ไม่ต้องใส่ password) กดปุ่ม next

2.6.1.8 กดปุ่ม Apply เพื่อบันทึกค่าและ Reboot ตัวอุปกรณ์ใหม่ จะได้ Access Point ที่ชื่อว่า “irin”



รูปที่ 2.9 Access Point

ต่อสาย LAN จาก Tenda Portable Router W150M+ เข้า Ethernet Shield จากนั้นจะ
ทำให้ Ethernet Shield ทำงานแบบไร้สาย

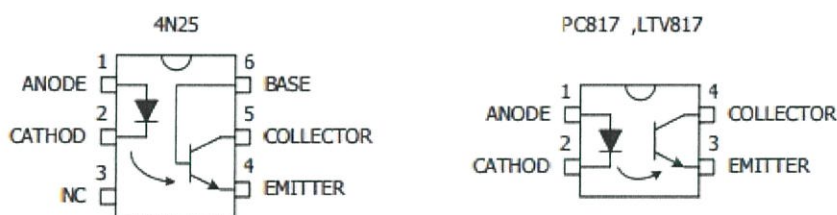


รูปที่ 2.10 Tenda Portable Router W150M+ และ Ethernet Shield

2.7 Optoisolator PC817

อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสง หรือที่เรียกว่า “ออปโตคัปเปิลเลอร์” (Opto-Coupler) หรือบางทีก็เรียกว่า อุปกรณ์แยกสัญญาณทางแสง (Opto-Isolator) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับการเชื่อมต่อทางแสง โดยการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นแสงแล้วเปลี่ยนกลับเป็นสัญญาณไฟฟ้าตามเดิมนิยมใช้สำหรับการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างสองวงจร และต้องการแยกกันทางไฟฟ้าโดยเด็ดขาด เพื่อป้องกันการรบกวนกันทางไฟฟ้าระหว่างสองวงจร ภายในของอุปกรณ์ประเภทนี้ ประกอบด้วย ไดโอดเปล่งแสง (LED) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวส่งแสง (Optical Transmitter) เช่น แสงอินฟราเรด (Infrared) และสำหรับตัวรับแสง (Optical Receiver) ซึ่งมักนิยมใช้โฟโตทรานซิสเตอร์ (Phototransistor) เป็นตัวรับโดยจะถูกผลิตรวมอยู่ในตัวถังเดียวกัน

โฟโตทรานซิสเตอร์ ทำงานได้ในลักษณะเดียวกับทรานซิสเตอร์รอยต่อคู่แบบ NPN แต่ไม่มีขาเบส (B) และถูกแทนที่ด้วยส่วนรับแสง เมื่อได้รับแสงหรืออนุภาคของแสง หรือที่เรียกว่า โฟตอน (Photons) ในปริมาณมากพอ จะทำให้เกิดอนุภาคอิสระที่มีประจุในบริเวณรอยต่อระหว่างเบสและคอลเลคเตอร์ (Base-Collector Region) และให้ผลเหมือนมีกระแสไหลเข้าที่ขาเบสรูปที่ 1.1 แสดงสัญลักษณ์ของอุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสง แบบ 4 ขา (เบอร์ PC817) และ 6 ขา (เบอร์ 4N35)



รูปที่ 2.11 สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าของอุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสง

อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงสามารถรับสัญญาณอินพุต (ดิจิทัล) เช่น จากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ เปิด-ปิด ไดโอดเปล่งแสงที่อยู่ภายในตัวอุปกรณ์ (ทำให้มีกระแสไหลผ่านไดโอดเปล่งแสง) และทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของโฟโตทรานซิสเตอร์ด้วยแสง ดังนั้นจึงนำไปใช้ในลักษณะเป็นอุปกรณ์สวิตช์เปิด-ปิด หรือนำไป ต่อกับวงจรทรานซิสเตอร์ภายนอกเพื่อให้สามารถขับกระแสได้ในปริมาณที่สูงขึ้น

เมื่อแรงดันอินพุตอยู่ในระดับที่สูงกว่าแรงดันไบอัสตรงของไดโอดเปล่งแสง (V_F) จะทำให้เกิดกระแสไหล หรือที่เรียกว่า กระแสอินพุต หรือ กระแสไบอัสตรง (I_F) ทำให้ไดโอดเปล่งแสงตามปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหล ในการต่อวงจรจะต้องมีตัวต้านทานต่ออนุกรมอยู่ด้วย เพื่อจำกัดปริมาณของกระแสไหลไม่ให้สูงเกิน ซึ่งขึ้นอยู่กับอุปกรณ์แต่ละตัวที่ใช้ แต่โดยทั่วไปแล้ว ควรจะให้อยู่

ในช่วง 5-50 มิลลิแอมป์ (mA) เมื่อโพ้ได้ทรานซิสเตอร์ได้รับแสงจะทำให้สามารถนำไฟฟ้าได้ระหว่างขา C และ E ซึ่งให้ผลเหมือนในกรณีที่จ่ายกระแส เข้าที่ขาเบส (B) ของทรานซิสเตอร์รอยต่อคู่แบบ NPN และถ้ามีแรงดันตกคร่อมที่ขา C และขา E ($V_{CE} > 0V$) ก็จะทำให้มีกระแสเอาต์พุตไหล

ตัวถังของอุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงที่พบเห็นได้บ่อย คือ ตัวถังแบบ 4 ขา และตัวถังแบบ 6 ขา แต่มีไดโอดเปล่งแสงและโพ้ได้ทรานซิสเตอร์เพียงหนึ่งคู่ อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงในตัวถังแบบ 6 ขา ตามตัวอย่าง ในรูปที่ 1.2 จะมีขาเบส (Base Connection Pin) ที่เชื่อมต่อมาจากบริเวณเบสของโพ้ได้ทรานซิสเตอร์ที่อยู่ภายใน และใช้ในการปรับความไวในการตอบสนองเชิงเวลาของสัญญาณไฟฟ้า (หรือกล่าวได้ว่า สามารถเปิด - ปิดสวิตช์ไฟฟ้าได้เร็วขึ้น) โดยการนำขาเบสไปต่อกับตัวต้านทานที่มีค่าอยู่ในช่วง $200k\Omega$ ถึง $1M\Omega$ ไปยัง GND ของวงจรเอาต์พุต แต่ถ้าไม่สนใจเรื่องความไวในการตอบสนองก็ไม่จำเป็นต้องต่อขอเบส

อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงบางชนิด มีการต่อวงจรโพ้ได้ทรานซิสเตอร์กับทรานซิสเตอร์ NPN อีกหนึ่งตัวเป็นคู่ในลักษณะที่เรียกว่า ทรานซิสเตอร์ดาร์ลิ่งตัน (Darlington Transistor) ทำให้มีอัตราส่วนการขยายกระแสได้มากขึ้น

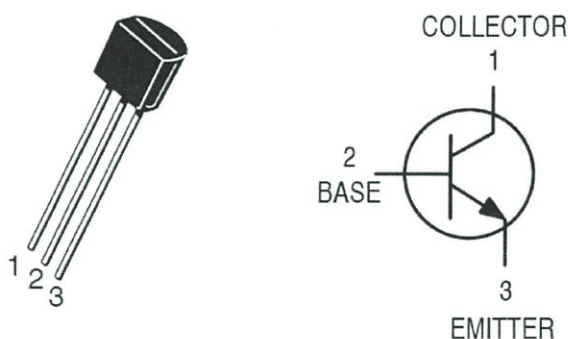
2.8 Transistor BC337

ทรานซิสเตอร์ เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่สามารถควบคุมการไหลของอิเล็กตรอนได้ ใช้ทำหน้าที่ ขยายสัญญาณไฟฟ้า, เปิด/ปิดสัญญาณไฟฟ้า, ควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้คงที่, หรือถ้าสัญญาณไฟฟ้า เป็นต้น การทำงานของทรานซิสเตอร์เปรียบได้กับวาล์วควบคุมที่ทำงานด้วยสัญญาณไฟฟ้าที่ขาเข้า เพื่อปรับขนาดกระแสไฟฟ้าขาออกที่จ่ายมาจากแหล่งจ่ายไฟ

ทรานซิสเตอร์ประกอบด้วยวัสดุเซมิคอนดักเตอร์ที่มีอย่างน้อยสามขั้วไฟฟ้าเพื่อเชื่อมต่อกับวงจร ภายนอก แรงดันหรือกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้กับขั้วทรานซิสเตอร์หนึ่งคู่ จะมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในกระแสที่ไหลผ่านในขั้วทรานซิสเตอร์อีกคู่หนึ่ง เนื่องจากพลังงานที่ถูกควบคุม (เอาต์พุต) จะสูงกว่าพลังงานที่ใช้ในการควบคุม (อินพุต) ทรานซิสเตอร์จึงสามารถขยายสัญญาณได้ ปัจจุบัน บางทรานซิสเตอร์ถูกประกอบขึ้นมาต่างหากแต่ยังมีอีกมากที่พบฝังอยู่ใน แผงวงจรรวม

ทรานซิสเตอร์เป็นการสร้างบล็อกพื้นฐานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทันสมัย และเป็นที่แพร่หลายในระบบอิเล็กทรอนิกส์สมัยใหม่. หลังจากถูกพัฒนาขึ้นในช่วงต้นทศวรรษที่ 1950, transistor ได้ปฏิวัติสาขาอิเล็กทรอนิกส์และปูทางสำหรับวิทยุ, เครื่องคิดเลข และคอมพิวเตอร์ ให้มีขนาดเล็กลงและราคาที่ถูกกว่า

ใช้ทรานซิสเตอร์ในวงจจากับรีเลย์ เพื่อใช้ในการขยายสัญญาณให้กับ relay



รูปที่ 2.12 transistor BC337

Bipolar Transistors - BJT 800mA 50V NPN

ชนิด	NPN
แรงดันระหว่างขาคอลเลกเตอร์และขาเบส	50 V
ค่าสูงสุดแรงดันระหว่างขาคอลเลกเตอร์และขาอีมิเตอร์	45 V
แรงดันระหว่างอีมิเตอร์และขาเบส	5 V
แรงดันอิมิต์ที่ตกคร่อมระหว่างขั้วคอลเลกเตอร์และอีมิเตอร์	0.7 V
ค่าสูงสุดของตัวสะสมกระแสไฟตรง	0.8A
ค่าสูงสุดของอุณหภูมิในการใช้งาน	+ 150 C

Bipolar Junction Transistor (BJT)

ทรานซิสเตอร์ที่ถูกตั้งชื่ออย่างนี้ก็เพราะว่ามันเปิดให้กระแสไหลผ่านโดยใช้ 2 pole คือ p-type และ n-type. bipolar junction transistor เป็นทรานซิสเตอร์ชนิดแรกที่ถูกผลิตแบบ mass production และผลิตขึ้นโดยการรวม junction ไดโอดสองตัว โดยอาจเป็นชั้นบางๆของสารกึ่งตัวนำชนิด p สองชั้น คั่นกลางด้วย เซมิคอนดักเตอร์ชนิด n (ทรานซิสเตอร์ p-n-p) หรือชั้นบางๆของสาร

กึ่งตัวนำชนิด n สองชั้น คั่นกลางด้วย เซมิคอนดักเตอร์ชนิด p (ทรานซิสเตอร์ n-p-n) การสร้างแบบนี้ทำให้เกิดสอง p-n junction ได้แก่ junction Base-Emitter และ junction Base-Collector แยกจากกันด้วยพื้นที่บางๆของสารกึ่งตัวนำ ที่รู้จักกันว่าเป็นพื้นที่ Base (junction ไดโอดสองตัวต่อสายถึงกันโดยไม่ใช้พื้นที่แทรกแซงกึ่งตัวนำรวมกันก็จะไม่ทำให้เป็นทรานซิสเตอร์ได้)

BJTs มีสามขาซึ่งตรงกับสามชั้นของสารกึ่งตัวนำ คือ emitter, base และ collector ซึ่งมีประโยชน์ในการขยายสัญญาณ เพราะกระแสระหว่าง base และ emitter สามารถควบคุมกระแสระหว่าง collector และ emitter ที่ใหญ่กว่าได้. ทรานซิสเตอร์ n-p-n ใน active region junction emitter-base ถูก forward biased (อิเล็กตรอนและ hole มารวมตัวกันใหม่ที่ junction) และอิเล็กตรอนจะถูกฉีดเข้าไปใน base region เนื่องจาก base แคบ อิเล็กตรอนส่วนใหญ่จะกระจายออกจนทำให้ junction base-collector กลายเป็น reverse-biased (อิเล็กตรอนและ hole จะถูกรวมตัวกันที่ junction และ ย้ายออกจาก junction นั้น) และอิเล็กตรอนเหล่านั้นจะถูกกวาดเข้าไปใน collector; บางทีหนึ่งในร้อยของอิเล็กตรอนจะรวมตัวกันใหม่ใน base ซึ่งเป็นกลไกที่โดดเด่นในกระแส base. โดยการควบคุมจำนวนของอิเล็กตรอน ที่สามารถออกจาก base จำนวนอิเล็กตรอนที่เข้าไปที่ collector สามารถถูกควบคุมได้. กระแส collector มีค่าประมาณ β (common-emitter current gain) เท่าของกระแส base. ปรกติมีค่า มากกว่า 100 สำหรับทรานซิสเตอร์สัญญาณขนาดเล็ก แต่จะค่าน้อยกว่าในทรานซิสเตอร์ที่ออกแบบมาสำหรับการใช้งานพลังงานสูง ซึ่งแตกต่างจากทรานซิสเตอร์ field-effect (ดูด้านล่าง), BJT เป็นอุปกรณ์ที่มีค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ต่ำ. เมื่อแรงดัน base-emitter (V_{be}) เพิ่มขึ้น, กระแส base-emitter ก็เพิ่มขึ้นด้วย และด้วยเหตุนี้ กระแส collector-emitter (I_{ce}) ก็เพิ่มขึ้นแบบ exponential เป็นไปตามแบบไดโอดของ Shockley และรูปแบบของ Ebers-Moll. เพราะความสัมพันธ์แบบ exponential นี้ BJT จึงมี transconductance สูงกว่า FET

Bipolar transistor สามารถถูกทำให้มีกระแสไหลได้โดยการเปิดหน้ากับแสง เพราะการดูดซึมของโฟตอนใน base region ทำให้เกิด photocurrent ที่ทำหน้าที่เป็นกระแส base; กระแส collector จะมีขนาด β เท่าของ photocurrent. อุปกรณ์ที่ออกแบบมาเพื่อวัตถุประสงค์นี้ มีชื่อของหน้าต่างที่โปร่งใสในแพ็คเกจและจะเรียกว่า phototransistors

ทรานซิสเตอร์แบบ field-effect (FET)

ทรานซิสเตอร์ field-effect บางครั้งเรียกว่าทรานซิสเตอร์ unipolar ใช้อิเล็กตรอน (ใน n-channel FET) หรือ hole (ใน p-channel FET) สำหรับการนำกระแส FET มี 4 ขั้ว ได้แก่ source, gate, drain, และ body (สารตั้งต้น) ใน FETs ส่วนใหญ่ body จะเชื่อมต่อกับ source ภายในแพ็คเกจ ส่วนนี้จะได้รับการสันนิษฐานดังต่อไปนี้

ใน FET, กระแส drain-to-source ไหลผ่านทาง channel ที่กำลังปล่อยกระแสและเป็น channel ที่เชื่อมต่อกับ source region กับ drain region การนำกระแสจะแปรตามสนามไฟฟ้าที่ถูกสร้างขึ้นเมื่อแรงดันไฟฟ้าถูกจ่ายให้ระหว่างขา gate และ source; ด้วยเหตุนี้กระแสไฟฟ้าที่ไหลระหว่าง drain และ source จะถูกควบคุมโดยแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ระหว่าง gate และ source

เมื่อแรงดันไฟฟ้า gate-source (V_{gs}) เพิ่มขึ้น กระแส drain-source (I_{ds}) จะเพิ่มขึ้นแบบ exponential สำหรับ V_{gs} ที่ต่ำกว่าเกณฑ์ และแล้วในอัตรากำลังสองประมาณ ($I_{ds} \propto (V_{gs} - V_T)^2$) (เมื่อ V_T เป็นเกณฑ์แรงดันที่กระแส drain เริ่มไหล) ใน "space-charge-limited" region ที่สูงกว่าเกณฑ์. พฤติกรรมสมการกำลังสองไม่ถูกสังเกตในอุปกรณ์ที่ทันสมัย ตัวอย่างเช่น ที่โหนดเทคโนโลยี 65 นาโนเมตร สำหรับเสียงรบกวนต่ำ ที่แบนด์วิดท์แคบ input resistance ที่สูงขึ้นของ FET จะได้เปรียบ

FETs ถูกแบ่งออกเป็น สองตระกูล คือ junction FET (JFET) และ insulated gate FET (IGFET). IGFET เป็นที่รู้จักกันมากกว่า ว่าเป็น metal-oxide-semiconductor FET (MOSFET) สะท้อนให้เห็นถึงการสร้างเดิม จากชั้นของโลหะ (gate), ออกไซด์ (insulation) และ เซมิคอนดักเตอร์. ไม่เหมือน IGFETs, gate ของ JFET ทำตัวเป็น ไดโอด p-n ที่มี channel ระหว่าง source กับ drain โดยหน้าที่แล้ว สิ่งนี้ทำให้ n-channel JFET เป็น solid-state ที่เทียบเท่าหลอดสูญญากาศ triode ซึ่งในทำนองเดียวกัน พอร์มตัวเป็นไดโอดระหว่าง กริดและคาโทด อุปกรณ์ทั้งสองยังทำงานในโหมดการสูญเสีย และทั้งสองมี input impedance ที่สูง และทั้งสองยังปล่อยกระแสภายใต้การควบคุมของ input voltage เหมือนกันอีกด้วย

Metal-semiconductor FETs (MESFETs) เป็น JFETs ที่ reverse biased p-n junction ถูกแทนที่ด้วย metal-semiconductor junction FET เหล่านี้และ HEMTs (high-electron-mobility transistors หรือ HFETs), ที่ซึ่งก๊าซอิล็กตรอนสองมิติที่มีความคล่องตัวสูงมากของพาหะที่ใช้สำหรับการขนส่งประจุไฟฟ้า, จะเหมาะโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการใช้งาน ที่มีความถี่สูงมาก (ความถี่ไมโครเวฟ; หลาย GHz) ซึ่งแตกต่างจากทรานซิสเตอร์ bipolar, โดยเนื้อแท้ FETs จะไม่ขยาย photocurrent ใดๆก็ตาม ยังมีวิธีที่จะใช้ FETs โดยเฉพาะอย่างยิ่ง JFET เป็นอุปกรณ์ที่ไวต่อแสง โดยการใช้ประโยชน์ photocurrents ใน channel-gate หรือ channel-body junctions

FETs จะถูกแบ่งต่อไปออกเป็นโหมดสูญเสียและโหมดเพิ่มประสิทธิภาพ ขึ้นอยู่กับว่า channel จะ เปิดหรือปิด เมื่อแรงดันไฟฟ้า gate-to-source เป็นศูนย์. สำหรับโหมดเพิ่มประสิทธิภาพ, channel จะปิดที่ bias เป็นศูนย์, และศักยภาพที่ gate สามารถ "เพิ่ม" การนำกระแส. สำหรับโหมดสูญเสีย channel จะเปิดที่ bias เป็นศูนย์ และศักยภาพที่ gate (ที่มีขั้วตรงข้าม) สามารถ "สูญเสีย" channel ซึ่งลดการนำกระแส สำหรับโหมดใดโหมดหนึ่ง แรงดัน gate ที่เป็นบวกเพิ่มขึ้นจะสอดคล้องกับกระแสที่สูงขึ้นสำหรับอุปกรณ์ n-channel แต่กระแสจะต่ำลงสำหรับ อุปกรณ์ p-channel. JFETs เกือบทั้งหมดเป็นโหมดสูญเสีย เพราะไดโอด junction จะ forward bias และนำกระแส ถ้าเป็นอุปกรณ์โหมดเพิ่ม; IGFETs ส่วนใหญ่เป็นโหมดเพิ่ม

2.9 Diode 1N4002

เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดกระแสไหลย้อนกลับ เป็นการบังคับให้กระแสไหลไปทางเดียว

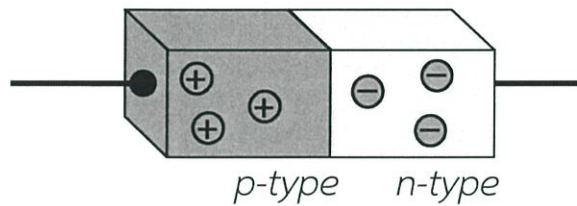
2.9.1 โครงสร้างของไดโอด

รูปที่ 2.13 แสดงโครงสร้างของไดโอด โดยมีลักษณะดังนี้

- เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดสองขา มีโครงสร้างง่ายที่สุดเทียบกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

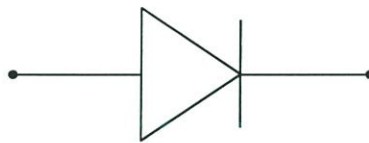
กำลังอื่นๆ

- ประกอบไปด้วยสารกึ่งตัวนำ (semiconductor) 2 ชนิดประกบกัน ชนิดแรกเรียกว่า p-type ซึ่งอัดแน่นไปด้วยประจุบวก (+) ส่วนอีกชนิดเรียกว่า n-type ซึ่งอัดแน่นไปด้วยประจุลบ (-)



รูปที่ 2.13 โครงสร้างของไดโอด

รูปที่ 2.14 แสดงสัญลักษณ์ของไดโอด



รูปที่ 2.14 สัญลักษณ์ของไดโอด

2.9.2 คุณสมบัติของไดโอดที่แสดงใน Specification datasheet

รูปที่ 2.20 และ 2.21 ตัวอย่างคุณสมบัติของไดโอดที่แสดงใน Specification datasheet



1N4001 - 1N4007

1.0A RECTIFIER

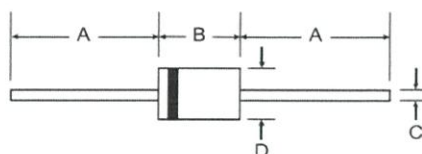
[Please click here to visit our online spice models database.](#)

Features

- Diffused Junction
- High Current Capability and Low Forward Voltage Drop
- Surge Overload Rating to 30A Peak
- Low Reverse Leakage Current
- Lead Free Finish, RoHS Compliant (Note 3)

Mechanical Data

- Case: DO-41
- Case Material: Molded Plastic. UL Flammability Classification Rating 94V-0
- Moisture Sensitivity: Level 1 per J-STD-020D
- Terminals: Finish - Bright Tin. Plated Leads Solderable per MIL-STD-202, Method 208
- Polarity: Cathode Band
- Mounting Position: Any
- Ordering Information: See Page 2
- Marking: Type Number
- Weight: 0.30 grams (approximate)



Dim	DO-41 Plastic	
	Min	Max
A	25.40	—
B	4.06	5.21
C	0.71	0.864
D	2.00	2.72
All Dimensions in mm		

Maximum Ratings and Electrical Characteristics @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified

Single phase, half wave, 60Hz, resistive or inductive load.
For capacitive load, derate current by 20%.

Characteristic	Symbol	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	Unit
Peak Repetitive Reverse Voltage	V_{RRM}	50	100	200	400	600	800	1000	V
Working Peak Reverse Voltage	V_{RWM}								
DC Blocking Voltage	V_R								
RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	35	70	140	280	420	560	700	V
Average Rectified Output Current (Note 1) @ $T_A = 75^\circ\text{C}$	I_O				1.0				A
Non-Repetitive Peak Forward Surge Current 8.3ms single half sine-wave superimposed on rated load	I_{FSM}				30				A
Forward Voltage @ $I_F = 1.0\text{A}$	V_{FM}				1.0				V
Peak Reverse Current @ $T_A = 25^\circ\text{C}$	I_{RM}				5.0				μA
at Rated DC Blocking Voltage @ $T_A = 100^\circ\text{C}$					50				
Typical Junction Capacitance (Note 2)	C_j		15			8			pF
Typical Thermal Resistance Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$				100				K/W
Maximum DC Blocking Voltage Temperature	T_A				+150				$^\circ\text{C}$
Operating and Storage Temperature Range	T_J, T_{STG}				-65 to +150				$^\circ\text{C}$

- Notes:
1. Leads maintained at ambient temperature at a distance of 9.5mm from the case.
 2. Measured at 1.0 MHz and applied reverse voltage of 4.0V DC.
 3. EU Directive 2002/95/EC (RoHS). All applicable RoHS exemptions applied, see EU Directive 2002/95/EC Annex Notes.

รูปที่ 2.15 ตัวอย่าง Specification datasheet ของไดโอด รุ่น 1N4001-1N4007

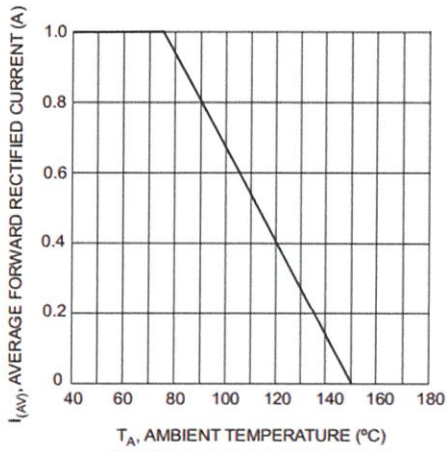


Fig. 1 Forward Current Derating Curve

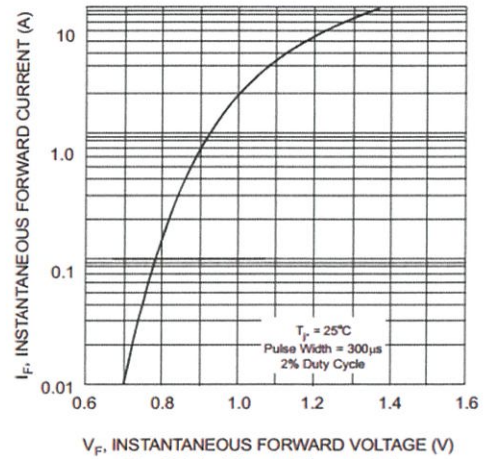


Fig. 2 Typical Forward Characteristics

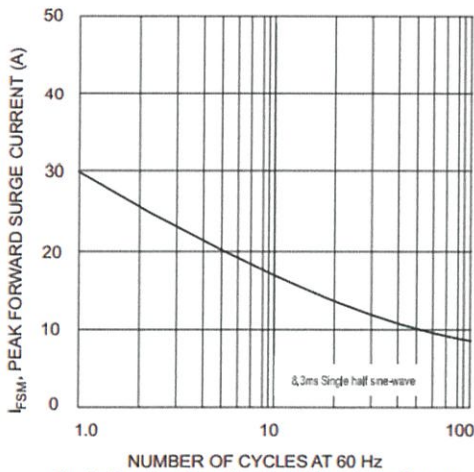


Fig. 3 Max Non-Repetitive Peak Fwd Surge Current

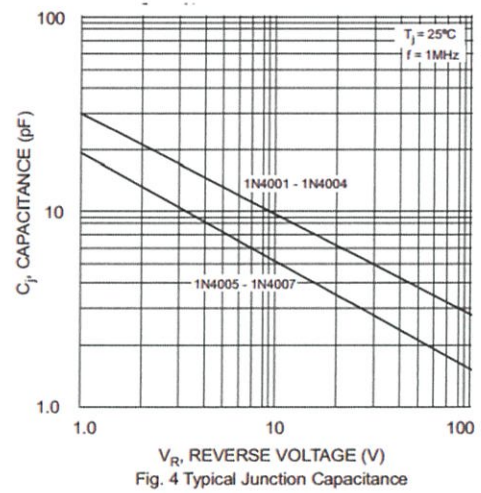


Fig. 4 Typical Junction Capacitance

รูปที่ 2.16 ตัวอย่าง Specification datasheet ของไดโอด รุ่น 1N4001-1N4007

2.10 Relay รีเลย์

เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสถานะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ ในการควบคุมวงจรต่างๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมาย

รีเลย์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนหลักก็คือ

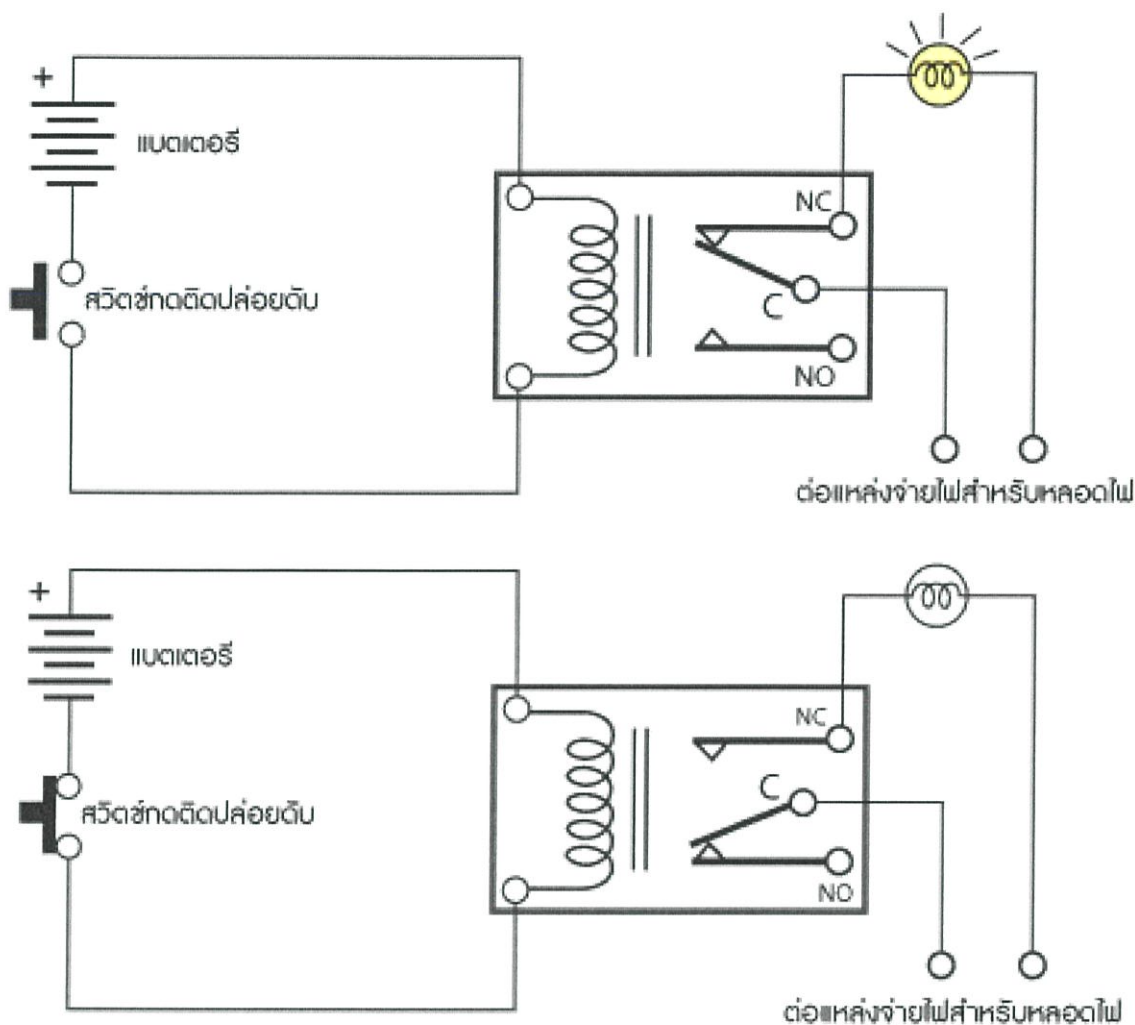
1. ส่วนของขดลวด (coil) เหนียวนำกระแสต่ำ ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แกนโลหะไปกระตุ้นให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนียวนี้ เมื่อขดลวดได้รับแรงดัน (ค่าแรงดันที่รีเลย์ต้องการขึ้นกับชนิดและรุ่นตามที่คุณผลิตกำหนด) จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้แกนโลหะด้านในไปกระตุ้นให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน
2. ส่วนของหน้าสัมผัส (contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่เราต้องการนั่นเอง

จุดต่อใช้งานมาตรฐาน ประกอบด้วย

จุดต่อ NC ย่อมาจาก normal close หมายความว่าปกติปิด หรือ หากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนียวหน้าสัมผัสจะติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลาเช่น

จุดต่อ NO ย่อมาจาก normal open หมายความว่าปกติเปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนียวหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิดปิดเช่นโคมไฟสนามหนือหน้าบ้าน

จุดต่อ C ย่อมาจาก common คือจุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ



รูปที่ 2.17 การทำงานของ Relay

ข้อคำนึงในการใช้งานรีเลย์ทั่วไป

1. แรงดันใช้งาน หรือแรงดันที่ทำให้รีเลย์ทำงานได้ หากเราดูที่ตัวรีเลย์จะระบุค่าแรงดันใช้งานไว้ (หากใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนมากจะใช้แรงดันกระแสตรงในการใช้งาน) เช่น 12VDC คือต้องใช้แรงดันที่ 12 VDC เท่านั้นหากใช้มากกว่านี้ ขดลวดภายใน ตัวรีเลย์อาจจะขาดได้ หรือหากใช้แรงดันต่ำกว่ามาก รีเลย์จะไม่ทำงาน ส่วนในการต่อวงจรนั้นสามารถต่อขั้วใดก็ได้ครับ เพราะตัวรีเลย์ จะไม่ระบุขั้วต่อไว้ (นอกจากชนิดพิเศษ)

2. การใช้งานกระแสผ่านหน้าสัมผัส ซึ่งที่ตัวรีเลย์จะระบุไว้ เช่น 10A 220AC คือหน้าสัมผัสของรีเลย์นั้นสามารถทนกระแสได้ 10 แอมแปร์ที่ 220VAC ครับ แต่การใช้ก็ควรจะใช้งานที่ระดับกระแสต่ำกว่านี้จะเป็นการดีกว่าครับ เพราะถ้ากระแสมากหน้าสัมผัส ของรีเลย์จะละลายเสียหายได้

3. จำนวนหน้าสัมผัสการใช้งาน ควรคว่ำรีเลย์นั้นมีหน้าสัมผัสให้ใช้งานกี่อัน และมีขั้วคอมมอนด้วยหรือไม่

2.10.1 ชนิดของรีเลย์

รีเลย์ที่นิยมใช้งานและรู้จักกันแพร่หลาย 4 ชนิด

1. อาร์เมเจอร์รีเลย์ (Armature Relay)
2. รีดรีเลย์ (Reed Relay)
3. รีดสวิตช์ (Reed Switch)
4. โซลิดสเตตรีเลย์ (Solid-State Relay)

2.10.2 ประเภทของรีเลย์

เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีหลักการทำงานคล้ายกับ ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโซลินอยด์ (solenoid) รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจร ไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. รีเลย์กำลัง (power relay) หรือมักเรียกกันว่าคอนแทกเตอร์ (Contactor or Magneticcontactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา
2. รีเลย์ควบคุม (control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุม บางทีเรียกกันง่าย ๆ ว่า "รีเลย์"]

การแบ่งชนิดของรีเลย์สามารถแบ่งได้ 11 แบบ คือ

ชนิดของรีเลย์แบ่งตามลักษณะของคอยล์ หรือ แบ่งตามลักษณะการใช้งาน (Application) ได้แก่รีเลย์ดังต่อไปนี้

1. รีเลย์กระแส (Current relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยใช้กระแสมีทั้งชนิดกระแสขาด (Under-current) และกระแสเกิน (Over current)
2. รีเลย์แรงดัน (Voltage relay) คือ รีเลย์ ที่ทำงานโดยใช้แรงดันมีทั้งชนิดแรงดันขาด (Under-voltage) และ แรงดันเกิน (Over voltage)
3. รีเลย์ช่วย (Auxiliary relay) คือ รีเลย์ที่เวลาใช้งานจะต้องประกอบเข้ากับรีเลย์ชนิดอื่น จึงจะทำงานได้
4. รีเลย์กำลัง (Power relay) คือ รีเลย์ที่รวมเอาคุณสมบัติของรีเลย์กระแส และรีเลย์แรงดันเข้าด้วยกัน
5. รีเลย์เวลา (Time relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยมีเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 4 แบบ คือ
- 5.1 รีเลย์กระแสเกินชนิดเวลาผกผันกับกระแส (Inverse time over current relay) คือ รีเลย์ ที่มี

เวลาทำงานเป็นส่วนกลับกับกระแส

5.2 รีเลย์กระแสเกินชนิดทำงานทันที (Instantaneous over current relay) คือรีเลย์ที่ทำงานทันทีทันใดเมื่อมีกระแสไหลผ่านเกินกว่าที่กำหนดที่ตั้งไว้

5.3 รีเลย์แบบดีฟิไนต์ไทม์แล็ก (Definite time lag relay) คือ รีเลย์ ที่มีเวลาการทำงานไม่ขึ้นอยู่กับความมายน้อยของกระแสหรือค่าไฟฟ้าอื่นๆ ที่ทำให้เกิดงานขึ้น

5.4 รีเลย์แบบอินเวอร์สดีฟิไนต์ไทม์แล็ก (Inverse definite time lag relay) คือ รีเลย์ ที่ทำงานโดยรวมเอาคุณสมบัติของเวลาผกผันกับกระแส (Inverse time) และ แบบดีฟิไนต์ไทม์แล็ก (Definite time lag relay) เข้าด้วยกัน

6.รีเลย์กระแสต่าง (Differential relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยอาศัยผลต่างของกระแส

7.รีเลย์มีทิศทาง (Directional relay) คือรีเลย์ที่ทำงานเมื่อมีกระแสไหลทิศทาง มีแบบรีเลย์กำลังมีทิศทาง (Directional power relay) และรีเลย์กระแสมีทิศทาง (Directional current relay)

8.รีเลย์ระยะทาง (Distance relay) คือ รีเลย์ระยะทางมีแบบต่างๆ ดังนี้

- รีแอคแตนซ์รีเลย์ (Reactance relay)
- อิมพีแดนซ์รีเลย์ (Impedance relay)
- โมห์รีเลย์ (Mho relay)
- โอห์มรีเลย์ (Ohm relay)
- โพลาริซโมห์รีเลย์ (Polarized mho relay)
- ออฟเซตโมห์รีเลย์ (Off set mho relay)

9.รีเลย์อุณหภูมิ (Temperature relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้

10.รีเลย์ความถี่ (Frequency relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานเมื่อความถี่ของระบบต่ำกว่าหรือมากกว่าที่ตั้งไว้

11.บุคโฮลซ์รีเลย์ (Buchholz 's relay) คือรีเลย์ที่ทำงานด้วยก๊าซ ใช้กับหม้อแปลงที่แช่อยู่ในน้ำมัน เมื่อเกิด ฟอลต์ ขึ้นภายในหม้อแปลง จะทำให้น้ำมันแตกตัวและเกิดก๊าซขึ้นภายในไปดันหน้าสัมผัส ให้รีเลย์ทำงาน

2.10.3ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับรีเลย์

1.1 หน้าที่ของรีเลย์ คือ เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ตรวจสอบสภาพการณ์ของทุกส่วนในระบบกำลังไฟฟ้าอยู่ตลอดเวลาหากระบบมีการทำงานที่ผิดปกติ รีเลย์จะเป็นตัวสั่งการให้ตัดส่วนที่ลัดวงจรหรือส่วนที่ทำงานผิดปกติ ออกจากระบบทันทีโดยเซอร์กิตเบรกเกอร์จะเป็นตัวที่ตัดส่วนที่เกิดฟอลต์ออกจากระบบจริงๆ

1.2 ประโยชน์ของรีเลย์

- ทำให้ระบบส่งกำลังมีเสถียรภาพ (Stability) สูงโดยรีเลย์จะตัดวงจรเฉพาะส่วนที่เกิดผิดปกติออกเท่านั้น ซึ่งจะเป็นการลดความเสียหายให้แก่ระบบน้อยที่สุด

- ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมส่วนที่เกิดผิดปกติ
- ลดความเสียหายไม่เกิดลุกลามไปยังอุปกรณ์อื่นๆ
- ทำให้ระบบไฟฟ้าไม่ดับทั้งระบบเมื่อเกิดฟอลต์ขึ้นในระบบ

1.3 คุณสมบัติที่ดีของรีเลย์

- ต้องมีความไว (Sensitivity) คือมีความสามารถในการตรวจพบสิ่งที่ผิดปกติเพียงเล็กน้อยได้
- มีความเร็วในการทำงาน (Speed) คือความสามารถทำงานได้รวดเร็วทันใจ ไม่ทำให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์และไม่กระทบกระเทือนต่อระบบ โดยทั่วไปแล้วเวลาที่ใช้ในการตัดวงจรจะขึ้นอยู่กับระดับของแรงดันของระบบด้วย

ระบบ 6-10 เควี จะต้องตัดวงจรภายในเวลา 1.5-3.0 วินาที

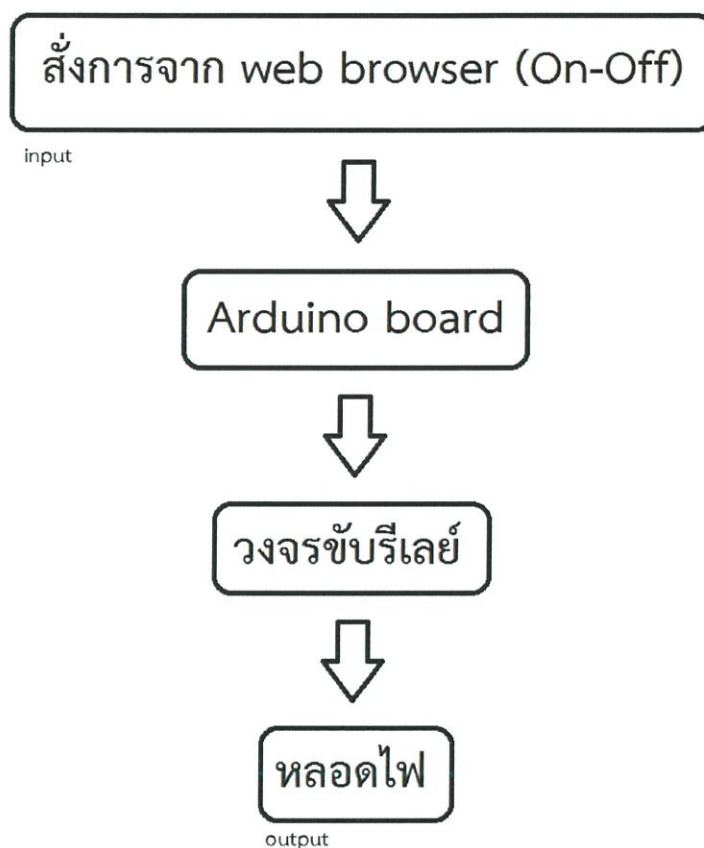
ระบบ 100-220 เควี จะต้องตัดวงจรภายในเวลา 0.15-0.3 วินาที

ระบบ 300-500 เควี จะต้องตัดวงจรภายในเวลา 0.1-0.12 วินาที

บทที่ 3

การออกแบบ

3.1 การออกแบบระบบ

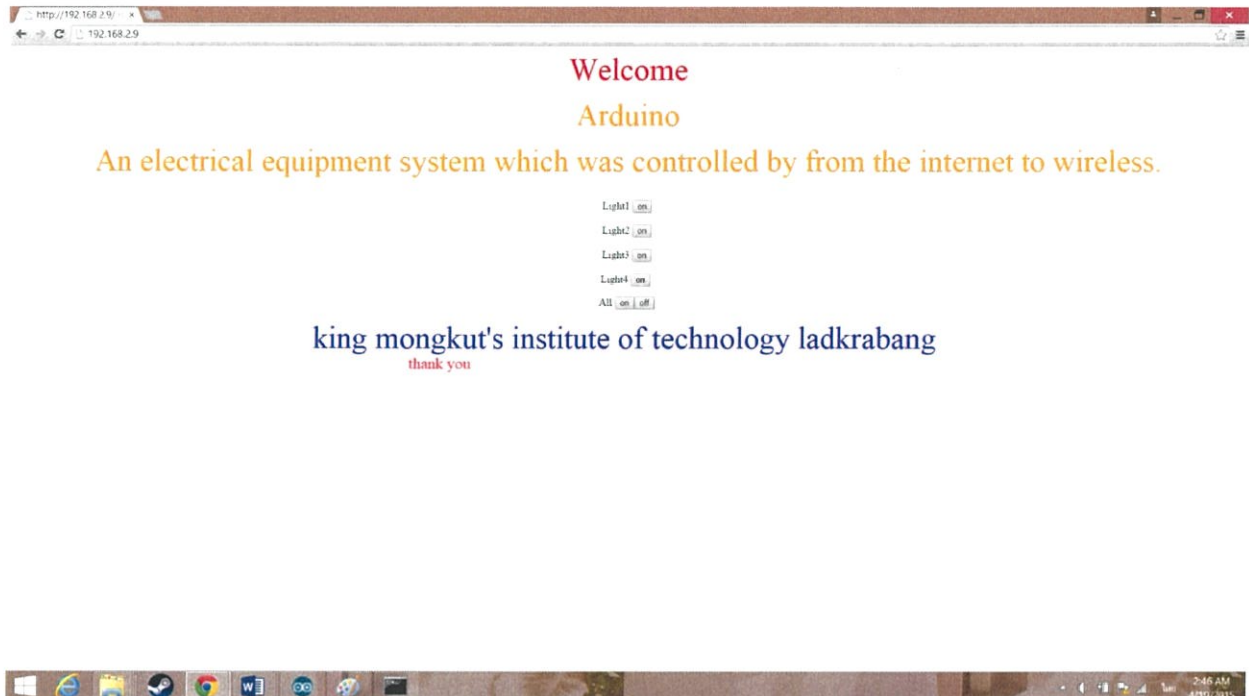


รูปที่ 3.1 การทำงานของระบบ

เมื่อมีการสั่งการเปิด-ปิดจาก web browser จะทำให้ arduino board ทำงาน เมื่อมีการสั่ง On(เปิด) arduino board จะจ่ายแรงดันไฟฟ้าประมาณ 5VDC ให้กับวงจรขั้วรีเลย์ จากนั้นวงจรขั้วรีเลย์จะทำการสวิตช์ให้หลอดไฟติด ในทำนองเดียวกัน เมื่อมีการสั่ง Off(ปิด) arduino board จะไม่จ่ายแรงดันไฟฟ้าทำให้วงจรขั้วรีเลย์ ไม่ทำงานเป็นผลให้หลอดไฟดับ

3.2 สร้าง client

3.2.1เขียนโปรแกรมลงใน arduino board (ภาคผนวก ก) ทำให้ arduino board เป็น sever ที่มี IP address (http://192.168.2.9)เพื่อที่จะให้ติดต่อสื่อสารได้ทาง web browser



รูปที่ 3.2 Web Browser

3.2.2 ฟังก์ชันการทำงาน

Light 1 On - Off

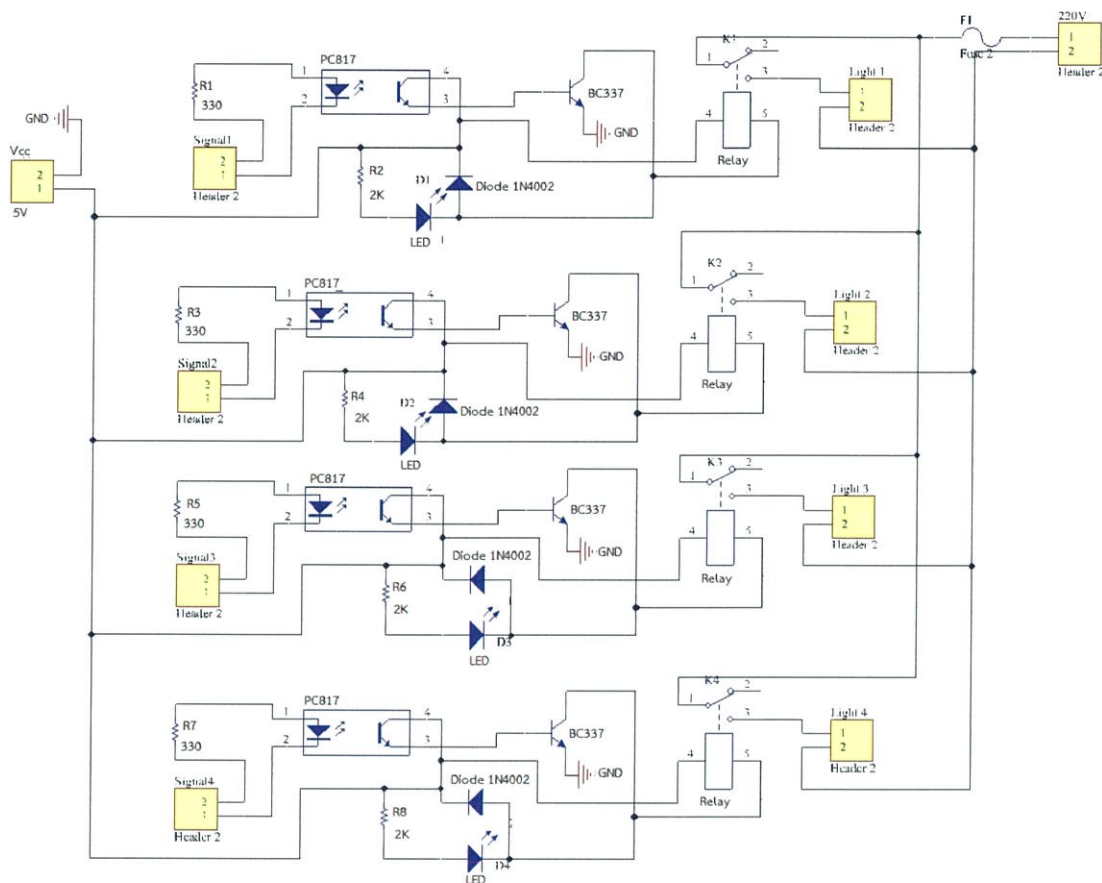
Light 1 On - Off

Light 1 On - Off

Light 1 On - Off

All On - Off

3.3 การออกแบบวงจรขับรีเลย์



รูปที่ 3.3 วงจรขับ Relay

เมื่อได้รับสัญญาณจาก arduino board ผ่าน optoisolator จะมีการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นแสงแล้วเปลี่ยนกลับเป็นสัญญาณไฟฟ้าตามเดิม เพื่อป้องกันการรบกวนกันทางไฟฟ้า จากนั้นใช้ทรานซิสเตอร์เพื่อขยายสัญญาณเพื่อเป็นการสวิตซ์รีเลย์ให้ทำงานด้วยแรงดันไฟฟ้า 220V นอกจากนี้ยังมีการแสดงผลด้วย LED ถ้าได้รับสัญญาณ

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 วิธีการทดลอง

4.1.1 ตั้งค่า Tenda Portable Router W150M+ ให้เชื่อมต่อกับ Access Point ที่เราต้องการ

4.1.2 ตั้งค่า IP Address ของ Ethernet Shield W5100 (<http://192.168.2.9>)

4.1.3 เมื่อเชื่อมต่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว เปิด Web Browser ขึ้นมา พิมพ์ IP Address ลงไป แล้ว Enter

4.1.4 จากนั้นจะพบ ฟังก์ชันการทำงานของระบบ

4.2 ผลการทดลอง

ตารางที่ 1 แสดงผลการทำงานของระบบ

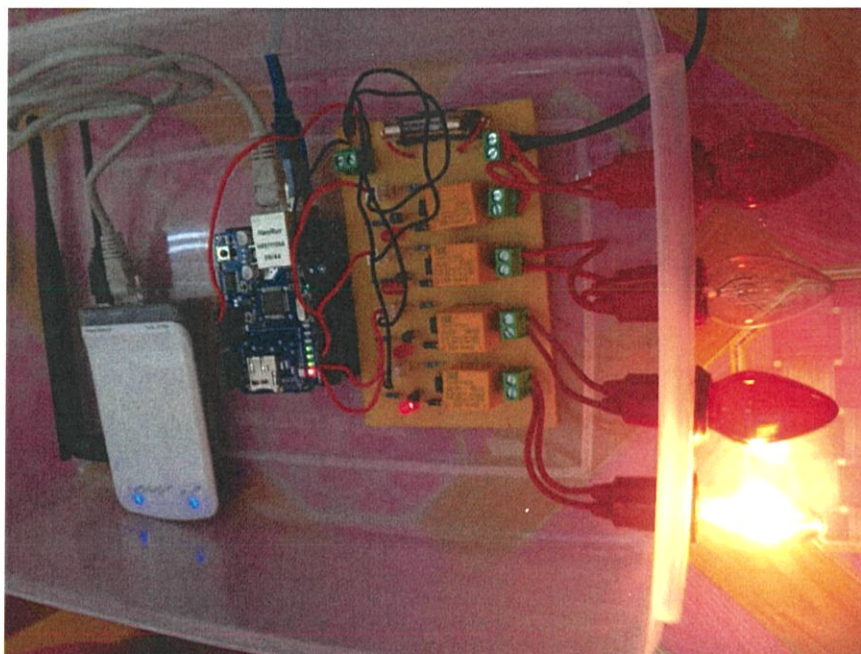
Statement from the web browser	แรงดันขาออก ที่ได้จาก Ethernet Shield	LED	วงจรขับรีเลย์ 228VAC
Light 1 - On (I/O 2)	มีแรงดันขาออก 4.70VDC	ติด	ทำงาน 228VAC
Light 2 - On (I/O 3)	มีแรงดันขาออก 4.70VDC	ติด	ทำงาน 227VAC
Light 3 - On (I/O 4)	มีแรงดันขาออก 4.69VDC	ติด	ทำงาน 227VAC
Light 4 - On (I/O 9)	มีแรงดันขาออก 4.66VDC	ติด	ทำงาน 227VAC
All - On	มีแรงดันขาออก ทั้ง 4 พอร์ต	ติด	ทำงาน ทั้ง 4 พอร์ต

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดลองการสั่งการ

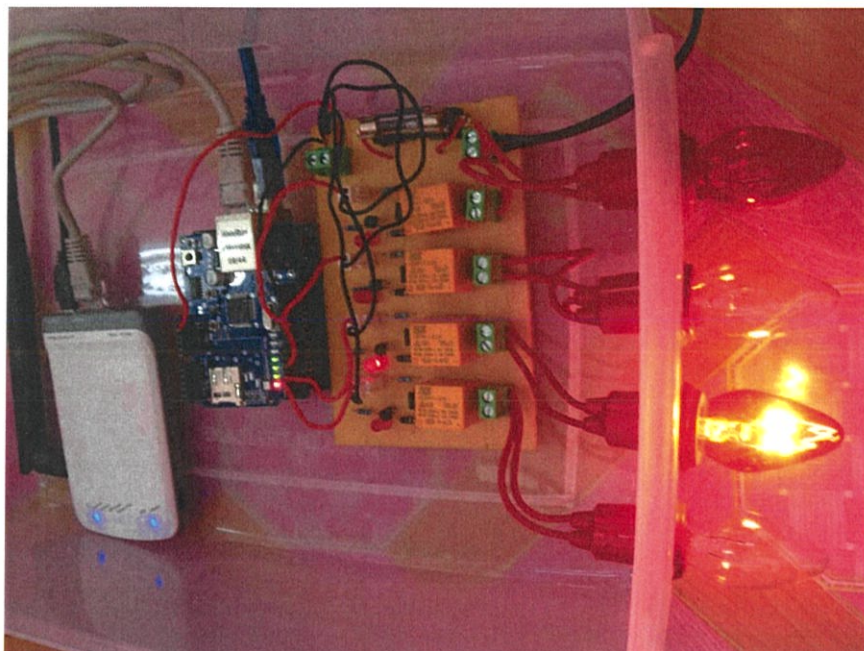
Statement from the web browser	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
Light 1 - On (I/O 2)	✓	✓	✓	✓	✓
Light 1 - On (I/O 3)	✓	✓	✓	✓	✓
Light 1 - On (I/O 4)	✓	✓	✓	✓	✓
Light 1 - On (I/O 9)	✓	✓	✓	✓	✓
All - On	✓	✓	✓	✓	✓
Light 1 - Off (I/O 2)	✗	✗	✗	✗	✗
Light 1 - Off (I/O 3)	✗	✗	✗	✗	✗
Light 1 - Off (I/O 4)	✗	✗	✗	✗	✗
Light 1 - Off (I/O 9)	✗	✗	✗	✗	✗
All - Off	✗	✗	✗	✗	✗

* เครื่องหมาย ✓ ไฟติด

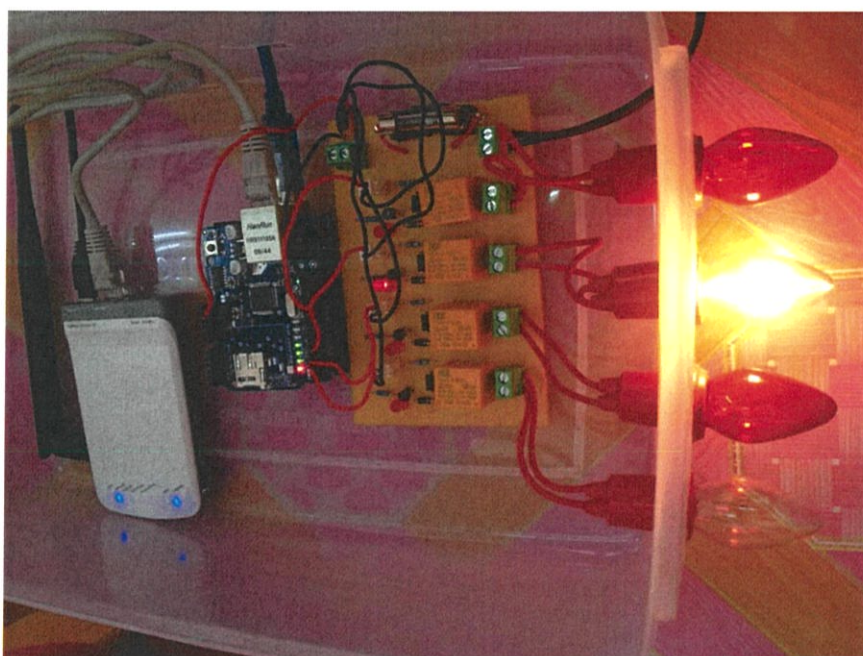
* เครื่องหมาย ✗ ไฟดับ



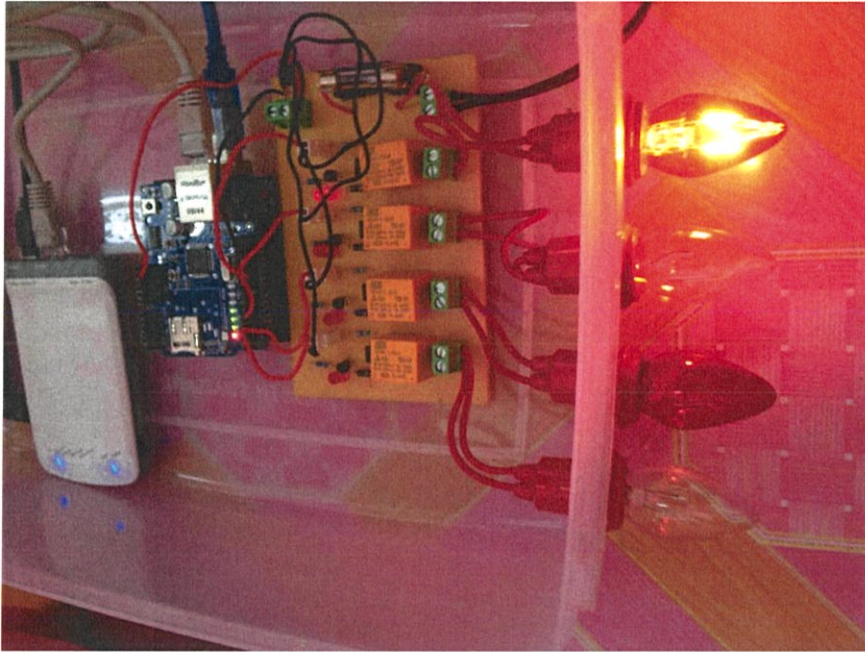
รูปที่ 4.1 ผลการทดลอง Relay Port 1 Output 228VAC



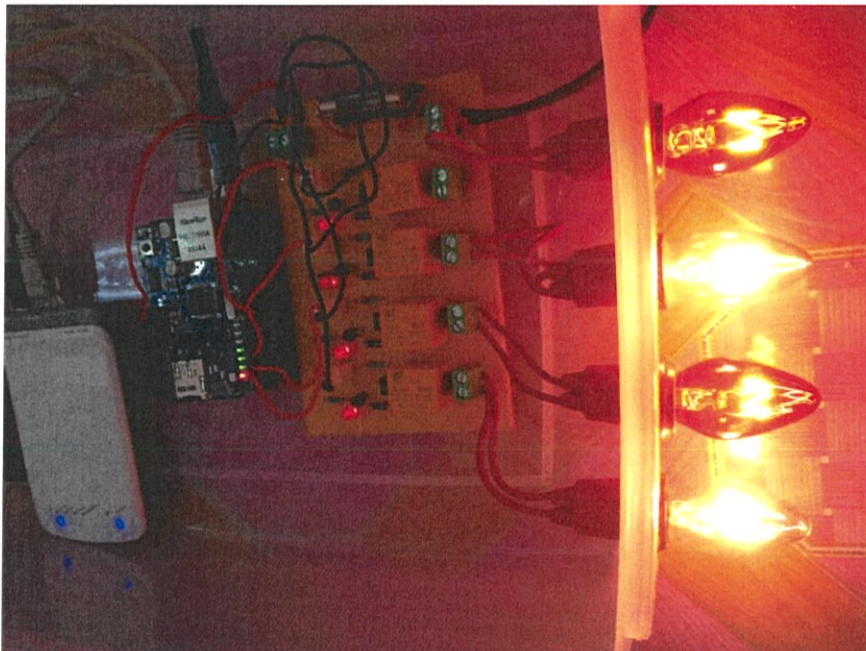
รูปที่ 4.2 ผลการทดลอง Relay Port 2 Output 227VAC



รูปที่ 4.3 ผลการทดลอง Relay Port 3 Output 227VAC



รูปที่ 4.4 ผลการทดลอง Relay Port 4 Output 227VAC



รูปที่ 4.5 ผลการทดลอง Relay ทั้ง 4 Port

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองในบทที่ 4 แสดงให้เห็นว่า ระบบทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ โดยเมื่อมีการสั่งการ “On” จาก Web Browser (IP Address <http://192.168.2.9>) และ Arduino Board ทำงาน และมีแรงดันขาออกที่ขา 2, 3, 4 และ 9 มีค่าเท่ากับ 4.70VDC, 4.70VDC, 4.69VDC และ 4.66VDC ตามลำดับ จากนั้นทำให้วงจรขั้วรีเลย์ 228VAC ทำงาน โดยมีแรงดันไฟฟ้าขาออกจากพอร์ตที่ 1, 2, 3 และ 4 คือ 228VAC, 227VAC, 227VAC และ 227VAC ตามลำดับ

จากตารางที่ 5.2 แสดงให้เห็นว่าระบบควบคุมไฟฟ้าผ่านระบบอินเทอร์เน็ตสามารถทำงานได้จากการทดลอง เปิด-ปิด จาก Web Browser ทั้งหมด 5 ครั้ง ผลที่ได้คือ สามารถทำงานได้ 100 เปอร์เซ็นต์

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

- การตั้งค่าการเชื่อมต่อ Wireless อินเทอร์เน็ต กับ Tenda Portable Router W150M+ ต้องใช้เวลานาน เพราะบางครั้ง Tenda Portable Router W150M+ ไม่สามารถ Scan Access Point ที่ต้องการเชื่อมต่อเจอได้
- บางครั้งการสั่งการผ่าน Web browser สั่งการไม่ได้ เนื่องจากสัญญาณอินเทอร์เน็ตขัดข้อง
- มีความรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมน้อยเกินไป ทำให้ฟังก์ชันการทำงานของ Arduino Board ทำได้แค่ เปิด – ปิด

5.3 ข้อเสนอแนะ

- ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมให้มากกว่าเดิม เพื่อจะนำไปพัฒนาระบบต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] เอกชัย มะการ. (2552). เรียนรู้เข้าใจใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ด้วย Arduino. รู้จักกับ Arduino (หน้า 1-33). นนทบุรี: อีทีที.
- [2] สุธี พงศาสกุลชัย. (2553). การโปรแกรมภาษา C++. ใน กิตติ ภัคดีวัฒนกุล (บรรณาธิการ), ตัวแปลและชนิด ข้อมูล (หน้า 19-34). กรุงเทพฯ: เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์.
- [3] Yusuf Abdullahi Badamasi. The Working Principle Of An Arduino. Nigerian Turkish Nile University Abuja, Nigeria

ภาคผนวก

รายละเอียดโปรแกรม

```

#include <Ethernet.h>                                     //เป็นการประกาศไลบรารี
                                                         Ethernet
#include <SPI.h>                                         //เป็นการประกาศไลบรารี SPI
                                                         //ต่อไปเป็นการ SET ค่า IP
                                                         ต่างๆ
byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };    // การควบคุมการเข้าถึงสื่อ
byte ip[] = { 192, 168, 1, 211 };                      //IP สำหรับไว้เข้า Web
                                                         Browser
                                                         [*ไม่ซ้ำกับ IP ที่มีอยู่ในวง Lan
                                                         เดียวกัน]

byte gateway[] = { 192, 168, 1, 1 };
byte subnet[] = { 255, 255, 255, 0 };

String inString = String(35);   //String(ลำดับของอักขระจำนวนเต็ม) ที่ถูกเก็บไว้ใน inString
                                สำหรับ

String Led;                    //กำหนด สตริง LED
                                //กำหนด Pin ที่จะนำไปใช้
                                งาน
int led[] = {00, 2, 3, 4, 9};  //Pin 0 ในอาร์เรย์จะไม่ได้ใช้
int numofleds = 4;            //ประกาศ numofleds ไว้
                                จัดเก็บจำนวนข้อมูล [4]
String value[] = {"on","on","on","on","on"};          //start LED ทั้งหมดจะถูกปิด

EthernetServer server(80);    // เริ่มต้นติดต่อ Port 80
String data;                  // เก็บข้อมูล
void setup()                  // Set ค่าต่างๆ
{

```

```

Serial.begin(9600); //เปิด Serial บรอดเรท 9600
                    bps
Ethernet.begin(mac, ip,gateway,subnet); //เริ่มต้นอุปกรณ์อินเทอร์เน็ต
server.begin(); // ประกาศเริ่มต้น server

for (int j = 1; j < (numofleds + 1); j++){

    pinMode(led[j], OUTPUT); //set pin mode
}
Serial.println("Serial READY");
Serial.println("Ethernet READY");
Serial.println("Server READY");
}

void loop() // เข้าสู่
{
    EthernetClient client = server.available(); //สร้างโคลเอนที่สามารถเชื่อมต่อไปยัง
                                                ที่อยู่ที่ระบุอินเทอร์เน็ต IP และพอร์ต
                                                ในบิตที่กำหนดไว้

    if(client){ // คำขอ http จบลงด้วย
        บรรทัดว่าง
        360olean current_line_is_blank = true;
        while (client.connected()) { // ขณะที่มีการเชื่อมต่อ client

            if(client.available()) { //ส่งกลับจำนวนของไบต์ที่มี
                                    อยู่สำหรับการอ่าน
                                    char c = client.read(); //อ่านไบต์ถัดไป (หรือตัวอักษร) ที่ได้รับจาก
                                    เซิร์ฟเวอร์ client
                                    // ถ้าเราเคยไปท้ายบรรทัด (ที่ได้รับตัวอักษร
                                    บรรทัดใหม่) บรรทัดว่างเปล่าคำขอ http ได้
                                    ลื่นสุดลง เพื่อให้เราสามารถส่งข้อมูลตอบกลับ

```

```

if (inString.length() < 35) {           //ถ้า inString มีคุณสมบัติความยาวระบุจำนวนโดย
                                        ฟังชั่น
    inString.concat();                 // เรียงต่อกัน
}

if (c == '\n' && current_line_is_blank) {           // ส่งหัวข้อความตอบสนอง
                                                    http มาตรฐาน

    client.println("HTTP/1.1 200 OK");
    client.println("Content-Type: text/html");
    client.println();
    client.println("<html><body><form method=get>");
    client.println("<center><font color=red
size=20>Welcome</font></marquee>");
    client.println("<center><p><font color=orange
size=10>Arduino</font></p></center>");
    client.println("<center><p><font color=orange size=10>An electrical
equipment system which was controlled by from the internet to
wireless.</font></p></center>");

for(int i=1;i < (numofleds + 1);i++){
    Led = String("Light") + i;
    if(inString.indexOf(Led+"=on")>0 || inString.indexOf("all=on")>0){
        Serial.println(Led+"on");
        digitalWrite(led[i], HIGH);
        value[i] = "off";
    }
    else if(inString.indexOf(Led+"=off")>0 || inString.indexOf("all=off")>0 ){
        Serial.println(Led+"on");
        digitalWrite(led[i], LOW);
        value[i] = "on";
    }
}

```

```

        client.println("<center><br/>" + Led + " <input type=submit name=" + Led + "
value=" + value[i] + ">");
    }
    client.println("<br/><p>All <input type=submit name=all value=on><input
type=submit name=all value=off></p>");
    client.println("<marquee behavior=alternate><font color=blue size=10>king
mongkut's institute of technology ladkrabang</font></marquee>");
    client.println("<marquee behavior=alternate><marquee width=150><font
color=red size=5>thank you</font></marquee></marquee>");
    client.println("</from></html></body>");

    break;
}

if (c == '\n') {
    current_line_is_blank = true;
} else if (c != '\r') {
    current_line_is_blank = false;
}
}
}

delay(1);
inString = "";
client.stop();
}
}

```

// จบส่วนของบอร์ด รูปแบบ
// หน้าเว็บ
// เริ่มต้นบรรทัดใหม่
// ตัวอักษรในบรรทัดปัจจุบัน
// ให้เวลาเว็บเบราว์เซอร์ที่
// ได้รับข้อมูล
// เวลา
// หยุดการเชื่อมต่อ client
//end code