



Final Project
Universal IR Remote

นายราชศักดิ์	รักษำเนิด	57070501075
นายปองพล	คำปัน	57070501023

วิชา Embedded Systems Design CPE 363

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ชื่อโครงงาน : Universal IR Remote
 ชื่อผู้จัดทำโครงงาน : นายปองพล คำปัน
 นายราชศักดิ์ รักษ์กำเนิด
 อาจารย์ที่ปรึกษา : นายไกรกร เศรษฐไกรกุล
 นายธกร ตั้งมั่นคง

คณะวิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

มหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีสาร์บัญ

บทคัดย่อ

ปัจจุบันทุกบ้านล้วนแต่มีเครื่องใช้ไฟฟ้า ที่คอยอำนวยความสะดวกสบายให้แก่ผู้ใช้งาน โดยส่วนใหญ่ล้วนแล้วแต่ใช้รีโมทควบคุมการทำงาน โดยการที่จะสั่งการทำงานจากรีโมทนั้นจะทำการส่งชุดข้อมูลที่ประกอบไปด้วยคำสั่งฐานสิบหก (hex command) และรูปแบบรหัส ผ่านสัญญาณอินฟราเรด รีโมททุกๆเครื่องนั้นจะมีรูปแบบสัญญาณอินฟราเรดที่ส่งออกนั้นต่างกัน ทำให้เกิดคำสั่งควบคุมที่ต่างกัน รวมไปถึงรูปแบบของการถอดรหัสที่แต่ละผู้ผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้ามียุคแบบเฉพาะที่ไม่เหมือนกัน หากเรารู้ถึงคำสั่งฐานสิบหกและรูปแบบรหัสอุปกรณ์นั้นๆ เราสามารถเลียนแบบสร้างสัญญาณอินฟราเรดเพื่อสั่งให้อุปกรณ์เหล่านั้นทำงานได้ Universal IR Remote จะเป็นอุปกรณ์ที่ทำการรวบรวมคำสั่งฐานสิบหกและรูปแบบของการถอดรหัสแต่ละอุปกรณ์ไว้และทำการสร้างสัญญาณอินฟราเรดของชุดข้อมูลเหล่านั้นเพื่อควบคุมอุปกรณ์ ทำให้มีสะดวกยิ่งขึ้น อีกทั้งยังเพื่อให้ผู้ศึกษาเข้าใจถึงการทำงานของส่วนต่างๆ ในวงจรทั้งการทำงานของ ESP8266, ATmega8 และ LED เพื่อประโยชน์ต่อการนำไปศึกษาต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ : คำสั่งฐานสิบหก, รูปแบบของรหัส, สัญญาณอินฟราเรด, ควบคุม

กิตติกรรมประกาศ

โครงการ Universal IR Remote ได้รับความช่วยเหลืออย่างสูงจากอาจารย์ไกรกร เศรษฐไกรกุลและอาจารย์ธกร ตั้งมันคงอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่กรุณาสละเวลาช่วยให้คำปรึกษาแนะนำ และตรวจสอบ แก้ไข ข้อบกพร่องทุกขั้นตอนของการจัดทำโครงการ เพื่อพัฒนาปรับปรุงโครงการให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ตลอดจนคอยติดตามเอาใจใส่ความคืบหน้าของโครงการนี้อยู่เสมอ จึงทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ Hardware House ที่สนับสนุนให้ยืมอุปกรณ์ จนโครงการนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณอาจารย์ เพื่อนในชั้นเรียน และคณะผู้จัดทำโครงการที่คอยเป็นกำลังใจให้ให้ความช่วยเหลือให้คำปรึกษา

คณะผู้จัดทำโครงการ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค-ง
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	1
1.4 แผนการดำเนินงาน	1
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	
2.1 อินฟราเรด	2
2.2 AVR Microcontroller	2
2.3 รีโมตคอนโทรล	3
2.4 Embedded System	3
บทที่ 3 การออกแบบวงจร	4-6
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้	4
3.2 Diagram การทำงาน Universal IR Remote	4
3.3 Flow Chart แสดงการทำงานของ Universal IR Remote	4-5
3.4 คำสั่งติดต่อการทำงานระหว่าง โทรศัพท์มือถือ และ ESP8266 (Request & Response)	6
บทที่ 4 ผลการทดลอง	7-9
4.1 Schematic Universal IR Remote	7
4.2 ลำดับการทำงาน	7-9
บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผลการทดลอง	10
5.1 อภิปรายผลการทดลอง	10
5.2 สรุปผลการทดลอง	10
5.3 ข้อเสนอแนะ	10

บรรณานุกรม	10
ภาคผนวก	11

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

เนื่องจากในปัจจุบันการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า อุปกรณ์ภายในบ้านถูกควบคุมผ่านรีโมทคอนโทรลที่มีสัญญาณอินฟราเรดเป็นตัวส่งรหัสคำสั่ง เมื่อเรามีเครื่องใช้ไฟฟ้า อุปกรณ์มากขึ้น รีโมทจะต้องมีมากขึ้นตาม คณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่ว่ารีโมทหนึ่งอันสามารถควบคุมอุปกรณ์ได้ทุกอย่าง และรีโมทนั้นไม่จำเป็นต้องรีโมทเสมอไป เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งาน คณะผู้จัดทำจึงได้เลือกใช้อุปกรณ์โทรศัพท์มือถือที่ทุกคนมีติดตัว ทำเป็นรีโมทควบคุมแทน จึงเกิดเป็น universal IR remote โดยได้นำความรู้ในวิชา CPE 363 Embedded System Design มาเป็นพื้นฐานในการทำโครงงาน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

- 1.เพื่อศึกษาและสร้าง IR Remote ที่สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้หลายชนิด

1.3 ขอบเขตการศึกษา

สร้าง Remote ควบคุมบนโทรศัพท์มือถือ ที่ส่งชุดคำสั่งผ่าน TCP/UDP ไปยัง ESP8266 ที่เชื่อมต่อในเครือข่ายเดียวกัน และ ESP8266 ส่งคำสั่งการทำงานไปที่ ATmega8 เพื่อให้ ir led ส่งสัญญาณอินฟราเรดตามคำสั่งที่ได้รับให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า

1.4 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	เดือน / ปี 2559			
	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน
วางแผนงาน	←→			
ปรึกษาอาจารย์		←→		
ศึกษาการทำงานของ IR Remote		←→		
สร้างผลงาน			←→	
ปรับปรุงแก้ไข			←→	
เขียนรายงาน				←→

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สร้าง universal IR remote ที่ใช้งานได้จริง
2. ความรู้จากการใช้งาน ESP8266, ATmega8, TCP/UDP protocol นำไปต่อยอดกับงานในอนาคต

บทที่ 2 เอกสารและโครงการที่เกี่ยวข้อง

2.1 อินฟราเรด

รังสีอินฟราเรด (Infrared (IR)) มีชื่อเรียกอีกชื่อว่า รังสีใต้แดง หรือรังสีความร้อน เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่างคลื่นวิทยุและแสงมีความถี่ในช่วง 1011 – 1014 เฮิรตซ์ มีความถี่ในช่วงเดียวกับไมโครเวฟ มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่างแสงสีแดงกับคลื่นวิทยุสสารทุกชนิดที่มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง -200 องศาเซลเซียสถึง 4,000 องศาเซลเซียส จะปล่อยรังสีอินฟราเรดออกมา คุณสมบัติเฉพาะตัวของรังสีอินฟราเรด เช่น ไม่เบี่ยงเบนในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ที่แตกต่างกันก็คือ คุณสมบัติที่ขึ้นอยู่กับความถี่ คือยิ่งความถี่สูงมากขึ้น พลังงานก็สูงขึ้นด้วย

ในการใช้ประโยชน์ ใช้ในการควบคุมเครื่องใช้ระบบไกล (remote control) สร้างกล้องอินฟราเรดที่สามารถมองเห็นวัตถุในความมืดได้ เช่น อเมริกาสามารถใช้กล้องอินฟราเรดมองเห็นเวียดนามได้ตั้งแต่สมัยสงครามเวียดนาม และสัตว์หลายชนิดมีขนตารับรู้รังสีชนิดนี้ได้ ทำให้มองเห็นหรือล่าเหยื่อได้ในเวลากลางคืน

การประยุกต์ใช้อินฟราเรดในชีวิตประจำวัน

กล้องถ่ายรูปใช้กลางคืน และกล้องส่องทางไกลที่ใช้ในเวลากลางคืน แสดงภาพความร้อน เพิ่มความปลอดภัยเวลาขับรถในเวลากลางคืน

รีโมทคอนโทรลในเครื่องใช้ไฟฟ้าก็เป็นอินฟราเรดอีกชนิดหนึ่ง

การไล่ล่าทางทหาร มิตรไซ ที่ใช้ไล่ล่าเครื่องบินก็เป็นอินฟราเรดอีกชนิดหนึ่ง
เครื่องกำเนิดความร้อนทั่วไป เช่นเตาแก๊สอินฟราเรดในครัวเรือน เครื่องกำเนิดความร้อนในห้องชาวด่านา
แผ่นกายภาพบำบัด มีเป็นประคบร้อนอินฟราเรด ปัจจุบันเป็นวิธีการ กายภาพบำบัดที่ปลอดภัยชนิดหนึ่ง
เช่น ความร้อนอุณหภูมิต่ำมาจากอินฟราเรด สามารถซึมเข้าสู่ถึงผิวหนัง 1-1.5 นิ้ว ลดอาการปวดหัวเข่า หรือทำให้แผลเรื้อรัง โลหิตหมุนเวียนดีขึ้นจึงทำให้แผลหายเร็ว

ข้อดี

- สามารถเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ได้ง่าย
- ไม่ต้องติดตั้งสัญญาณ

ข้อเสีย

- ต้องไม่มีสิ่งใดมากีดขวางเส้นสายตาของทั้งเครื่องรับและเครื่องส่ง
- ระยะทางในการส่งข้อมูลสั้น

2.2 AVR Microcontroller

AVR Microcontroller คือ **IC Microcontroller** ของบริษัท Atmel ที่มีสถาปัตยกรรมภายในเป็นแบบ RISC (reduced instruction set computer) โดยใช้สัญญาณนาฬิกาเพียง 1 ลูกในการปฏิบัติงานใน 1 คำสั่ง ภายใน AVR โดยจะประกอบด้วยหน่วยความจำโปรแกรมภายในที่เป็นแบบแฟลช โปรแกรมข้อมูลได้แบบ In-System programmable ซึ่งการทำงานของ AVR เบอร์ต่างๆ จะมีความสามารถในการที่แตกต่างกัน เพื่อรองรับรูปแบบการทำงานของวงจรที่หลากหลาย

2.3 รีโมตคอนโทรล

รีโมตคอนโทรล (remote control) คือเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่ง ใช้สำหรับควบคุมการดำเนินการของสิ่งประดิษฐ์หรือเครื่องจักรต่างๆ โดยเฉพาะเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเช่น โทรทัศน์ เครื่องเสียง เครื่องเล่นดีวีดี จากระยะไกล โดยไม่ใช่สายไฟเป็นตัวส่งสัญญาณ แต่ใช้อินฟราเรดแทน (หรือใช้สัญญาณวิทยุแต่พบได้น้อย) ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ขนาดเล็กไม่กี่ก้อนเท่านั้น มีขนาดเหมาะสมมือ และมีปุ่มฟังก์ชันต่างๆ อยู่ครบครัน

รีโมตคอนโทรล เป็นการเรียดย่อมาจาก รีโมตคอนโทรลเลอร์ (remote controller) อีกต่อหนึ่ง และสามารถเรียดย่อลงได้อีกเหลือเพียง รีโมต (อ่านว่า รี-โหมด) ในภาษาไทยสามารถใช้คำไทยแทนได้ว่า เครื่องควบคุมระยะไกล หรือ อุปกรณ์ควบคุมระยะไกล

รีโมตคอนโทรล จะสามารถสั่งงานได้ ต้องประกอบด้วย2สิ่งนี้คือ รหัส และ ตัวส่งสัญญาณ 1.รหัส(Code) เป็นระบบสัญญาณจะนำออกได้ต้องมีตัวคลื่นพานำออกไป 2.ตัวส่งสัญญาณ(Carrier) ตัวรับสัญญาณ เพื่อถอดหรือรับรหัสที่ถูกส่งมาใช้ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ

2.4 ความหมายของ Embedded System

Embedded System คือระบบการประมวลผลที่ใช้ Chip หรือ Microcontroller ออกแบบโดยเฉพาะ ซึ่งในระบบจะมีหน่วยประมวลผลขนาดเล็กเพื่อทำหน้าที่ประมวลผลจากโปรแกรมและควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ระบบการประมวลผลนี้มีความคล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์จะจะเป็นการฝังตัวลงในอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อทำงานเฉพาะทาง

บทที่ 3 การออกแบบ Universal IR Remote

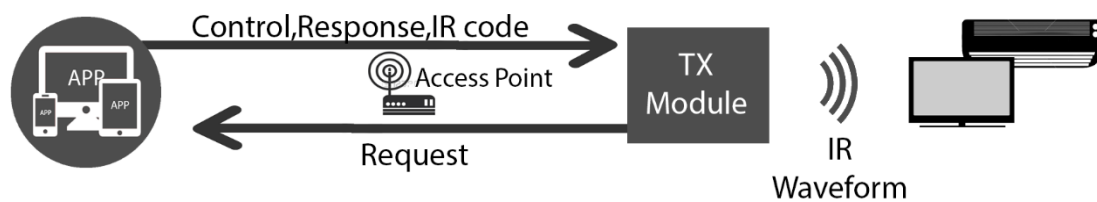
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้

1. ATmega8

2. ESP8266

3. IR LED

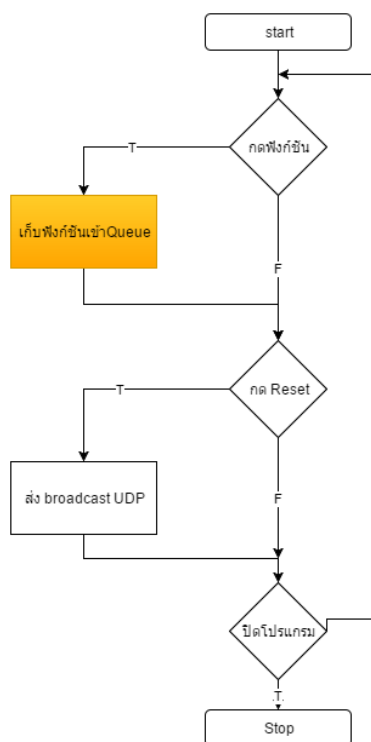
3.2 Diagram การทำงาน Universal IR Remote



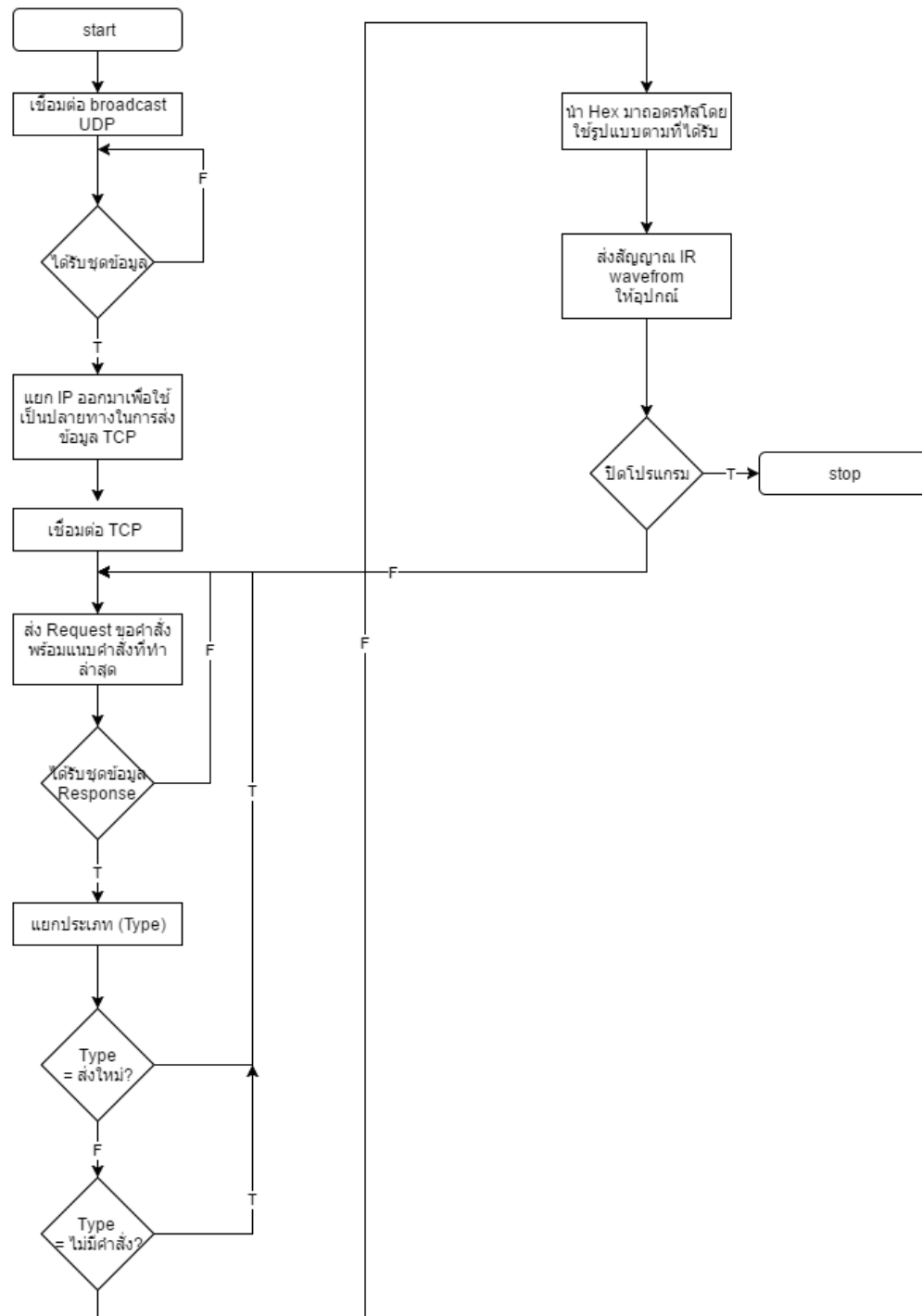
โทรศัพท์มือถือและ TX Module ติดต่อกันผ่าน Access Point

3.3 Flow Chart แสดงการทำงานของ Universal IR Remote

อุปกรณ์โทรศัพท์



TX module

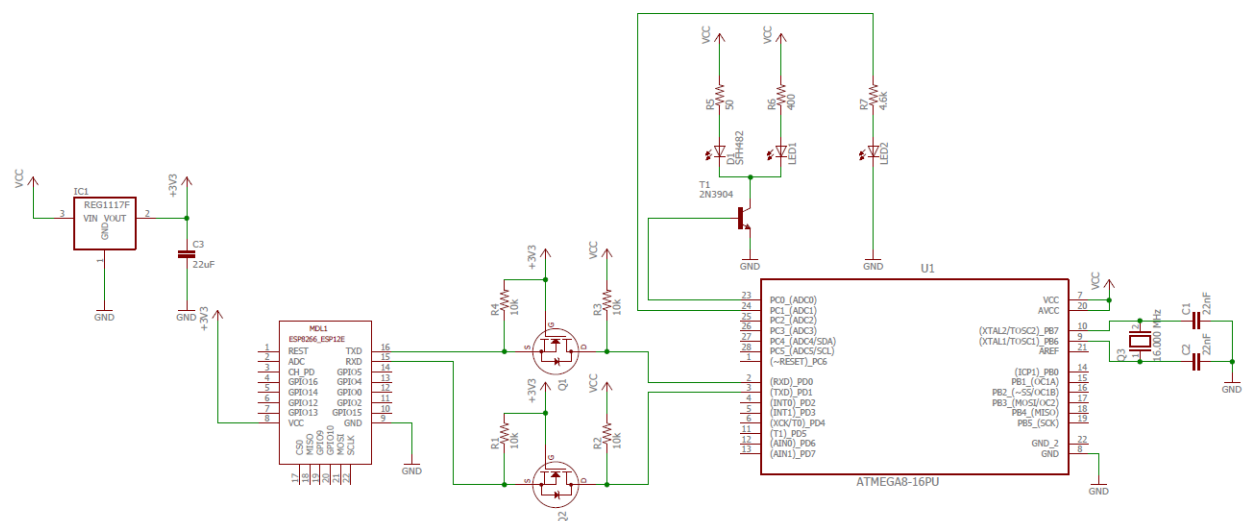


3.4 คำสั่งติดต่อการทำงานระหว่าง โทรศัพท์มือถือ และ ESP8266 (Request & Response)

รูปแบบคำสั่ง	ESP8266	โทรศัพท์มือถือ	ตัวอย่าง	การเชื่อมต่อ
\$IRCIP,<Address>*checksum	รับ ค่า Address อุปกรณ์ควบคุม	ส่ง Address ตนเอง	\$IRCIP,192.168.1.112 *47	UDP
\$IRREQ,<คำสั่งที่ทำเสร็จ ล่าสุด>*checksum	ส่ง Request	รับ Request เตรียม ส่ง Response คำสั่ง	\$IRREQ,00000*41	TCP
\$IRCMD,<มีคำสั่งเหลือ>,<ID คำสั่ง>,< รูปแบบรหัส>,<HEXคำสั่ง>,<nbits> *checksum	รับ คำสั่ง	ส่ง คำสั่ง ที่อยู่ใน Queue การทำงาน	\$IRCMD,1,00FAF,RC5 ,48260482,12*73	TCP
\$IREMP*checksum	รับ คำสั่ง	ส่งคำสั่ง เมื่อไม่มีคำสั่ง เหลืออยู่ใน Queue การทำงาน	\$IREMP*44	TCP
\$IRIVD*checksum	ส่ง คำสั่งเมื่อคำสั่งที่ รับล่าสุดไม่ถูกต้อง รับ คำสั่งเพื่อส่ง คำสั่งล่าสุด	รับ คำสั่งเพื่อส่งคำสั่ง ล่าสุด ส่ง คำสั่งเมื่อคำสั่งที่ รับล่าสุดไม่ถูกต้อง	\$IRIVD*40	TCP

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 Schematic Universal IR Remote



4.2ลำดับการทำงาน

ประกอบไปด้วย TX module(ATmega8,ESP8266,IR led) โดยที่ ESP8266 จะมีหน้าที่รับชุดคำสั่งจากโทรศัพท์มือถือผ่าน TCP/UDP protocol เมื่อรับชุดคำสั่งแล้วจะส่งไปยัง ATmega8 เพื่อทำการแยกและแปลชุดคำสั่งให้ออกมาในรูปสัญญาณบน IR led

1.การสั่งการบนโทรศัพท์มือถือ

ผู้ใช้งานสามารถกดฟังก์ชันริโมทต่างๆ ได้ เมื่อกดแล้วชุดคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับฟังก์ชันนั้นจะถูกเก็บเข้าลำดับ เพื่อเตรียมส่งไปยังเมื่อ TX module มีการ Request ผ่าน TCP protocol

2.การเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์มือถือ กับ TX module

เริ่มต้นคือการตั้งค่า ESP8266 ของ TX module ให้รับ Broadcast UDP ในเครือข่ายเดียวกัน

```
AT+RST\r\n
AT\r\n
AT+WMODE=3\r\n
AT+CWJAP="MNI_PROJECT","irproject"\r\n
AT+CIPMUX=0\r\n
AT+CIPCLOSE\r\n
AT+CIPSTART="UDP","0",0,10000,2\r\n
```

จากนั้นทำการส่งชุดคำสั่ง \$IRCIIP,<Address>*checksum จากโทรศัพท์มือถือ บน Broadcast UDP ให้ ESP8266 ของ TX module

```
+IPD,23:$IRCIIP,192.168.0.101*46
+IPD,23:$IRCIIP,192.168.0.101*46
```

เมื่อ TX module ได้รับชุดคำสั่งจะทำการ (ประมวลผล ATmega8) แยก IP ออกมาเพื่อใช้เป็นปลายทางในการส่งข้อมูล จาก ESP8266 ของ TX module ไปยังโทรศัพท์ด้วย TCP protocol

```
AT+CIPSTART="TCP","192.168.0.101",10000
CONNECT
```

3.การสื่อสารระหว่าง TX module กับ อุปกรณ์โทรศัพท์มือถือ

หลังจากที่เชื่อมต่อเรียบร้อยแล้ว TX module จะทำการส่ง Request \$IRREQ,<คำสั่งที่ทำเสร็จล่าสุด>*checksum ไปยังโทรศัพท์มือถือ จะมีการ Response กลับมา 3 กรณี

1. \$IRCMD,<มีคำสั่งเหลือ>,<ID คำสั่ง>,<รูปแบบรหัส>,<HEXคำสั่ง>,<nbits>*checksum

เมื่อมีคำสั่งอยู่ในลำดับที่ต้องทำงาน

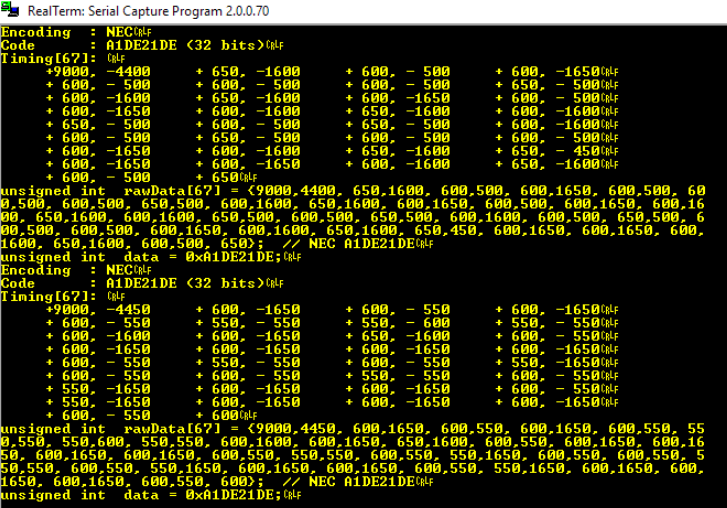
2. \$IREMP*checksum เมื่อไม่มีคำสั่งอยู่ในลำดับการทำงาน
3. \$IRIVD*checksum เมื่อ Request ที่ได้รับมีค่า checksum ที่แนบมาไม่เท่ากับที่คำนวณได้จากชุดคำสั่ง

4.การส่งสัญญาณ IR ใน TX module

หลังจากที่ได้รับชุดข้อมูลจากอุปกรณ์โทรศัพท์มือถือ ATmega8 จะทำการแยกคำสั่ง HEX,รูปแบบรหัส

```
$IRCMD,1,00FAF,RCS,48260482,12*73
|      |      |      |      |
|      |      |      |      |      --- nbits (ถ้ามีระบุใน IR Command) หรือ address กรณี panasonic
|      |      |      |      |      --- Command HEX code
|      |      |      |      |      --- protocol (3 char)
|      |      |      |      |      --- Command unique ID (5 alphanumeric)
|      |      |      |      |      --- Remaining command count (1 ยังเหลือ 0 หมดแล้ว)
```

โดยที่รูปแบบรหัสนั้นจะเป็นการบอกถึง รูปแบบของการเปิด/ปิดสัญญาณ,ระยะห่างเวลาระหว่างบิต,จำนวนบิตที่ส่ง หลังจากนั้นจึงสั่ง IR led แสดงผลตามรูปแบบที่ได้



```
RealTerm: Serial Capture Program 2.0.0.70
Encoding : NEC
Code : 01DE21DE <32 bits>
Timing[671]:
+9000, -4400 +650, -1600 +600, -500 +600, -1650
+600, -500 +600, -500 +600, -500 +650, -500
+600, -1600 +650, -1600 +600, -1650 +600, -500
+600, -1650 +600, -1600 +650, -1600 +600, -1600
+650, -500 +600, -500 +650, -500 +600, -1600
+600, -500 +650, -500 +600, -500 +600, -500
+600, -1650 +600, -1600 +650, -1600 +650, -450
+600, -1650 +600, -1650 +600, -500
unsigned int rawData[671] = {9000.4400, 650.1600, 600.500, 600.1650, 600.500, 600.500, 650.500, 600.1600, 650.1600, 600.1650, 600.500, 600.1650, 600.1600, 650.1600, 600.1600, 650.500, 600.500, 650.500, 600.1600, 600.500, 650.500, 600.500, 600.1650, 600.1600, 600.500, 650}; // NEC 01DE21DE
unsigned int data = 0x01DE21DE;
Encoding : NEC
Code : 01DE21DE <32 bits>
Timing[671]:
+9000, -4450 +600, -1650 +600, -550 +600, -1650
+600, -550 +550, -550 +550, -600 +550, -550
+600, -1600 +600, -1650 +650, -1600 +600, -550
+600, -1650 +600, -1650 +600, -1650 +600, -1650
+600, -550 +550, -550 +600, -550 +550, -1650
+600, -550 +600, -550 +550, -550 +600, -550
+550, -1650 +600, -1650 +600, -1650 +600, -1650
+550, -1650 +600, -1650 +600, -1650 +600, -1650
+600, -550 +600
unsigned int rawData[671] = {9000.4450, 600.1650, 600.550, 600.1650, 600.550, 550.550, 550.600, 550.550, 600.1600, 600.1650, 650.1600, 600.550, 600.1650, 600.1650, 600.1650, 600.550, 550.550, 550.1650, 600.1650, 600.1650, 600.550, 550.1650, 600.1650, 600.1650, 600.1650, 600.1650, 600.550, 600}; // NEC 01DE21DE
unsigned int data = 0x01DE21DE;
```

ชุดข้อมูลด้านบนเป็นค่าจาก TX module ของ Universal IR Remote,ชุดข้อมูลด้านบนเป็นค่าจาก Remote จริง

บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 อภิปรายผลการทดลอง

ในการรับส่งข้อมูลระหว่าง TX module กับโทรศัพท์ มีเพียงบางช่วงที่ขาดหายไม่สามารถรับส่งข้อมูลได้

เมื่ออ่านค่าสัญญาณ IR waveform บน IR receiver พบว่าค่าที่ได้จากรีโมทตรงกับค่าที่ได้จาก Universal IR Remote มีค่าเหมือนกัน

5.2 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่า Universal IR Remote สามารถสร้างสัญญาณได้เช่นเดียวกับรีโมททั่วไป แต่เนื่องจากหน่วยความจำที่จำกัดของ ATmega8 ทำให้ 1 TX module สร้างสัญญาณ IR waveform ได้เพียง 2-3 ยี่ห้อ(ตามรูปแบบรหัส) เท่านั้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

ลดการโปรแกรมด้าน ESP8266 ให้น้อยลง เพิ่มจะได้มีขนาดหน่วยความจำให้สามารถสร้าง IR waveform ได้มากขึ้น

บรรณานุกรม

ESP8266 กับ Arduino : เชื่อมต่อสายและอัปเดต ROM version ใหม่ (AT Command):

<https://www.itpcc.net/tip-and-technic/esp8266/esp8266-w-arduino-connection-and-rom-flashing/>

irdb API:

<http://irdb.tk/api>

ภาคผนวก

โค้ดโปรแกรมสามารถดาวน์โหลดได้ที่

<https://github.com/itpcc/IRremote-ATMega8>