

การบริหารจัดการพลังงานในบ้านอัจฉริยะ
Energy Management in a Smart Home

โดย

ไพบูลย์	เดนิมันท์
สหรัฐ	ทองงมหา
สุรวิษุพร	ศรแก้ว
สุกัญญา	โพธิ์สุนทร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

การบริหารจัดการพลังงานในบ้านอัจฉริยะ
Energy Management in a Smart Home

โดย

ไพบุลย์	เตมินันท์
สหรัฐ	ทองมหา
สุรรัฐพร	ศรแก้ว
สุกัญญา	โพธิสุนทร

ปฏิญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

Energy Management in a Smart Home

Phaiboon	Taminun
Saharat	Thongmaha
Surarattaporn	Sonkaew
Sukanya	Pothisoonthorn

THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE BACHELOR DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2013

ปีการศึกษา 2556

การบริหารจัดการพลังงานในบ้านอัจฉริยะ
Energy Management in a Smart Home

โดย

ไพบุลย์	เตมินันท์
สหรัฐ	ทองมหา
สุรรัฐพร	ศรแก้ว
สุกัญญา	โพธิสุนทร

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.วรวรรณ นาคะวิโร

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การบริหารจัดการพลังงานในบ้านอัจฉริยะ

ผู้จัดทำ

- | | |
|-----------------|-----------|
| 1.นายไพบูลย์ | เตมินันท์ |
| 2.นายสหรัฐ | ทองมหา |
| 3.นายสุรรัฐพร | ศรแก้ว |
| 4.นางสาวสุกัญญา | โพธิสุนทร |



..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.วรวรรณ นาคะวิโร)

การบริหารจัดการพลังงานในบ้านอัจฉริยะ
Energy Management in a Smart Home

นายไพบุลย์ เตมินันท์
นายสหรัฐ ทองมหา
นายสุรรัฐพร ศรแก้ว
นางสาวสุกัญญา โปธิสุนทร
ดร.วรวรรณ นาคะวิโร อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

บ้านอัจฉริยะเป็นบ้านที่มีระบบอัตโนมัติที่ช่วยบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด ปัญญาประดิษฐ์ขั้นสูงนำเสนอวิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุด (Optimization) โดยวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm) เพื่อค้นหาระดับพลังงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์ที่จำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ในช่วงระยะเวลาในอนาคต (เช่น ทุกชั่วโมงใน 1 วันล่วงหน้า) วัตถุประสงค์ของวิธีดังกล่าวเพื่อหาพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ให้มีค่าต่ำที่สุด (Minimize) พร้อมทั้งพิจารณาข้อจำกัดทางเทคนิคของอุปกรณ์ และปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิภายนอก จากผลการจำลองพบว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ นอกจากนี้ผู้ใช้สามารถสั่งการอุปกรณ์ไฟฟ้าเช่น เตารีด โหลดแสงสว่าง และเครื่องปรับอากาศผ่านทางสมาร์ทโฟนได้

ด้วยเหตุนี้ปัญญาประดิษฐ์ขั้นสูงจึงทำการสร้างชุดควบคุมต้นแบบสำหรับการจัดการพลังงานไฟฟ้าภายในบ้านอัจฉริยะ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และพัฒนาแอนดรอยด์ แอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนให้สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้งาน

Energy Management in a Smart Home

Mr.Phaiboon	Taminun	
Mr.Saharat	Thongmaha	
Mr.Surarattaporn	Sonkaew	
Miss.Sukanya	Pothisoonthorn	
Dr.Worawat	Nakawiro	Advisor
Year 2013		

ABSTRACT

A smart home has an automatic control system for managing energy sources and loads to achieve maximum efficiency. This thesis presents an optimization by using genetic algorithm (GA) method for searching the energy level of the considered electrical appliances using mathematical model for a future time period (for instance every hour day-ahead). The objective is to minimize the associated energy consumption while considering technical constraints of the appliances and environmental factors such as temperature outside the house. The result of the simulation showed that this method can reduce the energy consumption. In addition, the user can control the electrical appliances such as receptacle, lighting and air conditioner by smartphones.

Inspired by significant reduction in electricity consumption of the smart home, we built a prototype controller for home energy management by microcontroller and develop an Android application for smartphones to enable remote control from the user.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้เป็นอย่างดีด้วยคำแนะนำ คำปรึกษา ความเอาใจใส่ดูแลเป็นอย่างดีจากดร.วรวรรณ นาคะวิโร และขอขอบคุณปรเมศวร์ วัฒนะ ที่ช่วยให้คำแนะนำและเป็นที่ปรึกษาในการออกแบบจัดทำวงจรถบคุมการทำงานของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และสุดท้ายนี้ต้องขอขอบคุณเงินสนับสนุนโดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุน เพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในการสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้ ทั้งนี้คณะผู้วิจัยรู้สึกปลาบปลื้มและซาบซึ้งถึงพระคุณ จึงขอกราบขอบคุณทุกท่านเป็นอย่างสูง

คณะผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณท่านคณาจารย์ที่คอยดูแลเอาใจใส่ คอยอบรมสั่งสอนให้กับศิษย์ให้มีความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาของวิชาต่างๆที่ได้ร่ำเรียนมาตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันที่ทำให้สามารถนำความรู้ต่างๆที่ได้จากคณาจารย์ทุกท่านมาประยุกต์พัฒนานำมาประกอบจัดทำเป็นปริญญา นิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณบุคคลที่มีความสำคัญที่สุดที่ทำให้ได้มีชีวิตที่ดีในวันนี้คือบิดา มารดาที่เคารพรักอย่างยิ่ง ที่คอยเลี้ยงดู เอาใจใส่ดูแลเป็นอย่างดี พร้อมทั้งยังให้โอกาสทางการศึกษา อย่างเต็มที่ตลอดจนคอยเป็นกำลังใจและให้คำปรึกษาเสมอมา จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ คณะผู้วิจัยใคร่ขอมอบแด่ผู้มี พระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VII
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	2
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ	2
1.5 แผนการดำเนินโครงการ	3
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 นิยามของบ้านอัจฉริยะ	4
2.2 เครื่องปรับอากาศ (Aircondition)	5
2.2.1 หลักการทำงานของวงจรทำความเย็น	6
2.3 ความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคาร	7
2.3.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม	8
2.4 วิธีการติดต่อสื่อสาร (Communication Network)	9
2.4.1 Ethernet	9
2.4.2 การใช้ MRF24J40MA	10
2.4.3 ระบบ DynDNS	10
2.5 วิธีที่ใช้การวิเคราะห์หาคำตอบ (Optimization Algorithm)	10
2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	13
2.6.1 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์	13
2.6.2 ทำไมต้องไมโครคอนโทรลเลอร์	14
2.6.3 ข้อแตกต่างระหว่างไมโครโปรเซสเซอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์	14

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7 ภาษา C	15
2.7.1 ชนิดข้อมูล (Data type)	15
2.7.2 ค่าคงที่ (Constants)	15
2.7.3 Built in function directory	15
2.7.4 คำสั่งเอาต์พุตลอจิก	15
2.7.5 คำสั่งหน่วยเวลา	15
บทที่ 3 การออกแบบ	16
3.1 การออกแบบฟังก์ชันควบคุมการทำงาน	16
3.1.1 การสร้างแบบจำลองของปัญหา (Problem Formulation)	16
3.1.2 ปัญหาทดสอบ	20
3.1.3 แผนผังโปรแกรม(Flow Chart)	21
3.2 การออกแบบชุดควบคุมบ้านอัจฉริยะ	22
3.2.1 การออกแบบวงจรการควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	22
3.2.2 ออกแบบแอปพลิเคชันสำหรับควบคุมการทำงานอุปกรณ์ไฟฟ้า	28
3.2.3 การออกแบบชุดบ้านจำลอง	29
3.2.4 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา Application และควบคุมด้วยโปรแกรม	30
บทที่ 4 ผลการทดลอง	31
4.1 ผลการจำลองโดยการ simulation	31
4.2 ผลการทดสอบโดยแอปพลิเคชันแอนดรอยด์	33
4.3 ผลการทดสอบชุดควบคุมบ้านอัจฉริยะ	34
4.4 การคำนวณหาค่าใช้จ่ายไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ	35
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	38
5.1 สรุปผลการทดลอง	38
5.2 ข้อเสนอแนะ	38
เอกสารอ้างอิง	39
ภาคผนวก	40
ภาคผนวก ก ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ 18F458	41
ภาคผนวก ข ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ 18F25K20	51

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ค ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ ACS712	55
ภาคผนวก ง ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ MRF24J40MA	66
ภาคผนวก จ ข้อมูลรีเลย์ HRS4 DC5V	68
ภาคผนวก ฉ ข้อมูล Xport	71
ภาคผนวก ช ข้อมูลการทดสอบเครื่องปรับอากาศ	74
ภาคผนวก ซ บทความวิชาการ	84
ประวัติผู้เขียน	89

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบของบ้านอัจฉริยะ	4
2.2 ส่วนประกอบของเครื่องทำความเย็น	6
2.3 แสดงวิธีการถ่ายเทความร้อน	7
3.1 แบบจำลองของเครื่องปรับอากาศในโปรแกรม Simulink	18
3.2 แบบจำลองของเครื่องปรับอากาศที่อยู่ในกล่อง AC	18
3.3 แบบจำลองของเครื่องปรับอากาศที่อยู่ในกล่อง House	18
3.4 อุณหภูมิภายนอกบ้าน (องศาเซลเซียส)	20
3.5 แผนผังโปรแกรมการทำงานของระบบวิธีการเชิงพันธุกรรม	21
3.6 วงจรควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน	22
3.7 วงจรส่วนขยายอินพุต	24
3.8 วงจรส่วนขยายเอาต์พุต	24
3.9 วงจรตรวจสอบกระแส	25
3.10 วงจรรีโมท	25
3.11 หน้าต่างในการ Login ในการเข้าสู่ Application	28
3.12 แบบบ้านจำลอง	29
4.1 อุณหภูมิภายในห้องกรณีที่มีการควบคุมและไม่ควบคุมโดยวิธีที่นำเสนอ	32
4.2 พลังงานที่ถูกใช้โดยเครื่องปรับอากาศ	32
4.3 สถานะการทำงานของแอปพลิเคชันแอนดรอยด์	33
4.4 หน้าต่างแสดงการควบคุมการทำงานแบบตั้งเวลา	33
4.5 หน้าต่างแสดงการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ	34
4.6 ชุดควบคุมต้นแบบบ้านอัจฉริยะ	37
ก-1 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ 18F458	42
ก-2 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ 18F458	43
ก-3 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ 18F458	44
ก-4 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ 18F458	45
ก-5 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ 18F458	46
ก-6 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ 18F458	47
ก-7 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ 18F458	48
ก-8 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ 18F458	49

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก-9 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ 18F458	50
ข-1 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ 18F25K20	51
ข-2 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ 18F25K20	53
ข-3 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ 18F25K20	54
ค-1 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ ACS712	56
ค-2 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ ACS712	57
ค-3 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ ACS712	58
ค-4 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ ACS712	59
ค-5 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ ACS712	60
ค-6 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ ACS712	61
ค-7 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ ACS712	62
ค-8 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ ACS712	63
ค-9 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ ACS712	64
ค-10 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ ACS712	65
ง-1 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ MRF24J40MA	67
จ-1 ข้อมูลรีเลย์ HRS4 DC5V	69
จ-2 ข้อมูลรีเลย์ HRS4 DC5V	70
ฉ-1 ข้อมูล Xport	72
ฉ-2 ข้อมูล Xport	73

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในชุดควบคุมอุปกรณ์การทำงาน	27
4.1 ตารางแสดงการตั้งค่าอุณหภูมิ	31
ช-1 ข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ตั้งค่า 23 °C	75
ช-2 ข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ตั้งค่า 24 °C	76
ช-3 ข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ตั้งค่า 25 °C	77
ช-4 ข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ตั้งค่า 24 °C	78
ช-5 ข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ตั้งค่า 25 °C	79
ช-6 ข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ตั้งค่า 26 °C	80
ช-7 ข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ตั้งค่า 27 °C	81
ช-8 ข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ตั้งค่า 28 °C	82
ช-9 ข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศเครื่องปรับอากาศ	83

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในปัจจุบัน ทำให้มีการผลิตไฟฟ้าที่สูงขึ้นตามประกอบกับการใช้แหล่งพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดสูงขึ้น ตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2553-2573 ฉบับที่ 3 (PDP 2010 Rev.3) [1] ซึ่งมีการเพิ่มกำลังผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานโดยเพิ่มจากตัวเลขในฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2 คือ 4,433 MW เป็น 9,516MW ทำให้ส่งผลกระทบต่อความมั่นคงทางพลังงาน

เนื่องจากเทคโนโลยีทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน เช่น แผงเซลล์แสงอาทิตย์ หรือกังหันลมขนาดเล็ก มีขนาดเล็กลง และมีราคาถูกลง ทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าย่อยในระดับครัวเรือนมีความสามารถที่จะเข้าถึงเทคโนโลยีนี้ได้มากขึ้น คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงานได้มีประกาศให้การไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาครับซื้อพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ที่ถูกติดตั้งบนหลังคา (Solar rooftop power) [2]

หากมีการนำมาตรการทางราคาไฟฟ้าดังกล่าวข้างต้นมาใช้ในอนาคต ผู้ใช้ไฟจำเป็นต้องใช้กลไกอัตโนมัติเพื่อจัดการข้อมูลที่เพิ่มมากขึ้น และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา พร้อมทั้งช่วยตัดสินใจเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น เมื่อใดควรเปิดหรือปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าใดๆ หรือเมื่อใดควรซื้อหรือขายพลังงานไฟฟ้าที่สะสมไว้ภายในบ้าน ซึ่งบ้านที่มีลักษณะดังกล่าวเรียกว่า บ้านอัจฉริยะ (Smart home) โดยกลไกดังกล่าวต้องเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิภายนอกอาคาร เข้ากับความต้องการพลังงานของโหลดต่างๆ และพลังงานจากแหล่งกำเนิดทดแทนที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

ปัญญานี้จึงนำเสนอวิธีการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าภายในบ้านอัจฉริยะผ่านการหาค่าเหมาะสมที่สุด (Optimization) เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยพิจารณาปัจจัยของสภาพแวดล้อมภายนอก เช่น อุณหภูมิภายนอกอาคาร และนำผลลัพธ์เบื้องต้นไปออกแบบชุดควบคุมบ้านอัจฉริยะผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์และระบบสมาร์ตโฟน

โดยในปัญญานี้ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 กล่าวถึงแนวความคิดการควบคุมพลังงานไฟฟ้าภายในบ้านหนึ่งหลัง ส่วนที่ 2 นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ ส่วนที่ 3 ให้ข้อมูลและนำเสนอผลการจำลองเกี่ยวกับระบบทดสอบผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์และระบบสมาร์ตโฟน และเสนอแนะแนวทางการพัฒนาในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาและนำเสนอแนวทางในการออกแบบแบบจำลองการบริหารจัดการพลังงาน
2. เพื่อศึกษาและปรับปรุงแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ควบคุมเครื่องปรับอากาศ ภายใต้บริบทของประเทศไทยได้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด
3. เพื่อศึกษาและออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านอัจฉริยะผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์
4. เพื่อศึกษาและออกแบบแอปพลิเคชันแอนดรอยด์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ

1. ศึกษาการจัดการระบบไฟฟ้าภายในบ้านให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงสุด
2. ใช้กระบวนการหาค่าตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm : GA) ซึ่งจะถูกนำมาใช้เพื่อหาจุดการทำงานของเครื่องปรับอากาศ
3. ฟังก์ชันของแอปพลิเคชันแอนดรอยด์ที่ใช้ควบคุมจะเป็นแบบแมนนวลและตั้งเวลา
4. ฟังก์ชันที่ควบคุมอุปกรณ์จะไม่พิจารณาถึงสภาพความแปรปรวนของอากาศในขณะทำงาน

1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ

1. ศึกษาการแก้ปัญหาด้วยการหาค่าตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm : GA) โดยเป็นการกำหนดตารางการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อให้เกิดผลกำไรต่อผู้บริโภคหรือมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในจุดที่เหมาะสมที่สุด
2. ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเครื่องปรับอากาศใน แต่ละช่วงเวลา ด้วยวิธีการถ่ายเทความร้อนรวมเข้าสู่ตัวอาคาร
3. ศึกษาการเขียนแอปพลิเคชันแอนดรอยด์การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยภาษาจาวา
4. ศึกษาการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซีเพื่อใช้ในการสั่งงานผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์

1.5 แผนการดำเนินงาน

คณะผู้วิจัยได้เริ่มทำโครงการ โดยมีการวางแผนการดำเนินงานในระยะเวลา 1 ปี ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2556 จนถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2557

	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1.ศึกษาบ้านอัจฉริยะและวิธีเชิงพันธุกรรม(GA)								
2.ทดลองแก้โจทย์ปัญหาตัวอย่างโดยวิธี GA								
3.ออกแบบแบบจำลองบ้านอัจฉริยะ								
4.ออกแบบแบบจำลองบ้านอัจฉริยะ และทำรายงาน								
5.ออกแบบต้นแบบชุดควบคุมต้นแบบสำหรับ การจัดการพลังงาน								
6.เก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปรับอากาศและ สร้างโมเดลทางคณิตศาสตร์								
7.สร้างชุดควบคุมต้นแบบและพัฒนาแอปพลิเคชัน								
8.ทดสอบและแก้ไขระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะ								
9.รายงานและสรุปผลวิจัย								

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ

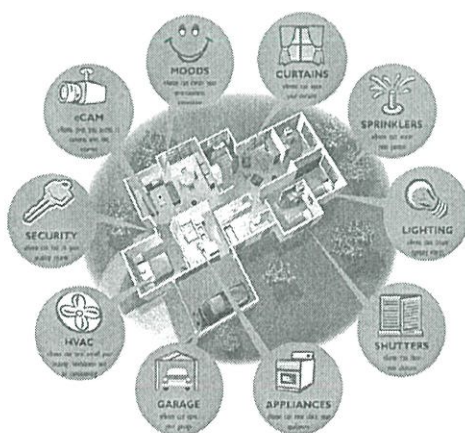
1. สามารถลดความต้องการการใช้พลังงาน
2. สามารถออกแบบวงจรที่จะนำไปใช้ในการคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า
3. สามารถออกแบบแอปพลิเคชันแอนดรอยด์สำหรับควบคุมการทำงานผ่านสมาร์ตโฟนได้
4. เป็นแนวทางเบื้องต้นเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับการจัดการพลังงานในบ้านอัจฉริยะ

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 นิยามของบ้านอัจฉริยะ [3]

บ้านอัจฉริยะ (Smart Home) ประกอบด้วยเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ฉลาดหลากหลายชนิด ที่มีสมองกลฝังตัว (Embedded System) ซึ่งจะใช้พลังงาน ไฟฟ้าน้อย ไม่ก่อปัญหามลภาวะ สามารถควบคุมการใช้งานได้จากระยะไกลผ่านอุปกรณ์สื่อสารไร้สายแบบพกพา หรือผ่านระบบอินเทอร์เน็ต เช่น มือถือ, PDA, Smart Phone, Tablet, ระบบอินเทอร์เน็ตในที่ทำงาน, ฐานอินเทอร์เน็ตทั่วไป เป็นต้น) รองรับรถยนต์ไฟฟ้าติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก เช่น Rooftop PV, Small Wind Turbine เป็นต้น ลักษณะดังกล่าวที่เกิดขึ้นทำให้ ผู้ใช้ไฟเป็นผู้ผลิตไฟฟ้าพร้อมกันในเวลาเดียวกัน การไฟฟ้าจะติดตั้งมิเตอร์อัจฉริยะ (Smart Meter) และอุปกรณ์เก็บรวบรวมข้อมูล (Data Concentrator Unit, DCU) สามารถส่งและรับข้อมูลต่างๆ จากบ้านเรือนที่อยู่อาศัย ทำให้เจ้าของบ้านสามารถทราบข้อมูลการใช้ไฟฟ้า ค่าไฟที่เกิดขึ้นจากการใช้ในขณะนั้น ทำให้การไฟฟ้าและเจ้าของบ้านสามารถร่วมกันจัดการการใช้ไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ เจ้าของบ้านสามารถลดการใช้ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น ปรับเปลี่ยนช่วงเวลาการใช้ไฟไปใช้ไฟในช่วงที่ค่าไฟถูก

โดยการจำแนกความสามารถและความซับซ้อนของบ้านอัจฉริยะ โดยระดับของความซับซ้อนนี้ขึ้นอยู่กับงบประมาณของผู้อยู่อาศัยว่าจะเลือกให้อัตโนมัติขนาดไหน และจะมีอะไรอัจฉริยะบ้าง บางคนอาจต้องการเพียงแค่ สามารถสั่งเปิดปิด อุปกรณ์ต่างๆจาก Tablet เช่น iPad หรือจากมือถือ หรือให้อุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้าน โคมไฟ เครื่องปรับอากาศ ทีวี เปิดปิดเองอัตโนมัติจากการวัดด้วยเซนเซอร์หรือประมวลผลชุดคำสั่งจาก user profile ว่าผู้น่าจะต้องการให้ระบบควบคุมปฏิบัติเช่นไร



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของบ้านอัจฉริยะ

2.2 เครื่องปรับอากาศ (Aircondition) [5]

เครื่องปรับอากาศที่นิยมใช้ติดตั้งในบ้านพักอาศัยโดยทั่วไปมักจะเป็นเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก ที่มีขนาดกำลังความสามารถในการทำความเย็นได้เหมาะสมกับขนาดและการใช้งานของห้อง ในการศึกษานี้ได้มุ่งความสนใจที่เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน ซึ่งจะเป็นที่นิยมและมีการใช้งานอย่างแพร่หลาย ซึ่งเครื่องปรับอากาศดังกล่าวมีส่วนประกอบหลัก ดังนี้

1.อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) ทำหน้าที่ดูดซับปริมาณความร้อนจากบริเวณที่ต้องการปรับอากาศ โดยสารทำความเย็นที่ไหลเข้ามาในอีวาพอเรเตอร์นี้จะดึงปริมาณความร้อนจากบริเวณรอบๆ ผิวท่อทางเดินของสารทำความเย็นเพื่อเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นก๊าซ ทำให้อุณหภูมิโดยรอบของอีวาพอเรเตอร์ลดลง

2.คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ทำหน้าที่ในการดูดสารทำความเย็นที่อยู่ในสถานะก๊าซ ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำ จากอีวาพอเรเตอร์และอัดให้มีความดันสูงและอุณหภูมิสูงจนถึงจุดที่ก๊าซพร้อมที่จะควบแน่นเป็นของเหลวเมื่อมีการถ่ายเทความร้อนออกจากสารทำความเย็น

3.คอนเดนเซอร์ (Condenser) ทำหน้าที่ในการทำให้สารเย็นที่อยู่ในสถานะก๊าซที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูง กลั่นตัวกลายเป็นของเหลวโดยการระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็น ความร้อนที่ถูกระบายออกเป็นความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ ดังนั้นสารทำความเย็นจึงยังมีอุณหภูมิสูงและความดันสูง เพียงแต่เปลี่ยนสถานะจากก๊าซกลายเป็นของเหลว

4.ท่อพักน้ำยาเหลว (Receiver Tank) สารทำความเย็นที่อยู่ในสถานะของเหลวที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูงซึ่งกลั่นตัวมาจากคอนเดนเซอร์ จะถูกส่งมาพักยังท่อพักน้ำยาเหลวก่อนที่จะถูกส่งต่อไปยังเอกซ์แพนชันวาล์ว

5.เอกซ์แพนชันวาล์ว (Expansion Valve) ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของสารทำความเย็นเหลวที่จะเข้าไปยังอีวาพอเรเตอร์ เพื่อความดันให้ต่ำลง จนสามารถระเหยกลายเป็นไอได้ที่อุณหภูมิต่ำๆ ในอีวาพอเรเตอร์นอกจากอุปกรณ์หลักที่สำคัญของระบบปรับอากาศดังกล่าวแล้วยังมีอุปกรณ์อื่นคือ

5.1 ใท่อซักชั่น (Suction Line) เป็นท่อทางเดินของสารทำความเย็นที่ต่ออยู่ระหว่างอีวาพอเรเตอร์กับทางดูดของคอมเพรสเซอร์ สารทำความเย็นในสถานะก๊าซอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำจากอีวาพอเรเตอร์จะถูกดูดผ่านท่อซักชั่นเข้าไปยังคอมเพรสเซอร์

5.2 ท่อดิสชาร์จ (Discharge Line) เป็นท่อทางเดินสารทำความเย็นที่ต่ออยู่ระหว่างท่อทางอัดของคอมเพรสเซอร์กับคอนเดนเซอร์ สารทำความเย็นในสถานะก๊าซที่ถูกคอมเพรสเซอร์อัดให้มีความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น จะถูกส่งไปยังคอนเดนเซอร์โดยผ่านท่อดิสชาร์จ

5.3 ท่อลิกวิด (Liquid Line) เป็นท่อทางเดินสารทำความเย็นที่ต่อระหว่างท่อพักน้ำยาเหลวกับเอกซ์แพนชันวาล์ว สารทำความเย็น ความดันสูง อุณหภูมิสูง จากท่อพักน้ำยาจะถูกอัดส่งไปยังเอกซ์แพนชันวาล์วโดยผ่านทางท่อลิกวิด

2.3 ความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคาร [5]

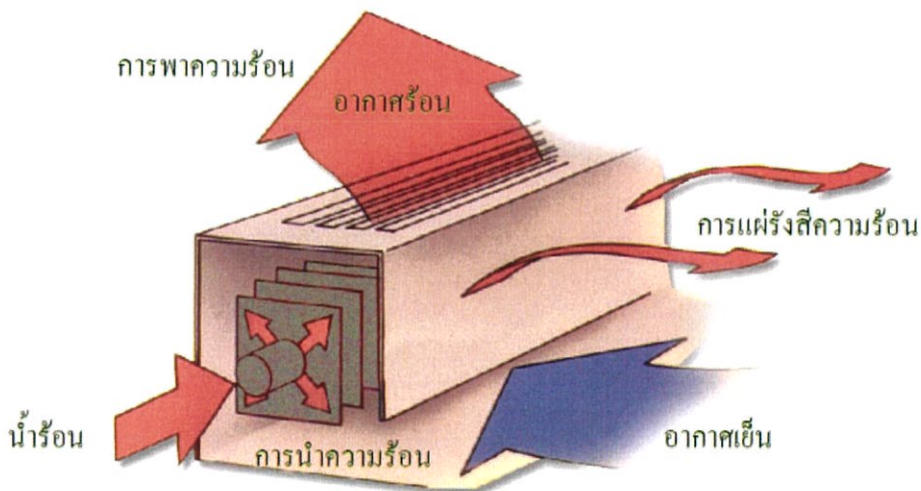
ค่าพลังงานของรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่งมาถึงชั้นบรรยากาศของโลกที่ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ จะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 1,367 วัตต์ต่อตารางเมตร สำหรับประเทศไทยจากรายงานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานที่ได้ทำการศึกษาถึงค่าพลังงานของรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบประเทศไทย พบว่า ค่าความเข้มรังสีรวมรายชั่วโมงในเวลา 10.30 – 14.30 น. ของทุกเดือนทั่วประเทศส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่า $1.5 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$ ทัวไปแล้วอาจกล่าวได้ว่าความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารสามารถแยกออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1. ความร้อนที่เกิดจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า อุปกรณ์แสงสว่าง และคนที่อยู่ภายในอาคาร
2. ความร้อนที่เข้าสู่อาคารจากแหล่งความร้อนภายนอก เช่น ความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อนจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์นี้จะถ่ายเทเข้าสู่อาคารได้ 3 ลักษณะ คือ

1. การนำความร้อน (Conduction) เป็นการส่งผ่านความร้อนระหว่างโมเลกุลของมวลวัตถุ
2. การพาความร้อน (Convection) เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยการเคลื่อนตัวของอากาศเป็นสื่อกลาง

3. การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) เป็นการส่งผ่านความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนโดยไม่ต้องใช้ตัวกลาง

โดยที่การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมเข้าสู่อาคารจะพิจารณาองค์ประกอบของความร้อนที่เข้าสู่อาคาร จากการนำความร้อนผ่านผนังทึบ การนำความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง และการแผ่รังสีความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง



รูปที่ 2.3 วิธีการถ่ายเทความร้อน

2.3.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (Overall Thermal Transfer Value : OTTV) [5]

การถ่ายเทความร้อนสามารถเกิดขึ้นจากกระบวนการ 3 ลักษณะ คือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน ซึ่งความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านผนังของบ้านเข้าสู่ภายในตัวบ้านก็เป็นไปตามกระบวนการดังกล่าวเช่นกัน โดยที่การหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังบ้านด้านนอกแต่ละด้านที่หันไปยังทิศต่างๆ สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$OTTV_i = (U_w)(1 - WWR)(TD_{cq}) + (SC)(WWR)(SF) + U_f(WWR)(\Delta T)$$

โดยที่ $OTTV_i$ = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา ($W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ C^{-1}$)

$$U_w = \text{สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ} (W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ C^{-1})$$

WWR = อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างหรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านนั้น

TD_{cq} = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ

$$SC = \text{สัมประสิทธิ์การบังแดด}$$

$$SF = \text{ค่าตัวประกอบบังสีอาทิตย์} (W \cdot m^{-2})$$

U_f = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกหรือผนังโปร่งแสง ($W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ C^{-1}$)

ΔT = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคาร สำหรับประเทศไทยค่านี้คือ $5^\circ C$

สำหรับการหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของบ้าน คือค่าเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักแล้วของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้านซึ่งจะคำนวณได้จากสมการ

$$OTTV = \frac{(A_{o1})(OTTV_1) + (A_{o2})(OTTV_2) + \dots + (A_{oi})(OTTV_i)}{A_{o1} + A_{o2} + \dots + A_{oi}}$$

โดยที่ $OTTV$ = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกทั้งหมด ($W \cdot m^{-2}$)

$$OTTV_i = \text{ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา} (W \cdot m^{-2})$$

A_{oi} = พื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา (m^2) ซึ่งรวมพื้นที่ส่วนที่เป็นผนังทึบและเป็นพื้นที่หน้าต่าง

ในทางปฏิบัติการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง จะมีรายละเอียดของตัวแปรและวิธีการคำนวณที่ยุ่งยาก เพื่อความสะดวกในการคำนวณจึงมีการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยให้การคำนวณ

2.4 วิธีการติดต่อสื่อสาร (Communication Network)

2.4.1 Ethernet [6]

อีเทอร์เน็ต (Ethernet) เป็นระบบ LAN ที่พัฒนาขึ้นโดย 3 บริษัทใหญ่ คือ บริษัท Xerox Corporation, Digital Equipment Corporation (DEC) และ Intel ในปี ค.ศ. 1976 เริ่มจาก ศูนย์วิจัย PARC (Palo Alto Research Center) ของ XEROX โดยถูกจัดเป็นมาตรฐานของ IEEE ในกลุ่ม ที่มีรหัส IEEE 802.3 และใช้กันอย่างแพร่หลายจนกระทั่งถึงปัจจุบันอีเทอร์เน็ตในระยะแรกใช้สาย Coaxial เป็นหลัก ต่อมาได้พัฒนาไปใช้สายแบบ UTP มากขึ้นเรื่อยๆ และเพิ่มความเร็วจาก 10Mbps ขึ้นไปเป็น 100-1000Mbps (1Gbps) ในปัจจุบันลักษณะสำคัญแต่เดิมของ Ethernet คือข้อมูลทุกอย่างจะส่งผ่านตัวกลางหรือ Ether ที่เชื่อมระหว่างทุกๆ node ซึ่งในที่นี้ก็คือสาย Coaxial นั่นเอง ดังนั้น Ethernet ในยุคแรกจึงใช้การต่อสายแบบ Bus ที่วิ่งผ่านทุกเครื่อง และต่อมาก็อยุ เปลี่ยนไปสู่การต่อแบบ Star ที่รวมสายเข้าสู่ศูนย์กลางเมื่อมีการใช้สาย UTP ที่ต่อผ่านอุปกรณ์ HUB เกิดขึ้น มาตรฐานของระบบ Ethernet เป็นไปตามมาตรฐานที่ชื่อ IEEE 802.3 ซึ่งในการต่อสายแบบที่เชื่อมทุกเครื่องถึงกันโดยตรง โดยมีกฎเกณฑ์หรือโพรโตคอลแบบ CSMA/CD

ปกติรหัสที่ใช้บอกการส่งสัญญาณทางไฟฟ้าบนระบบ Ethernet จะมี 2 ลักษณะ คือ Baseband และ Broadband ซึ่งระบบ LAN ปัจจุบันยังเป็นแบบ Baseband อยู่ Baseband เป็นส่งสัญญาณแบบดิจิทัล 0 และ 1 หรือ แรงดันไฟฟ้า 0 และ 5 โวลต์ โดยไม่มีการผสมสัญญาณนี้เข้ากับสัญญาณความถี่สูงอื่นใด วิธีนี้การทำงานจะง่ายทั้งวงจรรับและส่ง แต่จะถูกรบกวนได้ง่าย และส่งได้ระยะทางไม่ไกล นอกจากนี้สายหนึ่งๆ ยังส่งสัญญาณแบบนี้ได้เพียงชุดเดียวเท่านั้น Broadband มีการผสมสัญญาณข้อมูลที่จะส่งเข้ากับสัญญาณอนาล็อกหรือคลื่นพาหุที่มีความถี่สูงเพื่อให้ส่งได้ไกลและมีความเพี้ยนน้อยกว่าแบบแรก นอกจากนี้ยังสามารถส่งได้หลายช่องสัญญาณหรือหลายแชนแนล (Channel) โดยจัดการให้ข้อมูลชุดหนึ่งผสมกับสัญญาณที่ความถี่ช่วงหนึ่ง นับเป็น 1 แชนแนล พอมีข้อมูลอีกชุดหนึ่งก็เลยไปใช้การผสมเข้ากับความถี่อื่นที่ห่างออกไปมาก

การส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์พวก Device Server นั้นจำเป็นต้องส่งข้อมูลผ่านทาง IP และ Socket โดยปลายทางนั้นจะทำหน้าที่แปลงงานสัญญาณ Internet เป็น Serial สาเหตุที่ต้องแปลงสัญญาณข้อมูลเป็น Serial นั้นก็เพราะว่า MCU ไม่รู้จักข้อมูลสัญญาณ TCP นั่นเอง เว้นแต่ MCU เบอร์ใหม่ๆ ที่รองรับ TCP stack ก็จะสามารถ ต่อเข้ากับ Internet ได้โดยตรง อีกทางหนึ่งเราสามารถเชื่อมต่อ Internet เข้ากับ MCU ได้โดยใช้ ENC28J60 ของ Microchip ข้อดี คือ ได้ระบบ MCU กับ Ethernet ที่ราคาถูก ข้อเสีย คือ ระบบที่ได้ต้องเขียน Code ที่มี Stack ค่อนข้างสูงการดัดแปลงแก้ไขต้องใช้ Knowhow ค่อนข้างสูง และการเขียนโปรแกรมควบคุมต้องไปวิธี POST หรือ GET Method 'ส่งจะแตกต่างออกไปจากการส่งข้อมูล Data Command

2.4.2 การใช้ MRF24J40MA [7]

โมดูลนี้เป็นฐานบนเทคโนโลยีไมโครชิพ MRF24J40 IEEE 802.15.4TM 2.4 จิกะเฮิร์ต เป็นไอซีที่มีการส่งสัญญาณข้อมูลที่มีความถี่วิทยุ โมดูลนี้สามารถติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์(PIC) ได้หลายโมเดลที่นิยมใช้กัน

2.4.3 ระบบ DynDNS และ DDNS [8]

หรือย่อมาจาก Dynamic DNS เป็นบริการที่สามารถเชื่อมโยงกับชื่อที่เราเลือก (Hostname) บนระบบอินเทอร์เน็ตเข้ากับ IP Address ที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ในระบบอินเทอร์เน็ตนั้นจะมี IP Address อย่างจำกัด ดังนั้นเมื่อทำการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่าน ISP ระบบจะให้ IP Address ชั่วคราว(Dynamic IP Address) ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาเสมอ เพื่อใช้ในการอ้างอิงบนระบบอินเทอร์เน็ตเมื่อมีการออนไลน์อยู่ตลอดเวลา เมื่อใดก็ตามที่มีการทำการตัดการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตแล้ว IP Address ดังกล่าวก็จะถูกแจกจ่ายไปให้คนอื่น ๆ ที่ทำการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตอยู่ จึงเรียกว่า Dynamic IP หากเมื่อไรก็ตามที่ต้องการที่จะให้ใครดูกล้องวงจรปิดผ่านอินเทอร์เน็ต บุคคลนั้นจำเป็นต้องจะารู้ IP Address ของบุคคลที่จะเข้าถึง ถ้า IP Address ที่คุณได้มาเป็นแบบ Dynamic ที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอๆ เพราะว่าคุณจำเป็นต้องบอกผู้คนที่ต้องการเข้าดูกล้องวงจรปิดว่า เครื่องบันทึกของคุณตอนนี้ IP Address ของคุณเปลี่ยนเป็นเบอร์อะไรไปแล้ว

DDNS (Dynamic Domain Name Service or Dynamic Domain Name System) คือ การเปลี่ยนจากชื่อ domain เป็น IP Address โดยมีข้อแตกต่างกับ DNS ปกติตรงที่ IP Address นี้จะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา หรือทุกครั้งที่ connect internet

2.5 วิธีที่ใช้การวิเคราะห์หาคำตอบ (Optimization Algorithm) [9]

ระบบการทำงานนี้จะมีการควบคุมด้วยตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยจะต้องมีการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้ในการควบคุม ซึ่งการควบคุมนี้จะสามารถควบคุมได้ 2 แบบ คือ การควบคุมในเวลาจริง (Real time) และการควบคุมแบบล่วงหน้า

การควบคุมการทำงานแบบเวลาจริง คือ การทำงานแบบทันทีทันใด โดยมีการควบคุมแบบอัปเดตข้อมูลตลอดและวิเคราะห์ถึงการทำงานที่เหมาะสม

การควบคุมแบบล่วงหน้า คือ การทำงานแบบอาศัยการคาดการณ์ล่วงหน้าอย่างมีหลักการ โดยมีการนำข้อมูลรายละเอียดต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ราคาค่าไฟ อื่นๆ มาคิดวิเคราะห์ถึงการทำงานที่ดีที่สุด โดยมีการเขียนโปรแกรมขึ้นมาเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานนี้ โดยโปรแกรมที่จะสามารถนำมาเขียนได้นั้นมีหลายโปรแกรมไม่ว่าจะเป็น MatLab, ภาษาซี ฯ ซึ่งปริญญาณพนธ์ฉบับนี้ได้เลือกใช้โปรแกรม MatLab ในการเขียนโปรแกรมซึ่งในการเขียนโปรแกรมนี้จะต้องมีวิธีการเขียนได้หลาย

วิธี เช่น วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm : GA) ซึ่งปัญญาประดิษฐ์ใช้วิธีการในการเขียนโปรแกรม คือวิธีการทางพันธุกรรมโดยคุณลักษณะของวิธีเชิงพันธุกรรม ดังต่อไปนี้

วิธีเชิงพันธุกรรม เป็นวิธีการมาจากกระบวนการทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตจากการวิวัฒนาการ หรือ การอยู่รอดของสิ่งมีชีวิต เราจึงได้นำวิธีการแก้ปัญหาที่ใช้แนวทางเดียวกับ มาช่วยหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดให้กับปัญหาโดยใช้กระบวนการทางพันธุศาสตร์เข้ามาช่วยในกระบวนการค้นหาคำตอบของปัญหา องค์ประกอบวิธีเชิงพันธุกรรม มีดังต่อไปนี้

- การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Evaluation) เป็นขั้นตอนในการประเมินว่าโครโมโซมหนึ่งๆ ดีหรือไม่ดีอย่างไร เมื่อเทียบกับโครโมโซมอื่นๆ ที่มีอยู่ในกลุ่มประชากรนั้นๆ โดยปกติแล้วการประเมินค่าความเหมาะสมของโครโมโซมจะประกอบไปด้วยการคำนวณค่าของสองฟังก์ชันดังนี้

- ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective/Evaluation Function) เป็นส่วนสำคัญในกระบวนการของ GA ที่ใช้ในการประเมินผลคำตอบของระบบว่าดีหรือไม่ดีแค่ไหน ฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นฟังก์ชันที่ทำการประเมินคำตอบจากโครโมโซมโดยเทียบกับเป้าหมายของระบบในกรณีที่ระบบเป็นปัญหาของการค้นหาค่าน้อยที่สุด (minimization problem) โครโมโซมที่เป็นคำตอบที่ดีที่สุดของระบบจะมีค่าตัวเลขจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่น้อยที่สุด

- ฟังก์ชันกำหนดค่าความเหมาะสม (Fitness Function) เป็นวิธีการสำหรับประเมินค่าความเหมาะสม ของโครโมโซมโดยให้คะแนนตามค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์และค่าการละเมิดข้อจำกัด (constant violation) กล่าวคือ โครโมโซมที่มีความเหมาะสมจะต้องเป็นโครโมโซมที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ต่ำที่สุด และในเวลาเดียวกันคำตอบซึ่งสอดคล้องกับโครโมโซมนั้นจะต้องไม่ละเมิดข้อจำกัด

- ประชากรต้นแบบ (Initial population) เป็นจุดเริ่มต้นของขั้นตอนการวิวัฒนาการ จะเป็นขั้นตอนแรกที่เกิดขึ้นก่อนที่จะเริ่มเข้ากระบวนการของ วิธีเชิงพันธุกรรม โดยประชากรกลุ่มแรก จะเกิดจากการสุ่มเลือกขึ้นมาจากกลุ่มของประชากรทั้งหมดที่มีอยู่ โดยในการสุ่มเลือกจะทำการสุ่มตามจำนวนของประชากรที่ได้กำหนดไว้เป็น Parameter ของ Algorithm

- ปฏิบัติการทางพันธุกรรม (Genetic Operation) ซึ่งเป็นวิธีการปรับเปลี่ยนองค์ประกอบของข้อมูลทุกขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ซึ่งมีกระบวนการพื้นฐานที่สำคัญ มี 3 ส่วน ดังนี้

1.การคัดเลือก (Selection) เพื่อให้เกิดการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตนั้น โดยคัดเลือกมาเป็นโครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่ ในการสืบสายพันธุ์ทำให้เกิดปัญหาว่าจะทำอย่างไรให้เกิดจากการคัดเลือกโครโมโซมที่น่าพอใจเพื่อที่จะเกิดการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตตามทฤษฎีของชาร์ลเรส ดาร์วิน (Charles Darwin's theorem) จึงทำให้เกิดรูปแบบมากมายในการเลือกโครโมโซมที่น่าพอใจที่สุดเพื่อนำไปสืบสายพันธุ์ทำให้เกิดรูปแบบการคัดเลือกมากมายเพื่อให้เกิดผลลัพธ์ที่น่าพอใจที่สุด เช่น การคัดเลือกแบบ Roulette Wheel การคัดเลือกแบบ Ranking การคัดเลือกแบบ Tournament การคัดเลือกแบบ Elitist การคัดเลือกแบบ Steady-state และอื่นๆมากมายหลายวิธีเพื่อให้ได้มาซึ่งวิธีการคัดเลือกโครโมโซมที่ดี

2. การข้ามสายพันธุ์ (Crossover) เป็นกระบวนการที่สำคัญวิธีการทางพันธุกรรมเมื่อเกิดการ การข้ามสายพันธุ์ขึ้นในทาง พันธุศาสตร์จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตที่หลากหลาย ซึ่ง การ การข้ามสายพันธุ์ จะต้องอาศัยวิวัฒนาการเป็นเวลานาน จึงสามารถเลือกเอาคำตอบที่เหมาะสมกับ ความต้องการได้มากที่สุดและ ขั้นตอนในการ การข้ามสายพันธุ์ คือ นำ 2 โครโมโซมมาผสมกันเพื่อให้ได้ โครโมโซมใหม่ขึ้นมา จากนั้นใช้วิธีการที่ง่ายที่สุด คือ สุ่มตำแหน่ง การข้ามสายพันธุ์ และทำการคัดลอกทุก อย่างที่อยู่หน้าตำแหน่ง การข้ามสายพันธุ์ ของพ่อและคัดลอกทุกอย่างหลังตำแหน่ง การข้ามสายพันธุ์ ของ แม่รวมกันจะได้ลูกตัวที่ 1 ออกมา จากนั้นทำการคัดลอกทุกอย่างที่อยู่หน้าตำแหน่ง การข้ามสายพันธุ์ ของแม่ และคัดลอกหลังตำแหน่ง การข้ามสายพันธุ์ ของพ่อรวมกันจะได้ลูกตัวที่ 2 ออกมา

3. การกลายพันธุ์ (Mutation) เกิดขึ้นหลังจากการ การข้ามสายพันธุ์ เสร็จสิ้นจะทำการ สุ่มประชากรเปลี่ยนแปลงผลที่ได้จากการ การข้ามสายพันธุ์ หมายความว่า รุ่นลูกที่เกิดจากผสมจากรุ่นพ่อ แม่แล้วจึงนำรุ่นลูกมาดำเนินการ การกลายพันธุ์ ต่อไป ซึ่งการ การกลายพันธุ์ ทางพันธุศาสตร์จะทำให้ได้ ลักษณะใหม่ๆ เกิดขึ้น ขั้นตอนในการ การกลายพันธุ์ เมื่อได้ตำแหน่ง การกลายพันธุ์ แล้วเปลี่ยน แปลงค่า ณ ตำแหน่งที่สุ่มนั้น ในตัวอย่างต่อไปนี้จะดำเนินการ การกลายพันธุ์ กับรูปแบบโครโมโซมแบบโบนารีเรา จะสุ่มเลือกบิตเพียงเล็กน้อย จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าจาก 1 เป็น 0 หรือจาก 0 เป็น 1

โดยขั้นตอนการทำงานค้นหาคำตอบของวิธีการทางพันธุกรรมนั้นมีดังนี้

1. แสดงให้เห็นถึงขอบเขตของปัญหาของความยาวของโครโมโซม เลือกขนาดของโครโมโซมประชากร
2. กำหนดฟังก์ชันกำหนดค่าความเหมาะสมเพื่อวัดถึงพฤติกรรมของแต่ละโครโมโซมของปัญหาหลัก ฟังก์ชันกำหนดค่าความเหมาะสมจะวิเคราะห์พื้นฐานของโครโมโซมเพื่อที่จะผสมพันธ์กันระหว่างการแพร่พันธ์
3. สร้างประชากรต้นแบบด้วยการสุ่ม
4. คำนวณความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม
5. เลือกคู่ของโครโมโซมเพื่อจะจับคู่จากประชากรชุดปัจจุบัน โครโมโซมต้นแบบถูกเลือกด้วยความเป็นไปได้ของความเหมาะสมของมัน
6. สร้างคู่โครโมโซมสายพันธุ์ใหม่โดยใช้การปฏิบัติการเชิงพันธุกรรม
7. วางโครโมโซมสายพันธุ์ใหม่ในประชากรชุดใหม่
8. ทำซ้ำในข้อ 5 จนกว่าขนาดของประชากรชุดใหม่จะเท่ากับประชากรชุดแรก
9. นำโครโมโซมสายพันธุ์ใหม่แทนที่โครโมโซมแรก
10. ไปข้อ 4 และทำซ้ำจนจะถึงเกณฑ์ที่พอใจ

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) [10]

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) มาจากคำ 2 คำ คือ “ไมโคร” (Micro) หมายถึง ขนาดเล็กและ “คอนโทรลเลอร์” (controller) หมายถึง ตัวควบคุมหรืออุปกรณ์ควบคุม ดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงหมายถึงอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก แต่ในตัวอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กนี้ได้บรรจุความสามารถที่เหมือนกับระบบคอมพิวเตอร์คือภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้รวมซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน

$$\text{Microcontroller} = \text{Microprocessor} + \text{Memory} + \text{I/O}$$

ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวาง โดยมักจะเป็นการนำไปใช้ฝังในระบบของอุปกรณ์อื่นๆ (Embedded Systems) เพื่อใช้ควบคุมการทำงานบางอย่าง เช่น ในรถยนต์ เตารอบไมโครเวฟ เครื่องปรับอากาศ เครื่องซักผ้าอัตโนมัติ เป็นต้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหลายยี่ห้อ หลายตระกูล และหลายเบอร์ด้วยกัน ซึ่งแต่ละเบอร์ก็จะมีโครงสร้างภายในและความสามารถในการทำงานที่แตกต่างกัน เช่น

- ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC (บริษัทผู้ผลิต Microchip ไมโครชิป)
- ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS51 (บริษัทผู้ผลิต Atmel Phillips)
- ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR (บริษัทผู้ผลิต Atmel)
- ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Basic Stamp (บริษัทผู้ผลิต Parallax)
- ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Z80 (บริษัทผู้ผลิต Zilog)

ภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น ภาษา Assembly ภาษา Basic ภาษา C ภาษา Pascal เป็นต้น

2.6.1 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ [10]

โครงสร้างโดยทั่วไป ของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งได้เป็น 5 ส่วนใหญ่ๆดังนี้

- หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit)
- หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คือข้อมูลใดๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ใช้เป็นเหมือนกระดาษทดของซีพียู และเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยง ข้อมูลก็จะหายไปคล้ายกับหน่วยความจำ (RAM) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่

หน่วยความจำข้อมูลจะมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำแรม ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และเป็นอีอีพรอม (EEPROM : Erasable Electrically Read-Only Memory) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง

- สวนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต(Port) มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก ใช้ร่วมกันระหว่างพอร์ตอินพุต เพื่อรับสัญญาณ อาจจะใช้การกดสวิตช์ เพื่อนำไปประมวลผลและส่งไปพอร์ตเอาต์พุต เพื่อแสดงผลเช่นการติดสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น
- ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (BUS) คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่างซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ตเป็นลักษณะของสายสัญญาณจำนวนมากอยู่ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์
- วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขึ้นอยู่กับกำหนดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูง จังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้น ส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์มีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย

2.6.2 ทำไมต้องไมโครคอนโทรลเลอร์ [10]

นักออกแบบตลอดจนนักประดิษฐ์ ต้องอาศัยวงจรอิเล็กทรอนิกส์เข้าไปมีส่วนเกี่ยวข้อง เพื่อนำไปควบคุมระบบโดยที่ให้ส่วนของอุปกรณ์ควบคุมมีเล็กที่สุดและสามารถป้อนชุดคำสั่งให้ทำงานได้อย่างอัตโนมัติ ด้วยรูปแบบการเขียนโปรแกรมภาษาต่างๆตามความถนัด

2.6.3 ข้อแตกต่างระหว่างไมโครโปรเซสเซอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ [10]

ไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor)หมายถึง หน่วยประมวลผลกลางหรือ CPU (Central Processing Unit) โดยมีวงจรภายในเป็นวงจรถิจิตอล ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของหน่วยต่างๆ (Control Unit)เช่น การอ่าน/เขียนข้อมูลจากหน่วยความจำ การอ่าน/เขียนข้อมูลจากหน่วยอินพุต/หน่วยเอาต์พุต เป็นต้น นอกจากนี้ยังทำหน้าที่คำนวณทางคณิตศาสตร์หรือลอจิก (Arithmetic & Logic Unit)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ หมายถึง ไมโครโปรเซสเซอร์ตัวหนึ่งที่มีหน่วยความจำชั่วคราว (RAM : Random Access Memory) หน่วยความจำถาวร (ROM : Read Only Memory) หน่วยรับ/ส่งข้อมูลจากภายนอก (Input / Output Port) อยู่ในตัวมันเพียงตัวเดียว (Single Chip) ซึ่งไมโครโปรเซสเซอร์ต้องอาศัยหน่วยความจำและหน่วยอินพุต/เอาต์พุตภายนอก ฉะนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จึงมีข้อดีกว่าไมโครโปรเซสเซอร์มาก ในเรื่องของความประหยัดและความสะดวกในการใช้งาน ปัจจุบันจึงนิยมใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ มากกว่าโดยเฉพาะในงานควบคุมทางด้านอุตสาหกรรม และเครื่องใช้ไฟฟ้า

2.7 ภาษา C [11]

การเขียนโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC นอกจากจะใช้ภาษาแอสเซมบลี (Assembly) แล้ว ยังสามารถใช้ภาษาอื่นๆ ได้อีก เช่น ภาษาเบสิก ภาษาซี เป็นต้น

การเขียนโปรแกรมด้วยภาษา C มีข้อดี เช่น

- ไม่ขึ้นกับฮาร์ดแวร์
- สามารถเขียนแบบโครงสร้าง
- มีความสามารถใกล้เคียงแอสเซมบลี
- สามารถเขียนการทำงานที่ซับซ้อนได้ดี

2.7.1 ชนิดข้อมูล (Data type) [11]

ภาษาซีแบ่งการใช้ข้อมูลออกเป็นประเภทต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน โดยข้อมูลแต่ละประเภทก็จะมีขนาดพื้นที่เก็บต่างกันด้วย ตลอดจนช่วงของข้อมูลที่ใช้ก็จะแตกต่างกัน หากเรากำหนดตัวแปรโดยเพิ่มคำว่า unsigned เข้าไป เช่น unsigned int จะทำให้ตัวแปรใช้เฉพาะส่วนที่เป็นค่าบวก ทำให้สามารถมี data range ส่วนที่เป็นบวกเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าได้ เช่น unsigned int มี data range จาก 0 ถึง 65,535

2.7.2 ค่าคงที่ (Constants) [11]

ค่าคงที่เป็นการประกาศครั้งเดียวแล้วสามารถเรียกค่านั้นมาใช้งานได้ตลอด ซึ่งจะใช้ไคเร็กทีฟ #define ในการกำหนดค่าคงที่ เช่น

- #define PI 3.142 คือ การประกาศให้ตัวแปร PI มีค่าเท่ากับ 3.142
- #define TRUE 1 คือ การประกาศให้ตัวแปร TRUE มีค่าเป็น 1
- #define FALSE 0 คือ การประกาศให้ตัวแปร FALSE มีค่าเป็น 0

2.7.3 Built in function directory [11]

ฟังก์ชันสำเร็จรูป เช่น ฟังก์ชันการกำหนดอินพุต-เอาต์พุต จะใช้คำสั่งนี้ Set_tris_B(0x0F); ซึ่งหมายถึง พอร์ต B7,B6,B5,B4 คือขาเอาต์พุต และพอร์ต B3,B2,B1,B0 คือขาอินพุต

2.7.4 คำสั่งเอาต์พุตลอจิก [11]

เป็นชุดคำสั่งที่ใช้ส่งข้อมูลออกไป เช่น output_high(PIN_A0); ซึ่งหมายถึง เอาต์พุต 1 ที่ขา A0 และ output_low(PIN_A0); ซึ่งหมายถึง เอาต์พุต 0 ที่ขา A0

2.7.5 คำสั่งหน่วงเวลา [11]

เป็นชุดคำสั่งที่ใช้ในการหน่วงเวลา เช่น delay_ms(1000); ซึ่งหมายถึง หน่วงเวลาการทำงานออกไปเป็นเวลา 1000 มิลลิวินาที

บทที่ 3

การออกแบบ

3.1 การออกแบบฟังก์ชันควบคุมการทำงาน

3.1.1 การสร้างแบบจำลองของปัญหา (Problem Formulation)

การสร้างแบบจำลองของปัญหาคือการจำลองเหตุการณ์ของปัญหาให้อยู่ในรูปฟังก์ชันวัตถุประสงค์(Objective function) เพื่อนำไปสู่การหาค่าคำตอบที่ดีที่สุดที่ทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าต่ำสุดโดยวิธีเชิงพันธุกรรม

ระบบจำลองของปัญหานี้มีจุดประสงค์ คือ การออกแบบตารางการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านอัจฉริยะให้มีการซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้า และมีการสูญเสียความสะดวกรสบายจากการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านอัจฉริยะให้น้อยที่สุด ซึ่งเป็นไปตามฟังก์ชัน

$$\text{Minimize } Y(t) = f_i(\mathbf{x}_a(t), T_{in}(t), T_{out}(t)) \quad (3.1)$$

เมื่อ	$Y(t)$	คือ ฟังก์ชันระบบจำลอง
	$\mathbf{x}_a(t)$	คือ พลังงานที่ใช้สำหรับอุปกรณ์ a ในแต่ละชั่วโมง (kWh)
	$T_{in}(t)$	คือ อุณหภูมิภายในห้องแต่ละชั่วโมง (องศาเซลเซียส)
	$T_{out}(t)$	คือ อุณหภูมิภายนอกแต่ละชั่วโมง (องศาเซลเซียส)
โดย	$\mathbf{x}_a(t)$	คือ ตัวแปรควบคุม (Control variable)
	$T_{in}(t)$	คือ ตัวแปรตาม (Dependent variable)
	$T_{out}(t)$	คือ ตัวแปรอินพุต (Input variable)
เมื่อ	$\mathbf{x}_a(t)$	= $[x_{air}(t)]$
โดย	$x_{air}(t)$	คือ พลังงานที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศแต่ละชั่วโมง (Wh)

เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

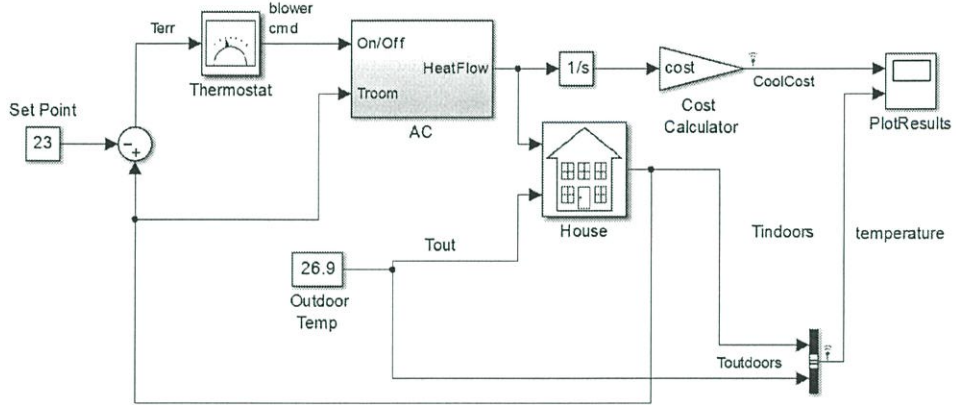
$$\min \sum_{t=1}^{24} u(t) \quad (3.2)$$

โดย $u(t)$ คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดในแต่ละชั่วโมงของบ้านอัจฉริยะ (kWh)

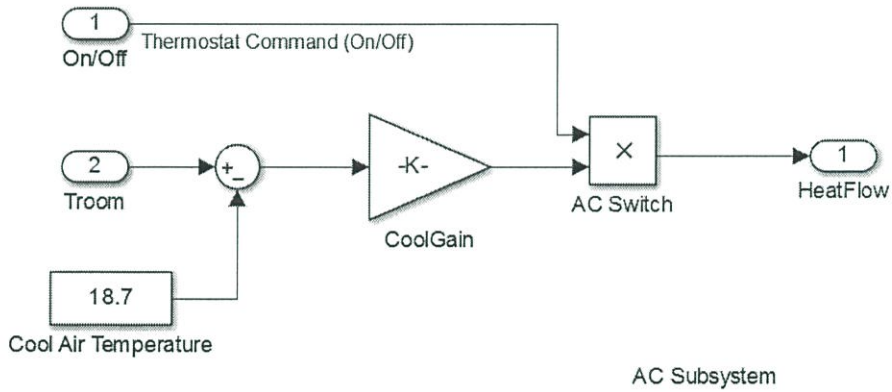
3.1.1.1 แบบจำลองของเครื่องปรับอากาศ

แบบจำลองเป็นการจำลองของเครื่องปรับอากาศ เพื่อหาคำตอบของอุณหภูมิภายในห้องที่เปลี่ยนแปลงไปและพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลา พร้อมทั้งยังมีการคำนวณค่าไฟที่ใช้ในการทำมาความเย็นของเครื่องปรับอากาศ โดยจะมีขั้นตอนการพิจารณา ดังนี้

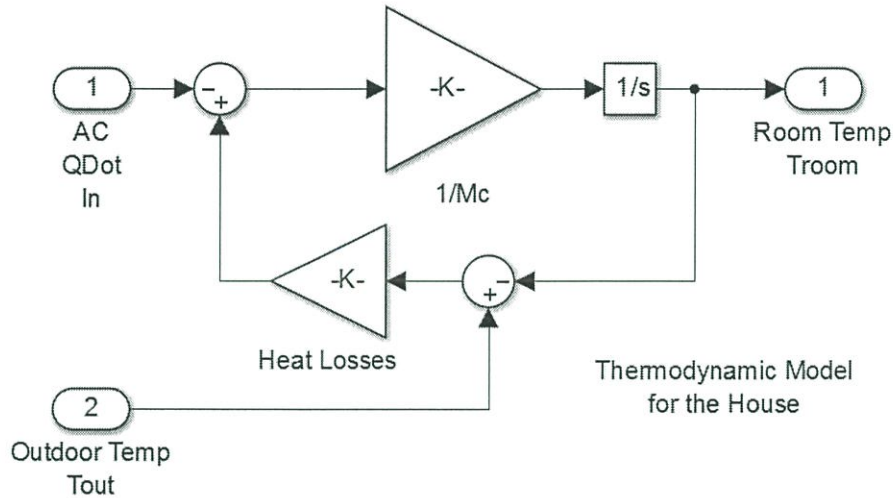
1. พิจารณาการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกสู่ภายในห้องโดยใช้ผลต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายใน ณ ขณะที่เครื่องปรับอากาศยังไม่ได้ทำงานคุณกับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง หน้าต่างและหลังคา จะได้อุณหภูมิภายในห้องที่พิจารณาการถ่ายเทความร้อนจากภายนอก
2. เมื่อผู้ใช้ตั้งค่าอุณหภูมิ (Set point) จะนำค่านี้ไปเปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายในเพื่อสั่งการทำงานของ Thermostat โดยการทำงานของ Thermostat จะทำงานก็ต่อเมื่ออุณหภูมิที่ตั้งค่ามีค่าน้อยกว่าอุณหภูมิภายในห้องจากข้อที่1
3. เมื่อ Thermostat ทำงาน จะทำให้เกิดการทำมาความเย็นของเครื่องปรับอากาศขึ้น โดยคำนวณจากผลต่างระหว่างอุณหภูมิภายในจากข้อที่ 1 กับอุณหภูมิหน้าเครื่องปรับอากาศ แล้วนำมาคูณกับสัมประสิทธิ์การทำมาความเย็น(อัตราการไหลอากาศของเครื่องปรับอากาศคูณกับความจุความร้อนจำเพาะ) จะได้พลังงานที่ใช้ในการทำมาความเย็น
4. แปลงพลังงานที่ใช้ในการทำมาความเย็นเป็นอุณหภูมิภายในห้อง โดยพิจารณาการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกสู่ภายในห้อง
5. ทำซ้ำเรื่อยๆ จากข้อ1-4 จนกว่าอุณหภูมิภายในจะน้อยกว่าอุณหภูมิที่ตั้งค่าไว้



รูปที่ 3.1 แบบจำลองของเครื่องปรับอากาศในโปรแกรม Simulink



รูปที่ 3.2 แบบจำลองของเครื่องปรับอากาศที่อยู่ในกล่อง AC



รูปที่ 3.3 แบบจำลองของเครื่องปรับอากาศที่อยู่ในกล่อง House

การหาอุณหภูมิภายในห้องที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการใช้เครื่องปรับอากาศ ต้องทราบอุณหภูมิเริ่มต้นภายในและอุณหภูมิภายนอกห้องจากสมการ

$$T_{in}(t) = T_{in}(t-1) + \alpha[T_{out}(t) - T_{in}(t-1)] + \beta x_{air}(t) \quad (3.3)$$

โดย α และ β คือ ค่าคงที่ของเครื่องปรับอากาศ

แบบจำลองของเครื่องปรับอากาศต้องพิจารณาถึงเงื่อนไขต่าง ๆ ดังนี้

1. พลังงานที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศต้องไม่เกินพิกัด

$$0 \leq x_{air}(t) \leq E_a^{max} \quad (3.4)$$

เมื่อ E_a^{max} คือ พิกัดพลังงานสูงสุดที่ใช้ของอุปกรณ์ (kWh)

2. อุณหภูมิภายในห้องอยู่ในช่วงที่ต้องการ

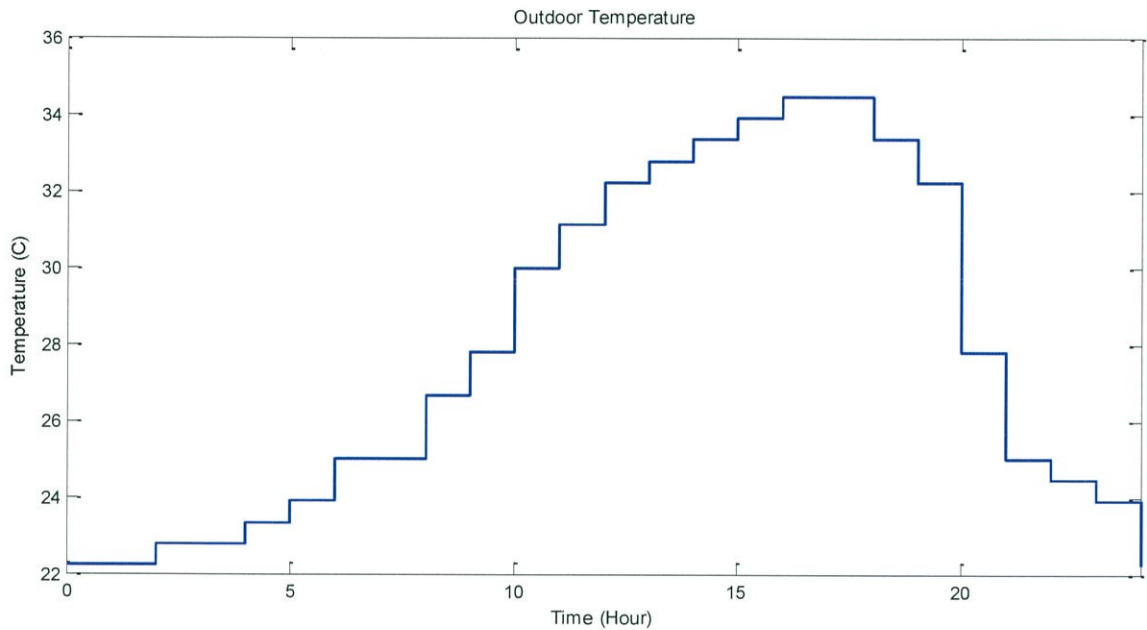
$$\underline{T}_{des} \leq T_{in}(t) \leq \bar{T}_{des} \quad (3.5)$$

เมื่อ \underline{T}_{des} และ \bar{T}_{des} คือ อุณหภูมิที่ต้องการต่ำสุดและสูงสุดที่ยอมรับได้ตามลำดับ

3.1.2 ปัญหาทดสอบ

ในปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ได้พิจารณาการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านอัจฉริยะ ดังนี้คือพิจารณาเครื่องปรับอากาศ ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

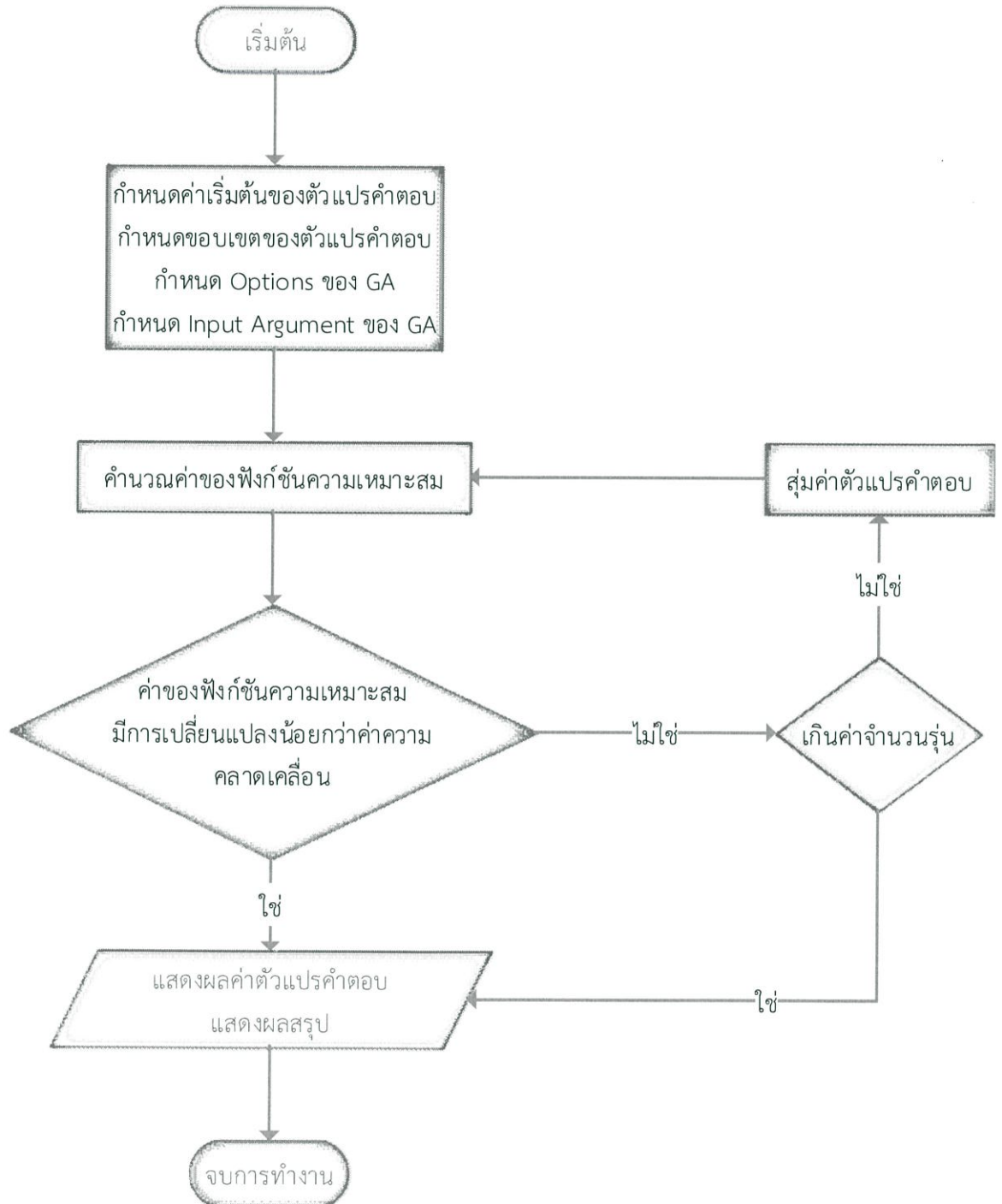
1. เครื่องปรับอากาศ : กำหนดให้อุณหภูมิที่สบายที่สุดเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ต้องการอยู่ในช่วง 23.33 ถึง 26.67 องศาเซลเซียส ค่าคงที่เครื่องปรับอากาศ α มีค่า 0.9 และ β มีค่า -0.001 ค่าพิชิตการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ 1.555 kWh และอุณหภูมิภายนอกเป็นไปตามรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.4 อุณหภูมิภายนอกบ้าน (องศาเซลเซียส)

3.1.3 แผนผังโปรแกรม(Flow Chart)

แผนผังโปรแกรมการทำงานของระบบวิธีการเชิงพันธุกรรม

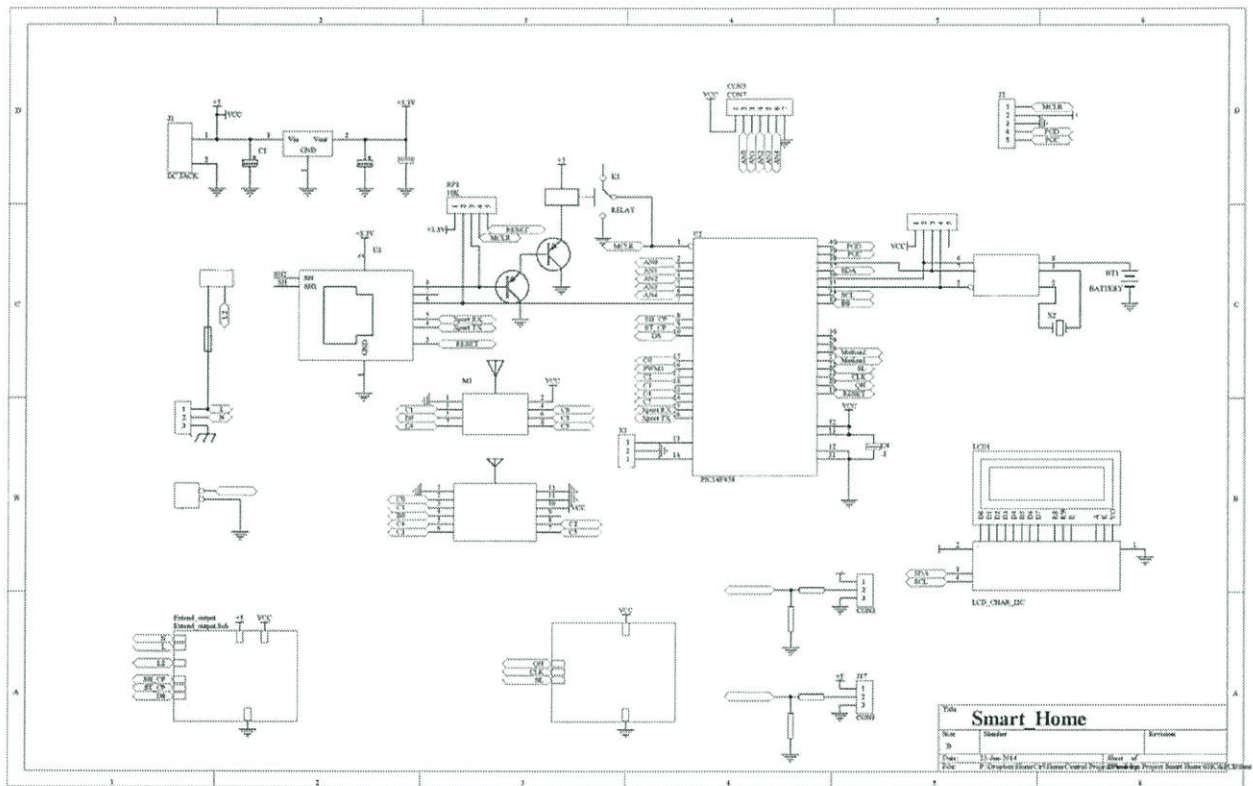


รูปที่ 3.5 แผนผังโปรแกรมการทำงานของระบบวิธีการเชิงพันธุกรรม

3.2 การออกแบบชุดควบคุมบ้านอัจฉริยะ

3.2.1 การออกแบบวงจรการควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

ในการออกแบบชุดควบคุมบ้านอัจฉริยะนี้เป็นการออกแบบการควบคุมด้วย MCU ของ Microchip เบอร์ PIC18F458 ซึ่งเป็นการออกแบบโดยใช้เบอร์ MCU ที่หาได้ง่ายและเบอร์ PIC18F458 นี้ยังมีคุณสมบัติที่สามารถโปรแกรมผ่าน Boot Loader ซึ่งจะโดยที่ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องมีเครื่องมือสำหรับโปรแกรม Update Firmware ที่พัฒนาเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงบางฟังก์ชันเพิ่มเติมด้วยตัวเอง ข้อดีอีกข้อของ Boot Loader คือสามารถ Update Firmware บนชุดควบคุมบ้านอัจฉริยะไม่ต้องย้ายจากที่ติดตั้งซึ่งจะมีความยุ่งยาก สามารถทำได้โดยโปรแกรมผ่าน Boot Loader โดยสามารถใช้ MCU เบอร์อื่นๆที่ราคาถูกกว่าทดแทนได้ แต่จำเป็นต้องหา Boot Loader ของเบอร์นั้นๆด้วย ซึ่งเรียกวิธีการนี้ว่าการอัปเดตโปรแกรมผ่าน Ethernet



รูปที่ 3.6 วงจรควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน

โดยวงจรชุดควบคุมบ้านอัจฉริยะสามารถแบ่งการทำงานของแต่ละส่วนหลักๆ ได้ดังนี้

1. ส่วนควบคุมนั้นใช้ MCU เบอร์ PIC18F458 ของ Microchip เป็นตัวควบคุมการทำงานของวงจรทั้งหมด โดยคณะผู้ศึกษาได้เลือกใช้การเขียนโปรแกรมควบคุมด้วยภาษาซี ซึ่งง่ายสำหรับผู้ที่จะนำไปพัฒนาต่อสำหรับผู้เริ่มต้นเขียนโปรแกรม MCU Microchip ด้วยภาษาซีในโปรแกรม MP-lab

2. ส่วน Ethernet Interface จากวงจรนี้ส่วนที่ต้องติดต่อกับ Ethernet โดยเลือกใช้ Xport ของ Lantronix เป็นตัว Interface สัญญาณ Ethernet โดยตัวนี้จะเป็นตัวจัดการเรื่อง Stack TCP/IP ทั้งหมด และเหมาะสำหรับใช้งานที่ต้องการความแน่นอน แม่นยำค่อนข้างสูง Xport นี้สามารถเป็น Mini Server ให้เราสามารถเข้าไปแก้ไขหรือเพิ่มเวป page ในกล่อง Home Control ได้อีกด้วย

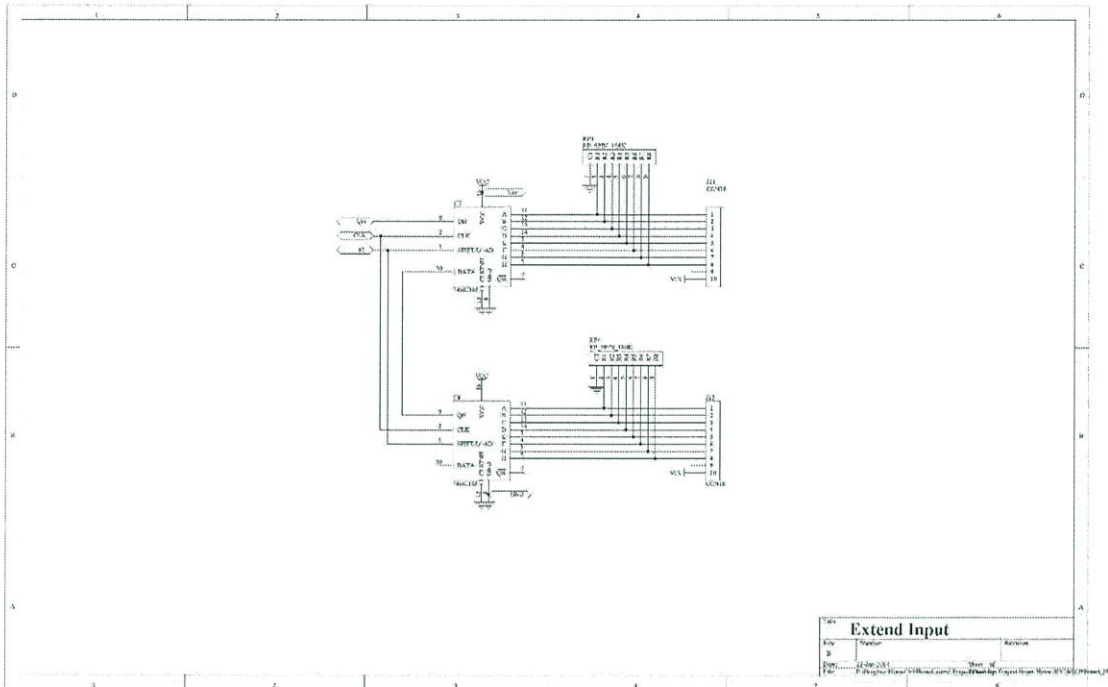
3. ส่วนควบคุม Output เป็นการใช้ MCU สั่งงานชุดขับรีเลย์ทั้งหมด 10 ชุด ซึ่งเป็นชุดจ่ายไฟ 220 V โดยมีฟิวส์ 10 A ป้องกันกระแสเกินในแต่ละชุด และ Output สามารถนำไปจ่ายไฟเข้ากับ ปลั๊กพ่วง โหลดแสงสว่าง หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ ที่ใช้แรงดัน 220 V ได้

4. ส่วนควบคุมฐานเวลา วงจรนี้ใช้ DS1302 เป็นตัวควบคุมฐานเวลาของระบบ โดยวัตถุประสงค์คือเพื่อใช้งานในส่วนของการแสดงวันเวลาบนหน้าจอแสดงผล และเป็นฐานเวลาให้กับระบบการตั้งเวลาของกล่อง Home Control โดย DS1302 นี้ต่อเข้ากับ Battery Backup 3V ดังนั้นไม่ว่าจะเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง หรือมีการ Reset ระบบ ตัวฐานเวลาก็จะสามารถเดินต่อไปได้โดยไม่ต้องมา Set เวลาใหม่

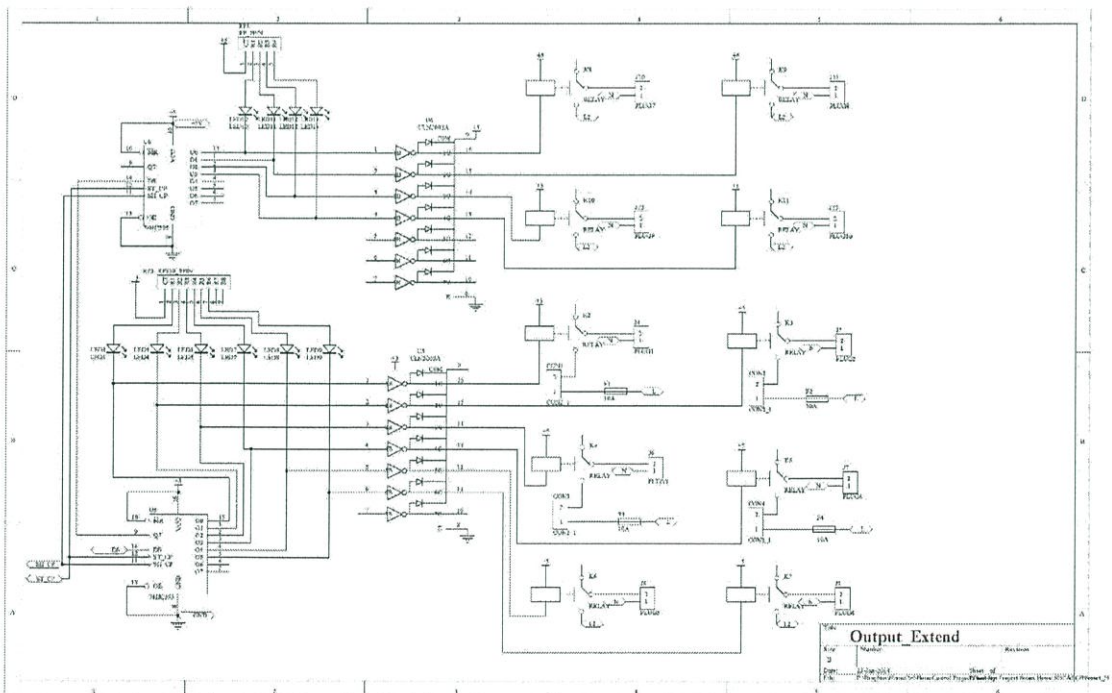
5. ส่วนแสดงผล LCD เป็นจอ LCD Character ขนาด 2 บรรทัด เพื่อให้แสดงผลเวลาของระบบและ แสดง IP Address ที่เรา Fix ให้กับกล่อง Home Control

6. ส่วนจ่ายไฟให้กับระบบ เป็นส่วนควบคุมไฟของกล่อง Home Control โดยส่วนนี้จะปรับระดับแรงดันไฟ 220 V ที่ผ่าน Switching Power Supply ซึ่ง Output ที่ออกมานั้นจะมีแรงดันอยู่ที่ 5V และจะถูกปรับแรงดันให้เหลือ 3.3V โดยตัว Regulator LM1117-3.3 เพื่อที่ MCU, DS1302 และ Xport จะสามารถทำงานได้โดยไม่มีปัญหาอะไร

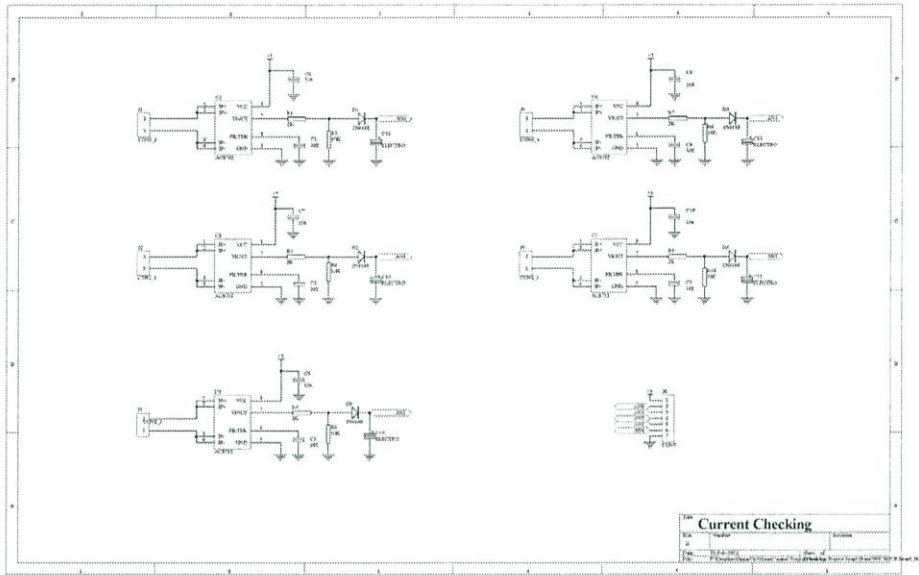
7. ส่วนเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว (IR Infrared Motion Detection Sensor Module I052116) อุปกรณ์นี้ใช้เป็นอินพุตสั่งการเมื่อมีการเคลื่อนไหว



รูปที่ 3.7 วงจรส่วนขยายอินพุต

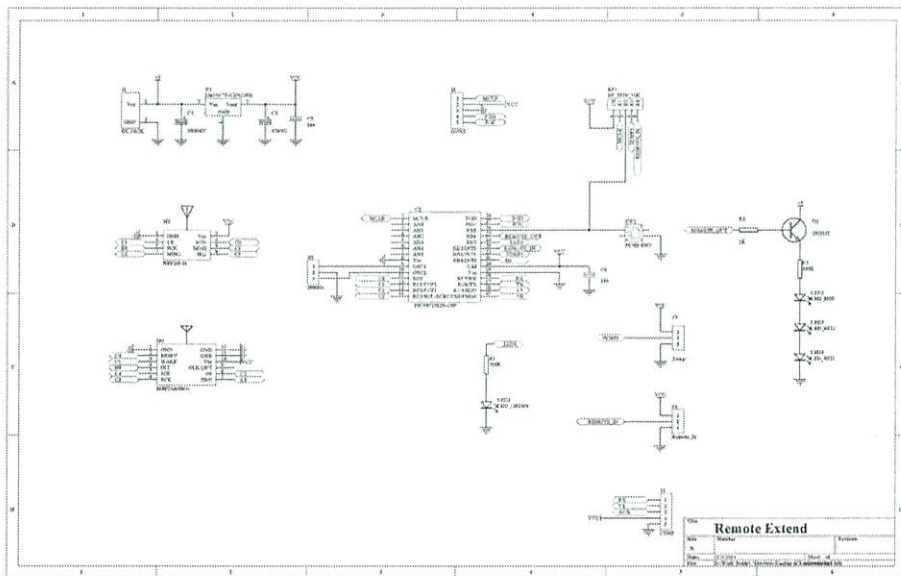


รูปที่ 3.8 วงจรส่วนขยายเอาต์พุต



รูปที่ 3.9 วงจรตรวจสอบกระแส

วงจรตรวจสอบกระแสในชุดควบคุม จะทำหน้าที่เช็คกระแสของแต่ละอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านอัจฉริยะเพื่อส่งข้อมูลไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลในการแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านแอปพลิเคชันแอนดรอยด์



รูปที่ 3.10 วงจรรีโมท

วงจรรีโมททำหน้าที่รับสัญญาณการทำงานจากไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วส่งสัญญาณการทำงานให้กับเครื่องปรับอากาศ โดยจะต้องมีการเรียนรู้สัญญาณการสั่งการทำงานแต่ละคำสั่งของเครื่องปรับอากาศให้กับรีโมทก่อน รีโมทจึงจะสามารถสั่งการให้เครื่องปรับอากาศทำงานได้

ส่วนประกอบของวงจรควบคุมประกอบไปด้วย

1. ตัวประมวลผล (PIC) ทำหน้าที่สั่งการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านอัจฉริยะ
2. วงจรรักษาแรงดัน (Regulator) ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันของวงจรให้คงที่เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายขึ้นกับอุปกรณ์
3. Xport ทำหน้าที่แปลงข้อมูลเชื่อมต่อระหว่างโปรโตคอลของตัวประมวลผลกับระบบสื่อสารผ่านระบบ LANแบบ Ethernet
4. วงจรตรวจจับกระแส ทำหน้าที่ตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อเชื่อมต่อกับระบบการแสดงผลสถานะ
5. ส่วนขยายอินพุต ทำหน้าที่เพิ่มช่องสำหรับข้อมูลของตัวประมวลผล (PIC)
6. ส่วนขยายเอาต์พุต ทำหน้าที่เพิ่มช่องสำหรับส่งข้อมูลของตัวประมวลผล (PIC) เพื่อนำไปใช้กับระบบแสงสว่างและเด้ารับ
7. ส่วนควบคุมรีโมท ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างรีโมทควบคุมของเครื่องปรับอากาศกับชุดควบคุมการทำงาน
8. ส่วนโปรแกรม ทำหน้าที่บันทึก(burn)โปรแกรมลงบนตัวประมวลผล (PIC)
9. แบตเตอรี่สำรอง ทำหน้าที่สำรองไฟสำหรับนาฬิกาเพื่อไม่ให้นาฬิกาหยุดทำงาน
10. จอแสดงผล ทำหน้าที่แสดงข้อมูลต่างๆ เช่น IP address ของชุดควบคุม, เวลา
11. เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว
12. เซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิ
13. ส่วนแสดงผลสถานะเอาต์พุต ทำหน้าที่แสดงผลสถานะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านอัจฉริยะ
14. รีเลย์ ทำหน้าที่ตัดต่อวงจรของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านอัจฉริยะ

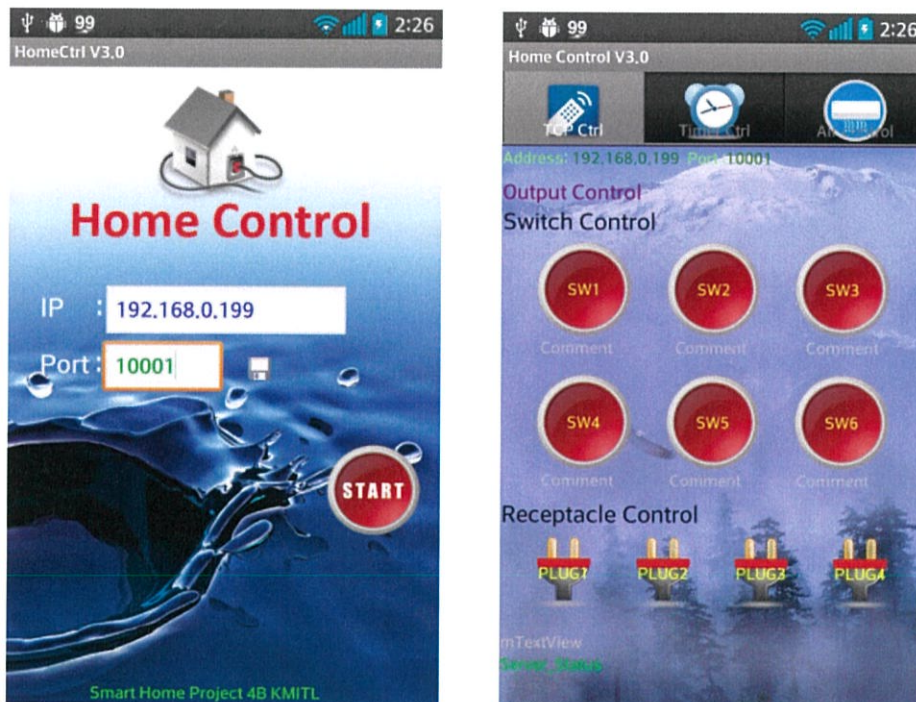
3.2.1.1 ตารางแสดงอุปกรณ์

No	Part Number	Description	Qty
1	XP1001001-04R-AP	Xport Serial to Ethernet	1
2	PIC18F458-I/P	IC:40PIN, 32KB FLASH MCU, 36I/O	1
3	ISS40T1-06	I.C.SOCKET STAMP PIN 40 PINS	1
4	ZTT20.00MX	CERAMIC RESONATOR 20.0MHZ 3-PINS	1
5	ISS16T1-03	I.C. SOCKET DIP SOLDER TYPE 16 PINS,PITCH 2.54	1
6	DS1302+	TRICKLE CHARGE TIMEKEEPING CHIP	1
7	ISS08T1-03	I.C.SOCKET DIP SOLDER 08 P,2.54MM.	1
8	DT-38-MEC-LF	X-TAL 32.768 KHZ	1
9	BS-5	BATTERY HOLDER VERTICAL TYPE FOR CR2032	1
10	CR-2032L/BE	LITHIUM COIN BATTERY,PANASONIC 3V	1
11	LM1117T-3.3/NOPB	VOLTAGE REGULATORS , NS	1
12	DS-012-A-PBT-ROHS	DC JACK:0.3A 30V DC,2.5mm	1
13	ABC016002A10-GHW-R	LCD MODULE, 16 CHARS X 2 LINES, STN POSITIVE	6
14	5EHDR-2P	TERMINAL BLOCK HEADER(SOCKET) FOR PLUGGABLE	6
15	5ESDV-2P	TERMINAL BLOCK PLUGS FOR PLUGGABLE	7
16	HRS4-S-DC5V-C	RELAY 1 FORM C,COIL 5 VDC,	2
17	EGF477M1CF12TCSAP	E-CAP 470UF/16V,105C	2
18	SR215C104KARAP4-90	MLCC CAP 0.1uF/50V, +/-10%, X7R	1
19	PHSS40G20/RH	PIN HEADER CONNECTOR 40 PINS	1
20	BC32725TA	TRANSISTOR; PNP BV=45V 0.8A :FSC	1
21	PN2222ATA	TRANSISTOR; NPN BV=70V IC=600MA:FSC	1
22	ULN2003	TRANSISTOR ARRAY-7 NPN DARLINGTONS,+5V-I/P,	1
23	RNLA06J0103B0E	RPAC 10K	1
24	RNLA09J0104B0E	RPAC 100K	1
25	RNLA09J0331B0E	RPAC 330R	1
26	RNLB08J0102B0E	RI 1K	1
27	FC-53-11	Fuse Clip	1
28	FHSS16G10/RH	P.C. BOARD SOCKET 1*16 PINS,FEMALE HEADER	1

ตารางที่ 3.1 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในชุดควบคุมอุปกรณ์การทำงาน

3.2.2 ออกแบบแอปพลิเคชันสำหรับควบคุมการทำงานอุปกรณ์ไฟฟ้า

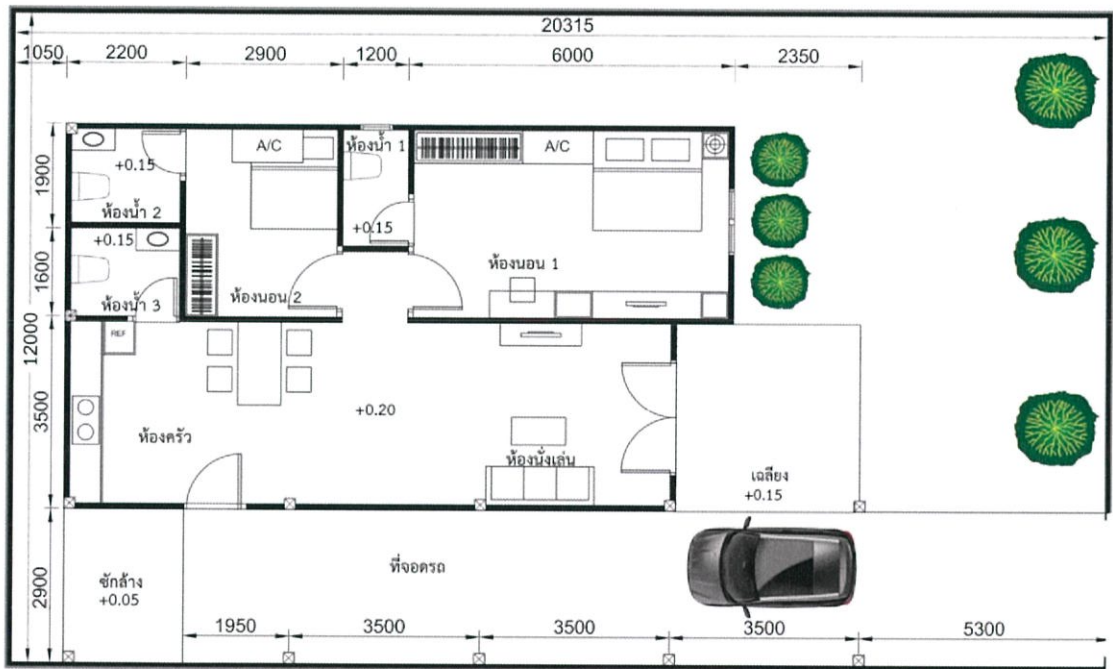
ในการการพัฒนาบนโทรศัพท์มือถือถึงสมาร์ทโฟน เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านโดยผ่านการเชื่อมต่อกับโมดูล Wi-Fi และ 3G โดยผ่านทางโทรศัพท์มือถือถึงสมาร์ทโฟน (โดย IP ของโมดูลได้ถูก fix ค่าไว้แล้ว) โดยในแอปพลิเคชันดังกล่าวจะแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ 1.ส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบ on-off 2.ส่วนที่ทำหน้าที่สั่งการทำงานแบบตั้งเวลา(timer) 3.ส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศโดยจะทำหน้าที่เหมือนรีโมททั่วไปและเมื่อเข้าสู่หน้าต่างผู้ใช้งานจะมีการล็อกอินเพื่อให้สามารถเข้าไปสู่หน้าโปรแกรมหลักได้ โดยแอปพลิเคชันจะสามารถรับค่า Sensor จากไมโครคอนโทรลเลอร์มาแสดงผลออกหน้าจอโทรศัพท์มือถือถึงสมาร์ทโฟน โดยภายในแอปพลิเคชันจะสามารถแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เชื่อมต่อทั้งหมดว่ามีการทำงานอยู่หรือไม่



รูปที่ 3.11 หน้าต่างในการ Login ในการเข้าสู่ Application

3.2.3 การออกแบบชุดบ้านจำลอง

ในการออกแบบชุดบ้านจำลองได้จัดทำขึ้นมาเพื่อจำลองสถานที่ในการติดตั้งชุดควบคุมบ้านอัจฉริยะ โดยชุดบ้านจำลองประกอบด้วย ห้องนอน 2 ห้อง, ห้องน้ำ 3 ห้อง, ห้องครัว 1 ห้อง, ห้องนั่งเล่น 1 ห้อง ซึ่งการควบคุมจะประกอบด้วย 1.ระบบแสงสว่างและเต้ารับ 2.เครื่องปรับอากาศ



รูปที่ 3.12 แบบบ้านจำลอง

3.2.4 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.2.4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา Application และควบคุมด้วยโปรแกรม

- (1) Eclipse
- (2) Software Development Kit (SDK)
- (3) Java Development Kit (JDK)

3.2.4.2 โทรศัพท์มือถือ (Smartphone)

ใช้ในการส่งสัญญาณแบบไร้สายไปยังโมดูลโดยจะต้องเขียนโปรแกรม Application แล้วโหลดลงในโทรศัพท์มือถือ Smartphone ก่อนใช้งาน

3.2.4.3 โมดูล Ethernet

ใช้ในการรับสัญญาณแบบไร้สายจากโทรศัพท์มือถือ Smartphone แล้วแปลง สัญญาณออกมาเป็นข้อมูลตัวอักษรทางขา แบบอนุกรม วิธีใช้ ต้องมีการเซตค่า IP Address ก่อนการใช้งาน เพื่อให้สามารถติดต่อสื่อสารระหว่างโทรศัพท์มือถือ Smartphone กับโมดูล Ethernet

3.2.4.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ใช้ในการรับค่าข้อมูลตัวอักษรจากโมดูล Ethernet ผ่านทางพอร์ตอนุกรม แล้วทำการประมวลผลออกมาเป็นสัญญาณบิตดิจิตอล

3.2.4.5 Motion Sensor

ใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของวัตถุ แล้วส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้สั่งการทำงานอุปกรณ์ไฟฟ้า

3.2.4.6 วัตต์มิเตอร์ Single-phase

ใช้ในการวัดพลังงานการใช้ไฟฟ้าที่ใช้งาน โดยจะส่งข้อมูลเป็น impulse ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อนำมาประมวลผลเป็นค่าไฟฟ้า

บทที่ 4

ผลการทดลอง

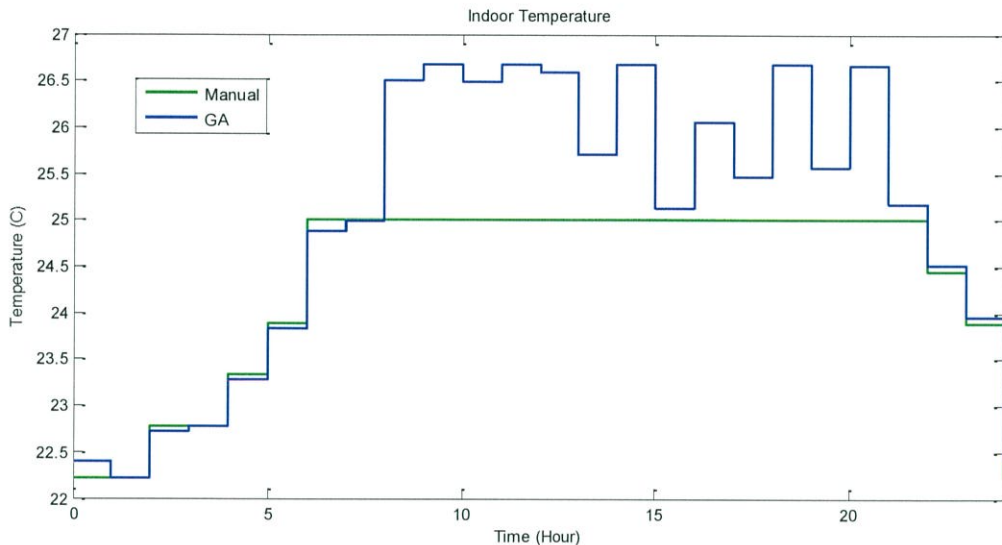
4.1 ผลการจำลองโดยการ simulation

แบบจำลองที่นำเสนอในบทความนี้ถูกสร้างขึ้นบนโปรแกรม MATLAB โดยใช้วิธีเชิงพันธุกรรมใน Genetic Algorithm (GA) toolbox เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการตั้งค่าเครื่องปรับอากาศ ที่ทำให้การใช้พลังงานลดน้อยลง โดยจะพิจารณาข้อมูลการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ได้จากการทดลองในภาคผนวก (ก) ซึ่งจะได้ตารางการตั้งค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมและพลังงานที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศใน 1 วันแสดงในตารางที่ 4.1

เวลา	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00
พลังงานที่ใช้ (kWh)	0	0	0	0	0	0	0	0
อุณหภูมิที่ตั้งค่า (°C)	0	0	0	0	0	0	0	0
เวลา	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00
พลังงานที่ใช้ (kWh)	0.1863	0.6019	0.7546	0.9624	1.2232	1.1186	1.5219	1.4131
อุณหภูมิที่ตั้งค่า (°C)	28	28	27	26	24	25	21	21
เวลา	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
พลังงานที่ใช้ (kWh)	1.5413	1.1142	1.1570	0.1698	0	0	0	0
อุณหภูมิที่ตั้งค่า (°C)	21	25	24	28	0	0	0	0

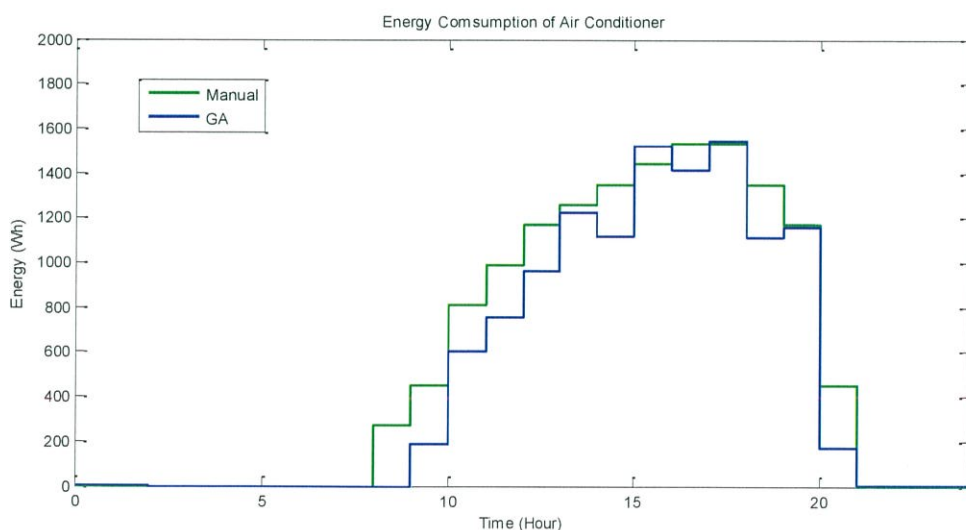
ตารางที่ 4.1 ตารางการตั้งค่าอุณหภูมิ

การตั้งค่าด้วยมือสำหรับเครื่องปรับอากาศ เป็นการตั้งค่าอุณหภูมิให้แก่เทอร์โมสตัท (Thermostat) เพื่อให้ได้อุณหภูมิตามที่กำหนดไว้คือ 25°C ดังจะเห็นได้จากรูป 4.1 โดยจะเห็นได้ว่าการคำนวณด้วยวิธี GA อุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศจะปรับอุณหภูมิภายในให้มีความเหมาะสมที่สุดในแต่ละช่วงเวลา



รูปที่ 4.1 อุณหภูมิภายในห้องกรณีที่มีการควบคุมและไม่ควบคุมโดยวิธีที่นำเสนอ

การใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศที่มีการหาค่าความเหมาะสมสำหรับการตั้งค่าอุณหภูมิ โดยเปรียบเทียบกับกรณีที่อุณหภูมิที่ตั้งค่าคือ 25 องศาเซลเซียสตลอดการทำงาน จะพบว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้การควบคุมด้วย GA มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่า โดยจะแสดงดังกราฟรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 พลังงานที่ถูกใช้โดยเครื่องปรับอากาศ

4.2 ผลการทดสอบโดยแอปพลิเคชันแอนดรอยด์

จากการทดสอบการทำงานผ่านแอปพลิเคชันแอนดรอยด์เพื่อสั่งอุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องปรับอากาศพบว่าเมื่อมีการเชื่อมกับอุปกรณ์ไฟฟ้า แอปพลิเคชันแอนดรอยด์จะแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เชื่อมต่ออยู่ โดยแสดงสีเขียว-แดงเป็นสถานะเปิด-ปิดตามลำดับ



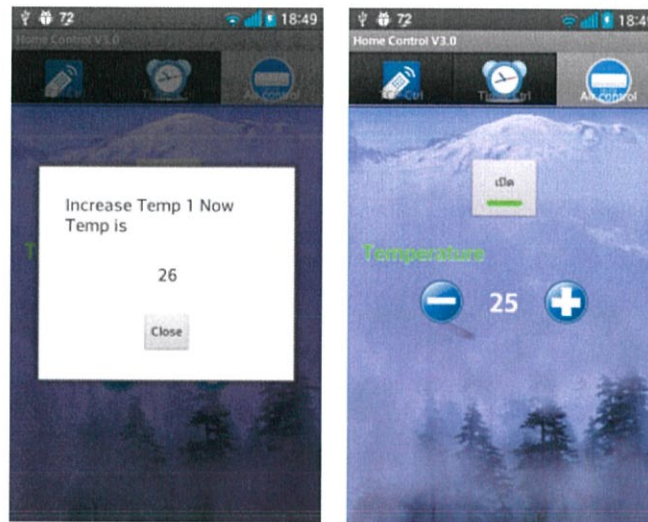
รูปที่ 4.3 สถานะการทำงานของแอปพลิเคชันแอนดรอยด์

ในการตั้งค่าการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า(ระบบแสงสว่างและเตารีด) จะสามารถตั้งเวลาเปิด-ปิดอุปกรณ์และสั่งให้ทำงานเป็นประจำในทุกๆเวลา โดยการส่งผ่านระบบสมาร์ทโฟน โดยแสดงสถานะการทำงานของที่ด้านล่าง



รูปที่ 4.4 หน้าต่างแสดงการควบคุมการทำงานแบบตั้งเวลา

ในการทำงานของเครื่องปรับอากาศผ่านแอปพลิเคชันแอนดรอยด์จะสามารถสั่งเปิด-ปิด และเพิ่ม-ลดอุณหภูมิ



รูปที่ 4.5 หน้าต่างแสดงการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

การสั่งการผ่านแอปพลิเคชันแอนดรอยด์นั้นจะสามารถทำให้รู้ว่ามีอุปกรณ์ไฟฟ้าชิ้นไหนทำงานอยู่หรือไม่ และถ้ามีการใช้งานของอุปกรณ์ที่ไม่ได้มีความจำเป็น ก็จะสามารถสั่งปิดอุปกรณ์ตัวนั้นผ่านแอปพลิเคชันแอนดรอยด์ได้ด้วยไม่จำเป็นต้องอยู่ใกล้กับอุปกรณ์ เพื่อการประหยัดพลังงานและยังสามารถสั่งการล่วงหน้าหรือสั่งการระยะไกลเพื่อให้เกิดความสะดวกสบายกับผู้ใช้งาน

4.3 ผลการทดสอบชุดควบคุมบ้านอัจฉริยะ

ชุดควบคุมบ้านอัจฉริยะสามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านอัจฉริยะซึ่งประกอบด้วย ระบบแสงสว่าง เตารีดและเครื่องปรับอากาศได้

ระบบแสงสว่างและเตารีดจะทำงานโดยสามารถสั่งงานผ่านสวิตช์โดยตรงและแบบอัตโนมัติโดยรับข้อมูลการทำงานจากเซนเซอร์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับความเคลื่อนไหว และยังสามารถเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชันเพื่อสั่งงานระยะไกลได้ อีกทั้งไมโครคอนโทรลเลอร์ยังสามารถควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศโดยจะสั่งให้เครื่องปรับอากาศทำงานในจุดที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละช่วงเวลา เพื่อให้พลังงานที่ใช้มีค่าน้อยที่สุดและอุณหภูมิต้องอยู่ในขอบเขตที่กำหนด

4.4 การคำนวณหาค่าใช้จ่ายไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

กรณีที่ 1 เครื่องปรับอากาศทำงานปกติ โดยตั้งค่าอุณหภูมิ (Set point) ที่ 25 องศาเซลเซียส

พลังงานที่ใช้ต่อวัน	=	13.770	กิโลวัตต์ชั่วโมง
(1 กิโลวัตต์ชั่วโมง = 1 หน่วย)	=	13.770	หน่วย
พลังงานที่ใช้ต่อเดือน (30วัน)	=	13.770×30	หน่วย
	=	413.1	หน่วย
อัตราค่าไฟ			
150 หน่วยแรก	หน่วยละ	2.7628	บาท
250 หน่วยต่อไป	หน่วยละ	3.7362	บาท
เกินกว่า 400 หน่วย	หน่วยละ	3.9361	บาท
150 หน่วยแรก	=	150×2.7628	บาท
	=	414.41	บาท
151-400 หน่วย	=	250×3.7362	บาท
	=	934.05	บาท
401-413.1 หน่วย	=	13.1×3.9361	บาท
	=	51.56	บาท
รวมค่าไฟทั้งเดือน	=	1400.02	บาท
รวมค่าไฟทั้งปี (12 เดือน)	=	1400.02×12	บาท
	=	16800.24	บาท

กรณีที่ 2 มีการควบคุมของเครื่องปรับอากาศ โดยค่าอุณหภูมิ (Set point) จะเป็นไปตามคำตอบที่ได้ทำการหาด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม (GA)

พลังงานที่ใช้ต่อวัน	=	11.764	กิโลวัตต์ชั่วโมง
(1 กิโลวัตต์ชั่วโมง = 1 หน่วย)	=	11.764	หน่วย
พลังงานที่ใช้ต่อเดือน (30วัน)	=	11.764×30	หน่วย
	=	352.92	หน่วย

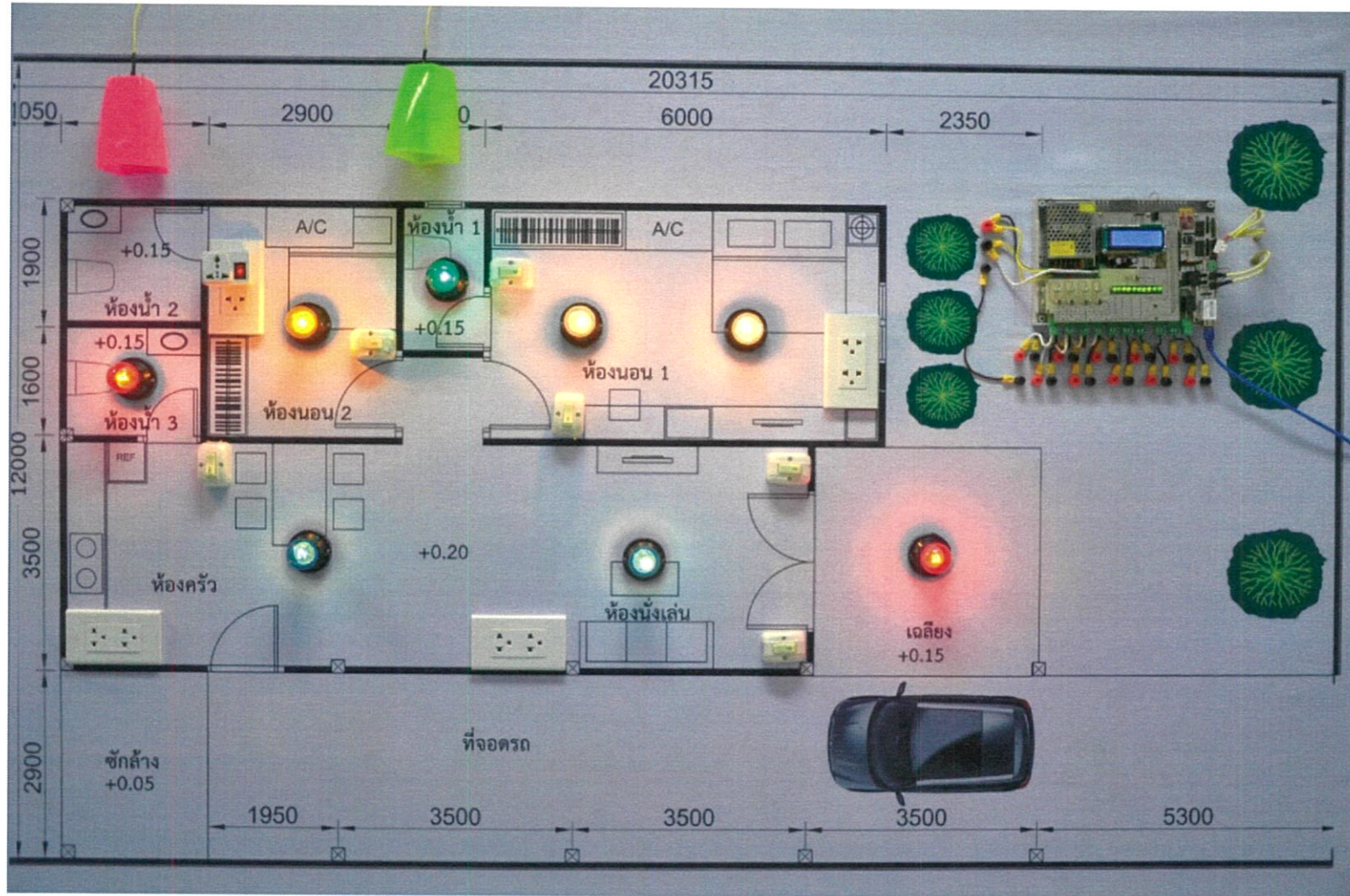
อัตราค่าไฟ			
150 หน่วยแรก	หน่วยละ	2.7628	บาท
250 หน่วยต่อไป	หน่วยละ	3.7362	บาท
เกินกว่า 400 หน่วย	หน่วยละ	3.9361	บาท
150 หน่วยแรก	=	150 × 2.7628	บาท
	=	414.41	บาท
151-352.92 หน่วย	=	202.92 × 3.7362	บาท
	=	758.15	บาท
รวมค่าไฟทั้งเดือน	=	1,172.56	บาท
รวมค่าไฟทั้งปี (12 เดือน)	=	1,172.56 × 12	บาท
	=	14,070.72	บาท

จากกรณีทั้งสอง จะพบว่ากรณีที่ทำการตั้งค่าอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศแบบใช้วิธีเชิงพันธุกรรม จะใช้พลังงานและจ่ายค่าไฟน้อยกว่า

ประหยัดพลังงานต่อเดือน	=	413.1 - 352.92	หน่วย
	=	60.18	หน่วย
ประหยัดพลังงานต่อปี	=	60.18 × 12	หน่วย
	=	722.16	หน่วย
ประหยัดค่าไฟต่อเดือน	=	1,400.02 - 1,172.56	บาท
	=	227.46	บาท
ประหยัดค่าไฟต่อปี	=	227.46 × 12	บาท
	=	2,729.52	บาท

การคำนวณหาระยะเวลาคู้มทุน

ต้นทุนของอุปกรณ์	=	9,000	บาท
ประหยัดค่าไฟได้ (ต่อปี)	=	2,729.52	บาท
ระยะเวลาคู้มทุน	=	9,000 ÷ 2,729.52	ปี
	=	3.3	ปี



รูปที่ 4.6 ชุดควบคุมต้นแบบบ้านอัจฉริยะ

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอวิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดเพื่อการบริหารจัดการพลังงานภายในบ้านอัจฉริยะซึ่งจะเป็นบ้านแห่งอนาคต ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอและการประยุกต์ใช้วิธีเชิงพันธุกรรมเพื่อหาระดับพลังงานที่เหมาะสมที่สุดสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชนิดพบว่าระดับความต้องการพลังงานและค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายสามารถลดลงได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยส่งผลกระทบต่อความสะดวกรสบายในระดับที่ยอมรับได้

และในปริญญานิพนธ์นี้ยังได้นำข้อมูลที่ได้จากการจำลองในขั้นต้นไปทำการออกแบบการทำงานของเครื่องปรับอากาศและโหลตแสงสว่าง โดยทำการควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ และสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ได้ โดยในแอปพลิเคชันนั้นยังสามารถแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ไปยังสมาร์ตโฟน เพื่อแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ทราบว่ามีการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน และในแอปพลิเคชันยังทำหน้าที่เหมือนรีโมทเครื่องปรับอากาศสามารถควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติเพื่อให้อุณหภูมิของห้องมีความเหมาะสมอยู่ตลอดเวลาโดยจะมีการรับส่งข้อมูลระหว่างเซนเซอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์และสั่งการให้เครื่องปรับอากาศทำงานในจุดที่เหมาะสมที่สุดในช่วงเวลานั้น

การใช้ชุดควบคุมบริหารจัดการพลังงานในบ้านอัจฉริยะสามารถลดการใช้พลังงานเมื่อเทียบจากการใช้งานปกติได้ 722.16 หน่วยต่อปี หรือ 14.57 เปอร์เซ็นต์ และคิดเป็นเงินได้ 2,729.52 บาทต่อปี โดยจะมีระยะเวลาคัมทุนภายใน 3.3 ปี

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการจำลองโมเดลเพื่อเป็นต้นแบบในการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศโดยการตั้งค่าอุณหภูมิที่ความเหมาะสมที่สุดในช่วงเวลานั้นๆ ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ได้พิจารณาเฉพาะข้อมูลการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ขนาด 18,000 บีทียู และการศึกษาในอนาคตจะพัฒนาต่อยอด โดยการเก็บข้อมูลการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดอื่นๆ จะทำให้การนำไปประยุกต์ใช้งานมีความหลากหลายมากยิ่งขึ้นและจะทำให้ระบบมีเสถียรภาพมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน “แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2553-2573 ฉบับที่ 3”
- [2] ประกาศคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน(กกพ.) เรื่องการรับซื้อไฟฟ้าจากการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา พ.ศ. 2556
- [3] “สมาร์ทโฮม” Smart Home System
[ออนไลน์]: <http://www.it24hrs.com/2012/smart-room-smart-room-automation/>
- [4] Thaieasyelec Enable your design “PIR Motion Sensor”
[ออนไลน์]: <http://www.thaieasyelec.com/Review-Product-Article/PIR-Motion-Sensor->
- [5] ชาตรี บ้านเกาะ.การประหยัดพลังงานในบ้านทั่วไปด้วยอินเวอร์เตอร์เฟสเดียว.,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.วิทยานิพนธ์ 2544
- [6] Ethernet
[ออนไลน์]:<http://www.thaigoodview.com/library/contest2552/type2/tech03/47/content5-1.html>
- [7] MRF24J40MA
[ออนไลน์]: th.element14.com/microchip
- [8] Dynamic DNS “dyndns”
[ออนไลน์] :
- [9] Genetic algorithm (GA)
[ออนไลน์]: home.kku.ac.th/wichuda/DMining/Sudent/Genetic_Algorithm
- [10] ไมโครคอนโทรลเลอร์
[ออนไลน์]:<http://itc.cric.ac.th/users/5331281008/CT20102/Sataworn/Interface/INTF22102010.doc>
- [11] ภาษาซี
[ออนไลน์] : http://itd.htc.ac.th/st_it50/it5016/nidz/Web_C/unit2.html

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ 18F458



PIC18FXX8

28/40-Pin High-Performance, Enhanced Flash Microcontrollers with CAN

High-Performance RISC CPU:

- Linear program memory addressing up to 2 Mbytes
- Linear data memory addressing to 4 Kbytes
- Up to 10 MIPS operation
- DC – 40 MHz clock input
- 4 MHz-10 MHz oscillator/clock input with PLL active
- 16-bit wide instructions, 8-bit wide data path
- Priority levels for interrupts
- 8 x 8 Single-Cycle Hardware Multiplier

Peripheral Features:

- High current sink/source 25 mA/25 mA
- Three external interrupt pins
- Timer0 module: 8-bit/16-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler
- Timer1 module: 16-bit timer/counter
- Timer2 module: 8-bit timer/counter with 8-bit period register (time base for PWM)
- Timer3 module: 16-bit timer/counter
- Secondary oscillator clock option – Timer1/Timer3
- Capture/Compare/PWM (CCP) modules; CCP pins can be configured as:
 - Capture input: 16-bit, max resolution 6.25 ns
 - Compare: 16-bit, max resolution 100 ns (T_{cy})
 - PWM output: PWM resolution is 1 to 10-bit
Max. PWM freq. @:8-bit resolution = 156 kHz
10-bit resolution = 39 kHz
- Enhanced CCP module which has all the features of the standard CCP module, but also has the following features for advanced motor control:
 - 1, 2 or 4 PWM outputs
 - Selectable PWM polarity
 - Programmable PWM dead time
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) with two modes of operation:
 - 3-wire SPI™ (Supports all 4 SPI modes)
 - I²C™ Master and Slave mode
- Addressable USART module:
 - Supports interrupt-on-address bit

Advanced Analog Features:

- 10-bit, up to 8-channel Analog-to-Digital Converter module (A/D) with:
 - Conversion available during Sleep
 - Up to 8 channels available
- Analog Comparator module:
 - Programmable input and output multiplexing
- Comparator Voltage Reference module
- Programmable Low-Voltage Detection (LVD) module:
 - Supports interrupt-on-Low-Voltage Detection
- Programmable Brown-out Reset (BOR)

CAN bus Module Features:

- Complies with ISO CAN Conformance Test
- Message bit rates up to 1 Mbps
- Conforms to CAN 2.0B Active Spec with:
 - 29-bit Identifier Fields
 - 8-byte message length
 - 3 Transmit Message Buffers with prioritization
 - 2 Receive Message Buffers
 - 6 full, 29-bit Acceptance Filters
 - Prioritization of Acceptance Filters
 - Multiple Receive Buffers for High Priority Messages to prevent loss due to overflow
 - Advanced Error Management Features

Special Microcontroller Features:

- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator
- Programmable code protection
- Power-saving Sleep mode
- Selectable oscillator options, including:
 - 4x Phase Lock Loop (PLL) of primary oscillator
 - Secondary Oscillator (32 kHz) clock input
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins

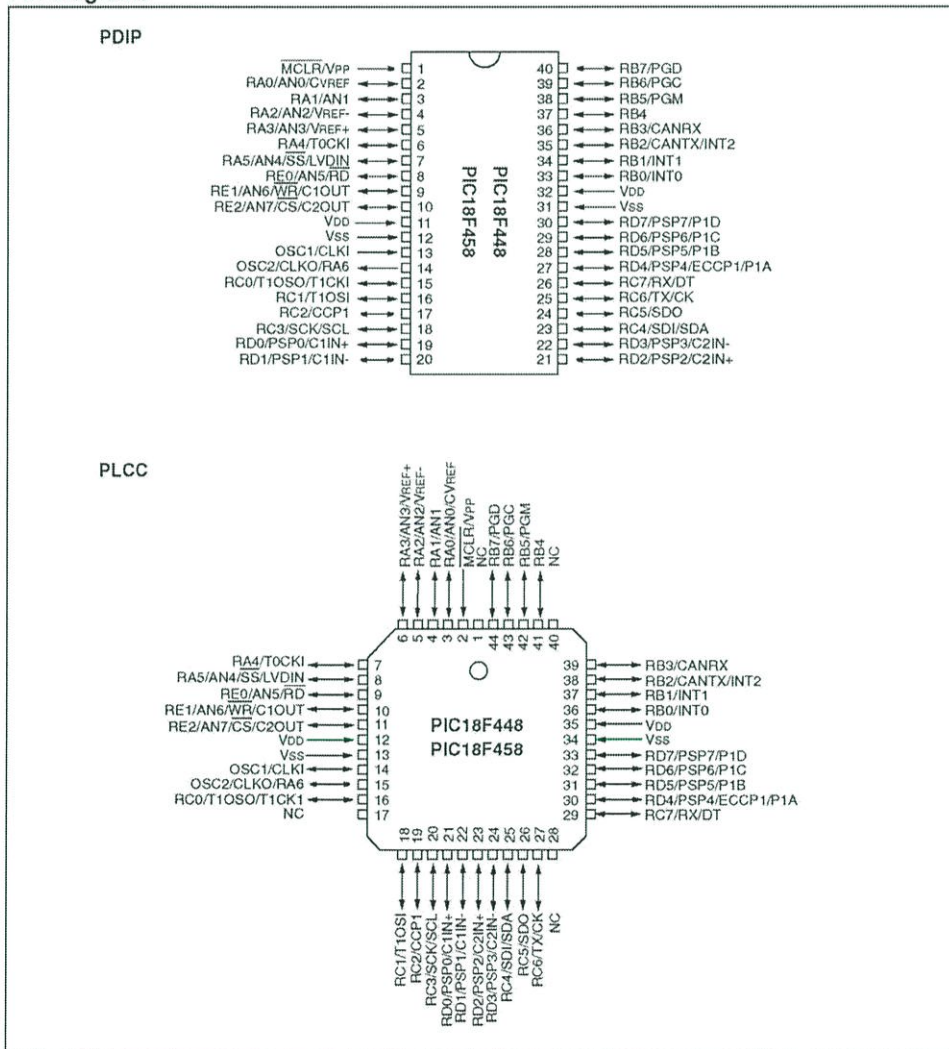
Flash Technology:

- Low-power, high-speed Enhanced Flash technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Industrial and Extended temperature ranges

PIC18FXX8

Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-bit A/D (ch)	Comparators	CCP/ ECCP (PWM)	MSSP		USART	Timers 8/16-bit
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					SPI™	Master I ² C™		
PIC18F248	16K	8192	768	256	22	5	—	1/0	Y	Y	Y	1/3
PIC18F258	32K	16384	1536	256	22	5	—	1/0	Y	Y	Y	1/3
PIC18F448	16K	8192	768	256	33	8	2	1/1	Y	Y	Y	1/3
PIC18F458	32K	16384	1536	256	33	8	2	1/1	Y	Y	Y	1/3

Pin Diagrams



รูป ก-2 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ 18F458

PIC18FXX8

1.0 DEVICE OVERVIEW

This document contains device specific information for the following devices:

- PIC18F248
- PIC18F258
- PIC18F448
- PIC18F458

These devices are available in 28-pin, 40-pin and 44-pin packages. They are differentiated from each other in four ways:

1. PIC18FX58 devices have twice the Flash program memory and data RAM of PIC18FX48 devices (32 Kbytes and 1536 bytes vs. 16 Kbytes and 768 bytes, respectively).
2. PIC18F2X8 devices implement 5 A/D channels, as opposed to 8 for PIC18F4X8 devices.
3. PIC18F2X8 devices implement 3 I/O ports, while PIC18F4X8 devices implement 5.
4. Only PIC18F4X8 devices implement the Enhanced CCP module, analog comparators and the Parallel Slave Port.

All other features for devices in the PIC18FXX8 family, including the serial communications modules, are identical. These are summarized in Table 1-1.

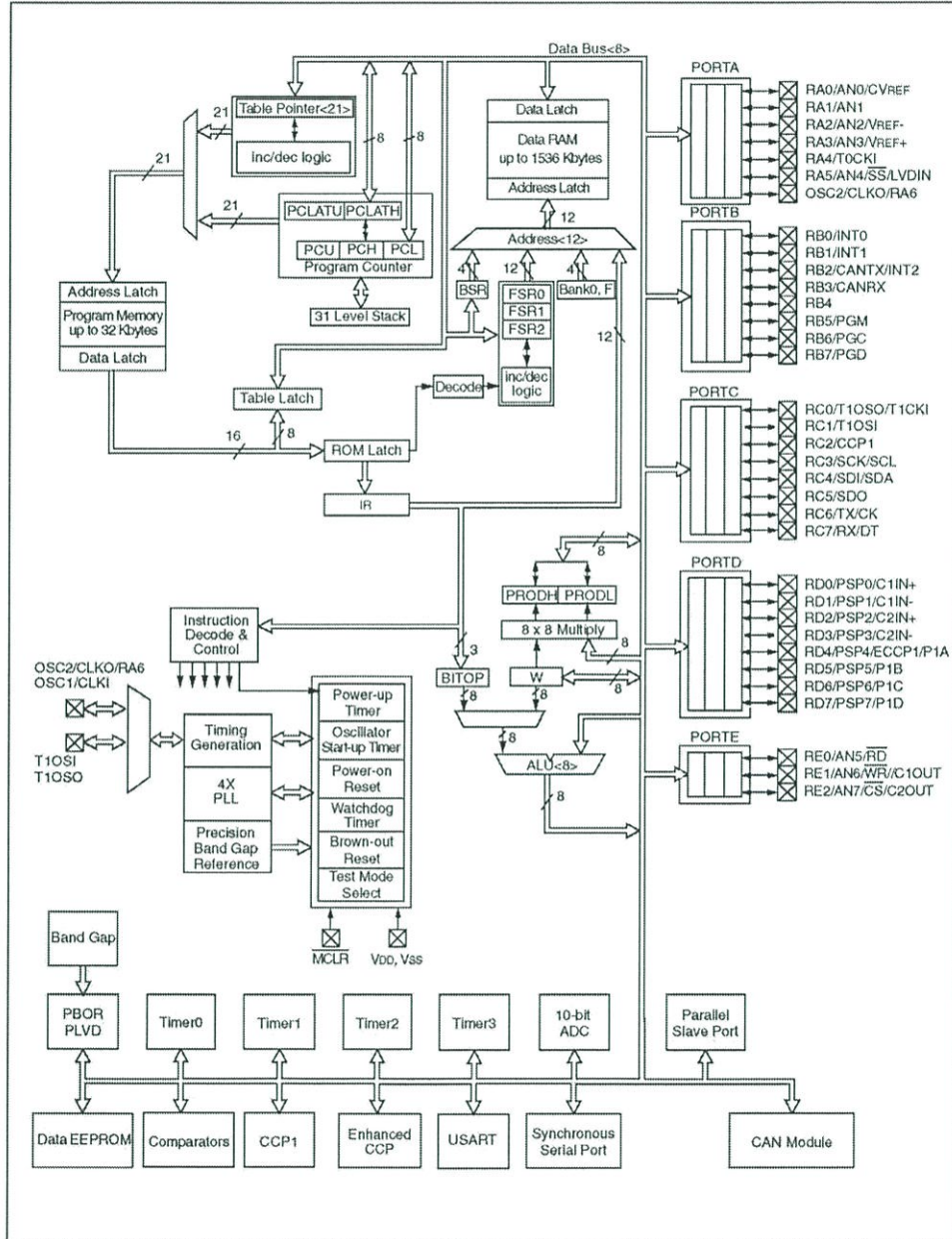
Block diagrams of the PIC18F2X8 and PIC18F4X8 devices are provided in Figure 1-1 and Figure 1-2, respectively. The pinouts for these device families are listed in Table 1-2.

TABLE 1-1: PIC18FXX8 DEVICE FEATURES

Features		PIC18F248	PIC18F258	PIC18F448	PIC18F458
Operating Frequency		DC – 40 MHz	DC – 40 MHz	DC – 40 MHz	DC – 40 MHz
Internal Program Memory	Bytes	16K	32K	16K	32K
	# of Single-Word Instructions	8192	16384	8192	16384
Data Memory (Bytes)		768	1536	768	1536
Data EEPROM Memory (Bytes)		256	256	256	256
Interrupt Sources		17	17	21	21
I/O Ports		Ports A, B, C	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C, D, E
Timers		4	4	4	4
Capture/Compare/PWM Modules		1	1	1	1
Enhanced Capture/Compare/PWM Modules		—	—	1	1
Serial Communications		MSSP, CAN, Addressable USART	MSSP, CAN, Addressable USART	MSSP, CAN, Addressable USART	MSSP, CAN, Addressable USART
Parallel Communications (PSP)		No	No	Yes	Yes
10-bit Analog-to-Digital Converter		5 input channels	5 input channels	8 input channels	8 input channels
Analog Comparators		No	No	2	2
Analog Comparators VREF Output		N/A	N/A	Yes	Yes
Resets (and Delays)		POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)
Programmable Low-Voltage Detect		Yes	Yes	Yes	Yes
Programmable Brown-out Reset		Yes	Yes	Yes	Yes
CAN Module		Yes	Yes	Yes	Yes
In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™)		Yes	Yes	Yes	Yes
Instruction Set		75 Instructions	75 Instructions	75 Instructions	75 Instructions
Packages		28-pin SPDIP 28-pin SOIC	28-pin SPDIP 28-pin SOIC	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP

PIC18FXX8

FIGURE 1-2: PIC18F448/458 BLOCK DIAGRAM



รูป ก-4 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ 18F458

PIC18FXX8

TABLE 1-2: PIC18FXX8 PINOUT I/O DESCRIPTIONS

Pin Name	Pin Number				Pin Type	Buffer Type	Description
	PIC18F248/258		PIC18F448/458				
	SPDIP, SOIC	PDIP	TQFP	PLCC			
MCLR/VPP MCLR VPP	1	1	18	2	I P	ST —	Master Clear (input) or programming voltage (output). Master Clear (Reset) input. This pin is an active low Reset to the device. Programming voltage input.
NC	—	—	12, 13, 33, 34	1, 17, 28, 40	—	—	These pins should be left unconnected.
OSC1/CLKI OSC1 CLKI	9	13	30	14	I I	CMOS/ST CMOS	Oscillator crystal or external clock input. Oscillator crystal input or external clock source input. ST buffer when configured in RC mode; otherwise, CMOS. External clock source input. Always associated with pin function OSC1 (see OSC1/CLKI, OSC2/CLKO pins).
OSC2/CLKO/RA6 OSC2 CLKO RA6	10	14	31	15	O O I/O	— — TTL	Oscillator crystal or clock output. Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKO, which has 1/4 the frequency of OSC1 and denotes the instruction cycle rate. General purpose I/O pin.

Legend: TTL = TTL compatible input
ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels
I = Input
P = Power

CMOS = CMOS compatible input or output
Analog = Analog input
O = Output
OD = Open-Drain (no P diode to VDD)

PIC18FXX8

TABLE 1-2: PIC18FXX8 PINOUT I/O DESCRIPTIONS (CONTINUED)

Pin Name	Pin Number				Pin Type	Buffer Type	Description
	PIC18F248/258		PIC18F448/458				
	SPDIP, SOIC	PDIP	TQFP	PLCC			
RA0/AN0/CVREF RA0 AN0 CVREF	2	2	19	3	I/O I O	TTL Analog Analog	PORTA is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Analog input 0. Comparator voltage reference output.
RA1/AN1 RA1 AN1	3	3	20	4	I/O I	TTL Analog	Digital I/O. Analog input 1.
RA2/AN2/VREF- RA2 AN2 VREF-	4	4	21	5	I/O I I	TTL Analog Analog	Digital I/O. Analog input 2. A/D reference voltage (Low) input.
RA3/AN3/VREF+ RA3 AN3 VREF+	5	5	22	6	I/O I I	TTL Analog Analog	Digital I/O. Analog input 3. A/D reference voltage (High) input.
RA4/T0CKI RA4 T0CKI	6	6	23	7	I/O I	TTL/OD ST	Digital I/O – open-drain when configured as output. Timer0 external clock input.
RA5/AN4/ \overline{SS} /LVDIN RA5 AN4 \overline{SS} LVDIN	7	7	24	8	I/O I I I	TTL Analog ST Analog	Digital I/O. Analog input 4. SPI™ slave select input. Low-Voltage Detect input.
RA6							See the OSC2/CLKO/RA6 pin.

Legend: TTL = TTL compatible input

ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels

I = Input

P = Power

CMOS = CMOS compatible input or output

Analog = Analog input

O = Output

OD = Open-Drain (no P diode to VDD)

PIC18FXX8

TABLE 1-2: PIC18FXX8 PINOUT I/O DESCRIPTIONS (CONTINUED)

Pin Name	Pin Number				Pin Type	Buffer Type	Description
	PIC18F248/258		PIC18F448/458				
	SPDIP, SOIC	PDIP	TQFP	PLCC			
RB0/INT0 RB0 INT0	21	33	8	36	I/O I	TTL ST	PORTB is a bidirectional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-ups on all inputs. Digital I/O. External interrupt 0.
RB1/INT1 RB1 INT1	22	34	9	37	I/O I	TTL ST	Digital I/O. External interrupt 1.
RB2/CANTX/INT2 RB2 CANTX INT2	23	35	10	38	I/O O I	TTL TTL ST	Digital I/O. Transmit signal for CAN bus. External interrupt 2.
RB3/CANRX RB3 CANRX	24	36	11	39	I/O I	TTL TTL	Digital I/O. Receive signal for CAN bus.
RB4	25	37	14	41	I/O	TTL	Digital I/O. Interrupt-on-change pin.
RB5/PGM RB5 PGM	26	38	15	42	I/O I	TTL ST	Digital I/O. Interrupt-on-change pin. Low-voltage ICSP™ programming enable.
RB6/PGC RB6 PGC	27	39	16	43	I/O I	TTL ST	Digital I/O. In-Circuit Debugger pin. Interrupt-on-change pin. ICSP programming clock.
RB7/PGD RB7 PGD	28	40	17	44	I/O I/O	TTL ST	Digital I/O. In-Circuit Debugger pin. Interrupt-on-change pin. ICSP programming data.

Legend: TTL = TTL compatible input
ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels
I = Input
P = Power

CMOS = CMOS compatible input or output
Analog = Analog input
O = Output
OD = Open-Drain (no P diode to V_{DD})

PIC18FXX8

TABLE 1-2: PIC18FXX8 PINOUT I/O DESCRIPTIONS (CONTINUED)

Pin Name	Pin Number				Pin Type	Buffer Type	Description
	PIC18F248/258		PIC18F448/458				
	SPDIP, SOIC	PDIP	TQFP	PLCC			
RC0/T1OSO/T1CKI RC0 T1OSO T1CKI	11	15	32	16	I/O O I	ST — ST	PORTC is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Timer1 oscillator output. Timer1/Timer3 external clock input.
RC1/T1OSI RC1 T1OSI	12	16	35	18	I/O I	ST CMOS	Digital I/O. Timer1 oscillator input.
RC2/CCP1 RC2 CCP1	13	17	36	19	I/O I/O	ST ST	Digital I/O. Capture 1 input/Compare 1 output/PWM1 output.
RC3/SCK/SCL RC3 SCK SCL	14	18	37	20	I/O I/O I/O	ST ST ST	Digital I/O. Synchronous serial clock input/output for SPI™ mode. Synchronous serial clock input/output for I ² C™ mode.
RC4/SDI/SDA RC4 SDI SDA	15	23	42	25	I/O I I/O	ST ST ST	Digital I/O. SPI data in. I ² C data I/O.
RC5/SDO RC5 SDO	16	24	43	26	I/O O	ST —	Digital I/O. SPI data out.
RC6/TX/CK RC6 TX CK	17	25	44	27	I/O O I/O	ST — ST	Digital I/O. USART asynchronous transmit. USART synchronous clock (see RX/DT).
RC7/RX/DT RC7 RX DT	18	26	1	29	I/O I I/O	ST ST ST	Digital I/O. USART asynchronous receive. USART synchronous data (see TX/CK).

Legend: TTL = TTL compatible input
 ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels
 I = Input
 P = Power
 CMOS = CMOS compatible input or output
 Analog = Analog input
 O = Output
 OD = Open-Drain (no P diode to VDD)

PIC18FXX8

TABLE 1-2: PIC18FXX8 PINOUT I/O DESCRIPTIONS (CONTINUED)

Pin Name	Pin Number				Pin Type	Buffer Type	Description
	PIC18F248/258		PIC18F448/458				
	SPDIP, SOIC	PDIP	TQFP	PLCC			
RD0/PSP0/C1IN+	—	19	38	21	I/O I/O I	ST TTL Analog	PORTD is a bidirectional I/O port. These pins have TTL input buffers when external memory is enabled. Digital I/O. Parallel Slave Port data. Comparator 1 input.
RD1/PSP1/C1IN-	—	20	39	22	I/O I/O I	ST TTL Analog	Digital I/O. Parallel Slave Port data. Comparator 1 input.
RD2/PSP2/C2IN+	—	21	40	23	I/O I/O I	ST TTL Analog	Digital I/O. Parallel Slave Port data. Comparator 2 input.
RD3/PSP3/C2IN-	—	22	41	24	I/O I/O I	ST TTL Analog	Digital I/O. Parallel Slave Port data. Comparator 2 input.
RD4/PSP4/ECCP1/P1A	—	27	2	30	I/O I/O I/O O	ST TTL ST —	Digital I/O. Parallel Slave Port data. ECCP1 capture/compare. ECCP1 PWM output A.
RD5/PSP5/P1B	—	28	3	31	I/O I/O O	ST TTL —	Digital I/O. Parallel Slave Port data. ECCP1 PWM output B.
RD6/PSP6/P1C	—	29	4	32	I/O I/O O	ST TTL —	Digital I/O. Parallel Slave Port data. ECCP1 PWM output C.
RD7/PSP7/P1D	—	30	5	33	I/O I/O O	ST TTL —	Digital I/O. Parallel Slave Port data. ECCP1 PWM output D.

Legend: TTL = TTL compatible input
ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels
I = Input
P = Power

CMOS = CMOS compatible input or output
Analog = Analog input
O = Output
OD = Open-Drain (no P diode to VDD)

ภาคผนวก ข

ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ 18F25K20



PIC18F2XK20/4XK20

28/40/44-Pin Flash Microcontrollers with nanoWatt XLP Technology

High-Performance RISC CPU:

- C Compiler Optimized Architecture:
 - Optional extended instruction set designed to optimize re-entrant code
- Up to 1024 bytes Data EEPROM
- Up to 64 Kbytes Linear Program Memory Addressing
- Up to 3936 bytes Linear Data Memory Addressing
- Up to 16 MIPS Operation
- 16-bit Wide Instructions, 8-bit Wide Data Path
- Priority Levels for Interrupts
- 31-Level, Software Accessible Hardware Stack
- 8 x 8 Single-Cycle Hardware Multiplier

Flexible Oscillator Structure:

- Precision 16 MHz Internal Oscillator Block:
 - Factory calibrated to $\pm 1\%$
 - Software selectable frequencies range of 31 kHz to 16 MHz
 - 64 MHz performance available using PLL – no external components required
- Four Crystal modes up to 64 MHz
- Two External Clock modes up to 64 MHz
- 4X Phase Lock Loop (PLL)
- Secondary Oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Fail-Safe Clock Monitor:
 - Allows for safe shutdown if peripheral clock stops
 - Two-Speed Oscillator Start-up

Special Microcontroller Features:

- Operating Voltage Range: 1.8V to 3.6V
- Self-Programmable under Software Control
- Programmable 16-Level High/Low-Voltage Detection (HLVD) module:
 - Interrupt on High/Low-Voltage Detection
- Programmable Brown-out Reset (BOR):
 - With software enable option
- Extended Watchdog Timer (WDT):
 - Programmable period from 4 ms to 131s
- Single-Supply 3V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via Two Pins
- In-Circuit Debug (ICD) via Two Pins

Extreme Low-Power Management with nanoWatt XLP:

- Sleep mode: < 100 nA @ 1.8V
- Watchdog Timer: < 800 nA @ 1.8V
- Timer1 Oscillator: < 800 nA @ 32 kHz and 1.8V

Analog Features:

- Analog-to-Digital Converter (ADC) module:
 - 10-bit resolution, 13 External Channels
 - Auto-acquisition capability
 - Conversion available during Sleep
 - 1.2V Fixed Voltage Reference (FVR) channel
 - Independent input multiplexing
- Analog Comparator module:
 - Two rail-to-rail analog comparators
 - Independent input multiplexing
- Voltage Reference (CVREF) module
 - Programmable (% VDD), 16 steps
 - Two 16-level voltage ranges using VREF pins

Peripheral Highlights:

- Up to 35 I/O Pins plus 1 Input-only Pin:
 - High-Current Sink/Source 25 mA/25 mA
 - Three programmable external interrupts
 - Four programmable interrupt-on-change
 - Eight programmable weak pull-ups
 - Programmable slew rate
- Capture/Compare/PWM (CCP) module
- Enhanced CCP (ECCP) module:
 - One, two or four PWM outputs
 - Selectable polarity
 - Programmable dead time
 - Auto-Shutdown and Auto-Restart
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module
 - 3-wire SPI (supports all 4 modes)
 - I²C™ Master and Slave modes with address mask
- Enhanced Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (EUSART) module:
 - Supports RS-485, RS-232 and LIN
 - RS-232 operation using internal oscillator
 - Auto-Wake-up on Break
 - Auto-Baud Detect

PIC18F2XK20/4XK20

Device	Program Memory		Data Memory		I/O ⁽¹⁾	10-bit A/D (ch) ⁽²⁾	CCP/ ECCP (PWM)	MSSP		EUSART	Comp.	Timers 8/16-bit
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)				SPI	Master I ² C™			
PIC18F23K20	8K	4096	512	256	25	11	1/1	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F24K20	16K	8192	768	256	25	11	1/1	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F25K20	32K	16384	1536	256	25	11	1/1	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F26K20	64k	32768	3936	1024	25	11	1/1	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F43K20	8K	4096	512	256	36	14	1/1	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F44K20	16K	8192	768	256	36	14	1/1	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F45K20	32K	16384	1536	256	36	14	1/1	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F46K20	64k	32768	3936	1024	36	14	1/1	Y	Y	1	2	1/3

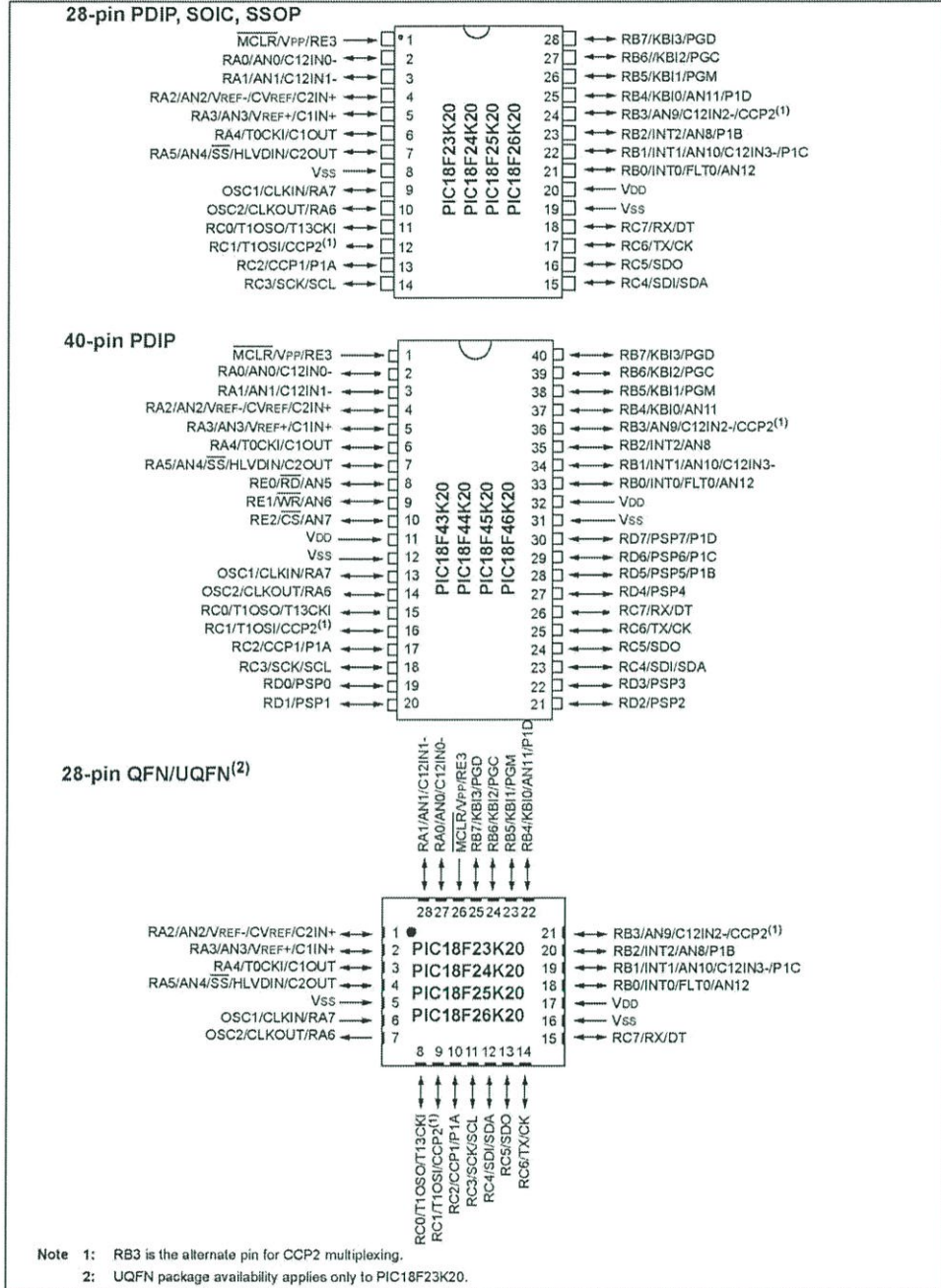
Note 1: One pin is input only.

Note 2: Channel count includes internal fixed voltage reference channel.

รูป ข-2 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ 18F25K20

PIC18F2XK20/4XK20

Pin Diagrams



รูป ข-3 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ 18F25K20

ภาคผนวก ค
ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ ACS712



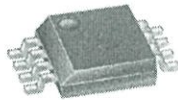
ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Features and Benefits

- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is set via the new FILTER pin
- 5 μ s output rise time in response to step input current
- 50 kHz bandwidth
- Total output error 1.5% at $T_A = 25^\circ\text{C}$, and 4% at -40°C to 85°C
- Small footprint, low-profile SOIC8 package
- 1.2 m Ω internal conductor resistance
- 2.1 kV_{RMS} minimum isolation voltage from pins 1-4 to pins 5-8
- 5.0 V, single supply operation
- 66 to 185 mV/A output sensitivity
- Output voltage proportional to AC or DC currents
- Factory-trimmed for accuracy
- Extremely stable output offset voltage
- Nearly zero magnetic hysteresis
- Ratiometric output from supply voltage

Package: 8 pin SOIC (suffix LC)



Approximate Scale 1:1 

Description

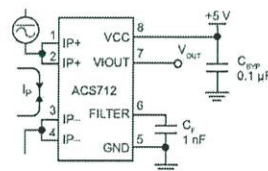
The Allegro[®] ACS712 provides economical and precise solutions for AC or DC current sensing in industrial, automotive, commercial, and communications systems. The device package allows for easy implementation by the customer. Typical applications include motor control, load detection and management, switched-mode power supplies, and overcurrent fault protection.

The device consists of a precise, low-offset, linear Hall sensor circuit with a copper conduction path located near the surface of the die. Applied current flowing through this copper conduction path generates a magnetic field which is sensed by the integrated Hall IC and converted into a proportional voltage. Device accuracy is optimized through the close proximity of the magnetic signal to the Hall transducer. A precise, proportional voltage is provided by the low-offset, chopper-stabilized BiCMOS Hall IC, which is programmed for accuracy after packaging.

The output of the device has a positive slope ($>V_{IOUT(Q)}$) when an increasing current flows through the primary copper conduction path (from pins 1 and 2, to pins 3 and 4), which is the path used for current sensing. The internal resistance of this conductive path is 1.2 m Ω typical, providing low power

Continued on the next page...

Typical Application



Application 1. The ACS712 outputs an analog signal, V_{OUT} , that varies linearly with the uni- or bi-directional AC or DC primary sensed current, I_p , within the range specified. C_p is recommended for noise management, with values that depend on the application.

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Description (continued)

loss. The thickness of the copper conductor allows survival of the device at up to 5× overcurrent conditions. The terminals of the conductive path are electrically isolated from the sensor leads (pins 5 through 8). This allows the ACS712 current sensor to be used in applications requiring electrical isolation without the use of opto-isolators or other costly isolation techniques.

The ACS712 is provided in a small, surface mount SOIC8 package. The leadframe is plated with 100% matte tin, which is compatible with standard lead (Pb) free printed circuit board assembly processes. Internally, the device is Pb-free, except for flip-chip high-temperature Pb-based solder balls, currently exempt from RoHS. The device is fully calibrated prior to shipment from the factory.

Selection Guide

Part Number	Packing*	T _{OP} (°C)	Optimized Range, I _P (A)	Sensitivity, Sens (Typ) (mV/A)
ACS712ELCTR-05B-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±5	185
ACS712ELCTR-20A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±20	100
ACS712ELCTR-30A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±30	66

*Contact Allegro for additional packing options.

Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	V _{CC}		8	V
Reverse Supply Voltage	V _{RCC}		-0.1	V
Output Voltage	V _{IOUT}		8	V
Reverse Output Voltage	V _{RIOUT}		-0.1	V
Output Current Source	I _{IOUT(SOURCE)}		3	mA
Output Current Sink	I _{IOUT(SINK)}		10	mA
Overcurrent Transient Tolerance	I _P	100 total pulses, 250 ms duration each, applied at a rate of 1 pulse every 100 seconds.	60	A
Maximum Transient Sensed Current	I _{R(max)}	Junction Temperature, T _J < T _{J(max)}	60	A
Nominal Operating Ambient Temperature	T _A	Range E	-40 to 85	°C
Maximum Junction	T _{J(max)}		165	°C
Storage Temperature	T _{stg}		-65 to 170	°C



TÜV America
Certificate Number:
U8V 06 05 54214 010

Parameter	Specification
Fire and Electric Shock	CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1-03 UL 60950-1:2003 EN 60950-1:2001



Allegro Microsystems, Inc.
115 Northeast Cutoff, Box 15036
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000
www.allegromicro.com

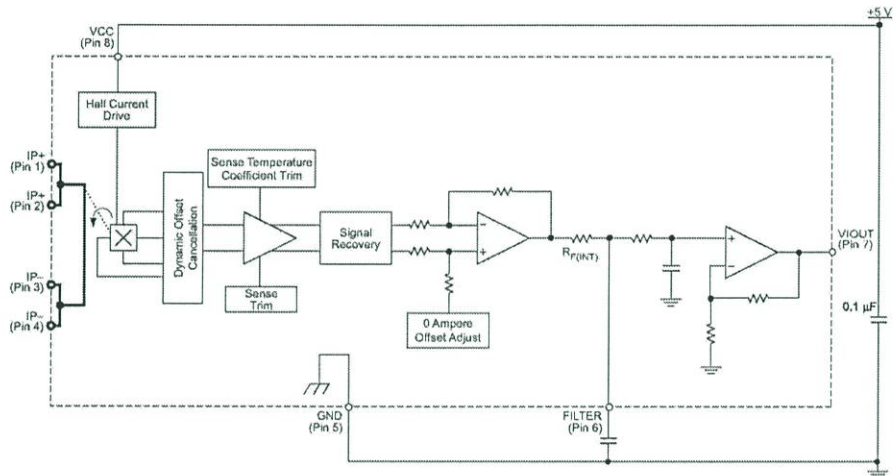
2

รูป ค-2 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ ACS712

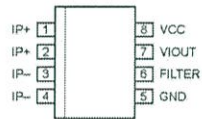
ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Functional Block Diagram



Pin-out Diagram



Terminal List Table

Number	Name	Description
1 and 2	IP+	Terminals for current being sensed; fused internally
3 and 4	IP-	Terminals for current being sensed; fused internally
5	GND	Signal ground terminal
6	FILTER	Terminal for external capacitor that sets bandwidth
7	VIOUT	Analog output signal
8	VCC	Device power supply terminal



Allegro Microsystems, Inc.
115 Northeast Coboff, Box 15036
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000
www.allegromicro.com

รูป ค-3 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ ACS712

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

COMMON OPERATING CHARACTERISTICS¹ over full range of T_{OP} , $C_F = 1$ nF, and $V_{CC} = 5$ V, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
ELECTRICAL CHARACTERISTICS						
Supply Voltage	V_{CC}		4.5	5.0	5.5	V
Supply Current	I_{CC}	$V_{CC} = 5.0$ V, output open	6	8	11	mA
Output Zener Clamp Voltage	V_Z	$I_{CC} = 11$ mA, $T_A = 25^\circ\text{C}$	6	8.3	–	V
Output Resistance	R_{IOUT}	$I_{IOUT} = 1.2$ mA, $T_A = 25^\circ\text{C}$	–	1	2	Ω
Output Capacitance Load	C_{LOAD}	V _{IOUT} to GND	–	–	10	nF
Output Resistive Load	R_{LOAD}	V _{IOUT} to GND	4.7	–	–	k Ω
Primary Conductor Resistance	$R_{PRIMARY}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	–	1.2	–	m Ω
RMS Isolation Voltage	V_{ISORMS}	Pins 1-4 and 5-8; 60 Hz, 1 minute, $T_A = 25^\circ\text{C}$	2100	–	–	V
DC Isolation Voltage	V_{ISODC}	Pins 1-4 and 5-8; 1 minute, $T_A = 25^\circ\text{C}$	–	5000	–	V
Propagation Time	t_{PROP}	$I_P = I_P(\text{max})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_{OUT} = \text{open}$	–	3	–	μs
Response Time	$t_{RESPONSE}$	$I_P = I_P(\text{max})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_{OUT} = \text{open}$	–	7	–	μs
Rise Time	t_r	$I_P = I_P(\text{max})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_{OUT} = \text{open}$	–	5	–	μs
Frequency Bandwidth	f	–3 dB, $T_A = 25^\circ\text{C}$; I_P is 10 A peak-to-peak	50	–	–	kHz
Nonlinearity	E_{LIN}	Over full range of I_P	–	± 1	± 1.5	%
Symmetry	E_{SYM}	Over full range of I_P	98	100	102	%
Zero Current Output Voltage	$V_{IOUT(0)}$	Bidirectional; $I_P = 0$ A, $T_A = 25^\circ\text{C}$	–	$V_{CC} \times 0.5$	–	V
Magnetic Offset Error	V_{ERRORM}	$I_P = 0$ A, after excursion of 5 A	–	0	–	mV
Clamping Voltage	V_{CH}		Typ. –110	$V_{CC} \times 0.9375$	Typ. +110	mV
	V_{CL}		Typ. –110	$V_{CC} \times 0.0625$	Typ. +110	mV
Power-On Time	t_{PO}	Output reaches 90% of steady-state level, $T_J = 25^\circ\text{C}$, 20 A present on leadframe	–	35	–	μs
Magnetic Coupling ²			–	12	–	G/A
Internal Filter Resistance ³	$R_{F(INT)}$			1.7		k Ω

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_P , and ambient, T_A , and internal leadframe temperatures, T_{OP} , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_J(\text{max})$, is not exceeded.

²1 G = 0.1 mT.

³ $R_{F(INT)}$ forms an RC circuit via the FILTER pin.

COMMON THERMAL CHARACTERISTICS¹

			Min.	Typ.	Max.	Units
Operating Internal Leadframe Temperature	T_{OP}	E range	–40	–	85	$^\circ\text{C}$
Junction-to-Lead Thermal Resistance ²	$R_{\theta JL}$	Mounted on the Allegro ASEK 712 evaluation board			5	$^\circ\text{C/W}$
Junction-to-Ambient Thermal Resistance	$R_{\theta JA}$	Mounted on the Allegro 85-0322 evaluation board, includes the power consumed by the board			23	$^\circ\text{C/W}$

¹Additional thermal information is available on the Allegro website.

²The Allegro evaluation board has 1500 mm² of 2 oz. copper on each side, connected to pins 1 and 2, and to pins 3 and 4, with thermal vias connecting the layers. Performance values include the power consumed by the PCB. Further details on the board are available from the Frequently Asked Questions document on our website. Further information about board design and thermal performance also can be found in the Applications Information section of this datasheet.



Allegro Microsystems, Inc.
115 Northeast Cutoff, Box 15036
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000
www.allegromicro.com

4

รูป ค-4 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ ACS712

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

x05A PERFORMANCE CHARACTERISTICS $T_{OP} = -40^{\circ}\text{C}$ to 85°C ¹, $C_F = 1\text{ nF}$, and $V_{CC} = 5\text{ V}$, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_P		-5	-	5	A
Sensitivity ²	$Sens_{TA}$	Over full range of I_P , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	185	-	mV/A
	$Sens_{TOP}$	Over full range of I_P	178	-	193	mV/A
Noise	$V_{NOISE(PP)}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 185 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 4.7\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 20 kHz bandwidth	-	45	-	mV
		Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 185 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 2 kHz bandwidth	-	20	-	mV
		Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 185 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 1\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 50 kHz bandwidth	-	75	-	mV
Electrical Offset Voltage	V_{OE}	$I_P = 0\text{ A}$	-40	-	40	mV
Total Output Error ³	E_{TOT}	$I_P = \pm 5\text{ A}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	± 1.5	-	%

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_P , and ambient temperatures, T_{OP} , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(max)}$, is not exceeded.

²At -40°C Sensitivity may shift as much 9% outside of the datasheet limits.

³Percentage of I_P with $I_P = 5\text{ A}$. Output filtered.

x20A PERFORMANCE CHARACTERISTICS $T_{OP} = -40^{\circ}\text{C}$ to 85°C ¹, $C_F = 1\text{ nF}$, and $V_{CC} = 5\text{ V}$, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_P		-20	-	20	A
Sensitivity ²	$Sens_{TA}$	Over full range of I_P , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	100	-	mV/A
	$Sens_{TOP}$	Over full range of I_P	97	-	103	mV/A
Noise	$V_{NOISE(PP)}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 100 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 4.7\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 20 kHz bandwidth	-	24	-	mV
		Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 100 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 2 kHz bandwidth	-	10	-	mV
		Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 100 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 1\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 50 kHz bandwidth	-	40	-	mV
Electrical Offset Voltage	V_{OE}	$I_P = 0\text{ A}$	-30	-	30	mV
Total Output Error ³	E_{TOT}	$I_P = \pm 20\text{ A}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	± 1.5	-	%

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_P , and ambient temperatures, T_{OP} , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(max)}$, is not exceeded.

²At -40°C Sensitivity may shift as much 9% outside of the datasheet limits.

³Percentage of I_P with $I_P = 20\text{ A}$. Output filtered.

x30A PERFORMANCE CHARACTERISTICS $T_{OP} = -40^{\circ}\text{C}$ to 85°C ¹, $C_F = 1\text{ nF}$, and $V_{CC} = 5\text{ V}$, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_P		-30	-	30	A
Sensitivity ²	$Sens_{TA}$	Over full range of I_P , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	66	-	mV/A
	$Sens_{TOP}$	Over full range of I_P	64	-	68	mV/A
Noise	$V_{NOISE(PP)}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 66 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 4.7\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 20 kHz bandwidth	-	20	-	mV
		Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 66 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 2 kHz bandwidth	-	7	-	mV
		Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 66 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 1\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 50 kHz bandwidth	-	35	-	mV
Electrical Offset Voltage	V_{OE}	$I_P = 0\text{ A}$	-30	-	30	mV
Total Output Error ³	E_{TOT}	$I_P = \pm 30\text{ A}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	± 1.5	-	%

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_P , and ambient temperatures, T_{OP} , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(max)}$, is not exceeded.

²At -40°C Sensitivity may shift as much 9% outside of the datasheet limits.

³Percentage of I_P with $I_P = 30\text{ A}$. Output filtered.



Allegro Microsystems, Inc.
115 Northeast Gutoff, Box 15036
Worcester, Massachusetts 01815-0036 (508) 853-5000
www.allegromicro.com

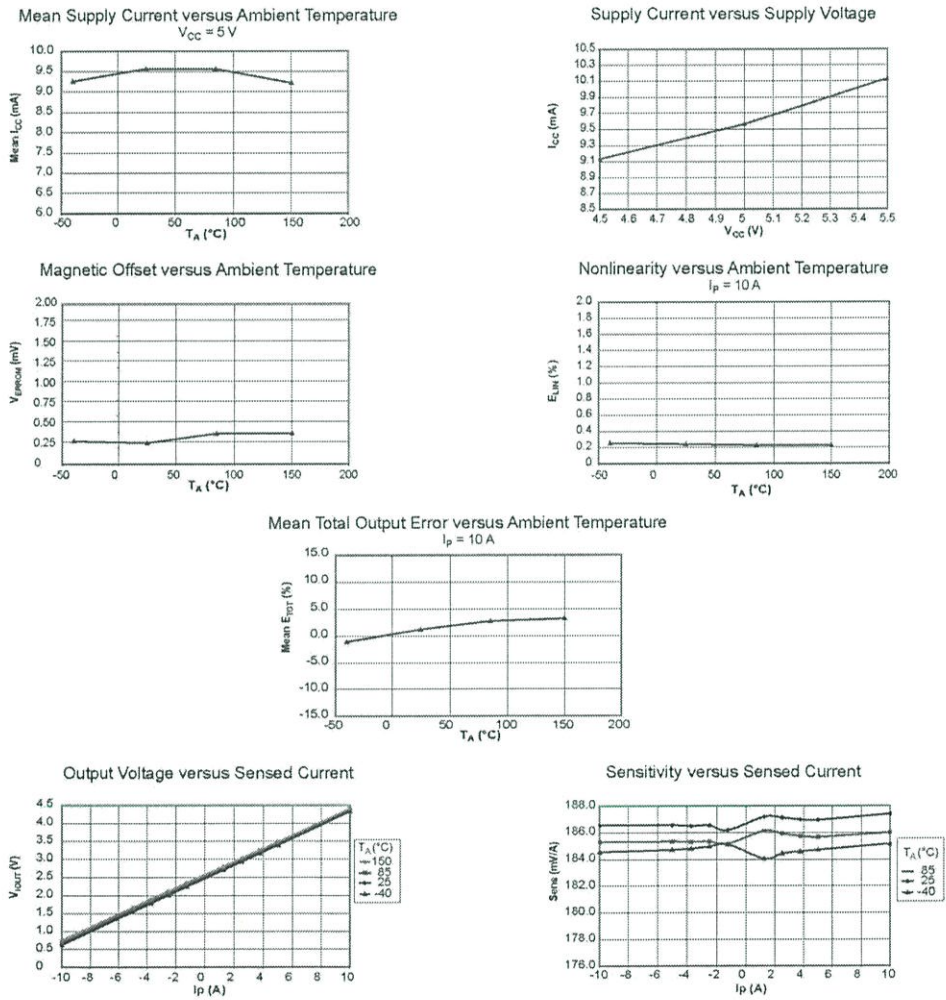
5

รูป ค-5 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ ACS712

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Characteristic Performance
 $I_p = 5\text{ A}$, Sens = 185 mV/A unless otherwise specified



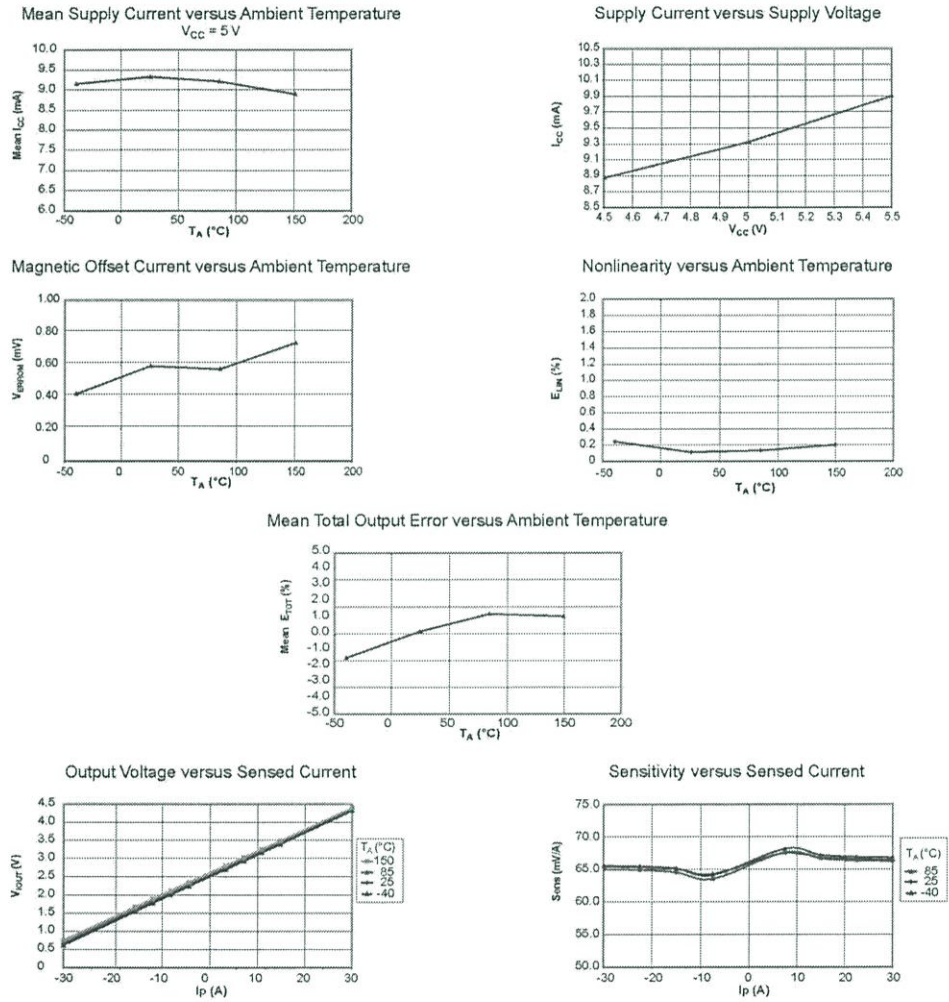
Allegro Microsystems, Inc.
 115 Northeast Cutliff, Box 15038
 Worcester, Massachusetts 01615-0038 (508) 853-5000
 www.allegromicro.com

รูป ค-6 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ ACS712

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Characteristic Performance
 $I_p = 30\text{ A}$, Sens = 66 mV/A unless otherwise specified



Allegro Microsystems, Inc.
 115 Northeast Gutoff, Box 15038
 Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000
 www.allegromicro.com

รูป ค-7 ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ ACS712

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Definitions of Accuracy Characteristics

Sensitivity (Sens). The change in sensor output in response to a 1 A change through the primary conductor. The sensitivity is the product of the magnetic circuit sensitivity (G/A) and the linear IC amplifier gain (mV/G). The linear IC amplifier gain is programmed at the factory to optimize the sensitivity (mV/A) for the full-scale current of the device.

Noise (V_{NOISE}). The product of the linear IC amplifier gain (mV/G) and the noise floor for the Allegro Hall effect linear IC (≈1 G). The noise floor is derived from the thermal and shot noise observed in Hall elements. Dividing the noise (mV) by the sensitivity (mV/A) provides the smallest current that the device is able to resolve.

Linearity (E_{LIN}). The degree to which the voltage output from the sensor varies in direct proportion to the primary current through its full-scale amplitude. Nonlinearity in the output can be attributed to the saturation of the flux concentrator approaching the full-scale current. The following equation is used to derive the linearity:

$$100 \left\{ 1 - \left[\frac{\Delta \text{gain} \times \% \text{ sat} (V_{IOUT_full-scale \text{ amperes}} - V_{IOUT(Q)})}{2 (V_{IOUT_half-scale \text{ amperes}} - V_{IOUT(Q)})} \right] \right\}$$

where $V_{IOUT_full-scale \text{ amperes}}$ = the output voltage (V) when the sensed current approximates full-scale ±I_p.

Symmetry (E_{SYM}). The degree to which the absolute voltage output from the sensor varies in proportion to either a positive or negative full-scale primary current. The following formula is used to derive symmetry:

$$100 \left(\frac{V_{IOUT_+ \text{ full-scale amperes}} - V_{IOUT(Q)}}{V_{IOUT(Q)} - V_{IOUT_ - \text{full-scale amperes}}} \right)$$

Quiescent output voltage (V_{IOUT(Q)}). The output of the sensor when the primary current is zero. For a unipolar supply voltage, it nominally remains at V_{CC}/2. Thus, V_{CC} = 5 V translates into V_{IOUT(Q)} = 2.5 V. Variation in V_{IOUT(Q)} can be attributed to the resolution of the Allegro linear IC quiescent voltage trim and thermal drift.

Electrical offset voltage (V_{OFF}). The deviation of the device output from its ideal quiescent value of V_{CC}/2 due to nonmagnetic causes. To convert this voltage to amperes, divide by the device sensitivity, Sens.

Accuracy (E_{TOT}). The accuracy represents the maximum deviation of the actual output from its ideal value. This is also known as the total output error. The accuracy is illustrated graphically in the output voltage versus current chart at right.

Accuracy is divided into four areas:

- **0 A at 25°C.** Accuracy of sensing zero current flow at 25°C, without the effects of temperature.
- **0 A over Δ temperature.** Accuracy of sensing zero current flow including temperature effects.
- **Full-scale current at 25°C.** Accuracy of sensing the full-scale current at 25°C, without the effects of temperature.
- **Full-scale current over Δ temperature.** Accuracy of sensing full-scale current flow including temperature effects.

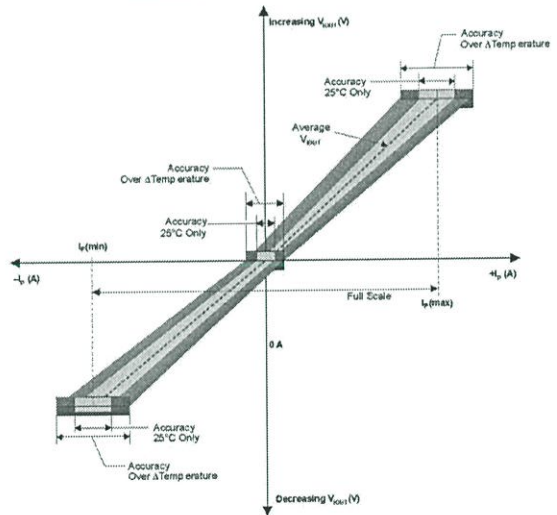
Ratiometry. The ratiometric feature means that its 0 A output, V_{IOUT(Q)}, (nominally equal to V_{CC}/2) and sensitivity, Sens, are proportional to its supply voltage, V_{CC}. The following formula is used to derive the ratiometric change in 0 A output voltage, ΔV_{IOUT(Q)RAT} (%).

$$100 \left(\frac{V_{IOUT(Q)VCC} / V_{IOUT(Q)5V}}{V_{CC} / 5V} \right)$$

The ratiometric change in sensitivity, ΔSens_{RAT} (%), is defined as:

$$100 \left(\frac{Sens_{VCC} / Sens_{5V}}{V_{CC} / 5V} \right)$$

Output Voltage versus Sensed Current
Accuracy at 0 A and at Full-Scale Current



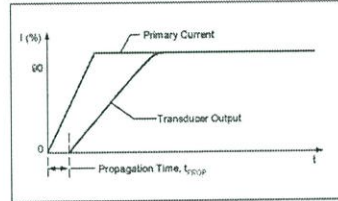
Allegro MicroSystems, Inc.
115 Northeast Cutoff, Box 15036
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000
www.allegromicro.com

ACS712

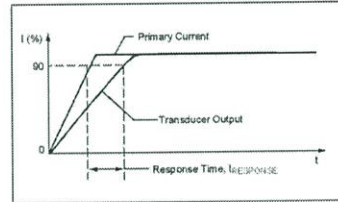
Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Definitions of Dynamic Response Characteristics

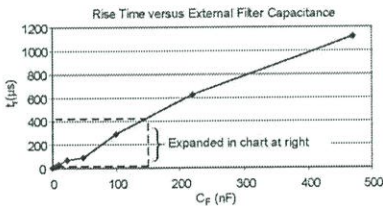
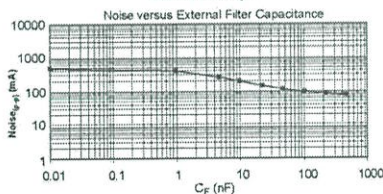
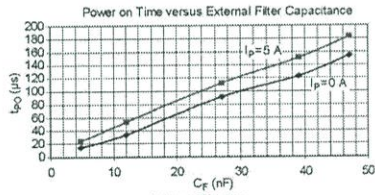
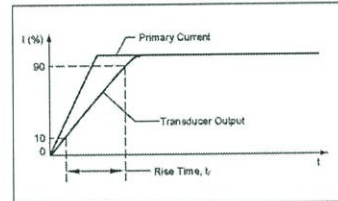
Propagation delay (t_{PROP}). The time required for the sensor output to reflect a change in the primary current signal. Propagation delay is attributed to inductive loading within the linear IC package, as well as in the inductive loop formed by the primary conductor geometry. Propagation delay can be considered as a fixed time offset and may be compensated.



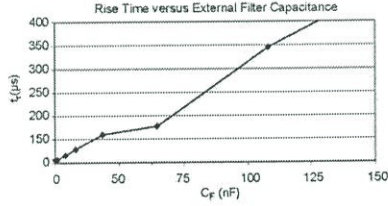
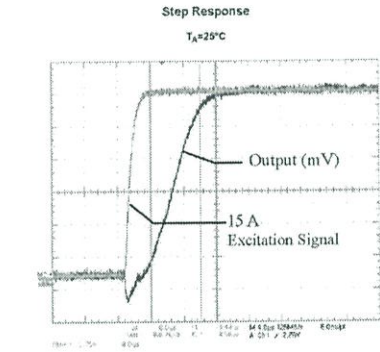
Response time ($t_{RESPONSE}$). The time interval between a) when the primary current signal reaches 90% of its final value, and b) when the sensor reaches 90% of its output corresponding to the applied current.



Rise time (t_r). The time interval between a) when the sensor reaches 10% of its full scale value, and b) when it reaches 90% of its full scale value. The rise time to a step response is used to derive the bandwidth of the current sensor, in which $f(-3 \text{ dB}) = 0.35/t_r$. Both t_r and $t_{RESPONSE}$ are detrimentally affected by eddy current losses observed in the conductive IC ground plane.



C_F (nF)	t_r (µs)
0	8.6
1	7.7
4.7	17.4
10	32.1
22	68.2
47	88.2
100	291.3
220	623.0
470	1120.0



Allegro Microsystems, Inc.
115 Northeast Cutoff, Box 15038
Worcester, Massachusetts 01615-0038 (508) 853-5000
www.allegromicro.com

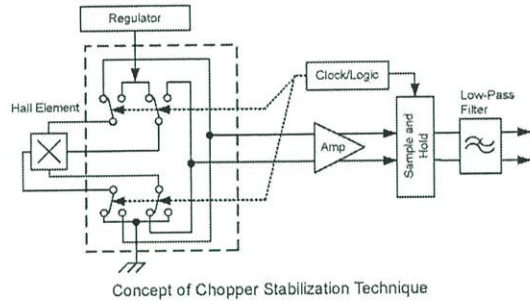
ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

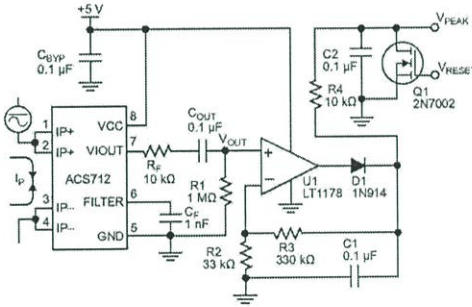
Chopper Stabilization Technique

Chopper Stabilization is an innovative circuit technique that is used to minimize the offset voltage of a Hall element and an associated on-chip amplifier. Allegro patented a Chopper Stabilization technique that nearly eliminates Hall IC output drift induced by temperature or package stress effects. This offset reduction technique is based on a signal modulation-demodulation process. Modulation is used to separate the undesired dc offset signal from the magnetically induced signal in the frequency domain. Then, using a low-pass filter, the modulated dc offset is suppressed while the magnetically induced signal passes through the filter. As a result of this chopper stabilization approach, the output voltage from the Hall IC is desensitized to the effects of temperature and mechanical stress. This technique produces devices that have an extremely stable Electrical Offset Voltage, are immune to thermal stress, and have precise recoverability after temperature cycling.

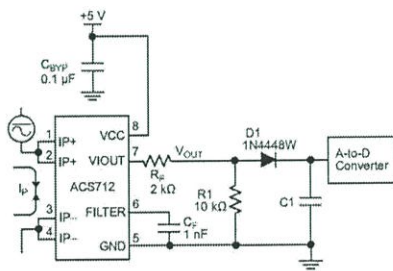
This technique is made possible through the use of a BiCMOS process that allows the use of low-offset and low-noise amplifiers in combination with high-density logic integration and sample and hold circuits.



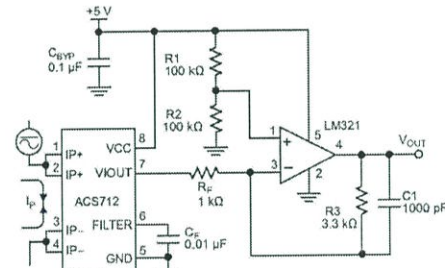
Typical Applications



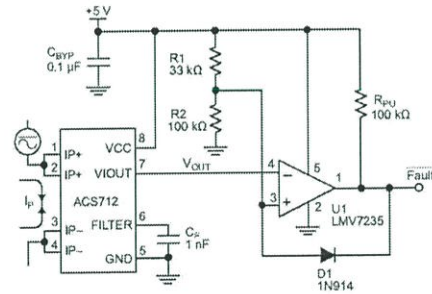
Application 2. Peak Detecting Circuit



Application 4. Rectified Output. 3.3 V scaling and rectification application for A-to-D converters. Replaces current transformer solutions with simpler ACS circuit. C₁ is a function of the load resistance and filtering desired. R₁ can be omitted if the full range is desired.



Application 3. This configuration increases gain to 610 mV/A (tested using the ACS712ELC-05A).



Application 5. 10 A Overcurrent Fault Latch. Fault threshold set by R₁ and R₂. This circuit latches an overcurrent fault and holds it until the 5 V rail is powered down.



Allegro MicroSystems, Inc.
115 Northeast Cutoff, Box 15036
Worcester, Massachusetts 01815-0036 (508) 853-5000
www.allegromicro.com

ภาคผนวก ง

ข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ MRF24J40MA



MRF24J40MA

2.4 GHz IEEE Std. 802.15.4™ RF Transceiver Module

Features:

- IEEE Std. 802.15.4™ Compliant RF Transceiver
- Supports ZigBee®, MiWi™, MiWi™ P2P and Proprietary Wireless Networking Protocols
- Small Size: 0.7" x 1.1" (17.8 mm x 27.9 mm), Surface Mountable
- Integrated Crystal, Internal Voltage Regulator, Matching Circuitry and PCB Antenna
- Easy Integration into Final Product – Minimize Product Development, Quicker Time to Market
- Radio Regulation Certification for United States (FCC), Canada (IC) and Europe (ETSI)
- Compatible with Microchip Microcontroller Families (PIC16F, PIC18F, PIC24F/H, dsPIC32 and PIC32)
- Up to 400 ft. Range

Operational:

- Operating Voltage: 2.4-3.6V (3.3V typical)
- Temperature Range: -40°C to +85°C Industrial
- Simple, Four-Wire SPI Interface
- Low-Current Consumption:
 - RX mode: 19 mA (typical)
 - TX mode: 23 mA (typical)
 - Sleep: 2 µA (typical)

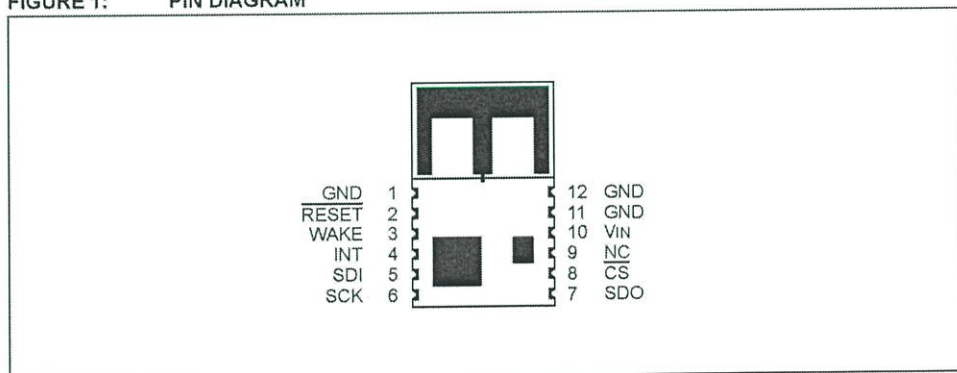
RF/Analog Features:

- ISM Band 2.405-2.48 GHz Operation
- Data Rate: 250 kbps
- -94 dBm Typical Sensitivity with +5 dBm Maximum Input Level
- +0 dBm Typical Output Power with 36 dB TX Power Control Range
- Integrated Low Phase Noise VCO, Frequency Synthesizer and PLL Loop Filter
- Digital VCO and Filter Calibration
- Integrated RSSI ADC and I/Q DACs
- Integrated LDO
- High Receiver and RSSI Dynamic Range

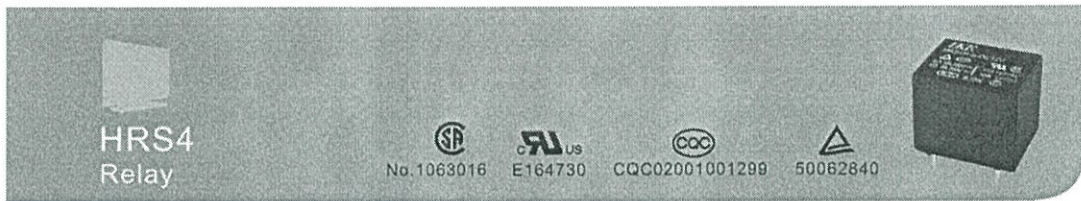
MAC/Baseband Features:

- Hardware CSMA-CA Mechanism, Automatic ACK Response and FCS Check
- Independent Beacon, Transmit and GTS FIFO
- Supports all CCA modes and RSS/LQI
- Automatic Packet Retransmit Capable
- Hardware Security Engine (AES-128) with CTR, CCM and CBC-MAC modes
- Supports Encryption and Decryption for MAC Sublayer and Upper Layer

FIGURE 1: PIN DIAGRAM



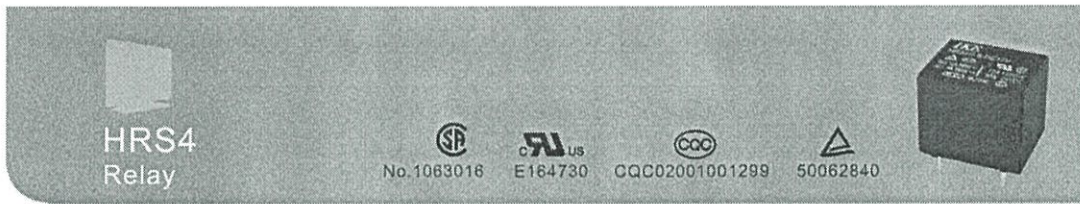
ภาคผนวก จ
ข้อมูลรีเลย์ HRS4 DC5V



1.COIL DATA	
1-1.Nominal Voltage	3,5,6,9,12,24,48VDC
1-2.Coil Resistance	Refer to Coil Data Chart
1-3.Operate Voltage	Refer to Coil Data Chart
1-4.Release Voltage	Refer to Coil Data Chart
1-5.Nominal Power	360mW、450mW
2.CONTACT DATA	
2-1.Contact Form	A-1 Form A,C-1 Form C
2-2.Contact Material	Ag Alloy
2-3.Contact Rating	1A:15A125VAC/24VDC, 10A 250VAC 1C:10A 120VC/24VDC,10A/ 6A250VAC
2-4.Max.Switching Voltage	TV-5 250VAC/24VDC
2-5.Max.Switching Current	15A
2-6.Max.Switching Power	1,800VA,360W
2-7.Min.Switching Load	5VDC,100mA
2-8.Contact Resistance	Max 100mΩ (6VDC 1A)
2-9.Life	
Electrical	100,000次
Mechanical	10,000,000 次
3.GENERAL DATA	
3-1.Insulation Resistance	Min.1000M Ω 500VDC
3-2.Dielectric Strength	750VAC,1 Min between open contacts 1,500VAC,1 min between coil and contacts
3-4.Operate Time	Max.10ms
3-5.Release Time	Max.5ms
3-6.Operate Temperature	-30 ~ +85℃
3-7.Shock Resistance	
Endurance	1,000m/s ²
Misoperation	100m/s ²
3-8.Vibration Resistance	
Endurance	10~ 55Hz,1.5mm double amplitude
Misoperation	10 ~ 55Hz,1.5mm double amplitude
3-9.Humidity	35% ~ 95%RH,+40℃
3-10.Weight	Approximately 10g
3-11.Safety	UL NO.E164730 TUV NO.50062840 CSA NO.1063016 CQC NO.02001001299

ISO9001、ISO/TS16949、ISO14001

รูป จ-1 ข้อมูลรีเลย์ HRS4 DC5V



HRS4
Relay

SF No. 1063016 UL E164730 CCC CQC02001001299 50062840



4. ORDER CODE

HRS4 H - S - DC5V - A

CONTACT FORM
A- 1 Form A
C- 1 Form C

COIL VOLTAGE
DC3V,DC5V,DC6V,DC9V,DC12V,DC24V,DC48V

ENCLOSURE
S - Plastic Sealed Type

COIL POWER
H-High Sensitivity 360mW
NIL-Standard 450mW

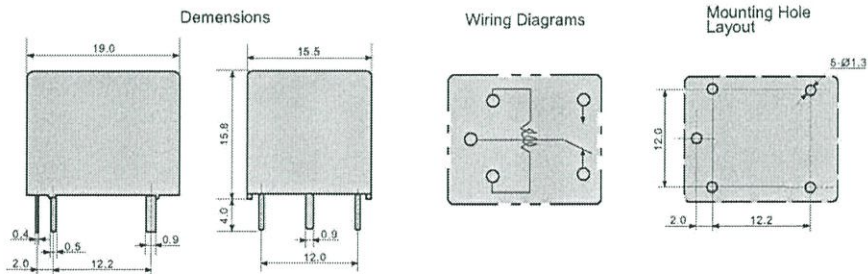
RELAY MODEL

5. COIL DATA CHART

20°C

Model	Nominal Voltage VDC	Coil Resistance Ω \pm 10%	Operate Voltage \leq VDC	Release Voltage \geq VDC	Coil Power mW
HRS4-(S)-DC3V	3	20	2.10	0.30	450
HRS4-(S)-DC5V	5	55	3.50	0.50	
HRS4-(S)-DC6V	6	80	4.20	0.60	
HRS4-(S)-DC9V	9	180	6.30	0.90	
HRS4-(S)-DC12V	12	320	8.40	1.20	
HRS4-(S)-DC24V	24	1280	16.8	2.40	
HRS4-(S)-DC48V	48	5120	33.6	4.80	
HRS4H-(S)-DC3V	3	25	2.10	0.30	360
HRS4H-(S)-DC5V	5	70	3.50	0.50	
HRS4H-(S)-DC6V	6	100	4.20	0.60	
HRS4H-(S)-DC9V	9	225	6.30	0.90	
HRS4H-(S)-DC12V	12	400	8.40	1.20	
HRS4H-(S)-DC24V	24	1600	16.8	2.40	
HRS4H-(S)-DC48V	48	6400	33.6	4.80	

6. DIMENSIONS (mm)



รูป จ-2 ข้อมูลรีเลย์ HRS4 DC5V

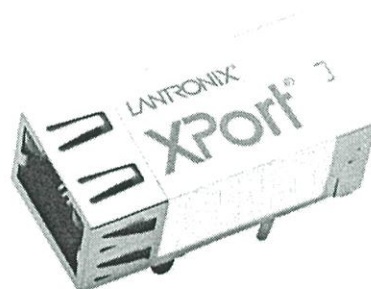
ภาคผนวก ฉ
ข้อมูล Xport



Embedded
Device Server

BUILD NETWORK CONNECTIVITY INTO YOUR PRODUCTS, QUICKLY AND SIMPLY

XPort® is a compact, integrated solution to web-enable any device with serial capability. By incorporating XPort to a product design, manufacturers can offer network connectivity as a standard feature within weeks—so they can be accessed and controlled over the Internet.



Full Networking in a Tiny Package

XPort removes the complexity – of designing network connectivity into a product by incorporating all of the required hardware and software inside a single embedded solution. Smaller than your thumb, it includes all essential networking features, including a 10Base-T/100Base-TX Ethernet connection, proven operating system, an embedded web server, e-mail alerts, a full TCP/IP protocol stack, and 256-bit AES encryption for secure communications. This easy-to-embed networking processor module enables engineers to focus on their core competency while reducing development time and cost and increasing product value.

Integrated Network Communications Module

XPort is powered by our DSTri™ network processor SoC, which includes a 10/100 MAC/PHY and 256 KB of SRAM. It features a built-in web server for communications with a device via a standard Internet browser. Web capability can be used for remote configuration, real-time monitoring or troubleshooting. XPort has 512 KB of on-module Flash for web pages and software upgrades. It acts as a dedicated co-processor that optimizes network activities permitting the host microprocessor to function at maximum efficiency.

XPort® Highlights:

- Minimal engineering effort required to web-enable virtually any electronic device
- Remote command and control of edge devices
- 256-bit AES encryption for secure communications
- EMC/EMI-compliant; RoHS-compliant
- Everything you need – all in a single RJ45 package

Building Intelligent Devices

With XPort you can embed intelligence into any electronic product for applications such as:

- Remote diagnostics and upgrades
- Asset tracking and replenishment
- Automation and control
- Power management
- Remote collaboration
- Personalized content delivery

LANTRONIX®
CONNECT SMART. DO MORE.

ภาคผนวก ข
ข้อมูลการทดสอบเครื่องปรับอากาศ

ตาราง ข-1 ข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ตั้งค่า 23 °C (เครื่องปรับอากาศไดกินรุ่นFTE18KV2S พิกัดกำลังไฟฟ้า 1555 W ขนาด 18,000 BTU)

อุณหภูมิภายนอก	ความชื้น	อุณหภูมิภายใน ก่อนComp ¹ ทำงาน	ความชื้น	อุณหภูมิภายใน ขณะ Comp ¹ ตัด	ความชื้น	เวลาที่ Comp ¹ หยุด (นาที)	เวลาที่ Comp ¹ ทำงาน (นาที)	กระแส เฉลี่ย(A)
33.2	46%	30.1	52%	27.5	45%	ก่อนทำงาน 13 วินาที	15.23	6.3
33.2	46%	27.6	51%	26	44%	2.47	10.34	6.2
33.2	45%	26	52%	25.4	43%	2.52	9.56	6.2
33.1	45%	25.5	51%	24.3	44%	2.51	11.03	6.2
33	46%	24.3	51%	24	43%	2.52	7.11	6.1
33	47%	24.1	53%	23.6	43%	2.49	7.14	6.1
32.9	45%	23.6	53%	23.3	42%	2.51	6.32	6.1
33	45%	23.4	53%	23.1	42%	2.52	5.54	6.1

¹คอมเพรสเซอร์ (compressor)

ตาราง ข-2 ข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ตั้งค่า 24 °C (เครื่องปรับอากาศไดคิโนรุ่น FTE18KV2S พิกัดกำลังไฟฟ้า 1555 W ขนาด 18,000 BTU)

อุณหภูมิภายนอก	ความชื้น	อุณหภูมิภายใน ก่อนComp ¹ ทำงาน	ความชื้น	อุณหภูมิภายใน ขณะ Comp ¹ ตัด	ความชื้น	เวลาที่ Comp ¹ หยุด (นาที)	เวลาที่ Comp ¹ ทำงาน (นาที)	กระแส เฉลี่ย(A)
32.2	55%	30.9	65%	27.4	48%	ก่อนทำงาน15sec	13.06	4.9
32.1	54%	27.5	53%	26.5	47%	2.51	8.33	4.9
32.1	55%	26.7	52%	26	44%	2.56	9.15	4.8
32	56%	26.3	48%	25.8	44%	2.43	7.29	4.9
32	56%	26	48%	25.8	44%	2.51	6.28	4.9
31.9	57%	26.1	47%	25.6	42%	2.53	8.16	4.9
31.9	59%	25.8	45%	25.6	43%	2.5	6.1	4.8
31.8	58%	25.8	46%	25.6	43%	2.52	5.55	4.8
31.7	56%	25.8	46%	25.5	43%	2.53	5.55	4.8
31.7	56%	25.8	46%	25.3	42%	2.51	6.08	4.9

¹คอมเพรสเซอร์ (compressor)

ตาราง ข-3 ข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ตั้งค่า 25 °C (เครื่องปรับอากาศได้กินรุ่น FTE18KV2S พิกัดกำลังไฟฟ้า 1555 W ขนาด 18,000 BTU)

อุณหภูมิภายนอก	ความชื้น	อุณหภูมิภายใน ก่อนComp ¹ ทำงาน	ความชื้น	อุณหภูมิภายใน ขณะ Comp ¹ ตัด	ความชื้น	เวลาที่ Comp ¹ หยุด (นาที)	เวลาที่ Comp ¹ ทำงาน (นาที)	กระแส เฉลี่ย(A)
28.3	69%	29.5	64%	28.5	53%	ก่อนทำงาน 12 sec	5.54	5
28.2	69%	28.3	58%	27.6	49%	2.55	5.58	4.9
28	71%	27.4	53%	26.9	48%	2.44	5.59	5
28	71%	27.1	50%	26.5	46%	2.52	5.56	5
27.9	71%	26.6	49%	26.2	46%	2.55	5.55	4.8
27.7	72%	25.9	48%	25.6	43%	2.51	5.57	4.7
27.6	73%	25.8	47%	25.5	43%	2.55	5.54	4.8
27.5	73%	25.6	46%	25.1	42%	2.53	5.55	4.7
27.5	73%	25.3	45%	25.1	43%	2.57	5.54	4.7
27.4	74%	25.3	46%	25	42%	2.51	5.58	4.7

¹คอมเพรสเซอร์ (compressor)

ตาราง ข-4 ข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ตั้งค่า 24°C (เครื่องปรับอากาศไดกิ้นรุ่น FTE18KV2S พิกัดกำลังไฟฟ้า 1555 W ขนาด 18,000 BTU)

อุณหภูมิภายนอก	ความชื้น	อุณหภูมิภายใน ก่อนComp ¹ ทำงาน	ความชื้น	อุณหภูมิภายใน ขณะ Comp ¹ ตัด	ความชื้น	เวลาที่ Comp ¹ หยุด (นาที)	เวลาที่ Comp ¹ ทำงาน (นาที)	กระแส เฉลี่ย(A)
27.3	77%	27.6	60%	27.5	50%	ก่อนทำงาน 8 sec	5.56	4.8
27.3	77%	27.5	50%	27.1	51%	2.53	5.55	5.7
27.3	78%	27.3	52%	26.7	46%	2.52	5.55	5.7
27.2	78%	26.6	48%	26.1	45%	2.51	5.27	5.8
27.2	78%	26.1	48%	25.8	44%	2.45	4.55	5.8
27.1	79%	25.8	47%	25.6	46%	2.56	3.2	5.8
27	80%	25.5	48%	25.3	46%	2.43	3.09	5.8
27	80%	25.3	48%	25.1	46%	2.49	3.58	5.9
26.8	81%	25.4	49%	25.1	47%	2.47	3	5.8
26.8	81%	25.4	49%			2.51		

¹คอมเพรสเซอร์ (compressor)

ตาราง ข-5 ข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ตั้งค่า 25°C (เครื่องปรับอากาศได้กินรุ่น FTE18KV2S พิกัดกำลังไฟฟ้า 1555 W ขนาด 18,000 BTU)

อุณหภูมิภายนอก	ความชื้น	อุณหภูมิภายใน ก่อนComp ¹ ทำงาน	ความชื้น	อุณหภูมิภายใน ขณะ Comp ¹ ตัด	ความชื้น	เวลาที่ Comp ¹ หยุด (นาที)	เวลาที่ Comp ¹ ทำงาน (นาที)	กระแส เฉลี่ย(A)
33.9	53%	30.1	59%	27.7	45%	ก่อนทำงาน 15 วินาที	12.2	6.3
33.9	52%	27.7	51%	26.8	44%	2.47	9.29	6.2
33.8	51%	26.8	50%	26.1	43%	2.52	8.35	6.2
33.8	52%	26.2	53%	25.5	44%	2.51	7.56	6.2
33.8	52%	25.6	53%	24.7	43%	2.52	8.16	6.1
33.8	53%	24.8	52%	24.3	43%	2.49	6.32	6.1
33.7	53%	24.4	53%	24.1	42%	2.51	5.55	6.1
33.7	53%	24.1	53%	24	42%	2.52	5.54	6.1

¹คอมเพรสเซอร์ (compressor)

ตาราง ข-6 ข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ตั้งค่า 26 °C (เครื่องปรับอากาศไดกินรูน FTE18KV2S พิกัดกำลังไฟฟ้า 1555 W ขนาด 18,000 BTU)

อุณหภูมิภายนอก	ความชื้น	อุณหภูมิภายใน ก่อนComp ¹ ทำงาน	ความชื้น	อุณหภูมิภายใน ขณะ Comp ¹ ตัด	ความชื้น	เวลาที่ Comp ¹ หยุด (นาที)	เวลาที่ Comp ¹ ทำงาน (นาที)	กระแส เฉลี่ย(A)
34	48%	30.4	59%	28.7	45%	ก่อนทำงาน15 sec	8.58	6.3
34	48%	28.5	51%	27.8	44%	2.47	6.25	6.2
34	48%	27.8	50%	27.2	43%	2.52	5.53	6.2
34	49%	27.3	53%	26.8	44%	2.51	5.58	6.2
33.9	49%	26.9	53%	26.4	43%	2.52	5.57	6.1
33.9	49%	26.4	52%	26.1	43%	2.49	5.54	6.1
33.9	48%	26.1	53%	25.8	42%	2.51	5.55	6.1

¹คอมเพรสเซอร์ (compressor)

ตาราง ข-7 ข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ตั้งค่า 27 °C (เครื่องปรับอากาศไดกินรุ่น FTE18KV2S พิกัดกำลังไฟฟ้า 1555 W ขนาด 18,000 BTU)

อุณหภูมิภายนอก	ความชื้น	อุณหภูมิภายใน ก่อนComp ¹ ทำงาน	ความชื้น	อุณหภูมิภายใน ขณะ Comp ¹ ตัด	ความชื้น	เวลาที่ Comp ¹ หยุด (นาที)	เวลาที่ Comp ¹ ทำงาน (นาที)	กระแส เฉลี่ย(A)
34.5	53%	30.3	67%	28.6	58%	ก่อน 10.6sec	5.03	6.5
34.6	51%	28.8	66%	28.4	57%	4.02	4.21	6.5
34.6	51%	28.7	67%	28.1	56%	4.34	5.36	6.5
34.5	50%	28.4	67%	27.9	56%	4.28	4.04	6.3
34.6	49%	28	67%	27.4	50%	3.07	5.58	6.1
34.6	49%	27.4	59%	27.1	49%	2.5	5.54	6
34.6	48%	27.2	53%	26.9	46%	2.53	5.55	6

¹คอมเพรสเซอร์ (compressor)

ตาราง ข-8 ข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ตั้งค่า 28 °C (เครื่องปรับอากาศไดกิ้นรุ่น FTE18KV2S พิกัดกำลังไฟฟ้า 1555 W ขนาด 18,000 BTU)

อุณหภูมิภายนอก	ความชื้น	อุณหภูมิภายใน ก่อนComp ¹ ทำงาน	ความชื้น	อุณหภูมิภายใน ขณะ Comp ¹ ตัด	ความชื้น	เวลาที่ Comp ¹ หยุด (นาที)	เวลาที่ Comp ¹ ทำงาน (นาที)	กระแส เฉลี่ย(A)
34.5	58%	30.4	68%	29.1	57%	ก่อนทำงาน 2.42	5.21	6.5
34.5	56%	28.7	67%	28.3	60%	2.42	3.05	6.3
34.4	53%	28.1	69%	28	62%	3.16	2.54	6.4
34.4	53%	28	70%	27.8	62%	3.22	2.56	6.4
34.5	54%	27.8	71%	27.6	63%	4.1	2.58	6.5
34.6	53%	27.6	71%	27.4	62%	3.54	2.56	6.5
34.6	53%	27.6	72%	27.4	63%	4.07	2.57	6.5

¹คอมเพรสเซอร์ (compressor)

ตาราง ข-9 ข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศเครื่องปรับอากาศไดกินรูน FTE18KV2

ระบบไฟฟ้า	1 เฟส 50 Hz	Power source	220 V
ความสามารถทำความเย็น	5200 W	พิกัดกำลังไฟฟ้า	1555 W
ประสิทธิภาพการทำความเย็น	3.35	พิกัดกระแสไฟฟ้า	7.2 A
สารทำความเย็น	R22	น้ำหนักสุทธิ	48 kg.
หมายเลขเครื่อง	E008144	เดือน/ปี ที่ผลิต	05/2010
ชุดคอมเพรสเซอร์	RH277VHST	ชุดมอเตอร์พัดลม	7757HVS-A13S

ภาคผนวก ซ
บทความวิชาการ

การบริหารจัดการพลังงานในบ้านอัจฉริยะ

Energy Management in a Smart Home

นายไพบุลย์ เติมนันท์¹ นายสหรัฐ ทองมหา¹ นายสิริวัฒน์ ศรีแก้ว¹ และ นางสาวสุกัญญา โพธิ์สุนทร²
¹สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 เลขที่.1 ซอยคลองกรุง1 แขวงลาดกระบังเขตลาดกระบังกรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 0-2739-2478

บทคัดย่อ

บ้านอัจฉริยะเป็นบ้านที่มีระบบอัตโนมัติที่ช่วยบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) โดยวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm) เพื่อค้นหาระดับพลังงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์ที่จำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ในช่วงระยะเวลาในอนาคต วัตถุประสงค์ของวิธีดังกล่าวเพื่อหาพลังงานไฟฟ้าที่ใช้หามีค่าต่ำที่สุด (Minimize) พร้อมทั้งพิจารณาข้อจำกัดทางเทคนิคของอุปกรณ์ และปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิภายนอก จากผลการจำลองพบว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ นอกจากนี้ผู้ใช้สามารถสั่งการอุปกรณ์ไฟฟ้าเช่น เตารีด โพลกแสงสว่าง และเครื่องปรับอากาศผ่านทางสมาร์ตโฟนได้

คำสำคัญ:บ้านอัจฉริยะ, วิธีเชิงพันธุกรรม,สมาร์ตโฟน

Abstract

A smart home has an automatic control system for managing energy sources and loads to achieve maximum efficiency. This thesis presents an optimization by using genetic algorithm (GA) method for searching the energy level of the considered electrical appliances using mathematical model for a future time period. The objective is to minimize the associated energy consumption while considering technical constraints of the appliances and environmental factors such as temperature outside the house. The result of the simulation showed that this method can reduce the energy consumption. In addition, the user can control the electrical appliances such as receptacle, lighting and air conditioner by smartphones.

Keywords : Smarthome, genetic algorithm, Smartphone.

1.บทนำ

ความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในปัจจุบัน ทำให้มีการผลิตไฟฟ้าที่สูงขึ้นตามประกอบกับการใช้แหล่งพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดสูงขึ้น ตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2553-2573 ฉบับที่ 3 (PDP 2010 Rev.3) 0 ซึ่งมีการเพิ่มกำลังผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานโดยเพิ่มจากตัวเลขในฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2 คือ 4,433 MW เป็น 9,516 MW ทำให้ส่งผลกระทบต่อความมั่นคงทางพลังงาน

วิทยานิพนธ์นี้จึงนำเสนอวิธีการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าภายในบ้านอัจฉริยะผ่านการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยพิจารณาปัจจัยของสภาพแวดล้อมภายนอก เช่น อุณหภูมิภายนอกอาคาร และนำผลลัพธ์เบื้องต้นไปออกแบบชุดควบคุมบ้านอัจฉริยะผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์และระบบสมาร์ตโฟน

โดยในวิทยานิพนธ์ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 กล่าวถึงแนวคิดการควบคุมพลังงานไฟฟ้าภายในบ้านหนึ่งหลัง ส่วนที่ 2 นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ ส่วนที่ 3 นำข้อมูลและนำเสนอผลการจำลองเกี่ยวกับระบบทดสอบผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์และระบบสมาร์ตโฟน และเสนอแนะแนวทางการพัฒนาในอนาคต

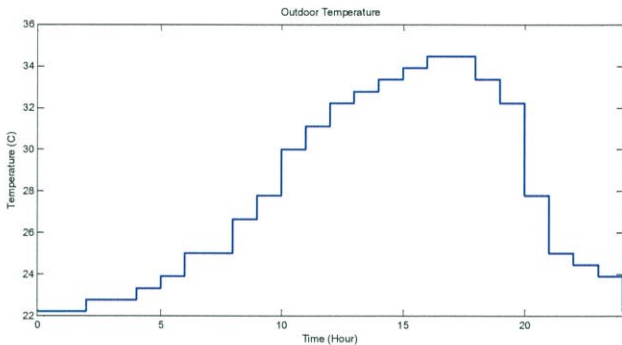
2.บ้านอัจฉริยะ[2]

Smart home หรือบ้านอัจฉริยะ คือการใช้เทคโนโลยีมาควบคุมอุปกรณ์ต่างๆภายในบ้าน เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้อยู่อาศัย, มีระบบการจัดการพลังงาน ระบบรักษาความปลอดภัยอัตโนมัติทั้งภายในและรอบตัวบ้าน ส่วนใหญ่จะควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไปเรียกว่า home automation ซึ่งสามารถถูกจำแนกความสามารถและความซับซ้อน โดยระดับของความซับซ้อนนี้ ขึ้นอยู่กับงบประมาณของผู้อยู่อาศัยว่าจะเลือกให้อัตโนมัติขนาดไหน และจะให้มีอะไรอัจฉริยะบ้าง บางคนอาจจะต้องการเพียงแค่ สามารถสั่งเปิดปิด อุปกรณ์ต่างๆจาก Tablet เช่น iPad หรือจากมือถือ หรือให้อุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้าน โคมไฟแอร์ทีวี เปิดปิดเองอัตโนมัติด้วยเซนเซอร์หรือประมวลผลชุดคำสั่งจาก user profile ว่าผู้อยู่อาศัยจะต้องการให้ระบบควบคุมปฏิบัติเช่นไร

3.การออกแบบระบบ

ในปฏิญานินพนธ์ฉบับนี้ได้พิจารณาการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านอัจฉริยะดังนี้คือพิจารณาเครื่องปรับอากาศ ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

1.เครื่องปรับอากาศ : กำหนดให้อุณหภูมิที่สบายที่สุดคือ25องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ต้องการอยู่ในช่วง23.33ถึง26.67องศาเซลเซียสค่าคงที่เครื่องปรับอากาศ α มีค่า 0.9 และ β มีค่า -0.01 ค่าพิักัดการใช้พลังงาน 1.555 kWh และอุณหภูมิภายนอกเป็นไปตามรูปที่1



รูปที่ 1 อุณหภูมิภายนอกบ้าน (องศาเซลเซียส)

3.1.การออกแบบฟังก์ชันการควบคุมการทำงาน

การสร้างระบบจำลองของปัญหาคือการจำลองเหตุการณ์ของปัญหาให้อยู่ในรูปฟังก์ชันวัตถุประสงค์(Objective function) เพื่อนำไปสู่การหาค่าคำตอบที่ดีที่สุดที่ทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าต่ำสุดโดยวิธีเชิงพันธุกรรม

ระบบจำลองของปัญหานี้มีจุดประสงค์คือ การออกแบบตารางการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านอัจฉริยะให้มีการซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้า และมีการสูญเสียความเสถียรจากการทำงานของเครื่องใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านอัจฉริยะให้น้อยที่สุด ซึ่งเป็นไปตามฟังก์ชัน

$$\text{Minimize } Y(t) = f_r(x_a(t), d(t), T_{in}(t), C_a(x_a(t)), \lambda(t), T_{out}(t))$$

เมื่อ $Y(t)$ คือ ฟังก์ชันระบบจำลอง

$x_a(t)$ คือ พลังงานที่ใช้สำหรับอุปกรณ์ a ในแต่ละชั่วโมง (kWh)

$d(t)$ คือ ผลตอบแทนของราคาค่าไฟฟ้า

$T_{in}(t)$ คือ อุณหภูมิภายในห้องแต่ละชั่วโมง (องศาฟาเรนไฮต์)

คือ ฟังก์ชันคุณลักษณะการสูญเสียความเสถียรจากการทำงานของเครื่องใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ a ภายในบ้านอัจฉริยะเมื่อเทียบเป็นเงิน (\$)

$\lambda(t)$ คือ อัตราค่าไฟแต่ละชั่วโมง (\$/หน่วย)

$T_{out}(t)$ คือ อุณหภูมิภายนอกแต่ละชั่วโมง (องศาฟาเรนไฮต์)

โดย $x_a(t), d(t)$ คือ ตัวแปรควบคุม (Control variable)

$C_a(x_a(t)), T_{in}(t)$ คือ ตัวแปรตาม (Dependent variable)

$\lambda(t), T_{out}(t)$ คือ ตัวแปรอินพุต (Input variable)

3.1.1แบบจำลองของเครื่องปรับอากาศ

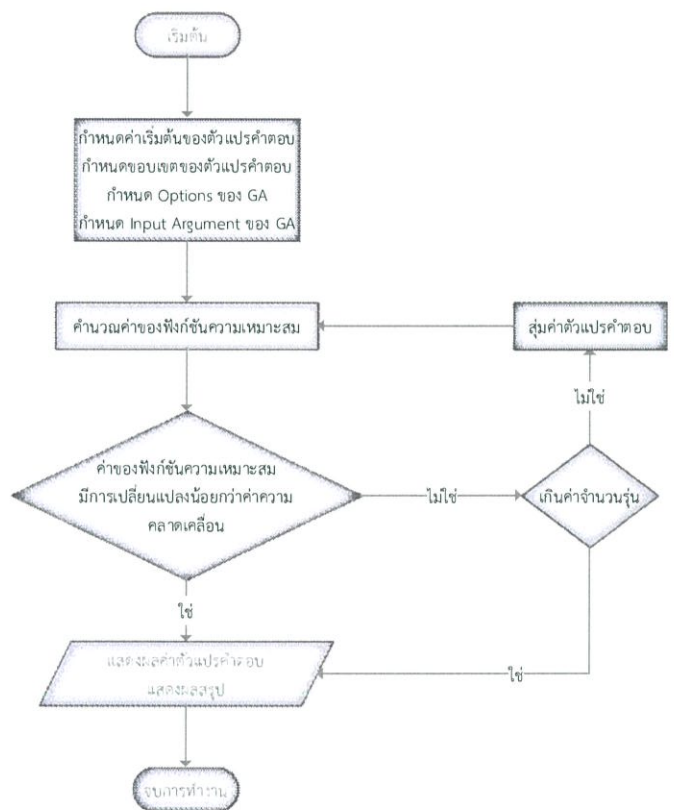
การหาอุณหภูมิภายในห้องที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการใช้เครื่องปรับอากาศ ต้องทราบอุณหภูมิเริ่มต้นภายในและอุณหภูมิภายนอกห้องจากสมการ

$$T_{in}(t) = T_{in}(t-1) + \alpha [T_{out}(t) - T_{in}(t-1)] + \beta x_{air}(t)$$

โดย α และ β ค่าคงที่ของเครื่องปรับอากาศ

สมการคุณลักษณะของฟังก์ชันการสูญเสียความเสถียรจากการทำงานของเครื่องใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์เครื่องปรับอากาศภายในบ้านอัจฉริยะเมื่อเทียบเป็นเงิน

3.1.2แผนผังโปรแกรม (Flow Chart)



รูปที่ 2 แผนผัง โปรแกรมการทำงานของระบบวิธีการเชิงพันธุกรรม

3.2.การออกแบบชุดควบคุมบ้านอัจฉริยะ

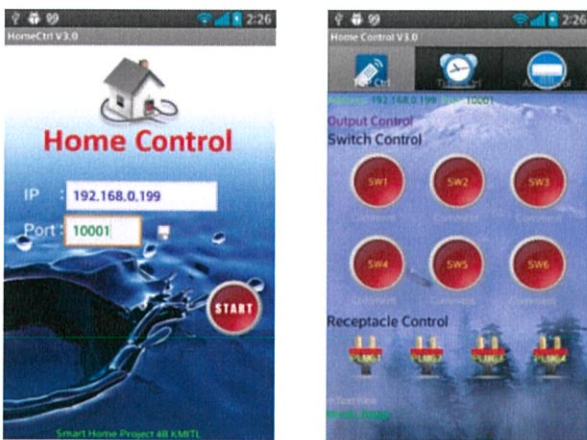
3.2.1 การออกแบบวงจรการควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

ในการออกแบบชุดควบคุมบ้านอัจฉริยะนี้เป็นการออกแบบการควบคุมด้วย MCU ของ Microchip เบอร์ PIC18F458-I/P ซึ่งเป็นการออกแบบโดยใช้เบอร์ MCU ที่หาได้ง่ายและ เบอร์ PIC18F458-I/P นี้ยังมีคุณสมบัติที่สามารถโปรแกรมผ่าน Boot Loader ซึ่งจะโดยที่ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องมีเครื่องมือสำหรับโปรแกรม Update Firmware ที่พัฒนาเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงบางฟังก์ชันเพิ่มเติมด้วยตัวเอง ข้อดีอีกข้อของ

Boot Loader ก็จะสามารถ Update Firmware บนชุดควบคุมบ้านอัจฉริยะ ไม่ต้องย้ายจากที่ติดตั้งซึ่งจะมีความยุ่งยาก สามารถทำได้โดยโปรแกรมผ่าน Boot Loader โดยสามารถใช้ MCU เบอร์อื่นๆที่ราคาถูกกว่าทดแทนได้ แต่จำเป็นต้องหา Boot Loader ของเบอร์นั้นๆด้วย ซึ่งวิธีการนี้ว่าการอัปเดตโปรแกรมผ่าน Ethernet

3.2.2.3.ออกแบบแอปพลิเคชันสำหรับควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

ในการการพัฒนาแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟนเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านโดยการเชื่อมต่อกับโมดูล Wi-Fi และ3G โดยผ่านทางสมาร์ตโฟน(โดย IP ของโมดูลได้ถูกกำหนดค่าไว้แล้ว) โดยในแอปพลิเคชันดังกล่าวจะแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ 1.ส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบ on-off 2.ส่วนที่ทำหน้าที่ตั้งการทำงานแบบตั้งเวลา(timer) 3.ส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศโดยจะทำหน้าที่เหมือนกับรีโมททั่วไปและเมื่อเข้าสู่หน้าต่างผู้ใช้งานจะมีการล็อกอินเพื่อให้สามารถเข้าไปสู่หน้าโปรแกรมหลักได้โดยแอปพลิเคชันจะสามารถรับค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์มาแสดงผลออกหน้าจอโทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟนโดยภายในแอปพลิเคชันจะสามารถแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกันทั้งหมด



รูปที่ 3 หน้าต่างในการ Login ในการเข้าสู่ Application

4.ผลการทดลอง

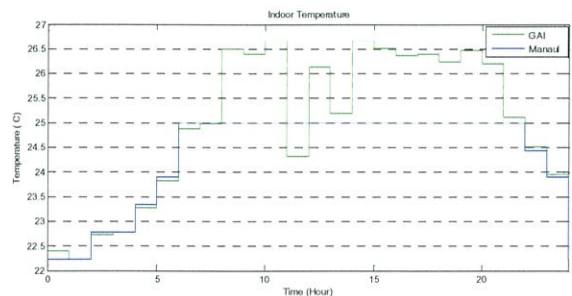
4.1ผลการจำลองโดยการ simulation

แบบจำลองที่นำเสนอในบทความนี้ถูกสร้างขึ้นบนโปรแกรม MATLAB โดยใช้ วิธีเชิงพันธุกรรมใน Genetic Algorithm (GA) toolbox เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสม สำหรับการตั้งค่าเครื่องปรับอากาศ ที่ทำให้การใช้พลังงานลดน้อยลง โดยจะพิจารณาข้อมูลการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ได้จากการทดลองในภาคผนวก (ก) ซึ่งจะได้อาการตั้งค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมและพลังงานที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศใน 1 วันแสดงในตารางที่ 1

เวลา	0.00	1.00	2.00	3.00
พลังงานที่ใช้ (kWh)	0	0	0	0
อุณหภูมิที่ตั้งค่า (°C)	-	-	-	-
เวลา	4.00	5.00	6.00	7.00
พลังงานที่ใช้ (kWh)	0	0	0	0
อุณหภูมิที่ตั้งค่า (°C)	-	-	-	-
เวลา	8.00	9.00	10.00	11.00
พลังงานที่ใช้ (kWh)	0.2353	0.5635	1.2016	1.0029
อุณหภูมิที่ตั้งค่า (°C)	28	28	24	26
เวลา	12.00	13.00	14.00	15.00
พลังงานที่ใช้ (kWh)	1.3107	1.1090	1.2588	1.3784
อุณหภูมิที่ตั้งค่า (°C)	23	25	23	22
เวลา	16.00	17.00	18.00	19.00
พลังงานที่ใช้ (kWh)	1.3696	1.2140	0.9750	0.2746
อุณหภูมิที่ตั้งค่า (°C)	22	24	26	28
เวลา	20.00	21.00	22.00	23.00
พลังงานที่ใช้ (kWh)	0	0	0	0
อุณหภูมิที่ตั้งค่า (°C)	-	-	-	-

ตารางที่ 1 ตารางแสดงการตั้งค่าอุณหภูมิ

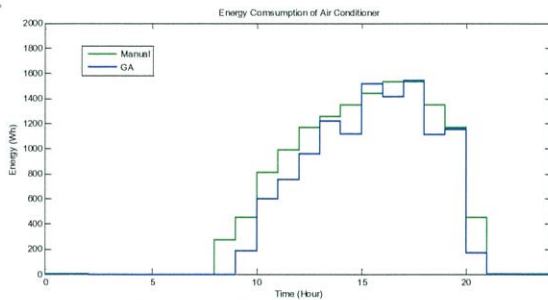
การตั้งค่าด้วยมือสำหรับเครื่องปรับอากาศ เป็นการตั้งค่าอุณหภูมิให้แก่เทอร์โมสตัท(Thermostat) เพื่อให้ได้อุณหภูมิตามที่กำหนดไว้คือ 25°C ดังจะเห็นได้จากรูป 4 โดยจะเห็นได้ว่าการคำนวณด้วยวิธี GA อุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศจะปรับอุณหภูมิภายในให้มีความเหมาะสมที่สุดในแต่ละช่วงเวลา



รูปที่ 4 อุณหภูมิภายในห้องกรณีที่มีการควบคุมและไม่ควบคุม

การใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศที่มีการหาค่าความเหมาะสมสำหรับการตั้งค่าอุณหภูมิ โดยเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ควบคุม

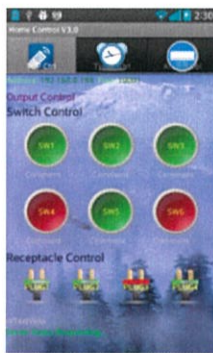
ที่ตั้งค่าคือ 25 องศาเซลเซียสตลอดการทำงาน จะพบว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้การควบคุมด้วย GA มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่า โดยจะแสดงดังกราฟรูปที่ 5



รูปที่ 5 พลังงานที่ถูกใช้โดยเครื่องปรับอากาศ

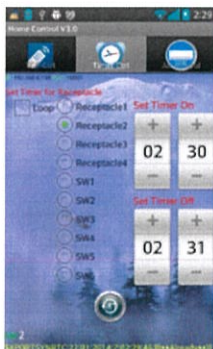
4.2 ผลการทดสอบโดยแอปพลิเคชันแอนดรอยด์

จากการทดสอบการทำงานผ่านแอปพลิเคชันแอนดรอยด์เพื่อสั่งอุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องปรับอากาศพบว่ามีมีการเชื่อมกับอุปกรณ์ไฟฟ้า แอปพลิเคชันแอนดรอยด์จะแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เชื่อมต่ออยู่ โดยแสดงสีเขียว-แดงเป็นสถานะเปิด-ปิดตามลำดับ



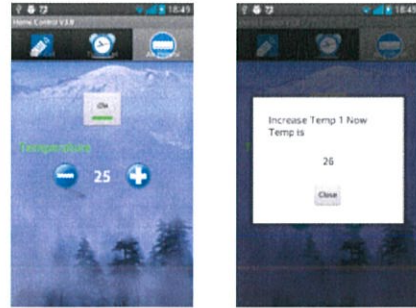
รูปที่ 6 แสดงสถานะการทำงานของแอปพลิเคชันแอนดรอยด์

ในการตั้งค่าการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า(หลอดไฟและเตารีด) จะสามารถตั้งเวลาเปิด-ปิดอุปกรณ์และสั่งให้ทำงานเป็นประจำในทุกๆเวลา โดยการส่งผ่านระบบสมาร์ตโฟน โดยแสดงสถานะการทำงานของที่ด้านล่าง



รูปที่ 7 หน้าต่างแสดงการควบคุมการทำงานแบบตั้งเวลา

ในการทำงานของเครื่องปรับอากาศผ่านแอปพลิเคชันแอนดรอยด์จะสามารถสั่ง เปิด-ปิด และเพิ่ม-ลดอุณหภูมิ



รูปที่ 8 หน้าต่างแสดงการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

5.สรุปผลการทดลอง

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอวิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดเพื่อการบริหารจัดการพลังงานภายในบ้านอัจฉริยะซึ่งจะเป็นบ้านแห่งอนาคตด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอและการประยุกต์ใช้วิธีเชิงพันธุกรรมเพื่อหาระดับพลังงานที่เหมาะสมที่สุดสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชนิดพบว่า ระดับความต้องการพลังงานและค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายสามารถลดลงได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยส่งผลกระทบต่อความสะดวกสบายในระดับที่ยอมรับได้

ในปริญญานิพนธ์นี้ยังได้นำข้อมูลที่ได้ออกการจำลองในขั้นต้นไปทำการออกแบบการทำงานของเครื่องปรับอากาศและหลอดแสงสว่าง โดยทำการควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ และสามารถควบคุมผ่านสมาร์ตโฟน ประกอบด้วย 1. แอปพลิเคชันแอนดรอยด์ที่ใช้ในการควบคุม 2. โมดูล Ethernet 3. ไมโครคอนโทรลเลอร์ 4. เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว สามารถควบคุมผ่านโปรโตคอล TCP/IP ผ่านการเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์มือถือกับตัวโมดูล Ethernet จากนั้นค่าที่ได้จะถูกส่งไปยังส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าซึ่งสามารถสั่งงานผ่านโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ได้ โดยในแอปพลิเคชันนี้ยังสามารถแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ไปยังสมาร์ตโฟน เพื่อแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ทราบว่ามีการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน และในแอปพลิเคชันยังทำหน้าที่คล้ายรีโมทเครื่องปรับอากาศ สามารถควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติเพื่อให้อุณหภูมิของห้องมีความเหมาะสมอยู่ตลอดเวลาโดยจะมีการรับส่งข้อมูลระหว่างเซนเซอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์และสั่งการให้เครื่องปรับอากาศทำงานในจุดที่เหมาะสมที่สุดในช่วงเวลานั้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน “แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2553-2573 ฉบับที่ 3”
 - [2] “สมาร์ตโฮม” Smart Home System
- [ออนไลน์]: <http://www.it24hrs.com/2012/smart-room-smart-room-automation/>

ประวัติผู้เขียน



นายไพบูลย์ เตมินันท์
 ที่อยู่ : 204 ต.น้ำซึม อ.เมืองอุทัยธานี จ.อุทัยธานี
 Email : hs6zew@hotmail.com
 เบอร์โทรศัพท์ : 084-623-6856



นายสหรัฐ ทองมหา
 ที่อยู่ : 1/125 ถ.เมืองพล ต.เมืองพล อ.พล จ.ขอนแก่น
 Email : saharatth@hotmail.co.th
 เบอร์โทรศัพท์ : 087-356-1453



นายสุรรัฐพร ศรีแก้ว
 ที่อยู่ : 22 หมู่ 10 ต.พิบูลออก อ.บ้านนา จ.นครนายก
 Email : siriwat1709@gmail.com
 เบอร์โทรศัพท์ : 084-424-2245



นางสาวสุกัญญา โปธิสุนทร
 ที่อยู่ : 148 ถนนพระบารมี ถนนป่าตอง อ.กระทุ่ม จ.ภูเก็ต
 Email : sunkanyaeye@hotmail.com
 เบอร์โทรศัพท์ : 087-887-8808