

ตู้อบเด็กทารก

INFANT INCUBATOR



ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา ๒๕๕๐



ตู้อบเด็กทารก

INFANT INCUBATOR

โดย

นาย ชนวรรชก์ จิรสุภกร 43010082

นาย ณิชฐกร กীরติไพบูลย์ 43010125

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตู้อบเด็กทารก

INFANT INCUBATOR

จัดทำโดย นาย ชนวรรชก์ จิรศุภกร รหัส 43010082  
นาย ณ์ฐกร กীরติไพบุลย์ รหัส 43010125

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์

รายงานฉบับนี้ได้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ.....(อาจารย์ที่ปรึกษา)

( ผศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์ )

วันที่ 31 / 3 / 2571

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์

ตู้อบเด็กทารก

ผู้จัดทำ

นาย ชนวรรณย์ จิรศุภกร

รหัส 43010082

นาย ณิชกร กิรติไพบูลย์

รหัส 43010125

สาขาวิชา

วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ปีการศึกษา

พ.ศ. 2546

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

ดร. ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์

### บทคัดย่อ

โครงการของปริญญานิพนธ์เรื่อง ตู้อบเด็กทารก(Infant Incubator) เป็นการศึกษาและพัฒนาตู้อบเด็ก โดยทำการศึกษาและพัฒนาจากเครื่องรุ่นเก่า ที่เป็นแบบ Analog ให้เป็นแบบ Digital

โดยในการจัดทำโครงการนี้ได้มีการนำเอาเทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุมการทำงานของระบบ ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นำมาใช้คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC และใช้อัลกอริทึมระบบควบคุมแบบ PI ซึ่งใช้ภาษา C ในการเขียนคำสั่งการทำงานของ PIC ส่วนการตรวจจับอุณหภูมิเราจะใช้ LM35 และ SHT11 เป็นตัวเซ็นเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิ ซึ่งจะทำการนำผลมาเปรียบเทียบกัน

ซึ่งผลการทดลองการใช้งานเป็นที่น่าพอใจ สามารถควบคุมอุณหภูมิได้แม่นยำ โดยที่ SHT11 มีค่าผิดพลาดเพียง 0.1 องศาเซลเซียส

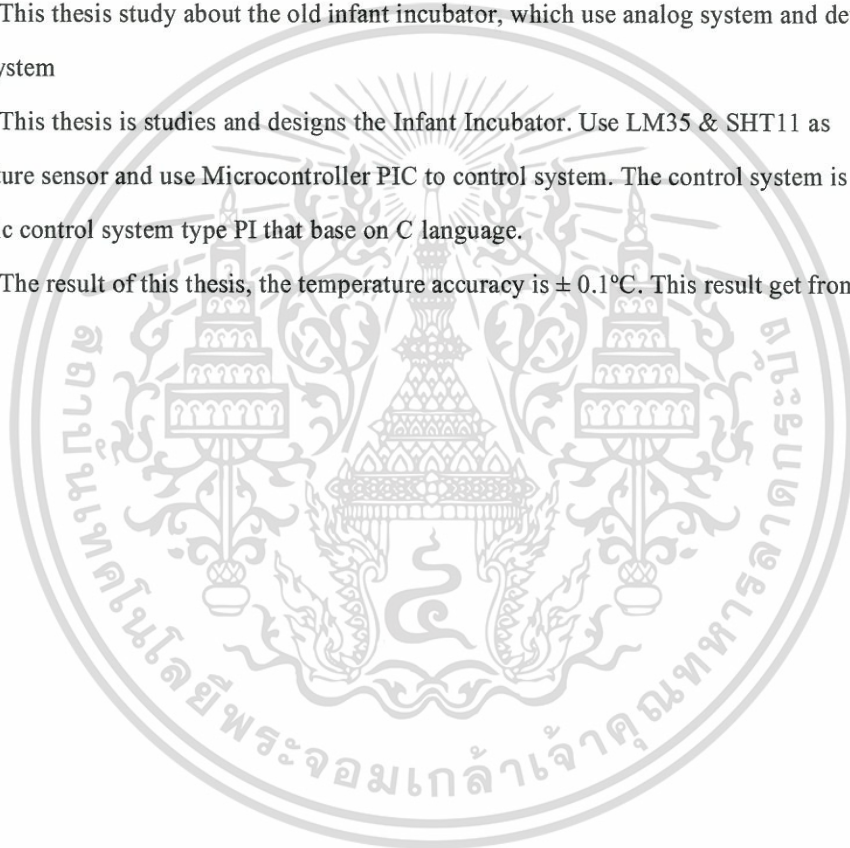
<b>Thesis Title</b>	INFANT INCUBATOR	
<b>Student</b>	Mr. Chanavath Jirasupakorn	Student ID 43010082
	Mr. Nattakron Keeratipaiboon	Student ID 43010125
<b>Programme</b>	Electrical Engineering	
<b>Year</b>	2003	
<b>Thesis Advisor</b>	Dr. Chuchart Pintavirooj	

### ABSTRACT

This thesis study about the old infant incubator, which use analog system and develop to digital system

This thesis is studies and designs the Infant Incubator. Use LM35 & SHT11 as temperature sensor and use Microcontroller PIC to control system. The control system is automatic control system type PI that base on C language.

The result of this thesis, the temperature accuracy is  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ . This result get from IC SHT11



## กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับคำแนะนำ และความอนุเคราะห์ช่วยเหลือจาก ดร.ชชาติ ปิณฑวิรุจน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการนี้ ขอขอบคุณที่ปรึกษาเข้มแข็งบางยาง หน่วยอุปการณการแพทย์ของโรงพยาบาลศิริราช ที่ให้เข้าไปศึกษาการทำงานของผู้อบเด็กทารกแรกเกิดที่โรงพยาบาลศิริราช ขอขอบคุณแผนกเด็กทารกโรงพยาบาลนพรัตน์ที่มอบส่วนควมคุมผู้อบเด็กทารกให้ เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไป ขอขอบคุณ พี่โจ้และพี่ชิง ที่คอยให้คำปรึกษาต่างๆ และขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนและคนอื่นๆที่คอยช่วยเหลือจนโครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้จัดทำจึงขอขอบคุณทุกท่านเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้

(นาย ชนวนรชก จิรสูกกร )

(นายณัฐกร กิรติไพบูลย์)

คณะผู้จัดทำ

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
1.4 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 กายภาพทารก	5
2.2 ระบบควบคุมของตู้อบเด็กทารก	10
2.2.1 ส่วนเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ	10
2.2.2 บอร์ดแสดงค่าอุณหภูมิ	17
2.2.3 ชุดควบคุม Heater	17
2.2.4 ตัวประมวลผล ( Microprocessor )	18
2.3 ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติชนิด PI	25
2.4 การส่งข้อมูลแบบ I <sup>2</sup> C	26
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	
3.1 การออกแบบวงจรส่วนต่างๆ ภายในตู้อบเด็ก	29
3.1.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟของระบบควบคุม	29
3.1.2 ส่วนตรวจจับอุณหภูมิที่ใช้ LM35	29
3.1.3 ส่วนแปลงระดับแรงดัน	30
3.1.4 วงจร Isolation Circuit	31

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.5	วงจรตรวจจับอุณหภูมิที่ใช้SHT11	31
3.1.6	วงจรบอร์ดแสดงผล	32
3.1.7	วงจรควบคุมเฟส	33
3.1.8	วงจรควบคุมการทำงานหลัก (Main Circuit)	33
3.2	การออกแบบส่วนประกอบภายนอก	34
3.2.1	ตู้ครอบบิวต์เด็กและแผ่นรองบิวต์เด็ก	34
3.2.2	ตู้ฐานรอง	34
3.2.3	Chamber	35
3.2.4	กล่องควบคุมระบบและStickerหน้าปิด	35
บทที่ 4	ขั้นตอนการทดลองและผลการทดลอง	
4.1.	ทดลองความแม่นยำของอุปกรณ์	36
4.2	ทดลองหาค่า K ที่เหมาะสม	37
4.3	ทดลองระบบสัญญาณเตือนต่างๆของตู้อบเด็ก	41
4.3.1	สัญญาณเตือนเมื่อไม่มีไฟ 220 เข้าสู่ระบบ	41
4.3.2	สัญญาณเตือนเมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่าที่ตั้งเอาไว้ 3 องศาเซลเซียส	41
บทที่ 5	สรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1	สรุปผลของโครงการ	42
5.2	ปัญหาของโครงการนี้	42
5.2	ข้อเสนอแนะ	42
บรรณานุกรม		
ภาคผนวก		

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 อุณหภูมิภายในตู้อบสำหรับทารกน้ำหนักตัวต่างๆกัน ใน 24 ชั่วโมงแรก	8
2.2 ความต้องการอุณหภูมิในตู้อบสำหรับทารกขนาดต่างๆกันเมื่ออายุมากขึ้น(°C)	8
2.3 แสดงขาสัญญาณของ SHT11	11
2.4 แสดงคุณสมบัติ DC ของ SHT11	11
2.5 แสดงคุณสมบัติของสัญญาณ SCK และ DATA	13
2.6 แสดงรายละเอียดขาสัญญาณของ PIC 16F628	23



## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของโครงงานนี้	2
1.2 ภาพตัวอย่างของตู้อบเด็กทารก	3
1.3 ตู้อบเด็กที่ทำขึ้นในโครงงานนี้	4
2.1 โครงสร้างทั่วไปของ LM35	10
2.2 รูป IC SHT1X และ SHT7X	10
2.3 แสดงลักษณะของ SHT11	11
2.4 แสดง Block Diagram ของ SHT11	12
2.5 แสดงการต่อ SHT11 กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์	12
2.6 แสดง Timing Diagram ในช่วงการส่งข้อมูลของ SHT11	13
2.7 แสดงคุณสมบัติของ Timing Diagram ของสัญญาณ DATA และ SCK ของ SHT11	13
2.8 แสดง Timing Diagram ของตัวอย่างการวัดความชื้นที่ 75.79%RH	13
2.9 แสดงการกำหนดค่าของ ADCON0 REGISTER ของ 16F877	15
2.10 แสดงการกำหนดค่าของ ADCON1 REGISTER ของ 16F877	16
2.11 A/D Block Diagram ของ 16F877	17
2.12 แสดงลักษณะของ MOC3021	18
2.13 แสดงลักษณะของ PIC 16F877	19
2.14 แสดง Block Diagram การทำงานของ PIC 16F877	21
2.15 แสดงลักษณะของ 16F628	22
2.16 แสดง Block Diagram การทำงานของ 16F628	24
2.17 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมอัตโนมัติ	25
2.18 การติดต่ออุปกรณ์หลายๆตัวของ I <sup>2</sup> C	26
2.19 แสดงสัญญาณ Acknowledge ของ I <sup>2</sup> C	27
2.20 ตัวอย่าง Protocol ในการควบคุม D/A Conversion	27
3.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟของระบบควบคุม	29
3.2 ตัวอย่างการต่อใช้งานของ LM35	29
3.3 วงจรตรวจจับอุณหภูมิที่ใช้ LM35	30
3.4 Isolation Circuit	31
3.5 วงจรตรวจจับอุณหภูมิที่ใช้ SHT11	31
3.6 วงจรบอร์ดแสดงผล	32

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.7 วงจรควบคุมการทำงานหลัก(Main Circuit)	33
3.8 ตู้คัลอบตัวเต็ก	34
3.9 ตู้ฐานรอง	34
3.10 กล่องควบคุมระบบ	35
3.11 Stickerหน้าปัด	35
4.1 กราฟแสดงผลของการวัดอุณหภูมิโดยใช้ LM35 ค่า $K_p=20$ $K_i=0.05$	36
4.2 กราฟแสดงผลการวัดอุณหภูมิโดยใช้ SHT11 ค่า $K_p=20$ $K_i=0.05$	37
4.3 กราฟแสดงผลการวัดอุณหภูมิโดยใช้ SHT11 ค่า $K_p=4$ $K_i=0.02$	38
4.4 กราฟแสดงผลการวัดอุณหภูมิโดยใช้ SHT11 ค่า $K_p=6$ $K_i=0.02$	38
4.5 กราฟแสดงผลการวัดอุณหภูมิโดยใช้ SHT11 ค่า $K_p=10$ $K_i=0.02$	39
4.6 กราฟแสดงผลการวัดอุณหภูมิโดยใช้ SHT11 ค่า $K_p=20$ $K_i=0.02$	39
4.7 กราฟแสดงผลการวัดอุณหภูมิโดยใช้ SHT11 ค่า $K_p=20$ $K_i=0.2$	40
4.8 กราฟแสดงผลการวัดอุณหภูมิโดยใช้ SHT11 ค่า $K_p=20$ $K_i=0.005$	40
4.9 กราฟแสดงผลการวัดอุณหภูมิโดยใช้ SHT11 ค่า $K_p=20$ $K_i=0.05$	41

## VIII

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาของโครงการ

ตู้อบเด็กทารกแรกเกิด จัดเป็นเครื่องมือการแพทย์อย่างหนึ่งที่ต้องมีไว้ในโรงพยาบาล สำหรับช่วยชีวิตทารกที่คลอดก่อนกำหนดให้มีชีวิตที่ยืนยาว ตู้อบเด็กทารกแรกเกิดจึงได้มีการพัฒนาและปรับปรุงจากระบบ Manual มาเป็นระบบ Automatic เพื่อทำให้เกิดความสะดวกและมีความเที่ยงตรงในด้านอุณหภูมิและความชื้นที่ต้องการมากขึ้น

ดังนั้นในโครงการนี้จึงได้มีการนำเอาเทคโนโลยีไมโคร โพรเซสเซอร์มาประยุกต์ใช้งานในระบบควบคุม เพื่อให้เกิดความสะดวกสบายและความเที่ยงตรงในการใช้งาน

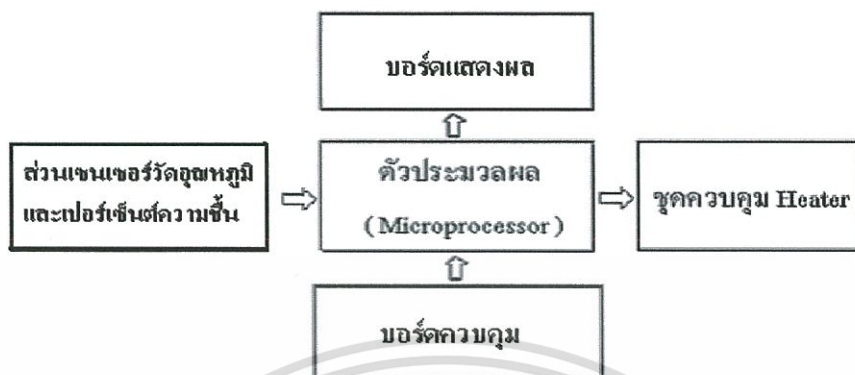
#### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อศึกษาระบบการทำงานของตู้อบเด็กทารกแรกเกิด และการนำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้งานกับระบบควบคุมของตู้อบเด็กทารกแรกเกิด เพื่อให้เกิดความเที่ยงตรงของตัวแปรในระบบควบคุม

#### 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- สามารถใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และอุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง
- ได้ศึกษาถึงระบบการทำงานของตู้อบเด็กทารกแรกเกิดแบบต่างๆ
- สามารถนำเอาตู้อบเด็กทารกแรกเกิดที่สร้างขึ้นออกไปใช้งานจริงได้

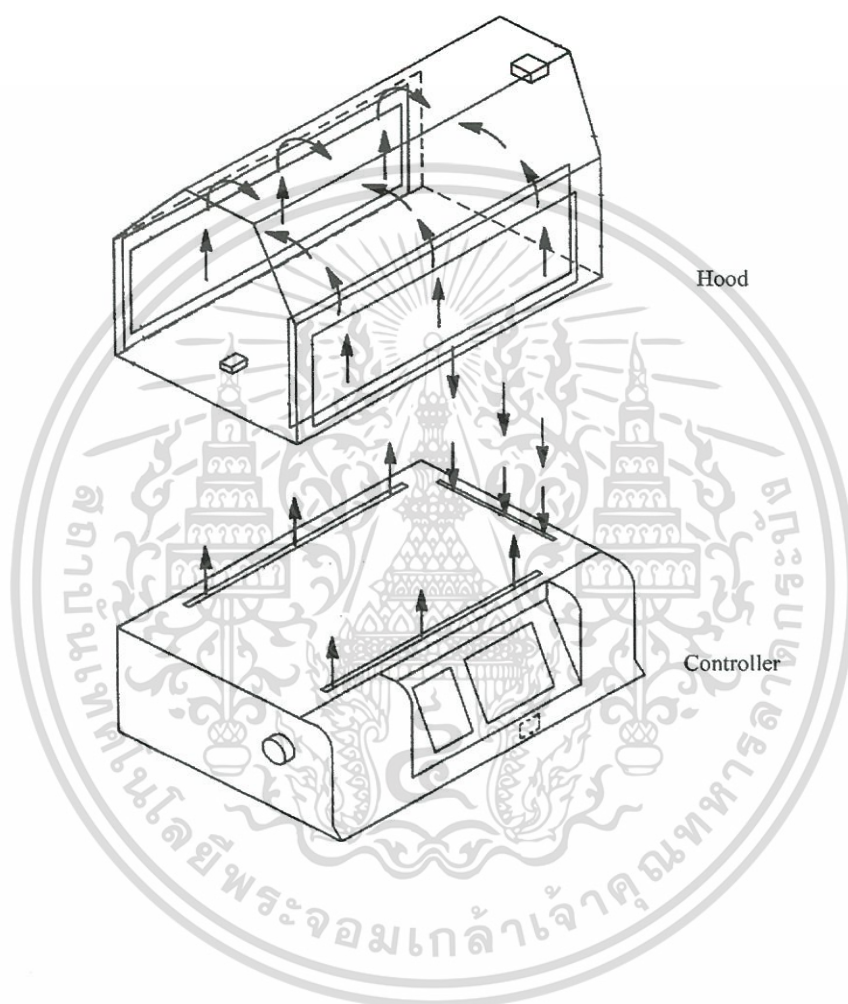
#### 1.4 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานโดยสังเขป



รูปที่ 1.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของโครงการนี้

- **ตัวเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น**  
ทำหน้าที่ตรวจจับค่าอุณหภูมิและความชื้น โดยเซนเซอร์นี้จะจับค่าอุณหภูมิและความชื้นแล้วส่งค่าออกมาเป็นแรงดันไฟฟ้า ทำการแปลงค่าที่ได้ให้กลายเป็นข้อมูลดิจิตอล ส่งผ่านไปยังตัวประมวลผล
- **บอร์ดตั้งค่าอุณหภูมิ**  
ทำหน้าที่รองรับการตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการจากผู้ใช้งาน และทำการส่งผ่านไปให้ตัวประมวลผล
- **ชุดควบคุม Heater**  
นำค่าดิจิตอลจากตัวประมวลผลไปแปลงให้เป็นสัญญาณอนาลอก เพื่อเป็นแรงดันควบคุมเฟสการทำงานของ Heater
- **บอร์ดแสดงค่าอุณหภูมิ**  
รับค่าจากส่วนประมวลผลและนำไปแสดงผ่าน 7 Segment ซึ่งจะแสดงในหน่วยของศาเซลเซียส
- **ตัวประมวลผล (Microprocessor)**
  - เป็นส่วนที่นำข้อมูลดิจิตอลที่รับจากส่วนเซนเซอร์อุณหภูมิ และอุณหภูมิที่ต้องการจากผู้ใช้งาน ไปแสดงยังบอร์ดแสดงค่าอุณหภูมิ
  - เป็นส่วนที่นำข้อมูลดิจิตอลที่รับจากส่วนเซนเซอร์อุณหภูมิ ไปประมวลผลกับค่าอุณหภูมิที่ต้องการ โดยใช้การประมวลผลแบบ PID CONTROL
  - เป็นส่วนที่ควบคุมการทำงานของชุดควบคุม Heater โดยนำค่าที่ได้จากการประมวลผลส่งต่อไปให้กับชุดควบคุม Heater

## ภาพตัวอย่างของตู้อบเด็กทารก



รูปที่ 1.2 แสดงภาพตัวอย่างตู้อบเด็กทารก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 1.2 จะเห็นว่าส่วนประกอบโดยทั่วไปของตู้อบเด็กทารกจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่

1. Hood เป็นส่วนที่ครอบตัวเด็กทารกไว้ ซึ่งจะมีการออกแบบให้เกิดการไหลของอากาศทั่วในตู้ และจะมีช่องให้สัมผัสกับตัวเด็กทั้งด้านหน้าและด้านข้าง
2. Controller เป็นส่วนควบคุมระบบของตู้อบเด็กทารก ทั้งด้านอุณหภูมิและความชื้น และอื่นๆ ตามแต่ผู้ออกแบบจะออกแบบไว้



รูปที่ 1.3 ตู้อบเด็กที่ทำขึ้นในโรงงานนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ที่ใช้ในการทำโครงการหุ่นเด็กทารกแรกเกิดนี้มีดังนี้

2.1 กายภาพทารก

2.2 ระบบควบคุมของหุ่นเด็กทารก

2.2.1 ส่วนเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น

2.2.2 บอร์ดแสดงผล

2.2.3 ตัวประมวลผล ( Microprocessor )

2.3 ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติชนิด PI

2.4 การส่งข้อมูลแบบ I<sup>2</sup>C

#### 2.1 กายภาพของทารก

ทารกแรกเกิด (Newborn Infant) หมายถึง ทารกแรกเกิดจนถึงอายุ 1 เดือน ซึ่งเป็นระยะที่ถือว่ามียันตรายได้มากที่สุด อาจแบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

-ทารกที่คลอดครบกำหนด (Full Term Baby) หมายถึง ทารกที่คลอดจากครรภ์มารดาในระหว่าง 38-42 สัปดาห์ ซึ่งถือว่าทารกในระยะนี้เป็นระยะที่เจริญเติบโตเต็มที่และสามารถมีชีวิตอยู่ได้

-ทารกที่คลอดก่อนกำหนด (Pre Term Baby) หมายถึง ทารกที่คลอดจากครรภ์มารดา ก่อนการตั้งครรภ์ครบ 38 สัปดาห์ และมีน้ำหนักตัวเมื่อแรกคลอดต่ำกว่า 2500 กรัม

-ทารกคลอดเกินกำหนด (Post Term Baby) หมายถึง ทารกที่คลอดจากครรภ์มารดา ภายหลังการตั้งครรภ์ 42 สัปดาห์

ทารกทั้ง 3 ประเภทนี้มีความแตกต่างกันทั้งทางด้านรูปร่าง ลักษณะ การเจริญเติบโต และความต้านทานโรค โดยเฉพาะทารกที่คลอดก่อนกำหนดและเกินกำหนด จะมีความต้านทานโรคที่น้อย มีอันตราย (Mortality rate) สูงกว่า และมีอันตรายระหว่างคลอด (Birth Injury) ได้มากกว่าทารกที่คลอดครบกำหนด

#### สรีรวิทยาของทารกแรกเกิด

ทารกเมื่ออยู่ในครรภ์มารดาถูกห่อหุ้มเลี้ยงอยู่ในที่มืดชื้นเหมาะสม ไม่ต้องหายใจ ไม่ต้องกินอาหารเอง ได้รับความอบอุ่นเพียงพอ แต่ทันทีที่ทารกคลอดผ่านพ้นจากครรภ์มารดาออกมาสู่โลกภายนอก ซึ่งมีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง ทารกจำเป็นต้องปรับตัวทุกๆ ระบบของร่างกายเพื่อการอยู่รอดของชีวิต

ช่วยเหลือทางด้านการหายใจที่ถูกต้องรวมทั้งการให้น้ำที่ไม่มากเกินไป หรือการใช้ยาขับปัสสาวะในบางราย ก็จะช่วยลดความรุนแรงของภาวะนี้ได้

### การควบคุมความร้อนของร่างกาย

ทารกมีศูนย์ควบคุมความร้อนอยู่ที่ Hypothalamus เมื่ออยู่ในครรภ์มารดา ทารกจะมีอุณหภูมิของร่างกายประมาณ 37.7 องศาเซลเซียส พอคลอดออกมาอุณหภูมิจะลดลงเป็น 21.1 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของทารกคลอดใหม่จะเปลี่ยนแปลงได้ง่ายตามสิ่งแวดล้อม เนื่องจากศูนย์ควบคุมการทำงานยังทำงานไม่สมบูรณ์ ใน 2-3 วันแรกคลอดอุณหภูมิของทารกอาจสูงประมาณ 37.7-40 องศาเซลเซียส เนื่องจากร่างกายเสียน้ำ หรือในวันที่มีอากาศร้อน หรือห่อทารกด้วยผ้าหนาๆ ก็อาจทำให้อุณหภูมิร่างกายของทารกสูงได้เช่นกัน

ทารกแรกเกิดสร้างความร้อนโดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมี (Chemical Thermogenesis) เนื่องจากยังไม่มีไขมันเคลือบผิวของกล้ามเนื้อ หรือทำอาหารต้นเพื่อสร้างความร้อนอย่างผู้ใหญ่ได้ ทารกจึงต้องใช้พลังงานและออกซิเจนมากขึ้น ในการทำความร้อนนี้มีการใช้ไขมันสีน้ำตาล (Brown Fat) ที่อยู่ที่บริเวณทรวงอก คอและรอบๆ ไต เพื่อเปลี่ยนเป็นกรดไขมันใช้เป็นพลังงาน ในการสร้างความร้อน ทารกเกิดก่อนกำหนดจึงมีปัญหาในการสร้างความร้อนที่จะควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย นอกจากนี้โอกาสที่จะเสียน้ำมีมากกว่าทารกที่คลอดครบกำหนด เนื่องจากผิวหนังบางและมีพื้นที่ผิวมากเมื่อเทียบกับน้ำหนักตัว จึงมีความจำเป็นที่ต้องให้ความร้อนจากภายนอก ได้แก่ ตู้อบต่างๆ ที่จะช่วยลดการสูญเสียความร้อนและทำให้อุณหภูมิคงที่

ทารกที่มีอุณหภูมิร่างกายต่ำกว่ามีอันตรายได้สูงกว่าทารกที่มีอุณหภูมิร่างกายปกติหลายเท่า ทั้งนี้เนื่องจากผลเสียของภาวะตัวเย็น (Hypothermia) จะทำให้มีปัญหาต่างๆ เช่น

1. มีหลอดเลือดบีบตัว ทำให้เลือดไปเลี้ยงส่วนต่างๆ น้อยลง มีภาวะเผาผลาญแบบอนาerobic (Anaerobic Metabolism) สูงขึ้น เกิดภาวะกรดเกิน (Acidosis) ในร่างกาย
  2. การควบคุมกลูโคสและกรดไขมันเสียไป เกิดภาวะน้ำตาลต่ำในเลือดได้ง่าย
  3. มีปัสสาวะออกเพิ่มขึ้นจากแคทีโคลามีนที่หลังเพิ่มขึ้น มีผลปัสสาวะมากขึ้น ทำให้เกิดภาวะขาดน้ำ
  4. น้ำหนักตัวลด เพราะต้องเสียพลังงานต่างๆ ไปในการสร้างความร้อนแทนที่จะนำมาใช้ในการเจริญเติบโตของร่างกาย
  5. ทำให้ปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้เลือดแข็งตัวเสียไป อาจเกิดภาวะเลือดออกได้ง่าย
- ตัวอย่างอุณหภูมิของตู้อบที่ใช้เพื่อให้ทารกอยู่ในภาวะแวดล้อมที่เป็นกลาง (Neutral Environment) คือให้มีอุณหภูมิระหว่าง 36°-37° เซลเซียส ใน 24 ชั่วโมงแรก (ตารางที่ 1) และเมื่ออายุมากขึ้น (ตารางที่ 2)

**ตารางที่ 2.1** อุณหภูมิภายในตู้อบสำหรับทารกน้ำหนักตัวต่างกัน ใน 24 ชั่วโมงแรก

น้ำหนักตัว (กรัม)	อุณหภูมิตู้อบ (°C)
500	35.5 ±0.5
1000	34.9 ±0.5
1500	34.0 ±0.5
2000	33.5 ±0.5
2500	33.2 ±0.8
3000	33.0 ±1.0
3500	32.8 ±1.2

**ตารางที่ 2.2** ความต้องการอุณหภูมิในตู้อบสำหรับทารกขนาดต่างๆกันเมื่ออายุมากขึ้น(°C)

อายุหลังเกิด	น้ำหนักตัวแรกเกิด		
	ต่ำกว่า 1,500 กรัม	1,500 - 2,000 กรัม	เกิน 2,500 กรัม
1 วัน	34.3	33.4	33.0
2 วัน	33.7	32.7	32.4
3 วัน	33.5	32.4	31.9
5 วัน	33.5	32.2	31.2
7 วัน	33.5	32.1	30.8
2 ตัปดาห์	33.4	32.1	29.2
4 ตัปดาห์	32.9	31.7	
6 ตัปดาห์	31.8	30.6	

ปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะเลี้ยงทารกตลอดก่อนกำหนดไว้ในอุณหภูมิขั้นต่ำของ Neutral Temperature เชื่อว่าจะเป็นตัวกระตุ้นทารกทำให้ไม่หยุดหายใจง่าย และทำให้มีการเจริญเติบโตดีกว่าทารกที่อยู่ในอุณหภูมิขั้นสูงของ Neutral Temperature อย่างไรก็ตามควรระมัดระวังและเฝ้าดูแลอย่างใกล้ชิด เนื่องจากอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่เป็นกลางจนเกิดผลเสียได้

#### การพยาบาลที่จำเป็นจะต้องปฏิบัติต่อทารกแรกเกิด

การพยาบาลที่จำเป็นจะต้องปฏิบัตินี้ เป็นสิ่งที่ผู้ให้การพยาบาลจำเป็นจะต้องปฏิบัติเพื่อช่วยเหลือให้ทารกสามารถมีชีวิตอยู่รอด และเจริญเติบโตได้ตามปกติ โดยผู้ปฏิบัติจะต้องยึดหลักต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ช่วยให้ทารกหายใจได้สะดวก และรับออกซิเจนเพียงพอโดย
  - ช่วยให้ระบบทางเดินหายใจของทารกปราศจากสิ่งอุดกั้น โดยการดูดจมูก เมื่อหรือโลหิต ที่อุดกั้นอยู่ในปาก คอ จมูก ของทารกออกได้หมด อาจใช้ลูกสูบยางดูดออก หรือใช้สายสอดลงไปดูดในรายที่อยู่ลึก การจับให้ศีรษะของทารกห้อยต่ำลงก็เป็นการช่วยให้ของเหลวที่อุดกั้นไหลออกจากปากและจมูกได้สะดวก (ยกเว้นในรายที่ทารกได้รับความกระทบกระเทือนที่ศีรษะหรือมีการตกโลหิตในสมอง ไม่ควรจับศีรษะห้อยต่ำลง)
  - กระตุ้นให้ทารกร้อง เพื่อช่วยให้กล้ามเนื้อของปอดขยายตัวทำให้ทารกหายใจโดยการเจ็บเบาๆที่ฝ่าเท้า หรือตบเบาๆที่ก้น
  - ทารกบางรายที่ไม่หายใจ เนื่องจากศูนย์ควบคุมการหายใจทำงานไม่ปกติทารกหยุดหายใจ อาจให้การช่วยเหลือโดยใส่ท่อเอนโดทราเคียล(Endotracheal Tube) และพ่ายปอดโดยใช้ความกดดันลงในปอดทารกโดยตรง(Positive Pressure) ใช้แรงดันประมาณ 15-20 เซนติเมตรน้ำ ไม่ควรใช้แรงดันที่สูงเกินไป เพราะจะทำให้ปอดฉีกขาด การพ่ายปอดโดยวิธีเป่าลมเข้าทางปากทารก (Mouth to Mouth) ก็เป็นวิธีที่ใช้ได้ผลดีในทารกใหม่ ควรหลีกเลี่ยงการใช้ยากระตุ้นหายใจ แต่อาจใช้ยาจำพวกกระตุ้นการไหลเวียนโลหิตได้บ้าง
  - การให้ออกซิเจน ทารกคลอดใหม่ที่มีอาการแสดงว่าขาดออกซิเจน เช่น หายใจลำบาก ปากเขียว เล็บเขียว ผิวคล้ำ หรือซีดขาว ควรให้ออกซิเจนไว้จนกว่าจะดีขึ้นคือผิวหนังของทารกมีสีแดง การหายใจสม่ำเสมอเป็นปกติ วิธีให้ออกซิเจนทารกคลอดใหม่อาจจะให้ทางสายยาง หรือใช้หน้ากากครอบจมูก แต่วิธีที่ให้ทางสายยางถ้าให้ออกซิเจนแก่ทารกเกินกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ เพราะอาจทำให้ทารกตาบอดได้ โดยเฉพาะในทารกคลอดก่อนกำหนด
2. การให้ความอบอุ่น ทารกหลังคลอดแล้วอุณหภูมิของร่างกายจะลดลงทันที และจะกลับคืนสู่ปกติประมาณ 8 ชั่วโมงหลังคลอด เพื่อช่วยให้ทารกสามารถปรับอุณหภูมิของร่างกายได้ปกติ ควรห่อหุ้มทารกให้อบอุ่นด้วยผ้านุ่มๆ ทันทีหลังคลอด อุณหภูมิของห้องคลอดควรประมาณ 36.6 องศาเซลเซียส
3. การแยกเด็กและติดป้ายชื่อ ทารกคลอดใหม่ก่อนที่จะแยกออกไปจากเตียงคลอดต้องติดป้ายชื่อมารดาและทารก ที่ป้ายชื่อจะต้องบอก ชื่อ นามสกุล เพศ น้ำหนักทารกวันเวลาคลอดและควรอุ้มทารกให้มารดาได้เห็นหน้าและเพศอย่างชัดเจนอีกครั้ง ก่อนที่จะแยกทารกไปจากมารดา และตรวจดูป้ายชื่อทั้งมารดาและทารกให้ตรงกันอีกครั้ง
4. ป้องกันการตกโลหิตในทารกคลอดใหม่ ซึ่งบางแห่งจะมีวิตามินเค 0.5 มิลลิกรัมเข้ากล้ามเนื้อให้ทารกแรกคลอด

## 2.2 ระบบควบคุมของตู้อบเด็กทารก

### 2.2.1 ส่วนเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

ส่วนวัดผลทางอุณหภูมิจะวัดค่าอุณหภูมิโดยใช้อุปกรณ์ LM 35 และ SHT11 ซึ่ง SHT11 สามารถใช้เป็น Sensor วัดได้ทั้งอุณหภูมิและความชื้น LM35 ให้ค่า Output เป็น Voltage ค่าที่ได้จะถูกแปลงโดยใช้ Op-Amp แปลงระดับแรงดันไฟฟ้า สัญญาณที่ได้จะเป็น Analog และถูกส่งต่อให้ PIC ซึ่งจะมี ADC ภายในตัว แปลงเป็นข้อมูล Digital ขนาด 8 Bit แล้วทำการประมวลผล SHT11 เป็นอุปกรณ์ที่ให้ค่า Output เป็นข้อมูล Digital ซึ่งค่าที่ได้ต้องนำมาผ่านการคำนวณตามสมการมาตรฐานของอุปกรณ์จึงจะได้ค่า Output ที่แท้จริงเป็นค่าของอุณหภูมิ และ ความชื้น อุปกรณ์หลักในส่วนวัดผลทางอุณหภูมิและความชื้นประกอบไปด้วย

1. ส่วนตรวจจับอุณหภูมิประกอบด้วย LM35 และ SHT11
2. ส่วนแปลงระดับแรงดัน
3. ส่วนแปลงสัญญาณจาก Analog เป็นข้อมูล Digital

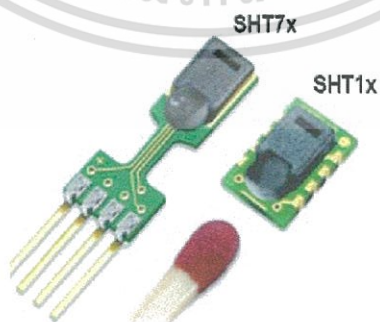
#### 2.2.1.1 ส่วนตรวจจับอุณหภูมิ

- LM35 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส ให้สัญญาณออกมาที่  $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$



รูปที่ 2.1 โครงสร้างทั่วไปของ LM35

- SHT11 ใช้วัด ได้ทั้งอุณหภูมิและความชื้น

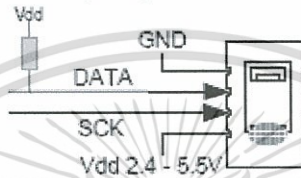


รูปที่ 2.2 รูป IC SHT1X และ SHT7X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโครงการนี้เราเลือกใช้ SHT11 ซึ่งจะมีคุณสมบัติดังนี้

- มี Package แบบ LCC (Leadless Chip Carrier)
- สามารถวัดได้ทั้งอุณหภูมิและความชื้น
- สามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่  $0-125^{\circ}\text{C}$  ความละเอียดในการวัด  $0.1^{\circ}\text{C}$
- สามารถวัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ตั้งแต่  $1-99.9\%RH$  ความละเอียดในการวัด  $0.1\%RH$
- ใช้แหล่งจ่ายไฟ +5 V กินกระแสต่ำ
- ใช้สัญญาณในการควบคุม 2 เส้น คือ DATA และ CLOCK ภายใต้อัตรา 1°C
- มีความแม่นยำในการวัดอุณหภูมิที่  $0.5^{\circ}\text{C}$  ส่วนความชื้นที่ 3.5



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของ SHT11

ตารางที่ 2.3 แสดงขาสัญญาณของ SHT11

Pin	Name	Comment
1	GND	Ground
2	DATA	Serial data, bidirectional
3	SCK	Serial clock, input
4	VDD	Supply 2.4 – 5.5 V
	NC	Remaining pins must be left unconnected

ตารางที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติ DC ของ SHT11

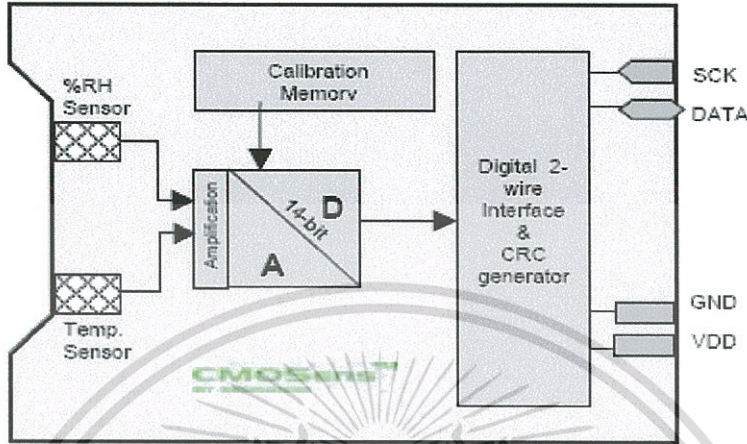
VDD=5V, Temperature = 25 °C unless otherwise noted

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Power supply DC		2.4	5	5.5	V
Supply current	measuring		550		$\mu\text{A}$
	average	2 <sup>(2)</sup>	28 <sup>(3)</sup>		$\mu\text{A}$
	sleep		0.3	1	$\mu\text{A}$
Low level output voltage		0		20%	Vdd
High level output voltage		75%		100%	Vdd
Low level input voltage	Negative going	0		20%	Vdd
High level input voltage	Positive going	80%		100%	Vdd
Input current on pads				1	$\mu\text{A}$
Output peak current	on			4	mA
	Tristated (off)		10		$\mu\text{A}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

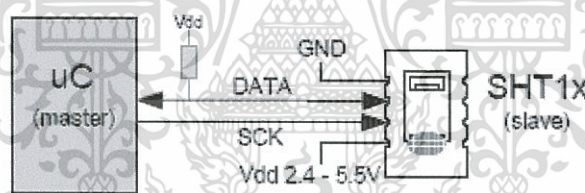
ลักษณะการทำงานของ SHT11 จะแสดงได้ดังรูปที่ 2.4

### Block Diagram



รูปที่ 2.4 แสดง Block Diagram ของ SHT11

การนำไปใช้งานจะต้องจรถักลักษณะดังรูป 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงการต่อ SHT11 กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์

- การต่อขา Vcc กับ GND ต้องต่อไฟเลี้ยงให้อยู่ระหว่าง 2.4- 5.5 V แล้วหลังจากที่จ่ายไฟเข้าที่ตัว SHT11 แล้ว SHT11 จะใช้เวลาประมาณ 11ms เพื่อเข้าสู่โหมด Sleep ดังนั้นต้องส่งข้อมูลก่อนที่ IC จะเข้าสู่โหมด Sleep ในการต่อ Vcc กับ GND ควรที่จะต่อ C 100 nF คร่อมระหว่างขา Vcc กับ GND
- การต่อขา DATA และขา SCK จะต่อแบบ Serial Interface(Bidirectional 2 –wire) ซึ่งจะเป็นการต่อในลักษณะที่คล้ายกับ I2C แต่ไม่เหมือน I2C โดยทั่วไป
  - การต่อขา SCK จะเป็นการต่อแบบตรงระหว่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์ กับ SHT11
  - การต่อขา DATA จะมีการต่อ Pull-up เพื่อให้ได้สัญญาณที่มีค่าสูง ซึ่งการต่อ Pull-up จะต่อกันบ่อยๆในการใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และในช่วงที่ทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

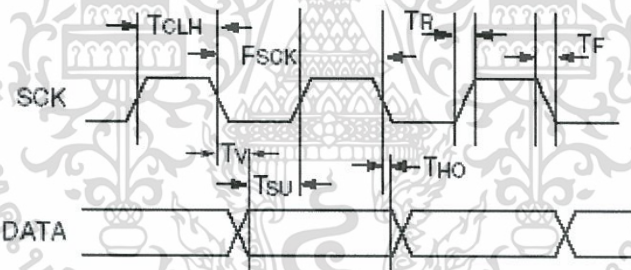
ส่ง DATA จำเป็นที่จะต้องทำให้ DATA มีความเสถียรในขณะที่ SCK high ซึ่งแสดง Timing Diagram ได้ดังรูป 2.6



รูปที่ 2.6 แสดง Timing Diagram ในช่วงการส่งข้อมูลของ SHT11

ตารางที่ 2.5 แสดงคุณสมบัติของสัญญาณ SCK และ DATA

	Parameter	Conditions	Min	Typ.	Max.	Unit
F <sub>SCK</sub>	SCK frequency	VDD > 4.5 V			10	MHz
		VDD < 4.5 V			1	MHz
T <sub>RF0</sub>	DATA fall time	Output load 5 pF	3.5	10	20	ns
		Output load 100 pF	30	40	200	ns
T <sub>CLx</sub>	SCK hi/low time		100			ns
T <sub>v</sub>	DATA valid time			250		ns
T <sub>SU</sub>	DATA set up time		100			ns
T <sub>HO</sub>	DATA hold time		0	10		ns
T <sub>r</sub> /T <sub>f</sub>	SCK rise/fall time			200		ns



รูปที่ 2.7 แสดงคุณสมบัติของ Timing Diagram ของสัญญาณ DATA และ SCK ของ SHT11

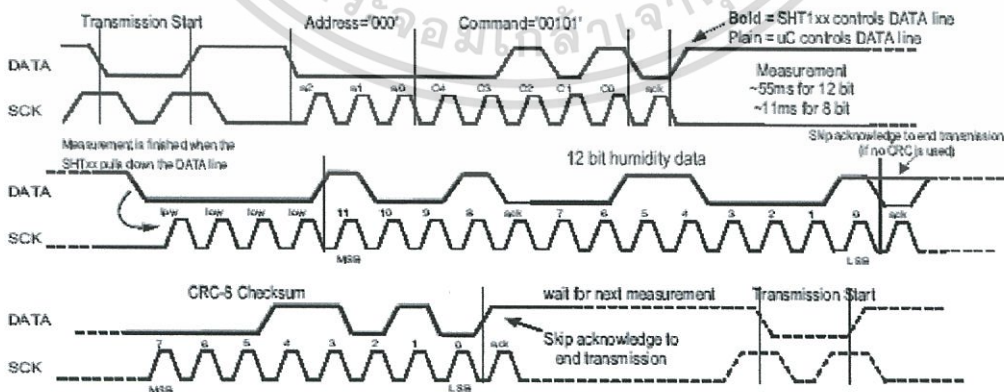


Figure 5 Example RH measurement sequence for value "0000"1001'0011'0001" = 2353 = 75.79%RH (without temperature compensation)

รูปที่ 2.8 แสดง Timing Diagram ของตัวอย่างการวัดความชื้นที่ 75.79%RH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.1.2 ส่วนแปลงระดับแรงดัน

ส่วนแปลงระดับแรงดันจะทำการขยายแรงดันที่ได้จาก LM35 โดยจะทำการแปลงแรงดันในช่วง 200 mV – 455 mV ให้เป็นแรงดันในช่วง 0 V – 5 V ในวงจรนั้นใช้ Op-Amp เบอร์ LM324 ในการแปลงแรงดัน แล้วจึงจะส่งข้อมูลไปยังตัวประมวลผล

### 2.2.1.3 ส่วนแปลงสัญญาณจาก Analog เป็นข้อมูล Digital

สำหรับส่วนแปลงสัญญาณจาก Analog เป็น Digital นั้น เราจะเลือกใช้ A/D Converter ที่อยู่ในตัวอุปกรณ์ PIC ซึ่ง PIC ที่ใช้นี้จะเป็นเบอร์ 16F877 จะมีขาสัญญาณทั้งหมด 40 ขา ซึ่ง Module ของ A/D Converter ของ 16F877 จะประกอบด้วยขา Input จำนวน 8 ขา A/D Converter ของ 16F877 จะมีขนาด 8 บิต(10 บิต) A/D Converter ของ 16F877 สามารถที่จะทำงานได้ขณะที่ 16F877 เข้าสู่โหมด SLEEP โดยที่นำสัญญาณ Clock มาจาก RC oscillator ภายในตัวอุปกรณ์ A/D Module ของ 16F877 เป็นแบบ successive approximation ADC ข้อมูลที่ได้จากการแปลงจะเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิตภายใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถจัดเรียงลำดับบิตได้ทั้งในลักษณะซ้ายไปขวาและขวาไปซ้ายขึ้นอยู่กับข้อกำหนดที่บิตควบคุมพิเศษ

ความแม่นยำของการแปลงสัญญาณขึ้นอยู่กับความสามารถในการประจุแรงดัน Analog อินพุตของตัวเก็บประจุที่อยู่ภายในวงจรแปลงสัญญาณของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยอิมพีแดนซ์ของแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอกและอัตราการสุ่มข้อมูล จะมีผลโดยตรงต่อความสามารถในการประจุแรงดันของตัวเก็บประจุ ดังนั้นจึงต้องให้ความสำคัญต่อการออกแบบวงจรแหล่งกำเนิดสัญญาณ Analog ที่จะนำมาต่อกับวงจร ADC ภายใน PIC16F87x ซึ่งค่าอิมพีแดนซ์ที่เหมาะสมคือ 10 กิโลโอห์ม สำหรับอัตราการสุ่มข้อมูลสามารถกำหนดได้จากกระบวนการทางซอฟต์แวร์ โดยที่ความถี่สัญญาณนาฬิกา 20 เมกะเฮิร์ตซ์ อัตราสุ่มข้อมูลต่ำสุดที่แนะนำคือ 1.6 ไมโครวินาที วงจร ADC ใน PIC16F87x จะยังคงทำงานต่อไป แม้ว่า PIC16F877 จะอยู่ในโหมด Sleepก็ตาม

แรงดันอ้างอิงในการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลสามารถเลือกได้จากภายในวงจร ADC ในไมโครคอนโทรลเลอร์และจากภายนอก ถ้าเป็นแรงดันอ้างอิงภายในจะมีค่าอยู่ระหว่าง  $V_{SS}$  ถึง  $V_{DD}$  ในกรณีที่ใช้แรงดันอ้างอิงจากภายนอกสามารถกำหนดได้โดยผู้ใช้งาน โดยป้อนเข้ามาทางขา RA2 และ RA3 ในการเลือกแรงดันอ้างอิงของวงจร ADC แต่ละช่องสามารถกำหนดได้อย่างอิสระต่อกัน อย่างไรก็ตามในการใช้แรงดันอ้างอิงจากภายนอกจะส่งผลต่อความแม่นยำในการแปลงสัญญาณด้วย ในกรณีที่ใช้ระดับแรงดันอ้างอิงแตกต่างไปจากค่าของ  $V_{DD}$  ค่าความแตกต่างสูงสุดของแรงดันที่ขา +VREF และ -VREF เท่ากับ 2 โวลต์ ในขณะที่ค่าความผิดพลาดในการกำหนดค่าหรือความผิดพลาดในการควอนไทซ์ (quantizing error) มีค่าเท่ากับ  $\pm 1$  LSB และขา

อินพุตของพอร์ต A จำนวน 5 ขาคือ RA0 – RA3 และ RA5 และขาอินพุตของพอร์ต E อีก 3 ขา RE0-RE2 A/D Module จะมีด้วยกันทั้งหมด 4 รีจิสเตอร์ ได้แก่

- A/D Result High Register (ADRESH)
- A/D Result Low Register (ADRESL)
- A/D Control Register0 (ADCON0)
- A/D Control Register1 (ADCON1)

A/D Control Register0 คือ รีจิสเตอร์ที่ไว้ควบคุมการทำงานของ A/D Module ซึ่งแสดงการกำหนดค่าบิตต่างๆ ได้ดังรูปที่ 2.9

REGISTER 11-1: ADCON0 REGISTER (ADDRESS: 1Fh)

	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
bit 7	ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
								bit 0
bit 7-6	ADCS1:ADCS0: A/D Conversion Clock Select bits							
	00 = FOSC/2							
	01 = FOSC/8							
	10 = FOSC/32							
	11 = FRC (clock derived from the internal A/D module RC oscillator)							
bit 5-3	CHS2:CHS0: Analog Channel Select bits							
	000 = channel 0, (RA0/AN0)							
	001 = channel 1, (RA1/AN1)							
	010 = channel 2, (RA2/AN2)							
	011 = channel 3, (RA3/AN3)							
	100 = channel 4, (RA5/AN4)							
	101 = channel 5, (RE0/AN5) <sup>(1)</sup>							
	110 = channel 6, (RE1/AN6) <sup>(1)</sup>							
	111 = channel 7, (RE2/AN7) <sup>(1)</sup>							
bit 2	GO/DONE: A/D Conversion Status bit							
	If ADON = 1:							
	1 = A/D conversion in progress (setting this bit starts the A/D conversion)							
	0 = A/D conversion not in progress (this bit is automatically cleared by hardware when the A/D conversion is complete)							
bit 1	Unimplemented: Read as '0'							
bit 0	ADON: A/D On bit							
	1 = A/D converter module is operating							
	0 = A/D converter module is shut-off and consumes no operating current							
	Note 1: These channels are not available on PIC16F873/876 devices.							
Legend:								
	R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'					
	-n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown				

รูปที่ 2.9 แสดงการกำหนดค่าของ ADCON0 REGISTER ของ 16F877

A/D Control Register1 คือ รีจิสเตอร์ที่ไว้กำหนดฟังก์ชันการทำงานของ Port PIN ซึ่งจะสามารถกำหนดได้จากสัญญาณที่เข้าที่ขา RA3 จะแสดงได้ดังรูปที่ 2.10

## REGISTER 11-2: ADCON1 REGISTER (ADDRESS 9Fh)

	U-0	U-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	—	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	
bit 7								bit 0

- bit 7      **ADFM:** A/D Result Format Select bit  
 1 = Right justified. 6 Most Significant bits of ADRESH are read as '0'.  
 0 = Left justified. 6 Least Significant bits of ADRESL are read as '0'.
- bit 6-4      **Unimplemented:** Read as '0'
- bit 3-0      **PCFG3:PCFG0:** A/D Port Configuration Control bits:

PCFG3: PCFG0	AN7 <sup>(1)</sup> RE2	AN6 <sup>(1)</sup> RE1	AN5 <sup>(1)</sup> RE0	AN4 RA5	AN3 RA3	AN2 RA2	AN1 RA1	AN0 RA0	VREF+	VREF-	CHAN/ Refs <sup>(2)</sup>
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	8/0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5/0
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	VSS	3/0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	RA3	VSS	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	VDD	VSS	0/0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	6/0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	5/1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	4/2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	3/2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS	1/0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	RA3	RA2	1/2

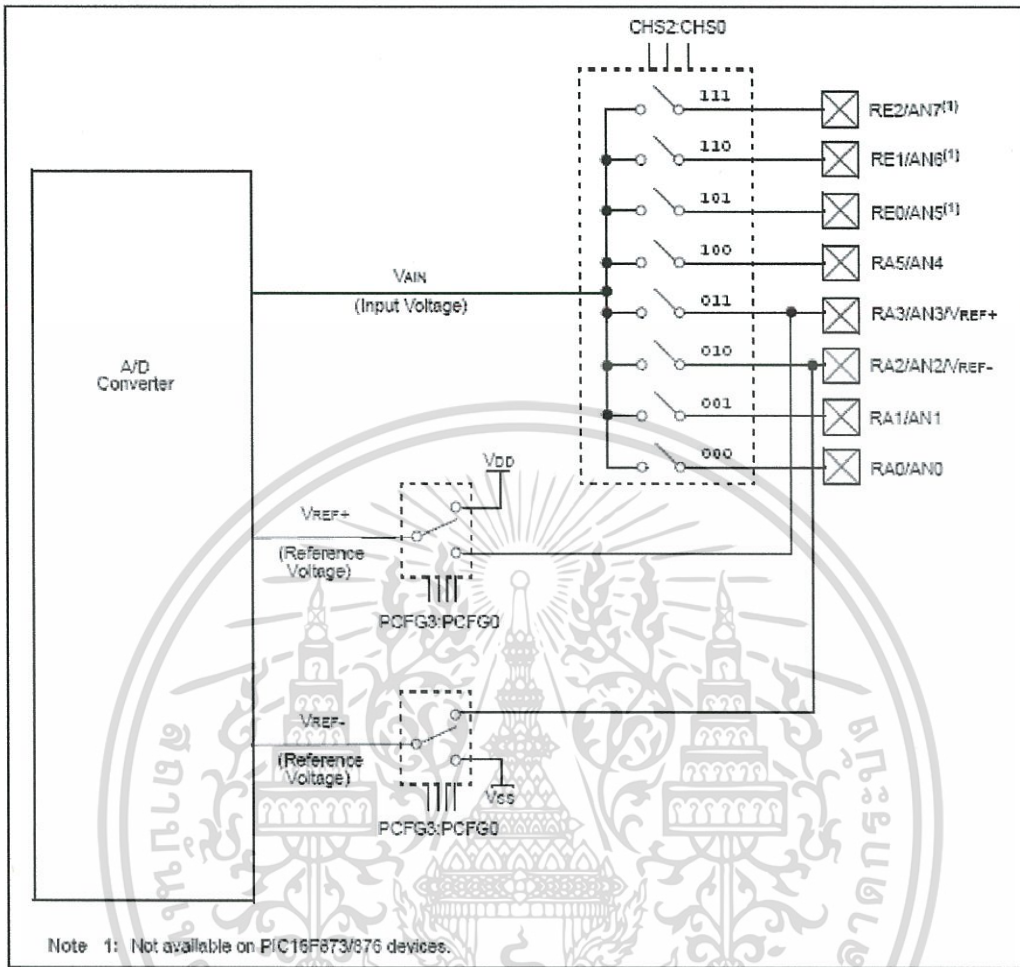
A = Analog input    D = Digital I/O

- Note 1: These channels are not available on PIC16F873/375 devices.  
 Note 2: This column indicates the number of analog channels available as A/D inputs and the number of analog channels used as voltage reference inputs.

Legend:		
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'
'n' = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared    x = Bit is unknown

รูปที่ 2.10 แสดงการกำหนดค่าของ ADCON1 REGISTER ของ PIC16F877

การทำงานของ A/D Module สามารถแสดง Block Diagram ได้ดังรูป 2.11



รูปที่ 2.11 A/D Block Diagram ของ 16F877

**2.2.2 บอร์ดแสดงค่าอุณหภูมิ**

ใช้แสดงผลค่าอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้ โดยใช้ Microcontroller เป็นตัวควบคุมการแสดงผลทาง 7-Segment ค่าอุณหภูมิที่แสดงมีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส

**2.2.3 ชุดควบคุม Heater**

Heater ที่นำมาใช้จะใช้กำลัง 300 watt ซึ่งการควบคุมการทำงาน Heater จะใช้การควบคุมลักษณะ Phase Control โดยระบบการทำงานของ PIC คือ PIC จะทำการส่งสัญญาณไปควบคุม Phase ของการทำงาน Heater ซึ่งวงจรควบคุมการทำงานของ Heater ประกอบไปด้วย

1. MOC3021
2. BTA12600B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.3.1 MOC3021

เป็นอุปกรณ์ Isolation ป้องกันแรงดันไฟกระแสสลับไหลเข้าวงจรในส่วนควบคุม



รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะของ MOC3021

### 2.2.3.1 BTA12600B

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการเปิดการทำงานของวงจรกระแสสลับ

## 2.2.4 ตัวประมวลผล ( Microprocessor )

สำหรับในโครงการตู้อบเค้กทาร์กนี้เราใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ซึ่ง PIC ที่ใช้คือ PIC16F877 และ PIC16F628 โดยที่ PIC16F877 จะทำหน้าที่ในการควบคุมระบบการทำงานของตู้อบเค้กทาร์ก ส่วน PIC16F628 จะทำหน้าที่ในการติดต่อกับ SHT11

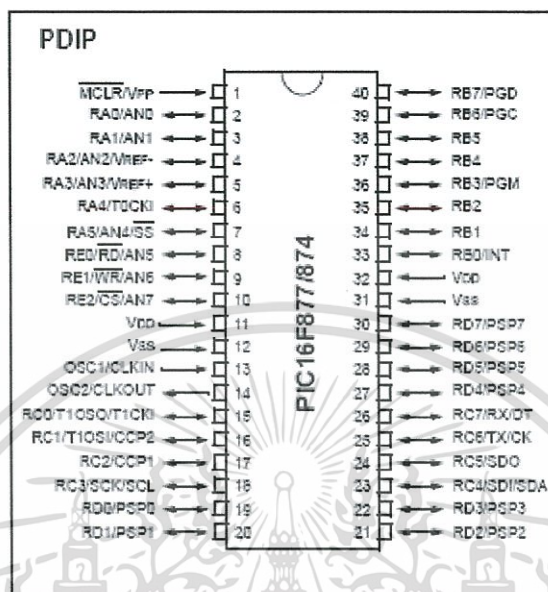
-PIC16F877 จะมีคุณสมบัติทั่วไปดังนี้

- ซีพียู RISC สมรรถนะสูง
- แรงดันไฟเลี้ยง 2-5.5 V
- กระแสซิงค์และซอร์ส 25 mA
- กินกระแสเพียง 2 mA ขณะใช้งานที่ไฟเลี้ยง +5 V
- มีวงจรแปลงสัญญาณ Analog to Digital ขนาด 10 บิต 8 ช่อง
- ชุดคำสั่งเพียง 35 คำสั่ง
- ทุกคำสั่งใช้คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกาเพียง 1 ไซเคิล ยกเว้นคำสั่งกระโดดใช้ 2 ไซเคิล
- ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาขาน DC-20MHz เวลาในแต่ละไซเคิลของคำสั่งสูงสุด 200 ns
- หน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลชขนาด 8 กิโลไบต์
- หน่วยความจำแรม 368 ไบต์
- หน่วยความจำEEPROM 256 ไบต์
- ตอบสนอง Interrupt ได้ 14 เ็ื่อนไซ
- มีการอ้างADDRESSแบบโดยตรง, ทางอ้อม และแบบสัมพัทธ์
- มีเพาเวอร์อัฟไทเมอร์(RWRT) และ เพาเวอร์อนรีเซต(POR)
- มีออสซิลเลเตอร์สตาร์ทอัฟไทเมอร์ (OST)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Watch Dog ไทเมอร์มีวอร์ออสซิลเลเตอร์แบบ RC ภายใน
- สามารถโปรแกรมข้อมูลแบบอนุกรมโดยใช้แรงดันต่ำ (LVP)

การจัดเรียงขาของ PIC 16F877



รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะของ PIC 16F877

ไมโครคอนโทรลเลอร์อนุกรม PIC16F877 รายละเอียดการจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 รูปที่ 2.13 ซึ่งจะเห็นได้ว่า PIC16F877 แบ่งกลุ่มของขาใช้งานออกเป็นกลุ่มดังนี้

**ขาพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต** มีด้วยกัน 22-33 ขา ใช้งานเป็นทั้งขาพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต, อินพุตของวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล (ADC), ขาสำหรับโปรแกรมทั้งแบบ 2 และ 3 สาย, ขาสำหรับสื่อสารข้อมูลอนุกรมและขารับสัญญาณอินเตอร์รัปต์

**ขาต่อกับแหล่งจ่ายไฟ** จำนวน 4 ขา คือ ขาต่อไฟเลี้ยง 3 ขา (เป็นกราวด์ 2 ขา) และขาต่อกับแรงดันที่ใช้ในการโปรแกรมอีก 1 ขา และที่ขานี้ยังใช้เป็นขาเรซีตด้วย

**ขาสำหรับบ้อนสัญญาณนาฬิกา** มีด้วยกัน 2 ขาคือ OSC1 และ OSC2

#### พอร์ตของ PIC16F877

เพื่อให้ PIC16F877 สามารถรองรับกับงานที่มีขนาดใหญ่ได้ จึงมีจำนวนพอร์ตที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับ PIC16F84 และถ้าสังเกตให้ดี PIC16F877 คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ในสายเดียวกับอนุกรม PIC16C7x แตกต่างกันที่ชนิดและขนาดของหน่วยความจำ PIC16F877 มีพอร์ตให้ใช้งานสูงถึง 5 พอร์ต ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

### พอร์ต A

ใน PIC16F877 พอร์ต A มีขนาด 6 บิต เป็นพอร์ตแบบ 2 ทิศทางจึงสามารถใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตได้อย่างอิสระ และที่เป็นจุดเด่นของพอร์ต A คือ ทำหน้าที่เป็นขาอินพุตของวงจรแปลงสัญญาณAnalogเป็นDigitalขนาด 10 บิตถึง 5 ช่อง โดยสามารถใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับแรงดันอ้างอิงเพื่อการแปลงสัญญาณAnalogเป็นDigitalจากภายนอกได้ 2 ขา หากมีการใช้งานขาอินพุตรับแรงดันอ้างอิง ขาอินพุตของวงจรแปลงสัญญาณAnalogเป็นDigitalจะลดลงเหลือ 3 ช่อง สำหรับพอร์ต A ของไมโครคอนโทรลเลอร์ทุกเบอร์ในอนุกรม PIC16F87x นั้นพอร์ต A จะมีครบทั้ง 6 บิตเท่ากัน

### พอร์ต B

มีขนาด 8 บิต เป็นพอร์ต 2 ทิศทางสามารถใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตได้อย่างอิสระเช่นเดียวกับพอร์ต A ขา RB6 และ RB7 ยังสามารถใช้ในการโปรแกรมข้อมูลลงในหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เหมือนกับเบอร์ PIC16F84 ได้ และที่เพิ่มเติมมาใน PIC16F877 คือ ที่ขา RB3 ใช้เป็นขาที่กำหนดให้ PIC16F877 เข้าสู่การโปรแกรมด้วยแรงดันต่ำ (low voltage programming)

### พอร์ต C

มีขนาด 8 บิต เป็นพอร์ต 2 ทิศทางเช่นเดียวกัน สามารถกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตได้อย่างอิสระ นอกจากนั้นยังสามารถใช้งานในฟังก์ชันพิเศษอื่นได้อีก

### พอร์ต D

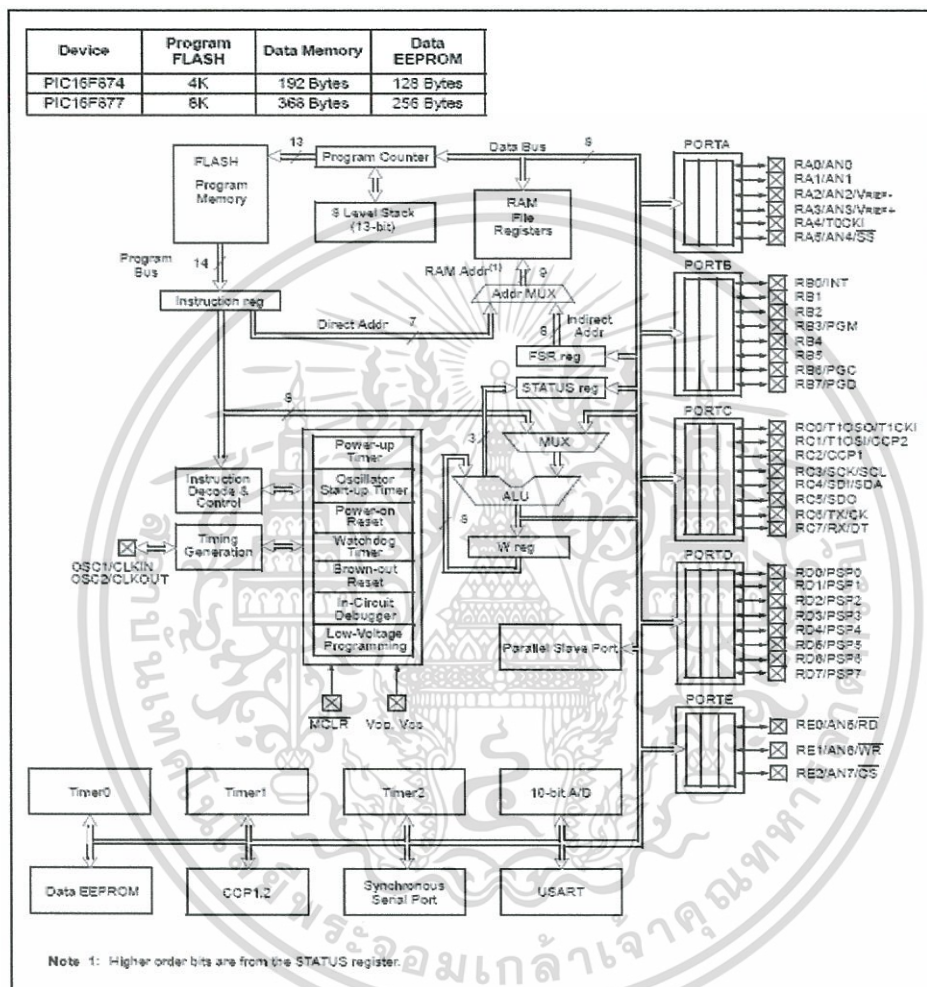
โดยพอร์ต D มีขนาด 8 บิต เป็นพอร์ต 2 ทิศทาง สามารถกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตได้อย่างอิสระ สำหรับวงจรภายในของพอร์ตนี้จะมีอินพุตเป็นแบบขมิตต์ทริกเกอร์ทั้ง 8 บิต และที่พอร์ตนี้สามารถกำหนดให้เป็นพอร์ตสเลฟแบบขนาน (parallel slave port) เมื่อต้องการติดต่อกับบัสของไมโครโปรเซสเซอร์หรืออาจใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกได้

### พอร์ต E

โดยพอร์ต E มีขนาด 3 บิต เป็นพอร์ต 2 ทิศทางสามารถกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตได้อย่างอิสระ สำหรับวงจรภายในของพอร์ตนี้จะมีอินพุตเป็นแบบขมิตต์ทริกเกอร์ทั้ง 3 บิต ทั้งสามบิตนี้สามารถใช้งานเป็นอินพุตของวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลขนาด 10 บิต เพิ่มเติมนอกจากที่มีอยู่แล้วในพอร์ต A ได้ทำให้ PIC16F877 มีวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลขนาด 10 บิตสูงถึง 8 ช่องในกรณีที่ใส่แรงดันอ้างอิงภายในและ 6 ช่องในกรณีที่ใส่แรงดัน

อ้างอิงจากภายนอก และนอกจากนั้นพอร์ต E ยังสามารถใช้เป็นขาของสัญญาณควบคุมในกรณีที่กำหนดให้พอร์ต D ทำงานในลักษณะพอร์ตสเลฟแบบขนาน (parallel slave port) เมื่อต้องการติดต่อกับบัสของไมโครโปรเซสเซอร์หรืออาจใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก ขาสัญญาณควบคุมดังกล่าวคือ ขา RD, WR และ CS

Block Diagram การทำงานของ PIC 16F877 แสดงได้ตามรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 แสดง Block Diagram การทำงานของ PIC 16F877

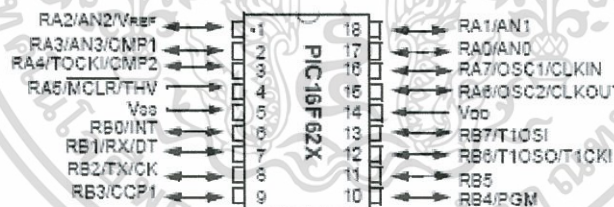
-PIC16F628 จะมีคุณสมบัติดังนี้

- ซีพียู RISC สมรรถนะสูง
- มีขาสัญญาณ 18 ขา
- แรงดันไฟเลี้ยง -3.0-5.5V
- กินกระแสเพียง 2 mA ขณะใช้งานที่ไฟเลี้ยง +5 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กระแส sink/source สูง
- มี I/O 15 ขาที่สามารถควบคุมได้โดยตรง
- ชุดคำสั่งเพียง 35 คำสั่ง
- ทุกคำสั่งใช้คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกาเพียง 1 ไชเคลก ยกเว้นคำสั่งกระโดดใช้ 2 ไชเคลก
- ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาข่าน DC-20MHz เวลาในแต่ละไชเคลกของคำสั่งสูงสุด 200 ns
- หน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลชขนาด 2 กิโลเวิร์ด
- หน่วยความจำแรม 244 ไบต์
- หน่วยความจำEEPROM 128 ไบต์
- มีการอ้างADDRESSแบบโดยตรง, ทางอ้อม และแบบสัมพัทธ์
- มีเพาเวอร์อัพ ไทเมอร์(RWRT) และ เพาเวอร์อนรีเซต(POR)
- มี Brown-out detect (BOD)
- มีออสซิลเลเตอร์สตาร์ทอัพ ไทเมอร์ (OST)
- Watch Dog ไทเมอร์มีวงรอสซิลเลเตอร์แบบ RC ภายใน
- สามารถโปรแกรมข้อมูลแบบอนุกรมโดยใช้แรงดันต่ำ (LVP)
- กินพลังงานน้อย มีความเร็วสูง

การจัดเรียงขาของ PIC16F628



รูปที่ 2.15 แสดงลักษณะของ 16F628

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 แสดงรายละเอียดขาสัญญาณของ PIC16F628

Name	DIP/ SOIC Pin #	SSOP Pin #	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RA0/AN0	17	19	I/O	ST	Bi-directional I/O port/Analog comparator input
RA1/AN1	18	20	I/O	ST	Bi-directional I/O port/Analog comparator input
RA2/AN2/REF	1	1	I/O	ST	Bi-directional I/O port/Analog comparator input/REF output
RA3/AN3/CMP1	2	2	I/O	ST	Bi-directional I/O port/Analog comparator input/comparator output
RA4/T0CKI/CMP2	3	3	I/O	ST	Bi-directional I/O port/Can be configured as T0CKI/comparator output
RA5/MCLR/THV	4	4	I	ST	Input port/master clear (reset input/programming voltage input. When configured as MCLR, this pin is an active low reset to the device. Voltage on MCLR/THV must not exceed VDD during normal device operation.
RA6/OSC2/CLKOUT	15	17	I/O	ST	Bi-directional I/O port/Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In ER mode, OSC2 pin outputs CLKOUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
RA7/OSC1/CLKIN	16	18	I/O	ST	Bi-directional I/O port/Oscillator crystal input/external clock source input. ER biasing pin.
RB0/INT	6	7	I/O	TTL/ST <sup>(1)</sup>	Bi-directional I/O port/external interrupt. Can be software programmed for internal weak pull-up.
RB1/RX/DT	7	8	I/O	TTL/ST <sup>(3)</sup>	Bi-directional I/O port/ USART receive pin/synchronous data I/O. Can be software programmed for internal weak pull-up.
RB2/TX/CK	8	9	I/O	TTL/ST <sup>(3)</sup>	Bi-directional I/O port/ USART transmit pin/synchronous clock I/O. Can be software programmed for internal weak pull-up.
RB3/CCP1	9	10	I/O	TTL/ST <sup>(4)</sup>	Bi-directional I/O port/Capture/Compare/PWM I/O. Can be software programmed for internal weak pull-up.
RB4/PGM	10	11	I/O	TTL/ST <sup>(5)</sup>	Bi-directional I/O port/Low voltage programming input pin. Wake-up from SLEEP on pin change. Can be software programmed for internal weak pull-up. When low voltage programming is enabled, the interrupt on pin change and weak pull-up resistor are disabled.
RB5	11	12	I/O	TTL	Bi-directional I/O port/Wake-up from SLEEP on pin change. Can be software programmed for internal weak pull-up.
RB6/T1OSO/T1CKI	12	13	I/O	TTL/ST <sup>(2)</sup>	Bi-directional I/O port/Timer1 oscillator output/Timer1 clock input. Wake up from SLEEP on pin change. Can be software programmed for internal weak pull-up.
RB7/T1OSI	13	14	I/O	TTL/ST <sup>(2)</sup>	Bi-directional I/O port/Timer1 oscillator input. Wake up from SLEEP on pin change. Can be software programmed for internal weak pull-up.
VSS	5	5,6	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	14	15,16	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.

Legend: O = output I/O = input/output P = power  
 — = Not used I = Input ST = Schmitt Trigger input  
 TTL = TTL input I/O D = input/open drain output

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.

Note 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in serial programming mode.

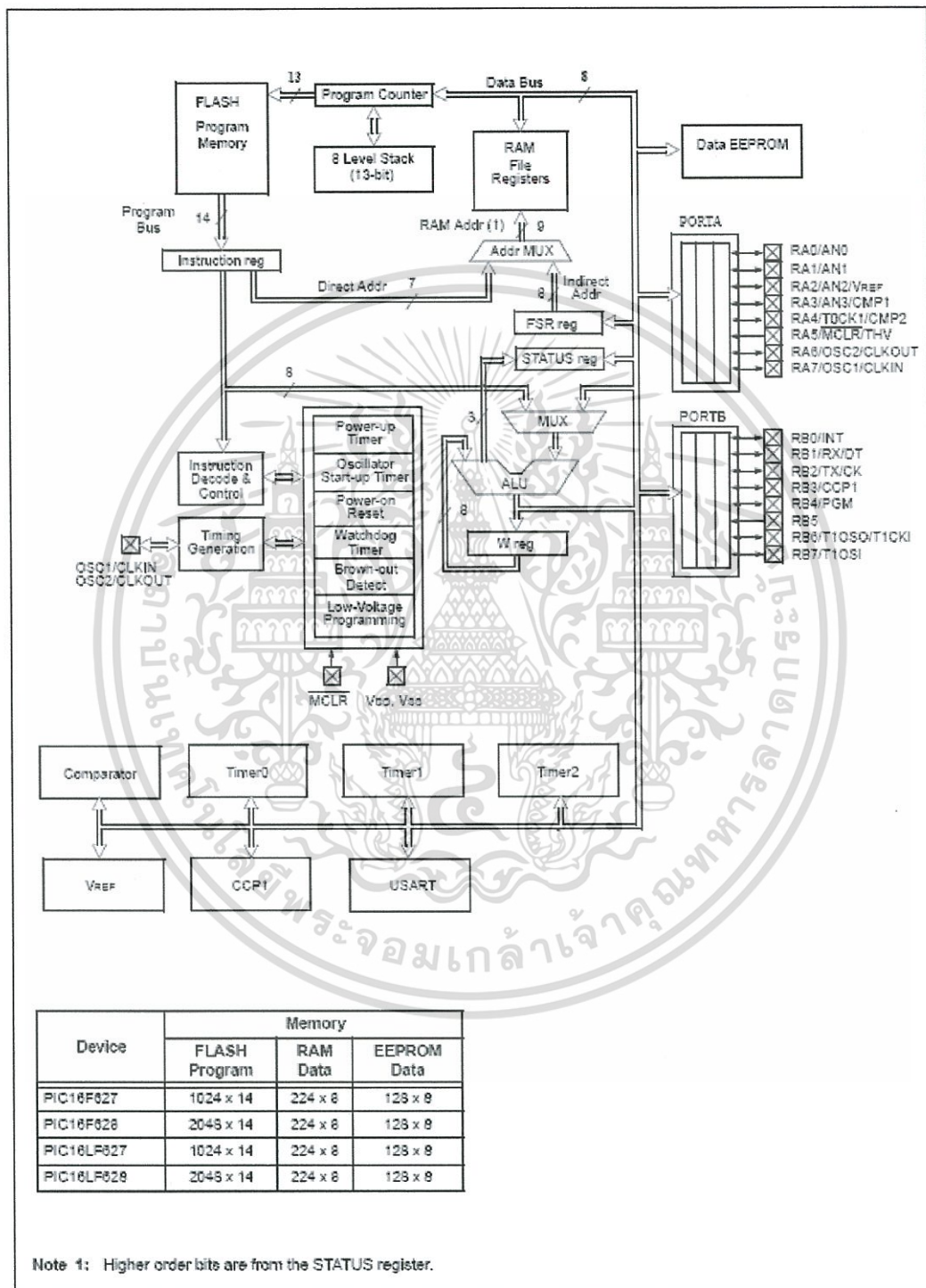
Note 3: This buffer is a Schmitt Trigger I/O when used in USART/Synchronous mode.

Note 4: This buffer is a Schmitt Trigger I/O when used in CCP mode.

Note 5: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in low voltage program mode.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram การทำงานของ PIC 16F628 แสดงได้ตามรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 แสดง Block Diagram การทำงานของ 16F628

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3 สมการควบคุมพีไอแบบดิจิทัล ( Digital PI Control Equation)

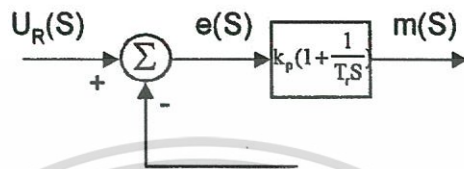
$$m(t) = K_p [e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt ] \quad (2.1)$$

เมื่อ  $m(t)$  = สัญญาณขาออกของระบบ

$K_p$  = อัตราการขยายของ PROPORTIONAL

$T_i$  = เวลาบูรณาการรวมหน่วย

$e(t)$  = ค่าความแตกต่างระหว่างแรงดันอ้างอิงกับแรงดันป้อนกลับ



รูปที่ 2.17 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมอัตโนมัติ

จากสมการเริ่มต้น ทำการแปลงให้สมการอยู่ในรูปของสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่อง

$$OUT_n = K_p [E_n + \frac{1}{T_i} (SUM_{n-1} + E_n) T_s] \quad (2.2)$$

$$OUT_n = K_p [E_n + \frac{T_s}{T_i} (SUM_{n-1} + E_n)] \quad (2.3)$$

$$OUT_n = K_p E_n + \frac{K_p T_s}{T_i} (SUM_{n-1} + E_n) \quad (2.4)$$

$$\text{ให้ } \frac{K_p T_s}{T_i} = K_i; \quad OUT_n = K_p E_n + K_i (SUM_{n-1} + E_n) \quad (2.5)$$

$$OUT_{n-1} = K_p E_{n-1} + K_i (SUM_{n-2} + E_{n-1}) \quad (2.6)$$

$$SUM_{n-2} + E_{n-1} = SUM_{n-1} \quad (2.7)$$

$$(2.7 \text{ แทนใน } 2.6), \quad OUT_{n-1} = K_p E_{n-1} + K_i (SUM_{n-1}) \quad (2.8)$$

$$(2.5 - 2.8) \quad , \quad OUT_n - OUT_{n-1} = K_p (E_n - E_{n-1}) + K_i (E_n) \quad (2.9)$$

$$OUT_n = OUT_{n-1} + K_p (E_n - E_{n-1}) + K_i (E_n) \quad (2.10)$$

กำหนดให้  $K_p$  = ค่าอัตราขยายของ Proportional

$K_i$  = ค่าอัตราขยายของ Integral

$OUT_n$  = สัญญาณขาออกของระบบที่เวลา  $n$

$OUT_{n-1}$  = สัญญาณขาออกของระบบที่เวลา  $n-1$

$E_n$  = ค่าความแตกต่างระหว่างสัญญาณอ้างอิงกับสัญญาณป้อนกลับที่เวลา  $n$

$E_{n-1}$  = ค่าความแตกต่างระหว่างสัญญาณอ้างอิงกับสัญญาณป้อนกลับที่เวลา  $n-1$

$SUM_{n-1}$  = ค่าผลรวมของค่า  $E_0$  ถึง  $E_{n-1}$

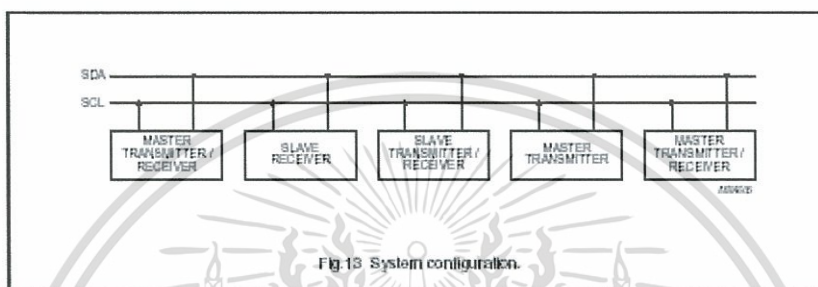
$SUM_{n-2}$  = ค่าผลรวมของค่า  $E_0$  ถึง  $E_{n-2}$

$T_s$  = Sampling Time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 การส่งข้อมูลแบบ I<sup>2</sup>C

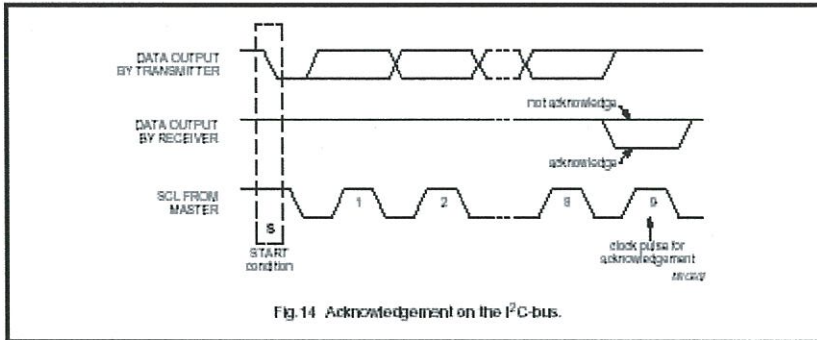
ระบบ I<sup>2</sup>C ข่อมาจาก inter-IC Communication ซึ่ง พัฒนาโดยห้องวิจัย Phillips เมื่อปี 1980 โดย เป็น ระบบ bus ที่ส่ง ข้อมูล หรือสัญญาณ ระหว่าง IC โดยใช้สายเพียง 2 เส้น โดยสายข้อมูล 2 เส้นนั้น มี สาย SDA (Serial Data line ) และ SCL ( Serial Clock line) โดยสายทั้งสองนี้จะรับส่ง สัญญาณ ไปได้ทั้ง 2 ทิศทาง (Bi-directional) และวงจรทาง output ของอุปกรณ์ที่ใช้ Bus ระบบนี้จะ เป็นแบบวงจร open-drain หรือ open-collector ทำให้ต้องทำการ pull up สัญญาณ เมื่อต้องการใช้ งาน และในการใช้งาน ระบบ Bus นี้เราสามารถ ใช้ สายเพียงสองสาย ต่อ กับ IC หลายๆ ชนิด ได้ ดัง ภาพ



รูปที่ 2.18 การติดต่ออุปกรณ์หลายๆตัวของ I<sup>2</sup>C

ซึ่งเมื่อเราต้องการใช้งานอุปกรณ์ต่างๆที่ต่ออยู่บนระบบ bus นี้ เราต้อง ทำการแจ้ง สภาวะ ให้แก่ระบบ เพื่อแสดงว่าเราเป็นอุปกรณ์ Master ที่ต้องการจะส่งสัญญาณ ให้แก่ อุปกรณ์ Slave โดยสภาวะ ต่างๆมีดังนี้

1. bus ว่าง คือสภาวะนี้จะ ไม่มี ค่า logic บน bus ทั้ง 2 สายเลย
2. เริ่มส่งข้อมูล โดย สาย SCL จะมีค่า logic สูง แต่สาย SDA จะมีค่า logic เปลี่ยนจากสูงไป ต่ำ เป็นสภาวะที่เรียกว่า สภาวะเริ่มต้น (start)
3. สภาวะหยุด (stop) โดยสาย SCL จะเป็น logic สูง แต่ สาย SDA จะเปลี่ยนจาก logic ต่ำไป สูง
4. เป็นสภาวะที่มีการรับส่ง ข้อมูล โดยข้อมูลบน SDA ต้องคงที่ ในขณะที่ SCL เป็น logic สูง และ bit ใน SDA จะเปลี่ยนแปลงได้ต่อเมื่อ SCL มี logic เป็น 0
5. สภาวะตอบรับ เป็นสภาวะที่อุปกรณ์ Mater ส่งข้อมูลออกไปครบ 1 byte แล้ว ตัว master จะส่ง logic สูง ออกมา ถ้าตัว slave ได้รับข้อมูลครบ จะทำให้ logic เป็น 0 แต่ถ้าไม่ถูกต้อง จะรอทำการรับข้อมูลใหม่

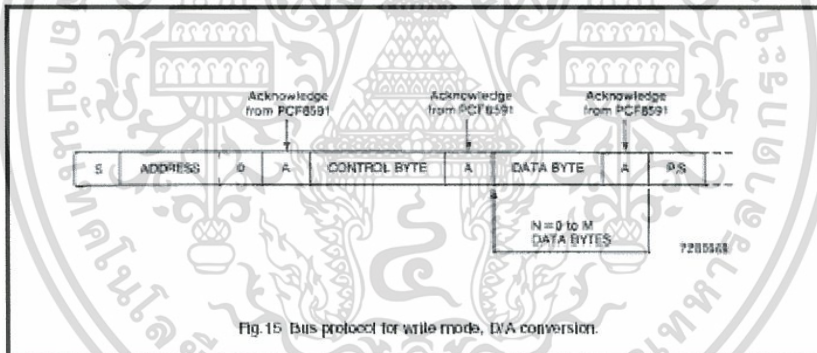


รูปที่ 2.19 แสดงสัญญาณ Acknowledge ของ I<sup>2</sup>C

ในการอ้างถึงตัว slave ที่เราจะส่งข้อมูลไปให้มัน จะอ้างโดยใช้ address จำนวน 8-10 bit ขึ้นกับ IC แต่ละตัว โดยข้อมูลทั้งหมดจะมี 3 byte คือ

1. Byte address
2. Byte control
3. Byte Data

ตัวอย่าง Protocol ในการควบคุม



รูปที่ 2.20 ตัวอย่าง Protocol ในการควบคุม D/A Conversion

## บทที่ 3

### ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานจะแบ่งออกเป็นส่วนประกอบดังนี้

#### 3.1 การออกแบบวงจรส่วนต่างๆ ภายในตู้อบเด็ก

- 3.1.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟของระบบควบคุม
- 3.1.2 ส่วนตรวจจับอุณหภูมิที่ใช้ LM35
- 3.1.3 ส่วนแปลงระดับแรงดัน
- 3.1.4 วงจร Isolation Circuit
- 3.1.5 วงจรตรวจจับอุณหภูมิที่ใช้ SHT11
- 3.1.6 วงจรบอร์ดแสดงผล
- 3.1.7 วงจรควบคุมการทำงานหลัก (Main Circuit)

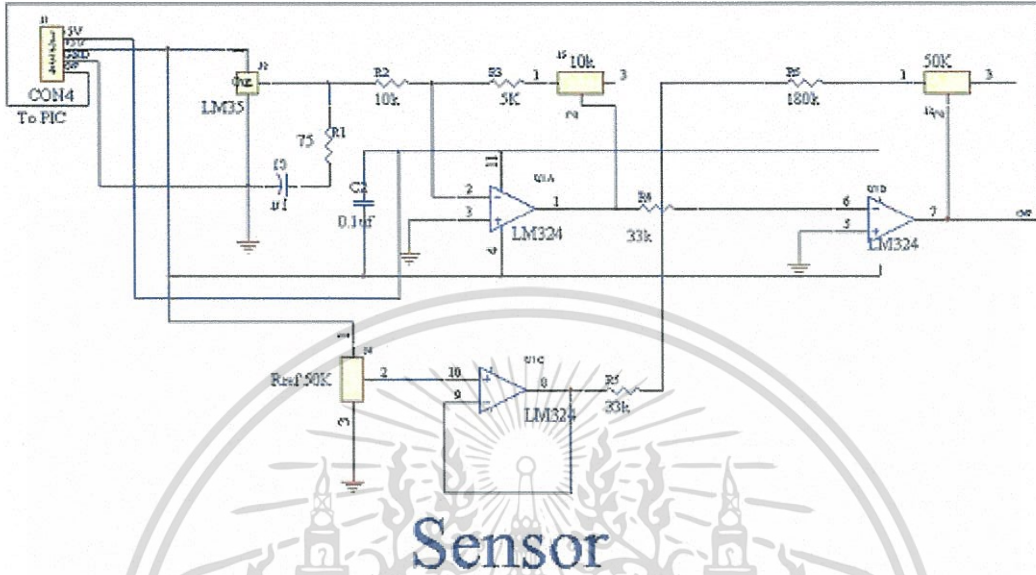
#### 3.2 การออกแบบส่วนประกอบภายนอก

- 3.2.1 ตู้ครอบตัวเด็กและแผ่นรองตัวเด็ก
- 3.2.2 ตู้ฐานรอง
- 3.2.3 Chamber
- 3.2.4 กล่องควบคุมระบบและSticker หน้าปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วงจรในรูปที่ 3.3 คือวงจรตรวจจับอุณหภูมิที่ใช้ในโครงการ ซึ่งจะมีการทำงานดังนี้ เมื่อจ่ายไฟเลี้ยง +5 โวลต์ให้กับ LM35 เมื่อ LM35 ทำงาน จะส่งสัญญาณเข้าไปที่ส่วนแปลงระดับสัญญาณที่ต่อแบบวงจร Summing ที่ใช้ LM324 จากนั้นจะได้ Output ออกมาประมาณ 0-5 โวลต์



รูปที่ 3.3 วงจรตรวจจับอุณหภูมิที่ใช้ LM35

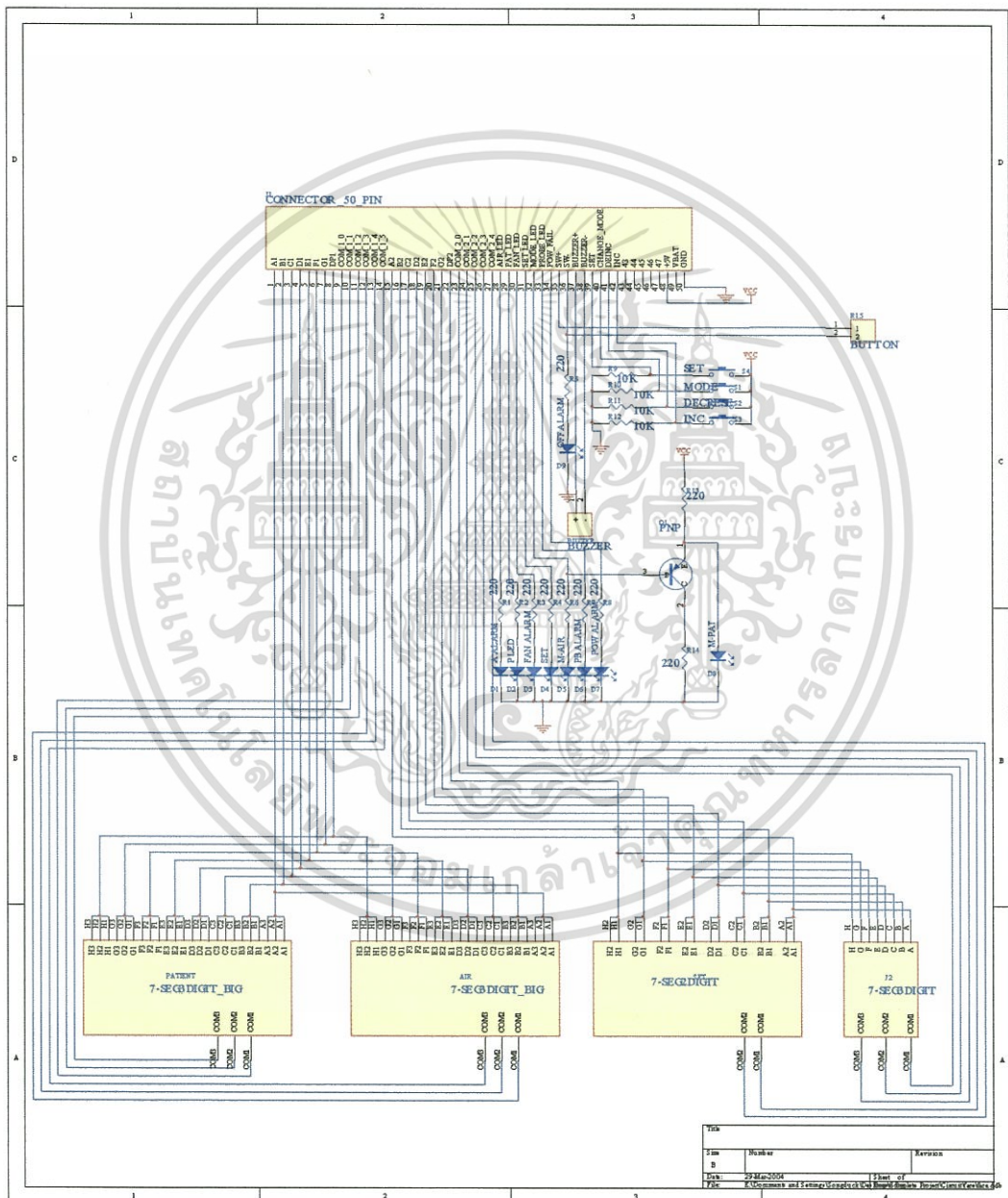
### 3.1.3 ส่วนแปลงระดับแรงดัน

ส่วนแปลงสัญญาณจะทำการขยายสัญญาณที่ได้จาก LM35 โดยจะทำการแปลงสัญญาณในช่วง 200 mV – 455 mV (ที่อุณหภูมิ 20.0°C ถึง 45.5°C) ให้เป็นสัญญาณในช่วง 0 V – 5 V ในวงจรขยายใช้ Op-Amp เบอร์ LM324 ในการแปลงสัญญาณ รูปวงจรได้จากรูปที่ 3.3



### 3.1.6 วงจรบอร์ดแสดงผล

บอร์ดแสดงผลนี้ ไม่เพียงแต่ทำหน้าที่ในการแสดงผลเท่านั้น แต่ยังคงทำหน้าที่ในการรับค่าจากภายนอกอีกด้วยเช่น การกดปุ่มเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ หรือการกดปุ่มเพื่อเปลี่ยนโหมดการทำงาน เป็นต้น เมื่อทำการกดปุ่มที่บอร์ดแสดงผลแล้ว บอร์ดแสดงผลจะทำการส่งข้อมูลไปยัง PIC16F877 ที่อยู่บนวงจรควบคุมหลัก เพื่อให้ PIC16F877 ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆตามที่ต้องการ แล้วส่งผลออกมาทางบอร์ดแสดงผลนี้ ซึ่งจะแสดงได้ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 วงจรบอร์ดแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

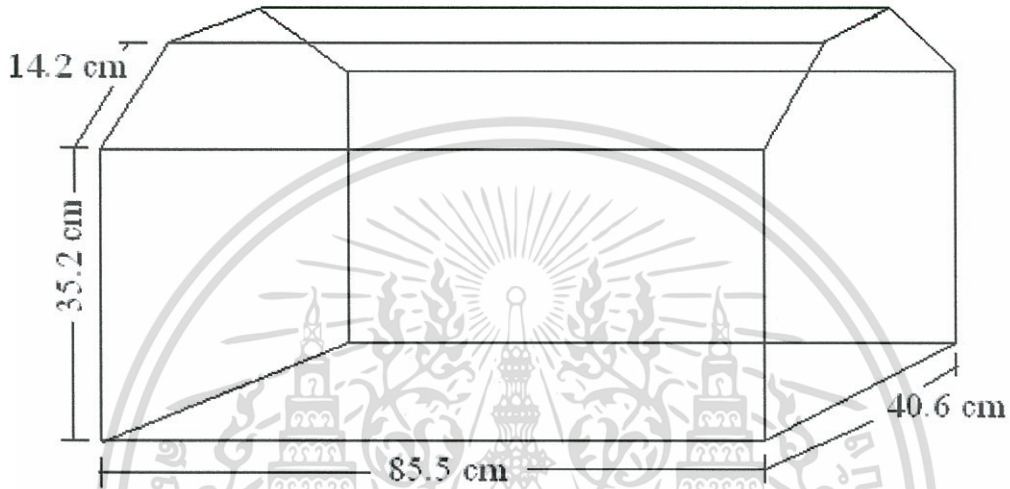


### 3.2 การออกแบบส่วนประกอบภายนอก

ลักษณะภายนอกโดยทั่วไปของตู้อบเด็ก จะประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

#### 3.2.1 ตู้ครอบตัวเด็กและแผ่นรองตัวเด็ก

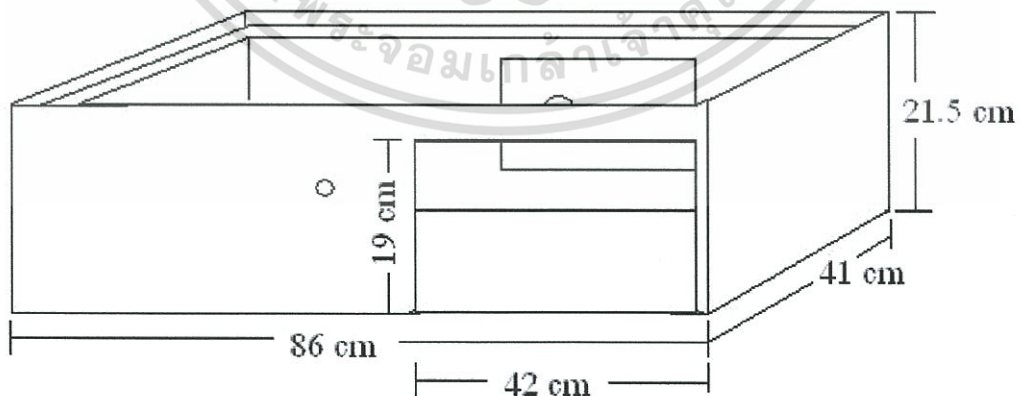
จะทำหน้าที่เปรียบเสมือนเป็นห้องที่ให้แก่เด็กอาศัยอยู่ชั่วคราว เป็นส่วนที่จะครอบตัวเด็กไว้ และยังทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศภายในตู้อบเด็ก



รูปที่ 3.8 ตู้ครอบตัวเด็ก

#### 3.2.2 ตู้ฐานรอง

เป็นส่วนที่ไว้วางส่วนประกอบทุกอย่างของตู้อบเด็ก เช่น ฝาครอบ แผ่นฐานรอง Chamber และกล่องควบคุมระบบ



รูปที่ 3.9 ตู้ฐานรอง

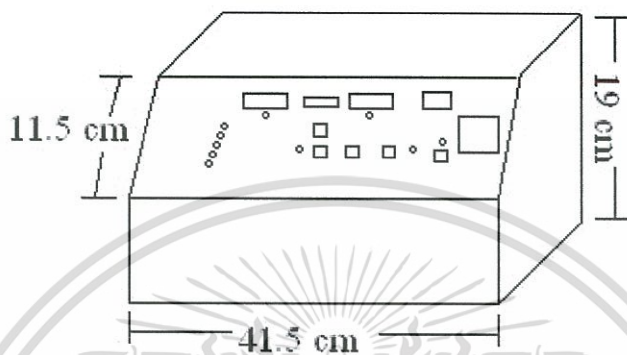
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.3 Chamber

เป็นส่วนที่กำหนดทิศทางการไหลของอากาศ ซึ่งจะใช้ไฟเบอร์เป็นวัสดุในการสร้าง

### 3.2.4 กล้องควบคุมระบบและStickerหน้าปิด

เป็นกล่องที่ไว้เก็บวงจรต่างๆของการทำงานของตู้อบเด็ก

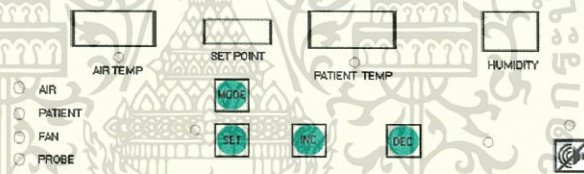


รูปที่ 3.10 กล้องควบคุมระบบ

INFANT  
INCUBATOR  
VOL1



KMITL



รูปที่ 3.11 Sticker หน้าปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ขั้นตอนการทดลองและผลการทดลอง

การทดลองของโครงการนี้จะทำโดยการเปลี่ยนแปลงค่า  $K$  ที่อยู่ในสมการในระบบ PI โดยมีจุดประสงค์คือ

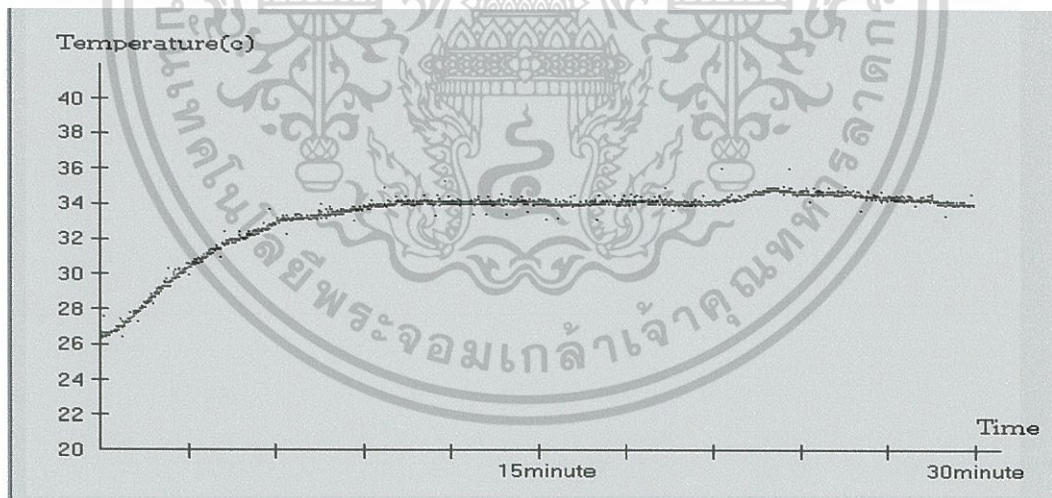
- เพื่อทดสอบความแม่นยำของอุปกรณ์
- เพื่อหาค่า  $K$  ในสมการระบบ PI ที่เหมาะสม

จากวัตถุประสงค์ดังกล่าวสามารถทำการทดลองได้ดังนี้

- 4.1. ทดลองความแม่นยำของอุปกรณ์
- 4.2 ทดลองหาค่า  $K$  ที่เหมาะสม
- 4.3 ทดลองระบบสัญญาณเตือนต่างๆของตู้อบเค้ก
  - 4.3.1 สัญญาณเตือนเมื่อไม่มีไฟ 220 เข้าสู่ระบบ
  - 4.3.2 สัญญาณเตือนเมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่าที่ตั้งเอาไว้ 3 องศาเซลเซียส

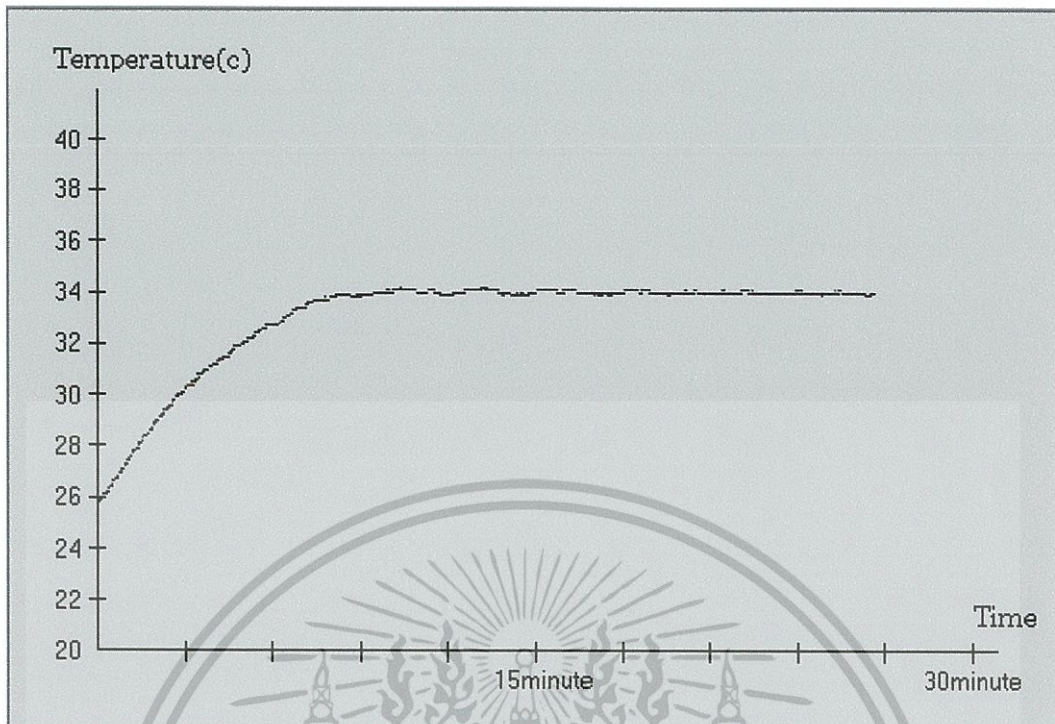
#### 4.1. ทดลองความแม่นยำของอุปกรณ์

ทดลองโดยนำเอา LM35 และ SHT11 มาวัดอุณหภูมิที่ค่า  $K$  เดียวกัน เพื่อเปรียบเทียบผลความแม่นยำของตัวอุปกรณ์ ซึ่งจะได้ผลการทดลองดังกราฟที่ 4.1และ4.2



รูปที่4.1 กราฟแสดงผลของการวัดอุณหภูมิโดยใช้ LM35 ค่า  $K_p=20$   $K_i=0.05$

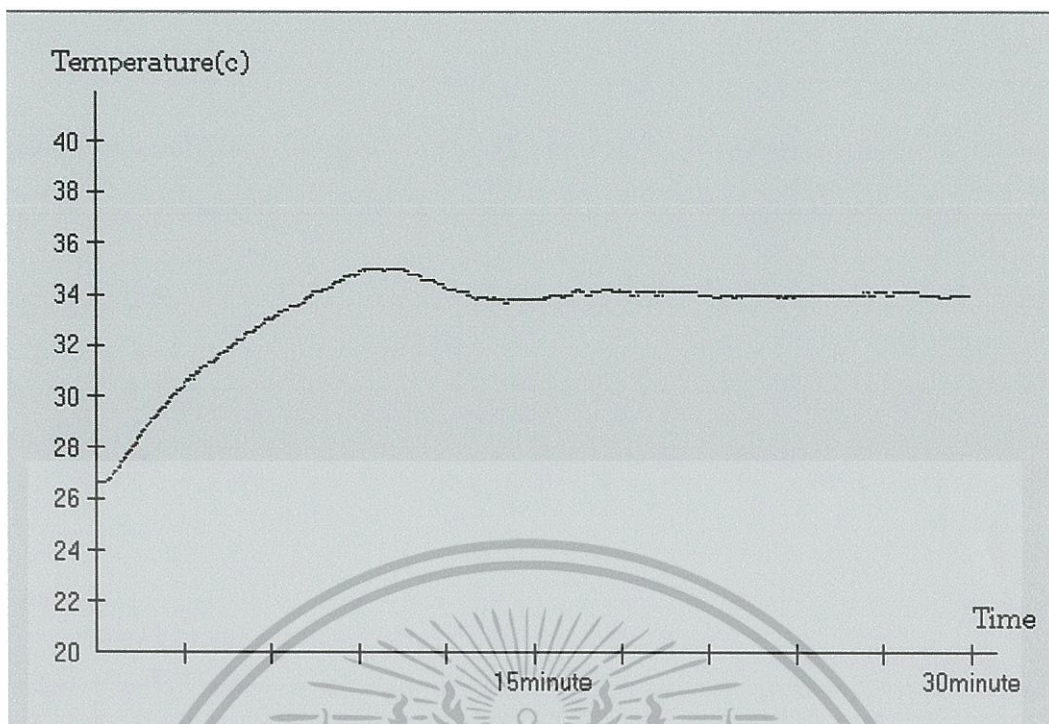
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



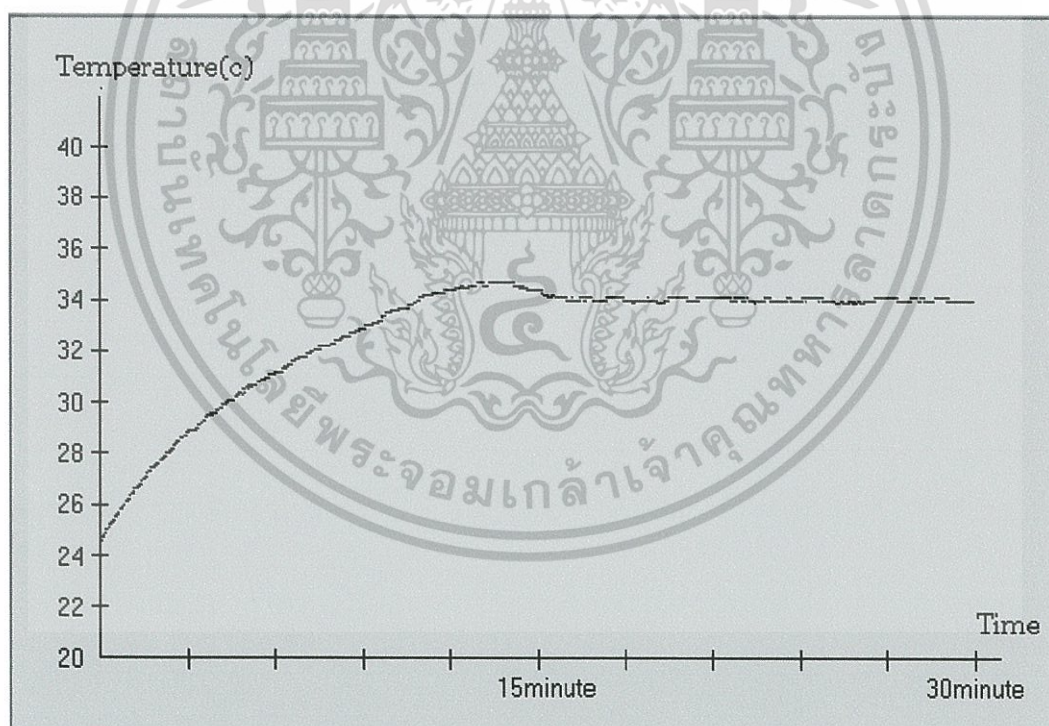
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงผลการวัดอุณหภูมิโดยใช้ SHT11 ค่า  $K_p=20$   $K_i=0.05$   
 จากกราฟผลการทดลองที่ 4.1 และ 4.2 แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าค่าอุณหภูมิที่วัดได้จาก SHT11 จะแม่นยำน้อยกว่า LM35

#### 4.2 ทดลองหาค่า K ที่เหมาะสม

ใช้ SHT11 ในการทดลองโดยที่จะมีการเปลี่ยนค่า K ในแต่ละครั้งที่ทำการทดลอง ซึ่งในการทดลองนี้จะเปลี่ยนค่า K ทั้งหมด 7 ครั้ง ซึ่งจะได้ผลการทดลองดังกราฟที่ 4.3-4.9

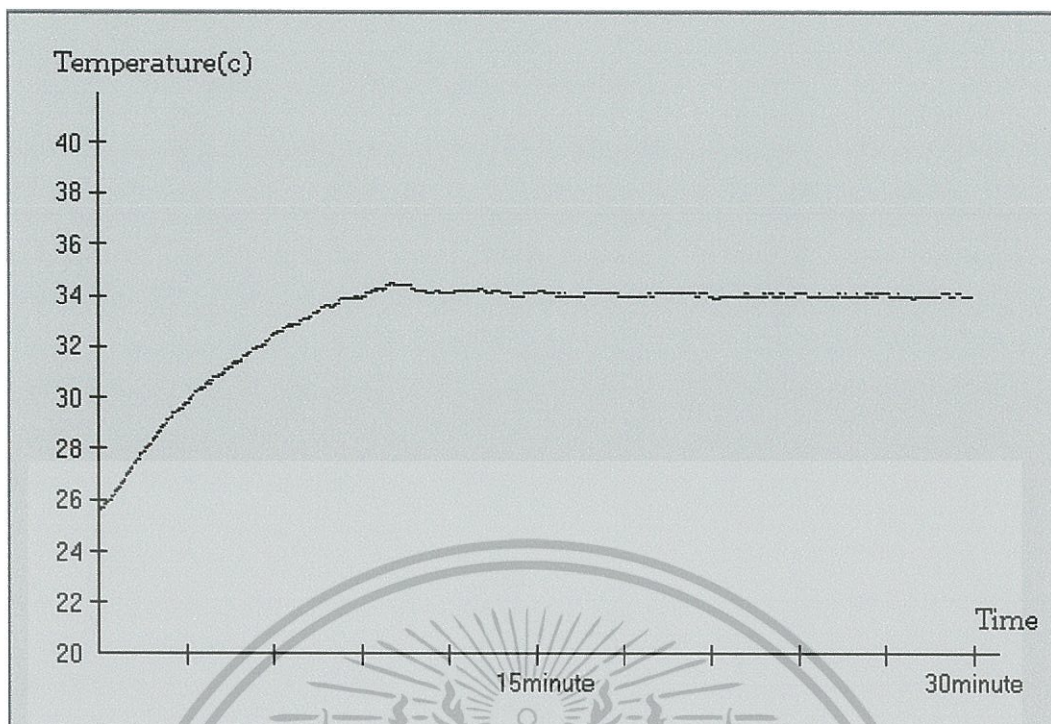


รูปที่4.3 กราฟแสดงผลการวัดอุณหภูมิโดยใช้ SHT11 ค่า  $K_p=4$   $K_i=0.02$

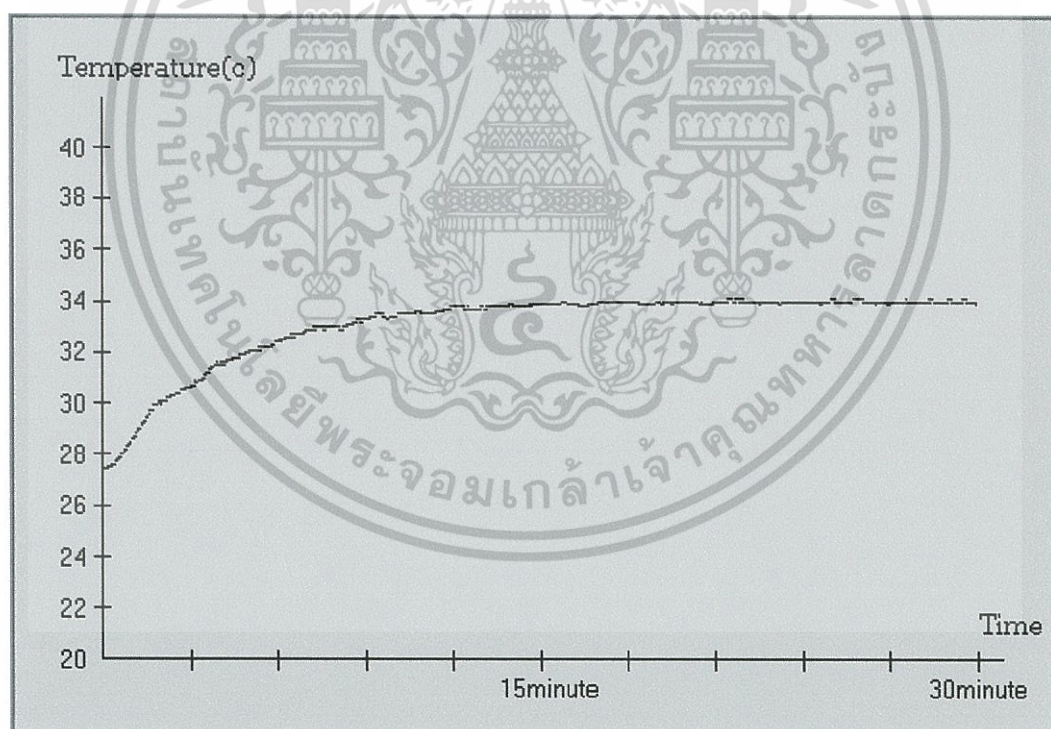


รูปที่4.4 กราฟแสดงผลการวัดอุณหภูมิโดยใช้ SHT11 ค่า  $K_p=6$   $K_i=0.02$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

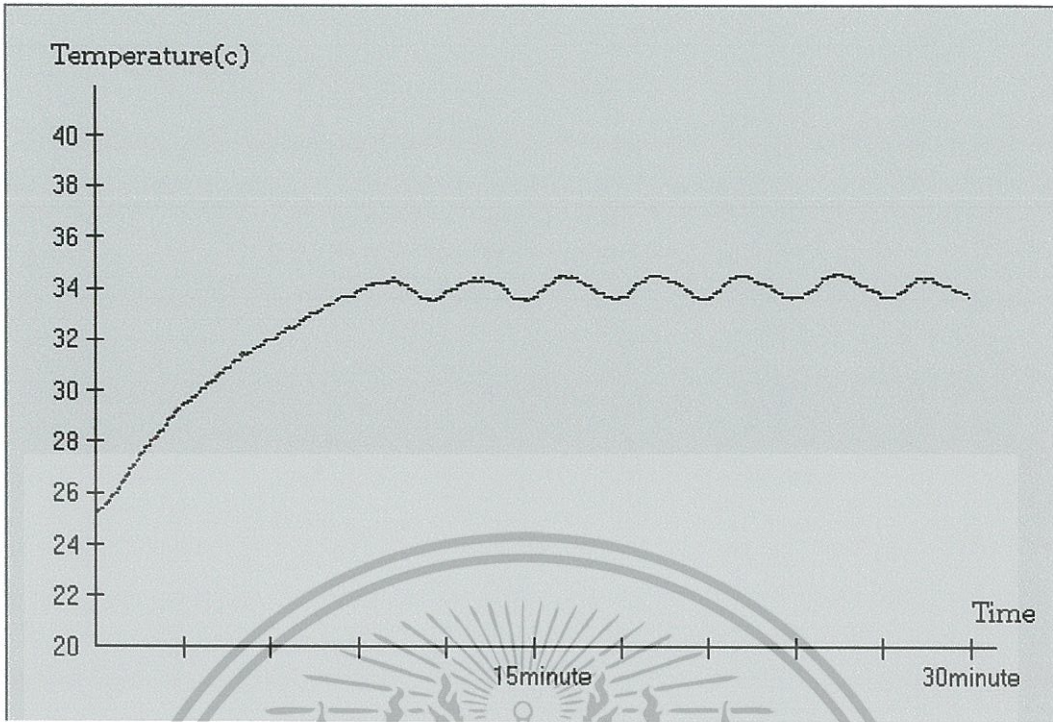


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงผลการวัดอุณหภูมิโดยใช้ SHT11 ค่า  $K_p=10$   $K_i=0.02$

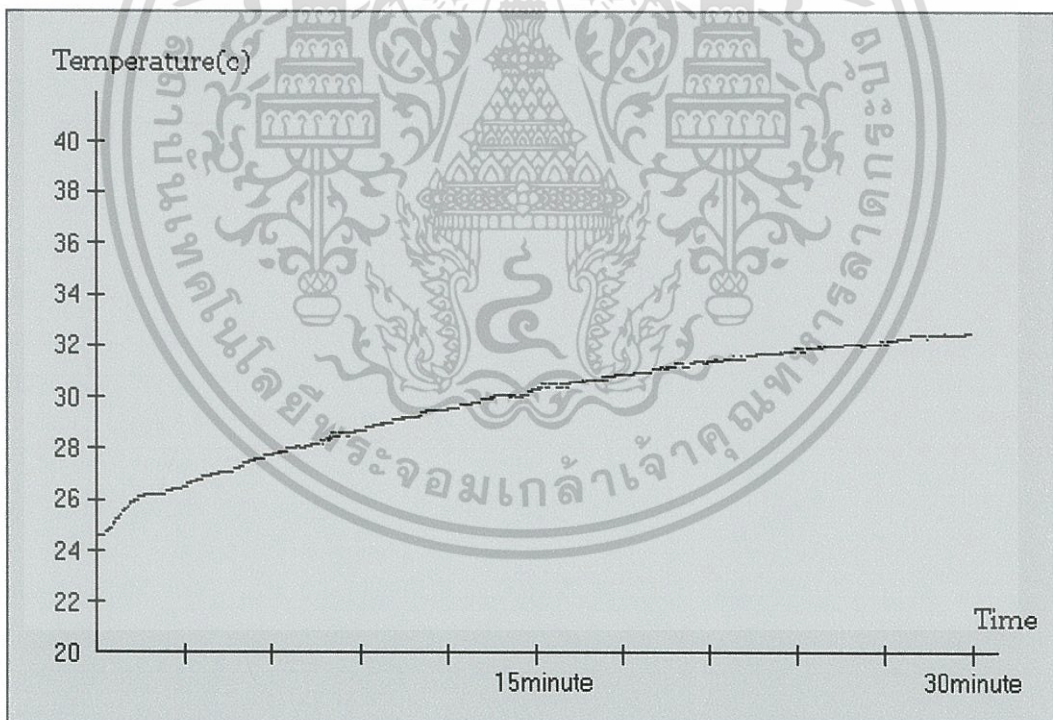


รูปที่ 4.6 กราฟแสดงผลการวัดอุณหภูมิโดยใช้ SHT11 ค่า  $K_p=20$   $K_i=0.02$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

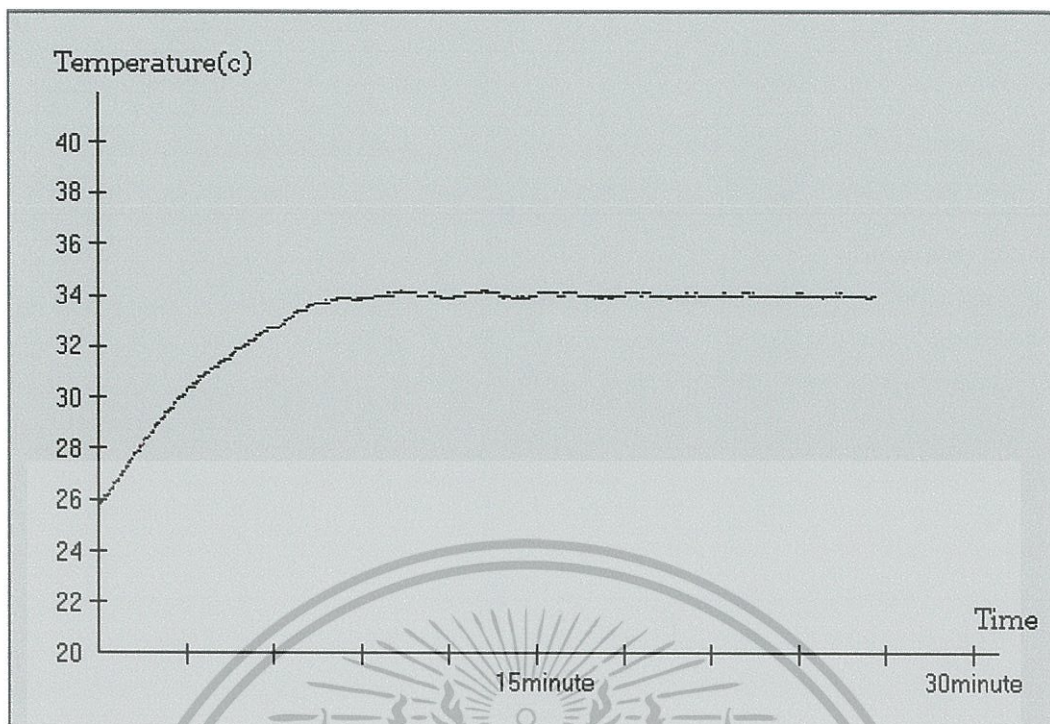


รูปที่4.7 กราฟแสดงผลการวัดอุณหภูมิโดยใช้ SHT11 ค่า  $K_p=20$   $K_i=0.2$



รูปที่4.8 กราฟแสดงผลการวัดอุณหภูมิโดยใช้ SHT11 ค่า  $K_p=20$   $K_i=0.005$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.9 กราฟแสดงผลการวัดอุณหภูมิโดยใช้ SHT11 ค่า  $K_p=20$   $K_i=0.05$

จากกราฟการทดลองหาค่า  $K$  ที่เหมาะสม สามารถบอกได้ว่าค่า  $K_p$  ที่น้อยจะทำให้อุณหภูมิเข้าสู่ค่าที่ตั้งไว้ได้เร็วแต่มีผลทำให้เกิด Overshoot ที่มีค่าสูง ค่า  $K_i$  จะมีผลต่อเสถียรภาพของค่าอุณหภูมิ

#### 4.3 ทดลองระบบสัญญาณเตือนต่างๆของตู้อบเด็ก

##### 4.3.1 สัญญาณเตือนเมื่อไม่มีไฟ 220 เข้าสู่ระบบ

ทดลอง โดยไม่จ่ายไฟเลี้ยงให้ระบบ ซึ่งผลปรากฏว่าจะเกิดเสียงเตือนขึ้นมา และLED ของ

POWER FAIL จะสว่างขึ้น

##### 4.3.2 สัญญาณเตือนเมื่ออุณหภูมิที่วัดได้มีค่าเกินกว่าที่ตั้งไว้ 3 องศาเซลเซียส

ทดลอง โดยตั้งให้อุณหภูมิที่ SET POINT มีค่าน้อยกว่าค่าอุณหภูมิที่วัดได้ที่ AIR TEMP หรือ PATIENT ประมาณ 3 องศาเซลเซียส ซึ่งผลปรากฏว่าจะเกิดเสียงเตือนขึ้นมา และ LED ของ AIR และ PATIENT จะสว่างขึ้น

ซึ่งหากเกิดสัญญาณเตือนและไฟเตือนขึ้นมา สามารถกดปุ่ม RESET เพื่อหยุดสัญญาณเตือนต่างๆได้

## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

#### สรุปผลของโครงการ

โครงการนี้เป็นการออกแบบตัวบดเคี้ยวในระบบควบคุมแบบดิจิทัล โดยใช้ PIC ในการควบคุม ซึ่งมีการนำอัลกอริทึมมาควบคุมระบบ ซึ่งผลของการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1. สามารถควบคุมอุณหภูมิในช่วง  $20^{\circ}\text{C}$ - $45^{\circ}\text{C}$  โดยมีความผิดพลาดที่ระดับ 0.1 องศาเซลเซียส เมื่อใช้ SHT11
2. IC LM35 จะมีค่า error สูงมากกว่า SHT11
3. ค่า  $K_p$  และ  $K_i$  มีผลต่อ ความเสถียรภาพของระบบ โดยที่  $K_p$  จะมีผลเมื่ออุณหภูมิเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยดูได้จากสมการในระบบ PI และค่า  $K_i$  จะมีผลต่อการแกว่งของระบบ
4. อัลกอริทึมแบบ PI เพียงพอแล้วสำหรับการควบคุมอุณหภูมิ

#### ปัญหาของโครงการนี้

1. เกิดความร้อนขึ้นที่ IC 7805
2. ไม่สามารถควบคุม MOTOR ให้มีความเร็วตามที่ต้องการได้เนื่องจาก MOTOR มีค่าเสมือน L
3. การหาค่า  $K_p$  และ  $K_i$  ต้องใช้เวลาในการหาค่าที่เหมาะสม

#### ข้อเสนอแนะ

จากปัญหาที่ ได้พบในการทำโครงการ พอที่จะเสนอแนะแนวทางแก้ไขได้ดังนี้

1. ไม่ควรจะใช้ LM35 เนื่องจากความแม่นยำน้อย
2. ต่อพัดลมไว้ในตู้เพื่อระบายความร้อนที่เกิดขึ้น หรือเจาะช่องระบายอากาศในตู้ควบคุม
3. เนื่องจาก IC SHT11 ที่ใช้วัดอุณหภูมิในโครงการนี้สามารถที่จะวัดความชื้นได้ด้วย ดังนั้นในโครงการนี้ได้มีการออกแบบเพื่อไว้สำหรับส่วนของการวัดความชื้น
4. เนื่องจากเกิดปัญหาที่ไม่สามารถควบคุม MOTOR ได้ หากต้องการให้ MOTOR มีความเร็วช้าลงสามารถแก้ไขได้โดยเปลี่ยนขนาดของหม้อแปลงให้น้อยลง

## บรรณานุกรม

1. เกียรติศักดิ์ จีระแพทย์. การดูแลระบบการหายใจในทารกแรกเกิด. หน่วยทารกแรกเกิด  
ภาควิชากุมารเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล
2. ประพุทธ ศิริบุญย์, อรุพล บุญประกอบ . ทารกแรกเกิด . กรุงเทพมหานคร : โครงการ  
ตำรา-ศิริราช คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล 2533
3. ชัยวัฒน์ ลิ้มตระกูลจิตรวีไลและวรพจน์ กราบแก้ววัฒนกุล, “เรียนรู้และปฏิบัติการ  
ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51”, โนวาทีเพ็ทฟอร์เมนต์ กรุงเทพ
4. สมยศ จุณณะปิยะ, ”การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์”, สถาบันเทคโนโลยีพระ  
จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.2543
5. คู่มือการใช้งาน V-80 atom infant incubator
6. ตำเนาเอกสาร ”ระบบการควบคุมป้อนกลับ”
7. ฉันทวุฒิ พิษผล , พิชิต สันตกุลานนท์”คู่มือเรียน Visaul Basic 6”



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Source Code ของการควบคุมการทำงานของ PIC

```
#include <16f877a.h>
#fuses NOPROTECT,nowdt,hs,put,nolvp
#use delay(clock=2000000)
#use rs232(baud=9600, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7)
int16 check_time,bb,cc,counter;
int1 mode_set,mode,segment,change_h_l,alarm;//segment is choose max7219 first or second
int time_plus;
char aaaaa,air_temp,decimal,first,tens,hex_two_byte,temp_cal,count_heater;
char read_update,temp_control,temp_pateint,temp_air;
float OUTn,OUTn_1,ERRn,ERRn_1,ERRn_2;//PID Variable
char heater;
float Kp,ki;
//int1 AS_OUTn,AS_OUTn_1,AS_ERRn,AS_ERRn_1,AS_ERRn_2;//0 add or 1 less PID Variable
int1 high_low_byte;//high byte 0,low byte 1
int1 adc_0_or_1;//it 1 is check temp_pateint and 0 is temp air before in heater
char air_ref;//it s temp air before in heater use to check air distribution
// C3 = Clock // C1 = CS // C2 = Din
//max7219
#define DATA PIN_c2 // PIN Rc2 = DATA am MAX7219
#define LOAD_1 PIN_b3 // PIN Rb3 = LOAD am MAX7219 first
#define LOAD_2 PIN_c1 // PIN Rc1 = LOAD am MAX7219 second
#define CLK PIN_c3 // PIN Rc3 = CLK am MAX7219
//change value accept from 232 to hex
void PI_control();
void Temp_load();
void update_temp_control();
void check_alarm();
void change_ascii_to_hex(char ascii)//ascii two digit to hex 2byte
{
    char test;
    test = ascii & 0xf0;
    if (test == 0x30) ascii = ascii & 0x0F;
    else
    {
        if (test == 0x40) ascii = 0x09 + (ascii & 0x0F);
        if (test == 0x60) ascii = 0x09 + (ascii & 0x0F);
    }
    if (high_low_byte==0)
    {
        ascii<<=4;
        hex_two_byte = hex_two_byte + ascii;
    }
    else hex_two_byte = hex_two_byte + ascii;
}
//change value accept from 232 to hex

//change value accept from adc (char) to Dec (in Tens Firsts and decimal)
void change_hex(char value)
{
    tens = (value/100)+2;
    value = value-(tens*100)+200;
    first = value/10;
    first = first + 0x80;//add decimal
    decimal = value - (first*10);
}
//change value accept from adc (char) to Dec (in Tens Firsts and decimal)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

//send value to MAX7219
void AUSGABE(char adresse,char wert)
{
    char x;
    if (segment==0) output_low(LOAD_1);
    else output_low(LOAD_2);
    // D15-D12
    for (x=0;x<4;x++)
    {
        output_low(DATA);
        output_high(CLK);
        output_low(CLK);
    }
    // D11-D8 MAX7219
    for (x=4;x>0;x--)
    {
        if (bit_test(adresse,x-1)) output_high(DATA);
        else output_low(DATA);
        output_high(CLK);
        output_low(CLK);
    }
    // D7-D0 MAX7219
    for (x=8;x>0;x--)
    {
        if (bit_test(wert,x-1)) output_high(DATA);
        else output_low(DATA);
        output_high(CLK);
        output_low(CLK);
    }
    if (segment==0) output_high(LOAD_1);
    else output_high(LOAD_2);
}

void ausgabe_init()
{
    ausgabe(0x0b,0x05); // Hier wird die Anzahl der Digits angegeben (5 Digits)
    ausgabe(0x0c,0x01); // Displays werden auf Normal-Betrieb gesetzt (kein Shutdown)
    ausgabe(0x09,0xff); // Displays werden auf Normal-Betrieb gesetzt (kein Displaytest)
    ausgabe(0x0a,0x00); // Die Helligkeit der Digits wird hier eingestellt
}

void first_set()
{
    char digit,daten,value1;
    output_low(CLK); // Der Pin CLK am MAX7219 wird als erstes auf HIGH gesetzt
    ausgabe_init(); // Die Routine initialisiert den MAX7219
    digit=1; // Variable Digit durchläuft alle Digits und wird auf den ersten gesetzt
    daten=0;
    for (value1=1;value1<=6;++value1)
    {
        ausgabe(digit,daten); // Das ist die Ausgaberroutine für den MAX7219
        delay_ms(50); // Pause von 500ms
        daten++;
        digit++;
        if (digit==7) digit=1; // Ist die Anzahl der Digits (hier nur 5 Digits) erreicht wird die Variable
wieder auf den ersten gesetzt.
        if (daten==10) daten=0; // Die Daten für die Digits 0-9
    }
}

//send value to MAX7219

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

//interrupt rs232
#int_rda
void serial_isr()
{
// com
char receive;
char dd;
dd = 0x00;
receive = getc();
if (receive == 0x30)
{
printf("%03u",temp_air);
//output_low(pin_A1);
}
else {
printf("%03u",temp_air);
//output_high(pin_A1);
}
}
}
//interrupt rs232

//interrupt 50 Hz
#INT_EXT
rb0_isr()
{
int i;
cc=bb;
if(change_h_l==0)
{
ext_int_edge( H_TO_L );
setup_timer_1 ( T1_INTERNAL | T1_DIV_BY_1 );
set_timer1(cc);
change_h_l=1;
}
else
{
ext_int_edge( L_TO_H );
change_h_l=0;
output_low(PIN_B1);
}
}
}
//interrupt 50 Hz

//interrupt timer 1 to on phase heater
#INT_TIMER1
void timer1_interrupt()
{
setup_timer_1 ( T1_DISABLED );
output_high(PIN_B1);
}
}
//interrupt timer 1 to on phase heater

//read adc an check it. if it change value update to max7219
void check_update_adc()
{
segment=0;
setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);
if (adc_0_or_1 == 0) set_adc_channel( 0 );
else set_adc_channel( 1 );
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

read_update = read_adc();
setup_adc( ADC_OFF );
if (adc_0_or_1 == 1)
{
    if (temp_pateint != read_update)
    {
        temp_pateint = read_update ;
        change_hex(temp_pateint);
        ausgabe(0x01,tens);
        delay_us(20);
        ausgabe(0x02,first);
        delay_us(20);
        ausgabe(0x03,decimal);
    }
    else air_ref = read_update;
}
//read adc an check it. if it change value update to max7219

//check push button to change value or mode
void weit_set()
{
    Temp_load();
    while(input(PIN_D7))
    {
        Temp_load();
        if(check_time == 60000)
        {
            mode_set = 0;
            output_high(PIN_D3);
        }
        check_time = check_time + 1;
        delay_us(20);
    }
    check_time = 0;
}
void weit_unset()
{
    Temp_load();
    check_time = 0;
    while (check_time < 60000)
    {
        Temp_load();
        Temp_load();
        if (input(PIN_D7))
        {
            while (input(PIN_D7)) Temp_load();
            check_time = 0;
        }
    }
    if (input(PIN_E0))
    {
        while (input(PIN_E0)) Temp_load();
        check_time = 0;
        if (temp_control<190)temp_control+=1;
        update_temp_control();
    }
    if (input(PIN_E1))
    {
        while (input(PIN_E1)) Temp_load();
        check_time = 0;
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    if (temp_control>0) temp_control-=1;
    update_temp_control();
}
if (input(PIN_E2))
{
    while (input(PIN_E2)) Temp_load();
    check_time = 0;
    if (mode == 0)
    {
        output_bit(PIN_D4,1);
        mode = 1;
    }
    else
    {
        output_bit(PIN_D4,0);
        mode = 0;
    }
}
check_time = check_time + 1;
delay_us(20);
}
mode_set = 1;
output_low(PIN_D3);
}
//check push button to change value or mode

//Check Temp from SHT11 and LM35(Patian) and humidity
void Temp_load()
{
    char receive;
    counter +=1;
    if (counter == 0x8000)
    {
        if (count_heater = 20)
        {
            count_heater=0;
            PI_control();
        }
        count_heater+=1;
        counter = 0;
        adc_0_or_1 = 1;
        check_update_adc();

        //Êèÿà»ÍÏËÀÙÁÔ(TEMP)Ï;SHT11 'ÓàáÉ'¼¼À
        disable_interrupts(int_RDA);
        #use rs232(baud=9600, xmit=PIN_C4, rcv=PIN_C5)
        printf("1");//test comunicate with
        receive = getc();
        high_low_byte = 0;
        change_ascii_to_hex(receive);
        receive = getc();
        #use rs232(baud=9600, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7)
        enable_interrupts(int_RDA);
        high_low_byte = 1;
        change_ascii_to_hex(receive);
        temp_air = hex_two_byte;
        change_hex(hex_two_byte);
        segment=0;
        ausgabe(0x04,tens);
        delay_us(5);
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    ausgabe(0x05,first);
    delay_us(5);
    ausgabe(0x06,decimal);
    hex_two_byte=0;
    //Éè§ðèÒà»çÍÇÒÁ×é¹*(HUMI)"Ò;SHT11 'ÓðèÒáÊ'§¼Å

    //Éè§ðèÒà»çÍÇÒÁ×é¹*(HUMI)"Ò;SHT11 'ÓðèÒáÊ'§¼Å
    disable_interrupts(int_RDA);
    #use rs232(baud=9600, xmit=PIN_C4, rcv=PIN_C5)
    printf("0");//test communicate with
    receive = getc();
    high_low_byte = 0;
    change_ascii_to_hex(receive);
    receive = getc();
    high_low_byte = 1;
    #use rs232(baud=9600, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7)
    enable_interrupts(int_RDA);
    change_ascii_to_hex(receive);
    change_hex(hex_two_byte);
    segment=1;
    first-=0x80;
    ausgabe(0x04,first);
    delay_us(5);
    ausgabe(0x05,decimal);
    hex_two_byte=0;
    //Éè§ðèÒà»çÍÇÒÁ×é¹*(HUMI)"Ò;SHT11 'ÓðèÒáÊ'§¼Å
    check_alarm();
}
}

void update_temp_control()
{
    segment=1;
    change_hex(temp_control);
    ausgabe(0x01,tens);
    delay_us(20);
    ausgabe(0x02,first);
    delay_us(20);
    ausgabe(0x03,decimal);
}
//Check Temp from SHT11 and LM35(Patian)

//PI Control
void PI_control()
{
    //char OUTn,OUTn_1,ERRn,ERRn_1,ERRn_2;//PID Variable
    //int1 AS_OUTn,AS_OUTn_1,AS_ERRn,AS_ERRn_1,AS_ERRn_2;//0 add or 1 less PID Variable
    float I;
    if(mode==0) temp_cal = temp_pateint;
    else temp_cal = temp_air;
    //P control ==> Kp(ERR-ERR_1)
    ERRn=temp_control;
    ERRn-=temp_cal;
    OUTn=ERRn;
    OUTn-=ERRn_1;
    OUTn*=Kp;
    OUTn=OUTn_1+OUTn;
    //I Control ==> KiERRn
    I = Ki;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```

first_set();
segment=1;
output_high(LOAD_2);
first_set();
counter=0;
//set max7219

//set Pid value strat
Kp = 10;
Ki = 0.05;
OUTn=0;
OUTn_1=0;
ERRn=0;
ERRn_1=0;
ERRn_2=0;
//set Pid value strat

//set interrupt
temp_control = 140;
update_temp_control();
setup_timer_1 ( T1_INTERNAL | T1_DIV_BY_1 );
setup_timer_0 (RTCC_DIV_64|RTCC_INTERNAL);
ext_int_edge( L_TO_H ); // Sets up EXT
enable_interrupts(INT_TIMER1);
//enable_interrupts(INT_RTCC);
enable_interrupts(int_EXT);
enable_interrupts(int_RDA);
enable_interrupts(GLOBAL);
//set interrupt
count_heater=0;
mode_set = 1;
check_time = 0;
mode = 1; //mode air
output_bit(PIN_D4,1);
change_h_l=0;
while(1)
{
if (mode_set == 1)
weit_set();
else weit_unset();
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้