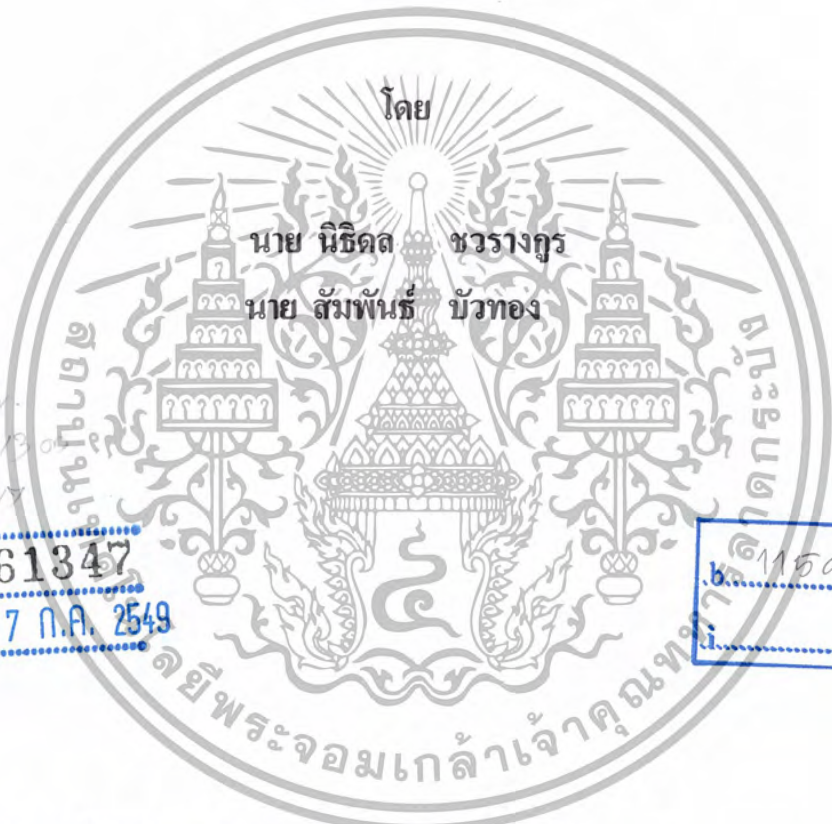
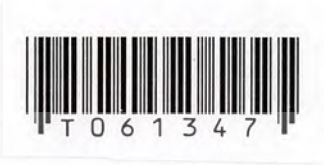


สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตู้อบเด็กทารกแรกเกิด
INFANT INCUBATOR



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 61347
วัน,เดือน,ปี..... 17 ก.ค. 2549

บ. 11595395

ปฏิญานិพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตู้อบเด็กทารกแรกเกิด
INFANT INCUBATOR

โดย



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์

ภาควิชา สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ตู้อบเค้กทารกแรกเกิด

ผู้จัดทำ

1. นายนิธิศล ขวรางกูร รหัสประจำตัว 45015284
2. นายสัมพันธ์ บัวทอง รหัสประจำตัว 45015298



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตู้อบเด็กทารกแรกเกิด

INFANT INCUBATOR

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| 1. นายนิธิกุล ชวรางกูร | รหัสประจำตัว 45015284 |
| 2. นายสัมพันธ์ บัวทอง | รหัสประจำตัว 45015298 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาโท

คู่มือเด็กทารกแรกเกิด

นักศึกษา

นาย นิธิศล ชวรางกูร รหัส 45015284

นาย สัมพันธ์ บัวทอง รหัส 45015298

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท

ผศ.ดร. ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์

ระดับการศึกษา

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

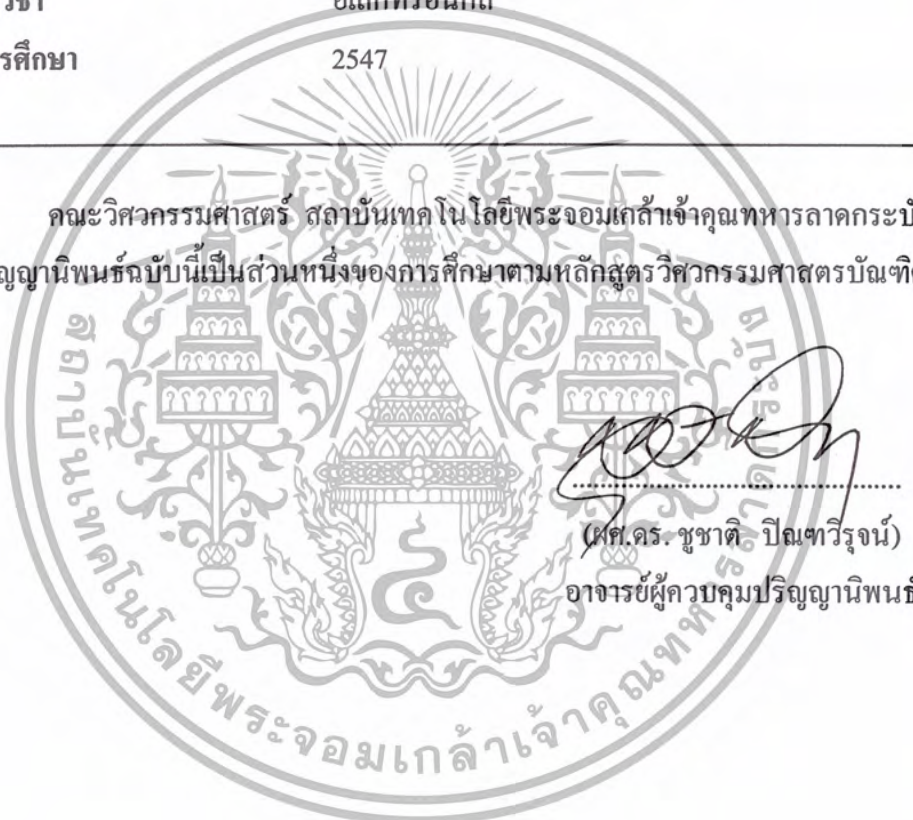
ภาควิชา

อิเล็กทรอนิกส์

ปีการศึกษา

2547

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต



(Handwritten signature)

(ผศ.ดร. ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท

คู่มือเด็กทารกแรกเกิด

นิธิศล ขวรางกูร

สัมพันธ์ บัวทอง

ผศ.ดร. ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2547

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอเกี่ยวกับการศึกษาและพัฒนาตู้อบเด็กทารกแรกเกิด โดยทำการศึกษาและพัฒนาจากเครื่องแบบเก่า ที่เป็นแบบอนาลอกมาเป็นแบบดิจิทัล การออกแบบได้มีการนำเอาเทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ามาประยุกต์ใช้ในส่วนการประมวลผลควบคุมการทำงานของตู้อบทั้งหมด และใช้อัลกอริทึมของระบบควบคุมอัตโนมัติแบบพีไอดี (PID Control) เข้ามาใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมส่วนการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ซึ่งตรวจจับอุณหภูมิและความชื้นโดยเซนเซอร์ SHT 11 เพียงตัวเดียว จากนั้นนำค่าที่ได้มาประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ และนำค่าที่ได้แสดงผลออกทางจอ LCD

INFANT INCUBATOR

Nitidol Chawarangoon

Sumpun Buatong

Asst.Prof. Dr. Chuchart Pintaviruj Advisor

Academic year 2004

ABSTRACT

The thesis studies about infant incubator

The system uses microcontroller to control the operation of incubator. The algorithm for temperature control uses PID control. The main sensor uses SHT15 which can measure both the temperature and humidity processed by the microcontroller. The last result is shown on the liquid crystal display(LCD).



กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนแนวคิดเห็นและแนวทางในการปฏิบัติงานและการแก้ไขปัญหาที่เป็นอุปสรรคต่างๆเกี่ยวกับโครงการนี้ และขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกๆท่านที่ได้ให้ความรู้ในด้านต่างๆ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้เกี่ยวกับการทำโครงการได้แทบทั้งสิ้น และขอขอบคุณพี่ๆและเพื่อนที่คอยช่วยเหลือให้คำแนะนำทำให้โครงการฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีในภาคเรียนที่ 2 ของการทำโครงการ ผู้จัดทำขอระลึกถึงด้วยความขอบพระคุณอย่างยิ่ง



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 แนวคิดและขอบเขตของโครงการ	1
1.4 แสดงผังการทำงานหลักของตู้อบเด็กทารกแรกเกิด	2
1.5 โครงสร้างของเนื้อหาของโครงการ	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 กายภาพของทารก	4
2.2 ระบบควบคุมของตู้อบเด็กทารก	11
2.2.1 ส่วนเซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น	11
2.2.2 ส่วนแสดงผล	16
2.2.3 ส่วนควบคุมอุณหภูมิและความชื้น	17
2.2.4 ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติชนิด PID	18
2.2.5 การส่งข้อมูลแบบ I ² C	23
2.2.6 ตัวประมวลผลควบคุม (Microcontroller)	25
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	40
3.1 การออกแบบวงจรส่วนต่างๆ ภายในตู้อบเด็ก	41
3.1.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟของระบบควบคุม	42
3.1.2 ส่วนตรวจจับอุณหภูมิที่ใช้ SHT15	42
3.1.3 วงจรทรานซิสเตอร์และแยกโหลด	43
3.1.4 วงจรตรวจจับสัญญาณชานน์	43

สารบัญ(ต่อ)

3.1.5	วงจรส่วนแสดงผล	44
3.1.6	วงจรถบคุมการทำงานหลัก	45
3.2	การออกแบบส่วนประกอบภายนอก	46
3.2.1	ตู้ครอบตัวเด็กและแผ่นรองตัวเด็ก	46
3.2.2	ตู้ฐานรอง	47
3.2.3	Chamber	47
3.2.4	กล่องควบคุมระบบ	48
3.2.5	สวิทช์ควบคุมและแผงหน้าปัด	48
บทที่ 4	ขั้นตอนการทดลองและผลการทดลอง	49
4.1	ทดสอบความเป็นเชิงเส้นของช่วงเวลาการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเทียบกับเวลา	49
4.2	ปรับค่าค่าคงที่(K)ต่างๆของระบบพีไอดี (PID) ที่เหมาะสมกับระบบมากที่สุด	50
4.3	ทดสอบระบบกับการออกแบบแบบใหม่	57
4.4	ทดลองวัดการกระจายของอุณหภูมิที่จุดต่างกันในตัว	58
4.5	ทดสอบเสถียรภพวงที่มาจากส่วนพัฒนา	59
บทที่ 5	สรุปและข้อเสนอแนะ	60
	บรรณานุกรม	62
	ภาคผนวก ก	63
	ภาคผนวก ข	83

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 อุณหภูมิภายในตู้อบสำหรับทารกน้ำหนักตัวต่างๆกัน ใน 24 ชั่วโมงแรก	7
2.2 ความต้องการอุณหภูมิในตู้อบสำหรับทารกขนาดต่างๆกันเมื่ออายุมากขึ้น(°C)	7
2.3 แสดงขาสัญญาณของ SHT11	12
2.4 แสดงคุณสมบัติ DC ของ SHT11	13
2.5 แสดงคุณสมบัติของสัญญาณ SCK และ DATA	15



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบ	2
2.1 รูป IC SHT1X และ SHT7X	11
2.2 แสดงลักษณะของ SHT15	12
2.3 แสดง Block Diagram ของ SHT15	13
2.4 แสดงการต่อ SHT15 กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์	14
2.5 แสดง Timing Diagram ในช่วงการส่งข้อมูลของ SHT15	15
2.6 แสดงคุณสมบัติของ Timing Diagram ของสัญญาณ DATA และ SCK ของ SHT15	16
2.7 แสดงการเชื่อมต่อ LCD Module กับ Microcontroller	17
2.8 แสดงลักษณะของ MOC3081	17
2.9 แสดงอุปกรณ์ BTA12-600B	18
2.10 แสดงระบบควบคุมแบบ PID	18
2.11 แสดงการเข้าสู่จุด Set point ของ Proportional (P)	19
2.12 แสดงการเข้าสู่จุด Set point ของ Integration (I)	20
2.13 แสดงการเข้าสู่จุด Set point ของ Derivative (D)	20
2.14 แสดงการเข้าสู่จุด Set point ของ Proportional + Integration + Derivative (PID)	21
2.15 แสดงการเปรียบเทียบการตอบสนองของระบบควบคุม 3 ชนิด	21
2.16 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมอัตโนมัติ	22
2.17 การติดต่ออุปกรณ์หลายๆตัวของ I ² C	23
2.18 แสดงสัญญาณ Acknowledge ของ I ² C	25
2.19 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์	25
2.20 โครงสร้างของหน่วยความจำใน MCS-51	26
2.21 โปรแกรมเมมโมรี่ของ MCS 51	27
2.22 การต่อ External program memory และ External data memory ร่วมกัน	28
2.23 การต่อ External program memory	29
2.24 Data memory ของ MSC-51	30
2.25 Internal Data Memory	30
2.26 การต่อใช้งานของ External data memory	31
2.27 โครงสร้างภายในของ Microcontroller MCS-51	32
2.28 รายละเอียดของตำแหน่งข้อมูลต่างๆ ใน SFR	33

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.29 การต่อ CPU Timing	35
2.30 Machine Cycles	38
2.31 ขบวนการ Fetch / Execute	38
3.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟของระบบควบคุม	41
3.2 ตัวอย่างการต่อใช้งานของ SHT15	42
3.3 แสดงวงจรทรานซิสเตอร์และแยกโหนด	43
3.4 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณขาอินพุต	43
3.5 สัญญาณขาอินพุตเมื่อผ่านวงจรคอมพาราเตอร์ที่ใช้ LM339	44
3.6 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ส่วนแสดงผลข้อมูล	44
3.7 วงจรควบคุมการทำงาน	45
3.8 ตู้ครอบตัวเด็ก	46
3.9 ส่วนฐานรองตู้	47
3.10 กล้องบรรจุส่วนของอุปกรณ์วงจรของตู้	48
3.11 ส่วนสวิทช์ควบคุมและแผงหน้าปัด	48
4.1 กราฟแสดงการทดสอบการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิให้โหนดทำงาน 100 เปอร์เซ็นต์	50
4.2 กราฟแสดงการปรับค่าค่างที่ของพี (Kp=80)	51
4.3 กราฟแสดงการปรับค่าค่างที่ของพี (Kp=100)	51
4.4 กราฟแสดงการปรับค่าค่างที่ของพี (Kp=150)	52
4.5 กราฟแสดงการปรับค่าค่างที่ของพีไอ (Kp=150; Ki=0.1)	53
4.6 กราฟแสดงการปรับค่าค่างที่ของพีไอ (Kp=150, Ki=0.05)	53
4.8 กราฟแสดงการปรับค่าค่างที่ของพีไอดี (Kp=150, Ki=0.05, Kd=0.1)	54
4.9 กราฟแสดงการปรับค่าค่างที่ของพีไอดี (Kp=150, Ki=0.05, Kd=0.5)	55
4.10 กราฟแสดงการปรับค่าค่างที่ของพีไอดี (Kp=150, Ki=0.05, Kd=1.0)	55
4.11 กราฟแสดงการนำค่าค่างที่ของพีไอดี (Kp=150, Ki=0.05, Kd=0.5) มาใช้กับตู้ใหม่	57
4.12 กราฟแสดงการนำค่าค่างที่ของพีไอดี (Kp=150, Ki=0.05, Kd=0.5) มาใช้กับตู้ใหม่	57

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.13 กราฟแสดงผลจากการวางหัวเซนเซอร์ที่หัวตู้ทางด้านยาว	58
4.14 กราฟแสดงผลจากการวางหัวเซนเซอร์ที่ท้ายตู้ทางด้านยาว	59



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

คู่มือเด็กทารกแรกเกิด จัดเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับการแพทย์ที่มนุษย์ได้คิดค้นประดิษฐ์ขึ้นมา จัดได้ว่าเป็นเครื่องมือที่จำเป็นมากในทุกโรงพยาบาล สำหรับช่วยชุบชีวิตของเด็กทารกที่คลอดก่อนกำหนดให้มีชีวิตและเจริญเติบโต คู่มือเด็กทารกแรกเกิดได้มีการพัฒนาจากเครื่องที่ควบคุมระบบปฏิบัติงานเอง (Manual) จนกระทั่งมาถึงระบบที่ควบคุมด้วยระบบกึ่งอัตโนมัติและกลายเป็นระบบควบคุมอัตโนมัติ (Automatic) การควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติทำให้เกิดประสิทธิภาพที่ดีขึ้นของตัวเครื่องและอีกทั้งสร้างความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานมากขึ้น

เครื่องที่ควบคุมด้วยระบบ อัตโนมัติจึงประยุกต์นำเอาเทคโนโลยีไมโคร โปรเซสเซอร์มาใช้เป็นตัวควบคุมระบบการทำงานต่างๆ ของตัว เพื่อให้คู่มือเด็กทารกแรกเกิดทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

1.2 วัตถุประสงค์

โครงการนี้เป็นการประยุกต์เทคโนโลยีไมโคร โปรเซสเซอร์มาใช้เป็นตัวควบคุมระบบการทำงานแบบอัตโนมัติของคู่มือเด็กทารกแรกเกิด โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

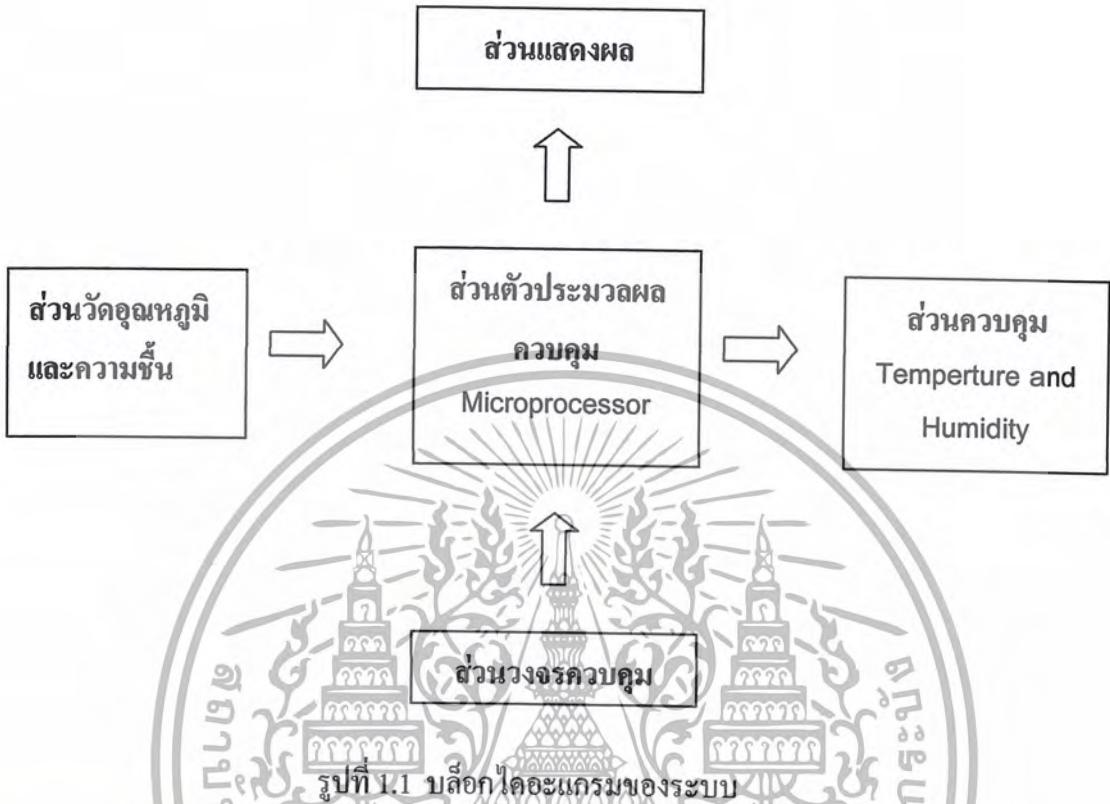
1. เพื่อศึกษาการออกแบบระบบอัตโนมัติที่เป็น ไป ได้มากที่สุดที่มีตัวไมโคร โปรเซสเซอร์เป็นตัวควบคุมระบบ
2. เพื่อออกแบบระบบวัดอุณหภูมิและความชื้น
3. เพื่อออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

1.3 แนวคิดและขอบเขตของโครงการ

ระบบประกอบด้วยส่วนเซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้นซึ่งจะทำการวัดอุณหภูมิและความชื้นแล้วส่งค่ามายังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผล แล้วส่งค่ามาแสดงผลยังหน้าจอ LCD เพื่อให้รู้ถึงค่าของอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้ ณ เวลานั้นๆ และค่าของข้อมูลส่วนหนึ่งจะถูกส่งเข้าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 เพื่อเป็นตัวเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างค่าที่วัดได้กับค่าที่ต้องการควบคุม โดยค่าที่ต้องการควบคุมถูกป้อนค่าผ่านทางคีย์สวิตช์ โดยถ้าหากว่าค่าที่วัดได้ไม่ตรงกับค่าที่ต้องการควบคุมจะกำหนดให้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นทำงาน และเมื่ออุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้มีค่าตรงกับค่าที่ตั้งไว้ ก็จะสั่งให้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นหยุดทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 แสดงผังการทำงานหลักของตู้อบเด็กทารกแรกเกิด



ส่วนประกอบของตู้อบเด็กทารกแรกเกิด

1. ส่วนตัวประมวลผลควบคุม

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทุกส่วนของตู้อบเด็กทารกแรกเกิด ตั้งแต่การรับข้อมูลจากส่วนอินพุทของตัวตู้เข้ามายังตัวประมวลผล และทำการส่งข้อมูลที่ทำการประมวลผลแล้วส่งออกไปยังส่วนแสดงผล

2. ส่วนวัดอุณหภูมิและความชื้น

ตรวจจับค่าอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เซนเซอร์ SHT11 จะสามารถวัดได้ทั้งอุณหภูมิในตัวเดียวกัน โดยจะให้เอาท์พุทออกมาเป็นสัญญาณดิจิตอลส่งผ่านมายังตัวประมวลผลเพื่อประมวลผล

3. ส่วนควบคุม

รับการตั้งค่าอุณหภูมิที่กำหนดการทำงานให้กับตู้อบเด็กทารกแรกเกิด เพื่อส่งไปยังตัวประมวลผลควบคุมการทำงานของตู้

4. ส่วนแสดงผล

รับค่าที่ได้จากส่วนประมวลผลออกไปแสดงทาง Module LCD

1.5 โครงสร้างของเนื้อหาของโครงการ

รายละเอียดของโครงการแบ่งเป็นเนื้อหาในส่วนต่างๆดังนี้

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึง แนวคิด ที่มา วัตถุประสงค์ คุณสมบัติทั่วไป

โครงสร้างโดยรวมและประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำโครงการ

บทที่ 2 กล่าวถึง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการทำโครงการนี้

บทที่ 3 กล่าวถึง การออกแบบและการสร้างระบบ

บทที่ 4 กล่าวถึง การทดลองและผลการทดลอง

บทที่ 5 กล่าวถึง สรุป วิเคราะห์ผลการทดลอง และแนวทางการพัฒนาระบบ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- สามารถศึกษาการทำงานของตู้อบเตี๊ยกทารกแรกเกิดแบบต่างๆได้
- สามารถศึกษาเทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นำมาประยุกต์ใช้กับชิ้นงานได้
- สามารถศึกษาเกี่ยวกับระบบควบคุมแบบ PID ที่นำมาประยุกต์ใช้กับการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้
- สามารถออกแบบระบบวัดและควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเพื่อใช้งานกับระบบกึ่งอัตโนมัติหรือเป็นแบบอัตโนมัติให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้
- เป็นข้อมูลสนับสนุนการวิจัยพัฒนาของผู้สนใจได้นำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ทางการแพทย์

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องการสร้างตู้อบเด็กทารกแรกเกิดนี้มีดังนี้

2.1 กายภาพทารก

2.2 ระบบควบคุมของตู้อบเด็กทารก

2.2.1 ส่วนเซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น

2.2.2 ส่วนแสดงผล

2.2.3 ส่วนควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

2.2.4 ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติชนิด PID

2.2.5 การส่งข้อมูลแบบ PC

2.2.6 ตัวประมวลผลควบคุม (Microcontroller)

2.1 กายภาพของทารก

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

- ทารกที่คลอดครบกำหนด (Full Term Baby) หมายถึง ทารกที่คลอดจากครรภ์มารดา ในระหว่าง 38-42 สัปดาห์ ซึ่งถือว่าทารกในระยะนี้เป็นระยะที่เติบโตเต็มที่และสามารถมีชีวิตอยู่ได้
- ทารกที่คลอดก่อนกำหนด (Pre Term Baby) หมายถึง ทารกที่คลอดจากครรภ์มารดาที่คลอดจากครรภ์มารดา ก่อนการตั้งครรภ์ครบ 38 สัปดาห์ และมีน้ำหนักตัวเมื่อแรกคลอดต่ำกว่า 2500 กรัม
- ทารกคลอดเกินกำหนด (Post Term Baby) หมายถึง ทารกที่คลอดจากครรภ์มารดาภายหลังการตั้งครรภ์ 42 สัปดาห์

ทารกทั้ง 3 ประเภทนี้มีความแตกต่างกันทั้งด้านรูปร่าง ลักษณะ การเจริญเติบโต และความต้านทานโรค โดยเฉพาะทารกที่คลอดและเกินกำหนด จะมีความต้านทานโรคที่น้อย มีอันตราย (Mortality rate) สูงกว่า และมีอันตรายระหว่างคลอด (Birth Injury) ได้มากกว่าทารกที่คลอดก่อนกำหนด

สรีรวิทยาของทารกแรกเกิด

ทารกเมื่ออยู่ในครรภ์มารดาถูกห่อหุ้มเลี้ยงดูอยู่ในที่มิดชิดเหมาะสม ไม่ต้องหายใจ ไม่ต้องกินอาหารเอง ได้รับความอบอุ่นเพียงพอ แต่ทันทีที่ทารกคลอดผ่านพ้นจากครรภ์มารดาออกมาสู่โลกภายนอก ซึ่งสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง ทารกจำเป็นต้องปรับตัวทุกๆ ระบบของร่างกายเพื่อการอยู่รอดของชีวิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการหายใจ

เป็นระบบแรกที่จะเริ่มทำงานทันทีเมื่อแรกคลอด ปอดของทารกขณะอยู่ในครรภ์มารดาจะมีลักษณะแข็ง แฝบ และยังไม่ทำงาน ถุงลมปอดยังไม่พองตัว การหายใจของทารกจะเกิดขึ้นเมื่อร่างกายขาดออกซิเจน และมีคาร์บอนไดออกไซด์คั่งในกระแสโลหิต และไปกระตุ้นศูนย์ควบคุมการหายใจให้เริ่มมีการหายใจ

นอกจากนี้การที่บริเวณทรวงอกของทารกถูกบีบรัด หรือถูกในขณะคลอด หรือการสัมผัสเสียดสีที่บริเวณ แขน ขา มือ เท้า ของทารก ก็จะเป็นการกระตุ้นให้ทารกหายใจและร้องไห้ การที่ทารกร้องไห้ช่วยให้ปอดขยายตัวได้ดีขึ้น ปอดของทารกในบางครั้งกว่าจะขยายตัวและทำงานได้เต็มที่อาจต้องใช้เวลา 2-3 วันก็อาจมี จึงอาจทำให้การหายใจของทารกไม่สม่ำเสมอ อัตราการหายใจเมื่อแรกคลอดใหม่ๆ ประมาณ 35-50 ครั้งต่อนาที เฉลี่ย 40 ครั้งต่อนาที ถ้าเกิน 60 ครั้งต่อนาทีแสดงว่าผิดปกติ นอกจากนี้จะพบว่าจามง่ายและแรง ทั้งนี้เนื่องจากแรงมูกของทารกเล็กและแคบ เยื่อจมูกไวต่อความรู้สึก

การให้ออกซิเจน

ทารกเกิดก่อนกำหนดไม่จำเป็นต้องได้รับออกซิเจนทุกราย นอกจากมีอาการเขียวหรือหายใจลำบาก ถ้าจำเป็นต้องให้ออกซิเจนควรพยายามให้น้อยที่สุดพอที่เด็กจะไม่เขียว การให้ PaO₂ สูงๆ จะมีโอกาสเกิด Retinopathy of Prematurity (ROP) ได้ การใช้ออกซิเจนต่ำกว่าร้อยละ 40 อาจไม่ปลอดภัย ถ้าทารกมีปอดดีและมี PaO₂ สูงกว่า 90 torr และถ้าไม่สามารถตรวจหา Blood Gas ได้ เมื่อทารกตัวแดงดี ควรลดความเข้มข้นของออกซิเจนลงเรื่อยๆ เพราะ PaO₂ ที่สูงๆจะทำให้หลอดเลือดเรตินาตีบตัว ถ้านานก็พอที่จะทำให้ขาดเลือดไปเลี้ยง เห็นเป็นแนวแยก (Demarcation Line) ระหว่างส่วนที่ขาดเลือดกับส่วนที่มีเลือดไปเลี้ยง ต่อมาแนวนี้ก็จะขยายใหญ่ขึ้น และนูนเป็นสันเห็น ได้ชัดเจน ต่อมาจึงเริ่มมีการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อซึ่งส่วนมากมักยื่นไปทางด้านหลังเรียกว่า Fibrovascular Proliferation ในรายที่รุนแรงก็จะมีการลอกหลุดของจอตา (Retina Detachment) การให้ออกซิเจนโดยใช้ความดันบวกหรือใช้เครื่องช่วยหายใจ ถ้าเป็นเวลานานพออาจทำให้เกิดสภาพพยาธิต่อปอดได้ ทำให้มีการทำลายผนังถุงลมและหลอดลมขนาดเล็กและมีเนื้อตาย (Necrosis) และมีโพโร โปลิสเกิดขึ้น ลักษณะทางถ่ายภาพรังสี ในระยะแรกจะเห็นเป็นจุดขาวเล็กๆ (Ground-Glass) แบบ Hyaline Membrane Disease ต่อมาก็จะฝ้ามากขึ้น ประมาณสัปดาห์ที่ 2-3 เริ่มมีลักษณะถุงลมโป่งพองกระจายทั่วไป หลังจากนั้นจึงเริ่มมีเส้นสีขาวกระจายทั่วไปประกอบกับการขยายตัวของปอดบางส่วน ได้มีการศึกษาถึงการให้วิตามิน เอ วิตามิน อี ในการป้องกันว่าช่วยลดความรุนแรงลงได้ แต่ยังไม่ได้ใช้กันอย่างแพร่หลายอย่างไรก็ตามการดูแลช่วยเหลือทางด้านกรหายใจที่ถูกต้อง รวมทั้งการให้น้ำที่ไม่มากเกินไป หรือการให้ยาขับปัสสาวะในบางราย ก็จะช่วยลดความรุนแรงของภาวะนี้ได้

การควบคุมความร้อนของร่างกาย

ทารกมีศูนย์ควบคุมความร้อนอยู่ที่ Hypothalamus เมื่ออยู่ในครรภ์มารดา ทารกจะมีอุณหภูมิประมาณ 37.7° องศาเซลเซียส พอคลอดออกมาอุณหภูมิจะลดลงเป็น 21.1° องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของทารกใหม่จะเปลี่ยนแปลงได้ง่ายตามสิ่งแวดล้อม เนื่องจากศูนย์ควบคุมการทำงานยังไม่สมบูรณ์ ใน 2-3 วันแรกคลอด อุณหภูมิของทารกอาจสูงประมาณ 37.7° - 40° องศาเซลเซียสเนื่องจากร่างกายเสียน้ำ หรือในวันที่มีอากาศร้อนหรือห่อทารกด้วยผ้าหนาๆ ก็อาจทำให้อุณหภูมิร่างกายของทารกได้สูงเช่นกัน ทารกแรกเกิดสร้างความร้อนโดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมี (Chemical Thermogenesis) เนื่องจากยังไม่มีการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ หรือทำอาหารสั่นเพื่อสร้างความร้อนอย่างผู้ใหญ่ได้ ทารกจึงต้องใช้พลังงานและออกซิเจนมากขึ้นในการทำความร้อนนี้มีการใช้ไขมันสีน้ำตาล (Brown Fat) ที่อยู่บริเวณทรวงอกคอและรอบๆ ไต เพื่อเปลี่ยนเป็นกรดไขมันใช้เป็นพลังงานในการสร้างความร้อน ทารกเกิดก่อนกำหนดจึงมีปัญหาในการสร้างความร้อนที่จะควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย นอกจากนี้ โอกาสที่จะเสียน้ำร้อนมีมากกว่าทารกที่คลอดครบกำหนด เนื่องจากผิวหนังบางและมีพื้นที่ผิวกายเมื่อเทียบกับน้ำหนักตัว จึงมีความจำเป็นต้องให้ความร้อนจากภายนอก ได้แก่ ตู้อบต่างๆ ที่จะช่วยลดการสูญเสียความร้อนและทำให้อุณหภูมิกายคงที่ทารกที่มีอุณหภูมิต่ำจะมีอันตรายได้สูงกว่าทารกที่มีอุณหภูมิกายปกติหลายเท่า ทั้งนี้เนื่องจากผลเสียของภาวะตัวเย็น (Hypothermia) จะทำให้มีปัญหาต่างๆ เช่น

1. มีหลอดเลือดบีบตัว ทำให้เลือดไปเลี้ยงส่วนต่างๆ น้อยลง มีภาวะเผาผลาญแบบอนาแอโรบิก (Anaerobic Metabolism) สูงขึ้น เกิดภาวะกรดเกิน (Acidosis) ในร่างกาย
2. การควบคุมกลูโคสและไขมันเสียไป เกิดภาวะน้ำตาลต่ำในเลือดได้ง่าย
3. มีปัสสาวะออกเพิ่มขึ้นจากเหตุ โคลามีนที่หลังเพิ่มขึ้น มีผลปัสสาวะมากขึ้นทำให้เกิดภาวะขาดน้ำ
4. น้ำหนักตัวลด เพราะต้องเสียพลังงานต่างๆ ไปในการสร้างความร้อนแทนที่จะนำมาใช้ในการเจริญเติบโตของร่างกาย
5. ทำให้ปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้เลือดแข็งตัวเสียไป อาจเกิดภาวะเลือดออกได้ง่าย

ตัวอย่างอุณหภูมิกายของตู้อบที่ใช้เพื่อให้ทารกอยู่ในภาวะแวดล้อมที่เป็นกลาง (Natural Environment) คือให้มีอุณหภูมิกายระหว่าง 36° - 37° องศาเซลเซียส ใน 24 ชั่วโมงแรก (ตารางที่ 1) และเมื่ออายุมากขึ้น

ตารางที่ 2.1 อุณหภูมิภายในตู้อบสำหรับทารกน้ำหนักตัวต่างๆกัน ใน 24 ชั่วโมงแรก

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

ตารางที่ 2.2 ความต้องการอุณหภูมิในตู้อบเด็กสำหรับทารกขนาดต่างๆกันเมื่ออายุมากขึ้น (°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 สัปดาห์	33.4	32.1	29.2
4 สัปดาห์	32.9	31.7	-
6 สัปดาห์	31.8	30.6	-

ปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะเลี้ยงทารกตลอดก่อนกำหนดไว้ในอุณหภูมิขั้นต่ำของอุณหภูมิที่เป็นกลาง (Neutral Temperature) เชื่อว่าจะเป็นตัวกระตุ้นทารกทำให้ไม่หยุดหายใจง่าย และทำให้มีการเจริญเติบโตดีกว่าทารกที่อยู่ในอุณหภูมิขั้นสูงของอุณหภูมิที่เป็นกลางอย่างไรก็ตามควรระมัดระวังและเฝ้าดูแลอย่างใกล้ชิด เนื่องจากอุณหภูมิอาจลดต่ำกว่าอุณหภูมิที่เป็นกลางจนเกิดผลเสียได้

การพยาบาลที่จำเป็นจะต้องปฏิบัติต่อทารกแรกเกิด

การพยาบาลที่จำเป็นจะต้องปฏิบัตินี้ เป็นสิ่งที่ผู้ให้การพยาบาลจำเป็นจะต้องปฏิบัติเพื่อช่วยเหลือให้ทารกสามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ และเจริญเติบโตได้ตามปกติ โดยที่ผู้ปฏิบัติจะต้องยึดหลักต่อไปนี้

1. ช่วยให้การหายใจได้สะดวก และรับออกซิเจนเพียงพอโดย

- ช่วยให้ระบบทางเดินหายใจของทารกปราศจากสิ่งอุดกั้น โดยการดูดจมูกเพื่อให้เมือกหรือโลหิตที่อุดกั้นอยู่ในปาก คอ จมูกออกได้หมด อาจใช้ลูกสูบยางดูดออก หรือใช้สายสอดลงไปดูดในรายที่อยู่ลึก การจับให้ศีรษะของทารกห้อยต่ำลงก็เป็นการช่วยให้ของเหลวที่อุดกั้นไหลออกจากปากและจมูกได้สะดวก(ยกเว้นในรายที่ทารกได้รับความกระทบกระเทือนที่ศีรษะหรือมีการตกเลือดในสมองไม่ควรจับศีรษะห้อยต่ำลง)

- กระตุ้นให้ทารกร้อง เพื่อช่วยให้ถุงลมของปอดขยายตัวทำให้ทารกหายใจ โดยการเขย่าเบาๆที่ฝ่าเท้า หรือตบเบาๆที่ก้น

- ทารกบางรายที่ไม่หายใจเนื่องจากศูนย์ควบคุมการหายใจทำงานไม่ปกติทำให้ทารกหยุดหายใจ อาจให้การช่วยเหลือโดยใส่ท่อเอนโดเทรคัล (Endotracheal Tube) และพ่ายปอดโดยใช้ความดันกดลงในปอดทารกโดยตรง (Positive Pressure) ใช้แรงดันประมาณ 15-20 เซนติเมตรน้ำ ไม่ควรใช้แรงดันที่สูงไปเพราะจะทำให้ปอดฉีกขาด การพ่ายปอดโดยวิธีเป่าลมเข้าทางปากทารก (Mouth to Mouth) ก็เป็นวิธีที่ใช้ได้ผลดีในทารกเกิดใหม่ควรหลีกเลี่ยงการใช้ยากระตุ้นการหายใจแต่อาจใช้ยาพวกกระตุ้นการไหลเวียนโลหิตได้บ้าง

- การให้ออกซิเจน ทารกคลอดใหม่ที่มีอาการแสดงว่าขาดออกซิเจน เช่น หายใจลำบาก ปากเขียว เล็บเขียว ผิวคล้ำหรือซีดขาว ควรให้ออกซิเจนไว้จนกว่าจะดีขึ้น คือผิวหนังของทารกจะมีสีแดง การหายใจสม่ำเสมอเป็นปกติ วิธีให้ออกซิเจนทารกคลอดใหม่อาจจะให้ทางสายยางหรือใช้หน้ากากครอบจมูก แต่วิธีให้ให้ทางสายยาง ห้ามให้ออกซิเจนแก่ทารกเกินกว่า 40 เปอร์เซ็นต์เพราะอาจทำให้ทารกตาบอดได้ โดยเฉพาะในทารกที่คลอดก่อนกำหนด

2. การให้ความอบอุ่น ทารกหลังคลอดแล้วอุณหภูมิของร่างกายจะลดลงทันทีและจะกลับคืนสู่ปกติประมาณ 8 ชั่วโมงหลังคลอด เพื่อช่วยให้ทารกสามารถปรับอุณหภูมิของร่างกายได้ปกติ ควรห่อหุ้มทารกให้อบอุ่นด้วยผ้านุ่มๆทันทีหลังคลอด อุณหภูมิของห้องคลอดควรอยู่ประมาณ 36.6 องศาเซลเซียส

3. การแยกเด็กและติดป้ายชื่อ ทารกคลอดใหม่ก่อนที่จะแยกออกไปจากเตียงคลอดต้องติดป้ายชื่อมารดาและทารก ที่ป้ายชื่อจะต้องบอก ชื่อ นามสกุล เพศ น้ำหนักทารก วันเวลาที่คลอด และควรอุ้มทารกให้มารดาได้เห็นหน้าและเพศอย่างชัดเจนอีกครั้ง ก่อนที่จะแยกทารกออกไปจากมารดาและตรวจดูป้ายชื่อทั้งมารดาและทารกให้ตรงกันอีกครั้ง

ปัญหาที่พบในทารกที่คลอดก่อนกำหนด

ทารกคลอดก่อนกำหนดจะเสียเปรียบเด็กคลอดครบกำหนดมาก เนื่องจากอวัยวะทุกอย่างไม่สมบูรณ์พอที่จะใช้งานได้อย่างเต็มที่ รวมถึงภูมิคุ้มกันการติดเชื้อจากมารดาที่จะส่งผ่านรกจะมาก ในช่วงอายุครรภ์ประมาณ 32-36 อาทิตย์ ทำให้ ทารกที่คลอดอายุครรภ์น้อย ๆ มีการติดเชื้อได้ง่ายขึ้นไปอีก สำหรับปัญหาที่มักพบได้บ่อยในทารกคลอดก่อนกำหนดมีดังนี้

1. ปัญหาเกี่ยวกับการควบคุมอุณหภูมิ เนื่องจากทารกมีการสูญเสียความร้อนออกมาทางผิวหนัง และถ้าเทียบกับพื้นที่ของผิวหนังกับน้ำหนักตัวพบว่า ยังกทารกน้ำหนักตัวยิ่งน้อยพื้นที่ผิวหนังเทียบสัดส่วนกับน้ำหนักตัวยิ่งมากดังนั้นทำให้สูญเสียความร้อนเพิ่มขึ้นมาก และอีกทั้งทารกคลอดก่อนกำหนดมีจำนวนไขมันที่ให้พลังงานความร้อนในตัวเองไม่มากจึงทำให้มีโอกาสดำเนินได้ง่าย ดังนั้นเด็กทารกคลอดก่อนกำหนดที่น้ำหนักต่ำกว่า 1800 กรัม จึงมักต้องอยู่ในตู้อบเพื่อควบคุมอุณหภูมิ

2. ปัญหาทางระบบทางเดินหายใจ โดยปกติทารกแรกเกิดถ้าคลอดก่อนกำหนดบางรายศูนย์กระตุ้นหายใจไม่ทำงานทำให้มีการหยุดหายใจได้ ซึ่งจะต้องได้รับยากระตุ้นให้หายใจ นอกจากนี้ยังมีปัญหาเรื่องปอดที่ยังไม่เจริญสมบูรณ์ ทำให้เกิดโรคระบบหายใจได้ง่าย

3. ปัญหาการติดเชื้อ ซึ่งปกติทารกคลอดก่อนกำหนดระบบภูมิคุ้มกันยังไม่สมบูรณ์ เม็ดเลือดขาว ระบบภูมิคุ้มกันในร่างกาย อีกทั้งผิวหนังจะบางมากทำให้เชื้อโรคแทรกตัวเข้าในผิวหนังได้ง่าย จึงสามารถติดเชื้อได้ง่าย และมักเป็นอาการรุนแรงมากกว่าเด็กทารกที่ครบกำหนด

4. ระบบหัวใจ เนื่องจากทารกคลอดก่อนกำหนด ดังนั้นเส้นเลือดที่อยู่บริเวณใกล้หัวใจ (PDA) ยังจะไม่ปิดสนิท ซึ่งถ้าหลังคลอดแล้วเส้นเลือดยังไม่สามารถเปิดขึ้นมาใหม่ เป็นสาเหตุที่ทำให้ทารกมีหัวใจวายได้ง่ายซึ่งอาจรุนแรงจนต้องผ่าตัด เพื่อปิดเส้นเลือดดังกล่าว

5. ปัญหาการให้ออกซิเจน ปกติออกซิเจนที่ให้กับทารกสามารถทำปฏิกิริยาเกิดสารซูเปอร์ออกไซด์ ซึ่งมีพิษต่อเนื้อ ปอด และจอประสาทตาของทารกคลอดก่อนกำหนดได้ ซึ่งเสี่ยงในการเกิดโรคเรื้อรัง (BPD) หรือประสาทตาผิดปกติ (ROP)

6. ปัญหาเลือดออกในช่องสมอง ซึ่งพบได้บ่อยในทารกคลอดก่อนกำหนดที่น้ำหนักตัวน้อย ยังน้ำหนักตัวเองน้อยยังมีโอกาสเกิดมากขึ้น ซึ่งบางรายอาจรุนแรงจนเสียชีวิตได้

7. ปัญหาทางโภชนาการ และการกิน เนื่องจากทารกคลอดก่อนกำหนดมีโอกาสที่ลำไส้เน่า (NEC) ได้สูงจากสาเหตุ 3 ปัจจัย คือ

- ภาวะลำไส้ขาดเลือด
- นมที่กิน
- การติดเชื้อ

อีกทั้งลำไส้ทารกถือเป็นส่วนที่ยาวมากที่สุดที่ยังเจริญไม่เต็มที่ดังนั้นการปรับตัวของลำไส้มักจะต้อง

ใช้เวลาบางครั้งค่อย ๆ ให้อาหารทารกอย่างระมัดระวัง เพื่อหลีกเลี่ยงภาวะลำไส้เน่าที่จะเกิดขึ้น ทารก

ตลอดก่อนกำหนดจะมีข้อแทรกซ้อนอย่างมากในการดูแล ทางที่ดีคุณแม่ขณะตั้งครรภ์ควรช่วง 1-2 เดือนสุดท้าย ควรระมัดระวังภาวะหรืออาการผดผื่นทุกอย่างที่จะกระตุ้นให้มีการคลอดก่อนกำหนด ซึ่งถ้าไม่แน่ใจควรปรึกษาสูติแพทย์จะดีที่สุด

แนวทางการปฏิบัติ เพื่อควบคุมอุณหภูมิของร่างกายทารกแรกเกิด

1. ทันทีกักทารกคลอดครบเซ็ดผิวแห้งให้แห้ง ใส่เสื้อผ้า ห่มผ้าให้ และให้ทารกนอนอยู่ในเตียงที่อบอุ่น
2. วัดอุณหภูมิทารกทุก 15 นาที จนกว่าอุณหภูมิจะปกติ แล้วจึงเปลี่ยนเป็นวัดทุกๆ 4 ชั่วโมง
3. ถ้าอุณหภูมิของทารกต่ำกว่าปกติ คือ ต่ำกว่า 36.5 องศาเซลเซียส ไม่จำเป็นต้องอาบน้ำทารก ควรทำความสะอาดร่างกายเฉพาะที่เปียกบางส่วน เช่น หน้าและก้นก็พอแล้ว ห่มผ้าให้อบอุ่น
4. ถ้าอุณหภูมิของร่างกายยังต่ำอยู่ต้องพิจารณาใช้ผ้าห่ม ไฟฟ้าหรือ โคมไฟฟ้าตั้งส่องที่ทารก ต้องระวังอันตรายจากความร้อน (Burn) และอันตรายจากแสงไฟเข้าตาโดยตรง จะเกิดการระคายเคืองต่อตาทารกได้
5. ถ้าอุณหภูมิของห้องเย็นมากโดยเฉพาะในฤดูหนาวจะต้องใช้เครื่องทำความร้อน (Heater) ช่วย
6. ถ้าทารกยังไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิของร่างกายได้ควรพิจารณาให้อยู่ในตู้อบให้ความอบอุ่น จนกว่าอุณหภูมิของร่างกายจะอยู่ในระดับปกติ

พยาบาลในหน่วยทารกแรกเกิดน้ำหนักน้อยต้องเป็นผู้มีความรู้และทักษะในการดูแลทารกในตู้อบอย่างดี มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้ตู้อบ (Incubator) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การป้องกันและแก้ไขปัญหาระดับอุณหภูมิความร้อน

การป้องกันการสูญเสียความร้อนและควบคุมระดับอุณหภูมิของร่างกายทารกแรกเกิด น้ำหนักน้อย มีหลักสำคัญ 2 ประการ

- 1.. การใช้ตู้อบ
2. การพยาบาลทั่วไป

พยาบาลมีบทบาทสำคัญในการป้องกันการสูญเสียความร้อนและควบคุมระดับอุณหภูมิของทารกให้อยู่ในระดับที่มีการเผาผลาญและใช้พลังงานน้อยที่สุด โดยมีหลักปฏิบัติดังนี้

1. การใช้ตู้อบทารกแรกเกิดน้ำหนักน้อยที่จำเป็นต้องนำเข้าตู้อบทันที ได้แก่
 - ทารกที่น้ำหนักแรกเกิดต่ำกว่า 1300 กรัม
 - ทารกที่มีภาวะขาดออกซิเจนระยะแรกเกิดทันที
 - ทารกที่มีภาวะเสี่ยงหรืออยู่ในภาวะวิกฤต

เมื่อรับทารกแรกเกิดที่มีสภาพดังกล่าว ควรรับนำเข้าตู้อบทันที โดยไม่ต้องปฏิบัติตามขั้นตอนของการรับทารกใหม่ ซึ่งพยาบาลทุกคนควรมีความรู้เกี่ยวกับการใช้ตู้อบและ การดูแลทารกในตู้อบเป็นอย่างดี

การเลือกใช้ตู้อบชนิดใดนั้น ในรายละเอียดไม่ค่อยจะแตกต่างกันมากนัก มีหลักควรพิจารณาคุณสมบัติใหญ่ๆ คือ

- สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้คงที่ได้ง่าย
- ให้ออกซิเจนได้ง่าย
- ฝาครอบใสมองเห็นทารกได้ชัดเจนจากภายนอกตู้อบ
- มีสัญญาณเตือน เมื่อภายในตู้อบร้อนเกินไปหรือมีการถ่ายเทอากาศไม่เพียงพอ
- สามารถปรับระดับของที่นอนให้สูงขึ้น

2.2 ระบบควบคุมของตู้อบเด็กทารก

2.2.1 ส่วนเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

ส่วนวัดผลทางอุณหภูมิจะวัดค่าอุณหภูมิโดยใช้เซนเซอร์ SHT11 ซึ่ง SHT11 สามารถใช้เป็นเซนเซอร์วัดได้ทั้งอุณหภูมิและมีตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นสัญญาณดิจิตอล (A/D) ภายในตัว SHT11 เป็นอุปกรณ์ที่ให้ค่าเอาต์พุตเป็นข้อมูลดิจิตอล ซึ่งค่าที่ได้ต้องนำมาผ่านการคำนวณตามสมการมาตรฐานของอุปกรณ์จึงจะได้ค่าเอาต์พุตที่แท้จริงเป็นค่าของอุณหภูมิและความชื้น



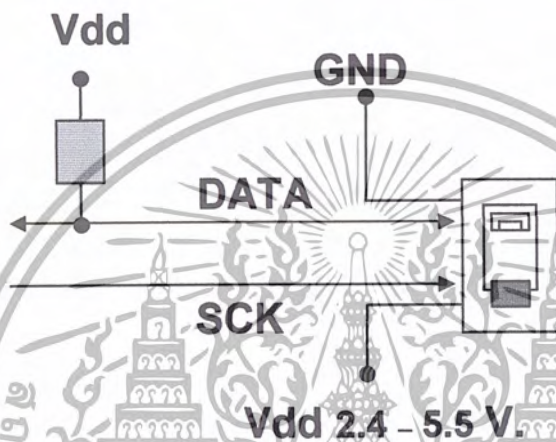
รูปที่ 2.1 รูป IC SHT1X และ SHT7X

ในโครงการนี้เราเลือกใช้ SHT11 ซึ่งจะมีคุณสมบัติดังนี้

- มี Package แบบ LCC (Leadless Chip Carrier)
- สามารถวัดได้ทั้งอุณหภูมิและความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0-125°C ความละเอียดในการวัด 0.1°C
- สามารถวัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ตั้งแต่ 1-99.9%RH ความละเอียดในการวัด 0.1%RH
- ใช้แหล่งจ่ายไฟ +5 V กินกระแสต่ำ
- ใช้สัญญาณในการควบคุม 2 เส้น คือ DATA และ CLOCK ภายใต้มาตรฐาน I²C
- มีความแม่นยำในการวัดอุณหภูมิที่ 0.5°C ส่วนความชื้นที่ 3.5



รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะของ SHT11

ตารางที่ 2.3 แสดงขาสัญญาณของ SHT11

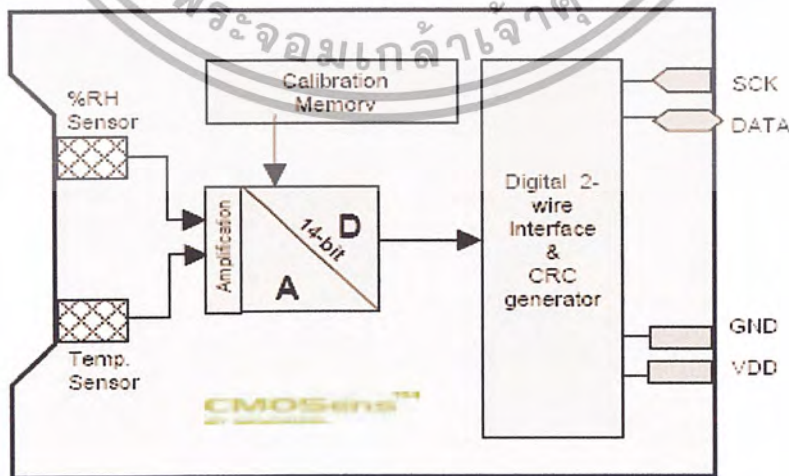
Pin	Name	Comment
1	GND	Ground
2	DATA	Serial data,bidirectional
3	SCK	Serial clock,input
4	VDD	Supply 2.4 – 5.5 V
	NC	Remaining pins must be left unconnected

ตารางที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติ DC ของ SHT11

Paramiter	Conditons	Min.	Type	Max.	Units.
Power supply DC		2.4	5	5.5	V
Supply current	Measuring		550		μA
	Average	2 ²	28 ³		μA
	Sleep		0.3	1	μA
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	μA
Input peak current	On			4	mA
	Tristated (off)		10		μA

ลักษณะการทำงานของ SHT11 จะแสดงได้ดังรูปที่ 2.4

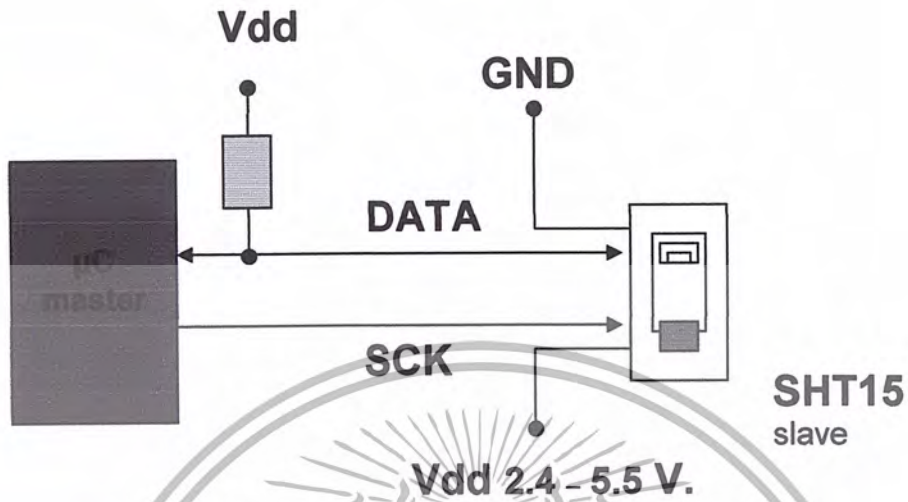
Block Diagram



รูปที่ 2.3 แสดง Block Diagram ของ SHT11

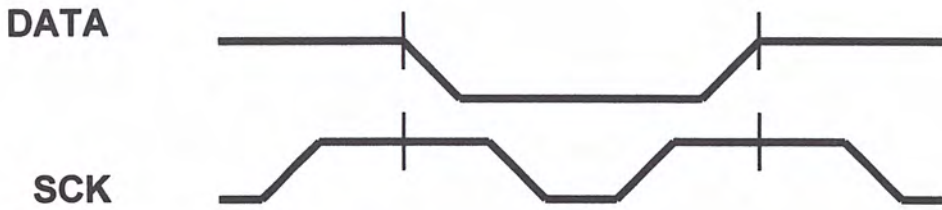
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำไปใช้งานจะต้องวงจรลักษณะดังรูป 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงการต่อ SHT11 กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์

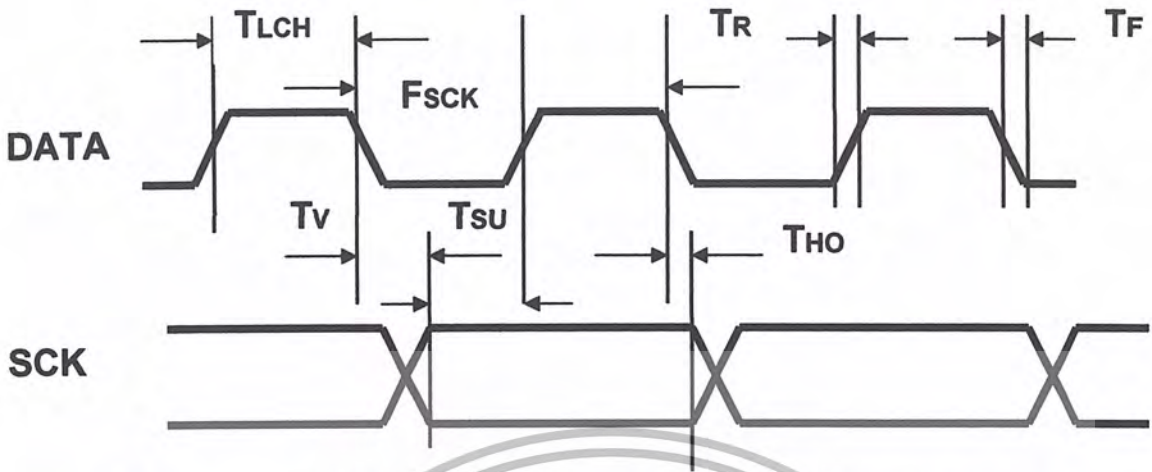
- การต่อขา Vcc กับ GND ต้องต่อไฟเลี้ยงให้อยู่ระหว่าง 2.4- 5.5 V แล้วหลังจากที่จ่ายไฟเข้าที่ตัว SHT11 แล้ว SHT11 จะใช้เวลาประมาณ 11ms เพื่อเข้าสู่โหมด Sleep ดังนั้นต้องส่งข้อมูลก่อนที่ IC จะเข้าสู่โหมด Sleep ในการต่อ Vcc กับ GND ควรที่จะต่อ C 100 nF คร่อมระหว่างขา Vcc กับ GND
- การต่อขา DATA และขา SCK จะต่อแบบ Serial Interface(Bidirectional 2 –wire) ซึ่งจะเป็นการต่อในลักษณะที่คล้ายกับ I2C แต่ไม่เหมือน I2C โดยทั่วไป
- การต่อขา SCK จะเป็นการต่อแบบตรงระหว่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์กับ SHT11
- การต่อขา DATA จะมีการต่อ Pull-up เพื่อให้ได้สัญญาณที่มีค่าสูง ซึ่งการต่อ Pull-up จะต่อกันบ่อยๆ ในการใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และในช่วงที่ทำการส่ง DATA จำเป็นที่จะต้องทำให้ DATA มีความเสถียรในขณะที่ SCK high ซึ่งแสดง Timing Diagram ได้ดังรูป 2.5



รูปที่ 2.5 แสดง Timing Diagram ในช่วงการส่งข้อมูลของ SHT11

ตารางที่ 2.5 แสดงคุณสมบัติของสัญญาณ SCK และ DATA

	Paramiter	Conditons	Min.	Type.	Max.	Units.
F _{SCK}	SCK frequency	VDD > 4.5 V			10	MHz
		VDD < 4.5 V			0	MHz
T _{RFO}	DATA fall time	Output load 5 pF	3.5	10	20	ns
		Output load 100 pF	30	40	200	ns
T _{CLx}	SCK h/l time		100			ns
T _V	DATA valid time			250		ns
T _{SU}	DATA setup time		100			ns
T _{HO}	DATA hold time		0	10		ns
T _{R/Tf}	SCK rise/fall time			200		ns



รูปที่ 2.6 แสดงคุณสมบัติของ Timing Diagram ของสัญญาณ DATA และ SCK ของ SHT11

2.2.2 ส่วนแสดงผลทาง LCD Module

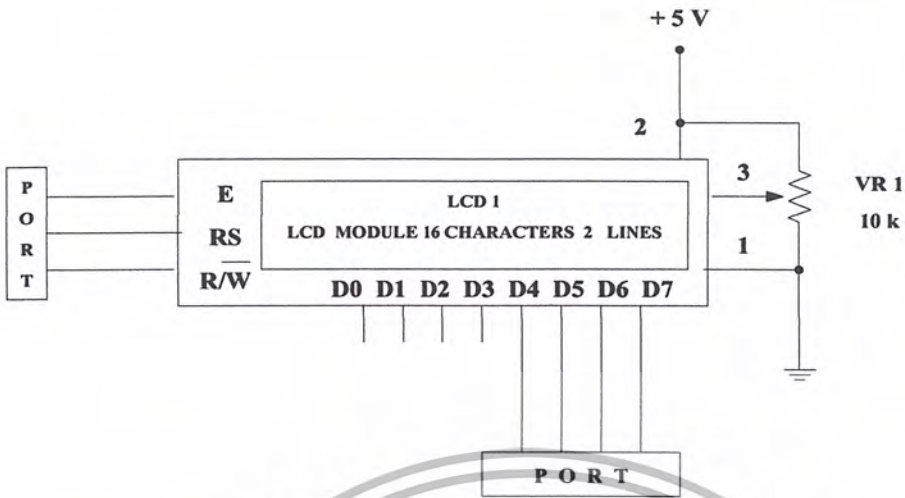
เป็นจอแสดงผลแบบผลึกเหลวซึ่งเป็นสารที่รวมตัวกันได้อย่างดีสัดส่วนระหว่างของเหลวกับผลึก LCD มีข้อดีหลายประการ

- กินพลังงานน้อย ต้องการกำลังงานน้อย แรงดันต่ำ
- เชื้อถือได้ใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิที่กว้างและมีอายุการใช้งาน
- ง่ายที่จะทำการควบคุมการแสดงผลข้อมูล
- ราคาถูก ใช้งานได้กว้างขวาง

ซึ่งด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้ LCD กลายเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ผลิตออกสู่ท้องตลาดในยุคปัจจุบัน

ในยุคแรกๆ จะเป็นส่วนประกอบของนาฬิกา เครื่องคิดเลข หรือเครื่องมือวัดต่างๆ และต่อได้มีการพัฒนาเข้ามามีบทบาทในระบบคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในส่วนของการแสดงผลข้อมูล ในปัจจุบัน LCD ได้เข้ามาแทนที่จอภาพแบบ CRT (Cathode Ray Tube) ในการแสดงผลกราฟฟิก ซึ่งมีแนวโน้มที่จะเข้ามาแทนที่จอภาพแบบ CRT ในที่สุด

ในโครงการนี้จะใช้ตัวแสดงผลแบบ LCD Module แบบแสดงผลตัวอักษร (Characters) ขนาด 16 X 2 (ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด) ต่อใช้งานดังรูปที่แสดง



รูปที่ 2.7 แสดงการเชื่อมต่อ LCD Module กับ Microcontroller

2.2.3 ส่วนควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

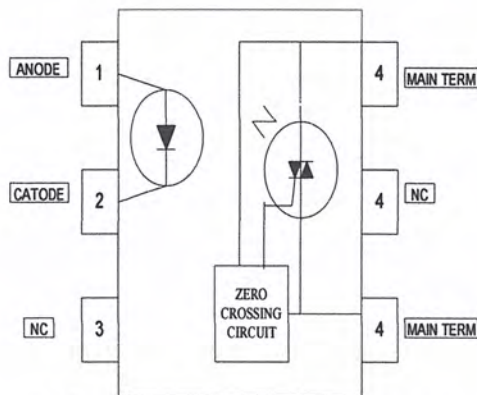
ขดลวดความร้อน (Heater) ที่นำมาใช้จะกินกำลังงาน 300 วัตต์ ควบคุมการทำงานของขดลวดจะเป็นการควบคุมทางเฟส โดยระบบการทำงานของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะทำการส่งสัญญาณ ไปควบคุมเฟสของการทำงานของขดลวดความร้อน(Heater) ซึ่งวงจรควบคุมการทำงานของขดลวดความร้อนประกอบไปด้วย

1. MOC3021
2. BTA12 600B

MOC3021

เป็นอุปกรณ์ Isolation ป้องกันแรงดันไฟกระแสสลับไหลเข้าวงจรในส่วน

ควบคุม

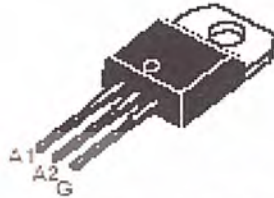


รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะของ MOC3081

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BTA12 600B

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการเปิดการทำงานของวงจรกระแสสลับ ในการควบคุมเฟสการทำงาน ของขดลวดความร้อน ซึ่งใช้ต่อเป็นวงจรร่วมกับ MOC 3021 Zero crossing

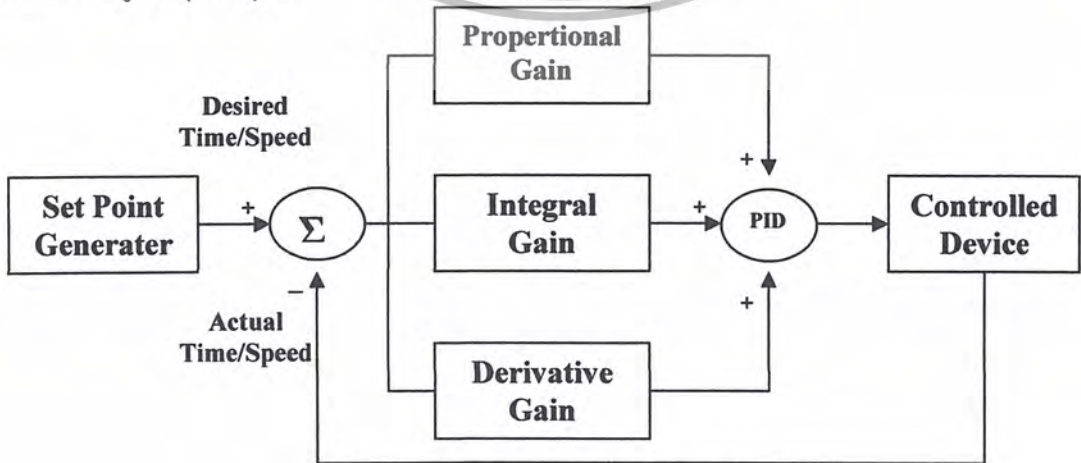


TO-220AB Insulated (BTA12)

รูปที่ 2.9 แสดงอุปกรณ์ BTA12-600B

2.2.4 ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติชนิด PID

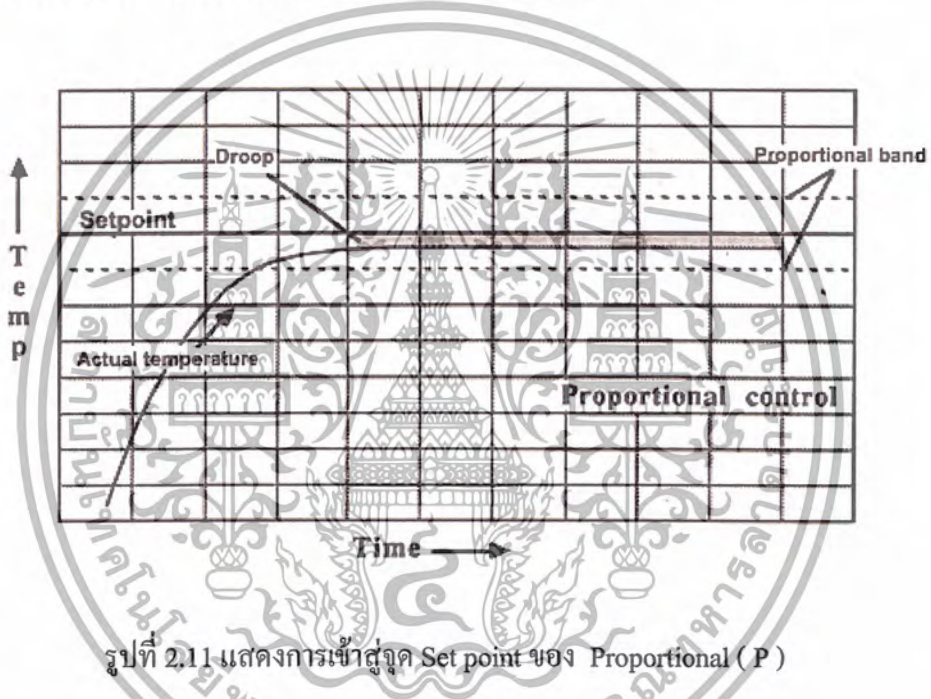
ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติเป็นระบบควบคุมแบบป้อนกลับ ที่มีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งเป็นระบบควบคุมขั้นสูงระบบนี้จะให้ความถูกต้องที่สูงกว่าในระบบการทำงาน บางระบบจะสามารถทำได้โดยเพียงใช้ Proportional (P) หรือ Proportional Integral (PI) ก็เพียงพอสำหรับระบบแล้ว แต่เพื่อให้ได้ระบบที่สร้างขึ้นแล้วใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด โดยระบบส่วนมากจะต้องมีความสามารถในการคาดการณ์สมรรถภาพของระบบ ซึ่งระบบดังกล่าวสามารถทำได้โดยเพิ่ม Derivative (D) เข้าไปในระบบ Derivative (D) ที่เพิ่มเข้าไปในระบบป้อนกลับ จะป้อนกลับค่าเอาต์พุตที่กลับมายังที่ Loop PI ซึ่งจะกลายมาเป็นระบบที่เรียกว่า Proportional Integrate Derivative (PID) ระบบนี้จะให้ความแม่นยำและความถูกต้องสูงเหมาะกับระบบหรือกระบวนการที่มีความซับซ้อนสูงในยุคปัจจุบัน



รูปที่ 2-10 แสดงระบบควบคุมแบบ PID

Proportional (P)

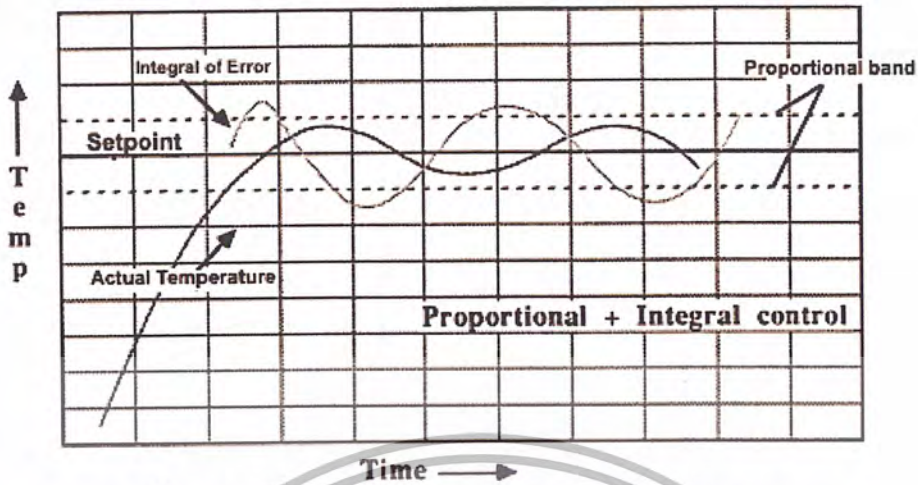
ระบบรับสัญญาณเข้ามาและเมื่อผ่านระบบก็จะถูกป้อนกลับมายังตัวคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะทำให้เกิดค่าผิดพลาด (Error) คือผลต่างระหว่างเอาต์พุตกับจุด Set point จากการรับสัญญาณจากภายนอกเข้ามาในระบบทำให้เกิด Displacement error โดย Proportional filter จะทำหน้าที่ลดค่าผิดพลาดนี้ อัตราเร็วในการเข้าสู่จุด Set point จะเป็น สัดส่วนเชิงเส้นกับค่าผิดพลาด การปรับค่าอัตราส่วนนี้ทำได้โดยปรับค่า Proportional gain คือค่า K_p นั้นเอง ซึ่งถ้าค่า K_p ต่ำอัตราเร็วในการเข้าสู่จุด Set point จะต่ำ ทำให้ผลตอบสนองของระบบช้า แต่ถ้าค่า K_p สูงอัตราเร็วในการเข้าสู่จุด Set point สูง ผลตอบสนองของระบบทำให้เกิด Overshoot และ Undershoot ขึ้น



รูปที่ 2.11 แสดงการเข้าสู่จุด Set point ของ Proportional (P)

Integration (I)

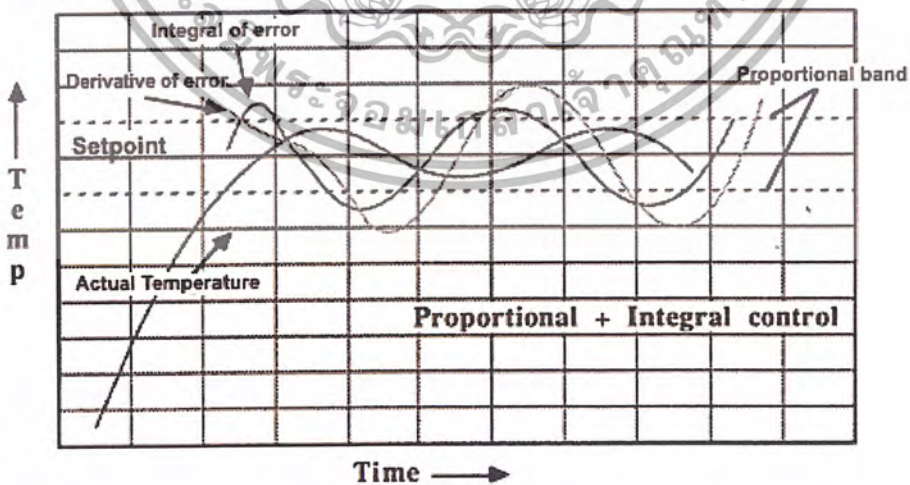
การกำจัด Tracking error ค่า Integral จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่า Tracking error และเพิ่มอย่างเป็นเชิงเส้นกับเวลา การปรับค่าสามารถปรับได้โดยการปรับ ค่า Integral gain คือค่า K_i ซึ่งถ้าค่า K_i มากจะเกิดการชดเชยอย่างรวดเร็ว แต่จะเพิ่ม Overshoot และค่า Ringing ปกติค่า K_i ควรตั้งให้มีค่าสอดคล้องเพื่อทำให้คุณสมบัติของทั้ง 3 ระบบขอเขยซึ่งกันและกัน



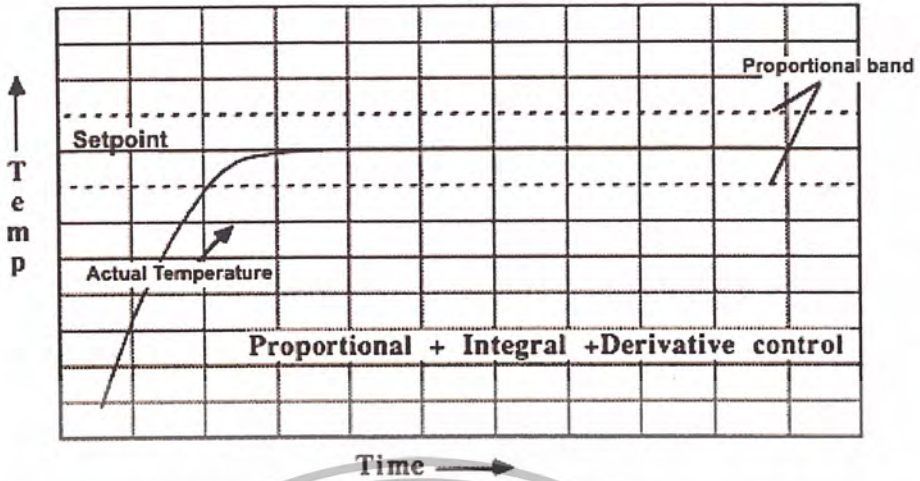
รูปที่ 2.12 แสดงการเข้าสู่จุด Set point ของ Integration (I)

Derivative (D)

การกำจัด Oscillation ของระบบและลด Overshoot กับ Ringing สามารถปรับค่าได้โดยการปรับค่า Derivative gain คือค่า K_d ซึ่งค่า K_d จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของ Tracking error ค่า K_d จะทำให้เกิดเสถียรภาพของทั้งระบบและยังเพิ่มความสามารถในการคาดคะเนผลตอบสนองของระบบ และยังสามารถทำให้เกิดความถูกต้องก่อนที่จะเกิด Tracking error ได้ ความสามารถในการคาดการณ์นี้จะเกิดขึ้นได้จากผลตอบสนอง ซึ่งเกิดจากการกระทำของระบบในช่วงเวลานั้นๆ



รูปที่ 2.13 แสดงการเข้าสู่จุด Set point ของ Derivative (D)



รูปที่ 2.14 แสดงการเข้าสู่จุด Set point ของ Proportional + Integration + Derivative (PID)



รูปที่ 2.15 แสดงการเปรียบเทียบการตอบสนองของระบบควบคุมชนิด Proportional (P), Proportional + Integration (PI), Proportional + Integration + Derivative (PID)

จากรูปที่ 2.15 แสดงการเปรียบเทียบการตอบสนองของระบบควบคุมที่เกิดขึ้น

- ระบบควบคุมชนิด Proportional (P) => จะมีผลตอบสนองที่ช้าที่สุด
- ระบบควบคุมชนิด Proportional + Integration (PI) => rise time ที่เร็วขึ้นแต่จะทำให้เกิดการ Oscillation ก่อนที่จะเข้าสู่จุด Set point
- ระบบควบคุมชนิด Proportional + Integration + Derivative (PID) => จะให้ rise time ที่เร็วที่สุด ความสามารถในการเข้าสู่จุด Set point เร็วและใกล้เคียงกับ ค่า Set point จริงมากที่สุด

สมการควบคุมพีไอแบบดิจิทัล (Digital PI Control Equation)

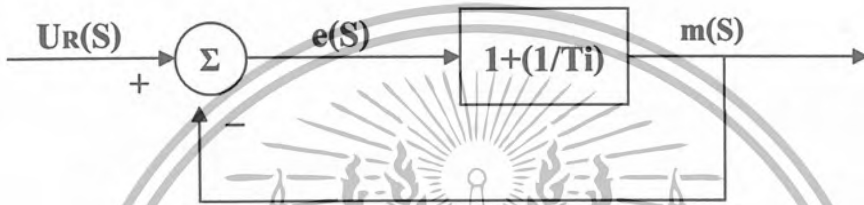
$$m(t) = K_p [e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt] \quad (2.1)$$

เมื่อ $m(t)$ = สัญญาณขาออกของระบบ

K_p = อัตราการขยายของ PROPORTIONAL

T_i = เวลาบูรณาการรวมหน่วย

$e(t)$ = ค่าความแตกต่างระหว่างแรงดันอ้างอิงกับแรงดันป้อนกลับ



รูปที่ 2.16 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 = ค่าความแตกต่างระหว่างสัญญาณอ้างอิงกับสัญญาณ

ป้อนกลับที่เวลา n

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E_{n-1} = ค่าความแตกต่างระหว่างสัญญาณอ้างอิงกับสัญญาณ
ป้อนกลับที่เวลา $n-1$

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

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

T_s = Sampling Time

2.2.5 การส่งข้อมูลแบบ I²C

ระบบ I²C ย่อมาจาก 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) โดยสายทั้งสองนี้จะรับส่งสัญญาณไปได้ ทั้ง 2 ทิศทาง (Bi-directional) และวงจรทาง output ของอุปกรณ์ที่ใช้ Bus ระบบนี้จะเป็นแบบวงจร open-drain หรือ open-collector ทำให้ต้องทำการ pull up สัญญาณ เมื่อต้องการใช้งาน และในการใช้ งาน ระบบ Bus นี้เราสามารถ ใช้ สายเพียงสองสาย ต่อ กับ IC หลายๆ ชนิดได้ ดังภาพ



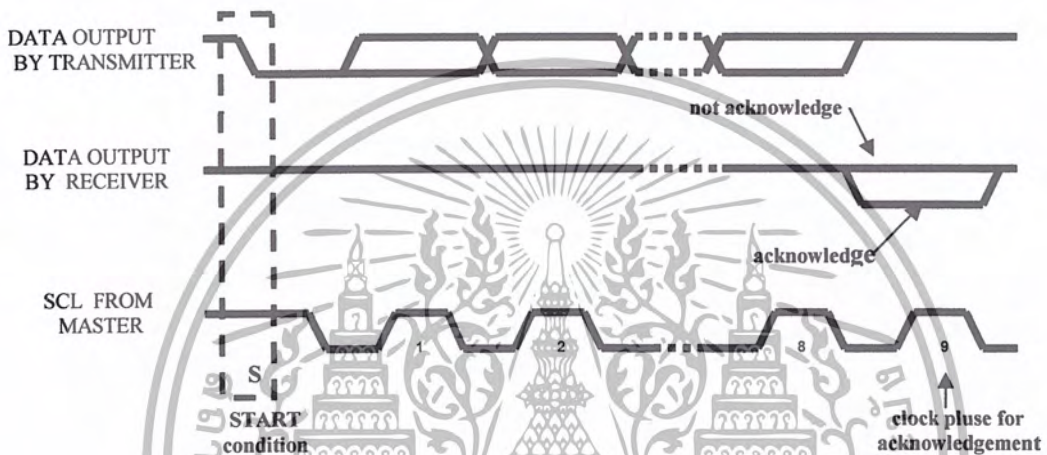
รูปที่ 2.17 การติดต่ออุปกรณ์หลายๆตัวของ I²C

ซึ่งเมื่อเราต้องการใช้ งานอุปกรณ์ต่างๆที่ต่ออยู่บนระบบ bus นี้ เราต้อง ทำการแจ้ง สภาวะ ให้แก่ระบบ เพื่อแสดงว่า เราเป็นอุปกรณ์ Master ที่ต้องการจะส่งสัญญาณ ให้แก่ อุปกรณ์ Slave โดย สภาวะ ต่างๆมีดังนี้

1. bus ว่าง คือสภาวะนี้จะไม่ มี ค่า logic บน bus ทั้ง 2 สายเลย
2. เริ่มส่งข้อมูล โดย สาย SCL จะมีค่า logic สูง แต่สาย SDA จะมีค่า logic เปลี่ยนจากสูงไปต่ำ เป็น
3. สภาวะที่เรียกว่า สภาวะเริ่มต้น (start)
3. สภาวะหยุด (stop) โดยสาย SCL จะเป็น logic สูง แต่ สาย SDA จะเปลี่ยนจาก logic ต่ำไป สูง

4. เป็นสถานะที่มีการรับส่ง ข้อมูล โดยข้อมูลบน SDA ต้องคงที่ ในขณะที่ SCL เป็น logic สูง และ bit ใน SDA จะเปลี่ยนแปลงได้ต่อเมื่อ SCL มี logic เป็น 0

1. สถานะตอบรับ เป็นสถานะที่อุปกรณ์ Mater ส่งข้อมูลออกไปครบ 1 byte แล้ว ตัว master จะส่ง logic สูง ออกมา ถ้าตัว slave ได้รับข้อมูลครบ จะทำให้ logic เป็น 0 แต่ถ้าไม่ถูกต้อง จะรอทำการรับข้อมูลใหม่



รูปที่ 2.18 แสดงสัญญาณ Acknowledge ของ I²C

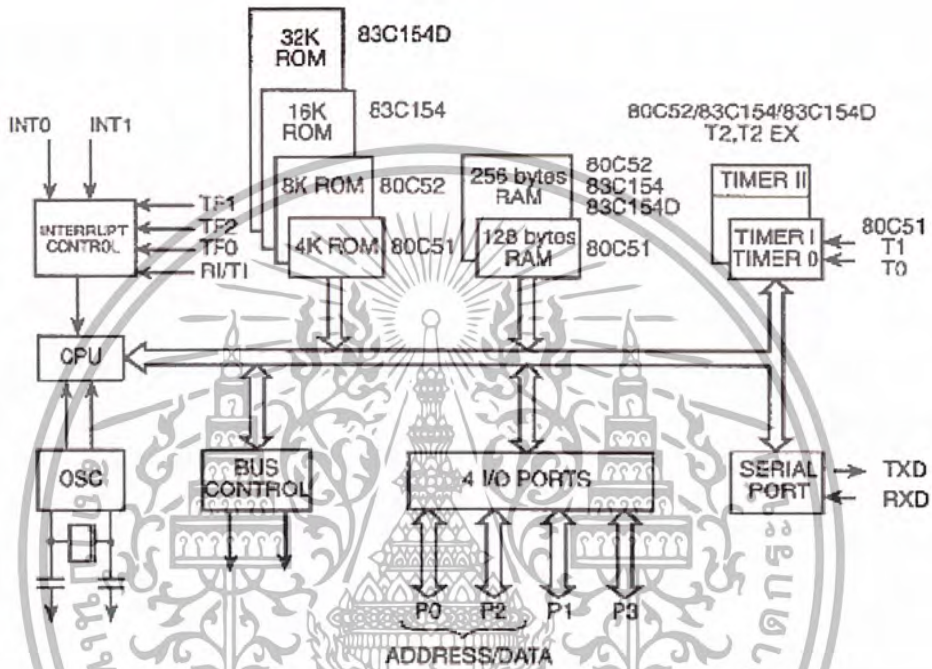
ในการอ้าง ถึงตัว slave ที่เราจะส่งข้อมูลไปให้มัน จะอ้าง โดยใช้ address จำนวน 8-10 bit ขึ้นกับ IC แต่ละตัว โดยข้อมูลทั้งหมดจะมี 3 byte คือ

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

2.2.6 ตัวประมวลผลควบคุม (Microcontroller)

สำหรับในโครงงานตู้อบเค้กทารกนี้เราใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวทำงานประมวลผลควบคุม ซึ่งจะทำหน้าที่ในการควบคุมระบบการทำงานของตู้อบเค้กทารกทั้งระบบ

โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51



รูปที่ 2.19 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์

คุณสมบัติเบื้องต้นของ Microcontroller ในตระกูล MCS-51 จะมีดังนี้

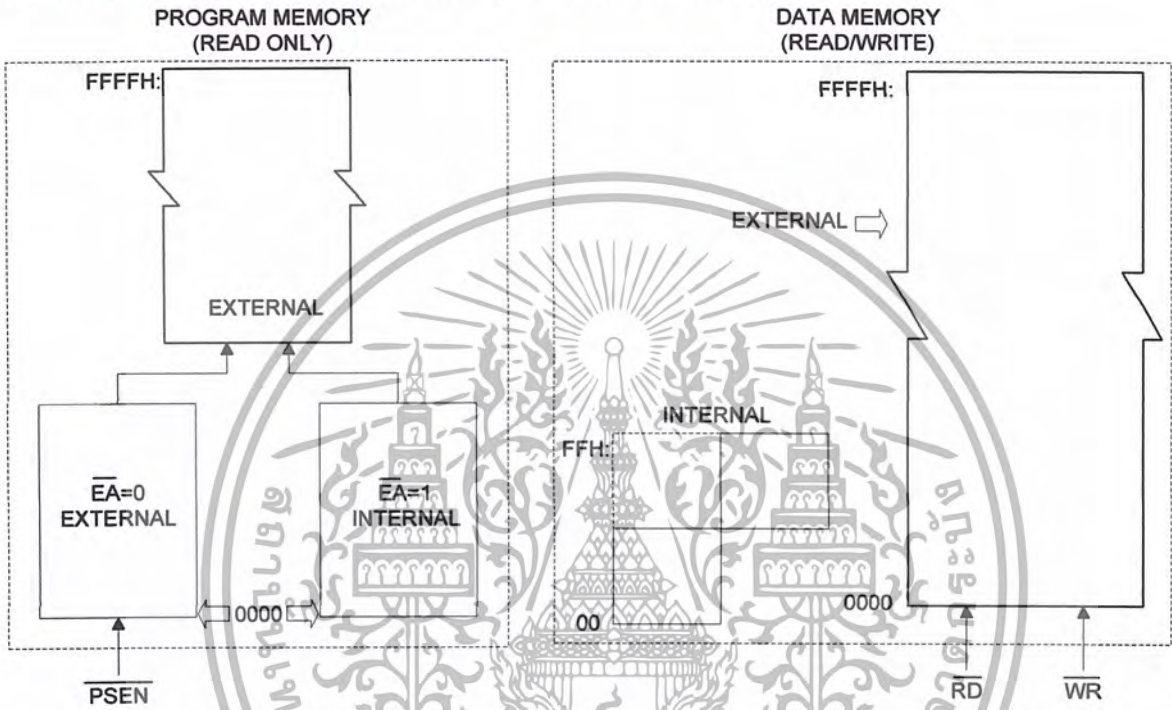
- มี Core CPU ที่เป็น 8-Bit และชุดคำสั่งที่เหมาะสมในงานควบคุม และสามารถประมวลผลทาง Logic กับข้อมูลในระดับ BIT ได้
- มีหน่วยความจำ โปรแกรม 4K ภายใน และรองรับการใช้งานของหน่วยความจำ โปรแกรม ได้ถึง 64K
- มีหน่วยความจำ ข้อมูล (RAM) 128 Bytes ภายใน และรองรับการใช้งานของหน่วยความจำ ข้อมูล ได้ ถึง 64K
- มี Port ที่เป็น ได้ทั้ง I / O ทั้งหมด 4 port และสามารถใช้งานได้ในระดับ BIT
- มีส่วน Timer / Counter ขนาด 16 Bit สองชุด สำหรับใช้ในการจับเวลา หรือนับจำนวน
- มี Full duplex UART สำหรับใช้ รับ/ส่ง ข้อมูลแบบอนุกรม รับ Interrupt ได้จาก 6 แหล่งกำเนิด โดย มี 5 ตำแหน่งของ ISR และการ Interrupt โดยสามารถจัดระดับความสำคัญได้ 2 ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของหน่วยความจำใน MCS-51

Logical separation of program and data memory

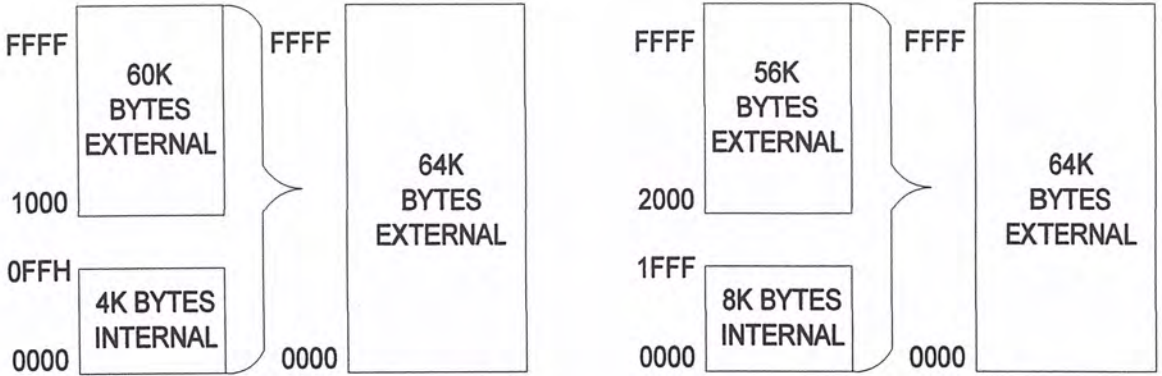
สำหรับ Microcontroller MCS-51 นั้นถูกออกแบบมาให้ มีหน่วยความจำสำหรับเก็บ โปรแกรม (Op-code) และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่แยกออกจากกันดังรูป



รูปที่ 2.20 โครงสร้างของหน่วยความจำใน MCS-51

การออกแบบของ Data memory ที่แยกออกมา จะทำให้สามารถเรียกใช้งานได้โดยใช้ Address เพียง 8 Bit เท่านั้น ซึ่งจะทำให้อย่างรวดเร็วใน CPU ที่เป็น 8 Bit แต่การใช้ Address เพียง 8 Bit นี้ จะทำให้อ้างถึงตำแหน่งของหน่วยความจำได้เพียง 256 ตำแหน่งเท่านั้น (00h – FFh) ซึ่งก็เพียงพอสำหรับการอ้างถึงตำแหน่งของ Internal Data Memory อย่างไรก็ตามการอ้างถึงตำแหน่ง Data memory โดยใช้ Address แบบ 16 Bit สำหรับ External data memory ก็สามารถทำได้ โดยใช้ DPTR: Data pointer (Data memory address register)

ส่วนของ Program memory จะเป็นหน่วยความจำที่อ่านได้เพียงอย่างเดียว และสามารถมีได้ทั้งหมด 64K ตำแหน่ง

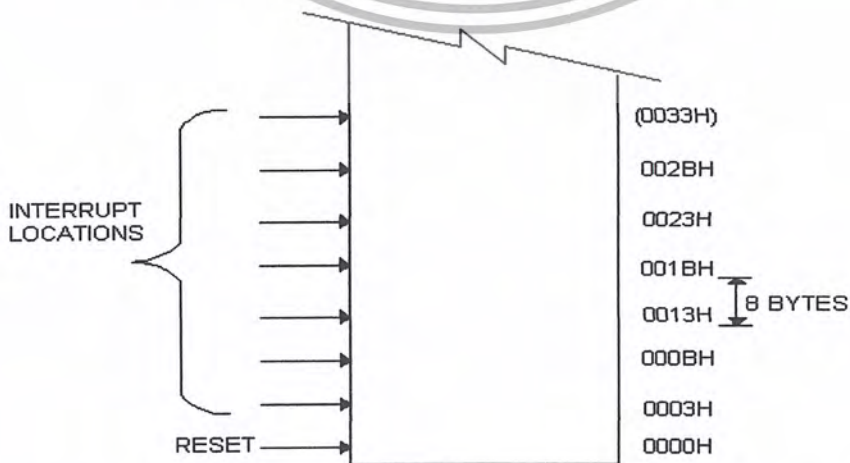


รูปที่ 2.21 โปรแกรมเมมโมรี่ของ MCS 51

สำหรับ MCS-51 ในแบบที่มี Program memory ภายใน ก็จะมีพื้นที่ในการเก็บโปรแกรมภายใน IC เอง 4K, 8K, 16K หรือ 32K Address (ตามเบอร์ของ IC ที่ใช้) สำหรับ Address ที่มากกว่านี้ ก็จะเป็น Program memory ภายนอก ส่วน MCS-51 ที่ไม่มี Internal program memory ส่วนของ Program memory ทั้งหมดจะอยู่ภายนอก

สำหรับการอ่าน External program memory นั้น MCS-51 จะใช้ขาสัญญาณ PSEN (Program Store Enable)

สำหรับ Data memory ซึ่งสามารถที่จะอ่านหรือเขียนข้อมูลลงไปได้ ก็จะมี Address ที่แยกออกจาก Program memory และมีตำแหน่งของ External data memory ได้ทั้งหมด 64K Address ในการติดต่อกับ External data memory นั้น MCS-51 จะใช้ขาสัญญาณ RD และ WR Program memory



รูปที่ 2.22 การต่อ External program memory และ External data memory ร่วมกัน

ในกรณีที่ต้องการ ส่วนของ External program memory และ External data memory ร่วมกันนั้น จะทำได้โดยการนำสัญญาณ PSEN และ RD มารวมกัน โดยใช้ AND gate ก็จะทำได้สัญญาณที่เป็นการอ่าน External Program/Data memory

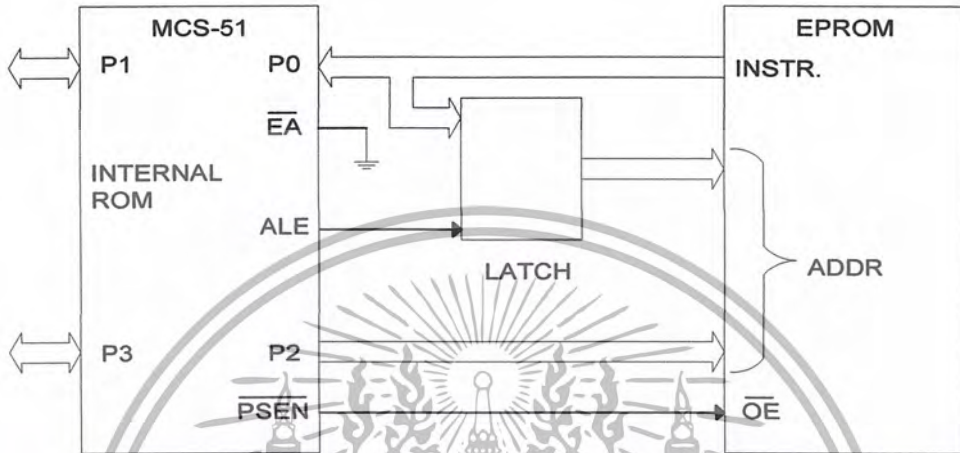
รูปแสดงส่วนของ Program memory ในตำแหน่งเริ่มต้น ซึ่งเมื่อ CPU เริ่มการทำงานหลังจากการ Reset ก็จะเริ่มการทำงานตามคำสั่งที่ Address 0000h และสำหรับ Address ที่แสดงต่อมานั้น จะตำแหน่งที่อยู่ของ ISR: Interrupt Service Routine โดยการทำงานของ Interrupt ใน MCS-51 เมื่อเกิดสัญญาณ Interrupt เข้ามา มันก็จะกระโดดการทำงานมายัง โปรแกรมในตำแหน่งที่กำหนดนี้ นั่นเองตัวอย่างเช่น สำหรับ Interrupt 0 จากภายนอก เมื่อ MCS-51 ได้รับสัญญาณ Interrupt นี้ มันก็จะกระโดดการทำงานมายัง โปรแกรมใน Address 0003h และสำหรับ Interrupt ที่เกิดจาก Timer 0 ก็จะกระโดดการทำงานมายัง โปรแกรมใน Address 000Bh และ Interrupt 0 จากภายนอก ก็จะกระโดดการทำงานมายัง โปรแกรมใน Address 0013h . ในแต่ละ Address กำหนดให้สำหรับ ISR นั้นจะมีพื้นที่ในการเก็บโปรแกรมได้ 8 Address ซึ่งถ้า ISR ที่ต้องการ เป็น โปรแกรมที่สั้นๆ ก็จะสามารถใส่เข้าไปได้ แต่ถ้าเป็น ISR ที่ยาวมากแล้วก็จะทำได้ โดยการใส่คำสั่ง Jump ไปยังโปรแกรมที่ต้องการอีกที

External Program Memory

สำหรับ MCS-51 ที่มี Internal program memory นั้น ผู้ใช้สามารถที่จะเลือกได้ว่า จะใช้งานของ Internal program memory นั้น หรือไม่ โดยการต่อของขาสัญญาณ EA : External access เข้ากับ VCC หรือ GND เช่นถ้า MCS-51 มี Internal program memory 4K (0000h-0FFFh) แล้วต่อขาสัญญาณ EA นี้เข้ากับ VCC การ Fetch คำสั่งที่ Address น้อยกว่า 0FFFh ก็จะได้จาก Internal program memory และถ้าเป็น Address ตั้งแต่ 1000h ก็ จะเป็นการอ่านจาก External program memory นั่นเอง แต่ถ้าต่อขา EA เข้ากับ GND การ Fetch คำสั่งทั้งหมดจะกระทำกับ External program memory

สำหรับ MCS-51 ที่ไม่มี Internal program memory แล้ว ขา EA จะต้องต่อ GND เสมอ สัญญาณ PSEN ซึ่งเป็นสัญญาณที่ใช้ในการ Fetch คำสั่งจาก External program memory นั้น จะไม่ทำงานเมื่อเป็นการ Fetch คำสั่งจาก Internal program memory

การต่อ External program memory



รูปที่ 2.23 การต่อ External program memory

MCS-51 จะใช้ขาสัญญาณ ของ I/O port 16 bit (Port 0 และ Port 2) มาทำหน้าที่เป็น Bus ของระบบ โดยจะใช้งานของ Port 0 ทำหน้าที่เป็น Address และ Data bus สลับกัน คือส่งค่าของ Low byte ของ Program counter (PCL) ออกมาที่ Port 0 นี้ หลังจากส่งค่าของ PCL ออกมาแล้วมันจะเข้าสู่สถานะ Float เพื่อรอรับคำสั่งที่จะอ่านได้จาก External program memory ในระหว่างที่ ค่าของ PCL ออกมาที่ P0 นี้ สัญญาณ ALE: Address Latch Enable จะ ไปทำให้ค่าของ PCL ถูกเก็บเข้าที่ LATCH และในเวลา นั้น ค่าของ PCH ก็ถูกส่งออกมาที่ Port 2 เพื่อสร้างเป็น Address ขนาด 16 bit แล้ว สัญญาณ PSEN ก็จะเป็นตัวอ่านข้อมูลจาก Memory ที่ต้องการ

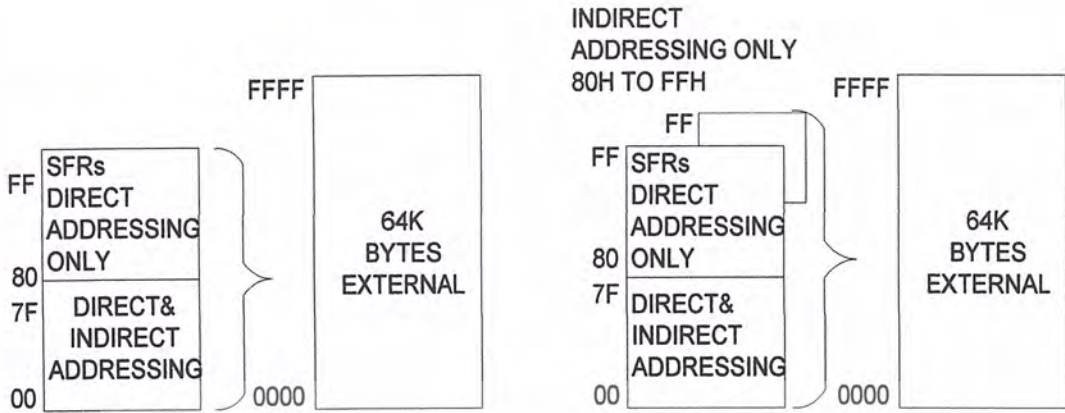
Data memory

Data memory ของ MSC-51 นั้นจะแบ่งออกเป็น Internal data memory และ External data memory โดยการใช้งานของ Data memory ทั้งสองส่วนนี้จะมี Address ที่แยกจากกันด้วย

MCS-51 with 128 bytes Internal Data memory (ซ้าย)

MCS-51 with 256 bytes Internal Data memory (ขวา)

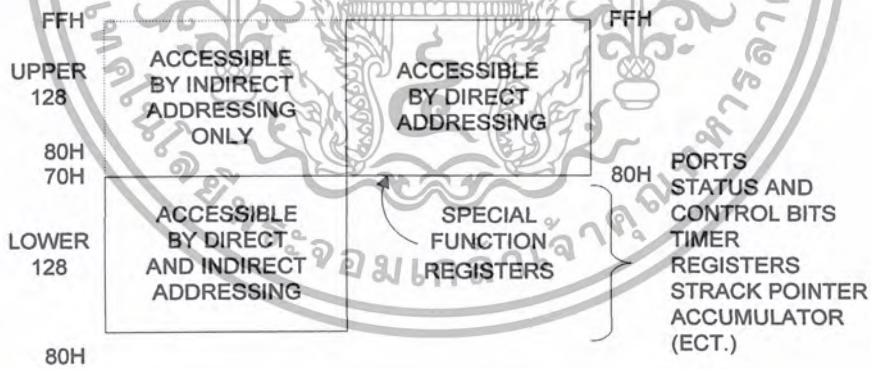
รายละเอียดคูดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 Data memory ของ MSC-51

Internal Data Memory

ผังการจัดแบ่งพื้นที่ของ Internal data memory จะเป็นดังรูป ซึ่งมันจะถูกแบ่งออกเป็น สามส่วน ด้วยกัน คือ Lower 128, Upper 128 และ SFRและจากการที่ Internal data memory นั้นมีเพียง 256 ตำแหน่งเท่านั้น ทำให้การอ้าง Address สามารถทำได้ โดยใช้เพียง 8 Bit และจากการที่ Internal data memory นั้นมีเพียง 256 ตำแหน่งเท่านั้น ทำให้การอ้าง Address สามารถทำได้ โดยใช้เพียง 8 Bit



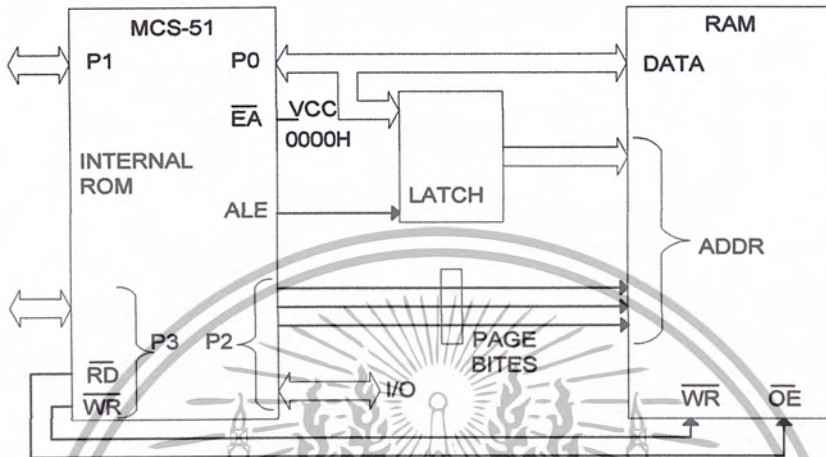
รูปที่ 2.25 Internal Data Memory

แต่ด้วยเทคนิคของการอ้างถึงตำแหน่งข้อมูล (Addressing mode) ทำให้ได้ตำแหน่งของ Internal data memory ทั้งหมด 384 bytes

โดยสำหรับข้อมูลตั้งแต่ Address 80h – FFh ถ้าอ้างถึงข้อมูลที่ Address นั้นๆ ด้วยวิธีของ Direct addressing ก็จะได้ข้อมูลที่มาจากคนละส่วน กับการอ้างถึงข้อมูลที่ Address เดียวกันนั้น ด้วยวิธีของ Indirect addressing จากรูปจะเห็นได้ว่า Memory ในส่วนของ Upper 128 ก็จะมี Address เดียวกับ Memory ในส่วนของ SFR แต่จะใช้วิธีการเข้าถึงข้อมูลที่แตกต่างกันนั่นเอง

External Data Memory

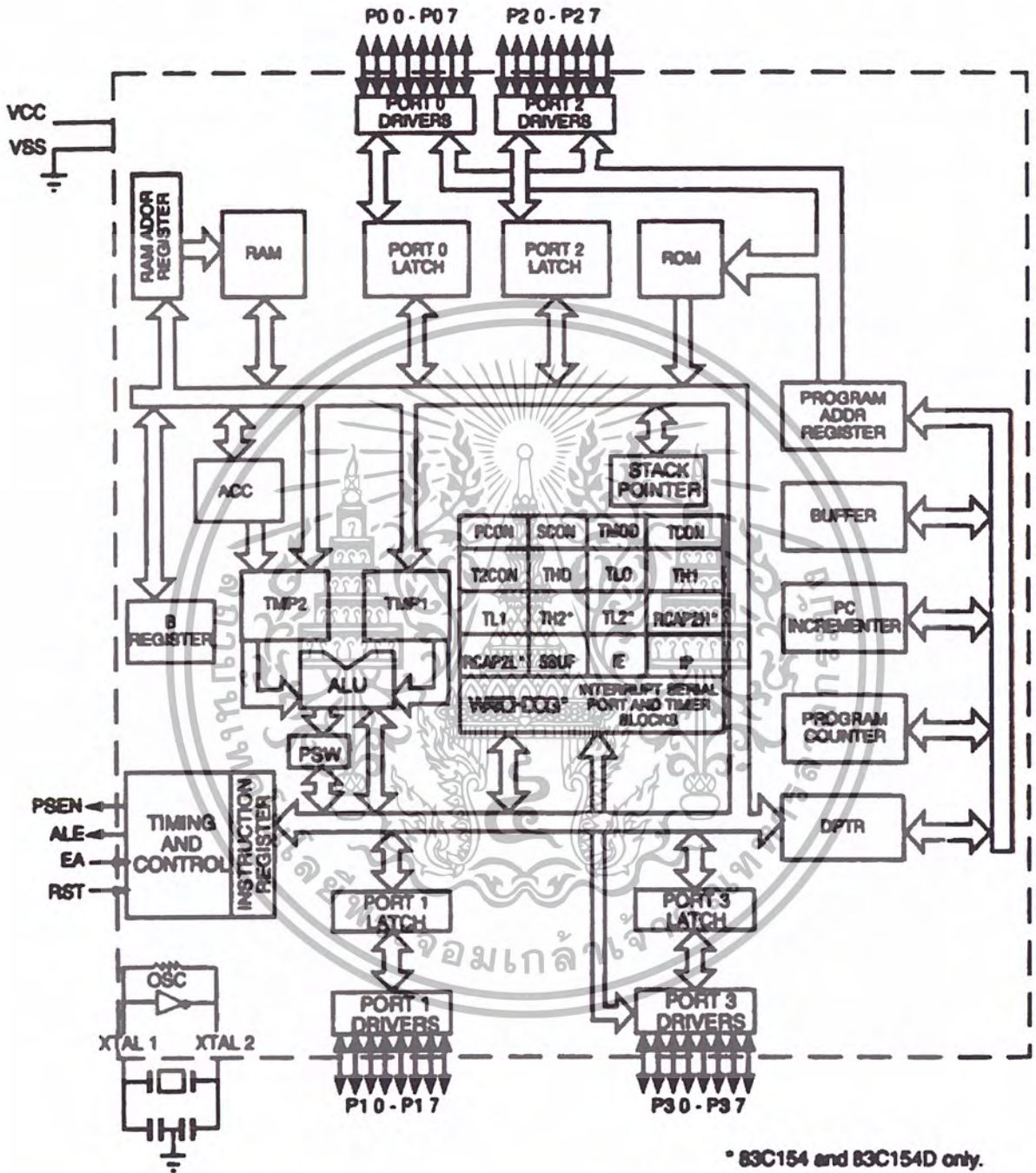
การต่อใช้งานของ External data memory จะทำได้ดังตัวอย่าง ซึ่งเป็นการต่อใช้งานของ RAM ขนาด 2K โดยให้ MCS-51 นี้ ทำงานจาก Internal program memory



รูปที่ 2.26 การต่อใช้งานของ External data memory

โดยให้ MCS-51 นี้ ทำงานจาก Internal program memory

โครงสร้างภายในของ Microcontroller MCS-51



รูปที่ 2.27 โครงสร้างภายในของ Microcontroller MCS-51

SFR

รายละเอียดของตำแหน่งข้อมูลต่างๆ ใน SFR จะเป็นดังนี้

8 Bytes

F8	IOCON									FF
F0	B									F7
E8										EF
E0	ACC									E7
D8										DF
D0	PSW									D7
C8	T2CON		RCAP2L	RCAP2H	TL2	TH2				CF
C0										C7
B8	IP									BF
B0	P3									B7
A8	IE									AF
A0	P2									A7
98	SCON	SBUF								9F
90	P1									97
88	TCON	TMOD	TL0	TL1	TH0	TH1				8F
80	P0	SP	DPL	DPH				PCON		87

↑ bit addressable

รูปที่ 2.28 รายละเอียดของตำแหน่งข้อมูลต่างๆ ใน SFR

จะเห็นได้ว่าตำแหน่งต่างๆ ใน SFR จะไม่ได้ถูกใช้ทั้งหมด การอ่านข้อมูลจากตำแหน่งที่ยังไม่ได้กำหนดนี้ จะทำให้ได้ค่าสุ่มออกมา ส่วนการเขียนข้อมูลเข้าไปจะไม่มีผลใดๆ แต่อย่างไรก็ดี เราไม่ควรเขียนข้อมูล '1' เข้าไปในตำแหน่งที่ไม่ได้กำหนดนี้ เนื่องจากมันอาจถูกใช้งานในการควบคุมฟังก์ชันการทำงานที่จะเพิ่มเข้ามาในอนาคต

Accumulator

ACC จะคือ accumulator ซึ่งจะมีตำแหน่งในหน่วยความจำภายในเท่ากับ 0E0H มีขนาด 8 Bit เป็น Register ที่ใช้กันมาก ในรหัสคำสั่งช่วยจำจะใช้อักษร A

B Register

จะมีตำแหน่งในหน่วยความจำภายในเท่ากับ 0F0H มีขนาด 8 Bit จะใช้ในการคูณและการหารเท่านั้น หรืออาจใช้ในการเก็บข้อมูลอื่นๆ ที่ต้องการก็ได้

Program status word (PSW)

จะมีตำแหน่งในหน่วยความจำภายในเท่ากับ D0H มีขนาด 8 Bit แต่ละ Bit จะบอกถึงสถานะต่างๆ ในการทำงานของ CPU (Flag) ซึ่งแต่ละ Bit ของ PSW สามารถกำหนดให้เป็น 1 หรือ 0 ได้โดยคำสั่ง SETB หรือ CLR B ตามลำดับตำแหน่ง Bit Address 0 ถึง Bit 7 ของ PSW เท่ากับ D0h ถึง D7h

Stack Pointer

จะมีตำแหน่งในหน่วยความจำภายในเท่ากับ 081H มีขนาด 8 Bit Register นี้ใช้ตำแหน่งในหน่วยความจำภายใน 8051 ที่จะใช้สร้างเป็น Stack ในการทำงานของ MCS-51 ค่าของ SP นี้จะมีค่าที่เพิ่มขึ้น ก่อนที่จะมีการเก็บข้อมูลเข้าไปด้วยคำสั่ง PUSH หรือ CALL

การกำหนดตำแหน่งของ Memory ที่จะสร้างเป็น Stack นั้นสามารถกำหนดให้เป็นที่ใดก็ได้ ใน Internal data memory และเมื่อทำการ Reset ค่าเริ่มต้นของ SP จะค่าเป็น 07h ซึ่งจะทำให้การเก็บข้อมูลในตำแหน่งแรกของ Stack เริ่มที่ Internal data memory ตำแหน่งที่ 08h

Data Pointer Register

Data Pointer (DPTR) จะอยู่ในตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 82h และ 83h DPTR นี้ประกอบไปด้วย Register ขนาด 8 Bit 2 ตัวคือ DPH และ DPL ซึ่ง DPTR นี้ จะใช้ในการชี้ตำแหน่งของข้อมูลของ External data memory แบบ 16 Bit ในการแก้ไขข้อมูลใน Register DPTR จะทำได้ทีละ 16 Bit หรือกระทำทีละ 8 Bit ก็ได้ (DPH, DPL)

PORT 0 ถึง 3

จะตำแหน่งในหน่วยความจำภายในเท่ากับ 80h, 90h, 0A0h, 0B0h เป็น Register ขนาด 8 Bit การเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำแต่ละตำแหน่งเป็นการส่งข้อมูลไปยังพอร์ตนั้นๆ ของ MCS-51 ข้อมูลที่เขียนออกไปจะถูก Latch ค้างไว้ที่ Register นี้ และปรากฏแต่ละ Bit ของ Port เช่นถ้าเขียนข้อมูล 18h ไปที่หน่วยความจำตำแหน่ง 80h ก็จะปรากฏ Logic 0001 1000 ที่ขา 7 ถึง 0 ของ Port 0 ในการอ่านข้อมูลจาก Register แต่ละตัวจะเป็นการอ่านสถานะ Logic ที่มีปรากฏอยู่แต่ละขาของ Port นั้นๆ

Serial Data Buffer (SBUF)

จะตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 99H มีขนาด 8 Bit แต่จากโครงสร้างภายในแล้วมันคือ Register 2 ตัวที่มีชื่อเดียวกัน ตัวหนึ่งสำหรับเก็บข้อมูลที่จะส่งแบบอนุกรม และอีกตัวหนึ่งสำหรับรับข้อมูลแบบอนุกรมที่เข้ามา ในการเขียนข้อมูลเข้าที่ SBUF มันจะถูกเขียนไปยังที่สำหรับเก็บข้อมูลสำหรับส่ง และเริ่มต้นการส่งข้อมูล ส่วนการอ่านข้อมูลจาก SBUF ก็จะเป็นการอ่านค่าของข้อมูลที่รับเข้ามาได้

TIMER Register

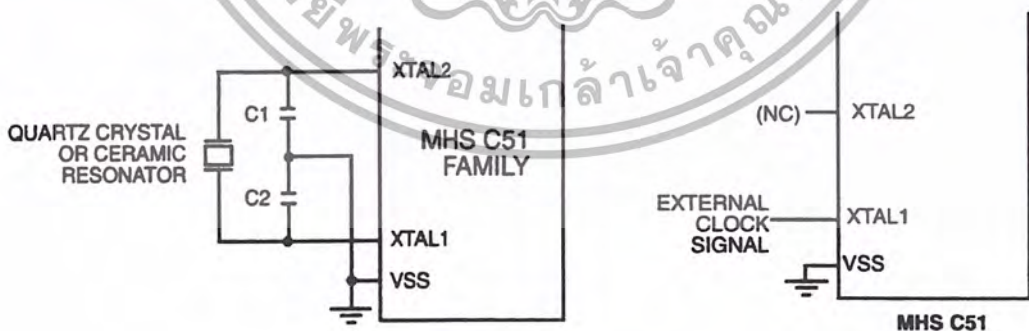
คู่ของ Register (TH0, TL0) (TH1, TL1) และ (TH2, TL2) ซึ่งอยู่ในตำแหน่งหน่วยความจำภายใน (8Ch, 8Ah) (8Dh, 8Bh) และ (0CDh, 0CCh) ตามลำดับ ซึ่งจะใช้ในการเก็บค่าของการนับแบบ 16 Bit ในการใช้งานเป็น Timer หรือ Counter ใน 80C51 จะมี Timer อยู่ 2 ชุดคือ Timer 0 และ Timer 1 ใน Timer แต่ละชุดจะมี Register ขนาด 8 Bit อยู่ 2 ตัว เพื่อเก็บค่าการนับของ Timer ได้สูงสุดถึง 16 Bit การกำหนดการทำงานของวงจร Timer ในโหมด Timer หรือ Counter ทำได้โดยการกำหนดใน Register TMOD (Timer/Counter Mode Control Register) การทำงานเป็น Timer จะให้ Register ใน Timer 0 หรือ 1 ทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณนาฬิกา ในการให้วงจร Timer ทำงานเป็น Counter คือการใช้ Register THx และ TLx ทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่เข้ามาทางขา T0 หรือ T1

Control Register

SFR ที่ชื่อ IP, IE จะสำหรับกำหนดรูปแบบการทำงาน และสถานะของการ Interrupt TMOD, TCON, T2CON จะสำหรับกำหนดรูปแบบการทำงานของ Timer/Counter และ SCON จะสำหรับกำหนดรูปแบบการทำงานของ Serial port และ PCON จะสำหรับกำหนดรูปแบบการใช้พลังงานของตัว CPU เอง

CPU Timing

ใน MCS-51 จะมีส่วนของวงจรถ้าเน็ค Clock อยู่ภายในแล้ว ซึ่งสามารถใช้เป็นสัญญาณนาฬิกาให้กับ CPU ได้ ในการใช้งานของ On-Chip Oscillator นั้น ก็เพียงต่อ Crystal หรือ Ceramic resonator ที่ขา XTAL1 กับ XTAL2 และตัวเก็บประจุ ดังแสดง



รูปที่ 2.29 การต่อ CPU Timing

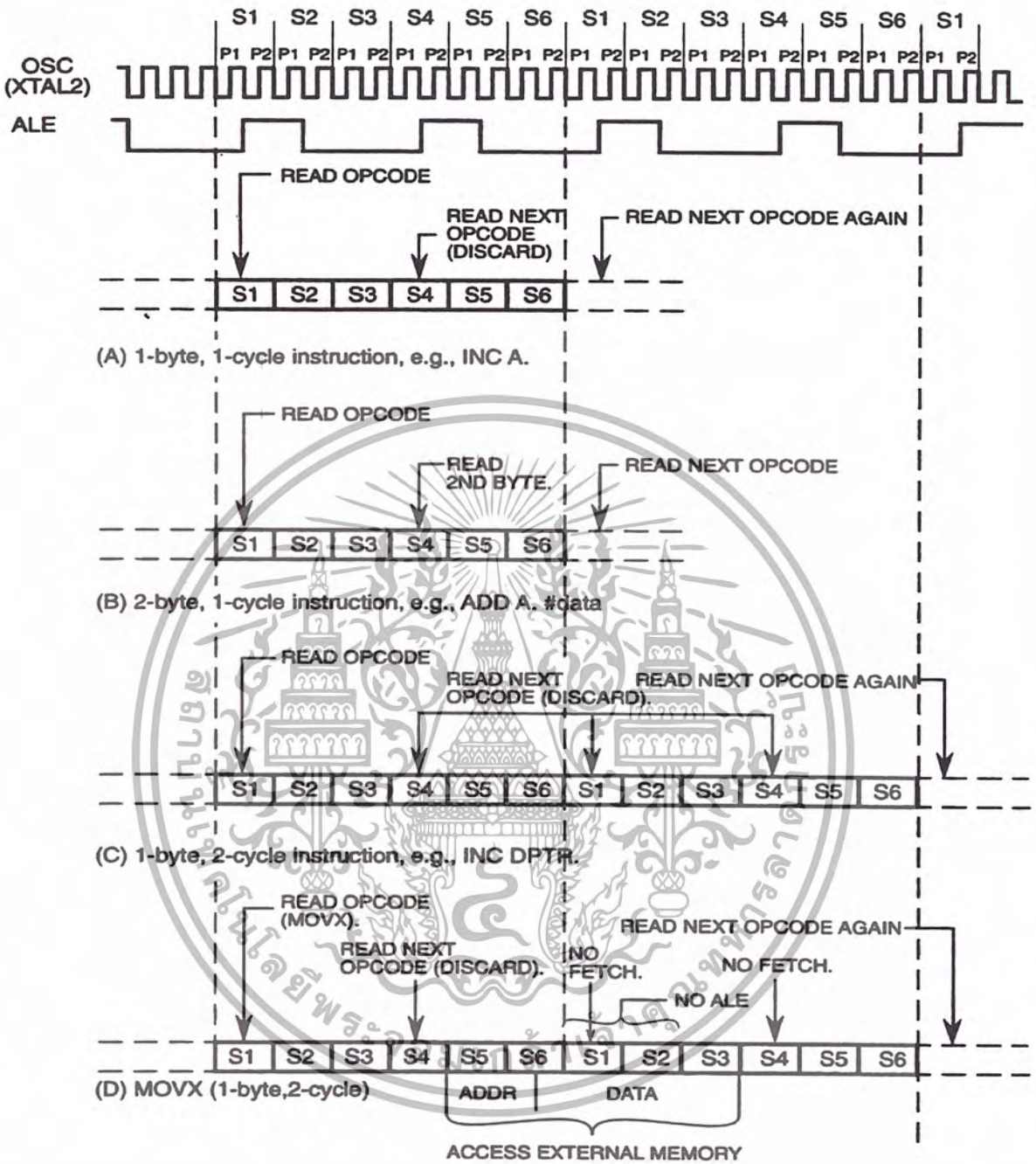
อย่างไรก็ดี ถ้าต้องการใช้สัญญาณ Clock จากภายนอก ก็จะทำให้ได้โดยการต่อสัญญาณ Ext. Clock เข้าที่ขา XTAL1

Machine Cycles

สำหรับแต่ละ Machine cycle ของ MCS-51 จะประกอบด้วยการทำงาน 6 States (S1 – S6) ซึ่งในแต่ละ State ของการทำงาน จะใช้เวลา 2 Clocks ดังนั้นถ้าใช้ Clock 12 MHz ก็จะได้เวลาในการทำงานของ 1 Machine cycle คือ 1 μ S

ดังแสดงในรูป จะเป็นตัวอย่างของการ Fetch / Execute ของคำสั่ง ซึ่งจะในแต่ละ Machine cycle จะมีการ Fetch รหัสคำสั่ง 2 ครั้ง ถึงแม้ว่าคำสั่งนั้นๆ จะเป็นคำสั่งแบบ 1 Byte ก็ตาม ในกรณีที่คำสั่งนั้นๆ ไม่ต้องการข้อมูล Byte ที่สอง CPU ก็เพียงแต่ไม่สนใจข้อมูลที่ Fetch ได้เกินมา และค่าของ PC ก็จะไม่เพิ่มขึ้น



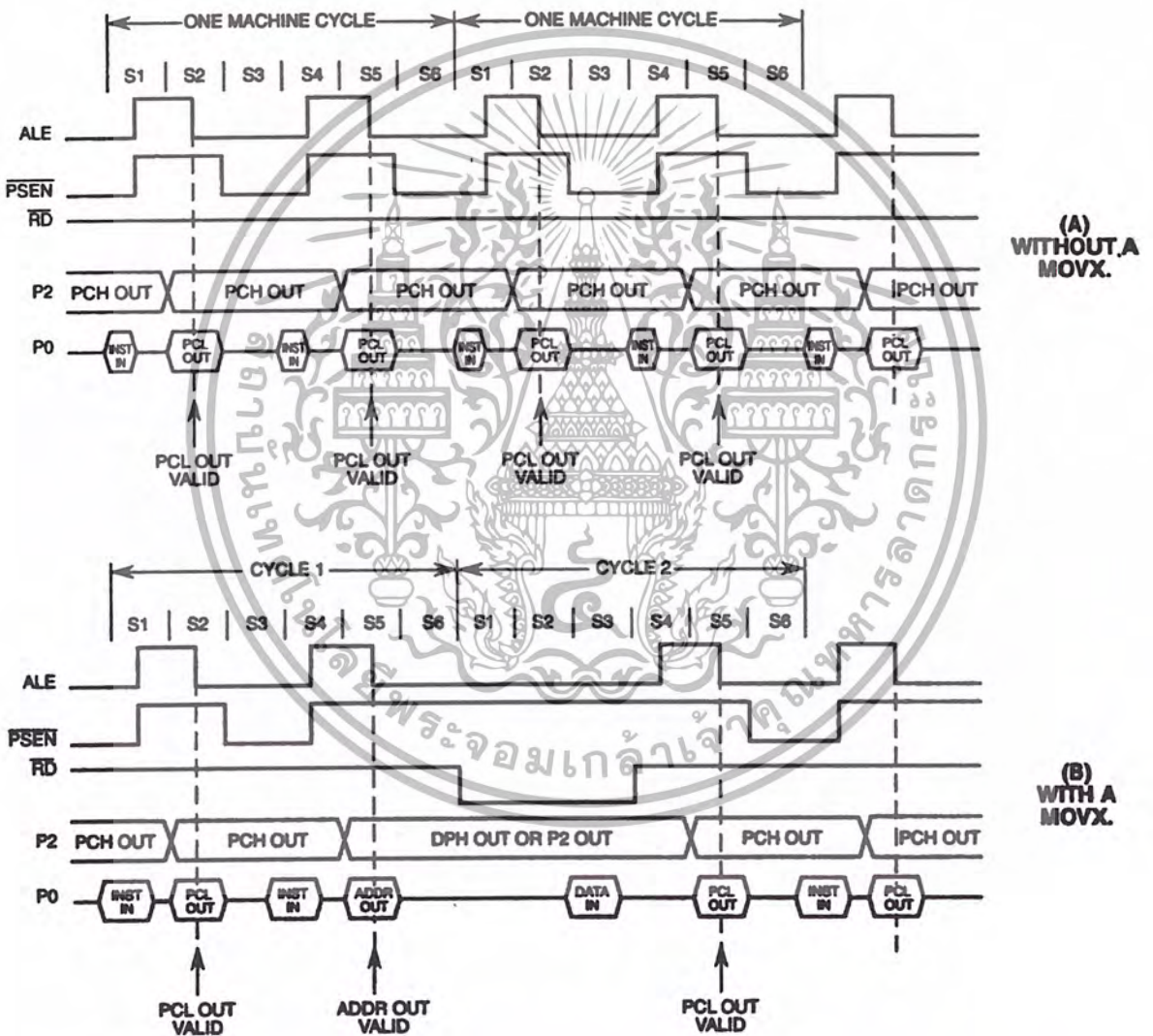


รูปที่ 2.30 Machine Cycles

จากรูป a และ b ซึ่งเป็นคำสั่งที่ใช้การทำงาน 1 Machine cycle ที่ S1 CPU ก็จะอ่าน Op-code ที่ต้องการเข้ามายัง Instruction register และที่ S4 จะมีการ Fetch ครั้งที่สองเกิดขึ้น ซึ่งในรูป a การ Fetch ครั้งที่สองนี้ CPU จะไม่สนใจข้อมูลที่ได้มา ส่วนในรูป b ข้อมูลที่ได้มาก็จะเป็น Byte ที่สองของคำสั่งนั่นเอง

จากรูป c ซึ่งเป็นการทำงานของคำสั่งที่ใช้การทำงาน 2 Machine cycles CPU จะไม่สนใจข้อมูลที่
 ที่ได้จากการ Fetch 3 ครั้งด้วยกันและในรูป d ซึ่งเป็นการทำงานของคำสั่ง MOVX ซึ่งเป็นการติดต่อกับ
 External data memory ในกรณีนี้ จะไม่มีการ Fetch เกิดขึ้น เนื่องจาก CPU จะต้องใช้ระบบ BUS
 เดียวกันนี้ ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก

ขบวนการ Fetch / Execute นี้จะเหมือนกัน ไม่ว่าจะเป็นการทำงานของโปรแกรมที่อยู่ใน Internal
 หรือ External program memory ดังนั้นแล้วมันจะใช้เวลาในการทำงานของคำสั่งต่างๆ เท่ากัน



รูปที่ 2.31 ขบวนการ Fetch / Execute

จากรูป a จะเป็นการแสดงถึงจังหวะการทำงานของสัญญาณต่างๆ ของการ Fetch เมื่อคำสั่งนั้นอยู่ใน
 External program memory ซึ่งสัญญาณ จะเกิดขึ้น 2 ครั้งต่อ Machine cycle ในรูป b จะแสดงสัญญาณ

ต่างๆ ที่เกิดขึ้นเมื่อกระทำคำสั่งที่มีการติดต่อกับ External data memory การ Fetch จะถูกข้ามไป 2 ครั้ง
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจะเห็นว่าจังหวะเวลาของการอ่านข้อมูลจาก External data memory นั้นจะใช้เวลาที่มากกว่าการอ่านข้อมูลจาก Program memory



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 การออกแบบวงจรส่วนต่างๆ ภายในตู้อบเด็ก

- 3.1.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟของระบบควบคุม
- 3.1.2 ส่วนตรวจจับอุณหภูมิที่ใช้ SHT15
- 3.1.3 วงจรทรานซิสเตอร์และแยก โหลด
- 3.1.4 วงจรตรวจจับสัญญาณชาयน์
- 3.1.5 วงจรส่วนแสดงผล
- 3.1.6 วงจรควบคุมการทำงานหลัก

3.2 การออกแบบส่วนประกอบภายนอก

- 3.2.1 ตู้ครอบตัวเด็กและแผ่นรองตัวเด็ก
- 3.2.2 ตู้ฐานรอง
- 3.2.3 Chamber
- 3.2.4 ก่องควบคุมระบบและSticker หน้าปัด
- 3.2.5 สวิตช์ควบคุมและแผงหน้าปัด

3.1 การออกแบบวงจรส่วนต่างๆ ภายในตู้อบเด็ก

3.1.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง

วงจรภาคจ่ายไฟกระแสตรงจะมีการรักษาระดับแรงดันให้คงที่ และที่ออกแบบจะใช้ไอซีแบบ 3 ขาประกอบด้วยขาอินพุท เอาท์พุท และขากราวด์ ซึ่งตัวเลขที่บอกเบอร์ไอซีจะเป็นดังบอกขนาดของแรงดันเอาท์พุท เบอร์ที่ให้แรงดันไฟบวก 78xx และแบบที่ให้แรงดันไฟลบ 79xx

เบอร์ 7815 แรงดันเอาท์พุท + 15V

เบอร์ 7812 แรงดันเอาท์พุท + 12V

เบอร์ 7915 แรงดันเอาท์พุท - 15V

เบอร์ 7912 แรงดันเอาท์พุท - 12V

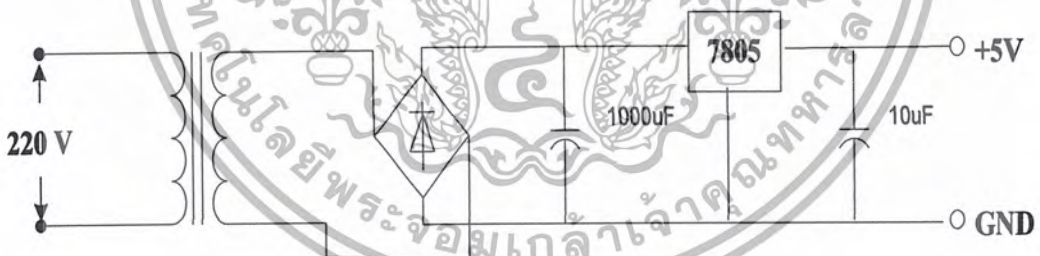
เบอร์ 7809 แรงดันเอาท์พุท + 9V

เบอร์ 7909 แรงดันเอาท์พุท - 9V

เบอร์ 7805 แรงดันเอาท์พุท + 5V

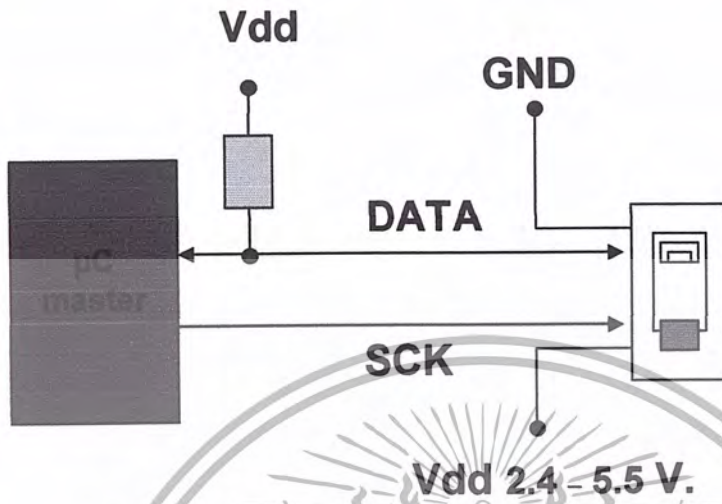
เบอร์ 7905 แรงดันเอาท์พุท - 5V

แต่ขั้นแรกของการออกแบบเพื่อทดสอบวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นในแบบระบบการปิดเปิด (ON , OFF) ในส่วนแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงจึงใช้เพียง ไอซีเบอร์ 7805 เท่านั้น



รูปที่ 3.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟของระบบควบคุม

3.1.2 ส่วนตรวจจับอุณหภูมิที่ใช้ SHT15

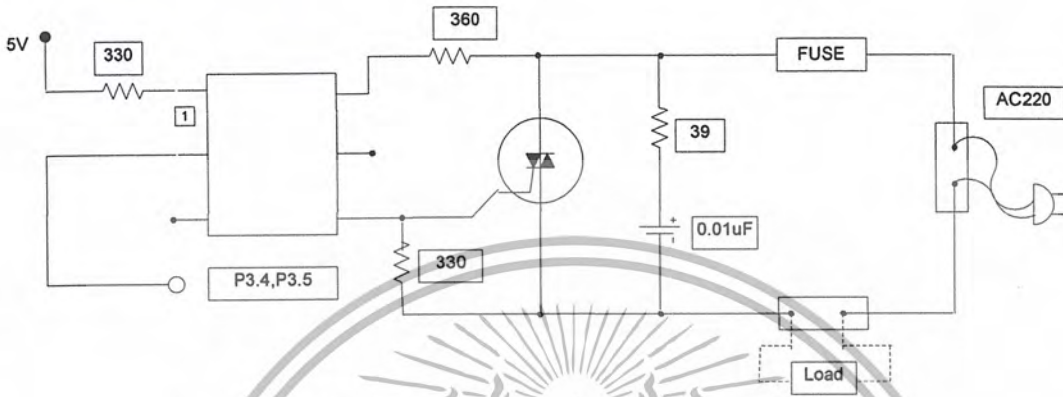


รูปที่ 3.2 ตัวอย่างการต่อใช้งาน SHT15

- 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 ข้อมระหว่างขา Vcc กับ GND
- การต่อขา DATA และขา SCK จะต่อแบบ Serial Interface (Bidirectional 2-wire) ซึ่งจะเป็นการต่อในลักษณะที่คล้ายกับ I2C แต่ไม่เหมือน I2C โดยทั่วไป
- การต่อขา SCK จะเป็นการต่อแบบตรงระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับ SHT11
- การต่อขา DATA จะมีการต่อ Pull-up เพื่อให้ได้สัญญาณที่มีค่าสูง ซึ่งการต่อ Pull-up จะต่อกันบ่อยๆในการใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และในช่วงที่ทำการส่ง DATA จำเป็นที่จะต้องทำให้ DATA มีความเสถียรในขณะที่ SCK high ซึ่งแสดง Timing Diagram ได้

3.1.3 วงจรทริกและแยกโหนด

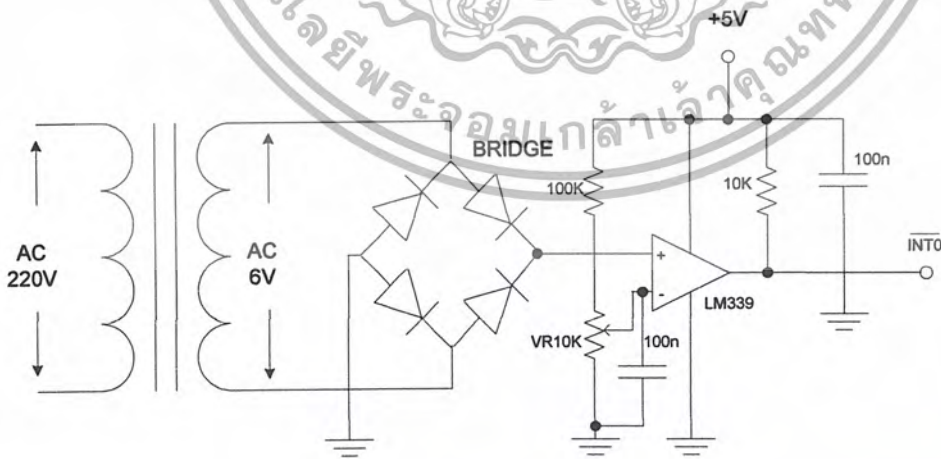
เป็นส่วนที่แยกวงจร High voltage ออกจากวงจรควบคุมต่างๆ เพื่อป้องกันแรงดัน 220 Vac ไหลเข้าสู่ วงจรส่วนต่างๆ



รูปที่ 3.3 แสดงวงจรทริกและแยกโหนด

3.1.4 วงจรตรวจจับสัญญาณขาอิน

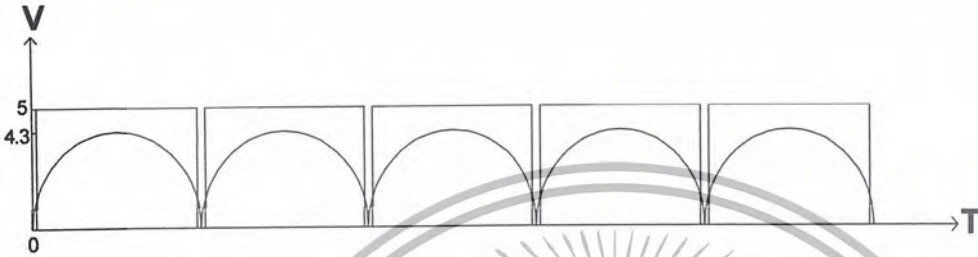
วงจรตรวจจับสัญญาณขาอิน เพื่อนำไปเป็นสัญญาณ อินเทอร์รัพท์ให้กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการเป็นสัญญาณเริ่มต้นของ ดีเลย์สัญญาณทริกในการเริ่มทำงานของ โหนด โดยเอาท์พุทของวงจรนี้จะไปเข้าที่ขา INTO



รูปที่ 3.4 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณขาอิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

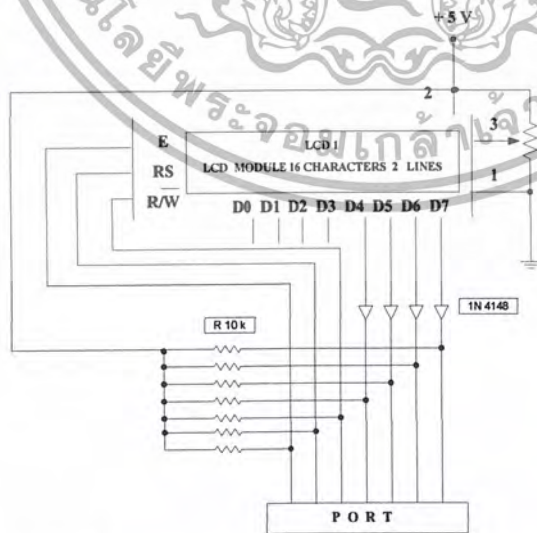
สัญญาณขาอินพุต 5 โวลต์เมื่อผ่านวงจรบริดจ์เรกติไฟเออร์จะให้สัญญาณเอาต์พุต full wave นำไปเข้าวงจรคอมพาราเตอร์โดยใช้ LM 339 และแรงดันเปรียบเทียบสามารถปรับได้โดยใช้ VR10K สามารถปรับช่วงที่เป็น 0 ของสัญญาณพัลส์เอาต์พุตได้ นำสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรคอมพาราเตอร์ไปเข้าขา INTO ของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อเป็นสัญญาณการอินเทอร์รัพท์ในการเริ่มดีเลย์



รูปที่ 3.5 สัญญาณขาอินพุตเมื่อวงจรคอมพาราเตอร์ที่ใช้ LM339

3.1.5 วงจรส่วนการแสดงผลออกทาง LCD Module

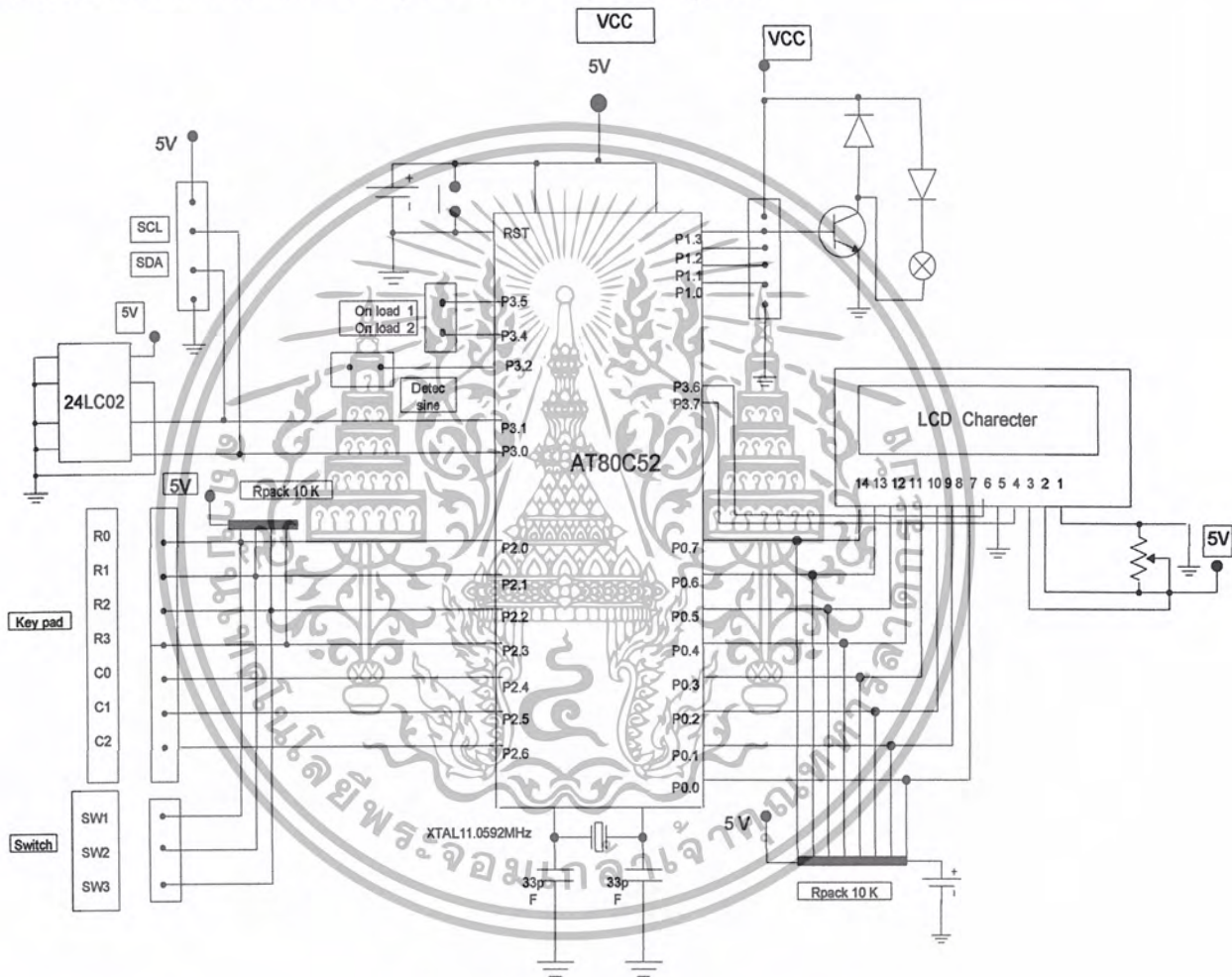
ส่วนแสดงผลทำหน้าที่ในการแสดงผลในขณะที่รับค่าจากภายนอกในกำหนดช่วงอุณหภูมิของตู้ การกดปุ่มเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ หรือการกดปุ่มเพื่อเปลี่ยนโหมดการทำงาน เมื่อทำการกดปุ่มที่ส่วนควบคุมแล้ว ส่วนแสดงผลจะทำการส่งข้อมูลไปยัง ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่อยู่บนส่วนควบคุมหลัก เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ประมวลผลควบคุมอุปกรณ์ต่างๆตามค่าที่กำหนด แล้วส่งผลออกมาทางที่ส่วนการแสดงผล ซึ่งจะแสดงได้ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.6 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ส่วนแสดงผลข้อมูล

3.1.6 วงจรควบคุมการทำงาน

เป็นวงจรที่ใช้ควบคุมการทำงานทั้งหมดของตู้อบเค้ก โดยที่จะมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลควบคุมการทำงานทั้งหมด ซึ่งจะควบคุมของการแสดงผล วงจรตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น วงจรควบคุมการทำงานทางเฟสของขดลวดความร้อน โดยจะใช้เขียนโปรแกรมที่เขียนให้กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงาน จะมีวงจรมีดังรูปที่ 3.7



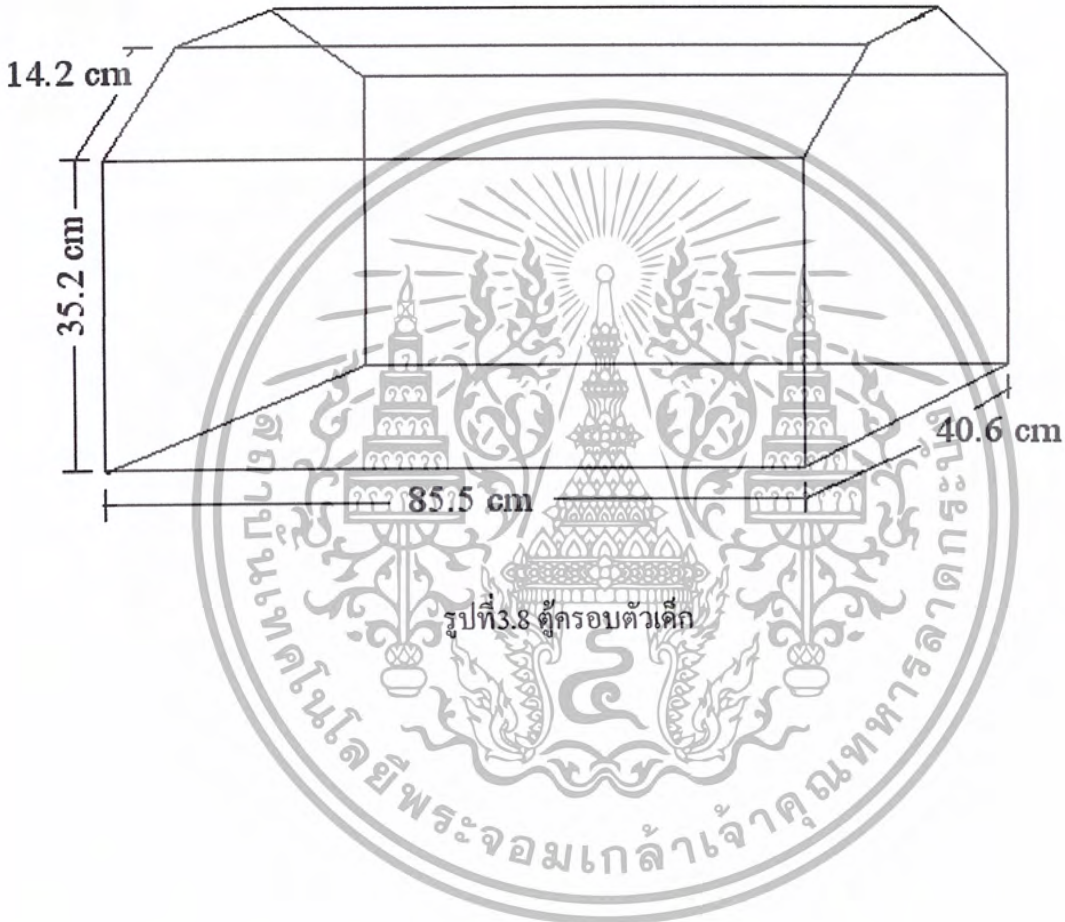
รูปที่ 3.7 วงจรควบคุมการทำงาน

3.2 การออกแบบส่วนประกอบภายนอก

ลักษณะภายนอกโดยทั่วไปของตู้อบเด็ก จะประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

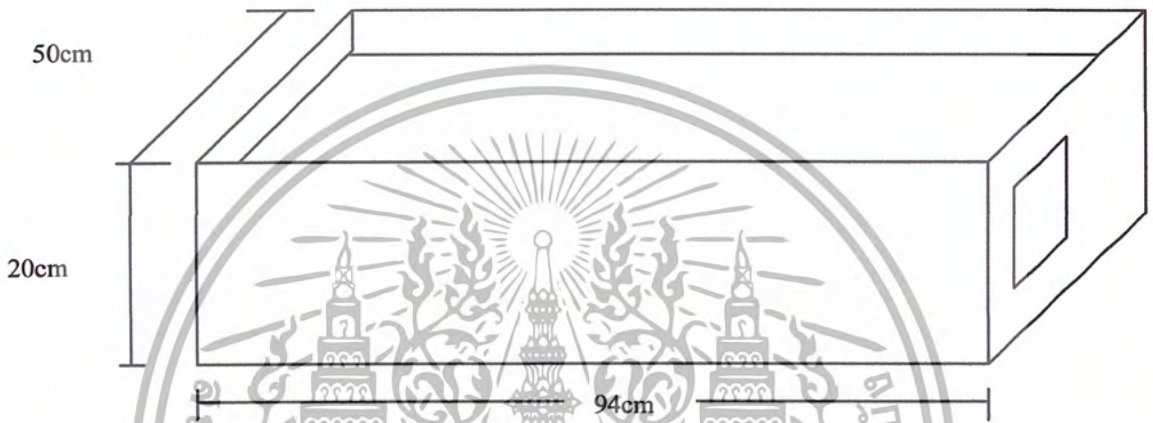
3.2.1 ส่วนตู้ครอบตัวเด็กและแผ่นรองตัวเด็ก

จะทำหน้าที่เปรียบเสมือนเป็นห้องที่ให้เด็กอาศัยอยู่ชั่วคราว เป็นส่วนที่จะครอบตัวเด็กไว้และยังทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศภายในตู้อบเด็ก



3.2.2 ส่วนฐานรองตู้อบ

เป็นส่วนที่ไว้วางส่วนประกอบทุกอย่างของตู้อบเด็ก เช่น ฝาครอบ แผ่นฐานรอง Chamber และกล่องควบคุมระบบ



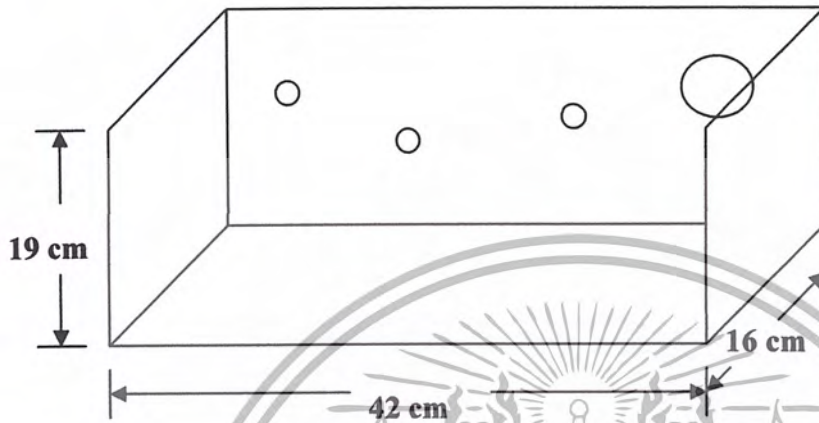
รูปที่ 3.9 ส่วนฐานรองตู้อบ

3.2.3 Chamber

เป็นส่วนที่กำหนดทิศทางการไหลของอากาศ ซึ่งจะใช้ไฟเบอร์เป็นวัสดุในการสร้างส่วนประกอบส่วนนี้

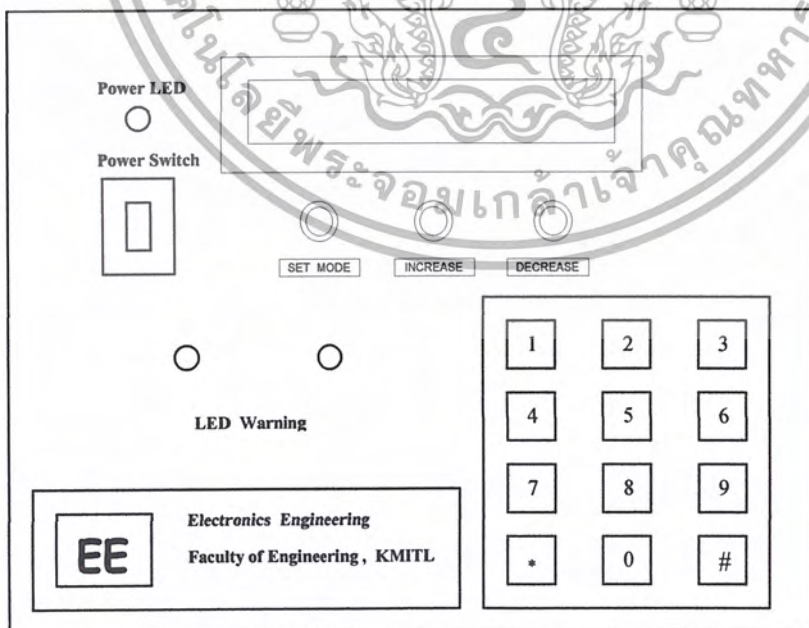
3.2.4 กล่องบรรจุส่วนวงจรควบคุมระบบ

เป็นกล่องที่ไว้เก็บวงจรต่างๆของการทำงานของตู้อบเค้กซึ่งจะวางอยู่ซ่อนอยู่ในส่วนล่างสุดของตู้



รูปที่ 3.10 กล่องบรรจุส่วนของอุปกรณ์วงจรของของตู้อบ

3.2.5 สวิตช์ควบคุมและแผงหน้าปัด



รูปที่ 3.11 ส่วนสวิตช์ควบคุมและแผงหน้าปัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาด้านนี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ขั้นตอนการทดลองและผลการทดลอง

การทดลองในโครงการนี้ได้ทำการทดลองเพื่อวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

- เพื่อทดสอบความเป็นเชิงเส้นของช่วงเวลาการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเทียบกับเวลา
- เพื่อปรับค่าค่าคงที่(K)ต่างๆของระบบพีไอดี (PID) ที่เหมาะสมกับระบบมาก

ที่สุด

- เพื่อทดสอบระบบกับการออกแบบแบบใหม่โดยการแยกส่วนกำเนิดความร้อนและพัดลมเป่า

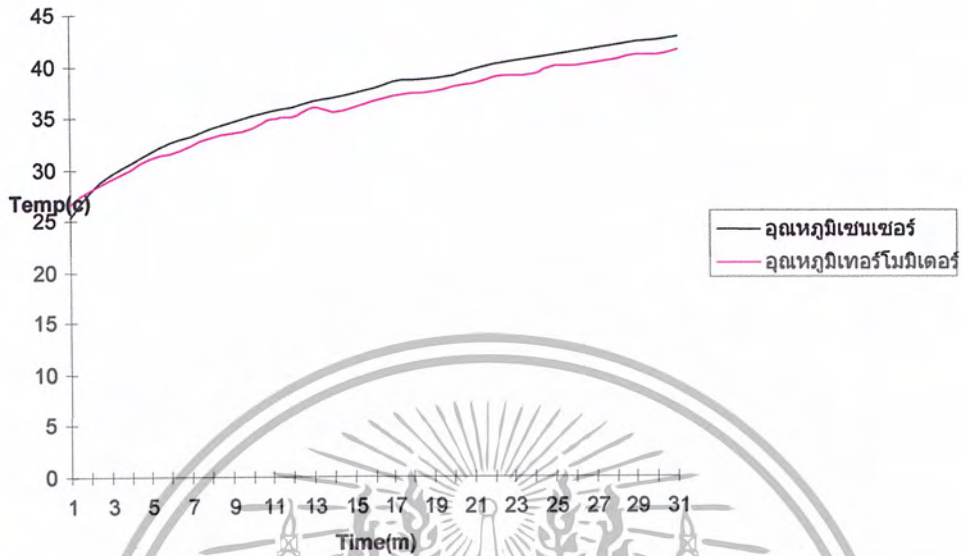
อากาศหมุนเวียนไปไว้ด้านล่างชั้นใส่ของซึ่งห่างจากส่วนบนประมาณ 50 ซม. แล้วเป่าหมุนเวียนอากาศผ่านท่อสแตนเลสขึ้นมายังส่วนผู้ใช้งาน โดยใช้พัดลมเป่าความร้อนที่เกิดจากขดลวดความร้อนขึ้นมา

- เพื่อทดสอบเสียงรบกวนที่มาจากส่วนพัดลมที่เป่าหมุนเวียนอากาศที่ออกแบบใหม่เพื่อลดเสียงรบกวนนี้ด้วย

จากวัตถุประสงค์สามารถทำการทดลองได้ดังต่อไปนี้

4.1 ทดสอบความเป็นเชิงเส้นของช่วงเวลาการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเทียบกับเวลา

โดยการให้โหลคชคลวความร้อนทำงานเต็ม 100 เปอร์เซ็นต์ แล้วทำการบันทึกค่าอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที ผลที่ได้ดังรูปที่ 4.1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเกือบเป็นเชิงเส้น

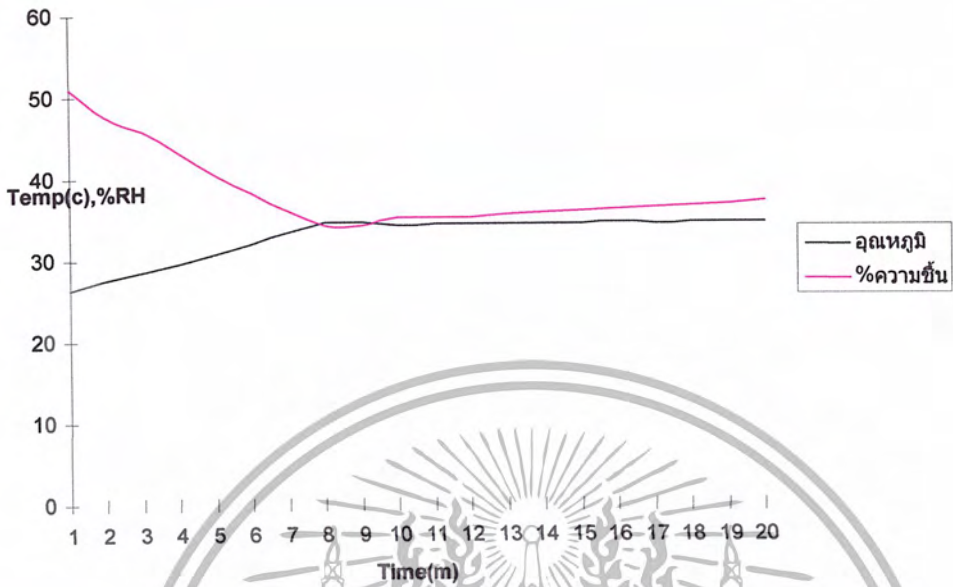


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการทดสอบการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิให้โหลดทำงาน 100 เปอร์เซ็นต์

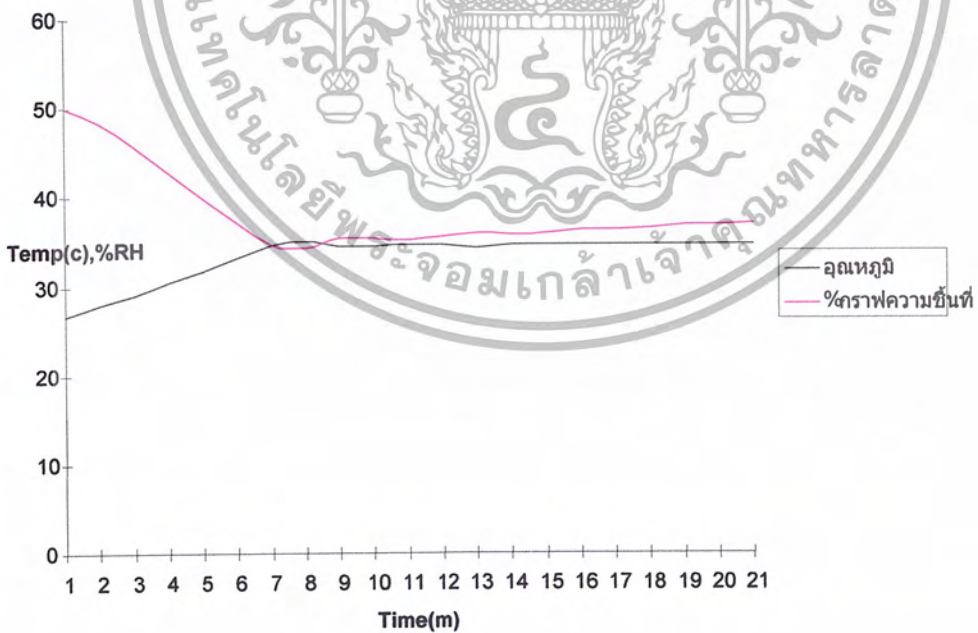
4.2 ปรับค่าค่าคงที่ (K) ต่างๆ ของระบบพีไอดี (PID) ที่เหมาะสมกับระบบมากที่สุด

โดยเริ่มจาก

การปรับค่าค่าคงที่ของพี (Kp) ก่อนเป็นอันดับแรกซึ่งจะต้องทำการสุ่มเปลี่ยนค่าไปเรื่อยๆจนได้ค่าที่เข้าใกล้จุดกำหนดมากที่สุด ซึ่งค่าคงที่ได้คือ 80, 100, 150 ตามลำดับทำการวัดค่าแล้ววาดกราฟได้ดังรูปที่ 4.2, 4.3, 4.4

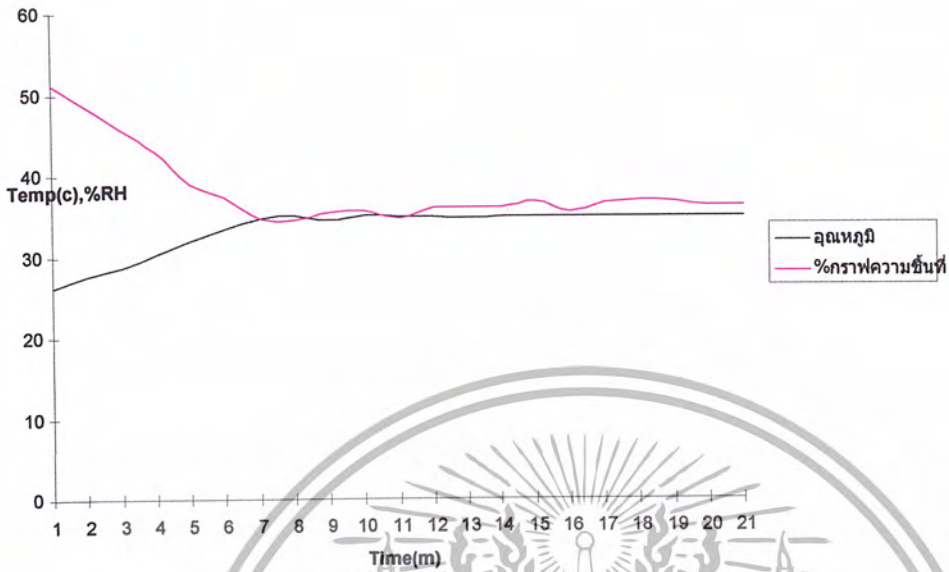


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการปรับค่าค่าคงที่ของพี (Kp=80)



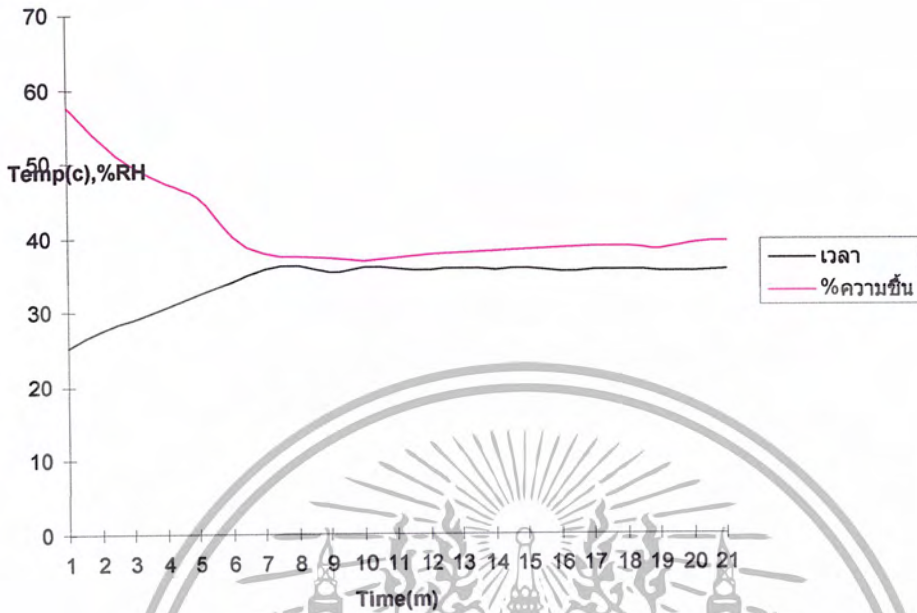
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการปรับค่าค่าคงที่ของพี (Kp=100)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

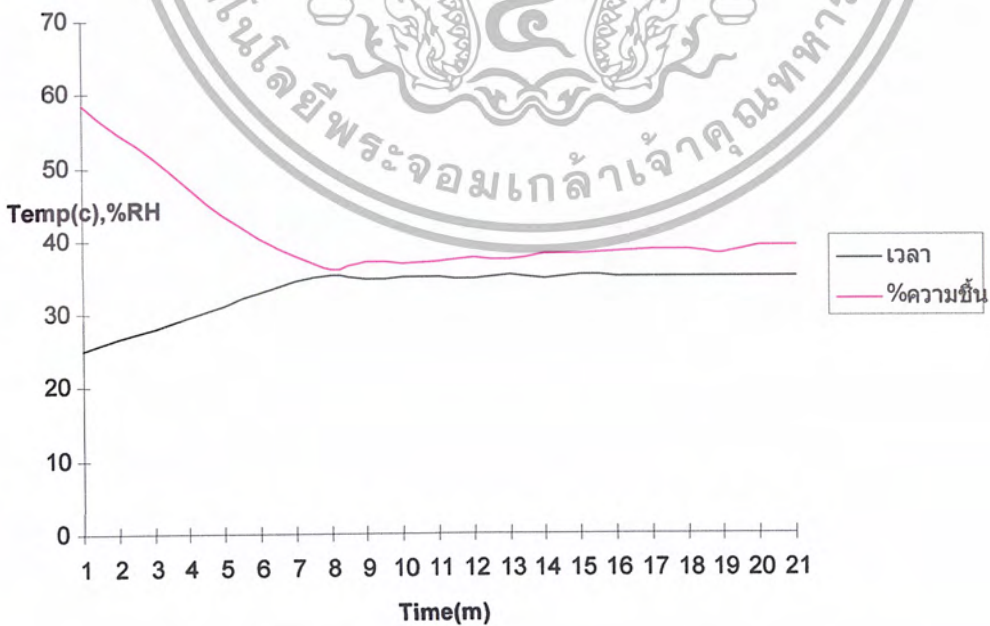


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการปรับค่าค่าคงที่ของพี (Kp=150)

การปรับค่าค่าคงที่ของพีไอ (Kp,Ki) นำค่าค่าคงที่ของพีที่ดีที่สุดคือ 150 แล้วมาใช้ในการปรับหาค่าคงที่ไอ(Ki) โดยทำการสุ่มเช่นเดียวกันค่าคงที่ได้คือ 0.01 ,0.05 ,0.1 กันตามลำดับ ทำการวัดค่าแล้ววาดกราฟได้ดังรูปที่ 4.5, 4.6, 4.7

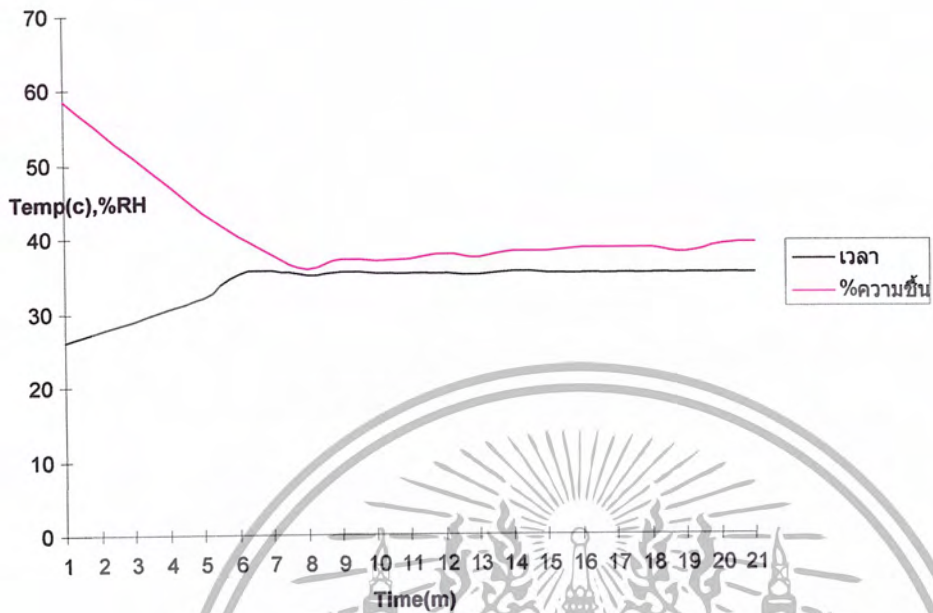


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการปรับค่าค่าคงที่ของพีไอ ($K_p=150, K_i=0.1$)



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการปรับค่าค่าคงที่ของพีไอ ($K_p=150, K_i=0.02$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

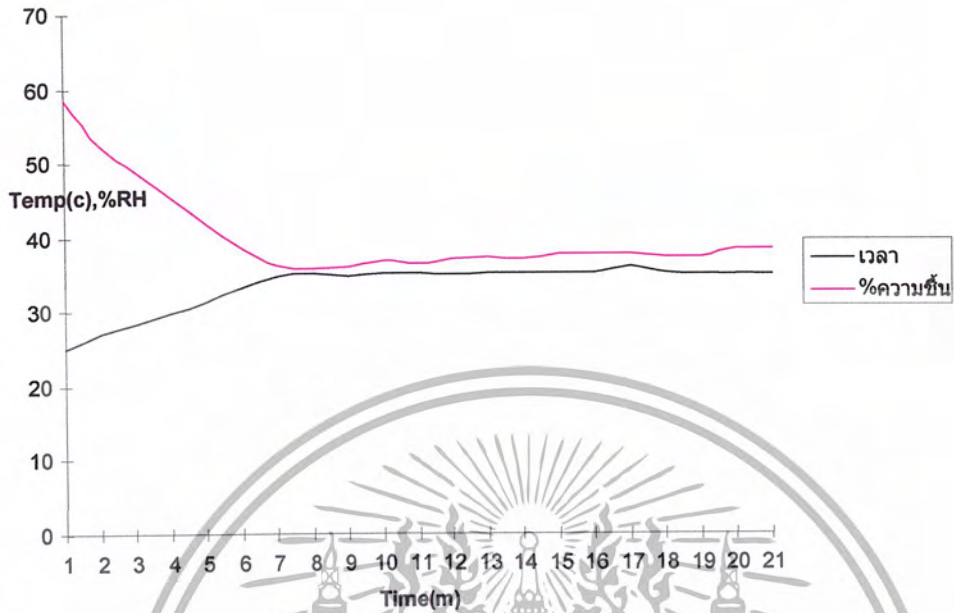


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการปรับค่าค่าคงที่ของพีไอ ($K_p=150$, $K_i=0.05$)

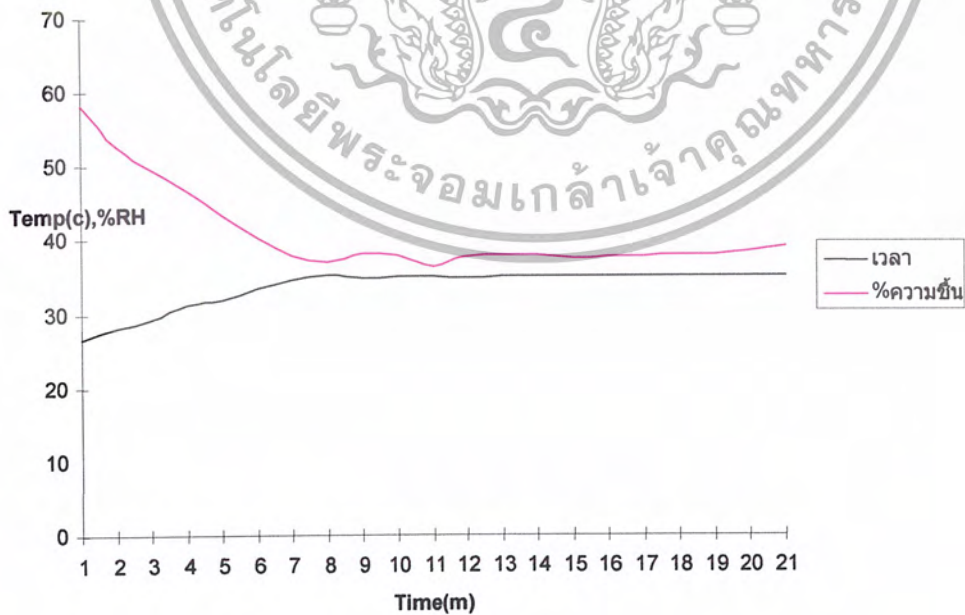
การปรับค่าค่าคงที่ของพีไอ (K_p, K_i) นำค่าค่าคงที่ของพีไอที่ดีที่สุดคือ

$K_p = 150$ และ $K_i = 0.02$ แล้วมาใช้ทำการปรับหาค่าคงที่ดี (K_d) โดยทำการสุ่มเช่นเดียวกันค่าคงที่ได้

คือ 0.1 , 0.5 , 1 กันตามลำดับ ทำการวัดค่าแล้ววาดกราฟได้ดังรูปที่ 4.8, 4.9, 4.10

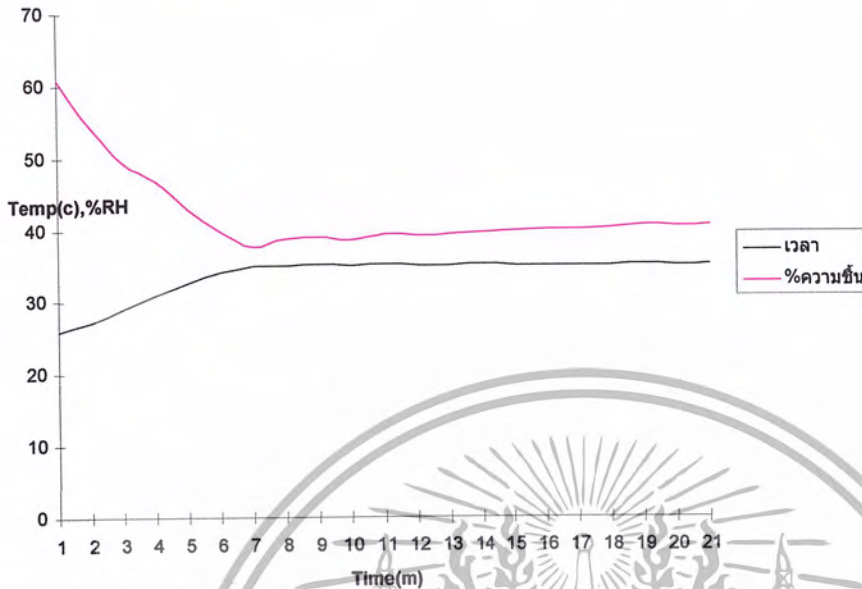


รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการปรับค่าคงที่ของพีไอดี ($K_p=150, K_i=0.05, K_d=0.1$)



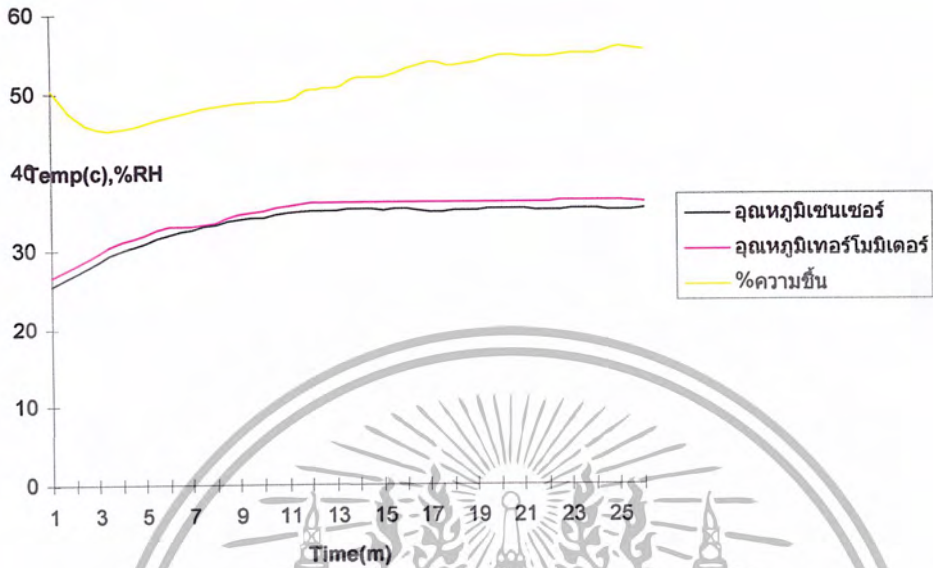
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการปรับค่าคงที่ของพีไอดี ($K_p=150, K_i=0.05, K_d=0.5$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

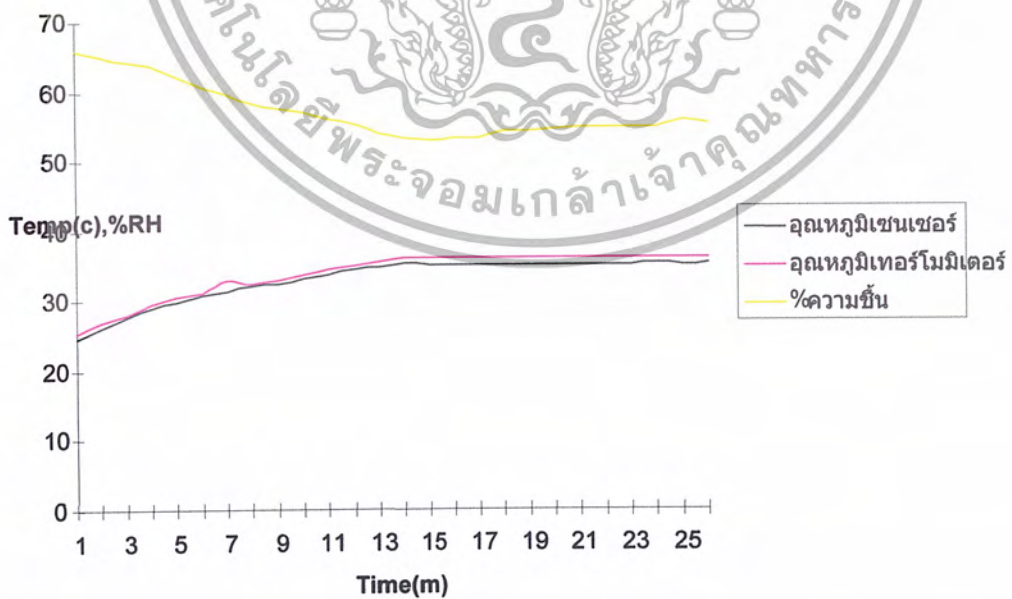


รูปที่ 4.10 กราฟแสดงการปรับค่าค่าคงที่ของพี ไอ ดี ($K_p=150, K_i=0.05, K_d=1.0$)

4.3 ทดสอบระบบกับการออกแบบแบบใหม่ โดยการแยกส่วนกำเนิดความร้อนและพัดลม
เป่าอากาศหมุนเวียนไปไว้ด้านล่างชั้นใส่ของซึ่งห่างจากส่วนบนประมาณ 50 ซม. แล้วเป่า
หมุนเวียนอากาศผ่านท่อสแตนเลสขึ้นมาซึ่งส่วนตู้ข้างบน โดยใช้พัดลมเป่าความร้อนที่เกิดจากขด
ลวดความร้อนขึ้นมา โดยการนำค่าคงที่พี ไอ ดีที่ปรับค่าที่ได้มาใช้ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองดังรูปที่ 4.11
และ รูปที่ 4.12



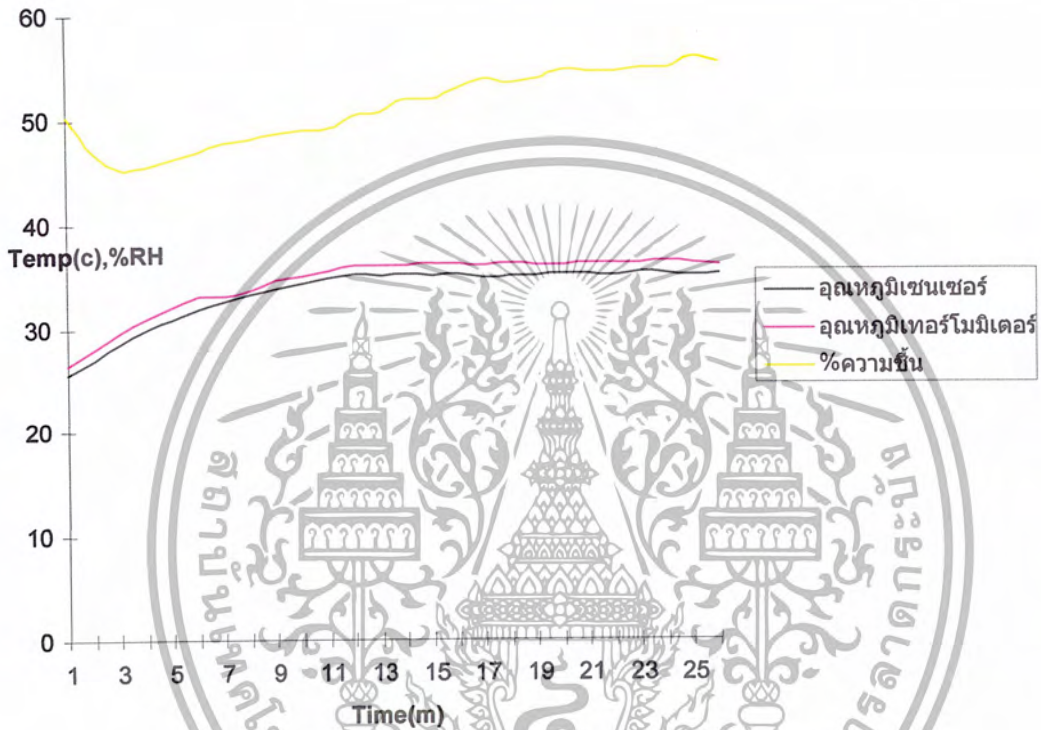
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงการนำค่าคงที่ของพีไอดี ($K_p=150, K_i=0.05, K_d=0.5$)มาใช้กับตู้ใหม่



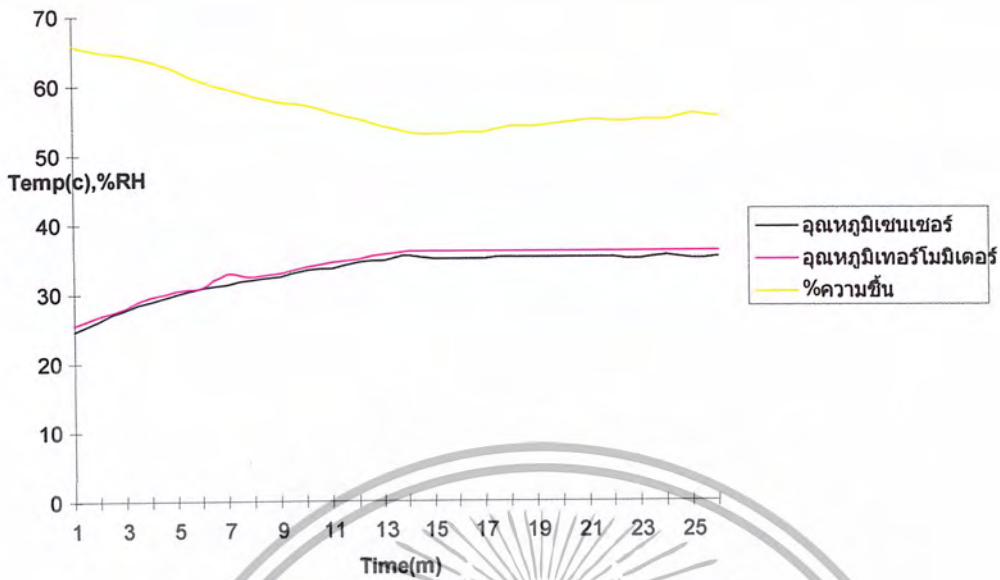
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงการนำค่าคงที่ของพีไอดี ($K_p=150, K_i=0.05, K_d=0.5$)มาใช้กับตู้ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ทดลองวัดการกระจายของอุณหภูมิที่จุดต่างกันในตัว โดยการวางหัวเซนเซอร์ไว้ที่ส่วนหัว และท้ายด้านยาวของตู้ผลที่ได้เห็นว่ากระจายของอุณหภูมิจึงมีความใกล้เคียงกันทั้ง 2 จุด ที่ทำการทดลอง แสดงดังการรูปที่ 4.13, 4.14



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงผลจากการวางหัวเซนเซอร์ที่หัวตู้ทางด้านยาว



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงผลจากการวางหัวเซนเซอร์ที่ท้ายตู้ทางค้ำยาว

4.5 ทดสอบเสียงรบกวนที่มาจากส่วนพัดลม ที่เป่าหมุนเวียนอากาศที่ออกแบบใหม่

เพื่อลดเสียงรบกวนนี้ด้วยทดลองโดยการจัดสถานะของตู้ให้เป็นตู้แบบเก่าคือให้ส่วนหมุนเวียนอากาศอยู่ติดกับตัวตู้ที่ควบคุมอุณหภูมิและตู้แบบใหม่ที่ส่วนหมุนเวียนอากาศอยู่ห่างจากส่วนตัวตู้ที่ควบคุมอุณหภูมิ 50 เซนติเมตร และที่ตัวมอเตอร์โดยตรงแล้วเปรียบเทียบกันใช้วิธีการวัดโดยใช้ไมโครโฟนวัดที่จุดทั้งสามจุดที่ระบุ ผลที่ได้คือที่มอเตอร์จะมีเสียงรบกวนมากที่สุดและรองลงมาคือที่ตู้แบบเก่าเพราะอยู่ติดกับส่วนล่างเลย ตู้แบบใหม่เสียงรบกวนจะน้อยกว่าตู้แบบเก่าซึ่งเป็นผลมาจากการที่มีการพัฒนาตัวตู้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลของโครงการ

โครงการนี้เป็นการออกแบบตัวอบเด็กในระบบควบคุมแบบดิจิทัล โดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลMCS-51 เป็นตัวประมวลผลควบคุมการทำงานทั้งหมดของระบบและ นำอัลกอริทึมของระบบควบคุมมาใช้ในการเขียน โปรแกรมประมวลผล ซึ่งผลของการทดลองสามารถ สรุปได้ดังนี้

1. สามารถควบคุมอุณหภูมิในช่วง 20°C - 45°C โดยมีความผิดพลาดที่ระดับ 0.1 องศาเซลเซียส เมื่อใช้ SHT15
2. ค่า K_p , K_i และ K_d มีผลต่อความเสถียรภาพของระบบ โดยที่ K_p จะมีผลเมื่ออุณหภูมิเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยดูได้จากสมการในระบบ PID และค่า K_i จะมีผลต่อการแกว่งของระบบ ส่วนค่า K_d มีผลต่อการเข้าสู่จุดกำหนด(set point) ของอุณหภูมิที่ใกล้เคียงและมีเสถียรภาพของระบบ
3. อัลกอริทึมแบบ PID เหมาะสมกับระบบการควบคุมอุณหภูมิ

ปัญหาของโครงการนี้

1. เกิดการสูญเสียความร้อนให้กับสแตนเลส ทำให้เวลาในการเข้าสู่จุดกำหนด(set point) ของอุณหภูมิช้ากว่าที่ควรจะเป็น เพราะจะต้องทำให้สแตนเลสมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิที่กำหนดเสียก่อน
2. ไม่สามารถต่อสายหัวเซนเซอร์ให้มีความยาวตามที่กำหนดได้
3. การหาค่า K_p , K_i และ K_d ต้องใช้เวลาในการหาค่าที่เหมาะสม
4. วงจรส่วนที่ทำหน้าที่กระตุ้น โหลดให้ทำงานตามที่กำหนดเป็นส่วนที่ทำให้เกิดอีเอ็มไอ (EMI)

ข้อเสนอแนะ

จากปัญหาที่ได้พบในการทำ โครงการ พอดีจะเสนอแนะแนวทางแก้ไขได้ดังนี้

1. เซนเซอร์ SHT15 เหมาะสมกับการใช้ในการอุณหภูมิและความชื้น
2. ป้องกันการสูญเสียความร้อนให้กับสแตนเลส โดยการบุฉนวนป้องกันความร้อนทั้งที่พื้นและตัวท่ออากาศ ทั้งด้านใน ด้านนอก ฉนวนควรเป็นฉนวนชนิดเดียวกันกับที่ใช้กับท่อของระบบปรับอากาศ
3. ควรทำการทดลองสภาวะต่างๆ เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ดีกว่าเช่น การทดลองวัดที่หลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาและวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การใช้งานจริงเพื่อดูเสถียรภาพของระบบของระบบควบคุมการทำงาน ทดลองเปลี่ยนสถานะให้มีการสูญเสียอุณหภูมิและมีการเพิ่มขึ้นและลดลงของอุณหภูมิขณะมีการใช้งาน
4. การทดลองหาค่าสัญญาณรบกวนทางเสียงควรวัดผลออกมาในลักษณะเป็นฮาร์โมนิกของสัญญาณไม่ควรวัดออกมาเป็นสัญญาณเสียงธรรมชาติ
 5. ควรศึกษาข้อมูลหาจรรยาส่วนที่ทำหน้าที่กระตุ้นโหลดใหม่ที่ไม่เกิดการสร้างฮีเอ็มไอ
 6. ควรศึกษาว่าตัวอุปกรณ์หรือวงจรที่สร้างขึ้นมาว่าจะสร้างสัญญาณรบกวนชนิดใดออกมาหรือไม่และมีผลกระทบต่อเด็กทารกอย่างไร และแก้ปัญหาเหล่านั้นได้อย่างไรบ้าง เพื่อประโยชน์ในการทำโครงการนี้มากขึ้นและเพื่อความง่ายต่อการนำเสนอและตอบข้อซักถามของคณะกรรมการในการสอบโครงการ



บรรณานุกรม

1. เกรียงศักดิ์ จีระแพทย์. การดูแลระบบการหายใจในทารกแรกเกิด. หน่วยทารกแรกเกิด ภาควิชากุมารเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล
2. ประพุทธ ศิริบุญย์, อรุณ พล บุญประกอบ . ทารกแรกเกิด . กรุงเทพมหานคร : โครงการตำรา-ศิริราช คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล 2533
3. ชัยวัฒน์ ลิ้มตระกูลจิตรวีไลและวรพจน์ กราบแก้ววัฒนกุล, “เรียนรู้และปฏิบัติการ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51”, โนเวทีฟอิเล็กทรอนิกส์ กรุงเทพฯ
4. สมยศ จุณณะปิยะ, ” การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์”, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.2543
5. คู่มือการใช้งาน V-80 atom infant incubator
6. สำเนาเอกสาร ”ระบบการควบคุมป้อนกลับ”





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MEASURE SECTION (TX SERIAL)

```
#include <AT89x52.h> //Microcontroller specific library, e.g. port definitions
```

```
#include <intrins.h> //Keil library (is used for _nop()_ operation)
```

```
#include <math.h> //Keil library
```

```
#include <stdio.h> //Keil library
```

```
typedef union
```

```
{ unsigned int i;
```

```
float f;
```

```
} value;
```

```
//-----
```

```
// modul-var
```

```
//-----
```

```
enum {TEMP,HUMI};
```

```
#define DATA P1_1
```

```
#define SCK P1_0
```

```
#define noACK 0
```

```
#define ACK 1
```

```
//adr command r/w
```

```
#define STATUS_REG_W 0x06 //000 0011 0
```

```
#define STATUS_REG_R 0x07 //000 0011 1
```

```
#define MEASURE_TEMP 0x03 //000 0001 1
```

```
#define MEASURE_HUMI 0x05 //000 0010 1
```

```
#define RESET 0x1e //000 1111 0
```

```
float tempshow,humishow;
```

```
unsigned char round;
```

```
//-----
```

```
char s_write_byte(unsigned char value)
```

```
//-----
```

```
{
```

```
unsigned char i,error=0;
```

```

for (i=0x80;i>0;i/=2)           //shift bit for masking
{ if (i & value) DATA=1;       //masking value with i , write to SENSI-BUS
  else DATA=0;
  SCK=1;                         //clk for SENSI-BUS
  _nop_();_nop_();_nop_();       //pulswidth approx. 5 us
  SCK=0;
}
DATA=1;                          //release DATA-line
SCK=1;                            //clk #9 for ack
error=DATA;                       //check ack (DATA will be pulled down by SHT11)
SCK=0;
return error;                      //error=1 in case of no acknowledge
}
//-----
char s_read_byte(unsigned char ack)
//-----
{
  unsigned char i,val=0;
  DATA=1;                         //release DATA-line
  for (i=0x80;i>0;i/=2)           //shift bit for masking
  { SCK=1;                         //clk for SENSI-BUS
    if (DATA) val=(val | i);       //read bit
    SCK=0;
  }
  DATA=!ack;                      //in case of "ack==1" pull down DATA-Line
  SCK=1;                            //clk #9 for ack
  _nop_();_nop_();_nop_();       //pulswidth approx. 5 us
  SCK=0;
  DATA=1;                          //release DATA-line
  return val;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

//-----
void s_transstart(void)
//-----
{
    DATA=1; SCK=0;           //Initial state
    _nop_();
    SCK=1;
    _nop_();
    DATA=0;
    _nop_();
    SCK=0;
    _nop_();_nop_();_nop_();
    SCK=1;
    _nop_();
    DATA=1;
    _nop_();
    SCK=0;
}
//-----
void s_connectionreset(void)
//-----
{
    unsigned char i;
    DATA=1; SCK=0;           //Initial state
    for(i=0;i<9;i++)           //9 SCK cycles
    { SCK=1;
      SCK=0;
    }
    s_transstart();           //transmission start
}

```

```

//-----
char s_measure(unsigned char *p_value, unsigned char *p_checksum, unsigned char mode)
//-----
// makes a measurement (humidity/temperature) with checksum
{
  unsigned error=0;
  unsigned int i;
  s_transstart();          //transmission start
  switch(mode){           //send command to sensor
  case TEMP   : error+=s_write_byte(MEASURE_TEMP); break;
  case HUMI   : error+=s_write_byte(MEASURE_HUMI); break;
  default    : break;
  }
  for (i=0;i<65535;i++) if(DATA==0) break; //wait until sensor has finished the measurement
  if(DATA) error+=1; // or timeout (~2 sec.) is reached
  *(p_value) =s_read_byte(ACK); //read the first byte (MSB)
  *(p_value+1)=s_read_byte(ACK); //read the second byte (LSB)
  *p_checksum =s_read_byte(noACK); //read checksum
  return error;
}
//-----
void calc_sth11(float *p_humidity, float *p_temperature)
//-----
// calculates temperature [°C] and humidity [%RH]
// input : humi [Ticks] (12 bit)
//        temp [Ticks] (14 bit)
// output: humi [%RH]
//        temp [°C]
{ const float C1=-4.0;          // for 12 Bit
  const float C2=+0.0405;      // for 12 Bit
  const float C3=-0.0000028;   // for 12 Bit
  const float T1=+0.01;        // for 14 Bit @ 5V

```

```

const float T2=+0.00008; // for 14 Bit @ 5V
float rh=*p_humidity; // rh: Humidity [Ticks] 12 Bit
float t=*p_temperature; // t: Temperature [Ticks] 14 Bit
float rh_lin; // rh_lin: Humidity linear
float rh_true; // rh_true: Temperature compensated humidity
float t_C; // t_C : Temperature [°C]
t_C=t*0.01 - 40; //calc. temperature from ticks to [°C]
rh_lin=C3*rh*rh + C2*rh + C1; //calc. humidity from ticks to [%RH]
rh_true=(t_C-25)*(T1+T2*rh)+rh_lin; //calc. temperature compensated humidity [%RH]
if(rh_true>100)rh_true=100; //cut if the value is outside of
if(rh_true<0.1)rh_true=0.1; //the physical possible range
*p_temperature=t_C; //return temperature [°C]
*p_humidity=rh_true; //return humidity[%RH]
}
//-----
float calc_dewpoint(float h,float t)
//-----
// calculates dew point
// input: humidity [%RH], temperature [°C]
// output: dew point [°C]
{ float logEx,dew_point;
logEx=0.66077+7.5*t/(237.3+t)+(log10(h)-2);
dew_point = (logEx - 0.66077)*237.3/(0.66077+7.5-logEx);
return dew_point;
}
//-----
void timer0_service(void) interrupt 1
//-----
{ unsigned char buf[5];
unsigned int i,n;
round++;
TH0 =0x4B;

```

```

TLO = 0xfd;
if (round >= 40)
{
round = 0;
n = sprintf (buf,"%0.2f",tempshow);
    for (i=0;i<n;i++)
    {
        SBUF = buf[i];
        while(~TI);
        TI = 0;
    }
n = sprintf (buf,"%0.2f",humishow);
    for (i=0;i<n;i++)
    {
        SBUF = buf[i];
        while(~TI);
        TI = 0;
    }
}
}
//-----
void main()
//-----
{ value humi_val,temp_val;
float dew_point;
unsigned char error,checksum;
s_connectionreset();
SCON = 0x42;
TMOD = 0x21;
TH1 = 0xfd;
TL1 = 0xfd;
TF1 = 0;

```

```

TI = 0;
TR1 = 1;
TH0 = 0x4B;
TL0 = 0xfD;
EA = 1;
ET0 = 1;
TR0 = 1;
while(1)
{
error=0;
error+=s_measure((unsigned char*) &humi_val.i,&checksum,HUMI); //measure humidity
error+=s_measure((unsigned char*) &temp_val.i,&checksum,TEMP); //measure temperature
if(error!=0) s_connectionreset(); //in case of an error: connection reset
else
{
humi_val.f=(float)humi_val.i; //converts integer to float
temp_val.f=(float)temp_val.i; //converts integer to float
calc_sth11(&humi_val.f,&temp_val.f); //calculate humidity, temperature
dew_point=calc_dewpoint(humi_val.f,temp_val.f); //calculate dew point
}
humishow = humi_val.f;
tempshow = temp_val.f;
}
}

```

MAIN SECTION (RX SERIAL)

```
#include <AT89X52.h> //Microcontroller specific library, e.g. port definitions
```

```
#include <intrins.h> //Keil library (is used for _nop()_ operation)
```

```
#include <math.h> //Keil library
```

```
#include <stdio.h> //Keil library
```

```
#include <lcd.h>
```

```
#include <scankey4x3.h>
```

```
#define OnloadT P3_4
```

```
#define OnloadH P3_5
```

```
#define alarm1 P1_7
```

```
#define alarm2 P1_6
```

```
float tempserial_1,sigmaerror,tempserial;
```

```
char counter,round;
```

```
int piddelay,piddelayT;
```

```
unsigned char serial[10];
```

```
//-----
```

```
float scankey_setT(void)
```

```
{ unsigned char settemp[8]="settemp:";
```

```
unsigned char key[5];
```

```
float setT;
```

```
unsigned int i;
```

```
lcd_command(0x80);
```

```
for (i=0;i<8;i++)
```

```
{
```

```
lcd_text(settemp[i]);
```

```
}
```

```
lcd_command(0x8a);
```

```
lcd_text('.');
```

```
key[0] = scankey();
```

```
while (key[0] == 0xff)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
    key[0] = scankey();
}
lcd_command(0x88);
lcd_text(key[0]+'0');
key[1] = scankey();
while (key[1] == 0xff)
{
    key[1] = scankey();
}
lcd_text(key[1]+'0');
key[2] = scankey();
while (key[2] == 0xff)
{
    key[2] = scankey();
}
lcd_command(0x8b);
lcd_text(key[2]+'0');
key[3] = scankey();
while (key[3] == 0xff)
{
    key[3] = scankey();
}
lcd_text(key[3]+'0');
do
{
    key[4] = scankey();
}while(key[4] != 0x0a);
setT =(key[0]*10)+ key[1]+(key[2]*0.1)+(key[3]*0.01);
return setT;
}

```

```

float pid(float setTm )
//-----
{ const float kp = +150.0;
  const float ki = +0.02;
  const float kd = +0.1;
  float error,pid_control;
  error = (setTm - tempserial);
  pid_control = kp*error - kd*(tempserial - tempserial_1) + ki*(error+sigmaerror);
  if (pid_control >=100)
    pid_control =100;
  if (pid_control <= 5 )
    pid_control = 5;
  tempserial_1 = tempserial;
  sigmaerror = sigmaerror + error;
  return pid_control;
}
//-----
void service_timer0(void) interrupt 1
//-----
{
  counter++;
  if (counter == piddelayT)
  {
    TR0 = 0;
    OnloadT = 0;
    _nop_();
    _nop_();
    _nop_();
    _nop_();
    OnloadT = 1;
    counter = -1;
  }
}

```

```

}
}
//-----
void service_int1(void) interrupt 2
//-----
{
  TR0 = 1;
  piddelayT = piddelay;
}
//-----
void service_serial(void) interrupt 4
//-----
{ EA=0;
  RI = 0;
  serial[0] = SBUF ;
  while(~RI);
  RI = 0;
  serial[1] = SBUF ;
  while(~RI);
  RI = 0;
  serial[2] = SBUF ;
  while(~RI);
  RI = 0;
  serial[3] = SBUF ;
  while(~RI);
  RI = 0;
  serial[4] = SBUF ;
  while(~RI);
  RI = 0;
  serial[5] = SBUF ;
  while(~RI);
  RI = 0;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

serial[6] = SBUF ;
while(~RI);
RI = 0;
serial[7] = SBUF ;
while(~RI);
RI = 0;
serial[8] = SBUF ;
while(~RI);
RI = 0;
serial[9] = SBUF ;
EA=1;
}
//-----
void main()
//-----
{ float setTm ;
  int pidint;
  float pid_control;
  unsigned char temp[4] = "TEMP";
  unsigned char humi[4] = "HUMI";
  unsigned int i;
  pid_control=0;
  tempserial_1=0;
  sigmaerror = 0;
  piddelay=0;
  counter =-1;
  alarm1 = 0;
  alarm2 = 0;
  OnloadH = 0;
  lcd_init();
  setTm = scankey_setT();

```

```

SCON = 0x50;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

TMOD = 0x22;
TH1 = 0xfd;
TL1 = 0xfd;
TF1 = 0;
RI = 0;
TI = 0;
TR1 = 1;
TH0 = 0xA2;
TF0 = 0;
IT1 = 0;
PS = 1;
IPH = 0x10;
EA = 1;
EX1 = 1;
ET0 = 1;
ES = 1;
lcd_clear();
while(1)
{
    lcd_command(0x80);
    for (i=0;i<4;i++)
        {
            lcd_text(temp[i]);
        }
    lcd_command(0x8E);
        lcd_text('C');
    lcd_command(0x88);
    lcd_text(serial[0]);
    lcd_text(serial[1]);
    lcd_text(serial[2]);
    lcd_text(serial[3]);
    lcd_text(serial[4]);
}

```



```

lcd_command(0xC0);
for (i=0;i<4;i++)
{
    lcd_text(humi[i]);
}
lcd_command(0xCE);
lcd_text('%');
lcd_command(0xC8);
lcd_text(serial[5]);
lcd_text(serial[6]);
lcd_text(serial[7]);
lcd_text(serial[8]);
lcd_text(serial[9]);

tempserial = (serial[0]-'0')*10 + (serial[1]-'0') + (serial[3]-'0')*0.1 + (serial[4]-'0')*0.01;
pid_control = pid(setTm);
pidint = (int)pid_control;
piddelay = 100 - pidint;
if (tempserial >= setTm+2)
    alarm1 = 1;
if (tempserial <= setTm-2)
    alarm2 = 1;
}
}

```

LCD HEADER

```

sbit e = P3^6;
sbit rs = P3^7;
//-----
void delay (int tick)
//-----
{int i,j;
for(i=0;i<tick;i++)
for(j=0;j<250;j++);
}
//-----
void lcd_command(unsigned char com)
//-----
{rs = 0;
P0 = com;
e = 1;
delay(10);
e = 0;
}
//-----
void lcd_text(unsigned char text)
//-----
{rs = 1;
P0 = text;
e = 1;
delay(10);
e = 0;
}
//-----
void lcd_clear()

```

```

//-----
{
  lcd_command(0x01);
}
//-----

void lcd_jumorigin()
//-----
{
  lcd_command(0x02);
}
//-----

void lcd_init()
//-----
{delay(250);
  delay(250);
  lcd_command(0x38);
  lcd_command(0x0c);
  lcd_command(0x06);
  lcd_command(0x01);
}

```



SCANKEY 4x3 HEADER

```

sbit c1 = P2^6;           // Bit Column
sbit c2 = P2^5;           // Bit Column2
sbit c3 = P2^4;           // Bit Column3
sbit r1 = P2^0;           // Bit Row1
sbit r2 = P2^1;           // Bit Row2
sbit r3 = P2^2;           // Bit Row3
sbit r4 = P2^3;           // Bit Row4

void delay_db(int time)
{
    do                    // do-while loop for delay
    {
        time--;          // Decrease counter
    }while(time>0);      // If time>0 work in block
}

//*****//
unsigned char scankey(void) // Return value key
{
    unsigned char ret = 0xFF; // Initial value ret = 0xFF
    c1 = 0; // Scan column1
    if(r1==0) // Check push key 1
    {
        delay_db(30000); // Delay debounce
        ret = 1; // Return value = 0x01
    }
    if(r2==0) // Check push key 4
    {
        delay_db(30000); // Delay debounce
        ret = 4; // Return value = 0x04
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(r3==0)                                // Check push key 7
{
    delay_db(30000);                      // Delay debounce
    ret = 7;                              // Return value = 0x07
}

if(r4==0)
{
    delay_db(30000);
    ret = 0x0b;
}

c1 = 1;                                  // Stop check Column1
c2 = 0;                                  // Scan Column2
if(r1==0)                                 // Check push key 2
{
    delay_db(30000);                      // Delay debounce
    ret = 2;                              // Return value = 0x02
}

if(r2==0)                                 // Check push key 5
{
    delay_db(30000);                      // Delay debounce
    ret = 5;                              // Return value = 0x05
}

if(r3==0)                                 // Check push key 8
{
    delay_db(30000);                      // Delay debounce
    ret = 8;                              // Return value = 0x08
}

if(r4==0)                                 // Check push key 0
{
    delay_db(30000);                      // Delay debounce
    ret = 0;                              // Return value = 0x00
}

```

```

c2 = 1;           // Stop check Column2
c3 = 0;           // Scan Column3
if(r1==0)         // Check push key 3
{
    delay_db(30000); // Delay debounce
    ret = 3;         // Return value = 0x03
}
if(r2==0)         // Check push key 6
{
    delay_db(30000); // Delay debounce
    ret = 6;         // Return value = 0x06
}
if(r3==0)         // Check push key 9
{
    delay_db(30000); // Delay debounce
    ret = 9;         // Return value = 0x09
}
if(r4==0)         // Check push key 3
{
    delay_db(30000); // Delay debounce
    ret = 0x0a;
}
c3 = 0x01;        // Stop check Column3
return(ret);      // Return key value
}

```

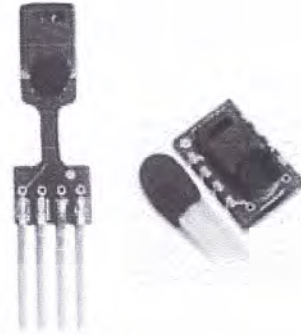


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้,

SHT1x / SHT7x

Humidity & Temperature
Sensmitter

- _ Relative humidity and temperature sensors
- _ Dew point
- _ Fully calibrated, digital output
- _ No external components required
- _ Ultra low power consumption
- _ Surface mountable or 4-pin fully interchangeable
- _ Excellent long-term stability
- _ Small size
- _ Automatic power down



Preliminary Information June 2002

SHT1x Product Summary

The SHT1x / SHT7x is a single chip relative humidity and temperature multi sensor module comprising a calibrated digital output. Application of industrial CMOS-processes with customized post processing (CMOSense® technology) ensures highest reliability and excellent long term stability. The device includes two calibrated microsensors for relative humidity and temperature which are seamlessly coupled to a 14bit analog to digital converter and a serial interface circuit on the same chip. This results in superior signal quality, a fast response time and insensitivity to external disturbances (EMC) at a very competitive price. Each sensor is calibrated in a precision humidity chamber and the calibration coefficients are programmed into the

OTP memory. These coefficients are used internally during measurements to calibrate the signals from the sensors.

The 2-wire serial interface and internal voltage regulation allows easy and fast system integration. Its tiny size and low power consumption makes it the ultimate choice for even the most demanding applications including automotive, instrumentation, medical equipment, heating, ventilation and air conditioning systems (HVAC), portable consumer electronics and battery-operated controllers.

The device is supplied in either a surface-mountable LOC (SHT1x) or as a 4-pin single-in-line-type package (SHT7x). Customer specific packaging options may be available on request.

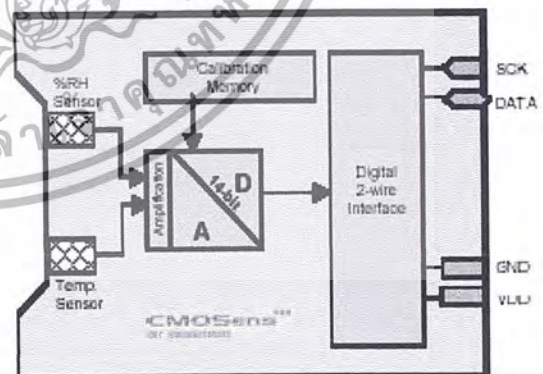
Applications

- _ Consumer Appliances
- _ Automotive
- _ HVAC
- _ Weather stations
- _ Test & Measurement
- _ Data Logging
- _ Automation
- _ White Goods

Ordering information

Part Number	Humidity accuracy	Temperature accuracy	Package	
SHT11	±3.5%RH	±0.5°C@25°C	SMT	
SHT15	±2.0%RH	±0.5°C	SMT	
SHT71	±3.5%RH	±0.5°C@25°C	4-pin single-in-line	Available Q3 2002
SHT75	±2.0%RH	±0.5°C	4-pin single-in-line	Available Q3 2002

Schematic Diagram



1 Sensor Performance Specifications⁽¹⁾

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Humidity					
Resolution		0.5	0.03	0.03	% RH
		8	12	12	bit
Repeatability			+0.1		% RH
Accuracy ⁽²⁾ & Interchangeability		see figure 1			
Nonlinearity	10 - 90 %RH	<1 ⁽³⁾		±3 ⁽⁴⁾	% RH
Range		0		100	% RH
Response time	1/e (63%) slowly moving air		4		s
Hysteresis			±1		% RH
Long term stability	Typical		< 1		% RH/yr
Temperature					
Resolution		0.04	0.01	0.01	°C
		0.07	0.02	0.02	°F
		12	14	14	bit
Repeatability			+0.1		°C
			+0.2		°F
Accuracy		see figure 1			
Range		-40		123.8	°C
		-40		254.9	°F
Response Time	1/e (63%)	5	7	30	s

Table 1 Sensor Performance Specifications

1.1 Converting the digital output to physical values

1.1.1 Humidity

To compensate for the non-linearity of the humidity sensor and to obtain the full accuracy it is recommended to convert the readout with the following formula:

$$RH_{max} = c_1 + c_2 \cdot SO_{RH} + c_3 \cdot SO_{RH}^2$$

$c_1 = -4$ $c_2 = 0.0405$ $c_3 = +2.8 \cdot 10^{-6}$ for 12bit SO_{RH}
 $c_1 = -4$ $c_2 = 0.648$ $c_3 = -7.2 \cdot 10^{-4}$ for 8bit SO_{RH}

For simplified, less computation intense conversion formulas see application note "RH Non-Linearity Compensation".

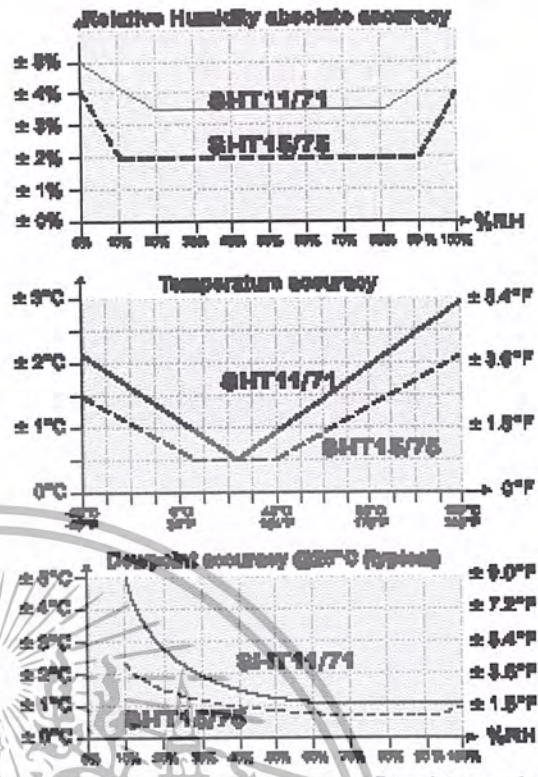
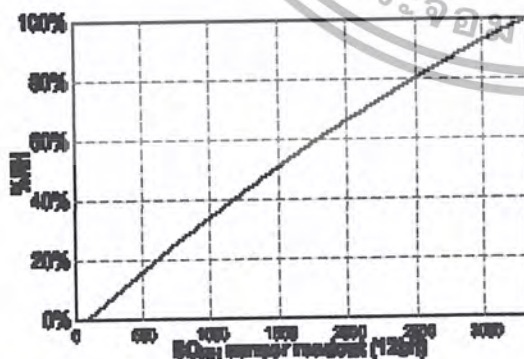


Figure 1 Rel. Humidity, Temperature and Dewpoint accuracies

For temperatures significantly different from 25°C (-77°F) the temperature coefficient of the RH sensor should be considered:

$$RH_{temp} = (T_c - 25) \cdot (1 + t_1 \cdot SO_{RH}) + RH_{max}$$

with $t_1 = 0.01$; $t_2 = 0.00008$ for 12bit SO_{RH} ; $t_2 = 0.00128$ for 8bit SO_{RH}
 This equals -0.12%RH/°C @ 50%RH

1.1.2 Temperature

The temperature sensor is very linear by design. Use the following formula to convert from digital readout to temperature: $Temperature = d_1 + d_2 \cdot SO_T$
 Use the appropriate table entries for 5V or 3V.

SO _T	Celsius		Fahrenheit	
	d ₁	d ₂	d ₁	d ₂
14bit 5V	-40	0.01	-40	0.018
12bit 5V	-40	0.04	-40	0.072
14bit 3V	-38.4	0.0098	-37.1	0.0176
12bit 3V	-38.4	0.0392	-37.1	0.0704

This equals a voltage dependency of ~ -0.2°C/V @ 25°C

1.1.3 Dewpoint

See application note "Dewpoint calculation" for more information.

⁽¹⁾ For operation within normal operation range as described in Chapter 3, RH accuracy at 25°C

⁽²⁾ Not including non-linearity

⁽³⁾ The default measurement resolution of 14bit (temperature) and 12bit (humidity) can be reduced to 12 and 8 bit through the status register.

⁽⁴⁾ Where SO_{RH} is the sensor output for relative humidity

⁽⁵⁾ Min. value after compensation with formula in chapter 1.1.1. Max. value without any compensation

2 Serial Interface

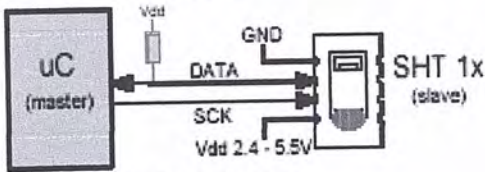


Figure 2 Typical application circuit

2.1 Power Pins

The device requires a voltage supply between 2.4V and 5.5V. After powerup the device requires 11ms to reach its "sleep" state. No commands should be sent before that time. Power supply pins (VDD, GND) may be decoupled with a 100 nF capacitor.

2.2 I/O Pins (Bidirectional 2-wire Interface)

See Table 5 for a detailed IO characteristics.

2.2.1 Serial clock input (SCK)

The SCK is used to synchronize the communication between a master and the SHT1x/SHT7x. Since the device contains fully static logic there is no minimum SCK frequency.

2.2.2 Serial data (DATA)

The DATA tristate pin is used to transfer data in and out of the device. DATA changes at the falling edge and is valid on the rising edge of the serial clock SCK. An external pull-up resistor is required to pull the signal high. (See Figure 2). Pull-up resistors are often included in I/O circuits of microcontrollers.

2.2.3 Command sequence

To initiate a transmission a "Transmission Start" sequence has to be issued. It consists of a lowering of the DATA line

while SCK is high, followed by a low pulse on SCK and raising DATA again while SCK is still high.



Figure 3 "Transmission Start" sequence

The subsequent command sequence consists of three address bits (only "000" is currently supported) and five command bits. The SHT1x/SHT7x indicates the proper reception of a command by pulling the DATA pin low (ACK bit) after the falling edge of the 8th SCK clock and the DATA line is released (and goes high) after the falling edge of the 9th SCK clock.

See 2.2.5 "Measurement Sequence" for an application of the command sequence

2.2.4 Connection reset sequence

If communication with the device is lost the following signal sequence will reset its serial interface:

While leaving DATA high toggle SCK 9 or more times. This must be followed by a "Transmission Start" sequence preceding the next command. This sequence resets the interface only. The status register preserves its content.

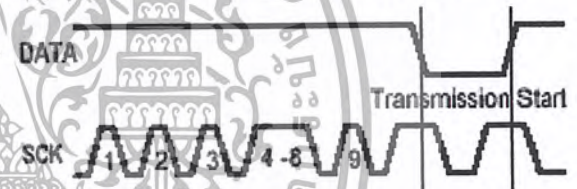


Figure 4 Connection reset sequence

Command	Code	Description
Reserved	0000x	Reserved
Measure Temperature	00011	Temperature measurement
Measure Humidity	00101	Humidity measurement
Status Register Read	00111	Read access to the status register (see application note)
Status Register Write	00110	Write access to the status register (see application note)
Reserved	0101x-1110x	Reserved
Soft reset	11110	resets the chip, clears the status register to default values wait 11ms before next command

Table 2 SHT1x/SHT7x list of commands



2.2.5 Measurement sequence (T and RH)

After issuing a measurement command ('0000101' for RH, '0000011' for Temperature) the controller has to wait for the measurement to complete. This takes approximately 11/55/210ms for a 8/12/14bit measurement. The exact time varies by up to $\pm 15\%$ with the speed of the internal oscillator. To signal the completion of a measurement, the SHT1x pulls down the data line ② and the controller must restart SCK. Two bytes of measurement data and one byte of CRC checksum will then be transmitted. The uC must acknowledge each byte by pulling the DATA line low. All values are MSB first, right justified. (e.g. the 5th SCK is MSB for a 12bit value, for a 8bit result the first byte is not used). Communication terminates after the acknowledge bit of the

CRC data. If CRC-8 Checksum is not used the controller may terminate the communication after the measurement data LSB by keeping ack high.

The device automatically returns to sleep mode after the measurement and communication have finished.

Warning: To keep heat up of the SHT1x/SHT7x below 0.1°C it should not be active for more than 15% of the time (e.g. max. 3 measurements / second for 12bit accuracy).

2.2.6 CRC-8 Checksum Calculation

Please consult application note "CRC-8 Checksum Calculation" for information on how to calculate the CRC.

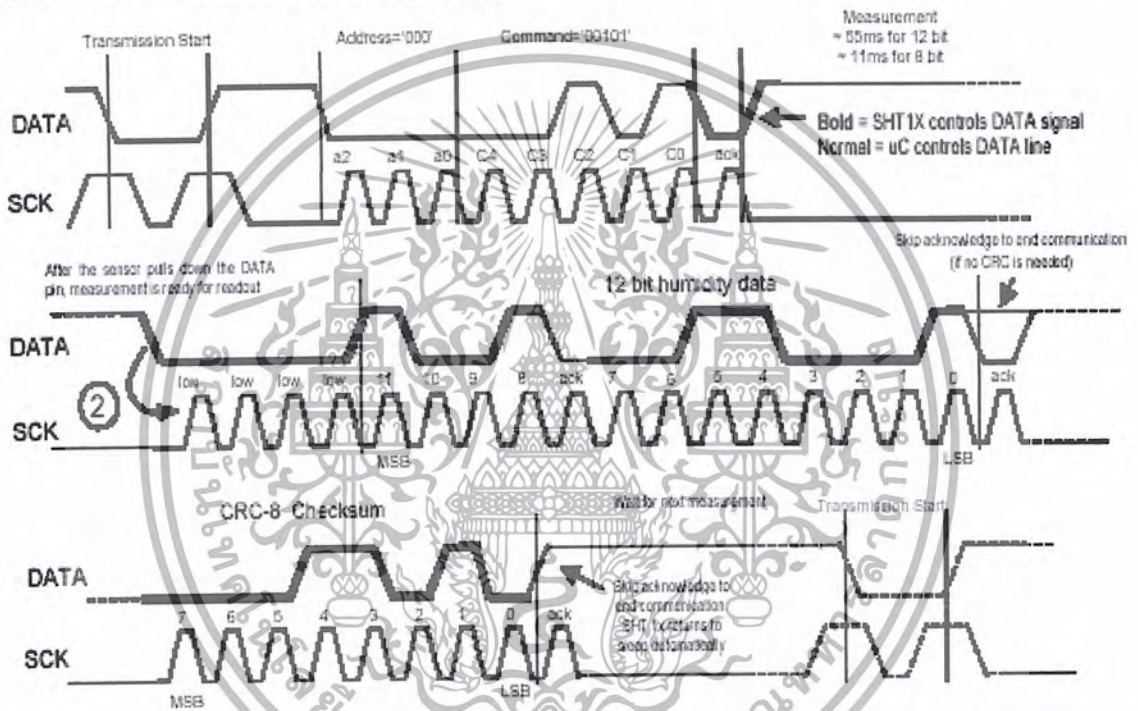


Figure 5 Example RH measurement sequence for value '00001001' 0011'0001' = 2353 = 75.78%RH

2.3 Status Register

Some of the advanced functions of the SHT1x/SHT7x are available through the status register. The following section gives a brief overview of these features. Please consult application note "Status Register" for more information.

2.3.1 Measurement resolution

The default measurement resolution of 14bit (temperature) and 12bit (humidity) can be reduced to 12 and 8 bit. This is especially useful in high speed or extreme low power applications.

2.3.2 End of Battery

The "End of Battery" function detects VDD voltages below 2.47V. Accuracy is $\pm 0.05V$

2.3.3 Heater

An on chip heating element can be switched on. It will increase the temperature of the sensor by approximately 5°C. Power consumption will increase by 8mA @ 5V.

Applications:

- By comparing temperature and humidity values before and after switching on the heater, proper functionality of both sensors can be verified.
- In high RH environments heating the sensor element will avoid condensation.

Warning: The built-in calibration is not correct while the sensmitter is heated!

Please consult application note "Status Register" for more information on how to access and use these features.

3 Specifications SHT1x/SHT7x

3.1 Absolute Maximum Ratings

Ambient Storage Temperature: -40°C to 120°C

3.2 Operating Conditions

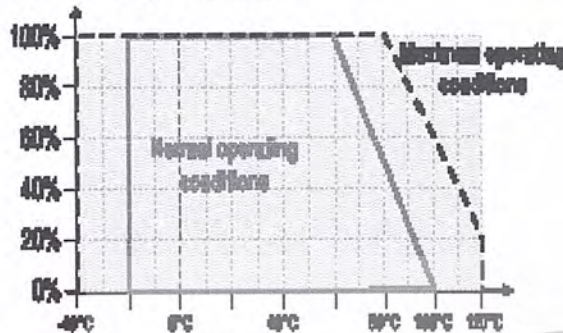


Figure 6 Recommended operating conditions

Conditions outside the recommended range may temporarily offset the RH signal up to $\pm 3\%$ RH. After return to normal conditions it will slowly return close to calibration state by itself.

To accelerate this process we recommend the following reconditioning procedure:

90°C at <5%RH for 24h followed by
20-30°C at >74%RH for 48h

Prolonged exposure to extreme conditions may accelerate ageing.

3.3 Special Conditions

Extensive tests were performed in various environments

Environment	Norm	Results ⁽¹⁾
Temperature Cycles	JESD22-A104-A -40 +125°C, 1000cy	Within Specifications
Pressure Cooker	JESD22-A110-B 2.3bar, 125°C, 85%RH	Reversible shift by +2% RH
Salt Atmosphere	DIN-50021ss	Within Specifications
Freezing cycles fully submerged	-20 +50°C, 100cy 30min dwell time	Reversible shift by +2% RH

Table 3 Qualification tests

Please contact SENSIRION for additional qualification information.

3.4 Electrical Specifications⁽¹⁾

3.4.1 ESD (Electrostatic Discharge)

ESD immunity is qualified according to MIL STD 883E, method 3015 (Human Body Model at $\pm 2kV$). Latch-up immunity is provided at a force current of ± 100 mA with $T_{amb}=80^\circ C$ according to JEDEC 17. See application note "ESD, Latchup and EMC" for more information.

3.4.2 DC Characteristics

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		650		μA
	average	2 ⁽²⁾	28 ⁽²⁾		μA
	sleep		0.3	1	μA
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	μA
Output peak current	on			4	mA
	tristated (off)		10		μA

Table 4 SHT1x/SHT7x DC Characteristics

3.4.3 I/O Characteristics

Parameter	Conditions	Min	Typ.	Max.	Unit
F _{SCK} SCK frequency	VDD > 4.5 V			10	MHz
	VDD < 4.5 V			1	MHz
T _{FdL} DATA fall time	Output load 5 pF	3.5	10	20	ns
	Output load 100 pF	30	40	200	ns
T _{FdH} SCK high time		100			ns
T _{FdL} SCK low time		100			ns
T _V DATA valid time			250		ns
T _{zL} DATA set up time			100		ns
T _{zH} DATA hold time		0	10		ns
T _{rL} SCK rise/fall time				200	ns

Table 5 SHT1x/SHT7x I/O Signals Characteristics

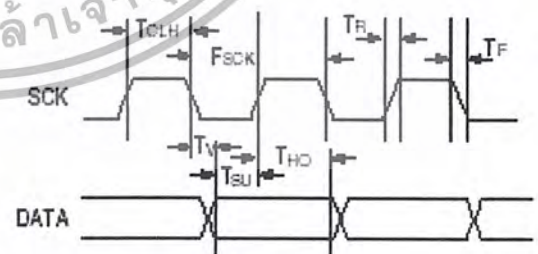


Figure 7 Timing Diagram

- ⁽¹⁾ Parameters are periodically sampled and not 100% tested
⁽²⁾ With one measurement of 8 bit accuracy without OTP reload per second
⁽³⁾ With one measurement of 12bit accuracy per second
⁽⁴⁾ The temperature sensor passed all tests without any drift Package and electronics also passed 100%

4 Physical Dimensions and Mounting Information

4.1 SHT1x (surface mountable)

Pin	Name	Comment
1	GND	Ground
2	DATA	Serial data bidirectional
3	SCK	Serial clock input
4	VDD	Supply 2.4 – 5.5V
5-8	nc	Do not connect pins on right side

Table 6 SHT1x Pin Description

4.1.1 Package type

The SHT1x is supplied in a surface-mountable LCC type package. The sensors housing consists of a Liquid Crystal Polymer (LCP) cap with epoxy glob top on a standard 0.8mm FR4 substrate.

Device size is 7.62 x 5.08 x 2.5 mm. Weight 100mg

4.1.2 Soldering information

The SHT1x can be soldered using standard reflow ovens at maximum 225°C for 20 seconds. For manual soldering contact time must be limited to 5 seconds at up to 350°C. After soldering the devices must be stored at >74%RH for at least 24h to allow the polymer to recover.

Please consult the application note "Soldering procedure" for detailed instructions.

4.1.3 Delivery Conditions

The SHT1x will be delivered in standard IC tubes by 80 pieces per tube. Other delivery options may be available on request.



Figure 8 SHT1x Mounting example

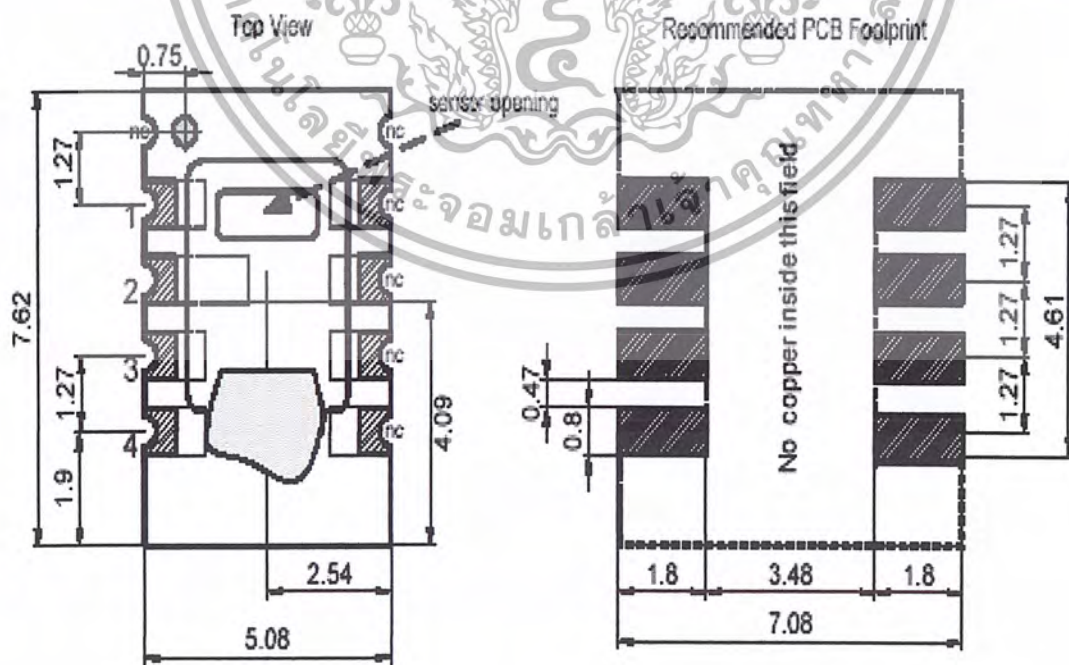
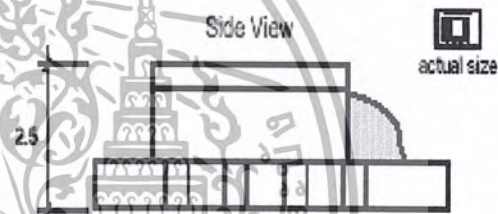


Figure 9 SHT1x drawing and footprint dimensions in mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 SHT7x (4-pin single-in-line)

SHT7x are available starting Q3 2002

Pin	Name	Comment
1	SCK	Serial clock input
2	VDD	Supply 2.4 – 5.5V
3	GND	Ground
4	DATA	Serial data bidirectional

Table 7 SHT7x Pin Description

4.2.1 Package type

The device is supplied in a single-in-line pin type package. The sensors housing consists of a Liquid Crystal Polymer (LCP) cap with epoxy glob top on a standard 0.6mm FR4 substrate.

The sensor head is connected to the pins by a small bridge to minimize heat conduction and response times.

A 100nF capacitor is mounted on the back side between VDD and GND.

Weight 168mg, Weight of sensor head 73mg

All pins are gold plated to avoid corrosion.

Pins mate with most 1.27mm (0.05") sockets

e.g.: Preci-dip / Mill-Max 851-93-004-2D-001 or similar

4.2.2 Soldering Information (Preliminary)

The SHT7x may be soldered using standard wave soldering systems at maximum 225°C for 20 seconds.

For manual soldering contact time must be limited to 5 seconds at up to 350°C.

After soldering the devices must be stored at >74%RH for at least 24h to allow the polymer to recover.

Please consult the application note "Soldering procedure" for detailed instructions.

4.2.3 Delivery Conditions

The SHT7x will be delivered in trays by xx pieces per tray. Other delivery options may be available on request.

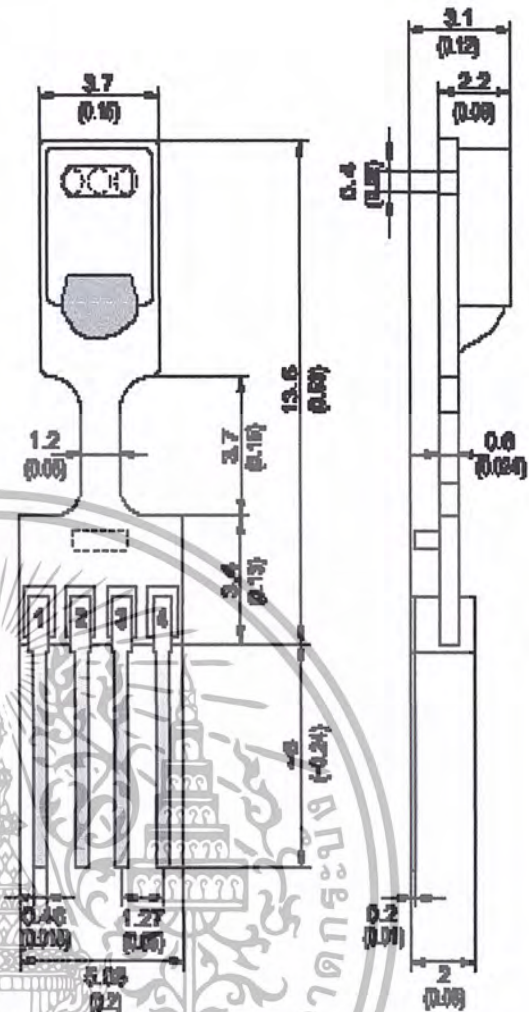


Figure 10 SHT7x dimensions in mm (inch), preliminary

4.3 Other Packages

Other packaging options may be available on request.

4.4 Production date

The production date is printed onto the cap in white numbers in the form wwy. e.g. "351" = week 35, 2001.

4.5 Mounting Recommendations

The relative humidity of a gas strongly depends on its temperature. It is therefore essential to keep the sensor at the same temperature as the air of which the humidity is to be measured.

If the sensmitter shares a PCB with heating electronic components it should be mounted below the heat source and the housing must remain well ventilated. To reduce

heat conduction copper layers between the SHT1x and the rest of the PCB should be minimized and a slit may be milled in between.

Prolonged direct exposure of the SHT1x/SHT7x to sunshine or UV radiation should be avoided.

4.6 Wiring considerations and signal integrity

Carrying the SCK and DATA signal parallel and in close proximity (e.g. in wires) for more than 10cm may result in cross talk and loss of communication. This may be resolved by routing VDD and/or GND between the two data signals.

Please see the application note "ESD, Latchup and EMC" for more information.

5 Revision history

Date	Page	Changes
February 2002	1-9	First public release
February (2) 2002	4	Corrected CRC information to match application note
March 2002	2	Extended SHT11 3.5 accuracy range to 20%-80%
	8	Added image of mounting example
	2	Changed coefficients of temperature conversion formula
		Various small modifications
June 2002	6	Extended "no copper" area in figure 9
	5	Corrected timing diagram and table 5 with setup times for DATA
	5	Added qualification data table
	7	Added SHT7x information
	4	Renamed "End of Life" function to "End of Battery"

The latest version of this document and all application notes can be found at:

www.sensirion.com/en/download/humiditysensor/SHT11.htm

6 Important Notices

The warranty for each SENSIRION AG product comes in the form of a written warranty which governs sale and use of such product. Such warranty is contained in the printed terms and conditions under which such product is sold, or in a separate written warranty supplied with the product. Please refer to such written warranty with respect to its applicability to certain applications of such product.

These products may be subject to restrictions on use. Please contact SENSIRION AG for a list of the current additional restrictions on these products. By purchasing these products, the purchaser of these products agrees to comply with such restrictions. Please contact SENSIRION AG for clarification of any restrictions described herein. SENSIRION AG reserves the right, without further notice, to change the SENSIRION SHT1x/SHT7x Relative Humidity and Temperature Sensor product specifications and/or information in this document and to improve reliability, functions and design.

SENSIRION AG assumes no responsibility or liability for any use of SENSIRION SHT1x/SHT7x product. Application examples and alternative uses of the SENSIRION

SHT1x/SHT7x are for illustration purposes only and SENSIRION AG makes no representation or warranty that such applications shall be suitable for the use specified.

Copyright © 2001-2002, SENSIRION AG.
All rights reserved.

7 Caution

The inherent design of this component causes it to be sensitive to electrostatic discharge (ESD). To prevent ESD-induced damage and/or degradation, take normal ESD precautions when handling this product. See application note "ESD, Latchup and EMC" for more information.

8 Warning, personal injury

Do not use this product as safety or emergency stop devices or in any other application where failure of the product could result in personal injury. **Failure to comply with these instructions could result in death or serious injury.**