

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตู้ควบคุมอุณหภูมิสำหรับเด็กแรกเกิด

INFANT INCUBATOR



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน **72898**
วัน,เดือน,ปี **25 ส.ย. 2550**

b. 11114302
i.

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มืออุณหภูมิต่ำสำหรับเด็กแรกเกิด
INFANT INCUBATOR

โดย

นายชนพนธ์ จิตวิบูลย์ รหัส 47015170

นายประเสริฐ ลีระกุล รหัส 47015175

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์

ปฏิญานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2549

ภาควิชา อีเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง คู่ควบคุมอุณหภูมิต่อเด็กแรกเกิด

ผู้จัดทำ

นายธนพนธ์ จิตวิบูลย์ รหัส 47015170

นายประเสริฐ ลีระกุล รหัส 47015175



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ควบคุมอุณหภูมิสำหรับเด็กทารกแรกเกิด

นายชนพนธ์ จิตวิบูลย์ รหัส 47015170

นายประเสริฐ ธีระกุล รหัส 47015175

รศ.ดร. ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์

ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

รายงานฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและพัฒนาคุณภาพของผู้ควบคุมอุณหภูมิสำหรับเด็กทารกแรกเกิด (Infant Incubator) ถือเป็นเครื่องมือทางการแพทย์ที่สำคัญอย่างหนึ่ง ที่ช่วยปรับสภาพอุณหภูมิสถานะแวดล้อมให้เหมาะสมกับทารกแรกเกิดที่ร่างกายไม่สมบูรณ์แข็งแรงดีพอ ไม่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสถานะแวดล้อมปกติได้

โครงการนี้ได้นำเอาเทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์ มาประยุกต์ใช้ในระบบควบคุมทั้งหมดของตู้อบ โดยสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบได้ตามความต้องการ และสั่งงานผ่าน keypad โดยนำอัลกอริทึมของระบบควบคุมอัตโนมัติแบบพีไอดี (PID Control) มาใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมค่าอุณหภูมิ ซึ่งใช้ตัวเซ็นเซอร์ SHT 15 เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดค่าอุณหภูมิและความชื้น โดยรวมการแสดงผลออกทางจอ LCD Graphic ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเห็นอุณหภูมิ ความชื้นและสัญญาณเตือนต่างๆ เช่น กรณีน้ำที่ให้ความชื้นหมด อุณหภูมิเกิน ที่ผู้ควบคุมได้อย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Infant Incubator

Mr.Tanapon Jitwiboon ID. 47015170

Mr.Prasert Leerakul ID. 47015175

Assoc. Prof. Dr. Chuchart Pintavirooj Advisor

Educational Year 2006

Abstract

This report concerns about the design and construction of infant incubator, which is the essential medical device for a newborn where the controlled atmosphere is needed, which is used for a newborn whose frail health is caused by premature birth. The operation of the incubator is based on using the microcontroller. The input of the microcontroller includes the sensing temperature, the sensing humidity and the keypad, where the output of the microcontroller is the LCD graphic display and the proportionally controlled signal for the heating element. The sensing temperature and the sensing humidity are detected by SHT15 Chip, which is capable of communicating with the microcontroller via a series protocol. The keypad is used to set up the controlled temperature. The LCD graphic display shows the setting temperature, the sensing temperature and the humidity obvious.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ส่วนหนึ่งเพราะได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการทำโครงการที่คอยแนะนำแก้ไขปัญหาค่างๆ รวมถึงเพื่อนร่วมห้อง ตลอดจนบุคคลอื่นที่ช่วยเหลือเรื่อง เครื่องมือ อุปกรณ์ที่จำเป็น และอื่นๆ ที่ไม่สามารถกล่าวได้หมด ต้องขอขอบพระคุณอย่างสูง หากไม่มีบุคคลเหล่านี้แล้วการทำโครงการนี้คงไม่สำเร็จลุล่วงได้โดยง่าย

นายธนพนธ์ จิตวิบูลย์

นายประเสริฐ สิริระกุล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ปฏิญญาพันธบัตรฉบับนี้ จัดทำเพื่อประกอบการศึกษาและพัฒนา ตู้อบเด็กแรกเกิด (Infant Incubator) ซึ่งได้ทำการรวบรวมเนื้อหาต่างๆ ที่เกี่ยวข้องไว้ จะประกอบไปด้วย บทนำ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง อันได้แก่ ทฤษฎีของเด็กแรกเกิด และทฤษฎีของไมโครคอลโทรลเลอร์ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องเรียนรู้ ในส่วนต่อไปจะเป็นขั้นตอนในการดำเนินงานต่างๆ และผลของการทดลอง ส่วนสุดท้ายจะเป็นการสรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผู้เขียนได้พยายามเขียนและปรับปรุงเนื้อหาให้มีความเหมาะสมและหวังว่ารายงานฉบับนี้จะ เป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ต้องการศึกษาและทำความเข้าใจตู้อบเด็กแรกเกิด ไม่นานก็น้อย

นายชนพนธ์ จิตวิบูลย์
นายประเสริฐ สิริกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
กําน่า	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์	1
แนวคิดและขอบเขตของโครงการ	1
โครงสร้างของเนื้อหาของโครงการ	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับทารกแรกเกิด	3
2.1.1 สรีระวิทยาของทารกแรกเกิด	4
2.1.2 ระบบหายใจ	4
2.1.3 การพยาบาลที่จำเป็นจะต้องปฏิบัติต่อทารกแรกเกิด	4
2.1.4 การดูแลทารกแรกเกิด	5
2.1.5 การควบคุมอุณหภูมิกายทารกแรกเกิด	5
2.1.6 การเลือกใช้คู่ออบ	6
2.1.7 อุณหภูมิคู่ออบที่เหมาะสมกับอายุและน้ำหนักของทารกแรกเกิด	7
2.2 ระบบควบคุมของคู่ออบเด็กทารก	8
2.2.1 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น	9
2.2.2 วงจรส่วนการแสดงผลออกทาง LCD Graphic Module	14
2.2.3 ส่วนควบคุมอุณหภูมิ	14
2.2.4 ส่วนสั่งงานผ่านคีย์สวิตช์	15
2.2.5 ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติชนิด PID	15
2.2.6 ตัวประมวลผลควบคุม(Microcontroller)	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	34
3.1 การออกแบบวงจรต่างๆ ภายในตู้อบเค้ก	34
3.1.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง	34
3.1.2 ส่วนตรวจจับอุณหภูมิที่ใช้ SHT15	35
3.1.3 วงจรทริกและแยกโพลด	35
3.1.4 วงจรส่วนการแสดงผลออกทาง LCD Graphic Module	37
3.1.5 วงจรควบคุมการทำงาน	38
3.2 โปรแกรมการทำงานของตู้อบเค้ก	40
3.2.2 อธิบายโปรแกรมการทำงานของตู้อบเค้ก	43
3.3 การออกแบบส่วนประกอบภายนอก	43
3.3.1 กระจกรอบและแผ่นรองตัวเด็ก	43
3.3.2 Chamber	44
3.3.3 ตู้ฐานรอง	44
3.3.4 ส่วนแสดงผล	45
บทที่ 4 ขั้นตอนการทดลองและผลการทดลอง	46
4.1 ทดสอบความเป็นเชิงเส้นของช่วงเวลาการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเทียบกับเวลา ขณะไม่มีน้ำให้ความชื้น	46
4.2 ปรับค่าคงที่(K) ต่างๆ ของระบบพีไอดี (PID) ที่เหมาะสมกับระบบมากที่สุด	47
4.2.1 หาค่าของ Kp	47
4.2.2 หาค่าของ Ki	49
4.2.3 หาค่าของ Kd	50
4.3 รูปคลื่นสัญญาณที่ใช้ควบคุมการทำงานของ Heater	51
4.4 กราฟเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นจริงกับ ค่าอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้	54
บทที่ 5 สรุป วิเคราะห์ผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	55
บรรณานุกรม	56
ภาคผนวก ก	
ภาคผนวก ข	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงค่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมกับอายุและน้ำหนักของทารกแรกเกิด	7
ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติ DC ของ SHT15	10
ตารางที่ 2.3 แสดงขาสัญญาณของ SHT15	11
ตารางที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติของสัญญาณ SCK และ DATA	13



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบ	8
รูปที่ 2.2 รูป IC SHT1X และ SHT7X	9
รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของ SHT15	10
รูปที่ 2.4 แสดง Block Diagram ของ SHT15	11
รูปที่ 2.5 แสดงการต่อ SHT15 กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์	12
รูปที่ 2.6 แสดง Timing Diagram ในช่วงการส่งข้อมูลของ SHT15	12
รูปที่ 2.7 แสดงคุณสมบัติของ Timing Diagram ของสัญญาณ DATA และ SCK ของ SHT15	13
รูปที่ 2.8 LCD Graphic Module	14
รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะของ MOC3021	14
รูปที่ 2.10 แสดงอุปกรณ์ BTA12 600B	15
รูปที่ 2.11 แสดงการเชื่อมต่อ Keypad กับ Micro controller	15
รูปที่ 2.12 แสดงระบบควบคุมแบบ PID	16
รูปที่ 2.13 แสดงการเข้าสู่จุด Set point ของ Proportional (P)	17
รูปที่ 2.14 แสดงการเข้าสู่จุด Set point ของ Integration (I)	17
รูปที่ 2.15 แสดงการเข้าสู่จุด Set point ของ Derivative (D)	18
รูปที่ 2.16 แสดงการเข้าสู่จุด Set point ของ Proportional + Integration + Derivative (PID)	18
รูปที่ 2.17 แสดงการเปรียบเทียบการตอบสนองของระบบควบคุมชนิด Proportional (P), Proportional + Integration (PI), Proportional + Integration + Derivative (PID)	19
รูปที่ 2.18 ความสัมพันธ์ระหว่าง $e(t)$ กับ t	20
รูปที่ 2.19 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์	21
รูปที่ 2.20 โครงสร้างของหน่วยความจำใน MCS-51	22
รูปที่ 2.21 โปรแกรม memory ของ MCS 51	23
รูปที่ 2.22 การต่อ External program memory และ External data memory ร่วมกัน	23
รูปที่ 2.23 การต่อ External program memory	25
รูปที่ 2.24 Data memory ของ MSC-51	26
รูปที่ 2.25 Internal Data Memory	26

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.26 การต่อใช้งานของ External data memory โดยให้ MCS-51 นี้ ทำงานจาก Internal program memory	27
รูปที่ 2.27 โครงสร้างภายในของ Micro controller MCS-51	28
รูปที่ 2.28 การต่อ CPU Timing	31
รูปที่ 2.29 Machine Cycles	32
รูปที่ 2.30 ขบวนการ Fetch / Execute	33
รูปที่ 3.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟของระบบควบคุม	34
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างการต่อใช้งาน SHT15	35
รูปที่ 3.3 แสดงวงจรทรานซิสเตอร์และแยกโหนด	35
รูปที่ 3.4 การสับสวิทช์ลงตรงจุดแรงดันตัดข้ามศูนย์	36
รูปที่ 3.5 การต่อ LCD Graphic	37
รูปที่ 3.6 วงจรส่วนที่ใช้ในการวัดและประมวลผลอุณหภูมิและความชื้น	38
รูปที่ 3.7 วงจรส่วนที่ใช้ในการแสดงผลและควบคุมอุณหภูมิ	39
รูปที่ 3.8 Flow chart แสดงการทำงานของโปรแกรมหลัก	40
รูปที่ 3.9 Flow chart แสดงการทำงานของโปรแกรมย่อยการตั้งค่าอุณหภูมิ	41
รูปที่ 3.10 Flow chart แสดงการทำงานของโปรแกรมการควบคุม PID	42
รูปที่ 3.11 ส่วนกระโถมครอบ	43
รูปที่ 3.12 แผ่นรองตัวเด็ก	44
รูปที่ 3.13 Chamber	44
รูปที่ 3.14 ตู้ฐานรอง	44
รูปที่ 3.15 ส่วนหน้าปิดแสดงผล และสัญญาณเตือน	45
รูปที่ 3.16 แสดงลักษณะโดยรวมของตู้อบเด็ก	45
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการทดสอบการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิให้โหนดทำงาน 100 เปอร์เซ็นต์	46
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการปรับค่าคงที่ของพี (Kp=100) (30 C)	47
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการปรับค่าคงที่ของพี (Kp=100) (ที่ 32 C)	47
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการปรับค่าคงที่ของพี (Kp=100) (ที่ 34 C)	48
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการปรับค่าคงที่ของพี (Kp=80) (ที่ 30 C)	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการปรับค่าคงที่ของพี (Kp=80) (ที่ 32 C)	49
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการปรับค่าคงที่ของพี (Kp=100, Ki=0.05) (ที่ 32 C)	49
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการปรับค่าคงที่ของพี (Kp=100, Ki=0.001) (ที่ 32 C)	50
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการปรับค่าคงที่ของพี (Kp=100, Ki=0.001, Kd=0.05) (ที่ 32 C)	50
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงการปรับค่าคงที่ของพี (Kp=100, Ki=0.001, Kd=0.1) (ที่ 32 C)	51
รูปที่ 4.11 รูปคลื่นสัญญาณที่ใช้ควบคุมการทำงานของ Heater ในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นในช่วงแรก ที่ ค่า PID 100%	52
รูปที่ 4.12 รูปคลื่นสัญญาณที่ใช้ควบคุมการทำงานของ Heater ในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นใกล้ถึง SP ที่ ค่า PID ประมาณ 80-100%	52
รูปที่ 4.13 รูปคลื่นสัญญาณที่ใช้ควบคุมการทำงานของ Heater ในขณะที่อุณหภูมิใกล้ระดับ SP มากขึ้น ที่ ค่า PID ประมาณ 40-60 %	53
รูปที่ 4.14 รูปคลื่นสัญญาณที่ใช้ควบคุมการทำงานของ Heater ในขณะที่อุณหภูมิลดลงระดับที่ SP ที่ ค่า PID ประมาณ 10 - 40 %	53
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิจริงเทียบกับอุณหภูมิที่วัดจาก SHT 15 (ที่ใช้งานจริง)	54
รูปที่ 4.16 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิจริงเทียบกับอุณหภูมิที่วัดจาก SHT 15 (นำมาเปรียบเทียบ)	54
รูปที่ 4.17 กราฟแสดงค่าความชื้นที่นำมาเปรียบเทียบกับค่าความชื้นที่วัดได้จาก SHT 15 ที่ใช้งาน	55

บทที่ 1

บทนำ

เนื่องจากทารกแรกเกิดมีสภาพร่างกายที่อ่อนไหวต่ออุณหภูมิภายนอก เป็นผลให้ทารกแรกเกิดมีอัตราการเกิดโรค (morbidity) และอัตราการตาย (mortality) เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทารกที่น้ำหนักตัวน้อย ส่วนหนึ่งคงจะเกิดจากการขาดแคลนบุคลากร เช่น แพทย์ พยาบาล อีกส่วนหนึ่งที่สำคัญมากคือ ปริมาณและประสิทธิภาพทางด้านเครื่องมือต่างๆ การปรับปรุงและพัฒนาเครื่องมือต่างๆ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษามากยิ่งขึ้น

เพราะฉะนั้นจึงต้องมีการควบคุมอุณหภูมิร่างกายของเด็กแรกเกิดให้มีความเหมาะสม ตู้อบเด็กทารกแรกเกิดจึงจัดเป็นเครื่องมือทางแพทย์ที่สำคัญ สำหรับช่วยทารกแรกเกิดให้รอดชีวิตและเจริญเติบโตได้อย่างปกติ

ตู้อบเด็กทารกแรกเกิด ได้พัฒนาจากเครื่องที่ควบคุมด้วยระบบปฏิบัติการตนเอง (manual) ถึงระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติ จนกระทั่งเป็นระบบควบคุมอัตโนมัติ (Automatic) การควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของตู้อบดีขึ้น และสะดวกต่อการใช้งาน

เครื่องที่ควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ ได้นำเอาเทคโนโลยีไมโคร โปรเซสเซอร์มาประยุกต์ใช้ควบคุมการทำงานต่างๆ ของระบบ เพื่อให้ตู้อบเด็กทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระบบควบคุมอัตโนมัติที่มีตัวไมโคร โปรเซสเซอร์ ควบคุมระบบ
2. เพื่อออกแบบระบบวัดอุณหภูมิ และความชื้น
3. เพื่อออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นแบบอัตโนมัติ
4. เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพตู้อบเด็กแบบเก่าให้มีประสิทธิภาพการทำงานมากขึ้น
5. เพื่อช่วยชีวิตทารกแรกเกิดให้รอดชีวิต และเจริญเติบโตได้อย่างปกติ

แนวคิดและขอบเขตของโครงการ

โครงการนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาและพัฒนาตู้อบเด็กทารกแรกเกิด (Infant Incubator) รุ่นเก่าให้มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น

ส่วนควบคุมอัตโนมัติประกอบด้วย ส่วนเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น ซึ่งจะทำการวัดอุณหภูมิและความชื้นตลอดเวลา และส่งค่าไปยัง ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลเปรียบเทียบกับข้อมูลระหว่างค่าที่วัดได้กับค่าที่ต้องการควบคุม โดยค่าที่ต้องการควบคุมจะผ่านทางคีย์สวิตช์

ถ้าหากค่าที่วัดได้ไม่ตรงกับค่าที่ต้องการควบคุม จะสั่งการให้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิทำงาน เมื่ออุณหภูมิมีค่าตรงกับค่าที่ตั้งไว้ อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิจะหยุดทำงาน

ส่วนแสดงผล มีการติดตั้งจอ LCD Graphic แทนจอรุ่นเก่าที่เป็น LCD Display 16x2 เพื่อแสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้ ณ เวลานั้นๆ นอกจากนี้ ยังมีระบบสัญญาณเตือนอัตโนมัติทั้งแสงและเสียง ในกรณีที่ตู้อบเด็กทารกมีความขัดข้องเกิดขึ้น เช่น ระบบไฟฟ้าขัดข้อง, อุณหภูมิเกิน, น้ำแห้ง เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อประสิทธิภาพในการทำงานของตู้อบเด็กทารกแรกเกิด

โครงสร้างเนื้อหาของโครงการ

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึง ความเป็นมาของโครงการฯ วัตถุประสงค์ แนวคิดและขอบเขต

โครงสร้างเนื้อหาโครงการ และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำโครงการ

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน การออกแบบ และการสร้างระบบ

บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง

บทที่ 5 สรุป วิเคราะห์ผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- สามารถนำเทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์ใช้กับชิ้นงานได้
- เกิดประสบการณ์เรียนรู้ และเข้าใจ การทำงานหลักของตู้อบเด็กทารกแรกเกิด
- สามารถนำระบบควบคุมแบบ PID มาประยุกต์ใช้กับการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้น
- สามารถออกแบบระบบวัด และควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นเพื่อใช้งานกับระบบกึ่งอัตโนมัติ

หรือแบบอัตโนมัติให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

- ลดอัตราการเกิด โรค (Morbidity) และอัตราการตาย (mortality) ในทารกแรกเกิด
- เป็นข้อมูลสนับสนุนผู้วิจัย เพื่อใช้ประโยชน์ในการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านเครื่องมือและ

อุปกรณ์ทางการแพทย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี

ทฤษฎีแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับทารกแรกเกิด

2.1.1 สรีระวิทยาของทารกแรกเกิด

2.1.2 ระบบหายใจ

2.1.3 การพยาบาลที่จำเป็นจะต้องปฏิบัติต่อทารกแรกเกิด

2.1.4 การดูแลทารกแรกเกิด

2.1.5 การควบคุมอุณหภูมิกายทารกแรกเกิด

2.1.6 การเลือกใช้ผ้าอ้อม

2.1.7 อุณหภูมิผ้าอ้อมที่เหมาะสมกับอายุและน้ำหนักของทารกแรกเกิด

(neutral thermal environmental temperature)

2.2 ระบบควบคุมของตู้อบเด็กทารกแรกเกิด

2.2.1 เซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น

2.2.2 ส่วนแสดงผล LCD Graphic Module

2.2.3 ส่วนควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

2.2.4 ส่วนสั่งงานผ่านคีย์สวิตช์

2.2.5 ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติชนิด PID

2.2.6 ตัวประมวลผลควบคุม (Micro controller)

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับทารกแรกเกิด

ทารกแรกเกิด (Newborn Infant) หมายถึง ทารกแรกเกิดจนถึงอายุ 1 เดือน ซึ่งถือว่าเป็นช่วงที่เสี่ยงอันตรายมาก แบ่งเป็น 3 ประเภทดังนี้

- ทารกที่คลอดครบกำหนด (Full Term Baby) หมายถึง ทารกที่คลอดจากครรภ์มารดา ในระหว่าง 38-42 สัปดาห์ ทารกประเภทนี้จะเติบโตเต็มที่และสามารถมีชีวิตอยู่ได้

- ทารกที่คลอดก่อนกำหนด (Pre Term Baby) หมายถึง ทารกที่คลอดจากครรภ์มารดา ก่อนการตั้งครรภ์ครบ 37 สัปดาห์ และมีน้ำหนักตัวแรกคลอดต่ำกว่า 2500 กรัม

- ทารกคลอดเกินกำหนด (Post Term Baby) หมายถึง ทารกที่คลอดจากครรภ์มารดาภายหลังการตั้งครรภ์ 42 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทารกทั้ง 3 ประเภทนี้มีความแตกต่างกันทั้งรูปร่าง ลักษณะ การเจริญเติบโต และความต้านทานโรค โดยเฉพาะทารกที่คลอดเกินกำหนด จะมีความต้านทานโรคน้อย มีอันตราย (Mortality rate) สูงกว่า และมีอันตรายระหว่างคลอด (Birth Injury) ได้มากกว่าทารกที่คลอดก่อนกำหนด

2.1.1 ศรีระวิทยาของทารกแรกเกิด

ทารกเมื่ออยู่ในครรภ์มารดาจะถูกห่อหุ้มเลี้ยงดูโดยไม่ต้องหายใจและกินอาหาร เนื่องจากได้รับอาหารและออกซิเจนผ่านทางสายสะดือ ทันทันที่ทารกคลอดพ้นครรภ์มารดาสู่อากาศภายนอก ซึ่งสภาพแวดล้อมต่างกัน ทารกจำเป็นต้องปรับตัวเพื่อให้มีชีวิตอยู่รอด

2.1.2 ระบบหายใจ

เป็นระบบแรกที่ทำงานทันทีเมื่อคลอด ปอดของทารกขณะอยู่ในครรภ์มารดามีลักษณะแข็งแฟบไม่ทำงาน ถุงลมปอดไม่พองตัว การหายใจของทารกจะเกิดขึ้นเมื่อร่างกายขาดออกซิเจน และมีคาร์บอนไดออกไซด์คั่งในกระแสโลหิต และไปกระตุ้นศูนย์ควบคุมการหายใจให้เริ่มหายใจ

นอกจากนี้การที่บริเวณทรวงอกของทารกถูกบีบรัดขณะคลอด และสัมผัสเสียดสีบริเวณแขนขา มือ เท้า จะเป็นการกระตุ้นให้ทารกหายใจและร้องไห้ การร้องไห้จะช่วยให้ออกซิเจนเข้าสู่ปอดขยายตัวดีขึ้น อัตราการหายใจเมื่อแรกคลอดใหม่ๆ ประมาณ 35-50 ครั้งต่อนาที เฉลี่ย 40 ครั้งต่อนาที ถ้าเกิน 60 ครั้งต่อนาทีแสดงว่าผิดปกติ

2.1.3 การพยาบาลที่จำเป็นจะต้องปฏิบัติต่อทารกแรกเกิด

การพยาบาลที่จำเป็นจะต้องปฏิบัตินี้ เป็นสิ่งที่ผู้ให้การพยาบาลจำเป็นจะต้องปฏิบัติเพื่อช่วยเหลือให้ทารกสามารถมีชีวิตอยู่รอด และเจริญเติบโตได้ตามปกติ โดยผู้ปฏิบัติจะต้องยึดหลักต่อไปนี้

1. ช่วยเหลือทารกหายใจได้สะดวก และรับออกซิเจนเพียงพอโดย

- ช่วยเหลือระบบทางเดินหายใจของทารกปราศจากสิ่งอุดตัน โดยการดูดจมูก เมื่ออกหรือโลหิต ที่อุดตันอยู่ในปาก คอ จมูก ของทารกออกได้หมด อาจใช้ลูกสูบยางดูดออก หรือใช้สายสอดลงไปดูดในรายที่อยู่ลึก การจับให้ศีรษะของทารกห้อยต่ำลงก็เป็นการช่วยให้ของเหลวที่อุดตันไหลออกจากปากและจมูกได้สะดวก (ยกเว้นในรายที่ทารกได้รับความกระทบกระเทือนที่ศีรษะหรือมีการตกโลหิตในสมอง ไม่ควรจับศีรษะห้อยต่ำลง)

- กระตุ้นให้ทารกร้อง เพื่อช่วยให้ถุงลมของปอดขยายตัวทำให้ทารกหายใจ โดยการเช็ดเบาๆที่ฝ่าเท้า หรือตบเบาๆที่ก้น

- ทารกบางรายที่ไม่หายใจ เนื่องจากศูนย์ควบคุมการหายใจทำงานไม่ปกติทารกหยุดหายใจ อาจให้การช่วยเหลือโดยใส่ท่อเอนโดทราเคียล (Endotracheal Tube) และหายใจโดยใช้ความกดดันลงในปอดทารกโดยตรง (Positive Pressure) ใช้แรงดันประมาณ 15-20 เซนติเมตรน้ำ ไม่ควรใช้แรงดันที่สูงเกินไป เพราะจะทำให้ปอดฉีกขาด การหายใจโดยวิธีเป่าลมเข้าทางปากทารก (Mouth to Mouth) ก็เป็นวิธีที่ใช้ได้ผลดีในทารกใหม่ ควรหลีกเลี่ยงการใช้ยากระตุ้นหายใจ แต่อาจใช้ยาจำพวกกระตุ้นการไหลเวียนโลหิตได้บ้าง

- การให้ออกซิเจน ทารกคลอดใหม่ที่มีอาการแสดงว่าขาดออกซิเจน เช่น หายใจลำบาก ปากเขียว เล็บเขียว ผิวคล้ำ หรือซีดขาว ควรให้ออกซิเจนไว้จนกว่าจะดีขึ้นคือผิวหนังของทารกมีสีแดง การหายใจสม่ำเสมอเป็นปกติ วิธีให้ออกซิเจนทารกคลอดใหม่อาจจะให้ทางสายยางหรือใช้น้ำอากาศครอบจมูก แต่วิธีที่ให้ทางสายยางถ้าให้ออกซิเจนแก่ทารกเกินกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ เพราะอาจทำให้ทารกตาบอดได้ โดยเฉพาะในทารกคลอดก่อนกำหนด

2. การให้ความอบอุ่น ทารกหลังคลอดแล้วอุณหภูมิของร่างกายจะลดลงทันที และจะกลับคืนสู่ปกติประมาณ 8 ชั่วโมงหลังคลอด เพื่อช่วยให้ทารกสามารถปรับอุณหภูมิของร่างกายได้ปกติ ควรห่อหุ้มทารกให้อบอุ่นด้วยผ้านุ่มๆ ทันทีหลังคลอด อุณหภูมิของห้องคลอดควรประมาณ 36.6 องศาเซลเซียส

3. การแยกเด็กและติดป้ายชื่อ ทารกคลอดใหม่ก่อนที่จะแยกออกไปจากเตียงคลอดต้องติดป้ายชื่อมารดาและทารก ที่ป้ายชื่อจะต้องบอก ชื่อ นามสกุล เพศ น้ำหนักทารกวันเวลาคลอดและควรอุ้มทารกให้มารดาได้เห็นหน้าและเพศอย่างชัดเจนอีกครั้ง ก่อนที่จะแยกทารกไปจากมารดาและตรวจดูป้ายชื่อทั้งมารดาและทารกให้ตรงกันอีกครั้ง

4. ป้องกันการตกโลหิตในทารกคลอดใหม่ ซึ่งบางแห่งจะฉีดวิตามินเค 0.5 มิลลิกรัมเข้ากล้ามเนื้อให้ทารกแรกคลอด

2.1.4 การดูแลทารกแรกเกิด

หลักการดูแลที่สำคัญมี 7 ประการ ดังนี้

1. การดูแลอุณหภูมิกายทางทวารหนักให้อยู่ที่ 37 °C
2. การดูแลทางเดินหายใจให้โล่ง และออกซิเจนในเลือดปกติ
3. การป้องกันการติดเชื้อ
4. การให้อาหาร ได้แก่ นมแม่ หรือสารน้ำในกรณีที่รับนมไม่ได้
5. การรักษาเฉพาะโรค เมื่อมีการเจ็บป่วย
6. การส่งเสริมการสร้างสายสัมพันธ์ (maternal-infant bonding)
7. การดูแลด้านพัฒนาการ (development care)

2.1.5 การควบคุมอุณหภูมิร่างกายทารกแรกเกิด

การพยาบาลมีบทบาทสำคัญในการป้องกันการสูญเสียความร้อน และควบคุมอุณหภูมิกายของทารก โดยมีหลักปฏิบัติดังนี้

1. การพยาบาลทั่วไป

- ทันทีที่คลอดรีบเช็ดผิวให้แห้ง ใส่เสื้อผ้า ห่มผ้า และให้ทารกนอนในเตียงที่อบอุ่น
- วัดอุณหภูมิกายทารกทุก 15 นาที จนกว่าอุณหภูมิจะปกติ และเปลี่ยนวัดทุก 4 ชั่วโมง
- ถ้าอุณหภูมิกายต่ำกว่าปกติคือ ต่ำกว่า 36.5 องศาเซลเซียส ไม่ต้องอาบน้ำทารก ควรทำความสะอาดร่างกายเฉพาะที่ เช่น หน้าและก้นก็พอ และห่มผ้าให้อบอุ่น
- ถ้าอุณหภูมิกายทารกยังต่ำ อยู่พิจารณาใช้ผ้าห่มไฟฟ้าหรือโคมไฟฟ้า ตั้งส่องที่ทารก ระวังอันตรายจากความร้อน (Burn) และแสงไฟเข้าตาโดยตรง จะเกิดระคายเคืองต่อตาทารกได้
- ถ้าอุณหภูมิกายสูงเกินไป โดยเฉพาะอุณหภูมิสูงเกินไป ต้องใช้เครื่องทำความร้อน (Heater) ช่วย
- ถ้าทารกยังไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิกายได้ควรให้อยู่ในตู้อบจนกว่าอุณหภูมิจะปกติ

2. การใช้ตู้อบเด็ก ทารกแรกเกิดที่จำเป็นต้องนำเข้าตู้อบเด็ก ได้แก่

- น้ำหนักแรกเกิดน้อยกว่า 2,500 กรัม หรือ มากกว่า 4,000 กรัม
- เกิดก่อนอายุครรภ์ 37 สัปดาห์ หรือหลังอายุครรภ์ 42 สัปดาห์
- น้ำหนักผิดปกติเมื่อเทียบกับอายุครรภ์
- มีภาวะขาดออกซิเจน หายใจเร็ว หรือตัวเขียว
- พิกัดแต่กำเนิดรุนแรง
- ภาวะช็อค ภาวะเม็คเลือดแดงเกิน จำเลือด

2.1.6 การเลือกใช้ตู้อบ

การเลือกใช้ตู้อบ มีหลักควรพิจารณาคุณสมบัติใหญ่ๆ คือ

- สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้คงที่ได้ง่าย
- ให้ออกซิเจนได้ง่าย
- ฝาครอบใสมองเห็นทารกได้ชัดเจนจากภายนอกตู้อบ
- มีสัญญาณเตือน เมื่อภายในตู้อบร้อนเกินไป หรือมีการถ่ายเทอากาศไม่เพียงพอ
- สามารถปรับระดับของที่นอนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.7 อุณหภูมิตู้อบที่เหมาะสมกับอายุและน้ำหนักของทารกแรกเกิด ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมกับอายุและน้ำหนักของทารกแรกเกิด

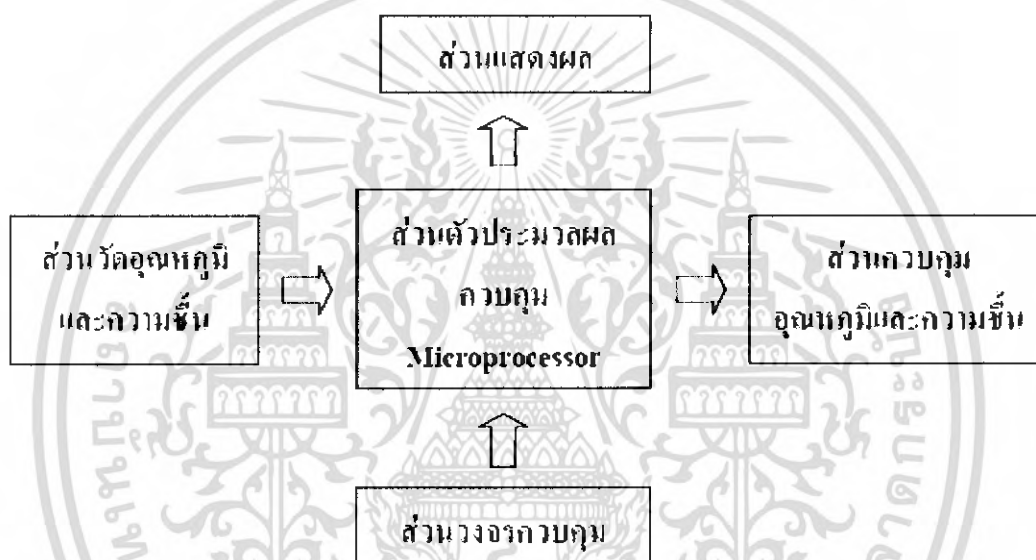
อายุ/น้ำหนัก (กรัม)	อุณหภูมิ (°C)	อายุ/น้ำหนัก (กรัม)	อุณหภูมิ (°C)
0-6 ชั่วโมง		72-96 ชั่วโมง	
ต่ำกว่า 1200	34.0-35.4	ต่ำกว่า 1200	34.0-35.0
1200-1500	33.9-34.4	1200-1500	33.0-34.0
1501-2500	32.8-33.8	1501-2500	33.1-33.2
เกิน 2500 (และ> 36 สัปดาห์)	32.0-33.8	เกิน 2500 (และ> 36 สัปดาห์)	29.8-32.8
6-12 ชั่วโมง		4-12 วัน	
ต่ำกว่า 1200	34.0-35.4	ต่ำกว่า 1500	33.0-34.0
1200-1500	33.5-34.4	1501-2500	31.0-33.2
1501-2500	32.2-33.8	เกิน 2500 (และ> 36 สัปดาห์)	
เกิน 2500 (และ> 36 สัปดาห์)	31.4-33.8	4-5 วัน	29.5-32.6
12-24 ชั่วโมง		5-6 วัน	29.4-32.3
ต่ำกว่า 1200	34.0-35.4	6-8 วัน	29.0-32.2
1200-1500	33.3-34.3	8-10 วัน	29.0-31.8
1501-2500	31.8-33.8	10-12 วัน	29.0-31.4
เกิน 2500 (และ> 36 สัปดาห์)	31.0-33.7	12-14 วัน	
24-36 ชั่วโมง		ต่ำกว่า 1500	32.6-34.0
ต่ำกว่า 1200	34.0-35.0	1501-2500	31.0-33.2
1200-1500	33.1-34.2	เกิน 2500 (และ> 36 สัปดาห์)	29.0-30.8
1501-2500	31.6-33.6	2-3 สัปดาห์	
เกิน 2500 (และ> 36 สัปดาห์)	30.7-33.5	ต่ำกว่า 1500	32.2-34.0
36-48 ชั่วโมง		1501-2500	30.5-33.0
ต่ำกว่า 1200	34.0-35.0	3-4 สัปดาห์	
1200-1500	33.0-34.1	ต่ำกว่า 1500	31.6-33.6
1501-2500	31.4-33.5	1501-2500	30.0-32.7
เกิน 2500 (และ> 36 สัปดาห์)	30.5-33.3	4-5 สัปดาห์	
48-72 ชั่วโมง		ต่ำกว่า 1500	31.2-33.0
ต่ำกว่า 1200	34.0-35.0	1501-2500	29.5-32.2
1200-1500	33.0-34.0	5-6 สัปดาห์	
1501-2500	31.2-33.4	ต่ำกว่า 1500	30.6-32.3
เกิน 2500 (และ> 36 สัปดาห์)	30.1-33.2	1501-2500	29.0-31.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพิจารณาว่าทารกสามารถออกจากตู้อบเด็กมาอยู่ในอุณหภูมิห้องได้ พิจารณาจากการสังเกตอุณหภูมิตู้อบที่ทารกต้องการเพื่อรักษาอุณหภูมิภายในให้ปกติ หากสามารถลดอุณหภูมิตู้อบลงจนใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้องที่ทารกจะอยู่หลังจากออกจากตู้อบ และทารกยังมีอุณหภูมิภายในปกติ ให้นำทารกออกจากตู้อบ สวมเสื้อผ้าและห่มผ้า ต่อจากนั้นให้ติดตามอุณหภูมิภายในอย่างใกล้ชิด โดยวัดอุณหภูมิภายในทุกครึ่งชั่วโมง จนแน่ใจว่าทารกสามารถรักษาอุณหภูมิภายในได้เอง จึงติดตามอุณหภูมิภายในตามปกติ

2.2 ระบบควบคุมของตู้อบเด็กทารกแรกเกิด

ผังการทำงานหลักของตู้อบเด็กทารกแรกเกิด แสดงได้ดังนี้



รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบ

ตู้อบเด็กทารกแรกเกิด ประกอบด้วย

- ส่วนตัวประมวลผลควบคุม

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทุกส่วนของตู้อบเด็กทารกแรกเกิด ตั้งแต่การรับข้อมูลจากส่วนอินพุทของตัวผู้เข้ามายังตัวประมวลผล และทำการส่งข้อมูลที่ทำการประมวลผลแล้วส่งออกไปยังส่วนแสดงผล

- ส่วนวัดอุณหภูมิและความชื้น

ตรวจจับค่าอุณหภูมิและความชื้นโดยใช้เซนเซอร์ SHT15 ซึ่งสามารถวัดได้ทั้งอุณหภูมิ และความชื้นในตัวเดียวกัน โดยให้เอาท์พุทเป็นสัญญาณดิจิตอลส่งผ่านมายังตัวประมวลผลเพื่อประมวลผล

- ส่วนควบคุม

รับการตั้งค่าอุณหภูมิที่กำหนดการทำงานให้กับตัวบดเคาะทารกแรกเกิด เพื่อส่งไปยังตัวประมวลผลควบคุมการทำงานของตัวบด

- ส่วนแสดงผล

รับค่าที่ได้จากส่วนประมวลผลออกไปแสดงทาง LCD Module

2.2.1 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น

ส่วนวัดผลทางอุณหภูมิจะวัดค่าอุณหภูมิโดยใช้เซนเซอร์ SHT15 ซึ่ง SHT15 สามารถใช้เป็นเซนเซอร์วัดได้ทั้งอุณหภูมิและความชื้น มีตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นสัญญาณดิจิตอล (A/D) ภายในตัว จึงให้ค่าเอาท์พุทเป็นข้อมูลดิจิตอล ซึ่งค่าที่ได้ต้องนำมาผ่านการคำนวณตามสมการมาตรฐานของอุปกรณ์ จึงจะได้ค่าเอาท์พุทที่แท้จริงเป็นค่าของอุณหภูมิและความชื้น



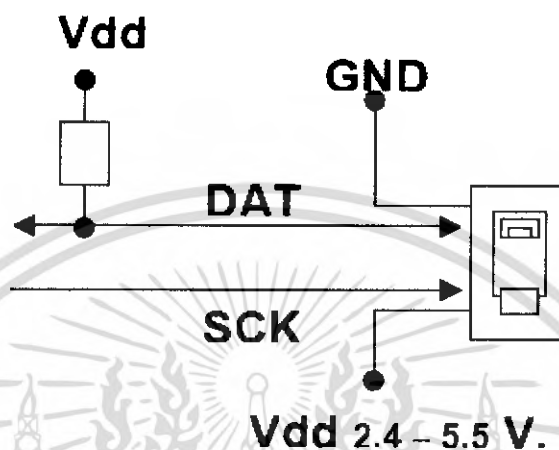
รูปที่ 2.2 รูป IC SHT1X และ SHT7X

ในโครงการนี้เราเลือกใช้ SHT15 มีคุณสมบัติดังนี้

- มี Package แบบ LCC (Leadless Chip Carrier)
- สามารถวัดได้ทั้งอุณหภูมิและความชื้น
- สามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0-125°C ความละเอียดในการวัด 0.1°C
- สามารถวัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ตั้งแต่ 1-99.9%RH ความละเอียดในการวัด 0.1%RH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ใช้แหล่งจ่ายไฟ +5 V กินกระแสต่ำ
- ใช้สัญญาณในการควบคุม 2 เส้น คือ DATA และ CLOCK
- มีความแม่นยำในการวัดอุณหภูมิที่ 0.5°C และความชื้นที่ 2.0%RH



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของ SHT15

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติ DC ของ SHT15

Parameter	Conditions	Min.	Type	Max.	Units.
Power supply DC		2.4	5	5.5	V
Supply current	Measuring		550		μA
	Average	2 ³	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

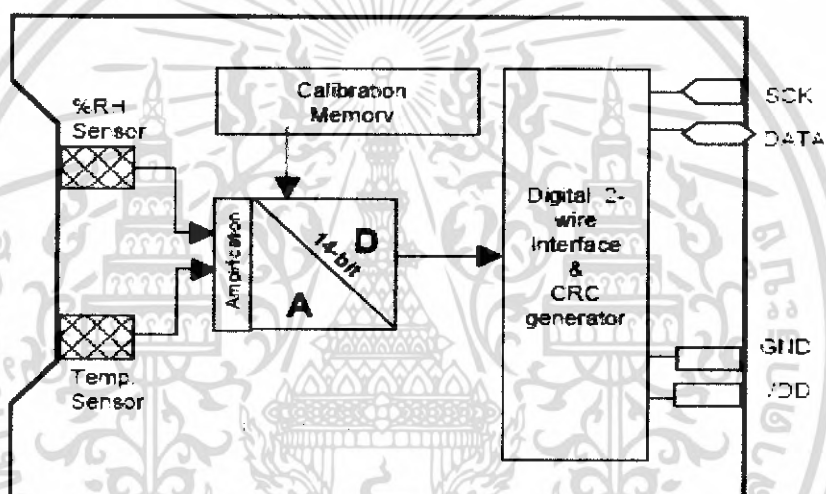
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงขาสัญญาณของ SHT15

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

ลักษณะการทำงานของ SHT15 จะแสดงได้ดังรูปที่ 2.4

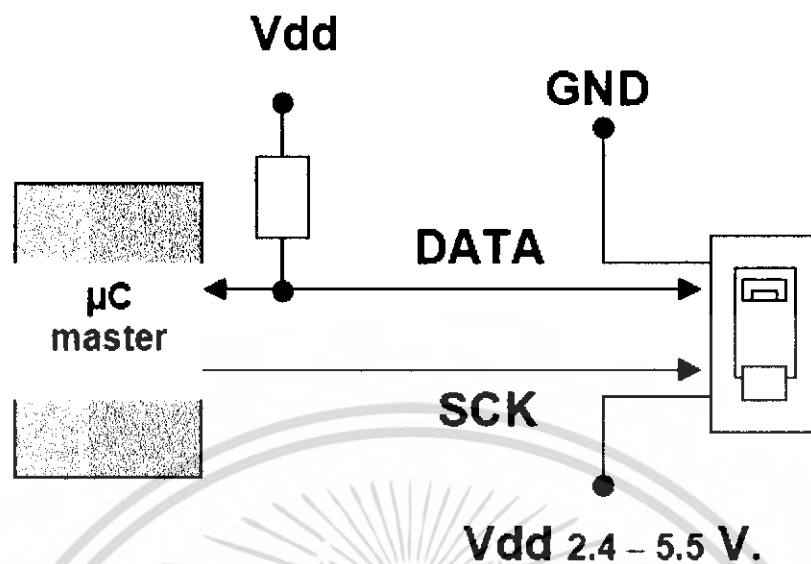
Block Diagram



รูปที่ 2.4 แสดง Block Diagram ของ SHT15

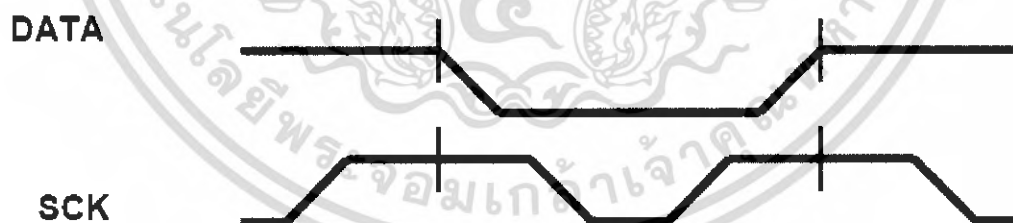
- การต่อขา Vcc กับ GND ต้องต่อไฟเลี้ยงให้อยู่ระหว่าง 2.4- 5.5 V แล้วหลังจากที่จ่ายไฟเข้าที่ตัว SHT15 แล้ว SHT15 จะใช้เวลาประมาณ 11ms เพื่อเข้าสู่โหมด Sleep ดังนั้นต้องส่งข้อมูลก่อนที่ IC จะเข้าสู่โหมด Sleep ในการต่อ Vcc กับ GND ควรที่จะต่อ C 100 nF คร่อมระหว่างขา Vcc กับ GND

- การต่อขา DATA และขา SCK จะต่อแบบ Serial Interface (Bi-directional 2-wire) ซึ่งจะเป็นการต่อในลักษณะที่คล้ายกับ I²C แต่ไม่เหมือน I²C โดยทั่วไป การนำไปใช้งานจะต้องวงจรลักษณะดังรูป 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงการต่อ SHT15 กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์

- การต่อขา SCK จะเป็นการต่อแบบตรงระหว่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์กับ SHT15
- การต่อขา DATA จะมีการต่อ Pull-up เพื่อให้ได้สัญญาณที่มีค่าสูง ซึ่งการต่อ Pull-up จะต่อกันบ่อยๆในการใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และในช่วงที่ทำการส่ง DATA จำเป็นที่จะต้องทำให้ DATA มีความเสถียรในขณะที่ SCK high ซึ่งแสดง Timing Diagram ได้ดังรูป 2.6

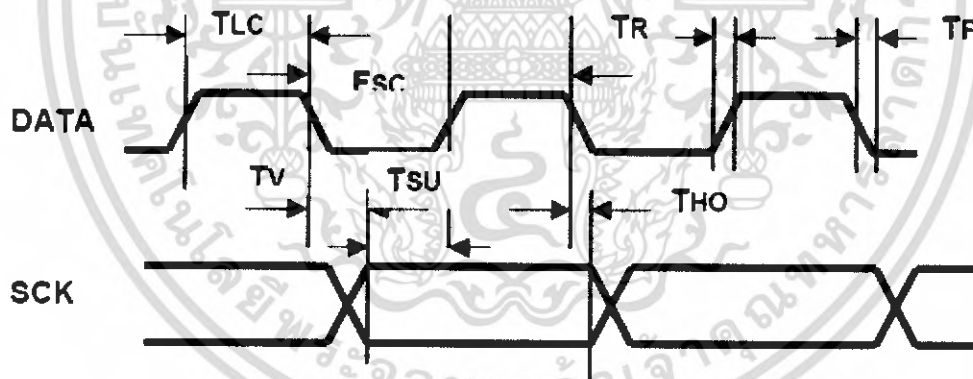


รูปที่ 2.6 แสดง Timing Diagram ในช่วงการส่งข้อมูลของ SHT15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติของสัญญาณ SCK และ DATA

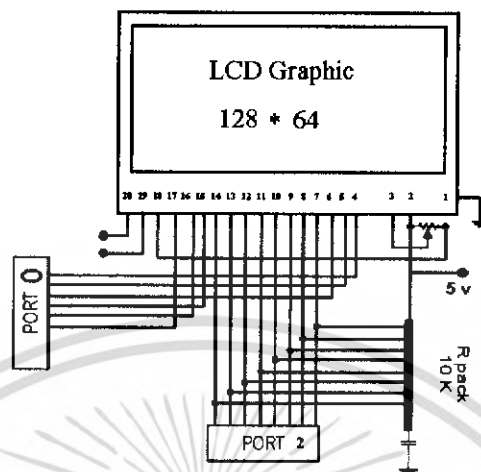
	Parameters	Conditions	Min.	Type.	Max.	Units.
F _{SCK}	SCK frequency	VDD > 4.5 V			10	MHz
		VDD < 4.5 V			0	MHz
T _{RFO}	DATA fall time	Output load 5 pF	3.5	10	20	ns
		Output load 100 pF	30	40	200	ns
T _{CLx}	SCK h/l time		100			ns
T _V	DATA valid time			250		ns
T _{SU}	DATA setup time		100			ns
T _{HO}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



รูปที่ 2.7 แสดงคุณสมบัติของTiming Diagram ของสัญญาณ DATA และ SCK ของSHT15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 วงจรส่วนการแสดงผลออกทาง LCD Graphic Module



รูปที่ 2.8 LCD Graphic Module

2.2.3 ส่วนควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

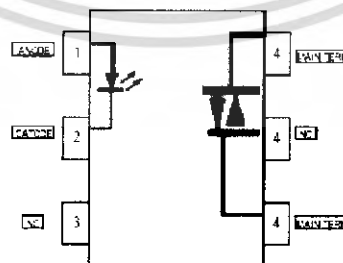
ขดลวดความร้อน(Heater) ที่นำมาใช้จะกินกำลังงาน 1000 วัตต์ การทำงานของขดลวดจะเป็นการควบคุมทางเฟส ซึ่งขดลวดที่นำมาใช้จะเป็นขดลวดนิโครมที่ให้ความร้อนได้เร็วทั้งยังสามารถที่จะระบายความร้อนได้ดีกว่าขดลวดรุ่นเก่าทำให้เราสามารถที่จะควบคุมอุณหภูมิได้ง่าย

โดยระบบการทำงานของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์คือส่งสัญญาณไปควบคุมเฟสของการทำงานขดลวดความร้อน ซึ่งวงจรควบคุมการทำงานของขดลวดความร้อนประกอบไปด้วย

1. MOC3021
2. BTA12 600B

MOC3021

เป็นอุปกรณ์ Isolation ป้องกันแรงดันไฟกระแสสลับไหลเข้าวงจรในส่วนควบคุม

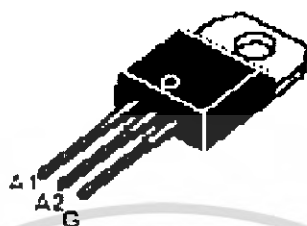


รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะของ MOC3021

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BTA12 600B

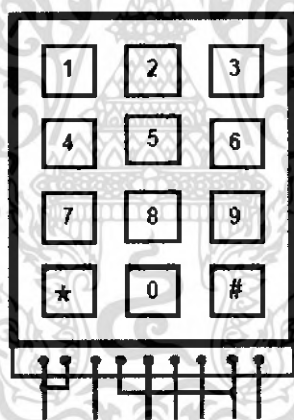
เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการเปิดการทำงานของวงจรกระแสสลับ ในการควบคุมเฟสการทำงานของขดลวดความร้อน ซึ่งใช้ต่อเป็นวงจรร่วมกับ MOC 3021 Zero crossing



TO-220AB Insulated
(BTA12)

รูปที่ 2.10 แสดงอุปกรณ์ BTA12 600B

2.2.4 ส่วนสั่งงานผ่านคีย์สวิตช์



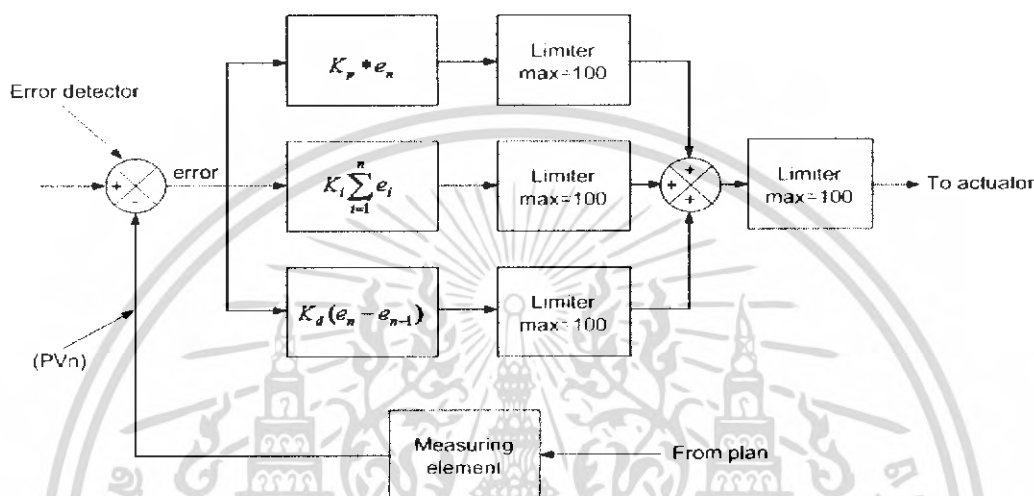
R4 R3 R2 R1 C3 C2 C1

รูปที่ 2.11 แสดงการเชื่อมต่อ Keypad กับ Micro controller

2.2.5 ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติชนิด PID

ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติเป็นระบบควบคุมแบบป้อนกลับ ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งเป็นระบบควบคุมขั้นสูงระบบนี้จะให้ความถูกต้องที่สูงกว่าในกระบวนการทำงาน บางระบบจะสามารถทำได้โดยเพียงใช้ Proportional (P) หรือ Proportional Integral (PI) ก็เพียงพอสำหรับระบบแล้วแต่เพื่อให้ได้ระบบที่สร้างขึ้นแล้วใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด โดยระบบส่วนมากจะต้อง

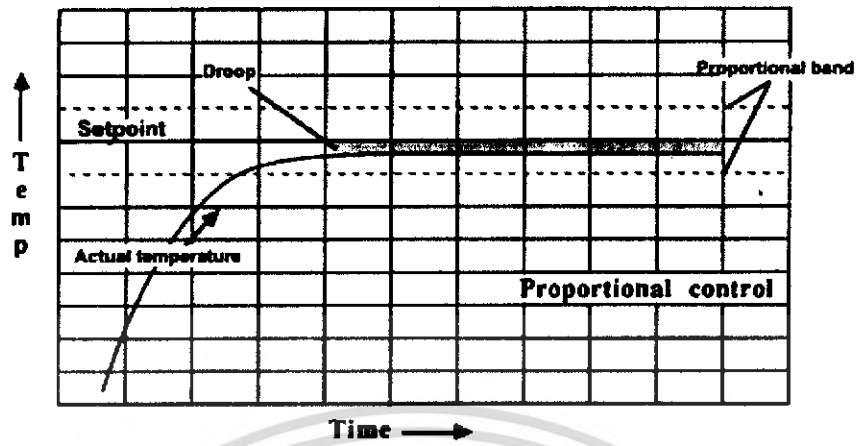
มีความสามารถในการคาดการณ์สมรรถภาพของระบบ ซึ่งระบบดังกล่าวสามารถทำได้โดยเพิ่ม Derivative (D) เข้าไปในระบบ Derivative (D) ที่เพิ่มเข้าไปในระบบป้อนกลับ จะป้อนกลับ ค่าเอาต์พุตที่กลับมาอยู่ที่ Loop PI ซึ่งจะกลายมาเป็นระบบที่เรียกว่า Proportional Integrate Derivative (PID) ระบบนี้จะให้ความแม่นยำและความถูกต้องสูงเหมาะกับระบบหรือกระบวนการที่มีความซับซ้อนสูงในยุคปัจจุบัน



รูปที่ 2.12 แสดงระบบควบคุมแบบ PID

Proportional (P)

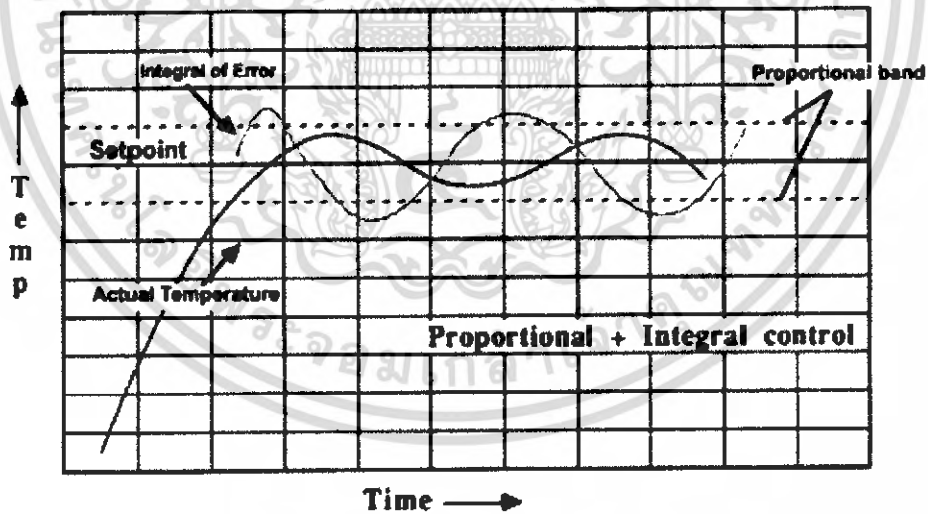
ระบบรับสัญญาณเข้ามาและเมื่อผ่านระบบก็จะถูกป้อนกลับมายังตัวคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะทำให้เกิดค่าผิดพลาด (Error) คือผลต่างระหว่างเอาต์พุตกับจุด Set point จากการรับสัญญาณจากภายนอกเข้ามาในระบบทำให้เกิด Displacement error โดย Proportional filter จะทำหน้าที่ลดค่าผิดพลาดนี้อัตราเร็วในการเข้าสู่จุด Set point จะเป็นสัดส่วนเชิงเส้นกับค่าผิดพลาด การปรับค่าอัตราส่วนนี้ทำได้โดยปรับค่า Proportional gain คือค่า K_p นั่นเอง ซึ่งถ้าค่า K_p ต่ำอัตราเร็วในการเข้าสู่จุด Set point จะต่ำ ทำให้ผลตอบสนองของระบบช้า แต่ถ้าค่า K_p สูงอัตราเร็วในการเข้าสู่จุด Set point สูง ผลตอบสนองของระบบทำให้เกิด Overshoot และ Undershoot ขึ้น



รูปที่ 2.13 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 แต่จะเพิ่มOvershoot และค่า Ringing ปกติค่า K_i ควรตั้งให้ มีค่าสอดคล้องเพื่อทำให้คุณสมบัติของทั้ง 3 ระบบขอเขยซึ่งกันและกัน

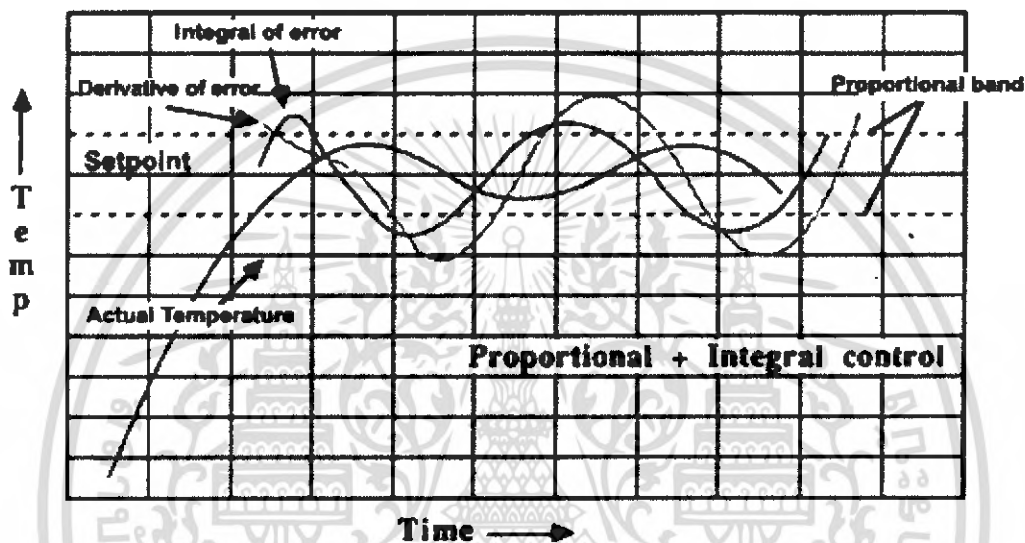


รูปที่ 2.14 แสดงการเข้าสู่จุด Set point ของ Integration (I)

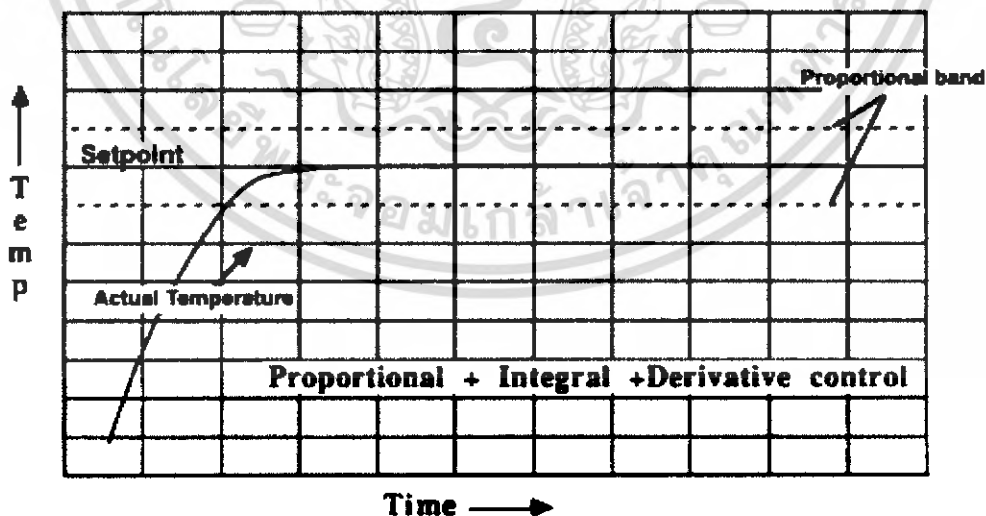
72898

Derivative (D)

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



รูปที่ 2.15 แสดงการเข้าสู่จุด Set point ของ Derivative (D)



รูปที่ 2.16 แสดงการเข้าสู่จุด Set point ของ Proportional + Integration + Derivative (PID)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

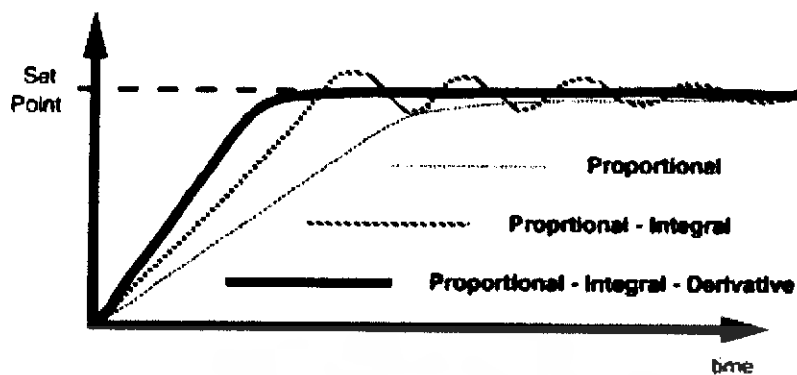


Figure 2 - Control Comparison

รูปที่ 2.17 แสดงการเปรียบเทียบการตอบสนองของระบบควบคุมชนิด

Proportional (P), Proportional + Integration (PI),

Proportional + Integration + Derivative (PID)

จากรูปที่ 2.17 แสดงการเปรียบเทียบการตอบสนองของระบบควบคุมที่เกิดขึ้น

- ระบบควบคุมชนิด Proportional (P) => จะมีผลตอบสนองที่ช้าสุด
- 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

PID Controller สำหรับสัญญาณดิจิทัล

สมการควบคุมสัญญาณแบบ PID เป็นดังนี้

$$M(e(t)) = K_p \cdot e(t) + K_i \int e(t)dt + K_d \cdot (de(t)/dt)$$

โดยที่ $e(t) = SP - PV(t) = \text{error}$

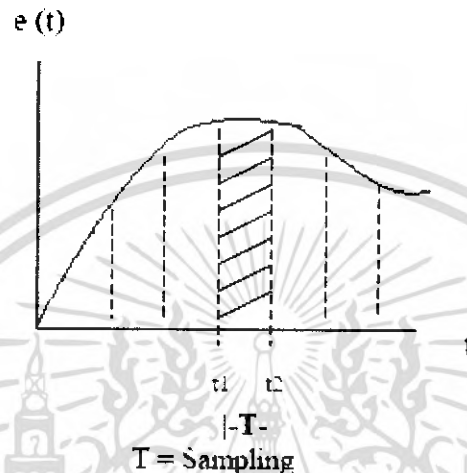
เมื่อ $SP = \text{set point}$

$PV(t) = \text{ค่าที่วัดได้ในขณะนั้น}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่ามีลักษณะเป็นสัญญาณแบบอนาลอก (Analog) แต่เนื่องจากสัญญาณที่ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์นำมาคำนวณ เป็นสัญญาณดิจิทัล ดังนั้นสมการในการคำนวณ PID เดิม จึงไม่สามารถนำมาใช้ได้โดยตรง สามารถพิจารณาได้เป็น 3 ส่วน ดังนี้

$$M(t) = M_p(t) + M_d(t) + M_i(t)$$



เมื่อพิจารณาตามรูป 2.18 จะเห็นว่าค่าในส่วนของ Proportion Controller จะคงเดิม คือ

$$M_p(t_n) = K_p \cdot e(t_n)$$

ค่าของ Integral Controller โดยพิจารณาตามรูป จะเห็นว่าค่าในส่วนของ $\int e(t) dt$ ก็คือพื้นที่ใต้กราฟนั่นเอง เมื่อกำหนด T เป็นคาบในการสุ่มสัญญาณ มีค่าน้อยมากๆแล้ว จะคิดพื้นที่เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าได้ นั่นคือ

$$M_i(t_n) = K_i \int e(t) = T \cdot K_i \cdot e(t_n) + M_i dt(t_{n-1})$$

ค่าของ Derivative Controller จากรูป ค่าในส่วนของ $de(t)/dt$ ก็คือความชัน (Slope) ของกราฟนั่นเอง เพราะฉะนั้น

$$M_d(t_n) = K_d [e(t) - e(t_{n-1})] / T$$

เมื่อรวมเข้าด้วยกัน จะได้ว่า สัญญาณควบคุมที่เป็นดิจิทัล สามารถคำนวณได้จากสมการ

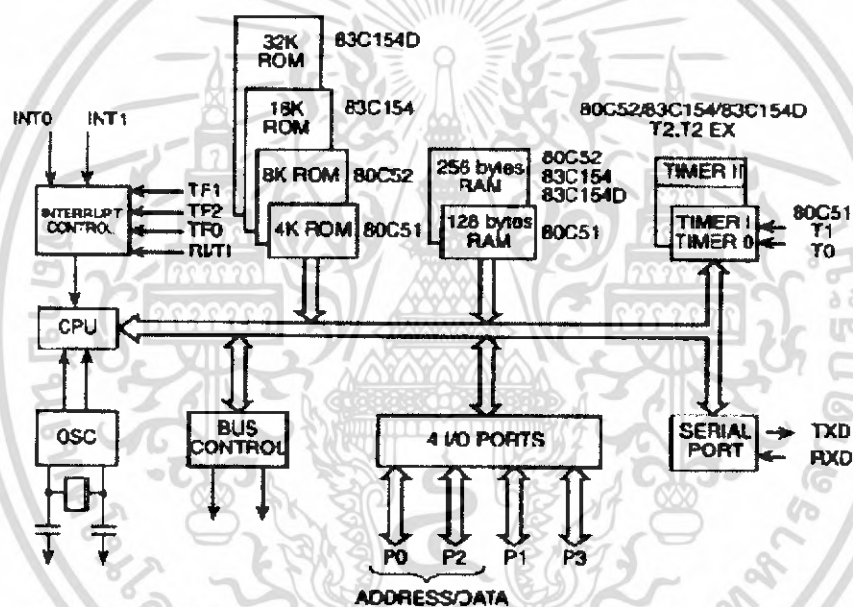
$$M(t) = K_p \cdot e(t_n) + T \cdot K_i \cdot e(t_n) + K_d [e(t_n) - e(t_{n-1})] / T + M_i(t_{n-1})$$

สมการนี้จะอยู่ในส่วนของโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณหา Manipulated Value จากค่าผิดพลาด โดยมีความสัมพันธ์ของคาบเข้ามาเกี่ยวข้อง นั้นแสดงว่า ในการทำงานจริง คาบที่ใช้ในการคำนวณของคอนโทรลเลอร์ จะต้องเท่ากับคาบในการนำสัญญาณ Input เข้ามาของ A/D จริงๆ มิฉะนั้นค่าที่คำนวณออกมาจะผิดพลาด และอาจทำให้ระบบไม่เสถียร

2.2.6 ตัวประมวลผลควบคุม (Microcontroller)

สำหรับในโครงการตู้อบเด็กทารกนี้เราใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวทำงานประมวลผลควบคุม ซึ่งจะทำหน้าที่ในการควบคุมระบบการทำงานของตู้อบเด็กทารกทั้งระบบ

โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51



รูปที่ 2.19 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์

คุณสมบัติเบื้องต้นของ Micro controller ในตระกูล MCS-51 จะมีดังนี้

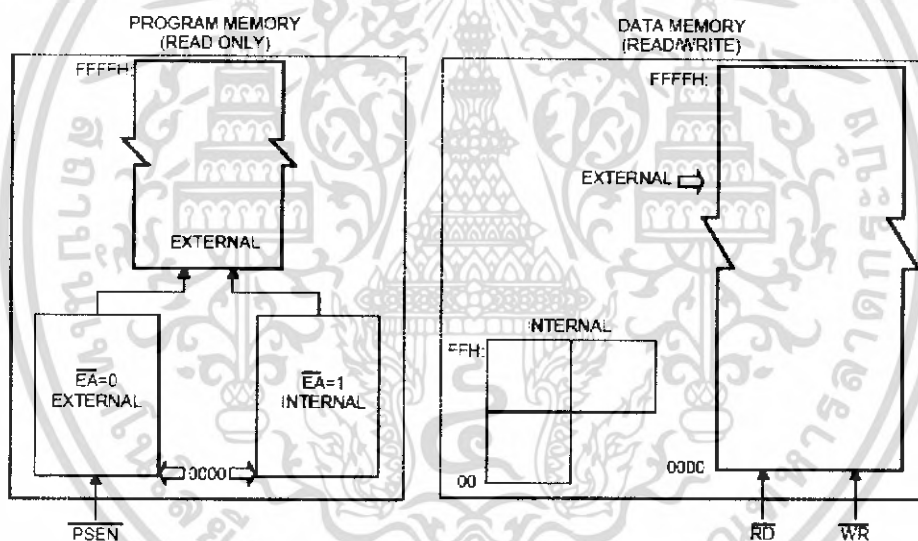
- มี Core CPU ที่เป็น 8-Bit และชุดคำสั่งที่เหมาะสมในงานควบคุม และสามารถประมวลผลทาง Logic กับข้อมูลในระดับ BIT ได้
- มีหน่วยความจำโปรแกรม 4K ภายใน และรองรับการใช้งานของหน่วยความจำโปรแกรมได้ 64K

- มีหน่วยความจำ ข้อมูล (RAM) 128 Bytes ภายใน และรองรับการใช้งานของหน่วยความจำ ข้อมูลได้ ถึง 64K
- มี Port ที่เป็นได้ทั้ง 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 โดยมี 5 ตำแหน่งของ ISR และการ Interrupt โดยสามารถจัดระดับความสำคัญได้ 2 ระดับ
- มีตัวกำเนิดความถี่ Clock ภายใน

โครงสร้างของหน่วยความจำใน MCS-51

Logical separation of program and data memory

สำหรับ Micro controller MCS-51 นั้นถูกออกแบบมาให้มีหน่วยความจำ สำหรับเก็บโปรแกรม(Op-code) และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่แยกออกจากกันดังรูป

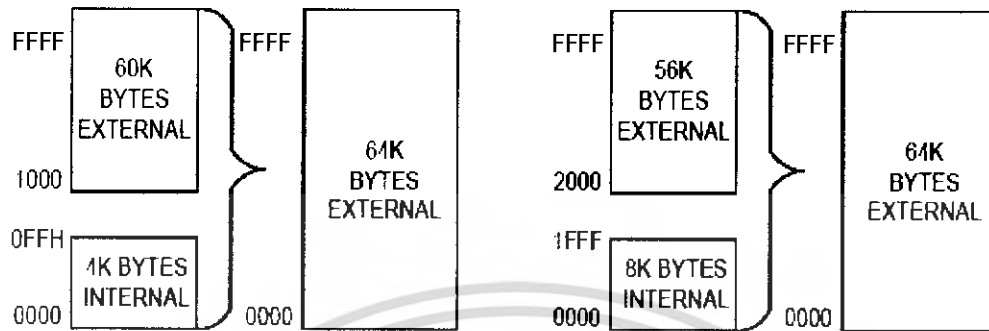


รูปที่ 2.20 โครงสร้างของหน่วยความจำใน MCS-51

การออกแบบของ Data memory ที่แยกออกมานี้จะทำให้สามารถเรียกใช้งานได้โดยใช้ Address เพียง 8 Bit เท่านั้น ซึ่งจะทำได้อย่างรวดเร็วใน 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: Datapointer (Data memory address register)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของ Program memory จะเป็นหน่วยความจำที่อ่านได้เพียงอย่างเดียว และสามารถมีได้ทั้งหมด 64K ตำแหน่ง

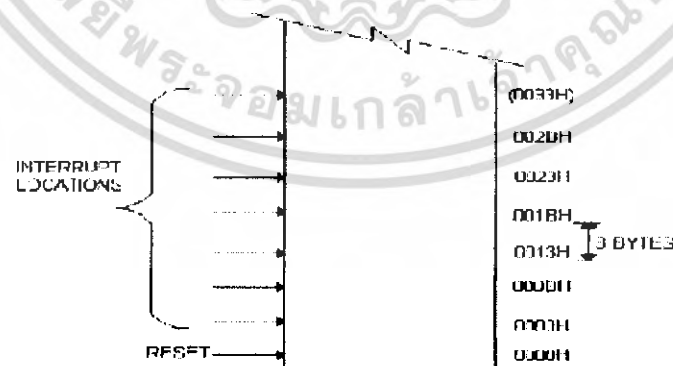


รูปที่ 2.21 โปรแกรม memory ของ MCS 51

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 จะใช้สัญญาณ 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 จะใช้สัญญาณ RD และ WR Program memory



รูปที่ 2.22 การต่อ External program memory และ External data memory ร่วมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

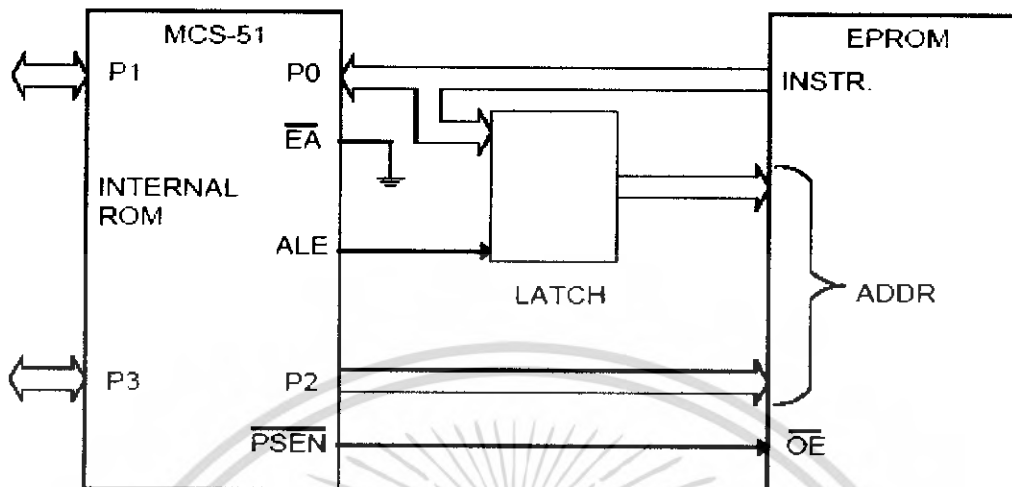
ในกรณีที่ต้องการ ส่วนของ External program memory และ External data memory ร่วมกัน นั้น จะทำได้โดยการนำสัญญาณ PSEN และ RD มารวมกัน โดยใช้ AND gate ก็จะทำให้ได้สัญญาณ ที่เป็นการอ่าน External Program/Data memory

รูปแสดงส่วนของ Program memory ในตำแหน่งเริ่มต้น ซึ่งเมื่อ CPU เริ่มการทำงานหลังจาก การ Reset ก็จะเริ่มการทำงานตามคำสั่งที่ Address 0000h และสำหรับ Address ที่แสดง ต่อมา นั้น จะตำแหน่งที่อยู่ของ ISR: Interrupt Service Routine โดยการทำงานของ Interrupt ใน MCS-51 เมื่อเกิดสัญญาณ Interrupt เข้ามา มันก็จะกระโดดการทำงานมายัง โปรแกรมในตำแหน่งที่กำหนด นี้ นั่นเองตัวอย่างเช่น สำหรับ Interrupt 0 จากภายนอก เมื่อ MCS-51 ได้รับสัญญาณ Interrupt นี้ มันก็ จะกระโดดการทำงานมายัง โปรแกรมใน Address 0003h และสำหรับ Interrupt ที่เกิดจาก Timer 0 ก็ จะกระโดดการทำงานมายัง โปรแกรมใน Address 000Bh และ Interrupt 0 จากภายนอก ก็จะกระโดด การทำงานมายัง โปรแกรมใน Address 0013h . ในแต่ละ Address กำหนดให้สำหรับ ISR นั้นจะมีพื้นที่ในการเก็บโปรแกรมได้ 8 Address ซึ่งถ้า ISR ที่ต้องการ เป็น โปรแกรมที่สั้นๆ ก็จะสามารถใส่เข้าไปได้ แต่ถ้าเป็น ISR ที่ยาวมากแล้วก็จะทำได้ โดยการ ใช้คำสั่ง Jump ไปยังโปรแกรมที่ต้องการอีกที

External Program Memory

สำหรับ MCS-51 ที่มี Internal program memory นั้น ผู้ใช้สามารถที่จะเลือกได้ว่า จะใช้งาน ของ Internal program memory นั้น หรือไม่ โดยการต่อของขาสัญญาณ EA : External access เข้ากับ VCC หรือ GND เช่น ถ้า 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 แต่ถ้าต่อ ขา 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

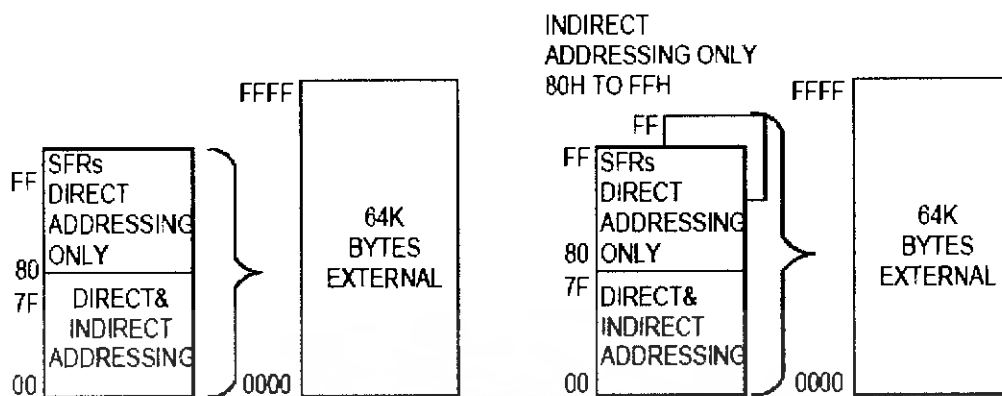
MCS-51 จะใช้สัญญาณ ของ I/O port 16 bit (Port 0 และ Port 2) มาทำหน้าที่เป็น Bus ของระบบ โดยจะใช้งานของ Port 0 ทำหน้าที่เป็น Address และ Data bus สลับกัน คือส่งค่าของ Low byte ของ Program counter (PCL) ออกมาที่ Port 0 นี้ หลังจากส่งค่าของ PCL ออกมาแล้วมันจะเข้าสู่สถานะ Float เพื่อรอรับคำสั่งที่จะอ่านได้จาก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

Data memory

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

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

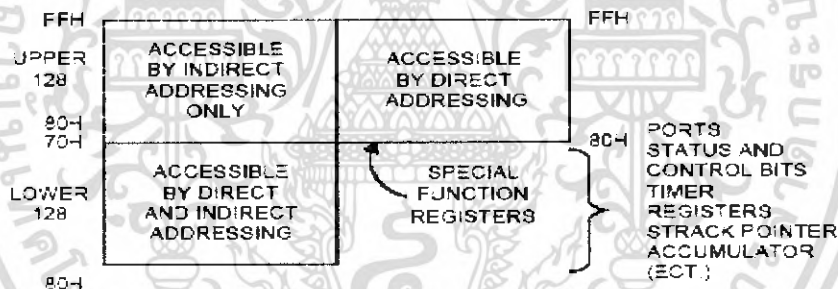
MCS-51 with 256 bytes Internal Data memory (ขวา)



รูปที่ 2.24 Data memory ของ MSC-51

Internal Data Memory

ผังการจัดแบ่งพื้นที่ของ Internal data memory จะเป็นดังรูป ซึ่งมันจะถูกแบ่งออกเป็น สามส่วนด้วยกัน คือ Lower 128, Upper 128 และ SFR และจากการที่ 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



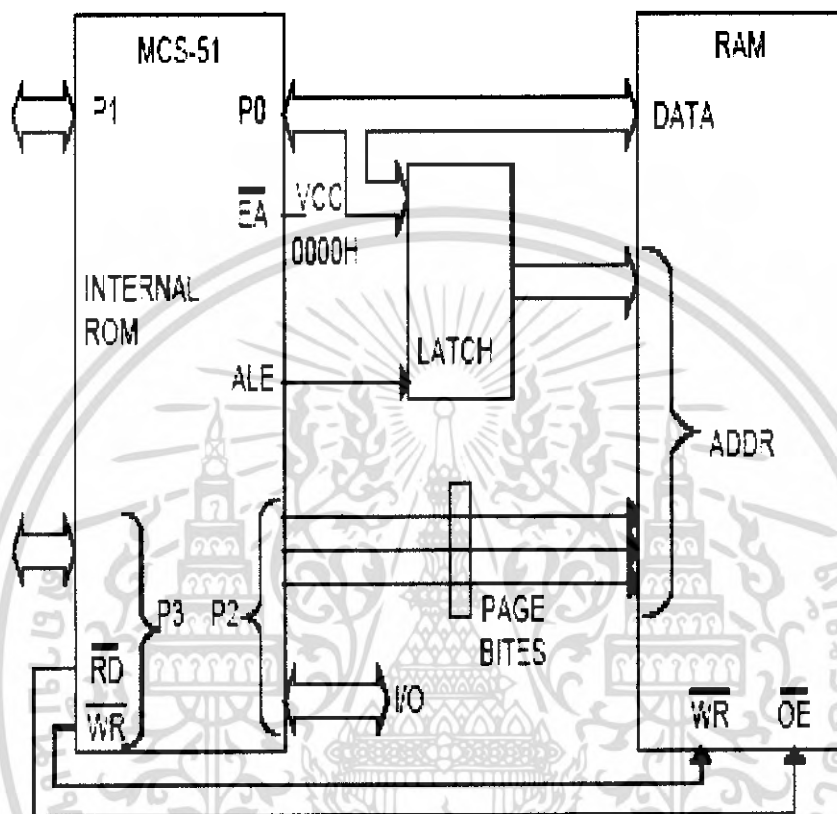
รูปที่ 2.25 Internal Data Memory

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

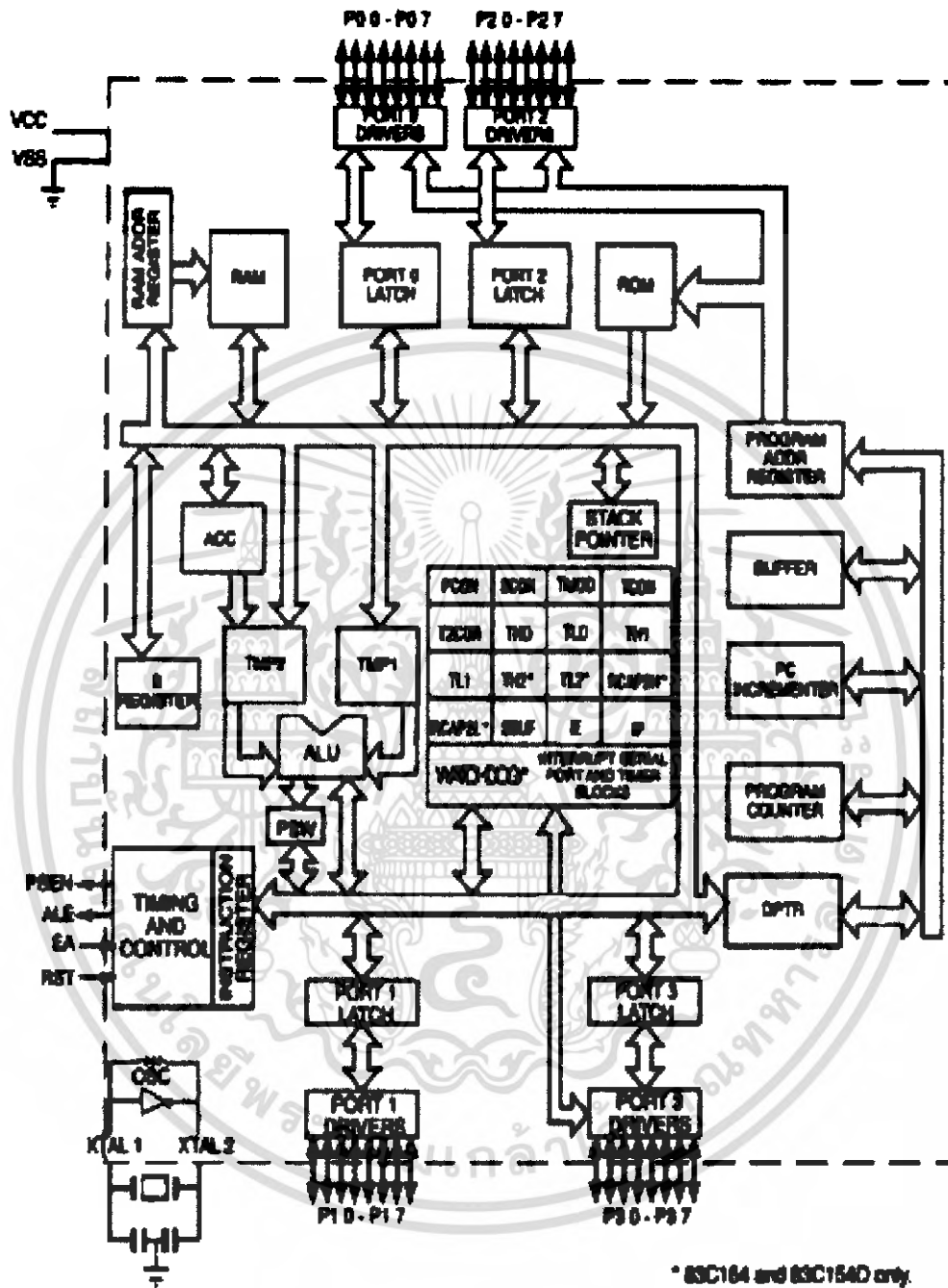
การต่อใช้งานของ External data memory จะทำได้ดังตัวอย่าง ซึ่งเป็นการต่อใช้งานของ RAM ขนาด 2K โดยให้ MCS-51 นี้ ทำงานจาก internal program memory



รูปที่ 2.26 การต่อใช้งานของ External data memory โดยให้ MCS-51 นี้ ทำงานจาก Internal program memory

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างภายในของ Micro controller MCS-51



รูปที่ 2.27 โครงสร้างภายในของ Micro controller MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 ตามลำดับค่าตำแหน่ง 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 นั้นสามารถกำหนดให้เป็นที่ใดก็ได้ใน 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 จะใช้ในการชี้ตำแหน่ง

ของข้อมูลของ 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 การเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำแต่ละตำแหน่งเป็นการส่งข้อมูลไปยังพอร์ทนั้นๆ 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

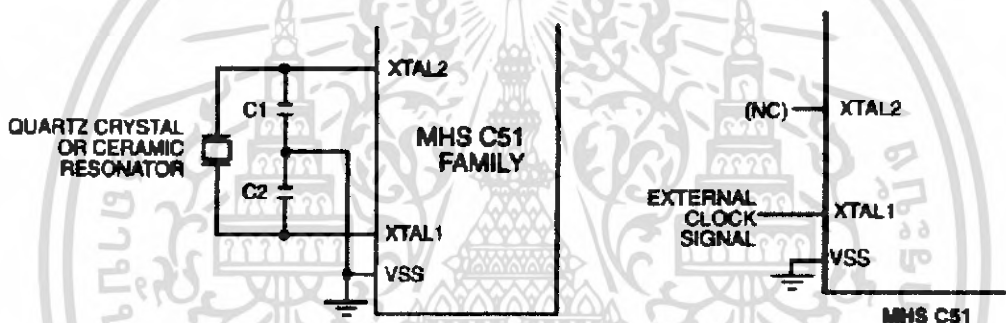
การกำหนดการทำงานของวงจร Timer ในโหมด Timer หรือ Counter ทำได้โดยการกำหนดใน Register TMOD (Timer/Counter Mode Control Register) การทำงานเป็น Timer จะให้ Register ใน Timer 0 หรือ 1 ทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณนาฬิกา ในการให้วงจร Timer ทำงานเป็น Counter คือการใช้ Register THx และ TLx ทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่เข้ามาทางขา 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 จะมีส่วนของวงจรกำเนิด Clock อยู่ภายในแล้ว ซึ่งสามารถใช้เป็นสัญญาณนาฬิกาให้กับ CPU ได้ ในการใช้งานของ On-Chip Oscillator นั้น ก็เพียงต่อ Crystal หรือ Ceramic resonator ที่ขา XTAL1 กับ XTAL2 และตัวเก็บประจุ ดังแสดงในรูปที่ 2.11



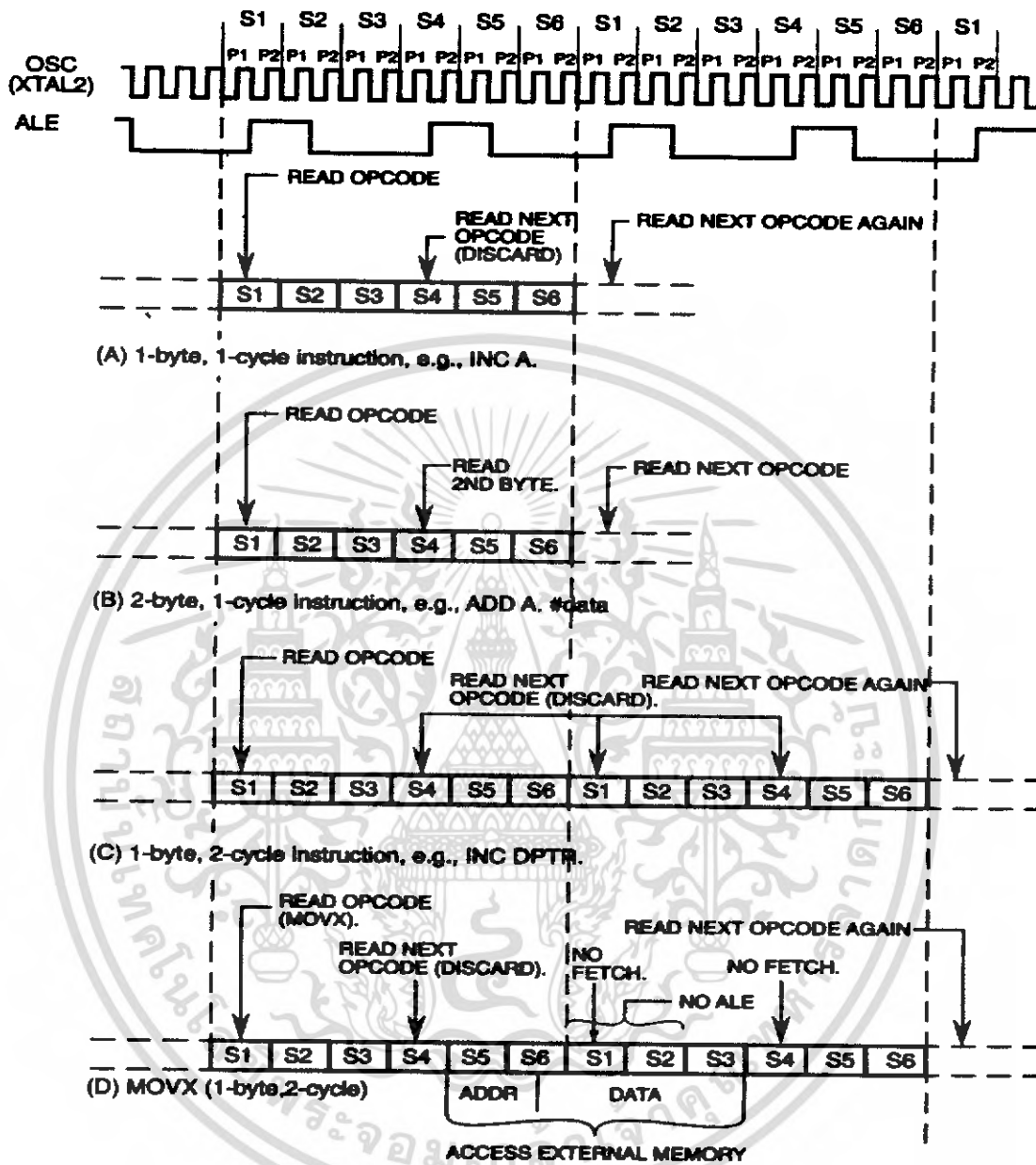
รูปที่ 2.28 การต่อ CPU Timing

อย่างไรก็ดี ถ้าต้องการใช้สัญญาณ Clock จากภายนอก ก็จะทำให้ได้โดยการต่อสัญญาณ Ext. Clock เข้าที่ขา XTAL1 ดังรูป

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

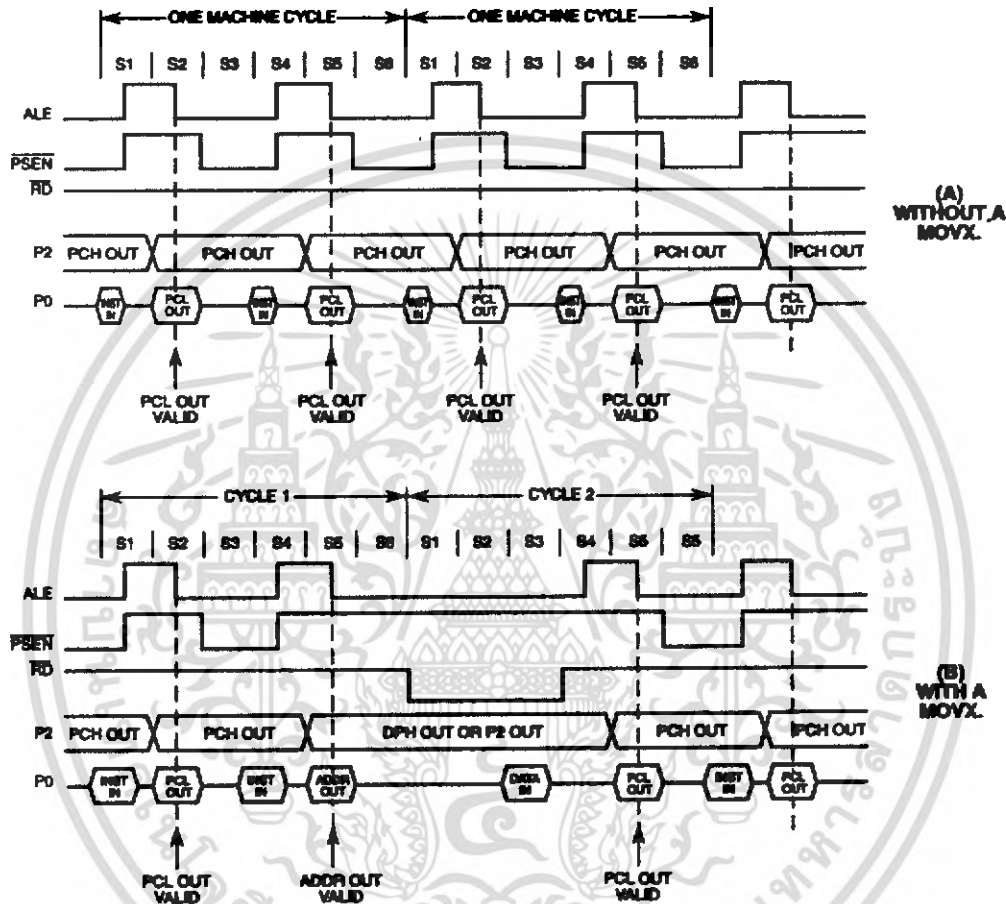


รูปที่ 2.29 Machine Cycles

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 จะไม่สนใจข้อมูลที่ได้อีก ส่วนในรูป b ข้อมูลที่ได้มาก็จะเป็น Byte ที่สองของคำสั่งนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



รูปที่ 2.30 ขบวนการ Fetch / Execute

จากรูป a จะเป็นการแสดงถึงจังหวะการทำงานของสัญญาณต่างๆ ของการ Fetch เมื่อคำสั่งนั้นอยู่ใน External program memory ซึ่งสัญญาณ จะเกิดขึ้น 2 ครั้งต่อ Machine cycle ในรูป b จะแสดงสัญญาณต่างๆ ที่เกิดขึ้นเมื่อกระทำคำสั่งที่มีการติดต่อกับ External data memory การ Fetch จะถูกข้ามไป 2 ครั้ง และจะเห็นว่าจังหวะเวลาของการอ่านข้อมูลจาก External data memory นั้นจะใช้เวลาที่มากกว่าการอ่านข้อมูลจาก Program memory

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

สามารถแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานได้ดังนี้คือ

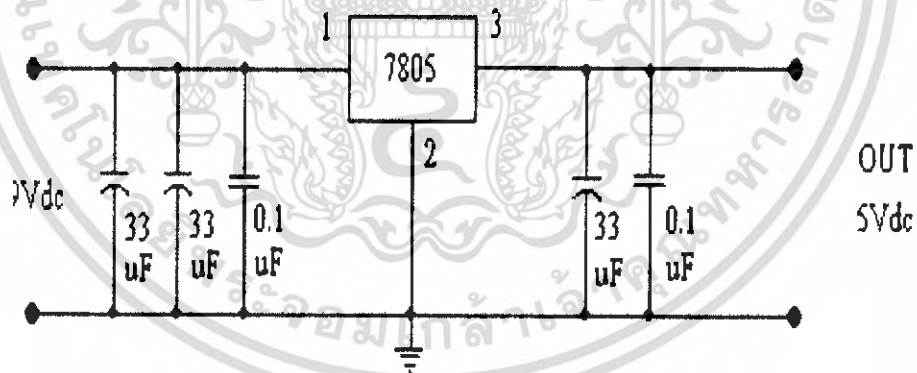
3.1 การออกแบบวงจรต่างๆ ภายในตู้อบเด็ก

- 3.1.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง
- 3.1.2 ส่วนตรวจจับอุณหภูมิที่ใช้ SHT15
- 3.1.3 วงจรทริกและแยกโหลด
- 3.1.4 วงจรส่วนแสดงผล
- 3.1.5 วงจรควบคุมการทำงานหลัก

3.1 การออกแบบวงจรส่วนต่างๆ ภายในตู้อบเด็ก

3.1.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง

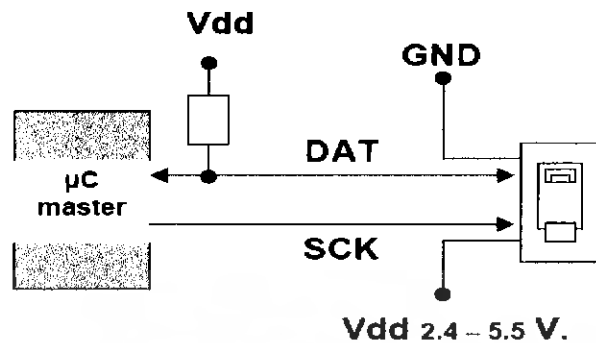
วงจรจ่ายไฟกระแสตรง มีการรักษาระดับแรงดันคงที่ การออกแบบจะใช้ไอซีแบบประกอบด้วยขาอินพุท เอาท์พุท และขากราวนด์ ซึ่งตัวเลขที่บอกเบอร์ไอซีจะเป็นคํบอกขนาดของแรงดันเอาท์พุท เบอร์ที่ให้แรงดันไฟบวกคือเบอร์ 78xx และ ให้แรงดันไฟลบคือเบอร์ 79xx



รูปที่ 3.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟของระบบควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ส่วนตรวจจับอุณหภูมิที่ใช้ SHT15

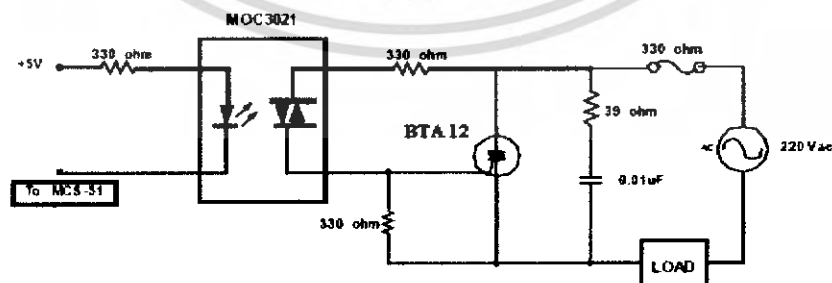


รูปที่ 3.2 ตัวอย่างการต่อใช้งาน SHT15

- การต่อขา Vcc กับ GND ต้องต่อไฟเลี้ยงให้อยู่ระหว่าง 2.4- 5.5 V แล้วหลังจากที่จ่ายไฟเข้าที่ตัว SHT15 แล้ว SHT15 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 จะเป็นการต่อแบบตรงระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ กับ SHT15
- การต่อขา DATA จะมีการต่อ Pull-up เพื่อให้ได้สัญญาณที่มีค่าสูง ซึ่งการต่อ Pull-up จะต่อกันบ่อยๆในการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และในช่วงที่ทำการส่ง DATA จำเป็นที่จะต้องทำให้ DATA มีความเสถียรในขณะที่ SCK high ซึ่งแสดง Timing Diagram ได้

3.1.3 วงจรทริกและแยกโหลด

เป็นส่วนที่แยกวงจร High voltage ออกจากวงจรควบคุมต่างๆ เพื่อป้องกันแรงดัน 220 Vac โหลดเข้าสู่วงจรส่วนอื่นๆ

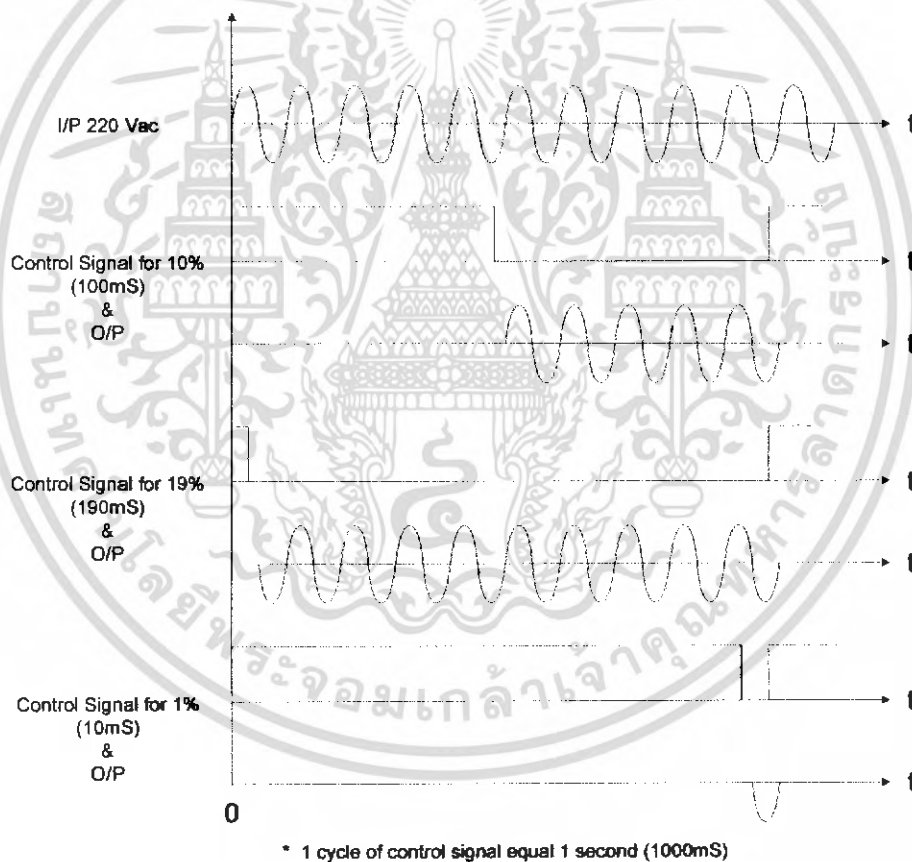


รูปที่ 3.3 แสดงวงจรทริกและแยกโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

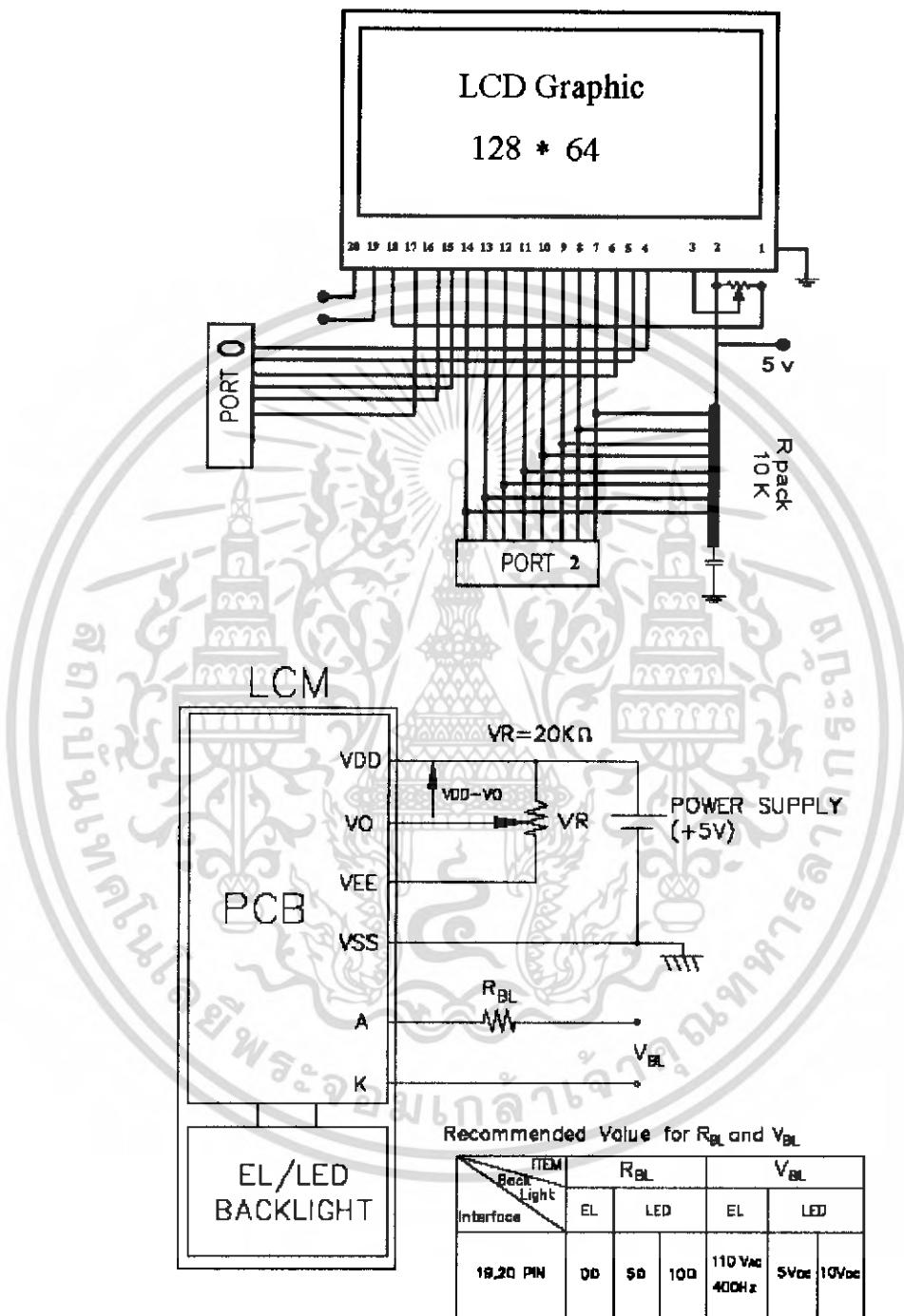
สัญญาณที่นำไปควบคุม Heater จะเป็นหลักการแบบ PWM(Pulse Width Modulation)โดยสร้างสัญญาณความถี่ 1 Hz และเปลี่ยนแปลง duty cycle ครั้งละ 10 mS (1/2 Cycle ของไฟบ้าน 50 Hz)ตามที่ PID control คำนวณค่ามาได้ ซึ่งใน 1 Hz จะแบ่งได้เป็น 100 ส่วนพอดี ทำให้ง่ายในการคำนวณค่าของ PID control

หลักการการทำงานของวงจร Zero-Cross คือวงจรจะทำงานเมื่อเราจ่ายลอจิก Low เป็นเวลายาวกว่าเวลา 1/2 ไซเคิลของไฟบ้าน (10 mS) จึงจะทำให้วงจร Zero-Cross ภายในไอซี MOC3021 ทำงานและปล่อยให้มีกระแสไหลผ่าน Triac ภายในไอซีไปที่ขา gate ของ BTA12-600B ทำให้ BTA12-600B นำกระแส โหลดจึงทำงาน ถ้าเราต้องการให้กระแสไหลผ่านโหลดมากกว่า 1 ไซเคิล (ของไฟบ้าน) ก็ต้องจ่ายลอจิก Low มากกว่า 20 mS เป็นจำนวนเท่าของเวลา 1 ไซเคิล(ของไฟบ้าน) ดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.4 การสับสวิตซ์ลงตรงจุดแรงดันตัดข้ามศูนย์

3.1.4 วงจรส่วนการแสดงผลออกทาง LCD Graphic Module

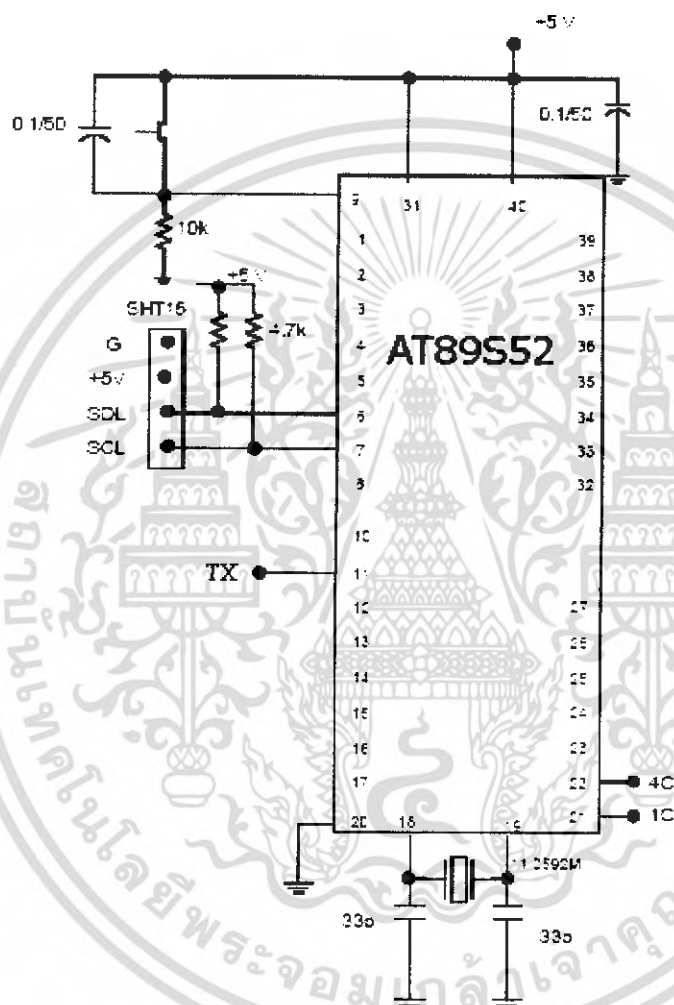


รูปที่ 3.5 การต่อ LCD Graphic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

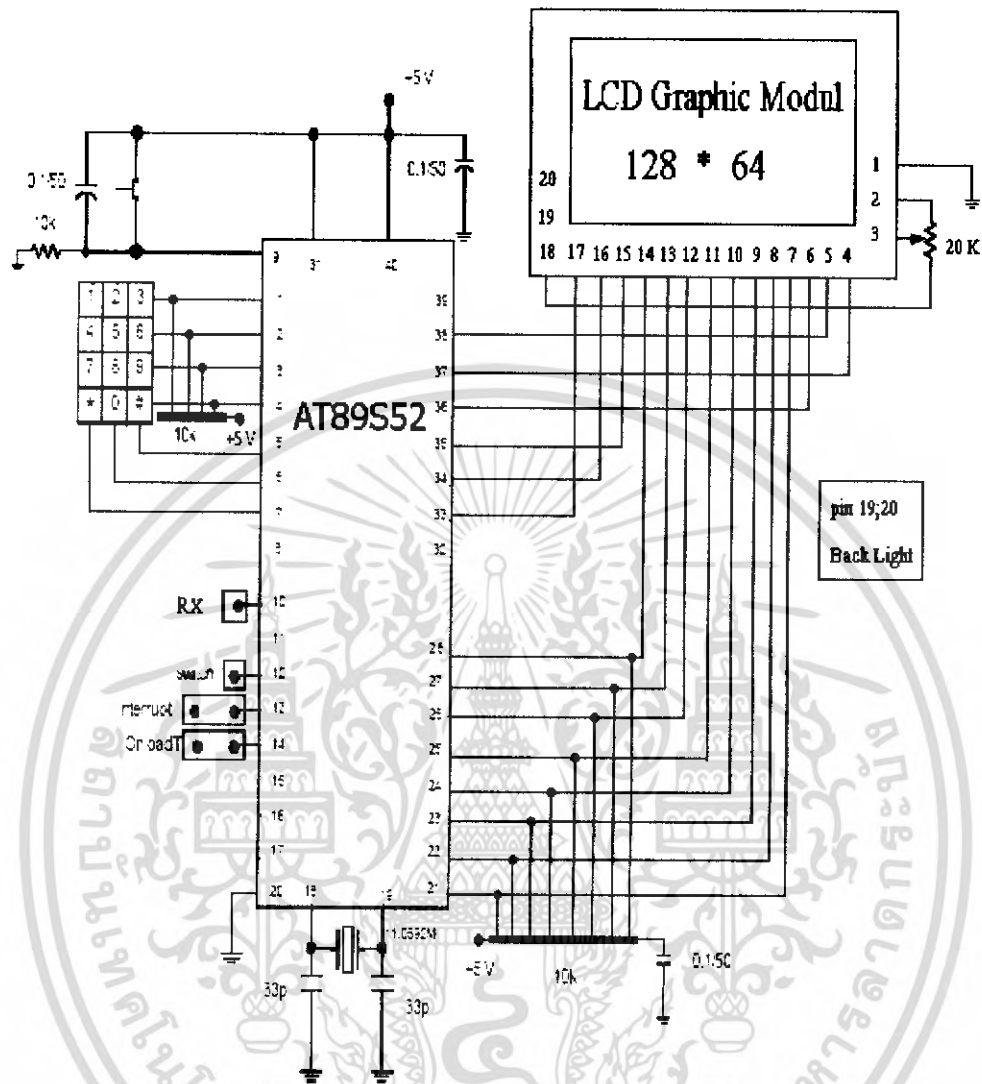
3.1.6 วงจรควบคุมการทำงาน

เป็นวงจรที่ควบคุมการทำงานของตู้อบเค้ก มีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผล ควบคุมการทำงานทั้งหมด ประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นส่วนที่ใช้ในการวัดและประมวลผล อุณหภูมิและความชื้นโดยใช้ SHT15 ในการตรวจจับ ส่วนที่ 2 เป็นส่วนควบคุมการแสดงผล ผ่านทาง LCD และควบคุมการทำงานทางเฟสของขดลวดความร้อน



รูปที่ 3.6 วงจรส่วนที่ใช้ในการวัดและประมวลผลอุณหภูมิและความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

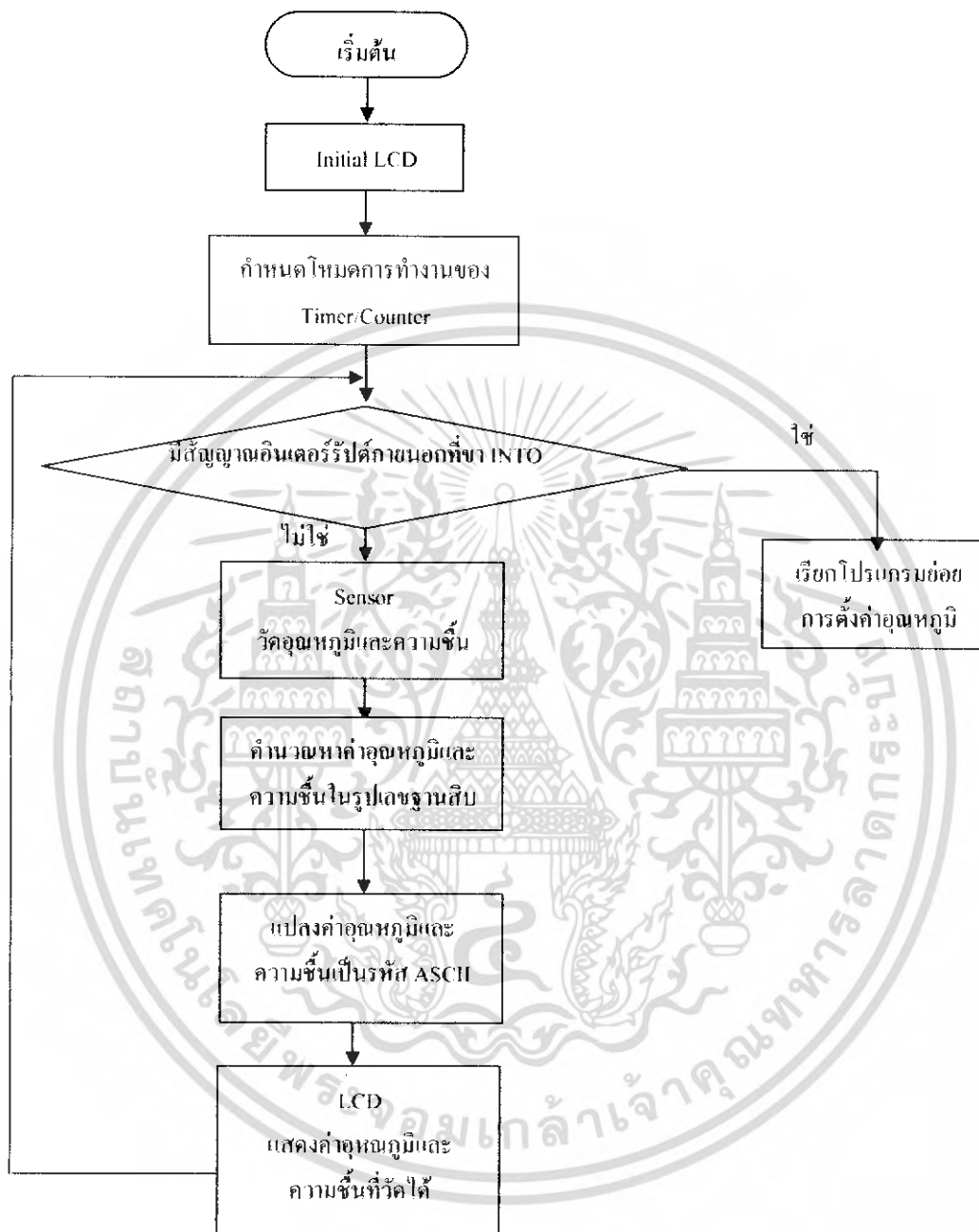


รูปที่ 3.7 วงจรส่วนที่ใช้ในการแสดงผลและควบคุมอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

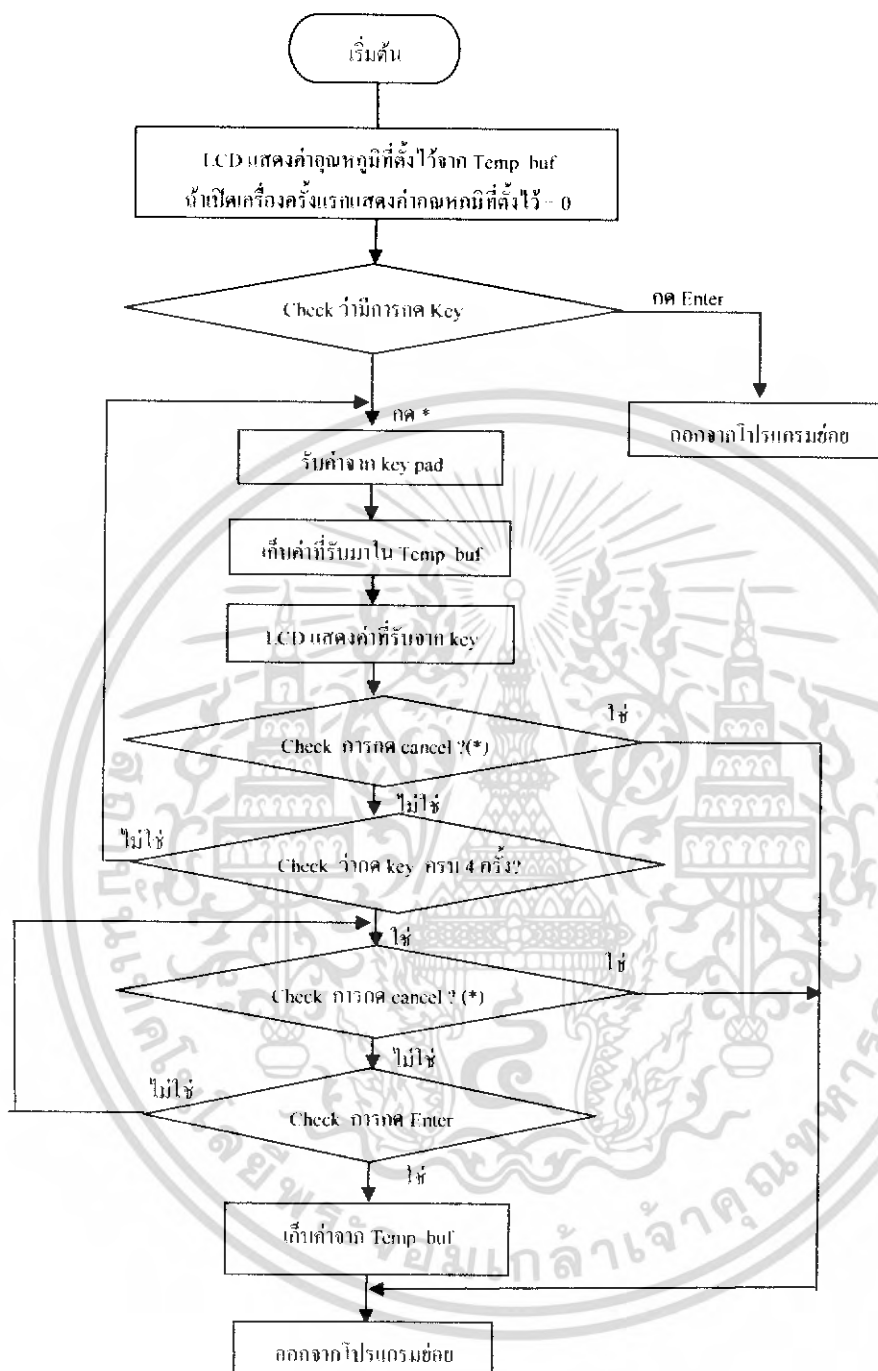
3.2 โปรแกรมการทำงานของตู้อบเค้ก

3.2.1 Flow chart แสดงการทำงานของโปรแกรม



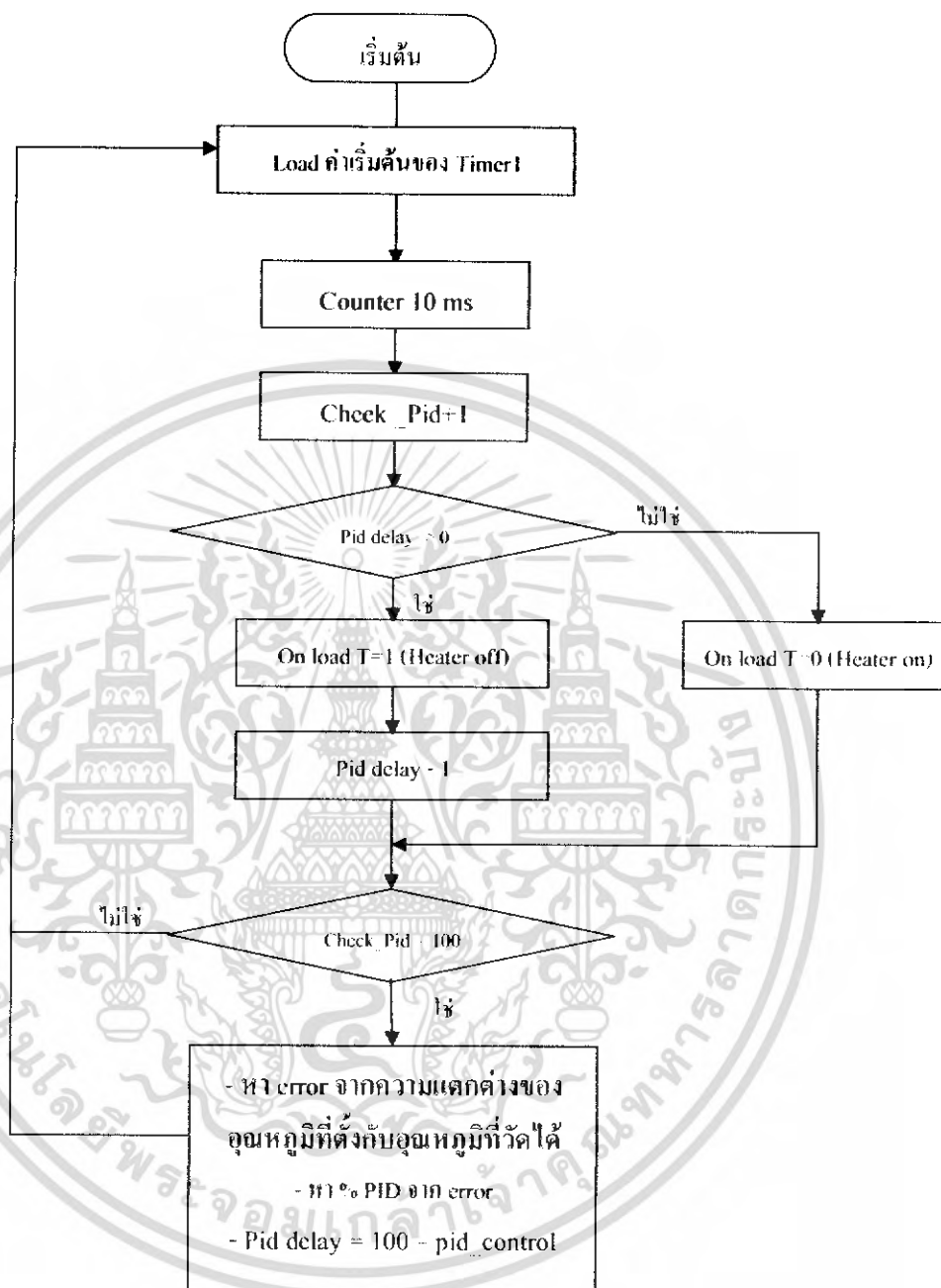
รูปที่ 3.8 Flow chart แสดงการทำงานของโปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 Flow chart แสดงการทำงานของ โปรแกรมย่อยการตั้งค่าอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 Flow chart แสดงการทำงานของโปรแกรมการควบคุม PID

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

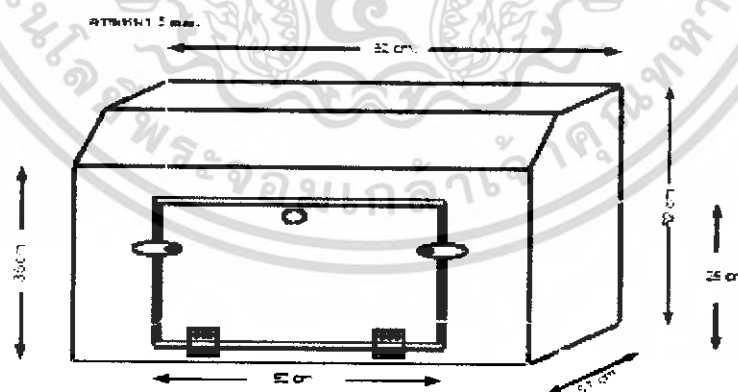
3.2.2 อธิบายโปรแกรมการทำงานของตู้อบเด็ก

หลังจากเปิดสวิตช์ Power แล้วต้องทำการกดสวิตช์เพื่อตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการเมื่อกดสวิตช์แล้วจอ LCD จะแสดงผลการตั้งค่าอุณหภูมิในครั้งก่อน(ถ้าเปิดเครื่องครั้งแรก LCD จะแสดงผลครั้งแรกเป็น ศูนย์องศา) หลังจากนั้นต้องทำการป้อนค่าที่เลขตั้งไว้หรือยกเลิกค่าแล้วเข้าสู่โหมดการตั้งค่าอุณหภูมิในครั้งใหม่ จากนั้นจึงทำการตั้งค่าอุณหภูมิ ซึ่งค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบทารกควรอยู่ในช่วงประมาณ 28-36 องศาเซลเซียส จากนั้นต้องป้อนการตั้งค่าอุณหภูมิ เมื่อทำการตั้งค่าอุณหภูมิเสร็จแล้วโปรแกรมจะออกจากโหมดการตั้งค่าอุณหภูมิเข้าสู่โหมดปกติซึ่งจะมีการแสดงผลอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้ในขณะนั้นออกทางจอ LCD และในขณะเดียวกันจะมีการประมวลผลโดยระบบ PID เพื่อควบคุมอุณหภูมิให้เป็นไปตามค่าที่ได้ตั้งไว้ระบบ PID เป็นระบบการควบคุมแบบป้อนกลับ โดยจะนำค่าอุณหภูมิที่วัดได้ในการสุ่มแต่ละครั้งมาหาค่า error จากค่าอุณหภูมิที่ได้ตั้งไว้ จากนั้นเอาค่า error ที่ได้ ประมวลผลโดยสมการ Proportional Integral Derivative Control จะได้ค่า % ในการควบคุม จะใช้ค่าที่ได้ในการควบคุมการ เปิด-ปิด ของไฟสลิตที่จะเข้าสู่ Heater โดยจะควบคุมทุกๆ 10 ms และจะมีการสุ่มค่า PID ทุกๆ 1 sec (10 ms X 100) ซึ่งจะเป็นตัวที่ให้ความร้อนภายในตู้อบ

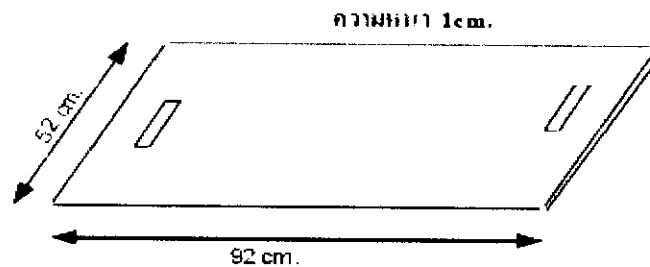
3.3 การออกแบบส่วนประกอบภายนอก

3.3.1 กระจังครอบและแผ่นรองตัวเด็ก

ทำหน้าที่เปรียบเสมือนเป็นห้องที่ให้ทารกอาศัยอยู่ชั่วคราว เป็นส่วนที่ครอบตัวทารกไว้ทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศภายในตู้อบ ซึ่งมีอุณหภูมิตามที่ตั้งไว้เพื่อเหมาะสมกับสภาพร่างกายของทารก จนกว่าทารกจะแข็งแรงพอที่จะออกมาสู่สภาวะปกติภายนอกได้ กระจังครอบนั้นทำจากพลาสติกขาวใส สามารถมองเห็นภายในได้อย่างชัดเจน



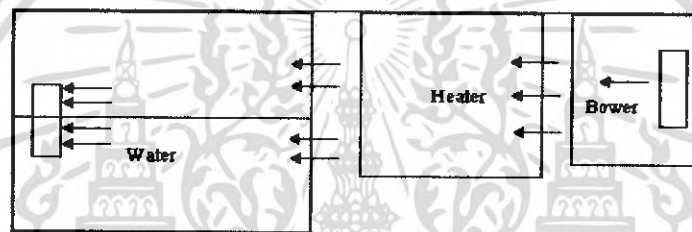
รูปที่ 3.11 ส่วนกระจังครอบ



รูปที่ 3.12 แผ่นรองตัวเด็ก

3.3.2 Chamber

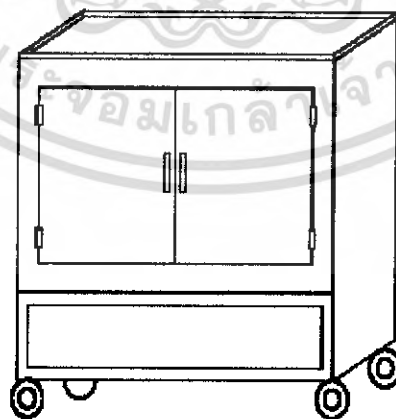
เป็นส่วนกำหนดทิศทางการไหลของอากาศภายในตู้อบ ซึ่งใช้ไฟเบอร์เป็นวัสดุในการสร้างส่วนประกอบส่วนนี้



รูปที่ 3.13 Chamber

3.3.3 ตู้ฐานรอง

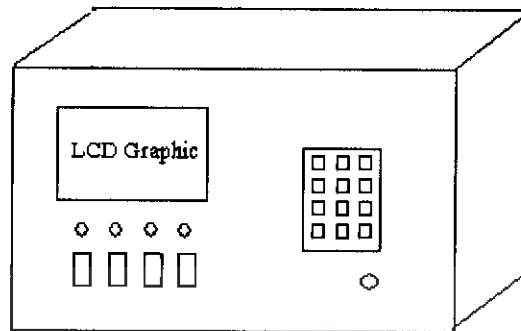
ใช้วางส่วนประกอบทุกอย่างของตู้อบเด็กทารกแรกเกิด เช่น กระจา โคมครอน, แผ่นรองตัวเด็ก, Chamber, ชุดควบคุมระบบทั้งหมด และส่วนแสดงผล



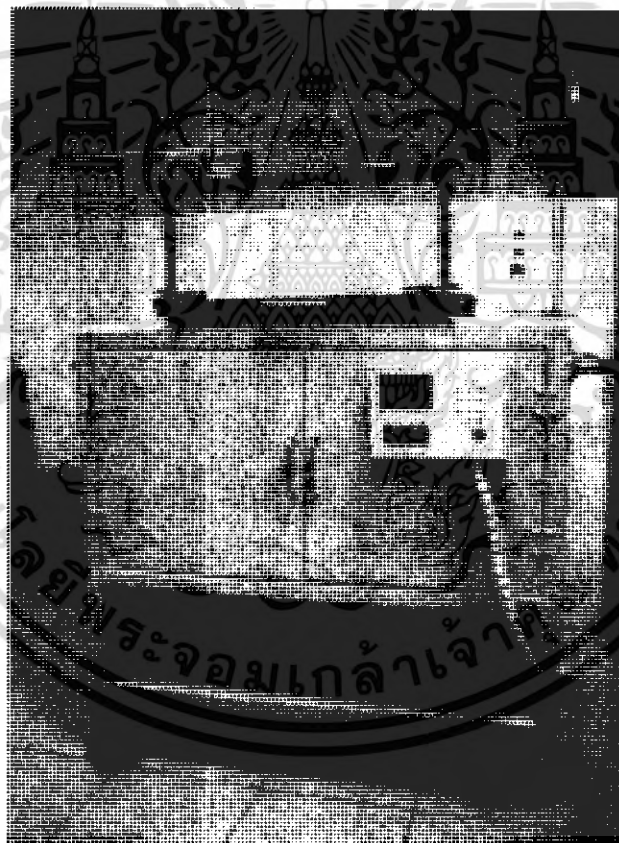
รูปที่ 3.14 ตู้ฐานรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 ส่วนแสดงผล



รูปที่ 3.15 ส่วนหน้าปัดแสดงผล และสัญญาณเตือน



รูปที่ 3.16 แสดงลักษณะโดยรวมของตู้อบเด็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

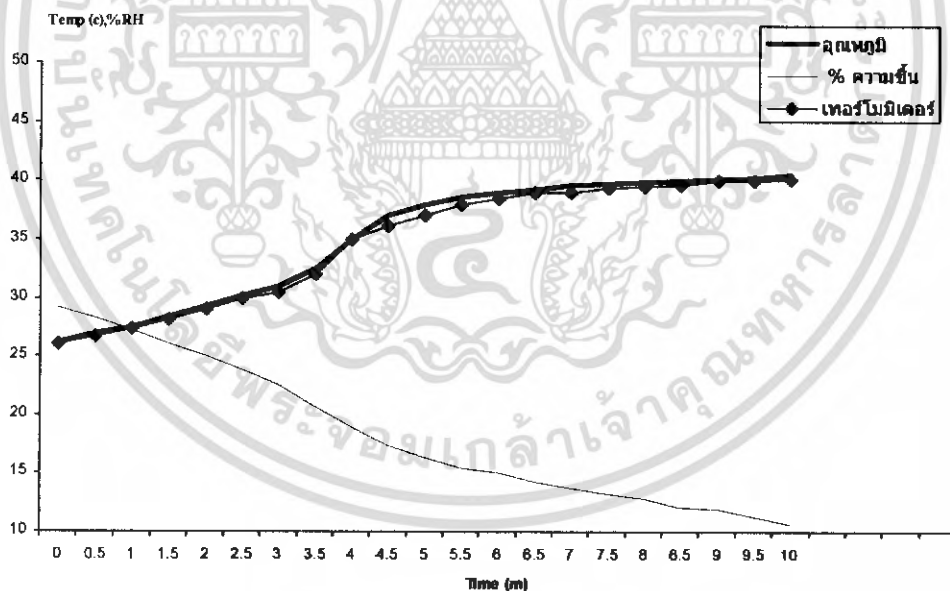
ขั้นตอนการทดลองและผลการทดลอง

การทดลองในโครงการนี้ได้ทำการทดลองเพื่อวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

- เพื่อทดสอบความเป็นเชิงเส้นของช่วงเวลาการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเทียบกับเวลา
 - เพื่อปรับค่าคงที่ (K) ต่างๆของระบบพีไอดี (PID) ที่เหมาะสมกับระบบมากที่สุด
- จากวัตถุประสงค์สามารถทำการทดลองได้ดังต่อไปนี้

4.1 ทดสอบความเป็นเชิงเส้นของช่วงเวลาการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเทียบกับเวลาขณะไม่มีน้ำให้ความชื้น

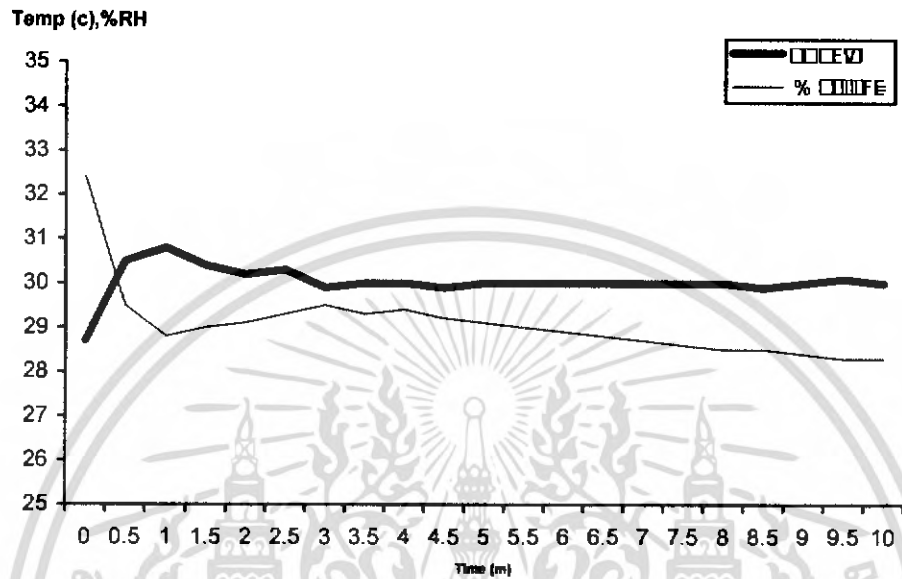
โดยการให้โหลดขดลวดความร้อนทำงานเต็ม 100 เปอร์เซ็นต์ แล้วทำการบันทึกค่าอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที ผลที่ได้ดังรูปที่ 4.1 ซึ่งจะเห็นว่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเกือบเป็นเชิงเส้น



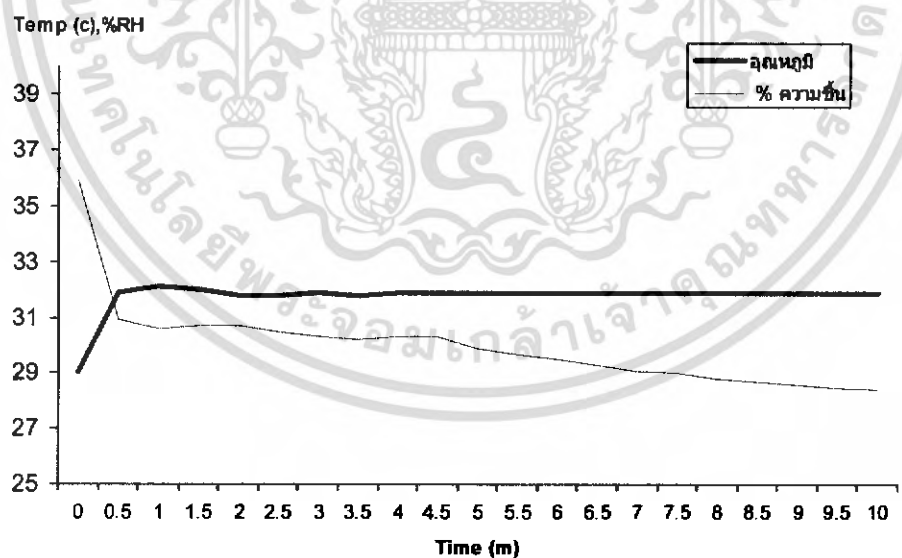
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการทดสอบการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิให้โหลดทำงาน 100 เปอร์เซ็นต์

4.2 ปรับค่าคงที่(K) ต่างๆ ของระบบพีไอดี (PID) ที่เหมาะสมกับระบบมากที่สุด

4.2.1 ทาค่าของ KP

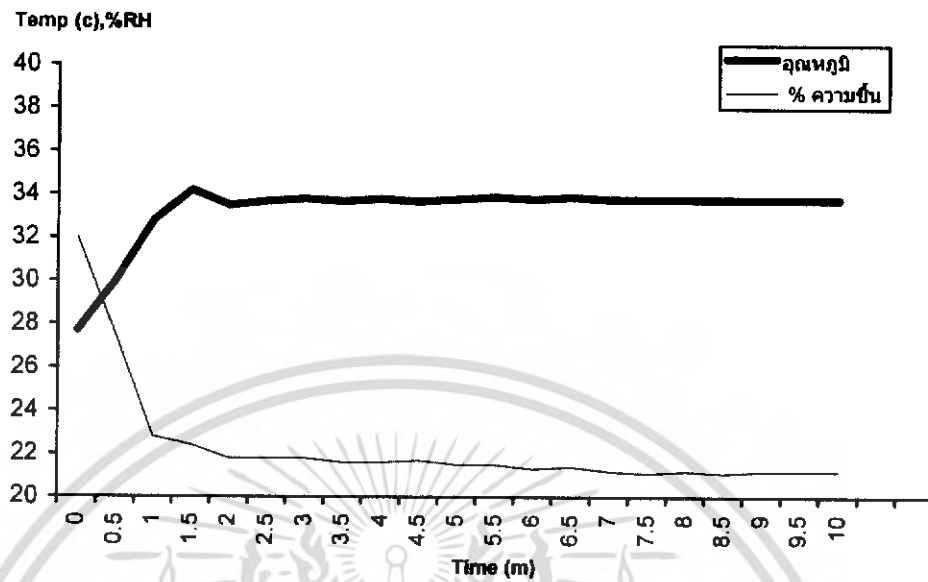


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการปรับค่าคงที่ของพี (Kp=100) (30 C)

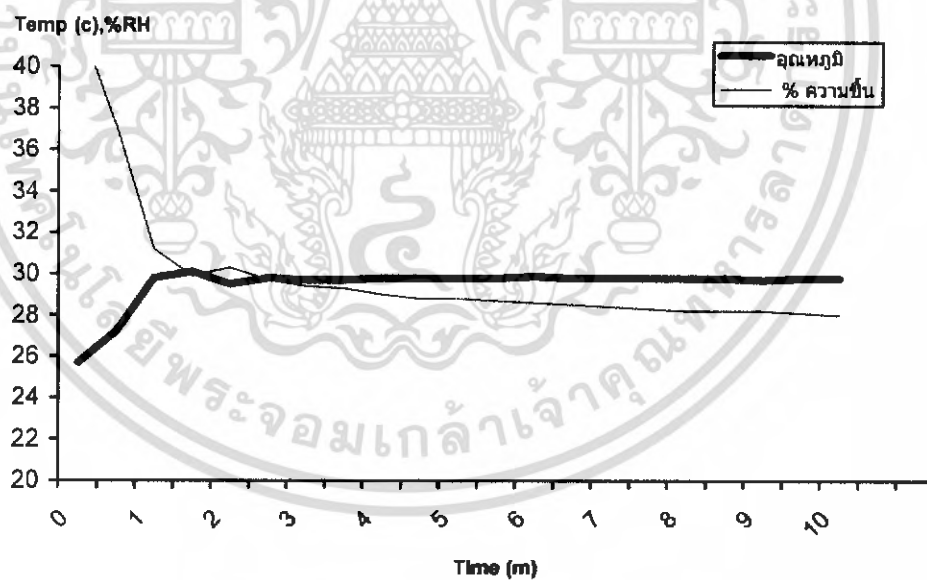


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการปรับค่าคงที่ของพี (Kp=100) (ที่ 32 C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

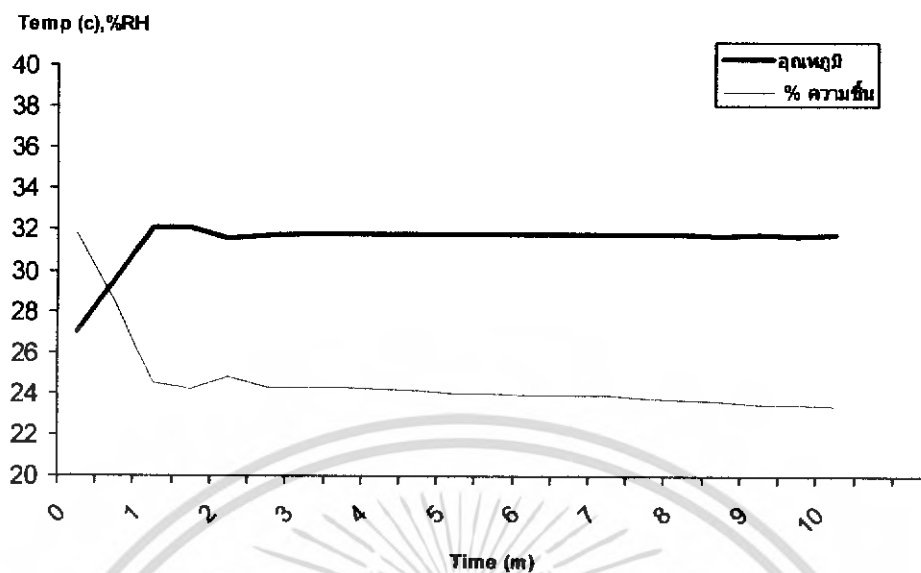


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการปรับค่าคงที่ของพี (Kp=100) (ที่ 34 C)



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการปรับค่าคงที่ของพี (Kp=80) (ที่ 30 C)

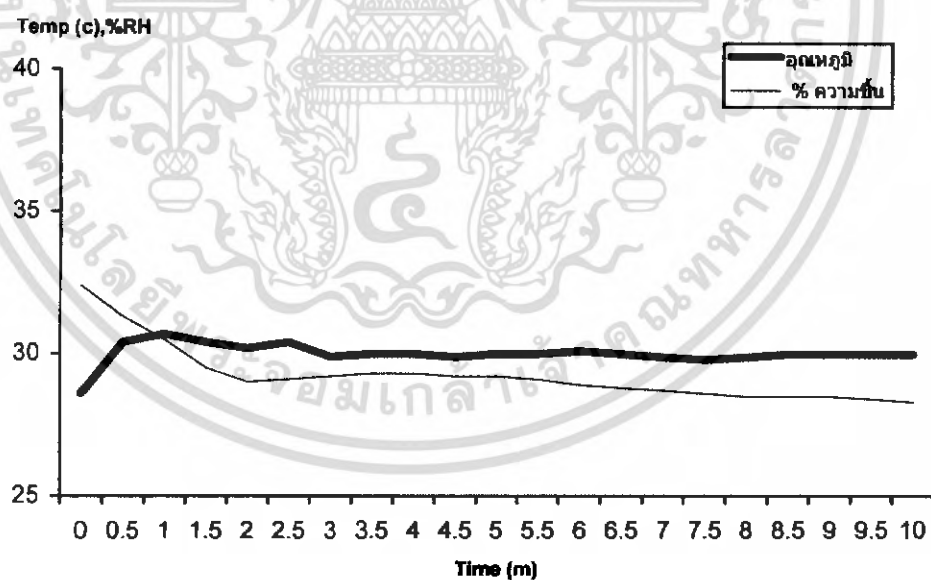
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการปรับค่าคงที่ของพี ($K_p=80$) (ที่ 32 C)

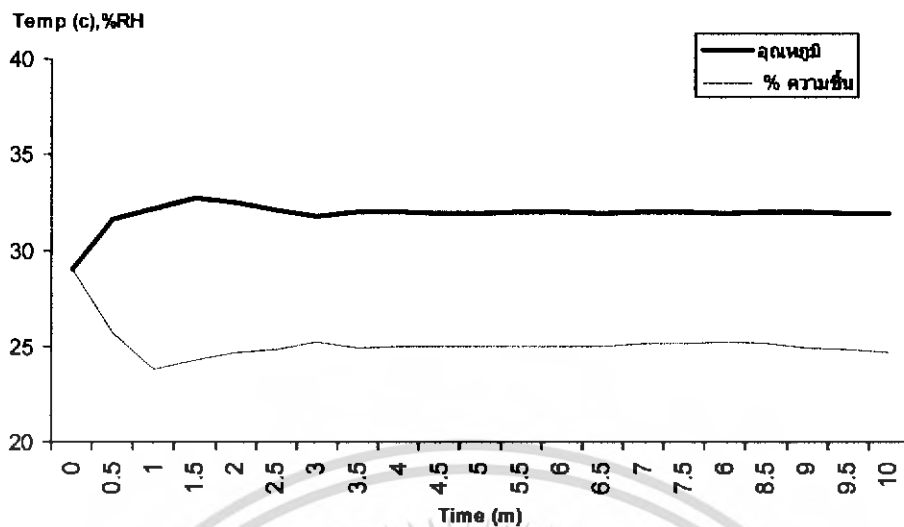
**** ได้ค่า K_p ที่ดีที่สุดที่กับ 100

4.2.2 หาค่าของ K_i



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการปรับค่าคงที่ของพี ($K_p=100$, $K_i=0.05$) (ที่ 32 C)

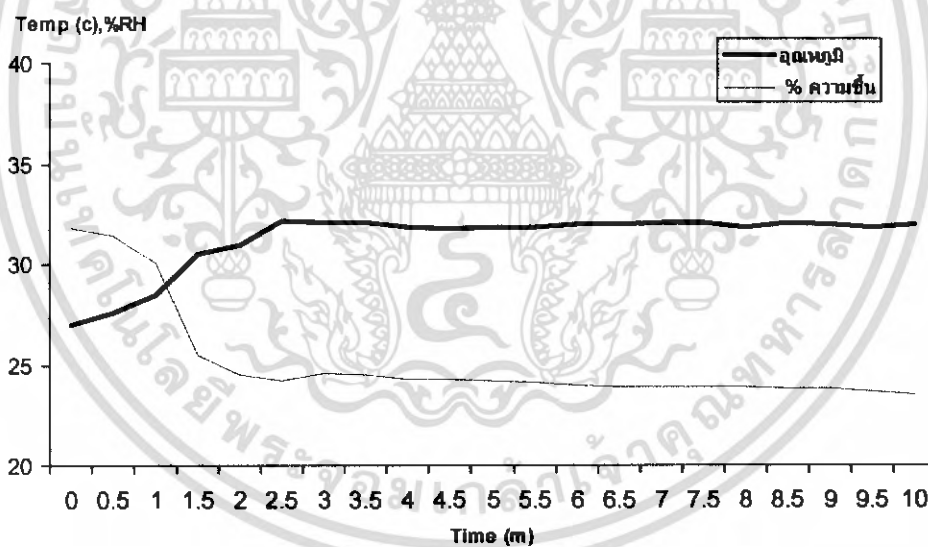
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการปรับค่าคงที่ของพี ($K_p=100$, $K_i=0.001$) (ที่ 32 C)

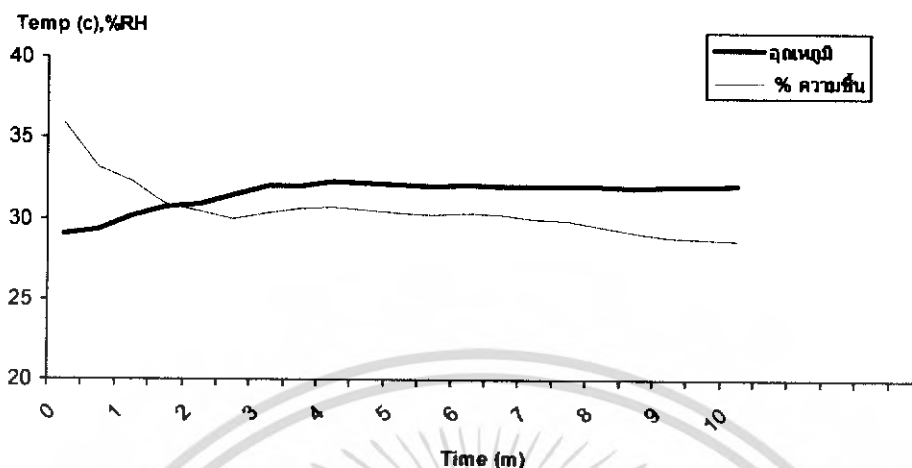
***** ได้ค่า K_i ที่ดีที่สุดเท่ากับ 0.001

4.2.3 หาค่าของ K_d



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการปรับค่าคงที่ของพี ($K_p=100$, $K_i=0.001$, $K_d=0.05$) (ที่ 32 C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงการปรับค่าคงที่ของพี (Kp=100, Ki=0.001, Kd=0.1) (ที่ 32 C)

***** ได้ค่า Kd ที่ดีที่สุดเท่ากับ 0.05

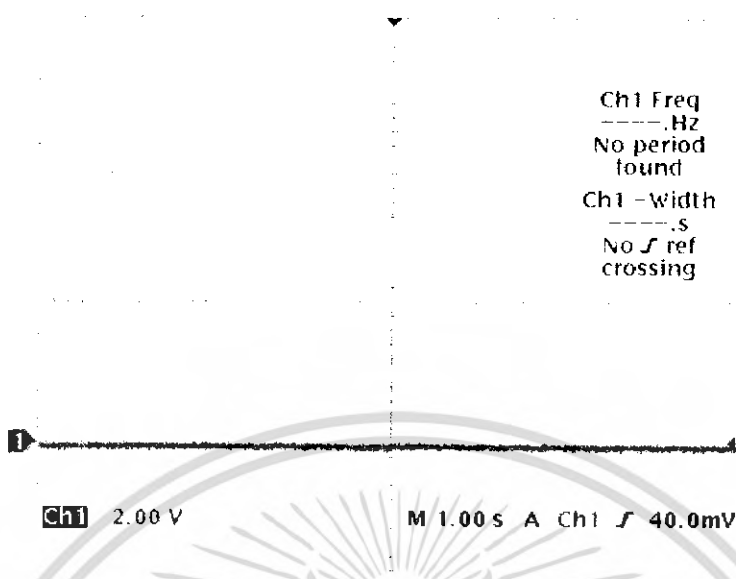
ค่า PID ที่ทดลอง ได้ มีดังนี้ Kp = 100 , Ki = 0.001, Kd = 0.05

**หมายเหตุ เป็นค่าที่ลองสุ่ม และยังไม่ได้ทดลอง อย่างละเอียด

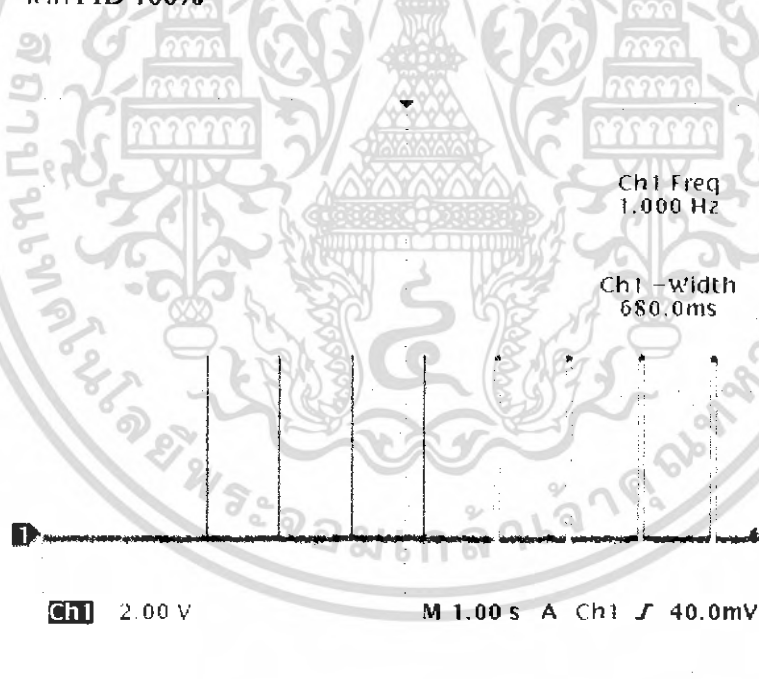
4.3 รูปคลื่นสัญญาณที่ใช้ควบคุมการทำงานของ Heater

จากรูปที่ 4.11, 4.12, และ 4.13 แสดงถึงรูปคลื่นสัญญาณที่ออกจาก Microcontroller เพื่อไปควบคุมการทำงานของวงจร Zero-cross โดยการเปลี่ยนแปลง Duty Cycle ของสัญญาณควบคุมความถี่ 1 Hz ตามที่ได้กล่าวในหัวข้อ 3.1.5 ในบทที่ 3

รูปที่ 4.14 แสดงสัญญาณควบคุมวงจร Zero-cross ในตอนแรกที่เริ่มเปิดเครื่องจะเห็นว่า Output ของตัวควบคุมมีค่า 100 % (วงจร Zero-cross ทำงาน Active Low) คือ Heater ทำงานเต็มที่ เนื่องจาก Error มีค่าสูง และเมื่ออุณหภูมิเกิดการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้น Output ของระบบจะเป็น 0 ซึ่งหมายถึง Heater กำลังทำงาน แต่ถ้ามีค่าเป็น 1 แสดงว่า Heater ไม่มีการทำงาน

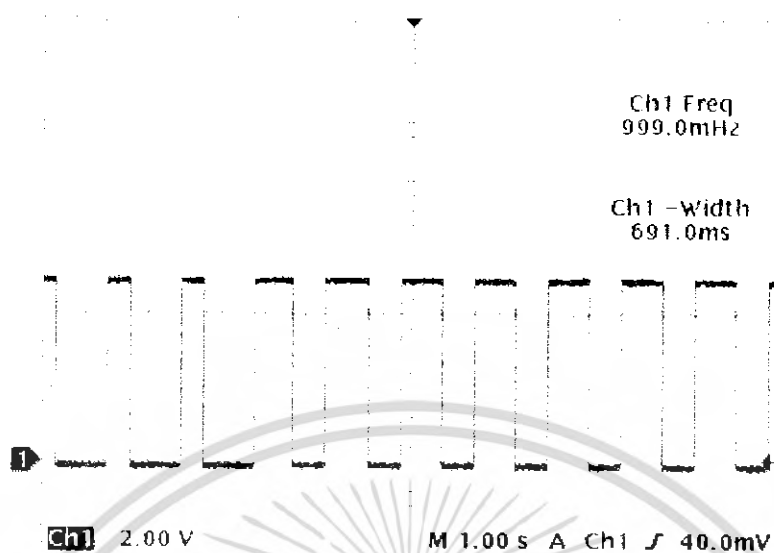


รูปที่ 4.11 รูปคลื่นสัญญาณที่ใช้ควบคุมการทำงานของ Heater ในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นในช่วงแรก ที่ค่า PID 100%



รูปที่ 4.12 รูปคลื่นสัญญาณที่ใช้ควบคุมการทำงานของ Heater ในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นใกล้ถึง SP ที่ค่า PID ประมาณ 80-100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



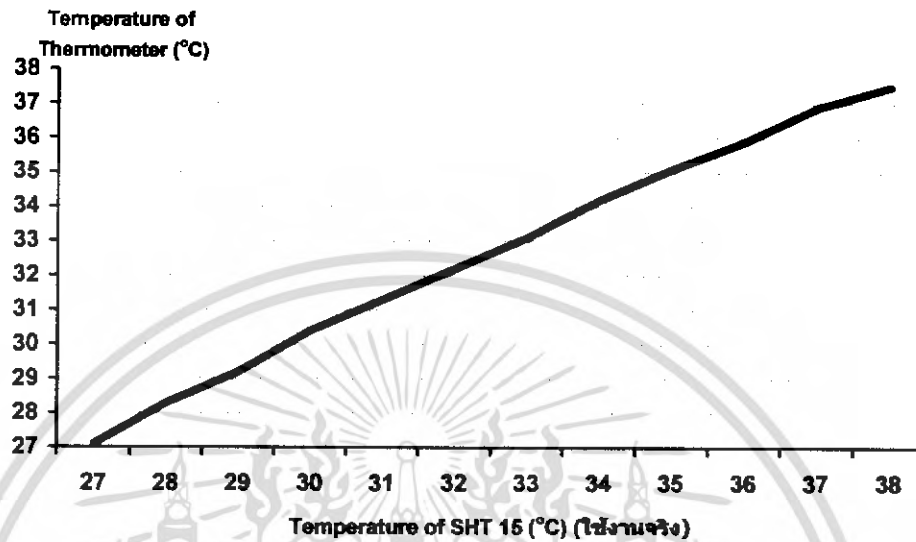
รูปที่ 4.13 รูปคลื่นสัญญาณที่ใช้ควบคุมการทำงานของ Heater ในขณะที่อุณหภูมิใกล้ระดับ SP มาก
ที่ค่า PID ประมาณ 40-60 %



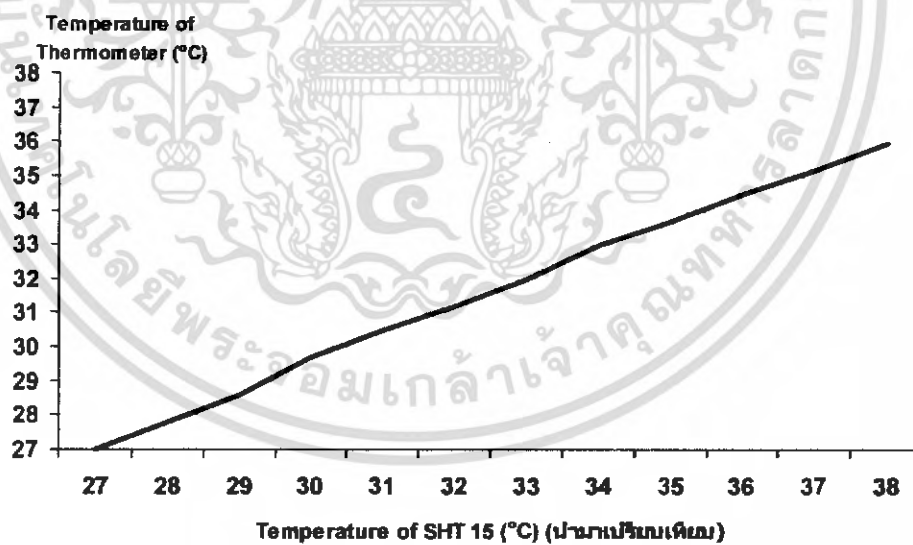
รูปที่ 4.14 รูปคลื่นสัญญาณที่ใช้ควบคุมการทำงานของ Heater ในขณะที่อุณหภูมิรักษาระดับที่ SP
ที่ค่า PID ประมาณ 10 - 40 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 กราฟเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิและความชื้นจริงกับค่าอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้

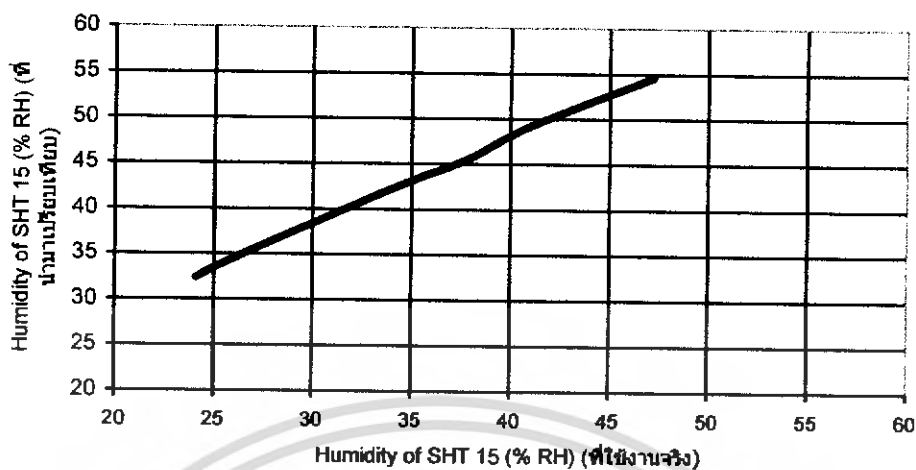


รูปที่ 4.15 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิจริงเทียบกับอุณหภูมิที่วัดจาก SHT 15 (ที่ใช้งานจริง)



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิจริงเทียบกับอุณหภูมิที่วัดจาก SHT 15 (นำมาเปรียบเทียบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงค่าความชื้นที่นำมาเปรียบเทียบกับค่าความชื้นที่วัดได้จาก SHT 15 ที่ใช้งาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุป วิเคราะห์ผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

สรุป และวิเคราะห์ผลการทดลอง

โครงการนี้เป็นการออกแบบควบคุมเด็กทารกแรกเกิดในระบบควบคุมแบบดิจิทัลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เป็นตัวประมวลผลเพื่อควบคุมการทำงานทั้งหมดของระบบ และนำอัลกอริทึมของระบบควบคุมแบบพีไอดี มาใช้ในการเขียน โปรแกรมประมวลผล

ในภาคการศึกษาที่ 2 นี้ ได้ทำการทดลองหาค่าคงที่ของสมการ การควบคุมแบบพีไอดี โดยใช้ชุดสวดความร้อน เป็นโหลด ทำหน้าที่ให้ความร้อน จากผลการทดลองที่ได้สามารถสรุปได้ดังนี้

1. สามารถควบคุมอุณหภูมิในช่วง 28°C - 38°C โดยมีความผิดพลาดที่ระดับ 0.1-0.5 องศาเซลเซียส เมื่อใช้ SHT15
2. ค่า K_p , K_i และ K_d มีผลต่อความเสถียรภาพของระบบ โดยที่ K_p จะมีผลเมื่ออุณหภูมิ เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยได้จากสมการในระบบ PID และค่า K_i จะมีผลต่อการแกว่ง ของระบบ ส่วนค่า K_d มีผลต่อการเข้าสู่จุดกำหนด(set point) ของอุณหภูมิที่ใกล้เคียง และมีเสถียรภาพของระบบ
3. อัลกอริทึมแบบ PID เหมาะสมกับระบบการควบคุมอุณหภูมิ

ปัญหาของโครงการ

1. ในการหาค่าของ PID ยังมีการเกิดความผิดพลาดอยู่ ทำให้อุณหภูมิที่ได้ มีความผิดพลาด อาจเกิดจากมีจุดที่ทำให้อุณหภูมิกายนอกเข้าไปด้านในได้ ซึ่งทำให้ระบบยังไม่เป็นระบบปิดที่สมบูรณ์
2. ส่วนการแสดงผลที่ใช้ LCD Graphic ยังมีสัญญาณรบกวน และ แสดงผลช้า ทำให้ภาพที่แสดงผลสั้นเมื่อเปิด Back light

ข้อเสนอแนะ

ในการทดลองเพื่อหาค่าคงที่ที่เหมาะสมนั้นจะต้องทำในระบบปิด และต้องเป็นระบบที่ เหมือนกันทุกประการ ทั้งอากาศภายนอก และตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ทำการทดลอง เพื่อจะ ได้สามารถเปรียบเทียบผลการทดลองได้อย่างถูกต้องแม่นยำมากที่สุด

บรรณานุกรม

1. ชีรวัดน์ ประกอบผล. “การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์” พิมพ์ครั้งที่ 7, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น).
2. ชัยวัฒน์ สัมตะระกุลจิตร วิไล และวราภรณ์ กราบแก้ววัฒนกุล, “เรียนรู้และปฏิบัติการ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51”, โนวีฟอิเล็กทรอนิกส์ กรุงเทพมหานคร
3. ประพุทธ ศิริปุษย์, อรุण นุญประกอบ . “ทารกแรกเกิด”, กรุงเทพมหานคร : โครงการตำรา-ศิริราช คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล 2533
4. เกรียงศักดิ์ จีระแพทย์, “แนวทางการพัฒนาระบบเพื่อลดอัตราตายของทารกแรกเกิด”, หนังสือวันอนามัยโลก, 2541 , หน้า 69-74
5. เกรียงศักดิ์ จีระแพทย์, “ทารกกลุ่มเสี่ยง”, ฤมาวเวชศาสตร์, เล่ม 1, 2540, หน้า 228-236
6. เกรียงศักดิ์ จีระแพทย์, “เกณฑ์การประเมินการดูแลทารกแรกเกิด โครงการลูกเกิดรอดแม่ปลอดภัย”, กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2541
7. เกรียงศักดิ์ จีระแพทย์, “การดูแลระบบการหายใจในทารกแรกเกิด”, 2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Main program

```
#include <AT89x52.h>
#include <string.h>
#include <stdio.h>
#include <intrins.h>
#include <math.h>

#include "D:\knot_BackuP\projects\project\note_Project\scankey4x3.h"
#include "D:\knot_BackuP\projects\project\note_Project\LCD3.h"

void display_data(void);
void display_Settemp(void);
void Delay2uS(unsigned int d);
void delay(unsigned char tick);
void LCD_Send_Ins(unsigned char My_Ins ,unsigned char My_CS);
void LCD_Send_Data(unsigned char My_Data, unsigned char My_CS);
void LCD_Reset(void);
void LCD_ClrScr(unsigned char My_Start_Page, unsigned char My_Total_Page, unsigned char
My_Color);
void LCD_Plot_Char_Big(unsigned char My_Start_Page, unsigned char My_Start_Col, unsigned
char My_Alp[24]);
void LCD_Plot_Text_Big(unsigned char My_Start_Page, unsigned char My_Start_Col, const
char My_Text[]);
void LCD_Plot_Char(unsigned char My_Start_Page,unsigned char My_Start_Col,unsigned char
My_Alp[5]);
void LCD_Plot_Text(unsigned char My_Start_Page,unsigned char My_Start_Col, const char
My_Text[]);
//void intoIcd(unsigned char col,unsigned char row,int value);
void intoIcd_number_big(unsigned char col,unsigned char row,int value);
void _ultoa(unsigned long value,char*string,unsigned char radix);
void _ltoa(long value_l,char*string_l,unsigned char radix_l);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

sbit IPH = 0xB7;

sbit alarm1 = P1^7;

sbit senser = P0^0;

idata unsigned char temp_buf[5];
idata unsigned char serial[9];
idata float pid_control, setTm, error_0, T_value, Inte_0, Inte,error,check_pid;
idata unsigned int piddelay, piddelayT, round;
idata unsigned char page = 0;
idata int T,R,i,set;

#define OnloadT P3_4
#define FM24C16_ID 0xA0

//-----????
void display_data(void)
//-----
{
if(R==1)
{
EA=0;
R--;
LCD_Reset();
LCD_ClrScr(0,8,Black);
LCD_Plot_Text(0,10,"...Temp And Humi...");
LCD_Plot_Text(3,4,"Temp ="); LCD_Plot_Text(3,76,"."); LCD_Plot_Text(3,113,"+c");
LCD_Plot_Text(6,4,"Humi ="); LCD_Plot_Text(6,76,"."); LCD_Plot_Text(6,115,"%");
EA=1;
}

inttolcd_number_big(2,52,serial[1]); inttolcd_number_big(2,64,serial[2]);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

inttolcd_number_big(2,81,serial[3]); inttolcd_number_big(2,93,serial[4]);
inttolcd_number_big(5,52,serial[5]); inttolcd_number_big(5,64,serial[6]);
inttolcd_number_big(5,81,serial[7]); inttolcd_number_big(5,93,serial[8]);

}

//-----
void display_settemp(void)
//-----
{
R=1;
LCD_Reset();
LCD_ClrScr(0,8,Black);
LCD_Plot_Text_Big(1,3,"S"); LCD_Plot_Text(2,15,"etting"); LCD_Plot_Text(6,64,".");
LCD_Plot_Text_Big(1,52,"T"); LCD_Plot_Text(2,64,"emperature");
LCD_Plot_Text(6,100,"+c");
LCD_Plot_Text_Big(5,40,"_"); LCD_Plot_Text_Big(5,52,"_");
LCD_Plot_Text_Big(5,69,"_"); LCD_Plot_Text_Big(5,81,"_");
}

//-----
void pushkey()
//-----
{
unsigned char x_key,push_key, pop_key[5];
push_key = 0;
x_key = 0;
while(x_key<5)
{
push_key = scankey();
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    if( push_key == 0x0A) //push *= cancel
    {
        LCD_Reset();
LCD_ClrScr(0,8,Black);
        page = 0;
        break;
    }
    else if(x_key == 4 && push_key == 0x0B) // push # = enter
    {

        LCD_Reset();
LCD_ClrScr(0,8,Black);
        page = 0;
        break;
    }
    else if(x_key < 4 && push_key != 0x0A && push_key != 0x0B )
    {
        x_key++;
        temp_buf[x_key] = push_key;
        pop_key[x_key] = push_key;
        if(x_key == 1)
        {
            LCD_ClrScr(4,4,Black);
            inttolcd_number_big(5,40,pop_key[1]);
LCD_Plot_Text_Big(5,52,"_");
            LCD_Plot_Text_Big(5,69,"_");      LCD_Plot_Text_Big(5,81,"_");
            LCD_Plot_Text(6,64,".");      LCD_Plot_Text(6,100,"-c");
        }
        if(x_key == 2)
        {
            LCD_ClrScr(4,4,Black);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        inttolcd_number_big(5,40,pop_key[1]);
inttolcd_number_big(5,52,pop_key[2]);
        LCD_Plot_Text_Big(5,69,"_");        LCD_Plot_Text_Big(5,81,"_");
        LCD_Plot_Text(6,64,".");        LCD_Plot_Text(6,100,"+c");
    }
    if(x_key == 3)
    {
        LCD_ClrScr(4,4,Black);
        inttolcd_number_big(5,40,pop_key[1]);
inttolcd_number_big(5,52,pop_key[2]);
        inttolcd_number_big(5,69,pop_key[3]); LCD_Plot_Text_Big(5,81,"_");
        LCD_Plot_Text(6,64,".");        LCD_Plot_Text(6,100,"+c");
    }
    if(x_key == 4)
    {
        LCD_ClrScr(4,4,Black);
        inttolcd_number_big(5,40,pop_key[1]);
inttolcd_number_big(5,52,pop_key[2]);
        inttolcd_number_big(5,69,pop_key[3]); inttolcd_number_big(5,81,pop_key[4]);
        LCD_Plot_Text(6,64,".");        LCD_Plot_Text(6,100,"+c");
    }
}
}

//-----
void chk_setting()
//-----
{
unsigned char key = 0;
    while(1)
    {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        key = scankey();
        if ((key == 0x0A)||(key == 0x0B))
            break;
    }
    if(key == 0x0A) //push * = setting temp
    {
        LCD_Reset();
LCD_ClrScr(0,8,Black);
        display_settemp();
        pushkey();
    }
    else if(key == 0x0B)
    {
        LCD_Reset();
LCD_ClrScr(0,8,Black);
        page =0;
    }
}

//-----
void display_setting()
//-----
{
    unsigned char i, value[4];

    for(i = 0; i <4 ; i++)
    {
        value[i] = temp_buf[i+1];
    }

    inttolcd_number_big(5,40,value[0]); inttolcd_number_big(5,52,value[1]);
    inttolcd_number_big(5,69,value[2]); inttolcd_number_big(5,81,value[3]);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LCD_Plot_Text(6,64,".");    LCD_Plot_Text(6,100,"+c");
```

```
    chk_setting();
```

```
}
```

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

```
float pid(float setTm)
```

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

```
{
```

```
    const float kp = +100;*****
```

```
    const float ki = 0;    *****
```

```
    const float kd = 0; *****
```

```
    error = (setTm - T_value);
```

```
    Inte = ki*(1*error)+Inte_0;
```

```
    pid_control = (kp*error)+(ki*(1*error)+Inte)+(kd*(error-error_0));
```

```
    if(pid_control>100)*****
```

```
        pid_control = 100;
```

```
    if(pid_control<0)
```

```
        pid_control = 0;*****
```

```
    error_0 = error;
```

```
    Inte_0 = Inte;
```

```
    return pid_control;
```

```
}
```

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

```
void sevice_int0(void) interrupt 0
```

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

```
{
```

```
    page = 1;
```

```
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

//-----
void sevice_timer0(void) interrupt 1
//-----
{
EA = 0;
    TH0 = 0xDB;//65536-56319=9217//9217*1.085=10000uS*****
    TL0 = 0xFF; //*****
    TF0 = 0; //clear over flag 0
    check_pid++;

    if(piddelay > 0)
    {
        OnloadT = 1;
        piddelay--;
    }
    else //if(piddelay == 0)
    {
        OnloadT = 0;
    }

    if(check_pid==100)
    {
        check_pid=0;
        T_value = (((serial[1])*10) + ((serial[2])*1) + ((serial[3])*0.1) + ((serial[4])*0.01));
        setTm = ((temp_buf[1])*10) + (temp_buf[2]) + ((temp_buf[3])*0.1) + ((temp_buf[4])*0.01);
        pid_control = pid(setTm);
        piddelay = 100 - (int)pid_control;
    }

    EA = 1;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

//-----
void service_serial(void) interrupt 4
//-----
{
    EA = 0;

    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;
    serial[6] = SBUF;

    while(~RI);
    RI = 0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

serial[7] = SBUF;

while(~RI);
RI = 0;
serial[8] = SBUF;

EA = 1;
}

```

```

//-----
//      MAIN PROGRAM
//-----
void main(void)
{
R = 1;
check_pid=0;/**
Inte_0 = 0;
error_0 = 0;
pid_control = 0;
piddelay = 0;
setTm = 0;
alarm1 = 0;
senser = 1;

SCON = 0x50; // set serial port RX and TX
TMOD = 0x21; // timer0 16 bit and timer1 8 bit auto reload

TH1 = 0xFD;
TL1 = 0xFD;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

TI = 0;
RI = 0;
TF1 = 0; //clear over flag 1
TR1 = 1; //start timer1

TH0 = 0xDB; //65536-56319=9217//9217*1.085=10000uS
TL0 = 0xFF;
TF0 = 0; //clear over flag 0
ET0 = 1; //interrupt timer0
TR0 = 1; //*****

PS = 1;
IPH = 0x10;
EX0 = 1; //interrupt out P3.2
EA = 1; //enable interrupt all
ES = 1; //interrupt serial

while(1)
{
switch(page)
{
case 0 : display_data();
          if(T_valuc >= setTm + 2) { alarm1 = 1;
LCD_Plot_Text(7,39,"Over Temperature..!");}
          if(T_valuc <= setTm - 2) { alarm1 = 1;
LCD_Plot_Text(7,44,"Low Temperature..!");}
          if(sensor == 0) { alarm1 = 1; LCD_Plot_Text(7,44,"Low
Water..!");}

          else alarm1 = 0;
          break;

case 1 : display_settemp();

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
display_setting();  
break;  
}  
}  
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LCD Graphic.h

```
#include<intrins.h>
#include<string.h>
#define NUMBER_OF_DIGITS 16
const White=0,Black=1;

code unsigned char Alp_H_B[5]={128,247,247,247,128};
code unsigned char Alp_r[5]={131,247,251,251,255};
code unsigned char Alp_t[5]={251,251,192,187,187};
code unsigned char Alp_e[5]={199,171,171,171,231};
code unsigned char Alp_a[5]={223,171,171,171,135};
code unsigned char Alp_T_B[5]={254,254,128,254,254};
code unsigned char Alp_A_B[5]={129,238,238,238,129};
code unsigned char Alp_u[5]={195,191,191,223,131};
code unsigned char Alp_m[5]={131,251,131,251,135};
code unsigned char Alp_d[5]={199,187,187,187,128};
code unsigned char Alp_g[5]={247,171,171,171,195};
code unsigned char Alp_p[5]={131,235,235,235,247};
code unsigned char Alp_c[5]={193,190,190,190,221};
code unsigned char Alp_n[5]={131,247,251,251,135};
code unsigned char Alp_i[5]={255,187,130,191,255};
code unsigned char Alp_o[5]={199,187,187,187,199};
code unsigned char Alp_v[5]={227,223,191,223,227};
code unsigned char Alp_w[5]={195,191,207,191,195};
code unsigned char Alp_L_B[5]={199,187,187,187,199};
code unsigned char Alp_O_B[5]={227,223,191,223,227};
code unsigned char Alp_W_B[5]={195,191,207,191,195};
code unsigned char same[5]={235,235,235,235,235};
code unsigned char exelamation[5]={255,255,160,255,255};
code unsigned char dottop[5]={255,255,249,249,255};
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
code unsigned char dot[5]={255,255,159,159,255};
code unsigned char space[5]={255,255,255,255,255};
code unsigned char percen[5]={124,156,231,57,62};
```

```
code unsigned char Num_0[5]={193,174,182,186,193};
code unsigned char Num_1[5]={255,189,128,191,255};
code unsigned char Num_2[5]={189,158,174,182,185};
code unsigned char Num_3[5]={222,190,186,180,206};
code unsigned char Num_4[5]={231,235,237,128,239};
code unsigned char Num_5[5]={216,186,186,186,198};
code unsigned char Num_6[5]={195,182,182,182,207};
code unsigned char Num_7[5]={254,142,246,250,252};
code unsigned char Num_8[5]={201,182,182,182,201};
code unsigned char Num_9[5]={249,182,182,182,225};
```

```
code unsigned char Num_0_big[24]={255,7,3,193,241,249,249,241,193,3,7,255,
```

```
255,224,192,131,143,159,159,143,131,192,224,255};
```

```
code unsigned char Num_1_big[24]={255,255,255,199,227,1,1,255,255,255,255,255,
```

```
255,255,255,159,159,128,128,159,159,255,255,255};
```

```
code unsigned char Num_2_big[24]={255,231,227,241,249,249,121,57,17,131,199,255,
```

```
255,143,135,131,145,152,156,158,159,159,159,255};
```

```
code unsigned char Num_3_big[24]={255,249,249,249,57,25,9,65,225,241,249,255,
```

```
255,227,195,143,159,158,158,140,192,192,225,255};
```

```
code unsigned char Num_4_big[24]={255,1,1,255,255,255,255,127,127,255,255,255,
```

```
255,224,224,231,231,231,231,128,128,231,231,255};
```

```
code unsigned char Num_5_big[24]={255,1,1,57,57,57,57,57,57,121,249,255,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
255,227,195,143,159,159,159,159,142,192,224,255};  
code unsigned char Num_6_big[24]={255,7,3,241,121,121,121,121,113,227,231,255,
```

```
255,224,192,140,158,158,158,158,140,192,225,255};  
code unsigned char Num_7_big[24]={255,241,241,249,249,249,249,57,9,129,225,255,
```

```
255,255,255,255,255,131,128,248,254,255,255,255};  
code unsigned char Num_8_big[24]={255,199,131,17,57,121,121,57,17,131,199,255,
```

```
255,227,193,136,156,158,158,156,136,193,227,255};  
code unsigned char Num_9_big[24]={255,131,3,49,121,121,121,121,49,3,7,255,
```

```
255,231,199,142,158,158,158,158,143,192,224,255};  
code unsigned char Alp_S_big[24]={255,199,131,3,49,121,121,241,243,227,231,255,
```

```
255,231,199,207,143,158,156,140,192,193,227,255};  
code unsigned char Alp_T_big[24]={255,249,249,249,249,1,1,249,249,249,249,255,
```

```
255,255,255,255,255,128,128,255,255,255,255,255};  
code unsigned char Bring[24]={255,255,255,255,255,255,255,255,255,255,255,255,
```

```
255,191,191,191,191,191,191,191,191,191,191,255};  
code unsigned char space_big[24]={255,255,255,255,255,255,255,255,255,255,255,255,
```

```
255,255,255,255,255,255,255,255,255,255};
```

```
void Delay2uS(unsigned int d)
```

```
{  
    unsigned int t;  
    for(t=0;t<=d;t++)  
    {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    _nop_();
    _nop_();
}
}

void I.CD_Send_Ins(unsigned char My_Ins, unsigned char My_CS)
{
    //PORT 0 << RW=0.1, D/I=0.2, E=0.3, CS1=0.4, CS2=0.5 ,RST=0.6 Input Analog=0.0

    P0=0x40 | My_CS; // RST=1, E=0, D/I=0, R/W=0 , Input Analog=0
    Delay2uS(1);
    P0=0x48 | My_CS; // RST=1, E=1, D/I=0, R/W=0 , Input Analog=0
    Delay2uS(1);
    P2=My_Ins; // send instruction
    Delay2uS(1);
    P0=0x40 | My_CS; // RST=1, E=0, D/I=0, R/W=0, Input Analog =0
    Delay2uS(1);
}

void I.CD_Send_Data(unsigned char My_Data, unsigned char My_CS)
{
    //PORT 0 << RW=0.1, D/I=0.2, E=0.3, CS1=0.4, CS2=0.5 ,RST=0.6 Input Analog=0.0

    P0=0x44 | My_CS; // RST=1, E=0, D/I=1, R/W=0,Input Analog =0
    Delay2uS(1);
    P0=0x4C | My_CS; // RST=1, E=1, D/I=1, R/W=0,Input Analog =0
    Delay2uS(1);

    P2=My_Data; // send data
    Delay2uS(1);

    P0=0x44 | My_CS; // RST=1, E=0, D/I=1, R/W=0 ,Input Analog =0

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Delay2uS(1);

}

void LCD_Reset(void)
{
    P0=0x00;
    P0=0x40;
}

void LCD_ClrScr(unsigned char My_Start_Page, unsigned char My_Total_Page, unsigned char
My_Color)
{
    unsigned char Page,Col,CS,My_Data;

    CS=0x30; // CS1=1, CS2=1
    LCD_Send_Ins(0x3F,CS); // display on

    if(My_Color==1) My_Data=0xFF;
    else My_Data=0x00;

    for(Page=My_Start_Page; Page<My_Start_Page+My_Total_Page; Page++)
    {
        LCD_Send_Ins(0xB8 | Page,CS); // set page
        for(Col=0;Col<=63;Col++)
        {
            LCD_Send_Data(My_Data,CS);
        }
        Delay2uS(1);
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void LCD_Plot_Char(unsigned char My_Start_Page, unsigned char My_Start_Col, unsigned
char My_Alp[5])
{
    unsigned char Index,CS,My_Data,Coll,My_Ins_Col;

    // My_Data=0xFF;
    Coll=My_Start_Col;
    if(My_Start_Col<=63) CS=0x10; // CS=1
    else
    {
        CS=0x20; // CS=2
        Coll=Coll-64;
    }

    LCD_Send_Ins(0x3F,CS); // display on
    LCD_Send_Ins(0xB8 | My_Start_Page ,CS); // set page

    for(Index=0; Index<=4;Index++)
    {
        My_Data= My_Alp[Index];
        My_Ins_Col=0x40 | Coll;
        LCD_Send_Ins(My_Ins_Col,CS); //set column
        LCD_Send_Data(My_Data,CS);
        Coll++;
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void LCD_Plot_Char_Big(unsigned char My_Start_Page, unsigned char My_Start_Col,  
unsigned char My_Alp[24])
```

```
{
```

```
    unsigned char Index,CS,My_Data,Coll,My_Ins_Col,My_Ins_Page,Page;
```

```
    Coll=My_Start_Col;
```

```
        Page=My_Start_Page;
```

```
    if(Coll<=63) CS=0x10; // CS=1
```

```
    else { CS=0x20; // CS=2
```

```
        Coll=Coll-64; }
```

```
        LCD_Send_Ins(0x3F,CS); // display on
```

```
My_Ins_Page=0xB8 | Page;
```

```
LCD_Send_Ins(My_Ins_Page,CS); // set page
```

```
for(Index=0; Index<11;Index++)
```

```
{
```

```
    My_Data= My_Alp[Index];
```

```
    My_Ins_Col=0x40 | Coll;
```

```
    LCD_Send_Ins(My_Ins_Col,CS); //set column
```

```
    LCD_Send_Data(My_Data,CS);
```

```
    Coll++;
```

```
}
```

```
Coll=My_Start_Col;
```

```
    Page++;
```

```
My_Ins_Page=0xB8 | Page;
```

```
LCD_Send_Ins(My_Ins_Page,CS); // set page
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        for(Index=12; Index<=23;Index++)
        {
            My_Data= My_Alp[Index];
            My_Ins_Col=0x40 | Coll;
            LCD_Send_Ins(My_Ins_Col,CS); //set column
            LCD_Send_Data(My_Data,CS);
            Coll++;
        }
    }

void LCD_Plot_Text_Big(unsigned char My_Start_Page, unsigned char My_Start_Col, const
char My_Text[])
{
    unsigned char *My_Char_Temp, Coll, i, Page;

    Coll=My_Start_Col;
    Page=My_Start_Page;

    for(i=0; i<=(strlen(My_Text)-1); i++)
    {
        switch(My_Text[i])
        {
            case '0': My_Char_Temp=Num_0_big; break;
            case '1': My_Char_Temp=Num_1_big; break;
            case '2': My_Char_Temp=Num_2_big; break;
            case '3': My_Char_Temp=Num_3_big; break;
            case '4': My_Char_Temp=Num_4_big; break;
            case '5': My_Char_Temp=Num_5_big; break;
            case '6': My_Char_Temp=Num_6_big; break;
            case '7': My_Char_Temp=Num_7_big; break;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    case '8' : My_Char_Temp=Num_8_big; break;
    case '9' : My_Char_Temp=Num_9_big; break;
    case 'S' : My_Char_Temp=Alp_S_big; break;
    case 'T' : My_Char_Temp=Alp_T_big; break;
    case '_' : My_Char_Temp=Bring; break;
    case '-' : My_Char_Temp=space_big; break;
}

LCD_Plot_Char_Big(Page,Coll,My_Char_Temp);
Coll=Coll+13;
}
}

void LCD_Plot_Text(unsigned char My_Start_Page, unsigned char My_Start_Col, const char
My_Text[])
{
    unsigned char *My_Char_Temp,Coll,i;

    Coll=My_Start_Col;

    for(i=0; i<=(strlen(My_Text)-1); i++)
    {
        switch(My_Text[i])
        {
            case 'H' : My_Char_Temp=Alp_H_B; break;
            case 'e' : My_Char_Temp=Alp_e; break;
            case 'a' : My_Char_Temp=Alp_a; break;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
case 'T' : My_Char_Temp=Alp_T_B; break;
case 't' : My_Char_Temp=Alp_t; break;
case 'u' : My_Char_Temp=Alp_u; break;
case 'A' : My_Char_Temp=Alp_A_B; break;
case 'm' : My_Char_Temp=Alp_m; break;
case 'p' : My_Char_Temp=Alp_p; break;
case 'd' : My_Char_Temp=Alp_d; break;
case 'r' : My_Char_Temp=Alp_r; break;
case 'g' : My_Char_Temp=Alp_g; break;
case ' ' : My_Char_Temp=space; break;
case '-' : My_Char_Temp=dottop; break;
case '%' : My_Char_Temp=percen; break;
case '=' : My_Char_Temp=same; break;
case '.' : My_Char_Temp=dot; break;
case 'c' : My_Char_Temp=Alp_c; break;
case 'n' : My_Char_Temp=Alp_n; break;
case 'i' : My_Char_Temp=Alp_i; break;
case 'o' : My_Char_Temp=Alp_o; break;
case 'v' : My_Char_Temp=Alp_v; break;
case 'w' : My_Char_Temp=Alp_w; break;
case 'L' : My_Char_Temp=Alp_L_B; break;
case 'O' : My_Char_Temp=Alp_O_B; break;
case 'W' : My_Char_Temp=Alp_W_B; break;
case '!' : My_Char_Temp=exclamation; break;

case '0' : My_Char_Temp=Num_0; break;
case '1' : My_Char_Temp=Num_1; break;
case '2' : My_Char_Temp=Num_2; break;
case '3' : My_Char_Temp=Num_3; break;
case '4' : My_Char_Temp=Num_4; break;
case '5' : My_Char_Temp=Num_5; break;
case '6' : My_Char_Temp=Num_6; break;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    case '7' : My_Char_Temp=Num_7; break;
    case '8' : My_Char_Temp=Num_8; break;
    case '9' : My_Char_Temp=Num_9; break;

    }

    LCD_Plot_Char(My_Start_Page,Coll,My_Char_Temp);
    Coll=Coll+6;
}

}

void _ultoa(unsigned long value,char*string,unsigned char radix)
{
    unsigned char index;
    char buffer[NUMBER_OF_DIGITS];
    index=NUMBER_OF_DIGITS;
    do
    {
        buffer[--index]='0' + (value%radix);
        if(buffer[index]>'9') buffer[index]+='A' - '9' -1;
        value/=radix;
    } while(value !=0);
    do
    {
        *string++ =buffer[index++];
    } while (index<NUMBER_OF_DIGITS) ;
    *string=0;
}

void _ltoa(long value_l,char*string_l,unsigned char radix_l)
{
    if(value_l<0&&radix_l==10)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
    *string_1++ = '-';
    _ultoa(-value_1,string_1,radix_1);
}
else
{
    _ultoa(value_1,string_1,radix_1);
}
}

void inttoLCD_number_big(unsigned char col,unsigned char row,int value)
{
    char buff[12];
    _ltoa(value,&buff[0],10);
    LCD_Plot_Text_Big(col,row,&buff[0]);
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

scankey4x3

```
sbit c1 = P1^6;
sbit c2 = P1^5;
sbit c3 = P1^4;
sbit r1 = P1^0;
sbit r2 = P1^1;
sbit r3 = P1^2;
sbit r4 = P1^3;
```

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

```
unsigned char scankey (void)
```

```
//-----
{
    unsigned char ret=0xFF;
    do{ c1=0;
        if(r1==0)
        {
            delay_db(30000);
            ret=0x01;
        }
    }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(r2==0)
{
    delay_db(30000);
    ret=0x04;
}
if(r3==0)
{
    delay_db(30000);
    ret=0x07;
}
if(r4==0)
{
    delay_db(30000);
    ret=0x0A;
}
    c1=1;
    c2=0;
if(r1==0)
{
    delay_db(30000);
    ret=0x02;
}
if(r2==0)
{
    delay_db(30000);
    ret=0x05;
}
if(r3==0)
{
    delay_db(30000);
    ret=0x08;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(r4--=0)
{
    delay_db(30000);
    ret=0x00;
}
c2=1;
c3=0;
if(r1==0)
{
    delay_db(30000);
    ret=0x03;
}
if(r2==0)
{
    delay_db(30000);
    ret=0x06;
}
if(r3==0)
{
    delay_db(30000);
    ret=0x09;
}
if(r4==0)
{
    delay_db(30000);
    ret=0x0B;
}

c3=1;

} while(ret==0xFF);
return(ret);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NAN YA PLASTICS CORP.
ELEC. MATERIALS DIV.
LCD DEPARTMENT

SPECIFICATION

SPEC. NO. : LM005-0

DATE : JUL. 8, 1997

SHEET NO. : 1/18

U.S. MARKETING ARM:

MARK PRODUCTS CORPORATION
800 N. EDGEWOOD AVENUE
WOOD DALE, IL 60191
TEL: 630-787-9089
FAX: 630-787-9015

SPECIFICATION OF
128x64 LCD MODULE
PRODUCT NO.: LM_97_005_

SPEC. NO.: LM005-0

APPROVED BY

EDITED ON : JUL. 8, 1997

TECHNICAL MANAGER	DESIGN MANAGER	PERSON IN CHARGE

REV/DATE	RO/ 07.08.97					APP	CHK	BY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. MECHANICAL DATA

- (1) Part Name LM_97_005_
 (2) Module Size 93.0(W)mm X 70.0(H)mm X MAX8.5(D)mm
 (W/O,EL B/L)
 93.0(W)mm X 70.0(H)mm X MAX14.0(D)mm
 (5.2mm LED B/L)
 (3) Dot Size 0.48 (W)mm x 0.48 (H)mm
 (4) Dot Pitch 0.52 (W)mm x 0.52 (H)mm
 (5) Number of Dots 128 (W) x 64 (H)Dots
 (6) Duty 1/64
 (7) LCD Display Mode STN: Gray Mode Yellow Mode Blue Mode
 FSTN: Black and White(Normal White/Positive Image)
 Black and White(Normal Black/Negative Image)
 Rear Polarizer: Reflective Transflective Transmissive
 (8) Viewing Direction 6 O'clock 12 O'clock ___ O'clock
 (9) Backlight W/O EL B/L LED B/L
 (10) Weight W/O B/L: 53.0 g
 EL B/L: 57.5 g
 LED B/L: 78.5 g

LM_97_005

Backlight Type

- A : None
- B : CCFT
- C : LED
- D : EL

Polarizer Type

- R : Reflective
- S : Transflective
- T : Transmissive
- P : Transflective(High Transmissive)

Option

- C : Anti-Glare
- D : Wide Temperature
- 1
- 2
-
- 9

: Version

Mode/View Angle

- A : Gray , 6 Clock
- B : Gray , 12 Clock
- C : Yellow , 6 Clock
- D : Yellow , 12 Clock
- E : Blue , 6 Clock
- F : Blue , 12 Clock
- G : Normally Black , 6 Clock
- H : Normally Black , 12 Clock
- J : Normally White , 6 Clock
- K : Normally White , 12 Clock

REV/DATE	R0/ 07.08.97'					APP	CHK	BY
----------	------------------	--	--	--	--	-----	-----	----

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

(1) ELECTRICAL ABSOLUTE RATINGS

VSS=0V Standard

ITEM	SYMBOL	MIN	MAX	UNIT	COMMENT
Power Supply for Logic	VDD-VSS	-0.3	7.0	V	
Input Voltage	VI	-0.3	VDD	V	
Static Electricity	-	-	-	-	Note 1

Note 1 LCM should be grounded during handling LCM.

(2) ENVIRONMENTAL ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

ITEM	NORMAL TEMP.				WIDE TEMP.			
	OPERATING		STORAGE		OPERATING		STORAGE	
	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.
Ambient Temperature	0	50	-20	70	-20	70	-30	80
Humidity (Without Condensation)	Note 1,3		Note 2,3		Note 3,4		Note 3,5	

Note 1 $T_a \leq 50^\circ\text{C}$: 85%RH max

$T_a > 50^\circ\text{C}$: Absolute humidity must be lower than the humidity of 85%RH at 50°C

Note 2 T_a at -20°C will be < 48hrs, at 70°C will be < 120hrs

Note 3 Background color changes slightly depending on ambient temperature. This phenomenon is reversible.

Note 4 $T_o \leq 70^\circ\text{C}$: 75%RH max

$T_a > 70^\circ\text{C}$: Absolute humidity must be lower than the humidity of 75%RH at 70°C

Note 5 T_a at -30°C will be < 48hrs, at 80°C will be < 120hrs

REV/DATE	R0/ 07.08.97'					APP	CHK	BY
----------	------------------	--	--	--	--	-----	-----	----

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(VDD = 5V±10%)

ITEM	SYMBOL	CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
Input Voltage	V _{IH}	H level	0.7VDD	-	VDD	V	
	V _{IO}	L level	0	-	0.3VDD	V	
Recommended LC Driving Voltage (Normal Temp. LCM)	VDD-V _O	Duty= 1/64	0°C	-	13.3	13.8	V
		Bias= 1/9	25°C	11.7	12.5	13.1	
			50°C	10.8	11.4	-	
Recommended LC Driving Voltage (Wide Temp. LCM)	VDD-V _O	Duty= 1/64	-10°C	-	11.7	12.8	V
		Bias= 1/9	25°C	11.2	12.0	13.0	
			70°C	10.4	11.1	-	
Power Supply Current	I _{DD}	FLM=79 Hz VDD=5.0 V VDD-V _O =12.5 V PATTERN : □ ■ □ ■ □ ■ ■ □ ■ □ ■ □	-	10.0	-	mA	
EL Power Supply Current	I _{EL}	V _{BL} = 110 Vrms 400 Hz (R _{BL} = 0 Ω)	-	-	5.0	mA _{rms}	
LED Power Supply Current	I _{LED}	V _{BL} = 5.0 V (R _{BL} = 5 Ω)	-	200	-	mA	

REV/DATE	R0/ 07.08.97'					APP	CHK	BY
----------	------------------	--	--	--	--	-----	-----	----

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. OPTICAL CHARACTERISTICS

4-1 Optical Char. of Normal Temp. Mode

AT Vop

MODE	ITEM	Cr(Contrast Ratio)		θ (Viewing Angle)		ϕ (Viewing Angle)	
		25°C		25°C		25°C	
		MIN.	TYP.	MIN.	TYP.	MIN.	TYP.
R	A	3.5	4.5	50	75	20	30
	C	6.0	9.0	60	85	20	35
	J	4.5	7.5	55	80	20	35
S	A	3.0	4.2	50	75	20	30
	C	5.0	8.0	55	85	20	35
	J	4.0	7.0	50	75	20	35
T	E						
	G						
note		NOTE6			NOTE5		

AT $\phi=0^\circ$ $\theta=0^\circ$

ITEM	SYMBOL	CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	NOTE
Response Time (rise)	Tr	0°C	—	600	1200	ms	NOTE 2
		25°C	—	110	220		
		50°C	—	50	100		
Response Time (fall)	Tf	0°C	—	900	1500	ms	NOTE 2
		25°C	—	250	360		
		50°C	—	100	150		

note:

R: REFLECTIVE
S: TRANSFLECTIVE
T: TRANSMISSIVE
A: GRAY
C: YELLOW
E: BLUE
G: NORMALLY BLACK
J: NORMALLY WHITE

REV/DATE	RO/ 07.08.97'					APP	CHK	BY
----------	------------------	--	--	--	--	-----	-----	----

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4-2 Optical Char. of Wide Temp. Mode

AT Vop

MODE	ITEM	Cr(Contrast Ratio)		θ (Viewing Angle)		θ (Viewing Angle)	
		25°C		25°C		25°C	
		MIN.	TYP.	MIN.	TYP.	MIN.	TYP.
R	A	3.5	4.2	50	68	20	30
	C	5.0		50		30	35
	J	6.0	8.0	50	70	20	38
S	A	3.5	4.0	50	65	20	30
	C	5.0		50		25	35
	J	5.0	7.0	50		25	35
T	E						
	G						
note		NOTE6		NOTE5			

AT $\theta=0^\circ$ $\theta=0^\circ$

ITEM	SYMBOL	CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	NOTE
Response Time (rise)	Tr	-10°C	-	600	1200	ms	NOTE 2
		25°C	-	90	200		
		70°C	-	40	100		
Response Time (fall)	Tf	-10°C	-	1200	2400	ms	NOTE 2
		25°C	-	180	360		
		70°C	-	60	120		

note:

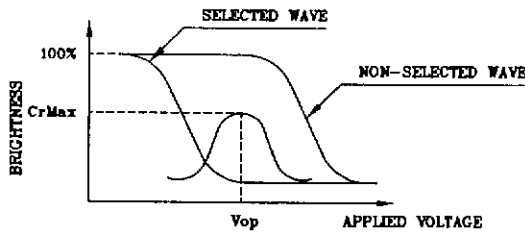
- R: REFLECTIVE
- S: TRANSFLECTIVE
- T: TRANSMISSIVE
- A: GRAY
- C: YELLOW
- E: BLUE
- G: NORMALLY BLACK
- J: NORMALLY WHITE

REV/DATE	RO/ 07.08.97'					APP	CHK	BY
----------	------------------	--	--	--	--	-----	-----	----

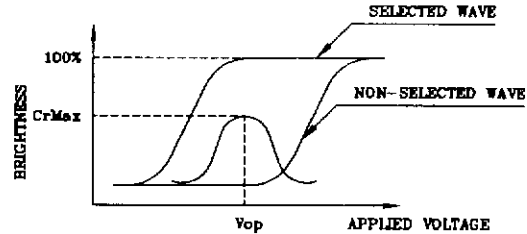
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(NOTE 1)

Definition of Operation Voltage(Vop)



(positive type)



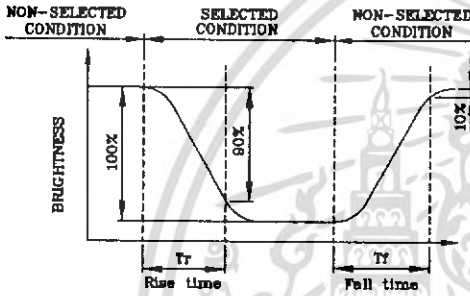
(negative type)

*Conditions

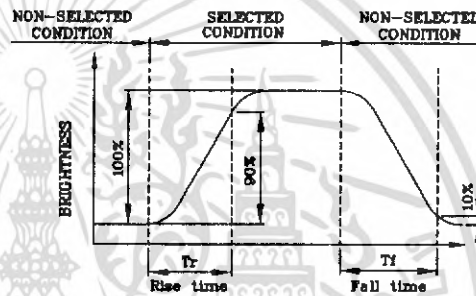
Viewing Angle : 0
Frame Frequency : 70Hz
Applied Waveform : 1/N duty, 1/a bias

(NOTE 2)

Definition of Response Time(Tr,Tf)



(positive type)



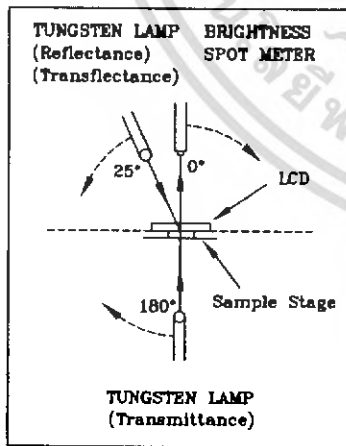
(negative type)

*Conditions

Operating Voltage : Vop
Viewing Angle (θ) : (0,0)
Frame Frequency : 70Hz
Applied Waveform : 1/N duty, 1/a bias

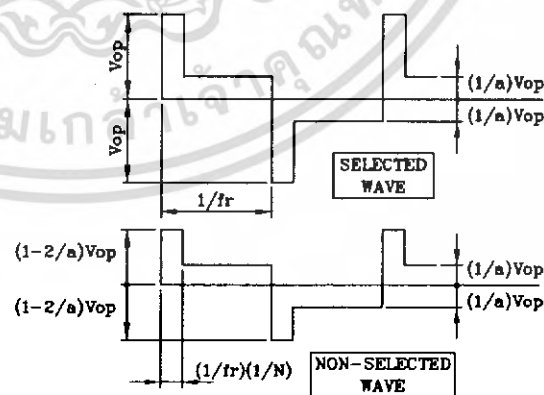
(NOTE 3)

Description of Measuring Equipment and Driving Waveforms



CONST.
TEMP.
CHAMBER

Multiplex Driving (1/N duty, 1/a bias)

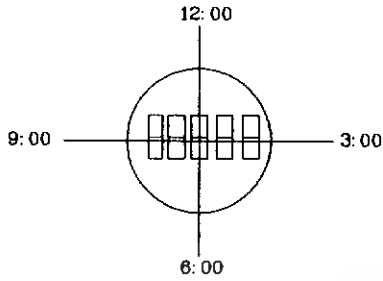


REV/DATE	RO/ 07.08.97					APP	CHK	BY
----------	-----------------	--	--	--	--	-----	-----	----

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

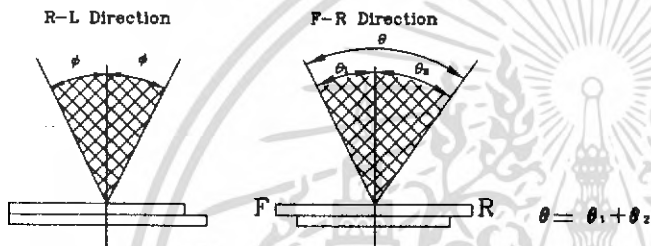
(NOTE 4)

Definition of Viewing Direction



(NOTE 5)

Definition of Viewing Angle

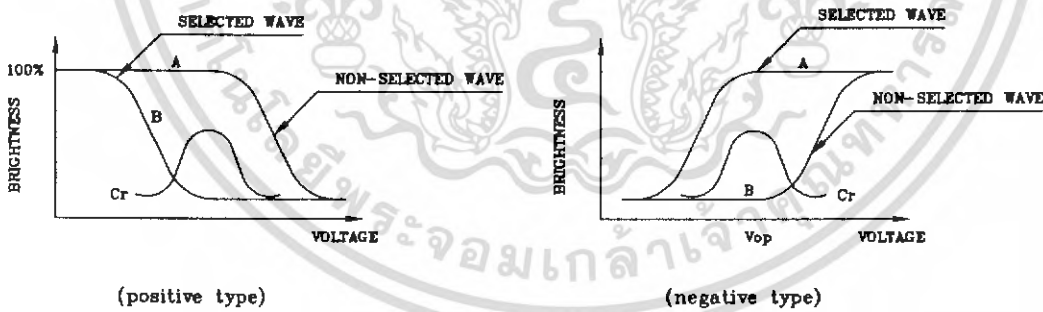


*Conditions

- Operating Voltage : V_{op}
- Frame Frequency : 70Hz
- Applied Waveform : 1/N duty, 1/a bias
- Contrast Ratio : larger than 2

(NOTE 6)

Definition of Contrast Ratio (Cr)



Contrast Ratio : $Cr=A/B$

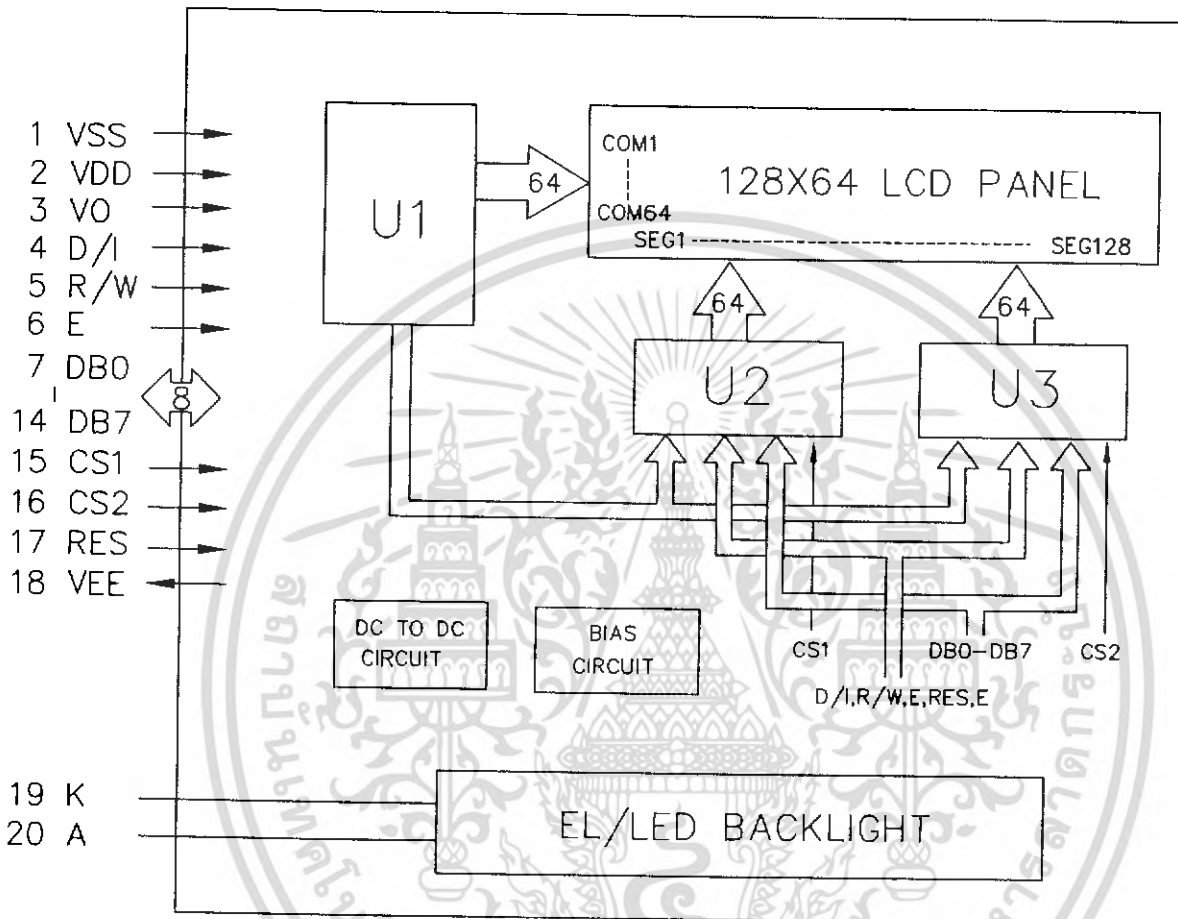
*Conditions

- Viewing Angle : 0
- Frame Frequency : 70Hz
- Applied Waveform : 1/N duty, 1/a bias

REV/DATE	R0/ 07.08.97					APP	CHK	BY
----------	-----------------	--	--	--	--	-----	-----	----

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. BLOCK DIAGRAM



REV/DATE	R0/ 07.08.97					APP	CHK	BY
----------	-----------------	--	--	--	--	-----	-----	----

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. INTERNAL PIN CONNECTION

PinNo.	Symbol	Level	Function
1	VSS	—	0V
2	VDD	—	+5V
			Power Supply
3	Vo	—	OPERATING VOLTAGE FOR LCD DRIVING
4	D/I	H/L	H: DATA INPUT L: INSTRUCTION CODE INPUT
5	R/W	H/L	H: DATA READ (LCM TO MPU) L: DATA WRITE (MPU TO LCM)
6	E	H, H->L	ENABLE SIGNAL
7	DB0	H/L	DATA BUS LINE
8	DB1	H/L	
9	DB2	H/L	
10	DB3	H/L	
11	DB4	H/L	
12	DB5	H/L	
13	DB6	H/L	
14	DB7	H/L	
15	CS1	H	CHIP SELECT FOR IC1
16	CS2	H	CHIP SELECT FOR IC2
17	RES	L	RESET ACTIVE "L"
18	VEE	—	NEGATIVE VOLTAGE OUTPUT
19	K	—	CATHODE FOR EL/LED BACKLIGHT
20	A	—	ANODE FOR EL/LED BACKLIGHT

REV/DATE

R0/
07.08.97'

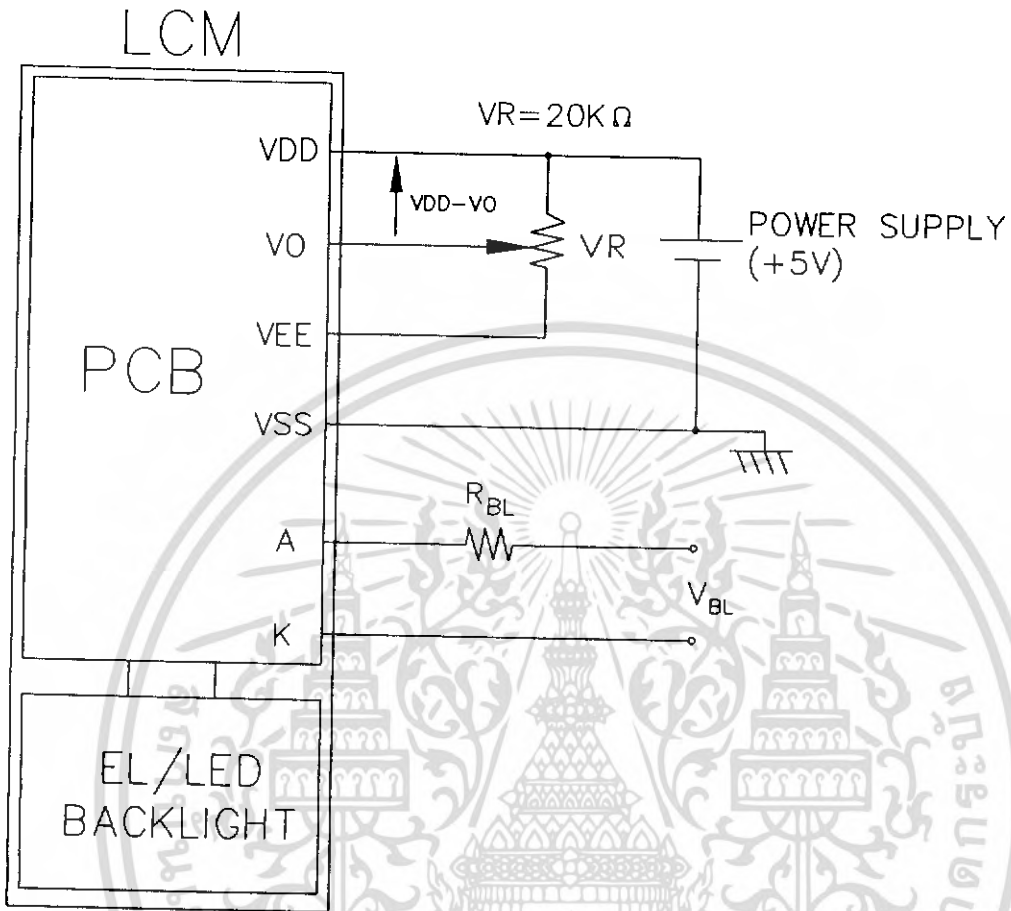
APP

CHK

BY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. POWER SUPPLY



Recommended Value for R_{BL} and V_{BL}

ITEM Back Light Interface	R_{BL}			V_{BL}		
	EL	LED		EL	LED	
19,20 PIN	0Ω	5Ω	10Ω	110 V _{ac} 400Hz	5V _{dc}	10V _{dc}

REV/DATE	R0/ 07.08.97					APP	CHK	BY
----------	-----------------	--	--	--	--	-----	-----	----

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. TIMING CHARACTERISTICS

8-1 INTERFACE TIMING

Item	Symbol	Test condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Enable cycle time	t_{eye}	Fig. a , Fig. b	1000	-	-	ns
E high level width	P_{WEH}	Fig. a , Fig. b	450	-	-	ns
E low level width	P_{WEL}	Fig. a , Fig. b	450	-	-	ns
E rise/fall time	t_r, t_f	Fig. a , Fig. b	-	-	25	ns
Address set up time	t_{AS}	Fig. a , Fig. b	140	-	-	ns
Address hold time	t_{AH}	Fig. a , Fig. b	10	-	-	ns
Data delay time	t_{DDR}	Fig. b	-	-	320	ns
Data set up time	t_{DSW}	Fig. a	200	-	-	ns
Data hold time (WR)	t_{DHW}	Fig. a	10	-	-	ns
Data hold time (RD)	t_{DHR}	Fig. b	20	-	-	ns

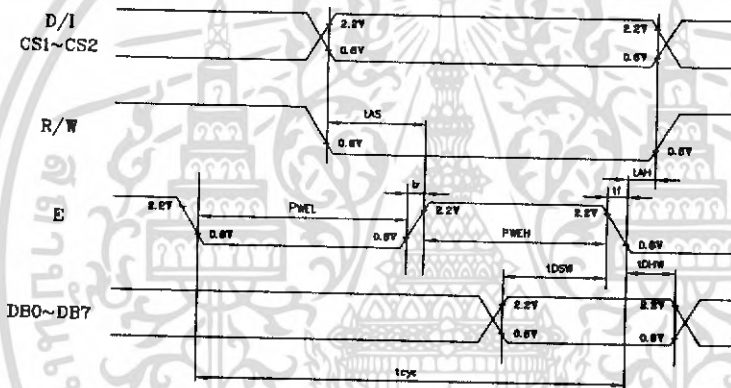


Fig . a Interface timing (data write)

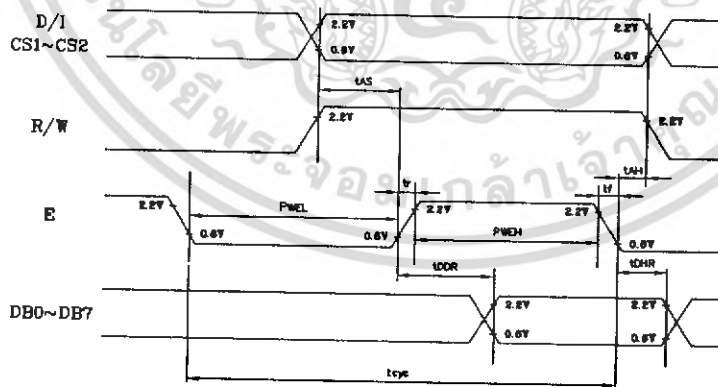


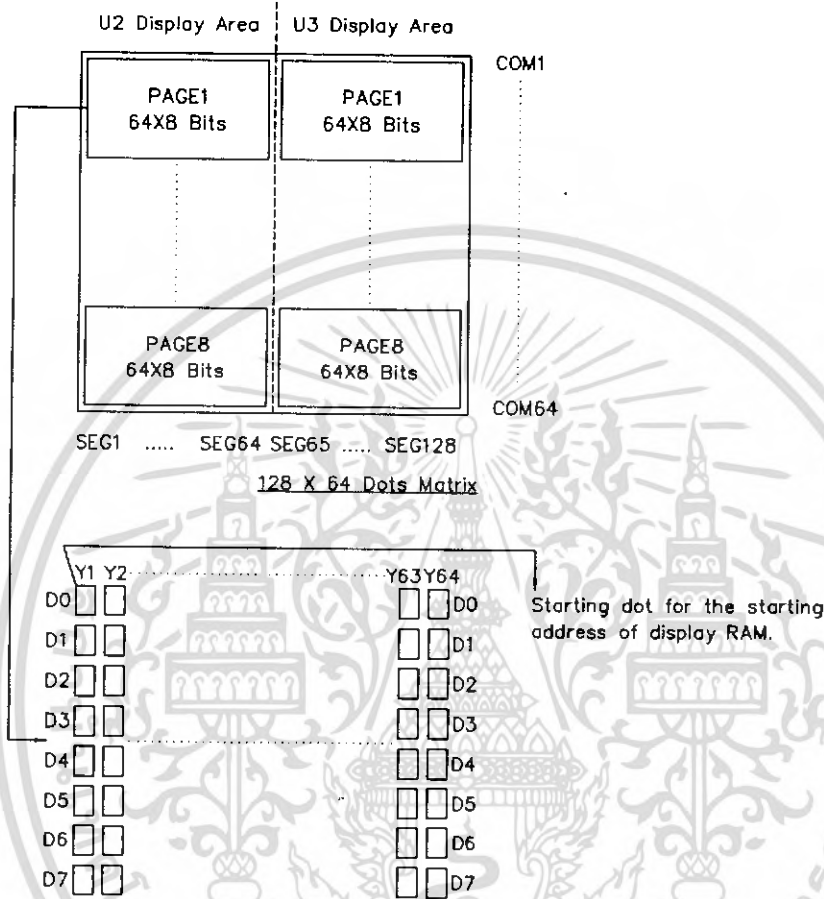
Fig . b Interface timing (data read)

Fig. b Interface timing (data read)

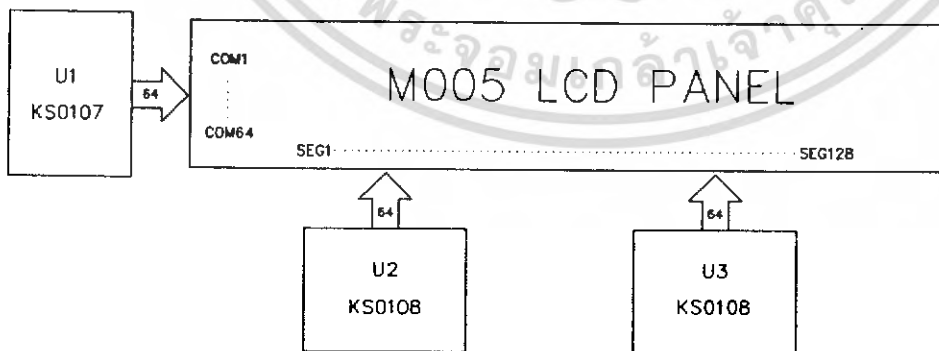
REV/DATE	R0/ 07.08.97					APP	CHK	BY
----------	-----------------	--	--	--	--	-----	-----	----

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8-2 DISPLAY PATTERN



Each segment driver has 8 pages RAM , and each page has 64 x 8 bits RAM .
DD~D7 are 8 bits transmitted data , where D0 is LSB and D7 is MSB .



REV/DATE	RO/ 07.08.97					APP	CHK	BY
----------	-----------------	--	--	--	--	-----	-----	----

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8-3 DISPLAY CONTROL INSTRUCTION

The display control instructions control the internal state of the KS0108B. Instructions are received from MPU to KS0108B for the display control.

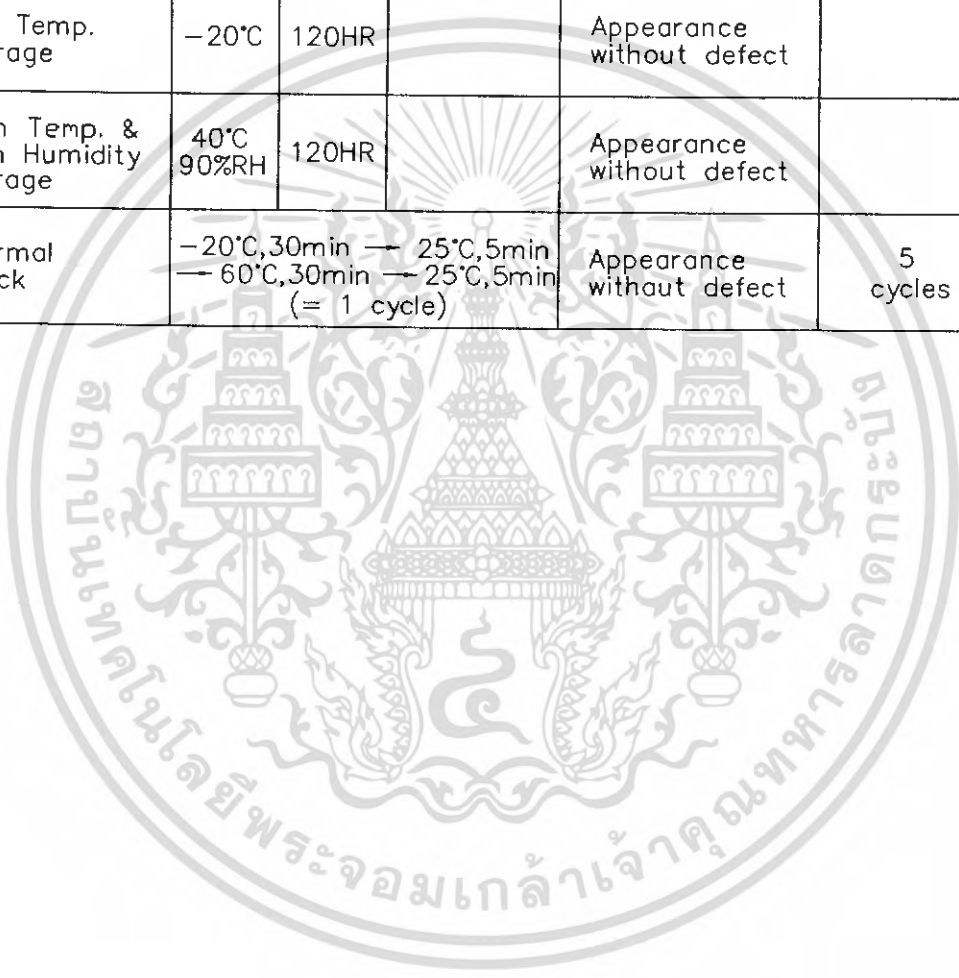
Instruction	D/I	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	FUNCTION	
Display ON/OFF	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0/1	Controls the display on or off. Internal status and display RAM data are not affected. 0: OFF, 1: ON	
Set Address	0	0	0	1	Y address(0~63)					0	Sets the Y address in the Y address counter.	
Set Page (X address)	0	0	1	0	1	1	1	Page(0~7)		0	Sets the X address at the X address register.	
Display Start Line	0	0	1	1	Display start line(0~63)					0	Indicates the display data RAM displayed at the top of the the screen.	
Status Read	0	1	BUSY	0	ON/OFF	RESET	0	0	0	0	Read status. BUSY 0: Ready 1: In operation ON/OFF 0: Display ON 1: Display OFF RESET 0: Normal 1: Reset	
Write Display Data	1	0	Write Data								0	Writes data (DB0~DB7) into display data RAM. After writing instruction, Y address is increased by 1 automatically.
Read Display Data	1	1	Read Data								0	Reads data (DB0~DB7) from display data RAM to the data bus.

REV/DATE	R0/ 07.08.97					APP	CHK	BY
----------	-----------------	--	--	--	--	-----	-----	----

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. RELIABILITY TEST

NO	ITEM	CONDITION		STANDARD	NOTE
1	High Temp. Storage	70°C	120HR	Appearance without defect	
2	Low Temp. Storage	-20°C	120HR	Appearance without defect	
3	High Temp. & High Humidity Storage	40°C 90%RH	120HR	Appearance without defect	
4	Thermal Shock	-20°C, 30min → 25°C, 5min → 60°C, 30min → 25°C, 5min (= 1 cycle)		Appearance without defect	5 cycles



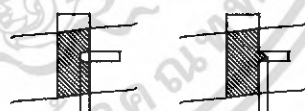
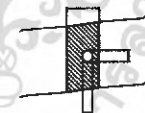
REV/DATE	R0/ 07.08.97					APP	CHK	BY
----------	-----------------	--	--	--	--	-----	-----	----

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. LCD PRODUCT QUALITY STANDARD

(1) DISPLAY APPEARANCE

NO	ITEM	CRITERIA													
1.	INCLUSIONS (BLACK SPOT, WHITE SPOT, DUST)	(1) ROUND TYPE													
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>DIAMETER mm (σ^*)</th> <th>NO. OF DEFECT*</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$\sigma \leq 0.20$</td> <td>NEGLECT</td> </tr> <tr> <td>$0.20 < \sigma \leq 0.35$</td> <td>5 MAX</td> </tr> <tr> <td>$0.35 < \sigma$</td> <td>NONE</td> </tr> </tbody> </table>	DIAMETER mm (σ^*)	NO. OF DEFECT*	$\sigma \leq 0.20$	NEGLECT	$0.20 < \sigma \leq 0.35$	5 MAX	$0.35 < \sigma$	NONE					
DIAMETER mm (σ^*)	NO. OF DEFECT*														
$\sigma \leq 0.20$	NEGLECT														
$0.20 < \sigma \leq 0.35$	5 MAX														
$0.35 < \sigma$	NONE														
		(2) LINEAR TYPE													
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>LENGTH mm(L)</th> <th>WIDTH mm(W)</th> <th>NO. OF DEFECT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N A</td> <td>$W \leq 0.03$</td> <td>NEGLECT</td> </tr> <tr> <td>$L \leq 3$</td> <td>$0.03 < W \leq 0.08$</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>$3 < L$</td> <td>$0.08 < W$</td> <td>NONE</td> </tr> </tbody> </table>	LENGTH mm(L)	WIDTH mm(W)	NO. OF DEFECT	N A	$W \leq 0.03$	NEGLECT	$L \leq 3$	$0.03 < W \leq 0.08$	6	$3 < L$	$0.08 < W$	NONE	
LENGTH mm(L)	WIDTH mm(W)	NO. OF DEFECT													
N A	$W \leq 0.03$	NEGLECT													
$L \leq 3$	$0.03 < W \leq 0.08$	6													
$3 < L$	$0.08 < W$	NONE													
2.	SCRATCH	1.SCRATCH ON PROTECTIVE FILM IS PERMITTED . 2.SCRATCH ON POLARIZER SHALL BE AS FOLLOW: (1) ROUND TYPE													
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>DIAMETER mm (σ^*)</th> <th>NO. OF DEFECT*</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$\sigma \leq 0.15$</td> <td>NEGLECT</td> </tr> <tr> <td>$0.15 < \sigma \leq 0.20$</td> <td>2 MAX</td> </tr> <tr> <td>$0.20 < \sigma$</td> <td>NONE</td> </tr> </tbody> </table>	DIAMETER mm (σ^*)	NO. OF DEFECT*	$\sigma \leq 0.15$	NEGLECT	$0.15 < \sigma \leq 0.20$	2 MAX	$0.20 < \sigma$	NONE					
DIAMETER mm (σ^*)	NO. OF DEFECT*														
$\sigma \leq 0.15$	NEGLECT														
$0.15 < \sigma \leq 0.20$	2 MAX														
$0.20 < \sigma$	NONE														
		(2) LINEAR TYPE BE JUDGED BY 1.-(2) LINEAR TYPE													
3.	DENT	DIAMETER < 1.5mm													
4.	BUBBLE	NOT EXCEEDING 0.5mm AVERAGE DIAMETER IS ACCEPTABLE BETWEEN GLASS AND POLARIZING FILM.													
5.	PIN HOLE	$(a+b)/2 \leq 0.15$ mm MAXIMUM NUMBER: IGNORED													
		$0.15 < (a+b)/2 \leq 0.20$ MAXIMUM NUMBER: 10													
6.	DOT DEFECT	$(a+b)/2 \leq 0.20$ mm MAXIMUM NUMBER: IGNORED													
		$0.20 < (a+b)/2 \leq 0.30$ MAXIMUM NUMBER: 5 $x =$ WIDTH													
7.	CONTRAST IRREGULARITY (SPOT)	DIAMETER SPEC.													
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>DIAMETER SPEC.</th> <th>NO. OF DEFECT*</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$\sigma \leq 0.50$ mm</td> <td>NEGLECT</td> </tr> <tr> <td>$0.50 < \sigma \leq 0.75$</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>$0.75 < \sigma \leq 1.00$</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>$1.00 < \sigma$</td> <td>NONE</td> </tr> </tbody> </table>	DIAMETER SPEC.	NO. OF DEFECT*	$\sigma \leq 0.50$ mm	NEGLECT	$0.50 < \sigma \leq 0.75$	5	$0.75 < \sigma \leq 1.00$	3	$1.00 < \sigma$	NONE			
DIAMETER SPEC.	NO. OF DEFECT*														
$\sigma \leq 0.50$ mm	NEGLECT														
$0.50 < \sigma \leq 0.75$	5														
$0.75 < \sigma \leq 1.00$	3														
$1.00 < \sigma$	NONE														
8.	DOT WIDTH	DESIGN WIDTH $\pm 15\%$													
9.	COLOR TONE AND UNIFORMITY	OBVIOUS UNEVEN COLOR IS NOT PERMITTED													



REV/DATE	RO/				APP	CHK	BY
	07.08.97						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) NOTE:

• SAFETY

- 1.If the LCD panel breaks, be careful not to allow the liquid crystal to touch your skin.
- 2.If the liquid crystal touches your skin or clothes, please wash it off immediately by using soap and water.

• HANDLING

- 1.Prevent all contact with static electricity, which can damage the CMOS ICs. The module is packaged in a static-shielding bag to prevent damage during shipment, warehousing and removal from the shipping carton.
- 2.Do not remove the panel or frame from the module.
- 3.The polarizing plate on the front surface of the display is very fragile and easily scratched. The module is shipped with a protective liner which must be removed from the polarizing plate prior to assembly.
- 4.Do not wipe the polarizing plate with a dry cloth, as it may easily scratch the surface of polarizing plate.
- 5.Do not use ketonics solvent or aromatic solvent on the polarizing plate. Use a soft cloth soaked with plastic-lens cleaning solution.

• STORAGE

- 1.Store the panel or module in a dark place where the temperature is $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ and the humidity is below 65% RH.
- 2.Do not place the module near organics solvents or corrosive gases.
- 3.Do not crush, shake, or jolt the module.

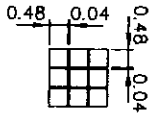
• TERMS OF WARRANTY

- 1.Acceptance inspection period
The inspection period is within one month after the arrival of the contracted goods at the buyer's factory site.
- 2.Applicable warranty period
The warranty period is within twelve months from the date of invoice under normal usage and storage conditions.

• TYPICAL OPERATING LIFETIME OF BACKLIGHT

- LED : 50,000HR
EL : 5,000HR
CCFT : 10,000HR

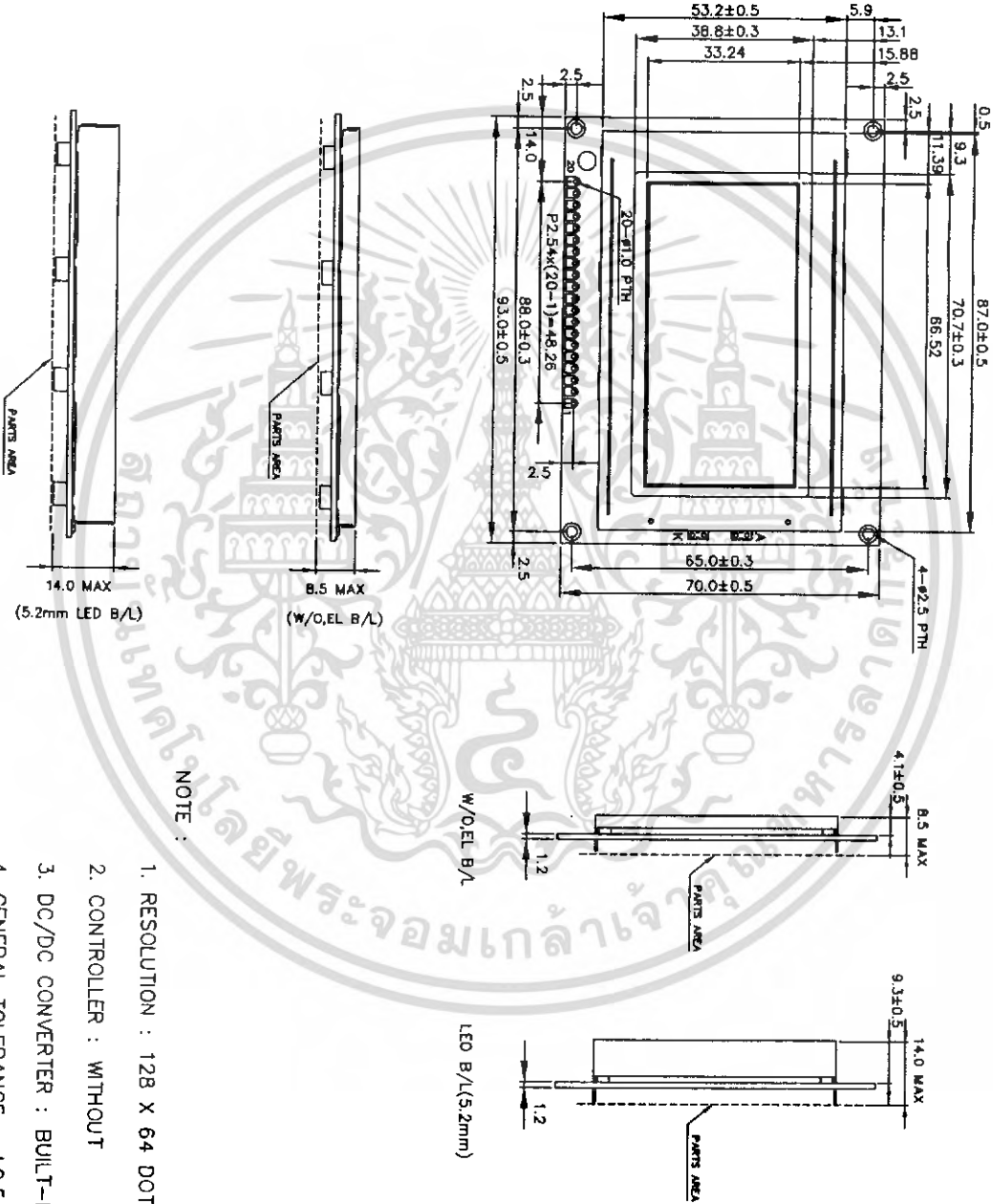
REV/DATE	RO/ 07.08.97					APP	CHK	BY
----------	-----------------	--	--	--	--	-----	-----	----



DOT AREA(128 X 64)

INTERNAL PIN CONNECTION

PinNo.	Symbol	Level	Function
1	VSS	-	0V
2	VDD	-	+5V supply
3	V0	-	CONTAINING VOLTAGE FOR LED DRIVER
4	D/I	H/L	H/DATA INPUT L/INSTRUCTION CODE INPUT
5	R/W	H/L	H/DATA READ (PIN TO LED) L/DATA WRITE (PIN TO LED)
6	E	H/H-L	ENABLE SIGNAL
7	DB0	H/L	DATA BUS LINE
8	DB1	H/L	
9	DB2	H/L	
10	DB3	H/L	
11	DB4	H/L	DATA BUS LINE
12	DB5	H/L	
13	DB6	H/L	
14	DB7	H/L	
15	CS1	H	CHIP SELECT FOR IC1
16	CS2	H	CHIP SELECT FOR IC2
17	RES	L	RESET ACTIVE "L"
18	VEE	-	NEGATIVE VOLTAGE OUTPUT
19	K	-	CATHODE FOR EL/LED BACKLIGHT
20	A	-	ANODE FOR EL/LED BACKLIGHT



NOTE :

1. RESOLUTION : 128 X 64 DOTS
2. CONTROLLER : WITHOUT
3. DC/DC CONVERTER : BUILT-IN
4. GENERAL TOLERANCE : ±0.5 mm

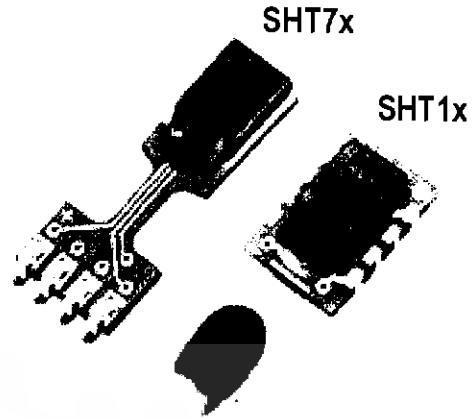
產品編號	LM_97_005	南亞塑膠工業股份有限公司
NAME	DATE	NAN YA PLASTICS CORPORATION
APPROVE		TITLE
CHECK		DWG-NO
DESIGN		MX-X005X
DATE		Rev.A
		UNIT : mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SHT1x / SHT7x

Humidity & Temperature Sensor

Evaluation Kit
Available



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

SHT1x / SHT7x Product Summary

The SHTxx is a single chip relative humidity and temperature multi sensor module comprising a calibrated digital output. Application of industrial CMOS processes with patented micro-machining (CMOSens® technology) ensures highest reliability and excellent long term stability. The device includes a capacitive polymer sensing element for relative humidity and a bandgap temperature sensor. Both 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 SHTxx is individually calibrated in a precision humidity chamber with a chilled mirror hygrometer as reference. The

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

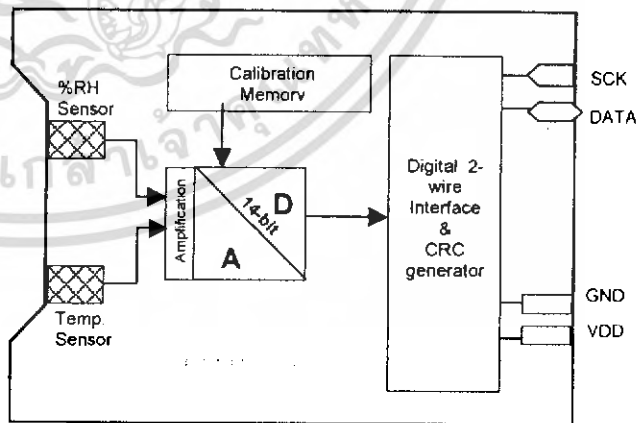
The 2-wire serial interface and internal voltage regulation allows easy and fast system integration. Its tiny size and low power consumption makes it the ultimate choice for even the most demanding applications.

The device is supplied in either a surface-mountable LCC (Leadless Chip Carrier) or as a pluggable 4-pin single-in-line type package. Customer specific packaging options may be available on request.

Applications

- _ HVAC
- _ Automotive
- _ Consumer Goods
- _ Weather Stations
- _ Humidifiers
- _ Dehumidifiers
- _ Test & Measurement
- _ Data Logging
- _ Automation
- _ White Goods
- _ Medical

Block Diagram



Ordering Information

Part Number	Humidity accuracy [%RH]	Temperature accuracy [°C]	Package
SHT11	±3.5	±0.5 @ 25 °C	SMD (LCC)
SHT15	±2.0	±0.4 @ 5-40 °C	SMD (LCC)
SHT71	±3.5	±0.5 @ 25 °C	4-pin single-in-line
SHT75	±2.0	±0.4 @ 5-40 °C	4-pin single-in-line

1 Sensor Performance Specifications

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Humidity					
Resolution ⁽²⁾		0.5	0.03	0.03	%RH
		8	12	12	bit
Repeatability			±0.1		%RH
Accuracy ⁽¹⁾	linearized	see figure 1			
Uncertainty					
Interchangeability		Fully interchangeable			
Nonlinearity	raw data		±3		%RH
	linearized		<<1		%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 ⁽²⁾		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		30	s

Table 1 Sensor Performance Specifications

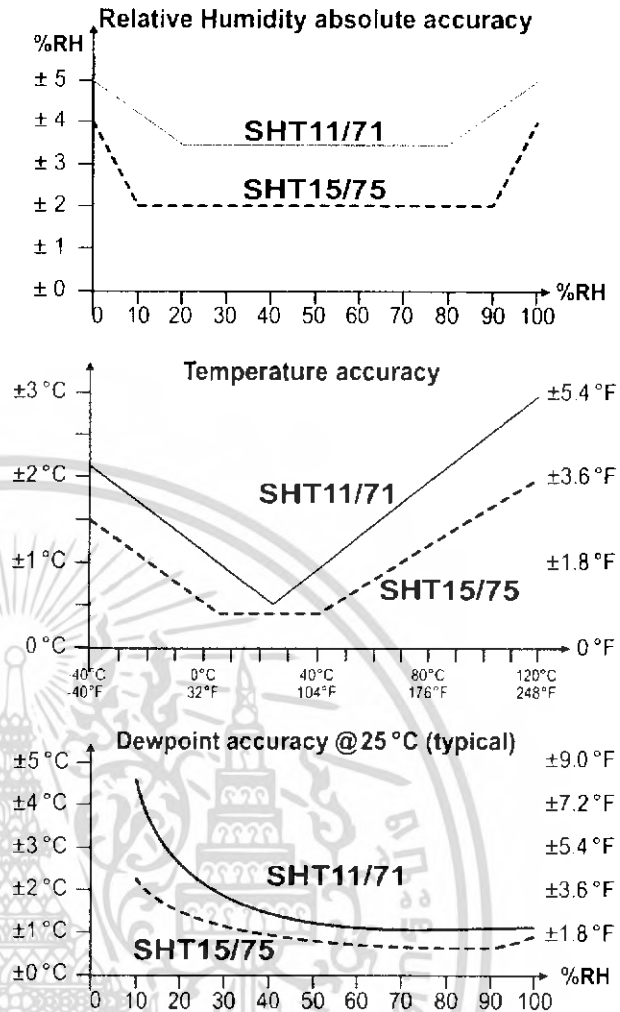


Figure 1 Rel. Humidity, Temperature and Dewpoint accuracies

2 Interface Specifications

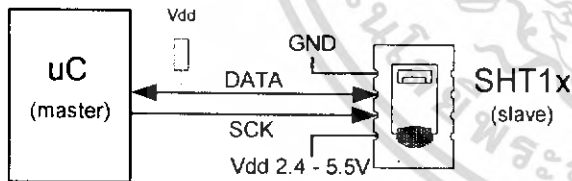


Figure 2 Typical application circuit

2.1 Power Pins

The SHTxx requires a voltage supply between 2.4 and 5.5 V. After powerup the device needs 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 Serial Interface (Bidirectional 2-wire)

The serial interface of the SHTxx is optimized for sensor readout and power consumption and is not compatible with I²C interfaces, see FAQ for details.

2.2.1 Serial clock input (SCK)

The SCK is used to synchronize the communication between a microcontroller and the SHTxx. Since the interface consists of 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 after the falling edge** and is **valid on the rising edge** of the serial clock SCK. During transmission the DATA line must remain stable while SCK is high. To avoid signal contention the microcontroller should only drive DATA low. An external pull-up resistor (e.g. 10 kΩ) is required to pull the signal high. (See Figure 2) Pull-up resistors are often included in I/O circuits of microcontrollers. See Table 5 for detailed IO characteristics.

⁽¹⁾ Each SHTxx is tested to be fully within RH accuracy specifications at 25 °C (77 °F) and 48 °C (118.4 °F)

⁽²⁾ The default measurement resolution of 14bit (temperature) and 12bit (humidity) can be reduced to 12 and 8 bit through the status register.

2.2.3 Sending a command

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

Command	Code
Reserved	0000x
Measure Temperature	00011
Measure Humidity	00101
Read Status Register	00111
Write Status Register	00110
Reserved	0101x-1110x
Soft reset , resets the interface, clears the status register to default values wait minimum 11 ms before next command	11110

Table 2 SHTxx list of commands

2.2.4 Measurement sequence (RH and T)

After issuing a measurement command ('00000101' for RH, '00000011' for Temperature) the controller has to wait for the measurement to complete. This takes approximately 11/55/210 ms for a 8/12/14bit measurement. The exact time varies by up to ±15% with the speed of the internal oscillator. To signal the completion of a measurement, the SHTxx pulls down the data line. The controller **must** wait for this "data ready" signal before starting to toggle SCK again.

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 ended.

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

2.2.5 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.

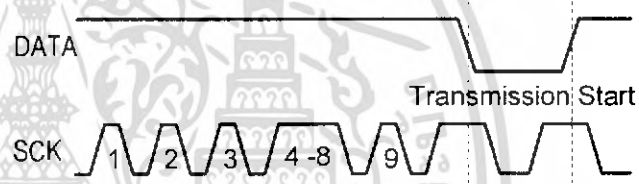


Figure 4 Connection reset sequence

2.2.6 CRC-8 Checksum calculation

The whole digital transmission is secured by a 8 bit checksum. It ensures that any wrong data can be detected and eliminated. Please consult application note "CRC-8 Checksum Calculation" for information on how to calculate the CRC.

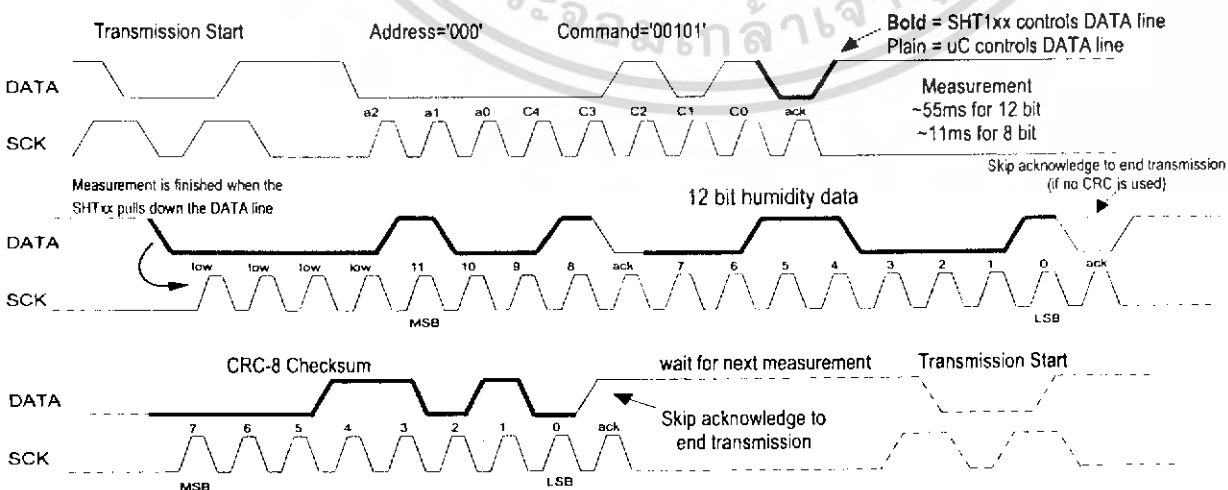


Figure 5 Example RH measurement sequence for value "0000'1001' 0011'0001" = 2353 = 75.79 %RH (without temperature compensation)

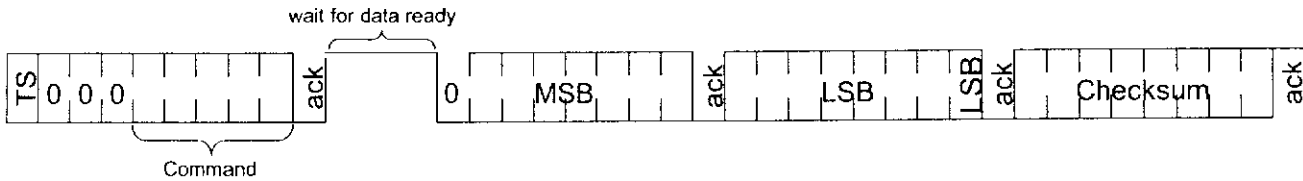


Figure 6 Overview of Measurement Sequence (TS = Transmission Start)

2.3 Status Register

Some of the advanced functions of the SHTxx are available through the status register. The following section gives a brief overview of these features. A more detailed description is available in the application note "Status Register"

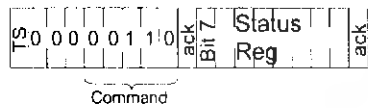


Figure 7 Status Register Write

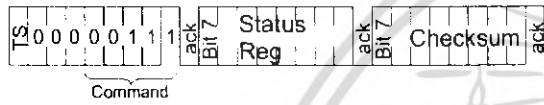


Figure 8 Status Register Read

Bit	Type	Description	Default
7		reserved	0
6	R	End of Battery (low voltage detection) '0' for Vdd > 2.47 '1' for Vdd < 2.47	X No default value, bit is only updated after a measurement
5		reserved	0
4		reserved	0
3		For Testing only, do not use	0
2	R/W	Heater	0 off
1	R/W	no reload from OTP	0 reload
0	R/W	'1' = 8bit RH / 12bit Temperature resolution '0' = 12bit RH / 14bit Temperature resolution	0 12bit RH 14bit Temp.

Table 3 Status Register Bits

2.3.1 Measurement resolution

The default measurement resolution of 14bit (temperature) and 12bit (humidity) can be reduced to 12 and 8bit. 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 2.47 V. Accuracy is ±0.05 V

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 (9 °F). Power consumption will increase by ~8 mA @ 5 V. Applications:

By comparing temperature and humidity values before and

after switching on the heater, proper functionality of both sensors can be verified.

- In high (>95 %RH) RH environments heating the sensor element will prevent condensation, improve response time and accuracy

Warning: While heated the SHTxx will show higher temperatures and a lower relative humidity than with no heating.

2.4 Electrical Characteristics⁽¹⁾

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

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Power supply DC		2.4	5	5.5	V
Supply current	measuring		550		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
Output peak current	on			4	mA
	Tristated (off)		10		µA

Table 4 SHTxx DC Characteristics

	Parameter	Conditions	Min	Typ.	Max.	Unit
F _{SCK}	SCK frequency	VDD > 4.5 V			10	MHz
		VDD < 4.5 V			1	MHz
T _{RFO}	DATA fall time	Output load 5 pF	3.5	10	20	ns
		Output load 100 pF	30	40	200	ns
T _{CLH}	SCK hi/low time		100		ns	
T _V	DATA valid time		250		ns	
T _{SU}	DATA set up time		100		ns	
T _{HO}	DATA hold time		0	10	ns	
T _R /T _F	SCK rise/fall time			200	ns	

Table 5 SHTxx I/O Signals Characteristics

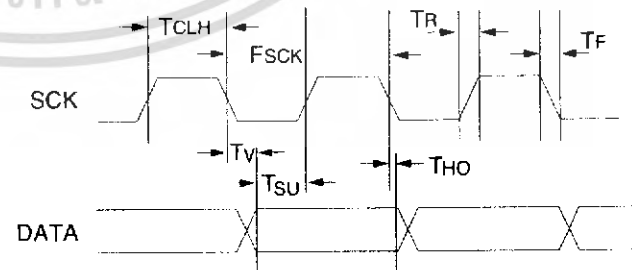


Figure 9 Timing Diagram

⁽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

3 Converting Output to Physical Values

3.1 Relative 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 formula¹:

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

SO _{RH}	c ₁	c ₂	c ₃
12 bit	-4	0.0405	-2.8 * 10 ⁻⁶
8 bit	-4	0.648	-7.2 * 10 ⁻⁴

Table 6 Humidity conversion coefficients

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

The humidity sensor has no significant voltage dependency.

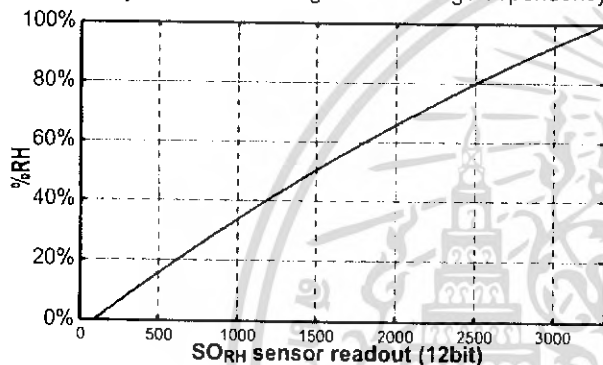


Figure 10 Conversion from SO_{RH} to relative humidity

3.1.1 Compensation of RH/Temperature dependency

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

$$RH_{\text{true}} = (T_{\text{C}} - 25) \cdot (t_1 + t_2 \cdot SO_{RH}) + RH_{\text{linear}}$$

SO _{RH}	t ₁	t ₂
12 bit	0.01	0.00008
8 bit	0.01	0.00128

Table 7 Temperature compensation coefficients

This equals ~0.12 %RH / °C @ 50 %RH

3.2 Temperature

The bandgap PTAT (Proportional To Absolute Temperature) temperature sensor is very linear by design. Use the following formula to convert from digital readout to temperature:

$$\text{Temperature} = d_1 + d_2 \cdot SO_T$$

VDD	d ₁ [°C]	d ₁ [°F]
5V	-40.00	-40.00
4V	-39.75	-39.50
3.5V	-39.66	-39.35
3V	-39.60	-39.28
2.5V	-39.55	-39.23

SO _T	d ₂ [°C]	d ₂ [°F]
14bit	0.01	0.018
12bit	0.04	0.072

Table 8 Temperature conversion coefficients

For improved accuracies in extreme temperatures with more computation intense conversion formulas see application note "RH and Temperature Non-Linearity Compensation".

3.3 Dewpoint

Since humidity and temperature are both measured on the same monolithic chip, the SHTxx allows superb dewpoint measurements. See application note "Dewpoint calculation" for more.

¹ Where SO_{RH} is the sensor output for relative humidity

4 Applications Information

4.1 Operating and Storage Conditions

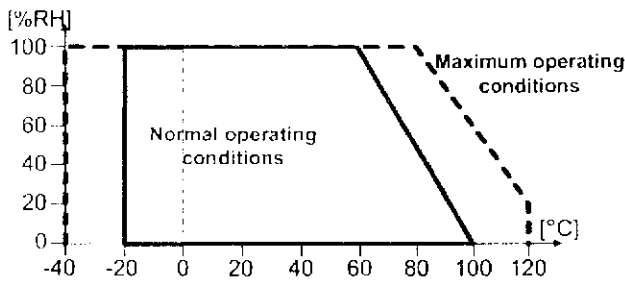


Figure 11 Recommended operating conditions

Conditions outside the recommended range may temporarily offset the RH signal up to ± 3 %RH. After return to normal conditions it will slowly return towards calibration state by itself. See 4.3 "Reconditioning Procedure" to accelerate this process. Prolonged exposure to extreme conditions may accelerate ageing.

4.2 Exposure to Chemicals

Vapors may interfere with the polymer layers used for capacitive humidity sensors. The diffusion of chemicals into the polymer may cause a shift in both offset and sensitivity. In a clean environment the contaminants will slowly outgas. The reconditioning procedure described below will accelerate this process. High levels of pollutants may cause permanent damage to the sensing polymer.

4.3 Reconditioning Procedure

The following reconditioning procedure will bring the sensor back to calibration state after exposure to extreme conditions or chemical vapors.

80-90 °C (176-194°F) at < 5 %RH for 24h (baking) followed by 20-30 °C (70-90°F) at > 74 %RH for 48h (re-hydration)

4.4 Qualifications

Extensive tests were performed in various environments. Please contact SENSIRION for additional information.

Environment	Norm	Results ⁽¹⁾
Temperature Cycles	JESD22-A104-B -40 °C / 125°C, 1000cy	Within Specifications
HAST Pressure Cooker	JESD22-A110-B 2.3bar 125°C 85%RH	Reversible shift by +2 %RH
Salt Atmosphere	DIN-50021ss	Within Spec.
Condensing Air	-	Within Spec.
Freezing cycles fully submerged	-20 / +90°C, 100cy 30min dwell time	Reversible shift by +2 %RH
Various Automotive Chemicals	DIN 72300-5	Within Specifications
Cigarette smoke	Equivalent to 15years in a mid-size car	Within Specifications

Table 9 Qualification tests (excerpt)

⁽¹⁾ The temperature sensor passed all tests without any detectable drift. Package and electronics also passed 100%

4.5 ESD (Electrostatic Discharge)

ESD immunity is qualified according to MIL STD 883E, method 3015 (Human Body Model at ± 2 kV)).

Latch-up immunity is provided at a force current of ± 100 mA with $T_{amb} = 80$ °C according to JEDEC 17.

See application note "ESD, Latchup and EMC" for more information.

4.6 Temperature Effects

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

If the SHTxx shares a PCB with electronic components that give off heat it should be mounted far away and 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. (See figure 14)

4.7 Materials Used for Sealing / Mounting

Many materials absorb humidity and will act as a buffer, increasing response times and hysteresis. Materials in the vicinity of the sensor must therefore be carefully chosen. Recommended materials are:

All Metals, LCP, POM (Delrin), PTFE (Teflon), PE, PEEK, PP, PB, PPS, PSU, PVDF, PVF

For sealing and gluing (use sparingly):

High filled epoxy for electronic packaging (e.g. glob top, underfill), and Silicone are recommended.

4.8 Membranes

A membrane can be used to prevent dirt from entering the housing and to protect the sensor. It will also reduce peak concentrations of chemical vapors. For optimal response times air volume behind the membrane must be kept to a minimum.

4.9 Light

The SHTxx is not light sensitive. Prolonged direct exposure to sunshine or strong UV radiation may age the housing.

4.10 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.

Power supply pins (VDD, GND) should be decoupled with a 100 nF capacitor if wires are used.

5 Package Information

5.1 SHT1x (surface mountable)

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

Table 10 SHT1x Pin Description

5.1.1 Package type

The SHT1x is supplied in a surface-mountable LCC (Leadless Chip Carrier) type package. The sensors housing consists of a Liquid Crystal Polymer (LCP) cap with epoxy glob top on a standard 0.8 mm FR4 substrate. The device is free of lead, Cd and Hg.

Device size is 7.42 x 4.88 x 2.5 mm (0.29 x 0.19 x 0.1 inch)
Weight 100 mg

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

5.1.2 Delivery Conditions

The SHT1x are shipped in standard IC tubes by 80 units per tube or in 12mm tape. Reels are individually labelled with barcode and human readable labels.



Figure 12 Tape configuration and unit orientation

5.1.3 Mounting Examples

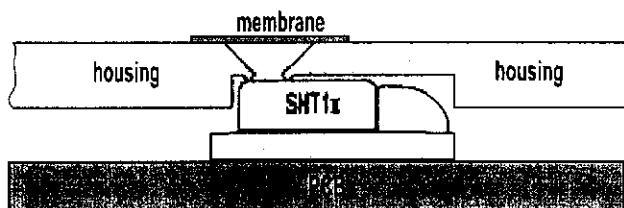


Figure 13 SHT1x housing mounting example

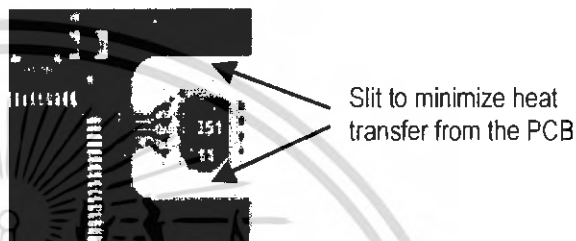


Figure 14 SHT1x PCB Mounting example

5.1.4 Soldering Information

Standard reflow soldering ovens may be used at maximum 235 °C for 20 seconds.

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

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

Please consult the application note "Soldering procedure" for more information.

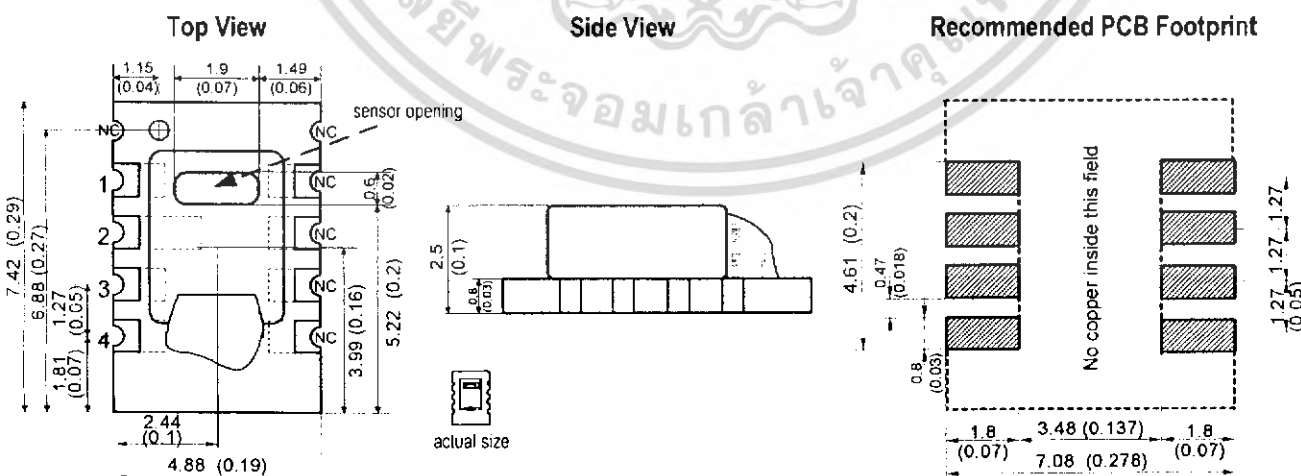


Figure 15 SHT1x drawing and footprint dimensions in mm (inch)

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

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

Table 11 SHT7x Pin Description

5.2.1 Package type¹

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

The sensor head is connected to the pins by a small bridge to minimize heat conduction and response times. The gold plated back side of the sensor head is connected to the GND pin.

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

All pins are gold plated to avoid corrosion. They can be soldered or mate with most 1.27 mm (0.05") sockets e.g.: Preci-dip / Mill-Max 851-93-004-20-001 or similar
Total weight: 168 mg, weight of sensor head: 73 mg

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

5.2.2 Delivery Conditions

The SHT7x are shipped in 32 mm tape. These reeled parts in standard option are shipped with 500 units per 13 inch diameter reel. Reels are individually labelled with barcode and human readable labels.

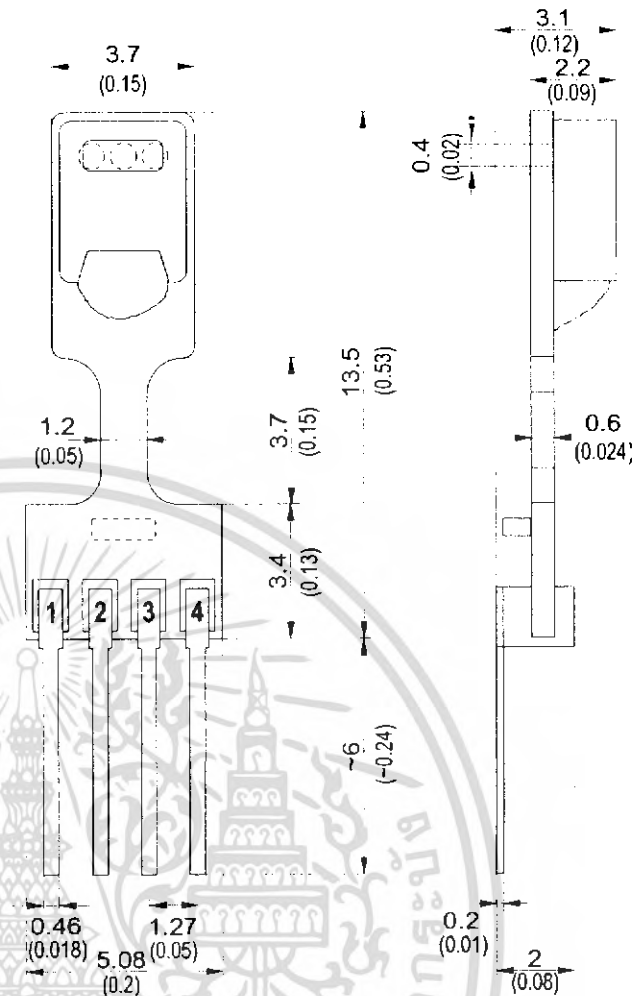


Figure 17 SHT7x dimensions in mm (inch)

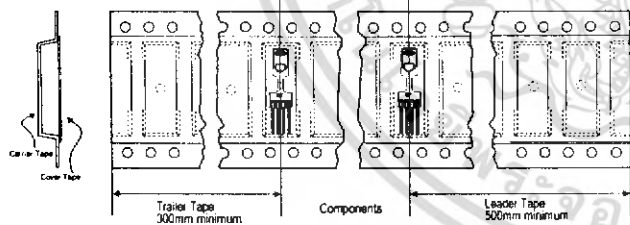


Figure 16 Tape configuration and unit orientation

5.2.3 Soldering Information

Standard wave SHT7x soldering ovens may be used at maximum 235 °C for 20 seconds.

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

After wave soldering the devices should be stored at >74 %RH for at least 24h to allow the polymer to rehydrate.

Please consult the application note "Soldering procedure" for more information.

¹ Other packaging options may be available on request.

6 Revision history

Date	Version	Page(s)	Changes
February 2002	Preliminary	1-9	First public release
June 2002	Preliminary		Added SHT7x information
March 2003	Final v2.0	1-9	Major remake, added application information etc. Various small modifications
	V2.01	1-9	Typos, Graph labeling

The latest version of this document and all application notes can be found at:
www.sensirion.com/en/download/humiditysensor/SHT11.htm

7 Important Notices

7.1 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.

Should buyer purchase or use SENSIRION AG products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold SENSIRION AG and its officers, employees, subsidiaries, affiliates and distributors harmless against all claims, costs, damages and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that SENSIRION AG was negligent regarding the design or manufacture of the part.

7.2 ESD Precautions

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.

7.3 Warranty

SENSIRION AG makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its product for any particular purpose, nor does SENSIRION AG assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters can and do vary in different applications. All operating parameters, including "Typical" must be validated for each customer applications by customer's technical experts.

SENSIRION AG reserves the right, without further notice, to change the product specifications and/or information in this document and to improve reliability, functions and design.

Copyright© 2001-2003, SENSIRION AG.
 All rights reserved.

Headquarters and Sales Office

SENSIRION AG
 Eggbühlstr. 14
 P.O. Box
 CH-8052 Zürich
 Switzerland

Phone: + 41 (0)1 306 40 00
 Fax: + 41 (0)1 306 40 30
 e-mail: info@sensirion.com
<http://www.sensirion.com/>

Sensirion humidity sensors are available from:

find your local representative at:
www.sensirion.com/rep

วิธีการใช้งาน

1. เปิด Switch Water ดูว่ามีน้ำอยู่ใน chamber หรือไม่ ถ้าไม่มี จะมีสัญญาณเตือน ให้ใส่น้ำก่อน
2. เปิด Switch Main
3. หน้าจอจะแสดง Setting Temperature อยู่ที่ 00.00 °C
 - 3.1. ถ้าต้องการตั้งค่าอุณหภูมิ ให้กดปุ่ม Clear (*) หน้าจอจะแสดง _ _ . _ _ °C ไล่ตัวเลขที่ต้องการเซตค่า 4 ตำแหน่ง แล้ว กด Enter (#)
 - 3.2. ถ้าไม่ต้องการเซตค่าให้กด Enter (#) หน้าจอจะแสดง โหมดการทำงานปกติ คือ แสดงค่าอุณหภูมิ กับ ความชื้น
4. เมื่ออยู่ในโหมดปกติแล้วต้องการเซตค่าอุณหภูมิ ให้กดปุ่ม Setting Temp. หน้าจอจะขึ้นเหมือนกับข้อ 3 ทำตาม 3.1
5. เปิด Switch AC เพื่อเป็นการเตือนเมื่อไม่มี สัญญาณ AC หรือ ไฟดับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้