บทที่ 3

การออกแบบระบบควบคุมเตาอบไม้ยางพาราอัตโนมัติ

จากความรู้พื้นฐานการอบไม้ยางพาราในบทที่ 2 และคุณลักษณะของระบบควบคุมเตาอบไม้ยางพาราที่ต้องการ นำไปสู่แนวทางในการออกแบบระบบควบคุมเตาอบไม้ยางพาราอัตโนมัติในบทนี้ ซึ่งจะอธิบายถึงขั้นตอนต่าง ๆ ในการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมเตาอบไม้ยางพาราอัตโนมัติ ตั้งแต่การพิจารณารูปแบบและแนวทางในการแก้ปัญหาซึ่งต้องคำนึงถึง ความต้องการที่แท้จริงของระบบควบคุมเตาอบไม้ยางพารา ความเป็นไปได้และความคุ้มค่าของระบบ รวมถึงต้นทุนที่เหมาะสมในการสร้าง ขั้นตอนในการพัฒนาได้อธิบายไว้ตั้งแต่การออกแบบและทดสอบเพื่อควบคุมเพียงแค่เตาเดียว และพัฒนาต่อเป็นหลาย ๆ เตาอบโดยใช้ RS-485 Network และท้ายบทได้สรุปถึงโครงสร้างของระบบควบคุมเตาอบไม้ยางพาราอัตโนมัติโดยภาพรวม เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจระบบควบคุมเตาอบไม้ยางพารามากยิ่งขึ้น

3.1 ข้อพิจารณาในการออกแบบระบบควบคุมเตาอบไม้ยางพารา

การควบคุมเตาอบไม้ให้เป็นไปตามที่กำหนดของตารางการอบไม้จะมีตัวแปรอยู่ 3 ค่าคือ เวลา อุณหภูมิของห้องอบ และความชื้นของห้องอบ ในทางปฏิบัติจะตั้งค่าตัวแปรเวลาไว้แล้วปรับตัวแปรอีก 2 ค่าคืออุณหภูมิของห้องอบและความชื้นของห้องอบ อุณหภูมิของห้องอบจะควบคุมโดยการควบคุมไอน้ำที่ไหลผ่านคอยล์ร้อน ส่วนการควบคุมความชื้นทำได้โดยการควบคุมการสเปรย์ไอเปียก และควบคุมการเปิด/ปิดปล่อง ซึ่งจะมีการทำงานที่สลับกันคือ ถ้าความชื้นสูงเกินไปก็จะทำการเปิดปล่องเพื่อไล่ความชื้นออกในทางกลับกันเมื่อความชื้นต่ำเกินไปก็จะทำการปิดปล่องแล้วทำการสเปรย์ไอเปียกเข้าไป แต่ค่าความชื้นสัมพัทธ์เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงช้ามาก ในกระบวนการอบไม้ยางพาราจึงควบ-คุมความชื้นของเตาอบทางอ้อมคือการสั่งสเปรย์ไอเปียกและเปิดปล่องโดยการกำหนดไว้ในตาราง-การอบไม้ ดังได้แสดงไว้แล้วในหัวข้อ 2.2 ขั้นตอนการอบไม้ยางพารา ดังนั้นระบบที่ทำการออกแบบจึงต้องสามารถควบคุมอุณหภูมิของเตาอบได้ สามารถควบคุมการเปิด/ปิดของการสเปรย์ไอ-เปียกและควบคุมการเปิด/ปิดของปล่องได้ตามตารางการอบไม้ยางพารา สำหรับแนวทางการออกแบบระบบควบคุมสามารถแบ่งออกเป็นข้อย่อยได้ดังนี้

- ระบบควบคุมเตาอบเดิมจะประกอบด้วย Solenoid Valve (หรือ Valve ทั่ว ๆ ไป) จำนวน 3 ชุด ต่อหนึ่งเตาอบได้แก่ส่วนของ Heating, Spraying และ Venting ซึ่งถ้าโรงงานใดมี Solenoid Vale ติดตั้งอยู่ก่อนแล้วก็ไม่จำเป็นต้องติดตั้งเพิ่มเติมเข้าไปใหม่ ชุดควบคุมที่ทำการออกแบบประกอบไปด้วยสองส่วนด้วยกันคือ ส่วนควบคุมเตาอบจะติดตั้งไว้ที่เตาอบแต่ละเตาประกอบไปด้วย Controller Sensor Switch และ Relay อีกส่วนคือตัวควบคุมหลักซึ่งจะเป็นคอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่ควบคุมเตาอบแต่ละเตาอบ เป็นฐานข้อมูลให้ระบบและเป็นส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface)
- Temperature Sensor ช่วงอุณหภูมิการใช้งานอยู่ในช่วงของการอบไม้ ซึ่งการอบไม้โดยปกติจะใช้อุณหภูมิไม่เกิน 80°C ดังนั้น Sensor วัดอุณหภูมิจะต้องวัดค่าได้ในช่วง 10-90°C ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในห้องอบคำนวณได้จากการนำอุณหภูมิของกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งมาอ่านค่าจากแผนภูมิความชื้นในอากาศ (Relative Humidity Table) หรือจากสมการ

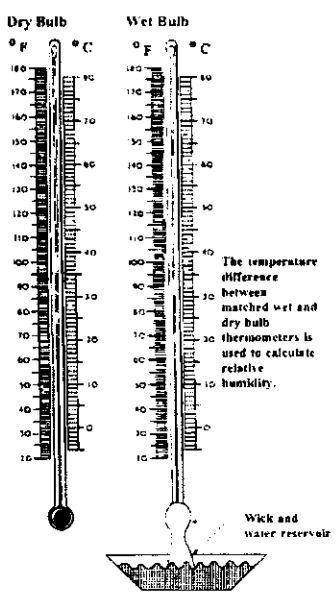
$$RH = \frac{6.1078 \times e^{\frac{(12.269W)}{(W+237.3)}} - 0.63(D-W)}{6.1078 e^{\frac{(12.269D)}{(D+237.3)}}} \times 100$$

W = Dry-bulb temperature (°C)

D = Wet-bulb temperature (°C)

RH = Relative Humidity (%)

(ที่มา : http://www.uswcl.ars.ag.gov/exper/relhumeq.htm)



ภาพประกอบ 3-1 วิธีการวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์โดยใช้กระเปาะเปียกและกระเปาะแห้ง

(ที่มา : http://www.uswcl.ars.ag.gov/exper/relhumeq.htm)

- การควบคุมแบบหลายเตาในแต่ละเตาอบจะติดตั้งชุดควบคุมไว้โดยแต่ละชุดควบคุมจะมีค่า Address ประจำเตาอบและจะไม่ซ้ำกัน การควบคุมหลักจะอยู่ที่คอมพิวเตอร์โดย คอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่ติดต่อกับระบบฐานข้อมูล ซึ่งประกอบไปด้วยตารางการอบไม้ของไม้แต่ละขนาด (สูตรการอบไม้) ข้อมูลสถานะของเตาอบแต่ละเตา คอมพิวเตอร์จะส่งตารางการอบไม้ที่ดึงมาจากฐานข้อมูลแล้วส่งไปให้ชุดควบคุมในแต่ละเตาอบ โดยมีการอ้าง Address ชุดควบคุมในแต่ละเตาอบก็จะเลือกเอาเฉพาะข้อมูลที่มี Address ที่ตรงกันหรือคอมพิวเตอร์จะส่งคำสั่งไปควบคุมโดยตรงก็ได้ ชุดควบคุมในแต่ละเตาจะมีการอ่านค่าสถานะต่าง ๆ ของเตาอบ เช่น อุณหภูมิ สถานะของ valve แล้วจะส่งกลับไปให้คอมพิวเตอร์เมื่อมีการร้องขอมาจากคอมพิวเตอร์

ดังนั้นเพื่อตอบสนองความต้องการของระบบสามารถวิเคราะห์หาแนวทางในการออกแบบเพื่อให้ได้มาซึ่งระบบควบคุมเตาอบไม้ยางพาราอัตโนมัติดังนี้

3.1.1 การควบคุมโดยคอมพิวเตอร์โดยตรง

วิธีการนี้จะใช้คอมพิวเตอร์ต่อเข้ากับ IO-Card เพื่อขยาย Input/Output ของคอมพิวเตอร์แล้วนำไปควบคุมเตาอบไม้ ข้อดีคือใช้คอมพิวเตอร์เพียงเครื่องเดียวในการควบคุม สะดวกในการพัฒนาโปรแกรมเนื่องจาก ทรัพยากรบนคอมพิวเตอร์มีให้ใช้อย่างเพียงพอ เช่น หน่วยความจำ ความเร็วในการประมวลผล การติดต่อผู้ใช้งานในรูปแบบกราฟฟิก แต่มีข้อเสียคือภายใต้สภาวะแวดล้อมการใช้งานจริงซึ่งอุณหภูมิค่อนข้างสูงทำให้ไม่สามารถติดตั้งคอมพิวเตอร์ไว้ใกล้กับเตาอบไม้ได้ และเมื่อต้องการเชื่อมต่อกับหลายๆเตาอบสายสัญญาณและสายควบคุมจำนวนมากจะถูกต่อเข้าสู่คอมพิวเตอร์ทำให้ยุ่งยากในการเดินสายและการบำรุงรักษา

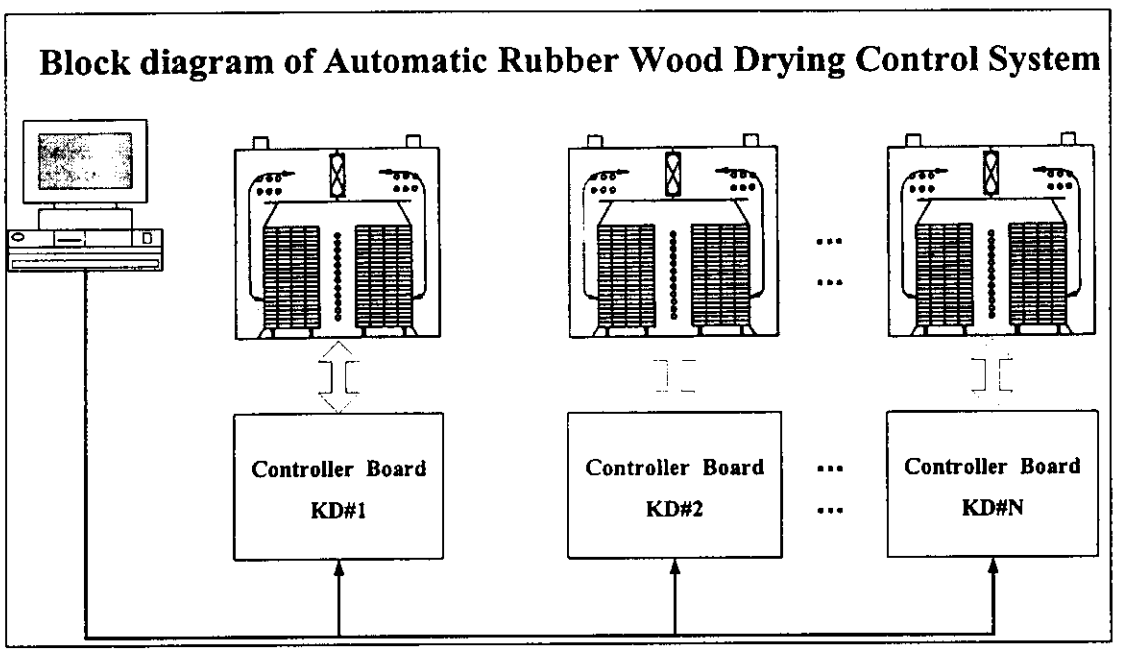
3.1.2 การควบคุมโดย Programmable Logic Controller (PLC) ต่อร่วมกับคอมพิวเตอร์

เพื่อให้สามารถบันทึกข้อมูลและบริหารจัดการผ่านคอมพิวเตอร์ได้ ระบบนี้มีข้อดีคือ PLC สามารถเชื่อมต่อกันเป็นเครือข่ายและควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ได้ แต่ระบบนี้ค่อนข้างซับซ้อนทำให้ยากและเสียเวลาในการพัฒนาระบบ รวมถึงต้องใช้ต้นทุนที่สูงไม่เหมาะกับการใช้งานในอุตสาหกรรมอบไม้ยางพารา

3.1.3 การควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อเข้าเป็นระบบเครือข่าย

ระบบนี้มีข้อดีคือต้นทุนไม่สูงมากนักเนื่องจากใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมเตาอบไม้ โดยมีคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมหลัก ส่วนการประมวลผลหลักและการประมวลผลที่ซับซ้อนสามารถทำได้โดยส่งข้อมูลให้คอมพิวเตอร์เป็นตัวประมวลผลและส่งผลลัพธ์ให้แก่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่ระบบนี้จะต้องทำการออกแบบตัวควบคุมเตาอบโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เองเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานมากที่สุด

ดังนั้นเพื่อให้เหมาะสมกับอุตสาหกรรมอบไม้ยางพาราจึงเลือกพัฒนาระบบควบคุมเตาอบไม้ยางพาราโดยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมเตาอบไม้ยางพาราและต่อเข้าด้วยกันเป็นระบบเครือข่ายโดยมีคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมหลักดังภาพประกอบ 3-2



ภาพประกอบ 3-2 Block diagram ของระบบควบคุมเตาอบไม้ยางพารา

3.2 ขั้นตอนการออกแบบระบบควบคุมเตาอบไม้ยางพารา

3.2.1 การออกแบบตัวควบคุมเตาอบไม้ยางพารา

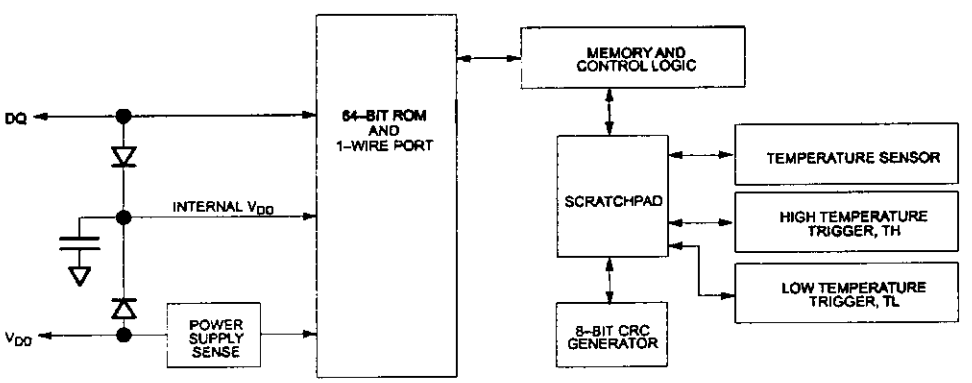
โดยทั่วไประบบควบคุมเตาอบไม้จะใช้ sensor วัดอุณหภูมิแบบ PT-100 ซึ่งเป็นหัววัดแบบ Analog และมีราคาแพงการใช้งานจะต้องใช้งานร่วมกับตัวแปลงสัญญาณจาก Analog เป็น Digital เพื่อใช้กับตัวควบคุมและแสดงผลจึงมีความยุ่งยากและสิ้นเปลือง แต่ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านสารกึ่งตัวนำได้ก้าวหน้าไปมากมีการพัฒนาสารกึ่งตัวนำเป็น sensor วัดอุณหภูมิที่สามารถอ่านค่าที่วัดได้ในแบบ Digital ได้โดยทันที ตัวอย่างเช่น DS1620, DS1820 จาก Dalas Semiconductor พิจารณา DS1820 ซึ่งมีรูปแบบตัวถังที่เล็ก ง่ายต่อการใช้งาน ช่วงอุณหภูมิที่สามารถใช้งานได้ (-55 ถึง +125 °C ความละเอียด 0.5 °C) อยู่ในช่วงที่ต้องการ (อุณหภูมิสูงสุดในการอบไม้ไม่เกิน 80 °C) และราคาต่อหน่วยไม่แพง (ประมาณ 200 บาท/ตัว) การใช้งาน DS1820 มีรูปแบบการใช้งานที่ง่ายต่อการติดตั้งเนื่องจากมีแค่ 3 ขา ดังภาพประกอบ 3-3 แต่จะยุ่งยากเล็กน้อยในส่วนของการเขียนโปรแกรมติดต่อสื่อสารกับตัว Sensor เนื่องจากใช้สายสัญญาณเพียงเส้นเดียว (1-Wire Digital

Thermometer) อย่างไรก็ตามสามารถ Download ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมติดต่อกับ DS1820 ได้ ไม่ยากนักโดยไม่จำเป็นต้องเขียนโปรแกรมเองทั้งหมดช่วยให้การทำงานง่ายขึ้น หลักการทำงานและการใช้งาน DS1820 รวมถึงคุณสมบัติโดยทั่วไปมีดังนี้

ภาพประกอบ 3-3 ตัวถังของ DS1820 (1-Wire Digital Thermometer)

(ที่มา : http://www. dalsemi.com)

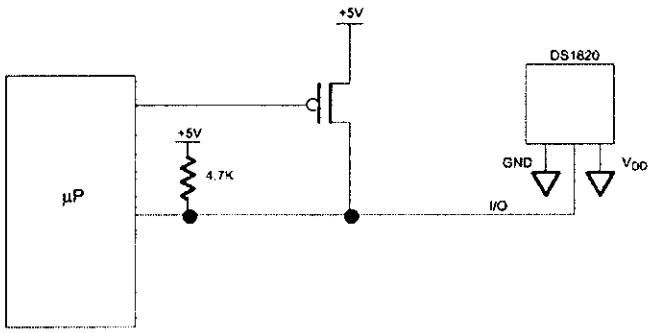
DS1820 ซึ่งเป็น 1-Wire Digital Thermometer เป็น Integrate Circuit (IC) ที่มีตัวถังเหมือนกับทรานซิสเตอร์ (Transistor) และใช้การเชื่อมต่อเพียงแค่สามเส้นรวมทั้ง VDD และ GND จึงมีความยืดหยุ่นต่อการใช้งานมากโดยเฉพาะกับงานที่ต้องติดตั้ง Sensor วัดอุณหภูมิไว้ภายในระบบ เนื่องจากอุปกรณ์ควบคุมอื่นไม่สามารถใช้งานที่อุณหภูมิเดียวกับ Sensor ได้ จึงต้องมีการต่อสายและติดตั้งไว้ในตำแหน่งที่เหมาะสม ระยะทางจากจุดที่ติดตั้ง Sensor กับชุดควบคุมจึงเป็นสิ่งสำคัญ จากการทดสอบสามารถใช้งาน DS1820 ที่ระยะ 8 เมตรได้โดยไม่เกิดข้อผิดพลาด (Datasheet ระบุว่าใช้ได้ถึง 200 เมตร) DS1820 จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการวัดอุณหภูมิของเตาอบ เนื่องจากดังที่ได้กล่าวไว้แล้วว่าภายในเตาอบจะมีอุณหภูมิที่สูงรวมถึงมีสารเคมีที่ใช้สำหรับรักษาเนื้อไม้ซึ่งมีฤทธิ์กัดกร่อน ในการเชื่อมต่อระหว่าง DS1820 กับชุดควบคุมจึงต้องใช้อุปกรณ์และสายสัญญาณที่สามารถทนต่อสภาวะแวดล้อมภายในเตาอบได้



ภาพประกอบ 3-4 Block diagram ของ DS1820

(ที่มา : http://www. dalsemi.com)

DS1820 จะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆดังภาพประกอบ 3-4 64-BIT ROM จะเป็นส่วนที่เก็บ Serial Number ซึ่งจะมีการบันทึกมาจากโรงงานทำหน้าที่คล้ายกับ MAC Address ของ Ethernet Card เพราะฉะนั้น จึงสามารถต่อ DS1820 หลายตัวบนสายสัญญาณเส้นเดียวกันได้



ภาพประกอบ 3-5 การเชื่อมต่อ DS1820 กับไมโครคอลโทรลเลอร์

(ที่มา : http://www. dalsemi.com)

การใช้งาน DS1820 จะต้องมีการต่อ Pull Up Resistor ไว้ด้วยเนื่องจากขา DQ ของ DS1820 เป็นแบบ Open Drain การต่อใช้งาน DS1820 บนสายสัญญาณเพียงเส้นเดียวจะต้องทราบค่า 64-BIT ROM เสียก่อนดังนั้นในการใช้งานจริงจะต่อใช้งาน DS1820 หนึ่งตัวต่อหนึ่ง Port เนื่องจากสามารถข้ามขั้นตอนการอ่าน ROM ของ DS1820 ซึ่งเป็นผลดีคือ ง่ายต่อการใช้งานและสามารถทำการสับเปลี่ยนหัววัดอุณหภูมิได้โดยง่าย คำสั่งพื้นฐานที่ใช้บ่อย ๆ ของ DS1820 แสดงดังตาราง 3-1

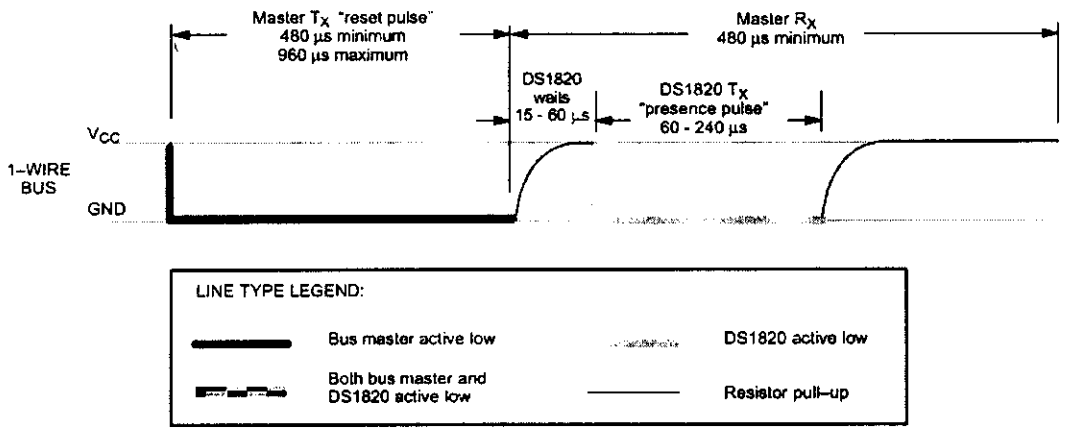
ตาราง 3-1 คำสั่งที่ใช้เพื่อการสื่อสารกับ DS1820

(ที่มา : http://www. dalsemi.com)

DS1820 COMMAND SET Table

INSTRUCTION	DESCRIPTION	PROTOCOL	1-WIRE BUS AFTER ISSUING PROTOCOL	NOTES
TEMPERATURE CONVERSION COMMANDS				
Convert T	Initiates temperature conversion.	44h	<read temperature busy status>	1
MEMORY COMMANDS				
Read Scratchpad	Reads bytes from scratchpad and reads CRC byte.	BEh	<read data up to 9 bytes>	
Write Scratchpad	Writes bytes into scratchpad at addresses 2 and 3 (TH and TL temperature triggers).	4Eh	<write data into 2 bytes at addr. 2 and addr. 3>	
Copy Scratchpad	Copies scratchpad into nonvolatile memory (addresses 2 and 3 only).	48h	<read copy status>	2
Recall E^2	Recalls values stored in nonvolatile memory into scratchpad (temperature triggers).	B8h	<read temperature busy status>	
Read Power Supply	Signals the mode of DS1820 power supply to the master.	B4h	<read supply status>	

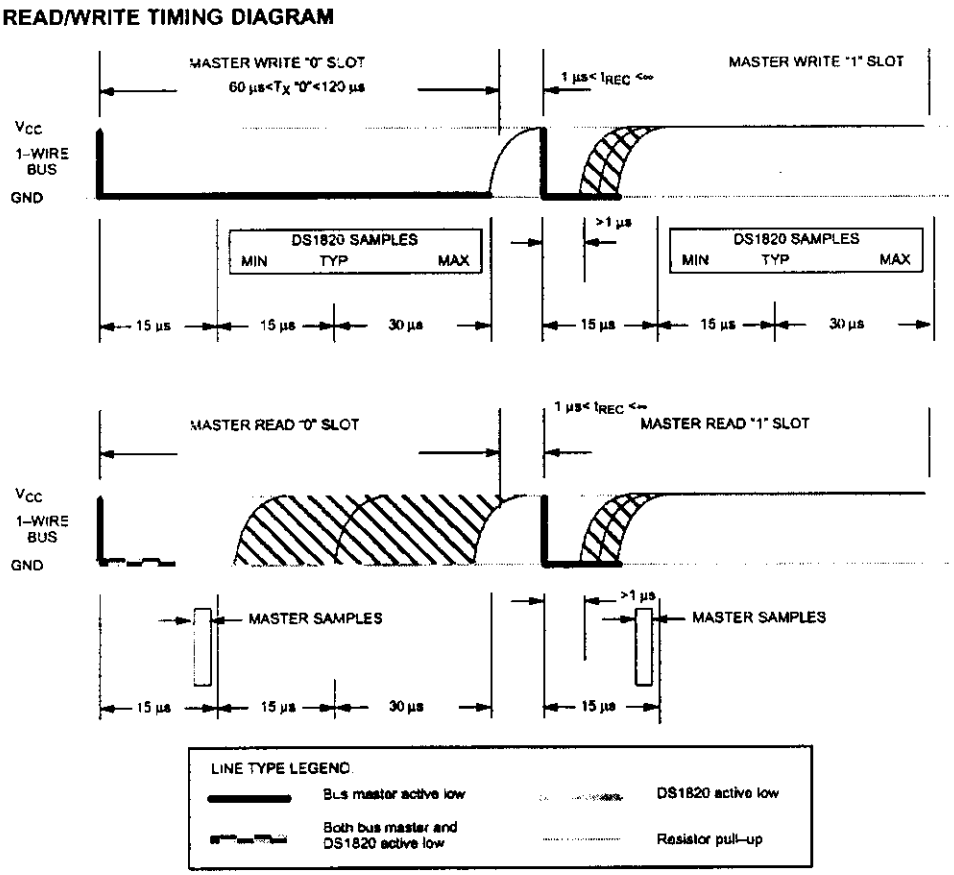
ขั้นตอนการสื่อสารกับ DS1820 จะเริ่มต้นจากไมโครคอลโทรลเลอร์ Reset DS1820 แล้วจึงส่งคำสั่งอื่น ๆ เป็นขั้นตอนต่อไป ดังแสดงในภาพประกอบ 3-6 เวลาในการ Reset จะต้องมากกว่า 480 ไมโครวินาที แต่ต้องไม่เกิน 960 ไมโครวินาที และถ้ามี DS1820 อยู่บนสายสัญญาณจะมีสัญญาณตอบกลับมาจาก DS1820 เรียกว่าสัญญาณ Presence Pulse เป็นเวลาประมาณ 60-240 ไมโครวินาที



ภาพประกอบ 3-6 Timing Diagram การ Reset DS1820

(ที่มา : http://www. dalsemi.com)

สำหรับขั้นตอนในการเขียนและอ่านข้อมูล (1 บิต) จาก DS1820 จะคล้ายกับขั้นตอนการ Reset เช่นกัน ดังแสดงในภาพประกอบ 3-7



ภาพประกอบ 3-7 Timing Diagram การอ่านและเขียน DS1820

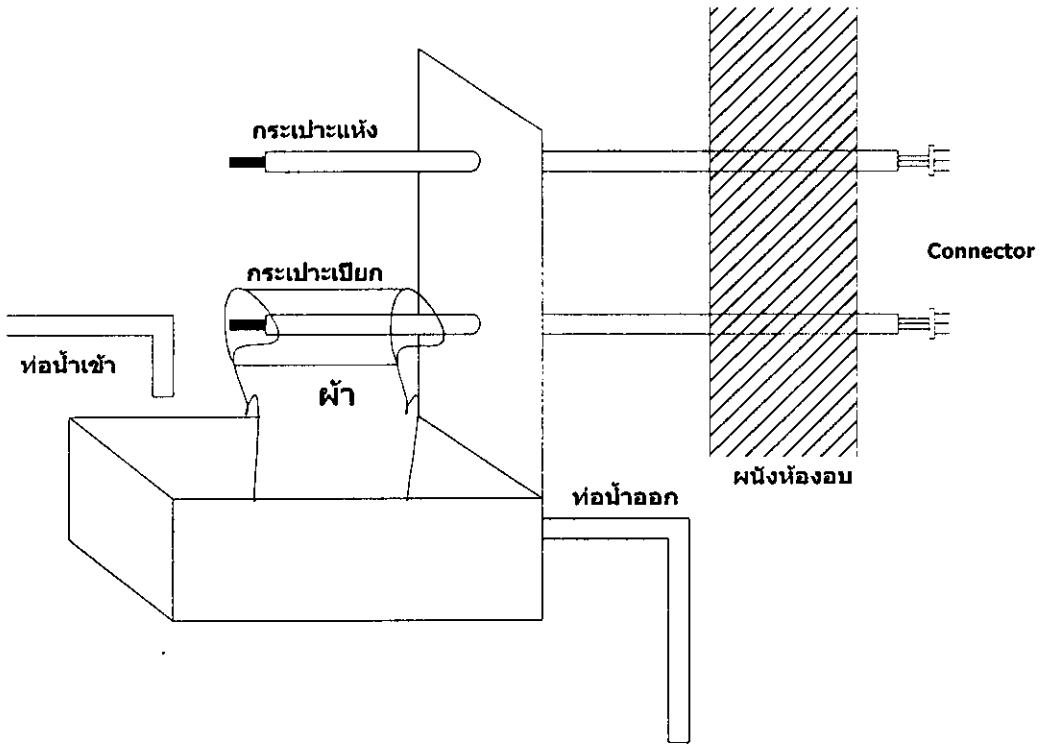
(ที่มา : http://www. dalsemi.com)

ตัวอย่างขั้นตอนการอ่านอุณหภูมิจาก DS1820 โดยข้ามขั้นตอนการอ่าน ROM (ต้องการลดเวลา)

1. Reset DS1820
2. Write Skip ROM Command (CCH)
3. Write Start Convert Command (44H)
4. Wait 500 msec
5. Reset DS1820
6. Write Skip ROM Command (CCH)
7. Read Scratchpad Command (BEH)
8. Read 9 Byte
9. Reset DS1820

การใช้งาน DS1820 สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของเตาอบจะใช้ DS1820 สองตัวต่อหนึ่งเตาอบเพื่อวัดอุณหภูมิที่กระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งดังวิธีการที่ได้อธิบายไปแล้ว

ข้างต้น กระเปาะแห้งจะใช้ DS1820 วัดอุณหภูมิที่อุณหภูมิของห้องอบส่วนกระเปาะเปียกจะใช้ผ้าจุ่มน้ำคลุม DS1820 อีกตัวเพื่อวัดอุณหภูมิของอากาศเปียกแล้วนำค่าที่อ่านได้ส่งมาคำนวณและประมวลผลบน PC การติดตั้ง Sensor ทั้งสองตัวในเตาอบแสดงได้ดังภาพประกอบ 3-8



ภาพประกอบ 3-8 การติดตั้งกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งในเตาอบ

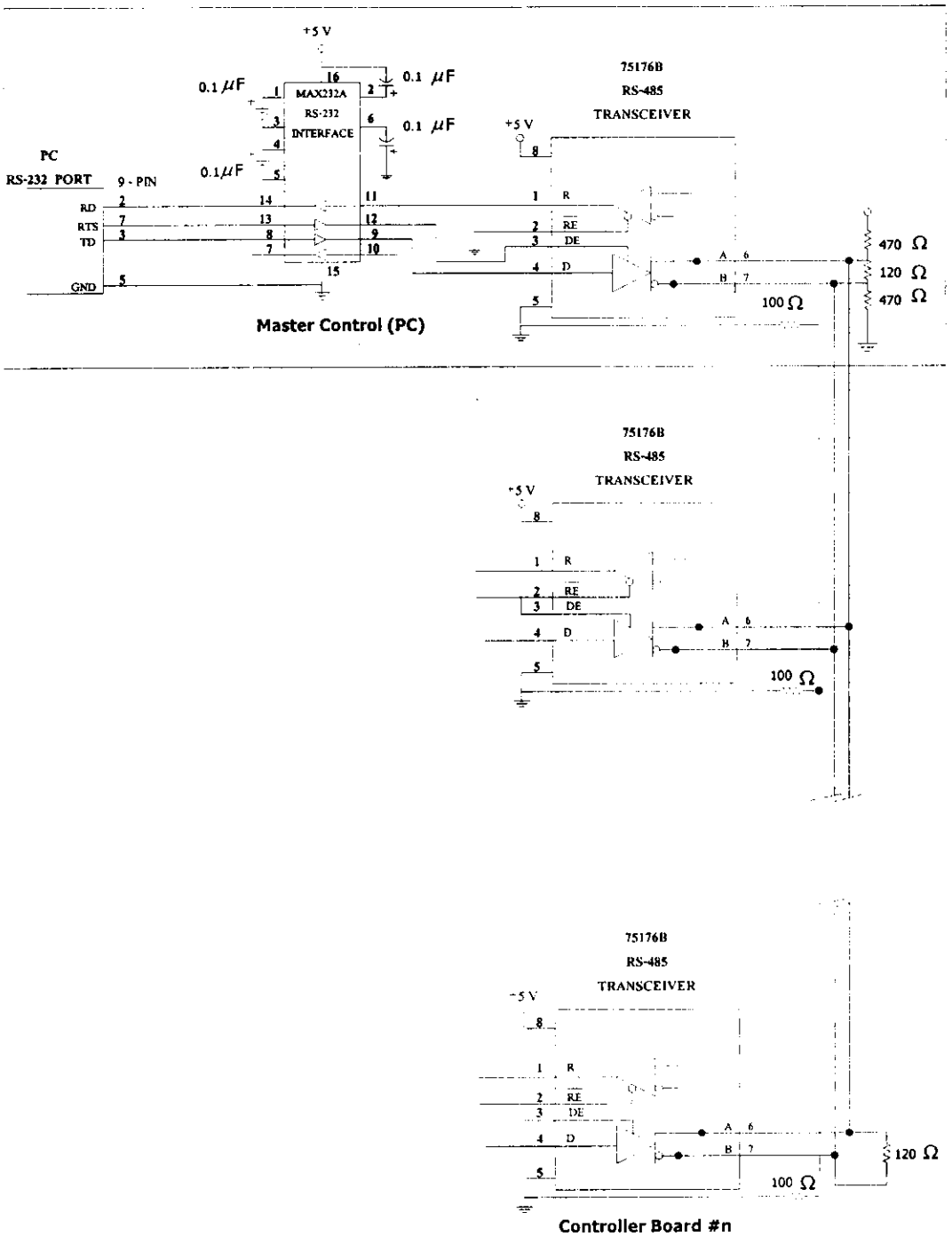
3.2.1.1 การออกแบบระบบควบคุมเตาอบในขั้นตอนทดสอบความใช้ได้ของระบบ

ในขั้นตอนของการออกแบบชุดควบคุมเตาอบไม้นั้นในขั้นตอนเริ่มต้นได้เลือก controller board สำเร็จรูปเพื่อลดเวลาในการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมโดยพิจารณา controller board ของบริษัทอีทีทีจำกัด รุ่น CP-2051 V2 plus ซึ่งมีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการนำมาประยุกต์ใช้เป็นชุดควบคุมเตาอบไม้โดยคุณสมบัติที่น่าสนใจของ CP-2051 V2 plus มีดังนี้คือ (ที่มา : http://www.ett.co.th)

คุณสมบัติทางเทคนิคของบอร์ด CP-2051 V2 plus

- AT89C2051 – 11.0592 MHz
- 128 Bytes RAM ON MCU AT89C2051
- 2 Kbytes FLASH MEMORY ON MCU AT89C2051
- 4 Channel Input opto isolate
- 4 Channel Output relay
- RS485 (SN75176B)
- Watch Dog Timer (DS1232)
- DS1820 Temperature Sensor
- Serial RAM 93XX46, 93XX56
- Size 9 X 10 cm

จากข้อมูลทางด้าน Input / Output ของ CP-2051 V2 plus ออกแบบใช้ Output Relay 4 Channel สำหรับควบคุม 3 Solenoid Valve คือ Heating, Venting, Spraying และอีก 1 Channel สำหรับควบคุมการเปิด/ปิด Motor การติดต่อกับ Sensor วัดอุณหภูมิ (DS1820) ใช้ Input Port จำนวน 2 Port คือ P3.2 และ P3.2 การติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม ใช้ระบบบัสแบบ RS-485 ซึ่งสามารถมีอุปกรณ์ต่อพ่วงบนระบบได้ถึง 32 Node โดยใช้สายสัญญาณเพียงแค่ 2 เส้น ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานในระบบควบคุมเตาอบไม้ การออกแบบการเชื่อมต่อกันเป็นระบบบัสแบบ RS-485 แสดงได้ดังภาพประกอบ 3-9



ภาพประกอบ 3-9 แสดงระบบบัสแบบ RS-485 ของระบบควบคุมเตาอบไม้ยางพารา

เมื่อมองภาพรวมของระบบควบคุมจะเห็นว่า ในแต่ละชุดควบคุมย่อยจะมีส่วนประกอบที่เหมือน ๆ กันในทุก ๆ เตาอบแต่จะมีหมายเลขกำกับของแต่ละเตาอบไม่ตรงกันเพื่อ PC จะได้อ้างอิงการควบคุมได้ โดยหมายเลขของแต่ละเตาอบจะทำการบันทึกไว้ใน ROM ของ AT89C2051 ซึ่งอยู่บนชุดควบคุมของแต่ละเตาอบ ดังนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนชุดควบคุมใหม่จะต้องเปลี่ยน AT89C2051 ที่

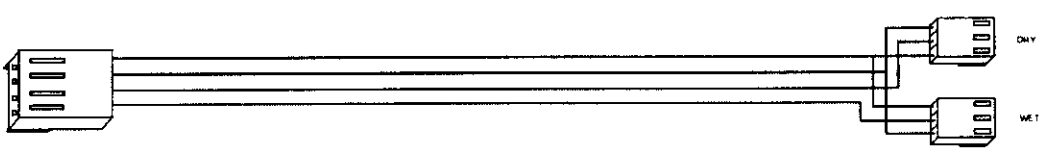
ทำการบันทึกหมายเลขของเตาอบที่ตรงกับหมายเลขของเตาอบนั้นด้วย ถ้ามีการใช้งาน AT89C2051 ที่มีหมายเลขเตาอบที่ตรงกันมากกว่าหนึ่ง จะทำให้หมายเลขนั้นไม่สามารถใช้งานได้ จึงต้องมีความระมัดระวังเมื่อมีการเปลี่ยนชุดควบคุมในส่วนของ AT89C2051 ส่วนอุปกรณ์อื่น ๆ สามารถที่จะใช้แทนกันได้ตามปกติ

ในส่วนของ PC ซึ่งเป็นตัวควบคุมหลัก จะมี Serial Communication Port อยู่โดยจะเป็นแบบ RS-232 จึงต้องมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงจาก RS-485 ↔ RS-232 สาเหตุที่ต้องใช้การสื่อสารอนุกรมแบบ RS-485 เนื่องจากสามารถต่ออุปกรณ์ต่อพ่วงได้ถึง 32 ชุดในขณะที่ RS-232 จะมีการเชื่อมต่อแบบหนึ่งต่อหนึ่ง โดย PC จะทำหน้าที่ เป็นตัวควบคุมหลัก (Master) ส่วนชุดควบคุมทุกชุดจะเป็นตัวรอง (Slave) และจะคอยรับคำสั่งควบคุมจาก PC แล้วจะมีการตอบกลับเมื่อหมายเลขเตาอบตรงกับหมายเลขที่บันทึกไว้ใน ROM ของ AT89C2051

การเชื่อมต่อกับ Sensor วัดอุณหภูมิจะใช้ I/O Port 2 Port ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว Sensor วัดอุณหภูมิ DS1820 ใช้แหล่งจ่ายไฟ 5 VDC และต้องมีการประกอบ DS1820 เข้ากับท่อเพื่อความแข็งแรงและง่ายต่อการติดตั้งเข้ากับเตาอบ ดังภาพประกอบ 3-10 โดยความยาวของท่อสแตนเลสประมาณ 75 เซนติเมตรขึ้นอยู่ความหนาของผนังเตาอบและตำแหน่งที่ติดตั้ง

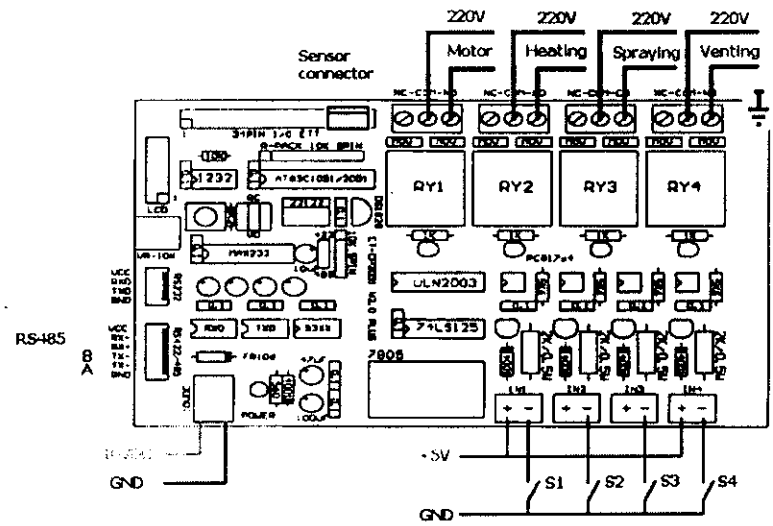
ภาพประกอบ 3-10 ลักษณะของ Sensor วัดอุณหภูมิเมื่อต่อเข้ากับท่อสแตนเลส

อีกส่วนหนึ่งของ Sensor วัดอุณหภูมิคือ สายสัญญาณที่ทำการเชื่อมต่อระหว่างตัว Sensor กับชุดควบคุมทำการเข้าสาย ดังภาพประกอบ 3-11 โดยที่ความยาวของสายประมาณ 8 เมตร



ภาพประกอบ 3-11 การเชื่อมต่อของ Connector ของหัววัดอุณหภูมิ

สำหรับการเชื่อมต่อของชุดควบคุมกับอุปกรณ์ต่าง ๆ แสดงดังภาพประกอบ 3-12



ภาพประกอบ 3-12 ลักษณะการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกของบอร์ดคอนโทรลเลอร์

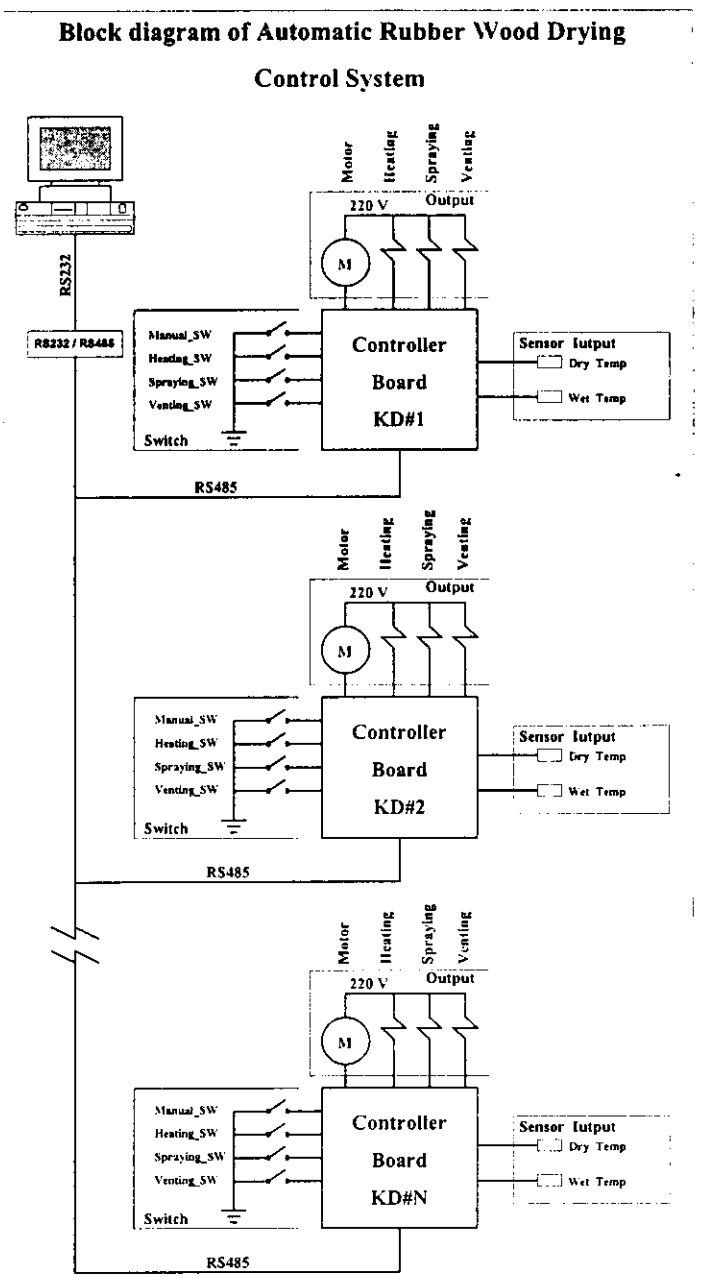
3.2.1.2 การออกแบบระบบควบคุมเตาอบในขั้นตอนปรับปรุงและเป็นต้นแบบ

หลังจากได้ออกแบบระบบควบคุมเตาอบไม้ยางพารา สำหรับขั้นตอนเริ่มต้นเพื่อทดสอบความใช้ได้ของระบบก่อนทำการออกแบบระบบที่สมบูรณ์ในขั้นตอนต่อไป เมื่อทำการทดสอบการอบไม้จริงพบว่า ระบบที่ทำการออกแบบสามารถควบคุมกระบวนการอบไม้ได้ตามตารางการอบไม้ที่ป้อนเข้าสู่ระบบควบคุมเตาอบไม้ยางพารา และได้ทราบถึงปัญหาบางประการเมื่อใช้บอร์ดคอนโทรลเลอร์รุ่น CP2051 V2 plus คือต้องมีการปรับปรุงและดัดแปลงชุดควบคุมค่อนข้างมากเพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างเหมาะสม ประกอบกับการออกแบบวงจรของ CP 2051 V2 Plus ไม่เหมาะสมบางประการเมื่อนำมาใช้เป็นชุดควบคุมเตาอบไม้ยางพาราคือเมื่อชุดควบคุมชุดใดชุดหนึ่งขัดข้องอาจทำให้ระบบทั้งระบบขัดข้องได้ดังเหตุผลต่อไปนี้คือ

- Output Port ของ AT89C2051 ในสถานะ Reset จะเป็นลอจิก '1' ในขณะเดียวกันเมื่อชุดควบคุมต้องการส่งข้อมูลกลับไปให้ PC ทำได้โดยการสั่งให้ P3.7 เป็นลอจิก '1' ในสถานะนี้จะพร้อมในการส่งข้อมูลออกไปบนระบบบัส RS485 ซึ่งจะทำการส่งข้อมูลได้ทีละ Node เท่านั้น ดังนั้นเมื่อ AT89c2051 อยู่ในสถานะ Reset จะทำให้ทุก Node ไม่สามารถทำการสื่อสารกันได้
- Output Relay จะทำงานเมื่อ Input เป็นลอกจิก '1' นั่นคือ Solenoid Valve จะทำงานทุกครั้งที่มีการ Reset ของชุดควบคุมซึ่งไม่เป็นผลดีต่อระบบ

- Input/Output ของชุดควบคุมต้องมีการดัดแปลงและตัดลายวงจรบางจุดเพื่อความเหมาะสม

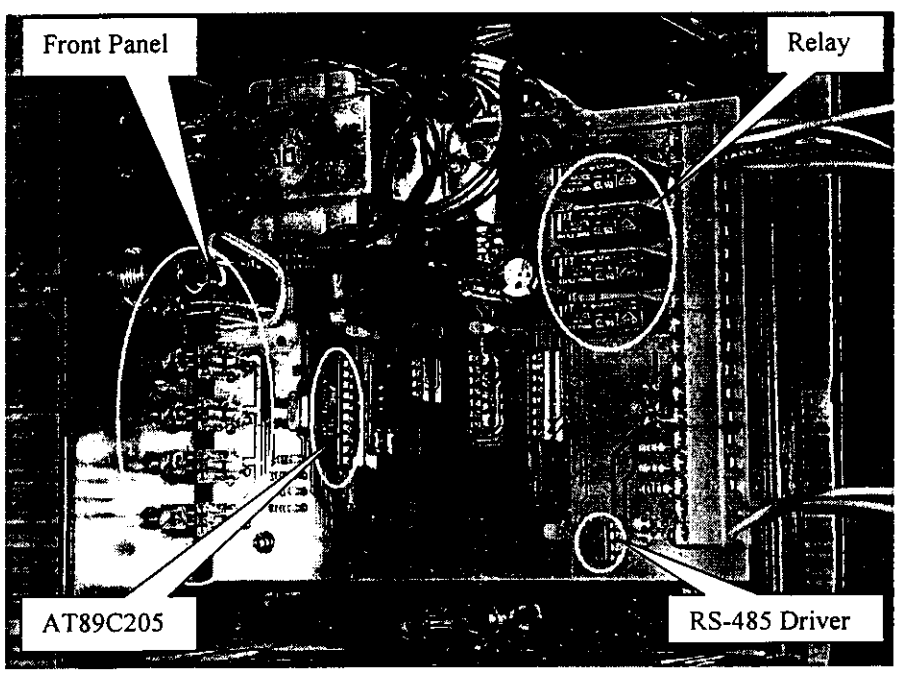
ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวและให้ระบบควบคุมเตาอบไม้เป็นต้นแบบ (Prototype) ในการผลิตเพื่อใช้งานจริง จึงจำเป็นต้องทำการออกแบบวงจรของชุดควบคุมเตาอบไม้ยางพาราใหม่ (ดูภาคผนวก ข) ซึ่งได้ทำการเพิ่มเติมวงจรให้สามารถทำการควบคุมแบบ Manual โดยผู้ดูแลระบบควบคุมเตาอบไม้ยางพาราที่ชุดควบคุมเตาอบไม้ได้ทันที ดัง Block Diagram ในภาพประกอบ 3-13



ภาพประกอบ 3-13 Block Diagram ของระบบควบคุมเตาอบไม้ยางพาราหลังการออกแบบใหม่

วงจรของชุดควบคุมเตาอบไม้ยางพาราที่ทำการออกแบบใหม่ยังคงยึดวงจรเดิมเป็นหลัก เพื่อให้สามารถใช้โปรแกรมเดิมได้หรือแก้ไขน้อยที่สุด ส่วนที่ได้ทำการเพิ่มเติมเข้าไปคือ Not Gate (Hex Inverter 74LS04) เพื่อป้องกันไม่ให้ Relay ทำงานเมื่อมีการ Reset และให้ RS485 Rx/Tx อยู่ในสถานะรับข้อมูลเมื่อมีการ Reset

เพื่อให้สะดวกในการประกอบแผ่นวงจรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ไว้ในกล่อง จึงได้ทำการออกแบบแผ่นวงจรให้เหมาะสมกับกล่องและอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น หม้อแปลง สวิตช์ ฯลฯ เพื่อให้แน่ใจว่าในการใช้งานจริงและในอนาคตจะสามารถหากล่องที่เหมาะสมกับแผ่นวงจรที่ทำการออกแบบได้ จึงเลือกกล่องสำเร็จรูปของ ฟิวเจอร์คิท รุ่น FB 10 (ขนาด 139x140x60 มม.) ชุดควบคุมเตาอบไม้ยางพาราต้นแบบซึ่งประกอบเสร็จสมบูรณ์พร้อมทำการติดตั้งแสดงดังภาพประกอบ 3-14



ภาพประกอบ 3-14 ชุดควบคุมเตาอบไม้ยาพาราต้นแบบ

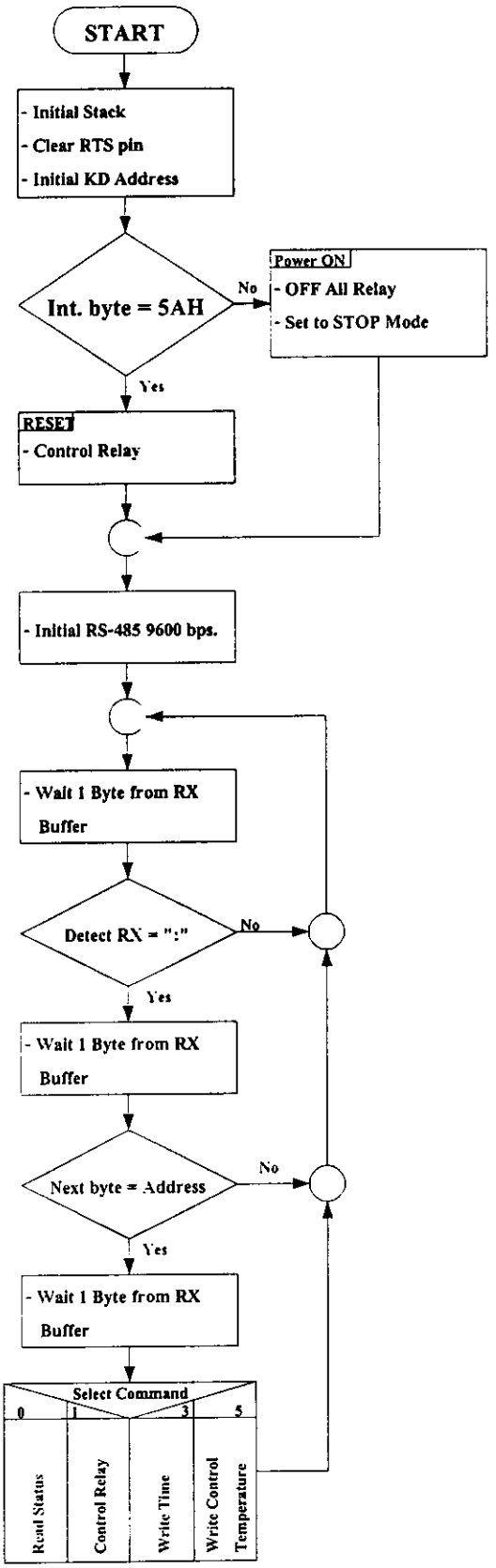
3.2.1.3 การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของชุดควบคุมเตาอบไม้ยางพารา

หลังจากทำการออกแบบและปรับปรุงจนได้ชุดควบคุมเตาอบไม้ที่เหมาะสมกับกระบวนการอบไม้ยางพาราแล้วนั้น ได้ทำการปรับปรุงและพัฒนาโปรแกรมควบคุมเตาอบไม้ยางพารา โดยเลือกใช้ภาษา Assembly ในการพัฒนาโปรแกรมเนื่องจาก AT89C2051 Microcontroller มีทรัพยากรให้ใช้งานอย่างจำกัดและต้องการการประมวลผลที่เร็วพอกับการเชื่อมต่อเข้าด้วยกันเป็นแบบเครือข่ายจึง เลือกใช้การพัฒนาโปรแกรมโดยใช้ภาษา Assembly ซึ่งโครงสร้างการทำงานของโปรแกรมหลัก ๆ แสดงดังภาพประกอบ 3-15 อธิบายการทำงานได้ดังนี้คือ เริ่มต้นโปรแกรมโดย

การตั้งค่าการทำงานต่าง ๆ เช่น Stack Pointer Address หลังจากนั้นจะตรวจสอบว่าชุดควบคุมถูก Reset โดยการเริ่มเปิดระบบใหม่หรือถูก Reset จาก Watchdog Timer โดยใช้หลักการที่คล้ายคลึงกับการตรวจสอบ Boot Record ของแผ่น Floppy Disk ว่าตรวจพบข้อมูลที่อ่านได้จากตำแหน่งที่ระบุไว้แล้วว่าเท่ากับ 5A หรือไม่ถ้าเป็น 5A นั่นหมายความว่าชุดควบคุมถูก Reset โดย Watchdog Timer เนื่องจากเมื่อมีการสั่งเริ่มอบไม้จะมีการบันทึกค่า 5A ไว้ในตำแหน่งที่ระบุไว้ซึ่งโอกาสที่ค่า 5A จะเกิดขึ้นแบบสุ่มนั้นมีโอกาสน้อยมาก ด้วยวิธีการนี้จะทำให้ชุดควบคุมสามารถทำงานต่อไปได้ทันทีอย่างถูกต้องโดยไม่จำเป็นต้องสั่งงานจากคอมพิวเตอร์ หลังจากนั้นชุดควบคุมจะตั้งค่าความเร็วในการสื่อสารที่ 9600 BPS และคอยตรวจสอบข้อมูลที่รับได้จาก Asynchronous Register ว่ามี Address ตรงกับ Address ที่ชุดควบคุมถูกตั้งไว้หรือไม่ถ้าใช่ก็จะถอดรหัสคำสั่งที่ได้รับและทำตามคำสั่ง เช่น

- "0" เป็นคำสั่งอ่านอุณหภูมิของเตาอบและสถานะต่าง ๆ ของเตาอบ
- "1" เป็นคำสั่งควบคุม Solenoid Valve
- "3" เป็นการบันทึกเวลาของขั้นตอนการอบไม้ (วัน/ชั่วโมง)
- "5" เป็นการตั้งค่าอุณหภูมิของเตาอบที่ต้องการ

ซึ่งจะอธิบายโดยละเอียดต่อไปในหัวข้อ 3.2.3 การออกแบบโพรโตคอลการสื่อสาร



ภาพประกอบ 3-15 Flow chart การทำงานของโปรแกรมของชุดควบคุมเตาอบไม้ยางพารา

3.2.2 การออกแบบระบบควบคุมหลัก

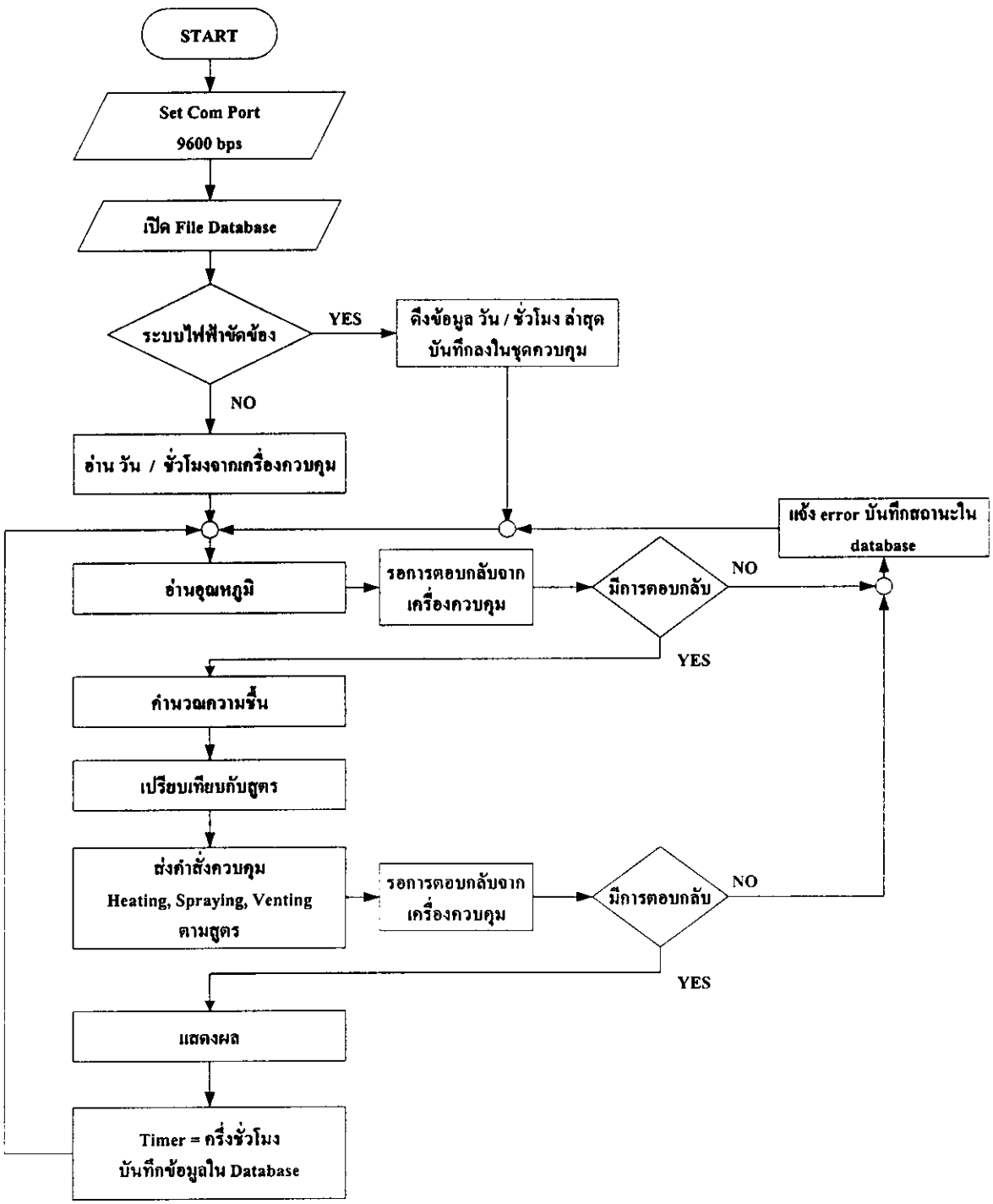
ระบบควบคุมหลักทำงานอยู่บนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ซึ่งทำหน้าที่เป็นทั้งโปรแกรมควบคุมหลัก เป็นฐานข้อมูลให้กับระบบ (ตารางการอบไม้และข้อมูลต่าง ๆ ระหว่างการอบไม้) และเป็นส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานในรูปแบบกราฟฟิก ซึ่งทำให้ผู้ใช้มีความสะดวกมากยิ่งขึ้น เนื่องจากผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องมีความรู้ทางด้านการใช้งานคอมพิวเตอร์มากนักก็สามารถศึกษาและควบคุมการทำงานของระบบควบคุมเตาอบไม้ยางพาราได้โดยไม่ยากนักและผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องจำคำสั่งและโพรโตคอลต่างๆในการสื่อสารกับชุดควบคุมเตาอบไม้ยางพารา หลักการทำงานของโปรแกรมจะใช้ Timer (Software Timer) เป็นตัวควบคุมขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ ของโปรแกรม เนื่องจากโปรแกรมมีการทำงานอยู่บนระบบปฏิบัติการ Windows ซึ่งมีการทำงานแบบ Multitasking จึงไม่สามารถเขียนโปรแกรมให้วน Loop แบบ Forever Loop ได้ (คอมพิวเตอร์จะทำงานค้าง) การทำงานของโปรแกรมโดยภาพรวมแสดงได้ดังภาพประกอบ 3-16

การทำงานของโปรแกรมควบคุมหลักเริ่มต้นจากการตั้งค่าเริ่มต้นต่าง ๆ ดังนี้คือ

- Initialize Communication Port (RS-485)
- Open Database (Data and Formula)
- Initialize KD wood (ดึงข้อมูลขนาดหน้าไม้ที่อบอยู่ของแต่ละเตาอบ)
- Initial KD status = Start Up (ตั้งค่าเริ่มต้นให้ทุกเตาอบอยู่ในโหมด Start Up เพื่อตรวจสอบสถานะก่อนที่จะทำการเริ่มต้นของโปรแกรม)
- Initialize Timer (ควบคุมขั้นตอนการทำงานโดยใช้ Timer)

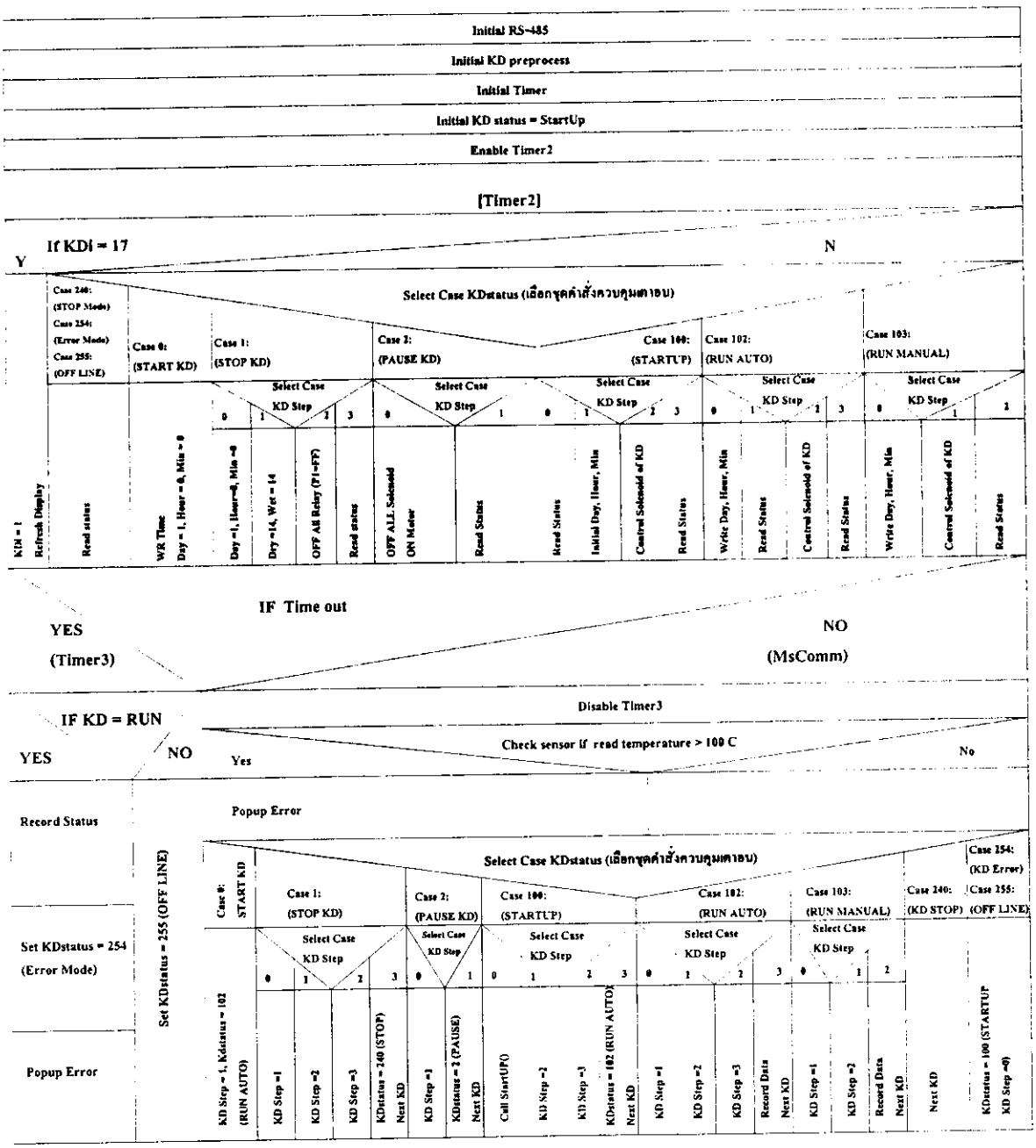
ขั้นตอนต่อไปโปรแกรมจะเริ่มต้นระบบโดยอ่านค่าสถานะของแต่ละเตาอบ ถ้าเตาอบเตาใดมีสถานะเป็น STOP ก็จะทำการตรวจสอบในฐานข้อมูลว่าได้มีการบันทึกข้อมูลสถานะการอบไว้หรือไม่ เนื่องจากถ้าเกิดระบบไฟฟ้าขัดข้องที่เตาอบ PC จะไม่สามารถติดต่อกับเตาอบได้ PC ก็จะทำการบันทึกสถานะสุดท้ายของเตาอบก่อนที่โปรแกรมจะถูกปิดเนื่องจากไม่มีระบบไฟฟ้าขัดข้อง เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะปกติเตาอบจะถูกตั้งค่าให้อยู่ในสถานะ STOP ถ้าพบว่าไม่มีการบันทึกข้อมูลสถานะการอบไม้ไว้ในฐานข้อมูลแสดงว่ามีการเปิดระบบของเตาอบตามปกติเพื่อเตรียมการเริ่มอบใหม่แต่ถ้าพบว่ามีการบันทึกสถานะสุดท้ายว่าเตาอบกำลังอยู่ระหว่างการอบไม้โปรแกรมจะดึงข้อมูลสถานะสุดท้ายของการอบไม้และทำการสั่งงานให้เตาอบทำการอบไม้ต่อจากขั้นตอนล่าสุดทันที หลังจากนั้นจะทำการตรวจสอบวัน/เวลา ของกระบวนการอบไม้ของแต่ละเตาอบแล้วทำการดึงสูตรการอบไม้ ณ วัน/เวลานั้นสำหรับใช้ในการควบคุมกระบวนการอบไม้ต่อไป หลักการตรวจสอบสถานะของเตาอบจะทำโดย PC จะส่งคำสั่งอ่านสถานะของเตาอบแล้วรอการตอบกลับจากเตาอบ ถ้าไม่มีการตอบกลับภายในเวลา 2 วินาที PC ก็จะแจ้งสถานะของเตาอบนั้นว่า OFF LINE ซึ่งอาจจะ

หมายถึง เตาอบนั้นเกิดเหตุขัดข้องทางระบบไฟฟ้าอยู่หรืออาจจะยังไม่ได้ทำการ ON Power ที่เตาอบก็ได้



ภาพประกอบ 3-16 Flow chart การทำงานโดยภาพรวมของโปรแกรมหลัก

ขั้นตอนต่อไป PC จะทำงานแบบ Polling กล่าวคือจะทำการวนซ้ำเพื่ออ่านค่าสถานะของแต่ละเตาอบ (รวมถึงเตาอบที่ปิดอยู่ เพื่อตรวจสอบว่ามีการ ON Breaker ที่เตาอบเพื่อพร้อมที่จะทำการเริ่มอบไม้ในกระบวนการต่อไป) และทำการเปรียบเทียบกับสูตรที่มีอยู่ว่าข้อมูลที่อ่านได้จากเตาอบตรงตามสูตรหรือไม่ แล้วทำการควบคุม Solenoid Valve เพื่อปรับค่าให้เป็นไปตามสูตร ขั้นตอนของการควบคุมจะเป็นไปตามขั้นตอนแบบ Nassi - Shneiderman Diagram ดังภาพประกอบ 3-17



ภาพประกอบ 3-17 Nassi - Shneiderman Diagram ของโปรแกรมควบคุมหลัก

3.2.3 การออกแบบโพรโตคอลการสื่อสาร

เนื่องจากการสื่อสารระหว่างโปรแกรมควบคุมหลักซึ่งทำงานอยู่บน PC กับโปรแกรมควบคุมเตาอบเป็นการสื่อสารแบบอนุกรมและเป็นแบบ Half Duplex การควบคุมและการสื่อสารจึงเป็นไปในลักษณะ Master/Slave โดยที่ PC จะเป็น Master และชุดควบคุมเตาอบทุกตัวจะเป็น Slave ซึ่งจะมีการส่งข้อมูลก็ต่อเมื่อมีการร้องขอมาจาก PC ซึ่งเป็น Master เท่านั้นลักษณะรูปแบบของชุดข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสารจะคล้ายกับ Modbus Protocol ในแบบ ASCII Mode กล่าวคือจะเริ่มต้นคำสั่งหรือข้อมูลด้วย ":" ตามด้วย Address, Function Code และ Data Item แต่จะปิดท้ายชุดคำสั่งหรือข้อมูลด้วย "#" แทน CR+LF ซึ่งสามารถแจกแจงได้โดยละเอียดดังนี้คือ

ตาราง 3-2 รวมคำสั่งในการติดต่อกับชุดควบคุมเตาอบ

Function code	คำอธิบาย	ตัวอย่างการใช้งาน
0	อ่านค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกกระเปาะแห้ง และสถานะของ Solenoid Valve **TX --> :A0#** **RX --> :A0TTWWCCDDHHMMXXYYZZ#** **A = Address** **0 = Command** **TT = Dry temp.** **WW = Wet temp.** **CC = Relay status** **DDHHMM = Day:Hour:Minute** **XX = Control Dry.** **YY = Control Wet** **ZZ = Manual Switch (18h)**	:10# (อ่านค่าสถานะของเตาที่ 1)
1	คำสั่งควบคุม Solenoid Valve **TX --> :A1FC#** **RX --> :A1#** **A = Address** **1 = Command** **FC = Relay status** **F -> Alway F** **C -> Invert status of relay.**	:11F0# (ควบคุมเตาที่ 1 ทุก solenoid Valve ON)

ตาราง 3-2 รวมคำสั่งในการติดต่อกับชุดควบคุมเตาอบ (ต่อ)

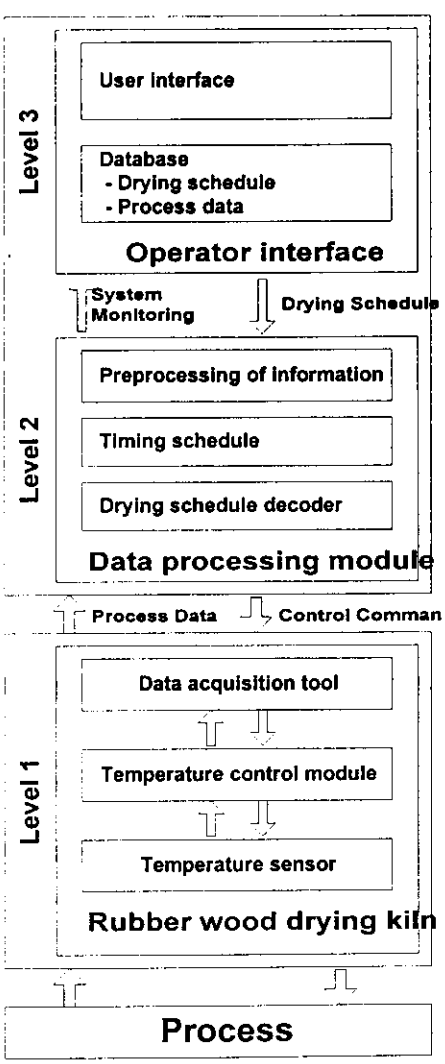
Function code	คำอธิบาย	ตัวอย่างการใช้งาน
2	คำสั่งสงวนไว้ (Reserve)	-
3	บันทึกเวลาการอบไม้ **TX --> :A3DDHHMM#** **RX --> :A3#** **A = Address** **3 = Command** **DDHHMM = Day:Hour:Minute**	:13030405# (บันทึกเวลาของเตาที่1 วันที่ 03 ชั่วโมงที่ 04 และนาทีที่ 05)
4	คำสั่งสงวนไว้ (Reserve)	-
5	ตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการควบคุม **TX --> :A5TTWWCC#** **RX --> :A5#** **A = Address** **5 = Command** **TT = Dry temp.** **WW = Wet temp.** **CC = Relay status**	:158C78F0# (ตั้งค่าอุณหภูมิของเตาที่ 1 เท่ากับ 70°C และกระเปาะเปียกเท่ากับ 60°C ทุก Relay ON)

ในส่วนของโปรแกรมควบคุมหลักจะแบ่งออกเป็นคำสั่งต่าง ๆ และมีหมายเลขของคำสั่งกำหนดไว้เมื่อต้องการให้โปรแกรมทำงานตามคำสั่งใดก็เพียงแค่ส่งผ่านหมายเลขคำสั่งที่ต้องการและข้อมูลของคำสั่งนั้นเข้าสู่โปรแกรม ด้วยวิธีการนี้จะทำให้โปรแกรมสามารถควบคุมชุดควบคุมเตาอบไม้ยางพาราในแต่ละเตาให้เป็นไปตามตารางการอบไม้ที่ต้องการได้ ในขณะเดียวกันผู้ดูแลเตาอบสามารถที่จะสั่งงานควบคุมอุณหภูมิของเตาอบและสถานะต่าง ๆ ของ Solenoid Valve ในแต่ละเตาอบได้โดยตรงโดยไม่จำเป็นต้องเดินไปทำที่หน้าเตาอบ

3.3 โครงสร้างของระบบควบคุมโดยภาพรวม

ระบบควบคุมเตาอบไม้ยางพาราสามารถแบ่งโครงสร้างออกได้เป็น 3 ระดับด้วยกันคือ ระดับบนสุด (Level 3 – Operator Interface) ระดับนี้เป็นส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานซึ่งถูกออกแบบให้ผู้ดูแลระบบสามารถเรียนรู้และใช้งานโปรแกรมได้อย่างไม่ยากนักด้วย Graphic User Interface

(GUI) ซึ่งมีรูปแบบการใช้งานที่เหมือนกับโปรแกรมประยุกต์ทั่วๆไปที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows การทำงานของระดับนี้จะรวมถึงการติดต่อกับฐานข้อมูลของระบบ การทำงานในระดับกลาง (Level 2 – Data Processing Module) การทำงานในระดับนี้เป็นกระบวนการทำงานที่แฝงอยู่ภายในโปรแกรมบน PC ซึ่งจะทำหน้าแปลผลลัพธ์จากชุดควบคุมเตาอบเป็นข้อความซึ่งสามารถเข้าใจได้ให้แก่ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน ทำหน้าที่ดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลซึ่งเป็นสูตรการอบไม้และส่งต่อการควบคุมให้แก่ชุดควบคุมและควบคุมการทำงานในส่วนต่างๆของโปรแกรมให้เป็นไปตามขั้นตอนที่ถูกต้อง ระดับล่างสุด (Level 1 – Rubber Wood Drying Kiln) การทำงานในส่วนนี้เป็นการทำงานของชุดควบคุมเตาอบไม้ซึ่งจะควบคุมเตาอบไม้โดยตรงการทำงานในส่วนนี้ควบคุมการทำงานโดยไมโครคอลโทรลเลอร์และสื่อสารกับโปรแกรมควบคุมหลักโดยผ่าน RS-485 ดังภาพประกอบ 3-18



ภาพประกอบ 3-18 โครงสร้างของระบบควบคุมเตาอบไม้ยางพาราอัตโนมัติแบบลำดับชั้น

3.4 สรุปท้ายบท

เนื้อหาโดยภาพรวมของบทนี้จะเป็นเนื้อหาของการออกแบบและพัฒนาซึ่งจะกล่าวถึงในเชิงเทคนิคสำหรับข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการออกแบบและการใช้งานโปรแกรมควบคุมเตาอบไม้ยางพาราอัตโนมัติได้แสดงไว้โดยละเอียดในภาคผนวก เนื้อในบทที่ 4 ได้กล่าวถึงผลการทดสอบระบบควบคุมเตาอบไม้ยางพาราอัตโนมัติ ซึ่งได้จากการทดสอบการอบไม้ในโรงอบไม้จริงเป็นเวลาประมาณ 3 เดือน รวมถึงวิธีการทดสอบและค่าเริ่มต้นในการทดสอบได้อธิบายไว้เช่นกัน