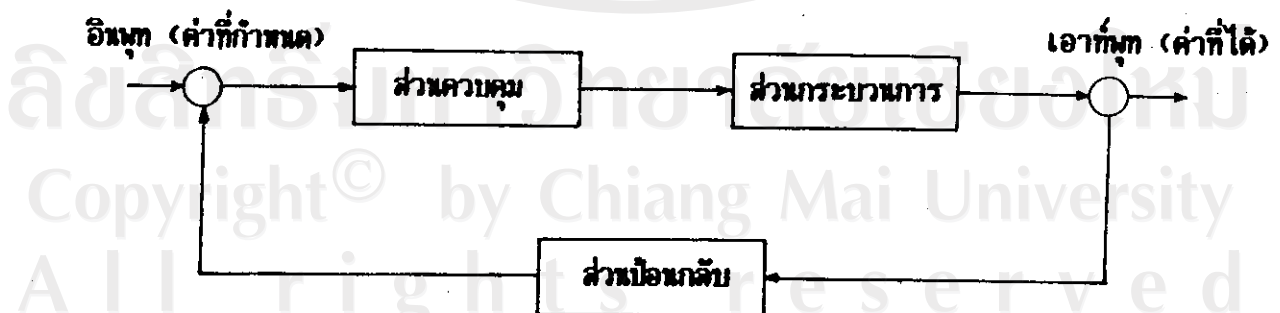


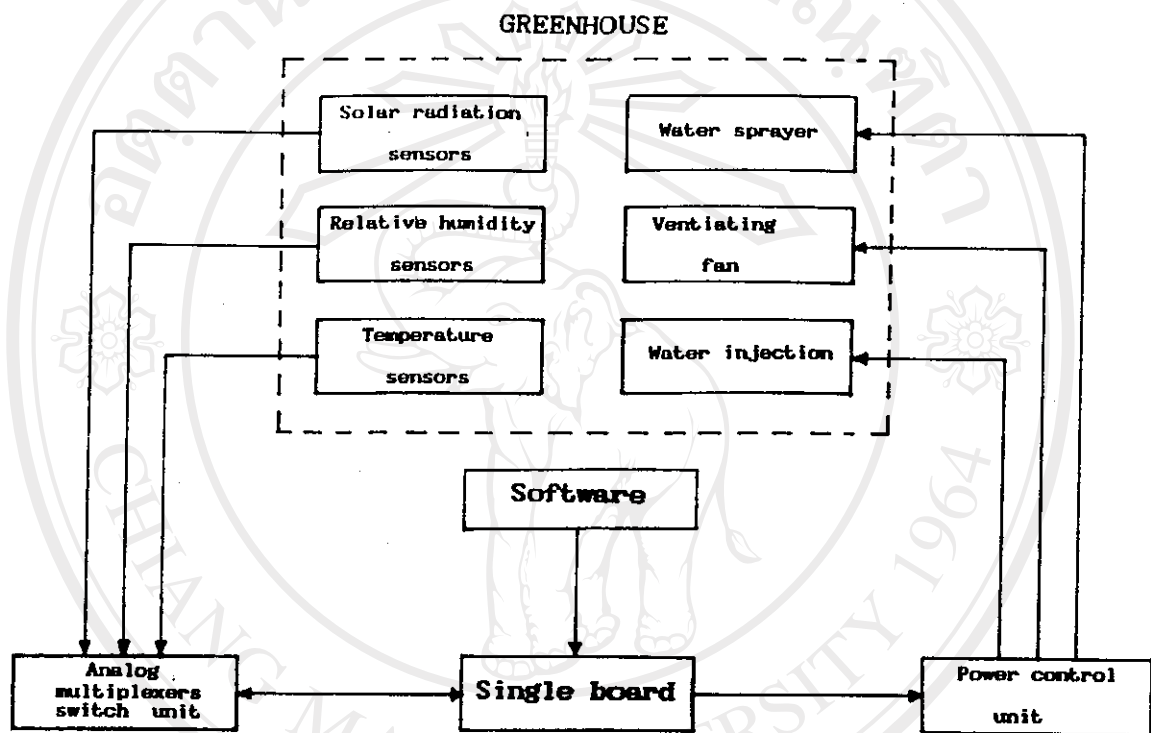
บทที่ 3 อุปกรณ์และการออกแบบสร้าง

ในการทดลองได้ออกแบบสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน เพื่อให้เหมาะสมในการปลูกพืช ซึ่งในประเทศไทยยังไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากต้องใช้ต้นทุน วิชาการ และเทคโนโลยีสูง แต่ในประเทศต่างๆ เช่น เนเธอร์แลนด์ สหรัฐอเมริกา อังกฤษ และญี่ปุ่น ฯลฯ ได้มีการศึกษาและปลูกพืชในโรงเรือนกันอย่างแพร่หลาย ส่วนในประเทศไทย เพื่อส่งเสริมให้มีการศึกษาและปลูกพืชในโรงเรือนกันมากขึ้น ในงานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบสร้างอุปกรณ์ ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือน ให้มีราคาถูกและมีประสิทธิภาพหาได้ง่ายในประเทศไทย ซึ่งเหมาะแก่สภาพแวดล้อมของประเทศ รวมทั้งการบำรุงรักษา และยังสะดวกต่อการใช้งานอีกด้วย

ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ที่สร้างเป็นระบบควบคุมแบบปิด ซึ่งมีความสำคัญมากในปัจจุบัน เพราะสามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติ หลักการสำคัญของระบบนี้คือ นำเอาที่พื้ที่ได้กลับมาเปรียบเทียบกับอิพุทว่าถูกต้องตามต้องการหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้องสัญญาณที่แตกต่างระหว่างอินพุทกับเอาที่พื้ จะถูกนำมาใช้กับระบบควบคุมอีกครั้งจนกว่าความแตกต่างจะเป็นศูนย์ จุดประสงค์สำคัญของระบบนี้ เพื่อที่จะให้ความแตกต่างระหว่างอินพุทกับเอาที่พื้มีค่าน้อยที่สุด อาจเขียนเป็นผังแสดงการทำงานของระบบได้ดังรูปที่ 3.1 และ 3.2



รูปที่ 3.1 แสดงการทำงานของระบบควบคุมแบบปิด



รูปที่ 3.2 แสดงระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน

จากรูปที่ 3.1 และ 3.2 ส่วนสำคัญของระบบประกอบด้วยส่วนสำคัญต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

3.1 ส่วนควบคุม (Controller)

ทำหน้าที่ควบคุมการทำการต่าง ๆ ให้เป็นไปตามขั้นตอน โดยใช้ซีพียูบอร์ดมาทำหน้าที่ส่วนนี้ จะทำหน้าที่รับค่าอินพุต แล้วควบคุมส่วนกระบวนการ ให้ทำงานตามขั้นตอน แล้ววัดค่าเอาต์พุต มาเปรียบเทียบกับอินพุตว่าเป็นไปตามต้องการหรือไม่ ถ้ายังไม่เป็นไปตามต้องการจะปรับกระบวนการของส่วนกระบวนการให้ได้ผลค่าใหม่ จนกว่าผลการเปรียบเทียบเป็นไปตามความต้องการ

ส่วนควบคุมประกอบด้วยส่วนใหญ่ ๆ 2 ส่วนคือ

3.1.1 ซิงเกิลบอร์ด (Single board) การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนมีตัวแปรที่ต้องควบคุมคือ อุณหภูมิและความชื้น และเพื่อเตรียมการไว้ควบคุมตัวแปรอื่น ๆ อีก การควบคุมโดยมนุษย์ อาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดมาก ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ใช้ระบบควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ ซึ่งปัจจุบันคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทอย่างมากในชีวิตประจำวันของมนุษย์ อาจกล่าวได้ว่ากิจกรรมทุกอย่างของมนุษย์ล้วนเกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ซิงเกิลบอร์ดเป็นส่วนควบคุมหลัก ซึ่งมีคุณสมบัติเหมือนกับไมโครคอมพิวเตอร์ทั่วไป แต่มีส่วนต่าง ๆ อยู่บนบอร์ดเดียวกัน ได้แก่ ซีพียู ซึ่งใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ Z-80 หน่วยแสดงผลใช้ 7-Segment หน่วยรับข้อมูลใช้คีย์บอร์ดขนาดเล็กประมาณ 20-30 คีย์ และหน่วยความจำใช้ Semiconductor memory ซึ่งมีขนาด 2-8 Kbytes ภาษาที่ใช้ถูกจำกัดให้อยู่ในระดับต่ำ คือภาษาเครื่อง หรือภาษาแอสเซมบลี จึงทำให้การทำงานเป็นไปได้เร็วกว่าใช้ภาษาในระดับสูง ซึ่งโครงสร้างพื้นฐานของซิงเกิลบอร์ดแสดงได้ดังรูปที่ 3.3 รายละเอียดของวงจรแสดงในรูปที่ ผ.ข.1 และ 2



รูปที่ 3.3 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของซิงเกิลบอร์ด

สำหรับพื้นฐานทั่ว ๆ ไปของระบบซิงเกิลบอร์ดประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังรูป ซึ่งพอจะแบ่งได้ 4 ส่วนคือ

1. หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์ (Arithmetic and Logic Unit - ALU) เป็นส่วนที่อยู่ภายในตัวไมโครโปรเซสเซอร์ มีหน้าที่เกี่ยวกับการคำนวณทางคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์ เช่น การบวก การลบ การ AND OR และ XOR เป็นต้น

2. **หน่วยควบคุม (Control Unit - CU)** เป็นหน่วยที่อยู่ภายในตัวไมโครโปรเซสเซอร์ โดยมีหน้าที่ควบคุมการทำงานของหน่วยต่าง ๆ เช่นหน่วยรับส่งข้อมูล หรือ หน่วยความจำ เพื่อทำงานได้อย่างถูกต้อง โดยหน่วยนี้จะรับคำสั่งเข้ามาแปล และส่งสัญญาณไปยังหน่วยต่าง ๆ ให้ปฏิบัติ เช่น ในกรณีที่ไมโครโปรเซสเซอร์ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำก็จะส่งสัญญาณเกี่ยวกับการติดต่อหน่วยความจำออกไป ตัวอย่างของสัญญาณนี้ในไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80 คือ MREQ และถ้าต้องการข้อมูลจากหน่วยความจำก็จะส่งสัญญาณ Read มายังหน่วยความจำนั้นและถ้าต้องการส่งข้อมูลเข้าไปเก็บไว้ในหน่วยความจำก็จะส่งสัญญาณ Write ในหน่วยความจำนั้น

3. **หน่วยความจำ (Memory Unit - MU)** เป็นส่วนเก็บข้อมูลหรือโปรแกรมที่ผู้ใช้ป้อนเข้าไป โดยจะต้องมีตำแหน่งในการเก็บข้อมูลหรือโปรแกรมนั้นอย่างแน่นอน ซึ่งเรียกว่าแอดเดรส และข้อมูลที่เก็บอยู่ในแอดเดรสนั้นเรียกว่า Data หน่วยความจำนี้อาจแบ่งออกได้เป็น 2 อย่างด้วยกันคือ ROM (Read only memory) และ RAM (Random access memory) คุณสมบัติของ ROM กับ RAM ต่างกันตรงที่ว่า ROM นั้น ไมโครโปรเซสเซอร์สามารถอ่านข้อมูลได้อย่างเดียว ส่วน RAM ไมโครโปรเซสเซอร์สามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้

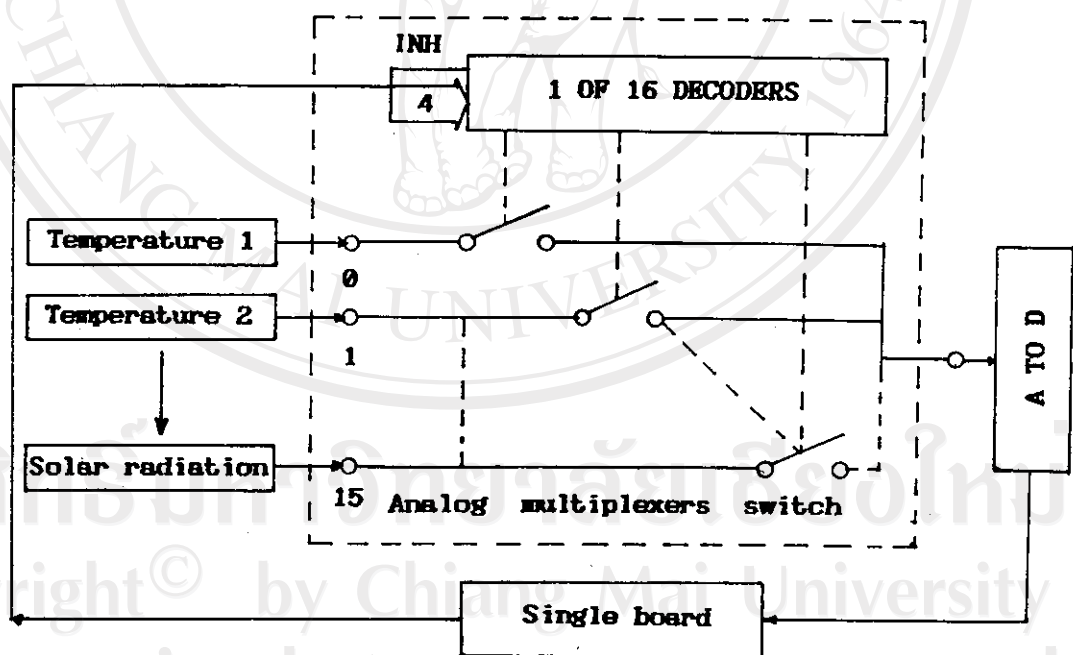
4. **หน่วยรับและส่งข้อมูล (I/O Port Unit)** เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่ติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์กับโลกภายนอก เช่น การที่เราจะป้อนข้อมูลหรือโปรแกรมเข้าไปในเครื่องต้องผ่านคีย์บอร์ด และถ้าเครื่องคอมพิวเตอร์ต้องการแสดงผลข้อมูลให้เราดูก็จะนำข้อมูลปรากฏบนจอ นอกจากคีย์บอร์ดและจอแล้ว ยังมีอุปกรณ์อื่น ๆ อีกมากมายที่เป็นอุปกรณ์ทางหน่วยรับ และส่งข้อมูล

3.1.2 **วงจรอินเตอร์เฟซ** วงจรอินเตอร์เฟซหมายถึงการเชื่อมต่อระหว่างซีงเกิลบอร์ดกับอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งประกอบด้วยวงจรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

1) **อะนาล็อกสวิตช์มัลติเพล็กซ์ (Analog multiplexers switch)** เป็นอุปกรณ์ชนิดใหม่ที่สร้างขึ้นบนชิ้นสารกึ่งตัวนำ หรือทำการแปรรูป (Fabricate) เหมือนเป็นไอซีชนิดหนึ่ง ถ้าเปรียบเทียบกับอะนาล็อกสวิตช์มัลติเพล็กซ์กับรีเลย์ขนาดเล็ก (Reed relay) รีเลย์ก็ยังมีข้อดีอยู่คือขดลวดรีเลย์กับหน้าสัมผัสแยกจากกันทางไฟฟ้า, หน้าสัมผัสทนแรงดันได้หลายร้อยโวลต์, ค่าความต้านทานของหน้าสัมผัสขณะปิดวงจรจะมีค่าต่ำ แต่อย่างไรก็ดีอะนาล็อกสวิตช์มัลติเพล็กซ์มีข้อดีหลายประการ เช่น ลักษณะการทำงานของอะนาล็อกสวิตช์มัลติเพล็กซ์ใช้แทนรีเลย์ได้ รวมทั้งความเร็วในการสวิตช์สูงกว่า, ไม่มีปัญหาหน้าสัมผัส, ไม่ทำให้เกิดปัญหาบัลลิสต์แอก (Bounce), อายุการใช้

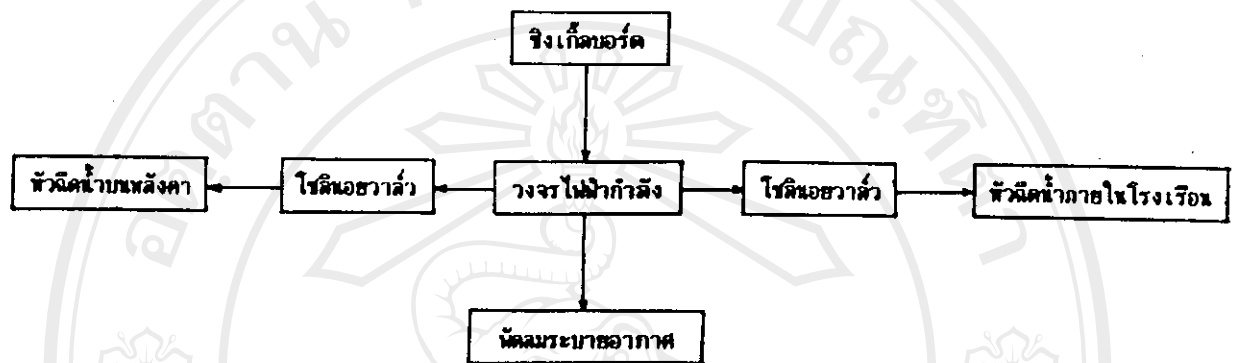
งานที่มากกว่า, ไม่มีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นและประกอบอยู่บนไอซีขนาดเล็ก ทำให้ใช้งานได้ง่ายซึ่งในการทดลองครั้งนี้ใช้ไอซีเบอร์ CD 4067 เป็นอะนาล็อกสวิตช์มัลติเพล็กซ์ สำหรับรายละเอียดของไอซีอยู่ในภาคผนวก ค

ลักษณะการทำงานของอะนาล็อกสวิตช์มัลติเพล็กซ์ (ไอซีเบอร์ CD 4067) ใช้แรงดันควบคุมสวิตช์ในการปิดเปิดและเป็นสัญญาณทางดิจิทัล ซึ่งแรงดันที่ลอจิกระดับค่าหนึ่งจะทำให้สวิตช์ปิดวงจร ส่วนอีกระดับค่าหนึ่งทำให้สวิตช์เปิดวงจร ดังนั้นต้องมีส่วนควบคุมการทำงานเพื่อให้การใช้งานอยู่ในระดับลอจิกที่เราต้องการ เช่น ระดับ 0 กับ 5 โวลต์ และการใช้งานในการทดลองนี้ได้ต่อกับซิงเกิ้ลบอร์ดโดยตรงดังรูปที่ 3.4 โดยใช้โปรแกรมเลือกสวิตช์การทำงานอีกทอดหนึ่ง

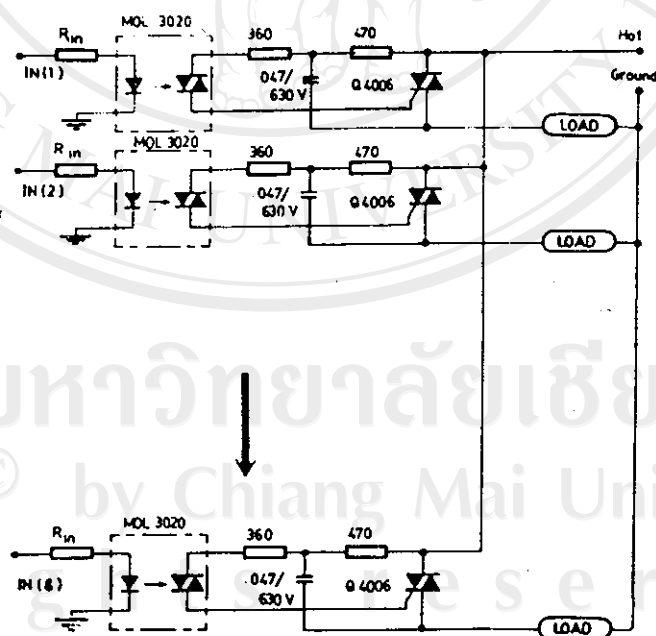


รูปที่ 3.4 แสดงการทำงานของอะนาล็อกสวิตช์มัลติเพล็กซ์

2) วงจรควบคุมไฟฟ้ากำลัง (Power control) เป็นวงจรทำหน้าที่เปิดเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยอาศัยสัญญาณไฟฟ้าจากซิงเกิ้ลบอร์ด ในการทดลองครั้งนี้อุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดมี 3 ชนิด สำหรับการออกแบบได้ทำไว้ 8 ช่องทาง (แสดงดังรูปที่ 3.5 และ 3.6) เพื่อสะดวกสำหรับเพิ่มประสิทธิภาพของระบบควบคุมต่อไป



รูปที่ 3.5 แสดงระบบควบคุมไฟฟ้ากำลัง



รูปที่ 3.6 แสดงวงจรควบคุมไฟฟ้ากำลัง

จากรูปที่ 3.6 ไอซี OPTO # MOL 3020 เป็นตัวรับสัญญาณของซิงเกิ้ลบอร์ดมาควบคุม (หรือ) การทำงานของไทรแอด ในการเปิดเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งรายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ค

3) วงจรแปลงผิวนอะนาลอกเป็นดิจิตอล เป็นวงจรที่ประมวลผลสัญญาณในรูปแบบสัญญาณต่อเนื่องโดยวงจรใช้ไอซีเบอร์ ADC 0804 ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณจากวงจรตรวจวัดแสงแดดและอุณหภูมิ ให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิตอล เพื่อส่งต่อไปยังซีงเกิ้ลบอร์ดให้ประมวลผลต่อไป สำหรับรายละเอียดของวงจรแสดงในรูปที่ ผ.ท.3

4) โปรแกรม (Software) ประกอบด้วยโปรแกรมต่าง ๆ ดังนี้

ก. โปรแกรมควบคุมการทดลอง ใช้โปรแกรมภาษาแอสเซมบลีของ Z-80 ควบคุมการทำงานของซีงเกิ้ลบอร์ด ให้สามารถทำงานตามวิธีการทดลองต่าง ๆ ซึ่งมีทั้งหมด 7 โปรแกรมคือ

1. โปรแกรมหลัก เป็นโปรแกรมที่ใช้เลือกโปรแกรมการทดลองต่าง ๆ ซึ่งการทำงานของโปรแกรมเป็นไปตามผังงานแสดงในรูปที่ 3.7 (รายละเอียดโปรแกรมหน้า 89)

2. โปรแกรมที่ 1 เป็นโปรแกรมการทดลองวัดค่า ความเข้มแสงแดด อุณหภูมิและความชื้นเมื่อหลังคาแห้ง โดยเก็บข้อมูลทุก ๆ 2 นาที ซึ่งการทำงานของโปรแกรมเป็นไปตามผังงานแสดงดังรูปที่ 3.8

3. โปรแกรมที่ 2 เป็นโปรแกรมการทดลองวัดค่า ความเข้มแสงแดด อุณหภูมิและความชื้นเมื่อหลังคาเปียกชื้น โดยฉีดน้ำบนหลังคา 2 นาทีต่อหนึ่งครั้ง ใช้เวลาในการฉีดน้ำครั้งละ 8 วินาที จะทำให้หลังคามีสถานะพอเปียกชื้น และเก็บข้อมูลทุก ๆ 2 นาที ซึ่งการทำงานของโปรแกรมเป็นไปตามผังงานดังรูปที่ 3.9

4. โปรแกรมที่ 3 เป็นโปรแกรมการทดลองลดและเพิ่มอุณหภูมิและความชื้น เมื่อหลังคาแห้ง โดยฉีดน้ำภายในโรงเรือนครั้งละ 8 นาที แล้วจึงหยุดฉีดน้ำ 16 นาที อย่างต่อเนื่องตลอดการทดลอง สำหรับการทดลองนี้มีการระบายอากาศตามธรรมชาติ และเก็บข้อมูลทุก ๆ 1 นาที ซึ่งการทำงานของโปรแกรมเป็นไปตามผังงานแสดงในรูปที่ 3.10

5. โปรแกรมที่ 4 เป็นโปรแกรมการทดลองลดและเพิ่มอุณหภูมิและความชื้น เมื่อหลังคาเปียกชื้น ซึ่งมีวิธีการทดลองคือ ฉีดน้ำบนหลังคา 2 นาที ต่อหนึ่งครั้ง ใช้เวลาในการฉีดน้ำ 8 วินาที พร้อมกับฉีดน้ำภายในโรงเรือนต่อเนื่อง 8 นาที แล้วจึงหยุดฉีดน้ำ 16 นาที และ

เก็บข้อมูลทุก ๆ 1 นาที สำหรับโปรแกรมนี้ทำการทดลองได้ 2 วิธีคือ ระบายอากาศตามธรรมชาติ ตลอดการทดลอง และเปิดพัดลมระบายอากาศในเวลาหยุดฉีดน้ำภายในโรงเรือน ส่วนการทำงานของโปรแกรมเป็นไปตามผังงานดังรูปที่ 3.11

6. โปรแกรมที่ 5 เป็นโปรแกรมการทดลองควบคุมอุณหภูมิ สำหรับการทำงานของโปรแกรมเป็นไปตามผังงานดังรูปที่ 3.12 และเก็บข้อมูลทุก ๆ 1 นาที ซึ่งวิธีการทดลองมีดังต่อไปนี้

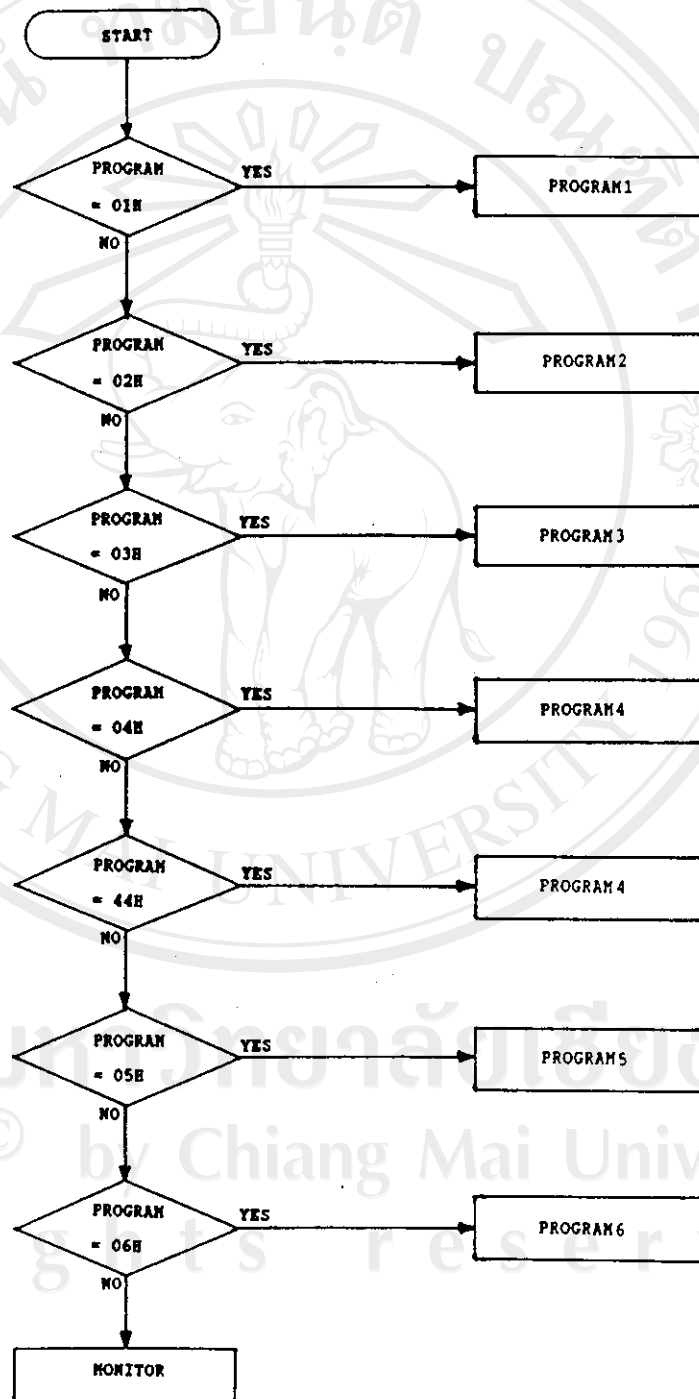
- ฉีดน้ำบนหลังคา 2 นาที ต่อหนึ่งครั้ง ซึ่งเวลาในการฉีดน้ำมีค่าเปลี่ยนไปตามแสงแดด ที่ตกกระทบบนโรงเรือน แสดงดังตารางที่ 3.1 (เพื่อให้หลังคาพอเปียกชื้น)
- ฉีดน้ำภายในโรงเรือน เมื่ออุณหภูมิสูงกว่าค่าที่กำหนด และหยุดฉีดน้ำเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าหรือเท่ากับอุณหภูมิที่กำหนด

ตารางที่ 3.1 แสดงเวลาในการฉีดน้ำบนหลังคาที่ความเข้มแสงแดดมีค่าต่าง ๆ กัน

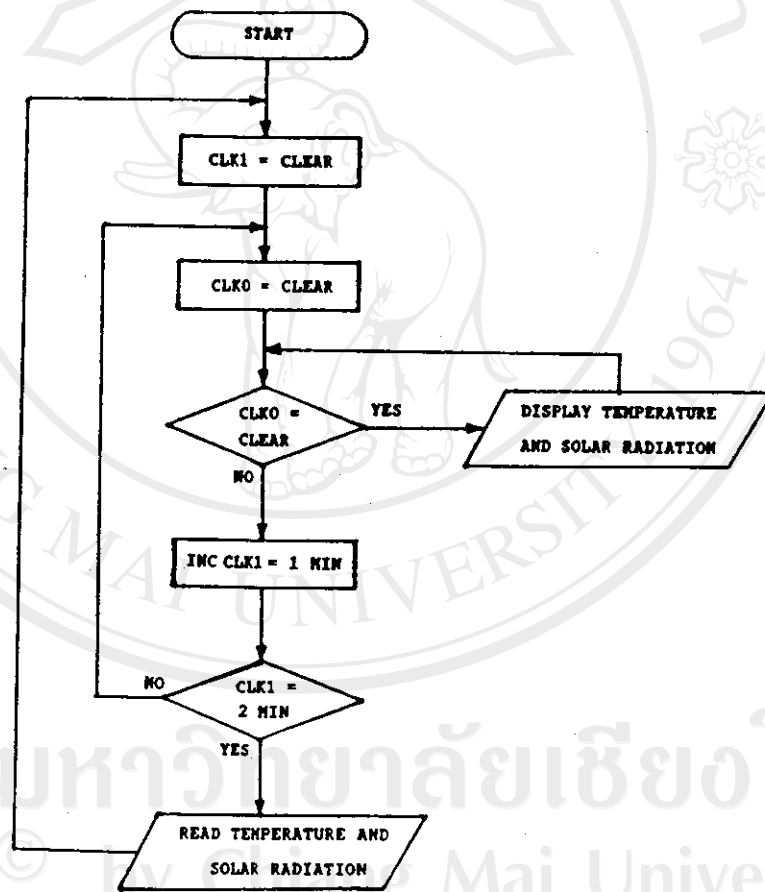
ความเข้มแสงแดด (W/m^2)	เวลาในการฉีดน้ำบนหลังคา (sec)
0 - 200	1
201 - 400	2
401 - 600	3
601 - 800	4
มากกว่า 800	5

7. โปรแกรมที่ 6 เป็นโปรแกรมการทดลองควบคุมความชื้น และการทำงานของโปรแกรมเป็นไปตามผังงานดังรูปที่ 3.13 โดยเก็บข้อมูลทุก ๆ 1 นาที ซึ่งมีวิธีการทดลองดังนี้

- ฉีดน้ำบนหลังคามีเงื่อนไขเช่นเดียวกับการทดลองควบคุมอุณหภูมิ
- ฉีดน้ำในโรงเรือน เมื่อความชื้นมีค่าต่ำกว่าหรือเท่ากับค่าความชื้นต่ำสุดที่กำหนด
- เปิดพัดลมระบายอากาศ เมื่อความชื้นมีค่าสูงกว่าความชื้นสูงสุดที่กำหนด
- หยุดฉีดน้ำภายในโรงเรือนพร้อมปิดพัดลมระบายอากาศ เมื่อความชื้นมีค่ามากกว่าความชื้นต่ำสุดที่กำหนด หรือน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าความชื้นสูงสุด

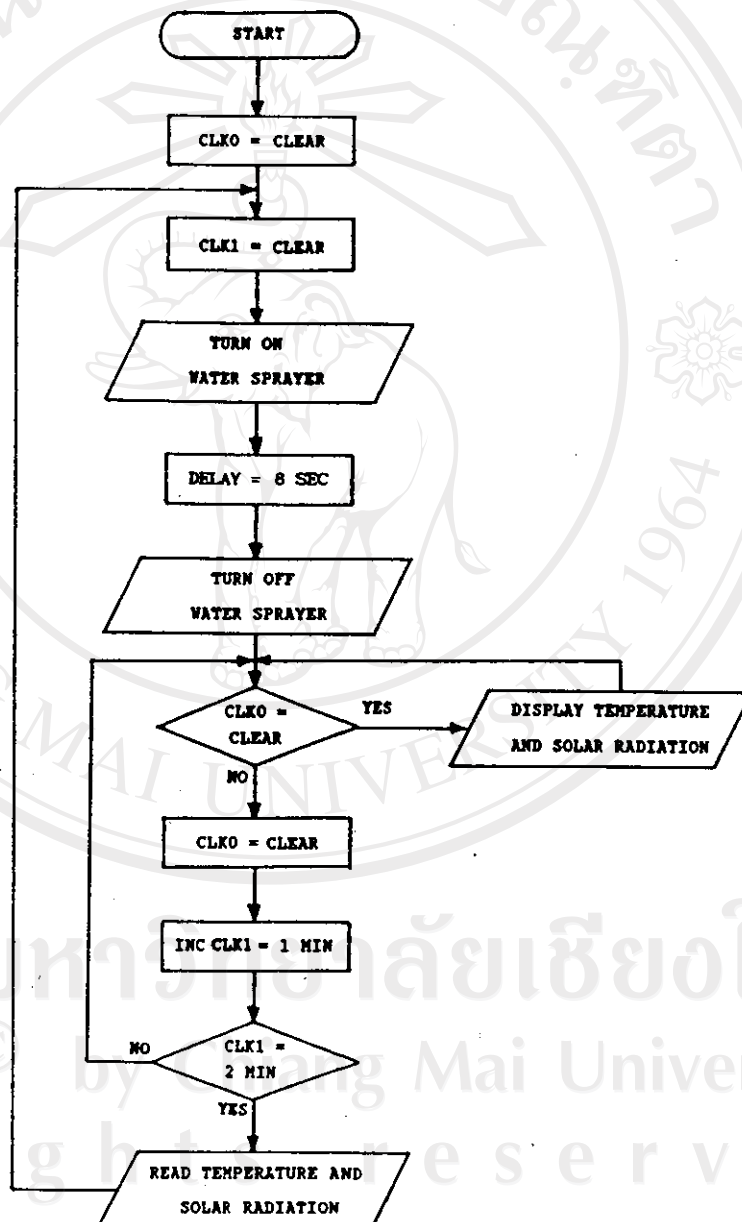


รูปที่ 3.7 แสดงผังงานของโปรแกรมหลัก

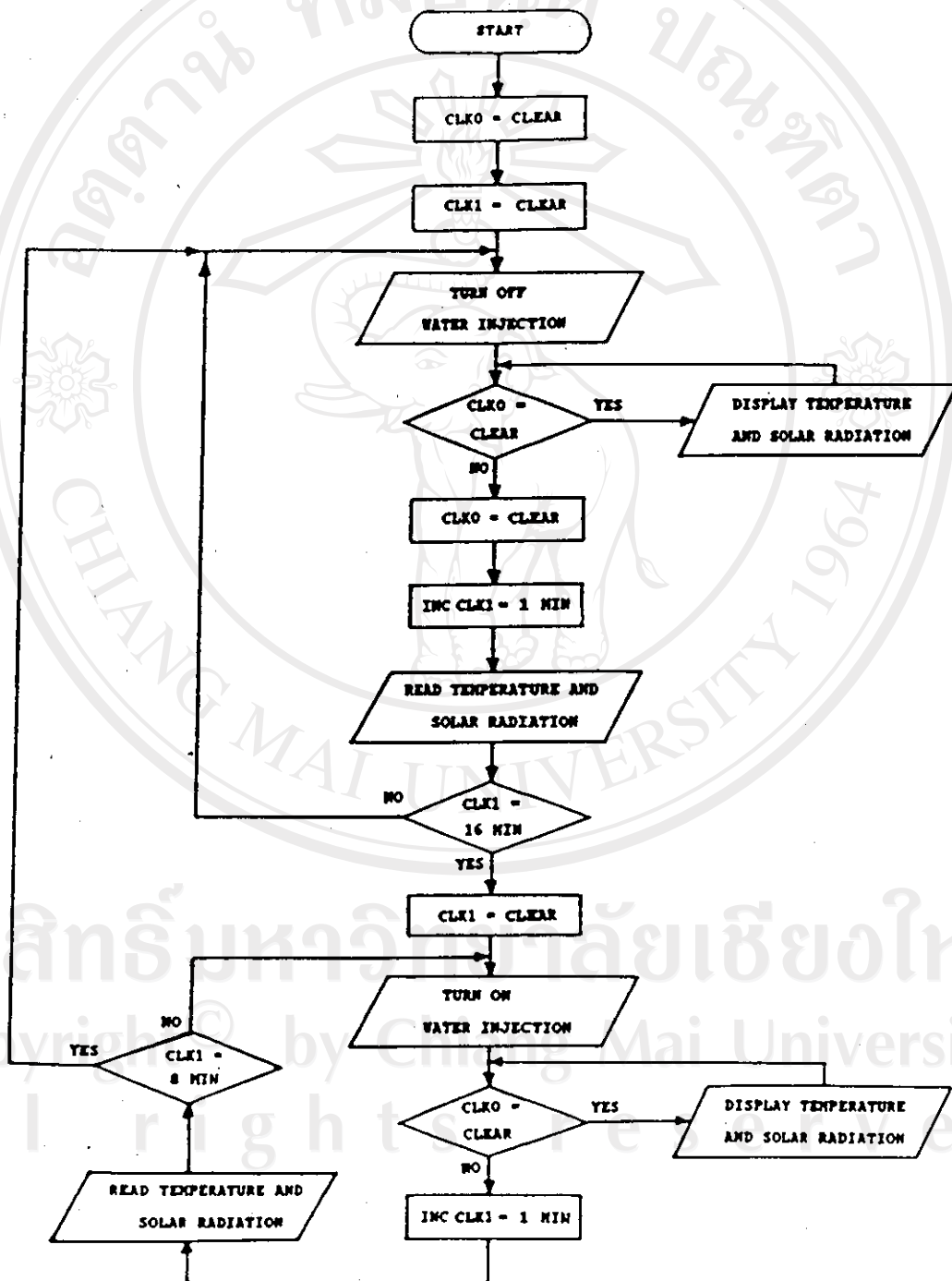


รูปที่ 3.8 แสดงผังงานของโปรแกรมที่ 1

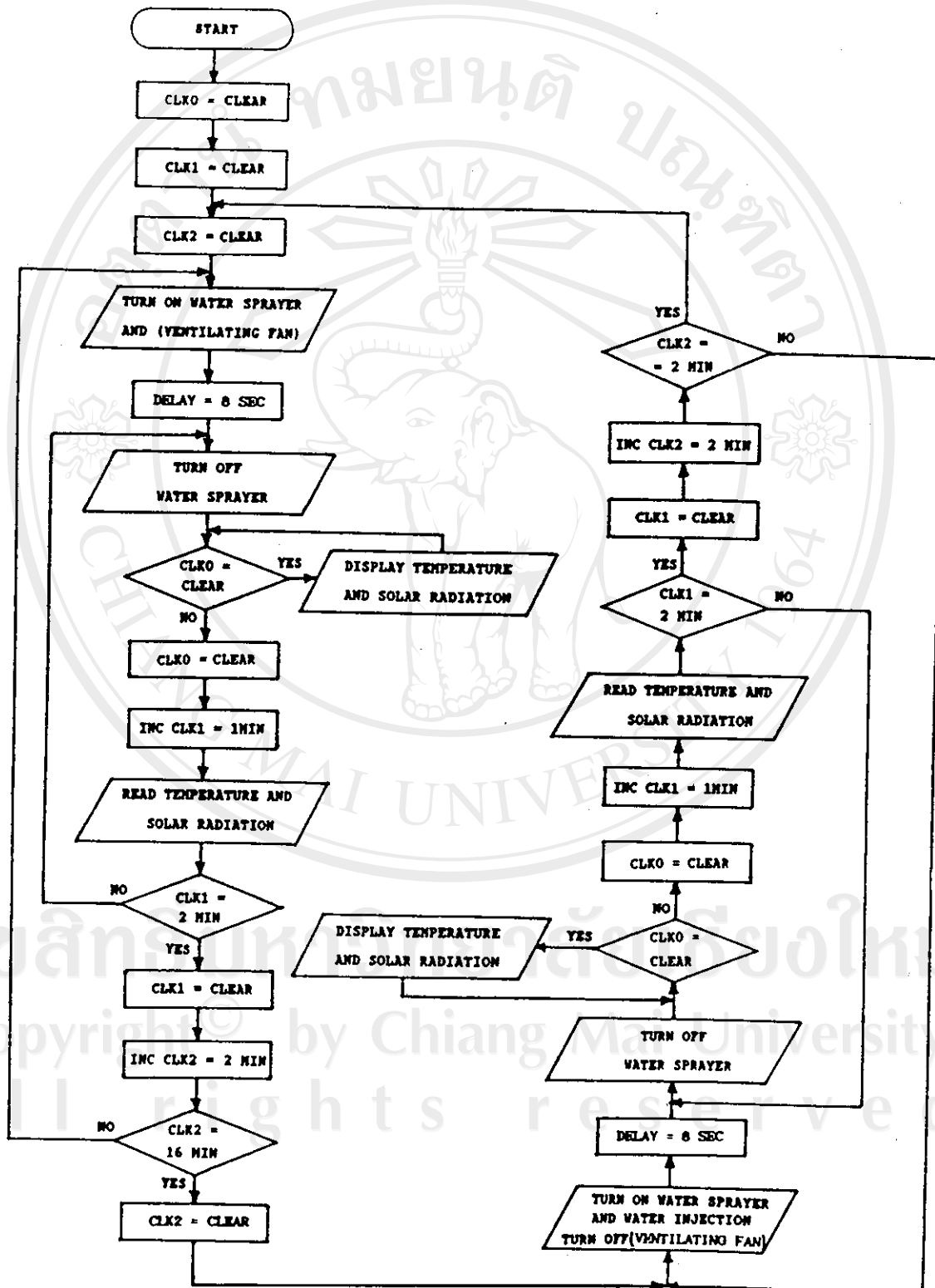
การทดลองเก็บความเข้มแสงแดด อุณหภูมิและความชื้น เมื่อพรางคาน้ำ



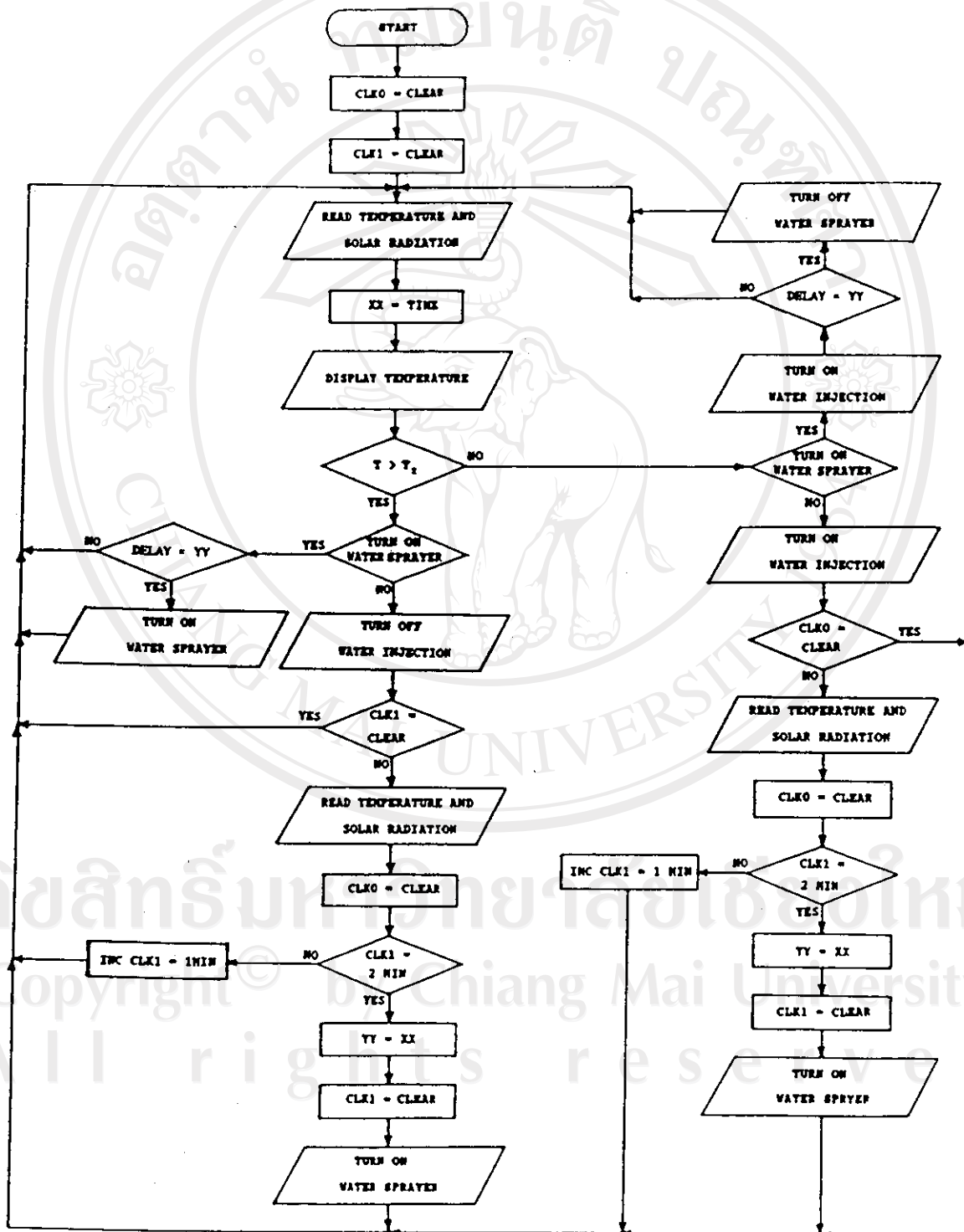
รูปที่ 3.9 แสดงผังงานของโปรแกรมที่ 2
การทดลองเก็บความเข้มแสงแดด อุณหภูมิและความชื้น เมื่อหลังคาเปียก



รูปที่ 3.10 แสดงผังงานของโปรแกรมที่ 3
การลดและเพิ่มอุณหภูมิและความชื้นเมื่อหลังคาเปียก

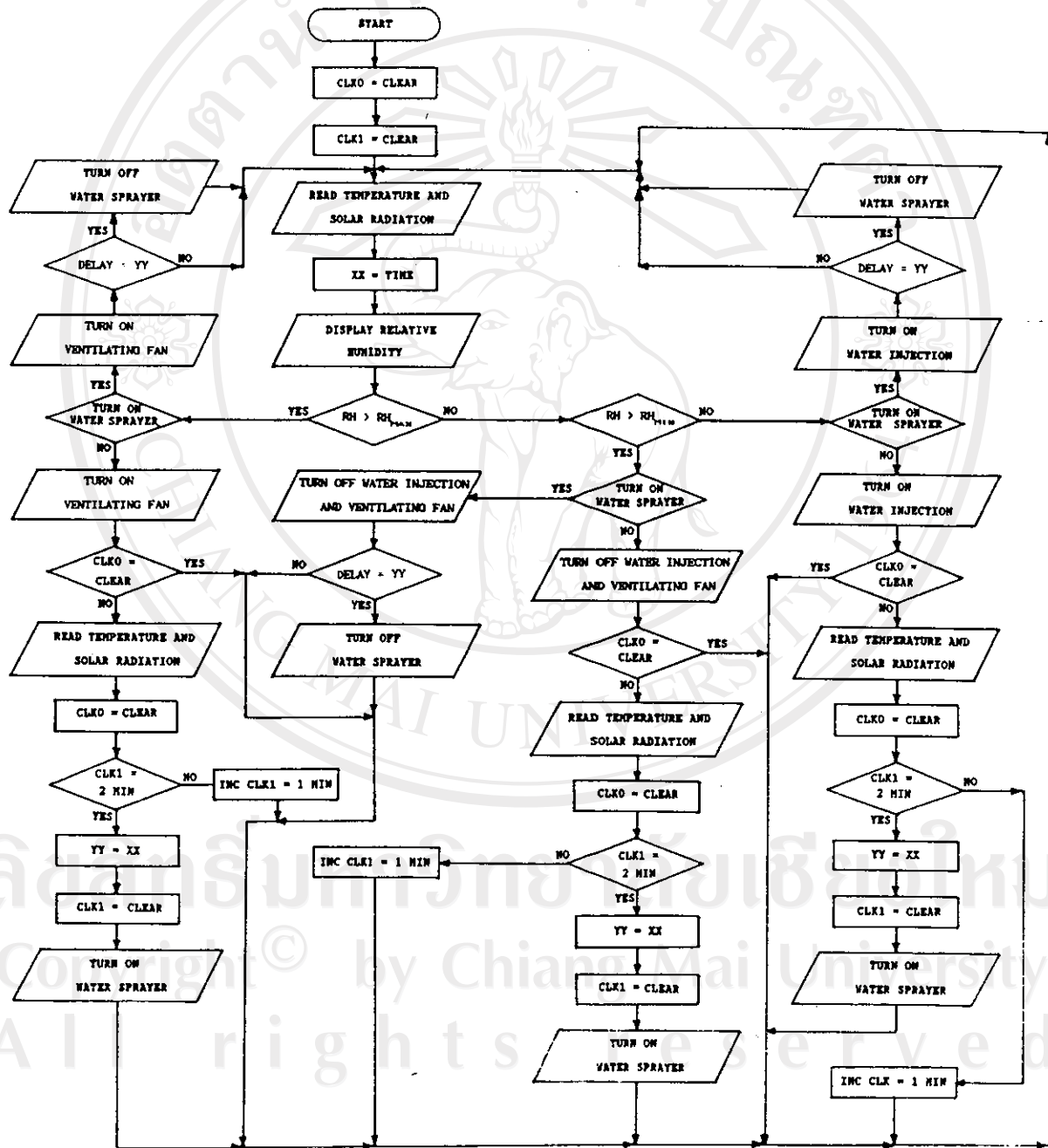


รูปที่ 3.11 แสดงผังงานของโปรแกรมที่ 4
การลดและเพิ่มอุณหภูมิและความชื้นเมื่อปลั่งคาแห้ง



รูปที่ 3.12 แสดงมืงงานของโปรแกรมที่ 5

การควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 3.13 แสดงผังงานของโปรแกรมที่ 6
การควบคุมความชื้น

ข. โปรแกรมส่งข้อมูล ใช้โปรแกรมภาษาแอสแซมบลีของ Z-80 (รายละเอียดของโปรแกรมแสดงไว้หน้า 117) สำหรับการส่งข้อมูลจากซิงเกิลบอร์ดไปสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ ไอบีเอ็มพีซี/เอ็กซ์ที โดยใช้หน่วยรับส่งข้อมูลของไอซีเบอร์ 8255 #1 (ดังรูปที่ ผ.ข.3) เป็นทางในการส่งข้อมูล ซึ่งการติดต่อสื่อสารเพื่อส่งข้อมูลเป็นแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) และส่งข้อมูลแบบอนุกรม คือสามารถส่งข้อมูลได้ทางเดียว (Simplex) เท่านั้น

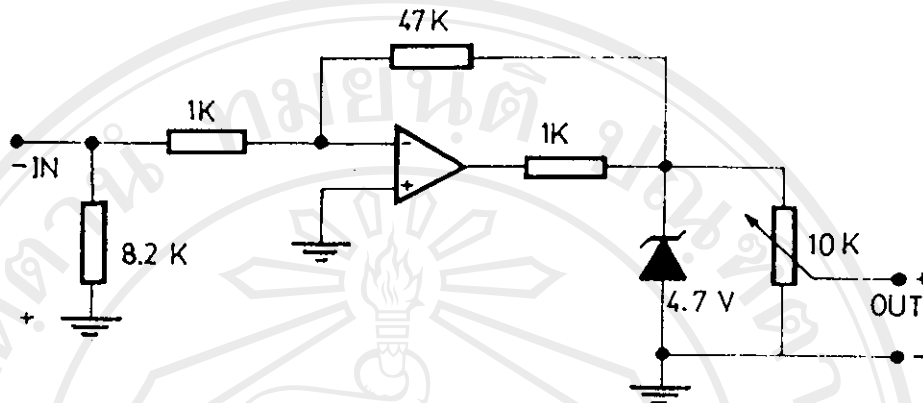
ค. โปรแกรมรับข้อมูล ใช้โปรแกรมภาษาแอสแซมบลีของ 8088 (รายละเอียดของโปรแกรมหน้าแสดงไว้หน้า 118) ซึ่งโปรแกรมนี้นี้เป็นโปรแกรมย่อยอยู่ในโปรแกรมหลักที่เขียนด้วยภาษาเบสิก และข้อมูลที่รับเข้ามาจะถูกเก็บไว้เป็นไฟล์โดยแต่ละไฟล์ คือ ผลที่ได้จากการตรวจวัดอย่างต่อเนื่องของอุปกรณ์ตรวจวัดตลอดการทดลอง สำหรับการรับข้อมูลที่ส่งมาจากซิงเกิลบอร์ดจะใช้หน่วยรับส่งข้อมูลของเครื่องพิมพ์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ ไอบีเอ็ม พีซี/เอ็กซ์ที เป็นทางในการรับข้อมูล

ง. โปรแกรมเขียนกราฟ ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปโลตัส 1-2-3 นำเอาข้อมูลที่เก็บเป็นไฟล์ไว้มาเขียนกราฟ เพื่อแสดงผลการทดลอง

3.2 ส่วนป้อนกลับ (Feedback element)

ทำหน้าที่ตรวจวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้นและความเข้มแสงแดด เพื่อส่งไปให้วงจรแปลงผันอะนาลอกเป็นดิจิทัล แล้วส่งต่อไปยังซิงเกิลบอร์ดซึ่งนำไปประมวลต่อไป ส่วนป้อนกลับประกอบด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดต่าง ๆ ดังนี้

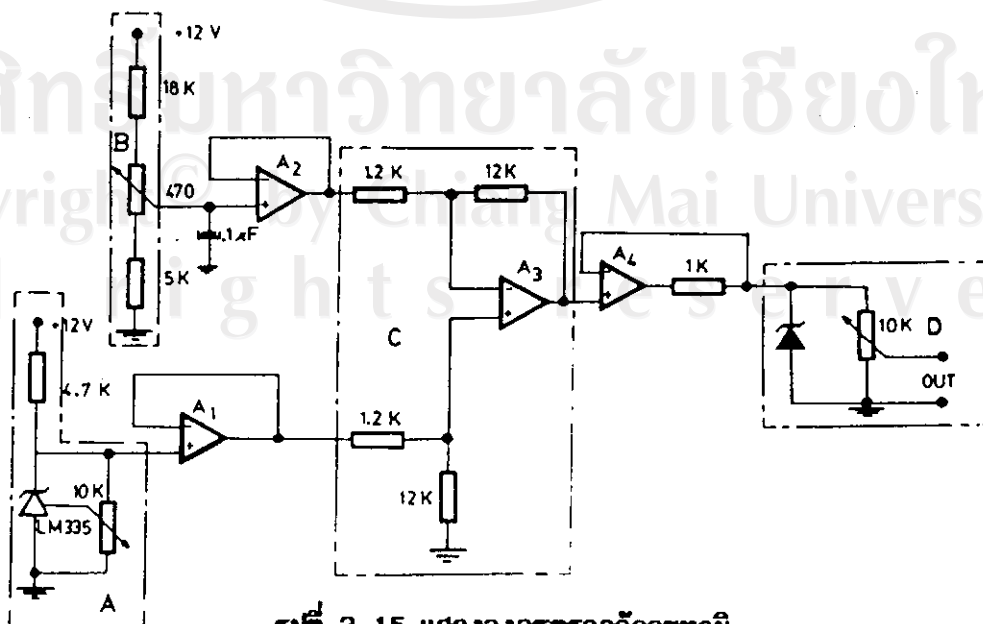
3.2.1 วงจรตรวจวัดแสงแดด (Solar radiation sensors) ทำหน้าที่ตรวจวัดความเข้มแสงแดดที่ตกกระทบบนผิวภายนอกโรงเรียน อุปกรณ์ที่ใช้เป็นตัวตรวจวัดคือเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) ซึ่งให้ค่าความต่างศักย์เอาท์พุทแปรผันตรงกับความเข้มแสงแดด เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้เมื่อลัดวงจร (Short circuit) จะได้แรงดันออกมาประมาณ 0.300 V ที่ความเข้มแสงแดด 800 W/m² ซึ่งมีค่าน้อยมากจนซิงเกิลบอร์ดไม่สามารถอ่านค่าที่แน่นอนได้ จึงต้องขยายสัญญาณให้สูงขึ้น สำหรับรายละเอียดของวงจรแสดงไว้ในรูปที่ 3.14 ส่วนการทดสอบหาประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจวัดแสงแดด ได้เปรียบเทียบกับของกรมอุตุนิยมวิทยา ในจังหวัดเชียงใหม่ ค่าที่อ่านได้มีความคลาดเคลื่อน $\pm 5 \text{ W/m}^2$



รูปที่ 3.14 แสดงวงจรตรวจวัดแสงแคด

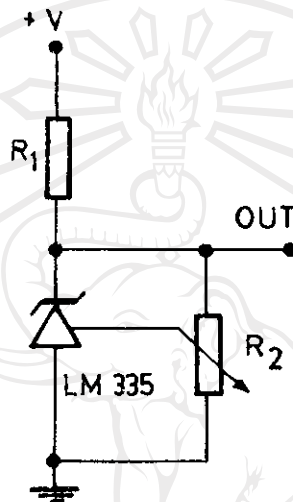
จากรูปที่ 3.14 เป็นวงจรขยายกลับเฟสใช้วิธีแบบลูบปิด (การป้อนกลับแบบลบ) โดยนำเอาเอาต์พุตมาป้อนที่จุดอินพุต ผลที่ได้วงจรภายในออปแอมป์ จะพยายามปรับเอาต์พุตจนกระทั่งความต่างศักย์ระหว่างอินพุตมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ (ผลต่างระหว่าง V_{in} และบางส่วนของ V_{out} ที่ชั่วอินพุตลบ เพียงมีค่าต่ำพอที่จะทำให้เกิดแรงดันเอาต์พุตได้พอดีเท่านั้น)

3.2.2 วงจรตรวจวัดอุณหภูมิ (Temperature sensors) ทำหน้าตรวจวัดอุณหภูมิทั้งภายในและภายนอกโรงเรือน อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิที่มีใช้ทั่วไป คือเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท ซึ่งเหมาะสำหรับการทดลองที่ใช้ในเวลาน้อยหรือเป็นครั้งคราว แต่ระบบนี้ต้องการผลการตรวจวัดอย่างต่อเนื่อง จึงได้ใช้ไอซีเบอร์ LM 335 เป็นตัวตรวจวัดอุณหภูมิ (ลักษณะของ LM 335 แสดงไว้ในภาคผนวก ค หน้า 130) ซึ่งมีคุณสมบัติให้แรงดันเอาต์พุตแปรผันตรงกับอุณหภูมิและไอซีออปแอมป์เป็นวงจรเปรียบเทียบและขยายผลต่าง ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 แสดงวงจรตรวจวัดอุณหภูมิ

จากรูปที่ 3.15 ในกรอบสี่เหลี่ยม A



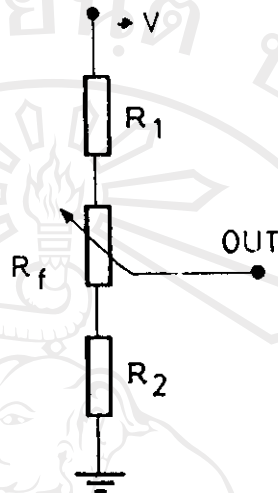
ค่าความต้านทาน R_1 ในรูป จะเป็นตัวกำหนดค่าของกระแสที่ไหลผ่าน LM 335 เนื่องจากค่าไดนามิกอิมพีแดนซ์ ที่กระแส 1 mA มีค่าโดยประมาณ 0.6 Ω LM 335 จึงสามารถทำงานได้ในย่านกระแสตั้งแต่ 400 μA ถึง 5 mA โดยเสมือนว่าไม่เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของตัวมันเลย และที่น่าสังเกตคือกระแสฟอร์เวิร์ดสูงสุดที่ไหลผ่าน LM 335 ตัวนี้ ได้อย่างปลอดภัย (แม้ว่าจะเป็นชั่วขณะ) ควรจะเป็น 10 mA ถ้ากระแสสูงกว่านี้ จะทำให้เกิดความเสียหายแก่ LM 335 ได้ ค่าของ R_1 ที่ใช้สามารถคำนวณได้จากกระแสที่ไหลผ่าน ซึ่งเท่ากับ 1 mA โดยใช้สมการที่ (3.1)

$$R_1 = (V - V_{out}) / 0.001 \quad (3.1)$$

กำหนดให้ V คือแรงดันไฟเลี้ยงวงจร, V
 V_{out} คือแรงดันเอาต์พุตของไอซี, V

คุณสมบัติของ LM 335 นี้ให้แรงดันเอาต์พุต เป็นเชิงเส้นกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ (10 mV/ K) และในวงจร R_2 เป็นตัวปรับค่าความถูกต้องของอุณหภูมิโดยปรับให้เอาต์พุตเท่ากับ 2.982 V ที่ 25 °C เพื่อที่จะให้เกิดความเที่ยงตรงเพิ่มขึ้นตลอดการใช้งาน

จากรูปที่ 3.15 ในกรอบสี่เหลี่ยม B



เป็นวงจรผลิตแรงดันอ้างอิง (2.73 V เทียบกับอุณหภูมิ 0 °C) ค่า R_1 , R_2 ที่เลือกใช้สามารถคำนวณหาค่าแรงดันที่จุดเอาต์พุตให้มีค่า อยู่ในช่วง 2.70 - 2.74 V ดังสมการ

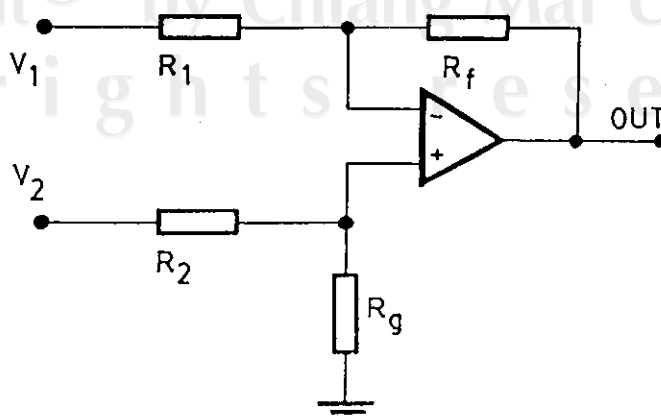
$$\text{จากสมการ} \quad V_{\max} = [(R_f + R_2) / (R_f + R_2 + R_1)] V \quad (3.2)$$

$$V_{\min} = [R_2 / (R_2 + R_1 + R_f)] V \quad (3.3)$$

ในวงจรนี้เลือกใช้ค่า $R_1 = 18 \text{ K}\Omega$, $R_2 = 5 \text{ K}\Omega$ และ

$R_f = 470 \text{ }\Omega$ ที่แรงดัน +12 VDC

จากรูปที่ 3.15 ในกรอบสี่เหลี่ยม C

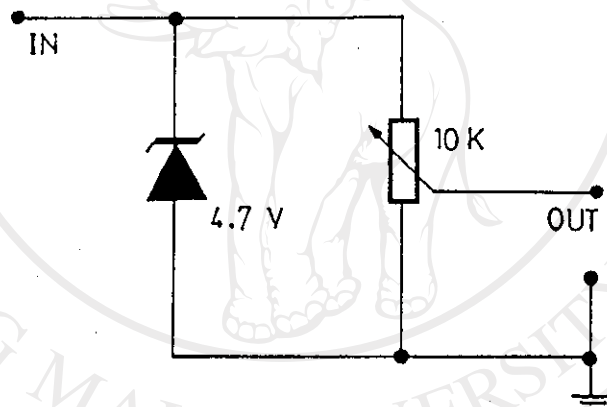


ในกรอปลี่เหลี่ยม C เป็นวงจรลบแรงดันซึ่งมีการขยายผลต่างที่เอาท์พุท สามารถคำนวณหาค่าได้จากสมการ

$$V_{out} = (R_f/R_i)(V_2 - V_1) \quad (3.4)$$

ในการขยายผลต่างค่าแรงดันเอาท์พุทที่ออกมา ควรจะให้อยู่ในช่วง 2 - 4 V ซึ่งเป็นช่วงที่ซึ่งเกิลบอร์ดทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

จากรูปที่ 3.15 ในกรอปลี่เหลี่ยม D



ภาคเอาท์พุทป้องกันแรงดันเกินด้วยซีเนอร์ไดโอด (4.7 V) และความต้านทานปรับค่าได้ มีไว้ปรับค่าแรงดันเอาท์พุทให้ออกมาเท่ากันทุก ๆ ชุด

ส่วนออพแอมป์ A_1 , A_2 และ A_4 ในรูปที่ 3.15 ทำหน้าที่เป็นแรงดันฟอร์เวิร์ด หลังจากสร้างวงจรตรวจวัดอุณหภูมิเสร็จแล้ว จึงทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ ได้ทำการเปรียบเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท ในช่วงละเยียด 0.1°C ผลการทดสอบเปรียบเทียบและศึกษาข้อมูล สรุปได้ดังนี้

- ที่อุณหภูมิหยุดนิ่ง ให้ค่าอุณหภูมิเที่ยงตรง
- ที่อุณหภูมิช่วงต่ำ ๆ ให้ค่าเที่ยงตรงมากกว่าที่อุณหภูมิสูง ๆ
- ขณะอุณหภูมิเคลื่อนที่ขึ้นลงอย่างรวดเร็ว ค่าอุณหภูมิคลาดเคลื่อนประมาณ $\pm 3^\circ\text{C}$
- ขณะอุณหภูมิเคลื่อนที่ขึ้นลงอย่างช้า ๆ ค่าอุณหภูมิคลาดเคลื่อนประมาณ $\pm 0.2^\circ\text{C}$
- เมื่ออ่านอุณหภูมิผ่านซึ่งเกิลบอร์ด ความละเอียดของช่วงการวัดสามารถตั้งค่าได้ ซึ่ง

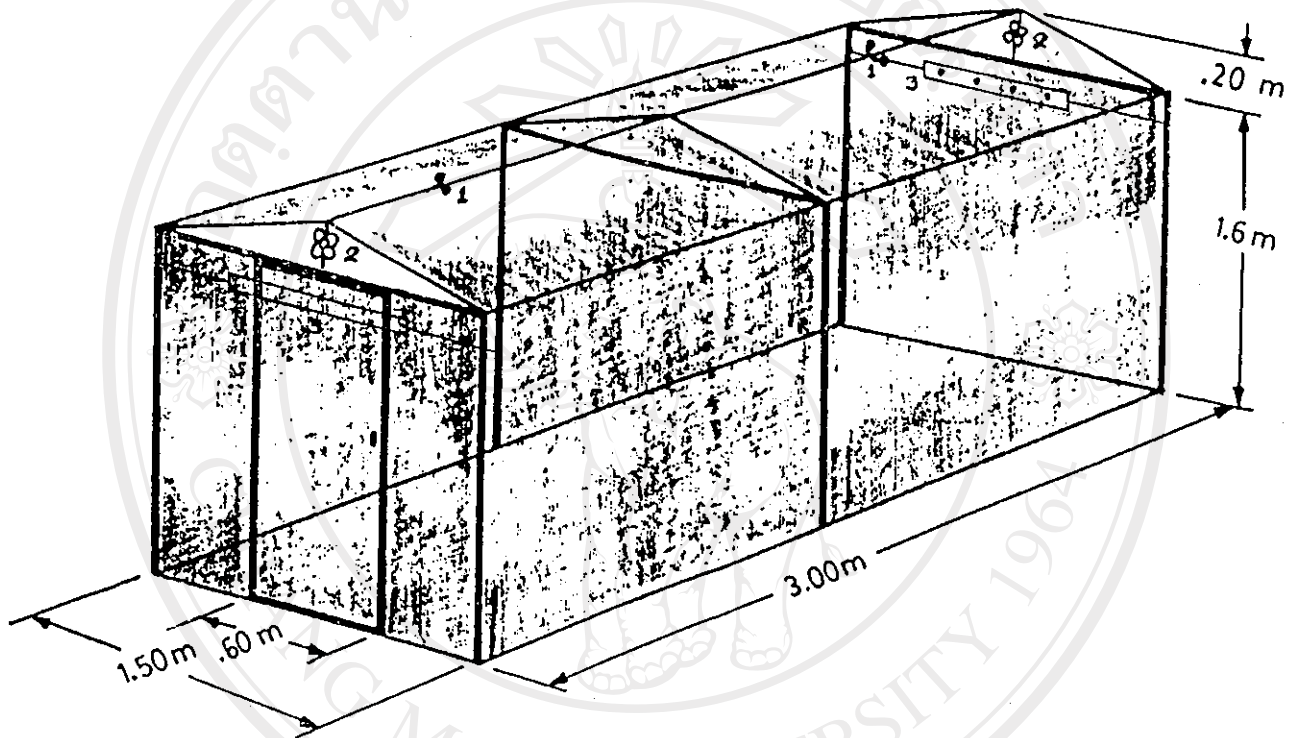
ในการทดลองนี้ ตั้งช่วงอุณหภูมิไว้ $0 - 50^\circ\text{C}$ จึงให้ความละเอียดได้เท่ากับ 0.2°C

3.2.3 อุปกรณ์ตรวจวัดความชื้น มีหน้าที่ตรวจวัดความชื้นทั้งภายในและภายนอกโรงเรือน โดยอาศัยวงจรตรวจวัดอุณหภูมิมาดัดแปลงเป็นไฮโกรมิเตอร์แบบกระเปาะแห้งและเปียก ซึ่งประกอบด้วย LM 335 สองตัว ตัวหนึ่งใช้สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิของอากาศ (Dry-bulb temperature) ส่วน LM 335 อีกตัวหนึ่งใส่ไว้ในหลอดทองแดงที่มีลักษณะบาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 cm และยาว 5 cm ถูกหุ้มด้วยผ้ามัสลินที่เปียกชื้นตลอดเวลา ซึ่งใช้วัดอุณหภูมิสำหรับกระเปาะเปียก (Wet-bulb temperature) และเพื่อที่จะป้องกันพลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีจึงใช้กระดาษแข็งที่เคลือบด้วยพลาสติกเป็นตัวกำบัง หลังจากทำอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นเสร็จแล้ว เมื่อทดสอบตรวจวัดค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งและเปียกแล้วคำนวณเป็นความชื้นตามสมการที่ (2.33) และได้เปรียบเทียบกับไฮโกรมิเตอร์ที่ใช้เทอร์โมมิเตอร์ทำเป็นกระเปาะแห้งและเปียก ค่าความคลาดเคลื่อนของความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ $\pm 1 \%$ ซึ่งผลมาจากความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิรวมทั้งการถ่ายความร้อนระหว่าง LM 335 กับผ้าที่ใช้หุ้มได้ไม่สะดวกเหมือนกับไฮโกรมิเตอร์แบบเทอร์โมมิเตอร์ทั่ว ๆ ไป

3.3 ส่วนกระบวนการ (Process)

ส่วนกระบวนการมีหน้าที่กระทำการกระบวนการต่าง เพื่อให้ได้ผลหรือเอาที่นำออกมาตามที่ต้องการ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นส่วนกระบวนการมีดังต่อไปนี้

3.3.1 โรงเรือนเพาะชำทดลอง (Greenhouse) ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบสร้างโรงเรือนที่มีขนาดเล็ก เพื่อความสะดวกในการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูล และการลงทุนน้อย แต่ก็ยังสามารถทำงานได้ดีเหมือนโรงเรือนขนาดใหญ่ โรงเรือนที่ใช้มีขนาดและรูปร่างดังรูปที่ 3.16 ซึ่งทำด้วยโครงเหล็กหุ้มพลาสติกใสหนา 0.13 mm และหลังคาแบบจั่วทรงไทยยกสูง 13 องศา ที่หน้าจั่วติดตาข่ายมุ้งลวดเพื่อระบายอากาศออก ด้านหน้าทำเป็นประตู ส่วนพื้นโรงเรือนเป็นซีเมนต์ปอร์ตแลนด์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าปูบนพื้นดินที่ปราบเรียบและอัดแน่น ตัวโรงเรือนวางในตำแหน่งทิศเหนือ-ใต้



รูปที่ 3.16 แสดงโรงเรือนและอุปกรณ์ไฟฟ้า

1. หัวฉีดน้ำบนหลังคา 2. พัดลมระบายอากาศ 3. หัวฉีดน้ำในโรงเรือน

3.3.2 พัดลมระบายอากาศ (Ventilating fan) ทำหน้าที่คือลดความชื้น (ดังรูปที่ 3.19) ใช้พัดลมดูดอากาศที่มีขนาด 10 " สามารถดูดอากาศได้ $500 \text{ m}^3/\text{hr}$ ติดตั้งที่หน้าจั่วทั้งสองด้าน (ช่องระบายอากาศ) ดังรูปที่ 3.16 และสวิตช์การปิดเปิดพัดลมระบายอากาศถูกควบคุมโดยวงจรควบคุมกำลังไฟฟ้ากำลัง (ดังรูปที่ 3.5 และ 3.6) ซึ่งทำงานตามคำสั่งของซีจีแอลบอร์ดอีกทอดหนึ่ง

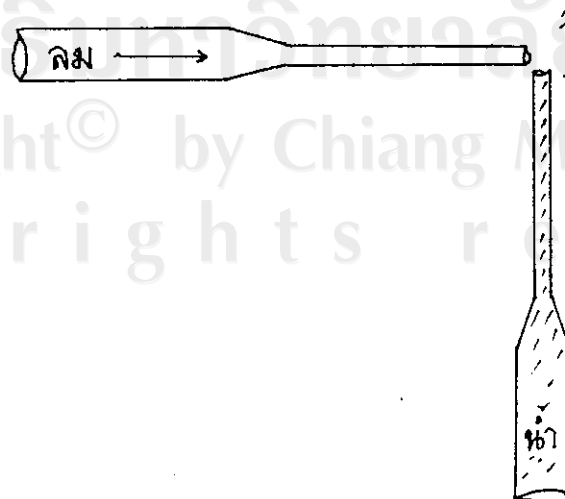
3.3.3 หัวฉีดน้ำบนหลังคา (Water sprayer) ทำหน้าที่ช่วยลดอุณหภูมิของหลังคาและด้านข้าง และวางในตำแหน่งแสดงดังรูปที่ 3.16 (คำนึงถึงการลดอุณหภูมิทั่วทั้งระบบในช่วงในช่วงเวลาสั้น) ในการฉีดน้ำได้อาศัยความดันน้ำทำให้น้ำที่ฉีดมีลักษณะเป็นฝอยเม็ดเล็ก ๆ แสดงดังรูปที่ 3.18 และใช้โซลินอยวาล์วเป็นตัวควบคุมการปิดเปิด

3.3.4 หัวฉีดน้ำในโรงเรือน (Water injection) ทำหน้าที่เพิ่มความชื้นและลดอุณหภูมิ ในการทดลองนี้ใช้หัวฉีดน้ำทั้งหมด 8 หัว ติดตั้งที่ด้านหน้าจั่วของโรงเรือนทั้งสองด้านดังรูปที่ 3.16 (คำนึงถึงการเพิ่มความชื้นเข้าระบบทั่วทั้งโรงเรือนในช่วงเวลาสั้น) หัวฉีดน้ำในโรงเรือนประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1) ระบบน้ำ นำน้ำเก็บไว้ในที่เก็บน้ำโดยให้ระดับน้ำต่ำกว่าหัวฉีดเล็กน้อย และต่อท่อจ่ายน้ำไปที่หัวฉีดน้ำในโรงเรือน เมื่อไม่ปล่อยลมออกมาจะต้องไม่มีน้ำไหลที่หัวฉีด

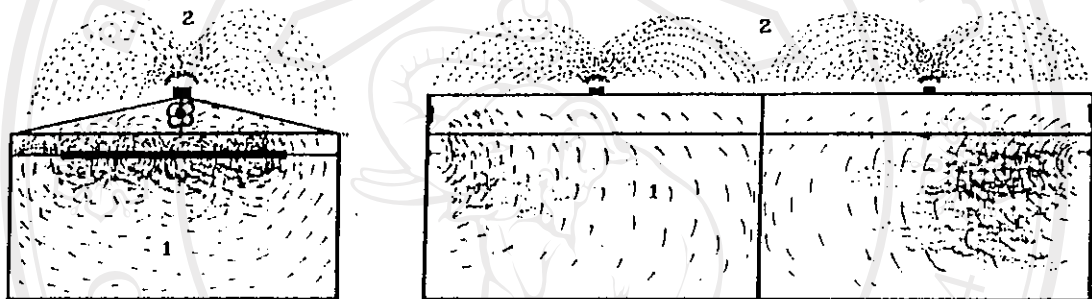
2) ระบบลม อุปกรณ์ที่เป็นแหล่งกำเนิดลมคือ บั๊มลมทำหน้าที่เพิ่มแรงดันลมให้มีค่าสม่ำเสมอตลอดการใช้งาน ขนาดกำลังประมาณ 5.5 Kw การเลือกขนาดแหล่งกำเนิดลม กำลังลมต้องให้มีขนาดของแรงลมพอเหมาะกับการเป่าไปที่หัวฉีดน้ำ แล้วทำให้น้ำกระจายเป็นละอองหมอก และใช้โซลินอยวาล์วควบคุมการปิดเปิดบั๊มลม

จากสมการของแบร์นูลี อาศัยหลักการความดันลดลงเมื่อความเร็วของไหลเพิ่มขึ้น มาทำเป็นหัวฉีดน้ำในโรงเรือนดังรูปที่ 3.17 ซึ่งสามารถกระจายน้ำให้เป็นหมอก เพื่อใช้เพิ่มความชื้นเข้าระบบเมื่ออากาศในท่อแนวราบ (ท่อลม) ถูกกระทำให้มีความเร็ว (V) ผ่านมายังท่อแนวตั้ง (ท่อน้ำ) ความดันบนปลายท่อแนวตั้งมีค่าต่ำกว่าความดันบรรยากาศ น้ำถูกดันขึ้นมาแทนที่และถูกลมจากท่อลมเป่ากระจายออกมาเป็นละอองหมอก ดังรูปที่ 3.18 การทดลองใช้ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 mm เป็นท่อลม และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0 mm เป็นท่อน้ำ ที่ความดันลม 30 Lb/in² ใช้น้ำ 2.11 cm³/min ให้น้ำที่กระจายหมอก 0.956 m³

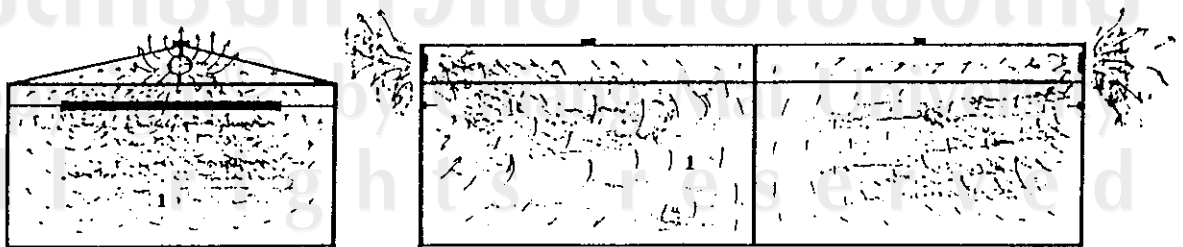


รูปที่ 3.17 แสดงลักษณะหัวฉีดน้ำในโรงเรือน

3.3.4 โซลินอยวาล์ว เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อาศัยหลักการของสนามแม่เหล็กในการทำงาน โดยโซลินอยวาล์วต่อเชื่อมกับวงจรควบคุมไฟฟ้ากำลัง ซึ่งทำงานภายใต้การควบคุมของซีงเกิ้ลบอร์ด อีกทอดหนึ่ง และมีหน้าที่ปิดเปิดหัวฉีดน้ำบนหลังคาและลมเป่าหัวฉีดน้ำในโรงเรือน



รูปที่ 3.18 แสดงการทำงานของหัวฉีดน้ำบนหลังคาและภายในโรงเรือน
1. การเคลื่อนที่ของละอองหมอกในโรงเรือน 2. การเคลื่อนที่ของละอองน้ำบนหลังคา



รูปที่ 3.19 แสดงการทำงานของน้ดลมระบายอากาศ
1. การเคลื่อนที่ของละอองหมอกในโรงเรือน