บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การออกแบบส่วนประกอบเครื่องวัดค่าความชื้นของไม้

การออกแบบสร้างเครื่องวัดความชื้นไม้โดยซึ่งต้องการวัดค่าความชื้นไม้โดยไม่ทำลายพื้นผิวและเนื้อไม้ ของตัวอย่าง อาศัยกระบวนการวัดค่าความชื้นทางอ้อมโดยอาศัยการวัดค่าไดอิเล็กตริกของตัวอย่างไม้ซึ่งจะใช้วิธีการส่งสนามไฟฟ้ากระแสสลับผ่านเข้ายังเนื้อไม้ และแปรค่าการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามค่าความชื้นภายในไม้ และใช้วงจรเรียงกระแสให้กลายเป็นสัญญาณไฟฟ้ากระสตรง ซึ่งจะเชื่อมต่อกับวงจร แปลงสัญญาณ ADC เพื่อนำไปประมวลผลโดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลมีส่วนชดเชยอุณหภูมิเพื่อคำนวณค่าความชื้นไม้ และใช้วิธีการเก็บข้อมูลของค่าสัญญาณไฟฟ้าที่วัดได้ของไม้แต่ละชนิดเพื่อกำหนดโหมดการวัด ร่วมกับการเขียนโปรแกรมเพื่อคำนวณค่าความชื้นให้ถูกต้อง ตัวเครื่องที่ออกแบบมีส่วนประกอบหลักที่สำคัญดังนี้

1. Probe หรือ หัววัดที่เป็นโลหะ

2. ตัวแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอล (ADC)

3. ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller Unit, MCU)

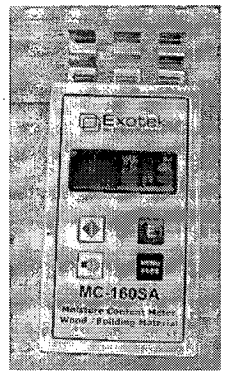
4. หัววัดอุณหภูมิ (temperature sensor)

5. ส่วนแสดงผลชนิด แอลซีดี (Liquid crystal display)

6. ปุ่มกดเลือกโหมดการวัดค่าและชนิดของไม้

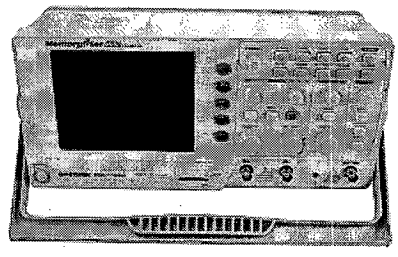
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบตัวเครื่องวัดความชื้นไม้

3.2.1 เครื่องวัดความชื้นไม้แบบอาศัยการวัดค่าไดอิเล็กตริก สำหรับวัดค่าความชื้นเพื่อเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดความชื้นไม้ที่สร้างขึ้น



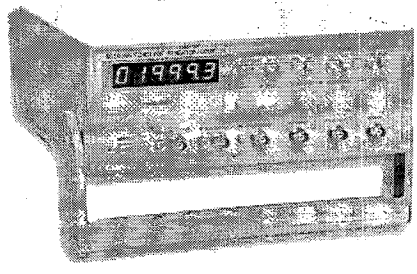
ภาพที่ 3.1 เครื่องวัดความชื้นแบบใช้การวัดค่าไดอิเล็กตริก

3.2.2 ดิจิตอลออสซิลโลสโคปสำหรับวิเคราะห์สัญญาณทั้งที่เป็นความถี่และคาบเวลา รวมถึงค่าความต่างศักย์ที่ได้จากวงจรวัดค่าเพื่อหาค่าการเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงการออกแบบวงจร



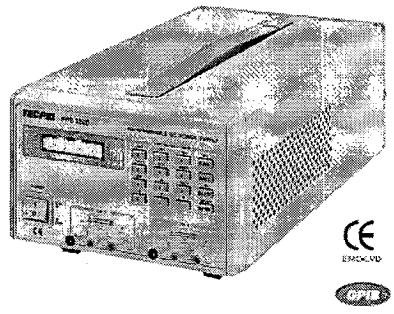
ภาพที่ 3.2 ดิจิตอลออสซิลโลสโคป

3.2.3 ฟังก์ชั่นเจนเนอเรเตอร์ เครื่องมือสำหรับสร้างสัญญาณไฟฟ้ารูปแบบตามที่ต้องการเพื่อป้อนให้กับวงจรขณะทำการทดสอบการทำงานของวงจร ซึ่งสามารถปรับค่าความถี่ ค่าดิวตี้ไซเคิล รวมถึงแอมพลิจูดของสัญญาณได้ซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกในการทดลอง

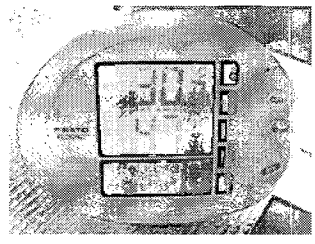


ภาพที่ 3.3 ฟังก์ชั่นเจนเนอเรเตอร์

3.3.4 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ทำหน้าที่สำหรับเป็นแหล่งจ่ายให้แก่วงจรที่ใช้ทดลองเพื่อให้วงจรสามารถทำงานได้ซึ่งตัวเครื่องต้องสามารถปรับได้ทั้งกระแสและแรงดันไฟฟ้า

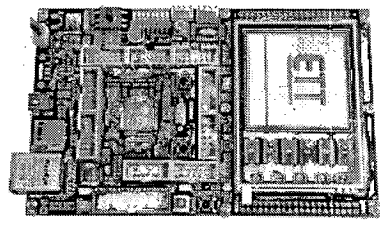


ภาพที่ 3.4 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง



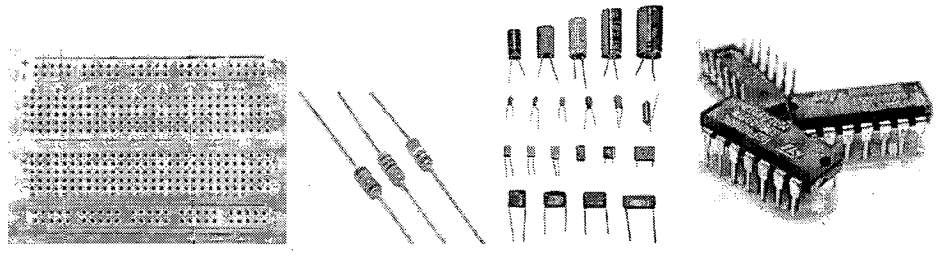
ภาพที่ 3.5 เครื่องวัดความชื้นในอากาศ

3.3.5 ฮาร์ดแวร์สำหรับออกแบบระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 ซึ่งให้ประสิทธิภาพการประมวลผลที่เร็วและมีหน่วยความจำโปรแกรมขนาดใหญ่สำหรับการพัฒนาโปรแกรมเพื่อประมวลผล



ภาพที่ 3.6 บอร์ดเรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์

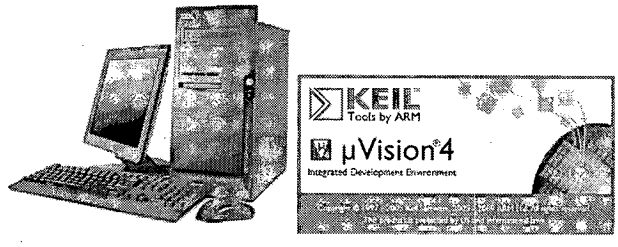
3.3.6 อุปกรณ์ทดลองอื่นๆที่จำเป็น ได้แก่ ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำ ไอซี ลอจิกโพรบ มัลติมิเตอร์ ลอจิกอนาไลเซอร์ ซึ่งใช้สำหรับเป็นส่วนประกอบของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์และวัดค่าสัญญาณจากวงจรทดลอง



ภาพที่ 3.7 ชุดแผงวงจรและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ภาพที่ 3.8 ลอจิกโพรบสำหรับวัดค่าลอจิกของสัญญาณ

3.3.7 คอมพิวเตอร์และซอร์ฟแวร์คอมไพเลอร์สำหรับเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์และแปลง code โปรแกรมให้เป็น hex code สำหรับโหลดเข้าสู่หน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ เลือกใช้คอมไพเลอร์ของ KEIL uVision4 ซึ่งง่ายต่อการพัฒนาโปรแกรม



ภาพที่ 3.9 คอมพิวเตอร์และชุดซอร์ฟแวร์สำหรับพัฒนาโปรแกรม

3.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.3.2 ออกแบบวงจรทดลองสำหรับสร้างเครื่องมือวัดความชื้นไม้ ซึ่งได้แก่

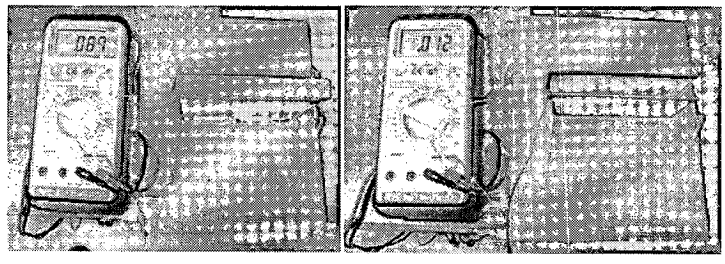
- วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย สำหรับเป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับวงจรกำเนิดความถี่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ หน้าจอแสดงผล สำหรับวงจรเพาเวอร์ซัพลายนั้นออกแบบให้มีการสูญเสียพลังงานน้อยและง่ายต่อการออกแบบจึงเลือกใช้ไอซีสำเร็จรูปในการเปลี่ยนแรงดันจากแบตเตอรี่ 9 โวลต์ ให้เป็นแรงดัน 3.3 โวลต์

- วงจรกำเนิดความถี่ ใช้ออปแอมป์ในการออกแบบโดยสร้างสัญญาณความถี่ต่ำและความถี่สูง เพื่อส่งไปยังวงจรมอดูเลตสัญญาณ

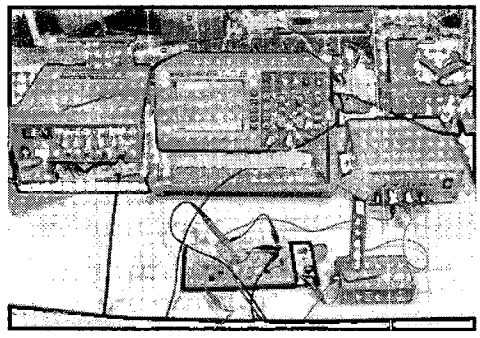
-วงจรมอดูเลต ออกแบบโดยใช้ออปแอมป์ในการมอดูเลตสัญญาณความถี่สูงและความถี่ต่ำเข้าด้วยกัน โดยขนาดแอมพลิจูดของสัญญาณความถี่ต่ำจะสูงกว่าแอมพลิจูดของสัญญาณความถี่สูงและจะส่งผ่านไปยังโพรบเพื่อส่งสนามไฟฟ้าเข้าไปยังเนื้อไม้

-วงจรกรองสัญญาณ ออกแบบโดยใช้ออปแอมป์ซึ่งทำหน้าที่กรองความถี่ของสัญญาณรบกวนออกจากสัญญาณที่วัดได้จากโพรบวัด

ออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์และวงจรสำหรับวัดค่าโดยใช้วงจรวัดค่าแบบ ac bridge เบื้องต้นผู้วิจัยได้ทดลองอย่างง่ายโดยใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความจุไฟฟ้าเมื่อตัวกลางคือไม้และอากาศตามลำดับจากนั้นทดลองส่งสนามไฟฟ้าลงไปในเนื้อไม้ที่มีค่าความชื้นต่างกันและวัดค่าสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงโดยใช้เครื่องออสซิลโลสโคป

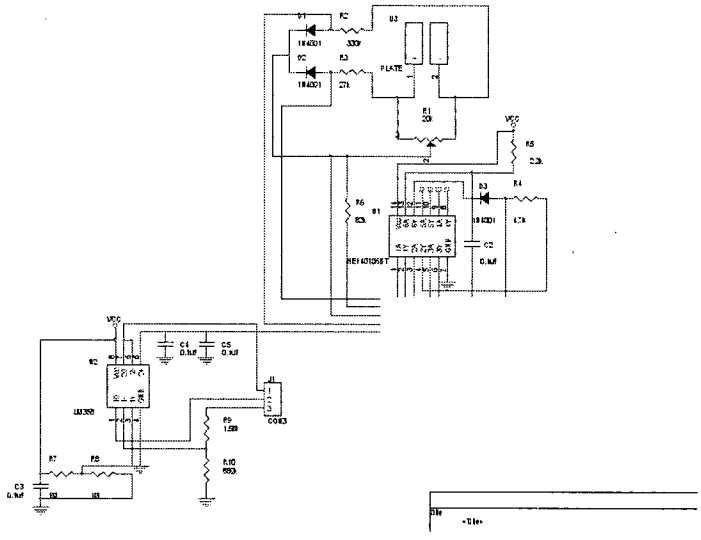


ภาพที่ 3.10 การวัดค่าความจุไฟฟ้าจากแผ่นตัวนำแบบขนานโดยมีตัวกลางที่เป็นไม้และอากาศ



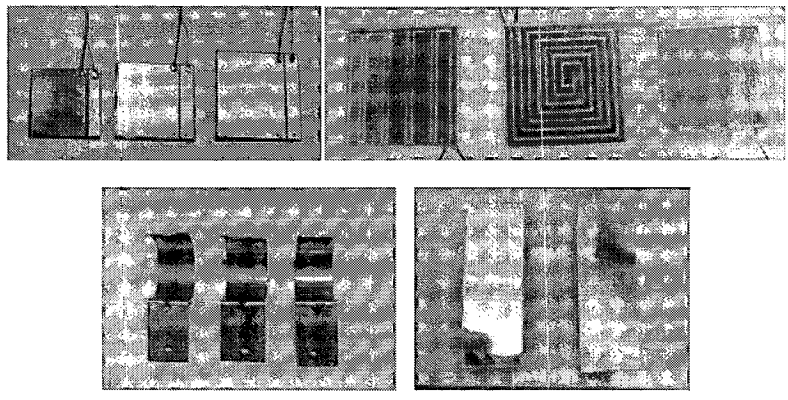
ภาพที่ 3.11 การจัดชุดอุปกรณ์วัดค่าสนามไฟฟ้าที่ส่งไปยังเนื้อไม้

3.3.3 การวัดค่าความชื้นโดยอาศัย การวัดค่าอิมพิแดนซ์ของไม้ โดยต่อวงจรวัดค่าบนแผงวงจรทดลองที่เชื่อมต่อกับเครื่องกำเนิดความถี่แล้ววัดค่าสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากวงจรเมื่อเปลี่ยนค่าความชื้นของไม้โดยการวัดค่าแอมพลิจูดและค่าความถี่ของสัญญาณที่ได้

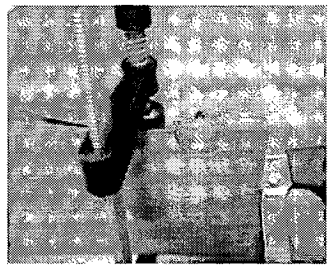


ภาพที่ 3.12 วงจรภาคเซนเซอร์แบบที่ 1

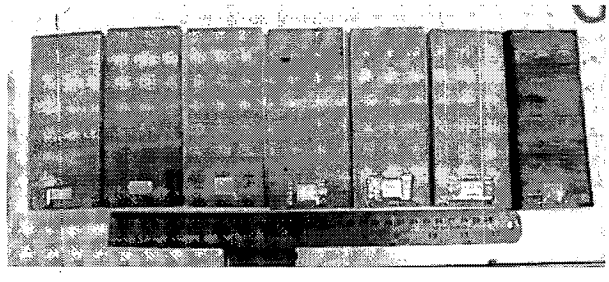
จากวงจรด้านบนแผ่นเพลทจะต่อกับขั้วไฟฟ้าซึ่งเป็นโพรบสำหรับวัดค่าโดยทำการทดลองกับโพรบที่มีลักษณะแตกต่างกันทั้งรูปทรงของโพรบ วัสดุที่ใช้ ซึ่งได้แก่ แผ่นทองแดง อลูมิเนียมและสแตนเลส ซึ่งจะกดให้แนบติดกับผิวหน้าของแผ่นไม้ที่จะวัดค่า ซึ่งผู้วิจัยได้ทดสอบกับไม้ชนิดเดียวกันที่มีค่าความชื้นแตกต่างกัน ซึ่งวงจรสามารถให้ค่าความต่างศักย์ที่ฝั่งขาออก (คอนเนคเตอร์ 3) แปรตามค่าความชื้นของไม้ที่เปลี่ยนแปลง



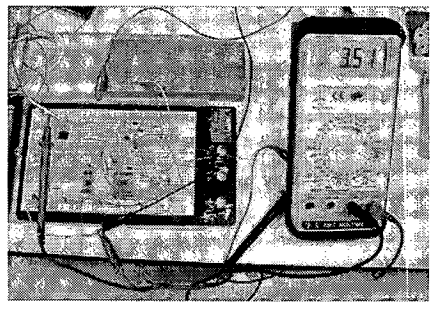
ภาพที่ 3.13 แผ่นเพลทเซนเซอร์ แบบแผ่นเรียบและแผ่นโค้ง



ภาพที่ 3.14 การเตรียมแผ่นสแตนเลสเพื่อสร้างหัวโพรบวัด

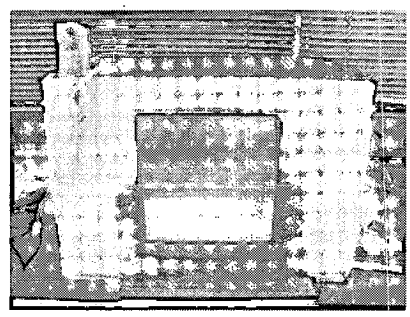


ภาพที่ 3.15 ตัวอย่างไม้เต็งรังที่ใช้วัดค่าซึ่งมีความชื้นต่างกัน

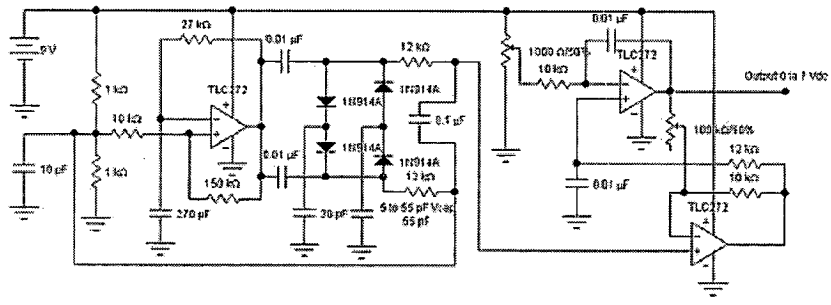


ภาพที่ 3.16 การต่อวงจรเพื่อวัดค่าแรงดันไฟฟ้าของวงจรวัดค่าอิมพิแดนซ์

3.3.4 สร้างแผงวงจรภาคเซนเซอร์สำหรับวัดค่าความชื้นพร้อมทั้งประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ และทดลองวัดค่าสัญญาณเอาท์พุท ที่ได้จากวงจรเมื่อนำไม้ที่มีความชื้นค่าต่างกันมาวัดค่าโดยเทียบกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงภายในตู้ควบคุมอุณหภูมิซึ่งปรับค่าอุณหภูมิด้วยชุดควบคุมอุณหภูมิโดยตั้งค่าตั้งแต่ 25 – 55 องศาเซลเซียส พร้อมทั้งบันทึกค่าอุณหภูมิและสัญญาณที่ได้เพื่อนำไปสร้างกราฟและวิเคราะห์ข้อมูล

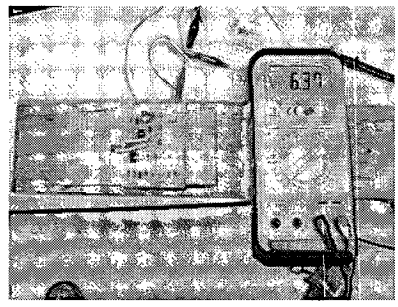


ภาพที่ 3.17 ตู้ควบคุมอุณหภูมิสำหรับทดลองวัดค่า

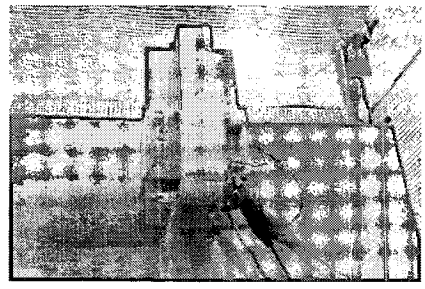


ภาพที่ 3.18 วงจรภาคเซนเซอร์แบบที่ 2

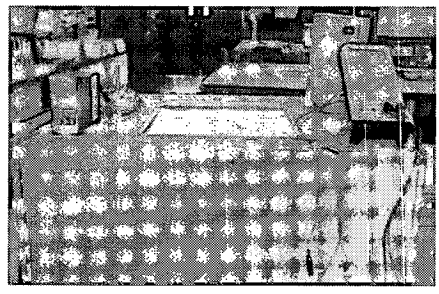
3.3.5 ออกแบบวงจรภาคเซนเซอร์แบบที่ 2 เพื่อให้สามารถวัดค่าได้ดีขึ้นจากเดิมโดยอาศัยการวัดค่าอิมพิแดนซ์ โดยส่งผ่านสนามไฟฟ้าที่มอดูเลตสัญญาณแล้วผ่านวงจรบริดจ์เร็คทิไฟเออร์ ของแผ่นเพลทเซนเซอร์ และต่อสัญญาณที่ได้เข้ากับวงจรขยายสัญญาณซึ่งสามารถปรับอัตราการขยายสัญญาณได้ บันทึกค่าสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงขณะที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงในช่วง 25-55 องศาเซลเซียส และนำข้อมูลไปวิเคราะห์เพื่อหาค่าความเพี้ยนของชุดเซนเซอร์



ภาพที่ 3.19 การวัดค่าความต่างศักย์จากวงจรแบบที่ 2 โดยการสัมผัสกับไม้ที่มีความชื้น

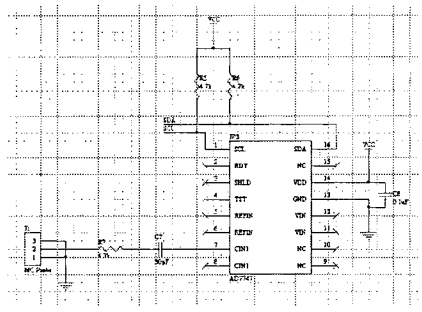


ภาพที่ 3.20 การจัดวางวงจรชุดเซนเซอร์เพื่อวัดค่าความต่างศักย์เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง

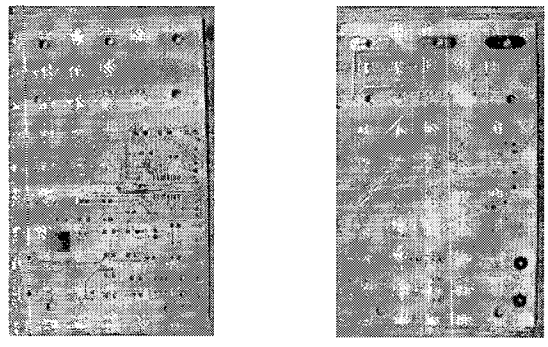


ภาพที่ 3.21 การจัดวางชุดทดลองวัดค่าความต่างศักย์

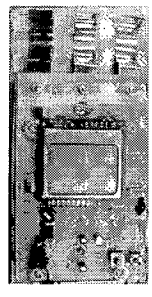
3.3.6 ออกแบบวงจรเซนเซอร์วัดค่าแบบที่ 3 ซึ่งเป็นวงจรวัดค่าความจุไฟฟ้าโดยใช้ชิปไอซีสำเร็จรูปในการวัดค่าซึ่งสามารถวัดค่าความจุไฟฟ้าของไม้ และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับ 2 วงจรแรกเพื่อหาวงจรที่มีความคลาดเคลื่อนของการวัด เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้อยที่สุด เพื่อนำไปสร้างวงจรภาคเซนเซอร์สำหรับออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์สำหรับสร้างเครื่องวัดความชื้น เลือกวงจรภาคเซ็นเซอร์และหัววัดโพรบที่เหมาะสมสำหรับสร้างต้นแบบแผงวงจรพิมพ์



ภาพที่ 3.22 วงจรภาคเซนเซอร์แบบที่ 3



ภาพที่ 3.23 ด้านหน้าและด้านหลังแผงวงจรเครื่องวัดความชื้นไม้



ภาพที่ 3.24 แผงวงจรที่ผ่านการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

3.4 ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์และการประมวลผลสัญญาณ

ในการสร้างเครื่องมือจำเป็นต้องเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้แสดงผลข้อความผ่านหน้าจอกราฟฟิคแอลซีดีและเริ่มต้นการติดต่อกับไอซีวัดค่าความจุ ไฟฟ้าเพื่ออ่านค่าอุณหภูมิและความจุไฟฟ้า นำไปแสดงผลบนหน้าจอแสดงผล เมื่อได้ค่าความจุไฟฟ้าและอุณหภูมิที่ถูกต้องแล้วจึงปรับค่าความจุไฟฟ้าที่ต่ออนุกรมร่วมกับหัววัดโพรบเพื่อให้ค่าความจุไฟฟ้าอยู่ในช่วงที่ต้องการวัดโดยหาจากค่าความชื้นของไม้ที่ต่ำใกล้เคียง 0 เปอร์เซ็นต์และค่าความชื้นของไม้สูงที่สุดซึ่งใกล้เคียง 85 เปอร์เซ็นต์เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ปรับเทียบค่ามีความสามารถวัดค่าความชื้นได้ในช่วง 0- 85

เปอร์เซ็นต์ จากนั้นเขียนโปรแกรมเพื่อส่งค่าข้อมูลความจุไฟฟ้าและอุณหภูมิผ่านพอร์ท rs232 และเก็บค่าเพื่อวิเคราะห์ผล

3.5 การทดลองและบันทึกค่า

ในการทดลองใช้คอมพิวเตอร์เพื่อเก็บบันทึกข้อมูลค่าความจุไฟฟ้าจากตัวเครื่องโดยใช้ซอร์ฟแวร์เก็บบันทึกค่าทุกๆ 60 มิลลิวินาทีจากนั้นทำการประมวลผลข้อมูล โดยใช้การหาค่าเฉลี่ยโดยวิธี moving average , Auto correlation เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนและประมาณค่าที่อ่านได้จากตัวเครื่องโดยทดลองบนโปรแกรมคำนวณ Exel เพื่อให้ค่าที่ได้ใกล้เคียงค่าที่แท้จริงเพื่อนำไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ของ ความจุไฟฟ้า ความชื้น และอุณหภูมิ ซึ่งในการทดลองบันทึกข้อมูลได้กำหนดเงื่อนไขการวัดค่าของตัวแปรดังนี้

1. วัดค่าความจุไฟฟ้าของอากาศ ที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียสบันทึกความชื้นอากาศขณะทำการวัด

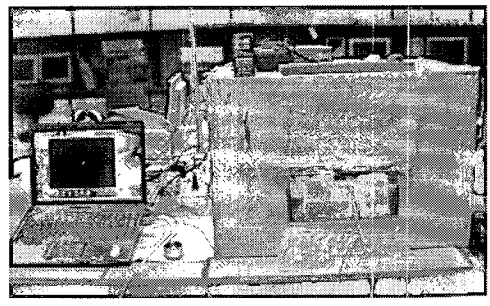
2. วัดค่าความจุไฟฟ้าของอากาศ โดยกำหนดเงื่อนไขให้เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอยู่ในช่วง 25 -55 องศาเซลเซียสและบันทึกค่าความชื้นอากาศขณะทำการวัด

3. วัดค่าความจุไฟฟ้าของไม้แห้ง(ความชื้นไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์) โดยกำหนดเงื่อนไขให้เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอยู่ในช่วง 25 -55 องศาเซลเซียสและบันทึกค่าความชื้นอากาศขณะทำการวัด

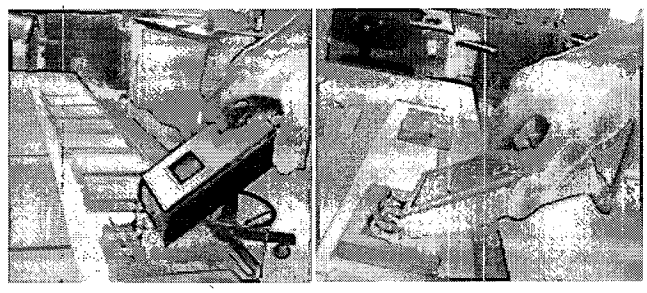
4. วัดค่าความจุไฟฟ้าของไม้ชนิดเดียวกันที่มีค่าความชื้นอยู่ในช่วง 0-85 เปอร์เซ็นต์ในอุณหภูมิคงที่บันทึกค่าความชื้นอากาศขณะทำการวัด

5. เปลี่ยนชนิดของไม้และวัดค่าความจุไฟฟ้าที่มีค่าความชื้นอยู่ในช่วง 0-85 เปอร์เซ็นต์ในอุณหภูมิคงที่(อุณหภูมิห้อง)และบันทึกค่าความชื้นอากาศขณะทำการวัด

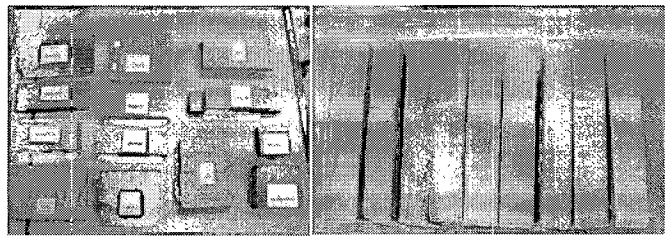
เพิ่มอุณหภูมิครั้งละ 5 องศาเซลเซียส จากนั้นบันทึกข้อมูลที่ได้จากตัวเครื่อง วิเคราะห์ข้อมูล หาความสัมพันธ์ของค่าความจุไฟฟ้าและค่าความชื้นรวมถึงผลกระทบจากค่าอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมขณะทำการวัด ต่อค่าความจุไฟฟ้า นำข้อมูลที่ได้ไปสร้างกราฟและสร้างสมการความสัมพันธ์เพื่อหาค่าความชื้นของไม้



ภาพที่ 3.25 การจัดชุดทดลองวัดค่าความจุไฟฟ้าของ อากาศไม้แห้ง และไม้ที่มีความชื้นต่างกัน



ภาพที่ 3.26 การวัดความชื้นของไม้ตัวอย่าง



ภาพที่ 3.27 ไม้ตัวอย่างที่นำมาวัดค่าความชื้น

3.6 การออกแบบโปรแกรมและฟังก์ชั่นการวัดของตัวเครื่อง

ออกแบบการแสดงผลและกำหนดจำนวนปุ่มกดเพื่อควบคุมการทำงานของตัวเครื่อง โดยการทำงานของตัวเครื่องประกอบด้วยปุ่มกดจำนวน 3 อัน ได้แก่ ปุ่มเปิดปิดเครื่อง ปุ่มเลือกฟังก์ชั่นการวัดของไม้แต่ละชนิดและปุ่มเลือกรูปแบบการวัด ในการออกแบบฟังก์ชั่นการวัดทำได้โดยการสร้างไดอะแกรมการทำงานตามที่ต้องการ จากนั้นจะเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อกำหนดลำดับและฟังก์ชั่นการทำงานของตัวเครื่องตามไดอะแกรมที่ออกแบบไว้ และทดสอบการทำงานของโปรแกรม

3.7 การปรับเทียบเครื่องมือวัด

ในการปรับเทียบค่าการวัดของเครื่องวัดความชื้นไม้ที่สร้างขึ้นจะใช้การเปรียบเทียบค่ากับค่าจากเครื่องมือวัดที่ได้มาตรฐานทำการวัดความชื้นไม้แต่ละชนิดที่ความชื้นตั้งแต่ 0- 85 เปอร์เซ็นต์ในสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิคงที่ บันทึกผลการวัด นำข้อมูลที่ได้ไปหาค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัด จากนั้นปรับปรุงตัวเครื่องขั้นสุดท้ายซึ่งได้แก่

1. ออกแบบตัวเครื่องด้านนอกให้มีรูปทรงที่กะทัดรัด โดยเลือกใช้แผ่นพลาสติกชนิด PVC ซึ่งมีความแข็งแรง ทนทาน

2. แก้ไขปุ่มกด ให้ใช้แรงกดน้อย สะดวกต่อการใช้งาน

3. ทำช่องใส่แบตเตอรี่ให้สามารถเปิดปิดได้ง่าย รวมถึงแก้ไขข้อความด้านหน้าตัวเครื่องให้เห็นได้ชัดเจน

4. ทำคู่มือประกอบการใช้งานงานตัวเครื่อง

5. จัดทำรูปเล่มรายงานผลการวิจัย