

การพัฒนาเครื่องวัดความชื้นในดินโดยใช้วงจรขยายสัญญาณ แบบไม่กลับเฟสบนบอร์ดฝังตัว

Improvement of Soil Moisture Measurement using Non-inverting Amplifier on Embedded Board

สุริยา อติเรก พิษณุพร คำควร ณัฐพงษ์ มาไทย สุภาพร พลพัฒน์ เทิดพันธ์ ชูกร และ อำนาจ ประจง
สาขาวิชาไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ นครสวรรค์ 60000
Email: suriya.a@nsru.ac.th

Manuscript Received November 29, 2023
Revised December 7, 2023
Accepted December 18, 2023

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการวัดความชื้นในดินต้นทุนต่ำโดยใช้แอมพลิฟายเออร์แบบไม่กลับด้านเพื่อขยายสัญญาณอินพุตขนาดเล็กซึ่งเป็นส่วนก่อนการประมวลผลของบอร์ดฝังตัว วงจร non-inverting amplifier ใช้สำหรับสัญญาณที่วัดได้ขนาดเล็กจากดินเพื่อปรับปรุงคุณภาพของสัญญาณอินพุตสำหรับระบบฝังตัวบอร์ด Arduino UNO, ไมโครคอนโทรลเลอร์ Atmega328 และโมดูลตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (ADC) ใช้ในการประมวลผลสัญญาณ การทดลองแสดงการวัดที่เสนอเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องวัดความชื้นในดินแบบดิจิทัล 3-in-1 และเครื่องวัดความชื้นในดินรุ่น YY-1000 กลางแจ้ง ผลลัพธ์เชิงประจักษ์แสดงให้เห็นอย่างไม่มีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับมาตรวัดเชิงพาณิชย์

คำสำคัญ: วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส เครื่องวัดความชื้น บอร์ดทดลองอาดูโน้

ABSTRACT

This paper presents the low cost soil moisture measurement using non-inverting amplifier in order to amplify the small signal input that is the pre-processing part of embedded board. The non-inverting amplifier is applied for the small measured signal from soil to improve the input for embedded system. Arduino

UNO board, Atmega328 microcontroller and the analog to digital converter (ADC) module are used to process the signal. Experiments show the proposed measurement in comparison with the 3-in-1 digital soil moisture meter and YY-1000 hand moisture meter outdoors. Empirical results show insignificantly compared with the commercial meters.

Keywords: Non-inverting amplifier, soil moisture measurement, embedded system, Arduino board

1. บทนำ

ความชื้นในดิน; หรือบางครั้งเรียกว่า 'ศักยภาพน้ำในดิน' เป็นแหล่งน้ำในทันทีสำหรับพืชส่วนใหญ่ในการเจริญเติบโต ความชื้นในดินเป็นตัวแปรสำคัญในการควบคุมการแลกเปลี่ยนน้ำและพลังงานความร้อนระหว่างผิวดินกับบรรยากาศผ่านการระเหยและการคายน้ำของพืช ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการพัฒนารูปแบบสภาพอากาศและการผลิตหยาดน้ำฟ้า [1] เพื่อให้เกิดการนำเทคโนโลยีสารสนเทศประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดการผลิตสินค้าเกษตรที่เหมาะสม ปลอดภัย และเพียงพอต่อความต้องการของประชากรที่จะเพิ่มสูงขึ้นในอนาคต อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมให้มีการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม นำไปสู่การทำการเกษตรแบบยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การนำเอาเทคโนโลยีมาช่วยในการปรับใช้กับการทำการเกษตร เพื่อให้มีประสิทธิภาพการผลิตที่สูงขึ้น

ตามที่คณะวิจัยได้ทำการพัฒนา ระบบฝังตัวเป็นระบบฮาร์ดแวร์

คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ ที่ได้รับการออกแบบวงจรรวมและซอฟต์แวร์สำหรับการทำงานแบบเรียลไทม์อย่างกว้างขวาง เช่น ชุดตรวจจับเอนไฟร์ระดับนำขึ้นลงเพื่อชุมชนควบคุมด้วยระบบ IoT [2] ปริมาณน้ำฝนเชิงคุณภาพจากข้อมูลดาวเทียม [3], ระบบการตรวจวัดและการควบคุมการให้น้ำพืชแบบอัตโนมัติ และการถ่ายทอดเทคโนโลยีและนวัตกรรมตอบสนองความต้องการของท้องถิ่น

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

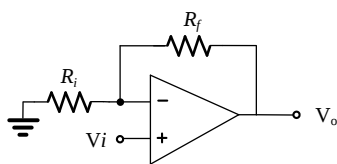
2.2 วงจรขยายแรงดันไม่กลับเฟส

วงจรขยายแรงดันไม่กลับเฟส สามารถมองให้เป็นวงจรขยายป้อนกลับแบบลบ (Negative feedback Circuit) แรงดันที่ขาอินพุต (-) ของออปแอมป์จะเท่ากับแรงดันที่ขาอินพุต (+) ทำให้กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_i และ R_f เท่ากับ v_i/R_i และ $(v_o - v_i)/R_f$ ตามลำดับ เนื่องจากออปแอมป์จะไม่รับกระแสอินพุตเลยทำให้กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานทั้งสองจะต้องเท่ากัน นั่นคือ

$$\frac{v_i}{R_i} = \frac{(v_o - v_i)}{R_f} \quad (1)$$

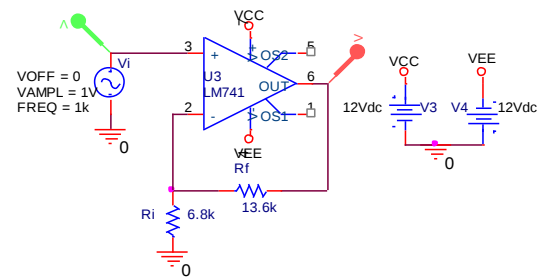
จากสมการที่ (1) เราสามารถหาอัตราขยายแรงดันของวงจรได้เป็น

$$\frac{v_o}{v_i} = \frac{R_i + R_f}{R_i} = 1 + \frac{R_f}{R_i} \quad (2)$$

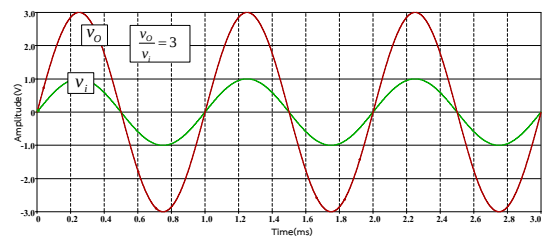


รูปที่ 1 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

จากการที่ทำการออกแบบในทฤษฎีเบื้องต้นแล้วจะทำการนำวงจรที่ได้รับการออกแบบนำมาใช้งานซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป



รูปที่ 2 จำลองการทำงานของวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส



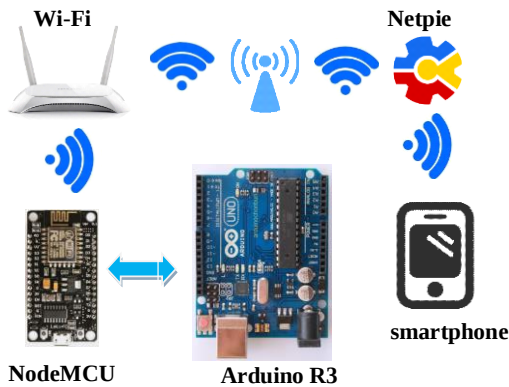
รูปที่ 3 ผลการจำลองการทำงานของวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสของ v_i กับ v_o

2.2 เทคโนโลยีการประยุกต์การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง

ปัจจุบันเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวัน สิ่งที่เราได้รับความนิยมนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุดคืออินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง (Internet of Thing : IoT) นอกจากนี้ IoT จะเปลี่ยนรูปแบบและกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรมไปสู่ยุคใหม่ หรือที่เรียกว่า Industry 4.0 ที่จะอาศัยการเชื่อมต่อสื่อสารและทำงานร่วมกันระหว่างเครื่องจักร มนุษย์ และข้อมูล [4] เมื่ออุปกรณ์ต่าง ๆ มีการเชื่อมต่อถึงกันจะทำให้สามารถควบคุมการใช้งาน สามารถดูข้อมูลแบบเรียลไทม์ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR มีการพัฒนาระบบแบบ Open Source มีการเปิดเผยข้อมูลทั้งทางด้าน ฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์

NodeMCU คือแพลตฟอร์มที่มีการใช้งานในด้าน IoT [5] ในตัวบอร์ดได้รวมโมดูล ESP8266, to - TTL ฯลฯ สามารถทำงานได้หลากหลายโดยเฉพางานที่เกี่ยวข้องกับ IoT ไม่ว่าจะเป็น Web Server ขนาดเล็ก การควบคุมผ่าน Wifi สัญญาณ Mobile ในรูปแบบแอปพลิเคชัน และอื่น ๆ อีกมากมาย



รูปที่ 4 การเชื่อมต่อระบบ IoT

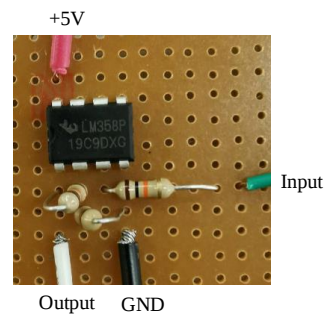
3. การออกแบบ

การพัฒนาอุปกรณ์เครื่องวัดความชื้นนี้มีต้นทุนต่ำสำหรับนำไปใช้หาค่าปริมาณความชื้นในดินซึ่งได้ทำออกแบบขั้นตอนอันประกอบด้วย 1.การศึกษาสภาพปัญหา 2.การออกแบบวงจรขยายสัญญาณ 3.ออกแบบอัลกอริทึมของโปรแกรม 4.ทดสอบการทำงาน และ 5. บันทึกผลการดำเนินการ

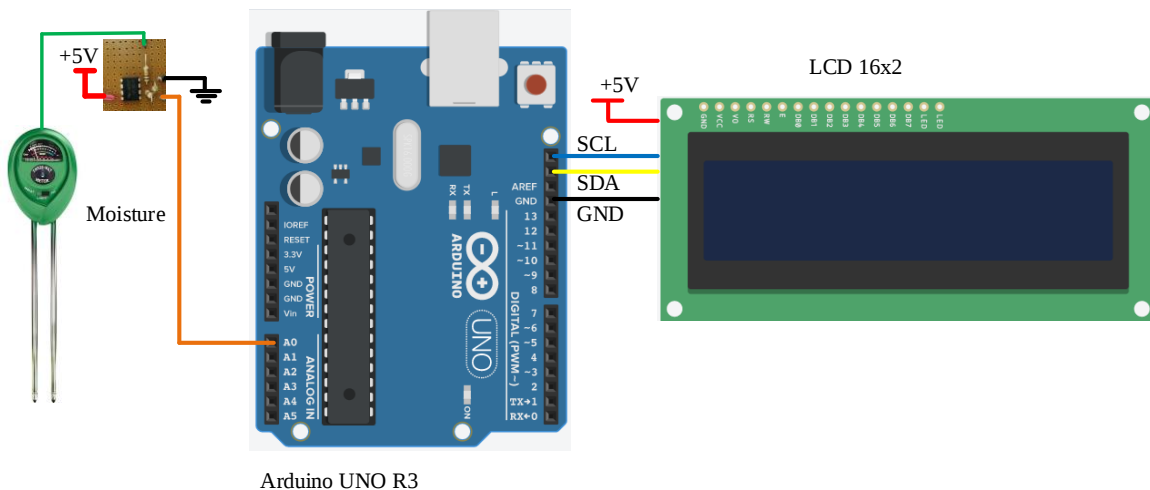
3.1. การศึกษาสภาพปัญหา

อุปกรณ์การหาเซ็นเซอร์ที่มีคุณภาพเหมาะสมใช้สำหรับตรวจวัดความชื้นในดิน ได้นำมาศึกษาข้อมูลและทำการทดสอบเบื้องต้น จำนวน 3 ชั้น ซึ่งมีความแตกต่างกันดังนี้

หรับสำหรับรูปที่ 2 จะใช้การออกแบบวงจร ก่อนหน้านี้ใช้เครื่องขยายเสียงที่ไม่กลับเฟส มี 3 ส่วนที่สำคัญ ส่วนแรกเป็นการเชื่อมต่อระหว่างสายสัญญาณที่ได้จากขดลวดเคลื่อนที่ (+) ของเครื่องวัดความชื้นในดิน และต่อกับสัญญาณ Input (+) กับบอร์ด PCB เพื่อต่อวงจรไม่กลับด้าน Op-amp ใช้เบอร์ LM358P ดังแสดงรูปที่ 5



รูปที่ 5. การเชื่อมต่อวงจร Non Inverting Amplifier ใช้ ไอซีเบอร์ LM358P



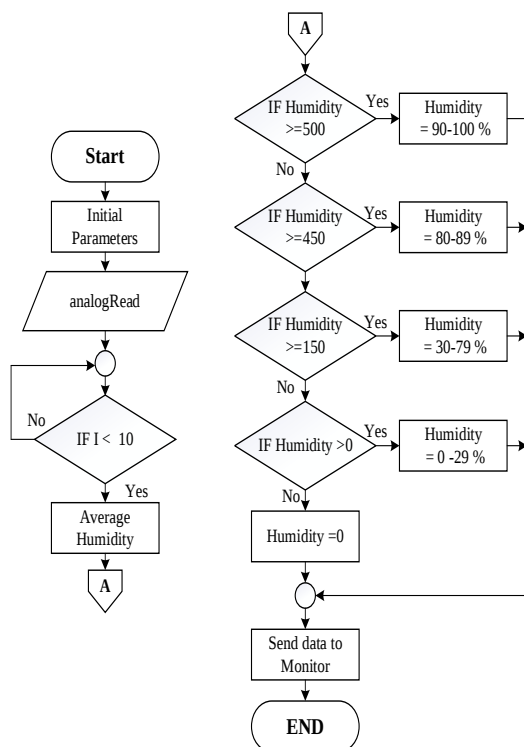
รูปที่ 6 เครื่องวัดความชื้นในดินโดยใช้วงจร Non-Inverting Amplifier บนบอร์ดฝังตัว

จากรูปที่ 6 เป็นบอร์ด PCB ที่ส่งสัญญาณอินพุตไปยังส่วนที่สอง ซึ่งทำหน้าที่เป็นโปรเซสเซอร์ ได้ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 เป็นโปรเซสเซอร์ โดยที่บอร์ดนั้น มีโมดูล ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (ADC) ที่มีความละเอียด 10 บิตที่ +5V เมื่อแปลงสัญญาณ จะได้รับค่าตัวเลขระหว่าง 0-1024 โมดูลนี้มีรูปแบบการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล ADC ประมาณต่อเนื่อง โดยที่ค่าดิจิทัลจะถูกสุ่มและแปลงเป็นแรงดัน อนาล็อกเพื่อเปรียบเทียบกับค่าแรงดันไฟฟ้า

ด้านบนแสดงการออกแบบระบบความชื้นในดินเป็นคีย์เริ่มต้น ของกิจกรรม หากความชื้นในดินถึงขีดจำกัดขั้นต่ำซึ่งเป็นสาเหตุ ส่วน การตอบสนองของเซ็นเซอร์ความชื้นในดินจะแสดงขึ้นจอ LCD.

ปริมาณความชื้นในดินในปัจจุบัน ตามหลักการออกแบบ เครื่องมือวัดความชื้นในดินแบ่งออกเป็น 4 ช่วงสำหรับการวิเคราะห์ สิ่งนี้อธิบายเพิ่มเติมจากการเขียน pseudocode.

Pseudocode: 1



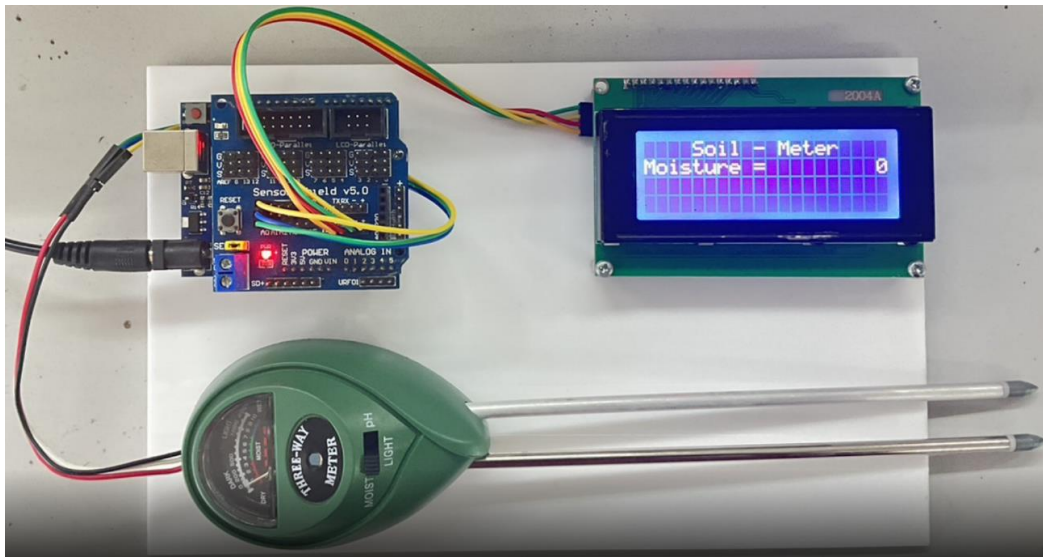
Algorithm Humidity Decode

1. Set initial Humidity
2. For I=0; I<10; I++
3. {Humidity = Humidity + value from analogRead}
4. Avarage Humidity by 10
5. IF Humidity >= 500
6. printf ("Humidity>90-100%RH")
7. IF Humidity >= 450
8. printf ("Humidity>80-89%RH")
9. IF Humidity >= 150
10. Printf ("Humidity>30-79%RH")
11. IF Humidity >= 0
12. Printf ("Humidity>0-29%RH")
13. Send data to Monitor

อัลกอริธึมแสดงเป็น pseudocode ไว้ด้านบน และรูปที่ 7 เป็น โฟลว์ชาร์ทอัลกอริธึม

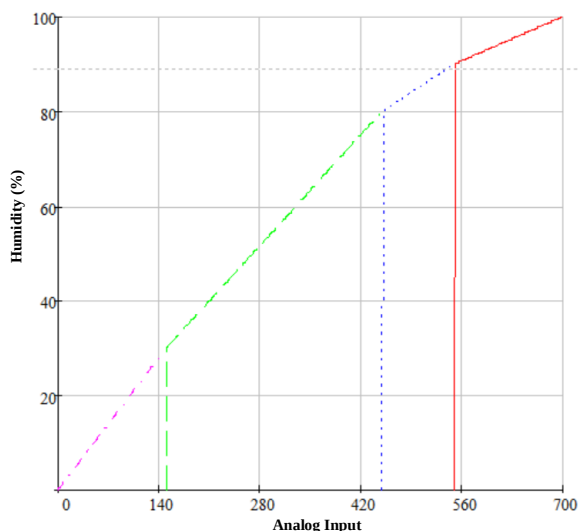
บรรทัดที่ 1 คือการกำหนดค่าเริ่มต้น บรรทัดที่ 2-4 เป็น สัญญาณอินพุตแบบอนาล็อกเพื่อดำเนินการเฉลี่ย 10 ครั้ง

รูปที่ 7 โฟลว์ชาร์ทการทำงานของเครื่องมือวัดความชื้น



รูปที่ 9 การออกแบบวงจรฮาร์ดแวร์

บรรทัด 5 - 12 ถูกกำหนดไว้โดยช่วงสัญญาณแบ่งออกเป็น 4 ช่วง หากสัญญาณแอนะล็อกมากกว่าหรือเท่ากับ 500 จะมีค่าธรรมเนียมความชื้น 90 - 100% หากค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 450 จะมีค่าธรรมเนียมความชื้น. เท่ากับ 80 - 89% หากค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 150 มีค่าธรรมเนียมความชื้น 30 - 79% และหากมากกว่าหรือเท่ากับ 0 จะมีค่าความชื้น 0 - 29% และบรรทัดที่ 13 แสดงค่าที่จ่อมอนิเตอร์



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ของค่าอินพุตกับค่าความชื้นเอาต์พุตที่ได้

จากกราฟรูปที่ 8 จะแสดงค่าสัญญาณของเครื่องวัดความชื้นที่แบ่งเป็น 4 เท่าดังที่กล่าวข้างต้น โดยมีตัวอย่าเครื่องวัดความชื้น ดังรูปที่ 10 และการออกแบบวงจรฮาร์ดแวร์ ดังรูปที่ 9

ในการใช้เครื่องวัดความชื้นจะแบ่งเป็นความชื้นที่เหมาะสมกับพืช โดยพืชแต่ละชนิดต้องการความชื้นไม่เท่ากัน แบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ พืชที่ใช้ความชื้นน้อย (0 - 30%) ปานกลาง (31 - 80%) และ ความชื้นมาก (81 - 100%)

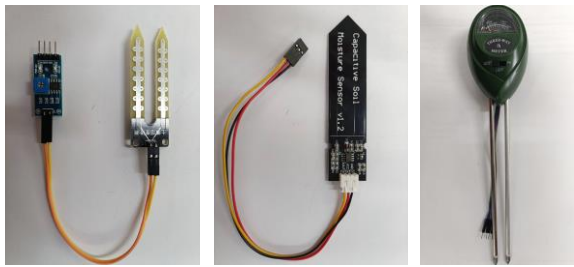
ในเบื้องต้นคณะวิจัยได้ทำการค้นหาอุปกรณ์มาทำทดสอบดังปรากฏดังรูปที่ 10 ซึ่งมีทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ 1) เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน Soil Moisture Sensor Module 2) เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินแบบ Capacitive และ 3) มิเตอร์วัดดิน 3 in 1 วัดค่าความเป็นกรดด่างของดิน วัดความชื้น และวัดความสว่าง [6]

4. การทดสอบและผลที่ได้

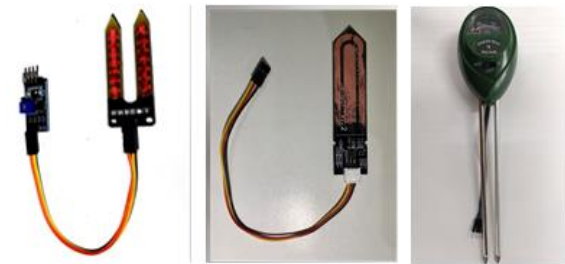
การทดสอบแบ่งออกเป็นสองขั้นตอนสำหรับขั้นตอนการทดสอบ ดังนี้

1. จะมีการทดสอบหาแรงดันไฟที่เกิดจากความชื้น
2. จะเป็นการทดสอบภาคสนามของการใช้งาน

ขั้นตอนที่ 1 วัดแรงดันไฟฟ้าที่ส่งผลต่อค่าธรรมเนียมความชื้นโดยหารแรงดันไฟฟ้าที่ตอบสนองต่อความชื้น ดังแสดงในรูปที่ 11 รูปที่ 12 แสดงว่าเซ็นเซอร์ความชื้นในดินได้รับการสอบเทียบด้วยโวลต์มิเตอร์

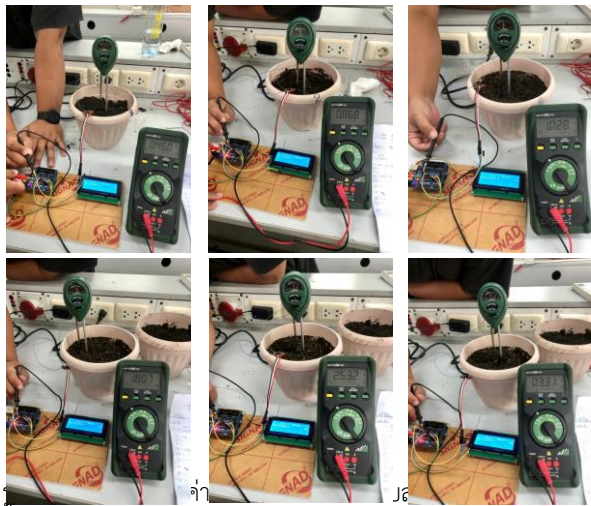


(ก) ก่อนนำไปใช้งาน



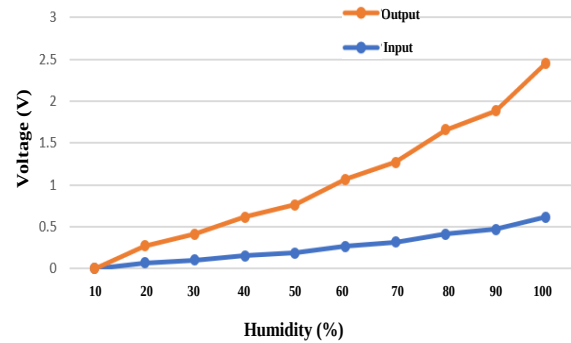
(ข) หลังการไปใช้งาน

รูปที่ 10 เครื่องวัดความชื้นที่ใช้งาน



รูปที่ 11 เซ็นเซอร์ความชื้นในดินได้รับการสอบเทียบด้วยโวลต์มิเตอร์

จากรูปที่ 11 ได้ทำการหาสัญญาณทางไฟฟ้าและนำมาทำการจัดบันทึกผลการทดลอง เพื่อหาข้อเปรียบเทียบเทียบของสัญญาณ Input และ Output



รูปที่ 12 การเปรียบเทียบค่าข้อมูลสัญญาณแรงดัน Input และ Output ผ่านวงจร Non Inverting Amplifier

จากรูปที่ 12 เป็นกราฟแสดงการเปรียบเทียบสัญญาณ Input และ Output ที่ได้ทำการจัดบันทึกไว้ของวงจร Non Inverting Amplifier ที่มีอัตราขยาย 3 เท่า

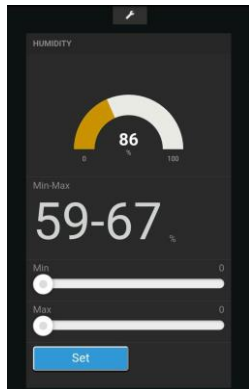


รูปที่ 13 การวัดความชื้นจริง

จากโครงสร้างของเซ็นเซอร์แตกต่างจากโครงสร้างของเครื่องมือสอบเทียบ ส่งผลให้การอ่านค่าแอมพลิจูดของสัญญาณความชื้นในดินมีค่า 0 - 5%



รูปที่ 14 ทำการทดสอบภาคสนาม



รูปที่ 15 ผลที่ได้จากแอปพลิเคชัน Netpie

จากรูปที่ 15 ได้นำชุดเครื่องวัดความชื้นในดินโดยใช้วงจร Non-Inverting Amplifier บนบอร์ดฝิ่งตัว มาเชื่อมต่อกับ

อุปกรณ์ Node MCU เพื่อแสดงผลแบบแอปพลิเคชัน Netpie [5] บน Smartphone ในรูปแบบในรูปแบบระบบ lot ซึ่งผลข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องสามารถดูข้อมูลแบบเรียลไทม์ได้

5. สรุปผล

ข้อมูลบางอย่างที่สามารถศึกษาได้จากผลการทดสอบคือผลการวัดของเซ็นเซอร์ในห้องทดลองที่ปรับแต่งกับวงจร แอมพลิฟายเออร์แบบไม่กลับด้านพร้อมอัตราขยาย 0 - 5%

ตารางที่ 2 HUMIDITY-RESPONSIVE VOLTAGE

ครั้งที่	* Moisture	Moisture 3 in1	Moisture Meter HH150
1	19%	21%	21.21%
2	19%	21%	21.21%
3	18%	20%	20.50%
4	17%	20%	20.25%
5	16%	19%	20.21%
6	16%	19%	20%
7	15%	18%	19.50%
8	14%	17%	19.22%
9	14%	17%	19.02%
10	13%	17%	18.76%

REFERENCES

- [1] Soil Moisture, [Online]. Available at <https://weather.msfc.nasa.gov/landprocess/#:~:text=Soil%20moisture%20is%20a%20key,and%20the%20production%20of%20precipitation.> [Access on 2-July-2021].
- [2] ธวัชชัย สอนสนาม และคณะ "ชุดตรวจเตือนเฝ้าระวังระดับน้ำขึ้นลงเพื่อชุมชนควบคุมด้วยระบบ IoT,"การประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ครั้งที่15,หน้าที่ 23-26 ,ปี2566
- [3] เทิดพันธุ์ ชูกร สุริยา อติเรก และคณะ "ระบบการตรวจวัดและการควบคุมการให้น้ำพืชแบบอัตโนมัติและการถ่ายทอดเทคโนโลยีและนวัตกรรมตอบสนองความต้องการของท้องถิ่น,"การประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ครั้งที่15,หน้าที่ 434-437 ,ปี2566
- [4] พิพัฒน์ พรหมมี "ระบบการแสดงผลข้อมูลอุณหภูมิแบบเรียลไทม์," วรสาร ECTIเพื่ออุตสาหกรรม ฉบับที่ 4 ประจำเดือนกุมภาพันธ์ ,ปี 2562
- [5] <https://netpie.gitbooks.io/nodemcu-esp8266-on-netpie/content/lab-7.html> [สืบค้นเมื่อ พ.ค.2566]
- [6] <https://www.tarhomeuse.com/product/335/> มิเตอร์วัดดิน-3-in-1-วัดค่าความเป็นกรดต่างของดิน-วัดความชื้น-และวัดความสว่างของแหล่งปลูก/[สืบค้นเมื่อ 4 พ.ค.2566]
- [7] <https://docs.netpie.io/> [สืบค้นเมื่อ 4 พ.ค.2566]



สุริยา อดีเรก อาจารย์สาขาวิชาไฟฟ้าอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ สาขางานวิจัยที่
สนใจได้แก่ analog to digital converter,
microcontroller



สุภาพร พลพัฒน์ นักศึกษาสาขาวิชาไฟฟ้า
อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์



พิชญพร คำควร นักศึกษาสาขาวิชาไฟฟ้า
อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์



เทิดพันธุ์ ชุกร ประจง อาจารย์สาขาวิชาไฟฟ้า
อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
สาขางานวิจัยที่สนใจได้แก่ Analog circuit design



ณัฐพงษ์ มาไทย นักศึกษาสาขาวิชาไฟฟ้า
อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์



อำนาจ ประจง อาจารย์สาขาวิชาไฟฟ้า
อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
สาขางานวิจัยที่สนใจได้แก่ Analog circuit design