



รายงานการวิจัย
เรื่อง



การสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อตรวจวัดความชื้นของลำไยอบแห้ง
แบบมีเปลือก

**The Prototype for Checking a Moisture
in Driedlongan with Skin**

RCH

TP

562-5

๖6

๑๗๒๙ก

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 128634

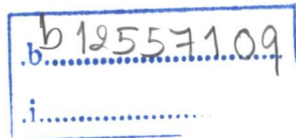
วัน.เดือน.ปี 11 มี.ย. 2556

โดย

อิทธิพล พจนัสัจ

ที่ปรึกษาโครงการวิจัย

กิติพล ชิตสกุล



ได้รับทุนอุดหนุนโครงการวิจัย ประจำปี 2552

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร

บทคัดย่อ

ลำไยเป็นพืชเศรษฐกิจ อุตสาหกรรมแปรรูปลำไยอบแห้ง เป็นการพัฒนาการเก็บลำไยให้อยู่ได้นาน และไม่เกิดเชื้อราขึ้นกับผลลำไยที่เก็บไว้เป็นเวลานาน โดยวิธีที่นิยมนำมาใช้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาลำไยสดสามารถทำได้หลายวิธีคือ เนื้อลำไยอบแห้ง ลำไยอบแห้ง และอื่นๆ การอบจะอยู่ที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12-48 ชั่วโมง ลำไยที่อบแห้งจะต้องมีความชื้นเหลืออยู่ที่ประมาณ 17 % ของน้ำหนักผลสด ซึ่งผลลำไยสดมีความชื้นประมาณ 70 % ของน้ำหนักผลสด ตลาดลำไยอบแห้งพบปัญหาเรื่องการคัดคุณภาพของสินค้า เช่น มีการปนเปื้อนเชื้อราเนื่องจากการอบแห้งไม่ได้มาตรฐาน จึงทำให้ราคาส่งออกผันผวน

ฉะนั้นทางผู้วิจัยจึงมีความคิดที่จะพัฒนาเครื่องวัดความชื้นของลำไยอบแห้งด้วยการวัดค่าความจุไฟฟ้า โดยทำการวัดค่าความจุไฟฟ้าของลำไยอบแห้ง เพื่อหาความสัมพันธ์ของความชื้นของลำไยที่อบกับค่าความจุไฟฟ้า ออกแบบตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนาน ร่วมกับวงจรตรวจนับ โดยแผ่นตัวนำขนานเป็นตัวเก็บประจุแบบกล่อง กว้างขนาด 10 ซม. ยาว 14 ซม. ระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำ 3.5 ซม. นำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลและแสดงผลเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ ผลการทดสอบค่าจริงกับค่าการวัดด้วยเครื่องที่ออกแบบผลที่ได้มีความคลาดเคลื่อนระหว่าง 1.48-19.03 %

ABSTRACT

Longan is an economic plant. The processing fruit industry of driedlongan is a development to keep longan longer. Without causing fungus to the preserved longan. The most popular way to prolong keeping fresh longan can be made in many ways such as driedlongan without skin, driedlongan with skin and so on. The roasting was made at temperature 70-80 degree celcius for 12-48 hours. The driedlongan should have moisture left about 17% of fresh longan weight which its moisture is about 70% of fresh longan weight. Driedlongan market faces the problem of screening quality of product such as the fungus contamination according to under standard of roasting procedure which makes export selling price fluctuated.

Hence, the researcher has an idea to develop a prototype for checking a moisture in driedlongan with skin by using capacity value. The idea is to measure the value of capacity to find the relationship between moisture in the roasted longan and capacity value. Designing parallel plate together with detecting circuit. The parallel plate is the capacitive box with size 10 cm. width and 14 cm. length. The distance between parallel plate is 3.5 cm. Compiling the obtained data by representing in percentage. The obtained figure from the test result of true value compare to the value from the designed tool has the deviation at 1.48 to 19.03%

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
สารบัญ.....	ค
สารบัญตาราง.....	จ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1
ขอบเขตของการวิจัย	2
ระเบียบวิธีวิจัย	2
ทฤษฎีหรือกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
2. ทฤษฎีและวิธีการ	6
ทฤษฎีบท	
ตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนาน.....	5
วิธีการ	
ตัวเก็บประจุตัวที่ 1.....	8
ตัวเก็บประจุตัวที่ 2.....	9
3. การออกแบบระบบ.....	11
การออกแบบระบบเครื่องวัดความถี่ขึ้นลำโพงแบบมีเปลือก	
ตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนานและวงจรตรวจจับ.....	11
โปรแกรมของเครื่องที่ออกแบบ.....	14
4. สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ.....	19
รายละเอียดคุณลักษณะของเครื่องที่ออกแบบ	19
ข้อสรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ.....	21
5. บรรณานุกรม.....	22

6. ประวัติผู้วิจัย.....	23
-------------------------	----

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ผลการทดสอบค่าจริงกับค่าการวัดด้วยเครื่องที่ออกแบบ.....	20

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1	ตัวเก็บประจุขนาดพื้นที่หน้าตัด A ระยะห่างระหว่างแผ่นตัวเก็บประจุ d.....2
1.2	แสดงวิธีการวัดค่าความจุไฟฟ้าของลำไยที่อบด้วยแผ่นตัวนำขนาน.....3
2.1	ตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนาน.....5
2.2	ตัวเก็บประจุขนาดพื้นที่หน้าตัด A ระยะห่างระหว่างแผ่นตัวเก็บประจุ d.....6
2.3	แสดงวิธีการวัดค่าความจุไฟฟ้าของลำไยที่อบด้วยแผ่นตัวนำขนาน.....8
2.4	กราฟความสัมพันธ์ของความชื้นลำไยที่อบกับค่าความจุไฟฟ้า ของตัวเก็บประจุตัวที่ 1..9
2.5	กราฟความสัมพันธ์ของความชื้นลำไยที่อบกับค่าความจุไฟฟ้า ของตัวเก็บประจุตัวที่ 2.10
3.1	ระบบเครื่องวัดความชื้นลำไยอบแห้งแบบมีเปลือก.....11
3.2	ตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนาน.....12
3.3	IC CAV424.....12
3.4	วงจรขยาย Instrumentation Amplifiers.....13
3.5	วงจรขยายที่ใช้.....13
3.6	ไมโครคอนโทรลเลอร์ แปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลและการแสดงผล.....14
3.7	โครงสร้างขนาด 1 บิต ของพอร์ต P0.....15
3.8	โครงสร้างขนาด 1 บิต ของพอร์ต P2.....17
3.9	โครงสร้างขนาด 1 บิต ของพอร์ต P1,P3 และ P4.....17
3.10	โปรแกรมของเครื่องที่ออกแบบ.....18
4.1	แสดงเครื่องต้นแบบที่ออกแบบ.....19
4.2	เครื่องวัดความชื้นลำไยอบแห้งพร้อมกล่องใส่ตัวอย่าง.....19
4.3	การทดสอบค่าจริงกับการวัดด้วยเครื่องที่ออกแบบ.....20

บทที่ 1

บทนำ

ลำไยเป็นผลไม้ที่สำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง ปัจจุบันเป็นที่นิยมบริโภคทั้งชาวไทย และต่างประเทศ ในแต่ละปีมีการส่งออกลำไยและผลิตภัณฑ์รวมมูลค่ามากกว่า 5,000 ล้านบาท พื้นที่ที่ปลูกประมาณ 386,000 ไร่ ในเขตภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน เชียงราย พะเยา แพร่ น่าน ลำปาง ตาก อุตรดิตถ์ พิษณุโลก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือบางจังหวัด

ลำไยอบแห้ง ตลาดที่สำคัญ คือ สาธารณรัฐประชาชนจีน ลาว และฮ่องกง เป็นต้นในปี 2547 มีการส่งออกลำไยอบแห้งจำนวน 71,563 ตัน และปี 2548 จำนวน 52,766 ตัน ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมแปรรูปที่มีหลายระดับ ตั้งแต่การใช้เงินทุนไม่สูงมากนัก จนกระทั่งถึงการลงทุนที่ตั้งเป็นโรงงานที่มีการผลิตขนาดใหญ่และมักจะทำเพื่อการส่งออกซึ่งต้องใช้เงินทุนค่อนข้างมาก ตลาดจะมีทั่วๆ ไปตามร้านค้าและศูนย์การค้าต่างๆ

ปัจจุบันมีหลายประเทศที่ปลูกลำไยเป็นพืชเศรษฐกิจ ซึ่งเป็นคู่แข่งที่สำคัญของประเทศไทย ทำให้ต้องพัฒนาการเก็บลำไยให้อยู่ได้นาน และไม่เกิดเชื้อราขึ้นกับผลลำไยที่เก็บไว้เป็นเวลานาน โดยวิธีที่นิยมนำมาใช้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาลำไยสดสามารถทำได้หลายวิธีคือ เนื้อลำไยอบแห้ง ลำไยอบแห้ง และอื่นๆ การอบจะอยู่ที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12-48 ชั่วโมง ลำไยที่อบแห้งจะต้องมีความชื้นเหลืออยู่ที่ประมาณ 17 % ของน้ำหนักผลสด ซึ่งผลลำไยสดมีความชื้นประมาณ 70 % ของน้ำหนักผลสด แต่วิธีการเก็บรักษา สำหรับเนื้อลำไยอบแห้งที่ใช้อุณหภูมิอบสูงกว่านี้จะทำให้เนื้อลำไยมีสีน้ำตาล อีกทั้งเนื้อลำไยด้านนอกจะแข็งแต่ด้านในยังชื้นอยู่ จึงเป็นสาเหตุให้อายุการเก็บรักษาลดลง ตลาดลำไยอบแห้งพบปัญหาเรื่องการคัดคุณภาพของสินค้า เช่น มีการปนเปื้อนเชื้อรา เนื่องจากการอบแห้งไม่ได้มาตรฐาน จึงทำให้ราคาส่งออกผันผวน ฉะนั้นทางกลุ่มวิจัยจึงมีความคิดที่จะพัฒนาเครื่องวัดความชื้นของลำไยอบแห้งด้วยการวัดค่าความจุไฟฟ้า โดยทำการวัดค่าความจุไฟฟ้าของลำไยอบแห้ง เพื่อหาความสัมพันธ์ของความชื้นของลำไยที่อบกับค่าความจุไฟฟ้า อย่างไรก็ตามในการออกแบบและพัฒนาจำเป็นต้องทราบตัวแปรความสัมพันธ์ของความชื้นของลำไยที่อบ เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการออกแบบพัฒนาเครื่องวัดความชื้นของลำไยอบแห้งในเชิงวิศวกรรม เพื่อให้เครื่องวัดมีประสิทธิภาพและมีความน่าเชื่อถือในการวัด

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- เพื่อสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อตรวจวัดความชื้นของลำไยอบแห้งแบบมีเปลือก
- ช่วยตรวจวัดความชื้นของลำไย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพของผลผลิตในด้านการส่งออก
- มีความสะดวกรวดเร็วในการตรวจวัดและแสดงผล

ขอบเขตของการวิจัย

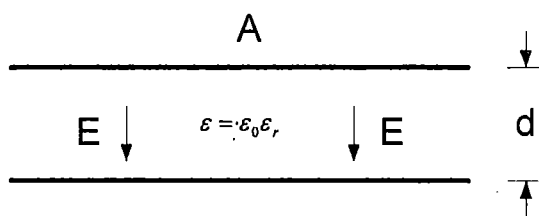
ทำการศึกษาและออกแบบระบบตรวจวัดความชื้นของลำไยอบแห้ง โดยใช้วิธีการวัดค่าความจุไฟฟ้า แสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้น สะดวกรวดเร็ว และใช้งานได้ง่าย

ระเบียบวิธีวิจัย

- การสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อตรวจวัดความชื้นของลำไยอบแห้งแบบมีเปลือก โดยการศึกษาข้อมูลและทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ของความชื้นของลำไยที่อบกับค่าความจุไฟฟ้า เพื่อทำการออกแบบเครื่องตรวจฯ ให้เหมาะสมกับการทดลอง แล้วทำการจัดสร้าง
- การทดลองเพื่อสอบเทียบค่าการตรวจวัดความชื้นของลำไยที่อบโดยใช้เครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นมากับค่าความชื้นของลำไยอบมาตรฐาน

ทฤษฎีหรือกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

ภาพที่ 1.1 จากพื้นฐานของการวัดค่าความจุไฟฟ้า (C) ให้สนามไฟฟ้า (E) แก่แผ่นตัวนำขนานซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด (A) ระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำเท่ากับ d ค่าความจุไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับตัวกลางที่อยู่ระหว่างแผ่นตัวนำตามค่า Relative Permittivity (ϵ) ของวัสดุนั้น ซึ่งเป็นไปตามสมการ



ภาพที่ 1.1 ตัวเก็บประจุขนาดพื้นที่หน้าตัด A ระยะห่างระหว่างแผ่นตัวเก็บประจุ d

$$C = \frac{\epsilon A}{d} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d}$$

โดย C = ค่าความจุไฟฟ้า (F หรือฟารัด)

$$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} (F/m)$$

ϵ_r = Relative Permittivity ของวัสดุนั้น

ϵ = Permittivity of Dielectric

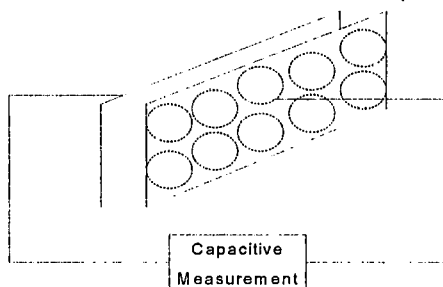
A = พื้นที่หน้าตัด (m^2)

d = ระยะห่างระหว่างแผ่นตัวเก็บประจุ (m)

ค่า ϵ_r ของน้ำเท่ากับ 80 ,แอลกอฮอล์เท่ากับ 25 ,น้ำมันเท่ากับ 2 และ อากาศเท่ากับ 1

ในการวัดค่าความจุไฟฟ้าของผลล้าโยที่มีค่าความชื้นต่างๆซึ่งระหว่างแผ่นตัวนำจะมีค่า ϵ_r ที่แตกต่างกัน ฉะนั้นเมื่อกำหนดขนาด A พื้นที่หน้าตัด และ d ระยะห่างระหว่างแผ่นตัวเก็บประจุ จึงทำให้สามารถวัดค่าความจุไฟฟ้าของผลล้าโยได้ที่ค่าความชื้นของผลล้าโยต่างๆกัน

ในการหาความสัมพันธ์ของความชื้นของล้าโยที่ต่อกับค่าความจุไฟฟ้า สามารถทำได้โดยนำแผ่นตัวนำขนานเป็นตัวเก็บประจุแบบกล่อง แสดงดังภาพที่ 1.2 ภายในบรรจุผลล้าโยที่จะทำการวัด ทำการชั่งน้ำหนักหึ่งเปลือกและอบล้าโยแล้วทำการวัดค่าความจุไฟฟ้า



ภาพที่ 1.2 แสดงวิธีการวัดค่าความจุไฟฟ้าของล้าโยที่ต่อกับแผ่นตัวนำขนาน

หลังจากได้กราฟความสัมพันธ์ของความชื้นของล้าโยที่ต่อกับค่าความจุไฟฟ้าแล้ว จึงทำการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ร่วมกับซอฟต์แวร์ทำการประมวลผลแสดงผลเป็นค่าความชื้นของล้าโย

บททวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

การอบผลล้าโย ผลล้าโยสดมีความชื้นประมาณ 70 % ของน้ำหนักผลสด การอบผลล้าโยให้สามารถเก็บรักษาได้นานโดยไม่เกิดปัญหาเชื้อรา จะต้องลดความชื้นให้เหลือต่ำกว่า 17 % อุณหภูมิที่ใช้อบอยู่ในช่วง 70-80 องศาเซลเซียส ควบคุมอุณหภูมิลมร้อนให้คงที่ เนื่องจากใช้เวลา

ในการอบแห้งไม่เท่ากัน ผลลำไยขนาดเล็กใช้เวลาอบอย่างน้อย 40 ชั่วโมง และผลลำไยขนาดใหญ่ใช้เวลาอบอย่างน้อย 48 ชั่วโมง

จากการศึกษาผลงานวิจัยของ อารีย์ อัจฉริยวิริยะ และคณะ (2542) ศึกษาสมการจลนศาสตร์ การอบแห้งเนื้อลำไยด้วยลมร้อน ได้นำวิธีเชิงตัวเลข(Numerical Method) มาใช้แก้ปัญหาการถ่ายเทความร้อนในเนื้อวัตถุที่มีรูปทรงกลมกลวง ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่โดยรวมของเนื้อลำไยขึ้นอยู่กับความชื้นวัสดุและอุณหภูมิอบแห้ง โดยใช้สมการความชื้นสมดุลของ Oswin(1946) สามารถทำนายความชื้นสมดุลได้ดีที่สุดตลอดช่วงความชื้นสัมพัทธ์ 11-95 % และอุณหภูมิในช่วง 45-85 องศาเซลเซียส

ผลงานวิจัยของ วีระ ฟ้าเพื่อวิทยากุล (2541) ศึกษาการปรับปรุงเครื่องอบแห้งลำไยแบบไม่มีกะเป็ลือก โดยเปรียบเทียบคุณภาพลำไยหลังอบในแ่งเปอร์เซ็นต์ความชื้น w water activity(Aw) โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 ตอนคือ ในตอนแรกเปรียบเทียบวิธีการกลับลำไยแบบเดิมที่เกษตรกรใช้อยู่กับแบบใหม่ที่ปรับปรุงกระบะอบ โดยใช้อุณหภูมิ 75-80 องศาเซลเซียส พบว่าแบบใหม่มีความสะดวกและใช้เวลาในการกลับน้อยลง ในตอนที่ 2 หาช่วงเวลาในการกลับที่เหมาะสมคือ 6 ชั่วโมงโดยใช้อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส

ผลงานวิจัยของ พรชัย บริสุทธิ์บัวทิพย์ และคณะ(2535) ศึกษาการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองการอบแห้งลำไย ทดลองจริงกับการคำนวณจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งใช้โปรแกรม Lotus 123 โดยใช้อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง

จากการศึกษา ทางคณะวิจัยจึงได้มีการเสนอแนวคิดในการพัฒนาเครื่องวัดความชื้นของลำไยอบแห้งด้วยการวัดค่าความจุไฟฟ้า โดยทำการวัดค่าความจุไฟฟ้าของลำไยอบแห้ง เพื่อหาความสัมพันธ์ของความชื้นของลำไยที่อบกับค่าความจุไฟฟ้า

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- สามารถตรวจวัดความชื้นของลำไยอบแห้งแบบมีเป็ลือก
- เพิ่มคุณภาพ มาตรฐานและประสิทธิภาพของลำไยอบแห้งแบบมีเป็ลือก
- พัฒนาเทคโนโลยีด้านอุตสาหกรรมเกษตร

บทที่ 2

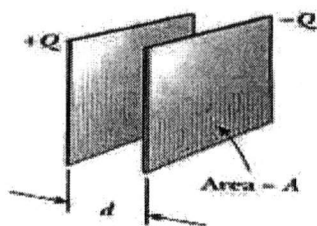
ทฤษฎีและวิธีการ

Theory and Method

การพัฒนาเครื่องวัดความชื้นล้าโยบแห้งแบบมีเปลือก ในโครงการวิจัยนี้ทำได้โดยศึกษาการวัดค่าความจุไฟฟ้าของล้าโยบแห้ง เพื่อหาความสัมพันธ์ของความชื้นของล้าโยบที่อบกับความจุไฟฟ้า จำเป็นต้องทราบตัวแปรความสัมพันธ์ของความชื้นของล้าโยบที่อบ เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการออกแบบพัฒนาเครื่องวัดความชื้นของล้าโยบแห้งในเชิงวิศวกรรม

ทฤษฎีบท

ตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนาน



ภาพที่ 2.1 ตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนาน

พิจารณาแผ่นขนานพื้นที่ A ห่างกันเป็นระยะทาง d ดังภาพที่ 2.1 แต่ละแผ่นมีประจุ Q ถ้าตัวเก็บประจุถูกประจุมีความต่างศักย์คงที่ ศักย์ไฟฟ้าระหว่างแผ่นขนานคือ $V = Ed$ ถ้าความหนาแน่นเชิงพื้นผิวของของของแต่ละแผ่นเป็น $\sigma = Q/A$ ถ้าแผ่นขนานอยู่ชิดกันมากเรากล่าวได้ว่าสนามไฟฟ้ามีค่าสม่ำเสมอระหว่างแผ่นขนานและเป็นศูนย์ในที่อื่น ค่าสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นขนานคือ

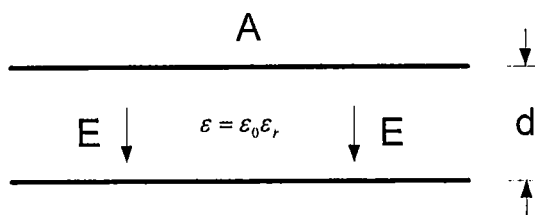
$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 A}$$

$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$ เพราะว่าสนามระหว่างแผ่นขนานคงที่ ขนาดความต่างศักย์ระหว่างแผ่นเท่ากับ Ed ดังนั้น

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{Ed} = \frac{Q}{Qd/\epsilon_0 A}$$

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

นั่นคือค่าความจุของตัวเก็บประจุแผ่นคู่ขนาน(C)เป็นสัดส่วนกับพื้นที่ของแผ่น และเป็นสัดส่วนผกผันกับระยะทางระหว่างแผ่น



ภาพที่ 2.2 ตัวเก็บประจุขนาดพื้นที่หน้าตัด A ระยะห่างระหว่างแผ่นตัวเก็บประจุ d

ภาพที่ 2.2 จากพื้นฐานของการวัดค่าความจุไฟฟ้า (C) ให้สนามไฟฟ้า (E) แก่แผ่นตัวนำขนานซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด (A) ระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำเท่ากับ d ค่าความจุไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับตัวกลางที่อยู่ระหว่างแผ่นตัวนำตามค่า Relative Permittivity (ϵ) ของวัสดุนั้น ซึ่งเป็นไปตามสมการเมื่อ $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$

$$C = \frac{\epsilon A}{d} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d}$$

โดย C = ค่าความจุไฟฟ้า (F หรือฟารัด)

$$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} (F/m)$$

ϵ_r = Relative Permittivity ของวัสดุนั้น

ϵ = Permittivity of Dielectric

A = พื้นที่หน้าตัด (m^2)

d = ระยะห่างระหว่างแผ่นตัวเก็บประจุ (m)

ค่า ϵ_r ของน้ำเท่ากับ 80 ,แอลกอฮอล์เท่ากับ 25 ,น้ำมันเท่ากับ 2 และ อากาศเท่ากับ 1

ในการวัดค่าความจุไฟฟ้าของผลล้าโยที่มีค่าความชื้นต่างๆซึ่งระหว่างแผ่นตัวนำจะมีค่า ϵ_r ที่แตกต่างกัน ฉะนั้นเมื่อกำหนดขนาด A พื้นที่หน้าตัด และ d ระยะห่างระหว่างแผ่นตัวเก็บประจุ จึงทำให้สามารถวัดค่าความจุไฟฟ้าของผลล้าโยได้ที่ค่าความชื้นของผลล้าโยต่างๆกัน

สมการที่ใช้เกี่ยวข้องในการทดลอง

การประมาณค่าในช่วงแบบลากรองจ์

กำหนดจำนวนคู่ลำดับ $n+1$ จำนวน $(x_0, y_0), (x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ ซึ่งสัมพันธ์กับจุดบนกราฟของฟังก์ชัน $y = f(x)$ ต้องการหาพหุนาม $P_n(x)$ ซึ่งประมาณค่าฟังก์ชัน $y = f(x)$ โดยที่พหุนามมีดีกรีสูงสุด n บนช่วง I ซึ่งประกอบด้วย $x_0, x_1, x_2, \dots, x_n$ แล้ว รูปแบบของพหุนาม คือ

$$P_n(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n$$

สูตรสำหรับการประมาณค่าในช่วงด้วยพหุนามแบบลากรองจ์เขียนในรูปพหุนามได้ดังนี้

$$P_n(x) = \sum_{k=0}^n y_k \frac{(x-x_0)(x-x_1)\dots(x-x_n)}{(x_k-x_0)(x_k-x_1)\dots(x_k-x_n)}$$

และถ้าให้

$$\begin{aligned} L_k(x) &= \frac{(x-x_0)(x-x_1)\dots(x-x_n)}{(x_k-x_0)(x_k-x_1)\dots(x_k-x_n)} \\ &= \prod_{i=0}^n \frac{(x-x_i)}{(x_k-x_i)} \end{aligned}$$

ดังนั้น
$$P_n(x) = \sum_{k=0}^n y_k L_k(x)$$

การคำนวณหาน้ำหนักลำไยที่ความชื้น 17%

จากข้อมูลกรมวิชาการเกษตร ผลลำไยสด 1,000 g มีความชื้นประมาณ 70 % และเมื่ออบแห้งให้มีความชื้น 17 % จะได้ผลลำไยแห้ง 361 g

ดังนั้น ลำไยสด 1,000 g / ลำไยแห้ง 361 g

ถ้า ลำไยสด A g / ลำไยแห้ง B g

จะได้
$$B = \frac{A \times 361}{1,000} \text{ g}$$

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่น้ำหนักต่าง ๆ ใช้สูตรการประมาณค่าเชิงเส้นแบบลากรองจ์

โดย X_0 คือ น้ำหนักลำไยสด

Y_0 คือ ความชื้น 70 % ของลำไยสด

X_1 คือ น้ำหนักลำไยแห้งที่ความชื้น 17 %

Y_1 คือ ความชื้น 17 % ของลำไยแห้ง

และ X คือ น้ำหนักลำไยที่อบในแต่ละชม.

$P(X)$ คือ ความชื้นของลำไยแห้งที่อบ

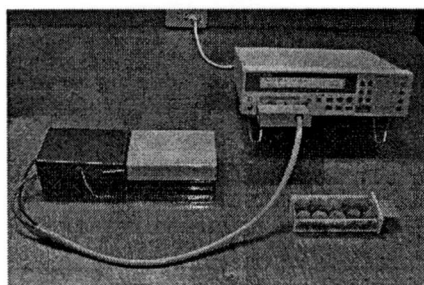
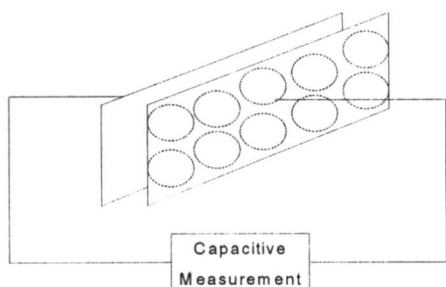
ในแต่ละชม.

สูตร
$$P(x) = \frac{x-x_1}{x_0-x_1} y_0 + \frac{x-x_0}{x_1-x_0} y_1$$

วิธีการ

ในการหาความสัมพันธ์ของความชื้นของลำไยที่อบกับค่าความจุไฟฟ้า สามารถทำได้โดยนำแผ่นตัวนำขนานเป็นตัวเก็บประจุแบบกล่อง แสดงดังภาพที่ 2.3 ภายในบรรจุผลลำไยที่จะทำการ

วัด ทำการชั่งน้ำหนักทั้งเปลือกและอบลำไยแล้วทำการวัดค่าความจุไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดค่าความจุไฟฟ้า โดยทำการทดลองดังนี้



ภาพที่ 2.3 แสดงวิธีการวัดค่าความจุไฟฟ้าของลำไยที่อบด้วยแผ่นตัวนำขนาน

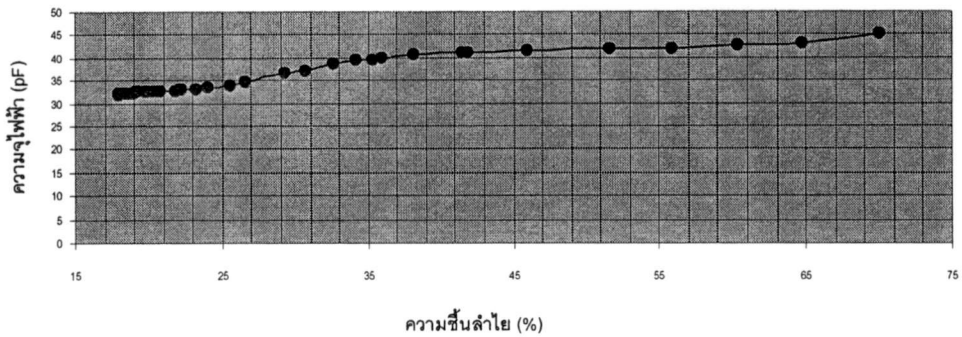
ตัวเก็บประจุตัวที่ 1

ทำแผ่นตัวนำขนานเป็นตัวเก็บประจุแบบกล่อง กว้างขนาด 5.8 ซม. ยาว 13.5 ซม. ระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำ 3.4 ซม. แสดงดังภาพที่ 2.3 ภายในบรรจุผลลำไยที่ทำกรวัดได้ 15 ผล ทำการอบลำไยแล้วทำการวัดค่าความจุไฟฟ้าด้วยเครื่อง LCR METER Agilent 4263B, 0.1% accuracy ในการทดลองมีขั้นตอนดังนี้

1. แบ่งลำไยสดเป็น 40 ตัวอย่างละ 15 ลูก ชั่งน้ำหนักทั้งเปลือกแต่ละตัวอย่างก่อนทำการอบด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง OHAUS E02140, 210 g capacity, 0.1 mg accuracy บันทึกผล
2. ทำการวัดค่าความจุไฟฟ้าของผลลำไยสดด้วยเครื่อง LCR METER บันทึกผล
3. ทำการอบลำไยตัวอย่างแรกด้วยเครื่องอบที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชม.
4. นำออกมาจากตู้อบทิ้งไว้ 30 นาที แล้วทำการชั่งน้ำหนัก บันทึกผล
5. ทำการวัดค่าความจุไฟฟ้าผลลำไยที่อบจากข้อ 4 บันทึกผล
6. ทำการทดลองเช่นเดียวกัน(ข้อ 1 – 5) กับตัวอย่างที่ 2 – ตัวอย่างที่ 40 แต่ให้เพิ่มเวลาที่อบตัวอย่างละ 1 ชม. บันทึกผลการชั่งน้ำหนักและค่าความจุไฟฟ้าของผลลำไยที่อบ

ภาพที่ 2.4 เป็นกราฟความสัมพันธ์ของความชื้นของลำไยที่อบกับค่าความจุไฟฟ้า ของตัวเก็บประจุตัวที่ 1 จากกราฟที่ความชื้นมากขึ้นค่าความจุไฟฟ้าจะมีค่ามากขึ้น จากกราฟค่าความชื้นของลำไยอบแห้งที่ประมาณ 18% มีค่าความจุไฟฟ้าเท่ากับ 32.22 pF และค่าความชื้นของลำไยสดที่ประมาณ 70% มีค่าความจุไฟฟ้าเท่ากับ 42.96 pF

ค่าความจุไฟฟ้าตัวที่ 1



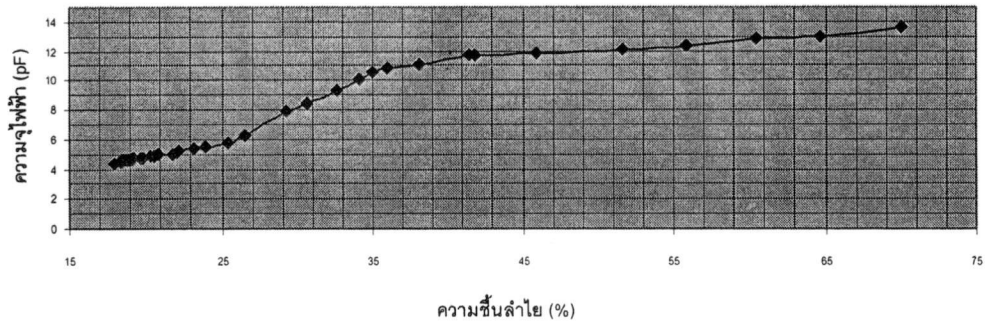
ภาพที่ 2.4 กราฟความสัมพันธ์ของความชื้นล้าที่เกี่ยวกับค่าความจุไฟฟ้า ของตัวเก็บประจุตัวที่ 1

ตัวเก็บประจุตัวที่ 2

ทำการทดลองเช่นเดียวกับตัวเก็บประจุตัวที่ 1 แต่เปลี่ยนขนาดแผ่นตัวนำตัวเก็บประจุเป็น กว้างขนาด 5.0 ซม. ยาว 10.5 ซม. ระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำ 2.5 ซม. และใช้ล้าไฮสคเป็น 40 ตัวอย่างละ 15 ลูก ชุดใหม่ ทำการทดลองและบันทึกผล นำข้อมูลมาคำนวณและเขียนกราฟ ความสัมพันธ์ของความชื้นของล้าที่เกี่ยวกับค่าความจุไฟฟ้า

ภาพที่ 2.5 เป็นกราฟความสัมพันธ์ของความชื้นของล้าที่เกี่ยวกับค่าความจุไฟฟ้า ของตัวเก็บประจุตัวที่ 2 จากกราฟค่าความชื้นของล้าไฮสคที่ประมาณ 18% มีค่าความจุไฟฟ้าเท่ากับ 4.64 pF และค่าความชื้นของล้าไฮสคที่ประมาณ 70% มีค่าความจุไฟฟ้าเท่ากับ 12.37 pF จากกราฟมี ลักษณะเช่นเดียวกับกราฟของตัวเก็บประจุตัวที่ 1 ที่ความชื้นมากขึ้นค่าความจุไฟฟ้าจะมีค่ามากขึ้น

ค่าความจุไฟฟ้าตัวที่ 2



ภาพที่ 2.5 กราฟความสัมพันธ์ของความชื้นลําไยที่เทียบกับค่าความจุไฟฟ้า ของตัวเก็บประจุตัวที่ 2

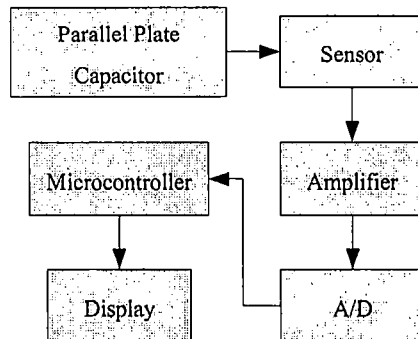
จากผลการทดลองทำให้ทราบว่าความชื้นของลําไยที่อบมีความสัมพันธ์กับค่าความจุไฟฟ้า โดยค่าความจุไฟฟ้าแปรผันตามความชื้นของลําไย ถ้าความชื้นของลําไยมากค่าความจุไฟฟ้าจะมีค่ามาก

จากกราฟทั้งสอง ตัวเก็บประจุตัวที่ 1 ค่าความแตกต่างของข้อมูลค่าความจุไฟฟ้ามีผลต่างมากกว่าทำให้การแยกแยะข้อมูลความชื้นได้ดีกว่าและค่าข้อมูลความจุไฟฟ้ามีค่ามากกว่าตัวเก็บประจุตัวที่ 2 ซึ่งค่าข้อมูลความจุไฟฟ้ามีค่าน้อยทำให้การวัดค่าอาจมีความผิดพลาดได้

บทที่ 3

การออกแบบระบบ System Design

การออกแบบระบบเครื่องวัดความชื้นลำไยอบแห้งแบบมีเปลือก



ภาพที่ 3.1 ระบบเครื่องวัดความชื้นลำไยอบแห้งแบบมีเปลือก

ส่วนประกอบของระบบเครื่องวัดความชื้นลำไยอบแห้งแบบมีเปลือก แสดงดังภาพที่ 3.1

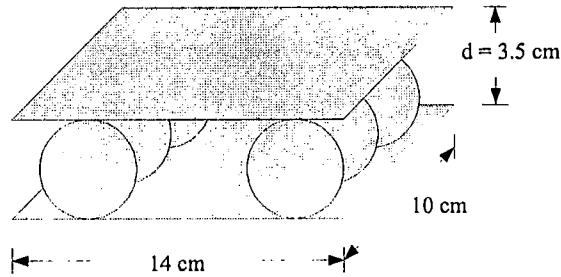
1. Parallel Plate Capacitor
2. Sensor
3. Amplifier
4. A/D
5. Microcontroller and Display

บล็อกไดอะแกรม ตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนาน (Parallel Plate Capacitor) เป็นกล่องใส่ลำไยอบแห้ง ที่มีความชื้นค่าต่างๆ ส่งผลให้ค่าความจุไฟฟ้าที่ได้มีการเปลี่ยนแปลง โดยมีวงจรตรวจจับ (Sensor) โดยใช้การแปลงค่าความจุไฟฟ้าเป็นแรงดัน (convertor C to V) เมื่อได้ค่าแรงดันทำการขยาย (Amplifier) และทำการแปลงสัญญาณออกเป็นดิจิทัล ส่งข้อมูลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลและแสดงผล (Display) ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของลำไยอบแห้ง ส่วนประกอบของระบบซึ่งจะได้กล่าวในหัวข้อต่อไป

ตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนานและวงจรตรวจจับ

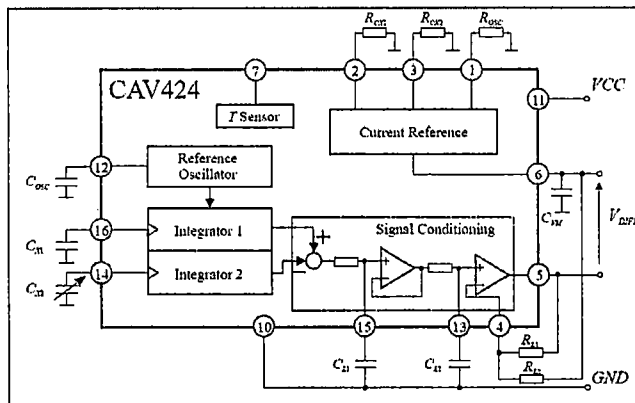
จากการศึกษาความสัมพันธ์ของความชื้นลำไยอบแห้งกับค่าความจุไฟฟ้าในบทที่ 2 ผลการทดลองทำให้ทราบว่าความชื้นของลำไยที่อบแห้งมีความสัมพันธ์กับค่าความจุไฟฟ้า โดยค่าความจุไฟฟ้าแปรผันตามความชื้นของลำไย ถ้าความชื้นของลำไยมากค่าความจุไฟฟ้าจะมีค่ามาก

จึงทำการออกแบบตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนาน ร่วมกับวงจรตรวจจับ โดยแผ่นตัวนำขนาน เป็นตัวเก็บประจุแบบกล่อง กว้างขนาด 10 ซม. ยาว 14 ซม. ระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำ 3.5 ซม. แสดงดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนาน

ในส่วนวงจรตรวจจับใช้ไอซี CAV424 (convector C to V) แปลงค่าความจุไฟฟ้าเป็นแรงดัน เมื่อได้ค่าแรงดันจึงส่งผ่านไปยังวงจรส่วนต่อไป IC CAV424 แสดงดังภาพที่ 3.3 ให้เอาท์พุทเป็น differential voltage โดยมีแรงดันคงที่ V_m ออกที่ขา 6 ซึ่งได้จากวงจร Current Reference เทียบกับแรงดัน low-pass stage ซึ่งแรงดันมีการเปลี่ยนแปลงตามค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ c_{x2} โดยตัวเก็บประจุ c_{osc} จะสร้างความถี่อ้างอิงจากการ charges และ discharges ของตัวเก็บประจุ c_{osc} ซึ่งหาได้จาก



$$c_{osc} = 1.6 \times c_{x1}$$

ภาพที่ 3.3 IC CAV424

ซึ่งความถี่ที่ได้จะใช้เป็นความถี่อ้างอิงเพื่อความสมมาตรสำหรับวงจร integrators 1 และ 2 โดยวงจร integrators 1 จะควบคุม c_{x1} (reference capacitance) ให้คงที่ และ สำหรับวงจร integrators 2 c_{x2} จะสามารถเปลี่ยนแปลงค่าความจุไฟฟ้าได้ สัญญาณที่ได้จากวงจร integrators 1 และ 2 จะบวกกันที่วงจร signal conditioning เพื่อ rectified และกรองสัญญาณ DC ออกที่เอาท์พุท low-pass stage ซึ่งจะได้

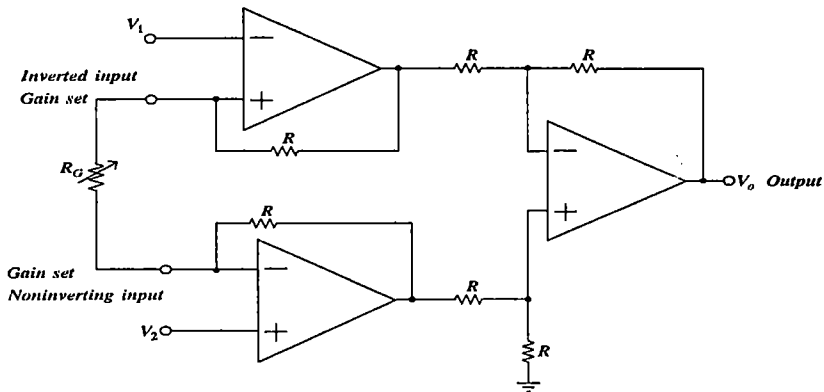
เมื่อ

$$V_{LPOUT} = V_{DIFF} + V_M$$

$$V_{DIFF} = G_{LP} V_{DIFF}$$

$$= G_{LP} \cdot \frac{3}{8} \cdot (V_{cx1} - V_{cx2})$$

วงจรขยาย



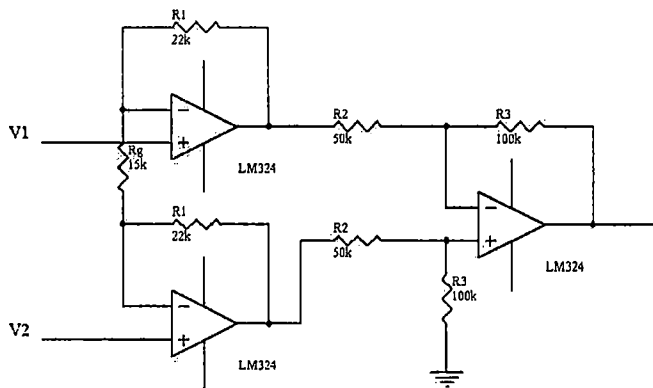
ภาพที่ 3.4 วงจรขยาย Instrumentation Amplifiers

วงจรขยายสัญญาณที่ใช้ในการวัด ใช้วงจรออปแอมป์ Instrumentation Amplifiers วงจรดังภาพที่ 3.4 และวงจรขยายที่ใช้งานภาพที่ 3.5 มีสมการความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเอาต์พุตและแรงดันอินพุตเป็น

$$V_o = Av(V_2 - V_1)$$

Av (voltage gain) หาได้จาก

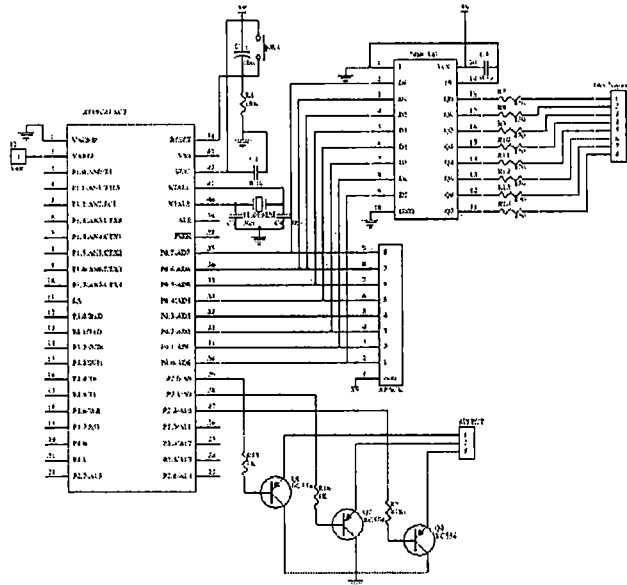
$$Av = 1 + \frac{2R}{R_g}$$



ภาพที่ 3.5 วงจรขยายที่ใช้

การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล ไมโครคอนโทรลเลอร์และการแสดงผล

ส่วนการประมวลผลและควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล ใช้ไอซี T89C51AC2 ซึ่งประกอบไปด้วย หน่วยความจำภายใน 256 ไบท์ หน่วยความจำแบบ flash 2 กิโลไบท์ ตัวจับเวลา/ตัวนับ (Timer/Counter) ขนาด 16 บิต 3 ตัว วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลขนาด 10 บิต รับอินพุตได้ 8 อินพุต



ภาพที่ 3.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ แปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลและการแสดงผล

ในส่วนการแสดงผลซึ่งรวมอยู่ด้วยกันใช้ ตัวเลข 7 ส่วนแบบแคโทดร่วม 3 หลัก โดยใช้ทรานซิสเตอร์ BC557 เป็นตัวเลือกหลักในการแสดงผล วงจรแสดงดังภาพที่ 3.6 โปรแกรมของเครื่องที่ออกแบบ

การทำงานของพอร์ต Input / Output

ตามปรกติแล้ว MCS51 มาตรฐาน จะมีพอร์ต I/O อยู่ด้วยกันจำนวน 4 พอร์ต โดยใช้ชื่อเรียกพอร์ตเป็นหมายเลขลำดับ ซึ่งจะมีค่าเริ่มจากศูนย์ เช่น P0,P1,P2 และ P3 เป็นต้น ซึ่งในการเข้าถึงข้อมูลของพอร์ตต่าง ๆ นั้นจะกระทำผ่านรีจิสเตอร์ของพอร์ต ซึ่งรีจิสเตอร์เหล่านี้จะถูกจัดสรรไว้ในตำแหน่งของหน่วยความจำภายใน ซึ่งอยู่ในกลุ่มของรีจิสเตอร์พิเศษ (Special Function Register หรือ SFR) โดยมีชื่อเรียกรีจิสเตอร์เป็น P0,P1,P2 และ P3 ตามลำดับ ซึ่งถ้า CPU ของ MCS51 เบอร์ใดมีจำนวนพอร์ต I/O มากกว่า 4 พอร์ต ก็จะมีการเพิ่มเติมจำนวนพอร์ตและรีจิสเตอร์ของพอร์ตเพิ่มเติมเข้าไปโดยใช้เลขลำดับต่อเนื่องกันไปเช่น CPU เบอร์ T89C51RD2-CM

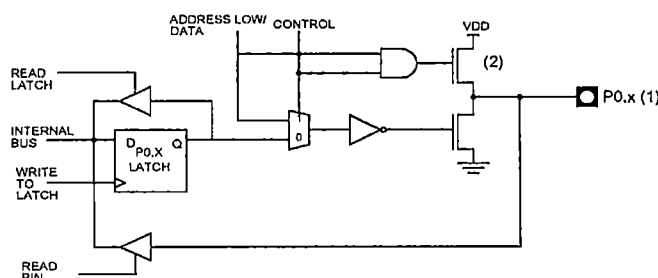
ของ Atmel จะมีพอร์ต I/O จำนวน 6 พอร์ต ดังนั้นพอร์ต I/O ของ T89C51RD2-CM ก็จะประกอบด้วย P0,P1,P2,P3,P4 และ P5 ตามลำดับอย่างนี้เป็นต้น

โดยในการใช้งานพอร์ตของ MCS51 นั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ระดับคือ การใช้งานพอร์ตสำหรับทำหน้าที่เป็น Input และ Output พื้นฐาน และการใช้งานพอร์ตร่วมกับฟังก์ชันพิเศษบางอย่าง (Alternate Pin Port Function) ซึ่งคุณสมบัติพิเศษต่างๆนี้จะมีอยู่เฉพาะในบางพอร์ตเท่านั้น เช่น P3.0 นอกจากจะใช้งานเป็น Input / Output ตามการสั่งงานของโปรแกรมตามปกติแล้วยังสามารถโปรแกรมหน้าที่เป็นขารับสัญญาณข้อมูลจากพอร์ตอนุกรมของ Serial Port ได้อีกด้วย ซึ่งในบทนี้จะขอกล่าวถึงเพียงการใช้งานพอร์ตสำหรับทำหน้าที่เป็น Input และ Output ตามการสั่งงานของโปรแกรมเท่านั้น

สำหรับคุณสมบัติการทำงานของพอร์ต I/O ของ MCS51 นั้น จะมีลักษณะเหมือนกัน กล่าวคือ พอร์ต I/O แต่ละพอร์ตจะมีคุณสมบัติเป็นแบบ 2 ทิศทาง หรือ Bi Directional Port โดยพอร์ตแต่ละพอร์ต จะมีขนาด 8 บิตโดยสามารถใช้งานเป็นได้ทั้ง Input และ Output ได้ตามต้องการ โดยไม่ต้องโปรแกรมหน้าที่การทำงานให้กับพอร์ต ซึ่งในสถานะเริ่มต้นหรือหลังการรีเซ็ตนั้น พอร์ตทุกพอร์ตจะมีสถานะเป็นลอจิก "1" ทั้งหมด ซึ่งพอร์ตทุกพอร์ตของ MCS51 ยกเว้นพอร์ต P0 จะมีการต่อตัวต้านทาน Pull-Up ไว้ให้อยู่แล้ว ส่วนพอร์ต P0 นั้นจะยังไม่มีการต่อตัวต้านทาน Pull-Up ไว้ให้ด้วย ดังนั้นในการออกแบบวงจรใช้งานนั้นจะต้องทำ การเพิ่มเติมตัวต้านทาน Pull-Up ให้กับขาสัญญาณของพอร์ต P0 ด้วยเสมอไม่เช่นนั้นแล้วก็จะไม่สามารถสั่งงานให้พอร์ต P0 ขับสัญญาณลอจิก Output ตามการกำหนดของโปรแกรมได้อย่างถูกต้อง

คุณสมบัติของพอร์ต P0

พอร์ต P0 เป็นพอร์ตขนาด 8 บิต ซึ่งสามารถกำหนดหน้าที่การทำงานได้ 2 หน้าที่ คือ กำหนดให้ทำหน้าที่เป็น Address/Data ของระบบบัส ในกรณีที่ออกแบบวงจรให้ CPU มีการขยายหน่วยความจำภายนอกไว้ด้วย ส่วนในกรณีที่ออกแบบวงจรของ CPU ให้เป็นแบบ Single Chips นั้น พอร์ต P0 สามารถใช้ทำหน้าที่เป็น Input หรือ Output ทั่วๆไปได้ โดยโครงสร้างของพอร์ต P0 สามารถแสดงให้เห็นได้ดังนี้



ภาพที่ 3.7 โครงสร้างขนาด 1 บิต ของพอร์ต P0

จากภาพที่ 3.7 จะเห็นได้ว่าพอร์ต P0 จะใช้ D Flip Flop ในการควบคุมการทำงานของ ขาสัญญาณพอร์ต ซึ่งคุณสมบัติทางลอจิกของ Output ที่ Pin ของพอร์ตจะถูก Latch ค้างด้วยสถานะสุดท้ายที่เขียนไปยัง D Flip Flop โดยลักษณะวงจรภาค Output ของพอร์ตจะเป็นแบบ FET ซึ่งในกรณีที่ออกแบบวงจรให้ CPU ทำงานแบบขยายบัต จะมีสัญญาณ Control จากภายในตัว CPU สำหรับเปิดการทำงานของ FET(2) เพื่อทำ หน้าทีขั้ว ลอจิก “1” ออกไปยังขาสัญญาณของพอร์ต แต่ถ้ากำหนดให้ CPU ทำงานแบบ Single Chips แล้วจะไม่มีสัญญาณ Control จากภายในมาเปิดการทำงานของ FET(2) ดังนั้น FET ตัวที่ทำหน้าที่ขั้ว ลอจิกให้กับ Pin Port จะอยู่ในสภาวะถูกปล่อยลอย (Open Drain) ซึ่งทำให้ไม่สามารถขั้ว ลอจิก “1” ให้กับ Pin ของพอร์ตได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องต่อตัวต้านทานแบบ Pull-Up ให้กับขาสัญญาณของ P0 นี้จากภายนอกด้วยเสมอไม่เช่นนั้นแล้วก็จะไม่สามารถใช้งานพอร์ต P0 สำหรับทำหน้าที่เป็น Input / Output ทั่วๆไปได้

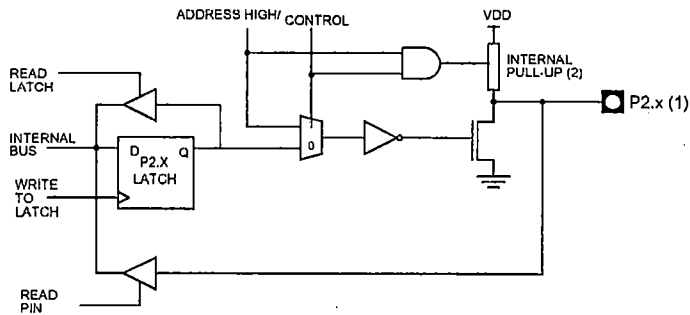
ซึ่งจะเห็นได้ว่าในการใช้งานพอร์ต P0 เพื่อทำหน้าที่เป็น Input หรือ Output นั้น จะสามารถใช้งานพอร์ต P0 ให้ทำหน้าที่เป็น Input หรือ Output ก็ได้ตามต้องการโดยไม่ต้องโปรแกรมหน้าทีการทำงานให้กับพอร์ตแต่อย่างใด โดยเมื่อต้องการเขียนค่า Output ไปยังพอร์ต ก็สามารถเขียนค่า Output ที่ต้องการไปยังรีจิสเตอร์ของพอร์ต P0 ได้ทันที โดยค่าสถานะจากรีจิสเตอร์ของพอร์ต P0 จะถูกส่งต่อมายังวงจร Flip Flop แต่ละชุด เพื่อทำการ Latch และสร้างสัญญาณ Output ตามค่าข้อมูลที่ไ้ที่ทันที

สำหรับในกรณีของการใช้งานพอร์ต P0 เป็น Input นั้น ก็สามารถสั่งอ่านค่าสถานะของพอร์ตผ่านทางรีจิสเตอร์ของพอร์ตได้ทันทีเช่นกัน โดยเมื่อมีการสั่งอ่านค่าสถานะของพอร์ตแต่ละครั้งนั้น CPU จะสร้างสัญญาณ Read Pin เพื่อเปิดการทำงานของ Buffer สำหรับอ่านสถานะจาก Pin ของพอร์ต ดังนั้นค่าสถานะทาง Input ของ Pin จากพอร์ตนั้น จะถูก Latch ไว้ในรีจิสเตอร์ของพอร์ต เฉพาะเมื่อมีการสั่งอ่านค่าข้อมูลเท่านั้น และเพื่อป้องกันความผิดพลาดในการอ่านค่า Input จาก Pin ของพอร์ต ควรทำการเขียนค่า “1” ไปยังพอร์ตก่อนแล้วจึงสั่งอ่านค่าจากพอร์ตเนื่องจากถ้ามีการสั่งเขียนค่าข้อมูลที่เป็น “0” ออกไปยัง Pin ของพอร์ตไว้ก่อน เมื่อสั่งอ่านค่าสถานะ Input จาก Pin ของพอร์ตอาจทำให้ได้สถานะ ลอจิก “0” จากวงจร Latch ของ Flip Flop แทน

คุณสมบัติของพอร์ต P2

สำหรับคุณสมบัติและโครงสร้างของพอร์ต P2 นั้นจากภาพที่ 3.8 จะคล้ายกับพอร์ต P0 ดังได้กล่าวมาแล้ว จะมีความแตกต่างกันตรงที่ วงจรภาค Output ของพอร์ต P2 จะมีการต่อตัวต้านทานแบบ Pull Up ไว้ด้วย โดยการทำงานของวงจร Pull Up จะถูกควบคุมการทำงานจากสัญญาณ Control ภายในตัว CPU เช่นเดียวกับพอร์ต P0

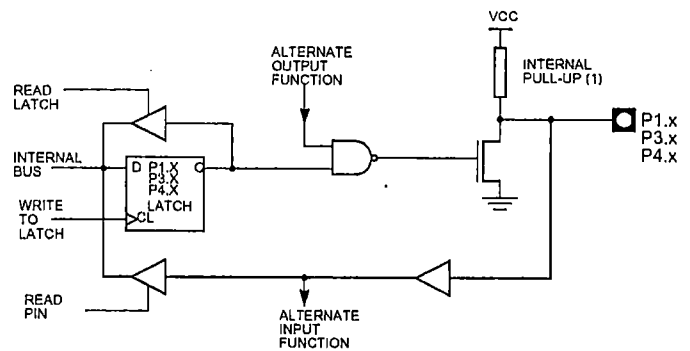
โดยพอร์ต P2 นั้นจะถูกใช้งานเป็นขา Address ไบท์สูง (A8..A15) ในกรณีที่กำหนดให้ CPU ทำงานในโหมดขยายบัส ส่วนในกรณีที่กำหนดโหมดการทำงานของ CPU ให้ทำงานแบบ Single Chips นั้น ขาสัญญาณของพอร์ต P2 จะสามารถนำไปใช้งานเป็น Input / Output ได้ตามปรกติ



ภาพที่ 3.8 โครงสร้างขนาด 1 บิต ของพอร์ต P2

คุณสมบัติของพอร์ต P1,P3,P4

สำหรับโครงสร้างของพอร์ตอื่นๆของ MCS51 นอกเหนือจาก P0 และ P2 ดังได้กล่าวมาแล้วในช่วงต้นนั้นโดยรวมแล้วจะมีลักษณะโครงสร้างที่เหมือนกัน ซึ่งถ้าเป็น CPU ในตระกูล MCS51มาตรฐานก็จะมีพอร์ตว่างไว้ให้ใช้งานเป็น Input และ Output ทั่วๆไป โดยไม่นับรวม P0 และ P2 จำนวน 2 พอร์ต คือ P1 และ P3 แต่ถ้า CPU เบอร์ใดมีการขยายจำนวนพอร์ตเพิ่มเติมขึ้นมาอีกก็จะให้ชื่อพอร์ตเป็นลำดับต่อเนื่องจาก P3 เช่น P4 หรือ P5 เป็นต้น โดยคุณสมบัติและโครงสร้างของพอร์ตเหล่านี้จะมีความแตกต่างจากโครงสร้างของพอร์ต P0 และ P2 เล็กน้อยดังแสดงให้เห็นดังภาพต่อไปนี้คือ



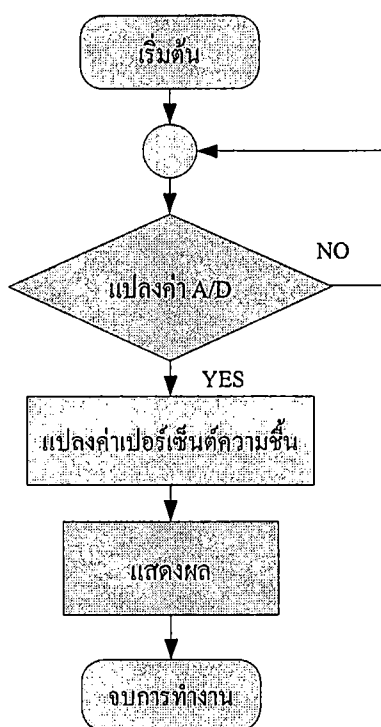
ภาพที่ 3.9 โครงสร้างขนาด 1 บิต ของพอร์ต P1,P3 และ P4

จากภาพที่ 3.9 จะเห็นได้ว่า โครงสร้างของพอร์ตโดยรวมแล้วยังคงเหมือนกับพอร์ต P0 และ P2 อยู่ ซึ่งจะมีความแตกต่างกันตรงที่มีการบรรจุตัวต้านทาน Pull Up ไว้ให้กับ Pin ของพอร์ตทุกพอร์ตอยู่แล้ว และการทำงานของวงจร Output ของ Pin ก็จะมาจากการ Latch ของวงจร Flip

Flop เช่นเดียวกันเพียงแต่มีการเพิ่มเติมคุณสมบัติให้วงจรภายในอื่นๆสามารถส่งสัญญาณมาควบคุมการทำงานของ Pin ได้โดยตรงด้วย (Alternate Output Function) โดยฟังก์ชันพิเศษดังกล่าวนี้จะมีอยู่เพียงบาง Pin ของบางพอร์ตเท่านั้น ซึ่งถ้า Pin ใดไม่มีการออกแบบให้ทำงานร่วมกับฟังก์ชันพิเศษอย่างอื่นแล้ว การทำงานของ Pin ก็จะถูกควบคุมจาก Flip Flop ซึ่งควบคุมโดยรีจิสเตอร์ของพอร์ตเพียงอย่างเดียวเท่านั้น

สำหรับในด้านของการใช้งานพอร์ตเป็น Input ก็เช่นเดียวกัน จะเห็นได้ว่าถ้า Pin ใดของพอร์ตถูกกำหนดให้ทำงานร่วมกับฟังก์ชันพิเศษบางอย่างภายในตัว CPU ก็จะมีการต่อสัญญาณจาก Pin ของพอร์ต ไปยังฟังก์ชันพิเศษเหล่านั้นด้วย (Alternate Input Function) โดยในการอ่านค่าสถานะของ Pin พอร์ตก็จะยังคงใช้วิธีการอ่านค่าผ่านทางรีจิสเตอร์ของพอร์ตอยู่เช่นเดิม

ระบบออกแบบโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ T89C51AC2 ในการประมวลผล ทำงานร่วมกับวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล นำค่าที่ได้มาแปลงเป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้น ผลที่ได้นำมาแสดงผล แสดงดังภาพที่ 3.10



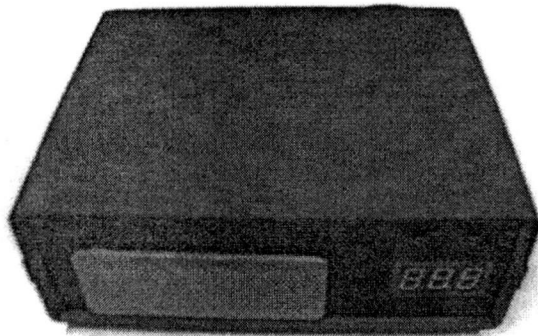
ภาพที่ 3.10 โปรแกรมของเครื่องที่ออกแบบ

บทที่ 4

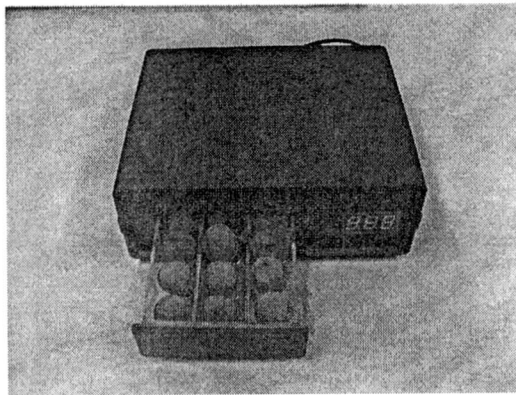
สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ

รายละเอียดคุณลักษณะของเครื่องที่ออกแบบ

- เป็นเครื่องแบบตั้งโต๊ะ
- แสดงผลแบบตัวเลข 3 หลัก ทศนิยม 1 ตำแหน่ง
- ช่องใส่ตัวอย่างล้ำไวด้านหน้า
- แบตเตอรี่ภายในเครื่อง



ภาพที่ 4.1 แสดงเครื่องต้นแบบที่ออกแบบ



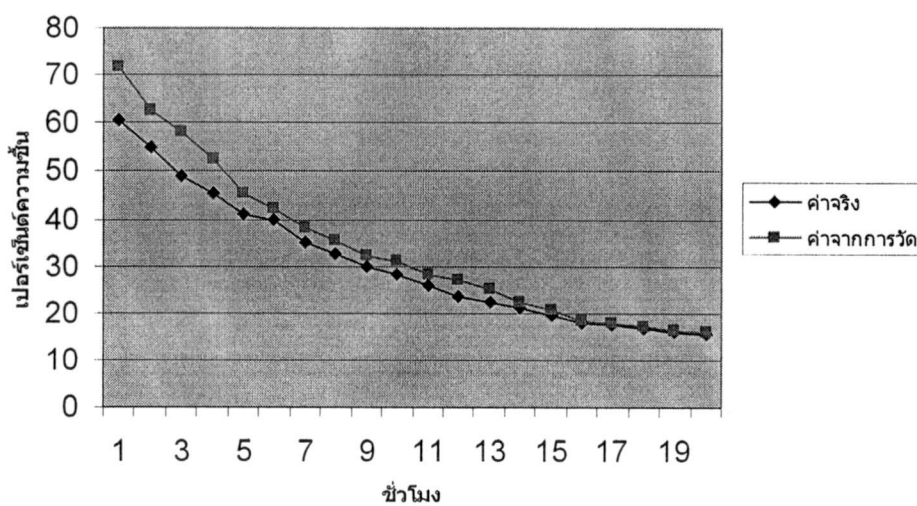
ภาพที่ 4.2 เครื่องวัดความชื้นล้ำไวยอบแห้งพร้อมถ่วงใส่ตัวอย่าง

จากการออกแบบระบบการวัดของเครื่อง ผลการทดสอบค่าจริงกับค่าการวัดด้วยเครื่องที่ออกแบบ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างค่าจริงและค่าการวัดค่าละ 5 ตัวอย่าง แสดงดังตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.3

ค่าจริง(%)	ค่าการวัดเฉลี่ย(%)	%error
60.38	71.5	18.42
54.85	62.3	13.58
48.81	58.1	19.03
45.25	52.6	16.24
40.80	45.5	11.52
39.99	42.3	5.78
34.99	38.1	8.89
32.49	35.5	9.26
29.80	32.4	8.72
28.30	31.2	10.25
25.74	28.4	10.33
23.55	27.1	15.07
22.43	25.2	12.35
20.96	22.1	5.44
19.40	20.5	5.67
18.02	18.5	2.66
17.54	17.8	1.48
16.78	17.1	1.91
16.09	16.5	2.55
15.51	16.1	3.80

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบค่าจริงกับค่าการวัดด้วยเครื่องที่ออกแบบ

แสดงค่าจริงเปรียบเทียบกับค่าการวัดด้วยเครื่อง



ภาพที่ 4.3 การทดสอบค่าจริงกับค่าการวัดด้วยเครื่องที่ออกแบบ

สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ

จากการออกแบบเครื่องวัดความชื้นลำไยอบแห้งแบบมีเปลือก ผลการทดสอบค่าจริงกับค่าการวัดด้วยเครื่องที่ออกแบบ แสดงดังตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.3 ผลที่ได้มีความคลาดเคลื่อนระหว่าง 1.48-19.03 % การทดสอบตัวเครื่องและการแสดงผล ได้ผลตามที่ออกแบบไว้

ค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าสูงบางค่า เนื่องจากสมมุติฐาน อาจมีความคลาดเคลื่อนในการเก็บข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์ของความชื้นของลำไยที่อบกับค่าความจุไฟฟ้า

สำหรับแนวทางในการพัฒนางานวิจัยนี้ในอนาคตคือ

1. พัฒนากล่องใส่ตัวอย่าง
2. ขบวนการเก็บข้อมูล
3. ใช้หลักการอื่นในการวิเคราะห์ เช่น ความต้านทาน

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตรสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.

วรรณิการ์ หนุ่นภู. 2545. เทคโนโลยีการทำลำไยอบแห้งทั้งเปลือกของสมาชิกกลุ่มแม่บ้านเกษตรกร
จังหวัดลำพูน.

เฉลิมชัย คำบุญเหลือ อุดลย์ ลิมเจริญ. 2530. การศึกษาและพัฒนาเครื่องอบแห้งลำไยแบบได้หวัน.

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พรชัย บริสุทธิ์บัวทิพย์ ทวีวิทย์ ไชยสังข์ กฤษณะ วรรณิตกิจกุล.2535. การเปรียบเทียบผลการ
ทดลองการอบแห้งลำไยโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อารีย์ อัจฉริยวิริยะ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ และ จีรวรรณ เตียรต์สุวรรณ. 2542. สมการจลนศาสตร์
การอบแห้งและความชื้นสมดุลของเนื้อลำไย, คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าธนบุรี.

วีระ ฟ้าเฟื่องวิทยากุล, 2541, การปรับปรุงเครื่องอบแห้งลำไยแบบไม่แกะเปลือก,
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Kenneth J. Ayala . **The 8051 Microcontroller Architecture Programming and Application** ,
West Publishing Company ,1991

C.J. Savant.Jr./Martin S. Roden/Gordon L. Carpenter . **Electronic Design Circuit and Systems** ,
The Benjamin/Cummings Publishing

Adel S. Sedar and Kenneth C. Smith . **Microelectronic Circuits** , Oxford University
Press ,New York. 1998

Donald A. Neamen. **Electronics Circuits Analysis and Design**. ,McGraw-Hill., 2001

ประวัติผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย	นายอิทธิพล พจนสัง
สถานที่ทำงาน	สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร
โทรศัพท์	(077)506-422
ประวัติการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (วศ.ม. ไฟฟ้า) จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2541 วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาฟิสิกส์ (วท.บ. ฟิสิกส์) จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน พ.ศ.2534

ประวัติการทำงาน

- อาจารย์พิเศษ ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2534-2538
- อาจารย์พิเศษ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร พ.ศ. 2539
- หัวหน้าสาขาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน คณะทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา พ.ศ. 2541-2544
- ปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร

ผลงานทางวิชาการที่ได้รับการยอมรับ

1. อิทธิพล พจนสัง, ประภากร สุวรรณะ และมนัส สัจจวิเศษ, "เครื่องตรวจสอบแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า", การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 14 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 7-8 พฤศจิกายน 2534, หน้า 2-119 ถึง 2-112.
2. อิทธิพล พจนสัง และประภากร สุวรรณะ, "เครื่องชুমสายโทรศัพท์ปลายทางแบบไร้สายใช้เทคนิคเลือกช่องความถี่ที่ว่าง", วารสารวิจัยและพัฒนา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ปีที่ 19 ฉบับที่ 1 มิถุนายน 2539, หน้า 29-42.
3. อิทธิพล พจนสัง และประภากร สุวรรณะ, "เครื่องชুমสายโทรศัพท์ปลายทางแบบไร้สายใช้เทคนิคเลือกช่องความถี่ที่ว่าง", การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 35, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน, 3-5 กุมภาพันธ์ 2540, หน้า 354-361.

4. อธิพิล พจนสังข์, อภินัย ฤกษ์รัตน์ กิติพล , ชิตสกุล และมนัส สังวรศิลป์, “การศึกษาถึงการสร้างภาพตัดขวางของวัสดุการเกษตรด้วยวิธีวัดความต้านทานไฟฟ้า”, การประชุมวิชาการครั้งที่ 5 สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 26-27 เมษายน 2547, หน้า 295-300.
5. อธิพิล พจนสังข์, พิมล ผลพฤษยา อรรถศาสตร์ นาคเทวัญ, กิติพล ชิตสกุลและสุรพล เศรษฐบุตร, “การศึกษาผลของการวัดค่าความจุไฟฟ้าที่มีต่อความชื้นของลำไยอบแห้ง”, การประชุมวิชาการครั้งที่ 6, สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย, 30-31 มีนาคม 2548, หน้า 656-662.
6. อธิพิล พจนสังข์, ดวงใจ กิตติปรัชากุล, พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ, “เครื่องต้นแบบเพื่อตรวจวัดระดับไนไตรท์ในบ่อเลี้ยงกุ้ง”, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน, 29 มกราคม-1 กุมภาพันธ์ 2551, หน้า 344-349.
7. อธิพิล พจนสังข์, อรรถศาสตร์ นาคเทวัญ, กิติพล ชิตสกุล, “เครื่องต้นแบบเพื่อตรวจวัดระดับไขมันนมด้วยกล้องดิจิตอลในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์นมโค”, การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 9, 31 มกราคม-1 กุมภาพันธ์ 2551, หน้า 32., CR1-16 หน้า 1-9.
8. อธิพิล พจนสังข์, จิราพร พจนสังข์ “การตรวจวัดความเข้มข้นน้ำยางโดยวิธีวัดค่าความหนืดและโดยวิธีทางแสง”, การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10, 1-3 เมษายน 2552, หน้า 34-328.
9. อธิพิล พจนสังข์, “การตรวจวัดความเข้มข้นน้ำยางโดยวิธีวัดค่าความหนืดและโดยวิธีทางแสง”, วิจัยยางพารา เล่มที่ 4 โครงการวิจัยแห่งชาติ: ยางพารา ฝ่ายอุตสาหกรรม สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, พฤษภาคม 2552, หน้า 343-352.