

การวัดเปอร์เซ็นต์ความขาวของ เมล็ดข้าวสาร

รศ. ประภาฯ ไตรสุวรรณ และ ทรงกษ ศรีประसार
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

ในบทความนี้ได้นำเสนอเครื่องมือวัดเปอร์เซ็นต์ความขาวของเมล็ดข้าวสาร ซึ่งใช้วัดความขาวของเมล็ดข้าว โดยอาศัยการสะท้อนแสงผ่านเลนส์ไปยังโฟโตไดโอด และโฟโตไดโอด จะแปลงพลังงานแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า ชุด A/D คอนเวอร์เตอร์ จะแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณดิจิตอล สุดท้าย จะถูกนำไปแสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์ความขาว โดย LCD Display เครื่องมือวัดความขาวนี้มีชุดการทำงานแบ่งเป็น 5 ส่วน คือ ส่วนท่อนำแสงและตัวโฟโตไดโอด ส่วนวงจรแอมพลิไฟร์ ส่วนวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล และวงจรแปลงดิจิตอลเป็นแอนะล็อกส่วนประมวลผลและส่วนแสดงผลโดยส่วนประมวลผลนั้นใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 และในส่วนแสดงผล ใช้การแสดงผลผ่านจอ LCD คีบอร์ดเมทริกซ์

Digital Measurement of Percentage of Rice Grain's Whiteness

Prakas Prisuwan and Songkrod Sriprasarn
Electrical Department, Faculty of Engineering, KMUTL

Abstract

This paper presents a digital meter that can measure percentage of rice grain's whiteness. The meter used to measure whiteness of rice's grain by using reflection of light through lens to photodiode. The photodiode then converts light to electrical signal. Convert analog electrical signal to digital signal by A/D converter, finally displays output in percent of whiteness by LCD display. This whiteness meter can be decomposed in 5 portions there are lighting tube and photodiode, Amplifier circuit, A/D and D/A converter, Processing unit, and output display. Processing unit uses microcontroller 8051 and output display uses LCD dot matrix.

บทนำ

เครื่องมือวัดเปอร์เซ็นต์ความขาวของเมล็ดข้าวสารเป็นเครื่องมือวัดความขาวของเมล็ดข้าวที่ได้ผ่านกระบวนการของการสีข้าวมาแล้ว ซึ่งเราสามารถทำการวัดหาค่าความขาวของเมล็ดข้าวสารได้โดยเก็บตัวอย่างมาทำการวัด การวัดความขาวของเมล็ดข้าวสารโดยใช้การเปลี่ยนรูปพลังงานทางแสงซึ่งสะท้อนจากเมล็ดข้าวสารเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยมีขั้นตอนคือ ใช้ตัวโฟโตไดโอด (photo diode) เพื่อเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า

พลังงานที่ออกจากโฟโตไดโอดซึ่งอยู่ในรูปของกระแสไฟฟ้า จะผ่านวงจรแอมพลิไฟร์ (Amplifier) เพื่อทำการขยายแรงดันแล้วส่งต่อไปยังส่วนของวงจรรวม (Summing) ซึ่งในส่วนนี้ของวงจรรวมนั้นจะมีขาเข้า 2 ขาคือ จากวงจรแอมพลิไฟร์ และจากวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะล็อกสัญญาณขาออกที่ได้จากวงจรรวมนั้นจะเป็นสัญญาณที่มีการกลับเฟสกับสัญญาณขาเข้า ในสัญญาณขาออกที่ได้ต้องไปผ่านวงจรอินเวอร์ตติ้ง (inverting) เพื่อทำการกลับเฟสของสัญญาณให้ถูกต้องตามต้องการ จากนั้นสัญญาณขาออกที่ได้จึงเป็นสัญญาณแอนะล็อกจะถูกนำไปแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล จึงจะทำให้ได้ สัญญาณดิจิตอลที่มีขนาด 8 บิต ส่งต่อไปยังส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการประมวลผลของสัญญาณและทำการแสดงผลที่ทำการวัดได้จากคอนแรกแสดงออกเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ความขาวของเมล็ดข้าวสารผ่านทางจอแสดงผล

หลักการและทฤษฎีการทำงาน

อุปกรณ์รับแสง

อุปกรณ์รับแสงคือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้า 2 วิธี คือ ทำการเปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นไฟฟ้าโดยตรงกับวิธีเปลี่ยนแสงให้เป็นความร้อนก่อนจากนั้นจึงเปลี่ยนความร้อนให้เป็นไฟฟ้า วิธีแรกเรียกว่า Photo-Electric effect ส่วนวิธีหลัง เรียกว่า Thermal effect

เครื่องรับสำหรับการสื่อสารด้วยแสง

เครื่องรับสำหรับการสื่อสารด้วยแสงคือ ความยาวคลื่นที่รับได้ความไว (sensitivity) และแบนด์วิธ ความไวของเครื่องรับคือ ความสามารถในการรับแสงที่มีกำลังต่ำสุดที่สามารถขยายเป็นสัญญาณรูปเดิมออกมาจากเครื่องรับได้ เครื่องรับของการสื่อสารประกอบด้วยวงจรตรวจจับแสง (photodetection) การขยายแสง (amplification) การกรองสัญญาณ (filtering) การประมวลผลสัญญาณสัญญาณ (signal processing)

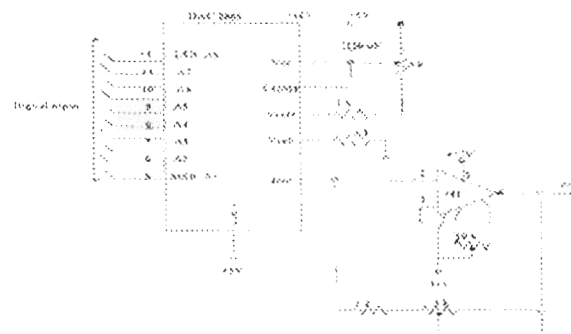
อุปกรณ์ตรวจจับแสง

ซึ่งจะมีขบวนการเปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า จะประกอบด้วยโฟโตไดโอด ตามด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์

การออกแบบวงจรที่ใช้อินเตอร์เฟซกับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์

ส่วนการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะล็อก

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะการทำงานในเชิงดิจิตอล ซึ่งมีระดับสัญญาณเป็น 0 และ 1 แต่ในการประยุกต์ใช้งานจริงมักจะต้องเกี่ยวข้องกับสัญญาณที่เป็นสัญญาณ แอนะล็อกซึ่งเป็นสัญญาณที่มีความแตกต่างหลายระดับในทางอิเล็กทรอนิกส์ เราสามารถเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิตอลได้และในทางกลับกันเราก็สามารถเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะล็อกได้เช่นกัน



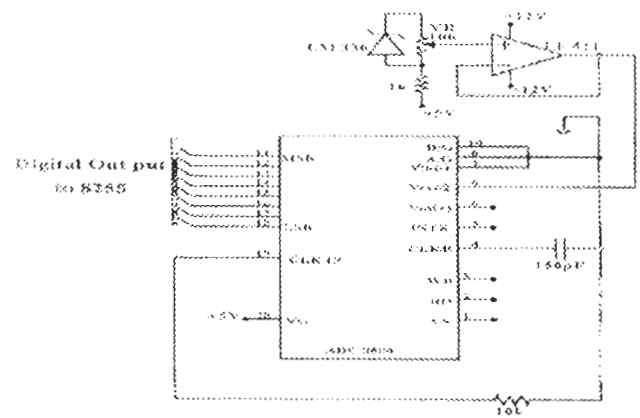
รูปที่ 1 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก

จากรูป ค่าพูลสเกลของแรงดัน Output จะสามารถหาได้จากสูตรนี้โดยจะคิดที่ D/A ขนาด 8 บิต[พรเทพ รัตนกำพล และคณะ, 2542]

$$V_o = V_{ref} (A1/2 + A2/4 + A3/8 + A4/16 + A5/32 + A6/64 + A7/128 + A8/256)$$

ค่าเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนระดับสัญญาณเท่ากับ 1/2 ตัวอย่างเช่น ไอซีเบอร์ DAC 0808 จะมีค่าเท่ากับ 150 ns ค่านี้มีความสำคัญต่อความเร็วในการเปลี่ยนหรืออีกนัยหนึ่งก็คือความถี่ของสัญญาณแอนะล็อกนั่นเอง

ส่วนการเปลี่ยนแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลในโครงงานนี้ใช้ไอซี ADC 0804 (ดิจิทัลขนาด 8 บิต) เป็นตัวที่แปลงสัญญาณ Input ที่เป็นแรงดันไฟฟ้าของส่วนแอมพลิไฟร์ซึ่งขยายสัญญาณ Input แบบแอนะล็อกได้โดยตรง สูงถึง +5V ไอซี ADC จะรับสัญญาณเข้ามาเปรียบเทียบกับค่าแรงดันอ้างอิงของวงจรแล้วจึงเปลี่ยนค่า ข้อมูลแบบดิจิทัลซึ่งความเร็วในการส่งสัญญาณ (sampling rate) สามารถกำหนดได้จากความถี่สัญญาณนาฬิกาของวงจรค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกาสามารถกำหนดได้โดยวงจร R และ C



รูปที่ 2 วงจรการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

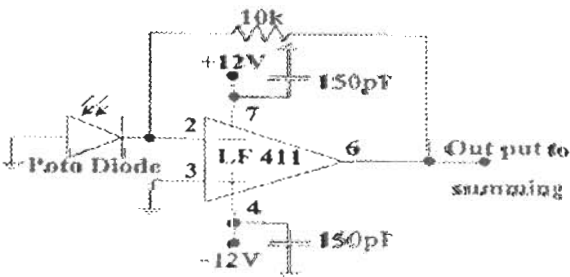
เมื่อไอซี เป็นแบบ 8 บิต ดังนั้น แต่ละระดับของดิจิทัลหาได้จาก

$$Kvel \text{ Voltage} = \frac{V_{ref}}{256}$$

ซึ่งจะมีทั้งหมด 256 ระดับ

ชุดแปลงกระแสเป็นแรงดัน

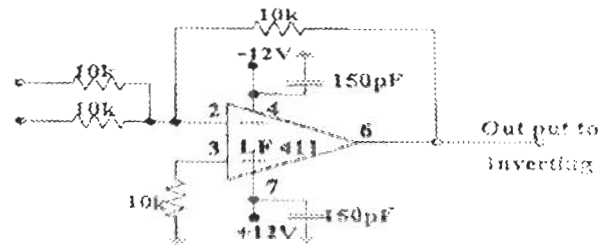
วงจรแปลงกระแสเป็นแรงดันเป็นการแปลงสัญญาณกระแสจากโฟโตไดโอดเป็นสัญญาณของแรงดันเพื่อไปเข้าในส่วนของวงจรซั่มมิ่งและทำการรวมกับสัญญาณแรงดันจากวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อก[พรเทพ รัตน์กำพล และคณะ, 2542]



รูปที่ 3 วงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้า (ค่าแรงดัน Output) $V_o = \ln R_f$

ชุดรวมสัญญาณ

เป็นวงจรรวมสัญญาณจากชุดแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกและวงจรแปลงกระแสเป็นแรงดันซึ่งจะเป็นวงจรที่หักล้างค่าดาร์คเคอร์เร็นท์ทำให้ค่า Output ขณะไม่มีแสง มีค่าเป็นศูนย์จริง [พรเทพ รัตนกำพล และคณะ, 2542]



รูปที่ 4 วงจรรวมสัญญาณ

สามารถคำนวณค่า Output จากสมการได้ดังนี้

$$\frac{V_{m1}}{R_1} + \frac{V_{m2}}{R_2} = -\frac{V_o}{R_f}$$

$$V_o = -\left(R_f \frac{V_{m1}}{R_1} + R_f \frac{V_{m2}}{R_2}\right)$$

จะเห็นว่าแรงดัน V_o ที่ได้ จะเป็นผลรวมเชิงเส้นของอัตราขยายแต่ละ Input ส่วนตัวต้านทาน R_a ใส่เข้าไปเพื่อหักล้างผลของกระแส Input ไบอัส ซึ่งค่า $R_a = R_1 / R_2 / R_f$ เพื่อให้บาลานซ์ที่ขา Input ทั้งสอง (ไม่ให้เกิดออฟเซต)

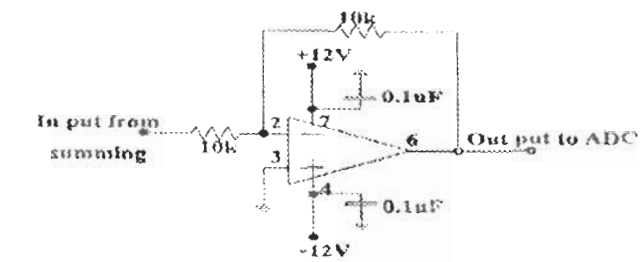
วงจรอินเวอร์ตติ้ง

เป็นวงกลับเฟสโดยจะคำนวณให้มีอัตราขยายเท่ากับ 1 โดยจะสามารถหาค่าแรงดัน Output ส่วน Input ได้ดังนี้ [พรเทพ รัตนกำพล และคณะ, 2542]

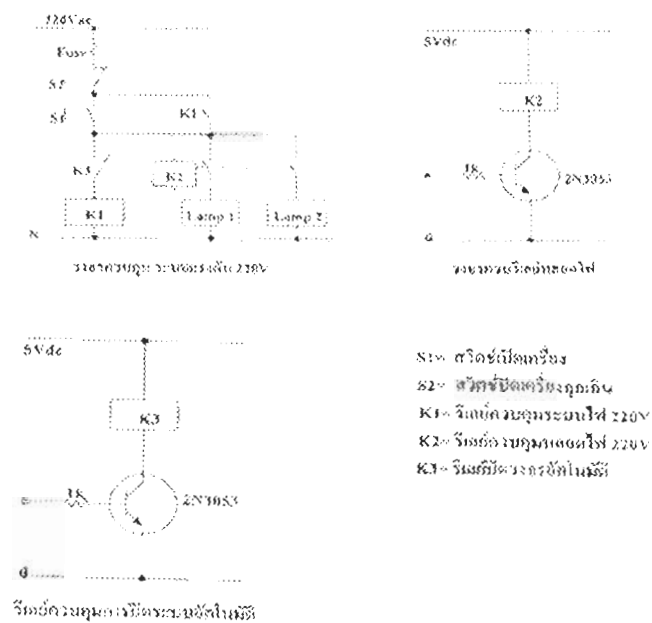
$$A_v = -\frac{R_f}{R_1} \quad \text{ให้ค่า} \quad R_f = R_1$$

ดังนั้น

$$V_o = -V_m \frac{R_f}{R_1} \quad \text{ค่า} \quad V_o = -V_m$$



รูปที่ 5 วงจรอินเวอร์ตติ้ง



รูปที่ 6 วงจรการควบคุมตัวรีเลย์

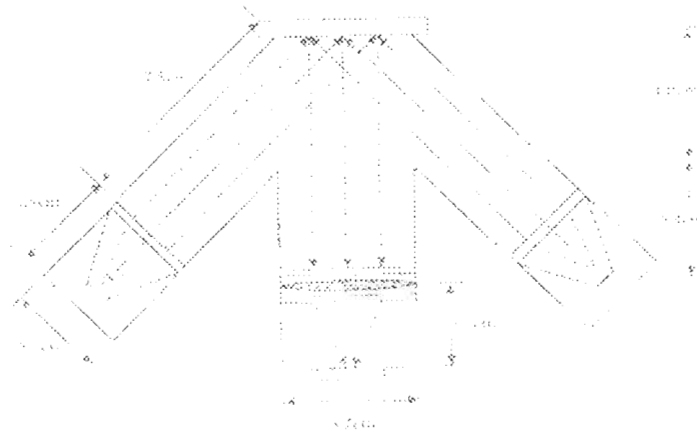
ระบบควบคุมการเปิด-ปิดเครื่อง

ในส่วนของการควบคุมการเปิด-ปิดเครื่อง จะควบคุมโดยอาศัยหน้าเปิด-หน้าเปิดของตัวรีเลย์จากรูปวงจร โดยรีเลย์ตัวที่ 1 (K_1) จะเป็นรีเลย์หลักเป็นตัวควบคุมระบบไฟทั้งหมด ส่วนรีเลย์ตัวที่ 2 (K_2) จะเป็นรีเลย์รอง (คอยล์ 5 Vdc) เป็นตัวควบคุมรีเลย์ตัวหลักซึ่งสัญญาณที่ใช้ควบคุมรีเลย์ตัวที่ 2 จะเป็นสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ใน

ส่วนของรีเลย์ตัวที่ 3 เป็นตัวควบคุมการเปิด-ปิดของหลอดไฟที่ส่งไปยังดัลต้าทดสอบ ซึ่งสัญญาณที่ใช้ควบคุมรีเลย์ตัวที่ 3 จะเป็นสัญญาณมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานร่วมกับหน้าสัมผัสที่ลิมิตสวิทช์ซึ่งจึงจรรยาควบคุมตัวรีเลย์ได้แสดงดังรูปที่ 6

การสร้างชุดวัดความยาว

จะใช้เลนส์นูนที่มีขนาดโฟกัส 2.8 ซม. และรวมแสงที่สะท้อนมาจากกล่องใส่เมล็ดข้าวสาร มาตรวจกระทบบนจุดรวมแสงที่โฟโต้ไดโอดมีหลักแสดงดังรูป



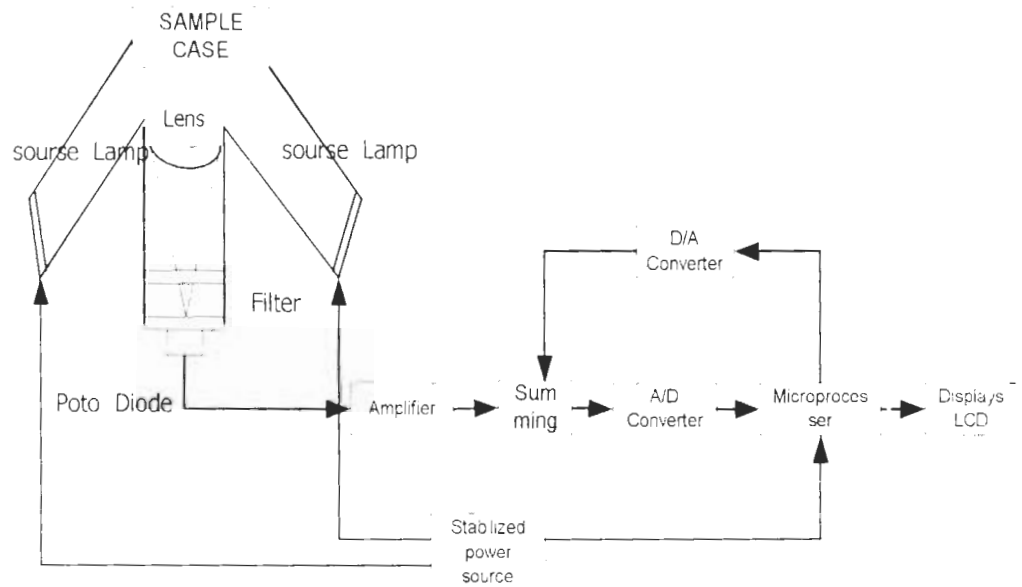
รูปที่ 7 แสดงชุดท่อนำแสง

จากรูปที่ 7 ชุดสำหรับเป็นตัวกลางในการนำแสงให้ผ่านจากแหล่งจ่ายไฟไปตกกระทบดัลต้าทดสอบซึ่งได้บรรจุเมล็ดข้าวสารที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งท่อนำแสงจะทำมุม 45 องศา กับพื้นผิวของดัลต้าทดสอบ เพื่อที่จะให้แสงตกกระทบ และสะท้อนกลับมาตามกฎการสะท้อนของแสง หลังจากแสงสะท้อนกลับมาตามค่าความยาวของเมล็ดข้าวสาร แล้วถูกนำมารวมเพื่อให้แสงผ่านออกมาเป็นจุด โดยผ่านตัวเลนส์และส่งต่อไปยังโฟโต้ไดโอด

การทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

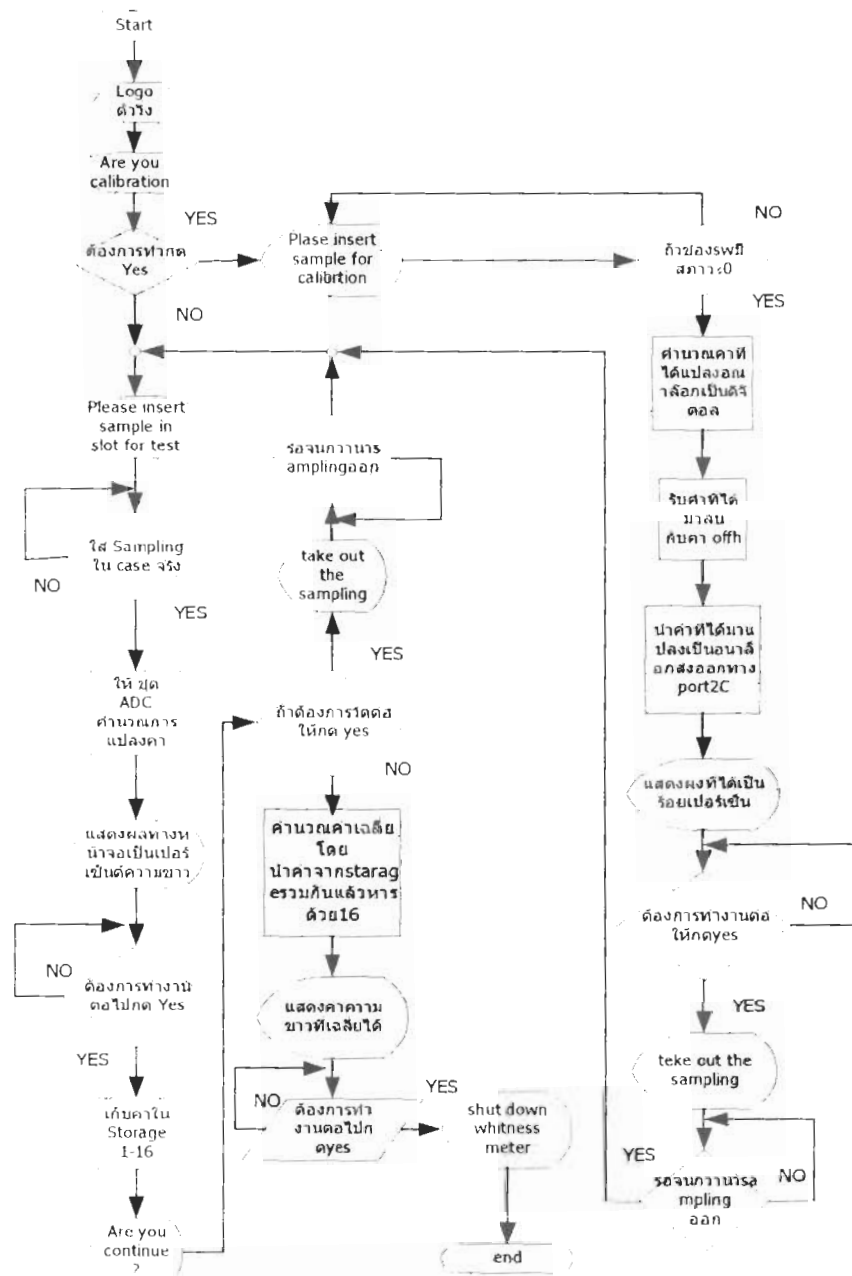
การทดสอบของส่วนควบคุมต่างๆ ที่ได้ทำขึ้นโดยแบ่งเป็นส่วนต่างๆ คือ การทดสอบวัดสัญญาณในชุดอินเตอร์เฟซกับไมโครคอนโทรลเลอร์และการวัดสัญญาณที่ตัวโฟโต้ไดโอด

การส่งสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไป D/A converter และไฟฟ้าวงจรรวม เพื่อนำสัญญาณที่ได้ไปเปรียบเทียบ



รูปที่ 8 แสดงหลักการทำงานของเครื่องวัด

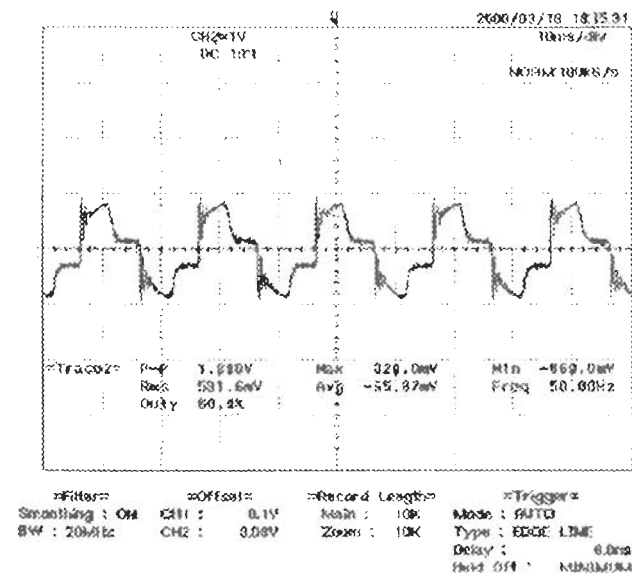
ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการควบคุมเครื่องมือวัดเปอร์เซ็นต์ความขาวของข้าวสาร จะมีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 แสดง flow chart โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

การทดสอบวัดสัญญาณในชุดอินเตอร์ในชุดอินเตอร์เฟซกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

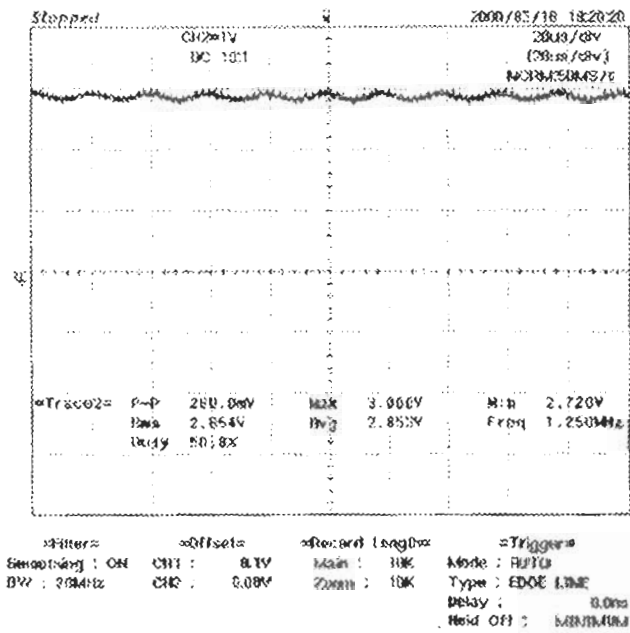
การทดสอบนี้เพื่อทำการวัดความผิดพลาดของสัญญาณที่เข้าไปรบกวนในระบบ



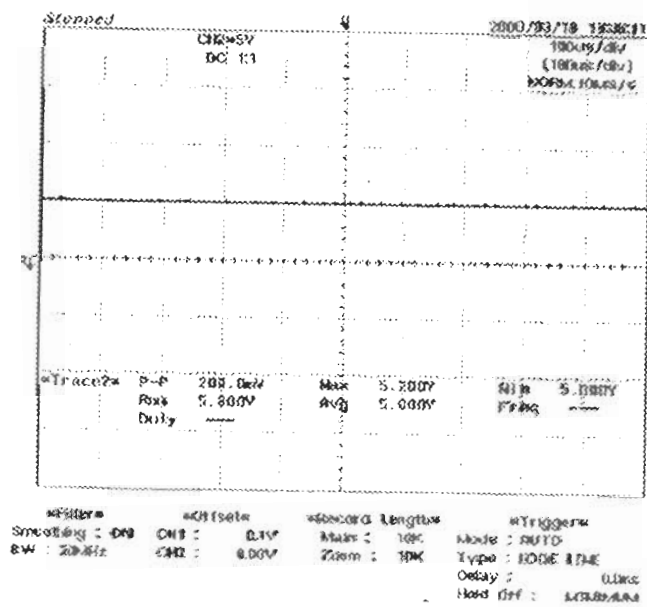
รูปที่ 10 แสดงสัญญาณช่วง dark current ที่โฟโตไดโอด

จากรูปที่ 10 เป็นการวัดสัญญาณแรงดันที่ตัวโฟโตไดโอดในขณะที่ไม่ได้ป้อนแหล่งจ่ายแสงเพื่อตรวจสอบสัญญาณที่ได้ สัญญาณแรงดันที่ได้คือกระแสช่วง dark current

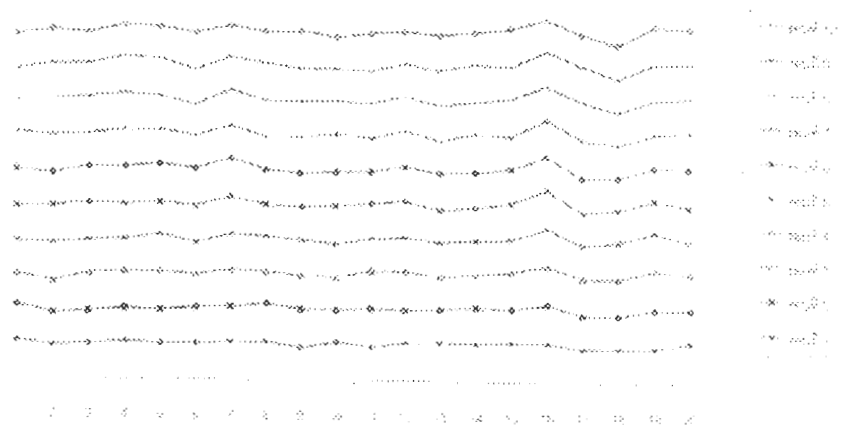
จากรูปที่ 11 เป็นการวัดสัญญาณแรงดันที่ตัวโฟโตไดโอด เมื่อทำการใส่ตัวทดสอบเพื่อตรวจสอบสัญญาณที่ได้จากโฟโตไดโอดว่ามีสัญญาณรบกวนปะปนมาด้วยหรือไม่



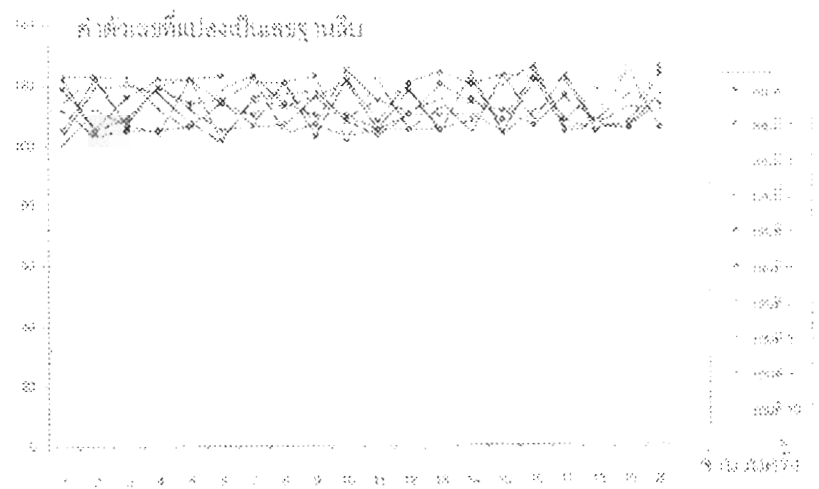
รูปที่ 11 แสดงสัญญาณที่โฟโตไดโอดเมื่อใส่กลับทดสอบ

รูปที่ 12 แสดงสัญญาณที่ขาแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง V_{CC} ของไอซี ADC

จากรูปที่ 12 เป็นการวัดสัญญาณแรงดัน V_{CC} ซึ่งเป็นไฟเลี้ยงแก่วงจร ADC เพื่อตรวจสอบว่ามีสัญญาณรบกวนหรือไม่



(a)



(B)

รูปที่ 13(A) กราฟแสดงสัญญาณดิจิตอลที่วัดกับตลับข้าวสาร 1 ตลับ จำนวน 10 รอบรอบละ 20 ครั้ง แสดงการแยกกราฟแต่ละเส้นเพื่อให้ชัดเจนขึ้น

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบค่าแรงดัน

ลำดับ	ชนิดของเมล็ด	ค่าแรงดัน (Volt)
1	ข้าวเหนียวขาว	3.149
2	ข้าวหอมมะลิ	2.860
3	ข้าวเกษตร	2.540
4	ข้าวเหนียวดำ	2.259

จากตารางเปรียบเทียบค่าแรงดัน เป็นการวัดสัญญาณแรงดัน V_{in} ที่วงจร ADC จากวัตถุทดสอบ 2 ชนิดคือ จากข้าวเหนียวขาวและข้าวเหนียวดำ เพื่อส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำการประมวลผลและแสดงผลออกทางหน้าจอ ในการวัดข้าวเหนียวขาววัดค่าแรงดัน V_{in} ได้ 3.149 โวลต์ และข้าวเหนียวดำได้ 2.259 โวลต์ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความขาวของเมล็ดข้าวสาร โดยที่เครื่องสามารถวัดค่าความขาวแสดงออกหน้าจอเป็นเปอร์เซ็นต์ แต่ละระดับของสัญญาณคือ 0.019 โวลต์ เท่ากับ 0.5%

จากรูปที่ 13(A) ของตารางเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความขาว ได้ดังนี้

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความขาว

ลำดับ	ชนิดของเมล็ด	% ความขาว
1	ข้าวเหนียวขาว	82.86
2	ข้าวหอมมะลิ	75.26
3	ข้าวเกษตร	66.84
4	ข้าวเหนียวดำ	59.44

จากตารางเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความขาว จะเป็นการแสดงการวัด 20 ครั้ง ของคลื่นข้าวสารเดียวกัน โดยอ่านค่าในวีจิสเตอร์เก็บค่าขนาด 8 บิตในไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์พบว่า ค่าในช่วงแรกจะมีค่าความแตกต่างของสัญญาณค่อนข้างน้อยกว่าช่วงครึ่งหลัง เพราะอาจจะเนื่องจาก ค่าความร้อนจากหลอดฮาโลเจนส่งผลทำให้เกิดค่าผิดพลาดที่โฟโต้ไดโอดด้วย และเมื่อนำค่าตัวอย่างข้าวสารมาทำการตรวจวัดตรวจวัดหลายครั้งเพื่อตัดค่าเฉลี่ย ซึ่งโปรแกรมจะเขียนให้มีการทดสอบสูงสุด 16 ครั้งต่อค่าเฉลี่ยหนึ่งค่า

หมายเหตุ :- ความขาวของเมล็ดข้าวสารแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับ องค์ประกอบทางธรรมชาติ สถานที่ปลูก ระยะเวลา การเก็บรักษา

บทสรุป

ในการทดลองซึ่งเป็นการวัดสัญญาณทั้งในส่วนโฟโตไดโอด (Dark current) และในขณะที่ทำการทดสอบวัดค่าความขาว ที่ขาเข้าของ ADC 0804 พบว่าขณะนี้ยังไม่ได้ป้องกันแหล่งกำเนิดแสงที่ตัวโฟโตไดโอดยังมีสัญญาณค่าหนึ่งออกมาซึ่งคือกระแสมืดแต่สัญญาณในขณะนั้นจะไม่ทำให้การแสดงผลของเปอร์เซ็นต์ความขาวผิดพลาดไปเนื่องจาก กระแสมืดนั้นมีค่าน้อยกว่าระดับการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์ความขาว (แต่ละระดับการเปลี่ยนแปลง = 0.019 จะมีค่าสูงกว่าช่วงกระแสมืดอยู่พอสมควรจึงทำให้ สามารถแสดงผลของค่าเปอร์เซ็นต์ความขาวของเมล็ดข้าวสารที่ได้ตามความต้องการและในส่วนของสัญญาณ V_{CC} ที่วัดพบว่า จะมีสัญญาณรบกวนปนมากับสัญญาณไฟ DC อยู่บ้างจึงมีการนำตัวเก็บประจุค่าที่เหมาะสมมาต่อลงกราวด์แต่ก็ยังมีส่วนทำให้การแสดงผลของค่าเปอร์เซ็นต์ความขาวผิดพลาด ไปบ้างแต่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

เอกสารอ้างอิง

พรเทพ รัตนกำพล และคณะ. 2542. เครื่องมือวัดเปอร์เซ็นต์ความขาวของเมล็ดข้าวสาร. วิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.