

บทที่ 3

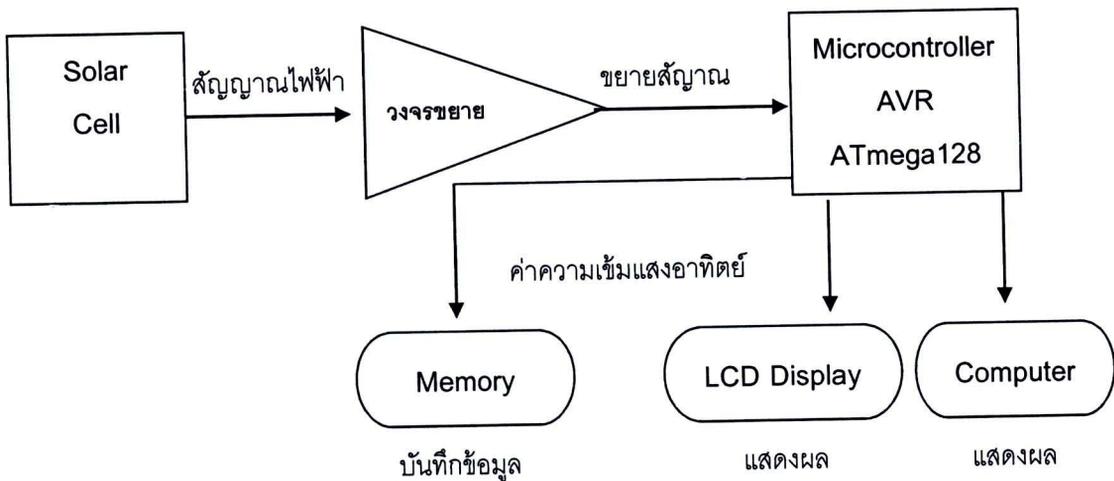
วิธีดำเนินงานวิจัย



การสร้างเครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์รวมด้วยโซลาร์เซลล์ชนิดซิลิกอนแบบพกพาต้องการข้อมูลของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าลัดวงจรจากโซลาร์เซลล์ ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้ออกแบบให้มีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้ ส่วนของตัวกระจายแสง ส่วนของเซ็นเซอร์ ส่วนของวงจรรขยายสัญญาณ ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนแสดงผลด้วยจอแอลซีดีและคอมพิวเตอร์ ส่วนของการบันทึกข้อมูล และโครงสร้างของเครื่อง

ไดอะแกรมโครงสร้างหลัก

โครงสร้างหลักของระบบเครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์รวมด้วยโซลาร์เซลล์ชนิดซิลิกอนแบบพกพา โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATmega128

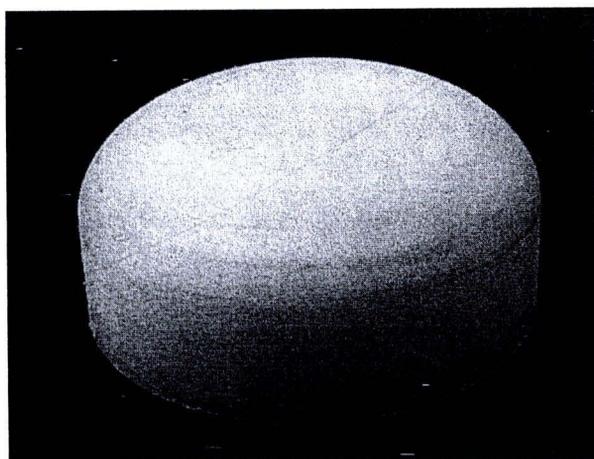


ภาพ 19 โครงสร้างของระบบหลักที่ทำการจัดสร้างขึ้น

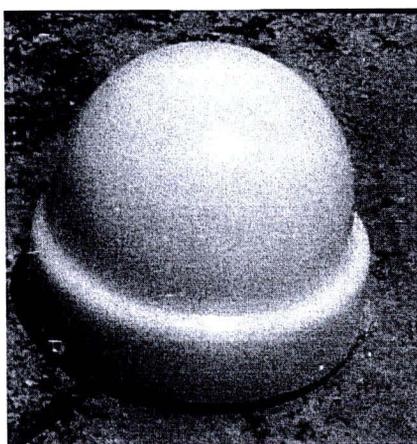
เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

ตัวกระจายแสง

เพื่อลดความผิดพลาดของความเข้มแสงอาทิตย์ที่จะวัดได้อันเนื่องมาจากผลของมุมโคซายน์ งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการใช้ตัวกระจายแสงที่ทำจากเทฟลอน (Polytetrafluoroethylene) และพลาสติกช่วยลดความผิดพลาดของมุมโคซายน์ 2 แบบ ดังนี้



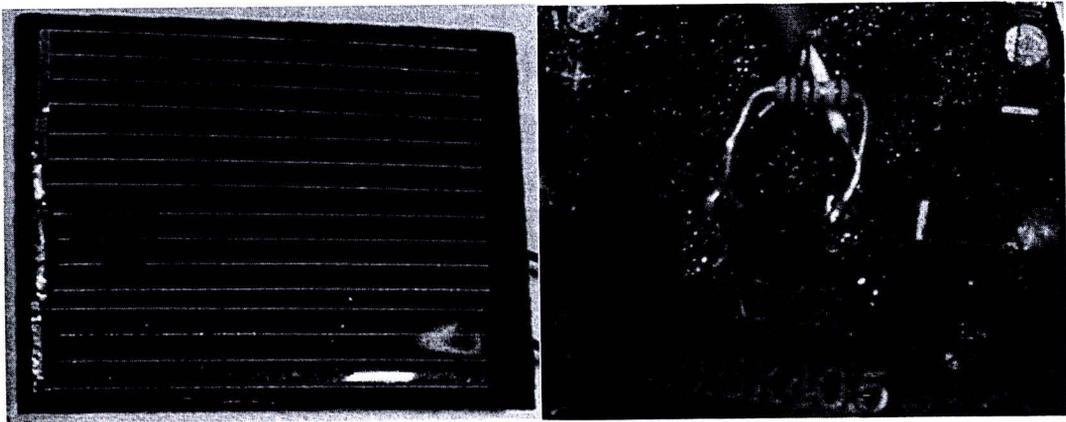
ภาพ 20 ตัวกระจายแสงเทฟลอนทรงโดมต่ำ



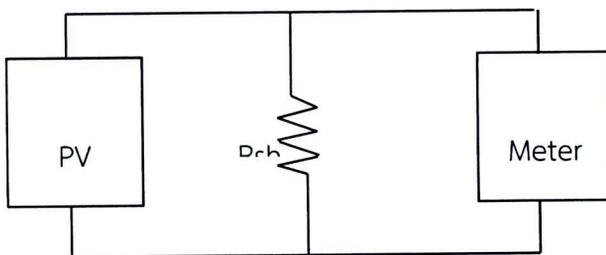
ภาพ 21 ตัวกระจายแสงพลาสติกทรงโดมสูง

เซ็นเซอร์วัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์

เครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์รวมด้วยโซลาร์เซลล์ชนิดซิลิคอนแบบพกพา ใช้โซลาร์เซลล์เป็นเซ็นเซอร์ในการตรวจวัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ โซลาร์เซลล์ที่ใช้เป็นเซ็นเซอร์ในระบบนี้ เลือกใช้โซลาร์เซลล์ชนิดซิลิคอน ขนาด 40.5×50.5 มิลลิเมตร จำนวน 1 โมดูล ภายในมีโซลาร์เซลล์ขนาด 8×40 มิลลิเมตร จำนวน 4 เซลล์ต่ออนุกรมเข้าด้วยกัน



ภาพ 22 โซลาร์เซลล์ชนิดซิลิคอน ขนาด 40.5×50.5 มิลลิเมตร



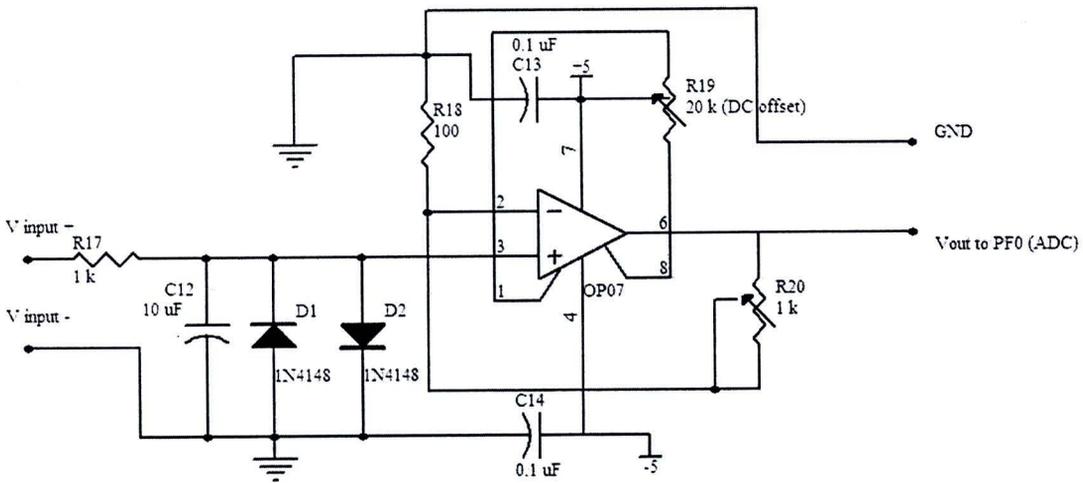
ภาพ 23 การวัดกระแสไฟฟ้าลัดวงจร

จากภาพ 23 ทำการลัดวงจรด้วยตัวต้านทานขนาด 10 โอห์ม ทดสอบวัดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรเบื้องต้นโดยการวัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานด้วยโวลต์มิเตอร์ โดยใช้ตัวกระจายแสงปิดทับเซ็นเซอร์ ให้กระแสไฟฟ้าลัดวงจรตั้งแต่ 0-0.05 แอมแปร์ กระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่ค้นหาได้จากการวัด แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานได้เมื่อต่อวงจรดังภาพ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้หารด้วยค่าความต้านทาน คือค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรตามกฎของโอห์ม

$$V = IR \quad (10)$$

จากสมการ (10) เมื่อตัวต้านทานมีขนาด 10 โอห์ม วัดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรมีค่าตั้งแต่ ตั้งแต่ 0-0.05 แอมแปร์ ฉะนั้นแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานจึงมีค่าตั้งแต่ 0-0.5 โวลต์ เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATmega128 มีย่านการวัดแรงดันไฟฟ้าอินพุตอนาล็อก 0 ถึง 5 โวลต์ จึงต้องสร้างวงจรขยายสัญญาณให้กับเครื่อง

วงจรขยายสัญญาณ



ภาพ 24 แสดงวงจรขยายสัญญาณ

โซลาร์เซลล์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ให้แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานจึงมีค่าตั้งแต่ 0-0.5 โวลต์ ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถรับสัญญาณได้จึงต้องขยายสัญญาณให้เป็น 0-5 โวลต์ จึงต้องสร้างวงจรขยายสัญญาณตามภาพ โดยเริ่มจาก R17 และ C12 เป็นตัวกรองแรงดันต่ำ ผ่านเข้าออปแอมป์เบอร์ OP07 ซึ่งแรงดันที่เพิ่มใช้เกณฑ์เท่ากับ $1 + R20/R18$ ซึ่ง R20 ใช้เป็น R ปรับค่าได้ตั้งแต่ 0-1 kΩ ดังนั้นเกณฑ์การขยายสูงสุดคือ 11 เท่า

$$V_{out} = \left(1 + \frac{1000}{100}\right) V_{in} \quad (11)$$

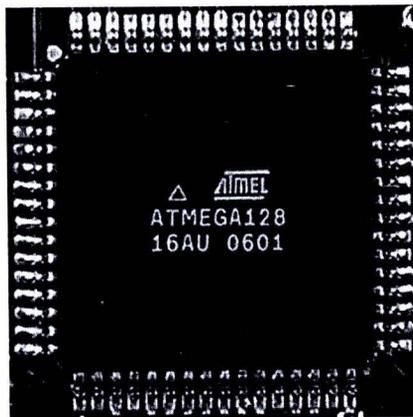
$$V_{out} = 11V_{in} \quad (12)$$

หากใช้อัตราการขยายสัญญาณ 10 เท่า แรงดันเอาต์พุตจากวงจรขยายสัญญาณจึงมีค่าอยู่ระหว่าง 0-5 โวลต์ ซึ่งสามารถส่งสัญญาณให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลต่อไปได้

ระบบควบคุมการวัด ประมวลผลและบันทึกข้อมูล

ไมโครคอนโทรลเลอร์

ในงานวิจัยนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ATMEGA128 ตัวถังแบบ TQFP (Thin Profile Plastic Quad Flat Package) เป็นไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต ของบริษัท Atmel มีสถาปัตยกรรมภายในเป็นแบบ RISC (Reduced Instruction Set Computer) โดยใช้สัญญาณนาฬิกาเพียง 1 ลูกในการปฏิบัติงานใน 1 คำสั่ง โดยจะประกอบด้วยหน่วยความจำโปรแกรมภายในที่เป็นแบบแฟลช โปรแกรมข้อมูลได้แบบ In-System programmable มีขนาดของหน่วยความจำข้อมูลแบบ FLASH ขนาด 128 กิโลไบต์



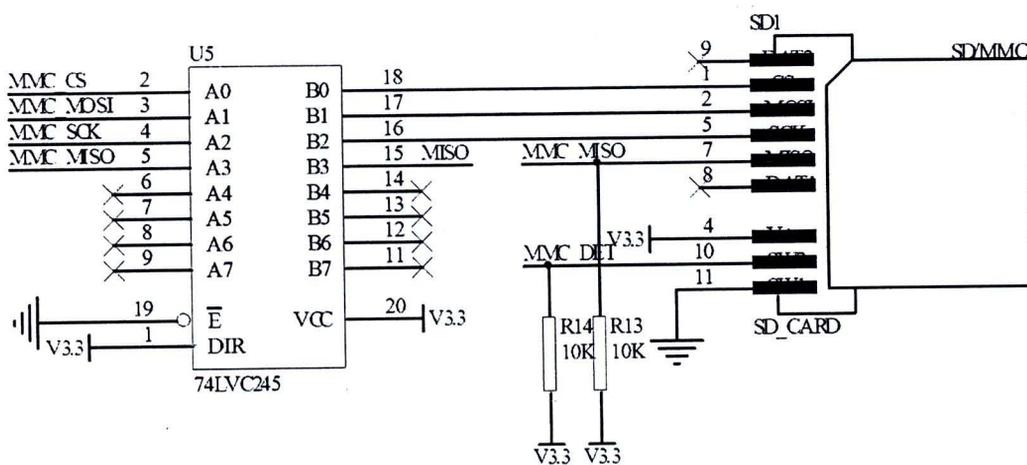
ภาพ 25 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATMEGA128

หน่วยความจำภายนอก ชนิด SD CARD (Secure Digital Card)

หน่วยบันทึกข้อมูลในงานวิจัยนี้เลือกใช้ ชนิด SD CARD ซึ่งมีขนาดเล็กกระทัดรัด ไม่ต้องใช้ไฟเลี้ยงทำให้หมดปัญหาเรื่องข้อมูลหายหากขาดแบตเตอรี่แบ็คอัพ การบันทึกข้อมูลสามารถเขียนซ้ำได้และการดูแลรักษาง่าย สามารถอ่านเขียนข้อมูลได้เร็ว มีตัวเลือกให้เลือกหลายรุ่น หลายขนาด สามารถใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ ได้ง่าย โดยเฉพาะเครื่องคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน

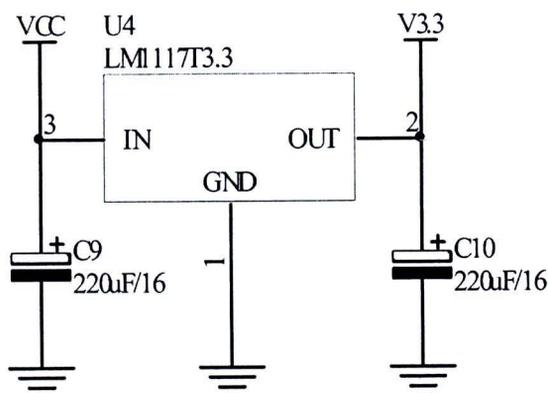


ภาพ 26 หน่วยความจำชนิด SD Card ขนาด 128 MB



ภาพ 27 วงจรเชื่อมต่อหน่วยความจำชนิด SD Card

การเชื่อมต่อกับหน่วยความจำ SD card จะใช้แรงดันขนาด 3.3 โวลต์ ซึ่งแตกต่างจาก IC1 ที่มีระดับแรงดันขนาด 5 โวลต์ ด้วยเหตุนี้การเชื่อมต่อระหว่าง IC1 กับ SD card ไม่สามารถทำได้โดยตรงเพราะจะทำให้เกิดความเสียหายกับ SD card ได้ จึงใช้ IC3 (74LVC245) มาทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์เพื่อลดทอนแรงดันจาก 5 โวลต์ให้เหลือ 3.3 โวลต์ ภาคจ่ายไฟ 3.3 โวลต์ใช้ IC4 เบอร์ LM1117T3.3 เพื่อลดทอนแรงดันจาก 5 โวลต์ให้เหลือขนาด 3.3 โวลต์ วงจรภาคจ่ายไฟดังภาพ 28



ภาพ 28 ภาคจ่ายไฟทำหน้าที่ลดทอนแรงดันจาก 5 โวลต์ เป็น 3.3 โวลต์

เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ DS18B20

เครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์รวมด้วยโซลาร์เซลล์ชนิดซิลิกอนแบบพกพาที่สร้างขึ้นได้ออกแบบการศึกษารูปแบบของอุณหภูมิที่มีต่อกระแสไฟฟ้าลัดวงจร จึงทำการสร้างระบบเพื่อวัดอุณหภูมิของแผงโซลาร์เซลล์เพิ่มเติม โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล DS18B20 ซึ่งจะให้สัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นแบบดิจิตอล และยังสามารถที่จะทำการโปรแกรมเข้าไปยังหน่วยความจำและควบคุมฟังก์ชันภายในไอซีได้

คุณสมบัติเด่นของ DS18B20 มีดังต่อไปนี้

1. อิเตอร์เฟสสัญญาณผ่านขาเอาต์พุตเพียงพอร์ตเดียวแบบ 1 สายข้อมูล (1 - WireTM)
2. ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ภายนอกมาต่อร่วม
3. สามารถควบคุมการทำงานเพาเวอร์ออนได้ผ่านทางสายข้อมูล
4. ย่านการวัดอุณหภูมิตั้งแต่ -55 องศาเซลเซียสถึง +125 องศาเซลเซียสที่ 0.5 องศาต่อ

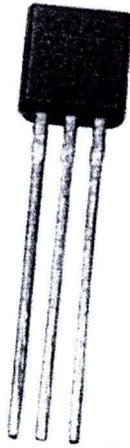
สเต็มป์

5. อัตราความเร็วในการแปลงจากอุณหภูมิมาเป็นค่าตัวเลขทางดิจิตอลเท่ากับ 200

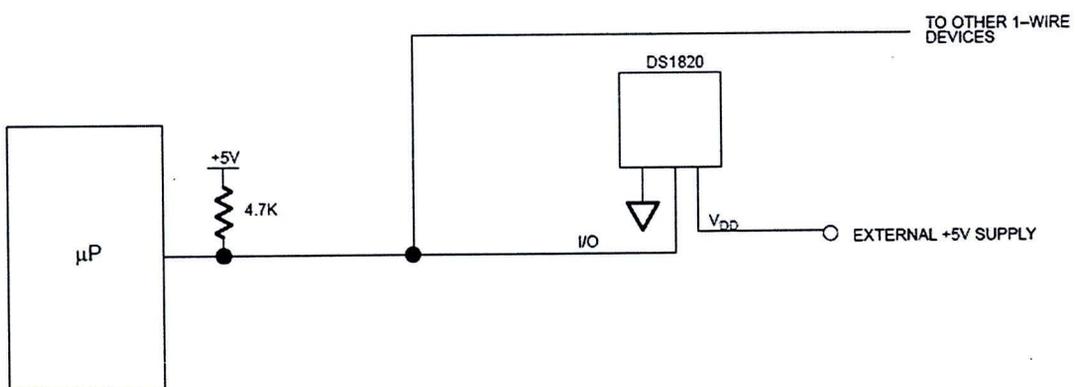
มิลลิวินาที

6. การเตือนย่านอุณหภูมินั้นสามารถกำหนดรหัสผ่านการสั่งการและแอดเดรสของอุปกรณ์ได้จากภายนอกพื้นที่ตรวจวัดอุณหภูมิผ่านทางโปรแกรมภายนอก

7. ประยุกต์ใช้งานตรวจวัดอุณหภูมิและติดตั้งไว้ในอุปกรณ์ควบคุมเทอร์โมสแตติก, ระบบโรงงานอุตสาหกรรม, เทอร์โมมิเตอร์ หรือระบบอื่นๆ ที่มีส่วนตรวจจับอุณหภูมิทำงานร่วมอยู่



ภาพ 29 หัววัดอุณหภูมิ DS1820

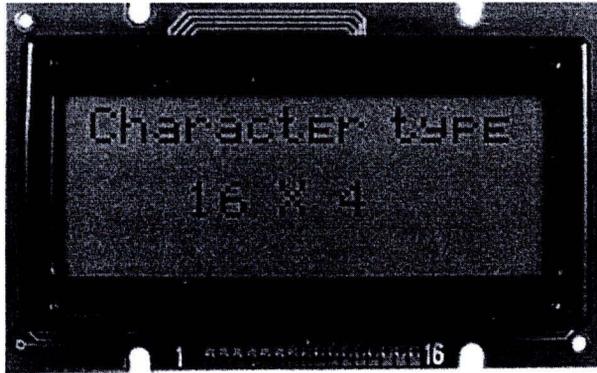


ภาพ 30 การต่อแบบจ่ายไฟเลี้ยงให้กับขา VDD หัววัดอุณหภูมิ DS1820

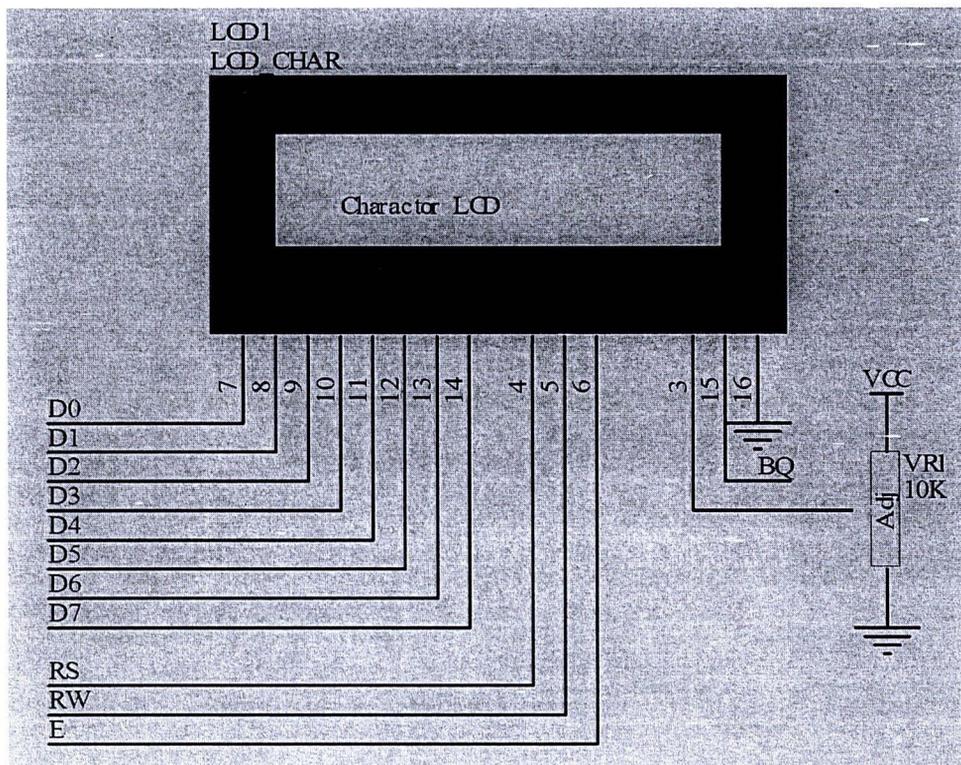
DS1820 ไอซีตรวจสอบอุณหภูมิ มาตรฐาน DQ เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega128 ที่ขา PB7 และขาสัญญาณจะต่อตัวต้านทาน 4.7 กิโลโห์มพูลล์กับไฟเลี้ยง +5V มีย่านวัดอุณหภูมิตั้งแต่ -55 ถึง +125 องศาเซลเซียส มีความละเอียดในการวัด 0.5 องศาเซลเซียส

จอแสดงผล LCD

การแสดงผลการตรวจวัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ในงานวิจัยนี้เลือกใช้จอแสดงผลแบบ LCD 16 ตัวอักษร 4 บรรทัด ดังภาพ 31



ภาพ 31 จอแสดงผล LCD 16x4 บรรทัด

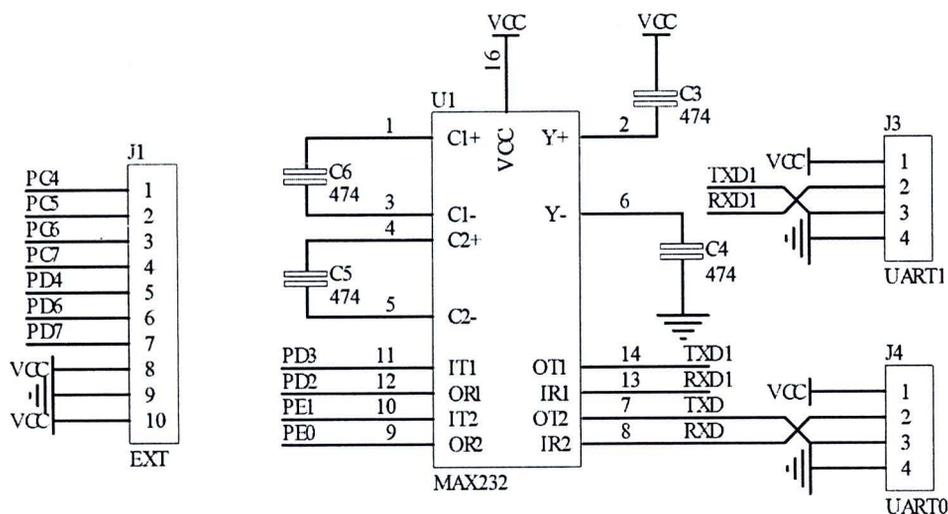


ภาพ 32 การเชื่อมต่อวงจรจอแสดงผล LCD 16x4 บรรทัด

การเชื่อมต่อกับแอลซีดีจะต่อแบบ 8 บิต โดยเลือกใช้พอร์ต A0-A7 ต่อกับบัสข้อมูล D0-D7 ของแอลซีดี สำหรับขาควบคุมการทำงานใช้พอร์ต PC0 ต่อกับขา RS หากสถานะเป็นลอจิกต่ำ ข้อมูลที่ส่งไปจะเป็นคำสั่งและหากเป็นลอจิกสูงจะเป็นข้อมูลที่ต้องการแสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี

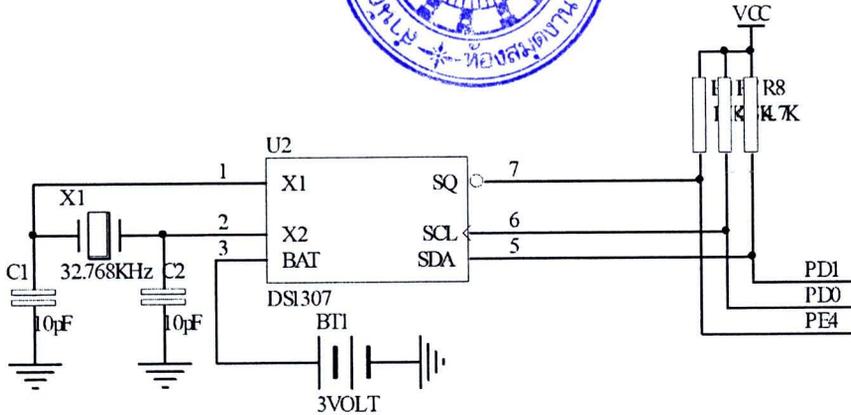
สำหรับขา PC1 ต่อกับขา RW เพื่อควบคุมการอ่านเขียนข้อมูลหรือคำสั่งกับตัวแอลซีดี และสุดท้ายขา PC2 ต่อกับขา E เพื่อเป็นขาอินเนเบิล (Enable) คำสั่งของแอลซีดี ในส่วนของไฟส่องพื้นหลังจะใช้พอร์ต PC3 ต่อกับขา Q1 เพื่อควบคุมการติดดับ ซึ่งทรานซิสเตอร์เป็นแบบ PNP การกระตุ้นการทำงานต้องใช้ลอจิกต่ำ สำหรับตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ VR1 จะต่อกับขา VO ของแอลซีดี เพื่อใช้ปรับระดับความสว่างของตัวอักษรบนจอแอลซีดี

การเชื่อมต่อพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรม



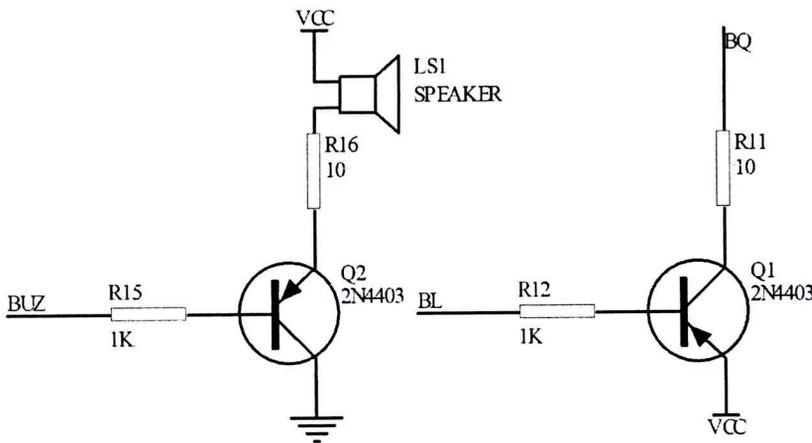
ภาพ 33 วงจรเชื่อมต่อเพื่อติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

การติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม (Serial Port) ของ ATMEGA128 จะมีทั้งหมด 2 ชุด เนื่องจากการสื่อสารกับเครื่องคอมพิวเตอร์ไม่สามารถทำได้โดยตรง ดังนั้นจึงต้องทำการแปลงระดับ แรงดันจาก TTL ให้เป็นระดับแรงดันมาตรฐาน RS-232 เสียก่อน โดยใช้ IC1 (MAX232) ตำแหน่งของเอาต์พุตจะต่อกับคอนเน็กเตอร์ CON3 ต่อกับพอร์ต D และ CON4 ต่อกับพอร์ต E



ภาพ 34 วงจรเชื่อมต่อไอซี Real Time Clock

การเชื่อมต่อกับไอซี Real Time Clock (DS1307) จะใช้คุณสมบัติบัส I²C โดยขา PD0 เป็นขาสัญญาณ SCL (Clock) และขา PD1 เป็นขาข้อมูล SDA โดยที่ขา 7 ของ DS1307 จะสามารถกำหนดให้เกิดพัลส์ทุกๆ 1 วินาทีได้ ซึ่งพัลส์ในส่วนนี้จะนำไปเชื่อมต่อเข้ากับขาอินเทอร์รัปต์ PE4 เพื่อใช้เป็นสัญญาณอินเทอร์รัปต์ทุกๆ 1 วินาที และอ่านเวลาแล้วนำไปแสดงผลที่หน้าจอ แอลซีดี



ภาพ 35 วงจรเชื่อมต่อลำโพงขนาดเล็ก

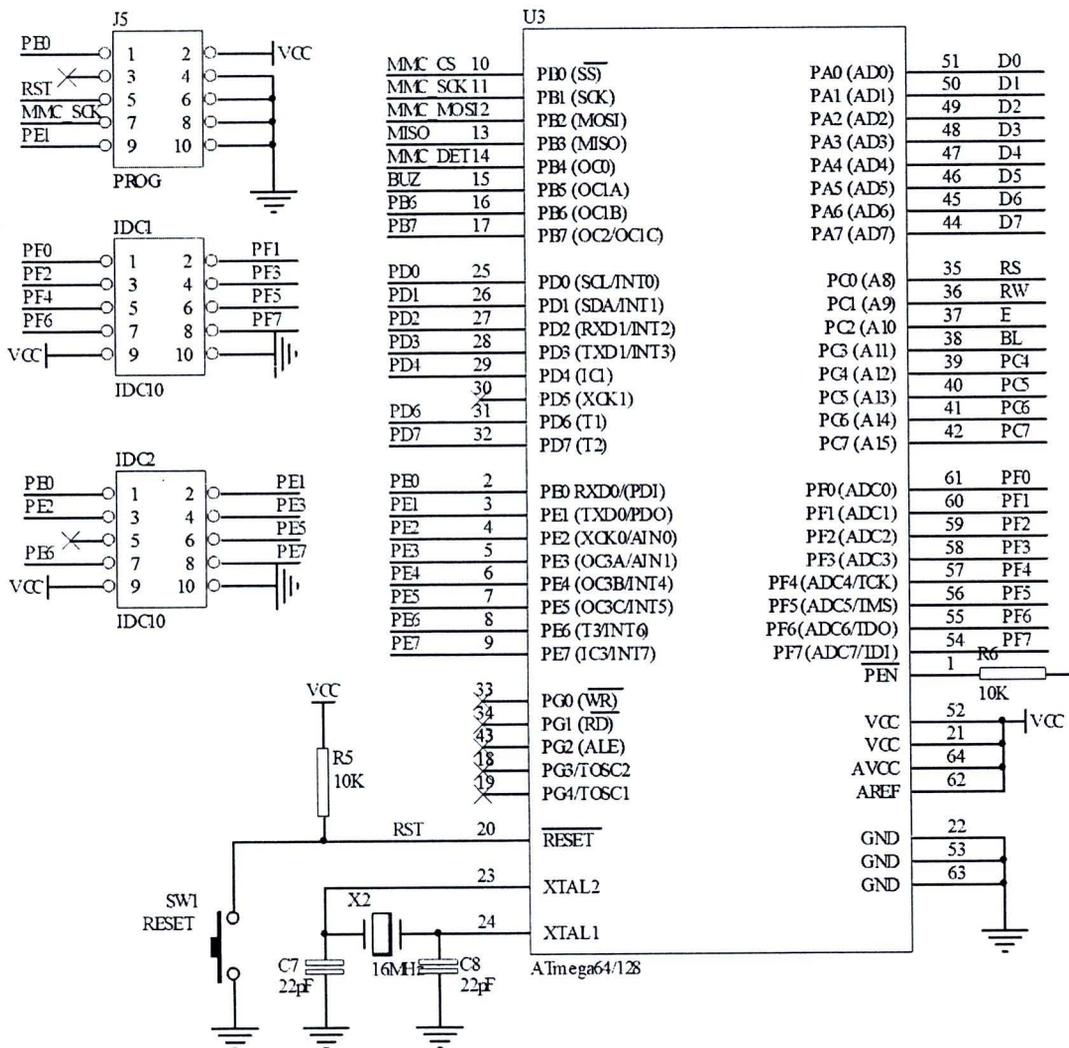
เครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์แบบพกพาใช้ลำโพงขนาดเล็ก(บีซเซอร์) แสดงสถานะการเปิดเครื่อง BZ1 เป็นบีซเซอร์ขนาด 5 โวลต์ควบคุมการทำงานด้วยพอร์ต PB5 โดยใช้ทรานซิสเตอร์ Q2 ขยายกระแสก่อนใช้ขับ เนื่องจากกระแสจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่เพียงพอในการขับบีซเซอร์

วงจรควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

ในการควบคุมการทำงานของระบบได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล AVR

ATMEGA128 โดยมีหน้าที่ในการทำงานดังนี้

1. ควบคุมการทำงานของส่วนต่าง ๆ
2. รับและส่งข้อมูล
3. บันทึกค่า



ภาพ 36 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATmega128

การทำงานของส่วนควบคุมหลัก

การทำงานเริ่มจากการรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5 โวลต์เข้าทาง CON2 เพื่อจ่ายให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ บนบอร์ด เมื่อได้รับแรงดัน IC3 (ATMEGA128) จะตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ถูกเชื่อมต่อ เริ่มจากพอร์ต B ที่ใช้เชื่อมต่อกับ SD/MMC ผ่านซ็อกเก็ต SD1 โดยจะใช้พอร์ต PB4 สำหรับตรวจสอบสถานะของการ์ด SD/MMC ในซ็อกเก็ต หากมี SD/MMC อยู่ใน ซ็อกเก็ตจะอยู่ในสถานะลอจิกต่ำ ในทางกลับกันหากไม่มี SD/MMC อยู่ในซ็อกเก็ตจะมีสถานะเป็นลอจิกสูง

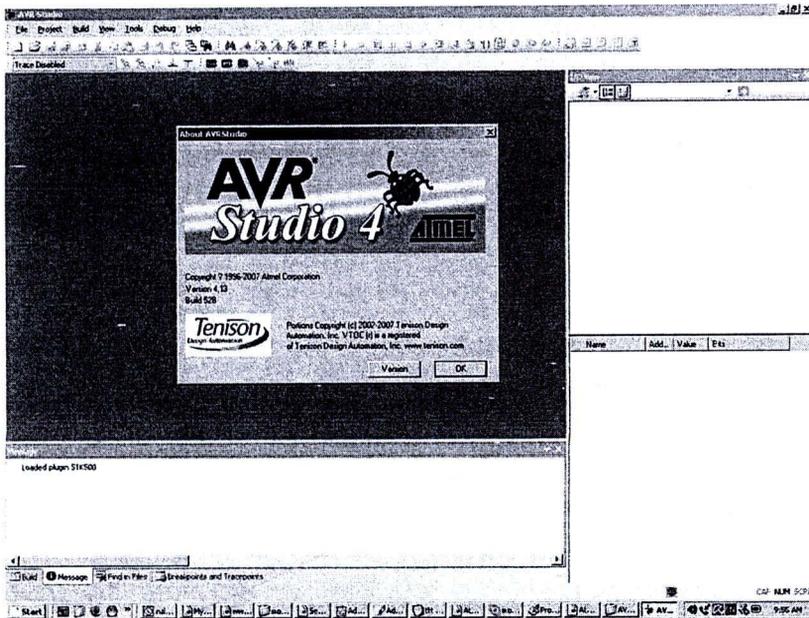
สำหรับตัวเซ็นเซอร์จะต่อเข้ากับตำแหน่งพอร์ต PF0 ซึ่งขาพอร์ต PF0 มีคุณสมบัติสามารถ Capture ค่าความถี่ที่เกิดจากการทำงานของตัวเซ็นเซอร์มาทำการวิเคราะห์ให้อยู่ในรูปแบบของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ โดยใช้หน่วยวัดต่อตารางเมตร

การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR มี 2 โปรแกรม ได้แก่

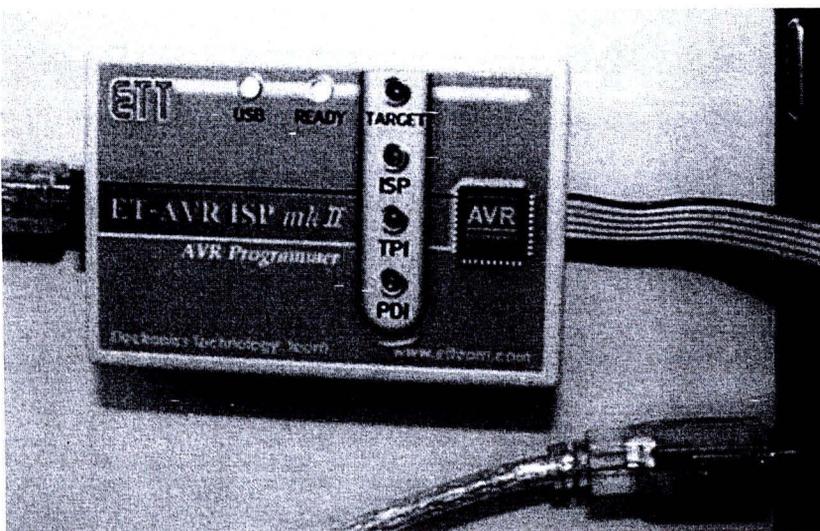
1. โปรแกรม WinAVR เป็นซอฟต์แวร์ C คอมไพเลอร์หรือตัวแปลโปรแกรมภาษา C สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR โดย WinAVR เป็นซอฟต์แวร์แบบโอเพ่นซอร์ส (open source) พัฒนาต่อจาก GNU GCC คอมไพเลอร์ เมื่อทำการติดตั้ง WinAVR แล้วจะสามารถเชื่อมโยงการทำงานเข้ากับ AVR Studio ได้ ดังนั้นจึงสามารถทำการเขียนโปรแกรมภาษา C บน AVR Studio แล้วทำการคอมไพล์โปรแกรมด้วย WinAVR ได้อย่างต่อเนื่อง โดยผลลัพธ์ของการคอมไพล์จะเป็นไฟล์นามสกุล .hex อันเป็นไฟล์รหัสภาษาเครื่องหรือที่เรียกว่า "แมชีนโค้ด" โดยเป็นไฟล์ผลลัพธ์ที่ได้จากการพัฒนาสามารถนำไปดาวน์โหลดลงสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไปได้ทันที

2. โปรแกรม AVR Studio 4 เป็นซอฟต์แวร์สำหรับสร้างโปรแกรมควบคุม โดยภายใน AVR Studio ได้บรรจุเครื่องมือที่ช่วยอำนวยความสะดวกต่อการพัฒนาโปรแกรมภาษา C ทั้งยังสามารถเชื่อมโยงการทำงานในส่วนต่าง ๆ กับคอมไพเลอร์ที่กำหนดได้ด้วย โดยคอมไพเลอร์ที่นำมาใช้ร่วมกันคือ WinAVR, สามารถติดต่อกับไฟล์ไลบรารี ipst.h ซึ่งบรรจุฟังก์ชันของโปรแกรมภาษา C สำหรับติดต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ทั้งยังสามารถติดต่อกับซอฟต์แวร์สำหรับโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA

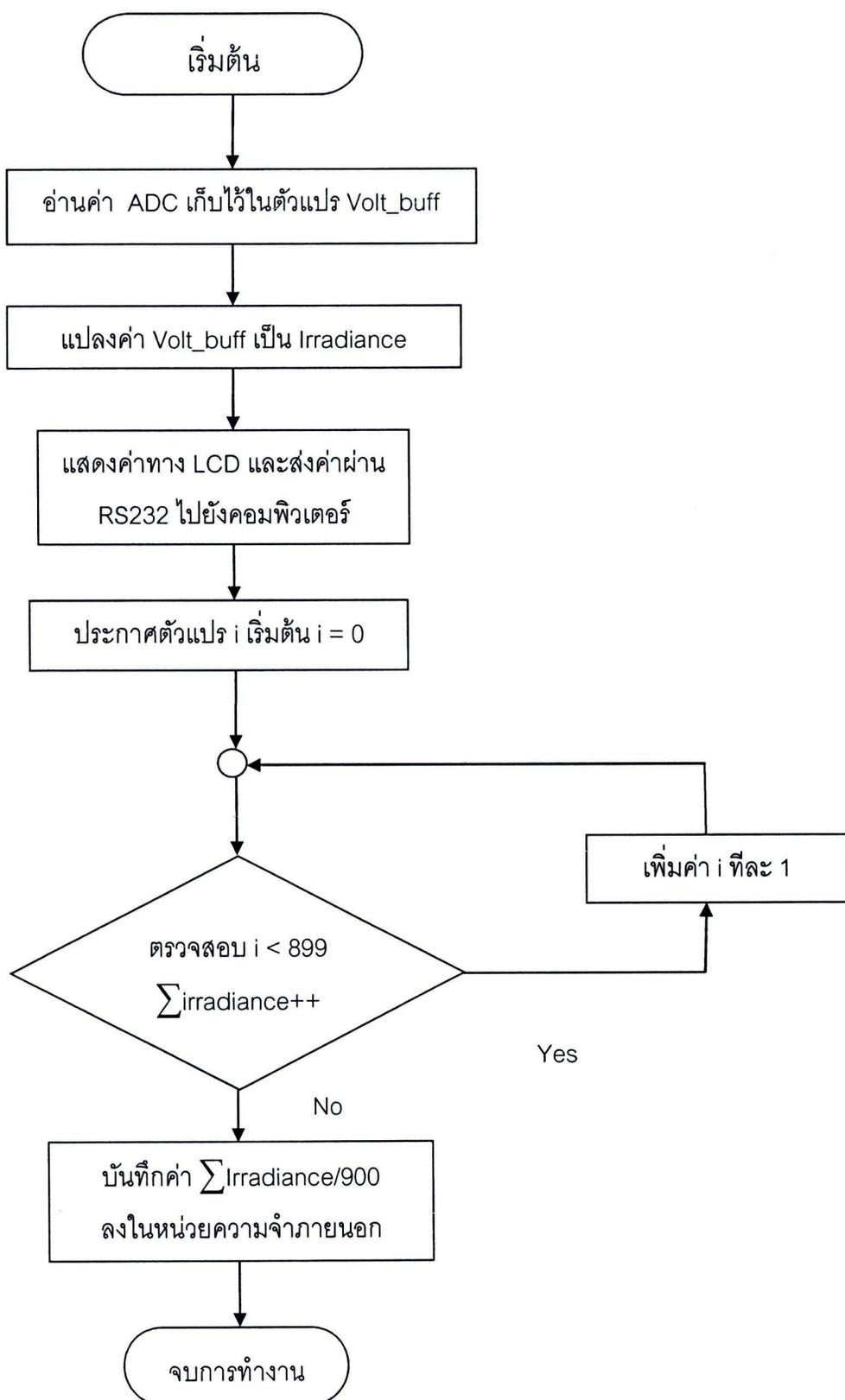


ภาพ 37 โปรแกรม AVR Studio 4 ที่ใช้ในการเขียนภาษาซี

เมื่อทำการคอมไพล์โปรแกรมภาษาซีเป็นไฟล์นามสกุล .hex นำไปดาวน์โหลดลงสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยเครื่องโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ ET-AVR ISP mkII ภาพ 36 เป็นเครื่องโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล AVR โดยต่อกับคอมพิวเตอร์ทาง PORT USB สามารถใช้โปรแกรม MCU ตระกูล AVR แบบ ISP และใช้งานร่วมกับชุด AVR STUDIO ได้ทันที



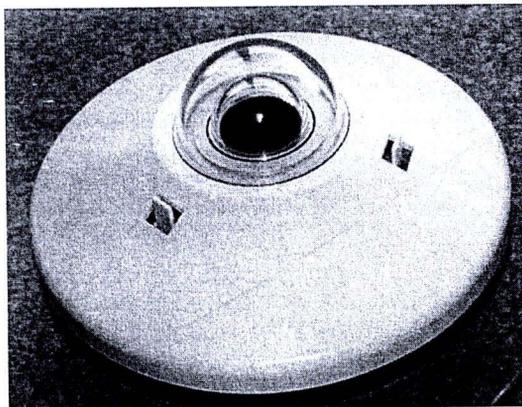
ภาพ 38 เครื่องโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล AVR รุ่น ET-AVR ISP mkII



ภาพ 39 ขั้นตอนการทำงานเครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์รวมด้วยโซลาร์เซลล์ชนิดซิลิกอนแบบพกพา

ไพรานอมิเตอร์อ้างอิง

งานวิจัยนี้ใช้ไพรานอมิเตอร์ของบริษัท Kipp & Zonen รุ่น CM-11 ในการสอบเทียบ เครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์ด้วยโซลาร์เซลล์แบบพกพา



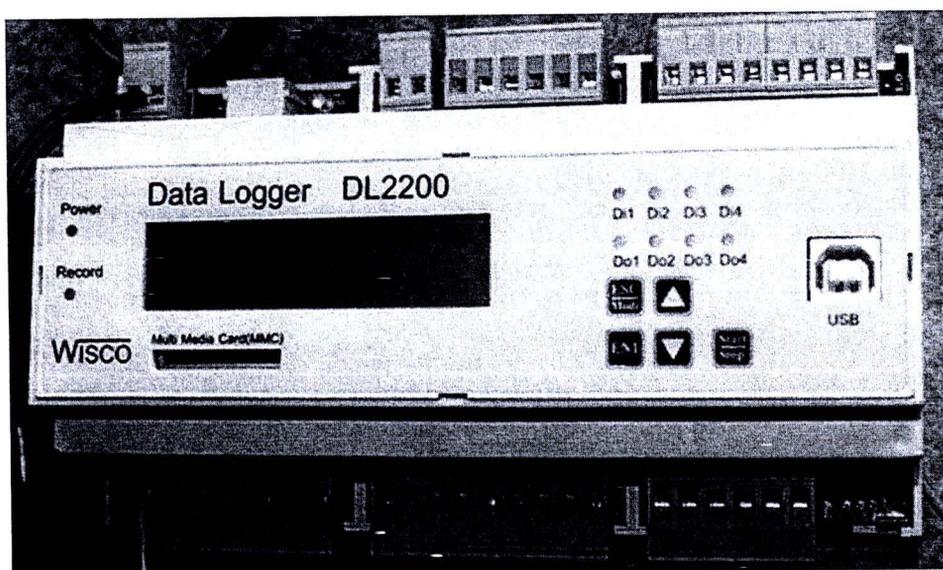
ภาพ 40 Pyranometer Kipp & Zonen model CM-11

ตาราง 3 คุณสมบัติของไพรานอมิเตอร์บริษัท Kipp & Zonen รุ่น CM-11

CM11 Pyranometer Specifications	
Spectral range	305 – 2800 nm (50% points)
Sensitivity	4 - 6 $\mu\text{V/W/m}^2$
Impedance (nominal)	700 - 1500 W
Response time	(95%) 15 sec.
Non-linearity	$< \pm 0.6\%$ ($< 1000 \text{ W/m}^2$)
Temp. dependence of sensitivity	$< \pm 1\%$ (-10 to $+40^\circ\text{C}$)
Directional error	$< \pm 10 \text{ W/m}^2$ (beam 1000 W/m^2)
Zero-offset due to temp. changes	$< \pm 2 \text{ W/m}^2$ at 5 K/h temp. change
Operating temperature	-40°C to $+80^\circ\text{C}$
ISO-9060 Class	Secondary Standard
Dimensions W x H	150.0 mm x 91.5 mm
Weight	850 grams
Cable length	10 m

เครื่องบันทึกข้อมูลที่ได้จากไพรานอมิเตอร์ (Data logger)

งานวิจัยนี้เลือกใช้เครื่องบันทึกข้อมูลจากไพรานอมิเตอร์ CM 11 คือ Data logger DL2200 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่บันทึกข้อมูลค่าวัดทั้งแบบ Analog และ Digital โดยข้อมูลนี้จะถูกบันทึกอย่างต่อเนื่องลงใน Memory Card ซึ่ง Memory Card นี้สามารถถอดได้เพื่อนำไป Load ข้อมูลลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ Analog Input ของ DL2200 สามารถโปรแกรมให้ใช้ได้กับ Sensor ได้หลายชนิด เช่น Thermocouple, PT100, PT1000, Voltage, Current ข้อมูลที่เก็บไว้ในคอมพิวเตอร์สามารถนำมาแสดงผลในรูปแบบตัวเลขหรือ Plot Graph ได้และข้อมูลนี้สามารถนำไปใช้ในโปรแกรม Excel ซึ่งสะดวกในการนำข้อมูลไปใช้เทียบกับเครื่องมือที่สร้างขึ้น



ภาพ 41 Data Logger บริษัท Wisco รุ่น DL2200

คุณสมบัติเฉพาะของ Data Logger บริษัท Wisco รุ่น DL2200

1. 8 Channels Analog Input (Programmable input)
2. 24 Channels เมื่อเพิ่ม Module EX24
3. 4 Channels Digital Input/Output
4. Isolation Analog Input with Relay, Digital Input with Optoelectronic
5. Easily configure at Panel LCD and Keyboard
6. Use SD card memory for Data Storage (2GB)
7. Stand Alone Data Logger and Real Time Data Acquisition



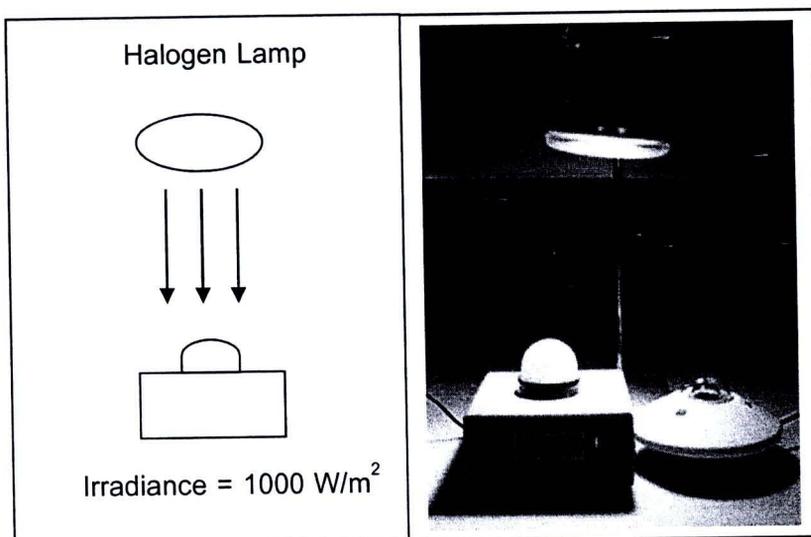
การเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

การทดสอบผลของอุณหภูมิ เครื่องมือที่ใช้ทดสอบ

1. หลอดฮาโลเจน 130 วัตต์
2. Secondary Standard Pyranometer : Kipp&Zonen Type CM11
3. เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ DS1820
4. เครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์รวมด้วยโซลาร์เซลล์ชนิดซิลิกอนแบบพกพา
5. Data logger DL2200

วิธีการทดสอบ

1. นำเครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์รวมด้วยโซลาร์เซลล์ชนิดซิลิกอนแบบพกพาทดสอบรับแสงจากหลอดฮาโลเจน โดยปรับอุณหภูมิสภาพแวดล้อมให้อุณหภูมิของโมดูลโซลาร์เซลล์มีค่าประมาณ 25 องศาเซลเซียสโดยยังไม่เปิดหลอดฮาโลเจน
2. ปรับระดับความเข้มแสงให้ได้ระดับ 1,000 วัตต์/ตารางเมตร โดยอ่านค่าความเข้มแสงจากไพรานอมิเตอร์ CM11
3. ทำการวัดและบันทึกสัญญาณจากเอาต์พุทของไพรานอมิเตอร์ที่ทำการทดสอบทุกๆ 1 วินาที โดยตลอดจนอุณหภูมิของโมดูลโซลาร์เซลล์ ถึงประมาณ 55 องศาเซลเซียส
4. นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาอัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณเอาต์พุทเทียบกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น



ภาพ 42 การทดสอบผลของอุณหภูมิ

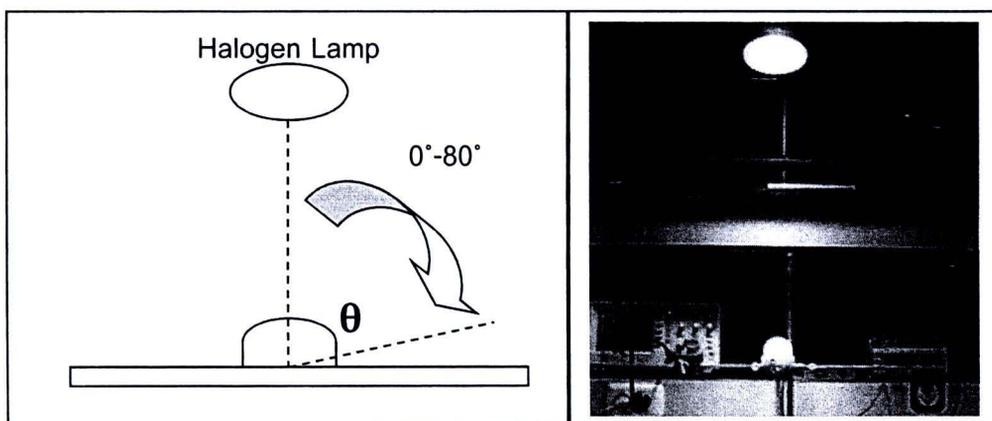
การทดสอบผลของมุมโคซายน์

เครื่องมือที่ใช้ทดสอบ

1. ชุดอุปกรณ์สำหรับปรับมุมตกกระทบของแสง
2. โมดูลโซลาร์เซลล์ที่ใช้เป็นเซ็นเซอร์ที่มีตัวกระจายแสงปิดทับ 2 แบบ
3. Data logger DL2200
4. หลอดฮาโลเจนขนาด 130 วัตต์
5. Secondary Standard Pyranometer : Kipp&Zonen Type CM11

วิธีการทดสอบ

1. ทำการติดตั้งโมดูลโซลาร์เซลล์ ในระนาบที่จะทำให้มุมตกกระทบของแสงอยู่ในช่วง 0-80 องศา
2. ติดตั้งแหล่งกำเนิดแสง คือหลอดฮาโลเจนให้มีความเข้มแสงคงที่
3. ปรับระดับความเข้มแสงให้ได้ระดับ 600 วัตต์/ตารางเมตร โดยอ่านค่าความเข้มแสงจากไพรานอมิเตอร์ CM11
4. ทำการวัดและบันทึกสัญญาณจากเอาต์พุทของเซ็นเซอร์ที่ทำการทดสอบทุกๆ 1 วินาที โดยปรับมุมตกกระทบ(θ)ให้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆครั้งละ 5 จนถึง 80 องศา โดยควบคุมอุณหภูมิของเซ็นเซอร์ขณะทำการวัดให้คงที่ 28 องศาเซลเซียส
5. ทำซ้ำกับข้อ 4 แต่เปลี่ยนเป็นปิดทับเซ็นเซอร์ด้วยตัวกระจายแสงทั้ง 2 แบบ
6. นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาอัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณเอาต์พุทเทียบกับเมื่อเพิ่มมุมตกกระทบระหว่างโมดูลโซลาร์เซลล์ไม่มีตัวกระจายแสงปิดทับและมีตัวกระจายแสงทั้ง 2 แบบปิดทับ



ภาพ 43 การทดสอบผลของมุมโคซายน์

การทดสอบเพื่อหาค่าปรับเทียบค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์

การทดสอบเพื่อหาค่าปรับเทียบ(Calibration Factor)ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ทำโดยติดตั้งเครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์รวมด้วยโซลาร์เซลล์ชนิดซิลิกอนแบบพกพาไว้ในบริเวณและระนาบเดียวกันกับหัววัดไพรานอมิเตอร์ของบริษัท Kipp & Zonen Model CM 11 โดยเลือกในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส ทำการทดสอบเวลา 08.00 – 16.30 น. จากนั้นทำการโปรแกรมเครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์รวมด้วยโซลาร์เซลล์ชนิดซิลิกอนแบบพกพาให้ตรวจวัดและบันทึกสัญญาณเอาท์พุท ซึ่งเป็นแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานลัดวงจร โดยทำการวัดทุก ๆ 1 วินาที นำค่าที่ได้มาเฉลี่ยและบันทึกค่าทุก 15 นาที ในขณะที่เดียวกันก็บันทึกค่าความเข้มแสงอาทิตย์จากไพรานอมิเตอร์ทุก 15 นาที ที่เวลาเดียวกัน จากนั้นนำแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานและค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์มาคำนวณหาค่าการปรับเทียบตามสมการที่ (13) เพื่อนำไปใช้ปรับให้ค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานมีค่าเท่ากับค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์

$$y = mx + c \quad (13)$$

เมื่อ y คือ ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์

x คือ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน

m คือ ความชันของกราฟ

c คือ จุดตัดของกราฟ

สถานที่ทำการทดสอบเป็นบริเวณที่โล่งแจ้ง ไม่มีสิ่งกีดขวางหรือปิดบังดวงอาทิตย์ ตลอดระยะเวลาทำการทดสอบ ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ ดาดฟ้าตึกวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมสาธิตมหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ดังภาพ 44



ภาพ 44 สถานที่ทำการทดสอบเครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์ด้วยโซลาร์เซลล์แบบพกพา

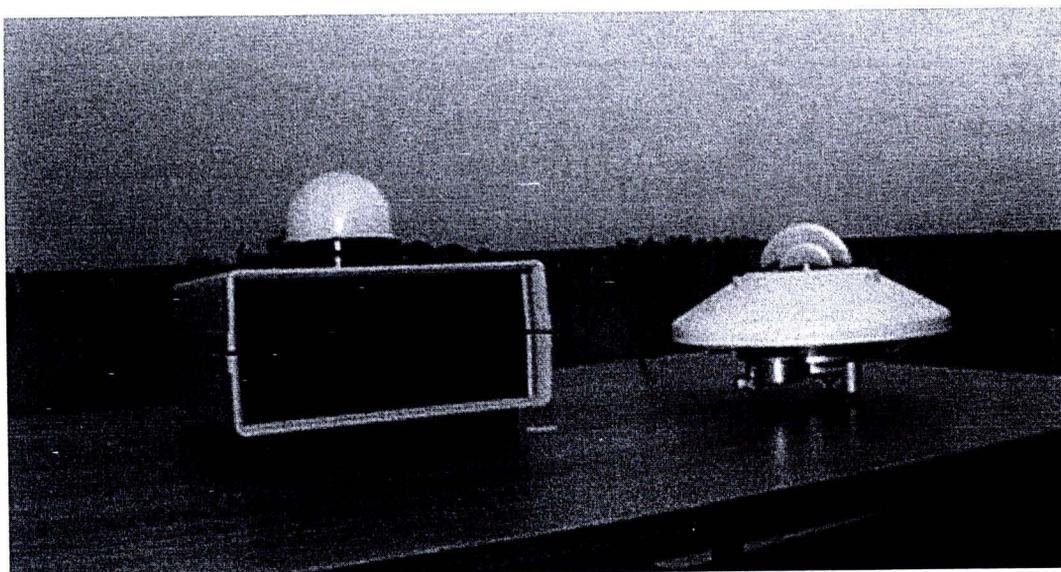
การทดสอบการใช้งานภาคสนามของเครื่องวัดรังสีแสงอาทิตย์แบบพกพา

จากคุณสมบัติของโซลาร์เซลล์ คือ กำลังไฟฟ้าที่ได้จากโซลาร์เซลล์จะขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญได้แก่ ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบ โดยที่กระแสไฟฟ้าลัดวงจรของโซลาร์เซลล์มีความสัมพันธ์กับความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนโซลาร์เซลล์แบบเชิงเส้น ซึ่งจะทำให้ทราบค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ได้จากความสัมพันธ์ที่อยู่ในรูปฟังก์ชันของกระแสไฟฟ้าลัดวงจรของโซลาร์เซลล์

กระแสไฟฟ้าลัดวงจรไฟฟ้าที่ได้จะแปรผันตรงแบบเชิงเส้นกับความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบ จากนั้นวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน และทำการปรับปรุงสัญญาณด้วยวงจรออปแอมป์ให้มีค่าเหมาะสมต่อการประมวลผลสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วส่งสัญญาณไปยังอินพุทของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล AVR เบอร์ ATmega128 ซึ่งมีวงจรแปลงสัญญาณ ADC ประกอบอยู่ใน

การประมวลผลสัญญาณใช้โปรแกรมภาษาซีเขียนคำสั่งสำหรับการแปลงสัญญาณที่ได้จากหัววัด ทำการคำนวณค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ นำผลที่ได้แสดงบนหน้าจอแอลซีดี และการเก็บข้อมูลลงในการ์ดหน่วยความจำชนิด SD Card จากนั้นทำการบรรจุโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล AVR เบอร์ ATmega128 ให้เครื่องทำการวัดค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาที่ต้องการ

จากการทดสอบหาค่าเปรียบเทียบค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์จะได้ผลการในการแปลงแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานไปเป็นความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ นำสมการดังกล่าวโปรแกรมเครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์ด้วยโซลาร์เซลล์แบบพกพาให้ตรวจวัดและบันทึกค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ โดยทำการวัดทุก ๆ 1 วินาที นำค่าที่ได้มาเฉลี่ยและบันทึกค่าทุก 10 นาที ในขณะที่เดียวกันก็ทำการวัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์จากไพรานอมิเตอร์ทุก ๆ 1 วินาที นำค่าที่ได้มาเฉลี่ยและบันทึกค่าทุก 10 นาที ที่เวลาเดียวกัน



ภาพ 45 การติดตั้งเครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์เทียบกับไพรานอมิเตอร์ CM11

การทดสอบการใช้งานเครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์รวมด้วยโซลาร์เซลล์ชนิดซิลิกอนแบบพกพาทำการติดตั้งไว้ในบริเวณและระนาบเดียวกันกับห้ววัดไพรานอมิเตอร์ของบริษัท Kipp & Zonen Model CM 11 โดยเลือกในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส จำนวน 5 วัน ทำการทดสอบเวลา 08.00–16.30 น.

ข้อมูลที่ได้แต่ละค่าเครื่องจะทำการเก็บไว้ในหน่วยความจำ SD Card อย่างอัตโนมัติ การนำข้อมูลมาวิเคราะห์เมื่อเก็บข้อมูลเสร็จก็จะนำไปเขียนกราฟของข้อมูลเปรียบเทียบ โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Microsoft Excel ทำการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับไพรานอมิเตอร์ของบริษัท Kipp & Zonen Model CM11 จากนั้นทำการวิเคราะห์ค่าความผิดพลาดที่ได้จากการทดสอบการวัดค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ในภาคสนาม