บทที่ 3

โครงสร้างส่วนประกอบและการทำงานของเครื่องวัดการรับรังสีดวงอาทิตย์

ลักษณะความสามารถของเครื่องมือ

ก่อนที่จะกล่าวถึงการทำงานและโครงสร้างของเครื่องนั้น จะขอกล่าวถึงลักษณะของเครื่องมือนี้ก่อน สำหรับความสามารถนั้นพอจะสรุปเป็นข้อๆได้ดังนี้

ก. สามารถแสดงค่าการรับรังสีดวงอาทิตย์ได้ในขณะเวลาใดเวลาหนึ่ง มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร โดยมีความเร็วในการวัดไม่เกิน 0.2 วินาทีต่อ 1 ข้อมูล

ข. เครื่องมือนี้ถูกตั้งช่วงเวลาในการ sampling ข้อมูลทุกๆ 30 วินาทีต่อ 1 ข้อมูล ดังนั้นภายในเวลาหนึ่งชั่วโมงจะได้ข้อมูลทั้งหมด 120 ข้อมูล

ค. ข้อมูลทุกๆข้อมูลที่วัดได้จะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำซึ่งมีขนาด 1Kx1K โดยสามารถเก็บข้อมูลได้ทั้งหมดเป็นจำนวน 1024 ข้อมูลหรือประมาณ 8 ชั่วโมงครึ่ง

ง. เมื่อสิ้นสุดการวัดในแต่ละชั่วโมง เครื่องมือนี้จะทำการเฉลี่ยค่าการรับรังสีในชั่วโมงนั้นๆ ค่าเฉลี่ยที่ได้จะถูกนำไปเก็บในหน่วยความจำด้วย

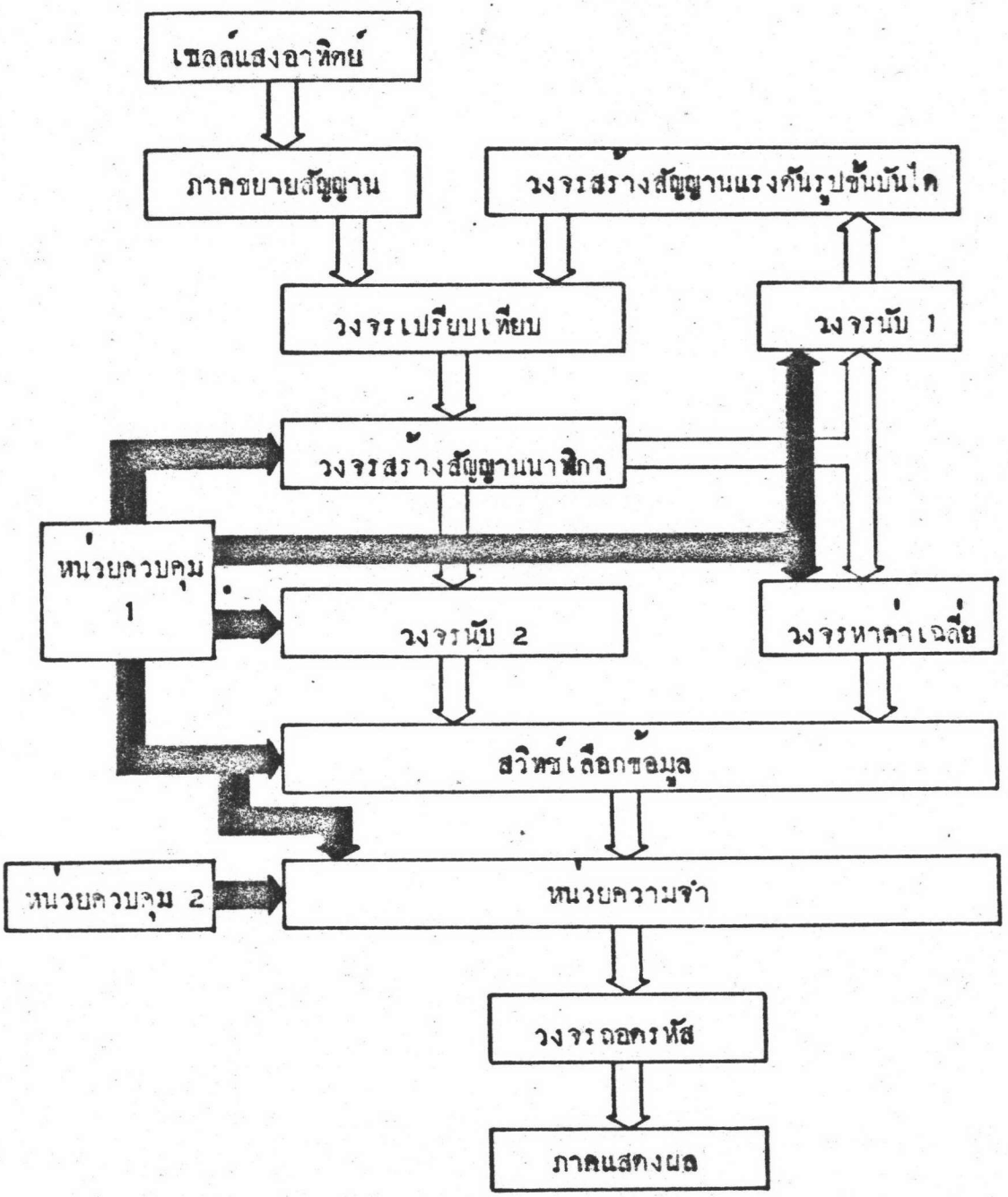
จ. ค่าแรงดันไฟฟ้าอินพุท(จากเซลล์แสงอาทิตย์)ที่ต่อเข้ามายังเครื่องวัดไม่ควรมีค่าเกินกว่า 200 มิลลิโวลท์

ลักษณะโครงสร้างและส่วนประกอบต่างๆ

เพื่อความสะดวกต่อการทำความเข้าใจเกี่ยวกับระบบการทำงานของเครื่องมือได้แสดงแผนผังอย่างง่ายๆดังในรูปที่ 3.1 ส่วนประกอบต่างๆของเครื่องแบ่งออกเป็นส่วนย่อยๆดังนี้

ก. <u>เซลล์แสงอาทิตย์อ้างอิง</u>

เป็นที่ทราบกันดีว่าเซลล์แสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานแสง-อาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการของ Photovoltaic effect ซึ่งค่า



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของเครื่องวัดการรับรังสี
ของดวงอาทิตย์

กระแสลัดวงจรจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ตกลงบนเซลล์ ดังนั้น เซลล์แสงอาทิตย์จึงสามารถนำมาใช้วัดการรับรังสีของดวงอาทิตย์ได้ เซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาใช้ในการทดลองนี้คือ SOLAREX Serial No. 074 AM 0 @ 1.49 mV AM 1 @ 1.36 mV ซึ่งภายในชุดเซลล์แสงอาทิตย์อ้างอิงนี้จะมีตัวต้านทานมาตรฐานขนาด 1 โอห์มต่อไว้(รายละเอียดส่วนใหญ่ได้แสดงไว้ในภาคผนวก จ.) ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับค่าการรับรังสีของดวงอาทิตย์ โดยถ้าค่าแรงดันไฟฟ้านี้มีค่าเท่ากับ 136 มิลลิโวลท์จะได้ว่าค่าการรับรังสีของดวงอาทิตย์ที่ตกลงบนตัวเซลล์ขณะนั้นมีค่าเท่ากับ 1 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร

ข. <u>ภาคขยายสัญญาน</u> 004213

ภาคขยายสัญญานนี้มีหน้าที่ขยายสัญญานแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้ได้ค่าแรงดันไฟฟ้าอันใหม่ ซึ่งเราจะเรียกค่าแรงดันไฟฟ้าอันใหม่นี้ว่า "ค่าแรงดันไฟฟ้าสมมูลย์ของการรับรังสี" เหตุที่ต้องทำเช่นนี้เนื่องจากเครื่องวัดนี้อาศัยหลักการของดิจิตอล–โวลท์มิเตอร์ซึ่งจะอ่านค่าในรูปแรงดันไฟฟ้า แต่ค่าที่เราต้องการเป็นค่าการรับรังสีซึ่งมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งไม่สามารถทำการวัดได้โดยตรง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเปลี่ยนหรือขยายขนาด (magnitude) ของแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีขนาดเท่ากับขนาดของค่าการรับรังสี(แต่เป็นหน่วยของแรงดันไฟฟ้า) เพื่อให้เครื่องสามารถที่จะอ่านค่าได้ ซึ่งค่าที่อ่านได้นี้จะเรียกว่าเป็นค่าการรับรังสีและมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร ค่าแรงดันไฟฟ้าสมมูลย์ของการรับรังสีนี้ขึ้นอยู่กับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้วัดและความละเอียดของภาควงจรสร้างสัญญานแรงดันไฟฟ้ารูปขั้นบันไดของเครื่อง ยกตัวอย่างเช่น กรณีของเซลล์แสงอาทิตย์อ้างอิงที่ใช้อยู่นี้ ถ้าแรงดันไฟฟ้าเอาท์พุทมีค่าเท่ากับ 136 มิลลิโวลท์ ก็จะถูกขยายขึ้นไปให้มีขนาดเท่ากับ 1000 มิลลิโวลท์(ในกรณีนี้กำหนดให้ระดับความแตกต่างของแรงดันรูปขั้นบันไดแต่ละขั้นเท่ากับ 1 มิลลิโวลท์)ซึ่งเป็นค่าอ้างอิงในการสอบเทียบของตัวเซลล์แสงอาทิตย์นั่นเอง ดังนั้นเครื่องวัดจึงอ่านค่าได้เสมือนกับการอ่านค่าการรับรังสีนั่นเอง การปรับแต่งแบบนี้จะกระทำได้ต่อเมื่อเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้นั้นมีคุณสมบัติดังที่ได้กล่าวมาแล้ว มิฉนั้นจะทำให้การอ่านค่าเกิดความผิดพลาดได้ นอกจากนี้คุณสมบัติของภาคขยาย –

สัญญาณนี้ยังเป็นสิ่งสำคัญด้วย สำหรับภาคขยายสัญญาณนี้ควรมีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้

1. ต้องมี High Input Impedance สำหรับออปแอมป์ที่ใช้มีค่าอินพุทอิมพิแดนซ์เท่ากับ 10^{12} โอห์ม

2. ต้องมี Low Input noise voltage สำหรับออปแอมป์ที่ใช้มีค่าอินพุทนอยซ์โวลท์เตจเท่ากับ $16nV/\sqrt{Hz}$

เหตุที่ต้องมีลักษณะเช่นนี้ก็เพื่อป้องกันการผิดพลาดอันเกิดจากการวัด อันเนื่องมาจากตัวภาคขยายสัญญาณเองและคลื่นรบกวนต่างๆ

ค. วงจรนับ 1

เป็นวงจรที่ใช้นับจำนวนพัลส์ของสัญญาณดิจิตอลที่มาจาก Clock ซึ่งจะนับอยู่ในรูปของเลขฐานสอง (วงจรนี้เป็นวงจรที่สร้างขึ้นจากไอซีที่เป็นวงจรนับ เช่น 7490, 4040) สำหรับวงจรนับ 1 ภายในเครื่องมือนี้ใช้ไอซีเบอร์ 4040

ง. วงจรสร้างสัญญาณแรงดันไฟฟ้ารูปขั้นบันได

วงจรนี้มีหน้าที่เปลี่ยนเอาท์พุทของวงจรนับ 1 ไปเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าโดยมีลักษณะแรงดันไฟฟ้าเป็นรูปขั้นบันได เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าแรงดันไฟฟ้าสมมูลย์ของการรับรังสี(สำหรับวงจรนี้จะได้กล่าวถึงอย่างละเอียดต่อไป)

จ. วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ

วงจรนี้มีหน้าที่เปรียบเทียบสัญญาณ 2 สัญญาณคือ สัญญาณแรงดันไฟฟ้าสมมูลย์ของการรับรังสีและสัญญาณแรงดันไฟฟ้ารูปขั้นบันไดว่ามีขนาดเท่ากันหรือไม่ วงจรนี้ประกอบด้วยออปแอมป์แบบอินสตรูเมนเตชั่น

ฉ. วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา

วงจรนี้ทำหน้าที่ผลิตสัญญาณนาฬิกาเพื่อป้อนให้กับวงจรนับ 1 วงจรนี้อาจสร้างขึ้นจากไอซีธรรมดาหรือคริสตอลก็ได้แล้วแต่ความเหมาะสม ในที่นี้ใช้คริสตอลเป็นตัวผลิตสัญญาณนาฬิกา คริสตอลที่ใช้มีขนาด 3.579545 เมกกะเฮิรทซ์

ข. วงจรควบคุม 1

วงจรนี้ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของส่วนต่างๆภายในระบบอันมี

1. กำหนดช่วงเวลาในการ samplingข้อมูล สำหรับเครื่องมือนี้กำหนดช่วงเวลาในการ samplingข้อมูลทุกๆ 30วินาที ดังนั้นภายในหนึ่งชั่วโมงจะได้ข้อมูลเป็นจำนวน 120 ข้อมูล

2. ควบคุมการทำงานของวงจรสร้างสัญญานนาฬิกา

3. ควบคุมการ set และ reset ของวงจรนับ 1 วงจรนับ2 และวงจรหาค่าเฉลี่ย

4. ควบคุมการทำงานของสวิทช์เลือกข้อมูล โดยจะกำหนดว่าเมื่อใดจะรับเอาข้อมูลที่ได้จากวงจรนับ 2 และข้อมูลจากวงจรหาค่าเฉลี่ยไปเก็บไว้ในหน่วยความจำ

5. ควบคุมการเปลี่ยน address ของหน่วยความจำ

ข. วงจรนับ 2

วงจรนี้จะทำหน้าที่นับจำนวนพัลส์จากวงจรสร้างสัญญานนาฬิกา โดยจะนับแต่จำนวนพัลส์ของสัญญานนาฬิกาที่ผ่านไปยังวงจรนับ 1 เนื่องจากพัลส์จำนวนนี้เป็นพัลส์ที่ใช้ในการสร้างแรงดันไฟฟ้ารูปขั้นบันไดเพื่อไปเปรียบเทียบกับค่าแรงดันไฟฟ้าสมมูลย์ของการรับรังสี ดังนั้นจำนวนพัลส์ทั้งหมดที่นับได้ก็คือค่าการรับรังสีของดวงอาทิตย์นั่นเอง ค่านี้จะอยู่ในระบบเลขฐานสอง ซึ่งเอาท์พุทที่เป็นเลขฐานสองนี้จะถูกต่อเข้ากับสวิทช์เลือกข้อมูล วงจรนับ จะถูกรีเซ็ทให้ทำงานใหม่ทุกๆครั้งหลังจากข้อมูลที่วัดได้ในแต่ละครั้งได้ถูกนำไปบันทึกไว้ในหน่วยความจำเรียบร้อยแล้ว

ฆ. วงจรหาค่าเฉลี่ย

วงจรนี้มีหน้าที่หาค่าเฉลี่ยการรับรังสีที่วัดได้ในแต่ละชั่วโมง วงจรนี้ประกอบด้วย วงจรหาร 120 และวงจรนับ โดยทุกๆข้อมูลที่วัดได้ในแต่ละชั่วโมง(ทั้ง 120 ข้อมูล) จะถูกหารลงด้วยวงจรหาร 120 จากนั้นจะนำผลหารที่ได้(อยู่ในรูปพัลส์) ไปทำการนับ โดยจะทำการนับบวกขึ้นไปเรื่อยๆ เมื่อครบทั้ง120 ครั้งแล้วค่าที่วงจรนับๆได้จะเป็นค่า-

เฉลี่ยการรับรังสีในชั่วโมงนั้นๆ ค่าเฉลี่ยนี้จะถูกนำไปเก็บไว้ในหน่วยความจำโดยผ่านทางสวิทช์เลือกข้อมูล วงจรหาค่าเฉลี่ยนี้จะถูกรีเซ็ททุกๆชั่วโมงภายหลังจากค่าเฉลี่ยในแต่ละชั่วโมงได้ถูกนำไปเก็บไว้ในหน่วยความจำเรียบร้อยแล้ว

ฎ. สวิทช์เลือกข้อมูล

วงจรนี้ประกอบด้วย analog switch มีหน้าที่ที่จะเลือกข้อมูลจากวงจรนับ 2 หรือข้อมูลจากวงจรหาค่าเฉลี่ยนำไปเก็บไว้ในหน่วยความจำ ตามปกติสวิทช์นี้จะถูกควบคุมโดยวงจรควบคุม 1 ว่าจะนำเอาข้อมูลใดมาเก็บบันทึกไว้ก่อน โดยปกติสวิทช์นี้จะทำการเลือกเอาข้อมูลการรับรังสีที่วัดได้ในแต่ละครั้งไปเก็บไว้ในหน่วยความจำก่อน ต่อเมื่อสิ้นสุดการวัดในแต่ละชั่วโมงแล้วสวิทช์จึงจะทำการเลือกเอาค่าเฉลี่ยไปเก็บไว้ นั่นคือตำแหน่ง address ในชั่วโมงแรกตั้งแต่ address ที่ 1 ถึง 120 จะเป็นค่าการรับรังสีที่วัดได้ ส่วนตำแหน่ง address ที่ 121 จะเป็นค่าเฉลี่ยการรับรังสีในชั่วโมงแรก และจะเป็นดังนี้ไปเรื่อยๆ

ฏ. หน่วยความจำ

เป็นวงจรที่มีหน้าที่เก็บบันทึกข้อมูลต่างๆที่วัดได้และที่ได้จากการเฉลี่ย หน่วยความจำนี้ถูกควบคุมโดยวงจรควบคุม 1 และวงจรควบคุม 2 ในการเก็บและอ่านข้อมูล ข้อมูลที่ถูกเก็บไว้จะอยู่ในรูปสัญญาณทางดิจิตอล (เป็น 1 หรือ 0)

ฐ. วงจรถอดรหัส

เป็นวงจรที่มีหน้าที่ในการรับเอาอินพุทเลขฐานสองจากหน่วยความจำเข้ามา แล้วจึงทำการถอดรหัสส่งผลเอาท์พุทที่ได้ไปยังตัวขับเพื่อทำการขับกระแสให้สูงพอเพียงที่จะส่งไปขับตัวเลขหรือตัวแสดงผล เช่น ตัวแสดงผลแบบไดโอดเปล่งแสง เป็นต้น

ฑ. วงจรแสดงผล

วงจรนี้มีหน้าที่รับเอาสัญญาณที่ถูกถอดรหัสแล้วมาทำให้ไดโอดเปล่งแสงซึ่งอาจแสดงผลออกมาเป็นตัวเลข 7 ส่วน โดยทั่วๆไปวงจรแสดงผลจะเป็นแบบแผงตัวเลข 7 ส่วน ซึ่งอาจเป็นแบบไดโอดเปล่งแสง ชนิดผลึกเหลว ฯลฯ เป็นต้น

ฌ. วงจรควบคุม 2

วงจรนี้เป็นวงจรที่อยู่ภายนอกเครื่องวัด เวลาใช้งานก็นำมาประกอบเข้ากับเครื่องวัด วงจรนี้มีหน้าที่เพียง 2 อย่างคือ

1. บอกตำแหน่งของข้อมูลในหน่วยความจำทั้งตอนขณะที่เก็บข้อมูลและตอนอ่านข้อมูล

2. สามารถควบคุมตำแหน่งของข้อมูลในหน่วยความจำเพื่อความสะดวกในการอ่านข้อมูล

ลักษณะการทำงาน

เมื่อเครื่องเริ่มทำการวัดข้อมูลนั้นหน่วยควบคุม 1 จะทำการส่งสัญญาณไปควบคุมวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาให้ส่งสัญญาณนาฬิกาไปยังวงจรนับ 1 วงจรนับ 1 นี้จะเริ่มทำการนับจำนวนพัลส์ที่ป้อนเข้ามาและส่งผลเอาท์พุทซึ่งเป็นเลขฐานสองไปยังวงจรสร้างสัญญาณแรงดันไฟฟ้ารูปขั้นบันได ดังนั้นในขณะที่วงจรนับ 1 ทำการนับอยู่นั้น แรงดันไฟฟ้ารูปขั้นบันไดก็จะมีขนาดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามจังหวะการนับ แรงดันไฟฟ้ารูปขั้นบันไดนี้กับแรงดันไฟฟ้าสมมูลย์ของการรับรังสีจะถูกนำมาเปรียบเทียบขนาดกันในภาควงจรเปรียบเทียบ ขณะเมื่อสัญญาณทั้งสองมีขนาดเท่ากันตัวเปรียบเทียบก็จะส่งสัญญาณไปหยุดสัญญาณนาฬิกาไว้ไม่ให้ผ่านเข้าไปยังวงจรนับ 1 อีก ซึ่งเป็นการหยุดขนาดของสัญญาณแรงดันไฟฟ้ารูปขั้นบันไดในขณะนั้นให้คงที่ด้วย ขณะนี้สัญญาณทั้งสองต่างก็มีขนาดเท่ากัน จำนวนพัลส์ของสัญญาณนาฬิกาที่เข้ามายังวงจรนับ นั้นจะถูกวงจรนับ 2 นับตามไปพร้อมๆกันด้วย ดังนั้นจำนวนพัลส์ทั้งหมดที่นับได้ก็จะเป็นค่าการรับรังสีของดวงอาทิตย์นั่นเอง ขณะเดียวกันกับที่วงจรนับ 2 ทำงานวงจรหาค่าเฉลี่ยก็จะเริ่มทำงานไปพร้อมกันด้วย ค่าการรับรังสีที่ได้จากวงจรนับ 2 และวงจรหาค่าเฉลี่ยจะถูกต่อผ่านมายังสวิทช์เลือกข้อมูล หน่วยควบคุม 1 ก็จะทำการควบคุมสวิทช์เลือกเอาข้อมูลที่ได้จากวงจรนับ 2 ไปเก็บไว้ในหน่วยความจำก่อน และในขณะที่ข้อมูลจากวงจรนับ 2 นี้ถูกนำไปเก็บไว้ในหน่วยความจำนั้น ข้อมูลนี้ก็จะปรากฏขึ้นทางเอาท์–

พุทของหน่วยความจำด้วย ซึ่งจะถูกถอดรหัสและแสดงผลออกมาเป็นตัวเลขให้เห็น

เมื่อข้อมูลชุดแรกถูกนำไปเก็บเรียบร้อยแล้ว หน่วยควบคุม 1 ก็จะทำการรีเซ็ทวงจรนับ 1 และวงจรนับ 2 เพื่อให้พร้อมที่จะทำการวัดค่าในครั้งต่อไป ขณะเดียวกันก็จะไปเลื่อน address ของหน่วยความจำขึ้นไปด้วยเพื่อรอรับข้อมูลชุดใหม่ การทำงานของเครื่องจะเป็นดังนี้ไปเรื่อยๆจนครบเวลาหนึ่งชั่วโมง เมื่อเก็บข้อมูลครบหนึ่งชั่วโมงหรือทั้ง 120 ข้อมูลแล้วหน่วยควบคุม 1 จะควบคุมสวิทช์เลือกเอาค่า เฉลี่ยที่ได้จากวงจรหาค่าเฉลี่ยมาเก็บไว้ในหน่วยความจำ ต่อจากนั้นหน่วยควบคุม 1 ก็จะสั่งรีเซ็ทวงจรนับ 1 วงจรนับ 2 และวงจรหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้พร้อมที่จะเริ่มทำการวัดในชั่วโมงต่อไป

ลักษณะการทำงานจะเป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆในแต่ละชั่วโมง สำหรับรายละเอียดต่างๆจะได้กล่าวในบทต่อไป