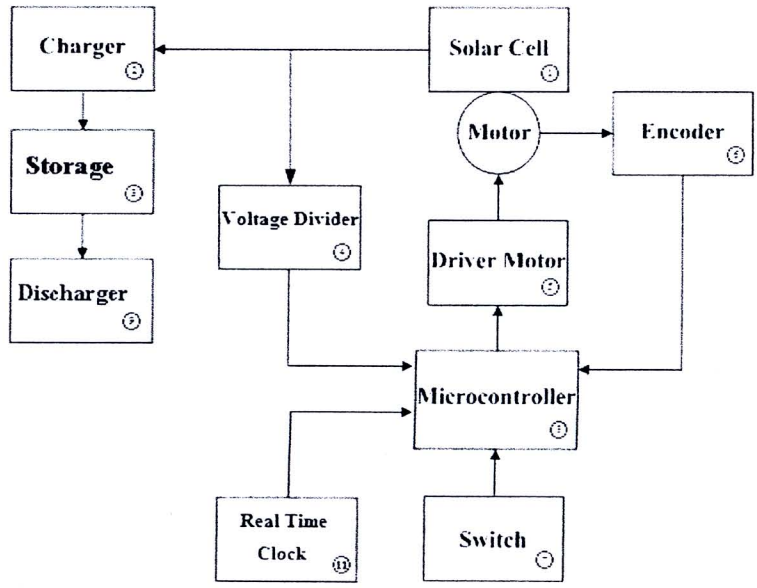
บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงาน ประกอบไปด้วย บล็อกไดอะแกรมของระบบ, การออกแบบและการเลือกใช้งานวงจรขับมอเตอร์, การออกแบบและหลักการทำงาน การออกแบบและหลักการทำงานของวงจรชาร์จประจุแบตเตอรี่ การประจุไฟฟ้าให้กับตัวเก็บประจุ และการคายประจุเพื่อนำมาใช้งาน การออกแบบระบบควบคุมการทำงานโดยใช้ระบบฝังตัว การออกแบบโครงสร้างของโครงงาน โดยมีหลักการออกแบบการทำงาน ดังนี้

3.2 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของระบบ



ภาพที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมและการทำงานของระบบ

จากภาพที่ 3.1 เริ่มจากไมโครคอนโทรลเลอร์รอรับคำสั่งจากสวิตช์สั่งให้วงจรขับมอเตอร์ขับเคลื่อนเพื่อทำการตรวจจับค่าความเข้มแสงจากเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อค่าความเข้มแสงมากค่าแรงดันที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะมาก หากค่าความเข้มแสงน้อยค่าแรงดันที่ได้จะน้อยตามไปด้วย โดยนำค่าความเข้มแสงที่ได้จากกระบวนการตรวจจับเข้าสู่วงจรแบ่งแรงดันเพื่อนำสัญญาณดังกล่าวเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล ในขณะที่มอเตอร์ขับเคลื่อนจะใช้เอ็นโคดเดอร์ตรวจจับรอบของมอเตอร์ทำให้สามารถทราบตำแหน่งพิกัดที่มอเตอร์ขับเคลื่อนไปโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผลในกระบวนการทั้งหมดนี้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะได้รับค่าความเข้มแสงและตำแหน่งของชุดขับเคลื่อน ขณะนั้นพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะต่ออยู่กับวงจรชาร์จประจุแบตเตอรี่เพื่อจัดเก็บพลังงานไว้ในแบตเตอรี่ เมื่อเวลาผ่านไปทุกๆ1ชัวโมงระบบจะทำงานใหม่อีกครั้ง

บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบโซลาร์เซลล์แบบติดตามความเข้มแสงดวงอาทิตย์ ดังภาพที่ 3.1 ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

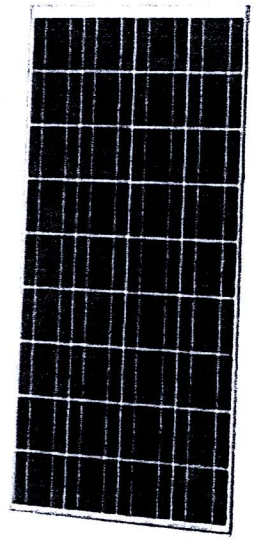
- เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) ทำหน้าที่ แปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าและเป็นตัวตรวจจับค่าความเข็มแสง
- วงจรวงจรแบ่งแรงดันระดับไฟฟ้า ทำหน้าที่ แบ่งระกับแรงดันไฟฟ้าเพื่อนำไปประมวลผลการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล ยังไมโครคอนโทรลเลอร์
- ไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่ รับค่าจากสวิตช์ ควบคุมการหมุนของมอเตอร์, เปรียบเทียบค่าความเข้มแสงที่ได้จากการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล
- วงจรขับมอเตอร์ ทำหน้าที่ ขับกระแสและควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์
- วงจรชาร์จแบตเตอรี่ ทำหน้าที่ ชาร์จประจุที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ลงแบตเตอรี่
- ระบบฐานเวลา (Real Time Clock) ทำหน้าที่เป็นฐานเวลาให้ระบบทำงานตามเวลาที่กำหนด
- encoder ทำหน้าที่จับรอบการหมุนของมอเตอร์เพื่อใช้ระบุตำแหน่งที่มอเตอร์ได้เคลื่อนที่ไป
- แบตเตอรี่ ทำหน้าที่เป็นแหล่งพลังงานให้ระบบและใช้เก็บพลังพลังที่ระบบผลิตได้

- Inverter ทำหน้าที่หน้าที่เปลี่ยนกำลังไฟฟ้ากระแสตรง เป็นกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อเปลี่ยนกำลังไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่ เป็นกำลังไฟฟ้ากระแสสลับแล้วนำไปใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป

3.3 การออกแบบวงจรใช้งาน

การออกแบบวงจรใช้งานจะแยกออกเป็นส่วนต่างๆ ประกอบด้วย วงจรแบ่งแรงดันระดับไฟฟ้า, วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์, วงจรขับมอเตอร์, วงจรชาร์จแบตเตอรี่ อธิบายการทำงานรวมทั้งการคำนวณค่าต่างๆ ที่ใช้ในระบบโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ตามทิศทางแสงอาทิตย์

3.3.1 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell)



ภาพที่ 3.2 แผงโซลาร์เซลล์ที่เลือกใช้งาน

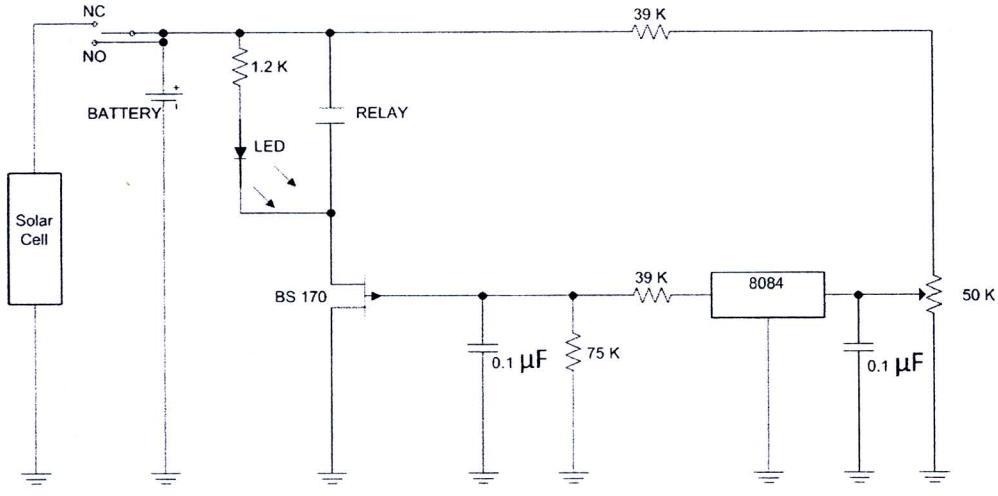
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้งานเป็นชนิดผลึกรวม (Polycrystalline Silicon Solar Cell) ขนาด 67x101 เซนติเมตร กระแสไฟฟ้า 5.12 แอมป์ แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 17.6 โวลต์ ขนาดกำลัง 90 วัตต์ น้ำหนัก 7 กิโลกรัม

กำลังงาน = แรงดัน × กระแส

= 17.6 V x 5.12 A

= 90.112 W

3.3.2 วงจรชาร์จแบตเตอรี่ (Battery charger)



ภาพที่ 3.3 วงจรชาร์จแบตเตอรี่

จากภาพที่ 3.3 หลักการทำงานของวงจรชาร์จคือ กระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะต่อเข้ากับแบตเตอรี่ โดยที่แบตเตอรี่ต่อเข้ากับรีเลย์ เมื่อแบตเตอรี่มีประจุไฟฟ้ายังไม่เต็มก็จะทำการชาร์ต แต่เมื่อแบตเตอรี่มีประจุไฟฟ้าเต็มแล้วก็จะทำให้รีเลย์ตัดการทำงานออก ทำให้ LED ติด

3.3.3 แบตเตอรี่ (Battery)

แบตเตอรี่ที่เลือกใช้งานนั้น เลือกเป็นแบบเปียกเพราะสามารถดูแลรักษาได้ง่ายและมีราคาถูก หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดทั่วไป ซึ่งมีขีดความสามารถในการเก็บประจุได้ถึง 75 แอมป์

ภาพที่ 3.4 แบตเตอรี่ที่เลือกใช้งาน

3.3.4 วงจรแบ่งแรงดันระดับไฟฟ้า

เมื่อชุดเซนเซอร์แสงได้รับแสงจากดวงอาทิตย์จะผลิตแรงดันเอาต์พุตออกมา 0 – 6 โวลต์ จากนั้นต้องการให้แรงดันที่ออกจากเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 3 โวลต์ เพื่อเป็นสัญญาณอินพุตเข้าสู่วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลจึงต้องมีการต่อตัวต้านทานเพื่อแบ่งแรงดันที่เข้ามา โดยสามารถคำนวณหาค่าตัวต้านทานเพื่อนำมาใช้ในวงจรแบ่งแรงดันให้เหมาะสมในการใช้งาน ดังนี้

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{in}$$

โดยที่ V_{out} คือ แรงดันทางด้านเอาท์พุต

V_{in} คือ แรงดันทางด้านอินพุต

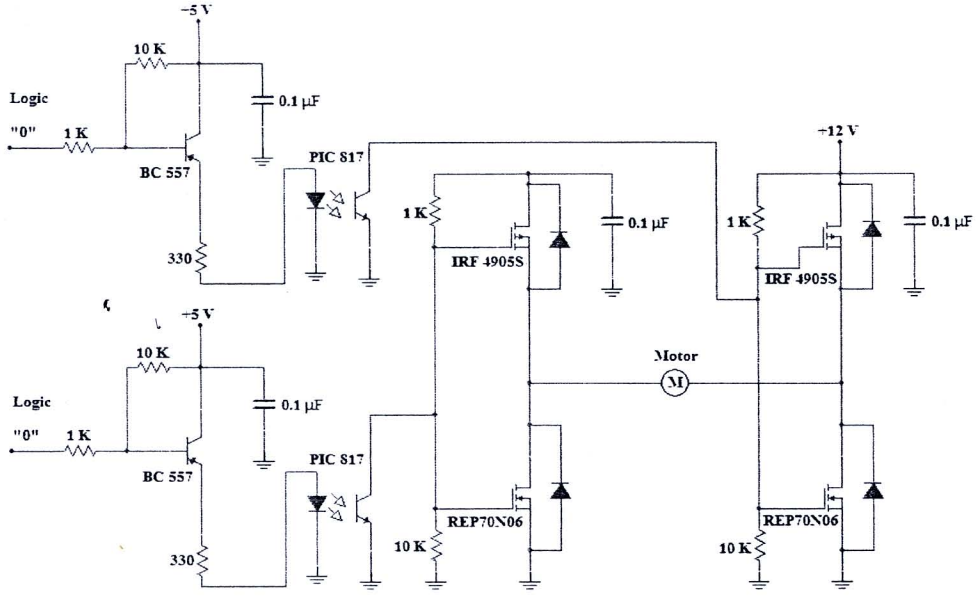
R_1 คือ ค่าความต้านทาน

R_2 คือ ค่าความต้านทาน

$$Vout = \frac{10K}{10K-10K} 6V$$

ทำได้โดยต่อตัวต้านทาน 10 K สองตัว เพื่อแบ่งแรงดันให้ได้เท่ากับ 3 โวลต์

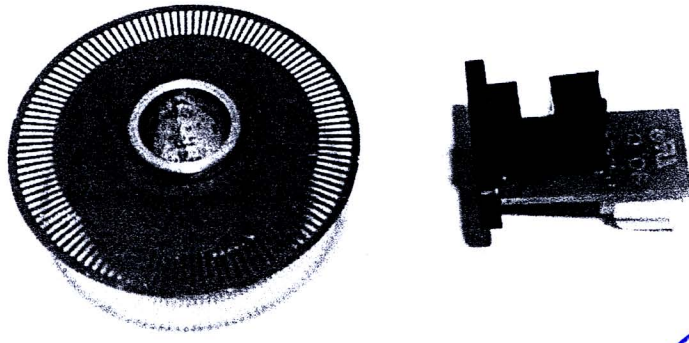
3.3.5 วงจรขับมอเตอร์ (Driver Motor)



ภาพที่ 3.5 วงจรขับมอเตอร์

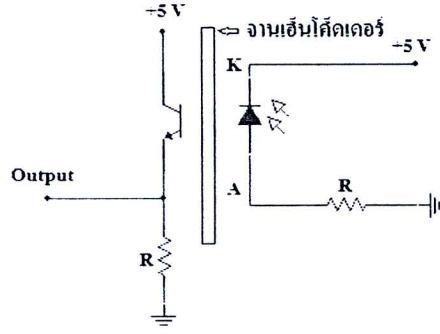
จากภาพที่ 3.5 ขณะที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ยังไม่มีการสั่งงานมา ทำให้มอเตอร์จะยังไม่หมุน แต่เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์มีการสั่งงานมา ลอจิกที่ได้จะเป็นลอจิก 0 จึงจะให้ทรานซิสเตอร์และออปโต้ทำงาน เกิดแรงดันตกคร่อมที่ R10 K ทำให้เกิดแรงดันไบอัสให้มอสเฟท IRF 4905S กับ REP70N06 ทำงาน จึงทำให้มอเตอร์หมุน

3.3.6 เอ็นโคดเดอร์ (Encoder) เซ็นเซอร์แสง (Photo Sensor)



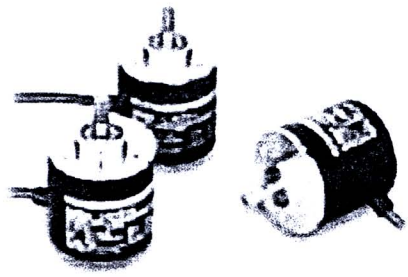
ภาพที่ 3.6 จานเอ็นโคดเดอร์และชุดเซ็นเซอร์แสง

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย



ภาพที่ 3.7 ลักษณะการต่อวงจรเซ็นเซอร์แสงและจานเอ็นโคดเดอร์

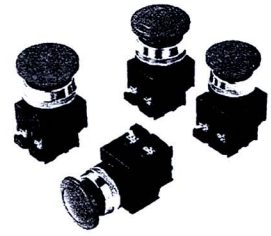
จากภาพที่ 3.7 โครงสร้างของเซ็นเซอร์แสง เมื่อป้อนแหล่งจ่ายให้กับวงจรทำให้ LED ติด เมื่อขาเบสได้รับแสงจาก LED ทำให้เกิดกระแสไหลผ่านขา C และ E ทำให้ Output เป็น 1 เมื่อจานเอ็นโคดเดอร์ หมุนจะทำให้เกิดลำแสงผ่านช่อง SIIT ทำให้เซ็นเซอร์แสง On – Off ตามจังหวะการหมุนของจานเอ็นโคดเดอร์ ความละเอียดของเอ็นโคดเดอร์ที่ใช้งานมีความละเอียด 120 พัลส์/รอบ และ rotary encoder มีความละเอียดอยู่ที่ 200 พัลส์/รอบ



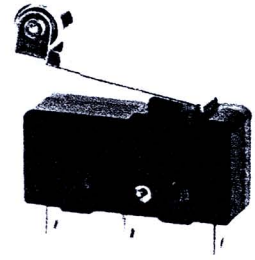
ภาพที่ 3.8 แสดง rotary encoder (Incremental)

3.3.7 สวิตช์ (Switch)

สวิตช์เป็นอุปกรณ์ที่สั่งให้ระบบเริ่มต้นทำงานและใช้เป็นอินพุตให้กับไมโครคอนโทรเลอร์ สวิตช์แบบกดดังแสดงในภาพที่ 3.9 และ ลิมิตสวิตช์ แสดงในภาพที่ 3.10



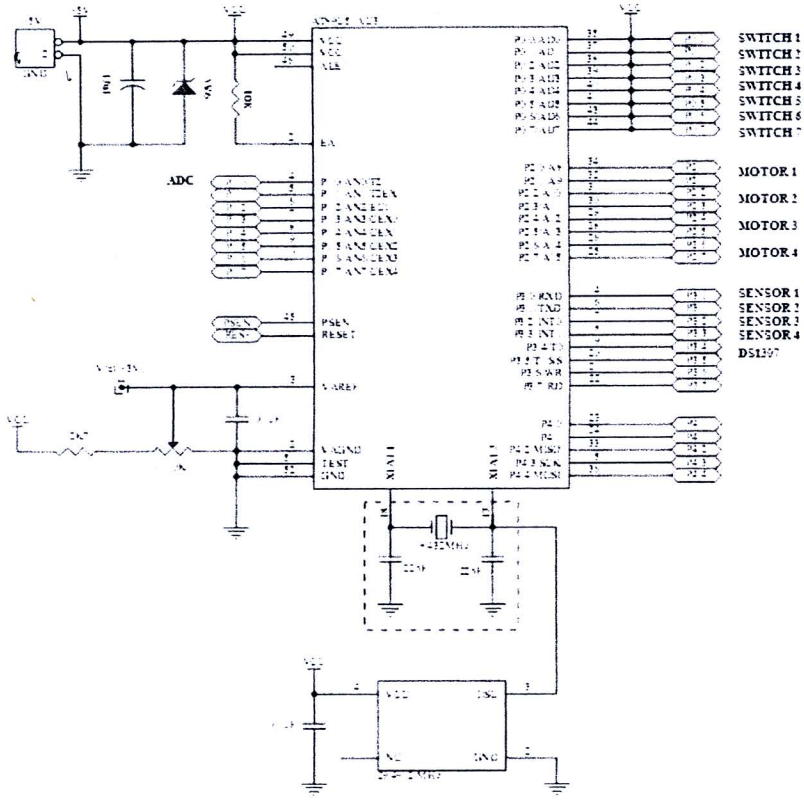
ภาพที่ 3.9 สวิตช์แบบกด



ภาพที่ 3.10 ลิมิตสวิตช์

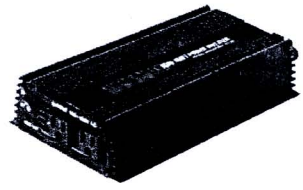
3.3.8 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

การทำงานของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเป็นตัวประมวลผลข้อมูลที่ได้มาจากส่วนต่างๆของวงจร บิตของแต่ละพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะทำหน้าที่ ดังนี้ บิต P0.0 – P0.7 ต่อเข้ากับสวิตช์ บิต P1.0 เป็นบิตที่ใช้แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล บิต P2.0 - P2.7 ต่ออยู่กับมอเตอร์ บิต P3.0 - P3.3 ต่อเข้ากับเซ็นเซอร์ของเอ็นโคดเดอร์ และบิต P3.4-3.5 ต่อเข้ากับวงจรระบบฐานเวลา ดังภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.11 แสดงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

3.3.9 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)



ภาพที่ 3.12 อินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์ทำหน้าที่เปลี่ยนกำลังไฟฟ้ากระแสตรง เป็นกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อเปลี่ยนกำลังไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่ เป็นกำลังไฟฟ้ากระแสสลับแล้วนำไปใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป

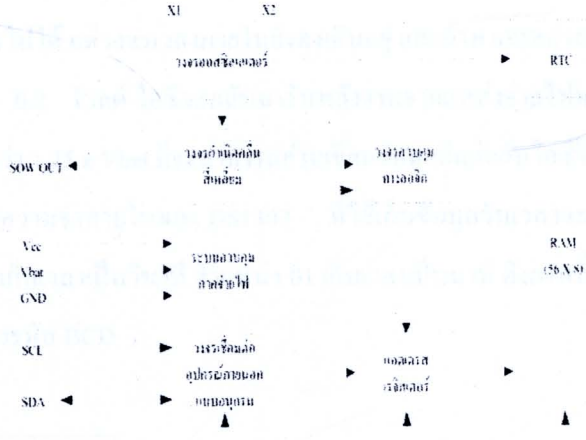
3.3.10ระบบฐานเวลา (Real Time Clock)

ระบบที่ใช้ในไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมบางระบบจะมีการนำเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย เช่น ระบบตั้งเวลาเปิดปิดอุปกรณ์ต่างๆ โดยอาจใช้ในการดูวินาที นาที ชั่วโมง หรือดูวัน เดือน ปี โดยค่าเวลาจะต้องมีค่าถูกต้องแน่นอน การสร้างฐานเวลาให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์มี 2 วิธี วิธีแรกจะใช้วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาป้อนให้กับตัวไทเมอร์ 0 หรือไทเมอร์ 1 เพื่อให้ไทเมอร์ส่งสัญญาณมาอินเทอร์รัปต์ซีพียูในช่วงเวลาที่กำหนด อีกวิธีหนึ่งจะใช้ชิปภายนอกสร้างฐานเวลาปัจจุบันให้กับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

ชิปไอซี DS1307 เป็นชิปที่สร้างฐานเวลาจริง โดยสามารถรับส่งข้อมูลให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยใช้บัสแบบ I²C สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับเวลา เช่น วินาที นาที ชั่วโมง และบอกวัน เดือน ปีได้ คุณสมบัติที่สำคัญมีดังนี้

- เป็นไอซีแบบ 8 ขา กินพลังงานต่ำมาก โดยกินกระแสน้อยกว่า 500 นาโนแอมป์ในโหมดแบตเตอรี่สำรอง
- นับสัญญาณนาฬิกาเป็นวินาที นาที ชั่วโมง วัน เดือน ปีได้อย่างถูกต้องไปถึงปี ค.ศ. 2100

- มีหน่วยความจำภายในแบบ nonvolatile RAM ขนาด 56 ไบต์ ไว้เก็บข้อมูลเวลาภายใน
- เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้บัสแบบ I²C
- สามารถโปรแกรมให้สร้างคลื่นรูปสี่เหลี่ยม (squarewave) ออกมาได้



ภาพที่ 3.13 โครงสร้างภายในและการจัดขาของ DS1307

ขา Vcc, GND ใช้ต่อกับแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงของระบบ

ขา X1, X2 ต่อกับคริสตอลความถี่ 32.768 kHz และตัวเก็บประจุ 12.5 pF

ขา Vbat ต่อกับแบตเตอรี่สำรองขนาด 3 โวลต์ เพื่อให้ไอซีทำงานขณะหยุดจ่ายไฟ

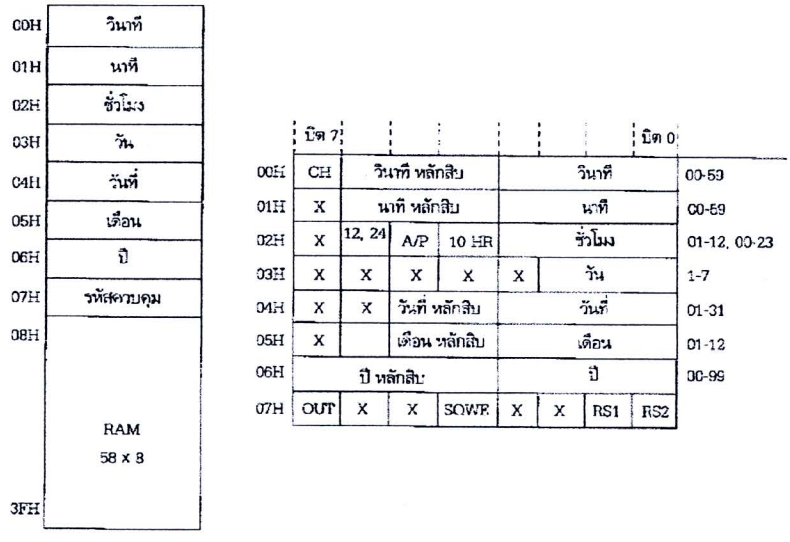
ขา SDA, SCL เป็นขาสำหรับสื่อทางบัสแบบ I²C

ขา SQW, OUT เป็นขาสำหรับสร้างคลื่นรูปสี่เหลี่ยมออกมา

หลักการทำงานเบื้องต้น

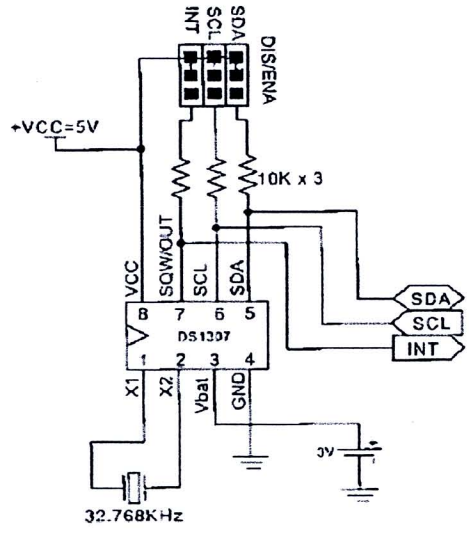
จากโครงสร้างภายในจะพบว่าวงจรออสซิลเลเตอร์จะทำให้เวลาใน RTC เดินไปอย่างต่อเนื่อง ถ้าหากต้องการอ่านค่าวันเวลาสามารถทำได้โดยอ่านข้อมูลจาก RAM ในตำแหน่งเวลาที่ต้องการ ถ้าหากต้องการตั้งค่าเวลาใหม่ก็เขียนข้อมูลลงไปใน RAM ตำแหน่งที่สอดคล้องกัน ภายในตัวไอซีจะมีวงจรควบคุมการจ่ายไฟเลี้ยง ถ้าหากแรงดัน Vcc ตกลงมาต่ำมากกว่า 1.25 x Vbat ไอซีจะเข้าสู่โหมดทำงานแบบกินกระแสต่ำ โดยจะใช้พลังงานจากแบตเตอรี่สำรอง ซึ่งจะไม่สามารถอ่านเขียนข้อมูลลงไปได้ แต่วงจรเวลาภายในยังคงเดินอยู่ และถ้าหากแหล่งจ่ายไฟที่ขา Vcc มีค่ามากกว่า Vbat + 0.2 โวลต์ ไอซีจะกลับมารับพลังงานจากแหล่งจ่ายไฟหลักของระบบ และถ้าแรงดัน Vqc มากกว่า 1.25 x Vbat ก็จะสามารถอ่านเขียนข้อมูลติดต่อกับไอซีได้อีกครั้ง

หน่วยความจำภายในของ DS1307 ที่ใช้เก็บข้อมูลวันเวลาจะมีจำนวน 7 ไบต์ โดยตำแหน่ง 00H จะเก็บเวลาเป็นวินาที ตำแหน่ง 01 เก็บเวลาเป็นนาที ดังภาพที่ 3.14 โดยข้อมูลที่เก็บนั้นจะอยู่ในรูปของรหัส BCD



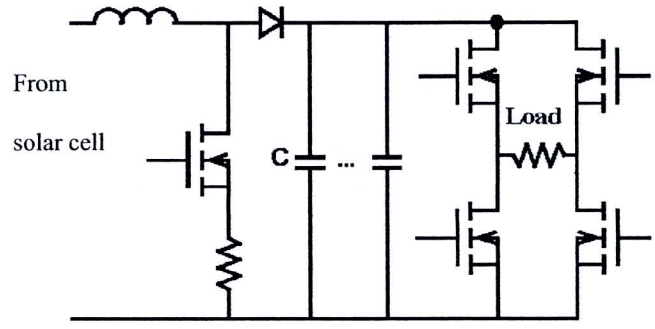
ภาพที่ 3.14 แผนผังหน่วยความจำและริจิสเตอร์ภายใน

การจัดหน่วยความจำในลักษณะนี้ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกอ่านเขียนข้อมูลใดๆ ในตำแหน่งที่กำหนดได้ เช่น หากอ่านตำแหน่ง 01H ออกมาได้เป็น 0011 0010 หรือ 32 ในระบบเลข BCD หมายความว่าเป็นเวลา 32 นาที สำหรับในตำแหน่ง 02H สามารถเลือกเวลาได้ว่าจะให้อยู่ในรูปของ 12 ชั่วโมงหรือ 24 ชั่วโมง โดยกำหนดค่าในบิต D6 และใช้บิต D5 แสดงว่าเป็นเวลาในช่วงใด ถ้าบิต D5 เป็นลอจิก 1 หมายความว่าเป็นเวลาหลังเที่ยง ถ้าหากอ่านค่าแอดเดรส 02H นี้ออกมาได้เป็น 0010 0010 หรือ 22 ในระบบเลข BCD หมายความว่าเป็นเวลา 22 ชั่วโมง เป็นต้น



ภาพที่ 3.15 วงจรระบบฐานเวลา (DS1307)

3.3.11 วงจรประจุพลังงานตัวเก็บประจุชาร์จแบตเตอรี่

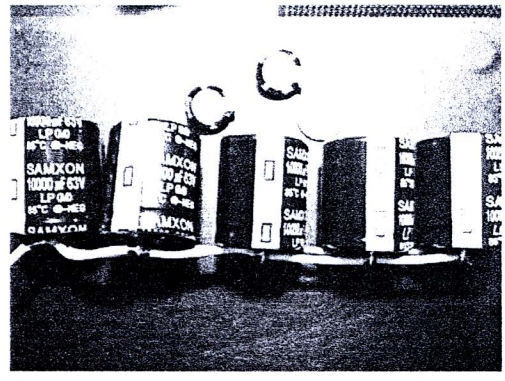


ภาพที่ 3.14 แผนภาพของการเก็บประจุ

จากภาพที่ 3.14 จะมีการปรับแรงดันที่ไม่คงที่จากเซลล์แสงอาทิตย์ก่อนที่จะมาประจุให้กับตัวเก็ปประจุ

3.3.12 ตัวเก็บประจุ (Capacitor)

ตัวเก็บประจุที่ใช้ทดลองมี 2 แบบ แบบอิเลคโตรไลท์ และแบบซุปเปอร์

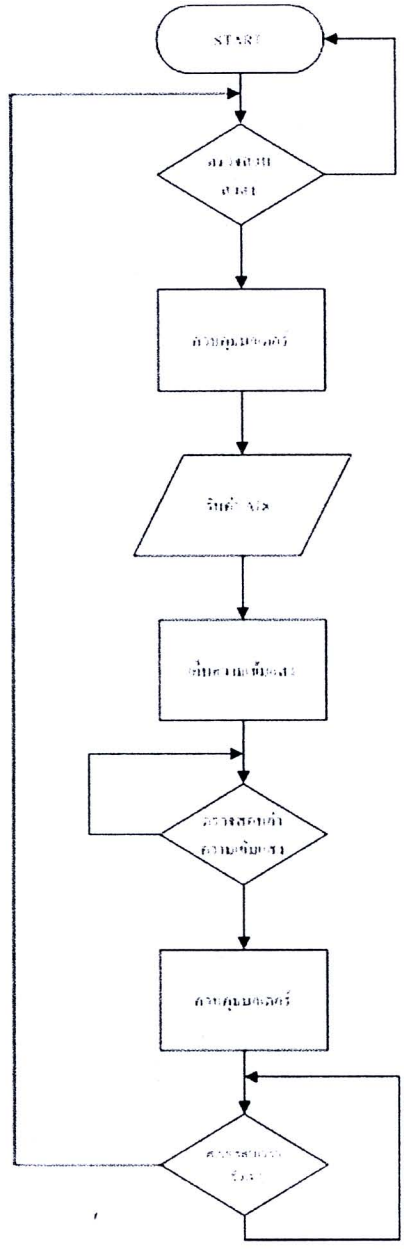


ภาพที่ 3.15 ตัวเก็บประจุที่ใช้ทดลอง

3.4 การออกแบบโปรแกรม

ในส่วนของการออกแบบโปรแกรมเป็นการอธิบายขั้นตอนของการเขียนโปรแกรมด้วยโฟลว์ชาร์ตการทำงานของวงจรในส่วนต่างๆ ดังนี้

3.4.1 ส่วนของโฟลว์ชาร์ต (Flow Chat)

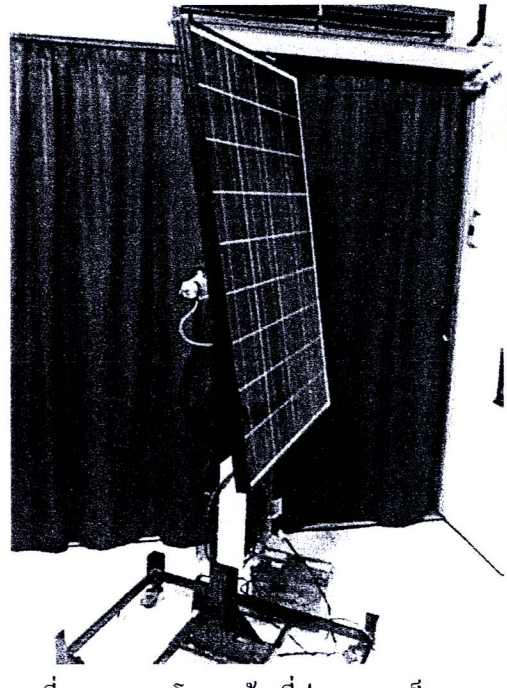


ภาพที่ 3.16 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของระบบโซลาร์เซลล์แบบติดตามความเข้มแสง

จากภาพที่ 3.16 การทำงานของโปรแกรมเริ่มจากการเช็คสวิตช์ถ้ามีการกดสวิตช์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งการให้มอเตอร์หมุนสแกนหาค่าความเข้มแสงโดยเซลล์แสงอาทิตย์จะรับค่าความเข้มแสงซึ่งจะพิจารณาแรงดันที่เข้ามาแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลจะเก็บค่านั้นไว้เพื่อนำมาเปรียบเทียบค่า ณ ตำแหน่งใดมีค่าความเข้มแสงมากที่สุด จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งการให้มอเตอร์หมุนกลับไปยังตำแหน่งที่ความเข้มแสงสูงที่สุดได้จากการเปรียบเทียบและเมื่อโปรแกรมฐานเวลาทำงานครบหนึ่งชั่วโมง ระบบจะเริ่มสแกนหาค่าความเข้มแสงที่มากที่สุดอีกครั้งตามขั้นตอนข้างต้น

3.5 จัดทำโครงสร้างตามแบบที่กำหนดไว้

โดยมีการจัดทำโครงสร้างตามแบบที่กำหนดไว้ตั้งแต่ การประกอบโครงสร้าง การประกอบชุดขับเคลื่อน การทำสี และรวมถึงการติดตั้งวงจรเข้ากับตัวโครงสร้างของระบบโซลาร์เซลล์แบบติดตามความเข้มแสงดวงอาทิตย์จะดังภาพที่ 3.17



สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ภาพที่ 3.17 แสดงโครงสร้างที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์