

เครื่องชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

MOBILE TELEPHONE BATTERY CHARGER BY SOLAR CELL

นายพิษณุ สะเตวิน

นายสิทธิพงศ์ ขุนทองจันทร์

นายณัฐชัย ทองสุข

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ปีการศึกษา 2554

54EE218

หัวข้อโครงการ เครื่องชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

โดย นาย

พิชญ์ สะเทวิน

นายสิทธิพงศ์ ขุนทองจันทร์

นายณัฐชัย ทองสุข

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์กษิเดช ทิพย์อมรวิวัฒน์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ เพชร นันทิวัฒนา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม อนุมัติให้นับโครงการฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

.....หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พศวีร์ ศรีโหมค)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ กษิเดช ทิพย์อมรวิวัฒน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ เพชร นันทิวัฒนา)

วันที่ เดือน พ.ศ.

รหัสโครงการ 54EE218

เครื่องชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

MOBILE TELEPHONE BATTERY CHARGER BY SOLAR CELL

บทคัดย่อ (Abstract)

โครงการนี้ได้กล่าวถึงรูปแบบการชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบหยอดเหรียญนำไปใช้ในสถานที่ที่ไม่มีระบบไฟฟ้า โดยมีหลักการคือ นำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยผ่านเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 40 วัตต์ และเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ได้ไว้ในแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ จำนวน 2 ลูก แล้วนำเอาพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่ มาผ่านวงจรเก็บประจุพลังงานให้แบตเตอรี่ของโทรศัพท์มือถือ โดยมีแนวคิดนี้เป็นการนำเอาพลังงานจากธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน เพื่อเป็นพลังงานทดแทน

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเครื่องชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถถูกลงไปด้วยดี โดยได้รับคำปรึกษาแนะนำจากอาจารย์ กษิเดชทิพย์อมรวิวัฒน์ คณะกรรมการสอบโครงการที่ กรุณาให้คำแนะนำขอขอบคุณเจ้าหน้าที่พัสดุที่อำนวยความสะดวกในการยื่นอุปกรณ์ และเพื่อนๆ ทุกคนและ ขอขอบพระคุณพ่อแม่ที่คอยให้โอกาสในการศึกษาแก่คณะผู้จัดทำคอยให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ที่เป็นกำลังใจและให้คำปรึกษาจนโครงการนี้ประสบความสำเร็จด้วยดีสิ่งใด ในโครงการนี้มีความผิดพลาดประการใด คณะผู้จัดทำ ต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ ก	
กิตติกรรมประกาศ ข	
สารบัญ ค	
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.2 ขอบเขตของโครงการ 1	
1.3 โครงสร้างของโครงการ 2	
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ	3
1.5 วิธีการดำเนินงานของโครงการ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 โซลาร์เซลล์	4
2.2 แบตเตอรี่	9
2.3 เครื่องยอดเหรียญ	11
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51	13
2.5 การแสดงผลทางแอลซีดี	20
2.6 เซอร์โวมอเตอร์	23
บทที่ 3 การออกแบบโครงการ	
3.1 กำหนดหาขนาดของโซลาร์เซลล์	24

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.2 จำนวนหาขนาดของแบตเตอรี่	25
3.3 การออกแบบวงจรชาร์จแบตเตอรี่	25
3.4 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันคงที่	26
3.5 รูปโครงสร้าง	27
3.6 บล็อกไดอะแกรม	28
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	
4.1 การทดลองการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของแผงโซลาร์เซลล์	29
4.2 การทดลองการชาร์จประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่	31
4.3 การทดลองหาค่าคุณสมบัติของระบบรวมเมื่อทำการจ่ายโหลด	33
4.4 การจัดเรียงอุปกรณ์	36
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
สรุปและข้อเสนอแนะ	37
เอกสารอ้างอิง	38
ภาคผนวก	39

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 หน้าที่ของขาสัญญาณของพอร์ต P3	15
ตารางที่ 2.2 ถอดรหัสพอร์ตสำหรับการต่อกับ LCD โมดูล	22
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองหาการจ่ายแรงดันและกระแสของแผงโซลาร์เซลล์	30
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองชุดชาร์จประจุแบตเตอรี่	3
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองเมื่อจ่ายโหลด	3
	5

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 โครงสร้างโรงงาน	2
ภาพที่ 2.1 ปฏิกิริยาการนำไฟฟ้าของโพลีโพรพิลีน	4
ภาพที่ 2.2 โพลีเมอร์เซลล์แบบผลึกหรือคริสตัล	5
ภาพที่ 2.3 โพลีเมอร์เซลล์แบบที่ไม่มีรูปร่างแน่นอนหรืออะมอร์ฟัส	6
ภาพที่ 2.4 แสดงสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าของเซลล์รับแสงอาทิตย์ และวงจรสมมูลย์	6
ภาพที่ 2.5 แสดงการต่อใช้งาน	7
ภาพที่ 2.6 เครื่องหยุดคหรือรีเลย์	11
ภาพที่ 2.7 แสดงรายละเอียดสายสัญญาณควบคุมต่างๆ	12
ภาพที่ 2.8 ขาสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51	13
ภาพที่ 2.9 การแยกสัญญาณบัสข้อมูลและบัสที่อยู่	14
ภาพที่ 2.10 การจัดขาสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51	16
ภาพที่ 2.11 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51	17
ภาพที่ 2.12 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา	18
ภาพที่ 2.13 วงจรรีเซ็ต	19
ภาพที่ 2.14 โครงสร้างทั่วไปของ LCD โมดูล	20
ภาพที่ 2.15 วงจรอย่างง่ายสำหรับการเชื่อมต่อ LCD โมดูลกับระบบ JAZZ-31	22
ภาพที่ 2.16 ตัวอย่างการออกแบบพอร์ตเชื่อมต่อกับ LCD โมดูล	22
ภาพที่ 2.17 เซอร์โวมอเตอร์	23
ภาพที่ 3.1 วงจรชาร์ตแบตเตอรี่	25
ภาพที่ 3.2 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันคงที่	26
ภาพที่ 3.5 แบบโครงสร้าง	27
ภาพที่ 3.6 บล็อกไดอะแกรม	28
ภาพที่ 4.1 แสดงวงจรการทดลองหาการจ่ายแรงดันและกระแสของแผงโซลาร์เซลล์	29
ภาพที่ 4.2 แสดงวงจรการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของวงจรอัดประจุ	32
ภาพที่ 4.3 แสดงการทดลองหาคูสมบัติของระบบการชาร์จโทรศัพท์	35
ภาพที่ 4.4 แสดงการจัดเรียงอุปกรณ์	37

บทที่ 1

บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันเชื้อเพลิงที่ใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าเหลือน้อยและมีราคาที่สูงขึ้น จึงหันมาสนใจพลังงานจากธรรมชาติมากขึ้น เช่น พลังงานน้ำ พลังงานลม และพลังงานแสงอาทิตย์ เพราะเป็นพลังงานที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ และเป็นพลังงานที่ยั่งยืน

โครงการเครื่องชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ไม่มากนัก สามารถใช้แผ่นโซลาร์เซลล์ในการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ไปเป็นพลังงานไฟฟ้า เพื่อชาร์จแบตเตอรี่เก็บไว้ใช้งานได้ ติดตั้งและใช้งานง่าย สามารถติดตั้งตามที่สาธารณะที่มีแสงแดดเพียงพอก็สามารถใช้งานได้

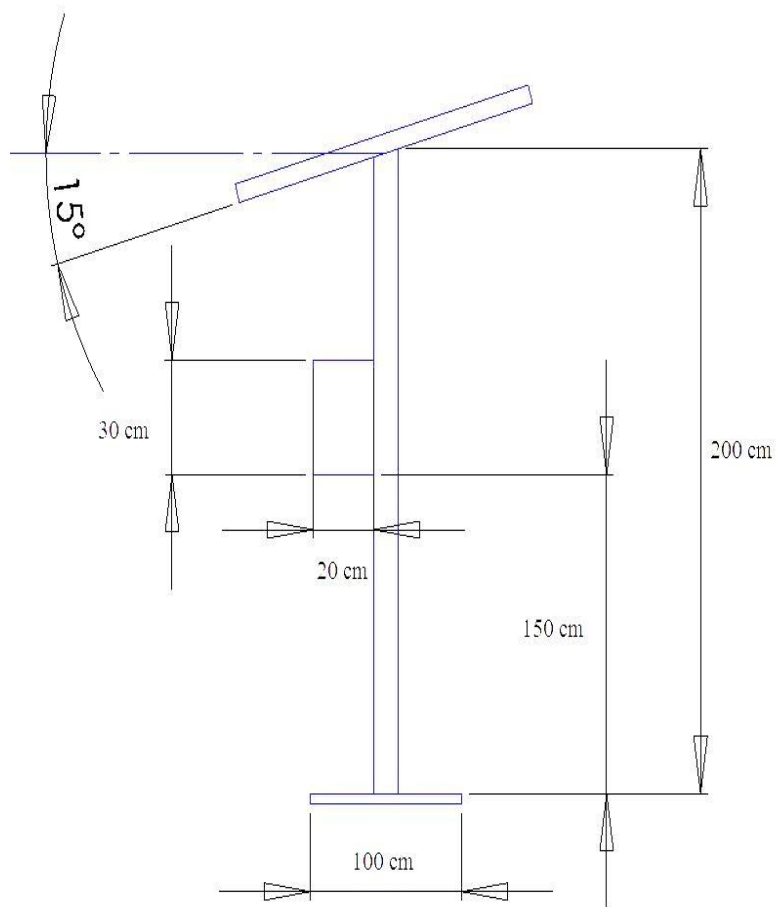
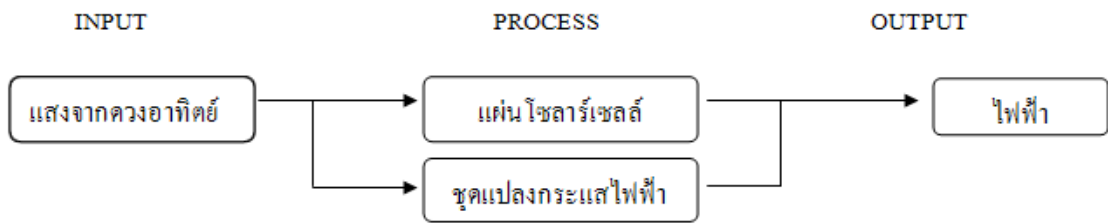
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อนำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์
2. เพื่อใช้แผ่นโซลาร์เซลล์ในการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์มาเป็นพลังงานไฟฟ้า
3. เพื่อสร้างเครื่องชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือแบบตู้หยอดเหรียญ

1.2 ขอบเขตของโครงการ

1. ควบคุมด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ P89V51RD2
2. สามารถชาร์จพร้อมกันได้ 3 เครื่อง
3. สามารถชาร์จได้ทั้งโทรศัพท์ และกล้องดิจิทัล
4. ใช้แผ่นโซลาร์เซลล์ขนาด 40 วัตต์

1.3 โครงสร้างโครงการ



ภาพที่ 1.1 โครงสร้างโครงการ

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

1. ได้นำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์
2. ได้ความรู้เกี่ยวกับแผ่นโซลาร์เซลล์
3. ได้ศึกษาการเขียนโปรแกรมภาษาซี
4. ความสะดวกในการใช้งานเครื่องชาร์จ

1.5 วิธีการดำเนินงานของโครงการ

1. ศึกษาข้อมูลของแผ่นโซลาร์เซลล์
2. ศึกษาข้อมูลของเครื่องหยุดเหรียญ
3. ออกแบบระบบไมโครคอนโทรลเลอร์
4. ออกแบบและสร้างโครงสร้างต่างๆ
5. นำโครงสร้างต่างๆมาประกอบกัน
6. แก้ไขปัญหา
7. สรุป

บทที่ 2

โครงสร้างและหลักการทำงาน

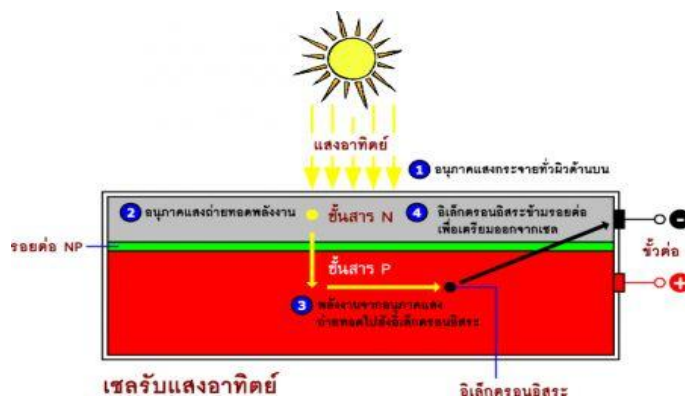
2.1 โซลาร์เซลล์[1],[3],[4]

2.1.1 การทำงานของโซลาร์เซลล์

เซลล์รับแสงอาทิตย์ประกอบด้วยชั้นสารกึ่งตัวนำ 2 ชั้นมาประกบกัน ชั้นบนคือ สารกึ่งตัวนำชนิด N และชั้นล่างคือสารกึ่งตัวนำชนิด P บริเวณที่ต่อกันเรียกว่า รอยต่อ NP สารกึ่งตัวนำที่นิยมนำมาใช้ในการผลิตเซลล์รับแสงอาทิตย์คือ ซิลิกอน

กลไกการทำงานอย่างง่ายของเซลล์รับแสงอาทิตย์ที่พัฒนามาจากปรากฏการณ์โฟโตโวลตาอิก มีด้วยกัน 4 ขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 1 อธิบายได้ดังนี้

- (1) เมื่อมีแสงมาตกกระทบที่ชั้นสารกึ่งตัวนำชนิด Nอนุภาคแสงหรือโฟตอนจะกระจายอยู่ทั่วพื้นผิวด้านบน
- (2) อนุภาคแสงจะถ่ายทอดพลังงานลงสู่สารกึ่งตัวนำ
- (3) พลังงานจากอนุภาคแสงจะถ่ายทอดต่อไปยังอิเล็กตรอนอิสระในชั้นสาร P
- (4) เมื่อพลังงานที่ได้รับมากเพียงพอ อิเล็กตรอนอิสระจะสามารถข้ามรอยต่อไปยังชั้นสาร Nเพื่อเตรียมเคลื่อนที่ออกจากเซลล์รับแสงอาทิตย์ไปยังวงจรที่ต่อภายนอกหากมีการต่อโหลดภายนอกมายังขั้วของเซลล์รับแสงอาทิตย์ อิเล็กตรอนก็จะเคลื่อนที่ออกจากขั้วต่อของเซลล์รับแสงอาทิตย์ผ่านโหลดและไปครบวงจรยังขั้วต่อที่ชั้นสาร Pของเซลล์รับแสงอาทิตย์ จึงเกิดกระแสไฟฟ้าไหล



ภาพที่ 2.1 ปรากฏการณ์โฟโตโวลตาอิก

2.1.2 ชนิดของเซลล์รับแสงอาทิตย์แบบซิลิกอนมีด้วยกัน 3 ชนิด

1. แบบผลึกหรือคริสตอลซึ่งยังแบ่งเป็น 2 ชนิดย่อยคือชนิดผลึกซิลิกอนเดี่ยวและชนิดผลึกรวม เป็นแบบนี้เป็นที่นิยมใช้งานมากที่สุดเนื่องจากมีหลายขนาดให้เลือกใช้ มีระดับราคาตั้งแต่ถูกมาก สำหรับกำลังงานต่ำ และมีราคาสูงขึ้นเมื่อมีกำลังงานไฟฟ้ามากขึ้น ทนทาน น้ำหนักเบา แต่เซลล์รับแสงอาทิตย์ในแบบนี้ต้องการแหล่งกำเนิดแสงที่มีความเข้มสูง เช่น แสงอาทิตย์ แสงจากหลอดฮาโลเจน หรือสปอตไลท์



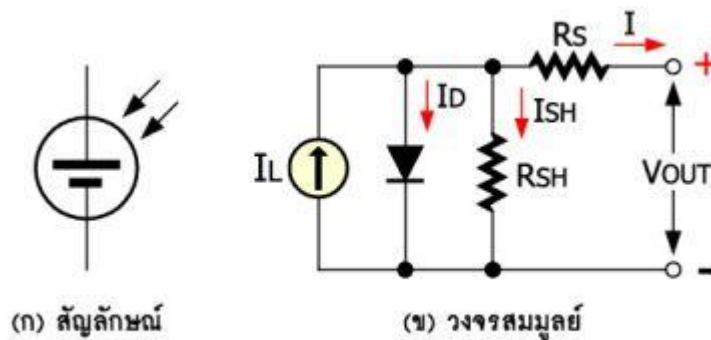
ภาพที่ 2.2 โซลาร์เซลล์แบบผลึกหรือคริสตอล

2. แบบที่ไม่มีรูปร่างแน่นอนหรืออะมอร์ฟัส เป็นแบบนี้มีข้อดีคือ มีความไวในการทำงานสูง สามารถทำงานได้กับแสงที่มีความเข้มต่ำ และใช้งานได้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ตัวอย่างที่พบเห็นคือ เซลล์รับแสงในเครื่องคิดเลข ข้อเสียคือ ไม่สามารถใช้งานร่วมกับเครื่องประจุแบตเตอรี่แบบทั่วไปได้ น้ำหนักมาก และแตกง่าย



ภาพที่ 2.3 โซลาร์เซลล์แบบที่ไม่มีรูปร่างแน่นอนหรืออะมอร์ฟิส

3. แบบอะมอร์ฟิส 3 รอยต่อหรือบางครั้งเรียกเซลล์รับแสงอาทิตย์แบบหลายรอยต่อ เป็นแบบที่รวมเอาข้อดีของแบบผลึกและแบบอะมอร์ฟิสธรรมดาเข้าไว้ด้วยกัน ทำให้มีความทนทาน ใช้งานร่วมกับเครื่องประจุแบตเตอรี่แบบทั่วไปได้ น้ำหนักเบา มีความไวในการทำงานสูง ใช้ได้กับพื้นที่ที่มีแสงสว่างน้อย แต่ข้อเสียคือ ราคาแพง



ภาพที่ 2.4 แสดงสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าของเซลล์รับแสงอาทิตย์ และวงจรสมมูลย์

ด้านบนคือรูปแสดงสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าของเซลล์รับแสงอาทิตย์ และวงจรสมมูลย์ จะเห็นได้ว่ามันประกอบด้วยแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าคงที่ขนาดเล็ก ไดโอด ตัวต้านทาน R_{SH} ซึ่งเป็นความต้านทานภายในที่เกิดจากสารกึ่งตัวนำที่นำมาผลิตเซลล์รับแสงอาทิตย์ และตัวต้านทาน R_S อันเป็นความต้านทานค่าน้อยๆ ที่เกิดจากการต่อสายมายังขั้วต่อของเซลล์รับแสงอาทิตย์ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า แสงอาทิตย์หรือแสงที่มีพลังงานความร้อน เช่น แสงจากหลอดฮาโลเจน หลอดไฟไส้ หรือสปอตไลท์ เมื่อส่องมายังชิ้นสารกึ่งตัวนำ จะทำให้เกิดประจุไฟฟ้าสะสมขึ้นที่แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าคงที่ที่ I_L เมื่อต่อผ่านตัวต้านทาน R_S ก็จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นที่ขั้วต่อของเซลล์รับแสงอาทิตย์

เซลล์รับแสงอาทิตย์ 1 เซลล์มาตรฐานจะให้แรงดัน 0.5 โวลต์ ถึง 0.6 โวลต์เมื่อได้รับแสงอาทิตย์เต็มที่ ส่วนกระแสไฟฟ้าจะขึ้นกับขนาดของพื้นที่หน้าตัด สำหรับเซลล์รับแสงอาทิตย์ที่ใช้ในโครงการขนาดเล็กจะมีความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้าต่อเซลล์ตั้งแต่ 15 มิลลิแอมป์ ถึง 100 มิลลิแอมป์ ดังนั้นหากต้องการแรงดันและกระแสไฟฟ้าเพิ่ม จึงต้องมีการต่อเซลล์รับแสงอาทิตย์ในลักษณะอนุกรมเพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้า และต่อขนานเพื่อเพิ่มกระแสไฟฟ้า **รูปแบบการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้จากบทความการติดตั้ง**

หากต้องการใช้งานกลางแจ้งแบบจริงจัง ต้องมีการนำเซลล์รับแสงอาทิตย์มาติดตั้งเข้ากับโครงสร้างที่แข็งแรงมากขึ้น มีแผ่นกระจกปกป้อง เนื่องจากต้องทนต่อแดด กั้นฝน กั้นฝุ่นละอองจากเซลล์รับแสงอาทิตย์จึงกลายมาเป็นแผงรับแสงอาทิตย์หรือโซลาร์พาเนลที่เราเห็นกันชินตาบนหลังคาบ้าน หรือในลานกลางแจ้ง

2.1.3 ปัจจัยที่ทำให้เซลล์รับแสงอาทิตย์ทำงานได้ดี

1. ความเข้มของแสง เซลล์รับแสงอาทิตย์จะทำงานได้ดีเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงเต็มที่ในทิศทางตั้งฉาก กล่าวคือ กระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์รับแสงอาทิตย์จะสูงขึ้นเมื่อแสงอาทิตย์ที่รับได้มีความเข้มสูง โดยความเข้มของแสงมีผลน้อยต่อแรงดันไฟฟ้าของเซลล์รับแสงอาทิตย์ ซึ่งสอดคล้องกับวงจรสมมูลย์ของเซลล์รับแสงอาทิตย์ที่เป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า

2. อุณหภูมิใช้งาน กระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์รับแสงอาทิตย์ไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิใช้งาน แต่แรงดันไฟฟ้าจากเซลล์รับแสงอาทิตย์จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น



ภาพที่ 2.5 แสดงการต่อใช้งาน

2.1.4 การต่อใช้งานมีด้วยกัน 2 แนวทางหลัก

1. ใช้พลังงานจากเซลล์รับแสงอาทิตย์โดยตรง ในแบบนี้จะเหมาะกับโหลดที่มีความต้องการกระแสไฟฟ้าไม่มากนัก และต้องใช้งานในพื้นที่ที่มีแสงอาทิตย์ตลอดเวลา เช่น รถของเล่น หรือ

Solar Car

2. ใช้เซลล์รับแสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานโดยอ้อม ในลักษณะนี้จะนำพลังงานที่ได้จากเซลล์รับแสงอาทิตย์ไปเข้าวงจรประจุแบตเตอรี่ เพื่อประจุแบตเตอรี่ในตลอดเวลาที่เซลล์ได้รับแสงอาทิตย์ จากนั้นนำแรงดันจากแบตเตอรี่ไปใช้งาน

2.2 แบตเตอรี่[2],[5]

แบตเตอรี่ชนิดนี้มีประจุไฟฟ้าเต็มจากโรงงานผลิต โดยยังไม่มีกรดเต็มน้ำยาจึงมีสภาพแห้ง และเก็บไว้ใช้ได้นาน เมื่อต้องการนำไปใช้งานสามารถเติมน้ำยาแล้วทำการประจุไฟฟ้า การประจุไฟ มักจะทำที่ตัวแทนจำหน่ายหรือในสถานประกอบการ

2.2.1 หลักการทำงานของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่จะผลิตพลังงานไฟฟ้า ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างสารเคลือบแผ่นตะกั่ว และน้ำยาอิเล็กโทรไลต์ เมื่อมีการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีพร้อมทั้งมีการต่อโหลด (Load) ครบวงจร แบตเตอรี่จะทำการคายประจุ หรือทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโหลด เมื่อมีการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างกรดกำมะถันเจือจางกับแผ่นตะกั่ว มีการต่อโหลดเข้ากับแบตเตอรี่จะทำให้แบตเตอรี่มีการคายประจุหรือจ่ายพลังงานไฟฟ้า และการเกิดปฏิกิริยาเคมีเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ตัวกรดกำมะถันจะค่อยๆ เจือจางลงและกลายเป็นน้ำธรรมดา ซึ่งมีผลทำให้เกิดค่าความถ่วงจำเพาะของกรดกำมะถันลดลง

แบตเตอรี่หลังจากการนำไปใช้งานในระยะหนึ่ง พลังงานไฟฟ้าภายในแบตเตอรี่จะลดลงจึงจำเป็นต้องประจุไฟฟ้าใหม่จากแหล่งจ่ายภายนอก ขณะการประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ เกิดกรดกำมะถันที่เกาะอยู่กับแผ่นตะกั่ว จะแยกตัวออกและจะละลายปนไปกับน้ำทำให้น้ำกรดมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้น แบตเตอรี่เมื่อมีการใส่ประจุเข้าจากแหล่งจ่าย หรือแหล่งกำเนิดพลังงานภายนอก ก็สามารถที่จะทำการจ่ายพลังงานได้ในเวลาพร้อมกัน

2.2.2 แบตเตอรี่แห้งแบ่งออกเป็นประเภทได้ดังนี้

1. แบบคาร์บอน -สังกะสีประกอบด้วยกล่องสังกะสีทรงกระบอกซึ่งเป็นขั้วลบและเป็นขั้วบรจุอิเล็กโทรไลต์อิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) เป็นน้ำยาที่ทำปฏิกิริยาเคมีกับอิเล็กโทรดที่จมอยู่ อาจเป็นเกลือหรือกรดต่างก็ได้
2. แบบอัลคาไลน์เซลล์ไฟฟ้าแบบนี้เหมาะสมที่สุดอย่างยกเว้นราคาเพราะให้กระแสไฟฟ้าและทำงานได้ดีที่อุณหภูมิปกติสามารถเก็บไว้ได้นานอยู่ได้นานเฉลี่ยนานกว่าห้าปี
3. แบบซิลเวอร์ออกไซด์ใช้ในงานตำรวจพื้นผิวดวงจันทร์มีอายุการใช้งานนานกว่าอัลคาร์ไลน์ถึง 3 เท่าถ้าใช้กับไฟฉายจะไม่หรีเลยจนกว่าเซลล์จะหมดอายุไปโดยสิ้นเชิงแต่ค่าใช้จ่ายก็ต้องสูง

4. แบบเมอร์คิวรีเซลล์ไฟฟ้าแบบนี้ใช้กันอย่างแพร่หลายในเครื่องใช้ที่ใช้เซลล์แบบกระดุมแต่ราคาเซลล์แบบเมอร์คิวรีจะถูกกว่าซิลเวอร์ออกไซด์ครึ่งหนึ่งข้อที่แตกต่างกันคือแรงดันไฟฟ้าโดยเมอร์คิวรีมีแรงดันไฟฟ้าเซลล์ละ 1.35 ถึง 1.4 โวลต์ วนซิลเวอร์ออกไซด์มีแรงดันไฟฟ้าเซลล์ละ 1.5 โวลต์

5. แบบนิกเกิลแคดเมียมเซลล์ไฟฟ้าที่กล่าวมาทั้งหมดเป็นชนิดที่เมื่อใช้จนกระแสไฟฟ้าหมดแล้วก็ต้องทิ้งไปแต่เซลล์แบบนิกเกิลแคดเมียมสามารถชาร์จไฟเข้าไปใหม่ได้เซลล์หนึ่งๆ สามารถชาร์จไฟได้ไม่น้อยกว่า 1,000 ครั้งแบตเตอรี่ชนิดนี้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเพียง 1.25 โวลต์

2.2.3 ค่าความจุของแบตเตอรี่

ค่าความจุของแบตเตอรี่ คือ อัตราการจ่ายกระแสสูงสุดในชั่วระยะเวลาหนึ่งจนแบตเตอรี่ในชุดนั้นไม่สามารถที่จะจ่ายกระแสต่อไปได้อีก โดยค่าความจุของแบตเตอรี่จะไม่มีหน่วยเป็นแอมแปร์ โดยค่าความจุของแบตเตอรี่จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. ขนาดของแผ่นเพลทบวก ความกว้างและความยาวของแผ่นเพลท โดยเฉพาะแผ่นเพลทที่มีความกว้างและความยาวมาก จะทำให้การเก็บประจุและการคายประจุมากขึ้นตามไปด้วย

2. จำนวนของแผ่นเพลทบวก จำนวนของแผ่นเพลทบวกที่นำมาต่อรวมกัน เพื่อจัดกลุ่มของแผ่นเพลทของแบตเตอรี่ หากนำแผ่นเพลทไปเรียงกันให้ได้มากเท่าใด จะมีผลทำให้แบตเตอรี่นั้นๆ มีอัตราการเก็บประจุและคายประจุสูงเท่าตัว เช่น แผ่นเพลทบวกของแบตเตอรี่ในหนึ่งแผ่นมีอัตราการคายประจุเท่ากับ 40 แอมป์ชั่วโมง หากนำเอาแผ่นเพลทบวกมาเรียงต่อกัน จะทำให้อัตราการจ่ายกระแสของแบตเตอรี่จะเท่ากับ $7 \times 40 = 280$ แอมป์ชั่วโมง

3. น้ำหนักของเซลล์ เซลล์ของแบตเตอรี่ที่มีน้ำหนักมาก จะมีอายุการใช้งานยาวนานกว่าแบตเตอรี่ที่มีน้ำหนักน้อยทั้งๆ ที่พิถีพิถันการให้ปริมาณกระแสมีค่าเท่ากันก็ตาม ทั้งนี้ เพราะความหนาแน่นของแผ่นเพลทไม่ว่าในช่วงเวลาการเข้าประจุ หรือคายประจุ และเมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้น จะส่งผลทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่นั้นยาวนานมากขึ้น

4. อัตราความจุ อัตราความจุหรือความจุแบตเตอรี่ คือ ความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่ โดยเทียบอัตราของระยะเวลาที่กำหนดไว้ เช่น แบตเตอรี่ที่มีอัตราความจุ 100 แอมป์ชั่วโมง ภายในเวลา 20 ชั่วโมง จะได้ความสามารถในการจ่ายกระแสของแบตเตอรี่สูงสุดที่ 5 แอมป์เป็นเวลานาน 20 ชั่วโมง และอัตราความจุของแบตเตอรี่จะแปรผกผันตามอุณหภูมิ เช่น แบตเตอรี่ที่มีอัตราความจุ 100 แอมป์ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และเมื่ออุณหภูมิลดลงเหลือ 0 องศาเซลเซียส จะทำให้เหลือความจุ 90 แอมป์ชั่วโมง

2.3 เครื่องยอดเหรียญ

Coin Box EU-1T เป็นเครื่องยอดเหรียญระบบ Micro Processor ที่สามารถตั้งโปรแกรมให้รู้จักและแยกเหรียญได้ รูปแบบทำให้ Coin Box EU-1T มีคุณสมบัติเหมาะสมกับเงินเหรียญของไทยได้อย่างแม่นยำเที่ยงตรง



ภาพที่ 2.6 เครื่องยอดเหรียญ

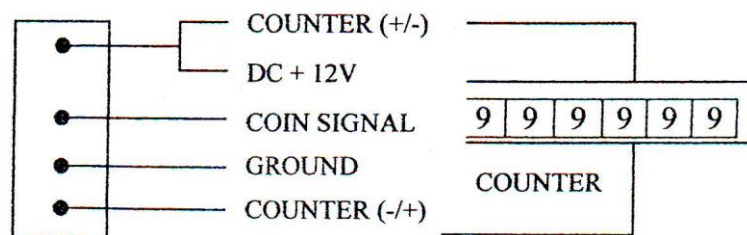
2.3.1 คุณสมบัติของเครื่องยอดเหรียญ Coin Box EU-1T

1. เป็นชนิดยอดเหรียญด้านหน้า สามารถใช้กับเหรียญ 5บาท และ10บาท ได้ในเครื่องเดียวกัน
2. ใช้เทคนิคการตรวจสอบเหรียญปลอม ถึง 3 วิธี
 - 2.1 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเหรียญ
 - 2.2 ขนาดความหนาของเหรียญ
 - 2.3 วัสดุที่ใช้ทำเหรียญ
3. ไม่รับ และ คั้นเหรียญปลอม มีปุ่มกด สำหรับคายเหรียญชำรุดที่ติดค้างได้

4. เข้าได้กับเครื่องขายสินค้าหยอดเหรียญทุกชนิด
5. แรงดันที่ใช้ ดีซี 12 โวลต์ +-20 เปอร์เซ็นต์
6. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเหรียญ 17 มิลลิเมตร ~31 มิลลิเมตร
7. ความหนาของเหรียญ 1.0 มิลลิเมตร ~ 3.0 มิลลิเมตร
8. อุณหภูมิใช้งาน -15 องศาเซลเซียส ~ +50 องศาเซลเซียส

2.3.2 หน้าในส่วนควบคุมที่ใช้งาน

เครื่องหยอดเหรียญนี้จะมีส่วนของวงจรอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาเกี่ยวข้อง ด้วยดังนั้นการใช้งานตามสัญญาณจุดต่อต่าง ๆ ของเครื่องก็จะมียกไว้ให้เลือกใช้งานดังรูปที่ 4 แสดงรายละเอียดสายสัญญาณควบคุมต่าง ๆ ที่บอกไว้บนตัวเครื่อง จะเห็นว่ามีจุดต่อสายออกไปข้างนอก 5 เส้น สาย DC + 12 โวลต์ จะต่อกับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงแรงดัน 12 โวลต์ คู่กับสาย GROUND ส่วนสาย COUNTER (+/-) จะเห็นว่าต่อที่จุดเดียวกับสาย DC + 12 โวลต์ ซึ่งจะเป็นสายข้างหนึ่งที่ต่อกับเครื่องนับตัวเลข (COUNTER) และสายอีกข้างหนึ่งของเครื่องนับตัวเลขจะต่อกับสาย COUNTER (+/-) ที่สาย COUNTER (+/-) นี้มีสัญญาณพัลส์ออกมา 1 ลูกเพื่อกระตุ้นให้เครื่องนับตัวเลขทำงานสัญญาณพัลส์ที่ออกจากสาย COUNTER (+/-) นี้จะมาจากวงจรกำเนิดพัลส์โดยตรง



ภาพที่ 2.7 แสดงรายละเอียดสายสัญญาณควบคุมต่างๆ

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน เนื่องจากใช้งานง่าย ราคาถูก มีซอฟต์แวร์อำนวยความสะดวก สามารถเขียนได้ทั้ง ภาษาแอสเซมบลีและภาษาซี ใช้งานได้โดยชิปเดียวไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ภายนอกประกอบ เนื่องจากมีหน่วยความจำอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์และสามารถต่อใช้งานพอร์ตได้โดยตรง

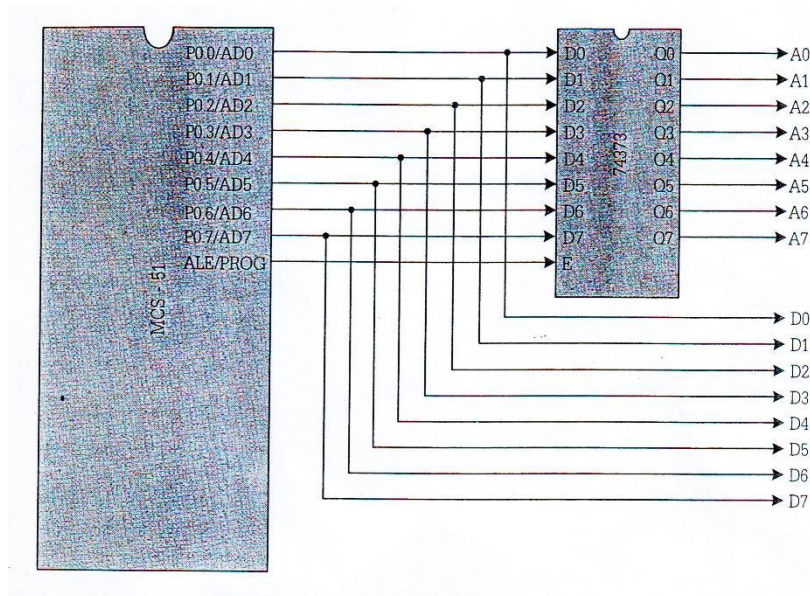
(8052) T2	P1.0	1	40	Vcc
only T2EX	P1.1	2	39	P0.0 AD0
	P1.2	3	38	P0.1 AD1
	P1.3	4	37	P0.2 AD2
	P1.4	5	36	P0.3 AD3
	P1.5	6	35	P0.4 AD4
	P1.6	7	34	P0.5 AD5
	P1.7	8	33	P0.6 AD6
	RST	9	32	P0.7 AD7
RXD	P3.0	10	31	EA' Vpp
TXD	P3.1	11	30	ALE PROG'
INT0'	P3.2	12	29	PSEN'
INT1'	P3.3	13	28	P2.7 A15
T0	P3.4	14	27	P2.6 A14
T1	P3.5	15	26	P2.5 A13
WR'	P3.6	16	25	P2.4 A12
RD'	P3.7	17	24	P2.3 A11
XTAL2		18	23	P2.2 A10
XTAL1		19	22	P2.1 A9
Vss		20	21	P2.0 A8

ภาพที่ 2.8 ขาสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต มีขาสัญญาณจำนวน 40 ขา ประกอบด้วยขาสัญญาณต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

Port 0 เป็นพอร์ตอินพุต 2 ทิศทางขนาด 8 บิต คือ PO.0-PO.7 ใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตนอกจากนี้ยังใช้เป็นบัสข้อมูล DO-D7 และบัสที่อยู่ AO-A7 โดยใช้การมัลติเพล็กซ์เพื่อสลับการทำงาน โดยจะให้ขา ALE เป็นขาสัญญาณควบคุมแสดงผังรูปที่ 1.5 ในการใช้งานพอร์ต

PO เป็นพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตต้องตามความต้านทานพูลอัพ (R Pull Up)ภายนอกด้วย เนื่องจากพอร์ต PO ไม่มีความต้านทานพูลอัพภายใน



ภาพที่ 2.9 การแยกสัญญาณบัสข้อมูลและบัสที่อยู่

Port 1 เป็นพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตขนาด 8 บิตคือ P1.0-P1.7 ใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตสามารถเข้าถึงข้อมูลในระดับบิตได้

Port 2 เป็นพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตขนาด 8 บิต คือ P2.0-P2.7 ใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตและเอาต์พุต นอกจากนี้ยังใช้เป็นแอดเดรสบัส A8-A15 เพื่อใช้ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก

Vcc ขาแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

GND ขากราวนดของระบบ

XTAL1 และ XTAL2 คือขาสัญญาณที่ใช้ต่อวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาเพื่อกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

RST คือสัญญาณรีเซ็ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่อได้รับสัญญาณลอจิก “1” นานไม่ต่ำกว่า 2 แมกซ์อินไซเคิล

ALE คือขาเอาต์พุตใช้ควบคุมการแลทช์ (Latch) บัสที่อยู่ A0-A7 พอร์ต P0 และควบคุมการส่งข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับหน่วยความจำ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่ง

สัญญาณลอจิก “1” เมื่อต้องการให้พอร์ต P0 แลทซ์บั๊ตที่อยู่ A0-A7 จากนั้นจะส่งสัญญาณลอจิก “0” เพื่อให้พอร์ต P0 เป็นบั๊ตข้อมูล

/PSEN(Program Store Enable)เป็นขาสัญญาณเอาต์พุตที่ใช้ควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกทำงานที่ลอจิก “0”

/EA(External Access) เป็นขาสัญญาณอินพุตเพื่อควบคุมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายในหรือหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ถ้าต่อขา EA เข้ากับกราวด์หรือลอจิก “0” ไมโครคอนโทรลเลอร์จะติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก แต่ถ้าต่อขา EA เข้ากับสัญญาณไฟ 5 โวลต์หรือลอจิก “1” ไมโครคอนโทรลเลอร์จะติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์

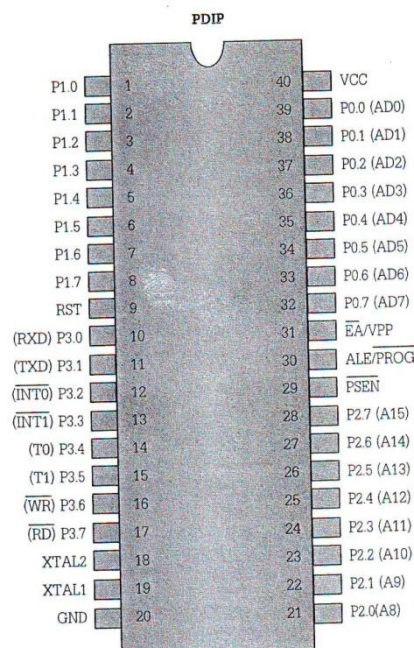
Port 3 เป็นพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตขนาด 8 บิต คือ P3.0 - P3.7 ใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตนอกจากนี้พอร์ต P3 ยังมีหน้าที่อื่น ๆ แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 หน้าที่ของขาสัญญาณของพอร์ต P3

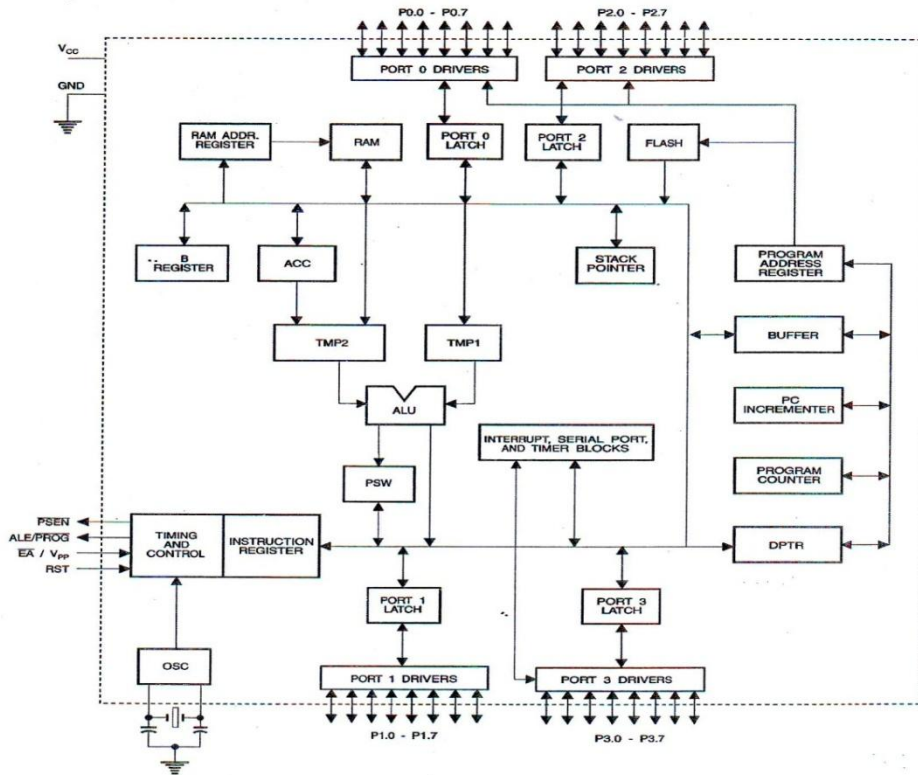
พอร์ต	สัญญาณ	หน้าที่
P3.0	Rxd	ขารับสัญญาณของการสื่อสารพอร์ตอนุกรม
P3.1	Txd	ขาส่งสัญญาณของการสื่อสารพอร์ตอนุกรม
P3.2	/INT0	ขารับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ภายนอกตัวที่ 0
P3.3	/INT1	ขารับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ภายนอกตัวที่ 1
P3.4	T0	ขารับสัญญาณอินพุตภายนอกของวงจรตั้งเวลาตัวที่ 0
P3.5	T1	ขารับสัญญาณอินพุตภายนอกของวงจรตั้งเวลาตัวที่ 1
P3.6	/WR	ขารับสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลในหน่วยความจำข้อมูลภายนอก
P3.7	/RD	ขารับสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลในหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

2.4.1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51

โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีโครงสร้างและสถาปัตยกรรมคล้ายกับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิตมีหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช 4 กิโลไบต์ หน่วยความจำข้อมูลภายในขนาด 128 ไบต์ ขาสัญญาณมีจำนวน 40 ขาแสดงดังรูปที่ 2.8 และมีโครงสร้างพื้นฐานแสดงดังรูปที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 การจัดขาสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51



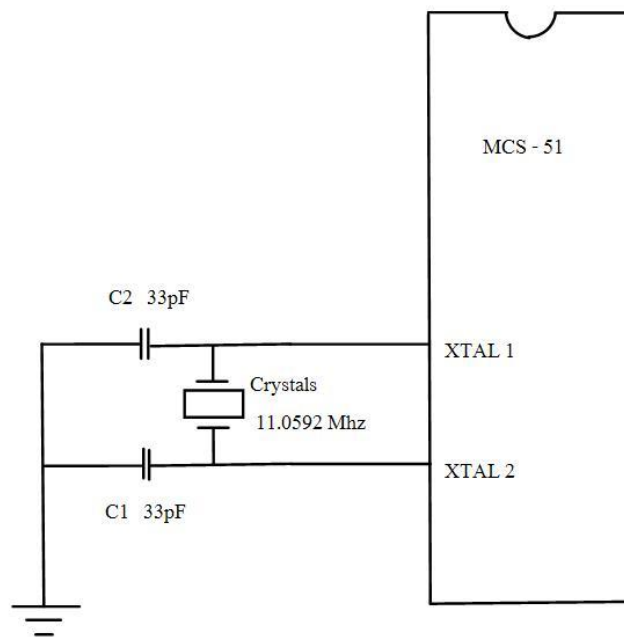
ภาพที่ 2.11 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51

2.4.2 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51

1. เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้งานร่วมกันได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูลMCS51
2. มีหน่วยความจำแบบแฟลชขนาด 4 กิโลไบต์สามารถลบและเขียนได้ถึง 1,000 ครั้ง
3. ทำงานในช่วงแรงดันไฟฟ้า 4-5.5 โวลต์
4. สามารถป้องกันการโปรแกรมได้ 3 ระดับ
5. มีหน่วยความจำข้อมูลภายในขนาด 128 ไบต์
6. มีอินพุตและเอาต์พุตพอร์ตขนาด 32 บิต
7. มีวงจรรนับและจับเวลาขนาด 16 บิต 3 วงจร
8. สามารถอินเทอร์รัปต์ได้จาก 8 แหล่ง
9. สามารถโปรแกรมการทำงานได้โดยผ่านพอร์ตอนุกรม

2.4.3 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำงานตามสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนเข้าระบบเพื่อกำหนดจังหวะในการทำงานให้กับซีพียูและวงจรต่าง ๆ ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาซึ่งส่วนใหญ่จะใช้คริสตัลเป็นตัวกำเนิดความถี่ และต้องใช้ตัวเก็บประจุ C1 และ C2 ขนาด 20-40 pF แสดงดังรูปที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

2.4.4 วงจรรีเซ็ต

การรีเซ็ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องป้อนสัญญาณลอจิก “1” เข้าที่ขา Reset นานไม่ต่ำกว่า 2 แมกซ์ซีไนซ์เกิล โดยที่ 1 แมกซ์ซีไนซ์เกิลจะใช้เวลา 12 คาบเวลา ดังนั้นสามารถคำนวณหาค่าเวลาของแมกซ์ซีไนซ์เกิลได้จาก

วิธีทำ

$$1 \text{ คาบเวลา} = \frac{1}{\text{ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา}}$$

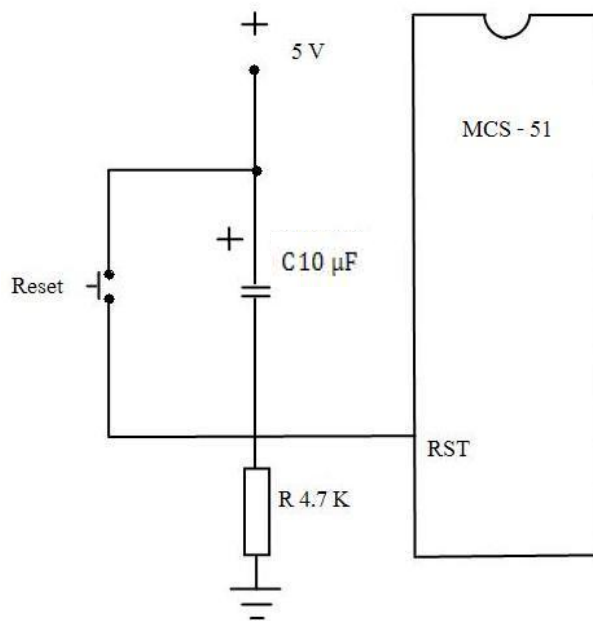
กำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาเท่ากับ 11.0529 MHz

$$\text{ดังนั้น } 1 \text{ คาบเวลา} = \frac{1}{11.0529 \times 10^6} = 0.09042 \mu\text{sec}$$

$$\text{และ } 1 \text{ แมชชีนไซเคิล} = 12 \times \text{คาบเวลา} = 12 \times 0.09042 = 1.085 \mu\text{sec}$$

$$\text{ดังนั้น } 2 \text{ แมชชีนไซเคิล} = 2 \times 1.085 = 2.17 \mu\text{sec}$$

ดังนั้นในการออกแบบวงจรรีเซ็ตจะต้องให้วงจรค้างสถานะเป็นลอจิก “1” ไม่น้อยกว่า 2.171 μsec



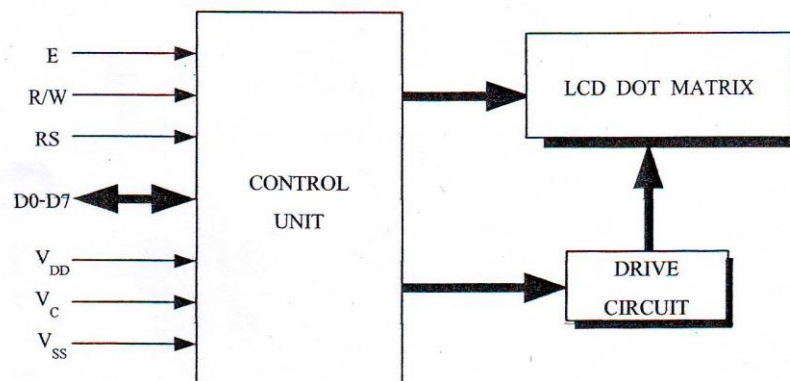
ภาพที่ 2.13 วงจรรีเซ็ต

2.5 การแสดงผลทางแอลซีดี

อุปกรณ์ที่ใช้เป็นหน่วยแสดงผลของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์มีอยู่หลายชนิดหน่วยแสดงผลแบบ LCD (Liquid Crystal Display) ที่มีโครงสร้างเป็นแบบคอตเมทริกซ์เป็นอุปกรณ์อีกชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาใช้เนื่องจากเป็นหน่วยแสดงผลที่กินพลังงานต่ำ เหมาะกับระบบที่ต้องใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ นอกจากนี้ยังเป็นอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก มีความละเอียดสูง สามารถแสดงตัวอักษรและรูปภาพได้หลายแบบการจะทำให้ LCD แต่ละคอตสว่างเป็นรูปร่างหรือตัวอักษรต่าง ๆ นั้นจะต้องใช้วงจรขับที่มีความซับซ้อนมาก ในปัจจุบันจึงมีการสร้างเป็นบอร์ด LCD สำเร็จรูปเพื่อให้สะดวกต่อการใช้งานโดยโครงสร้างภายในประกอบด้วยจอภาพแบบ LCD วงจรขับสัญญาณ และตัวควบคุม LCD การทำให้บอร์ด LCD แสดงผลลักษณะต่าง ๆ จะทำได้โดยการเขียนคำสั่ง และเขียนข้อมูลให้กับ LCD โมดูลเท่านั้น

2.5.1 โครงสร้างทั่วไปของ LCD โมดูล

หน่วยแสดงผลแบบ LCD โมดูลที่พบทั่วไปในท้องตลาดจะมีโครงสร้างที่สะดวกต่อการใช้งาน โดยส่วนประกอบทั่วไปเป็นดังภาพ



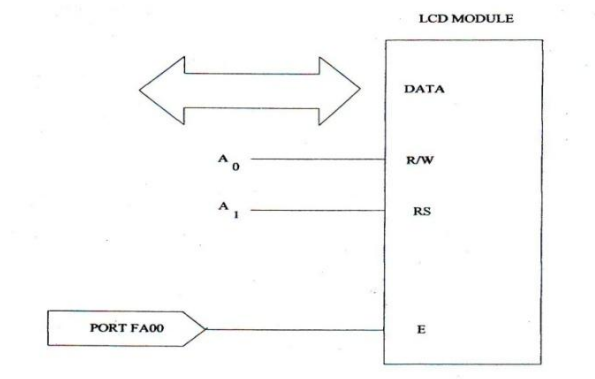
ภาพที่ 2.14 โครงสร้างทั่วไปของ LCD โมดูล

ส่วนที่เป็น LCD DOT MATRIX จะประกอบด้วยจุดขนาดเล็กจำนวนมาก โดยแต่ละจุดจะถูกบังคับให้ติดสว่างเป็นรูปร่างต่าง ๆ ด้วยวงจรขับ ส่วนหน่วยควบคุมจะประกอบด้วยหน่วยความจำและรีจิสเตอร์ต่าง ๆ ทำหน้าที่กำหนดลักษณะการทำงานของ LCD รูปภาพของการแสดงผลรวมทั้งควบคุมส่วนต่าง ๆ ภายในโมดูล

โดยทั่วไปแล้วขาต่าง ๆ ของ LCD โมดูลประกอบด้วย

1. ขา V_{DD} ขานี้จะต่อกับแหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์
2. ขา V_{SS} ขานี้จะต่อกับกราวด์ของแหล่งจ่ายไฟ
3. ขา V_c ขานี้เป็นขาที่ควบคุมความสว่างจ่ายไฟ
4. ขา RS เป็นขาที่ใช้ควบคุมรีจิสเตอร์ภายในหน่วยควบคุม เนื่องจากมีรีจิสเตอร์อยู่สองประเภทคือรีจิสเตอร์คำสั่ง (command register) และรีจิสเตอร์ข้อมูล (data register) ถ้าหากขานี้เป็นลอจิก “0” หมายความว่าเลือกรีจิสเตอร์ข้อมูล ถ้าเป็นลอจิก “1” หมายความว่าเลือกรีจิสเตอร์คำสั่ง
5. ขา R / W เป็นขาสัญญาณที่ใช้เลือกว่าจะอ่านหรือเขียนข้อมูลให้กับ LCD ถ้าเป็นลอจิก “0” หมายความว่าอ่านข้อมูล แต่เป็นลอจิก “1” หมายความว่าเขียนข้อมูล
6. ขา E (enable) เป็นขากำหนดลักษณะการอ่านเขียนข้อมูล

สำหรับการเชื่อมต่อ LCD โมดูลเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นทำได้หลายวิธีโดยอาจต่อ LCD โมดูลเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยตรง โดยไม่ให้ไมโครคอนโทรลเลอร์มองว่าเป็นชิปตัวหนึ่งคล้ายกับหน่วยความจำ การต่อแบบนี้เรียกว่าการต่อแบบ memory map แต่จะทำให้เสียเนื้อที่หน่วยความจำบางส่วนไปการติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับ LCD โมดูลจะใช้คำสั่งเหมือนกับการติดต่อกับหน่วยความจำ อีกวิธีหนึ่งเราอาจต่อ LCD โมดูลเข้ากับพอร์ตอินพุตเอาต์พุตของระบบที่มีอยู่แล้ว จากนั้นใช้การเขียนโปรแกรมสร้างสัญญาณขึ้นมาเพื่อติดต่อกับ LCD โมดูล นอกจากนี้สัญญาณข้อมูลที่ส่งให้กับ LCD โมดูลสามารถเลือกใช้แบบ 8 บิตหรือ 7 บิตได้อีกด้วย ตัวอย่างการออกแบบวงจรการเชื่อมต่อ LCD โมดูลดังภาพ

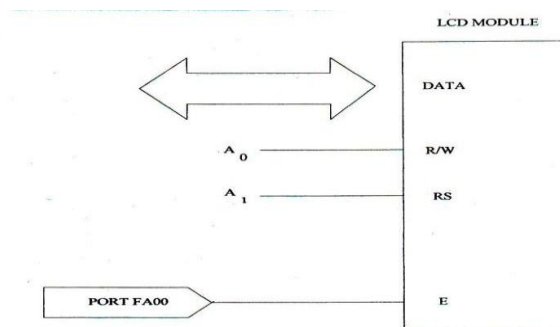


ภาพที่ 2.15 วงจรอย่างง่ายสำหรับการเชื่อมต่อ LCD โมดูลกับระบบ JAZZ-31

ถ้าหากมีการถอดรหัสพอร์ตสำหรับการต่อกับ LCD โมดูลเป็นแบบ memory map จะพบว่า แอดเดรสต่าง ๆ สำหรับติดต่อกับ LCD โมดูลจะเป็น FA00-FB00H แอดเดรสต่าง ๆ จะใช้ติดต่อกับ LCD โมดูลจะเป็นดังตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2 ถอดรหัสพอร์ตสำหรับการต่อกับ LCD โมดูล

ตำแหน่งแอดเดส	หน้าที่
FA00H	เขียนคำสั่ง
FA01H	อ่านคำสั่ง (busy)
FA02H	เขียนข้อมูล
FA03H	อ่านข้อมูล



ภาพที่ 2.16 ตัวอย่างการออกแบบพอร์ตเชื่อมต่อกับ LCD โมดูล

2.6 เซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่ทำงานโดยใช้สัญญาณพัลส์ โดยภายในเซอร์โวมอเตอร์จะประกอบไปด้วย มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ชุดเกียร์และส่วนควบคุม โดยจะประกอบกันอยู่ภายในชุดเดียวกัน ตัวเซอร์โวมอเตอร์จะมีสายสัญญาณ 3 เส้น คือ สายใช้งาน 1 เส้น อีก 2 เส้นจะเป็นสายสำหรับจ่ายไฟให้เซอร์โวมอเตอร์และสายสำหรับต่อลงกราวด์การใช้งานเซอร์โวมอเตอร์นั้นจะนำไปใช้ในที่ที่ต้องการความแม่นยำในเรื่ององศา หรือ การหมุนไปตามองศาที่ต้องการ เช่น ใช้เป็นมอเตอร์บังคับการเลี้ยวของหางเสือ เรือ หรือ การเลี้ยวของเครื่องบินบังคับวิทยุ แม้แต่สร้างเป็นหุ่นยนต์เดินขนาดเล็ก เพราะตัวเซอร์โวมอเตอร์เองจะมีแรงบิดค่อนข้างสูง เพราะภายในจะมีชุดเกียร์อยู่แล้ว



ภาพที่ 2.17 เซอร์โวมอเตอร์

2.6.1 การควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

ในการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์นั้นทำได้โดยอาศัยความกว้างของพัลส์ที่ทำการป้อนให้เซอร์โวมอเตอร์ โดยสัญญาณพัลส์นี้จะเป็นสัญญาณ TTL จะมีแรงดัน 5 โวลต์ดีซี และแรงดัน 0 วิตซี เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปทางขวาหรือตามเข็มนาฬิกาจะต้องสร้างสัญญาณพัลส์ความกว้างขนาด 1 มิลลิเซคและมีช่วงระหว่างพัลส์ 20 มิลลิเซค เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปทางซ้ายหรือทวนเข็มนาฬิกาจะต้องสร้างสัญญาณพัลส์ขนาด 20 มิลลิเซค ละมีช่วงระหว่างพัลส์ 20 มิลลิเซค เซอร์โวมอเตอร์อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางจะต้องสร้างสัญญาณพัลส์ขนาด 1.5 มิลลิเซคและมีช่วงระหว่างพัลส์ 20 มิลลิเซค

บทที่ 3

การคำนวณและการออกแบบ

จากวัตถุประสงค์ของโครงการต้องการให้มีการจ่ายโหลดที่ประมาณ 20 วัตต์ และกำหนดการใช้งานทั้งหมดในหนึ่งวัน 8 ชั่วโมง โดย $P_{\text{load/day}}$ คือ กำลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อวัน

$$\begin{aligned}P_{\text{load/day}} &= P \times \text{Hr} \\ &= 20 \times 8 \\ &= 160 \text{ WH.}\end{aligned}$$

3.1 กำหนดหาขนาดของโซลาร์เซลล์แบบผลึก

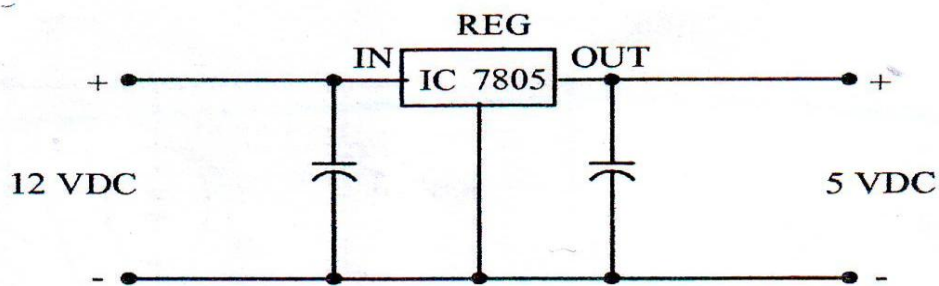
คิดที่โซลาร์เซลล์รับแสง 8 ชั่วโมง (ตั้งแต่เวลา 08.00น. – 16.00น.) แต่คิดพลังงานที่ได้เพียง 75 เปอร์เซ็นต์ จึงเท่ากับได้รับแสงประมาณ 6 ชั่วโมง โดย $P_{\text{solar cell}}$ คือ กำลังงานไฟฟ้าที่ต้องได้จากโซลาร์เซลล์

$$\begin{aligned}P_{\text{solarcell}} &= \frac{P_{\text{load/day}}}{6} \\ &= \frac{160}{6} \\ &= 26.67 \text{ w.}\end{aligned}$$

ดังนั้นเราจะได้พิกัดแผ่นโซลาร์เซลล์อยู่ที่ 26.67 วัตต์ แต่เรามีโซลาร์เซลล์ที่ 40 วัตต์ เราจึงได้นำ 40 วัตต์ มาใช้

หลักการการทำงานของวงจรโดยจะตรวจเช็คแรงดันจากแบตเตอรี่ และควบคุมการตัดต่อของรีเลย์ การตรวจเช็คแรงดันการใช้ IC LM358 เป็นตัวเปรียบเทียบแรงดัน ในสถานะแรงดันแบตเตอรี่สูงกว่าแรงดันของโซลาร์เซลล์ จะได้มีไดโอด DU860 เป็นตัว Blocking ไม่ให้กระแสจากแบตเตอรี่ไหลกลับเข้าแผงโซลาร์เซลล์

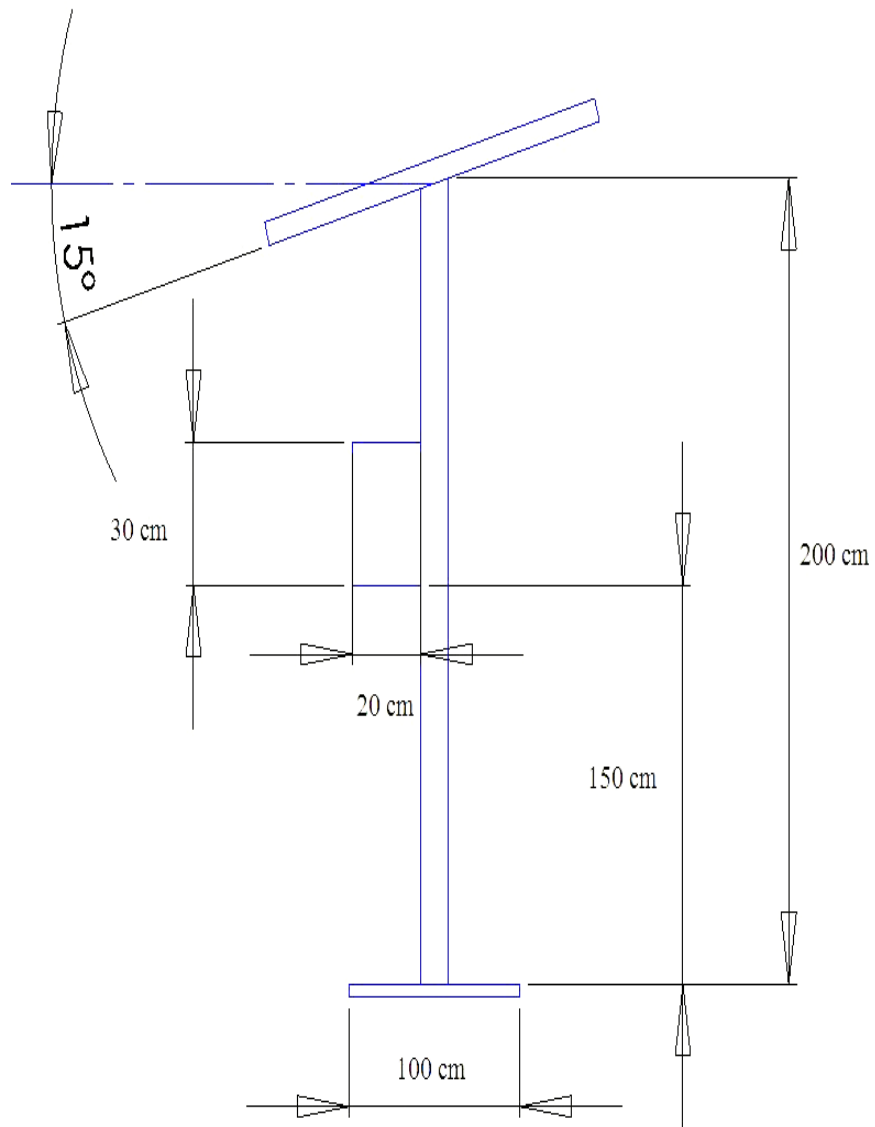
3.4 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันคงที่



ภาพที่ 3.2 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันคงที่

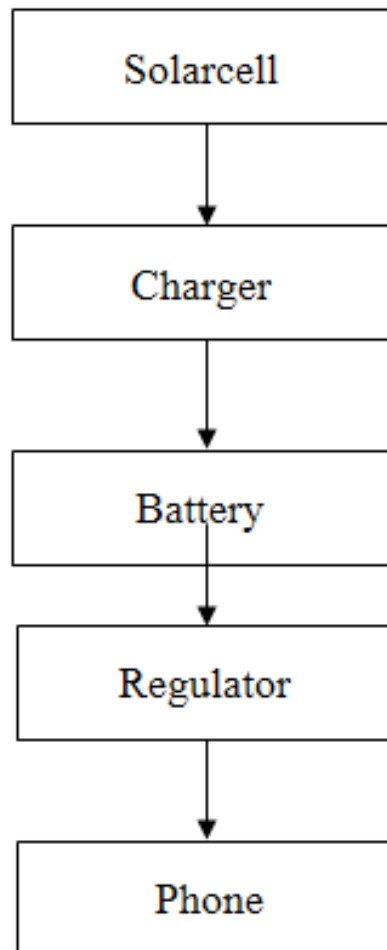
เนื่องจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในวงจรชาร์จแบตเตอรี่ต้องการไฟเลี้ยงที่ 5 โวลต์และ 3 โวลต์ จึงต้องมีวงจร Voltage Regulator โดยจะใช้ IC เป็นตัว Regulator ส่วนวงจร เครื่องยอดเหรียญ ใช้ไฟเลี้ยง 12 โวลต์ ก็ได้จึงไม่จำเป็นต้องใช้วงจร Voltage Regulator

3.5 รูปโครงสร้าง



ภาพที่ 3.5 แบบโครงสร้าง

3.6 บล็อกไดอะแกรมโดยรวมของโครงการ



ภาพที่ 3.6 บล็อกไดอะแกรม

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของแผงโซลาร์เซลล์

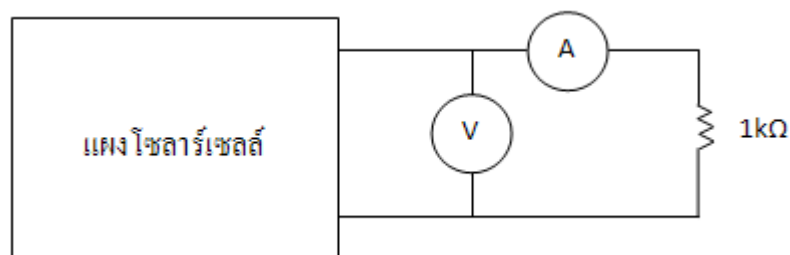
วัตถุประสงค์

เพื่อหาค่าพลังงานที่ได้รับของแผงโซลาร์เซลล์โดยจะทำการวิเคราะห์จากแรงดัน และกระแสขณะต่อโหลด ดังภาพที่ 4.1

อุปกรณ์การทดลอง

1. แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 40 วัตต์ 1 แผง
2. สายไฟ
3. ตัวต้านทาน 1,000 โอห์ม
4. โวลต์มิเตอร์ไฟกระแสตรง
5. แอมป์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

รูปการทดลอง



ภาพที่ 4.1 แสดงวงจรการทดลองหาการจ่ายแรงดันและกระแสของแผงโซลาร์เซลล์

การทดลอง

1. ทำการต่อวงจรการทดลองดังภาพที่ 4.1
2. ทำการวัดแรงดันขณะต่อโหนด และกระแสขณะต่อ โหนดที่ตัวต้านทานของแผงโซลาร์เซลล์โดยทำการวัดตั้งแต่ 08.00 น. ถึง 16.00 น. ทุก ๆ 1 ชั่วโมง
3. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองหาการจ่ายแรงดัน และกระแสของแผงโซลาร์เซลล์

เวลา (นาฬิกา)	แรงดันขณะต่อโหนด (v)	กระแสขณะต่อโหนด (A)
08.00	17.45	1.81
09.00	17.99	1.92
10.00	18.67	1.99
11.00	19.64	2.12
12.00	20.15	2.20
13.00	20.10	2.18
14.00	19.76	2.11
15.00	18.99	2.07
16.00	18.62	2.01

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเป็นการทดลองแบบไม่มีแบตเตอรี่ เป็นการทดลองการจ่ายแรงดันและกระแสของโซลาร์เซลล์เพื่อหาค่าการจ่ายแรงดันและกระแสของโซลาร์เซลล์ในช่วงเวลา 8.00 น ถึง 16.00 น. จากตารางที่ 4.1 จะได้ผลการทดลองการจ่ายแรงดันและกระแสที่ค่อนข้างเสถียรอยู่ที่แรงดัน 17 ถึง 20 โวลต์ และกระแส 1.8 ถึง 2.2 แอมป์

4.2 การทดลองการอัดประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่

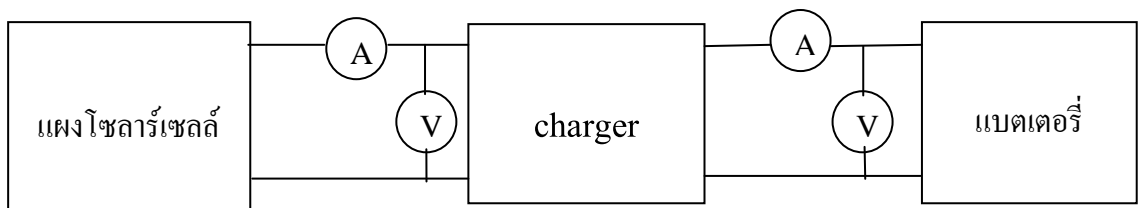
วัตถุประสงค์

เพื่อต้องการทดสอบประสิทธิภาพของวงจรการชาร์จประจุแบตเตอรี่จึงทำการอัดประจุไฟฟ้าเข้า แบตเตอรี่ให้มีไฟเพียงพอในการจ่ายโหลด

อุปกรณ์การทดลอง

1. แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 40 วัตต์ 1 แผง
2. สายไฟ
3. ชุดชาร์จประจุไฟแบตเตอรี่
4. โวลต์มิเตอร์ไฟกระแสตรง
5. แอมมิเตอร์ไฟกระแสตรง
6. แบตเตอรี่

รูปการทดลอง



ภาพที่ 4.2 แสดงวงจรการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของวงจรชาร์จประจุ

การทดลอง

1. ทำการต่อวงจรการทดลองดังภาพที่ 4.2
2. วัดแรงดันและกระแสก่อนผ่านชุดชาร์จประจุทุกๆ 1 ชั่วโมง พร้อมบันทึกผล
3. วัดแรงดันและกระแสหลังผ่านชุดชาร์จประจุทุกๆ 1 ชั่วโมง พร้อมบันทึกผล
4. หาประสิทธิภาพของวงจร
5. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองชุดชาร์จประจุแบตเตอรี่

เวลา	Output Sola Cell			Output Charger			Efficiency (%)
	แรงดัน (v)	กระแส (A)	กำลังงาน (W)	แรงดัน (v)	กระแส (A)	กำลังงาน (W)	
8.00	17.45	1.81	31.58	12.51	1.41	17.64	55.85
9.00	17.99	1.92	34.54	12.66	1.59	20.13	58.28
10.00	18.67	1.99	37.15	13.12	1.72	22.57	60.74
11.00	19.64	2.12	41.64	13.47	1.75	23.57	56.61
12.00	20.15	2.2	44.33	14.31	1.81	25.90	58.43
13.00	20.1	2.18	43.82	14.19	1.78	25.26	57.64
14.00	19.76	2.11	41.69	13.89	1.72	23.89	57.30
15.00	18.99	2.07	39.31	13.76	1.67	22.98	58.46
16.00	18.62	2.01	37.43	13.55	1.61	21.82	58.29

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นว่าประสิทธิภาพของชุดชาร์จแบตเตอรี่ที่ใช้ในโครงการนี้ประสิทธิภาพค่อนข้างสูงอยู่ที่ 60 เปอร์เซ็นต์ และกระแสทางด้าน เอาต์พุตโซลาร์เซลล์ และ เอาต์พุตชาร์เจอร์ค่อนข้างคงที่ ค่ากระแสสามารถดูได้จากตารางที่ 4.2

4.3 การทดสอบหาคุณสมบัติของระบบรวมเมื่อทำการจ่ายโหลดนาน 8 ชั่วโมง

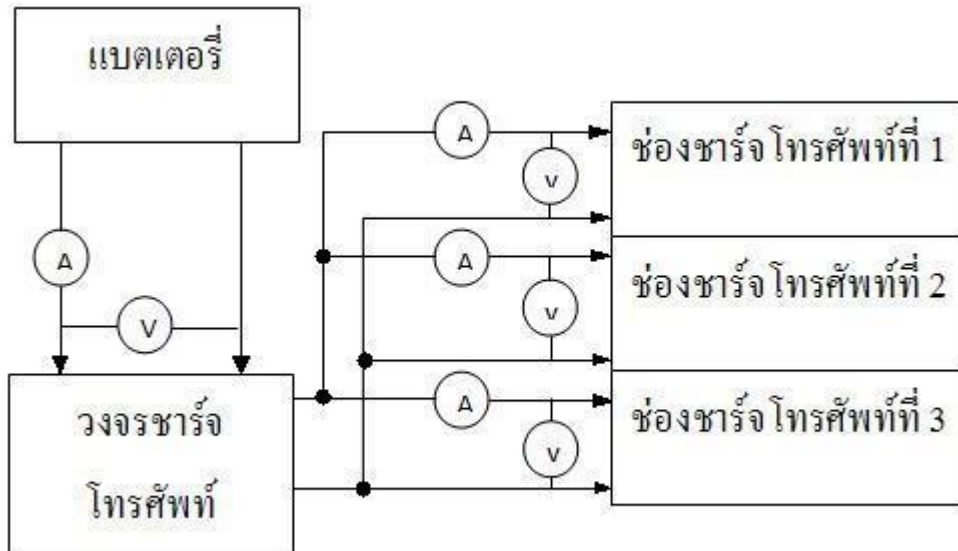
วัตถุประสงค์

เพื่อหาคุณสมบัติของระบบรวมเมื่อทำการจ่ายโหลดนาน 8 ชั่วโมง

อุปกรณ์การทดลอง

1. แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 36 แอมป์ชั่วโมง
2. สายไฟ
3. ชุดแปลงแรงดัน
4. โวลต์มิเตอร์ไฟกระแสตรง
5. แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
6. ชุดหยอดเหรียญ
7. จอ LCD 16X2
8. ปุ่มกด Key 4x3
9. ไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51RD2
10. เซอร์โวมอเตอร์

รูปการทดลอง



ภาพที่ 4.3 แสดงการทดลองหาค่าคุณสมบัติของระบบการชาร์จโทรศัพท์

การทดลอง

1. ทำการต่อวงจรการทดลองดังภาพที่ 4.3
2. ให้ชุดชาร์จโทรศัพท์เป็นโหลด
3. วัดแรงดัน และกระแสก่อนผ่านชุดวงจรชาร์จโทรศัพท์ ทุกๆ 1 ชั่วโมง พร้อมบันทึกผล
4. วัดแรงดัน และกระแสหลังผ่านชุดวงจรชาร์จโทรศัพท์ ทุกๆ 1 ชั่วโมง พร้อมบันทึกผล
5. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองเมื่อจ่ายโหลด

เวลา (Hours)	Output Battery		Output Charger					
	แรงดัน (V)	กระแส (A)	ช่องชาร์จที่ 1		ช่องชาร์จที่ 2		ช่องชาร์จที่ 3	
			แรงดัน (V)	กระแส (A)	แรงดัน (V)	กระแส (A)	แรงดัน (V)	กระแส (A)
8.00	12.54	0.99	3.89	0.23	4.51	0.36	4.78	0.25
9.00	12.47	0.95	3.91	0.19	4.56	0.25	4.94	0.36
10.00	12.39	1.02	4.51	0.39	4.01	0.29	3.98	0.19
11.00	12.31	0.90	4.56	0.33	4.12	0.17	4.12	0.25
12.00	12.22	1.09	4.01	0.30	3.87	0.23	4.60	0.41
13.00	12.14	0.87	4.11	0.26	4.01	0.17	4.89	0.29
14.00	12.03	1.71	4.86	0.51	4.80	0.48	4.10	0.57
15.00	11.95	1.48	4.91	0.46	4.91	0.35	4.21	0.52
16.00	11.82	1.13	3.89	0.24	4.55	0.29	4.87	0.45

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเป็นการต่อแบบขนานจากรูปที่ 4.3 เป็นการทดลองที่ไม่ต่อเนื่องในวันเดียว เพราะมีโทรศัพท์ที่ไม่พอต่อการทดลอง จึงใช้โทรศัพท์แค่ 3 เครื่อง และจะได้ค่าแรงดันของแบตเตอรี่ก่อนทดสอบ 13.5 โวลต์ และหลังการทดลองจะได้ค่าแรงดันแบตเตอรี่ 11.5 โวลต์ พบว่าระบบสามารถจ่ายโหลดขนาด 20 วัตต์ ได้นาน 8 ชั่วโมงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้



ภาพที่ 4.4 แสดงการจัดเรียงอุปกรณ์

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากวัตถุประสงค์ของโครงการคือสร้างระบบจ่ายไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อจ่ายโหลดพลังงานกระแสตรงขนาดเล็กที่มีแรงดันขนาด 12 โวลต์ , 5 โวลต์ , 3.3 โวลต์ สามารถใช้งานได้ นาน 8 ชั่วโมงต่อเนื่อง ขณะแบตเตอรี่ชาร์จประจุเต็ม ผู้ทดลองได้สร้างชุดชาร์จประจุแบตเตอรี่ เพื่อ เก็บกำลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงโซลาร์เซลล์ไว้ในแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 36 แอมป์ฮาวร์ และจากผลการทดลองในขั้นตอนการทดลองต่างๆ นั้นพบว่า ในการทดลองที่ 4.1 ทำให้รู้ว่ากระแส ที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์นั้นมีค่าขึ้นกับความเข้มของแสงในแต่ละช่วงเวลา และจากตารางที่ 4.1 ในช่วงเวลา 12.00 นาฬิกา ได้กระแสสูงสุด 2.20 แอมป์ และแรงดันสูงสุด 20.15 โวลต์ ในการทดลองที่ 4.2 การชาร์จประจุแบตเตอรี่พบว่าชุดชาร์จประจุนี้ให้ประสิทธิภาพการทำงานค่อนข้างดี นั้นคือมีประสิทธิภาพ 60 เปอร์เซ็นต์ และให้ประสิทธิภาพสูงสุดที่เวลา 12.00 นาฬิกา และข้อดีของ ชุดชาร์จประจุนี้ ได้แก่กระแสที่ใช้ชาร์จประจุเข้าแบตเตอรี่นั้นมีค่าค่อนข้างคงที่ คือ อยู่ในช่วง 1.41 – 1.81 แอมป์ และเนื่องจากกระแสชาร์จประจุมีน้อย และค่อนข้างคงที่ ทำให้แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานนานขึ้น ในการทดลองที่ 4.3 พบว่าสามารถทำการจ่ายโหลดได้นานถึง 8 ชั่วโมง ตาม วัตถุประสงค์จริง เนื่องจากการทดลองของโครงการนี้ ต้องทำการทดลองในที่โล่งแจ้งในเวลา กลางวัน เพื่อเก็บข้อมูลเกี่ยวกับแผงโซลาร์เซลล์ และชุดชาร์จประจุแบตเตอรี่ ทั้งยังต้องทำการ ทดลองจ่ายโหลด ซึ่งต้องใช้เวลาในการทดลองนานควรจะมีอุปกรณ์ช่วยในการเก็บข้อมูล ซึ่งจะทำ ให้ได้ข้อมูลที่ละเอียดกว่านี้ และไม่ควรถ่ายโครงการนี้ในฤดูฝน เพราะจะทำให้ได้ค่าของความเข้ม ของแสงที่ไม่สม่ำเสมอ

เอกสารอ้างอิง

- [1] ขนิษฐา เสาใบ ประสิทธิ์ชัย ศิริพรคุณศิลป์ และ ปรัชญา พลະพันธ์ุ ระบบจ่ายไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ปริญญาพนธ์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พศ.2542
- [2] พิรุพท์ ช่วยเต็ม และคณะ เครื่องประจุแบตเตอรี่ ปริญญาพนธ์วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พศ.2543
- [3] ศูนย์วิจัยอิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีการสร้างและการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ พศ.2539
- [4] สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พศ. 2526
- [5] สว่าง ประกอยรุ่งทอง แบตเตอรี่และเครื่องชาร์จ บริษัท ซีเอ็นยูเคชั่น จำกัด มหาชน พศ. 2538

ภาคผนวก

Features

- High performance, high efficiency monocrystalline silicon cells
- 3.2mm tempered glass and rigid anodised aluminium alloy frame gives exceptional strength
- Grounding holes for easy installation
- Voltage optimised for use in 12V systems
- Guaranteed 25 year power-output (90% of power after 10 years of use, 80% of power after 25 years of use)
- 40W \pm 5% power output
- CE certification
- Waterproof for permanent outdoor use

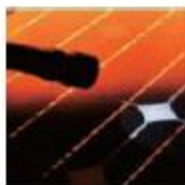


Example Applications

- Powering a 12V system
- Powering a fridge, television or laptop
- Perfect for caravans and boats



Specific Attributes



Low-iron tempered anti-reflecting glass, Back Surface Field (BSF) silicon nitride anti-reflective cell coating increase conversion efficiency.

AKT Solar logo assures of quality.

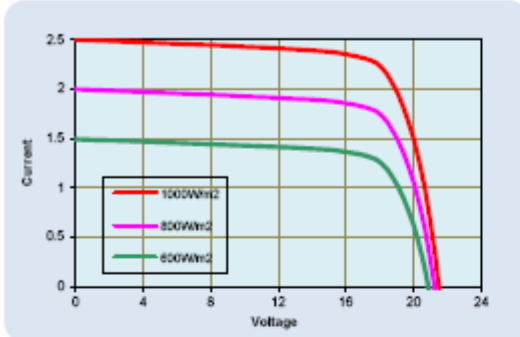


Rigid anodised aluminium frame and toughened glass prevent damage due to frost, snow, hail and high winds.

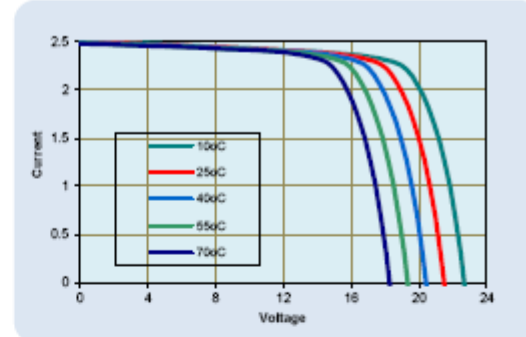
Thermal isolation between laminate and waterproof junction box minimises electrical power losses.

Electrical Output under Different Light Intensity and Temperature

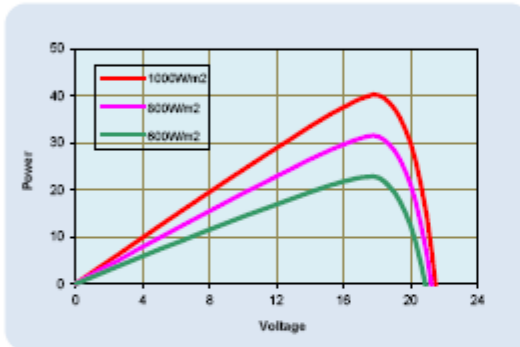
Current-Voltage Relationship, variable light intensity



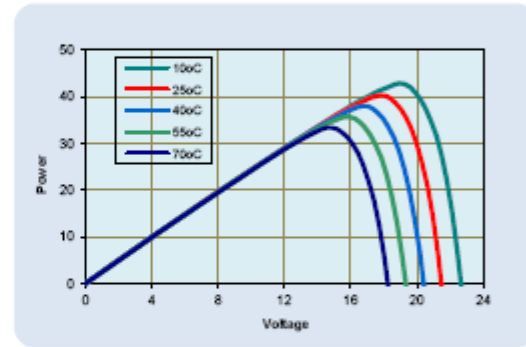
Current-Voltage Relationship, variable temperature



Power-Voltage Relationship, variable light intensity



Power-Voltage Relationship, variable temperature



Electrical Characteristics under STC¹

Open-circuit voltage (Voc)	Av 21.0V, sd 0.3
Voltage at maximum power (Vmp)	Av 17.5V, sd 0.2
Short-circuit current (Isc)	Av 2.50A, sd 0.01
Current at maximum power (Imp)	Av 2.28A, sd 0.01
Maximum power at STC (Wp)	40W ±5%
Operating temperature	-40°C to +85°C
Maximum system voltage	1000V dc
Power tolerance	±5%

¹ Standard Temperature and Conditions: 25°C, AM 1.5, 1000W/m²

Temperature Dependence of Isc, Voc and Wp

Nominal operating cell temperature (NOCT)	47°C ±2°C
Temperature coefficient of Wp	-0.5±0.05%/°C
Temperature coefficient of Voc	-0.155±0.01%/°C
Temperature coefficient of Isc	0.06±0.01%/°C

Mechanical Characteristics and Dimensions

Solar cells	Monocrystalline 125x125mm
No. of cells	36 (9x4)
Dimensions	620x540x35mm
Weight	5.3kg
Front glass	3.2mm tempered glass
Frame	Anodised aluminium alloy

Applied Knowledge and Technology Ltd
 42 Magnolia Dene W: www.akt solar.co.uk
 High Wycombe E: contact@akt solar.co.uk
 Bucks, HP15 7QE T: +44 (0)1494 372 301
 United Kingdom



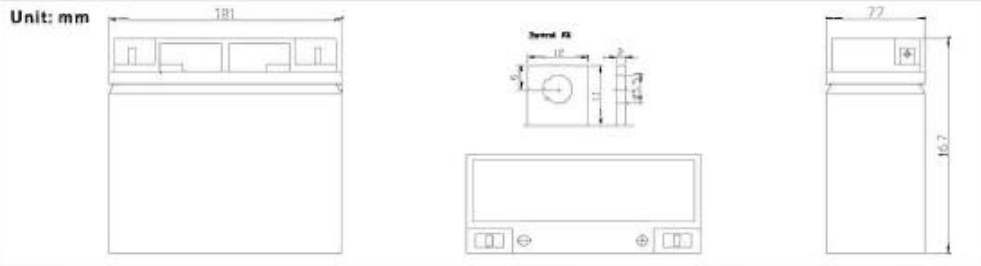
SL12-18 (12V18AH)



Specification

Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	18.0Ah@20hr -rate to 1.75V per cell @25°C
Weight	Approx. 5.3 Kg
Size (L x W x H x Total H)	181 x 77 x 167 x 167 mm.
Max. Discharge Current	180 A (5 sec)
Internal Resistance	Approx. 14 mΩ
Operating Temperature Range	Discharge: -20°C~60°C Charge: 0°C~50°C Storage: -20°C~60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C±5°C
Float charging Voltage	13.6 to 13.8 VDC/unit Average at 25°C
Recommended Maximum Charging Current Limit	5.4 A
Equalization and Cycle Service	14.5 to 14.9 VDC/unit Average at 25°C
Self Discharge	SPA batteries can be stored for more than 6 months at 25°C. Please charge batteries before using. For higher temperature, the time interval will be shorter.
Terminal	Faston F3
Container Material	A. B. S. (UL94-HB) Flammability resistance of UL94-V2 can be available upon request.

Dimensions



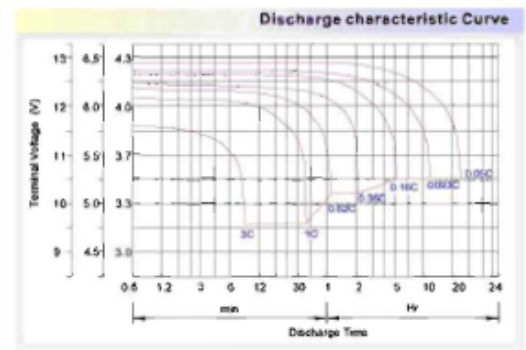
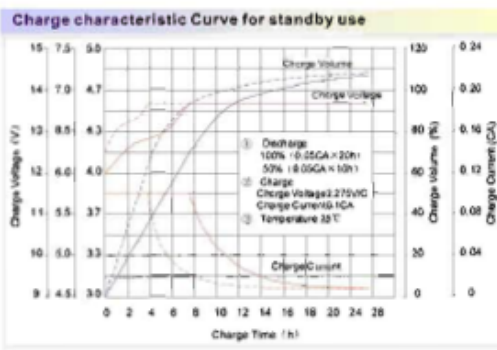
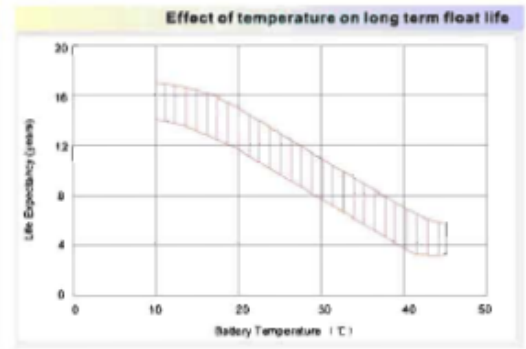
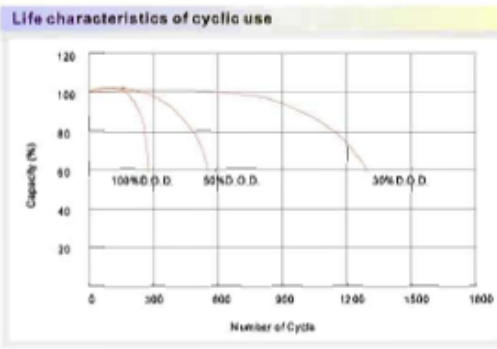
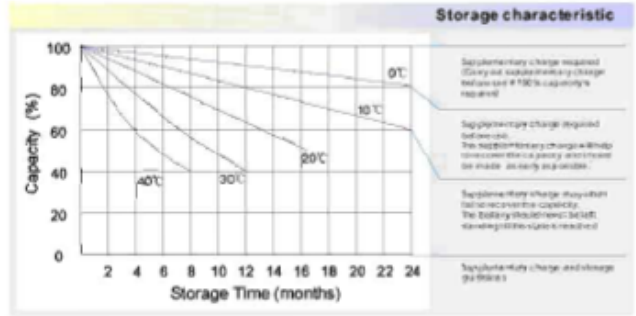
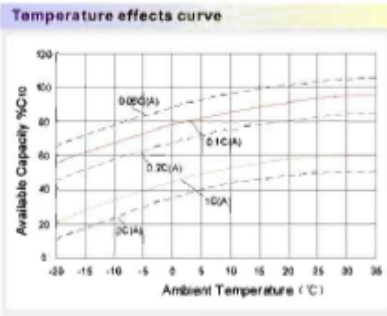
Constant Current Discharge Characteristics Unit: A(25°C)

F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	74.7	50.0	38.4	21.1	12.5	7.49	4.61	3.78	3.04	2.23	1.76	0.99
1.67V	69.9	46.6	36.1	20.8	12.4	7.43	4.59	3.76	3.02	2.23	1.75	0.95
1.70V	66.2	45.2	35.3	20.6	12.3	7.42	4.57	3.74	3.01	2.23	1.73	0.94
1.75V	59.8	42.3	33.4	20.2	12.2	7.33	4.55	3.73	2.99	2.23	1.71	0.90
1.80V	53.4	39.4	31.6	19.7	12.0	7.20	4.52	3.71	2.97	2.21	1.67	0.86
1.85V	47.0	36.5	29.7	19.2	11.8	7.09	4.48	3.69	2.95	2.21	1.66	0.85

Constant Power Discharge Characteristics Unit: W(25°C)

F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	144	93.6	76.1	42.2	25.0	15.0	9.20	7.52	7.15	4.48	3.51	1.96
1.67V	135	90.0	72.2	41.5	24.9	14.9	9.18	7.51	7.09	4.48	3.47	1.89
1.70V	132	87.3	70.5	41.3	24.8	14.8	9.16	7.51	7.07	4.45	3.44	1.85
1.75V	120	83.7	66.8	40.3	24.4	14.6	9.11	7.45	7.06	4.43	3.40	1.78
1.80V	107	78.3	63.1	39.3	24.0	14.4	9.04	7.40	7.04	4.41	3.35	1.73
1.85V	94.1	72.9	59.5	38.4	23.6	14.2	8.96	7.34	7.02	4.41	3.29	1.67

All mentioned values are average values.



Charging Procedures

Application	Charge Voltage (V)		Max. Charge Current
	Temperature	Set point / Allowable range	
Cycle Use	25°C	14.7 / 14.5-14.9	0.3C
Standby	25°C	13.7 / 13.6-13.8	0.3C

Discharge Current VS. Discharge Voltage

Final Discharge Voltage V/cell	1.75V	1.70V	1.60V
Discharge Current (A)	(A) ≤ 0.2C	0.2C < (A) < 1.0C	(A) ≥ 1.0C

Charge the batteries at least once every six months, if they are stored at 25°C.

Charging Method:

Constant Voltage	14.5-14.9V, 5-11h, Max. Current 0.3CA
------------------	---------------------------------------



EPSOLAR innovation keeps you

One Step Ahead

EPIP-20/30/40

SOLAR CONTROLLER

FOR SOLAR POWER SYSTEM WITH DIGITAL AND SYMBOL DISPLAY

EPSOLAR EPIP is the second generation with high quality and reliability.

- Adds new features and protections using highly advance technology
- Provides longer battery life and improved system performance
- Sets new standards for reliability and self-diagnostics

STANDARD FEATURES:

Versions available: 20, 30 or 40 amp

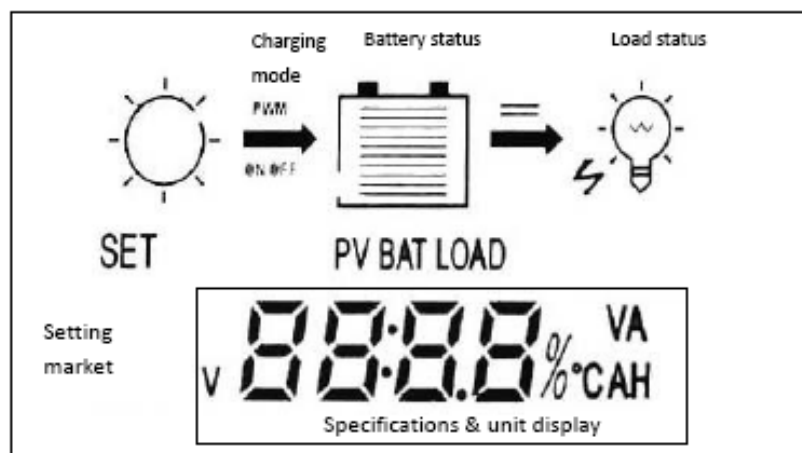
12/24 volt auot-work negative or positive ground

- PWM or ON/OFF series battery charging
- State of charge (SOC) battery regulation
- Battery Ah setting, boost charging, equalising charging, float charging
- Automatic load reconnection, manual load switch
- Automatic selection of voltage (12 V / 24 V)
- Temperature compensation
- LCD display: SOC as a fuel gauge, all system parameters in digital value, system status as symbols
- Tull circuit protection, electronic fuse • Field adjustable parameters by four buttons

ELECTRONIC PROTECTIONS:

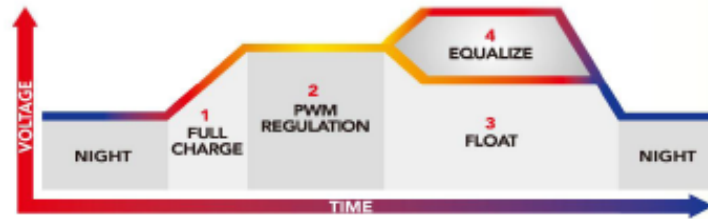
- Short circuit-solar and load
- Overload-solar and load
- Reverse polarity, reverse current at night
- High voltage disconnect
- Loads protected from voltage spikes
- Automatic recovery with all protections

EPIP SOLAR CONTROLLER(LCD DISPLAY)

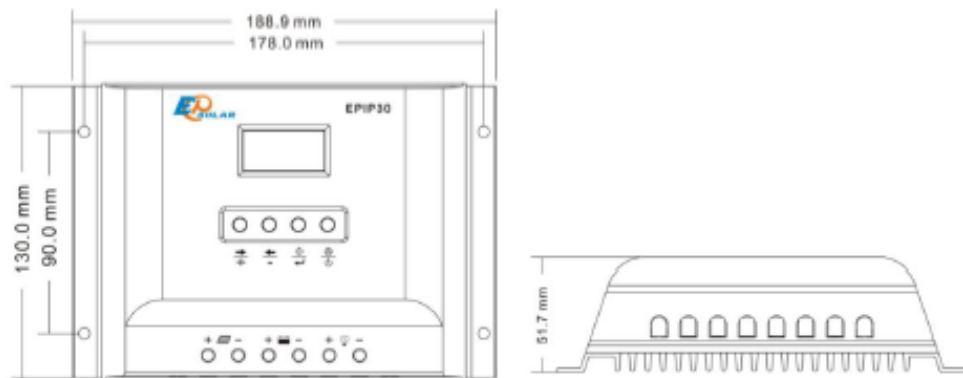


OPTIMIZED BATTERY CHARGING:

The EPIP controller has 4 stages of charging to provide increased battery capacity and life.



MECHANICAL SPECIFICATIONS:

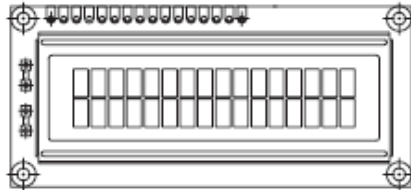


TECHNICAL INFORMATION:

	20 Amp	30Amp	40Amp
Rated solar input	20A	30A	40A
Rated load	20A	30A	40A
System voltage	12/24V	12/24V	12/24V
Regulation Voltage	14.4V	14.4V	14.4V
Float	13.4V	13.4V	13.4V
Equalization	14.8V	14.8V	14.8V
Load Disconnect	11.1V	11.1V	11.1V
Load Reconnect	12.6V	12.6V	12.6V
Temp.Comp.(mV/°C)	-30mV	-30mV	-30mV
Self-consumption	≤30mA	≤30mA	≤30mA
Operation temperature:	-35 to +55		
Compliance:	CE world Bank		
Note:values are for 12V. Use 2X for 24V.			



16 x 2 Character LCD



FEATURES

- 5 x 8 dots with cursor
- Built-in controller (KS 0066 or Equivalent)
- + 5V power supply (Also available for + 3V)
- 1/16 duty cycle
- B/L to be driven by pin 1, pin 2 or pin 15, pin 16 or A.K (LED)
- N.V. optional for + 3V power supply

MECHANICAL DATA		
ITEM	STANDARD VALUE	UNIT
Module Dimension	80.0 x 36.0	mm
Viewing Area	66.0 x 16.0	mm
Dot Size	0.56 x 0.66	mm
Character Size	2.96 x 5.56	mm

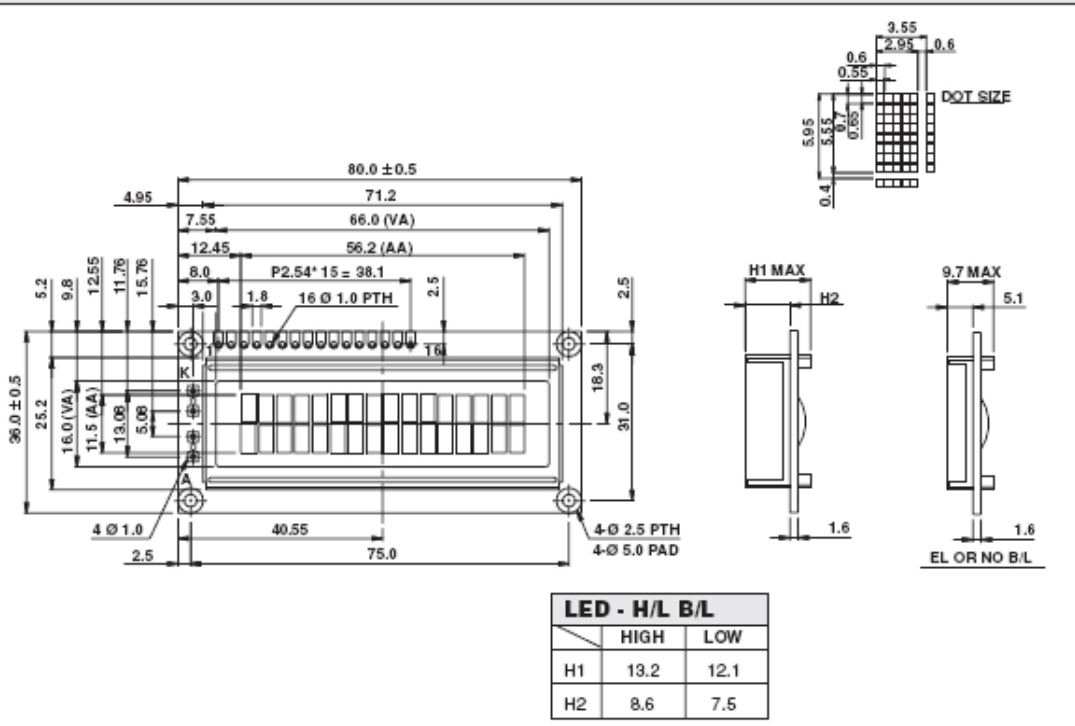
ABSOLUTE MAXIMUM RATING					
ITEM	SYMBOL	STANDARD VALUE			UNIT
		MIN.	TYP.	MAX.	
Power Supply	VDD-VSS	- 0.3	-	7.0	V
Input Voltage	VI	- 0.3	-	VDD	V

NOTE: VSS = 0 Volt, VDD = 5.0 Volt

ELECTRICAL SPECIFICATIONS							
ITEM	SYMBOL	CONDITION	STANDARD VALUE			UNIT	
			MIN.	TYP.	MAX.		
Input Voltage	VDD	VDD = + 5V	4.7	5.0	5.3	V	
		VDD = + 3V	2.7	3.0	5.3	V	
Supply Current	IDD	VDD = 5V	-	1.2	3.0	mA	
Recommended LC Driving Voltage for Normal Temp. Version Module	VDD - V0	- 20 °C	-	-	-	V	
		0°C	4.2	4.8	5.1		
		25°C	3.8	4.2	4.6		
		50°C	3.6	4.0	4.4		
		70°C	-	-	-		
LED Forward Voltage	VF	25°C	-	4.2	4.6	V	
LED Forward Current	IF	25°C	Array	-	130	260	mA
			Edge	-	20	40	
EL Power Supply Current	IEL	Vel = 110VAC:400Hz	-	-	5.0	mA	

PIN NUMBER	SYMBOL	FUNCTION
1	V _{aa}	GND
2	V _{dd}	+ 3V or + 5V
3	V _o	Contrast Adjustment
4	RS	H/L Register Select Signal
5	R/W	H/L Read/Write Signal
6	E	H → L Enable Signal
7	DB0	H/L Data Bus Line
8	DB1	H/L Data Bus Line
9	DB2	H/L Data Bus Line
10	DB3	H/L Data Bus Line
11	DB4	H/L Data Bus Line
12	DB5	H/L Data Bus Line
13	DB6	H/L Data Bus Line
14	DB7	H/L Data Bus Line
15	A/V _{ee}	+ 4.2V for LED/Negative Voltage Output
16	K	Power Supply for B/L (OV)

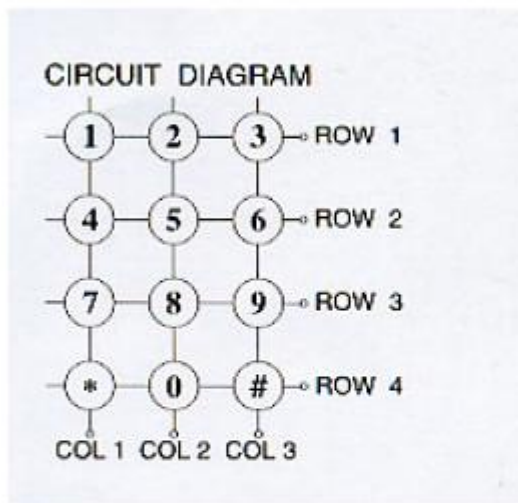
DIMENSIONS in millimeters



General Specification

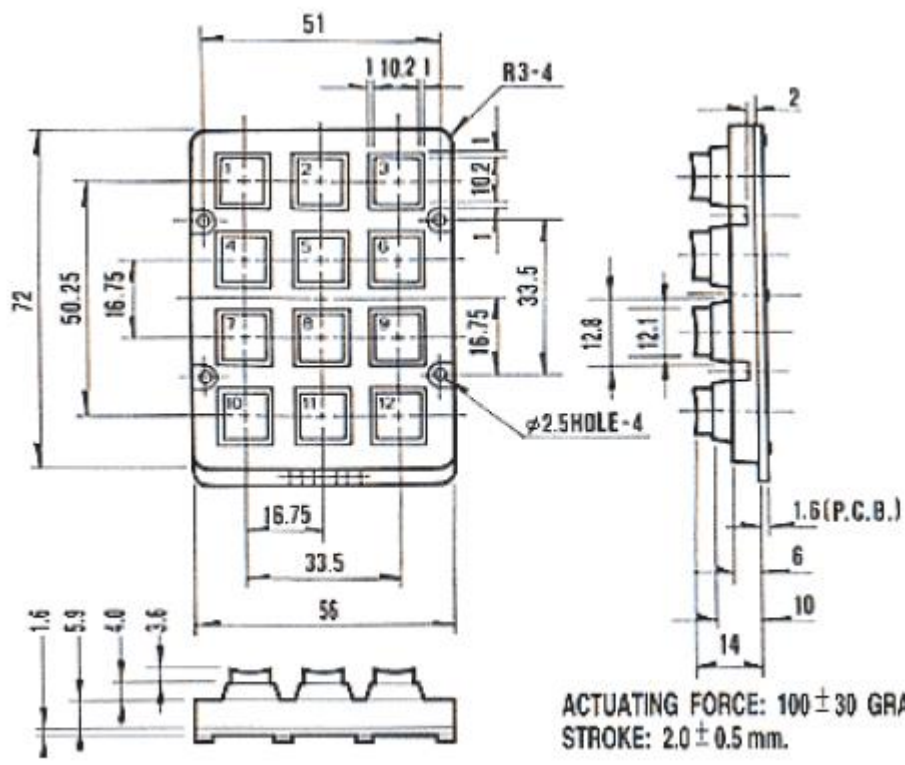
- Contact rating:20mA,24VDC
- Contact resistance:200 ohm max
- Life:1,000,000 cycles per key
- Operating Temperature: -20□ to +60□
- Storage Temperature: -40□ to +65□

Standard Matrix Circuit Diagram



AK-207

OUTPUT ARRANGEMENT	
OUTPUT PIN NO.	SYMBOL
1	COL 2
2	ROW 1
3	COL 1
4	ROW 4
5	COL 3
6	ROW 3
7	ROW 2



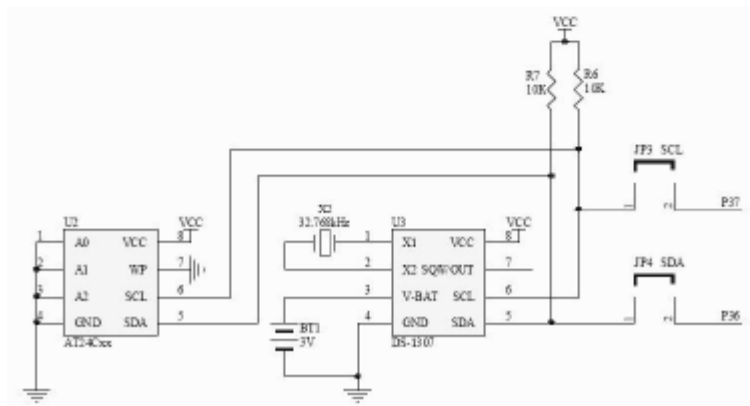
MT-MCS51-A User's manual



รายละเอียดทั่วไป

- โมดูล MT-MCS51-A รองรับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีตัวถังแบบ PLCC-44 และเลือกใช้ชิพเบอร์ P89V51RD2FA (Standard Order) มีหน่วยความจำโปรแกรม FLASH 64KB และ RAM 1KB
- X-TAL 11.0592 MHz
- 32 I/O port
- ชิพ RTC (DS1307)
- ชิพ EEPROM (24LC64)
- สามารถโปรแกรมผ่านพอร์ตอนุกรม RS232 จากบอร์ด MRT-BASE1 ได้โดยตรงหรือพอร์ต SERIAL-PROG 6P
- มีพอร์ตโปรแกรม MRT-ISP PORT ในกรณีที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ของ Atmel เบอร์ AT89Sxxxx (SPI Programming) โดยใช้งานร่วมกับชุด LPT-MULTI LOADER, MCS51-ISP/232 และ MCS51-ISP/USB

1. **PORT-0** ขาสัญญาณ P0.0-P0.7 เป็นขาพอร์ตขนาด 8 บิต ที่เชื่อมต่อโดยตรงจากพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์
2. **PORT-1** ขาสัญญาณ P1.0-P1.7 เป็นขาพอร์ตขนาด 8 บิต ที่เชื่อมต่อโดยตรงจากพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์
3. **PORT-2** ขาสัญญาณ P2.0-P2.7 เป็นขาพอร์ตขนาด 8 บิต ที่เชื่อมต่อโดยตรงจากพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์
4. **PORT-3** ขาสัญญาณ P3.0-P3.7 เป็นขาพอร์ตขนาด 8 บิต ที่เชื่อมต่อโดยตรงจากพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์
5. **SDA/SCL JUMPER** จัมเปอร์สำหรับเลือกการใช้งานอุปกรณ์ I2C ภายในโมดูล ประกอบด้วย EEPROM (24LC32) และ RTC (DS1307) โดยเชื่อมต่อขาสัญญาณ SDA กับขา P3.6 และ SCL ต่อกับขา P3.7 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังรูป



System Port

ชื่อขาพอร์ต	รายละเอียด
RX-0	ขาสัญญาณ Rx จาก UART#0 ของ MT-Module
TX-0	ขาสัญญาณ Tx จาก UART#0 ของ MT-Module
VCC	แรงดันไฟเลี้ยงให้กับโมดูล MT-Series
GND	แรงดันไฟ 0V/GND ให้กับ โมดูล MT-Series
+5V	Option สำหรับชุดดาวโหลดโปรแกรม LPT-Multi Loader ใช้ในกรณีที่ไฟเลี้ยงระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ต่ำกว่า 5V เท่านั้น
VCC-CTRL	สงวนไว้ยังไม่ใช้งาน
NC	สงวนไว้ยังไม่ใช้งาน

หมายเหตุ ขาแรงดันไฟเลี้ยงที่จ่ายให้กับ โมดูล MT-Series เป็นขา VCC และ GND เท่านั้น

อุปกรณ์เสริม (สั่งซื้อเพิ่มเติม)

- MRT-BASE 1 บอร์ดพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถรองรับการพัฒนาได้หลากหลายด้วยโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MT-Series และสามารถใช้ร่วมกับวงจรรินเตอร์เฟซในแบบต่างๆ ได้อย่างลงตัวกับชุดอินเตอร์เฟซต่าง ภายใต้รุ่น MX-Series
- MRT-BASE 2A บอร์ดพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถรองรับการพัฒนาได้หลากหลายด้วยโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MT-Series และสามารถใช้ร่วมกับวงจรรินเตอร์เฟซในแบบต่างๆ ได้อย่างลงตัวกับชุดอินเตอร์เฟซต่าง ภายใต้รุ่น MCT-02 Series

UCA Series



Coin Acceptor Installation Guide

1. Introduction

1-1. Overview

UCA Series is designed as reliable coin acceptors which are able to work steadily in high temperature for high-security with acceptance rate up to 96% or greater.

1-2. Features

- High temperature working acceptable.
- Easy download and upgrade.
- Coin dispenser option available.
- Eight coin channels available at once.
- Mechanical Anti-String function.

2. Specifications

Common

Acceptance Rate

96% or greater

Interface

Pulse
RS232(TTL level)

Electrical

Power Source

DC +12V ~ +16V

Power Consumption

Stand by : Approx. 50mA
Operating: Approx. 500mA

Mechanical

Outline Dimension

See Page.2

Accepting Speed

0.3 ~ 0.5 sec / coin

Coin Parameters

Diameter : 16mm~33mm
Thickness: 1.6mm~3.3mm

Operation Environment

Operation Temperature: -5°C~+60°C
Storage Temperature: -20°C~+75°C
Humidity: 30%~85RH(no condensation)

Weight

Approx. 0.35 kg
(UCA Series Coin Acceptor only)

3. Packing List

Main

UCA Series Coin Acceptor

Accessory

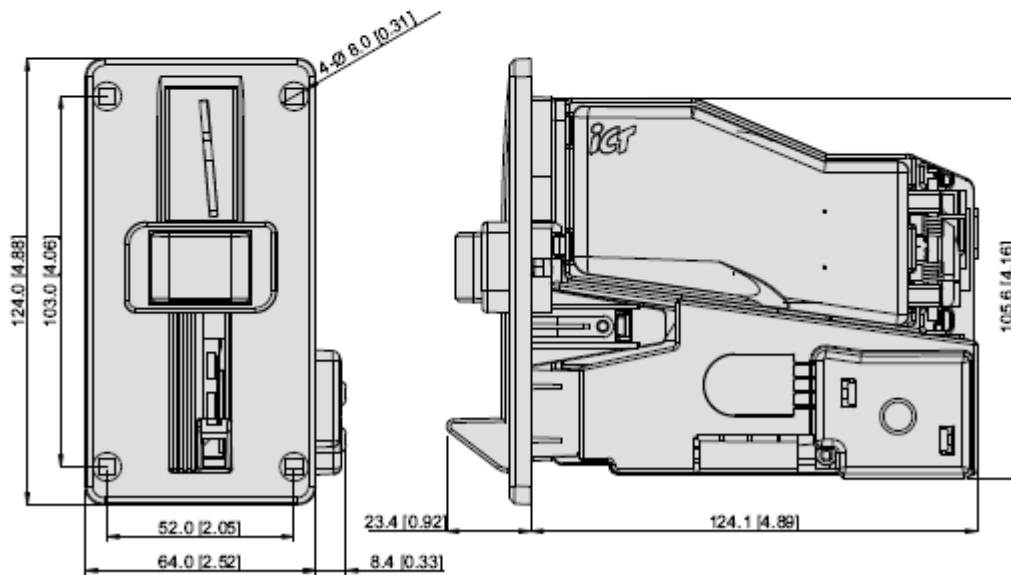
Harness: See 5-2

UCA Series Installation Guide

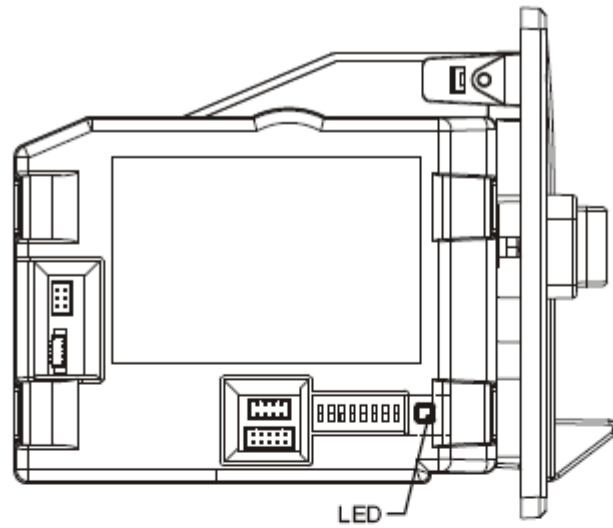
UCA Series Switches Setting Guide

Mode Type	Harness	Others
Pulse	See 5-2	Screws pack
RS232	See 5-2	N/A

4. Dimension




Unit : mm
[] : inch



LED Flashes			Status	Corrective Actions
Green	Orange	Red		
ON	N/A	N/A	Power ON	N/A
N/A	ON	N/A	INHIBIT	N/A
N/A	Flashes	N/A	I/O Test Mode	N/A
N/A	N/A	1	First coil set error	Call ICT or agents for technical support.
N/A	N/A	2	Second coil set error	Call ICT or agents for technical support.
N/A	N/A	3	Fish sensor error	Inspect for foreign objects in coin path and clean.
N/A	N/A	4	Drop sensor error	Inspect for foreign objects in coin path and clean.
N/A	N/A	5	Return sensor error	Inspect for foreign objects in coin path and clean.
N/A	N/A	6	IR sensor error	Inspect for foreign objects in coin path and clean.
N/A	N/A	7	Program error	Call ICT or agents for technical support.
N/A	N/A	Fast 2	A Stringing attempt has been detected.	Inspect for foreign objects in coin path and clean.

SONGLE RELAY

	RELAY ISO9002	SRD
---	---------------	------------



1. MAIN FEATURES

- Switching capacity available by 10A in spite of small size design for highdensity P.C. board mounting technique.
- UL, CUL, TUV recognized.
- Selection of plastic material for high temperature and better chemical solution performance.
- Sealed types available.
- Simple relay magnetic circuit to meet low cost of mass production.

2. APPLICATIONS

- Domestic appliance, office machine, audio, equipment, automobile, etc.
(Remote control TV receiver, monitor display, audio equipment high rushing current use application.)

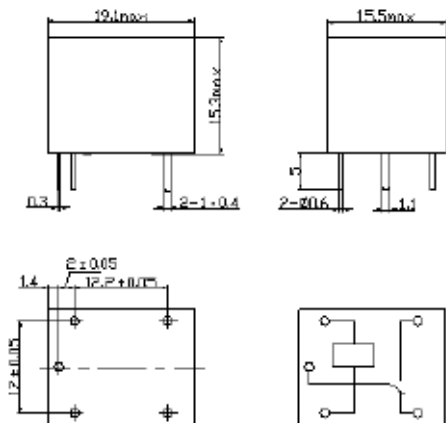
3. ORDERING INFORMATION

SRD	XX VDC	S	L	C
Model of relay	Nominal coil voltage	Structure	Coil sensitivity	Contact form
SRD	03, 05, 06, 09, 12, 24, 48VDC	S: Sealed type	L: 0.36W	A: 1 form A
		F: Flux free type	D: 0.45W	B: 1 form B C: 1 form C

4. RATING

CCC FILE NUMBER: CQC03001003731 10A/250VDC
 UL/CUL FILE NUMBER: E167996 10A/125VAC 28VDC
 TUV FILE NUMBER: R 50056114 10A/250VAC 30VDC

5. DIMENSION_(unit:mm) DRILLING_(unit:mm) WIRING DIAGRAM



ANNOUNCED SPECIFICATION OF HS-55 MICRO LITE SERVO

1. TECHNICAL VALUES

CONTROL SYSTEM
OPERATING VOLTAGE RANGE
OPERATING TEMPERATURE RANGE
TEST VOLTAGE
OPERATING SPEED
OPERATING TORQUE
OPERATING ANGLE
DIRECTION
IDLE CURRENT
RUNNING CURRENT
DEAD BAND WIDTH
CONNECTOR WIRE LENGTH
DIMENSIONS
WEIGHT

:+PULSE WIDTH CONTROL 1500usec NEUTRAL

:4.8V TO +6.0V

:-20°C TO +60°C

:AT 4.8V

:0.17sec/60° AT NO LOAD

:1.1kg.cm(15.27oz.in)

:40°/ONE SIDE PULSE TRAVELING 400usec

:CLOCK WISE/PULSE TRAVELING 1500 TO 1900usec

:5.4mA

:150mA

:8usec

:160mm(6.29in)

:22.8x11.6x24mm(0.89x0.45x0.94in)

:8g(0.28oz)

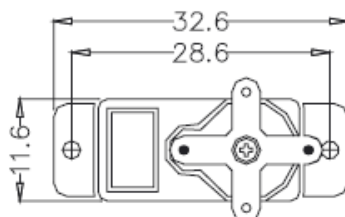
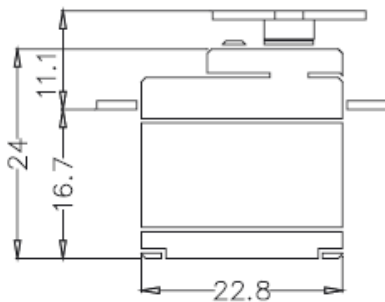
AT 6.0V

0.14sec/60° AT NO LOAD

1.3kg.cm(18.05oz.in)

5.5mA

180mA



2. FEATURES

5-POLE CORELESS MOTOR
DIRECT POTENTIOMETER DRIVE
HYBRID I.C

3. APPLICATIONS

1/2A PLANES AND ELECTRIC DRAGSTERS



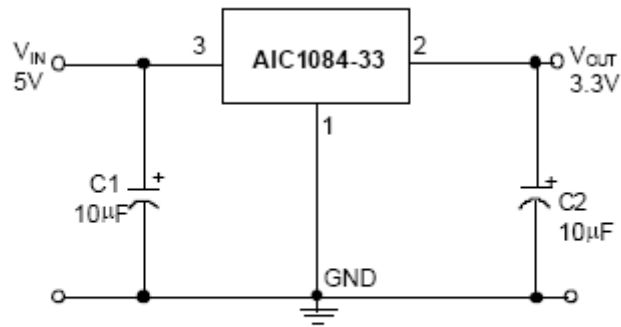
■ FEATURES

- Dropout Voltage 1.3V at 5A Output Current.
- Fast Transient Response.
- Extremely Tight Line and Load Regulation.
- Current Limiting and Thermal Protection.
- Adjustable Output Voltage or Fixed 1.5V, 1.8V, 3.3V.
- Standard 3-Pin Power Packages.

■ DESCRIPTION

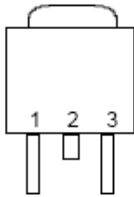
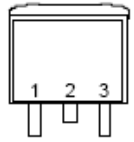
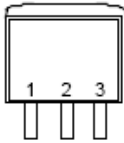
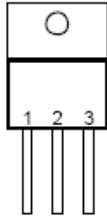
The AIC1084 is a low dropout three terminal regulator with 5A output current capability. The output voltage is adjustable with the use of a resistor divider or fixed 3.3V. Dropout voltage is guaranteed to be at maximum of 1.4V with the maximum output current. Its low dropout voltage and fast transient response make it ideal for low voltage microprocessor applications. Current limit and thermal protection provide protection against any overload condition that would create excessive junction temperatures.

■ TYPICAL APPLICATION CIRCUIT



Fixed Voltage Regulator

■ ORDERING INFORMATION

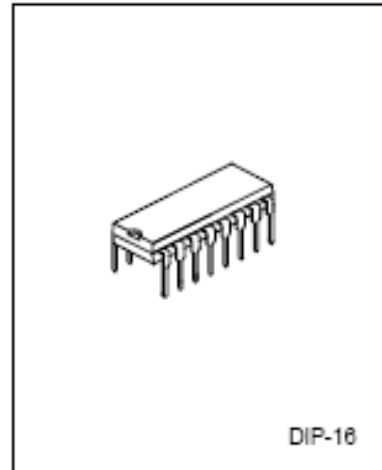
ORDER NUMBER	PIN CONFIGURATION
AIC1084CE (TO-252)	FRONT VIEW 1: ADJ (GND) 2: VOUT (TAB) 3: VIN 
AIC1084CM (TO-263)	FRONT VIEW 1: ADJ (GND) 2: VOUT (TAB) 3: VIN 
AIC1084CMA (TO-263AA)	FRONT VIEW 1: ADJ (GND) 2: VOUT (TAB) 3: VIN 
AIC1084CT (TO-220)	FRONT VIEW 1: ADJ (GND) 2: VOUT (TAB) 3: VIN 

HIGH VOLTAGE AND HIGH CURRENT DARLINGTON TRANSISTOR ARRAY

DESCRIPTION

The ULN2003 is a monolithic high voltage and high current Darlington transistor arrays. It consists of seven NPN darlington pairs that features high-voltage outputs with common-cathode clamp diode for switching inductive loads. The collector-current rating of a single darlington pair is 500mA. The darlington pairs may be paralleled for higher current capability. Applications include relay drivers, hammer drivers, lampdrivers, display drivers(LED gas discharge), line drivers, and logic buffers.

The ULN2003 has a 2.7kΩ series base resistor for each darlington pair for operation directly with TTL or 5V CMOS devices.

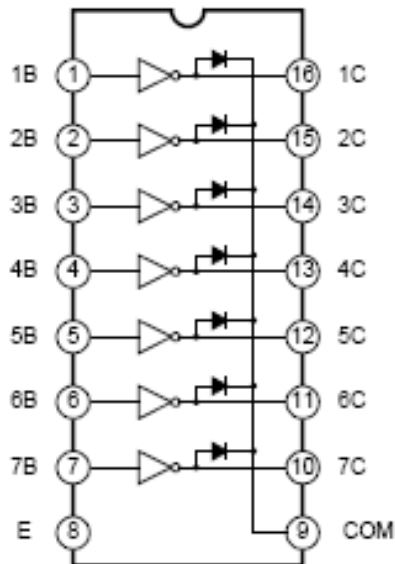


DIP-16

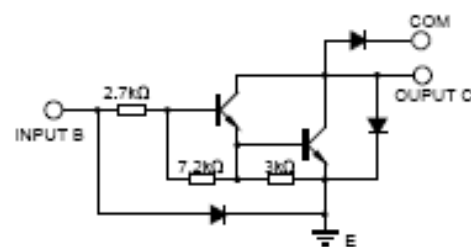
FEATURES

- * 500mA rated collector current(Single output)
- * High-voltage outputs: 50V
- * Inputs compatible with various types of logic.
- * Relay driver application

LOGIC DIAGRAM



SCHEMATIC(EACH DARLINGTON PAIR)



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS($T_a=25^{\circ}\text{C}$)

Characteristic	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	V _{CE}	50	V
Input Voltage	V _I	30	V
Peak Collector Current	I _O	500	mA
Total Emitter-terminal	I _{OK}	500	mA
Power Dissipation	P _d	950 $T_{amb}=25^{\circ}\text{C}$	mW
		495 $T_{amb}=85^{\circ}\text{C}$	mW
Operating Temperature	T _{opr}	-20~ +85	°C
Storage Temperature	T _{stg}	-65 ~ +150	°C

Note: All voltage values are with respect to the emitter/substrate terminal E, unless otherwise noted.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS($T_a=25^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified)

Characteristic	Test Figure	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Units
On-state Input Voltage	6	V _{I(ON)}	V _{CE} =2V, I _C =200mA			2.4	V
			V _{CE} =2V, I _C =250mA			2.7	
			V _{CE} =2V, I _C =300mA			3	
Collector-Emitter Saturation Voltage	5	V _{CE(SAT)}	I _I =250 μ A, I _C =100mA		0.9	1.1	V
			I _I =350 μ A, I _C =200mA		1	1.3	
			I _I =500 μ A, I _C =350mA		1.2	1.6	
Collector Cutoff Current	1	I _{CEX}	V _{CE} =50V, I _I =0			50	μ A
	2		V _{CE} =50V, I _I =0, T _a =70°C			100	
Clamp Forward Voltage	8	V _F	I _F =350mA		1.7	2	V
Off-state Input Current	3	I _{I(OFF)}	V _{CE} =50V, I _C =500mA, T _a =70°C	50	65		μ A
Input Current	4	I _I	V _I =3.85V		0.95	1.35	mA
Clamp Reverse Current	7	I _R	V _R =50V			50	μ A
			V _R =50V, T _a =70°C			100	
Input Capacitance	--	C _I	V _I =0, f=1MHz		15	25	pF
Propagation delay time, low-to-high-level output	9	t _{PLH}			0.25	1	μ s
Propagation delay time, high-to-low-level output	9	t _{PHL}			0.25	1	μ s
High-level output Voltage after switching	10	V _{OH}	V _S =50V, I _O =300mA	V _S -20			mV

TEST CIRCUITS

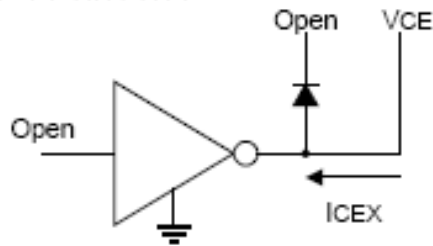


Figure 1 ICEX Test Circuit

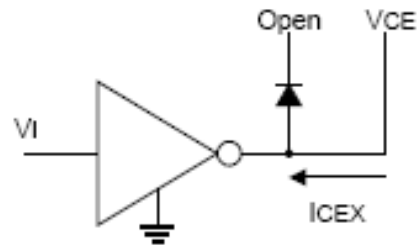


Figure 2 ICEX Test Circuit

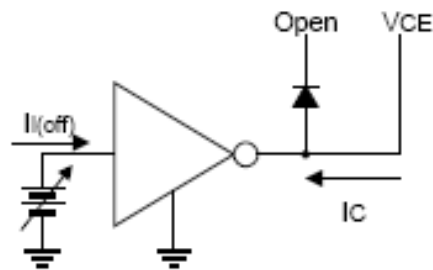


Figure 3 II(off) Test Circuit

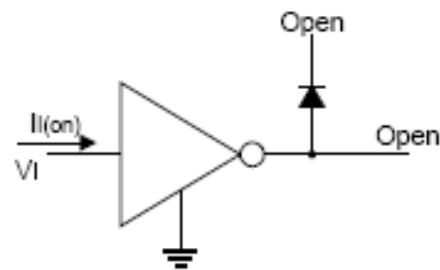
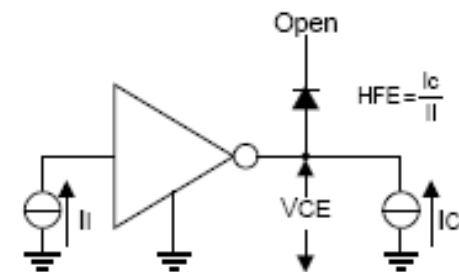


Figure 4 II(on) Test Circuit



Note: II is fixed for measuring VCE(sat), variable for measuring HFE.

Figure 5 HFE, VCE(sat) Test Circuit

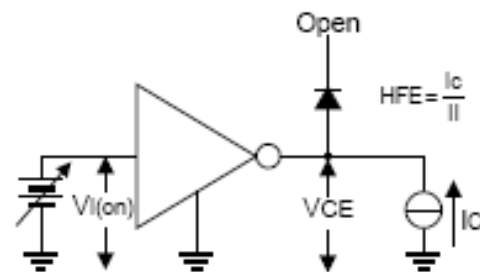


Figure 6 VI(on) Test Circuit

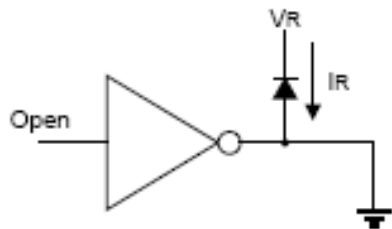


Figure 7 IR Test Circuit

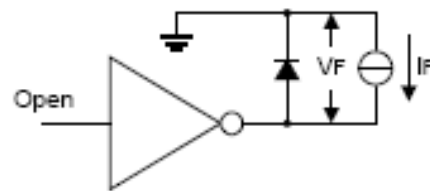


Figure 8 VF Test Circuit

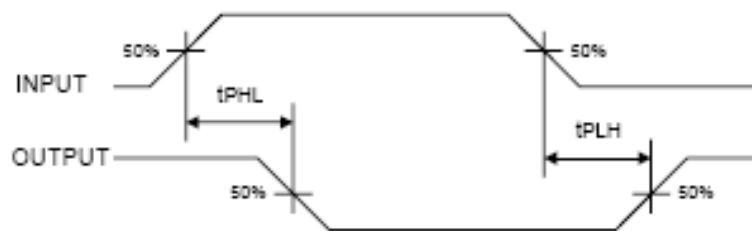
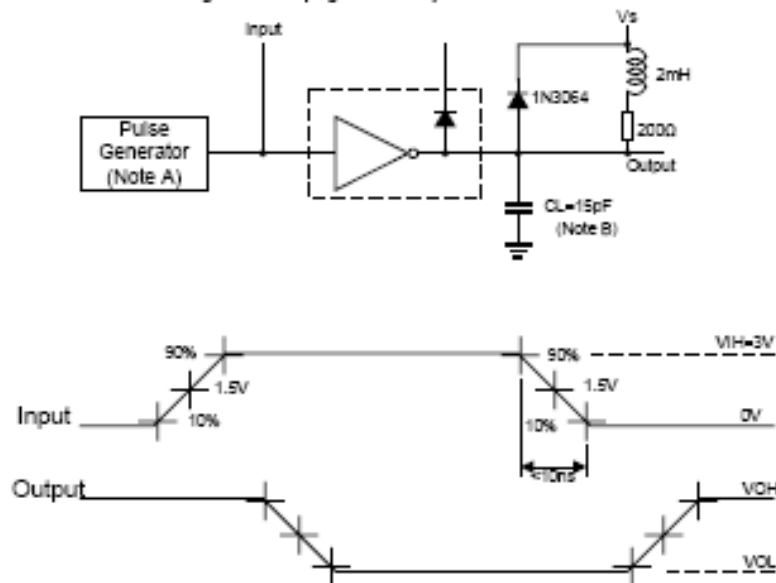


Figure 9. Propagation Delay Time Waveforms

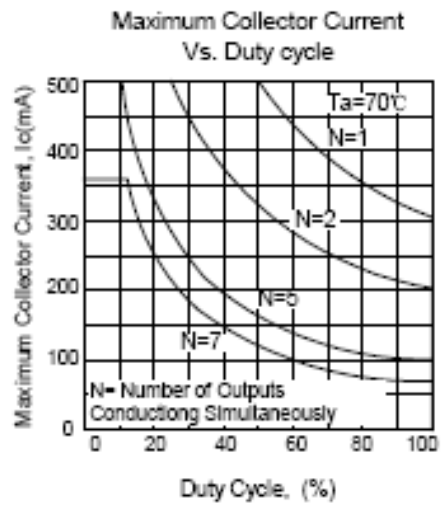
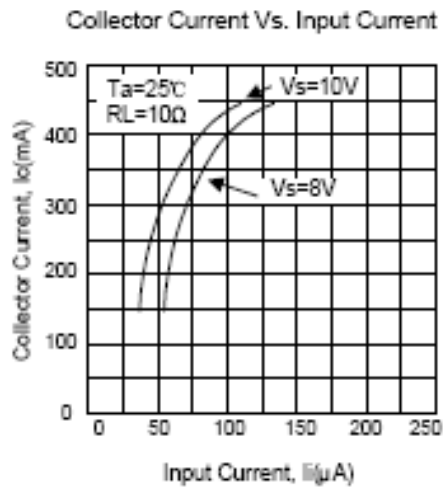
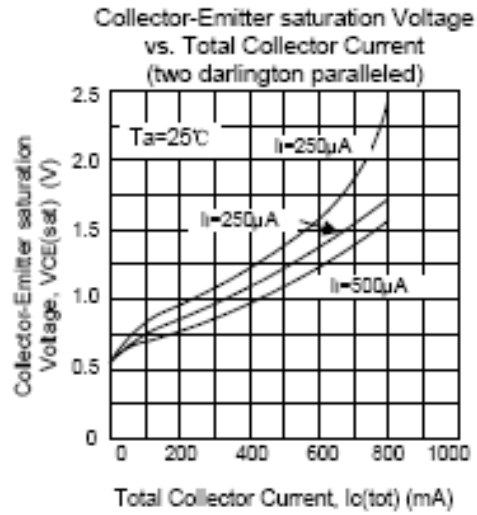
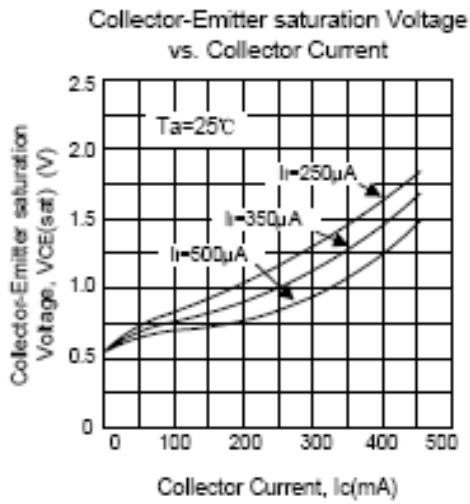


Note: A. The Pulse generator has the following characteristics: PRR=12.5kHz, Zo=50Ω

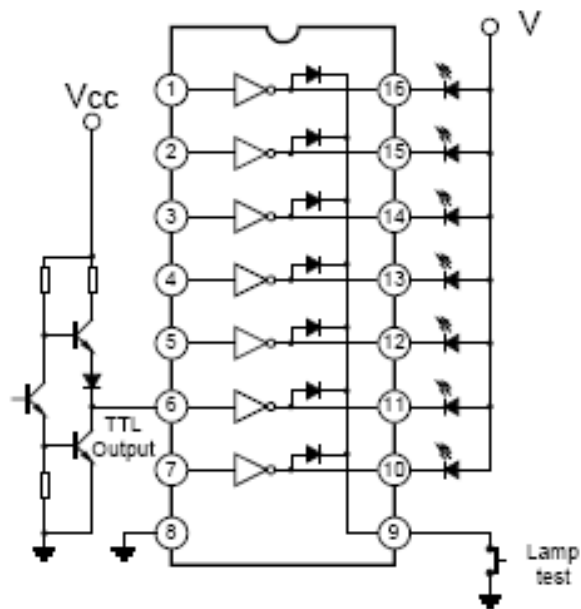
B. CL includes probe and jig capacitance.

Figure 10. Latch-up Test Circuit and Voltage Waveforms

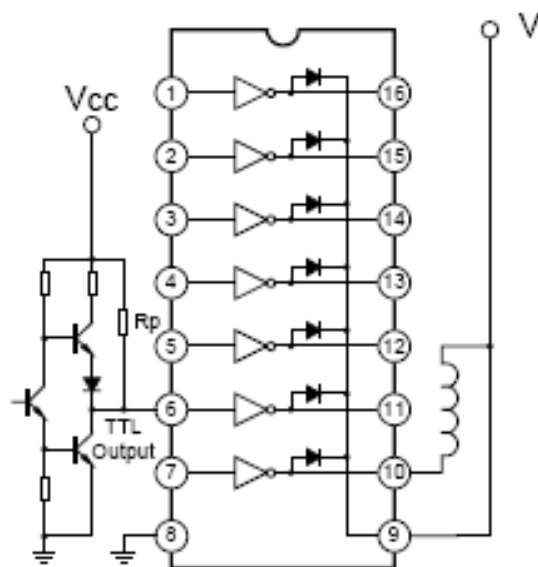
TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS



TYPICAL APPLICATION CIRCUIT



TTL to Load



Use of pullup Resistor to increase drive Current