



รายงานสหกิจ

ระบบไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44

ELECTRICAL SYSTEM OF THE M44 AUTOMATIC ELECTRICAL CONTROL DEVICE

อรนุช น้อยพิน

ORANUCH NUYPIN

ปุณญาภา ชื่นชวน

POONYAPA CHUENCHUAN

หลักสูตรวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รายงานสหกิจ

ระบบไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44

ELECTRICAL SYSTEM OF THE M44 AUTOMATIC ELECTRICAL CONTROL DEVICE

อรนุช น้อยพิน

ORANUCH NUYPIN

บุญญาภา ชื่นชวน

POONYAPA CHUENCHUAN

หลักสูตรวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2023

DEPARTMENT OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG PINCE OF
CHUMPHON CAMPUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์
ประจำปีการศึกษา 2565

เรื่อง ระบบไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44
Electrical System of The M44 Automatic Electrical Control Device

ผู้จัดทำ นางสาวอรนุช น้อยพิน รหัสนักศึกษา 62201021
นางสาวปัญญภา ชื่นชวน รหัสนักศึกษา 62201022

ปฏิบัติงาน บริษัท อินเทลเน็ตเวิร์ค เน็ตเวิร์ค เว็บบ จำกัด
Intellect Network Web Co., Ltd

ที่อยู่ 9 ถนน รามคำแหง ซอย รามคำแหง43 เขต บางกะปิ แขวง หัวหมาก
จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10240

พนักงานที่ปรึกษา นายกษิตศ ตำนถาวรเจริญ
ตำแหน่ง วิศวกรอิเล็กทรอนิกส์



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์สั๊กกะพันธ์ คล้ายดอกจันทร์)

หนังสือส่งรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เรื่อง ขอส่งรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ตามที่ดิฉัน นางสาวอรนุช น้อยพิน และนางสาวปุญญาภา ชื่นชวน นักศึกษาสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ได้ปฏิบัติงานสหกิจศึกษาระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ.2565 ถึงวันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565 ในตำแหน่งนักศึกษาฝึกงานในแผนกวิศวกร (Engineer) ณ บริษัท อินเทลเน็ตเวิร์ค เน็ตเวิร์ค เว็บ จำกัด (Intellect Network Web Co.,Ltd) ได้รับมอบหมายจากพนักงานที่ปรึกษาสหกิจให้จัดทำโครงการระบบไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44 เพื่อสามารถรองรับมาตรฐานความปลอดภัยโดยมีกระแสและแรงดันที่เพียงพอต่อการใช้งาน

บัดนี้ การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาเสร็จสิ้นลงแล้ว จึงใคร่ขอส่งรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์ดังกล่าว จำนวน 1 เล่ม เพื่อขอคำปรึกษาต่อไป จึงเรียนมาเพื่อพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

นางสาวอรนุช น้อยพิน

นางสาวปุญญาภา ชื่นชวน

นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ใบรับรองสหกิจศึกษา

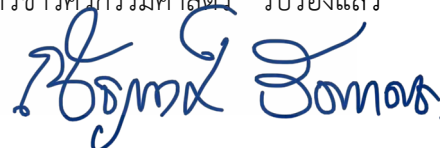
หัวข้อสหกิจ ระบบไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44
Co-operative Title Electrical system of the M44 automatic electrical control device
ชื่อนักศึกษา นางสาวอรนุช น้อยพิน รหัสนักศึกษา 62201021
นางสาวปญญาภา ชื่นชวน รหัสนักศึกษา 62201022
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สั๊กกะพันธ์ คล้ายดอกจันทร์

คณะกรรมการสอบสหกิจศึกษา		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.มนตรี ไชยชาญยุทธ์	กรรมการสอบ	
ผศ.ดร.เกษมสุข เสพศิริสุข	กรรมการสอบ	
ผศ.ดร.ภาสภณ มโนสุกฤตกุล	กรรมการสอบ	
ว่าที่ร้อยตรี ศิลา ศิริมาสกุล	กรรมการสอบ	
อาจารย์สั๊กกะพันธ์ คล้ายดอกจันทร์	อาจารย์ที่ปรึกษา	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ 22 ธันวาคม 2565 เวลา 09.00 น. – 16.30 น.

สถานที่สอบ อาคารเรียนตึก E

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ รัตนเดช)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 15 มิถุนายน 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อสหกิจ	ระบบไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44
นักศึกษา	นางสาวอรนุช น้อยพิน รหัสนักศึกษา 62201021 นางสาวปญญาภา ชื่นชวน รหัสนักศึกษา 62201022
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สั๊กกะพันธ์ คล้ายดอกจันทร์
พนักงานที่ปรึกษา	นายกษิติศ ด้านถาวรเจริญ
ปีการศึกษา	2565

บทคัดย่อ

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์เล่มนี้นำเสนอระบบไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44 โดยเครื่องจะทำงานโดยการเปิด-ปิดไฟได้ผ่านหน้าเว็บไซต์ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มของทางบริษัทจะประกอบไปด้วย การออกแบบแผงวงจรในส่วนของการควบคุมและส่วนของแอลอีดีแสดงสถานะการทำงานให้เหมาะสมกับกล่องของฝ่ายออกแบบผลิตภัณฑ์ เครื่องสามารถรองรับกระแสไฟฟ้าสูงสุดของแต่ละช่อง 36 แอมป์ และรองรับไฟกระแสรวมสูงสุด 60 แอมป์ มีวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์ทำหน้าที่แปลงแรงดันจาก 6 โวลต์ไปเป็น 5.2 โวลต์เพื่อใช้ในวงจรควบคุม

จากการทดลองพบว่าแรงดันไฟฟ้าขณะไม่มีโหลดเท่ากับ 5.2 โวลต์ ส่วนขณะมีโหลดตัวต้านทาน 5 โอห์ม 5.14 โวลต์ รีเลย์ทำงานที่แรงดัน 5 โวลต์ หลังจากเปิดการทำงานรีเลย์ทั้ง 4 ตัวพร้อมกัน แรงดันเอาต์พุตวัดได้ 4.55 โวลต์ การทดลองวงจรพัลลวมสามารถรับ-ส่งค่า 0 และ 1 ให้กับซอฟต์แวร์อย่างถูกต้องและใช้งานได้ การทดสอบกระแสไฟฟ้าเพาเวอร์ซัพพลายรับกระแสไฟฟ้าสูงสุดได้ที่ 2 แอมป์ วงจรที่ออกแบบมาสามารถดึงกระแสสูงสุดเอาต์พุต 1.387 แอมป์ ซึ่งสามารถทำงานได้ การทดลองการใช้งานอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44 สามารถใช้งานได้ตามความต้องการ

คำสำคัญ: แผงวงจร, อุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติ, แรงดันไฟฟ้า

Cooperative Title	Electrical System of The M44 Automatic Electrical Control Device	
Student	Miss. Oranuch Nuypin	Student ID 62201021
	Miss. Poonyapa Chuenchuan	Student ID 62201022
Degree	Bachelor of Engineering	
Program in	Electronics Engineering	
Advisor	Mr. Sakapan Klaydokjan	
Mentor	Mr. Kasidit Danthavorncharoen	
Academic Year	2022	

ABSTRACT

This complete cooperative education report presents the electrical system of the M44 automatic control device, which can be operated by turning it on and off the light through the company's web platform. This Electrical System consist of the design of the circuit board in the control part, and the LED part showing the working status by the box size must be compatible with the design of the product design department. The unit can handle a maximum output current of 36 amps per channel and a maximum total current of 60 amps. There is a buck converter circuit that converts the voltage from 6 volts to 5.2 volts for use in the control circuit.

From the experiment found that the no-load voltage was 5.2 volts, while the load with a 5-ohm resistor was 5.14 volts. The relay operates at a voltage of 5 volts. After all 4 relays was activated simultaneously, the output voltage measures 4.55 volts. The fan circuit experiment can receive and send logic to the software correctly. Experiment of the power supply current, the maximum current is 2 amps, the circuit designed can be generated a maximum output current of 1.387 amps, it able to work. Experiment of M44 automatic electric control device can able to work as needed.

Keywords: PCB, Automatic Control Device, Voltage

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์สำเร็จจุล่งได้เป็นอย่างดีด้วยความช่วยเหลือ และการสนับสนุนจากบุคคลหลาย ๆ ท่าน ซึ่งผู้เขียนขอขอบพระคุณทุก ๆ ท่านดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ บริษัท อินเทลเล็คท เน็ตเวิร์ค เว็บ จำกัด ที่ได้เอื้อให้นักศึกษาได้มีโอกาสศึกษา และจัดทำโครงการสหกิจศึกษาร่วมกับบริษัทตลอดจนสถานที่ ที่ข้าพเจ้าใช้ในการปฏิบัติการ และการช่วยเหลือการสนับสนุนจากพนักงานที่ปรึกษาในทุก ๆ ด้านเสมอมา

ขอขอบพระคุณคุณพ่อ และคุณแม่ผู้ซึ่งคอยให้การอบรมสั่งสอนเลี้ยงดู สนับสนุนการศึกษาตลอดจนให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบพระคุณ อาจารย์สักระพันธ์ คล้ายดอกจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งให้คำแนะนำแนวคิดตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ มาโดยตลอดจนโครงการเสร็จสมบูรณ์ ผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำคอยช่วยเหลือเสมอมา และขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ ที่ช่วยให้คำแนะนำดี ๆ จนทำให้โครงการสำเร็จจุล่งไปได้ด้วยดี และประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

อรนุช น้อยพิน
ปริญญานิพนธ์ ชื่นชวน
กรกฎาคม 2566

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงการ.....	1
1.3 ขอบเขตของการทำโครงการ.....	1
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	2
1.4.1 บริษัท.....	2
1.4.2 นักศึกษา.....	2
1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....	2
1.6 โครงสร้างของรายงานสหกิจศึกษา.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply).....	5
2.1.1 สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น.....	5
2.1.2 หลักการทำงานของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply).....	5
2.1.3 คอนเวอร์เตอร์ (Convertor).....	6
2.2 รีเลย์ (Relay).....	6
2.2.1 หลักการทำงานของรีเลย์.....	7
2.2.2 ส่วนประกอบสำคัญของรีเลย์.....	7
2.2.3 การทำงานของรีเลย์.....	7
2.2.4 ประเภทของรีเลย์.....	8

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.4.1 เพาเวอร์รีเลย์ (Power Relay).....	8
2.2.4.2 โซลิตสเตตรีเลย์ (SSR).....	8
2.2.4.3 แลทชิ่งรีเลย์ (Latching Relay).....	9
2.2.4.4 เซฟตี้รีเลย์ (Safety Relay).....	9
2.2.4.5 ไทม์เมอร์รีเลย์ (Timer Relay).....	10
2.2.4.6 เทอร์มินอลรีเลย์ (Terminal Relay).....	10
2.2.4.7 สเต็ปป์รีเลย์ (Stepping Relay).....	11
2.3 วงจรลดทอนระดับแรงดันแบบบัคคอนเวอร์เตอร์ (Buck Converter).....	11
2.4 มอสเฟต (Mosfet).....	12
2.4.1 โครงสร้างของมอสเฟต.....	13
2.4.2 สัญลักษณ์ของมอสเฟต.....	14
2.5 สัญญาณที่ใช้ในการสื่อสาร (Signal).....	15
2.5.1 สัญญาณอนาล็อก (Analog Signal).....	16
2.5.2 สัญญาณดิจิตอล (Digital Signal).....	16
2.5.3 วิธีการสื่อสารข้อมูล (Data Transmission).....	16
2.6 ไดโอด (Diode).....	16
2.6.1 ประเภทของไดโอดแบบสารกึ่งตัวนำ.....	17
2.6.1.1 ไดโอดเปล่งแสงหรือแอลอีดี (Light Emitting Diode ; LED).....	17
2.6.1.2 โฟโตไดโอด (Photo Diode).....	18
2.6.1.3 ไดโอดกำลัง (Power Diode).....	18
2.6.1.4 ไดโอดวาร์กเตอร์หรือวาริแคป (Varactor or Varicap Diode).....	19
2.6.1.5 ซีเนอร์ไดโอด (Zener Diode).....	19
2.6.2 การทำงานของไดโอด.....	20
2.7 การเลือกใช้สายไฟ.....	21
2.7.1 สายไฟของแหล่งจ่ายไฟ.....	21
2.7.2 ขั้วต่อสายไฟสำหรับต่อตัวนำภายนอก.....	22

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบ.....	24
3.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติ M44.....	24
3.2 แผนผังการทำงานของระบบอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44.....	26
3.2.1 แผนผังการทำงานเปิด-ปิดของระบบอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่นM44.....	26
3.2.2 แผนผังการทำงานของวงจรถัดไป.....	27
3.3 การออกแบบวงจร.....	28
3.3.1 การออกแบบวงจรแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 6 โวลต์.....	28
3.3.2 การออกแบบวงจรลดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงอินพุตจาก 6 โวลต์ ไปเอาต์พุต 5 โวลต์.....	29
3.3.3 การออกแบบวงจรถัดไปให้สามารถเปิด-ปิด ตามคำสั่งของซอฟต์แวร์ และส่งค่าสถานะการทำงานให้กับซอฟต์แวร์.....	29
3.3.4 การออกแบบวงจรแอลอีดี (LED) แสดงสถานะการทำงานของวงจรถัดไป.....	30
3.3.5 การออกแบบวงจรรีเลย์.....	31
3.3.6 การเชื่อมต่อกราวด์และแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ กับดับเบิลยูเอสบี (USB) 2 ชั้นของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติของรุ่น M44.....	31
3.4 การออกแบบแผงวงจร (PCB) ในส่วนของการควบคุมและแผงวงจร (PCB) ในส่วนของแอลอีดี (LED) แสดงสถานะ.....	32
3.4.1 การออกแบบแผงวงจรให้สอดคล้องกับกล่องของฝ่ายออกแบบฝ่ายผลิตภัณฑ์.....	32
3.4.2 การออกแบบฟุตพริ้น ของอุปกรณ์ในรุ่น M44.....	33
3.4.3 ออกแบบลายเส้นของบอร์ดพีซีบี (PCB) ในอุปกรณ์.....	34
3.4.4 ตรวจสอบแผงวงจรที่ออกแบบทั้งหมดว่าพอดีกับกล่องของฝ่ายผลิตภัณฑ์ ออกแบบในโปรแกรม Solid work 2019 หรือไม่.....	35
3.5 ขั้นตอนการทำงาน.....	36
3.5.1 ขั้นตอนการประกอบแผงวงจร (PCB) ของระบบไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุม ไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44.....	36
3.5.2 ขั้นตอนการผลิตอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติของรุ่น M44.....	37

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....	39
4.1 การทดลองภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุต 5.2 โวลต์.....	39
4.2 การทดลองการทำงานของวงจรถวล.....	40
4.3 การทดลองการทำงานของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ ของยูเอสบี (USB) 2 ชั้น.....	41
4.4 การทดลองแรงดันและการกินกระแสไฟฟ้ากระแสตรงขณะที่วงจรถวลทำงาน.....	42
4.5 การทดลองการทำงานของแผงวงจรแอลอีดี (LED) แสดงสถานะทำงาน.....	44
บทที่ 5 สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ.....	46
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	46
5.1.1 สรุปผลการทดลองภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุต 5.2 โวลต์.....	46
5.1.2 สรุปผลการทดลองการทำงานของวงจรถวล.....	46
5.1.3 สรุปผลการทดลองการทำงานของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงไฟเลี้ยงเอาต์พุต 5 โวลต์ของยูเอสบี (USB) 2 ชั้น.....	46
5.1.4 สรุปผลการทดลองแรงดันและการกินกระแสไฟฟ้ากระแสตรงขณะที่วงจรถวล ทำงาน.....	47
5.1.5 สรุปผลการทดลองการทำงานของแผงวงจรแอลอีดี (LED) แสดงสถานะ ทำงาน.....	47
5.2 ปัญหาและอุปสรรค.....	47
5.3 การแก้ไขปัญหา.....	47
เอกสารอ้างอิง.....	49
ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งานระบบไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44.....	51
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ (Datasheet).....	53
ประวัติผู้เขียน.....	141

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....	3
2.1 สัญลักษณ์ของชนิดเอ็นฮานซ์เมนต์มอส (Enhancement MOSFET) และชนิดดพลีชั่นมอส (Depletion MOSFET).....	14
2.2 ขนาดของตัวนำ.....	22
2.3 ขนาดของขั้วต่อสำหรับตัวนำไฟฟ้าและสายดินป้องกัน.....	23
4.1 การทดลองแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุต 5.2 โวลต์.....	39
4.2 การทดลองการทำงานของวงจรถูกพัฒนา.....	40
4.3 การทดลองการทำงานของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ ของยูเอสบี (USB) 2 ชั้น.....	42
4.4 การทดลองการวัดค่าการกินกระแสไฟฟ้ากระแสตรงขณะมีการทำงาน.....	43
4.5 การทดลองการทำงานของแผงวงจรแอลอีดี (LED) แสดงสถานะทำงาน.....	44

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบพื้นฐานของสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply).....	6
2.2 ตัวอย่างการทำงานของรีเลย์.....	7
2.3 รีเลย์ประเภทเพาเวอร์รีเลย์ (Power Relay).....	8
2.4 รีเลย์ประเภทโซลิตสเตตรีเลย์ (SSR).....	9
2.5 รีเลย์ประเภทแลทชิ่งรีเลย์ (Latching Relay).....	9
2.6 รีเลย์ประเภทเซฟตี้รีเลย์ (Safety Relay).....	10
2.7 รีเลย์ประเภทไทมเมอร์รีเลย์ (Timer Relay).....	10
2.8 รีเลย์ประเภทเทอร์มินอลรีเลย์ (Terminal Relay).....	11
2.9 รีเลย์ประเภทสเต็ปป์รีเลย์ (Stepping Relay).....	11
2.10 วงจรลดทอนระดับแรงดันแบบบัคคอนเวอร์เตอร์.....	12
2.11 มอสเฟต (MOSFET).....	13
2.12 เปรียบเทียบสัญญาณอนาล็อกกับสัญญาณดิจิทัล.....	15
2.13 ประเภทต่าง ๆ ของไดโอด.....	17
2.14 ไดโอดเปล่งแสงหรือแอลอีดี.....	18
2.15 โฟโตไดโอด.....	18
2.16 ไดโอดกำลัง.....	19
2.17 ไดโอดวาร์เรเตอร์หรือวาริแคป.....	19
2.18 ซีเนอร์ไดโอด.....	20
2.19 การให้ไบอัสตรง.....	20
2.20 การไบอัสอุปกรณ์ไดโอดย้อนกลับ.....	21
3.1 บล็อกไดอะแกรมระบบไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติ M44.....	24
3.2 แผนผังการทำงานเปิด-ปิด ของระบบอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44.....	26
3.3 แผนผังการทำงานของวงจรพัลลวม.....	27
3.4 วงจรภาคจ่ายไฟแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุต 6 โวลต์.....	28
3.5 วงจรลดแรงดันกระแสไฟฟ้าจากเอาต์พุต 6 โวลต์ ไปเอาต์พุต 5 โวลต์.....	29
3.6 วงจรพัลลวมให้สามารถเปิด-ปิด ตามคำสั่งของซอฟต์แวร์ และส่งค่าสถานะการณ ทำงานให้กับซอฟต์แวร์.....	29

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.7 การออกแบบวงจรแอลอีดี (LED) แสดงสถานะการทำงานของวงจร.....	30
3.8 การออกแบบวงจรรีเลย์.....	31
3.9 การเชื่อมต่อกราวด์และแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ กับตัวเก็บประจุ (USB) 2 ชั้นของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติของรุ่น M44.....	32
3.10 แบบภายนอกของแผงวงจรอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44 และแผงวงจรแอลอีดี แสดงสถานะการทำงาน.....	32
3.11 การออกแบบฟุตปริ้นของเทอร์มินอลรุ่น KF88SA-16.0 3 ช่อง และ KF48S-9.5 5 ช่อง.....	33
3.12 การออกแบบฟุตปริ้นของรีเลย์รุ่น G6QE.....	34
3.13 การออกแบบฟุตปริ้นของ LM2596.....	34
3.14 การออกแบบแผงวงจรของรุ่น M44 ในโปรแกรม Proteus 8.9 Professional.....	35
3.15 ตรวจสอบแผงวงจรที่ออกแบบทั้งหมดว่าพอดีกับกล่องของฝ่ายผลิตภัณฑ์ออกแบบในโปรแกรม Solid work 2019.....	36
4.1 การวัดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงคงที่ 5.2 โวลต์.....	40
4.2 การส่งค่าอินพุตของวงจรพัลลวม.....	41
4.3 การวัดค่าแรงดันไฟฟ้าของยูเอสบี.....	42
4.4 การวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้าของวงจร.....	43
4.5 การทำงานแผงวงจรแอลอีดีแสดงสถานะ.....	45

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา จุดมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ ขอบเขตของการทำโครงการประโยชน์หรือผลที่คาดว่าจะได้รับขั้นตอน วิธีการดำเนินงาน และเค้าโครงของรายงานสหกิจศึกษาของโครงการระบบไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44 ณ บริษัท อินเทลเล็คท์ เน็ตเวิร์ค เว็บบ จำกัด

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ในปัจจุบันอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติได้มีการนำไปใช้งานกันอย่างแพร่หลาย เช่น บ้านพักอาศัย คอนโดมิเนียม เป็นต้น และเนื่องด้วยที่ผ่านมาจากบริษัทนั้นได้มีการผลิตอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติไว้อยู่แล้ว แต่ด้วยอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติในบางรุ่นได้พบปัญหาในด้านต่าง ๆ เช่น การรองรับกระแสไม่เพียงพอต่อการใช้งาน และไม่ผ่านมาตรฐานด้านความปลอดภัย ทางบริษัทจึงได้คิดค้นผลิตภัณฑ์อุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่นใหม่ขึ้นมาคือ อุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44 เพื่อสามารถรองรับกับมาตรฐานความปลอดภัยโดยมีกระแสที่เพียงพอต่อการใช้งาน

ผู้จัดทำโครงการจึงได้มีส่วนร่วมในการผลิตอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติขึ้นนี้ โดยใช้โปรแกรม Proteus 8.9 Professional ในการออกแบบวงจรของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44 จากนั้นได้มีการคิดวิเคราะห์ และออกแบบวงจรพัฒนา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวงจรทั้งหมดภายในอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติขึ้นนี้

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงการ

- 1) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44
- 2) เพื่อให้กระแสและแรงดันของอุปกรณ์อยู่ในสถานะที่สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ
- 3) เพื่อเพิ่มช่องทางการใช้งานของดับเบิ้ลยูเอสบี (USB) 2 ชั้นให้สามารถใช้งานได้

1.3 ขอบเขตของการทำโครงการ

- 1) การออกแบบแผงวงจรในส่วนของการควบคุม และส่วนของไฟแสดงสถานะการทำงานจะต้องมีขนาดกว้าง 187.4 มิลลิเมตร และยาว 113 มิลลิเมตร ให้เหมาะสมกับกล่องที่ฝ่ายออกแบบผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การเลือกเพาเวอร์ซัพพลาย (Power Supply) มาใช้งานให้เข้ากับคุณสมบัติของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44

3) การเลือกรีเลย์ (Relay) มาใช้งานให้เข้ากับคุณสมบัติของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44

4) การออกแบบวงจรลดแรงดันไฟฟ้าแรงดันกระแสตรงเอาต์พุตได้ 5.2 โวลต์ เพื่อเข้าสู่วงจรหลัก

5) การออกแบบวงจรพัลลัม ให้สามารถเปิด-ปิด ตามคำสั่งของซอฟต์แวร์ได้

6) แผงวงจรแอลอีดี (LED) แสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44 สามารถใช้งานได้

7) ช่องทางการสื่อสารของดับเบิลยูเอสบี (USB) 2 ชั้นสามารถใช้งานได้

8) การประกอบอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44 ให้สามารถทำงานได้

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1 บริษัท

1) โครงการนี้สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์ได้

2) โครงการนี้สามารถตอบสนองการใช้งานของผู้ใช้งานได้มากขึ้นผ่านช่องทางการสื่อสารที่เพิ่มขึ้นมากกว่าวงจร

3) โครงการนี้สามารถนำไปพัฒนาอุปกรณ์รุ่นต่อไปได้

1.4.2 นักศึกษา

1) มีความรู้ความเข้าใจในการออกแบบวงจรผ่านโปรแกรม Proteus มากยิ่งขึ้น

2) ได้พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์เกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า

3) ได้ฝึกฝนทักษะการทดลองวงจรต่างๆ การต่อวงจรและการทดสอบวงจรก่อนที่จะนำวงจรไปใช้งานจริง

4) ได้เรียนรู้การทำงานในรูปแบบบริษัทก่อนจบการศึกษา

1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานที่ผู้จัดทำวางแผน และสหกิจศึกษาของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44 โดยแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 1.1 ดังนี้

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน															
	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1) รับหัวข้อโครงการ จากหัวหน้า																
2) เก็บข้อมูลความต้องการ																
3) ศึกษาการใช้งานอุปกรณ์																
4) ออกแบบโครงสร้าง																
5) ออกแบบวงจร																
6) ทดสอบวงจรทั้งหมด																
7) แก้ไขวงจร																
8) ทดสอบวงจรทั้งหมดอีกครั้ง																
9) ประกอบวงจรเข้ากับตัวกล่อง																

1.6 โครงสร้างของรายงานสหกิจศึกษา

ในรายงานสหกิจศึกษานี้จะอธิบายโครงงานสหกิจศึกษาหัวข้อระบบไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44 โดยแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ซึ่งแต่ละส่วนจะอธิบายเนื้อหาที่เกี่ยวข้องไว้อย่างครบถ้วนในแต่ละบทมีหัวข้อดังต่อไปนี้

บทที่ 1 ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของการทำโครงงาน ขอบเขตของการทำโครงงาน ประโยชน์ที่ได้รับ ขั้นตอน วิธีการดำเนินงาน และโครงสร้างของรายงานสหกิจศึกษา

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในบทนี้จะกล่าวถึง ทฤษฎีเกี่ยวกับสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) ทฤษฎีเกี่ยวกับรีเลย์ (Relay) ทฤษฎีเกี่ยวกับวงจรลดทอนระดับแรงดันแบบบัคคอนเวอร์เตอร์ (Buck Converter) ทฤษฎีเกี่ยวกับโครงสร้าง และชนิดของมอสเฟต (Mosfet Structure) ทฤษฎีเกี่ยวกับสัญญาณที่ใช้ในการสื่อสาร (Signal) ไดโอด (Diode) และการเลือกใช้สายไฟ

บทที่ 3 วิธีการออกแบบวงจรในบทนี้จะกล่าวถึง บล็อกไดอะแกรม แผนผังการทำงานของระบบอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44 การออกแบบวงจร การออกแบบแผงวงจร และขั้นตอนการทำงาน

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลในบทนี้จะกล่าวถึง การทดสอบระบบไฟฟ้าของ อุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44 โดยมีการทดลองภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุตได้ 5.2 โวลต์ การทดลองแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของรีเลย์ การทดลองการทำงานของวงจรถอด การทดลองการทำงานของแผงวงจรแอลอีดีแสดงสถานะทำงาน การทดลองการกินกระแสไฟฟ้กระแสตรงขณะที่วงจรถอดทำงาน และการทดลองการทำงานของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงไฟเลี้ยงเอาต์พุต 5 โวลต์ ของดับเบิ้ลยูเอส ปี 2 ชั้น

บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลองในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลอง สรุปผลการทดลอง สรุปการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44 และข้อเสนอแนะ



บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่นำมาใช้กับโครงงานนี้คือ ทฤษฎีเกี่ยวกับสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) ทฤษฎีเกี่ยวกับรีเลย์ (Relay) ทฤษฎีเกี่ยวกับวงจรลดทอนระดับแรงดันแบบบัคคอนเวอร์เตอร์ (Buck Converter) ทฤษฎีเกี่ยวกับโครงสร้าง และชนิดของมอสเฟส (Mosfet Structure) ทฤษฎีเกี่ยวกับสัญญาณที่ใช้ในการสื่อสาร (Signal) ไดโอด (Diode) และการเลือกใช้สายไฟ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply)

สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย [1] เป็นแหล่งจ่ายไฟตรงคงค่าแรงดันแบบหนึ่งและสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟจากไปสลับโวลต์สูงให้เป็นแรงดันไฟตรงค่าต่ำ เพื่อใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ได้เช่นเดียวกัน แหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น ถึงแม้เพาเวอร์ซัพพลายทั้งสองแบบ จะต้องมีการใช้หม้อแปลงในการลดทอนแรงดันสูงให้เป็นแรงดันต่ำเช่นเดียว แต่สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย จะต้องการใช้หม้อแปลงที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักน้อย เมื่อเทียบกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้นอีกทั้งสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายยังมีประสิทธิภาพสูงกว่าอีกด้วย

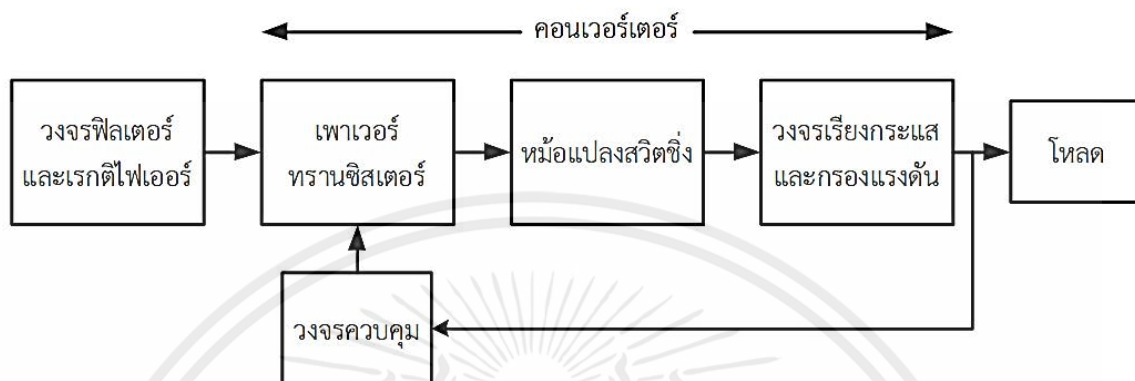
2.1.1 สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น

ข้อได้เปรียบของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น ประสิทธิภาพที่สูง ขนาดเล็กและน้ำหนักเบาว่าแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น เนื่องจากแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้นใช้หม้อแปลงความถี่ต่ำจึงมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก เมื่อทำงานมีแรงดันและกระแสผ่านตัวหม้อแปลงตลอดเวลา กำลังงานสูญเสียที่เกิดจากหม้อแปลงจึงมีค่าสูง การคงค่าแรงดันแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้นส่วนมากจะใช้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ต่ออนุกรมที่เอาต์พุต เพื่อจ่ายกระแสและคงค่าแรงดันกำลังงานสูญเสียในรูปความร้อนจะมีค่าสูง และต้องใช้แผงพัดลมขนาดใหญ่ซึ่งใช้พื้นที่มาก

2.1.2 หลักการทำงานของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

หลักการทำงานของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย [2] สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายมีองค์ประกอบพื้นฐานที่คล้ายคลึงกันและไม่ซับซ้อนมากนัก ดังรูปที่ 2.1 หัวใจสำคัญของสวิตชิงเพาเวอร์

ซึ่งพลาจะอยู่ที่คอนเวอร์เตอร์ เนื่องจากทำหน้าที่ทั้งลดทอนแรงดันและคงค่าแรงดันเอาต์พุตด้วย องค์ประกอบต่าง ๆ ทำงานตามลำดับดังนี้



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบพื้นฐานของสวิตซิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply)

(ที่มา: <https://powerelectronics-21052112.blogspot.com/2019/07/basic-switching-power-supply.html>)

2.1.3 คอนเวอร์เตอร์ (Convertor)

คอนเวอร์เตอร์ [3] เป็นส่วนสำคัญที่สุดในสวิตซิ่งเพาเวอร์ซัพพลายมีหน้าที่ลดทอนแรงดันไฟตรงค่าสูงลงมาเป็นแรงดันไฟตรงค่าต่ำและสามารถคงค่าแรงดันได้ คอนเวอร์เตอร์มีหลายแบบขึ้นอยู่กับลักษณะการจัดวงจรภายใน คอนเวอร์เตอร์แต่ละแบบจะมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป โดยจะมีการเลือกใช้คอนเวอร์เตอร์แบบใดจะขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้งาน

2.2 รีเลย์ (Relay)

รีเลย์ [4] เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งทำหน้าที่ตัดต่อวงจรแบบเดียวกับสวิตช์ โดยการทำงานด้วยไฟฟ้ารีเลย์มีหลายประเภท ตั้งแต่รีเลย์ขนาดเล็กที่ใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป จนถึงรีเลย์ขนาดใหญ่ที่ใช้ในงานไฟฟ้าแรงสูงโดยมีรูปร่างหน้าตาแตกต่างกันออกไป แต่มีหลักการทำงานคล้ายคลึงกัน สำหรับการนำรีเลย์มาไปใช้งานจะใช้ในการตัดต่อวงจรรีเลย์ ทั้งนี้ยังสามารถเลือกใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ โดยการควบคุมวงจรไฟฟ้ากระแสสลับมีประโยชน์มากมาย เช่น ความปลอดภัย ความน่าเชื่อถือ การควบคุมความแม่นยำ และการใช้งานที่หลากหลายในอุตสาหกรรมต่าง ๆ

2.2.1 หลักการทำงานของรีเลย์

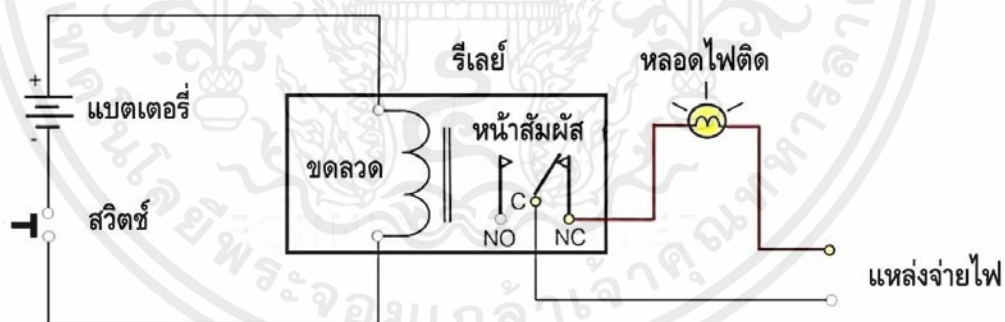
รีเลย์จะทำงานโดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดเพื่อเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก สำหรับใช้ดึงดูดหน้าสัมผัส (Contact) ให้เปลี่ยนทิศทางการไหลของไฟฟ้า เพื่อควบคุมการจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ คล้ายกับสวิตช์

2.2.2 ส่วนประกอบสำคัญของรีเลย์

- 1) ขดลวด (Coil) ทำหน้าที่รับแรงดันไฟฟ้าจากวงจรตัวควบคุม เพื่อเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าให้เปลี่ยนเป็นพลังงานแม่เหล็กในการทำให้ดึงดูดหน้าสัมผัสให้เปลี่ยนตำแหน่ง
- 2) หน้าสัมผัส (Contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์ที่กำหนดทิศทางการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ที่ต้องการ

2.2.3 การทำงานของรีเลย์

การทำงานของรีเลย์ [5] จะทำงานโดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็กสำหรับใช้ดึงดูดหน้าสัมผัสให้เปลี่ยนทิศทางการไหลของไฟฟ้า เพื่อควบคุมการจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่างๆคล้ายกับสวิตช์ รีเลย์มีหลักการทำงานตามรูปแบบของจุดต่อใช้งานมาตรฐาน มีตัวอย่างการทำงานของรีเลย์ ในสภาวะปกติที่ไม่มีการกดสวิตช์แบตเตอรี่ไม่จ่ายไฟให้ขดลวด ทำให้ไม่เกิดการเหนี่ยวนำหน้าสัมผัส จึงอยู่ในสภาวะปกติปิด แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างการทำงานของรีเลย์

(ที่มา: <https://shorturl.asia/Uc63x>)

- 1) จุดต่อแบบ NC (Normally Close) คือ ปกติปิดหากยังไม่มีการจ่ายไฟให้ขดลวด (Coil) หน้าสัมผัสนี้จะเชื่อมต่อกับจุดต่อ C โดยทั่วไปแล้ว มักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลา

2) จุดต่อแบบ NO (Normally Open) คือ ปกติเปิดหากยังไม่มีกระแสไฟให้ขดลวด (Coil) หน้าสัมผัสจะยังไม่เชื่อมต่อกับจุดต่อ C โดยทั่วไปแล้วมักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์

3) ขา COM (Common) เป็นขาที่ถูกใช้งานร่วมกันระหว่าง NC และ NO ขึ้นอยู่กับว่าขณะนั้นมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดหรือไม่ หน้าสัมผัสในรีเลย์ 1 ตัวอาจมีมากกว่า 1 ชุด ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตและลักษณะของงานที่ถูกนำไปใช้จำนวนหน้าสัมผัส

2.2.4 ประเภทของรีเลย์

โดยสามารถแบ่งประเภทของรีเลย์ ตามลักษณะหรือวัตถุประสงค์การใช้งานได้ดังนี้

2.2.4.1 เพาเวอร์รีเลย์ (Power Relay)

เพาเวอร์รีเลย์ ดังรูปที่ 2.3 คือรีเลย์ที่ช่วยตรวจสอบการทำงานของวงจรไฟฟ้าที่มีความผิดปกติจากการเกิดกระแสไฟฟ้าขาดหรือกระแสไฟฟ้าเกินและเกิดแรงดันต่ำ-แรงดันสูงได้เป็นอย่างดีโดยเพาเวอร์รีเลย์นั้นจะทำหน้าที่ตัดวงจรส่วนที่ผิดปกติออกทันที เพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ และส่วนประกอบต่าง ๆ ของไฟฟ้าเกิดความเสียหายได้



รูปที่ 2.3 รีเลย์ประเภทเพาเวอร์รีเลย์ (Power Relay)

(ที่มา: <https://misumitechnical.com/technical/electrical/relay-working-principles/#>)

2.2.4.2 โซลิตสเตตรีเลย์ (SSR)

โซลิตสเตตรีเลย์ ดังรูปที่ 2.4 เป็นรีเลย์ที่มีขนาดเล็ก โครงสร้างแตกต่างจากรีเลย์ทั่วไป คือไม่ใช้ส่วนของหน้าสัมผัสในการตัด-ต่อวงจรแต่จะใช้อุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductor) ทำให้ไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนที่ ข้อดีคือ ลดเสียงรบกวนตอบสนองการทำงานรวดเร็ว ไม่มีการสปาร์ก เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าน้อย



รูปที่ 2.4 รีเลย์ประเภทโซลิดสเตตรีเลย์ (SSR)

(ที่มา: <https://misumitechnical.com/technical/electrical/relay-working-principles/#>)

2.2.4.3 แลตชิ่งรีเลย์ (Latching Relay)

แลตชิ่งรีเลย์ ดังรูปที่ 2.5 เป็นชนิดที่ไม่ต้องจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดเหนี่ยวนำตลอดเวลาหน้าสัมผัสจะยังคงเชื่อมต่อกันเพื่อนำกระแสไฟฟ้าจ่ายให้กับอุปกรณ์ได้ตามต้องการ แลตชิ่งรีเลย์ประกอบด้วยหน้าสัมผัส 2 ชุด และมีขดลวดเหนี่ยวนำหรือโซลินอยด์ 2 แบบ คือ แบบขดลวดเหนี่ยวนำ 1 ชุด และขดลวดเหนี่ยวนำ 2 ชุด สำหรับควบคุมหน้าสัมผัสให้ต่อหรือจากกัน



รูปที่ 2.5 รีเลย์ประเภทแลตชิ่งรีเลย์ (Latching Relay)

(ที่มา: <https://misumitechnical.com/technical/electrical/relay-working-principles/#>)

2.2.4.4 เซฟตี้รีเลย์ (Safety Relay)

เซฟตี้รีเลย์ ดังรูปที่ 2.6 เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยควบคุมตรวจสอบ และรักษาความปลอดภัยของเครื่องใช้ไฟฟ้าหลักการทำงานคือ จะตัดการทำงานของไฟฟ้าในระบบทันทีที่มีไฟเกินใช้งานง่ายโดยแค่เข้าไปติดตั้งหรือเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าเครื่องจักรในอุตสาหกรรม



รูปที่ 2.6 รีเลย์ประเภทเซฟตี้รีเลย์ (Safety Relay)

(ที่มา: <https://misumitechnical.com/technical/electrical/relay-working-principles/#>)

2.2.4.5 ไทม์เมอร์รีเลย์ (Timer Relay)

ไทม์เมอร์รีเลย์ ดังรูปที่ 2.7 มีลักษณะคล้ายนาฬิกามีทั้งแบบอนาล็อกและแบบดิจิทัล เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับกำหนดเวลาเปิด-ปิด ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ไฟฟ้า เมื่อจ่ายหรือหยุดจ่ายกระแสไฟ รีเลย์จะเริ่มทำงานตามเวลาที่ผู้ใช้งานตั้งค่าไว้ ส่วนมากไทม์เมอร์จะถูกใช้ในงานอุตสาหกรรมในโรงงาน เป็นส่วนประกอบในเครื่องจักร



รูปที่ 2.7 รีเลย์ประเภทไทม์เมอร์รีเลย์ (Timer Relay)

(ที่มา: <https://misumitechnical.com/technical/electrical/relay-working-principles/#>)

2.2.4.6 เทอร์มินอลรีเลย์ (Terminal Relay)

เทอร์มินอลรีเลย์ ดังรูปที่ 2.8 เป็นรีเลย์ชนิดประหยัดพลังงานมีขนาดเล็ก ซึ่งจะติดตั้งอยู่ในหน่วยรีเลย์ นำไปประยุกต์ใช้งานจากแบบอินพุต-เอาต์พุต (I/O) เป็นแบบคอนโทรลเลอร์ที่ตั้งโปรแกรมได้เมื่อต้องการลดการใช้พลังงาน



รูปที่ 2.8 รีเลย์ประเภทเทอร์มินอลรีเลย์ (Terminal Relay)

(ที่มา: <https://misumitechnical.com/technical/electrical/relay-working-principles/#>)

2.2.4.7 สเต็ปป์รีเลย์ (Stepping Relay)

สเต็ปป์รีเลย์ ดังรูปที่ 2.9 เป็นอุปกรณ์ช่วยควบคุมและสลับตำแหน่งการทำงานอัตโนมัติของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ที่อยู่ในวงจรควบคุมเดียวกัน โดยมีหน้าสัมผัสและจุดเชื่อมต่อใช้งานมากกว่ารีเลย์ชนิดอื่น ๆ นิยมใช้ติดตั้งเข้ากับแผงควบคุมระบบการทำงานที่มีขนาดใหญ่



รูปที่ 2.9 ลักษณะของรีเลย์ประเภทสเต็ปป์รีเลย์ (Stepping Relay)

(ที่มา: <https://misumitechnical.com/technical/electrical/relay-working-principles/#>)

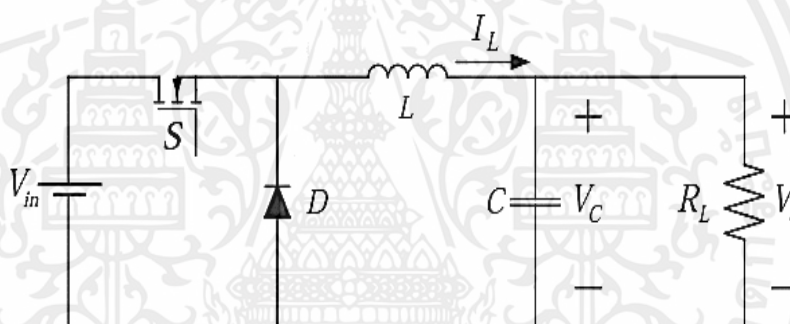
2.3 วงจรลดทอนระดับแรงดันแบบบัคคอนเวอร์เตอร์ (Buck Converter)

วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ [6] ดังรูปที่ 2.10 เป็นวงจรที่ลดแรงดันไฟฟ้าให้ต่ำลงเพื่อเหมาะสมกับการใช้งานโดยโครงสร้างของวงจรจะประกอบด้วยสวิตช์ที่สามารถสั่งให้ “ON” หรือ “OFF” ได้ ทุกขณะตามที่ต้องการในทางปฏิบัติสวิตช์ที่ใช้ในวงจรจริง คืออุปกรณ์สวิตช์ซึ่งนอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบอื่น ๆ ได้แก่ C = ตัวเก็บประจุ L = ตัวเหนี่ยวนำ และ D = ไดโอด ซึ่งส่งผลให้ Buck Converter มีหลักการในการทำงานโดยทรานซิสเตอร์จะทำหน้าที่ในการตัดต่อวงจรไดโอด ที่ทำหน้าที่เป็นทางไหลของกระแส

ในช่วงที่สวิตช์ทำการเปิดวงจร ตัวเก็บประจุจะทำหน้าที่ในการกรองแรงดันของเอาต์พุตให้มีความเรียบมากขึ้น และตัวเหนี่ยวนำจะทำหน้าที่ในการสะสม และจ่ายพลังงานในช่วงที่สวิตช์ปิด-เปิดวงจรตามลำดับ

เป็นตัวแปลงไฟฟ้ากระแสตรงไปยังไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งจะลดแรงดัน (ในขณะที่เพิ่มกระแส) จากอินพุตไปยังเอาต์พุต (โหลด) เป็นคลาสของแหล่งจ่ายไฟสลับโหมด (SMPS) และองค์ประกอบเก็บพลังงานอย่างน้อยหนึ่งตัว เพื่อลดการกระเพื่อมของแรงดันไฟฟ้า ตัวกรองที่ทำจากตัวเก็บประจุ จะถูกเพิ่มเข้าไปในเอาต์พุตของตัวแปลง และอินพุต ชื่อของมันมาจากตัวเหนี่ยวนำที่ "หัก" หรือต่อต้านแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่าย

สวิตซ์คอนเวอร์เตอร์ ให้ประสิทธิภาพด้านพลังงานมากกว่าตัวแปลงไฟฟ้ากระแสตรงไปยังไฟฟ้ากระแสตรงมากกว่าตัวควบคุมเชิงเส้นซึ่งเป็นวงจรที่เรียบง่ายกว่าที่ลดแรงดันไฟฟ้าโดยการกระจายพลังงานเป็นความร้อน แต่ไม่เพิ่มกระแสเอาต์พุต



รูปที่ 2.10 วงจรลดทอนระดับแรงดันแบบบัคคอนเวอร์เตอร์

(ที่มา: <http://sutir.sut.ac.th:8080/jspui/bitstream/123456789/6069/2/Fulltext.pdf>)

2.4 มอสเฟต (Mofset)

มอสเฟต [7] เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่มีการทำงานในลักษณะที่แปลงแรงดันเป็นกระแส โดยกระแสที่ได้เป็นผลมาจากอิเล็กตรอน หรือโฮล ซึ่งเป็นพาหะข้างมาก ขึ้นอยู่กับว่าอุปกรณ์ดังกล่าวเป็นมอสเฟตชนิดเอ็น หรือมอสเฟตชนิดพี ทรานซิสเตอร์ที่ใช้อิทธิพลสนามไฟฟ้าในการควบคุมสัญญาณไฟฟ้า โดยใช้ขั้วของโลหะ

มอสเฟตสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ มอสเฟตแบบดีฟิชั่นและมอสเฟตแบบเอ็นฮานซ์เม้นท์ มอสเฟตแต่ละประเภทยังสามารถแบ่งย่อยได้อีก 2 ชนิด คือ มอสเฟตชนิดเอ็น ซึ่งมีประจุพาหะ

อิเล็กตรอนเป็นตัวนำกระแส เมื่อมีความต่างศักย์เป็นบวก สัญญาณไฟฟ้าจึงจะไหลจาก source ไป drain ได้ และมอสเฟตชนิดพี ซึ่งมีประจุพาหะโฮลเป็นตัวนำกระแส

2.4.1 โครงสร้างของมอสเฟต

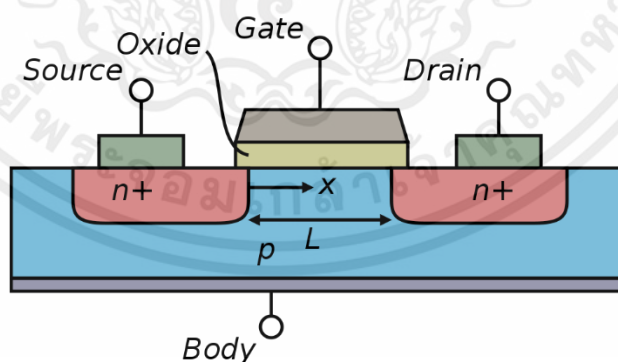
โครงสร้างพื้นฐานของอุปกรณ์มอสเฟต [8] ดังรูปที่ 2.11 โดยอุปกรณ์มอสเฟตนั้นจะแบ่งตามโครงสร้างได้โดยจะเห็นว่ามอสเฟต ทั้งสองชนิดนั้นจะมีขาที่ต่อออกมาใช้งานหลัก ๆ อยู่ทั้งหมด 3 ขาด้วยกันซึ่งประกอบด้วย ขาเกต (G: Gate) ขาเดรน (D: Drain) และขาซอร์ส (S: Source) ส่วนอีกโครงสร้างนั้นคือ ขาเบส (B: Base) ซึ่งจะถูกต่อเข้ากับขาซอร์ส (S: Source)

ขาเกต (Gate) เป็นส่วนที่ทำมาจากออกไซด์ของโลหะ โดยสร้างให้เกิดความต่างศักย์ตกคร่อมระหว่างแผงสองแผงเพื่อสร้างสนามไฟฟ้าเพื่อควบคุมการเข้าออกของสัญญาณไฟฟ้า

ขาซอร์ส (Source) เป็นส่วนขาเข้าของสัญญาณ

ขาเดรน (Drain) เป็นส่วนขาออกของสัญญาณ

แต่ในส่วนของการที่จะนำอุปกรณ์มอสเฟตไปใช้งานและการทำให้อุปกรณ์มอสเฟต นี้สามารถที่จะทำงานได้นั้นหรือสามารถที่จะนำกระแสได้นั้น จะต้องทำการกำหนดค่าของแรงดันให้มีค่าที่เหมาะสมกับลักษณะโครงสร้างของมอสเฟตนั้น ๆ ซึ่งจะเรียกว่า การไบอัส ให้กับอุปกรณ์มอสเฟตสามารถที่จะทำงานตามที่ต้องการ โดยลักษณะของการไบอัสอุปกรณ์มอสเฟต นั้นคือการป้อนแรงดันให้กับขาเกต เพื่อใช้ในการควบคุมการไหลของกระแส นั้น โดยสามารถที่จะแบ่งออกได้ตามชนิดของอุปกรณ์มอสเฟต



รูปที่ 2.11 มอสเฟต (MOSFET)

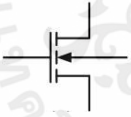


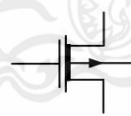
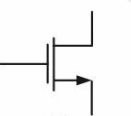

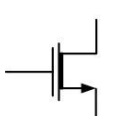
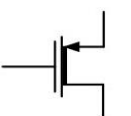
(ที่มา: <https://shorturl.asia/6YOLV>)

ซึ่งวิธีการในการสร้างชั้นโพลีซิลิกอนสร้างด้วยเทคนิคจากก๊าซสารประกอบของซิลิกอน เช่น ก๊าซไฮเลน (Saline) ชั้นของซิลิกอนที่สร้างจะถูกเติมด้วยอะตอมสารเจืออย่างเข้มข้นเพื่อให้มีความนำไฟฟ้าสูง นำไฟฟ้าได้ดีเหมือนตัวนำ ลดค่าแรงดันขีดเริ่มทำงานได้ดีที่ความถี่สูง และมีคุณสมบัติเป็นผลึกหรือโพลีซิลิกอน (Poly Silicon)

2.4.2 สัญลักษณ์ของมอสเฟต

สัญลักษณ์ของมอสเฟตสามารถบอกได้ว่าเป็นมอสเฟตชนิด N หรือ P โดยดูที่หัวของลูกศรที่ขาซอส แต่ถ้าหัวลูกศรหันเข้าหาขาเกตแสดงว่าเป็น PMOS แต่ถ้าหัวลูกศรหันออกจากขาเกต แสดงว่าเป็น NMOS หรือดูที่ทิศทางของหัวลูกศรที่ขาบอดี้ (Body) หรือฐานรอง (Substrate) หรือ บางทีอาจเรียกว่า Bulk โดยถ้าหัวลูกศรหันเข้าหาขาเกตแสดงว่าเป็น NMOS แต่ถ้าหัวลูกศรหันออกจากขาเกตแสดงว่าเป็น PMOS และสัญลักษณ์ยังสามารถบอกได้อีกว่ามอสเฟตเป็นแบบเอ็นฮานเม้นท์หรือ ดีพลีชัน อีกด้วยแสดงได้ตามตารางที่ 2.1

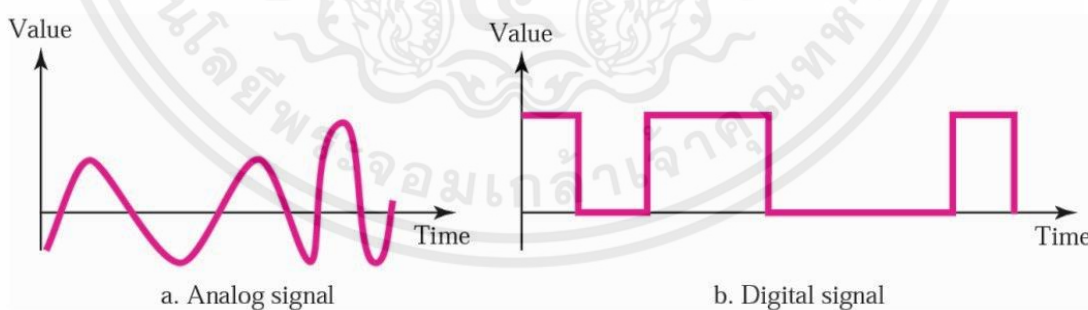
ตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์ของชนิดเอ็นฮานเม้นท์มอส (Enhancement MOSFET) และชนิดพลีชันมอส (Depletion MOSFET)

สัญลักษณ์ชนิดเอ็นฮานเม้นท์มอส	สัญลักษณ์ชนิดพลีชันมอส	ชนิดของมอส
		Enhancement
		Depletion
		Enhancement
		Depletion

2.5 สัญญาณที่ใช้ในการสื่อสาร (Signal)

สัญญาณที่ใช้ในการสื่อสาร [9] กระบวนการถ่ายโอนหรือแลกเปลี่ยนข้อมูลกันระหว่างผู้ส่ง และ ผู้รับโดยผ่านช่องทางสื่อสาร เช่น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรือคอมพิวเตอร์เป็นตัวกลางในการส่งข้อมูล เพื่อให้ผู้ส่งและผู้รับเกิดความเข้าใจซึ่งกัน และกันองค์ประกอบของการสื่อสาร ในช่วงแรกของการพัฒนา ระบบคอมพิวเตอร์นั้น คอมพิวเตอร์ได้ถูกออกแบบมาให้ทำงานเป็นระบบเดี่ยว (Stand-alone) ต่อมาได้มีการพัฒนา อุปกรณ์สื่อสารและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้มีความสามารถในการทำงานที่หลากหลายมากขึ้น การนำคอมพิวเตอร์มาเชื่อมต่อเพื่อการสื่อสาร แลกเปลี่ยนข้อมูลและข่าวสารจึงได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ การสื่อสารข้อมูล (data communication) คือการรับ-ส่ง โอนย้าย หรือแลกเปลี่ยน ข้อมูลและสารสนเทศระหว่างอุปกรณ์สื่อสารต่าง ๆ ผ่านสื่อนำข้อมูลเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (computer network) คือการนำเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไปมาเชื่อมต่อเพื่อใช้ในการสื่อสารข้อมูล

วิธีการส่งข้อมูลจะแปลงข้อมูลเป็นสัญญาณหรือรหัสเสียก่อนแล้วจึงส่งไปยังผู้รับและเมื่อถึงปลายทางหรือผู้รับจะต้องมีการแปลงสัญญาณนั้นกลับมาให้อยู่ในรูปที่มนุษย์สามารถที่จะเข้าใจได้ ในระหว่างการส่งอาจจะมีอุปสรรคที่เกิดขึ้นคือสิ่งรบกวน (Noise) จากภายนอกทำให้ข้อมูลบางส่วนเสียหายหรือผิดเพี้ยนไปได้ซึ่งระยะทางมีส่วนเกี่ยวข้องด้วยเพราะถ้าระยะทางในการส่งยิ่งมากอาจจะทำให้เกิดสิ่งรบกวนได้มากเช่นกัน จึงต้องมีหาวิธีลดสิ่งรบกวนเหล่านี้ โดยการพัฒนาตัวกลางในการสื่อสารที่จะทำให้เกิดการรบกวนน้อยที่สุด กระบวนการสื่อสารสัญญาณสามารถจำแนกออกได้เป็นสองประเภทหลักๆ ได้แก่ สัญญาณอนาล็อกและสัญญาณดิจิทัล ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 เปรียบเทียบสัญญาณอนาล็อกกับสัญญาณดิจิทัล

(ที่มา: <http://personal.sut.ac.th/paramate/files/compcom/compcomm03.pdf>)

2.5.1 สัญญาณอนาล็อก (Analog Signal)

เป็นสัญญาณแบบต่อเนื่อง โดยที่แต่ละคลื่นจะมีความถี่และความเข้มของสัญญาณที่แตกต่างกัน เมื่อนำสัญญาณข้อมูลเหล่านี้มาผ่านอุปกรณ์รับสัญญาณและแปลงสัญญาณจะได้ข้อมูลที่ต้องการได้ ตัวอย่างของการส่งข้อมูลที่มีสัญญาณแบบอนาล็อกคือ การส่งข้อมูลผ่านระบบโทรศัพท์

เฮิร์ตซ์ (hertz) คือ หน่วยวัดความถี่ของสัญญาณข้อมูลแบบอนาล็อก วิธีวัดความถี่จะนับจำนวนรอบของสัญญาณที่เกิดขึ้นภายใน 1 วินาที

2.5.2 สัญญาณดิจิทัล (Digital Signal)

สัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแบบไม่ต่อเนื่อง รูปแบบของสัญญาณมีความเปลี่ยนแปลงที่ไม่ปะติดปะต่ออย่างสัญญาณอนาล็อก ในการสื่อสารด้วยสัญญาณดิจิทัลข้อมูลในคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นเลขฐานสอง (0 และ 1) จะถูกแทนด้วยสัญญาณดิจิทัล การแทนข้อมูลดิจิทัลด้วยสัญญาณดิจิทัลมีหลายแบบ

Bit rate เป็นอัตราความเร็วในการส่งข้อมูลแบบดิจิทัล วิธีวัดความเร็วจะนับจำนวนบิตข้อมูลที่ส่งได้ในช่วงระยะเวลา 1 วินาที เช่น 14,400 bps หมายถึง มีความเร็วในการส่งข้อมูลจำนวน 14,400 บิต ในระยะเวลา 1 วินาที

2.5.3 วิธีการสื่อสารข้อมูล (Data Transmission)

ลักษณะของการสื่อสารข้อมูลมี 2 รูปแบบคือ การสื่อสารแบบอนุกรมและการสื่อสารแบบขนาน การสื่อสารแต่ละรูปแบบมีรายละเอียดดังนี้

1) การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม (serial data transmission) เป็นการส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต ไปบนสัญญาณจนครบจำนวนข้อมูลที่มีอยู่สามารถนำไปใช้กับการนำข้อมูลที่มีเพียง 1 ช่องสัญญาณได้ การนำข้อมูลที่มี 1 ช่องสัญญาณนี้จะมีราคาถูกกว่าการนำข้อมูลที่มีหลายช่องสัญญาณและเนื่องจากการสื่อสารแบบอนุกรมมีการส่งข้อมูลได้ครั้งละ 1 บิตเท่านั้น การส่งข้อมูลประเภทนี้จึงช้ากว่าการส่งข้อมูลครั้งละหลายบิต

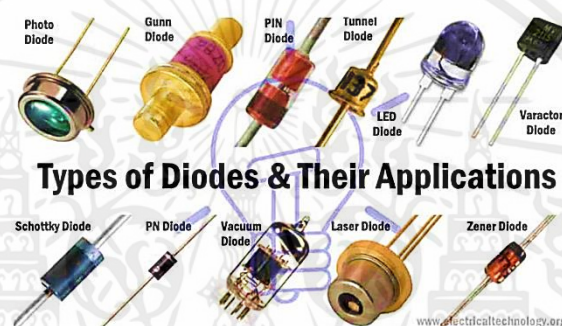
2) การสื่อสารข้อมูลแบบขนาน (parallel data transmission) เป็นการส่งข้อมูลครั้งละหลายบิตขนานกันไปบนสื่อที่มีหลายช่องสัญญาณ วิธีนี้จะเป็นวิธีการส่งข้อมูลที่เร็วกว่าการส่งข้อมูลแบบอนุกรม

2.6 ไดโอด (Diode)

ไดโอด [10] อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ได้จากการนำสารกึ่งตัวนำชนิดพีและสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น มาต่อชนกันเรียกว่า รอยต่อพีเอ็น คุณสมบัติของไดโอด คือ ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ในทิศทางเดียว

วิธีการกระตุ้นให้ไดโอดทำงานจะเรียกว่า การไบอัส (Bias) ได้แก่ การให้ไบอัสตรง (Forward Bias) โดยกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านไดโอดได้ และการให้ไบอัสกลับ (Reverse Bias) จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอดไม่ได้ จึงนิยมนำไดโอดมาทำเป็นตัวเรียงกระแสไฟฟ้าหรือเรกติไฟเออร์ (Rectifier) ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงและใช้เป็นตัวแยกสัญญาณในเครื่องรับวิทยุ เป็นต้น ไดโอดมี 2 ขา คือ ขาแอนอด (Anode: A) หรือขาหัวบวก และขาแคโทด (Cathode: K) หรือขาหัวลบ

ไดโอดที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำ คือผลึกของสารกึ่งตัวนำที่ต่อกันได้ขั้วทางไฟฟ้าสองขั้ว ส่วนไดโอดแบบหลอดสุญญากาศ ถูกใช้เฉพาะทางในเทคโนโลยีไฟฟ้าแรงสูงบางประเภท ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ประเภทต่าง ๆ ของไดโอด

(ที่มา: <https://semi-shop.com/knowledge/K-16/K-16.html>)

2.6.1 ประเภทของไดโอดแบบสารกึ่งตัวนำ

2.6.1.1 ไดโอดเปล่งแสงหรือแอลอีดี (Light Emitting Diode; LED)

ไดโอดเปล่งแสง ดังรูปที่ 2.14 เป็นไดโอดที่ใช้สารประเภทแกลเลียมอาร์เซไนด์ ฟอสไฟต์ (Gallium Arsenide Phosphide GaAsP) หรือสารแกลเลียมฟอสไฟต์ (Gallium Phosphide; GaP) มาทำเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็น แทนสารซิลิคอนและเจอร์เมเนียม สารเหล่านี้มีคุณลักษณะพิเศษ คือ สามารถเรืองแสงได้เมื่อได้รับไบอัสตรง การเกิดแสงที่ตัว แอลอีดีนี้ว่า อิเล็กโทรลูมินิเซนต์ ปัจจุบันนิยมใช้แอลอีดีแสดงผลในเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ เช่น เครื่องคิดเลข นาฬิกา เป็นต้น ข้อดีของไดโอดเปล่งแสง มีค่าใช้จ่ายน้อยกว่า และมีขนาดเล็กโดยการใช้ไฟฟ้าของแอลอีดีจะถูกควบคุมความเข้มของแอลอีดีแตกต่างกันไปด้วยความช่วยเหลือของไมโครคอนโทรลเลอร์ อายุการใช้งานยาวนาน และพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.14 ไดโอดเปล่งแสงหรือแอลอีดี

(ที่มา: <https://phukphan.blogspot.com/2016/05/diode-what-is-diode.html>)

2.6.1.2 โฟโตไดโอด (Photo Diode)

โฟโตไดโอด ดังรูปที่ 2.15 เป็นไดโอดที่อาศัยแสงจากภายนอกผ่านเลนส์ ซึ่งฝังตัวอยู่ระหว่างรอยต่อ P-N เพื่อกระตุ้นให้ไดโอดทำงาน การต่อโฟโตไดโอดเพื่อใช้งานจะเป็นแบบไบอัสกลับ เมื่อโดนแสงจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าทำให้ไดโอดทำงาน ข้อดีของโฟโตไดโอด มีความไวต่อแสงสูง มีความเร็วในการตอบสนองสูง ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่ำ และอายุการใช้งานยาวนานกว่าไดโอดมาตรฐาน



รูปที่ 2.15 โฟโตไดโอด

(ที่มา: <https://phukphan.blogspot.com/2016/05/diode-what-is-diode.html>)

2.6.1.3 ไดโอดกำลัง (Power Diode)

ไดโอดกำลัง ดังรูปที่ 2.16 เป็นไดโอดที่ออกแบบให้บริเวณรอยต่อมีช่วงกว้างมากกว่าไดโอดทั่วไป เพื่อนำไปใช้กับงานที่มีกำลังไฟฟ้าสูง กระแสสูงและทนต่ออุณหภูมิสูงได้ เช่น ประกอบเป็นวงจรเรียงกระแส ในอิเล็กทรอนิกส์กำลัง เป็นต้น



รูปที่ 2.16 ไดโอดกำลัง

(ที่มา: <https://phukphan.blogspot.com/2016/05/diode-what-is-diode.html>)

2.6.1.4 ไดโอดวาร์กเตอร์หรือวาริแคป (Varactor or Varicap Diode)

ไดโอดวาร์กเตอร์หรือวาริแคป ดังรูปที่ 2.17 เป็นไดโอดที่มีลักษณะพิเศษสามารถปรับค่าคาปาซิแตนซ์ ได้โดยการปรับค่าแรงดันไบอัสกลับ ไดโอดประเภทนี้มีโครงสร้างเหมือนกับไดโอดทั่วไป ขณะแรงดันไบอัสกลับ (Reverse Bias Voltage; V_r) มีค่าต่ำ Depletion Region จะแคบลง ทำให้ C_t ตรงรอยต่อมีค่าสูง แต่ในทางตรงข้ามถ้าปรับ V_r ให้สูงขึ้น Depletion Region จะขยายกว้างขึ้น ทำให้ C_t มีค่าต่ำ จากลักษณะดังกล่าว จึงนำวาริแคปไปใช้ในวงจรปรับความถี่

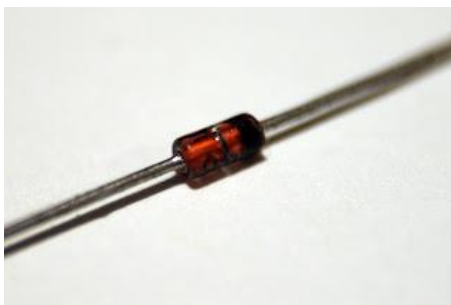


รูปที่ 2.17 ไดโอดวาร์กเตอร์หรือวาริแคป

(ที่มา: <http://phchitchai.wbvschool.net/archives/1312>)

2.6.1.5 ซีเนอร์ไดโอด (Zener Diode)

ซีเนอร์ไดโอด ดังรูปที่ 2.18 เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่นำกระแสได้เมื่อได้รับไบอัสกลับและระดับแรงดันไบอัสกลับที่นำซีเนอร์ไดโอดไปใช้งานได้เรียกว่าระดับแรงดันพังทลายซีเนอร์ ไดโอดประเภทนี้เหมาะที่จะนำไปใช้ควบคุมแรงดันที่โหลดหรือวงจรที่ต้องการแรงดันคงที่



รูปที่ 2.18 ซีเนอร์ไดโอด

(ที่มา: <https://phukphan.blogspot.com/2016/05/diode-what-is-diode.html>)

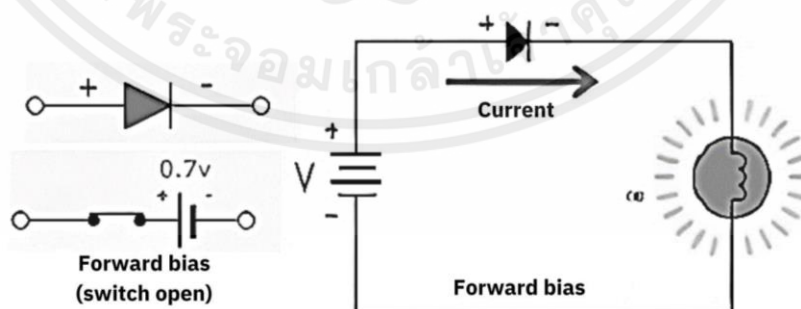
2.6.2 การทำงานของไดโอด

การทำงานของไดโอด [11] ส่วนใหญ่จะใช้ไดโอดในการยอมให้กระแสไปในทิศทางเดียว โดยยอมให้กระแสไฟในทางใดทางหนึ่ง ส่วนกระแสที่ไหลทิศทางตรงข้ามกันจะถูกกั้น ดังนั้นจึงอาจถือว่า ไดโอดเป็นวาล์วตรวจสอบแบบอิเล็กทรอนิกส์อย่างหนึ่ง ซึ่งนับเป็นประโยชน์อย่างมากในวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ไดโอดจะทำงานได้ต้องต่อแรงดันไฟให้กับขาของไดโอด การต่อแรงดันไฟให้กับไดโอด เรียกว่าการให้ไบอัส (Bias) การให้ไบอัสแก่ไดโอดมีอยู่ 2 วิธีคือ

1) การให้ไบอัสตรงหรือเรียกว่า ฟอว์เวิร์ดไบอัส (Forward Bias)

การให้ไบอัสตรงแบบนี้คือ ต่อขั้วบวกของแรงดันไฟตรงเข้ากับสารกึ่งตัวนำประเภทพี และต่อขั้วลบของแรงดันไฟตรงเข้ากับสารกึ่งตัวนำประเภทเอ็น ตามรูปที่ 2.19

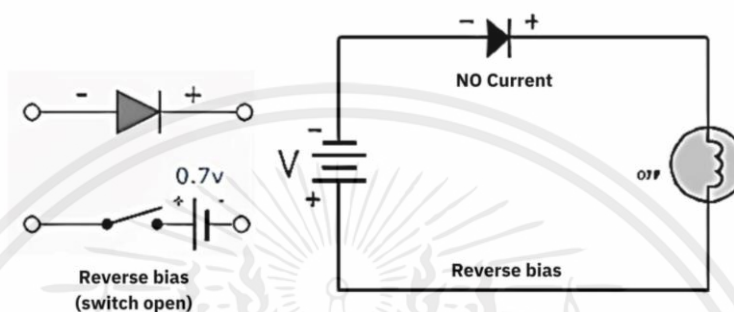


รูปที่ 2.19 การให้ไบอัสตรง

(ที่มา: <http://www.psptech.co.th>)

2) การไบอัสอุปกรณ์ไดโอดย้อนกลับ หรือที่เรียกว่า Reverse Bias

การไบอัสในลักษณะนี้จะเป็นการกำหนดให้ขั้ว A (Anode) มีค่าของแรงดันน้อยกว่าขั้ว K (Cathode) ซึ่งจากลักษณะดังกล่าวนี้จะทำให้ไดโอดนั้นไม่สามารถที่จะนำกระแสได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 การไบอัสอุปกรณ์ไดโอดย้อนกลับ

(ที่มา: <http://www.psptech.co.th>)

2.7 การเลือกใช้สายไฟ

การเลือกใช้สายไฟ [12] สำหรับบ้านพักอาศัย หรือ อาคารขนาดเล็ก สิ่งสำคัญที่สุดคือ เรื่องความปลอดภัยและคุณภาพของการผลิตที่ได้มาตรฐาน มอก. และมาตรฐานระดับสากล IEC เพราะสายไฟในกลุ่มประเภท Household รวมไปถึงสายโทรศัพท์ เป็นสายไฟที่ใกล้ตัวผู้อยู่อาศัยมากที่สุด และอยู่รอบตัวของผู้ใช้ตลอดเวลา ดังนั้นควรเลือกใช้สายไฟฟ้าที่ผลิตได้ถูกต้องตรงมาตรฐานกำหนดคุณภาพสูง และมีความปลอดภัยสูงสุด เพื่อให้ปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน นอกจากนั้นควรพิจารณาถึงวัสดุที่ใช้ในการผลิต

2.7.1 สายไฟของแหล่งจ่ายไฟ

สายไฟของแหล่งจ่ายไฟ จะมีการเดินสายภายในทั้งหมด และสายเชื่อมต่อที่ใช้ในการจ่ายไฟของวงจรหลักจะต้องได้รับการป้องกันจากกระแสไฟเกิน และการลัดวงจรโดยอุปกรณ์ป้องกันที่เหมาะสม การป้องกันความเสียหายทางเดินสายไฟต้องเรียบ และไม่มีเหลี่ยมคมสายไฟต้องได้รับการป้องกันไม่ให้สัมผัสกับเสี้ยนหรือชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนไหว ซึ่งอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อฉนวนของตัวนำ

สายไฟที่เหมาะสมสำหรับไฟฟ้ากระแสสลับจะต้องเป็นสายไฟหลักของชนิดเปลือกหุ้ม โดยที่หุ้มฉนวนยางจะต้องเป็นยางสังเคราะห์ และไม่เบากว่าสายไฟอ่อนทั่วไป โดยขนาดของตัวนำจะได้ตาม ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ขนาดของตัวนำ

กระแสของอุปกรณ์ (แอมป์)	ขนาดของตัวนำ	
	ขนาดของพื้นที่หน้าตัด (ตารางมิลลิเมตร)	AWG ขนาดของพื้นที่หน้าตัด (ตารางมิลลิเมตร)
มากกว่า 0 จนถึง 6	0,75	18
มากกว่า 6 จนถึง 10	1,00	16
มากกว่า 10 จนถึง 13	1,25	16
มากกว่า 13 จนถึง 16	1,5	14
มากกว่า 16 จนถึง 25	2,5	12
มากกว่า 25 จนถึง 32	4	10

2.7.2 ขั้วต่อสายไฟสำหรับต่อตัวนำภายนอก

ขั้วต่อสายไฟสำหรับต่อตัวนำภายนอก [13] อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับแผงวงจร และอุปกรณ์ที่มีสายไฟถอดแยกไม่ได้ทั่วไปต้องมีขั้วที่ต่อด้วยสกรู น็อตหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสำหรับอุปกรณ์ที่มีสายไฟพิเศษที่ไม่สามารถถอดออกได้ การเชื่อมต่อตัวนำแต่ละตัวกับสายไฟภายในของอุปกรณ์จะต้องทำได้ด้วยวิธีใด ๆ ตามที่จะทำให้มีการเชื่อมต่อทางไฟฟ้า และทางกลที่เชื่อถือได้ โดยไม่เกินขีดจำกัดของอุณหภูมิ อุณหภูมิที่อนุญาตที่ในขนาดที่ใช้งานภายใต้ระบบปกติ

สกรูและน็อตที่ยึดตัวนำภายนอกของแหล่งจ่ายไฟหลักต้องมีเกลียวที่เป็นไปตามมาตรฐาน ISO261 หรือเกลียวที่เทียบเคียงได้ในด้านระยะพิทช์และความแข็งแรงเชิงกล สกรูและน็อตต้องไม่ใช่เพื่อยึดส่วนประกอบอื่นใดเว้นแต่จะจะได้รับอนุญาตให้ยึดตัวนำภายในด้วยโดยมีเงื่อนไขว่า ตัวนำ

ภายในได้รับการจัดเรียงจนไม่น่ามีการหลุดเมื่อติดตั้งตัวนำไฟฟ้า ขั้วต่อแบบสกรูต้องเป็นไปตามมาตรฐาน
ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ขนาดของขั้วต่อสำหรับตัวนำไฟฟ้าและสายดินป้องกัน

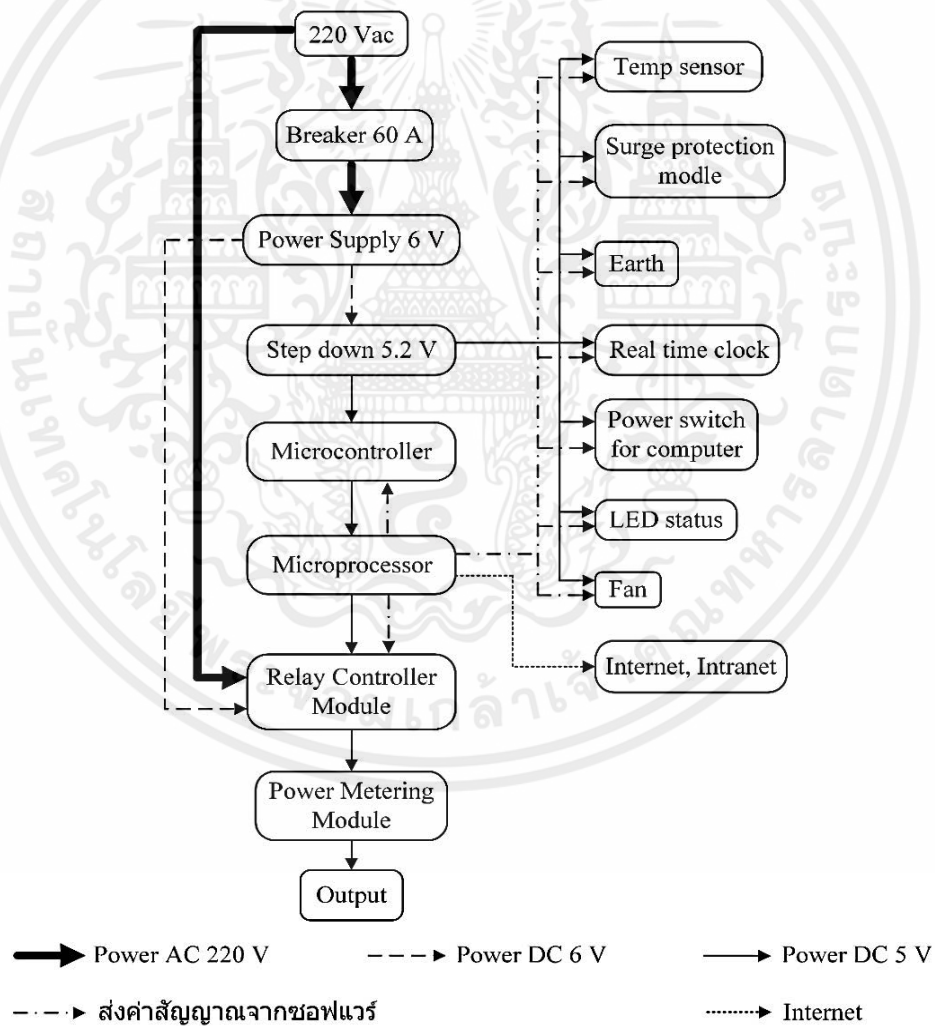
กระแสของ อุปกรณ์ (แอมป์)	ขนาดของตัวนำ (ตาราง มิลลิเมตร)	เส้นผ่าศูนย์กลางของเกลียว (มิลลิเมตร)		พื้นที่หน้าตัด (ตารางมิลลิเมตร)	
		แบบเสา	แบบเกลียว	แบบเสา	แบบสกรู
10	1	3,0	3,5	7	9,6
16	1,5	3,5	4,0	9,6	12,6
25	2,5	4,0	5,0	12,6	19,6
32	4	4,0	5,0	12,6	19,6

บทที่ 3

การออกแบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44 ซึ่งมีบล็อกไดอะแกรมการทำงาน แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ และการออกแบบโครงสร้างซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้.

3.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติ M44



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติ M44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.1 เป็นบล็อกไดอะแกรมโดยรวมของระบบไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) กระแสสลับเอาต์พุต 220 โวลต์ ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยจะทำการปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านเบรกเกอร์ ไปยังเพาเวอร์ซัพพลายแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต 6 โวลต์ และต่อกับรีเลย์ที่ชั่วปกติเปิด

2) เบรกเกอร์ (Breaker) ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ไฟฟ้าอัตโนมัติที่ออกแบบมาเพื่อป้องกันวงจรไฟฟ้าจากความเสียหายที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าส่วนเกิน โดยเกิดจากโหลดเกินหรือไฟฟ้าลัดวงจรจะทำงานด้วยการตัดกระแสไฟฟ้าหลังจากตรวจความผิดปกติในวงจรไฟฟ้า ซึ่งเบรกเกอร์ที่ใช้งานมีเอาต์พุต 60 แอมป์

3) เพาเวอร์ซัพพลาย (Power supply) แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต 6 โวลต์ ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นกระแสตรงเอาต์พุต 6 โวลต์เพื่อจ่ายเข้าสู่แผงวงจรของรุ่น M44

4) สเตปดาวน์กระแสตรงเอาต์พุต 5.2 โวลต์ ทำหน้าที่ลดแรงดันจากแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุต 6 โวลต์ ให้เหลือแรงดันกระแสตรงเอาต์พุต 5.2 โวลต์ และเป็นตัวจ่ายไฟให้อุปกรณ์ไอซีต่าง ๆ วงจรแอลอีดีแสดงสถานะ วงจรพัลลวม และไมโครโปรเซสเซอร์

5) ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ทำหน้าที่ติดต่อกับวงจรไมโครโปรเซสเซอร์

6) ไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor) ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44 เป็นส่วนประมวลผลกลางที่ทำหน้าที่รับค่าจากเซ็นเซอร์ และชิพไอซีต่าง ๆ จะต่อเข้าสู่อินพุตส่วนเอาต์พุตจะต่อเข้าสู่อุปกรณ์ต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้

7) โมดูลควบคุมรีเลย์ (Relay controller module) ทำหน้าที่เป็นสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์โดยจะรับ-ส่งค่าจากให้กับชิพไอซี และส่งค่าสถานะจริงของการทำงานรีเลย์ให้กับแผงวงจรแอลอีดีแสดงสถานะ

8) โมดูลวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า (Power metering module) ทำหน้าที่วัดแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าที่ใช้งานของอุปกรณ์ภายนอก

9) เซ็นเซอร์อุณหภูมิ (Temp sensor) ทำหน้าที่วัดค่าอุณหภูมิ

10) อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ (Surge protection module) ทำหน้าที่ป้องกันไฟฟ้ากระชาก

11) สายดิน (Earth) ทำหน้าที่ตรวจสอบว่าอุปกรณ์มีการตั้งสายดินหรือไม่

12) โมดูลนาฬิกาแบบเรียลไทม์ (Real time clock module) ทำหน้าที่แสดงเวลาการทำงานของอุปกรณ์

13) สวิตช์ไฟสำหรับคอมพิวเตอร์ (Power switch for computer) ทำหน้าที่เป็นวงจรสวิตช์เปิดปิดตามคำสั่งของไมโครโปรเซสเซอร์

14) สถานะแอลอีดี (LED Status) ทำหน้าที่แสดงไฟสถานะการทำงานของระบบอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44

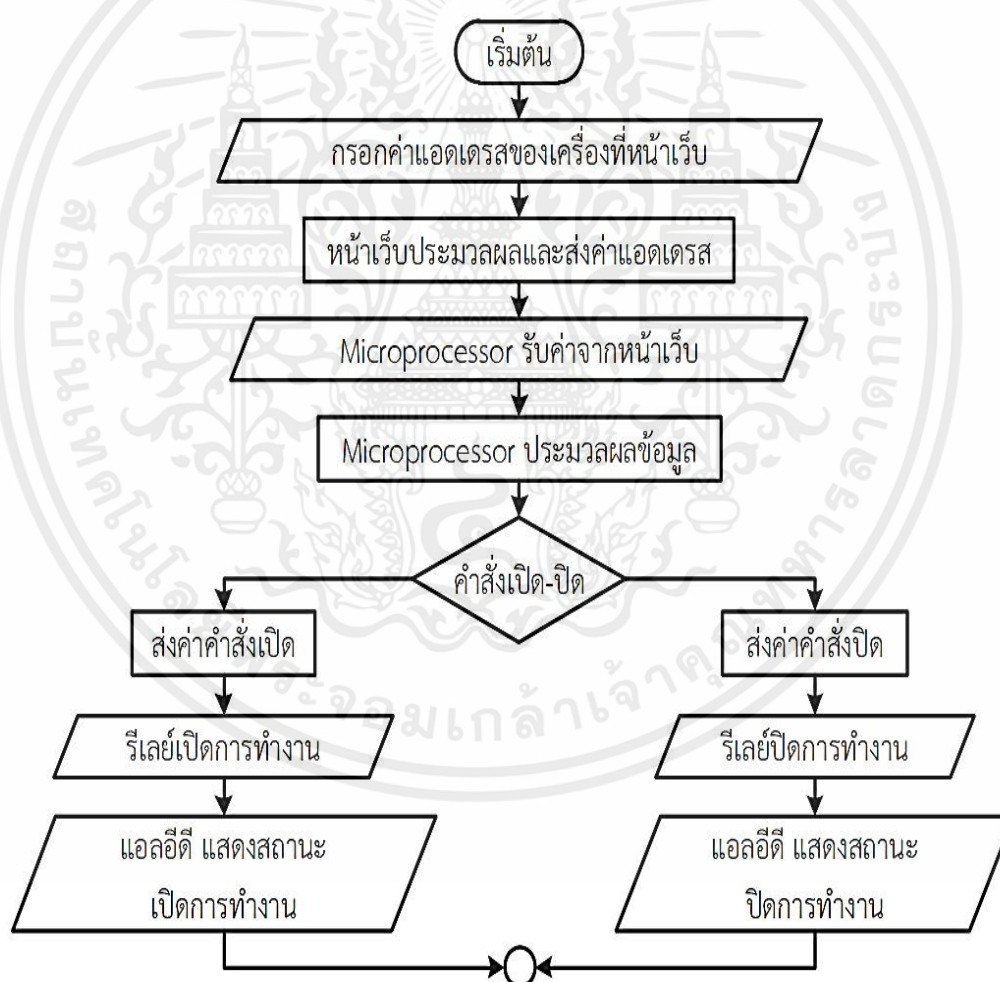
15) พัดลม (Fan) ทำหน้าที่พัดลมภายในวงจรให้กับอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44

16) อินเทอร์เน็ต (Internet, Intranet) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการรับข้อมูล และส่งข้อมูลต่างๆ ภายในระบบอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44 ซึ่งสามารถรับค่าได้ทั้งระบบไร้สาย และใช้สาย

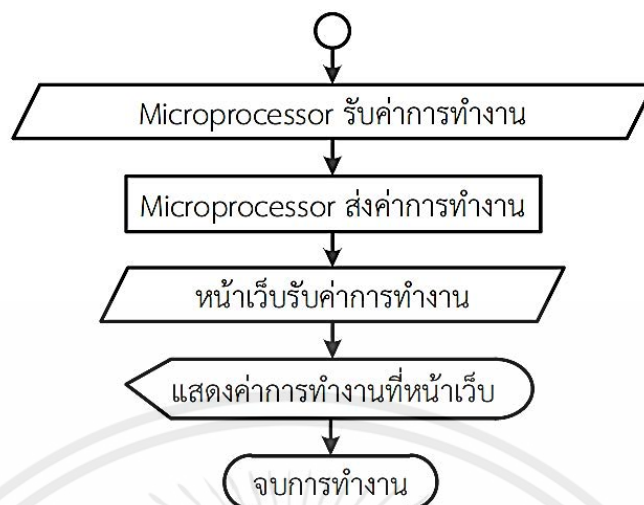
3.2 แผนผังการทำงานของระบบอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44

แผนผังการทำงานของระบบอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44 มีด้วยกัน 2 ส่วน ดังต่อไปนี้

3.2.1 แผนผังการทำงานเปิด-ปิด ของระบบอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44



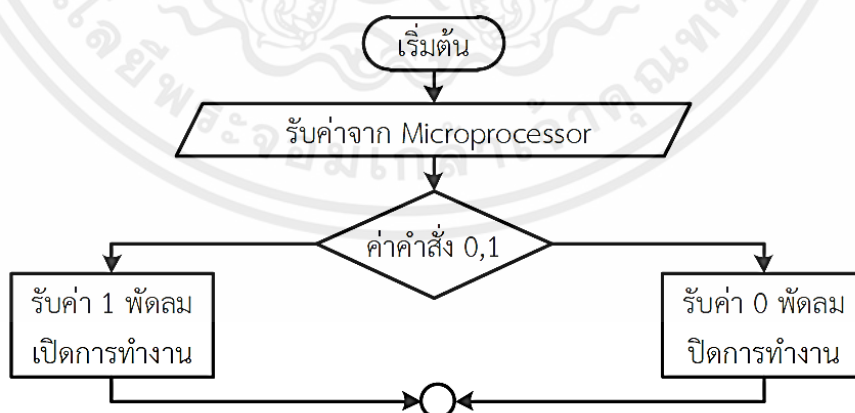
รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานเปิด-ปิด ของระบบอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44



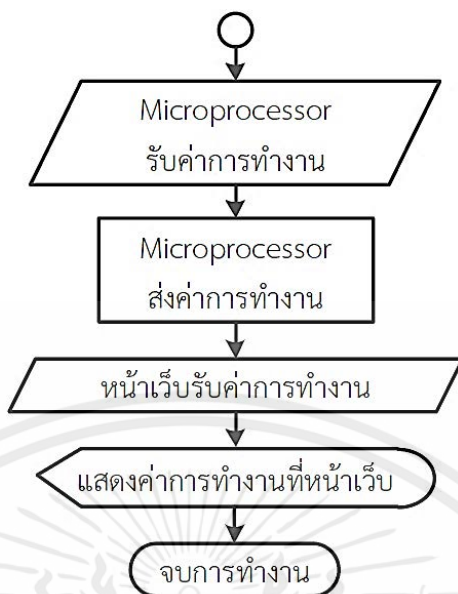
รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานเปิด-ปิด ของระบบอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44 (ต่อ)

จากรูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานเปิด-ปิด ของระบบอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44 มีการรับค่าจากหน้าเว็บไซต์เพื่อนำข้อมูลมาประมวลผลเพื่อส่งให้กับไมโครโปรเซสเซอร์ เมื่อไมโครโปรเซสเซอร์มีการรับค่าจากหน้าเว็บจะทำการส่งค่าตามฟังก์ชันที่ทำการตั้งค่าไว้ โดยเมื่อมีการสั่งเปิดจะทำให้รีเลย์เปิดการทำงาน เพื่อทำให้กระแสไฟฟ้ามีการไหลเพื่อนำไปใช้งานกับอุปกรณ์ที่ต่อกับเครื่องในขณะที่เมื่อสั่งการปิดการทำงานจากหน้าเว็บไซต์รีเลย์จะปิดเพื่อไม่ให้มีกระแสไหลออกไปจากวงจรสถานการณ์ทำงานจะส่งต่อไปกับแอลอีดีแสดงสถานการณ์ทำงานจริงของรีเลย์

3.2.2 แผนผังการทำงานของวงจรพัลลัม



รูปที่ 3.3 แผนผังการทำงานของวงจรพัลลัม

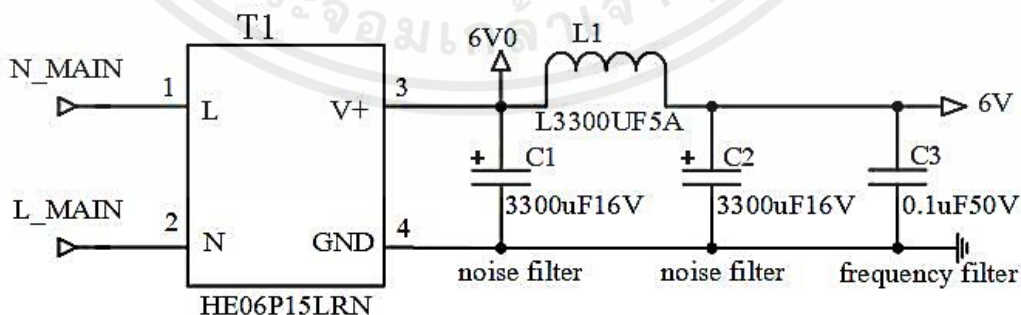


รูปที่ 3.3 แผนผังการทำงานของวงจรพัลลวม (ต่อ)

จากรูปที่ 3.3 แผนผังการทำงานของวงจรพัลลวมจะมีการทำงานโดยเชื่อมต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์ เมื่อส่งค่าอินพุต 1 จากซอฟต์แวร์จะทำให้พัลลวมเปิดทำงาน และทำการส่งค่าอินพุต 0 จากซอฟต์แวร์จะทำให้พัลลวมปิดการทำงาน ในขณะเดียวกันเมื่อมีการเปิด-ปิดทำงานจะมีการส่งค่ากลับไปให้ไมโครโปรเซสเซอร์ส่งต่อให้กับหน้าเว็บต่อไป

3.3 การออกแบบวงจร

3.3.1 การออกแบบวงจรแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 6 โวลต์

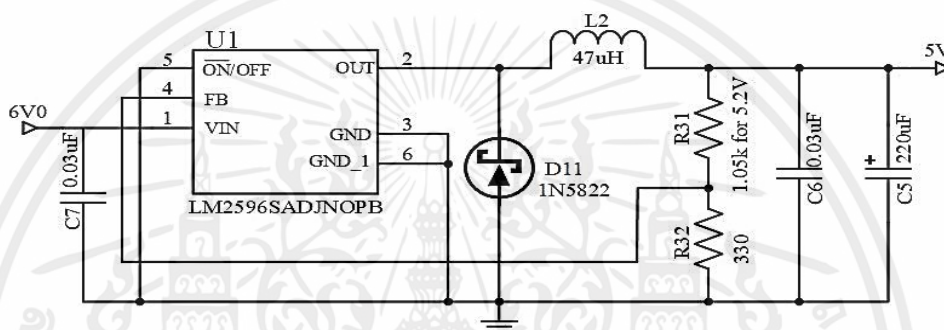


รูปที่ 3.4 วงจรภาคจ่ายไฟแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุต 6 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.4 การทำงานของวงจรภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุต 6 โวลต์ เริ่มจากเพาเวอร์ซัพพลายทำหน้าที่แปลงแรงดันกระแสสลับเอาต์พุต 220 โวลต์ ให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมีแรงดันเอาต์พุต 6 โวลต์ และมีตัวเก็บประจุซึ่งทำหน้าที่ลดการกระเพื่อมของแรงดันกรองความถี่ และมีตัวเหนี่ยวนำเบอร์ L3300UF5A ทำหน้าที่กรองแรงดันร่วมกับคาร์ปาซิเตอร์ทำให้มีแรงดันเอาต์พุตเรียบมากยิ่งขึ้น

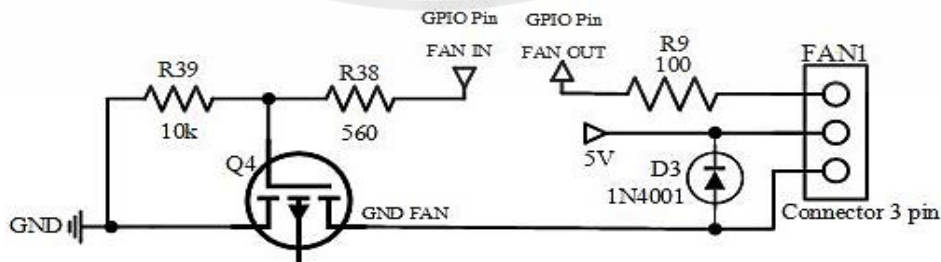
3.3.2 การออกแบบวงจรลดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงอินพุตจาก 6 โวลต์ ไปจนกระทั่งถึงเอาต์พุต 5 โวลต์



รูปที่ 3.5 วงจรลดแรงดันกระแสไฟฟ้าจากเอาต์พุต 6 โวลต์ ไปเอาต์พุต 5 โวลต์

จากรูปที่ 3.5 การออกแบบวงจรลดแรงดันกระแสไฟฟ้าจากเอาต์พุต 6 โวลต์ไปเอาต์พุต 5 โวลต์จะควบคุมด้วยไอซี เบอร์ LM2596 จะทำการเป็นสวิทช์ โดยเข้าสู่ขาที่ 1 และขาที่ 6 จะใช้ตัวเหนี่ยวนำ 47 ไมโครเฮนรี่รับค่าจากขาที่ 2 ซึ่งคาร์ปาซิเตอร์จะขาออกจะทำการกรองความถี่ที่ออกมาคงที่และเรียบสม่ำเสมอ และการกำหนดค่าด้วยตัวต้านทานในวงจรที่ใช้ 330 โอห์มกับ 1.05 กิโลโอห์ม เพื่อจะทำการตั้งค่าแรงดันเอาต์พุตของ LM2596 ไว้ที่ 5.2 โวลต์

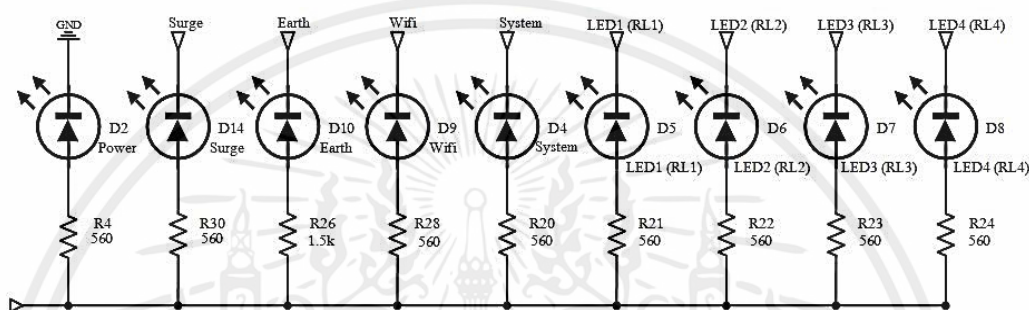
3.3.3 การออกแบบวงจรพัลลัมให้สามารถเปิด-ปิด ตามคำสั่งของซอฟต์แวร์ และส่งค่าสถานะการทำงานให้กับซอฟต์แวร์



รูปที่ 3.6 วงจรพัลลัมให้สามารถเปิด-ปิด ตามคำสั่งของซอฟต์แวร์ และส่งค่าให้กับซอฟต์แวร์

จากรูปที่ 3.6 ไมโครโปรเซสเซอร์จะควบคุมการทำงานของพัลลัมผ่านมอสเฟต ซึ่งเมื่อมีคำสั่งอินพุต 1 มาจากซอฟต์แวร์ มอสเฟตจะทำการเชื่อมต่อกราวด์ให้กับพัลลัมที่มี 5 โวลต์มารออยู่ก่อนหน้า จึงทำให้พัลลัมเปิดการทำงาน ในขณะที่เดียวกันถ้าส่งค่าอินพุต 0 กราวด์จะไม่ต่อกับพัลลัมจึงทำให้พัลลัมไม่สามารถทำงานได้ ซึ่งขาของพัลลัมอีก 1 ขาจะเชื่อมต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อแสดงสถานะการทำงานของพัลลัมกลับให้กับซอฟต์แวร์

3.3.4 การออกแบบวงจรแอลอีดี (LED) แสดงสถานะการทำงานของวงจร



รูปที่ 3.7 การออกแบบวงจรแอลอีดี (LED) แสดงสถานะการทำงานของวงจร

จากรูปที่ 3.7 การออกแบบวงจรแอลอีดีที่ติดตั้งลงบนแผงวงจรแสดงสถานะการทำงาน มีการเชื่อมต่อกับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุต 5 โวลต์ในแผงวงจรโดยแอลอีดีแสดงค่าดังนี้

1) แอลอีดี D2 จะมีการเชื่อมต่อโดยตรงกราวด์ของบอร์ดจะแสดงถึงสถานะการทำงาน เมื่อมีการเปิด-ปิดเครื่อง

2) แอลอีดี D4 จะมีการเชื่อมต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์จะแสดงสถานะการทำงานเมื่อมีการเชื่อมต่อกับวงจร

3) แอลอีดี D5 จะเชื่อมต่อกับรีเลย์ตัวที่ 1 ของวงจร

4) แอลอีดี D6 จะเชื่อมต่อกับรีเลย์ตัวที่ 2 ของวงจร

5) แอลอีดี D7 จะเชื่อมต่อกับรีเลย์ตัวที่ 3 ของวงจร

6) แอลอีดี D8 จะเชื่อมต่อกับรีเลย์ตัวที่ 4 ของวงจร

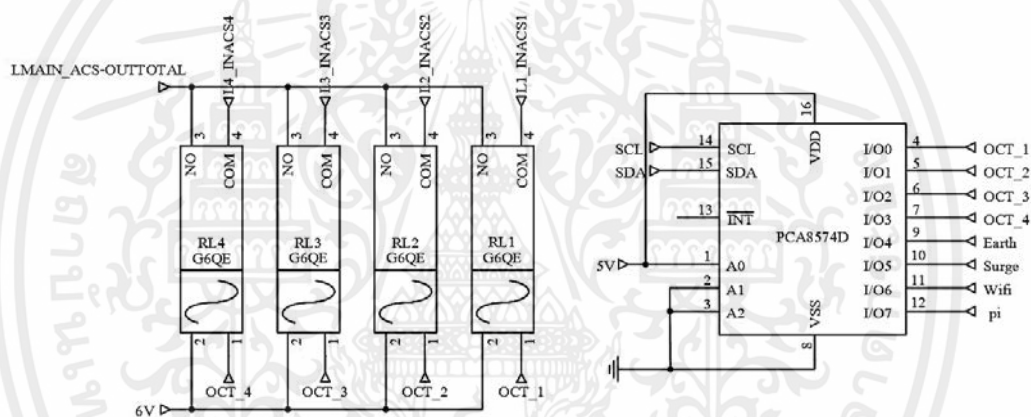
7) แอลอีดี D9 จะเชื่อมต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์จะแสดงสถานะเมื่อมีการเชื่อมต่อผ่านไวไฟ

8) แอลอีดี D10 จะแสดงสถานะเมื่อมีการต่อกับสายดิน

9) แอลอีดี D14 จะแสดงสถานะเมื่อมีวงจรป้องกันแรงดันกระชาก

3.3.5 การออกแบบวงจรรีเลย์

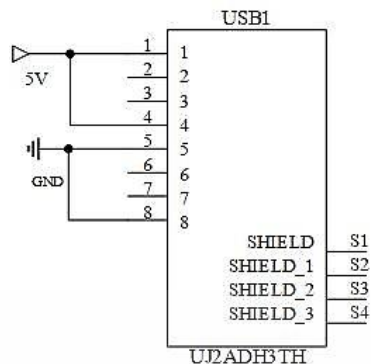
การออกแบบวงจรรีเลย์มีทั้งหมด 4 ตัวรีเลย์ที่ใช้งานรุ่น G6QE โดยขาที่ 1 ขาขดลวดรีเลย์จะทำการเชื่อมต่อกับชิปไอซีเบอร์ PCA8574D เพื่อที่จะรับคำสั่งควบคุมเปิด-ปิดของรีเลย์ ซึ่งมาจากไมโครโปรเซสเซอร์ ขาที่ 2 ขาขดลวดรีเลย์จะเชื่อมต่อกับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุต 6 โวลต์ ขาที่ 3 ของรีเลย์จะเชื่อมต่อกับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเอาต์พุตผ่านโมดูลวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า 220 โวลต์ และขาที่ 4 ของรีเลย์จะเชื่อมต่อกับเทอร์มินอลขาออกเพื่อปล่อยแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ควบคุมการเปิด-ปิด อุปกรณ์ภายนอกที่นำมาเชื่อมต่อเครื่อง ในขณะเดียวกันเมื่อรีเลย์มีการเปิด-ปิดตามการทำงานจริงจะส่งค่าให้ชิปไอซีที่เชื่อมต่อกับแผงวงจรแอลอีดีเพื่อแสดงสถานการณ์ทำงานได้อย่างถูกต้อง ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 การออกแบบวงจรรีเลย์

3.3.6 การเชื่อมต่อกราวด์และแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ กับดับเบิ้ลยูเอสบี (USB) 2 ชั้นของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติของรุ่น M44

การเชื่อมต่อกราวด์กับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ กับดับเบิ้ลยูเอสบี 2 ชั้นนั้นจะทำการเชื่อมต่อแรงดันกระแสตรงจากวงจรหลักเข้าสู่วงจรรูเอสบีที่ขา 1 และขาที่ 5 ของดับเบิ้ลยูเอสบี 2 ชั้น และทำการเชื่อมต่อกับกราวด์เดียวกับบอร์ดของวงจรโดยจะทำการเชื่อมต่อกับขาที่ 5 และขาที่ 8 ของวงจรรูเอสบี 2 ชั้น ดังรูปที่ 3.9



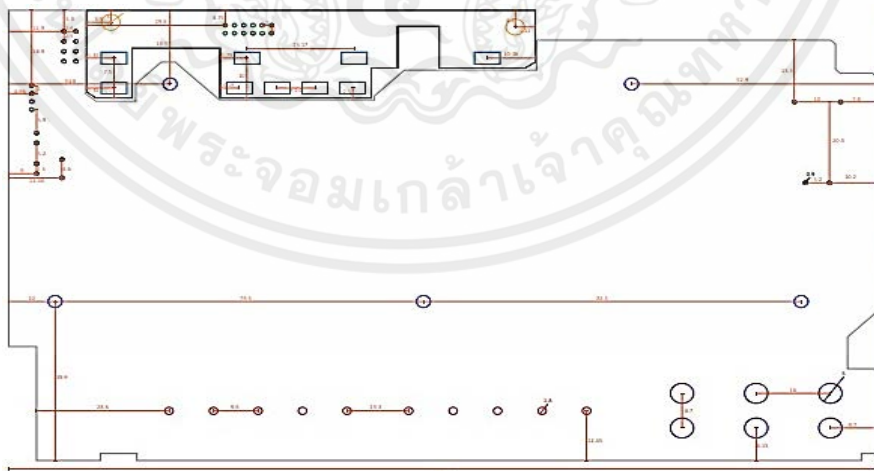
รูปที่ 3.9 การเชื่อมต่อกราวด์และแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ กับดัดเบิ้ลยูเอสบี (USB) 2 ชั้นของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติของรุ่น M44

3.4 การออกแบบแผงวงจร (PCB) ส่วนของการควบคุมและแผงวงจร (PCB) ในส่วนของแอลอีดี (LED) แสดงสถานะ

ขั้นตอนการออกแบบแผงวงจร ส่วนของการควบคุม และในส่วนของแอลอีดี เพื่อจัดส่งไฟล์ให้กับโรงงานได้จัดทำแผงวงจรรุ่น M44 มีดังนี้

3.4.1 การออกแบบแผงวงจรให้สอดคล้องกับกล่องของฝ่ายออกแบบฝ่ายผลิตภัณฑ์

โดยเทียบกับการออกแบบผ่านโปรแกรม Solid work โดยจะมีส่วนของแผงวงจรควบคุมและแผงวงจรแอลอีดี แสดงสถานะการทำงานของเครื่อง



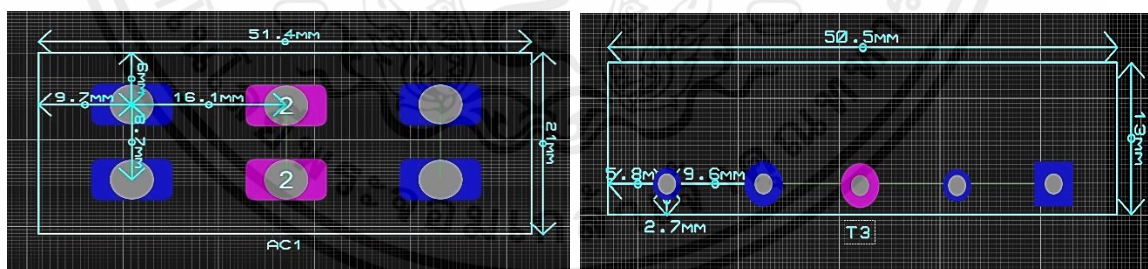
รูปที่ 3.10 แบบภายนอกของแผงวงจรอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44 และแผงวงจรแอลอีดีแสดงสถานะการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.10 การออกแบบแผงวงจรจะขึ้นอยู่กับลักษณะของกล่องที่ออกแบบโดยฝ่ายออกแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะต้องพิจารณาถึงข้อจำกัดความสูง ตำแหน่งของอุปกรณ์ และตำแหน่งของรูยึดนี้้อต มีผลต่อการประกอบเครื่องทั้งหมดจึงทำให้ต้องมีการกำหนดพื้นที่ในจุดที่ให้ความสำคัญรอบนอกทั้งหมดแบบของแผงวงจรอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44 จะมีการกำหนดแผงวงจรขนาดกว้าง 187.4 มิลลิเมตร และยาว 113 มิลลิเมตร จุดตำแหน่งของการวางเทอร์มินอลรุ่น KF88SA-16.0 จำนวน 3 ช่อง และ KF48S จำนวน 5 ช่องจุดของเพาเวอร์สวิตช์พลาาย จุดของการวางพอร์ตการสื่อสารต่าง ๆ จุดการวางไดโอดเปล่งแสงในแผงวงจรแอลอีดี แสดงสถานะการทำงาน และจุดของรูยึดนี้้อต 5 จุด

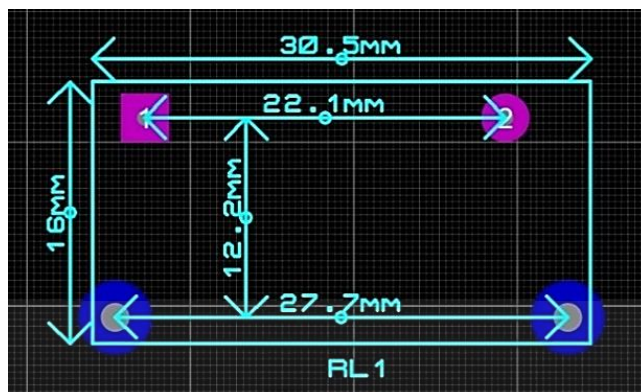
3.4.2 การออกแบบฟุตปริ้น ของอุปกรณ์ในรุ่น M44

ฟุตปริ้นจะเป็นตัวแทนของอุปกรณ์ต่างๆที่จำเป็นในการออกแบบบางครั้งไม่ได้มีการออกแบบไว้แล้วทำให้ต้องทำการออกแบบเพื่อนำมาใช้งานในโปรแกรม Proteus 8.9 Professional การออกแบบฟุตปริ้นต้องคำนึงถึงขนาดจริงของอุปกรณ์เป็นอย่างมากเพราะเมื่อออกแบบถูกต้องตามขนาดเมื่อนำแผงวงจรมาทำการทดสอบจะไม่เกิดปัญหาเรื่องการใส่อุปกรณ์ไม่ได้ ออกแบบฟุตปริ้นของเทอร์มินอลรุ่น KF88SA-16.0 จำนวน 3 ช่อง มีขนาดรอบนอก กว้าง 21 มิลลิเมตร และยาว 51.4 มิลลิเมตร ระยะเส้นผ่าศูนย์กลางจุดที่ 1 ห่างจากขอบระยะ 9.7 และ 6 มิลลิเมตร ระยะเส้นผ่าศูนย์กลางจุดที่ 1 ห่างจากจุดที่ 2 เป็นระยะ 16.1 มิลลิเมตร ซึ่งระยะต่อไปจะเท่ากันจนครบ 3 จุด และ KF48S-9.5 จำนวน 5 ช่อง มีขนาดรอบนอกกว้าง 13 มิลลิเมตร ยาว 13 มิลลิเมตร ระยะเส้นผ่าศูนย์กลางจุดที่ 1 ห่างจากขอบระยะ 5.8 และ 2.7 มิลลิเมตร ระยะเส้นผ่าศูนย์กลางจุดที่ 1 ห่างจากจุดที่ 2 เป็นระยะ 9.6 มิลลิเมตร ซึ่งระยะต่อไปจะเท่ากันจนครบ 5 จุด ดังรูปที่ 3.11



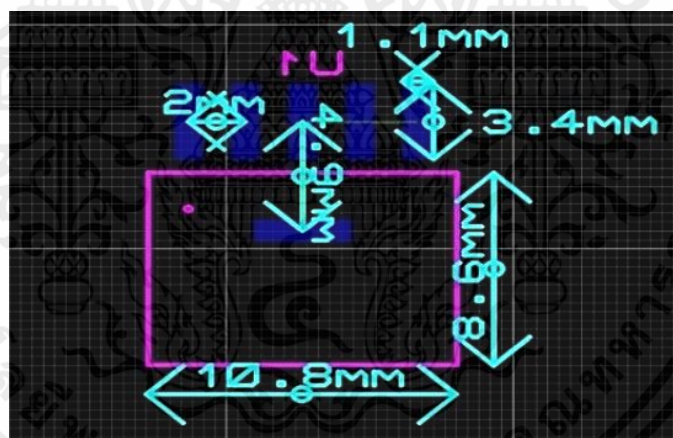
รูปที่ 3.11 การออกแบบฟุตปริ้นของเทอร์มินอลรุ่น KF88SA-16.0 จำนวน 3 ช่อง (ซ้าย) และของเทอร์มินอลรุ่น KF48S-9.5 จำนวน 5 ช่อง (ขวา)

ออกแบบฟุตปริ้นรีเลย์รุ่น G6QE ขนาดนอก กว้าง 16 มิลลิเมตร ยาว 30.5 มิลลิเมตร จุดกึ่งกลางของจุดที่ 1 และ จุดที่ 2 ห่างกัน 22.1 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างจุดที่ 3 และจุดที่ 4 เป็นระยะ 27.2 มิลลิเมตร ซึ่งระหว่าง 2 ฟัง มีระยะ 12.2 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 การออกแบบฟุตพริ้นของรีเลย์รุ่น G6QE

ออกแบบฟุตพริ้นของ LM2596 มีความกว้าง 8.6 มิลลิเมตร ยาว 10.8 มิลลิเมตร ขาทั้ง 5 มีความยาว 1.1 มิลลิเมตร แต่ละขาห่างกัน 2 มิลลิเมตร ซึ่งขาแต่ละขามีความกว้าง 3.4 มิลลิเมตร ตามขนาดจริงของ LM2596 ดังรูปที่ 3.13



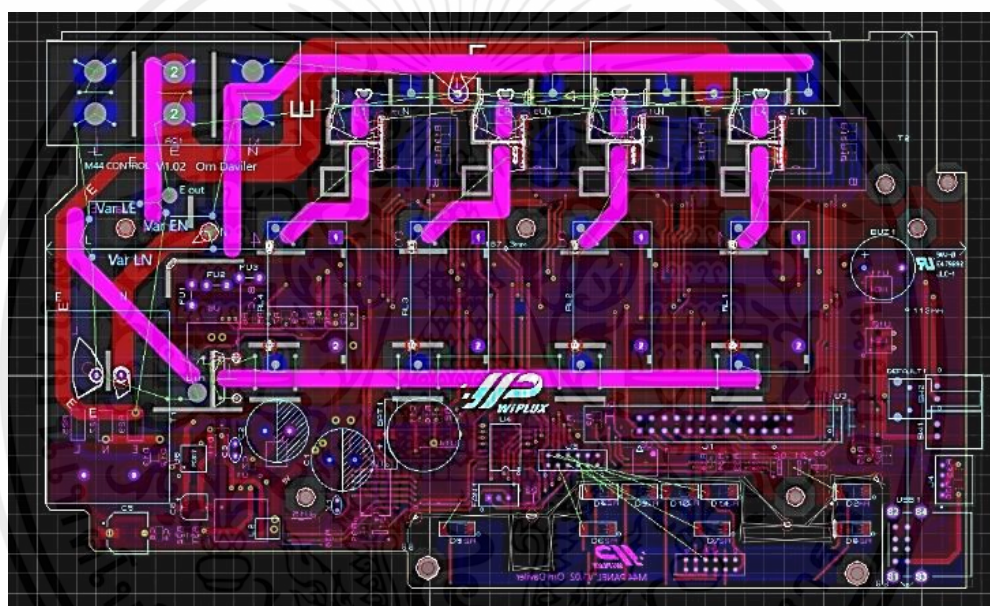
รูปที่ 3.13 การออกแบบฟุตพริ้นของ LM2596

3.4.3 ออกแบบลายเส้นของบอร์ดพีซีบี (PCB) ในอุปกรณ์

การออกแบบลายเส้นของกระแสไฟฟ้าในโปรแกรม Proteus 8.9 Professional ต้องคำนึงถึงการวางอุปกรณ์แต่ละชนิด โดยการออกแบบเชื่อมต่อสาย L N E ของไฟฟ้ากระแสสลับจะต้องมีขนาดที่เหมาะสมตรงตามมาตรฐาน ซึ่งการออกแบบเส้นทางจะต้องให้ความสำคัญกับขนาดเส้นให้ถูกต้องกับเส้นแต่ละเส้น อาทิเช่น ขนาดที่ใหญ่ควรจะเป็นสายไฟฟ้ากระแสสลับที่เส้นที่มีขนาดลดลงมาอาจจะเป็นสายสัญญาณต่าง ๆ และการออกแบบสายจะต้องหลีกเลี่ยงบางจุดที่อาจทำให้เกิดอันตรายต่าง ๆ เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

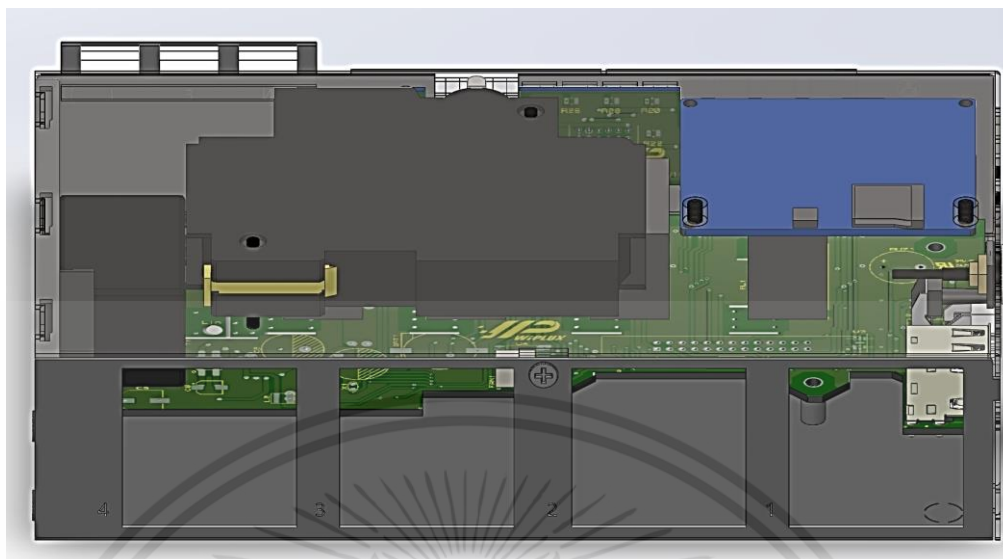
ใต้ลวดทองแดง จุดรูนี้อต จุดตัดอื่น ๆ เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาของลายเส้น PCB ขาดออกจากกันทำให้แรงดันไฟฟ้าการไหลขาดหายไป การออกแบบเส้นทางลวดทองแดง N จะต้องคำนึงถึงมาตรฐานซึ่งกระแสขาเข้ารอบรับ 60 แอมป์ ทองแดงที่ใช้งานจะต้องเป็น 10 สแควร์มิล ลายเส้น L ที่มีแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจะเข้าสู่เทอร์มินอลรุ่น KF88SA-16.0 จำนวน 3 ช่อง เข้าสู่เบรกเกอร์จะไหลผ่านเข้าสู่จุด Lin เชื่อมต่อด้วยสายทองแดง 10 สแควร์มิล (เชื่อมต่อกับเพาเวอร์ซัพพลายรุ่น HE05P15LRN) แรงดันเอาต์พุต 6 โวลต์ และเชื่อมกับรีเลย์รุ่น G6QE ทั้ง 4 ตัวโดยจะไหลต่อไปที่โมดูลวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า แล้วออกสู่เทอร์มินอลรุ่น KF48S-9.5 ลายเส้นของสาย E จะไหลเข้าสู่เทอร์มินอล KF48S-9.5 จากนั้นจะออกแบบลายเส้นในวงจรกระแสตรงให้เชื่อมต่อกันให้ครบถ้วนตามที่ออกแบบไว้ได้ ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 การออกแบบแผงวงจรของรุ่น M44 ในโปรแกรม Proteus 8.9 Professional

3.4.4 ตรวจสอบแผงวงจรที่ออกแบบทั้งหมดว่าพอดีกับกล่องของฝ่ายผลิตภัณฑ์ออกแบบในโปรแกรม Solid work 2019 หรือไม่

การตรวจสอบแผงวงจรกับในโปรแกรม Solid work 2019 ซึ่งจะมีการเทียบจุดสำคัญต่าง ๆ ทั้งภายนอกของวงจร จุดรูยึดนี้อต การวางเทอร์มินอล และการวางไดโอดเปล่งแสงให้ตรงกับจุดที่ต้องการให้แอลอีดีอยู่หน้าเครื่องให้เหมาะสม การตรวจสอบตำแหน่งของแผงวงจร แสดงสถานะการทำงาน แผงวงจรควบคุมสามารถวางในอุปกรณ์ได้อย่างดีตามความต้องการ และความสูงของแต่ละอุปกรณ์นั้นอยู่ในความสูงที่พอดี ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ตรวจสอบแผงวงจรที่ออกแบบทั้งหมดว่าพอดีกับกล่องของฝ่ายผลิตภัณฑ์ออกแบบในโปรแกรม Solid work 2019

3.5 ขั้นตอนการทำงาน

3.5.1 ขั้นตอนการประกอบแผงวงจร (PCB) ของระบบไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44

การดำเนินการออกแบบฮาร์ดแวร์จะมีการเริ่มออกแบบวงจรต่าง ๆ ตามที่ต้องการโดยผ่านโปรแกรม Proteus 8.9 Professional เพื่อให้ได้เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำงานเฉพาะด้านตามที่ได้กำหนดไว้ (PCB Prototype) หลังจากออกแบบแผงวงจรเรียบร้อยแล้วจะส่งให้กับโรงงานผลิตแผงวงจร เมื่อโรงงานทำการผลิตเสร็จจะส่งกลับมาและทางฮาร์ดแวร์จะทำการประกอบนำอุปกรณ์ต่าง ๆ ใส่ลงในแผงวงจร ดังขั้นตอนต่อไปนี้

- 1) บัดกรีอุปกรณ์ ตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ ตัวเก็บประจุ ไดโอด ไดโอดเปล่งแสง ทรานซิสเตอร์ และมอสเฟต
- 2) บัดกรี เพาเวอร์ซัพพลายจะใช้วิธีการจุ่มสายเพาเวอร์ซัพพลายจากภายนอกแล้วบัดกรีที่ขาแรงดันเอาต์พุต 6 โวลต์ และกราวด์แต่จะไม่ใส่เพาเวอร์ซัพพลายลงในแผงวงจรโดยตรงเช็คแรงดันขาออกของเพาเวอร์ซัพพลายจะได้ค่าแรงดันตรงเอาต์พุต 6 โวลต์
- 3) บัดกรีวงจรลดแรงดันไฟฟ้าเช็คแรงดันขาออกของวงจรจะได้ค่าแรงดันเอาต์พุต 5.2 โวลต์

4) บัดกรีวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ และอุปกรณ์บัลลิสเซอร์ หลังจากบัดกรีเรียบร้อยแล้ว จะทดสอบปล่อยไฟเข้าจะมีเสียงบีบ 1 ครั้ง/วินาที

5) บัดกรี คอนเน็คเตอร์ตัวผู้ ชนิด 26 ช่อง ทดสอบโดยการใส่ร่าสเบอร์รี่พาย เช็คแรงดันที่ขาเข้าจะได้ค่าแรงดันเอาต์พุต 5 โวลต์ และเช็คแรงดันขาออกจะได้ค่าแรงดันเอาต์พุต 3.3 โวลต์

6) บัดกรีวงจรรวม ทีละตัวและเมื่อบัดกรีวงจรได้ 1 ตัว จะทำการเช็คแอดเดรส ผ่านโปรแกรม WinSCP ถ้าเข้าไปเช็คแล้วไม่แสดงข้อมูลแอดเดรส ให้ทำการบัดกรีวงจรรวมใหม่อีกครั้ง หรือทำการเปลี่ยนตัวอุปกรณ์ใหม่จนกว่าจะสามารถตรวจสอบแอดเดรสได้

7) บัดกรี คอนเน็คเตอร์ตัวผู้ เชื่อมต่อกับแผงวงจร แสดงสถานะไฟ

8) เข้าทดสอบบอร์ดจ่ายไฟฟ้าเข้าวงจรและเข้าสู่หน้าเว็บไซต์ตามแอดเดรสไอดี (IP Address) ที่ลงไว้ในเอสดีการ์ด (SD Card)

9) เช็คการควบคุมเปิด-ปิดไฟ ผ่านหน้าเว็บไซต์ได้ปกติหรือไม่ตามคำสั่งของซอฟต์แวร์ ตรวจสอบแรงดันที่ขาขดลวดของรีเลย์บนแผงวงจร ขณะที่เปิดไฟแต่ยังไม่ได้เชื่อมต่อรีเลย์ จะต้องได้ค่าแรงดันเอาต์พุต 6 โวลต์ และขณะที่ปิดไฟแต่ยังไม่ได้เชื่อมต่อกับรีเลย์จะได้ค่าเอาต์พุต 300 มิลลิโวลต์ เมื่อเปิด-ปิดไฟ ตามหน้าเว็บไซต์ไฟในแผงวงจร แสดงสถานะไฟจะต้องเป็นไปตามความเป็นจริง

10) เช็คหน้าเว็บว่าวงจรรวมที่บัดกรีเรียบร้อยแล้ว แสดงค่าสู่หน้าเว็บไซต์หรือไม่

11) บัดกรีพอร์ตการสื่อสารของรุ่น M44 ให้ครบถ้วน และทำการเช็คพอร์ตการสื่อสารทั้งหมด

12) บัดกรีเส้นทองแดง 10 ตารางมิลลิเมตร และเบรกเกอร์เชื่อมต่อสายไฟอ่อน 10 ตารางมิลลิเมตร ลงกับแผงวงจรของรุ่น M44

13) บัดกรีเทอร์มินอลบล็อก ชนิดแบริเออร์ (Barrier) ให้เรียบร้อยแล้ว

14) ใส่เพาเวอร์ซัพพลายลงไปกับแผงวงจรของรุ่น M44

15) ต่อสายไฟเข้าเทอร์มินอลบล็อก L N E

16) ทดสอบการควบคุมเปิด-ปิดไฟอีกครั้งผ่านหน้าเว็บไซต์

3.5.2 ขั้นตอนการผลิตอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติของรุ่น M44

ขั้นตอนในการผลิตอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติของรุ่น M44 จะดำเนินการตามลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ออกแบบแผงวงจรของรุ่น M44 โดยใช้โปรแกรม Proteus 8.9 Professional และนำส่งไฟล์ส่งให้ทางโรงงาน เพื่อผลิตมาในรูปแบบของแผงวงจร

2) เตรียมชิ้นส่วนอุปกรณ์ และวัสดุสำหรับการประกอบอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติของรุ่น M44 ได้แก่ แผงวงจร เครื่องมือที่ใช้ในการประกอบ ชิ้นส่วนต่างๆ ชุดควบคุมการทำงาน และการออกคำสั่ง (Microcontroller Unit)

3) เริ่มต้นการประกอบ และวางอุปกรณ์ต่างๆลงบนแผงวงจรเปล่า โดยสิ่งที่ใช้เชื่อมระหว่างแผงวงจรคือ ตะกั่ว ซึ่งจะใช้หัวแร้งและเครื่องเป่าลมร้อนเป็นตัวทำลายและผสม โดยขั้นแรกจะต้องบัดกรีอุปกรณ์ต่างๆที่ทำงานด้วยไฟฟ้าแรงดันกระแสตรงเอาต์พุต 5 โวลต์ ได้แก่ ตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ ตัวเก็บประจุ ไดโอด ไดโอดเปล่งแสง ทราานซิสเตอร์ มอสเฟต วงจรรวมชนิดต่าง ๆ และอุปกรณ์อื่น ๆ จากนั้นเริ่มบัดกรีอุปกรณ์ที่ทำงานด้วยไฟฟ้าแรงดันกระแสสลับเอาต์พุต 220 โวลต์ อาทิเช่น เพาเวอร์ซัพพลาย รีเลย์ เทอร์มินอลบล็อกชนิดแบรีเออร์ และอุปกรณ์อื่นๆ

4) ทำความสะอาดครบต่างๆบนแผงวงจรที่เกิดจากการบัดกรี

5) ตรวจสอบความเรียบร้อยความปลอดภัยของชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่อยู่บนแผงวงจร ในส่วนของเส้นลวดทองแดงขั้ว L E N จะต้องไม่สัมผัสถึงกัน และต้องมีระยะห่างที่เหมาะสม

6) ตรวจสอบการทำงานของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ว่ามีการทำงานที่ถูกต้องปลอดภัยเป็นไปตามที่วางแผนไว้หรือไม่ ซึ่งสามารถตรวจสอบโดยใช้มัลติมิเตอร์ในการดูค่าแรงดันและกระแสจากนั้นหาแอดเดรสในวงจรรวม ซึ่งในวงจรรวมบางตัวจะมีช่องทางการสื่อสารระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ เรียกว่า ไอทิวซี (I2C) โดยจะต้องตรวจสอบแอดเดรสให้ครบก่อนที่จะไปทดสอบฟังก์ชันในส่วนอื่นๆ

7) นำแผงวงจรที่ทดสอบเรียบร้อยแล้วใส่ลงในกล่องเหล็กที่ฝ่ายผลิตเป็นคนออกแบบยึดด้วยน็อตที่ใช้จะเป็นแบบสปริงเพื่อป้องกันการคลายตัวติดพัดลมพัดลมโดยใช้ตัวพัดลมจะมีสายไฟที่มาพร้อมคอนเน็คเตอร์ตัวเมียชนิด 3 ช่อง อยู่แล้วจะสามารถใช้เข้ากับคอนเน็คเตอร์ตัวผู้ชนิด 3 ขา ในแผงวงจรได้เลย ติดตั้งเต้ารับหลังเครื่องมีจำนวน 4 ช่อง ติดตั้งเต้ารับเสาอากาศที่บริเวณข้างกล่อง และเชื่อมต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์

8) ทำการทดสอบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ด้วยกันอีกครั้งเพื่อที่จะยืนยันการทำงานได้อย่างถูกต้อง

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองของระบบไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44 โดยมีการทดลองภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุตได้ 5.2 โวลต์ การทดลองแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของรีเลย์ การทดลองการทำงานของวงจรถัดม การทดลองการทำงานของแผงวงจรแอลอีดี แสดงสถานะทำงาน การทดลองการกินกระแสไฟฟ้ากระแสตรงขณะที่วงจรถัดมทำงาน และการทดลองการทำงานของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงไฟเลี้ยงเอาต์พุตได้ 5 โวลต์ของยูเอสบี 2 ชั้น

4.1 การทดลองภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุต 5.2 โวลต์

การทดลองภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุตได้ 5.2 โวลต์ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงโดยใส่โหลดที่มีความต้านทาน 5 โอห์ม ทดลองขณะมีโหลดและไม่มีโหลด มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

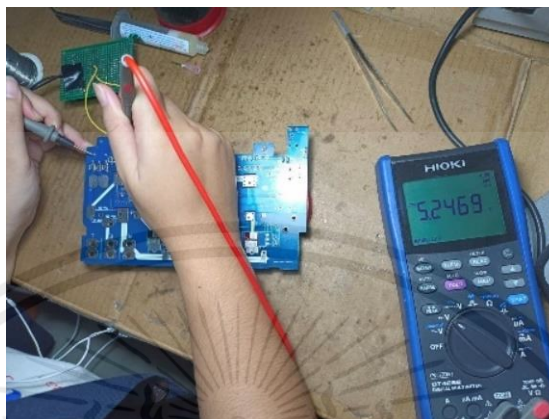
- 1) ต่ วงจรแรงดัน 5.2 โวลต์ ดังรูปที่ 4.1
- 2) นำตัวต้านทาน 5 โอห์มมาต่อคร่อมระหว่างขั้วบวกและขั้วลบ บันทึกแรงดันไฟฟ้าลงในตารางที่ 4.1
- 3) นำบอร์ดมาต่อคร่อมระหว่างขั้วบวกและขั้วลบ บันทึกแรงดันไฟฟ้าลงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การทดลองแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุต 5.2 โวลต์

โหลด	แรงดันขณะไม่มีโหลด (โวลต์)	แรงดันขณะมีโหลด (โวลต์)	ความคลาดเคลื่อน (เปอร์เซ็นต์)
ตัวต้านทาน 5 โอห์ม	5.2	5.14	1.154
บอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์	5.2	5.00	3.846

จากตารางที่ 4.1 การทดลองแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงคงที่ 5.2 โวลต์ โดยขณะที่ไม่มีโหลดวัดแรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุตได้ 5.2 โวลต์ และขณะที่มีโหลดวัดแรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุตได้ 5.14 โวลต์ โดยขณะมีโหลดมีเปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อน 1.154 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อมาใช้งานจริงกับไมโครโปรเซสเซอร์ที่ใช้

แรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุตได้ 5 โวลต์ มีเปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อน 3.846 เปอร์เซ็นต์ สามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้



รูปที่ 4.1 การวัดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงคงที่ 5.2 โวลต์

4.2 การทดลองการทำงานของวงจรพัลลม

การทดลองการทำงานของวงจรระบายพัลลม โดยพัลลมที่ใช้งานคือ Mega-F4010LS05 จะเปิดการทำงานแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุตได้ตั้งแต่ 4.5 โวลต์ จะรับค่าอินพุต 1 จากซอฟต์แวร์ เมื่อมีแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุตน้อยกว่า 4.5 โวลต์ จะรับค่าอินพุต 0 จากซอฟต์แวร์ และโดยพัลลมมีการใช้งานกระแสไฟฟ้า 120 มิลลิแอมป์ มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

- 1) ส่งค่าอินพุต 0, 1 มาจากซอฟต์แวร์ผ่านโปรแกรม WinSCP ดังรูปที่ 4.2
- 2) วัดแรงดันไฟฟ้าที่พัลลม
- 3) บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การทดลองการทำงานของวงจรพัลลม

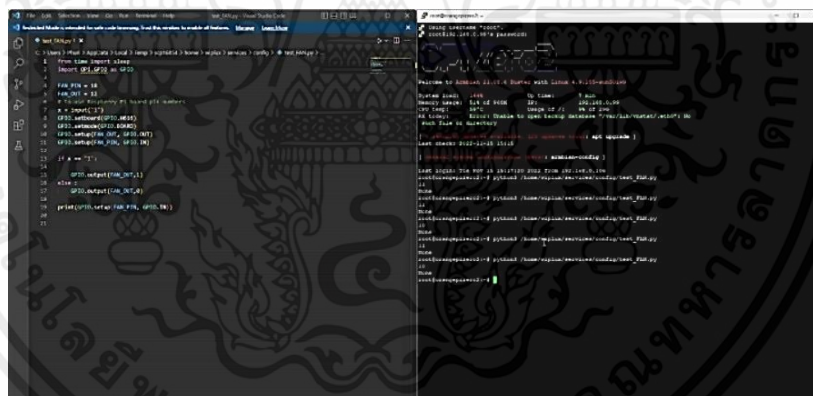
การทำงาน		แรงดันคงที่ (โวลต์)	แรงดันที่วัดได้ (โวลต์)	ความคลาดเคลื่อน (เปอร์เซ็นต์)	กระแสคงที่ (มิลลิแอมป์)	กระแสที่วัดได้ (มิลลิแอมป์)	ความคลาดเคลื่อน (เปอร์เซ็นต์)
เปิด	ปกติ	4.5	4.95	10	120	124	3.33
วงจรพัลลม	มีสิ่งกีดขวาง	4.5	2.35	47.78	120	48	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 การทดลองการทำงานของวงจรถวลม (ต่อ)

การทำงาน	แรงดัน คงที่ (โวลต์)	แรงดัน ที่วัดได้ (โวลต์)	ความคลาด เคลื่อน (เปอร์เซ็นต์)	กระแสคงที่ (มิลลิ แอมป์)	กระแส ที่วัดได้ (มิลลิแอมป์)	ความคลาด เคลื่อน (เปอร์เซ็นต์)
ปิดวงจรถวลม	4.5	1.79	60.22	120	23	80.83

จากตารางที่ 4.2 การทดลองการทำงานของวงจรถวลม เมื่อมีการส่งค่าอินพุต 1 มาจากซอฟต์แวร์นั้น ทำให้วงจรถวลมมีการหมุน โดยการทดลองสายไฟเลี้ยงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมีค่าเอาต์พุตที่ได้ 4.95 โวลต์ มีความคลาดเคลื่อน 10 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สามารถทำงานได้ปกติ ใช้กระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน 124 มิลลิแอมป์ เมื่อมีการนำพ่วงกันมาเป็นสิ่งกีดขวางทำให้พัลลมนั้นมีการหยุดหมุนแรงดันไฟฟ้าคงที่เอาต์พุตที่ได้ 2.35 โวลต์ โดยแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่ได้น้อยกว่า 4.5 โวลต์ พัลลมนจะไม่สามารถทำงานได้ และเมื่อทำการส่งค่า 0 มาจากซอฟต์แวร์ ทำให้วงจรถวลมปิดการทำงาน โดยแรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุตวัดได้ 1.79 โวลต์ มีการใช้งานกระแสไฟฟ้าที่วัดได้เอาต์พุต 23 มิลลิแอมป์



รูปที่ 4.2 การส่งค่าอินพุตของวงจรถวลม

4.3 การทดลองการทำงานของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ ของยูเอสบี (USB) 2 ชั้น

การทดลองการทำงานจ่ายไฟเลี้ยงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ ให้กับยูเอสบี 2 ชั้น ขั้นตอนการทดลอง

- 1) ทดลองโดยการวัดค่าเมื่อไม่ได้มีต่อกับอุปกรณ์อื่น ๆ ดังรูปที่ 4.3
- 2) ทดลองโดยการต่อกับอุปกรณ์ M5 ทั้ง 1 และ 2 ช่อง
- 3) บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 การทดลองการทำงานของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ ของยูเอสบี (USB) 2 ชั้น

แรงดันขณะไม่มี การต่อกับอุปกรณ์ (โวลต์)	แรงดันขณะ อุปกรณ์ 1 ช่อง (โวลต์)	ความ คลาดเคลื่อน (เปอร์เซ็นต์)	แรงดันขณะมี อุปกรณ์ 2 ช่อง (โวลต์)	ความ คลาดเคลื่อน (เปอร์เซ็นต์)
5	4.90	2	4.8	4

จากตารางที่ 4.3 การจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับยูเอสบีที่อยู่ที่แรงดันกระแสตรงเอาต์พุตได้ 5 โวลต์ โดยขณะที่ไม่มีการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุตวัดได้ 5 โวลต์ และขณะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ M5 ที่ใช้แรงดันเอาต์พุตได้ 5 โวลต์สามารถทำงานได้ทั้งที่เชื่อมต่อยูเอสบี 1 ช่องค่าแรงดันเอาต์พุตวัดได้ 4.9 โวลต์ เมื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ 2 ตัว กับช่องยูเอสบีทั้ง 2 ช่องค่าเอาต์พุตวัดได้ 4.8 โวลต์ ซึ่งสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้



รูปที่ 4.3 การวัดค่าแรงดันไฟฟ้าของยูเอสบี

4.4 การทดลองแรงดันและการกินกระแสไฟฟ้ากระแสตรงขณะที่วงจรทำงาน

การทดลองแรงดัน และการกินกระแสไฟฟ้ากระแสตรงขณะที่วงจรมีการทำงานโดยจะมีการใช้มัลติมิเตอร์ในการวัดค่าเพื่อทดลองการกินกระแสจริงมีการวัดค่าดังนี้

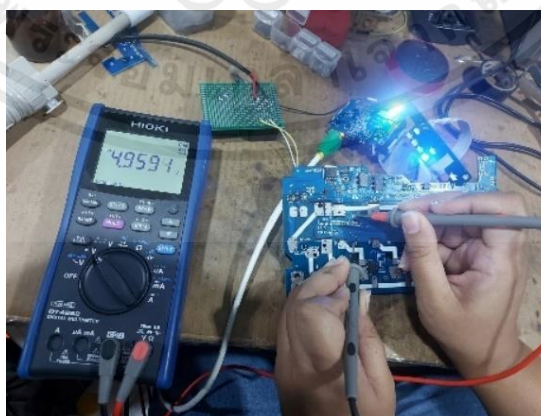
- 1) การวัดค่าขณะเริ่มการทำงานของวงจรทันที
- 2) เมื่อทำการจ่ายไฟเลี้ยงให้กับไมโครโปรเซสเซอร์ และขณะวงจรพัฒนามีการทำงาน
- 3) วัดค่าแรงดันและกระแสไฟระหว่างการทำงานของรีเลย์ทั้ง 4 ตัว ดังรูปที่ 4.4
- 4) บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 การทดลองการวัดค่าการกินกระแสไฟฟ้ากระแสตรงขณะมีการทำงาน

การทำงาน	แรงดันคงที่ (โวลต์)	แรงดันไฟฟ้าที่ วัดค่าได้ (โวลต์)	ความคลาดเคลื่อน (เปอร์เซ็นต์)	กระแสไฟฟ้า (มิลลิแอมป์)
เริ่มต้นเปิดวงจร	6	6	0	355
ไมโครโปรเซสเซอร์ เปิดการทำงาน	5.2	5.13	1.35	574
วงจรพัลลวม	5.2	4.92	5.38	692
รีเลย์ 1 ตัว	5	4.95	1	920
รีเลย์ 2 ตัว	5	4.79	4.2	1140
รีเลย์ 3 ตัว	5	4.67	6.6	1356
รีเลย์ 4 ตัว	5	4.55	9	1540

จากตารางที่ 4.4 แรงดันไฟฟ้าเพาเวอร์ซัพพลายแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ เมื่อมีการเปิดการทำงานของเครื่องเอาต์พุตที่วัดได้ 6 โวลต์ กระแส 355 มิลลิแอมป์ เมื่อวัดค่าแรงดันที่ไมโครโปรเซสเซอร์เอาต์พุตได้ 5.13 โวลต์ กระแส 219 มิลลิแอมป์ การทดลองการเปิดวงจรพัลลวมแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่วัดได้ 4.92 โวลต์ กระแส 118 มิลลิแอมป์ และรีเลย์ที่ใช้งานแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุตได้ 5 โวลต์ กระแสประมาณ 280 มิลลิแอมป์ โดยทดลองการเปิดรีเลย์ทั้ง 4 ตัว รีเลย์ตัวที่ 4 วัดได้เอาต์พุต 4.55 โวลต์ กระแส 220 มิลลิแอมป์ สามารถทำงานได้ตามที่มีการออกแบบไว้



รูปที่ 4.4 การวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้าของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การทดลองการทำงานของแผงวงจรแอลอีดี (LED) แสดงสถานะทำงาน

การทดลองของการทำงานของแผงวงจรแอลอีดี โดยจะแสดงสถานะตามการทำงานของจริงของวงจร มีการเชื่อมต่อผ่านคอนเนคเตอร์ระหว่างแผงวงจรแอลอีดี และแผงวงจรหลักของ M44 จะทำการตรวจเช็คไฟแอลอีดี ทำการเชื่อมต่อแผงวงจรแอลอีดี แสดงสถานะทำงานและแผงวงจรควบคุม โดยเมื่อเริ่มจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุตได้ 5 โวลต์ ทำให้แอลอีดีแสดงสถานะเพาเวอร์ติดขึ้นเป็นดวงแรกหลังไฟจะติดเป็นสีฟ้า ไฟแสดงสถานะเมื่อมีวงจรป้องกันกระแสชกไฟจะไม่สามารถติดได้ แต่ขณะเดียวกันถ้าไม่มีวงจรป้องกันไฟฟ้ากระแสชกไฟดวงนี้จะมีลักษณะกระพริบเป็นสีแดง ไฟแสดงสถานะเมื่อไฟเลี้ยงไปถึงชิปไมโครโปรเซสเซอร์ไฟจะทำการติดเป็นสีฟ้า และไฟแสดงสถานะเมื่อทำการเชื่อมต่อไวไฟผ่านหน้าเว็บไซต์ไฟจะติดเป็นสีฟ้า ไฟแสดงสถานะเมื่อเชื่อมต่อกับสายดินไฟฟ้าดวงนี้จะติดเป็นสีฟ้า ไฟแสดงสถานะการทำงานของรีเลย์ตัวที่ 1 เมื่อทำงานไฟจะติดเป็นสีขาว ไฟแสดงสถานะการทำงานของรีเลย์ตัวที่ 2 เมื่อทำงานจะเป็นติดเป็นสีขาว ไฟแสดงสถานะการทำงานของรีเลย์ตัวที่ 3 เมื่อทำงานจะเป็นติดเป็นสีขาว ไฟแสดงสถานะการทำงานของรีเลย์ตัวที่ 4 เมื่อทำงานจะเป็นติดเป็นสีขาว ดังต่อไปนี้

- 1) เปิดการทำงานของแผงวงจรแอลอีดี
- 2) ทดลองการทำงานของแผงวงจรแอลอีดี ดังรูปที่ 4.5
- 3) บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การทดลองการทำงานของแผงวงจรแอลอีดี (LED) แสดงสถานะทำงาน

แอลอีดี	การแสดงผลสถานะของแอลอีดี				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	ครั้งที่5
แอลอีดีแสดงสถานะเพาเวอร์	✓	✓	✓	✓	✓
แอลอีดีแสดงสถานะมีวงจรป้องกันไฟกระแสชก	✓	✓	✓	✓	✓
แอลอีดีแสดงสถานะไมโครโปรเซสเซอร์	✓	✓	✓	✓	✓
แอลอีดีแสดงสถานะไวไฟ	✓	✓	✓	✓	✓
แอลอีดีแสดงสถานะสายดิน	✓	✓	✓	✓	✓

ตารางที่ 4.5 การทดลองการทำงานของแผงวงจรแอลอีดี (LED) แสดงสถานะทำงาน (ต่อ)

แอลอีดี	การแสดงผลสถานะของแอลอีดี				
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	ครั้งที่5
แอลอีดีแสดงผลสถานะของรีเลย์ตัวที่ 1	✓	✓	✓	✓	✓
แอลอีดีแสดงผลสถานะของรีเลย์ตัวที่ 2	✓	✓	✓	✓	✓
แอลอีดีแสดงผลสถานะของรีเลย์ตัวที่ 3	✓	✓	✓	✓	✓
แอลอีดีแสดงผลสถานะของรีเลย์ตัวที่4	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ: เครื่องหมาย ✓ หมายถึง การแสดงผลสถานะถูกต้อง เครื่องหมาย X หมายถึง การแสดงผลสถานะไม่ถูกต้อง

จากตารางที่ 4.5 การทดลองการทำงานของแผงวงจรแอลอีดีแสดงผลสถานะ การทดสอบทั้ง 5 ครั้งของแอลอีดีแสดงผลสถานะเพาเวอร์ แอลอีดีแสดงผลสถานะมิวเจอร์ป้องกันไฟกระชาก แอลอีดีแสดงผลสถานะไมโครโปรเซสเซอร์ แอลอีดีแสดงผลสถานะไวไฟ แอลอีดีแสดงผลสถานะสายดิน และแอลอีดีแสดงผลสถานะของรีเลย์ตัวที่ 1 ถึง 4 สามารถทำงานได้ทั้งหมด 100 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.5 การทำงานแผงวงจรแอลอีดีแสดงผลสถานะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงสรุปผลการทดลองปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน และการแก้ไขปัญหาของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44 ได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

ระบบไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44 ที่มีการออกแบบวงจรไว้สามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ การเลือกอุปกรณ์มาอย่างละเอียดส่งผลให้การทำงานมีประสิทธิภาพสามารถทำงานได้ดังนี้

5.1.1 สรุปผลการทดลองภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุต 5.2 โวลต์

การทดลองแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงคงที่ 5.2 โวลต์ โดยขณะที่ไม่มีโหลดวัดแรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุตได้ 5.2 โวลต์ และขณะที่มีโหลดวัดแรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุตได้ 5.14 โวลต์ โดยขณะมีโหลดมีเปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อน 1.154 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อมาใช้งานจริงกับไมโครโปรเซสเซอร์ที่ใช้แรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุตได้ 5 โวลต์ มีเปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อน 3.846 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการไม่ต่ำกว่า 4.5 โวลต์ วงจรจึงทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

5.1.2 สรุปผลการทดลองการทำงานของวงจรพัลลวม

การทดลองการทำงานของวงจรพัลลวม เมื่อมีการส่งค่าอินพุต 1 มาจากซอฟต์แวร์นั้นทำให้วงจรพัลลวมมีการหมุน โดยการทดลองสายไฟเลี้ยงแรงดันไฟฟ้าก็มีค่าเอาต์พุตที่ได้ 4.95 โวลต์ มีความคลาดเคลื่อน 10 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สามารถทำงานได้ปกติ ใช้กระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน 124 มิลลิแอมป์ เมื่อมีการนำพู่กันมาเป็นสิ่งกีดขวางทำให้พัลลวมนั้นมีการหยุดหมุนแรงดันไฟฟ้าคงที่เอาต์พุตที่ได้ 2.35 โวลต์ โดยแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่ได้น้อยกว่า 4.5 โวลต์ พัลลวมจะไม่สามารถทำงานได้ และเมื่อทำการส่งค่า 0 มาจากซอฟต์แวร์ ทำให้วงจรพัลลวมปิดการทำงาน โดยแรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุตวัดได้ 1.79 โวลต์ มีการใช้งานกระแสไฟฟ้าที่วัดได้เอาต์พุต 23 มิลลิแอมป์ ตามข้อมูลเมื่อต้องการให้พัลลวมหยุดการทำงานต้องมีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 4.5 โวลต์ ซึ่งวงจรได้ทำงานตามที่ออกแบบไว้อย่างถูกต้อง

5.1.3 สรุปผลการทดลองการทำงานของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ ของยูเอสบี (USB) 2 ชั้น

การจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับยูเอสบีอยู่ที่แรงดันกระแสตรงเอาต์พุตได้ 5 โวลต์ โดยขณะที่ไม่มีการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุตวัดได้ 5 โวลต์ และขณะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ M5 ที่ใช้แรงดันเอาต์พุตได้ 5 โวลต์สามารถทำงานได้ทั้งที่เชื่อมต่อยูเอสบี 1 ช่องค่าแรงดัน

เอาต์พุตวัดได้ 4.9 โวลต์ เมื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์ 2 ตัว กับช่องยูเอสบีทั้ง 2 ช่องค่าเอาต์พุตวัดได้ 4.8 โวลต์ หากต้องการใช้งานอุปกรณ์ภายนอกจึงไม่ควรมีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 4.5 โวลต์ ซึ่งวงจรสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้

5.1.4 สรุปผลการทดลองแรงดันและการกินกระแสไฟฟ้ากระแสตรงขณะที่วงจรทำงาน

แรงดันไฟฟ้าเพาเวอร์ซัพพลายแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ เมื่อมีการเปิดการทำงานของเครื่องเอาต์พุตที่วัดได้ 6 โวลต์ กระแส 355 มิลลิแอมป์ เมื่อวัดค่าแรงดันที่ไมโครโปรเซสเซอร์เอาต์พุตได้ 5.13 โวลต์ กระแส 219 มิลลิแอมป์ การทดลองการเปิดวงจรพัลลวมแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่วัดได้ 4.92 โวลต์ กระแส 118 มิลลิแอมป์ และรีเลย์ที่ใช้งานแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุตได้ 5 โวลต์ กระแสประมาณ 280 มิลลิแอมป์ โดยทดลองการเปิดรีเลย์ทั้ง 4 ตัว รีเลย์ตัวที่ 4 วัดได้เอาต์พุต 4.55 โวลต์ กระแส 220 มิลลิแอมป์ สามารถทำงานได้ตามที่มีการออกแบบไว้

5.1.5 สรุปผลการทดลองการทำงานของแผงวงจรแอลอีดี (LED) แสดงสถานะทำงาน

การทดลองการทำงานของแผงวงจรแอลอีดีแสดงสถานะ การทดสอบทั้ง 5 ครั้งของแอลอีดีแสดงสถานะเพาเวอร์ แอลอีดีแสดงสถานะมีวงจรป้องกันไฟกระชาก แอลอีดีแสดงสถานะไมโครโปรเซสเซอร์ แอลอีดีแสดงสถานะไวไฟ แอลอีดีแสดงสถานะสายดิน และแอลอีดีแสดงสถานะของรีเลย์ตัวที่ 1 ถึง 4 สามารถทำงานได้ทั้งหมด 100 เปอร์เซ็นต์

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

- 1) วงจรลดแรงดันไม่ทำงานเพราะฟิวส์ที่ไอซี LM2596 ผิดด้าน
- 2) วงจรพัลลวมไม่ทำงานเพราะฟิวส์ของคอนเนคเตอร์ของพัลลวมผิดด้าน
- 3) คอนเนคเตอร์ 26 ช่องไม่สามารถต่อกับบอร์ดได้เมื่อต่อผ่านสายแพเพราะฟิวส์ที่คอนเนคเตอร์ผิดด้าน
- 4) สายไฟทองแดงไม่ได้ขนาดตามที่ต้องการ
- 5) ความสูงของรีเลย์กระทบกับเบรกเกอร์ด้านบน
- 6) ช่องทางการสื่อสารไอยูซีไม่ตรงช่องกล่อง
- 7) คอนเนคเตอร์ของแผงวงจรแอลอีดีแสดงสถานะชนกับรีเลย์

5.3 การแก้ไขปัญหา

- 1) ไอซี LM2596 ของวงจรผิดด้าน ทำการแก้แบบฟิวส์ที่
- 2) แก้ไขสายฟิวส์ที่คอนเนคเตอร์ใหม่

- 3) ทำการเช็คขาของคอนเนคเตอร์เมื่อเชื่อมต่อกับบอร์ด แผงวงจรของ M44 และทำการเปลี่ยนแบบฟุตพริ้นท์
- 4) แก้เส้นทองแดงในโปรแกรมให้มีขนาดตามที่ต้องการ
- 5) แก้แบบโดยการเจาะช่องรีเลย์ให้ลงมาแล้วขยับรีเลย์ออกจากจุดเดิม
- 6) วัดขนาดการคลาดเคลื่อนและแก้แบบในโปรแกรม
- 7) เทียบคอนเนคเตอร์กับโปรแกรม Solid Work ใหม่ปรับเปลี่ยนพื้นที่ให้สามารถใส่คอนเนคเตอร์



เอกสารอ้างอิง

- [1] “สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply)” (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: <https://powerelectronics-21052112.blogspot.com/2019/07/basic-switchingpowersupply.html>. เข้าถึงครั้งสุดท้าย 7 พฤศจิกายน 2565.
- [2] อภิเชษฐ์ การัยภูมิ, **อิเล็กทรอนิกส์พอเพียง เล่ม 1**, เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์ วิตตี้กรุ๊ป, 2550. เข้าถึงครั้งสุดท้าย 18 มกราคม 2566.
- [3] ฉัตรจิวัฒน์ ธรรมานุกฤษ, **วงจรมอนิเตอร์อิเล็กทรอนิกส์**, กรุงเทพฯ, บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด(มหาชน), 2558. เข้าถึงครั้งสุดท้าย 25 มกราคม 2566.
- [4] “รีเลย์ (Relay)” (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: http://www.krurock.com/Arduino/Doc/Sheet_07_Relay.pdf. เข้าถึงครั้งสุดท้าย 5 พฤศจิกายน 2565.
- [5] “การทำงานของรีเลย์” (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: <https://misumitechnical.com/technical/electrical/relay-working-principles/#>. เข้าถึงครั้งสุดท้าย 5 พฤศจิกายน 2565.
- [6] ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง, **ออกแบบและวิเคราะห์วงจรวงจรรวมไฟฟ้าด้วย ELECTRONIC WORK BENCH ฉบับปรับปรุง**, พิมพ์ครั้งที่ 1, นนทบุรี, ห้างหุ้นส่วนสามัญสมาร์ทเลิร์นนิ่ง, 2556. เข้าถึงครั้งสุดท้าย 26 มกราคม 2566.
- [7] “มอสเฟต (MOSFET)” (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: <http://pws.npru.ac.th/thawatचित/dafiles/.pdf>. เข้าถึงครั้งสุดท้าย 10 พฤศจิกายน 2565.
- [8] “โครงสร้างมอสเฟต” (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: <http://apinunt.yolasite.com/resources/AnalogIC/chap-MOSFET-lite1.pdf>. เข้าถึงครั้งสุดท้าย 11 พฤศจิกายน 2565.
- [9] “สัญญาณที่ใช้ในการสื่อสาร (Signal)” (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: <http://personal.sut.ac.th/paramate/files/compcom/compcomm03.pdf>. เข้าถึงครั้งสุดท้าย 11 พฤศจิกายน 2565.
- [10] “ไดโอด (Diode)” (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: <https://phukphan.blogspot.com/2016/05/diode-what-is-diode.html>. เข้าถึงครั้งสุดท้าย 12 ธันวาคม 2565.
- [11] “การทำงานของไดโอด” (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: ไดโอด (Diode) คืออะไร? (psptech.co.th). เข้าถึงครั้งสุดท้าย 12 ธันวาคม 2565.
- [12] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, **เครื่องตัดวงจรกระแสเหลือแบบมีอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินสำหรับใช้ในที่อยู่อาศัยและใช้ในลักษณะที่คล้ายกัน**, กรุงเทพฯ, กระทรวงอุตสาหกรรม, 2548.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [13] IEC's member National Committee, Wiring terminals for connection of external conductors, **INTERNATIONAL STANDARD IEC 60950-1**, Edition 2.2, 2013, pp. 130-135.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน

การใช้งานเบื้องต้นของระบบไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติรุ่น M44 มีวิธีการดังนี้
การเชื่อมต่อสายไฟฟ้าให้กับตัวเครื่อง

- 1) ใช้ไขควงคลายเกลียวสกรูออกจากเทอร์มินอลบล็อก
- 2) ตัดสายไฟและถอดฉนวนออกประมาณ 10 มิลลิเมตร
- 3) สอดสายไฟเข้าไปในรูที่เกิดจากการคลายเกลียวออกของเทอร์มินอลบล็อก (ภายในแพ็คเกจไม่มีสายไฟให้) L คือ เส้นที่มีไฟ N คือ เส้นนิวทรัล E คือ สายดิน

4) ชั้นสกรูที่เทอร์มินอลบล็อกให้แน่นเข้าที่

ข้อมูลด้านความปลอดภัย:

- 1) โปรดตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ชั้นสกรูแน่นจนสุดแล้ว เพราะหากสายหลวมจะทำให้เกิดความร้อนและละลายฉนวน
- 2) อย่าวางให้โดนแสงแดดโดยตรง อย่าวางใกล้ของเหลว ควรอยู่ในสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิไม่เกิน 80 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์น้อยกว่า 80%
- 3) เพื่อป้องกันไฟฟ้าลัดวงจรและไฟเกินแนะนำให้ใช้เบรกเกอร์ 32 แอมแปร์ เชื่อมต่อกับ Wiplux M4 series ก่อนเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่อพ่วงใด ๆ

การใช้งานของอุปกรณ์ควบคุมไฟฟารุ่น M44

- 1) ทำการเสียบปลั๊กไฟ เพื่อจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์
- 2) เข้าสู่หน้าเว็บตามแอดเดรสของตัวเครื่องที่ระบุไว้
- 3) กดปุ่มคำสั่ง all on และ all off หรือปุ่ม on/off ของแต่ละchannel ดังรูปที่ ก.1



รูปที่ ก.1 หน้าเว็บที่เป็นแพลตฟอร์มของทางบริษัท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ Features:

- Compact size
- Universal Input:85 - 265VAC/100 - 370VDC
- High efficiency, high reliability
- Regulated output, Low ripple & noise
- High isolation voltage up to 3K/4K VAC
- Plastic case: 25*39*22mm
- Output short-circuit, over-current protection
- Low standby power consumption, environment friendly
- PCB mounting
- 2-year warranty



■ Application:

- Industrial electrical equipment
- Mechanical equipment
- Industrial automation equipment
- Handheld electronic equipment
- Wireless network
- Telecommunications/data communication
- Instrument

■ Product description :

HE series—a 24W compact size power converter offered by HIECUBE. It features universal input voltage, taking both DC and AC input voltage, low power consumption, Low ripple & noise, high efficiency, high reliability, 4000VAC safer isolation. It offers good EMC performance, and widely used in industrial, electricity, instruments, telecommunication and civil applications.

■ Product model description :



■ Input Specifications :

Item	Voltage Range	Input Current@110V	Input Current@220	Power Factor	Start time
HE05P15LRN	85V~265VAC 100V~370VDC 50/60HZ	< 500mA	< 300mA	< 0.5	< 0.2S
HE06P15LRN					
HE09P24LRN					
HE12P24LRN					
HE15P24LRN					
HE20P24LRN					
HE24P24LRN					
HE28P24LRN					
HE36P24LRN					

■ Output Specifications :

Item	Voltage	Current	Power	Eff (Typ)	Vol accuracy	Load regulation
HE05P15LRN	5V	3A	15W	80%	±1%	±1.5%
HE06P15LRN	6V	2.5A		82%		±1.5%
HE09P24LRN	9V	2.7A		84%		±1.5%
HE12P24LRN	12V	2A		87%		±0.8%
HE15P24LRN	15V	1.6A	24W	88%		±0.8%
HE20P24LRN	20V	1.2A		88%		±0.8%
HE24P24LRN	24V	1A		89%		±0.4%
HE28P24LRN	28V	0.85A		90%		±0.4%
HE36P24LRN	36V	0.6A	90%	±0.4%		

■ Ripple & Noise :

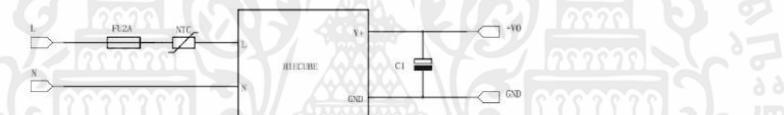
Item	20M bandwidth (peak-peak value)		200M bandwidth (peak-peak value)	
	Typ	Max	Typ	Max
HE05P15LRN	30mV	35mV	120mV	200mV
HE06P15LRN	30mV	35mV	120mV	200mV
HE09P24LRN	20mV	30mV	45mV	80mV
HE12P24LRN	20mV	25mV	40mV	80mV
HE15P24LRN	20mV	25mV	40mV	80mV
HE20P24LRN	20mV	28mV	45mV	80mV
HE24P24LRN	20mV	28mV	45mV	80mV
HE28P24LRN	20mV	28mV	45mV	80mV

■ General Specifications :

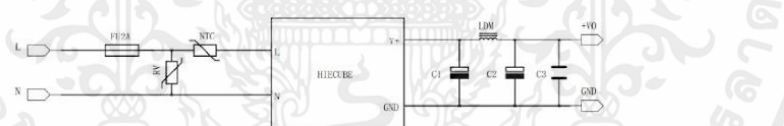
Item	Operating Conditions
Switching Frequency	65KHz
Short Circuit Protection	Hiccups, continuous, self-recovery
Over-load Protection	> Load110%, self-recovery
Overheat Protection	higher than 80°C (±4°C)
Isolation voltage	Input-Output 3000VAC /1min
Operating Temperature	-30~70°C
Storage Temperature	-40~70°C
Weight	47g(±2g)
Package Dimensions	25.5*39.5*22mm
Casing Material	Aluminum
Cooling Method	Free air convection
Safety Class	CLASS II

■ Design Reference :

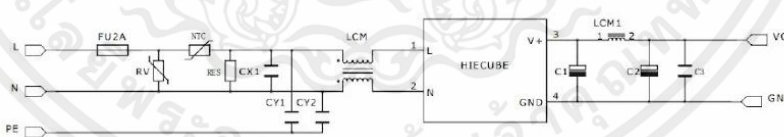
1. Typical application circuit:



2. Low ripple application circuit:

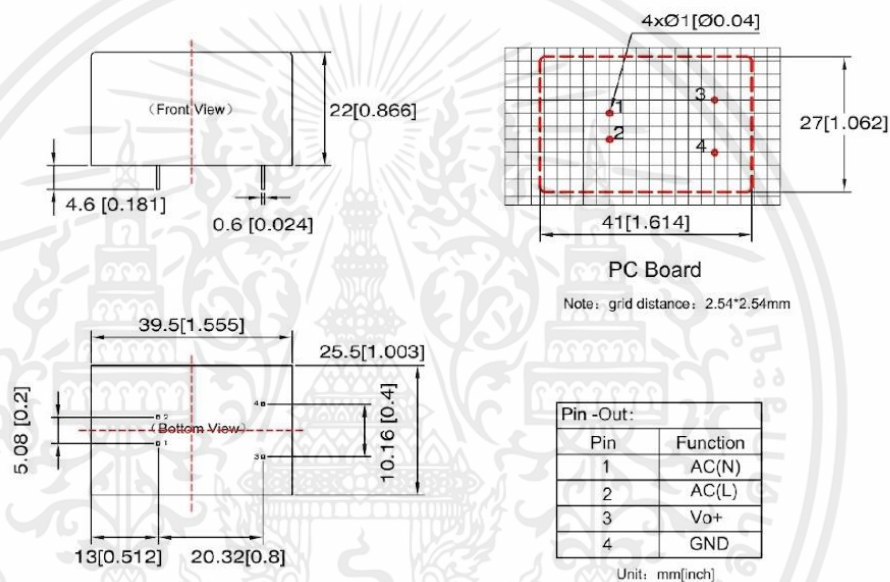


3. EMC application circuit:



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ Outline Dimensions & Pin connections



Note:

1. All index testing methods in this datasheet are based on our Company's corporate standards;
2. Unless otherwise specified, parameters in this datasheet were measured under the conditions of $T_a=25^\circ\text{C}$, humidity < 75% with nominal input voltage and rated output load;

Guangzhou Gaoya Information Technology co., LTD

Address: Room 210, Building A8, the 3rd Longdong Industrial Zone, Tianhe District, Guangzhou

Tel: 400-778-0583/020-29019513

E-mail: hiecube@foxmail.com



Certificate of Conformity

No. 8, Jinqianling Street 5, Huangjiang Town, Dongguan,
Guangdong, China.

Te l: 86-769-39001678
Fax: 86-20-62824387
www.i-testlab.com

No. ITL-D210331001

The following products have been tested by us with the listed standards and found in compliance with the European directive 2014/35/EU. It is possible to use CE marking to demonstrate the compliance with the LVD Directive.

Applicant : Guangzhou Gaoya Information Technology Co., Ltd.
Address : Room 210, Building A8, the 3rd Longdong Industrial Zone,
Tianhe District, Guangzhou, China
Product name : Power supply module
Model No. : HE05P15LRN, HE06P15LRN, HE09P24LRN, HE12P24LRN,
HE15P24LRN, HE20P24LRN, HE24P24LRN
Technical data : Input: 100-240VAC, 50/60Hz, 0.5A;
Output: see model list on test report
Test Report No. : D210331001

Test Standards	
EN 62368-1:2014+A11:2017	Audio/video, information and communication technology equipment Part 1: Safety requirements



The test report was carried out from the submitted type samples of a product in compliance with the specification of the respective standards. The certificate holder has the right to fix the CE-mark for LVD directive on the product complying with the inspection samples

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

linear dimension(Tolerances Standard GB/T 14486-2008)										
variable range	to 6		over 6 to 10		over 10 to 30		over 30 to 60		over 60 to 100	
	to	6	to	10	to	30	to	60	to	100
tolerance	±0.20	±0.30	±0.50	±0.70	±1.00	±1.30	±1.60	0.10	0.30	0.60

PCB LAYOUT

REVISION RECORD			
REV.	DESCRIPTION	ECN No.	DATE
A	新发行		21.12.10

UL/CUL 技术参数				
等级	Use Group	B	C	D
额定电压	Rated Voltage [V]	300	-	-
额定电流	Rated Current [A]	20	-	-
接线范围	Wire Range	22-12		
单/多芯线	Solid/Stranded [AWG]			

IEC 技术参数			
额定电压	Rated Voltage [V]	750	
额定电流	Rated Current [A]	32	
耐电压	Withstanding Voltage	1600V/1Min	
导线截面积	Conductor cross section	4.0	
材质/柔性导线	Solid/flexible [mm ²]	4.0	

材料	
绝缘材料	Insulation Material PA66
阻燃等级	Inflammability UL94V-0
导体材料	Conductor Material 铜合金 Copper alloy
导体表面镀层	Contactive Coating 镀锡 Tin plating

一般参数	
间距	Pitch [mm] 9.5
极数	Poles [P] 02-24
剥线长度	Stripping Length [mm] -
螺丝	Screw/Torque [N.m] M4x1.0
工作温度	Operating temperatur [°C] -40~+105
引针尺寸	Pin Dimensions [mm] 4.7
PCB板孔径	PCB Hole Diameter [mm] 1.8

DES.	LQQ	DATE	21.12.10	单位/UNITS	mm	尺寸/SIZE	A4	比例/SCALE	1:1	第三视角/THIRD ANGLE PROJECTION	版本/REV	A
CHK.	BY	DATE	21.12.10	慈溪市科发电子有限公司 CIXI KEFA ELECTRONIC CO., LTD		名称/TITLE KF48S-9.5						
APP.	CLF	DATE	21.12.10									

linear dimension(Tolerances Standard GB/T 14486-2008)										
variable range	to 6		over 6 to 10		over 10 to 30		over 30 to 60		over 60 to 100	
	to	6	to	10	to	30	to	60	to	100
tolerance	±0.20	±0.30	±0.50	±0.70	±1.00	±1.30	±1.60	0.10	0.30	0.60

PCB LAYOUT

REVISION RECORD			
REV.	DESCRIPTION	ECN No.	DATE
A	新发行		21.12.13

UL/CUL 技术参数				
等级	Use Group	B	C	D
额定电压	Rated Voltage [V]	600	-	-
额定电流	Rated Current [A]	65	-	-
接线范围	Wire Range	14-6		
单/多芯线	Solid/Stranded [AWG]			

IEC 技术参数			
额定电压	Rated Voltage [V]	1000	
额定电流	Rated Current [A]	76	
耐电压	Withstanding Voltage	2200V/1Min	
导线截面积	Conductor cross section	16.0	
材质/柔性导线	Solid/flexible [mm ²]	16.0	

材料	
绝缘材料	Insulation Material PA66
阻燃等级	Inflammability UL94V-0
导体材料	Conductor Material 铜合金 Copper alloy
导体表面镀层	Contactive Coating 镀锡 Tin plating

一般参数	
间距	Pitch [mm] 16.0
极数	Poles [P] 02-12
剥线长度	Stripping Length [mm] -
螺丝	Screw/Torque [N.m] M6x3.0
工作温度	Operating temperatur [°C] -40~+105
引针尺寸	Pin Dimensions [mm] 4.0
PCB板孔径	PCB Hole Diameter [mm] 1.80±0.0

DES.	LQQ	DATE	21.12.13	单位/UNITS	mm	尺寸/SIZE	A4	比例/SCALE	1:1	第三视角/THIRD ANGLE PROJECTION	版本/REV	A
CHK.	BY	DATE	21.12.13	慈溪市科发电子有限公司 CIXI KEFA ELECTRONIC CO., LTD		名称/TITLE KF88SA-16.0						
APP.	CLF	DATE	21.12.13									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

G6QE

PCB Power Relays

Miniature and Low Height Single-pole Power Relay with 36A Switching Current



- High switching current of 36 A@250 VAC and 10,000 operations, 30 A@250 VAC and 100,000 operations in a miniature package
- Achieved 10-kV impulse withstand voltage (between coil and contacts)
- Power consumption reduced to 12% compared with rated coil consumption by lowering the applied voltage to the coil after applying nominal voltage for 100 ms relay operation (Reduced to 35% from rated coil voltage)
- Conforms to cULus, EN and CQC

RoHS Compliant

Model Number Legend

G6QE-□□□
1 2 3

1. Number of Poles
1: 1-pole
2. Contact Form
A: SPST-NO (1a)
3. Enclosure rating
None: Flux protection

Application Examples

- Home appliances
- FA equipment
- Industrial machinery

G6QE

Ordering Information

Terminal Shape	Classification	Contact Form	Enclosure rating	Model	Rated coil voltage	Minimum packing unit
PCB terminals	Standard	SPST-NO (1a)	Flux protection	G6QE-1A	5 VDC 12 VDC 24 VDC	50pcs/tray

Note: When ordering, add the rated coil voltage to the model number.

Example: G6QE-1A DC12

Rated coil voltage

However, the notation of the coil voltage on the product case as well as on the packing will be marked as □□VDC.

Ratings

● Coil

Rated Voltage	Rated current (mA)	Coil resistance (Ω)	Must operate voltage (V)	Must release voltage (V)	Max. voltage (V)	Power consumption (mW)
			% of rated voltage			
5 VDC	280	17.9	70% max.	5 to 23%	140% (at 23°C)	Approx. 1400 Approx. 172 *
12 VDC	116.7	102.9				
24 VDC	58.3	411.4				

Note 1: The rated current and resistance are measured at a coil temperature of 23°C with a tolerance of ±10%.

Note 2: The operating characteristics are measured at a coil temperature of 23°C.

Note 3: The maximum permissible voltage is the maximum value of the fluctuation range for the Relay coil operating power supply and was measured at an ambient temperature of 23°C.

* Power consumption with Holding Voltage is approx. 172 mW (when applying Holding Voltage at 35%). Please confirm the detail in page 3 Coil Voltage Reduction (Holding Voltage).

● Contacts

Contact type	Single
Contact material	Ag Alloy (Cd free)
Rated load	36 A at 250 VAC (Resistive Load) 32 A at 250 VAC (Resistive Load) 30 A at 250 VAC (Resistive Load)
Rated carry current	36 A
Max. switching voltage	AC 277 V
Max. switching current	AC: 36 A

G6QE

PCB Power Relays

Characteristics

Contact resistance *1	100 mΩ max.	
Operate time	20 ms max.	
Release time	10 ms max.	
Insulation resistance *2	1000 MΩ min.	
Dielectric strength	Between coil and contacts	4,500 VAC, 50/60 Hz for 1 min
	Between contacts of the same polarity	2,000 VAC, 50/60 Hz for 1 min
Insulation distance	Between coil and contacts	Clearance: 3.2 mm, Creepage: 6.4 mm
Impulse withstand voltage	Between coil and contacts	10 kV (1.2 x 50 μs)
Vibration resistance	Destruction	10 to 55 to 10 Hz, 0.75 mm single amplitude (1.5 mm double amplitude)
	Malfunction	10 to 55 to 10 Hz, 0.75 mm single amplitude (1.5 mm double amplitude)
Shock resistance	Destruction	1,000 m/s ²
	Malfunction	200 m/s ²
Durability	Mechanical	1,000,000 operations min. (at 18,000 operations/h)
	Electrical	100,000 operations min. (30 A, 250 VAC, resistive load) 50,000 operations min. (32 A, 250 VAC, resistive load) 10,000 operations min. (36 A, 250 VAC, resistive load) (ON for 1 s and OFF for 9 s)
Failure rate (P level) (reference value) *3	100 mA at 5 VDC	
Coil holding voltage *4	35% to 80% of rated coil voltage (contact carrying current 32 A, at 85 °C) 35% to 50% of rated coil voltage (contact carrying current 36 A, at 85 °C)	
Ambient operating temperature	-40°C to +60°C (when applying Rated Coil Voltage) -40°C to +85°C (contact carrying current 32 A, when applying Holding Voltage at 35% to 80%) (contact carrying current 36 A, when applying Holding Voltage at 35% to 50%) (with no icing or condensation)	
Ambient operating humidity	5% to 85%	
Weight	Approx. 17 g	

Note: The values given above are initial values.

- *1. Measurement conditions:
5 VDC, 1 A, voltage drop method.
- *2. Measurement conditions:
The insulation resistance was measured with a 500 VDC megohmmeter at the same locations as the dielectric strength was measured.
- *3. This value was measured at a switching frequency of 120 operations/min.
- *4. Power consumption with Holding Voltage is approx. 172 mW (when applying Holding Voltage at 35%). Please confirm the detail in page 3 Coil Voltage Reduction (Holding Voltage).

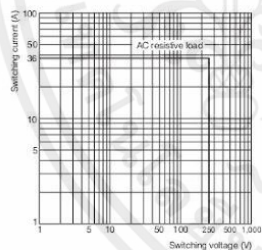
Actual Load Life (Reference Values)

250 VAC Capacitive load
Inrush: 42 A (0-p), Steady: 30A, Break: 2.5 A
150,000 operations min. (Ambient temperature: 23°C)

Engineering Data

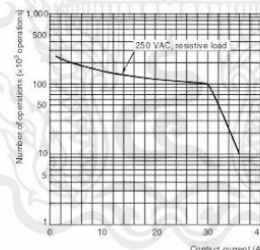
●Maximum Switching Capacity

G6QE-1A



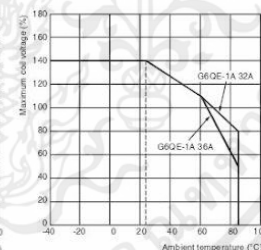
●Durability

G6QE-1A



●Ambient Temperature vs. Maximum Coil Voltage

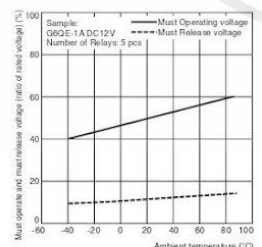
G6QE-1A



Connecting Method:
Mounted 3 Relays horizontally based on EN Standards
Installation Interval: 50 mm

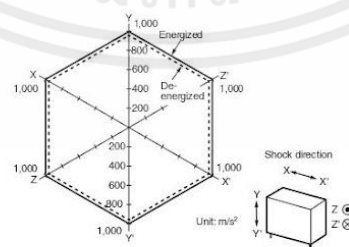
●Ambient Temperature vs. Maximum Operate or Must Release Voltage

G6QE-1A



●Shock Malfunction

G6QE-1A



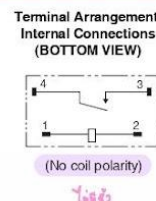
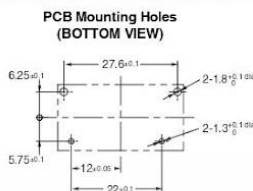
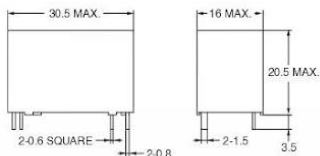
Conditions: Shock is applied in ±X, ±Y, and ±Z directions three times each with and without energizing the Relays to check the number of contact malfunctions.
Standard: 200 m/s²

G6QE

PCB Power Relays

Dimensions

G6QE-1A



Approved Standards

The approval rating values for overseas standards are different from the performance values determined individually confirm the values before use.

UL/C-UL (CSA) Recognized (File No. E41515)

CQC certified: (Certificate No. CQC18002192007)

Model	Coil ratings	Contact ratings	Number of test operations
G6QE-1A	5 to 24 VDC	36 A 277 VAC (Resistive) 85°C	10,000
G6QE-1A	5 to 24 VDC	32 A 277 VAC (Resistive) 40°C	50,000
G6QE-1A	5 to 24 VDC	30 A 277 VAC (Resistive) 40°C	100,000

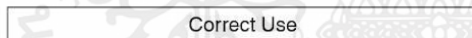
Model	Coil ratings	Contact ratings	Number of test operations
G6QE-1A	5, 12, 24 VDC	36 A 277 VAC (Resistive) 85°C	10,000
G6QE-1A	5, 12, 24 VDC	32 A 277 VAC (Resistive) 40°C	50,000
G6QE-1A	5, 12, 24 VDC	30 A 277 VAC (Resistive) 40°C	100,000

EN/IEC, TÜV Certified: (Certificate No. R50407379)

Model	Coil ratings	Contact ratings	Number of test operations
G6QE-1A	5, 12, 24 VDC	36 A 277 VAC (cosφ=1) 85°C	10,000
G6QE-1A	5, 12, 24 VDC	32 A 277 VAC (cosφ=1) 40°C	50,000
G6QE-1A	5, 12, 24 VDC	30 A 277 VAC (cosφ=1) 40°C	100,000

Precautions

- Please refer to "PCB Relays Common Precautions" for correct use.



- **Coil Voltage Reduction (Holding Voltage) after Relay Operation**
 - If the coil voltage is reduced to the holding voltage after Relay operation, first apply the rated voltage to the coil for at least 100 ms, as shown below.
 - A voltage of at least 35% of the rated voltage is required for the coil holding voltage. Do not allow voltage fluctuations to cause the coil holding voltage to fall below this level.


- **Other Precautions**
 - This Relay is suitable for power load switching of air-conditioning compressors and power supplies, etc. Do not use this Relay to switch micro loads less than 100 mA, such as in signal applications.

	Applied coil voltage	Coil resistance*	Power consumption
Rated voltage	100%	17.9Ω (5 VDC) 102.9Ω (12 VDC) 411.4Ω (24 VDC)	Approx. 1400 mW
Holding voltage	35%		Approx. 172 mW

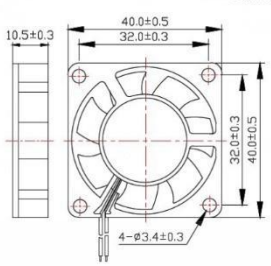
* The coil resistance were measured at a coil temperature of 23°C with tolerances of ± 10%.

G6QE

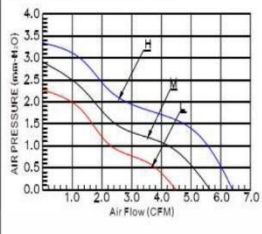
Mega-F4010



Dimensions Drawing



Characteristic Curves



SIZE:
40x40x10mm
construction:
Glass Fiberrein forced plastic;
Impeller and housing PBT are UL
94V-0 rating
OPERATING TEMPERATURE:
Sleeve bearing -10°C to +70°C
INSULATION RESISTANCE:
10meg Ohm min, at 500 VDC
(between frame and terminal)
DIELECTRIC STRENGTH:
5mA max, at 500 VAC 60Hz one minute
(between frame and terminal)

specifications Carton Specifications (Unit: cm):44x22x22 QTY:1000pcs GW:12.95Kg

Model	Bearing Type	Rated Voltage VDC	Operation Voltage VDC	Current A	Speed RPM	Air Flow CFM	Static Pressure mmH ₂ O	Noise Level dBA	Weight g
Mega-F4010HS05	Sleeve	5	4.5-5.5	0.24	6000	6.40	3.31	26.26	12.2
Mega-F4010MS05	Sleeve	5	4.5-5.5	0.18	5400	5.62	2.91	24.87	12.2
Mega-F4010LS05	Sleeve	5	4.5-5.5	0.12	4200	4.48	2.32	21.13	12.2
Mega-F4010HB05	Ball	5	4.5-5.5	0.24	6000	6.40	3.31	26.26	12.2
Mega-F4010MB05	Ball	5	4.5-5.5	0.18	5400	5.62	2.91	24.87	12.2
Mega-F4010LB05	Ball	5	4.5-5.5	0.12	4200	4.48	2.32	21.13	12.2
Mega-F4010HS	Sleeve	12	10.8-13.2	0.10	6000	6.40	3.31	26.26	12.2
Mega-F4010MS	Sleeve	12	10.8-13.2	0.08	5400	5.62	2.91	24.87	12.2
Mega-F4010LS	Sleeve	12	10.8-13.2	0.06	4200	4.48	2.32	21.13	12.2
Mega-F4010HB	Ball	12	10.8-13.2	0.10	6000	6.40	3.31	26.26	12.2
Mega-F4010MB	Ball	12	10.8-13.2	0.08	5400	5.62	2.91	24.87	12.2
Mega-F4010LB	Ball	12	10.8-13.2	0.06	4200	4.48	2.32	21.13	12.2

11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



PCA8574; PCA8574A

Remote 8-bit I/O expander for I²C-bus with interrupt

Rev. 3 — 3 June 2013

Product data sheet

1. General description

The PCA8574/74A provides general-purpose remote I/O expansion via the two-wire bidirectional I²C-bus (serial clock (SCL), serial data (SDA)).

The devices consist of eight quasi-bidirectional ports, 400 kHz I²C-bus interface, three hardware address inputs and interrupt output operating between 2.3 V and 5.5 V. The quasi-bidirectional port can be independently assigned as an input to monitor interrupt status or keypads, or as an output to activate indicator devices such as LEDs. The system master can read from the input port or write to the output port through a single register.

The low current consumption of 4.5 μ A (typical, static) is great for mobile applications and the latched output ports have 25 mA high current sink drive capability for directly driving LEDs.

The PCA8574 and PCA8574A are identical, except for the different fixed portion of the slave address. The three hardware address pins allow eight of each device to be on the same I²C-bus, so there can be up to 16 of these I/O expanders PCA8574/74A together on the same I²C-bus, supporting up to 128 I/Os (for example, 128 LEDs).

The active LOW open-drain interrupt output ($\overline{\text{INT}}$) can be connected to the interrupt logic of the microcontroller and is activated when any input state differs from its corresponding input port register state. It is used to indicate to the microcontroller that an input state has changed and the device needs to be interrogated without the microcontroller continuously polling the input register via the I²C-bus.

The internal Power-On Reset (POR) initializes the I/Os as inputs with a weak internal pull-up 100 μ A current source.

2. Features and benefits

- I²C-bus to parallel port expander
- 400 kHz I²C-bus interface (Fast-mode I²C-bus)
- Operating supply voltage 2.3 V to 5.5 V with 5.5 V tolerant I/Os held to V_{DD} with 100 μ A current source
- 8-bit remote I/O pins that default to inputs at power-up
- Latched outputs with 25 mA sink capability for directly driving LEDs
- Total package sink capability of 200 mA
- Active LOW open-drain interrupt output
- Eight programmable slave addresses using three address pins
- Low standby current (4.5 μ A typical)
- -40 °C to +85 °C operation



- ESD protection exceeds 2000 V HBM per JESD22-A114 and 1000 V CDM per JESD22-C101
- Latch-up testing is done to JEDEC standard JESD78 which exceeds 100 mA
- Packages offered: SO16, TSSOP16, SSOP20

3. Applications

- LED signs and displays
- Servers
- Key pads
- Industrial control
- Medical equipment
- PLCs
- Cellular telephones
- Mobile devices
- Gaming machines
- Instrumentation and test measurement

4. Ordering information

Table 1. Ordering information

Type number	Topside mark	Package		Version
		Name	Description	
PCA8574D ^[1]	PCA8574D	SO16	plastic small outline package; 16 leads; body width 7.5 mm	SOT162-1
PCA8574AD ^[2]	PCA8574AD			
PCA8574PW	PCA8574	TSSOP16	plastic thin shrink small outline package; 16 leads; body width 4.4 mm	SOT403-1
PCA8574APW	PA8574A			
PCA8574TS ^[3]	PCA8574	SSOP20	plastic shrink small outline package; 20 leads; body width 4.4 mm	SOT266-1
PCA8574ATS ^[4]	PA8574A			

[1] PCA8574D drop-in replacement for PCF8574T/3.

[2] PCA8574AD drop-in replacement for PCF8574AT/3.

[3] PCA8574TS drop-in replacement for PCF8574TS/3.

[4] PCA8574ATS drop-in replacement for PCF8574ATS/3.

4.1 Ordering options

Table 2. Ordering options

Type number	Orderable part number	Package	Packing method	Minimum order quantity	Temperature range
PCA8574D	PCA8574D,512	SO16	Standard marking * tube dry pack	1920	T _{amb} = -40 °C to +85 °C
	PCA8574D,518	SO16	Reel 13" Q1/T1 *standard mark SMD dry pack	1000	T _{amb} = -40 °C to +85 °C
PCA8574AD	PCA8574AD,512	SO16	Standard marking * tube dry pack	1920	T _{amb} = -40 °C to +85 °C
	PCA8574AD,518	SO16	Reel 13" Q1/T1 *standard mark SMD dry pack	1000	T _{amb} = -40 °C to +85 °C
PCA8574PW	PCA8574PW,112	TSSOP16	Standard marking * IC's tube - DSC bulk pack	2400	T _{amb} = -40 °C to +85 °C
	PCA8574PW,118	TSSOP16	Reel 13" Q1/T1 *standard mark SMD	2500	T _{amb} = -40 °C to +85 °C
PCA8574APW	PCA8574APW,112	TSSOP16	Standard marking * IC's tube - DSC bulk pack	2400	T _{amb} = -40 °C to +85 °C
	PCA8574APW,118	TSSOP16	Reel 13" Q1/T1 *standard mark SMD	2500	T _{amb} = -40 °C to +85 °C
PCA8574TS	PCA8574TS,112	SSOP20	Standard marking * IC's tube - DSC bulk pack	1350	T _{amb} = -40 °C to +85 °C
	PCA8574TS,118	SSOP20	Reel 13" Q1/T1 *standard mark SMD	2500	T _{amb} = -40 °C to +85 °C
PCA8574ATS	PCA8574ATS,112	SSOP20	Standard marking * IC's tube - DSC bulk pack	1350	T _{amb} = -40 °C to +85 °C
	PCA8574ATS,118	SSOP20	Reel 13" Q1/T1 *standard mark SMD	2500	T _{amb} = -40 °C to +85 °C

5. Block diagram

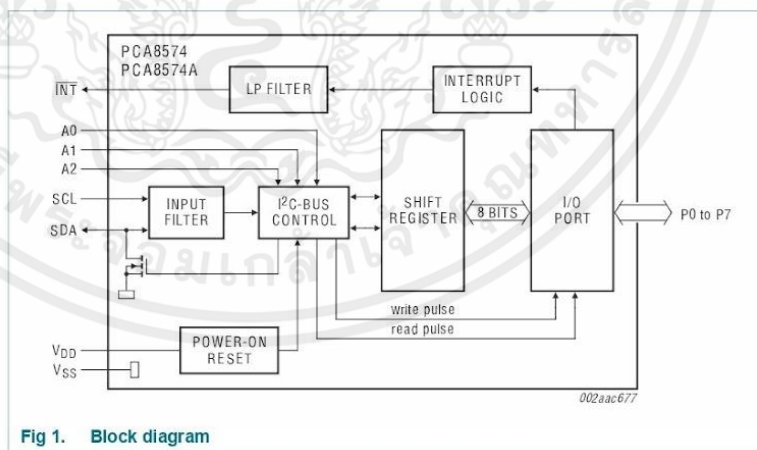


Fig 1. Block diagram

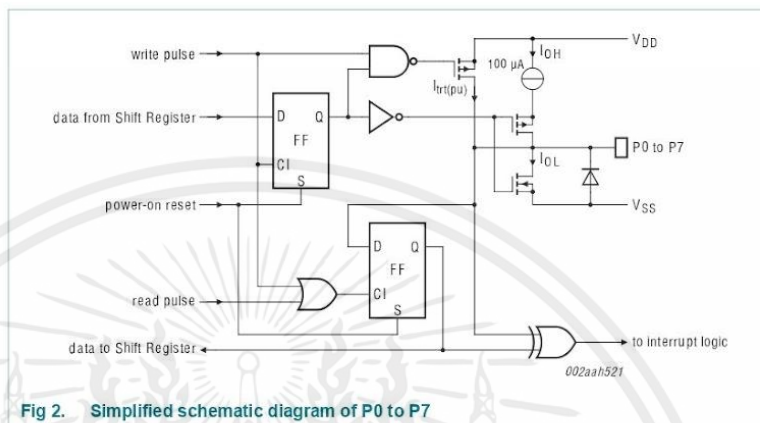


Fig 2. Simplified schematic diagram of P0 to P7

6. Pinning information

6.1 Pinning

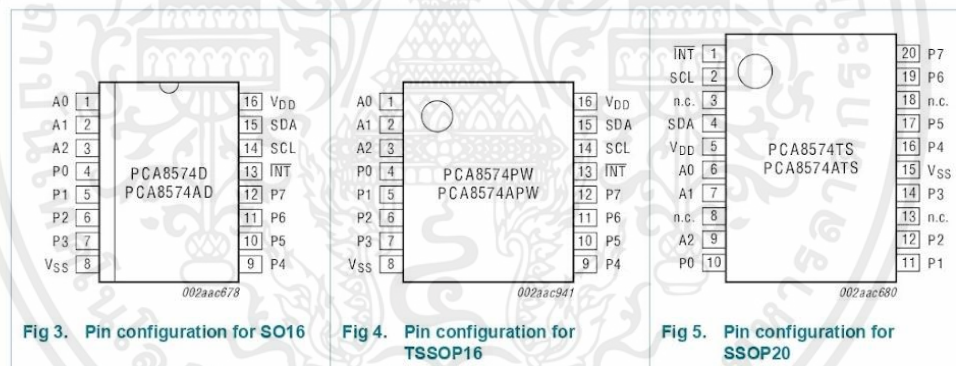


Fig 3. Pin configuration for SO16

Fig 4. Pin configuration for TSSOP16

Fig 5. Pin configuration for SSOP20

The last bit of the first byte defines the operation to be performed. When set to logic 1 a read is selected, while a logic 0 selects a write operation (write operation is shown in Figure 6).

7.1.1 Address maps

The PCA8574 and PCA8574A are functionally the same, but have a different fixed portion (A6 to A3) of the slave address. This allows eight of the PCA8574 and eight of the PCA8574A to be on the same I²C-bus without address conflict.

Table 4. PCA8574 address map

Pin connectivity			Address of PCA8574								Address byte value		7-bit hexadecimal address without R/W
A2	A1	A0	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	R/W	Write	Read	
V _{SS}	V _{SS}	V _{SS}	0	1	0	0	0	0	0	-	40h	41h	20h
V _{SS}	V _{SS}	V _{DD}	0	1	0	0	0	0	1	-	42h	43h	21h
V _{SS}	V _{DD}	V _{SS}	0	1	0	0	0	1	0	-	44h	45h	22h
V _{SS}	V _{DD}	V _{DD}	0	1	0	0	0	1	1	-	46h	47h	23h
V _{DD}	V _{SS}	V _{SS}	0	1	0	0	1	0	0	-	48h	49h	24h
V _{DD}	V _{SS}	V _{DD}	0	1	0	0	1	0	1	-	4Ah	4Bh	25h
V _{DD}	V _{DD}	V _{SS}	0	1	0	0	1	1	0	-	4Ch	4Dh	26h
V _{DD}	V _{DD}	V _{DD}	0	1	0	0	1	1	1	-	4Eh	4Fh	27h

Table 5. PCA8574A address map

Pin connectivity			Address of PCA8574A								Address byte value		7-bit hexadecimal address without R/W
A2	A1	A0	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	R/W	Write	Read	
V _{SS}	V _{SS}	V _{SS}	0	1	1	1	0	0	0	-	70h	71h	38h
V _{SS}	V _{SS}	V _{DD}	0	1	1	1	0	0	1	-	72h	73h	39h
V _{SS}	V _{DD}	V _{SS}	0	1	1	1	0	1	0	-	74h	75h	3Ah
V _{SS}	V _{DD}	V _{DD}	0	1	1	1	0	1	1	-	76h	77h	3Bh
V _{DD}	V _{SS}	V _{SS}	0	1	1	1	1	0	0	-	78h	79h	3Ch
V _{DD}	V _{SS}	V _{DD}	0	1	1	1	1	0	1	-	7Ah	7Bh	3Dh
V _{DD}	V _{DD}	V _{SS}	0	1	1	1	1	1	0	-	7Ch	7Dh	3Eh
V _{DD}	V _{DD}	V _{DD}	0	1	1	1	1	1	1	-	7Eh	7Fh	3Fh

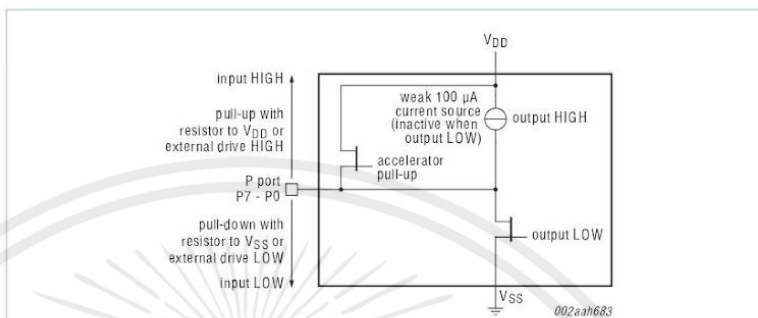


Fig 7. Simple quasi-bidirectional I/O

8.2 Writing to the port (Output mode)

The master (microcontroller) sends the START condition and slave address setting the last bit of the address byte to logic 0 for the write mode. The PCA8574/74A acknowledges and the master then sends the data byte for P7 to P0 to the port register. As the clock line goes HIGH, the 8-bit data is presented on the port lines after it has been acknowledged by the PCA8574/74A. If a LOW is written, the strong pull-down turns on and stays on. If a HIGH is written, the strong pull-up turns on for 1/2 of the clock cycle, then the line is held HIGH by the weak current source. The master can then send a STOP or ReSTART condition or continue sending data. The number of data bytes that can be sent successively is not limited and the previous data is overwritten every time a data byte has been sent and acknowledged.

Ensure a logic 1 is written for any port that is being used as an input to ensure the strong external pull-down is turned off.

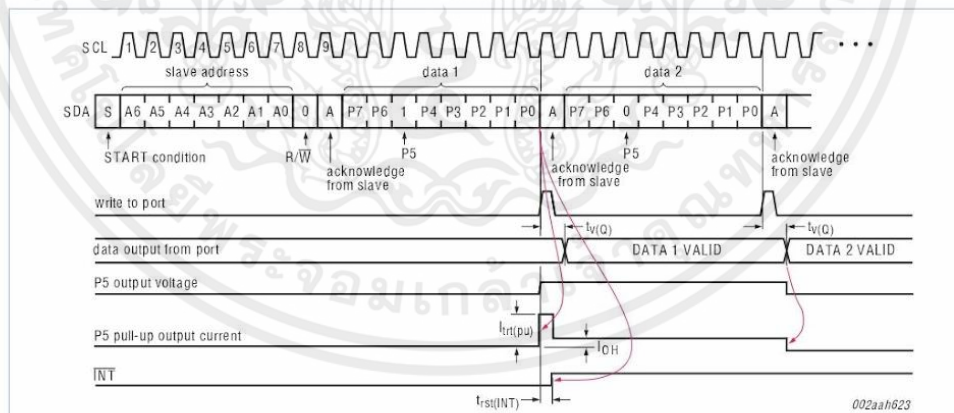


Fig 8. Write mode (output)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

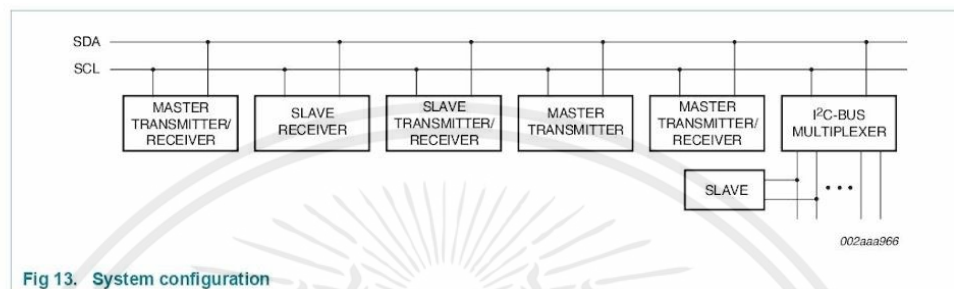


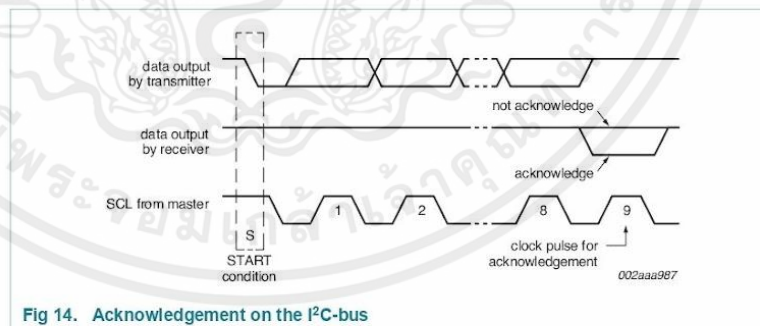
Fig 13. System configuration

9.3 Acknowledge

The number of data bytes transferred between the START and the STOP conditions from transmitter to receiver is not limited. Each byte of eight bits is followed by one acknowledge bit (see Figure 14). The acknowledge bit is an active LOW level (generated by the receiving device) that indicates to the transmitter that the data transfer was successful.

A slave receiver which is addressed must generate an acknowledge after the reception of each byte. Also a master must generate an acknowledge after the reception of each byte that has been clocked out of the slave transmitter. The device that wants to issue an acknowledge bit has to pull down the SDA line during the acknowledge clock pulse, so that the SDA line is stable LOW during the HIGH period of the acknowledge bit related clock pulse; set-up and hold times must be taken into account.

A master receiver must signal an end of data to the transmitter by **not** generating an acknowledge on the last byte that has been clocked out of the slave. In this event, the transmitter must leave the data line HIGH to enable the master to generate a STOP condition.

Fig 14. Acknowledgement on the I²C-bus

10. Application design-in information

10.1 Bidirectional I/O expander applications

In the 8-bit I/O expander application shown in Figure 15, P0 and P1 are inputs, and P2 to P7 are outputs. When used in this configuration, during a write, **the input (P0 and P1) must be written as HIGH so the external devices fully control the input ports.** The desired HIGH or LOW logic levels may be written to the ports used as outputs (P2 to P7). If 10 μ A internal output HIGH is not enough current source, the port needs external pull-up resistor. During a read, the logic levels of the external devices driving the input ports (P0 and P1) and the previous written logic level to the output ports (P2 to P7) will be read.

The GPIO also has an interrupt line ($\overline{\text{INT}}$) that can be connected to the interrupt logic of the microcontroller. By sending an interrupt signal on this line, the remote I/O informs that there has been a change of data on its ports without having to communicate via the I²C-bus.

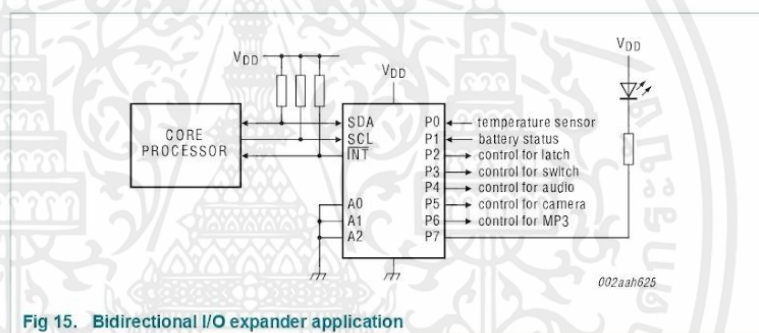


Fig 15. Bidirectional I/O expander application

10.2 How to read and write to I/O expander (example)

In the application example of PCA8574 shown in Figure 15, the microcontroller wants to control the P3 switch ON and the P7 LED ON when the temperature sensor P0 changes.

1. When the system power on:

Core Processor needs to issue an initial command to set P0 and P1 as inputs and P[7:2] as outputs with value 1010 00 (LED off, MP3 off, camera on, audio off, switch off and latch off).

2. Operation:

When the temperature changes above the threshold, the temperature sensor signal will toggle from HIGH to LOW. The $\overline{\text{INT}}$ will be activated and notifies the 'core processor' that there have been changes on the input pins. Read the input register. If P0 = 0 (temperature sensor has changed), then turn on LED and turn on switch.

3. Software code:

```
//System Power on
// write to PCA8574 with data 1010 0011b to set P[7:2] outputs and P[1:0] inputs
<S> <0100 0000> <ACK> <1010 0011> <ACK> <P> //Initial setting for PCA8574
```

```

while (INT == 1); //Monitor the interrupt pin. If INT = 1 do nothing
//When INT = 0 then read input ports
<S> <slave address read> <ACK> <1010 0010> <NACK> <P> //Read PCA8574 data
If (P0 == 0) //Temperature sensor activated
{
    // write to PCA8574 with data 0010 1011b to turn on LED (P7), on Switch (P3)
    and keep P[1:0] as input ports.
    <S> <0100 0000> <ACK> <0010 1011> <ACK> <P> // Write to PCA8574
}
}

```

10.3 High current-drive load applications

The GPIO has a minimum guaranteed sinking current of 25 mA per bit at 4.5 V. In applications requiring additional drive, two port pins may be connected together to sink up to 50 mA current. Both bits must then always be turned on or off together. Up to 8 pins can be connected together to drive 200 mA, which is the device recommended total limit.

Each pin needs its own limiting resistor as shown in Figure 16 to prevent damage to the device should all ports not be turned on at the same time.

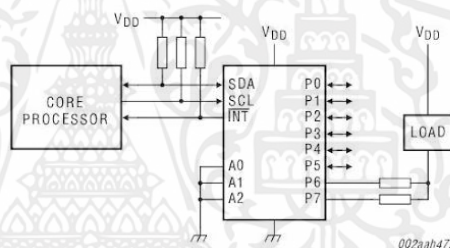


Fig 16. High current-drive load application

10.4 Migration path

NXP offers newer, more capable drop-in replacements for the PCF8574/74A in newer space-saving packages.

Table 6. Migration path

Type number	I ² C-bus frequency	Voltage range	Number of addresses per device	Interrupt	Reset	Total package sink current
PCF8574/74A	100 kHz	2.5 V to 6 V	8	yes	no	80 mA
PCA8574/74A	400 kHz	2.3 V to 5.5 V	8	yes	no	200 mA
PCA9674/74A	1 MHz Fm+	2.3 V to 5.5 V	64	yes	no	200 mA
PCA9670	1 MHz Fm+	2.3 V to 5.5 V	64	no	yes	200 mA
PCA9672	1 MHz Fm+	2.3 V to 5.5 V	16	yes	yes	200 mA

PCA9670 replaces the interrupt output of the PCA9674 with a hardware reset input to retain the maximum number of addresses. The PCA9672 replaces address A2 of the PCA9674 with a hardware reset input to retain the interrupt, but limit the number of addresses.

11. Limiting values

Table 7. Limiting values

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 60134).

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Max	Unit
V _{DD}	supply voltage		-0.5	+6	V
I _{DD}	supply current		-	±100	mA
I _{SS}	ground supply current		-	±400	mA
V _I	input voltage		V _{SS} - 0.5	5.5	V
I _I	input current		-	±20	mA
I _O	output current	[1]	-	±50	mA
P _{tot}	total power dissipation		-	400	mW
P/out	power dissipation per output		-	100	mW
T _{j(max)}	maximum junction temperature		-	125	°C
T _{stg}	storage temperature		-65	+150	°C
T _{amb}	ambient temperature	operating	-40	+85	°C

[1] Total package (maximum) output current is 400 mA.

12. Thermal characteristics

Table 8. Thermal characteristics

Symbol	Parameter	Conditions	Typ	Unit
R _{th(j-a)}	thermal resistance from junction to ambient	SO16 package	115	°C/W
		TSSOP16 package	160	°C/W
		SSOP20 package	136	°C/W

13. Static characteristics

Table 9. Static characteristics

$V_{DD} = 2.3\text{ V to }5.5\text{ V}$; $V_{SS} = 0\text{ V}$; $T_{amb} = -40\text{ }^{\circ}\text{C to }+85\text{ }^{\circ}\text{C}$; unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Supplies						
V_{DD}	supply voltage		2.3	-	5.5	V
I_{DD}	supply current	Operating mode; no load; $V_I = V_{DD}$ or V_{SS} ; $f_{SCL} = 400\text{ kHz}$; A0, A1, A2 = static H or L	-	200	500	μA
I_{stb}	standby current	Standby mode; no load; $V_I = V_{DD}$ or V_{SS} ; $f_{SCL} = 0\text{ kHz}$	-	4.5	10	μA
V_{POR}	power-on reset voltage		[1]	1.8	2.0	V
Input SCL; input/output SDA						
V_{IL}	LOW-level input voltage		-0.5	-	+0.3 V_{DD}	V
V_{IH}	HIGH-level input voltage		0.7 V_{DD}	-	5.5	V
I_{OL}	LOW-level output current	$V_{OL} = 0.4\text{ V}$; $V_{DD} = 2.3\text{ V}$	20	35	-	mA
		$V_{OL} = 0.4\text{ V}$; $V_{DD} = 3.0\text{ V}$	25	44	-	mA
		$V_{OL} = 0.4\text{ V}$; $V_{DD} = 4.5\text{ V}$	30	57	-	mA
I_L	leakage current	$V_I = V_{DD}$ or V_{SS}	-1	-	+1	μA
C_i	input capacitance	$V_I = V_{SS}$	-	5	10	pF
I/Os; P0 to P7						
V_{IL}	LOW-level input voltage		-0.5	-	+0.3 V_{DD}	V
V_{IH}	HIGH-level input voltage		0.7 V_{DD}	-	5.5	V
I_{OL}	LOW-level output current	$V_{OL} = 0.5\text{ V}$; $V_{DD} = 2.3\text{ V}$	[2]	12	26	mA
		$V_{OL} = 0.5\text{ V}$; $V_{DD} = 3.0\text{ V}$	[2]	17	33	mA
		$V_{OL} = 0.5\text{ V}$; $V_{DD} = 4.5\text{ V}$	[2]	25	40	mA
$I_{OL(tot)}$	total LOW-level output current	$V_{OL} = 0.5\text{ V}$; $V_{DD} = 4.5\text{ V}$	[2]	-	200	mA
I_{OH}	HIGH-level output current	$V_{OH} = V_{SS}$	-30	-138	-300	μA
$I_{tt(pu)}$	transient boosted pull-up current	$V_{OH} = V_{SS}$; see Figure 8	-0.5	-1.0	-	mA
C_i	input capacitance		[3]	-	2.1	pF
C_o	output capacitance		[3]	-	2.1	pF
Interrupt INT (see Figure 8 and Figure 9)						
I_{OL}	LOW-level output current	$V_{OL} = 0.4\text{ V}$	3.0	-	-	mA
C_o	output capacitance		-	3	5	pF
Inputs A0, A1, A2						
V_{IL}	LOW-level input voltage		-0.5	-	+0.3 V_{DD}	V
V_{IH}	HIGH-level input voltage		0.7 V_{DD}	-	5.5	V
I_{LI}	input leakage current		-1	-	+1	μA
C_i	input capacitance		-	3.5	5	pF

[1] The power-on reset circuit resets the I²C-bus logic with $V_{DD} < V_{POR}$ and sets all I/Os to logic 1 (with current source to V_{DD}).

[2] Each bit must be limited to a maximum of 25 mA and the total package limited to 200 mA due to internal busing limits.

[3] The value is not tested, but verified on sampling basis.

14. Dynamic characteristics

Table 10. Dynamic characteristics

$V_{DD} = 2.3\text{ V to }5.5\text{ V}$; $V_{SS} = 0\text{ V}$; $T_{amb} = -40\text{ }^{\circ}\text{C to }+85\text{ }^{\circ}\text{C}$; unless otherwise specified. Limits are for Fast-mode I²C-bus.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
f_{SCL}	SCL clock frequency		0	-	400	kHz
t_{BUF}	bus free time between a STOP and START condition		1.3	-	-	μs
$t_{HD,STA}$	hold time (repeated) START condition		0.6	-	-	μs
$t_{SU,STA}$	set-up time for a repeated START condition		0.6	-	-	μs
$t_{SU,STO}$	set-up time for STOP condition		0.6	-	-	μs
$t_{HD,DAT}$	data hold time		0	-	-	ns
$t_{VD,ACK}$	data valid acknowledge time		[1] 0.1	-	0.9	μs
$t_{VD,DAT}$	data valid time		[2] 50	-	-	ns
$t_{SU,DAT}$	data set-up time		100	-	-	ns
t_{LOW}	LOW period of the SCL clock		1.3	-	-	μs
t_{HIGH}	HIGH period of the SCL clock		0.6	-	-	μs
t_f	fall time of both SDA and SCL signals		[3][4] $20 + 0.1C_b$ [5]	-	300	ns
t_r	rise time of both SDA and SCL signals		$20 + 0.1C_b$ [5]	-	300	ns
t_{SP}	pulse width of spikes that must be suppressed by the input filter		[6] -	-	50	ns
Port timing; $C_L \leq 100\text{ pF}$ (see Figure 8 and Figure 9)						
$t_{V(Q)}$	data output valid time		-	-	4	μs
$t_{SU(D)}$	data input set-up time		0	-	-	μs
$t_{H(D)}$	data input hold time		4	-	-	μs
Interrupt timing; $C_L \leq 100\text{ pF}$ (see Figure 8 and Figure 9)						
$t_{V(INT)}$	valid time on pin \overline{INT}	from port to \overline{INT}	-	-	4	μs
$t_{rst(INT)}$	reset time on pin \overline{INT}	from SCL to \overline{INT}	-	-	4	μs

[1] $t_{VD,ACK}$ = time for Acknowledgement signal from SCL LOW to SDA (out) LOW.

[2] $t_{VD,DAT}$ = minimum time for SDA data out to be valid following SCL LOW.

[3] A master device must internally provide a hold time of at least 300 ns for the SDA signal (refer to the V_{IL} of the SCL signal) in order to bridge the undefined region SCL's falling edge.

[4] The maximum t_f for the SDA and SCL bus lines is specified at 300 ns. The maximum fall time for the SDA output stage t_f is specified at 250 ns. This allows series protection resistors to be connected between the SDA and the SCL pins and the SDA/SCL bus lines without exceeding the maximum specified t_f .

[5] C_b = total capacitance of one bus line in pF.

[6] Input filters on the SDA and SCL inputs suppress noise spikes less than 50 ns.

15. Package outline

SO16: plastic small outline package; 16 leads; body width 7.5 mm

SOT162-1

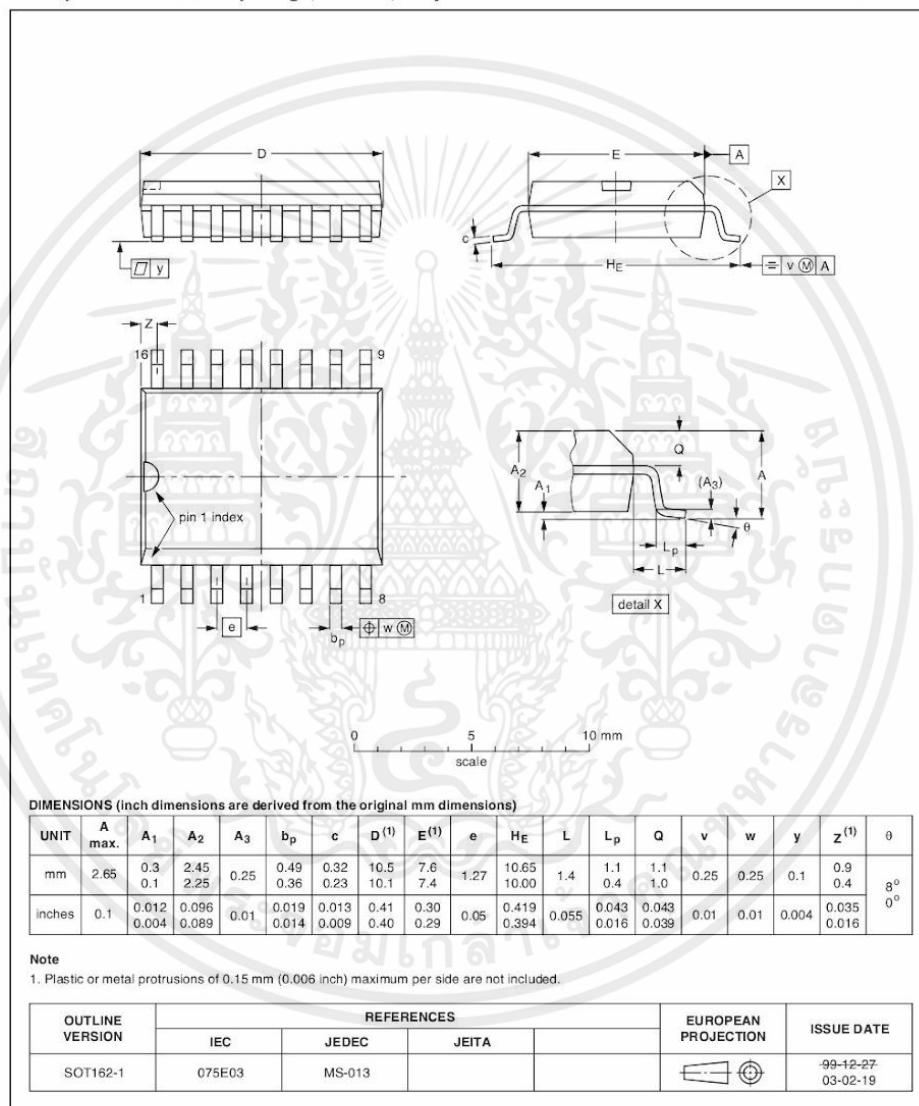


Fig 18. Package outline SOT162-1 (SO16)

TSSOP16: plastic thin shrink small outline package; 16 leads; body width 4.4 mm

SOT403-1

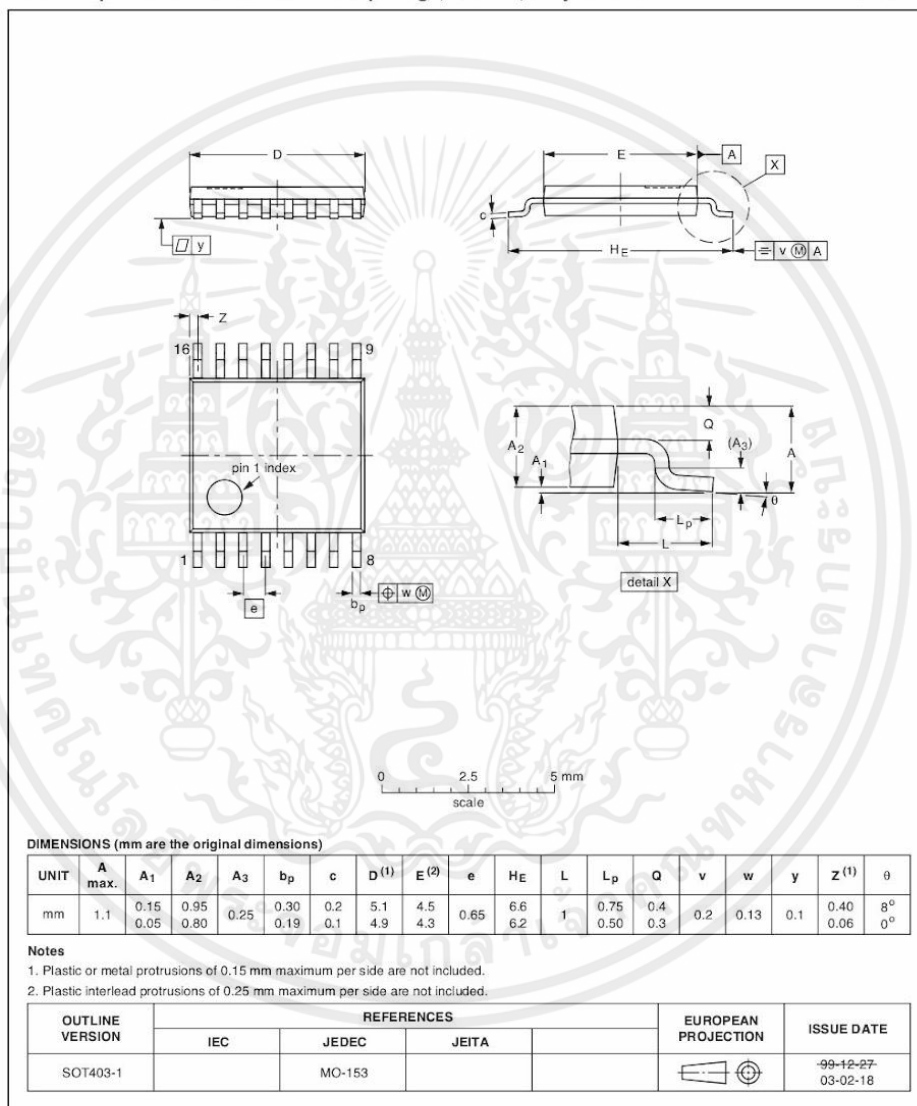


Fig 19. Package outline SOT403-1 (TSSOP16)

PCA8574, PCA8574A

All information provided in this document is subject to legal disclaimers.

© NXP B.V. 2013. All rights reserved.

Product data sheet

Rev. 3 — 3 June 2013

20 of 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SSOP20: plastic shrink small outline package; 20 leads; body width 4.4 mm

SOT266-1

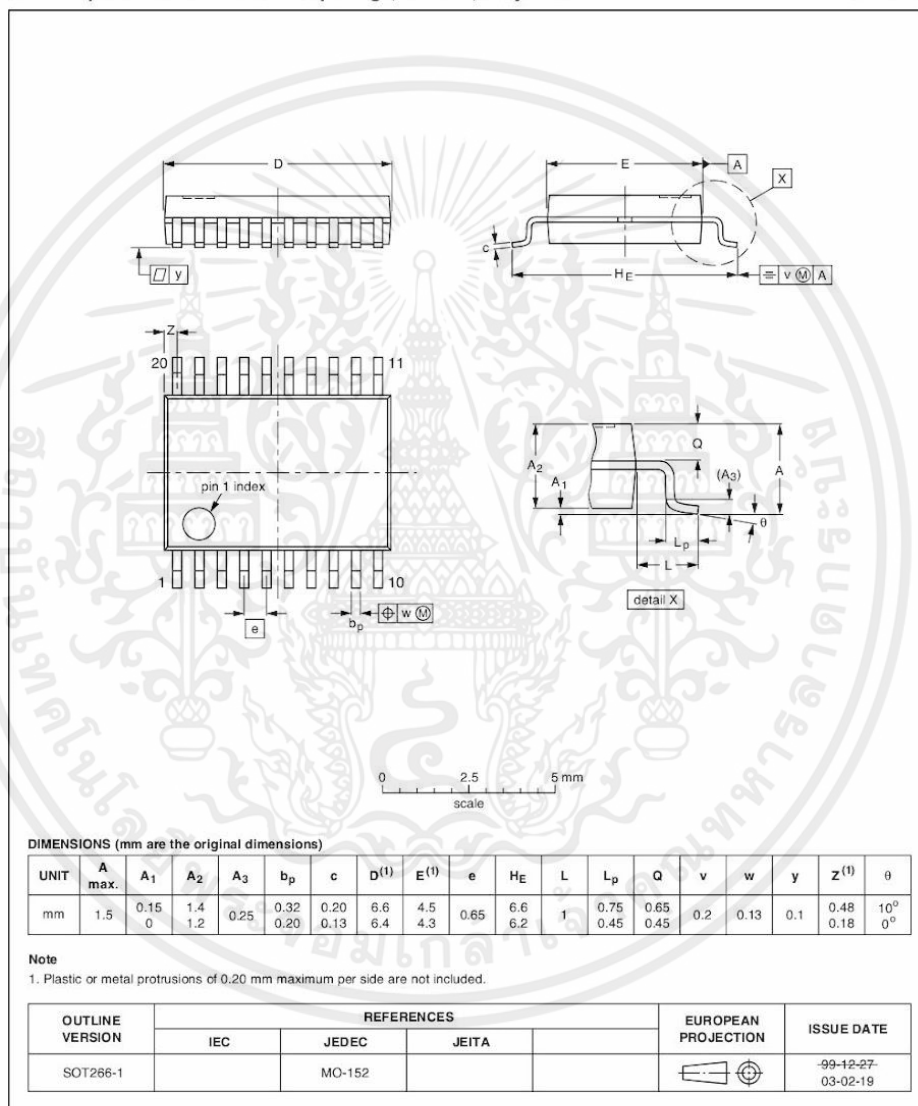


Fig 20. Package outline SOT266-1 (SSOP20)

PCA8574, PCA8574A

All information provided in this document is subject to legal disclaimers.

© NXP B.V. 2013. All rights reserved.

Product data sheet

Rev. 3 — 3 June 2013

21 of 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16. Handling information

All input and output pins are protected against ElectroStatic Discharge (ESD) under normal handling. When handling ensure that the appropriate precautions are taken as described in *JESD625-A* or equivalent standards.

17. Soldering of SMD packages

This text provides a very brief insight into a complex technology. A more in-depth account of soldering ICs can be found in Application Note *AN10365* "Surface mount reflow soldering description".

17.1 Introduction to soldering

Soldering is one of the most common methods through which packages are attached to Printed Circuit Boards (PCBs), to form electrical circuits. The soldered joint provides both the mechanical and the electrical connection. There is no single soldering method that is ideal for all IC packages. Wave soldering is often preferred when through-hole and Surface Mount Devices (SMDs) are mixed on one printed wiring board; however, it is not suitable for fine pitch SMDs. Reflow soldering is ideal for the small pitches and high densities that come with increased miniaturization.

17.2 Wave and reflow soldering

Wave soldering is a joining technology in which the joints are made by solder coming from a standing wave of liquid solder. The wave soldering process is suitable for the following:

- Through-hole components
- Leaded or leadless SMDs, which are glued to the surface of the printed circuit board

Not all SMDs can be wave soldered. Packages with solder balls, and some leadless packages which have solder lands underneath the body, cannot be wave soldered. Also, leaded SMDs with leads having a pitch smaller than ~0.6 mm cannot be wave soldered, due to an increased probability of bridging.

The reflow soldering process involves applying solder paste to a board, followed by component placement and exposure to a temperature profile. Leaded packages, packages with solder balls, and leadless packages are all reflow solderable.

Key characteristics in both wave and reflow soldering are:

- Board specifications, including the board finish, solder masks and vias
- Package footprints, including solder thieves and orientation
- The moisture sensitivity level of the packages
- Package placement
- Inspection and repair
- Lead-free soldering versus SnPb soldering

17.3 Wave soldering

Key characteristics in wave soldering are:

- Process issues, such as application of adhesive and flux, clinching of leads, board transport, the solder wave parameters, and the time during which components are exposed to the wave
- Solder bath specifications, including temperature and impurities

17.4 Reflow soldering

Key characteristics in reflow soldering are:

- Lead-free versus SnPb soldering; note that a lead-free reflow process usually leads to higher minimum peak temperatures (see [Figure 21](#)) than a SnPb process, thus reducing the process window
- Solder paste printing issues including smearing, release, and adjusting the process window for a mix of large and small components on one board
- Reflow temperature profile; this profile includes preheat, reflow (in which the board is heated to the peak temperature) and cooling down. It is imperative that the peak temperature is high enough for the solder to make reliable solder joints (a solder paste characteristic). In addition, the peak temperature must be low enough that the packages and/or boards are not damaged. The peak temperature of the package depends on package thickness and volume and is classified in accordance with [Table 11](#) and [12](#)

Table 11. SnPb eutectic process (from J-STD-020D)

Package thickness (mm)	Package reflow temperature (°C)	
	Volume (mm ³) < 350	Volume (mm ³) ≥ 350
< 2.5	235	220
≥ 2.5	220	220

Table 12. Lead-free process (from J-STD-020D)

Package thickness (mm)	Package reflow temperature (°C)		
	Volume (mm ³) < 350	Volume (mm ³) 350 to 2000	Volume (mm ³) > 2000
< 1.6	260	260	260
1.6 to 2.5	260	250	245
> 2.5	250	245	245

Moisture sensitivity precautions, as indicated on the packing, must be respected at all times.

Studies have shown that small packages reach higher temperatures during reflow soldering, see [Figure 21](#).

18. Soldering: PCB footprints

Footprint information for reflow soldering of SO16 package

SOT162-1

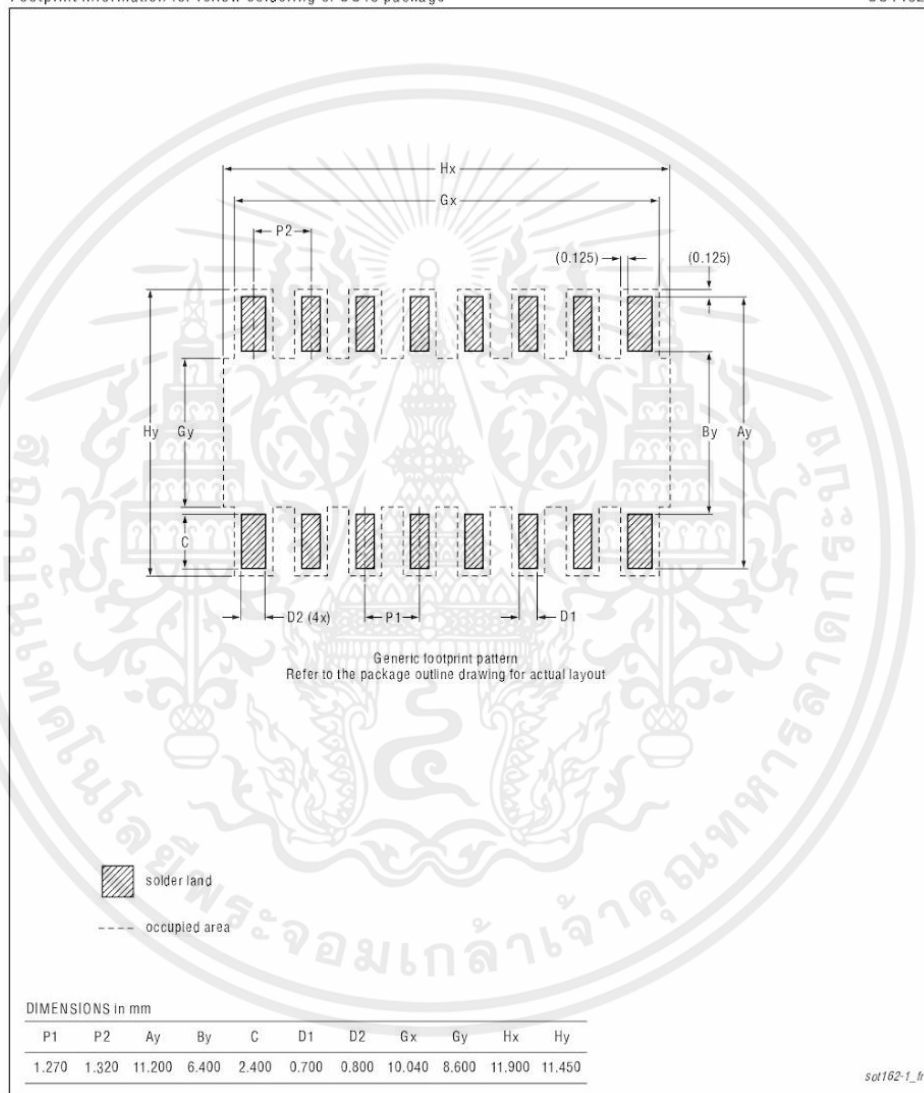


Fig 22. PCB footprint for SOT162-1 (SO16); reflow soldering

Footprint information for reflow soldering of TSSOP16 package

SOT403-1

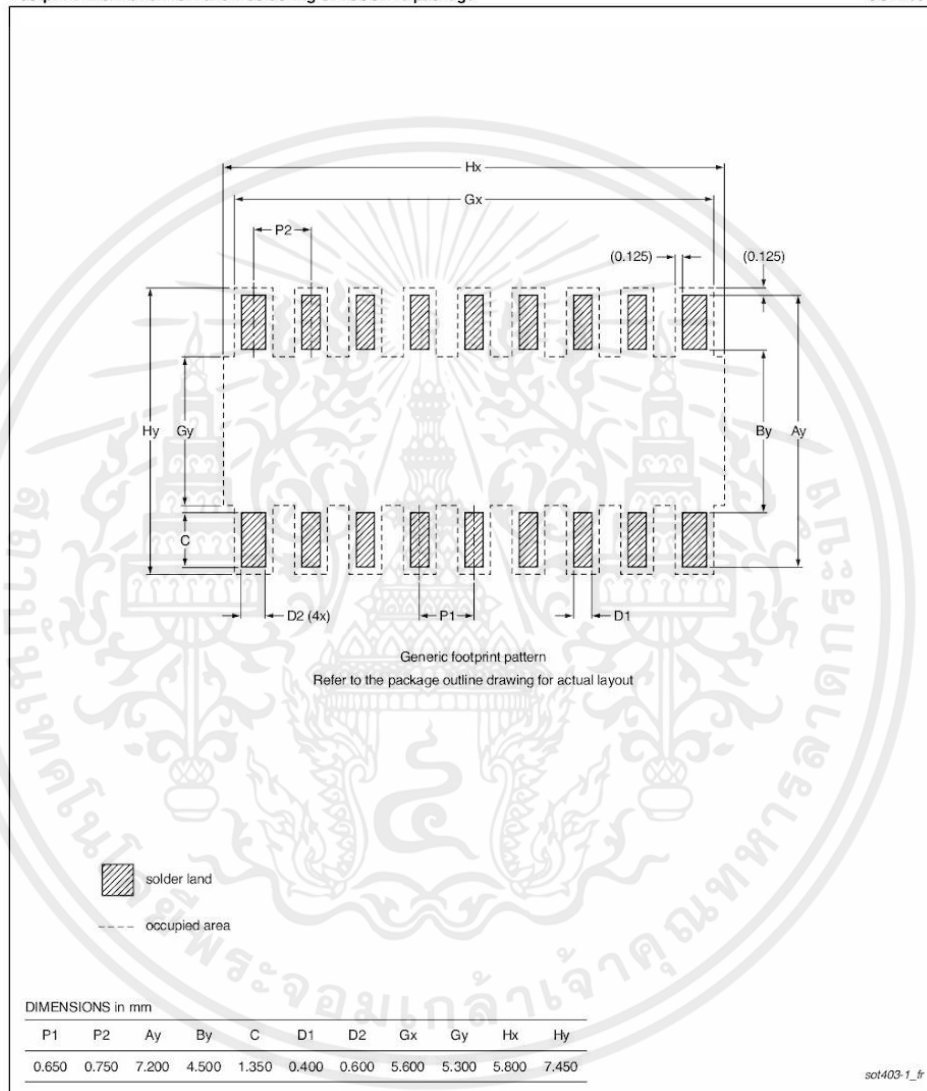


Fig 23. PCB footprint for SOT403-1 (TSSOP16); reflow soldering

Footprint information for reflow soldering of SSOP20 package

SOT266-1

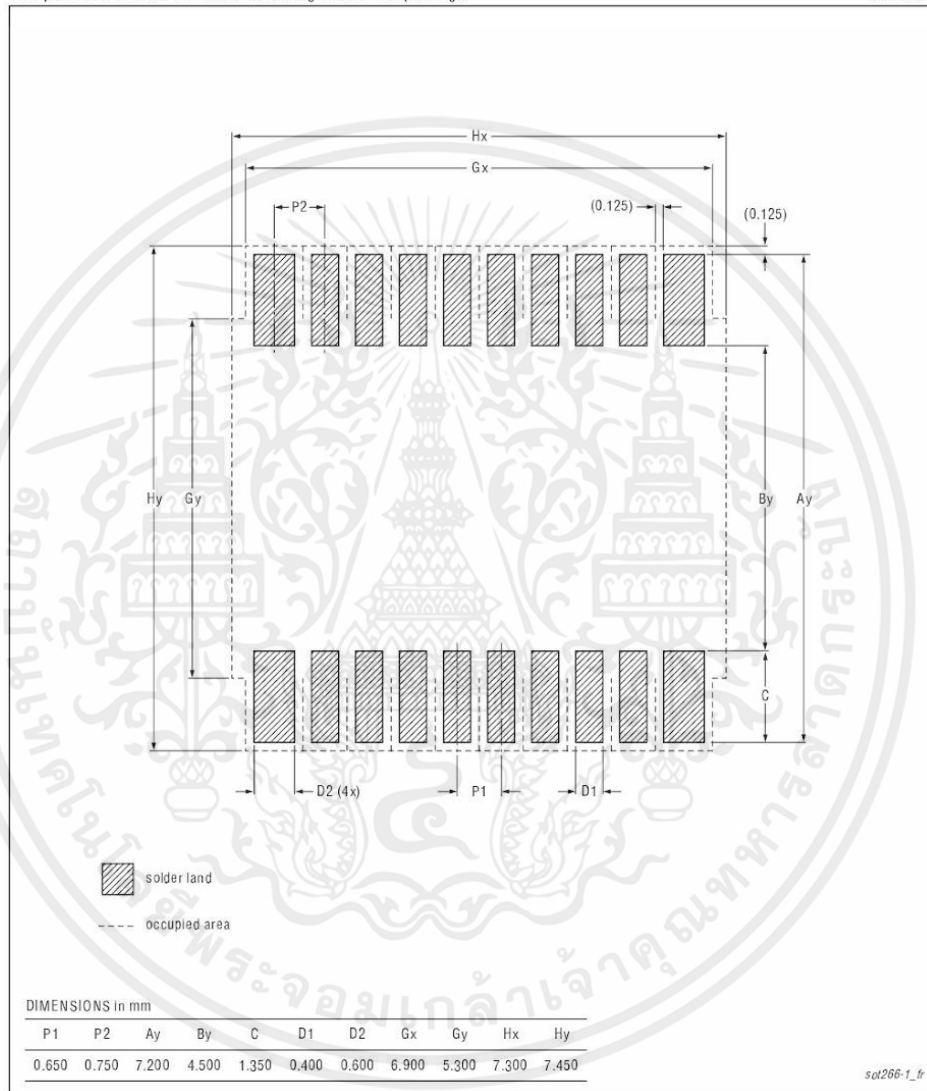


Fig 24. PCB footprint for SOT266-1 (SSOP20); reflow soldering

19. Abbreviations

Table 13. Abbreviations

Acronym	Description
CDM	Charged-Device Model
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
ESD	ElectroStatic Discharge
FF	Flip-Flop
GPIO	General Purpose Input/Output
HBM	Human Body Model
I/O	Input/Output
I ² C-bus	Inter-Integrated Circuit bus
IC	Integrated Circuit
LED	Light Emitting Diode
LP	Low-Pass
LSB	Least Significant Bit
MSB	Most Significant Bit
PLC	Programmable Logic Controller
POR	Power-On Reset
SMBus	System Management Bus

20. Revision history

Table 14. Revision history

Document ID	Release date	Data sheet status	Change notice	Supersedes
PCA8574_PCA8574A v.3	20130603	Product data sheet	-	PCA8574_PCA8574A v.2
Modifications:				
<ul style="list-style-type: none"> • Section 1 "General description" re-written • Section 2 "Features and benefits" <ul style="list-style-type: none"> – added (new) first bullet item – appended "(Fast-mode I²C-bus)" to second bullet item – added (new) third bullet item – (new) fifth bullet item changed from "50 mA sink capability" to "25 mA sink capability" – deleted (old) eighth bullet item, "Readable device ID (manufacturer, device type, and revision)" – 12th bullet item: deleted phrase "200 V MM per JESD22-A115" – 14th bullet item: deleted "DIP16" • Table 1 "Ordering information": <ul style="list-style-type: none"> – deleted discontinued DIP16 package option (PCA8574N, PCA8574AN) – Topside mark for PCA8574ATS corrected from "PCA8574A" to "PA8574A" – added Table note [1], Table note [2], Table note [3] and Table note [4] • Added (new) Table 2 "Ordering options" • Figure 1 "Block diagram" modified: switched positions of blocks "INTERRUPT LOGIC" and "LP FILTER" • Figure 2 "Simplified schematic diagram of P0 to P7" modified: removed diode between "V_{DD}" and "P0 to P7" signal lines 				

Table 14. Revision history ...continued

Document ID	Release date	Data sheet status	Change notice	Supersedes
Modifications: (continued)				
			<ul style="list-style-type: none"> • Section 6.1 "Pinning": <ul style="list-style-type: none"> – deleted (old) Figure 3, "Pin configuration for DIP16" – pin names changed from "AD0, AD1, AD2" to "A0, A1, A2", respectively • Section 6.2 "Pin description": (old) Table 3, "Pin description for SO16, TSSOP16" and (old) Table 4, "Pin description for SSOP20" are merged in (new) Table 3 "Pin description" • Section 7.1 "Device address" re-written • Section 7.1.1 "Address maps" re-written • Section 8.1 "Quasi-bidirectional I/Os" re-written • Section 8.2 "Writing to the port (Output mode)" re-written • Figure 8 "Write mode (output)": timing measurement symbol corrected from "$t_{d(rst)}$" to "$t_{rst(INT)}$" • Section 8.3 "Reading from a port (Input mode)" re-written • Figure 9 "Read mode (input)": <ul style="list-style-type: none"> – timing measurement symbol corrected from "$t_{v(D)}$" to "$t_{v(INT)}$" – timing measurement symbol corrected from "$t_{d(rst)}$" to "$t_{rst(INT)}$" • Section 8.4 "Power-on reset": second and third sentences re-written • Figure 9 "Read mode (input)" modified: corrected label from "data into port" to "data at port" • Section 8.5 "Interrupt output (INT)", fourth, fifth and sixth paragraphs re-written; added new seventh paragraph • Figure 10 "Application of multiple PCA8574/74As with interrupt" updated (changed from "device 8, PCA8574" to "device 16, PCA8574A") • Added (new) Section 10.2 "How to read and write to I/O expander (example)" • Section 10.3 "High current-drive load applications": <ul style="list-style-type: none"> – 1st sentence changed from "maximum sinking current of 25 mA per bit" to "minimum guaranteed sinking current of 25 mA per bit at 4.5 V" – 4th sentence changed from "device total limit" to "device recommended total limit" • Figure 16 "High current-drive load application" modified: added resistor on P6 and P7 signal lines • Added (new) Section 10.4 "Migration path" • Table 7 "Limiting values": added $T_{j(max)}$ limits • Added Section 12 "Thermal characteristics" • Table 9 "Static characteristics", sub-section "I/Os; P0 to P7": added V_{IL} and V_{IH} characteristics • Table 10 "Dynamic characteristics", sub-section "Interrupt timing": <ul style="list-style-type: none"> – symbol/parameter corrected from "$t_{v(D)}$, data input valid time" to "$t_{v(INT)}$, valid time on pin INT" – symbol/parameter corrected from "$t_{d(rst)}$, reset delay time" to "$t_{rst(INT)}$, reset time on pin INT" • Figure 17 "I²C-bus timing diagram" updated: added $0.3 \times V_{DD}$ and $0.7 \times V_{DD}$ reference lines • Deleted (old) Figure 18, "Package outline SOT38-1 (DIP16)" • Updated soldering information • Added Section 18 "Soldering: PCB footprints" 	
PCA8574_PCA8574A v.2	20070514	Product data sheet	-	PCA8574_PCA8574A v.1
PCA8574_PCA8574A v.1	20070117	Product data sheet	-	-

LM2596

3.0 A, Step-Down Switching Regulator

The LM2596 regulator is monolithic integrated circuit ideally suited for easy and convenient design of a step-down switching regulator (buck converter). It is capable of driving a 3.0 A load with excellent line and load regulation. This device is available in adjustable output version and it is internally compensated to minimize the number of external components to simplify the power supply design.

Since LM2596 converter is a switch-mode power supply, its efficiency is significantly higher in comparison with popular three-terminal linear regulators, especially with higher input voltages.

The LM2596 operates at a switching frequency of 150 kHz thus allowing smaller sized filter components than what would be needed with lower frequency switching regulators. Available in a standard 5-lead TO-220 package with several different lead bend options, and D²PAK surface mount package.

The other features include a guaranteed $\pm 4\%$ tolerance on output voltage within specified input voltages and output load conditions, and $\pm 15\%$ on the oscillator frequency. External shutdown is included, featuring 80 μA (typical) standby current. Self protection features include switch cycle-by-cycle current limit for the output switch, as well as thermal shutdown for complete protection under fault conditions.

Features

- Adjustable Output Voltage Range 1.23 V – 37 V
- Guaranteed 3.0 A Output Load Current
- Wide Input Voltage Range up to 40 V
- 150 kHz Fixed Frequency Internal Oscillator
- TTL Shutdown Capability
- Low Power Standby Mode, typ 80 μA
- Thermal Shutdown and Current Limit Protection
- Internal Loop Compensation
- Moisture Sensitivity Level (MSL) Equals 1
- Pb-Free Packages are Available

Applications

- Simple High-Efficiency Step-Down (Buck) Regulator
- Efficient Pre-Regulator for Linear Regulators
- On-Card Switching Regulators
- Positive to Negative Converter (Buck-Boost)
- Negative Step-Up Converters
- Power Supply for Battery Chargers



ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>



TO-220
TV SUFFIX
CASE 314B

Heatsink surface connected to Pin 3



TO-220
T SUFFIX
CASE 314D

Pin 1. V_{in}
2. Output
3. Ground
4. Feedback
5. ON/OFF



D²PAK
D2T SUFFIX
CASE 936A

Heatsink surface (shown as terminal 6 in case outline drawing) is connected to Pin 3

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 23 of this data sheet.

DEVICE MARKING INFORMATION

See general marking information in the device marking section on page 23 of this data sheet.

LM2596

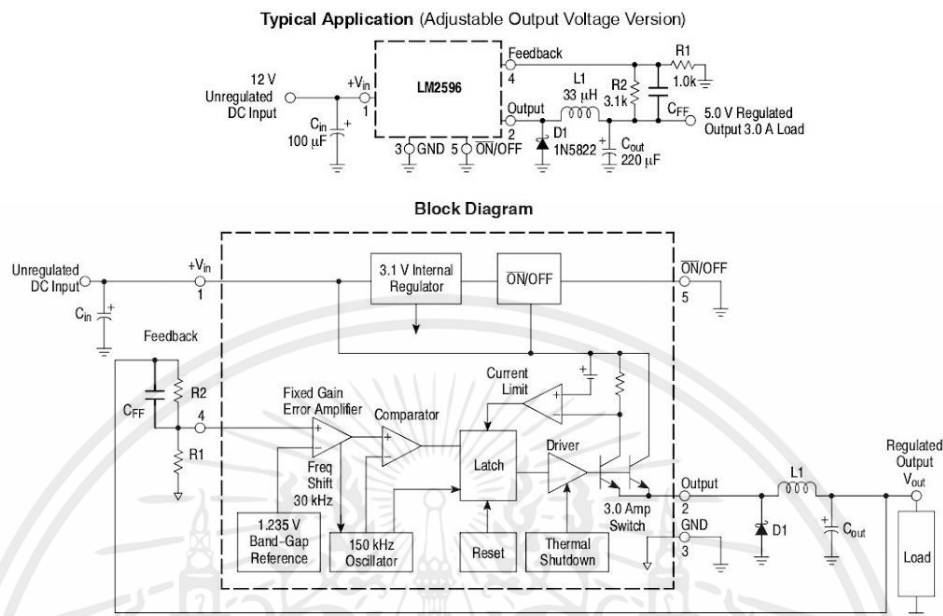


Figure 1. Typical Application and Internal Block Diagram

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Maximum Supply Voltage	V_{in}	45	V
ON/OFF Pin Input Voltage	-	$-0.3\text{ V} \leq V \leq +V_{in}$	V
Output Voltage to Ground (Steady-State)	-	-1.0	V
Power Dissipation			
Case 314B and 314D (TO-220, 5-Lead)	P_D	Internally Limited	W
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	$R_{\theta JA}$	65	$^{\circ}\text{C/W}$
Thermal Resistance, Junction-to-Case	$R_{\theta JC}$	5.0	$^{\circ}\text{C/W}$
Case 936A (D ² PAK)	P_D	Internally Limited	W
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	$R_{\theta JA}$	70	$^{\circ}\text{C/W}$
Thermal Resistance, Junction-to-Case	$R_{\theta JC}$	5.0	$^{\circ}\text{C/W}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-65 to +150	$^{\circ}\text{C}$
Minimum ESD Rating (Human Body Model: C = 100 pF, R = 1.5 k Ω)	-	2.0	kV
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	-	260	$^{\circ}\text{C}$
Maximum Junction Temperature	T_J	150	$^{\circ}\text{C}$

Stresses exceeding Maximum Ratings may damage the device. Maximum Ratings are stress ratings only. Functional operation above the Recommended Operating Conditions is not implied. Extended exposure to stresses above the Recommended Operating Conditions may affect device reliability.

<http://onsemi.com>

2

Downloaded from Arrow.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM2596

PIN FUNCTION DESCRIPTION

Pin	Symbol	Description (Refer to Figure 1)
1	V_{in}	This pin is the positive input supply for the LM2596 step-down switching regulator. In order to minimize voltage transients and to supply the switching currents needed by the regulator, a suitable input bypass capacitor must be present (C_{in} in Figure 1).
2	Output	This is the emitter of the internal switch. The saturation voltage V_{sat} of this output switch is typically 1.5 V. It should be kept in mind that the PCB area connected to this pin should be kept to a minimum in order to minimize coupling to sensitive circuitry.
3	GND	Circuit ground pin. See the information about the printed circuit board layout.
4	Feedback	This pin is the direct input of the error amplifier and the resistor network R2, R1 is connected externally to allow programming of the output voltage.
5	ON/OFF	It allows the switching regulator circuit to be shut down using logic level signals, thus dropping the total input supply current to approximately 80 μ A. The threshold voltage is typically 1.6 V. Applying a voltage above this value (up to $+V_{in}$) shuts the regulator off. If the voltage applied to this pin is lower than 1.6 V or if this pin is left open, the regulator will be in the "on" condition.

OPERATING RATINGS (Operating Ratings indicate conditions for which the device is intended to be functional, but do not guarantee specific performance limits. For guaranteed specifications and test conditions, see the Electrical Characteristics.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Operating Junction Temperature Range	T_J	-40 to +125	$^{\circ}$ C
Supply Voltage	V_{in}	4.5 to 40	V

LM2596

SYSTEM PARAMETERS

ELECTRICAL CHARACTERISTICS Specifications with standard type face are for $T_J = 25^\circ\text{C}$, and those with boldface type apply over full Operating Temperature Range -40°C to $+125^\circ\text{C}$

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
LM2596 (Note 1, Test Circuit Figure 15)					
Feedback Voltage ($V_{in} = 12\text{ V}$, $I_{Load} = 0.5\text{ A}$, $V_{out} = 5.0\text{ V}$)	V_{FB_nom}		1.23		V
Feedback Voltage ($8.5\text{ V} \leq V_{in} \leq 40\text{ V}$, $0.5\text{ A} \leq I_{Load} \leq 3.0\text{ A}$, $V_{out} = 5.0\text{ V}$)	V_{FB}	1.193 1.18		1.267 1.28	V
Efficiency ($V_{in} = 12\text{ V}$, $I_{Load} = 3.0\text{ A}$, $V_{out} = 5.0\text{ V}$)	η	–	73	–	%
Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Feedback Bias Current ($V_{out} = 5.0\text{ V}$)	I_b		25	100 200	nA
Oscillator Frequency (Note 2)	f_{osc}	135 120	150	165 180	kHz
Saturation Voltage ($I_{out} = 3.0\text{ A}$, Notes 3 and 4)	V_{sat}		1.5	1.8 2.0	V
Max Duty Cycle "ON" (Note 4)	DC		95		%
Current Limit (Peak Current, Notes 2 and 3)	I_{CL}	4.2 3.5	5.6	6.9 7.5	A
Output Leakage Current (Notes 5 and 6) Output = 0 V Output = -1.0 V	I_L		0.5 6.0	2.0 20	mA
Quiescent Current (Note 5)	I_Q		5.0	10	mA
Standby Quiescent Current (ON/OFF Pin = 5.0 V ("OFF")) (Note 6)	I_{sby}		80	200 250	μA
ON/OFF PIN LOGIC INPUT					
Threshold Voltage			1.6		V
$V_{out} = 0\text{ V}$ (Regulator OFF)	V_{IH}	2.2 2.4			V
$V_{out} = \text{Nominal Output Voltage}$ (Regulator ON)	V_{IL}			1.0 0.8	V
ON/OFF Pin Input Current					
ON/OFF Pin = 5.0 V (Regulator OFF)	I_{IH}	–	15	30	μA
ON/OFF Pin = 0 V (regulator ON)	I_{IL}	–	0.01	5.0	μA

- External components such as the catch diode, inductor, input and output capacitors can affect switching regulator system performance. When the LM2596 is used as shown in the Figure 15 test circuit, system performance will be as shown in system parameters section.
- The oscillator frequency reduces to approximately 30 kHz in the event of an output short or an overload which causes the regulated output voltage to drop approximately 40% from the nominal output voltage. This self protection feature lowers the average dissipation of the IC by lowering the minimum duty cycle from 5% down to approximately 2%.
- No diode, inductor or capacitor connected to output (Pin 2) sourcing the current.
- Feedback (Pin 4) removed from output and connected to 0 V.
- Feedback (Pin 4) removed from output and connected to +12 V to force the output transistor "off".
- $V_{in} = 40\text{ V}$.

LM2596

PCB LAYOUT GUIDELINES

As in any switching regulator, the layout of the printed circuit board is very important. Rapidly switching currents associated with wiring inductance, stray capacitance and parasitic inductance of the printed circuit board traces can generate voltage transients which can generate electromagnetic interferences (EMI) and affect the desired operation. As indicated in the Figure 15, to minimize inductance and ground loops, the length of the leads indicated by heavy lines should be kept as short as possible.

For best results, single-point grounding (as indicated) or ground plane construction should be used.

On the other hand, the PCB area connected to the Pin 2 (emitter of the internal switch) of the LM2596 should be kept to a minimum in order to minimize coupling to sensitive circuitry.

Another sensitive part of the circuit is the feedback. It is important to keep the sensitive feedback wiring short. To assure this, physically locate the programming resistors near to the regulator, when using the adjustable version of the LM2596 regulator.

DESIGN PROCEDURE

Buck Converter Basics

The LM2596 is a “Buck” or Step-Down Converter which is the most elementary forward-mode converter. Its basic schematic can be seen in Figure 16.

The operation of this regulator topology has two distinct time periods. The first one occurs when the series switch is on, the input voltage is connected to the input of the inductor.

The output of the inductor is the output voltage, and the rectifier (or catch diode) is reverse biased. During this period, since there is a constant voltage source connected across the inductor, the inductor current begins to linearly ramp upwards, as described by the following equation:

$$I_{L(on)} = \frac{(V_{IN} - V_{OUT})t_{on}}{L}$$

During this “on” period, energy is stored within the core material in the form of magnetic flux. If the inductor is properly designed, there is sufficient energy stored to carry the requirements of the load during the “off” period.

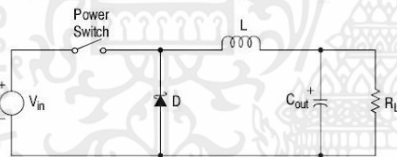


Figure 16. Basic Buck Converter

The next period is the “off” period of the power switch. When the power switch turns off, the voltage across the inductor reverses its polarity and is clamped at one diode voltage drop below ground by the catch diode. The current now flows through the catch diode thus maintaining the load current loop. This removes the stored energy from the inductor. The inductor current during this time is:

$$I_{L(off)} = \frac{(V_{OUT} - V_D)t_{off}}{L}$$

This period ends when the power switch is once again turned on. Regulation of the converter is accomplished by varying the duty cycle of the power switch. It is possible to describe the duty cycle as follows:

$$d = \frac{t_{on}}{T}, \text{ where } T \text{ is the period of switching.}$$

For the buck converter with ideal components, the duty cycle can also be described as:

$$d = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

Figure 17 shows the buck converter, idealized waveforms of the catch diode voltage and the inductor current.

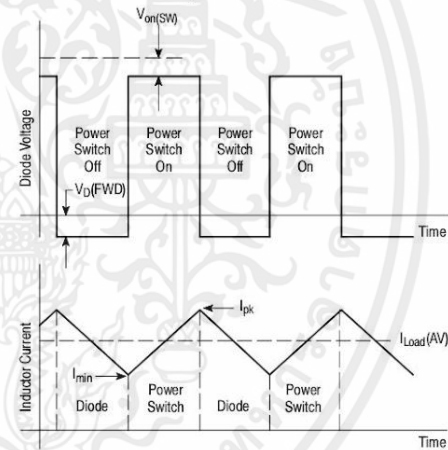


Figure 17. Buck Converter Idealized Waveforms

LM2596

PROCEDURE (ADJUSTABLE OUTPUT VERSION: LM2596)

Procedure	Example
<p>Given Parameters: V_{out} = Regulated Output Voltage $V_{in(max)}$ = Maximum DC Input Voltage $I_{Load(max)}$ = Maximum Load Current</p>	<p>Given Parameters: V_{out} = 5.0 V $V_{in(max)}$ = 12 V $I_{Load(max)}$ = 3.0 A</p>
<p>1. Programming Output Voltage To select the right programming resistor R1 and R2 value (see Figure 1) use the following formula:</p> $V_{out} = V_{ref} \left(1.0 + \frac{R2}{R1} \right) \text{ where } V_{ref} = 1.23 \text{ V}$ <p>Resistor R1 can be between 1.0 k and 5.0 kΩ. (For best temperature coefficient and stability with time, use 1% metal film resistors).</p> $R2 = R1 \left(\frac{V_{out}}{V_{ref}} - 1.0 \right)$	<p>1. Programming Output Voltage (selecting R1 and R2) Select R1 and R2:</p> $V_{out} = 1.23 \left(1.0 + \frac{R2}{R1} \right) \text{ Select } R1 = 1.0 \text{ k}\Omega$ $R2 = R1 \left(\frac{V_{out}}{V_{ref}} - 1.0 \right) = \left(\frac{5 \text{ V}}{1.23 \text{ V}} - 1.0 \right)$ <p>R2 = 3.0 kΩ, choose a 3.0k metal film resistor.</p>
<p>2. Input Capacitor Selection (C_{in}) To prevent large voltage transients from appearing at the input and for stable operation of the converter, an aluminium or tantalum electrolytic bypass capacitor is needed between the input pin +V_{in} and ground pin GND. This capacitor should be located close to the IC using short leads. This capacitor should have a low ESR (Equivalent Series Resistance) value.</p> <p>For additional information see input capacitor section in the "Application Information" section of this data sheet.</p>	<p>2. Input Capacitor Selection (C_{in}) A 100 μF, 50 V aluminium electrolytic capacitor located near the input and ground pin provides sufficient bypassing.</p>
<p>3. Catch Diode Selection (D1) A. Since the diode maximum peak current exceeds the regulator maximum load current the catch diode current rating must be at least 1.2 times greater than the maximum load current. For a robust design, the diode should have a current rating equal to the maximum current limit of the LM2596 to be able to withstand a continuous output short. B. The reverse voltage rating of the diode should be at least 1.25 times the maximum input voltage.</p>	<p>3. Catch Diode Selection (D1) A. For this example, a 3.0 A current rating is adequate. B. For robust design use a 30 V 1N5824 Schottky diode or any suggested fast recovery diode in the Table 2.</p>

LM2596

PROCEDURE (ADJUSTABLE OUTPUT VERSION: LM2596) (CONTINUED)

Procedure	Example
<p>4. Inductor Selection (L1)</p> <p>A. Use the following formula to calculate the inductor Volt x microsecond [V x μs] constant:</p> $E \times T = (V_{IN} - V_{OUT} - V_{SAT}) \times \frac{V_{OUT} + V_D}{V_{IN} - V_{SAT} + V_D} \times \frac{1000}{150 \text{ kHz}} (\text{V} \times \mu\text{s})$ <p>B. Match the calculated E x T value with the corresponding number on the vertical axis of the Inductor Value Selection Guide shown in Figure 18. This E x T constant is a measure of the energy handling capability of an inductor and is dependent upon the type of core, the core area, the number of turns, and the duty cycle.</p> <p>C. Next step is to identify the inductance region intersected by the E x T value and the maximum load current value on the horizontal axis shown in Figure 18.</p> <p>D. Select an appropriate inductor from Table 3. The inductor chosen must be rated for a switching frequency of 150 kHz and for a current rating of $1.15 \times I_{Load}$. The inductor current rating can also be determined by calculating the inductor peak current:</p> $I_{p(max)} = I_{Load(max)} + \frac{(V_{in} - V_{out}) t_{on}}{2L}$ <p>where t_{on} is the "on" time of the power switch and</p> $t_{on} = \frac{V_{out}}{V_{in}} \times \frac{1.0}{f_{osc}}$	<p>4. Inductor Selection (L1)</p> <p>A. Calculate E x T [V x μs] constant:</p> $E \times T = (12 - 5 - 1.5) \times \frac{5 + 0.5}{12 - 5 + 0.5} \times \frac{1000}{150 \text{ kHz}} (\text{V} \times \mu\text{s})$ $E \times T = (5.5) \times \frac{5.5}{7.5} \times 6.6 (\text{V} \times \mu\text{s})$ <p>B. E x T = 27 [V x μs]</p> <p>C. $I_{Load(max)} = 3.0 \text{ A}$ Inductance Region = L40</p> <p>D. Proper inductor value = 33 μH Choose the inductor from Table 3.</p>
<p>5. Output Capacitor Selection (C_{out})</p> <p>A. Since the LM2596 is a forward-mode switching regulator with voltage mode control, its open loop has 2-pole-1-zero frequency characteristic. The loop stability is determined by the output capacitor (capacitance, ESR) and inductance values.</p> <p>For stable operation use recommended values of the output capacitors in Table 1. Low ESR electrolytic capacitors between 220μF and 1500μF provide best results.</p> <p>B. The capacitors voltage rating should be at least 1.5 times greater than the output voltage, and often much higher voltage rating is needed to satisfy low ESR requirement</p>	<p>5. Output Capacitor Selection (C_{out})</p> <p>A. In this example is recommended Nichicon PM capacitors: 470 μF/35 V or 220 μF/35 V</p>
<p>6. Feedforward Capacitor (C_{FF})</p> <p>It provides additional stability mainly for higher input voltages. For C_{FF} selection use Table 1. The compensation capacitor between 0.6 nF and 40 nF is wired in parallel with the output voltage setting resistor R2. The capacitor type can be ceramic, plastic, etc..</p>	<p>6. Feedforward Capacitor (C_{FF})</p> <p>In this example is recommended feedforward capacitor 15 nF or 5 nF.</p>

LM2596

LM2596 Series Buck Regulator Design Procedures (continued)

Table 1. RECOMMENDED VALUES OF THE OUTPUT CAPACITOR AND FEEDFORWARD CAPACITOR
($I_{load} = 3 A$)

V _{in} (V)	Nichicon PM Capacitors							
	Capacity/Voltage Range/ESR (µF/V/mΩ)							
40	1500/35/24	1000/35/29	1000/35/29	680/35/36	560/25/55	560/25/55	470/35/46	470/35/46
26	1200/35/26	820/35	680/35/36	560/35/41	470/25/65	470/25/65	330/35/60	
22	1000/35/29	680/35/36	560/35/41	330/25/85	330/25/85	220/35/85		
20	820/35/32	470/35/46	470/25/65	330/25/85	330/25/85	220/35/85		
18	820/35/32	470/35/46	470/25/65	330/25/85	330/25/85	220/35/85		
12	820/35/32	470/35/46	220/35/85	220/25/111				
10	820/35/32	470/35/46	220/35/85					
V _{out} (V)	2	4	6	9	12	15	24	28
C _{FF} (nF)	40	15	5	2	1.5	1	0.6	0.6

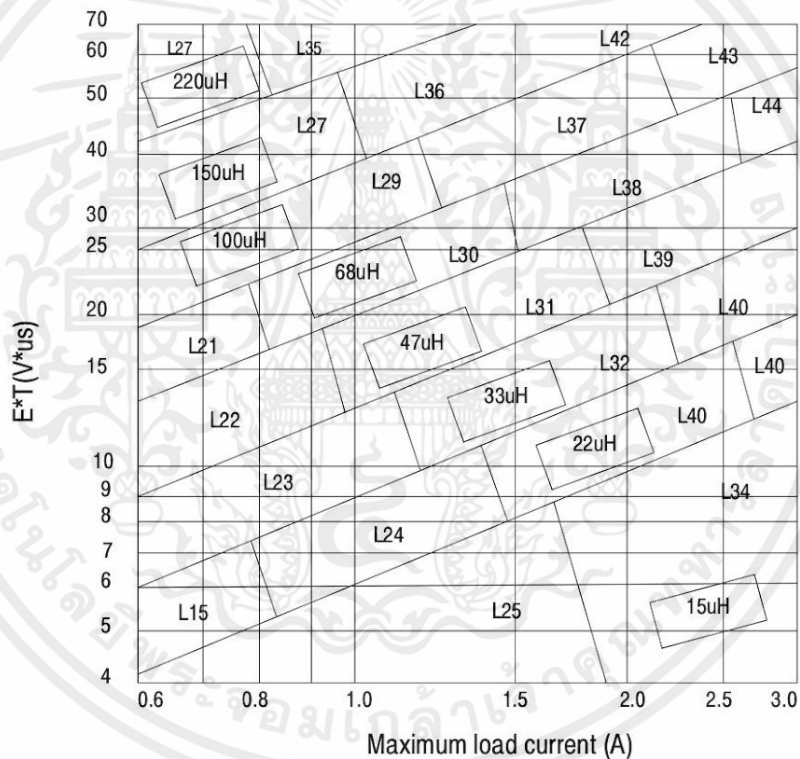


Figure 18. Inductor Value Selection Guides (For Continuous Mode Operation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM2596

Table 2. DIODE SELECTION

V _R	Schottky				Fast Recovery			
	3.0 A		4.0 – 6.0 A		3.0 A		4.0 – 6.0 A	
	Through Hole	Surface Mount	Through Hole	Surface Mount	Through Hole	Surface Mount	Through Hole	Surface Mount
20 V	1N5820 MBR320P SR302	SK32	1N5823 SR502 SB520					
30 V	1N5821 MBR330 SR303 31DQ03	SK33 30WQ03	1N5824 SR503 SB530	50WQ03	MUR320 31DF1 HER302	MURS320T3 MURD320 30WF10	MUR420 HER602	MURD620CT 50WF10
40 V	1N5822 MBR340 SR304 31DQ04	SK34 30WQ04 MBRS340T3 MBRD340	1N5825 SR504 SB540	MBRD640CT 50WQ04	(all diodes rated to at least 100 V)	(all diodes rated to at least 100 V)	(all diodes rated to at least 100 V)	(all diodes rated to at least 100 V)
50 V	MBR350 31DQ05 SR305	SK35 30WQ05	SB550	50WQ05				
60 V	MBR360 DQ06 SR306	MBRS360T3 MBRD360	50SQ080	MBRD660CT				

NOTE: Diodes listed in bold are available from ON Semiconductor.

LM2596

Table 3. INDUCTOR MANUFACTURERS PART NUMBERS

	Inductance (μ H)	Current (A)	Schott		Renco		Pulse Engineering		Coilcraft
			Through Hole	Surface Mount	Through Hole	Surface Mount	Through Hole	Surface Mount	Surface Mount
L15	22	0.99	67148350	67148460	RL-1284-22-43	RL1500-2 2	PE-53815	PE-53815-S	DO3308-223
L21	68	0.99	67144070	67144450	RL-5471-5	RL1500-6 8	PE-53821	PE-53821-S	DO3316-683
L22	47	1.17	67144080	67144460	RL-5471-6	-	PE-53822	PE-53822-S	DO3316-473
L23	33	1.40	67144090	67144470	RL-5471-7	-	PE-53823	PE-53823-S	DO3316-333
L24	22	1.70	67148370	67148480	RL-1283-22-43	-	PE-53824	PE-53825-S	DO3316-223
L25	15	2.10	67148380	67148490	RL-1283-15-43	-	PE-53825	PE-53824-S	DO3316-153
L26	330	0.80	67144100	67144480	RL-5471-1	-	PE-53826	PE-53826-S	DO5022P-334
L27	220	1.00	67144110	67144490	RL-5471-2	-	PE-53827	PE-53827-S	DO5022P-224
L28	150	1.20	67144120	67144500	RL-5471-3	-	PE-53828	PE-53828-S	DO5022P-154
L29	100	1.47	67144130	67144510	RL-5471-4	-	PE-53829	PE-53829-S	DO5022P-104
L30	68	1.78	67144140	67144520	RL-5471-5	-	PE-53830	PE-53830-S	DO5022P-683
L31	47	2.20	67144150	67144530	RL-5471-6	-	PE-53831	PE-53831-S	DO5022P-473
L32	33	2.50	67144160	67144540	RL-5471-7	-	PE-53932	PE-53932-S	DO5022P-333
L33	22	3.10	67148390	67148500	RL-1283-22-43	-	PE-53933	PE-53933-S	DO5022P-223
L34	15	3.40	67148400	67148790	RL-1283-15-43	-	PE-53934	PE-53934-S	DO5022P-153
L35	220	1.70	67144170	-	RL-5473-1	-	PE-53935	PE-53935-S	-
L36	150	2.10	67144180	-	RL-5473-4	-	PE-54036	PE-54036-S	-
L37	100	2.50	67144190	-	RL-5472-1	-	PE-54037	PE-54037-S	-
L38	68	3.10	67144200	-	RL-5472-2	-	PE-54038	PE-54038-S	DO5040H-683ML
L39	47	3.50	67144210	-	RL-5472-3	-	PE-54039	PE-54039-S	DO5040H-473ML
L40	33	3.50	67144220	67148290	RL-5472-4	-	PE-54040	PE-54040-S	DO5040H-333ML
L41	22	3.50	67144230	67148300	RL-5472-5	-	PE-54041	PE-54041-S	DO5040H-223ML
L42	150	2.70	67148410	-	RL-5473-4	-	PE-54042	PE-54042-S	-
L43	100	3.40	67144240	-	RL-5473-2	-	PE-54043	-	-
L44	68	3.40	67144250	-	RL-5473-3	-	PE-54044	-	DO5040H-683ML

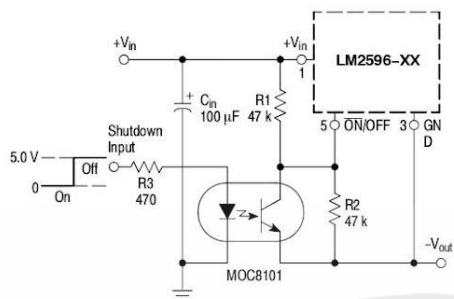
<http://onsemi.com>

13

Downloaded from Arrow.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

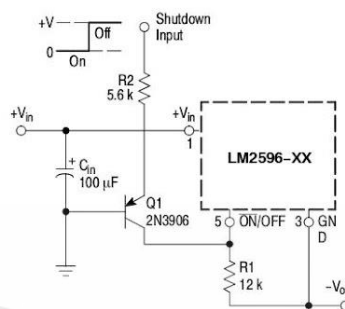
LM2596



NOTE: This picture does not show the complete circuit.

Figure 24. Inverting Buck-Boost Regulator Shutdown Circuit Using an Optocoupler

With the inverting configuration, the use of the $\overline{\text{ON}}/\text{OFF}$ pin requires some level shifting techniques. This is caused by the fact, that the ground pin of the converter IC is no longer at ground. Now, the ON/OFF pin threshold voltage (1.3 V approximately) has to be related to the negative output voltage level. There are many different possible shut down methods, two of them are shown in Figures 24 and 25.



NOTE: This picture does not show the complete circuit.

Figure 25. Inverting Buck-Boost Regulator Shutdown Circuit Using a PNP Transistor

Negative Boost Regulator

This example is a variation of the buck-boost topology and it is called negative boost regulator. This regulator experiences relatively high switch current, especially at low input voltages. The internal switch current limiting results in lower output load current capability.

The circuit in Figure 26 shows the negative boost configuration. The input voltage in this application ranges from -5.0 V to -12 V and provides a regulated -12 V output. If the input voltage is greater than -12 V, the output will rise above -12 V accordingly, but will not damage the regulator.

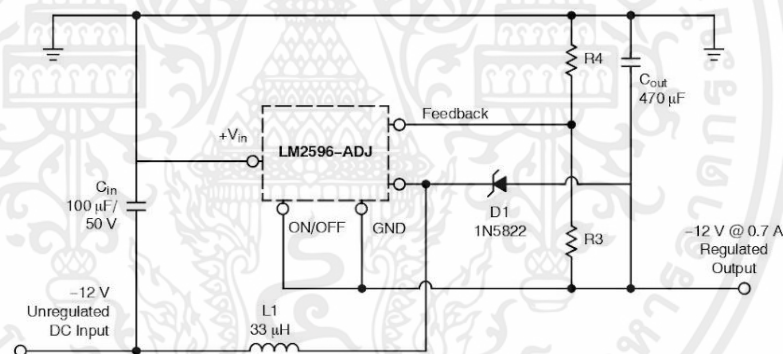


Figure 26. Negative Boost Regulator

Design Recommendations:

The same design rules as for the previous inverting buck-boost converter can be applied. The output capacitor C_{out} must be chosen larger than would be required for a what standard buck converter. Low input voltages or high output currents require a large value output capacitor (in the range of thousands of μF). The recommended range of inductor

values for the negative boost regulator is the same as for inverting converter design.

Another important point is that these negative boost converters cannot provide current limiting load protection in the event of a short in the output so some other means, such as a fuse, may be necessary to provide the load protection.

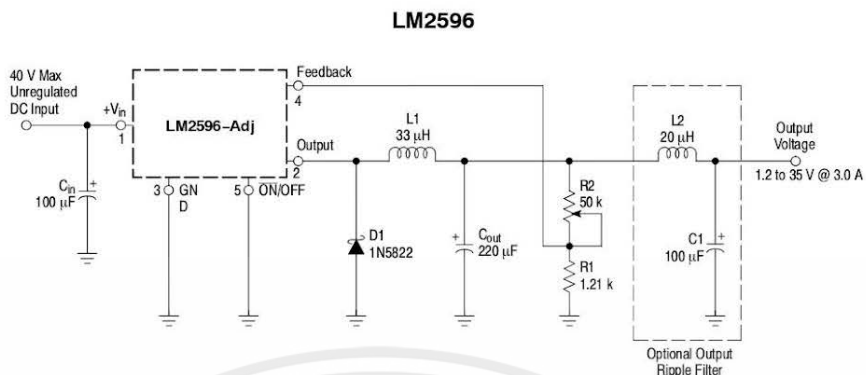


Figure 30. 1.2 to 35 V Adjustable 3.0 A Power Supply with Low Output Ripple



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM2596

THE LM2596 STEP-DOWN VOLTAGE REGULATOR WITH 5.0 V @ 3.0 A OUTPUT POWER CAPABILITY. TYPICAL APPLICATION WITH THROUGH-HOLE PC BOARD LAYOUT

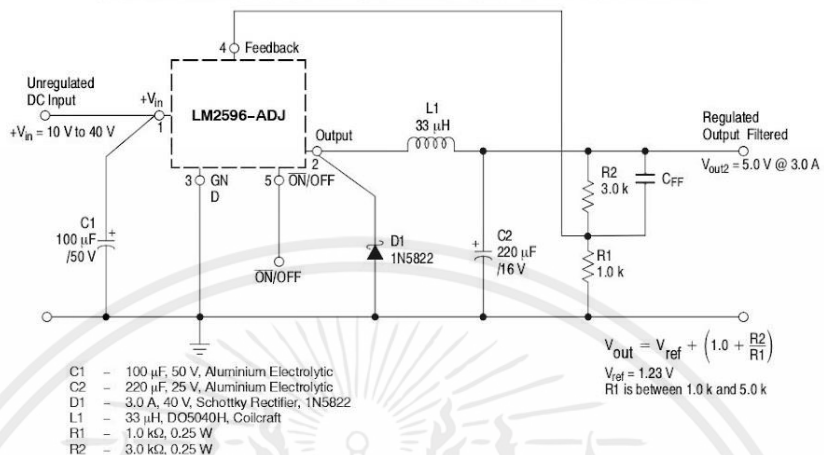
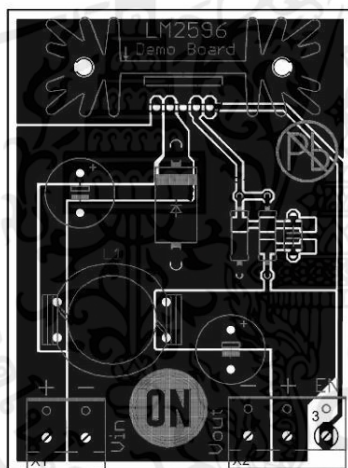
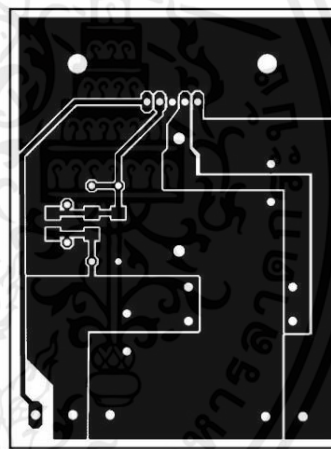


Figure 31. Schematic Diagram of the 5.0 V @ 3.0 A Step-Down Converter Using the LM2596-ADJ



NOTE: Not to scale.

Figure 32. Printed Circuit Board Layout Component Side



NOTE: Not to scale.

Figure 33. Printed Circuit Board Layout Copper Side

References

- National Semiconductor LM2596 Data Sheet and Application Note
- National Semiconductor LM2595 Data Sheet and Application Note
- Marty Brown "Practical Switching Power Supply Design", Academic Press, Inc., San Diego 1990
- Ray Ridley "High Frequency Magnetics Design", Ridley Engineering, Inc. 1995

LM2596

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping [†]
LM2596TADJG	TO-220 (Pb-Free)	50 Units / Rail
LM2596TVADJG	TO-220 (F) (Pb-Free)	50 Units / Rail
LM2596DSADJG	D ² PAK (Pb-Free)	50 Units / Rail
LM2596DSADJR4G	D ² PAK (Pb-Free)	800 / Tape & Reel

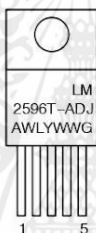
[†]For information on tape and reel specifications, including part orientation and tape sizes, please refer to our Tape and Reel Packaging Specifications Brochure, BRD8011/D.

MARKING DIAGRAMS

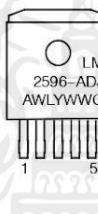
TO-220
TV SUFFIX
CASE 314B



TO-220
T SUFFIX
CASE 314D



D²PAK
DS SUFFIX
CASE 936A



A = Assembly Location
WL = Wafer Lot
Y = Year
WW = Work Week
G = Pb-Free Package

<http://onsemi.com>

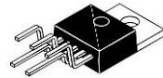
23

Downloaded from Arrow.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MECHANICAL CASE OUTLINE
PACKAGE DIMENSIONS

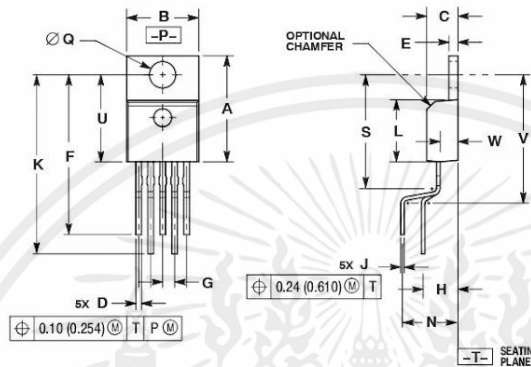
ON Semiconductor®



TO-220 5 LEAD OFFSET
CASE 314B-05
ISSUE L

DATE 01/07/1994

SCALE 1:1



NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE INTERCONNECT BAR (DAMBAR) PROTRUSION. DIMENSION D INCLUDING PROTRUSION SHALL NOT EXCEED 0.043 (1.092) MAXIMUM.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.572	0.613	14.529	15.570
B	0.390	0.415	9.906	10.541
C	0.170	0.180	4.318	4.572
D	0.025	0.038	0.635	0.965
E	0.048	0.055	1.219	1.397
F	0.850	0.935	21.590	23.749
G	0.067 BSC		1.702 BSC	
H	0.166 BSC		4.216 BSC	
J	0.015	0.025	0.381	0.635
K	0.900	1.100	22.860	27.940
L	0.320	0.365	8.128	9.271
N	0.320 BSC		8.128 BSC	
Q	0.140	0.153	3.556	3.886
S		0.620		15.748
U	0.468	0.565	11.888	14.227
V		0.735		18.669
W	0.090	0.110	2.286	2.794

STYLE 1 THRU 4
CANCELLED

STYLE 5:
PIN 1: GATE
2: MIRROR
3: DRAIN
4: KELVIN
5: SOURCE

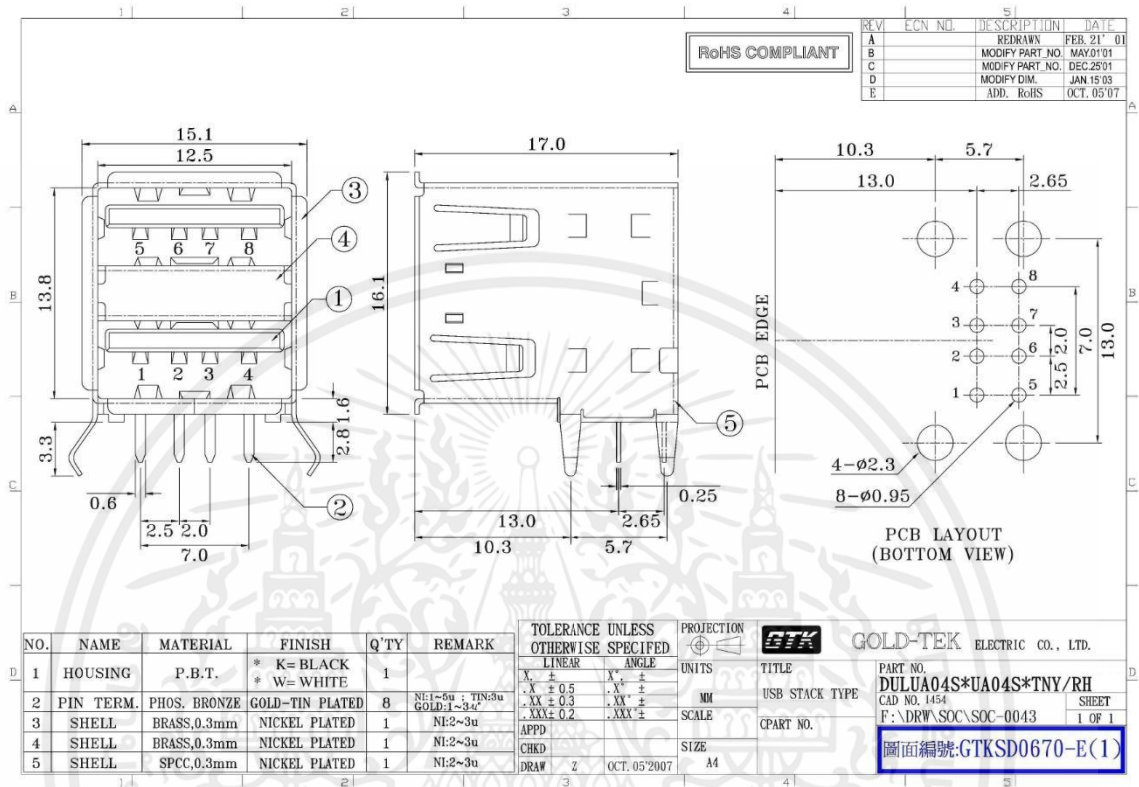
DOCUMENT NUMBER:	98ASB42218B	Electronic versions are uncontrolled except when accessed directly from the Document Repository. Printed versions are uncontrolled, except when stamped "CONTROLLED COPY" in red.
DESCRIPTION:	TO-220 5 LEAD OFFSET	PAGE 1 OF 1
<p>ON Semiconductor and are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC dba ON Semiconductor or its subsidiaries in the United States and/or other countries. ON Semiconductor reserves the right to make changes without further notice to any products herein. ON Semiconductor makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does ON Semiconductor assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. ON Semiconductor does not convey any license under its patent rights nor the rights of others.</p>		

© Semiconductor Components Industries, LLC, 2019

www.onsemi.com

Downloaded from Arrow.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



BSS138BK

60 V, 360 mA N-channel Trench MOSFET

Rev. 1 — 4 August 2011

Product data sheet

1. Product profile

1.1 General description

N-channel enhancement mode Field-Effect Transistor (FET) in a small SOT23 (TO-236AB) Surface-Mounted Device (SMD) plastic package using Trench MOSFET technology.

1.2 Features and benefits

- Logic-level compatible
- Very fast switching
- Trench MOSFET technology
- ESD protection up to 1.5 kV
- AEC-Q101 qualified

1.3 Applications

- Relay driver
- High-speed line driver
- Low-side loadswitch
- Switching circuits

1.4 Quick reference data

Table 1. Quick reference data

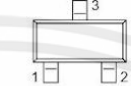
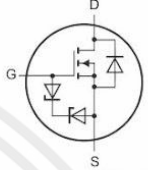
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
V_{DS}	drain-source voltage	$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$	-	-	60	V
V_{GS}	gate-source voltage		-20	-	20	V
I_D	drain current	$V_{GS} = 10\text{ V}; T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$	[1]	-	360	mA
Static characteristics						
$R_{DS(on)}$	drain-source on-state resistance	$V_{GS} = 10\text{ V}; I_D = 350\text{ mA}; T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$	-	1	1.6	Ω

[1] Device mounted on an FR4 PCB, single-sided copper, tin-plated, mounting pad for drain 1 cm².



2. Pinning information

Table 2. Pinning information

Pin	Symbol	Description	Simplified outline	Graphic symbol
1	G	gate	 SOT23 (TO-236AB)	 017aaa255
2	S	source		
3	D	drain		

3. Ordering information

Table 3. Ordering information

Type number	Package		Version
	Name	Description	
BSS138BK	TO-236AB	plastic surface-mounted package; 3 leads	SOT23

4. Marking

Table 4. Marking codes

Type number	Marking code ^[1]
BSS138BK	%SB

[1] % = placeholder for manufacturing site code.

7. Characteristics

Table 7. Characteristics

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Static characteristics						
$V_{(BR)DSS}$	drain-source breakdown voltage	$I_D = 250 \mu\text{A}; V_{GS} = 0 \text{ V}; T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	60	-	-	V
V_{GSth}	gate-source threshold voltage	$I_D = 250 \mu\text{A}; V_{DS} = V_{GS}; T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	0.48	1.1	1.6	V
I_{DSS}	drain leakage current	$V_{DS} = 60 \text{ V}; V_{GS} = 0 \text{ V}; T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	-	-	1	μA
		$V_{DS} = 60 \text{ V}; V_{GS} = 0 \text{ V}; T_J = 150 \text{ }^\circ\text{C}$	-	-	10	μA
I_{GSS}	gate leakage current	$V_{GS} = 20 \text{ V}; V_{DS} = 0 \text{ V}; T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	-	-	10	μA
		$V_{GS} = -20 \text{ V}; V_{DS} = 0 \text{ V}; T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	-	-	10	μA
		$V_{GS} = 10 \text{ V}; V_{DS} = 0 \text{ V}; T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	-	-	1	μA
		$V_{GS} = -10 \text{ V}; V_{DS} = 0 \text{ V}; T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	-	-	1	μA
R_{DSon}	drain-source on-state resistance	$V_{GS} = 10 \text{ V}; I_D = 350 \text{ mA}; T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	-	1	1.6	Ω
		$V_{GS} = 10 \text{ V}; I_D = 350 \text{ mA}; T_J = 150 \text{ }^\circ\text{C}$	-	2	3.2	Ω
		$V_{GS} = 4.5 \text{ V}; I_D = 200 \text{ mA}; T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	-	1.1	2.2	Ω
		$V_{GS} = 2.5 \text{ V}; I_D = 10 \text{ mA}; T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	-	1.4	6.5	Ω
g_{fs}	forward transconductance	$V_{DS} = 10 \text{ V}; I_D = 200 \text{ mA}; T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	-	700	-	mS
Dynamic characteristics						
$Q_{G(tot)}$	total gate charge	$V_{DS} = 30 \text{ V}; I_D = 300 \text{ mA}; V_{GS} = 4.5 \text{ V}; T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	-	0.6	0.7	nC
Q_{GS}	gate-source charge		-	0.1	-	nC
Q_{GD}	gate-drain charge		-	0.2	-	nC
C_{iss}	input capacitance	$V_{DS} = 10 \text{ V}; f = 1 \text{ MHz}; V_{GS} = 0 \text{ V}; T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	-	42	56	pF
C_{oss}	output capacitance		-	7	-	pF
C_{rss}	reverse transfer capacitance		-	4	-	pF
$t_{d(on)}$	turn-on delay time	$V_{DS} = 40 \text{ V}; R_L = 250 \Omega; V_{GS} = 10 \text{ V}; R_{G(ext)} = 6 \Omega; T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	-	5	10	ns
t_r	rise time		-	5	-	ns
$t_{d(off)}$	turn-off delay time		-	38	76	ns
t_f	fall time		-	20	-	ns
Source-drain diode						
V_{SD}	source-drain voltage	$I_S = 300 \text{ mA}; V_{GS} = 0 \text{ V}; T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	0.47	0.8	1.2	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

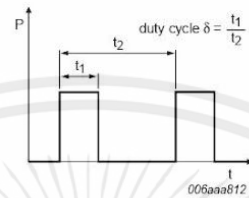
8. Test information

Fig 17. Duty cycle definition

8.1 Quality information

This product has been qualified in accordance with the Automotive Electronics Council (AEC) standard Q101 - *Stress test qualification for discrete semiconductors*, and is suitable for use in automotive applications.

9. Package outline

Plastic surface-mounted package; 3 leads

SOT23

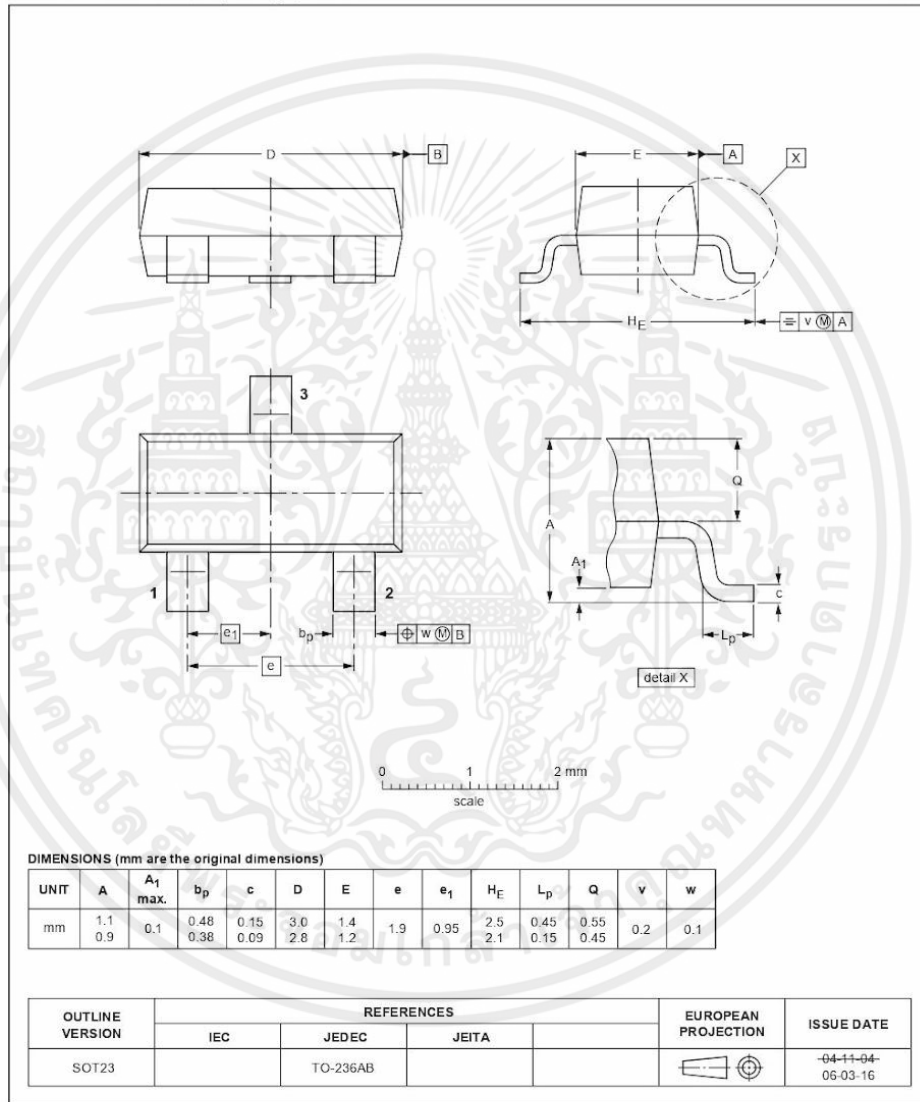


Fig 18. Package outline SOT23 (TO-236AB)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. Soldering

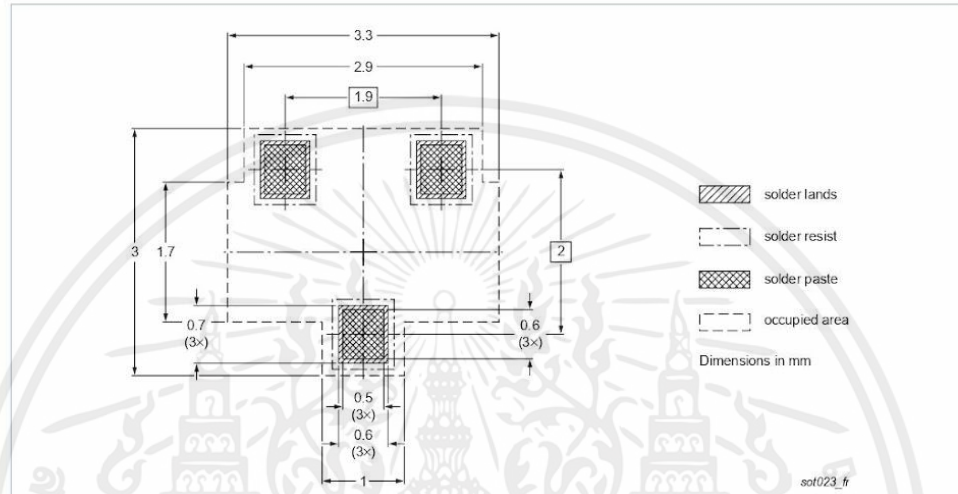


Fig 19. Reflow soldering footprint for SOT23 (TO-236AB)

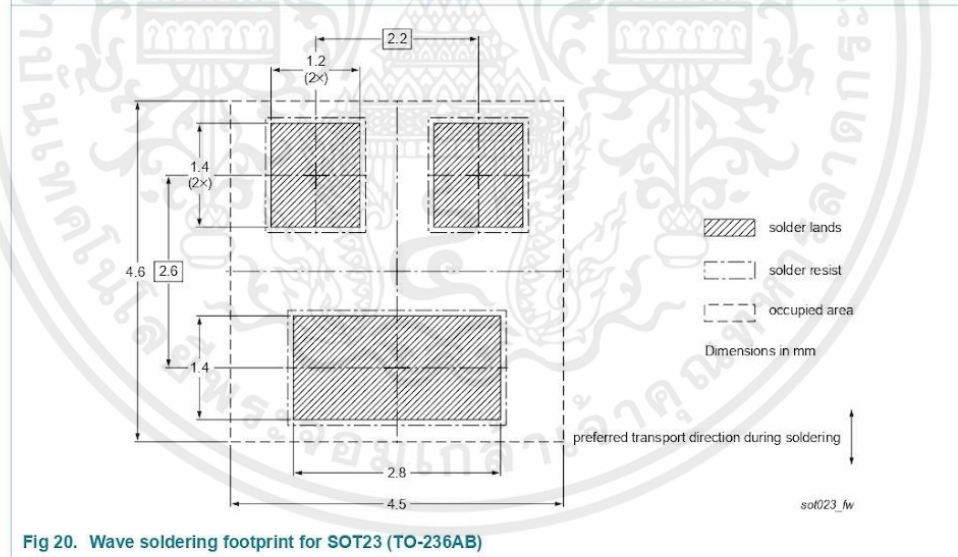


Fig 20. Wave soldering footprint for SOT23 (TO-236AB)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Features

- Shielded construction
- Carbonyl powder core
- High saturation current
- Inductance range: 1 to 100 μ H
- AEC-Q200 qualified
- RoHS compliant* and halogen free**

Applications

- Automotive systems:
 - Driver assistant
 - Information
 - Entertainment
 - Lighting
- DC/DC converters
- Power supplies

SRP1770TA Series - Shielded Power Inductors

Electrical Specifications @ 25 °C

Bourns Part Number	Inductance @ 100 KHz / 1 V		Q (Min.) @ 100 KHz / 1 V	SRF (MHz) Typ.	DCR (m Ω) Typ.	DCR (m Ω) Max.	I _{rms} (A)	Isat1 (A)	Isat2 (A)
	L (μ H)	Tol. (%)							
SRP1770TA-1R0M	1	± 20	20	35	1.6	2	52	60	70
SRP1770TA-1R5M	1.5	± 20	20	30	2	2.5	47	52	65
SRP1770TA-2R2M	2.2	± 20	20	22	2.4	2.7	43.5	47	62
SRP1770TA-3R3M	3.3	± 20	20	17	3.5	3.9	28	45	54
SRP1770TA-4R7M	4.7	± 20	20	15	4.8	5.5	25	41	50
SRP1770TA-5R6M	5.6	± 20	20	12	5.8	7.05	21	40	45
SRP1770TA-6R8M	6.8	± 20	20	11	8.4	9.2	19	32	39
SRP1770TA-8R2M	8.2	± 20	20	10	9.6	10.8	18	25	31
SRP1770TA-10M	10	± 20	20	8	11.8	13	16.5	24	29
SRP1770TA-150M	15	± 20	20	7	17.8	20.5	12.5	23	27
SRP1770TA-220M	22	± 20	20	5	25.1	26.5	12	18	23
SRP1770TA-330M	33	± 20	20	4	38	44	10.7	15	20
SRP1770TA-390M	39	± 20	20	4	40	48	9.2	11	18
SRP1770TA-470M	47	± 20	20	3	48	55	8.7	9.5	16
SRP1770TA-560M	56	± 20	20	3	54	62	7.8	9	15
SRP1770TA-680M	68	± 20	20	2	68	80	7	8	13
SRP1770TA-101M	100	± 20	20	2	102	118	5.3	6.5	12

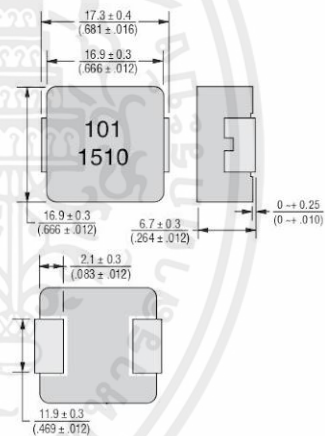
General Specifications

Operating Temperature-40 °C to +150 °C
 (Temperature rise included)
 Storage Temperature-40 °C to +125 °C
 Rated Current Inductance drops 20 % at Isat1,
 30 % at Isat2
 Temperature Rise40 °C at rated I_{rms}

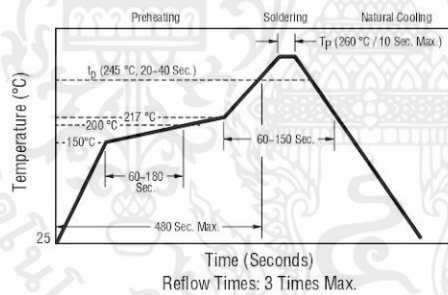
Materials

Core.....Carbonyl powder
 Wire.....Enameled copper
 Terminal Finish.....Sn
 Packaging.....300 pcs. per 13-inch reel

Product Dimensions



Soldering Profile

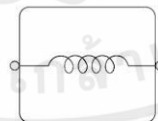


How to Order

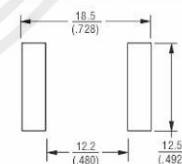
SRP1770TA - 220 M

Model _____
 Value Code (see table) _____
 Tolerance Code _____

Schematic



Recommended Layout



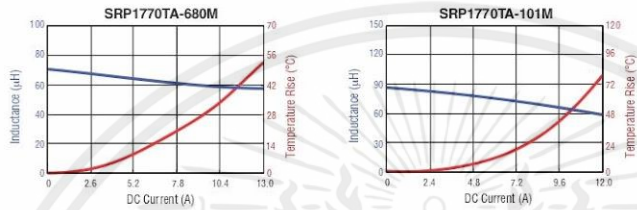
* RoHS Directive 2002/95/EC Jan. 27, 2003 including annex and RoHS Recast 2011/65/EU June 8, 2011.
 ** Bourns considers a product to be "halogen free" if (a) the Bromine (Br) content is 900 ppm or less; (b) the Chlorine (Cl) content is 900 ppm or less; and (c) the total Bromine (Br) and Chlorine (Cl) content is 1500 ppm or less.
 Specifications are subject to change without notice.
 The device characteristics and parameters in this data sheet can and do vary in different applications and actual device performance may vary over time.
 Users should verify actual device performance in their specific applications.

DIMENSIONS: $\frac{\text{MM}}{\text{(INCHES)}}$

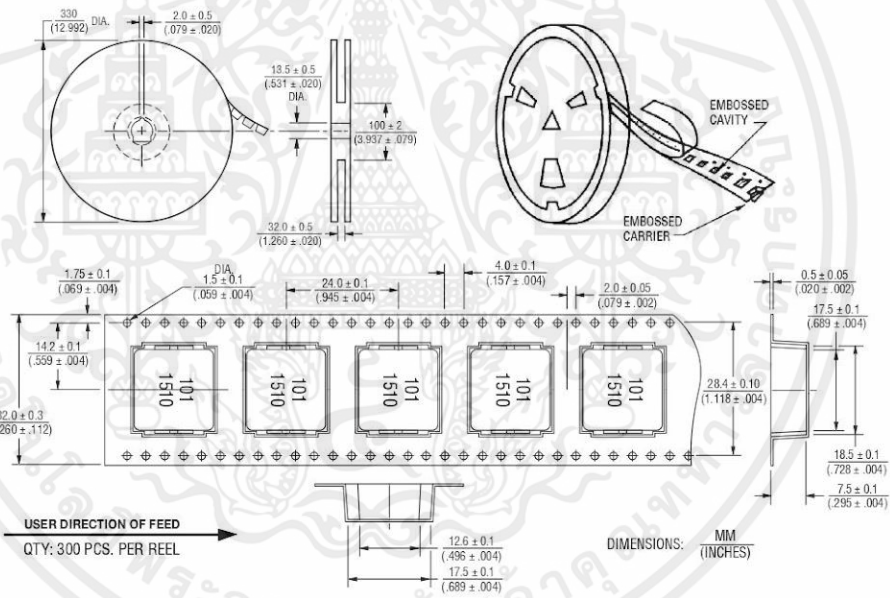
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SRP1770TA Series - Shielded Power Inductors **BOURNS®**

L vs. I Charts (Continued)



Packaging Specifications



Asia-Pacific: Tel: +886-2 2562-4117 • Fax: +886-2 2562-4116
 EMEA: Tel: +36 88 520 390 • Fax: +36 88 520 211
 The Americas: Tel: +1-951 781-5500 • Fax: +1-951 781-5700
 www.bourns.com

08/15

Specifications are subject to change without notice. The device characteristics and parameters in this data sheet can and do vary in different applications and actual device performance may vary over time. Users should verify actual device performance in their specific applications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DURIS® E 3
 Datasheet
 Version 2.0



LCW JNSH.EC



The DURIS® E 3 combines high efficacy and a wide beam angle into a compact format (3.0 mm x 1.4 mm). This is key to homogeneous illumination applications where the DURIS® E 3 never fails to impress with its performance on system level.

Features:

- **Package:** white SMT package, colored diffused silicone resin
- **Viewing angle at 50 % I_v:** 110°
- **Color:** 2700 K - 5000 K (warm and neutral white)
- **CRI:** min. 80 (typ. 85)
- **Luminous Flux:** typ. 7.9 lm @ 5000 K
- **Luminous efficacy:** typ. 130 lm/W @ 5000 K
- **Lumen Maintenance:** Test results according to IESNA LM-80 available

Applications

- Retrofits and fixtures
- Linear lights
- Task lights

Die DURIS® E 3 kombiniert hohe Effizienz und einen weiten Abstrahlwinkel in einer kompakten Bauform (3,0 mm x 1,4 mm). Speziell für Anwendungen mit besonders homogener Lichtverteilung kann die DURIS® E 3 mit ihrer Leistung auf Systemebene überzeugen.

Besondere Merkmale:

- **Gehäusetyyp:** weißes SMT Gehäuse, farbiger diffuser Silikon-Verguss
- **Abstrahlwinkel bei 50 % I_v:** 110°
- **Farbe:** 2700 K - 5000 K (warm- und neutralweiß)
- **CRI:** min. 80 (typ. 85)
- **Lichtstrom:** typ. 7.9 lm @ 5000 K
- **Lichtausbeute:** typ. 130 lm/W @ 5000 K
- **Lichtstromerhaltung:** Testergebnisse nach IESNA LM-80 verfügbar

Anwendungen

- Retrofits
- Linearbeleuchtung
- Schreibtischleuchten

2014-09-12

1

OSRAM
 Opto Semiconductors

Version 2.0

LCW JNSH.EC

Ordering Information
Bestellinformation

Type:	Color Temperature	Luminous Intensity	Ordering Code
Typ:	Farbtemperatur	Lichtstärke	Bestellnummer
	[K]	$I_v = 20 \text{ mA}$ I_v [mcd]	
LCW JNSH.EC-BUCQ-5H7I-1	5000	2590 ... 3300	Q65111A5766
LCW JNSH.EC-BTCP-5H7I-1	5000	2400 ... 3040	Q65111A4681
LCW JNSH.EC-BUCQ-5L7N-1	4000	2590 ... 3300	Q65111A5720
LCW JNSH.EC-BTCP-5L7N-1	4000	2400 ... 3040	Q65111A4630
LCW JNSH.EC-BTCP-5O8Q-1	3500	2400 ... 3040	Q65111A5856
LCW JNSH.EC-BSBU-5O8Q-1	3500	2240 ... 2800	Q65111A3546
LCW JNSH.EC-BTCP-5R8T-1	3000	2400 ... 3040	Q65111A4629
LCW JNSH.EC-BSBU-5R8T-1	3000	2240 ... 2800	Q65111A3545
LCW JNSH.EC-BTCP-5U8X-1	2700	2400 ... 3040	Q65111A5317
LCW JNSH.EC-BSBU-5U8X-1	2700	2240 ... 2800	Q65111A4632
LCW JNSH.EC-BRBT-5U8X-1	2700	2100 ... 2590	Q65111A3548

Note: The above Type Numbers represent the order groups, which include only a few brightness groups (see page 5). Only one group will be shipped on each packing unit; there will be no mixing of two groups on each packing unit. E.g. LCW JNSH.EC-BUCQ-SL7N-1 means that only one group BU, CP, CO will be shippable for any packing unit. In order to ensure availability, single brightness groups will not be orderable.

In a similar manner for colors where color chromaticity coordinate groups are measured and binned, single groups will be shipped on any one packing unit. LCW JNSH.EC-BUCQ-SL7N-1 means that the device will be shipped within the specified limits. In order to ensure availability, single color chromaticity groups will not be orderable.

In a similar manner for colors where forward voltage groups are measured and binned, single forward voltage groups will be shipped on any packing unit. E.g. LCW JNSH.EC-BUCQ-SL7N-1 means that only one forward voltage group L1, L2, M1, M2, N1, N2 will be shippable. In order to ensure availability, single forward voltage groups will not be orderable (see page 5).

Ann: Die oben genannten Typbezeichnungen umfassen die bestellbaren Selektionen. Diese bestehen aus wenigen Helligkeitsgruppen (siehe Seite 5). Es wird nur eine einzige Helligkeitsgruppe pro Verpackungseinheit geliefert. Z. B. LCW JNSH.EC-BUCQ-SL7N-1 bedeutet, dass in einer Verpackungseinheit nur eine der Helligkeitsgruppen BU, CP, CO enthalten ist. Um die Liefersicherheit zu gewährleisten, können einzelne Helligkeitsgruppen nicht bestellt werden.

Gleiches gilt für die Farben, bei denen Farbortgruppen gemessen und gruppiert werden. Pro Verpackungseinheit wird nur eine Farbortgruppe geliefert. Z. B. LCW JNSH.EC-BUCQ-SL7N-1 bedeutet, dass in einer Verpackungseinheit nur eine der Farbortgruppen enthalten ist. LCW JNSH.EC-BUCQ-SL7N-1 bedeutet, dass das Bauteil innerhalb der spezifizierten Grenzen geliefert wird. Um die Liefersicherheit zu gewährleisten, können einzelne Farbortgruppen nicht bestellt werden.

Gleiches gilt für die LEDs, bei denen die Durchlassspannungsgruppen gemessen und gruppiert werden. Pro Verpackungseinheit wird nur eine Durchlassspannungsgruppe geliefert. Z. B. LCW JNSH.EC-BUCQ-SL7N-1 bedeutet, dass nach Durchlassspannungsgruppen gruppiert wird. In einer Verpackungseinheit ist nur eine der Durchlassspannungsgruppen L1, L2, M1, M2, N1, N2 enthalten (siehe Seite 5). Um die Liefersicherheit zu gewährleisten, können einzelne Durchlassspannungsgruppen nicht direkt bestellt werden.

2014-09-12

2

OSRAM
 Opto Semiconductors

Version 2.0

LCW JNSH.EC

Maximum Ratings
Grenzwerte

Parameter	Symbol	Values	Unit
Bezeichnung	Symbol	Werte	Einheit
Operating temperature range Betriebstemperatur	T_{op}	-40 ... 85	°C
Storage temperature range Lagertemperatur	T_{stg}	-40 ... 100	°C
Junction temperature Sperrschichttemperatur	T_j	110	°C
Forward current Durchlassstrom ($T_S = 25\text{ °C}$)	I_F	30	mA
Surge current Stoßstrom ($t \leq 10\ \mu\text{s}$; $D = 0.005$; $T_S = 25\text{ °C}$)	I_{FM}	100	mA
Reverse voltage ^{2) page 23} Sperrspannung ^{2) Seite 23} ($T_S = 25\text{ °C}$)	V_R	5	V
ESD withstand voltage ESD Festigkeit (acc. ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 - HBM, Class 0)	V_{ESD}	ESD sensitive device	kV

2014-09-12

3

OSRAM
 Opto Semiconductors
Downloaded from Arrow.com.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Version 2.0

LCW JNSH.EC

Characteristics ($T_s = 25\text{ °C}$; $I_F = 20\text{ mA}$)

Kennwerte

Parameter	Symbol	Values	Unit
Bezeichnung	Symbol	Werte	Einheit
Viewing angle at 50 % I_V Abstrahlwinkel bei 50 % I_V	(typ.) 2φ	110	°
Forward voltage ^{3) page 23} Durchlassspannung ^{3) Seite 23}	(min.) V_F (typ.) V_F (max.) V_F	2.80 3.05 3.40	V V V
Reverse current Sperrstrom	I_R	not designed for reverse operation	
Color reproduction index ^{4) page 23} Farbwiedergabe Index ^{4) Seite 23}	(typ.) R_a (min.) R_a	85 80	- -
"Electrical" thermal resistance junction / ambient ^{5) page 23} "Elektrischer" Wärmewiderstand Sperrschicht / Lötpad ^{5) Seite 23} (with efficiency $\eta_e = 20\%$)	(typ.) $R_{thJA\text{ el}}$	280	K/W
Real thermal resistance junction / solder point ^{5) page 23} Realer Wärmewiderstand Sperrschicht / Lötpad ^{5) Seite 23}	(typ.) $R_{thJS\text{ real}}$ (max.) $R_{thJS\text{ real}}$	125 162	K/W K/W
"Electrical" thermal resistance junction / solder point ^{5) page 23} "Elektrischer" Wärmewiderstand Sperrschicht / Lötpad ^{5) Seite 23} (with efficiency $\eta_e = 20\%$)	(typ.) $R_{thJS\text{ el}}$	100	K/W

Note: Individual forward voltage groups see next page

Anm.: Durchlassspannungsgruppen siehe nächste Seite

2014-09-12

4



Version 2.0

LCW JNSH.EC

Brightness Groups
Helligkeitsgruppen

Group	Luminous Intensity ¹⁾ page 23	Luminous Intensity ¹⁾ page 23	Luminous Flux	Luminous Flux
Gruppe	Lichtstärke ¹⁾ Seite 23	Lichtstärke ¹⁾ Seite 23	Lichtstrom	Lichtstrom
	(min.) I_v [mcd]	(max.) I_v [mcd]	(extrapolated min.) Φ_v [mlm]	(extrapolated max.) Φ_v [mlm]
BR	2100	2240	6595	7035
BS	2240	2400	7035	7535
BT	2400	2590	7535	8135
BU	2590	2800	8135	8790
CP	2800	3040	8790	9545
CQ	3040	3300	9545	10360

Note: The standard shipping format for serial types includes either a lower family group, an upper family group or a grouping of all individual brightness groups of only a few brightness groups. Individual brightness groups cannot be ordered.

The extrapolated typical minimum and maximum values are calculated with an assumption of "m" value based on a Lambertian radiation pattern.

Anm.: Die Standardlieferform von Seriendaten beinhaltet entweder eine untere Familiengruppe, eine obere Familiengruppe oder eine Sammelgruppe, die aus nur wenigen Helligkeitsgruppen besteht. Einzelne Helligkeitsgruppen sind nicht bestellbar.

Die extrapolierten typischen Minimum- und Maximum-Werte wurden mit dem Faktor "m" unter Annahme einer Lambertischen Abstrahlcharakteristik errechnet.

Forward Voltage Groups³⁾ page 23
Durchlassspannungsgruppen³⁾ Seite 23

Group	(min.) V_f [V]	(max.) V_f [V]
L1	2.80	2.90
L2	2.90	3.00
M1	3.00	3.10
M2	3.10	3.20
N1	3.20	3.30
N2	3.30	3.40

2014-09-12

5

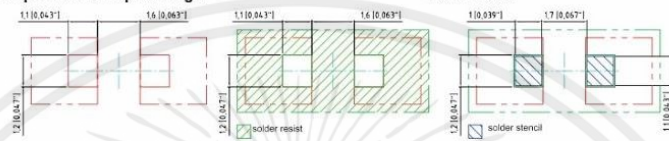
OSRAM
 Opto Semiconductors

Version 2.0

LCW JNSH.EC

Recommended Solder Pad 8) page 23
Empfohlenes Lötpad design 8) Seite 23

Reflow soldering
Reflow-Löten



Component Location on Pad

Note:

Anm.:

Package not suitable for ultra sonic cleaning. For superior solder joint connectivity results we recommend soldering under standard nitrogen atmosphere.

Das Gehäuse ist für Ultraschallreinigung nicht geeignet. Um eine verbesserte Lötstellenkontakting zu erreichen, empfehlen wir, unter Standard-Stickstoffatmosphäre zu löten.

E662 3010 83-01

2014-09-12

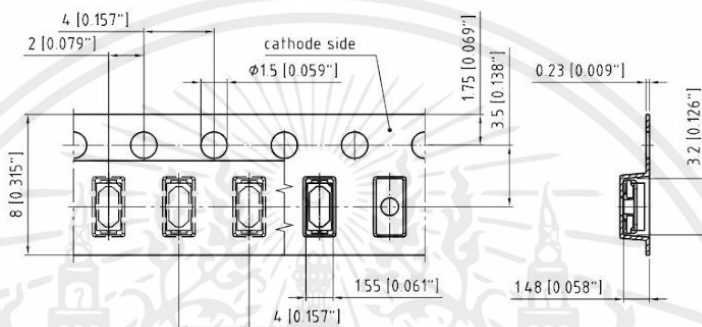
15



Version 2.0

LCW JNSH.EC

Taping ^{8) page 23}
 Gurtung ^{8) Seite 23}



C63062-A4125-B1-01

2014-09-12

17

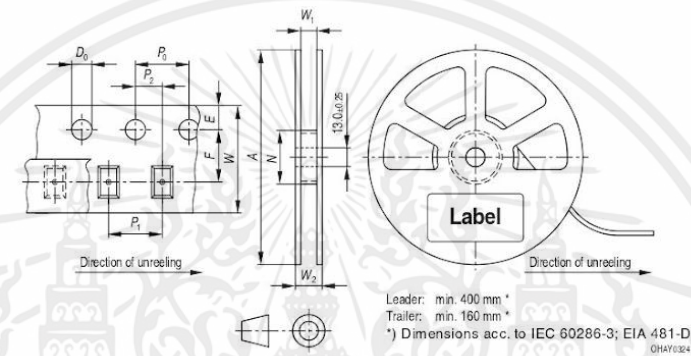


Version 2.0

LCW JNSH.EC

Tape and Reel
Gurtverpackung

8 mm tape with 2000 pcs. on \varnothing 180 mm reel



Tape dimensions in mm (inch)

W	P ₀	P ₁	P ₂	D ₀	E	F
8 +0.3/-0.1	4 ± 0.1 (0.157 ± 0.004)	2 ± 0.05 (0.079 ± 0.002) or 4 ± 0.1 (0.157 ± 0.004)	2 ± 0.05 (0.079 ± 0.002)	1.5 ± 0.1 (0.059 ± 0.004)	1.75 ± 0.1 (0.069 ± 0.004)	3.5 ± 0.05 (0.217 ± 0.002)

Reel dimensions in mm (inch)

A	W	N _{min}	W ₁	W _{2max}
180 (7)	8 (0.315)	60 (2.362)	8.4 +2 (0.331 + 0.079)	14.4 (0.567)

2014-09-12

18




B520CQ - B560CQ
5.0A SURFACE MOUNT SCHOTTKY BARRIER RECTIFIER
Product Summary

B520CQ/B530CQ/B540CQ

V _{RRM} (V)	I _O (A)	V _F Max (V)	I _R Max (mA)
20/30/40	5.0	0.55	0.5

B550CQ/B560CQ

V _{RRM} (V)	I _O (A)	V _F Max (V)	I _R Max (mA)
50/60	5.0	0.70	0.5

Features and Benefits

- Guard Ring Die Construction for Transient Protection
- Ideally Suited for Automated Assembly
- Low Power Loss, High Efficiency
- For Use in Low-Voltage, High-Frequency Inverters, Free Wheeling, and Polarity Protection Application
- Lead-Free Finish; RoHS Compliant (Notes 1 & 2)
- Halogen and Antimony Free. "Green" Device (Notes 3)
- Qualified to AEC-Q101 Standards for High Reliability
- PPAP Capable (Note 4)

Description and Applications

This Schottky barrier rectifier is designed to meet the general requirements of commercial applications. It is ideally suited for use as a:

- Polarity Protection Diode
- Re-Circulating Diode
- Switching Diode

Mechanical Data

- Case: SMC
- Case Material: Molded Plastic
- UL Flammability Classification Rating 94V-0
- Moisture Sensitivity: Level 1 per J-STD-020
- Terminals: Lead Free Plating (Matte Tin Finish). Solderable per MIL-STD-202, Method 208 (3)
- Polarity: Cathode Band or Cathode Notch
- Weight: 0.21 grams (Approximate)

SMC



Top View



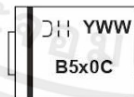
Bottom View

Ordering Information (Note 5)

Part Number	Compliance	Case	Packaging
B5X0CQ-13-F	Automotive	SMC	3000/Tape & Reel

*xx = Device type, e.g. B520C-13-F (SMC package)

- Notes:
1. EU Directive 2002/95/EC (RoHS), 2011/65/EU (RoHS 2) & 2015/863/EU (RoHS 3) compliant. All applicable RoHS exemptions applied.
 2. See <https://www.diodes.com/quality/lead-free/> for more information about Diodes Incorporated's definitions of Halogen- and Antimony-free, "Green" and Lead-free.
 3. Halogen- and Antimony-free "Green" products are defined as those which contain <900ppm bromine, <900ppm chlorine (<1500ppm total Br + Cl) and <1000ppm antimony compounds.
 4. Automotive products are AEC-Q101 qualified and are PPAP capable. Refer to <https://www.diodes.com/quality/>.
 5. For packaging details, go to our website at <http://www.diodes.com/products/packages.html>

Marking Information


B5x0C = Product Type Marking Code, ex: B540C (SMC package)

= Manufacturers' Code Marking

YWW = Date Code Marking

Y = Last Digit of Year (ex: 4 for 2014)

WW = Week Code (01 to 53)

x = 2,3,4,5 or 6 - i.e., x = 4 for B540C

 B520CQ - B560CQ
 Document number: DS38595 Rev. 2 - 2

 1 of 6
www.diodes.com

 December 2018
 © Diodes Incorporated

 Downloaded from Arrow.com



B520CQ - B560CQ

Maximum Ratings (@ $T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise specified.)

Single phase, half wave, 60Hz, resistive or inductive load.
For capacitance load, derate current by 20%.

Characteristic	Symbol	B520C	B530C	B540C	B550C	B560C	Unit
Peak Repetitive Reverse Voltage	V_{RRM}	20	30	40	50	60	V
Working Peak Reverse Voltage	V_{RWM}						
DC Blocking Voltage	V_R						
RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	14	21	28	35	42	V
Average Rectified Output Current	I_O	5.0					A
Non-Repetitive Peak Forward Surge Current, 8.3ms Single Half-Sine-Wave Superimposed on Rated Load	I_{FSM}	100					A
Electrostatic Discharge	HBM	4000					V
Electrostatic Discharge	MM	400					V
Electrostatic Discharge	CDM	1					KV

Thermal Characteristics

Characteristic	Symbol	Value	Unit
Thermal Resistance, Junction to Terminal	$R_{\theta JT}$	10	$^\circ\text{C}/\text{W}$
Thermal Resistance, Junction to Ambient (Note 6)	$R_{\theta JA}$	50	$^\circ\text{C}/\text{W}$
Thermal Resistance, Junction to Ambient (Note 7)	$R_{\theta JA}$	115	$^\circ\text{C}/\text{W}$
Thermal Resistance, Junction to Ambient (Note 8)	$R_{\theta JA}$	30	$^\circ\text{C}/\text{W}$
Operating Temperature Range	T_J	-55 to +150	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{STG}	-55 to +150	$^\circ\text{C}$

Electrical Characteristics (@ $T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise specified.)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Test Condition
Forward Voltage Drop	V_F	—	0.475 0.575	0.55 0.70	V	$I_F = 5.0\text{A}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$
Leakage Current (Note 7)	I_R	—	—	0.5 20	mA	@ Rated V_R , $T_A = +25^\circ\text{C}$ @ Rated V_R , $T_A = +100^\circ\text{C}$
Total Capacitance	C_T	—	—	300	pF	$V_R = 4\text{V}$, $f = 1\text{MHz}$
Switching Speed t_{RR}	t_{RR}	—	16	—	ns	$I_F = 0.5\text{A}$, $I_R = 1\text{A}$, $I_{RR} = 0.25\text{A}$ (RG1)

Notes: 6. Thermal Resistance: Junction to ambient, unit mounted on PC board with 8.0mm² (0.033mm thick) copper pads as heatsink.
7. MRP FR-4 PCB, 2oz.
8. With 50mm × 50mm × 23mm Al heatsink.
9. Short duration pulse test used to minimize self-heating effect.



Thick Film Chip Resistors

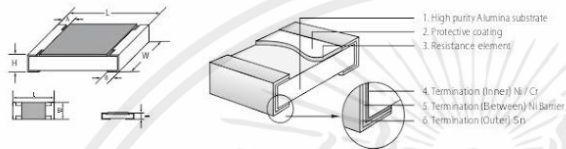


Feature

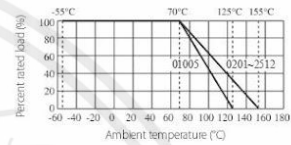
- Small size & light weight
- Save assembly cost.
- Suitable for both wave & re-flow soldering.
- Applications: Navigator, Mobile Phone, Telecom, PDA, Setbox, Meter.



Figures



Derating Curve & Specification



Type	01005	0201	0402	0603	0805	1206	1210	1812	2010	2512
Size	0402	0603	1005	1608	2012	3216	3225	4532	5025	6432
Max. Working Voltage	15V	25V	50V	75V	150V	200V	200V	200V	200V	200V
Max. Overload Voltage	30V	50V	100V	150V	300V	400V	500V	500V	500V	500V
Dielectric withstanding Voltage			100V	300V	500V	500V	500V	500V	500V	500V
Operating Temperature	-55~+125°C	-55~+155°C	-55~+155°C	-55~+155°C	-55~+155°C	-55~+155°C	-55~+155°C	-55~+155°C	-55~+155°C	-55~+155°C

Type	01005	0201	0402	0603	0805	1206	1210	1812	2010	2512
L(mm)	0.40±0.02	0.60±0.03	1.00±0.10	1.60±0.10	2.00±0.15	3.10±0.15	3.10±0.10	4.50±0.20	5.00±0.10	6.35±0.10
W(mm)	0.20±0.02	0.30±0.03	0.50±0.05	0.80±0.10	1.25 ^{+0.15} _{-0.10}	1.55 ^{+0.15} _{-0.10}	2.60±0.20	3.20±0.20	2.50±0.20	3.20±0.20
H(mm)	0.13±0.02	0.23±0.03	0.35±0.05	0.45±0.10	0.55±0.10	0.55±0.10	0.55±0.10	0.55±0.20	0.55±0.10	0.55±0.10
A(mm)	0.10±0.03	0.10±0.05	0.20±0.10	0.30±0.20	0.40±0.20	0.45±0.20	0.50±0.25	0.50±0.20	0.60±0.25	0.60±0.25
B(mm)	0.10±0.03	0.15±0.05	0.25±0.10	0.30±0.20	0.40±0.20	0.45±0.20	0.50±0.20	0.50±0.20	0.50±0.20	0.50±0.20
Resistance Value of Jumper						<50mΩ				
Rated Current of Jumper	0.5A	0.5A	1A	1A	2A	2A	2A	2A	2A	2A
Max. Overload Current of Jumper	1A	1A	2A	2A	5A	10A	10A	10A	10A	10A

Type	01005	0201	0402	0603	0805	1206	1210	1812	2010	2512
Power Rating at 70°C	1/32W	1/20W	1/16W	1/10W	1/8W	1/4W	1/4W	1/3W	1/2W	3/4W
Resistance Range of 0.5%(E-96)	-	-	1Ω~10MΩ	1Ω~10MΩ	1Ω~10MΩ	-	1Ω~10MΩ	-	1Ω~10MΩ	1Ω~10MΩ
Resistance Range of 1%,2%(E-96)	10Ω~10MΩ	1Ω~10MΩ	0.01Ω~10MΩ	0.1Ω≤R<10MΩ	0.01Ω≤R<0.1Ω	0.1Ω≤R<10MΩ	0.01Ω≤R<0.1Ω		0.01Ω~10MΩ	
Resistance Range of 5%(E-24)		1Ω~10MΩ	0.01Ω~10MΩ	0.1Ω≤R<10MΩ	0.01Ω≤R<0.1Ω	0.1Ω≤R<10MΩ	0.01Ω≤R<0.1Ω		0.01Ω~10MΩ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Thick Film Chip Resistors

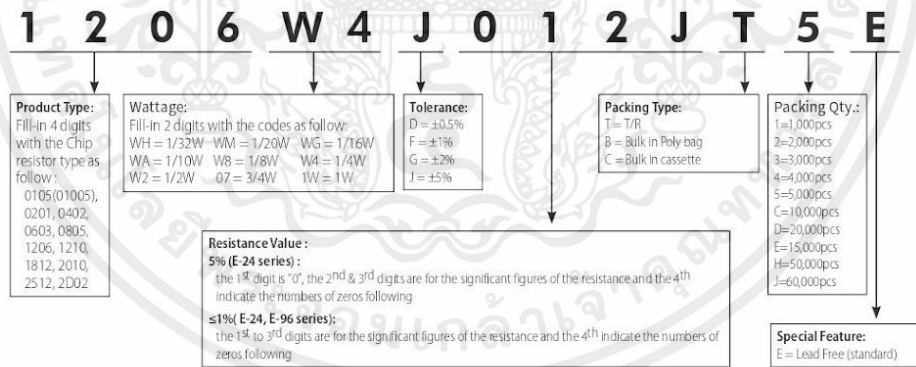


Performance Specifications

Temperature coefficient	01005: 10Ω<R<100Ω: -200~+600ppm/°C 100Ω<R<1000Ω: ±300ppm/°C 1000Ω<R<10MΩ: ±200ppm/°C 0201: 10Ω<R<100Ω: -100~+350ppm/°C >100Ω: ±200ppm/°C 0402: 10Ω<R<100Ω: ±200ppm/°C >100Ω: ±100ppm/°C	0603: 0.01Ω<R<0.03Ω: ±1500PPM/°C 0.03Ω<R<0.05Ω: ±1000 PPM/°C 0.05Ω<R<1Ω: ±800PPM/°C 1Ω<R<10Ω: ±200PPM/°C >10Ω: ±100PPM/°C	0805, 1206, 1210, 1812, 2010, 2512: 0.01Ω ≤ R ≤ 0.15Ω: ±1500ppm/°C 0.015Ω < R ≤ 0.03Ω: ±1000ppm/°C 0.03Ω < R < 1Ω: ±800ppm/°C 1Ω<R<10Ω: ±200ppm/°C >10Ω: ±100ppm/°C
Short-time overload	±5%, ± 2% ±(2.0% + 0.05Ω) ±1%, ± 0.5% ±(1.0% + 0.05Ω) 01005 ±5% ±1% ±(2.0% + 0.05Ω)		
Insulation resistance	≥ 1,000 MΩ		
Dielectric withstanding voltage	No evidence of flashover, mechanical damage, arcing or insulation breakdown		
Terminal bending	±(1.0% + 0.05Ω)		
Soldering heat	±(1.0% + 0.05Ω)		
Solderability	Coverage must be over 95%		
Rapid change of temperature	±5%, ± 2% ±(1.0% + 0.05Ω) ±1%, ± 0.5% ±(0.5% + 0.05Ω) 01005 ±5% ±1% ±(1.0% + 0.05Ω)		
Humidity (Steady State)	±5%, ± 2% ±(3.0% + 0.05Ω) ±1%, ± 0.5% ±(0.5% + 0.05Ω) 01005 ±5% ±1% (-55°C~+125°C): ±(2.0% + 0.05Ω)		
Load life in humidity	±5%, ± 2% ±(3.0% + 0.05Ω) ±1%, ± 0.5% ±(1% + 0.05Ω) 01005: ±(3.0% + 0.05Ω)		
Load life	±5%, ± 2% ±(3.0% + 0.05Ω) ±1%, ± 0.5% ±(1% + 0.05Ω) 01005: ±(3.0% + 0.05Ω)		

• Resistance value which doesn't belong to E-24 and E-96 Series Standard Values is available case by case.

Ordering Procedure (Example: 1206 1/4W 5% 1.2Ω T/R-5000)



Remark: For more details, please check page 135, Part No. System



4. The 8th to 11th digits is to denote the Resistance Value:

- For the standard resistance values of E-24 series in 5% & 10% tolerance, the 8th digit is "0", the 9th & 10th digits are to denote the significant figures of the resistance and the 11th digit is the number of zeros following
- For the standard resistance values of E-96 series in $\leq 2\%$ tolerance, the 8th digit to the 10th digits are to denote the significant figures of the resistance and the 11th digit is the number of zeros following.
- For the code to the significant figures to E-24 & E-96 series, please refer to page 170 & 171 of the standards Resistance Value list.
- The following numbers and the letter codes is to be used to indicate the number of zeros in the 11th digit:

$$\begin{array}{cccccc} 0 = 10^0 & 1 = 10^1 & 2 = 10^2 & 3 = 10^3 & 4 = 10^4 & 5 = 10^5 & 6 = 10^6 \\ J = 10^{-1} & K = 10^{-2} & L = 10^{-3} & M = 10^{-4} & N = 10^{-5} & P = 10^{-6} & \end{array}$$

- For Cement Resistors the 8th digit will be coded with "W" or "P" to denote Wire-wound type or Power Film type respectively of the Cement Fixed Resistor product. The 9th to 11th please refer to point 4.a

Example:

E-24 series	E-96 series	Cement Resistors
0120 = 12 ohm	1210 = 121 ohm	W120 = 12 ohm Wire-wound type
0123 = 12K ohm	1302 = 13K ohm	W12J = 1.2 ohm Wire-wound type
012J = 1.2 ohm	196J = 19.6 ohm	P273 = 27 kohm Powe Film type

5. The 12th, 13th & 14th digits:

- The 12th digit is to denote the Packaging type with the following codes:
 A = Tape / Box (Ammo Pack) C = Bulk in Cassette (for Chip product)
 B = Bulk / Box T = Tape / Reel P = Tape / Box of PT-26 product
- The 13th digit is normally to indicate the Packing Quantity of Tape/Box or Tape/Reel packaging types. Except for Chip products Bulk packing, this digit should be filled "0" or other products with "Bulk/Box packaging requirement. The following letter codes is to be used for some packaging quantities.

$$\begin{array}{cccccc} A = 5,000\text{pcs} & B = 2,500\text{pcs} & C = 10,000\text{pcs} & N = 12,500\text{pcs} & E = 15,000\text{pcs} \\ D = 20,000\text{pcs} & G = 25,000\text{pcs} & L = 45,000\text{pcs} & H = 50,000\text{pcs} & J = 60,000\text{pcs} \end{array}$$

Example:

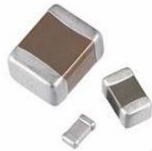
CHIP product	Other products
TD = T/R-20,000	A5 = T/B-5,000
TE = T/R-15,000	TB = T/R-2,500
T4 = T/R-4,000	B0 = B/B

- For the Forming type products, the 13th & 14th digits are used to denote the forming types of the product with the following letter codes:
 MF = M type with Flattened lead wire F0 = F type
 MK = M type with Kinked lead wire F1 = F1 type
 ML = M type with normal lead wire F2 = F2 type
 MC = M type with kinked lead wire F3 = F3 type
- For power rating over 100watt, the 12th to the 14th digits are to denote the actual wattage of the products.
 Example: 100 = 100watt 150 = 150watt 225 = 225watt
- For some products, the 14th digit alone can use to denote special features or additional information with the following codes:
 P = Panasert type 1 = Avisert 1 type 2 = Avisert 2 type
 3 = Avisert 3 type A = CO 1/4W - A type B = CO 1/4W - B type
 E = used to denote the "Environment Protection, lead Free type" of SMD category resistors (now, this became the Standard type of SMD)
- For some products, the 14th digit alone can use to denote special features or additional information with the following codes:
 B=1/32W C=1/16W F=1/10W G=1/8W H=1/6W J=1/4W K=1/3W M=1/2W
 N=3/4W P=1W S=Special



SAMSUNG
ELECTRO-MECHANICS

General Multilayer Ceramic Capacitors



MLCC is an electronic part that temporarily stores an electrical charge and the most prevalent type of capacitor today. New technologies have enabled the MLCC manufacturers to follow the trend dictated by smaller and smaller electronic devices such as Cellular telephones, Computers, DSC, DVC

General Features

- Miniature Size
- Wide Capacitance and Voltage Range
- Tape & Reel for Surface Mount Assembly
- Low ESR

Applications

- General Electronic Circuit

Part Numbering

CL 10 B 104 K B 8 N N N C
 ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪

- | | |
|------------------------------------------|----------------------------|
| ① Samsung Multilayer Ceramic Capacitor | ⑦ Thickness Option |
| ② Size(mm) | ⑧ Product & Plating Method |
| ③ Capacitance Temperature Characteristic | ⑨ Samsung Control Code |
| ④ Nominal Capacitance | ⑩ Reserved For Future Use |
| ⑤ Capacitance Tolerance | ⑪ Packaging Type |
| ⑥ Rated Voltage | |

① Samsung Multilayer Ceramic Capacitor

② SIZE(mm)

Code	EIA CODE	Size(mm)
03	0201	0.6 × 0.3
05	0402	1.0 × 0.5
10	0603	1.6 × 0.8
21	0805	2.0 × 1.25
31	1206	3.2 × 1.6
32	1210	3.2 × 2.5
43	1812	4.5 × 3.2
55	2220	5.7 × 5.0



3 CAPACITANCE TEMPERATURE CHARACTERISTIC

Code	Temperature Characteristics			Temperature Range	
C	Class I	COG	CΔ	0 ± 30 (ppm/ °C)	-55 ~ +125°C
P		P2H	PΔ	-150 ± 60	
R		R2H	RΔ	-220 ± 60	
S		S2H	SΔ	-330 ± 60	
T		T2H	TΔ	-470 ± 60	
U		U2J	UΔ	-750 ± 60	
L		S2L	SΔ	+350 ~ -1000	
A	Class II	X5R	X5R	± 15%	-55 ~ +85°C
B		X7R	X7R	± 15%	-55 ~ +125°C
X		X6S	X6S	± 22%	-55 ~ +105°C
F		Y5V	Y5V	+22 ~ -82%	-30 ~ +85°C

※ Temperature Characteristic

Temperature Characteristics	Below 2.0pF	2.2 ~ 3.9pF	Above 4.0pF	Above 10pF
CΔ	C0G	C0G	C0G	C0G
PΔ	-	P2J	P2H	P2H
RΔ	-	R2J	R2H	R2H
SΔ	-	S2J	S2H	S2H
TΔ	-	T2J	T2H	T2H
UΔ	-	U2J	U2J	U2J

J : ±120PPM/°C, H : ±60PPM/°C, G : ±30PPM/°C

4 NOMINAL CAPACITANCE

Nominal capacitance is identified by 3 digits.
 The first and second digits identify the first and second significant figures of the capacitance.
 The third digit identifies the multiplier. 'R' identifies a decimal point.

● Example

Code	Nominal Capacitance
1R5	1.5pF
103	10,000pF, 10nF, 0.01 μ F
104	100,000pF, 100nF, 0.1 μ F

General Capacitors



SAMSUNG
ELECTRO-MECHANICS

5 CAPACITANCE TOLERANCE

Code	Tolerance	Nominal Capacitance
A	$\pm 0.05\text{pF}$	Less than 10pF (Including 10pF)
B	$\pm 0.1\text{pF}$	
C	$\pm 0.25\text{pF}$	
D	$\pm 0.5\text{pF}$	
F	$\pm 1\text{pF}$	
F	$\pm 1\%$	More than 10pF
G	$\pm 2\%$	
J	$\pm 5\%$	
K	$\pm 10\%$	
M	$\pm 20\%$	
Z	+80, -20%	

6 RATED VOLTAGE

Code	Rated Voltage	Code	Rated Voltage
R	4.0V	D	200V
Q	6.3V	E	250V
P	10V	G	500V
O	16V	H	630V
A	25V	I	1,000V
L	35V	J	2,000V
B	50V	K	3,000V
C	100V		

General Capacitors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



7 THICKNESS OPTION

Size	Code	Thickness(T)	Size	Code	Thickness(T)
0201(0603)	3	0.30±0.03	1812(4532)	F	1.25±0.20
0402(1005)	5	0.50±0.05		H	1.6±0.20
0603(1608)	8	0.80±0.10		I	2.0±0.20
0805(2012)	A	0.65±0.10		J	2.5±0.20
	C	0.85±0.10	L	3.2±0.30	
	F	1.25±0.10	F	1.25±0.20	
	Q	1.25±0.15	H	1.6±0.20	
	Y	1.25±0.20	2220(5750)	I	2.0±0.20
1206(3216)	C	0.85±0.15		J	2.5±0.20
	F	1.25±0.15		L	3.2±0.30
1210(3225)	H	1.6±0.20			
	F	1.25±0.20			
	H	1.6±0.20			
	I	2.0±0.20			
	J	2.5±0.20			
	V	2.5±0.30			

General Capacitors

8 PRODUCT & PLATING METHOD

Code	Electrode	Termination	Plating Type
A	Pd	Ag	Sn_100%
N	Ni	Cu	Sn_100%
G	Cu	Cu	Sn_100%

9 SAMSUNG CONTROL CODE

Code	Description of the code	Code	Description of the code
A	Array (2-element)	N	Normal
B	Array (4-element)	P	Automotive
C	High - Q	L	LICC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



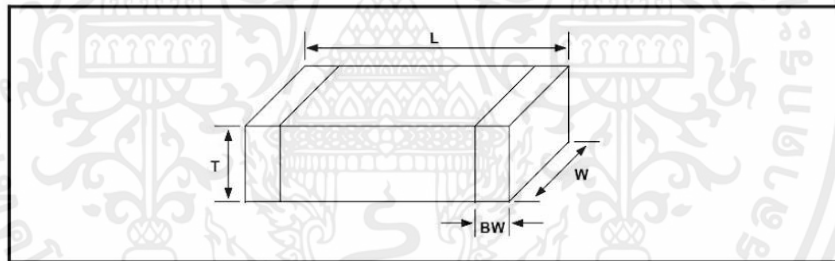
Ⓜ RESERVED FOR FUTURE USE

Code	Description of the code
N	Reserved for future use

Ⓜ PACKAGING TYPE

Code	Packaging Type	Code	Packaging Type
B	Bulk	F	Embossing 13" (10,000EA)
P	Bulk Case	L	Paper 13" (15,000EA)
C	Paper 7"	O	Paper 10"
D	Paper 13" (10,000EA)	S	Embossing 10"
E	Embossing 7"		

APPEARANCE AND DIMENSION



CODE	EIA CODE	DIMENSION (mm)			
		L	W	T (MAX)	BW
03	0201	0.6 ± 0.03	0.3 ± 0.03	0.33	0.15 ± 0.05
05	0402	1.0 ± 0.05	0.5 ± 0.05	0.55	0.2 +0.15/-0.1
10	0603	1.6 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.9	0.3 ± 0.2
21	0805	2.0 ± 0.1	1.25 ± 0.1	1.35	0.5 +0.2/-0.3
31	1206	3.2 ± 0.15	1.6 ± 0.15	1.40	0.5 +0.2/-0.3
		3.2 ± 0.2	1.6 ± 0.2	1.8	0.5 +0.3/-0.3
32	1210	3.2 ± 0.3	2.5 ± 0.2	2.7	0.6 ± 0.3
		3.2 ± 0.4	2.5 ± 0.3	2.8	
43	1812	4.5 ± 0.4	3.2 ± 0.3	3.5	0.8 ± 0.3
55	2220	5.7 ± 0.4	5.0 ± 0.4	3.5	1.0 ± 0.3

General Capacitors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




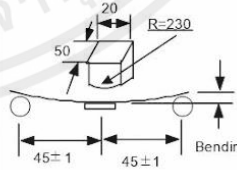
RELIABILITY TEST CONDITION

NO	ITEM	PERFORMANCE	TEST CONDITION														
1	Appearance	No Abnormal Exterior Appearance	Through Microscope(x10)														
2	Insulation Resistance	10,000MΩ or 500MΩ·μF whichever is smaller Rated Voltage is below 16V ; 10,000MΩ or 100MΩ·μF whichever is smaller	Apply the Rated Voltage For 60 ~ 120 Sec.														
3	Withstanding Voltage	No Dielectric Breakdown or Mechanical Breakdown	Class I : 300% of the Rated Voltage for 1-5 sec. Class II : 250% of the Rated Voltage for 1-5 sec. is applied with less than 50mA current														
4	Capacitance	Class I Within the specified tolerance	Capacitance Frequency Voltage ≤ 1,000 pF 1Hz ±10% 0.5 ~ 5 Vrms > 1,000 pF 1Hz ±10%														
		Class II Within the specified tolerance	Capacitance Frequency Voltage ≤ 10 μF 1Hz ±10% 1.0±0.2Vrms >10 μF 120Hz ±20% 0.5±0.1Vrms														
5	Q	Class I Capacitance ≥ 30 pF : Q ≥ 1,000 < 30 pF : Q ≥ 400 +20C (C : Capacitance)	Capacitance Frequency Voltage ≤ 1,000 pF 1Hz ±10% 0.5 ~ 5 Vrms > 1,000 pF 1Hz ±10%														
			Capacitance Frequency Voltage ≤ 10 μF 1Hz ±10% 1.0±0.2Vrms >10 μF 120Hz ±20% 0.5±0.1Vrms														
6	Tan δ	1. Characteristic : A(X5R), B(X7R), X(X6S)	*1. 0201 C≥0.022uF, 0402 C≥0.22uF, 0603 C≥2.2uF, 0805 C=4.7uF, 1206 C≥10uF, 1210 C≥22uF, 1812 C=47uF, 2220 C≥100uF, All Low Profile Capacitors (P.16). *2.. 0603 C≥0.47uF, 0805 C≥1uF *3. 0402 C≥0.033uF, 0603 C>0.1uF All 0805, 1206 size, 1210 C< 6.8uF *4.. 1210 C>6.8uF *5.. 0402 C≥0.22uF *6.. All 1812 size														
		2. Characteristic : F(Y5V)															
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rated Voltage</th> <th>Spec</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥25V</td> <td>0.025 max</td> </tr> <tr> <td>16V</td> <td>0.035 max</td> </tr> <tr> <td>10V</td> <td>0.05 max</td> </tr> <tr> <td>6.3V</td> <td>0.05 max/ 0.10max*1</td> </tr> </tbody> </table>	Rated Voltage	Spec	≥25V	0.025 max	16V	0.035 max	10V	0.05 max	6.3V	0.05 max/ 0.10max*1					
Rated Voltage	Spec																
≥25V	0.025 max																
16V	0.035 max																
10V	0.05 max																
6.3V	0.05 max/ 0.10max*1																
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rated Voltage</th> <th>Spec</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>50V</td> <td>0.05 max, 0.07max*2</td> </tr> <tr> <td>35V</td> <td>0.07 max</td> </tr> <tr> <td>25V</td> <td>0.05 max/ 0.07 max*/ 0.09max*4</td> </tr> <tr> <td>16V</td> <td>0.09 max/ 0.125max*5</td> </tr> <tr> <td>10V</td> <td>0.125 max/ 0.16max*6</td> </tr> <tr> <td>6.3V</td> <td>0.16max</td> </tr> </tbody> </table>	Rated Voltage	Spec	50V	0.05 max, 0.07max*2	35V	0.07 max	25V	0.05 max/ 0.07 max*/ 0.09max*4	16V	0.09 max/ 0.125max*5	10V	0.125 max/ 0.16max*6	6.3V	0.16max	
Rated Voltage	Spec																
50V	0.05 max, 0.07max*2																
35V	0.07 max																
25V	0.05 max/ 0.07 max*/ 0.09max*4																
16V	0.09 max/ 0.125max*5																
10V	0.125 max/ 0.16max*6																
6.3V	0.16max																

General Capacitors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


RELIABILITY TEST CONDITION

NO	ITEM	PERFORMANCE	TEST CONDITION																												
7	Temperature Characteristics of Capacitance	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Characteristics</th> <th>Temp. Coefficient (PPM/°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>COG</td> <td>0 ± 30</td> </tr> <tr> <td>PH</td> <td>-150 ± 60</td> </tr> <tr> <td>RH</td> <td>-220 ± 60</td> </tr> <tr> <td>SH</td> <td>-330 ± 60</td> </tr> <tr> <td>TH</td> <td>-470 ± 60</td> </tr> <tr> <td>UL</td> <td>-750 ± 120</td> </tr> <tr> <td>SL</td> <td>+350 ~ -1000</td> </tr> </tbody> </table>	Characteristics	Temp. Coefficient (PPM/°C)	COG	0 ± 30	PH	-150 ± 60	RH	-220 ± 60	SH	-330 ± 60	TH	-470 ± 60	UL	-750 ± 120	SL	+350 ~ -1000	<p>Capacitance shall be measured by the steps shown in the following table.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Step</th> <th>Temp.(°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>25 ± 2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Min. operating temp. ± 2</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>25 ± 2</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Max. operating temp ± 2</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>25 ± 2</td> </tr> </tbody> </table> <p>(1) Class I Temperature Coefficient shall be calculated from the formula as below. Temp. Coefficient = $\frac{C2 - C1}{C1 \times \Delta T} \times 10^6$ [ppm/°C] C1; Capacitance at step 3 C2: Capacitance at 85°C ΔT: 60°C (=85°C-25°C)</p>	Step	Temp.(°C)	1	25 ± 2	2	Min. operating temp. ± 2	3	25 ± 2	4	Max. operating temp ± 2	5	25 ± 2
		Characteristics	Temp. Coefficient (PPM/°C)																												
COG	0 ± 30																														
PH	-150 ± 60																														
RH	-220 ± 60																														
SH	-330 ± 60																														
TH	-470 ± 60																														
UL	-750 ± 120																														
SL	+350 ~ -1000																														
Step	Temp.(°C)																														
1	25 ± 2																														
2	Min. operating temp. ± 2																														
3	25 ± 2																														
4	Max. operating temp ± 2																														
5	25 ± 2																														
Class II	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Characteristics</th> <th>Capacitance Change with No Bias</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A(X5RY) B(X7R)</td> <td>± 15%</td> </tr> <tr> <td>X(X6S)</td> <td>± 22%</td> </tr> <tr> <td>F(Y5V)</td> <td>+22% ~ -82%</td> </tr> </tbody> </table> <p>(2) CLASS II Capacitance Change shall be calculated from the formula as below. $\Delta C = \frac{C2 - C1}{C1} \times 100(\%)$ C1; Capacitance at step 3 C2: Capacitance at step 2 or 4</p>	Characteristics	Capacitance Change with No Bias	A(X5RY) B(X7R)	± 15%	X(X6S)	± 22%	F(Y5V)	+22% ~ -82%																						
Characteristics	Capacitance Change with No Bias																														
A(X5RY) B(X7R)	± 15%																														
X(X6S)	± 22%																														
F(Y5V)	+22% ~ -82%																														
8	Adhesive Strength of Termination	No Indication Of Peeling Shall Occur On The Terminal Electrode.	<p>Apply 500g.f * Pressure for 10±1 sec. * 200g.f for 0201 case size.</p> 																												
9	Bending Strength	Apperance	No mechanical damage shall occur.																												
		Capacitance	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Characteristics</th> <th>Capacitance Change</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Class I</td> <td>Within ±5% or ± 0.5 pF whichever is larger.</td> </tr> <tr> <td>A(X5R)/ B(X7R)/ X(X6S)</td> <td>Within ± 12.5%</td> </tr> <tr> <td>Class II F(Y5V)</td> <td>Within ± 30%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Bending limit ; 1mm Test speed ; 1.0mm/SEC. Keep the test board at the limit point in 5 sec., Then measure capacitance.</p> 	Characteristics	Capacitance Change	Class I	Within ±5% or ± 0.5 pF whichever is larger.	A(X5R)/ B(X7R)/ X(X6S)	Within ± 12.5%	Class II F(Y5V)	Within ± 30%																				
Characteristics	Capacitance Change																														
Class I	Within ±5% or ± 0.5 pF whichever is larger.																														
A(X5R)/ B(X7R)/ X(X6S)	Within ± 12.5%																														
Class II F(Y5V)	Within ± 30%																														

General Capacitors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RELIABILITY TEST CONDITION

NO	ITEM	PERFORMANCE	TEST CONDITION		
10	Solderability	More Than 75% of the terminal surface is to be soldered newly, So metal part does not come out or dissolve 	Solder Sn-3Ag-0.5Cu 63Sn-37Pb		
			Solder Temp. 245±5°C 235±5°C		
			Flux RMA Type		
			Dip Time 3±0.3 sec. 5±0.5 sec.		
			Pre-heating at 80-120°C for 10-30 sec.		
11	Resistance to Soldering heat	Appearance	No mechanical damage shall occur.		
		Capacitance	Characteristics	Capacitance Change	
			Class I	Within ±2.5% or ±0.25pF whichever is larger	
		Q (Class I)	Capacitance ≥ 30pF : Q ≥ 1000 < 30pF : Q ≥ 400+20×C (C: Capacitance)	Class II	A(X5RY) Within ±7.5% B(X7R)
				X(X6S)	Within ±15%
				F	Within ±20%
				Tan δ (Class II)	Within the specified initial value
		Insulation Resistance	Within the specified initial value		
		Withstanding Voltage	Within the specified initial value		
		12	Vibration Test	Appearance	No mechanical damage shall occur.
Capacitance	Characteristics			Capacitance Change	
	Class I			Within ±2.5% or ±0.25pF whichever is larger	
Q (Class I)	Capacitance ≥ 30pF : Q ≥ 1000 < 30pF : Q ≥ 400+20×C (C: Capacitance)			Class II	A(X5RY) Within ±5% B(X7R)
				X(X6S)	Within ±10%
				F(Y5V)	Within ±20%
				Tan δ (Class II)	Within the specified initial value
Insulation Resistance	Within the specified initial value				
				The capacitor shall be subjected to a Harmonic Motion having a total amplitude of 1.5mm changing frequency from 10Hz to 55Hz and back to 10Hz in 1 min. Repeat this for 2hours each in 3 mutually perpendicular directions	

General Capacitors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



RELIABILITY TEST CONDITION

NO	ITEM	PERFORMANCE	TEST CONDITION	
13	Humidity (Steady State)	Appearance	No mechanical damage shall occur.	
		Capacitance	Characteristics	Capacitance Change
			Class I	Within ±5.0% or ±0.5pF whichever is larger
		Class II	A(X5R)/ B(X7R)/ X(X6S)	Within ±12.5%
			F(Y5V)	Within ±30%
		Q CLASS I	Capacitance ≥ 30pF : Q ≥ 350 10 ≤ Capacitance < 30pF : Q ≥ 275 + 2.5×C Capacitance < 10pF : Q ≥ 200 + 10×C (C: Capacitance)	
Tan δ CLASS II	1. Characteristic : A(X5R), B(X7R) 0.05max (16V and over) 0.075max (10V) 0.075max (6.3V except Table 1) 0.125max* (refer to Table 1)	2. Characteristic : F(Y5V) 0.075max (25V and over) 0.1max (16V, C<1.0μF) 0.125max(16V, C ≥ 1.0μF) 0.15max (10V) 0.195max (6.3V)		
Insulation Resistance	1,000 MΩ or 50MΩ/μF whichever is smaller.			
14	Moisture Resistance	Appearance	No mechanical damage shall occur.	
		Capacitance	Characteristics	Capacitance Change
			Class I	Within ±5.0% or ±0.5pF whichever is larger
		Class II	A(X5R)/ B(X7R)/ X(X6S)	Within ±12.5%
			F(Y5V)	Within ±30%
		Q (Class I)	Capacitance ≥ 30pF : Q ≥ 200 Capacitance < 30pF : Q ≥ 100 + 10/3×C (C: Capacitance)	
Tan δ (Class II)	1. Characteristic : A(X5R), B(X7R) 0.05max (16V and over) 0.075max (10V) 0.075max (6.3V except Table 1) 0.125max* (refer to Table 1)	2. Characteristic : F(Y5V) 0.075max (25V and over) 0.1max (16V, C<1.0μF) 0.125max(16V, C ≥ 1.0μF) 0.15max (10V) 0.195max (6.3V)		
Insulation Resistance	X(X6S) 0.11max (6.3V and below) 500 MΩ or 25MΩ/μF whichever is smaller.			

General Capacitors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



RELIABILITY TEST CONDITION

NO	ITEM	PERFORMANCE	TEST CONDITION															
15	High Temperature Resistance	Appearance	No mechanical damage shall occur.															
		Capacitance	Characteristics	Capacitance Change														
			Class I	Within $\pm 3\%$ or $\pm 0.3\text{pF}$, Whichever is larger														
			Class II	A(X5R)/ B(X7R)	Within $\pm 12.5\%$													
				X(X6S)	Within $\pm 25\%$													
				F(Y5V)	Within $\pm 30\%$													
		Q (Class I)	Capacitance $\geq 30\text{pF}$: Q ≥ 350 $10 \leq$ Capacitance $< 30\text{pF}$: Q $\geq 275 + 2.5 \times C$ Capacitance $< 10\text{pF}$: Q $\geq 200 + 10 \times C$ (C: Capacitance)															
		Tan δ (Class II)	1. Characteristic : A(X5R), B(X7R) 0.05max (16V and over) 0.075max (10V) 0.075max (6.3V except Table 1) 0.125max* (refer to Table 1)	2. Characteristic : F(Y5V) 0.075max (25V and over) 0.1max(16V, C<1.0 μF) 0.125max(16V, C $\geq 1.0\mu\text{F}$) 0.15max (10V) 0.195max (6.3V)														
		Insulation Resistance	1,000 M Ω or 50M $\Omega \cdot \mu\text{F}$ whichever is smaller.															
		16	Temperature Cycle	Appearance	No mechanical damage shall occur.													
Capacitance	Characteristics			Capacitance Change														
	Class I			Within $\pm 2.5\%$ or $\pm 0.25\text{pF}$, Whichever is larger														
	Class II			A(X5R)/ B(X7R)	Within $\pm 7.5\%$													
				X(X6S)	Within $\pm 15\%$													
				F(Y5V)	Within $\pm 20\%$													
Q (Class I)	Within the specified initial value																	
Tan δ (Class II)	Within the specified initial value																	
Insulation Resistance	Within the specified initial value																	
			Capacitor shall be subjected to 5 cycles. Condition for 1 cycle : <table border="1" style="margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>Step</th> <th>Temp.(°C)</th> <th>Time(min.)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Min. operating temp.+0/-3</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>25</td> <td>2-3</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Max. operating temp.+3/-0</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>25</td> <td>2-3</td> </tr> </tbody> </table> Leave the capacitor in ambient condition for specified time* before measurement * 24 \pm 2 hours (Class I) 24 \pm 2 hours (Class II)	Step	Temp.(°C)	Time(min.)	1	Min. operating temp.+0/-3	30	2	25	2-3	3	Max. operating temp.+3/-0	30	4	25	2-3
Step	Temp.(°C)	Time(min.)																
1	Min. operating temp.+0/-3	30																
2	25	2-3																
3	Max. operating temp.+3/-0	30																
4	25	2-3																

General Capacitors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



RELIABILITY TEST CONDITION

Recommended Soldering Method						
18	Recommended Soldering Method By Size & Capacitance	Size inch (mm)	Temperature Characteristic	Capacitance	Condition	
					Flow	Reflow
		0201 (0603)	-	-	-	○
		0402 (1005)	-	-	-	○
		0603 (1608)	Class I	-	○	○
			Class II	C < 1µF C ≥ 1µF	○ -	○ ○
		0805 (2012)	Class I	-	○	○
			Class II	C < 4.7µF C ≥ 4.7µF	○ -	○ ○
			Array	-	-	-
		1206 (3216)	Class I	-	○	○
			Class II	C < 10µF C ≥ 10µF	○ -	○ ○
		Array	-	-	-	○
		1210 (3225)	-	-	-	○
		1808 (4520)	-	-	-	○
		1812 (4532)	-	-	-	○
		2220 (5750)	-	-	-	○

Note1. Initial Measurement For Class II
Perform the heat treatment at 150°C±0/-10°C for 1 hour. Then Leave the capacitor in ambient condition for 48±4 hours before measurement. Then perform the measurement.

Note2. Latter Measurement
1. CLASS I
Leave the capacitor in ambient condition for 24±2 hours before measurement. Then perform the measurement.
2. Class II
Perform the heat treatment at 150°C±0/-10°C for 1 hour. Then Leave the capacitor in ambient condition for 48±4 hours before measurement. Then perform the measurement.

*Table1.

Tan δ	0.125max*
Class II A(X5R), B(X7R)	0201 C ≥ 0.022µF
	0402 C ≥ 0.22µF
	0603 C ≥ 2.2µF
	0805 C ≥ 4.7µF
	1206 C ≥ 10.0µF
	1210 C ≥ 22.0µF
	1812 C ≥ 47.0µF
2220 C ≥ 100.0µF	
All Low Profile Capacitors (P.16).	

*Table2.

High Temperature Resistance test	
ΔC (Y5V)	± 30%
Class II F(Y5V)	0402 C ≥ 0.47µF
	0603 C ≥ 2.2µF
	0805 C ≥ 4.7µF
	1206 C ≥ 10.0µF
	1210 C ≥ 22.0µF
	1812 C ≥ 47.0µF
2220 C ≥ 100.0µF	

*Table3.

High Temperature Resistance test		
Applied Voltage	100% of the rated voltage	150% of the rated voltage
Class II A(X5R), B(X7R), X(X6S), F(Y5V)	0201 C ≥ 0.1µF	0201 C ≥ 0.022µF
	0402 C ≥ 1.0µF	0402 C ≥ 0.47µF
	0603 C ≥ 4.7µF	0603 C ≥ 2.2µF
	0805 C ≥ 22.0µF	0805 C ≥ 4.7µF
	1206 C ≥ 47.0µF	1206 C ≥ 10.0µF
	1210 C ≥ 100.0µF	1210 C ≥ 22.0µF
	All Low Profile Capacitors (P.16).	1812 C ≥ 47.0µF
		2220 C ≥ 100.0µF

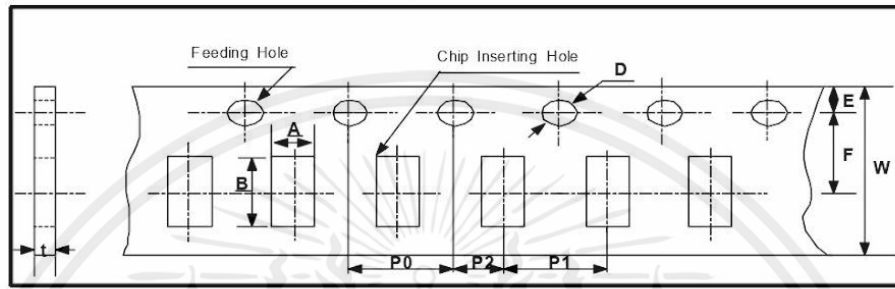
Note3. All Size In Reliability Test Condition Section is "inch"

General Capacitors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGING

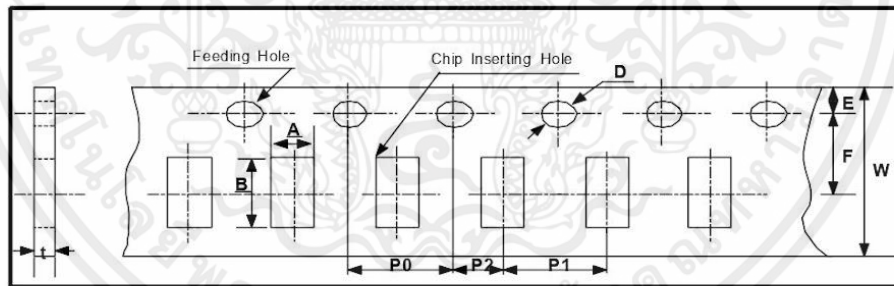
● CARDBOARD PAPER TAPE (4mm)



unit : mm

Symbol Type	A	B	W	F	E	P1	P2	P0	D	t
Dimension	0603 (1608)	1.1 ±0.2	1.9 ±0.2							
	0805 (2012)	1.6 ±0.2	2.4 ±0.2	8.0 ±0.3	3.5 ±0.05	1.75 ±0.1	4.0 ±0.1	2.0 ±0.05	4.0 ±0.1	Φ1.5 +0.1/-0
	1206 (3216)	2.0 ±0.2	3.6 ±0.2							1.1 Below

● CARDBOARD PAPER TAPE (2mm)



unit : mm

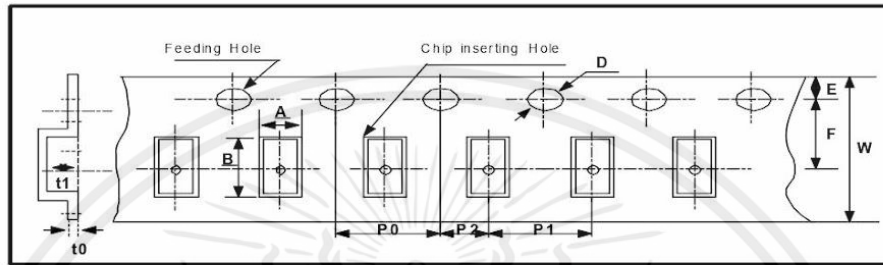
Symbol Type	A	B	W	F	E	P1	P2	P0	D	t
Dimension	0201 (0603)	0.38 ±0.03	0.68 ±0.03	8.0 ±0.3	3.5 ±0.05	1.75 ±0.1	2.0 ±0.05	2.0 ±0.05	4.0 ±0.1	Φ1.5 +0.1/-0.03
	0402 (1005)	0.62 ±0.04	1.12 ±0.04							0.6 ±0.05

General Capacitors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGING

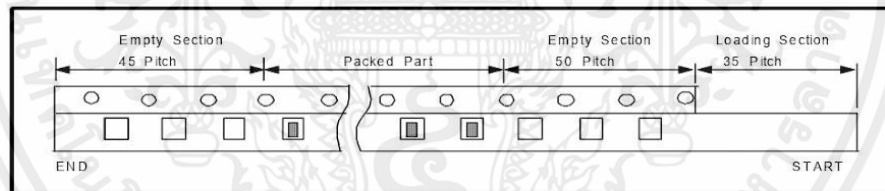
● EMBOSSED PLASTIC TAPE



unit : mm

Symbol Type	A	B	W	F	E	P1	P2	P0	D	t1	t0
Dimension	0805 (2012)	1.45 ±0.2	2.3 ±0.2								
	1206 (3216)	1.9 ±0.2	3.5 ±0.2	8.0 ±0.3	3.5 ±0.05	4.0 ±0.1				2.5 max	
	1210 (3225)	2.9 ±0.2	3.7 ±0.2			1.75 ±0.1	2.0 ±0.05	4.0 ±0.1	∅1.5 ±0.1/-0		0.6 Below
	1808 (4520)	2.3 ±0.2	4.9 ±0.2								
	1812 (4532)	3.6 ±0.2	4.9 ±0.2	12.0 ±0.3	5.60 ±0.05	8.0 ±0.1				3.8 max	
	2220 (5750)	5.5 ±0.2	6.2 ±0.2								

● TAPING SIZE



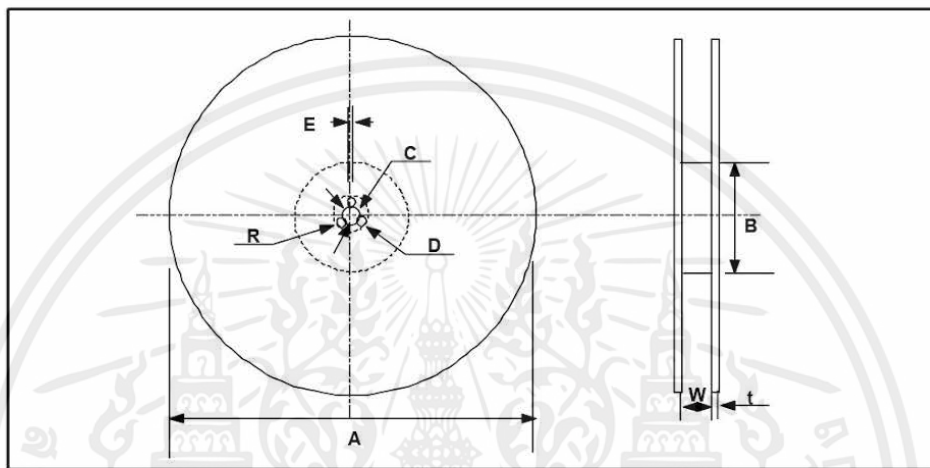
Type	Symbol	Size	Cardboard Paper Tape	Symbol	Size	Embossed Plastic Tape
7" Reel	C	0201(0603)	10,000	E	All Size ≤ 3216 1210(3225),1808(4520) (t ≤ 1.6mm)	2,000
		0402(1005)	10,000		1210(3225)(t ≥ 2.0mm)	1,000
		OTHERS	4,000		1808(4520)(t ≥ 2.0mm)	1,000
10" Reel	O	-	10,000	-	-	-
13" Reel	D	0402(1005)	50,000	F	All Size ≤ 3216 1210(3225),1808(4520) (t ≤ 1.6mm)	10,000
		OTHERS	10,000		1210(3225)(1.6 ≤ t < 2.0mm)	8,000
	L	0603(1608)	10,000 or 15,000		1206(3216)(1.6 ≤ t)	4,000
		0805(2012) (t ≤ 0.85mm)	15,000 or 10,000(Option)		1210(3225),1808(4520) (t ≥ 2.0mm)	4,000
		1206(3216) (t ≤ 0.85mm)	10,000		1812(4532)(t ≤ 2.0mm)	4,000
				1812(4532)(t > 2.0mm) 5750(2220)	2,000	

General Capacitors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGING

● REEL DIMENSION



unit : mm

Symbol	A	B	C	D	E	W	t	R
7" Reel	$\phi 180+0/-3$	$\phi 60+1/-3$	$\phi 13 \pm 0.3$	25 ± 0.5	2.0 ± 0.5	9 ± 1.5	1.2 ± 0.2	1.0
13" Reel	$\phi 330 \pm 2.0$	$\phi 80+1/-3$					2.2 ± 0.2	

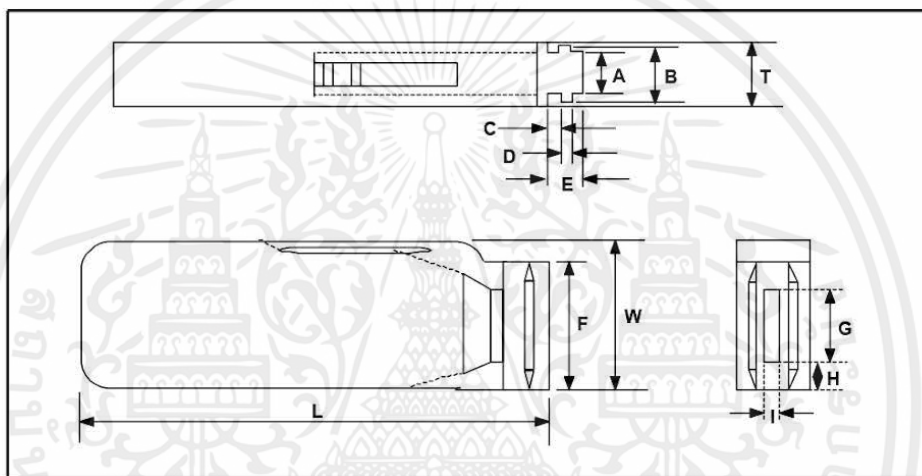
General Capacitors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



● BULK CASE PACKAGING

- Bulk case packaging can reduce the stock space and transportation costs.
- The bulk feeding system can increase the productivity.
- It can eliminate the components loss.



unit : mm

Symbol	A	B	T	C	D	E
Dimension	6.8±0.1	8.8±0.1	12±0.1	1.5+0.1/-0	2+0/-0.1	3.0+0.2/-0

Symbol	F	W	G	H	L	I
Dimension	31.5+0.2/-0	36+0/-0.2	19±0.35	7±0.35	110±0.7	5±0.35

● QUANTITY OF BULK CASE PACKAGING

unit : pcs

Size	0402(1005)	0603(1608)	0805(2012)	
			T=0.65mm	T=0.85mm
Quantity	50,000	10,000 or 15,000	10,000	5,000 or 10,000

General Capacitors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Panasonic

SMT Aluminum Electrolytic Capacitors

Surface Mount Type

Series: S Type: V

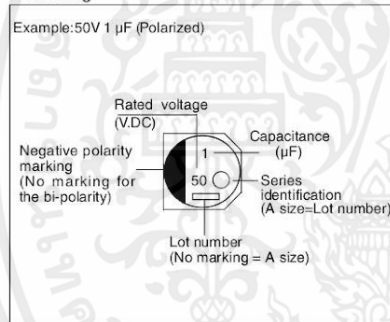
- Features Endurance: 85°C 2000 h
5.4 mm ($\leq \phi 6.3$) height, RoHS directive compliant (Parts No:EEE*)



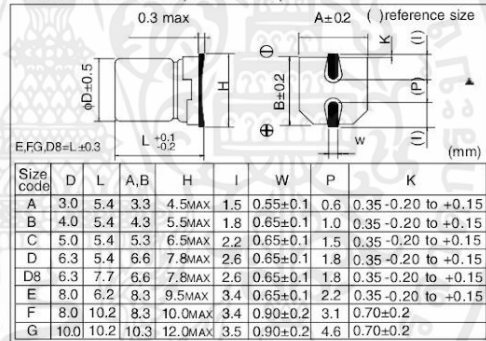
■ Specifications

Category temp. range	-40 to +85°C												
Rated W.V. Range	4 to 100 V .DC												
Nominal Cap. Range	0.1 to 1500 μ F												
Capacitance Tolerance	$\pm 20\%$ (120Hz/+20°C)												
DC Leakage Current	$I \leq 0.01$ CV or 3(μ A) after 2 minutes (Bi-Polar $I \leq 0.02$ CV or 6 (μ A)) (Whichever is greater)												
tan δ	Please see the attached standard products list												
Characteristics at Low Temperature	W.V.(V)	4	6.3	10	16	25	35	50	63	100	(Impedance ratio at 120 Hz)		
	-25 / +20 °C	7	4	3	2	2	2	2	3	3			
	-40 / +20 °C	15	8	6	4	4	3	3	4	4			
Endurance	After applying rated working voltage for 2000 hours at +85 \pm 2°C and then being stabilized at +20°C, capacitors shall meet the following limits.												
	Capacitance change : $\pm 20\%$ of initial measured value									tan δ	$\leq 200\%$ of initial specified value		
	Size code									Rated W.V.	Cap. change	DC leakage current	\leq initial specified value
	A($\phi 3$)		4 to 50W.V.		$\pm 30\%$		Initial measured value for 1000 hours						
A($\phi 3$) to D8($\phi 6.3$)		4 W.V.											
\leq D($\phi 6.3$) Miniature		6.3 W.V.		$\pm 20\%$									
		≥ 10 W.V.											
Shelf Life	After storage for 1000 hours at +85 \pm 2°C with no voltage applied and then being stabilized at +20°C, capacitors shall meet the limits specified in Endurance. (With voltage treatment)												
Resistance to Soldering Heat	After reflow soldering (Refer to page 86 for recommended temperature profile) and then being stabilized at +20°C, capacitor shall meet the following limits.												
	Capacitance change									$\pm 10\%$ of initial measured value			
	tan δ									\leq initial specified value			
	DC leakage current									\leq initial specified value			

■ Marking



■ Dimensions in mm (not to scale)



■ Case size

W.V.(V)	4 (0G)		6.3 (0J)		10 (1A)		16 (1C)		25 (1E)		35 (1V)		50 (1H)		63 (1J)		100 (2A)	
Cap.(μ F)	Polar-ized	Polar-ized	Bi-polar	Polar-ized	Bi-polar	Polar-ized	Bi-polar	Polar-ized	Bi-polar	Polar-ized	Bi-polar	Polar-ized	Bi-polar	Polar-ized	Bi-polar	Polar-ized	Bi-polar	
0.1																		
0.22														A,B				
0.33														A,B	B			
0.47														A,B	B			
1.0														A,B	B			
2.2														A,B	B			
3.3														A,B	B			
4.7														A	B			
10														A	B			
22	A	B(A)	C	(B)	B	A,B	C	A,B	B	C	B	C	C(B)					E
33	B	(B)		C(B)	D	(C)	D	C(B)	D	D	C	D	D(C)					F(E)
47	B	C(B)		(C)		D(C)		D(C)		D	C	D	D(C)					F(E)
100	C	D(C)	D	D(C)		E(D)		F(E),D8		(D)	E(D)	F(E),D8	G(F),D8	G(F)				G
220	D	(D)		E,D8		F,D8		G(F)		(D)	E(D)	G(F)	G					G
330	(D)	E,D8		F		G(F)		G(F)		(D)	E(D)	G(F)	G					G
470	D8	F		G(F)		G(F)		G										
1000		G(F)		G														
1500		G																

Design and specifications are subject to change without notice. Ask factory for technical specifications before purchase and/or use. Whenever a doubt about safety arises from this product, please contact us immediately for technical consultation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ Standard Products

W.V.	Cap. (±20%) (μF)	Case size			Specification			Part No. (RoHS: not compliant)	Reflow	Part No. (RoHS: compliant)	Reflow	Min. Packaging Qty
		Dia. (mm)	Length (mm)	Size Code	Ripple Current (120Hz) (+85°C) (mA)	tan δ (120Hz) (+20°C)	Endur- ance (hours)					
4	22	3	5.4	A	19	0.37	1000	ECEV0GS220SR	(1)	EEE0GS220SR	(4)	2000
	33	4	5.4	B	26	0.35	1000	ECEV0GA330SR	(1)	EEE0GA330SR	(4)	2000
	47	4	5.4	B	34	0.35	1000	ECEV0GA470SR	(1)	EEE0GA470SR	(4)	2000
	100	5	5.4	C	61	0.35	1000	ECEV0GA101SR	(1)	EEE0GA101SR	(4)	1000
	220	6.3	5.4	D	82	0.35	1000	ECEV0GA221SP	(1)	EEE0GA221SP	(4)	1000
	330	6.3	5.4	D	80	0.50	1000	ECEV0GA331WP	(1)	EEE0GA331WP	(4)	1000
	470	6.3	7.7	D8	200	0.35	2000	ECEV0GA471XP	(1)	EEE0GA471XP	(4)	900
6.3	22	3	5.4	A	20	0.35	1000	ECEV0JS220WR	(1)	EEE0JS220WR	(4)	2000
		4	5.4	B	29	0.26	2000	ECEV0JA220SR	(1)	EEE0JA220SR	(4)	2000
	33	4	5.4	B	22	0.35	1000	ECEV0JA330WR	(1)	EEE0JA330WR	(4)	2000
		4	5.4	B	36	0.35	1000	ECEV0JA470WR	(1)	EEE0JA470WR	(4)	2000
	47	5	5.4	C	46	0.26	2000	ECEV0JA470SR	(1)	EEE0JA470SR	(4)	1000
		5	5.4	C	47	0.35	1000	ECEV0JA101WR	(1)	EEE0JA101WR	(4)	1000
	100	6.3	5.4	D	71	0.26	2000	ECEV0JA101SP	(1)	EEE0JA101SP	(4)	1000
		6.3	5.4	D	74	0.35	1000	ECEV0JA221WP	(1)	EEE0JA221WP	(4)	1000
	330	6.3	7.7	D8	188	0.26	2000	ECEV0JA331XP	(1)	EEE0JA331XP	(4)	900
		8	6.2	E	300	0.35	2000	ECEV0JA331P	(2)	EEE0JA331P	(5)	1000
	470	8	10.2	F	380	0.35	2000	ECEV0JA471P	(2)	EEE0JA471P	(5)	500
		8	10.2	F	500	0.35	2000	ECEV0JA102UP	(2)	EEE0JA102UP	(5)	500
	1000	10	10.2	G	700	0.35	2000	ECEV0JA102P	(2)	EEE0JA102P	(5)	500
		10	10.2	G	750	0.35	2000	ECEV0JA152P	(2)	EEE0JA152P	(5)	500
10	22	4	5.4	B	28	0.30	1000	ECEV1AA220WR	(1)	EEE1AA220WR	(4)	2000
		4	5.4	B	29	0.30	1000	ECEV1AA330WR	(1)	EEE1AA330WR	(4)	2000
	33	5	5.4	C	43	0.20	2000	ECEV1AA330SR	(1)	EEE1AA330SR	(4)	1000
		5	5.4	C	47	0.30	1000	ECEV1AA470WR	(1)	EEE1AA470WR	(4)	1000
	100	5	5.4	C	50	0.30	1000	ECEV1AA101WR	(1)	EEE1AA101WR	(4)	1000
		6.3	5.4	D	70	0.26	2000	ECEV1AA101SP	(1)	EEE1AA101SP	(4)	1000
	220	6.3	7.7	D8	173	0.20	2000	ECEV1AA221XP	(1)	EEE1AA221XP	(4)	900
		8	6.2	E	250	0.26	2000	ECEV1AA221P	(2)	EEE1AA221P	(5)	1000
	330	8	10.2	F	390	0.26	2000	ECEV1AA331P	(2)	EEE1AA331P	(5)	500
		8	10.2	F	390	0.26	2000	ECEV1AA471UP	(2)	EEE1AA471UP	(5)	500
	470	10	10.2	G	400	0.26	2000	ECEV1AA471P	(2)	EEE1AA471P	(5)	500
		10	10.2	G	580	0.26	2000	ECEV1AA102P	(2)	EEE1AA102P	(5)	500
	16	10	3	5.4	A	20	0.18	1000	ECEV1CS100SR	(1)	EEE1CS100SR	(4)
4			5.4	B	28	0.16	2000	ECEV1CA100SR	(1)	EEE1CA100SR	(4)	2000
22		4	5.4	B	28	0.26	1000	ECEV1CA220WR	(1)	EEE1CA220WR	(4)	2000
		5	5.4	C	39	0.16	2000	ECEV1CA220SR	(1)	EEE1CA220SR	(4)	1000
33		5	5.4	C	35	0.26	1000	ECEV1CA330WR	(1)	EEE1CA330WR	(4)	1000
		5	5.4	C	39	0.26	1000	ECEV1CA470WR	(1)	EEE1CA470WR	(4)	1000
47		6.3	5.4	D	70	0.16	2000	ECEV1CA470SP	(1)	EEE1CA470SP	(4)	1000
		6.3	5.4	D	70	0.26	1000	ECEV1CA101WP	(1)	EEE1CA101WP	(4)	1000
100		8	6.2	E	200	0.20	2000	ECEV1CA101P	(2)	EEE1CA101P	(5)	1000
		6.3	7.7	D8	162	0.16	2000	ECEV1CA221XP	(1)	EEE1CA221XP	(4)	900
220		8	10.2	F	280	0.20	2000	ECEV1CA221P	(2)	EEE1CA221P	(5)	500

An explanation of the taping dimensions can be found on page 84.
 Reflow profiles can be found on page 86.

Design and specifications are subject to change without notice. Ask factory for technical specifications before purchase and/or use.
 Whenever a doubt about safety arises from this product, please contact us immediately for technical consultation.

E-mail: 62201022@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นางสาวอรนุช นุ้ยพิน
 วัน เดือน ปี 26 ธันวาคม 2543
 ที่อยู่ปัจจุบัน 141 หมู่ 11 ตำบลบ้านควน อำเภอหลังสวน จังหวัดชุมพร 86110
 ประวัติการศึกษา พ.ศ.2561 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
 จากโรงเรียนสวนศรีวิทยา จังหวัดชุมพร
 Tel. 096-3861644
 E-mail: oranuch.nuypin26@gmail.com



ชื่อ-นามสกุล นางสาวปุณยภา ชื่นชวน
 วัน เดือน ปี 23 ธันวาคม 2543
 ที่อยู่ปัจจุบัน 48 หมู่18 ต.ท่าผา อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี 70110
 ประวัติการศึกษา พ.ศ.2561 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
 จากโรงเรียนรัตนราษฎร์บำรุง
 Tel. 092-2549435
 E-mail: poonyapa.am@gmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้