เครื่องแยกอุปกรณ์เซอร์เฟสเมาส์จากแผ่น PCB
Surface Mount Device Desoldering Machine

รัฐพงษ์ บูรณดิษฐ์
Rattapong Buranadist
วัชรวิช ธำรงพิพัฒน์
Wacharawit Tamrungpipat

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2559

เครื่องแยกอุปกรณ์เซอร์เฟสเมาส์จากแผ่น PCB

Surface Mount Device Desoldering Machine

นาย รัฐพงษ์ บูรณดิษฐ์ รหัสประจำตัว 56011018
นาย วัชรวิช ธำรงพิพัฒน์ รหัสประจำตัว 56011107

อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ. ดร. กิติพล ชิตสกุล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2559

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องแยกอุปกรณ์เซอร์เฟสเมาส์จากแผ่น PCB

Surface Mount Device Desoldering Machine

ผู้จัดทำ

1. นาย รัฐพงษ์ บูรณดิษฐ์ รหัสประจำตัว 56011018
2. นาย วัชรวิช ธำรงพิพัฒน์ รหัสประจำตัว 56011107

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. ดร. กิติพล ชิตสกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	เครื่องแยกอุปกรณ์เซอร์เฟสเมาส์จากแผ่น PCB		
นักศึกษา	นาย รัฐพงษ์ บูรณดิษฐ์	รหัสประจำตัว	56011018
	นาย วัชรวิช ธำรงพิพัฒน์	รหัสประจำตัว	56011107
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.กิติพล ชิตสกุล		
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
ปีการศึกษา	2559		

บทคัดย่อ

โครงงานชิ้นนี้นำเสนอ เครื่องแยกอุปกรณ์เซอร์เฟสเมาส์จากแผ่น PCB โดยใช้หลักการของลมร้อนและการหมุนเหวี่ยง โดยแผ่น PCB จะยึดติดกับแกนมอเตอร์ดีซีขนาดเล็กและถูกเป่าด้วยลมร้อน จนอุณหภูมิสูงถึงที่กำหนดไว้ หลังจากนั้นมอเตอร์จะเหวี่ยงด้วยความเร็วที่สูงขึ้น จนสามารถสลัดอุปกรณ์หลุดจากแผ่น PCB ซึ่งเครื่องแยกอุปกรณ์เซอร์เฟสเมาส์จากแผ่น PCB ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักดังนี้ Arduino Uno, Thermocouple Type K Temperature Sensor Probe 0-800 °C, Digital Converter Module for K-Type Thermocouple (MAX6675), Relay Module 2 Channels และ DC Motor โดยมีหลักการทำงานเบื้องต้น คือ เริ่มจากนำแผ่น PCB ติดเข้ากับแกนของ DC Motor และทำการเปิดสวิตช์ หลังจากนั้น Temperature Sensor จะเริ่มการวัดค่าอุณหภูมิในตัวเครื่องและทำการส่งค่าอุณหภูมิไปยัง Arduino เมื่อ Arduino ได้รับค่าอุณหภูมิแล้ว Arduino จะสั่งการให้ Relay Channel 1 ทำงาน ซึ่ง Channel 1 จะทำการควบคุมเครื่องเป่าลมร้อน โดยให้เป่าลมออกมาในระดับต่ำ ต่อมาเมื่ออุณหภูมิของเครื่องสูงขึ้น Arduino จะสั่งการให้ Relay Channel 2 ทำงานแทน Channel 1 ซึ่งจะมีผลทำให้เครื่องเป่าลมร้อนเป่าลมออกมาในระดับที่สูงขึ้น และในขณะเดียวกัน Arduino ก็จะสั่งการให้ DC Motor ที่ติดอยู่กับแผ่น PCB หมุนเร็วขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงที่กำหนดไว้นั่นคือ 220 °C อุปกรณ์ที่อยู่บนแผ่น PCB จะหลุดออกและ Arduino จะสั่งการให้เครื่องหยุดการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report title	Surface Mount Device Desoldering Machine		
Students	Mr. Rattapong	Buranadist	student ID 56011018
	Mr. Wacharawit	Tamrongpipat	student ID 56011107
Degree	Bachelor of Engineering		
Program	Electronics Engineering		
Year	2016		
Project advisor	Asst. Prof. Dr. Kitiphol Chitsakul		

ABSTRACT

This project is present The Surface Mount Device Desoldering Machine using the principles of hot air and centrifugation. The PCB is attached to a small DC motor shaft and is blown with hot air until the temperature as high as defined. After that, the motor will crank at a higher speed. So the device is dropped from the PCB. The Surface Mount Device Desoldering Machine devices include the following: The Arduino Uno board, Thermocouple Type K Temperature Sensor Probe 0-800 °C, Digital Converter Module for K-Type Thermocouple (MAX6675), Relay Module 2 Channels and DC Motor. The basic working principle is insert the PCB onto the DC Motor's spindle and turn on the switch. After that, the Temperature Sensor will start measuring the temperature in the machine and transmit the temperature to the Arduino. When the Arduino gets the temperature, it will give the order to Relay Channel 1 work which will control the hot air blower level low. Later, when the temperature rises, the Arduino orders Relay Channel 2 to work instead of Channel 1. This will cause the hot air blower blowing out at a higher level and at the same time, the Arduino will order the DC Motor attached to the PCB rotate faster. When the temperature rises until the set point is 220 °C. The device on the PCB will fall out and the Arduino will stop the machine.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเครื่องแยกอุปกรณ์เซอร์เฟสเมาส์จากแผ่น PCB สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์และความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผศ.ดร.กิติพล ชิตสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ทางผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.กิติพล ชิตสกุล ที่คอยให้ความรู้ คำปรึกษา และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อโครงงานนี้ และให้ความช่วยเหลือในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น อีกทั้งยังคอยให้กำลังใจและเอาใจใส่เป็นอย่างดีมาโดยตลอด ขอขอบคุณผู้ปกครอง ที่คอยสนับสนุนกำลังทรัพย์ในการดำเนินโครงงานนี้ จนกระทั่งโครงงานนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

นายรัฐพงษ์ บูรณดิษฐ์

นายวัชรวิช ธำรงพิพัฒน์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I

ABSTRACT II

กิตติกรรมประกาศ III

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 แนวคิดของโครงงาน 1

1.4 ขอบเขตของโครงงาน 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.6 โครงสร้างของรายงาน 2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 แผ่น PCB (Print Circuit Board) 3

2.1.1แผ่นวงจรพิมพ์แบบ อเนกประสงค์(Universal) 3

2.1.2 แผ่นวงจร (PCB: Print Circuit Board) 4

2.2 อุปกรณ์ Surface Mouse Device (SMD) 6

2.2.1 อุปกรณ์ SMD แบบพาสซีฟ 6

2.2.2.อุปกรณ์ SMD แบบเอกทีฟ 8

2.3 รีเลย์(Relay) 8

2.4 วงจรขับมอเตอร์ 10

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) 10

2.6 Arduino 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.7 มอเตอร์ไฟฟ้า (MOTOR) 12

2.7.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 14

2.7.2 หลักการของมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรง (Motor Action) 16

2.8 เครื่องเป่าลมร้อน 16

2.8.1 Heater 17

2.8.2 Motor 18

2.9 หม้อแปลงไฟฟ้า 19

2.10 วงจรเร็กติไฟร์แบบฟูลเวฟ (Full Wave Rectifier) 19

บทที่3 กระบวนการทำงานและการออกแบบ 21

3.1 การออกแบบด้าน Hardware 21

3.1.1 การออกแบบ Schematic Arduino UNO ที่ต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ 21

3.1.2 Schematic ของ Arduino UNO 22

3.1.3 Regulator 5 Volt 22

3.1.4 Regulator 24 Volt 23

3.1.5 วงจรขับมอเตอร์ 23

3.1.6 การออกแบบการต่อ Relay Module 2 Channel กับบอร์ด Arduino UNO 24

3.1.7 การต่อ Temperature Sensor กับบอร์ด Arduino UNO 24

3.2 การออกแบบด้าน Software 25

3.3 การออกแบบด้าน Mechanics 26

บทที่ 4 ผลการทดลอง 28

4.1 ผลการทดลอง ณ อุณหภูมิ $x < 100°C$ 28

4.2 ผลการทดลอง ณ อุณหภูมิ $100°C < x < 150°C$ 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.3 ผลการทดลอง ณ อุณหภูมิ 150°C < x < 180°C 28

4.4 ผลการทดลอง ณ อุณหภูมิ 180°C < x < 220°C 28

4.5 ผลการทดลอง ณ อุณหภูมิ x > 220°C 28

บทที่ 5 สรุปผลและปัญหาจากการทดลอง 29

เอกสารอ้างอิง 30

ภาคผนวก 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 หลักการทำงานเครื่องแยกอุปกรณ์เซอร์เฟสเมาส์จากแผ่น PCB 2

รูปที่ 2.1 ไอซีบอร์ด (IC Board).....3

รูปที่ 2.2 โปรโตบอร์ด (Proto Board).....4

รูปที่ 2.3 แพดบอร์ด (Pad Board) หรือ บอร์ดไข่ปลา.....4

รูปที่ 2.4 แผ่นวงจรแบบหน้าเดียว (Single Side PCB).....5

รูปที่ 2.5 แผ่นวงจรแบบ 2 หน้า (Double Side PCB) 5

รูปที่ 2.6 แผ่นวงจรแบบ 2 หน้า เชื่อมต่อกัน (Double Side Plate Trough Hole PCB).....6

รูปที่ 2.7 แผ่นวงจรแบบหลายชั้น (Multi-Layer PCB) 6

รูปที่ 2.8 ตัวตานทานแบบชิป (Chip resistors).....7

รูปที่ 2.9 Tantalum Capacitor Chip.....7

รูปที่ 2.10 SMD Electrolytic Capacitor 7

รูปที่ 2.11 อุปกรณ์ SMDแบบเอกทีฟ.....8

รูปที่ 2.12 รีเลย์ (Relay).....9

รูปที่ 2.13 การต่อรีเลย์(Relay).....9

รูปที่ 2.14 วงจรขับมอเตอร์ 10

รูปที่ 2.15 บอร์ด Arduino UNO 12

รูปที่ 2.16 มอเตอร์ไฟฟ้า DC..... 13

รูปที่ 2.17 ขั้วแม่เหล็ก (Pole)..... 14

รูปที่ 2.18 ภาพขดลวดพันอยู่รอบขั้วแม่เหล็ก..... 15

รูปที่ 2.19 ลักษณะของขั้วแม่เหล็ก 15

รูปที่ 2.20 การทำงานของเครื่องเป่าลมร้อน..... 17

รูปที่ 2.21 หม้อแปลงไฟฟ้า..... 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.22 วงจรเร็กติไฟร์แบบฟูลเวฟ (Full Wave Rectifier) 19
รูปที่ 3.1 ตำแหน่งขาและการต่อกับอุปกรณ์ต่างๆจาก Arduino UNO 21
รูปที่ 3.2 Schematic ของ Arduino UNO 22
รูปที่ 3.3 Schematic และ PCB ของ Regulator 5 Volt 22
รูปที่ 3.4 Schematic และ PCB ของ Regulator 24 Volt 23
รูปที่ 3.5 Schematic และ PCB ของวงจรขับมอเตอร์ 23
รูปที่ 3.6 โครงสร้าง Relay Module 2 Channel 24
รูปที่ 3.7 การออกแบบการต่อ Relay Module 2 Channel เข้ากับ Arduino UNO 24
รูปที่ 3.8 แสดงการต่อ Thermocouple Type K Temperature Sensor Probe 24
รูปที่ 3.9 แสดงการติดตั้งเครื่องเป่าลมร้อน 26
รูปที่ 3.10 แสดงรูที่ได้จากการเจาะก้นหม้อ 26
รูปที่ 3.11 แสดงการติดตั้ง DC Motor 26
รูปที่ 3.12 การติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า 27
รูปที่ 3.13 การติดตั้งกล่องควบคุม 27
รูปที่ 3.14 เครื่องแยกอุปกรณ์เซอรเฟสเมาส์จากแผ่น PCB 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

4.1 ผลการทดลอง ณ อุณหภูมิ x <100°C 28

4.2 ผลการทดลอง ณ อุณหภูมิ 100°C < x <150°C 28

4.3 ผลการทดลอง ณ อุณหภูมิ 150°C < x <180°C 28

4.4 ผลการทดลอง ณ อุณหภูมิ 180°C < x <220°C 28

4.5 ผลการทดลอง ณ อุณหภูมิ x >220°C 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากในปัจจุบันความหลากหลายของเทคโนโลยีที่มีพัฒนาการอย่างรวดเร็ว จึงเป็นเหตุให้การบริโภคสินค้าอิเล็กทรอนิกส์เพิ่มขึ้นอย่างไม่หยุดยั้ง และกระจายไปสู่ประชากรทุกชนชั้น ทั้งโทรศัพท์มือถือโทรทัศน์รุ่นใหม่ คอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ประกอบกับการก้าวกระโดดของภาคอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำให้การล้าสมัยของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายชนิดเป็นไปอย่างรวดเร็วเช่นกันผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้ หลายท่านก็ใช้ได้ไม่เต็มประสิทธิภาพหรือเต็มอายุสินค้านัก ก็อาจจะเปลี่ยนใหม่ เรามักจะหาซื้อมาใช้กันมากมาย โดยไม่ได้คำนึงถึงว่าผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะเสื่อมสภาพการใช้งานเมื่อใด และจะนำไปกำจัดทิ้งอย่างไร เพื่อไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของประชาชนและผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม นั่นทำให้ทางเราเกิดเป็นแนวคิดว่า ถ้าเราสามารถนำอุปกรณ์บางตัวที่ยังสามารถนำกลับไปใช้ได้ใหม่ หรืออาจนำไปเกิดประโยชน์ได้อีก ออกจากผลิตภัณฑ์เหล่านั้น จะเป็นการช่วยลดผลพิษที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของประชาชนและผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมได้

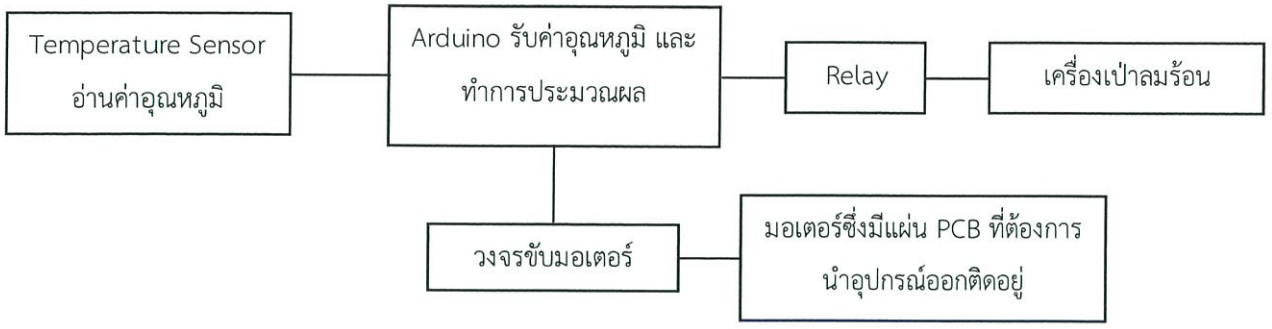
1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้าง เครื่องแยกอุปกรณ์เซอร์เฟสเมาส์เทคโนโลยีจากแผ่น PCB ที่สามารถแยกอุปกรณ์เซอเฟสเมาส์จากแผ่น PCB ที่เป็นของอุปกรณ์โทรศัพท์มือถือรุ่น 2G เท่านั้น
2. เพื่อฝึกฝนทักษะในการเขียนโปรแกรมเกี่ยวกับบอร์ดตระกูล Arduino
3. เพื่อพัฒนาและศึกษาหลักการทำงานของ Thermocouple ชนิดต่างๆ

1.3 แนวคิดของโครงงาน

การอ่านค่าอุณหภูมิที่วัดได้จาก Thermocouple Type K Temperature Sensor Probe ที่ต่อเข้ากับ Digital Converter Module for K-Type Thermocouple (MAX6675) ส่งค่าที่ได้ไปยัง Arduino เมื่อArduino ได้รับค่าอุณหภูมิแล้วจะทำการประมวลผล และสั่งการให้ Relay Module และ วงจรขับมอเตอร์ทำงาน ซึ่งในส่วนของ Relay Module จะเป็นตัวควบคุมการเปิด – ปิด สวิตซ์ของเครื่องเป่าลมร้อนให้มีการทำงานในระดับต่ำหรือสูง และในส่วนของวงจรขับมอเตอร์ใช้อุปกรณ์ L293D เป็นอุปกรณ์หลัก จะทำหน้าที่ในส่วนควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ซึ่ง Arduino จะทำการสั่งงานอุปกรณ์ต่างที่กล่าวมาข้างต้นเป็นไปตามโค้ดที่กำหนดไว้ เมื่อค่าอุณหภูมิที่วัดได้จาก Thermocouple Type K Temperature Sensor Probe ถึงค่าที่กำหนดไว้ Arduino จะสั่งการให้ทั้งระบบหยุดการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 หลักการทำงานเครื่องแยกอุปกรณ์เซอร์เฟสเมาส์จากแผ่น PCB

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

1. เครื่องแยกอุปกรณ์เซอร์เฟสเมาส์จากแผ่น PCB สามารถนำไปใช้งานได้จริงและมีประสิทธิภาพได้ตามข้อกำหนดต่างๆ

2. สามารถทำให้อุปกรณ์เซอร์เฟสเมาส์หลุดออกแผ่น PCB ได้มากที่สุดโดยอัตโนมัติ

3. สามารถเขียนโปรแกรมที่ใช้ควบคุมความเร็วของ DC Motor และการเปิดปิดของ Relay Module ได้ตามที่ต้องการ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถสร้างเครื่องแยกอุปกรณ์เซอร์เฟสเมาส์ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง
2. ได้รับความรู้ในการเขียนโปรแกรมภาษา C ในโมดูล Arduino เพื่อทำการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ
3. เพิ่มทักษะและความสามารถในการทำงานภายใต้แรงกดดันได้ดีขึ้น
4. เข้าใจหลักการทำงานหรือการควบคุมความเร็ว DC Motor มากขึ้น

1.6 โครงสร้างของรายงาน

รายงานฉบับนี้เป็นผลจากการศึกษาค้นคว้า และทดลองตลอดภาคการศึกษาแล้วนำเสนอเป็นบทตอนดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึง บทนำ ความเป็นมาของโครงงาน และวัตถุประสงค์

บทที่ 2 กล่าวถึง หลักการและทฤษฎีต่างๆ

บทที่ 3 กล่าวถึง การออกแบบโปรแกรม การออกแบบวงจร คุณสมบัติของวงจร และการเลือกใช้อุปกรณ์

บทที่ 4 กล่าวถึง การทดสอบคุณสมบัติ การทดลอง และผลการทดลอง

บทที่ 5 กล่าวถึง วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แผ่น PCB (Print Circuit Board)

การประกอบวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนใหญ่จะประกอบบนแผ่นวงจรพิมพ์ หรือ ที่เรียกกันทั่วไปคือแผ่นปรินซ์ใหญ่ๆ คือ แผ่นวงจรพิมพ์แบบอเนกประสงค์ และแผ่นวงจรพิมพ์เปล่าหรือแผ่น PCB (Printed Circuit Board) ซึ่งด้านหนึ่งที่ใส่อุปกรณ์จะเป็นฉนวน และ อีกด้านจะเป็นแผ่นทองแดงบางๆ จุดเด่นของการต่อเชื่อมวงจร ด้วยแผ่นวงจรพิมพ์ แทนการใช้สายต่อ คือ อุปกรณ์จะถูกวางอย่างเป็นระเบียบ และ ประหยัดพื้นที่ ลดความวุ่นวายจากการโยงสายที่ซับซ้อน และสามารถที่จะผลิตเป็นอุตสาหกรรมได้ด้วย แผ่นวงจรพิมพ์จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

2.1.1แผ่นวงจรพิมพ์แบบ อเนกประสงค์ (Universal)

แผ่นวงจรพิมพ์ประเภทนี้โดยส่วนมากมักจะมีการวางลายทองแดงเป็นเส้นๆ และมีการเจอะรูไว้แล้ว สามารถเสียบอุปกรณ์ลงไปได้ทันที แต่อาจจะต้องมีการตัดลายทองแดง หรือเชื่อมต่อด้วยสายไฟในบางจุด ส่วนใหญ่มักใช้กับการประกอบวงจรที่ไม่ซับซ้อนหรือมีอุปกรณ์ไม่กี่ตัว โดยเราอาจจะแบ่งได้ตามแนวเส้นทองแดงด้านหลังเป็น 3 แบบดังนี้

1.ไอซีบอร์ด (IC Board)

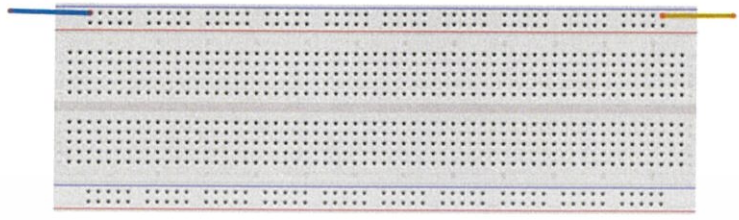
จะมีการวางตำแหน่งขาเป็นแนว ๆ แบบขาไอซี โดยระยะห่างระหว่างรูเจาะเท่ากับระยะห่างของขาไอซีพอดี ส่วนลายทองแดงจะมีลักษณะเป็นแถบยาวต่อเนื่องเป็นระยะเท่าๆกัน ดังรูป

รูปที่ 2.1 ไอซีบอร์ด (IC Board)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.โปรโตบอร์ด (Proto Board)

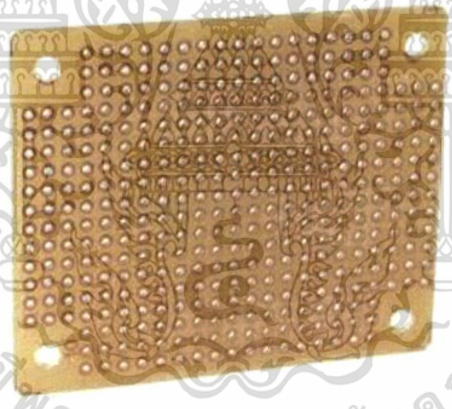
จะมีลักษณะของลายทองแดง เหมือนกับแผ่นโปรโตบอร์ดที่เราใช้ต่อทดลอง เหมาะสำหรับผู้ที่เพิ่งเริ่มฝึกฝนการต่อวงจรใหม่ๆ



รูปที่ 2.2 โปรโตบอร์ด (Proto Board)

3. แพดบอร์ด (Pad Board)

ลักษณะของแผ่นวงจรพิมพ์จะไม่มีลายทองแดงเชื่อมต่อ แต่มีเพียงลายทองแดงเป็นจุด ๆ เหมือนเป็นหลักยึดอุปกรณ์ โดยการใช้งานจะต้องเชื่อมต่อระหว่างสายระหว่างจุดดังกล่าวตามวงจร คนส่วนใหญ่รู้จักกันในชื่อ “บอร์ดไข่ปลา”



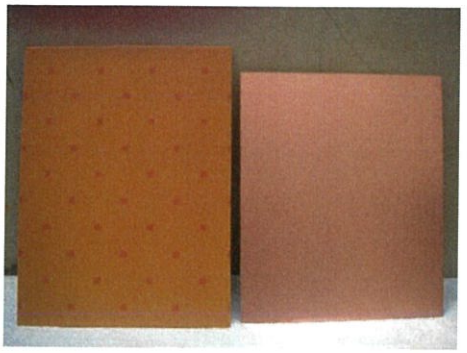
รูปที่ 2.3 แพดบอร์ด (Pad Board) หรือ บอร์ดไข่ปลา

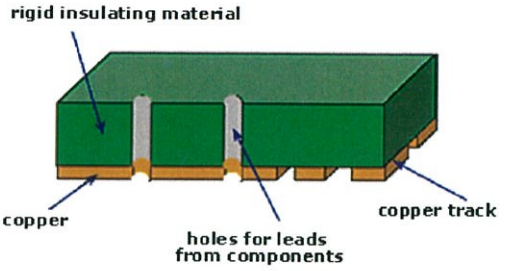
2.1.2 แผ่นวงจร (PCB: Print Circuit Board)

แผ่นวงจรพิมพ์ประเภทนี้จะมีแผ่นทองแดงบาง ๆ เคลือบอยู่ตลอดแผ่น ในการใช้งาน จำเป็นต้องกัดลายทองแดงบางส่วนออกไป ด้วยน้ำยาหรือ กรดกัดปรินซ์ โดยอาจจะมี 4 ลักษณะดังนี้

1 แบบหน้าเดียว (Single Side PCB) แบบนี้จะมีลายทองแดงเคลือบอยู่เพียงหน้าเดียว เหมาะสำหรับวงจรที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนจนเกินไปนัก แผ่นวงจรพิมพ์แบบนี้จะราคาถูกและมีการใช้งาน กว้างขวาง เพราะผู้ใช้สามารถกัดลายทองแดงเองได้ จึงมักนิยมใช้ในการทำโครงงานพื้นฐานต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 2.4 แผ่นวงจรแบบหน้าเดียว (Single Side PCB)

2.แบบ 2 หน้า (Double Side PCB)

แบบนี้จะมีทองแดงเคลือบอยู่ทั้ง 2 ด้าน ส่วนใหญ่ด้านหนึ่ง มักจะปล่อยให้เป็นลายทองแดงเต็มแผ่น ในลักษณะเป็น กราวน์เพลน (Ground Plane) โดยมีจุดประสงค์เพื่อลดสัญญาณรบกวน มักใช้ในวงจรเครื่องรับหรือเครื่องส่งวิทยุ

รูปที่ 2.5 แผ่นวงจรแบบ 2 หน้า (Double Side PCB)

3. แบบ 2 หน้าเชื่อมต่อกัน (Double Side Plate Trough Hole PCB)

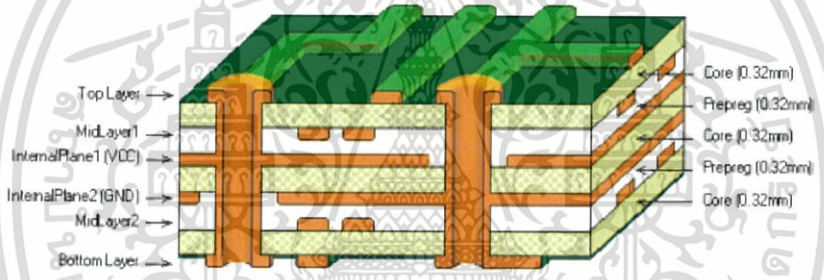
หรือที่มักเรียกกันทับศัพท์ว่า แบบเพลททรูโฮล โดยแบบนี้ จะมีลายทองแดงเคลือบอยู่ทั้ง 2 ด้าน และมีเชื่อมต่อกันระหว่างทองแดงทั้งสองด้าน ผ่านทางรูที่ทำเป็นพิเศษ แผ่นวงจรพิมพ์ประเภทนี้ส่วนใหญ่ จะมีการวางอุปกรณ์ทั้งสองด้าน และลดพื้นที่ได้มาก ส่วนใหญ่มักจะสร้างเป็นวงจรสำเร็จมาจากทางโรงงานมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.6แผ่นวงจรแบบ 2 หน้า เชื่อมต่อกัน (Double Side Plate Trough Hole PCB)

4. แบบหลายชั้น (Multi Layer PCB)

แผ่นวงจรพิมพ์ประเภทนี้จะมีความซับซ้อนมาก โดย จะมีลายทองแดงอยู่ด้านในด้วย และมีการเชื่อมต่อกันผ่านทางรูที่ทำพิเศษ แผ่นวงจรประเภทนี้ส่วนใหญ่มักทำสำเร็จมาจากโรงงงานเช่นเดียวกัน เพราะมีการสร้างที่ซับซ้อน และยุ่งยากมาก ผู้ใช้ทั่วไปไม่ สามารถทำได้



รูปที่ 2.7 แผ่นวงจรแบบหลายชั้น (Multi Layer PCB)

2.2 อุปกรณ์ Surface MouseDevice(SMD)

เปนอุปกรณที่มีขนาดเล็ก มีลักษณะเปนขาแบบแบนเรียบไมสามารถเสียบลงรูของลายวงจร จะใชวิธีการหลอมตะกั่วใหติดกับลายวงจรพิมพแบ่งออกเป็นสองประเภทหลัก ดังนี้

2.2.1 อุปกรณ์ SMD แบบพาสซีฟ

เปนอุปกรณที่ไมสามารถขยายกำลังสัญญาณได้ บางครั้งยังอาจทำให้เกิดการสูญเสียกำลังในรูปของพลังงานความร้อนอีกด้วย นั่นก็หมายความว่า อุปกรณชนิดนี้จะมีอัตราการขยายกำลังไมเกิน 1 เทาได้แก ตัวตานทาน ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ

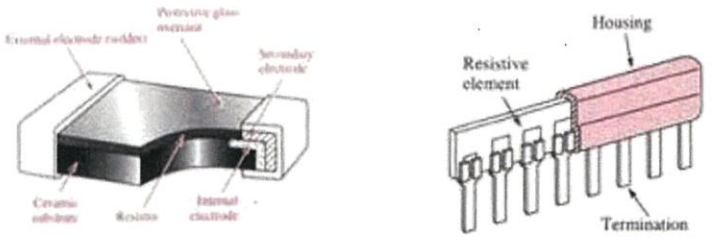
อุปกรณ SMD แบบพาสซีฟที่ใชในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส

1.ตัวต้านทานแบบชิป

ตัวตานทานแบบชิป (Chip resistors) ตัวต้านทานแบบชิปที่ใช กันในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกสโดยทั่วไป แบงออกเปน 2 ชนิดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

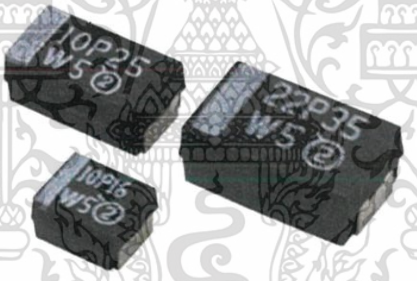
ชนิดฟลมหนา (Thick film)



รูปที่ 2.8 ตัวตานทานแบบชิป (Chip resistors)

2.ตัวเก็บประจุแบบชิป

ตัวเก็บประจุแบบชิปเปนอุปกรณที่เหมาะในการนำมาใชงานกับวงจรความถี่สูงมากเปน พิเศษ เนื่องจากไมมีขาและยังสามารถถูกติดตั้งใหอยูใกลกับอุปกรณอิเล็กทรอนิกสความเร็วสูงได งาย เปนตน การใชงานตัวเก็บประจุแบบชิปเปนที่แพร่หลายมากในปจจุบัน โดยบนแผงวงจรหนึ่งอาจมีตัวเก็บ ประจุแบบชิปอยู มากกว่าอุปกรณอิเล็กทรอนิกสชนิดอื่นๆเสียอีก



รูปที่ 2.9 Tantalum Capacitor Chip

รูปที่ 2.10 SMD Electrolytic Capacitor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลงและการถอดอุปกรณ์ SMD

หัวแร้งที่ใช้ในการลงอุปกรณ์ที่เป็น SMD ควรจะร้อนพอสมควร เช่น หัวแร้งขนาด 30W ขึ้นไปเพื่อที่จะส่งความร้อนไปยังขาอุปกรณ์ได้เพียงพอ สำหรับตะกั่ว สามารถใช้ได้ทั้งที่เป็นแบบมีสารตะกั่ว หรือแบบไม่มีสารตะกั่ว (Pb-free) แต่สำหรับมือใหม่แล้ว แนะนำให้ใช้ตะกั่วธรรมดา เนื่องจากจะละลายและเชื่อมกับอุปกรณ์ได้ง่ายกว่า นอกจากหัวแร้งกับตะกั่วแล้ว เครื่องมือที่สำคัญที่สุดในการลงอุปกรณ์ที่เป็น SMD คือ แหนบ ซึ่งใช้ในการคีบและจับอุปกรณ์ให้อยู่บนแผ่น PCB อย่างมั่นคง เทคนิคการลงอุปกรณ์ SMD ก็คือ
ให้บัดกรีตะกั่วลงไปบนแผ่น PCB จุดหนึ่งก่อน จากนั้นคีบอุปกรณ์มาวาง และบัดกรีตำแหน่งที่มีตะกั่วอยู่แล้ว เพื่อให้อุปกรณ์อยู่กับที่ แล้วจึงบัดกรีตำแหน่งที่เหลือ การบัดกรีอุปกรณ์ที่มีขาจำนวนมากๆ จำเป็นที่จะต้องใช้ฟลักซ์ และทำการบัดกรีที่ขาอุปกรณ์หลายๆรอบ เพื่อให้ขาอุปกรณ์ร้อนพอที่จะดึงตะกั่วไว้ ไม่ให้ตะกั่วช็อตข้ามระหว่างขาอุปกรณ์ หรือถ้าไม่สามารถแก้ไขไม่ให้ตะกั่วช็อตข้ามขา ก็อาจใช้ลวดซับตะกั่ว หรือที่ดูดตะกั่วช่วยได้

2.2.2.อุปกรณ์ SMDแบบเอกทีฟ

เป็นอุปกรณที่สามารถขยายกำลังสัญญาณได้มากกว่า1 เท่า มีอัตราการสูญเสียของสัญญาณน้อย อุปกรณ์เหล่านี้ได้แก่ทรานซิสเตอร์ ออปแอมป์ เป็นต้น

รูปที่ 2.11 อุปกรณ์ SMDแบบเอกทีฟ

2.3 รีเลย์(Relay)

รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งทำหน้าที่ตัดต่อวงจรแบบเดียวกับสวิตช์ โดยควบคุมการทำงานด้วยไฟฟ้า Relay มีหลายประเภท ตั้งแต่ Relay ขนาดเล็กที่ใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป จนถึง Relay ขนาดใหญ่ที่ใช้ในงานไฟฟ้าแรงสูง โดยมีรูปร่างหน้าตาแตกต่างกันออกไป แต่มีหลักการทำงานที่คล้ายคลึงกัน สำหรับการนำ Relay ไปใช้งาน จะใช้ในการตัดต่อวงจร ทั้งนี้ Relay ยังสามารถเลือกใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ

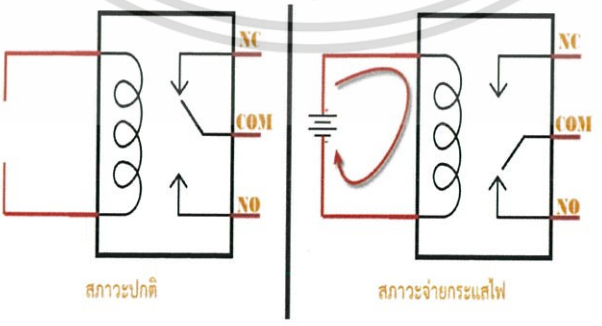
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.12 รีเลย์ (Relay)

รีเลย์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนหลักก็คือ

1. ส่วนของขดลวด (coil) เหนี่ยวนำกระแสต่ำ ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แกนโลหะไปกระทุ้งให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนี่ยวนำนี้ เมื่อขดลวดได้รับแรงดัน (ค่าแรงดันที่รีเลย์ต้องการขึ้นกับชนิดและรุ่นตามที่ผู้ผลิตกำหนด) จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้แกนโลหะด้านในไปกระทุ้งให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน

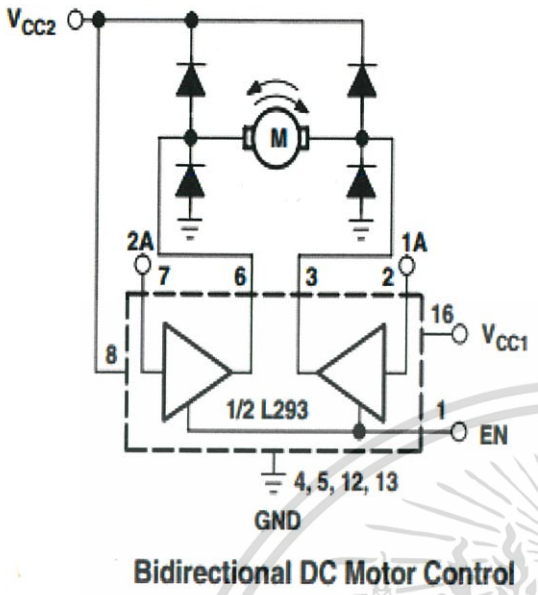
2. ส่วนของหน้าสัมผัส (contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่เราต้องการนั่นเอง จุดต่อใช้งานมาตรฐาน ประกอบด้วยจุดต่อ NC ย่อมาจาก **normal close** หมายความว่าปกติปิด หรือ หากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลาเช่น จุดต่อ NO ย่อมาจาก **normal open** หมายความว่าปกติเปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิดปิดเช่นโคมไฟสนามหน้าบ้านจุดต่อ C ย่อมากจาก **common** คือจุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ



รูปที่ 2.13 การต่อรีเลย์(Relay)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 วงจรขับมอเตอร์



EN	1A	2A	FUNCTION
H	L	H	Turn right
H	H	L	Turn left
H	L	L	Fast motor stop
H	H	H	Fast motor stop
L	X	X	Fast motor stop

L = low, H = high, X = don't care

รูปที่ 2.14 วงจรขับมอเตอร์

2.5ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

เป็นอุปกรณ์ไอซี (IC: Integrated Circuit) ที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้ซับซ้อน สามารถรับข้อมูลในรูปสัญญาณดิจิตอลเข้าไปทำการประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ข้อมูลดิจิตอลออกมาเพื่อนำไปใช้งานตามที่ต้องการได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ภายในชิพจะมีหน่วยความจำ, Portอยู่ในชิพเพียงตัวเดียวซึ่งอาจจะเรียกได้ว่าเป็นคอมพิวเตอร์ชิพเดี่ยว ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นไมโครโพรเซสเซอร์ชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับหน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ แต่ได้รับการพัฒนาแยกออกมาภายหลังเพื่อนำไปใช้ในวงจรทางด้านงานควบคุม คือ แทนที่ในการใช้งานจะต้องต่อวงจรภายนอกต่างๆ เพิ่มเติมเช่นเดียวกับไมโครโปรเซสเซอร์ ก็จะทำการรวมวงจรที่จำเป็น เช่น หน่วยความจำ, ส่วนอินพุท/เอาท์พุท บางส่วนเข้าไปในตัว ไอซีเดียวกัน และเพิ่มวงจรบางอย่างเข้าไปด้วยเพื่อให้มีความสามารถเหมาะสมกับการใช้ในงานควบคุม เช่น วงจรตั้งเวลา, วงจรการสื่อสารอนุกรม วงจรแปลงสัญญาณอนาลอคเป็นดิจิตอล เป็นต้น สรุปคือ

Microcontroller = Microprocessor + Memory + I/O

ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวาง โดยมักจะเป็นการนำไปใช้ฝังในระบบของอุปกรณ์อื่น ๆ (Embeded Systems) เพื่อใช้ควบคุมการทำงานบางอย่าง เช่น ใช้ในรถยนต์, เตาอบไมโครเวฟ, เครื่องปรับอากาศ, เครื่องซักผ้าอัตโนมัติ เป็นต้น เพราะว่าไมโครคอนโทรลเลอร์มีข้อดีเหมาะสมต่อการใช้ในงานควบคุมหลายประการ เช่น

- ชิพไอซีและระบบที่ได้มีขนาดเล็ก
- ระบบที่ได้มีราคาถูกกว่าการใช้ชิพไมโครโพรเซสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วงจรที่ได้จะมีความซับซ้อนน้อย ช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในการต่อวงจร
- มีคุณสมบัติเพิ่มเติมสำหรับงานควบคุมโดยเฉพาะซึ่งใช้งานได้ง่าย

ภาษาที่ใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์

ภาษา ที่ใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละตระกูล แต่ภาษาที่ใช้โดยทั่วไป สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. ภาษาเครื่อง ภาษา เครื่อง (Machine Language) เป็นภาษาที่อยู่ในรูปแบบของรหัสเลขฐานสอง ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถเข้าใจภาษานี้ได้ทันที โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการแปล แต่เป็นภาษาที่ยากต่อการเรียนรู้ เพราะอยู่ในรูปแบบของเลขฐานสอง และผู้ใช้ต้องมีความรู้เกี่ยวกับฮาร์ดแวร์เป็นอย่างดี แต่ข้อดีของภาษานี้ คือ มีขนาดเล็ก ทำงานได้รวดเร็ว และสามารถติดต่อกับฮาร์ดแวร์ได้โดยตรง

2. ภาษา Assembly ภาษา Assembly สร้างขึ้นมาเพื่อให้การเขียนโปรแกรมง่ายขึ้น ภาษา assembly ใช้คำในภาษาอังกฤษแทนรหัสเลขฐานสอง ในภาษาเครื่อง ดังนั้นในการใช้งาน จะต้องผ่านการแปลจากภาษา Assembly เป็นภาษาเครื่องก่อน ตัวแปลภาษา เรียกว่า Assembler โปรแกรมที่เขียนโดยภาพา assembly จะทำงานเร็วและมีขนาดเล็ก เพราะว่ามันสามารถเข้าถึง Hardware ได้โดยตรงเช่นเดียวกับภาษาเครื่อง แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการเขียนของผู้เขียนด้วย

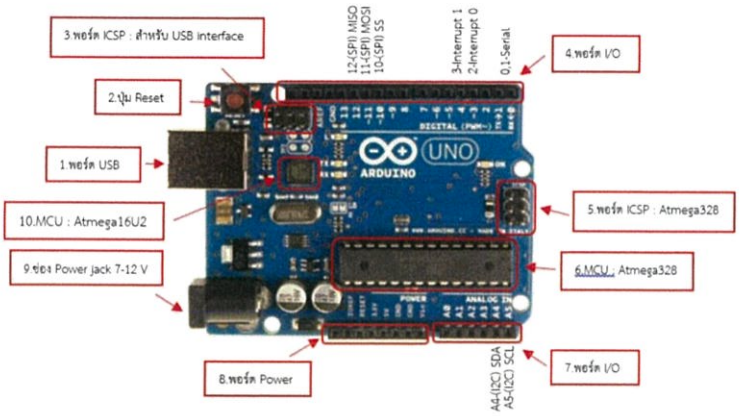
3. Interpreters interpreter คือ ภาษาระดับสูงซึ่งใกล้เคียงกับภาษาของมนุษย์ โดยจะฝังตัวอยู่ในหน่วยความจำ และทำหน้าที่อ่านคำสั่งจากโปรแกรมขึ้นมาทีละคำสั่ง ทำการแปลเป็นภาษาเครื่อง แล้วปฏิบัติตามคำสั่งนั้นๆ ตัวอย่างของ interpreter ที่รู้จักกันดีคือ ภาษา BASIC ข้อเสียของ interpreter คือ ทำงานได้ช้าเนื่องจากต้องแปลคำสั่งทีละคำสั่ง

4. Compilers compiler คือ ภาษาระดับสูงซึ่งทำหน้าที่แปลโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาทั้งหมดให้เป็นภาษา เครื่อง จากนั้นจึงนำเอาโปรแกรมที่แปลเสร็จแล้วเข้าไปเก็บในหน่วยความจำ หลังจากนั้นจึงสั่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ปฏิบัติตามคำสั่งนั้นๆ ทำให้การทำงานได้เร็วขึ้น ตัวอย่างเช่น ภาษา C เป็นต้น

2.6 Arduino

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software สามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิคส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ เช่น Arduino XBeeShield,Arduino Music Shield,Arduino Relay Shield,Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 บอร์ด Arduino UNO

1.USBPort: ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออับโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด

2.Reset Button: เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่

3.ICSP Port ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2

4. I/OPort:Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx,Rx Serial, Pin3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM

5.ICSP Port: Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader

6. MCU: Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino

7. I/OPort: นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0-A5

8.Power Port: ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, Vin

9. Power Jack: รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V

10. MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega16U2

2.7 มอเตอร์ไฟฟ้า (MOTOR)

มอเตอร์ไฟฟ้า (MOTOR) หมายถึงเป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานกลมีทั้งพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.16 มอเตอร์ไฟฟ้า DC

มอเตอร์ไฟฟ้าแบ่งออกตามการใช้ของกระแสไฟฟ้าได้ 2 ชนิดดังนี้

1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor) หรือเรียกว่าเอ.ซี มอเตอร์ (A.C. MOTOR) การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าสลับแบ่งออกได้ดังนี้

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบ่งออกเป็น3 ชนิดได้แก่

1.มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส หรือเรียกว่าซิงเกิลเฟสมอเตอร์ (A.C. Sing Phase)

- สปลิทเฟส มอเตอร์(Split-Phase motor)
- คาปาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor motor)
- รีพัลชั่นมอเตอร์ (Repulsion-type motor)
- ยูนิเวอร์แวซลมอเตอร์ (Universal motor)
- เช็ดเดดโพล มอเตอร์ (Shaded-pole motor)

2.มอเตอร์ไฟฟ้าสลับชนิด 2 เฟสหรือเรียกว่าทูเฟสมอเตอร์ (A.C.Two phas Motor)

3.มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟสหรือเรียกว่าทีเฟสมอเตอร์ (A.C. Three phase Motor)

2.มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor) หรือเรียกว่าดี.ซี มอเอตร์ (D.C. MOTOR) การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกได้ดังนี้

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่

1.มอเตอร์แบบอนุกรมหรือเรียกว่าซีรีส์มอเตอร์ (Series Motor)

2.มอเตอร์แบบอนุขนานหรือเรียกว่าชันท์มอเตอร์ (Shunt Motor)

3.มอเตอร์ไฟฟ้าแบบผสมหรือเรียกว่าคอมเปาวด์มอเตอร์ (Compound Motor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมเพราะมีคุณสมบัติที่ดีเด่นในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุด นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เช่นโรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใยโพลีเอสเตอร์ โรงงานถลุงโลหะหรือให้ เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า เป็นต้นในการศึกษาเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจึงควรรู้จัก อุปกรณ์ต่าง ๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและเข้าใจถึงหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ

ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

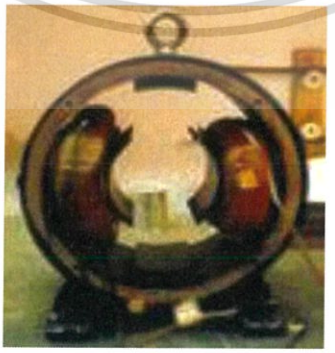
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนดังนี้

1 ส่วนที่อยู่กับที่หรือที่เรียกว่าสเตเตอร์ (Stator) ประกอบด้วย

เฟรมหรือโยค (Frame Or Yoke) เป็นโครงภายนอกทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือไปขั้วใต้ให้ครบวงจรและยึดส่วนประกอบอื่นๆให้แข็งแรงทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นหนาม้วนเป็นรูปทรงกระบอก

ขั้วแม่เหล็ก (Pole) ประกอบด้วย 2 ส่วนคือแกนขั้วแม่เหล็กและขดลวด

1.ส่วนแรกแกนขั้ว (Pole Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางๆ กั้นด้วยฉนวนประกอบกันเป็นแท่งยึดติดกับเฟรม ส่วนปลายที่ทำเป็นรูปโค้งนั้นเพื่อโค้งรับรูปกลมของตัวโรเตอร์เรียกว่าขั้วแม่เหล็ก (Pole Shoes) มีวัตถุประสงค์ให้ขั้วแม่เหล็กและโรเตอร์ใกล้ชิดกันมากที่สุดเพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุด เพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุดจะมีผลให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กผ่านไปยังโรเตอร์มากที่สุดแล้วทำให้เกิดแรงบิดหรือกำลังบิดของโรเตอร์มากเป็นการทำให้มอเตอร์ฎ์มีกำลังหมุน (Torque)



รูปที่ 2.17 ขั้วแม่เหล็ก (Pole)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ส่วนที่สอง ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) จะพันอยู่รอบๆแกนขั้วแม่เหล็กขดลวดนี้ทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกเพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เกิดขึ้น และเส้นแรงแม่เหล็กนี้จะเกิดการหักล้างและเสริมกันกับสนามแม่เหล็กของอาเมเจอร์ทำให้เกิดแรงบิดขึ้น

รูปที่ 2.18 ภาพขดลวดพันอยู่รอบขั้วแม่เหล็ก

รูปที่ 2.19 ลักษณะของขั้วแม่เหล็ก

2 ตัวหมุน (Rotor) ตัวหมุนหรือเรียกว่าโรเตอร์ตัวหมุนนี้ทำให้เกิดกำลังงานมีแกนวางอยู่ในตลับลูกปืน (Ball Bearing) ซึ่งประกอบอยู่ในแผ่นปิดหัวท้าย (End Plate) ของมอเตอร์

ตัวโรเตอร์ประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกัน คือ

1.แกนเพลา (Shaft)

2.แกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core

3.คอมมิวเตอร์ (Commutator)

4.ขอลวดอาร์มาเจอร์ (Armature Widing)

1.แกนเพลา (Shaft)

เป็นตัวสำหรับยึดคอมมิวเตเตอร์ และยึดแกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Croe) ประกอบเป็นตัวโรเตอร์แกนเพลานี้จะวางอยู่บนแบริ่ง เพื่อบังคับให้หมุนอยู่ในแนวนิ่งไม่มีการสั่นสะเทือนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core)

ทำด้วยแผ่นเหล็กบางอาบฉนวน (Laminated Sheet Steel) เป็นที่สำหรับพันขดลวดอาร์มาเจอร์ซึ่งสร้างแรงบิด (Torque)

3. คอมมิวเตเตอร์ (Commutator)

ทำด้วยทองแดงออกแบบเป็นซี่แต่ละซี่มีฉนวนไมก้า (mica) คั่นระหว่างซี่ของคอมมิวเตเตอร์ ส่วนหัวซี่ของคอมมิวเตเตอร์ จะมีร่องสำหรับใส่ปลายสาย ของขดลวดอาร์มาเจอร์ ตัวคอมมิวเตเตอร์นี้อัดแน่นติดกับแกนเพลา เป็นรูปกลมทรงกระบอก มีหน้าที่สัมผัสกับแปรงถ่าน (Carbon Brushes) เพื่อรับกระแสจากสายป้อนเข้าไปยัง ขดลวดอาร์มาเจอร์เพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วนหนึ่งให้เกิดการหักล้างและเสริมกันกับเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วน ซึ่งเกิดจากขดลวดขั้วแม่เหล็ก ดังกล่าวมาแล้ว เรียกว่าปฏิกิริยามอเตอร์(Motoraction)

4. ขดลวดอาร์มาเจอร์ (Armature Winding)

เป็นขดลวดพันอยู่ในร่องสลอท (Slot) ของแกนอาร์มาเจอร์ ขนาดของลวดจะเล็กหรือใหญ่และจำนวนรอบจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับการออกแบบของตัวโรเตอร์ชนิดนั้นๆ เพื่อที่จะให้เหมาะสมกับงานต่างๆที่ต้องการ

2.7.2 หลักการของมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรง (Motor Action)

หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Motor Action) เมื่อเป็นแรงดันกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจะ แปรงถ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์มาเจอร์สร้างสนามแม่เหล็กขึ้น และกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) สร้างขั้วเหนือ-ใต้ขึ้น จะเกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม ในขณะเดียวกัน ตามคุณสมบัติของเส้นแรง แม่เหล็ก จะไม่ตัดกันทิศทางตรงข้ามจะหักล้างกัน และทิศทางเดียวจะเสริมแรงกัน ทำให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์มาเจอร์ ซึ่งวางแกนเพลาและแกนเพลานี้สวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ ทำให้อาร์มาเจอร์นี้หมุนได้ ขณะที่ตัวอาร์มาเจอร์ทำหน้าที่หมุนได้นี้เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) ซึ่งหมายความว่าตัวหมุน การที่อำนาจเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีปฏิกิริยาต่อกัน ทำให้ขดลวดอาร์มาเจอร์ หรือโรเตอร์หมุนไปนั้นเป็นไปตามกฎซ้ายของเฟลมมิ่ง (Fleming'left hand rule)

2.8 เครื่องเป่าลมร้อน

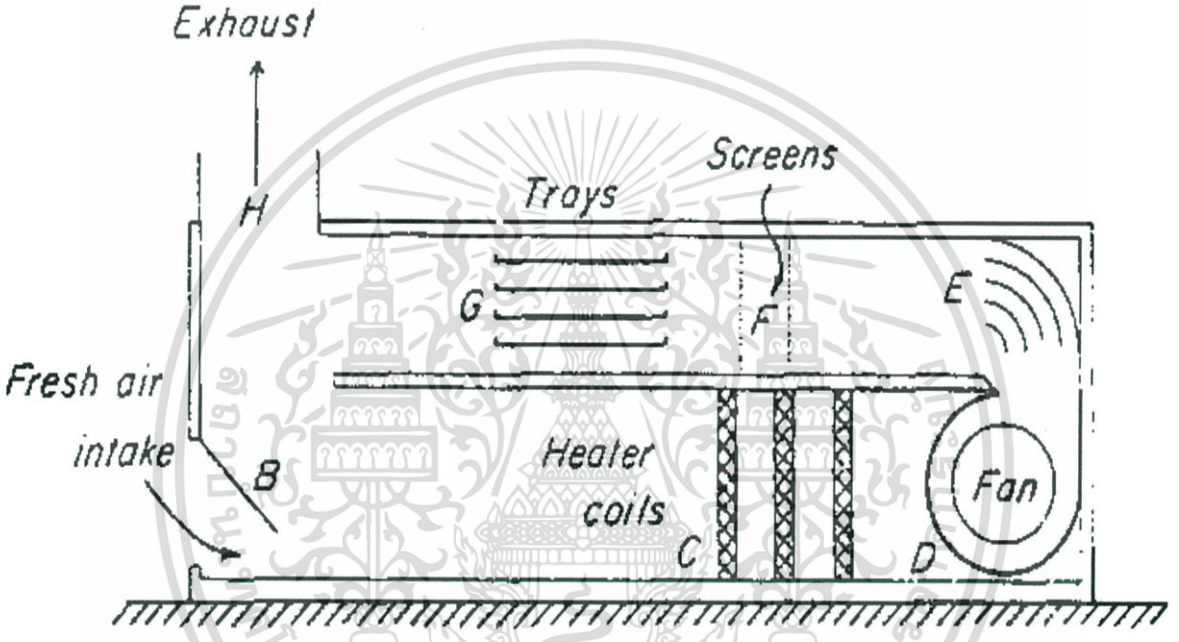
เป่าผมมีส่วนของการทำงาน 2 ส่วน คือ

1. ส่วนของมอเตอร์พัดลม เมื่อเสียบปลั๊กไฟAC 220 V 50 Hz ผ่าน SW 1 เมื่อกดสวิทช์ SW 1 ON ไฟไหลผ่านขดลวดส่วนที่อยู่กับที่ L 1 ผ่านแปรงถ่าน Aไหลผ่านเข้าขดลวดส่วนที่เครื่องที่ L 2 ไหลผ่านแปรงถ่าน B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกไปยังขั้ว ปลั๊กไฟ AC ครบวงจรทำให้เกิดการหมุนของแกนขดลวด ซึ่งติดใบพัดลม ทำให้เกิด การเป่าลมออกทางด้านหน้าของไดร์เป่าผม

2. ส่วนของขดลวดให้ความร้อน เมื่อกดสวิทช์ SW2 ON ไฟไหลผ่านขดลวด L1 ขดลวดนิโครม พันขดอยู่บนฉนวนทนความร้อน เช่น แผ่นไมก้าแข็ง ไฟฟ้าไหลออกอีกทางหนึ่งเข้าสายปลั๊กครบรอบของไฟฟ้า ทำให้ขดลวดร้อนแดง และเกิดความร้อน ถูกลมจากการหมุนของมอเตอร์ พัดพานำความร้อนออกมาและใช้ในการเป่าไดร์เส้นผม



รูปที่ 2.20 การทำงานของเครื่องเป่าลมร้อน

2.8.1 Heater

ฮีตเตอร์ (Heater) เป็นอุปกรณ์ทำความร้อนในงานอุตสาหกรรม โดยมีหลักการทำงานคือ เมื่อมีการแสไหลผ่านขดลวดตัวนำที่มีค่าความต้านทาน จะทำให้ลวดตัวนำร้อน และถ่ายเทความร้อนให้กับโหลด ดังนั้น ลวดตัวนำความร้อนจะต้องมีคุณสมบัติที่ทนความร้อนได้สูงสำหรับการผลิตฮีตเตอร์ (Heater) โดยส่วนใหญ่ในตัวฮีตเตอร์ (Heater) จะมีผงฉนวนแม็กนีเซียมออกไซด์ (ยกเว้นฮีตเตอร์อินฟราเรด, ฮีตเตอร์รัดท่อและฮีตเตอร์แผ่น) อยู่ภายใน เพื่อทำหน้าที่กั้นระหว่าง ขดลวดตัวนำกับผนังโลหะของฮีตเตอร์ ซึ่งผงฉนวนนี้จะมีคุณสมบัตินำความร้อนได้ดีมาก แต่จะมีค่าความนำทางไฟฟ้าต่ำ ดังนั้นข้อควรระวัง คือ ห้ามมีความชื้นในผงฉนวนนี้เด็ดขาด เพราะจะทำให้มีค่าความนำทางไฟฟ้าสูงขึ้น และอาจจะทำให้ฮีตเตอร์เกิดการลัดวงจรได้ หากพบว่าฮีตเตอร์มีความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ผลจากการวัดโดยใช้เครื่องมือทางไฟฟ้า) สามารถแก้ไขโดยการนำฮีตเตอร์ไปอบเพื่อไล่ความชื้นออกจากตัวฮีตเตอร์ ฮีตเตอร์ (Heater)ที่มีคุณภาพดีควรจะผ่านการทดสอบหาค่าความเป็นฉนวนของฮีตเตอร์ (Heater) เพื่อให้แน่ใจถ้าเรานำไปใช้งาน จะไม่มีกระแสไฟฟ้ารั่วไหลออกจากขดลวดตัวนำ ดังนั้นมาตรฐานการทดสอบความเป็นฉนวนของฮีตเตอร์ควรจะไม่ต่ำกว่า 1500 VDC และค่าความเป็นฉนวนต้องไม่ต่ำกว่า 500 IR (IR หรือ ค่าเมกะโอห์ม)

ส่วนประกอบหลักๆของฮีตเตอร์ (HEATER) มีดังนี้

-ฉนวนแม็กนีเซียมออกไซค์ (MgO) มีค่าความนำไฟฟ้าต่ำแต่นำความร้อนดีมาก ทำหน้าที่กั้นกลางระหว่างลวดฮีตเตอร์กับปลอกโลหะ เพื่อป้องกันไม่ให้มีกระแสรั่ว (Leak Current) จากลวดฮีตเตอร์ออกไปยังผิวโลหะ

-ลวดฮีตเตอร์ (Heater) ลวดฮิทเตอร์, ลวดทำความร้อน (Resistance wire) , (Heater wire) ใช้สำหรับเป็นวัสดุหลัก ในการทำฮิทเตอร์ให้เกิดความร้อน สามารถทนอุณหภูมิได้ 1400 ℃ ลวดทนความร้อน ชนิดนิเกิลโครมส่วนประกอบของลวดชนิดนี้ประกอบด้วย นิเกิล 80% และโครเมี่ยม 20% NiCr80/20 มีคุณสมบัติ เหนียว เหมาะกับงานที่มีไอสารเคมี, ไม่เสียรูปง่าย, ไม่มีสนามแม่เหล็ก สามารถทนอุณหภูมิได้ 1100 ℃ ประโยชน์การนำลวดฮีตเตอร์ไปใช้งาน เช่น ใช้กับงานขึ้นรูป ฮีตเตอร์แบบต่างๆ เช่นเตาเผา และใช้งานในอุตสหกรรมต่างๆ เช่น พลาสติก ชุปโลหะ ชุปแข็ง ฯลฯ

-แสตนเลส (Stainless)

-สายไฟทนความร้อน ส่วนใหญ่งานที่ใช้ มักต่อวงจรกับลวดทนความร้อนฮิทเตอร์ หรือใช้ในเตาอบอุณหภูมิสูง

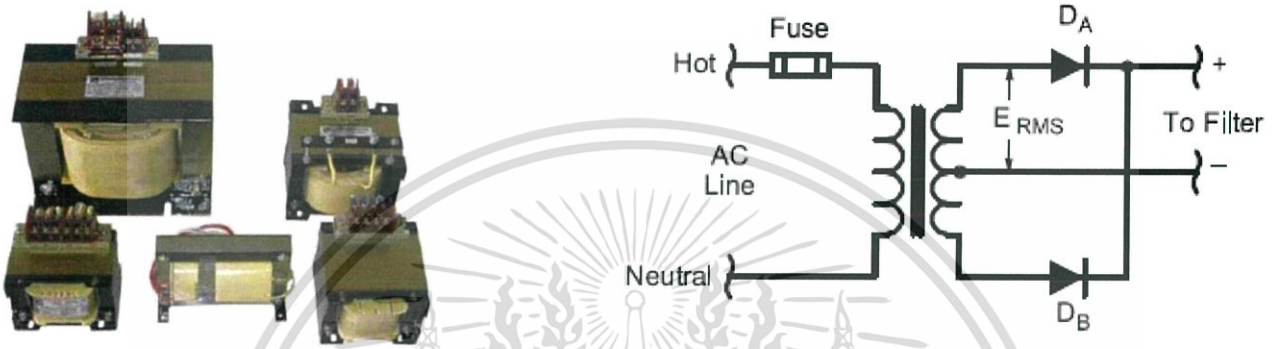
2.8.2 Motor

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบ่งออกตามโครงสร้างและหลักการทำงานของมอเตอร์ได้ 2 แบบ คือ 1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบอินดักชั่น (3 Phase Induction Motor) 2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบซิงโครนัส (3 Phase Synchronous Motor) 1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบอินดักชั่น มอเตอร์ไฟสลับ 3 ที่มีคุณสมบัติที่ดี คือมีความเร็วรอบคงที่เนื่องจากความเร็วรอบอินดักชั่นมอเตอร์ขึ้นอยู่กับความถี่ (Frequency) ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ มีราคาถูก โครงสร้างไม่ซับซ้อน สะดวกในการบำรุงรักษาเพราะไม่มีคอมมิวเตเตอร์และแปรงถ่านเหมือนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อใช้ร่วมกับเครื่องควบคุมความเร็วแบบอินเวอร์เตอร์ (Invertor) สามารถควบคุมความเร็ว (Speed) ได้ตั้งแต่ศูนย์จนถึงความเร็วตามพิกัดของมอเตอร์ นิยมใช้กันมาก เป็นต้น กำลังในโรงงานอุตสาหกรรม ขับเคลื่อนลิฟท์ขับเคลื่อนสายพานลำเลียง ขับเคลื่อนเครื่องจักรไฟฟ้า เช่น เครื่องไส เครื่องกลึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9หม้อแปลงไฟฟ้า

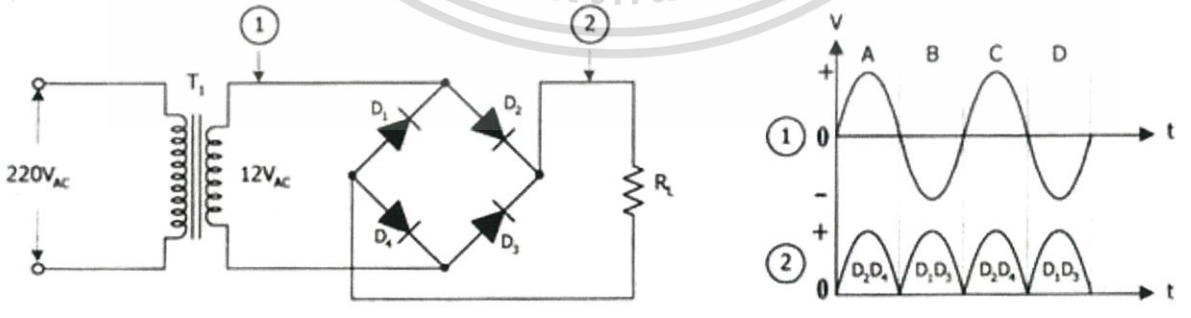
เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนระดับแรงดันให้สูงขึ้นหรือต่ำลงตามต้องการ ภายในประกอบด้วยขดลวด 2 ชุด คือ ขดลวดปฐมภูมิ (Primary winding) และ ขดลวดทุติยภูมิ (Secondary winding) แต่สำหรับหม้อแปลงกำลัง (Power Transformer) ขนาดใหญ่บางตัวอาจมีขดลวดที่สามเพิ่มขึ้นคือขด Tertiary winding ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าขด Primary และ Secondary และแรงดันที่แปลงออกมาจะมีค่าต่างกว่าขด Secondary



รูปที่ 2.21 หม้อแปลงไฟฟ้า

2.10 วงจรเร็กติไฟร์แบบฟูลเวฟ (Full Wave Rectifier)

เป็นวงจรเร็กติไฟร์ที่ท าหน้าที่ เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแบบเต็มคลื่น ซึ่งใช้ไดโอด 2 ตัว ท าให้ได้ให้แรงดันเอาต์พุตทั้งไซเกิลบวกและไซเกิลลบ ของสัญญาณที่ป้อน และทรานส์ฟอร์เมอร์จะต้องมี center tap เพื่อแบ่งแรงดันที่ป้อนให้ไดโอด มีค่าเท่ากัน เมื่อมีแรงดันสัญญาณในครึ่งไซเกิลบวก ไดโอด D1 ได้รับ forward bias ส่วนไดโอด D2 ได้รับ reverse bias จึงไม่น ากระแส ส่วน D1 น ากระแสท าให้มีกระแสไหลผ่านไดโอด D1 ผ่านตั วต้านทาน R1 เกิดแรงดันตกคร่อมที่ R1 มีค่าเท่ากับแรงดันที่ป้อนคือ Vm



รูปที่ 2.22 วงจรเร็กติไฟร์แบบฟูลเวฟ (Full Wave Rectifier)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีแรงดันสัญญาณในครึ่งไซเกิลลบ ไดโอด D1 ได้รับ reverse bias ไดโอดจึงไม่นำกระแส ในขณะที่ไดโอด D2 ได้รับ forward bias จึงนำกระแสทำให้มีกระแสไหลผ่าน D2 ผ่านตัวต้านทาน R1 เกิดแรงดันตกคร่อมที่ R1 จึงมีค่าเท่ากับแรงดัน Vm

แรงดันเฉลี่ยเอาต์พุตดีซีของวงจร full wave rectifier คำนวณได้จากสมการ

$$Vdc = 0.636 \times Vm$$

Vdcหมายถึงแรงดันเฉลี่ยดีซี ซึ่งเป็นพื้นที่ใต้รูปสัญญาณครึ่งไซน์

Vmหมายถึงแรงดันไฟกระแสสลับอินพุตที่ป้อนและไดโอดที่ใช้ในวงจร full wave rectifier จะต้องสามารถทนแรงดันตกคร่อมได้เป็น 2 เท่าของแรงดันอินพุตที่ป้อน นั้นคือDiode PIV = 2 Vm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
กระบวนการทำงานและการออกแบบ

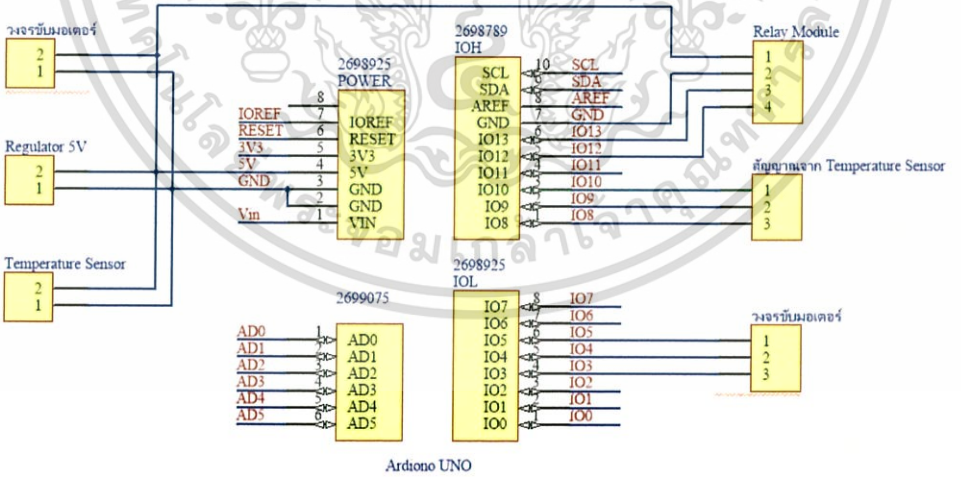
ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนของการประมวลผล ขั้นตอนการทำงานรวมถึงการออกแบบ ซึ่งจะแบ่งได้เป็น 3 ส่วนหลักได้แก่

1. การออกแบบด้าน Hardware
2. การออกแบบด้าน Software
3. การออกแบบด้าน Mechanics

3.1 การออกแบบด้าน Hardware

3.1.1 การออกแบบ Schematic Arduino UNO ที่ต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ

หลักการทำงานของเครื่องแยกอุปกรณ์เซอร์เฟสเมาส์จากแผ่น PCB เริ่มจากนำแผ่น PCB ติดเข้ากับแกนของ DC Motor และทำการเปิดสวิตช์ หลังจากนั้นTemperature Sensor จะเริ่มการวัดค่าอุณหภูมิในตัวเครื่องและทำการส่งค่าอุณหภูมิไปยัง Arduino เมื่อ Arduino ได้รับค่าอุณหภูมิแล้ว Arduino จะสั่งการให้ Relay Channel 1 ทำงาน ซึ่ง Channel 1จะทำการควบคุมเครื่องเป่าลมร้อน โดยให้เป่าลมออกมาในระดับต่ำ ต่อมาเมื่ออุณหภูมิของเครื่องสูงขึ้น Arduino จะสั่งการให้ Relay Channel 2 ทำงานแทน Channel 1 ซึ่งจะมีผลทำให้เครื่องเป่าลมร้อนเป่าลมออกมาในระดับที่สูงขึ้น และในขณะเดียวกัน Arduino ก็จะสั่งการให้ DC Motor ที่ติดอยู่กับแผ่น PCB หมุนเร็วขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงที่กำหนดไว้นั่นคือ 220 °C อุปกรณ์ที่อยู่บนแผ่น PCB จะหลุดออกและ Arduino จะสั่งการให้เครื่องหยุดการทำงาน

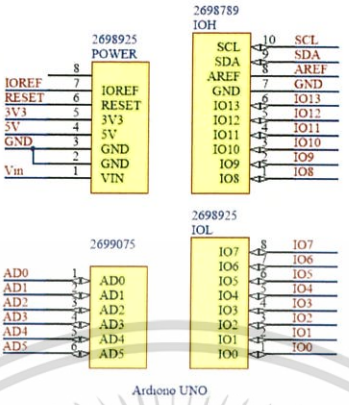


รูปที่ 3.1 ตำแหน่งขาและการต่อกับอุปกรณ์ต่างๆจาก Arduino UNO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 Schematic ของ Arduino UNO

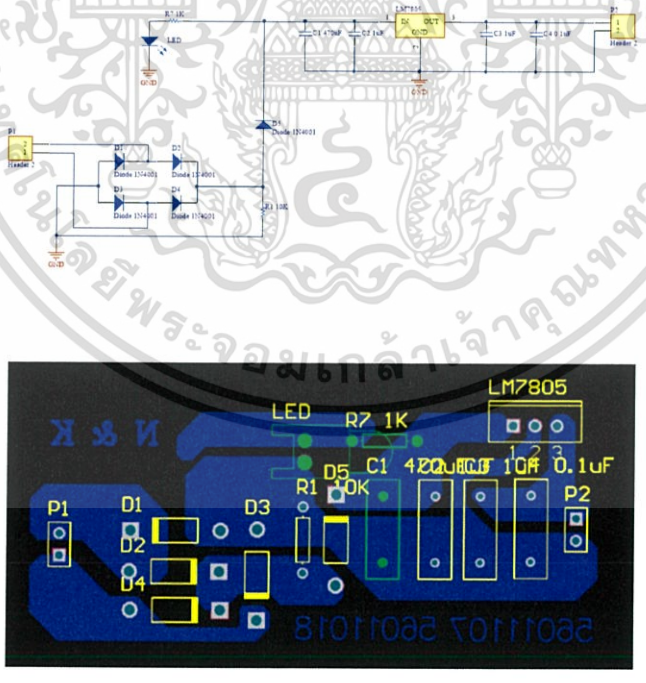
การทำงานของ Arduino UNO เริ่มจากการรับค่าอุณหภูมิจาก Temperature Sensor และทำการประมวล หลังจากนั้นทำการสั่งงานไปยังอุปกรณ์อื่นๆ



รูปที่ 3.2 Schematic ของ Arduino UNO

3.1.3 Regulator 5 Volt

การทำงานของ Regulator 5 V ส่วนแรกจะนำมาเป็นไฟเลี้ยงให้กับบอร์ด Arduino UNO และเป็นส่วนสำคัญในการจ่ายไฟเลี้ยงให้กับ Module ต่างๆ โดยมีแรงดัน 6 VAC จ่ายเข้ามาจากหม้อแปลง ผ่านไดโอดบริจด์และเข้า LM7805 จะได้เป็น 5 VDC

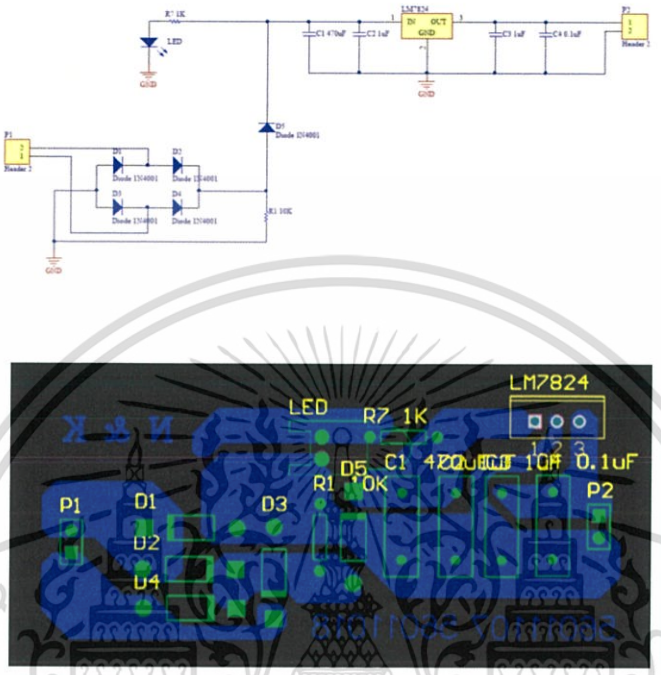


รูปที่ 3.3 Schematic และ PCB ของ Regulator 5 Volt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 Regulator 24 Volt

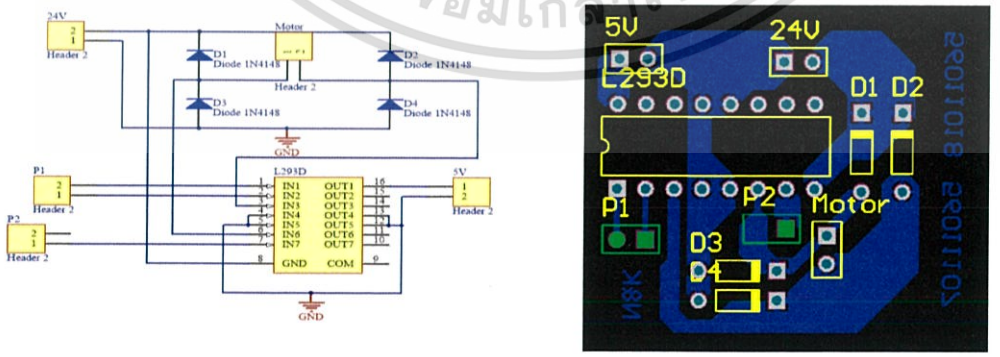
หลักการทำงานของ Regulator 24 V เป็นการออกแบบมาเพื่อให้ทำหน้าที่เป็นไฟเลี้ยงของวงจรขับมอเตอร์ เพื่อให้มอเตอร์มีแรงดันที่มากที่สุด 24 Volt โดยมีแรงดัน 24 VAC จ่ายเข้ามาจากหม้อแปลงผ่านไดโอดบริจด์และเข้า LM7824 จะได้เป็น 24 VDC



รูปที่ 3.4 Schematic และ PCB ของ Regulator 24 Volt

3.1.5 วงจรขับมอเตอร์

การทำงานของวงจรขับมอเตอร์มีหน้าที่ควบคุมให้ DC Motor หมุนไปทางขวาหรือซ้าย และควบคุมความเร็วของ DC Motor โดยใช้ L293D เป็นอุปกรณ์หลัก ซึ่งทิศทางและความเร็วของ DC Motor นั้นจะขึ้นอยู่กับการสั่งงานของ Arduino UNO

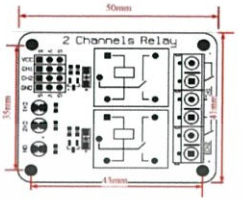


รูปที่ 3.5 Schematic และ PCB ของวงจรขับมอเตอร์

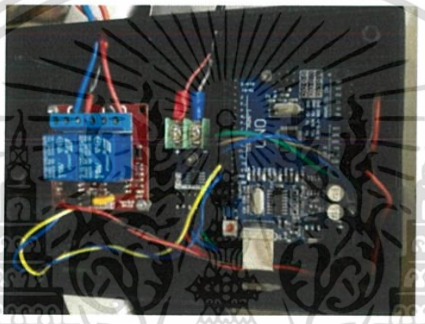
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.6 การออกแบบการต่อ Relay Module 2 Channel กับบอร์ด Arduino UNO

การทำงานของ Relay Module 2 Channel ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์ในการปรับระดับเครื่องเป่าลมร้อน ซึ่งแบ่งได้ 2 ระดับคือ ระดับต่ำและระดับสูง โดยให้ Channel 1 High เป็นการเปิดเครื่องเป่าลมร้อนระดับต่ำและ Channel 2 High เป็นการเปิดเครื่องเป่าลมร้อนระดับสูง โดย Relay จะทำงาน Channel นั้นขึ้นอยู่กับการสั่งงานของ Arduino UNO



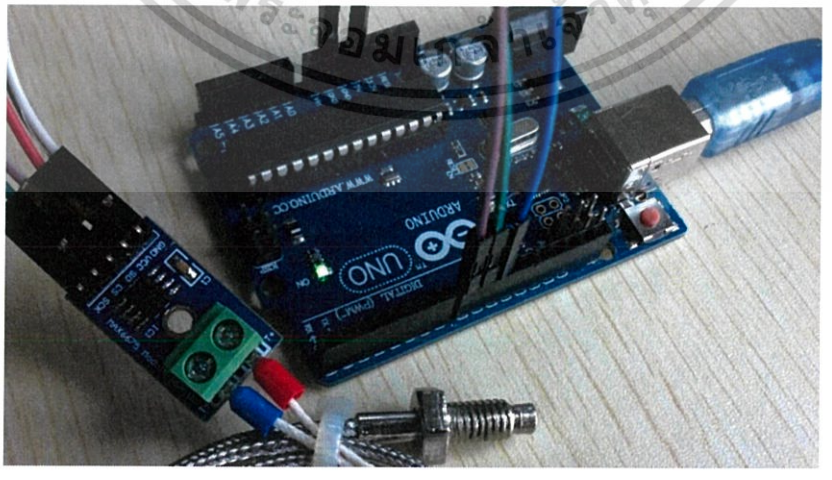
รูปที่ 3.6 โครงสร้าง Relay Module 2 Channel



รูปที่ 3.7 การออกแบบการต่อ Relay Module 2 Channel เข้ากับ Arduino UNO

3.1.7 การต่อ Temperature Sensor กับบอร์ด Arduino UNO

หลักการทำงานของ Thermocouple Type K Temperature Sensor Probe กับ Digital Converter Module for K-Type Thermocouple (MAX6675) โดย Temperature Sensor Probe จะส่งค่า Analog ให้ MAX6675 หลังจากนั้น MAX6675 จะทำการแปลงค่า Analog ให้เป็น Digital เพื่อส่งค่าไปยัง Arduino และ Arduino จะทำการประมวลผลแล้วทำการสั่งงานไปยังอุปกรณ์อื่นๆต่อไป

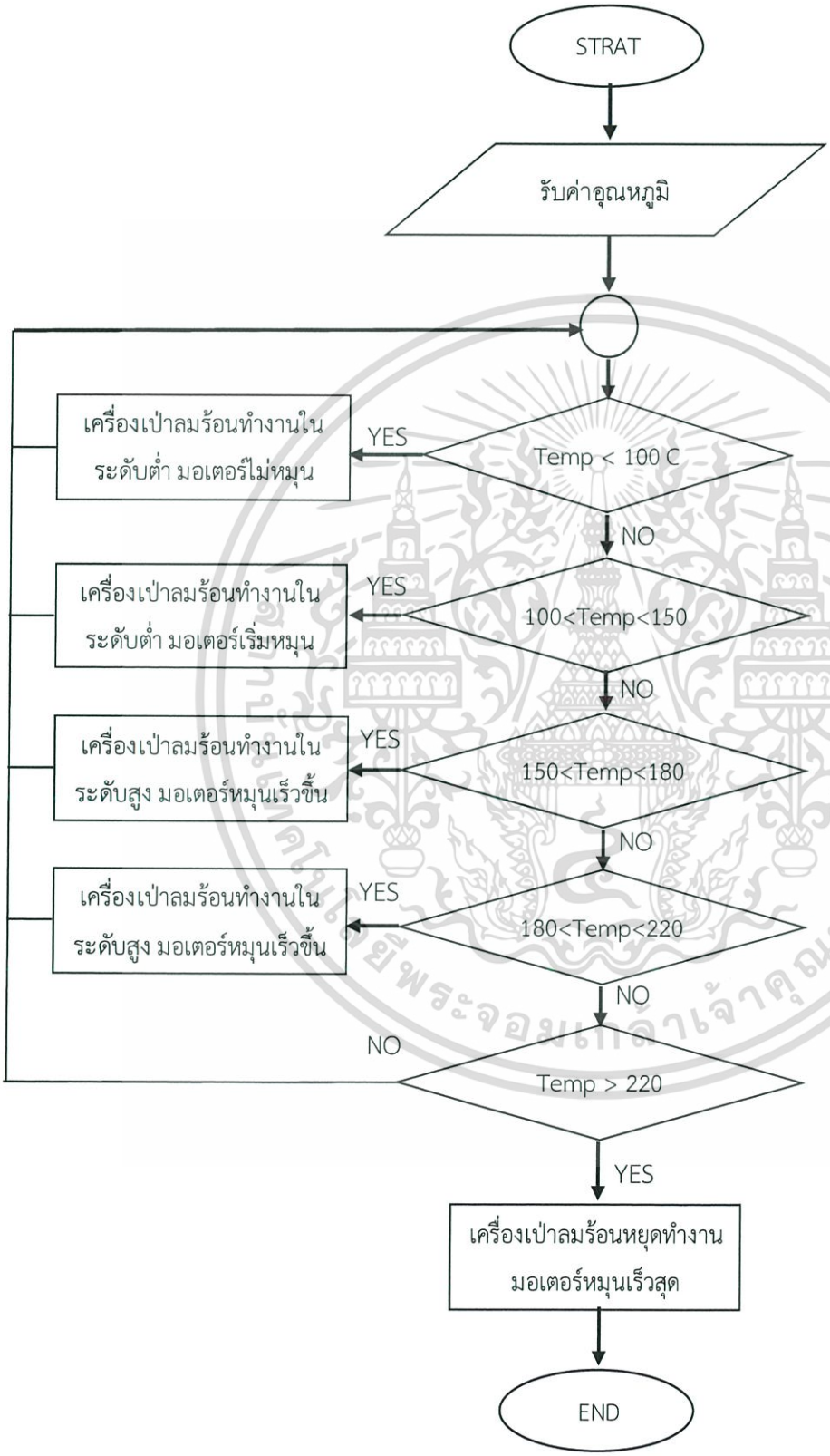


รูปที่ 3.8 แสดงการต่อ Thermocouple Type K Temperature Sensor Probe กับ Digital Converter Module for K-Type Thermocouple (MAX6675) และบอร์ด Arduino UNO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบด้าน Software

3.2.1 ขั้นตอนการทำงานแผนภาพ Flowchart



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบด้าน Mechanics

เริ่มจากทำการเจาะรูที่ตัวหม้อเพื่อใส่เครื่องเป่าลมร้อน

รูปที่ 3.9 แสดงการติดตั้งเครื่องเป่าลมร้อน

ทำการเจาะรูที่ก้นหม้อเพื่อให้อุปกรณ์ที่หลุดร่วงลงสู่ถาดที่รองไว้

รูปที่ 3.10 แสดงรูที่ได้จากการเจาะก้นหม้อ

นำเหล็กแท่งกลมไปโรงกลึงเพื่อทำมาติดกับมอเตอร์และแผ่น PCB และเจาะฝาหม้อสำหรับติด DC Motor

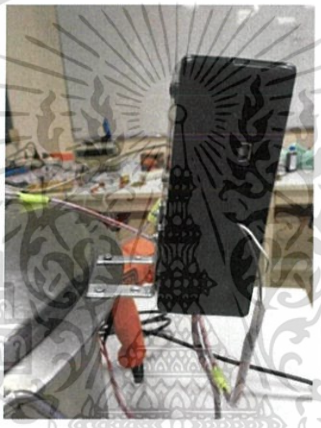
รูปที่ 3.11 แสดงการติดตั้ง DC Motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการติดหม้อแปลงกับตัวหม้อ

รูปที่ 3.12 การติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า

ทำการติดกล่องควบคุมกับตัวหม้อ



รูปที่ 3.13 การติดตั้งกล่องควบคุม

นำทุกชิ้นส่วนมาประกอบกัน

รูปที่ 3.14 เครื่องแยกอุปกรณ์เซอรเฟสเมาส์จากแผ่น PCB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลอง ณ อุณหภูมิ x < 100°C (x = ค่าอุณหภูมิที่วัดได้)

Relay module	Speed of motor (rpm)	%ของอุปกรณ์ที่หลุดออก
Channel 1 (high)	0 rpm	0 %
Channel 2 (low)		

4.2 ผลการทดลอง ณ อุณหภูมิ 100°C < x < 150°C (x = ค่าอุณหภูมิที่วัดได้)

Relay module	Speed of motor (rpm)	%ของอุปกรณ์ที่หลุดออก
Channel 1 (high)	129 rpm	0 %
Channel 2 (low)		

4.3 ผลการทดลอง ณ อุณหภูมิ 150°C < x < 180°C (x = ค่าอุณหภูมิที่วัดได้)

Relay module	Speed of motor (rpm)	%ของอุปกรณ์ที่หลุดออก
Channel 1 (low)	354 rpm	5 – 7 %
Channel 2 (high)		

4.4 ผลการทดลอง ณ อุณหภูมิ 180°C < x < 220°C (x = ค่าอุณหภูมิที่วัดได้)

Relay module	Speed of motor (rpm)	%ของอุปกรณ์ที่หลุดออก
Channel 1 (low)	354 rpm	25 – 30 %
Channel 2 (high)		

4.5 ผลการทดลอง ณ อุณหภูมิ x > 220°C (x = ค่าอุณหภูมิที่วัดได้)

Relay module	Speed of motor(rpm)	%ของอุปกรณ์ที่หลุดออก
Channel 1 (low)	953 rpm	60 – 70%
Channel 2 (low)		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและปัญหาจากการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองโครงงานการเครื่องแยกอุปกรณ์เซอร์เฟสเมาส์จากแผ่น PCB โดยการนำแผ่น PCB ที่ต้องการจะทำการแยกอุปกรณ์เซอร์เฟสเมาส์ เอาไปหนีบไว้กับแกนมอเตอร์ เครื่องจะเริ่มทำงาน โดยตัวทำความร้อนจะเริ่มเป่าลมร้อนออกมาใส่แผ่น PCB ที่เตรียมไว้ หลังจากนั้นเซนเซอร์วัดความร้อนจะส่งค่าอุณหภูมิไปยังขาดิจิตอลของ Arduino หลังจากนั้น Arduino จะสั่งการต่อไปมอเตอร์ ให้มอเตอร์เริ่มหมุนจากช้า ไปจนถึงเร็ว เครื่องจะทำงานจนถึงอุณหภูมิที่ตั้งไว้หลังจากนั้นเครื่องก้จะหยุดทำงาน และอุปกรณ์เซอร์เฟสเมาส์จะหลุดลงไปยังด้านล่างของเครื่อง

จากการทดสอบเครื่องแยกอุปกรณ์เซอร์เฟสเมาส์จากแผ่น PCB โดยเริ่มต้นเป่าความร้อนตั้งแต่ ณ อุณหภูมิ 0°-100° ที่ความเร็ว 0 rpm พบว่าอุปกรณ์ยังไม่หลุด อุณหภูมิ 100°-150° ที่ความเร็ว 0 rpm อุปกรณ์ก้ยังคงไม่หลุด ณ อุณหภูมิ 150°-180° ที่ความเร็ว 354 rpm อุปกรณ์เริ่มมีการหลุดจากแผ่น pcb ประมาณ 5 - 7% ณ อุณหภูมิ 180°-220° ที่ความเร็ว 354 rpm อุปกรณ์หลุดประมาณ 25-30% ณ อุณหภูมิ 220° ที่ความเร็ว 953 rpm อุปกรณ์หลุดประมาณ 60-70%

จากผลการทดลองเราจะเห็นว่า อุปกรณ์เซอร์เฟสเมาส์จะเริ่มหลุดที่อุณหภูมิ 150°-180° และจะเริ่มหลุดเยอะขึ้นที่อุณหภูมิ 180°-220° ความเร็วที่ใช้หมุนที่ทำให้อุปกรณ์เซอร์เฟสเมาส์ จะอยู่ที่ 354-953 rpm

ปัญหาจากการทดลอง

ในการทำงานของเครื่องแยกอุปกรณ์เซอร์เฟสเมาส์ คืออุปกรร์หรือตัวถังของเครื่องใหญ่เกินความจำเป็น ทำให้ตอนเครื่องเป่าลมร้อนทำงานใช้เวลานาน กว่าที่อุณหภูมิจะร้อนตามที่ต้องการ และตัวเซนเซอร์วัดอุณหภูมิที่อาจจะคลาดเคลื่อนได้เพราะอาจจะไม่อยู่ใกล้แผ่น PCB เพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] http://www.ti.com/lit/ds/symlink/l293.pdf

[2] https://www.arduitronics.com/article/22/arduino-and-motor-control-part-1

[3] https://www.arduitronics.com/article/24/arduino-and-motor-control-part-2

[4] http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article

[5] https://www.ghielectronics.com/downloads/man/20084141716341001_RelayX1.pdf

[6] https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/LM7805.pdf

[7] http://www.taitroncomponents.com/catalog/Datasheet/LM7805.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โค้ดที่ใช้ในการสั่งงาน

```
#include "max6675.h"


int ktcSO = 8;

int ktcCS = 9;

int ktcCLK = 10;

int Leray1 = 13;

int Leray2 = 12;

int motor1A = 4;

int motor2A = 5;

int motorEN = 3;


MAX6675 ktc(ktcCLK, ktcCS, ktcSO);



void setup() {

  Serial.begin(9600);

  // give the MAX a little time to settle

  delay(500);

  pinMode(Leray1, OUTPUT);

  pinMode(Leray2, OUTPUT);

  pinMode(motor1A, OUTPUT);

  pinMode(motor2A, OUTPUT);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  pinMode(motorEN, OUTPUT);
}

void loop() {
  // basic readout test
   float temperature = ktc.readCelsius();
   Serial.print("Deg C = ");
   Serial.print(ktc.readCelsius());
   Serial.print("\t Deg F = ");
   Serial.println(ktc.readFahrenheit());
   delay(1000);
   if (temperature <= 100)
{
 digitalWrite(Leray1,HIGH);
 digitalWrite(Leray2,LOW);
 digitalWrite(motor1A,LOW);
 digitalWrite(motor2A,HIGH);
 analogWrite(motorEN, 0);
}
 else if (temperature > 100 && temperature <= 150 )
{
 digitalWrite(Leray1,HIGH);
 digitalWrite(Leray2,LOW);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 digitalWrite(motor1A,LOW);
 digitalWrite(motor2A,HIGH);
 analogWrite(motorEN, 30);
 }
 else if (temperature > 150 && temperature < 180)
{
 digitalWrite(Leray2,HIGH);
 digitalWrite(Leray1,LOW);
 digitalWrite(motor1A,LOW);
 digitalWrite(motor2A,HIGH);
 analogWrite(motorEN, 40);
 }
 else if (temperature > 180 && temperature < 220)
 {
 digitalWrite(Leray2,HIGH);
 digitalWrite(Leray1,LOW);
 analogWrite(motorEN, 40);
 delay(5000);
 }
 else if (temperature > 220)
 {
digitalWrite(Leray2,LOW);
digitalWrite(Leray1,LOW);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  analogWrite(motorEN, 85);
  delay(10000);
  digitalWrite(motor1A,HIGH);
  digitalWrite(motor2A,HIGH);
  digitalWrite(motorEN,HIGH);
  }
}
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEXAS INSTRUMENTS

L293, L293D

SLRS008D – SEPTEMBER 1986 – REVISED JANUARY 2016

L293x Quadruple Half-H Drivers

1 Features

- Wide Supply-Voltage Range: 4.5 V to 36 V
- Separate Input-Logic Supply
- Internal ESD Protection
- High-Noise-Immunity Inputs
- Output Current 1 A Per Channel (600 mA for L293D)
- Peak Output Current 2 A Per Channel (1.2 A for L293D)
- Output Clamp Diodes for Inductive Transient Suppression (L293D)

2 Applications

- Stepper Motor Drivers
- DC Motor Drivers
- Latching Relay Drivers

3 Description

The L293 and L293D devices are quadruple high-current half-H drivers. The L293 is designed to provide bidirectional drive currents of up to 1 A at voltages from 4.5 V to 36 V. The L293D is designed to provide bidirectional drive currents of up to 600-mA at voltages from 4.5 V to 36 V. Both devices are designed to drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and bipolar stepping motors, as well as other high-current/high-voltage loads in positive-supply applications.

Each output is a complete totem-pole drive circuit, with a Darlington transistor sink and a pseudo-Darlington source. Drivers are enabled in pairs, with drivers 1 and 2 enabled by 1,2EN and drivers 3 and 4 enabled by 3,4EN.

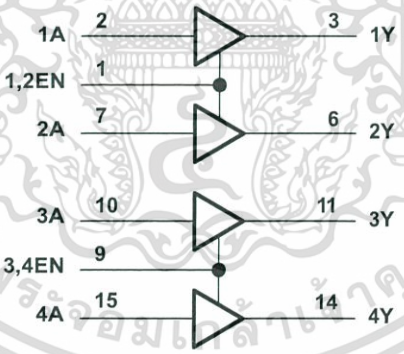
The L293 and L293D are characterized for operation from 0°C to 70°C.

Device Information(1)

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
L293NE	PDIP (16)	19.80 mm × 6.35 mm
L293DNE	PDIP (16)	19.80 mm × 6.35 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.

Logic Diagram



An IMPORTANT NOTICE at the end of this data sheet addresses availability, warranty, changes, use in safety-critical applications, intellectual property matters and other important disclaimers. PRODUCTION DATA.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table of Contents

1 Features ... 1
2 Applications ... 1
3 Description ... 1
4 Revision History ... 2
5 Pin Configuration and Functions ... 3
6 Specifications ... 4
6.1 Absolute Maximum Ratings ... 4
6.2 ESD Ratings ... 4
6.3 Recommended Operating Conditions ... 4
6.4 Thermal Information ... 4
6.5 Electrical Characteristics ... 5
6.6 Switching Characteristics ... 5
6.7 Typical Characteristics ... 5
7 Parameter Measurement Information ... 6
8 Detailed Description ... 7
8.1 Overview ... 7
8.2 Functional Block Diagram ... 7
8.3 Feature Description ... 7
8.4 Device Functional Modes ... 8
9 Application and Implementation ... 9
9.1 Application Information ... 9
9.2 Typical Application ... 9
9.3 System Examples ... 10
10 Power Supply Recommendations ... 13
11 Layout ... 14
11.1 Layout Guidelines ... 14
11.2 Layout Example ... 14
12 Device and Documentation Support ... 15
12.1 Related Links ... 15
12.2 Community Resources ... 15
12.3 Trademarks ... 15
12.4 Electrostatic Discharge Caution ... 15
12.5 Glossary ... 15
13 Mechanical, Packaging, and Orderable Information ... 15

4 Revision History

NOTE: Page numbers for previous revisions may differ from page numbers in the current version.

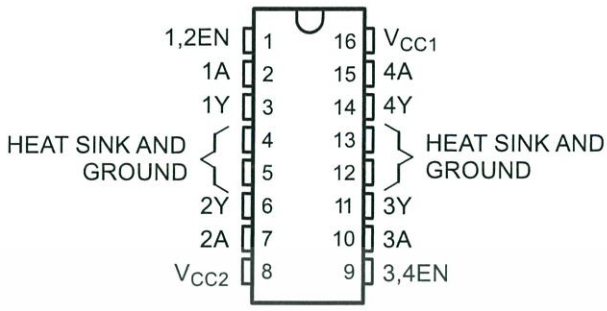
Changes from Revision C (November 2004) to Revision D	Page
• Removed *Ordering Information* table	1
• Added *ESD Ratings* and *Thermal Information* tables, *Feature Description* section, *Device Functional Modes*, *Application and Implementation* section, *Power Supply Recommendations* section, *Layout* section, *Device and Documentation Support* section, and *Mechanical, Packaging, and Orderable Information* section.	1

Copyright © 1986–2016, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 Pin Configuration and Functions

NE Package
16-Pin PDIP
Top View



Pin Functions

PIN		TYPE	DESCRIPTION
NAME	NO.		
1,2EN	1	I	Enable driver channels 1 and 2 (active high input)
<1:4>A	2, 7, 10, 15	I	Driver inputs, noninverting
<1:4>Y	3, 6, 11, 14	O	Driver outputs
3,4EN	9	I	Enable driver channels 3 and 4 (active high input)
GROUND	4, 5, 12, 13	—	Device ground and heat sink pin. Connect to printed-circuit-board ground plane with multiple solid vias
V_{CC1}	16	—	5-V supply for internal logic translation
V_{CC2}	8	—	Power VCC for drivers 4.5 V to 36 V

Copyright © 1986–2016, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6 Specifications

6.1 Absolute Maximum Ratings

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)(1)

	MIN	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{CC1} (2)		36	V
Output supply voltage, V_{CC2}		36	V
Input voltage, V_I		7	V
Output voltage, V_O	–3	V_{CC2} + 3	V
Peak output current, I_O (nonrepetitive, t ≤ 5 ms): L293	–2	2	A
Peak output current, I_O (nonrepetitive, t ≤ 100 µs): L293D	–1.2	1.2	A
Continuous output current, I_O: L293	–1	1	A
Continuous output current, I_O: L293D	–600	600	mA
Maximum junction temperature, T_J		150	°C
Storage temperature, T_{stg}	–65	150	°C

(1) Stresses beyond those listed under *Absolute Maximum Ratings* may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, which do not imply functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under *Recommended Operating Conditions*. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.
(2) All voltage values are with respect to the network ground terminal.

6.2 ESD Ratings

			VALUE	UNIT
$V_{(ESD)}$	Electrostatic discharge	Human-body model (HBM), per ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 (1)	±2000	V
		Charged-device model (CDM), per JEDEC specification JESD22-C101 (2)	±1000	

(1) JEDEC document JEP155 states that 500-V HBM allows safe manufacturing with a standard ESD control process.
(2) JEDEC document JEP157 states that 250-V CDM allows safe manufacturing with a standard ESD control process.

6.3 Recommended Operating Conditions

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

			MIN	NOM	MAX	UNIT
	Supply voltage	V_{CC1}	4.5		7	V
		V_{CC2}	V_{CC1}		36	
V_{IH}	High-level input voltage	V_{CC1} ≤ 7 V	2.3		V_{CC1}	V
		V_{CC1} ≥ 7 V	2.3		7	V
V_{IL}	Low-level output voltage		–0.3 (1)		1.5	V
T_A	Operating free-air temperature		0		70	°C

(1) The algebraic convention, in which the least positive (most negative) designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels.

6.4 Thermal Information

THERMAL METRIC (1)		L293, L293D NE (PDIP) 16 PINS	UNIT
$R_{\theta JA}$	Junction-to-ambient thermal resistance (2)	36.4	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	Junction-to-case (top) thermal resistance	22.5	°C/W
$R_{\theta JB}$	Junction-to-board thermal resistance	16.5	°C/W
ψ_{JT}	Junction-to-top characterization parameter	7.1	°C/W
ψ_{JB}	Junction-to-board characterization parameter	16.3	°C/W

(1) For more information about traditional and new thermal metrics, see the *Semiconductor and IC Package Thermal Metrics* application report, SPRA953.
(2) The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

Copyright © 1986–2016, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5 Electrical Characteristics

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER			TEST CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNIT
V_{OH}	High-level output voltage		L293: I_{OH} = −1 A		V_{CC2} – 1.8	V_{CC2} – 1.4		V
			L293D: I_{OH} = − 0.6 A					
V_{OL}	Low-level output voltage		L293: I_{OL} = 1 A			1.2	1.8	V
			L293D: I_{OL} = 0.6 A					
V_{OKH}	High-level output clamp voltage		L293D: I_{OK} = –0.6 A			V_{CC2} + 1.3		V
V_{OKL}	Low-level output clamp voltage		L293D: I_{OK} = 0.6 A			1.3		V
I_{IH}	High-level input current	A	V_I = 7 V			0.2	100	μA
		EN				0.2	10	
I_{IL}	Low-level input current	A	V_I = 0			–3	–10	μA
		EN				–2	–100	
I_{CC1}	Logic supply current		I_O = 0	All outputs at high level		13	22	mA
				All outputs at low level		35	60	
				All outputs at high impedance		8	24	
I_{CC2}	Output supply current		I_O = 0	All outputs at high level		14	24	mA
				All outputs at low level		2	6	
				All outputs at high impedance		2	4	

6.6 Switching Characteristics

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted) V_{CC1} = 5 V, V_{CC2} = 24 V, T_A = 25°C

PARAMETER			TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output from A input	L293NE, L293DNE	C_L = 30 pF, See Figure 2		800		ns
		L293DWP, L293N L293DN			750		
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output from A input	L293NE, L293DNE			400		ns
		L293DWP, L293N L293DN			200		
t_{TLH}	Transition time, low-to-high-level output	L293NE, L293DNE			300		ns
		L293DWP, L293N L293DN			100		
t_{THL}	Transition time, high-to-low-level output	L293NE, L293DNE			300		ns
		L293DWP, L293N L293DN			350		

6.7 Typical Characteristics

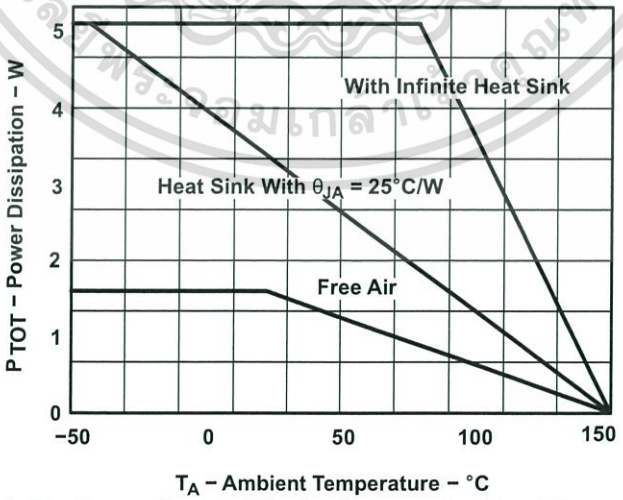
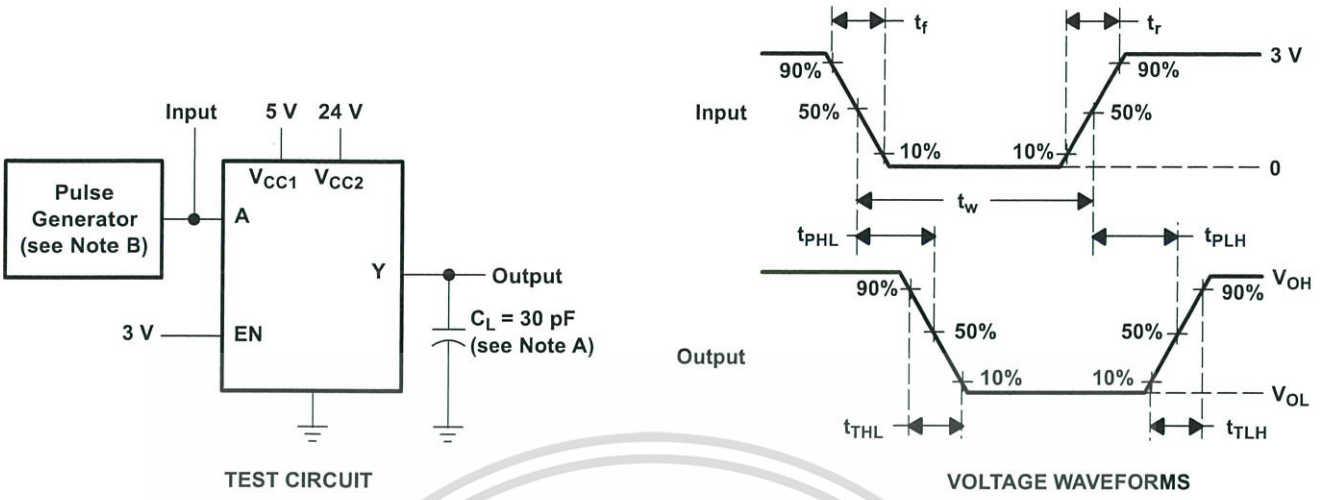


Figure 1. Maximum Power Dissipation vs Ambient Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7 Parameter Measurement Information



NOTES: A. C_L includes probe and jig capacitance.
B. The pulse generator has the following characteristics: $t_r \leq 10$ ns, $t_f \leq 10$ ns, $t_w = 10$ µs, PRR = 5 kHz, $Z_O = 50$ Ω.

Figure 2. Test Circuit and Voltage Waveforms

Copyright © 1986–2016, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8 Detailed Description

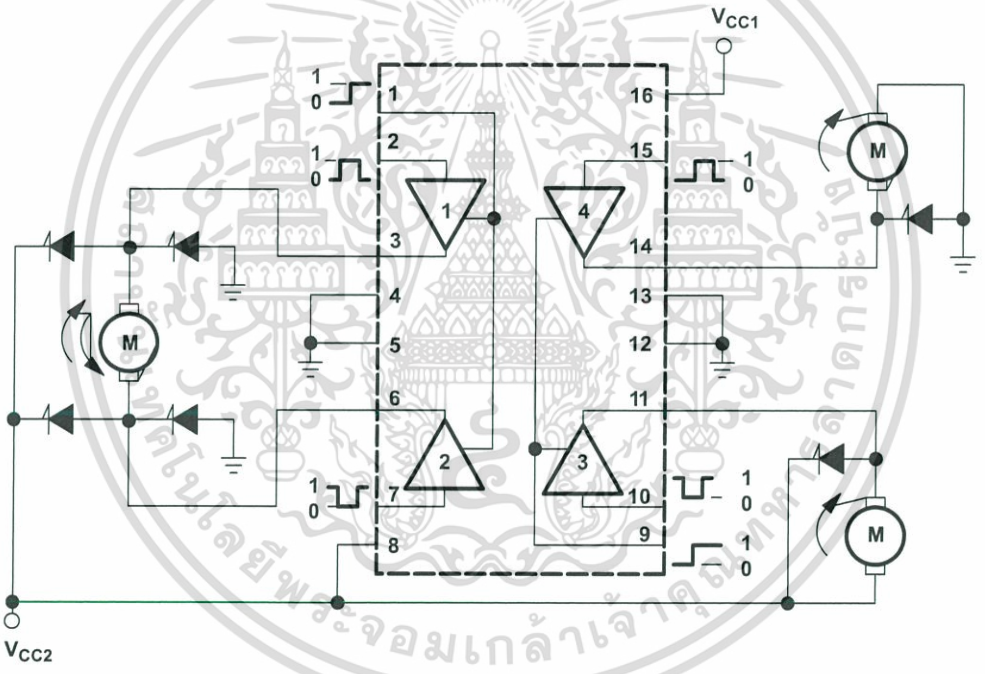
8.1 Overview

The L293 and L293D are quadruple high-current half-H drivers. These devices are designed to drive a wide array of inductive loads such as relays, solenoids, DC and bipolar stepping motors, as well as other high-current and high-voltage loads. All inputs are TTL compatible and tolerant up to 7 V.

Each output is a complete totem-pole drive circuit, with a Darlington transistor sink and a pseudo-Darlington source. Drivers are enabled in pairs, with drivers 1 and 2 enabled by 1,2EN and drivers 3 and 4 enabled by 3,4EN. When an enable input is high, the associated drivers are enabled, and their outputs are active and in phase with their inputs. When the enable input is low, those drivers are disabled, and their outputs are off and in the high-impedance state. With the proper data inputs, each pair of drivers forms a full-H (or bridge) reversible drive suitable for solenoid or motor applications.

On the L293, external high-speed output clamp diodes should be used for inductive transient suppression. On the L293D, these diodes are integrated to reduce system complexity and overall system size. A V_{CC1} terminal, separate from V_{CC2}, is provided for the logic inputs to minimize device power dissipation. The L293 and L293D are characterized for operation from 0°C to 70°C.

8.2 Functional Block Diagram



Output diodes are internal in L293D.

8.3 Feature Description

The L293x has TTL-compatible inputs and high voltage outputs for inductive load driving. Current outputs can get up to 2 A using the L293.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.4 Device Functional Modes

Table 1 lists the fuctional modes of the L293x.

Table 1. Function Table (Each Driver)(1)

INPUTS (2)		OUTPUT (Y)
A	EN	
H	H	H
L	H	L
X	L	Z

(1) H = high level, L = low level, X = irrelevant, Z = high impedance (off)
(2) In the thermal shutdown mode, the output is in the high-impedance state, regardless of the input levels.

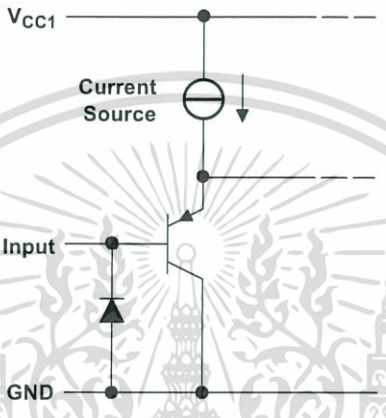


Figure 3. Schematic of Inputs for the L293x

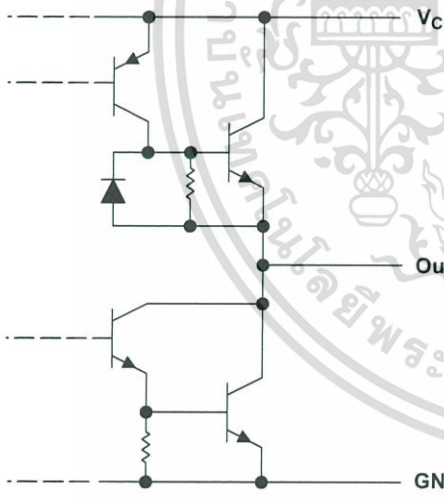


Figure 4. Schematic of Outputs for the L293

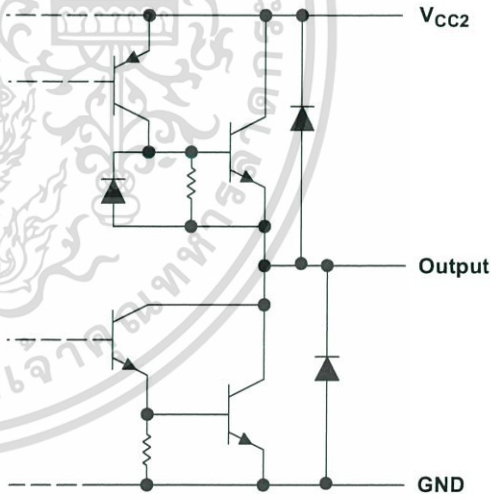


Figure 5. Schematic of Outputs for the L293D

Copyright © 1986–2016, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9 Application and Implementation

NOTE

Information in the following applications sections is not part of the TI component specification, and TI does not warrant its accuracy or completeness. TI's customers are responsible for determining suitability of components for their purposes. Customers should validate and test their design implementation to confirm system functionality.

9.1 Application Information

A typical application for the L293 device is driving a two-phase motor. Below is an example schematic displaying how to properly connect a two-phase motor to the L293 device.

Provide a 5-V supply to V_{CC1} and valid logic input levels to data and enable inputs. V_{CC2} must be connected to a power supply capable of supplying the needed current and voltage demand for the loads connected to the outputs.

9.2 Typical Application

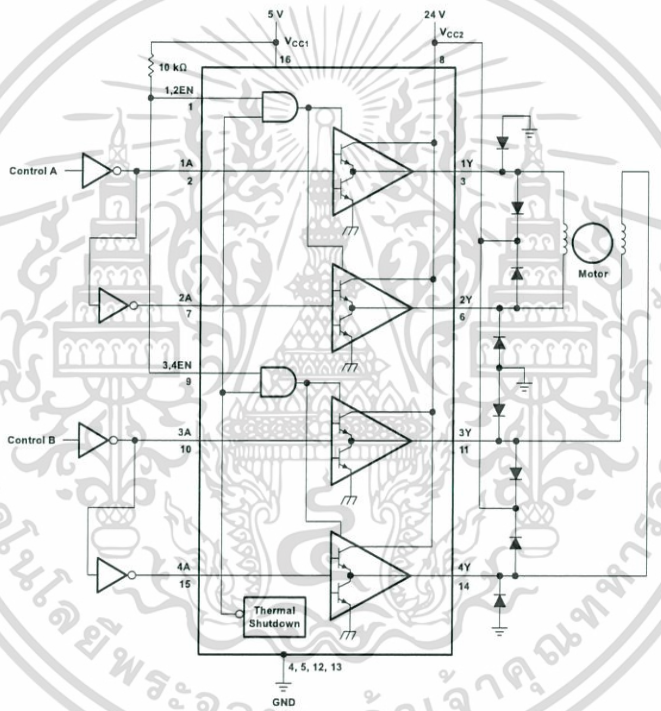


Figure 6. Two-Phase Motor Driver (L293)

9.2.1 Design Requirements

The design techniques in the application above as well as the applications below should fall within the following design requirements.

1. V_{CC1} should fall within the limits described in the *Recommended Operating Conditions*.
2. V_{CC2} should fall within the limits described in the *Recommended Operating Conditions*.
3. The current per channel should not exceed 1 A for the L293 (600mA for the L293D).

9.2.2 Detailed Design Procedure

When designing with the L293 or L293D, careful consideration should be made to ensure the device does not exceed the operating temperature of the device. Proper heatsinking will allow for operation over a larger range of current per channel. Refer to the *Power Supply Recommendations* as well as the *Layout Example*.

Copyright © 1986–2016, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Application (continued)

9.2.3 Application Curve

Refer to *Power Supply Recommendations* for additional information with regards to appropriate power dissipation. Figure 7 describes thermal dissipation based on Figure 14.

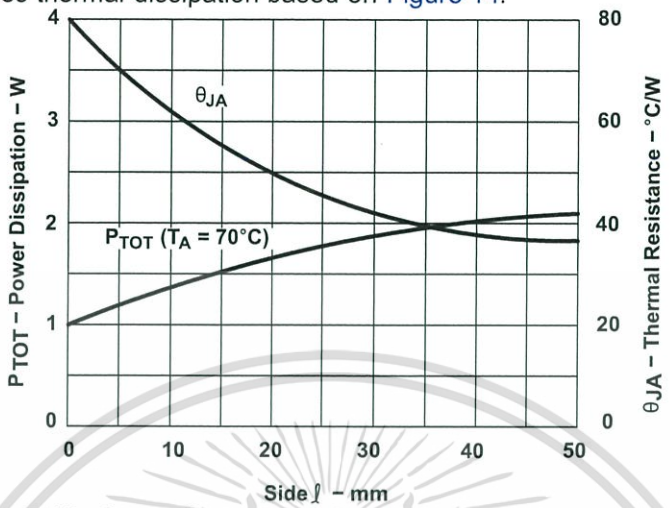


Figure 7. Maximum Power and Junction vs Thermal Resistance

9.3 System Examples

9.3.1 L293D as a Two-Phase Motor Driver

Figure 8 below depicts a typical setup for using the L293D as a two-phase motor driver. Refer to the *Recommended Operating Conditions* when considering the appropriate input high and input low voltage levels to enable each channel of the device.

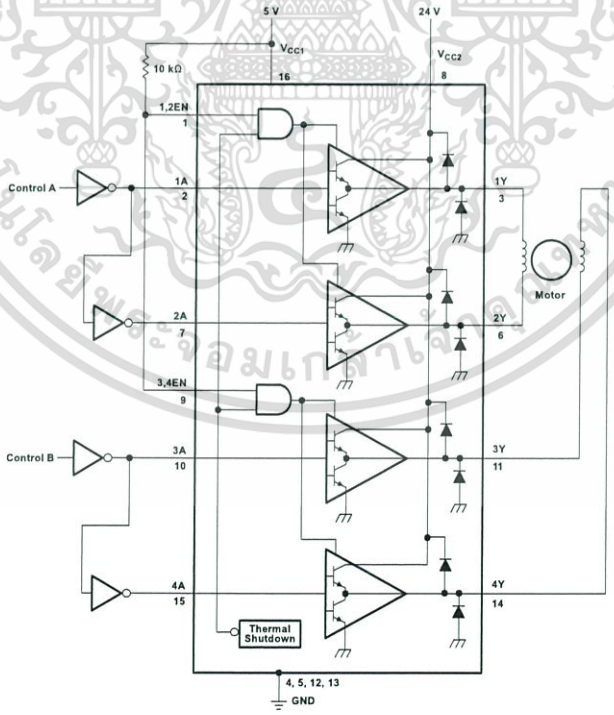


Figure 8. Two-Phase Motor Driver (L293D)

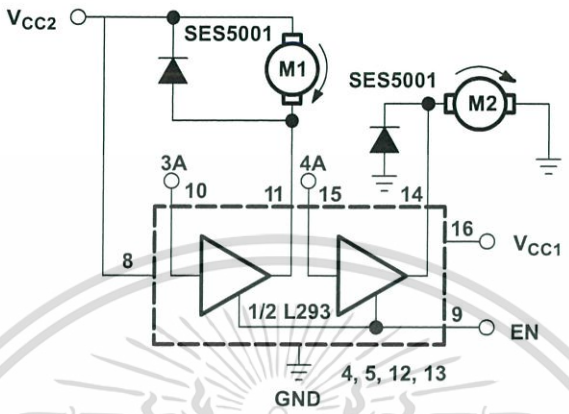
Copyright © 1986–2016, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

System Examples (continued)

9.3.2 DC Motor Controls

Figure 9 and Figure 10 below depict a typical setup for using the L293 device as a controller for DC motors. Note that the L293 device can be used as a simple driver for a motor to turn on and off in one direction, and can also be used to drive a motor in both directions. Refer to the function tables below to understand unidirectional vs bidirectional motor control. Refer to the *Recommended Operating Conditions* when considering the appropriate input high and input low voltage levels to enable each channel of the device.



Connections to ground and to supply voltage

Figure 9. DC Motor Controls

Table 2. Unidirectional DC Motor Control

EN	3A	M1 (1)	4A	M2
H	H	Fast motor stop	H	Run
H	L	run	L	Fast motor stop
L	X	Free-running motor stop	X	Free-running motor stop

(1) L = low, H = high, X = don't care

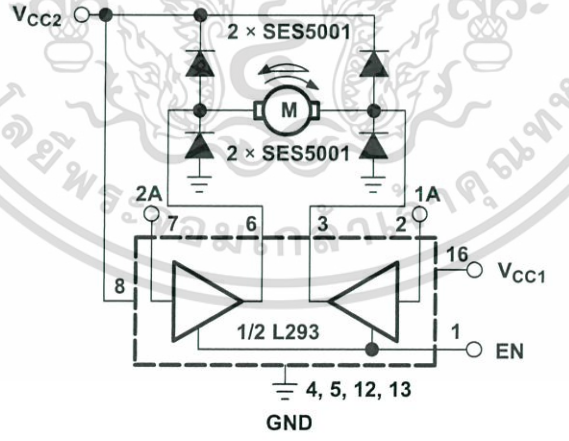


Figure 10. Bidirectional DC Motor Control

Table 3. Bidirectional DC Motor Control

EN	1A	2A	FUNCTION (1)
H	L	H	Turn right
H	H	L	Turn left

(1) L = low, H = high, X = don't care

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 3. Bidirectional DC Motor Control (continued)

EN	1A	2A	FUNCTION(1)
H	L	L	Fast motor stop
H	H	H	Fast motor stop
L	X	X	Free-running motor stop

9.3.3 Bipolar Stepping-Motor Control

Figure 11 below depicts a typical setup for using the L293D as a two-phase motor driver. Refer to the *Recommended Operating Conditions* when considering the appropriate input high and input low voltage levels to enable each channel of the device.

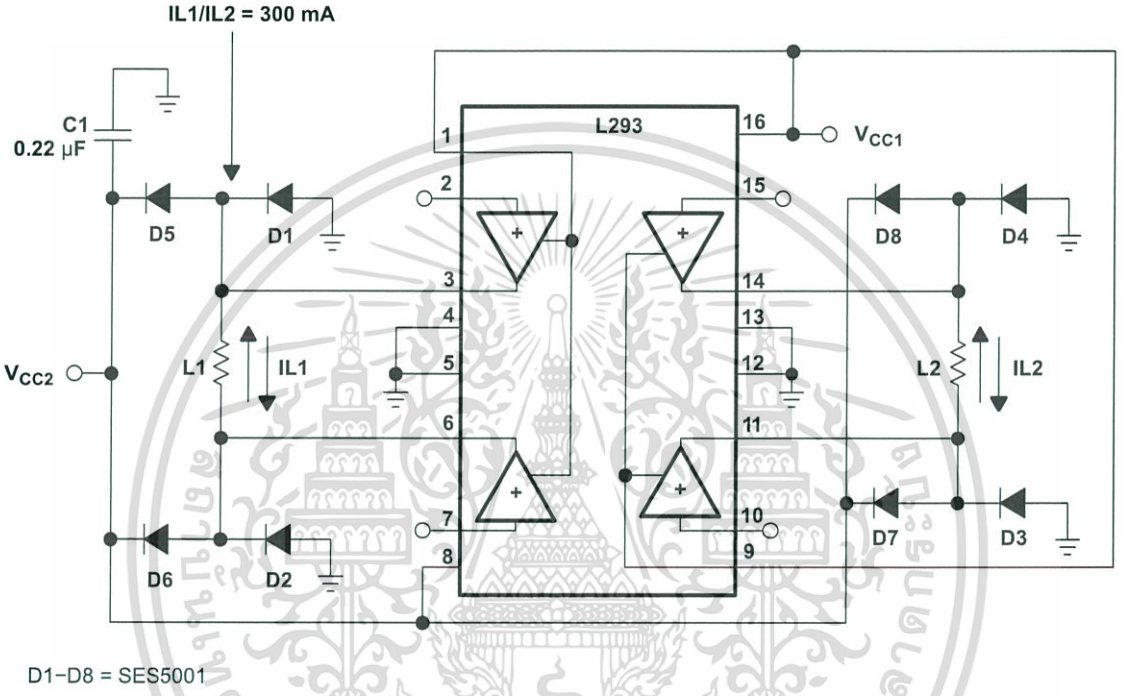


Figure 11. Bipolar Stepping-Motor Control

Copyright © 1986–2016, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10 Power Supply Recommendations

V_{CC1} is 5 V ± 0.5 V and V_{CC2} can be same supply as V_{CC1} or a higher voltage supply with peak voltage up to 36 V. Bypass capacitors of 0.1 uF or greater should be used at V_{CC1} and V_{CC2} pins. There are no power up or power down supply sequence order requirements.

Properly heatsinking the L293 when driving high-current is critical to design. The Rthj-amp of the L293 can be reduced by soldering the GND pins to a suitable copper area of the printed circuit board or to an external heat sink.

Figure 14 shows the maximum package power PTOT and the θJA as a function of the side of two equal square copper areas having a thickness of 35 µm (see Figure 14). In addition, an external heat sink can be used (see Figure 12).

During soldering, the pin temperature must not exceed 260°C, and the soldering time must not exceed 12 seconds.

The external heatsink or printed circuit copper area must be connected to electrical ground.

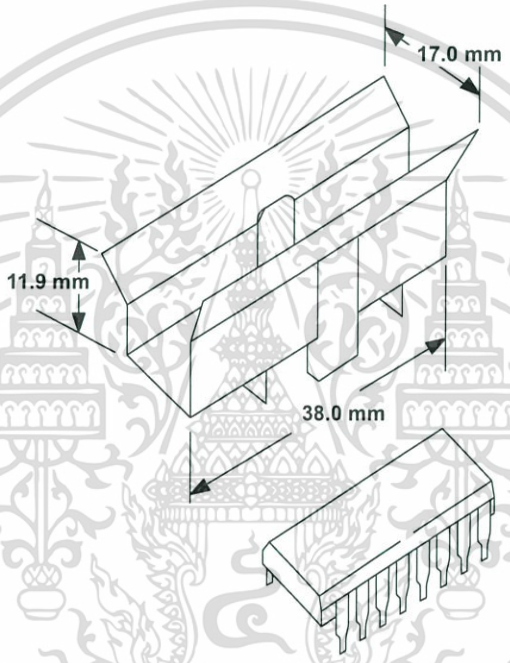


Figure 12. External Heat Sink Mounting Example (θ_{JA} = 25°C/W)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11 Layout

11.1 Layout Guidelines

Place the device near the load to keep output traces short to reduce EMI. Use solid vias to transfer heat from ground pins to ground plane of the printed-circuit-board.

11.2 Layout Example

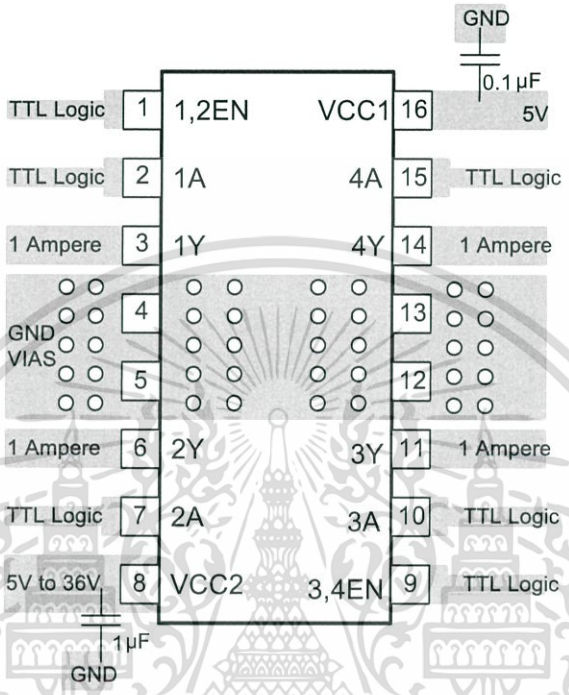


Figure 13. Layout Diagram

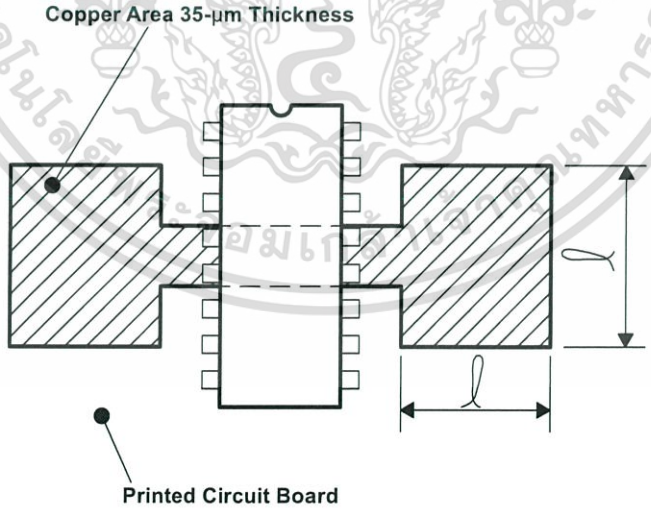


Figure 14. Example of Printed-Circuit-Board Copper Area (Used as Heat Sink)

Copyright © 1986–2016, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12 Device and Documentation Support

12.1 Related Links

The table below lists quick access links. Categories include technical documents, support and community resources, tools and software, and quick access to sample or buy.

Table 4. Related Links

PARTS	PRODUCT FOLDER	SAMPLE & BUY	TECHNICAL DOCUMENTS	TOOLS & SOFTWARE	SUPPORT & COMMUNITY
L293	Click here	Click here	Click here	Click here	Click here
L293D	Click here	Click here	Click here	Click here	Click here

12.2 Community Resources

The following links connect to TI community resources. Linked contents are provided "AS IS" by the respective contributors. They do not constitute TI specifications and do not necessarily reflect TI's views; see TI's Terms of Use.

TI E2E™ Online Community ***TI's Engineer-to-Engineer (E2E) Community.*** Created to foster collaboration among engineers. At e2e.ti.com, you can ask questions, share knowledge, explore ideas and help solve problems with fellow engineers.

Design Support ***TI's Design Support*** Quickly find helpful E2E forums along with design support tools and contact information for technical support.

12.3 Trademarks

E2E is a trademark of Texas Instruments.
All other trademarks are the property of their respective owners.

12.4 Electrostatic Discharge Caution

These devices have limited built-in ESD protection. The leads should be shorted together or the device placed in conductive foam during storage or handling to prevent electrostatic damage to the MOS gates.

12.5 Glossary

SLYZ022 — *TI Glossary*.

This glossary lists and explains terms, acronyms, and definitions.

13 Mechanical, Packaging, and Orderable Information

The following pages include mechanical, packaging, and orderable information. This information is the most current data available for the designated devices. This data is subject to change without notice and revision of this document. For browser-based versions of this data sheet, refer to the left-hand navigation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGING INFORMATION

Orderable Device	Status (1)	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan (2)	Lead/Ball Finish (6)	MSL Peak Temp (3)	Op Temp (°C)	Device Marking (4/5)	Samples
L293DNE	ACTIVE	PDIP	NE	16	25	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type	0 to 70	L293DNE	Samples
L293DNEE4	ACTIVE	PDIP	NE	16	25	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type	0 to 70	L293DNE	Samples
L293NE	ACTIVE	PDIP	NE	16	25	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type	0 to 70	L293NE	Samples
L293NEE4	ACTIVE	PDIP	NE	16	25	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type	0 to 70	L293NE	Samples

(1) The marketing status values are defined as follows:
ACTIVE: Product device recommended for new designs.
LIFEBUY: TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.
NRND: Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using this part in a new design.
PREVIEW: Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.
OBSOLETE: TI has discontinued the production of the device.

(2) Eco Plan - The planned eco-friendly classification: Pb-Free (RoHS), Pb-Free (RoHS Exempt), or Green (RoHS & no Sb/Br) - please check http://www.ti.com/productcontent for the latest availability information and additional product content details.
TBD: The Pb-Free/Green conversion plan has not been defined.
Pb-Free (RoHS): TI's terms "Lead-Free" or "Pb-Free" mean semiconductor products that are compatible with the current RoHS requirements for all 6 substances, including the requirement that lead not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, TI Pb-Free products are suitable for use in specified lead-free processes.
Pb-Free (RoHS Exempt): This component has a RoHS exemption for either 1) lead-based flip-chip solder bumps used between the die and package, or 2) lead-based die adhesive used between the die and leadframe. The component is otherwise considered Pb-Free (RoHS compatible) as defined above.
Green (RoHS & no Sb/Br): TI defines "Green" to mean Pb-Free (RoHS compatible), and free of Bromine (Br) and Antimony (Sb) based flame retardants (Br or Sb do not exceed 0.1% by weight in homogeneous material)

(3) MSL, Peak Temp. - The Moisture Sensitivity Level rating according to the JEDEC industry standard classifications, and peak solder temperature.

(4) There may be additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category on the device.

(5) Multiple Device Markings will be inside parentheses. Only one Device Marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a device. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire Device Marking for that device.

(6) Lead/Ball Finish - Orderable Devices may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead/Ball Finish values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments Incorporated (TI) reserves the right to make corrections, enhancements, improvements and other changes to its semiconductor products and services per JESD46, latest issue, and to discontinue any product or service per JESD48, latest issue. Buyers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete.

TI's published terms of sale for semiconductor products (http://www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm) apply to the sale of packaged integrated circuit products that TI has qualified and released to market. Additional terms may apply to the use or sale of other types of TI products and services.

Reproduction of significant portions of TI information in TI data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations, and notices. TI is not responsible or liable for such reproduced documentation. Information of third parties may be subject to additional restrictions. Resale of TI products or services with statements different from or beyond the parameters stated by TI for that product or service voids all express and any implied warranties for the associated TI product or service and is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for any such statements.

Buyers and others who are developing systems that incorporate TI products (collectively, "Designers") understand and agree that Designers remain responsible for using their independent analysis, evaluation and judgment in designing their applications and that Designers have full and exclusive responsibility to assure the safety of Designers' applications and compliance of their applications (and of all TI products used in or for Designers' applications) with all applicable regulations, laws and other applicable requirements. Designer represents that, with respect to their applications, Designer has all the necessary expertise to create and implement safeguards that (1) anticipate dangerous consequences of failures, (2) monitor failures and their consequences, and (3) lessen the likelihood of failures that might cause harm and take appropriate actions. Designer agrees that prior to using or distributing any applications that include TI products, Designer will thoroughly test such applications and the functionality of such TI products as used in such applications.

TI's provision of technical, application or other design advice, quality characterization, reliability data or other services or information, including, but not limited to, reference designs and materials relating to evaluation modules, (collectively, "TI Resources") are intended to assist designers who are developing applications that incorporate TI products; by downloading, accessing or using TI Resources in any way, Designer (individually or, if Designer is acting on behalf of a company, Designer's company) agrees to use any particular TI Resource solely for this purpose and subject to the terms of this Notice.

TI's provision of TI Resources does not expand or otherwise alter TI's applicable published warranties or warranty disclaimers for TI products, and no additional obligations or liabilities arise from TI providing such TI Resources. TI reserves the right to make corrections, enhancements, improvements and other changes to its TI Resources. TI has not conducted any testing other than that specifically described in the published documentation for a particular TI Resource.

Designer is authorized to use, copy and modify any individual TI Resource only in connection with the development of applications that include the TI product(s) identified in such TI Resource. NO OTHER LICENSE, EXPRESS OR IMPLIED, BY ESTOPPEL OR OTHERWISE TO ANY OTHER TI INTELLECTUAL PROPERTY RIGHT, AND NO LICENSE TO ANY TECHNOLOGY OR INTELLECTUAL PROPERTY RIGHT OF TI OR ANY THIRD PARTY IS GRANTED HEREIN, including but not limited to any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI products or services are used. Information regarding or referencing third-party products or services does not constitute a license to use such products or services, or a warranty or endorsement thereof. Use of TI Resources may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

TI RESOURCES ARE PROVIDED "AS IS" AND WITH ALL FAULTS. TI DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES OR REPRESENTATIONS, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING RESOURCES OR USE THEREOF, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO ACCURACY OR COMPLETENESS, TITLE, ANY EPIDEMIC FAILURE WARRANTY AND ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, AND NON-INFRINGEMENT OF ANY THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS. TI SHALL NOT BE LIABLE FOR AND SHALL NOT DEFEND OR INDEMNIFY DESIGNER AGAINST ANY CLAIM, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO ANY INFRINGEMENT CLAIM THAT RELATES TO OR IS BASED ON ANY COMBINATION OF PRODUCTS EVEN IF DESCRIBED IN TI RESOURCES OR OTHERWISE. IN NO EVENT SHALL TI BE LIABLE FOR ANY ACTUAL, DIRECT, SPECIAL, COLLATERAL, INDIRECT, PUNITIVE, INCIDENTAL, CONSEQUENTIAL OR EXEMPLARY DAMAGES IN CONNECTION WITH OR ARISING OUT OF TI RESOURCES OR USE THEREOF, AND REGARDLESS OF WHETHER TI HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES.

Unless TI has explicitly designated an individual product as meeting the requirements of a particular industry standard (e.g., ISO/TS 16949 and ISO 26262), TI is not responsible for any failure to meet such industry standard requirements.

Where TI specifically promotes products as facilitating functional safety or as compliant with industry functional safety standards, such products are intended to help enable customers to design and create their own applications that meet applicable functional safety standards and requirements. Using products in an application does not by itself establish any safety features in the application. Designers must ensure compliance with safety-related requirements and standards applicable to their applications. Designer may not use any TI products in life-critical medical equipment unless authorized officers of the parties have executed a special contract specifically governing such use. Life-critical medical equipment is medical equipment where failure of such equipment would cause serious bodily injury or death (e.g., life support, pacemakers, defibrillators, heart pumps, neurostimulators, and implantables). Such equipment includes, without limitation, all medical devices identified by the U.S. Food and Drug Administration as Class III devices and equivalent classifications outside the U.S.

TI may expressly designate certain products as completing a particular qualification (e.g., Q100, Military Grade, or Enhanced Product). Designers agree that it has the necessary expertise to select the product with the appropriate qualification designation for their applications and that proper product selection is at Designers' own risk. Designers are solely responsible for compliance with all legal and regulatory requirements in connection with such selection.

Designer will fully indemnify TI and its representatives against any damages, costs, losses, and/or liabilities arising out of Designer's non-compliance with the terms and provisions of this Notice.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2017, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19-2235; Rev 1; 3/02

MAXIM

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

General Description

The MAX6675 performs cold-junction compensation and digitizes the signal from a type-K thermocouple. The data is output in a 12-bit resolution, SPI™-compatible, read-only format.

This converter resolves temperatures to 0.25°C, allows readings as high as +1024°C, and exhibits thermocouple accuracy of 8LSBs for temperatures ranging from 0°C to +700°C.

The MAX6675 is available in a small, 8-pin SO package.

Features

- ♦ **Direct Digital Conversion of Type -K Thermocouple Output**
- ♦ **Cold-Junction Compensation**
- ♦ **Simple SPI-Compatible Serial Interface**
- ♦ **12-Bit, 0.25°C Resolution**
- ♦ **Open Thermocouple Detection**

Ordering Information

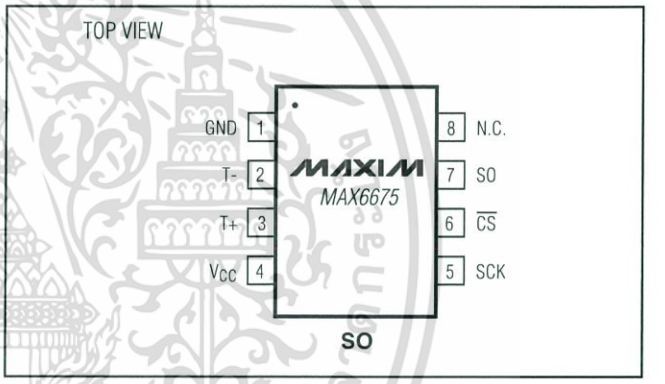
PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX6675ISA	-20°C to +85°C	8 SO

Applications

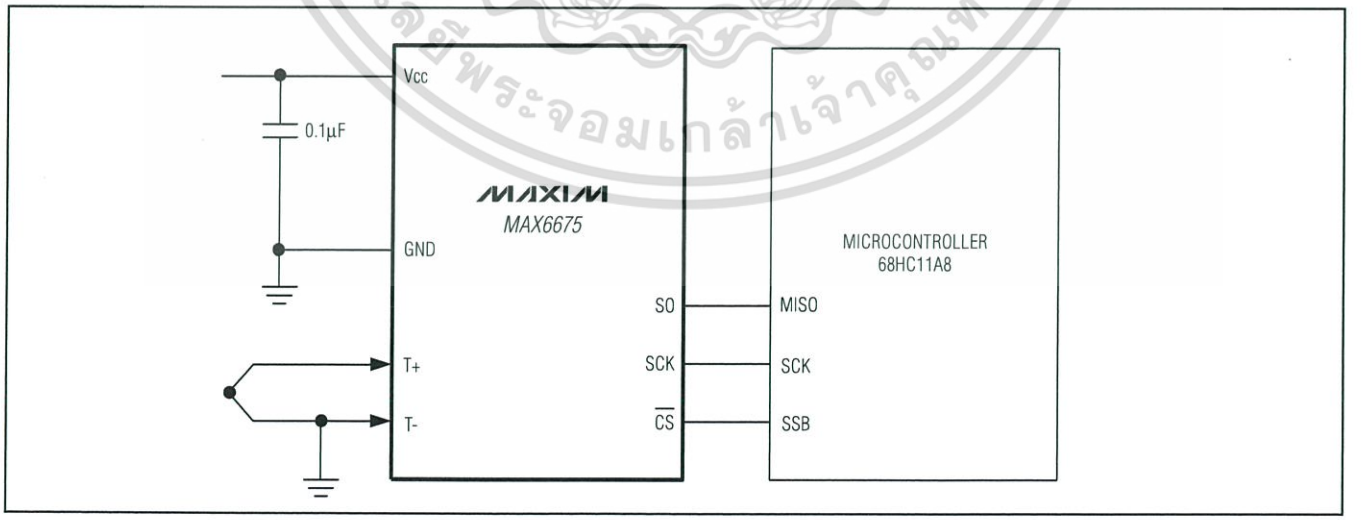
Industrial
Appliances
HVAC
Automotive

SPI is a trademark of Motorola, Inc.

Pin Configuration



Typical Application Circuit



For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct! at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at www.maxim-ic.com.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage (V_{CC} to GND) ..... -0.3V to +6V
SO, SCK, $\overline{CS}$, T-, T+ to GND .....-0.3V to V_{CC} + 0.3V
SO Current 50mA
ESD Protection (Human Body Model) ..... ±2000V
Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
8-Pin SO (derate 5.88mW/°C above +70°C) 471mW
Operating Temperature Range .....-20°C to +85°C
Storage Temperature Range .....-65°C to +150°C
Junction Temperature ..... +150°C
SO Package
Vapor Phase (60s) . .....+215°C
Infrared (15s) .....+220°C
Lead Temperature (soldering, 10s) ..... +300°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, T_A = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Temperature Error		$T_{THERMOCOUPLE}$ = +700°C, T_A = +25°C (Note 2)	V_{CC} = +3.3V	-5		+5	LSB
			V_{CC} = +5V	-6		+6	
		$T_{THERMOCOUPLE}$ = 0°C to +700°C, T_A = +25°C (Note 2)	V_{CC} = +3.3V	-8		+8	
			V_{CC} = +5V	-9		+9	
		$T_{THERMOCOUPLE}$ = +700°C to +1000°C, T_A = +25°C (Note 2)	V_{CC} = +3.3V	-17		+17	
			V_{CC} = +5V	-19		+19	
Thermocouple Conversion Constant					10.25		µV/LSB
Cold-Junction Compensation Error		T_A = -20°C to +85°C (Note 2)	V_{CC} = +3.3V	-3.0		+3.0	°C
			V_{CC} = +5V	-3.0		+3.0	
Resolution					0.25		°C
Thermocouple Input Impedance					60		kΩ
Supply Voltage	V_{CC}			3.0		5.5	V
Supply Current	I_{CC}				0.7	1.5	mA
Power-On Reset Threshold		V_{CC} rising		1	2	2.5	V
Power-On Reset Hysteresis					50		mV
Conversion Time		(Note 2)			0.17	0.22	s
SERIAL INTERFACE							
Input Low Voltage	V_{IL}					0.3 x V_{CC}	V
Input High Voltage	V_{IH}			0.7 x V_{CC}			V
Input Leakage Current	I_{LEAK}	V_{IN} = GND or V_{CC}				±5	µA
Input Capacitance	C_{IN}				5		pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, T_A = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output High Voltage	V_{OH}	I_{SOURCE} = 1.6mA	V_{CC} - 0.4			V
Output Low Voltage	V_{OL}	I_{SINK} = 1.6mA			0.4	V
TIMING						
Serial Clock Frequency	f_{SCL}				4.3	MHz
SCK Pulse High Width	t_{CH}		100			ns
SCK Pulse Low Width	t_{CL}		100			ns
CSB Fall to SCK Rise	t_{CSS}	C_L = 10pF	100			ns
CSB Fall to Output Enable	t_{DV}	C_L = 10pF			100	ns
CSB Rise to Output Disable	t_{TR}	C_L = 10pF			100	ns
SCK Fall to Output Data Valid	t_{DO}	C_L = 10pF			100	ns

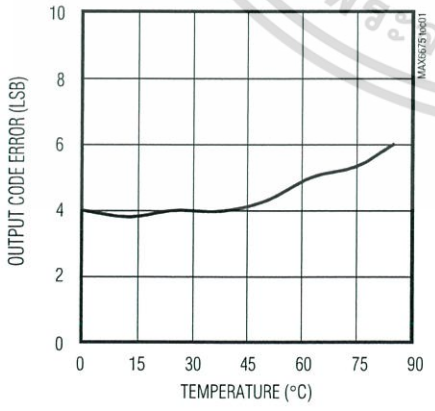
Note 1: All specifications are 100% tested at T_A = +25°C. Specification limits over temperature (T_A = T_{MIN} to T_{MAX}) are guaranteed by design and characterization, not production tested.

Note 2: Guaranteed by design. Not production tested.

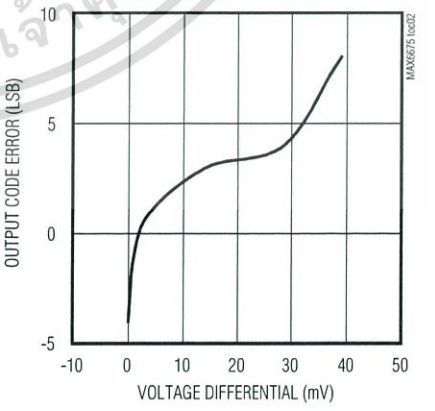
Typical Operating Characteristics

(V_{CC} = +3.3V, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

OUTPUT CODE ERROR vs. AMBIENT TEMPERATURE



OUTPUT CODE ERROR vs. VOLTAGE DIFFERENTIAL



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Pin Description

PIN	NAME	FUNCTION
1	GND	Ground
2	T-	Alumel Lead of Type-K Thermocouple. Should be connected to ground externally.
3	T+	Chromel Lead of Type-K Thermocouple
4	V_{CC}	Positive Supply. Bypass with a 0.1µF capacitor to GND.
5	SCK	Serial Clock Input
6	$\overline{CS}$	Chip Select. Set $\overline{CS}$ low to enable the serial interface.
7	SO	Serial Data Output
8	N.C.	No Connection

Detailed Description

The MAX6675 is a sophisticated thermocouple-to-digital converter with a built-in 12-bit analog-to-digital converter (ADC). The MAX6675 also contains cold-junction compensation sensing and correction, a digital controller, an SPI-compatible interface, and associated control logic.

The MAX6675 is designed to work in conjunction with an external microcontroller (µC) or other intelligence in thermostatic, process-control, or monitoring applications.

Temperature Conversion

The MAX6675 includes signal-conditioning hardware to convert the thermocouple's signal into a voltage compatible with the input channels of the ADC. The T+ and T- inputs connect to internal circuitry that reduces the introduction of noise errors from the thermocouple wires.

Before converting the thermoelectric voltages into equivalent temperature values, it is necessary to compensate for the difference between the thermocouple cold-junction side (MAX6675 ambient temperature) and a 0°C virtual reference. For a type-K thermocouple, the voltage changes by 41µV/°C, which approximates the thermocouple characteristic with the following linear equation:

$$V_{OUT} = (41\mu V / °C) \times (T_R - T_{AMB})$$

Where:

V_{OUT} is the thermocouple output voltage (µV).

T_R is the temperature of the remote thermocouple junction (°C).

T_{AMB} is the ambient temperature (°C).

Cold-Junction Compensation

The function of the thermocouple is to sense a difference in temperature between two ends of the thermocouple wires. The thermocouple's hot junction can be read from 0°C to +1023.75°C. The cold end (ambient temperature of the board on which the MAX6675 is mounted) can only range from -20°C to +85°C. While the temperature at the cold end fluctuates, the MAX6675 continues to accurately sense the temperature difference at the opposite end.

The MAX6675 senses and corrects for the changes in the ambient temperature with cold-junction compensation. The device converts the ambient temperature reading into a voltage using a temperature-sensing diode. To make the actual thermocouple temperature measurement, the MAX6675 measures the voltage from the thermocouple's output and from the sensing diode. The device's internal circuitry passes the diode's voltage (sensing ambient temperature) and thermocouple voltage (sensing remote temperature minus ambient temperature) to the conversion function stored in the ADC to calculate the thermocouple's hot-junction temperature.

Optimal performance from the MAX6675 is achieved when the thermocouple cold junction and the MAX6675 are at the same temperature. Avoid placing heat-generating devices or components near the MAX6675 because this may produce cold-junction-related errors.

Digitization

The ADC adds the cold-junction diode measurement with the amplified thermocouple voltage and reads out the 12-bit result onto the SO pin. A sequence of all zeros means the thermocouple reading is 0°C. A sequence of all ones means the thermocouple reading is +1023.75°C.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Applications Information

Serial Interface

The *Typical Application Circuit* shows the MAX6675 interfaced with a microcontroller. In this example, the MAX6675 processes the reading from the thermocouple and transmits the data through a serial interface. Force $\overline{CS}$ low and apply a clock signal at SCK to read the results at SO. Forcing $\overline{CS}$ low immediately stops any conversion process. Initiate a new conversion process by forcing $\overline{CS}$ high.

Force $\overline{CS}$ low to output the first bit on the SO pin. A complete serial interface read requires 16 clock cycles. Read the 16 output bits on the falling edge of the clock. The first bit, D15, is a dummy sign bit and is always zero. Bits D14–D3 contain the converted temperature in the order of MSB to LSB. Bit D2 is normally low and goes high when the thermocouple input is open. D1 is low to provide a device ID for the MAX6675 and bit D0 is three-state.

Figure 1a is the serial interface protocol and Figure 1b shows the serial interface timing. Figure 2 is the SO output.

Open Thermocouple

Bit D2 is normally low and goes high if the thermocouple input is open. In order to allow the operation of the open thermocouple detector, T- must be grounded. Make the ground connection as close to the GND pin as possible.

Noise Considerations

The accuracy of the MAX6675 is susceptible to power-supply coupled noise. The effects of power-supply noise can be minimized by placing a 0.1µF ceramic bypass capacitor close to the supply pin of the device.

Thermal Considerations

Self-heating degrades the temperature measurement accuracy of the MAX6675 in some applications. The magnitude of the temperature errors depends on the thermal conductivity of the MAX6675 package, the mounting technique, and the effects of airflow. Use a large ground plane to improve the temperature measurement accuracy of the MAX6675.

The accuracy of a thermocouple system can also be improved by following these precautions:

- Use the largest wire possible that does not shunt heat away from the measurement area.
- If small wire is required, use it only in the region of the measurement and use extension wire for the region with no temperature gradient.
- Avoid mechanical stress and vibration, which could strain the wires.
- When using long thermocouple wires, use a twisted-pair extension wire.
- Avoid steep temperature gradients.
- Try to use the thermocouple wire well within its temperature rating.
- Use the proper sheathing material in hostile environments to protect the thermocouple wire.
- Use extension wire only at low temperatures and only in regions of small gradients.
- Keep an event log and a continuous record of thermocouple resistance.

Reducing Effects of Pick-Up Noise

The input amplifier (A1) is a low-noise amplifier designed to enable high-precision input sensing. Keep the thermocouple and connecting wires away from electrical noise sources.

Chip Information

TRANSISTOR COUNT: 6720

PROCESS: BiCMOS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

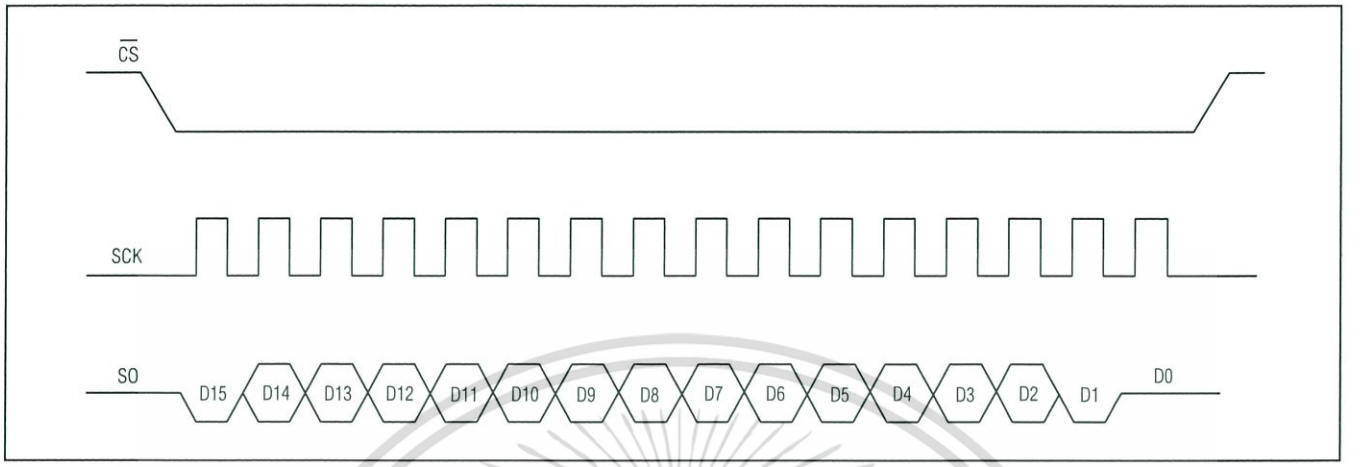


Figure 1a. Serial Interface Protocol

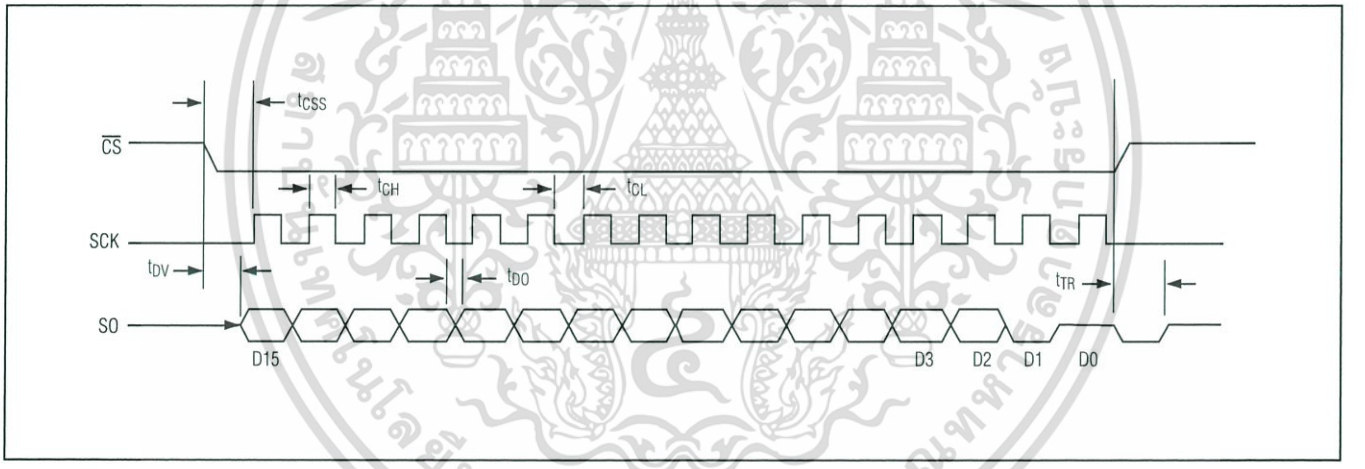


Figure 1b. Serial Interface Timing

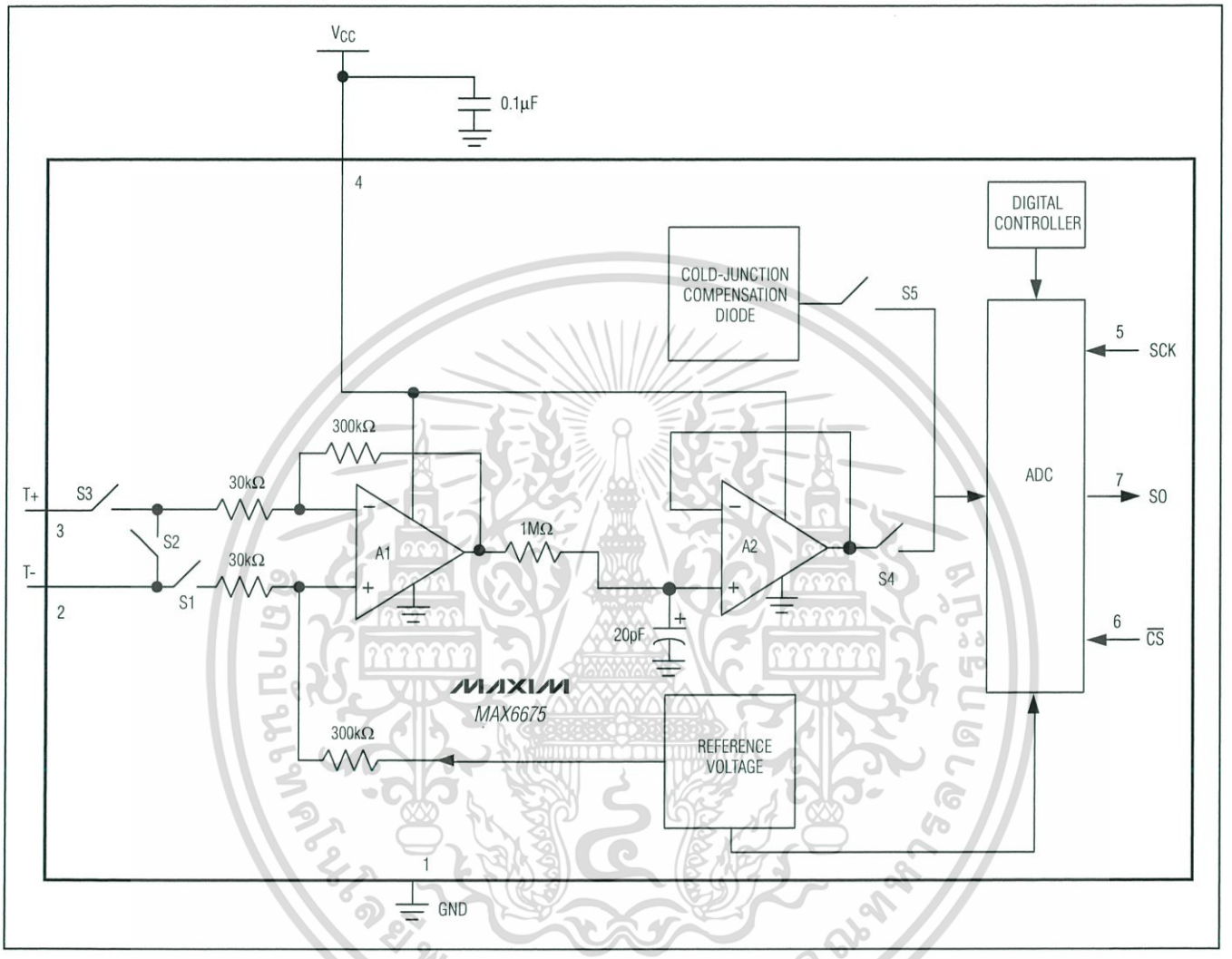
BIT	DUMMY SIGN BIT	12-BIT TEMPERATURE READING												THERMOCOUPLE INPUT	DEVICE ID	STATE
Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	0	MSB											LSB		0	Three-state

Figure 2. SO Output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Block Diagram

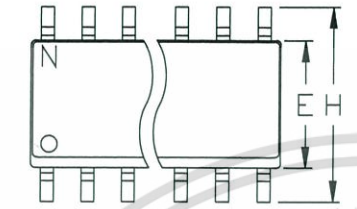


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Package Information

SOICN.EPS



	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.053	0.069	1.35	1.75
A1	0.004	0.010	0.10	0.25
B	0.014	0.019	0.35	0.49
C	0.007	0.010	0.19	0.25
e	0.050		1.27	
E	0.150	0.157	3.80	4.00
H	0.228	0.244	5.80	6.20
h	0.010	0.020	0.25	0.50
L	0.016	0.050	0.40	1.27

	INCHES		MILLIMETERS			
	MIN	MAX	MIN	MAX	N	MS012
D	0.189	0.197	4.80	5.00	8	A
D	0.337	0.344	8.55	8.75	14	B
D	0.386	0.394	9.80	10.00	16	C

NOTES:
1. D&E DO NOT INCLUDE MOLD FLASH
2. MOLD FLASH OR PROTRUSIONS NOT TO EXCEED .15mm (.006")
3. LEADS TO BE COPLANAR WITHIN .102mm (.004")
4. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER
5. MEETS JEDEC MS012-XX AS SHOWN IN ABOVE TABLE
6. N = NUMBER OF PINS

MAXIM 120 SAN GABRIEL DR SUNNYVALE CA 94086 FAX (408) 737 7194
PROPRIETARY INFORMATION

PACKAGE FAMILY OUTLINE: SOIC .150"
TITLE

1/1

21-0041 A
DOCUMENT CONTROL NUMBER REV

Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

© 2002 Maxim Integrated Products Printed USA MAXIM is a registered trademark of Maxim Integrated Products.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้