รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เครื่องตรวจสอบการสลับของมอสเฟตและไดโอด

MOSFET AND DIODE SWITCHING INSPECT MACHINE

มิญชวิชญ์ วัฒนประพันธ์

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เครื่องตรวจสอบการสลับของมอสเฟตและไดโอด

MOSFET AND DIODE SWITCHING INSPECT MACHINE

มิญชวิชญ์ วัฒนประพันธ์

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงาน	เครื่องตรวจสอบการสลับของมอสเฟตและไดโอด
นักศึกษา	นายมิญชวิชญ์ วัฒนประพันธ์
ภาควิชา	วิศวกรรมการวัดและควบคุม
อาจารย์นิเทศ	ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์
ผู้นิเทศ	นายเอกวิทย์ พลเสน
สถานประกอบการ	บริษัท เดลต้า อีเลคโทรนิคส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องที่ใช้สำหรับตรวจสอบ MOSFET และ Diode ว่ามีการสลับกันหรือไม่ระหว่างที่พนักงานประกอบลงไปใน Heatsink เพื่อลดข้อผิดพลาดถ้าเกิดการสลับกันอาจจะต้องทำการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ใหม่ทั้งหมด ซึ่งจะทำให้เสียเวลาอย่างมาก รวมทั้งลดเวลาและขั้นตอนในการตรวจสอบการสลับของ MOSFET และDiode ซึ่งการทำงานของตัวเครื่องจะเริ่มจากลิมิตสวิตช์ (Limit Switch) สามารถจับได้ว่ามีการชนของถาดเลื่อนที่ใส่ Heatsink ที่ต้องการตรวจสอบ และทำการกดปุ่มทำงานทั้งสองด้านในขณะที่เครื่องทำงานมือของผู้ใช้งานจะอยู่ที่ปุ่มทำงานทำให้มีความปลอดภัยขณะใช้งานโปรแกรม Arduino จะส่งแรงดันไปที่ Relay ทำการสั่งให้วาล์วควบคุมทิศทางลม ดัน Test Pin ที่มีการเชื่อมต่อกับ Arduino เพื่อทำการตรวจสอบ MOSFET และ Diode ว่ามีการสลับกันหรือไม่ พร้อมแสดงข้อความผ่านจอ LCD และ หลอด LED ซึ่งจะมีสองสี ถ้าสีเขียวทำงานแสดงว่าไม่มีการสลับของ MOSFET และ Diode ถ้าสีแดงทำงานแสดงว่ามีการสลับของ MOSFET หรือ Diode และลำโพง (Buzzer) จะส่งสัญญาณเตือนหากมีการพบการสลับเกิดขึ้น ซึ่งถ้าหากพบข้อผิดพลาดพนักงานก็จะนำไปตรวจสอบแล้วทำการแก้ไข

คำสำคัญ : Heatsink, วาล์วควบคุมทิศทางลม, Test Pin, ลิมิตสวิตช์, เวลาและขั้นตอนในการตรวจสอบการสลับของ MOSFET และ Diode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title :	MOSFET and Diode Switching Inspect Machine
Student :	Mr. Minchawit Watthanapraphan
Department :	Instrumentation and Control Engineering
Advisor :	Assistant. Professor Dr. Noppadal Maneerat
Mentor :	Mr. Ekkawit Phonlasen
Company :	Delta Electronics (Thailand) Public Company Ltd.

ABSTRACT

This project purpuses to inspect MOSFET and Diode switching while assembly in heatsink for decrease any mistakes. If MOSFET and Diode are switched the developed machine will check all products that assembly to heatsink. It makes waste time and reduces processes to vertify MOSFET and diode. The machine operates using limit switch. It can check if that sliding track to which input heatsink contact limit switch and push start botton that have two side (right and left). Arduino send voltage to make Relay trun on and operate Solenoid to move Pin Test to check MOSFET and diode switching and show result of test through LCD and LED and buzzer. LED haves 2 colour (green and red) if LED green turns on there are not switching. If LED red and buzzer turns on there are switching.

Keywords: Heatsink, Solenoid, Test Pin, Limit Switch, It Makes waste Time and Reduces Processes to Vertify MOSFET and Diode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงงานครั้งนี้ ต้องขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์ ที่ให้เข้าร่วมโครงงานสหกิจศึกษา รวมทั้งให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ ตรวจสอบความถูกต้องของรายงานนี้ให้มีความสมบูรณ์ คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณบริษัท เดลต้า อีเลคโทรนิคส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) และแผนก RMA (Return Material Authorization) และแผนก FA (Fail Analysis) โดยเฉพาะนายเอกวิทย์ พลเสน และนายชาติชาย มัตติโกล ที่คอยให้ความช่วยเหลือให้ความรู้ด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์ สอนทักษะการทำงาน และทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ซึ่งทักษะที่ได้รับมานั้นไม่ใช่แค่นำมาใช้ที่โรงงานได้ แต่ยังสามารถนำปรับมาใช้กับชีวิตประจำได้ด้วย

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ เพื่อนร่วมงานทุกท่าน ที่คอยช่วยเหลือให้ความรู้มาตลอดจนจบโครงงาน จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ หากมีข้อผิดพลาดประการใดถือเป็นความผิดพลาดของผู้จัดทำ และขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

มิญชวิชญ์ วัฒนประพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญรูป VI

สารบัญตาราง X

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2

1.4 วิธีดำเนินโครงงาน 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 หลักการทำงานของมอสเฟส (MOSFET) 3

2.2 ไดโอด (Diode) 10

2.3 อาดูโน่ (Arduino) 10

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน 25

3.1 การวางแผนการดำเนินงาน 25

3.2 การศึกษาทฤษฎีและหลักการทำงานของ MOSFET 27

3.3 การศึกษาทฤษฎีและหลักการทำงานของ Diode 29

3.4 ศึกษาวงจรไฟฟ้าที่ใช้ทำงานร่วมกับโปรแกรม 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 45

4.1 โครงสร้างและระบบกลไก 45

4.2 แหล่งจ่ายไฟและท่อลมที่จ่ายให้กับตัวเครื่อง 45

4.3 ผลการทดสอบใช้งานจริง 46

บทที่ 5 สรุปการดำเนินโครงงานและข้อเสนอแนะ 55

5.1 ความปลอดภัยของผู้ใช้งาน (Safety) 55

5.2 ปัญหาการแสดงผลที่หน้าจอ LCD 56

เอกสารอ้างอิง 58

ประวัติผู้เขียน 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 โครงสร้างของมอสเฟตแบบเอ็นฮานซ์เม็นท์ชนิดเอ็นภาพ 3 มิติ 3

2.2 โครงสร้างของมอสเฟตแบบเอ็นฮานซ์เม็นท์ภาพหน้าตัด 4

2.3 สัญลักษณ์ของมอสเฟตแบบเอ็นฮานซ์เม็นท์ชนิด 4

2.4 การสร้างช่องทางเดินกระแสให้กับมอสเฟตแบบเอ็นฮานซ์เม็นท์ชนิดเอ็น 5

2.5 การกำหนดจุดการทำงานให้มอสเฟต เมื่อ VGS > VT และ VDS มีค่าน้อย 5

2.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสเดรนและแรงดัน VDS ที่มีค่าน้อย 6

2.7 การกำหนดจุดการทำงานให้มอสเฟตในย่านอิ่มตัว 6

2.8 คุณสมบัติกระแส-แรงดันของมอสเฟตชนิด NMOS (Donald A. Neamen) 8

2.9 Schematic N-channel D-MOSFET, Schematic P-channel D-MOSFET 8

2.10 กราฟเปรียบเทียบระหว่าง ID กับ VGS และ ID กับ VGS 9

2.11 Arduino Uno R3 11

2.12 Arduino Uno SMD 12

2.13 Arduino MEGA 2560 12

2.14 Arduino MEGA ADK 13

2.15 Arduino Leonardo 13

2.16 Arduino Mini 05 14

2.17 Arduino Pro Mini 328 3.3 โวลต์ 14

2.18 Arduino Pro Mini 328 5 โวลต์ 14

2.19 Ardino Ethernet with PoE Module 15

2.20 Arduino Ethernet Without PoE Module 15

2.21 Layout & Pin out Arduino Board (Model : Arduino UNO R3) 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

2.22 การเชอมต่อของ Arduino ผ่าน USB เข้าคอมพิวเตอร์ 17

2.23 การเลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ใช้และหมายเลข Com Port 18

2.24 กดปุ่ม Vertify เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง 18

2.25 Upload Code โปรแกรม 19

2.26 ตัวอย่างหน้าจอ LCD 20

2.27 โมดูล I2C ที่นำมาใช้งาน 20

2.28 การเชื่อมต่อระหว่าง ARDUINO R3 กับ LCD 16x2 22

2.29 Port การเชื่อมต่อระหว่าง ARDUINO R3 กับ LCD 16x2 23

2.30 ข้อความบนจอ LCD 24

3.1 โครงงานช่วงเดือน มิถุนายน-กรกฎาคม 25

3.2 Schematic ของ MOSFET ยี่ห้อ Infineon รุ่น 65F6080A 27

3.3 ตารางค่า Diode Forward Voltage 27

3.4 MOSFET ที่ใช้ทำการทดสอบ ยี่ห้อ Infineon 28

3.5 การวัดแรงดันเทียบกันระหว่าง ขา Source (+) ไปขา Drain (-) 28

3.6 Datasheet ของ Diode รุ่น 1506 DPI 29

3.7 จ่ายแรงดัน 5 โวลต์ แบบไบอัสตรงให้ Diode 30

3.8 จ่ายแรงดัน 5 โวลต์ แบบไบอัสกลับให้ Diode 30

3.9 ตัวอย่างการต่อ Arduino กับ MOSFET เพื่อปล่อยแรงดัน 31

3.10 ตัวอย่างการต่อ Arduino กับ MOSFET เพื่อรับค่า 32

3.11 รอใส่ MOSFET, Diode ที่ต้องการตรวจสอบ 33

3.12 รอกดปุ่มทำการตรวจสอบ MOSFET, Diode 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.13 Heatsink ที่นำมาทดสอบนั้นไม่เกิดการสลับกัน 34

3.14 Unit ที่ 1 เกิดการสลับตำแหน่งที่ 1 Unit ที่ 2 ไม่เกิดการสลับ 34

3.15 Unit ที่ 1 ไม่เกิดการสลับตำแหน่งที่ 1 Unit ที่ 2 เกิดการสลับตำแหน่งที่ 1 34

3.16 ตำแหน่งของ MOSFET, Diode ลงบน Heatsink 35

3.17 Schematic การต่อระหว่าง LCD กับ Arduino 36

3.18 การทดลองต่อจอ LCD เข้ากับ Arduino โดยใช้โค้ดตัวอย่าง 36

3.19 ประกาศตัวแปรเพื่อค่าการแสดงหน้าจอบน LCD 37

3.20 กำหนด Port ของ Arduino 38

3.21 ผลลัพธ์ที่เกิดการสลับ 39

3.22 การทดลองต่อหลอด LED กับ Arduino และ MOSFET, Diode 40

3.23 Schematic การต่อระหว่าง LED (Red, Green) และ BUZZER กับ Arduino 40

3.24 ผลลัพธ์ที่ไม่เกิดการสลับ 41

3.25 แผนผังวงจรไฟฟ้า 42

3.26 Flowchart Diagram ของ MOSFET and Diode Switching Inspect Machine 43

3.27 นำจอ LCD มาใส่เพิ่มในตัวเครื่อง MOSFET and Diode Switching Inspect Machine 44

3.28 ต่อวงจรเข้าไปในตัวเครื่อง MOSFET and Diode Switching Inspect Machine 44

4.1 ประกอบเครื่องเสร็จรอตรวจสอบการทำงาน 45

4.2 เต้ารับไฟฟ้ากระแสสลับ 46

4.3 ข้อต่อสำหรับใส่ท่อลม 46

4.4 Hestsink จากสายการผลิตโดยไม่มีการสลับ MOSFET และ Diode 47

4.5 ผลลัพธ์ที่แสดงออกมาคือไม่มีการสลับของ MOSFET และ Diode 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.6 ผลลัพธ์ที่แสดงออกมาคือมีการสลับของ MOSFET และ Diode ทุกอันทั้ง 2 Unit 48
4.7 ถ้ามีการสลับของ MOSFET หรือ Diode LED สีแดงและลำโพง (Buzzer) จะทำงาน..... 48
4.8 ปริมาณการผิดพลาดของวันที่ 1 50
4.9 ปริมาณการผิดพลาดของวันที่ 2 51
4.10 ปริมาณการผิดพลาดของวันที่ 3 52
4.11 ปริมาณการผิดพลาดของวันที่ 4 53
4.12 ปริมาณการผิดพลาดของวันที่ 5 54
5.1 ปุ่ม Start (สีเขียว) ด้านขวามือ 55
5.2 ปุ่ม Start (สีเขียว) ด้านซ้ายมือ 56
5.3 ปุ่มกดฉุกเฉิน (Emergency Switch) ด้านซ้ายมือ 56
5.4 Power Supply แยกออกมาเพื่อจ่ายแรงดันให้ Solenoid โดยเฉพาะ 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 MOSFET and Diode Switching Inspect Machine Timeline 26
4.1 บันทึกเวลาการทำงานของ MOSFET and Diode Switching Inspect Machine 49
4.2 ผลการทดสอบวันที่ 1 50
4.3 ผลการทดสอบวันที่ 2 51
4.4 ผลการทดสอบวันที่ 3 52
4.5 ผลการทดสอบวันที่ 4 53
4.6 ผลการทดสอบวันที่ 5 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

บริษัท เดลต้า อีเลคโทรนิคส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) เป็นผู้ผลิตและจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ด้านการจัดการระบบกำลังไฟฟ้า (Power Management Solutions) ชั้นนำของโลก รวมทั้งเป็นผู้ผลิตที่สำคัญสำหรับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์บางประเภท ได้แก่ พัดลมระบายความร้อน (Cooling Fan), โซลินอยด์ โดยสายผลิตภัณฑ์ด้านการจัดการระบบไฟฟ้า ครอบคลุมผลิตภัณฑ์ต่างๆ หลายประเภท ได้แก่ เพาเวอร์ซัพพลายเพื่อการใช้งานกับเซิร์ฟเวอร์, คอมพิวเตอร์ระบบเครือข่าย (Networking), เครื่องปรับระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC-DC Converter) เป็นต้น

ในยุคปัจจุบันเป็นยุคที่ภาคอุตสาหกรรมมีการเจริญเติบโตเป็นอย่างมาก การผลิตผลิตภัณฑ์ให้ได้จำนวนมาก และเวลาที่ใช้ต้องน้อยจึงเป็นสิ่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ในยุคปัจจุบัน ดังนั้นจึงเป็นการเสียเวลาอย่างมากถ้าเกิดว่ามีการประกอบผิดพลาด หรือชิ้นส่วนในตัวผลิตภัณฑ์เสียระหว่างทำการประกอบ แม้ปัจจุบันจะมีอุปกรณ์เครื่องจักรในการผลิตของตัวผลิตภัณฑ์ แต่ในการประกอบบางชิ้นส่วนก็ยังต้องใช้พนักงานในการประกอบ ซึ่งต้องใช้ความรวดเร็วในการประกอบและทำงานเป็นเวลานานส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของบุลลากรลดลง ความแม่นยำลดลง ซึ่งเป็นสาเหตุพอส่งผลิตภัณฑ์ไปทดสอบการทำงานนั้นถ้าไม่ผ่านก็ต้องมาหาต้นตอของปัญหา ซึ่งอาจจะต้องทำการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ใหม่ทั้งหมดซึ่งจะทำให้เสียเวลาอย่างมาก เพราะถ้าตัวผลิตภัณฑ์ส่งไปถึงมือลูกค้าแล้วเกิดการผิดพลาดก็จะทำให้ความน่าเชื่อถือของบริษัทลดลงได้

ในปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมจึงมีการนำเทคโนโลยีมาตรวจสอบการผลิต ซึ่งเครื่องมือที่ทำการตรวจสอบนั้นต้องมีความแม่นยำสูง ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจได้ง่าย มีความคงทนสามารถใช้งานได้นาน ตัวอย่างเช่น การตรวจสอบ MOSFET, Diode ว่ามีการสลับระหว่างการประกอบหรือเปล่าอาจจะประกอบสลับกันระหว่าง MOSFET กับ Diode ตอนใส่ที่ Heatsink ซึ่งได้มีการนำโปรแกรม Arduino มาตรวจสอบตำแหน่งการวางของ MOSFET, Diode รวมถึงตรวจสอบด้วยว่ามีการสลับกันระหว่างการประกอบหรือเปล่าซึ่งถ้ามีการตรวจสอบพบพนักงานก็จะนำไปตรวจสอบแก้ไขแล้วประกอบกลับเข้าไปใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. ลดเวลาในการตรวจสอบความถูกต้องในการประกอบ
2. ลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบ
3. ซ่อมบำรุงรักษาได้ง่าย
4. สามารถทำความเข้าใจในการใช้งานได้ง่าย

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ออกแบบเครื่อง (Machine) ที่ใช้ในการตรวจสอบ MOSFET และ Diode
2. ออกแบบวงจรที่ใช้ในการตรวจสอบ MOSFET และ Diode
3. ออกแบบโปรแกรมที่ใช้ในการตรวจสอบ MOSFET และ Diode
4. ลดเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบให้เร็วที่สุด

1.4 วิธีดำเนินโครงงาน

1. ศึกษาทฤษฎีและหลักการทำงานของตัว MOSFET และ Diode
2. ศึกษา Program ในการตรวจสอบตัว MOSFER และ Diode
3. ศึกษา Circuit ที่จะทำงานร่วมกับตัว Program ได้
4. ทำ Circuit ทำตัว Fixture ที่ใช้ตรวจสอบชิ้นงาน
5. นำตัว Circuit มาประกอบลงบนตัว Fixture
6. ตรวจสอบข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างทำการทดลอง
7. วิเคราะห์ปรับปรุงชิ้นงานให้ดีขึ้น

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำเครื่อง MOSFET and Diode Switching Inspect Machine มาใช้ในสายการผลิตได้
2. ศึกษาการออกแบบวงจรและระบบจ่ายไฟเพื่อใช้งานร่วมกับ Arduino
3. ได้ความรู้เกี่ยวกับการเขียนภาษา C เพื่อออกแบบการตรวจสอบ MOSFET และ Diode
4. ฝึกการรับมือและแก้ปัญหาเฉพาะหน้าที่เกิดขึ้น
5. นำความรู้และประสบการณ์ที่ได้ประประยุกต์ใช้ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

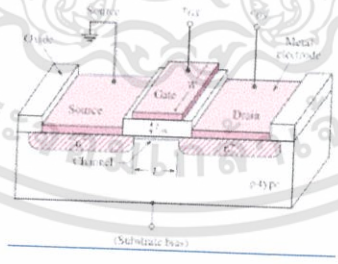
บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การออกแบบตัวเครื่อง MOSFET and Diode Switching Inspcet Machine จำเป็นต้องทราบคุณสมบัติของ MOSFET และ Diode เพื่อจะออกแบบโปรแกรมให้สามารถตรวจสอบได้ ซึ่งโปรแกรมที่จะใช้จะควบคุมผ่าน Arduino ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทราบคุณสมบัติของ Arduino แต่ละรุ่นเพื่อจะสามารถเลือกใช้ให้เหมาะสมกับการตรวจสอบ MOSFET และ Diode

2.1 หลักการทำงานของมอสเฟส (MOSFET)

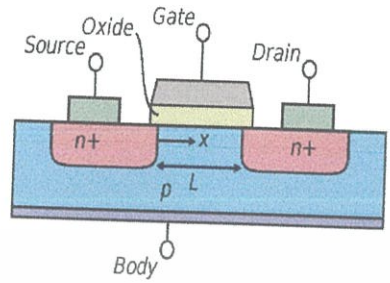
2.1.1 มอสเฟต (Metal Oxide Semiconductor Field Transistor : MOSFET)

มอสเฟต เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่มีการทำงานในลักษณะที่แปลงแรงดันเป็นกระแส กระแสที่ได้เป็นผลมาจากอิเล็กตรอนหรือโฮลซึ่งเป็นพาหะข้างมาก (Majority Carrier) ขึ้นอยู่กับว่าอุปกรณ์ดังกล่าวเป็นมอสเฟตชนิดเอ็น (NMOS) หรือมอสเฟตชนิดพี (PMOS) มอสเฟตสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ มอสเฟตแบบดีพลีชัน (Depletion) และมอสเฟตแบบเอ็นฮานซ์เม็นท์ (Enhancement) มอสเฟตแต่ละประเภทยังสามารถแบ่งย่อยได้อีก 2 ชนิดคือ มอสเฟตชนิดเอ็น (NMOS) ซึ่งมีประจุพาหะอิเล็กตรอนเป็นตัวนำกระแส และมอสเฟตชนิดพี (PMOS) ซึ่งมีประจุพาหะโฮลเป็นตัวนำกระแส



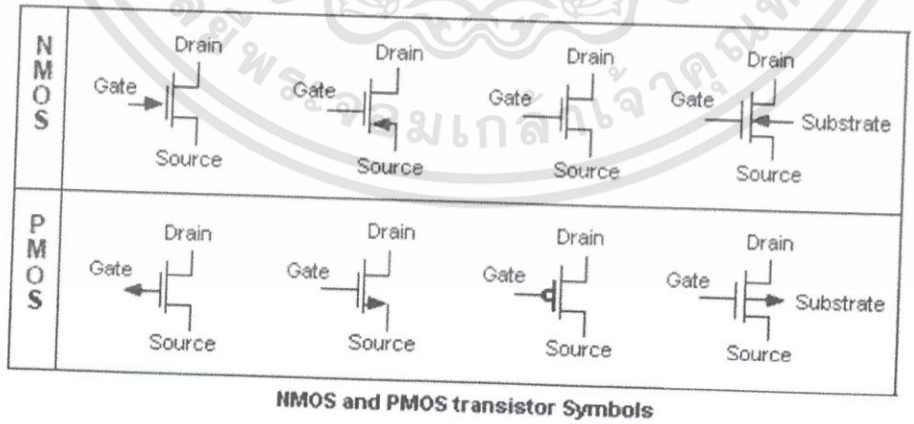
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของมอสเฟสแบบเอ็นฮานซ์เม็นท์ชนิดเอ็นแบบ 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของมอสเฟตแบบเอ็นฮานซ์เม็นท์ชนิดภาพหน้าตัด

รูปที่ 2.1 และรูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของมอสเฟตแบบเอ็นฮานซ์เม็นท์ชนิดเอ็น (NMOS) ขั้วซอส (Source) และขั้วเดรน (Drain) ถูกสร้างขึ้นโดยการแพร่อะตอมสารเจือชนิดเอ็นที่มีความหนาแน่นมาก (Heavily DopedN-Type Region) เข้าไปในฐานรอง (Substrate) ของสารกึ่งตัวนำชนิดพี ซึ่งเป็นแผ่นผลึกซิลิกอนรูปเดี่ยว (Single-Crystal) ที่มีความหนาแน่นน้อย (Lightly Doped P-Type Substrate) ขั้วเกต (Gate) จะเป็นส่วนของโลหะ (Metal) หรือชั้นของโพลีซิลิกอน (Poly-Silicon) ซ่อนอยู่บนชั้นของออกไซด์ระหว่างขั่วเดรนและขั้วซอส โดยมีระยะห่างระหว่างขั้วทั้งสอง (Channel Length : L) เป็นความยาวของมอสเฟตและมีระยะทางด้านข้าง (Side-Wall) เป็นความกว้างของมอสเฟต (Channel Width : W) โครงสร้างของมอสเฟตแบบเอ็นฮานซ์เม็นท์ชนิดพี (PMOS) จะมีลักษณะคล้ายคลึงกับมอสเฟตแบบเอ็นฮานซ์เม็นท์ชนิดเอ็น (NMOS) แต่จะสลับกันคือ มอสเฟตชนิดพีจะประกอบด้วยผลึกฐานรองชนิดเอ็น (N-Type) ที่มีความหนาแน่นน้อยและมีการแพร่อะตอมสารเจือชนิดพีที่มีความหนาแน่นมากเข้าไปฐานรองเพื่อเป็นขั้วซอสและขั้วเดรนรูปที่ 2.3 แสดงสัญลักษณ์ของมอสเฟตแบบเอ็นฮานซ์เม็นท์ที่วาดมาจากการอ้างอิงโครงสร้างมอสเฟต

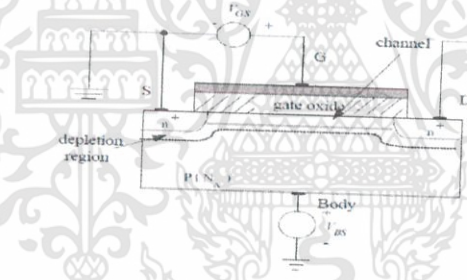


รูปที่ 2.3 สัญลักษณ์ของมอสเฟตแบบเอ็นฮานซ์เม็นท์ชนิด NMOS และ PMOS

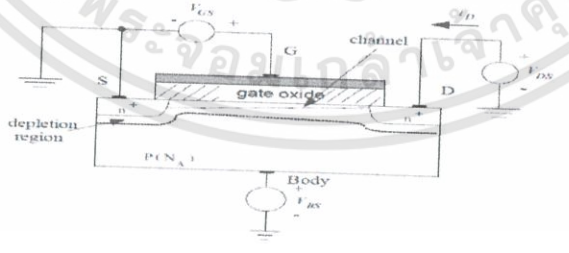
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การไบอัสมอสเฟตนำกระแส (Donald A. Neamen)

รูปที่ 2.4 แสดงการป้อนแรงดันค่าบวกเข้าที่ขาเกตเทียบกับขาซอส (VGS) ซึ่งแรงดัน VGS มีขนาดเพียงพอจะทำให้เกิดช่องทางเดินของกระแสระหว่างขาซอส และขาเดรน ค่าแรงดันที่ทำให้เกิดช่องทางเดินของกระแสนี้เรียกว่า แรงดันขีดเริ่ม (Threshold Voltage : VT) กระแสไหลผ่านช่องทางเดินกระแสมีค่าเท่ากับศูนย์ เนื่องจากความต่างศักย์ระหว่างขาเดรนและขาซอสมีค่าเท่ากับ 0 โวลต์ สำหรับการเกิดของช่องทางเดินกระแสในมอสเฟตแบบเอ็นฮานซ์เม็นท์ชนิดพี (PMOS) สามารถทำได้โดยป้อนแรงดันค่าลบเข้าที่เกตเทียบกับซอสให้มีค่าเท่ากับหรือน้อยกว่าแรงดันขีดเริ่ม เมื่อป้อนแรงดันบวกระหว่างขาเกตเทียบกับขาซอสให้มีค่ามากกว่าแรงดันขีดเริ่ม และป้อนแรงดันค่าบวกเข้าที่ขาเดรนเทียบกับขาซอสดังที่แสดงในรูปที่ 2.5 ทำให้เกิดความต่างศักย์ขึ้นระหว่างขั้วทั้งสอง (VDS < VGS - VT) กระแสเดรนจะไหลผ่านช่องทางเดินกระแสจากขาเดรนไปยังขาซอส โดยคุณสมบัติของกระแสเดรน (ID) เมื่อเทียบกับแรงดันที่ตกคร่อมระหว่างขาเดรนและซอส (VDS) ดังที่แสดงในรูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ของกระแสเดรนกับแรงดันที่ตกคร่อมระหว่างขาเดรน และซอสจะเป็นแบบเชิงเส้น (Linear Region) ลักษณะการทำงานของ MOSFET ช่วงนี้มีลักษณะเป็นความต้านทานเชิงเส้นที่ถูกควบคุมโดยแรงดันที่ขาเกตเทียบกับขาซอส

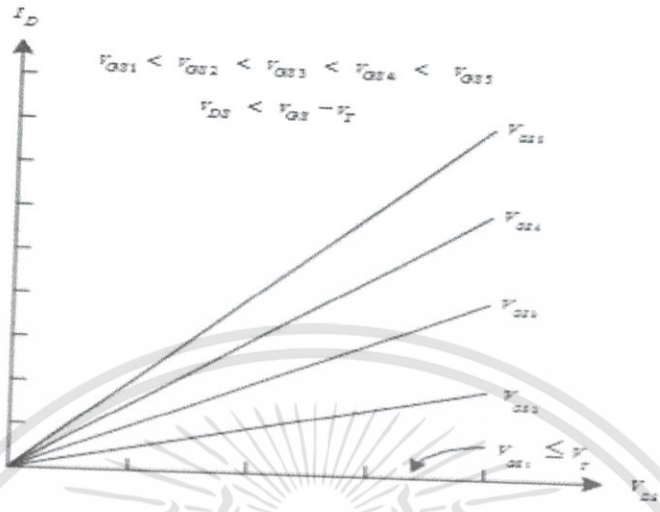


รูปที่ 2.4 การสร้างช่องทางเดินกระแสให้กับมอสเฟตแบบเอ็นฮานซ์เม็นท์ชนิดเอ็น

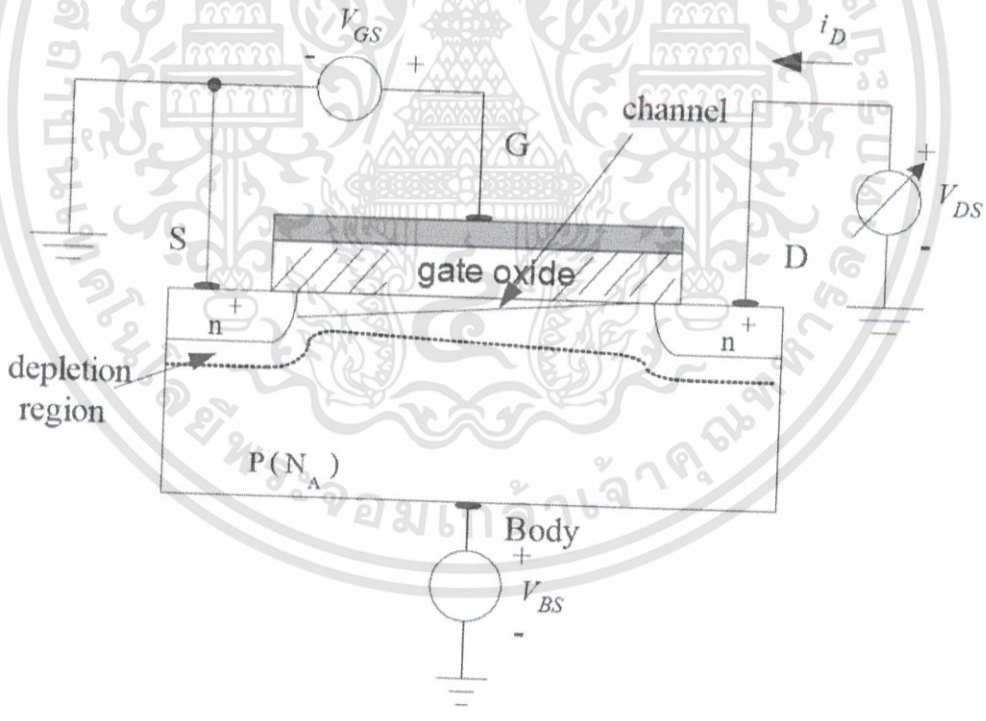


รูปที่ 2.5 การกำหนดจุดการทำงานให้มอสเฟต เมื่อ VGS > VT และ VDS มีค่าน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสเดรนกับแรงดัน VDS ที่มีค่าน้อย



รูปที่ 2.7 การกำหนดจุดการทำงานให้มอสเฟตในย่านอิ่มตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อปรับแรงดัน VDS ให้มีค่ามากขึ้นจนกระทั่ง VDS ≥ VGS - VT ดังรูปที่ 2.7 ลักษณะของช่องทางเดินกระแสจะมีลักษณะที่ลาดเอียงไปทางส่วนของเดรนจนถึงจุดที่เรียกว่า จุดพินช์ออฟ (Pinched Off) ศักดาไฟฟ้าที่จุดพินช์ออฟนี้จะมีค่าเท่ากับ VDSAT = VGS - VT สภาวะดังกล่าวมอสเฟตจะทำงานในย่านอิ่มตัว (Saturation Region)

2.1.3 ย่านการทำงานของมอสเฟต (Donald A. Neamen)

การแบ่งย่านการทำงานของมอสเฟตพิจารณาจากการจัดไบอัสของมอสเฟตซึ่ง ได้แก่ แรงดัน VGS VDS และ VT สามารถแบ่งช่วงการทำงานออกได้เป็น 3 ย่าน (Region) ดังต่อไปนี้

2.1.3.1 ช่วงคัทออฟ (Cutoff Region) : (VGS < VT)

ช่วงคัทออฟ คือ ช่วงที่มอสเฟตไม่ทำงาน กรณีนี้จะไม่มีช่องทางเดินกระแสจึงทำให้มอสเฟตไม่สามารถนำกระแสเดรน (ID) ได้

$$I_D = 0$$

2.1.3.2 ช่วงเชิงเส้น (Linear Region) : (VDS < VGS < VT)

ช่วงเชิงเส้น เป็นช่วงที่แรงดันไบอัสที่ขาเกต และขาซอสมีค่ามากกว่าแรงดันขีดเริ่ม (VGS > VT) และแรงดันระหว่าง VDS มีค่าน้อยกว่า VGS - VT โดยสามารถหากระแส ID ได้ดังสมการที่ (2.1)

$$I_D = K\left[(V_{GS} - V_T)V_{DS} - \frac{{V_{DS}}^2}{2}\right] \quad (2.1)$$

2.1.3.3 ช่วงอิ่มตัว (Saturation Region) : (VDS ≥ VGS < VT)

ช่วงอิ่มตัวเป็นช่วงที่แรงดันที่ขาเกต และขาซอสมีค่ามากกว่าแรงดันขีดเริ่ม (VGS > VT) และแรงดัน VDS มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ VGS - VT สามารถหากระแส ID ได้ดังสมการที่ (2.2)

$$I_D = K(V_{GS} - V_T)^2(1 + \lambda V_{DS}) \quad (2.2)$$

k คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความนำ (Transconductance Parameter) มีค่าเท่ากับ $\mu_o C_{oX} W/L$

μ_o คือ สภาพความคล่องตัวของอิเล็กตรอน (Electron Mobility) (cm2/V-sec)

C_{oX} คือ ความจุไฟฟ้าต่อหน่วยพื้นที่ของเกตออกไซด์ (Oxide Capacitance) (F/cm2)

I_D คือ The Drain Current (A)

W คือ The Channel Width of The MOSFET (units of cm)

L คือ The Channel Length of The MOSPET (cm)

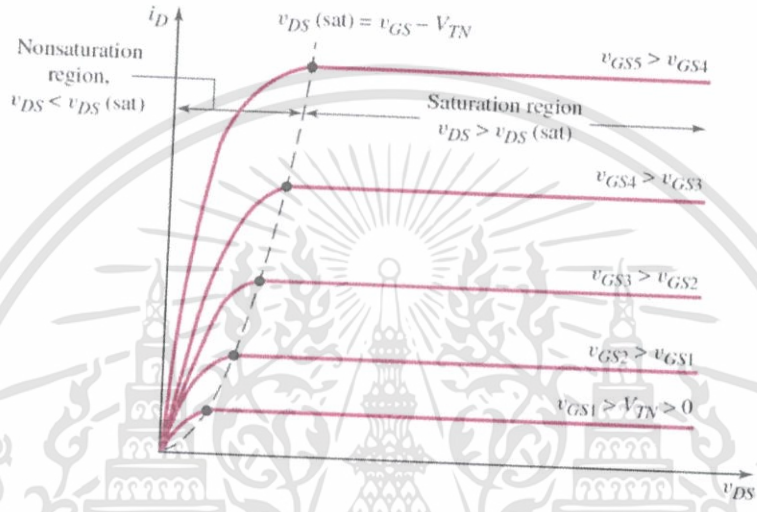
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VGS คือ The Gate-to-source Voltage (V)

VTH คือ The Threshold Voltage (V)

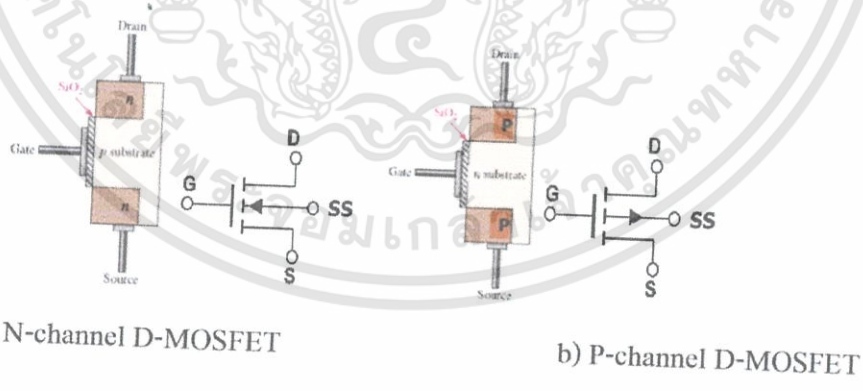
VDS คือ The Drain-to-source Voltage (V)

λ คือ แชนแนลเลน V มอดูเลชัน (Channel Length Modulation) (V-1)



รูปที่ 2.8 คุณสมบัติกระแส-แรงดันของมอสเฟตชนิด NMOS (Donald A. Neamen)

2.1.4 E-MOSFET

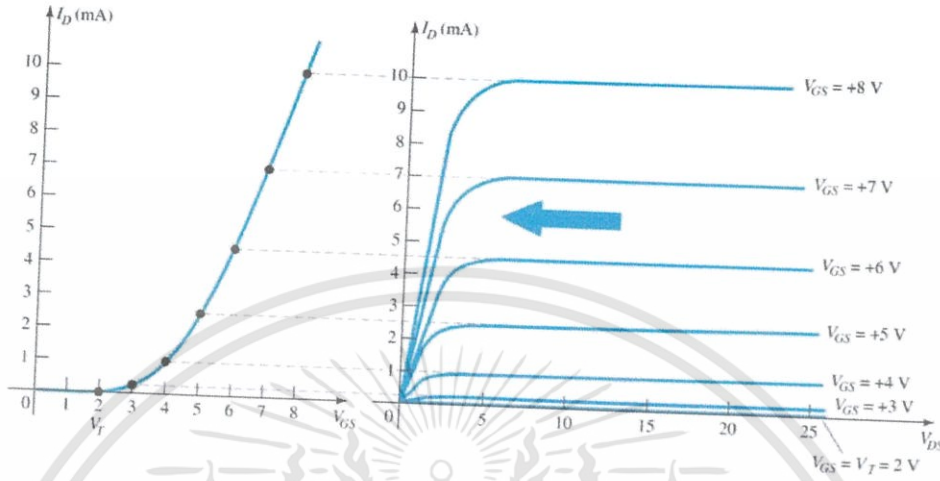


a) N-channel D-MOSFET

b) P-channel D-MOSFET

รูปที่ 2.9 Schematic N-channel D-MOSFET, Schematic P-channel D-MOSFET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 กราฟเปรียบเทียบระหว่าง i_D กับ v_{GS} และ i_D กับ v_{GS}

จะเห็นว่าโครงสร้างภายในคล้ายกับ D-MOSFET มาก แตกต่างกันตรงที่ช่องนำกระแส (Channel) ใน D-MOSFET จะเป็นช่องนำกระแสที่เป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเดียวกันยาวตลอดจากขาเดรนไปยังขาซอส แต่ใน E-MOSFET ช่องนำกระแสจะขาดกลางช่องนำกระแสจะเป็นช่องทางเดินกระแสต่อเนื่องระหว่างขาเดรน และขาซอส ได้ต้องมีการป้อนแรงดันที่ขาเกตเท่านั้น ถ้าไม่มีการป้อนแรงดันที่ขาเกต ช่องนำกระแสจะขาดและไม่มีกระแสไหลผ่านขาเดรนไปขาซอสได้ นั่นคือ ทรานซิสเตอร์ไม่นำกระแสนั่นเอง จุดเด่นของ E-MOSFET คือ ช่องนำกระแสจะเกิดขึ้นต่อเนื่องเมื่อป้อนแรงดันให้ที่ขาเกตเพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดช่องทางเดินกระแสเสมือน ต่อเนื่องจากขาเดรนไปขาซอส ถ้าไม่ป้อนแรงดันที่ถูกต้อง จะไม่เกิดช่องทางเดินกระแส ทำให้การควบคุมปิด-เปิดทรานซิสเตอร์เป็นไปได้ด้วยความเร็วสูงมากกว่า D-MOSFET มาก จึงเป็นที่นิยมใช้ในงานการควบคุมการปิด-เปิดทรานซิสเตอร์ (Switching)

E-MOSFET จะทำงานใน Enhancement Mode เท่านั้น นั่นคือ ในตอนก่อนป้อนแรงดันช่องนำกระแสจะขาด ไม่ต่อเนื่องจากขาเดรนไปขาซอส แต่เมื่อป้อนไฟระหว่างขาเกตกับขาซอส เพื่อดึงดูด Carrier ตัวนำกระแสชนิดเดียวกันกับช่องนำกระแส ให้มาสะสมอยู่ 2 ที่บริเวณช่องนำกระแสระหว่างขาเดรน และขาซอส กลายเป็นช่องนำกระแสเสมือน เพื่อให้เกิดการนำกระแสจากขาเดรนไปขาซอสได้ เงื่อนไขการป้อนไฟให้ E-MOSFET แบบ N-channel ทำงาน

1. แรงดันที่ขาเดรน และขาซอส (VDS) VD > VS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แรงดันที่ขาเกต และขาซอส (VGS = Positive) VGS > VT E-MOSFET ทำงานมีกระแสไหล VGS <= VT E-MOSFET หยุดทำงานไม่มีกระแสไหล

2.2 ไดโอด (Diode)

เป็นชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ชนิดสองขั้วคือ ขั้ว P และขั้ว N ที่ออกแบบและควบคุมทิศทางการไหลของประจุไฟฟ้า มันจะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลในทิศทางเดียว และกั้นการไหลในทิศทางตรงกันข้าม เมื่อกล่าวถึงไดโอด มักจะหมายถึงไดโอดที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor Diode) ซึ่งก็คือ ผลึกของสารกึ่งตัวนำที่ต่อกันได้ขั้วทางไฟฟ้าสองขั้ว ส่วนไดโอดแบบหลอดสุญญากาศ (Vacuum Tube Diode) ถูกใช้เฉพาะทางในเทคโนโลยีไฟฟ้าแรงสูงบางประเภท เป็นหลอดสุญญากาศที่ประกอบด้วยขั้วอิเล็ดโทรดสองขั้ว ซึ่งจะคือแผ่นตัวนำ (Plate) และแคโทด (Cathode) ส่วนใหญ่จะใช้ไดโอดในการยอมให้กระแสไปในทิศทางเดียว โดยยอมให้กระแสไฟในทางใดทางหนึ่ง ส่วนกระแสที่ไหลทิศทางตรงข้ามกันจะถูกกั้น ดังนั้นจึงอาจถือว่าไดโอดเป็นวาล์วตรวจสอบแบบอิเล็กทรอนิกส์อย่างหนึ่ง ซึ่งนับเป็นประโยชน์อย่างมากในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ใช้เป็นตัวเรียงกระแสไฟฟ้าในวงจรแหล่งจ่ายไฟ เป็นต้น อย่างไรก็ตามไดโอดมีความสามารถมากกว่าการเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปิด-ปิดกระแส ง่ายๆ ไดโอดมีคุณลักษณะทางไฟฟ้าที่ไม่เป็นเชิงเส้น ดังนั้นมันยังสามารถปรับปรุงโดยการปรับเปลี่ยนโครงสร้างของพวกมันที่เรียก ว่ารอยต่อ P - N มันถูกนำไปใช้ประโยชน์ในงานที่มีวัตถุประสงค์พิเศษ นั่นทำให้ไดโอดมีรูปแบบการทำงานได้หลากหลายรูปแบบ ยกตัวอย่างเช่น ซีเนอร์ไดโอด เป็นไดโอดชนิดพิเศษที่ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันให้คงที่ วาริแอกไดโอดใช้ในการปรับแต่งสัญญาณในเครื่องรับวิทยุและโทรทัศน์ ไดโอดอุโมงค์หรือทันเนลไดโอดใช้ในการสร้างสัญญาณความถี่วิทยุ และไดโอดเปล่งแสงเป็นอุปกรณ์ที่สร้างแสงขึ้น ไดโอดอุโมงค์มีความน่าสนใจตรงที่มันจะมีค่าความต้านทานติดลบ ซึ่งเป็นประโยชน์มากเมื่อใช้ในวงจรบางประเภท

ไดโอดเป็นอุปกรณ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ P – N สามารถควบคุมให้กระแสไฟฟ้าจากภายนอกไหลผ่านตัวมันได้ทิศทางเดียว ไดโอดประกอบด้วยขั้ว 2 ขั้ว คือ แอโนด (Anode : A) ซึ่งต่ออยู่กับสารกึ่งตัวนำชนิด P และ แคโธด (Cathode : K) ซึ่งต่ออยู่กับสารกึ่งตัวนำชนิด N

2.3 อาดูโน่ (Arduino)

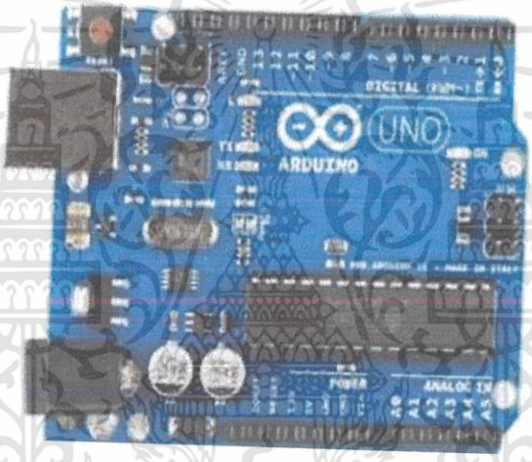
Arduino เป็นชื่อเรียกของ Platform Micro Controller หน้าที่ของมันก็คือ ชุดควบคุมขนาดเล็กที่สามารถนำไปเชื่อมต่อเพื่อสั่งการเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ได้นั่นเอง สาเหตุหลักๆ ที่ทำให้ Arduino มีชื่อเสียงโด่งดัง อีกทั้งยังนับได้ว่าราคาย่อมเยามากกว่าบรรดา Micro Controller อื่นๆ ในตลาดก็คือ การที่มันเป็น Open Source ทั้งในเชิง Software และ Hardware นั่นหมายความว่าใครๆ ก็สามารถนำระบบของ Arduino ไปดัดแปลงแก้ไขแล้วนำออกมาขายในตลาดได้โดยไม่ผิดกฎหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์ (Hardware)

บอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) เป็นชิ้นส่วนหลัก ถูกนำมาประกอบร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน หรือที่เรียกกันว่า บอร์ด Arduino โดยบอร์ด Arduino เองก็มีหลายรุ่นให้เลือกใช้ โดยในแต่ละรุ่นอาจมีความแตกต่างกันในเรื่องของขนาดของบอร์ด หรือคุณลักษณะ เช่น จำนวนของขารับส่งสัญญาณ, แรงดันไฟที่ใช้, ประสิทธิภาพของ MCU ซึ่ง Arduino รุ่นหลักๆ ก็จะแบ่งออกตามนี้

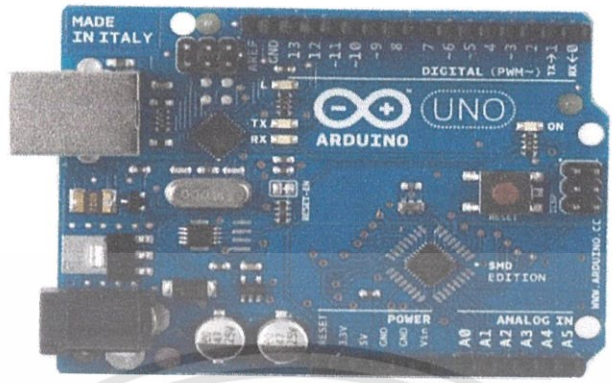
1. **Arduino Uno R3** เป็นบอร์ด Arduino ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากราคาไม่แพง ส่วนใหญ่โปรเจคและ Library ต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นมา Support จะอ้างอิงกับบอร์ดนี้เป็นหลัก และข้อดีอีกอย่างคือ กรณีที่ MCU เสีย ผู้ใช้งานสามารถซื้อมาเปลี่ยนเองได้ง่าย ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 Arduino Uno R3

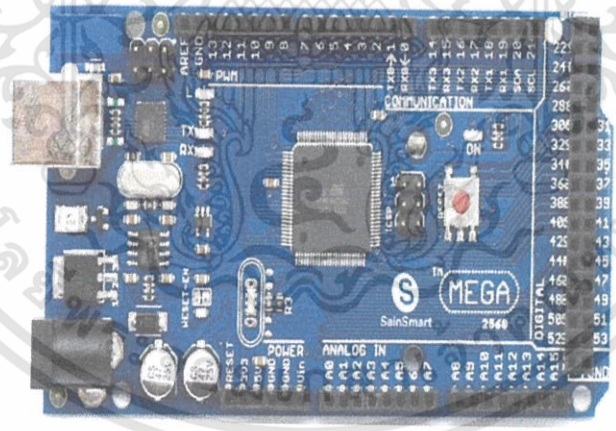
2. **Arduino Uno SMD** เป็นบอร์ดที่มีคุณสมบัติและการทำงานเหมือนกับบอร์ด Arduino UNR3 ทุกประการ แต่จะแตกต่างกับที่ Package ของ MCU ซึ่งบอร์ดนี้จะมี MCU ที่เป็น Package SMD (Arduino UNO R3 มี MCU ที่เป็น Package DIP) ดังรูปที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 Arduino Uno SMD

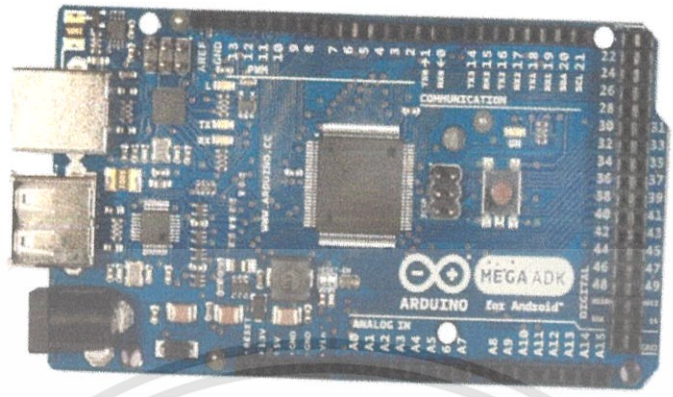
3. **Arduino Mega 2560 R3** เป็นบอร์ด Arduino ที่ออกแบบมาสำหรับงานที่ต้องใช้ I/O มากกว่า Arduino Uno R3 เช่น งานที่ต้องการรับสัญญาณจาก Sensor หรือควบคุมมอเตอร์ Servo หลายๆ ตัว ทำให้ Pin I/O ของบอร์ด Arduino Uno R3 ไม่สามารถรองรับได้ ทั้งนี้บอร์ด Mega 2560 R3 ยังมีความหน่วยความจำแบบ Flash มากกว่า Arduino Uno R3 ทำให้สามารถเขียนโค้ดโปรแกรมเข้าไปได้มากกว่า ในความเร็วของ MCU ที่เท่ากัน ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 Arduino MEGA 2560

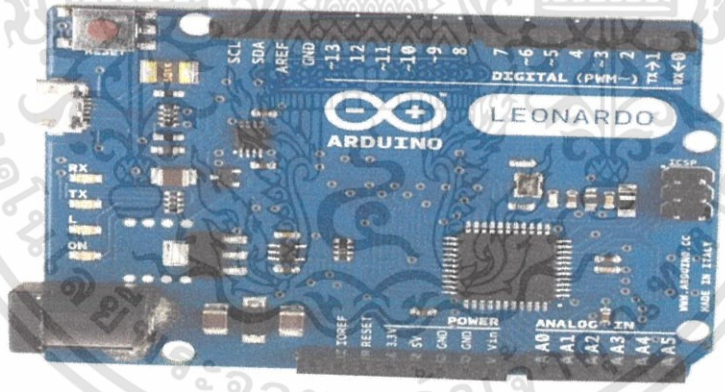
4. **Arduino Mega ADK** เป็นบอร์ดที่ออกแบบมาให้บอร์ด Mega 2560 R3 สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ Android Device ผ่านพอร์ต USB Host ของบอร์ดได้ ดังรูปที่ 2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 Arduino MEGA ADK

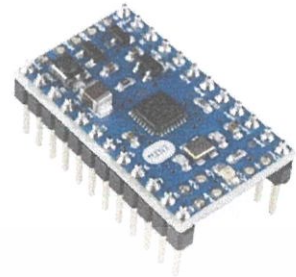
5. **Arduino Leonardo** การทำงานจะคล้ายกับบอร์ด Arduino Uno R3 แต่มีการเปลี่ยน MCU ตัวใหม่เป็น ATmega32U4 ซึ่งมีโมดูลพอร์ต USB มาด้วยบนชิป (แตกต่างจากบอร์ด Arduino UNO R3 หรือ Arduino Mega 2560 ที่ต้องใช้ชิป ATmega16U2 ร่วมกับ Atmega328 ในการเชื่อมต่อกับพอร์ต USB) ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 Arduino Leonardo

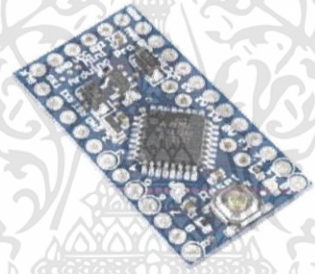
6. **Arduino Mini 05** เป็นบอร์ด Arduino ขนาดเล็กที่ใช้ MCU เบอร์ ATmega328 เบอร์เดียวกับบอร์ด Arduino UNO R3 ดังรูปที่ 2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



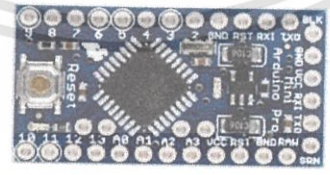
รูปที่ 2.16 Arduino Mini 05

7. Arduino Pro Mini 328 3.3 โวลต์ เป็นบอร์ด Arduino ขนาดเล็ก ที่ใช้ MCU เบอร์ ATmega328 ซึ่งจะคล้ายกับบอร์ด Arduino Mini 05 แต่บนบอร์ดจะมี Regulator 3.3 โวลต์ ชุดเดียวเท่านั้น ระดับแรงดันไฟที่ขา I/O คือ 3.3 โวลต์ ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 Arduino Pro Mini 328 3.3 โวลต์

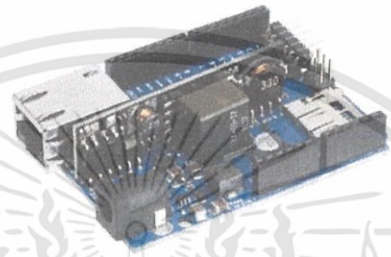
8. Arduino Pro Mini 328 5 โวลต์ เป็นบอร์ด Arduino ขนาดเล็ก ที่ใช้ MCU เบอร์ ATmega328 เช่นเดียวกับบอร์ด Arduino Mini 05 แต่บนบอร์ดจะมี Regulator 5 โวลต์ ชุดเดียวเท่านั้น ระดับแรงดันไฟที่ขา I/O คือ 5 โวลต์ ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 Arduino Pro Mini 328 5 โวลต์

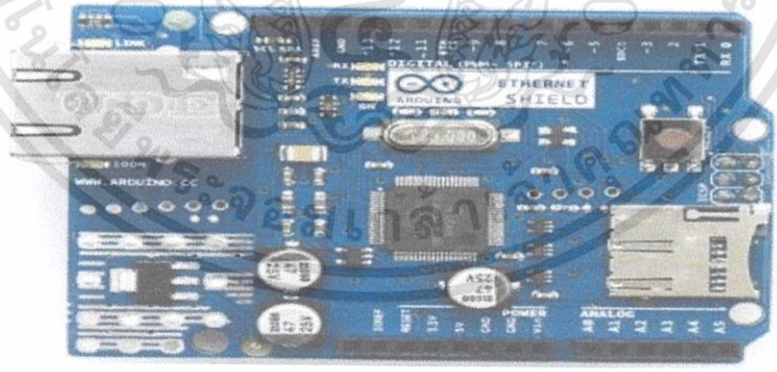
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. Arduino Ethernet with PoE Module เป็นบอร์ด Arduino ที่ใช้ MCU เบอร์เดียวกับ Arduino Uno SMD ในบอร์ดมีชิป Ethernet และช่องสำหรับเสียบ SD Card รวมทั้งโมดูล POE ทำให้บอร์ดนี้สามารถใช้แหล่งจ่ายไฟจากสาย LAN ได้โดยตรง โดยไม่ต้องต่อ Adapter เพิ่ม แต่บอร์ด Arduino Ethernet with PoE Module นี้จะไม่มีพอร์ต USB ทำให้เวลาโปรแกรมต้องต่อบอร์ด USB to Serial Converter เพิ่มเติม ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 Ardino Ethernet with PoE Module

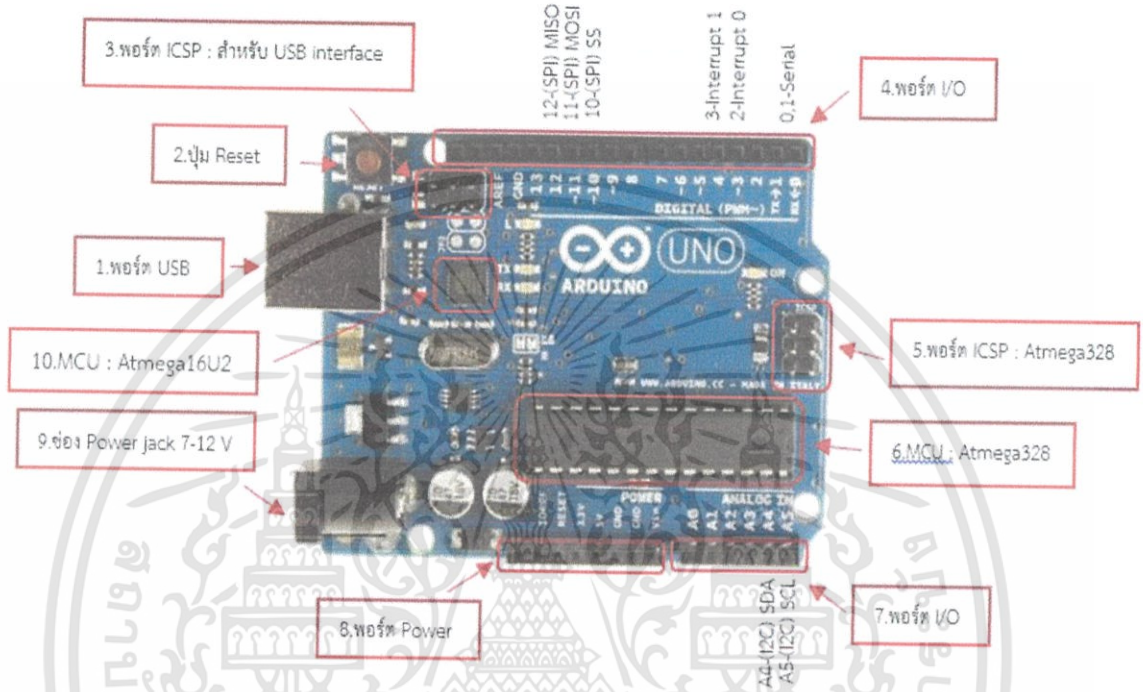
10. Arduino Ethernet without PoE Module บอร์ดนี้จะตัดโมดูล POE ออกไป ต้องใช้ไฟจากพอร์ต Power Jack เท่านั้น คุณสมบัติอื่นๆ จะเหมือนกับบอร์ด Arduino Ethernet with PoE Module ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 Arduino Ethernet without PoE Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.1 Layout & Pin out Arduino Board (Model : Arduino UNO R3) ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 Layout & Pin out Arduino Board (Model : Arduino UNO R3)

1. **USBPort** ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออัพโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด

2. **Reset Button** เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่

3. **ICSP Port** ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com Port บนAtmega16U2

4. **I/OPort** Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx, Rx Serial, Pin 3, 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 โวลต์, +5 โวลต์, GND, V_{in}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. Power Jack รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 โวลต์

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

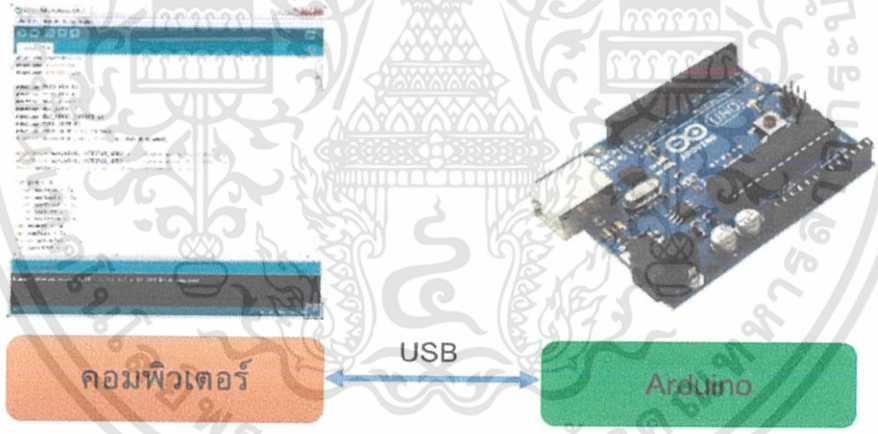
2.3.2 ส่วนที่เป็นซอฟต์แวร์ (Software)

Arduino IDE เป็นเครื่องมือสำหรับเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Arduino, คอมไพล์โปรแกรม (Compile) และอัพโหลดโปรแกรมลงบอร์ด, ภาษา Arduino (ซึ่งจริงๆ แล้วก็คือ ภาษา C/C++) ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมควบคุม MCU

2.3.2.1 รูปแบบการเขียนโปรแกรมบน Arduino

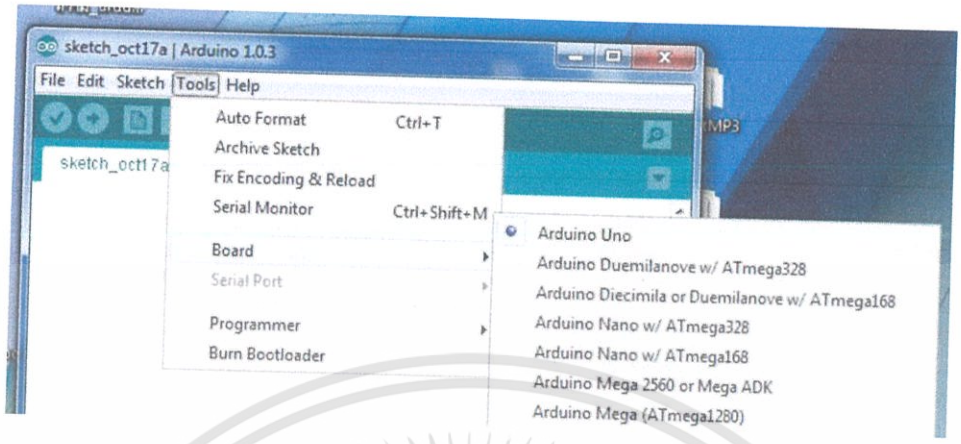
1. เขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ ผ่านทางโปรแกรม ArduinoIDE ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้จากArduino.cc/en/main/software ดังรูปที่ 2.22

2. หลังจากที่เขียนโค้ดโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ให้ผู้ใช้งานเลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ใช้ และ หมายเลข Com Port ดังรูปที่ 2.23



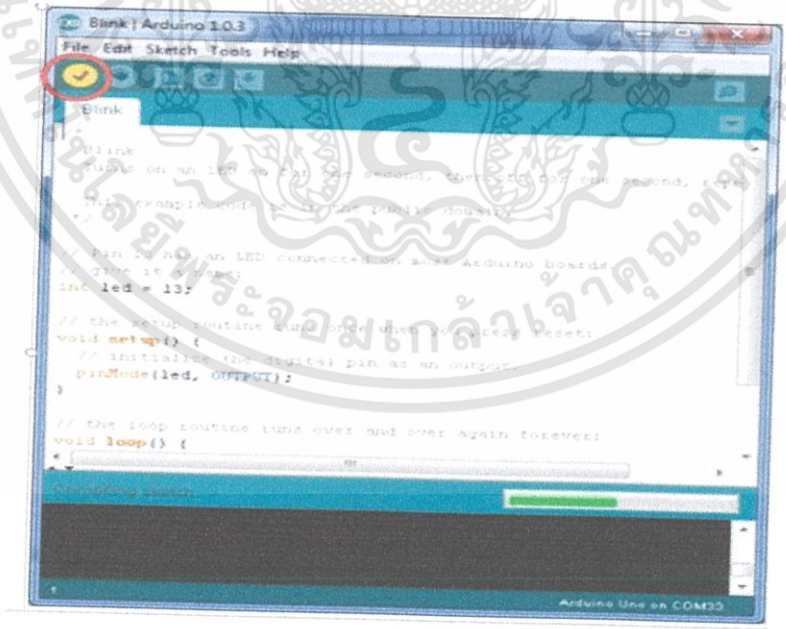
รูปที่ 2.22 เชื่อมต่อของ Arduino ผ่าน USB เข้าคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



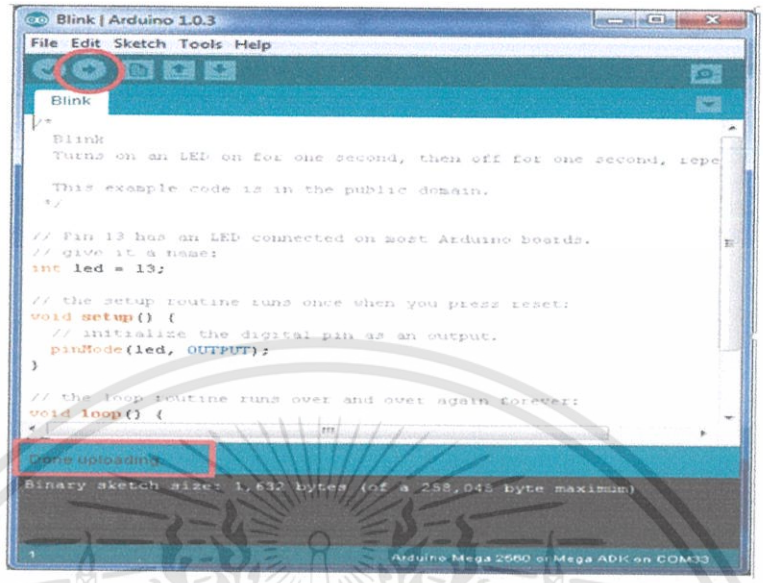
รูปที่ 2.23 การเลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ใช้และหมายเลข Com Port

3. กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและ Compile โค้ดโปรแกรม จากนั้นกดปุ่มอัพโหลดโค้ดโปรแกรมไปยังบอร์ด Arduino ผ่านทางสาย USB เมื่ออัพโหลดเรียบร้อยแล้วจะแสดงข้อความแถบข้างล่าง “Done Uploading” และบอร์ดจะเริ่มทำงานตามที่เขียนโปรแกรมไว้ได้ทันที ดังรูปที่ 2.24 และรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.24 กดปุ่ม Vertify เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 Upload Code โปรแกรม

2.3.2.2 คำสั่งต่างๆ ใน Arduino

การเริ่มตั้งค่าไมโครคอนโทรลเลอร์ทุกครั้งต้องเริ่มด้วย

- pinMode (ขาที่จะใช้,OUTPUT) = ตั้งค่าให้ขานั้นเป็น Output ใช้ได้ทั้งอะนาลอกและดิจิตอล

- pinMode (ขาที่จะใช้,INPUT) = ตั้งค่าให้ขานั้นเป็น Input ใช้ได้ทั้งอะนาลอกและดิจิตอล

- digitalWrite (ขาที่จะใช้,สถานะที่จะแสดง) = ใช้สั่งขานั้นเป็น Output ดิจิตอล

- digitalRead (ขาที่จะใช้) = ใช้สั่งขานั้นรับ Input ดิจิตอล เช่น สวิตช์กด เซนเซอร์ดิจิตอล

- analogWrite (ขาที่จะใช้) = ใช้สั่งขานั้นเป็น Output อะนาลอก เช่น IC ควบคุมความเร็วมอเตอร์

- analogRead (ขาที่จะใช้) = ใช้สั่งขานั้นรับ Input อะนาลอก เช่น R เกือกม้า LDR เซนเซอร์วัดระยะทาง

- delay (เวลาหน่วยเป็นมิลลิวินาที) = ใช้หน่วงเวลาทำงานก่อนทำงานคำสั่งต่อไป

- delayMicroseconds (เวลาหน่วยเป็นไมโครวินาที) = ใช้หน่วงเวลาทำงานก่อนทำงานคำสั่งต่อไป

- int = ใช้ตั้งชื่อตัวแปรสำหรับตั้งค่าเริ่มต้นที่เป็นตัวเลขหรือจองพื้นที่เก็บตัวเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- char = ใช้ตั้งชื่อตัวเปรที่ใช้เก็บตัวอักษร (จองพื้นที่ใช้เก็บอักษร)

- Serial.begin (9600) = ตั้งค่าเริ่มต้นเพื่อติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์อัตราเร็ว 9600 บิตต่อวินาที

- Serial.print (“คำพูด”) = ใช้พิมพ์คำพูดเพื่อให้แสดงผลบนจอคอมแบบไม่เว้นบรรทัด

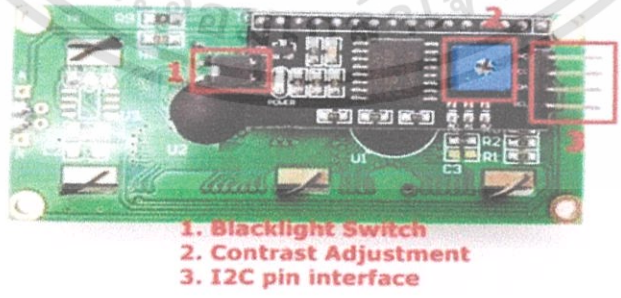
- Serial.println (“คำพูด”) = ใช้พิมพ์คำพูดเพื่อให้แสดงผลบนจอคอมแบบเว้นบรรทัด

- Serial.available () = ใช้ตรวจสอบว่ามีการกดคีย์บอร์ดหรือไม่

2.3.3 LCD (Liquid Crystal Display)

จอ Liquid Crystal Display (LCD) เป็นจอแสดงผลรูปแบบหนึ่งที่นิยมนำมาใช้งานกันกับระบบสมองกลฝังตัวอย่างแพร่หลาย จอ LCD มีทั้งแบบแสดงผลเป็นตัวอักขระเรียกว่า Character LCD ซึ่งมีการกำหนดตัวอักษรหรืออักขระที่สามารถแสดงผลไว้ได้อยู่แล้ว และแบบที่สามารถแสดงผลเป็นรูปภาพหรือสัญลักษณ์ได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานเรียกว่า Graphic LCD นอกจากนี้บางชนิดเป็นจอที่มีการผลิตขึ้นมาใช้เฉพาะงาน ทำให้มีรูปแบบและรูปร่างเฉพาะเจาะจงในการแสดงผล เช่น นาฬิกาดิจิตอล เครื่องคิดเลข หรือหน้าปัดวิทยุ เป็นต้น ดังรูปที่ 2.26 และรูปที่ 2.27

รูปที่ 2.26 ตัวอย่างหน้าจอ LCD



รูปที่ 2.27 โมดูล I2C ที่นำมาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.1 โครงสร้างโดยทั่วไปของ LCD

โครงสร้างของ LCD ทั่วไปจะประกอบขึ้นด้วยแผ่นแก้ว 2 แผ่นประกบกันอยู่ โดยเว้นช่องว่างตรงกลางไว้ 6-10 ไมโครเมตร ผิวด้านในของแผ่นแก้วจะเคลือบด้วยตัวนำไฟฟ้าแบบใสเพื่อใช้แสดงตัวอักษร ตรงกลางระหว่างตัวนำไฟฟ้าแบบใสกับผลึกเหลวจะมีชั้นของสารที่ทำให้โมเลกุลของผลึกรวมตัวกันในทิศทางที่แสงส่องมากระทบเรียกว่า Alignment Layer และผลึกเหลวที่ใช้โดยทั่วไปจะเป็นแบบ Magnetic

2.3.3.2 การควบคุมการแสดงผลของ LCD

ในการใช้งานไม่สามารถจ่ายการแสไฟฟ้าตรงให้กับ LCD ค้างไว้ตลอดเพื่อให้ LCD แสดงผลตามที่ต้องการได้เนื่องจากจะทำให้เกิดปฏิกริยาขึ้น และจะทำให้อายุการใช้งาน LCD สั้นลง ด้วยเหตุนี้ต้องป้อนสัญญาณระหว่างปิดกับเปิด (SCAN) ด้วยความถี่ไม่น้อยกว่า 30 Hz เพื่อไม่ให้หน้าจอกระพริบ โดยปกติแล้ว LCD ที่นิยมนำมาใช้งานทั่วไปจะเป็นแบบที่มีส่วนควบคุม (Controller) รวมไว้ใจตัว LCD อยู่แล้ว ผู้ใช้เพียงแต่ส่งรหัสรคำสั่งสำหรับควบคุมการทำงานของ LCD ให้กับ Controller เท่านั้นว่าต้องการให้ LCD ทำงานอย่างไร แสดงข้อความอะไร ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะใช้ Controller ของ Hitachi เบอร์ HD44780 ซึ่งจะมีสัญญาณในการเชื่อมต่อระหว่าง LCD กับไมโครคอนโทรลเลอร์ดังนี้

1. GND เป็น Ground ใช้ต่อระหว่าง Ground ของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์กับ LCD
2. VCC เป็นไฟเลี้ยงวงจรที่ต้องป้อนให้กับ LCD มีขนาด +5 VDC
3. VO เป็นขาสำหรับปรับความสว่างของจอ LCD
4. RS ใช้สำหรับบอกให้ LCD Controller ทราบว่าข้อมูลที่ส่งให้ทางขวา Data เป็นคำสั่งหรือข้อมูล
5. R/W ใช้สำหรับกำหนดว่าจะอ่านหรือเขียนข้อมูลกับ LCD Controller
6. E เป็นขา Enable หรือ Chips Select เพื่อกำหนดการทำงานให้ LCD Controller
7. DB0-DB7 เป็นขาสัญญาณ Data ใช้สำหรับเขียนหรืออ่านข้อมูล/คำสั่ง กับ LCD Controller

การสั่งงานจะแตกต่างกันไป โดย LCD Controller สามารถรับรหัสคำสั่งจาก Microcontroller ได้จากสัญญาณ RS R/W และ DB0-DB7 ในขณะที่สัญญาณ E มีค่า Logic เป็น “1” ซึ่งสัญญาณเหล่านี้จะใช้ร่วมกันเพื่อกำหนดเป็นรหัสคำสั่งสำหรับสั่งงาน LCD โดยหน้าที่ของแต่ละสัญญาณพอสรุปได้ดังนี้

- E เป็นสัญญาณ Enable เมื่อมีค่าเป็น

“1” เป็นการบอกให้ LCD ทราบว่าอุปกรณ์ภายนอกต้องการติดต่ออ่านหรือเขียนข้อมูล

“0” ให้ LCD ไม่สนใจสัญญาณ RS R/W และ DB7-DB0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

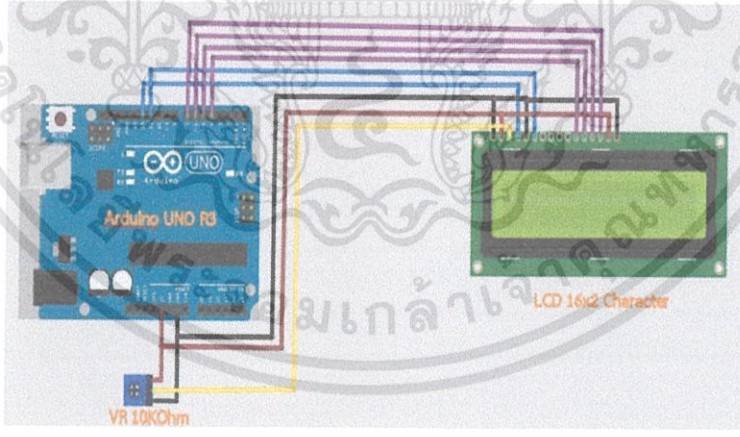
- RS เป็นสัญญาณสำหรับกำหนดให้ LCD ทราบว่าอุปกรณ์ภายนอกต้องการติดต่อกับ LCD ในขณะนั้นเป็นรหัสคำสั่งหรือข้อมูล โดยถ้า RS = “0” หมายถึง คำสั่ง RS = “1” หมายถึง ข้อมูล

- R/W เป็นสัญญาณสำหรับบอกให้ LCD ทราบว่าอุปกรณ์ภายนอกต้องการอ่านหรือเขียนกับ LCD โดยถ้า R/W = “0” หมายถึง เขียน R/W = “1” หมายถึง อ่าน

- DB0-DB7 เป็นสัญญาณแบบ 2 ทิศทาง โดยจะสัมพันธ์กับสัญญาณ R/W ใช้สำหรับรับคำสั่งและข้อมูลระหว่าง LCD กับอุปกรณ์ภายนอก โดยถ้า R/W = “0” สัญญาณ DB7-DB0 จะส่งจากอุปกรณ์ภายนอกมาที่ LCD แต่ถ้า R/W = “1” สัญญาณ DB7-DB0 จะส่งจาก LCD ไปยังอุปกรณ์ภายนอก

2.3.3.3 การเชื่อมต่อสัญญาณระหว่าง Microcontroller กับ LCD Controller

การเชื่อมต่อสัญญาณขาข้อมูลระหว่าง Microcontroller กับ LCD Controller สามารถทำได้ 2 ลักษณะ คือ การเชื่อมต่อแบบ 8 บิต (DB0-DB7) และการเชื่อมต่อแบบ 4 บิต (DB4-DB7) ทั้งสองแบบแตกต่างกันเพียงจำนวนขาที่ใช้คือ 8 หรือ 4 ขา และยังสามารถทำงานได้เหมือนกัน อย่างที่แน่นอนในการส่งข้อมูลแบบ 4 ขา ย่อมทำได้ช้ากว่า 8 ขา แต่ไม่ได้ช้ามากจนสังเกตได้ด้วยสายตา ในการต่อกับ Arduino นั้นจึงนิยมต่อเพียง 4 ขา หรือ 4 บิตเท่านั้น เพื่อเป็นการประหยัดขาในการต่อใช้งานไปไว้ต่อกับอุปกรณ์อื่น ตัวอย่างเช่น Arduino UNO R3 ต่อกับ LCD 16*2 ดังรูปที่ 2.28 และแสดงตารางการเชื่อต่อระว่าง LCD และ Arduino ดังรูปที่ 2.29



รูปที่ 2.28 การเชื่อมต่อระหว่าง ARDUINO R3 กับ LCD 16x2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VR 10 KOhm	LCD	Arduino
GND	VSS/GND	Ground
VCC	VDD	+5VDC
Signal	VO/VEE	-
-	RS	Digital Pin 12
-	RW	Ground (เพราะเราต้องการเขียน)
-	E/EN	Digital Pin 11
-	DB4	Digital Pin 4
-	DB5	Digital Pin 5
-	DB6	Digital Pin 6
-	DB7	Digital Pin 7
-	A	+5VDC
-	K	Ground

รูปที่ 2.29 Port การเชื่อมต่อระหว่าง ARDUINO R3 กับ LCD 16x2

2.3.3.4 รายละเอียดคำสั่งในการสั่งงานระหว่าง Arduino กับจอ LCD

คำสั่งในการควบคุมจอ LCD ของ Arduino นั้น ทาง Arduino.cc เขียนเป็น Library มาให้เพื่อสะดวกในการนำไปใช้งาน หลังจากต่อสายเสร็จเรียบร้อย ขั้นตอนแรกในการเริ่มเขียนโปรแกรมคือการเรียกใช้ Library ของ LCD จากไฟล์ชื่อ LiquidCrystal.h หลังจากนั้นมาดูกันว่ามีฟังก์ชันที่สำคัญอะไรบ้างที่ใช้สั่งงานให้จอ LCD

- ฟังก์ชัน LiquidCrystal();

ใช้ประกาศขาที่ต้องการส่งข้อมูลไปยังจอ LCD รูปแบบในการสั่งงานคือ

- LiquidCrystal lcd(rs, enable, d4, d5, d6, d7) (ในกรณีใช้งานแบบ 4 บิต)
- LiquidCrystal lcd(rs, enable, d0, d1, d2, d3, d4, d5, d6, d7) (ในกรณีที่ใช้งานแบบ 8 บิต)

ในตัวอย่างนี้ใช้แบบ 4 บิต คือ LiquidCrystal lcd(12, 11, 4, 5, 6, 7); ก็หมายถึงการเชื่อมต่อ rs ที่ขา 12, Enable ที่ขา 11, และ DB4-DB7 ที่ขา 4-7 ของ Arduino ตามลำดับ

- ฟังก์ชัน begin(); ใช้กำหนดขนาดของจอ ในบทความนี้ใช้ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด จึงประกาศเป็นlcd.begin(16,2);

- ฟังก์ชัน setCursor(); ใช้กำหนดตำแหน่งและบรรทัดของ Cursor เช่น lcd.setCursor(0,1) คือ ให้เคอร์เซอร์ไปที่ตำแหน่งที่ 0 บรรทัดที่ 1 การนับตำแหน่งเริ่มจาก 0 ดังนั้น LCD 16x2 มีตำแหน่ง 0 – 15 บรรทัดคือ 0 กับ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ฟังก์ชัน print(); ใช้กำหนดข้อความที่ต้องการแสดง เช่น lcd.print("ThaiEasyElec"); คือ ให้แสดงข้อความ “ThaiEasyElec” ออกทางหน้าจอ LCD

ตัวอย่างโค้ดโปรแกรมซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงดังรูปที่ 2.30

```
#include <LiquidCrystal.h>  //ประกาศLibrary
// initialize the library with the numbers of the interface pins
LiquidCrystal lcd(12, 11, 4, 5, 6, 7);  //ฟังก์ชันแรกกำหนด Pins ที่ใช้ในการเชื่อมต่อ
void setup()
{
        // set up the LCD's number of columns and rows:
        lcd.begin(16, 2);                       //กำหนดขนาดของจอ Columns และ Rows
        // Print a message to the LCD.
        lcd.print("Hello !!!");                 //กำหนดข้อความที่ต้องการแสดงผล
        lcd.setCursor(0, 1);                    //กำหนดตำแหน่ง Cursor
        lcd.print("ThaiEasyElec");              //กำหนดข้อความที่ต้องการแสดงผล
}
void loop()
{
```

```
}
```

รูปที่ 2.30 ข้อความบนจอ LCD

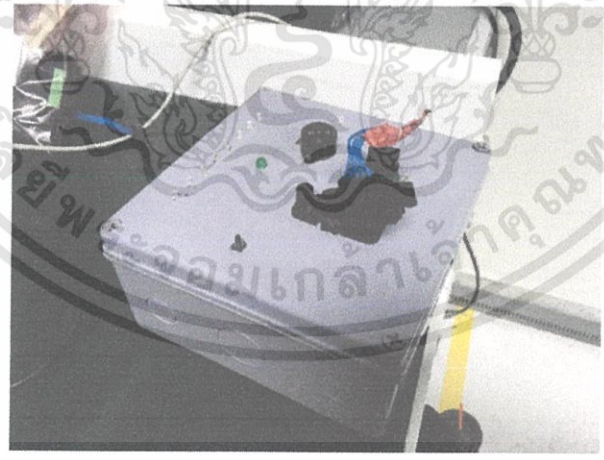
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงงาน

การดำเนินโครงงาน เครื่องตรวจสอบการสลับของมอสเฟตและไดโอด เริ่มตั้งแต่ศึกษาการทำงานของ มอสเฟต (MOSFET) และไดโอด (Diode) ออกแบบวงจรที่ใช้ในการตรวจสอบและตัวโปรแกรมที่ใช้ในการตรวจสอบด้วยเพื่อจะนำไปทดสอบในสายการผลิต หาความแม่นยำ และเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบ

3.1 การวางแผนการดำเนินงาน

การวางแผนการดำเนินงานนั้นจะต้องมีการวางแผนเป็นขั้นตอนทีละสัปดาห์ต่อสัปดาห์ ว่าควรจะเสร็จส่วนไหนไปแล้วบ้างโดยแผนที่วางไว้นั้น เป็นช่วงเวลาที่ดำเนินการในโครงงานสหกิจศึกษา ณ บริษัท เดลต้า อีเลคโทรนิคส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) คือ ช่วงเวลาระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน 2561 ถึงวันที่ 23 พฤศจิกายน 2561 แสดงในแผนดำเนินงานตามตารางที่ 3.1 ซึ่งช่วงเดือน มิถุนายน-กรกฎาคม นั้นได้มีการทำโครงงานอื่นก่อน ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 โครงงานช่วงเดือน มิถุนายน-กรกฎาคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

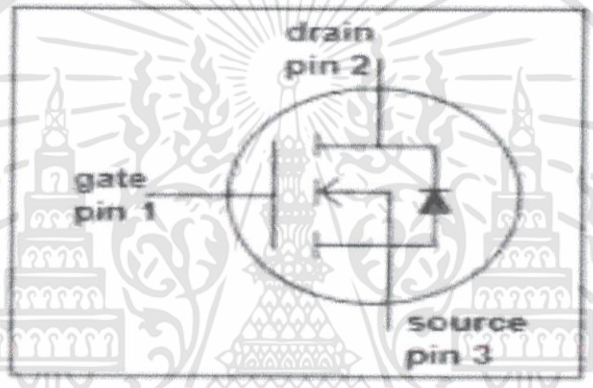
ตารางที่ 3.1 MOSFET and Diode Switching Inspect Machine Timeline

แผนการดำเนินงาน	มิถุนายน				กรกฎาคม				สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ศึกษาทฤษฎีและหลักการทำงานของตัว MOSFET																								
ศึกษาทฤษฎีและหลักการทำงานของตัว DIODE																								
ศึกษา Pogram ในการตรวจสอบ MOSFET, DIODE																								
ศึกษาวงจรที่สามารถทำงานร่วมกับProgram																								
ทำวงจร และดัดแปลงตัวFIXTURE ที่ใช้ตรวจสอบชิ้นงาน																								
นำวงจรมาประกอบลงบนFIXTURE																								
ตรวจสอบหาข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระหว่างการตรวจสอบ																								
วิเคราะห์ปรับปรุงตัวงานให้ดีขึ้น																								

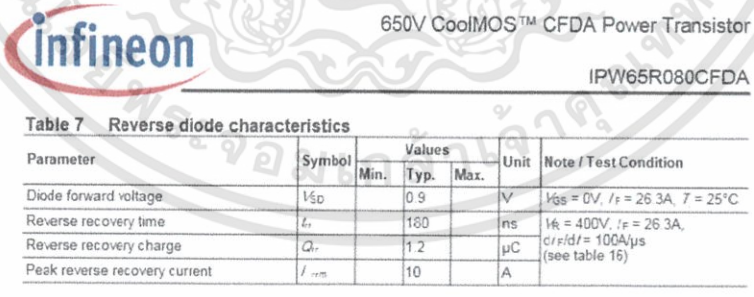
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การศึกษาทฤษฎี และหลักการทำงานของ MOSFET

ในการศึกษาการทำงานของ MOSFET ที่นำไปใส่บน Heatsink นั้นทางบริษัทนั้นใช้ยี่ห้อ Infineon รุ่น 65F6080A ซึ่งตาม Datasheet ของรุ่นนี้จะมี Body Diode ต่อคร่อมระหว่างขาซอส กับขาเดรน ซึ่งมีหน้าที่คือกันกระแสให้ไหลไปในทิศทางเดียวกัน จาก Datasheet นั้นค่า Diode Forward Voltage นั้นมีค่า 0.9 โวลต์ หมายความว่า ถ้าเริ่มจ่ายแรงดันที่ค่า 0.9 โวลต์ หรือมากกว่าจากขาซอส ไปขาเดรน ก็จะเกิดการนำกระแสไฟฟ้า แต่ถ้าตัว MOSFET นั้นเกิดการสลับกันก็จะเกิดการจ่ายแรงดันจากขาเกต ไปขาเดรน ซึ่งกระแสก็จะไม่สามารถผ่านไปได้ ซึ่งจะใช้หลักการนี้ในการตรวจสอบหาว่า MOSFET นั้นมีการสลับหรือไม่ ดังรูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 Schematic ของ MOSFET ยี่ห้อ Infineon รุ่น 65F6080A



650V CoolMOS™ CFDA Power Transistor

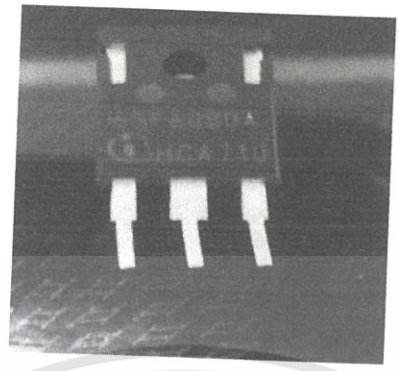
IPW65R080CFDA

Table 7 Reverse diode characteristics

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Diode forward voltage	V_{SD}		0.9		V	V_{GS} = 0V, I_F = 26.3A, T = 25°C
Reverse recovery time	t_{rr}		180		ns	V_R = 400V, I_F = 26.3A, dI_F/dt = 100A/µs (see table 16)
Reverse recovery charge	Q_{rr}		1.2		µC	
Peak reverse recovery current	I_{rrm}		10		A	

รูปที่ 3.3 ตารางค่า Diode Forward Voltage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 MOSFET ที่ใช้ทำการทดสอบ ยี่ห้อ Infineon

รูปที่ 3.5 การวัดเทียบกันระหว่าง ขา Source (+) ไปขา Drain (-)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การศึกษาทฤษฎีและหลักการทำงานของ Diode

ในการศึกษาการทำงานของ Diode นั้น Diode สามารถใช้งานได้หลากหลายมาก แต่ตัว Diode ที่จะนำไปใส่ใน Heatsink นั้น มีหน้าที่คือ เป็นส่วนประกอบของวงจร Boost Converter ในการไบอัสตรงหรือไบอัสกลับกระแสและแรงดันจากแหล่งจ่ายไปจ่ายให้โหลด ซึ่งทางบริษัทนั้นใช้ยี่ห้อ STTH รุ่น 1506DPI ซึ่งตาม Datasheet ของรุ่นนี้ จะมี Forward Voltage Drop สูงสุดคือ 3.6 โวลต์ ดังรูปที่ 3.6 ซึ่งถ้าจ่ายแรงดัน 5 โวลต์ แบบไบอัสตรงเข้าไป จะขึ้นดังรูปที่ 3.7 หมายความว่าจะเกิดการนำกระแสเกิดขึ้นและมีแรงดันตกคร่อมไดโอดคือ 0.7 โวลต์ แต่ถ้าเกิดจ่ายสลับกันดังรูปที่ 3.8 จะเกิดการไบอัสกลับจะไม่มีการนำกระแสเกิดขึ้น ซึ่งจะเกิดแรงดันตกคร่อมไดโอดเท่ากับแหล่งจ่าย ซึ่งจะใช้หลักการนี้ในการตรวจสอบว่า Diode เกิดการสลับหรือไม่

STTH1506DPI

THERMAL AND POWER DATA

Symbol	Parameter	Test conditions	Value	Unit
$R_{th(j-c)}$	Junction to case		1.6	°C/W

STATIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (for both diodes)

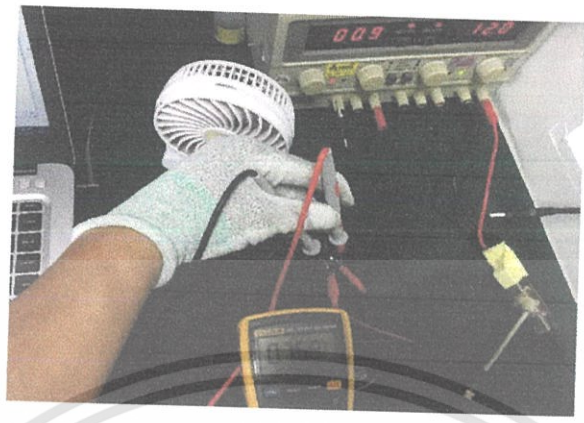
Symbol	Parameter	Tests Conditions		Min.	Typ.	Max.	Unit
I_R*	Reverse leakage current	$V_R = V_{RRM}$	Tj = 25°C			20	µA
			Tj = 125°C		30	200	
V_F**	Forward voltage drop	I_F = 15 A	Tj = 25°C			3.6	V
			Tj = 150°C		1.95	2.4	

Pulse test: * tp = 100ms, δ < 2%
** tp = 380µs, δ < 2%

To evaluate the maximum conduction losses use the following equation:
$P = 1.7 \times I_{F(AV)} + 0.047 \times I_{F^2(RMS)}$

รูปที่ 3.6 Datasheet บอกค่า Forward Voltage Drop ของ Diode รุ่น 1506

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 จ่ายแรงดัน 5 โวลต์ แบบไบอัสตรงให้ Diode

รูปที่ 3.8 จ่ายแรงดัน 5 โวลต์ แบบไบอัสกลับให้ Diode

3.4 การศึกษาโปรแกรมในตรวจสอบ MOSFET และ Diode

ในที่นี้จะใช้โปรแกรม Arduino ตรวจสอบ เนื่องจากมีการศึกษาได้หลากหลายและราคาถูก และเป็น Open Source และการจะตรวจสอบ MOSFET Diode แรงดันที่ใช้ตรวจสอบมีค่าไม่สูงนักโดยในการออกแบบโปรแกรมจะแบ่งเป็น 3 ส่วนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 ส่วนที่ปล่อยแรงดันไปตกคร่อมตัว MOSFET, Diode

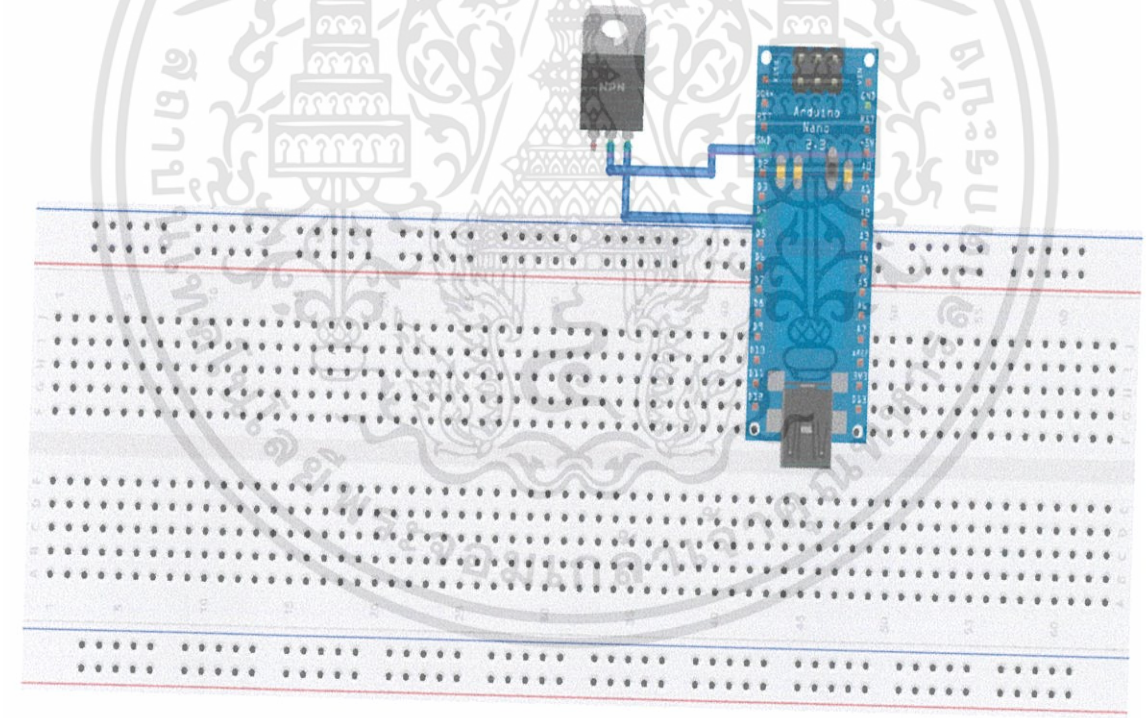
ซึ่งคำสั่งที่ใช้นั้นคือ Void DigitalWrite (pin,value) คำสั่งนี้ใช้สำหรับกำหนดสถานะทาง Output ให้กับ Digital I/O Pin ว่าต้องการให้มีสภาวะทางโลจิกเป็น High หรือ Low ซึ่งขาสัญญาณที่สั่งงานด้วยคำสั่งนี้ จะต้องถูกกำหนดคุณสมบัติให้ทำหน้าที่เป็น Output เรียบร้อยแล้ว

ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการ

Pin หมายถึง รหัสร Pin ของขาสัญญาณที่ทำหน้าที่เป็น Digital I/O Pin ซึ่งจะมีทั้งหมดจำนวน 14 Pin คือ 0-13 โดยต้องกำหนดรูปแบบของตัวเลข ให้เป็นจำนวนเต็ม (Int) ด้วย

Value หมายถึง ค่าสถานะทาง Output ของ Digital Output Pin ที่ต้องการกำหนด ซึ่งสามารถกำหนดสถานะให้กับ Pin ได้ 2 ค่า คือ HIGH (5 โวลต์ หรือ 3.3 โวลต์) และ LOW (0 โวลต์)

ซึ่งจะกำหนด Port Output ที่ใช้ปล่อยแรงดัน PIN (04) ให้ตรงกับขาซอส (5 โวลต์) และต่อ Port Ground ให้ตรงกับขาเดรน ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ตัวอย่างการต่อ Arduino กับ MOSFET เพื่อปล่อยแรงดัน

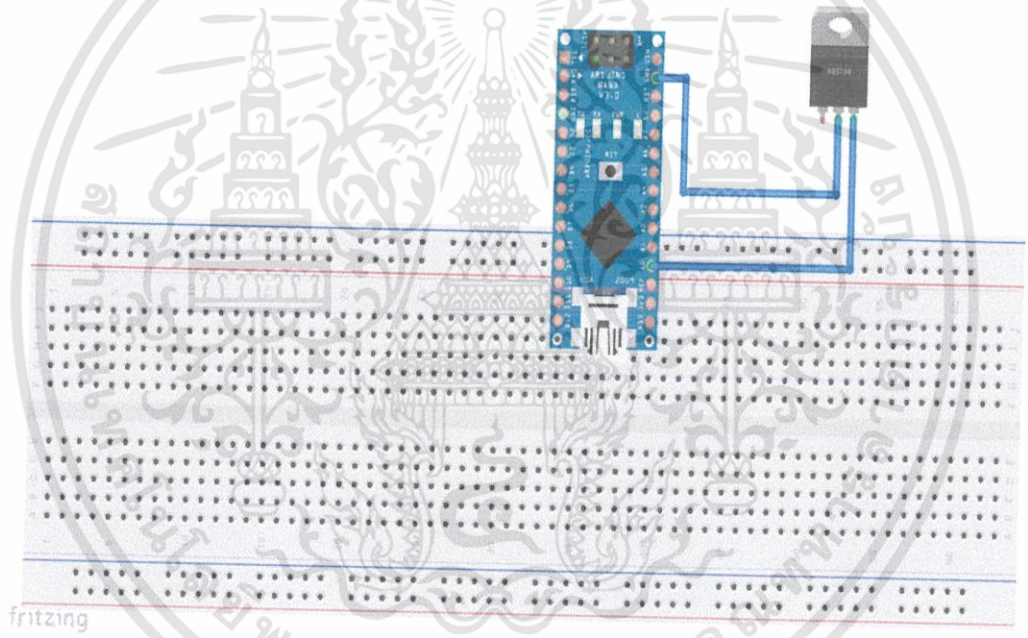
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 ส่วนที่ตรวจสอบว่า Mosfet, Diode มีการสลับกันหรือไม่

ซึ่งคำสั่งที่ใช้นั้นคือ int digitalRead (Pin) คำสั่งนี้ ใช้สำหรับอ่านค่าสถานะ Logic Input ของ Digital Input Pin ว่ามีค่าสถานะเป็น High หรือ Low ซึ่งขาสัญญาณที่จะสั่งอ่างค่าด้วยคำสั่งนี้ จะต้องถูกกำหนดคุณสมบัติให้ทำหน้าที่เป็น Input เรียบร้อยแล้ว

ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการ Pin หมายถึง รหัสร Pin ของขาสัญญาณที่ทำหน้าที่เป็น Digital Input Pin ซึ่งจะมีทั้งหมดจำนวน 14 Pin คือ 0 ถึง 13 โดยต้องกำหนดรูปแบบของตัวเลข ให้เป็นแบบจำนวนเต็ม (int) ด้วย

ซึ่งจะกำหนด Port Input ที่ใช้รับแรงดันให้ตรงกับขาซอส ต่อ Port Ground ให้ตรงกับขาเดรน ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ตัวอย่างการต่อ Arduino กับ MOSFET เพื่อรับค่า

3.4.3 ส่วนที่แสดงผล Mosfet, Diode มีการสลับกันที่ตำแหน่งใด

ซึ่งในส่วนนี้จะใช้ จอ LCD แสดงผล ซึ่งสามารถแบ่งสถานะการแสดงผล 6 ส่วนหลักๆ ดังนี้

- LCD แสดงคำว่า "Please Insert Unit" ดังรูปที่ 3.11 คือ รอใส่ MOSFET, Diode ที่ต้องการตรวจสอบลงไปในเครื่อง (MOSFET and Diode Switching Inspect Machine)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

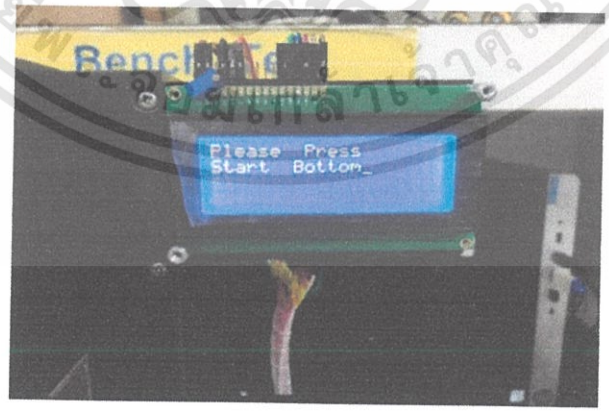
- LCD แสดงคำว่า “Please Press Start Bottom” ดังรูปที่ 3.12 คือ รอกดปุ่มทำการตรวจสอบ MOSFET, Diode

- LCD แสดงคำว่า “TEST UNIT1, 2 PASS” ดังรูปที่ 3.13 แสดงว่า MOSFET, Diode ที่นำมาตรวจสอบนั้นไม่เกิดการสลับกัน

- LCD แสดงคำว่า “TEST UNIT 1 FAIL” ในบรรทัดที่ 1 และในบรรทัดที่ 2 แสดงว่าเกิดการสลับชิ้นไหนและบรรทัดที่ 3 แสดงข้อความว่า “TEST UNIT 2 PASS” ดังรูปที่ 3.14 แสดงว่าเกิดการสลับ MOSFET, Diode ของ Unit ที่ 1 แต่ไม่เกิดการสลับของ MOSFET, Diode ของ Unit ที่ 2

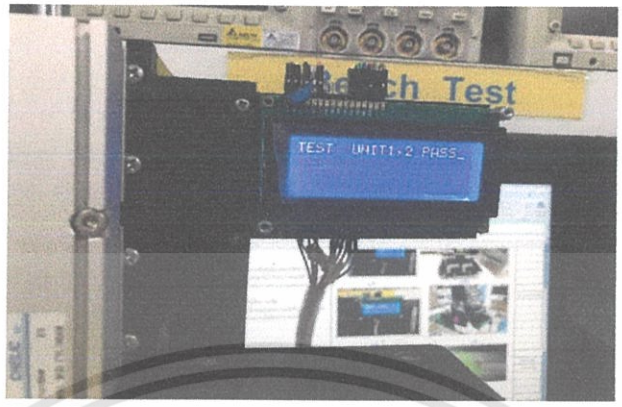
- LCD แสดงคำว่า “TEST UNIT 1 PASS” ในบรรทัดที่ 1 และในบรรทัดที่ 2 ไม่แสดงข้อความอะไรและบรรทัดที่ 3 แสดงข้อความว่า “TEST UNIT 2 FAIL” และบรรทัดที่ 4 แสดงว่าเกิดการสลับกันที่ชิ้นไหน ดังรูปที่ 3.15 แสดงว่าไม่เกิดการสลับ MOSFET, Diode ของ Unit ที่ 1 แต่เกิดการสลับของ MOSFET, Diode ของ Unit ที่ 2

รูปที่ 3.11 รอใส่ MOSFET, Diode ที่ต้องการตรวจสอบ



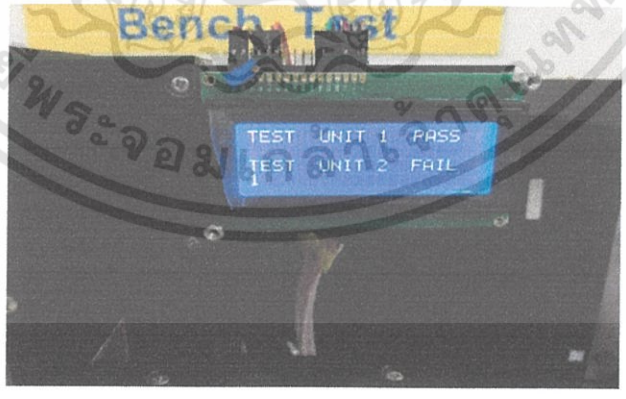
รูปที่ 3.12 รอกดปุ่มทำการตรวจสอบ MOSFET, Diode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



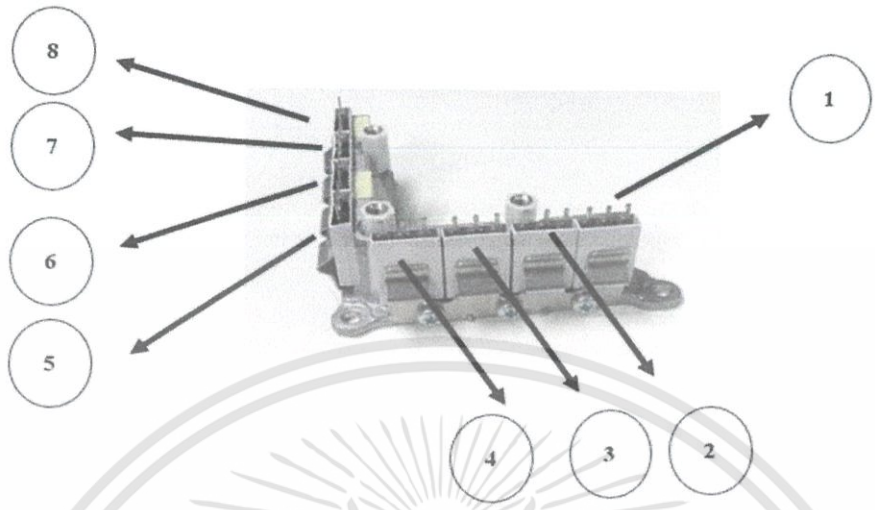
รูปที่ 3.13 Heatsink ที่นำมาทดสอบนั้นไม่เกิดการสลับกัน

รูปที่ 3.14 Unit ที่ 1 เกิดการสลับ ตำแหน่งที่ 1 Unit ที่ 2 ไม่เกิดการสลับ



รูปที่ 3.15 Unit ที่ 1 ไม่เกิดการสลับ ตำแหน่งที่ 1 Unit ที่ 2 เกิดการสลับตำแหน่งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



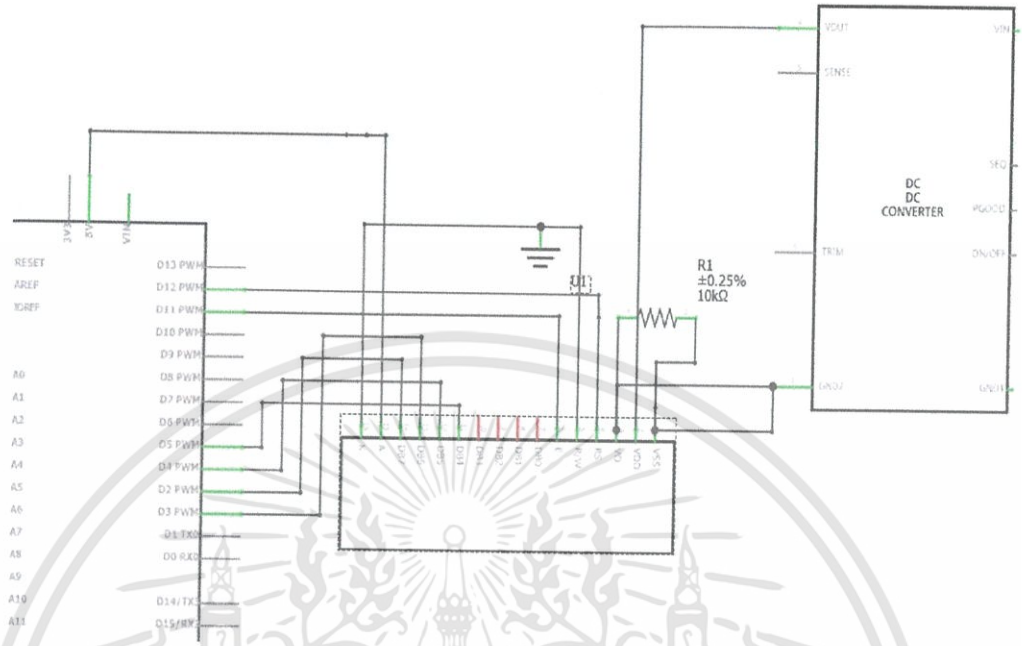
รูปที่ 3.16 การวางตำแหน่งของ MOSFET, Diode ลงบน Heatsink

จากรูปที่ 3.16 จะมีตำแหน่ง 1, 2, 3, 4, 5, 7 เป็น MOSFET ยี่ห้อ Infineon รุ่น 65F6080A ส่วนแหน่ง 6, 8 จะเป็น Diode ยี่ห้อ STTH รุ่น 1506 DPI ซึ่งในการตรวจสอบจะมี 2 Unit

ซึ่งการเชื่อมต่อกับ Arduino นั้นจะใช้ Port D2(Arduino) ต่อกับ DB7, D3 (Arduino) ต่อกับ DB6, D4 (Arduino) ต่อกับ DB5, D5 (Arduino) ต่อกับ DB4, GND (Arduino) ต่อกับ R/W และ VSS และ K, 5 โวลต์ (Arduino) ต่อกับ A เพื่อทำให้จอ LCD เกิดความสว่าง และจะมีความต้านทาน ขนาด 10 K Ω ต่อคร่อมระหว่าง VO กับ VSS, มีไฟ 5 โวลต์ จาก Power Supply จ่ายเข้ามาที่ VDD (+) กับ VSS (-) ด้วย ดังรูปที่ 3.17 และรูปที่ 3.18

ซึ่งโค้ดที่ใช้เขียนการแสดงผลผ่านจอ LCD จะขอยกตัวอย่างแค่บางส่วน ตามรูปที่ 3.19 และรูปที่ 3.20 และรูปที่ 3..21

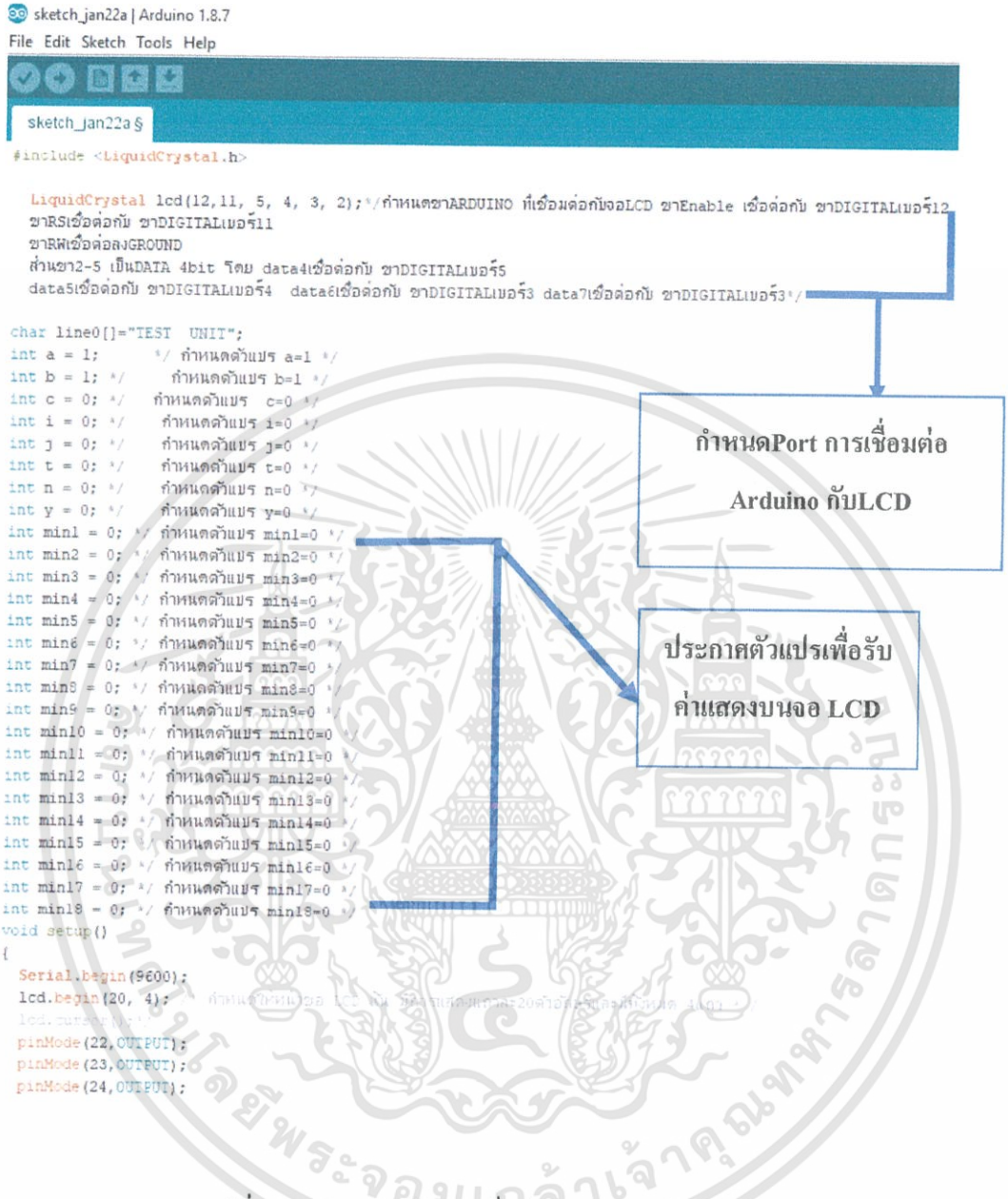
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 Schematic การต่อระหว่าง LCD กับ Arduino

รูปที่ 3.18 การทดลองต่อจอ LCD เข้ากับ Arduino โดยใช้โค้ดตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

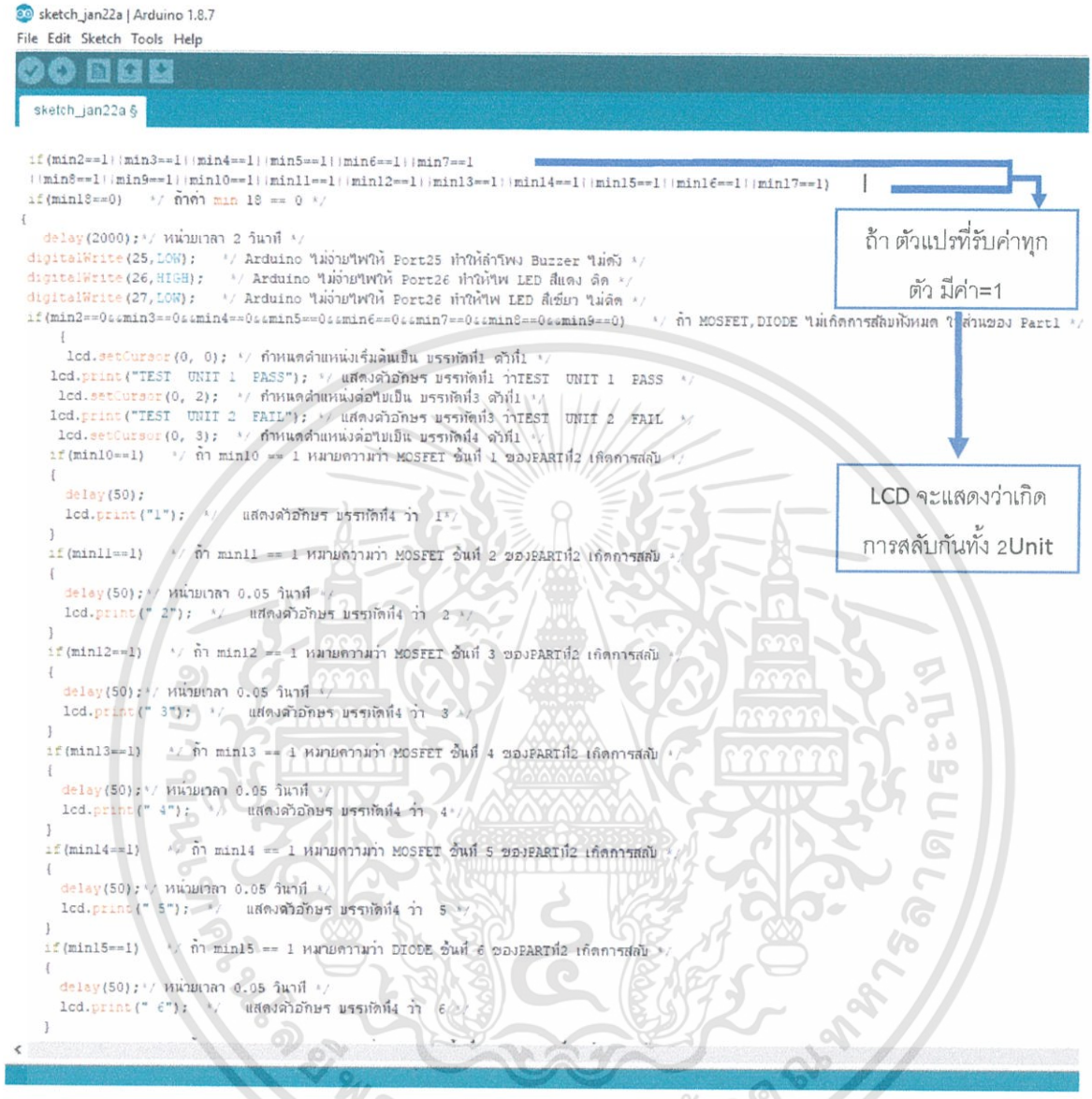


รูปที่ 3.19 ประกาศตัวแปรเพื่อค่าการแสดงหน้าจอบน LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.20 กำหนด Port ของ Arduino

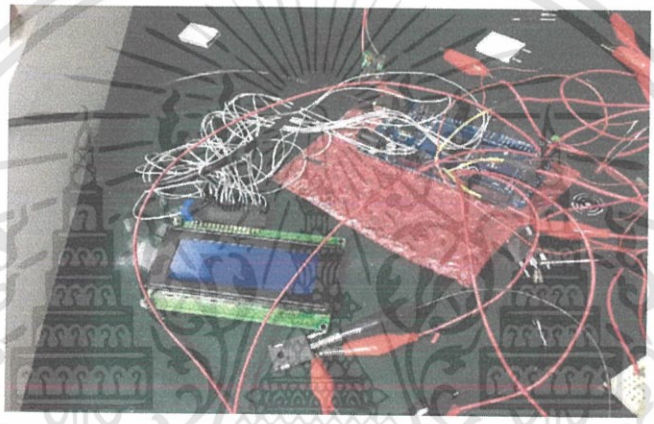
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



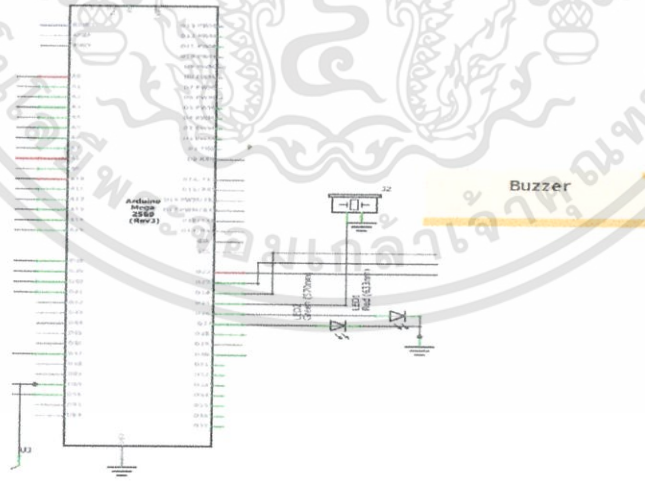
รูปที่ 3.21 ผลลัพธ์ที่เกิดการสลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากถ้าผลการตรวจสอบ MOSFET, Diode ไม่เกิดการสลับเลย เวลาที่พนักงานตรวจสอบต้องอ่านตัวอักษรบนหน้าจอ LCD อาจจะทำให้เสียเวลาแล้วเกิดความยุ่งยาก ดังนั้นจึงได้มีการออกแบบโปรแกรมเพิ่มโดยการเพิ่มส่วนของ LED และลำโพง (Buzzer) เพิ่มไป โดยถ้า MOSFET, Diode ไม่มีการสลับกันนั้นจะให้ LED สีเขียวทำงานต้องที่การตรวจสอบเสร็จสิ้น แต่ถ้า MOSFET, Diode เกิดการสลับกันจะให้ LED สีแดง และลำโพง (Buzzer) ทำงานพร้อมกัน เพื่อให้เกิดความสะดวกในการแยกแยะ และประหยัดเวลาลงโดยการต่อวงจร และโปรแกรมที่ใช้จะแสดงดังรูปที่ 3.22 และรูปที่ 3.23 และรูปที่ 3.24

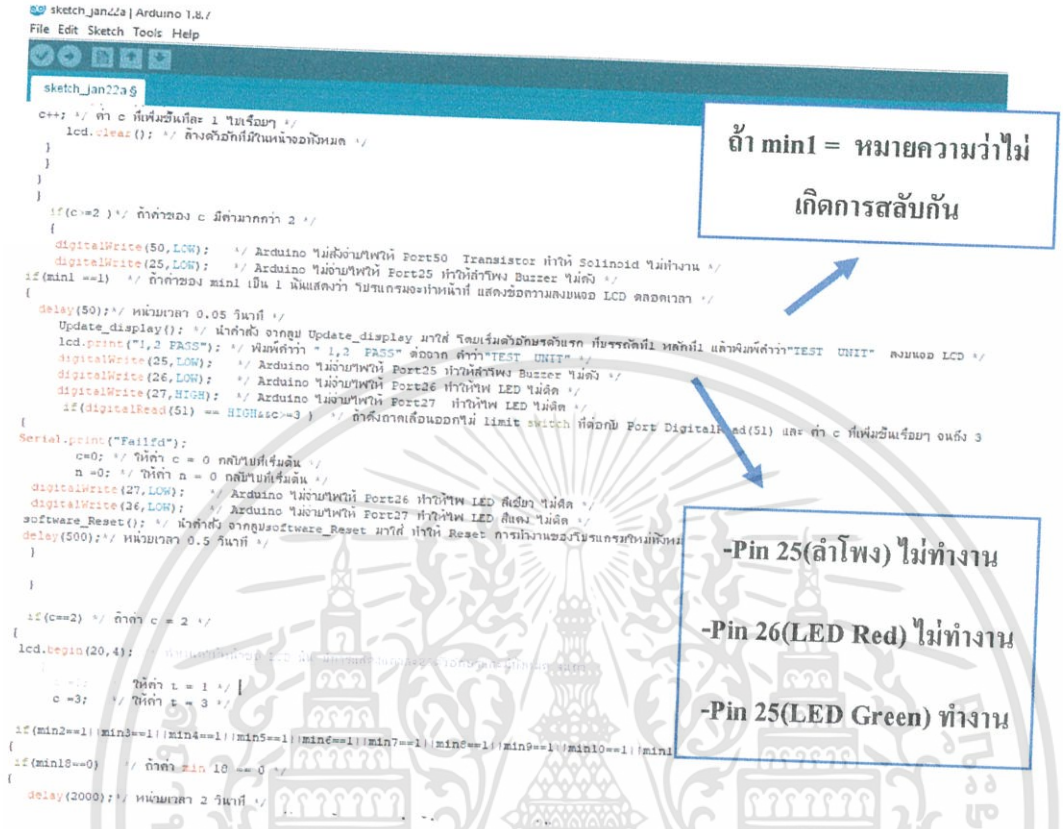


รูปที่ 3.22 การทดลองต่อหลอด LED กับ Arduino และ MOSFET, Diode



รูปที่ 3.23 Schematic การต่อระหว่าง LED (Red, Green) และ BUZZER กับ Arduino

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



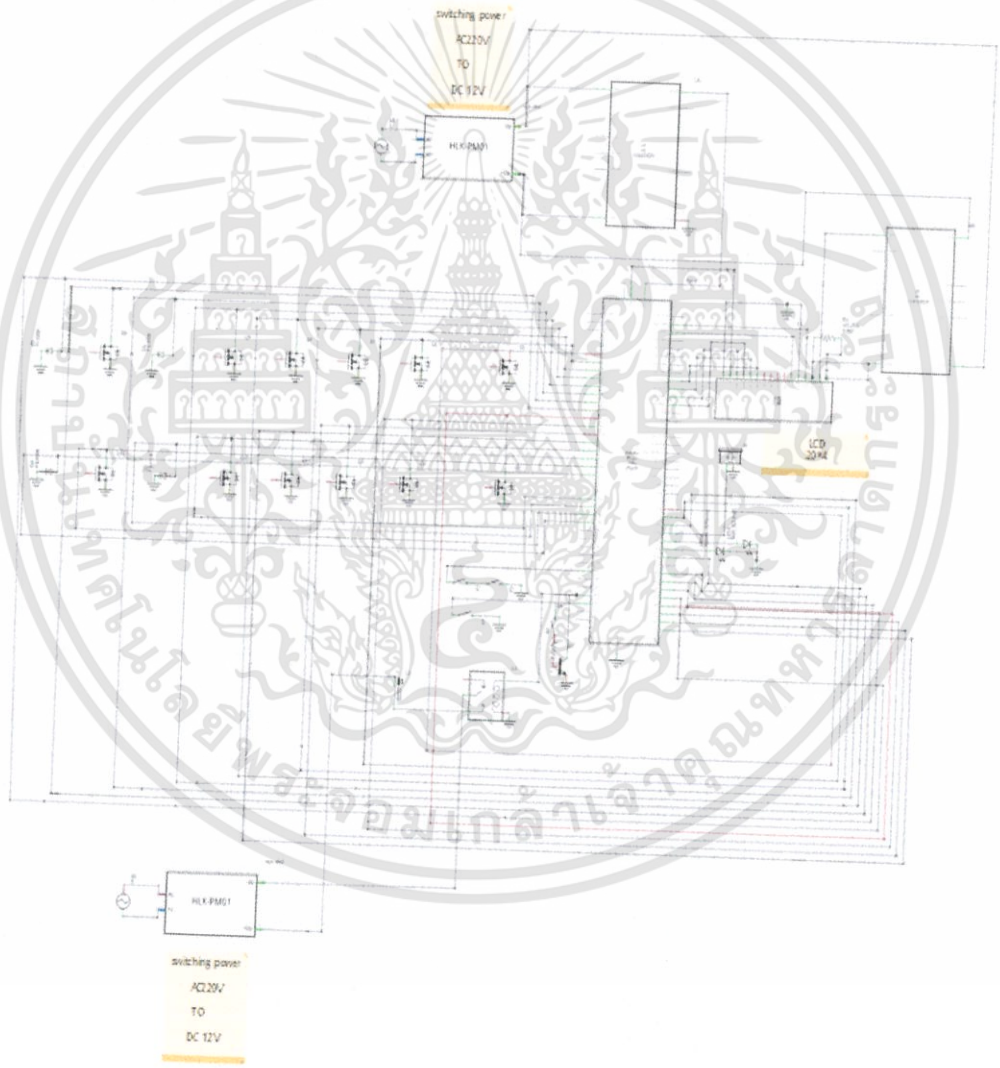
รูปที่ 3.24 ผลลัพธ์ที่ไม่เกิดการสลับ

3.5 ศึกษาวงจรไฟฟ้าที่ใช้ทำงานร่วมกับโปรแกรม

ในการออกแบบวงจรไฟฟ้าโครงงานนี้ จะใช้อุปกรณ์สำรอง (Spare Part) ที่มีในบริษัทมาเป็นอุปกรณ์ และเป็นอุปกรณ์ที่ใช้งานกันเป็นประจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

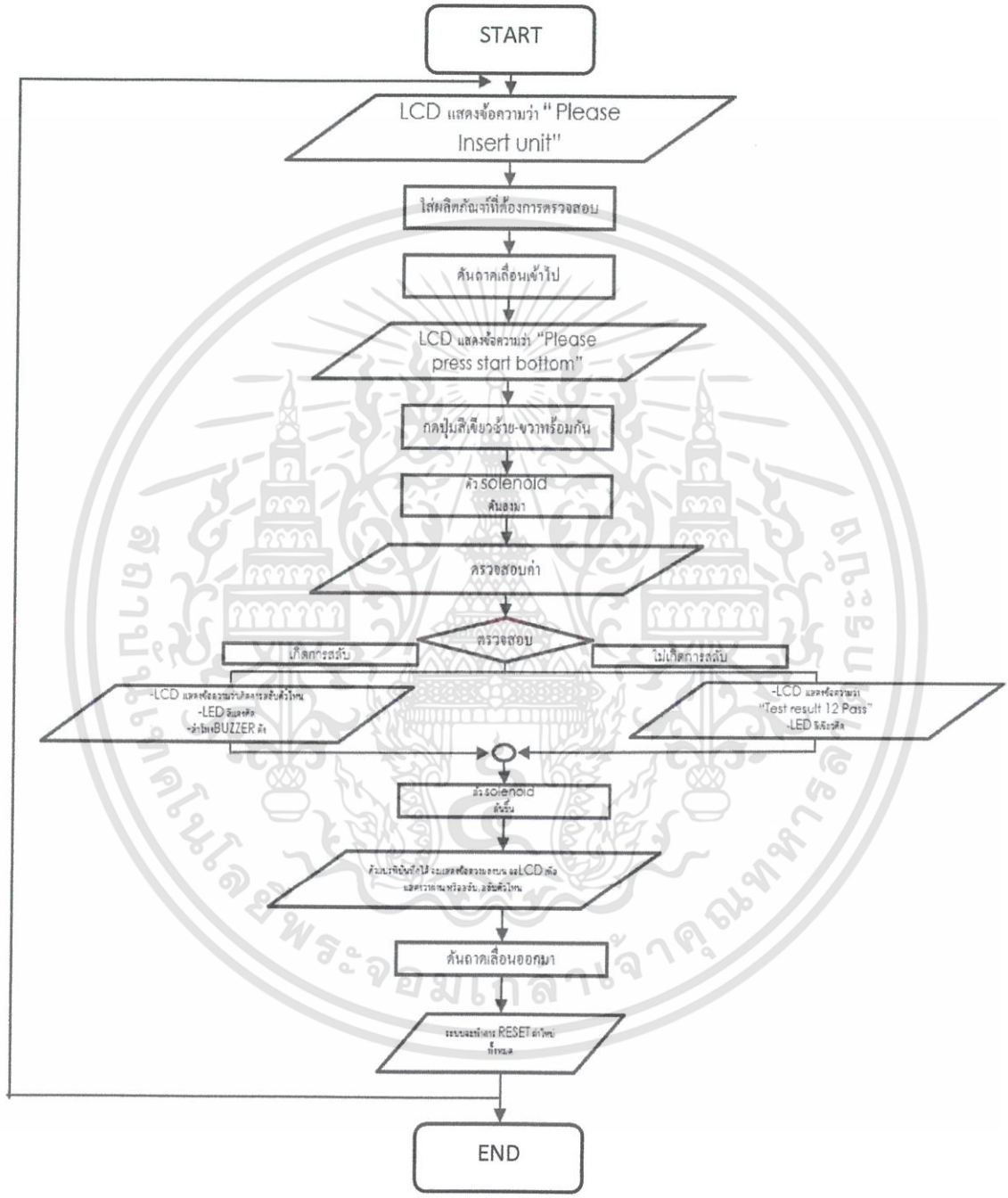
เมื่อทำการออกการทำงานของระบบเสร็จสิ้นทั้งหมด วงจรนี้จะใช้ Limit Switch กับ Push Switch ในการรับค่าส่งไปให้ Arduino สั่งงาน ให้ Solenoid ทำงานผ่าน Relay ดัน Pin ที่ต้องการตรวจสอบ MOSFET, Diode พร้อมแสดงสถานะออกมาทางจอ LCD และหลอด LED และลำโพง (Buzzer) หลอด LED จะมี 2 สี ถ้า MOSFET, Diode ไม่มีการสลับ LED สีเขียวจะทำงาน ถ้า MOSFET, Diode มีการสลับ LED สีแดงและลำโพงจะทำงาน และมีปุ่ม Emergency Switch ให้ออกจากการทำงาน กรณีที่พนักงานได้รับอุบัติเหตุจากการใช้งาน ดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 แผนผังวงจรไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

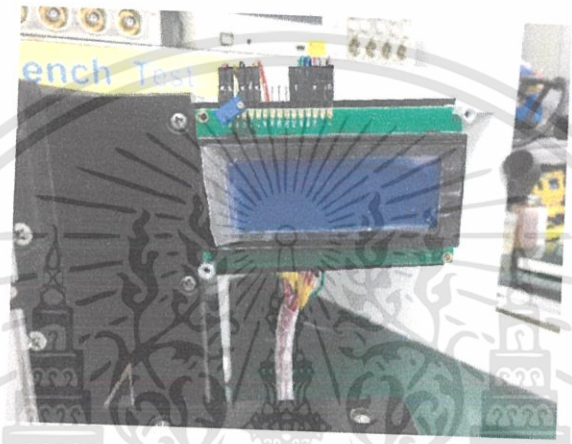
ซึ่งเมื่อนำแผนผังวงจรมาไฟฟ้า มารวมกับโปรแกรม และตัว Fixture สามารถเขียนการทำงานได้ในรูปของ Flowchart Diagram ได้ ดังรูปที่ 3.26



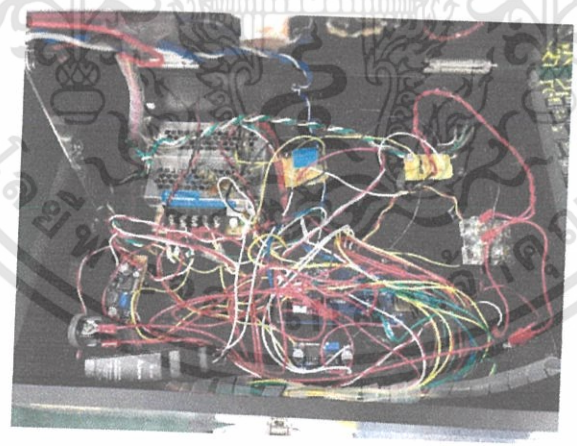
รูปที่ 3.26 Flowchart Diagram ของ MOSFET and Diode Switching Inspect Machine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากทำการออกแบบวงจรไฟฟ้า และทำ Flow และกำหนดอุปกรณ์เสร็จสิ้น ลำดับต่อไปจะเป็นการนำวงจรที่ได้ไปประกอบลงบน Fixture ในตำแหน่งที่เหมาะสม ซึ่งตัว Fixture นั้น ทางบริษัทได้สั่งทำจากบริษัทข้างนอกมา แล้วทางบริษัทไม่สามารถให้ Drawing ได้ ดังนั้นการประกอบโครงสร้างจึงจะใส่หน้าจอ LCD และวงจรเพิ่มเข้าไปในตัวเครื่อง ดังรูปที่ 3.27 และรูปที่ 3.28 เสร็จแล้วจึงนำไปติดตั้งในสายงานการผลิต



รูปที่ 3.27 นำจอ LCD มาใส่เพิ่มในตัวเครื่อง MOSFET and Diode Switching Inspect Machine



รูปที่ 3.28 ต่อวงจรเข้าไปในตัวเครื่อง MOSFET and Diode Switching Inspect Machine

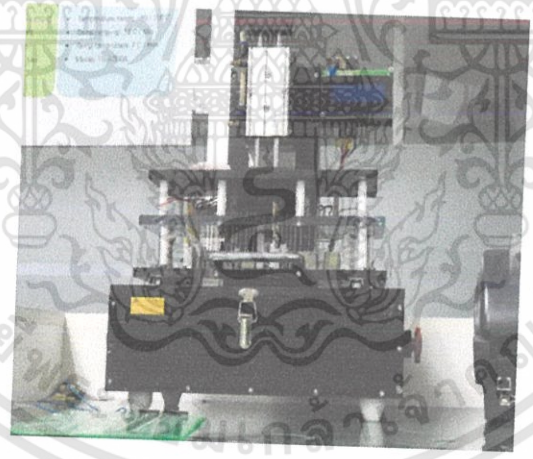
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

เมื่อทำการประกอบโครงสร้าง และใส่วงจรลงไปในตัวเครื่อง MOSFET and Diode Switching Inspect Machine เสร็จแล้ว ดังรูปที่ 4.1 ทำการทดสอบการทำงานของตัวเครื่องตาม Flowchart Diagram และตรวจสอบความแม่นยำของตัวเครื่อง และตรวจสอบข้อผิดพลาดต่างๆ ที่เกิดขึ้น จึงนำมาติดตั้งในสายการผลิต

4.1 โครงสร้างและระบบกลไก

การทำงานของตัวเครื่องจะอาศัยลมจาก Air Tube และไฟฟ้ากระแสสลับ 220 VAC ในการทำงาน และลิมิตสวิตช์ (Limit Switch) สามารถจับได้ว่ามีการชนของถาดเลื่อนที่ใส่ Heatsink ที่ต้องการตรวจสอบและทำการกดปุ่มทำงานทั้งสองด้านเพื่อในขณะที่เครื่องทำงานมือของผู้ใช้งานจะอยู่ที่ปุ่มทำงาน ทำให้มีความปลอดภัยขณะใช้งาน

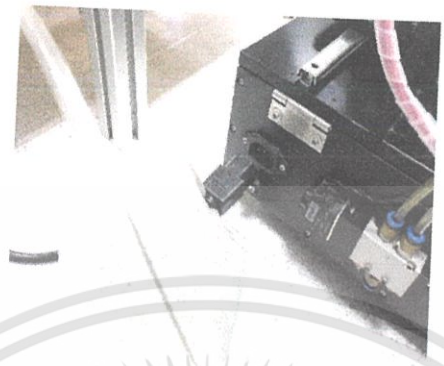


รูปที่ 4.1 ประกอบเครื่องเสร็จรอตรวจสอบการทำงาน

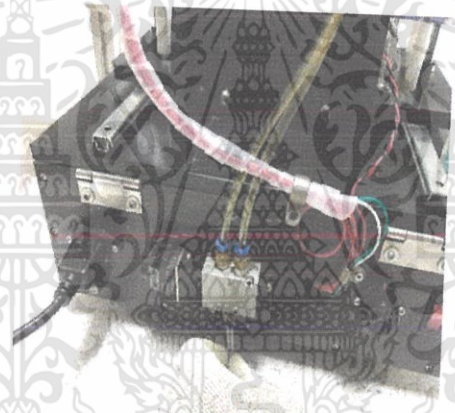
4.2 แหล่งจ่ายไฟ และท่อลมที่จ่ายให้กับตัวเครื่อง

ในการทำงานของเครื่องนั้นจะใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 VAC จ่ายเข้าไปที่หลังเครื่อง MOSFET and Diode Switching Inspect Machine ดังรูปที่ 4.2 และ Air Tube จ่ายลมเข้าไปข้างหลังตัวเครื่อง มีขนาด 6*4 (Outer x Internal Diameter (mm)) ดังรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 เต้ารับไฟฟ้ากระแสสลับ



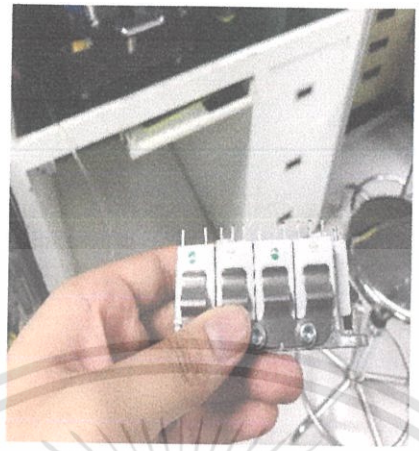
รูปที่ 4.3 ข้อต่อสำหรับใส่ท่อลม

4.3 ผลการทดสอบใช้งานจริง

4.3.1 ทดสอบ MOSFET และ Diode จากสายการผลิต

เมื่อทำการประกอบตัวเครื่อง MOSFET and Diode Switching Inspect Machine ขั้นตอนต่อไปคือ การทดสอบเพื่อหาความแม่นยำ และข้อผิดพลาดต่างที่อาจเกิดขึ้นได้นำ Heatsink จากสายการผลิตดังรูปที่ 4.4 มาโดยไม่มีการสลับ MOSFET และ Diode ซึ่งผลลัพธ์การทดสอบดังรูปที่ 4.5 ต่อมาทำการสลับ MOSFET และ Diode ทุกอันซึ่งผลลัพธ์การทดสอบดังรูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.7

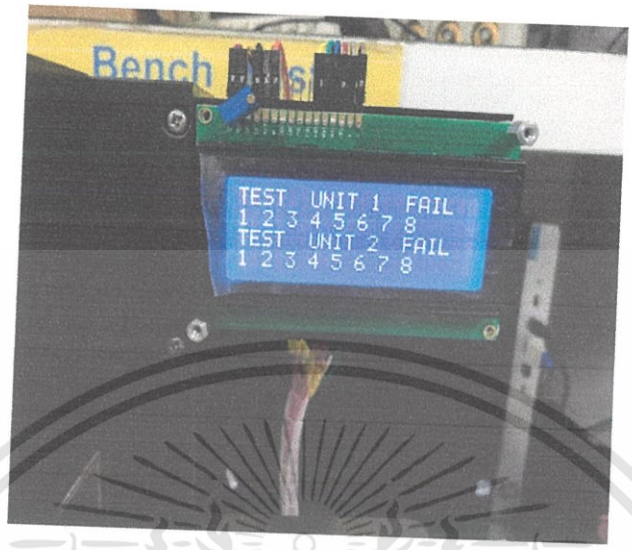
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 Hestsink จากสายการผลิตโดยไม่มีการสลับ MOSFET และ Diode

รูปที่ 4.5 ผลลัพธ์ที่แสดงออกมาคือไม่มีการสลับของ MOSFET และ Diode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 ผลลัพธ์ที่แสดงออกมาคือมีการสลับของ MOSFET และ Diode ทุกอันทั้ง 2 Unit

รูปที่ 4.7 ถ้ามีการสลับของ MOSFET หรือ Diode LED สีแดงและลำโพง (Buzzer) จะทำงาน

4.3.2 ทดสอบระยะเวลาตั้งแต่เริ่มตรวจจับจนถึงแสดงผลลัพธ์

ในการใช้งานจริงนั้นผู้ใช้บันทึกเวลาที่ Solenoid เริ่มปล่อยลมดันขา Pin Test ลงไปตรวจสอบ MOSFET และ Diode และยกขึ้นพร้อมแสดงข้อผลลัพธ์ของการทดสอบบนจอ LCD และ LED ทำงาน และลำโพง (ถ้าเกิดการสลับกัน) ทำงานแสดงดังตาราง 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 บันทึกเวลาการทำงานของ MOSFET and Diode Switching Inspect Machine

	Processing Time (sec)
1	9.46
2	8.4
3	8.44
4	8.57
5	8.43
6	8.76
7	8.9
8	8.31
9	8.53
10	8.74

4.3.3 ทดสอบความแม่นยำความระบบ

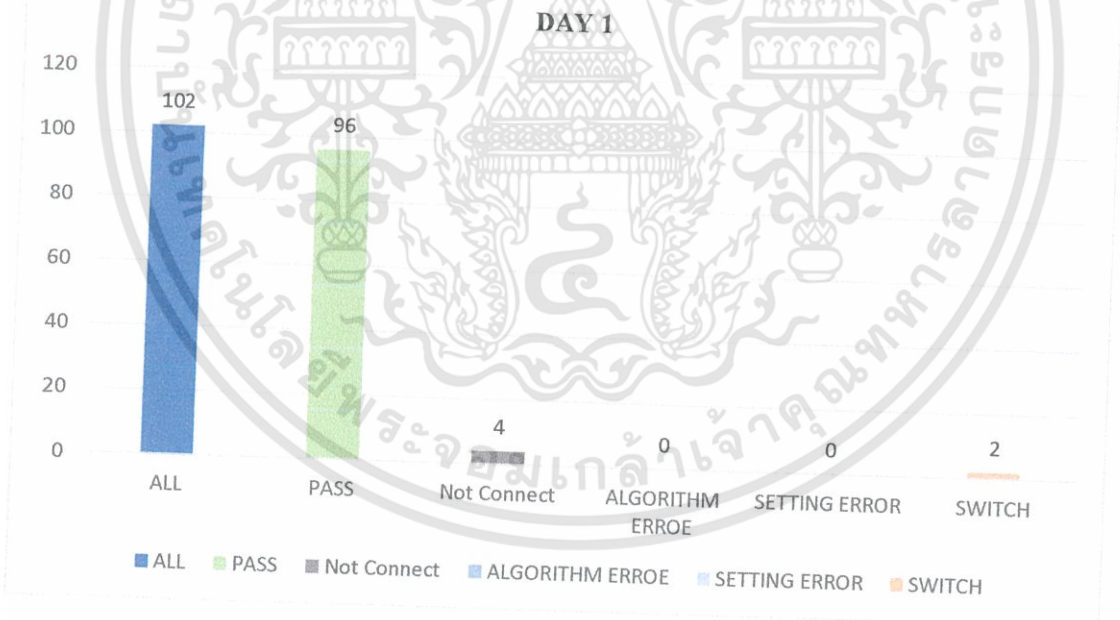
ในการทดสอบความแม่นยำของ MOSFET and Diode Switching Inspect Machine ในการทดสอบพบว่า สามารถระบุการสลับได้ทุกครั้ง แต่ในการทดสอบจริงยังพบปัญหาซึ่งเกิดจากหลายสาเหตุ ได้แก่ พนักงานวางตัว Heatsink ไม่ตรงตำแหน่ง Pin Test (Not Connect), Algorithm Error, Setting Algorithm Error ซึ่งสามารถแก้ไข้ได้โดยการทดสอบใหม่

ติดตามการทำงานของระบบเป็นเวลา 5 วัน ได้ผลดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบวันที่ 1

จำนวน Heatsink ที่ตรวจสอบ	102	100%
Pass	96	94.12%
Not connect	4	3.92%
Algorithm Error	0	0%
Setting Error	0	0%
Switch	2	1.96%

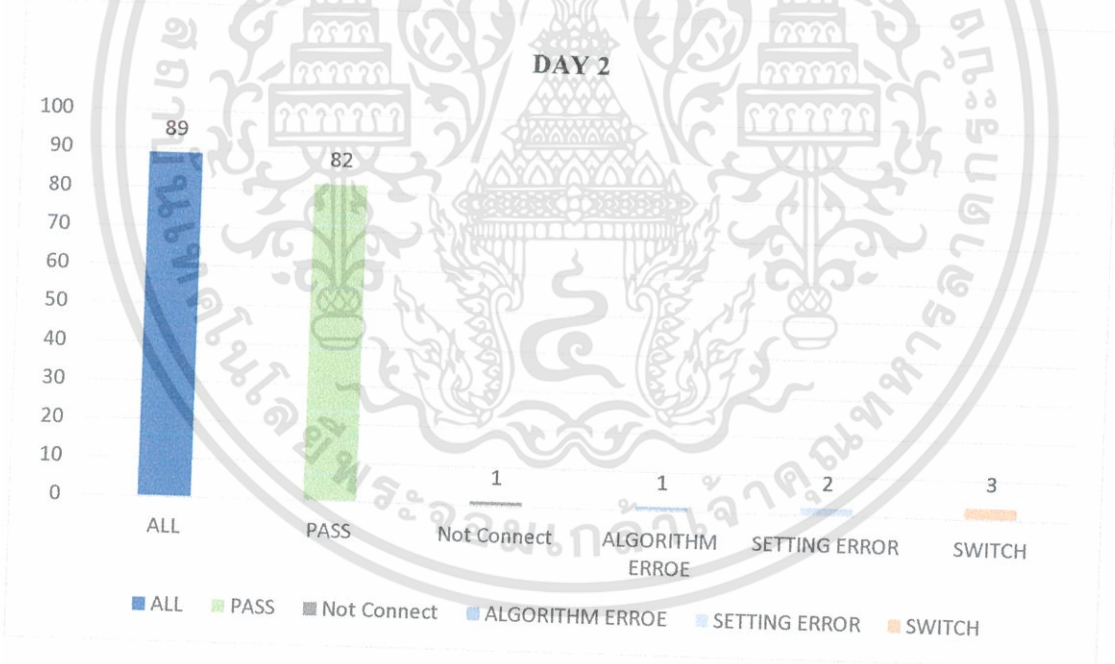


รูปที่ 4.8 ปริมาณการผิดพลาดของวันที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบวันที่ 2

จำนวน Heatsink ที่ตรวจสอบ	89	100%
Pass	82	92.13%
Not Connect	1	1.12%
Algorithm Error	1	1.12%
Setting Error	2	2.25%
Switch	3	3.38%

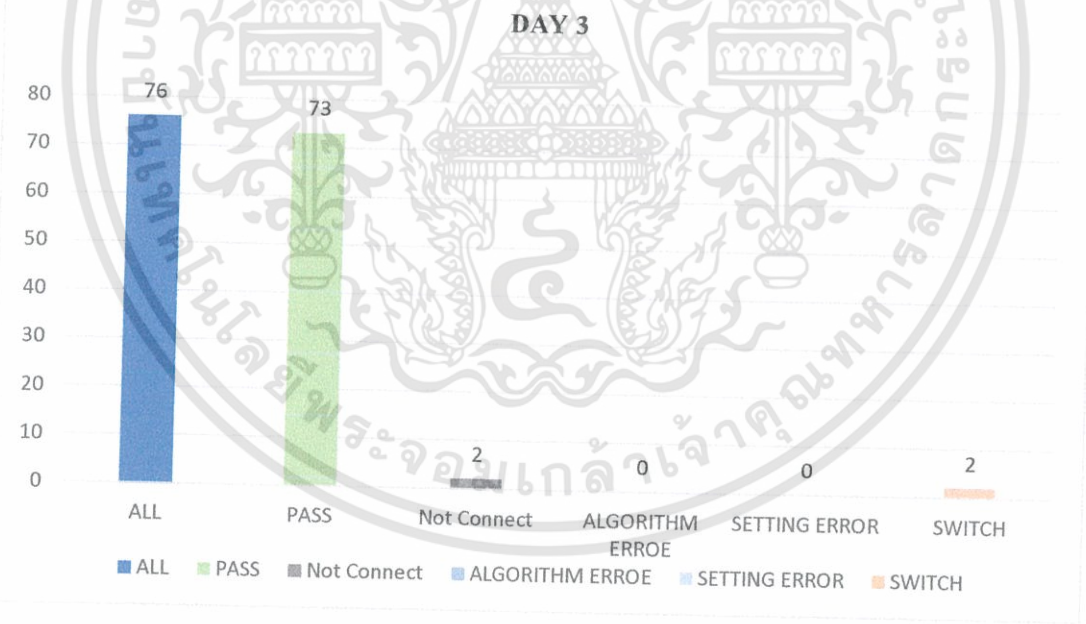


รูปที่ 4.9 ปริมาณการผิดพลาดของวันที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบวันที่ 3

จำนวน Heatsink ที่ตรวจสอบ	76	100%
Pass	73	96.05%
Not connect	2	2.63%
Algorithm Error	0	0%
Setting Error	0	0%
Switch	1	1.32%

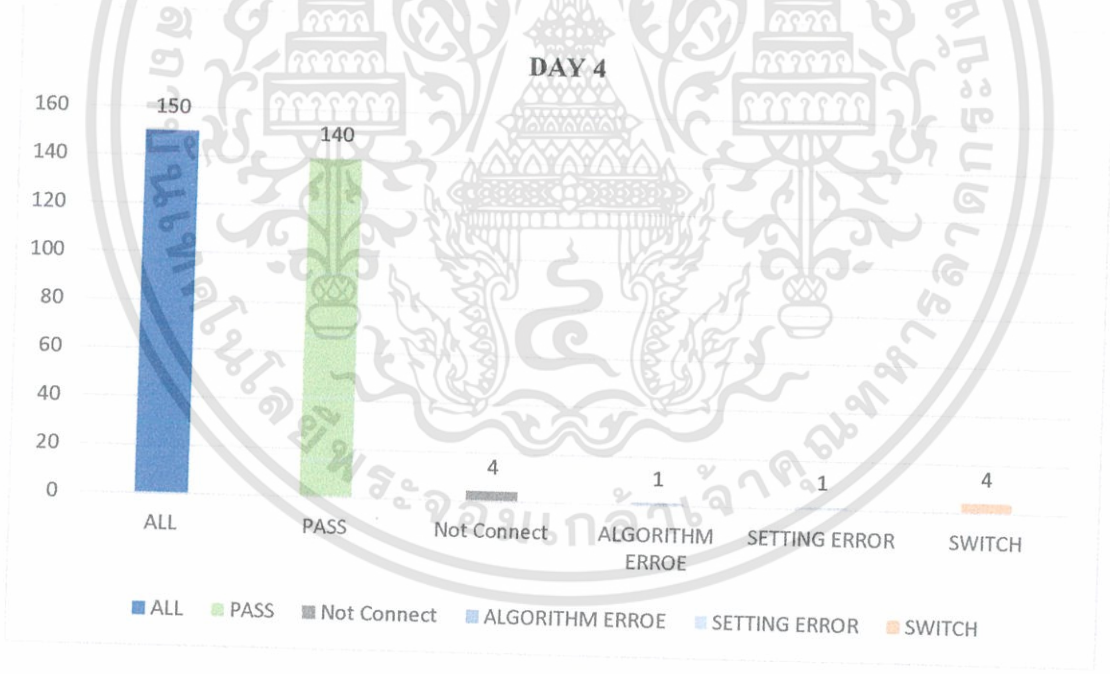


รูปที่ 4.10 ปริมาณการผิดพลาดของวันที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบวันที่ 4

จำนวน Heatsink ที่ตรวจสอบ	150	100%
Pass	140	93.34%
Not Connect	4	2.66%
Algorithm Error	1	0.67%
Setting Error	1	0.67%
Switch	4	2.66%

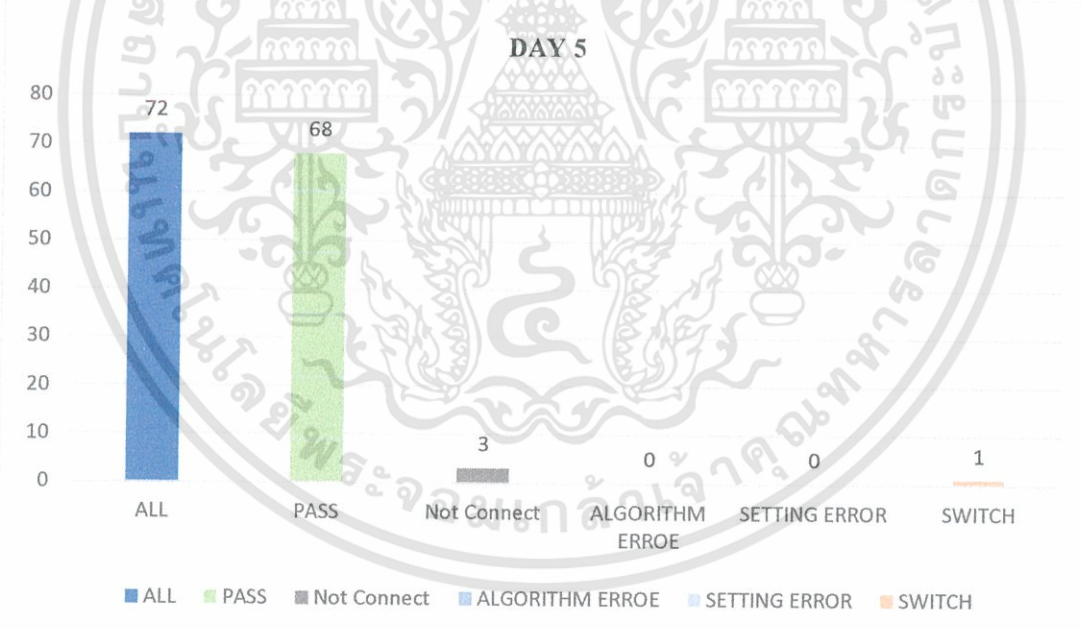


รูปที่ 4.11 ปริมาณการผิดพลาดของวันที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบวันที่ 5

จำนวน Heatsink ที่ตรวจสอบ	72	100%
Pass	68	94.44%
Not Connect	3	4.17%
Algorithm Error	0	0%
Setting Error	0	0%
Switch	1	1.39%



รูปที่ 4.12 ปริมาณการผิดพลาดของวันที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

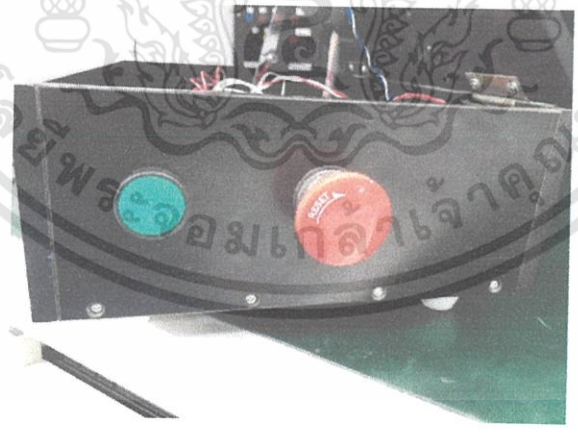
บทที่ 5

สรุปการดำเนินโครงงานและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน ทำให้พบปัญหาที่มีผลต่อการใช้งาน เช่น ปัญหาจากโปรแกรมและอุปกรณ์ในตัวเครื่อง ในบทนี้กล่าวถึงปัญหาที่มีต่อผู้ใช้งานและการแสดงผล โดยวิธีการแก้ปัญหามีทั้งที่ดำเนินการแก้ไขให้เรียบร้อยแล้ว และบางปัญหายังไม่สามารถแก้ได้เนื่องด้วยระยะเวลาที่จำกัด โดยปัญหาที่แก้ไขไปแล้ว ได้แก่ การเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้ใช้งาน, ปัญหาการแสดงผลที่จอ LCD โดยทำการแก้ไขทีละปัญหาดังนี้

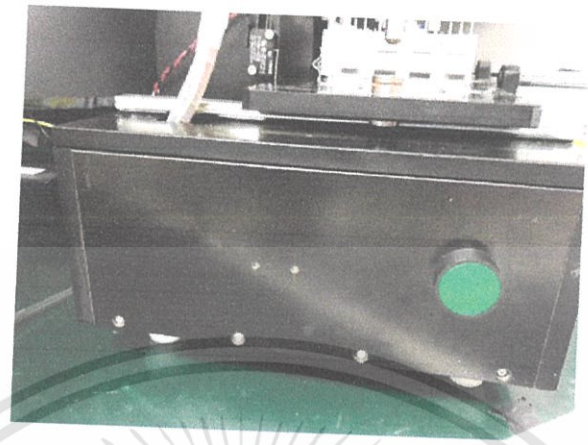
5.1 ความปลอดภัยของผู้ใช้งาน (Safety)

การเคลื่อนที่ของ Pin Test ขณะเริ่มทำการตรวจสอบ MOSFET และ Diode อาจเกิดอันตรายกับผู้ใช้งานได้หากมีการสอดมือเข้าไปขณะทำการทดสอบ ดังนั้นจึงต้องมีการป้องกันมือของผู้ใช้งานขณะที่เครื่องกำลังตรวจสอบ จึงมีการออกแบบให้ต้องกดปุ่มเริ่มการทำงาน 2 ปุ่ม พร้อมกัน ดังรูปที่ 5.1 และรูปที่ 5.2 เพื่อขณะที่ Pin Test ทำการตรวจสอบ จะไม่มีมือของผู้ใช้งานสอดเข้าไป และยังเพิ่มปุ่มกดฉุกเฉิน (Emergency Switch) เข้าไปเพื่อป้องกันกรณีที่มือของผู้ใช้งานสอดเข้าไปขณะที่เครื่องกำลังตรวจสอบจะดึง Pin Test ออกทันทีดังรูปที่ 5.3

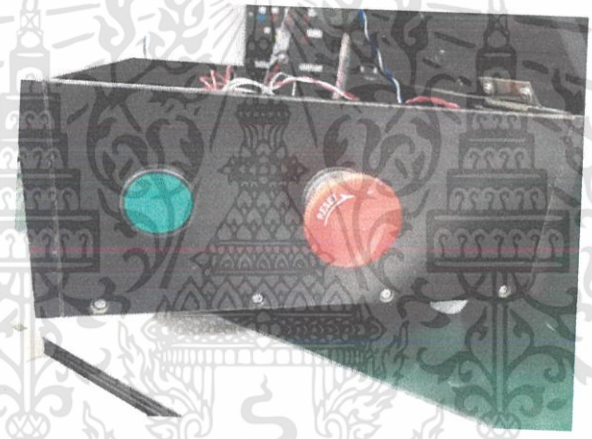


รูปที่ 5.1 ปุ่ม Start (สีเขียว) ด้านขวามือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 ปุ่ม Start (สีเขียว) ด้านซ้ายมือ

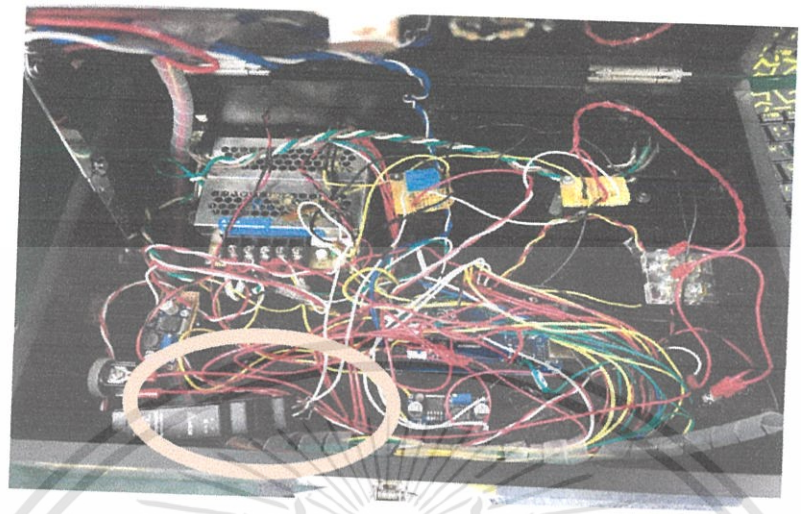


รูปที่ 5.3 ปุ่มกดฉุกเฉิน (Emergency Switch) ด้านซ้ายมือ

5.2 ปัญหาการแสดงผลที่หน้าจอ LCD

ในการตรวจสอบ MOSFET และ Diode บางครั้ง หน้าจอ LCD แสดงข้อความที่ไม่ถูกต้องออกมาทำให้ไม่สามารถระบุได้ว่ามีการสลับหรือไม่ จากการตรวจสอบพบว่าเกิดจาก Solenoid ซึ่งเป็น Inductive Load ซึ่งผลที่ตามมานั้นจะทำให้อุปกรณ์ที่เชื่อมต่ออยู่กับ Load นั้น เช่น Arduino ได้รับความเสียหายจากแรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้นได้ ดังนั้นจึงป้องกันโดยการใช้ Power Supply เฉพาะของ Solenoid เลย แล้วต่อ Diode เพื่อกำจัดแรงดันที่พุ่งขึ้นอย่างเฉียบพลัน เพื่อไม่ให้แรงดันนั้นไหลย้อนกลับเข้าสู่แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าสร้างความเสียหายแก่อุปกรณ์ดังรูปที่ 5.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 Power Supply แยกออกมาเพื่อจ่ายแรงดันให้ Solenoid โดยเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] **คุณลักษณะของมอสเฟต.**[ออนไลน์]. 24 ธันวาคม 2561.

Available : file:///D:/บทที่%205%20คุณลักษณะมอสเฟต%20และวงจรไบอัส.pdf

[2] **E-MOSFET**.[ออนไลน์].25 ธันวาคม 2561.

Available : https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=we b&cd=1&ved=2ahUKE3Pqs6JHgAhXQfisKHZqlBBR%3A%2F%2Fwww.ce.kmitl.ac.th%2Fdownload.php%3FDOWNLOAD_ID%3D2465%26database%3Dsubject_download&usg=AOvVaw2GeK8BNYqooXNTU7O5QJLc

[3] **modify**.[ออนไลน์].DIODE.3 มกราคาม 2562.

Available : https://www.modify.in.th/4134

[4] **guru.**[ออนไลน์].คำสั่ง analogRead().3 มกราคม 2562.

Available : https://www.gravitechthai.com/detail_admin.php?masterkey=guru&cID=454

[5] **guru.**[ออนไลน์].คำสั่ง digitalRead().3 มกราคม 2562.

Available : https://www.gravitechthai.com/detail_admin.php?masterkey=guru&cID=371

[6] **STTH1506DPI**.[ออนไลน์].3 มกราคม 2562.

Available : file:///D:/DATASHEET%20DIODE.pdf

[7] **Infenion 65F6080A**.[ออนไลน์].3มกราคม.2562.

Available : https://datasheetspdf.com/pdf-file/1247412/Infineon/65F6080A/1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – ชื่อสกุล มิญชวิชญ์ วัฒนประพันธ์

วัน เดือน ปี เกิด 9 สิงหาคม 2540

ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 16 ซ.แบริ่ง 23 แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพมหานคร 10260

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2547-2552 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นประถมจากโรงเรียนทรงวิทยา

พ.ศ. 2553-2558 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมจากโรงเรียนราชวินิตบางแก้ว

พ.ศ. 2559-2562 หลักสูตรวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประวัติการฝึกงาน

พ.ศ. 2560 ฝึกงานบริษัท เดลต้า อีเลคโทรนิคส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) แผนก Return Material Authorization (RMA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้