รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

ออกแบบระบบทดสอบผลิตภัณฑ์ขณะจำลองอุณหภูมิแบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรม LabVIEW

Automatic Temperature Scan by using LabVIEW

นางสาวนันทิชา ไตรรัตนศักดิ์

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา ออกแบบระบบทดสอบผลิตภัณฑ์ขณะจำลองอุณหภูมิแบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรม LabVIEW

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาว นันทิชา ไตรรัตนศักดิ์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** อิเล็กทรอนิกส์

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ อาจารย์ ชินภัทร นันทจิวากรชัย

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นางสาว บุษยมาส เอี๊ยบศิริเมธี

สถานประกอบการ บริษัท เอ็นเอ็กซ์พี แมนูแฟคเจอร์ริ่ง (ไทยแลนด์) จำกัด

บทคัดย่อ

วิศวกรผลิตภัณฑ์มีหน้าที่รับผิดชอบในการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ รวมถึงวิเคราะห์ปัญหาของผลิตภัณฑ์ที่มีความบกพร่องเมื่อจำหน่ายไปถึงลูกค้าแล้ว ซึ่งในการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องนั้นมีขั้นตอนที่เรียกว่าเทมป์สแกน (Temp. Scan หรือ Temperature Scan) ซึ่งเป็นการจำลองอุณหภูมิที่นำผลิตภัณฑ์ไปใช้งาน เนื่องจากการทำเทมป์สแกนนี้ถูกนำไปใช้งานกับสปีดเซนเซอร์ที่ใช้ในยานพาหนะจำพวกรถยนต์ ซึ่งจำกัดอุณหภูมิในการใช้งานไว้ที่ -40 ถึง 150 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ในการทำเทมป์สแกนเป็นขั้นตอนที่ใช้เวลาค่อนข้างมาก ทำให้ผู้ทำการทดสอบต้องเฝ้าดูค่าที่ทำการวัดและอุณหภูมิตลอดเวลา รวมถึงไม่สามารถบันทึกค่าที่วัดได้เพื่อเปิดดูย้อนหลังได้ และการตั้งค่าการทำอุณหภูมิด้วยเครื่อง ThermoStream นั้น ผู้ทำการทดสอบต้องทำการตั้งค่าทีละรายการ ซึ่งจัดว่าเป็นการยุ่งยากต่อวิศวกรผลิตภัณฑ์เป็นอย่างยิ่ง ดังนั้น ในการทำสหกิจศึกษาครั้งนี้ จึงได้มีการ “ออกแบบระบบทดสอบผลิตภัณฑ์ขณะจำลองอุณหภูมิแบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรม LabVIEW” ขึ้นมา ซึ่งสามารถควบคุมออสซิโลสโคป Tektronix MSO5104B พาวเวอร์ซัพพลาย KEYSIGHT E3647A และ Temptronic ThermoStream ATS 710 ผ่านทางเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยการเขียนคำสั่งผ่าน LabVIEW 2017 สามารถตั้งค่ารายการที่ต้องการเครื่อง ThermoStream ทำ แสดงค่าที่อ่านได้จากออสซิโลสโคป และอ่านค่าอุณหภูมิที่ ThermoStream ทำผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ และสามารถบันทึกค่าที่วัดได้จากออสซิโลสโคป และอุณหภูมิที่ ThermoStream ทำ ณ ขณะเวลานั้นๆ เพื่อเปิดข้อมูลดังกล่าวดูในอนาคตได้

คำสำคัญ: เทมป์สแกน, คอมเพลน, การทดสอบคอมเพลน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title: Automatic Temperature Scan by using LabVIEW
Student intern name: Miss Nanthicha Trairattanasak
Faculty: Engineering **Department:** Electronics Engineering
Advisor name: Mr. Chinnapat Nantajiwakornchai
Mentor name: Miss Bussayamas Yipsirimetee
Company: NXP Manufacturing (Thailand) Co., Ltd

ABSTRACT

Product engineer has responsible for improving quality of product and developing manufacturing process. When products sold have problem, Product engineer also need to find how that defect occurs. The process to verify defect product is called "Bench verification". In Bench verification has a process which called Temp. scan or Temperature scan. Temp. scan is used with automotive speed sensor that is simulating temperature in working range of speed sensor. However, this process takes long time from tester. Because tester has to observe how the result of measuring is. And, unable saving data from measuring as a raw file or database. Moreover, Engineer has to configure each setpoint of ThermoStream manually. This is a complicated process. So, this project was designed "Automatic Temperature Scan by Using LabVIEW" for solving this complicated process to be more automatic. This project controls oscilloscope "Tektronix MSO5104B", Power supply "KEYSIGHT E3647A", and "Temptronic ThermoStream ATS 710" from laptop display which coding by LabVIEW 2017. Also, configures setpoint by user through laptop. Can show waveform which shows on oscilloscope screen and can show temperature which ThermoStream simulates on laptop display. Moreover, can save measured data and temperature from ThermoStream every 2 seconds until end process to be analyzed in the future.

Keywords: Temperature Scan, Bench verification, Customer Complaint, LabVIEW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำสหกิจศึกษาทางวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์กับบริษัท เอ็นเอ็กซ์พี แมนูแฟคเจอริ่ง(ไทยแลนด์) จำกัดนี้ ทางผู้จัดทำได้มีโอกาสทำโครงงานร่วมกับแผนก PE/TE ในฝ่ายเซนเซอร์ซึ่งได้มีการมอบหมายโครงงานในการทำเทมป์สแกนให้มีความเป็นอัตโนมัติมากขึ้น กล่าวคือในการทำโครงงานนี้จำเป็นต้องใช้โปรแกรม LabVIEW 2017 ในการเขียนโปรแกรม ดังนั้น จึงต้องขอขอบพระคุณอาจารย์รังสรรค์ เมืองเหลือที่สอนเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม LabVIEW เบื้องต้นในวิชา Electronics Laboratory 4 และในการทำโปรแกรมครั้งนี้ จำเป็นต้องเข้าใจหลักการทำงานของการทำเทมป์สแกนเสียก่อน ดังนั้นจึงต้องขอขอบคุณพี่บุษยมาส พี่อรทัย พี่กิตติชัย ที่สอนและอธิบายเกี่ยวกับการทำเทมป์สแกน การวิเคราะห์คอมเพลนต่างๆ รวมถึงสอนเกี่ยวกับงานคร่าวๆของวิศวกรผลิตภัณฑ์อีกด้วย อีกทั้งต้องขอขอบคุณพี่วรรณะ พี่ธนาวัฒน์ Massimo Geretto และพี่อภิชาติที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม และหลักการการควบคุมเครื่องมือต่างๆ รวมถึงต้องขอขอบคุณพี่ดำรงค์และพี่จารุวรรณที่ให้การสนับสนุนเสมอมา นอกจากนี้ขอขอบพระคุณพี่ทัศนีย์ที่คอยดูแลเป็นอย่างดีมาตลอดระยะเวลาที่ฝึกงานแบบสหกิจศึกษา อีกทั้งขอขอบคุณ cstorey croossrulz bharath1991 RTSLVU ที่ช่วยให้คำปรึกษาเกี่ยวกับโปรแกรม LabVIEW ผ่านทาง NI community

สุดท้ายนี้ทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณทุกฝ่ายที่มีส่วนช่วยเหลือทำให้การทำโครงงานในครั้งนี้สำเร็จอย่างราบรื่นด้วยดี ขอบคุณพี่ๆทุกท่านที่ให้การต้อนรับและดูแลอย่างอบอุ่น รวมทั้งช่วยเหลือจนโครงงานนี้สำเร็จอย่างราบรื่นตามวัตถุประสงค์

นันทิชา ไตรรัตนศักดิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อ I
ABSTRACT II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VI
สารบัญภาพ VII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 คุณสมบัติและการทำงานของสปีดเซนเซอร์ 5
2.2 การทำเทมป์สแกน (Temp. Scan) 7
2.3 สายที่ใช้เชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ 7
2.4 การทำงานและการเชื่อมต่อพาวเวอร์ซัพพลาย KEYSIGHT E3647A 8
2.5 การทำงานและการเชื่อมต่อออสซิโลสโคป Tektronix MSO5104B 11
2.6 การทำงานและการเชื่อมต่อ Temptronic ThermoStream ATS 710 15
2.7 การออกแบบและการเขียนโปรแกรมภาษา GUI ด้วยโปรแกรม LabVIEW 2017 17
2.8 รูปแบบของการบันทึกข้อมูล 21
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 25
3.1 กำหนดวัตถุประสงค์ 25
3.2 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับทำโครงงาน 25
3.3 ออกแบบขั้นตอนการเขียนโปรแกรมด้วยการเขียน Flow Chart 25
3.4 ออกแบบโปรแกรม 27
3.5 ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม 31
3.6 เตรียมตัวนำเสนอ 31
3.7 นำเสนอโครงงาน 31
บทที่ 4 ผลการวิจัย 32
4.1 หน้าจอ display ของโปรแกรมที่ใช้ทำเทมป์สแกน 32
4.2 สามารถเลือกใช้หรือไม่ใช้ Thermocouple ได้ 33
4.3 เขียนรายการอุณหภูมิที่ต้องการทำโดยป้อนรายการผ่านหน้าโปรแกรม 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 พาวเวอร์ซัพพลายเริ่มจ่ายแรงดันตามค่าที่กำหนดไว้ 34
4.5 หลังกด Start Cycling หัวของ ThermoStream ปรับลงและเริ่มทำอุณหภูมิ 34
4.6 แสดงค่าที่วัดได้จากออสซิโลสโคปผ่านหน้าจอของโปรแกรม 35
4.7 เมื่อครบรอบการทำงานของ ThermoStream ที่กำหนดไว้ ThermoStream ยกหัวขึ้น. 36
4.8 ไฟล์ที่บันทึกจากค่าที่วัดได้เมื่อเปิดด้วย Microsoft Excel 36
4.9 ไฟล์ที่ capture จากออสซิโลสโคปเมื่อเปิดด้วย Microsoft Excel 37
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 39
5.1 สรุปผลการวิจัย 39
5.2 ข้อเสนอแนะ 39
5.3 ปัญหาที่พบ 39
บรรณานุกรม 41
ภาคผนวก ก 43
คู่มือใช้งานโปรแกรม 44
ภาคผนวก ข 58
Code ที่ใช้ในการควบคุม 59
ประวัติผู้เขียน 67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติของพาวเวอร์ซัพพลาย KEYSIGHT E3647A..... 9
ตารางที่ 2.2 แสดง Vertical System ของ Analog..... 11
ตารางที่ 2.3 แสดง Horizontal System ของ Analog..... 13
ตารางที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติของ Temptronic ThermoStream ATS 710..... 15
ตารางที่ 2.5 แสดงข้อดีและข้อเสียของการบันทึกทั้ง 3 รูปแบบ..... 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ 2.1 อธิบาย Magnetoresistive Effect..... 6
ภาพที่ 2.2 แสดงตัวรับสัญญาณและตัวประมวลผล..... 6
ภาพที่ 2.3 พาวเวอร์ซัพพลาย KEYSIGHT E3647A..... 8
ภาพที่ 2.4 แสดงสาย GPIB to USB ที่ใช้ในการเชื่อมต่อพาวเวอร์ซัพพลายกับคอมพิวเตอร์..... 10
ภาพที่ 2.5 แสดง Instrument driver ของ KEYSIGHT E3647A..... 10
ภาพที่ 2.6 ออสซิโลสโคป Tektronix MSO5104B..... 11
ภาพที่ 2.7 แสดงสาย USB ที่ใช้เชื่อมต่อออสซิโลสโคปกับคอมพิวเตอร์..... 14
ภาพที่ 2.8 แสดง Instrument driver ของ Tektronix MSO5104B..... 14
ภาพที่ 2.9 Temptronic ThermoStream ATS710..... 15
ภาพที่ 2.10 แสดงสาย GPIB to USB ที่ใช้ในการเชื่อมต่อ ThermoStream กับคอมพิวเตอร์..... 16
ภาพที่ 2.11 แสดง Instrument driver ของ Temptronic ThermoStream ATS 710..... 16
ภาพที่ 2.12 แสดงสาย Thermocouple Type K ที่ใช้เชื่อมต่อกับThermoStream..... 16
ภาพที่ 2.13 แสดง Front Panel ของ LabVIEW 2017..... 17
ภาพที่ 2.14 แสดง Block Diagram ของ LabVIEW 2017..... 18
ภาพที่ 2.15 แสดงการติดตั้ง Instrument driver ของอุปกรณ์ต่างๆ..... 19
ภาพที่ 2.16 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมออสซิโลสโคป Tektronix MSO5104B..... 20
ภาพที่ 2.17 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมพาวเวอร์ซัพพลาย KEYSIGHT E3647A..... 20
ภาพที่ 2.18 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุม Temptronic ThermoStream ATS 710..... 20
ภาพที่ 2.19 แสดงการเขียนและตั้งค่าเพื่อบันทึกข้อมูลในรูป .xlsx..... 21
ภาพที่ 2.20 แสดงข้อมูลนามสกุล .xlsx ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel..... 21
ภาพที่ 2.21 แสดงการเขียนและตั้งค่าเพื่อบันทึกข้อมูลในรูป.lvm..... 22
ภาพที่ 2.22 แสดงข้อมูลนามสกุล .lvm ด้วยโปรแกรม Notepad..... 22
ภาพที่ 2.23 แสดงการเขียนเพื่อบันทึกข้อมูลในรูป.tdms..... 22
ภาพที่ 2.24 แสดงข้อมูลนามสกุล .tdms ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel..... 23
ภาพที่ 2.25 แสดงข้อมูลนามสกุล .tdms ด้วยโปรแกรม Read TDMS..... 23
ภาพที่ 3.1 แสดง Flow chart ในการเขียนโปรแกรม..... 26
ภาพที่ 3.2 แสดงโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของพาวเวอร์ซัพพลาย KEYSIGHT E3647A..... 27
ภาพที่ 3.3 โปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของออสซิโลสโคป Tektronix MSO5104B..... 28
ภาพที่ 3.4 โปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของ Temptronic ThermoStream ATS 710..... 29
ภาพที่ 3.5 แสดงการรวมโปรแกรมที่ใช้ควบคุมอุปกรณ์ทั้งสาม..... 30
ภาพที่ 3.6 แสดงไอคอนที่ใช้ในการดีบัคโปรแกรม..... 31
ภาพที่ 4.1 หน้าจอของโปรแกรมที่ใช้ทำเทมป์สแกน..... 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.2 การเลือกใช้ Thermocouple..... 33
ภาพที่ 4.3 กำหนดรายการอุณหภูมิที่ต้องการป้อน..... 33
ภาพที่ 4.4 หน้าจอของ ThermoStream ขณะเขียนรายการอุณหภูมิ..... 33
ภาพที่ 4.5 กำหนดค่าที่ต้องการให้พาวเวอร์ซัพพลายจ่ายแรงดัน..... 34
ภาพที่ 4.6 หน้าจอพาวเวอร์ซัพพลาย KEYSIGHT E3647A ขณะจ่ายแรงดัน..... 34
ภาพที่ 4.7 หัวของ ThermoStream ปรับลงและเริ่มทำอุณหภูมิ..... 34
ภาพที่ 4.8 หน้าจอของโปรแกรมเมื่อโปรแกรมเริ่มทำงาน..... 35
ภาพที่ 4.9 สัญญาณที่วัดได้จากหน้าจอของออสซิโลสโคป Tektronix MSO5104B..... 35
ภาพที่ 4.10 ThermoStreamยกหัวขึ้นเมื่อทำงานครบรอบ..... 36
ภาพที่ 4.11 ข้อมูลในหน้าแรกของการบันทึกแบบ .tdms เมื่อเปิดด้วย Microsoft Excel..... 36
ภาพที่ 4.12 ข้อมูลในหน้าที่ 2 ของการบันทึกแบบ .tdms เมื่อเปิดด้วย Microsoft Excel..... 37
ภาพที่ 4.13 ข้อมูลในหน้าแรกของไฟล์ที่ทำการจับข้อมูลจากหน้าจอออสซิโลสโคปเมื่อเปิดด้วย Microsoft Excel..... 37
ภาพที่ 4.14 ข้อมูลในหน้าที่สองของไฟล์ที่ทำการจับข้อมูลจากหน้าจอออสซิโลสโคปเมื่อเปิดด้วย Microsoft Excel..... 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

วิศวกรผลิตภัณฑ์ (Product Engineer) มีหน้าที่ความรับผิดชอบในการวิเคราะห์ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ ไม่ว่าเกิดจากกระบวนการผลิต หรือคุณภาพของผลิตภัณฑ์เอง เพื่อรักษา หรือพัฒนากระบวนการผลิตและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ดียิ่งขึ้นแล้ว ยังต้องติดต่อประสานงานกับทางผู้ซื้อ รวมถึงตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่พบปัญหาภายหลังจากที่ทำการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ออกไปแล้วอีกด้วย เพื่อตรวจสอบให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายออกไปนั้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการของผู้ซื้อหรือไม่ มีปัญหาที่จุดใด เพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงการผลิตในอนาคต และเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดกรณีที่ผลิตภัณฑ์ที่เคยได้รับผลตอบรับไม่พึงพอใจในรูปแบบหรือปัญหาเดิมซ้ำหลุดรอดออกไปสู่มือผู้ซื้ออีก โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้ผลตอบรับไม่พึงพอใจจากผู้ซื้อจะเรียกว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผลตอบรับไม่พึงพอใจ (Customer complaint) ในการตรวจสอบตัวผลิตภัณฑ์ที่มีปัญหานั้นเป็นการจำลองการใช้งานของผู้ซื้อหรือผู้บริโภคว่าจะใช้งานในสภาวะการณ์หรืออุณหภูมิใด เพื่อตรวจสอบว่าตัวคอมเพลนเหล่านั้นเมื่อถูกนำไปใช้งานตามข้อตกลงแล้วพบปัญหาตรงตามที่ลูกค้ารายงาน (Customer description) มาจริงๆ หรือไม่

เนื่องจากผลิตภัณฑ์สปีดเซนเซอร์ (Speed sensor) ส่วนใหญ่จะนำไปใช้กับยานพาหนะจำพวกรถยนต์และในข้อมูลของผลิตภัณฑ์ได้มีการรับประกันช่วงอุณหภูมิที่ผลิตภัณฑ์จะทำงานได้อย่างปกติ ซึ่งระบุไว้ตั้งแต่ -40 จนถึง 150 องศาเซลเซียส ซึ่งในบางครั้งการจำลองการทำงานของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) ไม่สามารถระบุการบกพร่อง (Failure) ของตัวผลิตภัณฑ์ได้เนื่องจากตัวผลิตภัณฑ์อาจมีการทำงานที่ผิดปกติในช่วงอุณหภูมิที่สูง หรือต่ำแล้วแต่กรณีไป

ในกระบวนการการทดสอบทางไฟฟ้าของผลิตภัณฑ์ (Electrical verification) หรือ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า (Bench verification) จึงต้องมีการทดสอบการทำงานของผลิตภัณฑ์โดยเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิไปด้วย ซึ่งขั้นตอนนี้ที่เรียกว่า เทมป์สแกน (Temp. Scan หรือ Temperature Scan) โดยเทมป์สแกน เป็นการจำลองการทำงานในสภาวะอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปตามข้อตกลงในการทำงานของผลิตภัณฑ์กำหนดไว้ หรือตามที่ลูกค้าได้ระบุอาการบกพร่องของตัวผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมินั้นๆ

ในการจำลองอุณหภูมินั้น สามารถทำได้โดยใช้เครื่อง ThermoStream แล้วทำการวัดสัญญาณของตัวผลิตภัณฑ์ด้วยออสซิโลสโคปที่แต่ละอุณหภูมิในช่วงที่กำหนดว่าตัวงานนั้นๆมีปัญหาหรือไม่ หากพบปัญหาจริงจะพบปัญหาที่อุณหภูมิใด ทั้งนี้การทำเทมป์สแกนมีข้อจำกัดคือผู้ทำการทดสอบจะต้องตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการทดสอบที่เครื่องThermoStream ทีละรายการ อีกทั้งผู้ทำการทดสอบต้องเฝ้าดูออสซิโลสโคปตลอดเวลา ว่ากระแสที่วัดได้จากตัวผลิตภัณฑ์นั้นเปลี่ยนจากตอนแรกหรือไม่ รวมถึงไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถบันทึกค่าเพื่อเปิดย้อนดูในภายหลังได้ ทำให้การทำเทมป์สแกนแต่ละครั้งจัดว่าเป็นการยุ่งยากต่อวิศวกรผลิตภัณฑ์เป็นอย่างยิ่ง

โปรแกรม LabVIEW 2017 จึงถูกนำมาใช้เพื่อเขียนคำสั่งในการควบคุมเครื่องมือต่างๆ อาทิ ออสซิโลสโคป พาวเวอร์ซัพพลาย และThermoStream เพื่อใช้ในการวัดสัญญาณจากตัวงานผ่านออสซิโลสโคป อ่านค่าอุณหภูมิจาก ThermoStream สั่งให้พาวเวอร์ซัพพลายจ่ายแรงดันให้กับตัวงาน และเก็บบันทึกข้อมูล เพื่อช่วยให้การทำเทมป์สแกนมีความเป็นอัตโนมัติมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อทำให้การทำเทมป์สแกนมีความเป็นอัตโนมัติมากขึ้น โดยที่ผู้ทำไม่จำเป็นต้องเฝ้าดูตลอดเวลา รวมถึงสามารถบันทึกค่าของอุณหภูมิ และกระแสที่วัดเพื่อเปิดดูในภายหลังได้ ทำให้ขั้นตอนในการทำเทมป์สแกนมีความยุ่งยากลดลง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ใช้ในการทำเทมป์สแกนตัวงานสปีดเซนเซอร์

1.3.2 เขียนโปรแกรมภาษา GUI ด้วยโปรแกรม LabVIEW2017

1.3.3 สามารถควบคุมและอ่านค่าจากออสซิโลสโคป Tektronix MSO5104B ด้วยการสั่งงานผ่านคอมพิวเตอร์

1.3.4 สามารถควบคุมการจ่ายแรงดันของพาวเวอร์ซัพพลาย KEYSIGHT E3647A ด้วยการสั่งงานผ่านคอมพิวเตอร์

1.3.5 สามารถควบคุมและอ่านค่าจาก ThermoStream ATS 710 ด้วยการสั่งงานผ่านคอมพิวเตอร์

1.3.6 บันทึกค่าที่อ่านได้จากออสซิโลสโคป Tektronix MSO5104B และThermoSream ATS 710

1.3.7 สามารถเชื่อมต่อเครื่องมือได้สูงสุด 3 เครื่อง ด้วยสาย GPIB to USB โมเดล 82357B และสาย USB

1.3.8 ใช้คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค DELL Latitude E5450 กับระบบปฏิบัติการ Windows 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1.4.1 กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตการทำโครงงาน

1.4.2 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการทำโครงงาน

1.4.2.1 คุณสมบัติและการทำงานของสปีดเซนเซอร์

1.4.2.2 การทำเทมป์สแกน (Temp. scan)

1.4.2.3 สายที่ใช้เชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ

1.4.2.4 การทำงานและการเชื่อมต่อพาวเวอร์ซัพพลาย KEYSIGHT E3647A

1.4.2.5 การทำงานและการเชื่อมต่อกับออสซิโลสโคป Tektronix MSO5104B

1.4.2.6 การทำงานและการเชื่อมต่อกับ Temptronic ThermoStream ATS710

1.4.2.7 การออกแบบและการเขียนโปรแกรมภาษา GUI ด้วยโปรแกรม LabVIEW 2017

1.4.2.8 รูปแบบของการบันทึกข้อมูล

1.4.3 ออกแบบขั้นตอนการเขียนโปรแกรมด้วยการเขียน Flow Chart

1.4.4 ออกแบบโปรแกรม

1.4.4.1 โปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของพาวเวอร์ซัพพลาย KEYSIGHT E3647A

1.4.4.2 โปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของออสซิโลสโคป Tektronix MSO5104B

1.4.4.3 โปรแกรมที่ใช้ควบคุม ThermoStream ATS 710

1.4.4.4 การรวมโปรแกรมที่ใช้ควบคุมพาวเวอร์ซัพพลาย ออสซิโลสโคป และ ThermoStream เข้าด้วยกัน

1.4.5 ตรวจสอบความถูกต้องของการทำงานและลงมือแก้ไขปัญหาที่พบ

1.4.6 เตรียมตัวนำเสนอ และจัดทำรูปเล่มโครงงาน

1.4.7 นำเสนอโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถนำโปรแกรมนี้ไปใช้ในการทำเทมป์สแกนกับตัวงานสปีดเซนเซอร์ได้

1.5.2 ผู้ทำเทมป์สแกนไม่เสียเวลามาก เนื่องจากไม่จำเป็นต้องเฝ้าดูตลอดเวลา

1.5.3 ผู้ทำเทมป์สแกนสามารถย้อนดูค่าที่วัดได้ในภายหลังเพื่อนำมาวิเคราะห์ต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการทำโครงงาน“ออกแบบระบบทดสอบผลิตภัณฑ์ขณะจำลองอุณหภูมิแบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรม LabVIEW” นี้ ทางผู้จัดทำได้ทำการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยแบ่งเป็น 6 ด้าน คือ

2.1 คุณสมบัติและการทำงานของสปีดเซนเซอร์

2.2 การทำเทมป์สแกน (Temperature scan)

2.3 สายที่ใช้เชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ

2.4 การทำงานและการเชื่อมต่อพาวเวอร์ซัพพลาย KEYSIGHT E3647A

2.5 การทำงานและการเชื่อมต่อกับออสซิโลสโคป Tektronix MSO5104B

2.6 การทำงานและการเชื่อมต่อกับ Temptronic ThermoStream ATS710

2.7 การออกแบบและการเขียนโปรแกรมภาษา GUI ด้วยโปรแกรม LabVIEW 2017

2.8 รูปแบบของการบันทึกข้อมูล

2.1 คุณสมบัติและการทำงานของสปีดเซนเซอร์

สปีดเซนเซอร์ (Speed sensor) เป็นเซนเซอร์ที่ใช้ในการวัดความเร็วในรถยนต์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในระบบป้องกันการล๊อกของเบรกรถยนต์ หรือ เรียกกันว่า ABS (Anti-lock Break System)

2.1.1 ส่วนประกอบหลักของสปีดเซนเซอร์

2.1.1.1 MR (Magnetoresistance) เป็นตัวรับสัญญาณ มีลักษณะเป็นวีทสโตนบริดจ์ที่ทำขึ้นจากวัสดุที่เป็นสารแม่เหล็ก (Ferromagnetic) ซึ่งสามารถเปลี่ยนค่าความต้านทานทางไฟฟ้าเมื่อมีสนามแม่เหล็กภายนอกมากระทำ

2.1.1.2 ตัวประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 หลักการทำงานของสปีดเซนเซอร์

ในส่วน MR ของสปีดเซนเซอร์นั้น อาศัยหลักการของ Magnetoresistive Effect กล่าวคือ MR นั้นเป็นวีทสโตนบริดจ์ ซึ่งเมื่อมีสนามแม่เหล็กภายนอกมากระทำหรือรบกวนสนามแม่เหล็กของMR จะทำให้ค่าความต้านทานรวมของ MR เปลี่ยน ดังสมการ

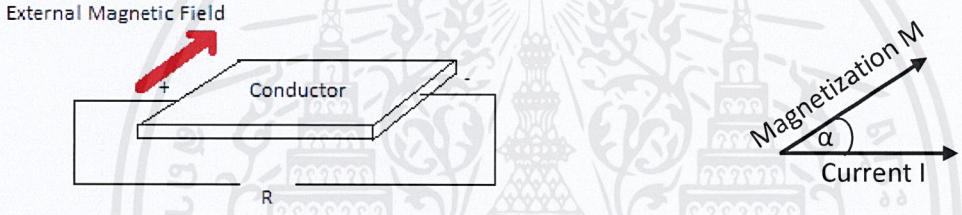
$$R = R_0 + \Delta R \cos^2 \alpha$$

โดยที่ R คือ ความต้านทานรวม

R_0 คือ ความต้านทานเริ่มต้น

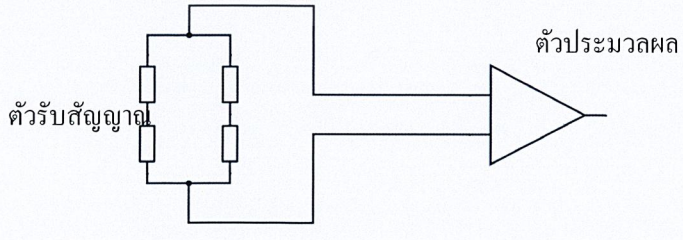
ΔR คือ ความต้านทานที่เปลี่ยนไป

α คือ มุมที่สนามแม่เหล็กทำกับทิศทางของกระแส



ภาพที่ 2.1 อธิบาย Magnetoresistive Effect

ดังนั้น เมื่อมีสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามารบกวนในส่วนของ MR ในทิศทางที่ถูกต้อง จะทำให้ค่าความต้านทานของ MR ลดลง หรือหากทำการรบกวน MR ในลักษณะที่มีความถี่เกิดขึ้น จะทำให้สัญญาณกระแสที่เกิดขึ้นมีลักษณะเป็น Pulse ที่มีความถี่เท่ากับความถี่ที่มารบกวน จากนั้นจึงนำสัญญาณที่ผ่าน MR มาผ่าน ตัวประมวลผลเพื่อประมวลผลต่อไป



ภาพที่ 2.2 แสดงตัวรับสัญญาณและตัวประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่าวคือ สปีดเซนเซอร์นั้นจะถูกติดในบริเวณส่วนของล้อรถยนต์ ดังนั้นเมื่อล้อหมุน จะเกิดการรบกวนสนามแม่เหล็กในส่วนของ MR ในรูปแบบ Pulse ซึ่งมีความถี่ตามความถี่การหมุนของล้อ จากนั้นจึงนำสัญญาณนี้ไปผ่านตัวประมวลผลแล้วแสดงผลที่หน้าปัทม์บอกความเร็วรถยนต์ต่อไป

2.2 การทำเทมป์สแกน (Temp. scan)

การทำเทมป์สแกน (Temp. scan) หรือ Temperature scan เป็นการจำลองอุณหภูมิการใช้งานสปีดเซนเซอร์ เพื่อตรวจสอบลักษณะการทำงานของสปีดเซนเซอร์ ซึ่งการทำงานของสปีดเซนเซอร์นี้นอกจากจะสามารถทำงานแบบสวิทชิ่งได้นั้น ยังสามารถทำให้ค้างอยู่ที่ Low level current หรือ High level current ได้อีกด้วย ดังนั้น การทำเทมป์แสกนจึงมีขั้นตอน ดังนี้

2.2.1 ใช้พาวเวอร์ซัพพลายจ่ายแรงดันให้กับสปีดเซนเซอร์

2.2.2 ทำให้สปีดเซนเซอร์ค้างอยู่ที่ Low level หรือ High level

2.2.3 ตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการให้ ThermoStream ทำ

2.2.4 สั่งให้ ThermoStream จำลองอุณหภูมิตามที่ต้องการ กล่าวคือ ตั้งแต่ -40 องศาเซลเซียส ถึง 150 องศาเซลเซียส

2.2.5 เฝ้าดูที่ออสซิโลสโคปว่าค่ากระแสที่ทำให้ค้างไว้นั้น มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ พร้อมทั้งจดค่ากระแสที่วัดได้ที่อุณหภูมิต่างๆ

2.2.6 นำค่ากระแสที่วัดได้ที่อุณหภูมิต่างๆมาพล็อตกราฟเพื่อวิเคราะห์ต่อไป

จากขั้นตอนที่กล่าวมานี้ใช้เวลาในการเฝ้าดูการเปลี่ยนแปลงของกระแสที่อุณหภูมิต่างๆ ค่อนข้างมาก อีกทั้งผู้ทำต้องจดบันทึกค่ากระแสที่อุณหภูมิต่างๆอยู่ตลอด ดังนั้นจึงเกิดเป็นแนวคิดในการทำเทมป์สแกนให้มีความเป็นอัตโนมัติขึ้นมา เพื่อให้สะดวกต่อการทำเทมป์สแกนมากยิ่งขึ้น

2.3 สายที่ใช้เชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ

2.3.1 ชนิดของสายที่ใช้เชื่อมต่อ

2.3.1.1 Hi-Speed USB (Hi-Speed Universal Serial Bus) เป็นการเชื่อมต่อแบบ Serial สามารถรับ-ส่งข้อมูลได้ง่ายและจัดว่ารวดเร็ว โดยมี Transfer rate สูงสุด 60 MB/s ซึ่งเหมาะแก่การนำไปใช้เชื่อมต่อเครื่องมือที่มี data rate ต่ำกว่า 1MS/s แต่ข้อจำกัดของความยาวสายจะต้องไม่เกิน 5 เมตร ข้อดีของการใช้ USB ในการเชื่อมต่อคือ คอมพิวเตอร์สามารถตรวจหาได้อย่างอัตโนมัติ ในขณะที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความปลอดภัยและความเที่ยงตรงของข้อมูลต่ำ อย่างไรก็ตามการเชื่อมต่อด้วย USB นั้นเหมาะแก่การนำไปใช้ในการวัดค่า เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ และทำระบบฐานเก็บข้อมูล

2.3.1.2 GPIB to USB (General Purpose Bus to Universal Serial Bus)

GPIB หรือ General Purpose Bus หรือ IEEE 488 bus เป็นการเชื่อมต่อแบบ Parallel ที่จัดว่ามีความเที่ยงตรง และรวดเร็ว กล่าวคือมีแบนด์วิธสูงสุด 1.8 MB/s ถึงแม้ว่าจะมีช่วงแบนด์วิธน้อย แต่ GPIB นั้นจัดว่ามีความเร็วในการส่งข้อมูลมากกว่า USB อย่างไรก็ตามการเชื่อมต่อด้วย GPIB กับคอมพิวเตอร์นั้นเครื่องคอมพิวเตอร์ไม่สามารถตรวจจับได้โดยอัตโนมัติ ดังนั้นในการใช้สาย GPIB จำเป็นต้องติดตั้งไดรฟ์เวอร์ของสายเสียก่อน

2.3.1.3 RS232 to USB เป็นการเชื่อมต่อแบบ Serial มี Data rate สูงสุดคือ 1 MBaud โดยสาย RS232 to USB นี้

2.4 การทำงานและการเชื่อมต่อพาวเวอร์ซัพพลาย KEYSIGHT E3647A

2.4.1 การทำงานของพาวเวอร์ซัพพลาย KEYSIGHT 3647A

2.4.1.1 จ่ายแรงดันได้ทั้ง 2 เอาท์พุท

2.4.1.2 จ่ายกระแส และแรงดันคงที่

2.4.1.3 มีการป้องกันเมื่อจ่ายแรงดันเกิน

2.4.1.4 บันทึกการตั้งค่าการทำงานได้ 5 ค่า

2.4.1.5 เปิดโหมด self-test โดยอัตโนมัติ

2.4.1.6 ควบคุมทางไกลผ่าน Terminals ด้านหลังของเครื่อง

2.4.1.7 ผู้ใช้สามารถ Calibrate ได้จาก front panel หรือผ่านการควบคุมทางไกล

ภาพที่ 2.3 พาวเวอร์ซัพพลาย KEYSIGHT E3647A ที่มา : www.keysight.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 คุณสมบัติของพาวเวอร์ซัพพลาย KEYSIGHT E3647A

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติของพาวเวอร์ซัพพลาย KEYSIGHT E3647A

ตัวแปร		ช่วงการทำงาน
Voltage Output (V) ที่อุณหภูมิ 0 ถึง 40 องศาเซลเซียส	Low range	0 ถึง 35 โวลท์
	High range	0 ถึง 60 โวลท์
Current Output (A) ที่อุณหภูมิ 0 ถึง 40 องศาเซลเซียส	Low range	0 ถึง 0.8 แอมแปร์
	High range	0 ถึง 0.5 แอมแปร์
Programming accuracy ที่อุณหภูมิ 25 ± 5 องศาเซลเซียสและ (% of output +offset)	แรงดัน	<0.05% + 10 มิลลิโวลท์ (<0.1% + 25 มิลลิโวลท์ สำหรับ Output 2)
	กระแส	<0.2% + 10 มิลลิแอมแปร์
Readback accuracy ที่อุณหภูมิ 25 ± 5 องศาเซลเซียสและ (% of output +offset)	แรงดัน	<0.05% + 5 มิลลิโวลท์ (<0.1% + 25 มิลลิโวลท์ สำหรับ Output 2)
	กระแส	<0.15% + 5 มิลลิแอมแปร์ (<0.15% + 10 มิลลิแอมแปร์ สำหรับ Output 2)
Meter accuracy ที่อุณหภูมิ 25 ± 5 องศาเซลเซียสและ (% of output +offset)	แรงดัน	<0.05% + 2 counts (<0.1% + 4 counts สำหรับ Output 2)
	กระแส	<0.15% + 5 มิลลิแอมแปร์ (<0.15% + 10 มิลลิแอมแปร์ สำหรับ Output 2)
Ripple and noise 20 Hz ถึง 20 MHz	Normal mode voltage	<1 mVrms และ 8 mVpp
	Normal mode current	<4mArms
	Common mode current	<1.5 μArms
Load Regulation (% of output +offset)	แรงดัน	<0.01% + 3 มิลลิโวลท์
	กระแส	<0.01% + 250 ไมโครแอมแปร์
Line Regulation	แรงดัน	<0.01% + 3 มิลลิโวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(% of output +offset)	กระแส	<0.01% + 250 ไมโครแอมแปร์
Programming resolution	แรงดัน	< 5 มิลลิโวลท์
	กระแส	< 1 มิลลิแอมแปร์
Readback resolution	แรงดัน	< 2 มิลลิโวลท์
	กระแส	< 1 มิลลิแอมแปร์
Front panel resolution	แรงดัน	10 มิลลิโวลท์
	กระแส	1 มิลลิแอมแปร์
Transient response time	< 50 µs	
Settling time	< 90 ms	

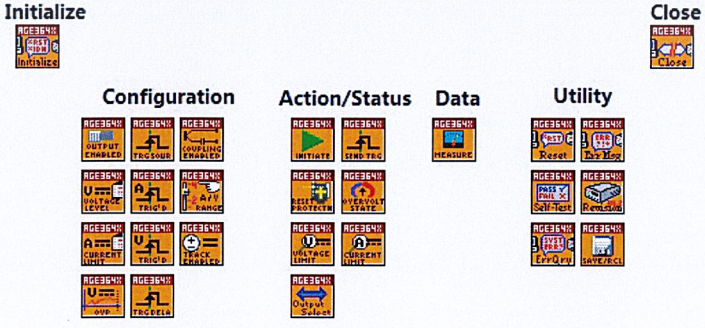
2.4.3 การเชื่อมต่อกับพาวเวอร์ซัพพลาย KEYSIGHT E3647A

2.4.3.1 สายที่ใช้เชื่อมต่อ

ในการเชื่อมต่อพาวเวอร์ซัพพลายนี้ใช้สาย GPIB to USB รุ่น 82357B

ภาพที่ 2.4 แสดงสาย GPIB to USB ที่ใช้ในการเชื่อมต่อพาวเวอร์ซัพพลายกับคอมพิวเตอร์

2.4.3.2 Instrument Driver ของพาวเวอร์ซัพพลาย KEYSIGHT E3647A

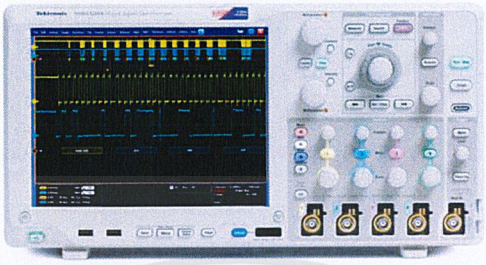


ภาพที่ 2.5 แสดง Instrument driver ของ KEYSIGHT E3647A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การทำงานและการเชื่อมต่อออสซิโลสโคป Tektronix MSO5104B

2.5.1 คุณสมบัติของออสซิโลสโคป Tektronix MSO5104B



ภาพที่ 2.6 ออสซิโลสโคป Tektronix MSO5104B ที่มา : www.tek.com

Vertical System ของ Analog

ตารางที่ 2.2 แสดง Vertical System ของ Analog

คุณสมบัติ	MSO5104B
Input Channels	4
Analog Bandwidth (-3dB)	1 GHz
Rise Time (Calculated)	350ps
DC Gain Accuracy	±1.5%
Bandwidth Limits	ขึ้นกับการเลือกตั้งแต่ 1 GHz, 500MHz, 350MHz, 250MHz และ 20MHz
Input Coupling	AC, DC
Input Impedance	1MΩ ± 1%, 50Ω ± 1%
Input Sensitivity	1MΩ: 1mV/div to 10 V/div 50Ω: 1mV/div to 1 V/div
Vertical Resolution	8 bits (>11 bits with Hi Rev)
MaxInputVoltage,1MΩ	
MaxInputVoltage,50Ω	$5V_{RMS}$, with peaks ≤ ±20 V
Position Range	± 5 divisions
Delay between any Two Channels (Typical)	≤ 100 ps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Offset Range	
1mV/div – 50mV/div	1 MΩ: ±1 V 50 Ω: ±1 V
50.5 mV/div – 99.5 mV/div	1 MΩ: ±0.5 V 50 Ω: ±0.5V
100mV/div - 500mV/div	1MΩ: ±10 V 50 Ω: ±10 V
505 mV/div – 995 mV/div	1 MΩ: ±5 V 50 Ω: ±5 V
1V/div-5V/div	1 MΩ: ±100 V 50 Ω: ±5 V
5.05V/div-10V/div	1 MΩ: ±50 V 50 Ω: NA
Offset Accuracy	± (0.005 × |offset – position| + DC Balance)
Channel-to-Channel Isolation (Any two channels at equal Vertical Scale settings) (Typical)	≥ 100:1 ที่ 100 MHz และ ≥ 30:1 ที่ >100MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Horizontal System ของ Analog

ตารางที่ 2.3 แสดง Horizontal System ของ Analog

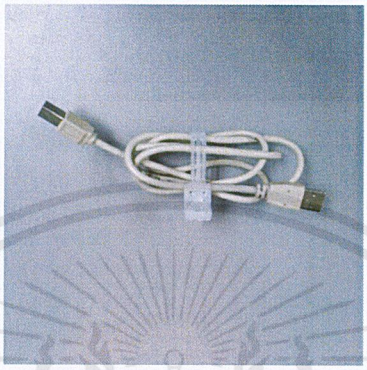
คุณสมบัติ	MSO5104B
Maximum Sample Rate	5 GS/s
Maximum Sample Rate ของ channel 1 หรือ channel 2	10 GS/s
Maximum Equivalent Time Sampling Rate	400 GS/s
Maximum Record Length with Standard Configuration	12.5 M (4 channel) 25 M (channel 1 หรือ channel 2)
Maximum Record Length with Option 2RL	25 M (4 channel) 50 M (channel 1 หรือ channel 2)
Maximum Record Length with Option 5RL	50 M (4 channel) 125 M (channel 1 หรือ channel 2)
Maximum Record Length with Option 10RL	125 M (4 channel) 250 M (channel 1 หรือ channel 2)
Maximum Duration at Highest Real-Time Sample Rate	25 ms
Time Base Range	250 ps/div to 1000 s/div
Time Resolution (ใน ET หรือ IT โหมด)	2.5 ps/div
Time Base Delay Time Range	-5 divisions ถึง 5000s
Channel-to-Channel Deskew Range	± 75 ns
Trigger Jitter (RMS)	≤100 fsRMS with enhanced triggering ON ≤100 psRMS with enhanced triggering OFF
Time Base Accuracy	±5 ppm over any ≥1 ms interval

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 การเชื่อมต่อกับออสซิโลสโคป Tektronix MSO5104B

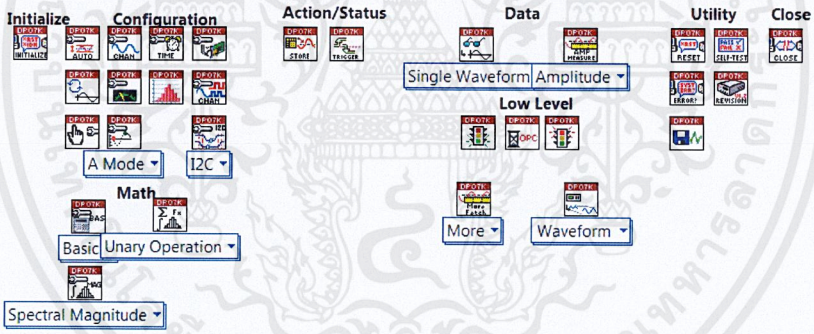
2.5.2.1 สายที่ใช้ในการเชื่อมต่อ

ในการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับออสซิโลสโคป Tektronix MSO5104B นี้ใช้สาย USB 2.0 เชื่อมต่อผ่าน USB port



ภาพที่ 2.7 แสดงสาย USB ที่ใช้เชื่อมต่อออสซิโลสโคปกับคอมพิวเตอร์

2.5.2.2 Instrument Driver



ภาพที่ 2.8 แสดง Instrument driver ของ Tektronix MSO5104B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การทำงานและการเชื่อมต่อ Temptronic ThermoStream ATS 710

2.6.1 คุณสมบัติของ Temptronic ThermoStream ATS 710

ภาพที่ 2.9 Temptronic ThermoStream ATS710 ที่มา : www.intestthermal.com

ตารางที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติของ Temptronic ThermoStream ATS 710

คุณสมบัติ	คำอธิบาย
Temperature Range	-75 ถึง 225 องศาเซลเซียส (50Hz) -80 ถึง 225 องศาเซลเซียส (60Hz)
Transition Rate	-55 ถึง 125 ประมาณ 10 วินาทีหรือน้อยกว่า 125 ถึง -55 ประมาณ 10 วินาทีหรือน้อยกว่า
System Airflow Output	4 ถึง 18 scfm (1.9 ถึง 8.5 l/s)
Temperature Display & Resolution	+/- 0.1 องศาเซลเซียส
Temperature Accuracy	1.0 องศาเซลเซียส
DUT Sensor Ports	Internal diode, Thermocouples (T&K), RTD

2.6.2 การเชื่อมต่อกับ Temptronic ThermoStream ATS 710

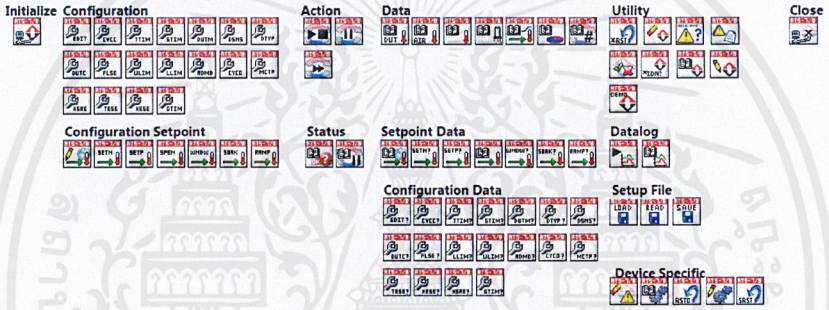
2.6.2.1 สายที่ใช้ในการเชื่อมต่อ

การเชื่อมต่อระหว่าง Temptronic ThermoStream ATS 710 กับคอมพิวเตอร์นั้น ใช้สาย GPIB to USB ของ Keysight รุ่น 82357B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.10 แสดงสาย GPIB to USB ที่ใช้ในการเชื่อมต่อ ThermoStream กับคอมพิวเตอร์

2.6.2.2 Instrument Driver



ภาพที่ 2.11 แสดง Instrument driver ของ Temptronic ThermoStream ATS 710

2.6.3 ชนิดของ Thermocouple

ในที่นี้ใช้ Thermocouple ชนิด K ในการเชื่อมต่อกับ ThermoStream โดย Thermocouple type K นี้ถูกจัดอยู่ในประเภท Nickel Alloy กล่าวคือทำขึ้นจากวัสดุ Chromel – Alomel ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์แรงดันต่ออุณหภูมิคือ 41 μV/^{o}C และมีย่านการวัดอุณหภูมิคือ -200 ถึง 1350 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 2.12 แสดงสาย Thermocouple Type K ที่ใช้เชื่อมต่อกับThermoStream

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การออกแบบและการเขียนโปรแกรมภาษา GUI ด้วยโปรแกรม LabVIEW 2017

2.7.1 การเขียน GUI

GUI หรือ Graphic User Interface เป็นการแสดงหน้าจอการใช้งานด้วยกราฟิกด้วยการเขียนภาษา G หรือ Graphical Language เป็นการใช้รูปภาพหรือไอคอนในการเขียนโปรแกรมแทนการเขียนโค้ดทีละบรรทัด เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถใช้ได้ง่าย และสะดวก โดย GUI นี้สามารถเขียนขึ้นได้ด้วยหลากหลายโปรแกรม อาทิ Microsoft Visual Basic, LabVIEW ซึ่งในที่นี้เลือกใช้โปรแกรม LabVIEW2017 ในการเขียนโปรแกรมต่อไป

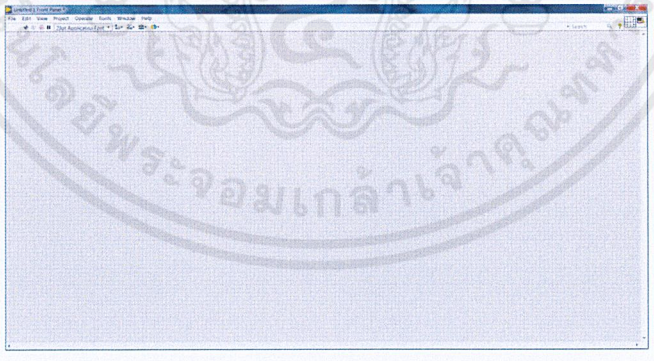
2.7.2 โปรแกรม LabVIEW

โปรแกรม LabVIEW หรือ Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench เป็นโปรแกรมที่พัฒนาโดยบริษัท National Instrument (NI) โดยสามารถเขียนโปรแกรมโดยการใช้กราฟิก ในการออกแบบโปรแกรมจะมีลักษณะเป็นแบบโมดูลและเชื่อมต่อแต่ละโมดูล เพื่อใช้ในการควบคุมเครื่องมือวัด หรืออุปกรณ์ต่างๆ อีกทั้งสามารถใช้ในการเก็บข้อมูล (Data acquisition) โดยโปรแกรมที่เขียนด้วย LabVIEW นั้นจะเรียกว่า VI หรือ Virtual Instrument

2.7.3 ส่วนประกอบต่างๆใน LabVIEW

2.7.3.1 Front Panel

Front Panel หรือ User Interface เป็นส่วนที่ใช้สื่อสารกับผู้ใช้ ซึ่งเป็นส่วนของ GUI หรือ VI นั่นเอง ซึ่งจะมีหน้าตาแตกต่างไปตามการออกแบบโปรแกรม

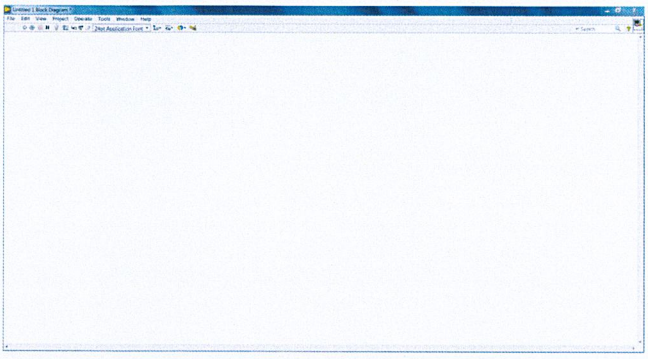


ภาพที่ 2.13 แสดง Front Panel ของ LabVIEW 2017

2.7.3.2 Block Diagram

Block Diagram เป็นส่วนของการเขียนโปรแกรมซึ่งอยู่ในรูปของภาษา G ซึ่งโปรแกรม LabVIEW นั้นจะมีการตรวจสอบความผิดพลาดตลอดเวลา ดังนั้นหากต้องการให้โปรแกรมทำงานจะต้องไม่มีข้อผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.14 แสดง Block Diagram ของ LabVIEW 2017

2.7.3.3 VI

VI หรือ Virtual Instrument เป็นส่วนของโปรแกรมหลัก

2.7.3.4 Function

เป็นส่วนของฟังก์ชันสำเร็จรูปที่สามารถเรียกใช้ได้ทันที เช่น sin, log

2.7.3.5 SubVI

ส่วนของโปรแกรมย่อยที่ถูกเรียกใช้ในโปรแกรมหลัก

2.7.4 ประเภทของข้อมูลในส่วนของโปรแกรม LabVIEW

ประเภทของข้อมูลสามารถแบ่งออกเป็น 6 ชนิด คือ

2.7.4.1 Numeric

เป็นข้อมูลประเภทตัวเลขโดยข้อมูลที่เป็นจำนวนเต็ม Block diagram จะเป็นสีน้ำเงิน ส่วนข้อมูลที่เป็นทศนิยม Block diagram จะเป็นสีส้ม

2.7.4.2 Boolean

เป็นข้อมูลเชิงตรรกที่มีค่าเพียง True หรือ False เท่านั้น

2.7.4.3 String

เป็นข้อมูลตัวอักษร โดย Block diagram ของสตริงนั้นจะเป็นสีชมพู

2.7.4.4 Enum

เป็นข้อมูลตัวเลขที่มี Block diagram เป็นสีน้ำเงินโดยจะแสดงข้อมูลเป็นตัวหนังสือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.4.5 Dynamic

เป็นข้อมูลที่อยู่ในรูปของ Waveform ส่วนใหญ่นำไปใช้กับ ExpressVI

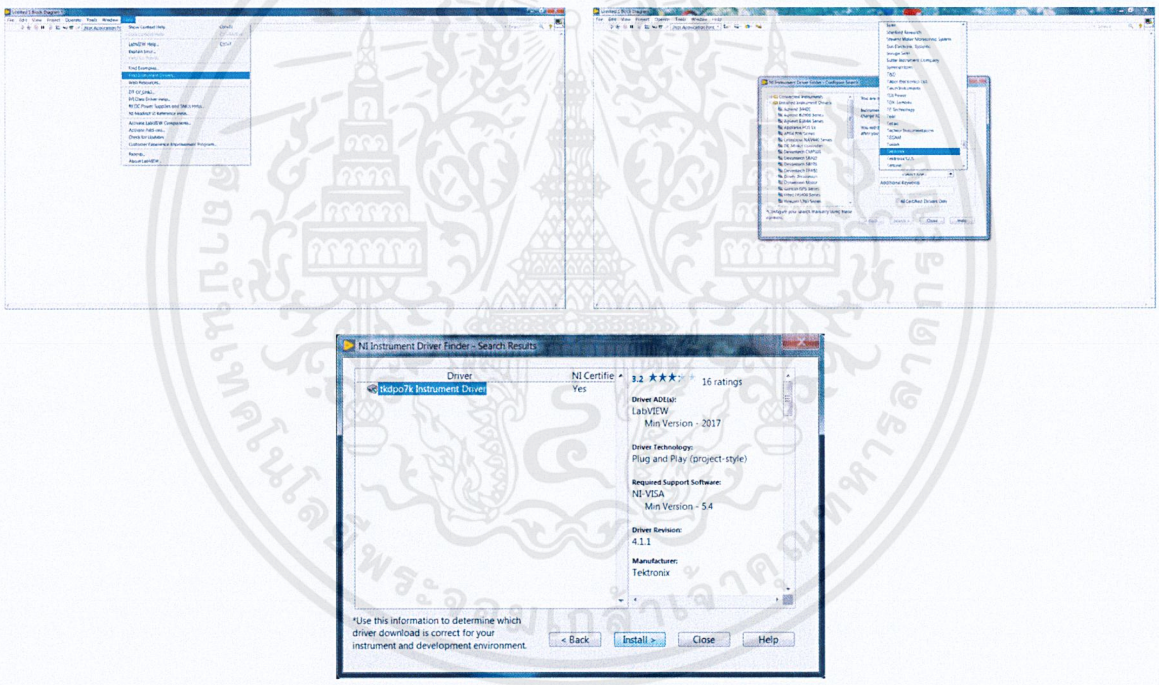
2.7.4.6 Time Stamp

เป็นข้อมูลเวลา และวันที่ ซึ่ง Block diagram จะเป็นสีน้ำตาล

ในที่นี้ใช้โปรแกรม LabVIEW2017 ในการออกแบบโปรแกรมทั้งหมด โดยศึกษาการเขียนโปรแกรมจากตัวอย่างการใช้ Instrument driver

2.7.5 การติดตั้ง Instrument Driver

สามารถทำได้โดย เข้าไปที่ Find Instrument Drivers... เลือกหาอุปกรณ์และรุ่นที่ต้องการ แล้วกดติดตั้ง

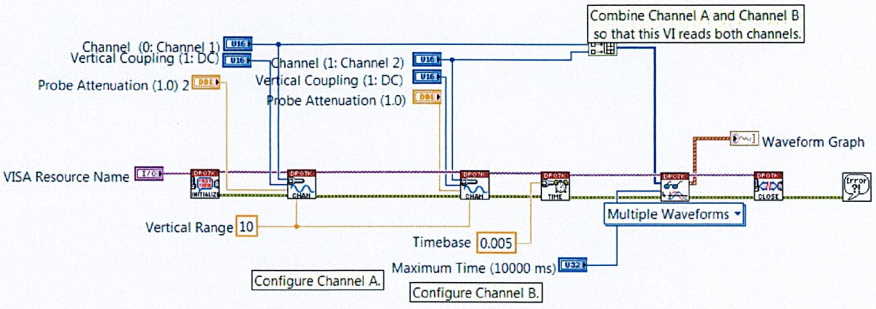


ภาพที่ 2.15 แสดงการติดตั้ง Instrument driver ของอุปกรณ์ต่างๆ

2.7.6 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมโดยการใช้ Instrument Driver ผ่านโปรแกรม LabVIEW2017

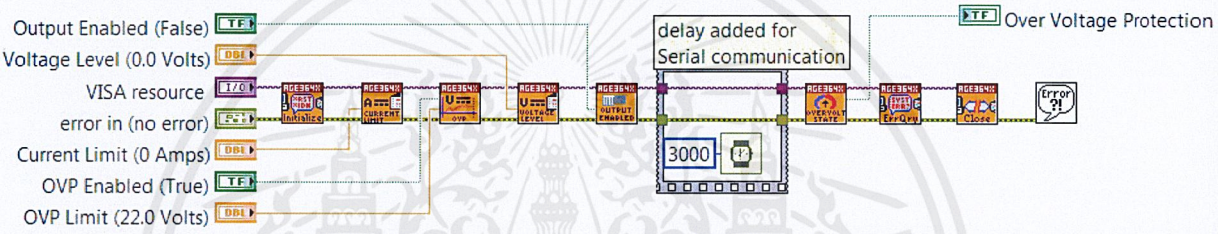
2.7.6.1 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมออสซิโลสโคป Tektronix MSO5104B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



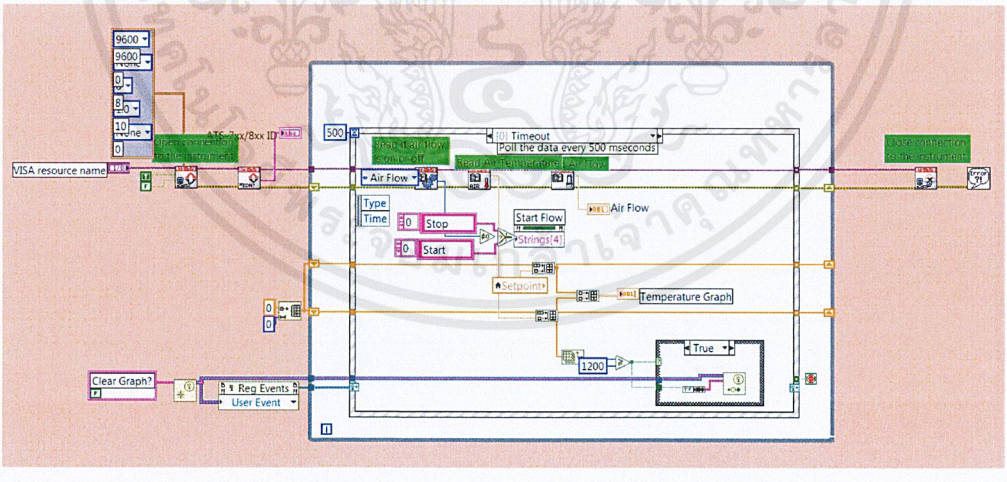
ภาพที่ 2.16 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมออสซิโลสโคป Tektronix MSO5104B

2.7.6.2 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมพาวเวอร์ซัพพลาย KEYSIGHT E3647A



ภาพที่ 2.17 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมพาวเวอร์ซัพพลาย KEYSIGHT E3647A

2.7.6.3 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุม Temptronic ThermoStream ATS 710



ภาพที่ 2.18 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุม Temptronic ThermoStream ATS 710

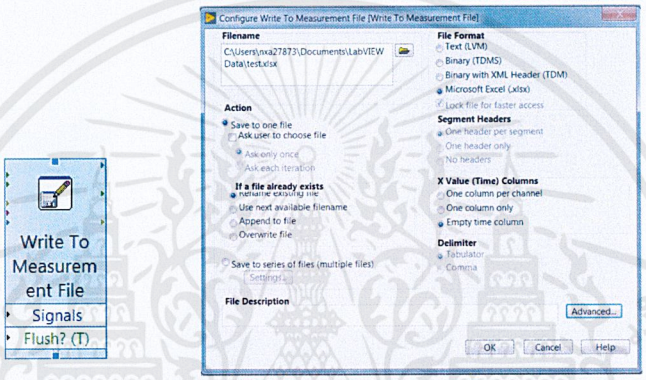
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 รูปแบบของการบันทึกข้อมูล

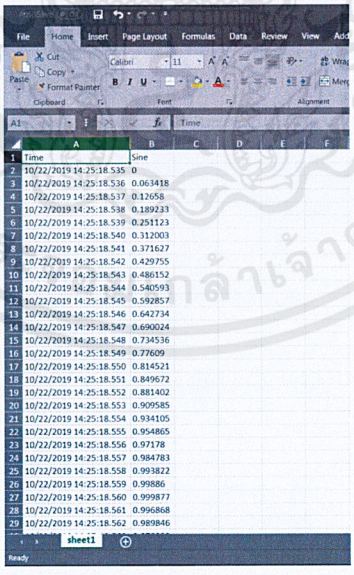
โปรแกรม LabVIEW นั้น นอกจากสามารถควบคุมเครื่องมือวัดต่างๆได้แล้ว ยังสามารถเก็บบันทึกข้อมูลที่วัดมาในรูปแบบของฐานข้อมูล เพื่อให้ผู้ใช้สามารถนำข้อมูลการวัดเหล่านั้นมาวิเคราะห์ต่อในภายหลังได้ โดยรูปแบบการบันทึกค่านั้นมีหลากหลายแบบ อาทิ บันทึกด้วยนามสกุล .xlsx, บันทึกด้วยนามสกุล .lvm หรือบันทึกด้วยนามสกุล .tdms

2.8.1 การบันทึกข้อมูลด้วยนามสกุล .xlsx

นามสกุล .xlsx เป็นนามสกุลไฟล์เอกสารของ Microsoft Excel และสามารถเปิดไฟล์ได้ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel



ภาพที่ 2.19 แสดงการเขียนและตั้งค่าเพื่อบันทึกข้อมูลในรูป .xlsx

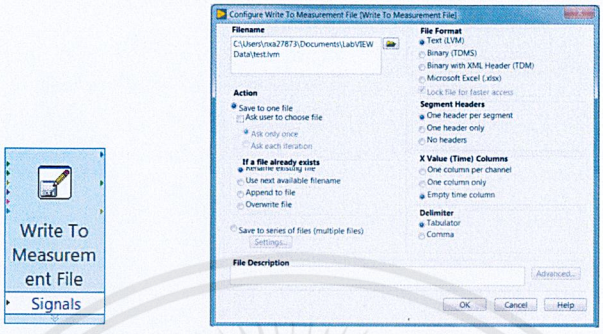


ภาพที่ 2.20 แสดงข้อมูลนามสกุล .xlsx ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

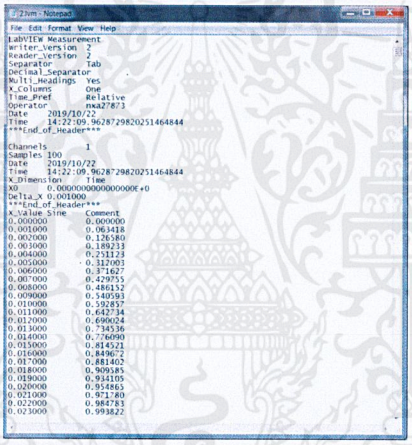
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 การบันทึกข้อมูลด้วยนามสกุล .lvm

นามสกุล .lvm นั้นย่อมาจาก LabVIEW Measurement เป็นการบันทึกไฟล์ที่ง่ายในรูป text file และสามารถเปิดไฟล์ได้ด้วยโปรแกรม Notepad



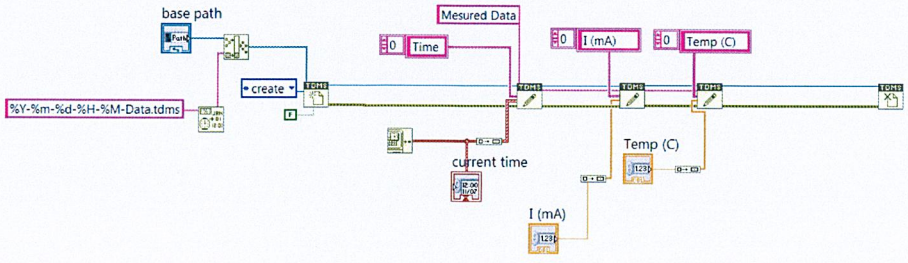
ภาพที่ 2.21 แสดงการเขียนและตั้งค่าเพื่อบันทึกข้อมูลในรูป .lvm



ภาพที่ 2.22 แสดงข้อมูลนามสกุล .lvm ด้วยโปรแกรม Notepad

2.8.3 การบันทึกข้อมูลด้วยนามสกุล .tdms

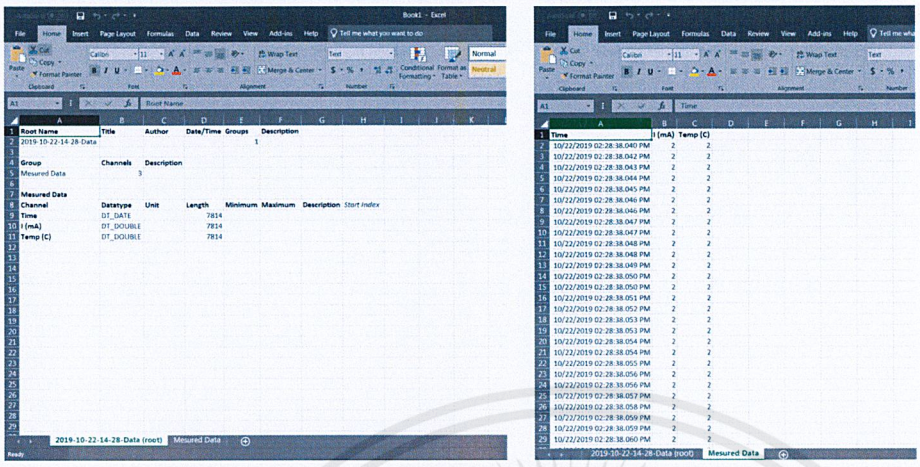
.tdms เป็นสกุลไฟล์ที่จัดเก็บข้อมูลในรูปของ binary โดยขนาดของไฟล์นั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดของข้อมูลที่ได้เขียนลงไป สามารถเปิดดูได้ทั้งจาก Microsoft Excel และ TDMS Viewer



ภาพที่ 2.23 แสดงการเขียนเพื่อบันทึกข้อมูลในรูป .tdms

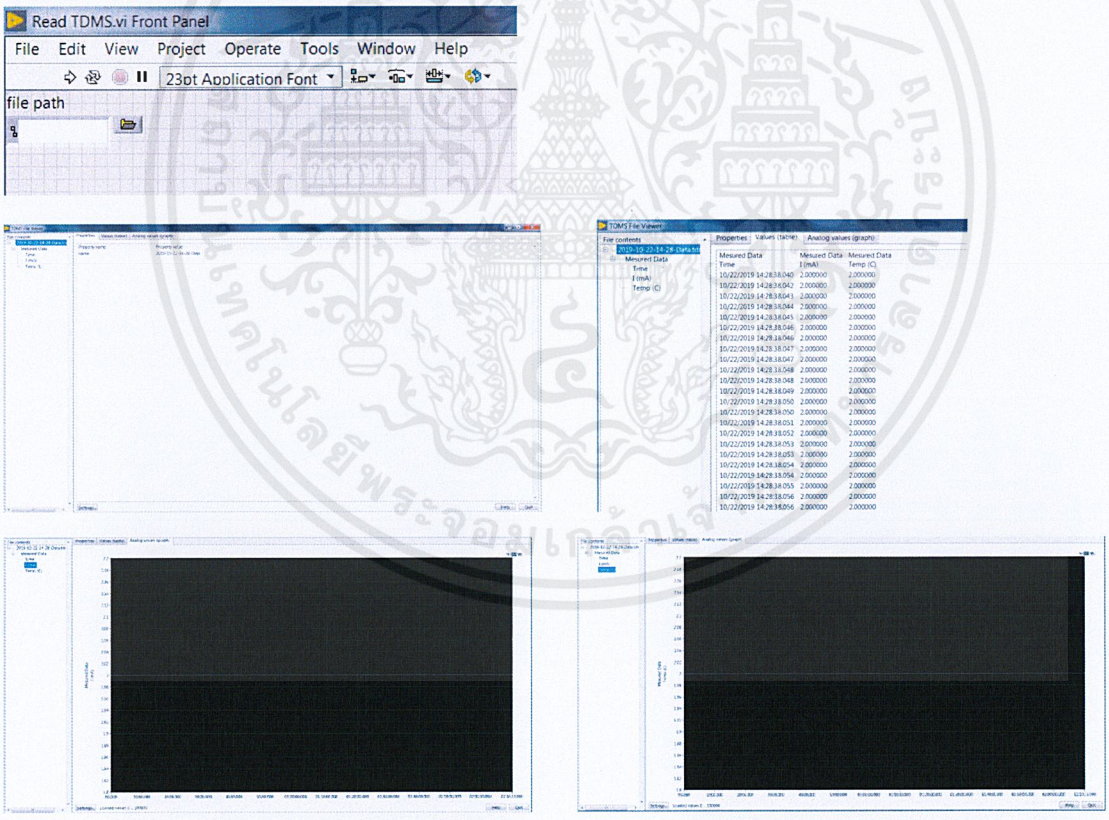
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปิดไฟล์ .tdms ด้วย Microsoft Excel



ภาพที่ 2.24 แสดงข้อมูลนามสกุล .tdms ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

เปิดไฟล์ .tdms ด้วยโปรแกรม Read TDMS



ภาพที่ 2.25 แสดงข้อมูลนามสกุล .tdms ด้วยโปรแกรม Read TDMS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.4 ข้อดีและข้อเสียของการบันทึกข้อมูลรูปแบบต่างๆ

ตารางที่ 2.5 แสดงข้อดีและข้อเสียของการบันทึกทั้ง 3 รูปแบบ

รูปแบบการบันทึกข้อมูล	ข้อดี	ข้อเสีย
การบันทึกแบบ .xlsx	สามารถเปิดใช้ได้ง่าย ขนาดของไฟล์ไม่ใหญ่มาก	เขียนข้อมูลได้ช้า และเมื่อบันทึกข้อมูลจำนวนมากจะไม่สามารถเปิดดูได้
การบันทึกแบบ .lvm	สามารถเปิดใช้งานได้ง่าย ขนาดของไฟล์ไม่ใหญ่มาก	เขียนข้อมูลได้ช้า เมื่อบันทึกข้อมูลจำนวนมากจะไม่สามารถเปิดดูได้
การบันทึกแบบ .tdms	สามารถเปิดใช้งานได้ง่าย เขียนข้อมูลได้เร็ว และสามารถบันทึกข้อมูลจำนวนมากได้	ขนาดของข้อมูลใหญ่

ดังนั้น ในที่นี้จึงเลือกใช้การบันทึกข้อมูลแบบ .tdms เนื่องจากในการวัดและบันทึกข้อมูลนี้จำเป็นต้องบันทึกข้อมูลเป็นระยะเวลานาน จึงส่งผลให้จำนวนข้อมูลมีมาก จึงเลือกเป็น .tdms เพื่อป้องกันไม่ให้ไฟล์เสียหายเมื่อบันทึกเป็นระยะเวลานาน

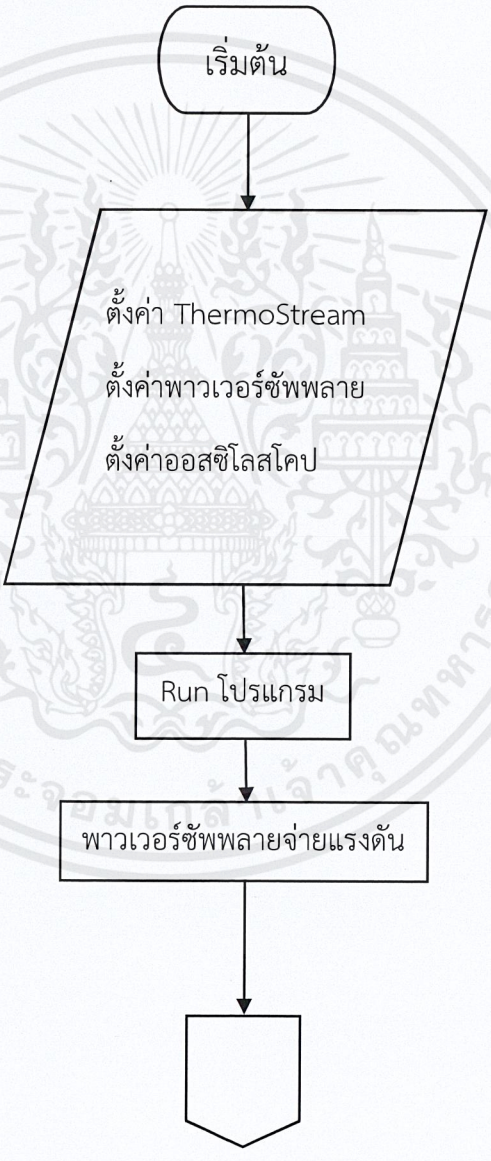
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

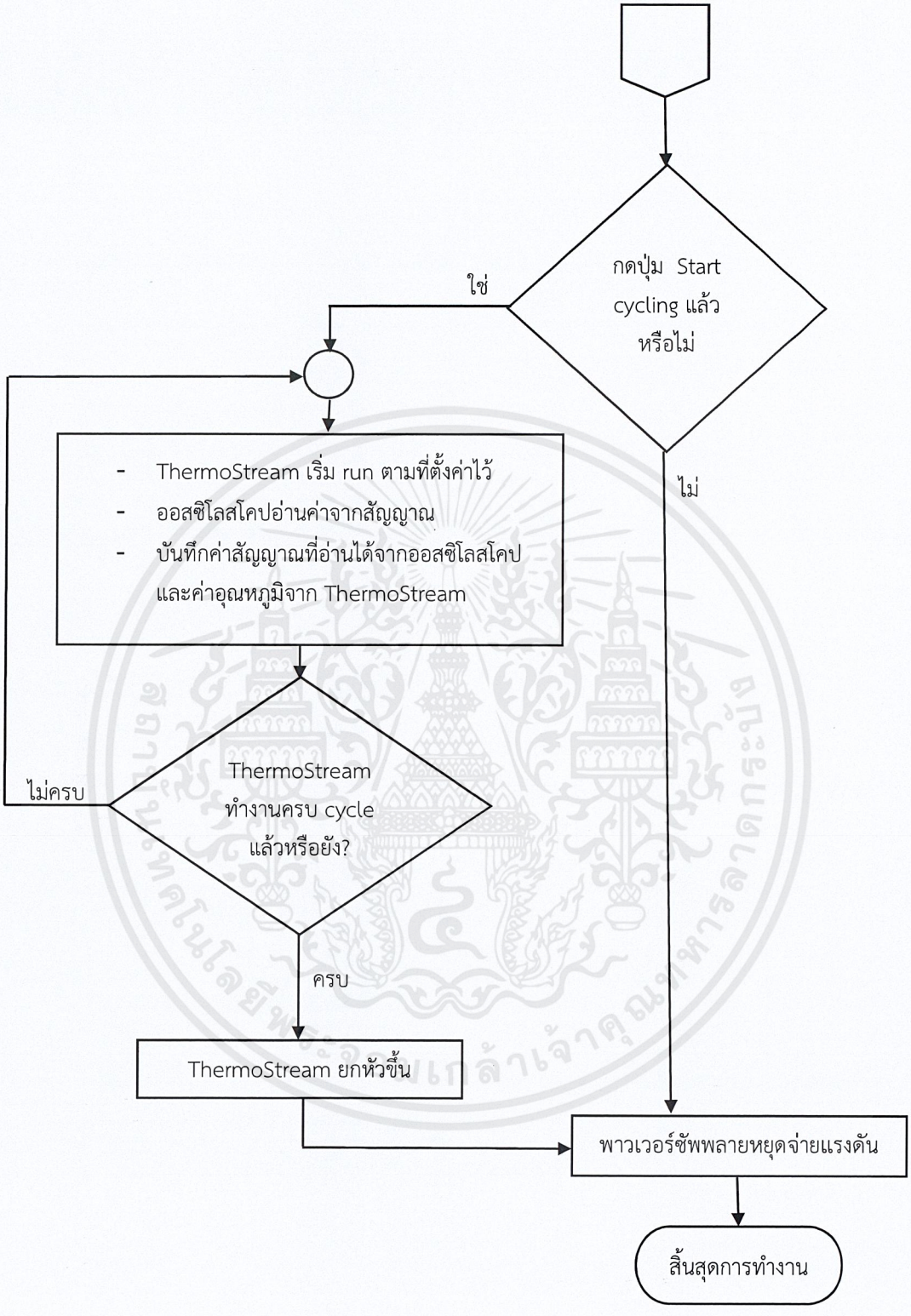
3.1 กำหนดวัตถุประสงค์

3.2 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับทำโครงงาน

3.3 ออกแบบขั้นตอนการเขียนโปรแกรมด้วยการเขียน Flow Chart



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

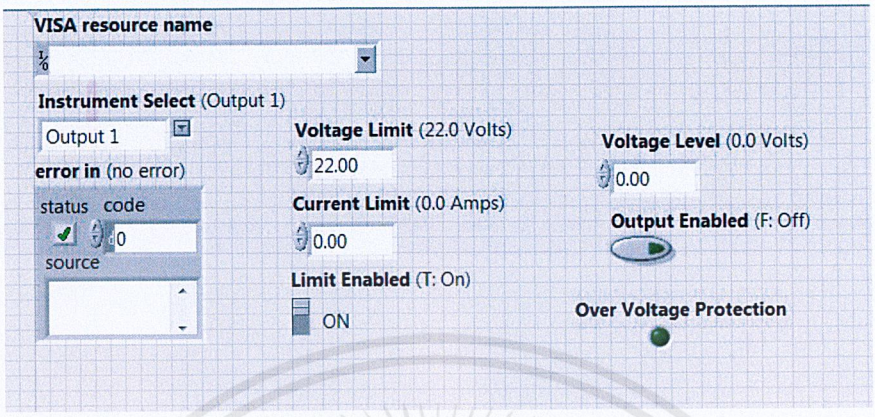


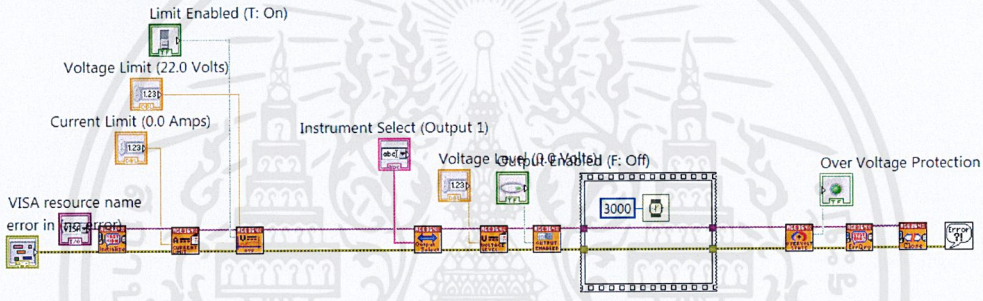
ภาพที่ 3.1 แสดง Flow chart ในการเขียนโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ออกแบบโปรแกรม

3.4.1 โปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของพาวเวอร์ซัพพลาย KEYSIGHT E3647A

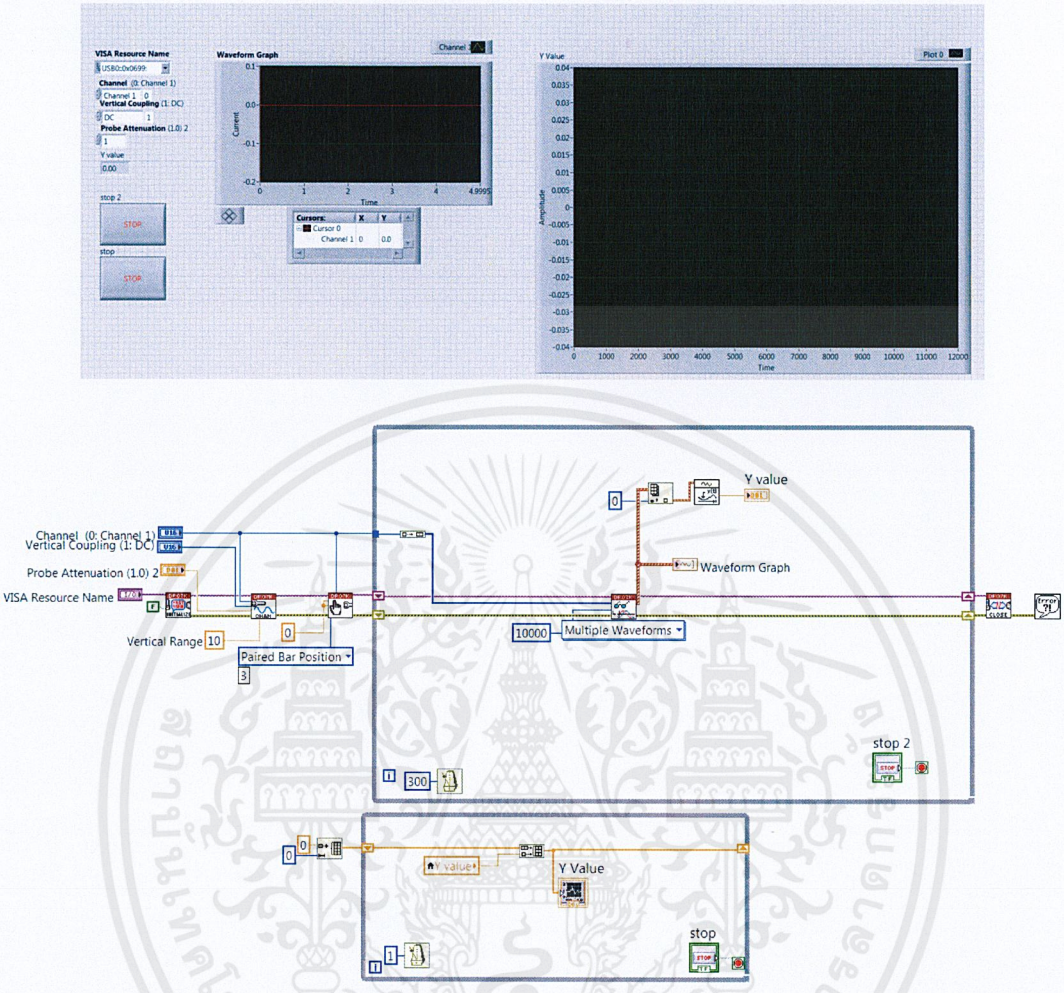




ภาพที่ 3.2 แสดงโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของพาวเวอร์ซัพพลาย KEYSIGHT E3647A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

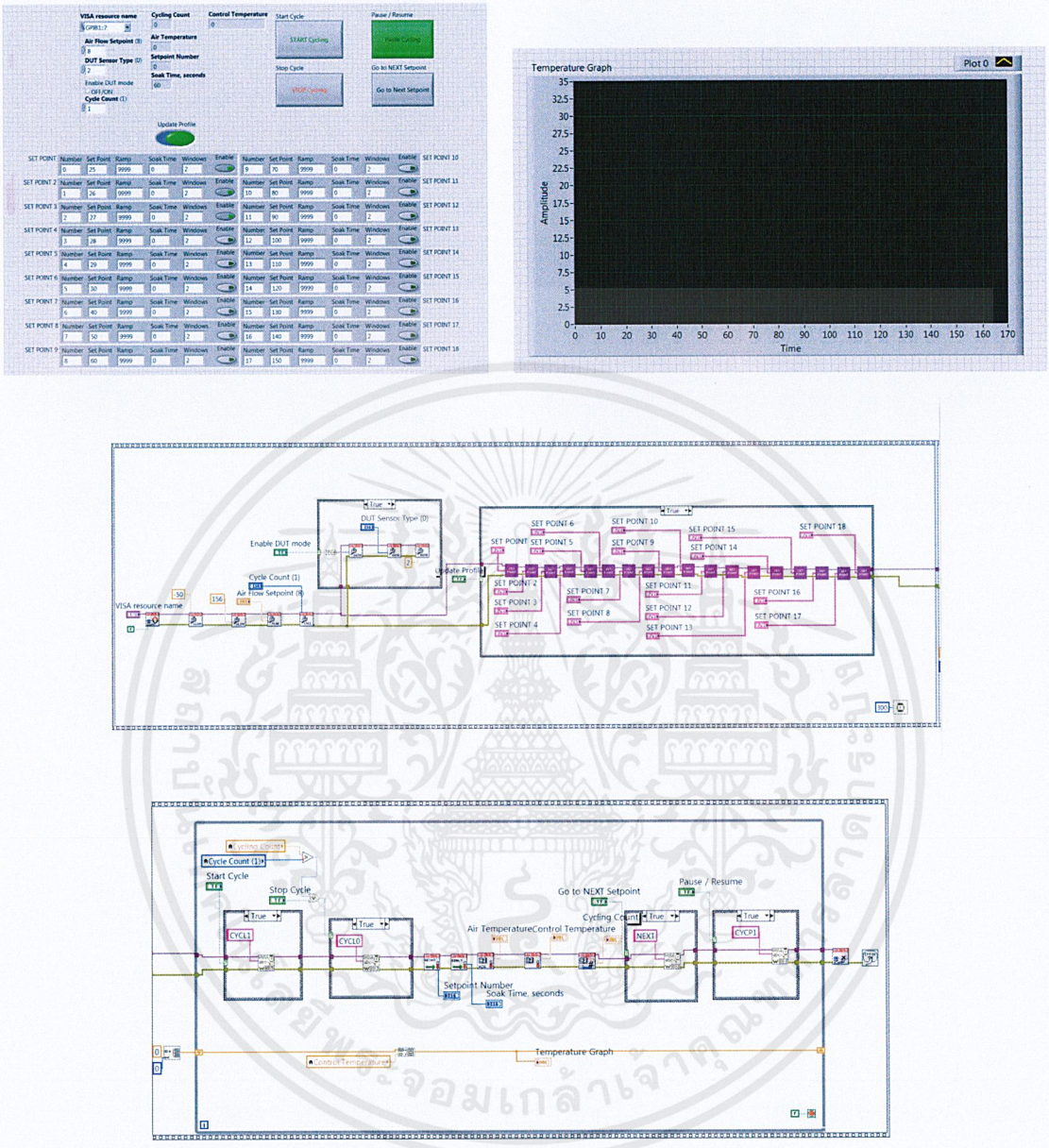
3.4.2 โปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของออสซิโลสโคป Tektronix MSO5104B



ภาพที่ 3.3 โปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของออสซิโลสโคป Tektronix MSO5104B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

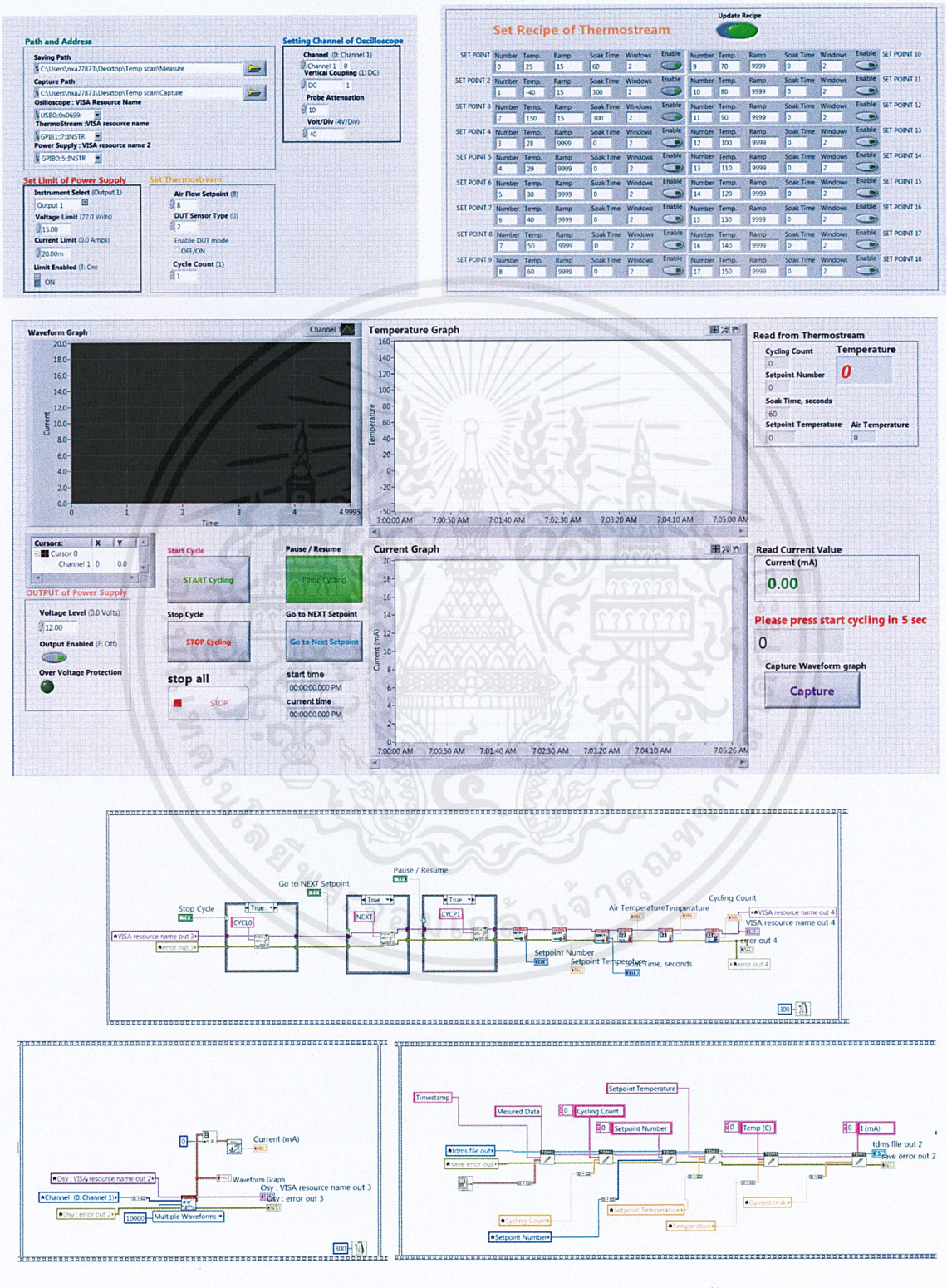
3.4.3 โปรแกรมที่ใช้ควบคุม Temptronic ThermoStream ATS 710



ภาพที่ 3.4 โปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของ Temptronic ThermoStream ATS 710

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 การรวมโปรแกรมที่ใช้ควบคุมพาวเวอร์ซัพพลาย ออสซิโลสโคป และ ThermoStream เข้าด้วยกัน โดยการใช้ Flat sequence เพื่อจัดลำดับการทำงานของแต่ละอุปกรณ์

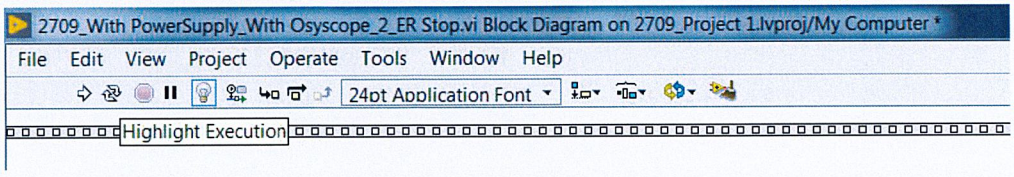


ภาพที่ 3.5 แสดงการรวมโปรแกรมที่ใช้ควบคุมอุปกรณ์ทั้งสาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม

ในการดีบัคโปรแกรมใน LabVIEW 2017 นั้นจะใช้เครื่องหมายหลอดไฟ เพื่อดูการเคลื่อนที่ของคำสั่งว่าเป็นไปตามที่ต้องการหรือมีปัญหาขึ้นมาที่ใด



ภาพที่ 3.6 แสดงไอคอนที่ใช้ในการดีบัคโปรแกรม

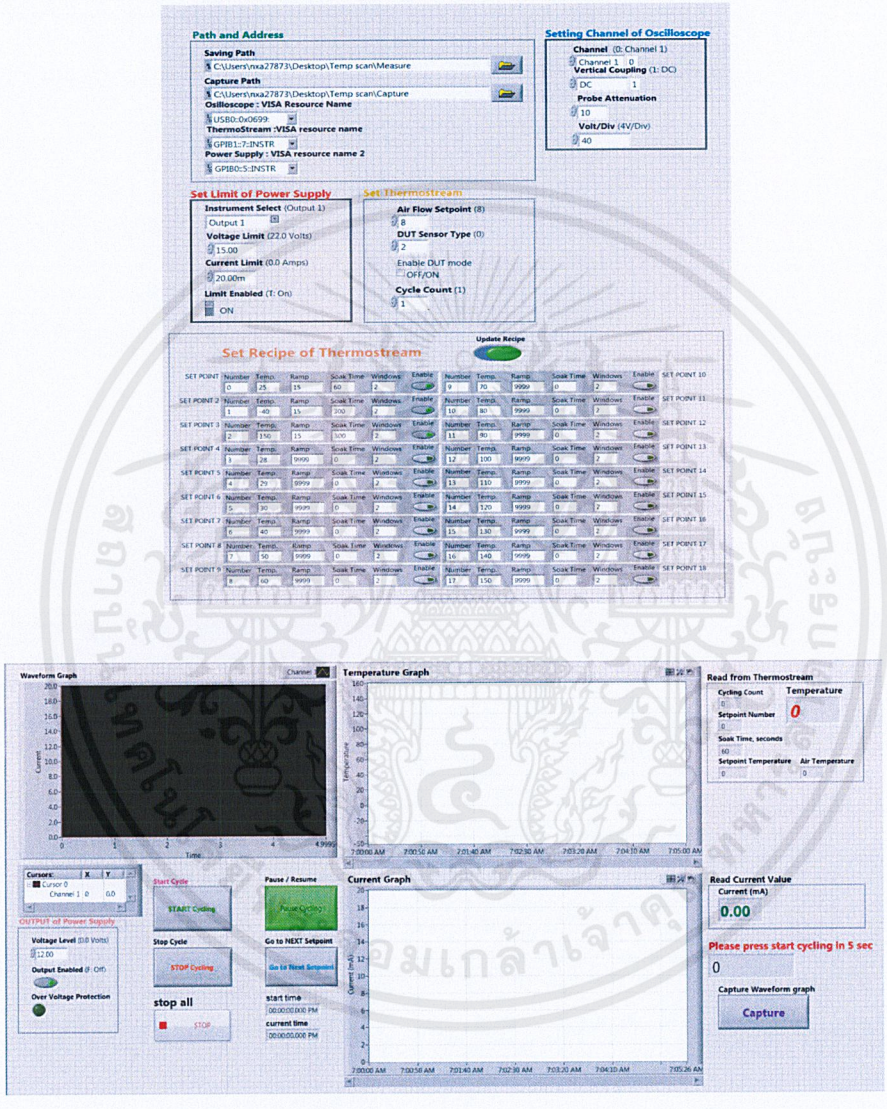
3.6 เตรียมตัวนำเสนอ

3.7 นำเสนอโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัย

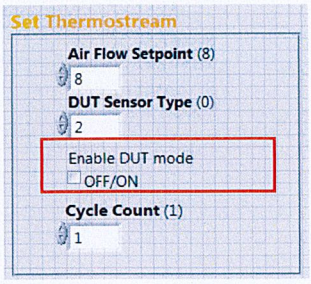
4.1 หน้าจอ display ของโปรแกรมที่ใช้ทำเทมป์สแกน



ภาพที่ 4.1 หน้าจอของโปรแกรมที่ใช้ทำเทมป์สแกน

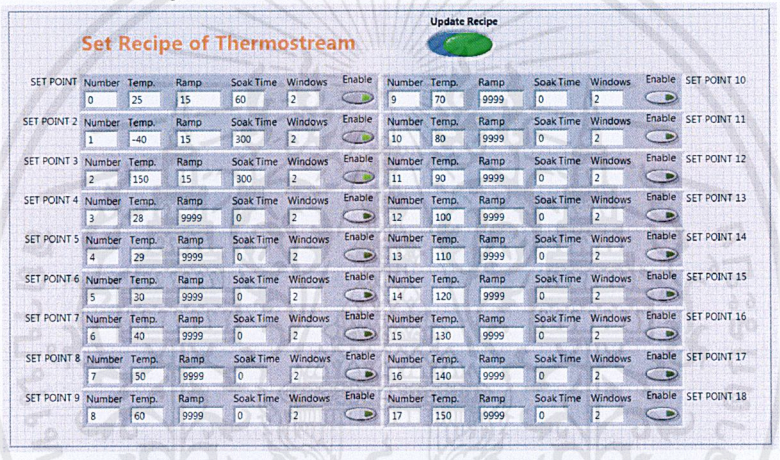
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 สามารถเลือกใช้หรือไม่ใช้ Thermocouple ได้



ภาพที่ 4.2 การเลือกใช้ Thermocouple

4.3 เขียนรายการอุณหภูมิที่ต้องการทำโดยป้อนรายการผ่านหน้าโปรแกรม

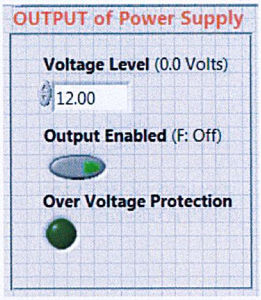


ภาพที่ 4.3 กำหนดรายการอุณหภูมิที่ต้องการป้อน

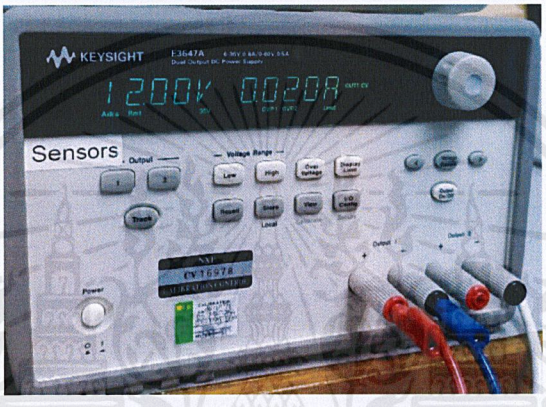
ภาพที่ 4.4 หน้าจอของ ThermoStream ขณะเขียนรายการอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 พาวเวอร์ซัพพลายเริ่มจ่ายแรงดันตามค่าที่กำหนดไว้

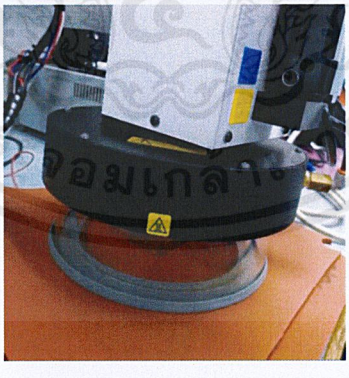


ภาพที่ 4.5 กำหนดค่าที่ต้องการให้พาวเวอร์ซัพพลายจ่ายแรงดัน



ภาพที่ 4.6 หน้าจอพาวเวอร์ซัพพลาย KEYSIGHT E3647A ขณะจ่ายแรงดัน

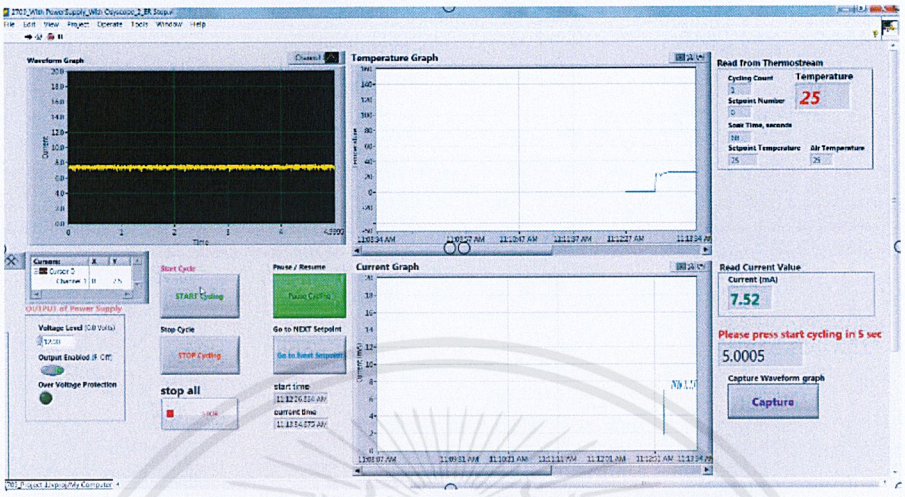
4.5 หลังกด Start Cycling หัวของ ThermoStream ปรับลงและเริ่มทำอุณหภูมิ



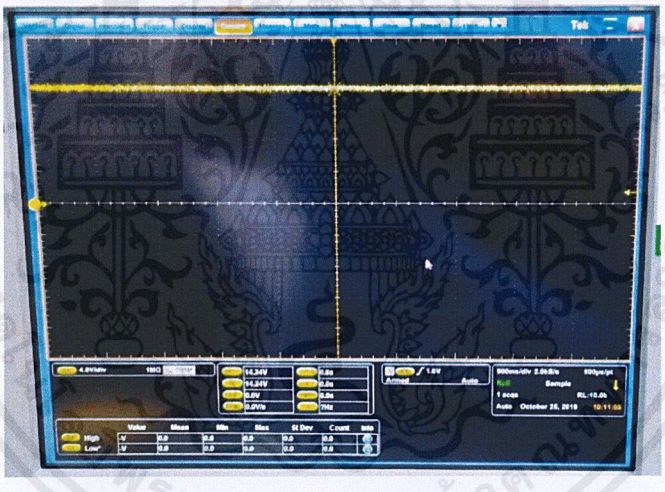
ภาพที่ 4.7 หัวของ ThermoStream ปรับลงและเริ่มทำอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 แสดงค่าที่วัดได้จากออสซิโลสโคปผ่านหน้าจอของโปรแกรม รวมถึงค่าของอุณหภูมิจาก ThermoStream และค่ากระแสที่วัดได้จากบริเวณเคอร์เซอร์ (0, 0)



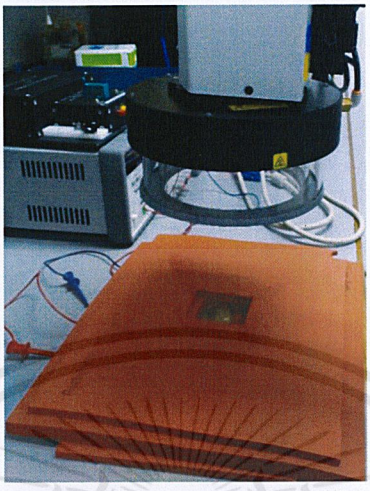
ภาพที่ 4.8 หน้าจอของโปรแกรมเมื่อโปรแกรมเริ่มทำงาน



ภาพที่ 4.9 สัญญาณที่วัดได้จากหน้าจอของออสซิโลสโคป Tektronix MSO5104B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 เมื่อครบรอบการทำงานของ ThermoStream ที่กำหนดไว้ ThermoStream ยกหัวขึ้น



ภาพที่ 4.10 ThermoStream ยกหัวขึ้นเมื่อทำงานครบรอบ

4.8 ไฟล์ที่บันทึกจากค่าที่วัดได้เมื่อเปิดด้วย Microsoft Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	**Root Name**	**Title**	**Author**	**Date/Time**	**Groups**	**Description**			
2	MeasureFile-2019-10-11-09-30-34-Data				1				
3									
4	**Group**	**Channels**	**Description**						
5	Mesured Data	6							
6									
7	**Mesured Data**								
8	**Channel**	**Datatype**	**Unit**	**Length**	**Minimum**	**Maximum**	**Description**	*Start Index*	
9	**Timestamp**	DT_DATE		721					
10	**Cycling Count**	DT_DOUBLE		721					
11	**Setpoint Number**	DT_SHORT		721					
12	**Setpoint Temperature**	DT_DOUBLE		721					
13	**Temp (C)**	DT_DOUBLE		721					
14	**I (mA)**	DT_DOUBLE		721					
15									
16									

ภาพที่ 4.11 ข้อมูลในหน้าแรกของการบันทึกแบบ .tdms เมื่อเปิดด้วย Microsoft Excel บอกจำนวนของข้อมูลที่บันทึกทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	A	B	C	D	E	F	G
1	Timestamp	Cycling Count	Setpoint Number	Setpoint Temperature	Temp (C)	I (mA)	
2	10/11/2019 09:30:44.798 AM	1	0	25	20.8	7.2	
3	10/11/2019 09:30:50.911 AM	1	0	25	24.5	7.04	
4	10/11/2019 09:30:53.311 AM	1	0	25	24.8	7.52	
5	10/11/2019 09:30:55.711 AM	1	0	25	24.9	7.52	
6	10/11/2019 09:30:58.112 AM	1	0	25	24.9	7.52	
7	10/11/2019 09:31:00.510 AM	1	0	25	25	7.2	
8	10/11/2019 09:31:02.911 AM	1	0	25	25	7.2	
9	10/11/2019 09:31:05.311 AM	1	0	25	24.9	7.36	
10	10/11/2019 09:31:07.711 AM	1	0	25	24.9	7.2	
11	10/11/2019 09:31:10.111 AM	1	0	25	25	7.2	
12	10/11/2019 09:31:12.511 AM	1	0	25	24.9	7.36	
13	10/11/2019 09:31:14.911 AM	1	0	25	24.9	7.2	
14	10/11/2019 09:31:17.310 AM	1	0	25	24.9	7.36	
15	10/11/2019 09:31:19.711 AM	1	0	25	24.9	7.36	
16	10/11/2019 09:31:22.111 AM	1	0	25	24.9	7.36	
17	10/11/2019 09:31:24.511 AM	1	0	25	24.9	7.2	
18	10/11/2019 09:31:26.911 AM	1	0	25	24.9	7.2	
19	10/11/2019 09:31:29.311 AM	1	0	25	24.9	7.36	
20	10/11/2019 09:31:31.711 AM	1	0	25	24.8	7.2	
21	10/11/2019 09:31:34.110 AM	1	0	25	24.8	7.2	
22	10/11/2019 09:31:36.511 AM	1	0	25	24.8	7.2	
23	10/11/2019 09:31:38.911 AM	1	0	25	24.8	7.36	
24	10/11/2019 09:31:41.311 AM	1	0	25	24.9	7.36	
25	10/11/2019 09:31:43.711 AM	1	0	25	24.8	7.04	
26	10/11/2019 09:31:46.111 AM	1	0	25	24.8	7.36	
27	10/11/2019 09:31:48.511 AM	1	0	25	24.8	7.2	
28	10/11/2019 09:31:50.911 AM	1	0	25	24.8	7.2	

ภาพที่ 4.12 ข้อมูลในหน้าที่ 2 ของการบันทึกแบบ .tdms เมื่อเปิดด้วย Microsoft Excel ข้อมูลที่วัดได้

4.9 ไฟล์ที่ capture จากออสซิโลสโคปเมื่อเปิดด้วย Microsoft Excel ซึ่งบันทึกด้วยนามสกุล .tdms

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Root Name	Title	Author	Date/Time	Groups	Description							
2	Capture-2019-10-10_09-49-51-Data				1								
3													
4	Group	Channels	Description										
5	Mesured Data	7											
6													
7	Mesured Data												
8	Channel	Datatype	Unit	Length	Minimum	Maximum	Description	wf_increment	wf_samples	wf_start_offset	wf_start_time	Start Index	
9	Timestamp	DT_DATE		1									
10	Cycling Count	DT_DOUBLE		1									
11	Setpoint Number	DT_SHORT		1									
12	Setpoint Temperature	DT_DOUBLE		1									
13	Temp (C)	DT_DOUBLE		1									
14	Time	DT_DOUBLE		10000									
15	I (mA)	DT_DOUBLE		10000				0.0005	10000	0	01/01/1904 07:00:00.000 AM		
16													
17													

ภาพที่ 4.13 ข้อมูลในหน้าแรกของไฟล์ที่ทำการจับข้อมูลจากหน้าจอออสซิโลสโคปเมื่อเปิดด้วย Microsoft Excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	A	B	C	D	E	F	G
1	Timestamp	Cycling Count	Setpoint Number	Setpoint Temperature	Temp (C)	Time	I (mA)
2	10/10/2019 09:50:07.109 AM	0	0	25	25.4	0.0005	0
3						0.001	0
4						0.0015	0
5						0.002	0.16
6						0.0025	0.16
7						0.003	0.16
8						0.0035	0
9						0.004	0
10						0.0045	0.16
11						0.005	-0.16
12						0.0055	0
13						0.006	0.16
14						0.0065	0.16
15						0.007	0.16
16						0.0075	0
17						0.008	0.16
18						0.0085	-0.16
19						0.009	0
20						0.0095	0
21						0.01	0
22						0.0105	0
23						0.011	0.16
24						0.0115	0
25						0.012	0.32
26						0.0125	0.16
27						0.013	0.16
28						0.0135	0
29						0.014	0.16

ภาพที่ 4.14 ข้อมูลในหน้าที่สองของไฟล์ที่ทำการจับข้อมูลจากหน้าจอออสซิโลสโคปเมื่อเปิดด้วย Microsoft Excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้สามารถควบคุมการทำงานของพาวเวอร์ซัพพลายให้สามารถจ่ายแรงดันได้ได้ตามที่ต้องการ รวมถึงสามารถจำกัดแรงดันหรือกระแสในการจ่ายเพื่อป้องกันการจ่ายกระแสให้อุปกรณ์เกินได้ อีกทั้งสามารถตั้งค่าและอ่านค่าที่วัดได้จากออสซิโลสโคปที่บริเวณตำแหน่งเคอร์เซอร์ (0, 0) ได้ รวมถึงสามารถตั้งค่าการจำลองอุณหภูมิต่างๆและจำนวนรอบในการทำเทมป์สแกน จากนั้นสามารถบันทึกค่าที่วัดได้จากออสซิโลสโคป และค่าของอุณหภูมิที่ ThermoStream ทำในขณะนั้นเพื่อเก็บเป็นฐานข้อมูลในการเปิดดูในอนาคต นอกจากนี้สามารถบันทึกค่าของข้อมูลที่สนใจจากหน้าจอออสซิโลสโคปได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 หากเปลี่ยนคอมพิวเตอร์ที่เร็วขึ้น อาจทำให้สามารถวัดสัญญาณตอนสวิตชิ่งได้

5.2.2 อาจมีวิธีออกแบบโปรแกรมที่ไม่จำเป็นต้องกดปุ่ม Start cycling ภายในเวลา 10 วินาที

5.2.3 อาจมี USB Hub ดีๆ ที่สามารถต่ออุปกรณ์หลายๆอุปกรณ์หลายอันได้พร้อมกัน เพื่อที่จะไม่ต้องใช้ USB port ของคอมพิวเตอร์ถึง 3 พอร์ท

5.2.4 อาจมีวิธีพล็อทกราฟของข้อมูลโดยอัตโนมัติ

5.3 ปัญหาที่พบ

5.3.1 การบันทึกข้อมูลยังไม่เร็วพอที่จะบันทึกค่าที่วัดจากตัวงานเมื่อทำการ switching ตัวงานได้

5.3.2 เมื่อทำการ run โปรแกรม 1 ถึง 2 ครั้งแรกโปรแกรมจะมีการค้าง

5.3.3 ในการบันทึกข้อมูล หากบันทึกข้อมูลจำนวนมากแบบ .xlsx นั้นจะทำให้เปิดดูข้อมูลที่บันทึกไม่ได้

5.3.4 ในการบันทึกข้อมูล หากบันทึกข้อมูลจำนวนมากแบบ .lvm นั้นจะทำให้เปิดดูข้อมูลที่บันทึกไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.5 ข้อมูลในการเขียนโปรแกรม ThermoStream ค่อนข้างหายาก

5.3.6 คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมนั้นเร็วไม่เพียงพอ

5.3.7 ต้องใช้ในคอมพิวเตอร์ที่มี USB port 3 พอร์ทขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. ME4031. (2012, February 12). **Basic Data Acquisition using LabView.** สืบค้นจากhttps://www.youtube.com/watch?v=GBhJk5Tnshc
2. inTEST Thermal Solutions. (มป.). **ATS-710-M THERMOSTREAM DATASHEET AND SPECIFICATIONS.** สืบค้นจาก https://www.wewontech.com/181218001.pdf
3. National Instruments. (2016). **Writing Waveforms to Files.** สืบค้นจาก http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/371361N-01/lvconcepts/writing_waveforms_to_files/
4. DunwoodyRobotics. (2013, September 29). **LabVIEW Structures (For Loop and While Loop).** สืบค้นจาก https://www.youtube.com/watch?v=dom5i3lusUY
5. National Instruments. (2019). **How to Use an Instrument Driver in LabVIEW Tutorial.** สืบค้นจาก http://www.ni.com/tutorial/2804/en/
6. National Instruments. (2019). **The LabVIEW Equivalent of an If Statement.** สืบค้นจาก https://knowledge.ni.com/KnowledgeArticleDetails?id=kA00Z000000P81mSAC&l=en-TH
7. Tektronix. (2013). **TEKTRONIX MSO5104B Datasheet.** สืบค้นจาก http://www.testequipmenthq.com/datasheets/TEKTRONIX-MSO5104B-Datasheet.pdf
8. National Instruments. (2009). **Writing TDM and TDMS Files in LabVIEW.** สืบค้นจาก http://www.ni.com/tutorial/9334/en/
9. National Instruments. (2018). **TDM versus TDMS.** สืบค้นจาก https://zone.ni.com/reference/en-XX/help/371361R-01/lvconcepts/fileio_tdms_tdm/
10. National Instruments. (2019). **The NI TDMS File Format.** สืบค้นจาก http://www.ni.com/product-documentation/3727/en/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. Agilent Technologies. (2013). **Agilent E364xA Dual Output DC Power supplies.** สืบค้นจาก https://www.tme.eu/Document/9f3996689f24777703b84ff64b156944/E3646-90001.pdf

12. National Instruments. (2018). **Software Required for Instrument Control (GPIB, Serial, VISA, USB, etc).** สืบค้นจาก https://knowledge.ni.com/KnowledgeArticleDetails?id=kA00Z0000019XKkSAM&l=en-TH

13. National Instruments. (2019). **Display Current Time in LabVIEW VI.** สืบค้นจาก https://knowledge.ni.com/KnowledgeArticleDetails?id=kA00Z0000019M2QSAU&l=en-TH

14. National Instruments. (2019). **NI-488.2 and LabVIEW Version Compatibility.** สืบค้นจาก http://www.ni.com/product-documentation/53332/en/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือใช้งานโปรแกรม

วิธีติดตั้งโปรแกรมทำ Temp. scan

1. ติดตั้งโปรแกรม LabVIEW2017

2. คัดลอกแฟ้ม Temp scan มาวางในคอมพิวเตอร์คเรื่องที่ต้องการติดตั้ง

3. ดาวน์โหลดและติดตั้ง instrument driver ของ Tektronix MSO5104B

4. ดาวน์โหลดและติดตั้ง instrument driver ของ KEYSIGHT E3647A

5. ดาวน์โหลดและติดตั้ง VISA driver

6. ดาวน์โหลดและติดตั้ง IEEE 488.2 driver

7. เปิดโปรเจค “2709_project.lvproj”

8. เลือกเปิด “subVI_setpoint.vi” เพื่อติดตั้ง subVI ในการเปิดโปรแกรมครั้งแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆก่อนเริ่มใช้งานโปรแกรม

1. ต่อสาย GPIB to USB “82357B” เข้าที่ IEEE488 port เข้าที่เครื่อง ThermoStream และต่อด้านที่เป็น USB เข้าที่ USB port ของเครื่องคอมพิวเตอร์

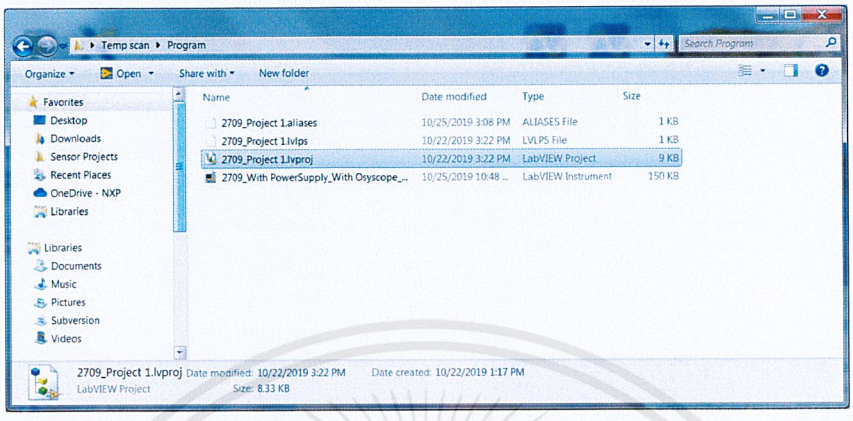
2. ต่อสาย GPIB to USB “82357B” เข้าที่ IEEE488 port เข้าที่เครื่องพาวเวอร์ซัพพลาย KEYSIGHT E3647A และต่อด้านที่เป็น USB เข้าที่ USB port ของเครื่องคอมพิวเตอร์

3. ต่อสาย USB เข้าที่ USB port ของเครื่องออสซิโลสโคป และต่ออีกด้านเข้าที่ USB port ของเครื่องคอมพิวเตอร์

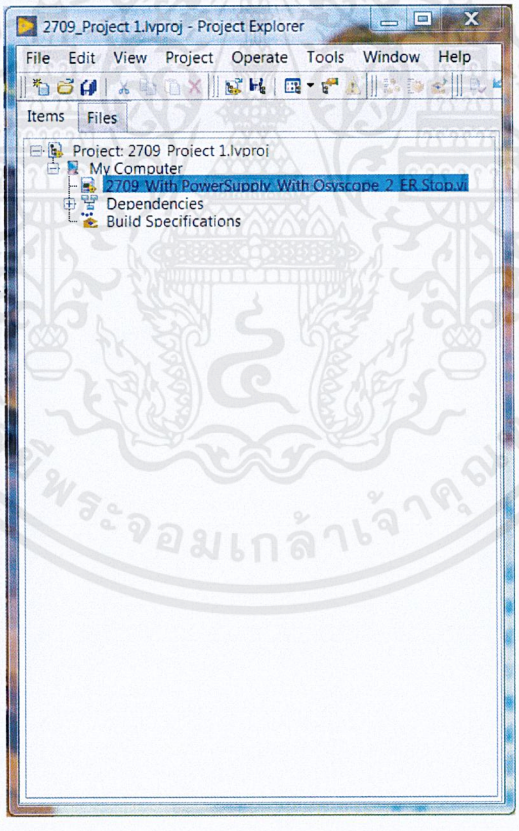
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีใช้งานโปรแกรม

1. เปิดโปรเจค “2709_project.lvproj”

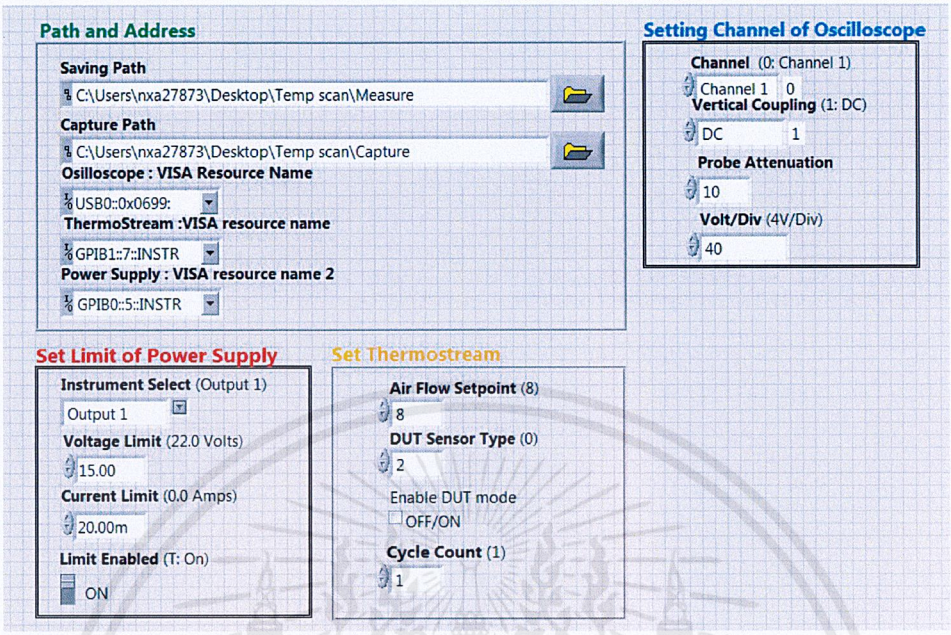


2. เมื่อหน้าต่างโปรเจคเด้งขึ้น เลือกเปิดโปรแกรม “2709_With PowerSupply_With Osyscope_2_ER Stop.vi”

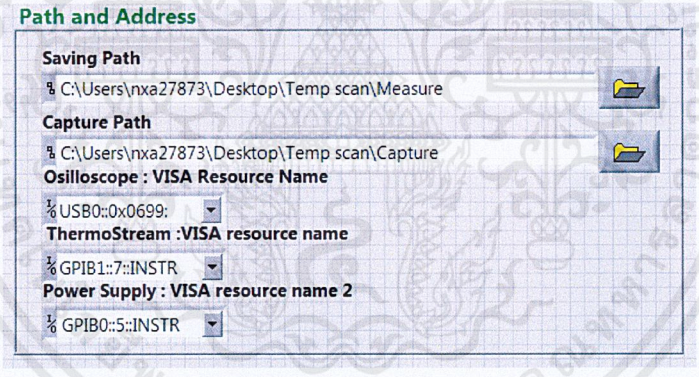


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ตั้งค่าข้อมูลต่างๆ



3.1 ตั้งค่าในส่วน “Path and Address”



3.1.1 ส่วน “Saving Path” เป็นการตั้งค่าที่อยู่ในการบันทึกไฟล์ค่าที่วัดได้

3.1.2 ส่วน “Capture Path” เป็นการตั้งค่าที่อยู่ของไฟล์ที่ได้จากการจับข้อมูล ณ เวลาที่กดปุ่ม “Capture”

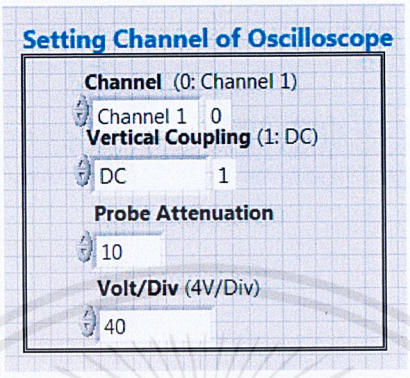
3.1.3 ส่วน “Oscilloscope: VISA Resource Name” เป็นการตั้งค่าแอดเดรสของออสซิโลสโคป

3.1.4 ส่วน “ThermoStream: VISA resource name” เป็นการตั้งค่าแอดเดรสของ ThermoStream

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 ส่วน “Power Supply: VISA resource name 2” เป็นการตั้งค่าแอดเดรสของพาวเวอร์ซัพพลาย

3.2 ตั้งค่าในส่วน “Setting Channel of Oscilloscope”



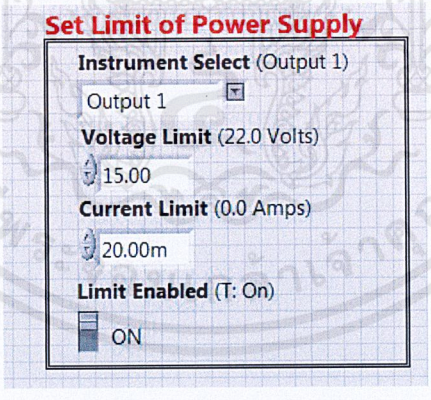
3.2.1 ส่วนของ “Output” เป็นการเลือก channel ของออสซิโลสโคป

3.2.2 ส่วนของ “Vertical Coupling” เป็นการเลือกชนิดของสัญญาณที่ทำการวัด

3.2.3 ส่วนของ “Probe Attenuation” เป็นการกำหนดค่าโพรบที่ใช้วัด

3.2.4 ส่วนของ “Volt/Div” เป็นการกำหนดค่า Volt/Div ของออสซิโลสโคป

3.3 ตั้งค่าในส่วน “Set Limit of Power Supply”



3.3.1 ส่วนของ “Instrument Select” เป็นการเลือก Channel ของเอาท์พุท

3.3.2 ส่วนของ “Voltage Limit” เป็นการตั้งค่าลิมิตของค่าแรงดันที่พาวเวอร์ซัพพลายจะจ่ายได้

3.3.3 ส่วนของ “Current Limit” เป็นการตั้งค่าลิมิตของกระแสที่พาวเวอร์ซัพพลายจะจ่ายได้

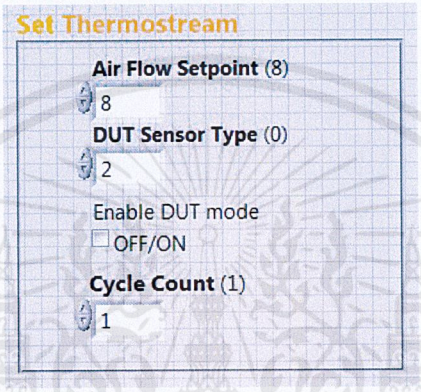
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 ส่วนของ “Limit Enabled”

3.3.4.1 เลือก enable เมื่อต้องการให้พาวเวอร์ซัพพลายนั้นมีการป้องกันการจ่ายแรงดันหรือกระแสเกินลิมิตที่ตั้งไว้

3.3.4.2 เลือก disable เมื่อไม่ต้องการให้พาวเวอร์ซัพพลายป้องกันการจ่ายแรงดันหรือกระแส เมื่อกระแสหรือแรงดันเกิน

3.4 ตั้งค่าในส่วน “Set ThermoStream”



3.4.1 ส่วนของ “Air Flow Setpoint” เป็นการตั้งค่าความเร็วของลมที่เป่าออกมาจาก ThermoStream

3.4.2 ส่วนของ “DUT Sensor Type” เป็นการเลือกชนิดของ DUT Sensor (เทอร์โมคัปเปิลที่เลือกใช้เป็นเทอร์โมคัปเปิลชนิด K)

3.4.2.1 “0” คือ ไม่มีการใช้งาน DUT sensor

3.4.2.2 “1” คือ เทอร์โมคัปเปิลชนิด T

3.4.2.3 “2” คือ เทอร์โมคัปเปิลชนิด K

3.4.2.4 “3” คือ RTD

3.4.2.5 “4” คือ Diode

3.4.3 ส่วนของ “Enable DUT mode”

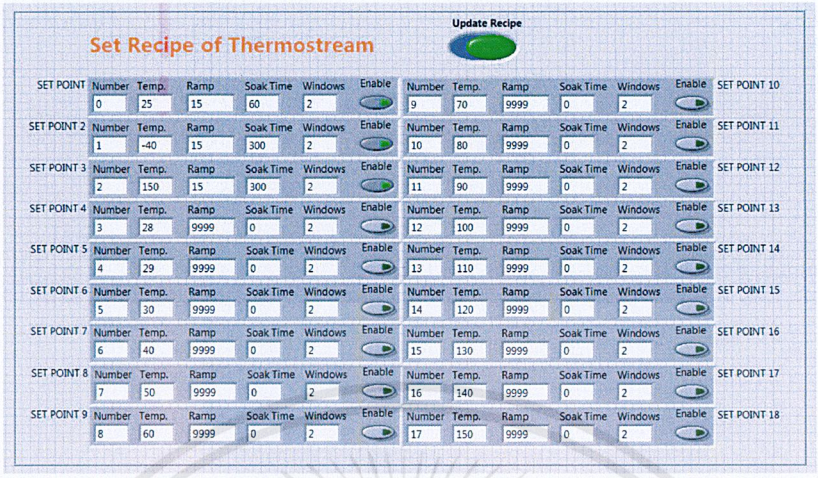
3.4.3.1 เลือก enable เมื่อต้องการใช้งาน DUT mode

3.4.3.2 เลือก disable เมื่อไม่ต้องการใช้งาน DUT mode

3.4.4 ส่วนของ “Cycle Count” เป็นส่วนที่ตั้งค่าจำนวนรอบของ cycle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ตั้งค่าในส่วน “Set Recipe of ThermoStream”



3.5.1 ส่วนรายการ

3.5.1.1 “Number” เป็นการเลือกว่าต้องการเขียนรายการที่ setpoint ที่เท่าใด โดยมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 17

3.5.1.2 “Temp.” เป็นการกำหนดค่าอุณหภูมิที่ต้องการตั้งค่าที่ setpoint นั้นๆ

3.5.1.3 “Ramp” เป็นการกำหนดค่าความเร็วในการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจาก setpoint หนึ่งไปยังอีก setpoint สามารถตั้งค่าได้สูงสุดคือ 9999 โดยมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียสต่อวินาที

3.5.1.4 “Soak Time” เป็นการกำหนดค่าเวลาในการ soak มีหน่วยคือวินาที

3.5.1.5 “Windows” เป็นการกำหนดค่ามากที่สุดที่อุณหภูมิจะสามารถคลาดเคลื่อนจากอุณหภูมิที่ตั้งค่าไว้ โดยมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

3.5.1.6 ส่วนของ “Enable”

1) Enable เมื่อต้องการใช้งาน setpoint นั้นๆ

2) Disable เมื่อไม่ต้องการใช้งาน setpoint เหล่านั้น

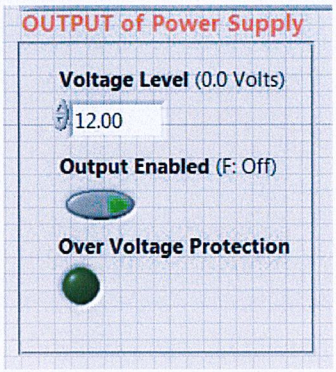
3.5.2 ส่วน “Update Recipe”

3.5.2.1 Enable เมื่อต้องการเขียนรายการที่ตั้งค่าให้แก่เครื่อง ThermoStream

3.5.2.2 Disable เมื่อไม่ต้องการเขียนรายการที่ตั้งค่าให้แก่เครื่อง ThermoStream

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ส่วนของ OUPUT of Power Supply



3.6.1 ส่วน “Voltage Level” เป็นการตั้งค่าแรงดันที่ต้องการให้พาวเวอร์ซัพพลายจ่ายออกมา

3.6.2 ส่วน “Output Enabled”

3.6.2.1 “Enable” เป็นการ enable ให้พาวเวอร์ซัพพลายสามารถจ่ายแรงดันได้

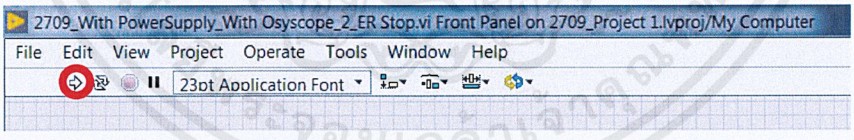
3.6.2.2 “Disable” เป็นการ disable เมื่อไม่ต้องการให้พาวเวอร์ซัพพลายจ่ายแรงดัน

3.6.3 ส่วน “Over Voltage Protections”

3.6.3.1 “On” เมื่อแรงดันที่จ่าย เกินไปจากแรงดันที่ตั้งค่าลิมิตไว้

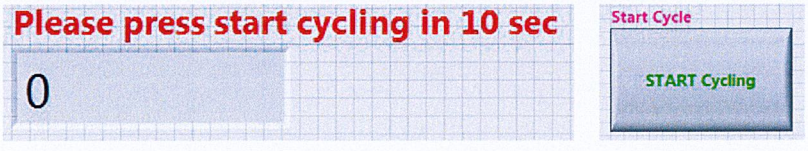
3.6.3.2 “Off” เมื่อแรงดันที่จ่ายยังไม่เกิดจากแรงดันที่ตั้งค่าลิมิตไว้

4. กดปุ่มรันโปรแกรม (เมื่อโปรแกรมรัน กริดที่หน้าจอของโปรแกรมจะหายไป)



5. รอจนกระทั่งเขียนรายการอุณหภูมิที่จะทำที่ ThermoStream เสร็จ และพาวเวอร์ซัพพลายที่เริ่มจ่ายแรงดันเนื่องจากกด enable output เอาไว้

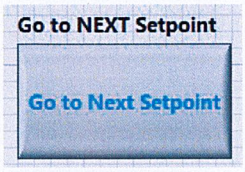
6. กดปุ่ม “Start Cycling” ภายใน 10 วินาที (สามารถดูการนับเวลาที่ “Please press start cycling in 10 sec”) เมื่อThermoStream ปรับหัวลง อาจปรับหัวของ ThermoStream ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม



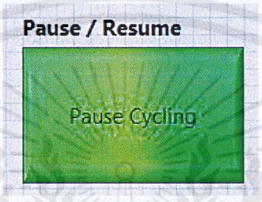
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ขณะที่ทำอุณหภูมิ

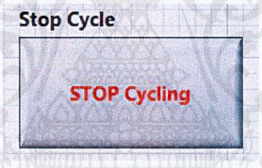
7.1 ปุ่ม “Go to Next Setpoint” เมื่อต้องการเปลี่ยนไปที่ setpoint ถัดไป



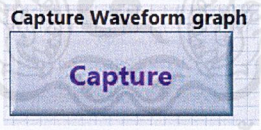
7.2 ปุ่ม “Pause/Resume Cycling” เมื่อต้องการหยุด soak หรือ test time และกลับเข้าไปทำการ soak หรือ test time ใหม่



7.3 ปุ่ม “Stop Cycling” เมื่อต้องการหยุดการทำเทมป์สแกน เป็นปุ่มที่ยกหัว ThermoStream ขึ้นและเลิกทำอุณหภูมิ



7.4 ปุ่ม “Capture” จะทำการจับข้อมูลของสัญญาณที่ทำการวัด ณ ขณะที่ทำการกดปุ่ม

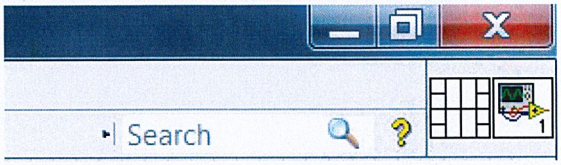


7.5 หากไม่ต้องการทำเทมป์สแกนต่อ กด disable output ของพาวเวอร์ซัพพลาย เพื่อหยุดการจ่ายแรงดันของพาวเวอร์ซัพพลายเมื่อจบการทำงานทั้งหมดแล้ว

8. เมื่อจบการทำงาน กดปุ่ม “stop all” เพื่อหยุดโปรแกรมทั้งหมด (เมื่อโปรแกรมหยุดการทำงานหน้าจอโปรแกรมจะแสดงกริดขึ้นมา)

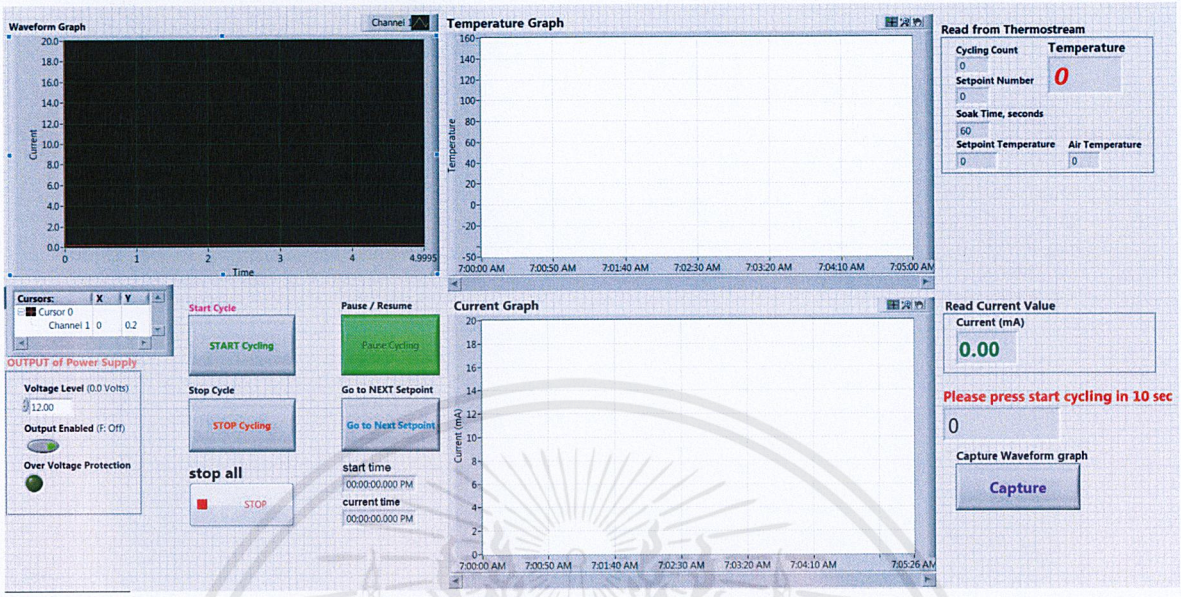
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. กดปิดโปรแกรม (หากต้องการทำงานอีกครั้ง ควรปิดโปรแกรมแล้วเปิดใหม่)

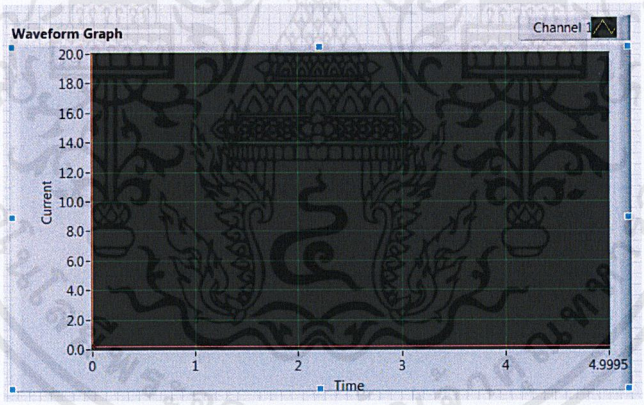


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนแสดงผลการวัดในหน้าจอของโปรแกรม

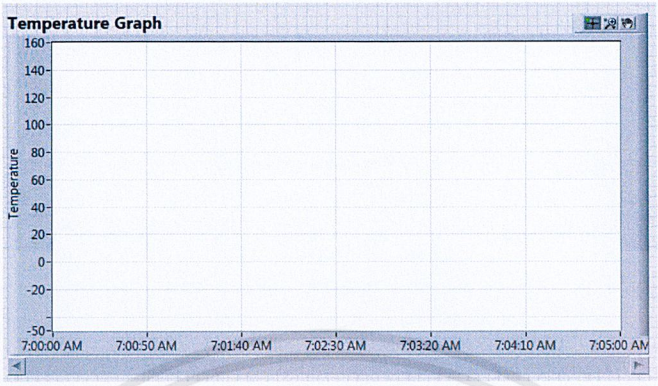


1. ส่วนของ “Waveform Graph” เป็นส่วนแสดงผลการวัดสัญญาณหน้าจอออสซิโลสโคปผ่านหน้าจอโปรแกรม

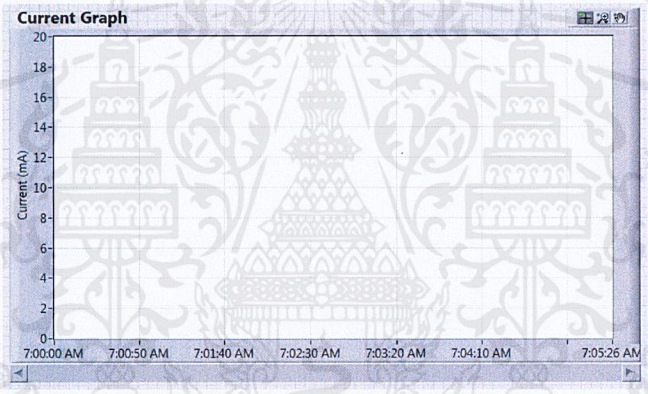


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

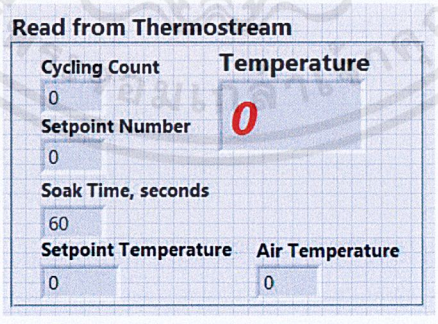
2. ส่วนของ “Temperature Graph” เป็นส่วนแสดงผลกราฟอุณหภูมิตลอดช่วงระยะเวลาการทำเทมป์สแกน



3. ส่วนของ “Current Graph” เป็นส่วนแสดงผลกราฟค่าที่วัดได้จากบริเวณเคอร์เซอร์ (0, 0) ตลอดช่วงเวลาการทำเทมป์สแกน



4. ส่วนของ “Read from Thermostream”



4.1 “Cycling Count” เป็นส่วนแสดงลำดับของ cycle ที่กำลังทำ

4.2 “Setpoint Number” เป็นส่วนแสดงลำดับของ setpoint ที่กำลังทำ

4.3 “Soak Time, seconds” เป็นส่วนแสดงค่า soak time ที่ตั้งค่าไว้

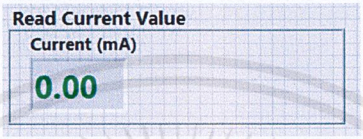
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 “Setpoint Temperature” เป็นส่วนแสดงค่าอุณหภูมิที่ได้ตั้งค่าไว้

4.5 “Temperature” เป็นส่วนแสดงอุณหภูมิที่อ่านจาก ThermoStream ณ ขณะนั้นๆ (หากมีการใช้ DUT sensor จะอ่านค่าอุณหภูมิจาก DUT หากไม่ใช้ DUT sensor จะอ่านค่าจาก Air temperature)

4.6 “Air Temperature” เป็นส่วนแสดงอุณหภูมิของลมที่เป่าออกมาจาก ThermoStream

5. “Read Current Value” เป็นส่วนแสดงค่าที่วัดได้ที่บริเวณเคอร์เซอร์ (0, 0) ณ ขณะนั้นๆ

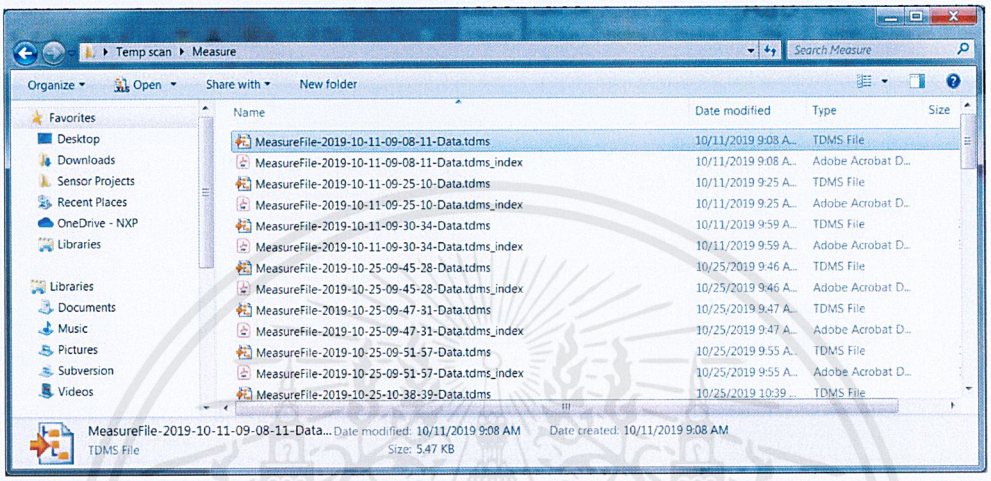


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

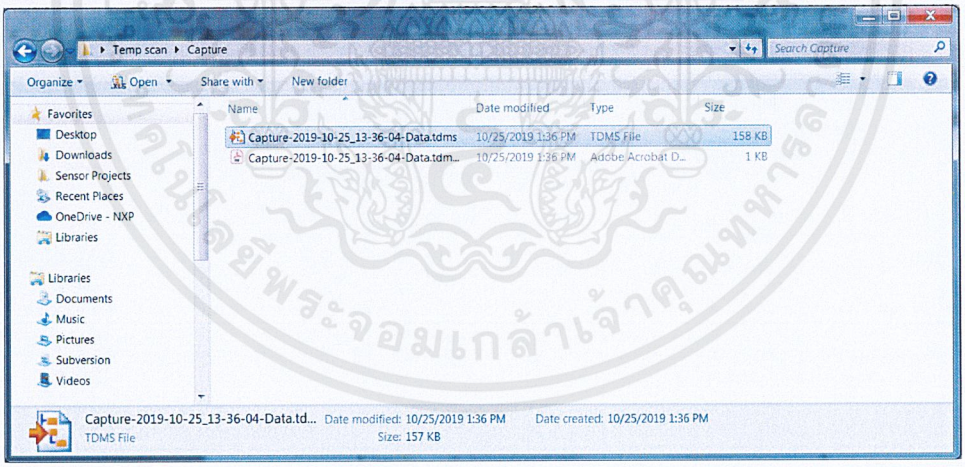
การเลือกใช้ไฟล์ที่บันทึก

เมื่อต้องการเปิดไฟล์ที่บันทึกเพื่อดูข้อมูลที่วัด เปิดไฟล์ที่มีนามสกุล .tdms

1. ไฟล์ที่ได้จากการวัดตลอดเวลาการทำการทดสอบอยู่ในโฟลเดอร์ Measure จะมีชื่อไฟล์นำหน้าด้วย Measure ตามด้วยวันที่ และเวลาที่ทำการทดสอบ



2. ไฟล์ที่ได้จากการกดปุ่ม Capture อยู่ในโฟลเดอร์ Capture จะมีชื่อไฟล์นำหน้าด้วย Capture ตามด้วยวันที่ และเวลาที่ทำการทดสอบ

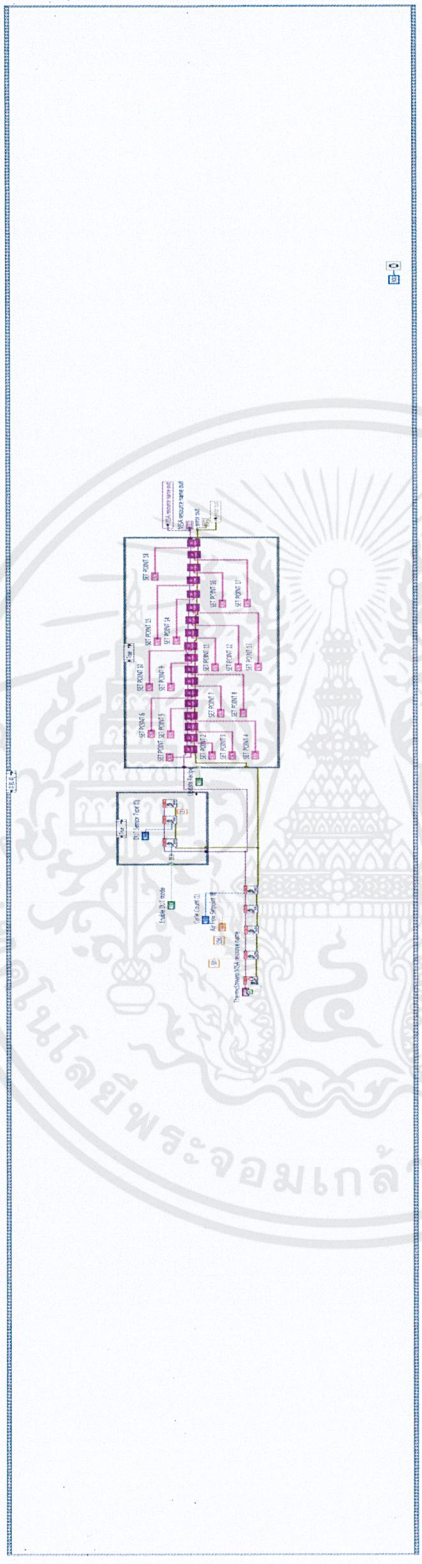


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

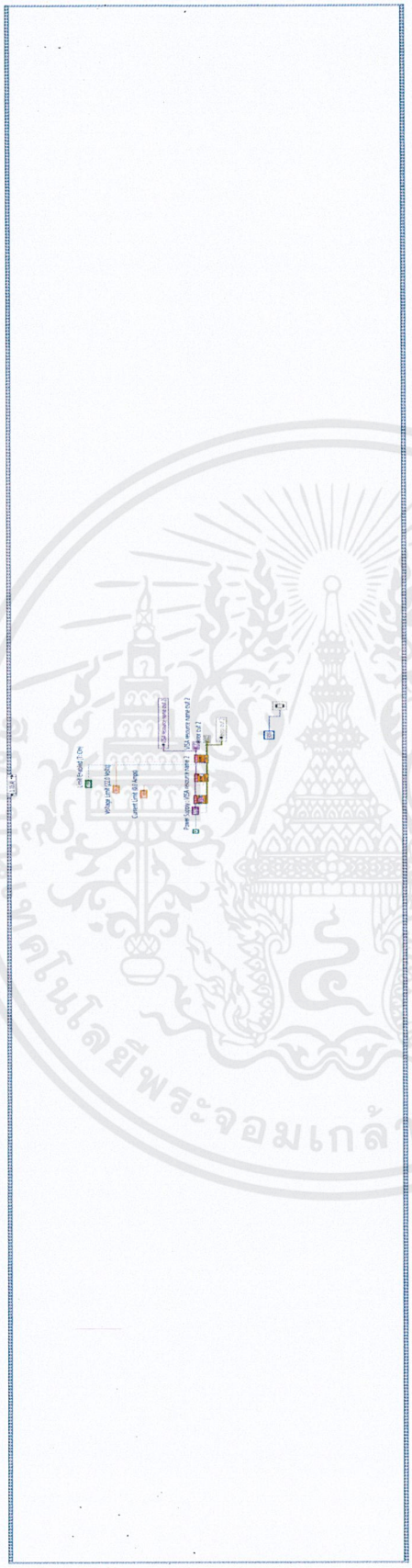
ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

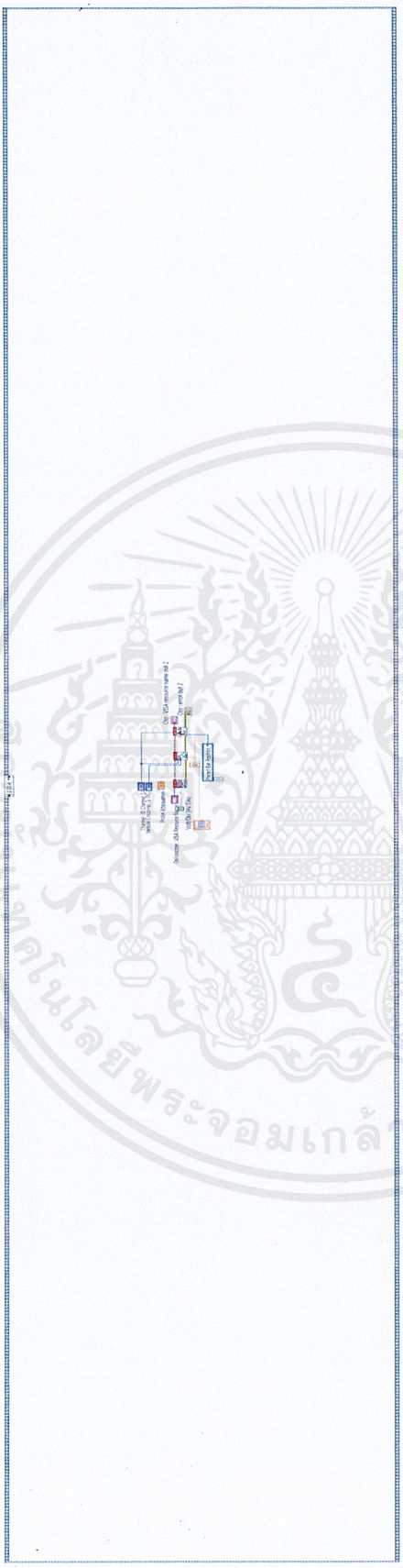
Code ที่ใช้ในการควบคุม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

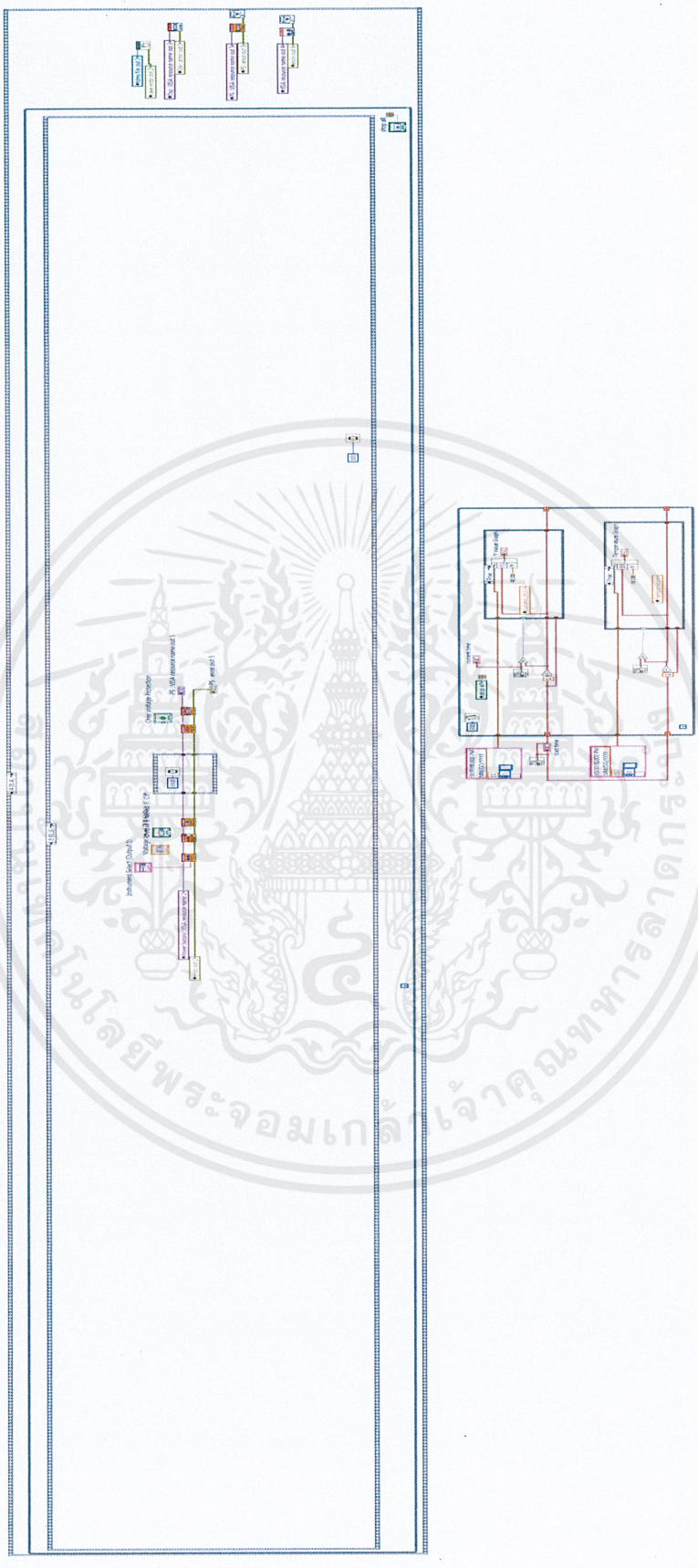


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

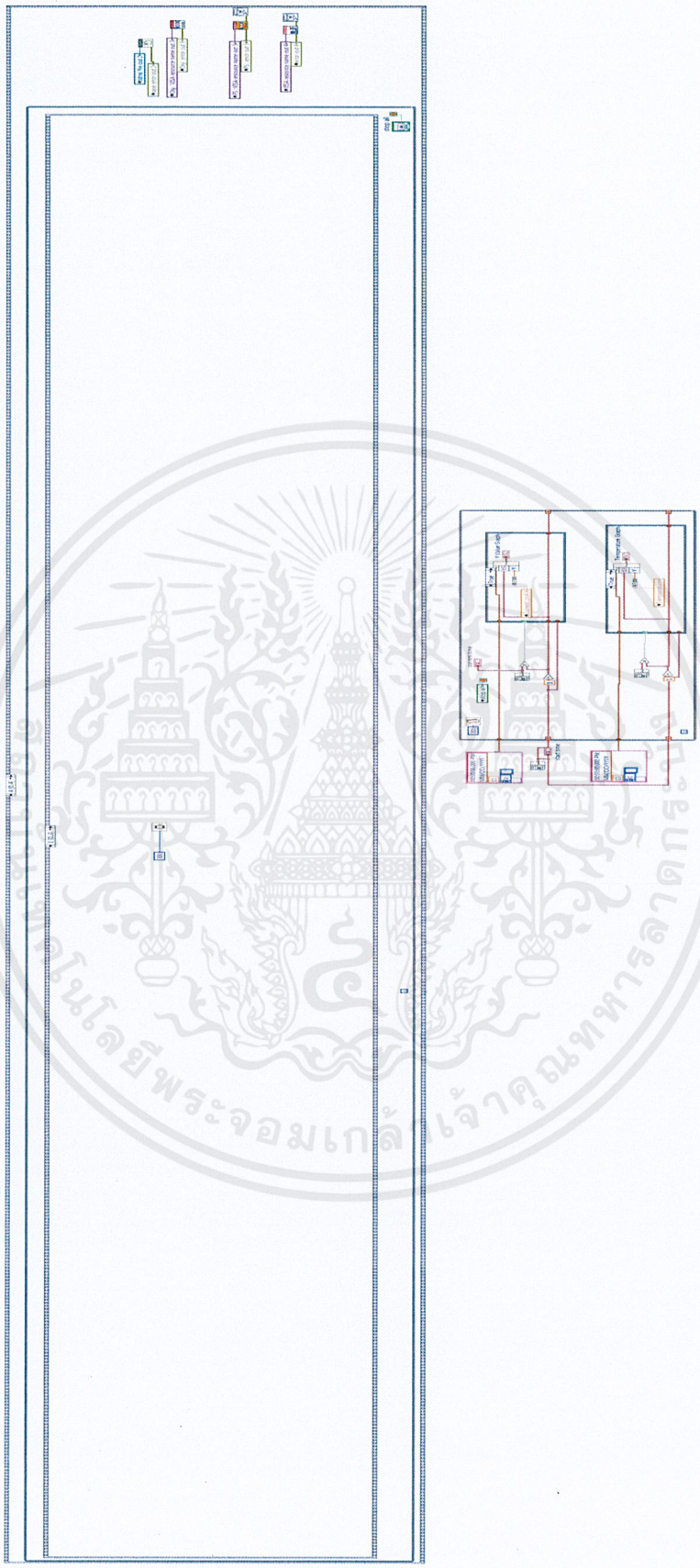


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

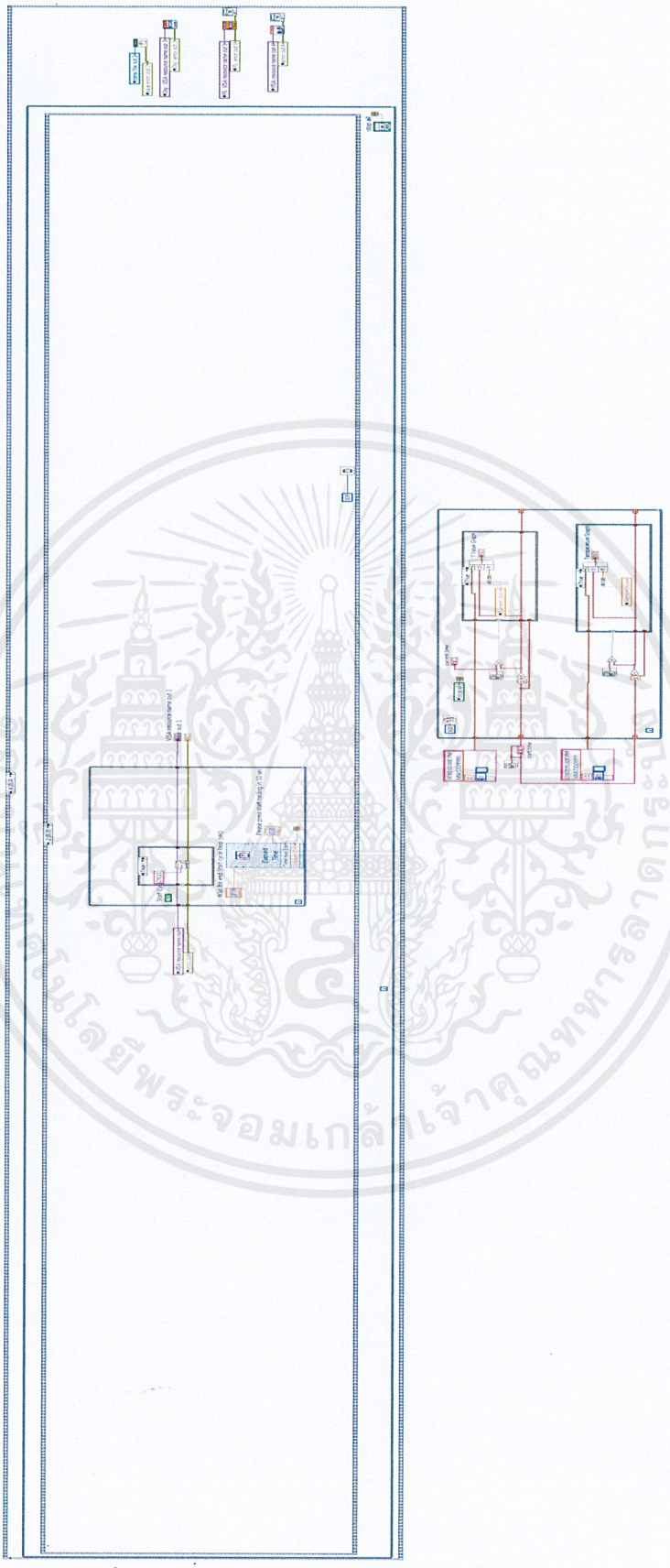
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



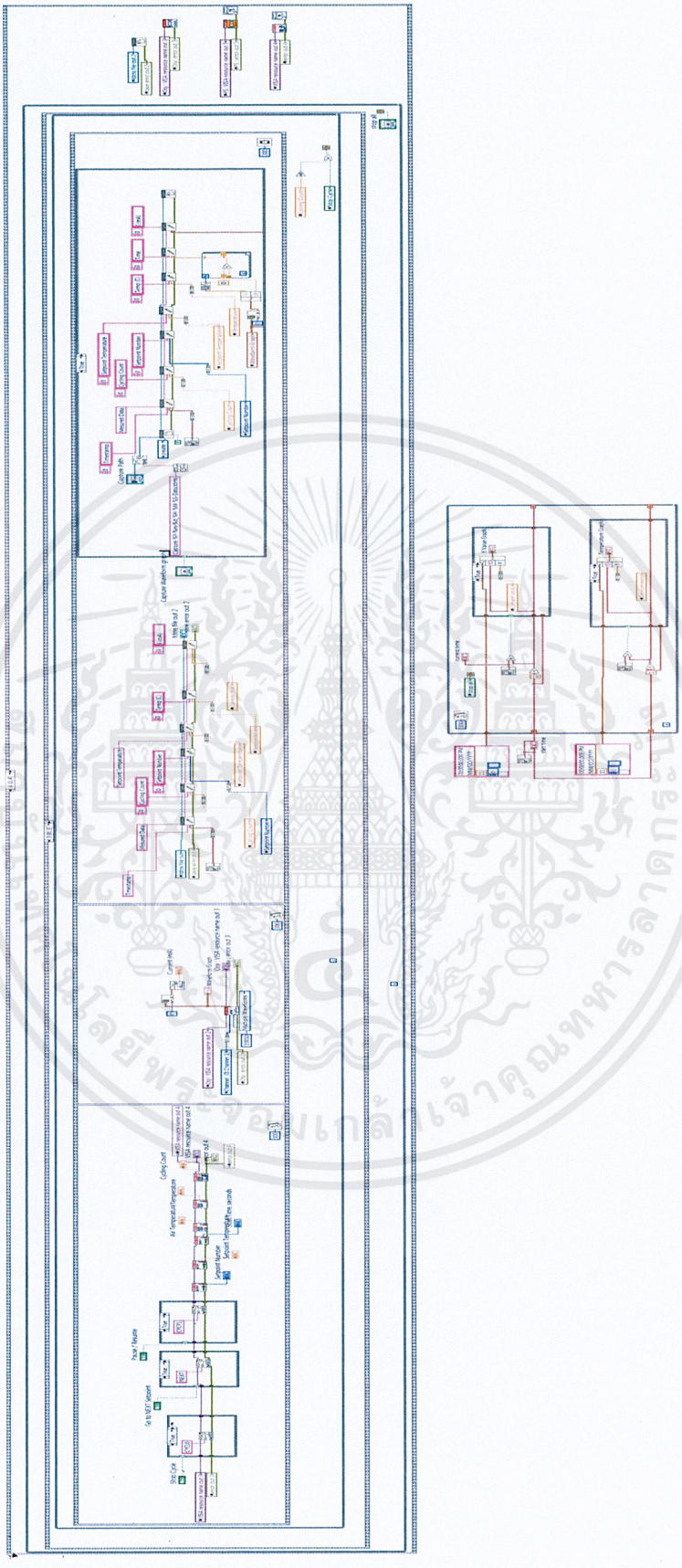
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาว นันทิชา ไตรรัตนศักดิ์

วัน เดือน ปีเกิด 3 ตุลาคม 2540

ที่อยู่ 396 ซ.เจริญนคร 46 ถนนเจริญนคร แขวงบางลำภูล่าง เขตคลองสาน กทม. 10600

อีเมลล์ 59010725@kmitl.ac.th

mild.nanthicha@gmail.com

เบอร์โทรศัพท์ 0878765820

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนศึกษานารี

ระดับมหาวิทยาลัย วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์

นักศึกษาโครงการสหกิจศึกษา แผนก PE/TE Sensor บริษัท NXP Manufacturing Thailand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้