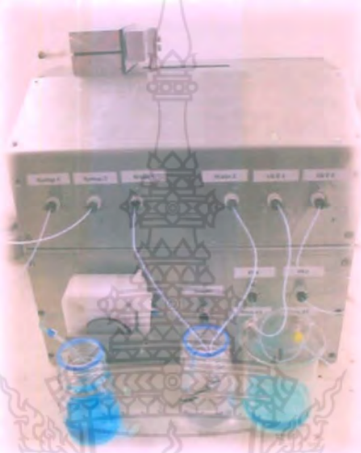
18/7/55

ฝ่ายแล้ว

# ชุดทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

# A Test Kit For Measuring Total Antioxidant Capacity




นางสาวสิริรัตน์ พานิช

นายเลอพงษ์ พิศนุย



งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายจ่าย

ประจำปีการศึกษา พ.ศ. 2555

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เล่ม 16 งบแผ่นดิน ปี 2555

ผลผลิต : วิจัยเพื่อสร้างองค์ความรู้

# ชุดทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

# A test kit for measuring total antioxidant capacity

นางสาวสิริรัตน์ พานิช

นายเลอพงษ์ พิศนุย

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายจ่าย

ประจำปีการศึกษา พ.ศ. 2555

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

# กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง "ชุดทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ" ประสบความสำเร็จได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความช่วยเหลือจากหลาย ๆ หน่วยงานและหลาย ๆ บุคคล ผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยงานและบุคคลต่อไปนี้ซึ่งมีส่วนช่วยผู้วิจัยทำให้สามารถดำเนินงานวิจัยจนเสร็จสิ้นภายในระยะเวลาที่กำหนด

ทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

กลุ่มเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ทำวิจัย และอุปกรณ์ต่าง ๆ

ดร.มะลิวรรณ อมตธงไชย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี สำหรับคำปรึกษาในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ในงานวิจัย

เพื่อน ๆ และอาจารย์ที่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสำหรับกำลังใจและคำปรึกษาต่าง ๆ

ประโยชน์ใด ๆ จากงานวิจัยชิ้นนี้ ผู้วิจัยของมอบแก่คณาจารย์ทุกท่านจากมหาวิทยาลัยที่ได้ให้ความรู้แก่คณะผู้ทำการวิจัย และครอบครัวที่เข้าใจทำให้คณะผู้วิจัยสามารถสละเวลาส่วนตัวเพื่องานวิจัย ถ้าหากมีข้อผิดพลาดประการใดที่เกิดขึ้นผู้วิจัยขอน้อมรับไว้เพื่อปรับปรุงในงานวิจัยครั้งต่อไป

คณะผู้วิจัย

กันยายน 2555

**ชื่อเรื่อง :** ชุดทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ
**ผู้วิจัย :** นางสาวสิริรัตน์ พานิช คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโนยี มทร.พระนคร
นายเลอพงษ์ พิศนุย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร. พระนคร
**พ.ศ. :** 2555

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการผลิตชุดทดสอบที่มีการติดตั้งตัววัดการดูดกลืนแสงในระบบการวิเคราะห์ที่มีการไหลโดยใช้ปั๊มแบบ syringe ซึ่งจะสามารถแก้ปัญหาการเกิดฟองอากาศในระบบที่ทำการวิเคราะห์ได้ หลักการของชุดทดสอบนี้อาศัยหลักการดันสารละลายเข้าสู่ระบบโดยใช้ syringe ขนาด 2 มิลลิลิตรจำนวน 2 อัน หลังจากนั้นสารละลายจะเกิดการผสมกันที่จุด mixing coil สารตัวอย่างจะถูกฉีดเข้าสู่ระบบแบบอัตโนมัติโดย six-port-valve ตัวตรวจวัดที่สร้างขึ้นทำมาจากหลอด light-emiting-diodes หรือ LEDs ที่ความยาวคลื่นเท่ากับ 620 นาโนเมตร สารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นภายใน cuvette จะถูกฉายแสง พลังงานของแสงที่ส่องผ่านหลังจากการดูดกลืนของสารผลิตภัณฑ์จะถูกเปลี่ยนเป็นกระแสไฟฟ้าโดย micro-controller ค่าการดูดกลืนแสงจะถูกคำนวณ โดยทั้งค่าการดูดกลืนแสง และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายจะถูกควบคุมแบบอัตโนมัติด้วยระบบคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม Labview จากการทดลองพบว่าค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างที่ได้จากชุดทดสอบเมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคสเปคโทโฟโตเมทรีแล้วมีค่าเปอร์เซนต์ความผิดพลาดเพียง 1.2%

**คำสำคัญ** : ชุดทดสอบ, ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยรวม, อิมิพลามีน

**Title** : A test kit for measuring total antioxidant capacity.

**Researcher** : Sirirat Panich, Faculty of Science and Technology, RMUTP

Mr.Lerpong Pisnui, Faculty of Engineering, RMUTP

**Year** : 2012

## ABSTRACT

According to the studying this research, absorbance detection system for flow injection analysis system was constructed by using syringe pump so the problem of bubbles in the system was solved successfully. The principle of the test-kit based on pushing the solutions into the system using double two ml syringe pumps. The solutions were mixed at mixing coil then the solution of the sample was inserted automatically by using six-port-valve. The detector was built from light-emitting-diodes (LEDs) with the wavelength at 620 nm. The product solution in cuvette was exposure then the light energy was transferred to electric current by photo-diode. The electricity was changed to voltage to micro-controller. The absorbance was calculated. The results, absorbance and flow rate were controlled by utilization of Labview software. The absorbance of the samples from the developed system was compared to the commercial spectrophotometer. The mean absolute percentage error of the flow rate was 1.2%.

**Keywords** Test-kit, Total antioxidant capacity, Imipramine

# สารบัญ


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| **บทที่ 1** บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย | 3 |
| 1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย | 3 |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย | 3 |
| 1.4 กรอบแนวความคิดของการวิจัย | 3 |
| **บทที่ 2** เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 5 |
| 2.1 อนุมูลอิสระ | 5 |
| 2.2 สารต้านอนุมูลอิสระ | 5 |
| 2.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยรวม (Total Antioxidant Capacity) | 6 |
| 2.4 ชุดทดสอบ (Test Kit) | 6 |
| 2.5 การวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง | 8 |
| 2.6 การเขียนโฟล์วชาร์ตเบื้องต้น | 14 |
| 2.7 โปรแกรมเกี่ยวข้องกับโครงงาน | 19 |
| **บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลอง** | 41 |
| 3.1 การออกแบบและการสร้างเครื่องวัดการดูดกลืนแสง | 41 |
| 3.2 บล็อกไดอะแกรมพัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล | 42 |
| 3.3 การออกแบบ | 49 |
| 3.4 การสร้าง | 56 |
| 3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล | 81 |
| 3.7 ระยะเวลาการทดลอง | 81 |
| 3.8 สถานที่ทำการทดลอง | 81 |
| **บทที่ 4 ผลการทดลอง** | 82 |
| 4.1 การออกแบบและการสร้างชุดทดสอบ | 82 |
| 4.2 การใช้งานเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล | 82 |
| 4.3 การทดสอบเครื่องวัดการดูดกลืนแสงของสารละลายในระบบการไหล | 88 |
| 4.4 ทดสอบการดูดกลืนแสงในน้ำสีฟ้า | 94 |

| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| **บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ** | 99 |
| 5.1 สรุปผลการทดลอง | 99 |
| 5.2 อภิปรายผล | 99 |
| 5.3 ข้อเสนอแนะ | 100 |

# บัญชีตาราง


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| ตารางที่ 2.1 ค่า T มีค่าอยู่ในช่วง 0-1 และ %T | 9 |
| ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบปริมาณของแสงรบกวนกับค่าการดูดกลืนแสงต่างๆ | 14 |
| ตารางที่ 3.1 ตารางความจริงของชุดควบคุมดีซีมอเตอร์ | 43 |
| ตารางที่ 3.2 ตารางความจริงของชุดควบคุมวาล์วเลือกทิศทางไหล | 44 |
| ตารางที่ 3.3 ตารางความจริงของวงจรเซ็นเซอร์ | 44 |
| ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบวัดค่าอัตราการไหลของระบบการไหลด้วยดับเบิ้ลไซล์ลิงค์ | 89 |
| ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบวัดค่าการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายสีฟ้าโดยใช้คอยล์ 350 µl | 91 |
| ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยวัดสาร A, B และ C | 97 |
| ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบทวนหาค่าความเข้มข้นสารละลายด้วยสมการเส้นตรง | 98 |


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

# บัญชีภาพประกอบ

หน้า

เรื่อง

ภาพที่ 2.1 ชุดทดสอบสารต้านอนุมูลอิสระจาก Nikken SEIL ประเทศญี่ปุ่น 7

ภาพที่ 2.2 ชุดทดสอบสารต้านอนุมูลอิสระจาก Osumex Flax Hulls 8

ภาพที่ 2.3 ชุดทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยรวมจาก baranmedikal 8

ภาพที่ 2.4 ลำแสงที่ผ่านเข้าออกสารละลายความเข้มข้น C เป็นระยะทาง *l* 8

ภาพที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืน กับ %Transmittance 9

ภาพที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับ %T และ Absorbance 10

ภาพที่ 2.7 แสดงการสร้างกราฟมาตรฐาน 12

ภาพที่ 2.8 แสดงการเบี่ยงเบนที่ไม่เป็นไปตามกฎของเบียร์ 12

ภาพที่ 2.9 %ความเข้มข้นที่คลาดเคลื่อน (% Error in Concentration) อันเนื่องมาจาก ความคลาดเคลื่อนในการอ่านค่าการดูดกลืน (Absorbance) ของเครื่องมือ 13

ภาพที่ 2.10 ผลของแสงที่มีหลายความยาวคลื่นต่อการเบี่ยงเบนจากกฎของเบียร์ 13

ภาพที่ 2.11 อิทธิพลของคลื่นแสงรบกวน(Stray Light) 14

ภาพที่ 2.12 ตัวอย่างโฟล์วชาร์ตระบบ (System Flowchart) 15

ภาพที่ 2.13 ตัวอย่างโฟล์วชาร์ตโปรแกรม (Program Flowchart) 16

ภาพที่ 2.14 สัญลักษณ์โฟล์วชาร์ตในแบบต่างๆ 17

ภาพที่ 2.15 การเขียนแบบ Sequence 18

ภาพที่ 2.16 การเขียนแบบไม่เป็น Sequence 18

ภาพที่ 2.17 การเขียนแบบ Selection 18

ภาพที่ 2.18 การเขียนแบบ Iteration 19

ภาพที่ 2.19 การทำงานของคำสั่ง Do While 19

ภาพที่ 2.20 การทำงานของคำสั่ง Do Until 19

ภาพที่ 2.21 ไอคอน LabVIEW 2009 20

# บัญชีภาพประกอบ

หน้า

เรื่อง

ภาพที่ 2.22 หน้าต่างการเข้าโปรแกรม LabVIEW 2009 21
ภาพที่ 2.23 เมนูหลักของโปรแกรม LabVIEW 2009 21
ภาพที่ 2.24 Front Panel และ Block Diagram 22
ภาพที่ 2.25 Controls Palette เมื่อทำการคลิ๊กขวาที่ Front Panel 22
ภาพที่ 2.27 Functions Palette เมื่อทำการคลิ๊กขวาที่ Block Diagram 23
ภาพที่ 2.28 ส่วนต่าง ๆ ของ Tools Palette 23
ภาพที่ 2.29 หน้าต่าง NI Example Finder 24
ภาพที่ 2.30 หน้าต่าง Context Help บนมุมขวา 25
ภาพที่ 2.31 การทำงานแบบ Dataflow 25
ภาพที่ 2.32 Block Diagram Nodes ในแบบต่างๆ 26
ภาพที่ 2.33 การปรับเปลี่ยนค่าข้อมูลประเภทตัวเลข 27
ภาพที่ 2.34 วิธีการเปลี่ยนรูปแบบของสวิตช์ 27
ภาพที่ 2.35 วิธีการเปลี่ยนรูปแบบการแสดงผลของ String 28
ภาพที่ 2.36 วิธีการสร้าง Enum Control 28
ภาพที่ 2.37 การใช้งานข้อมูลแบบ Dynamic 29
ภาพที่ 2.38 การใช้งานข้อมูลแบบ Time Stamp 29
ภาพที่ 2.40 การใช้งาน While Loop 30
ภาพที่ 2.41 การใช้งาน For Loop 30
ภาพที่ 2.42 เมนูการบันทึกและการอ่านไฟล์ 31
ภาพที่ 2.43 รูปแบบของ Low Level File I/O 31
ภาพที่ 2.44 จุดต่อใช้งานของ Write to Spreadsheet File.vi 31
ภาพที่ 2.45 ตัวอย่างโปรแกรมการนำข้อมูลเก็บเป็นไฟล์ *.txt 32
ภาพที่ 2.46 ขั้นตอนการเลือกใช้ฟังก์ชั่นกราฟ 32

## บัญชีภาพประกอบ

หน้า

เรื่อง

ภาพที่ 2.48 การเลือกบันทึกข้อมูลให้เป็นไฟล์ภาพ 33
ภาพที่ 2.49 ไฟล์ภาพนามสกุล *.bmp 33
ภาพที่ 2.50 ไฟล์ภาพนามสกุล *.emf 33
ภาพที่ 2.51 โปรแกรม Keil C51 34
ภาพที่ 2.52 โปรแกรม Keil C51 34
ภาพที่ 2.53 การสร้างโปรเจ็คใหม่ 35
ภาพที่ 2.54 หน้าต่างสำหรับใส่ชื่อโปรเจ็คและบันทึกงาน 35
ภาพที่ 2.55 หน้าต่างสำหรับเลือกไอซี 36
ภาพที่ 2.56 หน้าต่างสำหรับเลือกเบอร์ไอซี 36
ภาพที่ 2.57 หน้าต่างสำหรับเขียนโปรแกรม 37
ภาพที่ 2.58 หน้าต่างสำหรับบันทึกโปรแกรม 37
ภาพที่ 2.59 หน้าต่างการ Add File to Group 38
ภาพที่ 2.60 หน้าต่างการเลือก Option for Target 38
ภาพที่ 2.61 หน้าต่างการตั้งค่า Option 39
ภาพที่ 2.62 เลือกชื่อไฟล์ที่ใช้ Complier และสร้าง *.hex File 39
ภาพที่ 2.63 การสร้างเอาต์พุต 40
ภาพที่ 2.63 โปรแกรมที่สามารถใช้งานได้ 40
ภาพที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล 41
ภาพที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมในส่วนการควบคุมระบบการไหลของสารละลาย 42
ภาพที่ 3.3 ชุดควบคุมดีซีมอเตอร์ 43
ภาพที่ 3.4 ชุดควบคุมวาล์วเลือกทิศทางไหล 43
ภาพที่ 3.5 วงจรเซ็นเซอร์ 44
ภาพที่ 3.6 วงจรรวมในส่วนการควบคุมระบบการไหลของสารละลาย 45
ภาพที่ 3.7 บล็อกไดอะแกรมส่วนการวัดค่าการดูดกลืนแสงสารละลาย 46
ภาพที่ 3.8 ชุดควบคุม Injection Valve 46
ภาพที่ 3.9 ชุดขับ LED 46

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

# บัญชีภาพประกอบ


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| ภาพที่ 3.10 ชุดอ่านค่าแสง | 47 |
| ภาพที่ 3.11 วงจรรวมในส่วนการวัดค่าการดูดกลืนแสงสารละลาย | 48 |
| ภาพที่ 3.12 ระบบการไหลด้วยดับเบิ้ลไซล์ลิงค์ | 51 |
| ภาพที่ 3.13 โครงสร้างเครื่อง | 54 |
| ภาพที่ 3.14 การออกแบบหน้าต่างโปรแกรม LabVIEW | 54 |
| ภาพที่ 3.15 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล | 55 |
| ภาพที่ 3.16 การสร้างหน้าต่างใหม่ | 56 |
| ภาพที่ 3.17 การตั้งชื่อไฟล์ | 56 |
| ภาพที่ 3.18 เลือกเข้าสู่การเขียนวงจร | 57 |
| ภาพที่ 3.19 การเลือก Library นำอุปกรณ์มาใช้งาน และวาดวงจร | 57 |
| ภาพที่ 3.20 การจัดเรียงลำดับอุปกรณ์ | 58 |
| ภาพที่ 3.21 การสร้าง Output File ลายเส้นทองแดง | 58 |
| ภาพที่ 3.22 ลายทองแดงชุดอ่านค่าแสงที่ได้จากการออกแบบ | 59 |
| ภาพที่ 3.23 การตั้งค่าระยะห่างระหว่างลายวงจรพิมพ์ | 59 |
| ภาพที่ 3.24 การตั้งค่าขนาดความกว้างของลายวงจรพิมพ์ | 60 |
| ภาพที่ 3.25 การสั่งปริ้นท์ลายทองแดง | 60 |
| ภาพที่ 3.26 การตั้งค่าปริ้นท์ลายวงจรพิมพ์ | 61 |
| ภาพที่ 3.27 การสั่งปริ้นท์ลายทองแดง | 61 |
| ภาพที่ 3.28 ปริ้นท์ลายวงจรลงกระดาษโฟโต้ | 62 |
| ภาพที่ 3.29 แผ่นปริ้นท์ที่ตัดเท่าขนาดกระดาษลายทองแดง | 62 |
| ภาพที่ 3.30 ลายทองแดงที่ถูกรีดลงบนแผ่นปริ้นท์ | 63 |
| ภาพที่ 3.31 การใช้ปากกาเคมีทาทับเส้นลายทองแดง | 63 |
| ภาพที่ 3.32 การกัดลายทองแดงโดยใช้กรดกัดปริ้นท์ | 64 |

# บัญชีภาพประกอบ


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| ภาพที่ 3.33 แผ่นลายทองแดงวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย ±15V/0.5A | 65 |
| ภาพที่ 3.34 การเจาะรูเพื่อใส่อุปกรณ์ | 66 |
| ภาพที่ 3.35 แผ่นปริ้นท์ที่ลงอุปกรณ์ | 67 |
| ภาพที่ 3.36 แผ่นลายทองแดงวงจรภาคเซ็นเซอร์ | 67 |
| ภาพที่ 3.37 การลงอุปกรณ์ภาคเซ็นเซอร์ | 68 |
| ภาพที่ 3.38 ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ ADuC845 ส่วนควบคุมระบบการไหลของสารละลาย | 69 |
| ภาพที่ 3.39 ชุดควบคุมวาล์วเลือกทิศทางไหล | 69 |
| ภาพที่ 3.40 ชุดควบคุมดีซีมอเตอร์ 24 V | 70 |
| ภาพที่ 3.41 เพาเวอร์ซัพพลาย 24 V, 4 A | 70 |
| ภาพที่ 3.42 เพาเวอร์ซัพพลาย 9 V, 1 A | 71 |
| ภาพที่ 3.43 ส่วนการควบคุมระบบการไหลของสารละลาย | 71 |
| ภาพที่ 3.44 สารละลายที่จะนำมาเพื่อวัดหาค่าการดูดกลืนแสง | 72 |
| ภาพที่ 3.45 น้ำเปล่าที่ผ่านการกรองมาแล้ว | 72 |
| ภาพที่ 3.46 วาล์ว | 73 |
| ภาพที่ 3.47 หลอดคิวเวท | 73 |
| ภาพที่ 3.48 ที่ใส่หลอดคิวเวทในช่องป้องแสงรบกวนจากภายนอก | 74 |
| ภาพที่ 3.49 ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ ADuC842 ส่วนการวัดค่าการดูดกลืนแสงสารละลาย | 74 |
| ภาพที่ 3.50 วงจรขับดีซีมอเตอร์ | 75 |
| ภาพที่ 3.51 เพาเวอร์ซัพพลาย ±15 V, 0.5 A | 75 |
| ภาพที่ 3.52 เพาเวอร์ซัพพลาย 24 V, 4 A และเพาเวอร์ซัพพลาย 9 V, 1.2 A | 76 |
| ภาพที่ 3.53 ส่วนการวัดค่าการดูดกลืนแสงสารละลาย | 76 |
| ภาพที่ 3.54 โครงสร้างตัวเครื่อง | 77 |

# บัญชีภาพประกอบ


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| ภาพที่ 3.55 ประกอบชุดเซ็นเซอร์ | 78 |
| ภาพที่ 3.56 ประกอบชุดวัดแสง | 78 |
| ภาพที่ 3.57 ประกอบชุดดับเบิ้ลไซล์ลิงค์ | 78 |
| ภาพที่ 3.58 ประกอบชุดปั๊มท่อดูดจ่ายสารละลาย | 79 |
| ภาพที่ 3.59 ประกอบข้อต่อสารละลายกับตัวเครื่อง | 79 |
| ภาพที่ 3.60 ประกอบด้านหลังตัวเครื่อง | 80 |
| ภาพที่ 3.61 เชื่อมต่อภาคต่างๆ เข้าด้วยกัน | 80 |
| ภาพที่ 3.62 ตัวเครื่องเสร็จสมบูรณ์ | 81 |
| ภาพที่ 4.1 เชื่อมต่อสาย DB-9 ระหว่าง 2 ส่วนเข้าด้วยกัน | 82 |
| ภาพที่ 4.2 การเชื่อมต่อสายยูเอสบีเข้ากับคอมพิวเตอร์ | 83 |
| ภาพที่ 4.3 กดเปิดสวิตช์ | 83 |
| ภาพที่ 4.4 ต่อสายน้ำเปล่าและสารละลายสีฟ้าเข้ากับภาชนะที่ใส่น้ำบริสุทธิ์ | 84 |
| ภาพที่ 4.5 ไอคอน Absorption Measurement | 84 |
| ภาพที่ 4.6 โปรแกรม เครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล | 85 |
| ภาพที่ 4.7 การบันทึกไฟล์ | 85 |
| ภาพที่ 4.8 ใส่ค่าพอร์ตคอมพิวเตอร์และ Baud Rate | 86 |
| ภาพที่ 4.9 กดปุ่ม Start ไปที่ ON | 86 |
| ภาพที่ 4.10 กดปุ่ม Cleaning Flow System | 86 |
| ภาพที่ 4.11 กดปุ่ม Preparation | 86 |
| ภาพที่ 4.12 กดปุ่ม Read $I_o$ | 86 |
| ภาพที่ 4.13 กดปุ่ม Read Abs 350 µl | 86 |
| ภาพที่ 4.14 แถบ Measurement | 87 |
| ภาพที่ 4.15 แถบ Test Flow Rate | 88 |
| ภาพที่ 4.16 กระบอกตวง 5 ml และภาชนะใส่น้ำบริสุทธิ์ | 88 |
| ภาพที่ 4.17 กดปุ่ม Load $I_o$ | 88 |
| ภาพที่ 4.18 ท่อน้ำทิ้งต่อเข้ากับกระบอกตวง 5 ml | 89 |

# บัญชีภาพประกอบ


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| ภาพที่ 4.19 กดปุ่ม Test Flow Rate | 89 |
| ภาพที่ 4.20 สารละลายสีฟ้าที่มีค่าความเข้มข้นจำนวน 6 ตัวอย่าง | 90 |
| ภาพที่ 4.21 กราฟค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.1% | 90 |
| ภาพที่ 4.22 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.1% | 91 |
| ภาพที่ 4.23 กราฟค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.05% | 91 |
| ภาพที่ 4.24 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.05% | 91 |
| ภาพที่ 4.25 กราฟค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.025% | 92 |
| ภาพที่ 4.26 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.025% | 92 |
| ภาพที่ 4.27 กราฟค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.0125% | 92 |
| ภาพที่ 4.28 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.0125% | 92 |
| ภาพที่ 4.29 กราฟค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.003125% | 93 |
| ภาพที่ 4.30 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.003125% | 93 |
| ภาพที่ 4.31 กราฟและสมการเส้นตรงที่ได้จากการ Calibration Curve ด้วยโปรแกรม Mic-Excel | 95 |
| ภาพที่ 4.32 กราฟและตารางค่าการดูดกลืนแสงของความเข้มข้นของสาร A, B และ C | 97 |
| ภาพที่ 5.1 แสดงตำแหน่งที่ควรแยกระบบการไหลของสารละลายออกจากระบบวงจรควบคุม | 99 |


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

# บทที่ 1 บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย

อนุมูลอิสระคือ อะตอม โมเลกุล หรือสารประกอบที่มีอิเล็คตรอนไม่ครบคู่ ทำให้มีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เมื่อเกิดอนุมูลอิสระในร่างกายจะทำให้เซลล์ต่างๆ ถูกทำลาย ทำให้เกิดความเสียหายต่อเซลล์อันเป็นที่มาของโรคต่างๆ มากมายได้แก่ โรคแก่ก่อนวัย โรคหัวใจ และโรคมะเร็ง เป็นต้น สารต้านอนุมูลอิสระจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ได้รับความสนใจจากนักวิจัย (Mittler, 2002) โดยในพืช ผักและผลไม้หลาย ๆ ชนิดโดยเฉพาะสมุนไพรในประเทศไทยก็มักจะอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระเช่น โพลีฟีนอล วิตามินเอ วิตามินอี และวิตามินซี เป็นต้น

การประเมินความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจะเป็นแนวทางในการคิดค้นหาตัวยาใหม่ ๆ (Drug discovery) ในการรักษาโรค นอกจากนี้การตรวจหาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายไม่ว่าจะเป็นในตัวอย่างเลือด (Blood samples) ซีรัม (Serum) หรือน้ำปัสสาวะ (Urine) ยังเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเฝ้าระวังภาวะ Oxidative stress หรือการที่ร่างกายมีอนุมูลอิสระที่มากเกินไปจนเป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่าง ๆ ซึ่งการประเมินความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างประเภทต่าง ๆ สามารถทำได้หลายวิธีเช่น การวิเคราะห์หาปริมาณสารชนิดใดชนิดหนึ่งหรือกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง ที่พบว่ามีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ เช่น วิตามินซี หรือสารประกอบฟีนอลิก (Zulueta, Esteve, Frasquet, & Frigola, 2007) แต่ในความเป็นจริงสารต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างหนึ่งๆ มักจะประกอบไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระหลาย ๆ ชนิดผสมกันอยู่ ซึ่งรวมถึงสารต้านอนุมูลอิสระที่ทราบว่าเป็นสารชนิดใดแน่นอน และสารที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระแต่ยังไม่ทราบโครงสร้างของสารจนระบุได้ว่าคือสารใด นอกจากนี้บางชนิดอาจส่งผลเสริมหรือหักล้างฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระกันได้ ดังนั้นการที่จะประเมินความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยการวัดและแยกวิเคราะห์ว่ามีสารชนิดใดบ้างจึงเป็นการยากและไม่จำเป็น ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยรวม (Total antioxidant capacity, TAC) จะเป็นการวัดความสามารถโดยรวมของตัวอย่างในการต้านอนุมูลอิสระโดยไม่สนใจว่ามีสารต้านอนุมูลอิสระชนิดใดและปริมาณเท่าใดผสมอยู่ในตัวอย่าง แต่จะวัดเป็นความสามารถของตัวอย่างในการที่จะดักจับกับอนุมูลอิสระ ซึ่งการประเมินค่า TAC นี้เป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมเพราะสามารถแสดงประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากกว่า (Wang, Cao, & Prior, 1996)

การวิเคราะห์ค่า TAC โดยทั่วไปจะมีการสร้างอนุมูลอิสระที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนและวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งหรือขจัดอนุมูลอิสระของสารตัวอย่างที่สนใจวัด โดยวัดปริมาณอนุมูลอิสระที่ลดลงหรือที่เหลือก็ได้ สารที่นิยมใช้เป็นตัวกำเนิดอนุมูลอิสระมักจะใช้

สารประกอบกลุ่มเอโซ เช่น 2,2′-Azobis 2-Amidopropane (ABTS) ทำให้เกิดอนุมูล $ABTS^{\bullet+}$ ในการวิเคราะห์จะวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลง ข้อดีของวิธีนี้คือทำได้ง่าย การวิเคราะห์ทำได้ทั้งในน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์ แต่ ABTS ไม่เป็นสารตามธรรมชาติที่ก่อให้เกิดอนุมูลอิสระในร่างกาย และต้องมีการทำปฏิกิริยากับสารอื่นก่อนถึงจะเกิดเป็นอนุมูล $ABTS^{\bullet+}$ ซึ่งทำให้การวิเคราะห์มีความยุ่งยากมากยิ่งขึ้น สารอีกตัวที่นิยมใช้เช่นกันคือ 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) การวิเคราะห์ก็จะทำในทำนองเดียวกับการวิเคราะห์ $ABTS^{\bullet+}$ แต่อนุมูล DPPH ไม่ไวต่อปฏิกิริยาเหมือนอนุมูลที่เกิดในร่างกายจริง ๆ ทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ช้า ทำให้การประเมินความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้น้อยกว่าความเป็นจริง (วัชระคุปต์, 2550) ถึงแม้ว่าเทคนิคทั้งสองจะทำได้ง่ายแต่ว่าปัญหาที่สำคัญอีกประการคือสีของตัวอย่างอาจจะรบกวนการวิเคราะห์ได้โดยเฉพาะสีม่วงของ $DPPH^{\bullet}$ ซึ่งเป็นสีของตัวอย่างที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงได้แก่ องุ่นและไวน์ชนิดต่างๆ

ในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นพัฒนาชุดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระอย่างง่ายขึ้น โดยการต่อยอดจากงานวิจัยเดิมซึ่งศึกษาปฏิกิริยาของอิมิพลามีนเป็นชุดทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งยังไม่มีผลิตในประเทศไทย และเพื่อทดแทนชุดทดสอบที่นำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพง โดยมีวัตถุประสงค์หลักอยู่ 2 แนวทางด้วยกันคือ 1. ใช้ทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติซึ่งจะมีตัวอย่าง (Samples) ในจำนวนที่มาก แต่มีปริมาณจำกัดที่แต่ละส่วนแยก (Fraction) โดยเฉพาะสารสกัดบริสุทธิ์ซึ่งมีปริมาณน้อยมาก ดังนั้นวิธีที่นำมาวิเคราะห์ควรจะมีความสามารถในการวิเคราะห์ที่รวดเร็ว สะดวก มีความไวในการวิเคราะห์เพื่อตอบสนองข้อจำกัดดังกล่าว 2. เพื่อนำไปทดสอบสภาวะ Oxidative stress จากตัวอย่างเลือด (Blood samples) ซีรัม (Serum) หรือน้ำปัสสาวะ (Urine) โดยงานวิจัยชิ้นนี้มุ่งพัฒนาต่อยอดจากงานวิจัยเดิมซึ่งได้ทำการคิดค้นปฏิกิริยาใหม่โดยใช้สารประกอบซึ่งมีชื่อว่า "อิมิพลามีน" ซึ่งง่ายต่อการทำให้เป็นอนุมูล สีของอนุมูลอิมิพลามีนเป็นสีฟ้า ซึ่งเป็นสีที่ไม่ค่อยพบในตัวอย่างจึงไม่รบกวนการวิเคราะห์ นอกจากนี้อิมิพลามีนยังไม่เป็นอันตรายต่อผู้วิจัย สิ่งแวดล้อมและราคาไม่แพง สามารถทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารตัวอย่างได้อย่างหลากหลายเช่น ตัวอย่างน้ำผลไม้ เครื่องดื่ม สารสกัดจากสมุนไพร ตัวอย่างเลือด ซีรัม น้ำปัสสาวะ ซึ่งเมื่อพัฒนาเป็นชุดทดสอบแล้วจะส่งผลต่อการวิเคราะห์คือวิธีทดสอบง่าย ไม่ต้องใช้ผู้ที่ชำนาญ ให้ผลน่าเชื่อถือ สะดวกและรวดเร็ว

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อต่อยอดงานวิจัยเดิมที่คิดค้นปฏิกิริยาใหม่ ที่ใช้ในการตรวจสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยรวมที่ยังไม่เคยมีใครทำมาก่อน(จากการสืบค้นจากฐานข้อมูล Sciencedirect และ Scorpus ณ วันที่ 15 กันยายน พ.ศ.2553) มาทำเป็นชุดทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

1.2.2. พัฒนาชุดทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ให้มีความสามารถในการวิเคราะห์ได้แม่นยำ สะดวก รวดเร็ว และมีค่าใช้จ่ายต่อการวิเคราะห์ไม่สูง

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 พัฒนาชุดทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยใช้อิมิพลามีนเป็นตัวกำเนิดอนุมูลอิสระเพื่อนำไปพัฒนาตรวจสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยรวม

## 1.4 กรอบแนวความคิดของการวิจัย

**ทฤษฎี**

การวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยรวมโดยการวัดการเปลี่ยนสี สามารถทำได้โดยใช้สารที่สามารถเกิดเป็นอนุมูลอิสระได้แล้วให้สี หลังจากนั้นเมื่อสารดังกล่าวทำปฏิกิริยากับสารที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระดังกล่าวจะไปจับกับอนุมูลอิสระแล้วทำให้ปริมาณของอนุมูลลดลงซึ่งสามารถตรวจวัดได้โดยการติดตามสีที่ลดลงจากการหายไปของอนุมูลอิสระดังกล่าว โดยทำการเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระได้แก่ Trolox, Ascorbic acid และ Gallic acid เป็นต้น

วิธีการทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยการวัดการเปลี่ยนสีเป็นวิธีที่ง่ายและมีแนวโน้มที่จะสามารถพัฒนาเป็นชุดทดสอบได้ โดยเมื่อสารต้านอนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิมิพลามีนแล้วทำให้สีของอิมีพลามีนเปลี่ยนแปลงไปหรือจางลง เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับแถบสีที่ได้จากสารมาตรฐานก็จะสามารถบอกความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างได้ ซึ่งการพัฒนาเป็นชุดทดสอบนี้มีข้อดีคือ การวิเคราะห์ทำได้ง่าย ไม่ต้องอาศัยผู้ที่มีความชำนาญ สะดวก และรวดเร็ว

**สมมุติฐาน**

อิมิพลามีนเป็นสารที่เมื่อละลายน้ำและเติมออกซิไดส์ซิงเอเจนต์แล้วจะเกิดเป็นอนุมูลอิสระซึ่งมีสีฟ้า เมื่อเติมสารต้านอนุมูลอิสระจะทำให้ปริมาณของอนุมูลอิสระซึ่งมีสีฟ้าลดลง ดังนั้นอิมิพลามีนจึงน่าจะมีแนวโน้มทำมาใช้ในการวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระแทนสารที่ใช้ในการกำเนิดอนุมูลอิสระที่ใช้กันอยู่ดั้งเดิม และพัฒนาเป็นชุดทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้

**กรอบแนวความคิดของงานวิจัย**

**ตัวแปรอิสระ**

1. สภาวะของปฏิกิริยาอิมิพลามีนและตัวอย่างในการทำเป็นชุดทดสอบ
2. เทคนิคการทำชุดทดสอบ

**ตัวแปรตาม**

ชุดทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

- แม่นยำ
- สะดวก
- รวดเร็ว
- ประหยัด
- วิเคราะห์ตัวอย่างได้หลากหลาย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

# บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 อนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระคือ อะตอม โมเลกุล หรือสารประกอบ ที่มีอิเล็คตรอนไม่ครบคู่ ทำให้มีความว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เพื่อแย่งชิงอิเลคตรอนให้ครบคู่ สารอื่นที่ถูกแย่งอิเล็กตรอนมาก็กลายเป็นสารอนุมูลอีกครั้ง เนื่องจากจะต้องไปแย่งเอาอิเล็กตรอนมาทดแทนเช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ขึ้นต่อเนื่อง เมื่อเกิดอนุมูลอิสระในร่างกายจะทำให้เซลล์ต่างๆ ถูกทำลาย อนุมูลอิสระมีที่มาจากทั้งภายในและภายนอกร่างกาย ภายในเกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของออกซิเจนภายในเซลล์ ส่วนภายนอกเกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่มลพิษจากสิ่งแวดล้อม ควันบุหรี่ รังสี หรือแสงแดด โดยปกติร่างกายของมนุษย์จะมีการรักษาสมดุลของอนุมูลอิสระให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสมด้วยการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ แต่ถ้าร่างกายเสียสมดุลโดยมีปริมาณของอนุมูลอิสระมากกว่าปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระแล้ว จะทำให้เกิดความเสียหายต่อเซลล์อันเป็นที่มาของโรคต่างๆ [1]

## 2.2 สารต้านอนุมูลอิสระ

"สารต้านอนุมูลอิสระ" ในปัจจุบันกำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างสูงเนื่องจากเป็นสารที่มีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลซึ่งเป็นพิษต่อร่างกาย โดยที่ "สารต้านอนุมูลอิสระ" คือกลุ่มสารซึ่งเมื่อปรากฏในความเข้มข้นต่ำ ๆ แต่สามารถออกซิไดส์หรือยับยั้งการเกิดสภาวะ Oxidative stress ได้ [2] ซึ่งในที่นี้สารต้านอนุมูลอิสระสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ [3]

### 2.2.1 สารต้านอนุมูลอิสระในร่างกาย (Endogenous antioxidants)

ในกลไกของสิ่งมีชีวิตมักจะมีระบบที่ใช้สำหรับต่อต้านอนุมูลซึ่งเป็นต้นเหตุทำให้เซลล์เกิดความเสียหาย สารต้านอนุมูลอิสระเหล่านั้นได้แก่ Glutathione peroxidase, catalase, และ superoxide dismutases (SOD) เป็นต้น ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระที่กล่าวมานี้เป็นเอนไซม์ที่มีฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระ ช่วยรักษาสมดุลระหว่างอนุมูลอิสระไม่ให้มีมากจนเกิดความเสียหายต่อเซลล์ในร่างกาย

### 2.2.2 สารต้านอนุมูลอิสระในร่างกาย (Exogenous antioxidants)

สารต้านอนุมูลอิสระกลุ่มนี้ได้จากการบริโภคอาหาร โดยสารที่เป็นที่รู้จักกันดีได้แก่ vitamin C, vitamin E และ $\beta$-carotene ซึ่งวิตามินซีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีบทบาทสำคัญโดยเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถละลายได้ในน้ำ ทำให้สามารถกำจัดอนุมูลอิสระในส่วนที่ละลาย

น้ำ ในทางเดียวกันวิตามินอีก็มีบทบาทสำคัญในส่วนของสารที่สามารถละลายได้ในน้ำมัน นอกจากสารทั้ง 2 ตัวนี้แล้วยังมีสารต้านอนุมูลอิสระอีกมากมายซึ่งอยู่ในผักและผลไม้

**2.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยรวม (Total Antioxidant Capacity)**

การวัดและตรวจสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีอยู่หลายแบบและหลากหลายความหมายได้แก่ "capacity" (หรือ efficiency, power, parameter, potential, potency และ activity) "antioxidant activity" จะใช้สำหรับการวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารที่ปรากฏอยู่เดี่ยว ๆ ซึ่งจะแตกต่างกับ Total Antioxidant Capacity [4] ที่จะวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยรวมมากกว่า

เนื่องจากความซับซ้อนของสารประกอบที่มีอยู่ในอาหารที่เรารับประทานและความสามารถในการเสริมฤทธิ์กัน (synergistic) ของสารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในอาหารเหล่านั้น นักวิจัยส่วนมากจึงสนใจความสามารถโดยรวมของตัวอย่างในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าที่จะไปแยกและทำการวิเคราะห์หาปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่าง ซึ่งนอกจากจะเสียเวลา และมีความยุ่งยากแล้วยังไม่ได้บ่งบอกถึงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระอย่างแท้จริงตามที่ได้กล่าวไปแล้วอีกด้วย เช่น quercetin และ rutin ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่มากในผลไม้เช่น ทับทิม เมื่อสารทั้ง 2 ชนิดอยู่ร่วมกันจะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าปรากฏอยู่เดี่ยว ๆ เสียอีก [5]

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ Total antioxidant capacity (TAC) จึงเป็นการวัดจำนวนโมลของอนุมูลอิสระที่ถูกจับด้วยสารอนุมูลอิสระทั้งหมดที่มีอยู่ในสารละลายตัวอย่าง [6]

**2.4 ชุดทดสอบ (Test Kit)**

**ชุดทดสอบหมายถึง** เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ได้สำหรับการตรวจวัดสารเคมีที่มีความจำเพาะเจาะจง ทั้งระดับปริมาณของสาร ส่วนประกอบ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วชุดทดสอบมักจะประกอบไปด้วยรีเอเจนต์ ขวดสารเคมีขนาดเล็ก อุปกรณ์วัดการเปลี่ยนเปลงสีและวัสดุอื่นที่ใช้สำหรับการทดสอบ ชุดทดสอบที่มีอยู่ในปัจจุบันนี้ได้แก่ ชุดทดสอบความเป็นกรด-ด่าง ชุดทดสอบคลอรีน ชุดทสอบโลหะหนัก

**ประโยชน์ของชุดทดสอบ**

1. ใช้เป็นวิธีทดสอบเบื้องต้น สำหรับตรวจหาสารต่างๆ
2. วิธีใช้สะดวกและรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ ใช้ในห้องปฏิบัติการทั่วไปและใช้ในภาคสนามได้
3. ลดงานการตรวจวิเคราะห์ในเบื้องต้น คงไว้เฉพาะการตรวจยืนยันในห้องปฏิบัติการ

**ข้อเสียของชุดทดสอบ**

1. เป็นการทดสอบในระดับเบื้องต้นเท่านั้น ซึ่งต้องมีการยืนยันอีกครั้งจากห้องปฏิบัติการ

### 2.4.1 ชุดทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

Test kit for Potential Anti Oxidant (PAO) [7] ชุดทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจากบริษัท Nikken SEIL ประเทศญี่ปุ่นพัฒนาขึ้นโดยใช้ปฏิกิริยารีดักชันของ $Cu^{2+}$ เป็น $Cu^{+}$ โดยสารต้านอนุมูลอิสระที่มีในตัวอย่าง ซึ่งจะสามารถตรวจสอบได้ภายใน 5 นาที สารตัวอย่างจะถูกผสมกับ $Cu^{2+}$ หลังจากนั้นสารต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างจะรีดิวซ์ $Cu^{2+}$ เป็น $Cu^{+}$ และ $Cu^{+}$ จะไปทำปฏิกิริยากับ Solution (Bathocuproine) ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 480 ถึง 490 nm ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจะถูกคำนวณจากปริมาณของ $Cu^{+}$ ที่เกิดขึ้น โดยเทคนิคนี้สามารถวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระได้ทั้งสารที่ละลายในน้ำเช่น วิตามินซี และสารที่ไม่ละลายในน้ำเช่น วิตามินอี เป็นต้น รายละเอียดแสดงดังตาราง

ภาพที่ 2.1 ชุดทดสอบสารต้านอนุมูลอิสระจาก Nikken SEIL ประเทศญี่ปุ่น

| วิธีวิเคราะห์ | วัดการดูดกลืนแสง (480 - 492 nm) |
|---|---|
| ช่วงในการวิเคราะห์ | 21.9 - 4378 micro mol/L (cupric ion reducing power) |
| รูปแบบการวิเคราะห์ | 96 wells |
| การเก็บรักษา | อุณหภูมิห้อง (10 - 25°C) |
| ตัวอย่าง | ซีรัมของสัตว์หรือมนุษย์ ตัวอย่างอาหารหรือเครื่องดื่ม |

Free Radical Test Kit [8] เป็นชุดทดสอบเพื่อวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจากบริษัท Osumex Flax Hulls ผลิตขึ้นโดยอาศัยหลักการวัดค่า ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) โดยมี Malondialdehyde (MDA) เป็นสารผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจวัด โดยในชุดทดสอบประกอบไปด้วย

- หลอดทดลอง – สำหรับบรรจุสารตัวอย่างได้แก่ ตัวอย่างปัสสาวะ
- ampoule – สำหรับบรรจุสารเคมีซึ่งจะถูกตรวจวัดในรูปของ MDA
- ปิเปต - ใช้สำหรับถ่ายสารตัวอย่าง

ภาพที่ 2.2 ชุดทดสอบสารต้านอนุมูลอิสระจาก Osumex Flax Hulls

3rd Gen.Total Antioxidant Status (TAS) Assay Kit [9] ผลิตขึ้นโดยมีหลักการคือสารต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างจะรีดิวซ์ อนุมูลอิสระ ABTS ที่มีสีฟ้าไปเป็นสารที่ไม่มีสีโดยการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงที่ 660 nm จะสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยรวม โดยเทคนิคนี้จะใช้ Trolox เป็นตัวเปรียบเทียบ ในชุดทดสอบจะประกอบไปด้วย R1 (Buffer), R2 (ABTS Radical Cation)

ภาพที่ 2.3 ชุดทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยรวมจาก baranmedikal

**2.5 การวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง [10]**

การวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างเราสามารถทำได้โดยให้ลำแสงผ่านเข้าไปในตัวอย่าง (Incident Light : $I_0$) แล้ววัดปริมาณแสงที่เหลือผ่านออกมา (I) โดยเทียบกับแสงที่ผ่านออกมาเมื่อไม่มีสารตัวอย่าง ดังภาพที่ 2.4

ภาพที่ 2.4 ลำแสงที่ผ่านเข้าออกสารละลายความเข้มข้น $C$ เป็นระยะทาง $l$

Transmittance (T) เป็นสัดส่วนปริมาณแสงที่ผ่านออกมา (I) ต่อปริมาณแสงที่ผ่านเข้าไปในตัวอย่าง ($I_0$) เขียนสมการได้ว่า

$$T = \frac{I}{I_o} \qquad \text{สมการที่ 2.1}$$

Absorbance (A) นิยามสมการได้เป็น

$$A = \log \frac{I_o}{I} = -\log T \qquad \text{สมการที่ 2.2}$$

โดยทั่วไปจะรายงานค่า Transmittance เป็นเปอร์เซ็นต์ (%T) ดังนั้น

$$\%T = 100 \frac{I}{I_o} \qquad \text{สมการที่ 2.3}$$

$$\log \%T = \log 100 \frac{I}{I_o}$$

$$\log \%T = 2 + \log \frac{I}{I_o}$$

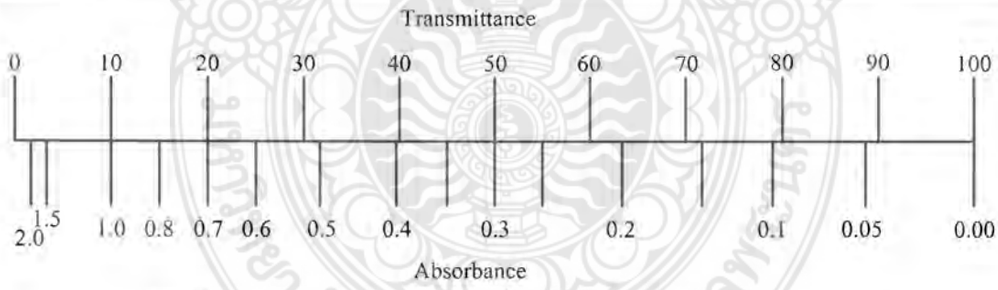
$$\log \%T = 2 - A \quad \text{หรือ}$$

$$A = 2 - \log \%T$$

ดังนั้น ค่า T มีค่าอยู่ในช่วง 0-1 และ %T มีค่าตั้งแต่ 0 - 100 ส่วน A = 0 เมื่อแสงที่ผ่านเข้าไปในตัวอย่างไม่ถูกดูดกลืนไว้ และผ่านออกมา 100%, A = 1 เมื่อแสงผ่านออกมาเพียง 10% และ A = 2 ถ้าแสงผ่านออกมาน้อยมากเพียง 1% ดังตารางที่ 2.1

**ตารางที่ 2.1** ค่า T มีค่าอยู่ในช่วง 0-1 และ %T

| Trasmittance(I/Io) | %T(log I/Io) | Log%T | Absorbonce(-log T) |
|---|---|---|---|
| 1 | 100 | 2 | 0 |
| 0.1 | 10 | 1 | 1 |
| 0.01 | 1 | 0 | 2 |
| 0.001 | 0.1 | -1 | 3 |




ภาพที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืน กับ %Transmittance

2.5.1 ความสัมพันธ์ของค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้น (Absorbance and Concentration)

ค่าการดูดกลืนแสงของสารมีความสำคัญอย่างยิ่งในเชิงปริมาณวิเคราะห์เนื่องจากค่าการดูดกลืนจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นตามกฎของเบียร์-แลมเบิร์ต (Beer-Lambert Law) ดังสมการที่ 2.4

$$A = \varepsilon cl \qquad \text{สมการที่ 2.4}$$

A = ค่าการดูดกลืนแสงของสาร (Absorbance)

$\varepsilon$ = เป็นสมบัติจำเพาะของสารที่ดูดกลืนและวัดที่ความยาวค่าหนึ่ง เรียกว่า Molar Absorptivity($L\ mol^{-1}\ cm^{-1}$)

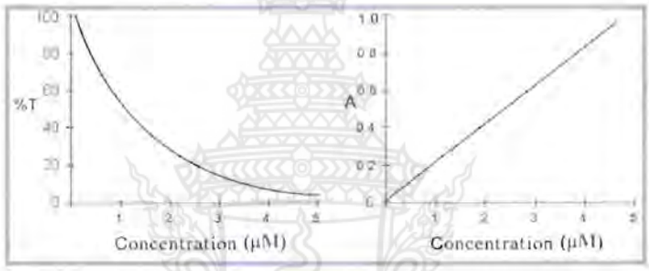
$l$ = ระยะทางที่แสงผ่านตัวอย่าง หรือความกว้างของเซลล์(cm)

$c$ = ความเข้มข้นเป็น โมล/ลิตร หรือโมล่าร์(M)

ถ้าความเข้มข้นของสารอยู่ในหน่วยอื่นจะเขียนสมการเป็น

$$A = acl \qquad \text{สมการที่ 2.5}$$

โดย a = Absorptivity เป็นค่าคงที่ขึ้นกับชนิดของสาร และความยาวคลื่น




ภาพที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับ %T และ Absorbance

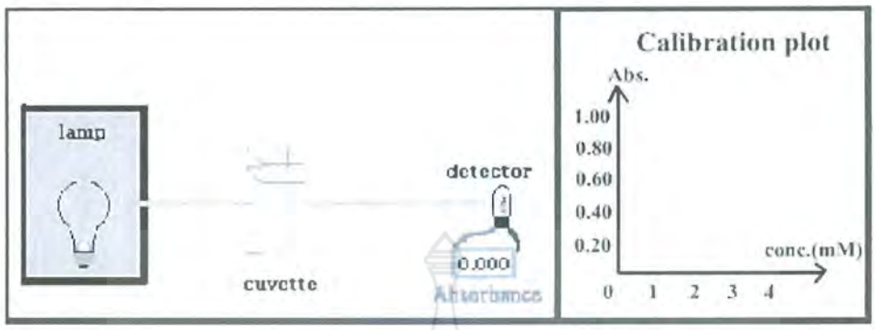
2.5.2 กราฟความเข้มข้นมาตรฐาน (Calibration Curve) [11]

จากภาพที่ 2.11 เราทราบแล้วว่า ค่าการดูดกลืนแสงของสารมีความสัมพันธ์กับค่าความเข้มข้นของสาร หรือปริมาณของเนื้อสารนั้นตามกฎของเบียร์ และแลมเบิร์ต ดังนั้นถ้าเรานำความสัมพันธ์นี้มาสร้างกราฟ และได้ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง เราจะเรียกกราฟนี้ว่า กราฟความเข้มข้นมาตรฐาน (Calibration Curve)

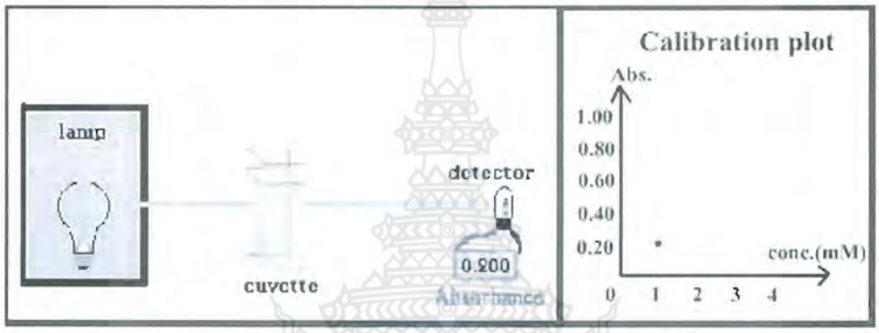
กราฟความเข้มข้นมาตรฐานนี้มีประโยชน์มากในเชิงปริมาณวิเคราะห์ เพราะสามารถใช้เทียบเพื่อหาความเข้มข้นของสารที่ไม่ทราบค่าได้ โดยที่สารที่ไม่ทราบค่าความเข้มข้นนั้นจะต้องอยู่ในช่วงความเข้มข้นมาตรฐานที่ทราบค่าแล้ว และเส้นกราฟความเข้มข้นมาตรฐานจะต้องเป็นเส้นตรงเสมอ

วิธีการสร้างกราฟความเข้มข้นมาตรฐาน คือ นำสารละลายมาตรฐาน(Standard Solution) ที่ทราบค่าความเข้มข้นที่แน่นอนอย่างน้อย 3-4 ความเข้มข้น มาวัดค่าการดูดกลืนแสง จากนั้นก็นำความสัมพันธ์ที่ได้ไปสร้างกราฟ ส่วนความเข้มข้นที่ไม่ทราบค่าก็นำไปวัดค่าการ

ดูดกลืนเช่นเดียวกัน แล้วนำค่าการดูดกลืนนั้นไปเทียบกับกราฟความเข้มข้นมาตรฐาน หรือคำนวณจากสมการเชิงเส้นของกราฟความเข้มข้นมาตรฐาน เพื่อย้อนกลับมาเป็นความเข้มข้น เราก็จะทราบค่าความเข้มข้นของสารนั้นได้ ดังภาพที่ 2.6 แสดงการวัดค่าการดูดกลืนแสง เพื่อนำมาสร้างกราฟความเข้มข้นมาตรฐาน

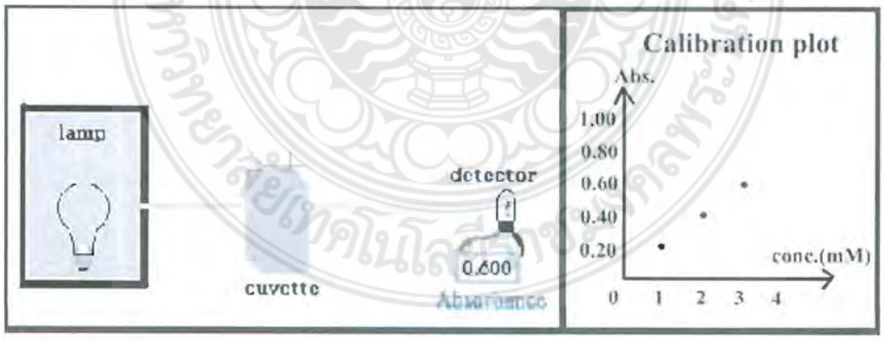



ก) วัดค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเปล่า




ข) วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายความเข้มที่ 1

ค) วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายความเข้มที่ 2



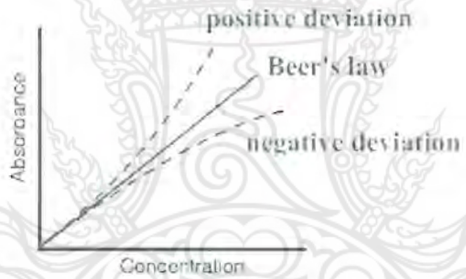
ง) วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายความเข้มที่ 3

จ) วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายความเข้มที่ 4

ภาพที่ 2.7 แสดงการสร้างกราฟมาตรฐาน

2.5.3 การเบี่ยงเบนจากกฎของเบียร์ (Deviation from Beer's Law)

เราทราบมาแล้วจากกฎของเบียร์ว่า ค่าการดูดกลืนจะแปรผันโดยตรงกับความเข้มข้น ดังนั้นเมื่อเราพล็อตกราฟระหว่างค่าการดูดกลืน(A) กับความเข้มข้น(c) เมื่อความหนาของเซลล์คงที่ จะได้กราฟเส้นตรง แต่ในบางครั้งพบว่าอาจจะเกิดการเบี่ยงเบนได้ความสัมพันธ์ที่ไม่เป็นเส้นตรง ซึ่งอาจเป็นการเบี่ยงเบนในเชิงบวก (Positive Deviation) คือ ค่าการดูดกลืนให้แนวโน้มสูงกว่าปกติ ทำให้กราฟที่ได้โค้งขึ้น หรือเป็นการเบี่ยงเบนเชิงลบ (Negative Deviation) คือ ค่าการดูดกลืนมีแนวโน้มต่ำลงทำให้กราฟโค้งลง ดังภาพที่ 2.8



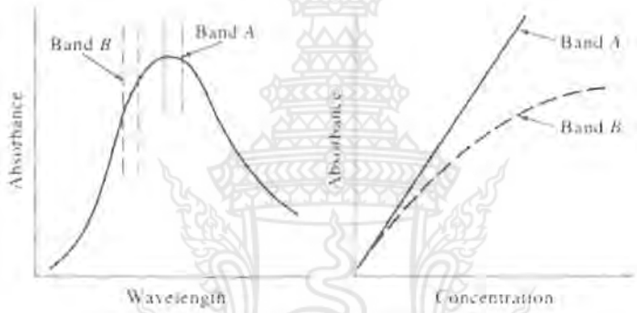

ภาพที่ 2.8 แสดงการเบี่ยงเบนที่ไม่เป็นไปตามกฎของเบียร์

ซึ่งการเบี่ยงเบนดังกล่าวมาจากสาเหตุการเบี่ยงเบนจากเครื่องมือ(Instrumental Deviation) เกิดจาก

1) ความไม่แม่นยำของเครื่องมือวัด ในทางปฏิบัติพบว่าการวัดค่าการดูดกลืนของสารให้มีค่าอยู่ในช่วง A = 0.1-1.0 จะมีความคลาดเคลื่อนของการวัดความเข้มข้นน้อยมาก ประมาณ 1-2% ดังนั้นในปฏิบัติการจริงจะมีการปรับความเข้มข้นของสารละลายให้อยู่ในช่วง A = 0.1-1.0 ถ้าค่าการดูดกลืน อยู่ในช่วงที่มากกว่า หรือน้อยกว่านี้แสงที่ผ่านออกมายังเครื่องตรวจวัดจะน้อย หรือมากเกินไป ดังนั้นความคลาดเคลื่อนจึงมีสูง ดังภาพที่ 2.9

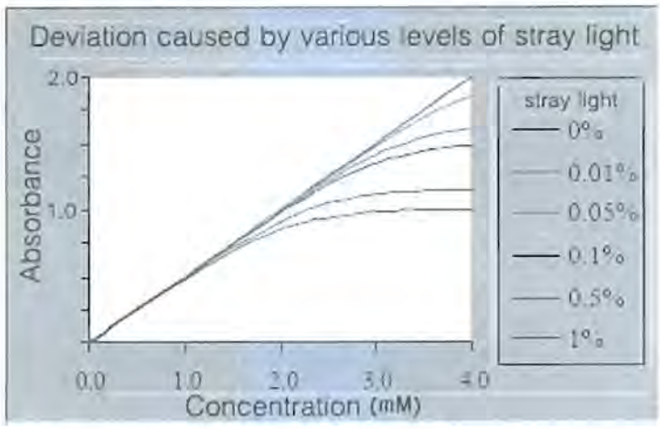
ภาพที่ 2.9 %ความเข้มข้นที่คลาดเคลื่อน (% Error in Concentration) อันเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนในการอ่านค่าการดูดกลืน (Absorbance) ของเครื่องมือ

2) แสงที่มีหลายความยาวคลื่น (Polychromatic Light) จากกฎของเบียร์อนุมานว่าความยาวคลื่นที่ผ่านสารละลายเป็นความยาวคลื่นเดี่ยว แต่ในทางปฏิบัติ ตัวแยกความยาวคลื่น (Monochromator) อาจแยกความยาวคลื่นให้เป็นคลื่นเดี่ยวไม่ได้ มีความยาวคลื่นอื่นปนมาด้วย ดังนั้นการวัดค่าการดูดกลืน อาจคลาดเคลื่อนได้ ถ้าความยาวคลื่นอื่นที่ปนมามีค่า Molar ($\varepsilon$) ของสารเปลี่ยนแปลงไปจากความยาวคลื่นที่เราเลือกมาก ดังภาพที่ 2.15




ภาพที่ 2.10 ผลของแสงที่มีหลายความยาวคลื่นต่อการเบี่ยงเบนจากกฎของเบียร์
แถบ A เป็นไปตามกฎของเบียร์เพราะ $\varepsilon$ เปลี่ยนแปลงไม่มาก
แถบ B ไม่เป็นไปตามกฎของเบียร์ เพราะ $\varepsilon$ เปลี่ยนแปลงอย่างมาก

3) คลื่นแสงรบกวน(Stray Light) คือการรบกวนของความยาวคลื่นที่เราไม่ได้เลือกผ่านเข้าไปตกกระทบบนตัวตรวจจับสัญญาณ (Detector) อาจเกิดจากการกระเจิงแสง (Scattering) หรือการสะท้อน(Reflection) หลายๆ ครั้งบนผิวของเกรตติ้งเลนส์ หรือฟิลเตอร์ เป็นต้น ผลของแสงรบกวนทำให้ค่าการดูดกลืนลดลง โดยเฉพาะที่ความเข้มข้นสูงๆ ถ้าค่าการดูดกลืนมีค่ามาก แสงที่ผ่านออกมาตกบนตัววัดมีน้อย ดังนั้นแสงรบกวนจึงส่งผลได้มากขึ้น ทำให้ได้กราฟที่ไม่เป็นเส้นตรง ดังภาพที่ 2.10




ภาพที่ 2.11 อิทธิพลของคลื่นแสงรบกวน(Stray Light)

ยกตัวอย่างเช่น สมมติว่าเครื่องสเป็กโตรโฟโต้มิเตอร์เครื่องหนึ่ง จะมีผลของแสงรบกวน 1% ของทุกๆ ครั้งที่ทำการวัด จากตารางเปรียบเทียบปริมาณของแสงรบกวนกับค่าการดูดกลืนแสงต่างๆ พบว่า ถ้าค่าการดูดกลืนแสงยังมีค่าน้อยหรือแสงที่ผ่านออกมา(%T) ยังมีค่ามากผลของแสงรบกวนจะถือว่ารบกวนน้อย เช่นแสงรบกวน 1% มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับแสง100%T(แสงรบกวนคิดเป็น 0.01%ของค่า%T) แต่เมื่อไรก็ตามที่ค่าการดูดกลืนมีค่ามากจนกระทั่งแสงที่ผ่านออกมาเหลือน้อยมาก เช่น แสงผ่านออกมาเพียง 1%T ดังนั้นแสงรบกวน ซึ่งมี 1% จะมีค่าเท่ากันกับแสง %T เลยทีเดียว หรือแสงรบกวนคิดเป็น 50 % ของแสง %T

**ตารางที่ 2.2** เปรียบเทียบปริมาณของแสงรบกวนกับค่าการดูดกลืนแสงต่างๆ

| Absorbance | %T | %Stray Light | Ratio of %(Stray Light / T) |
|---|---|---|---|
| 0 | 100 | 1 | 1/100 |
| 1 | 10 | 1 | 1/10 |
| 2 | 1 | 1 | 1/1 |

## 2.6 การเขียนโฟล์วชาร์ตเบื้องต้น [12]

การเขียน โฟล์วชาร์ต(Flowchart) เป็นเทคนิคหรือวิธีการอย่างหนึ่งสำหรับใช้เขียนแสดงอัลกอริทึม การเขียนโฟล์วชาร์ตจะใช้รูปภาพที่เป็นสัญลักษณ์มาตรฐานสากลนำไปเขียนแทนกิจกรรมต่างๆ ในแต่ละขั้นตอนของอัลกอริทึม ซึ่งกิจกรรมที่แตกต่างกันก็จะใช้สัญลักษณ์รูปภาพที่แตกต่างกัน โดยสัญลักษณ์ภาพนี้กำหนดตามมาตรฐานของ ANSI (American National Standards Institute) และ ISO (International Standard Organization)

การเขียนแสดงอัลกอริทึมด้วยโฟล์วชาร์ตสามารถออกแบบได้ง่าย ผู้อื่นสามารถเข้าใจโฟล์วชาร์ตได้ง่ายเพราะเป็นมาตรฐานสากล และเมื่อนำโฟล์วชาร์ตไปเขียนโปรแกรมก็จะทำได้สะดวกรวดเร็ว

2.6.1 ประเภทของโฟล์วชาร์ต

โฟล์วชาร์ตทางคอมพิวเตอร์มี 2 ประเภท คือ โฟล์วชาร์ตระบบ(System Flowchart) และโฟล์วชาร์ตโปรแกรม(Program Flowchart)

1) โฟล์วชาร์ตระบบ(System Flowchart) เป็นการแสดงให้เราเห็นว่า ในระบบหนึ่งนั้นมีขั้นตอนในการทำงานอย่างไร ซึ่งจะมองเห็นในลักษณะภาพกว้างๆ ของระบบ แต่จะไม่เจาะลึกลงไปว่าในระบบว่าในแต่ละงานนั้นมีการทำงานอย่างไร คือ จะให้เห็นว่าจุดเริ่มต้นของงานเริ่มจากส่วนใด เป็นข้อมูลแบบใด มีการประมวลผลอย่างไร และจะได้ผลลัพธ์เป็นอย่างไรและเก็บอยู่ที่ใด ดังภาพที่ 2.47

ภาพที่ 2.12 ตัวอย่างโฟล์วชาร์ตระบบ (System Flowchart)

2) โฟล์วชาร์ตโปรแกรม (Program Flowchart) เป็นโฟล์วชาร์ตที่เสดงถึงขั้นตอนในการทำงานของโปรแกรมซึ่งจะแสดงการทำงาน ตั้งแต่เริ่มต้นในส่วนของการรับข้อมูล การคำนวณหรือการประมวลผล จนถึงการแสดงผลลัพธ์ จะทำให้การเขียนโปรแกรมสะดวกขึ้น ซึ่งโฟล์วชาร์ตชนิดนี้อาจสร้างมาจากโฟล์วชาร์ตระบบ โดยดึงเอาจุดที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์มาวิเคราะห์ว่าจะใช้ทำงานส่วนใดเพื่อที่จะให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์ที่ต้องการ ดังภาพที่ 2.48

ภาพที่ 2.13 ตัวอย่างโฟล์วชาร์ตโปรแกรม (Program Flowchart)

2.6.2 ประโยชน์ของโฟล์วชาร์ต

1) ช่วยลำดับขั้นตอนการทำงานโปรแกรม และสามารถนำไปเขียนโปรแกรมโดยไม่สับสน

2) หากมีข้อผิดพลาดสามารถตรวจสอบ และแก้ไขโปรแกรมได้ง่าย

3) หากมีการพัฒนาระบบงานสามารถดัดแปลง แก้ไขได้อย่างรวดเร็ว

4) ทำให้ผู้อื่นสามารถศึกษาการทำงานของโปรแกรมได้ง่ายและรวดเร็ว

5) การเขียนโฟล์วชาร์ตเป็นสากล สามารถนำไปเขียนได้ทุกภาษา

2.6.3 หลักการเขียนโฟล์วชาร์ตที่ดี

1) ใช้สัญลักษณ์ตามที่กำหนดไว้

2) ใช้สัญลักษณ์ที่มีขนาดเหมาะสมกับคำสั่ง

3) มีทางเข้าหรือจุดเริ่มต้น และทางออกหรือจุดสิ้นสุดเพียงทางเดียวเท่านั้น

4) ลำดับขั้นตอนการทำงานควรจะเริ่มจากบนลงล่าง หรือจากซ้ายไปขวา

5) ในสัญลักษณ์ใดๆ มีทางออกเพียงทางเดียว ยกเว้นสัญลักษณ์แสดงการตัดสินใจหรือ ทางเลือกสามารถมีทางออกได้อย่างน้อยสองทาง

6) เส้นทางเดินในโฟล์วชาร์ตควรชัดเจน เป็นระเบียบ

7) การกำหนดทิศทางการทำงานด้วยลูกศร ควรจะมีทิศทางจากบนลงล่าง หรือขวาไปซ้ายเท่านั้น

8) ในกระบวนการทำงานที่ต้องการเพิ่มคำอธิบายเข้าไปเพื่อให้เกิดความเข้าใจและจะสามารถทำได้โดยการใช้สัญลักษณ์หมายเหตุประกอบ

9) ไม่ควรโยงเส้นเชื่อมโฟล์วชาร์ตที่อยู่ไกลมากๆ ควรใช้สัญลักษณ์จุดเชื่อมต่อแทน

10) โฟล์วชาร์ตควรมีการทดสอบความถูกต้องของการทำงานก่อนนำไปเขียนโปรแกรม

2.6.4 สัญลักษณ์ของโฟล์วชาร์ต

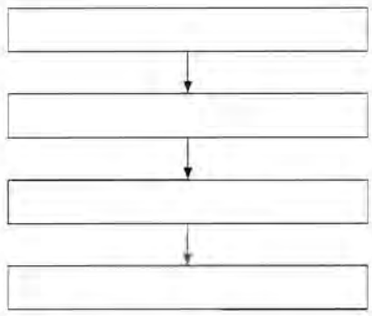
สัญลักษณ์ของโฟล์วชาร์ตมีรูปแบบและความหมายที่ต่างกันไป ดังภาพที่ 2.14

| | | | |
|---|---|---|---|
| | ป้อนข้อมูลด้วยคีย์บอร์ด | Read a | ป้อนค่า a ทางคีย์บอร์ด |
| | แสดงผลลัพธ์ทางจอภาพ | Show a | แสดงค่า a ทางจอภาพ |
| | การคำนวณ หรือ การกำหนดค่า | A = B + C<br>Num = 5 | 1. คำนวณค่า B+C แล้วเก็บผลลัพธ์ไว้ที่ A<br>2. กำหนดค่า Num = 5 |
| | แสดงข้อมูลหรือผลลัพธ์ทางเครื่องพิมพ์ลงบนกระดาษ | Write a | พิมพ์ค่า a ทางกระดาษ |
| | การเปรียบเทียบ การตัดสินใจ | X>5 | เปรียบเทียบ X > 5 หรือไม่ |
| | การเตรียมการ การกำหนดค่าล่วงหน้า | For i=1 to 10 | กำหนดให้ i=1 แล้วเพิ่มขึ้นทีละ 1 จนถึง 10 |
| | โปรแกรมย่อย | Call sub1 | เรียกโปรแกรมย่อยชื่อ sub1 |
| | รับหรือแสดงข้อมูลโดยใช้เทปแม่เหล็ก | - | - |
| | รับหรือแสดงข้อมูลโดยใช้จานแม่เหล็ก | - | - |
| | การเก็บข้อมูล | - | - |
| | เส้นแสดงทิศทางการทำงาน | | ประมวลผลแล้วต่อด้วยการแสดงผล |
| | จุดเชื่อมต่อในหน้าเดียวกัน | X = 3 | หลังกำหนด x=3 แล้วให้ไปทำงานต่อที่จุดต่อเนื่อง 1 หน้าเดียวกัน |

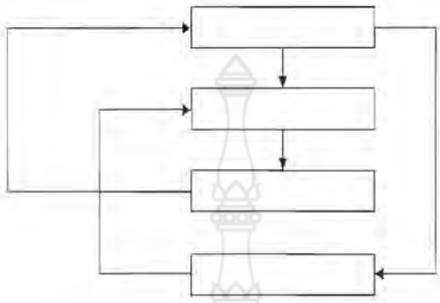
ภาพที่ 2.14 สัญลักษณ์โฟล์วชาร์ตในแบบต่างๆ

2.6.5 การเขียนโฟล์วชาร์ตแบบโครงสร้าง การเขียนแบบนี้มีประโยชน์ คือ ทำให้การไล่ขั้นตอนการทำงานทำได้ง่ายและเป็นระเบียบ ซึ่งมีหลักการเขียนอยู่ 3 ข้อ คือ

1) Sequence คือ การเขียนให้เป็นลำดับ ตั้งแต่ต้นจนจบ เป็นรูปแบบง่ายๆ ไม่มีการเปรียบเทียบใด ๆ มีทิศทางการไหลของข้อมูลเพียงทางเดียว ซึ่งอาจจะเป็นแบบบนลงล่าง หรือจากซ้ายไปขวาก็ได้ เช่น การให้คำนวณหาพื้นที่ของสี่เหลี่ยมผืนผ้า จะเขียนเป็นโฟล์วชาร์ตได้

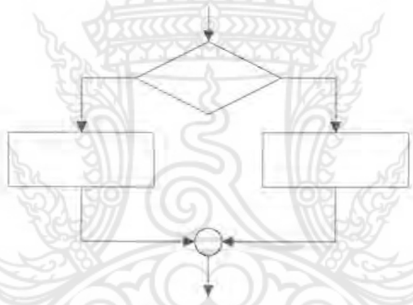


ภาพที่ 2.15 การเขียนแบบ Sequence



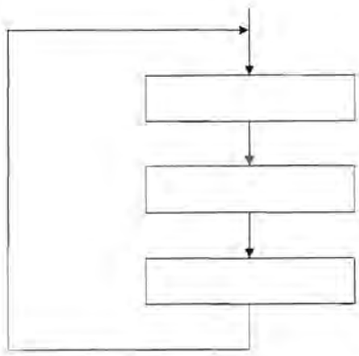
ภาพที่ 2.16 การเขียนแบบไม่เป็น Sequence

2) Selection เป็นทางเลือกของโปรแกรมซึ่ง จะต้องมีเพียงสองทางเลือกเท่านั้น ดังภาพที่ 2.52 และ หลังจากนั้นทางเลือกทั้งสองต้องมาพบกัน และทำงานในขั้นตอนต่อไป



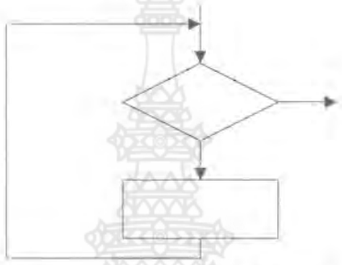
ภาพที่ 2.17 การเขียนแบบ Selection

3) Iteration คือการทำซ้ำเป็นการเขียนโฟล์วชาร์ตให้กลับมาทำงานในขั้นตอนอย่างเก่า จะเห็นว่าโฟล์วชาร์ต มีลักษณะวน ซึ่งเรียกว่า ลูป(Loop) และจะสังเกตว่า การวนลูป ดังภาพที่ 2.53 จะไม่มีทางออกไปทำงานในขั้นตอนต่อไปได้เลย เพื่อที่จะทำให้ออกจากลูปได้จะต้องมีการเช็คเงื่อนไขก่อนถึงจะออกจากลูปได้



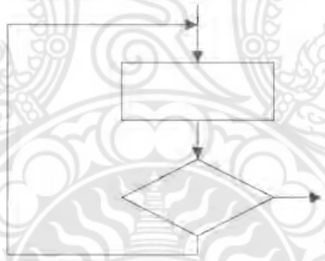
ภาพที่ 2.18 การเขียนแบบ Iteration

ในการเขียนโฟล์วชาร์ตจะมีลูปให้เลือกใช้ได้สองประเภทคือ Do While และ Do Until Do While จะทำการเช็คเพื่อที่จะออกจากลูปก่อนที่จะทำงานตามคำสั่งในลูป และเงื่อนไขเพื่อที่จะออกจากลูปจะต้องเป็นเท็จ ดังภาพที่ 2.54



ภาพที่ 2.19 การทำงานของคำสั่ง Do While

Do Until จะทำการเช็คเพื่อที่จะออกจากลูป ณ ตำแหน่งสุดท้ายของลูป และเงื่อนไขเพื่อที่จะออกจากลูปจะต้องเป็นจริง ดังภาพที่ 2.55



ภาพที่ 2.20 การทำงานของ คำสั่ง Do Until

## 2.7 โปรแกรมเกี่ยวข้องกับโครงงาน [13,14]

ในการทำโครงงานนั้น สิ่งที่ขาดไม่ได้คือ โปรแกรม ซึ่งจะเป็นสิ่งอำนวยความสะดวกและให้โครงงานสามารถก้าวหน้าได้อย่างรวดเร็ว และเป็นระเบียบร้อย โดยโปรแกรมที่ใช้ในการทำโครงงานชิ้นนี้ ได้แก่ โปรแกรม LabVIEW 2009 โปรแกรม Keil C51 โปรแกรม WSD โปรแกรม Protel โปรแกรม Solid Works และโปรแกรมภาษาซี เป็นต้น

2.7.1 โปรแกรม LabVIEW 2009

LabView ย่อมาจาก (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) เป็นซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นโดยบริษัทเนชั่นเนล อิสทรูเมนตส์(National Instruments : NI) ซึ่งเป็นบริษัทผู้พัฒนาอุปกรณ์ และซอฟต์แวร์ที่ใช้ในงานวัดและงานควบคุมอัตโนมัติชั้นนำบริษัทหนึ่งโดยที่ LabView เป็นซอฟต์แวร์ตัวหนึ่งในบรรดาซอฟต์แวร์ทางด้านนี้ได้รับการพัฒนามาตั้งแต่ปีค.ศ. 1983 และเปิดตัว LabView 1.0 สำหรับเครื่องแมคอินทอชเป็นครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ.1986 จนถึงปัจจุบันคือ LabView 2009

LabView คือ เครื่องมือที่ใช้พัฒนา Application (โปรแกรมประยุกต์) ชนิดหนึ่งเช่นเดียวกับ Visual Basic, Visual C++ แต่จะเป็นการเขียนโปรแกรมโดยใช้รูปในการพัฒนา (Graphical-Based Programming) ซึ่งจะแต่งต่างจากแนวคิด Text Based Programming เช่น Text-Based จะทำงานจากบนลงล่าง แต่ LabVIEW จะทำงานแบบ Dataflow คือ จะใช้บล็อกฟังก์ชั่นซึ่งแทนด้วยรูปไอคอนแทนการเขียนโปรแกรมย่อย(Subroutine) และใช้เส้นเชื่อมต่อระหว่างบล็อกฟังก์ชั่นแทนการไหลของข้อมูลระหว่างโปรแกรมย่อยนั้นๆ คล้ายกับการเขียนโฟล์วชาร์ต หรือบล็อกไดอะแกรมของโปรแกรม สิ่งที่ทำให้ LabView ต่างจากโปรแกรมอื่นทั่วไปคือ ในการพัฒนาโปรแกรมใช้งานทางด้านงานวัดและงานควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งถือเป็นเป้าหมายสำคัญของ LabView โดยจะมีเครื่องมือ และไลบรารีที่สนับสนุนการใช้งานทางด้านนี้ไว้อย่างมากมายให้ผลลัพธ์ออกมาในรูปแบบของเครื่องมือเสมือนจริง(Virtual Instrument หรือ VI)

1) การใช้งานโปรแกรม LabVIEW 2009

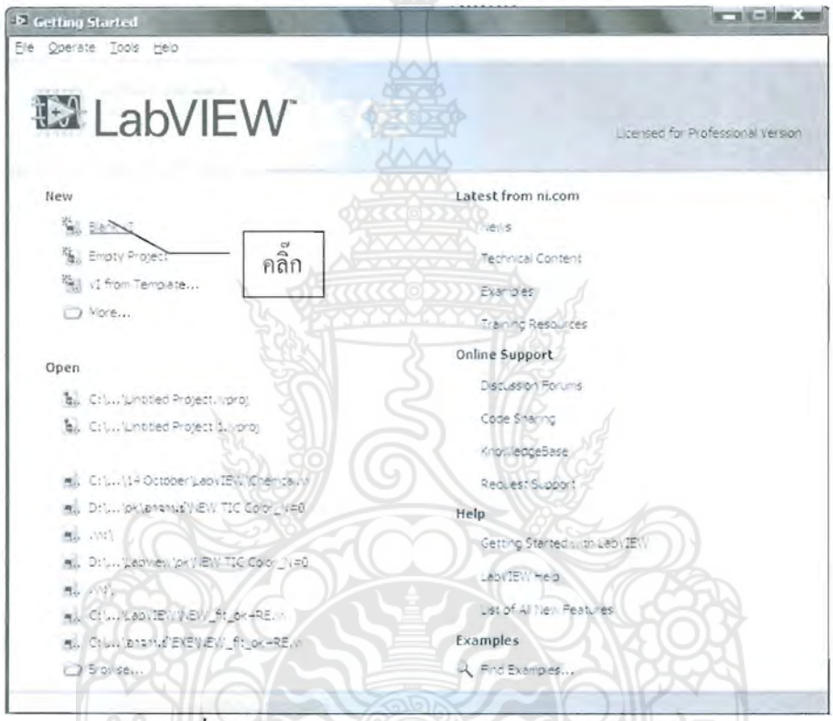
เมื่อต้องการเข้าสู่โปรแกรม LabVIEW 2009 ให้ดับเบิ้ลคลิ๊กที่ไอคอน LabVIEW 2009 ดังภาพที่ 2.56

ภาพที่ 2.21 ไอคอน LabVIEW 2009

เมื่อเข้าสู่โปรแกรม LabVIEW 2009 จะขึ้นหน้าต่างแรก ดังภาพที่ 2.22

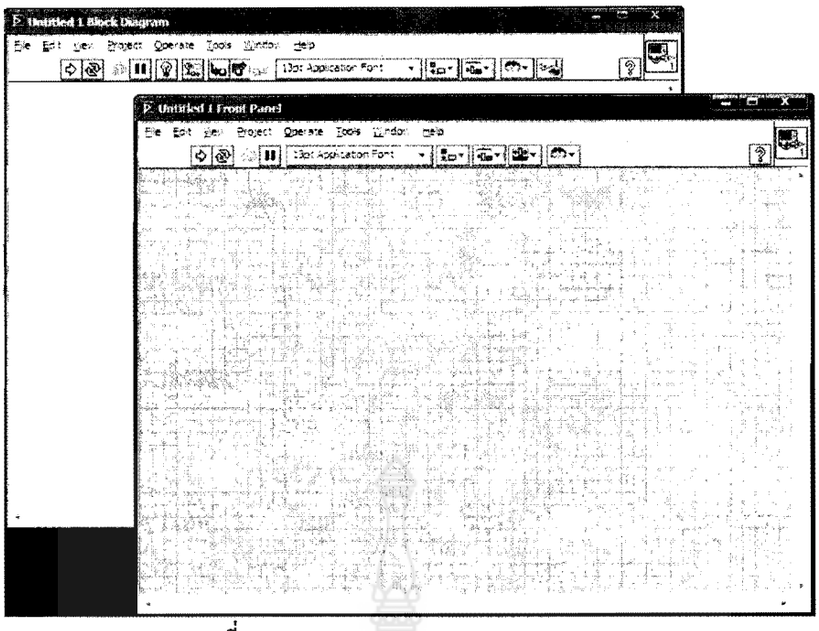
ภาพที่ 2.22 หน้าต่างการเข้าโปรแกรม LabVIEW 2009

นั้นก็จะเข้าสู่เมนูหลักของโปรแกรม ดังภาพที่ 2.23



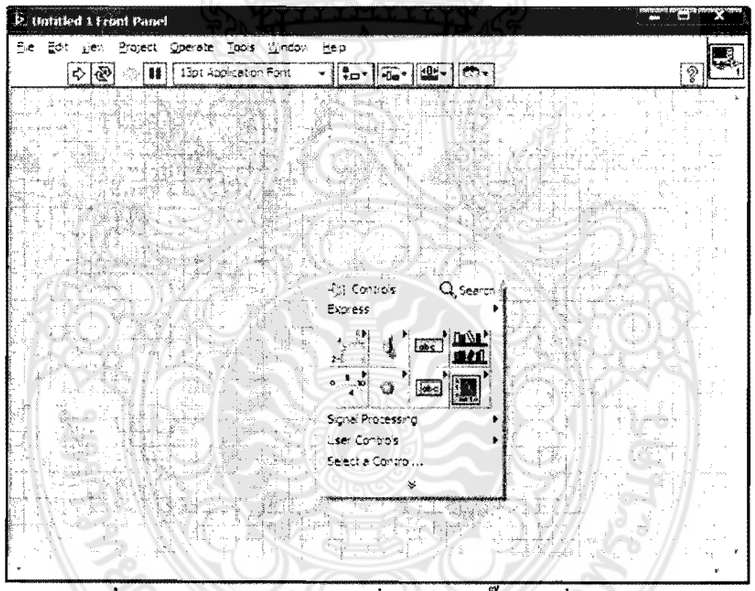

ภาพที่ 2.23 เมนูหลักของโปรแกรม LabVIEW 2009

เริ่มต้นการเขียนโปรแกรมโดยทำการเลือกคลิ๊กที่ Blank VI ซึ่งจะได้หน้าเปล่า ดังภาพที่ 2.24



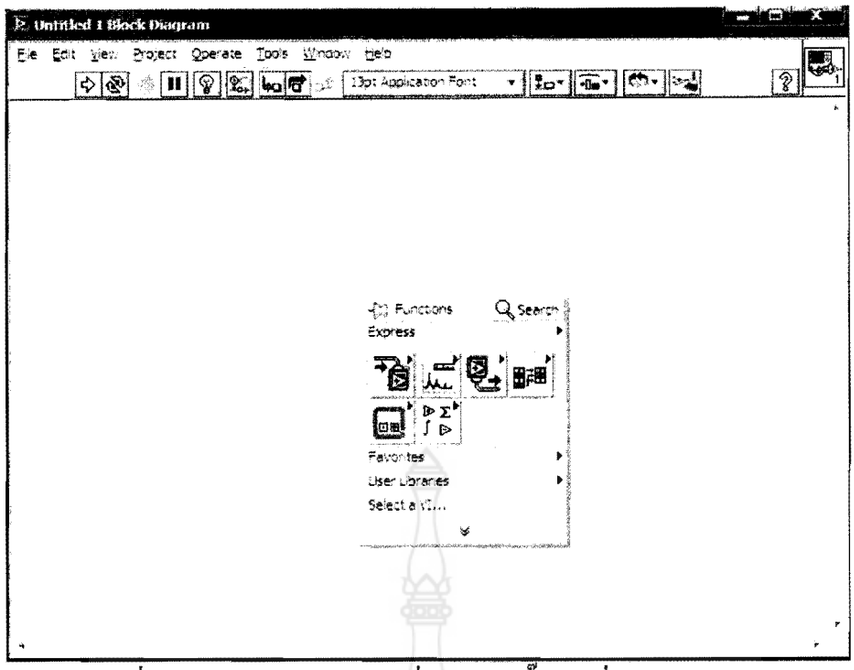

ภาพที่ 2.24 Front Panel และ Block Diagram

ไฟล์ LabVIEW มีนามสกุลเป็น *.vi ซึ่งไฟล์นี้จะประกอบด้วยหน้าต่าง User Interface พื้นที่เป็นตารางสีเทาซึ่งเรียกว่า Front Panel และหน้าต่างพื้นที่สีขาวสำหรับเขียนโค๊ดรูปภาพที่เรียกว่า Block Diagram ดังภาพที่ 2.26 จากนั้นเมื่อจะทำการเขียนโปรแกรมก็ทำการคลิ๊กขวาที่พื้นที่ของ Front Panel จะปรากฏอุปกรณ์สำหรับการสร้าง User Interface ที่เรียกว่า Controls Palette ซึ่งจะถูกแบ่งหมวดหมู่ตามประเภทของข้อมูล ดังภาพที่ 2.25



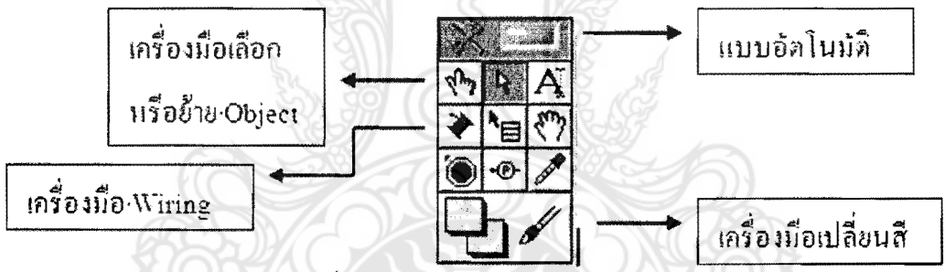

ภาพที่ 2.25 Controls Palette เมื่อทำการคลิ๊กขวาที่ Front Panel

คลิ๊กขวาที่พื้นที่ของ Block Diagram ก็จะได้ Functions Palette ซึ่งจะเป็นเครื่องมือสำหรับเขียนโค๊ด ดังภาพที่ 2.26




ภาพที่ 2.27 Functions Palette เมื่อทำการคลิ๊กขวาที่ Block Diagram

ทำการกด Shift และทำการคลิ๊กขวาหรือเลือกเมนู View >> Tools Palette ก็จะได้ Tools Palette ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับเปลี่ยนรูปแบบเคอร์เซอร์(Cursor) ของเมาส์โดยปกติจะถูกเซ็ตให้เป็นแบบอัตโนมัติอยู่แล้ว(ช่องบนสุด) คือเคอร์เซอร์จะเปลี่ยนจะเปลี่ยนไปเองตามตำแหน่งที่เอาเมาส์ไปวาง เช่น วางใกล้กับ Terminal บน Block Diagram เมาส์จะเปลี่ยนรูปเป็นเครื่องมือต่อสาย(Wiring) เป็นต้น ดังภาพที่ 2.28




ภาพที่ 2.28 ส่วนต่าง ๆ ของ Tools Palette

วัตถุหรือที่เรียกว่า Object ที่อยู่บน Front Panel จะมีอยู่สามประเภทคือ

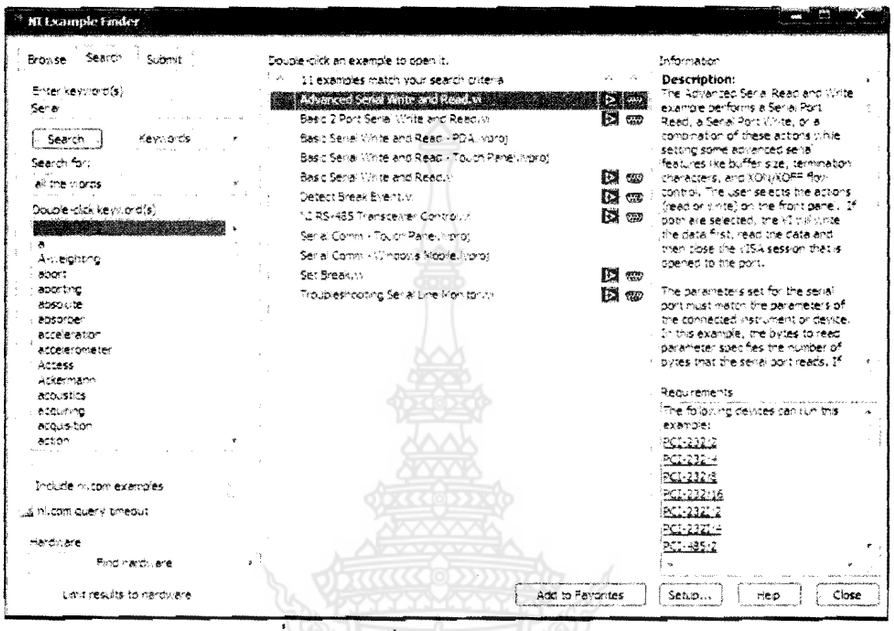
ก) Controls คือ ประเภทที่รับค่าจากผู้ใช้(Input) ซึ่งผู้ใช้จะสามารถพิมพ์ลงไปหรือใช้เมาส์คลิ๊กเพื่อทำการเปลี่ยนค่าก็ได้ เช่น เปลี่ยนมุม ปุ่มเลื่อน สวิตช์ เป็นต้น

ข) Indicators คือประเภทที่ใช้แสดงค่าเท่านั้น(Output) ผู้ใช้ไม่สามารถแก้ไขค่าบน Front Panel ได้ เช่น กราฟ มิเตอร์ หลอดไฟ เป็นต้น

ค) Decorations ซึ่งเป็น Object ที่ไม่เกี่ยวข้องกับโปรแกรม และในส่วนโค๊ดบน Block Diagram เลยแต่มีไว้เพื่อความสวยงามเป็นระเบียบของ Front Panel เท่านั้น

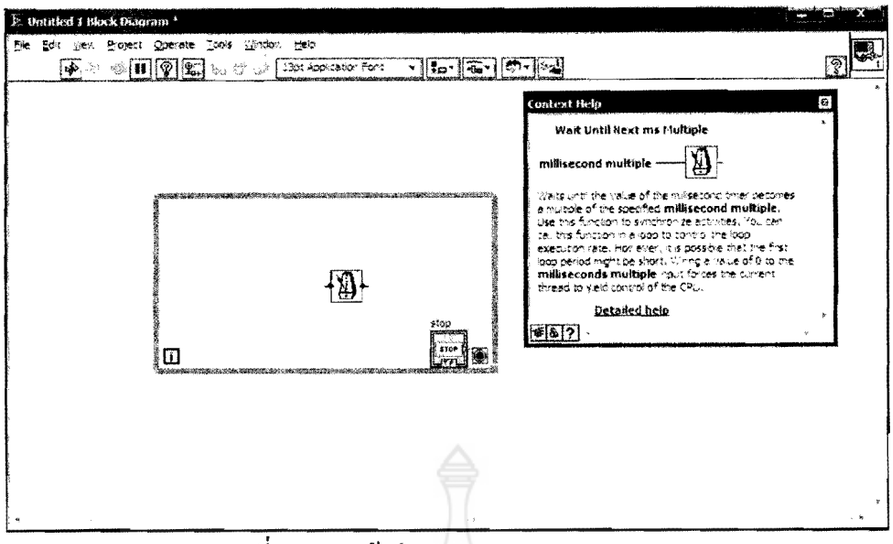
2) Help Utilities

เป็นเอกสารและตัวอย่างโปรแกรมให้ศึกษาทั้งที่ติดตั้งมาให้พร้อมกับ LabVIEW สามารถหาตัวอย่างโปรแกรมได้โดยเลือกที่เมนู Help >> Find Example จะปรากฏหน้าต่าง NI Example Finder ดังภาพที่ 2.29 ซึ่งจะแบ่งตัวอย่างโปรแกรมตามหมวดหมู่ในแท็บ Browse ส่วนในแท็บ Search จะเป็นการหาตัวอย่างตามคีย์เวิร์ดที่ใส่เข้าไป และถ้าต้องการได้ตัวอย่างเพิ่ม สามารถหาได้จาก www.ni.com




ภาพที่ 2.29 หน้าต่าง NI Example Finder

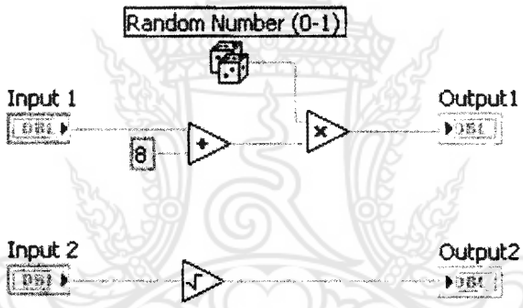
ในกรณีที่เปิดตัวอย่างแล้วไม่รู้จักโค๊ดบางตัว สามารถขอความช่วยเหลือได้จาก Context Help โดยเลือกที่เมนู Help >> Show Context Help หรือกด Ctrl+H ก็จะเห็นหน้าต่างเล็กๆ ทางมุมบน ดังภาพที่ 2.30 จากนั้นให้เอาเมาส์ไปวางบนสิ่งที่ต้องการคำอธิบาย หน้าต่าง Context Help จะแสดงคำอธิบายสั้นๆ ของโค๊ดตัวนั้นทันทีว่ามีหน้าที่อะไร มี อินพุต/เอาต์พุต อะไรบ้าง และถ้าต้องการเอกสารแบบเต็มรูปแบบก็ให้คลิ๊กที่ลิงก์ Detailed Help ซึ่งจะโยงไปหาเอกสารที่มีเอกสารแบบละเอียด




ภาพที่ 2.30 หน้าต่าง Context Help บนมุมขวา

3) Dataflow Programming Concept

หลักการทำงานของ LabView ซึ่งเป็นภาษาแบบกราฟฟิก จะมีข้อแตกต่างจากภาษาที่เป็นตัวหนังสือ อย่างเช่น โปรแกรมภาษาซี ที่มีการทำงาน(Execute) เป็นบรรทัดจากบนลงล่าง ทีละบรรทัดแต่ LabView จะมีหลักการทำงานแบบ Dataflow ซึ่งก็คือจะทำงานเป็นโหนด โดยโหนดใด ๆ จะทำงานได้ก็ต่อเมื่อโหนดนั้นมีอินพุตทุกตัวครบ ดังภาพที่ 2.65




ภาพที่ 2.31 การทำงานแบบ Dataflow

หลักการทำงานของโปรแกรมข้างบนคือ โปรแกรมประกอบด้วย โหนด 4 โหนด ได้แก่ การบวก, Random Number(การสุ่มตัวเลข), การคูณ, สแควร์รูท และถ้าพิจารณาจากหลักการข้างต้นโหนด ที่มีอินพุตครบและพร้อมที่จะทำงานได้เลยเมื่อรันโปรแกรมมีอยู่สามโหนด คือ การบวก, Random Number และสแควร์รูท ซึ่งสามตัวนี้จะทำงานพร้อมกัน ส่วนโหนดที่จะทำงานก่อนไม่ได้เลยก็คือ การคูณ เพราะจำเป็นต้องรอผลการบวกและ Random Number ก่อน

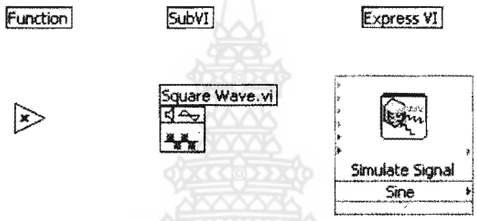
4) Block Diagram Nodes

คือไอคอนที่อยู่บน Block Diagram ซึ่งจะมีอินพุตหรือเอาต์พุต และจะทำงานตามหน้าที่เมื่อมีการรันโปรแกรม โดยแบ่งเป็นสามชนิดหลักๆ ได้แก่

ก) Functions คือ โหนดที่มีหน้าที่พื้นฐานของคอมพิวเตอร์ซึ่งไม่สามารถที่จะเจาะดูรายละเอียดภายในได้อีก เช่น การบวก, การคูณ, การเปิด-ปิดไฟล์ เป็นต้น

ข) SubVIs หรือในภาษาซอฟต์แวร์อาจเรียกว่า Subroutine หรือ Subprogram คือโปรแกรมย่อยที่ถูกเขียนขึ้นมาเพื่อถูกนำมาเรียกใช้ในอีกโปรแกรมหนึ่ง ดังภาพที่ 2.32 ซึ่งสามารถเปิดเข้าไปดู Front Panel และ Block Diagram ของมันได้เมื่อดับเบิ้ลคลิ๊กที่ตัวไอคอน SubVIs

ค) Express VIs เป็น SubVI ประเภทพิเศษ คือเมื่อเลือก Express VI มาวางบน Block Diagram มันจะปรากฏหน้าต่าง Configuration ขึ้นมาเพื่อให้ป้อนค่า Parameters ต่าง ๆ ตามต้องการและเมื่อป้อนค่าเสร็จ ก็จะสร้างโค๊ดไว้ภายในโดยอัตโนมัติตามที่ได้ตั้งค่าไว้ ซึ่งความสามารถของ Express VI นี้ทำให้แทบไม่ต้องต่อสาย Input เลยเพราะ Parameters ทั้งหมดถูกสร้างและเก็บอยู่ภายในเรียนร้อยแล้ว จึงทำให้การเขียน LabVIEW ง่ายและเร็วมากขึ้น สังเกตง่าย ๆ Express VI จะมีไอคอนใหญ่ที่พื้นหลังเป็นสีฟ้า ดังภาพที่ 2.32

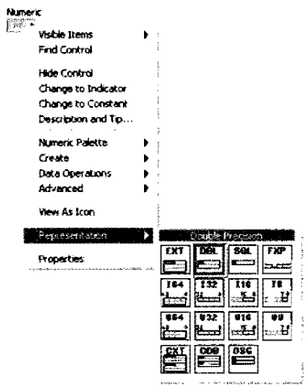



ภาพที่ 2.32 Block Diagram Nodes ในแบบต่างๆ

5) Data Types(ประเภทข้อมูล)

ในการเขียนโปรแกรมโดยทั่วๆ ไปจะต้องมีการประกาศตัวแปร ก่อนที่จะใช้ตัวแปรนั้น แต่สำหรับ LabVIEW นั้นจะจัดการให้เองหมดโดยผู้ใช้ไม่ต้องทำเอง เพียงแค่เลือกประเภทของข้อมูลมาวางบนโค๊ดเท่านั้น ประเภทของข้อมูลใน LabVIEW มีหลายอย่างที่ใช้กันเหมือนกับในภาษาอื่นๆ และยังมีอีกบางประการที่ใช้ใน LabVIEW เท่านั้น

ก) Numeric คือข้อมูลประเภทตัวเลข มีทั้งจำนวนเต็ม ซึ่งใน Block Diagram จะเห็นเป็นสีน้ำเงิน และจำนวนทศนิยมจะเห็นเป็นสีส้ม วิธีการเปลี่ยนประเภทของตัวเลข ให้คลิ๊กขวาที่ตัวเลขนั้นแล้วเลือก Representation และเลือกประเภทของตัวเลขได้เลย ซึ่งแถวบนจะเป็นตัวเลขประเภททศนิยม(จำนวนจริง) แถวสองคือ ตัวเลขจำนวนเต็ม(Integer) แถวสามคือจำนวนเต็มแบบไม่มีเครื่องหมายติดลบ(Unsigned Integer) และแถวล่างสุดคือตัวเลขเชิงซ้อน (Complex Number) ดังภาพที่ 2.33




ภาพที่ 2.33 การปรับเปลี่ยนค่าข้อมูลประเภทตัวเลข

ข) Boolean คือข้อมูลประเภทที่มีสองค่า คือ "จริง" และ "เท็จ" บน Block Diagram จะแสดงสีของข้อมูลนี้ด้วยสีเขียว และสำหรับบน Front Panel ตัว Boolean Control จะมีคุณสมบัติสวิตช์ ซึ่งมีหลายประเภท วิธีเปลี่ยนชนิดของสวิตช์ให้คลิ๊กขวาที่ Boolean Control บน Front Panel แล้วเลือก Mechanical Action ดังภาพที่ 2.34 จะมีด้วยกัน 6 รูปแบบดังนี้

Switch When Pressed คือ สวิตช์แบบกดติดกดดับ

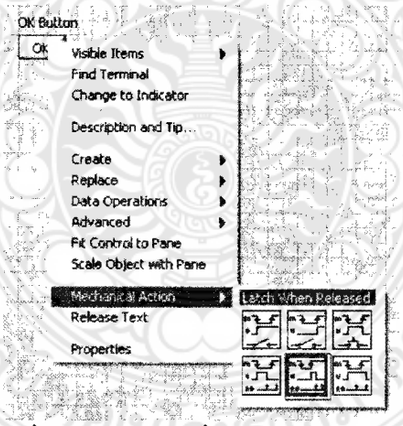
Switch When Released คือ สวิตช์แบบกดติดกดดับ แต่จะมีผลเมื่อปล่อยมือแล้วเท่านั้น

Switch Until Released คือ สวิตช์แบบกดติดปล่อยดับ

Latch When Pressed คือ สวิตช์จะเปลี่ยนค่าทันทีเมื่อทำการคลิ๊กแล้วจะเด้งกลับเป็นค่าเดิมเมื่อโปรแกรมรับรู้ ถึงแม้ว่าจะยังไม่ปล่อยมือก็ตาม

Latch When Released คือ จากกดสวิตช์แล้วจะเปลี่ยนค่าก็ต่อเมื่อปล่อยมือ แล้วเด้งกลับเป็นค่าเดิมอีกทีเมื่อโปรแกรมรับรู้

Latch Until Released คือ การกดติดปล่อยดับ แต่จะมีการรอให้โปรแกรมอ่านค่าตอนปล่อยมือก่อน แล้วเปลี่ยนกลับค่าเดิม




ภาพที่ 2.34 วิธีการเปลี่ยนรูปแบบของสวิตช์

ค) String คือข้อมูลที่เป็นตัวอักษร ไอคอนของ String จะเป็นสีชมพู สำหรับการแสดงผลของ String บน Front Panel จะมีอยู่ 4 รูปแบบ

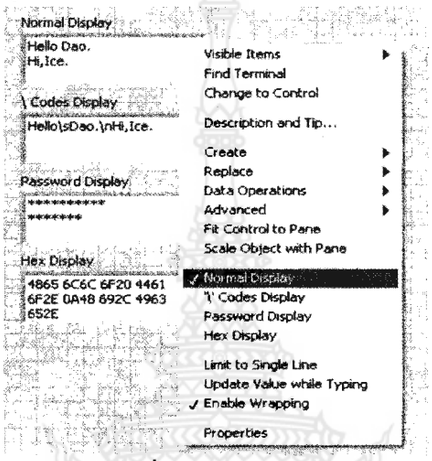
Normal Display คือ การแสดงผลปกติ

'/' Code Display คือ การแสดงผลแบบโค๊ด มีประโยชน์สำหรับการแสดงตัวอักษรที่ตาเปล่าไม่เห็น เช่น การเว้นวรรค(/s), แท็บ(/t), การขึ้นบรรทัดใหม่(/n) เป็นต้น

Password Display จะแทนตัวอักษรด้วยเครื่องหมาย *

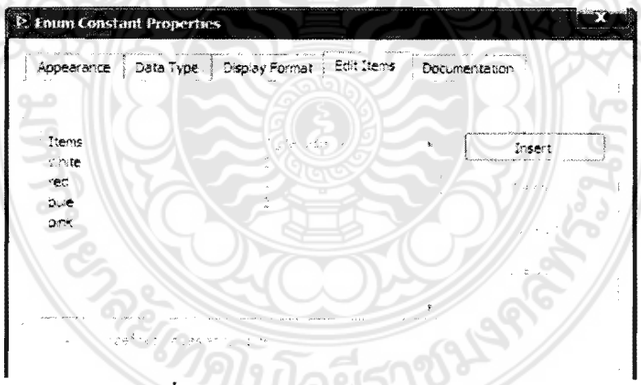
Hex Display แสดงผลเป็นรหัสเลขฐานสิบหก

ในการเปลี่ยนรูปแบบการแสดงผลสามารถคลิ๊กขวาที่ String บน Front Panel แล้วเลือกเปลี่ยนจากเมนูได้ทันที ดังภาพที่ 2.35



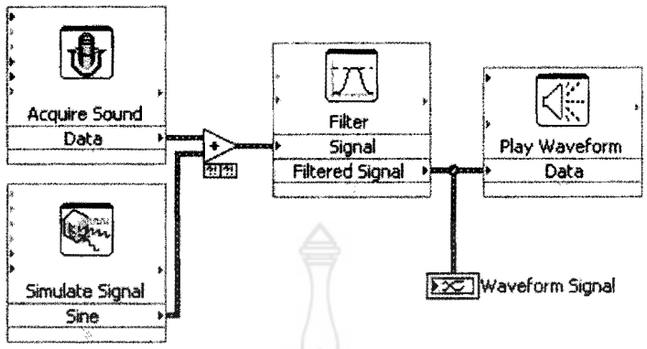

ภาพที่ 2.35 วิธีการเปลี่ยนรูปแบบการแสดงผลของ String

ง) Enum คือ ข้อมูลประเภทที่แสดงให้ผู้ใช้เห็นเป็นตัวหนังสือ แต่ค่าจริงของมันคือ ตัวเลขดังนั้นบน Block Diagram จึงมองเห็นข้อมูลประเภทนี้เป็นสีน้ำเงิน ซึ่งเหมือนกับจำนวนเต็มวิธีการสร้าง Enum Control ให้วาง Enum ลงไปบน Front Panel แล้วคลิ๊กขวาและเลือก Edit Item จากนั้นจะมีหน้าต่าง Enum Properties ก็พิมพ์ตัวหนังสือบนคอลัมน์ซ้าย ซึ่งจะไปจับคู่กับตัวเลขทางคอลัมน์ขวามือ ดังภาพที่ 2.36



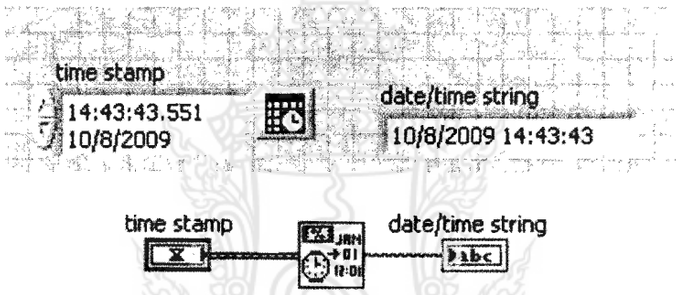

ภาพที่ 2.36 วิธีการสร้าง Enum Control

ข) Dynamic คือ ข้อมูลที่อยู่ในรูปของเว็ฟฟอร์มสัญญาณบน Block Diagram ถูกแสดงด้วยสีน้ำเงินเข้ม เส้นหนา ซึ่งภายในประกอบด้วยข้อมูลมากมาย เช่น Array ของเว็ฟฟอร์ม, Time Stamp, ชื่อของสัญญาณ ฯลฯ ข้อมูลประเภท Dynamic นี้ส่วนใหญ่ใช้ใน Express VI จำนวนการอ่าน, กำเนิด และวิเคราะห์สัญญาณ เป็นต้น แสดงการใช้งานแบบ Dynamic ดังภาพที่ 2.37




ภาพที่ 2.37 การใช้งานข้อมูลแบบ Dynamic

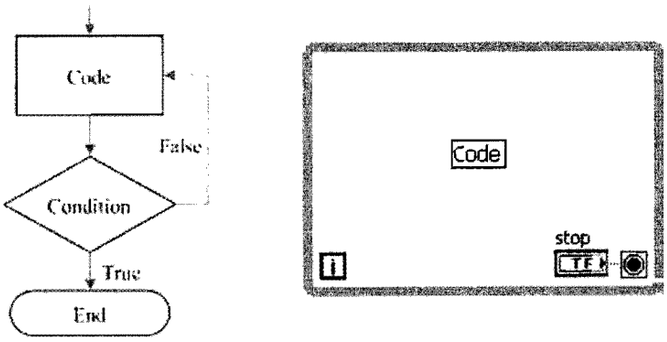
ฉ) Time Stamp คือข้อมูลที่ประกอบด้วยวันที่ และเวลาที่มีความละเอียดถึงมิลลิวินาที Time Stamp บน Block Diagram จะมีหน้าตาเป็นสีน้ำตาลเส้นหนา สามารถนำมาแปลงให้เป็นวันที่และเวลาแบบ String ได้ดังภาพที่ 2.38




ภาพที่ 2.38 การใช้งานข้อมูลแบบ Time Stamp

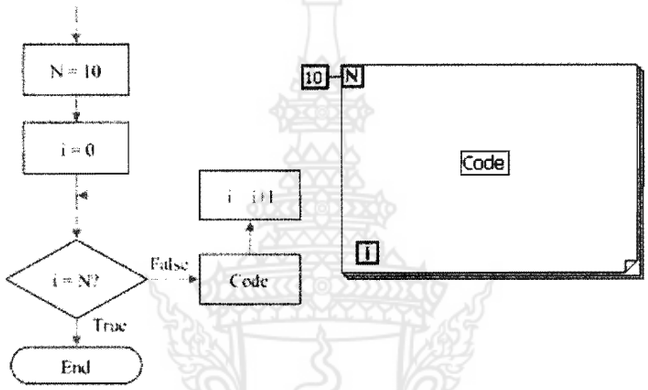
6) การเขียนโค๊ดให้มีการทำซ้ำหรือวนลูปเป็นสิ่งที่ใช้บ่อยมากสำหรับการเขียนโปนแกรม เนื่องจากการคำนวณหลายอย่างจำเป็นจะต้องทำในลักษณะซ้ำๆ การทำลูปจึงเป็นเทคนิคสำคัญที่จะต้องรู้ สำหรับ LabVIEW ลูปคือ กรอบสี่เหลี่ยมที่ล้อมรอบโค๊ดที่จะรันซ้ำเอาไว้มี 2 ประเภทตามลักษณะการใช้งาน

ก) While Loop คือกรอบสีเทา ประกอบด้วย Terminal Index ซึ่งจะส่งค่าตัวเลขออกมาบอกว่าตอนนี้ While Loop วิ่งมากี่ครั้งแล้วโดยเริ่มนับจากศูนย์ และ While Loop จะรันจนกว่า Terminal เงื่อนไข จะได้รับ Boolean ค่า True จึงจะหยุดรัน ซึ่งเงื่อนไขตัวกลมสีแดงนี้เรียกว่า Stop If True ก็คือ หยุดเมื่อได้รับค่าจริงนั่นเอง การรัน While Loop เป็นไปตามโฟล์วชาร์ต ดังภาพที่ 2.39




ภาพที่ 2.40 การใช้งาน While Loop

ข) For Loop ในส่วนนี้มีไว้สำหรับการรันลูปที่แน่นอน ว่าต้องการรันทั้งหมดกี่ครั้งโดยจำเป็นต้องระบุจำนวนครั้ง(N) ของ For Loop ไว้ก่อนมิฉะนั้นจะรันโค๊ดไม่ได้ ส่วนตัว Index จะเหมือนกับ While Loop คือให้ผลเป็นตัวเลขแสดงจำนวนลูปที่รันไปแล้วโดยเริ่มนับจากศูนย์ ซึ่งกลไกใน For Loop เป็นดังโฟล์วชาร์ต ดังภาพที่ 2.41

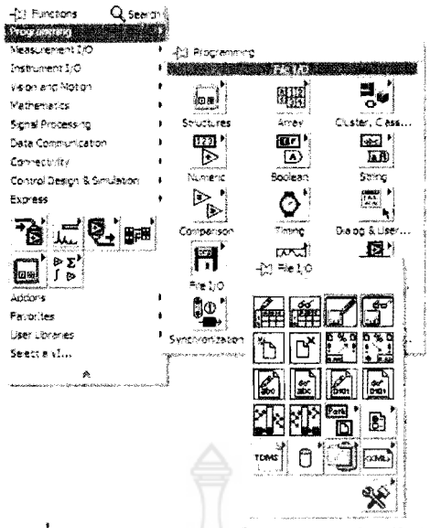



ภาพที่ 2.41 การใช้งาน For Loop

7) การบันทึกและการอ่านไฟล์

การบันทึกข้อมูลจาก LabVIEW ลงไฟล์ และการอ่านข้อมูลจากไฟล์แล้วนำไปใช้งานใน LabVIEW เป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องนำมาใช้งานอยู่เสมอ ในหัวข้อนี้จะพูดถึงเรื่องของไฟล์ที่บันทึกเป็นตัวอักษรหรือ Text File ซึ่งเป็นโค๊ดในระบบ ASCII ที่สามารถบันทึกหรือนำมาเปิดด้วยโปรแกรมต่าง ๆ ได้เช่น Note Pad, MS Word, Ms Excel ฯลฯ และในการเขียนข้อมูลเข้า LabVIEW มี 2 แบบดังนี้

ก) High Level File I/O ในโปรแกรม LabVIEW นั้นมี VI สำเร็จรูปสำหรับการเขียนและอ่านไฟล์โดยที่ไม่ต้องสนใจเรื่องการเปิดไฟล์ปิดไฟล์ในระดับล่าง ซึ่งเรียกว่าแบบ High Level ซึ่ง VI เหล่านี้จะอยู่ใน Functions Palette : >> File I/O สี่ตัวแถวบน ดังภาพที่ 2.42

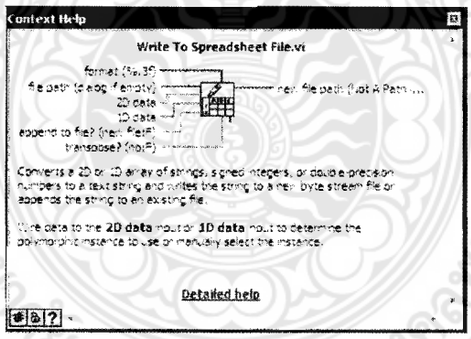



ภาพที่ 2.42 เมนูการบันทึกและการอ่านไฟล์

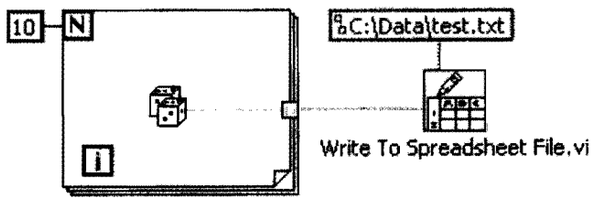
ข) Low Level File I/O มีรูปแบบการเขียนอ่านไฟล์ โดยเริ่มจากการเปิดไฟล์หรือสร้างไฟล์ใหม่ จากนั้นก็เริ่มการเขียนและการอ่านไปเรื่อยๆ ในลูป และเมื่อจบลูปก็ปิดไฟล์ ซึ่งจะเห็นว่าการเปิดไฟล์และปิดไฟล์ทำเพียงครั้งเดียวเพราะอยู่นอกลูป ถ้านำทุกอย่างเข้ามาในลูปแล้วก็จะทำให้การเขียนอ่านไฟล์ไม่มีประสิทธิภาพเพราะต้องเสียเวลาปิดไฟล์เปิดไฟล์ทุกครั้ง รูปแบบของ Low Level File I/O ดังภาพที่ 2.43

ภาพที่ 2.43 รูปแบบของ Low Level File I/O

ค) การเขียนข้อมูลเพื่อบันทึกไฟล์เป็นนามสกุล *.txt หรือ *.xls การบันทึกไฟล์นั้นทำได้โดยการใช้ฟังก์ชั่น Write To Spreadsheet File.Vi ดังภาพที่ 2.44 และการต่อข้อมูลหน้า Block Diagram ดังภาพที่ 2.78 เป็นตัวอย่างโปรแกรมการนำข้อมูลเก็บเป็นไฟล์ *.txt

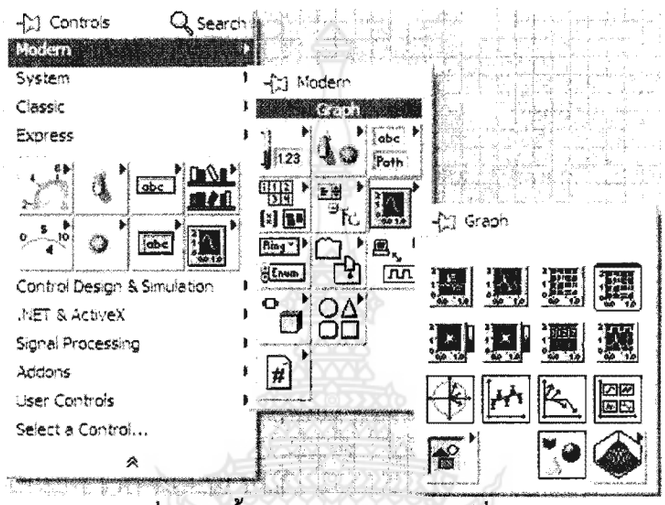



ภาพที่ 2.44 จุดต่อใช้งานของ Write to Spreadsheet File.vi



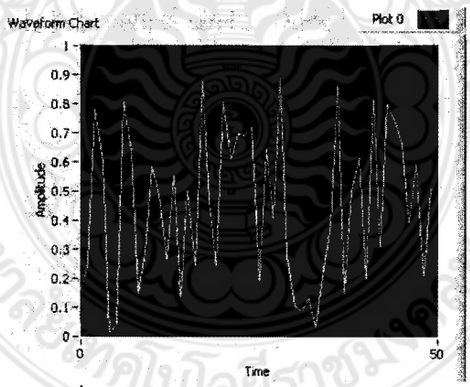

ภาพที่ 2.45 ตัวอย่างโปรแกรมการนำข้อมูลเก็บเป็นไฟล์ *.txt

8) การใช้งานกราฟฟังก์ชั่นกราฟของโปรแกรม LabVIEW 8.6 จะมีฟังก์ชั่นการใช้แสดงผลทางกราฟแบบสำเร็จรูปจึงง่ายต่อการใช้งาน โดยเริ่มต้นต้องทำการสร้างกราฟที่ต้องการจะให้แสดงผล โดยคลิ๊กขวาที่ Front Panel >> Controls>> Graph ดังภาพที่ 2.46



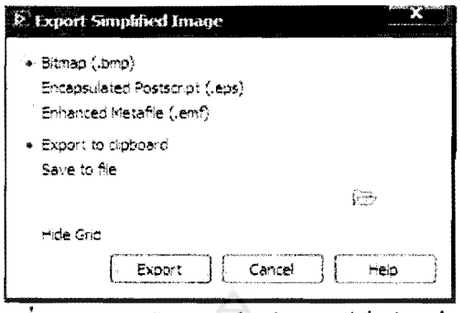

ภาพที่ 2.46 ขั้นตอนการเลือกใช้ฟังก์ชั่นกราฟ

ฟังก์ชั่นกราฟ นี้ยังมีกราฟอีกหลายแบบที่สามารถเลือกใช้ได้ตามต้องการ โดยในแต่ละแบบจะมีการใช้งานอย่างไรนั้นสามารถใช้ฟังก์ชั่น Help โดยเลือกที่เมนู Help >> Show Contact Help หรือกด Ctrl+H เมื่อนำเคอร์เซอร์ไปใกล้ๆ กับฟังก์ชั่นที่เลือกก็จะมีคำอธิบายปรากฏขึ้นบนมุมขวาของโปรแกรม ในการแสดงข้อมูลทางกราฟ ดังตัวอย่างกราฟชนิด Waveform Chart ดังภาพที่ 2.47

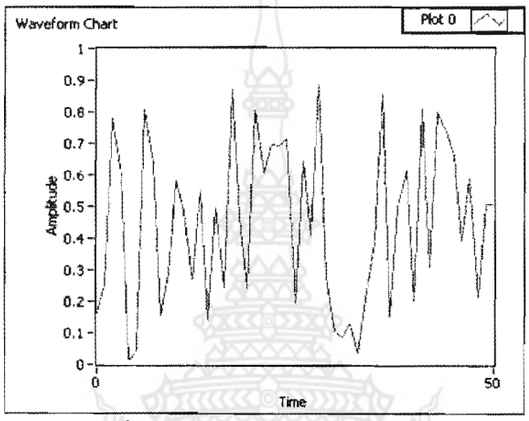



ภาพที่ 2.47 กราฟชนิด Waveform Chart

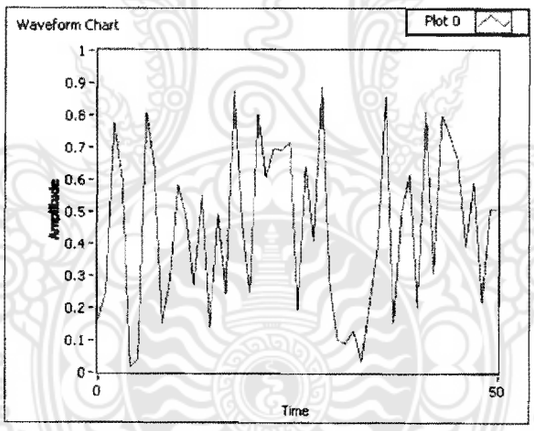
สามารถที่จะบันทึกเป็นไฟล์ภาพนามสกุล *.bmp และ *.emf ได้โดยการคลิ๊กขวาที่พื้นที่กราฟ จะมีข้อความขึ้นให้เลือกบันทึกเป็นไฟล์ภาพได้ 2 แบบคือ *.emf และ *.bmp ดังภาพที่ 2.48 และเมื่อทำการบันทึกแล้วผลที่ได้ ดังภาพที่ 2.49 - 2.50




ภาพที่ 2.48 การเลือกบันทึกข้อมูลให้เป็นไฟล์ภาพ




ภาพที่ 2.49 ไฟล์ภาพนามสกุล *.bmp

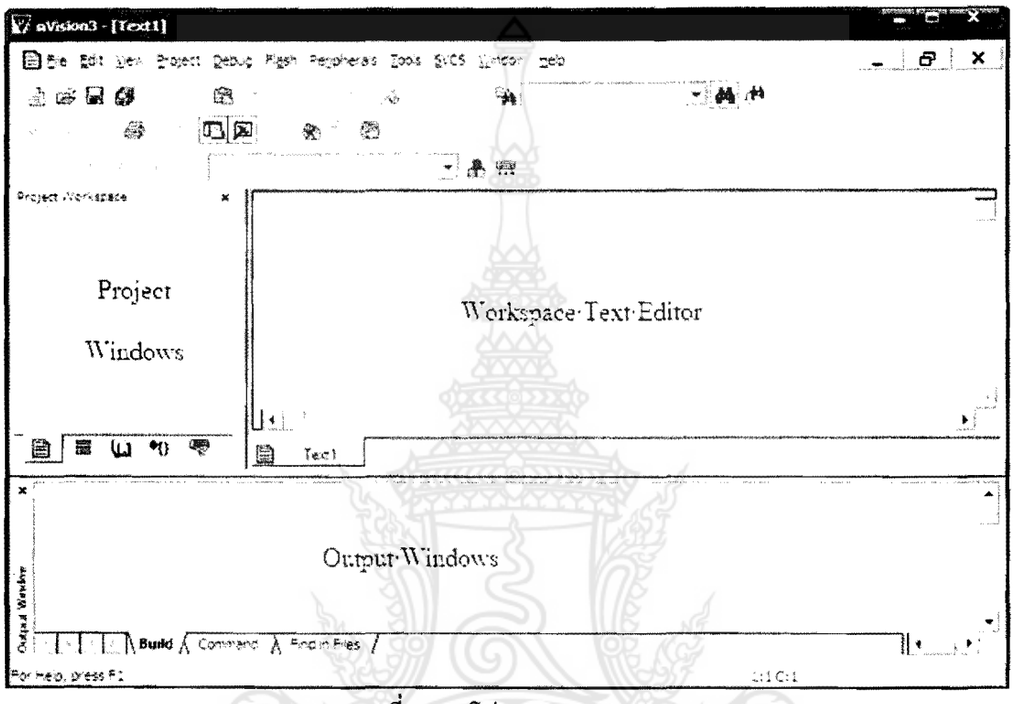



ภาพที่ 2.50 ไฟล์ภาพนามสกุล *.emf

2.8.2 โปรแกรม Keil C51

โปรแกรม Keil C51 นี้เป็นส่วนประกอบหลักๆ ในการใช้เขียนโปรแกรมภาษาซี เพื่อควบคุมการใช้งานของเครื่อง เมื่อต้องการเข้าสู่โปรแกรม Keil C51 ให้ดับเบิ้ลคลิ๊กที่ไอคอน Keil C51 ดังภาพที่ 2.51 และในหน้าต่างหลักของโปรแกรม Keil C51 ดังภาพที่ 2.52

ภาพที่ 2.51 โปรแกรม Keil C51




ภาพที่ 2.52 โปรแกรม Keil C51

ซึ่งประกอบไปด้วย

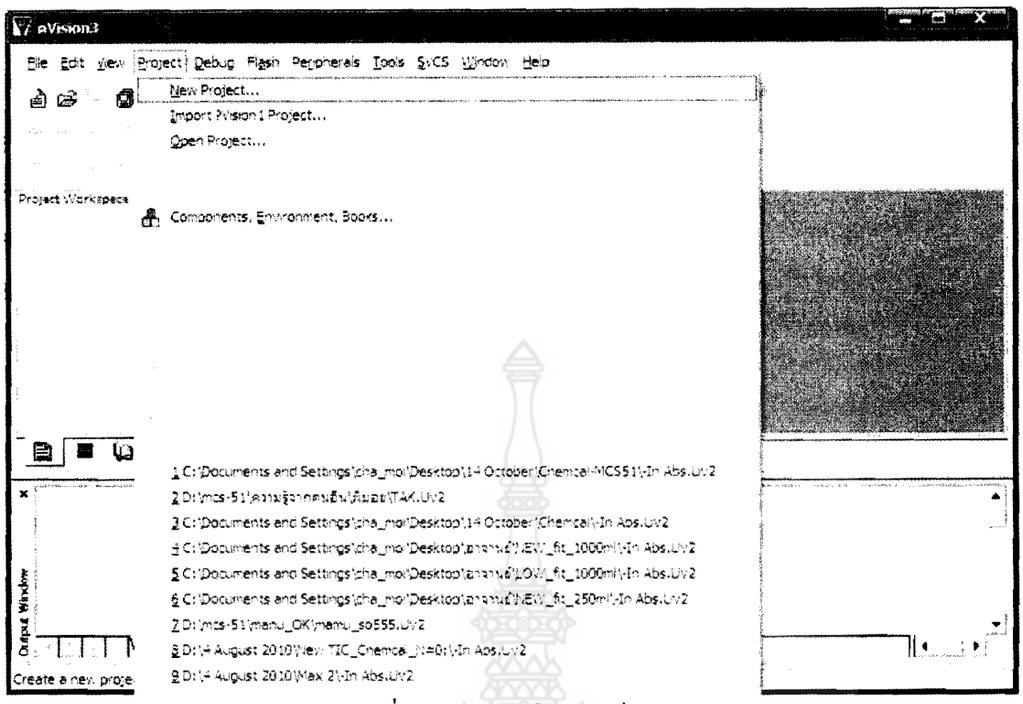
1) Project Windows ส่วนนี้ใช้สำหรับสร้างโปรแกรม และแปลคำสั่งในโปรแกรมให้อยู่ในรูป *.hex ไฟล์

2) Workspace Text Editor ส่วนนี้ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมภาษา ซึ่งเวลาแก้ ไขต้องใช้หน้าต่างในส่วนนี้

3) Output Windows ส่วนนี้ใช้สำหรับตรวจสอบความผิดพลาดทางไวยากรณ์ของโปรแกรมที่เขียนขึ้น

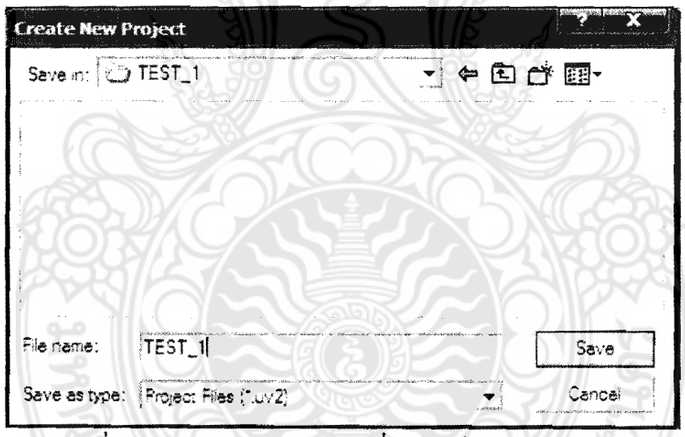
ขั้นตอนในการสร้างโปรเจ็ค

1) เลือกที่ Project/New Project เพื่อสร้างโปรเจ็คใหม่ขึ้นมา ดังภาพที่ 2.53



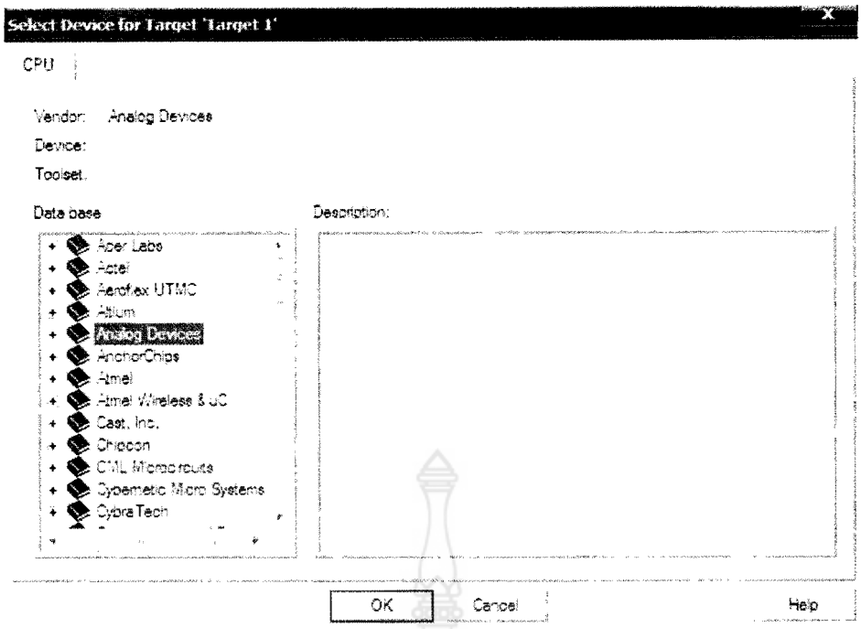

ภาพที่ 2.53 การสร้างโปรเจ็คใหม่

2) เมื่อเลือก New Project ขึ้นมาแล้วจะขึ้นหน้าต่างสำหรับใส่ชื่อโปรเจ็คและบันทึกงาน ดังภาพที่ 2.54 ซึ่งควรจะสร้างโฟลเดอร์ขึ้นมาใหม่ แล้วเข้าไป Save ในโฟลเดอร์นั้น ข้อสำคัญในการตั้งชื่อคือ ควรจะต้องตั้งให้สอดคล้องกับงานที่ทำ



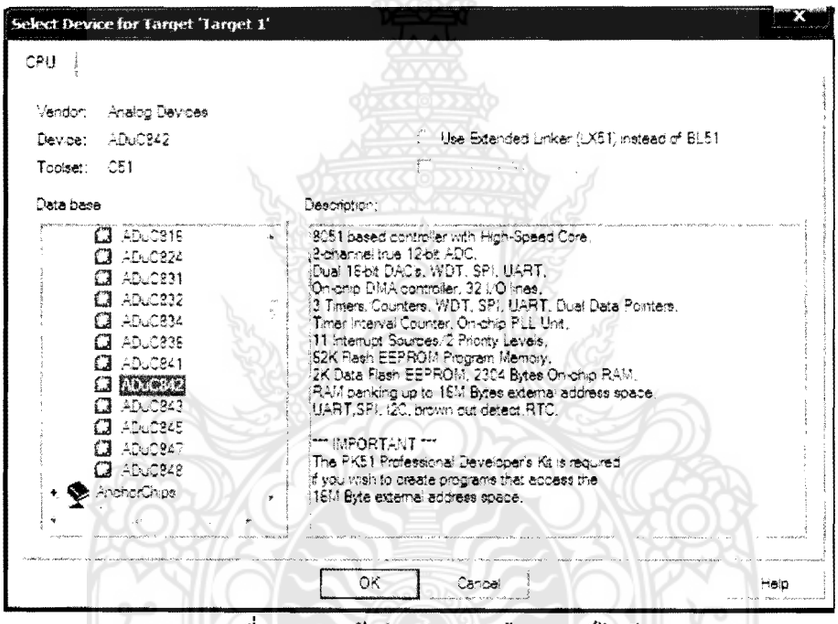

ภาพที่ 2.54 หน้าต่างสำหรับใส่ชื่อโปรเจ็คและบันทึกงาน

3) เมื่อคลิ๊ก Save จะปรากฏหน้าต่าง ดังภาพที่ 2.55 เพื่อให้ทำการเลือกไอซีที่จะทำการสร้างโปรเจ็ค แล้วจึงทำการเลือกยี่ห้อ ซึ่งในที่นี้จะใช้ยี่ห้อ Analog Devices



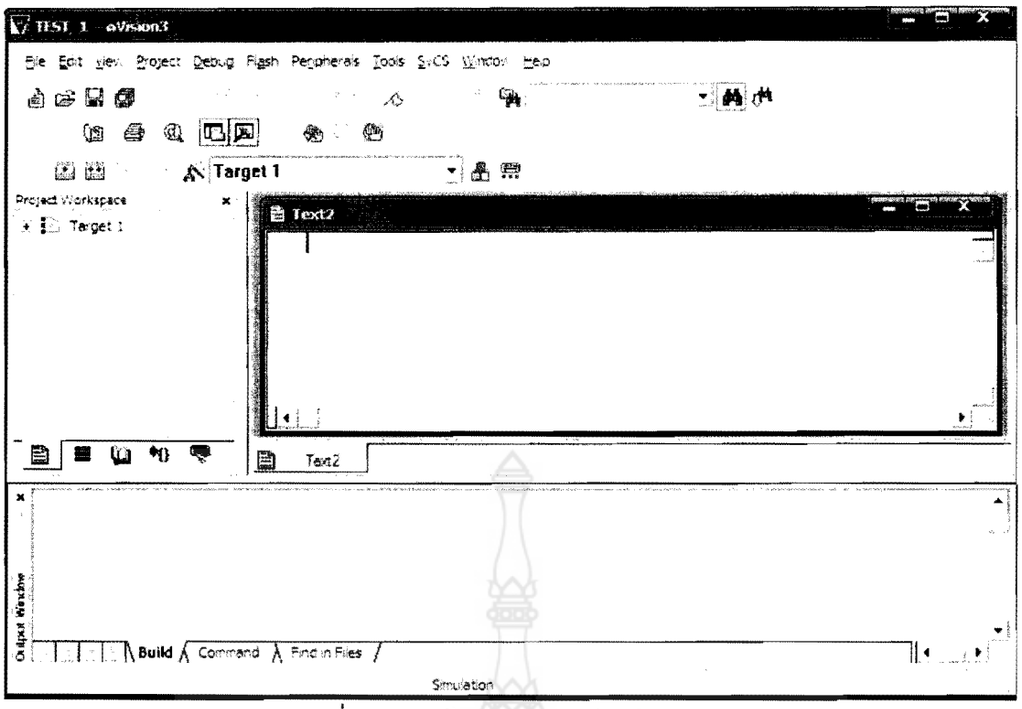

ภาพที่ 2.55 หน้าต่างสำหรับเลือกไอซี

4) เลือกเบอร์ไอซีที่ต้องการ แล้วคลิ๊ก OK ดังภาพที่ 2.56




ภาพที่ 2.56 หน้าต่างสำหรับเลือกเบอร์ไอซี

5) เลือกที่ New จะขึ้นหน้าต่าง Text ขึ้นมาให้ทำการเขียนโปรแกรมที่ต้องการ ดังภาพที่ 2.57

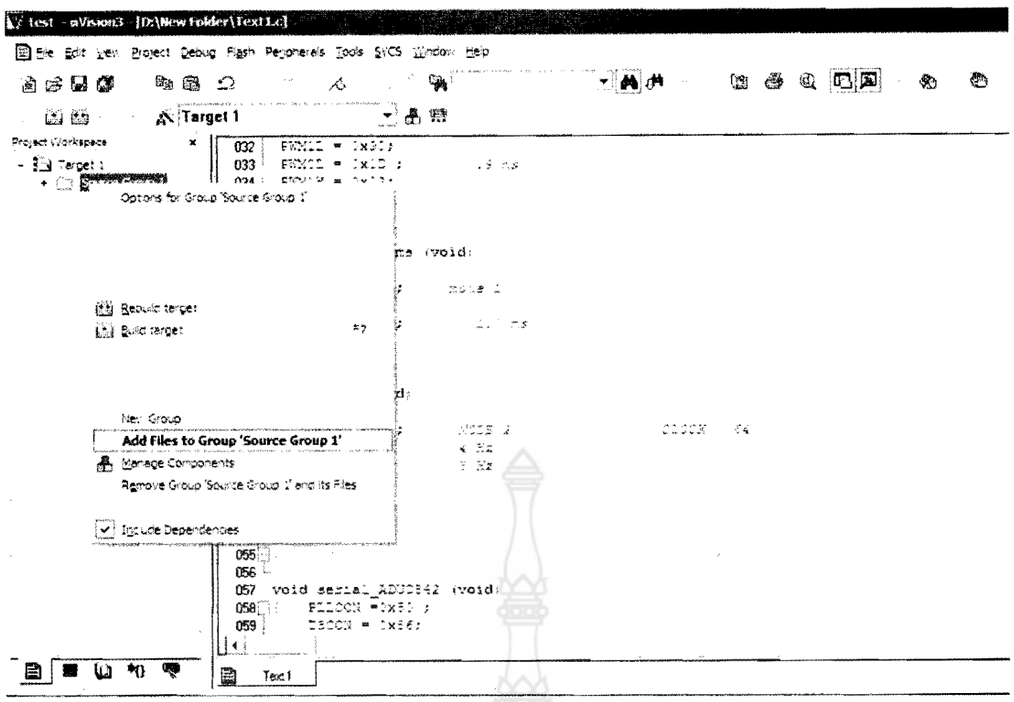



ภาพที่ 2.57 หน้าต่างสำหรับเขียนโปรแกรม

6) เมื่อเขียนโปรแกรมเสร็จแล้วให้ทำการบันทึกโปรแกรมโดยเลือกที่ Save ดังภาพที่ 2.91 ซึ่งในการ Save นั้นจำเป็นจะต้องใส่นามสกุล *.c เช่น test.c, robo51.c

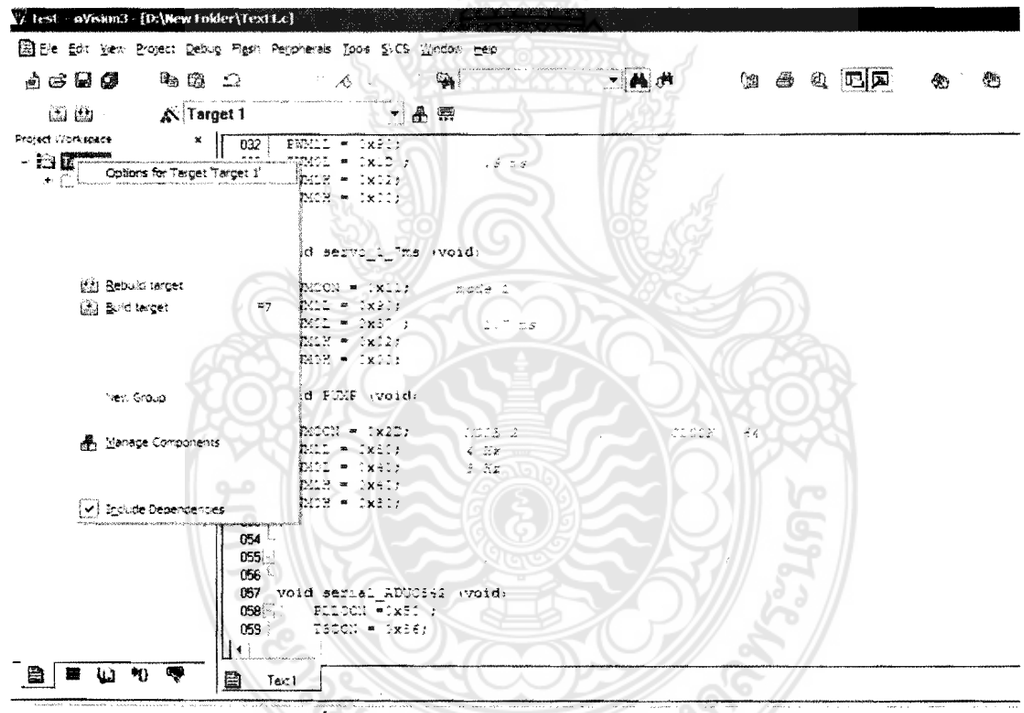
ภาพที่ 2.58 หน้าต่างสำหรับบันทึกโปรแกรม

7) ทำการคลิ๊กขวาที่ Source Group แล้วเลือกที่ Add File to Group ทำการเลือก File ที่ได้ ทำการ Save ไว้มาเข้ากลุ่มงานโปรเจ็คที่สร้าง ดังภาพที่ 2.59



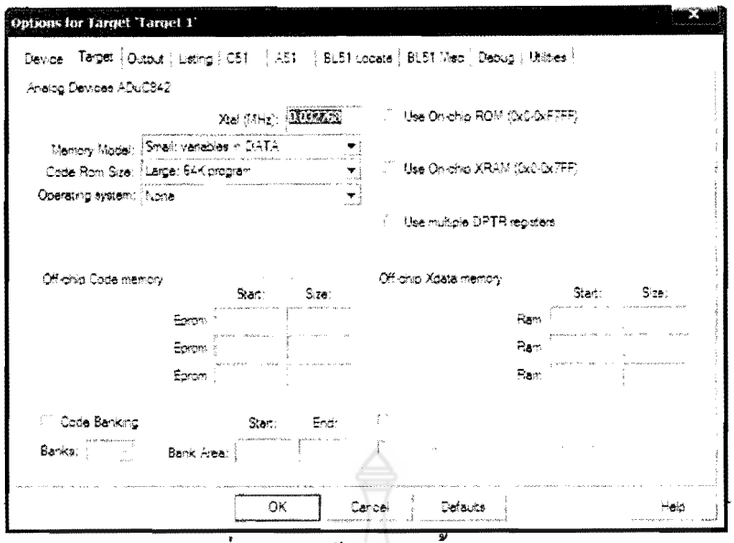

ภาพที่ 2.59 หน้าต่างการ Add File to Group

8) เมื่อเลือกงานเข้ามาในโปรเจ็คที่สร้างแล้ว ต่อมาจะต้องทำการ SET ค่าเพื่อที่จะทำ Output โดยทำการเลือก Option for Target ดังภาพที่ 2.60



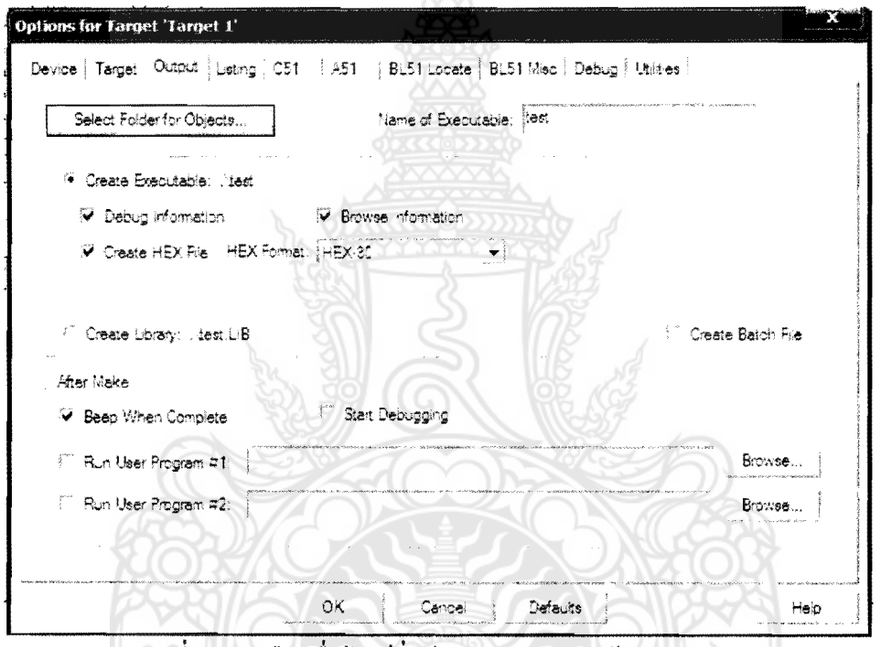

ภาพที่ 2.60 หน้าต่างการเลือก Option for Target

9) จากนั้นจะปรากฏหน้าต่าง ดังภาพที่ 2.61 ขึ้นมาทำการใส่ค่า Option ต่างๆ



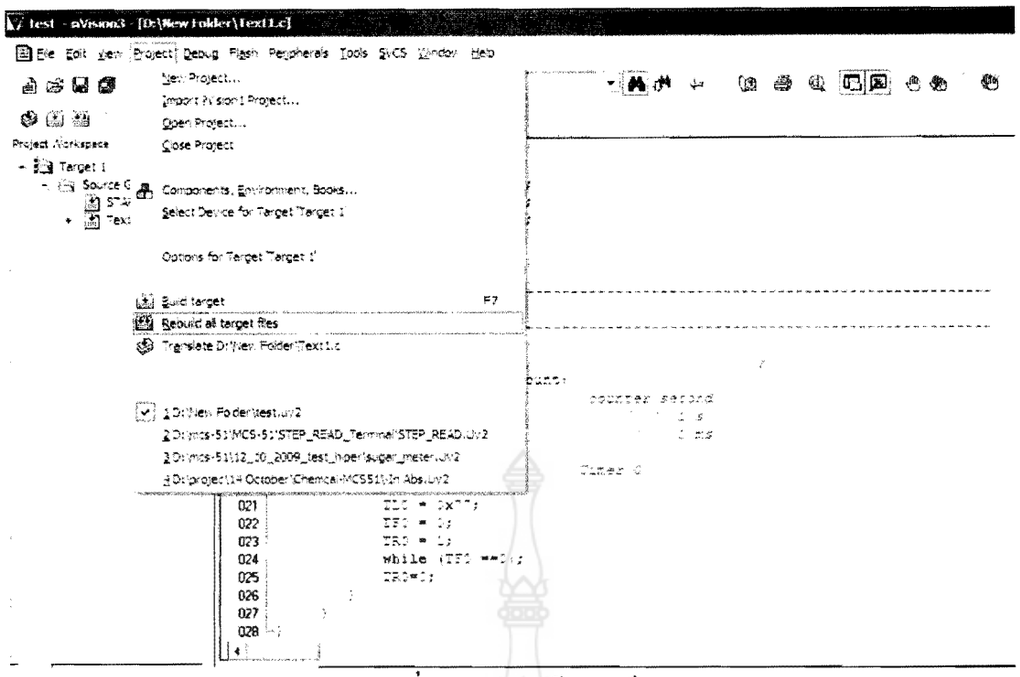

ภาพที่ 2.61 หน้าต่างการตั้งค่า Option

10) เลือกที่ Tap Output แล้วทำการเลือกชื่อไฟล์ที่จะ Complier แล้วคลิ๊กที่ Create HEX File ดังภาพที่ 2.62



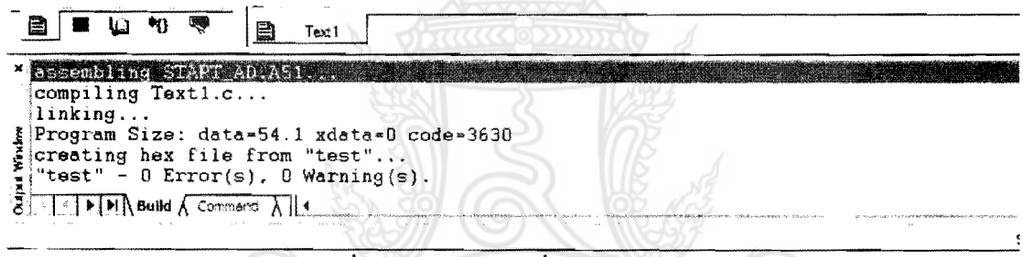

ภาพที่ 2.62 เลือกชื่อไฟล์ที่ใช้ Complier และสร้าง *.hex File

11) จากนั้นทำการสร้าง Output โดยเข้าที่ Project Build Project หรือกด F7 ดัง ภาพที่ 2.96




ภาพที่ 2.63 การสร้างเอาต์พุต

12) เมื่อทำการกดแล้วถ้าขึ้น Error แสดงว่าโปรแกรมที่เขียนมีจุดที่เขียนผิด ให้ทำการดับเบิ้ลคลิ๊กตรง Error ก็จะปรากฏบรรทัดที่ Error ของโปรแกรมแต่ถ้าทำการแก้ไขเรียบร้อยแล้วจนไม่มี Error แล้วโปรแกรมจะสร้าง ไฟล์ *.hex ให้ในโฟลเดอร์โปรเจ็คที่สร้าง ดังภาพที่ 2.63

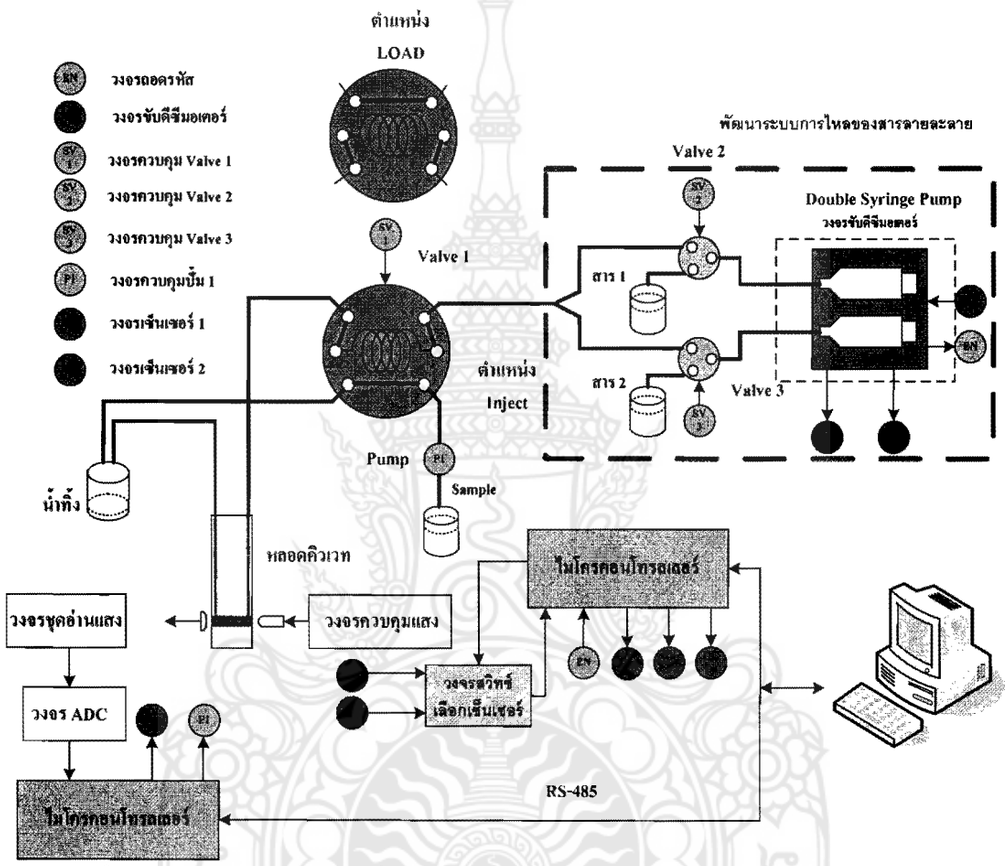



ภาพที่ 2.63 โปรแกรมที่สามารถใช้งานได้

# บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลอง

## 3.1 การออกแบบและการสร้างเครื่องวัดการดูดกลืนแสง

การออกแบบและการสร้างพัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล ได้นำทฤษฎีต่างๆ กล่าวในบทที่ 2 มาทำการออกแบบการทำงานของเครื่อง การสร้างวงจรต่างๆ จนไปถึงโครงสร้าง และการควบคุมการทำงานของเครื่อง ในการออกแบบวงจรและโครงสร้างเครื่องแสดงด้วยบล็อกไดอะแกรมของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหลด้วย Double Syringe Pump ดังภาพที่ 3.1



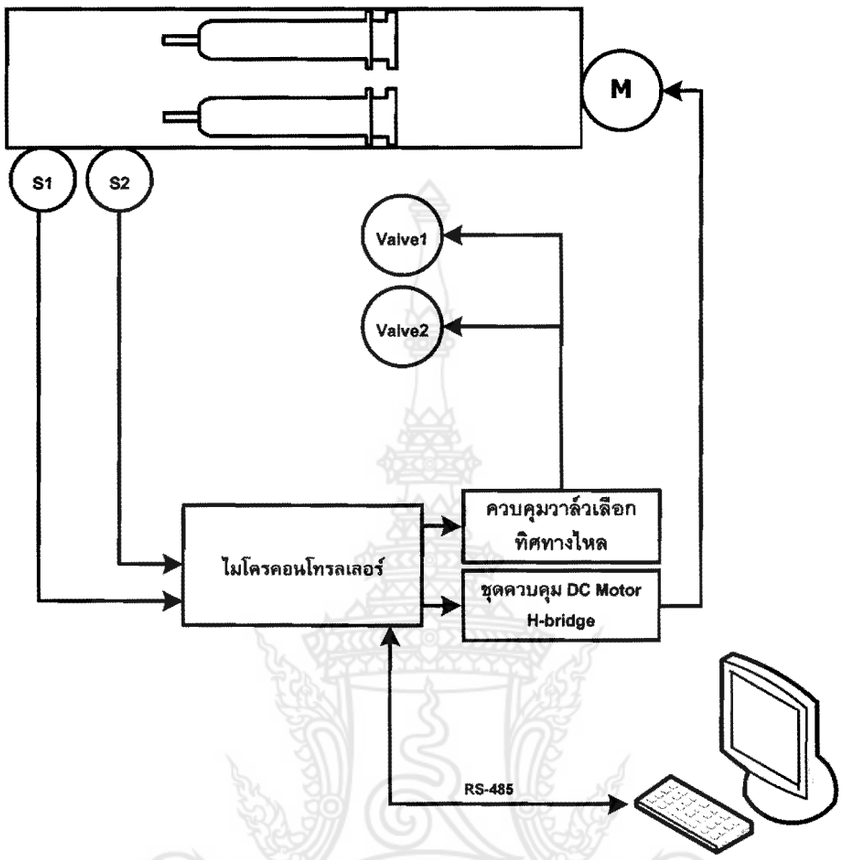

ภาพที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล

จากบล็อกไดอะแกรมการทำงานพัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล โดยสามารถแยกการทำงานเป็นสองส่วนด้วยกันดังนี้

**3.2 บล็อกไดอะแกรมพัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล**

3.2.1 บล็อกไดอะแกรมในส่วนการควบคุมระบบการไหลของสารละลาย

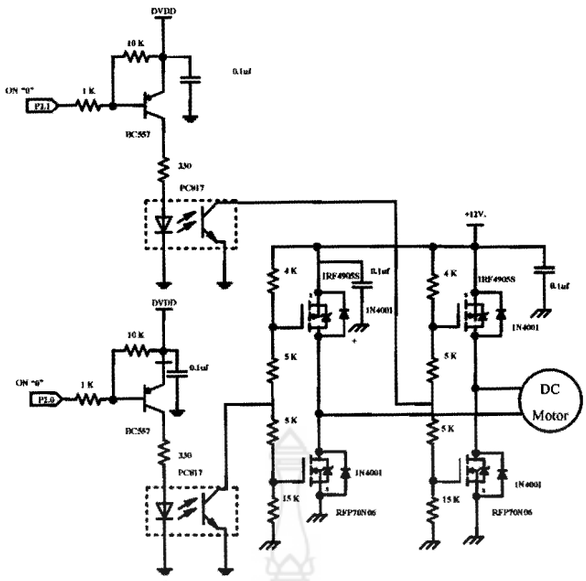
ในการออกแบบวงจรและโครงสร้างเครื่องในส่วนการควบคุมระบบการไหลของสารละลายแสดงด้วยบล็อกไดอะแกรม ดังภาพที่ 3.2




ภาพที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมในส่วนการควบคุมระบบการไหลของสารละลาย

บล็อกไดอะแกรมในส่วนการควบคุมระบบการไหลของสารละลาย ประกอบชุดควบคุมดังนี้

1) ชุดควบคุมดีซีมอเตอร์ เป็นวงจรกลับทางหมุนมอเตอร์แบบไฮบริดจ์โดยมอสเฟสเป็นตัวควบคุมการทำงานมอเตอร์ โดยอาศัยจังหวะของสัญญาณนาฬิกา และลอจิก “0” หรือ “1” จากไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถกลับทางหมุนมอเตอร์ ดังภาพที่ 3.3 และแสดงสถานะการทำงานของชุดควบคุมดีซีมอเตอร์ ดังตารางที่ 3.1

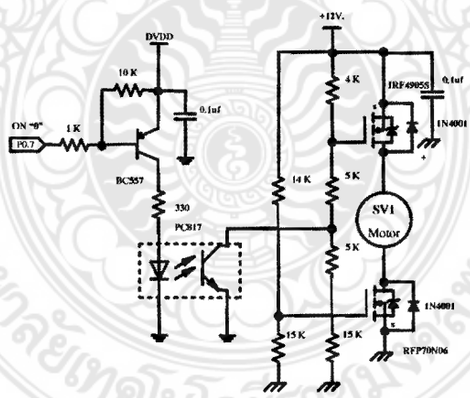



ภาพที่ 3.3 ชุดควบคุมดีซีมอเตอร์

ตารางที่ 3.1 ตารางความจริงของชุดควบคุมดีซีมอเตอร์

| P2.0 | P2.1 | DC Motor |
|---|---|---|
| 0 | 0 | ไม่ทำงาน |
| 0 | 1 | หมุนขวา |
| 1 | 0 | หมุนซ้าย |
| 1 | 1 | ไม่ทำงาน |

2) ชุดควบคุมวาล์วเลือกทิศทางไหล ทำหน้าที่ควบคุมเลือกสถานะการไหลของสารละลายควบคุมโดยอาศัยลอจิก “0” และลอจิก “1” ที่ส่งจากพอร์ต 0.7 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยไบอัสขาซอร์สของมอสเฟต เพื่อควบคุมการทำงานของวาล์วเลือกทิศทางไหล ดังภาพที่ 3.4 และแสดงสถานะการทำงานของชุดควบคุมวาล์วเลือกทิศทางไหล ดังตารางที่ 3.2

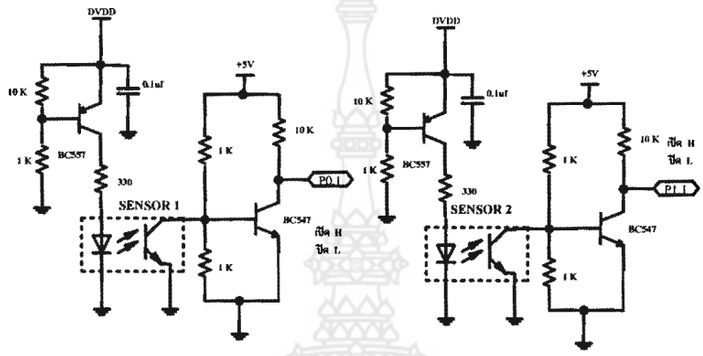



ภาพที่ 3.4 ชุดควบคุมวาล์วเลือกทิศทางไหล

ตารางที่ 3.2 ตารางความจริงของชุดควบคุมวาล์วเลือกทิศทางไหล

| P0.7 | สถานะวาล์ว |
|---|---|
| 0 | NO |
| 1 | NC |

3) วงจรเซ็นเซอร์ เป็นตัวตรวจจับการทำงานของแกนดีซีมอเตอร์ โดยจะตรวจจับแสง เมื่อแกนดีซีมอเตอร์อยู่ตำแหน่งเซ็นเซอร์ วงจรเซ็นเซอร์จะส่งค่า ลอจิก "0" ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่หากแกนดีซีมอเตอร์เคลื่อนไปยังตำแหน่งอื่นจะส่งค่า ลอจิก "1" ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังภาพที่ 3.5 และแสดงสถานการณ์ทำงานของวงจรเซ็นเซอร์ ดังตารางที่ 3.3



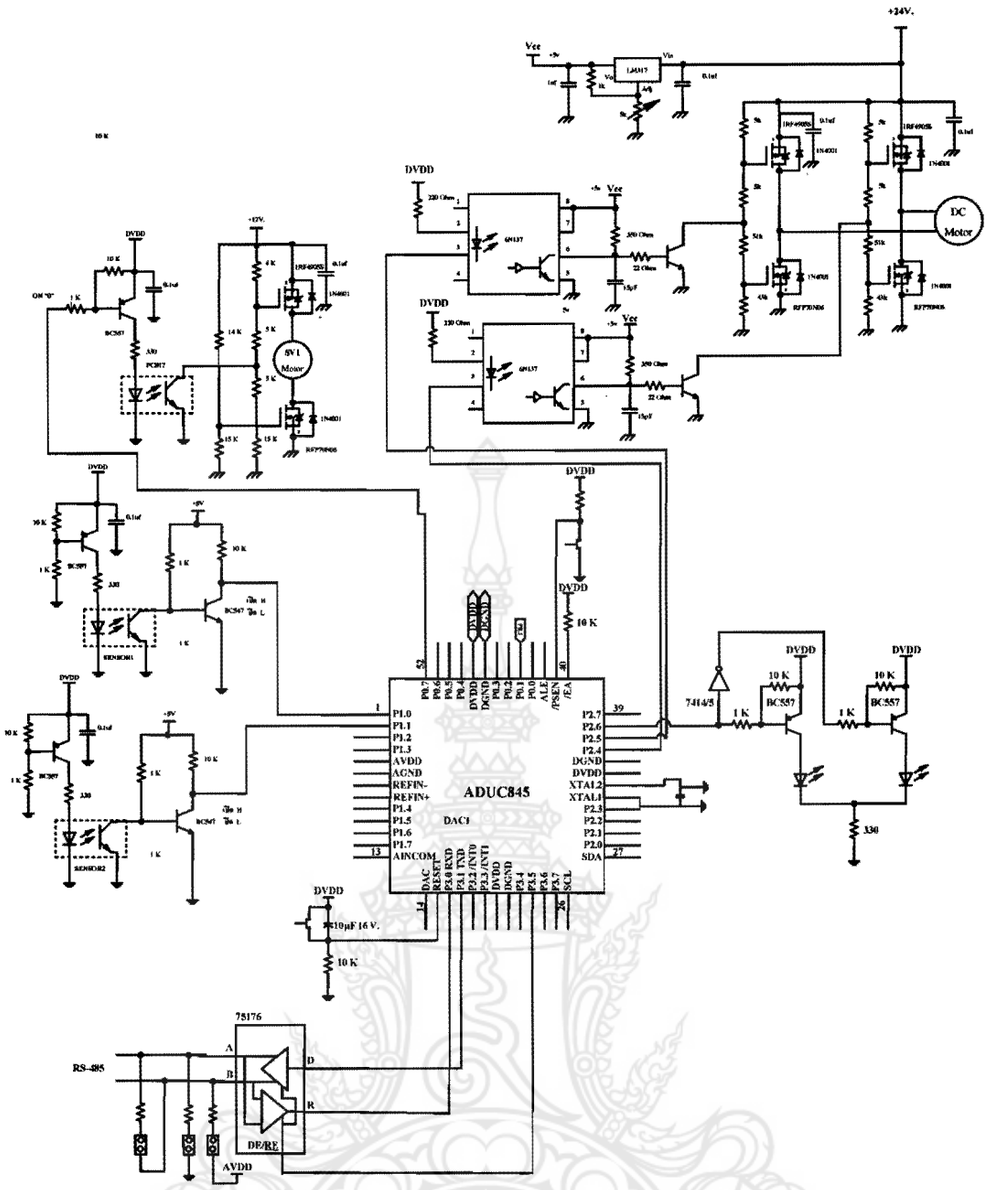

ภาพที่ 3.5 วงจรเซ็นเซอร์

ตารางที่ 3.3 ตารางความจริงของวงจรเซ็นเซอร์

| Sensor(1-2) | Output(P0.0-P0.1) |
|---|---|
| เปิด | High |
| ปิด | Low |

4) คอมพิวเตอร์ใช้โปรแกรม LabVIEW ทำหน้าที่ในการสั่งการทำงานต่างๆ เพื่อควบคุมระบบการไหลของสารละลาย

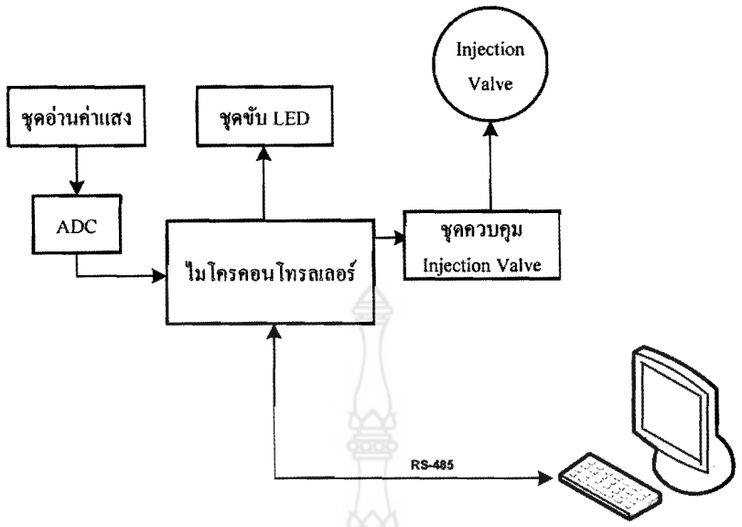
5) ไมโครคอนโทรลเลอร์ ภาคควบคุมระบบการไหลของสารละลายทำหน้าที่ดังต่อไปนี้ ตรวจจับตำแหน่งของเซ็นเซอร์ 1 และเซ็นเซอร์ 2 โดยส่งสัญญาณพัลส์ไปควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ และดีซีมอเตอร์ ดังภาพที่ 3.6




ภาพที่ 3.6 วงจรรวมในส่วนการควบคุมระบบการไหลของสารละลาย

3.2.2 บล็อกไดอะแกรมในส่วนการวัดค่าการดูดกลืนแสงสารละลาย

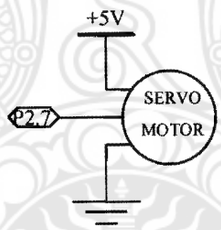
ในการออกแบบวงจรและโครงสร้างเครื่องในการวัดค่าการดูดกลืนแสงสารละลายแสดงด้วยบล็อกไดอะแกรม ดังภาพที่ 3.7




ภาพที่ 3.7 บล็อกไดอะแกรมส่วนการวัดค่าการดูดกลืนแสงสารละลาย

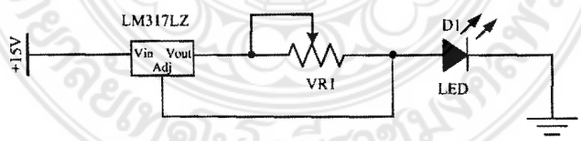
บล็อกไดอะแกรมในส่วนการวัดค่าการดูดกลืนแสงสารละลาย ประกอบชุดควบคุมดังนี้

1) ชุดควบคุม Injection Valve ควบคุมด้วยเซอร์โวมอเตอร์ของ ETT รุ่น SR431 มีการทำงาน 2 สถานะด้วยกัน คือ สถานะ Load และ Injection โดยทำงานด้วยสัญญาณพัลส์วิดธ์มอดูเลชั่นที่ส่งจากขา P2.7 จากไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังภาพที่ 3.8




ภาพที่ 3.8 ชุดควบคุม Injection Valve

2) ชุดขับ LED เป็นรักษาระดับกระแสโดยใช้ไอซีเบอร์ LM317LZ เพื่อป้อนกระแสให้กับไดโอดเปล่งแสง(LED) ดังภาพที่ 3.9 ทำการกำหนดกระแสที่ไหลไดโอดเปล่งแสง (LED) คำนวณกระแสการไหลได้จากสมการที่ 3.1




ภาพที่ 3.9 ชุดขับ LED

$$I_{out} = \frac{1.25V}{R_1} \qquad \text{สมการที่ 3.1}$$

เราต้องการ $I_{out} = 18mA$ ดังนั้น $R_1$ ใช้ในการควบคุมกระแสจะได้

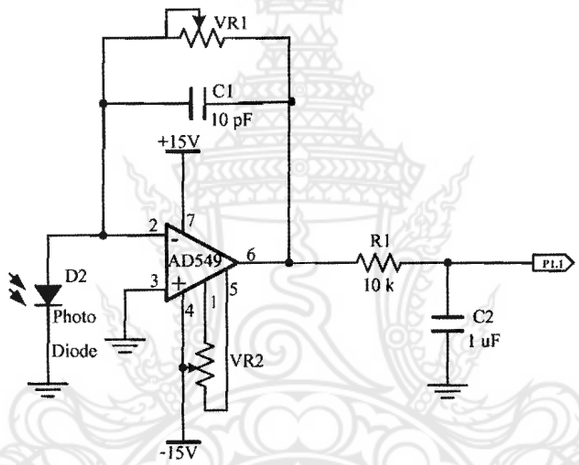
$$I_{out} = \frac{1.25V}{R_1}$$

$$R_1 = \frac{1.25V}{18\times10^{-3}} = 69.44\Omega$$

$$R_1 \approx 70\Omega$$

เมื่อได้ค่า $R_1$ ที่ใช้ในการควบคุมกระแส เราจะทำการขับไดโอดเปล่งแสง (LED) แต่จะเปลี่ยนจากตัวต้านทานค่าคงที่มาเป็นตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้(VR1)

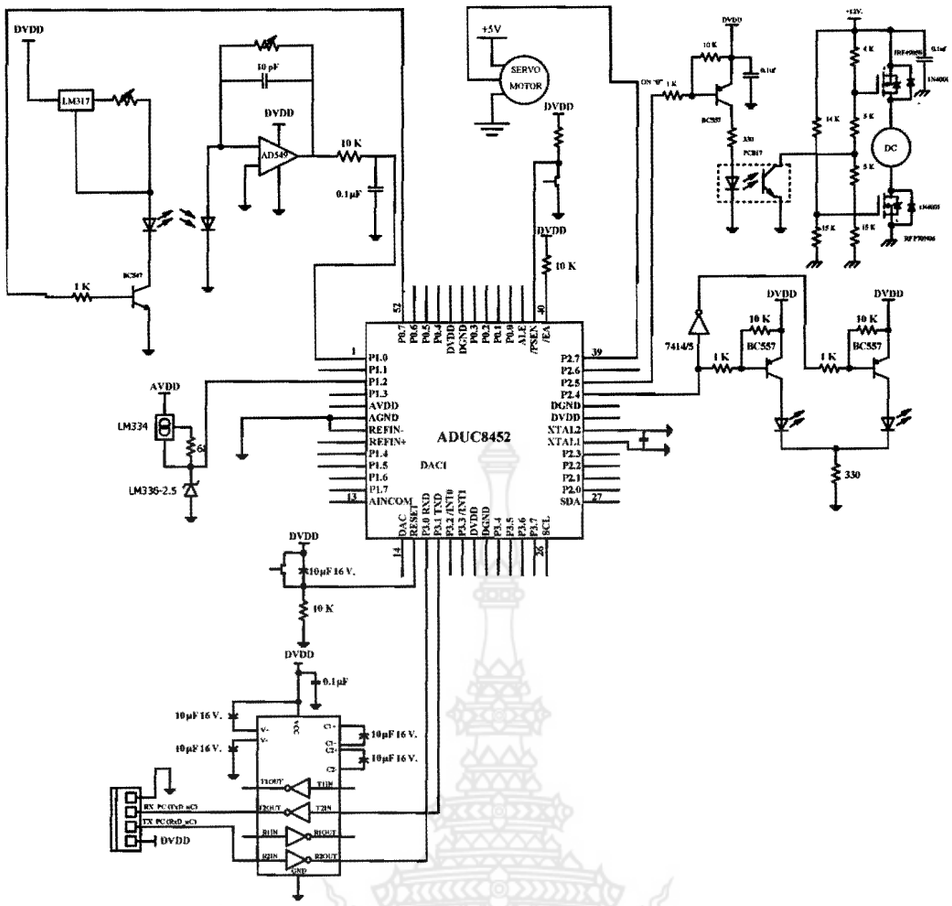
3) ชุดอ่านค่าแสง ทำหน้าที่รับสัญญาณแสงนั้นโดยใช้ โฟโต้ทรานซิสเตอร์ (Phototransistor) หรือโฟโต้ไดโอด(Photodiode) โดยเราเลือกใช้โฟโต้ไดโอด ของบริษัท Silonex รุ่น SLD-70BG2 ซึ่งมีช่วงความยาวคลื่นตอบสนองอยู่ในช่วง 400-700 nm โดยเปลี่ยนพลังงานให้อยู่ในรูปกระแส จากนั้นAD549 จะเปลี่ยนจากกระแสเป็นแรงดันส่งไปยัง P1.1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังภาพที่ 3.10




ภาพที่ 3.10 ชุดอ่านค่าแสง

4) คอมพิวเตอร์ใช้โปรแกรม LabVIEW ทำหน้าที่ในการสั่งการทำงานต่างๆ เพื่อควบคุมระบบการไหลของสารละลาย

5) ไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนการวัดค่าการดูดกลืนแสงสารละลายทำหน้าที่ดังต่อไปนี้ สั่งทำงานชุดขับ LED, อ่านค่าแสงจากชุดอ่านค่าแสง และส่งสัญญาณพัลส์ไปควบคุม Injection Valve ดังภาพที่ 3.11



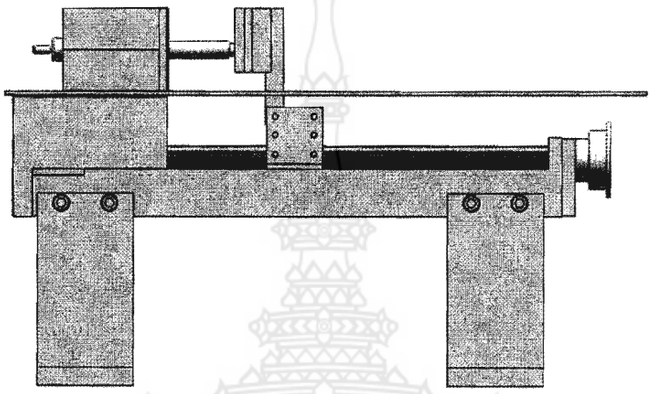

ภาพที่ 3.11 วงจรรวมในส่วนการวัดค่าการดูดกลืนแสงสารละลาย

**3.3 การออกแบบ**

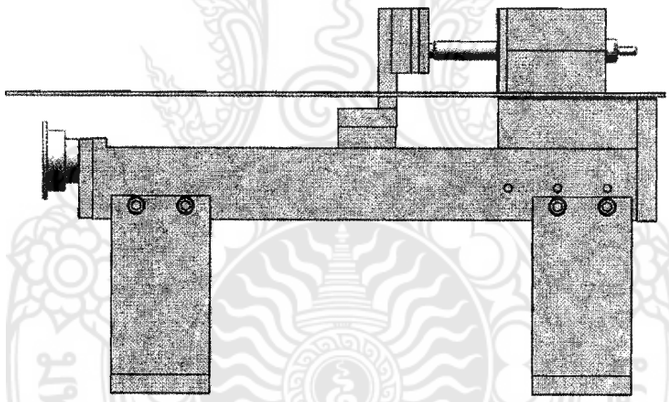
3.3.1 การออกแบบประกอบด้วย ออกแบบระบบการไหลด้วยดับเบิ้ลไซล์ลิงค์ และออกแบบโครงสร้างเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล

1) การออกแบบระบบการไหลด้วยดับเบิ้ลไซล์ลิงค์

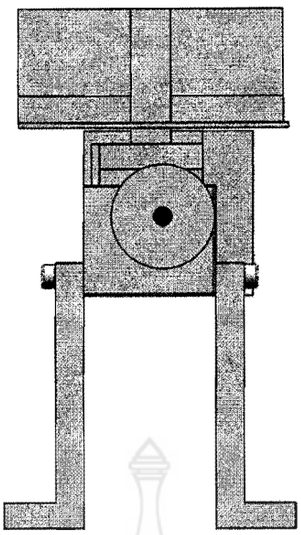
โดยใช้หลอดไซล์ลิงค์ ขนาด 2 ml ชนิดแก้ว จำนวน 2 หลอด โดยได้ออกแบบแกนจับหลอดดับเบิ้ลไซล์ลิงค์ ดังภาพที่ 3.12 ประกอบด้วย โครงสร้างด้านหน้า ดังภาพ ก), โครงสร้างด้านหลัง ดังภาพ ข), โครงสร้างด้านข้าง ดังภาพ ค), โครงสร้างด้านบน ดังภาพ ง), ภาพแกนจับหลอดดับเบิ้ลไซล์ลิงค์ด้านหน้า ดังภาพ จ) และภาพแกนจับหลอดดับเบิ้ลไซล์ลิงค์ด้านหลัง ดังภาพ ฉ)



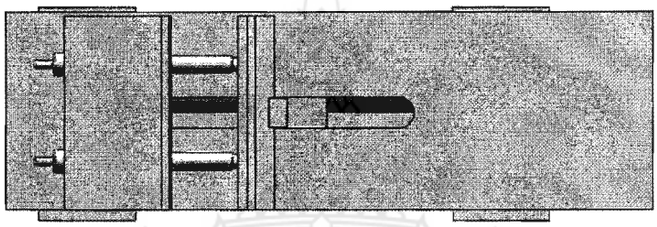
ก) โครงสร้างด้านหน้า



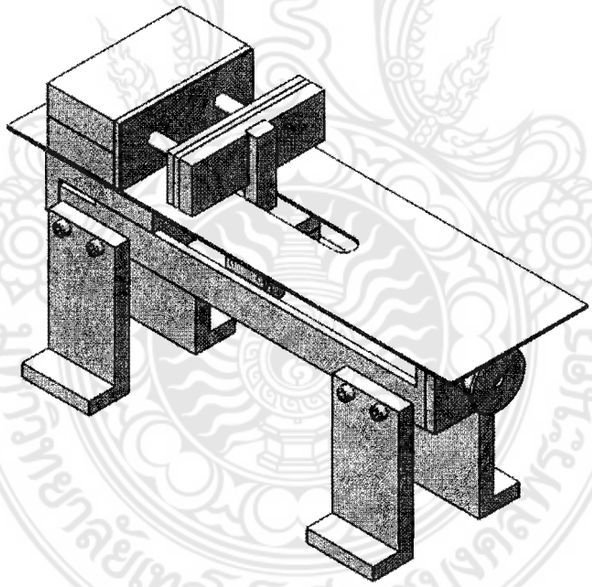
ข) โครงสร้างด้านหลัง



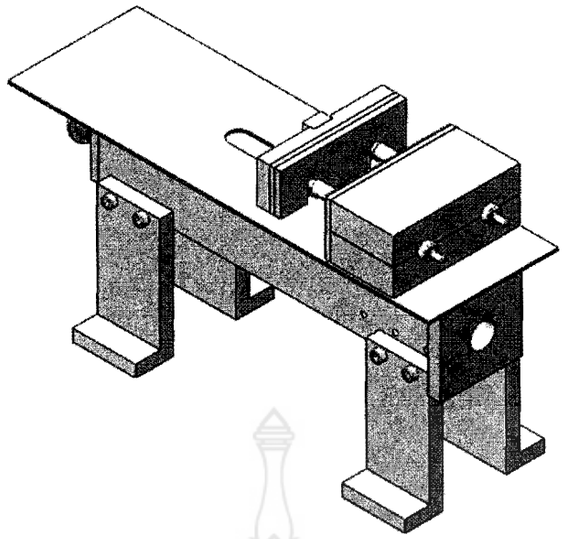
ค) โครงสร้างด้านข้าง



ง) โครงสร้างด้านบน



จ) ภาพแกนจับหลอดดับเบิ้ลไซล์ลิงค์ด้านหน้า

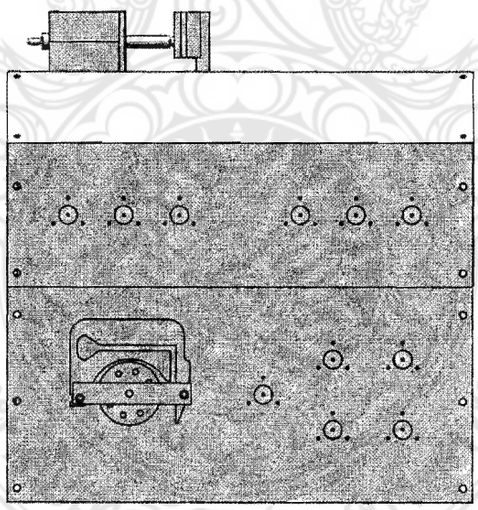


ฉ) ภาพแกนจับหลอดดับเบิ้ลไซล์ลิงค์ด้านหลัง

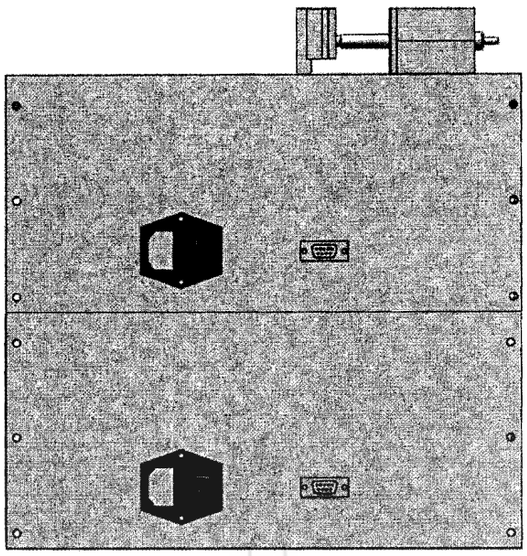
ภาพที่ 3.12 ระบบการไหลด้วยดับเบิ้ลไซล์ลิงค์

2) การออกแบบโครงสร้างเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล

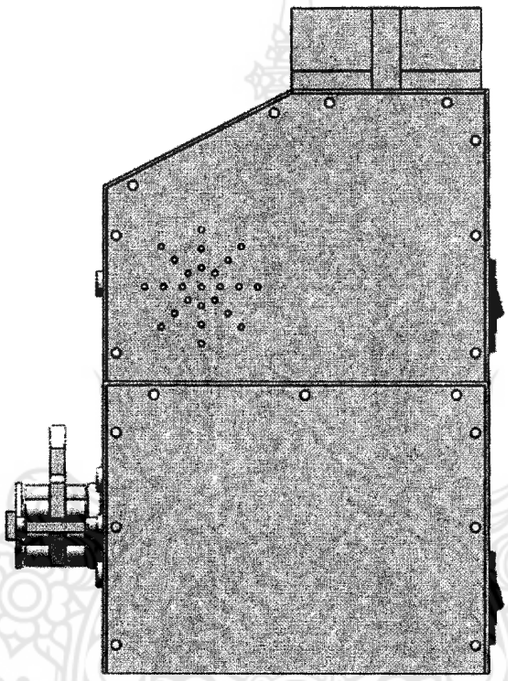
การออกแบบโครงสร้างเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล โดยใช้แผ่นสแตนเลส ขนาดความหนา 2 mm เป็นโครงสร้างเครื่องดังภาพที่ 3.13 ประกอบด้วย โครงสร้างด้านหน้า ดังภาพ ก), โครงสร้างด้านหลัง ดังภาพ ข), โครงสร้างด้านข้าง ดังภาพ ค), โครงสร้างด้านบน ดังภาพ ง), ภาพเครื่องด้านหน้า ดังภาพ จ) และภาพเครื่องด้านหลัง ดังภาพ ฉ)



ก) โครงสร้างด้านหน้า

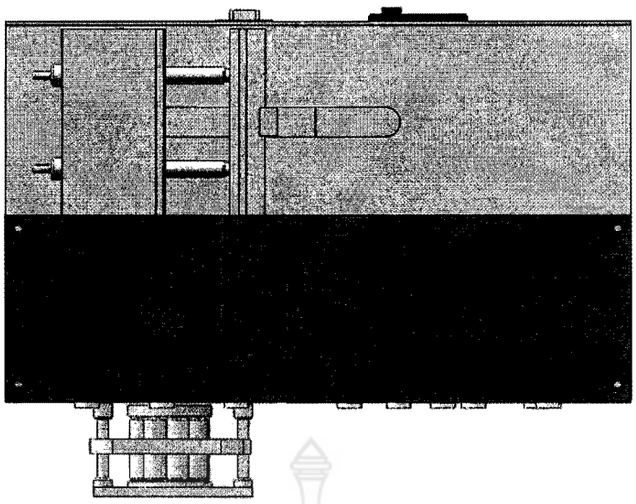


ข) โครงสร้างด้านหลัง

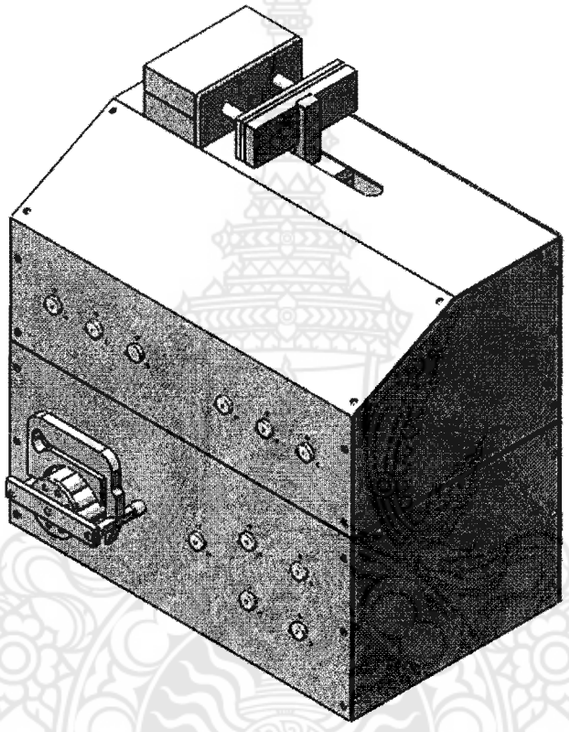


ค) โครงสร้างด้านข้าง

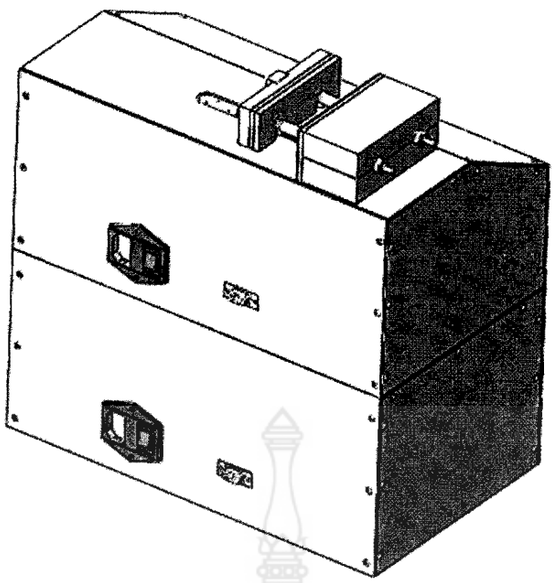
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



ง) โครงสร้างด้านบน



จ) ภาพเครื่องด้านหน้า

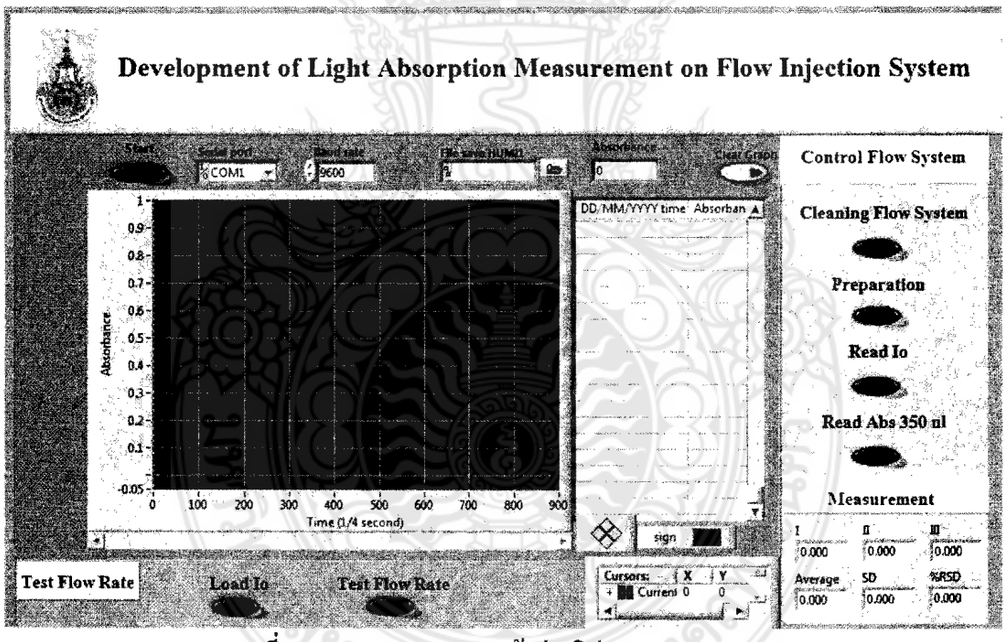


ฉ) ภาพเครื่องด้านหลัง

ภาพที่ 3.13 โครงสร้างเครื่อง

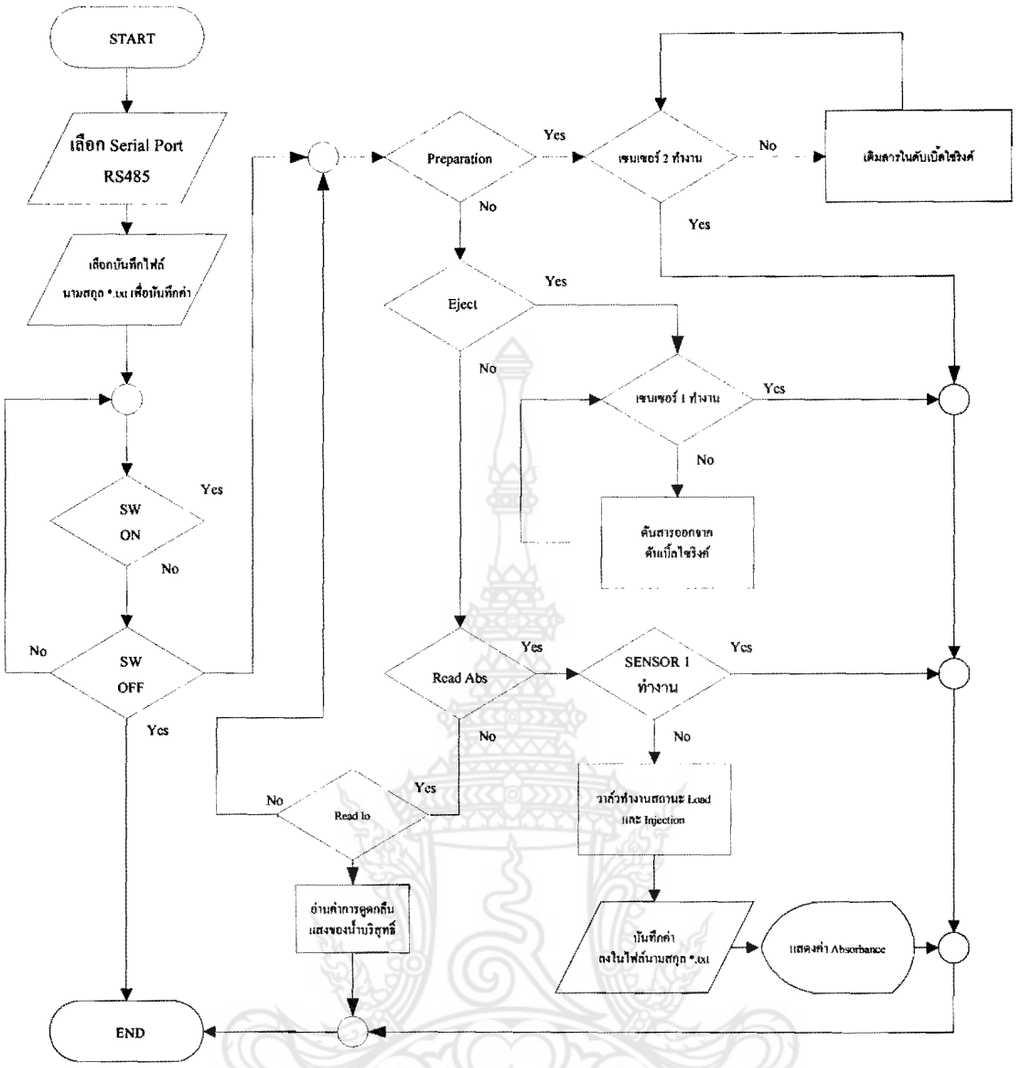
3.3.2 การออกแบบหน้าต่างโปรแกรม LabVIEW และโฟลว์ชาร์ตการทำงานของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล

การออกแบบหน้าต่างโปรแกรม LabVIEW ได้ออกแบบไว้ ดังภาพที่ 3.14




ภาพที่ 3.14 การออกแบบหน้าต่างโปรแกรม LabVIEW

โฟลว์ชาร์ตการทำงานของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล ดังภาพที่ 3.15



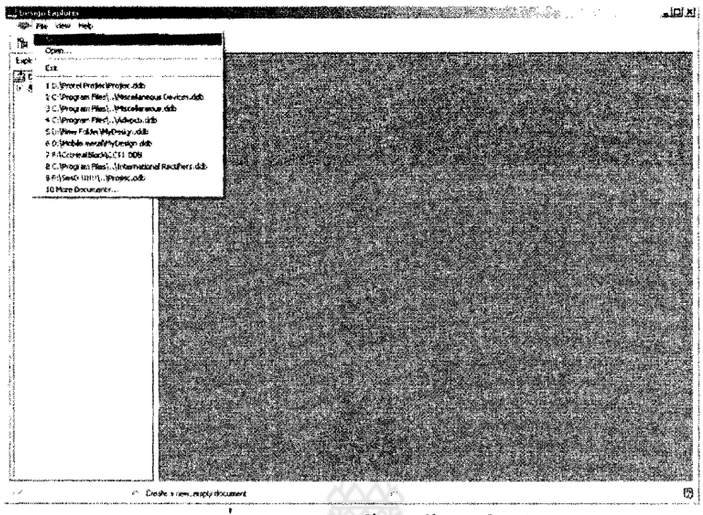

ภาพที่ 3.15 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล

## 3.4 การสร้าง

3.4.1 การสร้างลายวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย ±15V/0.5A

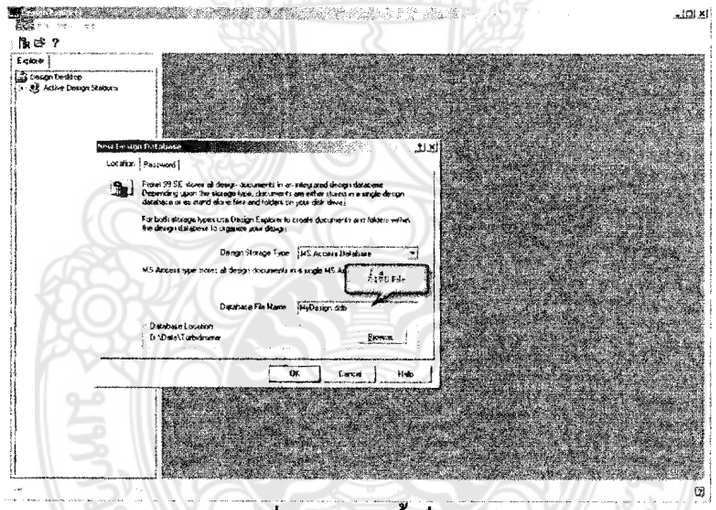
การออกแบบของโครงงานพัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล แบ่งเป็น 3 ส่วนประกอบด้วย

1) เปิดโปรแกรม Protel99SE แล้วคลิ๊กที่ File เลือก NEW ดังภาพที่ 3.16



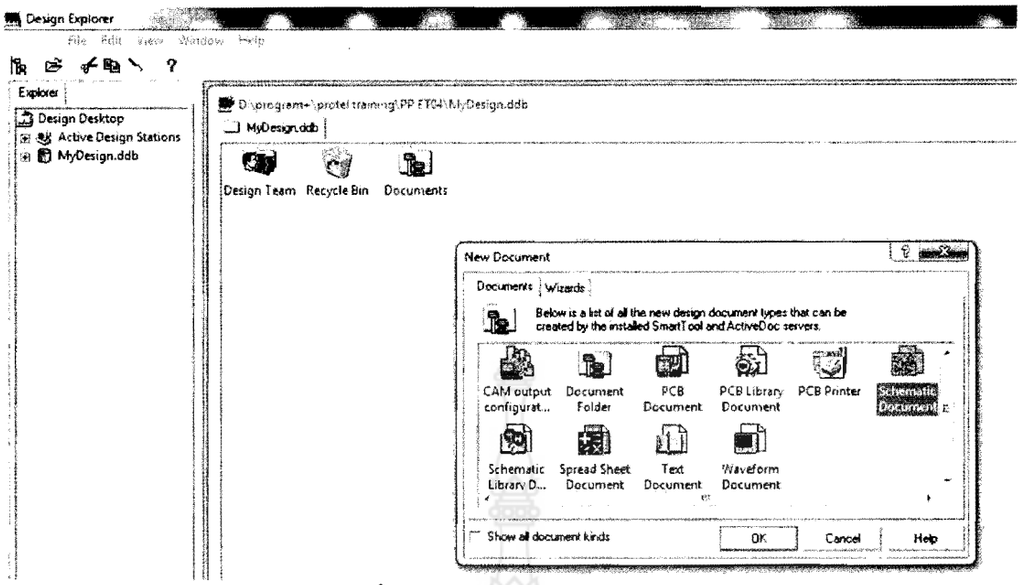
ภาพที่ 3.16 การสร้างหน้าต่างใหม่

2) เมื่อปรากฏหน้าต่างขึ้นมาให้ทำการตั้งชื่อ “MyDesign.ddb” ในช่อง DatabaseFile Name แล้วกด OK ดังภาพที่ 3.17



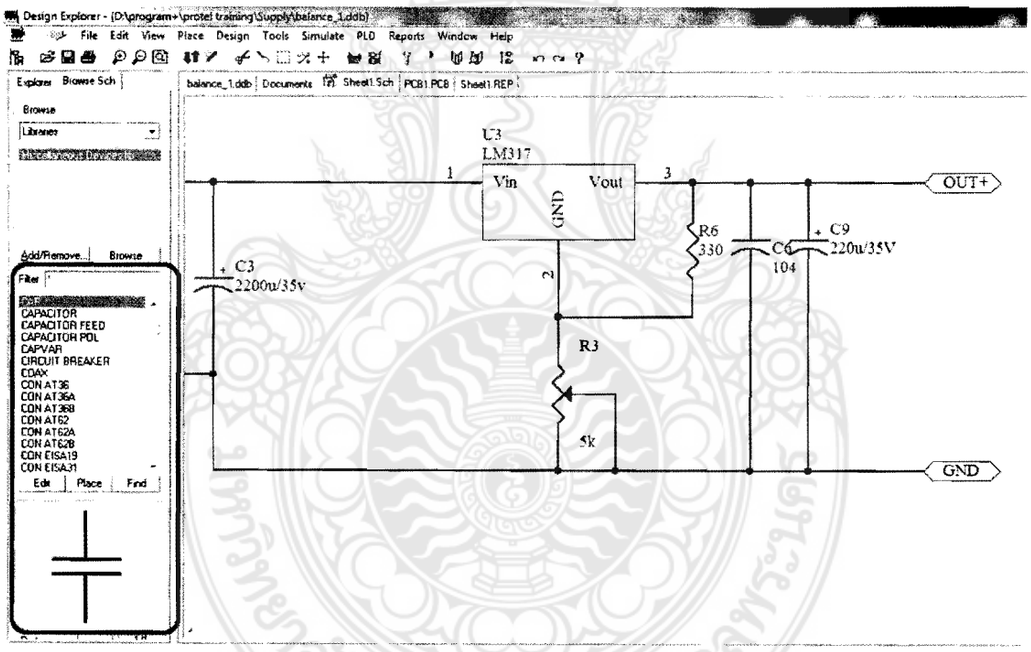
ภาพที่ 3.17 การตั้งชื่อไฟล์

3) จากนั้นคลิ๊กที่ File เลือก New โปรแกรมจะแสดงหน้าต่าง “New Document” ในหัวข้อ Wizard เลือก “Schematic Document” ดังภาพที่ 3.18



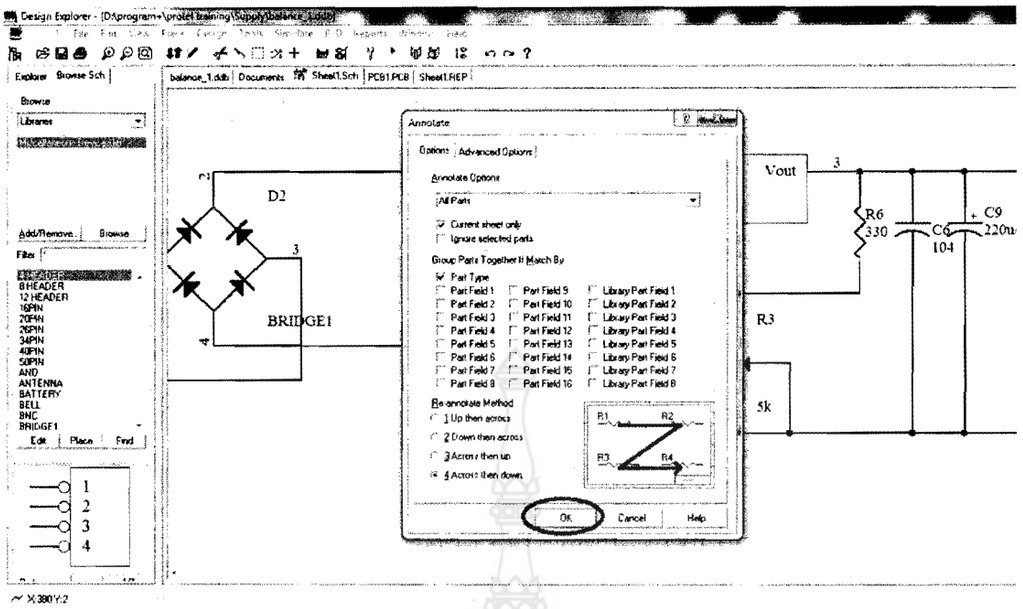

ภาพที่ 3.18 เลือกเข้าสู่การเขียนวงจร

4) เมื่อปรากฏหน้าต่างที่พร้อมเขียนวงจรให้เลือก Library ทางด้านซ้ายของโปรแกรมเพื่อที่จะนำอุปกรณ์มาวาดวงจร เช่น Transistor Diode Resistor Capacitor จากนั้นทำการลากเส้นเชื่อมต่ออุปกรณ์ตามวงจรที่ได้ออกแบบมา ดังภาพที่ 3.19



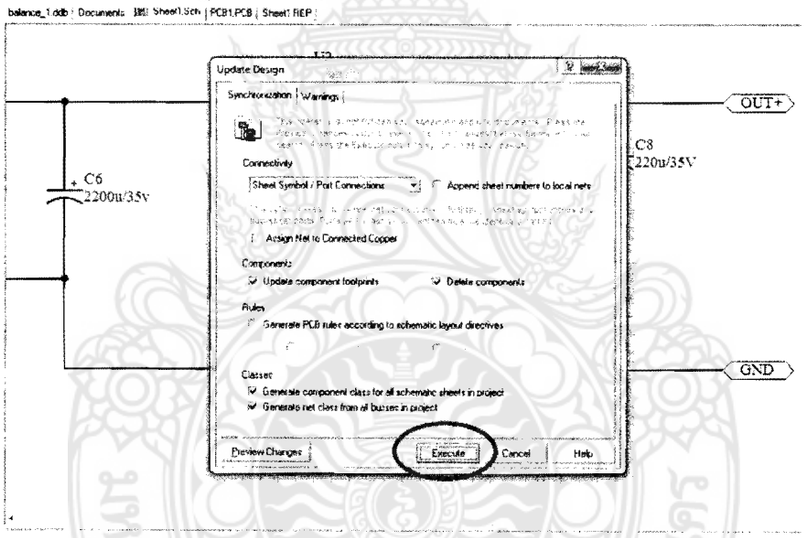

ภาพที่ 3.19 การเลือก Library นำอุปกรณ์มาใช้งาน และวาดวงจร

5) ทำการจัดเรียงอุปกรณ์ตามที่ต้องการเมื่อจัดเสร็จให้กดที่ “Tool” เลือก “Annotate” แล้วเลือก “OK” ดังภาพที่ 3.20



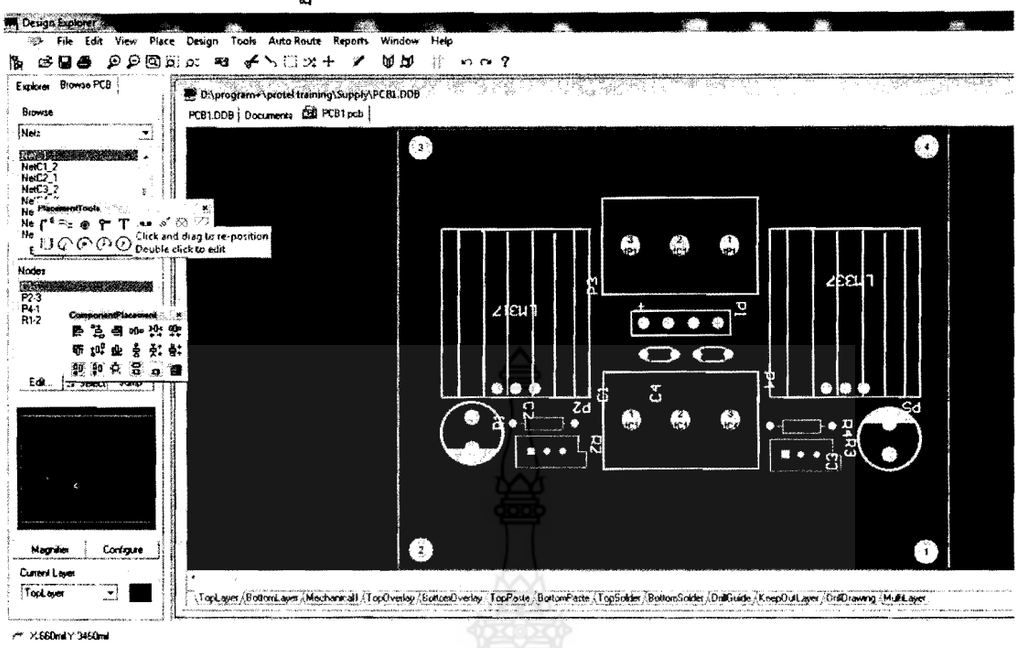

ภาพที่ 3.20 การจัดเรียงลำดับอุปกรณ์

6) เมื่อวาดวงจรเสร็จแล้ว จะเป็นการสร้างลายวงจร โดยการกดที่ “Design” แล้วกด“Update PCB…” จะปรากฏหน้าต่าง Synchronizer แล้วเลือก “ Execute ” ดังภาพที่ 3.21



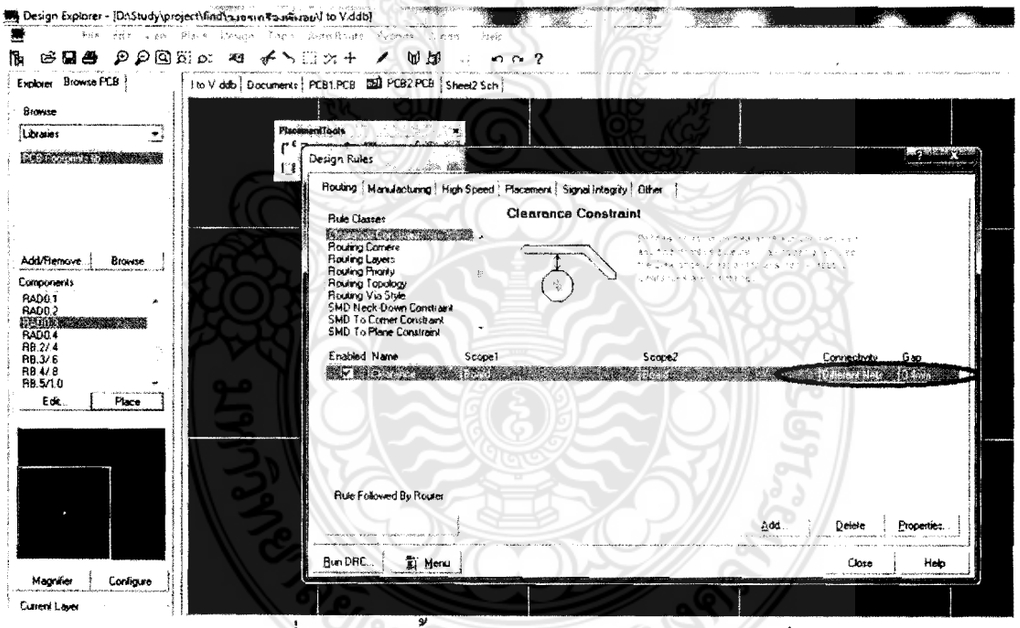

ภาพที่ 3.21 การสร้าง Output File ลายเส้นทองแดง

7) เมื่อโปรแกรมทำการสร้างลายทองแดงด้าน Top Layer เสร็จให้กดที่ File เลือก Print Preview จะปรากฏภาพลายวงจร ดังภาพที่ 3.22



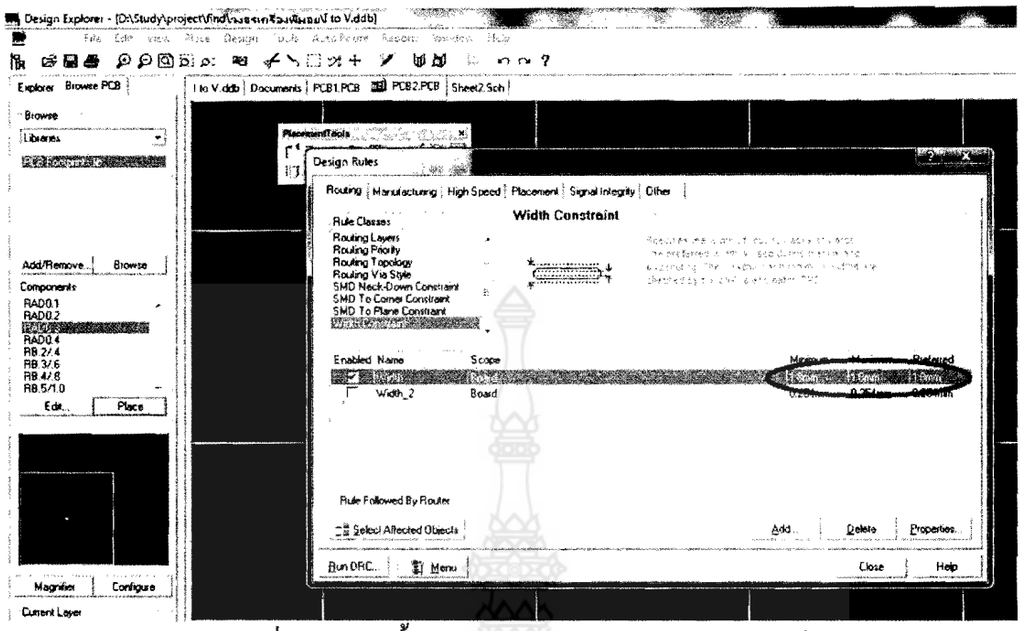

ภาพที่ 3.22 ลายทองแดงชุดอ่านค่าแสงที่ได้จากการออกแบบ

8) ให้เลือก Design แล้วคลิ๊กไปที่ “Rules” เลือกที่ “Clearance Constraint” ติ๊กถูกตรงช่อง “Enabled” ของชื่อ “Clearance” แล้วกำหนดระยะห่างระหว่างลายวงจรพิมพ์ ในแถบ “Gap” ดังภาพที่ 3.23



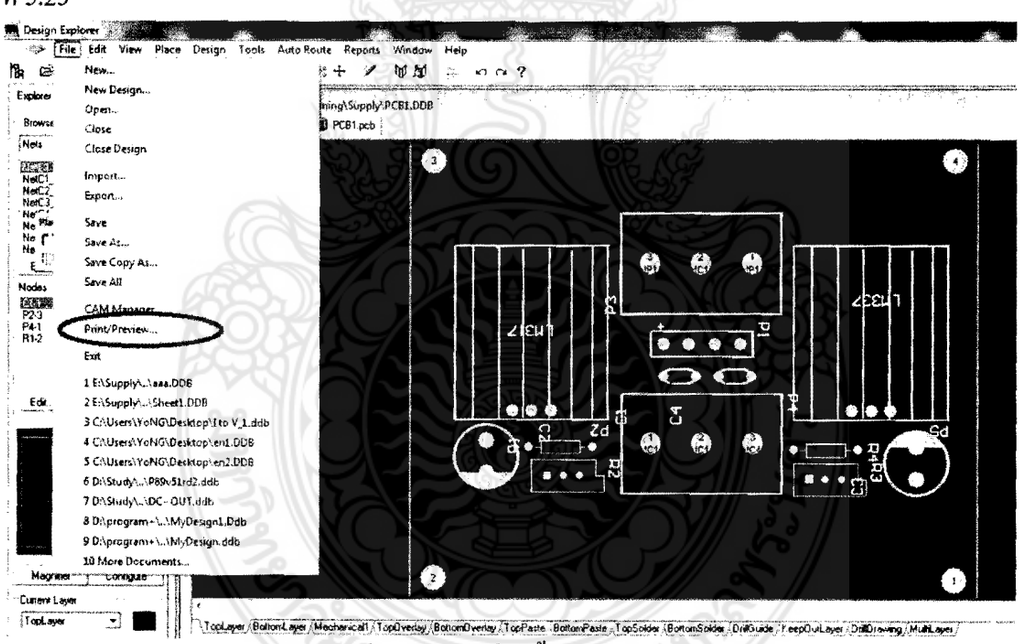

ภาพที่ 3.23 การตั้งค่าระยะห่างระหว่างลายวงจรพิมพ์

9) หลังจากตั้งค่าระยะห่างระหว่างลายวงจรพิมพ์เสร็จแล้วให้เลื่อนไปที่แถบ Width Constraint เพื่อตั้งค่าขนาดความกว้างของลายวงจรพิมพ์ โดยติ๊กถูกหน้า “Enabled” กำหนดความหนาของลายวงจรพิมพ์ในแถบ Minimum, Maximim และ Preferred ดังภาพที่ 3.24



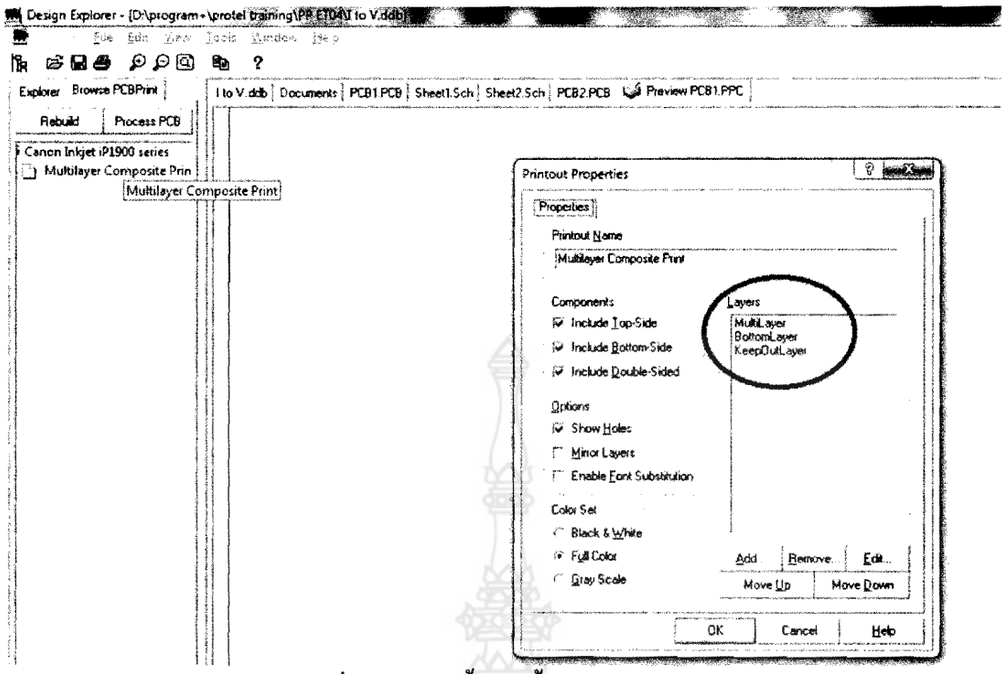

ภาพที่ 3.24 การตั้งค่าขนาดความกว้างของลายวงจรพิมพ์

10) การสั่งปริ้นท์ลายทองแดงให้เลือกที่ File แล้วไปที่ “Print/Preview...” ดังภาพที่ 3.25



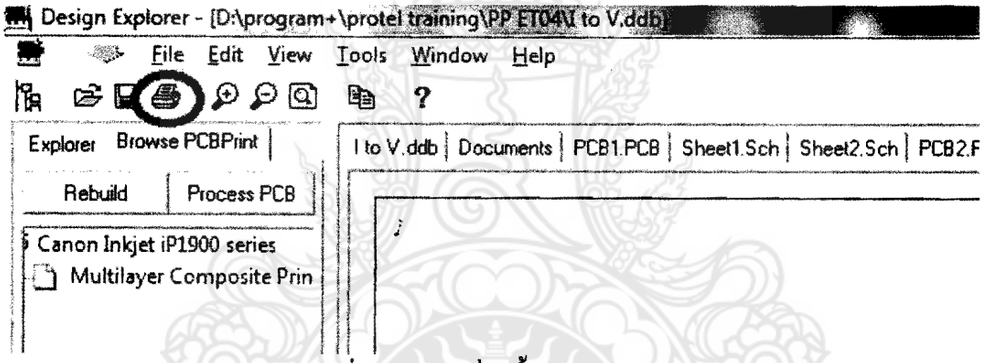

ภาพที่ 3.25 การสั่งปริ้นท์ลายทองแดง

11) คลิ๊กขวาตรง “Multilayer Composite Print” แล้วเลือก “Properties…” แล้วเพิ่ม/ลด Layers ที่ต้องการพิมพ์ในแถบ “Layers” แล้วกด “OK” ดังภาพที่ 3.26



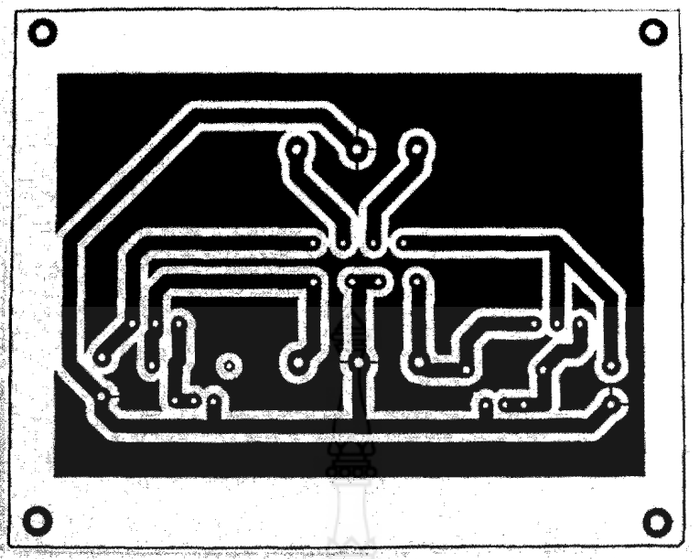

ภาพที่ 3.26 การตั้งค่าปริ้นท์ลายวงจรพิมพ์

13) สั่งปริ้นท์ลายทองแดง โดยให้เลือกที่รูปเครื่องปริ้นท์ ดังภาพที่ 3.27




ภาพที่ 3.27 การสั่งปริ้นท์ลายทองแดง

14) เมื่อสั่งปริ้นท์ลงบนกระดาษโฟโต้ ดังภาพที่ 3.27 ได้ลายวงจรพิมพ์ตรงกับที่ได้ออกแบบไว้ในภาพที่ 3.28

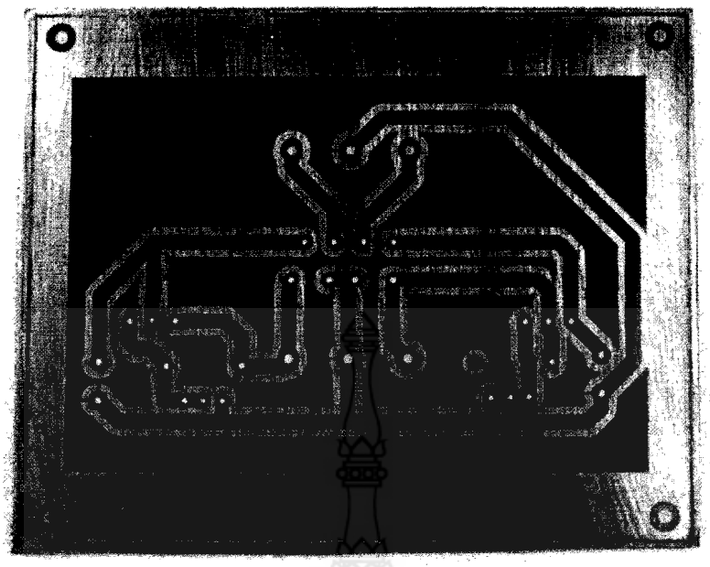


ภาพที่ 3.28 ปริ้นท์ลายวงจรลงกระดาษโฟโต้

15) ตัดแผ่นปริ้นท์ให้มีขนาดเท่ากับแผ่นการะดาษลายทองแดง ดังภาพที่ 3.29

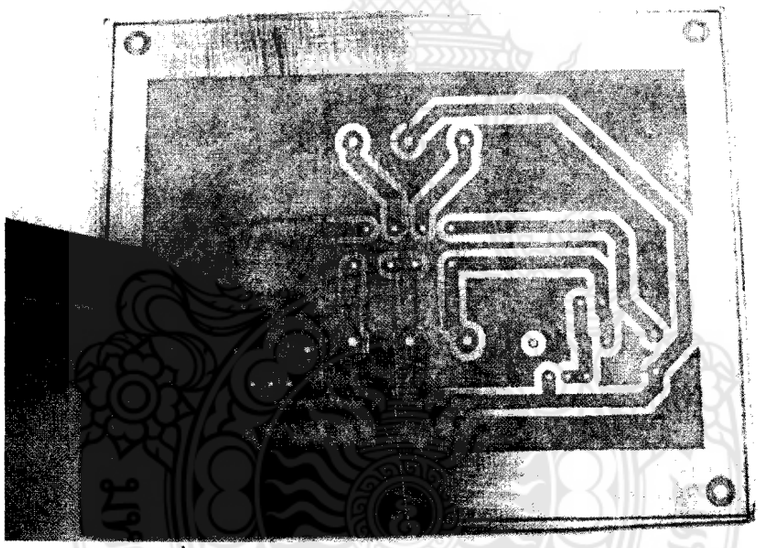
ภาพที่ 3.29 แผ่นปริ้นท์ที่ตัดเท่าขนาดกระดาษลายทองแดง

16) นำแผ่นกระดาษลายทองแดงประกบเข้ากับแผ่นปริ้นท์แล้วใช้เตารีดปรับให้ได้ความร้อนพอประมาณรีดทับลง จะได้ลายทองแดงด้าน Bottom Layer ดังภาพที่ 3.30



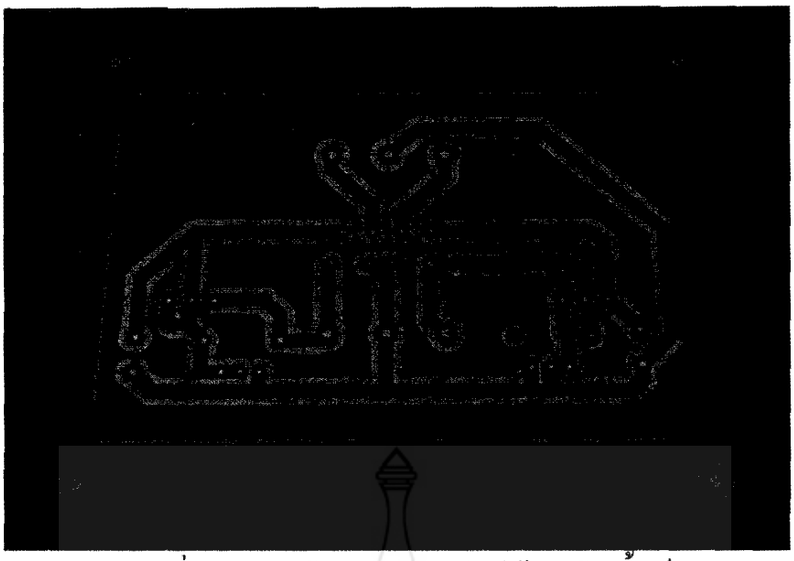
ภาพที่ 3.30 ลายทองแดงที่ถูกรีดลงบนแผ่นปริ้นท์

17) ใช้ปากกาเคมีทาตรงบริเวณที่เส้นลายทองแดงขาดออกจากกัน ดังภาพที่ 3.31



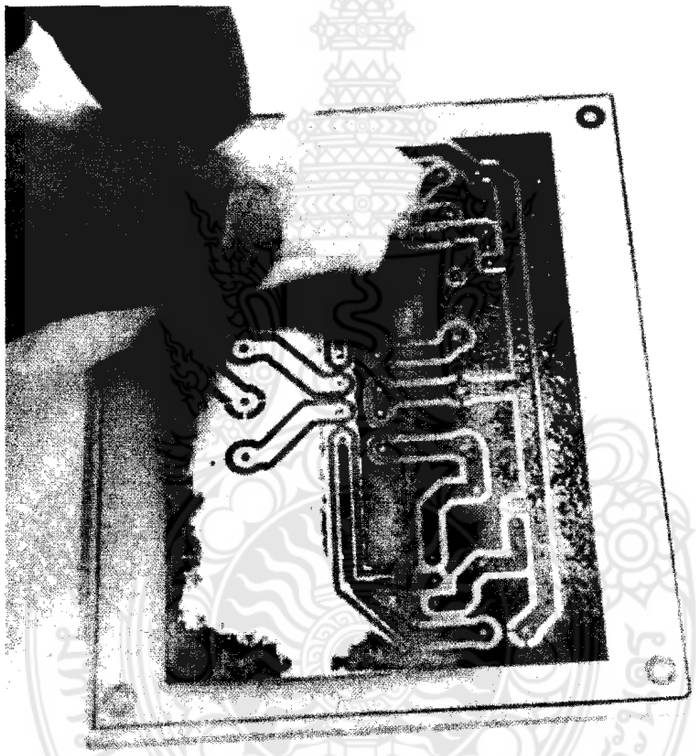
ภาพที่ 3.31 การใช้ปากกาเคมีทาทับเส้นลายทองแดง

18) นำแผ่นลายทองแดง จากภาพที่ 3.31 กัดลายทองแดง โดยใช้กรดกัดปริ้นท์ ดังภาพที่ 3.32

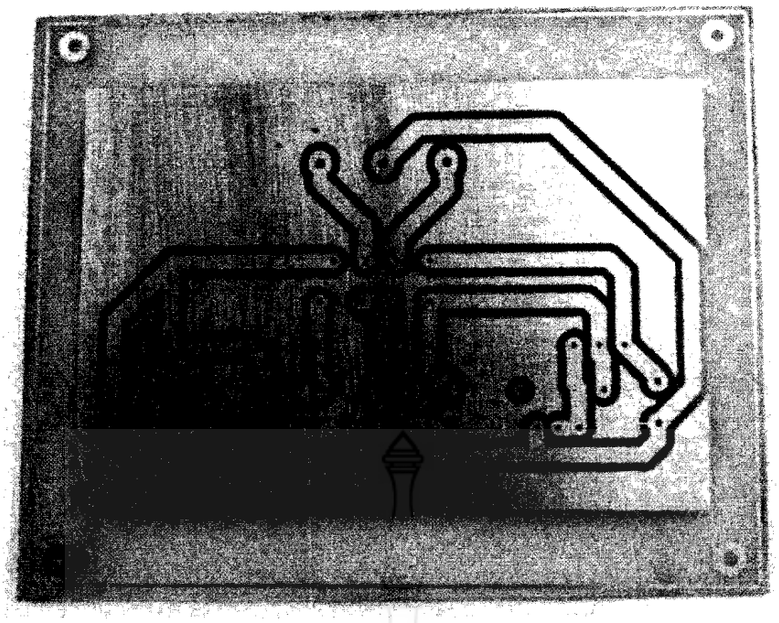


ภาพที่ 3.32 การกัดลายทองแดงโดยใช้กรดกัดปริ้นท์

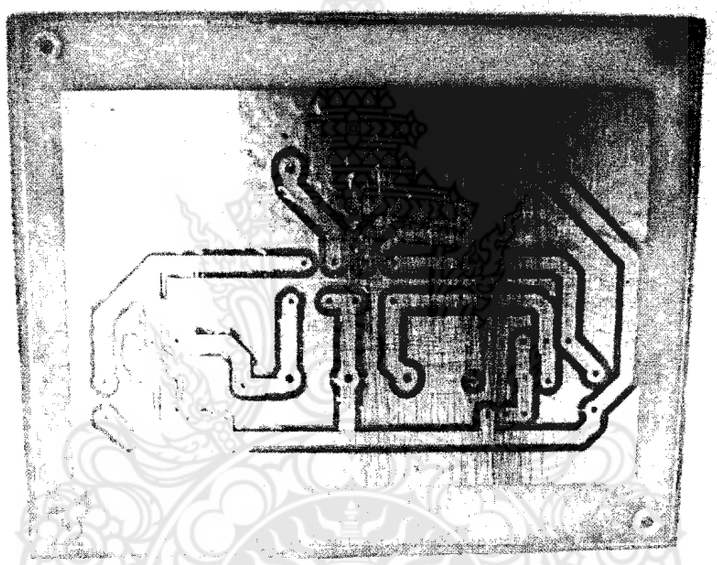
19) เมื่อกัดปริ้นท์เสร็จแล้ว นำแผ่นปริ้นท์ที่ได้ไปล้างน้ำล้างน้ำยากัดปริ้นท์ออก และเช็ดเอาหมึกสีดำออกและทำการเคลือบลายทองแดง ดังภาพที่ 3.33



ก) เช็ดหมึกสีดำออก



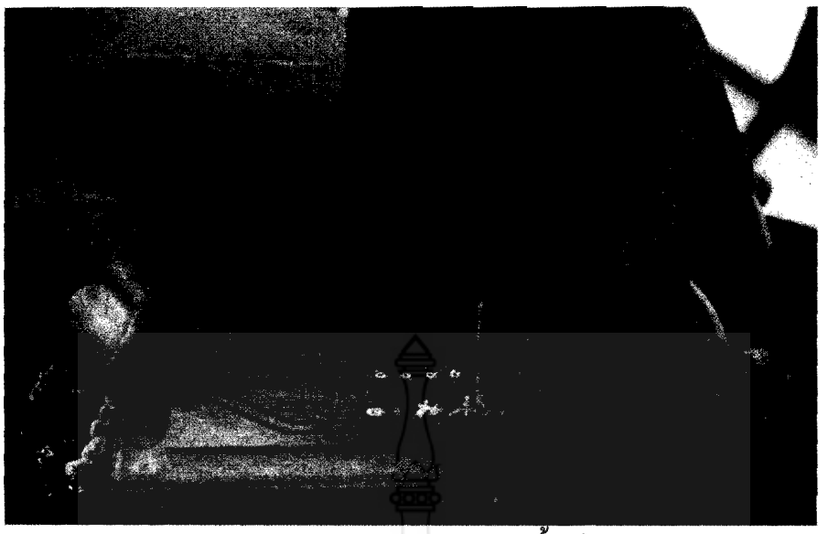
ข) ลายทองแดง



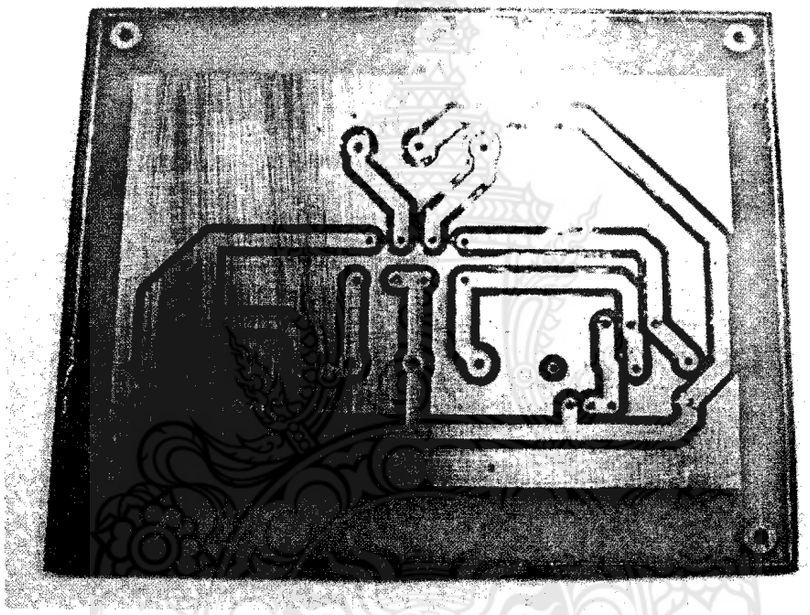
ค) ลายทองแดงหลังทำการเคลือบ

ภาพที่ 3.33 แผ่นลายทองแดงวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย ±15V/0.5A

20) นำแผ่นทองแดงที่ได้นั้นไปเจาะรูเพื่อใส่อุปกรณ์ และทำการลงอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กก่อน เช่น ตัวต้านทาน คาปาซิเตอร์ ดังภาพที่ 3.34

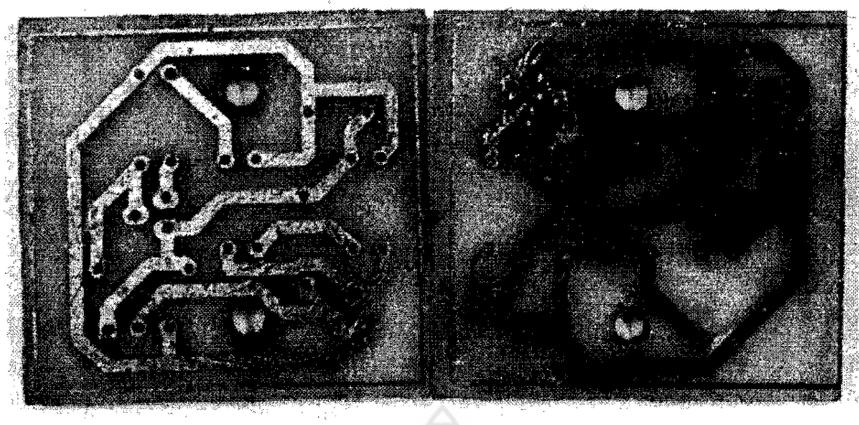


ก) ทำการเจาะรูแผ่นปริ้นท์

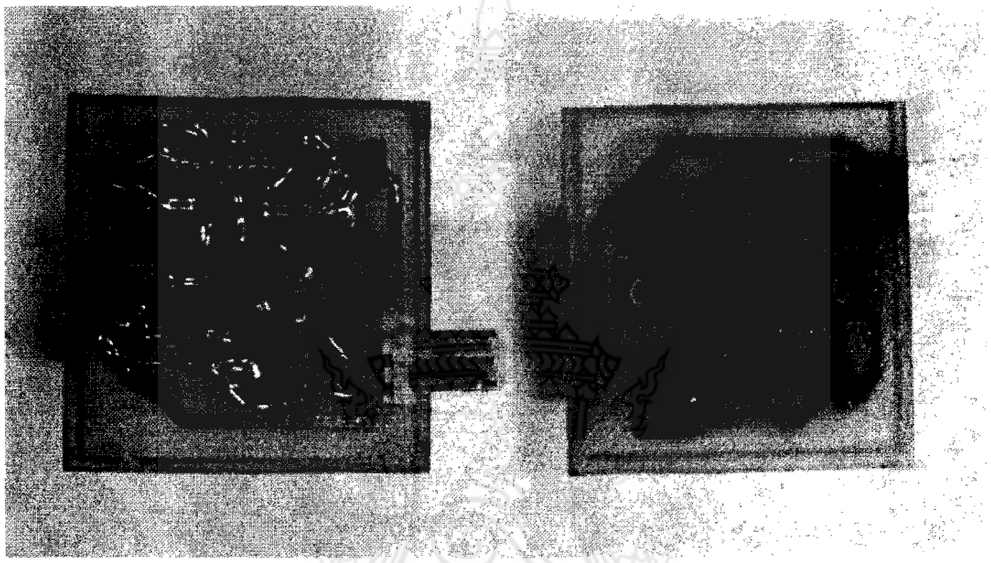


ข) แผ่นปริ้นท์ด้านบนที่เจาะรูแล้ว

ภาพที่ 3.34 การเจาะรูเพื่อใส่อุปกรณ์



ก) ภาพก่อนลงอุปกรณ์



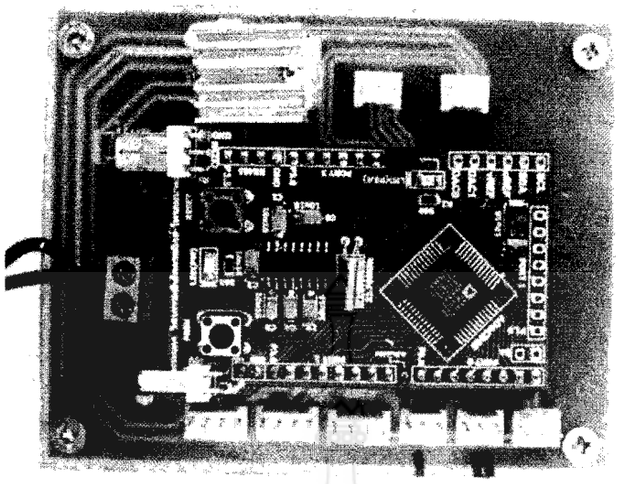
ข) ภาพหลังลงอุปกรณ์

ภาพที่ 3.37 การลงอุปกรณ์ภาคเซ็นเซอร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

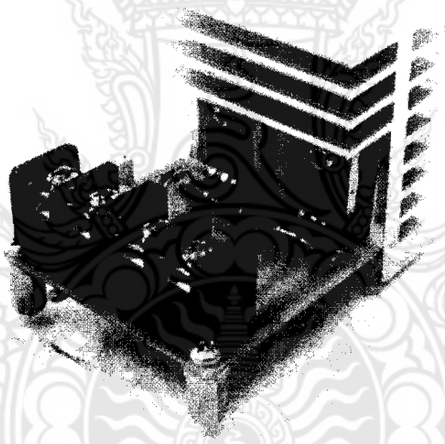
3.4.3 ส่วนควบคุมระบบการไหลของสารละลาย

1) ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ ADuC845 ใช้ควบคุมชุดดับเบิ้ลไซล์ลิงค์ ดังภาพที่ 3.38



ภาพที่ 3.38 ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ ADuC845 ส่วนควบคุมระบบการไหลของสารละลาย

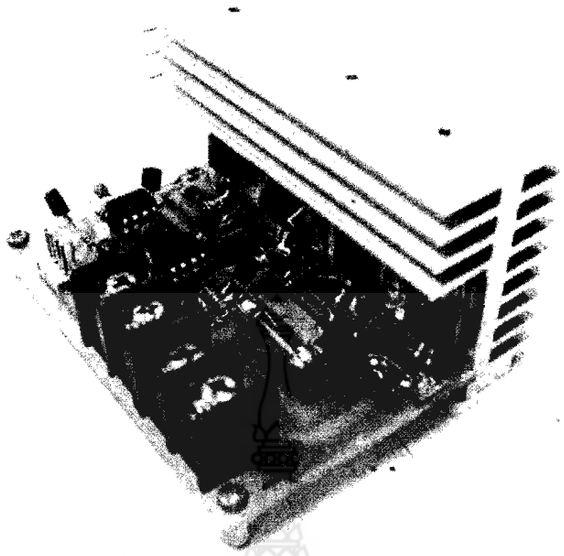
2) ชุดควบคุมวาล์วเลือกทิศทางไหล ใช้เลือกสถานะดูดสารเข้าหรือดันสารออก ดังภาพที่ 3.39



ภาพที่ 3.39 ชุดควบคุมวาล์วเลือกทิศทางไหล

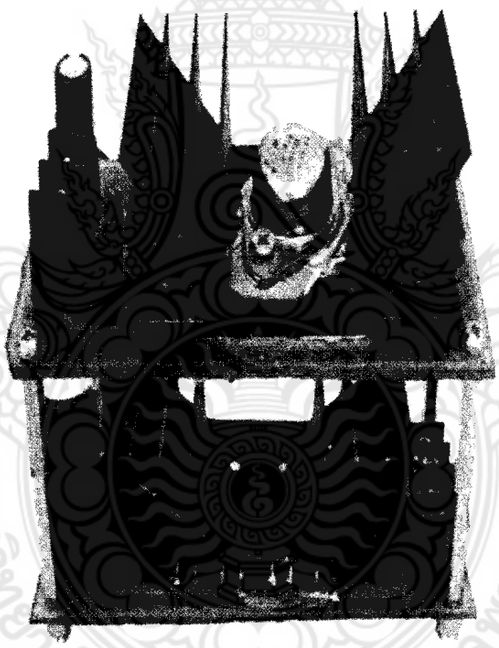
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3) ชุดควบคุมดีซีมอเตอร์ 24 V สามารถควบคุมดีซีมอเตอร์เดินหน้าและถอยหลังด้วยสัญญาณพัลส์วิดธ์มอดูเลชั่น ดังภาพที่ 3.40



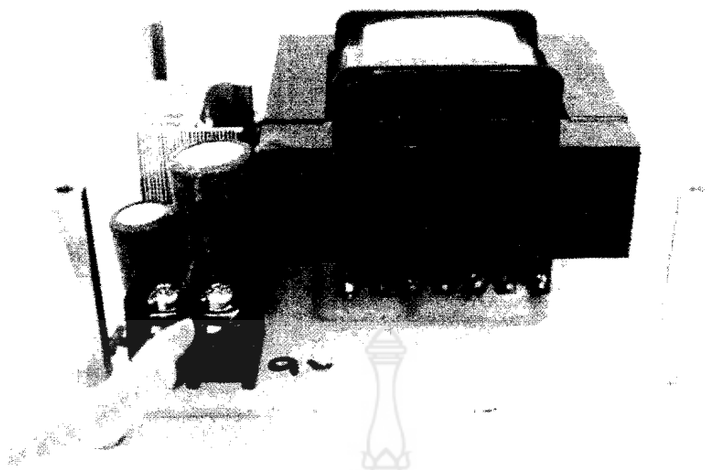
ภาพที่ 3.40 ชุดควบคุมดีซีมอเตอร์ 24 V

4) เพาเวอร์ซัพพลาย 24 V, 4 A จ่ายไฟให้กับชุดขับดับเบิ้ลไซล์ลิงค์ ดังภาพที่ 3.41



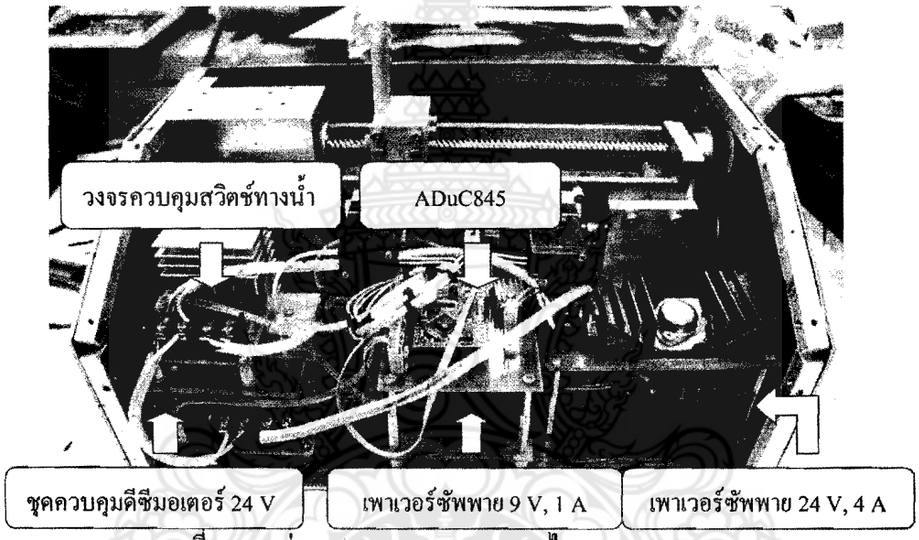
ภาพที่ 3.41 เพาเวอร์ซัพพลาย 24 V, 4 A

5) เพาเวอร์ซัพพลาย 9V, 1A จ่ายไฟให้กับภาคไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังภาพที่ 3.42



ภาพที่ 3.42 เพาเวอร์ซัพพลาย 9 V, 1 A

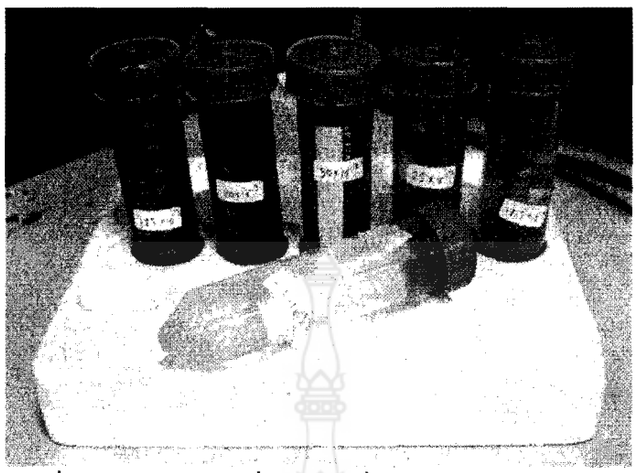
6) ส่วนการควบคุมระบบการไหลของสารละลาย ดังภาพที่ 3.43




ภาพที่ 3.43 ส่วนการควบคุมระบบการไหลของสารละลาย

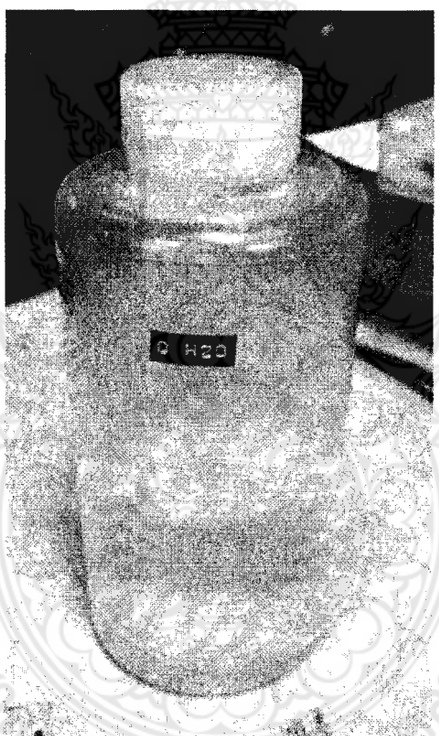
3.4.4 ส่วนการวัดค่าการดูดกลืนแสงสารละลาย

1) สารละลายสีฟ้า ได้นำน้ำเปล่ากับสีผสมอาหารสีฟ้ามาผสมกัน เพื่อใช้เป็นสารละลายที่จะนำมาเพื่อวัดหาค่าการดูดกลืนแสง โดยจะมีการผสมให้ได้ค่าความเข้มข้นจำนวน 5 ตัวอย่าง คือ 0.003125, 0.0125, 0.025, 0.05 และ 0.1 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 3.44



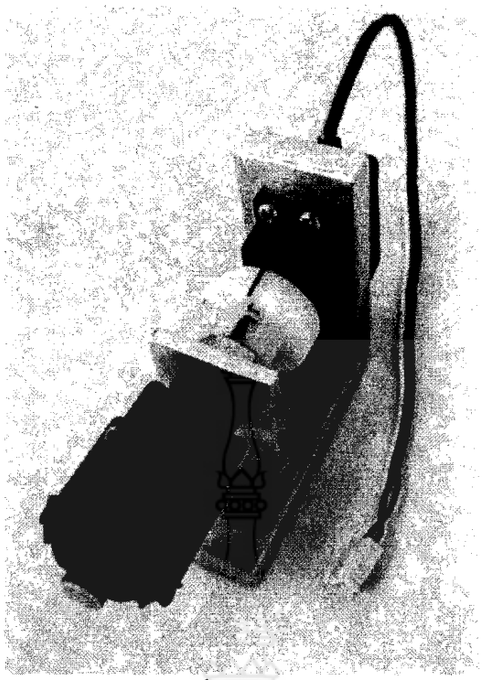
ภาพที่ 3.44 สารละลายที่จะนำมาเพื่อวัดหาค่าการดูดกลืนแสง

2) Water เราใช้น้ำเปล่าที่ผ่านการกรองมาแล้ว หรืออาจใช้น้ำกลั่นก็ได้ เลือกใช้ตามสะดวก แต่ในการทดลองนี้จะใช้น้ำเปล่าที่ผ่านการกรองมาแล้ว ดังภาพที่ 3.45




ภาพที่ 3.45 น้ำเปล่าที่ผ่านการกรองมาแล้ว

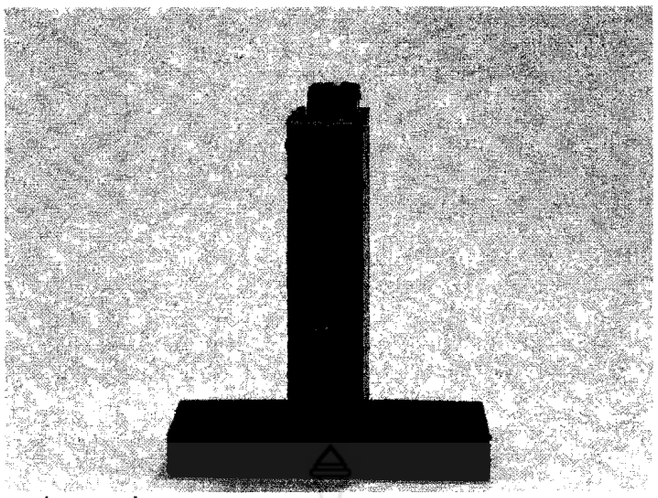
3) วาล์วเป็นส่วนที่ออกแบบไว้ให้ทำหน้าที่กำหนดทิศทางการไหลของสารละลายกับน้ำเปล่า โดยใช้ Injection Valve ดังภาพที่ 3.46



ภาพที่ 3.46 วาล์ว

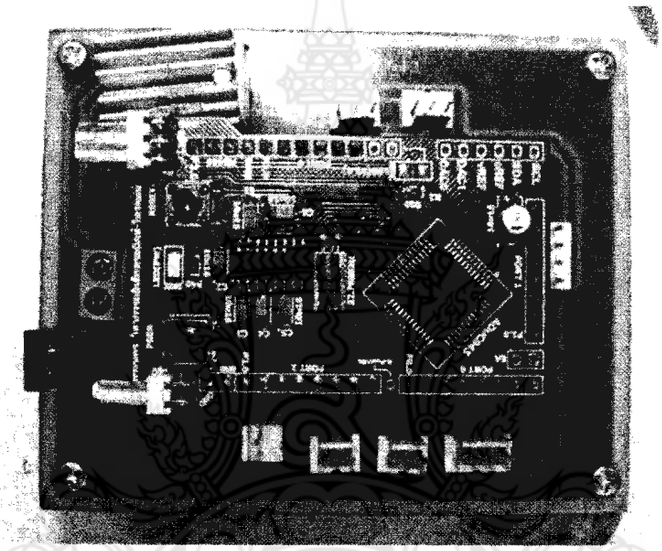
4) หลอดคิวเวท ได้เลือกใช้งานหลอดคิวเวทที่ใช้ในระบบการไหลโดยเฉพาะ มีทางเข้า 1 ทางและทางออก 1 ทาง เราได้ออกแบบที่ใส่หลอดคิวเวท เพื่อป้องแสงรบกวนจากภายนอก สำหรับใส่หลอดคิวเวท ดังภาพที่ 3.47-3.48

ภาพที่ 3.47 หลอดคิวเวท



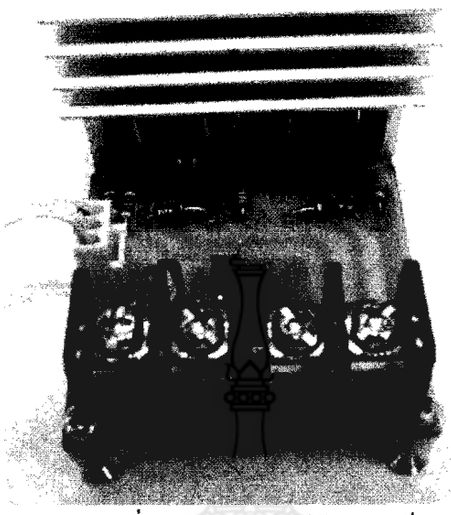
ภาพที่ 3.48 ที่ใส่หลอดดิวเวทในช่องป้องแสงรบกวนจากภายนอก

5) ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ ADuC842 ใช้ควบคุมชุดการวัดค่าการดูดกลืนแสงสารละลาย ดังภาพที่ 3.49



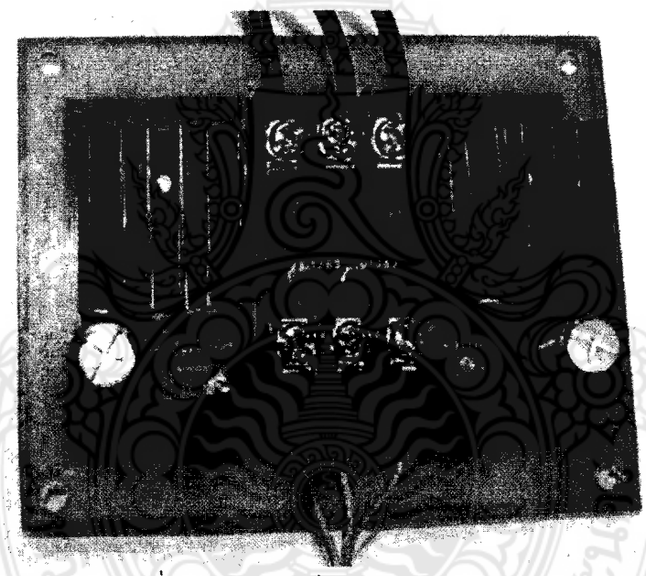
ภาพที่ 3.49 ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ ADuC842 ส่วนการวัดค่าการดูดกลืนแสงสารละลาย

6) วงจรขับดีซีมอเตอร์ ใช้ควบคุมดีซีมอเตอร์ 250 rpm ดังภาพที่ 3.50



ภาพที่ 3.50 วงจรขับดีซีมอเตอร์

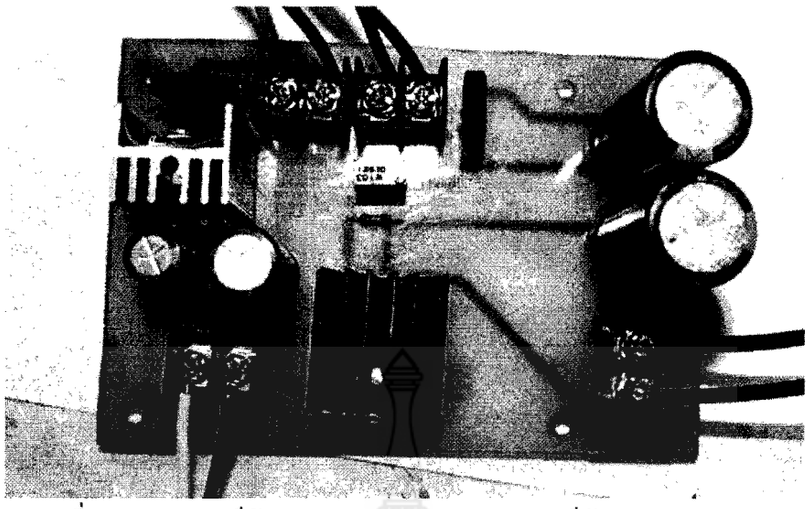
7) เพาเวอร์ซัพพลาย ±15 V, 0.5 A จ่ายให้กับชุดวัดค่าการดูดกลืนแสงสารละลาย ดังภาพที่ 3.51



ภาพที่ 3.51 เพาเวอร์ซัพพลาย ±15 V, 0.5 A

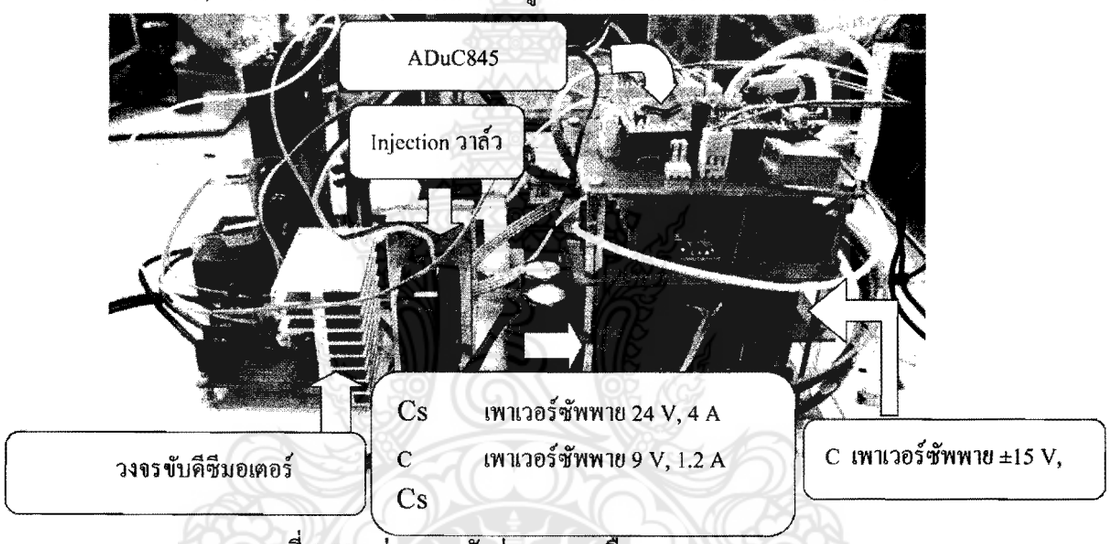
8) เพาเวอร์ซัพพลาย 24 V, 4 A จ่ายให้กับดีซีมอเตอร์ 250 rpm เพื่อควบคุมปั๊มท่อดูดจ่ายสารละลายและเพาเวอร์ซัพพลาย 9 V, 1.2 A จ่ายให้กับภาคไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งใน

ภาคไมโครคอนโทรลเลอร์จะมี LM317 เป็นตัวปรับระดับแรงดันให้เหลือ 5 V เพื่อจ่ายให้กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังภาพที่ 3.52



ภาพที่ 3.52 เพาเวอร์ซัพพลาย 24 V, 4 A และเพาเวอร์ซัพพลาย 9 V, 1.2 A

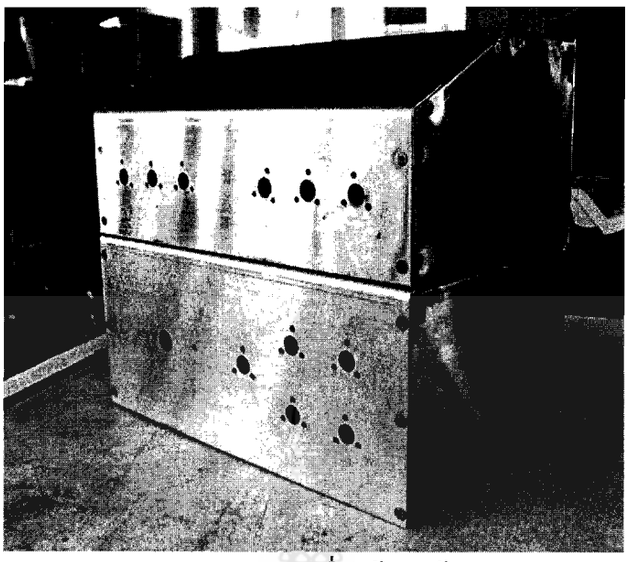
9) วงจรของส่วนการวัดค่าการดูดกลืนแสงสารละลาย ดังภาพที่ 3.53



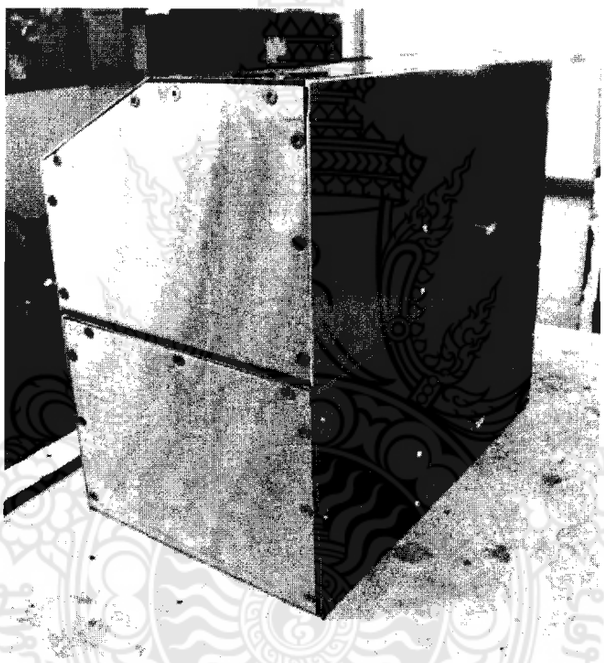

ภาพที่ 3.53 ส่วนการวัดค่าการดูดกลืนแสงสารละลาย

3.4.5 โครงสร้างตัวเครื่องวัดการดูดแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล

ตัวเครื่องทำจากสแตนเลสหนา 2 mm นำมาพับมีความกว้าง 20 x 34 x 15 cm เป็นส่วนของตัวเครื่องเครื่องวัดการดูดแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล ดังภาพที่ 3.54



ก) ตัวเครื่องด้านหน้า



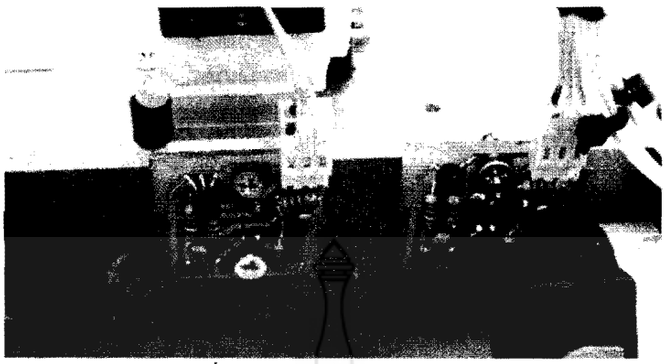
ข) ตัวเครื่องด้านหลัง

ภาพที่ 3.54 โครงสร้างตัวเครื่อง

**3.5 การประกอบเครื่องวัดการดูดแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล**

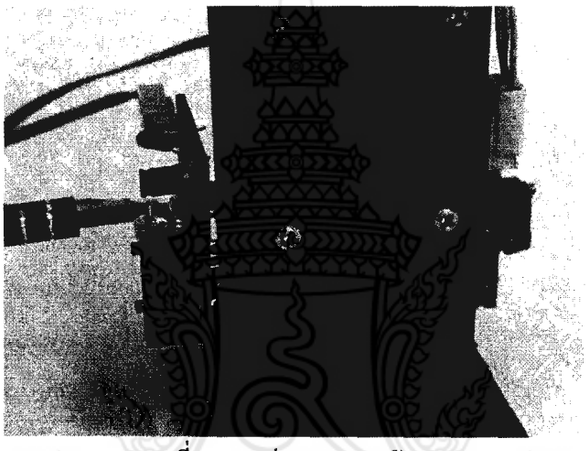
ในการประกอบเครื่องจะต้องเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต้องใช้งานให้พร้อม และวิธีการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ต้องประกอบตามที่ออกแบบไว้ ดังนี้

3.5.1 ประกอบชุด เซ็นเซอร์เข้ากับแกนดับเบิ้ลไซล์ลิงค์ ดังภาพที่ 3.55



ภาพที่ 3.55 ประกอบชุดเซ็นเซอร์

3.5.2 ประกอบชุดวัดแสงเข้ากับที่ใส่หลอดคิวเวท ดังภาพที่ 3.56

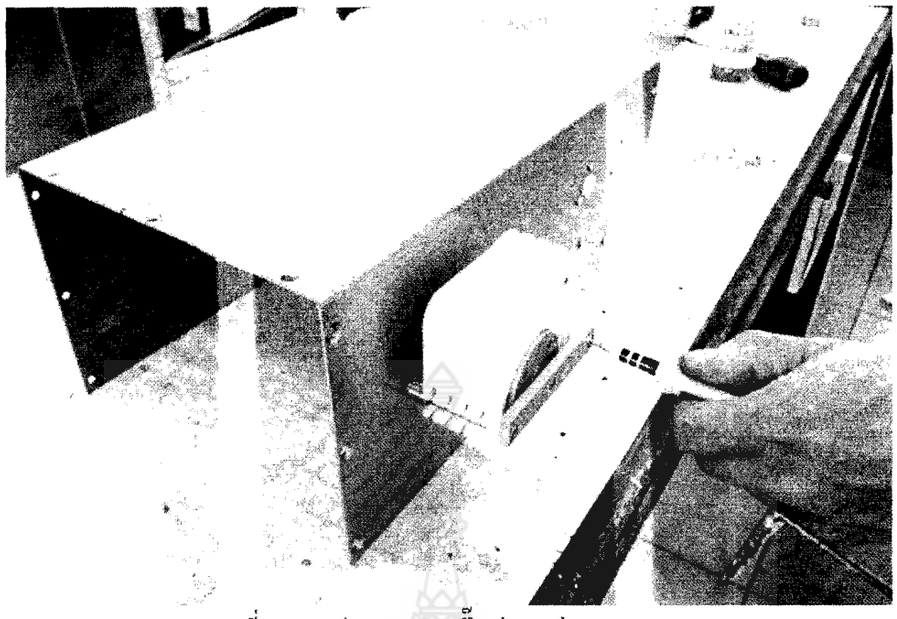


ภาพที่ 3.56 ประกอบชุดวัดแสง

3.5.3 ประกอบชุดดับเบิ้ลไซล์ลิงค์กับตัวเครื่องชิ้นบน ดังภาพที่ 3.57

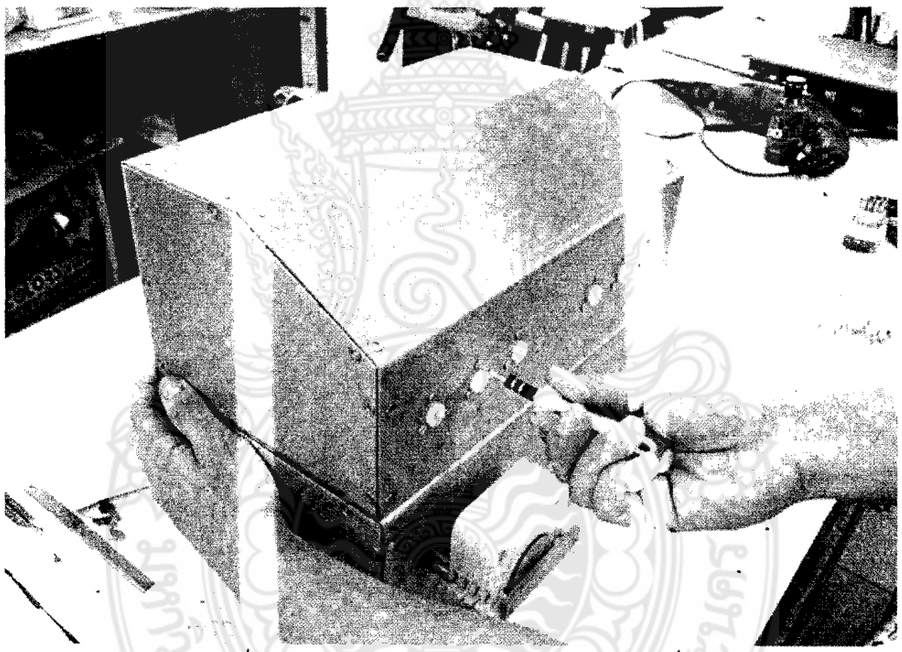
ภาพที่ 3.57 ประกอบชุดดับเบิ้ลไซล์ลิงค์

3.5.4 ประกอบชุดปั๊มท่อดูดจ่ายสารละลายกับตัวเครื่องชิ้นล่าง ดังภาพที่ 3.58



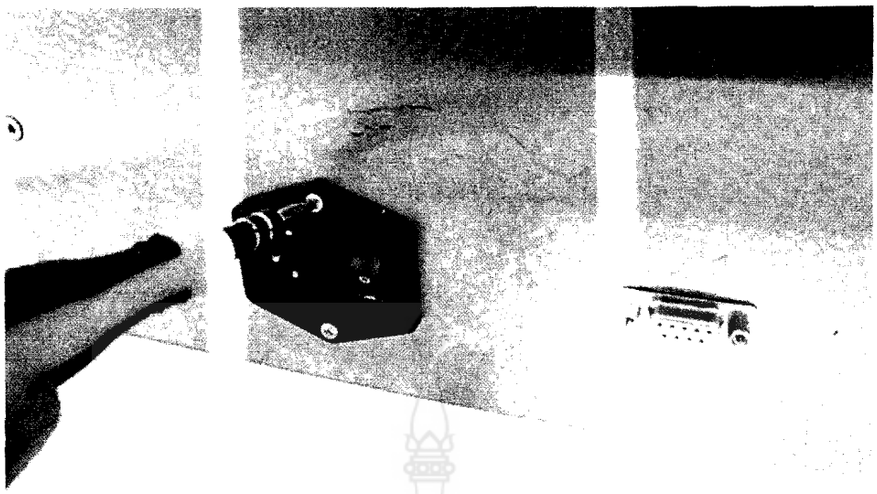
ภาพที่ 3.58 ประกอบชุดปั๊มท่อดูดจ่ายสารละลาย

3.5.5 ประกอบข้อต่อสารละลาย ตัวเครื่องด้านบน และด้านล่าง 11 จุด ดังภาพที่ 3.59



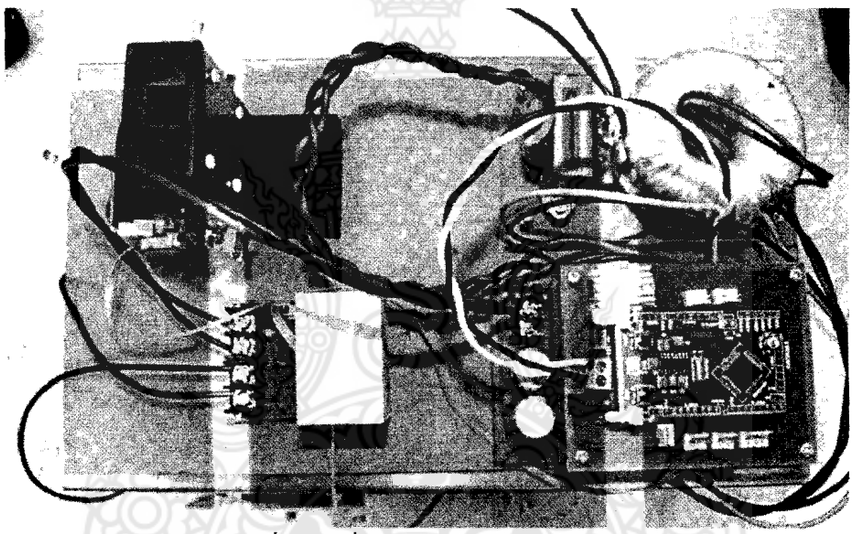
ภาพที่ 3.59 ประกอบข้อต่อสารละลายกับตัวเครื่อง

3.5.6 ประกอบพอร์ต RS-485 และ เต้าเสียบปลั๊กไฟด้านหลังพร้อมกับยึดตัวเครื่องด้านหลัง ดังภาพที่ 3.60



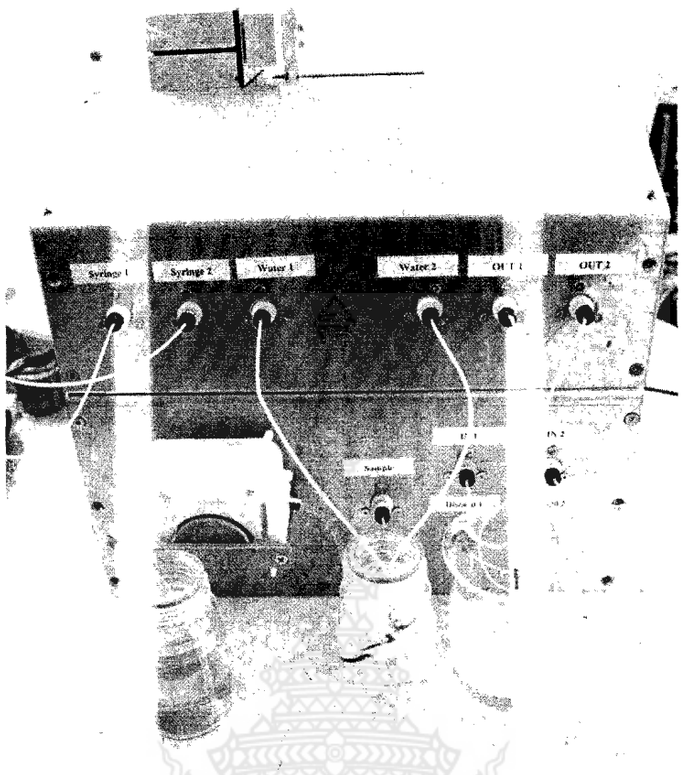
ภาพที่ 3.60 ประกอบด้านหลังตัวเครื่อง

3.5.7 ประกอบสายไฟเพื่อเชื่อมต่อภาคต่างๆ เข้าด้วยกัน ดังภาพที่ 3.61



ภาพที่ 3.61 เชื่อมต่อภาคต่างๆ เข้าด้วยกัน

3.5.8 ตัวเครื่องที่ทำการประกอบเสร็จสมบูรณ์ ดังภาพที่ 3.62




ภาพที่ 3.62 ตัวเครื่องเสร็จสมบูรณ์

**3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล**

3.3.1 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)

3.3.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

3.3.3 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD)

**3.7 ระยะเวลาการทดลอง**

1 ตุลาคม 2554- 30 กันยายน 2555

**3.8 สถานที่ทำการทดลอง**

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

# บทที่ 4 ผลการทดลอง

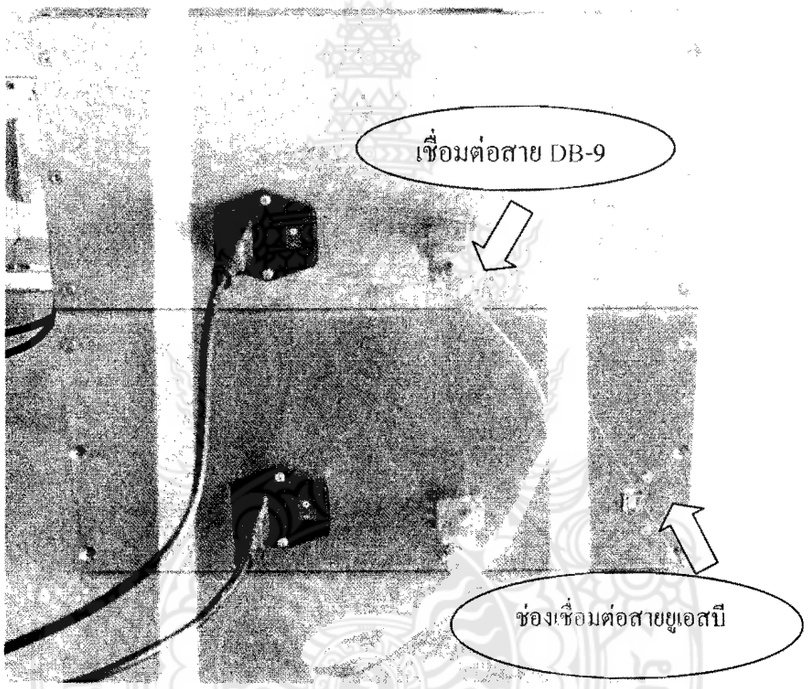
## 4.1 การออกแบบและการสร้างชุดทดสอบ

ชุดทดสอบจะอาศัยหลักการการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายในระบบการไหลซึ่งแสดงดังภาพที่ 3.1

## 4.2 การใช้งานเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล

การใช้งานเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหลเป็นการใช้งานเบื้องต้น เพื่อลดความผิดพลาดในการวัดค่าการดูดกลืนแสง และบอกถึงขั้นตอนการใช้งานดังนี้

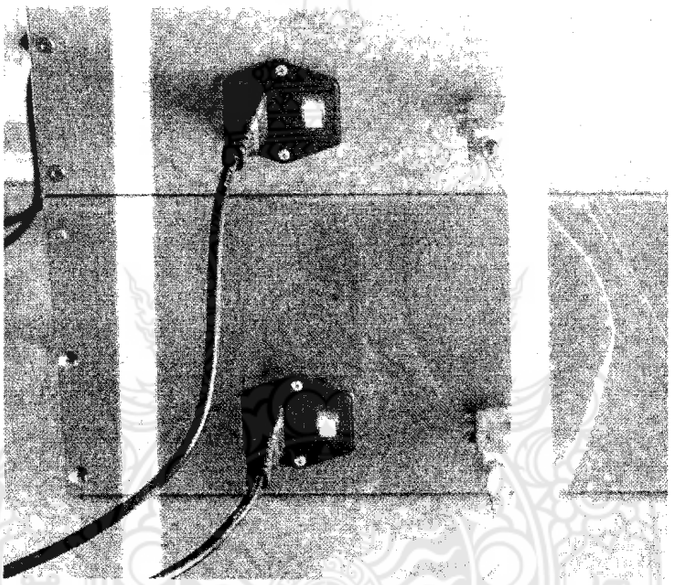
4.2.1 เชื่อมต่อสาย DB-9 ระหว่างส่วนการควบคุมระบบการไหลเข้ากับส่วนการวัดค่าการดูดกลืนแสงเข้าด้วยกัน ดังภาพที่ 4.1 และเชื่อมต่อสายยูเอสบีเข้ากับช่องเสียบยูเอสบีแล้วต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ ดังภาพที่ 4.2




ภาพที่ 4.1 เชื่อมต่อสาย DB-9 ระหว่าง 2 ส่วนเข้าด้วยกัน

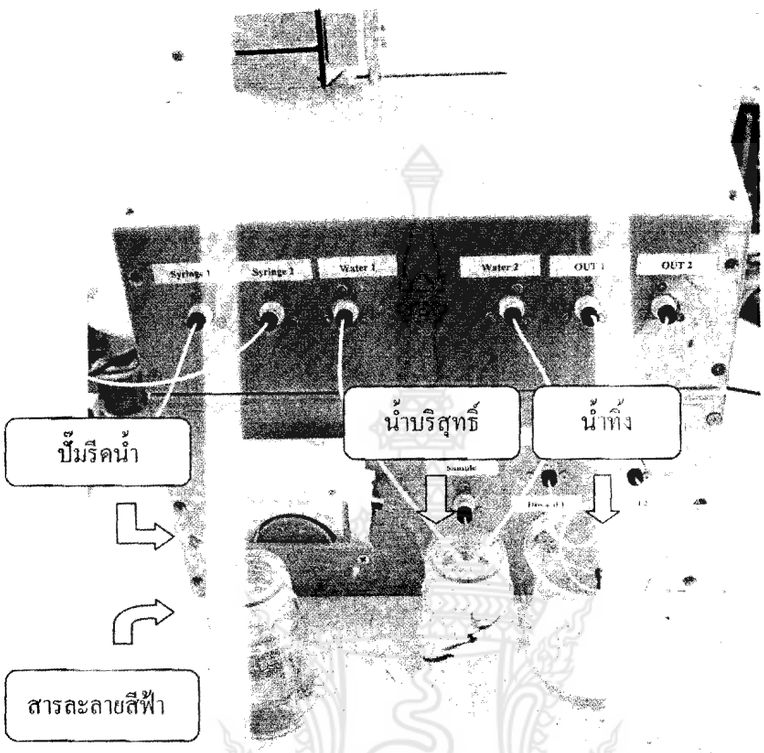
ภาพที่ 4.2 การเชื่อมต่อสายยูเอสบีเข้ากับคอมพิวเตอร์

4.2.2 กดเปิดสวิตช์ส่วนการควบคุมระบบการไหลและการวัดค่าการดูดกลืนแสงเพื่อเริ่มทำงานเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล ดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 กดเปิดสวิตช์

4.2.3 ทำการต่อสายละลายสีฟ้าเข้ากับปั๊มรีดน้ำ และทำการต่อสายน้ำเปล่าเข้ากับภาชนะที่ใส่น้ำบริสุทธิ์ จากนั้นต่อสายน้ำทิ้งเข้ากับบีกเกอร์ขนาด 250 ml ดังภาพที่ 4.4

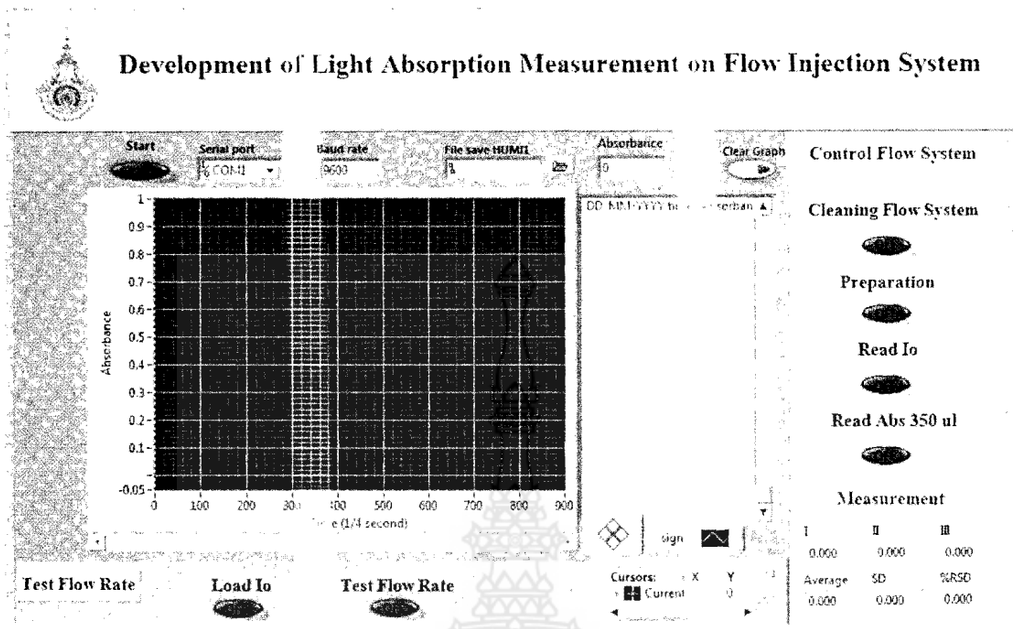



ภาพที่ 4.4 ต่อสายน้ำเปล่าและสารละลายสีฟ้าเข้ากับภาชนะที่ใส่น้ำบริสุทธิ์

4.2.4 ทำการเปิดโปรแกรมเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล ที่คอมพิวเตอร์โดยดับเบิ้ลคลิ๊กที่ไอคอน Absorption Measurement ดังภาพที่ 4.5

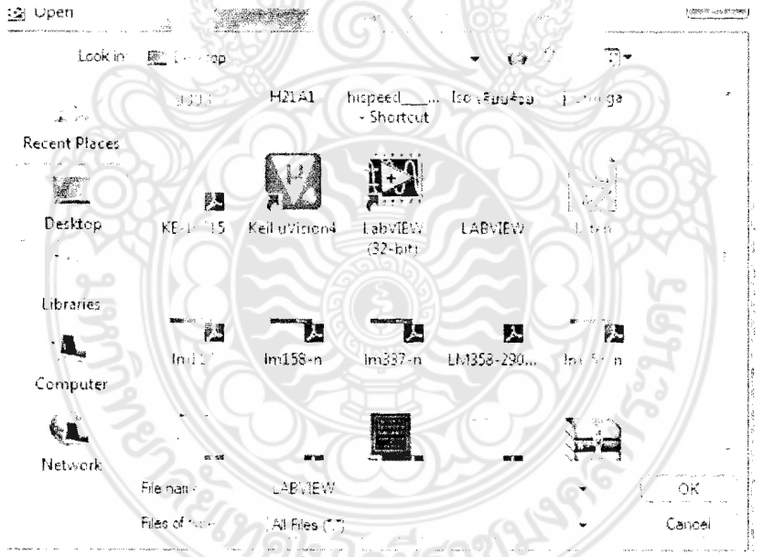
ภาพที่ 4.5 ไอคอน Absorption Measurement

4.2.5 เมื่อเปิดโปรแกรมแล้วจะปรากฏหน้าต่าง ดังภาพที่ 4.6




ภาพที่ 4.6 โปรแกรม เครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล

4.2.6 เลือกช่อง File Save เพื่อเลือกที่อยู่ในการบันทึกไฟล์ค่าการดูดกลืนแสงที่ทำการวัด โดยกดปุ่ม เลือกบันทึก ดังภาพที่ 4.7 ไฟล์ที่สามารถบันทึกได้จะต้องเป็นไฟล์ *.txt, *.xls เท่านั้น




ภาพที่ 4.7 การบันทึกไฟล์

4.2.7 เลือกช่อง Serial Port ใส่ค่าพอร์ตคอมพิวเตอร์ ที่ติดต่อกับ RS-485 ของคอมพิวเตอร์ ในที่นี้ติดต่อผ่านพอร์ต COM 3 และเลือกช่อง Baud Rate ใส่ค่า Baud Rate ติดต่อกับ RS-485 ของ คอมพิวเตอร์ในที่นี้ใส่ค่า Baud Rate คือ 9600 ดังภาพที่ 4.8

ภาพที่ 4.8 ใส่ค่าพอร์ตคอมพิวเตอร์และ Baud Rate

4.2.8 กดปุ่ม Start ไปที่ ON ดังภาพที่ 4.9 เพื่อเริ่มการทำงานของโปรแกรม

ภาพที่ 4.9 กดปุ่ม Start ไปที่ ON

4.2.9 กดปุ่ม Cleaning Flow System ดังภาพที่ 4.10 เพื่อไล่อากาศออกจากระบบการไหล

ภาพที่ 4.10 กดปุ่ม Cleaning Flow System

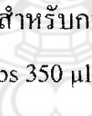
4.2.10 กดปุ่ม Preparation ดังภาพที่ 4.11 เพื่อเตรียมน้ำบริสุทธิ์เข้าไปในดับเบิ้ลไซล์ลิงค์ พร้อมสำหรับการอ่านค่าการดูดกลืนแสง

ภาพที่ 4.11 กดปุ่ม Preparation

4.2.11 หลังจากกดปุ่ม Preparation รอจนดับเบิ้ลไซล์ลิงค์หยุดนิ่ง แล้วกดปุ่ม Read $I_o$ ดังภาพที่ 4.12 เพื่ออ่านค่าการดูดกลืนแสงของน้ำบริสุทธิ์

ภาพที่ 4.12 กดปุ่ม Read $I_o$

4.2.12 หลังจากเครื่อง Read $I_o$ เสร็จแล้ว ให้กดปุ่ม Preparation อีกครั้งเพื่อเตรียมน้ำบริสุทธิ์เข้าไปในดับเบิ้ลไซล์ลิงค์ และพร้อมสำหรับการอ่านค่าการดูดกลืนแสง โดยนำสารละลายสีฟ้าต่อเข้ากับปั๊มรีดน้ำ จากนั้นกดปุ่ม Read Abs 350 µl ดังภาพที่ 4.13 เป็นการอ่านค่าการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายเทียบกับน้ำบริสุทธิ์




ภาพที่ 4.13 กดปุ่ม Read Abs 350 µl

4.2.13 แถบ Measurement ดังภาพที่ 4.14 เป็นแถบที่แสดงผลการอ่านค่าการดูดกลืนแสงผ่านสารละลาย โดยนำค่าสูงสุดของค่าการดูดกลืนแสงจำนวน 3 ครั้ง ที่ได้จากการกราฟค่าการดูดกลืนแสงผ่านสารละลาย นำมาแสดงในช่อง I, II ,III และแสดงค่าอื่นๆดังนี้

**Measurement**

| I | II | III |
|---|---|---|
| 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Average | SD | %RSD |
| 0.000 | 0.000 | 0.000 |

ภาพที่ 4.14 แถบ Measurement

ค่าเฉลี่ย (Average) หรือค่ากลาง (Mean) เป็นผลรวมของค่าที่ได้จากการทดสอบได้ แล้วหารด้วยจำนวนทั้งหมดในการทดสอบ ดังสมการที่ 4.1

ค่าที่วัดได้เฉลี่ย = ((ผลรวมของค่าที่ได้จากการทดสอบ)/ (จำนวนทั้งหมดในการทดสอบ)) สมการที่ 4.1

SD ย่อมาจากค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เป็นค่าที่ใช้วัดการกระจายในรูปเส้นตรง ดังสมการที่ 4.2

$$S.D. = \sqrt{\frac{\Sigma f\left(X-\overline{X}\right)^2}{N}} \qquad \text{สมการที่ 4.2}$$

$\Sigma X$ แทน ผลรวมทั้งหมดของการอ่านค่าสูงสุดของค่าการดูดกลืน

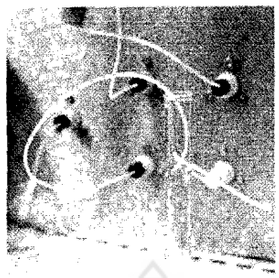
N แทน จำนวนครั้งในการอ่านค่าข้อมูลนั้นๆ

%RSD ย่อมาจาก Relative Standard Deviation เป็นค่าที่นำมาวัดความสามารถในการทำซ้ำ(Repeatability) หาได้จากสมการที่ 4.2

$$\%RSD = \frac{SD}{Average} \qquad \text{สมการที่ 4.3}$$

4.2.14 แถบ Test Flow Rate ดังภาพที่ 4.15 ประกอบด้วยสองปุ่มด้วยกันคือ Load $I_0$ จะทำการเติมน้ำบริสุทธิ์เข้าไปในดับเบิ้ลไซล์ลิงค์แล้วคงสถานะเติมสารไว้เพื่อรอการกด ปุ่ม Test Flow Rate เป็นปุ่มไว้สำหรับวัดค่าอัตราไหลของสารละลายในระบบการไหลด้วยดับเบิ้ลไซล์ลิงค์

ค) นำท่อน้ำทิ้ง (Discard 1) ต่อเข้ากับกระบอกตวง 5 ml ดังภาพที่ 4.18 s



ภาพที่ 4.18 ท่อน้ำทิ้งต่อเข้ากับกระบอกตวง 5 ml

ง) กดปุ่ม Test Flow Rate ดังภาพที่ 4.19 พร้อมทั้งจับเวลารอจนครบ1 นาที นำท่อน้ำทิ้งออกจากกระบอกตวง แล้วอ่านค่าปริมาตรบันทึกผลการทดสอบ ในตารางที่ 4.1

ภาพที่ 4.19 กดปุ่ม Test Flow Rate

จ) ทำขั้นตอนที่ 4.3.1 ก) ถึง 4.3.1 ง) อีก 4 ครั้ง

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบวัดค่าอัตราการไหลของระบบการไหลด้วยดับเบิ้ลไซล์ลิงค์

| อัตราไหลที่ต้องการ | ผลการทดสอบ(ml/min) | | | | | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ( ml/min ) | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ครั้งที่ 4 | ครั้งที่ 5 | (ml/min) |
| 2.5 | 2.5 | 2.55 | 2.5 | 2.55 | 2.55 | 2.53 |

จากตารางที่ 4.1 สามารถหาเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดของการการทดสอบวัดค่าอัตราการไหลของระบบการไหลด้วยดับเบิ้ลไซล์ลิงค์ ดังสมการที่ 4.4

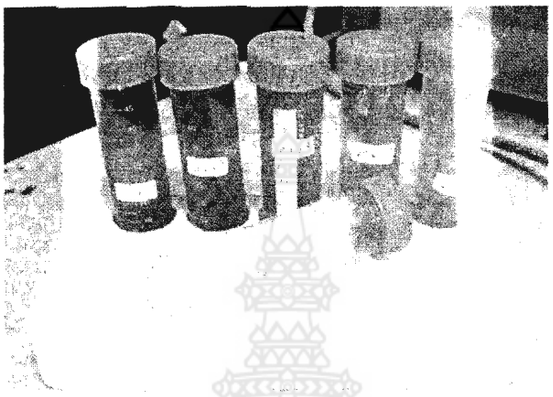
เปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาด = ((ค่าที่ต้องการ-ค่าที่วัดได้เฉลี่ย) / (ค่าที่ต้องการ))x100 สมการที่ 4.4

= (( 2.5 - 2.53 )/2.5 )x100

= -1.2%

4.3.2 การทดสอบวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายสีฟ้า

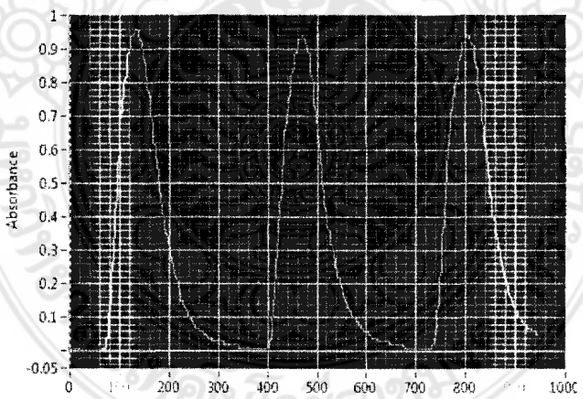
เป็นการตรวจสอบว่าเครื่องสามารถวัดปริมาณความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างได้ถูกต้องตามปริมาณความเข้มข้นที่ได้เจือจางไว้ได้ โดยการทดสอบเริ่มตั้งแต่ให้นักเคมีเตรียมสารละลายตัวอย่าง ให้มีอัตราส่วนความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเป็นเท่าๆ ในการทดสอบใช้สารละลายสีฟ้าที่มีค่าความเข้มข้นจำนวน 6 ตัวอย่าง คือ 0, 0.1, 0.05, 0.025, 0.0125 และ 0.003125% ดังภาพที่ 4.20 และมีขั้นตอนการทดสอบดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.20 สารละลายสีฟ้าที่มีค่าความเข้มข้นจำนวน 6 ตัวอย่าง

1) ต่อเครื่องให้พร้อมใช้งาน โดยทำตามขั้นตอนที่กล่าวมาในหัวข้อการใช้งานเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล 4.2.1-4.2.11

2) กดปุ่ม Preparation เพื่อดูดน้ำบริสุทธิ์เก็บไว้ในดับเบิ้ลไซล์ลิงค์ รอจนดับเบิ้ลไซล์ลิงค์หยุด แล้วนำสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.1% ต่อเข้ากับปั๊มรีดน้ำดังแสดงในภาพที่ 4.4 หลังจากนั้นกดปุ่ม Read Abs 350µl ได้กราฟและค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.1% ดังภาพที่ 4.21-4.22 นำค่าที่ได้ในช่อง I, II, III บันทึกค่าในตารางที่ 4.2

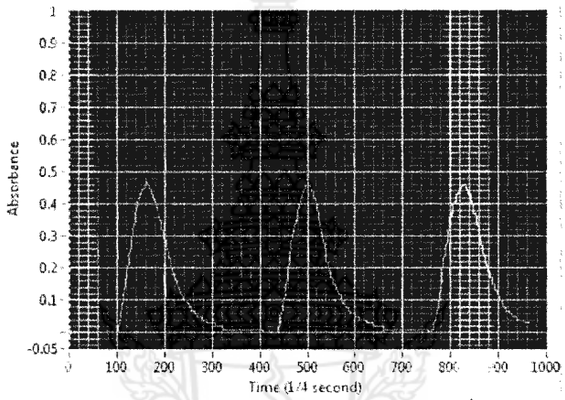



ภาพที่ 4.21 กราฟค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.1%

| I | II | III |
|---|---|---|
| 0.959 | 0.937 | 0.941 |
| Average | SD | %RSD |
| 0.946 | 0.010 | 1.012 |

ภาพที่ 4.22 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.1%

3) กดปุ่ม Preparation เพื่อดูดน้ำบริสุทธิ์เก็บไว้ในดับเบิ้ลไซล์ลิงค์ รอจนดับเบิ้ลไซล์ลิงค์หยุด แล้วนำสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.05% ต่อเข้ากับปั๊มรีดน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 4.4 หลังจากนั้นกดปุ่ม Read Abs 350 µl ได้กราฟและค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.05% ดังภาพที่ 4.23-4.24 นำค่าที่ได้ในช่อง I, II, III บันทึกค่าในตารางที่ 4.2

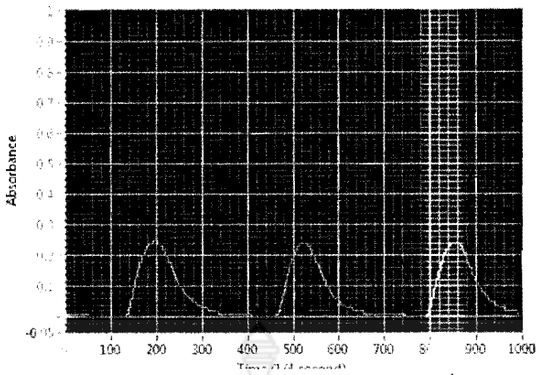



ภาพที่ 4.23 กราฟค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.05%

| I | II | III |
|---|---|---|
| 0.465 | 0.458 | 0.461 |
| Average | SD | %RSD |
| 0.461 | 0.003 | 0.622 |

ภาพที่ 4.24 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.05%

4) กดปุ่ม Preparation เพื่อดูดน้ำบริสุทธิ์เก็บไว้ในดับเบิ้ลไซล์ลิงค์ รอจนดับเบิ้ลไซล์ลิงค์หยุด แล้วนำสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.025% ต่อเข้ากับปั๊มรีดน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 4.4 หลังจากนั้นกดปุ่ม Read Abs 350 µl ได้กราฟและค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.025% ดังภาพที่ 4.25-4.26 นำค่าที่ได้ในช่อง I, II, III บันทึกค่าในตารางที่ 4.2

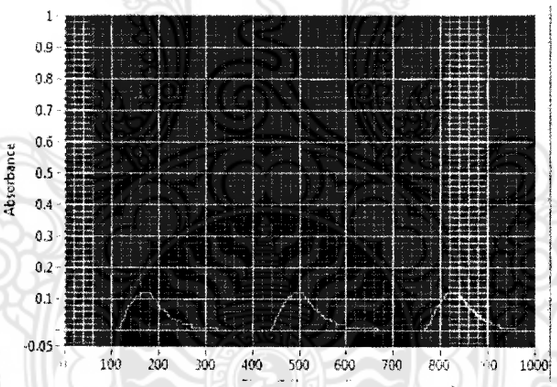



ภาพที่ 4.25 กราฟค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.025%

| I | II | III |
|---|---|---|
| 0.249 | 0.244 | 0.244 |
| Average | SD | %RSD |
| 0.246 | 0.002 | 0.959 |

ภาพที่ 4.26 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.025%

5) กดปุ่ม Preparation เพื่อดูดน้ำบริสุทธิ์เก็บไว้ในดับเบิ้ลไซล์ลิงค์ รอจนดับเบิ้ลไซล์ลิงค์หยุดนิ่ง แล้วนำสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.0125% ต่อเข้ากับปั๊มรีดน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 4.4 หลังจากนั้นกดปุ่ม Read Abs 350 µl ได้กราฟและค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.0125% ดังภาพที่ 4.27-4.28 นำค่าที่ได้ในช่อง I, II, III บันทึกค่าในตารางที่ 4.2

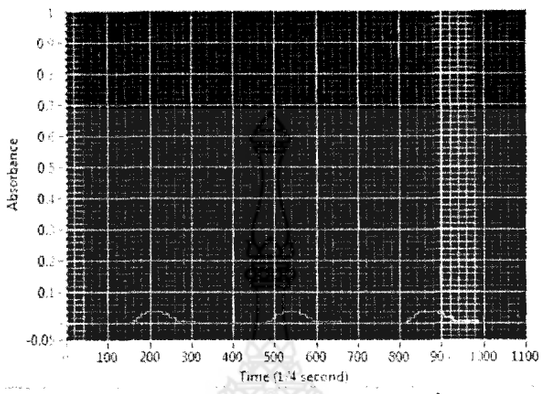



ภาพที่ 4.27 กราฟค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.0125%

| I | II | III |
|---|---|---|
| 0.124 | 0.124 | 0.120 |
| Average | SD | %RSD |
| 0.123 | 0.002 | 1.537 |

ภาพที่ 4.28 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.0125%

6) กดปุ่ม Preparation เพื่อเติมน้ำบริสุทธิ์เก็บไว้ในดับเบิ้ลไซล์ลิงค์ รอจนดับเบิ้ลไซล์ลิงค์หยุดนิ่ง แล้วนำสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.003125% ต่อเข้ากับปั๊มรีดน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 4.4 หลังจากนั้นกดปุ่ม Read Abs 350 µl ได้กราฟและค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.003125% ดังภาพที่ 4.29-4.30 นำค่าที่ได้ในช่อง I, II, III บันทึกค่าในตารางที่ 4.2




ภาพที่ 4.29 กราฟค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.003125%

| I | II | III |
|---|---|---|
| 0.041 | 0.041 | 0.042 |
| Average | SD | %RSD |
| 0.041 | 0.000 | 1.140 |

ภาพที่ 4.30 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีฟ้าที่ความเข้มข้น 0.003125%

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบวัดค่าการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายสีฟ้าโดยใช้คอยล์ 350 µl

| อัตราส่วนความเข้มข้น | ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้จากเครื่องสเป็กโตรโฟโต้มิเตอร์ | ผลการทดสอบค่าการดูดกลืนแสงที่วัดจากการทดสอบ | | | ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | I | II | III | |
| 0.003125% | 0.04 | 0.041 | 0.041 | 0.042 | 0.041 |
| 0.0125% | 0.12 | 0.124 | 0.124 | 0.120 | 0.123 |
| 0.025% | 0.24 | 0.249 | 0.244 | 0.244 | 0.246 |
| 0.05% | 0.46 | 0.465 | 0.458 | 0.461 | 0.461 |
| 0.1% | 0.94 | 0.99 | 0.937 | 0.947 | 0.958 |

จากตารางที่ 4.2 สามารถหาเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดของผลการทดสอบวัดค่าการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายสีฟ้าโดยใช้คอยล์ 350 µl ดังสมการที่ 4.5 ปรากฏว่าที่ค่าความเข้มข้นที่ 0.003125% ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบ = 0.041

เปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาด = ((ค่าที่วัดได้จากสเป็กโตร -ค่าเฉลี่ยจากผลทดสอบ) / ค่าที่วัดได้จากสเป็กโตร)x100 สมการที่ 4.5

= (( 0.41-0.041)/0.41 )x100

= -2.5%

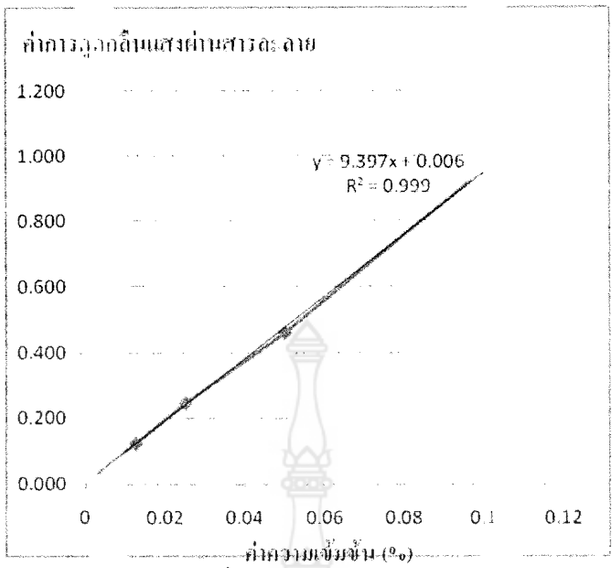
ค่าความเข้มข้นที่ 0.0125% มีค่าการดูดกลืนแสงจริง = 0.12 ค่าที่วัดได้เฉลี่ย = 0.123 เปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาด = -2.5% ค่าความเข้มข้นที่ 0.025% มีค่าการดูดกลืนแสงจริง = 0.24 ค่าที่วัดได้เฉลี่ย = 0.246 เปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาด = -2.5% ค่าความเข้มข้นที่ 0.05% มีค่าการดูดกลืนแสงจริง = 0.46 ค่าที่วัดได้เฉลี่ย = 0.461 เปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาด = -2.17% ค่าความเข้มข้นที่ 0.1% มีค่าการดูดกลืนแสงจริง = 0.94 ค่าที่วัดได้เฉลี่ย = 0.958 เปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาด = -1.914% หาเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของการทดสอบวัดค่าการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายสีฟ้าโดยใช้คอยล์ 350 µl ได้ดังสมการที่ 4.6

(%)ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย = $\frac{\text{ความผิดพลาดตัวอย่างที่(1+2+3+4+5)}}{5}$ สมการที่ 4.6

(%)ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย = 2.316%

**4.4 ทดสอบการดูดกลืนแสงในน้ำสีฟ้า**

การทดสอบวัดค่าการดูดกลืนแสงในน้ำสีฟ้าที่ได้จากสีผสมอาการนำมาผสมกับน้ำจนได้ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน จะการผสมให้ได้ตามความเข้มข้นจะให้นักเคมีเป็นผู้ผสม เมื่อผสมเสร็จแล้วจะนำไปวัดหาค่าการดูดกลืนแสงตามที่ต้องการ โดยใช้เครื่องสเป็กโตรโฟโต้มิเตอร์เป็นเครื่องวัด และจำแนกความเข้มข้นเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยแต่ละเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นจะเป็นเท่าตัว คือ ที่ 0.003125% จะมีค่าการดูดกลืนแสง 0.041, 0.0125% จะมีค่าการดูดกลืนแสง 0.123, 0.025% จะมีค่าการดูดกลืนแสง 0.246, 0.050% จะมีค่าการดูดกลืนแสง 0.461 และ 0.1% จะมีค่าการดูดกลืนแสง 0.958 ต่อมาก็เป็นการทดสอบโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงของความเข้มข้นทั้ง 5 หลังจากนั้นจะนำความเข้มข้นทั้ง 5 มา Calibration Carve ถ้ากราฟที่ออกมาเป็นกราฟที่ค่อนข้างตรงก็แสดงว่ากราฟที่ได้ก็จะเป็นไปตามกฎของเบียร์และแลมเบิร์ต อัตราความเข้มข้นของสารละลายเป็นแกน(Y) เทียบกับค่าเฉลี่ยค่าการดูดกลืนแสงจากผลการทดสอบเป็นแกน(X) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการพล็อตกราฟหาสมการเส้นตรง ดังภาพที่ 4.31




ภาพที่ 4.31 กราฟและสมการเส้นตรงที่ได้จากการ Calibration Curve ด้วยโปรแกรม Ms-Excel

$$Y = 9.397X + 0.006 \qquad \text{สมการที่ 4.7}$$

X แทน ค่าความเข้มข้นของสารละลาย(%)

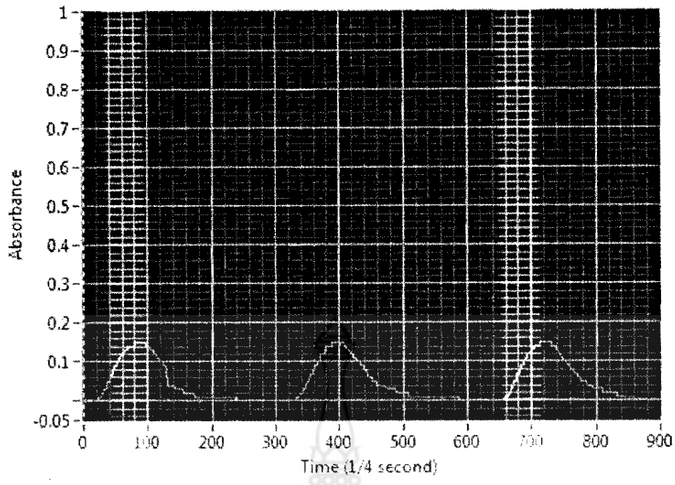
Y แทน ค่าการดูดกลืนแสงผ่านสารละลาย

เมื่อต้องการหาค่า X จากสมการที่ 4.2 จะได้สมการใหม่ดังสมการที่ 4.3

$$X = (Y-0.006) / 9.397 \qquad \text{สมการที่ 4.8}$$

เราสามารถหาค่าความเข้มข้นของสารละลาย(%) ในสมการที่ 4.8 โดยแทนค่าการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในตัวแปร (Y) และหากต้องการหาค่าการดูดกลืนแสงผ่านสารละลาย ในสมการที่ 4.7 โดยแทนค่าค่าความเข้มข้นของสารละลายในตัวแปร (X)

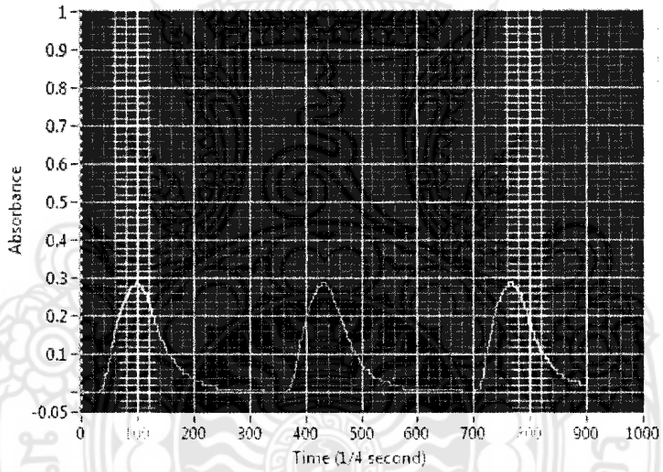
วัดค่าการดูดกลืนแสงในสารละลายตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้จำนวน 3 ตัวอย่างโดยมีขั้นตอนในการทดสอบคล้ายหัวข้อที่ 4.3.2 แต่สารละลายจะมีความเข้มข้น A, B และ C เพื่อคำนวณย้อนกลับหาค่าความเข้มข้น แสดงกราฟและตารางค่าการดูดกลืนแสงของความเข้มข้นของสาร A, B และ C ไว้ดังภาพที่ 4.33 ก), ข), ค), ง), จ) และ ฉ) ตามลำดับ แล้วทำการบันทึกผลการทดสอบ ดังตารางที่ 4.3




ก) กราฟค่าการดูดกลืนแสงของความเข้มข้นของสาร A

| I | II | III |
|---|---|---|
| 0.150 | 0.151 | 0.150 |
| Average | SD | %RD |
| 0.150 | 0.000 | 0.314 |

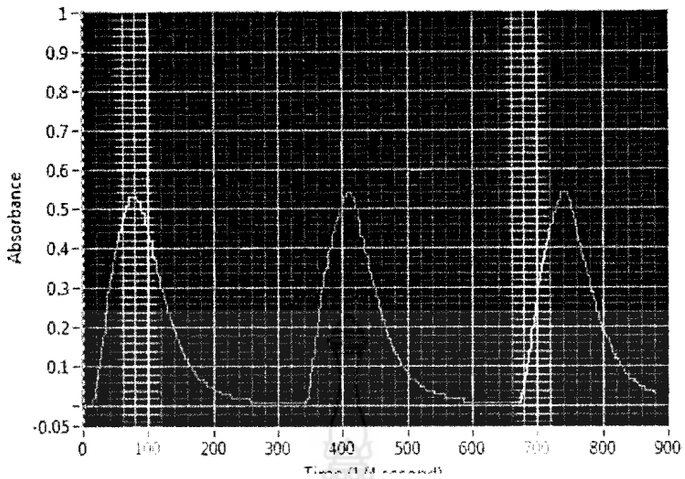
ข) แสดงกราฟและตารางค่าการดูดกลืนแสงของความเข้มข้นของสาร A




ค) กราฟค่าการดูดกลืนแสงของความเข้มข้นของสาร B

| I | II | III |
|---|---|---|
| 0.286 | 0.287 | 0.280 |
| Average | SD | %RD |
| 0.284 | 0.003 | 1.087 |

ง) แสดงกราฟและตารางค่าการดูดกลืนแสงของความเข้มข้นของสาร B




จ) กราฟค่าการดูดกลืนแสงของความเข้มข้นของสาร C

| I | II | III |
|---|---|---|
| 0.532 | 0.537 | 0.542 |
| Average | SD | %RD |
| 0.537 | 0.004 | 0.760 |

ฉ) แสดงกราฟและตารางค่าการดูดกลืนแสงของความเข้มข้นของสาร C

ภาพที่ 4.32 กราฟและตารางค่าการดูดกลืนแสงของความเข้มข้นของสาร A, B และ C

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยวัดสาร A, B และ C

| อัตราส่วนความเข้มข้น(%) | ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้จากเครื่องสเป็กโตรโฟโต้มิเตอร์ | ค่าความเข้มข้นได้อ่านได้จากเครื่องสเป็กโตรโฟโต้มิเตอร์(%) | ผลการทดสอบค่าการดูดกลืนแสง | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | I | II | III | ค่าเฉลี่ย |
| A | 0.28 | 0.0297 | 0.286 | 0.287 | 0.28 | 0.284 |
| B | 0.143 | 0.0151 | 0.15 | 0.151 | 0.15 | 0.150 |
| C | 0.531 | 0.058 | 0.532 | 0.537 | 0.542 | 0.537 |

เมื่อนำค่าการดูดกลืนแสงในระบบการไหลความเข้มข้นทั้ง 3 ตัวอย่าง คือ A, B และ C โดยนำค่าการดูดกลืนแสงแทนตัวแปร(Y) จะได้ค่าความเข้มข้นคือตัวแปร(X) ในสมการที่

4.7 ได้ค่าความเข้มข้นของสาร A เท่ากับ 0.029619, สาร B ได้ค่า 0.015359 และสาร C ได้ค่า 0.056507 แล้วบันทึกค่าความเข้มข้นของสารละลาย A, B และ C ในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบทวนหาค่าความเข้มข้นสารละลายด้วยสมการเส้นตรง

| สารละลายความเข้มข้น | ค่าความเข้มข้นได้อ่านได้จากเครื่องสเป็กโตรโฟโต้มิเตอร์(%) | ค่าความเข้มข้นของสารละลายที่ได้จากการกลับสมการโดยใช้สมการเชิงเส้นตรง |
|---|---|---|
| A | 0.0297 | 0.02961 |
| B | 0.0151 | 0.01535 |
| C | 0.058 | 0.05650 |

จากตารางที่ 4.4 สามารถหาเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดของการทดสอบทวนหาค่าความเข้มข้นสารละลายด้วยสมการเส้นตรงในสมการที่ 4.5

ค่าความเข้มข้นที่ A มีค่าความเข้มข้นของสารละลายจริงเท่ากับ 0.0291 ค่าที่วัดได้เฉลี่ยเท่ากับ 0.02961 เปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาด = -1.75% ค่าความเข้มข้นที่ B มีค่าการดูดกลืนแสงจริงเท่ากับ 0.0151 ค่าที่วัดได้เฉลี่ยเท่ากับ 0.01535 เปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาด = -1.65% ค่าความเข้มข้นที่ C มีค่าการดูดกลืนแสงจริง = 0.058 ค่าที่วัดได้เฉลี่ย = 0.05650 เปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาด = 2.58% หาเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของการทดสอบทวนหาค่าความเข้มข้นสารละลายด้วยสมการเส้นตรง ได้เท่ากับ 1.993%

# บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 จากการทดสอบการทดสอบวัดค่าอัตราการไหลของระบบการไหลด้วยดับเบิ้ลไซล์ลิงค์ จากตารางที่ 4.1 ได้ค่าเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดของการการทดสอบเท่ากับ 1.2%

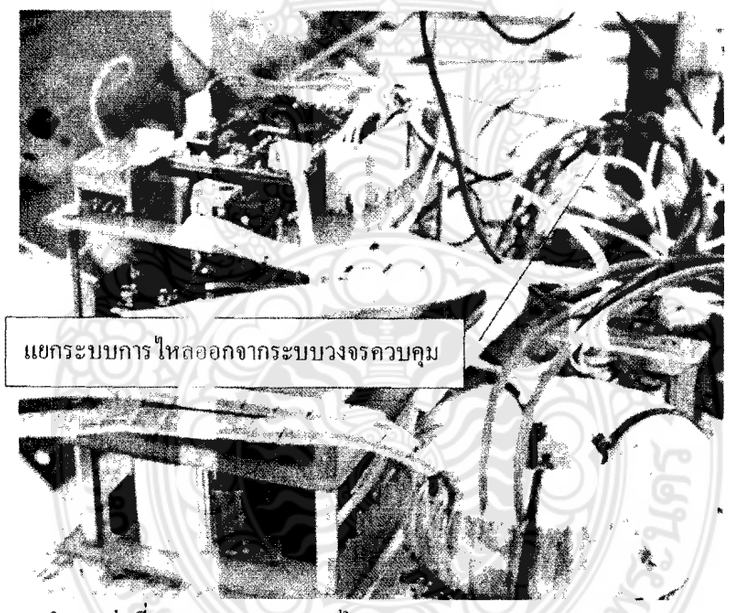
5.1.2 จากการทดสอบวัดค่าการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายสีฟ้าโดยใช้คอยล์ 350 µl จากตารางที่ 4.2 ได้เปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของการทดสอบเท่ากับ 2.316%

5.1.3 จากการทดสอบทวนหาค่าความเข้มข้นสารละลายด้วยสมการเส้นตรง จากตารางที่ 4.4 ได้เปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของการทดสอบเท่ากับ 1.993%

จากผลการทดสอบวัดค่าการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายสีฟ้า ได้กราฟเป็นไปตามความสัมพันธ์กฎเบียร์และแลมเบิร์ต ผลการทดสอบที่ได้ทั้งหมดนี้เป็นผลการทดสอบที่นักวิชาการทางเคมียอมรับได้

## 5.2 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาโครงการ

5.2.1 ควรทำโครงสร้างที่โปร่งใส หากเกิดการรั่วของระบบน้ำไหลจะได้ซ่อมบำรุงได้ง่าย และควรแยกภาคน้ำไหลออกจากระบบวงจรควบคุม ดังภาพที่ 5.1




ภาพที่ 5.1 แสดงตำแหน่งที่ควรแยกระบบการไหลของสารละลายออกจากระบบวงจรควบคุม

5.2.2 แผ่นวงจรพิมพ์มีขนาดใหญ่ ควรเปลี่ยนมาใช้อุปกรณ์ SMD เพื่อให้วงจรมีขนาดเล็กลง

5.2.3 ควรจะมี LED แสดงสถานะการทำงานของเครื่อง

## 5.3 อุปสรรคในการทำโครงการ

5.3.1 ไม่สามารถทราบได้หากเกิดน้ำรั่วภายในตัวเครื่อง

5.3.2 การเขียนโปรแกรม LabVIEW เพื่อควบคุมการใช้งานเครื่องและแสดงผลการทำงานต้องใช้เวลาในการศึกษาหลักการทำงานของโปรแกรม ทำให้การทำงานมีความล่าช้า

5.3.3 การเขียนภาษาซีควบคุมระบบการไหล ต้องใช้ความระมัดระวังอาจจะทำให้หลอดไซล์ลิงค์แตกได้

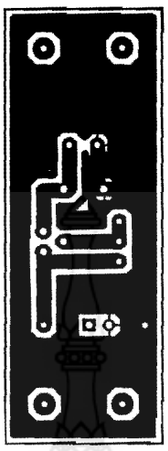
5.3.4 ระบบของเครื่องค่อนข้างซับซ้อน จึงทำให้งานล่าช้า

# บรรณานุกรม

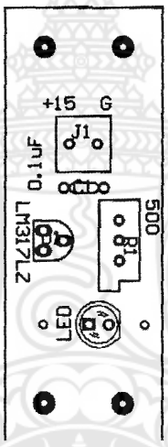
1. Mittler R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends Plant Sci. 2002; 7(9):405-410.
2. Vaya J, Aviram M. Nutritional Antioxidants: Mechanisms of Action, analyses of Activities and Medical Applications. Current Medicinal Chemistry - Immunology, Endocrine and Metabolic Agents. 2001; 1: 99-117.
3. Ravindra PS, Sharad S, Kapur S. Free Radicals and Oxidative Stress in Neurodegenerative Diseases: Relevance of Dietary Antioxidants. Journal, Indian Academy of Clinical Medicine. 2004; 5(3):218-25.
4. Huang D, Ou B, Prior RL. The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2005; 53(6):1841-56.
5. Becker EM, Ntouma G, Skibsted LH. Synergism and antagonism between quercetin and other chain-breaking antioxidants in lipid systems of increasing structural organisation. Food Chemistry. 2007; 103(4):1288-96
6. Serafini M, Del Rio D. Understanding the association between dietary antioxidants, redox status and disease: is the total antioxidant capacity the right tool? Redox Report. 2004; 9(3):145-52.
7. http://www.jaica.com/e/products_antioxidant_pao_kit.html
8. http://osumex.com/_testfreerad.php
9. http://www.baranmedikal.com.tr/en/sayfa.php?/5
10. http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/color-light/page2_3.html
11. www.il.mahidol.ac.th
12. ขจร อนุดิตย์. การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ด้วยภาษา C. นนทบุรี : Core Fumction, 2550.
13. กิจไพบูลย์ ชีวพันธุศรี. การออกแบบแอพพลิเคชั่นในระบบกราฟฟิกด้วย LabVIEW. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2550.
14. เจริญ เพชรมุณี. เรียนลัดLabVIEW. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2547.

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก
# ลายวงจรที่ใช้ในพัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสง ผ่านสารละลายในระบบการไหล

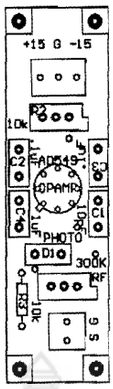


ภาพที่ ก.1 ลายวงจรชุดขับ LED

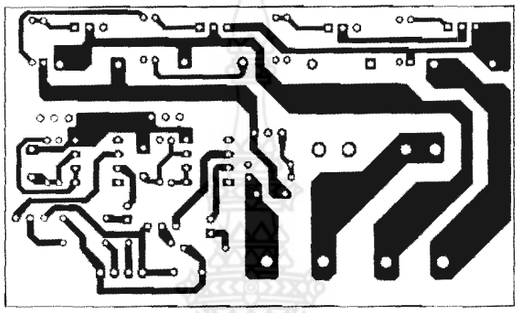



ภาพที่ ก.2 ตำแหน่งการลงอุปกรณ์ชุดขับ LED

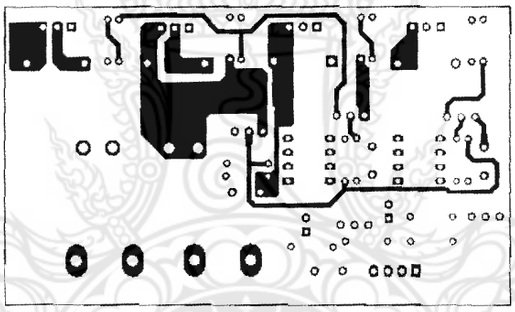
ภาพที่ ก.3 ลายวงจรชุดอ่านค่าแสง



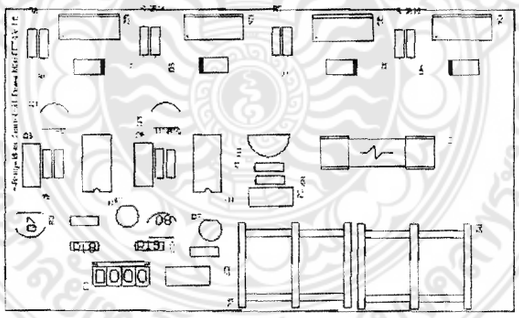

ภาพที่ ก.4 ตำแหน่งการลงอุปกรณ์วงจรชุดอ่านค่าแสง



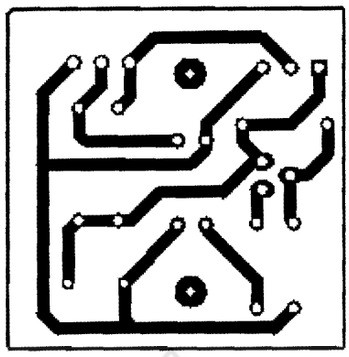
ภาพที่ ก.5 ลายวงจรด้าน Bottom Layer ชุดควบคุมดีซีมอเตอร์



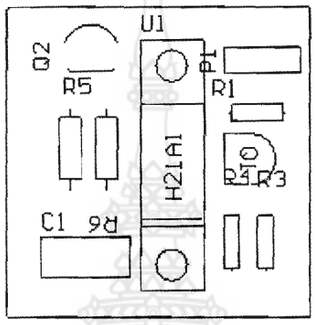
ภาพที่ ก.6 ลายวงจรด้าน Top Layer ชุดควบคุมดีซีมอเตอร์



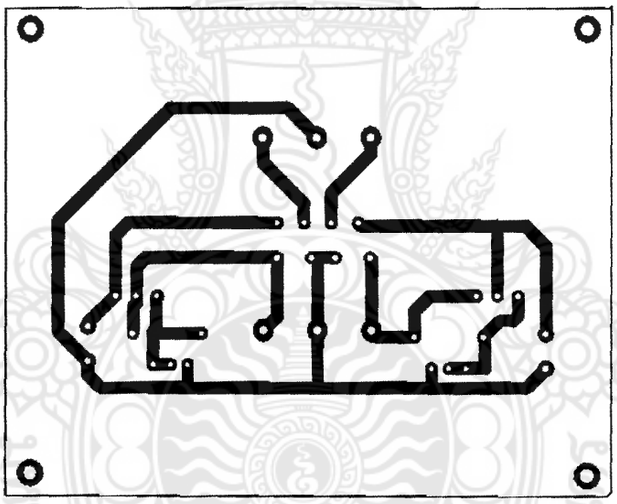
ภาพที่ ก.7 ตำแหน่งการลงชุดควบคุมดีซีมอเตอร์



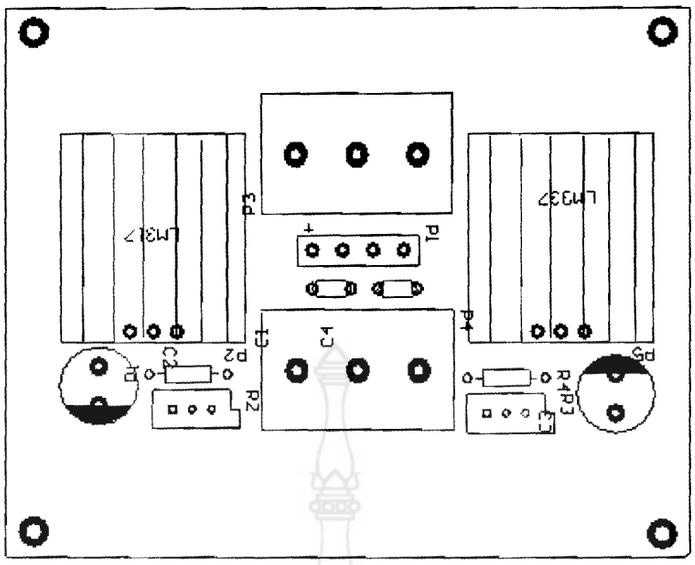
ภาพที่ ก.8 ลายวงจรเซ็นเซอร์



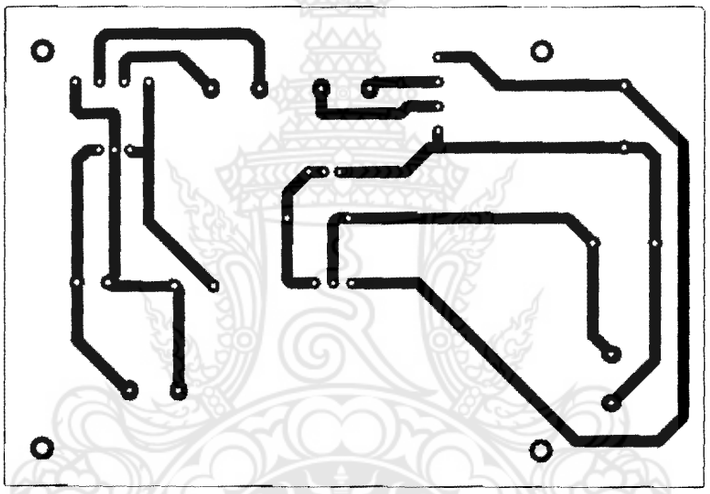

ภาพที่ ก.9 ตำแหน่งการลงอุปกรณ์วงจรเซ็นเซอร์



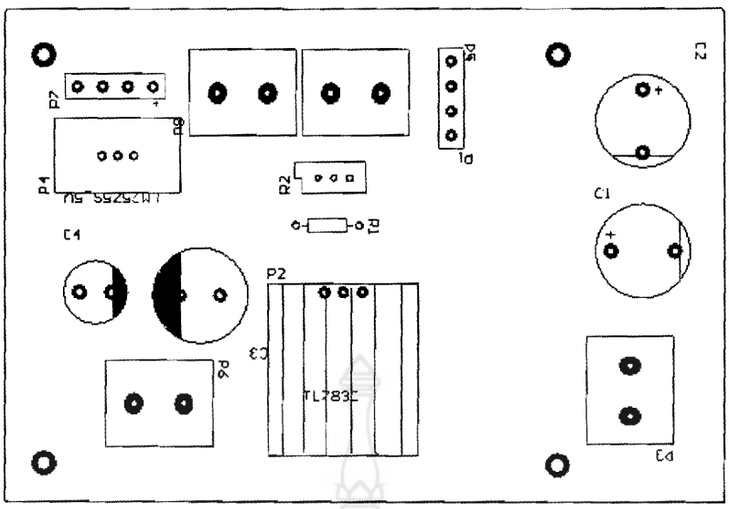
ภาพที่ ก.10 ลายวงจรแหล่งจ่าย +5V



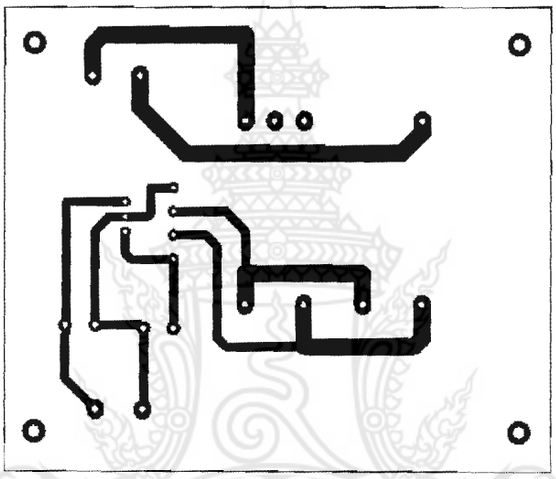

ภาพที่ ก.11 ตำแหน่งการลงอุปกรณ์วงจรแหล่งจ่าย ±15V



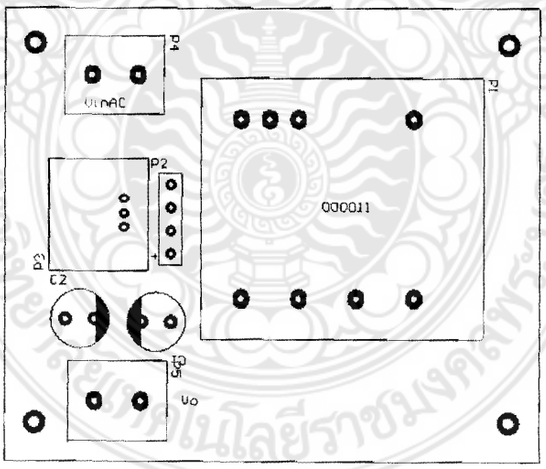
ภาพที่ ก.12 ลายวงจรแหล่งจ่าย +24V และ +9V




ภาพที่ ก.12 ตำแหน่งการลงอุปกรณ์แหล่งจ่าย +24V และ +9V



ภาพที่ ก.13 ลายวงจรแหล่งจ่าย 9V




ภาพที่ ก.14 ตำแหน่งการลงอุปกรณ์วงจรแหล่งจ่าย 9V

# ประวัติย่อผู้วิจัย

**ประวัติคณะผู้วิจัย**

**หัวหน้าโครงการวิจัย**

**<u>ส่วน ค.</u> ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย**

1. **ชื่อ (ภาษาไทย)** นางสาวสิริรัตน์ นามสกุล พานิช

   **ชื่อ (ภาษาอังกฤษ)** Miss. Sirirat Panich

2. **เลขหมายประจำตัวประชาชน** 3 1605 00061 59 2

3. **ตำแหน่งปัจจุบัน** อาจารย์

4. **หน่วยงาน** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 1381 ถ. พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขต บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 โทร 0-2913-2424 ต่อ 195 มือถือ 081-8106283 E-mail <u>sirirat.pan@rmutp.ac.th</u>, <u>pom_sirirat@hotmail.com</u>

5. **ประวัติการศึกษา**

   1. ระดับปริญญาโท วท.ม (เคมีวิเคราะห์และเคมีอินทรีย์ประยุกต์) ม.มหิดล ทุน Perch-CIC
   2. ระดับประกาศนียบัตร บ. ทางการสอน ม.บูรพา ทุนโครงการสควค.
   3. ระดับปริญญาตรี วท.บ (เคมี) ม.บูรพา ทุนโครงการสควค.
   4. ระดับมัธยมปลาย ทุนโครงการสควค. โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย

6. **สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ**

   1. การเขียนใช้โปรแกรมพิเศษทางเคมี เช่น ChemDraw
   2. การใช้เทคโนโลยีทางการศึกษา
   3. งานวิจัยทางเคมีในระดับนาโน และสารต้านอนุมูลอิสระ

7. **ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย**

   **งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว**

   สิริรัตน์ พานิช, **มะลิวรรณ อมตธงไชย**, นวลละออ รัตนวิมานวงศ์, ถนอม โลมาศ, ธิติมา มธุรส, อดิศร เตือนตรานนท์ และ ดวงใจ นาคะปรีชา "วิธีใหม่เพื่อทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำคั้นแยกกากจากผลไม้ด้วยเทคนิคปฏิบัติการบนชิป: A new approach for assessing total antioxidant capacity

of fruit juices by lab-on-a-chip" บทความวิจัยตีพิมพ์ใน proceeding การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 10

**ส่วน ค. ประวัติผู้ร่วมโครงการวิจัย**

**1. ชื่อ – นามสกุล** (ภาษาไทย) นายเลอพงษ์ พิศนุย

(ภาษาอังกฤษ) Mr.Lerpong Pisnui

**2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน** 3409900767323

**3. ตำแหน่งปัจจุบัน** อาจารย์

**4. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail**

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 โทรศัพท์ 029132424

E-mail address : lerpongp@hotmail.com

**5. ประวัติการศึกษา**

| ระดับ | คุณวุฒิ | วิชาเอก | สถาบัน |
|---|---|---|---|
| ปริญญาโท | วศ.ม. | วิศวกรรมไฟฟ้า | ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| ปริญญาตรี | วศ.บ.<br>อส.บ. | วิศวกรรมไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์<br>วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ | สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล(คลองหก)<br>วิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือขอนแก่น |

**6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ**

-โครงการวิจัย ของ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)เรื่อง โครงการปรับปรุงเครื่องวัดน้ำตาลซูโครสด้วยเทคนิคพัลส์แอมเพอโรเมตริกดีเทกชันเป็นผู้ร่วมวิจัย มีส่วนร่วมในงานวิจัย 33.33%

- โครงการสนับสนุนผู้ประกอบการไทยเพื่อการพัฒนาสร้างเครื่องจักรและอุปกรณ์ด้วยกระบวนการศึกษาและถ่ายทอดเทคโนโลยีทางวิศวกรรม ของศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) เรื่อง โครงการเครื่องวัดน้ำตาลด้วยเทคนิค Polarizationเป็นหัวหน้าโครงการ มีส่วนร่วมในงานวิจัย 80%

- โครงการสหกิจวิจัยและพัฒนา ณ.สถานประกอบการ ของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) เรื่อง โครงการเครื่องวัดและจัดเก็บข้อมูลอุณหภูมิแบบ 12 จุดเป็น หัวหน้าและที่ปรึกษาโครงการ
- โครงการสหกิจวิจัยและพัฒนา ณ.สถานประกอบการ ของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) เรื่อง โครงการชุดควบคุมเครื่องดูดจ่ายสารละลายอัตโนมัติเป็น หัวหน้าและที่ปรึกษาโครงการ

**บทความทางวิชาการ**

- บทความวิชาการ ในวารสารวิจัยและพัฒนา มจธ ปีที่ 28 ฉบับที่ 4 ตุลาคมถึงธันวาคม 2548 เรื่อง การวัดการดูดแสงผ่านสารละลายทางเคมีคลินิกด้วยตัวเซนเซอร์ CCD แบบเส้น
- บทความวิชาการ ในการประชุมวิชาการนานาชาติ 16th InternationalConference on Flow Injection Analysis Including Related Techniques(16th ICFIA) เรื่อง Construction of a potentiostat flow system for voltmmetric analysis ในวันที่ 25-30 เมษายน 2553 ที่ โรงแรมแกรนซีวิวรีสอร์ต พัทยา ชลบุรี
- บทความวิจัย ในวารสารวิจัยและนวัตกรรมเพื่ออุตสาหกรรมไทย ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน 2554 เรื่องการพัฒนาเครื่องวัดน้ำตาลซูโครสด้วยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้าสำหรับงานอุตสาหกรรมน้ำตาลวิทยากรการอบรม
- กิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี ภายใต้โครงการพัฒนาสร้างเครื่องวัดน้ำตาลด้วยเทคนิค Polarization โดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ร่วมกับโครงการสนับสนุนผู้ประกอบการไทยเพื่อการพัฒนาสร้างเครื่องจักรและอุปกรณ์ด้วยกระบวนการศึกษาและถ่ายเทคโนโลยีทางวิศวกรรม ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ และสำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เรื่อง การประยุกต์ใช้งานของเทอร์โมอิเล็กทริก จัดที่ห้อง EE104 สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วันที่ 9 กันยายน 2554 เวลา 08.30 – 12.00 น.

**ประวัติที่ปรึกษาโครงการวิจัย**

1. (ชื่อ-สกุล ภาษาไทย) น.ส. มะลิวรรณ อมตธงไชย
   (ชื่อ-สกุล ภาษาอังกฤษ) Ms Maliwan Amatatongchai
2. หมายเลขบัตรประชาชน 3401600028536
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ระดับ 7

4. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ต. ศรีไค อ. วารินชำราบ จ. อุบลราชธานี 3419 โทรศัพท์ 045-433-110-2 ต่อ 4126 โทรสาร 045-288-379 มือถือ 08-9623-7545

e-mail amaliwan@sci.ubu.ac.th หรือ amaliwan@gmail.com

5. ประวัติการศึกษา

| วุฒิการศึกษา | สถาบันการศึกษา | ปีที่จบการศึกษา |
|---|---|---|
| Ph.D. (Analytical Chemistry) | มหาวิทยาลัยมหิดล | 2549 |
| วท.ม. (Applied Analytical and Inorganic Chemistry) | มหาวิทยาลัยมหิดล | 2542 |
| วท.บ. (เคมี) | มหาวิทยาลัยขอนแก่น | 2539 |

6. สาขาที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ

6.1 Electrochemistry

6.2 Biosensors

6.3 Analytical Chemistry

6.4 Flow Injection Analysis and Chromatography

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัย ว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย เป็นต้น

-ทุนระดับสนับสนุนการวิจัยบัณฑิตศึกษาจากสภาวิจัยในปี พ.ศ. 2540 หัวข้อเรื่อง "Determination of Oxalate in Urine and plasma samples by Ion Chromatography" ผู้ร่วมวิจัย

-ทุนพัฒนาศักยภาพในการทำวิจัยของอาจารย์รุ่นใหม่จากสำนักงานส่งเสริมการวิจัย (สกว.)ในปี พ.ศ. 2550-2552 หัวข้อเรื่อง"New approach for evaluation of total antioxidant capacity" หัวหน้าโครงการวิจัยที่รับทุน

-ทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2552 หัวข้อเรื่อง "การพัฒนาเทคนิควิเคราะห์แอมเพอร์โรเมทรีแบบใหม่สำหรับวิเคราะห์และประเมินหาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างพืชสมุนไพรไทย" หัวหน้าโครงการวิจัยที่รับทุน

**7.1** <u>งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์การเผยแพร่ และสถานภาพในการวิจัย</u>

**International Publications**

1. X. Wang, **M. Amatatongchai**, D. Nacapricha, O. Hofmann, J.C. de Mello, D.D.C. Bradley and A.J. de Mello. "Thin-film organic photodiodes for integrated on-chip chemiluminescence detection – application to antioxidant capacity screening" *Sensors and Actuators B: Chemical* 140, 643-648 (2009) มี impact factor 3.122

   สถานภาพในการทำวิจัย : ผู้ร่วมวิจัย

2. **M. Amatatongchai**, O. Hofmann, D. Nacapricha, O. Chailapakul and A.J. deMello "Microfluidic system for evaluation of antioxidant capacity based on a peroxyoxalate chemiluminescence assay", *Anal. Bioanal. Chem.*387, 277-285 (2007). มี impact factor 2.695 สถานภาพในการทำวิจัย : ผู้ร่วมวิจัย

3. N. Ratanawimarnwong, N. Amornthammarong, N. Choengchan, P. Chaisuwan, **M. Amatatongchai**, P. Wilairat, I. D. McKelvie and D. Nacapricha. "Determination of iodide by detection of iodine using gas-diffusion flow injection and chemiluminescence", *Talanta*. 65(2005)756-761. มี impact factor 2.532.

   สถานภาพในการทำวิจัย : ผู้ร่วมวิจัย

4. O. Chailapakul, **M. Amatatongchai**, P. Wilairat, K. Grudpan and D. Nacapricha. "Flow-injection determination of iodide in nuclear emergency tablets, using boron-doped diamond thin film electrode", *Talanta* 64 (2004)1253-1258. มี impact factor 2.546.

   สถานภาพในการทำวิจัย : ผู้ร่วมวิจัย

**Conference Proceeding**

1. X. Wang, **M. Amatatongchai**, D. Nacapricha, O. Hofmann, J.C. deMello, A.J. deMello and D.D.C. Bradley, **On-Chip Antioxidant Capacity Screening Using Integrated Low-Cost Organic Photodiodes**, Micro Total Task Conference 2007, Micro Total Task Conference 2007 Volume II, p1164-1166.

2. สิริรัตน์ พานิช, **มะลิวรรณ อมตธงไชย**, นวลละออ รัตนวิมานวงศ์, ถนอม โลมาศ, ธิติมา มธุรส, อดิศร เตือนตรานนท์ และ ดวงใจ นาคะปรีชา "วิธีใหม่เพื่อทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำคั้นแยกกากจากผลไม้ด้วยเทคนิคปฏิบัติการบนชิป: A new approach for assessing total antioxidant capacity of fruit juices by lab-on-a-chip" บทความวิจัยตีพิมพ์ใน proceeding การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 10

**International conferences**

1. J. Sitanurak, S. Panich, **M. Amatatongchai,** N. Ratanawimarnwong, A. Tuantranont, D. Nacapricha "A flow through microchip: High throughput approach for assessing total antioxidant capacity" 15th International Conference on Flow Injection Analysis (ICFIA 2008) including related techniques 28 September-3 October 2008 as poster contribution (Nagoya, Japan).
2. **M. Amatatongchai**, S. Laosing, O. Chailapakul and D. Nacapricha "New amperometric method for evaluation of total antioxidant capacity" The 9th Asian Conference on Analytical Science (ASIANALYSIS IX) 4-8 November 2007 as poster contribution (Jeju island, Korea).
3. **M. Amatatongchai**, O. Hofmann, Xuhua Wang, O. Chailapakul, A.J. DeMello and D. Nacapricha "On-chip total antioxidant capacity screening using a peroxyoxalate chemiluminescence assay" 14th International Conference on Flow Injection Analysis (ICFIA 2007) including related techniques 3-7 September 2007 as oral contribution (Berlin, Germany).
4. **M. Amatatongchai**, S. Laosing, O. Chailapakul and D. Nacapricha "New approach for evaluation of total antioxidant capacity based on flow injection with amperometric detection of free radical reaction" 14th International Conference on Flow Injection Analysis (ICFIA 2007) including related techniques 3-7 September 2007 as poster contribution (Berlin, Germany).