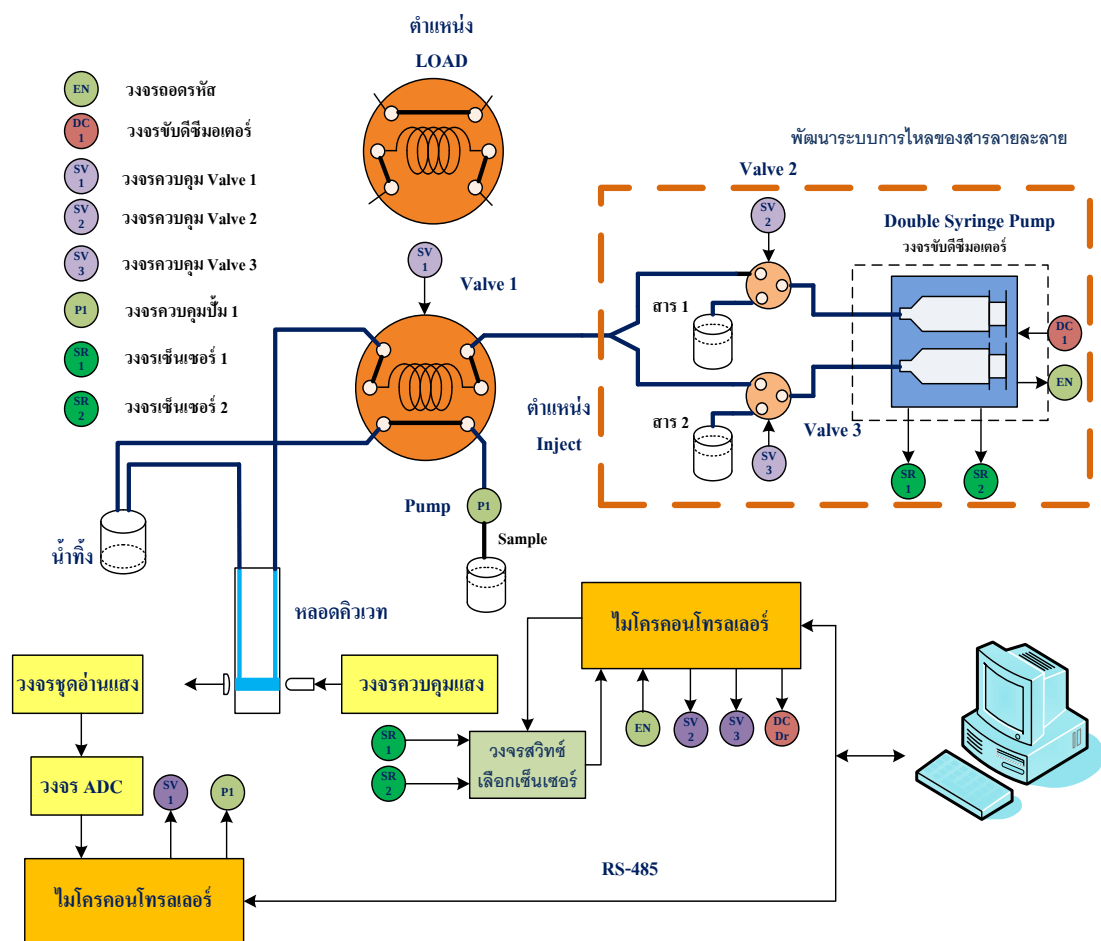


### บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลอง

### 3.1 การออกแบบและการสร้างเครื่องวัดการดูดกลืนแสง

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



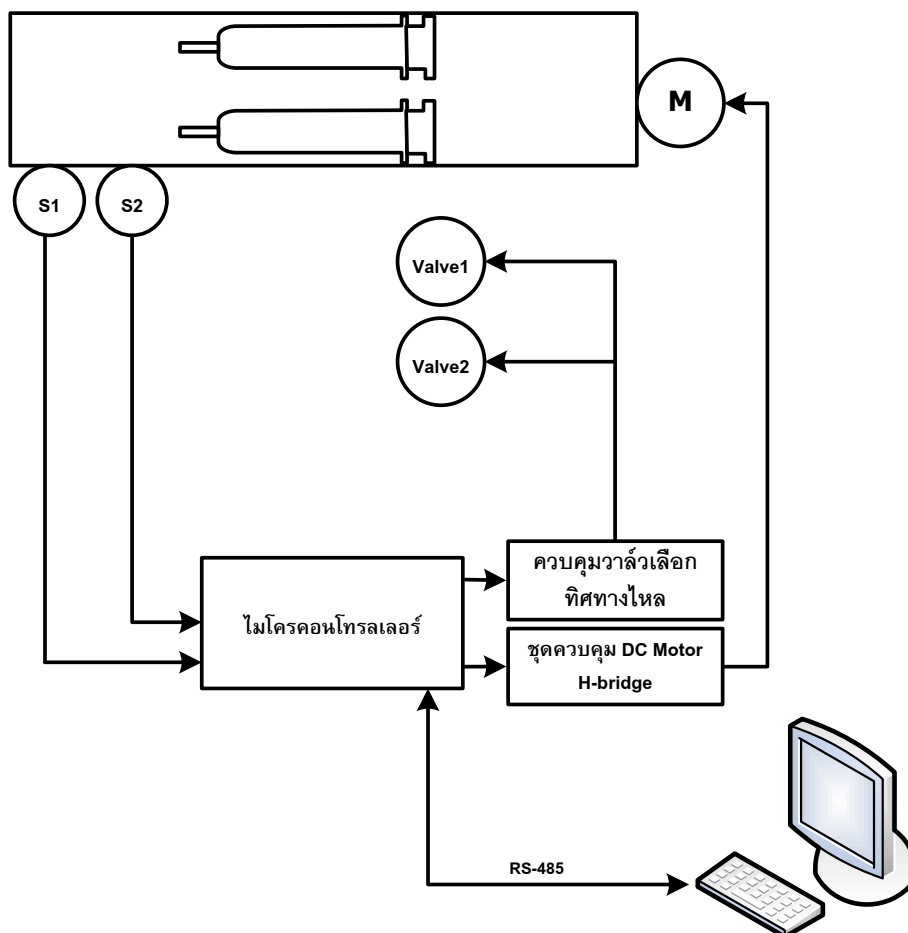
ภาพที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล

จากบล็อกไดอะแกรมการทำงานพัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล โดยสามารถแยกการทำงานเป็นสองส่วนด้วยกันดังนี้

### 3.2 บล็อกไดอะแกรมพัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล

#### 3.2.1 บล็อกไดอะแกรมในส่วนการควบคุมระบบการไหลของสารละลาย

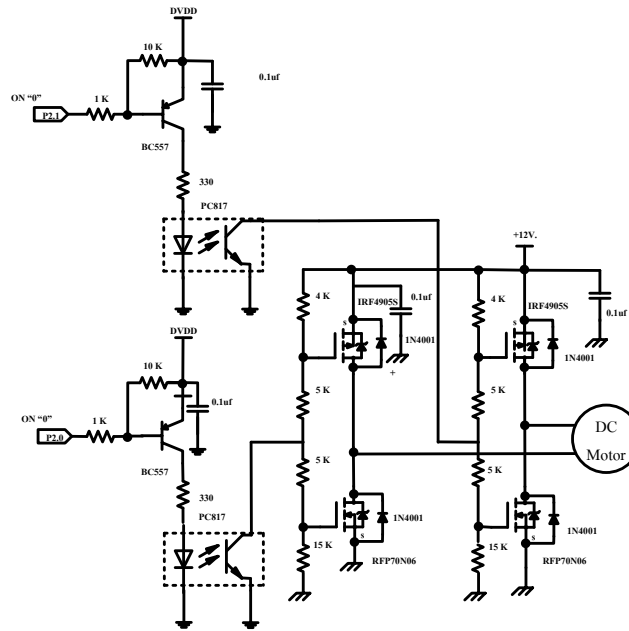
ในการออกแบบวงจรและโครงสร้างเครื่องในส่วนการควบคุมระบบการไหลของสารละลายแสดงด้วยบล็อกไดอะแกรม ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมในส่วนการควบคุมระบบการไหลของสารละลาย

บล็อกไดอะแกรมในส่วนการควบคุมระบบการไหลของสารละลาย ประกอบด้วยควบคุมดังนี้

1) ชุดควบคุมดิซีมอเตอร์ เป็นวงจรกลับทางหมุนมอเตอร์แบบไฮบริดจ์โดยมอสเฟตเป็นตัวควบคุมการทำงานมอเตอร์ โดยอาศัยจังหวะของสัญญาณนาฬิกา และลอจิก “0” หรือ “1” จากไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถกลับทางหมุนมอเตอร์ ดังภาพที่ 3.3 และแสดงสถานะการทำงานของชุดควบคุมดิซีมอเตอร์ ดังตารางที่ 3.1

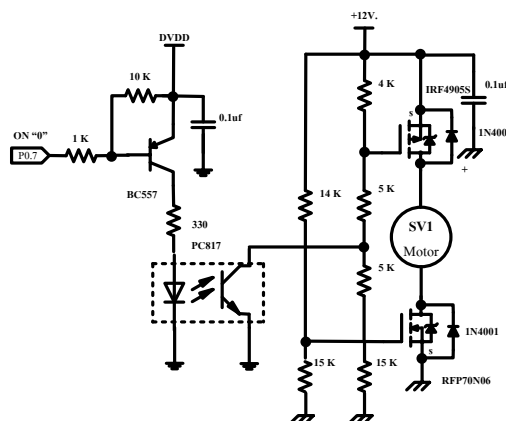


ภาพที่ 3.3 ชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์

ตารางที่ 3.1 ตารางความจริงของชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์

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

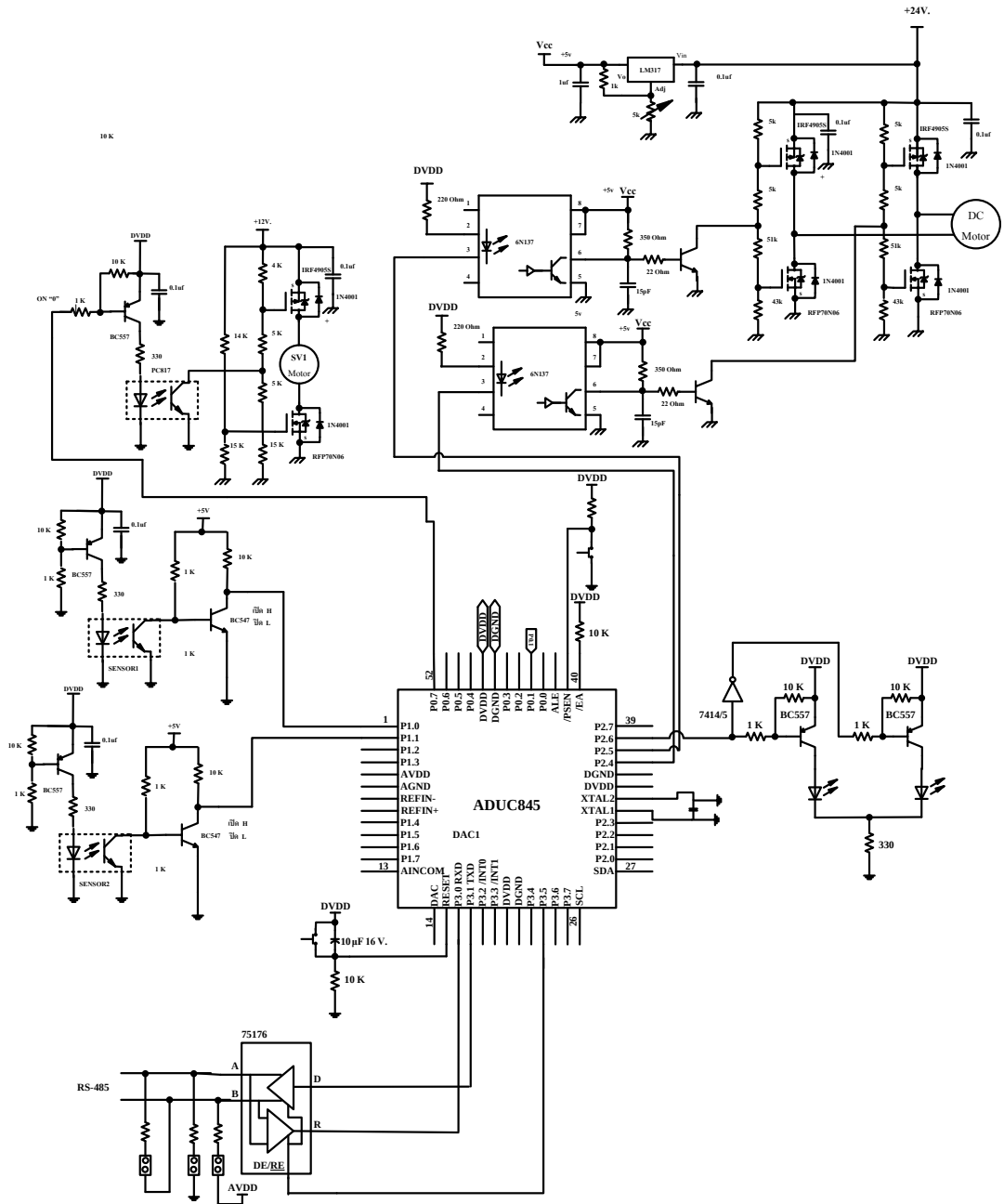
2) ชุดควบคุมวาล์วเลือกทิศทางไหล ทำหน้าที่ควบคุมเลือกสถานะการไหลของสารละลายควบคุมโดยอาศัยลอจิก “0” และลอจิก “1” ที่ส่งจากพอร์ต 0.7 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยไบอัสขาซอร์สของมอสเฟต เพื่อควบคุมการทำงานของวาล์วเลือกทิศทางไหล ดังภาพที่ 3.4 และแสดงสถานะการทำงานของชุดควบคุมวาล์วเลือกทิศทางไหล ดังตารางที่ 3.2



ภาพที่ 3.4 ชุดควบคุมวาล์วเลือกทิศทางไหล



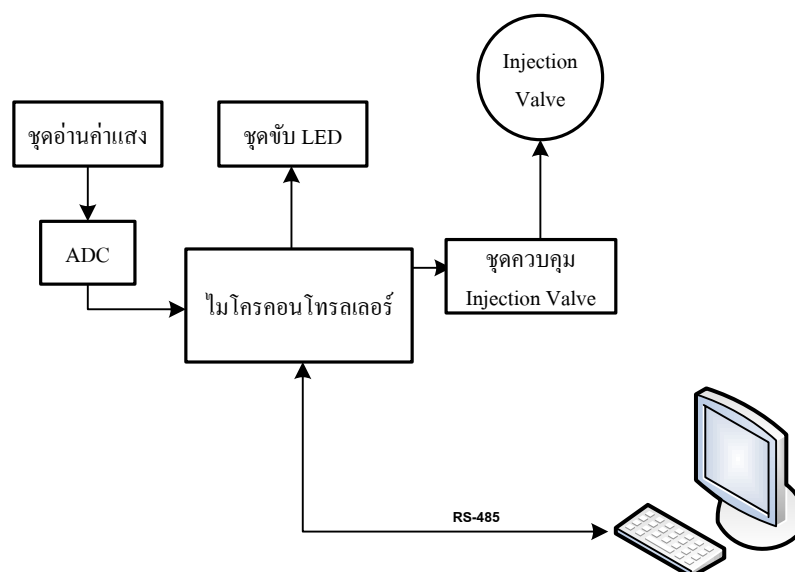
### บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลอง



ภาพที่ 3.6 วงจรรวมในส่วนการควบคุมระบบการไหลของสารละลาย

### 3.2.2 บล็อกไดอะแกรมในส่วนการวัดค่าการดูดกลืนแสงสารละลาย

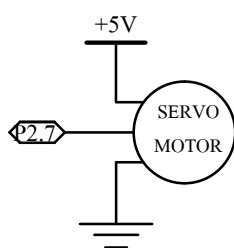
ในการออกแบบวงจรและโครงสร้างเครื่องในการวัดค่าการดูดกลืนแสงสารละลายแสดงด้วยบล็อกไดอะแกรม ดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 บล็อกไดอะแกรมส่วนการวัดค่าการดูดกลืนแสงสารละลาย

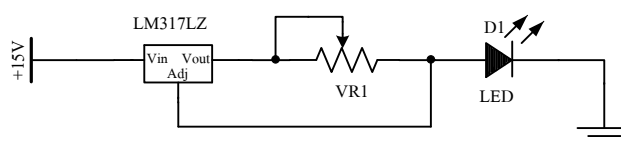
บล็อกไดอะแกรมในส่วนการวัดค่าการดูดกลืนแสงสารละลาย ประกอบด้วยควบคุมดังนี้

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) จำนวนกระแสการไหลได้จากสมการที่ 3.1



ภาพที่ 3.9 ชุดขับ LED

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

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

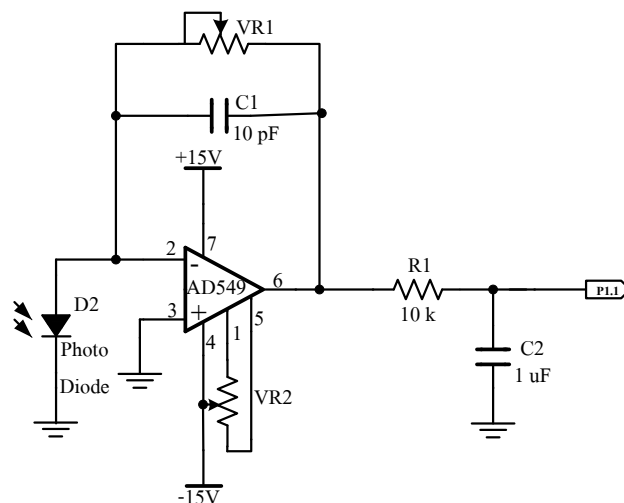
$$I_{out} = \frac{1.25V}{R_1}$$

$$R_1 = \frac{1.25V}{18 \times 10^{-3}} = 69.44\Omega$$

$$R_1 \approx 70\Omega$$

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

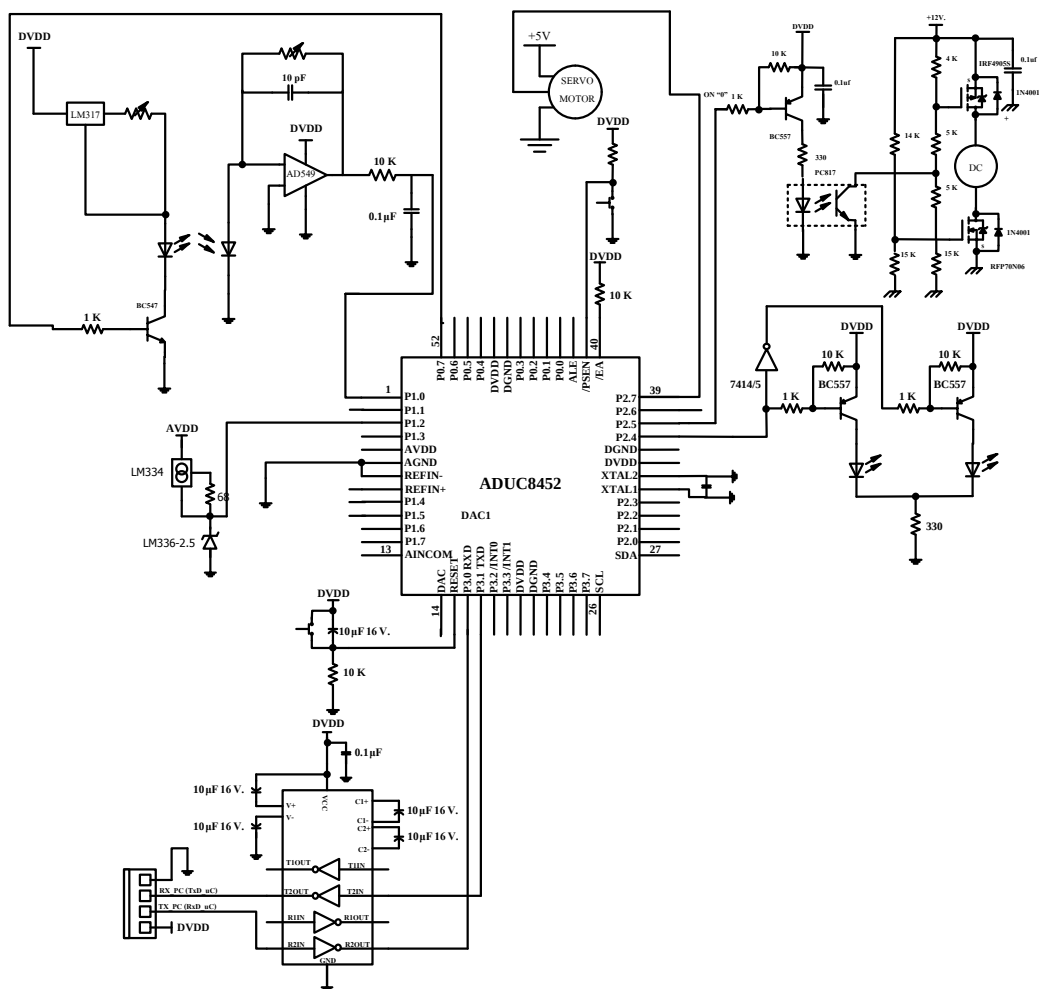
3) ชุดอ่านค่าแสง ทำหน้าที่รับสัญญาณแสงนั้นโดยใช้ โฟโตทรานซิสเตอร์ (Phototransistor) หรือ โฟโตไดโอด (Photodiode) โดยเราเลือกใช้โฟโตไดโอด ของบริษัท Silonex รุ่น SLD-70BG2 ซึ่งมีช่วงความยาวคลื่นตอบสนองอยู่ในช่วง 400-700 nm โดยเปลี่ยนพลังงานให้อยู่ในรูปกระแส จากนั้น AD549 จะเปลี่ยนจากกระแสเป็นแรงดันส่งไปยัง P1.1 ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 ชุดอ่านค่าแสง

4) คอมพิวเตอร์ใช้โปรแกรม LabVIEW ทำหน้าที่ในการสั่งการทำงานต่างๆ เพื่อควบคุมระบบการไหลของสารละลาย

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



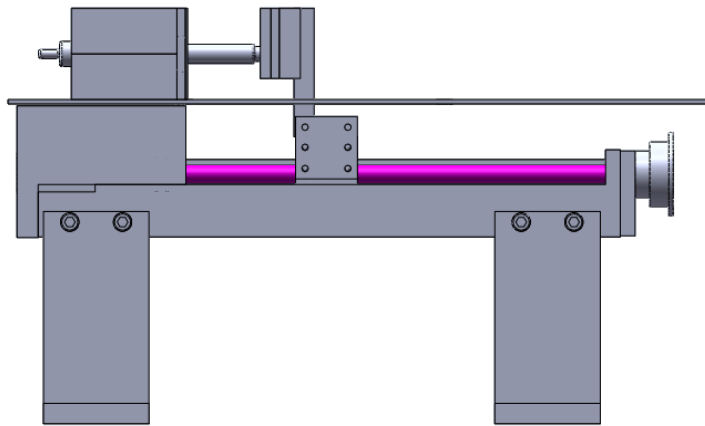
ภาพที่ 3.11 วงจรรวมในส่วนการวัดค่าการดูดกลืนแสงสารละลาย

### 3.3 การออกแบบ

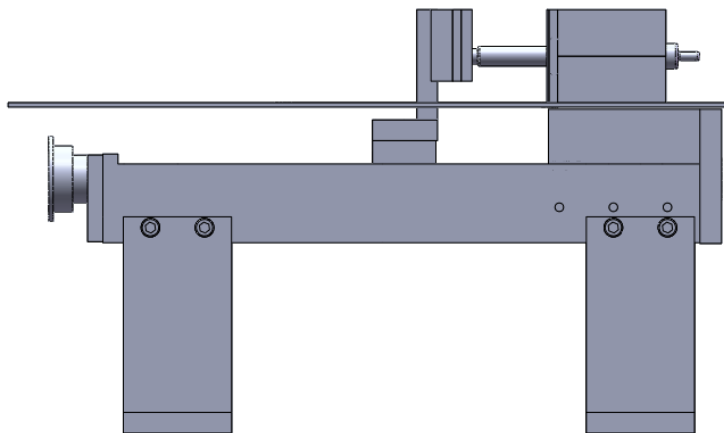
3.3.1 การออกแบบประกอบด้วย ออกแบบระบบการไหลด้วยดับเบิลไซส์ลิงค์ และออกแบบโครงสร้างเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล

#### 1) การออกแบบระบบการไหลด้วยดับเบิลไซส์ลิงค์

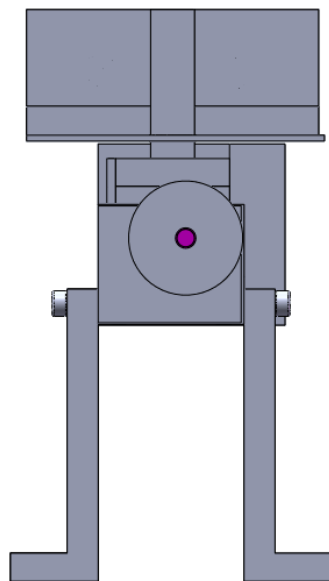
โดยใช้หลอดไซส์ลิงค์ ขนาด 2 ml ชนิดแก้ว จำนวน 2 หลอด โดยได้ออกแบบแกนจับหลอดดับเบิลไซส์ลิงค์ ดังภาพที่ 3.12 ประกอบด้วย โครงสร้างด้านหน้า ดังภาพ ก), โครงสร้างด้านหลัง ดังภาพ ข), โครงสร้างด้านข้าง ดังภาพ ค), โครงสร้างด้านบน ดังภาพ ง), ภาพแกนจับหลอดดับเบิลไซส์ลิงค์ด้านหน้า ดังภาพ จ) และภาพแกนจับหลอดดับเบิลไซส์ลิงค์ด้านหลัง ดังภาพ ฉ)



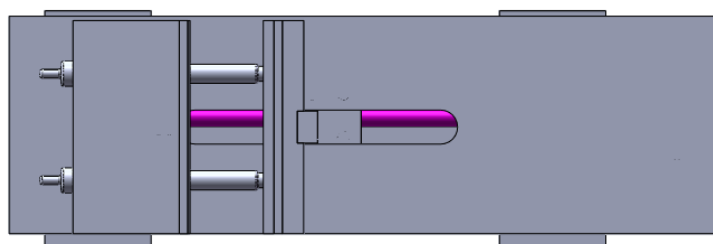
ก) โครงสร้างด้านหน้า



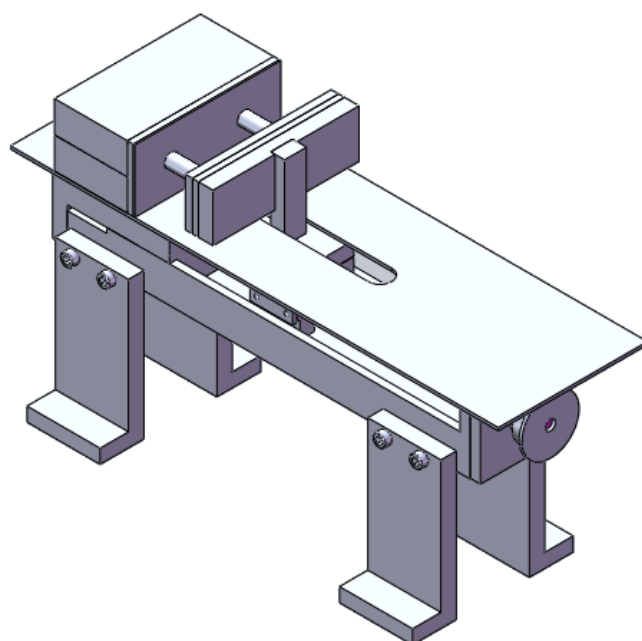
ข) โครงสร้างด้านหลัง



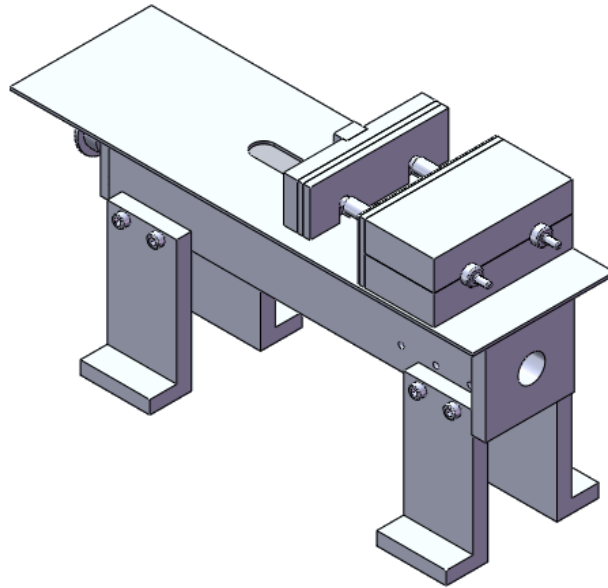
ค) โครงสร้างด้านข้าง



ง) โครงสร้างด้านบน



จ) ภาพแกนจับหลอดดับเบิลไชล์ลิ้งค์ด้านหน้า

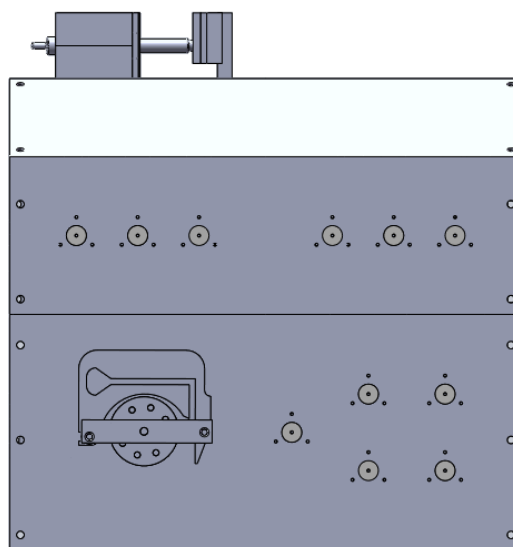


ฉ) ภาพแกนจับหลอดดับเบิลไชล์ลิ่งค์ด้านหลัง

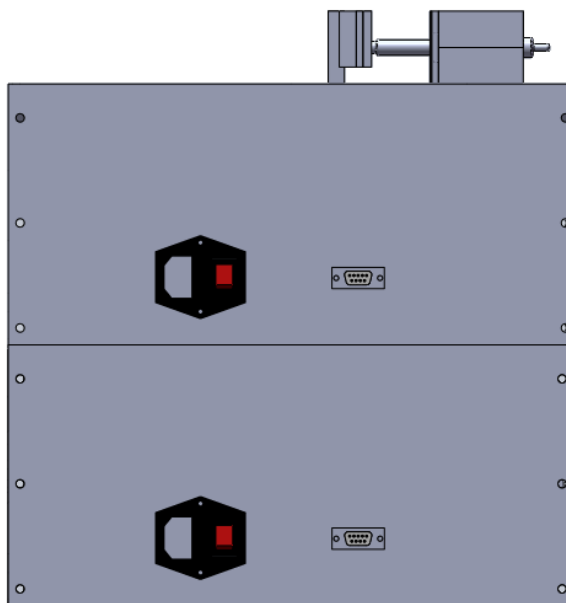
ภาพที่ 3.12 ระบบการไหลด้วยดับเบิลไชล์ลิ่งค์

2) การออกแบบโครงสร้างเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล

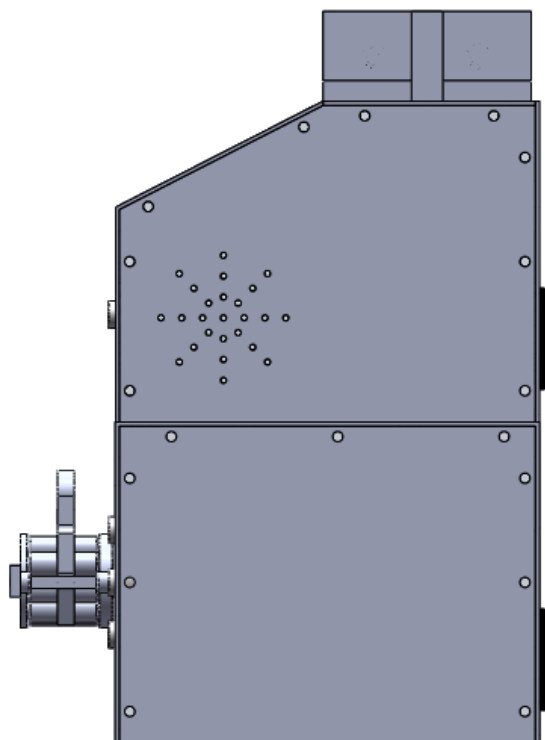
การออกแบบโครงสร้างเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล โดยใช้แผ่นสแตนเลส ขนาดความหนา 2 mm เป็นโครงสร้างเครื่องดังภาพที่ 3.13 ประกอบด้วย โครงสร้างด้านหน้า ดังภาพ ก), โครงสร้างด้านหลัง ดังภาพ ข), โครงสร้างด้านข้าง ดังภาพ ค), โครงสร้างด้านบน ดังภาพ ง), ภาพเครื่องด้านหน้า ดังภาพ จ) และภาพเครื่องด้านหลัง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



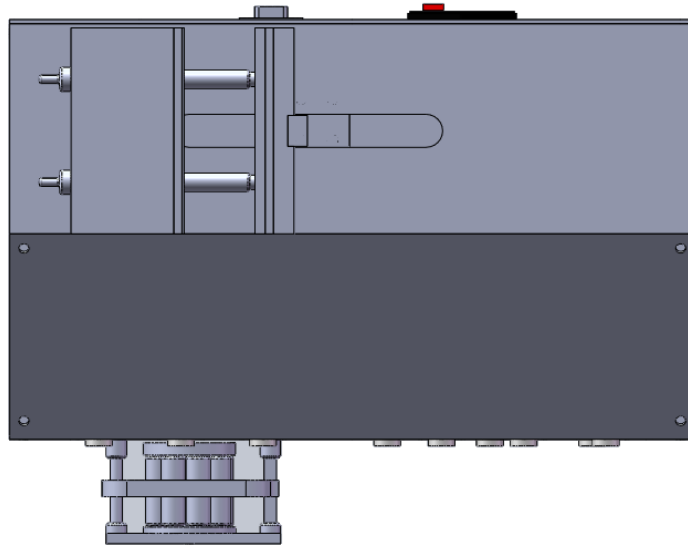
ก) โครงสร้างด้านหน้า



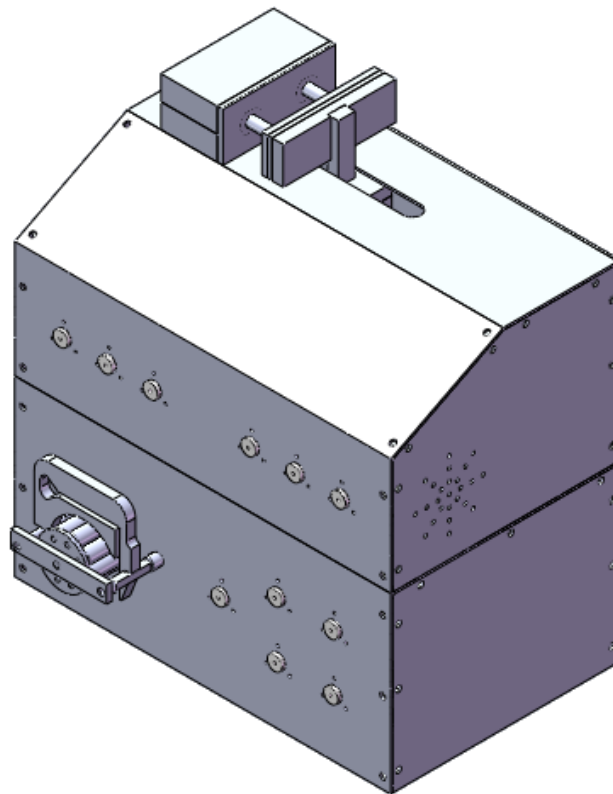
ข) โครงสร้างด้านหลัง



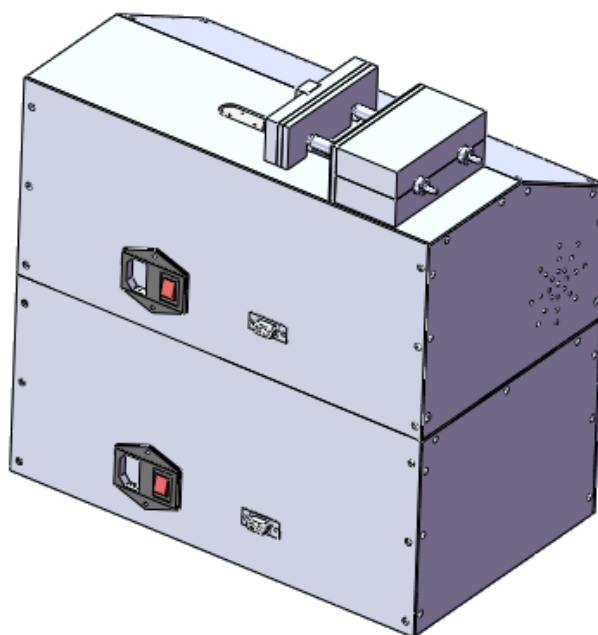
ค) โครงสร้างด้านข้าง



ง) โครงสร้างด้านบน



จ) ภาพเครื่องด้านหน้า

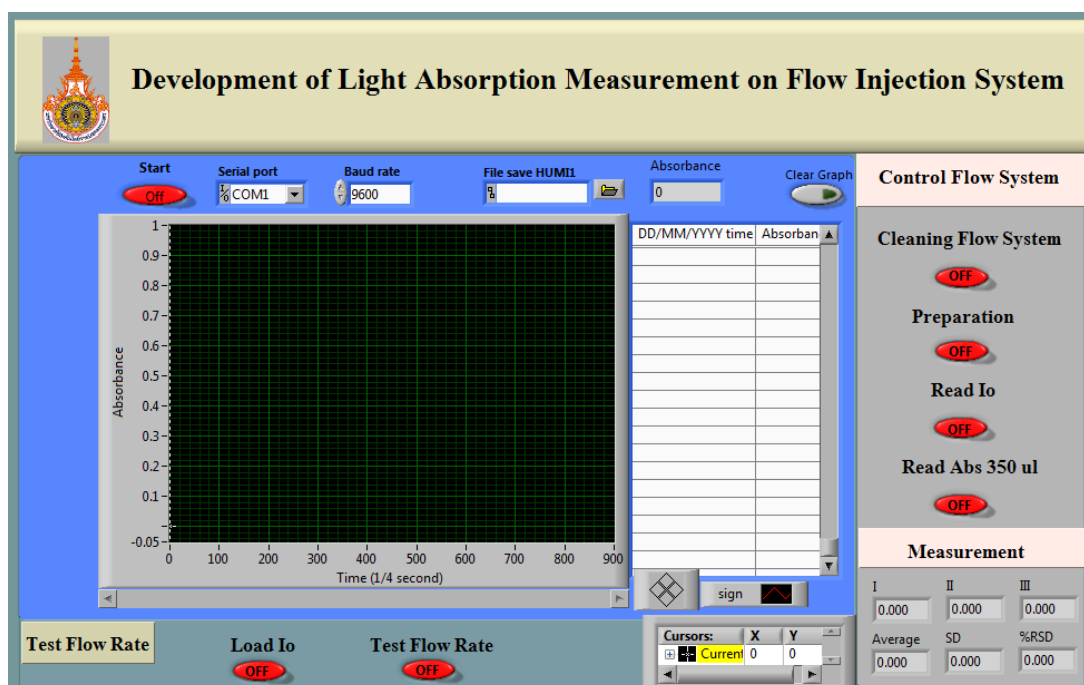


น) ภาพเครื่องด้านหลัง

ภาพที่ 3.13 โครงสร้างเครื่อง

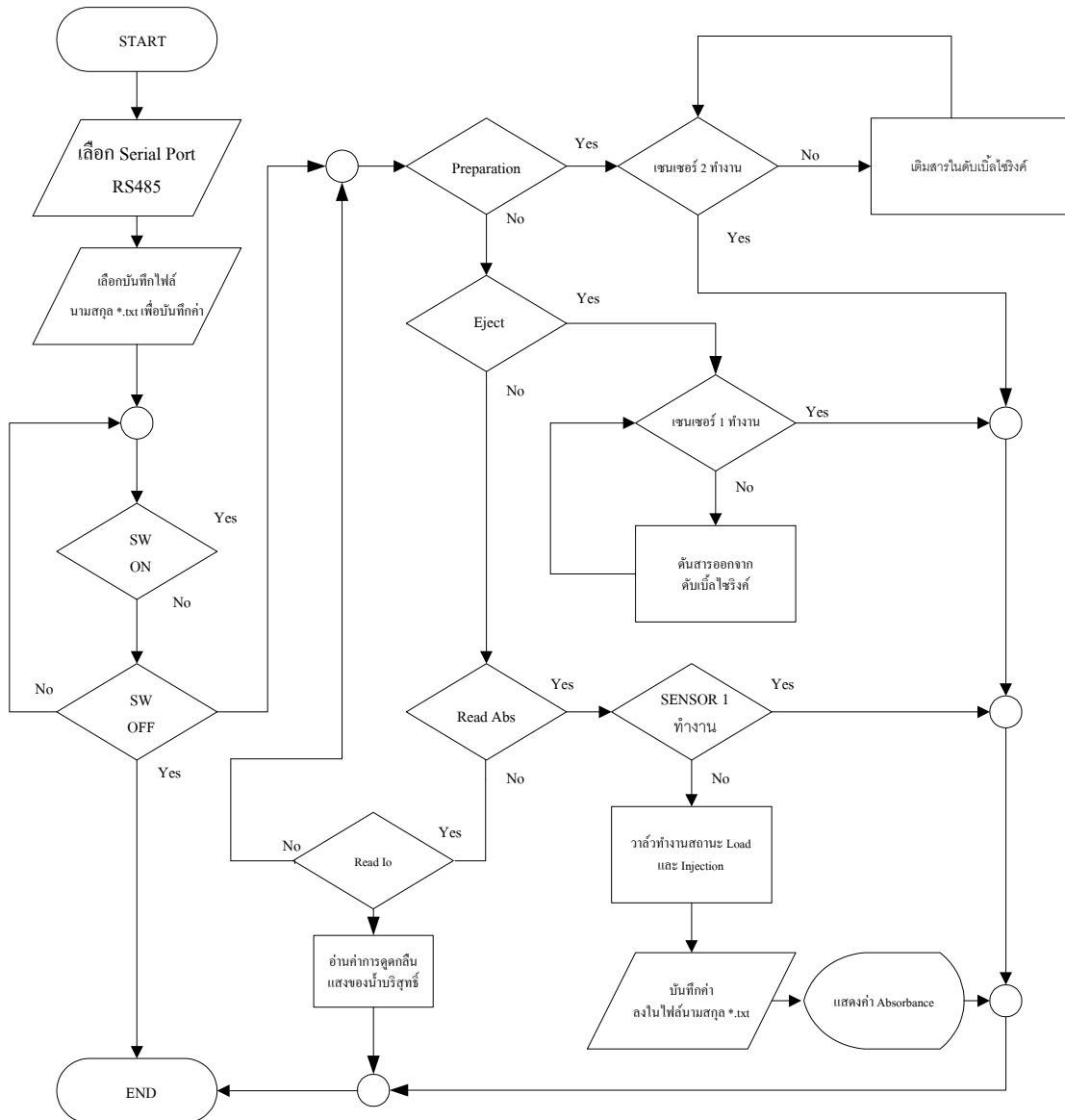
3.3.2 การออกแบบหน้าต่างโปรแกรม LabVIEW และโฟลว์ชาร์ตการทำงานของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล

การออกแบบหน้าต่างโปรแกรม LabVIEW ได้ออกแบบไว้ ดังภาพที่ 3.14



ภาพที่ 3.14 การออกแบบหน้าต่างโปรแกรม LabVIEW

โฟลว์ชาร์ตการทำงานของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล ดังภาพที่ 3.15



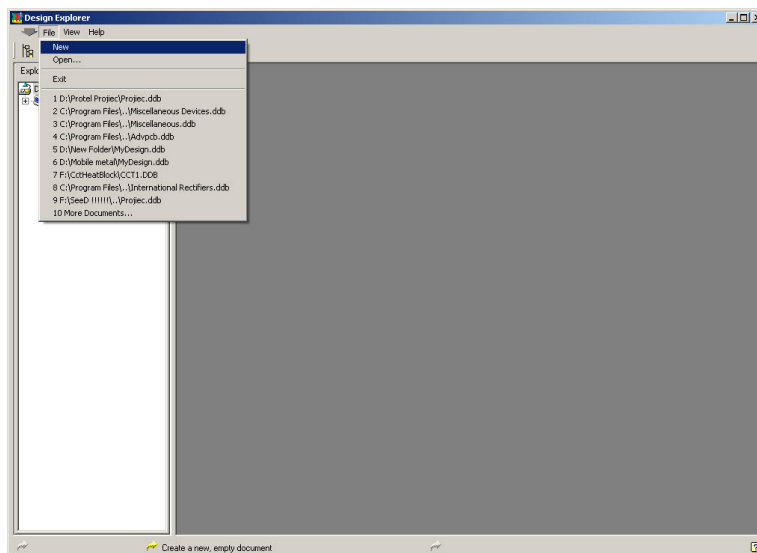
ภาพที่ 3.15 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล

### 3.4 การสร้าง

#### 3.4.1 การสร้างลายวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย $\pm 15V/0.5A$

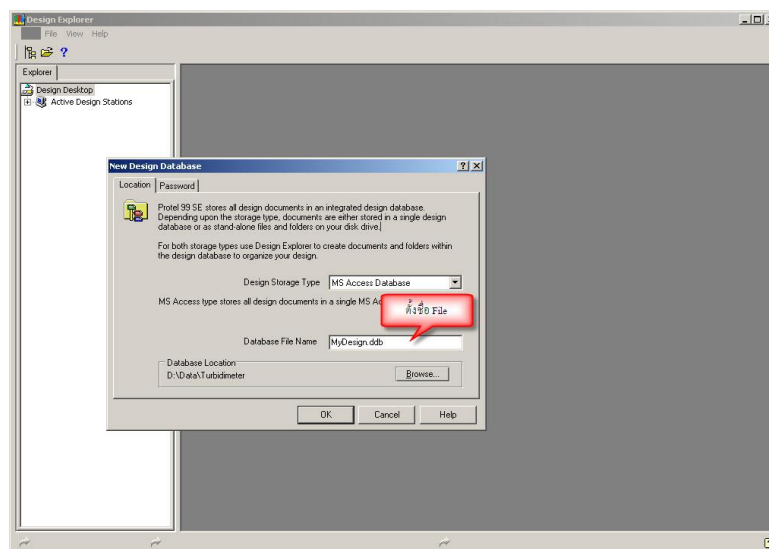
การออกแบบของโครงการพัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล แบ่งเป็น 3 ส่วนประกอบด้วย

- 1) เปิดโปรแกรม Prote199SE แล้วคลิกที่ File เลือก NEW ดังภาพที่ 3.16



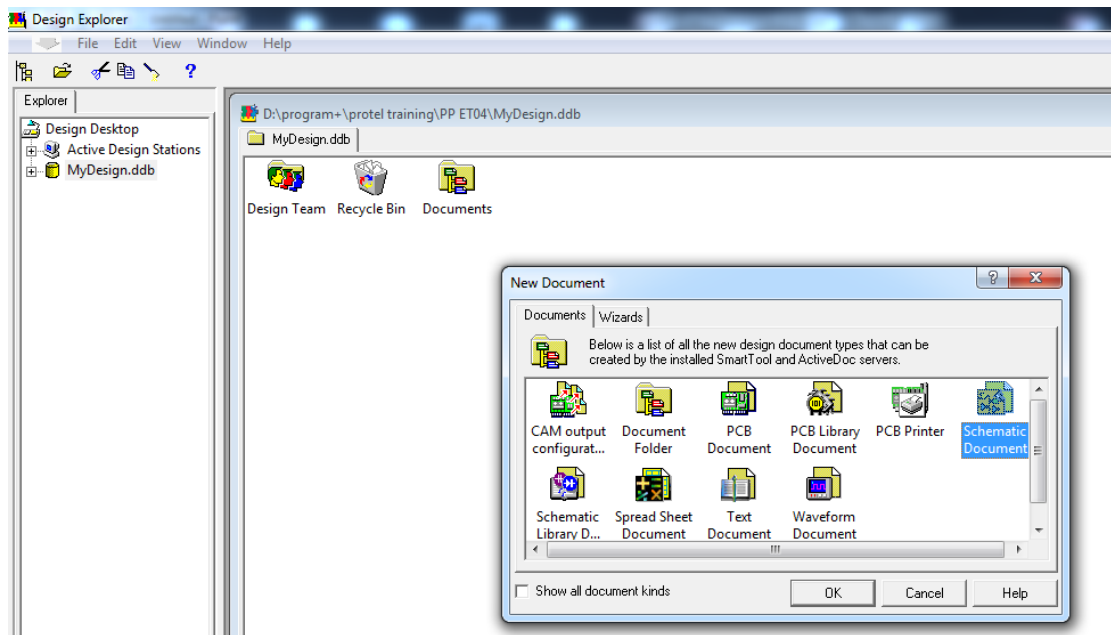
ภาพที่ 3.16 การสร้างหน้าต่างใหม่

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



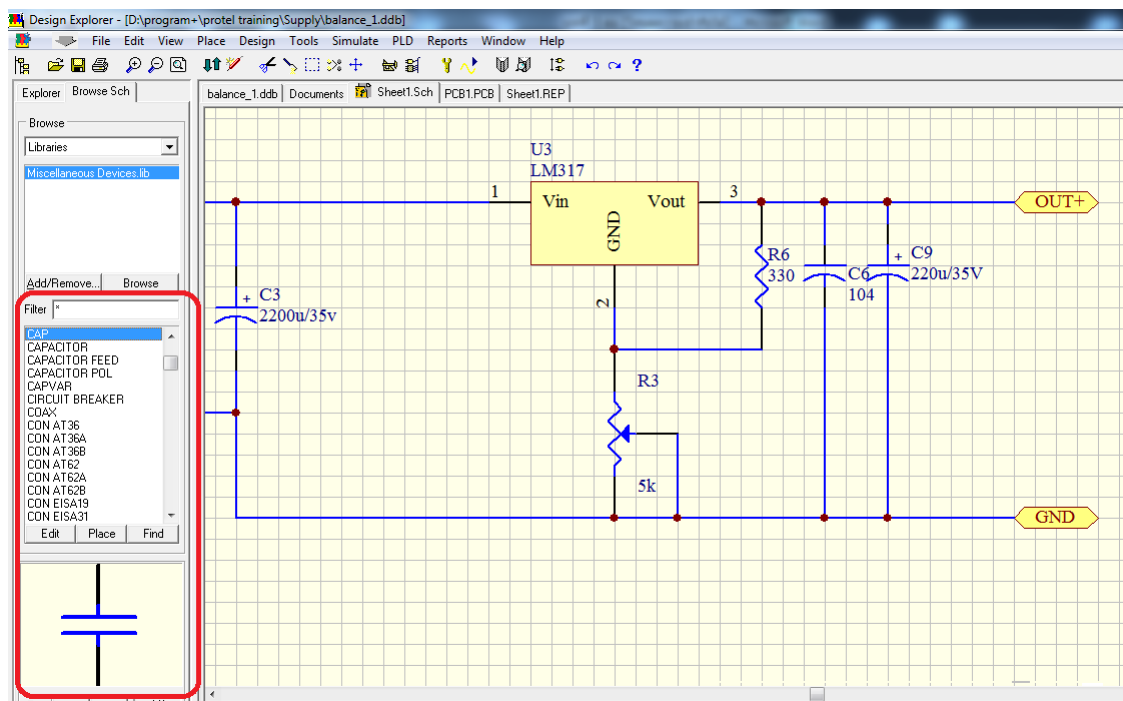
ภาพที่ 3.17 การตั้งชื่อไฟล์

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



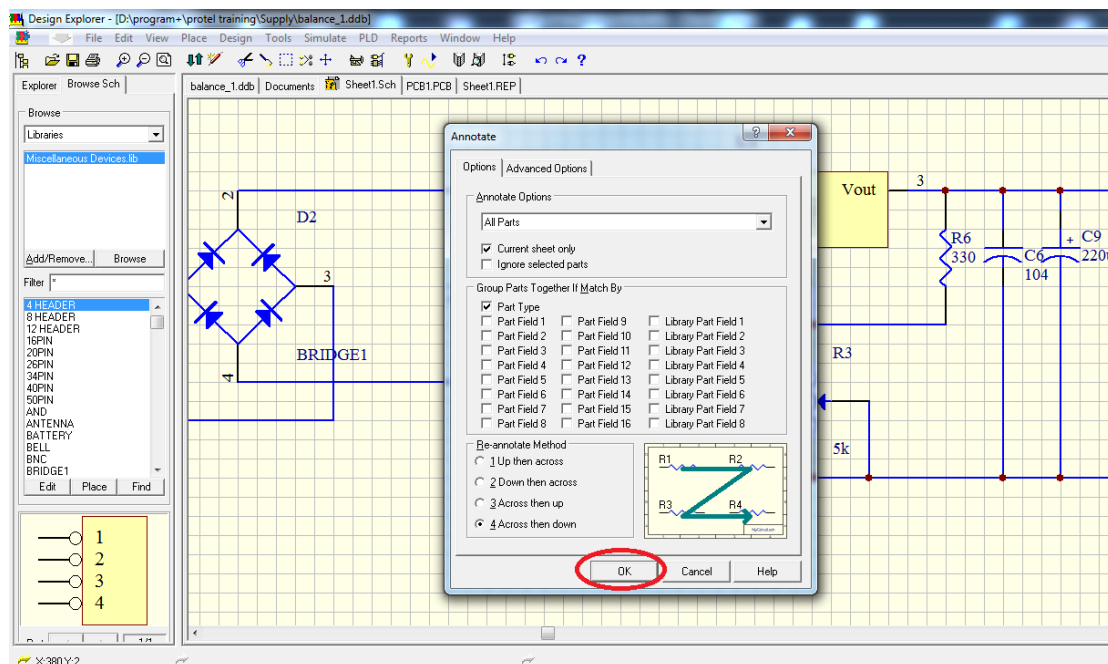
ภาพที่ 3.18 เลือกเข้าสู่การเขียนวงจร

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



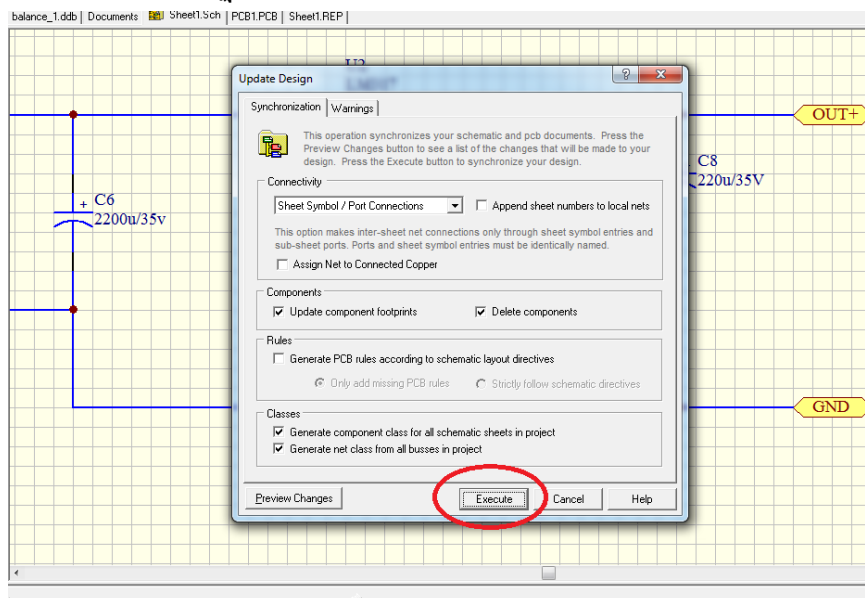
ภาพที่ 3.19 การเลือก Library นำอุปกรณ์มาใช้งาน และวาดวงจร

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



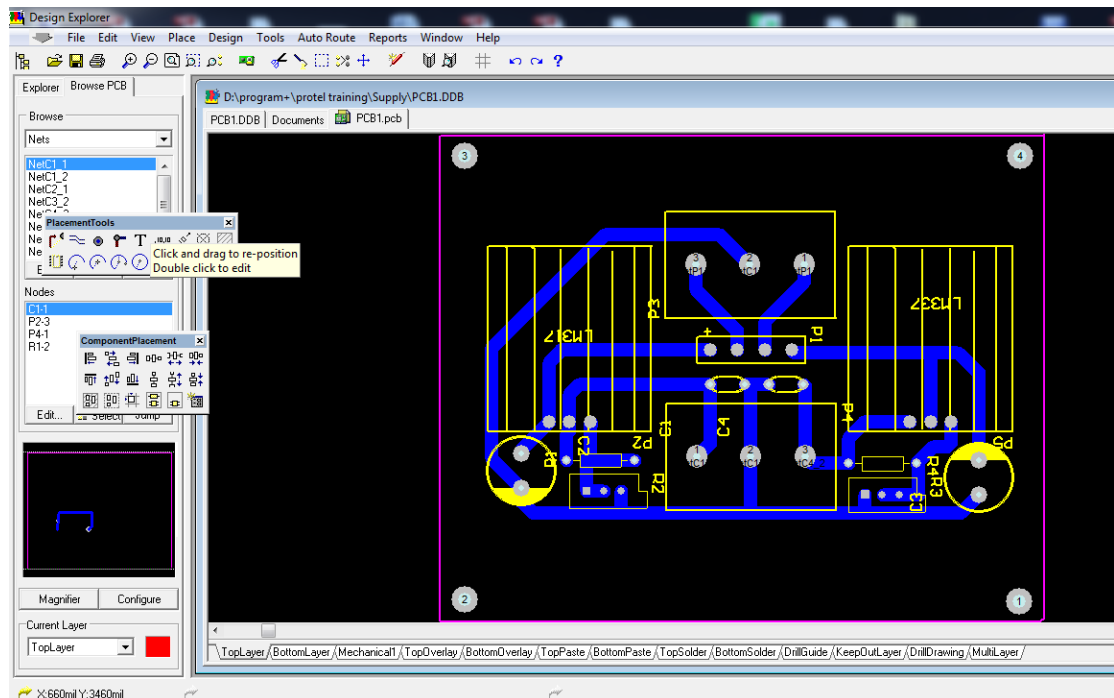
ภาพที่ 3.20 การจัดเรียงลำดับอุปกรณ์

6) เมื่อวาดวงจรเสร็จแล้ว จะเป็นการสร้างลายวงจรโดยการกดที่ “Design” แล้วกด “Update PCB...” จะปรากฏหน้าต่าง Synchronizer แล้วเลือก “Execute” ดังภาพที่ 3.21



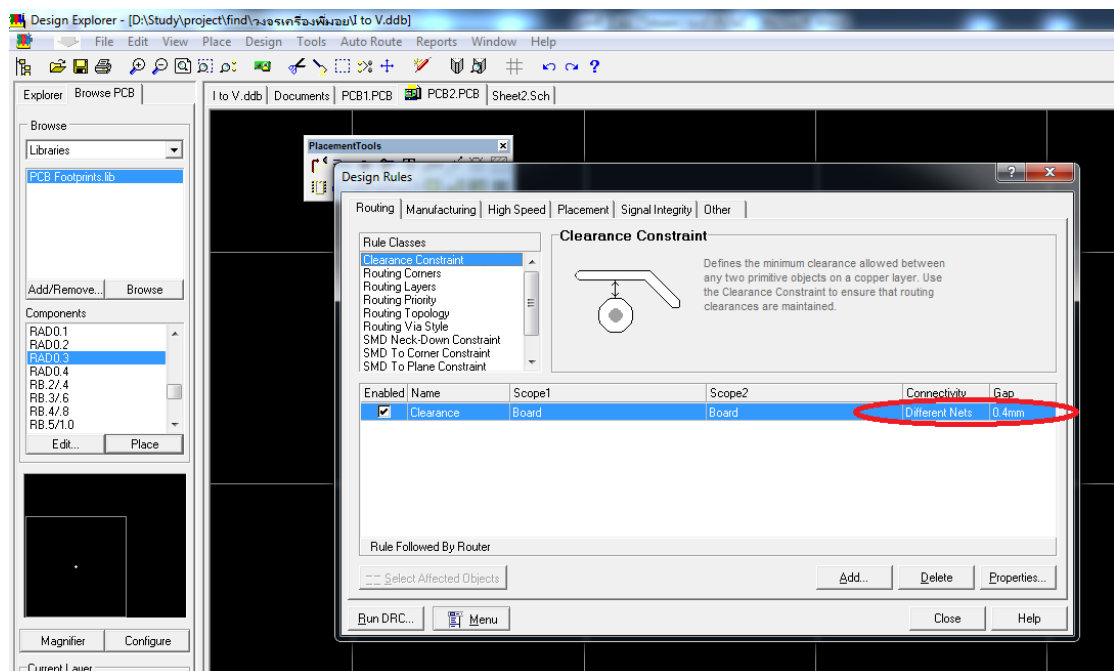
ภาพที่ 3.21 การสร้าง Output File ลายเส้นทองแดง

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



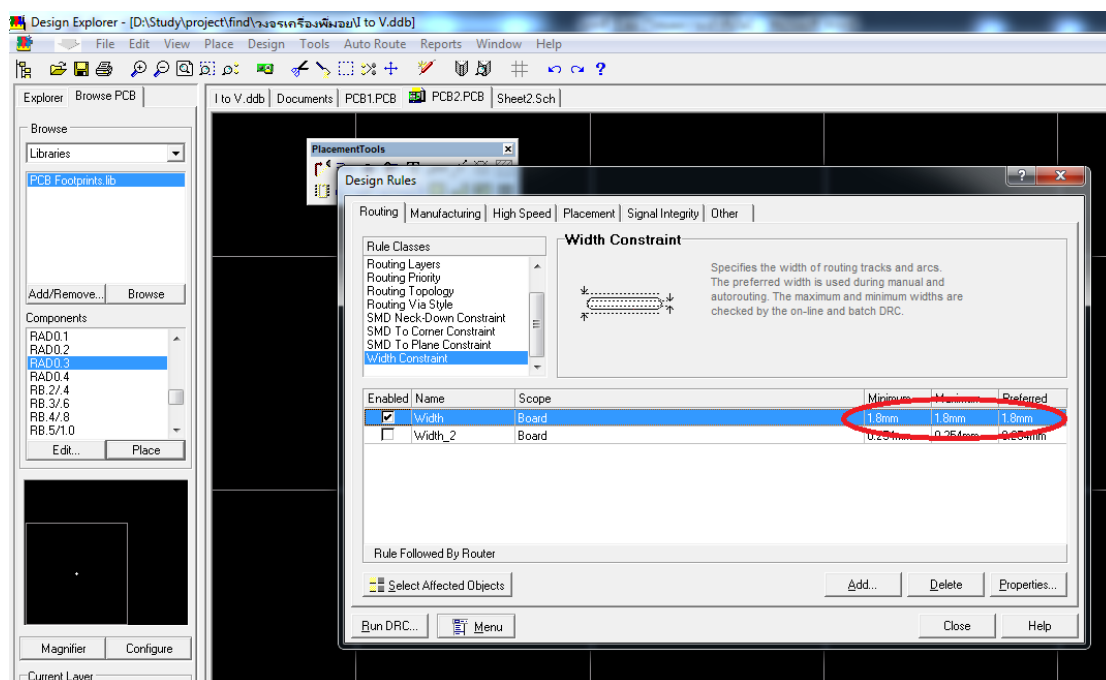
ภาพที่ 3.22 ลายทองแดงชุดอ่านค่าแสงที่ได้จากการออกแบบ

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



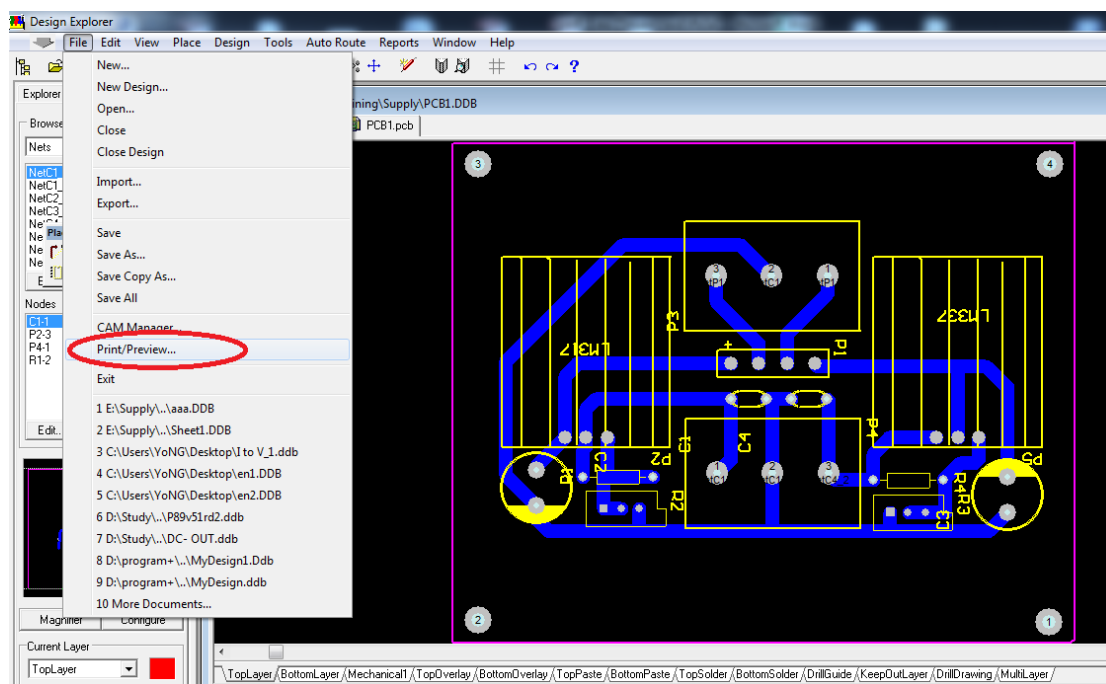
ภาพที่ 3.23 การตั้งค่าระยะห่างระหว่างลายวงจรพิมพ์

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



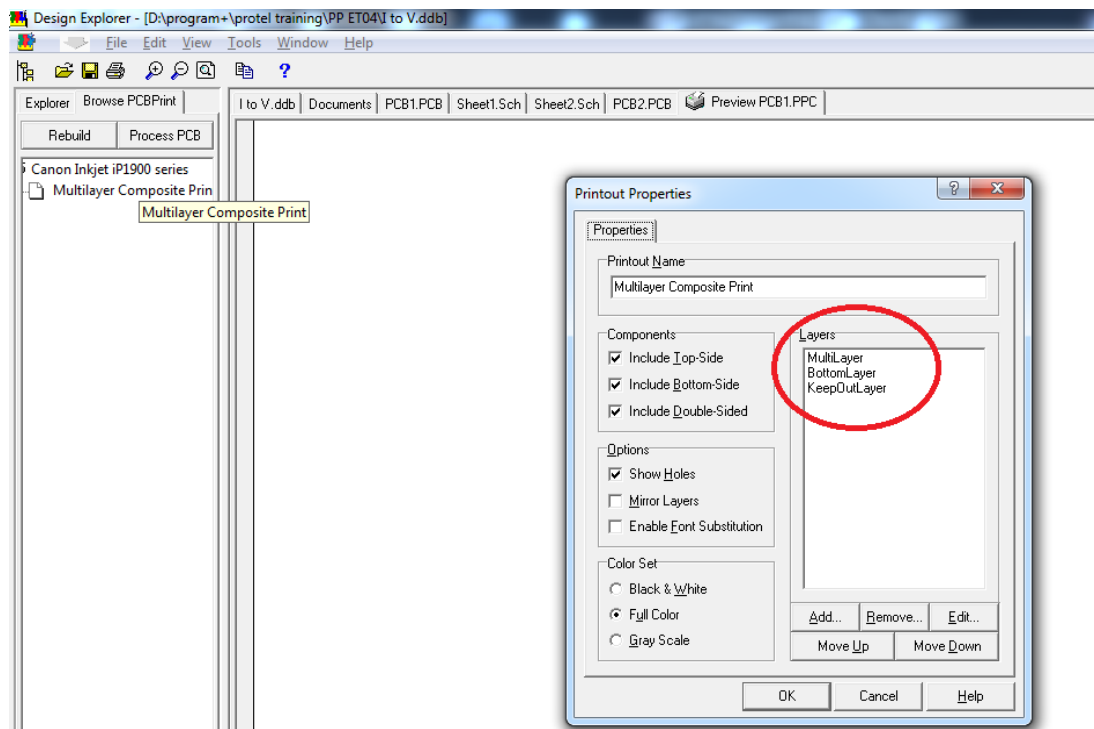
ภาพที่ 3.24 การตั้งค่าขนาดความกว้างของลายวงจรพิมพ์

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



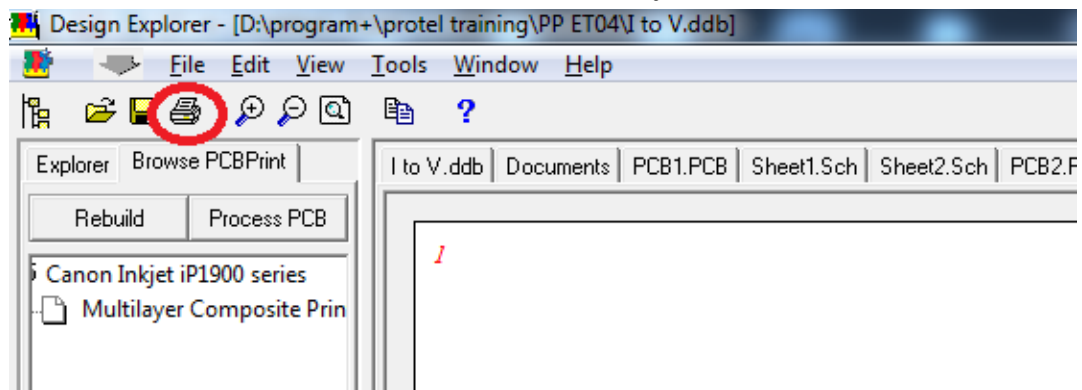
ภาพที่ 3.25 การสั่งปริ้นท์ลายทองแดง

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



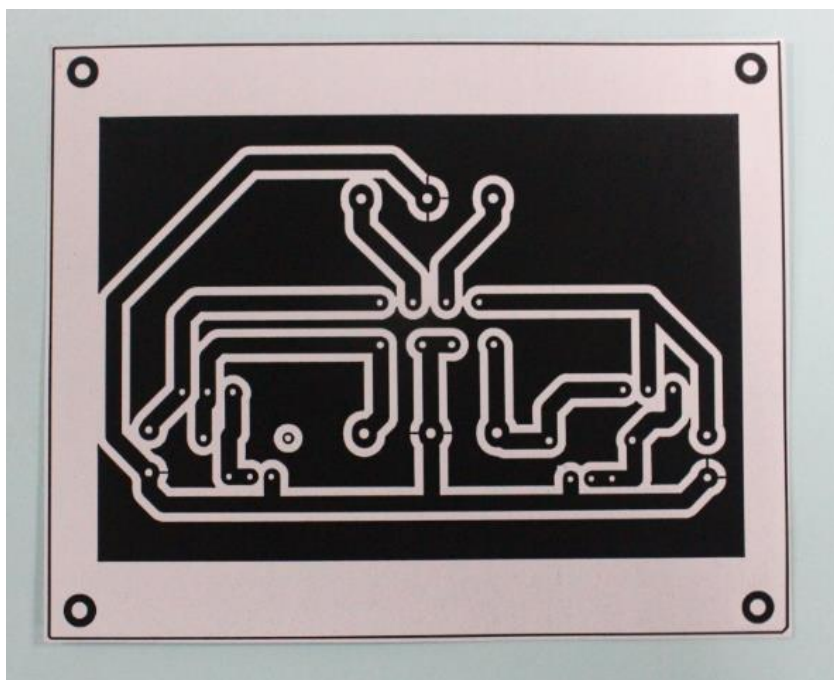
ภาพที่ 3.26 การตั้งค่าปริ้นท์ลายวงจรพิมพ์

13) สั่งปริ้นท์ลายทองแดง โดยให้เลือกรูปเครื่องปริ้นท์ ดังภาพที่ 3.27



ภาพที่ 3.27 การสั่งปริ้นท์ลายทองแดง

- 14) เมื่อส่งปริ๊นท์ลงบนกระดาษโฟโต้ ดังภาพที่ 3.27 ได้ลายวงจรพิมพ์ตรงกับที่ได้ออกแบบไว้ในภาพที่ 3.28



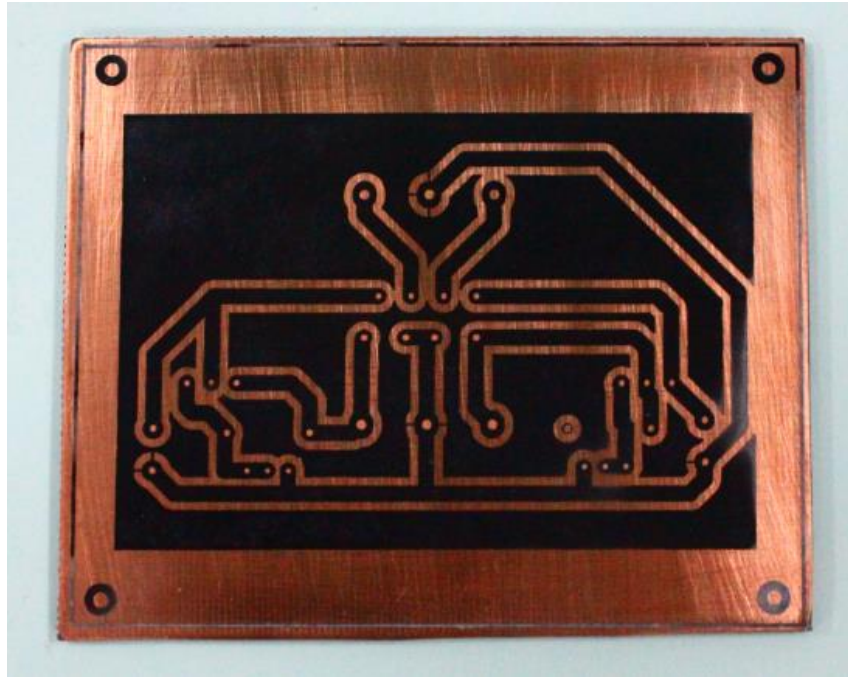
ภาพที่ 3.28 ปริ๊นท์ลายวงจรลงกระดาษโฟโต้

- 15) ตัดแผ่นปริ๊นท์ให้มีขนาดเท่ากับแผ่นกระดาษลายทองแดง ดังภาพที่ 3.29



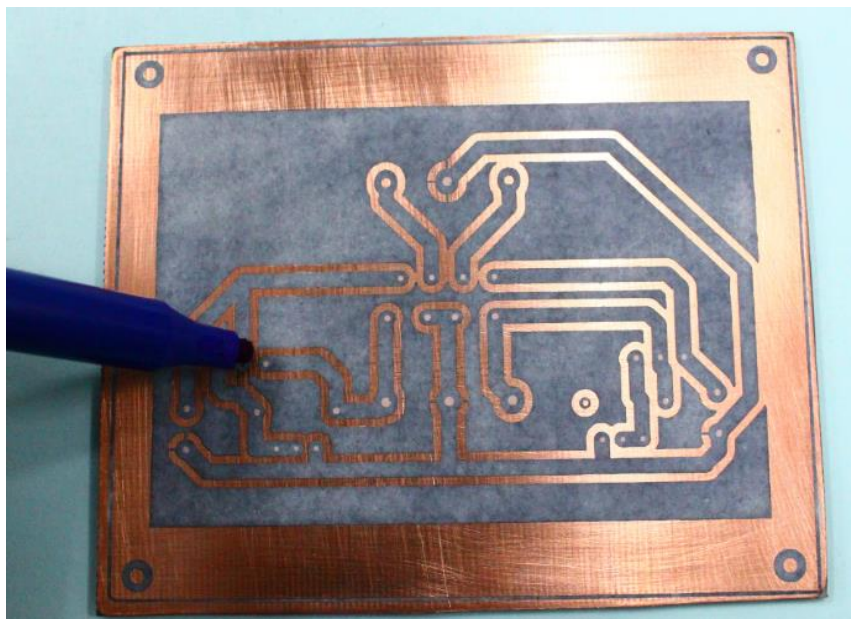
ภาพที่ 3.29 แผ่นปริ๊นท์ที่ตัดเท่าขนาดกระดาษลายทองแดง

- 16) นำแผ่นกระดาษลายทองแดงประกบเข้ากับแผ่นปริ้นท์แล้วใช้เตารีดปรับให้  
ได้ความร้อนพอประมาณรีดทับลง จะได้ลายทองแดงด้าน Bottom Layer ดังภาพที่ 3.30



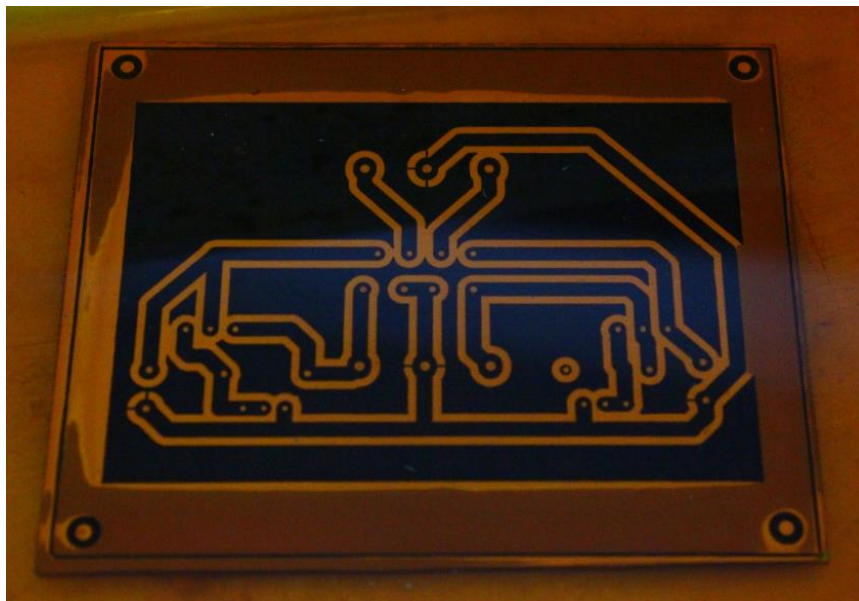
ภาพที่ 3.30 ลายทองแดงที่ถูกรีดลงบนแผ่นปริ้นท์

- 17) ใช้ปากกาเคมีทาตรงบริเวณที่เส้นลายทองแดงขาดออกจากกัน ดังภาพที่ 3.31



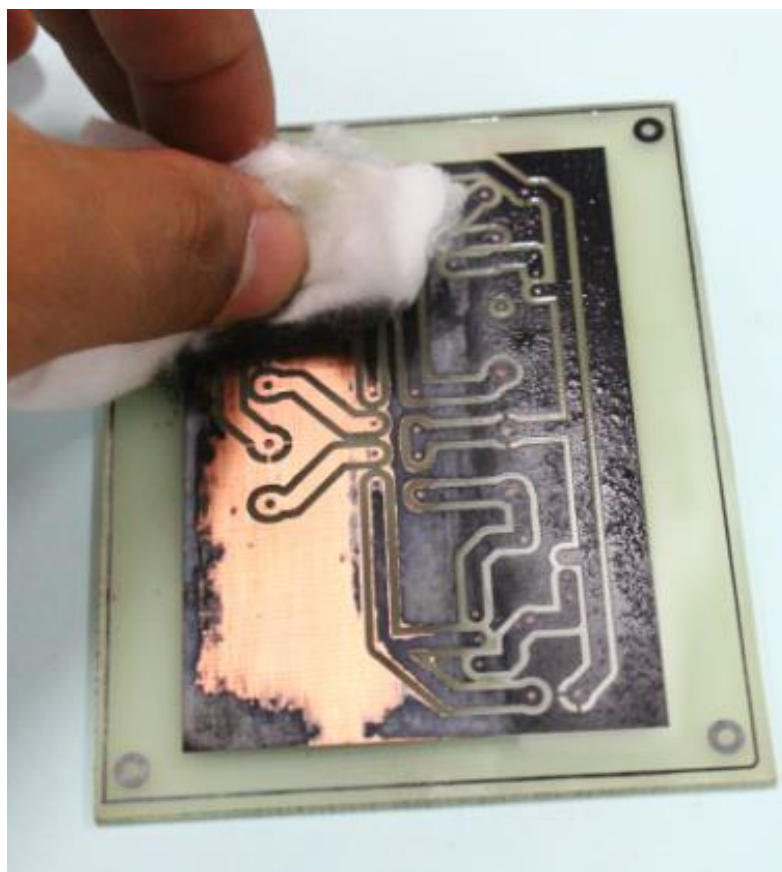
ภาพที่ 3.31 การใช้ปากกาเคมีทาทับเส้นลายทองแดง

- 18) นำแผ่นลายทองแดง จากภาพที่ 3.31 กัดลายทองแดง โดยใช้กรดกัดปริ้นท์ ดัง  
ภาพที่ 3.32

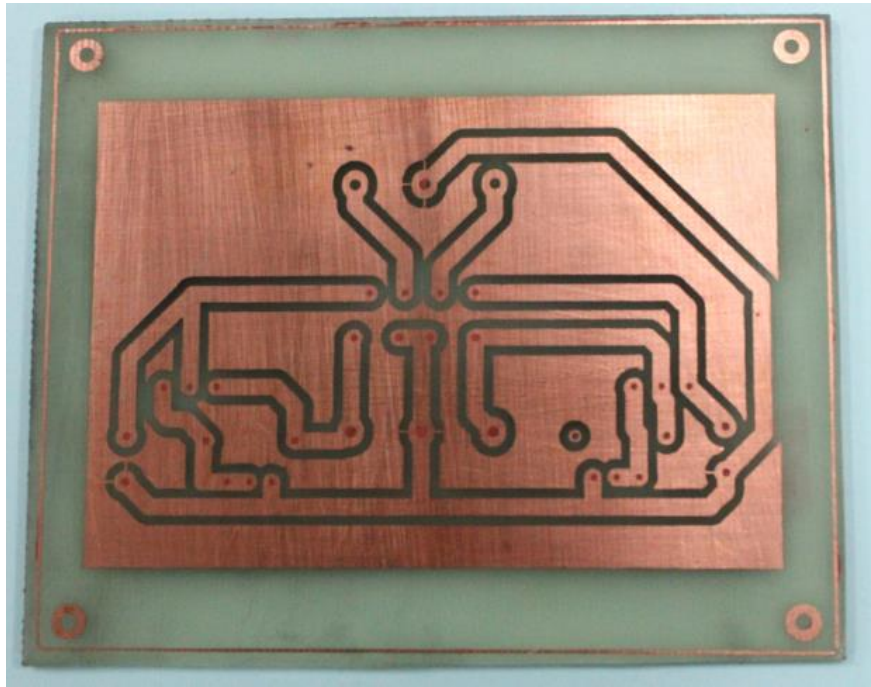


ภาพที่ 3.32 การกัดลายทองแดงโดยใช้กรดกัดปรินต์

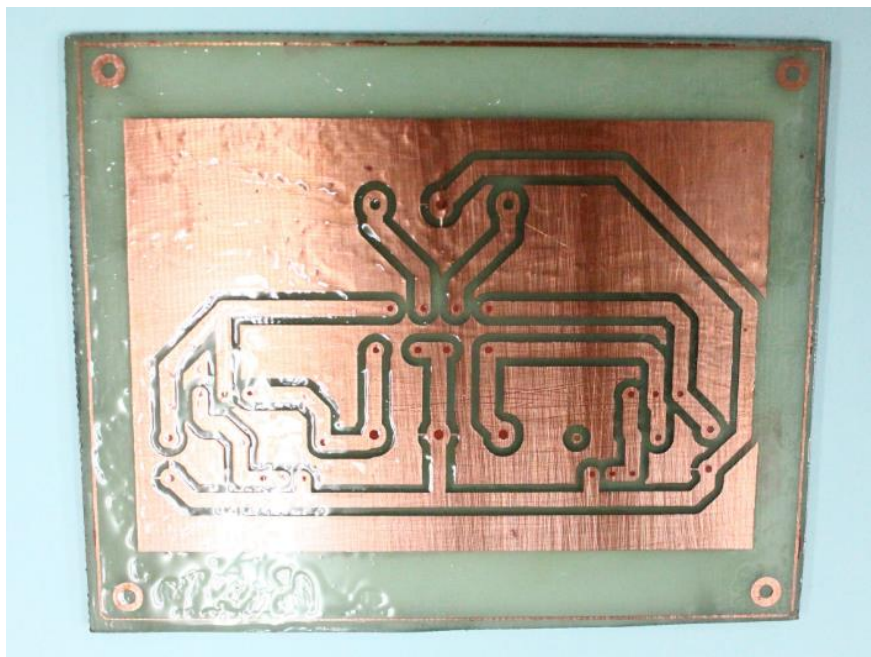
19) เมื่อกัดปรินต์เสร็จแล้ว นำแผ่นปรินต์ที่ได้ไปล้างน้ำล้างน้ำยากัดปรินต์ออก และเช็ดเอาหมึกสีดำออกและทำการเคลือบลายทองแดง ดังภาพที่ 3.33



ก) เช็ดหมึกสีดำออก



ข) ลายทองแดง



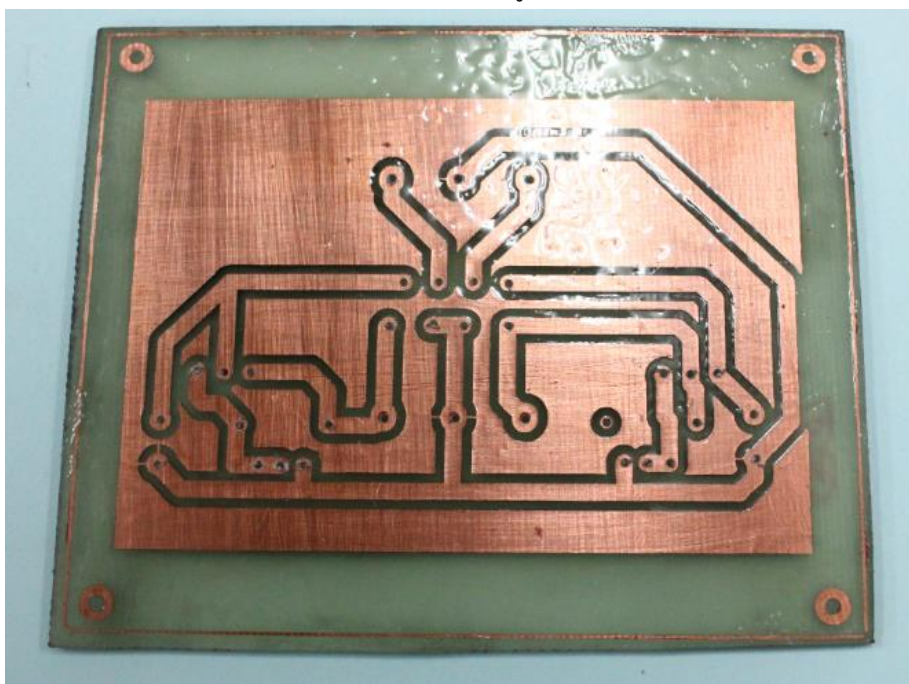
ค) ลายทองแดงหลังทำการเคลือบ

ภาพที่ 3.33 แผ่นลายทองแดงวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย  $\pm 15V/0.5A$

20) นำแผ่นทองแดงที่ได้นั้นไปเจาะรูเพื่อใส่อุปกรณ์ และทำการลงอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กก่อน เช่น ตัวต้านทาน คาปาซิเตอร์ ดังภาพที่ 3.34

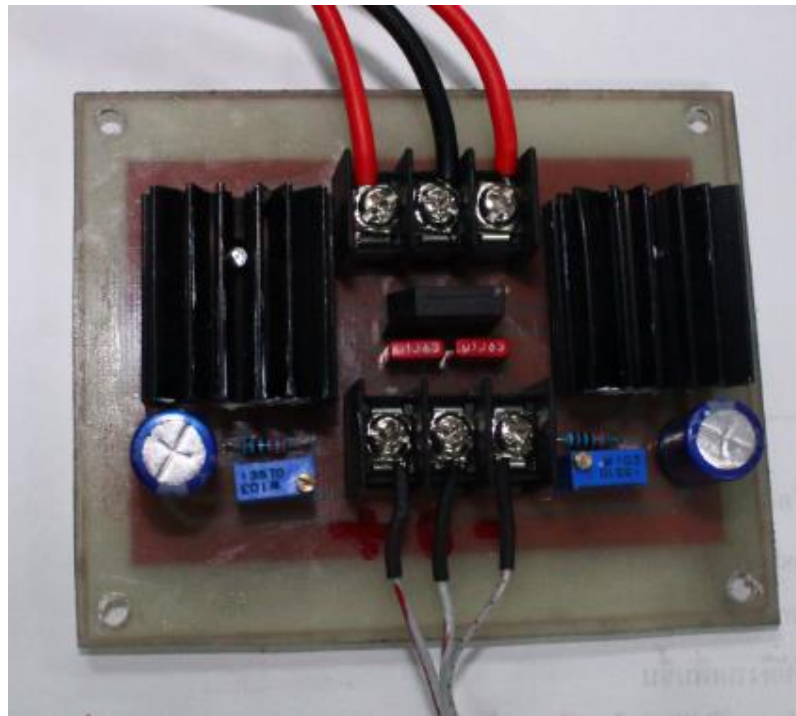


ก) ทำการเจาะรูแผ่นปริ้นท์



ข) แผ่นปริ้นท์ด้านบนที่เจาะรูแล้ว  
ภาพที่ 3.34 การเจาะรูเพื่อใส่อุปกรณ์

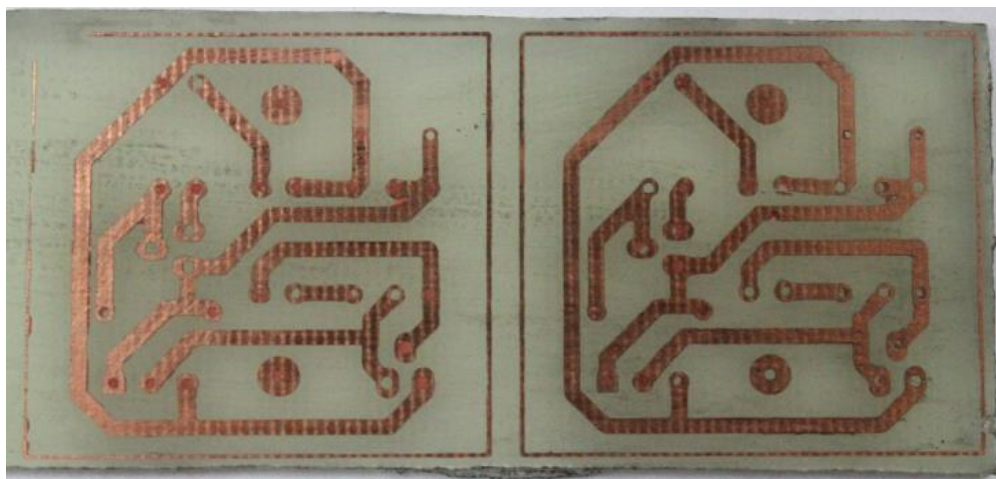
21) ลงอุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่ เช่นคอนเน็กเตอร์เป็นอันดับสุดท้าย ดังภาพที่ 3.35



ภาพที่ 3.35 แผ่นปริ้นท์ที่ลงอุปกรณ์

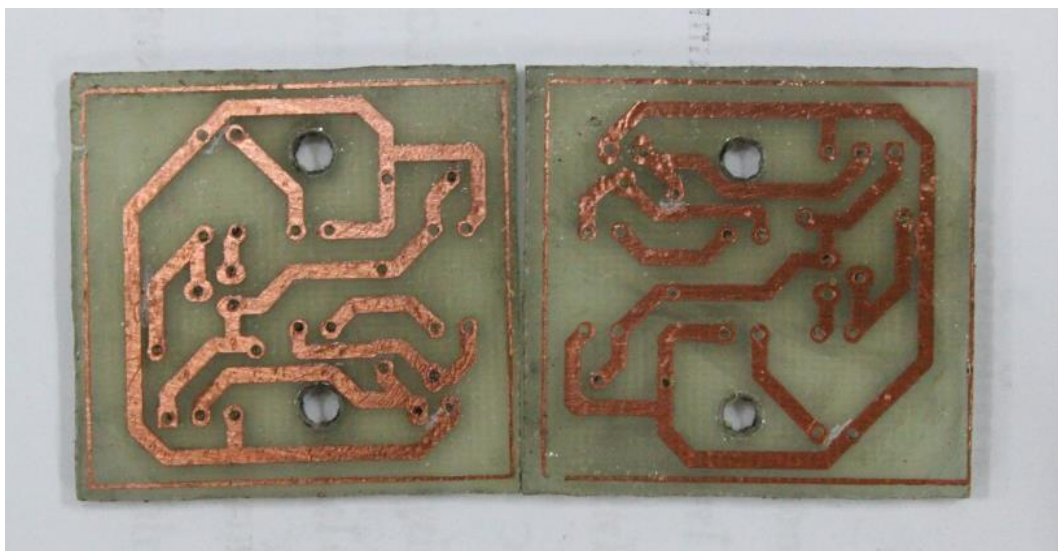
#### 3.4.2 วงจรภาคเซ็นเซอร์

1) ทำตามในหัวข้อที่ 3.4.1 ตั้งแต่ข้อ 1) ถึง 21) โดยเปลี่ยนเป็นภาคเซ็นเซอร์ก็จะได้แผ่นวงจร ดังภาพที่ 3.36

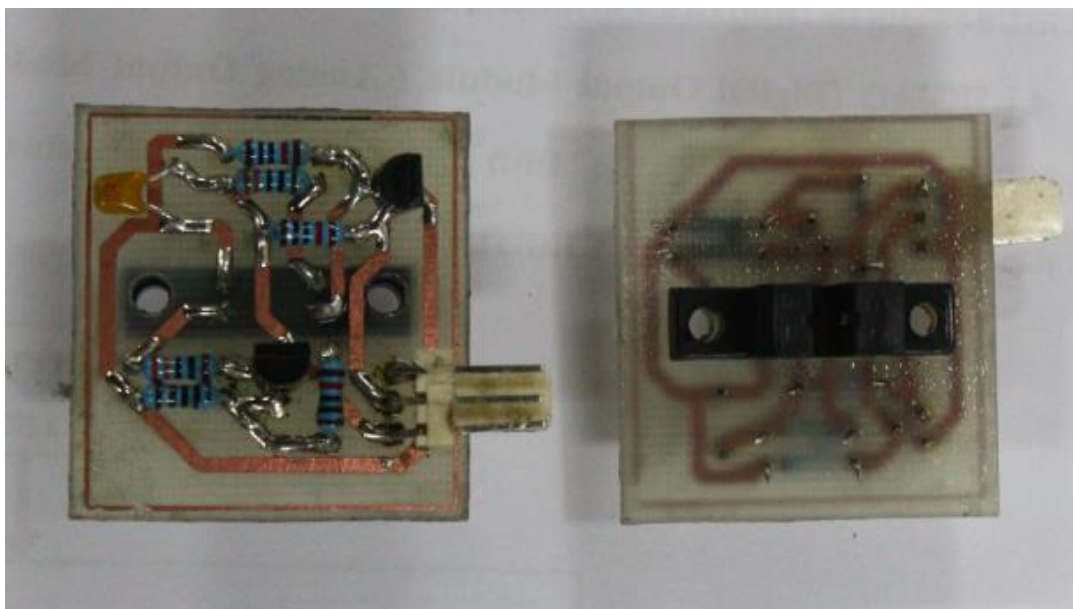


ภาพที่ 3.36 แผ่นลายทองแดงวงจรภาคเซ็นเซอร์

2) นำแผ่นลายทองแดงวงจรเซ็นเซอร์มาเจาะรูเพื่อใส่อุปกรณ์ และทำการลงอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กก่อน เช่น ตัวต้านทาน คาปาซิเตอร์ และหลังจากนั้นลงอุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่เป็นอันดับสุดท้าย ดังภาพที่ 3.37



ก) ภาพก่อนลงอุปกรณ์

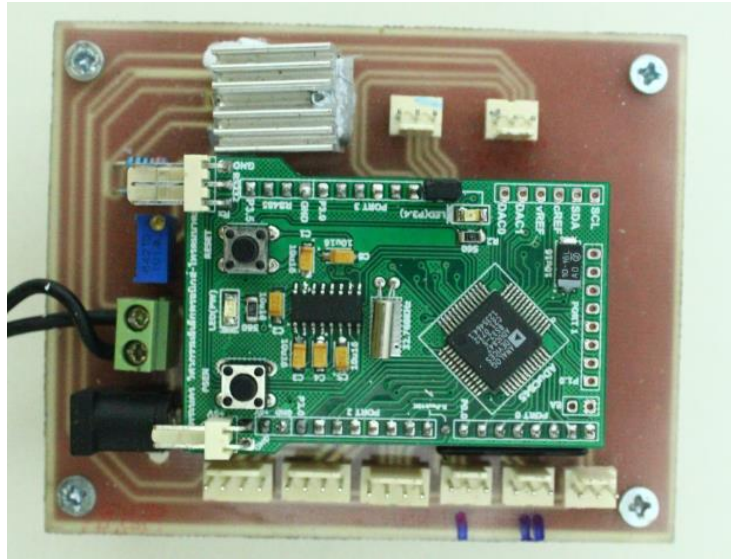


ข) ภาพหลังลงอุปกรณ์

ภาพที่ 3.37 การลงอุปกรณ์ภาคเซ็นเซอร์

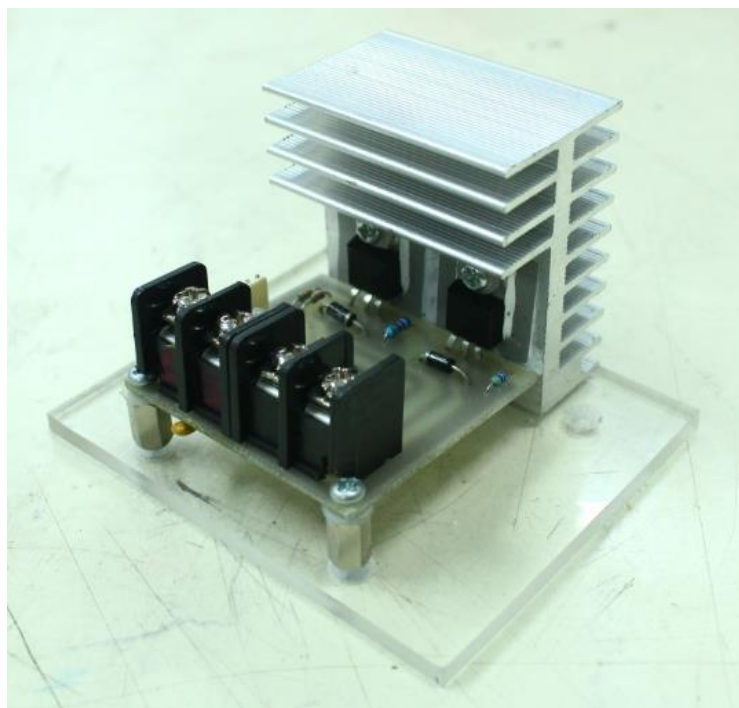
### 3.4.3 ส่วนควบคุมระบบการไหลของสารละลาย

1) ไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด ADuC845 ใช้ควบคุมชุดขับเคลื่อนปั๊มไฮดรอลิกส์ ดังภาพที่ 3.38



ภาพที่ 3.38 ไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด ADuC845 ส่วนควบคุมระบบการไหลของสารละลาย

2) ชุดควบคุมวาล์วเลือกทิศทางไหล ใช้เลือกสถานะดูดสารเข้าหรือดันสารออก ดังภาพที่ 3.39



ภาพที่ 3.39 ชุดควบคุมวาล์วเลือกทิศทางไหล

3) ชุดควบคุมมอเตอร์ 24 V สามารถควบคุมมอเตอร์เดินน้ำและถอย  
หลังด้วยสัญญาณพัลส์วอร์มอดูเลชั่น ดังภาพที่ 3.40



ภาพที่ 3.40 ชุดควบคุมมอเตอร์ 24 V

4) เพาเวอร์ซัพพลาย 24 V, 4 A จ่ายไฟให้กับชุดขับเคลื่อนลิฟต์ลิ้งค์ ดังภาพที่  
3.41



ภาพที่ 3.41 เพาเวอร์ซัพพลาย 24 V, 4 A

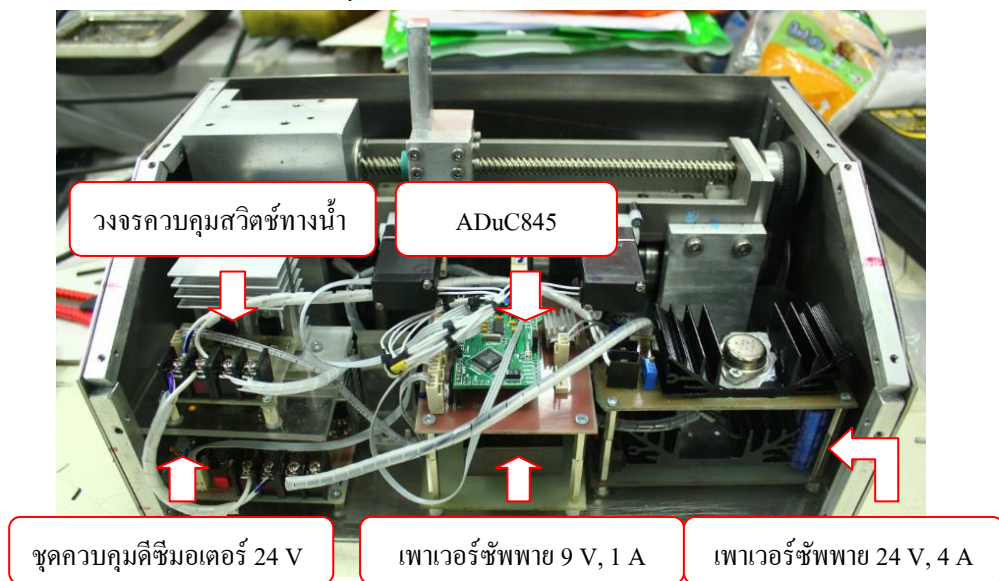
- 5) เพาเวอร์ซัพพลาย 9V, 1A จ่ายไฟให้กับภาคไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังภาพที่

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 เพื่อใช้เป็นสารละลายที่จะนำมาเพื่อวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยจะมีการผสมให้ได้ค่าความเข้มข้นจำนวน 5 ตัวอย่าง คือ 0.003125, 0.0125, 0.025, 0.05 และ 0.1 % ตามลำดับ ดังภาพที่ 3.44



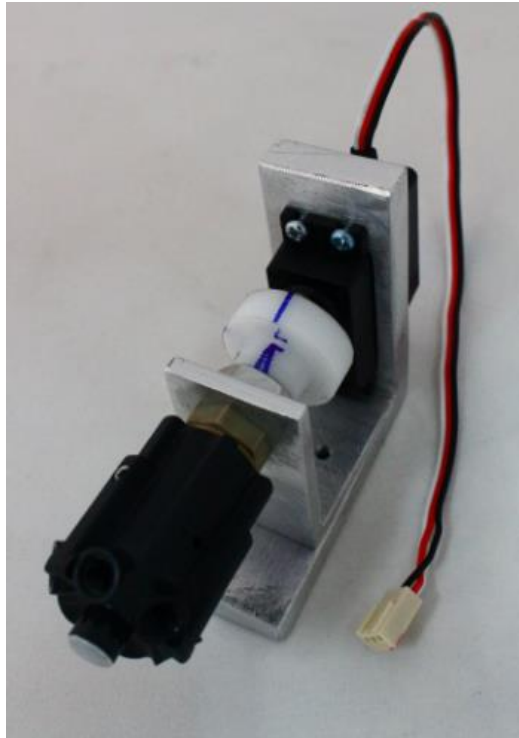
ภาพที่ 3.44 สารละลายที่จะนำมาเพื่อวัดค่าการดูดกลืนแสง

2) Water เราใช้น้ำเปล่าที่ผ่านการกรองมาแล้ว หรืออาจใช้น้ำกลั่นก็ได้ เลือกใช้ตามสะดวก แต่ในการทดลองนี้จะใช้น้ำเปล่าที่ผ่านการกรองมาแล้ว ดังภาพที่ 3.45



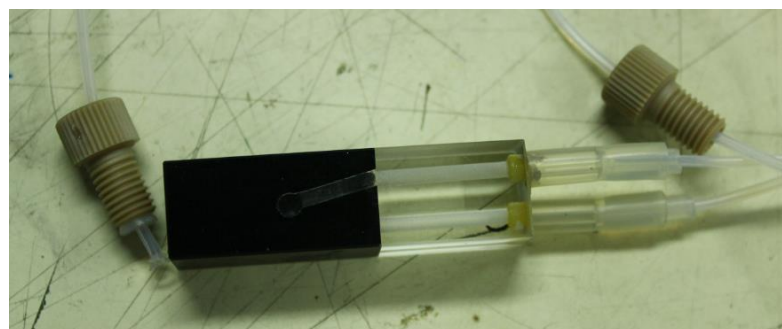
ภาพที่ 3.45 น้ำเปล่าที่ผ่านการกรองมาแล้ว

3) วาล์วเป็นส่วนของที่ออกแบบไว้ให้ทำหน้าที่กำหนดทิศทางการไหลของสารละลายกับน้ำเปล่า โดยใช้ Injection Valve ดังภาพที่ 3.46



ภาพที่ 3.46 วาล์ว

4) หลอดคิ่วเวท ได้เลือกใช้งานหลอดคิ่วเวทที่ใช้ในระบบการไหลโดยเฉพาะ มีทางเข้า 1 ทางและทางออก 1 ทาง เราได้ออกแบบที่ใส่หลอดคิ่วเวท เพื่อป้องกันแสงรบกวนจากภายนอก สำหรับใส่หลอดคิ่วเวท ดังภาพที่ 3.47-3.48



ภาพที่ 3.47 หลอดคิ่วเวท



ภาพที่ 3.48 ที่ใส่หลอดคิวเวทในช่องป้องกันแสงรบกวนจากภายนอก

5) ไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด ADuC842 ใช้ควบคุมชุดการวัดค่าการดูดกลืนแสงสารละลาย ดังภาพที่ 3.49



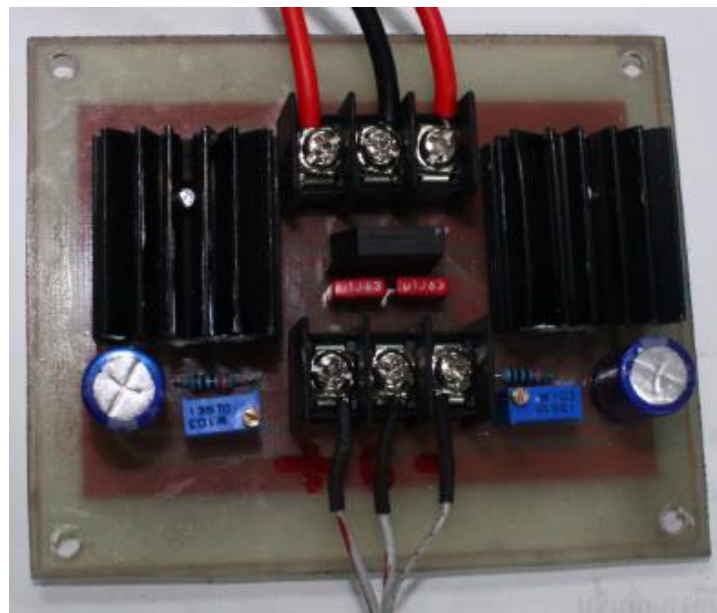
ภาพที่ 3.49 ไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด ADuC842 ส่วนการวัดค่าการดูดกลืนแสงสารละลาย

- 6) วงจรขับดีซีมอเตอร์ ใช้ควบคุมดีซีมอเตอร์ 250 rpm ดังภาพที่ 3.50



ภาพที่ 3.50 วงจรขับดีซีมอเตอร์

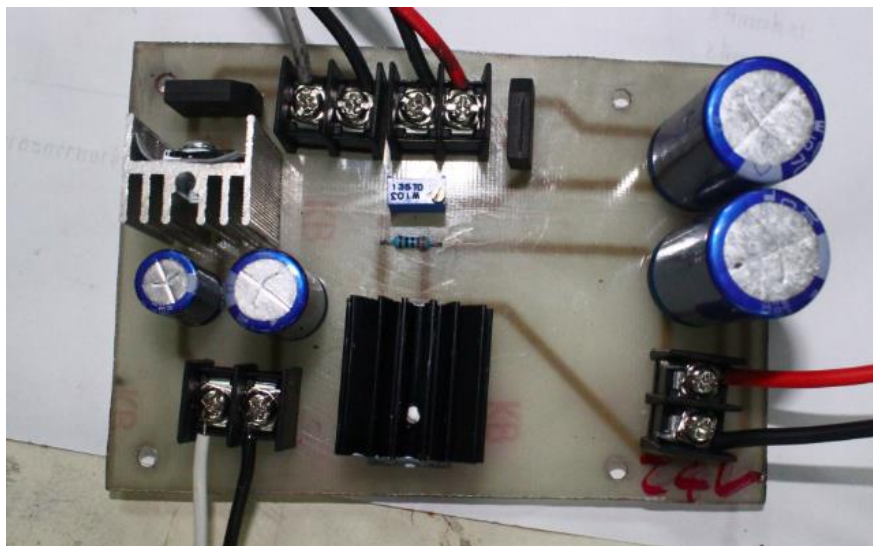
- 7) เพาเวอร์ซัพพลาย  $\pm 15\text{ V}$ ,  $0.5\text{ A}$  จ่ายให้กับชุดวัดค่าการดูดกลืนแสง สารละลาย ดังภาพที่ 3.51



ภาพที่ 3.51 เพาเวอร์ซัพพลาย  $\pm 15\text{ V}$ ,  $0.5\text{ A}$

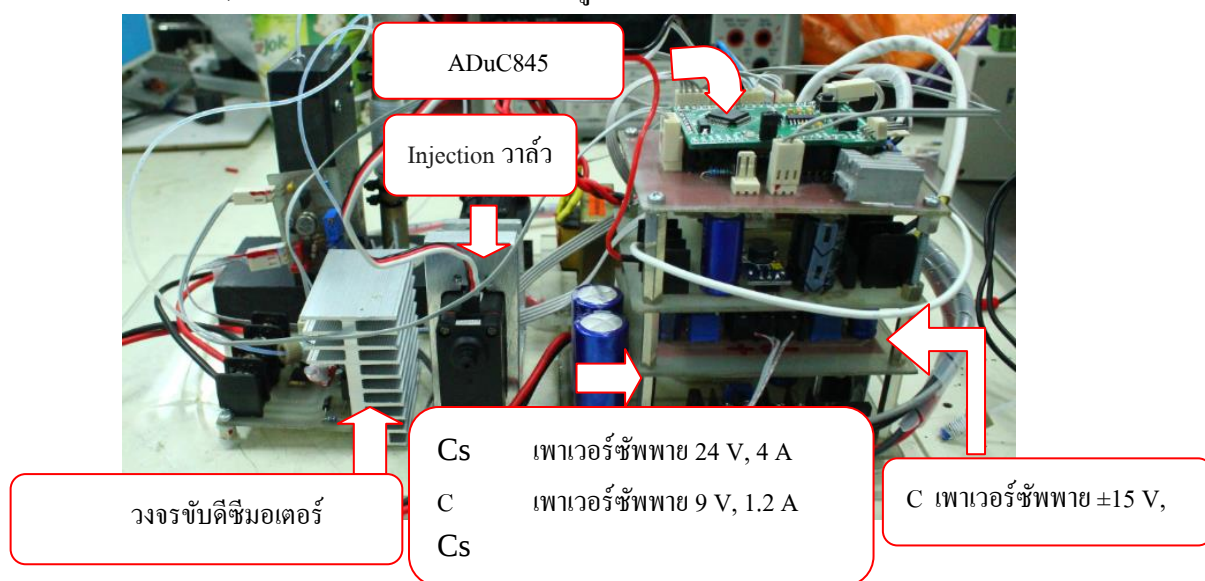
- 8) เพาเวอร์ซัพพลาย  $24\text{ V}$ ,  $4\text{ A}$  จ่ายให้กับดีซีมอเตอร์ 250 rpm เพื่อควบคุมปั๊ม  
ท่อดูดจ่ายสารละลายและเพาเวอร์ซัพพลาย  $9\text{ V}$ ,  $1.2\text{ A}$  จ่ายให้กับภาคไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งใน

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 เป็น ส่วนของตัวเครื่องวัดการดูดแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล ดังภาพที่ 3.54



ก) ตัวเครื่องด้านหน้า



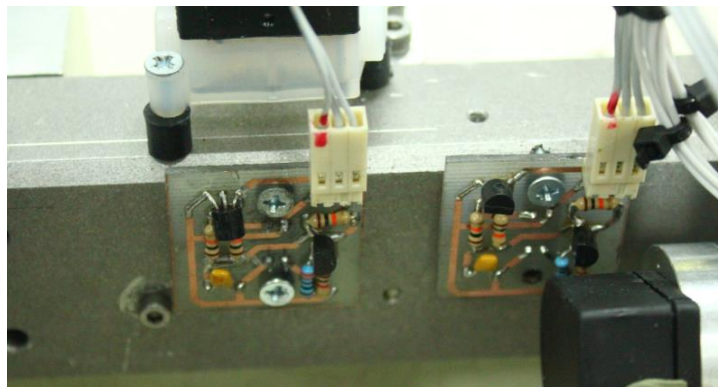
ข) ตัวเครื่องด้านหลัง

ภาพที่ 3.54 โครงสร้างตัวเครื่อง

### 3.5 การประกอบเครื่องวัดการดูดแสงผ่านสารละลายในระบบการไหล

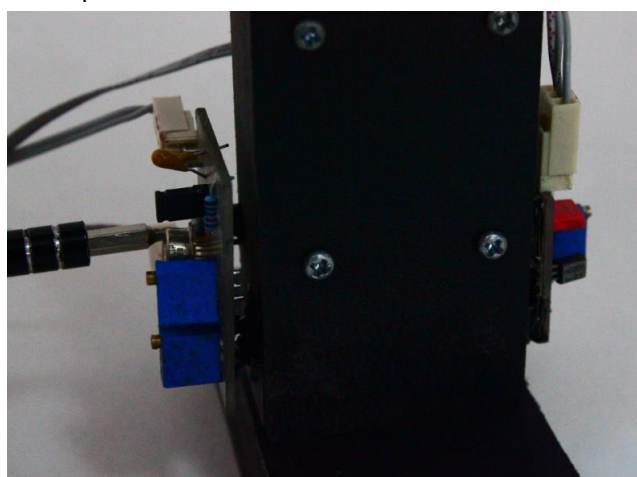
ในการประกอบเครื่องจะต้องเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต้องใช้งานให้พร้อม และวิธีการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ต้องประกอบตามที่ออกแบบไว้ ดังนี้

#### 3.5.1 ประกอบชุด เซ็นเซอร์เข้ากับแกนดัดเบิ้ล ไซลิ่งค์ ดังภาพที่ 3.55



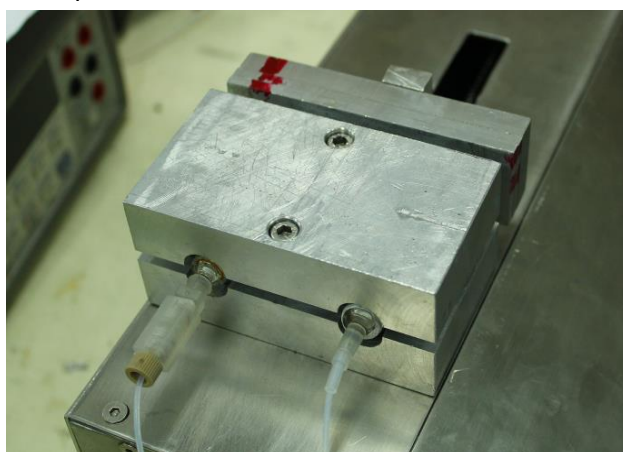
ภาพที่ 3.55 ประกอบชุดเซ็นเซอร์

#### 3.5.2 ประกอบชุดวัดแสงเข้ากับที่ใส่หลอดคิวเวท ดังภาพที่ 3.56



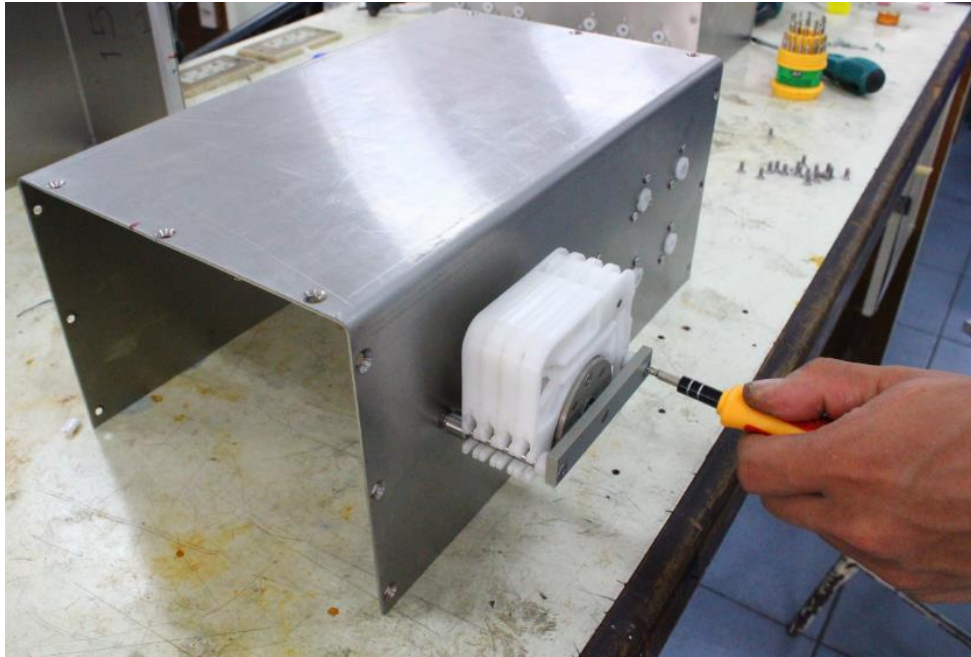
ภาพที่ 3.56 ประกอบชุดวัดแสง

#### 3.5.3 ประกอบชุดดับเบิ้ล ไซลิ่งค์กับตัวเครื่องขึ้นบน ดังภาพที่ 3.57



ภาพที่ 3.57 ประกอบชุดดับเบิ้ล ไซลิ่งค์

3.5.4 ประกอบชุดปั๊มท่อกระจายสารละลายกับตัวเครื่องชั้นล่าง ดังภาพที่ 3.58



ภาพที่ 3.58 ประกอบชุดปั๊มท่อกระจายสารละลาย

3.5.5 ประกอบข้อต่อสารละลาย ตัวเครื่องด้านบน และด้านล่าง 11 จุด ดังภาพที่ 3.59



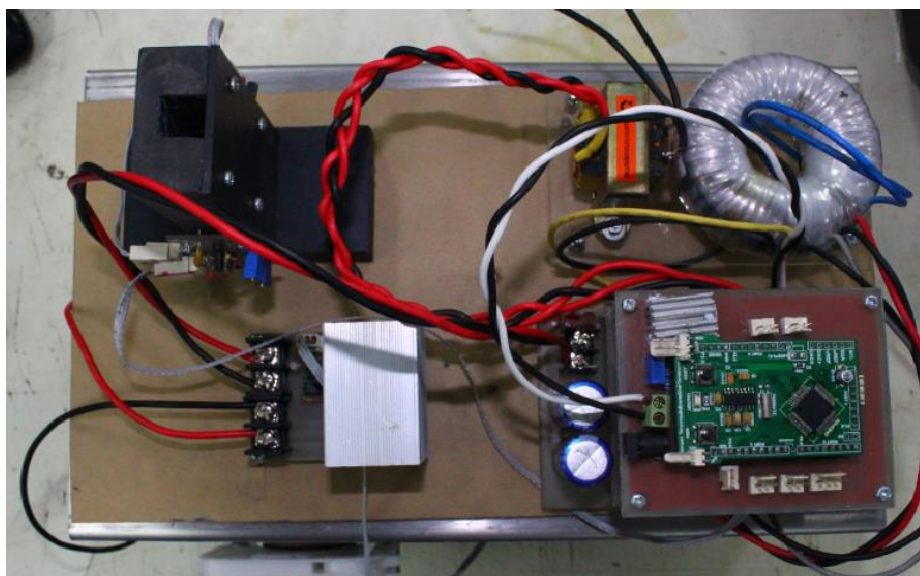
ภาพที่ 3.59 ประกอบข้อต่อสารละลายกับตัวเครื่อง

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 ( $\bar{X}$ )

3.3.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

3.3.3 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD)

3.7 ระยะเวลาการทดลอง

1 ตุลาคม 2554- 30 กันยายน 2555

3.8 สถานที่ทำการทดลอง

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร