

การศึกษาการแทรกสอดของแสงโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์  
A STUDY OF INTERFERENCE USING COMPUTER SYSTEM



โครงการวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการศึกษาการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะศึกษาศาสตร์

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะศึกษาศาสตร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

ปีการศึกษา 2557

การศึกษาการแทรกสอดของแสงโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์  
A STUDY OF INTERFERENCE USING COMPUTER SYSTEM



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ ภาควิชาฟิสิกส์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานปีการศึกษา 2557 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# A STUDY OF INTERFERENCE USING COMPUTER SYSTEM



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE  
IN APPLIED PHYSICS  
DEPARTMENT OF APPLIED PHYSICS  
FACULTY OF SCIENCE  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การศึกษาการแทรกสอดของแสงโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์

A STUDY OF INTERFERENCE USING COMPUTER SYSTEM

ชื่อนักศึกษา นายบุญยานนท์ มีโต รหัสนักศึกษา 54050548

นายภาณุมาศ ผายปองนา รหัสนักศึกษา 54050572

ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต ฟิสิกส์ประยุกต์

ภาควิชา ฟิสิกส์

ปีการศึกษา 2557

อาจารย์ที่ปรึกษา อ.สุรชาติ กมลดีลก

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้  
โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิตฟิสิกส์ประยุกต์  
ประจำปีการศึกษา 2557

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.ประธาน บุรณศิริ	
อ.กฤษฎิ์ ศรีนวลจันทร์	
อ.ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง	
อ.สุรชาติ กมลดีลก	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อผู้ยืมได้เห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การศึกษาการแทรกสอดของแสงโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์
ชื่อนักศึกษา	นายบุญยานนท์ มีโต รหัสนักศึกษา 54050548 นายภาณุมาศ ผายบ่อนา รหัสนักศึกษา 54050572
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต ฟิสิกส์ประยุกต์
ภาควิชา	ฟิสิกส์
ปีการศึกษา	2557
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.สุรชาติ กมลติลก

### บทคัดย่อ

ในโครงการพิเศษนี้เป็นการหาค่าความกว้างของสลิตเดี่ยว สลิตคู่และความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสง โดยการส่องแสงเลเซอร์ผ่านสลิตเดี่ยวและสลิตคู่ไปบนฉากรับภาพเพื่อวัดระยะของแถบมืดและแถบสว่างชุดการทดลองที่สร้างขึ้นนี้จะวัดความเข้มแสงโดยใช้สเต็ปมอเตอร์ในการเลื่อนตัวตรวจจับแสงไปทางซ้ายและทางขวา ซึ่งขั้นตอนทั้งหมดจะถูกควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์สำเร็จรูปแบบ ARDUINO การแสดงผลจะแสดงค่าความเข้มแสงที่วัดได้บนคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม LABVIEW ซึ่งค่าที่ได้สามารถนำไปคำนวณหาค่าความยาวคลื่นและความกว้างของสลิตได้

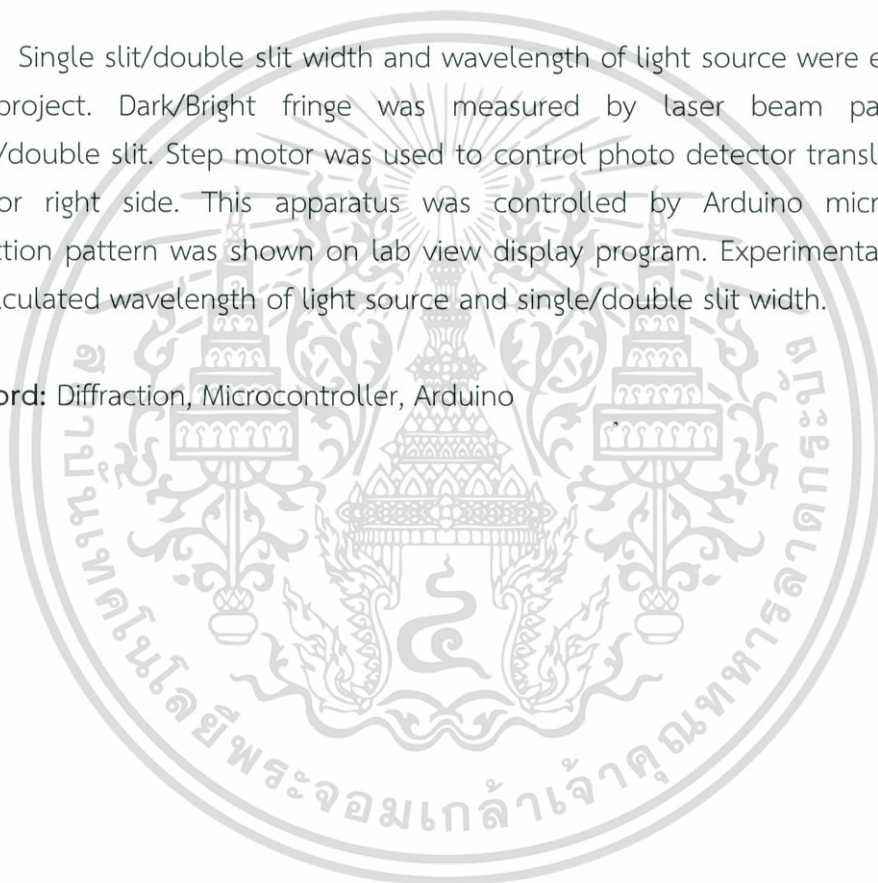
คำสำคัญ : การหักเหของแสง, ไมโครคอนโทรลเลอร์, ARDUINO

Title	A STUDY OF INTERFERENCE USING COMPUTER SYSTEM
Students	Mr.Boonyanon Meeto Student ID 54050548 Mr.Panumas Paipongna Student ID 54050572
Degree	Bachelor of Science in Applied Physics
Department	Applied Physics
Academic Year	2014
Advisor	Mr.Surachart kamoldilok

### Abstract

Single slit/double slit width and wavelength of light source were evaluated in this project. Dark/Bright fringe was measured by laser beam pass through single/double slit. Step motor was used to control photo detector translation in left side or right side. This apparatus was controlled by Arduino microcontroller. Diffraction pattern was shown on lab view display program. Experimental result can be calculated wavelength of light source and single/double slit width.

**Keyword:** Diffraction, Microcontroller, Arduino



## กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้ได้ประสบปัญหาอุปสรรคต่างๆมากมายและการแก้ปัญหาเหล่านี้จะผ่านไปไม่ได้หากขาดคนที่ช่วยเหลือในงานต่างๆให้ผ่านลุล่วงไปด้วยความเรียบร้อยและได้ให้คำแนะนำด้านต่างๆมาด้วยดีตลอด ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อ.สุรชาติ กมลติลก ที่ให้คำปรึกษาด้านต่างๆมาโดยตลอด เพื่อนที่ร่วมห้องแลป 315/1 ทุกคน ที่ให้คำปรึกษาแก้ไขงานให้ดีขึ้นและใช้งานง่ายขึ้นและสุดท้ายนี้ขอขอบคุณบิดาและมารดาที่สนับสนุนด้านทุนการศึกษา และเป็นกำลังใจมาโดยตลอด

นายภาณุมาศ ผายปองนา  
นายบุญยานนท์ มีโต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

## หน้า

บทคัดย่อ	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบข่ายของงานวิจัย	1
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่2 ทฤษฎี	3
2.1 การแทรกสอดของแสงและการเลี้ยวเบนของแสง	3
2.2 สเต็ปป์มอเตอร์(STEPPING MOTOR)	5
2.2.1 ประเภทของสเต็ปป์มอเตอร์	6
2.2.2 การควบคุม STEPPING MOTOR	7
2.2.3 การควบคุม STEPPING MOTOR แบบ 4 เฟส	8
บทที่3 การวิจัยและการดำเนินการ	11
3.1 การออกแบบวงจร	11
3.1.1 ส่วนติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์	12
3.1.2 ส่วนการประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์	12
3.1.3 ส่วนรับแสง	13
3.1.4 ส่วนสเต็ปป์มอเตอร์ แบบ 2 เฟส	14
3.1.5 ส่วนการควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์	15
3.1.6 ส่วนของแผ่นหักเหที่ใช้ทำการทดลอง ( สลิตเดี่ยว, สลิตคู่ )	16
3.1.7 ส่วนของฐานรางเลื่อน	17
3.1.8 ส่วนของการจ่ายไฟ	17
3.2 การพัฒนาโปรแกรม	18
3.2.1 โปรแกรม LABVIEW และ ARDUINO	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนวิจัยและการดำเนินงาน	2
2.1 การควบคุมแบบ FULL STEP1เฟส หรือแบบเวฟ	8
2.2 การควบคุมแบบ FULL STEPเฟส หรือ แบบ 2เฟส	9
2.3 การควบคุมแบบHALF STEPหรือ แบบครึ่งสเต็ป	10
4.2.1 ค่าการคำนวณหาความยาวคลื่นแต่ละระยะจากสลิตเดี่ยวกว้าง $50\mu\text{m}$	30
4.2.2ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าความไม่แน่นอนในการวัดแต่ละระยะจากสลิตเดี่ยวกว้าง $50\mu\text{m}$	30
4.2.3ค่าการคำนวณหาความยาวคลื่นแต่ละระยะจากสลิตคู่กว้าง $50\mu\text{m}$	40
4.2.4ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าความไม่แน่นอนในการวัดแต่ละระยะจากสลิตคู่กว้าง $50\mu\text{m}$	40
4.2.5สลิตเดี่ยว กว้าง $50\mu\text{m}$ ระยะ $90\text{cm}$	41
4.2.6ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและความไม่แน่นอนในการวัด	41
4.2.7สลิตเดี่ยว กว้าง $50\mu\text{m}$ ระยะ $80\text{cm}$	42
4.2.8ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและความไม่แน่นอนในการวัด	42
4.2.9สลิตเดี่ยว กว้าง $50\mu\text{m}$ ระยะ $70\text{cm}$	43
4.2.10ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและความไม่แน่นอนในการวัด	43
4.2.11สลิตคู่ กว้าง $50\mu\text{m}$ ระยะ $90\text{cm}$	44
4.2.12ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและความไม่แน่นอนในการวัด	44
4.2.13สลิตคู่ กว้าง $50\mu\text{m}$ ระยะ $80\text{cm}$	45
4.2.14ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและความไม่แน่นอนในการวัด	45
4.2.15สลิตคู่ กว้าง $50\mu\text{m}$ ระยะ $70\text{cm}$	46
4.2.16ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและความไม่แน่นอนในการวัด	46
5.1 ผลเฉลี่ยค่าความยาวคลื่น สลิตเดี่ยว/คู่	47
5.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและความไม่แน่นอนการวัดค่าความยาวคลื่น	47

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่4 วิธีการทดลองผลของการทดลอง	19
4.1 การทดสอบการทำงานของฮาร์ดแวร์	19
4.2 ทดสอบการทำงานของโปรแกรม	20
4.3 ข้อจำกัดของเครื่องมือ	46
บทที่5 สรุปและข้อเสนอแนะ	47
5.1 สรุปผลการศึกษา	47
5.2 ข้อเสนอแนะ	47
บรรณานุกรม	48
ภาคผนวก	49
ภาคผนวก ก	50
ภาคผนวก ข	63
ภาคผนวก ค	66



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แผนภาพแสดงการทดลองสลิตคู่ของยัง	3
2.2 แผนภาพแสดงการคำนวณสลิตเดี่ยว	5
2.3 โครงสร้างของ STEPPING MOTOR	5
2.4 โครงสร้างภายในของ STEPPING MOTOR	7
3.1 แสดงแผนภาพไดอะแกรมของเครื่องมือ	11
3.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ARDUINO	12
3.3 PHOTODTECTOR	13
3.4 วงจรส่วนรับแสงโดยใช้ PHOTO RESISTOR	13
3.5 VEXTA Model pk264B2-sg36	14
3.6 ตัวคอนโทรลสแต็ปมอเตอร์แบบ DRV8825	15
3.7 วงจรควบคุม สเต็ปมอเตอร์โดยใช้ตัวควบคุม DRV 8825	15
3.8 แสดงแถบสว่างและมืด จากสลิตเดี่ยวและสลิตคู่	16
3.9 แสดงรูปการพัฒนาโปรแกรมขั้นตอนการทำงาน	17
3.10 รางเลื่อนที่ใช้ในการทำโครงงาน	17
3.11 แสดงรูปการพัฒนาโปรแกรมขั้นตอนการทำงาน	18
4.1 วงจรทดสอบการทำงานของ DRV8825	19
4.2 หน้าต่างโปรแกรมควบคุมการทำงาน	20
4.3 กราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง $50\mu\text{m}$ ระยะที่ 90cm ทดลองครั้งที่ 1	21
4.4 กราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง $50\mu\text{m}$ ระยะที่ 90cm ทดลองครั้งที่ 2	22
4.5 กราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง $50\mu\text{m}$ ระยะที่ 90cm ทดลองครั้งที่ 3	23
4.6 กราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง $50\mu\text{m}$ ระยะที่ 80cm ทดลองครั้งที่ 1	24
4.7 กราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง $50\mu\text{m}$ ระยะที่ 80cm ทดลองครั้งที่ 2	25
4.8 กราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง $50\mu\text{m}$ ระยะที่ 80cm ทดลองครั้งที่ 3	26
4.9 กราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง $50\mu\text{m}$ ระยะที่ 70cm ทดลองครั้งที่ 1	27
4.10 กราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง $50\mu\text{m}$ ระยะที่ 70cm ทดลองครั้งที่ 2	28
4.11 กราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง $50\mu\text{m}$ ระยะที่ 70cm ทดลองครั้งที่ 3	29
4.12 กราฟสลิตคู่ความกว้าง $50\mu\text{m}$ ระยะที่ 90 cm ทดลองครั้งที่ 1	31
4.13 กราฟสลิตคู่ความกว้าง $50\mu\text{m}$ ระยะที่ 90cm ทดลองครั้งที่ 2	32
4.14 กราฟสลิตคู่ความกว้าง $50\mu\text{m}$ ระยะที่ 90cm ทดลองครั้งที่ 3	33
4.15 กราฟสลิตคู่ความกว้าง $50\mu\text{m}$ ระยะที่ 80cm ทดลองครั้งที่ 1	34

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.16กราฟพลิตคู่ความกว้าง50 $\mu$ m ระยะที่ 80cmทดลองครั้งที่ 2	35
4.17 กราฟพลิตคู่ความกว้าง50 $\mu$ m ระยะที่ 80cmทดลองครั้งที่ 3	36
4.18กราฟพลิตคู่ความกว้าง50 $\mu$ m ระยะที่ 70 cmทดลองครั้งที่ 1	37
4.19กราฟพลิตคู่ความกว้าง50 $\mu$ m ระยะที่70 cm ทดลองครั้งที่2	38
4.20กราฟพลิตคู่ความกว้าง50 $\mu$ m ระยะที่70 cm ทดลองครั้งที่3	39
4.21การเปรียบเทียบกราฟพลิตเดี่ยวความกว้าง50 $\mu$ m ระยะที่ 90 cmทั้ง3ครั้ง	41
4.22 การเปรียบเทียบกราฟพลิตเดี่ยวความกว้าง50 $\mu$ m ระยะที่ 80 cm ทั้ง3ครั้ง	42
4.23 การเปรียบเทียบกราฟพลิตเดี่ยวความกว้าง50 $\mu$ m ระยะที่ 70 cm ทั้ง3ครั้ง	43
4.24 การเปรียบเทียบกราฟพลิตคู่ความกว้าง50 $\mu$ m ระยะที่ 90 cm ทั้ง3ครั้ง	44
4.25 การเปรียบเทียบกราฟพลิตคู่ความกว้าง50 $\mu$ m ระยะที่ 80 cm ทั้ง3ครั้ง	45
4.26 การเปรียบเทียบกราฟพลิตคู่ความกว้าง50 $\mu$ m ระยะที่ 70 cm ทั้ง3ครั้ง	46



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

จากการศึกษาคุณสมบัติของแสงเรื่องการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงทำให้ทราบปัญหาคือผู้ศึกษาไม่สามารถเห็นภาพของการกระจายความเข้มของแสงหลังจากเคลื่อนผ่านสลิต (Slit) หรือเกรตติ้ง (Grating) ได้อย่างชัดเจน ทำให้ไม่สามารถเข้าใจถึงผลของขนาดของสลิตและเกรตติ้งที่มีต่อรั้วรอยการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงที่จะปรากฏบนฉากรับภาพตั้งนั้นกลุ่มของข้าพเจ้าจึงได้มีแนวคิดที่จะสร้างชุดทดลองที่สามารถวัดค่าความเข้มของแสงในรูปของ ศักย์ไฟฟ้า (Voltage) เพื่อนำมาพล็อตเป็นกราฟความสัมพันธ์แสดงบนชุดคอมพิวเตอร์เพื่อความสะดวกในการทดลองและการสาธิตให้แก่ผู้สนใจได้เรียนรู้เรื่องการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงได้อย่างชัดเจนและแม่นยำมากขึ้น

### 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อสร้างชุดทดลองในการวัดค่าความเข้มแสงของรั้วรอยการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสง

### 1.3 ขอบข่ายของงานวิจัย

ในโครงการพิเศษนี้ได้จัดทำชุดทดลองเพื่อวัดความเข้มของแสงที่เกิดจากการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตและเกรตติ้งกับระยะทางบนฉากรับแสงเพื่อนำมาพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและระยะทางเพื่อนำไปใช้คำนวณหาขนาดของสลิต

## 1.4 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนวิจัยและการดำเนินงาน

ช่วงเวลา	ขั้นตอนการดำเนินงาน
สิงหาคม - กันยายน พ.ศ. 2557	- ค้นคว้าและศึกษาโปรแกรมและอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม Stepping motor, Arduino
ตุลาคม 57 - มกราคม พ.ศ. 2558	- ออกแบบชุดทดลองและทดลองการทำงานของโปรแกรม Labview เชื่อมต่อเข้ากับ Arduino - ทดสอบการรับแสงจาก Detector - ทำการเขียนโปรแกรมจากโปรแกรม Labview เพื่อให้มีการส่งงานสัมพันธ์กับ Arduino มีการรับส่งข้อมูลได้
มกราคม - เมษายน พ.ศ. 2558	- นำชุดทดลองมาทดสอบการรับส่งข้อมูลจากสลิตเดี่ยวและสลิตคู่ - นำข้อมูลที่ได้มาสรุปและวิจารณ์ผลการทดลองของโครงการ

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

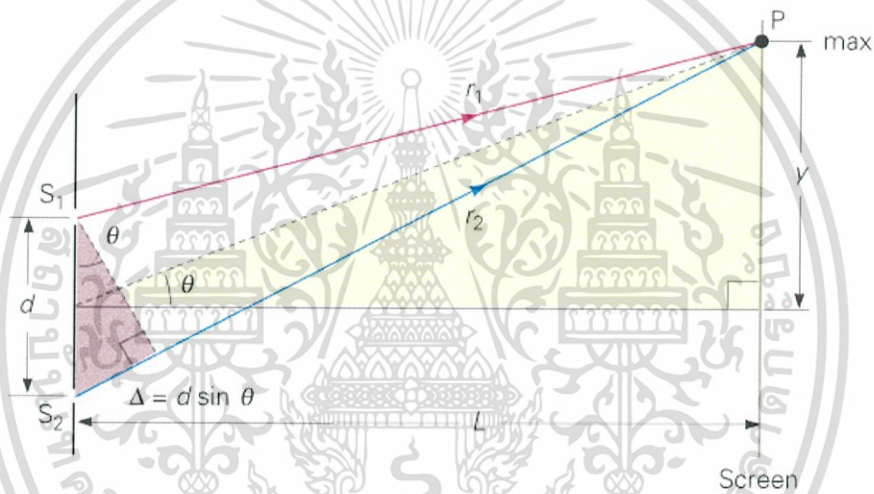
- 1.5.1) ชุดทดลองเพื่อวัดความเข้มของแสงจากรีเลย์การแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสง
- 1.5.2) สามารถคำนวณย้อนกลับเพื่อหาขนาดของสลิตได้จากผลการทดลอง
- 1.5.3) เกิดความชำนาญและความรู้ในการประยุกต์สร้างชุดการทดลองจากอุปกรณ์กลไกและวงจรรีเลย์ทรอนิกส์ที่มีการนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2 ทัศนศาสตร์

### 2.1 การแทรกสอดของแสง(Interference)และการเลี้ยวเบนของแสง(diffraction)

1) การแทรกสอดของแสง คือ ปรากฏการณ์ที่คลื่นแสงสองขบวนเดินทางมาพบกันและเกิดการรวมกันของคลื่นทั้งสองนั้น ส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของแอมพลิจูดของคลื่นเกิดเป็นแถบมืดและแถบสว่างบนฉากรับภาพ โดยถ้าเกิดการเพิ่มขึ้นของแอมพลิจูดของคลื่นจะเรียกว่า “การแทรกสอดแบบเสริมสร้าง(Constructive interference)” หากเกิดการลดลงของแอมพลิจูดของคลื่นจะเรียกว่า “การแทรกสอดแบบหักล้าง(Destructive interference) โดยจะสามารถสังเกตได้จากริ้วรอยการแทรกสอดของแสง(Interference pattern or Fringe)



รูปที่ 2.1 แผนภาพแสดงการทดลองสลิตคู่ของยัง

พิจารณาที่จุด  $P$  ซึ่งเป็นจุดใดๆบนฉากรับภาพห่างจากสลิตคู่เป็นระยะ  $L$  คลื่นจากจุด  $S_1$  และ  $S_2$  ที่เดินทางมาถึงจุด  $P$  จะมีความต่างเฟสจากระยะทางที่คลื่นเดินทาง(Path difference) ถ้า

$$S_2P - S_1P = m\lambda \quad : m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \quad (2.1)$$

แสดงว่าคลื่นที่มาจากสลิต  $S_1$  และ  $S_2$  จะเดินทางไปถึงจุด  $P$  โดยมีเฟสตรงกันและเกิดการแทรกสอดแบบเสริมสร้าง เกิดเป็นแถบสว่างขึ้นบนฉากรับภาพ แต่ถ้า

$$S_2P - S_1P = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad : m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (2.2)$$

แสดงว่าคลื่นที่มาจากสลิต  $S_1$  และ  $S_2$  จะเดินทางไปถึงจุด  $P$  โดยมีเฟสตรงข้ามกันและเกิดการแทรกสอดแบบหักล้าง เกิดเป็นแถบมืดขึ้นบนฉากรับภาพ

เนื่องจากสลิตทั้งสองอยู่ใกล้กันมาก ทำให้สามารถถือได้ว่าระยะห่างของสลิตเมื่อเทียบกับระยะทางจากสลิตถึงฉากมีค่าน้อยมาก เราจะสามารถทำการประมาณค่าโดยอาศัยเงื่อนไขได้เป็นสองกรณี คือ

กรณีที่หนึ่ง ถ้า Q เป็นจุดบน  $S_2P$  โดยที่ PQ มีค่าเท่ากับ  $S_1P$  ดังนั้นความแตกต่างของระยะทางที่คลื่นทั้งสองเคลื่อนที่ไปถึง P หรือ

$$S_2P - S_1P = S_2Q = \Delta \quad (2.3)$$

ถ้า  $S_1Q$  เป็นส่วนโค้งของวงกลมที่มี P เป็นจุดศูนย์กลางและรัศมีเท่ากับ  $S_1P$  หรือเท่ากับ PQ ถ้าเราประมาณว่า  $S_1Q$  เป็นเส้นตรงและเป็นฐานของสามเหลี่ยมมุมฉาก  $S_1S_2Q$  โดยที่  $S_1Q$  ทำมุม  $\theta$  กับ  $S_1S_2$  จะได้ว่า

$$\Delta = a \sin \theta \quad (2.4)$$

เมื่อ  $a$  เป็นระยะห่างระหว่าง  $S_1$  กับ  $S_2$

กรณีที่สอง ถ้าพิจารณา OX เป็นเส้นที่ลากจากจุดกึ่งกลางของ  $S_1S_2$  ไปตั้งฉากกับฉากรับภาพ จะได้ว่า OX ตั้งฉากกับ  $S_1S_2$  และ OP ตั้งฉากกับ SQ โดยประมาณ ถ้าเปรียบเทียบสามเหลี่ยมมุมฉาก  $S_1QP$  กับ OXP จะได้ว่า มุมระหว่าง OX กับ OP จะมีค่าเป็น  $\theta$  ด้วย โดยจะสรุปได้ว่า

จะเกิดการแทรกสอดแบบเสริมสร้างกันที่จุด P เมื่อ

$$S_2P - S_1P = \Delta = m\lambda \cong a \sin \theta \quad (2.5)$$

จะเกิดการแทรกสอดแบบหักล้างกันที่จุด P เมื่อ

$$\Delta = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \cong a \sin \theta \quad (2.6)$$

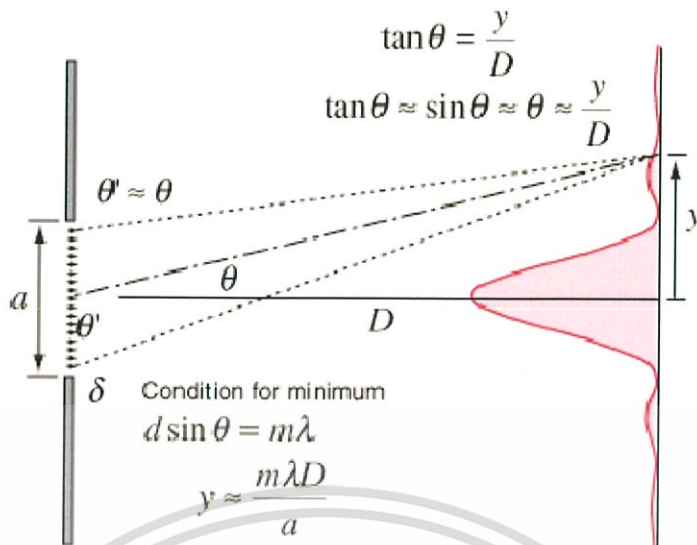
สรุปได้ว่า ที่ตำแหน่ง P ซึ่งเป็นแถบสว่างอันดับที่  $m$  จะมีค่า

$$y_m = \frac{m\lambda s}{a} \quad : m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (2.7)$$

และแถบสว่างสองแถบที่อยู่ติดกันจะห่างกันเป็นระยะเท่ากับ

$$\Delta y = \frac{\lambda s}{a} \quad (2.8)$$

2) การเลี้ยวเบนของแสงของแสงการเลี้ยวเบนของคลื่นเกินขึ้นได้ เมื่อคลื่นจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์เดินทางไปพบสิ่งกีดขวางที่มีลักษณะเป็นขอบหรือช่องที่มีขนาดใกล้เคียงกับความยาวคลื่น ทำให้คลื่นเคลื่อนที่เลี้ยวผ่านสิ่งกีดขวางไปได้ ซึ่งอธิบายได้โดยใช้หลักของฮอยเกนส์ ซึ่งกล่าวไว้ว่า "ทุกๆจุดบนหน้าคลื่นอาจถือได้ว่าเป็นจุดกำเนิดคลื่นใหม่ที่ทำให้ความยาวคลื่นเดิมและเฟสเดียวกัน"



รูปที่ 2.2 แผนภาพแสดงการคำนวณสลิตเดี่ยว

สมการการแทรกสอดแบบหักล้างกัน

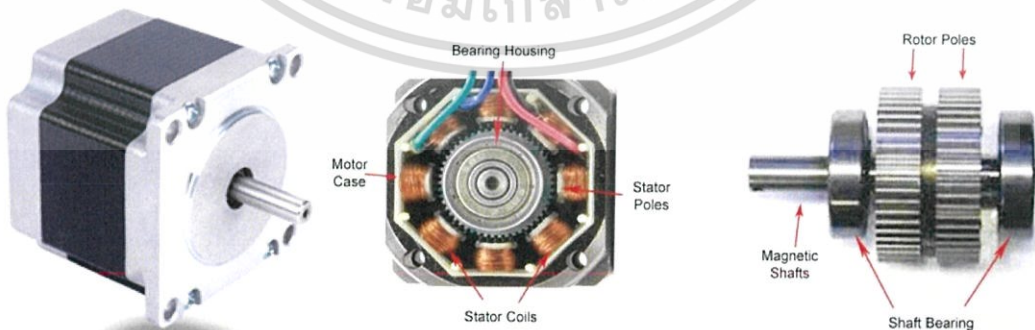
$$m \lambda = d \sin \theta \tag{2.9}$$

สมการการแทรกสอดแบบเสริมสร้าง

$$\left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda = d \sin \theta \tag{3.0}$$

### 2.2 สเต็ปป์มอเตอร์ (Stepping Motor)

สเต็ปป์มอเตอร์เป็นมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนด้วยพัลส์ลักษณะการขับเคลื่อนจะหมุนรอบแกนได้ 360 องศา มีลักษณะไม่ต่อเนื่องแต่มีลักษณะเป็นสเต็ป โดยแต่ละสเต็ปจะขับเคลื่อนได้ 1, 1.5, 1.8 หรือ 2 องศาแล้วแต่โครงสร้างของมอเตอร์ลักษณะที่นำมามอเตอร์ไปใช้งานที่ต้องการตำแหน่งแม่นยำ เช่นระบบขับเคลื่อนหัวแม่พิมพ์ในเครื่องพิมพ์ระบบขับเคลื่อนหัวอ่านในเครื่องอ่านบันทึกแม่เหล็ก ระบบขับเคลื่อนตำแหน่งของปากกาใน X-Y Plotter เป็นต้น

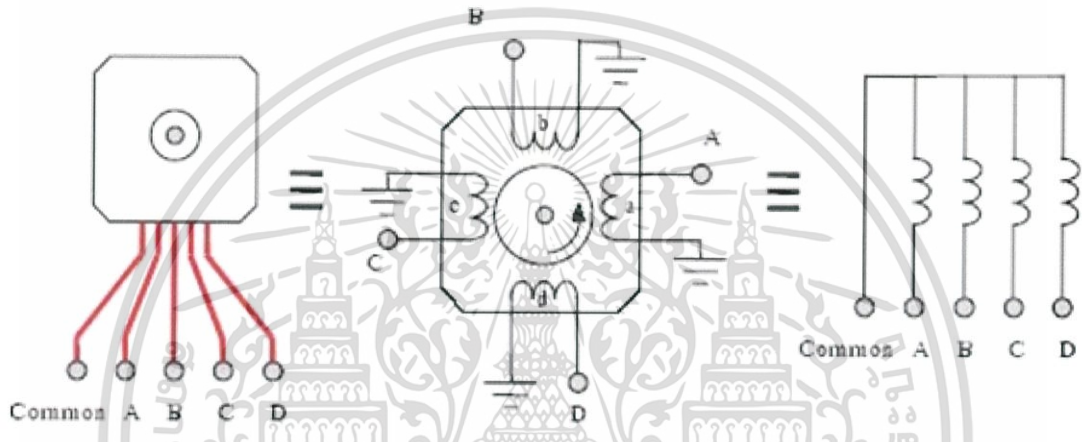


รูป 2.3 โครงสร้างของ Stepping motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.2 การควบคุม Stepping Motor

Stepping Motor เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าชนิดหนึ่งซึ่งมี Input เป็นกลุ่มของ Binary Voltage และ Output การเคลื่อนที่ในเชิงมุม (หมุน) แกนหมุน (Shaft) เป็น Step โดย Resolution ของ Stepping Motor อยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.1 - 30 องศาซึ่งขึ้นอยู่กับโครงสร้างของ Stepping Motor หรือบอกเป็นจำนวน Step ต่อ 1 รอบ Stepping Motor สามารถควบคุมตำแหน่งการหมุนได้ซึ่งจะมีความละเอียดของมุมในการหมุนและ Step ที่แตกต่างกันออกไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของมอเตอร์และลักษณะการส่งสัญญาณไปควบคุมมอเตอร์ทำให้ Stepping Motor มีความยืดหยุ่นในการนำมาใช้งานทำให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็นหุ่นยนต์หรือแขนกลต่างๆเนื่องจากมีความแม่นยำในการควบคุมตำแหน่งสูง



รูปที่ 2.4 โครงสร้างภายในของ stepping motor

หลักการทำงาน คือ เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด *Stator Coil A, B, C, D* ไม่พร้อมกัน นั่นคือ ถ้าเราจ่ายกระแสให้ *A* ก่อน โดยไม่จ่ายให้ขดอื่น แล้วตามด้วย *B, C* และ *D* เรียงตามลำดับ จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก หมุนในลักษณะตามเข็มนาฬิกา ซึ่งส่วนของ *Rotor* ที่เป็นแม่เหล็กถาวรก็จะหมุนตามสนามแม่เหล็กไปด้วย คือ ตามเข็มนาฬิกา ในทำนองเดียวกันถ้าเราจ่ายกระแสให้ขด *A, D, C, B, A...* ก็จะทำให้ สนามแม่เหล็กหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ซึ่งส่งผลให้ *Rotor* หมุนทวนเข็มนาฬิกา การกำหนดความเร็วของ *Stepping Motor* ทำได้โดยการเปลี่ยนแปลง ความเร็วของการเปลี่ยนการจ่ายกระแสจากขดลวดขดหนึ่งไปยังอีกขดหนึ่งให้เร็วขึ้น

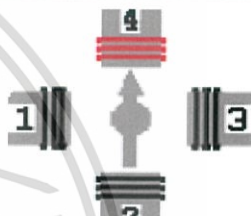
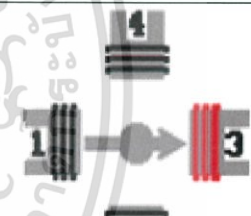
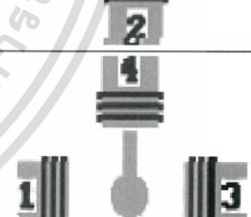
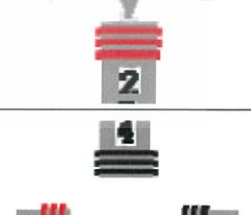
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.3 การควบคุม Stepping Motorแบบ 4 เฟส

ในการควบคุมการทำงานของ Stepping Motorสามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 รูปแบบ คือ  
 1)ควบคุมแบบ Full Step 1 เฟส หรือแบบเวฟ (Wave)

ในการควบคุมการหมุนของ Steppingแบบ 4เฟสนั้น เราจะต้องกระตุ้นให้มอเตอร์หมุนไปแต่ละ Step โดยจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับ Stepping ทีละเฟสตามลำดับหลักการคือเริ่มจากจ่ายกระแสให้กับขดลวด Stator เฟสที่ 1 จากนั้นกระตุ้นเฟสที่ 2 และเฟสที่ 3 ไปเรื่อยๆตามลำดับจากนั้นก็วนกลับมาที่ขดลวด Stator เฟสที่ 1 อีกครั้งและวน Loop ไปเรื่อยๆก็จะทำให้ Stepping Motor หมุน และในทางกลับกันถ้าต้องการให้ Stepping Motor หมุนกลับทางก็ต้องกระตุ้นขดลวด Stator เฟส 4 เฟส 3 เฟส 2 และเฟส 1 ตามลำดับสามารถเขียนขั้นตอนการทำงานเป็นตารางออกมาได้ดังนี้

ตารางที่ 2.1การควบคุมแบบ Full step 1เฟส หรือแบบเวฟ



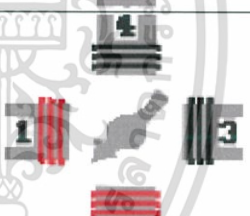
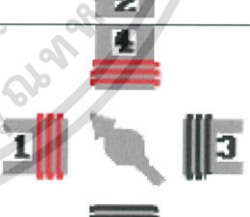
Step	เฟส 4	เฟส 3	เฟส 2	เฟส 1	การหมุน
Step 1	ON	OFF	OFF	OFF	
Step 2	OFF	ON	OFF	OFF	
Step 3	OFF	OFF	ON	OFF	
Step 4	OFF	OFF	OFF	ON	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2) ควบคุมแบบ Full Step 2 เฟส หรือแบบ 2 เฟส

ในการควบคุม Stepping Motor แบบ 2 เฟสนั้น เราจะต้องจ่ายกระแสไฟฟ้าเพื่อกระตุ้นขดลวดของมอเตอร์ทีละ 2 เฟสในเวลาเดียวกันและเรียงกันไปตามลำดับซึ่งได้แสดงดังในตารางที่ 2.2.2 โดย Stepping Motor จะหมุนเหมือนกับการควบคุมแบบเวฟ แต่การควบคุมแบบ 2 เฟสจะให้แรงบิดที่สูงกว่าแบบเวฟ

ตารางที่ 2.2.2 การควบคุมแบบ Full step 2 เฟส หรือ แบบ 2 เฟส

Step	เฟส 4	เฟส 3	เฟส 2	เฟส 1	การหมุน
Step 1	ON	ON	OFF	OFF	
Step 2	OFF	ON	ON	OFF	
Step 3	OFF	OFF	ON	ON	
Step 4	ON	OFF	OFF	ON	

## 3) ควบคุมแบบ Half Step หรือแบบครึ่งสเต็ป

การควบคุม Stepping Motor แบบครึ่งสเต็ปจะทำให้เราสามารถเพิ่มความละเอียดในการควบคุมการหมุนของ Stepping Motor ได้แม่นยำมากขึ้นซึ่งเป็นการผสมผสานระหว่างการควบคุมแบบเวฟและแบบ Full Step 2 เฟสเข้าด้วยกัน

ตารางที่ 2.2.3 การควบคุมแบบ Half step หรือ แบบครึ่งสเต็ป

Step	เฟส 4	เฟส 3	เฟส 2	เฟส 1	การหมุน
Step 1	ON	OFF	OFF	OFF	
Step 2	ON	ON	OFF	OFF	
Step 3	OFF	ON	OFF	OFF	
Step 4	OFF	ON	ON	OFF	
Step 5	OFF	OFF	ON	OFF	
Step 6	OFF	OFF	ON	ON	
Step 7	OFF	OFF	OFF	ON	
Step 8	ON	OFF	OFF	ON	

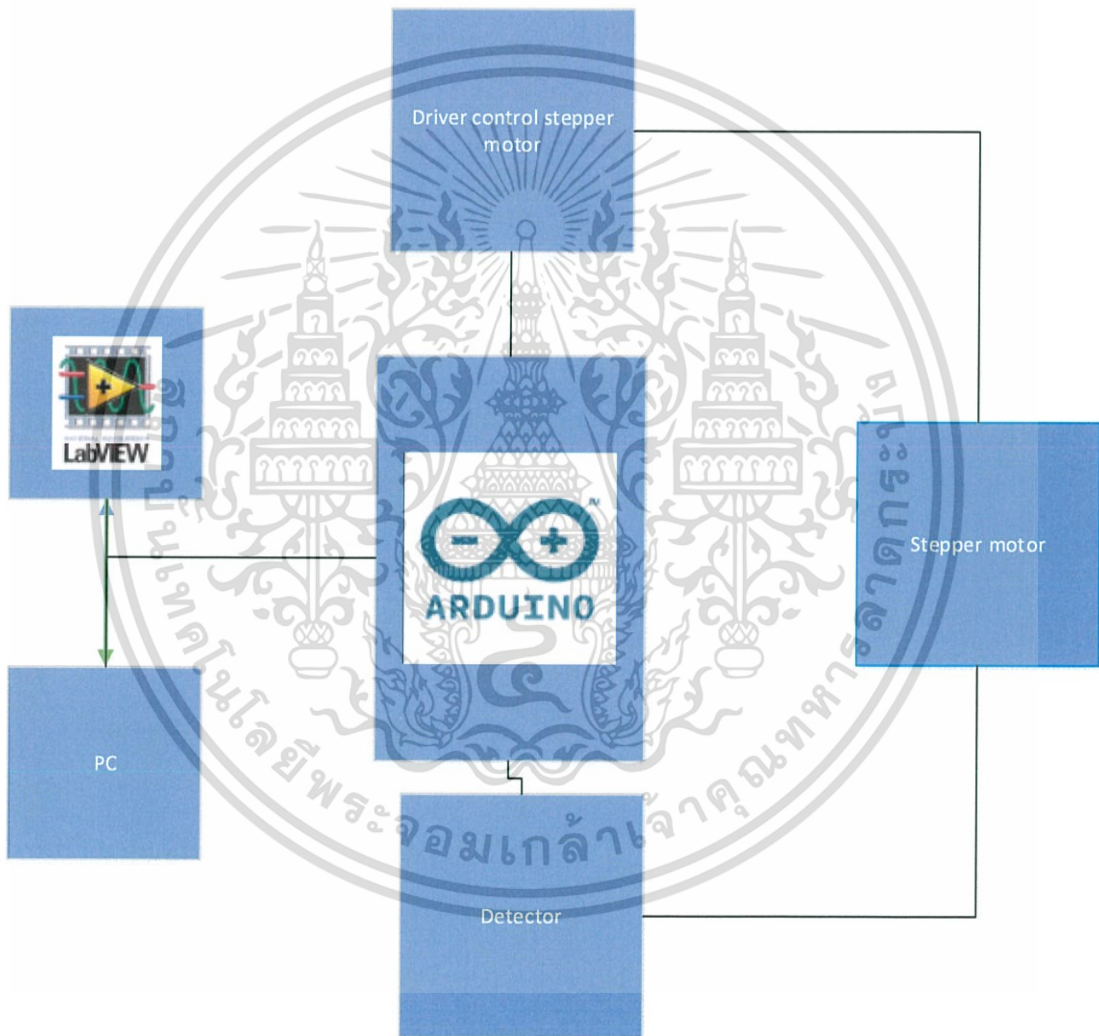
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

## การวิจัยและการดำเนินการ

ในบทที่ 3 นี้ เป็นการศึกษาและออกแบบชุดทดลองเรื่องการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสงโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ช่วยในการบันทึกข้อมูล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

### 3.1 การออกแบบวงจร



รูปที่ 3.1 แสดงแผนภาพไดอะแกรมของเครื่องมือ

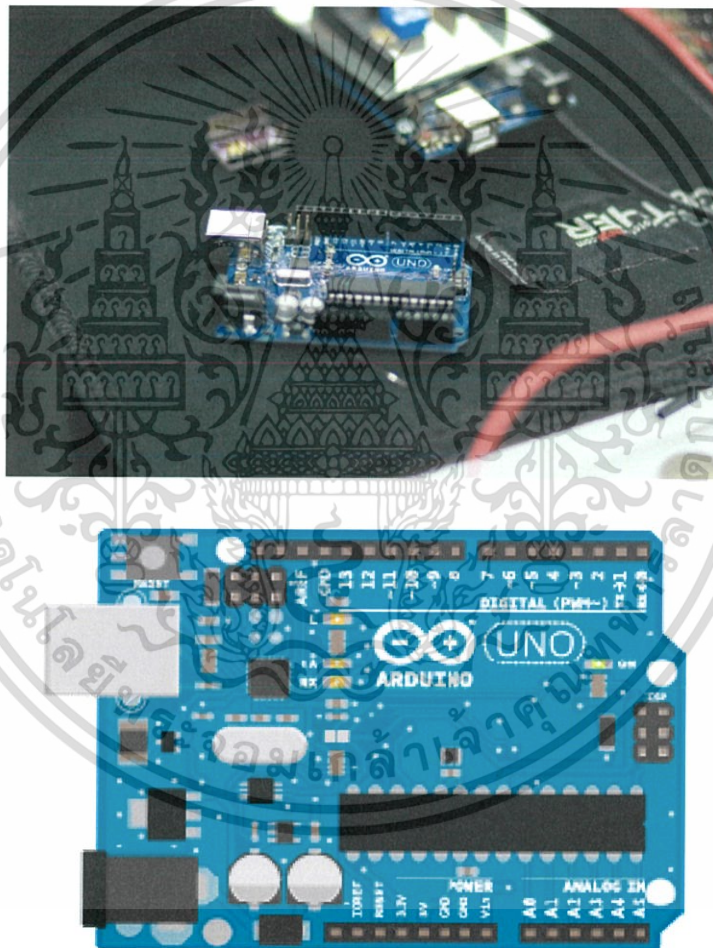
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.1 ส่วนติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์

ในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างตัวอุปกรณ์ Arduino กับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต USB ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้โดยผ่านโปรแกรม Labview ในการแสดงผลและควบคุม และจะใช้ Labview ในการดำเนินการทั้งหมด

### 3.1.2 ส่วนการประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

ในส่วนนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ในการควบคุมการทำงานของวงจร โดยมีหน้าที่ในการติดต่อทางพอร์ต USB รับส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ทำการประมวลผลข้อมูลและควบคุมอุปกรณ์ในการแสดงสถานะของเครื่องมือรับคำสั่งจากโปรแกรม Labview และรับค่าจาก Detector ส่งการทำงานไปยังตัวควบคุม Stepper motor



รูปที่ 3.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.3 ส่วนรับแสง

โฟโตไดโอดเป็นอุปกรณ์ที่สามารถทำหน้าที่นำกระแสได้เมื่อมีแสงมาตกกระทบที่ตัวอุปกรณ์ สัญญลักษณ์ของโฟโตไดโอดแสดงดังรูปด้านล่าง ในขณะที่ไม่มีแสงมาตกกระทบโฟโตไดโอดจะมีกระแสรั่วไหลประมาณ 10 ไมโครแอมป์ โฟโตไดโอดเป็นอุปกรณ์ที่มีอิมพีแดนซ์สูง เหมาะสำหรับทำงานในวงจรกำลังไฟฟ้าต่ำ การนำโฟโตไดโอดมาใช้งานจำเป็นต้องมีการออกแบบวงจรที่ซับซ้อนกว่า LDR อย่างไรก็ตาม โฟโตไดโอดมีข้อได้เปรียบตรงที่การตอบสนองในการทำงานเป็นเชิงเส้นและมีความไวในการทำงานสูงกว่า LDR โดยใช้เวลาในการตอบสนองการทำงานเพียง 200 นาโนวินาที ดังนั้นโฟโตไดโอดจึงนิยมนำไปใช้งานในวงจรที่มีการตอบสนองด้วยความเร็วสูงเช่น ตัวอ่านเทปความเร็วสูง และออปโตไอโซเลเตอร์ เป็นต้น



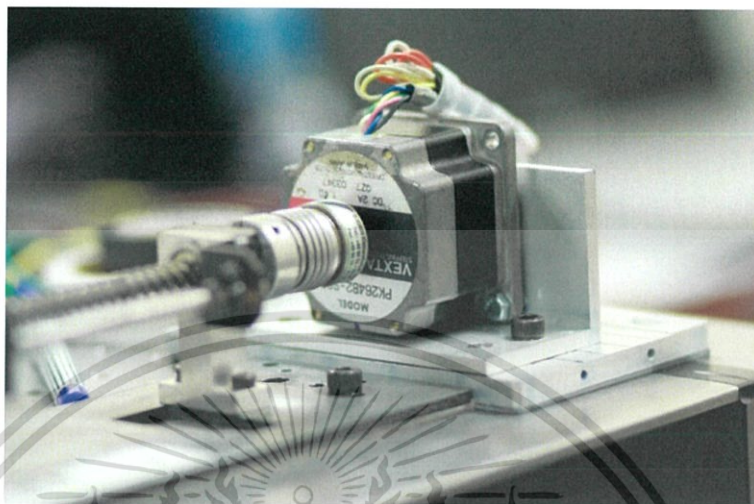
รูปที่ 3.3 Photo detector

รูปที่ 3.4 วงจรส่วนรับแสงโดยใช้ Photo Resistor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.4 ส่วนสตีปิ้งมอเตอร์ แบบ 2เฟส

ในงานโครงการพิเศษนี้เลือกใช้สตีปิ้งมอเตอร์แบบ 2เฟสที่มีโครงสร้างขดลวดชนิด แบบขด  
ไม่อิสระของ VEXTA Model pk264B2-sg36ที่มีความละเอียดจากเดิมคือ 0.225องศาต่อ สตีป



รูปที่ 3.5 VEXTA Model pk264B2-sg36

การคำนวณ

ทำการควบคุมเป็นแบบ Micro step 1/8 จะได้

∴ ถ้า 1600 step เคลื่อนที่ไป 360 องศา  
1 step เคลื่อนที่ไป 0.225 องศา

จากการทดลองหมุน 1รอบ ในรางเลื่อน จะหมุนไปได้ระยะทาง 2.3 cm ของรางเลื่อน

∴ ถ้า 1600 step เคลื่อนที่ไป 2.3 cm  
ถ้า 1 step เคลื่อนที่ไป 0.00143 mm

ถ้าจะใช้ step ทั้งหมดในการหมุนให้ครบรางเลื่อน คือระยะ 21.4 cm

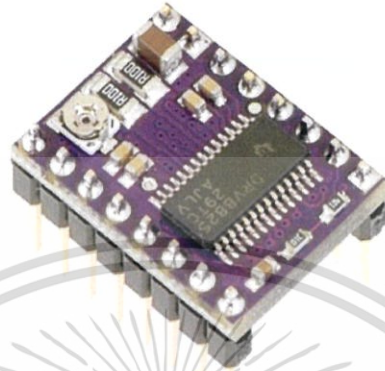
∴ ถ้า 2.3 cm เคลื่อนที่ไป 1600 step  
ถ้า 21.4 cm เคลื่อนที่ไป 14886 step

∴ จะเคลื่อนที่ให้ครบรางเลื่อนจะต้องใช้ทั้งหมด 14886 step ในการหมุน

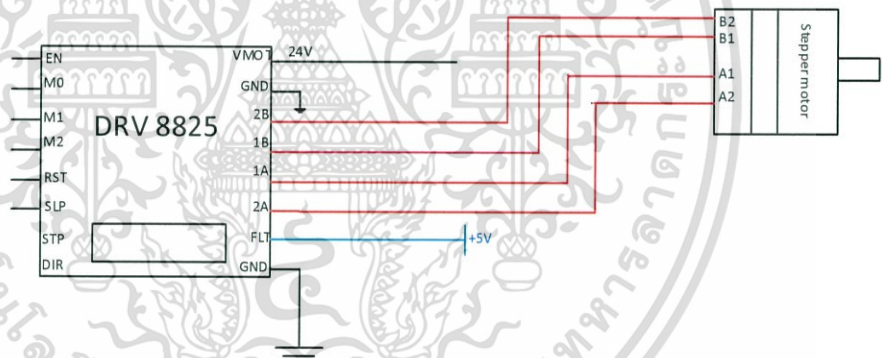
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.5 ส่วนการควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์

ตัวคอนโทรล DRV8825 ทำหน้าที่ในควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์ไปควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวตรวจจับแสง ใช้ในการขับเคลื่อนสเต็ปเปอร์มอเตอร์โดยการทำงานจะรับค่าบอร์ต ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ให้ตัวบอร์ดสั่งการมาที่ ตัวคอนโทรล DRV 8825 ให้ทำการขับเคลื่อนมอเตอร์



รูปที่ 3.6 ตัวคอนโทรลสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบ DRV8825

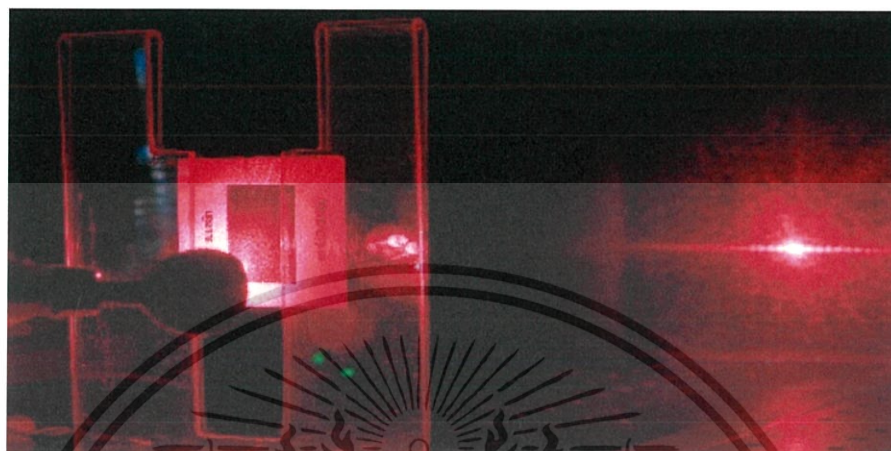


รูปที่ 3.7 วงจรควบคุม สเต็ปเปอร์มอเตอร์โดยใช้ตัวควบคุม DRV 8825

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.6 ส่วนของแผ่นหักเหที่ใช้ทำการทดลอง ( สlitเดี่ยว, สlitคู่ )

ในการทดลองนี้จะใช้แผ่น สlitเดี่ยวและ สlitคู่มาศึกษาหาความแตกต่างของแสงเมื่อแสงผ่านเข้าไปยังslitทั้งสอง และใช้ตัวตรวจจับแสงมารับแสง แล้วส่งค่าที่ได้ไปประมวลผลในโปรแกรมอีกครั้ง ผลลัพธ์สุดท้ายจะเป็นกราฟรูปแบบการแทรกสอดของแสงที่ผ่านslitเดี่ยวและ สlitคู่



Single-slit pattern



แถบสว่างและมืด จากslitเดี่ยว

Double-slit pattern



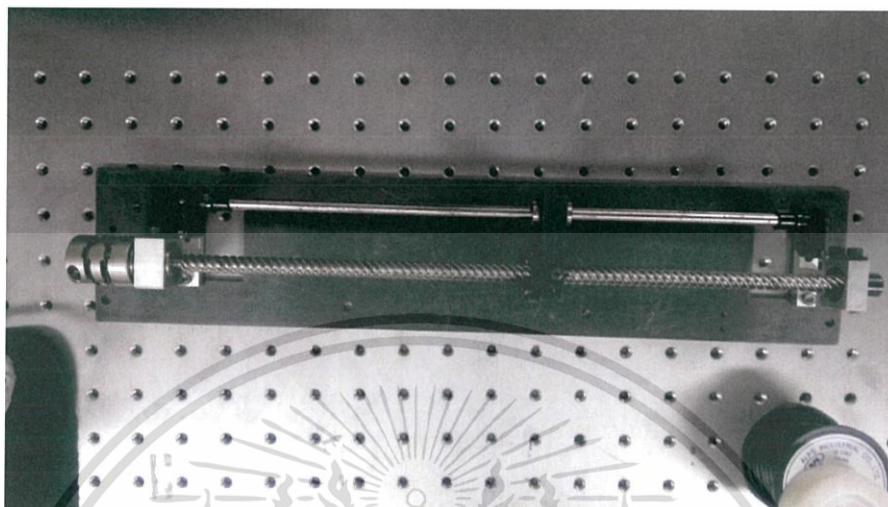
แถบสว่างและมืด จากslitคู่

รูปที่3.8 แสดงแถบสว่างและมืด จากslitเดี่ยวและslitคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.7 ส่วนของฐานรางเลื่อน

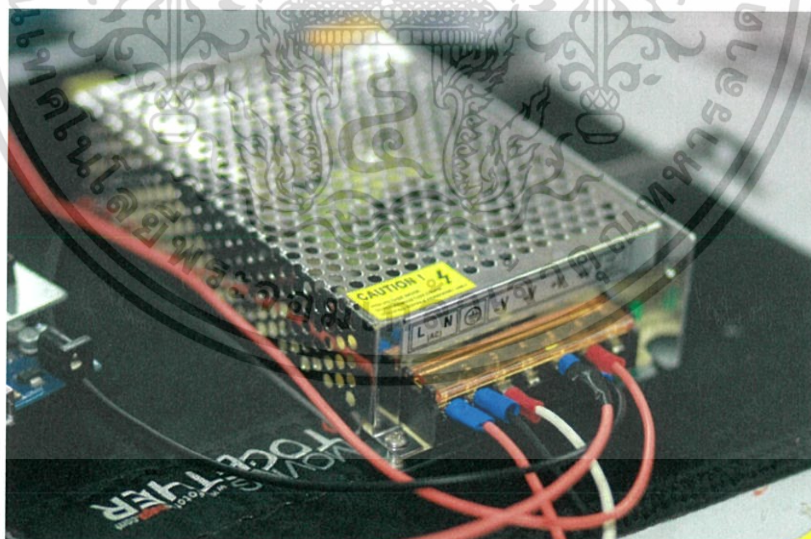
ใช้ในการเลื่อนและเคลื่อนที่ให้ตัวตรวจจับแสงโดยรางเลื่อนจะมันตัวจับกับตัวหมุนของ สเต็ปป์ มอเตอร์ให้มีการเคลื่อนที่เพื่อตรวจจับแสงจากสลิตเดี่ยวและคู่บนฉาก



รูปที่ 3.9 รางเลื่อนที่ใช้ในการทำโครงงาน

### 3.1.8 ส่วนของการจ่ายไฟ

ในส่วนนี้จะใช้การจ่ายไฟในการทำงานของบอร์ดควบคุมมอเตอร์โดยใช้ Power supply แบบ Switching 24VDC ดังแสดงในรูป 3.10



รูปที่ 3.10 Power supply แบบ Switching

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

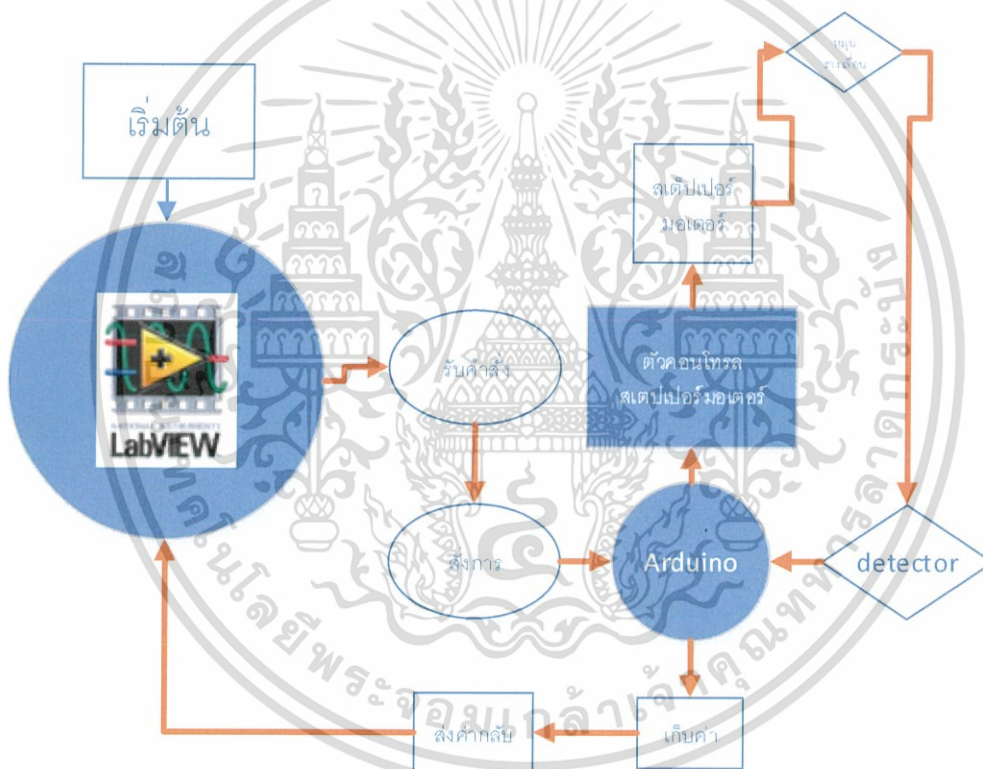
### 3.2 การพัฒนาโปรแกรม

ในโครงการพิเศษนี้จะใช้โปรแกรม Labview และโปรแกรมสำเร็จรูป Arduino ในการดำเนินงานทั้งหมดและใช้ควบคุมการรับค่ากลับมาบันทึกค่าได้

#### 3.2.1 โปรแกรม Labview และ Arduino

ลักษณะโปรแกรมนี้นี้จะมีรูปแบบที่เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปและสามารถเชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ได้สะดวกและรวดเร็วมีลักษณะรูปแบบโปรแกรมที่ไม่ยุ่งยากและซับซ้อนมากนักซึ่งสามารถ ติดต่อรับส่งและสั่งงานผ่าน Comport หรือ USB ได้โดยง่าย ซึ่งโปรแกรมในหน้าต่างที่พัฒนาจะแบ่งได้เป็น

1. ส่วนของควบคุมมอเตอร์
2. ส่วนควบคุมการรับและส่งค่ามาทางคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.11 แสดงรูปการพัฒนาโปรแกรมขั้นตอนการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่4

# วิธีการทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการทดลองเครื่องวัดที่ได้สร้างขึ้น โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

### 4.1 การทดสอบการทำงานของฮาร์ดแวร์

#### 4.1.1 ทดสอบการทำงานของวงจรขับสเตปมอเตอร์

#### 4.1.2 ทดสอบการทำงานของ Photodiode

### 4.2 ทดสอบการทำงานของโปรแกรม

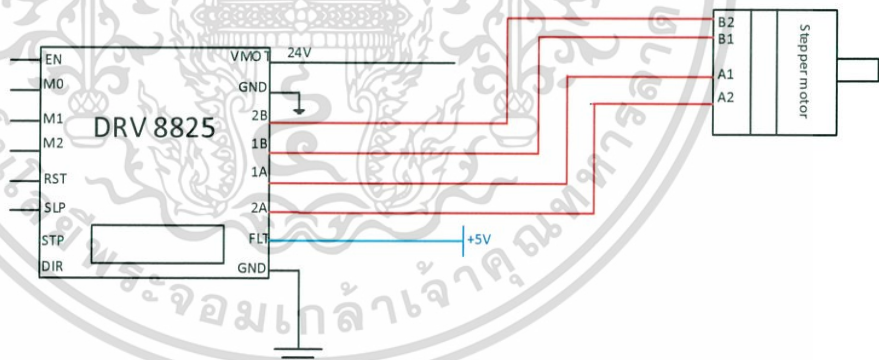
#### 4.2.1 ทดสอบการสั่งงานให้สเตปมอเตอร์หมุนไปซ้ายขวากำหนดสเตปได้

4.2.2 ทดสอบการนำค่าจากกราฟในโปรแกรม Labview มาพรีอตรกราฟจัดรูปในโปรแกรม excel และคำนวณค่าในทฤษฎีที่กล่าวเบื้องต้น

### 4.1 การทดสอบการทำงานของฮาร์ดแวร์

เมื่อทำการออกแบบอุปกรณ์ในแต่ละส่วนแล้วจะต้องมีการนำมาทดสอบการทำงานในแต่ละส่วนที่กล่าวมาข้างต้นก่อนที่จะนำมาประกอบกัน ในหัวข้อนี้จะทำการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ในแต่ละส่วน

#### 4.1.1 ทดสอบการทำงานของวงจรขับสเตปมอเตอร์ในส่วนจะต้องต่อวงจรดังรูป



รูปที่ 4.1 วงจรทดสอบการทำงานของ DRV8825

เมื่อทำการป้อนสัญญาณอินพุตที่ขา STP และ DIR และส่งข้อมูลเป็นลักษณะเป็นเลข Binary ขนาดข้อมูล 16 บิตสั่งการเป็นสัญญาณ ดิจิตอล 0 และ 1 ทำให้มอเตอร์หมุนไปซ้ายไปขวา ตามต้องการ

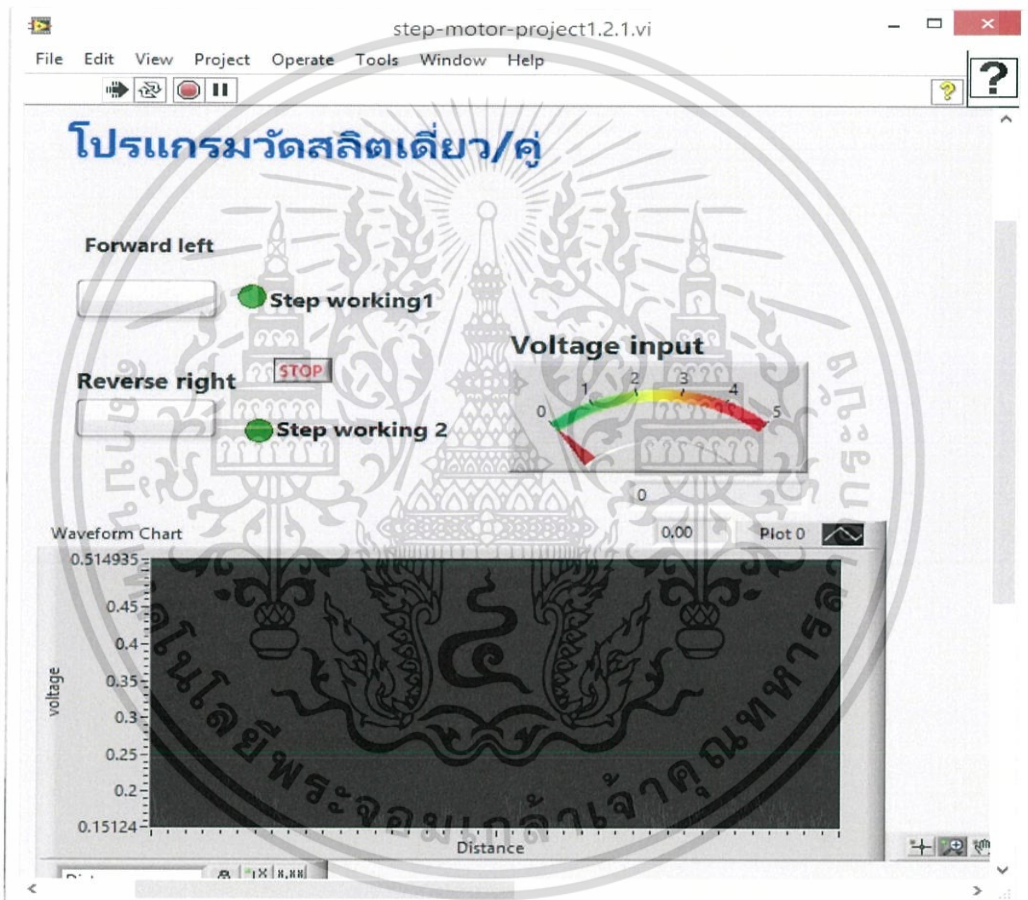
#### 4.1.2 ทดสอบการทำงาน Photodiode

จากการทดสอบอุปกรณ์ได้ทำการใช้แสงหรือเลเซอร์ส่องไปที่ตัว Photodiode ผลที่ได้ค่าความต่างศักย์ (Voltage) มีค่าเพิ่มหรือลดเมื่อมีแสงเข้าไปที่ Photodiode

### 4.2 ทดสอบการทำงานของโปรแกรม

#### 4.2.1 ทดสอบการสั่งงานให้สเตปมอเตอร์หมุนไปซ้ายขวาที่กำหนดสเตปได้

หน้าต่างของโปรแกรมจะมีปุ่มให้สเตปมอเตอร์หมุนไปซ้ายและขวา ซึ่งสั่งการโดยการกดปุ่มสั่งคำสั่งจากการทดสอบพบว่าสเตปเปอร์มอเตอร์หมุนตามคำสั่งที่ทำการกดปุ่ม ดังแสดงในรูปแบบหน้าต่างโปรแกรมดังกล่าว



รูปที่ 4.2 หน้าต่างโปรแกรมควบคุมการทำงาน

#### 4.2.2 ทดสอบการนำค่าจากกราฟในโปรแกรม Labview มาพร้อมกราฟจัดรูปในโปรแกรม excel และคำนวณค่าในทฤษฎีที่กล่าวเบื้องต้น

จากการทดลอง โดยใช้แสงเลเซอร์สีแดง มาส่องผ่าน สลิตเดี่ยว/คู่ โดยทำการทดลองโดยใช้แผ่นสลิตเดี่ยว/คู่ วางห่างจากระยะฉากรับเป็นระยะ 0cm, 10cm, 20cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2.1 สlitเดี่ยว ระยะที่ 90cm ทดลองครั้งที่ 1



รูปที่ 4.3 กราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง  $50\mu\text{m}$  ระยะที่ 90cm ทดลองครั้งที่ 1

การคำนวณ

$$\text{จากสมการ } d \sin \theta = n\lambda \text{ เมื่อ } \tan \theta \approx \sin \theta \approx \frac{y}{D}$$

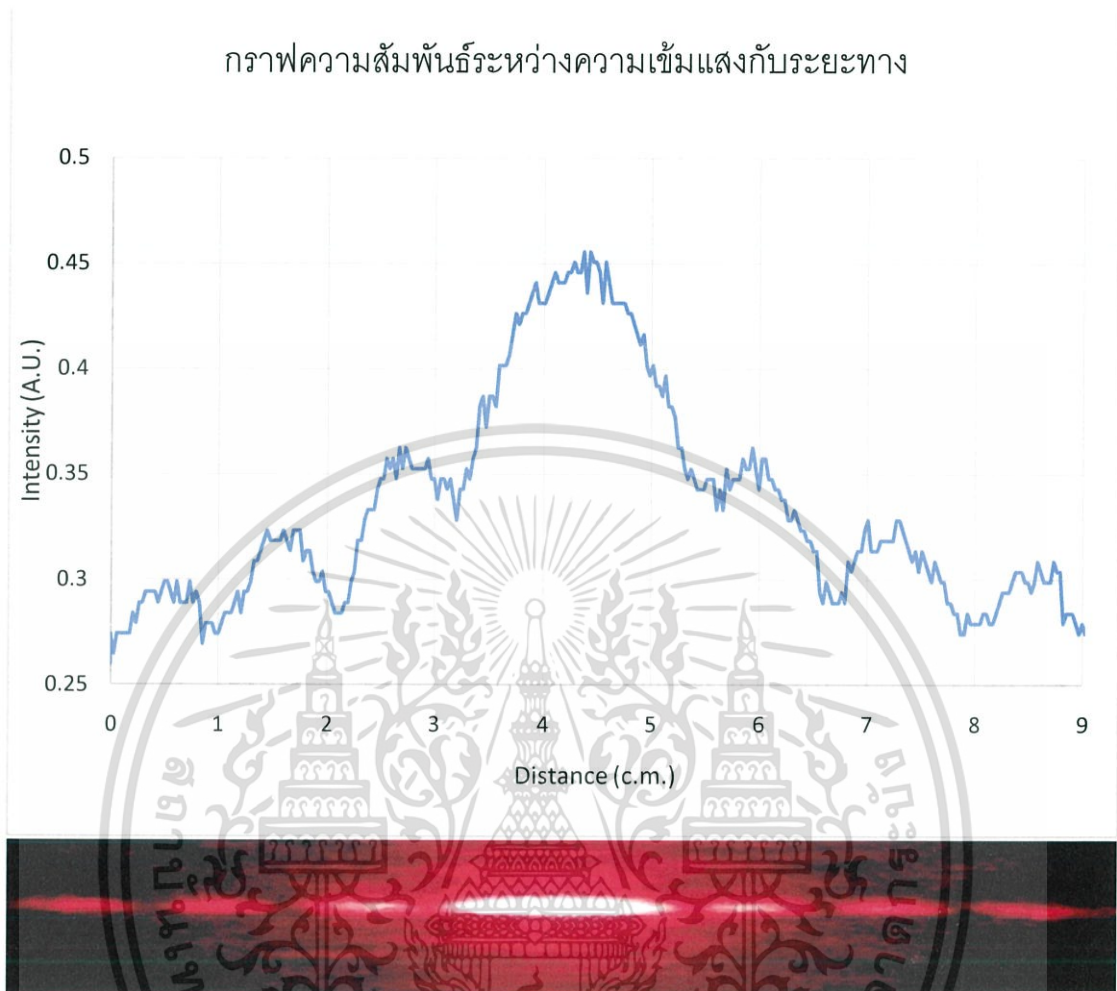
แทนค่าลงในสมการ  $d \sin \theta = n\lambda$  จะได้

$$50 \times 10^{-6} \times \left( \frac{2.32 \times 10^{-2}}{90 \times 10^{-2}} \right) = 2\lambda$$

เพราะฉะนั้น จะได้ความยาวคลื่นมีค่า  $644.44 \text{ nm}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2.2 สลิตเดี่ยว ระยะที่ 90 cm ทดลองครั้งที่ 2



รูปที่ 4.4 กราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง  $50\mu\text{m}$  ระยะที่ 90cm ทดลองครั้งที่ 2

การคำนวณ

$$\text{จากสมการ } d \sin \theta = n\lambda \text{ เมื่อ } \tan \theta \approx \sin \theta \approx \frac{y}{D}$$

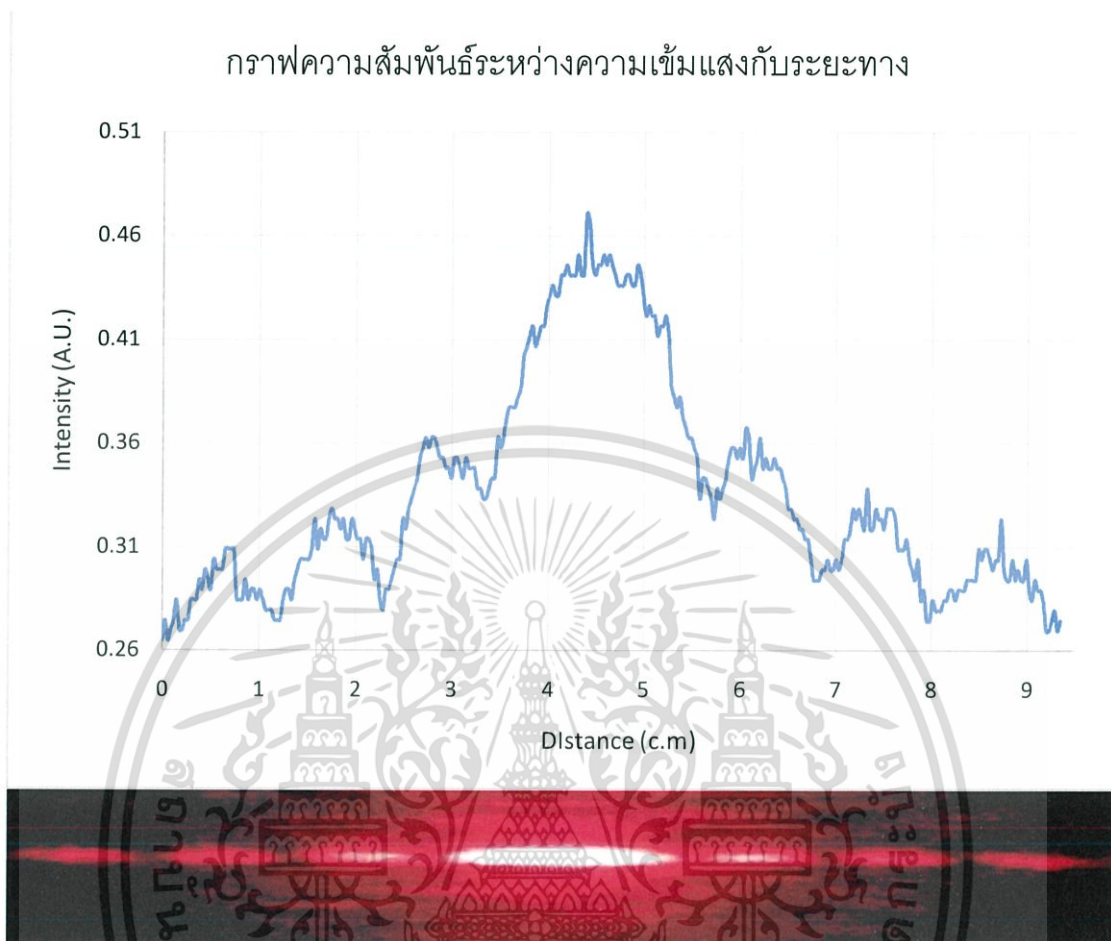
แทนค่าลงในสมการ  $d \sin \theta = n\lambda$  จะได้

$$50 \times 10^{-6} \times \left( \frac{2.22 \times 10^{-2}}{90 \times 10^{-2}} \right) = 2\lambda$$

เพราะฉะนั้น จะได้ความยาวคลื่นมีค่า  $616.66 \text{ nm}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.2.2.3 สลิตเดี่ยว ระยะที่ 90 cm ทดลองครั้งที่ 3



รูปที่ 4.5 กราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง  $50\mu\text{m}$  ระยะที่  $90\text{cm}$  ทดลองครั้งที่ 3

การคำนวณ

$$\text{จากสมการ } d \sin \theta = n\lambda \text{ เมื่อ } \tan \theta \approx \sin \theta \approx \frac{y}{D}$$

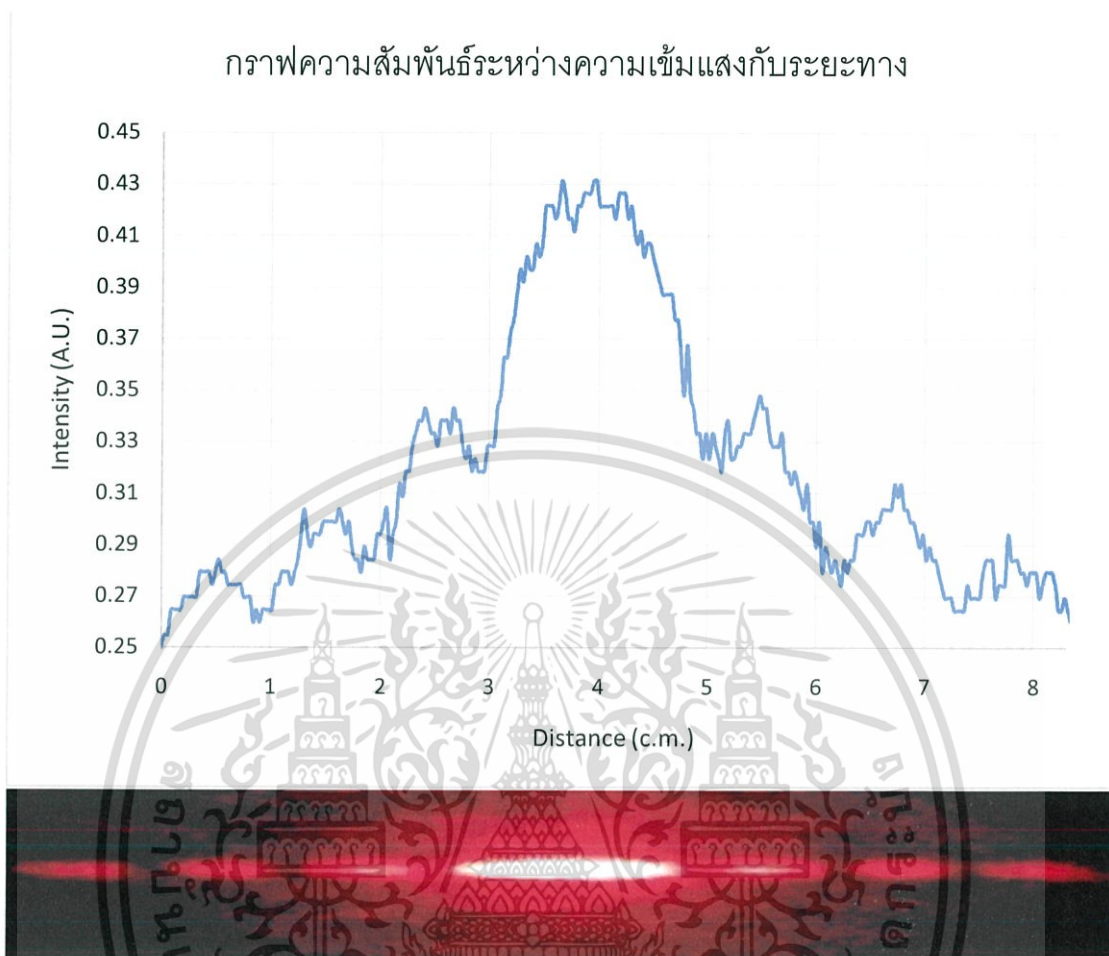
แทนค่าลงในสมการ  $d \sin \theta = n\lambda$  จะได้

$$50 \times 10^{-6} \times \left( \frac{2.19 \times 10^{-2}}{90 \times 10^{-2}} \right) = 2\lambda$$

เพราะฉะนั้น จะได้ความยาวคลื่นมีค่า  $666.66 \text{ nm}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2.4 สลิตเดี่ยว ระยะที่ 80 cm ทดลองครั้งที่ 1



รูปที่ 4.6 กราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง  $50\mu\text{m}$  ระยะที่ 80cm ทดลองครั้งที่ 1

การคำนวณ

$$\text{จากสมการ } d \sin \theta = n\lambda \text{ เมื่อ } \tan \theta \approx \sin \theta \approx \frac{y}{D}$$

แทนค่าลงในสมการ  $d \sin \theta = n\lambda$  จะได้

$$50 \times 10^{-6} \times \left( \frac{1.97 \times 10^{-2}}{80 \times 10^{-2}} \right) = 2\lambda$$

เพราะฉะนั้น จะได้ความยาวคลื่นมีค่า  $615.62 \text{ nm}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2.5 สlitเดี่ยว ระยะที่ 80 cm ทดลองครั้งที่ 2



รูปที่ 4.7 กราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง  $50\mu\text{m}$  ระยะที่ 80cm ทดลองครั้งที่ 2

การคำนวณ

$$\text{จากสมการ } d \sin \theta = n\lambda \text{ เมื่อ } \tan \theta \approx \sin \theta \approx \frac{y}{D}$$

แทนค่าลงในสมการ  $d \sin \theta = n\lambda$  จะได้

$$50 \times 10^{-6} \times \left( \frac{2.0 \times 10^{-2}}{80 \times 10^{-2}} \right) = 2\lambda$$

เพราะฉะนั้น จะได้ความยาวคลื่นมีค่า 625 nm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2.6 สลิตเดี่ยว ระยะที่ 80 cm ทดลองครั้งที่ 3



รูปที่ 4.8 กราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง  $50\mu\text{m}$  ระยะที่  $80\text{cm}$  ทดลองครั้งที่ 3

การคำนวณ

$$\text{จากสมการ } d \sin \theta = n\lambda \text{ เมื่อ } \tan \theta \approx \sin \theta \approx \frac{y}{D}$$

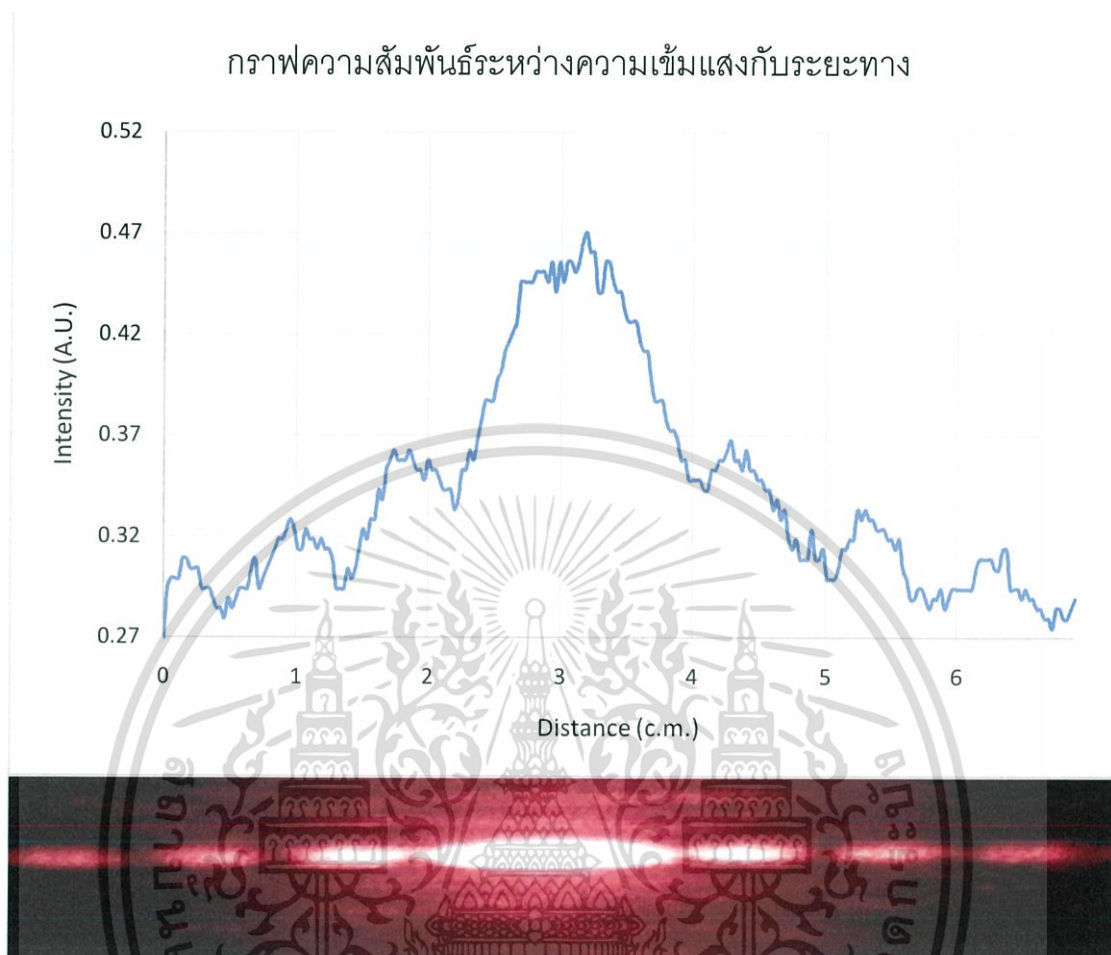
แทนค่าลงในสมการ  $d \sin \theta = n\lambda$  จะได้

$$50 \times 10^{-6} \times \left( \frac{2.03 \times 10^{-2}}{80 \times 10^{-2}} \right) = 2\lambda$$

เพราะฉะนั้น จะได้ความยาวคลื่นมีค่า  $634.37 \text{ nm}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2.7 สlitเดี่ยว ระยะที่ 70 cm ทดลองครั้งที่ 1



รูปที่ 4.9 กราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง  $50\mu\text{m}$  ระยะที่ 70cm ทดลองครั้งที่ 1

การคำนวณ

จากสมการ  $d \sin \theta = n\lambda$  เมื่อ  $\tan \theta \approx \sin \theta \approx \frac{y}{D}$

แทนค่าลงในสมการ  $d \sin \theta = n\lambda$  จะได้

$$50 \times 10^{-6} \times \left( \frac{1.84 \times 10^{-2}}{70 \times 10^{-2}} \right) = 2\lambda$$

เพราะฉะนั้น จะได้ความยาวคลื่นมีค่า  $657.14 \text{ nm}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2.8 สlitเดี่ยว ระยะที่ 70 cm ทดลองครั้งที่ 2



รูปที่ 4.10 กราฟสลิตเดี่ยว ระยะที่ 70cm ทดลองครั้งที่ 2

การคำนวณ

$$\text{จากสมการ } d \sin \theta = n\lambda \text{ เมื่อ } \tan \theta \approx \sin \theta \approx \frac{y}{D}$$

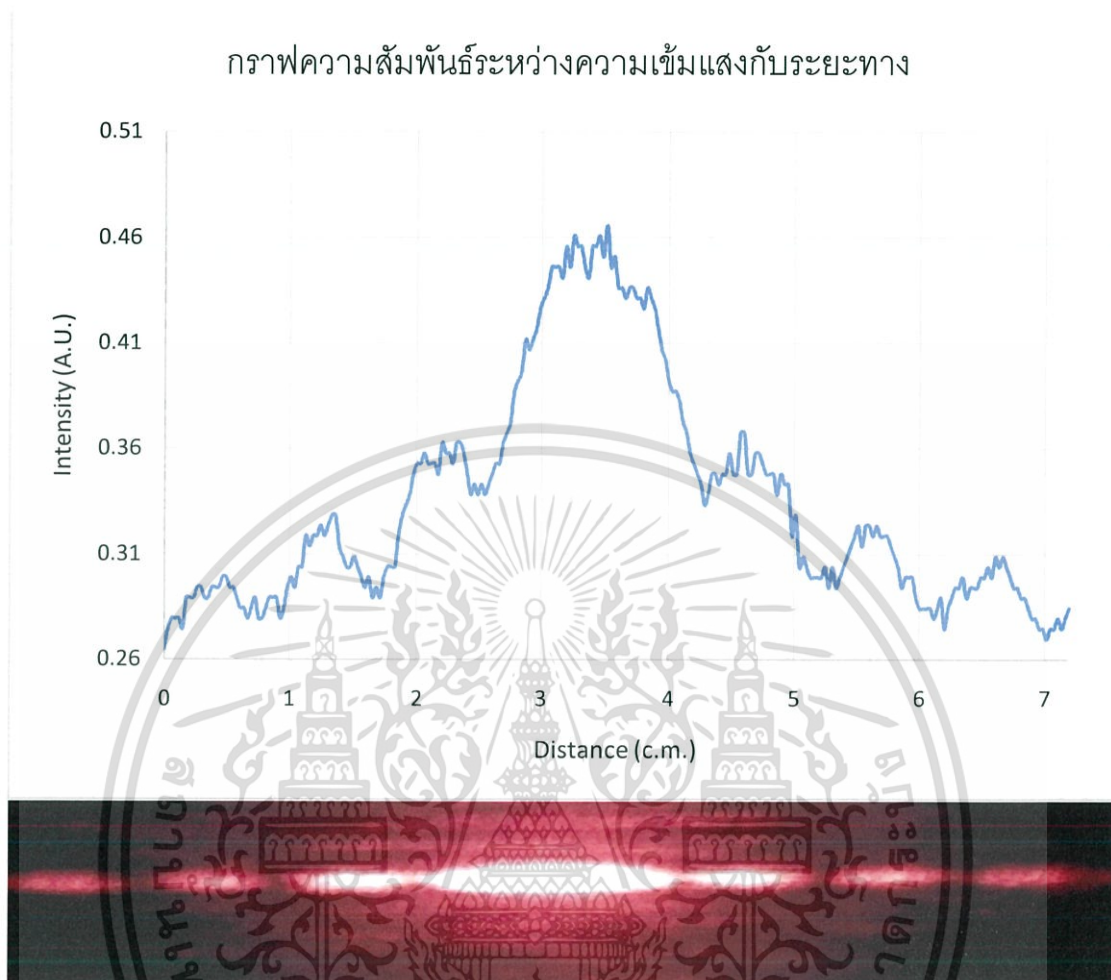
แทนค่าลงในสมการ  $d \sin \theta = n\lambda$  จะได้

$$50 \times 10^{-6} \times \left( \frac{1.86 \times 10^{-2}}{70 \times 10^{-2}} \right) = 2\lambda$$

เพราะฉะนั้น จะได้ความยาวคลื่นมีค่า 664.28 nm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2.2.9 สlitเดี่ยว ระยะที่ 70 cm ทดลองครั้งที่ 3



รูปที่ 4.11 กราฟสลิตเดี่ยว ระยะที่ 70cm ทดลองครั้งที่ 3

การคำนวณ

จากสมการ  $d \sin \theta = n\lambda$  เมื่อ  $\tan \theta \approx \sin \theta \approx \frac{y}{D}$

แทนค่าลงในสมการ  $d \sin \theta = n\lambda$  จะได้

$$50 \times 10^{-6} \times \left( \frac{1.74 \times 10^{-2}}{70 \times 10^{-2}} \right) = 2\lambda$$

เพราะฉะนั้น จะได้ความยาวคลื่นมีค่า 621.42nm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2.1 ค่าการคำนวณหาความยาวคลื่นแต่ละระยะจากสลิตเดี่ยวกว้าง  $50\mu\text{m}$

ระยะทาง (cm)	ครั้งที่1(nm)	ครั้งที่2(nm)	ครั้งที่3(nm)	เฉลี่ย
90	644.44	616.66	666.66	642.58
80	615.62	625	634.37	624.99
70	657.14	664.28	621.42	647.61

ตารางที่ 4.2.2 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าความไม่แน่นอนในการวัดแต่ละระยะจากสลิตเดี่ยวกว้าง  $50\mu\text{m}$

ระยะทาง (cm)	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าความไม่แน่นอนในการวัด
90	20.45	11.80
80	7.65	4.416
70	18.66	10.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2.10 สลิตคู่ ระยะที่ 90 cm ทดลองครั้งที่ 1



รูปที่ 4.12 กราฟสลิตคู่ความกว้าง  $50\mu\text{m}$  ระยะที่ 90 cm ทดลองครั้งที่ 1

การคำนวณ

$$\text{จากสมการ } d \sin \theta = n\lambda \text{ เมื่อ } \tan \theta \approx \sin \theta \approx \frac{y}{D}$$

แทนค่าลงในสมการ  $d \sin \theta = n\lambda$  จะได้

$$50 \times 10^{-6} \times \left( \frac{2.20 \times 10^{-2}}{90 \times 10^{-2}} \right) = 2\lambda$$

เพราะฉะนั้น จะได้ความยาวคลื่นมีค่า  $611.11 \text{ nm}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2.11 สลิตคู่ ระยะที่ 90 cm ทดลองครั้งที่ 2



รูปที่ 4.13 กราฟสลิตคู่ความกว้าง  $50\mu\text{m}$  ระยะที่ 90 cm ทดลองครั้งที่ 2

การคำนวณ

$$\text{จากสมการ } d \sin \theta = n\lambda \text{ เมื่อ } \tan \theta \approx \sin \theta \approx \frac{y}{D}$$

แทนค่าลงในสมการ  $d \sin \theta = n\lambda$  จะได้

$$50 \times 10^{-6} \times \left( \frac{2.233 \times 10^{-2}}{90 \times 10^{-2}} \right) = 2\lambda$$

เพราะฉะนั้น จะได้ความยาวคลื่นมีค่า  $620.27 \text{ nm}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2.2.12 สลิตคู่ ระยะที่ 90 cm ทดลองครั้งที่ 3

รูปที่ 4.14 กราฟสลิตคู่ความกว้าง  $50\mu\text{m}$  ระยะที่ 90 cm ทดลองครั้งที่ 3

การคำนวณ

$$\text{จากสมการ } d \sin \theta = n\lambda \text{ เมื่อ } \tan \theta \approx \sin \theta \approx \frac{y}{D}$$

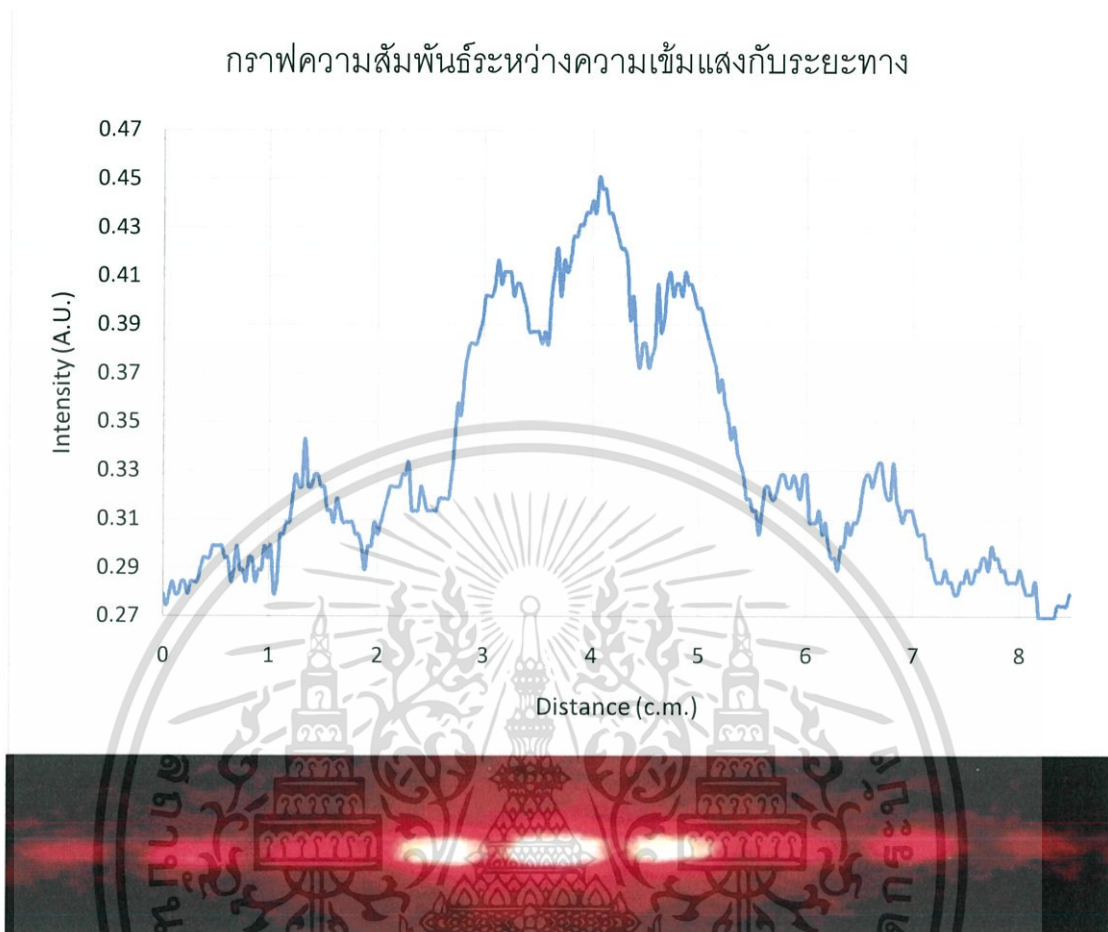
แทนค่าลงในสมการ  $d \sin \theta = n\lambda$  จะได้

$$50 \times 10^{-6} \times \left( \frac{2.233 \times 10^{-2}}{90 \times 10^{-2}} \right) = 2\lambda$$

เพราะฉะนั้น จะได้ความยาวคลื่นมีค่า  $620.27 \text{ nm}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2.13 สลิตคู่ ระยะที่ 80 cm ทดลองครั้งที่ 1



รูปที่ 4.15 กราฟสลิตคู่ความกว้าง  $50\mu\text{m}$  ระยะที่ 80 cm ทดลองครั้งที่ 1

การคำนวณ

$$\text{จากสมการ } d \sin \theta = n\lambda \text{ เมื่อ } \tan \theta \approx \sin \theta \approx \frac{y}{D}$$

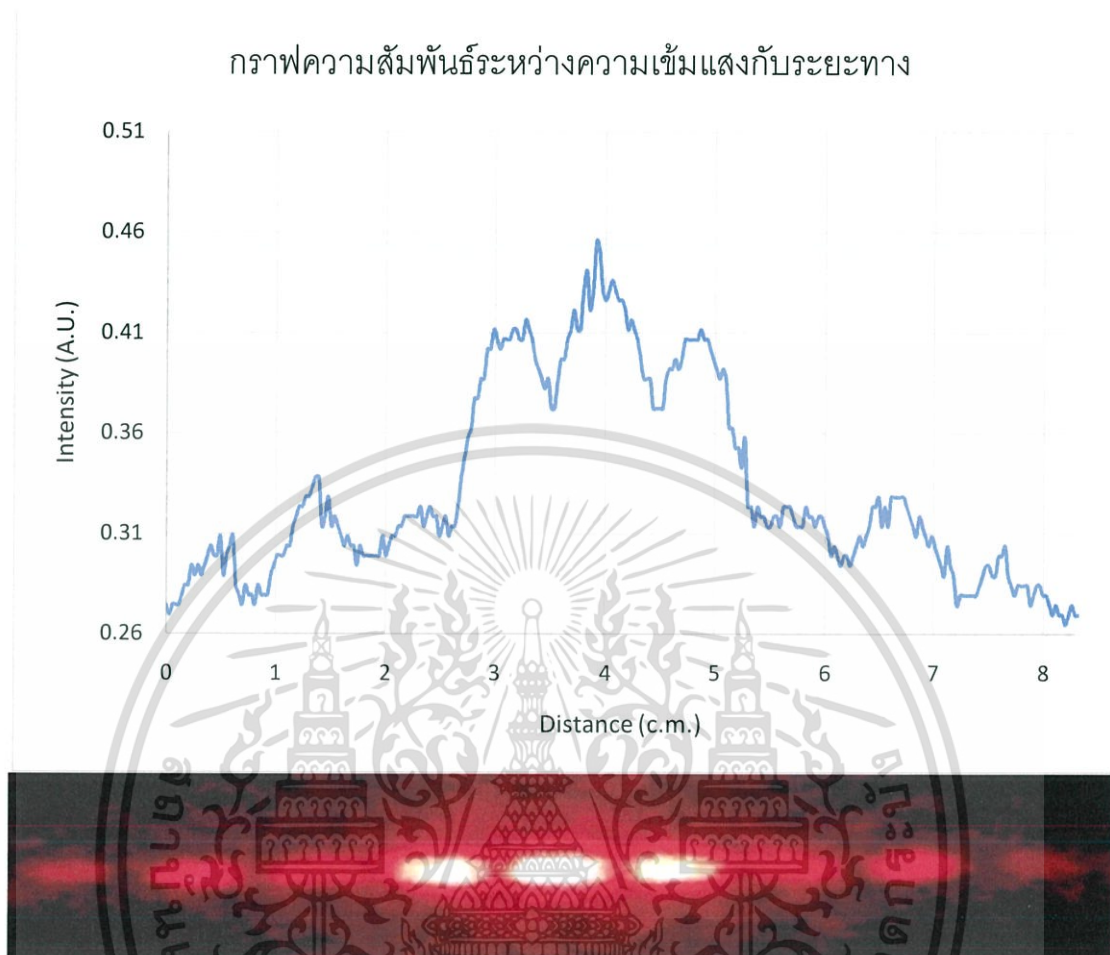
แทนค่าลงในสมการ  $d \sin \theta = n\lambda$  จะได้

$$50 \times 10^{-6} \times \left( \frac{2.16 \times 10^{-2}}{80 \times 10^{-2}} \right) = 2\lambda$$

เพราะฉะนั้น จะได้ความยาวคลื่นมีค่า  $652.50 \text{ nm}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.2.2.13 สลิตคู่ ระยะที่ 80 cm ทดลองครั้งที่ 2



รูปที่ 4.16 กราฟสลิตคู่ความกว้าง  $50\mu\text{m}$  ระยะที่ 80 cm ทดลองครั้งที่ 2

การคำนวณ

$$\text{จากสมการ } d \sin \theta = n\lambda \text{ เมื่อ } \tan \theta \approx \sin \theta \approx \frac{y}{D}$$

แทนค่าลงในสมการ  $d \sin \theta = n\lambda$  จะได้

$$50 \times 10^{-6} \times \left( \frac{2.059 \times 10^{-2}}{80 \times 10^{-2}} \right) = 2\lambda$$

เพราะฉะนั้น จะได้ความยาวคลื่นมีค่า  $643.43 \text{ nm}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2.15 สลิตคู่ ระยะที่ 80 cm ทดลองครั้งที่ 3



รูปที่ 4.17 กราฟสลิตคู่ความกว้าง  $50\mu\text{m}$  ระยะที่ 80 cm ทดลองครั้งที่ 3

การคำนวณ

$$\text{จากสมการ } d \sin \theta = n\lambda \text{ เมื่อ } \tan \theta \approx \sin \theta \approx \frac{y}{D}$$

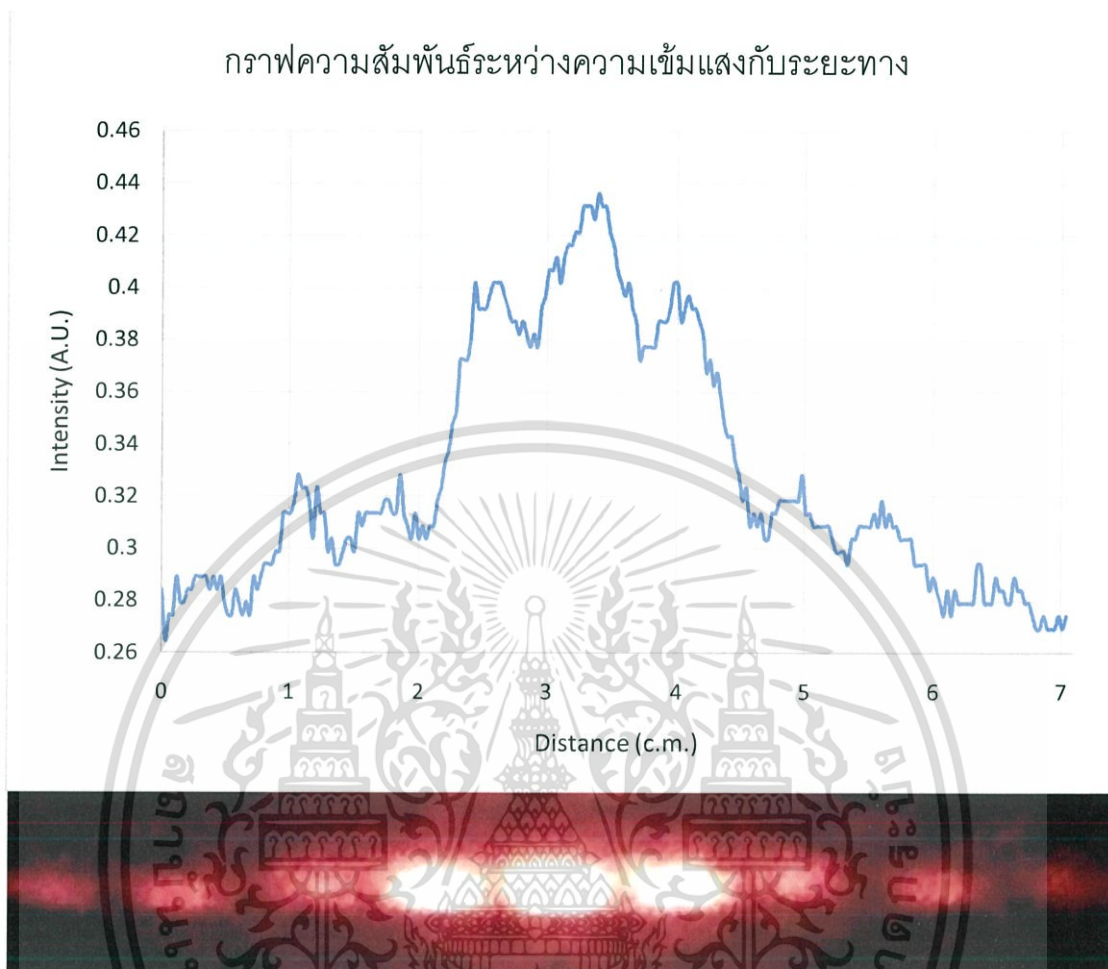
แทนค่าลงในสมการ  $d \sin \theta = n\lambda$  จะได้

$$50 \times 10^{-6} \times \left( \frac{1.972 \times 10^{-2}}{80 \times 10^{-2}} \right) = 2\lambda$$

เพราะฉะนั้น จะได้ความยาวคลื่นมีค่า  $616.25 \text{ nm}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2.16 สลิตคู่ ระยะที่ 70 cm ทดลองครั้งที่ 1



รูปที่ 4.18 กราฟสลิตคู่ความกว้าง  $50\mu\text{m}$  ระยะที่ 70 cm ทดลองครั้งที่ 1

การคำนวณ

$$\text{จากสมการ } d \sin \theta = n\lambda \text{ เมื่อ } \tan \theta \approx \sin \theta \approx \frac{y}{D}$$

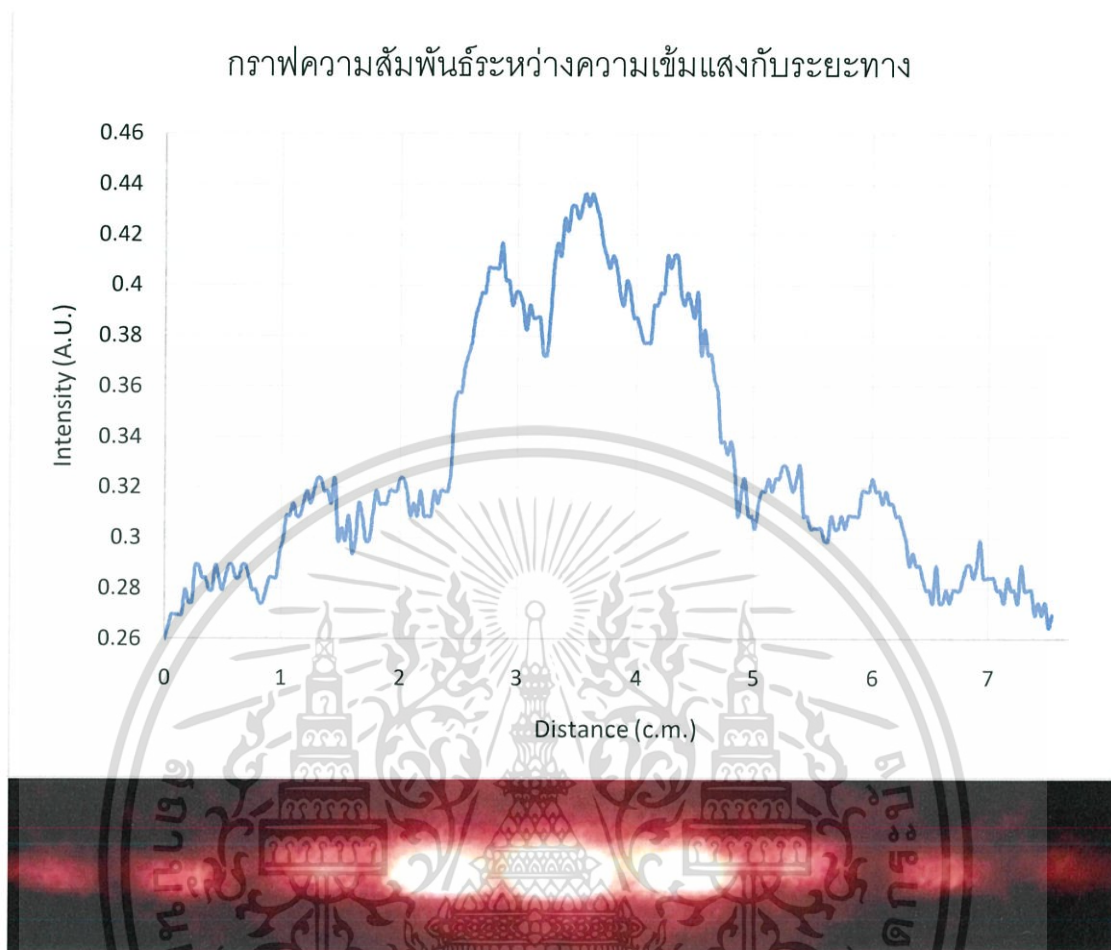
แทนค่าลงในสมการ  $d \sin \theta = n\lambda$  จะได้

$$50 \times 10^{-6} \times \left( \frac{1.769 \times 10^{-2}}{70 \times 10^{-2}} \right) = 2\lambda$$

เพราะฉะนั้น จะได้ความยาวคลื่นมีค่า  $631.78 \text{ nm}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ]4.2.2.17 สลิตคู่ ระยะที่ 70 cm ทดลองครั้งที่ 2

รูปที่ 4.19 กราฟสลิตคู่ความกว้าง  $50\mu\text{m}$  ระยะที่ 70 cm ทดลองครั้งที่ 2

การคำนวณ

$$\text{จากสมการ } d \sin \theta = n\lambda \text{ เมื่อ } \tan \theta \approx \sin \theta \approx \frac{y}{D}$$

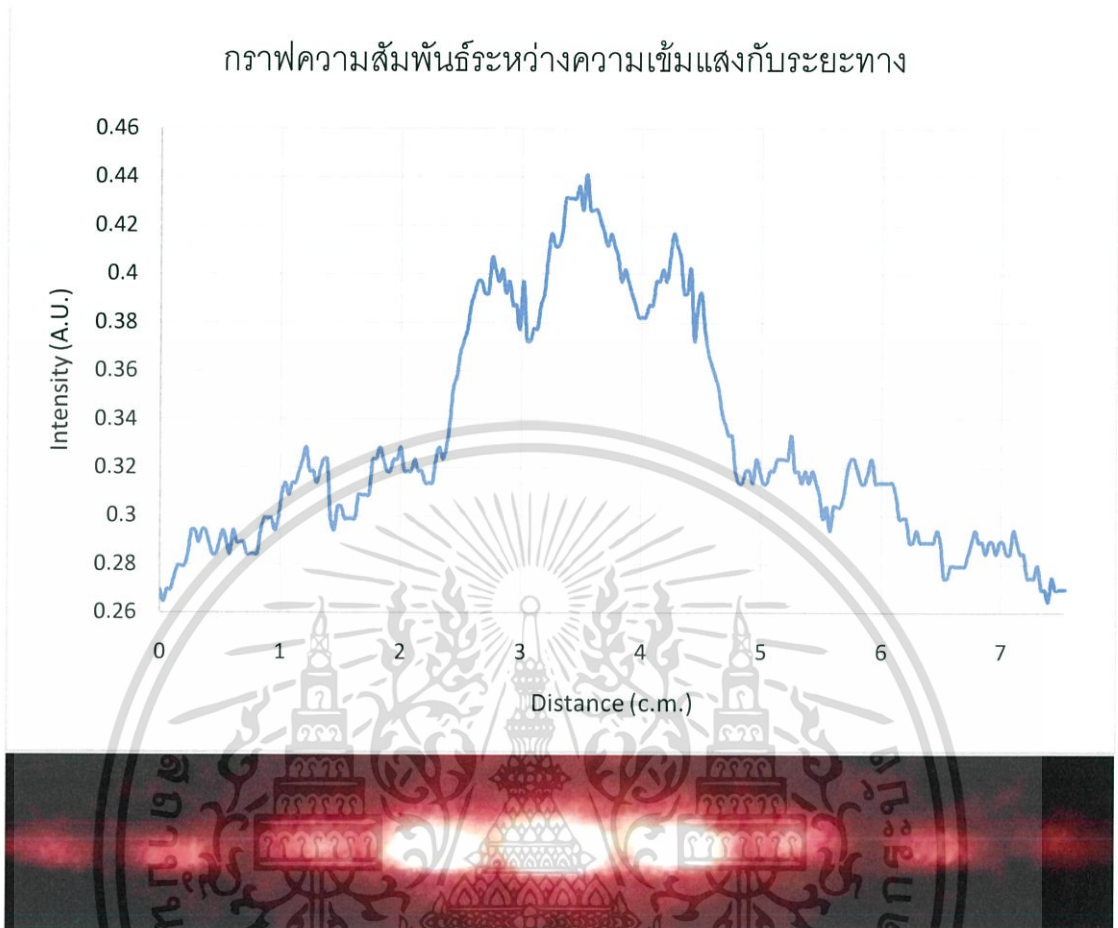
แทนค่าลงในสมการ  $d \sin \theta = n\lambda$  จะได้

$$50 \times 10^{-6} \times \left( \frac{1.71 \times 10^{-2}}{70 \times 10^{-2}} \right) = 2\lambda$$

เพราะฉะนั้น จะได้ความยาวคลื่นมีค่า  $611.07 \text{ nm}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2.2.18 สลิตคู่ ระยะที่ 70 cm ทดลองครั้งที่ 3

รูปที่ 4.20 กราฟสลิตคู่ความกว้าง  $50\mu\text{m}$  ระยะที่ 70 cm ทดลองครั้งที่ 3

การคำนวณ

$$\text{จากสมการ } d \sin \theta = n\lambda \text{ เมื่อ } \tan \theta \approx \sin \theta \approx \frac{y}{D}$$

แทนค่าลงในสมการ  $d \sin \theta = n\lambda$  จะได้

$$50 \times 10^{-6} \times \left( \frac{1.856 \times 10^{-2}}{70 \times 10^{-2}} \right) = 2\lambda$$

เพราะฉะนั้น จะได้ความยาวคลื่นมีค่า  $662.85 \text{ nm}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2.3 ค่าการคำนวณหาความยาวคลื่นแต่ละระยะจากสลิตคู่กว้าง 50 $\mu$ m

ระยะทาง(cm)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย
90	611.11	620.27	620.27	617.21
80	652.50	643.43	616.25	637.39
70	631.78	611.07	662.85	635.23

ตารางที่ 4.2.4 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าความไม่แน่นอนในการวัดแต่ละระยะจากสลิตคู่กว้าง 50 $\mu$ m

ระยะทาง(cm)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความไม่แน่นอนในการวัด
90	4.31	2.48
80	15.40	8.89
70	21.27	12.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 การเปรียบเทียบจากผลการทดลอง

#### 4.3.1 สลิตเดี่ยว ระยะ 90cm



รูปที่ 4.21การเปรียบเทียบกราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง $50\mu\text{m}$  ระยะที่ 90 cm ทั้ง3ครั้ง

ตารางที่ 4.2.5สลิตเดี่ยว กว้าง  $50\mu\text{m}$  ระยะ 90cm

ระยะทาง(cm)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย
90	644.44	616.66	666.66	642.58

ตารางที่ 4.2.6ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและความไม่แน่นอนในการวัด

ระยะทาง(cm)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความไม่แน่นอนในการวัด
90	4.31	2.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3.2 สลิตเดี่ยว ระยะ 80cm



รูปที่ 4.22การเปรียบเทียบกราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง $50\mu\text{m}$  ระยะที่ 80 cm ทั้ง3ครั้ง

ตารางที่ 4.2.7สลิตเดี่ยว กว้าง  $50\mu\text{m}$  ระยะ 80cm

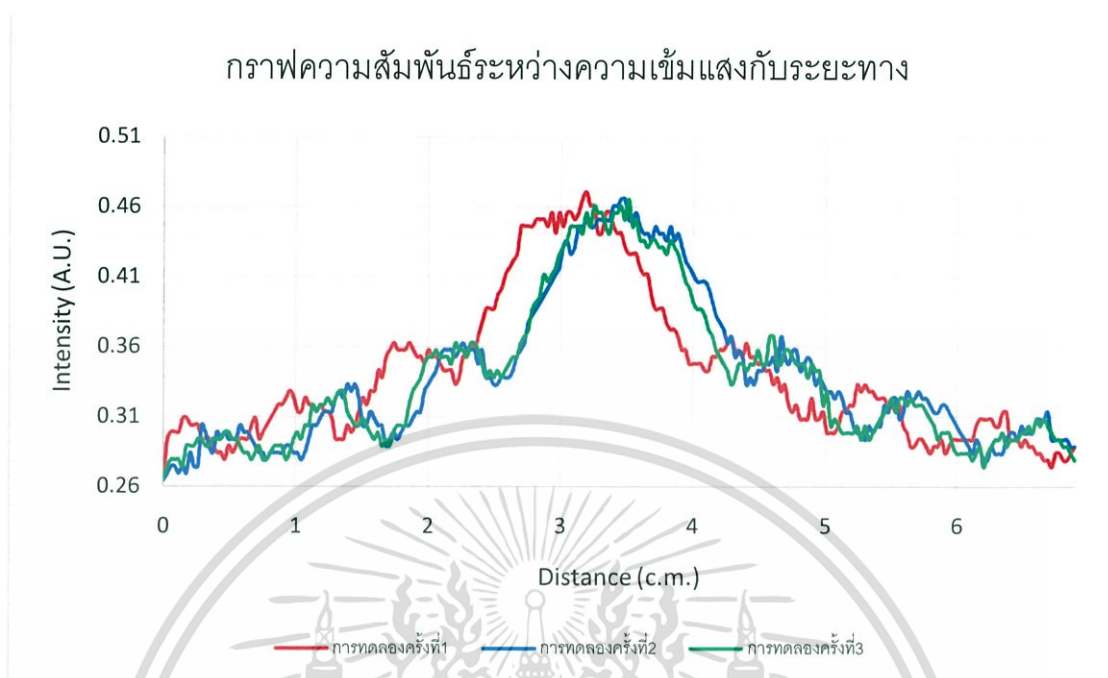
ระยะทาง(cm)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย
80	615.62	625	634.37	624.99

ตารางที่ 4.2.8ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและความไม่แน่นอนในการวัด

ระยะทาง(cm)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความไม่แน่นอนในการวัด
80	15.4	8.89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3.2 สลิตเดี่ยว ระยะ 70cm



รูปที่ 4.22การเปรียบเทียบกราฟสลิตเดี่ยวความกว้าง $50\mu\text{m}$  ระยะที่ 70 cm ทั้ง3ครั้ง

ตารางที่ 4.2.9สลิตเดี่ยว กว้าง  $50\mu\text{m}$  ระยะ 70cm

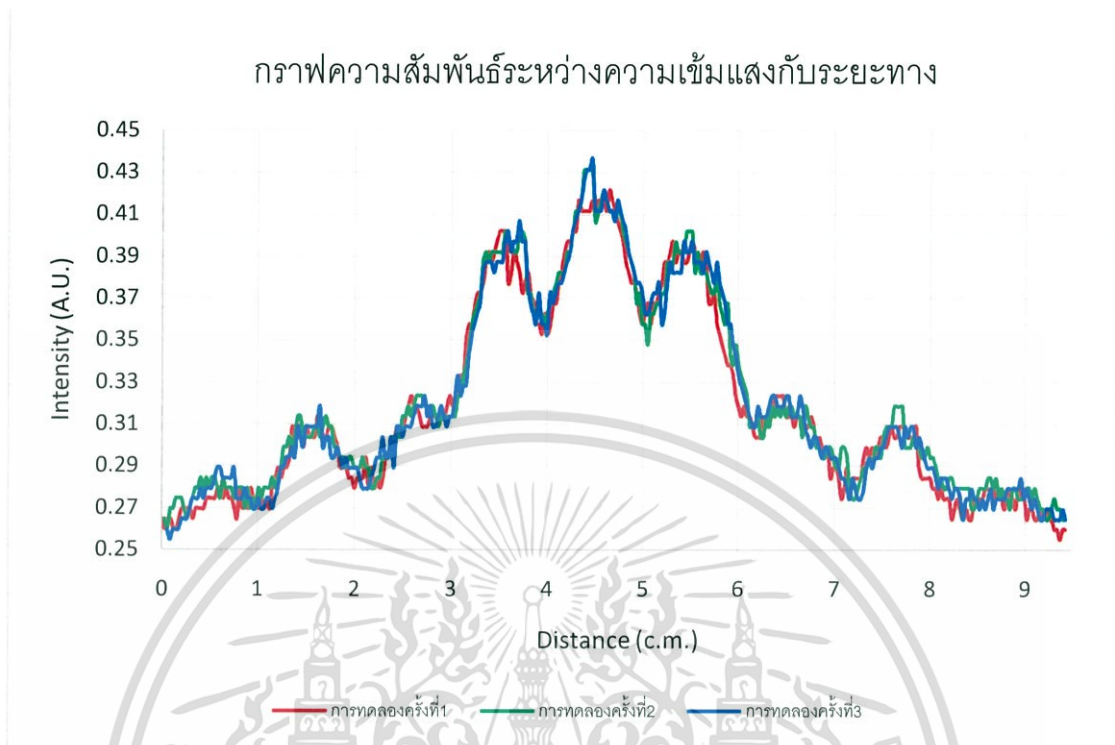
ระยะทาง(cm)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย
70	657.14	664.28	621.42	647.61

ตารางที่ 4.2.10ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและความไม่แน่นอนในการวัด

ระยะทาง(cm)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความไม่แน่นอนในการวัด
70	21.27	12.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3.2 สลิตคู่ ระยะ 90cm



รูปที่ 4.24 การเปรียบเทียบกราฟสลิตคู่ความกว้าง  $50\mu\text{m}$  ระยะที่ 90 cm ทั้ง 3 ครั้ง

ตารางที่ 4.2.11 สลิตคู่ กว้าง  $50\mu\text{m}$  ระยะ 90cm

ระยะทาง(cm)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย
90	611.11	620.27	620.27	617.21

ตารางที่ 4.2.12 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและความไม่แน่นอนในการวัด

ระยะทาง(cm)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความไม่แน่นอนในการวัด
90	4.31	2.48

### 4.3.2 สลิตคู่ ระยะ 90cm



รูปที่ 4.25 การเปรียบเทียบกราฟสลิตคู่ความกว้าง  $50\mu\text{m}$  ระยะที่ 80 cm ทั้ง 3 ครั้ง

ตารางที่ 4.2.13 สลิตคู่ กว้าง  $50\mu\text{m}$  ระยะ 80cm

ระยะทาง(cm)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย
80	652.5	643.43	616.25	637.39

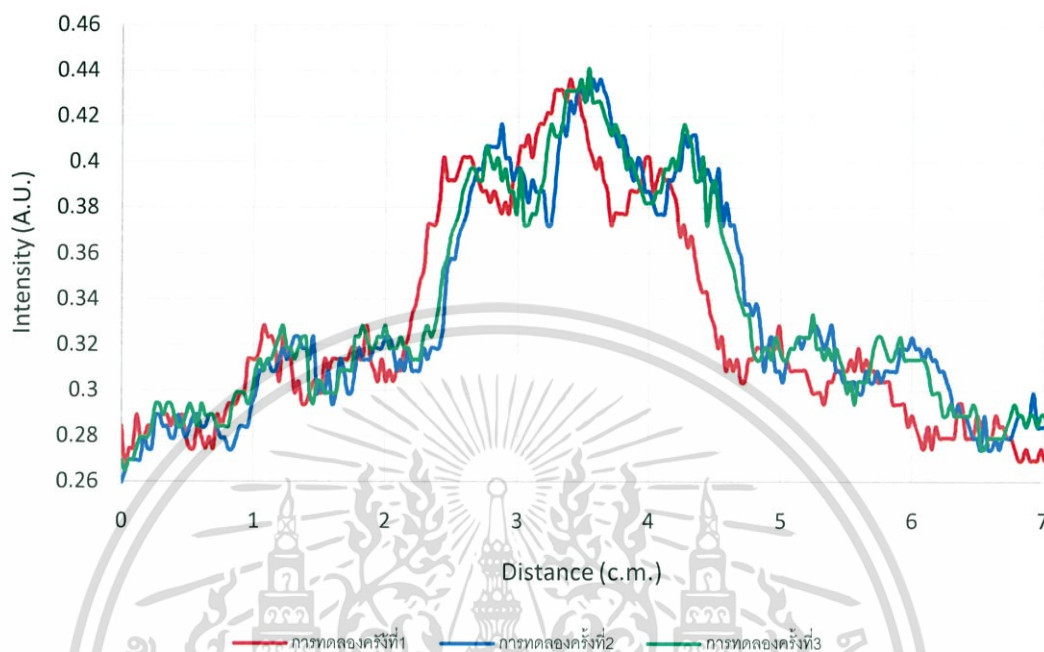
ตารางที่ 4.2.14 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและความไม่แน่นอนในการวัด

ระยะทาง(cm)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความไม่แน่นอนในการวัด
80	15.4	8.89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3.2 สลิตคู่ ระยะ 90cm

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับระยะทาง



รูปที่ 4.26 การเปรียบเทียบกราฟสลิตคู่ความกว้าง $50\mu\text{m}$  ระยะที่ 70 cm ทั้ง3ครั้ง

ตารางที่ 4.2.15 สลิตคู่ กว้าง  $50\mu\text{m}$  ระยะ 70cm

ระยะทาง(cm)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย
70	631.78	611.07	662.85	635.23

ตารางที่ 4.2.16 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและความไม่แน่นอนในการวัด

ระยะทาง(cm)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความไม่แน่นอนในการวัด
70	21.27	12.28

## 4.3 ข้อจำกัดของเครื่องมือ

4.3.1 รางเลื่อนแนวแกน X มีระยะที่ 0-21.4cm

4.3.2 สามารถรับค่าได้ชัดเจนที่สุดที่ระยะแผ่นสลิตถึงฉากเป็นระยะ 90cm, 80cm, 70cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# สรุปและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการศึกษา

ผลการทดลองจากการวัดสลิตเดี่ยว/คู่ โดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ในการศึกษาการแทรกสอดของแสงพบว่าเมื่อนำแผ่นสลิตมาวัดที่ระยะห่างจากฉากระยะต่างๆกันจะได้ค่าความยาวคลื่นมากขึ้นตามลำดับและทำให้ทราบข้อจำกัดของเครื่องมือว่าควรใช้ระยะที่เท่าใดจึงเหมาะสม ซึ่งกลุ่มผู้ทดลองได้ทำการเลื่อนระยะแผ่นสลิตไปยังฉากเป็นโดยแบ่งเป็น 90 cm, 80cm, 70cm เป็น 3 ระยะด้วยกัน ทั้งนี้ได้ทำการทดลองทั้งสลิตเดี่ยวและคู่ โดยทำทั้งหมด 3 ครั้ง เพื่อหาความแตกต่างในแต่ละตัว ผลที่ออกมาลักษณะกราฟที่วัดได้มีความถี่สัญญาณรบกวนจึงทำให้กราฟออกมา มีความคลาดเคลื่อนไปบ้างเล็กน้อยในระยะที่ 70cm ถึงฉากรับดังจะแสดงให้เห็นค่าเปรียบเทียบดังตารางที่แสดงดังนี้

ตารางที่ 5.1 ผลเฉลี่ยค่าความยาวคลื่น สลิตเดี่ยว/คู่

สลิต	ระยะ 90cm	ระยะ 80cm	ระยะ 70cm	เฉลี่ย
เดี่ยว 50um	642.58nm	624.99nm	647.61nm	638.39nm
คู่ 50um	617.21nm	637.39nm	635.23nm	629.94nm

ตารางที่ 5.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและความไม่แน่นอนการวัดค่าความยาวคลื่น

สลิต	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความไม่แน่นอนในการวัด
เดี่ยว 50um	9.69nm	$\pm 5.59\text{nm}$
คู่ 50um	9.04nm	$\pm 5.21\text{nm}$

### 5.2 ข้อเสนอแนะ

- 5.2.1 เพื่อให้การรับค่าจากแผ่นสลิตให้ดีขึ้นหรือรับได้ละเอียดขึ้นจะต้องใช้ Photodiode ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นและลดสัญญาณรบกวนความถี่ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น
- 5.2.2 เพิ่มระยะแกน X เพื่อให้สามารถรับค่าจากเกรตติง ที่มีความกว้างมากๆได้
- 5.2.3 การคำนวณมีความคลาดเคลื่อนในระยะที่ 70 cm เนื่องจาก Photodiode วัดแถบมืด แถบสว่างได้ยากขึ้นและมีสัญญาณความถี่รบกวนมากขึ้นอีกทั้งถ้าระยะสลิตใกล้ขึ้นทำให้ระยะสลิตแคบลงบนฉากรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้.

## บรรณานุกรม

- Chris Vuille, Raymond A. Serway and John W. Jewett. 2008. **Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics 9<sup>th</sup> edition**. United states of America : Brooks/Cole Cengage Learning.
- Chris Vuille, Raymond A. Serway and Jerry S. Faughn. 2009. **College Physic**.Australia: Brooks/Cole Cengage Learning.
- David Halliday, Robert Resnick and Jearl Walker. 2005. **Fundamentals of Physics**.Hoboken : John Wiley.
- Hyperphysics. 2013. **Slit interference**. [Online]. Available :<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/phyopt/mulslid.html#c2>
- Wikipedia. 2015. **Stepper motor**. [Online]. Available : [http://en.wikipedia.org/wiki/Stepper\\_motor](http://en.wikipedia.org/wiki/Stepper_motor)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การทดลอง

## Interference Using Computer system

### วัตถุประสงค์

เพื่อให้เข้าใจทฤษฎีการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสง

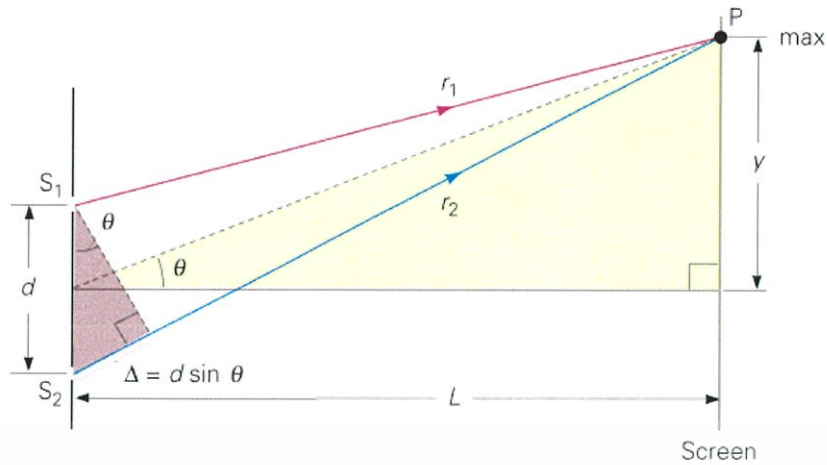
### อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ 1 ชุด
2. กล่องควบคุมคอนโทรลเลอร์
3. สาย USB 1 เส้น
4. แผ่นสลิตเดี่ยว/คู่ อย่างละ 1 แผ่น
5. เลเซอร์สีแดง 1 ตัว
6. แทนวางแผ่นสลิตเดี่ยว/คู่
7. ชุดรางเลื่อน ประกอบด้วย
  - รางเลื่อน ยาว 22 ซม.
  - โฟโต้ดีเทคเตอร์ 1 ตัว
  - สเตปมอเตอร์ 1 ตัว

### ทฤษฎี

#### การแทรกสอดของแสง(Interference)

การแทรกสอดของแสง คือ ปรากฏการณ์ที่คลื่นแสงสองขบวนเดินทางมาพบกันและเกิดการรวมกันของคลื่นทั้งสองนั้น ส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของแอมพลิจูดของคลื่นเกิดเป็นแถบมืดและแถบสว่างบนฉากรับภาพ โดยถ้าเกิดการเพิ่มขึ้นของแอมพลิจูดของคลื่นจะเรียกว่า “การแทรกสอดแบบเสริมสร้าง(Constructive interference)” หากเกิดการลดลงของแอมพลิจูดของคลื่นจะเรียกว่า “การแทรกสอดแบบหักล้าง(Destructive interference) โดยจะสามารถสังเกตได้จากริ้วรอยการแทรกสอดของแสง(Interference pattern or Fringe)



### แผนภาพแสดงการทดลองสลิตคู่ของยัง

พิจารณาที่จุด P ซึ่งเป็นจุดใดๆบนฉากรับภาพห่างจากสลิตคู่เป็นระยะ L คลื่นจากจุด  $S_1$  และ  $S_2$  ที่เดินทางมาถึงจุด P จะมีความต่างเฟสจากระยะทางที่คลื่นเดินทาง(Path difference) ถ้า

$$S2P - S1P = m\lambda \quad : m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \quad (1)$$

แสดงว่าคลื่นที่มาจากสลิต  $S_1$  และ  $S_2$  จะเดินทางไปถึงจุด P โดยมีเฟสตรงกันและเกิดการแทรกสอดแบบเสริมสร้าง เกิดเป็นแถบสว่างขึ้นบนฉาก แต่ถ้า

$$S2P - S1P = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad : m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (2)$$

แสดงว่าคลื่นที่มาจากสลิต  $S_1$  และ  $S_2$  จะเดินทางไปถึงจุด P โดยมีเฟสตรงข้ามกันและเกิดการแทรกสอดแบบหักล้าง เกิดเป็นแถบมืดขึ้นบนฉาก

เนื่องจากสลิตทั้งสองอยู่ใกล้กันมาก ทำให้สามารถถือได้ว่าระยะห่างของสลิตเมื่อเทียบกับระยะทางจากสลิตถึงฉากมีค่าน้อยมาก เราจะสามารถทำการประมาณค่าโดยอาศัยเงื่อนไขได้เป็นสองกรณี คือ

กรณีที่หนึ่ง ถ้า Q เป็นจุดบน  $S_2P$  โดยที่ PQ มีค่าเท่ากับ  $S_1P$  ดังนั้นความแตกต่างของระยะทางที่คลื่นทั้งสองเคลื่อนที่ไปถึง P หรือ

$$S2P - S1P = S2Q = \Delta \quad (3)$$

ถ้า  $S_1Q$  เป็นส่วนโค้งของวงกลมที่มี P เป็นจุดศูนย์กลางและรัศมีเท่ากับ  $S_1P$  หรือเท่ากับ PQ ถ้าเราประมาณว่า  $S_1Q$  เป็นเส้นตรงและเป็นฐานของสามเหลี่ยมมุมฉาก  $S_1S_2Q$  โดยที่  $S_1Q$  ทำมุม  $\theta$  กับ  $S_1S_2$  จะได้ว่า

$$\Delta = a \sin \theta \quad (4)$$

เมื่อ  $a$  เป็นระยะห่างระหว่าง  $S_1$  กับ  $S_2$

กรณีที่สอง ถ้าพิจารณาOX เป็นเส้นที่ลากจากจุดกึ่งกลางของ $S_1S_2$  ไปตั้งฉากกับฉากรับภาพ จะได้ว่า OX ตั้งฉากกับ $S_1S_2$  และOP ตั้งฉากกับSQ โดยประมาณ ถ้าเปรียบเทียบสามเหลี่ยมมุมฉาก  $S_1QP$  กับ $OXP$  จะได้ว่า มุมระหว่างOX กับOP จะมีค่าเป็น $\theta$  ด้วย โดยจะสรุปได้ว่า จะเกิดการแทรกสอดแบบเสริมสร้างกันที่จุดP เมื่อ

$$S2P - S1P = \Delta = m\lambda \cong a \sin \theta \quad (5)$$

จะเกิดการแทรกสอดแบบหักล้างกันที่จุดP เมื่อ

$$\Delta = (m + \frac{1}{2})\lambda \cong a \sin \theta \quad (6)$$

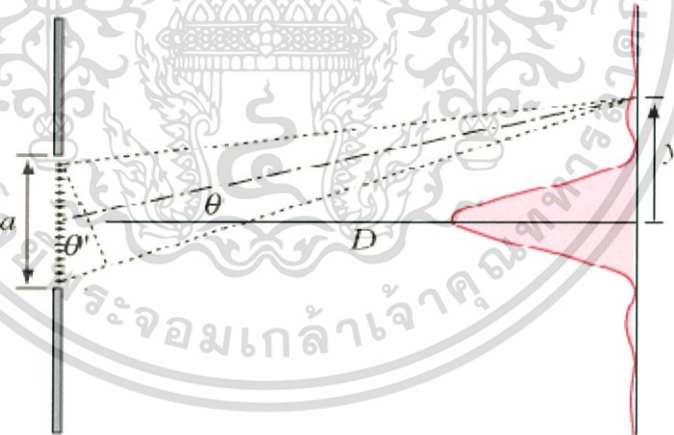
สรุปได้ว่า ที่ตำแหน่งP ซึ่งเป็นแถบสว่างอันดับที่m จะมีค่า

$$y_m = \frac{m\lambda s}{a} \quad : m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (7)$$

และแถบสว่างสองแถบที่อยู่ติดกันจะห่างกันเป็นระยะเท่ากับ

$$\Delta y = \frac{\lambda s}{a} \quad (8)$$

การคำนวณหาความยาวคลื่นตามสมการ ดังนี้  
สำหรับสลิตเดียว



<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/phyopt/sinlit.html#c1>

$$a \sin \theta = n\lambda \quad (1)$$

$$\theta \approx \theta$$

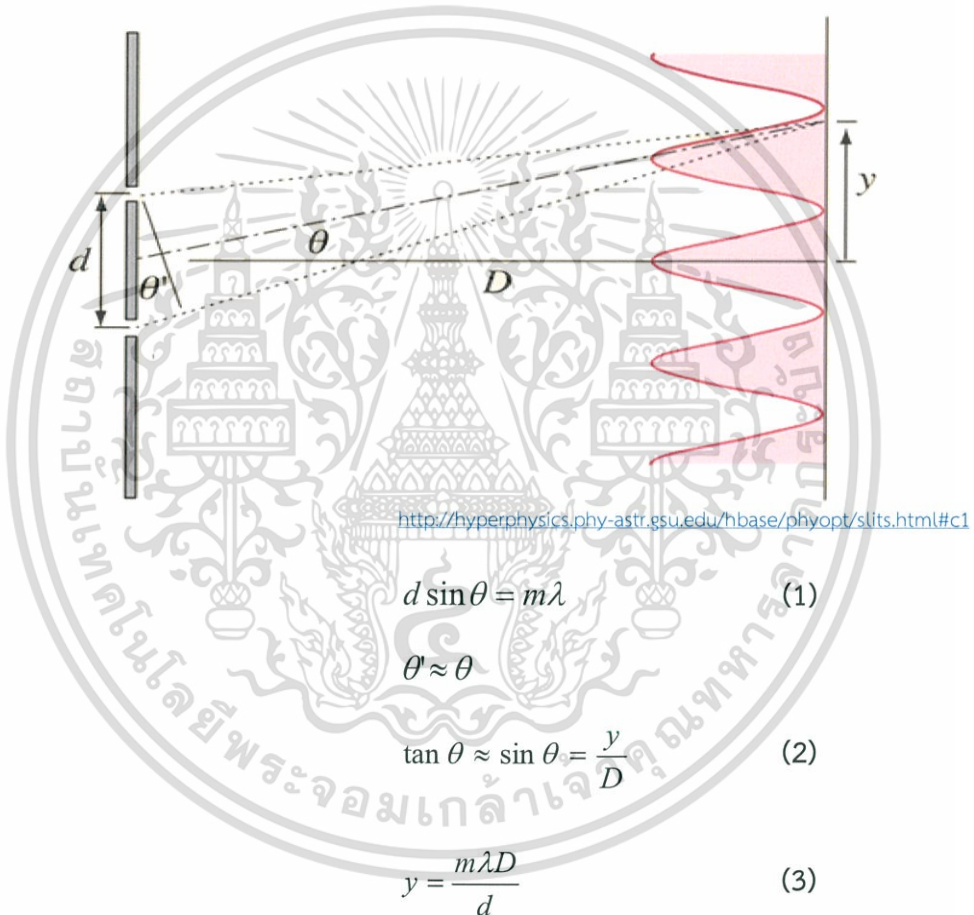
$$\tan \theta \approx \sin \theta \approx \theta \approx \frac{y}{D} \quad (2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$y \approx \frac{m\lambda D}{a} \quad (3)$$

เมื่อ  $d$  คือ ระยะความกว้างของสลิตที่ใช้ทำการทดลอง  
 $n$  คือ จุดมืด มีค่าเป็น  $(0,1,2,3,\dots)$   
 $y$  คือ ระยะจากแถบสว่างถึงแถบมืด  
 $D$  คือ ระยะห่างจากแผ่นสลิตถึงฉากรับ

การคำนวณหาความยาวคลื่นตามสมการ ดังนี้  
 สำหรับสลิตคู่

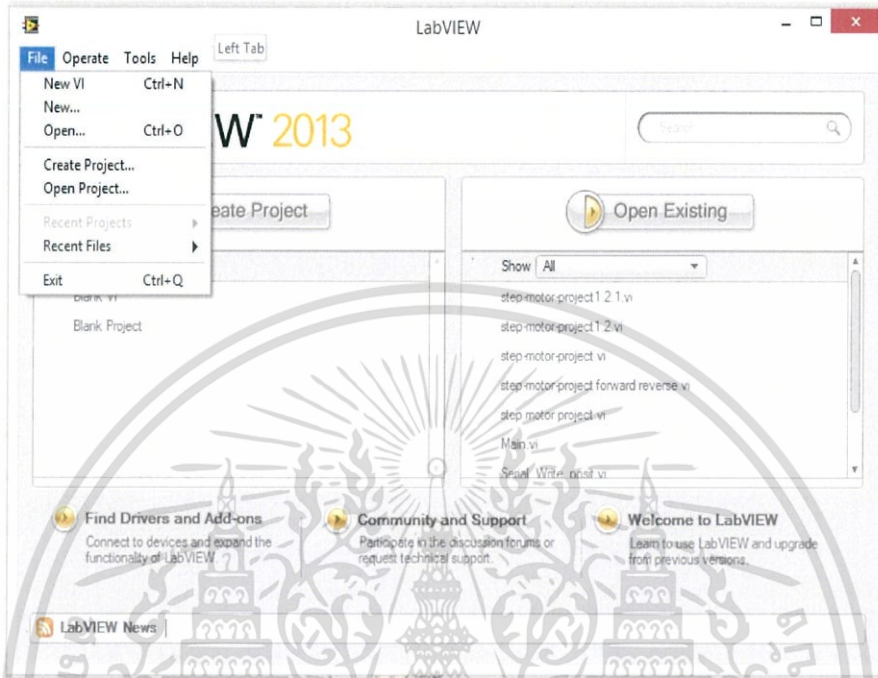


เมื่อ  $d$  คือ ระยะความกว้างของสลิตที่ใช้ทำการทดลอง  
 $n$  คือ จุดมืด มีค่าเป็น  $(0,1,2,3,\dots)$   
 $y$  คือ ระยะจากแถบสว่างถึงแถบมืด  
 $D$  คือ ระยะห่างจากแผ่นสลิตถึงฉากรับ

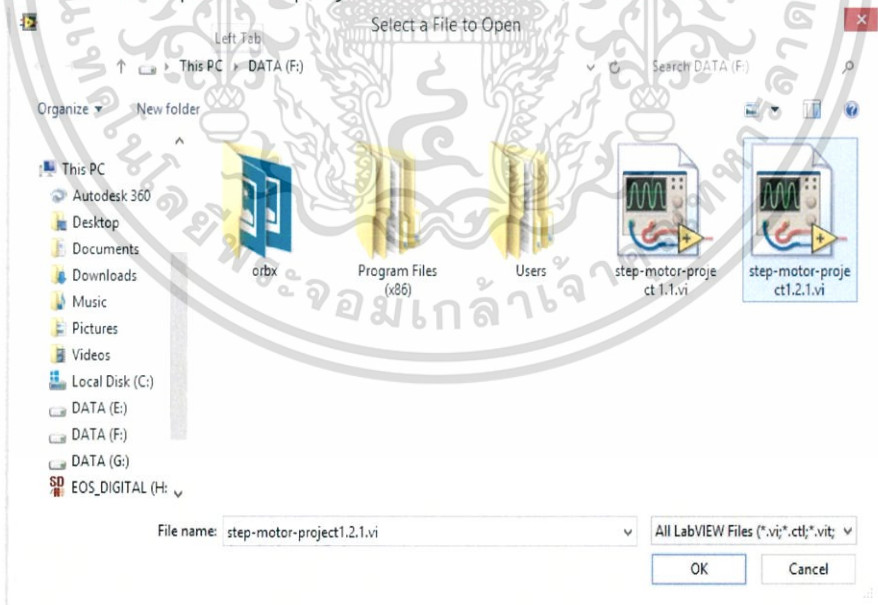
# วิธีการทดลอง

## วิธีการทดลองและใช้โปรแกรมและเครื่องวัด แบ่งตามขั้นตอนดังนี้

1. เข้าโปรแกรม Lab view 2013 คลิกที่ File เลือก Open...

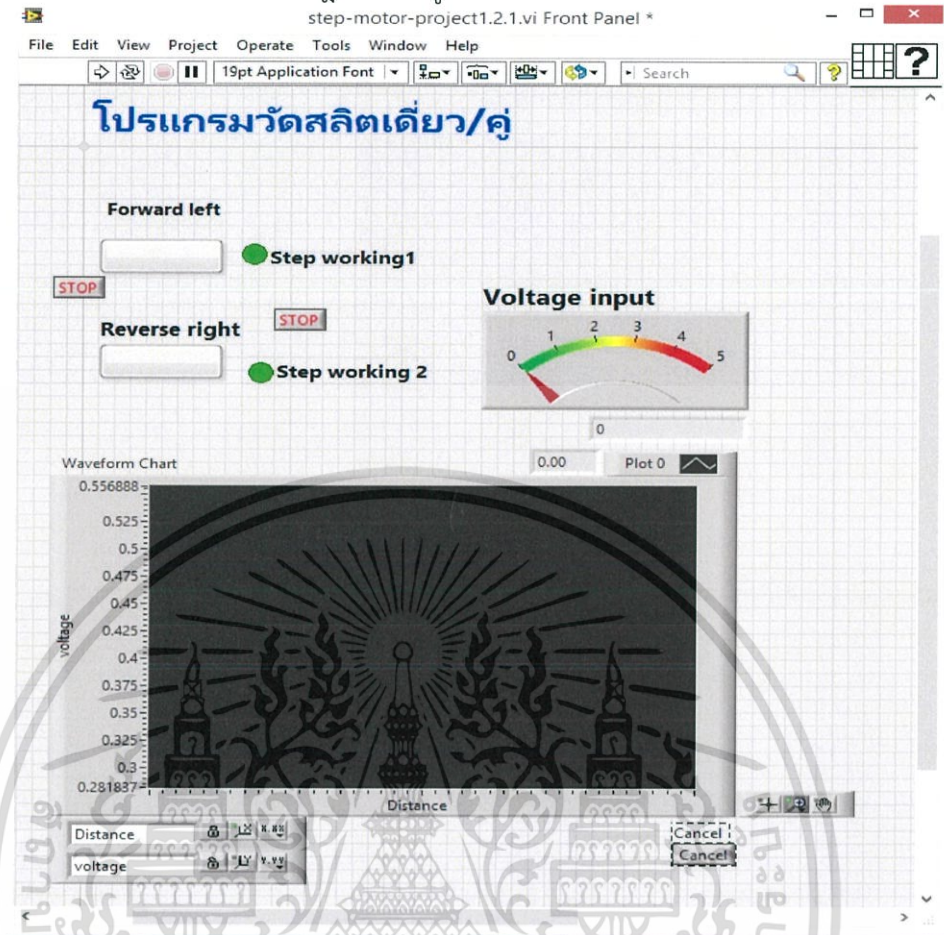


2. เลือกไฟล์ step-motor-project V1.2.1.vi ดับเบิลคลิกที่ไฟล์ดังกล่าว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. จะได้นหน้าต่างโปรแกรมปรากฏขึ้นมาดังรูป



### 4. ทำการเชื่อมต่อจากกล่องคอนโทรล โดยใช้สาย USB เสียบเชื่อมต่อเข้าคอมพิวเตอร์

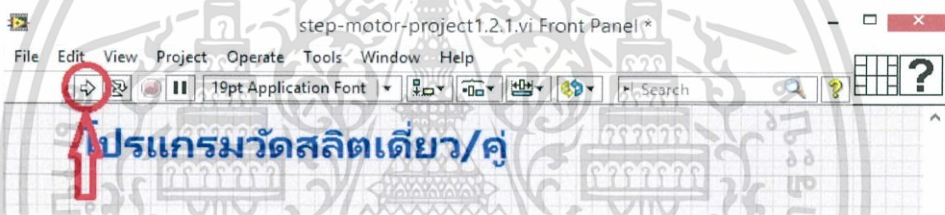


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

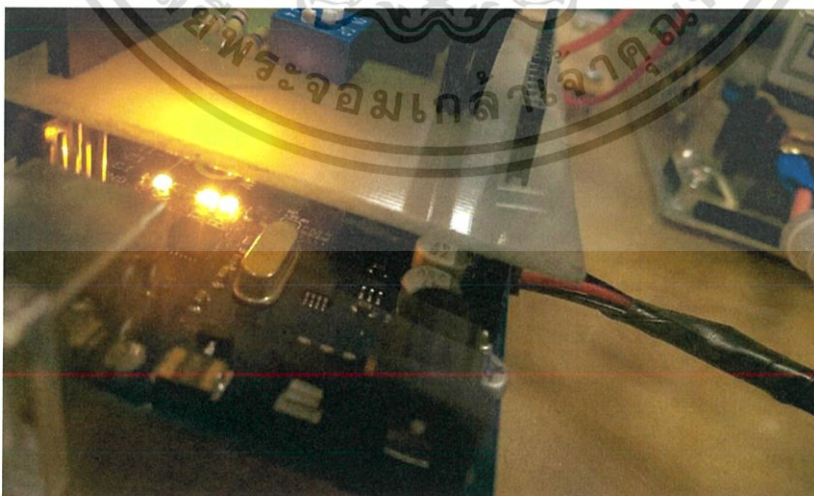
5. สังเกตไฟแสดงการทำงานของบอร์ดกล่องควบคุมจะขึ้นไฟสีส้ม  
(ข้อควรระวัง ควรจะตรวจสอบว่าระบบพัดลมระบายความร้อนของกล่องควบคุมทำงาน  
แล้วทั้งสองตัว)



6. จากนั้นเริ่มการรันโปรแกรมโดยการกดที่ปุ่ม ลูกศรสีขาวในวงกลมสีแดง

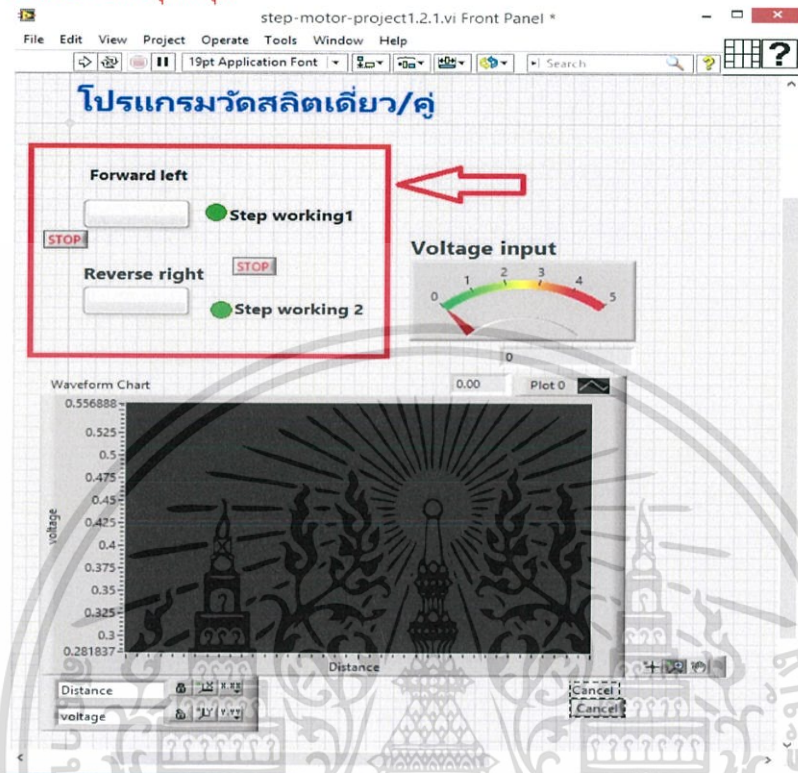


7. จากนั้นสังเกตไฟที่บอร์ดภายในกล่องควบคุมอีกครั้งจะพบว่าไฟการทำงานสีส้ม 3 ดวงจะ  
ติด โปรแกรมก็จะเริ่มพร้อมทำงาน (ข้อควรระวัง หาไฟสีส้มทั้ง 3 ดวงไม่ติดให้ทำการถอดสาย  
USB ออกแล้วทำการเชื่อมต่อใหม่อีกครั้งและทำตามขั้นตอนที่ 4,5 และ 6 อีกครั้ง )

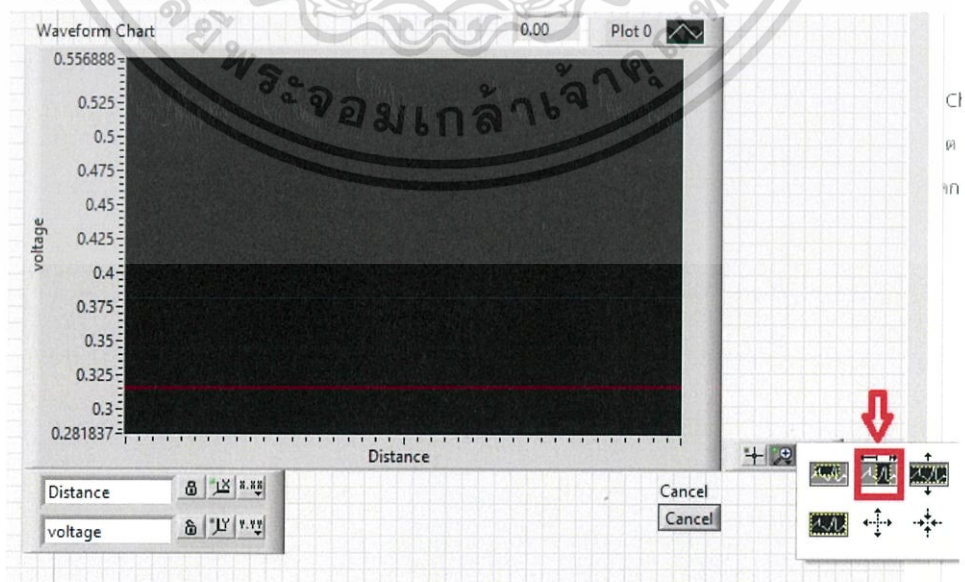


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ทำการเลื่อนตัวตรวจจับแสง โดยกดที่ปุ่ม Forward left/Reverse right เพื่อให้มอเตอร์หมุน กดที่ปุ่ม Forward left เพื่อให้เลื่อนไปทาง ซ้าย และกดปุ่ม Reverse right เพื่อให้เลื่อนมาทางขวา **คลิก 1 ครั้ง** มอเตอร์จะทำการหมุน เมื่อต้องการหยุดให้คลิกที่ปุ่มเดิม 1 ครั้ง **มอเตอร์จะหยุดหมุน**

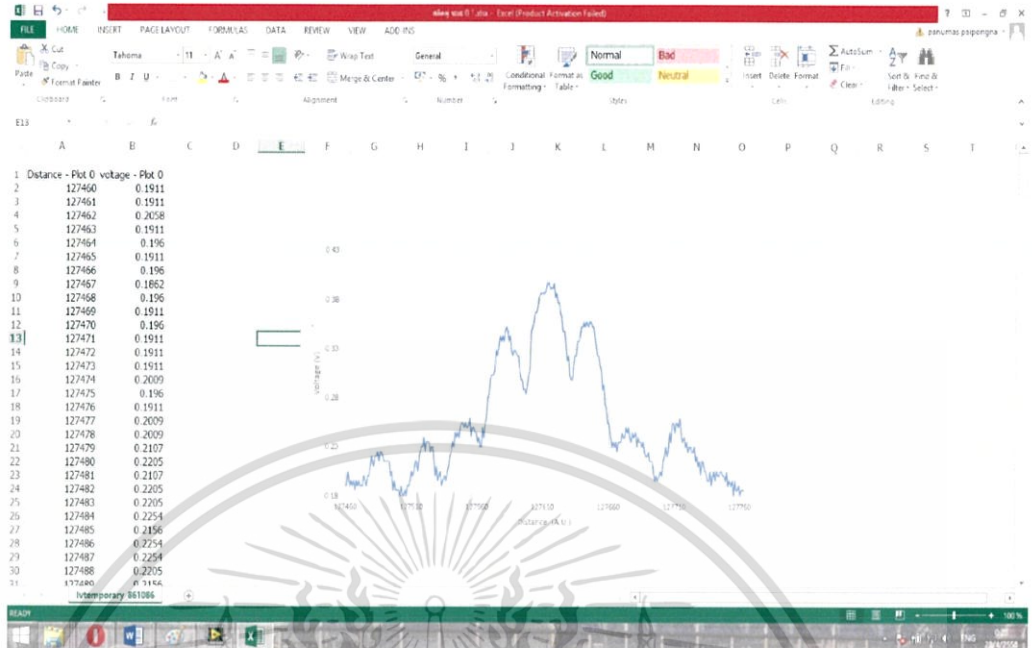


9. สังเกตกราฟที่ปรากฏขึ้นในช่อง Waveform Chart จะปรากฏ กราฟขึ้นมาเมื่อตัวตรวจจับแสงผ่านการหักเหของแสงที่ผ่านออกมาจากสลิป เมื่อเลื่อนไปแล้วพบว่าค่ากราฟที่ได้ไม่ปรากฏค่าโวลต์ ขึ้นมาแล้ว ดังนั้นจึงทำการหยุดการเลื่อน และใช้เครื่องมือในกรอบสีแดงทำการเลือกช่วงค่าที่ต้องการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. เมื่อได้ช่วงที่ต้องการจากนั้นทำการคลิกขวาที่ช่วงกราฟทำการ export ค่าเข้าโปรแกรม Exel เพื่อทำการเช็คค่าเพื่อนำไปคำนวณต่อไป



11. ทำการแปลงข้อมูล เนื่องจากโปรแกรมทำการวัดแกน x จัดเก็บเป็นจำนวนข้อมูล จากการเทียบค่าคือ รางเลื่อนมีระยะ 21.4 cm ข้อมูลเก็บได้ 720 ข้อมูล จากนั้นทำการหาส่วนต่างข้อมูลช่วงที่จะนำมาคำนวณระยะ ตัวอย่างการคำนวณ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำจุดข้อมูล (จุดที่2 - จุดที่1) จะได้ 25525-25225=300 ข้อมูล

∴ จำนวนข้อมูล 720 ข้อมูล ได้ระยะทาง 21.4 cm

จำนวนข้อมูล 300 ข้อมูล ได้ระยะทาง  $\frac{300 \times 21.4}{720} = 8.91 \text{ cm}$

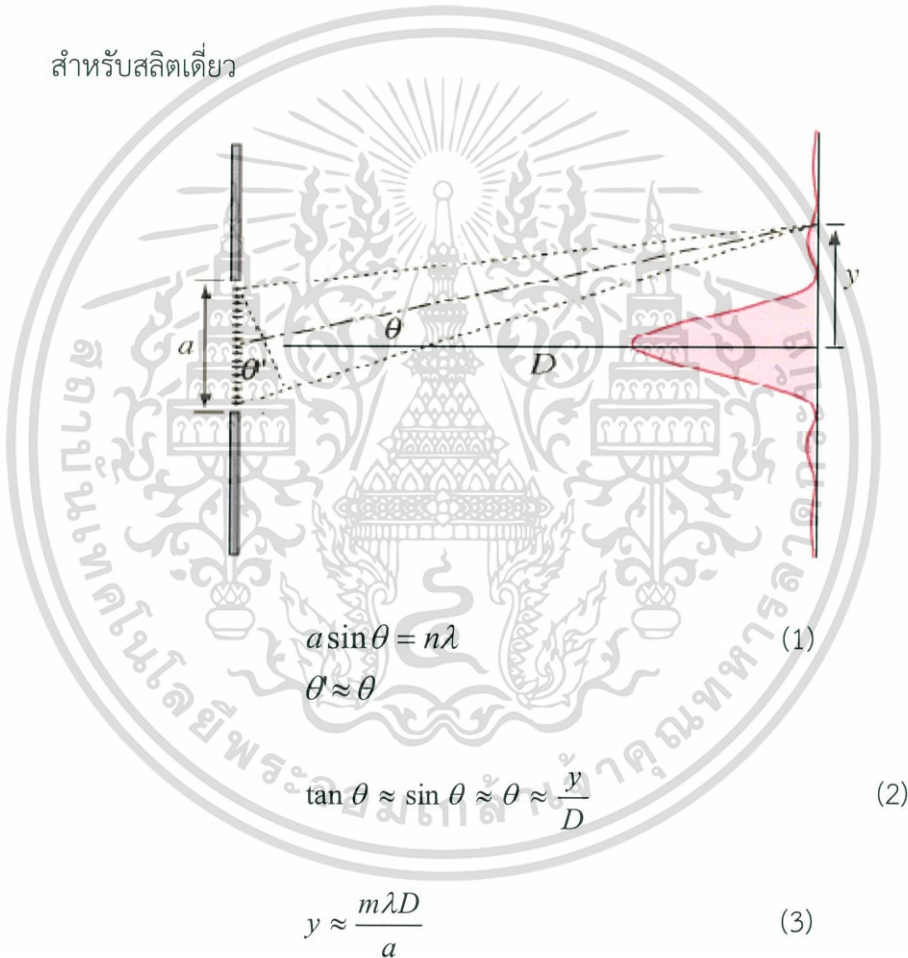
∴ ระยะห่างการเก็บข้อมูลของ detector แต่ละค่าจะอยู่ที่  $\frac{8.91}{300} = 0.0297 \text{ cm}$

นำค่าไปใส่ในตาราง excel เพื่อแปลงค่าโดยเริ่มจาก 0, 0.0297, 0.0594,.....

ใส่จนครบจำนวนข้อมูลจนถึง จำนวนข้อมูลทั้งหมดของ Excel ก็จะได้ระยะตามที่ต้องการในช่วงที่จะคำนวณ

## 12. ทำการคำนวณหาความยาวคลื่นตามสมการ ดังนี้

สำหรับสลิตเดี่ยว



เมื่อ  $d$  คือ ระยะความกว้างของสลิตที่ใช้ทำการทดลอง

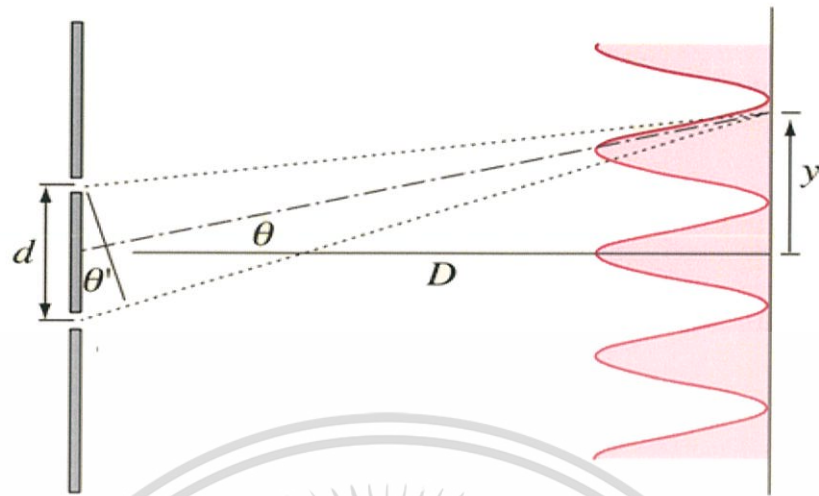
$n$  คือ จุดมืด มีค่าเป็น (0,1,2,3,.....)

$y$  คือ ระยะจากแถบสว่างถึงแถบมืด

$D$  คือ ระยะห่างจากแผ่นสลิตถึงฉากรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับสลิตคู่



$$d \sin \theta = m\lambda \quad (1)$$

$$\theta' \approx \theta$$

$$\tan \theta \approx \sin \theta = \frac{y}{D} \quad (2)$$

$$y = \frac{m\lambda D}{d} \quad (3)$$

เมื่อ  $d$  คือ ระยะความกว้างของสลิตที่ใช้ทำการทดลอง  
 $n$  คือ จุดมืด มีค่าเป็น  $(0, 1, 2, 3, \dots)$   
 $y$  คือ ระยะจากแถบสว่างถึงแถบมืด  
 $D$  คือ ระยะห่างจากแผ่นสลิตถึงฉากรับ

12. ทำการทดลองสลิตเดี่ยว/คู่ ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแสง 90 cm, 80 cm และ 70 cm ตามลำดับ หาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน
13. จากผลการทดลอง จงอธิบายว่าหากระยะสลิตเข้าใกล้ฉากรับมากขึ้นจะมีผลอย่างไร
14. สรุปผลการทดลอง

ตารางการทดลอง

สลิตเดี่ยว

ระยะ	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย
90cm				
80cm				
70cm				

สลิตคู่

ระยะ	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย
90cm				
80cm				
70cm				

ผลการทดลองสลิตเดี่ยว/คู่

สลิต	ระยะ90cm	ระยะ80cm	ระยะ70cm	เฉลี่ย
เดี่ยว				
คู่				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

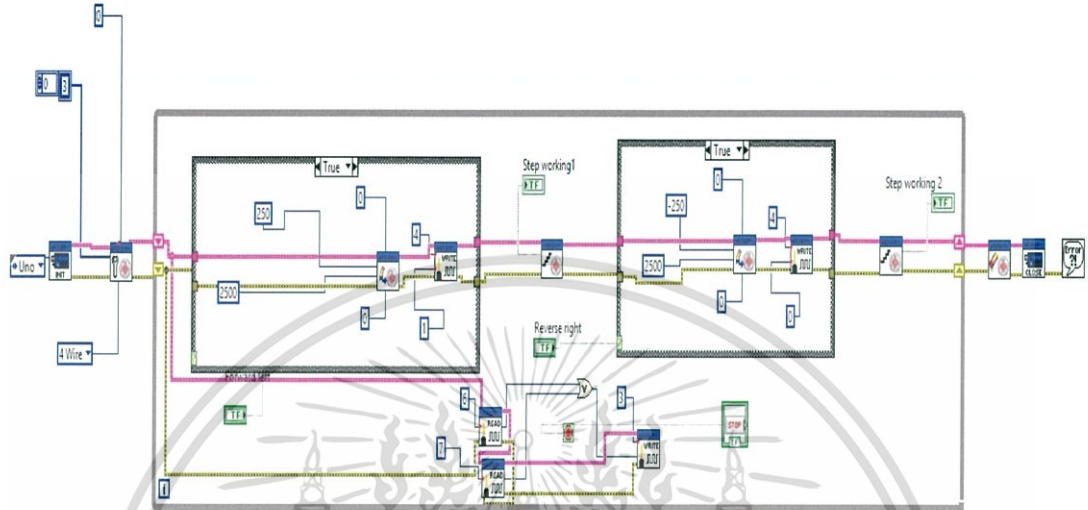
## ภาคผนวก ข



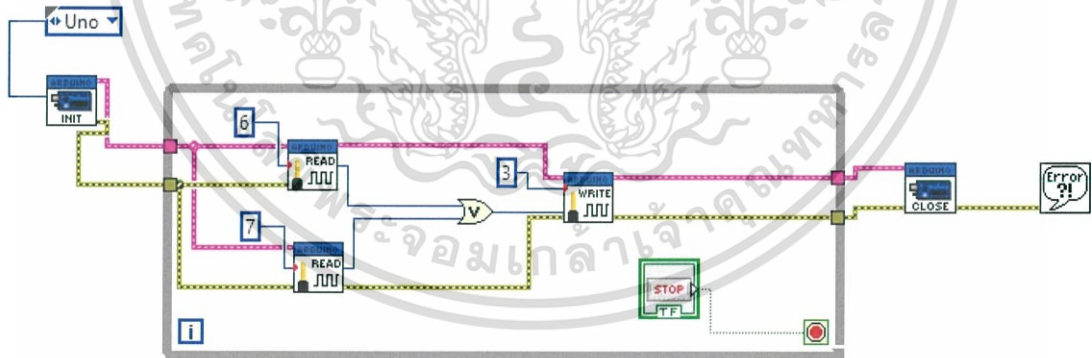
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บล็อกการเขียนโปรแกรม Labview

## ส่วนการควบคุมมอเตอร์

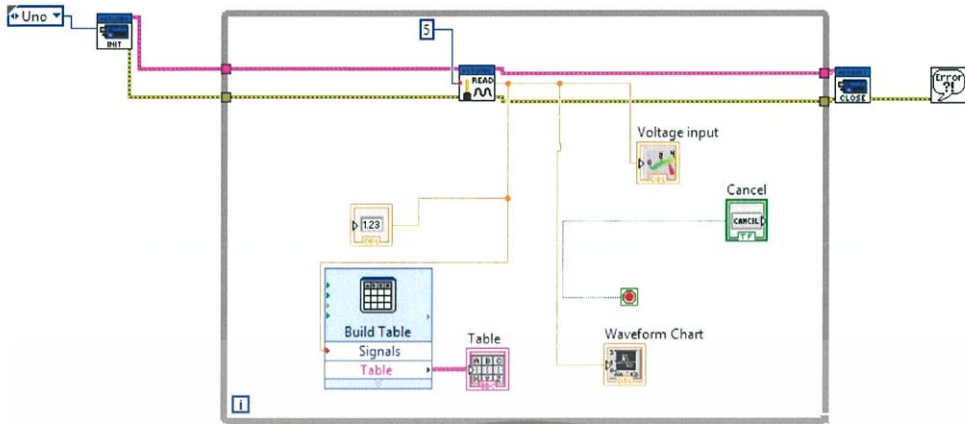


## ส่วนควบคุมการหยุดมอเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ส่วนควบคุมรับค่าจากตัวตรวจจับสนแสง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ค



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6 Connection

This section covers the methods of connecting the driver, motor, power supply and controller, as well as the connection examples and I/O signals.

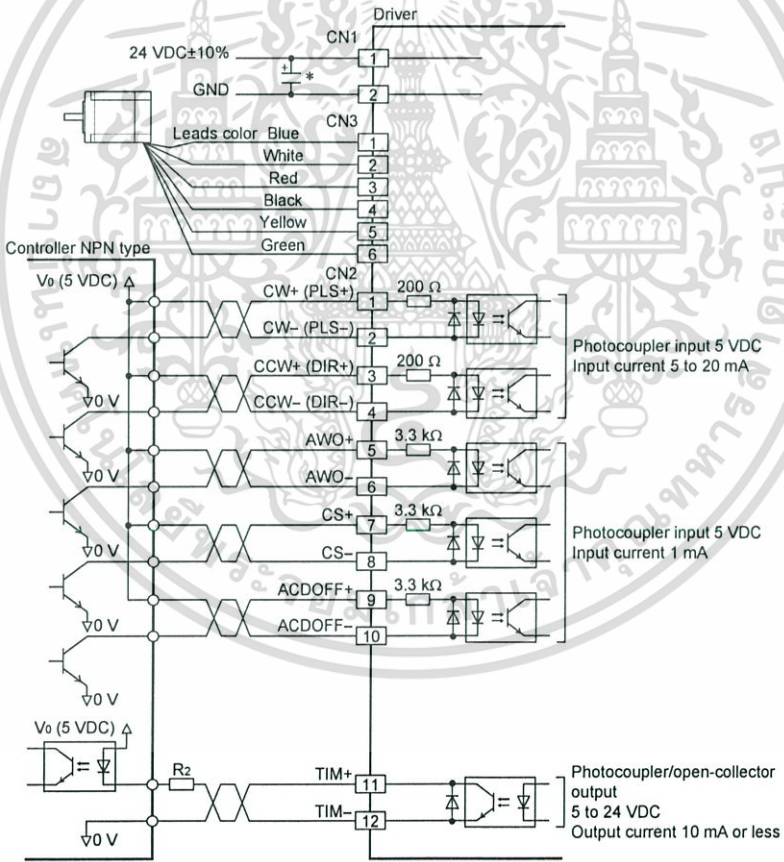
### 6.1 Connection example

Either 5 or 24 VDC can be used as the signal voltage for the AWO input, CS input and ACDOFF input.

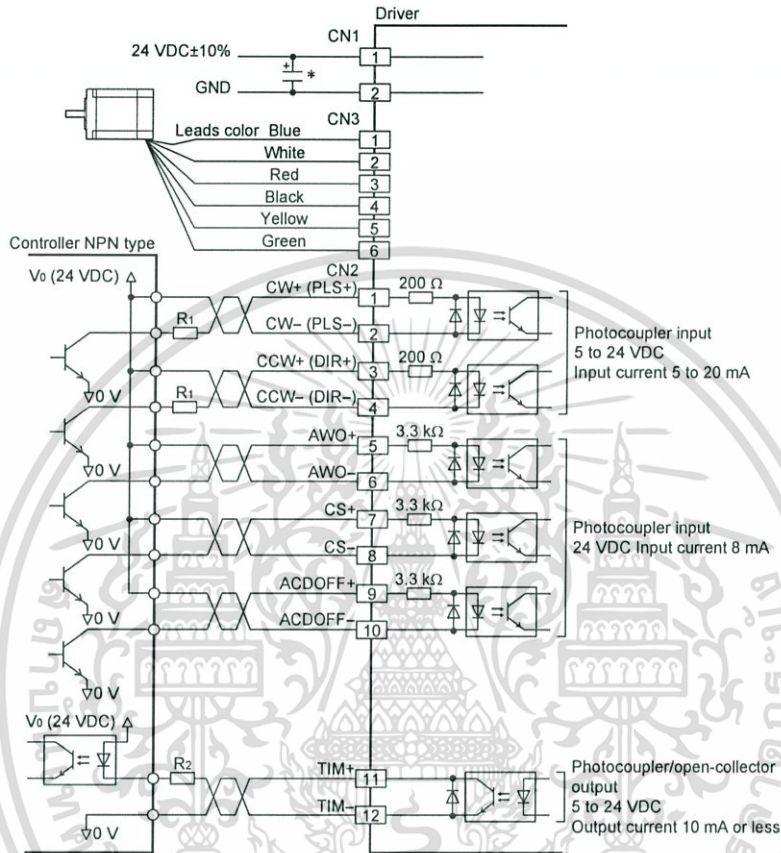
**Note** Check the colors of motor lead wires and connect them correctly and securely. Wrong connection of lead wires or poor contact may damage the driver.

#### ■ NPN type

- 5 VDC



## • 24 VDC

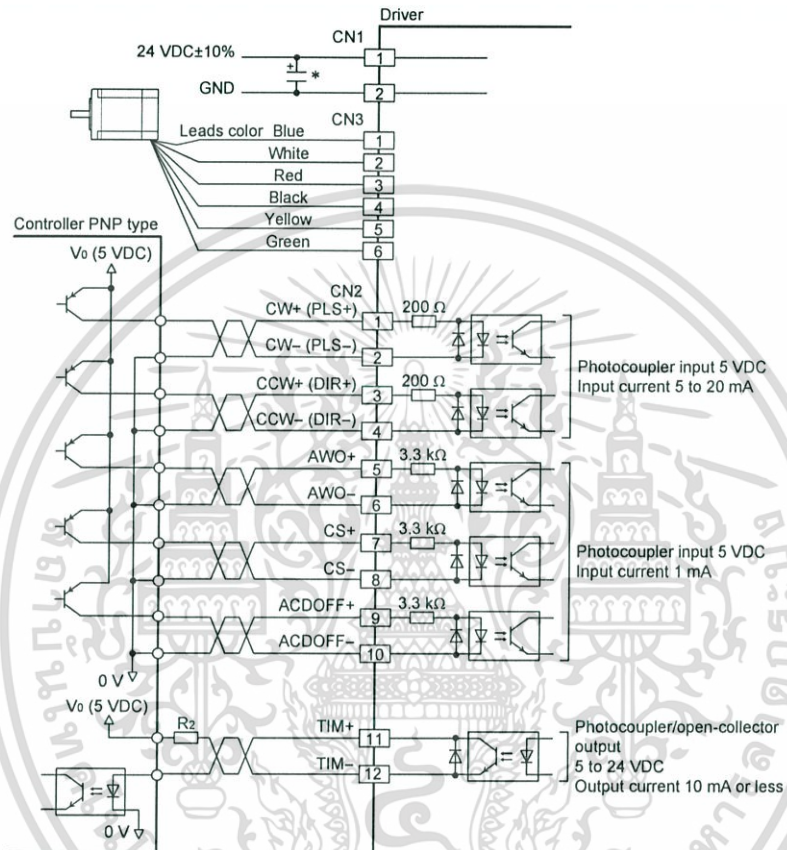
**Note**

- The CW pulse (pulse) and CCW pulse (rotation direction) inputs are of the 5 VDC input specification. If  $V_0$  exceeds 5 V, connect external resistor  $R_1$ . Example) When  $V_0$  is 24 VDC  $R_1$ : 1.5 to 2.2 k $\Omega$ , 0.5 W or more.
- If the output signal current exceeds 10 mA, connect external resistor  $R_2$  to keep the current to 10 mA or below.
- Be certain the I/O signals cable that connects the driver and controller is as short as possible. The maximum input frequency will decrease as the cable length increases.
- When a large inertial load is operated at high speed, regenerative energy will generate and increase the power supply voltage, which can damage the driver. When performing the operation described above, change the operating conditions so that any temporary rise in supply voltage due to regenerative energy will not exceed 8 V, or connect an electrolytic capacitor\* (recommended specifications: 50 V or above in rated voltage and 10000  $\mu$ F or above in capacity) to the power supply line in parallel.

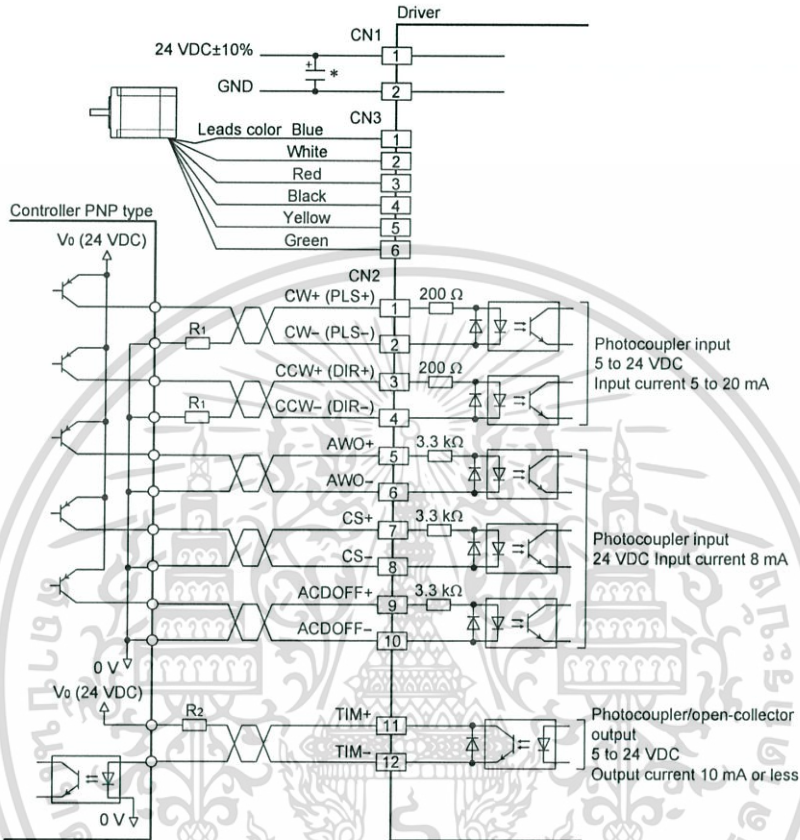
6 Connection

■ PNP type

- 5 VDC



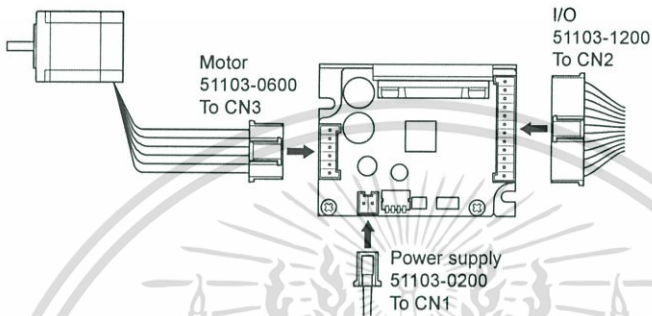
## • 24 VDC

**Note**

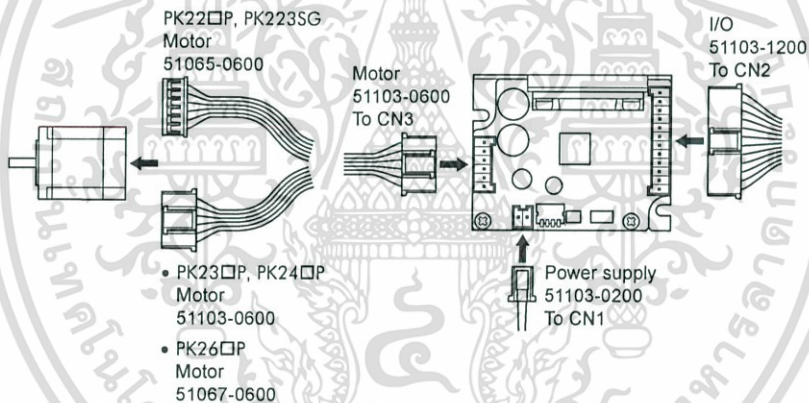
- The CW pulse (pulse) and CCW pulse (rotation direction) inputs are of the 5 VDC input specification. If  $V_0$  exceeds 5 V, connect external resistor  $R_1$ . Example) When  $V_0$  is 24 VDC  $R_1$ : 1.5 to 2.2 k $\Omega$ , 0.5 W or more.
- If the output signal current exceeds 10 mA, connect external resistor  $R_2$  to keep the current to 10 mA or below.
- Be certain the I/O signals cable that connects the driver and controller is as short as possible. The maximum input frequency will decrease as the cable length increases.
- When a large inertial load is operated at high speed, regenerative energy will generate and increase the power supply voltage, which can damage the driver. When performing the operation described above, change the operating conditions so that any temporary rise in supply voltage due to regenerative energy will not exceed 8 V, or connect an electrolytic capacitor\* (recommended specifications: 50 V or above in rated voltage and 10000  $\mu$ F or above in capacity) to the power line in parallel.

## 6.2 Connecting the connector and crimping the contacts

Connect the power supply, motor and I/O signals to the driver by using the supplied connector housing and contacts. Optional motor cables and driver cables (sold separately) are also available. See page 45 for details.



- High-torque type and geared type (CMK223SG)



### Note

- When connecting a motor, affix the cable at the connection part to prevent the connection part from receiving stress due to the flexing of the cable. Make the cable's radius of curvature as large as possible.
- Have the connector plugged in securely. Insecure connection may cause malfunction or damage to the motor or driver.
- When pulling out a connector, pull it out by slightly expanding the latch part of the connectors using a precision screwdriver.
- Always wait at least 5 seconds after switching off the power supply before switching it back on again or connecting/disconnecting the motor cables connector.

### ■ Connector housings and contacts (supplied)

When crimping contacts for connectors, be sure to use the crimping tool specified by the connector maker.

Application	Connector housing	Contact	Crimping tool
Power supply (CN1)	51103-0200: 2 poles (Molex)	50351-8100 (Molex)	57295-5000 (Molex)
I/O signals (CN2)	51103-1200: 12 poles (Molex)		
Motor (CN3)	51103-0600: 6 poles (Molex)		

**Note** When connecting a motor, affix the cable at the connection part to prevent the connection part from receiving stress due to the flexing of the cable. Make the cable's radius of curvature as large as possible.

### ■ Suitable cable

#### Power supply cable

Use a cable of AWG22 (0.3 mm<sup>2</sup>).

Keep the wiring distance as short as possible [less than 2 m (6.6 ft.)] to suppress the effect of noise.

#### I/O signals cable

Use a cable of AWG24 to 22 (0.2 to 0.3 mm<sup>2</sup>).

Keep the wiring distance as short as possible [less than 2 m (6.6 ft.)] to suppress the effect of noise.

- Note**
- Separate I/O signals cable at least 100 mm (3.94 in.) from electromagnetic relays and other than inductance loads. Additionally, route I/O signals cable perpendicular to power supply cables and motor cables, rather than in a parallel fashion.
  - If the motor cable or power supply cable generates an undesirable amount of noise, shield the cable or install a ferrite core.

### 6.3 Connecting the power supply

Connecting the power supply to the driver's CN1.

Use a power supply that can supply the following current capacity.

Driver model	CMD2109P	CMD2112P	CMD2120P
Power supply input voltage	24 VDC±10%		
Power supply current capacity	1.5 A or more	1.7 A or more	2.9 A or more

#### CN1 pin assignments

Pin No.	Signal name	Description
1	POWER+	DC power supply input
2	POWER-	GND

#### Note

- Pay attention to polarity when connecting the power supply. Connecting the power supply in reverse polarity may damage the driver.
- Do not wire the driver's power supply cable in the same conduit in which another power supply line or the motor cable is wired.

### 6.4 Connecting the motor

Connecting the motor lead wires to the driver's CN3.

With a high-torque type or geared type (**CMK223SG**), use the supplied motor cable.

#### CN3 pin assignments

Pin No.	Signal name	Description
1	BLUE	Blue motor lead
2	WHITE	White motor lead
3	RED	Red motor lead
4	BLACK	Black motor lead
5	YELLOW	Yellow motor lead
6	GREEN	Green motor lead

#### Note

Check the colors of motor lead wires and connect them correctly and securely. Wrong connection of lead wires or poor contact may damage the driver.

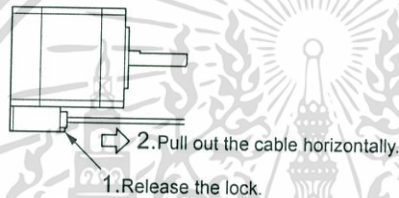
### ■ Connector type motor

With a high-torque type or geared type (**CMK223SG**), a connector is also used for connection on the motor side. Use the supplied motor cable.

If the supplied motor cable is not used, make connection by aligning the motor pin numbers and driver pin numbers.

#### Note

- When disconnecting the connector type motor cable, pull the connector horizontally along the output shaft to remove. The motor may be damaged if force is applied in any other direction.
- The motor cables that come with the high-torque type **CMK23□P**, **CMK24□P** and **CMK26□P** have a connector with a lock mechanism. When removing this type of cable, release the connector lock first. Forcibly pulling out the cable without releasing the connector lock may damage the motor and connector.



## 6.5 Connecting the I/O

Connecting the I/O signals to the driver's CN2.

CN2 pin assignments

Pin No.	Signal name	Description
1	CW+ (PLS+) input	CW pulse (pulse) input *
2	CW- (PLS-) input	
3	CCW+ (DIR+) input	CCW pulse (rotation direction) input *
4	CCW- (DIR-) input	
5	AWO+ input	All windings off input
6	AWO- input	
7	CS+ input	Step angle switching input
8	CS- input	
9	ACDOFF+ input	Auto current down release input
10	ACDOFF- input	
11	TIM+ output	Excitation timing output
12	TIM- output	

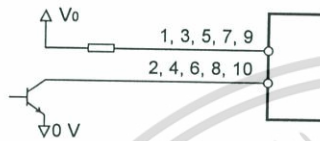
- \* When 2-pulse input mode, the inputs are CW pulse and CCW pulse.  
When 1-pulse input mode, the inputs are the pulse and the rotation direction.

## 6.6 About input/output

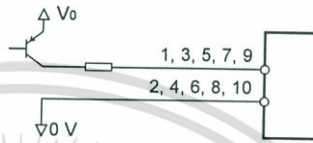
### ■ Input signals

The signal state represents the “ON: Carrying current” or “OFF: Not carrying current” state of the internal photocoupler.

- Example of connection with a current sink output circuit



- Example of connection with a current source output circuit



#### Note

The CW pulse (pulse) input and CCW pulse (rotation direction) input are of the 5 VDC input specification. If  $V_0$  exceeds 5 V, connect an external resistor. Failure to do so may damage the elements.  
The AWO input, CS input and ACDOFF input can be connected directly to 5 VDC or 24 VDC.

- CW pulse (PLS) input, CCW pulse (DIR) input

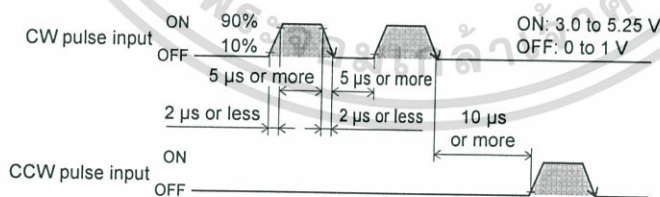
This driver can select either 1-pulse input mode or 2-pulse input mode as the pulse input mode to match the controller used. For details on how to set the pulse input mode, see 7.2 “Pulse input mode” on page 37.

#### 2-pulse input mode

The controller’s CW pulses are connected to the CW+ (pin No.1) or the CW- (pin No.2), while the CCW pulses are connected to the CCW+ (pin No.3) or the CCW- (pin No.4).

- When the CW pulse input changes from the ON to OFF, the motor will rotate one step in the CW direction.
- When the CCW pulse input changes from the ON to OFF, the motor will rotate one step in the CCW direction.

Use an input pulse signal with a waveform having a sharp rise and fall, as shown in the figure:



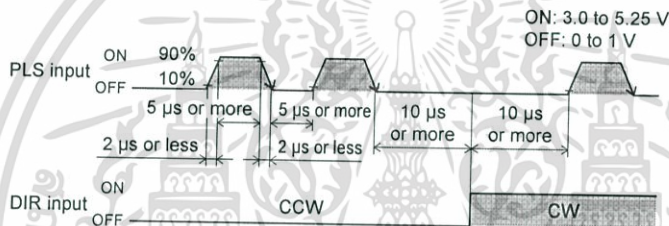
**Note**

- The interval for switching the motor direction represents the response time of the circuit. Set this interval to an appropriate time after which the motor will respond.
- Always set the photocoupler to OFF when not inputting pulse signals.
- Do not input CW pulse input and CCW pulse input at the same time. If one of these pulses is input when the other is ON the motor will not run properly.

**1-pulse input mode**

The controller pulses are connected to the PLS+ input (pin No.1) or the PLS- input (pin No.2), and the rotation direction is connected to the DIR+ input (pin No.3) or DIR- input (pin No.4).

- When the DIR input is ON, a fall of the PLS input from ON to OFF will rotate the motor one step in the CW direction.
- When the DIR input is OFF, a fall of the PLS input from ON to OFF will rotate the motor one step in the CCW direction.

**Note**

The interval for switching the motor direction represents the response time of the circuit. Set this interval to an appropriate time after which the motor will respond.

- **AWO (All windings off) input**

Use the signal only when the motor's output shaft must be rotated manually for position adjustment (ON: 4.5 to 26.4 V, OFF: 0 to 1 V.)

- When the AWO input is turned ON, the driver stops supplying current to the motor and the motor's holding torque is lost. You to adjust the load position manually.
  - When the AWO input is turned OFF, the current supply to the motor resumes, thereby restoring the motor's holding torque.
- **CS (step angle switching) input**  
(ON: 4.5 to 26.4 V, OFF: 0 to 1 V)
  - When the CS input is turned ON, the motor will operate at the base step angle regardless of the settings of the step angle setting switches.
  - When the CS input is turned OFF, the motor will operate at the step angle set by the step angle setting switches.

- ACDOFF (Auto current down release) input

When the ACDOFF input is turned OFF, the motor current will automatically drop to the standstill current in approx. 0.1 second after the stopping of pulse output. This mechanism suppresses heat generation from the motor or driver while the motor is at standstill.

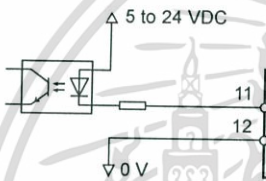
Keep the ACDOFF input OFF in normal conditions of use.

(ON: 4.5 to 26.4 V, OFF: 0 to 1 V)

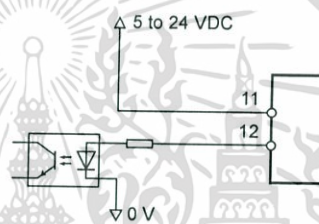
■ Output signals

Driver output signals are photocoupler/open-collector output. The signal state represents the “ON: Carrying current” or “OFF: Not carrying current” state of the internal photocoupler.

- Example of connection with a current source input circuit



- Example of connection with a current sink input circuit



- TIM (Excitation timing) output

When the motor excitation state (combined phases of current flowing) is the excitation home position (step 0), the driver switches on the timing output. The motor excitation state is reset to the excitation home position when the power supply is switched on.

When the motor has a base step angle of 1.8°/step, the TIM output turns ON with a rotation of every 7.2° from the excitation home position in synchronization with a pulse input. The TIM output behaves differently depending on the combined motor and number of divisions.

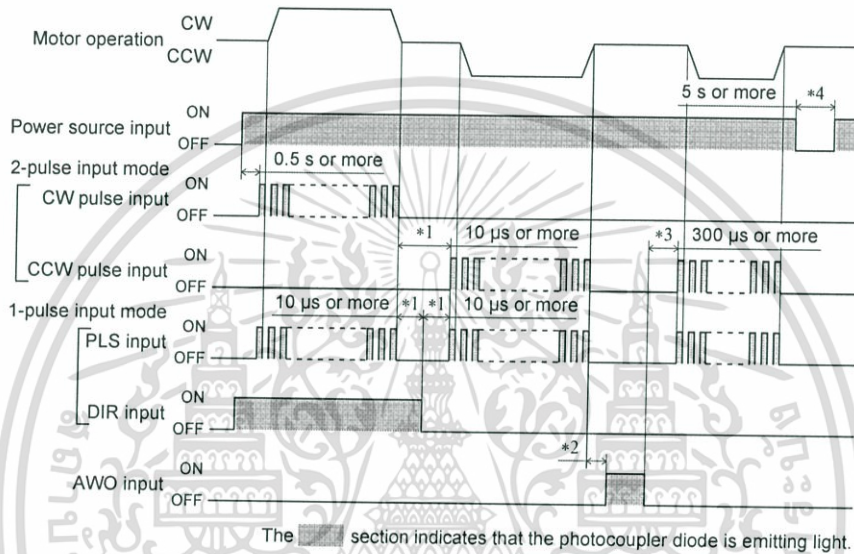
Example of TIM output

Motor type	Number of divisions		TIM output
	1	4	
Motor with 1.8°/step base step angle	1.8°	0.45°	Every 7.2°
Motor with 0.9°/step base step angle	0.9°	0.225°	Every 3.6°
Geared motor with 18 :1 gear ratio	0.1°	0.025°	Every 0.4°

Also, when detecting the mechanical home position for a mechanical device, by making an AND circuit for the mechanical home position sensor and the TIM output, the variation in the motor stop position within the mechanical home position sensor can be reduced and the mechanical home position made more precise.

- Note**
- When using the TIM output, stop the motor's output shaft at an integer multiple of  $7.2^\circ$ .
  - When switching the step angle, do this with the motor stopped and the TIM output ON.

## 6.7 Timing chart



- The shaded section indicates that the photocoupler diode is emitting light.
- \*1 "10 μs or more" indicated in connection with the CW/CCW pulse select time (2-pulse input mode) or direction signal select time (1-pulse input mode) indicates a circuit response time. Set it to the time required for the motor to respond to the applicable pulse input.
  - \*2 The specific duration varies depending on the load inertial moment, load torque, starting frequency, etc.
  - \*3 Do not input pulse signals immediately after switching the AWO input to OFF, given that it will affect the motor's starting characteristics.
  - \*4 After turning off the power supply, wait at least 5 seconds before turning the power supply back on.

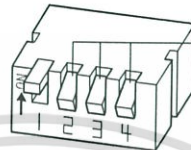
**Note** The maximum response frequency is 100 kHz at a pulse duty of 50%.

## 7 Setting

### 7.1 Step angle

Set the motor step angle using the step angle setting switches (SW-2, SW-3, SW-4).

Factory setting: OFF (Number of divisions 1)



Step angle setting switch (SW-2, SW-3, SW-4)

The three step angle setting switches are used together to set five step angles.

Use an insulated precision screwdriver to change the ON/OFF positions of SW-2, SW-3 and SW-4.

The ON/OFF combinations of SW-2, SW-3 and SW-4 and corresponding step angles are shown below.

When the base step angle is  $1.8^\circ/\text{step}$

SW-2	SW-3	SW-4	Number of divisions	Resolution	Step angle
OFF	OFF	OFF	1	200	$1.8^\circ$
OFF	OFF	ON	2	400	$0.9^\circ$
OFF	ON	OFF	4	800	$0.45^\circ$
OFF	ON	ON	8	1600	$0.225^\circ$
ON	OFF	OFF	16	3200	$0.1125^\circ$

The step angle is calculated by dividing the base step angle by the number of divisions.

If the switches are set to any combination other than those listed in the table above, the number of divisions will become 1 and the motor will operate at the base step angle.

#### Note

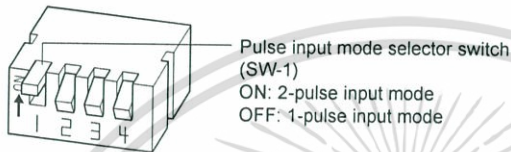
- Step angles are theoretical values.
- With the high-resolution type, the base step angle is set to  $0.9^\circ$  and the resolution to 400 (number of divisions: 1).
- With the geared type, the actual step angle is calculated by dividing the step angle by the gear ratio.
- The step angle set by the step angle setting switches becomes effective when the CS input is OFF.
- Do not switch the CS input or the step angle setting switch while the motor is operating, or the motor may misstep and stall. Set the step angle setting switches when the CS input is OFF and TIM output is ON.

## 7.2 Pulse input mode

Either the 1-pulse or 2-pulse input mode may be selected in accordance with the controller used.

Use an insulated precision screwdriver to change the ON/OFF position of the pulse input mode setting switch (SW-1).

**Note** The factory setting of the pulse input mode depends on the destination country. Check the pulse input mode setting in accordance with the pulse mode in the controller used.

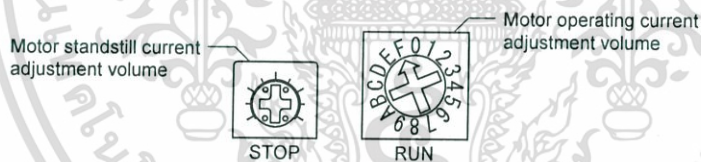


- When the motor is to be controlled through the CW pulse and CCW pulse, set the pulse input mode setting switch to ON.
- When the motor is to be controlled through the pulse and the rotation direction signal, set the pulse input mode setting switch to OFF.

## 7.3 Motor current

Set the motor current using the motor operating current setting switch (RUN) and motor standstill current potentiometer (STOP).

When the load is light and there is a margin for motor torque, the motor's operating vibration and the temperature increase of the motor and driver can be held down by lowering the motor's operating current and standstill current.



### ■ Operation current

The motor operating current setting switch (RUN) can be used to set the 16 operating current levels.

Factory setting: F (motor's rated current)

Dial setting	Operating current (A/phase) [Representative values]		
	CMD2109P	CMD2112P	CMD2120P
0	0.12	0.29	0.58
1	0.15	0.36	0.68
2	0.28	0.41	0.77
3	0.33	0.47	0.87
4	0.38	0.54	0.96
5	0.43	0.59	1.05
6	0.49	0.66	1.15
7	0.54	0.72	1.24
8	0.59	0.78	1.35
9	0.64	0.84	1.44
A	0.7	0.9	1.53
B	0.75	0.96	1.62
C	0.8	1.02	1.71
D	0.85	1.08	1.8
E	0.9	1.14	1.9
F	0.95	1.2	2

#### Note

- The maximum value of the motor's operating current is set as its rated current.
- The actual operating current may vary from the applicable value in the table depending on the motor used.

## ■ Standstill current

Set the motor standstill current using the motor standstill current potentiometer (STOP).

The motor standstill current is the motor operating current multiplied by current cutback ratio.

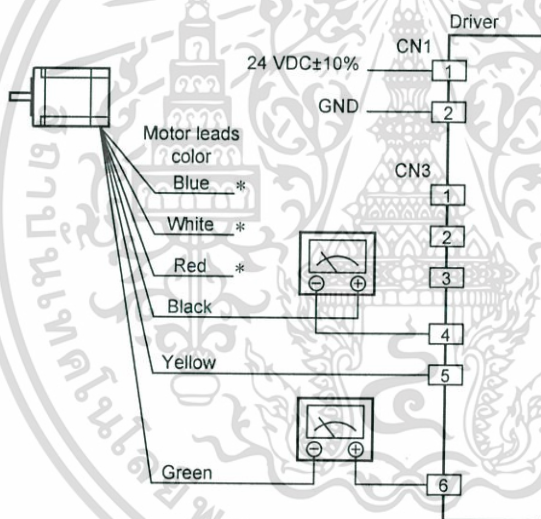
Factory setting: 40% of the rated current

### Note

- A range of adjustment of the current at motor standstill is within 40% of motor operating current. When the current at motor standstill is decreased too much, motor starting or maintenance of the location may be hindered. Do not reduce it any more than is necessary.
- When operating the potentiometer, use a precision screwdriver.
- When setting the current at motor standstill, be sure to do so after setting the motor's operating current and turning off the power supply to the driver.

### Setting method

Set the motor standstill current using ammeters.

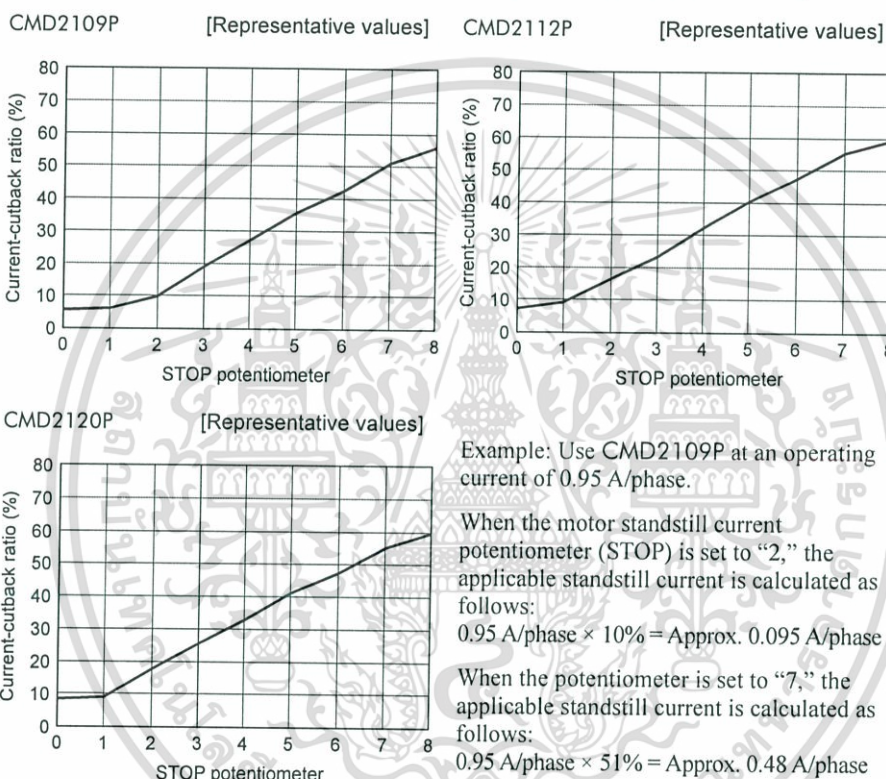


### Note

- Check the colors of motor lead wires and connect them correctly and securely. Wrong connection of lead wires or poor contact may damage the driver.
- Damage result if the blue, white and red (\*) motor lead wires are touched. Provide an insulation measure to protect against electric shock.

## 7 Setting

1. Connect a DC ammeter to motor.
2. Turn on the driver's power supply.
3. Use an insulated precision screwdriver to turn the motor standstill current potentiometer (STOP) to adjust the standstill current.  
The sum of readings on two ammeters represents the current for one phase.



4. When the setting is complete, turn off the power supply.  
After about 0.1 second has passed since the pulse was stopped, the motor's operating current automatically decreases to the set value of current at motor standstill.

## 8 Inspection

It is recommended that periodic inspections be conducted for the items listed below after each operation of the motor.

If an abnormal condition is noted, stop the use and contact your nearest office.

### Inspection items

- Are the motor installation screws loose?
- Are there any abnormal sounds from the motor's bearing section (ball bearings) or elsewhere?
- Do any of the motor lead wires have damage or stress, or is there any play at the section for connection with the driver?
- Is there any deviation between the centers of the motor's output shaft and load shaft?
- Are the driver installation screws or connector sections loose?
- Is there any dust or dirt on the driver?
- Are there any strange smells or other abnormalities at the driver?

### Note

The driver uses semiconductor elements. Handle the driver carefully. There is a danger of the driver being damaged by static electricity, etc.

## 9 Troubleshooting and remedial actions

During motor operation, the motor or driver may fail to function properly due to an improper speed setting or wiring. When the motor cannot be operated correctly, refer to the contents provided in this section and take appropriate action. If the problem persists, contact your nearest office.

Phenomenon	Possible cause	Remedial action
<ul style="list-style-type: none"> <li>The motor is not energized.</li> <li>The motor's output shaft can be turned easily by hand.</li> </ul>	Connection error in the motor or power supply.	Check that the connections between the driver, motor and power supply are correct.
	Current potentiometer incorrectly set. If the setting is too low, the motor torque will also be too low and operation will be unstable.	Return the current potentiometer to its factory setting and check.
	The AWO input is set to ON.	Switch the AWO input to OFF and confirm that the motor is excited.
The motor does not run.	Pulse input line connection error.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Check the controller and driver connections.</li> <li>Check the pulse input specifications (voltage and width).</li> </ul>
	The CW input and the CCW input came ON at the same time.	Input either the CW input or the CCW input, and always switch the other terminal to OFF.
The motor rotates in the direction opposite that which is specified.	The CW input and the CCW input are connected in reverse.	Connect the CW pulses to the CW pulse input (pin No.1 and 2), and connect the CCW pulses to the CCW pulse input (pin No.3 and 4).
Motor operation is unstable.	Motor connection error.	Check that the driver and motor connections are correct.
	Current potentiometer incorrectly set. If the setting is too low, the motor torque will also be too low and operation will be unstable.	Return the current potentiometer to its factory setting and check.

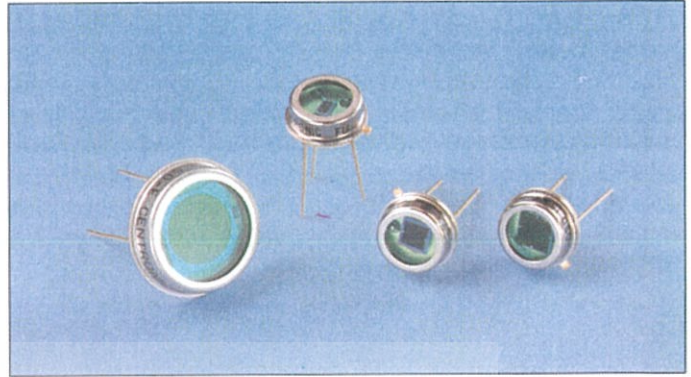
Phenomenon	Possible cause	Remedial action
Loss of synchronization during acceleration or running.	The centers of the motor' output shaft and load shaft are not aligned.	Check the connection condition of the motor output shaft and load shaft.
	The load or load fluctuation is too high.	Check for large load fluctuations during motor operation. If adjusting the motor's operating speed to low and high torque eliminates the problem, it is necessary to review the load conditions.
	The speed of the starting pulse is too high.	Lower the speed of the starting pulse.
	The acceleration (deceleration) time is too short.	Lengthen the acceleration (deceleration) time.
	Electrical noise.	Check running with only the motor, driver and required controller. If the impact of noise is recognized, take countermeasures, such as rewiring for greater distance from the noise source, changing the signal cables to shielded wire, or mounting a ferrite core.
Motor does not move the set amount.	Mistake in switching CS input.	Check the CS input state.
	Wrong step angle settings.	Check the settings of the step angle setting switches.
	Pulse output count is too low or too high.	Check whether or not the number of pulses required for operation at the set step angle are being output.
Current does not drop when the motor stops.	The ACDOFF input is set to ON.	Switch ACDOFF input to OFF.

9 Troubleshooting and remedial actions

Phenomenon	Possible cause	Remedial action
Motor vibration is too loud.	The centers of the motor's output shaft and load shaft are not aligned.	Check the connection condition of the motor output shaft and load shaft.
	Motor is resonating.	If the vibration decreases when the operating pulse speed is changed, it means the motor is resonating. Change the operating pulse speed setting or install a clean damper (sold separately) to suppress vibration.
	Load is too small.	Turn the motor operating current setting switch slightly in the counterclockwise direction in order to lower the current. Vibration will increase if the motor's output torque is too large for the load.
Motor is too hot.	Long continuous operation time of the motor.	Decrease the operation time of the motor per session or increase the standstill time. Make sure that the motor case temperature will not exceed 100 °C (212 °F).
	The ACDOFF input is set to ON.	Switch ACDOFF input to OFF.
	Motor standstill current adjustment is too high.	Lower the motor standstill current.
TIM output does not work.	CS input switched to ON when TIM output is not being output.	Switch the CS input to ON when TIM output is being output.

## EYE RESPONSE DETECTORS

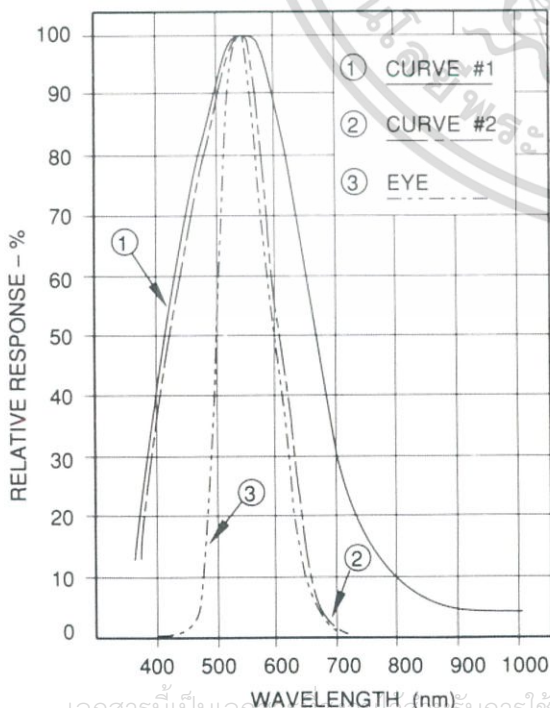
Centronic Series E photodetectors use the successful Series 5T chip together with high quality glass colour correcting filters. The resulting spectral response approximates to that of the human eye making this device ideal for use in general photometric applications.



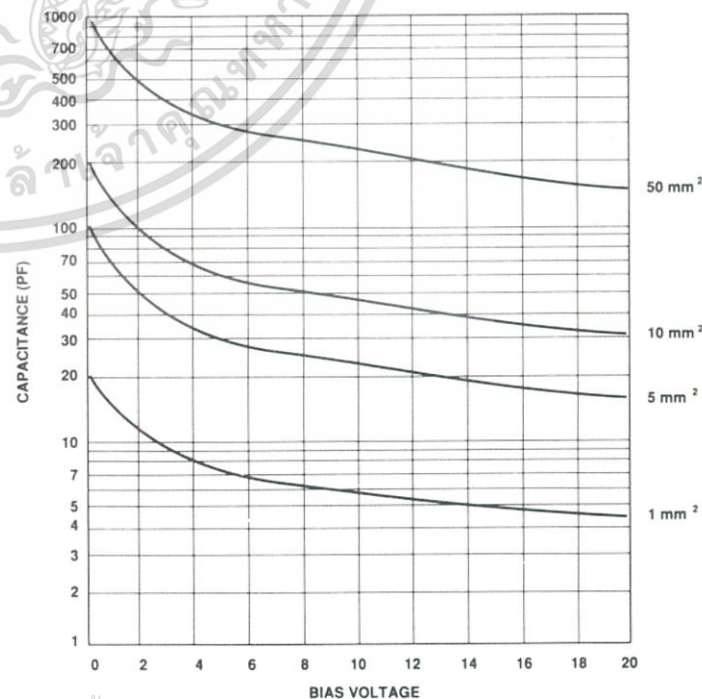
## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

	Max. Rating
DC Reverse Voltage	15V
Peak Pulse Current (1 $\mu$ s, 1% duty cycle)	200mA
Peak DC Current	10mA
Storage Temperature Range	-25°C to +85°C
Operating Temperature Range	-25°C to +75°C
Soldering Temperature for 5 seconds max.	200°C

Series E - Typical Spectral Response  
(for equal energy source)



Series E - Typical Capacitance versus  
Bias Voltage for a given Detector area



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Electrical / Optical Specifications

Characteristics measured at 22° C (±2) ambient, and a reverse bias of 12 volts, unless otherwise stated.  
Shunt Resistance measured at ±10mV.

### Single Elements

Type No.	Active Area		Responsivity nA Lux <sup>-1</sup>		Dark Current nA		NEP WHz <sup>-1/2</sup> λ = 550 nm Typ.	Capacitance pF		Shunt Resistance Megohms		Spectral Curve (Page 22)	Risetime ns λ = 630 nm R <sub>L</sub> = 50 Ω Typ.	Package
	mm <sup>2</sup>	mm	Min.	Typ.	Max.	Typ.		Vr = 0 Max.	Vr = 12V Max.	Min.	Typ.			
OSD1-E	1	1.13 dia	1.5	2	2	0.5	1.5 x 10 <sup>-14</sup>	30	6	100	1000	1	7	1
OSD3-E	3	2.16 x 1.4	4	5	5	1	1.8 x 10 <sup>-14</sup>	80	20	60	700	1	9	1
OSD5-E	5	2.52 dia	6	7.5	10	2	1.9 x 10 <sup>-14</sup>	130	35	40	600	1	9	3
OSD7.5-E	7.5	2.75 x 2.75	8	11	10	2	2.7 x 10 <sup>-14</sup>	150	40	30	300	1	10	3
OSD15-E	15	3.8 x 3.8	16	22	10	3	5.2 x 10 <sup>-14</sup>	390	80	5	80	1	12	3
OSD50-E	50	7.98 dia	22	30	40	5	9.3 x 10 <sup>-14</sup>	1300	270	1.5	25	2	26	9
OSD60-E	62	7.9 x 7.9	26	35	50	9	1.3 x 10 <sup>-13</sup>	1800	310	1	12	2	30	9
OSD100-E	100	11.3 dia	45	60	100	20	1.2 x 10 <sup>-13</sup>	2500	520	1	15	2	45	13

Note: In addition to the Series E listed above, Centronic can provide any other detector in this catalogue with optical filters. Contact factory directly for more information.

### Unit Conversion Table for Illuminance

The Series E photodiodes have been colour corrected to provide a photopic response. They can be used as low cost illuminance monitors for many instrument and industrial applications. The following table provides useful conversion factors for various illuminance units.

lux lx(lm/m <sup>2</sup> )	phot ph(lm/cm <sup>2</sup> )	foot-candle fc(lm/ft <sup>2</sup> )	watt per square centimetre* W/cm <sup>2</sup>
1	1.000 x 10 <sup>-4</sup>	9.290 x 10 <sup>-2</sup>	5.0 x 10 <sup>-6</sup>
1.000 x 10 <sup>4</sup>	1	9.290 x 10 <sup>2</sup>	5.0 x 10 <sup>-2</sup>
1.076 x 10 <sup>1</sup>	1.076 x 10 <sup>-3</sup>	1	5.4 x 10 <sup>-5</sup>
2.0 x 10 <sup>5</sup>	2.0 x 10 <sup>1</sup>	1.9 x 10 <sup>4</sup>	1

\* Total irradiance (measured value) by the CIE standard light source "A".

Highlighted items are Centronic standard products generally available from stock



ไม่ว่าที่ไหน ทุกที่ ทุกเวลา โทรหาเราได้ที่ 01689 808022 หรือ 01689 845117