สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องมือวิเคราะห์
ริ้วรอยการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสง

นายจักรพันธ์ พลนครเดช
นายไพฑูรย์ อาภาไพโรจน์

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2543

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 40211
วัน, เดือน, ปี 20 ส.ค. 2544
b 11093051
i
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Optical Interference And Diffraction Patterns Characterization Instrument

Mr. Jakkapan Polnakorndej

Mr. Paitoon Apapairoje

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the

Reguirement for the Degree of Bachelor of Science

Department of Applied Physics

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ เครื่องมือวิเคราะห์ริ้วรอยการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสง

โดย นายจักรพันธ์ พลนครเดช

นายไพฑูรย์ อาภาไพโรจน์

ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์วิษณุ เพชรภา

ผศ.ดร.จิติ หนูแก้ว

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับโครงงานพิเศษฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

..... หัวหน้าภาควิชา

(ผศ.วิชาญ เตชิตธีระ)

คณะกรรมการโครงงานพิเศษ

..... ประธานกรรมการ

รศ.สุวรรณ คูสำราญ

..... กรรมการ

ผศ.ดร.จิติ หนูแก้ว

..... กรรมการ

อ.วิษณุ เพชรภา

..... กรรมการ

ผศ.วิชาญ เตชิตธีระ

..... กรรมการ

อ.ธนภรณ์ ลีลาวัฒนานนท์

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ เครื่องมือวิเคราะห์ริ้วรอยการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสง

นักศึกษา นายจักรพันธ์ พลนครเดช

นายไพฑูรย์ อาภาไพโรจน์

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์วิษณุ เพชรภา

ผศ.ดร.จิติ หนูแก้ว

ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้ทำการสร้างเครื่องมือเพื่อหาความกว้างของแถบสว่างของแสงบนฉาก ที่เกิดจากการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงจากแสงเลเซอร์ที่ส่องผ่านซ่องสลิต ซึ่งสามารถนำไปหาความกว้างของสลิตเดี่ยวและสลิตคู่ อุปกรณ์ตรวจวัดแสงจะวัดค่าความเข้มแสงของริ้วรอยการแทรกสอดหรือการเลี้ยวเบน ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามระยะทางบนฉาก

การสั่งงานการจัดเก็บข้อมูลและการประมวลผลข้อมูลเป็นแบบอัตโนมัติผ่านคอมพิวเตอร์ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปหาค่าความกว้างของสลิตเดี่ยวหรือระยะห่างของสลิตคู่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Optical Interference And Diffraction Patterns Characterization Instrument
Name	Mr.Jakkapan Polnakorndej
	Mr.Paitoon Apapairoje
Special Project Advisor	Mr. Wisanu Pecharapa
	Asst. Prof. Dr. Jiti Nukeaw
Department	Applied Physics
Academic Year	2000

Abstract

This special project is to develop an instrument for measuring either interference patterns or diffraction patterns appearing on the screen. A photodetector is arranged to detect the Light intensities varying with screen distance. Related data in terms of voltage from the detector is stored and processed automatically by computer via communication port. The patterns are demonstrated graphically and the computer program is employed to calculate the aperture width and the width seperation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้ประสบกับปัญหาและอุปสรรค์ต่างๆมากมาย และการแก้ไข้ปัญหาเหล่านี้จะไม่สามารถแก้ไขปัญหาและอุปสรรค์ดังกล่าวได้ ถ้าหากขาดบุคคลเหล่านี้

อาจารย์ วิษณุ เพชรภา	ผู้ที่ให้ความรู้ คำแนะนำและแนวทางในการแก้ปัญหา
บิดา มารดา	ที่ให้ความสนับสนุนด้านทุนการศึกษา และคอยเป็นกำลังใจให้ตลอดมา
นายสันติชัย พวงแก้ว	ที่ให้อุปกรณ์การทำงาน
นางสาวศริษา วังทอง	ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำงาน
เพื่อนๆ น้องๆ ทุกคน	ที่เป็นกำลังใจให้ตลอดมา และทำให้ชีวิตสดชื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่1 บทนำ	
1.1 ที่มาของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 วิธีการดำเนินงานและขอบข่ายการทำงาน	1
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่2 ทฤษฎี	
2.1 การแทรกสอดของแสง (Interference)	3
2.2 การเลี้ยวเบน (Diffraction)	5
2.2.1 การเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยว	6
2.2.2 การแผ่กระจายของลำแสง	7
2.2.3 การเลี้ยวเบนผ่านสลิตคู่	8
2.3 หลักการทำงานและการควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์	10
2.4 การกระตุ้นและควบคุมการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์	11
บทที่3 การวิจัยและการดำเนินการ	
3.1 การออกแบบวงจร	14
3.1.1 ติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์	14
3.1.2 ส่วนประมวลผลโดยชิปไมโครคอนโทรลเลอร์	14
3.1.3 ส่วนรับแสง	15
3.1.4 ส่วนแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล	15
3.1.5 ส่วนควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์	17
3.1.6 ส่วนแสดงผลทาง Liquid Crystal Display (LCD)	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การพัฒนาโปรแกรม 18
3.2.1 โปรแกรมภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรเลอร์ 18
3.2.2 โปรแกรม Visual basic ควบคุมคอมพิวเตอร์ 20
3.3 ภาพอุปกรณ์ของโครงงาน 22
บทที่4 ผลการวิจัย
4.1 การทดสอบการทำงานของฮาร์ดแวร์ 24
4.1.1 ทดสอบการทำงานของวงจรที่ใช้แปลงสัญญาณ 24
อนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล
4.1.2 ทดสอบการทำงานของวงจรที่ใช้บังคับ 25
สเต็ปเปอร์มอเตอร์
4.1.3 ทดสอบการทำงานของตัว Photo Resistor 25
4.2 ทดสอบการทำงานของโปรแกรม 26
4.2.1 ทดสอบการทำงานของโปรแกรมที่ใช้วัดความ 26
กว้างของริ้วแทรกสอดและวาดกราฟ
4.2.2 ทดสอบด้านการวิเคราะห์ข้อมูลของโปรแกรม 27
4.3 ผลการทดลอง 27
4.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง 36
บทที่5 สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ
5.1 สรุปผลการศึกษา 40
5.2 ข้อเสนอแนะ 40
ภาคผนวก ก Source Code Program
ภาคผนวก ข รายละเอียดของอุปกรณ์
เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงลำดับการทำงานของขดลวดในแต่ละเฟสของมอเตอร์ เมื่อได้รับการกระตุ้นแบบหนึ่งเฟส 12
ตารางที่ 2.2 แสดงลำดับการทำงานของขดลวดในแต่ละเฟสของมอเตอร์ เมื่อได้รับการกระตุ้นแบบสอลเฟส 12
ตารางที่ 2.3 แสดงลำดับการทำงานของขดลวดในแต่ละเฟสของมอเตอร์ เมื่อได้รับการกระตุ้นแบบคลึ่งเฟส 13
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเปรียบเทียบความกว้างของสลิตเดี่ยวที่ใช้ทดลองกับที่วัดได้ 36
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเปรียบเทียบความกว้างของสลิตคู่ที่ใช้ทดลองกับที่วัดได้ 37
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเปรียบเทียบระยะห่างระหว่างสลิตคู่ที่ใช้ทดลองกับที่วัดได้ 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงแผนภาพของการทดลองสลิตคู่ของยัง	3
รูปที่ 2.2 (ก) การเลี้ยวเบนแบบฟรอนโฮเฟอร์	5
(ข) ภาพถ่ายการเลี้ยวเบน	6
(ค) การเลี้ยวเบนแบบเฟรสเนล	6
รูปที่ 2.3 การเลี้ยวเบนของแสงโดยสลิตแคบๆ ขนาดกว้าง a	7
รูปที่ 2.4 แสดงการแผ่กระจายของแถบสว่างกลางในการเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยว	8
รูปที่ 2.5 แสดงรายละเอียดของสลิตคู่ที่มีระยะห่างสลิตเป็น a และ ความกว้างของสลิตเป็น b	9
รูปที่ 2.6 (ก) กราฟของการเลี้ยวเบนกับการแทรกสอด	10
(ข) irradiance ของการเลี้ยวเบนจากสลิตคู่	10
(ค) ภาพการเลี้ยวเบนจากสลิตคู่	10
รูปที่ 2.7 โครงสร้างอย่างง่ายของสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบยูนิโพล่าร์	11
รูปที่ 3.1 แสดงแผนภาพไดอะแกรมของเครื่องมือ	14
รูปที่ 3.2 วงจรส่วนรับแสงโดยใช้ Photo Resistor	15
รูปที่ 3.3 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลโดยใช้ไอซี ADC0804A	16
รูปที่ 3.4 วงจรควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์โดยใช้ไอซี ULN2003	17
รูปที่ 3.5 วงจรควบ Liquid Crystal Display (LCD)	18
รูปที่ 3.6 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมโดยภาษาซีที่ติดต่อทางคอมพิวเตอร์	19
รูปที่ 3.7 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมโดยภาษาซีที่ติดต่อทางคอมพิวเตอร์	20
รูปที่ 3.8 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรม Visual Basic	21
รูปที่ 3.9 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกม Visual Basic (ต่อ)	22
รูปที่ 3.10 แสดงตัวสเต็ปเปอร์มอเตอร์และตัวเลื่อนตัวตรวจวัด	22
รูปที่ 3.11 แสดงภาพภายในของเครื่องวัด	23
รูปที่ 3.12 แสดงอุปกรณ์แสดงผลทาง Liquid Crystal Display (LCD)	23
รูปที่ 4.1 วงจรทดสอบการทำงานของADC0804	24
รูปที่ 4.2 วงจรทดสอบการทำงานของULN2003A	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 วงจรทดสอบการทำงานของ Photo Resistor 25
รูปที่ 4.4 ภาพแสดงการจัดอุปกรณ์การทดลอง 26
รูปที่ 4.5 แสดงภาพแสดงการการตั้งอุปกรณ์ในการทดลอง 26
รูปที่ 4.6 ภาพการทดลองจากสลิตเดี่ยว ความกว้างสลิต 0.02 mm 28
ที่ระยะสลิตถึงฉาก 10 cm
รูปที่ 4.7 ภาพการทดลองจากสลิตเดี่ยว ความกว้างสลิต 0.02 mm 28
ที่ระยะสลิตถึงฉาก 18 cm
รูปที่ 4.8 ภาพการทดลองจากสลิตเดี่ยว ความกว้างสลิต 0.04 mm 29
ที่ระยะสลิตถึงฉาก 25.4 cm
รูปที่ 4.9 ภาพการทดลองจากสลิตเดี่ยว ความกว้างสลิต 0.04 mm 29
ที่ระยะสลิตถึงฉาก 37.6 cm
รูปที่ 4.10 ภาพการทดลองจากสลิตเดี่ยว ความกว้างสลิต 0.08 mm 30
ที่ระยะสลิตถึงฉาก 37.6 cm
รูปที่ 4.11 ภาพการทดลองจากสลิตเดี่ยว ความกว้างสลิต 0.08 mm 30
ที่ระยะสลิตถึงฉาก 48.2 cm
รูปที่ 4.12 ภาพการทดลองจากสลิตเดี่ยว ความกว้างสลิต 0.16 mm 31
ที่ระยะสลิตถึงฉาก 48.2 cm
รูปที่ 4.13 ภาพการทดลองจากสลิตเดี่ยว ความกว้างสลิต 0.16 mm 31
ที่ระยะสลิตถึงฉาก 70.8 cm
รูปที่ 4.14 ภาพการทดลองจากสลิตคู่ ความกว้างสลิต 0.04 mm 32
ระยะห่างระหว่างสลิต0.25 mm ที่ระยะสลิตถึงฉาก 28 cm
รูปที่ 4.15 ภาพการทดลองจากสลิตคู่ ความกว้างสลิต 0.04 mm 32
ระยะห่างระหว่างสลิต 0.25 mm ที่ระยะสลิตถึงฉาก 43 cm
รูปที่ 4.16 ภาพการทดลองจากสลิตคู่ ความกว้างสลิต 0.04 mm 33
ระยะห่างระหว่างสลิต 0.50 mm ที่ระยะสลิตถึงฉาก 44 cm
รูปที่ 4.17 ภาพการทดลองจากสลิตคู่ ความกว้างสลิต 0.04 mm 33
ระยะห่างระหว่างสลิต 0.25 mm ที่ระยะสลิตถึงฉาก 51 cm
รูปที่ 4.18 ภาพการทดลองจากสลิตคู่ ความกว้างสลิต 0.08 mm 34
ระยะห่างระหว่างสลิต 0.25 mm ที่ระยะสลิตถึงฉาก 56.3 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.19 ภาพการทดลองจากสลิตคู่ ความกว้างสลิต 0.08 mm 34
ระยะห่างระหว่างสลิต 0.25 mm ที่ระยะสลิตถึงฉาก 75.9 cm
รูปที่ 4.20 ภาพการทดลองจากสลิตเดี่ยว ความกว้างสลิต 0.08 mm 35
ที่ระยะสลิตถึงฉาก 36 cm ระยะทางจากสลิตถึงแสงเลเซอร์ 6 cm
รูปที่ 4.21 ภาพการทดลองจากสลิตเดี่ยว ความกว้างสลิต 0.08 mm 35
ที่ระยะสลิตถึงฉาก 36 cm ระยะทางจากสลิตถึงแสงเลเซอร์ 21 cm
รูปที่ 4.22 กราฟเปรียบเทียบความกว้างของสลิตเดี่ยว 36
รูปที่ 4.23 กราฟเปรียบเทียบความกว้างของสลิตคู่ 37
รูปที่ 4.24 กราฟเปรียบเทียบระยะห่างระหว่างสลิตคู่ 38
รูปที่ 4.25 กราฟเปรียบเทียบความเร็วในการสแกนต่อหนึ่งสเต็ป 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาของโครงงาน

จากการที่ได้ทำการทดลองเรื่องการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสงที่ผ่านมา ได้พบปัญหาในการทดลองคือ การวัดความกว้างของแถบสว่างและแถบมืด เพื่อนำไปหาความกว้างของช่องสลิต ซึ่งห้องที่ใช้ทดลองเป็นห้องมืด จึงเป็นการยากที่จะวัดความกว้างของแถบสว่างและมืดได้อย่างถูกต้อง และเมื่อนำค่าไปคำนวณหาความกว้างของช่องสลิตจึงทำให้ผลที่ได้มีค่าผิดพลาดมาก จึงมีแนวคิดว่าน่าจะประดิษฐ์อุปกรณ์ที่ช่วยในการวัดความกว้างแถบสว่างและมืด และทำการคำนวณหาความกว้างของช่องสลิต เพื่อความสะดวกในการทดลอง และลดความผิดพลาดในการทดลอง

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาการเกิดการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดผ่านสลิตของแสงโดยใช้เลเซอร์

1.2.2 เพื่อสร้างอุปกรณ์ในการวัดความกว้างของแถบสว่างและมืดจาก ความเข้มแสงกับระยะทาง ซึ่งสามารถนำไปคำนวณหาค่าความกว้างของสลิตและระยะระหว่างสลิตได้

1.2.3 เพื่อศึกษาการใช้โปรแกรม Visual Basic สำหรับการเชื่อมต่อและควบคุมอุปกรณ์ภายนอก

1.3 วิธีการดำเนินงานและขอบข่ายการทำงาน

ในโครงงานพิเศษนี้ได้จัดทำเครื่องวัดความความเข้มแสงกับระยะทางบนฉากรับแสง ซึ่งเราจะทำการเขียนกราฟระหว่างแกนตั้งเป็นความเข้มและแกนนอนเป็นระยะทางซึ่งสามารถหาความกว้างของแถบสว่างและแถบมืดได้จากกราฟและคำนวณหาความกว้างของสลิต

<u>ขั้นตอนการทำงานโครงงานพิเศษ</u>

1. ศึกษาทฤษฎีการเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยวและการแทรกสอดของแสงที่ผ่านสลิตคู่
2. ศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 และการเชื่อมต่อ
3. ศึกษาการเขียนโปรแกรม Visual Basic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การออกแบบวงจรในแต่ละส่วน
5. ทำการทดลองเก็บข้อมูลที่ความกว้างของสลิตต่าง
6. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผล
7. สรุปผลการทดลอง

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1 ได้อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสง

1.4.2 นำไปประยุกต์หาขนาดความกว้างของช่องที่แสงผ่าน

1.4.3 เกิดความชำนาญด้านการเขียนโปรแกรมควบคุม

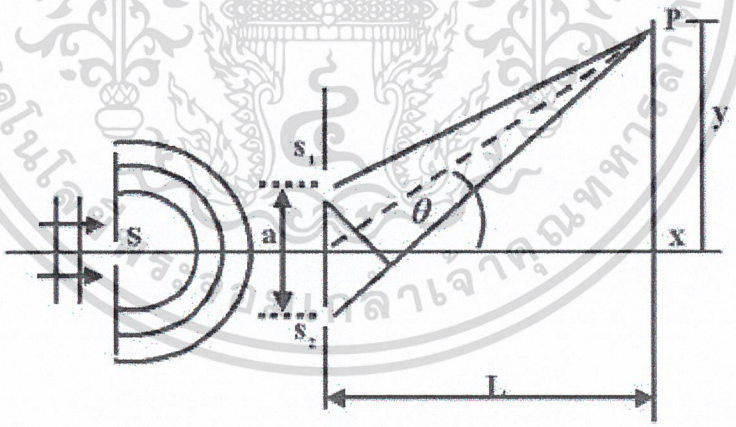
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี

2.1 การแทรกสอดของแสง (Interference)

การแทรกสอด (Interference) ของแสง ซึ่งอธิบายได้ด้วยการรวมคลื่น ปรากฏการณ์นี้เป็นการรวมคลื่น 2 คลื่นขึ้นไป แล้วส่งผลให้เกิดการเพิ่มและการลดในแอมพลิจูดของคลื่นรวม การแทรกสอดที่ส่งผลให้เกิดการเพิ่มแอมพลิจูดของคลื่นรวมเรียกว่า **การแทรกสอดแบบเสริมสร้าง** (constructive interference) ส่วนการแทรกสอดที่ส่งผลให้เกิดการลดแอมพลิจูดของคลื่นรวม เรียกกว่า **การแทรกสอดแบบหักล้าง** (destructive interference) ภาพที่เรามองเห็นและแสดงการเพิ่ม-ลดในลักษณะนี้เรียกว่าภาพหรือริ้วการแทรกสอด (interference pattern or fringe) ปรากฏ-การณ์นี้ทำได้โดยคิดว่าแสงเคลื่อนที่ในแบบคลื่น และมีการรวมกันตามหลักการซ้อนทับของคลื่นเงื่อนไขสำคัญในการที่จะทำให้เรามองเห็นภาพการแทรกสอด คือ แหล่งกำเนิดทั้งสองต้องมีสมบัติของความเป็นอาพันธ์อยู่บ้าง

ในปี พ.ศ.2345 นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ทอมัส ยังได้ทดลองดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงแผนภาพของการทดลองสลิตคู่ของยัง

ณ จุด P ใดๆ บนฉาก (ซึ่งฉากนี้อยู่ห่างจากสลิตคู่เป็นระยะ s) คลื่นจาก S_1 และ S_2 ที่มาถึงจุด P จะมีความต่างเฟสจากระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่มาถึง จากรูปที่ 2.1 ถ้า

$$S_2P - S_1P = m\lambda \qquad : m = 0,\pm1,\pm2,... \qquad (1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่นที่มาจากสลิต S_1 และ S_2 จะไปถึง P โดยมีเฟสตรงกัน และได้ผลเป็นการแทรกสอดแบบเสริมสร้างและให้แถบสว่างบนฉาก

แต่ถ้า $$S_2P - S_1P = (m + \frac{1}{2})\lambda \qquad : m = 0,\pm1,\pm2,... \qquad (2)$$

คลื่นที่มาจากสลิต S_1 และ S_2 จะไปถึง P โดยมีเฟสตรงข้ามกัน และได้ผลเป็นการแทรกสอดแบบหักล้างกันและปรากฏเป็นแถบมืดขึ้นบนฉาก

เนื่องจากสลิตทั้งสองอยู่ใกล้กันมาก ระยะห่างระหว่างสลิตถือได้ว่ามีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับระยะ s จากสลิตนี้ถึงฉาก หากเราทำการประมาณค่าใน 2 กรณีโดยอาศัยเงื่อนไขข้างต้นดังนี้

กรณีแรก ถ้า Q เป็นจุดบน S_2P โดยที่ PQ มีค่าเท่ากับ PS_1 ดังนั้นความแตกต่างของระยะทาง (path difference) ระหว่างคลื่นทั้งสองที่ไปถึง P หรือ

$$S_2P - S_1P = S_2Q = \Delta \qquad (3)$$

S_1Q เป็นส่วนโค้งของวงกลมที่มี P เป็นจุดศูนย์กลางและมีรัศมีเท่ากับ S_1P หรือเท่ากับ PQ ถ้าเราประมาณว่า S_1Q เป็นเส้นตรง และเป็นด้านฐานของสามเหลี่ยมมุมฉาก S_1S_2Q โดยที่ S_1Q ทำมุม θ กับ S_1S_2 จะได้ว่า

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

เมื่อ a เป็นระยะระหว่าง S_1 กับ S_2

กรณีที่สอง ถ้าพิจารณา OX เป็นเส้นที่ลากจากจุดกึ่งกลางของ S_1S_2 ไปตั้งฉากกับฉากจากรูปจะได้ว่า OX ตั้งฉากกับ S_1S_2 และ OP ตั้งฉากกับ SQ โดยประมาณ ถ้าเปรียบเทียบสามเหลี่ยมมุมฉาก S_1QP กับ OXP จะได้ว่า มุมระหว่าง OX กับ OP จะมีค่าเป็น θ ด้วย โดยสรุป จะได้ว่าการแทรกสอดแบบเสริมสร้างกันที่จุด P จะเกิดขึ้นเมื่อ

$$S_2P - S_1P = \Delta = m\lambda \cong a\sin\theta \qquad (5)$$

และการแทรกสอดแบบหักล้างกันที่จุด P จะเกิดเมื่อ

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

สรุปได้ว่า ตำแหน่ง P ที่ได้แถบสว่างเป็นอันดับที่ m จะมีค่า

$$y_m = \frac{m\lambda s}{a} \qquad : m = 0,\pm1,\pm2,... \qquad (7)$$

และแถบสว่าง 2 แถบที่ติดกันจะอยู่ห่างกันเท่ากับ

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

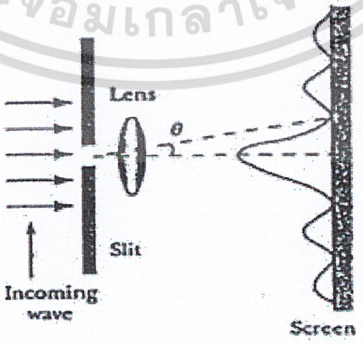
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีแถบมืดคั่นกลางแถบสว่างทั้งสองระยะระหว่างแถบสว่างนี้จะแปรผันโดยตรงกับความยาวคลื่น λ และระยะจากสลิตถึงฉาก และแปรผันกับระยะห่างระหว่างสลิตคู่ a ดังนั้นถ้าให้ค่า a ลดลงจะทำให้แถบสว่างห่างกันมากขึ้น การวัดระยะห่างระหว่างแถบสว่างนี้จะทำให้เราหาค่าความยาวคลื่น λ หรือ ระยะห่างระหว่างสลิต(a) ได้

2.2 การเลี้ยวเบน (Diffraction)

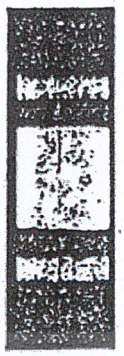
เมื่อแสงผ่านรูเล็กๆ จะปรากฏริ้วของการแทรกสอด มากกว่าจะเห็นเป็นลำแสงเป็นจุดที่คมชัดแสดงว่าเมื่อแสงผ่านรูเล็กๆ มีการกระจายออกไปยังบริเวณฉากรับแสง คลื่นอื่นๆ เช่นคลื่นเสียงและคลื่นน้ำมีสมบัติเปลี่ยนทิศการเคลื่อนที่ได้เมื่อเคลื่อนที่กระทำกับขอบ ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า **การเลี้ยวเบน** (diffraction) ซึ่งสามารถพิจารณาได้ว่าเป็นการแทรกสอดของแหล่งกำเนิดแสงจำนวนมาก ฉะนั้นการเลี้ยวเบนมีลักษณะสมนัยกับการแทรกสอด

ปรากฏการณ์การเลี้ยวเบนจำแนกออกเป็น 2 ประเภท คือ การเลี้ยวเบนแบบฟรอนโฮเฟอร์ (Fraunhofer diffraction) ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อแสงเดินทางไปยังฉากไกลเกือบเป็นแสงขนานซึ่งสามารถทดลองได้โดยวางฉากไกลออกไปจากรูเล็ก ๆ ดังแสดงในรูป 2.2 หรือ โดยการใช้เลนซ์นูนเพื่อโฟกัสรังสีขนานให้ตกบนฉาก ริ้วรอยที่สว่างจะปรากฏที่ตำแหน่ง $\theta = 0$ และมีแถบมืดและสว่างสลับกันทั้งสองเมื่อวางฉากในระยะที่จำกัดห่างจากสลิต และมีแถบมืดและสว่างสลับกันทั้งสองเมื่อวางฉากในระยะที่จำกัดห่างจากสลิต และไม่ใช้เลนส์นูนรวมแสง ริ้วการเลี้ยวเบนแบบนี้เรียกว่าการเลี้ยวเบนแบบ เฟรส์เนลดังแสดงในรูปแพทเทอร์นการเลี้ยวเบนในรูปที่ 2.2 (ค) และเป็นตัวอย่างของการเลี้ยวเบนแบบเฟรส์เนล

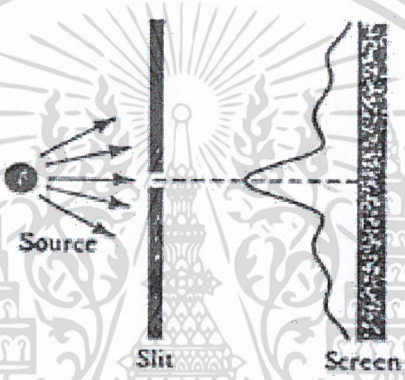


(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข)



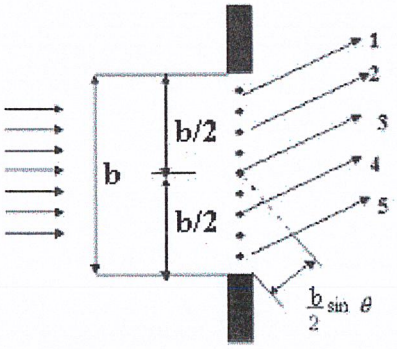
(ค)

รูปที่ 2.2 (ก) การเลี้ยวเบนแบบฟรอนโฮเฟอร์
(ข) ภาพถ่ายการเลี้ยวเบน
(ค) การเลี้ยวเบนแบบเฟรส์เนล

2.2.1 การเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยว (Single slit diffraction)

จากที่ได้ศึกษาได้ถือว่าสลิตเป็นแหล่งกำเนิดของแสง โดยพิจารณาวิธีหาว่าสลิตจะกว้างเท่าไร โดยการพิจารณาให้แสงออกมาจากส่วนต่างๆ ของสลิตดังแสดงในรูป 2.3 จากหลักของไฮย์เกน แต่ละจุดของสลิตทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดคลื่น ดังนั้นแสงแต่ละส่วนของสลิตสามารถแทรกสอดกันได้ และความเข้มของแสงบนฉากขึ้นอยู่กับมุม θ เพื่อวิเคราะห์ริ้วของการเลี้ยวเบน โดยจะแบ่งสลิตออกเป็นสองส่วนเท่ากัน ดังแสดงในรูป 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 การเลี้ยวเบนของแสงโดยสลิตแคบๆ ขนาดกว้าง b

คลื่นทุกคลื่นออกมาจากสลิตจะมีเฟสตรงกัน พิจารณาคลื่น 1 กับ 3 ซึ่งออกมาจากส่วนล่างและส่วนบนของสลิตตามลำดับคลื่น 1 เคลื่อนที่ด้วยระยะทางที่มากกว่าคลื่น 3 เท่ากับความแตกต่างเส้นทาง $\left(\frac{b}{2}\right)\sin\theta$ เมื่อ a คือความกว้างสลิต ในทำนองคล้ายกันความแตกต่างเส้นทางของคลื่น 2 กับ 4 มีค่าเท่ากับ $\left(\frac{b}{2}\right)\sin\theta$ ถ้าความแตกต่างเส้นทางเป็นคลื่น 2 กับ 4 ของความยาวคลื่น (เท่ากับความแตกต่างเฟส 180°) ฉะนั้นเงื่อนไขของการแทรกสอดแบบหักล้างกัน
ดังนั้นเงื่อนไขของการแทรกสอดแบบหักล้างกันคือ

$$\sin\theta = \frac{m\lambda}{b} \quad : m = 0,\pm1,\pm2,... \qquad (9)$$

สมการที่(9) นี้ให้ค่า θ สำหรับแพทเทอร์นของการเลี้ยวเบน ความกว้างเชิงมุม (angular width) ของแถบสว่างกลางนี้นิยามว่าเป็นมุม $\Delta\theta$ ระหว่างมืด 2 แถบที่อยู่ข้างแถบสว่างกลาง เมื่อใช้สมการที่ (9) กรณีที่ $m = \pm1$ และประมาณว่า $\sin\theta = \theta$ จะได้

$$\Delta\theta = 2\lambda / b \qquad (10)$$

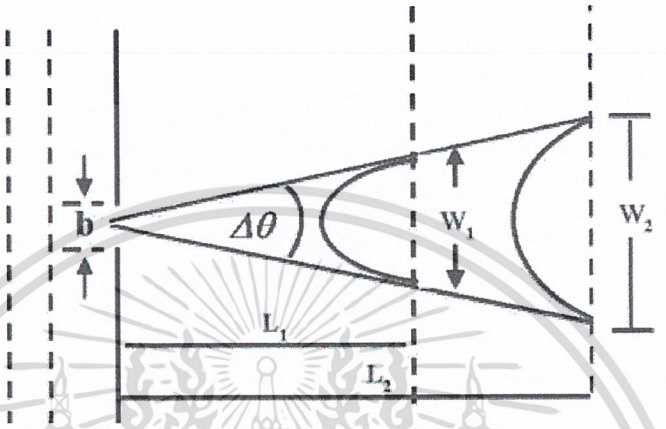
สมการนี้แสดงให้เห็นว่า ถ้าความกว้างของสลิตลดลง แถบสว่างกลางจะกว้างขึ้น และเนื่องจากโดยทั่วไป ความยาวของสลิตมีค่ามากกว่าความกว้างมาก ดังนั้นผลของการเลี้ยวเบนจากหน้าคลื่นตามความยาวของสลิตจึงมีความกว้างเชิงมุมน้อยมาก

2.2.2 การแผ่กระจายของลำแสง (Beam spreading)

สมการ (10) แสดงให้เห็นว่าความกว้างเชิงมุมของแถบสว่างกลางไม่ขึ้นกับระยะระหว่างฉากกับสลิต L ดังนั้นความกว้างเชิงเส้นของแถบจึงเพิ่มขึ้นตามระยะ L ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 4 ซึ่งความกว้าง W ของแถบสว่างกลางจะเขียนได้เป็น สมการที่(11) อาจใช้แสดงการแผ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระจายเชิงเส้นของลำแสงใดๆ ที่เดิมถูกจำกัดให้มีความกว้าง b เมื่อพ้นการจำกัดลำแสงจะแผ่กระจายออกราวกับว่าออกมาจากจุดๆ หนึ่ง แม้ว่าลำแสงเดิมจะเป็นลำแสงเลเซอร์ขนาน ก็จะแผ่กระจายออกเมื่อเกิดการเลี้ยวเบนเสมอ



รูปที่ 2.4 แสดงการแผ่กระจายของแถบสว่างกลางในการเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยว

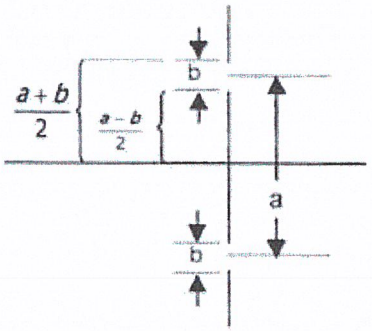
$$W = L\Delta\theta = \frac{2L\lambda}{a} \qquad (11)$$

การแผ่กระจายของลำแสงตามสมการ (10) ใช้ได้กับกรณีของสลิตรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีความกว้างน้อยกว่าความยาวมาก ส่วนสมการ (11) ซึ่งหมายถึงว่า L ต้องมีค่ามากพอที่จะทำให้ W มีค่ามากกว่า b

2.2.3 การเลี้ยวเบนจากสลิตคู่ (Double-slit Diffraction)

การคำนวณหาภาพจากการเลี้ยวเบนของแสงระนาบที่เคลื่อนที่ผ่านสลิตคู่ สามารถทำได้ทำนองเดียวกับของสลิตเดียว ซึ่งรูปที่ 2.5 ลักษณะของสลิตคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงรายละเอียดของสลิตคู่ที่มีระยะระหว่างสลิตเป็น a ความกว้างของสลิตเป็น b

จากการเลี้ยวเบนของสลิตเดี่ยวและการแทรกสอดจากสลิตคู่ของยังส์ เราจะได้การผสมภาพจากการแทรกสอดกับภาพจากการเลี้ยวเบนดังแสดงในรูปที่ 2.6 นั่นเอง ในภาพการเลี้ยวเบนจะมีค่าต่ำสุดเกิดขึ้นที่ค่า $\beta = m\pi$ เมื่อ $m = \pm1,\pm2,\pm3....$ หรือเขียนในเทอมของระยะเชิงมุม θ ได้เป็น

$$m\lambda = b\sin\theta \qquad (12)$$

ซึ่งสมการ(12)นี้เหมือนกับสมการ(9)เมื่อตำแหน่งต่ำสุดของภาพการเลี้ยวเบนนี้ซ้อนทับพอดีกับตำแหน่งสูงสุดในภาพการแทรกสอด จะทำให้แถบสว่างในภาพการแทรกสอดภาพใน

สำหรับค่าสูงสุดในภาพการแทรกสอดจะเกิดขึ้นเมื่อ $\alpha = p\pi$ เมื่อ $p = \pm1,\pm2,...$ หรือเมื่อ

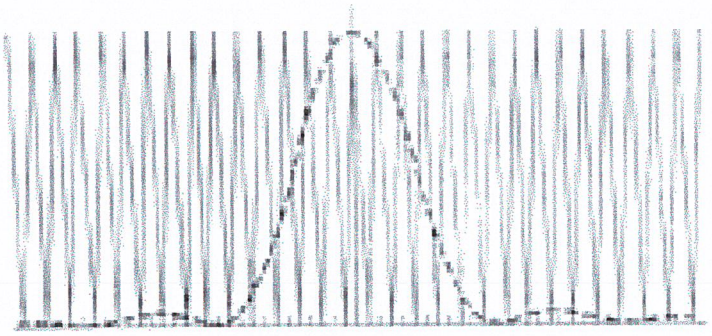
$$p\lambda = a\sin\theta \qquad (13)$$

เราสามารถใช้เงื่อนไขในสมการ(12)และ(13)ซึ่งเกิดขึ้นที่ตำแหน่งเดียวกันบนฉาก หรือ ณ ตำแหน่งที่ θ เท่ากันเป็นการหาเงื่อนไขของอันดับของแถบสว่างในภาพการแทรกสอดที่หายไปได้ โดยนำสมการทั้งสองมาหารกัน จะได้

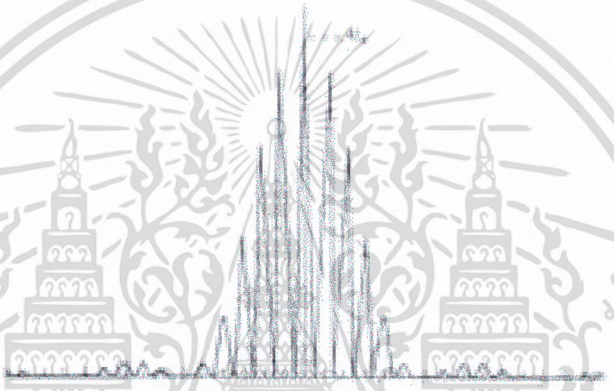
$$a = \frac{p}{m}b \qquad (14)$$

ดังนั้นในกรณีที่ระยะห่างระหว่างสลิต a มีค่าเป็นจำนวนเต็มเท่าของความกว้างสลิต b

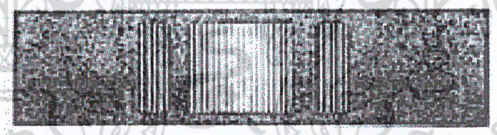
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)



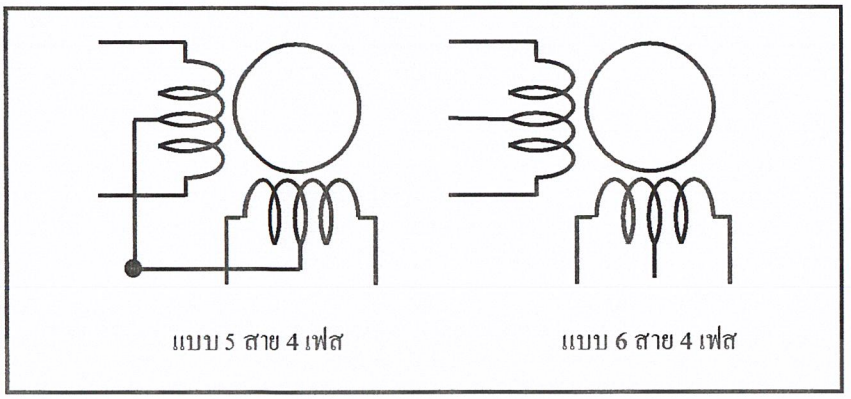
(ค)

รูปที่ 2.6 (ก) กราฟของการเลี้ยวเบน(เส้นประ)กับการแทรกสอด(เส้นทึบ)
(ข) Irrasdiance ของการเลี้ยวเบนจากสลิตคู่
(ค) ภาพการเลี้ยวเบนจากสลิตคู่

2.3 หลักการทำงานและการควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์

สเต็ปเปอร์มอเตอร์ได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง จนในปัจจุบันสเต็ปมอเตอร์ที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายมากที่สุด และหาได้ง่ายคือ สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบยูนิโพล่าร์ (uni-polar stepper motor) มีลักษณะการพันขดลวดของมอเตอร์แสดงในรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะการพันขดลวดของมอเตอร์แบบยูนิโพล่าร์

สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบนี้มีการพันขดลวด 2 ขดบนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ แต่ละขดแบ่งเป็น 2 เฟส รวมมอเตอร์ทั้งตัวจะมี 4 เฟสคือ เฟส 1,2,3 และ 4 มีการต่อสายออกมาจากขดลวดแต่ละขดเพื่อจ่ายไฟเลี้ยง ทำให้สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบนี้มีทั้งแบบ 5 สายและ 6 สาย ถ้าเป็นแบบ 5 สาย จะเป็นการนำสายไฟเลี้ยงของขดลวดทั้งสองมาต่อรวมกันเป็นสายเดียว

2.4 การกระตุ้นและควบคุมการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์

การกระตุ้นและควบคุมการหมุนของมอเตอร์ให้เคลื่อนที่ไปแต่ละสเต็ปทำได้โดยจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังขดลวดทีละขดบนสเตเตอร์ ซึ่งต้องป้อนเป็นแบบซีเควนเชียลในรูปแบบที่ถูกต้อง ด้วยสามารถแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบคือ แบบหนึ่งเฟส,แบบ 2 เฟส (two phase) และแบบครึ่งสเต็ป (half step)

แบบหนึ่งเฟสหรือแบบฟูลสเต็ป (full step) เป็นการกระตุ้นที่มีรูปแบบง่ายที่สุด โดยทำการกระตุ้นขดลวดทีละขดในเวลาหนึ่งไล่เรียงถัดกันไป เช่น เริ่มต้นที่ขดที่ 1,2,3,4 แล้ววนกลับมาขดที่ 1 วนไปเรื่อยๆ หรือเริ่มที่ขดที่ 1 แล้วย้อนไปยังขดที่ 4,3,2 แล้วกลับมายังขดที่ 1 อีกครั้ง ซึ่งทำให้ทิศทางของการหมุนสวนกันในการกระตุ้นรูปแบบนี้จึงมีขดลวดเพียงขดเดียวในเวลาหนึ่งที่ถูกกระตุ้นเท่านั้น วงจรกระตุ้นแบบเวฟจึงมีราคาถูกและง่าย ขั้นตอนการทำงานต่างๆ แสดงดังในตาราง 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	ทำงาน	-	-	-
2	-	ทำงาน	-	-
3	-	-	ทำงาน	-
4	-	-	-	ทำงาน

ตาราง 2.1 แสดงลำดับการทำงานของขดลวดในแต่ละเฟสของมอเตอร์ เมื่อได้รับการกระตุ้นแบบหนึ่งเฟส

แบบ 2 เฟสเป็นการกระตุ้นซึ่งคล้ายกับแบบหนึ่งเฟส แต่การกระตุ้นแบบนี้จะทำการกระตุ้นโดยจ่ายกำลังไฟฟ้าไปที่ขดลวด 2 ขด ที่อยู่ใกล้กันในเวลาเดียวกัน และเรียงถัดกันไป เช่นเดียวกับแบบเวฟ ดังตัวอย่าง ขดลวดชุดแรกที่ถูกกระตุ้นจะเป็นขดที่ 1 และ 2 ตามด้วยการกระตุ้นขดที่ 2 และ 3 ต่อไปเป็นขดที่ 3 และ 4 ถัดไปเป็นขดที่ 4 และ 1 แล้วกลับมาที่ขดที่ 1 และ 2 วนไปตามลำดับเช่นนี้หรือเริ่มที่ขด 1 และ 4 ตามด้วยขดที่ 4 และ 3 ถัดไปเป็นขดที่ 3 และ 2 ต่อไปเป็นขดที่ 2 และ 1 แล้ววนกลับมาที่ขดที่ 1 และ 4 ทิศทางการหมุนจะสวนทางกัน การกระตุ้นสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบนี้สามารถเพิ่มแรงบิดได้มากกว่าแบบเวฟ โรเตอร์จะเคลื่อนที่ด้วยแรงดึงอย่างเต็มแรงจาก 2 ขดลวดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน และต่อไปด้วยแรงดึงจากอีก 2 ขดลวดถัดไป สำหรับข้อเสียคือการกระตุ้นแบบนี้ต้องใช้กำลังไฟฟ้ามากขึ้น ขั้นตอนการทำงานต่างๆ แสดงดังในตารางที่ 2.2

สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	ทำงาน	ทำงาน	-	-
2	-	ทำงาน	ทำงาน	-
3	-	-	ทำงาน	ทำงาน
4	ทำงาน	-	-	ทำงาน

ตาราง 2.2 แสดงลำดับการทำงานของขดลวดในแต่ละเฟสของมอเตอร์ เมื่อได้รับการกระตุ้นแบบสองเฟส

แบบครึ่งสเต็ปเป็นรูปแบบที่ผสมผสานระหว่างการกระตุ้นแบบเวฟและแบบ 2 เฟส เพื่อเพิ่มจำนวนของสเต็ปต่อรอบอีกเท่าตัวหนึ่ง ในระบบนี้จะทำการกระตุ้นขดลวดเรียงกันไปเป็นลำดับดังนี้ เริ่มจากขดลวดที่ 1,1 และ 2,2,2 และ 3,3,3 และ 4,4,4 และ 1 แล้ววนกลับมายังขดลวดที่ 1 แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นแบบนี้จะเพิ่มมากขึ้นอีก เพราะช่วงสเต็ปมีระยะสั้นลง แต่ละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเต็ปเกิดแรงเกิดแรงดึงจากขดลวด 2 ขดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน ความถูกต้องของตำแหน่งมีเพิ่มมากขึ้น แต่ต้องพึงระวังไว้อีกประการหนึ่งว่า เมื่อกระตุ้นให้ทำงานในรูปแบบนี้จะต้องทำการหมุนถึง 2 สเต็ป จึงจะได้เท่ากับระยะเท่ากับ 1 สเต็ปเต็มของการควบคุมใน 2 แบบแรก สำหรับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต้องใช้ขนาดเท่ากับแบบ 2 เฟสเป็นอย่างน้อย จึงจะเพียงพอ ขั้นตอนการทำงานต่างๆ แสดงดังในตาราง 2.3

สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	ทำงาน	-	-	-
2	ทำงาน	ทำงาน	-	-
3	-	ทำงาน	-	-
4	-	ทำงาน	ทำงาน	-
5	-	-	ทำงาน	-
6	-	-	ทำงาน	ทำงาน
7	-	-	-	ทำงาน
8	ทำงาน	-	-	ทำงาน

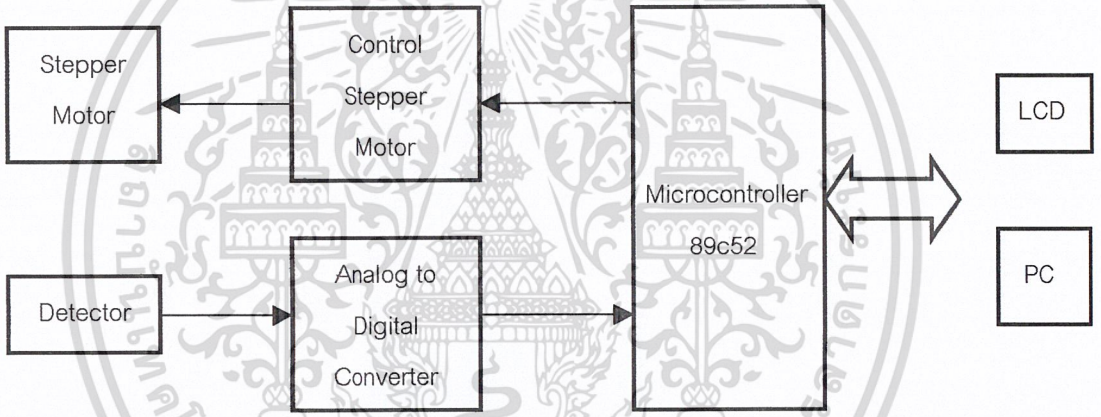
ตาราง 2.3 แสดงลำดับการทำงานของขดลวดในแต่ละเฟสของมอเตอร์ เมื่อได้รับการกระตุ้นแบบครึ่งสเต็ป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การวิจัยและการดำเนินการ

โครงงานพิเศษฉบับนี้ ได้สร้างเครื่องวัดความกว้างของแถบมืดแถบสว่างและคำนวณหาความกว้างของช่องสลิต ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การออกแบบวงจร



รูปที่ 3.1 แสดงแผนภาพไดอะแกรมของเครื่องมือ

3.1.1 ส่วนติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์

ในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรม(RS-232) ผู้ใช้สามารถใช้งานได้โดยการรับค่าอินพุทผ่านคีย์บอร์ดของเครื่องคอมพิวเตอร์ และใช้หน้าจอของเครื่องในการแสดงผล ในส่วนนี้จะใช้ภาษา Visual Basic ในการดำเนินงาน

3.1.2 ส่วนประมวลผลโดยชิปไมโครคอนโทรลเลอร์

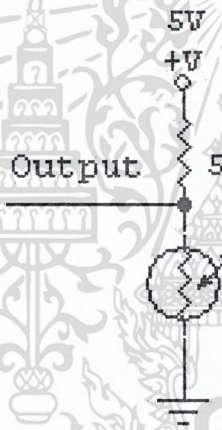
ในส่วนนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงานของวงจรโดยไมโครคอนโทรลเลอร์มีหน้าที่ในการติดต่อทางพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์ รับส่งข้อมูลจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ทำการประมวลผลข้อมูล และควบคุมอุปกรณ์ในการแสดงสถานะของเครื่องมือ

3.1.3 ส่วนรับแสง

ในโครงงานนี้จะใช้ Photo Resistor เป็นตัวรับแสง โดยทำหน้าที่เปลี่ยนความเข้มของแสงให้เป็นแรงดันไฟฟ้า โดยแสงที่ตกกระทบ Photo Resistor จะทำให้ความต้านทานเปลี่ยนแปลงตามความเข้มแสง โดยนำ Photo Resistor ต่อกับไฟฟ้ากระแสตรงผ่านตัวต้านทาน เมื่อความต้านทานใน Photo Resistor เปลี่ยนทำให้แรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนตามไปด้วย โดยแรงดันไฟฟ้าที่ได้จะเป็นสัญญาณอนาลอก



รูปที่ 3.2 วงจรส่วนรับแสงโดยใช้ Photo Resistor

3.1.4 ส่วนแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล ใช้ไอซีเบอร์ ADC0804 สามารถรับค่าอินพุทได้แบบอนาลอกโดยตรง มีค่าสูงสุดที่ 5 โวลต์ ไอซีจะรับสัญญาณเข้ามาเปรียบเทียบกับค่าแรงดันอ้างอิงของวงจร แล้วจึงเปลี่ยนค่าข้อมูลเป็นสัญญาณดิจิตอลซึ่งอัตราการสุ่มสัญญาณนาฬิกามีค่าประมาณ 2.5 ไมโครวินาที

ความสัมพันธ์ของอินพุทและเอาท์พุทของไอซีเบอร์ ADC0804

- ถ้าขนาดของอินพุทซึ่งเป็นสัญญาณอนาลอกเท่ากับขนาดของแรงดันอ้างอิง จะได้ข้อมูลที่มีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของข้อมูลสูงสุด
- ถ้าขนาดของอินพุทมีค่าเป็น 2 เท่าของแรงดันอ้างอิง จะได้ข้อมูลมีค่าสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมดการทำงานของไอซี ADC0804 แบ่งได้เป็น 2 โหมดคือ

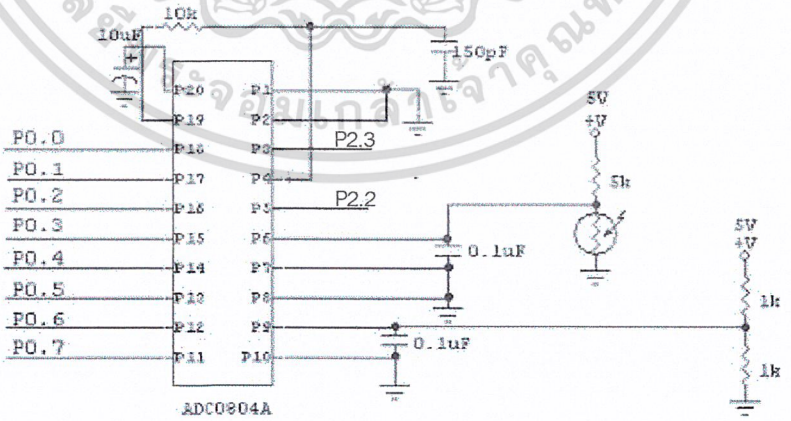
1. Free running mode หรือ Continuous Conversions

ADC จะทำการแปลงสัญญาณตลอดเวลาขณะที่ขาสัญญาณเขียนมีการเปลี่ยนแปลงสภาวะจาก Low เป็น High ในโหมดนี้เราจะทำการต่อ ขา CS และ RD ลงกราวด์ ส่วนขา WR ต่อเข้ากับขา INT ข้อดีของโหมดนี้คือใช้ขาสัญญาณในการควบคุมน้อย และเขียนโปรแกรมในการควบคุมง่าย แต่มีข้อเสีย คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อคอยเช็คสัญญาณที่พอร์ตตลอดเวลา เพื่อดูการเปลี่ยนแปลง ทำให้ไม่สามารถไปทำงานอื่นได้

2. Interrupt Mode หรือ Digital Control

เมื่อ ADC แปลงสัญญาณเสร็จ ที่ขาของ INT จะมีการเปลี่ยนแปลงสถานะจาก high เป็น low ดังนั้นเราสามารถนำขา INT ไปต่อเข้ากับขาสัญญาณในการขัดจังหวะภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ โดยหากเราต้องการที่จะอ่านข้อมูลจาก ADC เราก็จะทำการเปลี่ยนแปลงสถานะของขา WR จาก high เป็น low จากนั้นก็รอการขัดจังหวะจากขา INT แล้วจึงค่อยไปอ่านข้อมูลที่พอร์ต โดยที่ขา RD และ CS ต้องต่อลงกราวด์ ข้อดีของโหมดนี้คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถที่จะทำงานอื่นได้โดยไม่ต้องคอยอ่านข้อมูลที่พอร์ตตลอดเวลา และยังทำให้ค่าอัตราการสุ่มของสัญญาณกำหนดได้แน่นอนกว่า โดยวัดที่ขา INT ข้อเสียคือเปลืองขาที่ใช้ต่อกับ ADC และการเขียนโปรแกรมซับซ้อนกว่า

ในโครงงานพิเศษฉบับนี้ได้ใช้โหมด Free running ทำงาน สำหรับขาข้อมูลต่อกับพอร์ตศูนย์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ แรงดันอ้างอิงมีค่าเท่ากับ 2.5 โวลต์



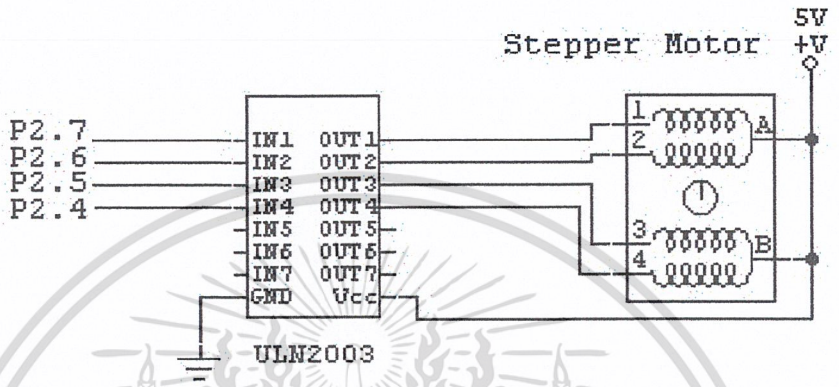
รูปที่ 3.3 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลโดยใช้ไอซี ADC0804A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.1.5 ส่วนควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์

ทำหน้าที่ในการควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์ไปควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวตรวจวัดแสง โดยไอซีเบอร์ ULN2003A ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์(buffer) ใช้ในการคับสเต็ปเปอร์มอเตอร์



รูปที่ 3.4 วงจรควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์โดยใช้ไอซี ULN2003

การคำนวณหาระยะทางที่มอเตอร์หมุน 1 สเต็ป

1 รอบการหมุน = 400 สเต็ป

ฉะนั้นระยะ 1 สเต็ป = $\frac{2\pi R}{400}$: $R = 8.35$ mm

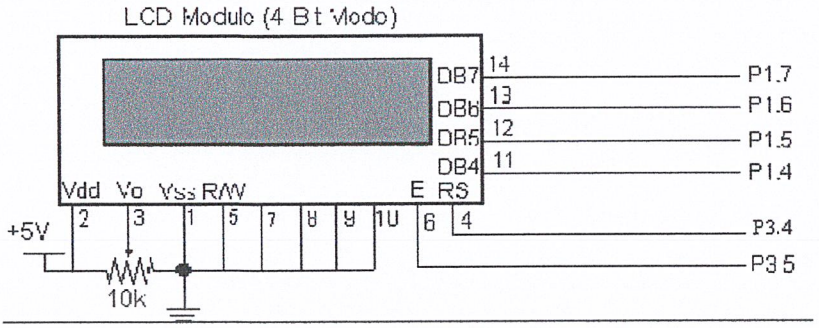
ระยะต่อ 1 สเต็ป = 0.132 mm

3.1.6 ส่วนแสดงผลทาง Liquid Crystal Display (LCD)

ทำหน้าที่ในการแสดงผลออกมาในรูปของตัวเลข ที่วัดได้กับระยะทางการเคลื่อนที่ของสเต็ปเปอร์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40211



รูปที่ 3.5 วงจรควบ Liquid Crystal Display (LCD)

3.2 การพัฒนาโปรแกรม

โครงงานพิเศษฉบับนี้ใช้โปรแกรมภาษาซี และ โปรแกรม Visual basic ในการดำเนินงานเนื่องจากต้องมีส่วนควบคุม 2 ส่วน คือ ส่วนควบคุมไมโครคอนโทรเลอร์ และส่วนควบคุมคอมพิวเตอร์ จึงได้เลือกใช้โปรแกรมภาษาซีควบคุมในส่วนแรก และโปรแกรม Visual basic ควบคุมในส่วนที่สอง ดังนั้นการทำงานของโปรแกรมได้เป็น 2 ส่วน คือ

3.2.1 โปรแกรมภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรเลอร์

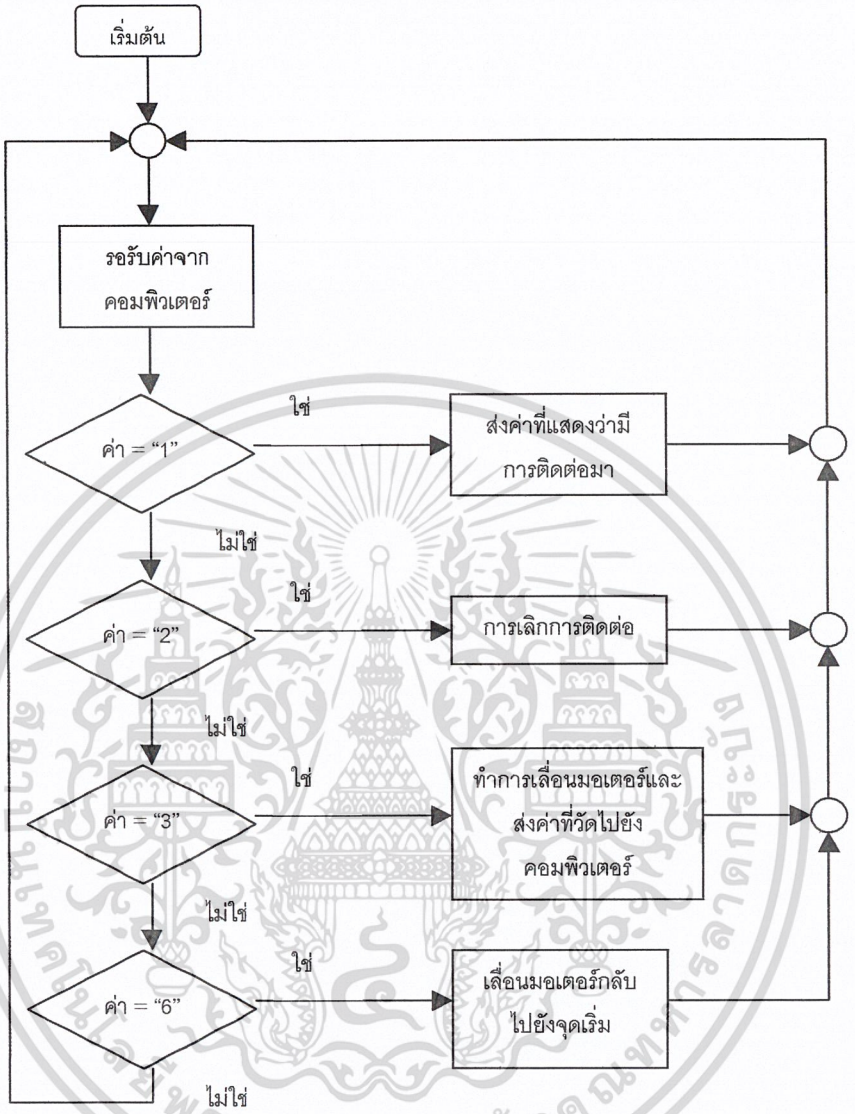
ลักษณะการเขียนมีรูปแบบคล้ายกับโปรแกรมภาษาซีทั่วๆ ไป แต่สามารถคอมไพล์ให้เป็น code memory สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MSC-51 ซึ่งตัวคอมไพล์เลอร์ที่ใช้เป็นของบริษัท Micro-c

ขั้นตอนของโปรแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ แบ่งได้เป็น

1. ส่วนควบคุมการติดต่อกับคอมพิวเตอร์โดยพอร์ตอนุกรม
2. ส่วนควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์
3. ส่วนควบคุมการรับและส่งค่ามาทางคอมพิวเตอร์

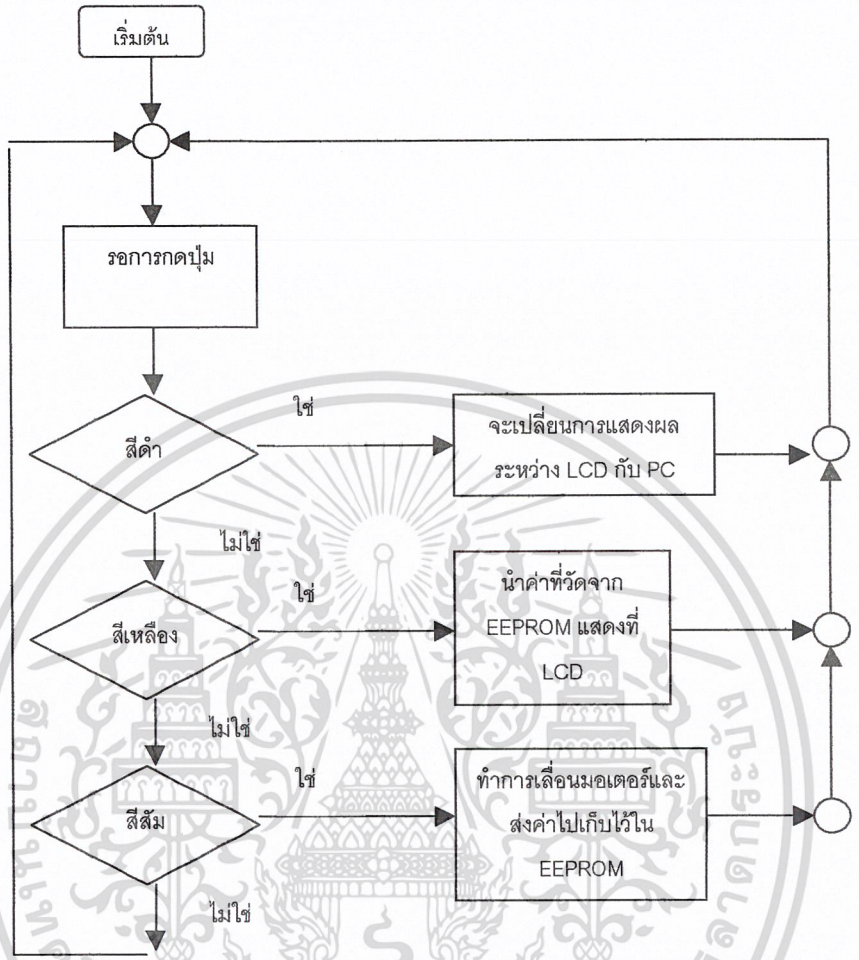
ซึ่งการทำงานของโปรแกรมแสดงดังรูป 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมโดยภาษาซีที่ติดต่อทางคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมโดยภาษาซีที่ติดต่อทางคอมพิวเตอร์

1.2.2 โปรแกรม Visual basic ควบคุมคอมพิวเตอร์

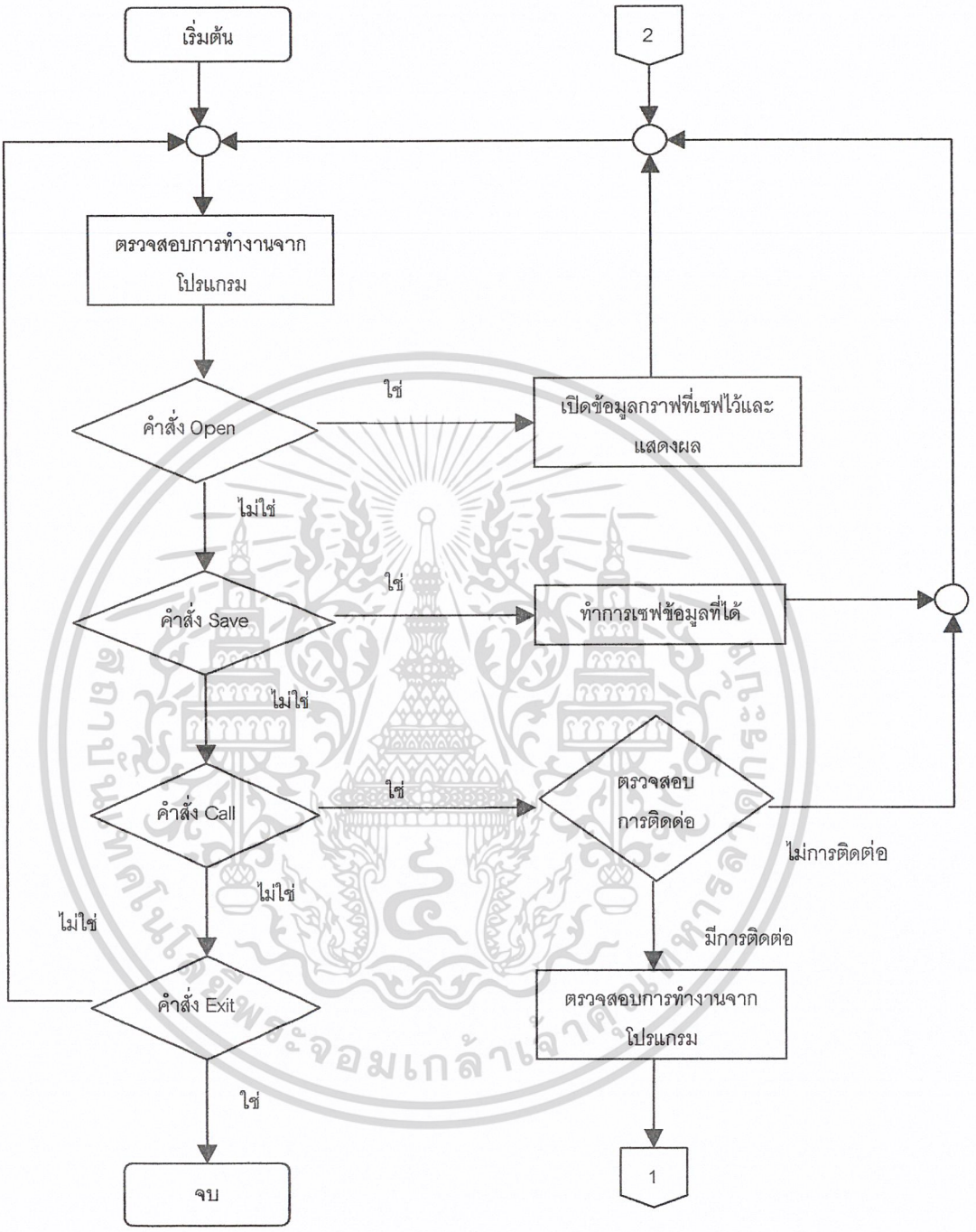
โปรแกรมที่เขียนขึ้นจะทำการควบคุมการทำงานของคอมพิวเตอร์โดยจะรับส่งข้อมูลมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ผ่านทาง Serial Port โดยส่งค่าคำสั่งต่างๆ ไป

ขั้นตอนของโปรแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ แบ่งได้เป็น

1. ส่วนติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์
2. ส่วนทำการเปิดและบันทึกค่าที่วัดได้
3. ส่วนแสดงผลเป็นรูปกราฟในขณะวัด
4. ส่วนการคำนวณหาค่าความกว้างของสลิตเดี่ยวและคู่

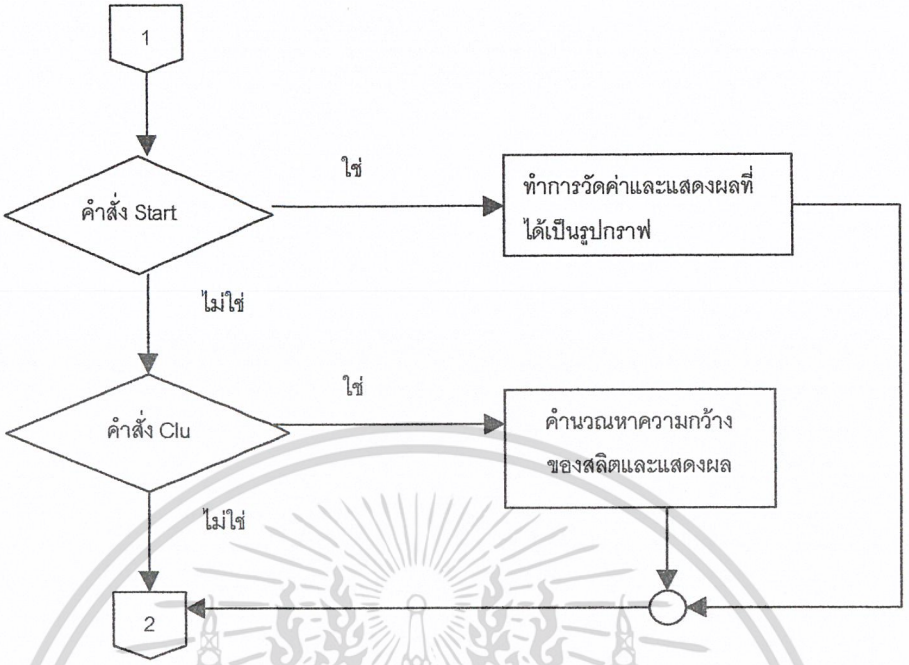
ซึ่งการทำงานของโปรแกรมแสดงดังรูป 3.8 และ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



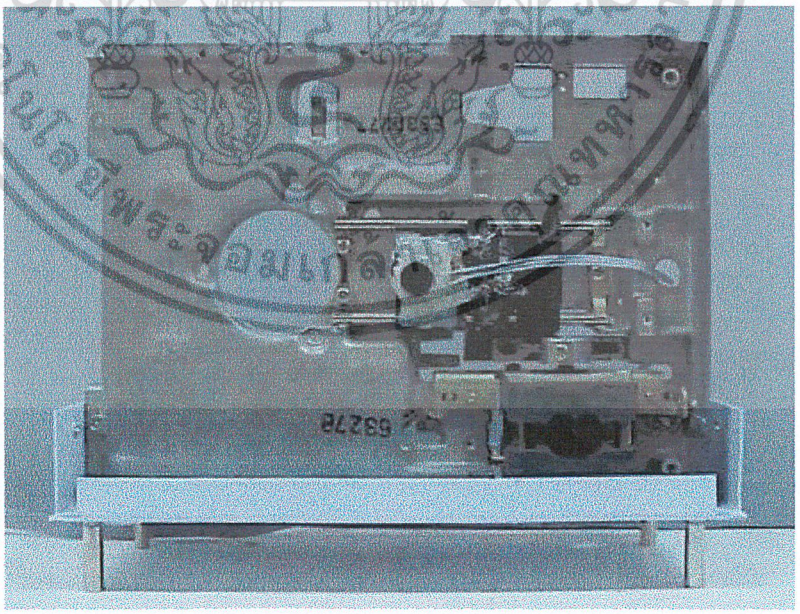
รูปที่ 3.8 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรม Visual Basic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



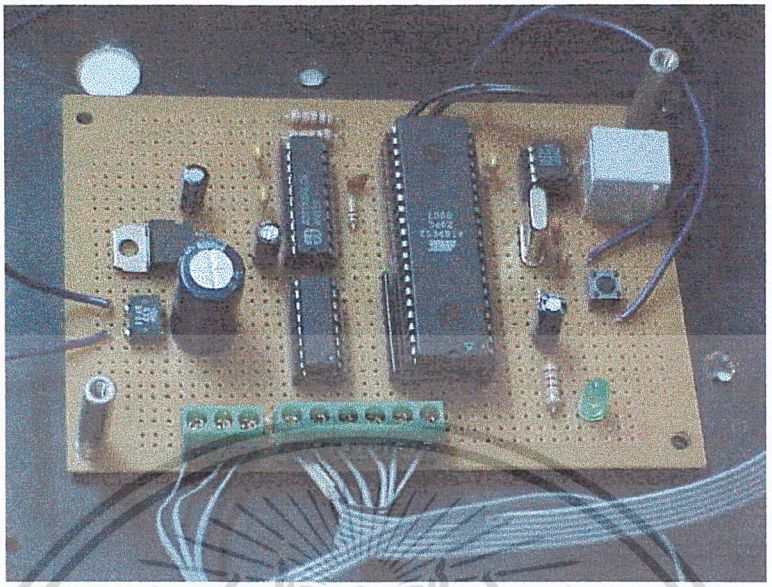
รูปที่ 3.9 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกม Visual Basic (ต่อ)

3.3 ภาพอุปกรณ์ของโครงงาน

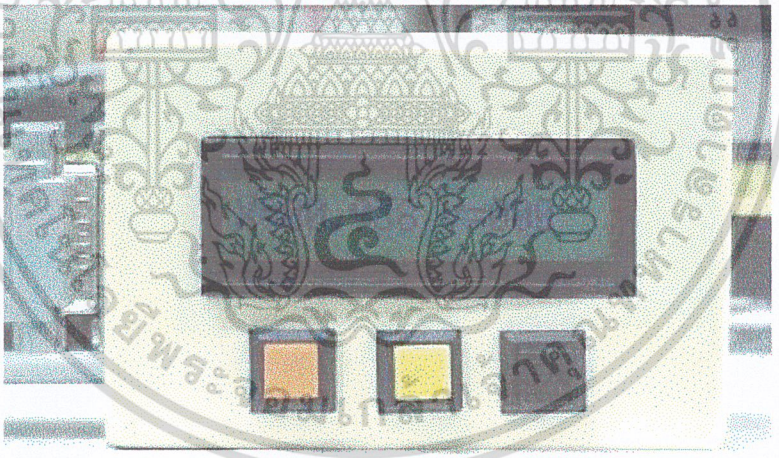


รูปที่ 3.10 แสดงตัวสเต็ปเปอร์มอเตอร์และตัวเลื่อนตัวตรวจวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 แสดงภาพภายในของเครื่องวัด



รูปที่ 3.12 แสดงอุปกรณ์แสดงผลทาง Liquid Crystal Display (LCD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองเครื่องมือวัดที่ได้สร้างขึ้น โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

4.1 การทดสอบการทำงานของฮาร์ดแวร์

4.1.1 ทดสอบการทำงานของวงจรที่ใช้แปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

4.1.2 ทดสอบการทำงานของวงจรที่ใช้ขับบสเต็ปเปอร์มอเตอร์

4.1.3 ทดสอบการทำงานของตัว Photo Resistor

4.2 ทดสอบการทำงานของโปรแกรม

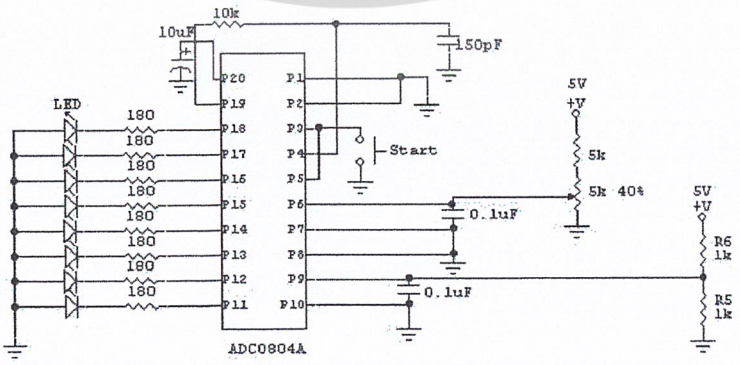
4.2.1 ทดสอบการทำงานของโปรแกรมที่ใช้วัดความกว้างของริ้วแทรกสอดและวาดกราฟ

4.2.2 ทดสอบด้านการวิเคราะห์ข้อมูลของโปรแกรม

4.1 การทดสอบการทำงานของฮาร์ดแวร์

เมื่อทำการออกแบบการทำงานของอุปกรณ์ในแต่ละส่วนแล้ว จะต้องมีการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ในแต่ละส่วนก่อนที่จะนำมาประกอบกัน ในหัวข้อนี้เป็นการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ในแต่ละส่วน

4.1.1 ทดสอบการทำงานของวงจรที่ใช้แปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล ในส่วนของการทดสอบจะต้องต่อวงจรดังนี้

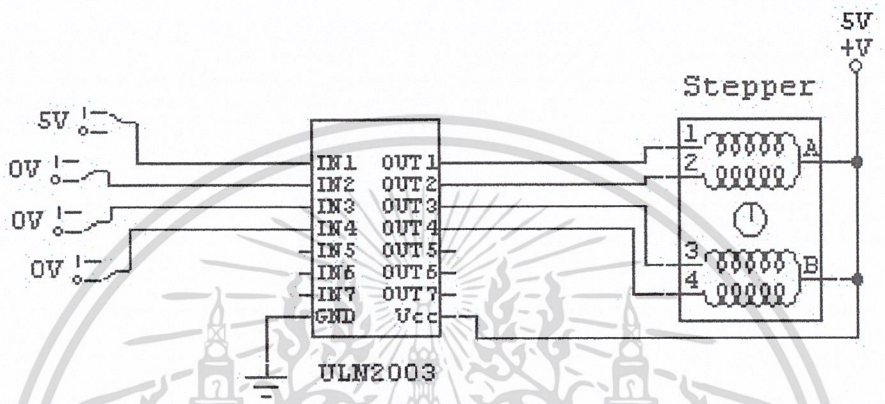


รูปที่ 4.1 วงจรทดสอบการทำงานของADC0804

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อป้อนสัญญาณอินพุทที่ขา 6 โดยที่มีระดับสัญญาณเท่ากับ +Vref(เมื่อ Vref ~ 5V) แล้วกดสวิตซ์ที่ขา 3 จะทำให้ LED ติดหมดทุกดวง และลองให้ Vin = 3.5 V จะทำให้ LED แสดงเป็น 1011 0110

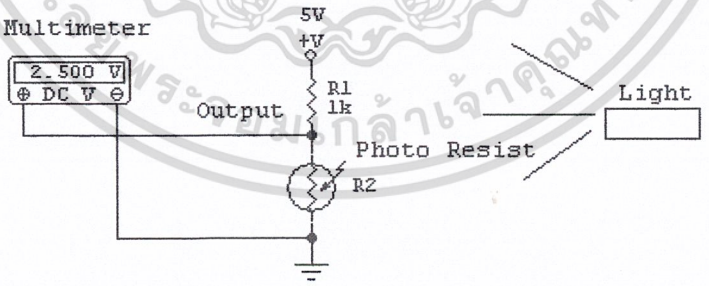
4.1.2 ทดสอบการทำงานของวงจรที่ใช้ขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ โดยต่อวงจรดังรูป



รูปที่ 4.2 วงจรทดสอบการทำงานของULN2003A

ป้อนลอจิกหนึ่งที่ขา 1,2,3 และ4 เป็น 1000,0100,0010 และ 0001 จะทำให้สเต็ปเปอร์มอเตอร์หมุนไปหนึ่งสเต็ป

4.1.3 ทดสอบการทำงานของตัว Photo Resistor โดยต่อดังรูป



รูปที่ 4.3 วงจรทดสอบการทำงานของ Photo Resistor

โดยการส่องแสงเข้าไปที่ตัว Photo Resistor และให้ Multimeter วัดค่าความต่างศักย์กว่ามีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่

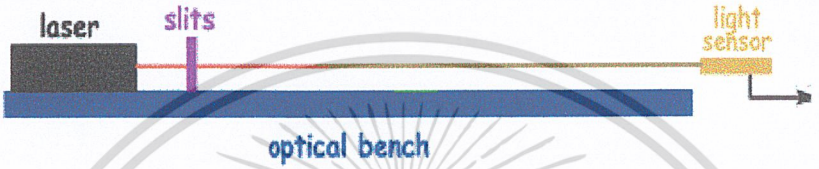
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ทดสอบการทำงานของโปรแกรม

4.2.1 ทดสอบการทำงานของโปรแกรมที่ใช้วัดความกว้างของริ้วแทรกสอดและวาดกราฟ

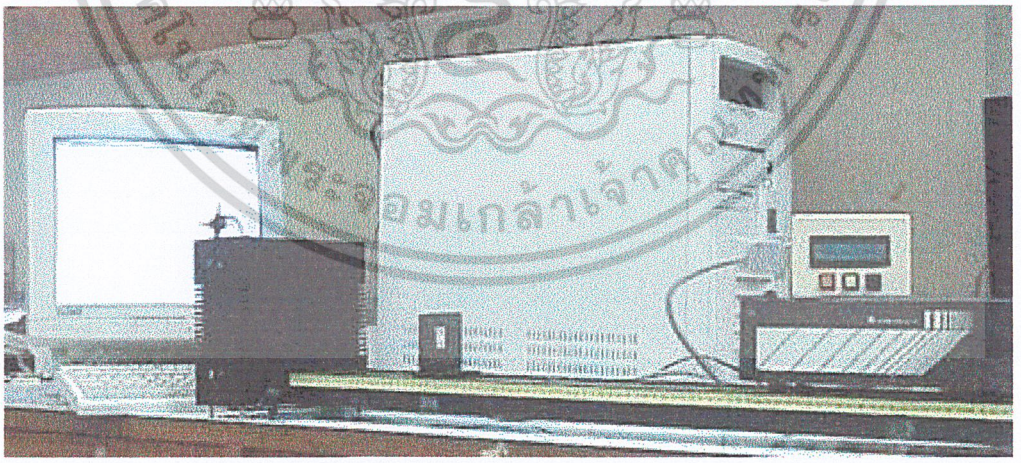
ทดลองการทำงานของโปรแกรมโดยทำการทดลองการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสง โดยใช้อุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้น

1. จัดอุปกรณ์ตามรูป 4.4



รูปที่ 4.4 ภาพแสดงการจัดอุปกรณ์การทดลอง

2. ใช้สลิตเดี่ยวที่ทราบขนาดของความกว้างของสลิตที่แน่นอน
3. ยิงแสงเลเซอร์ผ่านสลิต
4. สั่งให้โปรแกรมทำการวัดความกว้างของสลิต



รูปที่ 4.5 แสดงภาพแสดงการการตั้งอุปกรณ์ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ทดสอบด้านการวิเคราะห์ข้อมูลของโปรแกรม

1 . วัดระยะทางจากสลิตถึงฉาก

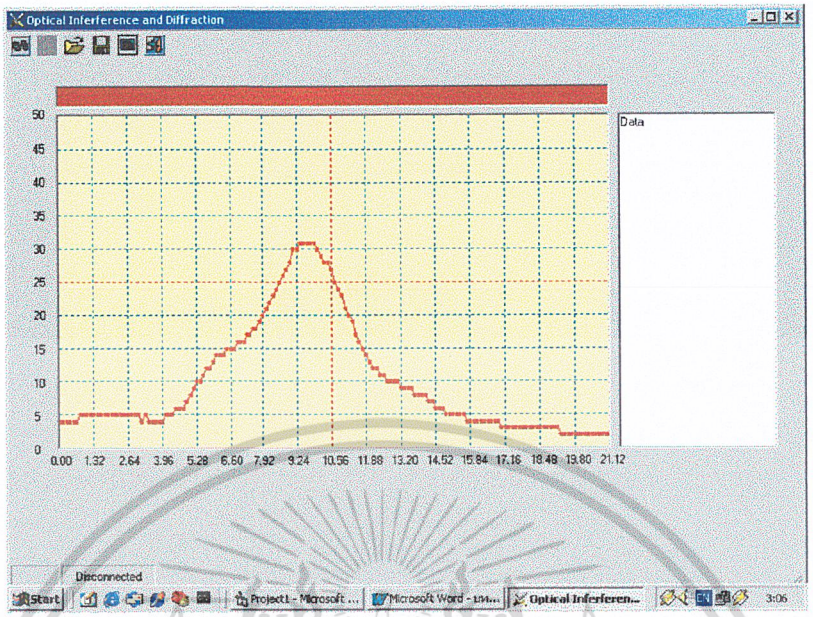
2. ป้อนค่าระยะทางจากสลิตถึงฉาก ความยาวคลื่น โปรแกรมจะทำการคำนวณหาค่าความกว้างของช่องสลิตได้ นำค่าของช่องสลิตที่ใช้ทดลองมาเปรียบเทียบกับผลที่คำนวณได้จากโปรแกรม ว่ามีผลใกล้เคียงกับค่าจริงหรือไม่

4.3 ผลการทดลอง

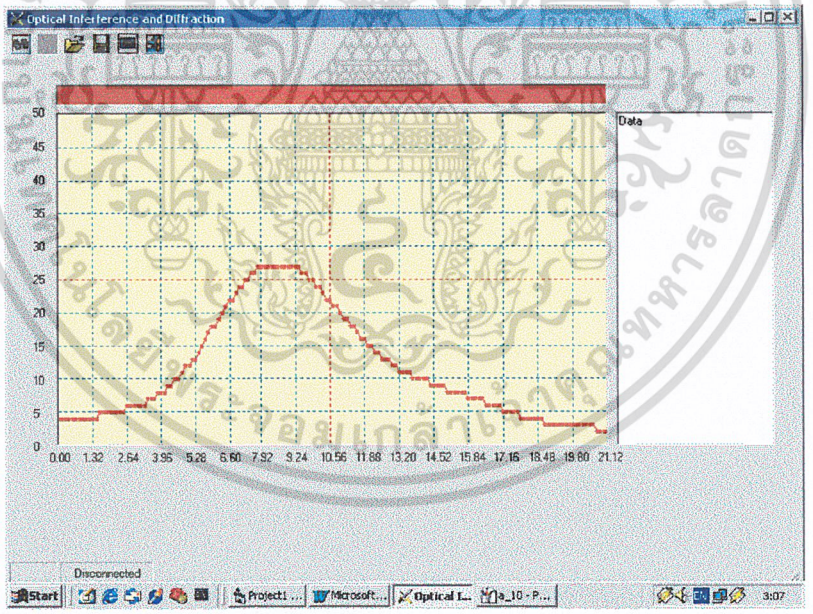
จากการทดลองในแต่ละส่วนสรุปได้ดังนี้

1. การทดสอบการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล พบว่ามีความถูกต้องและแม่นยำและมีอัตราการสุ่มสัญญาณที่ยอมรับได้
2. การทดสอบวงจรควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์สามารถใช้งานได้ดี โดยที่สเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่ใช้ 1 สเต็ปจะเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 0.132 มิลลิเมตร
3. การทดสอบการทำงานของโปรแกรม พบว่าค่าความกว้างของช่องสลิตมีค่าผิดพลาดประมาณ 10% จากค่าจริง และทดลองวัดซ้ำกันค่าที่ได้มีเปลี่ยนแปลงน้อย และกราฟที่ได้มีลักษณะเป็นที่น่าพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

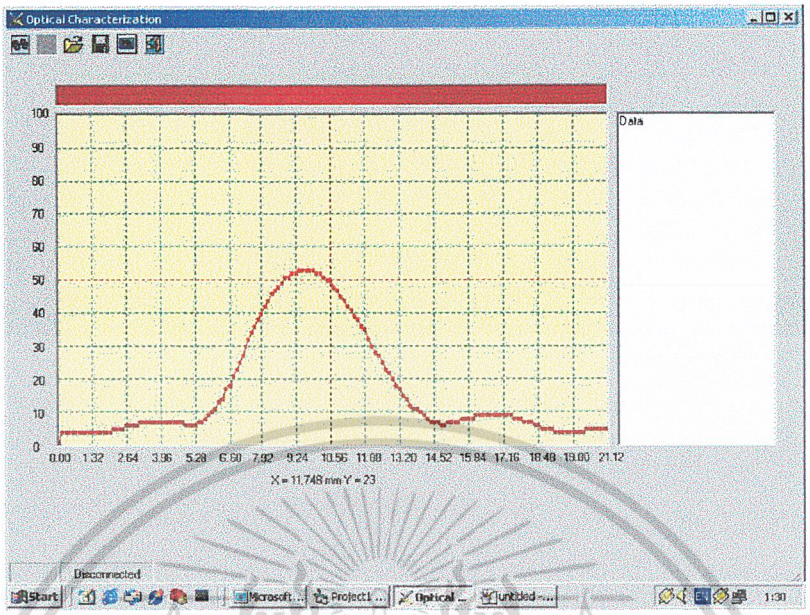


รูปที่ 4.6 ภาพการทดลองจากสลิตเดี่ยว ความกว้างสลิต 0.02 mm ที่ระยะสลิตถึงฉาก 10 cm

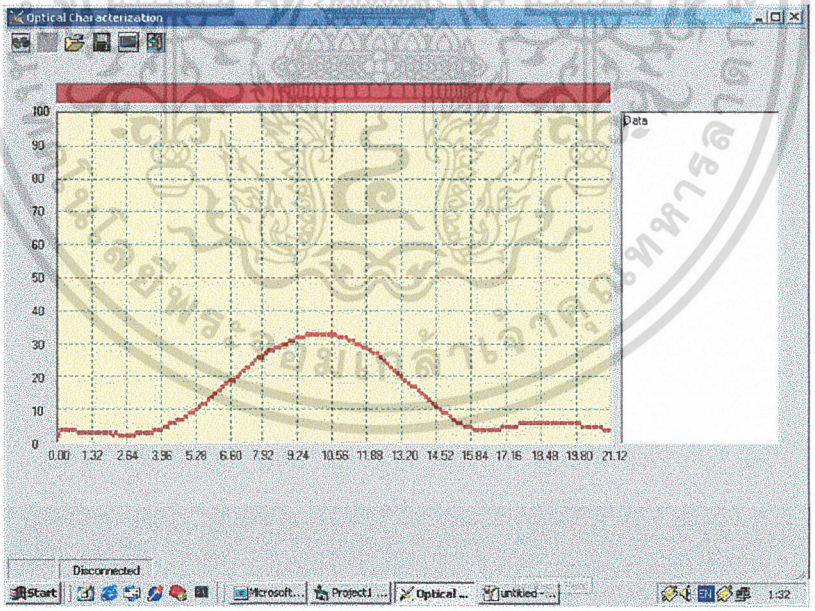


รูปที่ 4.7 ภาพการทดลองจากสลิตเดี่ยว ความกว้างสลิต 0.02 mm ที่ระยะสลิตถึงฉาก 18 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

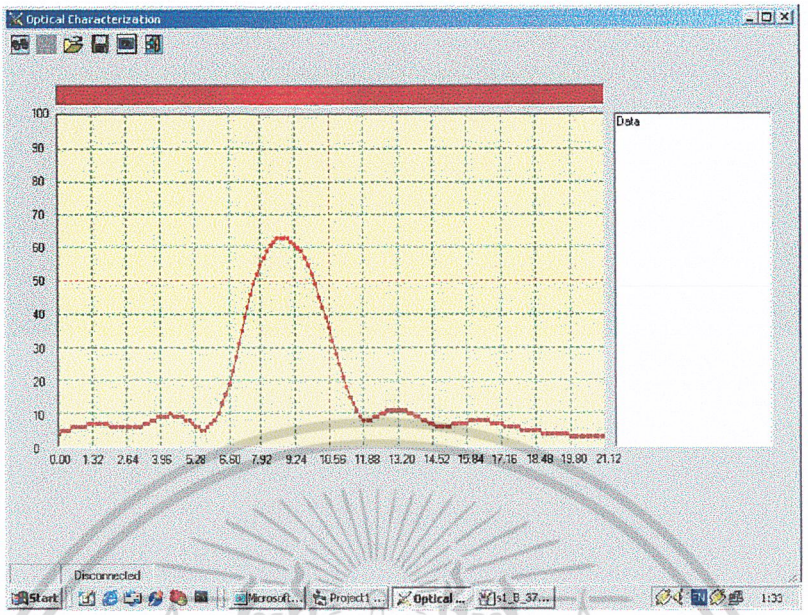


รูปที่ 4.8 ภาพการทดลองจากสลิตเดี่ยว ความกว้างสลิต 0.04 mm ที่ระยะสลิตถึงฉาก 25.4 cm

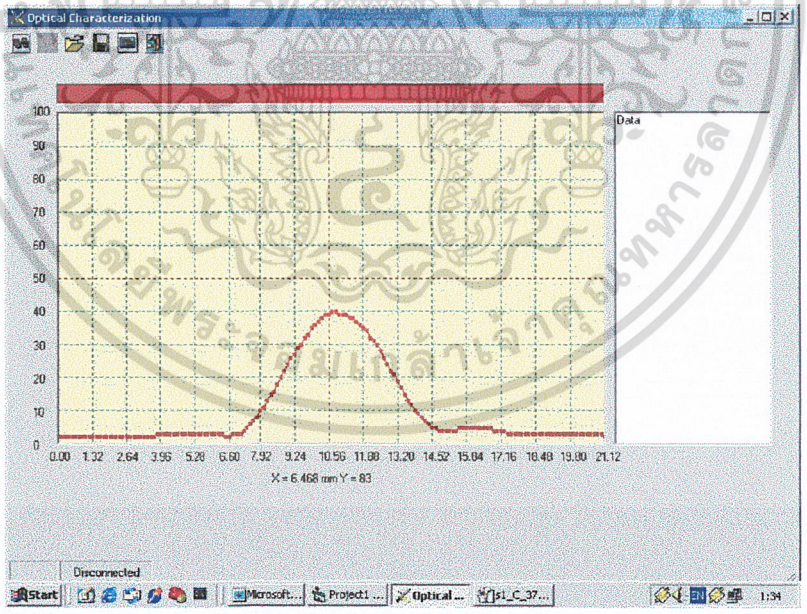


รูปที่ 4.9 ภาพการทดลองจากสลิตเดี่ยว ความกว้างสลิต 0.04 mm ที่ระยะสลิตถึงฉาก 37.6 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

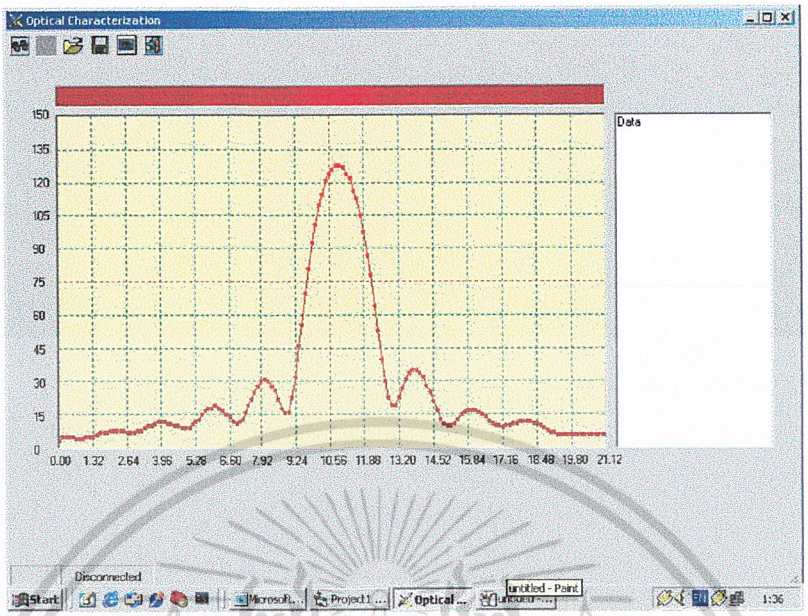


รูปที่ 4.10 ภาพการทดลองจากสลิตเดี่ยว ความกว้างสลิต 0.08 mm ที่ระยะสลิตถึงฉาก 37.6 cm

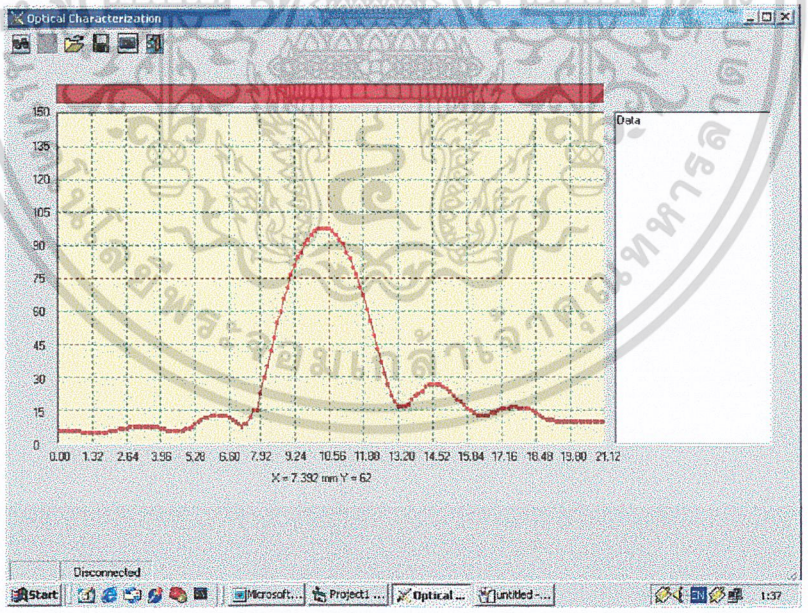


รูปที่ 4.11 ภาพการทดลองจากสลิตเดี่ยว ความกว้างสลิต 0.08 mm ที่ระยะสลิตถึงฉาก 48.2 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

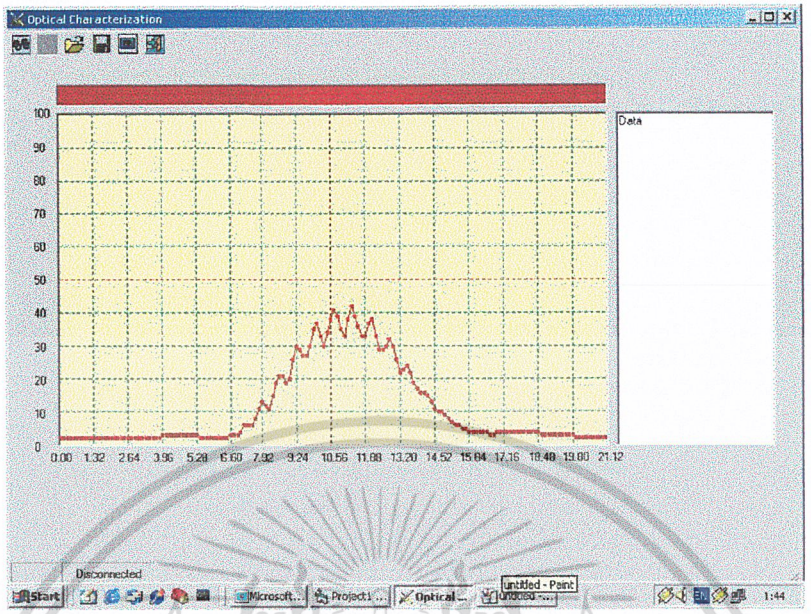


รูปที่ 4.12 ภาพการทดลองจากสลิตเดี่ยว ความกว้างสลิต 0.16 mm ที่ระยะสลิตถึงฉาก 48.2 cm

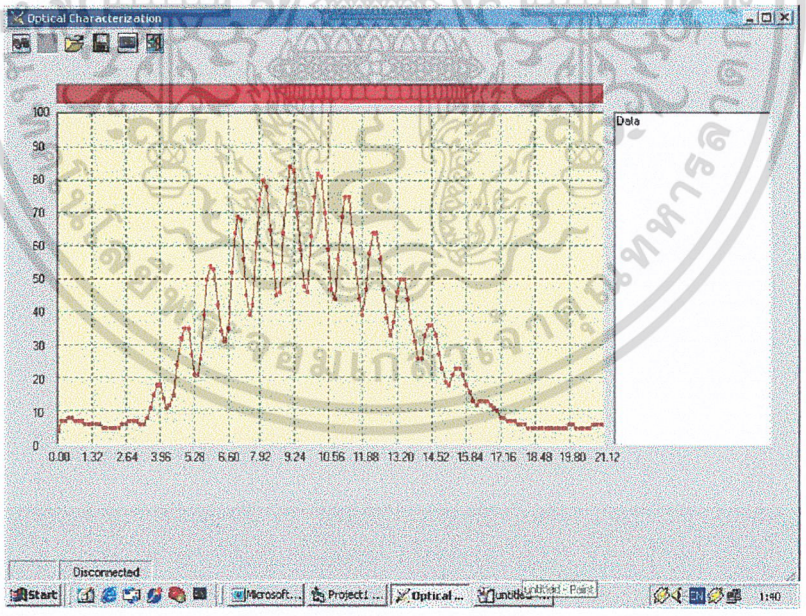


รูปที่ 4.13 ภาพการทดลองจากสลิตเดี่ยว ความกว้างสลิต 0.16 mm ที่ระยะสลิตถึงฉาก 70.8 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

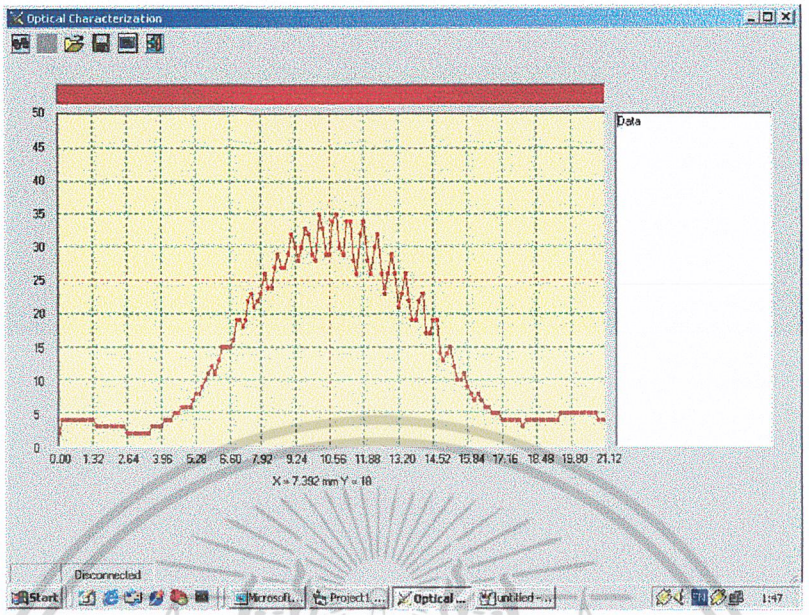


รูปที่ 4.14 ภาพการทดลองจากสลิตคู่ ความกว้างสลิต 0.04 mm ระยะห่างระหว่างสลิต0.25 mm ที่ระยะสลิตถึงฉาก 28 cm

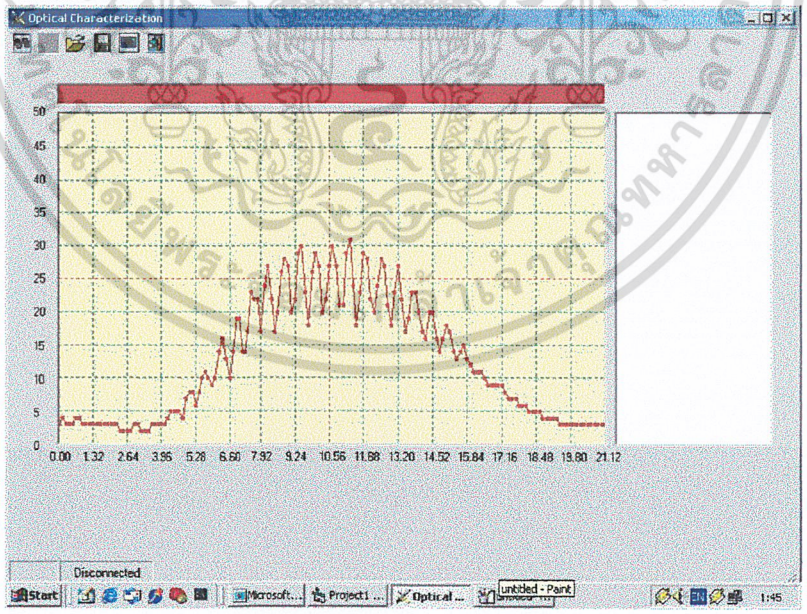


รูปที่ 4.15 ภาพการทดลองจากสลิตคู่ ความกว้างสลิต 0.04 mm ระยะห่างระหว่างสลิต 0.25 mm ที่ระยะสลิตถึงฉาก 43 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

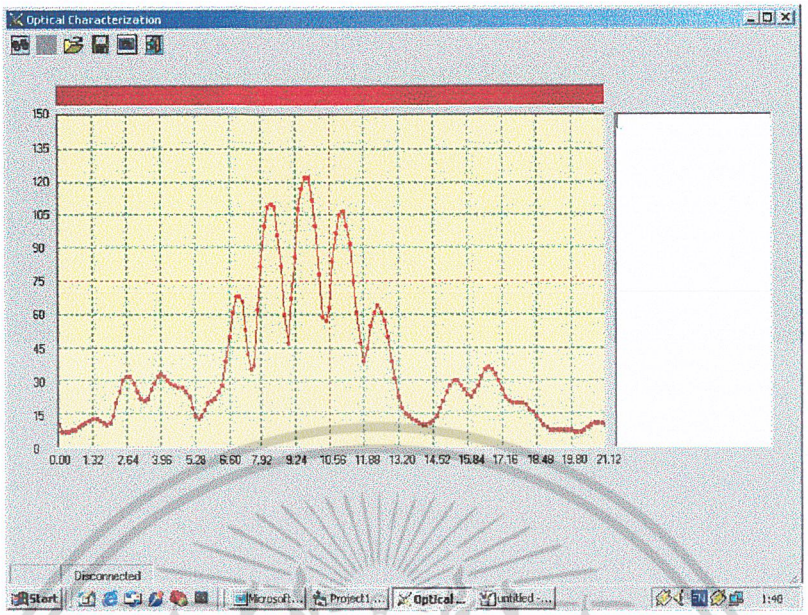


รูปที่ 4.16 ภาพการทดลองจากสลิตคู่ ความกว้างสลิต 0.04 mm ระยะห่างระหว่างสลิต 0.50 mm ที่ระยะสลิตถึงฉาก 44 cm

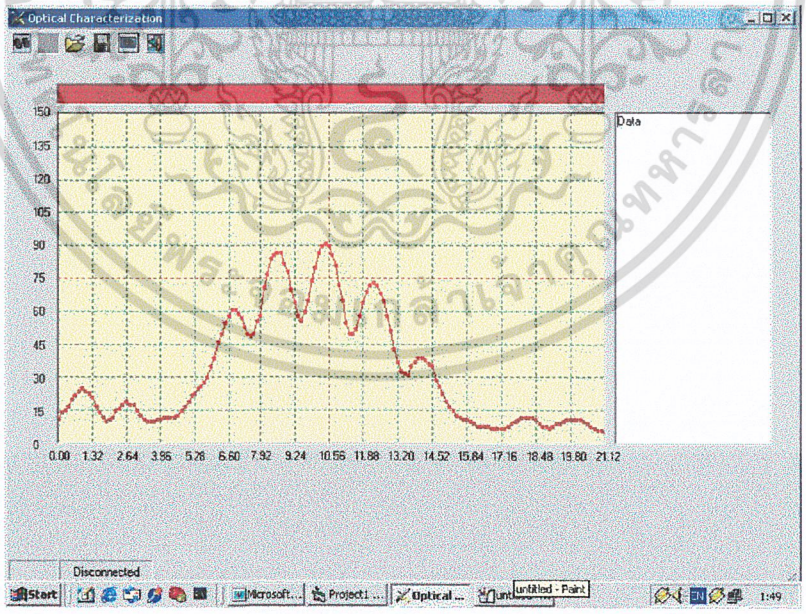


รูปที่ 4.17 ภาพการทดลองจากสลิตคู่ ความกว้างสลิต 0.04 mm ระยะห่างระหว่างสลิต 0.25 mm ที่ระยะสลิตถึงฉาก 51 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

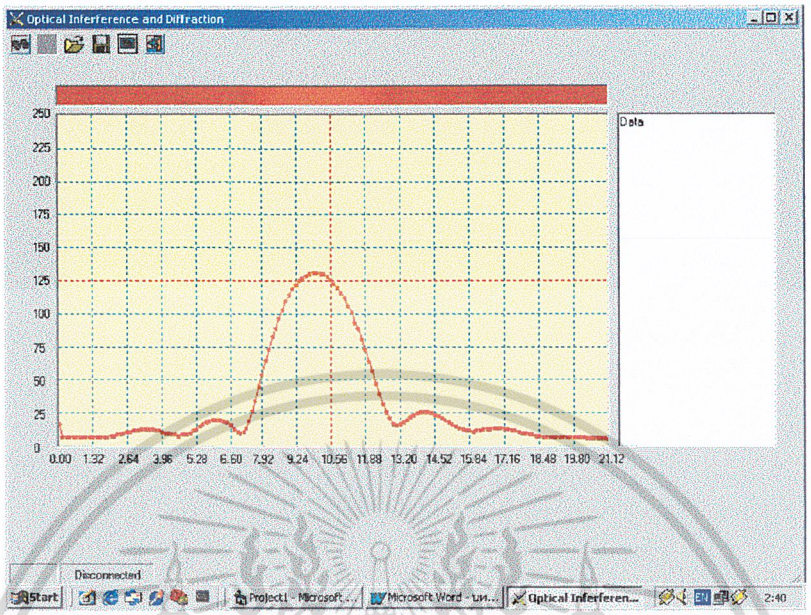


รูปที่ 4.18 ภาพการทดลองจากสลิตคู่ ความกว้างสลิต 0.08 mm ระยะห่างระหว่างสลิต 0.25 mm ที่ระยะสลิตถึงฉาก 56.3 cm

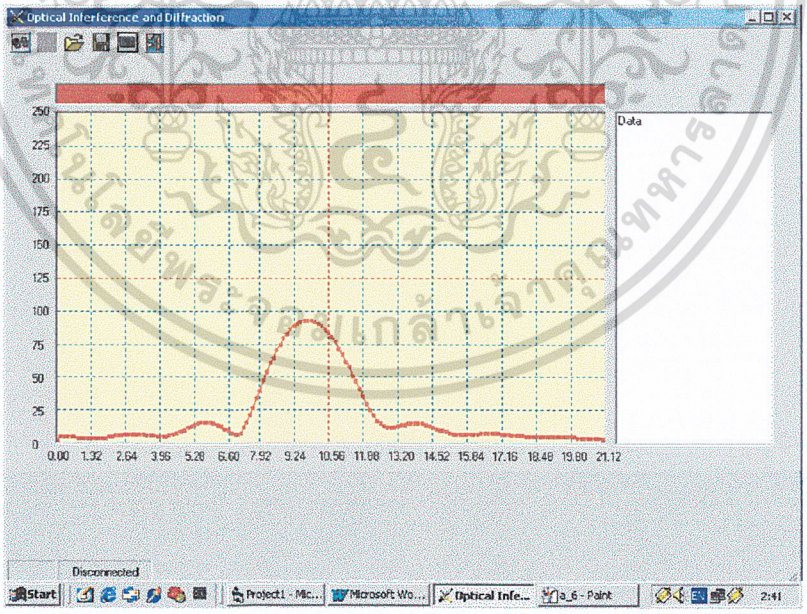


รูปที่ 4.19 ภาพการทดลองจากสลิตคู่ ความกว้างสลิต 0.08 mm ระยะห่างระหว่างสลิต 0.25 mm ที่ระยะสลิตถึงฉาก 75.9 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 ภาพการทดลองจากสลิตเดี่ยว ความกว้างสลิต 0.08 mm ที่ระยะสลิตถึงฉาก 36 cm ระยะทางจากสลิตถึงแสงเลเซอร์ 6 cm



รูปที่ 4.21 ภาพการทดลองจากสลิตเดี่ยว ความกว้างสลิต 0.08 mm ที่ระยะสลิตถึงฉาก 36 cm ระยะทางจากสลิตถึงแสงเลเซอร์ 21 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

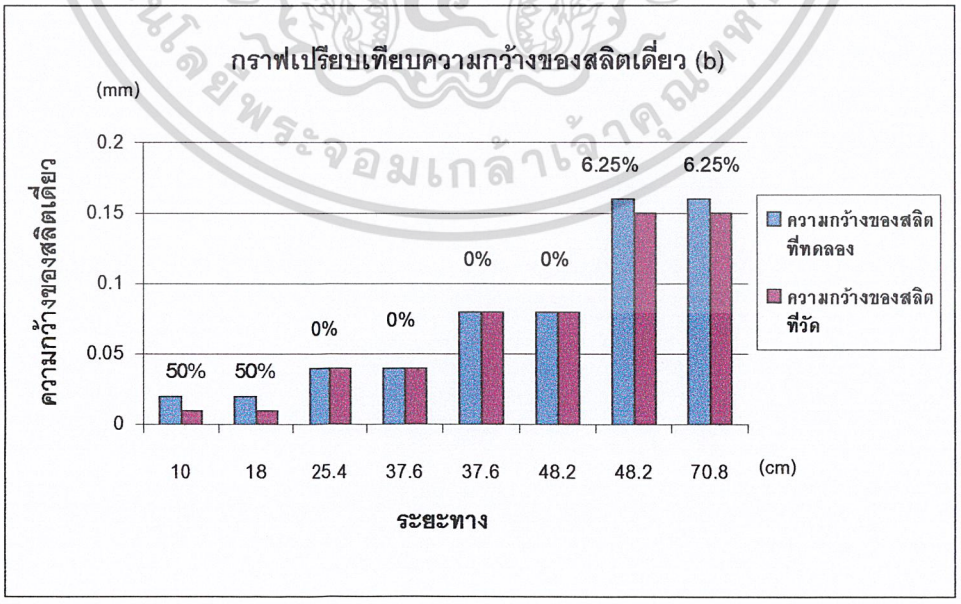
4.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในการทดลองเพื่อหาความแม่นยำของอุปกรณ์ จึงได้มีการทดสอบหลายครั้ง โดยจะใช้สลิตชนิดเดี่ยวและคู่ทำการทดลองที่ระยะทางเดียวกัน 3 ครั้ง โดยที่เลเซอร์ที่ใช้มีความยาวคลื่น 632.8 นาโนเมตร

จากกราฟที่ได้ทำให้สามารถคำนวณหาความกว้างของช่องสลิตได้ เมื่อได้ค่าความกว้างของช่องสลิตแล้วนำไปเปรียบเทียบกับค่าจริง และหาเปอร์เซ็นค่าผิดพลาด

ความกว้างของสลิตเดี่ยว (b)	วัดความกว้างของสลิต (b)					
	ระยะทาง	วัดครั้งที่1	วัดครั้งที่2	วัดครั้งที่3	เฉลี่ย	ค่าความแตกต่าง
(mm)	(cm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
0.02	10	0.01	0.01	0.01	0.01	50%
0.02	18	0.01	0.01	0.01	0.01	50%
0.04	25.4	0.04	0.04	0.04	0.04	0%
0.04	37.6	0.04	0.04	0.04	0.04	0%
0.08	37.6	0.08	0.08	0.08	0.08	0%
0.08	48.2	0.08	0.08	0.08	0.08	0%
0.16	48.2	0.15	0.15	0.15	0.15	6.25%
0.16	70.8	0.15	0.15	0.15	0.15	6.25%

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเปรียบเทียบความกว้างของสลิตเดี่ยวที่ใช้ทดลองกับที่วัดได้

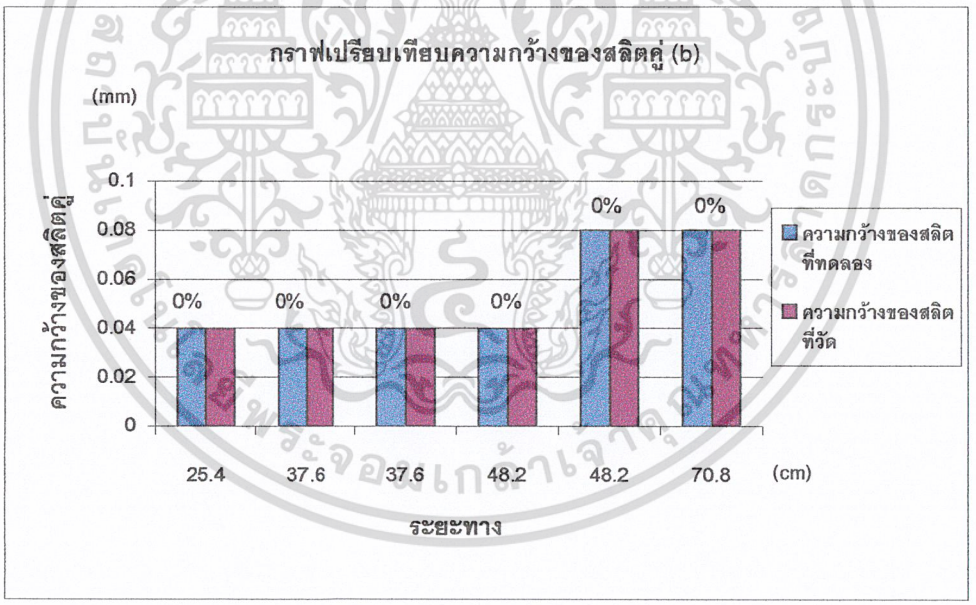


รูปที่ 4.22 กราฟเปรียบเทียบความกว้างของสลิตเดี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความกว้างของสลิตคู่ (b) (mm)	จัดความกว้างของสลิตคู่ (b)					
	ระยะทาง (cm)	วัดครั้งที่1 (mm)	วัดครั้งที่2 (mm)	วัดครั้งที่3 (mm)	เฉลี่ย (mm)	ค่าความแตกต่าง
0.04	28	0.04	0.04	0.04	0.04	0%
0.04	43	0.04	0.04	0.04	0.04	0%
0.04	44	0.04	0.04	0.04	0.04	0%
0.04	51	0.04	0.04	0.04	0.04	0%
0.08	56.3	0.08	0.08	0.08	0.08	0%
0.08	75.9	0.08	0.08	0.08	0.08	0%

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเปรียบเทียบความกว้างของสลิตคู่ที่ใช้ทดลองกับที่วัดได้

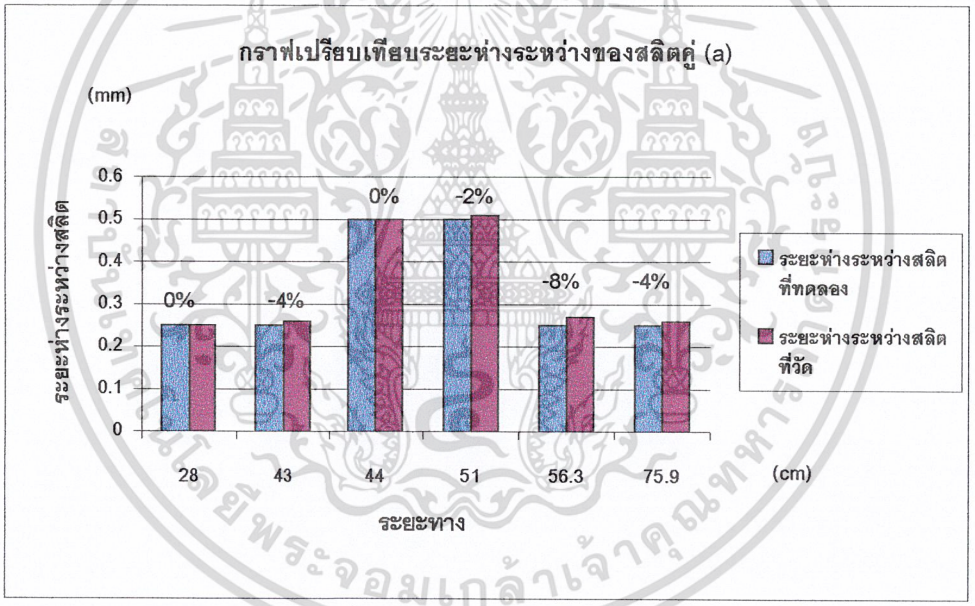


รูปที่ 4.23 กราฟเปรียบเทียบความกว้างของสลิตคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

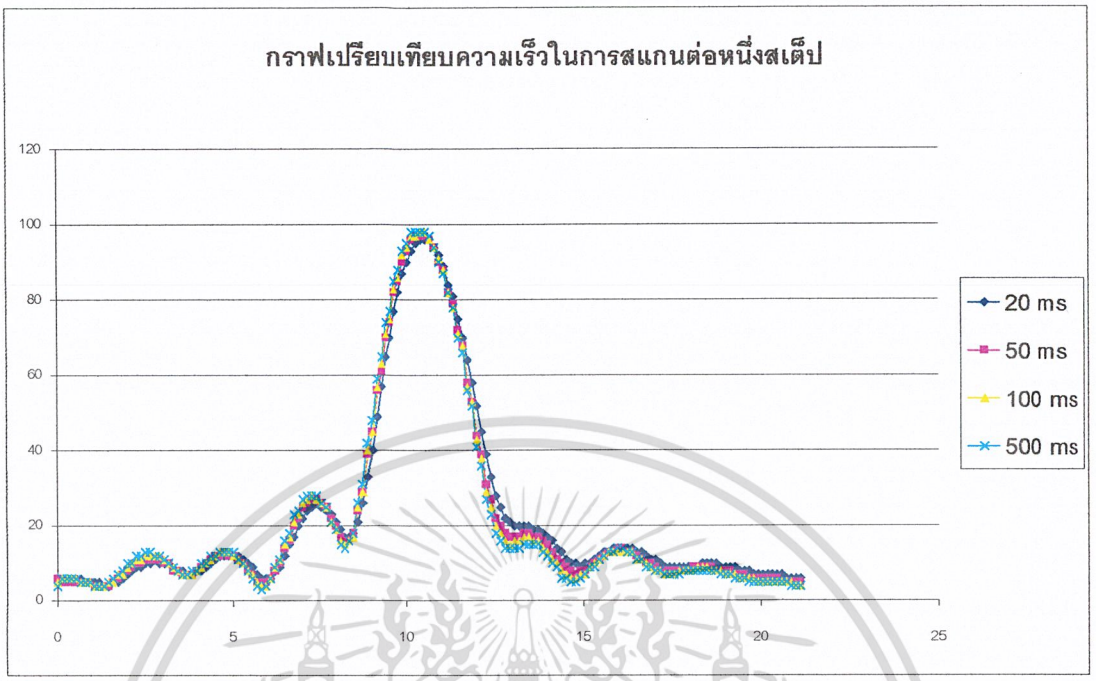
ระยะห่างระหว่างสลิตคู่ (a) (mm)	วัดระยะห่างระหว่างสลิตคู่ (a)					
	ระยะทาง (cm)	วัดครั้งที่1 (mm)	วัดครั้งที่2 (mm)	วัดครั้งที่3 (mm)	เฉลี่ย (mm)	ค่าความแตกต่าง
0.25	28	0.26	0.24	0.26	0.25	0%
0.25	43	0.24	0.27	0.26	0.26	-4%
0.50	44	0.50	0.53	0.47	0.50	0%
0.50	51	0.51	0.51	0.51	0.51	-2%
0.25	56.3	0.26	0.27	0.27	0.27	-8%
0.25	75.9	0.27	0.26	0.26	0.26	-4%

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเปรียบเทียบระยะห่างระหว่างสลิตคู่ที่ใช้ทดลองกับที่วัดได้



รูปที่ 4.24 กราฟเปรียบเทียบระยะห่างระหว่างสลิตคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25 กราฟเปรียบเทียบความเร็วในการสแกนต่อหนึ่งสเต็ป

ขีดจำกัดของอุปกรณ์

ระยะทางจากสลิตถึงฉากต่ำสุด 10 cm

ความกว้างของสลิตต่ำสุด 0.01 mm

ระยะทางการสแกนเก็บค่า 21.12 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาโครงงานพิเศษเรื่องเครื่องวิเคราะห์ริ้วรอยการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสง ได้ประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้ในการวัดความกว้างริ้วรอยการแทรกสอดของแสง โดยแสดงกราฟของริ้วการแทรกสอด และคำนวณหาขนาดของช่องสลิตหรือระยะห่างระหว่างสลิตได้ โดยแสดงผลทางคอมพิวเตอร์ และสามารถเลือกแสดงค่าของข้อมูลทางหน้าจอ LCD ได้ด้วย ซึ่งทำให้สามารถทำการทดลองได้สะดวก รวดเร็วและวัดขนาดของริ้วรอยการแทรกสอดได้แม่นยำขึ้น ผลการทดลองโดยใช้อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น ค่าความกว้างของสลิตเดี่ยวหรือระยะห่างระหว่างสลิตคู่ที่ได้จากการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบกับค่าจริงของช่องสลิตพบว่ามีค่าใกล้เคียงกันมาก

5.2 แนวทางในการพัฒนา

5.2.1 เพิ่มระยะการสแกนตามแกน x ให้มากขึ้น เพื่อที่จะได้วัดความกว้างของแถบสว่างกลางที่มีขนาดใหญ่ มากๆได้

5.2.2 สามารถวัดข้อมูลให้ละเอียดขึ้นถ้าเพิ่มความละเอียดในการเลื่อนตัววัดให้มากขึ้น และหาตัวตรวจจับแสงที่ดีขึ้น

5.2.3 เพื่อให้สามารถทำงานได้เพิ่มขึ้น และสะดวกขึ้นควรให้มีการเคลื่อนที่ในแนวแกน y และ z ด้วย

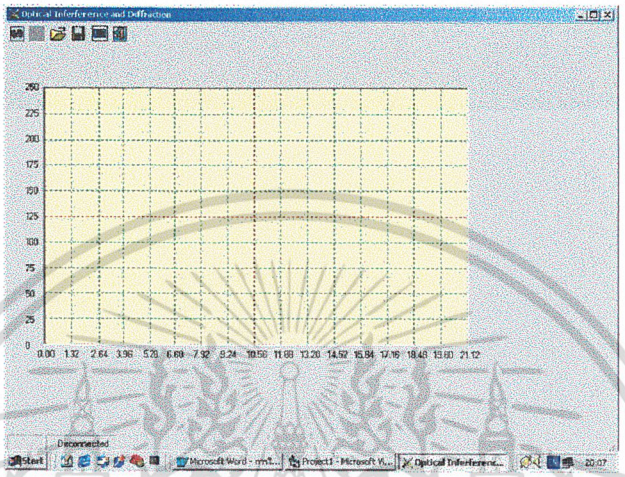
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้โปรแกรม OID ในเชื่อมต่อเครื่องมือและวัด

1. ลักษณะโปรแกรมดังภาพ



2. หน้าที่ในการทำงานแต่ละปุ่ม

ปุ่มที่ 1 ทำการติดต่อกับเครื่องมือ

ปุ่มที่ 2 สั่งให้เครื่องมือทำการวัด

ปุ่มที่ 3 ทำการเปิดข้อมูลที่บันทึกไว้จากการวัด

ปุ่มที่ 4 ทำการบันทึกรูปกราฟและข้อมูลที่ทำการวัด

ปุ่มที่ 5 ทำการคำนวณหาความกว้างของสลิตและระยะห่างระหว่างสลิต

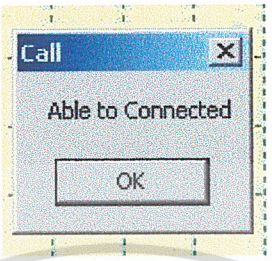
ปุ่มที่ 6 ออกจากโปรแกรม

3. การทำงานและการติดต่อกับเครื่องมือ

1. นำสาย RS-232 ต่อเข้ากับ comport 1 หรือ 2 ของคอมพิวเตอร์และต่อกับช่องเสียบสายโทรศัพท์

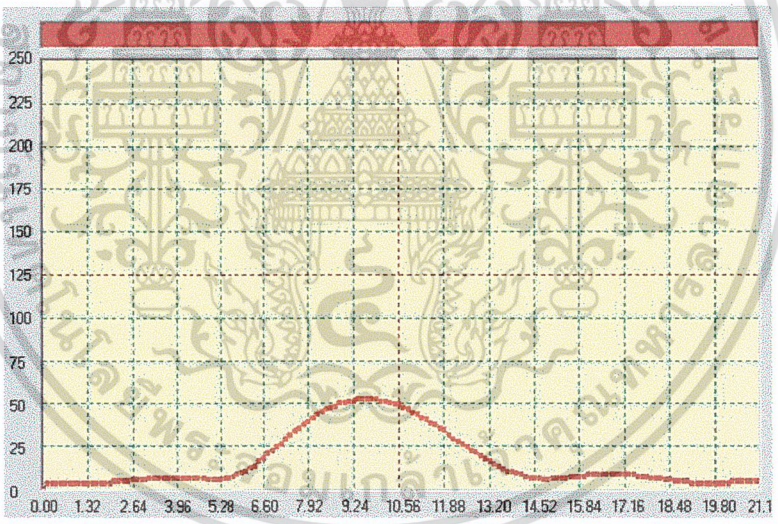
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กดปุ่มที่ 1 เพื่อติดต่อ ถ้าสามารถติดต่อจะแสดงข้อความดังภาพ



4. ส่วนการวัดค่า

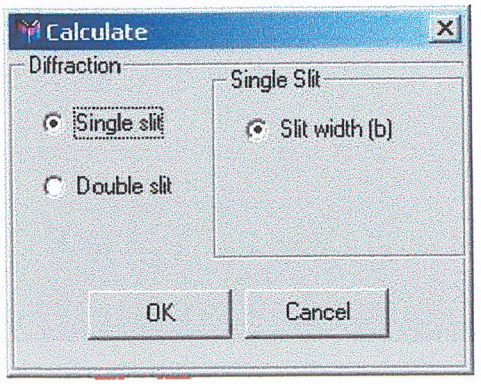
1. เมื่อมีการติดต่อกับอุปกรณ์ปุ่มที่ 2 จะแสดงออกมา และทำการกดปุ่ม 2 จะเป็นการวัดพร้อมทำการเขียนกราฟแสดงดังรูป



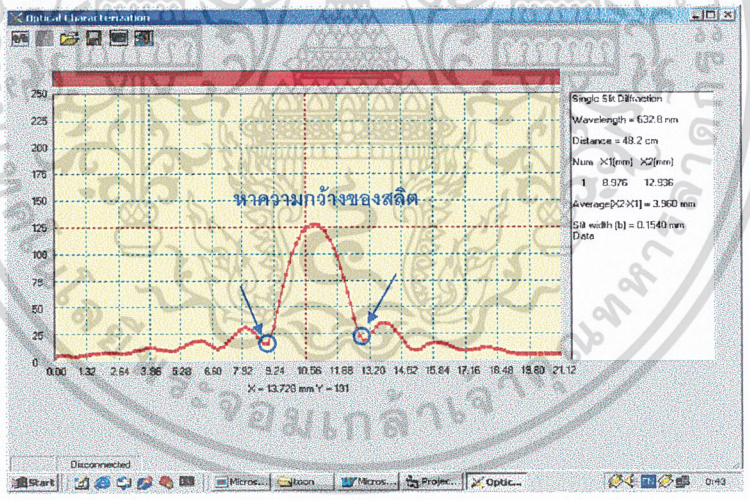
5. ส่วนการคำนวณ

1. เมื่อมีการวัดเสร็จถ้าต้องการคำนวณ กดปุ่มที่ 5 จะภาพดังรูปข้างล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

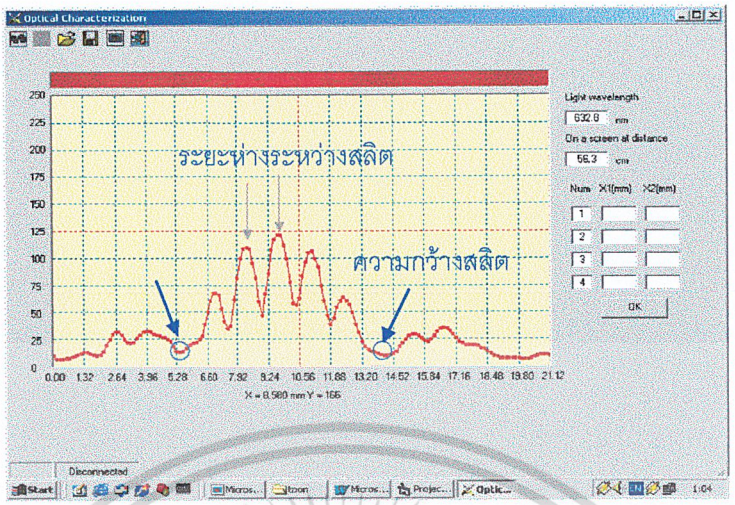


2. การคำนวณหา ความกว้างของสลิตเดี่ยว และ คู่ ระยะห่างระหว่างสลิตคู่
3. เลือกค่าจากกราฟที่ได้มาใส่ที่ช่อง X1 และ X2 ทางขวามือกราฟ เสร็จแล้วกดปุ่ม OK ก็จะแสดงค่าที่คำนวณได้ออกมาแสดงทางขวามือ
4. หรือทำการคลิก mouse ด้านซ้าย ที่ช่อง X1 และ X2 และมาคลิกที่กราฟ ค่าจะไปปรากฏอยู่ในช่องที่เราเลือก



ภาพตัวอย่างการเลือกค่าไปคำนวณของสลิตเดี่ยว ค่า x1 และ x2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพตัวอย่างการเลือกค่าไปคำนวณของสลิตคู่ ค่า x1 และ x2

6. การขยายกราฟ

1. คลิก mouse ด้านขวา จะเป็นการขยายรูปกราฟเข้าและออก
2. คลิก mouse ด้านซ้าย ที่ค่าในแกน X และ Y จะเป็นการกำหนดค่าเริ่มต้นและค่าแกน
3. กดปุ่ม + จะเป็นการขยายเข้าทีละระดับ
4. กดปุ่ม - จะเป็นการขยายออกทีละระดับ

การใช้ LCDในเชื่อมต่อเครื่องมือและวัด

1. ทำการต่อเชื่อม LCD เข้ากับอุปกรณ์
2. กดปุ่มสีดำบนตัวเครื่องมือเพื่อเป็นการรีเซต
3. กดปุ่มสีดำบนตัวกล่อง LCD เป็นการเลือกใช้ ให้เป็น LCD
4. กดปุ่มสีส้ม เป็นให้เครื่องมือวัดค่า
5. กดปุ่มสีเหลือง เป็นการแสดงค่าที่วัดได้ออกมาทีละค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม Visual basic ควบคุมคอมพิวเตอร์

Form 1 ส่วนแสดงโปรแกรม

```
Private Sub Command1_Click()
   Call CaluSlit
   Call UpLoadText1
   Call ShowCal(False)
End Sub

Private Sub Form_Load()
   With Form1.Toolbar1
      .Buttons(2).Enabled = False
   End With
End Sub

Private Sub Form_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
   With Form1.Label2
      .Visible = False
   End With
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
         Call MsSend("6")
End Sub

Private Sub Label1_Click(Index As Integer)
   Select Case Index
      Case Is < 17
         Axis = "X"
         Form2.Show
      Case Is > 16
         Axis = "Y"
         Form2.Show
   End Select
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub


Private Sub MSComm1_OnComm()
Dim buffer  As String
   With Form1.MSComm1
      Select Case .CommEvent
         Case comEvReceive
            buffer = .Input
           Select Case Trim(buffer)
              Case "Con"
                 Flagtimer1 = 0
                 Form1.ProgressBar1.Visible = False
                 MsgBox "Able to Connected", , "Call"
                 Form1.StatusBar1.Panels(1).Text = "Com" & .CommPort
                 Form1.StatusBar1.Panels(2).Text = "Connected"
                 Form1.Toolbar1.Buttons(2).Enabled = True
              Case "End"
                 Flagtimer1 = 0
                 Flagwork = 0
                 Call MsSend("6")
                 Form1.ProgressBar1.Visible = False
           End Select
      If Flagwork = 1 Then
         Call GetValue(buffer)
      End If
      End Select
   End With
End Sub


Private Sub Picture1_KeyDown(KeyCode As Integer, Shift As Integer)
   If Shift = 0 Then
      Select Case KeyCode
         Case 107
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            If Format(Xscal, "0.000") > 0.132 Then
               Call Chart(Xmin, Ymin, Xscal - 0.132, Yscal, Mscal)
            End If
            If Yscal > 1 Then
               Call Chart(Xmin, Ymin, Xscal, Yscal - 1, Mscal)
            End If
         Case 109
            If Format(Xscal, "0.000") < 1.32 Then
               Call Chart(Xmin, Ymin, Xscal + 0.132, Yscal, Mscal)
            End If
            If Yscal < 25 Then
               Call Chart(Xmin, Ymin, Xscal, Yscal + 1, Mscal)
            End If
         Case 37
            Call Chart(Xmin + Xscal, Ymin, Xscal, Yscal, Mscal)
         Case 38
            Call Chart(Xmin, Ymin - Yscal, Xscal, Yscal, Mscal)
         Case 39
            Call Chart(Xmin - Xscal, Ymin, Xscal, Yscal, Mscal)
         Case 40
            Call Chart(Xmin, Ymin + Yscal, Xscal, Yscal, Mscal)
      End Select
   Else
      Select Case KeyCode
         Case 107
            Call Chart(Xmin, Ymin, 1.32, 25, Mscal)
         Case 109
            Call Chart(0, 0, 0.132, 1, Mscal)
      End Select
   End If
End Sub

Private Sub Picture1_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
   Select Case Button
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Case 1
            Form1.Text2(Ntext) = Format((Format(X / 0.132, "0") * 0.132), "0.000")
        Case 2
            Zoom = Zoom Xor 1
            Select Case Zoom
                Case 0
                    Call Chart(0, 0, 1.32, 25, Mscal)
                Case 1
                    Call Chart(Format(((Format(X / 0.132, "0") - 8) * 0.132), "0.000"), ((Ymax - Int(Y)) + Ymin -
5), 0.132, 1, Mscal)
            End Select
    End Select
End Sub

Private Sub Picture1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    With Form1.Label2
        .Visible = True
        .Caption = "X = " & Format((Format(X / 0.132, "0") * 0.132), "0.000") & " mm Y = " & Format((Ymax
- Y) + Ymin, "0")
    End With
End Sub


Private Sub Text2_MouseDown(Index As Integer, Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y
As Single)
    Ntext = Index
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
    With Form1.Timer1
        .Enabled = False
        Select Case Flagtimer1
            Case 1
                Call MsChkConnect
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            .Enabled = True
        Case 2
            Flagwork = 1
            Call MsSend("3")
            .Enabled = True
    End Select
  End With
End Sub

Private Sub Toolbar1_ButtonClick(ByVal Button As MSComctlLib.Button)
  Select Case Trim(Button.Key)
    Case "Call"
      Call MaCall
    Case "Start"
      Call MaStart
    Case "Open"
      Call MaOpen
    Case "Save"
      Call MaSave
    Case "Cal"
      Call MaCal
    Case "Exit"
      Call MsSend("6")
      Unload Me
  End Select
End Sub
```

Form2 แสดงการเปลี่ยนแกน

```
Private Sub Command1_Click()
  Call UploadChart
End Sub

Sub UploadChart()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Select Case Axis
        Case "X"
            Call Chart(Val(Form2.Text1.Text), Ymin, Val(Form2.Text2.Text), Yscal, Mscal)
        Case "Y"
            Call Chart(Xmin, Val(Form2.Text1.Text), Xscal, Val(Form2.Text2.Text), Mscal)
    End Select
    Unload Me
End Sub

Private Sub Form_Load()
    Form2.Frame1.Caption = "Value(" & Axis & ") axis scale"
    Select Case Axis
        Case "X"
            Form2.Text1.Text = Xmin
            Form2.Text2.Text = Format(Xscal, "0.000")
        Case "Y"
            Form2.Text1.Text = Ymin
            Form2.Text2.Text = Yscal
    End Select
End Sub

Private Sub Text1_KeyDown(KeyCode As Integer, Shift As Integer)
    If KeyCode = 13 Then
        Call UploadChart
    End If
End Sub

Private Sub Text2_KeyDown(KeyCode As Integer, Shift As Integer)
    If KeyCode = 13 Then
        Call UploadChart
    End If
End Sub
```

Form2 แสดงการเลือกตอนคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Command1_Click()
    Slit = Form3.Option1(0).Value
    CalSlit = Form3.Option3(0).Value
    Call ShowCal(True)
    Unload Me
End Sub

Private Sub Command2_Click()
    Unload Me
End Sub

Private Sub Form_Load()
    Form3.Option1(0).Value = True
    Form3.Option3(0).Value = True
End Sub

Private Sub Option1_Click(Index As Integer)
    Select Case Index
        Case 0
            Form3.Frame2.Visible = True
            Form3.Frame2.Caption = "Single Slit"
            Form3.Option3(0).Visible = True
            Form3.Option3(1).Visible = False
             Form3.Option3(0).Value = True
        Case 1
            Form3.Frame2.Visible = True
            Form3.Frame2.Caption = "Double slit"
            Form3.Option3(0).Visible = True
            Form3.Option3(1).Visible = True
             Form3.Option3(0).Value = True
    End Select
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Modules MainCal 'ส่วนทำการคำนวณ
Public Slit As Boolean
Public CalSlit As Boolean
Public Wavelength As Single
Public Distance As Single
Public Slit_X1(3) As String
Public Slit_X2(3) As String
Public AverageX As Single
Public Slit_W As Single
Public Slit_Sp As Single
Public Num As Byte
Public Ntext As Byte

Sub MaCal()
   Form3.Show
End Sub

Sub ShowCal(flag As Boolean)
Dim i As Byte
   With Form1
      For i = 0 To 1
         .Label4(i).Visible = flag
         .Label5(i).Visible = flag
         .Text3(i).Visible = flag
      Next i
      For i = 0 To 2
         .Label3(i).Visible = flag
      Next i
      For i = 1 To 12
         .Text2(i - 1).Visible = flag
      Next i
      .Command1.Visible = flag
      .Text1.Visible = Not flag
   End With
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Sub CaluSlit()
    Wavelength = Val(Form1.Text3(0).Text) * 0.000000001
    Distance = Val(Form1.Text3(1).Text) * 0.01
    Form1.Text3(1).Text = ""
    Call CalAverage
    If CalSlit = True Then
        Call CalSlit_W
    Else
        Call CalSlit_S
    End If
End Sub

Sub CalSlit_W()
    If AverageX <> 0 Then
        Slit_W = 2 * Distance * Wavelength / AverageX
    End If
End Sub

Sub CalSlit_S()
    If AverageX <> 0 Then
        Slit_Sp = Distance * Wavelength / AverageX
    End If
End Sub

Sub UpLoadText1()
Dim i As Byte

    Form1.Text1.Text = ""
    With Form1.Text1
        Select Case Slit
            Case True
                .Text = .Text & "Single Slit Diffraction" & vbCrLf & vbCrLf
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Case False
            .Text = .Text & "Double Slit Diffraction" & vbCrLf & vbCrLf
      End Select
   End With

   With Form1.Text1
      .Text = .Text & "Wavelength = " & Format(Wavelength / 0.000000001, "0.0") & " nm" + vbCrLf &
vbCrLf
      .Text = .Text & "Distance = " & Format(Distance / 0.01, "0.0") & " cm" + vbCrLf + vbCrLf
   End With

   Form1.Text1 = Form1.Text1 & "Num" & "   X1(mm)" & "   X2(mm)" & vbCrLf & vbCrLf
   For i = 1 To Num
      With Form1.Text1
         .Text = .Text & "   " & i & "      " & Format(Slit_X1(i - 1), "0.000") & "      " & Format(Slit_X2(i - 1),
"0.000") & vbCrLf & vbCrLf
      End With
   Next i

   With Form1.Text1
      .Text = .Text & "Average[X2-X1] = " & Format(AverageX / 0.001, "0.000") & " mm" & vbCrLf &
vbCrLf
      Select Case Slit
         Case True
            .Text = .Text & "Slit width (b) = " & Format(Slit_W / 0.001, "0.00") & " mm" & vbCrLf
         Case False
            If CalSlit = True Then
               .Text = .Text & "Slit width (b) = " & Format(Slit_W / 0.001, "0.00") & " mm" & vbCrLf
            Else
               .Text = .Text & "Slit space (a) = " & Format(Slit_Sp / 0.001, "0.00") & " mm" & vbCrLf
            End If
      End Select
   End With
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub CalAverage()
Dim i As Byte
Dim t As Byte
Dim total As Single
   For i = 1 To 12
      With Form1.Text2(i - 1)
         Select Case i Mod 3
            Case 2
               Slit_X1(t) = .Text
               .Text = ""
            Case 0
               Slit_X2(t) = .Text
               .Text = ""
            t = t + 1
         End Select
      End With
   Next i
   Num = 0
   For i = 0 To 3
      If Slit_X1(i) <> "" Then
         If Slit_X2(i) <> "" Then
            total = total + Abs(Val(Slit_X2(i)) - Val(Slit_X1(i)))
         Num = Num + 1
         End If
         AverageX = (total / Num) * 0.001
      End If
   Next i
End Sub
```

Modules MainCall 'ส่วนทำการติดต่อกับอุปกรณ์

```
Sub MaCall()
   Com = 0
   With Form1.Toolbar1.Buttons(1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        If .MixedState = False Then
            .MixedState = True
            Call MsConnect
        Else
            .MixedState = False
            Call MsClose
            Form1.StatusBar1.Panels(2).Text = "Disconnected"
            Form1.Toolbar1.Buttons(2).Enabled = False
        End If
    End With
End Sub

Sub MsConnect()
    With Form1.Timer1
        Flagtimer1 = 1
        .Enabled = True
        .Interval = 500
    End With
End Sub
Sub MsChkConnect()
On Error GoTo Err
    Call MsClose
            With Form1.MSComm1
                Com = Com + 1
                .CommPort = Com
            End With
            With Form1.ProgressBar1
                .Visible = True
                .Value = Com
            End With
        Call MsOpen
        Call MsSend("1")
    Exit Sub
Err:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    With Form1.ProgressBar1
        .Value = Com - 1
    End With
    Resume Next
End Sub
Sub MsOpen()
    On Error GoTo Err
    With Form1.MSComm1
        .PortOpen = True
    Exit Sub
Err:
        Select Case Err.Number
            Case comPortInvalid
                Flagtimer1 = 0
                With Form1.ProgressBar1
                    .Visible = False
                End With
                MsgBox "Unable to Connected", , "Call"
                Form1.Toolbar1.Buttons(1).MixedState = False
        End Select
        Resume Next
    End With
End Sub

Sub MsSend(Send As String)
    With Form1.MSComm1
        If .PortOpen = True Then
            .Output = Send
        End If
    End With
End Sub

Sub MsClose()
    With Form1.MSComm1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        If .PortOpen = True Then
            Call MsSend("2")
           .PortOpen = False
        End If
    End With
End Sub
```

Modules MainOpen *' ส่วนทำการเปิดข้อมูลที่บันทึกไว้*

```
Sub MaOpen()
Dim i As Byte
Dim tmp As String
Dim Cancel As Boolean
On Error GoTo ErrHandler

    Cancel = False
    With Form1.CommonDialog1
       .CancelError = True
       .Filter = "Text File (*.txt)|*.txt"
       .ShowOpen
       Form1.Text1.Text = ""
       If Not Cancel Then
          Open .FileName For Input As #1
             Do Until tmp = "Data"
              Line Input #1, tmp
              With Form1.Text1
                 .Text = .Text + tmp + vbCrLf
              End With
            Loop
            tmp = ""
            For i = 0 To NScan
              Line Input #1, tmp
              ValueX(i) = Val(Mid(tmp, 1, 6))
              ValueY(i) = Val(Mid(tmp, 7, 4))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Debug.Print ValueX(i); ValueY(i)
            tmp = ""
            Debug.Print ValueY(i)
            Next i
        Close #1
        Call Chart(0, 0, 1.32, 25, 0.132)
        Form1.Text1.Visible = True
        Form1.Picture2.Visible = True
    End If
Exit Sub
ErrHandler:
  If Err.Number = cdlCancel Then
    Cancel = True
    Resume Next
  End If
  End With
End Sub

Modules MainProgram 'ส่วนเริ่มโปรแกรม
Sub MaOpen()
Dim i As Byte
Dim tmp As String
Dim Cancel As Boolean
On Error GoTo ErrHandler

  Cancel = False
  With Form1.CommonDialog1
    .CancelError = True
    .Filter = "Text File (*.txt) |*.txt"
    .ShowOpen
    Form1.Text1.Text = ""
    If Not Cancel Then
      Open .FileName For Input As #1
        Do Until tmp = "Data"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Line Input #1, tmp
            With Form1.Text1
               .Text = .Text + tmp + vbCrLf
            End With
         Loop
         tmp = ""
         For i = 0 To NScan
            Line Input #1, tmp
            ValueX(i) = Val(Mid(tmp, 1, 6))
            ValueY(i) = Val(Mid(tmp, 7, 4))
         Debug.Print ValueX(i); ValueY(i)
         tmp = ""
         Debug.Print ValueY(i)
         Next i
      Close #1
      Call Chart(0, 0, 1.32, 25, 0.132)
      Form1.Text1.Visible = True
      Form1.Picture2.Visible = True
   End If
Exit Sub
ErrHandler:
   If Err.Number = cdlCancel Then
      Cancel = True
      Resume Next
   End If
   End With

End Sub
```

Modules MainSave ' ส่วนบันทึกข้อมูลที่ทำการวัด

```
Sub MaSave()
Dim i As Byte
Dim tmp As String
Dim Cancel As Boolean
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
On Error GoTo ErrHandler
    Cancel = False
    With Form1.CommonDialog1
        .CancelError = True
        .Filter = "Text File (*.txt) |*.txt"
        .ShowSave
        If Not Cancel Then
            For i = 0 To NScan
                s = s + Format(Str(ValueX(i)), "00.000") + Str(ValueY(i)) + vbCrLf
            Next i
            Open .FileName For Output As #1
                Print #1, Form1.Text1.Text + "Data" + vbCrLf + s
            Close #1
        End If
Exit Sub
ErrHandler:
    If Err.Number = cdlCancel Then
        Cancel = True
        Resume Next
    End If
  End With
End Sub

Module MainStart  'ส่วนที่ทำการวัดและเก็บค่า

Sub MaStart()
    Form1.Text1.Text = ""
    Call ClrValue
    Form1.Text1.Visible = False
    Call Chart(Xmin, Ymin, Xscal, Yscal, Mscal)
    Form1.Picture2.Visible = True
    Form1.Picture2.BackColor = RGB(255, 255, 255)
    With Form1.ProgressBar1
        .Max = NScan
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        .Min = 0
    End With
    With Form1.Timer1
        Flagtimer1 = 2
        .Interval = 20
        .Enabled = True
    End With
End Sub

Sub ClrValue()
Dim i As Byte
    For i = 0 To NScan
        ValueX(i) = 0
        ValueY(i) = 0
    Next i
End Sub

Sub GetValue(buffer As String)
Dim i As Byte
    i = Val(Left(buffer, 4))
    ValueX(i) = Format(i * Mscal, "0.000")
    ValueY(i) = Val(Right(buffer, 4))
    Call PlotValue(ValueX(i), ValueY(i), i)
    With Form1.ProgressBar1
        .Visible = True
        .Value = i
    End With
End Sub

Sub PlotValue(X As Single, Y As Integer, i As Byte)
    Form1.Picture1.DrawWidth = 4
    Form1.Picture1.PSet (X, (Ymax - Y) + Ymin), RGB(Y + 150, 0, 0)
    Form1.Picture1.DrawWidth = 1
    Form1.Picture1.DrawStyle = 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Call PlotPic2(i, Y)
    If i > 0 Then
        If Y > 0 Then
            Form1.Picture1.Line (ValueX(i - 1), (Ymax - ValueY(i - 1)) + Ymin)-(ValueX(i), ((Ymax - ValueY
(i)) + Ymin)), RGB(Y + 150, 0, 0)
        End If
    End If
End Sub

Sub PlotPic2(i As Byte, Y As Integer)
    Form1.Picture2.DrawWidth = Int(35 / (Xscal / Mscal)) + 1
    Form1.Picture2.Line (ValueX(i), 0)-(ValueX(i), 1), RGB(Y + 150, 0, 0)
End Sub

Sub UploadPlot()
Dim i As Byte
    For i = 0 To NScan
        Call PlotValue(ValueX(i), ValueY(i), i)
    Next i
End Sub
Module PropertieChart ' ส่วนทำการเขียนกราฟ
Public Xmin As Single, Xmax As Single
Public Ymin As Integer, Ymax As Integer
Public Xscal As Single, Yscal As Integer
Public Mscal As Single

Sub Chart(X1 As Single, Y1 As Integer, Xs As Single, Ys As Integer, Ms As Single)
    Xmin = X1
    Xmax = (16 * Xs) + X1
    Ymin = Y1
    Ymax = (10 * Ys) + Y1
    Xscal = Xs
    Yscal = Ys
    Mscal = Ms
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Form1.Picture1.Cls
    Form1.Picture2.Cls
    Form1.Picture1.Scale (Xmin, Ymin)-(Xmax, Ymax)
    Form1.Picture2.Scale (Xmin, 0)-(Xmax, 1)
    Call Xaxis_Line
    Call Yaxis_Line
    Call Xaxis_Label
    Call Yaxis_Label
    Call UploadPlot
End Sub

Sub Xaxis_Line()
Dim i As Byte
Dim c As Byte
    Form1.Picture1.DrawStyle = 2
    For i = 1 To 15
        c = 3
        If i = 8 Then
            c = 4
        End If
        Form1.Picture1.Line (Xmin + (i * Xscal), Ymin)-(Xmin + (i * Xscal), Ymax), QBColor(c)
    Next i
End Sub

Sub Yaxis_Line()
Dim i As Byte
Dim c As Byte
    Form1.Picture1.DrawStyle = 2
    For i = 1 To 9
        c = 3
        If i = 5 Then
            c = 4
        End If
        Form1.Picture1.Line (Xmin, Ymin + (i * Yscal))-(Xmax, Ymin + (i * Yscal)), QBColor(c)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Next i
End Sub

Sub Xaxis_Label()
Dim i As Byte
    For i = 0 To 16
        With Form1.Label1(i)
            .Visible = True
            .Caption = Format(Xmin + (i * Xscal), "0.00")
            .Top = Form1.Picture1.Top + 61
            .Left = Form1.Picture1.Left - 1 + (i * 4.35)
        End With
    Next i
End Sub

Sub Yaxis_Label()
Dim i As Byte
    For i = 17 To 27
        With Form1.Label1(i)
            .Visible = True
            .Caption = Ymin + ((i - 17) * Yscal)
            .Top = Form1.Picture1.Top + 59 - ((i - 17) * 6)
            .Left = Form1.Picture1.Left - 3
        End With
    Next i
End Sub

Module PropertieForm1 ' กำหนดลักษณะที่ Form1

Sub PropForm1()
    With Form1
        .Left = 0
        .Top = 0
        .Width = 12000
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        .Height = 8700
        Form1.Scale (0, 0)-(100, 100)
    End With
End Sub

Sub PropPicture1()
    With Form1.Picture1
        .Left = 6
        .Top = 15
        .Width = 70
        .Height = 60
        .AutoRedraw = True
    End With
End Sub

Sub PropLabel1()
Dim i As Byte
    For i = 0 To 25
        With Form1.Label1(i)
            .Visible = False
            .Alignment = 1
            .AutoSize = True
        End With
    Next i
End Sub

Sub PropPicture2()
    With Form1.Picture2
        .Visible = False
        .Left = Form1.Picture1.Left
        .Top = Form1.Picture1.Top - 5
        .Width = Form1.Picture1.Width
        .Height = 4
        .AutoRedraw = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        .BackColor = RGB(255, 255, 255)
    End With
End Sub

Sub PropLabel2()
    With Form1.Label2
        .Visible = False
        .Alignment = 2
        .AutoSize = True
        .Top = Form1.Picture1.Height + 20
        .Left = Form1.Picture1.Left + 32
    End With
End Sub

Sub PropText1()
    With Form1.Text1
        .Visible = False
        .Top = Form1.Picture1.Top
        .Left = Form1.Picture1.Width + 7
        .Height = Form1.Picture1.Height
        .Width = 20
        .Text = ""
    End With
End Sub

Sub PropLabel3()
Dim i As Byte
    For i = 0 To 2
        With Form1.Label3(i)
            .Visible = False
            .Alignment = 2
            .AutoSize = True
            .Top = Form1.Picture1.Top + 20
            Select Case i
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Case 0
               .Left = Form1.Picture1.Width + 8          ' Label3(0)
               .Caption = "Num"
            Case 1
               .Left = Form1.Picture1.Width + 13         ' Label3(1)
               .Caption = "X1(mm)"
            Case 2
               .Left = Form1.Picture1.Width + 19         ' Label3(2)
               .Caption = "X2(mm)"
         End Select
      End With
   Next i
End Sub

Sub PropText2()
Dim i As Byte
Dim t As Byte
   t = 1
   For i = 1 To 12
      With Form1.Text2(i - 1)
         .Visible = False
         .Top = Form1.Picture1.Top + 20 + (t * 5)
         .Alignment = 2
         .MaxLength = 6
         .Width = 5
         .Text = ""
         Select Case i Mod 3
            Case 1
               .Width = 3
               .Left = Form1.Picture1.Width + 8.8
               .Text = t
            Case 2
               .Left = Form1.Picture1.Width + 13
            Case 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            .Left = Form1.Picture1.Width + 19
            t = t + 1
        End Select
    End With
  Next i
End Sub

Sub PropTimer1()
  With Form1.Timer1
    .Enabled = False
  End With
End Sub

Sub PropMscomm1()
  With Form1.MSComm1
    .CommPort = 1
    .RThreshold = 1
  End With
End Sub

Sub PropStatusBar1()
  With Form1.StatusBar1
    .Panels(1).Width = 6
    .Panels(1).Alignment = sbrCenter
    .Panels(2).Width = 12
    .Panels(2).Alignment = sbrCenter
    .Panels(2).Text = "Disconnected"
  End With
End Sub

Sub PropProgressBar1()
  With Form1.ProgressBar1
    .Visible = False
    .Top = Form1.Picture1.Height + 35.8
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        .Left = Form1.Picture1.Left + 13
        .Height = 3.2
        .Width = 40
        .Min = 0
        .Max = 2
    End With
End Sub

Sub PropLabel4()
Dim i As Byte
    For i = 0 To 1
        With Form1.Label4(i)
            .Visible = False
            .Alignment = 0
            .AutoSize = True
            .Left = Form1.Picture1.Width + 8
            .Top = Form1.Picture1.Top + (i * 9)
            If i = 0 Then
                .Caption = "Light wavelength"
            Else
                .Caption = "On a screen at distance"
            End If
        End With
    Next i
End Sub

Sub PropLabel5()
Dim i As Byte
    For i = 0 To 1
        With Form1.Label5(i)
            .Visible = False
            .Alignment = 0
            .AutoSize = True
            .Left = Form1.Picture1.Width + 15
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        .Top = Form1.Picture1.Top + 5 + (i * 9)
        If i = 0 Then
           .Caption = "nm"
        Else
           .Caption = "cm"
        End If
     End With
  Next i

End Sub

Sub PropText3()
Dim i As Byte
  For i = 0 To 1
     With Form1.Text3(i)
        .Visible = False
        .Alignment = 2
        .Left = Form1.Picture1.Width + 8
        .Top = Form1.Picture1.Top + 4 + (i * 9)
        .Width = 6
        .MaxLength = 6
        If i = 0 Then
           .Text = "632.8"
        Else
           .Text = ""
        End If
     End With
  Next i
End Sub

Sub PropCommand1()
  With Form1.Command1
     .Visible = False
     .Left = Form1.Picture1.Width + 13
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        .Top = Form1.Picture1.Height
        .Caption = "OK"
    End With
End Sub
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรเลอร์

```
#include <8051io.h>
#include <8051reg.h>
#include <8051int.h>
#include <8051lcd.c>
#include <8051step.c>

extern register char cputick;
register unsigned char flag,num,flaglcd;

INTERRUPT(_IE0_) button1()
{
        num++;
        flag = num & 0x01;
        delay(100);
        asm {
Lbutton
                jnb P3.2,Lbutton
        }
}

main()
{
        serinit(9600);
        num = 0;
        i_LCD();
        flaglcd = 0x00;
        flag = 0x00;
        IE |= 0x81;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        while(1)
        {
                showcom();
                showlcd();
                workcom();
                worklcd();
        }
}


showcom()
{
        if (flag == 0x00)
        {
                printlcd("    COMPUTER    ");
                flag = 0x02;
        }
}


showlcd()
{
        if (flag == 0x01)
        {
                printlcd("     LCD      ");
                flag = 0x03;
        }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
workcom()
{
        register unsigned char ch;
        if(flag == 0x02)
        {
                ch = chkchr();
                switch(ch)
                {
                        case '1'        :       printf("Con");
                                                c_step();
                                                break;
                        case '2'        :       P1 |= 0x80;
                                                d_step();
                                                break;
                        case '3'        :       sendcom();
                                                f_step();
                                                break;
                        case '6'        :       i_step();
                                                break;
                }
        }
}

worklcd()
{
        register unsigned char ch,va;
        if(flag == 0x03)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{
        ch = chkbu();
        switch(ch)
        {
                case  1         :       printlcd("USE");
                                        delay(1000);
                                        c_step();
                                        while (dis < 161)
                                        {
                                                va = adc0804();
                                                sendlcd(dis*132,va);
                                                eewrite(dis,va);
                                                f_step();
                                                delay(50);
                                        }
                                        i_step();
                                        break;

                case 2          :
                                        if(dis < 161)
                                        {
                                                va = eeread(dis);
                                                sendlcd(dis*132,va);
                                                dis++;
                                        }
                                        if(dis > 160)
                                        {
                                                dis = 0;
                                        }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                                        break;
                }
        }
}


chkbu()
{
        P1 |= 0x0c;
        delay(20);
        if(P1 != 0x0c)
        {
                if((P1&0x08) == 0)
                {
                        delay(150);
                        return 1;
                }
                if((P1&0x04) == 0)
                {
                        delay(150);
                        return 2;
                }
        }
        return 0;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8051lcd.c 'การทำงานของ LCD

```
register unsigned char ACCU,bufferX[5],bufferY[4];
register unsigned int tmp;

asm_equ()
{
        asm "E EQU P3.5";
        asm "RS EQU P3.4";
}

pulseE()
{
        asm{
                SETB E
                NOP
                CLR E
        }
}

pause(int j)
{
        register unsigned int i;
        for (i = 0; i < j; i++);
}

LCDWI(char c) /* write instruction to instruction register */
{
                ACCU = c; /* use ACCU for interfacing to Assembly */
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        asm {
                MOV A,ACCU /* copy ACCU to accumulator */
                CLR RS /* RS = 0 instruction register */
                CLR E
                MOV P1,A /* put high nibble first */
                SETB E
                NOP
                CLR E
                MOV A,ACCU
                SWAP A /* swap high and low nibble */
                MOV P1,A /* then followed with low nibble */
                SETB E
                NOP
                CLR E
        }
        pause(1);
}

LCDWD(char c) /* write data to data register */
{
                ACCU = c; /* use ACCU for interfacing to Assembly */
        asm {
                MOV A,ACCU
                SETB RS /* write data */
                CLR E
                MOV P1,A /* similarly put high nibble first */
                SETB E
                NOP
                CLR E
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            SWAP A
            MOV P1,A /* then followed with low nibble */
            SETB E
            NOP
            CLR E
        }
        pause(1);
}

i_LCD()/*initialize LCD in accordance with HD44780 4-bit mode*/
{
        asm" CLR RS";
        asm" CLR E";
        P1 = 0x30;
        pulseE();
        delay(10);
        pulseE();
        delay(1);
        pulseE();
        delay(1);
        P1 = 0x20;
        pulseE();
        pulseE();
        pulseE();
        LCDWI(0x28); // set 4-bit bus, 1/16 line, 5*7 dots
        LCDWI(0x0c); // on display,off cursor, no blink
        LCDWI(0x06); // entry mode DDRAM auto address increment
        LCDWI(1); // clear display
        delay(5);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}

print_LCD(char a,char *s)
{
        LCDWI(a); // send address first
        while(*s != 0) // if not found end of string
                LCDWD(*s++); // write to data register and increment pointer
}

printlcd(char *s)
{
        register unsigned int i;
        i = 0;
        print_LCD(0x80,"        ");
        print_LCD(0xc0,"        ");
        LCDWI(0x80);
        while(*s != 0)
        {
                i++;
                if ( i == 9)
                        LCDWI(0xc0);
                LCDWD(*s++);
        }
}

sendlcd(unsigned int x ,unsigned char y)
{
        bufferX[0] = (x/10000) + 48;
        tmp = x%10000;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    bufferX[1] = (tmp/1000)+ 48;
    tmp = tmp%1000;
    bufferX[2] = (tmp/100) +48;
    tmp = tmp%100;
    bufferX[3] = (tmp/10) +48;
    bufferX[4] = (tmp%10) + 48;

    bufferY[0] = (y/100) +48;
    tmp = y%100;
    bufferY[1] = (tmp/10) +48;
    bufferY[2] = (tmp%10) + 48;
    LCDWI(0x80);
    LCDWD('X');
    LCDWD('=');
    LCDWD(bufferX[0]);
    LCDWD(bufferX[1]);
    LCDWD('.');
    LCDWD(bufferX[2]);
    LCDWD(bufferX[3]);
    LCDWD(bufferX[4]);

    LCDWI(0xc0);
    LCDWD(' ');
    LCDWD('Y');
    LCDWD('=');
    LCDWD(bufferY[0]);
    LCDWD(bufferY[1]);
    LCDWD(bufferY[2]);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8051step.c ‘ การทำงานของมอเตอร์

```
unsigned char step[8]={0x80,0xc0,0x40,0x60,0x20,0x30,0x10,0x90};
register unsigned int dis;

c_step()
{
        P1 &= 0x7f;
        dis = 0;
}

d_step()
{
        P1 |= 0x80;
        i_step();
}

sendcom()
{
        register unsigned char c;
        c = adc0804();
        printf("%4u%4u",dis,c);
}

f_step()
{
        if (dis < 161)
        {
                P1 ^= 0x80;
                dis ++;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                P2 = step[(dis&0x07)];

        }
        if (dis > 160)
        {
                printf("End     ");
                P1 &= 0x7f;
        }

}

b_step()
{
        if (dis > 0 )
        {
                P1 ^= 0x80;
                dis --;
                P2 = step[(dis&0x07)];
        }
        if (dis == 0)
                P1 &= 0x7f;
}

i_step()
{
        while(dis > 0)
        {
                b_step();
                delay(10);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

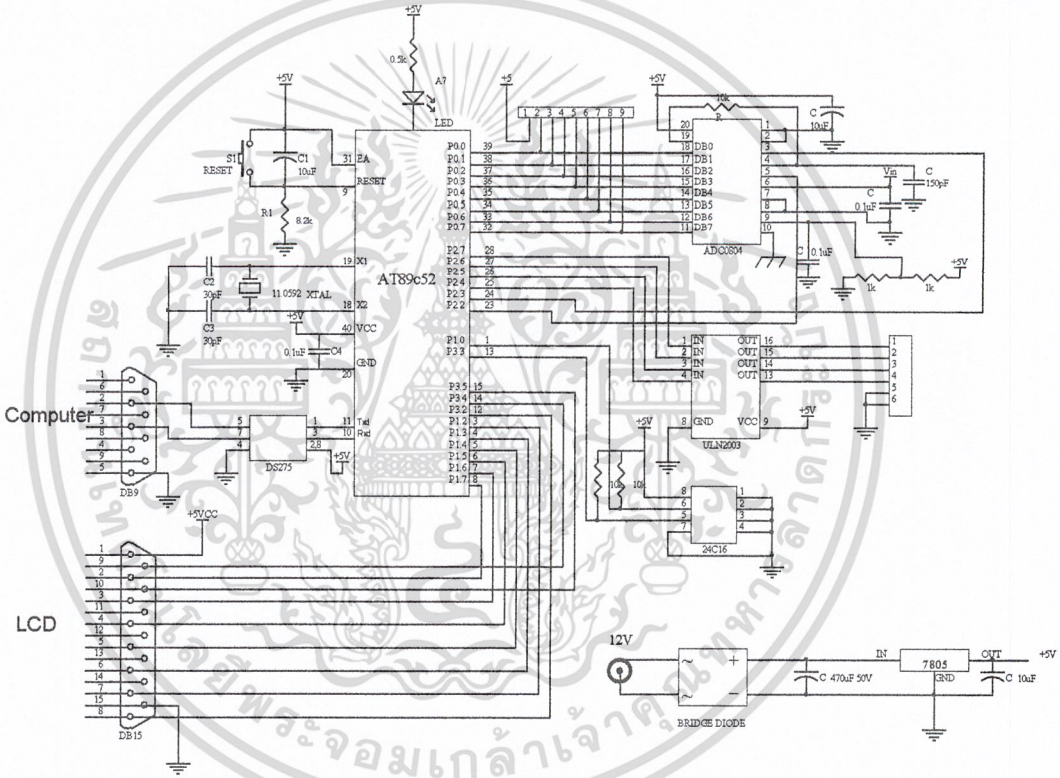
```
        }
}

adc0804()
{
        asm
        {
                CLR P2.3
                NOP
                NOP
                SETB P2.3
Toon
                JB P2.2,Toon
        }
        return (P0 );
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


AT89c52
Computer
LCD
DB9
DB15
DS275
ADC0804
ULN2003
24C16
BRIDGE DIODE
7805
12V
LED
RESET
XTAL
11.0592
Title
Size
B
Number
Revision
Date: 17-Mar-2001
Sheet of
File: D:\PROJECT.SCH
Drawn By:

Features

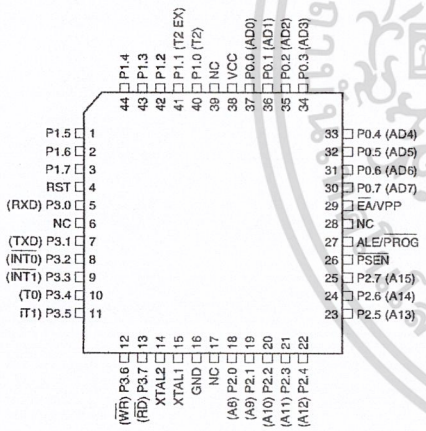
- Compatible with MCS-51™ Products
- 8K Bytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
- Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 256 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Three 16-bit Timer/Counters
- Eight Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes

Description

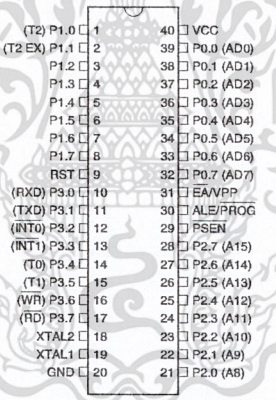
The AT89C52 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 8K bytes of Flash programmable and erasable read only memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard 80C51 and 80C52 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C52 is a powerful microcomputer which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

Pin Configurations

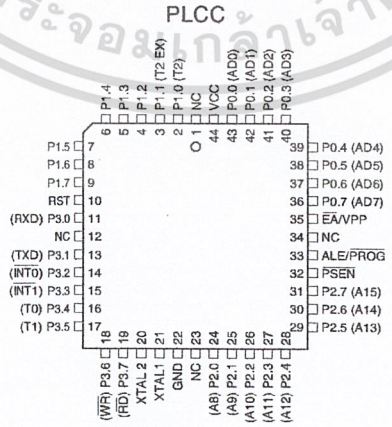
PQFP/TQFP



PDIP



PLCC



8-bit Microcontroller with 8K Bytes Flash

AT89C52

Rev. 0313H–02/00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

November 1999

ADC0801/ADC0802/ADC0803/ADC0804/ADC0805 8-Bit µP Compatible A/D Converters

General Description

The ADC0801, ADC0802, ADC0803, ADC0804 and ADC0805 are CMOS 8-bit successive approximation A/D converters that use a differential potentiometric ladder—similar to the 256R products. These converters are designed to allow operation with the NSC800 and INS8080A derivative control bus with TRI-STATE® output latches directly driving the data bus. These A/Ds appear like memory locations or I/O ports to the microprocessor and no interfacing logic is needed.

Differential analog voltage inputs allow increasing the common-mode rejection and offsetting the analog zero input voltage value. In addition, the voltage reference input can be adjusted to allow encoding any smaller analog voltage span to the full 8 bits of resolution.

Features

- Compatible with 8080 µP derivatives—no interfacing logic needed - access time - 135 ns
- Easy interface to all microprocessors, or operates "stand alone"
- Differential analog voltage inputs
- Logic inputs and outputs meet both MOS and TTL voltage level specifications
- Works with 2.5V (LM336) voltage reference
- On-chip clock generator
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero adjust required
- 0.3" standard width 20-pin DIP package
- 20-pin molded chip carrier or small outline package
- Operates ratiometrically or with 5 V_{DC}, 2.5 V_{DC}, or analog span adjusted voltage reference

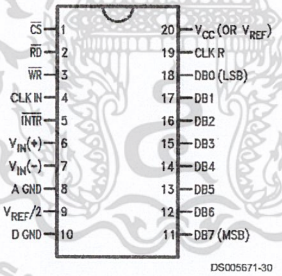
Key Specifications

■ Resolution	8 bits
■ Total error	±¼ LSB, ±½ LSB and ±1 LSB
■ Conversion time	100 µs

Connection Diagram

ADC080X

Dual-In-Line and Small Outline (SO) Packages



DS005671-30

See Ordering Information

Ordering Information

TEMP RANGE		0°C TO 70°C	0°C TO 70°C	−40°C TO +85°C
ERROR	±¼ Bit Adjusted			ADC0801LCN
	±½ Bit Unadjusted	ADC0802LCWM		ADC0802LCN
	±½ Bit Adjusted			ADC0803LCN
	±1Bit Unadjusted	ADC0804LCWM	ADC0804LCN	ADC0805LCN/ADC0804LCJ
PACKAGE OUTLINE		M20B—Small Outline	N20A—Molded DIP	

TRI-STATE® is a registered trademark of National Semiconductor Corp.
Z-80® is a registered trademark of Zilog Corp.

© 1999 National Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description (Continued)

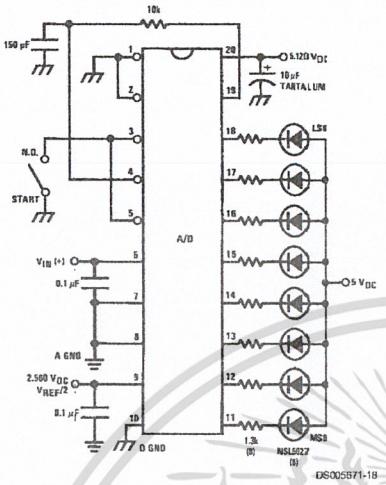


FIGURE 9. Basic A/D Tester

For a higher speed test system, or to obtain plotted data, a digital-to-analog converter is needed for the test set-up. An accurate 10-bit DAC can serve as the precision voltage source for the A/D. Errors of the A/D under test can be expressed as either analog voltages or differences in 2 digital words.

A basic A/D tester that uses a DAC and provides the error as an analog output voltage is shown in *Figure 8*. The 2 op amps can be eliminated if a lab DVM with a numerical subtraction feature is available to read the difference voltage, "A–C", directly. The analog input voltage can be supplied by a low frequency ramp generator and an X-Y plotter can be used to provide analog error (Y axis) versus analog input (X axis).

For operation with a microprocessor or a computer-based test system, it is more convenient to present the errors digitally. This can be done with the circuit of *Figure 11*, where the output code transitions can be detected as the 10-bit DAC is incremented. This provides ¼ LSB steps for the 8-bit A/D under test. If the results of this test are automatically plotted with the analog input on the X axis and the error (in LSB's) as the Y axis, a useful transfer function of the A/D under test results. For acceptance testing, the plot is not necessary and the testing speed can be increased by establishing internal limits on the allowed error for each code.

4.0 MICROPROCESSOR INTERFACING

To dicuss the interface with 8080A and 6800 microprocessors, a common sample subroutine structure is used. The microprocessor starts the A/D, reads and stores the results of 16 successive conversions, then returns to the user's program. The 16 data bytes are stored in 16 successive memory locations. All Data and Addresses will be given in hexadecimal form. Software and hardware details are provided separately for each type of microprocessor.

4.1 Interfacing 8080 Microprocessor Derivatives (8048, 8085)

This converter has been designed to directly interface with derivatives of the 8080 microprocessor. The A/D can be mapped into memory space (using standard memory address decoding for $\overline{CS}$ and the $\overline{MEMR}$ and $\overline{MEMW}$ strobes) or it can be controlled as an I/O device by using the $\overline{I/O}$ R and $\overline{I/O}$ W strobes and decoding the address bits A0 → A7 (or address bits A8 → A15 as they will contain the same 8-bit address information) to obtain the $\overline{CS}$ input. Using the I/O space provides 256 additional addresses and may allow a simpler 8-bit address decoder but the data can only be input to the accumulator. To make use of the additional memory reference instructions, the A/D should be mapped into memory space. An example of an A/D in I/O space is shown in *Figure 12*.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DALLAS SEMICONDUCTOR

DS275
Line-Powered RS-232 Transceiver Chip

www.dalsemi.com

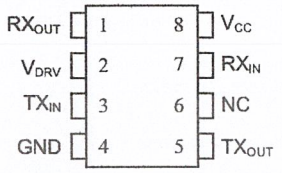
FEATURES

- Low-power serial transmitter/receiver for battery-backed systems
- Transmitter steals power from receive signal line to save power
- Ultra-low static current, even when connected to RS-232-E port
- Variable transmitter level from +5 to +12 volts
- Compatible with RS-232-E signals
- Available in 8-pin, 150 mil wide SOIC package (DS275S)
- Low-power CMOS

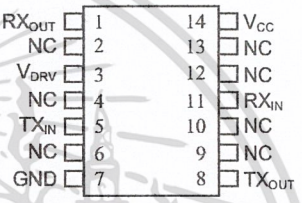
ORDERING INFORMATION

DS275	8-pin DIP
DS275S	8-pin SOIC
DS275E	14-pin TSSOP

PIN ASSIGNMENT



DS275 8-Pin DIP (300-mil)
DS275 8-Pin SOIC (150-mil)



DS275E 14-Pin TSSOP

PIN DESCRIPTION

RX_{OUT}	- RS-232 Receiver Output
V_{DRV}	- Transmit driver +V
TX_{IN}	- RS-232 Driver Input
GND	- System Ground (0V)
TX_{OUT}	- RS-232 Driver Output
NC	- No Connection
RX_{IN}	- RS-232 Receive Input
V_{CC}	-System Logic Supply (+5V)

DESCRIPTION

The DS275 Line-Powered RS-232 Transceiver Chip is a CMOS device that provides a low-cost, very low-power interface to RS-232 serial ports. The receiver input translates RS-232 signal levels to common CMOS/TTL levels. The transmitter employs a unique circuit which steals current from the receive RS-232 signal when that signal is in a negative state (marking). Since most serial communication ports remain in a negative state statically, using the receive signal for negative power greatly reduces the DS275's static power consumption. This feature is especially important for battery-powered systems such as laptop computers, remote sensors, and portable medical instruments. During an actual communication session, the DS275's transmitter will use system power (5-12 volts) for positive transitions while still employing the receive signal for negative transitions.

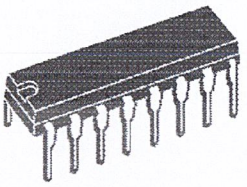
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SGS-THOMSON MICROELECTRONICS

ULN2001A-ULN2002A
ULN2003A-ULN2004A

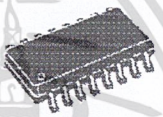
SEVEN DARLINGTON ARRAYS

- SEVEN DARLINGTONS PER PACKAGE
- OUTPUT CURRENT 500mA PER DRIVER (600mA PEAK)
- OUTPUT VOLTAGE 50V
- INTEGRAL SUPPRESSION DIODES FOR INDUCTIVE LOADS
- OUTPUTS CAN BE PARALLELED FOR HIGHER CURRENT
- TTL/CMOS/PMOS/DTL COMPATIBLE INPUTS
- INPUTS PINNED OPPOSITE OUTPUTS TO SIMPLIFY LAYOUT



DIP16

ORDERING NUMBERS: ULN2001A/2A/3A/4A



SO16

ORDERING NUMBERS: ULN2001D/2D/3D/4D

DESCRIPTION

The ULN2001A, ULN2002A, ULN2003 and ULN2004A are high voltage, high current darlington arrays each containing seven open collector darlington pairs with common emitters. Each channel is rated at 500mA and can withstand peak currents of 600mA. Suppression diodes are included for inductive load driving and the inputs are pinned opposite the outputs to simplify board layout.

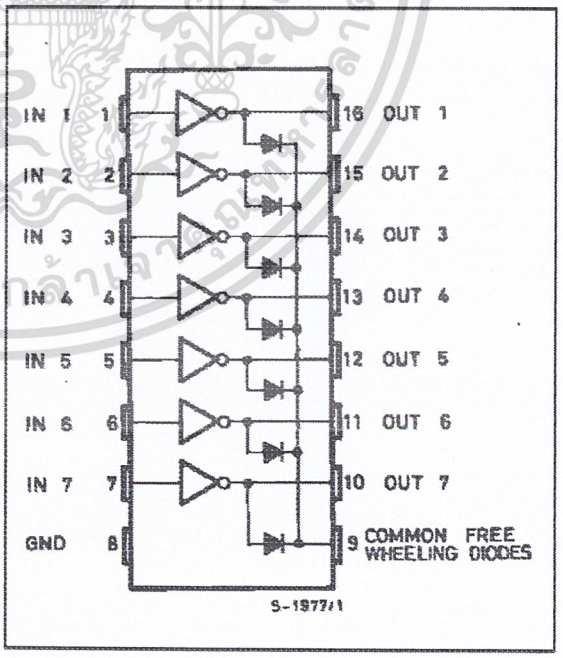
The four versions interface to all common logic families :

ULN2001A	General Purpose, DTL, TTL, PMOS, CMOS
ULN2002A	14-25V PMOS
ULN2003A	5V TTL, CMOS
ULN2004A	6–15V CMOS, PMOS

These versatile devices are useful for driving a wide range of loads including solenoids, relays DC motors, LED displays filament lamps, thermal printheads and high power buffers.

The ULN2001A/2002A/2003Aand 2004A are supplied in 16 pin plastic DIP packages with a copper leadframe to reduce thermal resistance. They are available also in small outline package (SO-16) as ULN2001D/2002D/2003D/2004D.

PIN CONNECTION



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Microtips Technology Inc.
台北縣汐止鎮康寧街169巷31號12樓
12F, No 31, Lane 169, Kang Ning St.
Hsi-Chih, Taipei Hsien, Taiwan, R.O.C.
WEB : http://www.microtips.com.tw
E-mail : Macros@microtips.com.tw
TEL: 886-2-2695-3133 FAX :886-2-2695-8625

LCD MODULE SPECIFICATION
FOR CUSTOMER'S APPROVAL

CUSTOMER : Standard

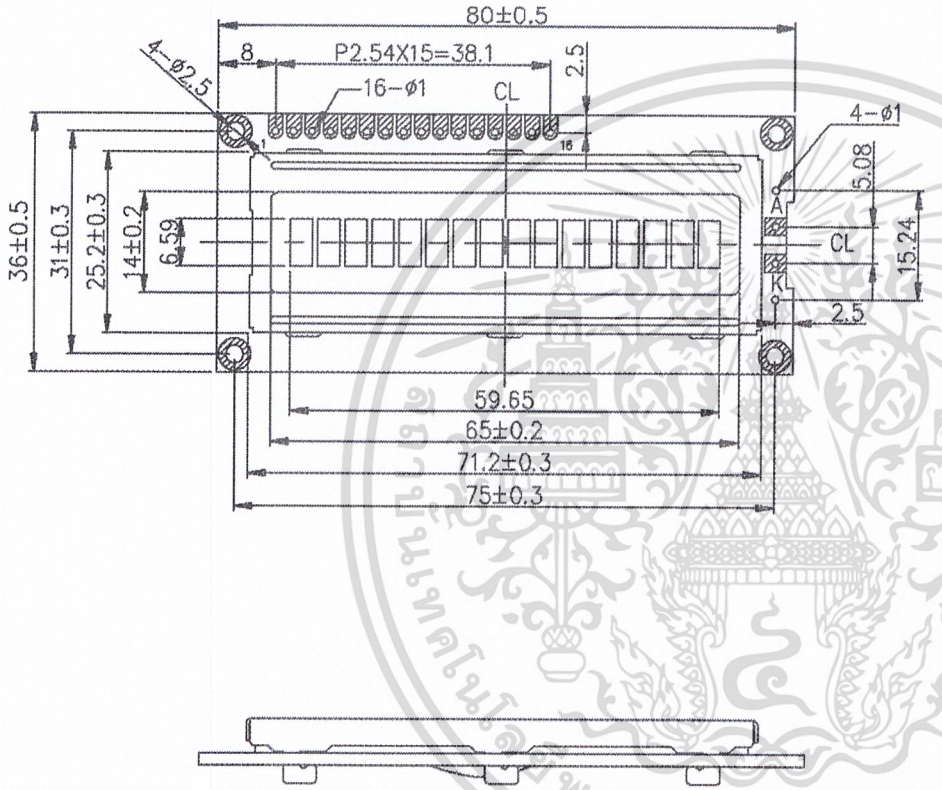
MODULE TYPE : MTC-S16100XRGHS

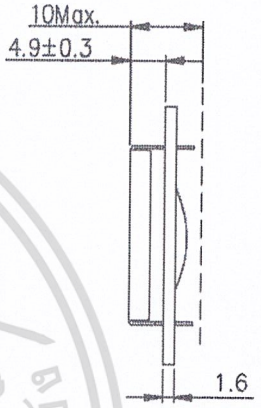
APPROVED BY: (FOR CUSTOMER USE ONLY)

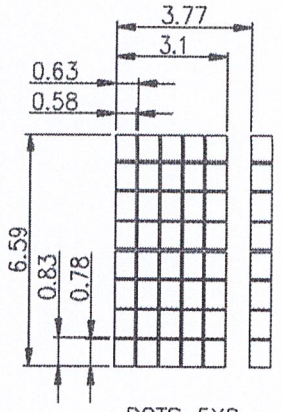
Approved By	Checked By	Prepared By	MT File No	Date Issued

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REV.	DESCRIPTION	DRAWN	CHECK	APP'D	DATE







DOTS 5X8
(SCALE 5/1)

PIN ASSIGNMENT							
1.	Vss	5.	R/W	9.	DB2	13.	DB6
2.	Vdd	6.	E	10.	DB3	14.	DB7
3.	Vee	7.	DB0	11.	DB4	15.	LEDA
4.	RS	8.	DB1	12.	DB5	16.	LEDK

NO.	M-16100X PART NAME	Q'TY	07/22/99' DATE	MATERIAL	FINISH
Microtips Technology	DRAWN: Henry / CHECK: Chris / APP'D: Suny	UNIT: MM	SCALE: 1/1	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED TOLERANCE ON FRACTIONS DECIMALS ANGLES 0.10 0.5°	PRODUCT: MTC-16100X DWG NO.: C16100X0 FILE: DWG\MTC16\C16100X SHEET 1 / 1 Rev: A

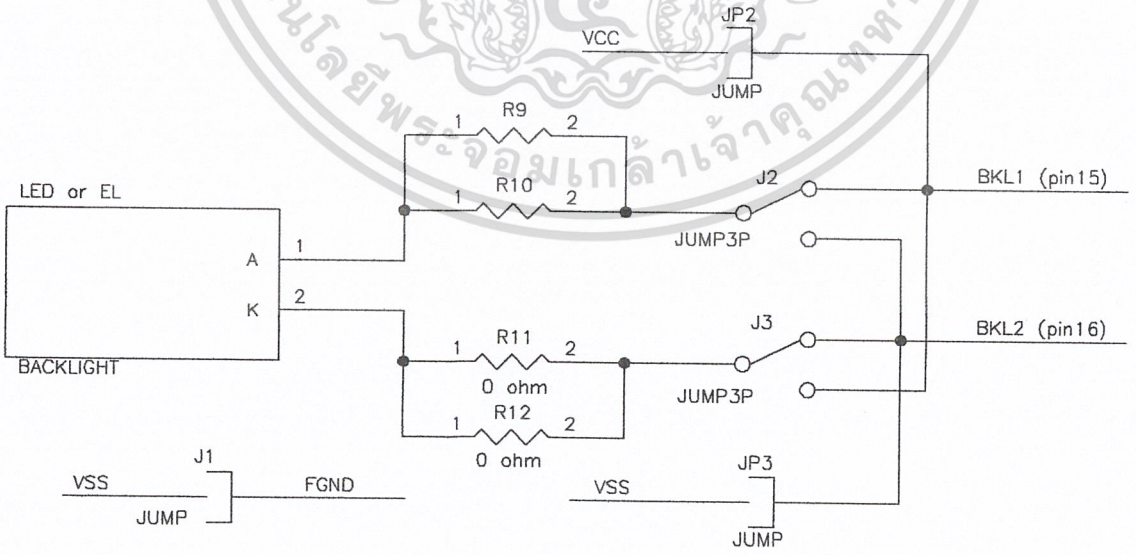
INTERFACE PIN ASSIGNMENT

PIN NO.	PIN OUT	DESCRIPTION
1	V_{SS}	Ground
2	V_{DD}	Logic Circuit Power Supply
3	Vo	Power Supply For LCD Panel
4	RS	Data/ Instruction Register Select
5	R/W	Read/ Write Select
6	E	Enable Signal
7	DB0	3-State I/O Data Bus
|	|	
14	DB7	
15	BKL1	Power Supply for Backlight. See JUMPER EXPLANATION below. 100V/400Hz AC for EL, 4.2V or 120~180mA DC for LED backlight Don't care if no backlight
16	BKL2	

JUMPER EXPLANATION

1. JP2 and JP3 are both short: Pin15 is short with pin2 and pin16 is short with pin1. Backlight powered up via V_{DD} (pin2) and V_{SS}(pin1). Customer does not need to supply power to pin15 and pin16.
2. JP2 short and JP3 open: Pin 15 is short with Pin2 and pin16 is NOT short with pin1. Backlight is powered with V_{DD} (same as logic circuit) and customer should keep pin 15 floating or connected to V_{DD}. Customer could control the backlight independently ON or OFF with pin16 L or H.
3. JP2 open and JP3 short: Pin 15 is NOT short with pin 2 and pin16 is short with pin1. Backlight is common VSS with logic and customer should keep pin16 floating or connected to GND (V_{SS}). Customer could control the backlight ON or OFF with pin15 H or L
4. JP2 and JP3 are both open: The backlight is fully independent with the logic, control the backlight via pin15/pin16 or A/K.
5. J1 short: Bezel and screw holes connected to GND. J1 open: Bezel and screw holes floating
6. Never change the J2 and J3, it may burn off your system.

Note: J1, JP2 and JP3 are #0805 0 ohm resistors on the rear side of the PCB.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHARACTER FONT TABLE

Upper 4 bits / Lower 4 bits	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
0000	CG RAM (1)															
0001	CG RAM (2)															
0010	CG RAM (3)															
0011	CG RAM (4)															
0100	CG RAM (5)															
0101	CG RAM (6)															
0110	CG RAM (7)															
0111	CG RAM (8)															
1000	CG RAM (1)															
1001	CG RAM (2)															
1010	CG RAM (3)															
1011	CG RAM (4)															
1100	CG RAM (5)															
1101	CG RAM (6)															
1110	CG RAM (7)															
1111	CG RAM (8)															

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROCHIP

24LC16B

16K 2.5V CMOS Serial EEPROM

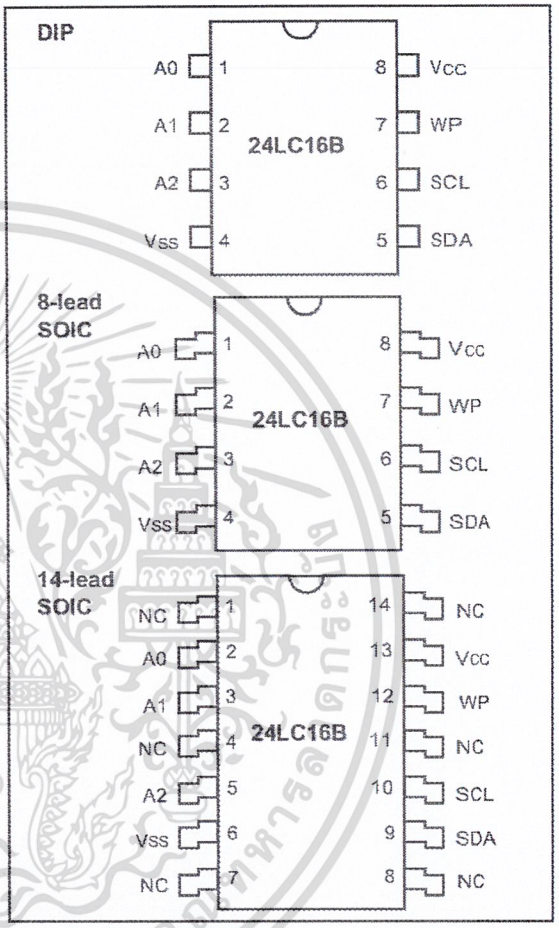
FEATURES

- Single supply with operation down to 2.5V
- Low power CMOS technology
  - 1 mA active current typical
  - 10 µA standby current typical at 5.5V
  - 5 µA standby current typical at 3.0V
- Organized as 8 blocks of 256 bytes (8 x 256 x 8)
- Two wire serial interface bus, I²C™ compatible
- Schmitt trigger, filtered inputs for noise suppression
- Output slope control to eliminate ground bounce
- 100 kHz (2.5V) and 400 kHz (5V) compatibility
- Self-timed write cycle (including auto-erase)
- Page-write buffer for up to 16 bytes
- 2 ms typical write cycle time for page-write
- Hardware write protect for entire memory
- Can be operated as a serial ROM
- Factory programming (QTP) available
- ESD protection > 4,000V
- **10,000,000 ERASE/WRITE cycles guaranteed**
- Data retention > 200 years
- 8 pin DIP, 8-lead or 14-lead SOIC packages
- Available for extended temperature ranges
  - Commercial: 0°C to +70°C
  - Industrial: -40°C to +85°C

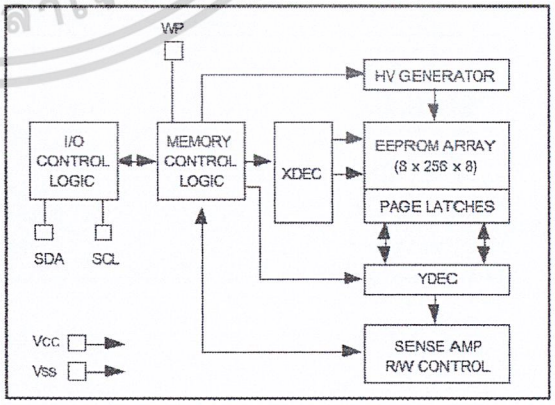
DESCRIPTION

The Microchip Technology Inc. 24LC16B is a 16K bit Electrically Erasable PROM. The device is organized as 8 blocks of 256 x 8 bit memory with a two wire serial interface. Low voltage design permits operation down to 2.5 volts with standby and active currents of only 5 µA and 1 mA respectively. The 24LC16B also has a page-write capability for up to 16 bytes of data. The 24LC16B is available in the standard 8-pin DIP and both 8-lead and 14-lead surface mount SOIC packages.

PACKAGE TYPE



BLOCK DIAGRAM



I²C is a trademark of Philips Corporation

© 1995 Microchip Technology Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้