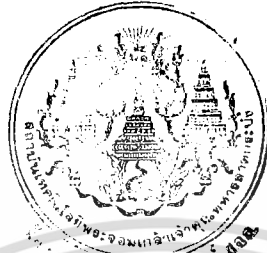


เครื่องแสดงโปรไฟล์ลำแสงเลเซอร์



๑/๗.
ฉ.๓/๘๓
๒๕๓๘

นายณัฐชัย แสงทอง
นายสังคม ลออพันธ์พล

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....

๖๑๒๕๕๐๙๑

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ **ปีการศึกษา 2538** เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LASER BEAM PROFILER



Mr. NATTACHAI SANGTONG

Mr. SANGKOM LAORPANPHOL

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement
for the Degree of Bachelor of Science
Department of Applied Physics
Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ

โดย

ภาควิชา

อาจารย์ที่ปรึกษา

เครื่องแสดงโปรไฟล์ลำแสงเลเซอร์

นายณัฐชัย แสงทอง

นายสังคม ลออพันธ์พล

ฟิลิกส์ประยุกต์

ผศ.ดร. วราวุฒิ เถาลัดดา

อ.วิชาญ เตชิตธีระ

ภาควิชาฟิลิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นับโครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....หัวหน้าภาควิชาฟิลิกส์ประยุกต์

(รศ.สุรพล รักรวิชัย)

คณะกรรมการโครงการพิเศษ

.....ประธานกรรมการ

(ผศ.ดร.วราวุฒิ เถาลัดดา)

.....กรรมการ

(อ.วิชาญ เตชิตธีระ)

.....กรรมการ

(ดร.รัชฎาภย์ จิตอารีย์)

.....กรรมการ

(อ.สุน จ้างประยูร)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิลิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดได้เห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ

เครื่องแสดงโปรไฟล์ลำแสงเลเซอร์

โดย

นายณัฐชัย แสงทอง

ภาควิชา

นายสังคม ลออพันธ์พล

อาจารย์ที่ปรึกษา

ฟิลิกส์ประยุกต์

ผศ.ดร. วราวุฒิ เถาลัดดา

ปีการศึกษา

อ.วิชาญ เตชิตธีระ

2538

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นโครงการที่พัฒนาเครื่องมือที่ใช้สำหรับการแสดงโปรไฟล์ของลำแสงเลเซอร์ในทรานส์เวิร์สโหมด ซึ่งจะใช้อุปกรณ์ CCD เป็นตัวรับแสงเลเซอร์ และจะใช้อุปกรณ์กรองแสงช่วยลดความเข้มของแสงลงเพื่อมิให้ CCD เกิดการอิ่มตัว และจะได้สัญญาณวิดีโอจาก CCD ซึ่งจะนำไปหาโปรไฟล์โดยคอมพิวเตอร์

สัญญาณวิดีโอจะต่อเข้าคอมพิวเตอร์ผ่านทางวงจรแปลงสัญญาณ ซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณวิดีโอซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัลให้เป็นอนาลอกให้เป็นดิจิทัล วงจรแปลงสัญญาณนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ ได้แก่ วงจรแยกสัญญาณซิงค์, วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล และวงจรหน่วยความจำสัญญาณที่ได้จากวงจรนี้จะต่อเข้าคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ทขนาน

การทดสอบการทำงานทางฮาร์ดแวร์เบื้องต้น ในขั้นแรกทำการทดสอบโดยใช้โปรแกรมที่เขียนขึ้นด้วยภาษา "PASCAL" ในการใช้งานจริงโปรแกรมที่ใช้เขียนขึ้นด้วยภาษา "VISUAL C++" ซึ่งสามารถแสดงผลได้ดีกว่า โปรแกรมถูกเขียนขึ้นให้สามารถแสดงโปรไฟล์ของลำแสงเลเซอร์ในทรานส์เวิร์สโหมด โดยแสดงความเข้มที่กระจายในลำแสงเลเซอร์ในรูปของแถบสี และแสดงความเข้มของแสงในแนวใดๆ ได้ด้วย

Special Project Title	LASER BEAM PROFILER
Name	Mr. Nattachai Sangtong Mr. Sangkom Laorpanphol
Special Project Adviser	Dr. Warawoot Thowladda Mr. Vichan Tachidtera
Department	Applied Physics
Academic Year	1995

Abstract

In this special project we built a tool that use to show intensity of a tranverse mode of laser beam.It use "CCD" device to recieve the laser and use a filter to protect the saturation of "CCD".After this,we get video signals and we send it to a microcomputer.

But the video signal can't sent directly to microcomputer.We need to convert it to digital signals by using some circuits that have three main circuits.One is Sync Seperator circuit,two is A-D circuit and the last is Memory circuit.After pass these circuits we get a digital signals that can send to microcomputer by use parallel port.

In analysing the signals we develope a specific program.This program seperate into 2 parts.One is develope from "Pascal" language that use to test the hardware. Other is develope from "VISUAL C++" that have a perfect screen display.This program show a picture that contain a cross- section of laser beam,a hieght that represent an intensity of laser beam.And from this picture we can applied to use in many way.

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
สารบัญรูป	จ
กิติกรรมประกาศ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 การแสดงโปรไฟล์ลำแสงเลเซอร์แบบต่างๆ	2
1.2 รายละเอียดของเครื่อง Laser Beam Profiler	2
1.2.1 รายละเอียดในส่วนฮาร์ดแวร์	
1.2.2 รายละเอียดในส่วนซอฟต์แวร์	
1.3 อุปกรณ์หลักที่ใช้	3
1.4 ขั้นตอนการทำงานอย่างคร่าวๆ	3
1.5 รายละเอียดของรายงานฉบับนี้	4
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานของเลเซอร์ , อุปกรณ์หลัก และเครื่องมือพัฒนาโปรแกรมที่ใช้	6
2.1 ทฤษฎีพื้นฐานของเลเซอร์	7
2.1.1 เลเซอร์มีเดียม	
2.1.2 ประชากรผกผัน	
2.1.3 การป้อนกลับ และออฟติคัลเรโซเนเตอร์	
2.1.4 ระบบเลเซอร์	
2.1.5 เลเซอร์โหมด	
2.2 อุปกรณ์รับแสง Charge Coupler Device	21
2.3 ไอซีหลักที่ใช้	22
2.3.1 LM1881N Sync Separator	
2.3.2 CA3318C A-D convertor	
2.3.3 HY62256 64K Ram	
2.3.4 IC TTL Logic	
2.4 เครื่องมือพัฒนาโปรแกรมที่ใช้	27
2.4.1 Turbo Pascal V7.0	
2.4.2 Microsoft Visual C++ V2.0	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	ง
บทที่ 3 ขั้นตอนการทำงาน	30
3.1 การออกแบบวงจรในส่วนฮาร์ดแวร์	31
3.1.1 การออกแบบวงจรแยกสัญญาณซิงค์	
3.1.2 การออกแบบวงจรแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล	
3.1.3 การออกแบบวงจรพักข้อมูล	
3.2 การพัฒนาซอฟต์แวร์	38
3.2.1 โพลีชาร์จ	
3.2.2 LASER BEAM PROFILER V1.0	
3.2.3 LASER BEAM PROFILER V2.0	
บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง	41
4.1 การทดลอง และผลการทดลอง	42
บทที่ 5 สรุป , วิจารณ์ผลการทดลอง และแนวทางการพัฒนาโครงการ	46
5.1 สรุปผลการทดลอง	47
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง	47
5.3 แนวทางการพัฒนาโครงการ	47
5.3.1 การพัฒนาฮาร์ดแวร์	
5.3.2 การพัฒนาซอฟต์แวร์	
ภาคผนวก	49
ก. การติดตั้งเครื่องมือเข้ากับคอมพิวเตอร์	50
ข. การติดตั้งซอฟต์แวร์	50
ค. การใช้งาน	52
ง. โปรแกรม LASER BEAM PROFILER V.1.0	54
เอกสารอ้างอิง	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป 2.1	ออปติคัลเรโซเนเตอร์	10
รูป 2.2	ส่วนประกอบของออปติคัลเรโซเนเตอร์	12
รูป 2.3	การจัดกระจกให้เป็นออปติคัลเรโซเนเตอร์แบบต่างๆ	13
รูป 2.4	ระบบเลเซอร์	14
รูป 2.5	แบบจำลองทางกายภาพของระบบเลเซอร์	15
รูป 2.6	แสดงการเกิดสเปกตรัมของแสงเลเซอร์	19
รูป 2.7	ลักษณะของลำแสงเลเซอร์ที่มี TEM _{mn} ต่างๆ กัน	20
รูป 2.8	อุปกรณ์ CCD	21
รูป 2.9	แผนผังขาและวงจรของ IC LM1881N	22
รูป 2.10	Timing Diagram ของ IC LM1881N	22
รูป 2.11	แผนผังขาของ IC CA3318C	23
รูป 2.12	แผนผังขาของ IC HY62256	24
รูป 2.13	(a) แสดงแผนผังขาของ IC 74LS00 (b) ตารางความจริงของ IC 74LS00	25 25
รูป 2.14	(a) แสดงแผนผังขาของ IC 74LS04 (b) ตารางความจริงของ IC 74LS04	25 25
รูป 2.15	(a) แสดงแผนผังขาของ IC 74LS74 (b) ตารางความจริงของ IC 74LS74	26 26
รูป 2.16	(a) แสดงแผนผังขาของ IC 74LS157 (b) ตารางความจริงของ IC 74LS157	26 26
รูป 2.17	(a) แสดงแผนภาพลอจิกของ IC 74LS393 (b) แสดงชื่อขาของ IC 74LS393 (c) ตารางความจริงของ IC 74LS393	27 27 27
รูป 3.1	แผนผังการทำงานของฮาร์ดแวร์	32
รูป 3.2	วงจรที่ใช้งานของไอซี CA3318C	33
รูป 3.3	วงจรปรับแรงดันอ้างอิงด้านบวก	33
รูป 3.4	วงจรปรับแรงดันอ้างอิงด้านลบ	34
รูป 3.5	วงจรกำเนิดความถี่	34
รูป 3.6	วงจรขยายสัญญาณ	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	๘
รูป 3.7 ส่วนแรกของวงจรรีฟักข้อมูล	36
รูป 3.8 ส่วนที่ 2 ของวงจรรีฟักข้อมูล	36
รูป 3.9 ส่วนที่ 3 ของวงจรรีฟักข้อมูล	37
รูป 3.10 โพลีชาร์จของส่วนซอร์ฟแวร์	39
รูป 4.1 (a) ภาพเลเซอร์ที่ได้จากการสแกน	42
(b) ภาพเลเซอร์หลังจากที่ใช้เมนู Filter แล้ว	42
รูป 4.2 ภาพของเลเซอร์เมื่อใช้เมนู Curve	42
รูป 4.3 ภาพเลเซอร์เมื่อใช้เมนู 3D Curve	43
รูป 4.4 ภาพเลเซอร์เมื่อใช้เมนู Contour	43
รูป 4.5 (a) ภาพของแสงเลเซอร์ที่เกิดการแทรกสอด	44
(b) ภาพที่ผ่านการ Filter โดยโปรแกรมแล้ว	44
รูป 4.6 ภาพที่ผ่านการใช้เมนู Seperator ของโปรแกรมแล้ว	44
รูป 4.7 ภาพที่เกิดจากการใช้เมนู Curve กับเลเซอร์ที่เกิดการแทรกสอด	45
รูป 4.8 ภาพที่เกิดจากการใช้เมนู Contour กับเลเซอร์ที่เกิดการแทรกสอด	45



กิติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลต่อไปนี้ คือ ท่าน ผศ.ดร. วราวุฒิ เถาลัดดา และ อ.วิชาญ เตชิตธีระ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษนี้ ท่านได้ให้คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทำโครงการเป็นอย่างดี ข้าพเจ้าจึงนำมาใช้ในการเขียนโปรแกรม ทดสอบเครื่องมือ และทำรายงานในโครงการนี้อย่างสะดวกและง่ายดาย ทำให้ไม่ต้องเสียเวลาและเงินทุน และอีกทั้งท่านยังเป็นอาจารย์ผู้ซึ่งให้ความรู้แก่ข้าพเจ้าในยามที่ข้าพเจ้ามีปัญหาติดขัด แม้ในยามที่ข้าพเจ้ามีปัญหาทั้งในด้านส่วนตัวและทุนทรัพย์ ท่านก็ช่วยเหลือข้าพเจ้าได้เป็นอย่างดี อาจารย์ที่ข้าพเจ้าลืมนึกไม่ได้แม้ว่าท่านจะไม่มีส่วนรับผิดชอบในโครงการนี้แต่อย่างใดก็ตาม คือท่านอาจารย์อนุพงศ์ ฝรั่งประภา ท่านเป็นอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิ คอยให้คำปรึกษาในด้านวิชาการยามที่ข้าพเจ้าไม่เห็นทางออก และบางครั้งท่านก็ให้ความอนุเคราะห์ในด้านทุนทรัพย์ และอุปกรณ์ในยามที่ข้าพเจ้าขาดแคลน หรือจำเป็นต้องรีบใช้งาน ข้าพเจ้าสามารถเยี่ยมทางห้องปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ได้ตรงตามต้องการ

รวมถึงเพื่อนๆ ในภาควิชานี้ด้วยเช่น นายสันติ หาญกล้า ,นายเอกมล นิลอาษา โดยเฉพาะนายสันติ หาญกล้า เป็นบุคคลหนึ่งที่ข้าพเจ้าจะไม่ลืมในความเป็นผู้มีความรู้ในด้านออปแอมป์เป็นอย่างดี เมื่อข้าพเจ้าอยากได้ความรู้เกี่ยวกับเรื่องออปแอมป์ เพื่อนผู้มีน้ำใจคนนี้จะบอกอย่างละเอียดจนข้าพเจ้าเข้าใจได้ดี

ในยามที่ข้าพเจ้านึกท้อแท้ใจ มีผู้ที่เป็นกำลังใจมาโดยตลอด บุคคลผู้นี้มีบุญคุณยิ่งใหญ่ กับข้าพเจ้ามาตลอดชีวิตท่านก็คือบิดาและมารดาของข้าพเจ้า ซึ่งข้าพเจ้าคิดเรื่องใดสำเร็จ สมหวังได้เพราะคำให้กำลังใจ คำปลอบโยน คำตักเตือน คำให้สติจากท่านโดยเสมอมา

และสุดท้ายนี้ในครั้งหนึ่งของโครงการนี้ มีอุปกรณ์ชิ้นหนึ่งได้รับ ความเสียหายอย่างกระทันหัน ซึ่งอุปกรณ์ตัวนี้ข้าพเจ้าต้องรีบเดินทางไปซื้อมาเปลี่ยนโดยเร็ว มีผู้มีน้ำใจ ซึ่งเป็นรุ่นน้องของข้าพเจ้าคือ นส.อนงค์ ลิ่นทอง ได้ช่วยเหลือโดยการเป็นผู้อาสาขับรถไปซื้อของกับข้าพเจ้า ทำให้ได้ของในเวลาอันรวดเร็วและสะดวกสบาย

ในยามนี้ข้าพเจ้าขอพรจากสิ่งศักดิ์ทั้งหลายทั้งปวงในโลกนี้ จงบันดาลให้ผู้มีอุปการะคุณที่ข้าพเจ้ากล่าวมาข้างต้นจงมีแต่ความสุข ความสบาย ตลอดไป

นายณัฐชัย แสงทอง

9 เมษายน 2539

กิติกรรมประกาศ

ในการทำโครงการนี้ข้าพเจ้าได้มีผู้ช่วยเหลือมากมาย ทั้งในด้านกำลังใจ กำลังสมอง หรือแม้กระทั่งกำลังทรัพย์ ดังนี้

เริ่มแรกคงต้องเริ่มกันที่ผู้ที่มีบุญคุณต่อชีวิตของผมมากที่สุดคือคุณแม่ของผม ซึ่งให้คำปรึกษาในทุกด้านและให้ทุกสิ่งกับผมตลอดมา

อาจารย์ทุกท่าน และทุกๆ ท่านที่ได้สั่งสอน ประสิทธิประสาทวิชาให้กับผมตั้งแต่เริ่มเรียนจนถึงทุกวันนี้ โดยเฉพาะอาจารย์ที่ปรึกษาของผมทั้งสองท่านคือ ผศ.ดร.วราวุฒิ เถาลัดดา และ อ.วิชาญ เตชิตธีระ

อยากขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในด้านร่างกายในการสละเวลามา ช่วยให้คำปรึกษาในโครงการนี้ในบางส่วนที่ผมไม่ถนัด และแรงใจที่ทุกๆ คนได้คอยให้กำลังใจตลอดมา แต่ที่สำคัญที่สุดก็คงจะหนีไม่พ้นเพื่อนที่ร่วมทำโครงการนี้กับผม ร่วมทุกข์กันมาตลอดหลายๆ เดือน จนสามารถทำโครงการนี้ได้สำเร็จคือนายณัฐชัย แสงทอง รวมถึงเพื่อนๆ ที่แม้จะเรียนอยู่ถึงที่มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ที่ค่อนข้างไกลจากที่แห่งนี้มาก แต่ก็ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี โดยเฉพาะเพื่อนๆ ที่เคยเรียนด้วยกันสมัยมัธยมปลายที่โรงเรียนเทพศิรินทร์ที่ไม่ทิ้งกันและช่วยเหลือผมมาโดยตลอด

ขอขอบคุณทุกๆ ท่าน ทั้งพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในหลายๆ ด้าน ตลอดระยะเวลาที่ผมได้เข้ามาศึกษา ณ.ที่แห่งนี้ และขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสถานศึกษาทุกแห่งที่ผมเคยเข้าเรียนเป็นอย่างมาก

ขอบคุณจากใจจริง
นายสังคม ลออพันธ์พล
9 เมษายน พุทธศักราช 2539

บทที่ 1

บทนำ

- 
- การแสดงโปรไฟล์ลำแสงเลเซอร์แบบต่างๆ
 - รายละเอียดของเครื่อง
 - อุปกรณ์หลักที่ใช้
 - ขั้นตอนการทำงาน
 - รายละเอียดของรายงานฉบับนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปัจจุบันเลเซอร์ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากมายในหลายๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นทางการแพทย์, วิทยาศาสตร์ หรือแม้แต่ชีวิตประจำวันของเราเอง

แต่การนำเลเซอร์ไปใช้ยังมีอันตรายสูงมาก เนื่องจากเลเซอร์มีหลายชนิดต่างกันไปตามแหล่งกำเนิด ซึ่งจะทำให้เลเซอร์มีคุณสมบัติต่างกันออกไป เราจึงจำเป็นที่จะต้องตรวจสอบคุณสมบัติของเลเซอร์อย่างละเอียดก่อนนำไปใช้งาน

โครงการพิเศษนี้จึงถูกคิดขึ้นมา เพื่อสร้างเครื่องมือที่จะทำการช่วยในการหาโปรไฟล์แสงเลเซอร์ ซึ่งได้จัดสร้างขึ้นจากอุปกรณ์ที่หาได้ภายในประเทศ ราคาถูก และสามารถ ให้ประสิทธิภาพ และความถูกต้องเป็นที่ยอมรับได้

1.1 การแสดงโปรไฟล์ลำแสงเลเซอร์แบบต่างๆ

1.1.1 การสังเกตจากการไหม้ของกระดาษ

ในสมัยก่อนเราจะใช้วิธีสังเกตการไหม้บนกระดาษ ซึ่งเกิดจากแสงเลเซอร์ เช่น Nd:YAG ซึ่งจะให้คุณภาพต่ำ ซึ่งจะไม่แสดงให้เห็น ถึงคุณสมบัติต่างๆ ที่เราต้องการเลย โดยจะบอกได้แค่ขนาดของลำเลเซอร์คร่าวๆ เท่านั้น

1.1.2 การใช้ Acrylic ในการวิเคราะห์แสงเลเซอร์ CO_2

แสงเลเซอร์บางชนิดก็ใช้วิธีสังเกตได้จากการยิงเข้าไปใน Acrylic ซึ่งอาจจะให้ผลที่ดีกว่าวิธีแรกเล็กน้อย แต่เราก็ยังไม่สามารถนำมาใช้เพื่อบอกคุณสมบัติต่างๆ ของเลเซอร์ได้อย่างถูกต้อง

แต่โครงการนี้จะอาศัยเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์และแสดงผล ซึ่งจะให้ผลที่ค่อนข้างถูกต้อง แม่นอน และยังสามารถเก็บเป็นไฟล์รูปภาพเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ และวิจัยต่อไปได้

1.2 รายละเอียดของเครื่อง Laser Beam Profiler

1.2.1 ข้อจำกัดของเครื่องทาง Hardware

- ใช้กับเลเซอร์ในย่าน visible light และ infrared เนื่องจาก CCD สามารถตอบสนองได้ในย่านนี้เท่านั้น
- ใช้กับเลเซอร์ใน Transverse Mode
- ใช้กับเลเซอร์ที่มีกำลังไม่สูงมาก เนื่องจากถ้าเลเซอร์มีกำลังสูงมากอาจทำให้ CCD เสียหายได้

1.2.2 ข้อจำกัดของเครื่องทางการสื่อสารกับคอมพิวเตอร์

- ใช้การสื่อสารผ่านพอร์ทอนุกรมโดยมีการ์ดที่ใช้ในการสื่อสารโดยเฉพาะ จึงทำให้ต้องมีการเปิดฝาของ tower case ของเครื่องคอมพิวเตอร์อยู่ตลอดเวลาที่ใช้งาน
- ตัวเครื่องนี้ต้องอยู่ใกล้กับคอมพิวเตอร์
- การส่งข้อมูลเป็นแบบ frame-to-frame คือส่งได้ทีละ frame ไม่สามารถส่งเป็นแบบ Real time ได้

1.2.3 ข้อจำกัดทางด้าน Software

- จะแสดงผลได้แบบ top view, cross section, contour เท่านั้น

1.3 อุปกรณ์หลักที่ใช้

- CCD Module เป็นอุปกรณ์ที่ใช้รับแสงเลเซอร์
- IC LM1881N เป็นไอซีหลักในวงจร Sync Separator
- IC CA3318C เป็นไอซีหลักในวงจร A/D Converter
- IC HY62256 เป็นไอซีหลักในวงจรหน่วยความจำ
- IC Digital Gate เป็นไอซีที่ใช้ควบคุมการทำงานในวงจรต่างๆ
- Software "Turbo PASCAL V7.0" เป็นเครื่องมือที่ใช้พัฒนาโปรแกรมทดสอบฮาร์ดแวร์
- Software "Visul c++ V2.0 for WINDOWS" เป็นเครื่องมือพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการแสดงผล

1.4 ขั้นตอนการทำงานอย่างคร่าวๆ

ในโครงการชิ้นนี้จะแบ่งงานได้เป็น 2 ส่วนหลักๆ คือส่วนฮาร์ดแวร์และส่วนซอฟต์แวร์ แต่ในส่วนซอฟต์แวร์จะต้องทำหลังจากทำส่วนฮาร์ดแวร์สำเร็จถึงส่วนหนึ่งแล้ว ซึ่งอาจพอสรุปการทำงานทั้งหมดเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1.4.1 การทำงานในส่วนฮาร์ดแวร์

- การเลือกซื้ออุปกรณ์รับแสง Charge Coupler Device
- ทดสอบคุณสมบัติอุปกรณ์รับแสง
- การศึกษาและเลือกไอซีที่จะนำมาใช้ในส่วนฮาร์ดแวร์
- ออกแบบวงจรในส่วนฮาร์ดแวร์
- ต่ออุปกรณ์ต่างๆ ลงบนบอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ทดสอบวงจร

1.4.2 การทำงานในส่วนซอฟต์แวร์

- เลือกซอฟต์แวร์ที่จะนำมาใช้เขียนโปรแกรมเพื่อทดสอบฮาร์ดแวร์ขั้นต้น
- ศึกษาวิธีการใช้ซอฟต์แวร์
- เขียนโปรแกรม
- ทดสอบโปรแกรมกับฮาร์ดแวร์
- เลือกและศึกษาซอฟต์แวร์ที่จะใช้ในการหาโปรไฟล์ของแสงเลเซอร์ที่จะใช้จริง
- เขียนโปรแกรม
- ทดสอบโปรแกรม
- ทำให้เป็นโปรแกรมสำเร็จรูป

1.5 รายละเอียดของรายงานฉบับนี้

โครงงานนี้จะแบ่งได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ฮาร์ดแวร์ และ ซอฟต์แวร์ ซึ่งได้พูดถึงเพียง คร่าวๆ ไปแล้วในบทนี้ แต่จะมีรายละเอียดอยู่ในบทที่ 3 ซึ่งจะเป็นส่วนที่กล่าวถึง ขั้นตอนการทำงานทั้งหมด ซึ่งในบทที่ 3 นี้จะเป็นการอธิบายขั้นตอนการทำงานทั้งหมดอย่างละเอียด ทั้งในส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ในส่วนของฮาร์ดแวร์ก็จะอธิบายถึงขั้นตอนการออกแบบวงจรในแต่ละส่วนอย่างละเอียด และก็จะมียูนิทภาพของวงจรในแต่ละส่วนประกอบอยู่ด้วย ในส่วนซอฟต์แวร์ก็จะอธิบายถึงการทำงานของโปรแกรมโดยละเอียดเป็นขั้นตอน ซึ่งทำให้ผู้อ่าน มีความเข้าใจโปรแกรม และใช้งานได้คล่องและง่าย ทั้งในส่วนของการโปรแกรมชุดที่ 1 และโปรแกรมชุดที่ 2 ซึ่งในส่วนของการโปรแกรมทั้งหมด เราจะไม่นำมารวมอยู่ในบทที่ 2 นี้ แต่จะมีแสดง ไว้ในภาคผนวก

ในบทที่ 2 จะมีการกล่าวละเอียดถึงคุณสมบัติของ IC แต่ละตัวโดยละเอียด และก็จะมีการกล่าวถึง CCD ด้วย และยังจะอธิบายถึงทฤษฎีพื้นฐานของเลเซอร์ ซึ่งจะอธิบายถึง เลเซอร์มีเดีย (Laser Medium), ประชากรผกผัน (Population Inversion), การเกิด ประชากรผกผัน, การป้อนกลับ (Feedback), ออพติคัลเรโซเนเตอร์ (Optical Resonator), ระบบเลเซอร์ (Laser System) และ เลเซอร์โหมด (Laser Mode) ซึ่งเป็นทฤษฎีที่ผู้ที่จะศึกษาด้านนี้ควรจะทราบไว้เพื่อการวิเคราะห์ผลที่จะได้จากเครื่องนี้

ในบทที่ 4 นี้จะเป็นส่วนของการทดลองเครื่อง ซึ่งผู้ทำโครงงานได้ทำการทดลองเครื่องกับแสงเลเซอร์จริงที่ใช้กันทั่วไปในห้องทดลอง และก็จะมียุนิทผลการทดลองด้วย

ในบทที่ 5 จะเป็นผลการทดลอง สรุปและวิจารณ์ผลการทดลองโดยละเอียด และจะมีแนวทางการพัฒนาโครงงานให้ดียิ่งขึ้นไป เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านที่อาจจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โอกาสได้นำโครงการนี้ไปประยุกต์ต่อไปในอนาคต

ในภาคผนวกจะอธิบายถึงขั้นตอนการติดตั้งส่วนฮาร์ดแวร์เข้ากับตัวเครื่องคอมพิวเตอร์เอาไว้โดยจะอธิบายอย่างเป็นขั้นตอน ซึ่งผู้ที่ไม่มีความชำนาญด้านคอมพิวเตอร์ก็สามารถติดตั้งเองได้ และก็จะอธิบายวิธีการติดตั้งโปรแกรมในส่วนซอฟต์แวร์อย่างละเอียด และก็จะอธิบายวิธีใช้อย่างเป็นขั้นตอนด้วย และในส่วนสุดท้ายก็จะมีโปรแกรม LASER BEAM PROFILER V.1.0 ไว้ด้วย

ซึ่งทางผู้จัดทำก็หวังว่าเครื่องมือชิ้นนี้จะได้มีโอกาสในการนำไปใช้ประโยชน์จริง และได้ถูกพัฒนาให้มีประสิทธิภาพให้ดียิ่งขึ้น และรายงานเล่มนี้ก็คงจะมีประโยชน์ต่อผู้อ่านที่ต้องการศึกษาค้นคว้าทฤษฎี หรืออุปกรณ์ที่ได้ถูกนำมาใช้ในโครงการนี้



บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐานของเลเซอร์ , อุปกรณ์หลัก และเครื่องมือพัฒนาโปรแกรมที่ใช้

- ทฤษฎีพื้นฐานของเลเซอร์
- อุปกรณ์รับแสง Charge Coupler Device
- ไอซีหลักที่ใช้
- เครื่องมือพัฒนาโปรแกรมที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 ทฤษฎีพื้นฐานของเลเซอร์

ในบทนี้เราจะทำการศึกษากลไก (mechanism) ที่ทำให้เราผลิตแสงเลเซอร์ออกมาได้ และแสดงออกมาให้เป็นหลักการและองค์ประกอบต่างๆ ของการเกิดแสงเลเซอร์ องค์ประกอบที่สำคัญในการทำให้เกิดเลเซอร์ออกมาได้นั้นก็คือ (1) สารเลเซอร์หรือเลเซอร์มีเดียมที่เป็นระบบอะตอมหรือโมเลกุลที่เหมาะสมซึ่งเมื่อเราทำการกระตุ้นโดยการเพิ่มพลังงานให้กับระบบแล้ว ระบบนี้ก็จะเกิดมีประชากรผกผัน ขึ้นในระดับพลังงานที่สูงเมื่อเทียบกับระดับพลังงานต่ำที่อยู่ถัดลงมา (2) การทำให้เกิดประชากรผกผัน ดังกล่าวด้วยขบวนการเพิ่มพลังงานให้แก่ระบบอะตอมหรือโมเลกุล และขบวนการเปลี่ยนแปลง ระหว่างระดับพลังงานที่อยู่ใกล้เคียงกัน จนทำให้เกิดประชากรผกผันขึ้น (3) การป้องกัน เพื่อเพิ่มขยายอัมพลิจูดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงแบบสตีมูลเลตเตดอิมิสชัน (Stimulated Emission) ในการ นี้เราจำเป็นต้องใช้ "ออฟติคัลเรโซเนเตอร์" และเมื่อมีการขยายเกิดขึ้นเราจำเป็นต้องศึกษา "เกน" ของตัวกลาง และ "เทรลไฮลด์เกน" ตลอดจน "จำนวนต่ำที่สุดของประชากรผกผัน" ที่พอจะทำให้เลเซอร์เกิดขึ้นได้

หลังจากรู้ว่าเลเซอร์ได้มาอย่างไรแล้ว เราก็จะเห็นว่าในการผลิตแสงเลเซอร์ออกมานั้นผลิตผลที่ได้ขึ้นอยู่กับปฏิสัมพันธ์ (interaction) ของระบบอะตอมในสารเลเซอร์กับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ผลิตออกมา สารเลเซอร์นั้นประกอบด้วยอะตอมของธาตุชนิดต่างๆ กันและคุณสมบัติของสารเลเซอร์ก็ต่างกันออกไปตามสภาวะ ดังนั้นผลผลิตจากระบบเลเซอร์จึงแตกต่างกันออกไป เรามีความจำเป็นที่จะต้องคุณสมบัติและธรรมชาติของแสงเลเซอร์ที่ผลิตออกมาได้เสียก่อน ทั้งนี้เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับงาน ซึ่งในรายงานเล่มนี้จะกล่าวถึงเฉพาะ "โหมด" ของเลเซอร์ ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับวัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษนี้

2.1.1 เลเซอร์มีเดียม

สารเลเซอร์ที่เป็นระบบอะตอมหรือระบบโมเลกุล แล้วสามารถผลิตแสงเลเซอร์ออกมาจากตัวมันได้ โดยขบวนการสตีมูลเลตเตดอิมิสชัน เราเรียกตัวกลางประเภทนี้ว่า "แอคทีฟเลเซอร์มีเดียม" เราได้ทำการศึกษามาบ้างแล้วถึงการเปลี่ยนแปลงของระบบอะตอมของตัวกลางท่ามกลางการปรากฏการณ์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในตัวกลางนั้น ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแบบสตีมูลเลตเตดแอพซอพชั่น , สตีมูลเลตเตดอิมิสชัน และสปอนเทเนียสอิมิสชัน การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้เกิดขึ้นในแอคทีฟเลเซอร์มีเดียม โดยการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวมันเองกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในการนี้ทำให้เกิดประชากรผกผันขึ้น และส่งผลให้เกิดมีการขยายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากสตีมูลเลตเตดอิมิสชันโดยตัวกลางนั้น และเราสามารถคำนวณหา "เกน" ได้ และเราพบว่าเมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าวิ่งผ่าน

เอ และเราสามารถคำนวณหา "เกน" ได้ และเราพบว่าเมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าวิ่งผ่าน การคำนวณค่า ไม่ว่างกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลเซอร์มีเดียมนั้น ความเข้มจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการจะหาหรือทำให้เกิดเป็นแอคทีฟ เลเซอร์มีเดียมนั้น มิใช่จะทำได้กับวัตถุทุกชนิด เราจำเป็นต้องมีความรู้อย่างละเอียด ลึกซึ้งของค่าระดับ พลังงานของธาตุ สารประกอบต่างๆ และจำเป็นต้องมีเทคนิคใน การทำให้เกิดประชากร ผกผันอีกด้วย การทำให้เกิดประชากรผกผันขึ้นได้นั้น เราจำเป็นต้อง กระตุ้นโดยการให้พลังงานแก่อะตอมหรือโมเลกุลของเลเซอร์มีเดียม โดยวิธีการที่เรียกว่า "Pumping"

2.1.2 ประชากรผกผัน (Population Inversion)

ในการทำให้เกิดการขยาย (amplification) แอมพลิจูด (amplitude) ของคลื่นแม่เหล็ก ไฟฟ้าที่เกิดจากสติมูเลตเดอิมิสชันในเลเซอร์มีเดียมนั้น เราจำเป็นต้องทำให้เกิด สภาวะประชากรผกผัน (population inversion) เสียก่อน สภาวะประชากรผกผันนี้ หมายถึง จำนวนอะตอมหรือโมเลกุล N_2 ในระดับค่าพลังงาน E_2 มีค่ามากกว่าจำนวนอะตอมหรือ โมเลกุล N_1 ในระดับค่าพลังงาน E_1 โดยที่ $E_2 > E_1$ สภาวะการณ์เช่นนี้เป็นสภาวะการณ์ที่ผิดปกติ (abnormal) ที่วัตถุทั่วไปที่มีสภาพสมดุลย์ทางความร้อน (thermal equilibrium) และเป็น การขัดต่อหลักของโบลซ์มาน (Boltzmann's principle) ซึ่งตามหลักของโบลซ์มานแล้ว เมื่อวัตถุอยู่ ในสภาพสมดุลทางความร้อน ที่อุณหภูมิ ($T \cong 300^\circ\text{K}$) วัตถุจะมีสภาวะ $N_j \ll N_i$ เมื่อ $E_j > E_i$ การที่จะทำให้ $N_j \gg N_i$ เมื่อ $E_j > E_i$ นั้นเป็นการยาก เพราะวัตถุจะมีสภาพผิดปกติ (Abnormal) เราเรียกว่า สภาวะประชากรผกผัน (Population Inversion Condition) หรือ สภาวะอุณหภูมิต่ำ เป็นลบ (Negative Temperature) เราจะศึกษาถึงวิธีการที่ทำให้เกิด สภาวะประชากรผกผันต่อไป

การเกิดประชากรผกผัน (Generation Of Population Inversion)

การเกิดประชากรผกผันในวัตถุนั้นในอดีตทำได้ยากมาก จนกระทั่งนักวิทยาศาสตร์ ได้ใช้เทคนิคขั้นสูงและความรู้ทางด้านสเปคโตรสโคปี (Spectroscopy) ของธาตุและสาร ประกอบต่างๆ มาดำเนินการ การเกิดประชากรผกผันนั้นสามารถทำได้สำเร็จเป็นครั้งแรก ในปี ค.ศ. 1945 โดย J. P. GORDON และคณะ โดยจำเป็นต้องหาวิธีเพิ่มพลังงานให้แก่ อะตอมเพื่อที่จะกระตุ้นให้ไปอยู่ในระดับพลังงานที่สูงกว่าและมีจำนวนมากกว่าด้วย วิธีการ เพิ่มพลังงานนี้เรียกทั่วๆ ไปว่า พัมพิง (Pumping) เราจะต้องเพิ่มพลังงานให้แก่อะตอม ในเลเซอร์มีเดียมด้วยวิธีพัมพิง และให้วัตถุนั้นอยู่ในสภาพไม่สมดุลทางความร้อน (Non-thermal Equilibrium) เพื่อที่จะทำให้เกิด $N_j > N_i$ วิธีการดังกล่าว มิได้หลายวิธีซึ่งได้ แสดงไว้ในที่ต่างๆ กันแล้วแต่ชนิดของเลเซอร์และสภาวะของ เลเซอร์มีเดียมนำมาใช้

เทคนิคที่สำคัญในการทำให้เกิดประชากรผกผัน ซึ่งได้แก่การเพิ่มพลังงานให้แก่ อะตอมหรือโมเลกุลของเลเซอร์มีเดียมโดยวิธีการพัมพิงตามที่กล่าวมาแล้วนั้น วิธีการพัมพิง ไม่ว่าจะวิธีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจทำได้หลายวิธีกล่าวคือ

- การใช้แสงที่มีความเข้มสูง (Optical Pumping)
- การใช้โอเลคตรอนดิซชาร์จ (Electric Discharge)
- ปฏิกิริยาทางเคมีที่มีพลังงานมากและรวดเร็ว (Fast Exothermic Chemical Reaction)
- การใช้แสงเลเซอร์ (Laser Pumping)
- การขยายตัวของแก๊ส (gas dynamic discharge) เป็นต้น

วิธีดังกล่าวนี้เกี่ยวข้องกับระดับพลังงาน (ของอะตอมหรือโมเลกุล ของเลเซอร์มีเดีย) หลายระดับซึ่งแยกออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

- การเกี่ยวข้องกับพลังงาน 2 ระดับ (two-level pumping)
- การเกี่ยวข้องกับพลังงาน 3 ระดับ (three-level pumping)
- การเกี่ยวข้องกับพลังงาน 4 ระดับ (four-level optical pumping)

สำหรับกรณีที่เกี่ยวข้องกับระดับพลังงาน 2 ระดับนั้นได้ถูกนำมาใช้และก่อให้เกิดประชากรผกผันสำเร็จเป็นครั้งแรก โดย J.P.Gordon และคณะ ที่มหาวิทยาลัยโคลัมเบีย สหรัฐอเมริกา ในปี ค.ศ.1954 J.P.Gordon และคณะได้ใช้โมเลกุลของแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) เป็นตัวกลางที่ทำให้เกิดมีสภาพประชากรผกผัน $N_2 > N_1$ และโมเลกุลของแอมโมเนียมีหน้าที่ขยายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านไมโครเวฟที่มีความถี่ 24 GHz นับว่าเป็นการทำให้เกิดการขยายคลื่นไมโครเวฟสำเร็จเป็นครั้งแรกโดยขบวนการstimulated emission และใช้สภาพของประชากรผกผันมาช่วย คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกขยายออกมาในย่านนี้ถูกเรียกว่า เมเซอร์ (MASER) ซึ่งย่อมาจาก Microwave Amplification by Stimulated Emission Radiation ในการทำให้เกิดประชากรผกผันในแอมโมเนียนั้น ทำได้โดยแยกโมเลกุลของแอมโมเนียที่มีพลังงานสูงกว่าออกจากโมเลกุลที่มีพลังงานต่ำ ทั้งนี้โดยใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าจากควอดรอปโพลโฟกัสเซอร์ (Quadrupole focuser) มาทำการแยก ไม่ได้ใช้วิธีการพิมพ์แต่อย่างใด รายละเอียดของแอมโมเนียเมเซอร์จะอยู่เหนือขอบเขตของรายงานฉบับนี้ อย่างไรก็ตาม เมเซอร์ (MASER) ได้ถูกใช้ให้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาให้เกิด ออปติคัลเมเซอร์ (Optical maser) ในเวลาต่อมาโดยที่ออปติคัลเมเซอร์นั้นก็คือเมเซอร์ที่มีความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่ในย่านที่ตาเปล่ามองเห็นได้ และในที่สุดก็ถูกเรียกชื่อใหม่ เป็น เลเซอร์ (LASER) จนถึงปัจจุบัน

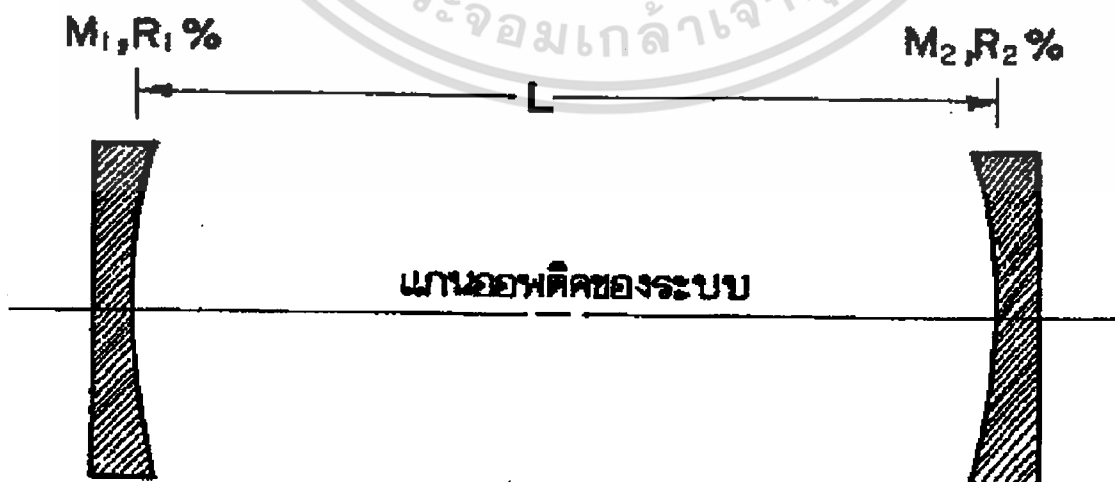
2.1.3 การป้อนกลับ (Feedback) ออปติคัลเรโซเนเตอร์ (Optical Resonator)

ในการทำให้เกิดการขยาย (amplification) ความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยเลเซอร์มีเดียมันั้น เราจำเป็นต้องสรรหาวัตถุมาทำหน้าที่เป็นเลเซอร์มีเดีย และกระตุ้นอะตอมหรือโมเลกุลของวัตถุนั้นให้มีสภาพเป็นประชากรผกผัน (population inversion) ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และขณะเดียวกันก็เกิดstimuleted emission ขึ้นระหว่างค่าระดับพลังงาน ของอะตอม ที่มีประชากรผกผันกับค่าระดับพลังงานที่ต่ำลงมา ในการนี้ก็เป็นเพียงพอสำหรับการเกิดเลเซอร์ ในกรณีดังกล่าวมาในตอนต้นนี้จะเกิดการขยายอย่างมากก็ต่อเมื่อเราสามารถหาเลเซอร์มีเดียที่มีประสิทธิภาพสูง เกินสูง และสามารถขยายความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ผ่านตัวมันได้อย่างมาก เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านตัวมันแค่ครั้งเดียว เลเซอร์มีเดียที่มีขีดความสามารถดังกล่าวมามีจำนวนน้อยมากและการขยายแบบให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพียงครั้งเดียวนั้นจะได้ความเข้มของคลื่นในภายหลังสูงกว่าเดิมในปริมาณจำกัด หากเราสามารถทำให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากstimuleted emission ผ่านเลเซอร์มีเดียหลายๆ รอบ ในขณะที่เกินมากกว่า 0 แล้วเราจะได้ความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสูงมากในระดับ 10^6 เท่า

ออปติคัลเรโซเนเตอร์ (Optical resonator)

เนื่องจากมีความจำเป็นที่ต้องเพิ่มความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าให้มาก เพื่อที่จะทำให้เกิดแสงเลเซอร์พลังงานสูง และจะเป็นการสิ้นเปลืองอย่างมากหากเราขยายความยาวของเลเซอร์มีเดียไปให้มากๆ เพื่อจะได้ขยายความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยให้คลื่นผ่านเพียงครั้งเดียว ดังนั้นเราจึงให้ความยาวของเลเซอร์มีเดียที่คลื่นจะวิ่งผ่านคงที่ แต่ต้องหาวิธีการที่จะให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าวิ่งผ่านเลเซอร์มีเดียหลายๆ รอบ การที่จะทำเช่นนั้นได้ก็ต้องอาศัย ออปติคัลเรโซเนเตอร์ (Optical resonator) ซึ่งจะเป็นระบบเรโซเนเตอร์ทางแสงที่ประกอบด้วย การจก M_1 และ M_2 ปิดด้านหัวและท้ายของระบบ ดังรูป 2.1 กระจก M_1, M_2 ส่วนมากจะเป็นกระจกโค้ง, เว้า หรือกระจกระนาบผิวเรียบเป็นพิเศษ และเคลือบด้วยสารไดอิเล็กทริกที่มีค่าสะท้อนกลับ (reflectivity)



รูป 2.1 ออปติคัลเรโซเนเตอร์ กระจก M_1, M_2 ปิดด้านหัวท้ายของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

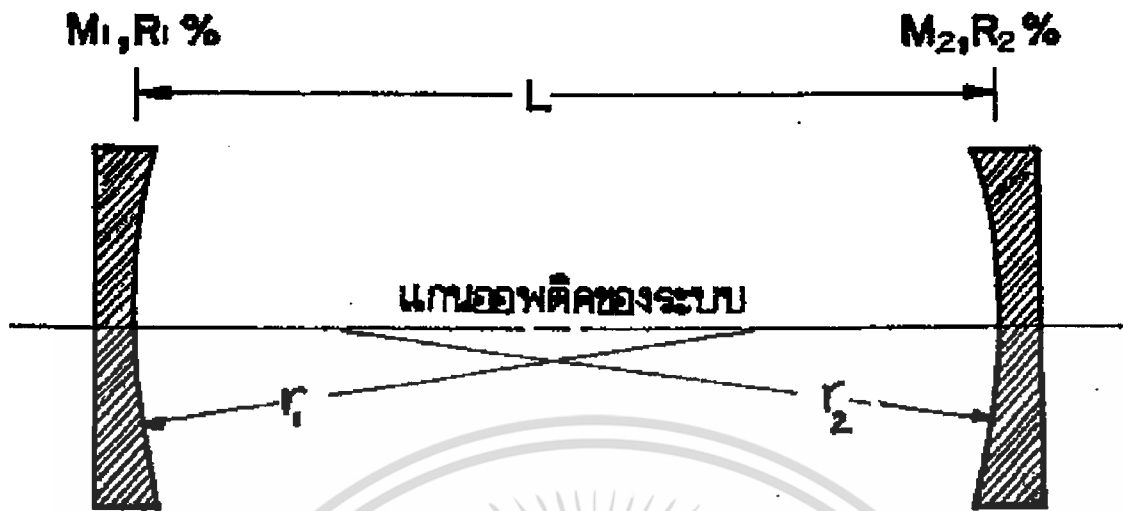
R_1 และ R_2 ตามลำดับ กระจก M_1, M_2 วางห่างกันเป็นระยะทาง L ออพติคัลเรโซเนเตอร์ มีหน้าที่ทำการป้อนกลับ (feedback) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าให้วิ่งผ่านเลเซอร์มีเดียหลาย ๆ รอบ ซึ่งจะทำความเข้มของแสงที่ผ่านเลเซอร์มีเดียมถูกขยายให้มากขึ้นอย่างรวดเร็ว การป้อนกลับ (feedback) ของคลื่นให้กลับไปมาระหว่างกระจก M_1 และ M_2 เพื่อการขยายทางความเข้มของแสงนั้นมีหลักการคล้ายกับการป้อนกลับของเครื่องขยายสัญญาณ (amplifier) ในทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ ที่เรียกว่า รีเจนเนอรัทีฟฟีดแบคแอมพลิไฟเออร์ (regenerative feedback amplifier)

เสถียรภาพของออปติคัลเรโซเนเตอร์ (Stability of Optical Resonator)

ตามที่ทราบจากหัวข้อที่กล่าวมาแล้วว่า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะเคลื่อนที่ผ่านเลเซอร์มีเดียภายในออปติคัลเรโซเนเตอร์และจะสะท้อนกลับไปกลับมาที่กระจก M_1 และ M_2 ของเรโซเนเตอร์ อย่างไรก็ตามในการพิจารณาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าภายในเรโซเนเตอร์นั้น เราสมมติว่าทุกอย่างเป็นไปได้โดยไม่เกิดการล้นออก (spilt over) ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้างอกออกมาจากเรโซเนเตอร์ในทางปฏิบัติหรือการออกแบบสร้างออปติคัลเรโซเนเตอร์ของระบบเลเซอร์แล้ว จำเป็นต้องมีการออกแบบออปติคัลเรโซเนเตอร์ให้เหมาะสมทุกประการ โดยเฉพาะจะต้องเป็นที่แน่ใจว่าไม่เกิดการล้นออกของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากระบบเรโซเนเตอร์ มิฉะนั้นจะเกิดการสูญเสีย (Loss) ของพลังงานไปมากซึ่งจะต้องทำการกระตุ้นให้พลังงานแก่เลเซอร์มีเดียอย่างมาก อาจจะทำให้เกิดการเสียหายแก่เลเซอร์มีเดียและอุปกรณ์อื่นๆ หากจะทำการกระตุ้นอย่างรุนแรงแก่เลเซอร์มีเดีย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องออกแบบและศึกษาถึงเสถียรภาพของออปติคัลเรโซเนเตอร์

รูป 2.2 แสดงถึงออปติคัลเรโซเนเตอร์ที่ประกอบด้วยกระจกเคลือบสารไดอิเล็กทริก M_1 และ M_2 ที่มีรัศมีความโค้ง (radius of curvature) เป็น r_1 และ r_2 ตามลำดับ จุดศูนย์กลางของความโค้ง (center of curvature) ของกระจกทั้งสองอยู่ในแนวแกนออปติก (optic axis) ของเรโซเนเตอร์ กำหนดค่ารัศมีความโค้ง r ของกระจกเว้า (concave spherical mirror) ที่หันผิวหน้าโค้งเข้าสู่เรโซเนเตอร์มีค่าเป็นบวก (positive) นอกเหนือจากนั้นแล้ว ค่ารัศมีความโค้ง r ของกระจกอื่นมีค่าเป็นลบ (negative) เราจำเป็นต้องเลือกชนิดของกระจก M_1 และ M_2 ที่จะส่งผลให้การสะท้อนกลับไปมาของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าให้อยู่ภายในแนวที่ใกล้ชิดกับแกนออปติกให้มากที่สุด ทั้งนี้ก็เพื่อที่จะให้มีการจำกัดบริเวณ (confinement) ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าให้อยู่ภายในบริเวณเรโซเนเตอร์ เราใช้รังสีแทนการเคลื่อนที่กลับไปมาของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้น และรังสีนั้นเรียกว่า รังสีพาเรกเซียล (paraxial ray) ที่บริเวณกึ่งกลางของเรโซเนเตอร์จะพบว่าลำแสงจะมีบริเวณแคบที่สุด และเริ่มถ่างบานออกทีละน้อย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.2 ออปติคัลเรโซเนเตอร์ประกอบด้วย กระจกเว้า M₁, M₂ ซึ่งรัศมีของความโค้งเป็น r₁ และ r₂ ตามลำดับ L เป็นระยะห่างของกระจกทั้งสอง

โดยมีการเอียงทำมุมแคบกับแกนออปติกของเรโซเนเตอร์ และจะไม่บานเกินขอบเขตของกระจก M₁ และ M₂ เมื่อรังสีตกกระทบกระจกทั้งสอง ในกรณีที่มีการสะท้อนกลับไปกลับมาหลายรอบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เราจะพบว่า รังสีพาแรกซีลจะเริ่มบานออกทำมุมกว้างขึ้นกับแกนออปติก กล่าวคือระยะทางตั้งฉากระหว่างรังสีพาแรกซีลกับแกนออปติกจะมากขึ้น ในกรณีเช่นนี้เราจะพบว่าออปติคัลเรโซเนเตอร์จะอยู่ในสภาวะการสูญเสียพลังงานสูง (high loss)

เพื่อเป็นการป้องกันการออกแบบเรโซเนเตอร์ที่เป็นแบบสูญเสียพลังงานมาก เราจำเป็นต้องรู้ เงื่อนไขของการมีเสถียรภาพของเรโซเนเตอร์ (stability condition of resonator) ได้มีการวิเคราะห์ที่เงื่อนไขเหล่านี้ไว้อย่างละเอียด ซึ่งจะไม่แสดงไว้ ณ ที่นี้ เงื่อนไขของการมีเสถียรภาพของเรโซเนเตอร์ก็คือเงื่อนไขที่จะทำให้มีการจัดและเลือกชนิดของกระจก M₁ และ M₂ ของเรโซเนเตอร์ที่จะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานที่อยู่ภายในให้น้อย (low loss) เงื่อนไขการมีเสถียรภาพซึ่ง G.D.Boyd และ J.P.Gordon ได้แสดงไว้เป็นสมการดังต่อไปนี้

$$0 < g_1 g_2 < 1$$

$$\text{เมื่อ } g_1 = 1 - (L/r_1) \text{ สำหรับกระจก } M_1 \tag{2.1}$$

$$\text{เมื่อ } g_2 = 1 - (L/r_2) \text{ สำหรับกระจก } M_2 \tag{2.2}$$

ในกรณีของสมการ (2.1) ระบบเรโซเนเตอร์จะมีเสถียรภาพดี แต่สำหรับกรณี

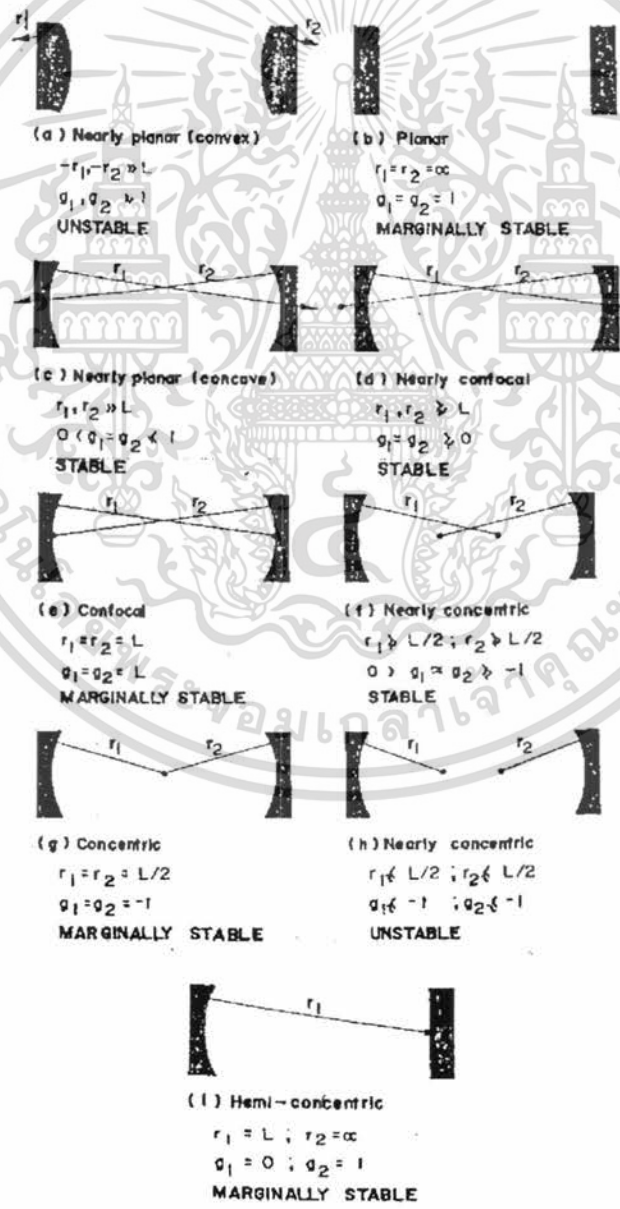
$$g_1 g_2 < 0 \text{ หรือ } g_1 g_2 > 1 \tag{2.3}$$

เรโซเนเตอร์มีสภาพตามสมการ (2.3) จะไม่มีเสถียรภาพ ซึ่งเราจะพบว่าภายหลังจากการสะท้อนกลับไปมาหลายรอบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รังสีพาแรกซีลจะออกเลยขอบกระจก M₁ และ M₂ ไป ทำให้เกิดการสูญเสียมาก เลเซอร์ก็จะไม่ถูกทำให้เกิดขึ้น สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้จัดทำเห็นประโยชน์อันดีของการศึกษาไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีเช่นนี้ บางกรณีเราจะพบว่าในการเลือก M_1 และ M_2 ของเรโซเนเตอร์แล้ว ทำให้ $g_1, g_2 = 1$; $g_1, g_2 = 0$ กรณีนี้เรียกเรโซเนเตอร์ว่า มีเสถียรภาพแบบมาจิ้นัล (marginal stability) ; $r_1, r_2 \gg L$; $r_1, r_2 \gg L$ และ M_2 เป็นกระจกแบนราบมี $r_1 = r_2 = \infty$ เรโซเนเตอร์แบบนี้สามารถทำให้เกิดเลเซอร์ออสซิลเลชันได้ แต่จำเป็นต้องมีการจัดวางกระจก M_1 และ M_2 ให้อยู่ในตำแหน่งจริงๆ มิฉะนั้นจะเกิดการล้นออกของพลังงานทำให้เกิดการสูญเสียมากขึ้นแล้วเลเซอร์ก็จะไม่เกิด

รูปแบบของการเลือกใช้กระจก M_1 และ M_2 และระยะห่างระหว่างกระจกทั้งสอง L นั้นเป็นไปได้หลายรูปแบบ ซึ่งจะยังผลให้เกิดการมีเสถียรภาพ และไม่มีเสถียรภาพขึ้น รูปแบบต่างๆ ของการจัดกระจก M_1 และ M_2 ได้แสดงไว้ในรูป 2.3



รูป 2.3 แสดงถึงการจัดกระจก M_1 และ M_2 เพื่อเป็นออสซิลเลเตอร์แบบต่างๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่ายหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์

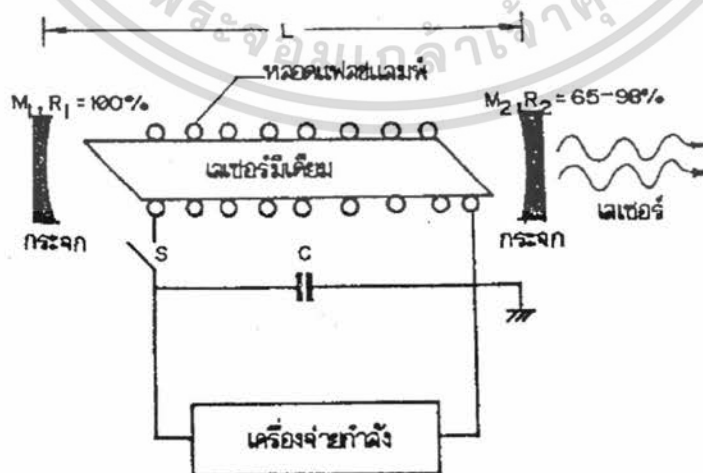
2.1.4 ระบบเลเซอร์ (Laser System)

ตามที่ได้กล่าวถึงหลักการของเลเซอร์ไว้ตอนต้น ซึ่งระบบเลเซอร์นั้นจะต้องประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญคือ

1. เลเซอร์มีเดีย (laser medium)
2. ประชากรผกผัน (population inversion) ในเลเซอร์มีเดีย
3. ออปติคัลเรโซเนเตอร์ (optical resonator) เพื่อทำการป้อนกลับ

นอกจากนี้ได้มีการอธิบายถึงการทำให้เกิดสภาวะประชากรผกผัน ในเลเซอร์มีเดีย โดยวิธีการกระตุ้นให้พลังงานแก่อะตอมและโมเลกุลของเลเซอร์มีเดีย วิธีการนี้เรียกว่า พัมป์ (pumping) ซึ่งในกรณีนี้จำเป็นต้องมีเครื่องจ่ายกำลัง (power supply) จ่ายกำลังงานให้แก่หลอดไฟแฟลช (flash lamp) หรือจ่ายกำลังงานให้อิเล็กตรอนในกรณีที่ใช้อิเล็กตรอนดิซชาร์จ์เพื่อการพัมป์ เป็นต้น ดังนั้นในการทำให้เกิดแสงเลเซอร์ออกมาอย่างมีประสิทธิภาพ ระบบเลเซอร์จึงมีระบบทางแสง-อิเล็กทรอนิกส์ หรือที่เรียกว่า ระบบออปติคัลอิเล็กทรอนิกส์ (optical electronic system) ซึ่งระบบนี้แสดงไว้ตามรูป 2.4

ระบบเลเซอร์ทั่วไป จะเป็นระบบที่แสดงไว้ในรูป 2.4 ที่ประกอบด้วยเลเซอร์มีเดีย ซึ่งอาจจะเป็นแท่งผลึก แก๊สผสม หรือของเหลว (liquid dye) หรือ ไอออนของธาตุ โดยที่เลเซอร์มีเดียนี้จะถูกจัดอยู่ในออปติคัลเรโซเนเตอร์ที่ประกอบด้วยกระจกเคลือบสารไดอิเล็กทริก M_1 และ M_2 ที่มีค่าสะท้อนกลับ (reflectivity) R_1 และ R_2 ตามลำดับ โดยทั่วไป R_1 จะมีค่าสะท้อนกลับ 100% และ R_2 มีค่าสะท้อนกลับอยู่ระหว่าง 70-98% ทั้งนี้ย่อมขึ้นอยู่กับชนิดของเลเซอร์มีเดีย ระบบอิเล็กทรอนิกส์นั้นเกี่ยวกับเครื่องจ่ายกำลัง (power supply) ที่จะจ่ายกำลังให้หลอดไฟแฟลชเพื่อการพัมป์ (pumping) เลเซอร์ให้เกิดมีประชากรผกผันขึ้น



รูป 2.4 แผนภาพแสดงระบบเลเซอร์ (laser system) ที่ประกอบด้วยระบบทางแสง (optics)

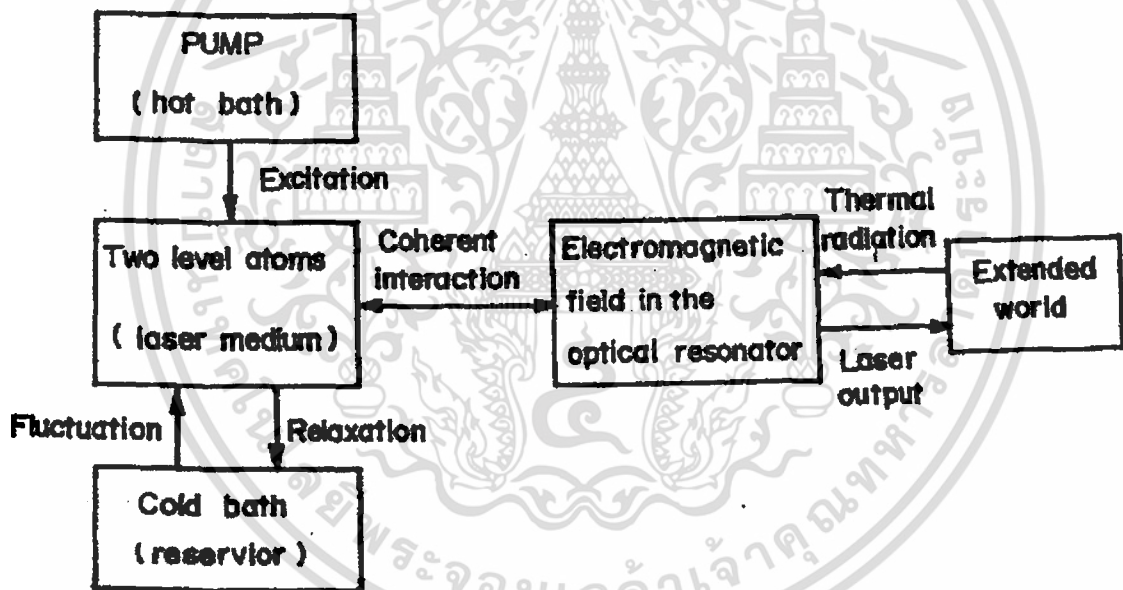
และระบบทางอิเล็กทรอนิกส์ (electronics)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เมื่อทุกองค์ประกอบของระบบอยู่ในสภาวะถูกต้อง เมื่อเปิดสวิตช์ให้เครื่องจ่ายกำลังทำงาน แสงเลเซอร์ก็จะเกิดขึ้นและถูกปลดปล่อยออกมาทางกระจก M_2

เมื่อแสงเลเซอร์ออกมาจากเรโซเนเตอร์ทางกระจก M_2 แล้วก็จะเกิดมีปฏิสัมพันธ์ (interaction) กับสิ่งแวดล้อมภายนอก (external world) ดังนั้นรูปแบบจำลองทางกายภาพ (physical model) ของเลเซอร์จึงมิได้เป็นระบบปิด (close system) ที่ประกอบด้วยเลเซอร์มีเดีย (อะตอมหรือโมเลกุล) และออปติคัลเรโซเนเตอร์ เพียงเท่านั้น หากแต่ระบบเลเซอร์เป็นระบบเปิด (open system) ซึ่งทำปฏิสัมพันธ์กับโลกภายนอก และนอกจากนั้นระบบเลเซอร์เป็นระบบที่ไม่มีความสมดุลทางความร้อน (non thermal equilibrium) และเป็นระบบที่เกิดมีการปฏิสัมพันธ์แบบไม่เป็นเชิงเส้น nonlinear interaction ระหว่างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับอะตอมหรือโมเลกุล และมีการเกี่ยวข้องอย่างมากในเรื่องของโคฮีเรนซ์ทางแสง (optical coherence) รูปแบบจำลองทางกายภาพของเลเซอร์นั้นได้ถูกแสดงไว้ในรูป 2.5



รูป 2.5 รูปแบบจำลองทางกายภาพ (physical model) ของเลเซอร์

2.1.5 เลเซอร์โหมด (Laser Mode)

จากหัวข้อที่แล้ว เราพบว่าแสงเลเซอร์ที่ออกมา (laser output) นั้นประกอบด้วยการกระจายทางสเปกตรัม (spectral broadening) ทั้งนี้เพราะระบบเลเซอร์ประกอบด้วยส่วนสำคัญส่วนหนึ่งก็คือ ออปติคัลเรโซเนเตอร์ ซึ่งมีหน้าที่ให้เกิดมีการป้อนกลับของสตีมูเลเตดอิมิสชันที่เกิดจากสารเลเซอร์ ทั้งนี้ก็เพื่อที่จะให้มีการขยายของความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากสตีมูเลเตดอิมิสชันหลายๆ รอบเพื่อทำให้เกิดความเข้มของแสงเลเซอร์ให้มากที่สุด ออปติคัลเรโซเนเตอร์ในระบบเลเซอร์นั้นเป็นแบบ ฟาบริ-เพอร์โรอิน-การค้ำไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทอร์เฟอร์โรมิเตอร์ (Fabry-Perot interferometer) ออปติคัลเรโซเนเตอร์นั้นมีการแจกเคลือบสารไดอิเล็กทริกหลายชั้น M_1 และ M_2 ปิดหัวท้ายเลเซอร์ ดังนั้นเราจะทราบได้ทันทีว่าแสงเลเซอร์ที่ออกมานั้นจะประกอบด้วยจำนวนความถี่ต่างๆ (discrete frequency) ที่เหมาะสมกับสภาพเรโซแนนซ์ของฟาบรี-เพอร์โรอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์ซึ่งในกรณีเช่นนี้เราจะพบว่าแสงเลเซอร์จะประกอบด้วย "โหมด (modes)" ต่างๆ ซึ่งทำหน้าที่แสดงถึงรูปแบบ (pattern) ของการกระจายของพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในเลเซอร์คาวิตี (laser cavity) โหมดที่เกิดขึ้นใน เลเซอร์คาวิตีนั้นเราสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ แอ็กเซียลโหมด (Axial modes) และ ทรานส์เวิร์สัลโหมด (Transversal modes) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ก่อนที่จะได้ศึกษาถึงแอ็กเซียลโหมดของเลเซอร์นั้น เราควรพิจารณาถึงออปติคัลเรโซเนเตอร์ของระบบเลเซอร์ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเรโซแนนซ์ (resonance) เสียก่อน ก่อนที่จะมีแสงเลเซอร์ออกมาจากระบบเลเซอร์นั้นออปติคัลคาวิตีของเลเซอร์จะต้องอยู่ในสภาพเรโซแนนซ์ซึ่งประกอบด้วยค่า คิว (Q) ของระบบสูงมาก เป็นที่ทราบกันดีว่าระบบเรโซเนเตอร์ทุกระบบจะต้องมีค่าคิวสูงในการที่จะทำให้ระบบนั้นๆ มีประสิทธิภาพสูง ค่า Q ของระบบหรือที่เรียกว่า ควอลิตี้แฟคเตอร์ Q (quality factor Q) นั้นนิยามตามสมการ (2.4)

$$Q = \frac{2\pi \times \text{พลังงานที่ถูกเก็บไว้ในเรโซเนเตอร์}}{\text{พลังงานที่ถูกปล่อยออกมา/คาบ}} \quad (2.4)$$

เราจะพบว่าถ้าค่า Q ยิ่งสูงก็จะแสดงถึงประสิทธิภาพในการเก็บพลังงานไว้ในเรโซเนเตอร์สูงด้วย โดยปกติในระบบเลเซอร์นั้นค่า Q จะมีค่าประมาณ 10^5 - 10^6 นอกจากนี้ค่า Q ที่สูงจะเกี่ยวข้องกับค่าไลน์วิดท์ (line width) ที่น้อย และค่า Q ที่ต่ำจะเกี่ยวข้องกับค่าไลน์วิดท์ที่มาก ซึ่งความสัมพันธ์นี้แสดงโดยสมการได้คือ

$$Q = \frac{\text{ความถี่เรโซแนนซ์}}{\text{ไลน์วิดท์}} \quad (2.5)$$

ในการเกิดแสงเลเซอร์ออกมานั้นเราจะพบว่า ค่าสูญเสียของพลังงานจะน้อยกว่าค่าเกน ของพลังงานในระบบ ดังนั้นจึงมีพลังงานเหลือสะสมอยู่ภายในระบบพร้อมจะปลดปล่อยออกมาได้ภายหลัง เราพบว่าถึงแม้เรโซเนเตอร์จะมีค่า Q สูงก็ตามจะมีค่าความถี่ (ของเรโซเนเตอร์) บางค่าเท่านั้นที่จะสามารถเกี่ยวข้องกับค่า Q สูงนั้นได้ ดังนั้น จะมีเพียงบางค่าความถี่เรโซแนนซ์ของระบบเลเซอร์เท่านั้นที่เป็นความถี่ของแสงเลเซอร์ ที่ออกมาในระบบออปติคัลเรโซเนเตอร์ของระบบเลเซอร์นั้นจะมีเพียงบางค่าของความถี่ เท่านั้นที่จะเกิดเป็นความถี่เรโซแนนซ์ ซึ่งก็คล้ายๆ กับหลักการเกิดความถี่เรโซแนนซ์ของ ฟาบรี-เพอร์โรอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์ ดังนั้นสเปกตรัมของแสงเลเซอร์ที่ออกมา (spectrum of laser

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

output) จะไม่เหมือนกับสเปคตรัมที่ได้จากสเปกโตรมิเตอร์ของอะตอมโดยทั่วไป แต่สเปคตรัมของแสงเลเซอร์นั้นจะประกอบด้วยเส้นสเปคตรัมหลายๆ เส้นที่เกี่ยวข้องกับความถี่ที่เกิดขึ้นจากค่า Q สูงของระบบเลเซอร์

จากรูป 2.1 เป็นรูปออปติคัลเรโซเนเตอร์ของระบบเลเซอร์ ซึ่งก็เปรียบเสมือนฟابรี-เพอร์โรอินเทอร์เฟอโรมิเตอร์ เมื่อมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดขึ้นภายในเรโซเนเตอร์ คลื่นนั้นจะสะท้อนกลับไปมาระหว่างกระจกทั้งสอง ดังนั้นการเปลี่ยนค่าเฟส $\Delta\phi$ (phase change) ทั้งหมดเมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าวิ่งครบหนึ่งรอบ เป็นระยะทาง $2L$ จะมีค่าเป็น

$$\Delta\phi = 2\pi(2L/\lambda) = 4\pi L/\lambda \quad (2.6)$$

ถ้า $\Delta\phi = 180^\circ = \pi$ เราจะได้คลื่นเมื่อเริ่มต้นที่ M_1 สะท้อนกลับจากกระจก M_2 คลื่นสะท้อนกลับ (reflected wave) จะมี $\Delta\phi = 180^\circ$ แตกต่างจากคลื่นเดิมก่อนจะสะท้อนที่ M_2 จะทำให้เกิดการหักล้างกันหมด และภายในเรโซเนเตอร์จะไม่มีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเลย ดังนั้นก็จะไม่มีความหนาแน่นของพลังงาน (energy density) เหลืออยู่ที่จะเอาไปใช้กระตุ้นอะตอมต่างๆ (ที่อยู่ในสภาวะประชากรผกผัน) ให้เกิดสติมูเลตเตดอิมิสชันได้เลย ดังนั้นเลเซอร์จึงไม่เกิด แต่ถ้าหากเราทำให้ $\Delta\phi = 2\pi q$ ซึ่ง $q=1,2,3,\dots$ แล้ว เราจะได้คลื่นสะท้อนกลับจะมีค่าเฟสเหมือนเดิมทุกประการ สภาพนี้แสดงว่าคลื่นทั้งสองเป็นอินเฟส (in phase) ซึ่งในสภาพนี้จะไม่มีการหักล้างเกิดขึ้นระหว่างคลื่นเดิมและคลื่นสะท้อนกลับ ทำให้เกิดมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสะท้อนกลับไปมาอยู่ในเรโซเนเตอร์ได้ ดังนั้นจะมีความหนาแน่นของพลังงาน (energy density) สูง ถูกเก็บไว้ในเรโซเนเตอร์และพร้อมที่จะไปกระตุ้นให้เกินสติมูเลตเตดอิมิสชันเป็นแสงเลเซอร์ในเวลาต่อมา เงื่อนไขที่จะทำให้เกิด $\Delta\phi = 2\pi q$ นั้นได้จากการแทนค่า $\Delta\phi = 2\pi q$ ลงในสมการ (2.6) จะได้

$$\begin{aligned} \Delta\phi &= 4\pi L/\lambda = 2\pi q \\ L &= q(\lambda/2) \end{aligned} \quad (2.7)$$

เมื่อ L เป็นระยะทางระหว่างกระจก M_1, M_2

λ เป็นความยาวคลื่นที่เรโซแนนซ์

q เป็นเลขจำนวนเต็ม $q=1,2,3,\dots$

แต่ละค่า λ ในสมการ (2.7) จะให้ค่าความถี่ ν ซึ่งเป็นความถี่เรโซแนนท์ (resonance frequency) จะมีค่า λ หรือ ν ได้หลายค่าที่อยู่ในขอบข่ายของไลน์เซฟ (line shape) $g(\nu)$ ของเลเซอร์ทรานซิชัน (laser transition) และค่า λ และ ν เหล่านั้นจะทำให้เกิดเรโซแนนท์ในเลเซอร์ควิตี เมื่อเกิดเรโซแนนท์ในเลเซอร์ควิตีเราเรียกว่ามีการเกิด เซลฟ์เรพพลิเคตติง (self replicating) ของคลื่นภายในเลเซอร์ควิตีซึ่งจะทำให้เลเซอร์ควิตีนั้นมีค่า Q สูง การเกิด เซลฟ์เรพพลิเคตติงของคลื่นที่ค่าความถี่เรโซแนนท์ต่างๆ นั้นจะทำให้เกิด ลักษณะของหน้าต่างการค่า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนของพลังงาน (pattern of energy stored) ภายในเรโซเนเตอร์ ลักษณะของการกระจายของความหนาแน่นพลังงานเราเรียกว่า ลองกิวติแนลโหมด (longitudinal mode) หรือ แอ็กเซียลโหมด (axial mode) ของเรโซเนเตอร์นั้นๆ เพื่อเป็นการสะดวกในการกล่าวถึงแอ็กเซียลโหมด เราจะกล่าวถึงความถี่เรโซแนนท์ที่เกี่ยวข้องกับแอ็กเซียลโหมดแทน ดังนั้น ความถี่ของแอ็กเซียลโหมดจะมีค่าเป็น

$$\nu = c/\lambda = c/(2L/q) = q(c/2L) \quad (2.8)$$

ดังนั้นแต่ละแอ็กเซียลโหมดจะมีความถี่ ν_q เป็น

$$\nu_q = q(C/2L) \quad (2.9)$$

ซึ่ง ν_q จะเป็นความถี่เรโซแนนท์ของเลเซอร์ควิตี

เนื่องจากความถี่เรโซแนนท์ของเลเซอร์ควิตีนั้นมีหลายค่าและมีระยะทางเท่าๆ กัน เหมือนกับความถี่เรโซแนนท์ของพารี-เพอร์โรอินเทอร์เฟอโรมิเตอร์ เราจะได้ระยะห่างระหว่างความถี่เป็น

$$\begin{aligned} \Delta\nu &= \nu_{q+1} - \nu_q = (q+1)(C/2L) - (C/2L) \\ \Delta\nu &= C/2L \end{aligned} \quad (2.10)$$

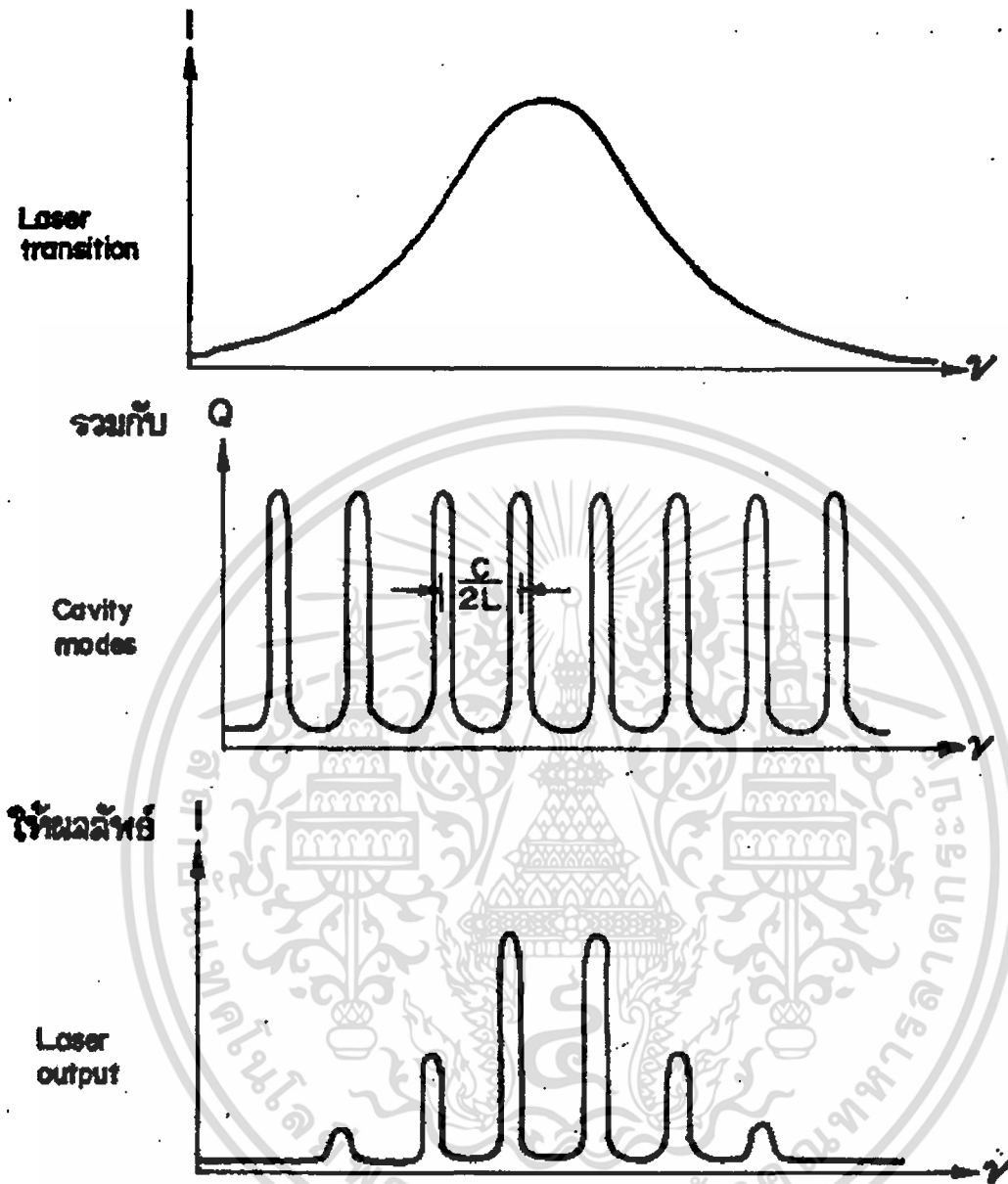
เป็นที่น่าสังเกตว่า $\Delta\nu$ ไม่ขึ้นกับค่า L ซึ่งเป็นระยะทางระหว่างกระจก M_1 และ M_2 และ $\Delta\nu$ ไม่ขึ้นกับค่า q อีกด้วย

ในกรณีของฮีเลียม-นีออนเลเซอร์ เราทราบว่าไมน์วิตซ์ $\Delta\nu_{\text{laser}}$ ประมาณ 1500-1800 MHz ถ้าเรามีความยาวของระยะทางระหว่างกระจก M_1 และ M_2 เท่ากับ 25 ซม. เราจะได้ $\Delta\nu$ ของแอ็กเซียลโหมดเท่ากับ 600 MHz ดังนั้นสเปกตรัมของระบบฮีเลียมนีออนเลเซอร์จะมีแอ็กเซียลโหมดประมาณ $1800/600 = 3$ โหมด หรืออีกนัยหนึ่งแสงเลเซอร์จะมีความถี่ของแอ็กเซียลโหมดได้ 3 ค่าเป็นต้น รูป 2.6 แสดงการเกิดสเปกตรัมของแสงเลเซอร์ (laser output spectrum) ที่ประกอบด้วยความถี่ของแอ็กเซียลโหมดหลายค่า

ลองกิวติแนล-ทรานส์เวิร์สโหมด (Longitudinal-Transverse Mode)

เนื่องจากออปติคัลเรโซเนเตอร์ของระบบเลเซอร์ประกอบด้วยกระจก M_1 และ M_2 ซึ่งอยู่ห่างกันเป็นระยะทาง L ดังนั้นเรโซเนเตอร์จึงมี 3 มิติ และการมีเซล์เฟรพพลิเคชันของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทางภาคตัดขวาง (crosssection) ซึ่งตั้งฉากกับแกนของเรโซเนเตอร์เกิดและเป็นเงื่อนไขลักษณะ (pattern) ของการกระจายความหนาแน่นของพลังงานภายในเรโซเนเตอร์ ดังนั้นจึงเกิดมี ทรานส์เวิร์สโหมด (Transverse Mode) ขึ้นและมีความถี่เรโซแนนท์มาเกี่ยวข้องในกรณีนี้ด้วย การศึกษาเกี่ยวกับทรานส์เวิร์สโหมดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดขึ้นภายในเรโซเนเตอร์ที่ความถี่เรโซแนนท์ต้องใช้คณิตศาสตร์ขั้นสูงและซับซ้อนมาอธิบาย

อย่างไรก็ตามได้มีการศึกษาในเรื่องนี้และแสดงไว้ในตำราทั่วไป ดังนั้นผลรวมในการเกิดการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.6 แสดงการเกิดสเปกตรัมของแสงเลเซอร์ (laser output) อันเนื่องมาจากการรวมเลเซอร์ไลน์เชฟ (laser transit lineshape) และแอมป์เซียนควาวิตีโหมด

เรโซแนนซ์ของออปติคัลเรโซเนเตอร์นั้นประกอบด้วยแอมป์เซียนโหมดและทรานส์เวิร์สโหมด ซึ่งเราเรียกรวมเป็น ลองกิตูดินัล-ทรานส์เวิร์สโหมด (Longitudinal-Transverse Mode) ซึ่งเป็นผลที่ได้จากเงื่อนไขของการมีเซลเรพลิคัตติง (self replicating) ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในสามมิติของเรโซเนเตอร์ ดังนั้นการที่จะบอกถึงความถี่เรโซแนนซ์ของเลเซอร์ควาวิตีโดยใช้ q เพียงตัวเดียวนั้นจะไม่เป็นการเพียงพอ เราพบว่าความถี่เรโซเนเตอร์ของเลเซอร์ควาวิตีจะขึ้นกับจำนวนเต็ม 3 จำนวนคือ m, n, q และเขียนได้เป็น $\nu_{m n q}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$v_{mnq} = \left[q + (m+n+1) \frac{\cos^{-1} \sqrt{g_1 g_2}}{\pi} \right] \frac{C}{2L} \tag{2.11}$$

เมื่อ m, n, q เป็นเลขจำนวนเต็ม
 g_1, g_2 เป็นพารามิเตอร์ของกระจก M_1, M_2 ตามที่ได้แสดงไว้ในสมการ (2.1) และ (2.2)

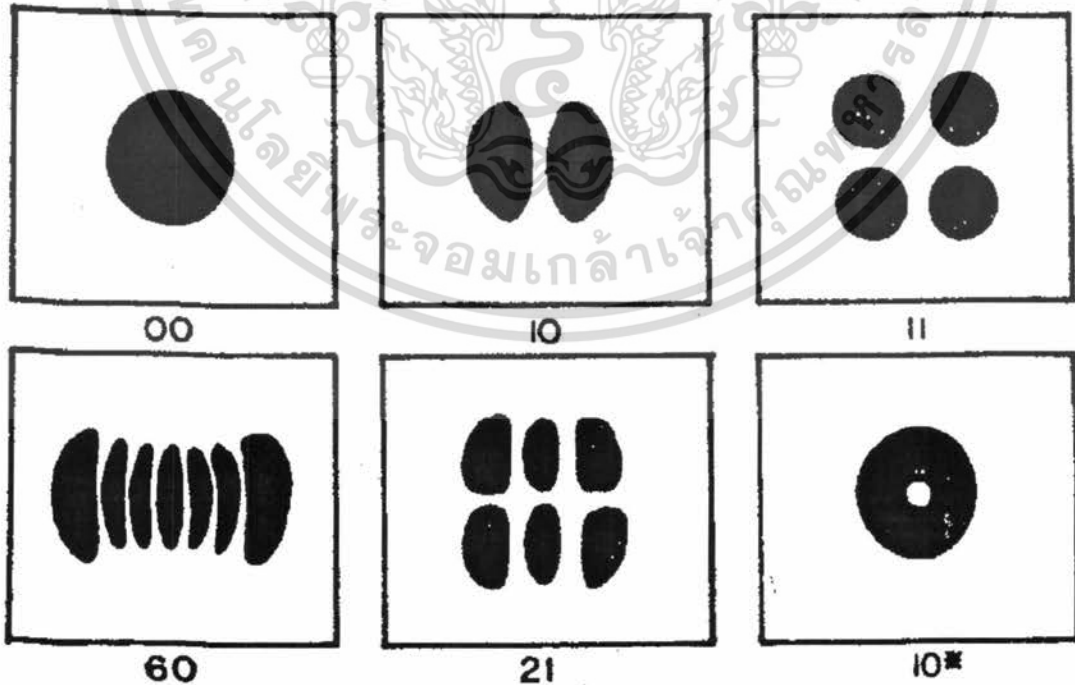
ในกรณีที่ $g_1 = g_2$ และ $L/R \ll 1$ สมการ (2.11) จะเปลี่ยนเป็น

$$v_{mnq} \approx \left(q + \frac{(m+n+1)}{\pi} \sqrt{\frac{2L}{R}} \right) \frac{C}{2L} \tag{2.12}$$

โดย q เป็นตัวเลขจำนวนเต็มเกี่ยวข้องกับแอ็กเซียลโหมด

m, n เป็นตัวเลขจำนวนเต็มเกี่ยวข้องกับทรานส์เวิร์สโหมด

ดังนั้นค่าโหมด (modes) ต่างๆ ของเลเซอร์ที่ออกมา จะเขียนได้เป็น TEM_{mnq} โดยที่ TEM ย่อมาจาก Transverse Electro-Magnetic เนื่องจาก q มีค่ามาก ดังนั้นในทางปฏิบัติเราจะเขียน TEM_{mn} แทน TEM_{mnq} และจะใช้แต่เพียงตัวเลข m และ n การกระจายของพลังงานของแสงเลเซอร์ที่ออกมาเนื่องจากมีโหมดแตกต่างกัน รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะของลำแสงเลเซอร์ที่ออกมาในกรณีที่มี m และ n ต่างๆ กันไป



รูป 2.7 ลักษณะของลำแสงเลเซอร์ที่ออกมา (laser output) TEM_{mn}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ *ที่ค่า m และ n แปรต่างๆ กันไป* เพื่อใช้ในเอกสารเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 อุปกรณ์รับแสง "Charge Coupler Device"

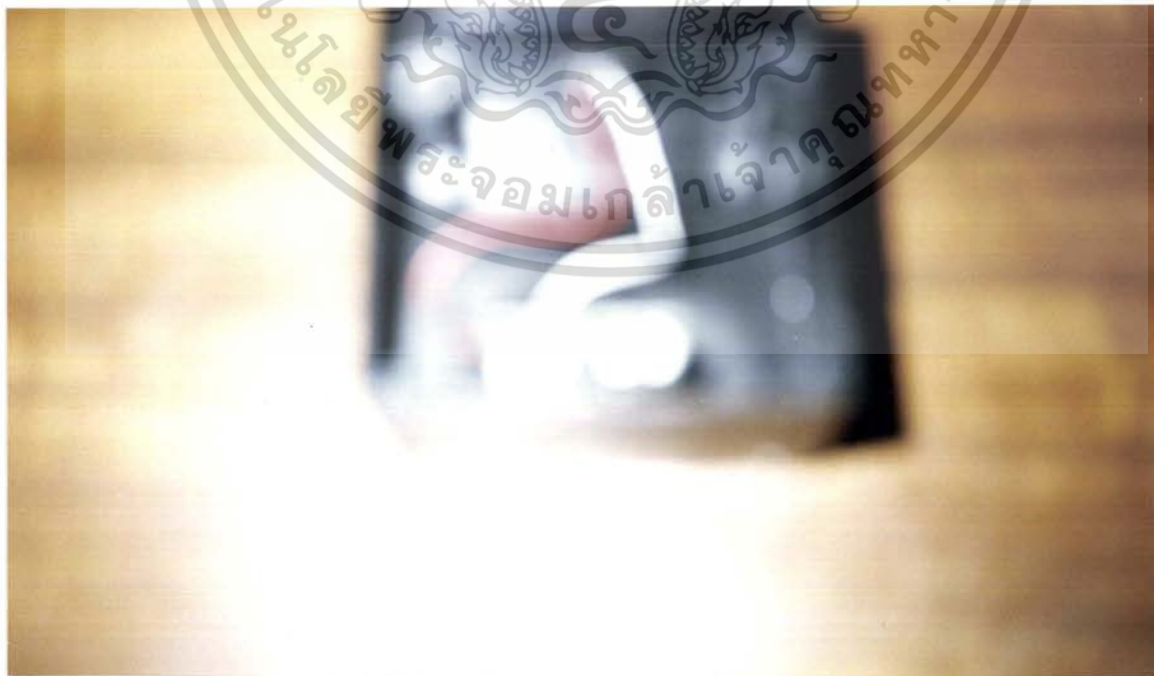
CCD เป็นอุปกรณ์ที่เรานำมาประยุกต์ใช้ในการเป็นตัวรับแสงเลเซอร์ ซึ่งอุปกรณ์ชิ้นนี้เราซื้อมาเป็นอุปกรณ์สำเร็จรูป ซึ่งมีรูปร่างตามรูปที่ 2.8

CCD ที่เรานำมาใช้ชิ้นเป็น CCD ซึ่งจะให้สัญญาณวิดีโอออกมา ซึ่งสัญญาณนี้เป็นสัญญาณของภาพของลำแสงเลเซอร์ที่เราต้องการ แต่เนื่องจากสัญญาณวิดีโอนี้เป็นสัญญาณอนาล็อก เราจึงจำเป็นต้องมีวงจรซึ่งสามารถแปลงสัญญาณนี้เป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์ในคอมพิวเตอร์ต่อไป

ในการใช้งานจริง CCD จะเกิดการ Saturate ทันทีเมื่อเรานำมารับแสงเลเซอร์เนื่องจากแสงเลเซอร์ที่เราใช้ในการทดลองนั้นค่อนข้างมีกำลังสูง เราจึงจำเป็นต้องใช้ filter ในการกรองแสงก่อน

และเนื่องจากช่องที่รับภาพของ CCD นั้นเล็กมาก ถ้าเรานำไปใช้กับเลเซอร์ที่มีขนาดของลำใหญ่ เราอาจจะต้องใช้ฉากเป็นตัวรับแสงก่อนแล้วจึงนำ CCD มารับแสงจากฉากอีกทอดหนึ่ง ซึ่งฉากที่จะนำมาใช้อาจใช้กระดาษขาวธรรมดาาก็ได้

การป้อนไฟเลี้ยงให้กับ CCD นั้นเราจะใช้ไฟเลี้ยง 12 โวลต์ จ่ายให้ทาง สายไฟทางด้านล่างของ CCD ซึ่งจะจ่ายให้ทางเส้นสีแดง และใช้เส้นสีดำเป็นกราวด์ โดย กราวด์นี้จะ เป็นกราวด์ร่วมกับกราวด์ของสัญญาณวิดีโอ ซึ่งสัญญาณวิดีโอนี้จะให้ออกไปทางเส้นสีเหลือง ซึ่งก็จะไปต่อกับวงจรต่อไป



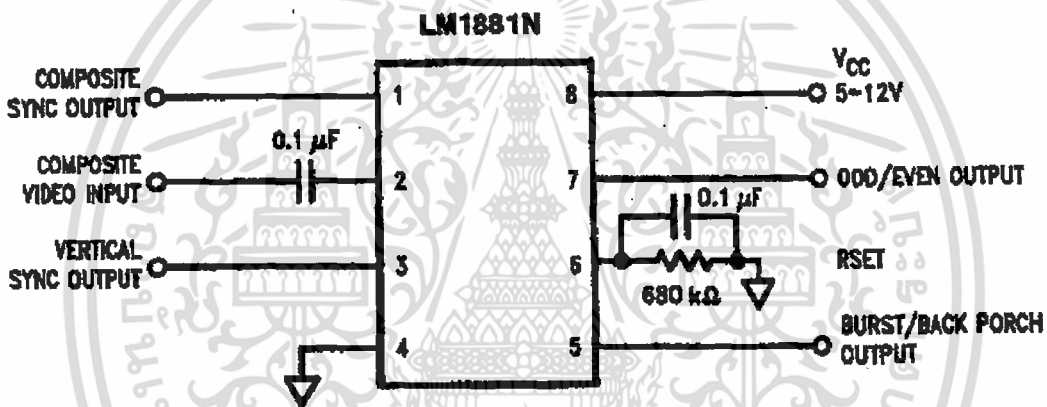
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูป 2.8 อุปกรณ์ CCD
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ไอซีหลักที่ใช้

2.3.1 LM1881N Video Sync Separater

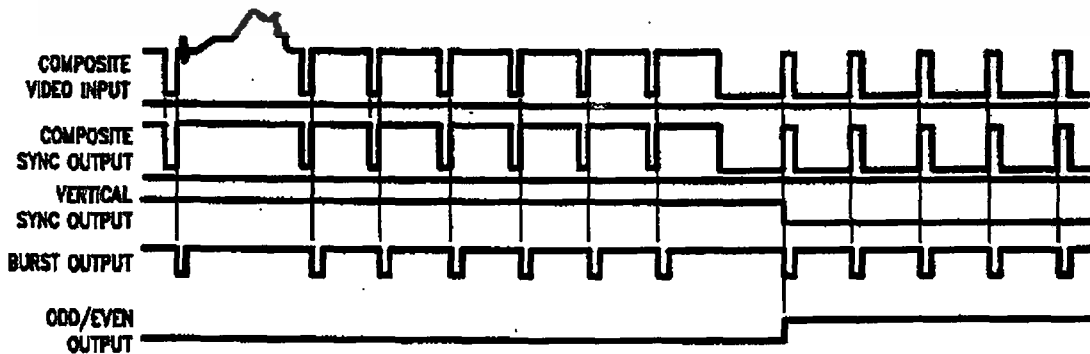
สัญญาณวิดีโอทั่วไปนั้นจะเป็นช่วงๆ ซึ่งหนึ่งช่วงจะเป็นหนึ่งแถวตามแนวนอน โดยแต่ละช่วงจะมีสัญญาณคั่นเราเรียกว่า composite sync output แต่เมื่อจบเฟรมๆ หนึ่งสัญญาณที่คั่นจะเป็นสัญญาณ composite vertical output แทน ในการควบคุมการแปลงสัญญาณของวงจร A-D เราจำเป็นต้องใช้สัญญาณ 2 สัญญาณนี้ในการควบคุมการแปลงสัญญาณ เราจึงจะใช้ IC LM 1881 ซึ่งเป็น IC สำเร็จรูปที่ใช้ในการแยกสัญญาณทั้ง 2 สัญญาณออกจากสัญญาณวิดีโอ ซึ่งรูปแผนผังขา และวงจรที่ใช้งานของ LM1881N ได้แสดงไว้รวมกันในรูปที่

2.9



รูป 2.9 แสดงแผนผังขา และวงจรที่ใช้งานของ IC LM1881N

จากรูป 2.9 เราจะให้ output จาก CCD มาเข้าที่ขา 2 คือขา composite video input แล้ว เราจะได้สัญญาณ composite sync output และ composite vertical output ออกมาทางขา 1 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งสัญญาณส่วนนี้เราจะนำไปใช้ในการควบคุมวงจร A-D converter ส่วนไฟเลี้ยงเราจะให้ทางขา 8 และใช้ขา 4 เป็นกราวด์ โดยเราจะจ่ายไฟเลี้ยงให้ 5 โวลต์ โดยจะมี Timing Diagram ตามรูป 2.10



รูป 2.11 แสดง Timing Diagram ของ LM1881N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกร ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นหน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 CA3318C Flash Analog-to-Digital Converter

IC CA3318C เป็นไอซีที่ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ซึ่งมีความสามารถสูงมาก ซึ่งไอซีตัวนี้เป็น A-D แบบ flash ซึ่งจะมี sampling rate สูงถึง 15 MHz หรือมี conversion time ประมาณ 67 ns และมีความละเอียดสูงถึง 8 บิต และยังสามารถนำไอซี 2 ตัวมาต่อกันเพื่อเพิ่ม sampling rate ให้เป็น 30 MHz หรือเพิ่มความละเอียดเป็น 9 บิตก็ได้ แต่ในส่วนของการนำมาใช้งานนั้นจะใช้ไอซีตัวเดียว

จากรูปที่ 2.11 แสดงแผนผังขาและวงจรที่ใช้งาน จะเห็นว่าเราจะให้สัญญาณอินพุท (input signal) ซึ่งมาจาก CCD เข้าที่ขา V_{in} หรือขา 16 และขา 21 และเราจะได้สัญญาณดิจิตอลออกมาทางขา 1-8 และจะมีขา 9 เป็นตัวบอก overflow ตัวเก็บประจุที่ไม่ได้บอกค่าไว้ในวงจรให้ใช้ค่า $0.1 \mu\text{F}$ ส่วนด้านไฟเลี้ยงเราจะใช้ไฟ 5 V เข้าทางขา 12 และขา 11 เป็นกราวด์ของส่วนดิจิตอล ส่วนด้านอนาลอกก็จะใช้ไฟ 5 V เท่ากันแต่จะจ่ายให้ทางขา 24 และขา 17 เป็นกราวด์ ความถี่ที่จ่ายให้กับไอซีจะเป็นความถี่ 5 MHz จากคริสตัลออสซิลเลเตอร์ (crystal oscillator) ซึ่งจะจ่ายให้ทางขา clk ซึ่งเป็นขา 18

1	CH0	V_{aa+}	24
2	CH1	3/4R	23
3	CH2	V_{ref+}	22
4	CH3	V_{in}	21
5	CH4	1/2R	20
6	CH5	PHASE	19
7	CH6	CLK	18
8	CH7	V_{aa-}	17
9	OV	V_{in}	16
10	1/4R	V_{ref-}	15
11	V_{ss}	CE1	14
12	V_{dd}	CE2	13

CA3318C

รูป 2.11 แผนผังขาของ IC CA3318C

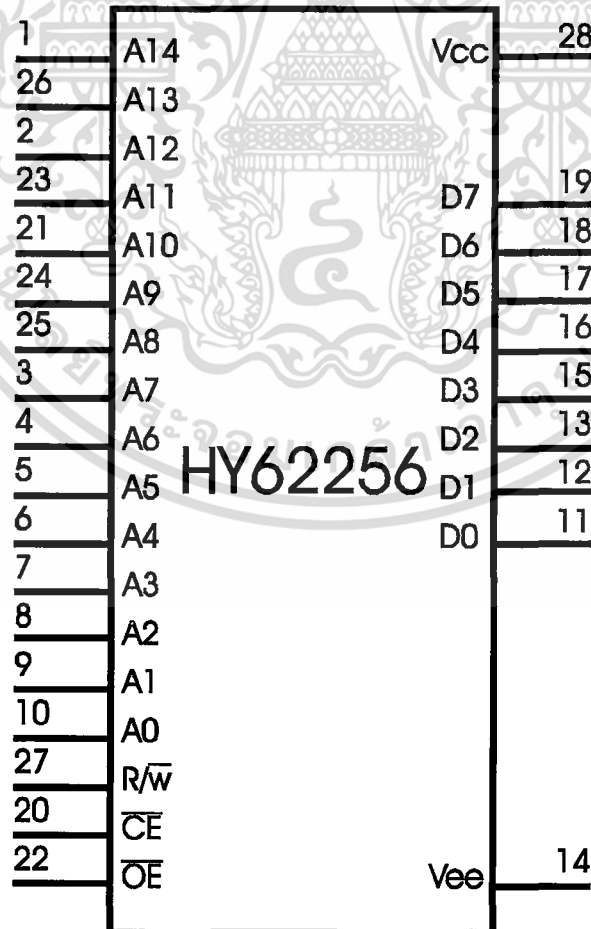
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 IC HY62256 32K HIGHSPEED STATIC RAM

ไอซีตัวนี้เป็นไอซีหน่วยความจำที่มีความจุ 32 K และเป็นแบบ static ram โดยเราจะนำมาใช้ในการพักข้อมูลที่ออกมาจากการแปลง A-D ซึ่งก็เนื่องมาจากความเร็วของการแปลงนั้นจะสูงมากจึงทำให้ไม่สามารถต่อเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง ซึ่งไอซีตัวนี้จะใช้ร่วมกับวงจร counter ซึ่งจะอธิบายหลักการในส่วนต่อไป

counter จะมีสัญญาณ 15 เส้น จะมาต่อเข้ากับขา A0-A14 ของไอซีตัวนี้ ซึ่งจะดูแผนผังขาได้จากรูปที่ 2.12 และขา 27,20,22 จะไปต่อเข้ากับวงจรอีกวงจรหนึ่งซึ่งจะคอยทำหน้าที่ควบคุมการอ่านและการบันทึกของไอซีตัวนี้ ข้อมูลจาก A-D จะเข้ามาทางขา 11-19 คือขา D0-D7 ซึ่งขาเหล่านี้จะเป็นขาแบบ 3 สเตต และจะไปต่อกับพอร์ท 3EE อินพุตด้วย และมีไฟเลี้ยงเข้าทางขา 28 และขา 14 เป็นกราวด์

ในวงจรใช้งานจริงเราจะใช้ไอซีตัวนี้จำนวน 2 ตัว คือจะเป็นหน่วยความจำ 64 K ซึ่งจะมีวงจรใช้งานทั้งหมดอยู่ในส่วนอินทิเกรตเซอร์กิตด้วย



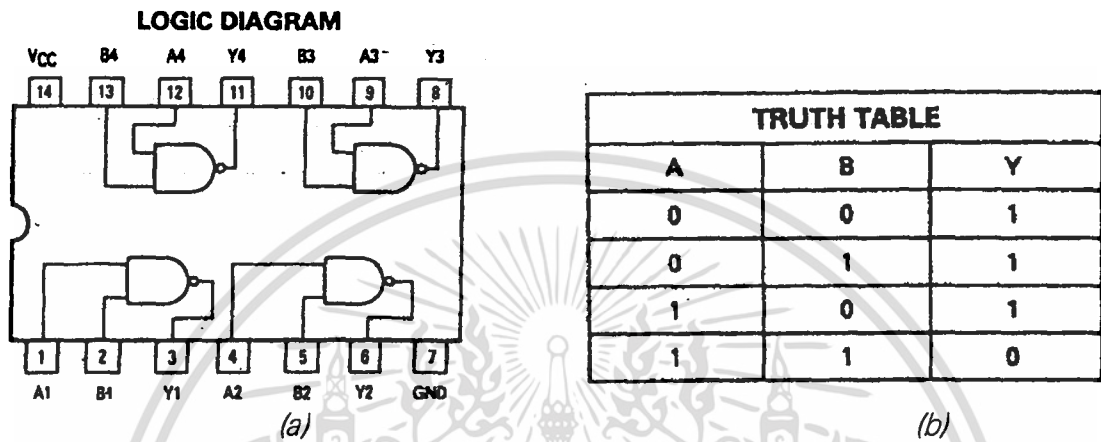
รูป 2.13 แสดงไอซี HY62256

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในโครงการที่ขอใช้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 IC TTL

ไอซีทีทีแอลเป็นส่วนประกอบสำคัญอีกส่วนหนึ่งของวงจรในส่วนที่เป็นดิจิทัล ซึ่งจะประกอบด้วยไอซีต่างๆ ดังต่อไปนี้

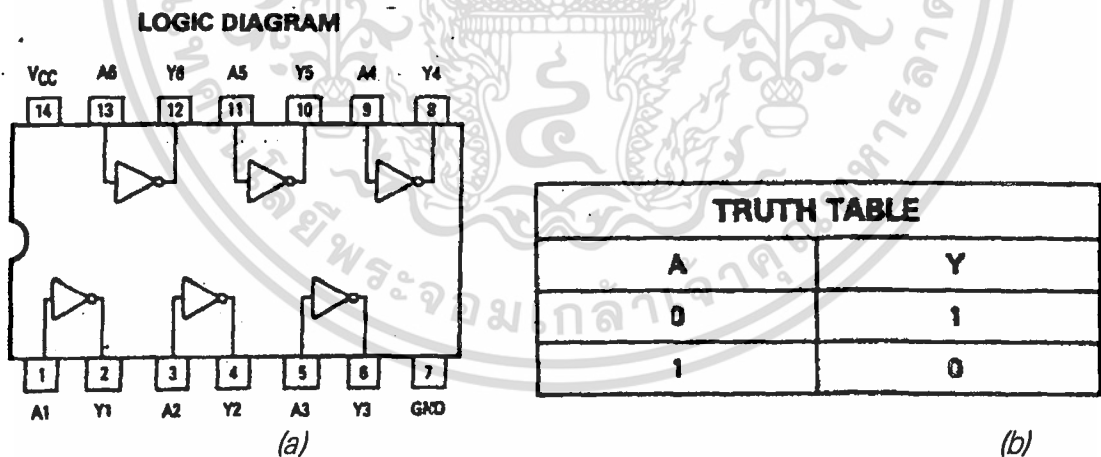
-74LS00 Quad 2-Input Nand Gate



รูป 2.13 (a) แสดงแผนผังขง (b) ตารางความจริง ของ 74LS00

ไอซีนี้เป็น nand gate ที่มี 4 เกทในตัวเดียวกัน โดยมีขาต่างๆ และ ตารางความจริง ตามรูป 2.13

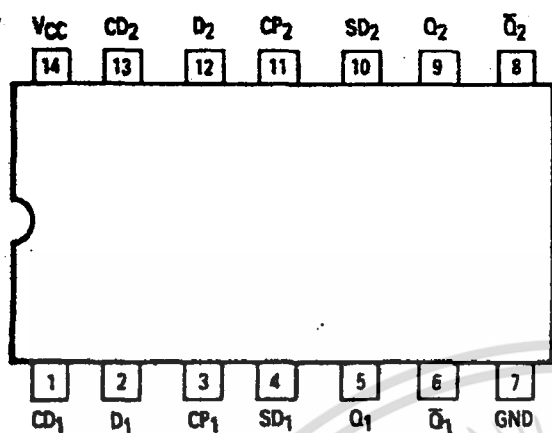
-74LS04 Hex Input Inverter Gate



รูป 2.14 (a) แสดงแผนผังขง (b) แสดงตารางความจริง ของไอซี 74LS04

ไอซีตัวนี้ก็จะคล้าย 74LS04 คือจะทำหน้าที่เป็นเกท แต่จะมี 6 เกทใน 1 ไอซี ซึ่งก็จะมี การวางขา และตารางความจริงตามรูป 2.14

-74LS74 Dual D-Type Flip-Flop with Clear and Preset



(a)

รูป 2.15 (a) แสดงแผนผังขา

(b) แสดงตารางความจริง ของไอซี 74LS74

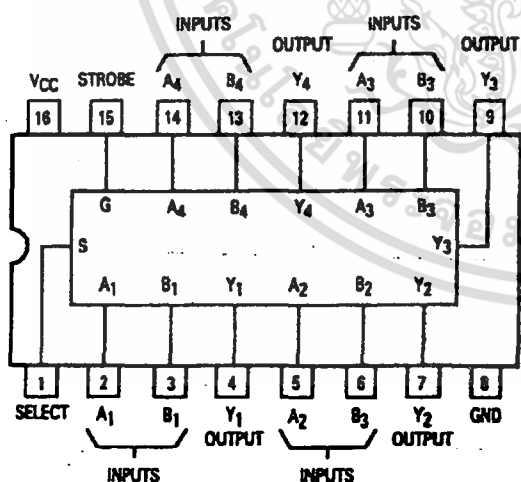
MODE SELECT — TRUTH TABLE					
Operating Mode	Inputs			Outputs	
	\bar{S}_D	\bar{C}_D	D	Q	\bar{Q}
Set	L	H	X	H	L
Reset (Clear)	H	L	X	L	H
*Undetermined	L	L	X	H	H
Load "1" (Set)	H	H	h	H	L
Load "0" (Reset)	H	H	l	L	H

H, h = HIGH Voltage Level
 L, l = LOW Voltage Level
 X = Don't Care
 l, h (q) = Lower case letters indicate the state of referenced input (or output) one set-up time prior to the HIGH to LOW clock transition.

(b)

ไอซีตัวนี้เป็นไอซีที่เป็น D-type Flip-Flop ซึ่งมี 2 ตัวในตัวเดียวซึ่งจะใช้ช่วยในการควบคุม การทำงานของ RAM ซึ่งจะใช้ร่วมกับเกทตัวอื่นๆ โดยจะมีการวางขาและตารางความจริง ตามรูป 2.15 (a) และ (b) ตามลำดับ

-74LS157 Quad 2-Input Data Selector/Multiplexer with Enable



(a)

รูป 2.16 (a) แสดงแผนผังขา (b) แสดงตารางความจริง ของไอซี 74LS157

TRUTH TABLE				
Enable	Select Inputs	Inputs		Output
G	S	A	B	Y
H	X	X	X	L
L	H	X	L	L
L	H	X	H	H
L	L	L	X	L
L	L	H	X	H

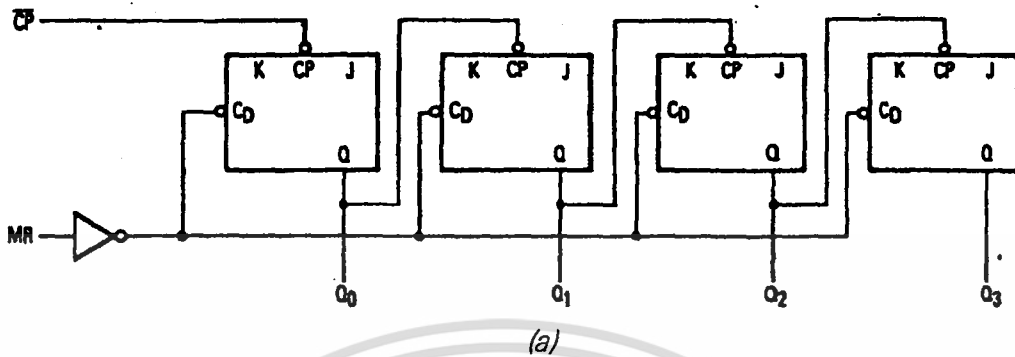
H = HIGH Voltage Level
 L = LOW Voltage Level
 X = Don't Care

(b)

ไอซีตัวนี้เป็นไอซีที่ใช้สำหรับมัลติเพล็กซ์สัญญาณ ซึ่งจะช่วยในการลดการใช้ช่องสัญญาณกับ RAM ให้น้อยลง โดยมีการวางขาและตารางค่าความจริงตามรูป 2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-74LS393 4-State Binary Counter



PIN ASSIGNMENTS				
FUNCTION	DIL	FLATS	LCC	BURN-IN (CONDITION A)
A1	1	1	2	VCC
CLR1	2	2	3	VCC
QA1	3	3	4	OPEN
QB1	4	4	6	OPEN
QC1	5	5	8	OPEN
QD1	6	6	9	OPEN
GND	7	7	10	GND
QD2	8	8	12	OPEN
QC2	9	9	13	OPEN
QB2	10	10	14	OPEN
QA2	11	11	16	OPEN
CLR2	12	12	18	VCC
A2	13	13	19	VCC
VCC	14	14	20	VCC

BURN-IN CONDITIONS:
VCC = 5.0 V MIN/6.0 V MAX

TRUTH TABLE				
Count	Outputs			
	Q3	Q2	Q1	Q0
0	L	L	L	L
1	L	L	L	H
2	L	L	H	L
3	L	L	H	H
4	L	H	L	L
5	L	H	L	H
6	L	H	H	L
7	L	H	H	H
8	H	L	L	L
9	H	L	L	H
10	H	L	H	L
11	H	L	H	H
12	H	H	L	L
13	H	H	L	H
14	H	H	H	L
15	H	H	H	H

รูป 2.17 (a) แสดงแผนภาพลอจิก (b) แสดงชื่อขา (c) แสดง ตารางค่าความจริง ของไอซี 74LS393

H = HIGH Voltage Level
L = LOW Voltage Level

2.4 เครื่องมือพัฒนาโปรแกรมที่ใช้

"เครื่องมือพัฒนาโปรแกรม" หรือที่เราเรียกกันทั่วไปว่า "ภาษาคอมพิวเตอร์" ก็เป็นอีกส่วนหนึ่งที่สำคัญมากในโครงการนี้ เนื่องจากข้อมูลที่เราจะได้จากอุปกรณ์รับแสงซึ่งผ่าน CCD มาแล้วจะเป็นตัวเลขของความเข้มของแสงที่ตกกระทบในแต่ละจุดบน CCD เราจึงจะต้องนำมาวิเคราะห์เพื่อสร้าง "LASER BEAM PROFILER" ขึ้นมา ซึ่งในส่วนนี้ก็จะเป็นส่วนขั้นตอนสุดท้ายในการทำโครงการนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งการเลือกเครื่องมือพัฒนาโปรแกรมในโครงการนี้ได้ทำเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่เป็นโปรแกรมเบื้องต้นซึ่งเขียนบน DOS ซึ่งจะมีความสามารถไม่สูงนัก แต่เขียนได้ง่าย ใช้งานง่าย ซึ่งจะทำให้ขึ้นเพื่อทดสอบส่วนฮาร์ดแวร์ว่ามีความถูกต้องหรือไม่ และส่วนที่ 2 จะเป็นโปรแกรมที่มีความซับซ้อนมากขึ้น แต่จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าโปรแกรมแรก ซึ่งโปรแกรมที่ 2 นี้จะใช้บน WINDOWS ซึ่งจะให้ประสิทธิภาพได้เต็มที่ทั้งในด้านกราฟฟิก และการพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์

2.4.1 Turbo Pascal version 7.0

"เทอร์โบปาสคาล(Turbo Pascal)" เป็นเครื่องมือพัฒนาโปรแกรมแรกๆ ที่ผู้ทำโครงการเลือกใช้ เนื่องจากความง่ายในการเขียนโปรแกรม และผู้ทำโครงการก็มีความรู้ในการเขียนโปรแกรมนี้เป็นอย่างดีแล้ว

เทอร์โบปาสคาลเป็นภาษาขั้นสูง ที่มีความยืดหยุ่นในการเขียนโปรแกรมสูงมาก ภาษาหนึ่งที่มีความสามารถสูง และเป็นที่ยอมรับใช้กันแพร่หลาย และได้มีการพัฒนาโดยบริษัท บอร์แลนด์ จำกัด มาจนถึงเวอร์ชัน (version) 7.0 แล้ว เป็นเครื่องแสดงให้เห็นเป็นอย่างดีว่า ถึงแม้จะมีเครื่องมือพัฒนาโปรแกรมใหม่ๆ เกิดขึ้นมากมาย แต่เทอร์โบปาสคาลก็ยังมีผู้นิยมใช้อยู่

การเขียนเทอร์โบปาสคาลจะไม่ขออธิบายโดยละเอียดในที่นี้ แต่ถ้าผู้อ่านต้องการรู้ก็อาจหาอ่านได้จากหนังสือสอนการเขียนภาษาปาสคาล ซึ่งมีทั่วไปตามห้องสมุด แต่ในส่วนของ การอธิบายโปรแกรมก็จะมีส่วนที่อธิบายโปรแกรม เพื่อให้ผู้อ่านที่ไม่รู้ภาษาปาสคาลสามารถเข้าใจในโปรแกรมได้

2.4.2 Microsoft Visual c++ version 2.0

"ไมโครซอฟท์วิซชัลซีพลัสพลัส (Microsoft Visual c++)" เป็นเครื่องมือพัฒนาโปรแกรมที่มีความสามารถสูงมากบนวินโดวส์ 95 ซึ่งจะเป็นการเขียนโปรแกรมแบบวิซชัลแบบสมบูรณ์ ซึ่งมีการใช้ระบบรับส่งข้อมูลแบบ 32 บิต และเป็นโปรแกรมที่มีอัลกอริทึมที่สมบูรณ์แบบมาก ภาษาหนึ่ง

ภาษานี้ยังสามารถสนับสนุนการใช้ OLE 2.0 ในการเขียนโปรแกรมอย่างเต็มที่ ซึ่งทำให้โปรแกรมที่สมบูรณ์ออกมาแล้ว สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการทำโปรไฟล์มาใช้ร่วมกับโปรแกรมอื่นๆ บนวินโดวส์ได้อย่างไม่มีปัญหา และยังสามารถนำแอปพลิเคชันต่างๆ ที่มีอยู่บนวินโดวส์มาใช้ร่วมกับโปรแกรมของเราเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของโปรแกรมของเราได้อย่างมากมาย และทำให้เป็นโปรแกรมที่มีความสมบูรณ์ และสามารถเทียบได้กับของจากต่างประเทศได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


การเขียนโปรแกรมในภาษานี้ในขณะที่ผู้ทำโครงการได้เขียนรายงานฉบับนี้ขึ้น ได้มีการแปลคู่มือการเขียนโปรแกรมในภาษาไทยออกวางจำหน่าย แต่ถ้าผู้อ่านมีความสนใจที่จะศึกษา ควรจะศึกษาจากหนังสือที่เป็นภาษาต่างประเทศจะดีกว่า ซึ่งในส่วนของ การอธิบายโปรแกรมก็จะมีแต่วิธีใช้โปรแกรมเท่านั้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนการทำงาน

- 
- การออกแบบวงจรในส่วนฮาร์ดแวร์
 - การพัฒนาซอฟต์แวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานในโครงการนี้จะแบ่งได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ โดยส่วนแรกจะเป็นการทำงานในส่วนฮาร์ดแวร์ ซึ่งจะประกอบด้วย การออกแบบวงจรต่างๆ และการสร้างวงจรเพื่อใช้งานจริง และส่วนที่ 2 จะเป็นการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาแสดงผลเป็นรูปโปรไฟล์ของแสงเลเซอร์ ซึ่งในส่วนนี้จะมี 2 ส่วนย่อย ๆ คือส่วนที่เป็นซอฟต์แวร์เบื้องต้นเพื่อใช้ในการตรวจสอบฮาร์ดแวร์ว่าใช้งานได้ถูกต้องตามที่ต้องการ อีกส่วนจะเป็นการเขียนโปรแกรมขั้นสูงที่เราจะนำมาใช้งานจริง

3.1 การออกแบบวงจรในส่วนฮาร์ดแวร์

การทำงานในส่วนนี้จะเริ่มขึ้นจากการที่เราได้สัญญาณวิดีโอ จากอุปกรณ์รับแสงของเรา ซึ่งก็คือ CCD แล้วเราต้องการที่จะนำไปแสดงโปรไฟล์ในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เราจำเป็นต้องสร้างวงจรที่เรียกรวมๆ ได้ว่าวงจร "Gray-Scale Video Digitizer" ซึ่งจะมีหน้าที่หลักๆ คือการแปลงสัญญาณอนาล็อก (สัญญาณวิดีโอ) ไปเป็นสัญญาณดิจิทัล (สัญญาณที่จะส่งเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์), เก็บ และส่งข้อมูลไปยังไมโครคอมพิวเตอร์

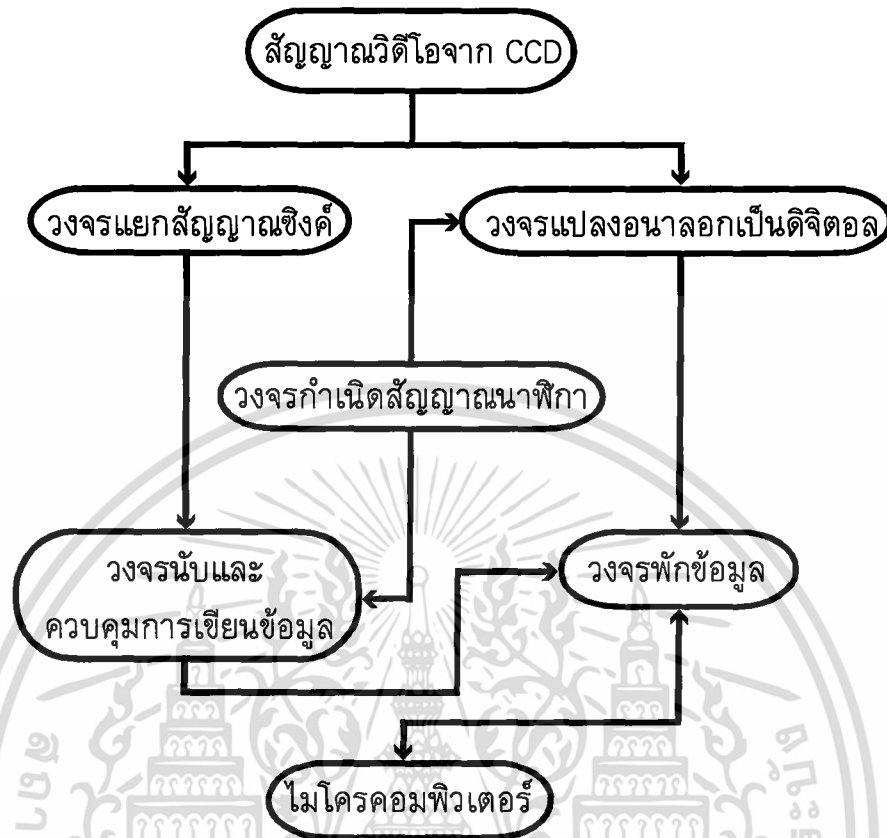
ซึ่งจะมีแผนผังการทำงานของวงจรทั้งหมดสรุปได้ดังรูปที่ 3.1 ซึ่งจะเริ่มที่ส่วนของวงจรแยกสัญญาณซิงค์ ซึ่งจะทำหน้าที่แยกสัญญาณซิงค์ออกจากสัญญาณวิดีโอ เพื่อใช้ในการควบคุมการแปลงสัญญาณของวงจรแปลงอนาล็อกเป็นดิจิทัล การเก็บข้อมูลของวงจรพักข้อมูล ซึ่งในส่วนนี้ของวงจรพักข้อมูลนี้จะต้องอาศัยวงจรนับเป็นวงจรช่วยในการควบคุมการนับแอดเดรสของหน่วยความจำ และจะไปสิ้นสุดวงจรที่ตัวคอนเน็คเตอร์ ซึ่งจะป้อนสายส่งสัญญาณไปยังคอมพิวเตอร์ โดยจะส่งและรับข้อมูลทางพอร์ทขนานของคอมพิวเตอร์ ซึ่งการออกแบบวงจรในส่วนต่างๆ ก็จะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.1 การออกแบบวงจรแยกสัญญาณซิงค์

การออกแบบวงจรในส่วนนี้เราจะใช้ไอซีสำเร็จรูปเบอร์ LM1881N ซึ่งจะดูรูปและวงจรได้จากบทที่ 2 ซึ่งในส่วนนี้จะไม่มีการออกแบบอะไรเพิ่มเติมเพราะไอซีตัวนี้เป็นไอซีสำเร็จรูปที่ใช้ในการแยกสัญญาณซิงค์โดยเฉพาะอยู่แล้ว จึงไม่จำเป็นต้องดัดแปลงอะไรเพิ่มเติม

3.1.2 การออกแบบวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล

การออกแบบวงจรนี้จะเป็นส่วนที่ค่อนข้างยุ่งยาก เนื่องจากสัญญาณวิดีโอของเราเป็นสัญญาณที่มีความเร็วสูง และยังเป็นสัญญาณที่เล็กอีกด้วย เราจึงจำเป็นต้องนำสัญญาณจากวงจรแยกสัญญาณซิงค์ที่เราออกแบบไว้แล้ว มาช่วยในการควบคุมการเริ่มและการหยุดแปลงสัญญาณ และจะต้องออกแบบวงจรที่ใช้ขยายสัญญาณวิดีโอให้มีขนาดใหญ่มากพอที่จะทำการแปลงสัญญาณด้วย



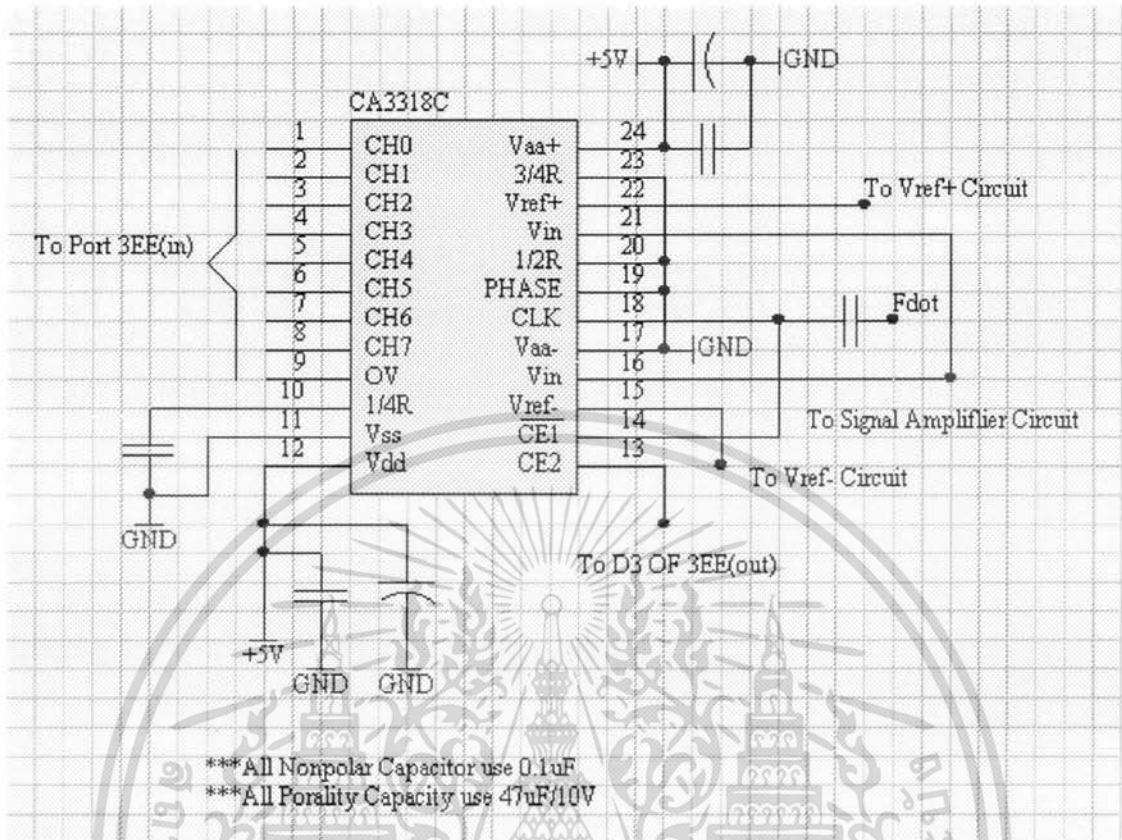
รูป 3.1 แสดงแผนผังการทำงานโดยรวมของส่วนฮาร์ดแวร์

ซึ่งในส่วนของไอซีตัวนี้เราได้ออกแบบเป็นวงจรไว้ในรูปที่ 3.2 ซึ่งจากรูปที่ 3.2 เราจะเห็นว่าหลังจากที่เราให้สัญญาณวิดีโอผ่านวงจรนี้แล้ว สัญญาณวิดีโอจะถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล ซึ่งมีความละเอียด 8 บิต ซึ่งสัญญาณนี้จะถูกส่งออกมาจากขา Bit1-Bit8 ซึ่งก็คือขา 1-8 และจะถูกส่งไปที่วงจรพักข้อมูลต่อไป แต่จากวงจรจะเห็นว่ายังมีบางขา คือขา V_{ref}^- (ขา 15), V_{ref}^+ (ขา 22), ขา V_{in} ทั้ง 2 ขา (ขา 16 และขา 21) และขา CLK (ขา 18) จะต้องใช้สัญญาณจากภายนอก ซึ่งเราจะต้องออกแบบวงจรช่วยสร้างสัญญาณเหล่านี้ ได้แก่ วงจรสร้างระดับแรงดันอ้างอิงด้านบวก และด้านลบ, วงจรกำเนิดความถี่, วงจรขยายสัญญาณวิดีโอ ซึ่งแต่ละวงจรจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

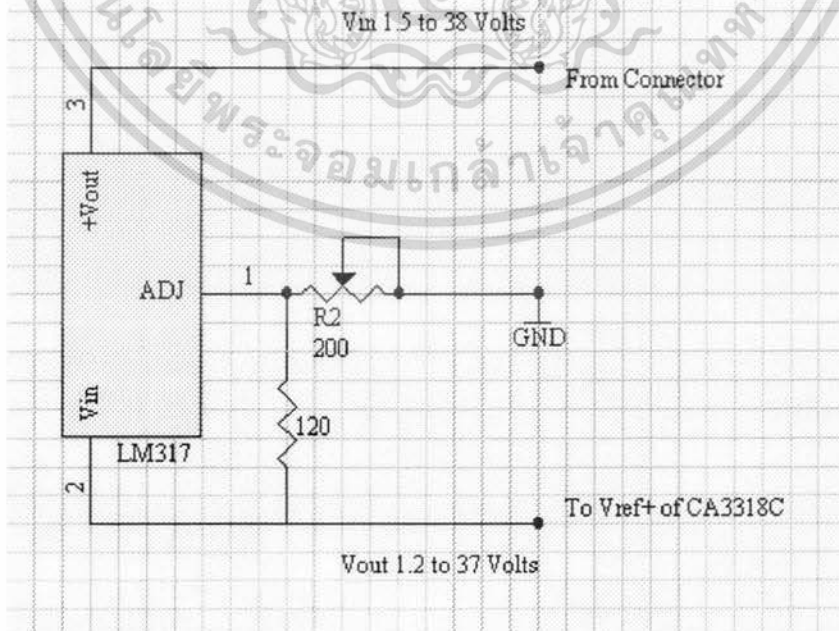
วงจรสร้างระดับแรงดันอ้างอิงด้านบวก และด้านลบ

เราจำเป็นต้องออกแบบวงจรที่จะใช้เป็น V_{ref} ของไอซีแปลงสัญญาณ เพื่อช่วยให้ช่วงการแปลงสัญญาณของไอซีอยู่ในช่วงเดียวกับระดับสัญญาณของเรา ซึ่งวงจรนี้จะใช้ไอซีเบอร์ LM317T และเบอร์ LM337T เป็นตัวสร้างสัญญาณ V_{ref}^+ และ V_{ref}^- ตามลำดับ ซึ่งวงจรทั้ง 2 นี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.3 และ 3.4 ตามลำดับ

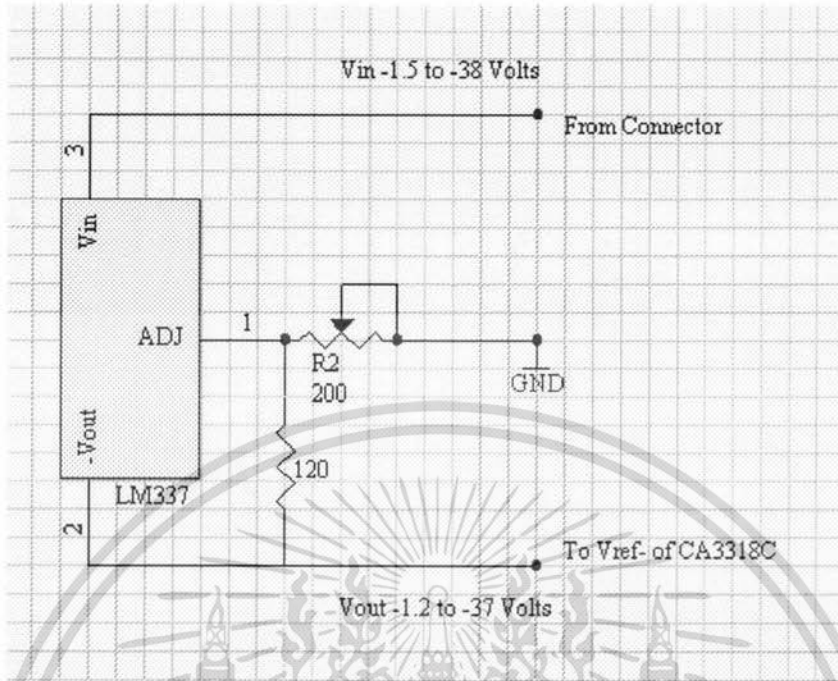
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.2 แสดงวงจรที่ใช้งานของไอซี CA3318C

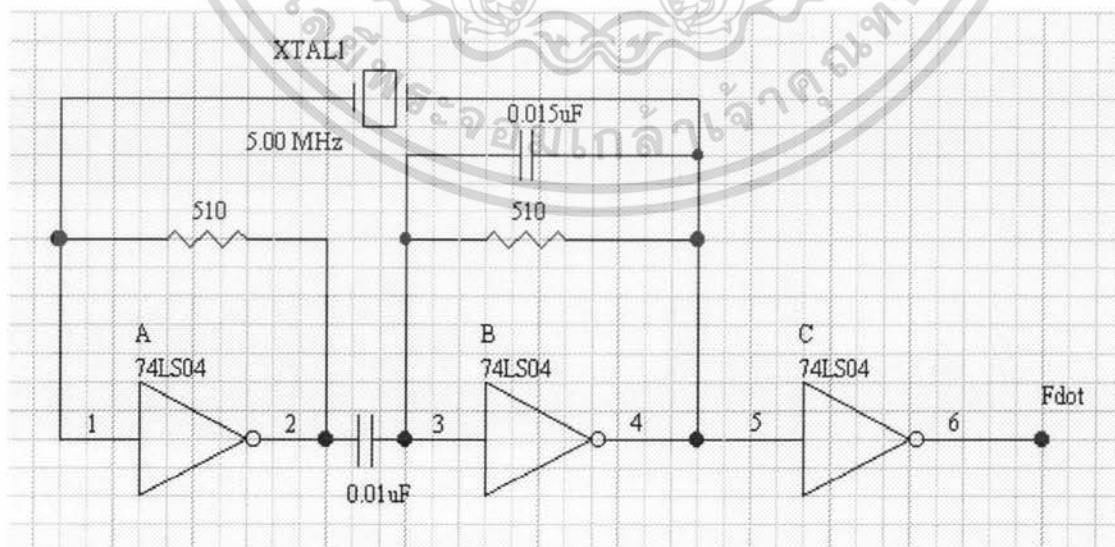


รูป 3.3 แสดงวงจรปรับแรงดันอ้างอิงด้านบวกให้กับไอซี CA3318C โดยใช้ไอซี LM317T เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตเห็นาไปขอประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.4 วงจรปรับแรงดันอ้างอิงด้านลบให้กับไอซี CA3318C โดยใช้ไอซี LM337
วงจรถ้าเนิดความถี่

วงจรถ้าเนิดความถี่นี้เป็นวงจรที่ใช้คริสตัลอสซิลเลเตอร์ที่มีความถี่ 5 MHz ในการ
ถ้าเนิดความถี่ ซึ่งจะต้องต่อกับอุปกรณ์อีกเล็กน้อย ที่สำคัญคือไอซี 74LS04 ซึ่งเป็นไอซี Not
gate ที่มีเกท 6 เกทในไอซี 1 ตัว ซึ่งการวางขาได้แสดงไว้แล้วในบทที่ 2 นอกจากนั้นก็จะเป็น
ตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุ ซึ่งทั้งหมดได้แสดงไว้ในรูป 3.5 แล้ว

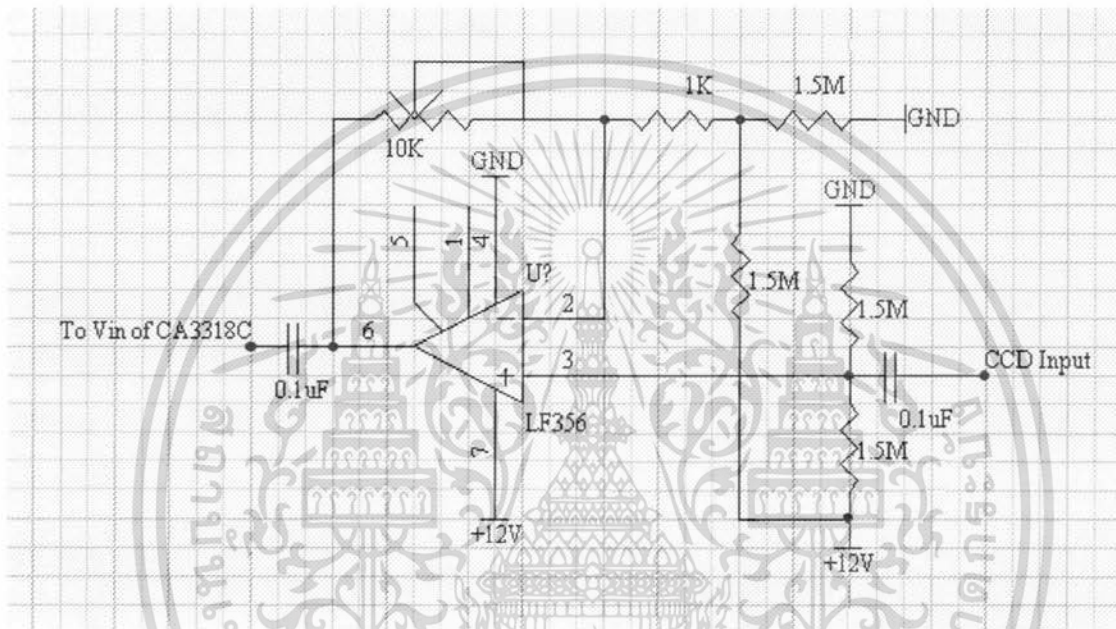


รูป 3.5 แสดงวงจรถ้าเนิดความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรขยายสัญญาณ

เนื่องจากสัญญาณวิดีโอของเรามีขนาดเล็กมาก เราจึงจำเป็นต้องทำการขยายก่อนที่จะนำเข้าสู่การแปลงสัญญาณ การขยายสัญญาณจะใช้วงจรตามรูปที่ 3.6 ซึ่งจากรูปจะเห็นว่าเราจะใช้ไอซีเบอร์ LF356 เป็นไอซีหลัก และจะมีส่วนประกอบอีกเล็กน้อย เช่น ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ หลังจากขยายสัญญาณแล้วก็จะป้อนสัญญาณเข้าที่ขา V_{in} (ขา 16 และขา 21 ของไอซี CA3318C

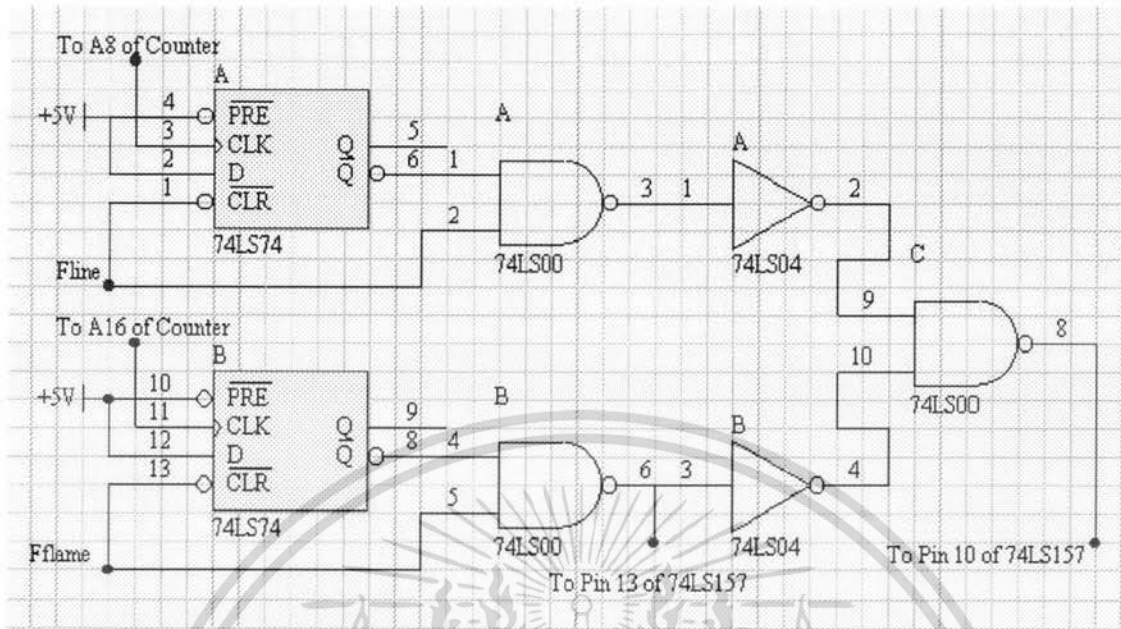


รูป 3.6 แสดงวงจรขยายสัญญาณ

3.1.3 การออกแบบวงจรพักข้อมูล

หลังจากที่เราได้สัญญาณดิจิทัลจากวงจรที่แล้ว เราก็จะต้องทำการส่งผ่านไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อที่จะหาโปรไฟล์ แต่สัญญาณของเราเป็นสัญญาณที่มีความเร็วสูงมาก ทำให้ไม่สามารถส่งผ่านไปยังคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง เราจึงต้องทำการสร้างวงจรอีกวงจรหนึ่งคือวงจรพักข้อมูล ซึ่งวงจรนี้จะใช้ Static Ram ขนาด 32Kbyte ซึ่งคือไอซีเบอร์ HY62256 2 ตัว ช่วยในการพักข้อมูล ซึ่งจะต้องมีวงจรช่วยต่างๆ อีก เช่น วงจรช่วยนับแอดเดรส , วงจรควบคุมการอ่าน-เขียนข้อมูล ซึ่งไอซีที่ใช้ในวงจรส่วนนี้จะเป็นไอซี TTL ทั้งหมด

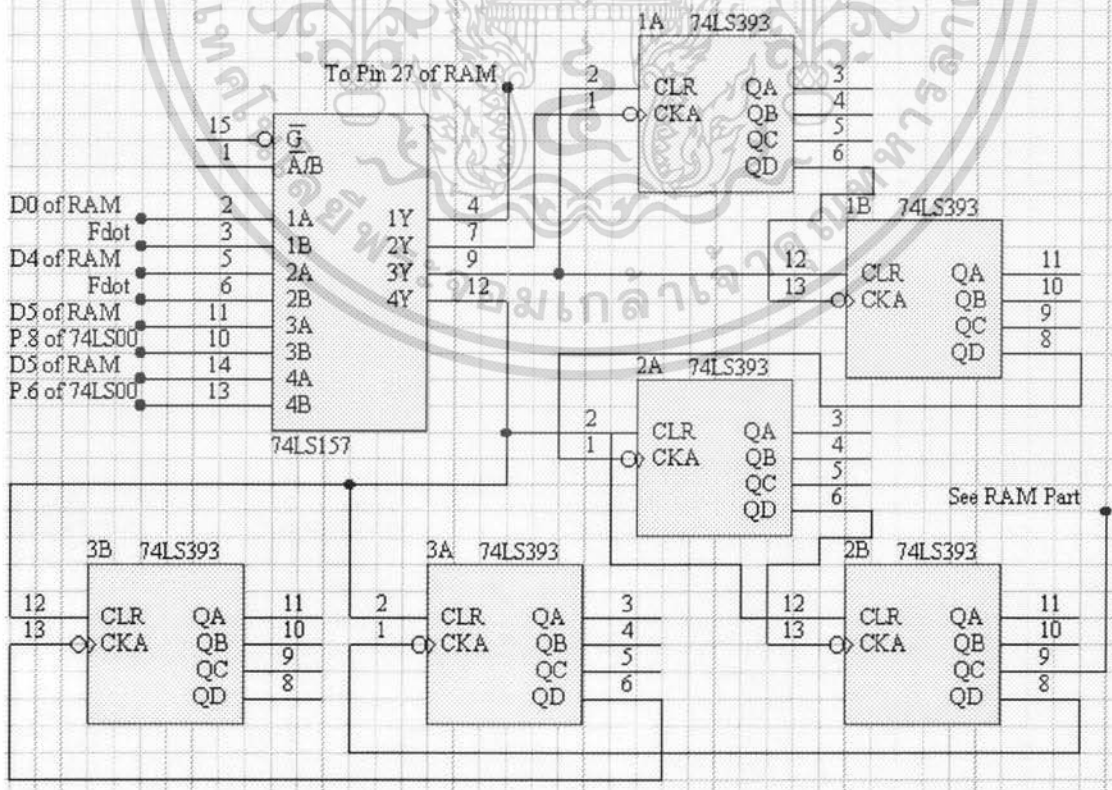
วงจรรวมทั้งหมดจะเป็นวงจรที่ใหญ่มาก จึงจะแบ่งวงจรออกเป็น 3 รูป คือรูป 3.7 , 3.8 และ 3.9 ซึ่งในรูป 3.7 นั้นจะเป็นส่วนของไอซี 74LS74 , Nand Gate และ Not Gate ซึ่งจะทำหน้าที่ช่วยในการควบคุมการทำงานของวงจรเคาทเตอร์ (ซึ่งใช้ไอซี 74LS393) และไอซี 74LS157 ในรูปที่ 3.8 ซึ่งในรูปที่ 3.8 นี้จะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่เป็นวงจรมับ ที่จะนับค่าแอดเดรสให้กับแรม และช่วยในการควบคุมการอ่าน-เขียนของวงจรมับซึ่งอยู่ในรูป 3.9 อีกทีหนึ่ง ซึ่งหลังจากผ่านวงจรในรูป 3.9 แล้ว ข้อมูลที่เราได้จากการแปลงอนุภาคเป็นดิจิทัลก็จะถูกเก็บการค่าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.7 แสดงส่วนแรกของวงจรพักข้อมูล

นำมาพักไว้ที่แรม และพร้อมที่จะส่งไปสู่คอมพิวเตอร์เพื่อทำการหาโปรไฟล์ต่อไป

ในการตรวจจรรทั้งสามส่วนจะต้องทำการสังเกตให้ดี เนื่องจากมีส่วนที่จะต้องต่อกันอยู่หลายจุด มิฉะนั้นอาจจะทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้ และในวงจรส่วนที่ 2 จะให้ขา Q_A , Q_B , Q_C และ Q_D ของไอซี 74LS393 ตัวที่ 1 ส่งไปที่ A_0 , A_1 , A_2 และ A_3 ของไอซีแรม (HY62256)

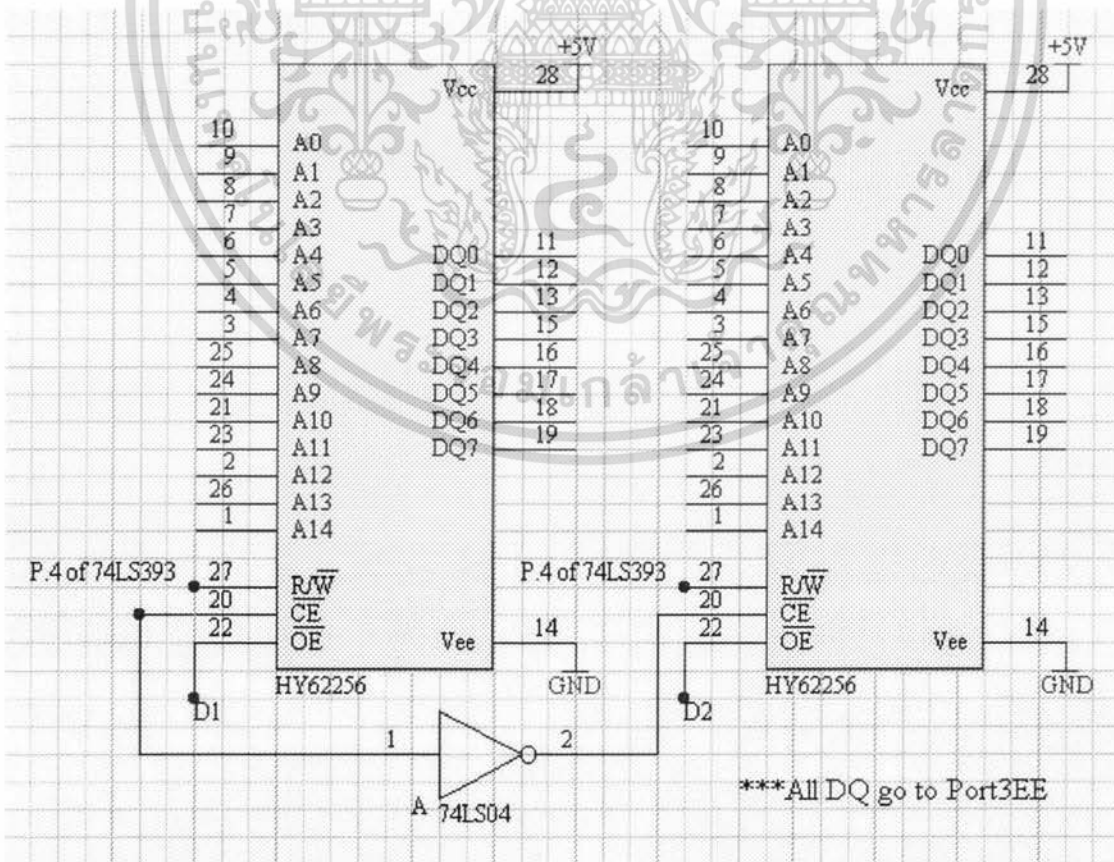


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูป 3.8 แสดงส่วนที่ 2 ของวงจรพักข้อมูล อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามลำดับ และขา Q_A, Q_B, Q_C และ Q_D ของไอซี 74LS393 ตัวที่ 2 ก็จะส่งไปที่ A_4, A_5, A_6 และ A_7 ของไอซีแรมด้วยเช่นกัน และไล่ไปอย่างนี้จนครบทั้ง 4 ชุดของไอซี 74LS393 ก็จะได้เส้นข้อมูลของแรมพอดี แต่เราจำเป็นต้องใช้ไอซี 74LS393 อีก 1 ตัว เพื่อที่จะให้วงจรสามารถนับทอดต่อไปได้

และในวงจรรูป 3.9 ก็จะเป็นส่วนสุดท้ายของวงจรพักข้อมูล และก็เป็นส่วนสุดท้ายในส่วนฮาร์ดแวร์ด้วย ในรูปนี้จะไม่มีส่วนประกอบอะไรมากนอกจากตัวแรม 2 ตัว ซึ่งขาแอดเดรส A0-A14 ของไอซีทั้ง 2 จะต่อถึงกัน และรับข้อมูลจากวงจรเคาท์เตอร์ส่วนเดียวกัน ด้านขาข้อมูล DQ0-DQ7 ของทั้ง 2 ตัวนั้นก็ต่อถึงกันเช่นเดียวกัน เนื่องจากส่วนขานี้มีลอจิกแบบสามสถานะ (Tri-State) ซึ่งไม่มีการอ่าน-เขียนข้อมูลตัวใด ขาของไอซีตัวนั้นก็จะมีอยู่ในสถานะความต้านทานสูง (High Impedance) ซึ่งจะไม่ไปรบกวนขาของไอซีตัวอื่น ซึ่งการควบคุมการอ่าน-เขียนข้อมูลในแรมนั้นจะมาจากวงจรในส่วนที่ 2

หลังจากที่ผ่านวงจรนี้เราก็พร้อมที่จะส่งข้อมูลไปที่ส่วนของคอมพิวเตอร์ได้แล้ว ซึ่งการส่งข้อมูลไปที่คอมพิวเตอร์นี้เราจะใช้การติดต่อทางพอร์ทอนุกรม ซึ่งจะมีการรีดลำแสงรูปอีกส่วนหนึ่งซึ่งจะนำมาใช้ช่วยในการส่งข้อมูล แต่จะไม่กล่าวถึงรายละเอียดในรายงานนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูป 3.9 แสดงส่วนที่ 3 ของวงจรพักข้อมูล กรุณาอย่าให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การพัฒนาซอฟต์แวร์

การทำงานในส่วนนี้ จะเป็นการพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้คำนวณหาโปรไฟล์ของแสงเลเซอร์ในคอมพิวเตอร์ ซึ่งการพัฒนาโปรแกรมนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือโปรแกรมแรกที่เราเขียนจะเป็นโปรแกรมที่อยู่บนดอส ซึ่งโปรแกรมที่เขียนขึ้นนี้เขียนเพื่อทดสอบส่วนฮาร์ดแวร์เท่านั้นจึงยังไม่มีคุณสมบัติในหลายๆ ส่วน ทำได้แค่เพียงให้รู้ว่าส่วนฮาร์ดแวร์ทำงานเป็นปกติไม่มีความผิดพลาดเกิดขึ้น การที่เราเขียนโปรแกรมนี้ขึ้นมาเพราะเป็นโปรแกรมที่เขียนได้ง่าย ซึ่งจะนำมาใช้ทดสอบส่วนฮาร์ดแวร์ได้ก่อน หากมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นในส่วนฮาร์ดแวร์ก็จะได้นำมาแก้ไขได้ทันเวลา ซึ่งในส่วนนี้เราจะใช้ภาษาเทอร์โบปาสคาล เวอร์ชัน 7.0 (Turbo Pascal V.7.0) เป็นเครื่องมือในการพัฒนาโปรแกรม ซึ่งเราจะขอเรียกโปรแกรมในส่วนนี้ว่า LASER BEAM PROFILER V.1.0 for dos

ในส่วนที่ 2 จะเป็นส่วนที่เราจะนำมาใช้งานจริงในการแสดงผล ซึ่งเราจะใช้ ไมโครซอฟท์วิซวลซีพลัสพลัส เวอร์ชัน 2.0 (Microsoft Visual C++ V.2.0) เป็นเครื่องมือในการพัฒนาโปรแกรม ซึ่งโปรแกรมในส่วนนี้จะต้องใช้งานบนวินโดวส์ ซึ่งจะมีฟังก์ชันการทำงานอย่างครบถ้วน ซึ่งเราจะเรียกโปรแกรมนี้ว่า LASER BEAM PROFILER V.2.0 for Windows

3.2.1 โฟลว์ชาร์ต (Flow Chart)

ในการเขียนโปรแกรม เราควรที่จะสร้างโฟลว์ชาร์ตขึ้นมาก่อนที่จะเขียนโปรแกรมทุกครั้ง เพื่อเป็นตัวกำหนดทิศทางในการเขียนโปรแกรมนั้นๆ และยังช่วยให้เราไม่เกิดความสับสน เขียนได้อย่างถูกต้อง ราบรื่น

การเขียนโปรแกรมของเราก็ได้มีการเขียนโฟลว์ชาร์ตขึ้นมาเช่นกัน ซึ่งโฟลว์ชาร์ตนี้จะแสดงอยู่ในรูป 3.10 ซึ่งโฟลว์ชาร์ตนี้จะใช้ได้กับการเขียนโปรแกรมทั้ง 2 โปรแกรม เนื่องจากโฟลว์ชาร์ตนี้เป็นหลักการในการดำเนินโปรแกรมเท่านั้น

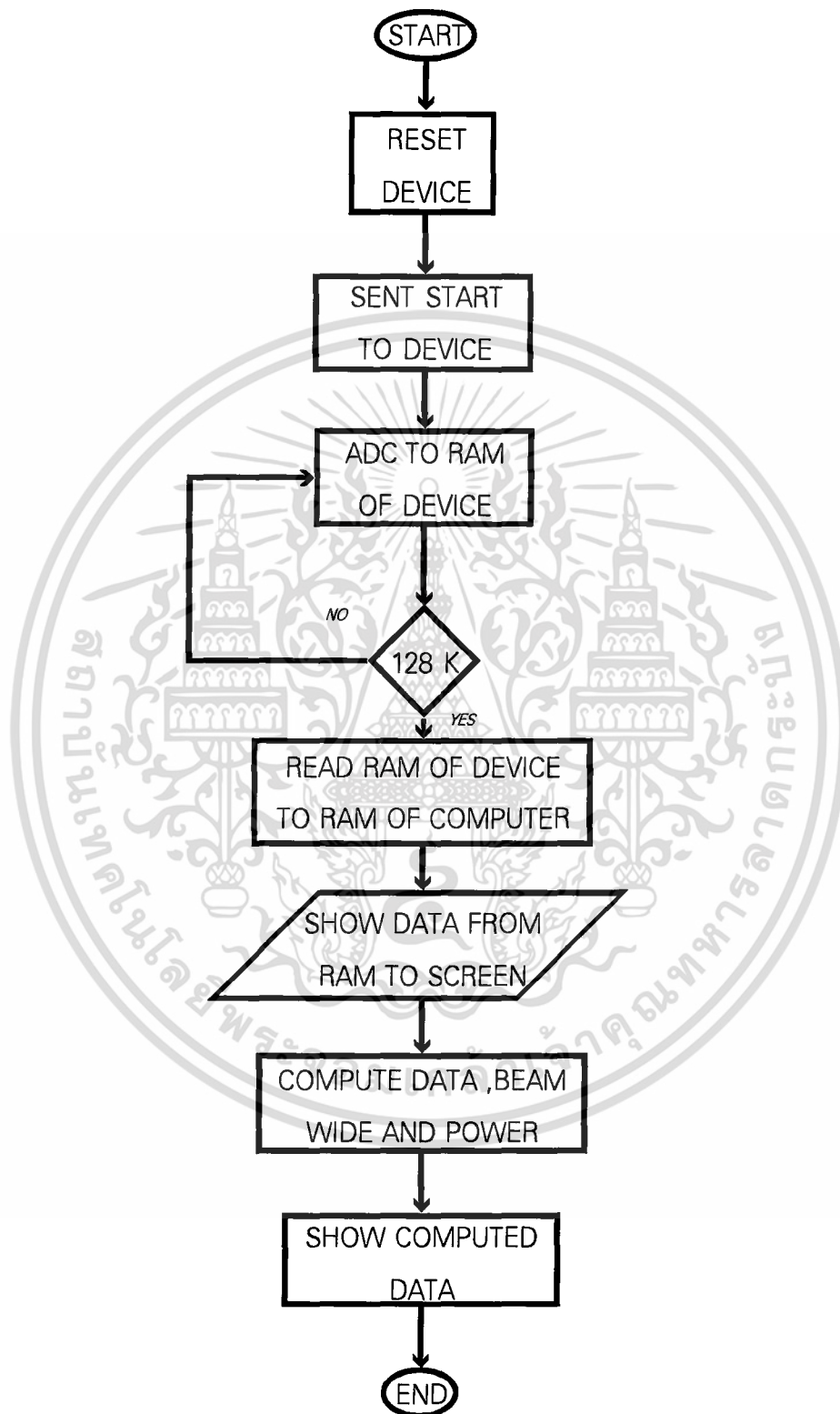
3.2.2 LASER BEAM PROFILER V.1.0

โปรแกรมเลเซอร์บีมโปรไฟล์เลอร์ เวอร์ชัน 1.0 นี้ ถูกพัฒนาขึ้นมาจากภาษาปาสคาล เวอร์ชัน 7.0 ซึ่งเป็นภาษาขั้นสูง ทำงานบนดอส ใช้งานง่าย แต่ยังมีประสิทธิภาพในหลายๆ ด้านที่เราต้องการใช้ไม่มากพอ เช่นด้านการแสดงผล ซึ่งภาษาปาสคาลนี้ยังให้การแสดงผลที่เป็นระดับสีได้ไม่มากพอต่อความต้องการของเรา ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการที่โปรแกรมทำงานบนดอสก็ได้ หรือในด้านการพิมพ์ผลลัพธ์ที่ได้ออกทางเครื่องพิมพ์ก็ยังไม่ดีพอ

แต่เนื่องจากความง่ายในการเขียนโปรแกรม เราจึงเลือกใช้ภาษานี้ในการเขียนโปรแกรมในเวอร์ชันนี้ขึ้นมา เพื่อใช้ในการทดสอบวงจรทั้งหมดในส่วนฮาร์ดแวร์ว่าทำงานถูกต้องหรือไม่ โดยตัวโปรแกรมทั้งหมดจะรวมอยู่ในภาคผนวก ข. ซึ่งการทำความเข้าใจกับตัวโปรแกรมควรมีพื้นฐานทางด้านภาษาปาสคาลมาพอสมควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่สามารถนำออกจำหน่ายโดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่วารณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 โฟลว์ชาร์ตของส่วนซอฟต์แวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 LASER BEAM PROFILER V.2.0

โปรแกรมในเวอร์ชันนี้จะเป็นเวอร์ชันที่พัฒนาขึ้นจากโปรแกรม "Microsoft Visual C++" ซึ่งเป็นเครื่องมือพัฒนาโปรแกรมระบบ 32 บิต ซึ่งตัวภาษาจะต้องทำงานบนวินโดวส์ 95 เท่านั้น แต่ตัวโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาแล้วจะสามารถทำงานได้กับวินโดวส์ทุกเวอร์ชัน ไม่ว่าจะเป็น Windows 3.1 ,Windows 3.11 Thai Edition หรือ Windows 3.11 for Workgroup Thai Edition

การเขียนโปรแกรมในภาษานี้จะเป็นการเขียนโปรแกรมแบบ "EVEN and DRIVEN" ซึ่งจะเป็นการยากที่จะนำโปรแกรมมาแนะนำเสนอให้ดูในรายงานฉบับนี้ เนื่องจากจากตัวโปรแกรมถูกแยกออกเป็นหลายส่วนเพื่อที่จะทำให้เกิดความง่ายในการเขียนโปรแกรม ฉะนั้นรายงานฉบับนี้จะไม่มิตัวโปรแกรมให้ จะมีแต่วิธีการใช้โปรแกรมเท่านั้น



บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง

-การทดลอง และผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 การทดลอง และผลการทดลอง

ในการทดลองนี้จะทดลองเฉพาะโปรแกรมในเวอร์ชัน 2.0 เท่านั้น เนื่องจากมีความสมบูรณ์กว่าเวอร์ชันแรกมาก

การทดลองนั้นเราจะใช้เลเซอร์ He-Ne ในการทดลอง ซึ่งเมื่อเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์แล้วเข้าสู่โปรแกรม LASER BEAM PROFILER แล้ว จะเห็น หน้าจอแล้วจากนั้น ให้เปิดเลเซอร์เข้าไปในช่องรับภาพของสแกนเนอร์ แล้วเลือกใช้เมนู Scan ก็จะได้ภาพ ดังใน รูป 4.1 (a) ซึ่งจะเห็นว่ามีความ noise อยู่มาก ให้เราใช้เมนู Filter ก็จะได้รูปตามรูป 4.1(b) ซึ่งจะเห็นว่าภาพที่ได้มีความคมชัดขึ้นมาก



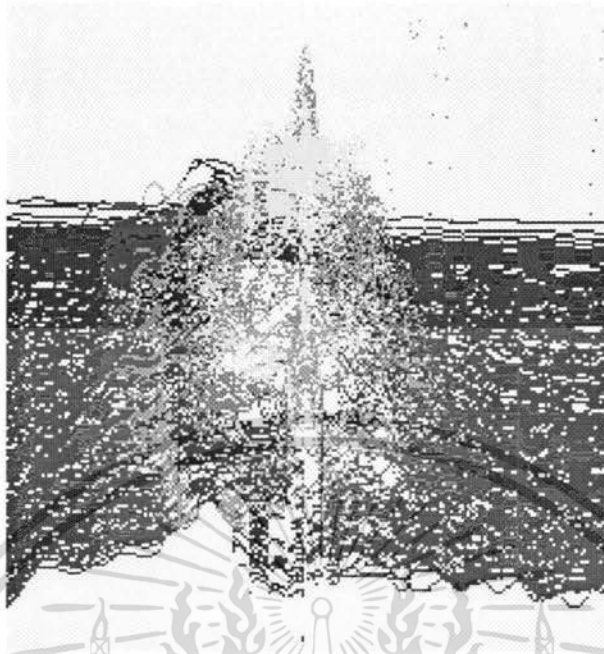
รูป 4.1 (a) แสดงภาพเลเซอร์ที่ได้จากการสแกน (b) แสดงภาพเลเซอร์หลังจากที่ใช้เมนู Filter แล้ว

หลังจากนั้นให้เราเลือกเมนู Curve ก็จะได้รูปดังรูป 4.2 ซึ่งจะเป็นการแสดงความสูงจำลองที่ลากเมื่อเราเลือกตัดภาพที่แสงเลเซอร์ตกกระทบพอดี หลังจากนั้นถ้าเราเลือกเมนู 3D Curve ก็จะได้รูปตาม รูป 4.3 ซึ่งจะเป็นเส้นโปรไฟล์ของภาพที่เราสแกน ได้ ซึ่งจะทำให้เราเห็นได้ชัดว่าลำของแสง เลเซอร์เป็นอย่างไร หลังจากนั้นก็จะไปดู Contour ซึ่งก็จะได้ตามรูป 4.4 ซึ่งก็จะคล้ายภาพภาคตัดขวางของเลเซอร์ ซึ่งจะมีการไล่ระดับสีตามความเข้มของแสงเลเซอร์ที่ตกกระทบ



รูป 4.2 แสดงภาพของเลเซอร์เมื่อใช้เมนู Curve

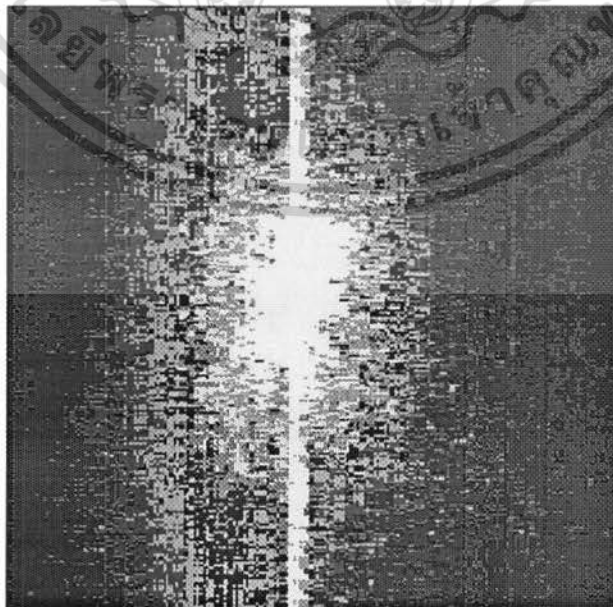
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.3 แสดงภาพเลเซอร์เมื่อเราใช้เมนู 3D Curve

ต่อไปจะเป็นการทดลองรับแสงเลเซอร์ที่เป็นริ้วของการแทรกสอด ซึ่งเกิดจากการที่มีสิ่งกีดขวางบางๆ ขวางทางเดินของแสงเลเซอร์อยู่ ซึ่งในการทดลองนี้เราจะใช้เส้นผมของคนเพื่อทำให้เกิดการแทรกสอดขึ้น

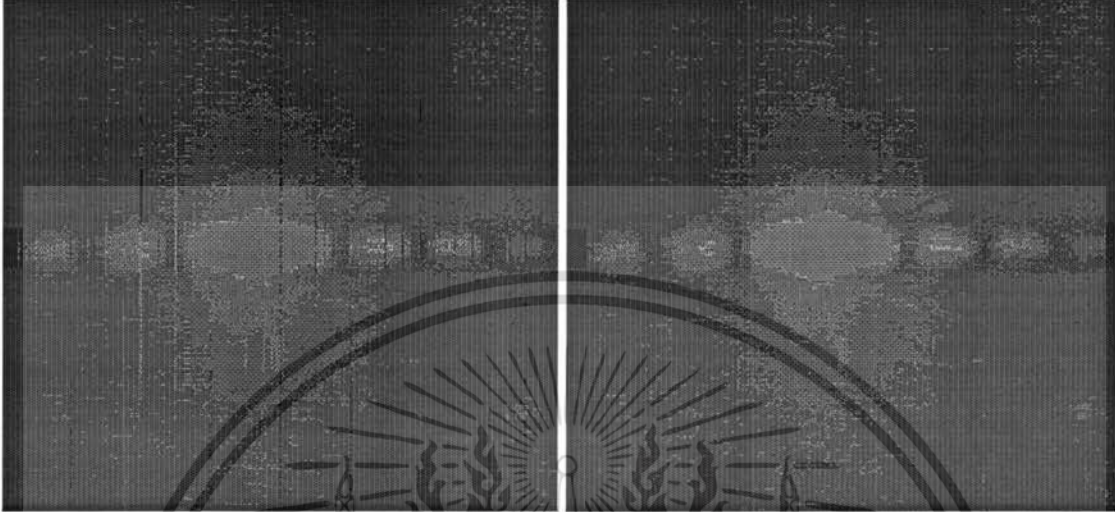
เมื่อเกิดการแทรกสอดขึ้น เราจะต้องใช้ฉากช่วยในการรับแสงเลเซอร์ แล้วจึงให้ CCD ไปรับแสงจากฉากอีกครั้งหนึ่ง เนื่องจากอุปกรณ์ CCD ของเรามีรูรับแสงที่แคบมาก เมื่อเราจะนำไปรับแสงที่มีความกว้างมากจะรับได้ไม่หมด ฉากที่ใช้ อาจจะเป็นกระดาษธรรมดาาก็ได้ แต่ไม่ควรมีความหนามากเกินไปหรือบางเกินไป



รูป 4.4 แสดงภาพของแสงเลเซอร์เมื่อเราใช้เมนู Contour

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองเราจะได้ภาพของการ Scan ในขั้นต้น และภาพที่ถูก Filter แล้วเป็นดัง รูป 4.5 (a) และ (b) ตามลำดับ



รูป 4.5 (a) รูปแสดงภาพแสงเลเซอร์ที่เกิดการแทรกสอดจากเส้นผม (b) รูปที่ผ่านการ Filter โดยโปรแกรมแล้ว

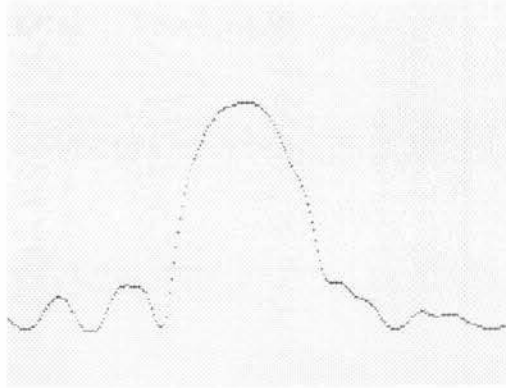
หลังจากนั้นเราจะใช้ฟังก์ชัน Separator ในการตัดแบ็คกราวด์ออกจากรูปภาพ ซึ่งหลังจากทำแล้วก็จะให้ผลออกมาตามรูป 4.6

หลังจากนั้นให้เราทำการหาโปรไฟล์โดยใช้เมนู Curve ก็จะได้โปรไฟล์จำลองออกมา ตามรูป 4.7 ซึ่งในหลังจากการทำ Separator แล้ว เราจะไม่สามารถใช้เมนู 3D Curve ในการหาโปรไฟล์ได้



รูป 4.6 รูปที่ผ่านการใช้เมนู Separator ของโปรแกรมแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.7 แสดงภาพที่เกิดจากการใช้เมนู Curve ของโปรแกรมกับเลเซอร์ที่เกิดการแทรกสอด
ส่วนสุดท้ายที่เราจะทำการทดลองใช้โปรแกรมก็คือการทำ Contour ซึ่งหลังจากทำ
Curve แล้วก็ให้เลือกเมนู Contour ก็จะได้รูป Contour ออกมาดังในรูป 4.8



รูป 4.8 แสดงภาพที่เกิดจากการใช้เมนู Contour กับเลเซอร์ที่เกิดการแทรกสอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุป , วิจารณ์ผลการทดลอง และแนวทางการพัฒนาโครงการ

- 
- สรุปผลการทดลอง
 - วิจารณ์ผลการทดลอง
 - แนวทางการพัฒนาโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 สรุปผลการทดลอง

ผลจากการทดลองที่เห็นจากหน้าจอภาพของคอมพิวเตอร์นั้น ได้แสดงโปรไฟล์ของแสงเลเซอร์ได้อย่างชัดเจน ทั้งที่เป็นเลเซอร์ยิงโดยตรง และเลเซอร์ที่แทรกสอดแล้วนำมากไปปรับแสงเลเซอร์

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าทั้งในส่วนฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์นั้นใช้งานได้ดี และผลการทดลองก็ออกมาเป็นที่น่าพอใจ ซึ่งอาจพอสรุปได้ดังนี้

ในด้านฮาร์ดแวร์ก็คือสามารถทำให้ฮาร์ดแวร์ทำงานได้อย่างไม่มีข้อผิดพลาดในระดับหนึ่ง ทั้งในด้านวงจรแปลงข้อมูล วงจรพักข้อมูล และวงจรส่งข้อมูล ซึ่งถือว่าเป็นที่น่าพอใจมาก

ในด้านซอฟต์แวร์นั้น ก็ทำงานได้อย่างดี มีประสิทธิภาพสูง ผลที่ได้จากการใช้ก็มีความถูกต้องสูงมากด้วยฟังก์ชันต่างๆ ก็สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ว่าจะเป็นส่วนของการทำรูปต่างๆ คือ Curve ,3D Curve และ Contour หรือจะเป็นในส่วนของการแต่งภาพ คือ Filter ,Update ,High filter และ Seperator โดยเฉพาะ Filter นั้นสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมาก

แต่ผลลัพธ์ที่ได้ออกมาในรายงานนี้ อาจจะไม่สามารถแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของส่วนซอฟต์แวร์ได้ เนื่องจากการพิมพ์รายงานชุดนี้ใช้เครื่องพิมพ์ขาว-ดำ แต่ผลลัพธ์จากหน้าจอของโปรแกรมเป็นสี จึงทำให้บางส่วนถูกตัดทอนออกไป แต่ถ้าได้ชมภาพที่ออกมาจากจอภาพของคอมพิวเตอร์ได้โดยตรงแล้ว จะเห็นได้ว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจมากทีเดียว

เครื่องมือชิ้นนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้รับภาพอะไรก็ได้ แล้วนำไปเก็บเป็นภาพไว้ในคอมพิวเตอร์ในโหมด Gray Scale ซึ่งไม่ได้กล่าวถึงขั้นตอนการทำไว้ในรายงานฉบับนี้ แต่ถ้าผู้อ่านได้อ่านรายงานฉบับนี้มาโดยตลอดแล้ว เชื่อว่าคงสามารถทำได้ไม่ยากนัก ซึ่งผู้ทำโครงการนี้ได้ลองนำไปประยุกต์ใช้แล้ว ให้ผลงานเป็นที่น่าพอใจมาก โดยเฉพาะเมื่อนำรูปที่ได้ผ่านเมนู Filter แล้วจะได้รูปที่คมชัดมาก

5.3 แนวทางการพัฒนาโครงการ

เนื่องจากโครงการนี้ได้แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนตั้งแต่ต้นแล้ว แนวทางการพัฒนาโครงการนี้ก็ขอแยกออกเป็น 2 ส่วนด้วย

5.3.1 การพัฒนาส่วนฮาร์ดแวร์

ในส่วนนี้ผู้ทำโครงการได้ทำไว้ค่อนข้างจะสมบูรณ์แล้ว แต่ก็ยังมีส่วนที่น่าจะพัฒนาเพื่อ ทำให้มีประสิทธิภาพสมบูรณ์ที่สุด ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เพิ่ม RAM เพื่อเพิ่มความละเอียดของภาพ
- ทำแผ่น PCB ของวงจร แล้วทำแผ่น PCB ให้เรียบร้อย

5.3.2 การพัฒนาในส่วนซอฟต์แวร์

- ทำส่วน Help ให้สมบูรณ์
- ทำเครื่องมือในการแต่งภาพให้ดีขึ้น
- ทำการปรับปรุงให้สามารถวัดค่าต่างๆ ของเลเซอร์ให้ถูกต้อง

ซึ่งถ้าทำได้ตามนี้ทั้งหมดหรือได้ดีกว่านี้ ก็จะสามารถพัฒนาเครื่องมือขึ้นนี้ให้เป็นเครื่อง LASER BEAM ANALYSER ได้อย่างสมบูรณ์ตามที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้ตั้งแต่ต้น ซึ่งทางผู้ทำโครงการนี้ก็แค่หวังว่าจะมีผู้สานต่อให้โครงการนี้สมบูรณ์ต่อไป



ภาคผนวก

- 
- การติดตั้งเครื่องมือกับคอมพิวเตอร์
 - การติดตั้งซอฟต์แวร์
 - การใช้งาน
 - โปรแกรม LASER BEAM PROFILER V.1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก. การติดตั้งเครื่องมือกับคอมพิวเตอร์

เครื่องมือของเรานั้นจะต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ทางพอร์ตอนุกรม ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างแล้ว ในตอนนี้เราจะมาอธิบายถึงการติดตั้งเครื่องมือเครื่องนี้ซึ่งประกอบไปด้วย CCD , แผ่นวงจรอินทิเกรทเซอร์กิต เข้ากับคอมพิวเตอร์ทางพอร์ตอนุกรมอย่างละเอียดเพื่อเตรียมตัวในการทดสอบเครื่อง

การติดตั้งจะต้องเริ่มจากเราต้องปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ก่อน จากนั้นให้ถอดฝาเครื่อง (tower case) ออกแล้วเสียบการ์ดอินเทอร์เฟซ (interface card) เข้ากับสลอตในเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งในการเสียบจะใช้สลอตธรรมดาในการติดต่อ

หลังจากเสียบอินเทอร์เฟซการ์ดแล้ว ก็ให้ต่อสายแพ้ออกมาต่อกับจุดต่อสายของเครื่องมือ ซึ่งจุดต่อสายนี้จะอยู่หลังกล่องเครื่องมือสำเร็จรูป

จากนั้นให้เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์อีกครั้ง ถ้าไม่มีอะไรผิดปกติเกิดขึ้นกับเครื่องคอมพิวเตอร์ ก็แสดงว่าการต่อการ์ดนั้นถูกต้อง แต่ถ้าเมื่อใช้โปรแกรม (software) ไปแล้วปรากฏว่าไม่สามารถส่ง-รับข้อมูลได้ อาจเนื่องมาจากการต่อสายแพไปเข้าที่เครื่องมือที่ผิดขั้ว ให้กลับขั้วของสายแพก็จะใช้ได้

ภาคผนวก ข. การติดตั้งซอฟต์แวร์

ข.1 การติดตั้ง Laser Beam Profiler V1.0

การ install software นั้นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้จะต้องมีไดร์ฟ (drive) 3 $\frac{1}{2}$ หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่าไดร์ฟเล็ก เนื่องจากแผ่นดิสก์ที่จะบรรจุโปรแกรมนี้เป็นแผ่นดิสก์ก็ขนาด 3 $\frac{1}{2}$ นิ้ว ซึ่งไดร์ฟที่ว่านี้มักจะเป็นอุปกรณ์มาตรฐานซึ่งจะมีอยู่กับคอมพิวเตอร์เกือบทุกเครื่อง แต่ถ้าไม่มีอาจหาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป

หลังจากเตรียมไดร์ฟเรียบร้อยแล้วก็ให้ใส่แผ่นโปรแกรมเข้าไปในไดร์ฟ จะเห็นว่าในแผ่นโปรแกรมนั้นจะมีไฟล์อยู่ 2 ไฟล์คือ

-LASER.EXE ซึ่งไฟล์นี้จะเป็นไฟล์ที่รวมโปรแกรมไว้ทั้งหมด ซึ่งจะเป็นไฟล์ที่ถูกทำเป็น exe ไฟล์แล้ว

-INSTALL.BAT ซึ่งจะเป็น batch ไฟล์ที่ได้สร้างไว้เพื่อช่วยในการ install โปรแกรมนี้ การ install โปรแกรมนี้ทำได้โดยการให้โปรแกรม install อัตโนมัติ ให้เรียกไฟล์

install.bat ได้เลย หลังจากเรียกไฟล์นี้ โปรแกรมจะสร้างไดเรกทอรี (directory) ขึ้นในฟิสิคอลลไดร์ฟแรก (hard disk c type) ชื่อ LASER แล้วจะทำสำเนา(copy) ไฟล์ LASER.EXE ลงในไดเรกทอรีดังกล่าวให้อัตโนมัติ การใช้โปรแกรมก็ให้เข้าไปใน ไดเรกทอรี LASER แล้วเรียกไฟล์ LASER.EXE ก็จะเข้าสู่โปรแกรม

๒.๒ การติดตั้ง Laser Beam Profiler V2.0

การติดตั้งซอฟต์แวร์ในเวอร์ชันนี้จะต้องใช้กับ Windows 3.11 for Workgroup Thai Edition หรือ Windows 95 Thai Edition เท่านั้น แต่ผู้ทำโครงการแนะนำว่าควรจะเป็น Windows 95 Thai Edition จะดีกว่า เพราะมีระบบปฏิบัติการแบบ 32 บิตที่สมบูรณ์ เนื่องจากโปรแกรมใน เวอร์ชันที่ 2 นี้พัฒนาขึ้นจากภาษาที่เป็นแบบ 32 บิต โดยการติดตั้งก็จะใช้ไดรฟ์ 3 1/2 นิ้ว เช่นเดียวกับเวอร์ชันแรก

-การติดตั้งบน Windows 3.11 for Workgroup Thai Edition

ถ้าจะติดตั้งบน Windows 3.11 for Workgroup Thai Edition จะทำได้โดย เริ่มจากดอส ให้เรียกไฟล์ชื่อ install.bat ที่อยู่ในแผ่นดิสก์ ไฟล์จะทำการทำสำเนา (copy) ไฟล์ที่อยู่บนแผ่นดิสก์ทั้งหมดลงบนไดเรกทอรี (directory) ชื่อ LBPV2 ให้อัตโนมัติ

หลังจากนั้นให้ทำตามขั้นตอนดังนี้

-การเรียกวินโดวส์ขึ้นมา

-แล้วเรียก "Windows Setup" ใน "Main Group" ใน "Program Manager" ขึ้นมา

-เลือกเมนู "setup application" ในเมนู "setting" บนเมนูบาร์

-เลือกช่อง "ให้คุณกำหนดโปรแกรมประยุกต์ที่ต้องการติดตั้งเอง"

-พิมพ์ c:\LBPLASER.EXE ลงในช่องที่ปรากฏขึ้นมา เลือกโปรแกรมกรุปที่ต้องการให้โปรแกรมเราเข้าไปอยู่

-การติดตั้งบน Windows 95 Thai Edition

การติดตั้งในส่วนนี้ต้องทำขั้นตอนแรกคือเรียกไฟล์ install.bat ให้โปรแกรมทำการทำสำเนาไฟล์ทั้งหมดก่อน แล้วทำตามขั้นตอนต่อไปนี้

-คลิกเมาท์ด้านขวาที่หน้าจอปกติของ Windows95 จะมีเมนูปรากฏขึ้น

-เลือกเมนู NEW และ SHORTCUT จะปรากฏกรอบขึ้น

-ให้พิมพ์ชื่อไดรฟ์ , ไดเรกทอรี ที่บรรจุไฟล์ LASER.EXE แล้วตามด้วยชื่อไฟล์ (LASER .EXE) แล้วเลือก NEXT

-พิมพ์ชื่อที่ต้องการให้ปรากฏขึ้นที่หน้าจอลงในกรอบที่ปรากฏขึ้นใหม่ แล้วเลือก FINISH จะปรากฏไอคอนใหม่ขึ้นบนหน้าจอของวินโดวส์95

-ดับเบิลคลิกที่ไอคอนที่ปรากฏขึ้นเพื่อเข้าสู่โปรแกรม

ภาคผนวก ค. การใช้งาน

ค.1 การใช้งานโปรแกรมโปรแกรม Laser Beam Profiler V1.0

การใช้งานโปรแกรมในเวอร์ชันแรกนี้เป็นการใช้งานบนดอสโหมด ทำได้โดยเข้าสู่ไดเรกทอรี Laser (ใช้คำสั่ง cd laser) แล้วเรียก laser.exe ก็จะเข้าสู่โปรแกรม

หลังจากนั้นก็ให้กดปุ่ม Enter โปรแกรมก็จะทำการรับภาพเข้ามาทำการโปรไฟล์ ถ้าเห็นภาพเป็นรูปออกมา โดยที่ไม่เป็นแถบเรียบๆ แสดงว่าส่วนฮาร์ดแวร์ทำงานได้ถูกต้อง หลังจากเราทำการทดลองเบื้องต้นแล้วถ้าฮาร์ดแวร์ทำงานได้ถูกต้องก็เป็นอันว่าเราสามารถ นำฮาร์ดแวร์ไปใช้งานกับโปรแกรมในเวอร์ชัน 2 ได้

แต่ในเวอร์ชันแรกนี้ก็จะมีภาพของภาคตัดขวาง (cross-section) ,โปรไฟล์ของแสงเลเซอร์ ซึ่งก็จะทำให้พอจะนำไปวิเคราะห์ได้เช่นกันแต่การแสดงผลยังไม่ดี ผู้ทำโครงการจึงไม่แนะนำให้ใช้

-การใช้งานโปรแกรม Laser Beam Profiler V2.0

การใช้งานหลังจากที่เราได้ติดตั้งโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ก็ให้เลือก (double-click) ไอคอนของโปรแกรมในโปรแกรมกรุปที่โปรแกรมตั้งอยู่ (ในกรณีใช้งาน บน Windows 3.11 for Workgroup Thai Edition) หรือเลือกชื่อโปรแกรมในเมนูโปรแกรม ในเมนูสตาร์ทบนทาร์กบาร์ (ในกรณีใช้งานบน Windows 95 Thai Edition) ก็จะเข้าสู่โปรแกรม Laser Beam Profiler V2.0 พร้อมทั้งจะใช้งานได้

ซึ่งการใช้งานเมื่อเรียกขึ้นมาแล้วจะปรากฏภาพหน้าจอแรกขึ้นมา ซึ่งจะไม่ขอนำภาพมาลงในรายงานฉบับนี้ เนื่องจากภาพเป็นภาพสีถ้านำมาพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ขาวดำแล้ว จะได้ผลไม่ดี

ในภาพจะเป็นส่วนบนสุดเรียกว่า "Title Bar" ซึ่งจะบอกถึงว่าเรากำลังใช้โปรแกรมอะไรอยู่ในขณะนี้ ส่วนล่างลงมาจะเรียกว่า "Menu Bar" ซึ่งจะเป็นเมนูให้เลือกใช้งาน ซึ่งก็จะมีเมนู File ,Edit ,View ,Adapt และHelp ซึ่งแต่ละเมนูก็ยังมีเมนูย่อยลงไปอีก โดยในไฟล์ก็จะมี New ,Open ,Save ,Save as ,Print ,Print preview ,Print setup และ Exit ซึ่งก็จะมีหน้าที่เหมือนโปรแกรมทั่วไป ซึ่งจะไม่นำมาอธิบายในรายงานฉบับนี้

ในเมนู Edit ก็จะมีเมนูย่อยคือ Undo ,Cut ,Copy ,Paste ,Paset link ,Insert new object ,Links ,Object ซึ่งจะคล้ายกับโปรแกรมทั่วไป แต่จะขออธิบายถึงเมนู Insert new object ซึ่งเป็นเมนูที่มีไว้เพื่อการนำรูปภาพที่ได้มาไปใช้ร่วมกับโปรแกรมอื่นๆ ได้ เช่นถ้าเรามีโปรแกรมกราฟิกอยู่บนฮาร์ดดิสก์ก็สามารถเรียกโปรแกรมนั้นขึ้นมา แล้วภาพที่ได้จะเข้าสู่โปรแกรม นั้นโดยอัตโนมัติ แล้วสามารถนำภาพไปแต่งหรืออาจจะนำไปเก็บเป็นไฟล์ภาพต่างๆ ได้ ซึ่งนับว่าเป็นเมนูที่มีประโยชน์มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่ายหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมนูที่ 3 คือเมนู View ซึ่งจะมีเมนูย่อยในส่วนแรกคือ Tool bar ,Status bar ซึ่งทั้ง 2 นี้ จะเป็นเมนูซึ่งเป็น Check Box ซึ่งถ้ามีเครื่องหมายถูกอยู่หน้าชื่อแสดงว่ากำลังใช้อยู่ Tool bar จะเป็นรูปภาพอยู่ใต้เมนูบาร์นี้ ซึ่งมีไว้เพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้โปรแกรม ส่วน Status bar จะอยู่ด้านล่างสุด ซึ่งจะบอกถึงสถานะต่างๆ ของโปรแกรม ในส่วนที่ 2 จะมี Scan ,Curve ,3D Curve ,Contour ซึ่งจะเป็นเมนูที่ใช้กับโปรแกรมโดยตรง ซึ่งมีหน้าที่การทำงานต่างๆ ดังนี้

- Scan จะมีไว้เพื่อการรับภาพเข้ามาจากส่วนฮาร์ดแวร์
- Curve จะใช้สร้างรูปเส้นโค้งที่ถูกระบุจากการ Scan
- 3D Curve จะเป็นเมนูที่ใช้สร้างภาพโปรไฟล์ของภาพที่ได้รับมา
- Contour จะใช้สร้างภาพคอนทัวร์ของภาพ

ในเมนูที่ 4 จะเป็นเมนู Adapt ซึ่งจะเป็นเอฟเฟ็คต่างๆ ที่จะนำมาใช้ในการแต่งภาพ ให้มีความคมชัด และมีความสวยงามมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะประกอบด้วยเมนูต่างๆ ดังต่อไปนี้

-Filter เป็นเมนูที่ใช้กำจัดข้อผิดพลาดจากรูป หลังจากที่ทำกร Scan ทุกครั้งควรทำการ Filter เนื่องจากจะทำให้ภาพคมชัดขึ้นมาก

-Update หลังจากที่เราทำ 3D Curve แล้วถ้าเราเลือกเมนูนี้ โปรแกรมจะทำการผนวกภาพของเราเข้ากับภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ ซึ่งจะใช้ร่วมกับเมนู Heavy Filter ต่อไป

-Heavy Filter หลังจากที่เราทำการ Update จากเมนูที่แล้วๆ ให้เลือกเมนูนี้ โปรแกรมจะทำการ Filter ใหม่ ซึ่งจะใช้การคำนวณที่ซับซ้อนขึ้น ซึ่งภาพที่ออกมาอาจจะดูละเอียดในสายตาคน แต่เมื่อนำกลับไปสร้าง Curve หรือ 3D curve แล้วจะเห็นว่าได้ภาพที่คมชัดยิ่งขึ้นมาก

-Seperator การใช้เมนูนี้ให้ทำการ Scan ภาพที่มีแสงเลเซอร์ครั้งหนึ่งก่อน แล้วทำการปิดแสงเลเซอร์ แล้วจึงเลือกเมนูนี้โปรแกรมจะทำการตัดแบ็คกราวด์ออกไป เป็นการแก้ไขภาพที่ดีอีกวิธีหนึ่งซึ่งภาพที่ได้หลังจากผ่านเมนูนี้แล้วจะคมชัด และไม่มีแบ็คกราวด์ ทำให้เหมาะแก่การนำไปทำ Curve และ Contour ต่อไป แต่จะไม่สามารถทำ 3D Curve ได้

ส่วนสุดท้ายจะเป็นเมนู Help ซึ่งก็จะมีหน้าที่ให้ความช่วยเหลือแก่ผู้ใช้ ซึ่งก็ไม่มีอะไรมากนักเนื่องจากมักจะพบทั่วไปในทุกๆ โปรแกรม แต่ในเมนูสุดท้ายจะมีชื่อผู้ทำโครงการนี้อยู่ด้วย

ภาคผนวก ง. โปรแกรม LASER BEAM PROFILER V.1.0

Uses Crt,Graph,Dos;

Var

PackData : Array [0..60000] OF Byte;

Data : Byte;

Data1 : Byte;

Data2 : Byte;

Data3 : Shortint;

Px,Py : Word;

Color1 : Word;

Address : Word;

Clock : Word;

T1,T2,T3,T4: Word;

S1,S2,S3,S4: String;

Power : Real;

key : Char;

grDriver : Integer;

grMode : Integer;

ErrCode : Integer;

Err : Byte;

Function Strtime:String;

begin

Gettime(T1,T2,T3,T4);

Str(T1,S1);

Str(T2,S2);

Str(T3,S3);

Str(T4,S4);

Strtime:=S1+':'+S2+':'+S3+'.'+S4;

end;

Function StrDate:String;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
  GetDate(T1,T2,T3,T4);
  Str(T3,S1);
  Str(T2,S2);
  Str(T1,S3);
  StrDate:=S1+':' +S2+':' +S3;
end;

Function Testport:Byte;
var Check : Word;
begin
  Clock:=0;
  Port[$3EE]:= $7E;
  Testport:=1;
  Data := Port[$3EF] AND 1;
  If Data = 1 then
    while Data=1
    do
      begin
        Data := Port[$3EF] AND 1;
        Check:=Check+1;
        if Check=8000 then begin Testport:=0; Err:=0;Data:=0 end;
      end
    else
      begin
        while Data=0
        do begin
          Data := Port[$3EF] and 1;
          Check:=Check+1;
          if Check=8000 then begin Testport:=0; Err:=0; Data:=1 end;
        end;
      end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    end;
end;
Procedure TestRam;
begin
end;
Procedure Akey;
begin
    Repeat Until Keypressed;
    Key:=Readkey;
end;
Procedure Pulse_Adds;
var A : Byte;
begin
    if Address<32768 then
    begin
        Port[$3EE]:=$15;
        Port[$3EE]:=$05;
    end else
    begin
        Port[$3EE]:=13;
        Port[$3EE]:=03;
    end;
    Address:=Address+1;
end;
Procedure Auto_Read;
begin
    Port[$3EE]:=$7E;
    Data := Port[$3EF] AND 1;
    If Data = 1 then while Data=1 do Data := Port[$3EF] AND 1
    else

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
  while Data=0 do Data := Port[$3EF] and 1;
  while Data=1 do Data := Port[$3EF] and 1;
end;
while Data=0 do begin Data:=Port[$3EF] AND 1; end;
while Data=1 do begin Data:=Port[$3EF] AND 1;Clock:=Clock+1 end;
writeln(' -----');
Writeln(' Freq.=',(1/Clock)*226500,' Hz');
Writeln(' Press a key to get result...');
Akey;
end;
Procedure TestPic;
begin
  Address:=0;
  Port[$3EE]:=$27;
  Port[$3EE]:=05;
  While Address<8
  do begin
    Data:=Port[$3EE];
    Write('Add[s',Address,']:=','Data, ' ');
    Pulse_Adds;
  end;
  Writeln;
end;
Procedure LoadingPic;
begin
  Port[$3EE]:=$27;
  Port[$3EE]:=$05;
  Address:=0;
  Px:=0;Py:=0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Power:=0;
While Address<60000
  do begin
    PackData[Address]:=Port[$3EE];
    Power:=Power+PackData[Address];
    Pulse_Adds;
  end;
  Port[$3EE]:=$7E;
Address:=0;
grDriver := 9;
grmode :=VGAHI;
InitGraph(grDriver, grMode,' ');
Line(0,160,257,160);
Line(257,0,257,160);
Line(257,160,385,288);
Line(385,288,639,288);
Line(385,288,385,465);
Line(0,465,639,465);
ErrCode := GraphResult;
if ErrCode = grOk then
  begin
    While Address<60000
      do begin
        if Address>0 then
          begin
            Data:=abs(PackData[Address]-PackData[Address-1]);
            Data1:=abs(PackData[Address+1]-PackData[Address]);
            if (Data>8) and (Data1>8) then Data:=PackData[Address-1]
            else Data:=PackData[Address];
          end;
        end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Data3:=Data-160;
if Data3<0 then Data3:=0;
Data:=Data3;
Data2:=Data Div 8;
PutPixel(Px,Py,Data2);
Data1:=Data;
{Data1:=Data Div 2;}
if data1<>0 then
begin PutPixel(Px+Py,300+Py-Data1,Data2);
      Putpixel(Px+Py+258,128+Py-Data1,GREEN);
end;
Address:=Address+1;
Px:=Px+1;
if Px=256 then begin Py:=Py+1; Px:=0; end;
end;
SetColor(GREEN);
Outtextxy(75,140,'Top Scaning');
outtextxy(430,270,'Cross Section Scaning');
outtextxy(120,440,'Surface Section Scaning');
outtextxy(390,300,'Laser Beam Analyser V 1.0');
outtextxy(390,320,'Type      : HeNe');
outtextxy(390,330,'Mode      : TEM 00');
outtextxy(390,340,'Beam Width  : 150  nm');
Power:=(Power/32678)-150;
Str(Power:3:4,S1);
outtextxy(390,350,'Average Power : '+S1+' mW');
outtextxy(390,360,'Date      : '+StrDate+' ');
outtextxy(390,370,'Time      : '+StrTime+' ');
outtextxy(0,470,'Loading sucessful Press q to quit or Press akey to continue ...');
Akey;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

ClearViewPort;
Address:=0;
Px:=0;Py:=0;
While Address<32768
do begin
  if Address>0 then
  begin
    Data:=abs(PackData[Address]-PackData[Address-1]);
    Data1:=abs(PackData[Address+1]-PackData[Address]);
    if (Data>8) and (Data1>8) then Data:=PackData[Address-1]
    else Data:=PackData[Address];
  end;
  Data3:=Data-160;
  if Data3<0 then Data3:=0;
  Data:=Data3;
  Data2:=Data Div 8;
  PutPixel(Px,Py,Data2);
  Data1:=Data;
  Address:=Address+1;
  Px:=Px+1;
  if Px=256 then begin Py:=Py+1; Px:=0; end;
end;
Akey;
CloseGraph;
Writeln('>>> Transfer Sucessful.....');
end
else
  Writeln('Graphics error:', GraphErrorMsg(ErrCode));
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
begin
  Repeat
    Err:=255;
    TextColor(Red);
    Writeln('This program for test Laser Beam Profiler V.1');
    NormVideo;
    Writeln;
    If Testport=1 then
      begin
        Writeln(' *** Start to Analyse ***');
        Clock:=0;
        Auto_Read;
        LoadingPic;
        end;
      Until (Key='q') or (Err=0);
      if Err=0 then Writeln('Error 0:Device not found.');
```



```
end.
```

เอกสารอ้างอิง

1. รศ.ดร.วุฑฒิ พันธุมนาวิน, "เลเซอร์ฟิสิกส์", โรงพิมพ์มิตรนราการพิมพ์, พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2532, หน้า 19
2. บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, "คู่มือ/เทียบเบอร์ ไอซีทีทีแอล", ทางหุ้นส่วน จำกัด เอช-เอ็น การพิมพ์, พ.ศ. 2532, หน้า 40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้