

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัย

การพัฒนาระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสงสำหรับประยุกต์ใช้ในงาน

อุตสาหกรรม

Development of Optical Tomography System for Industrial Applications



นาย สิริชัย ธรรมารักษ์วัฒนะ

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2553

คณะวิศวกรรมศาสตร์

RCH สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

TK

8315

สจ 31ก

ค.1

สาขา.....

เลขทะเบียน 115561

วัน,เดือน,ปี 21 สิงหาคม 2554

b. 12/11/2011

สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยประการ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การพัฒนาระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสงสำหรับประยุกต์ใช้ในงาน
อุตสาหกรรม

ชื่อโครงการ(ภาษาอังกฤษ) **Development of Optical Tomography System for Industrial
Applications**

แหล่งเงิน งบประมาณแผ่นดิน
ประจำปีงบประมาณ 2553 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 489,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2552 ถึง กันยายน 2553

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ นายสิริชัย ชรรมารักษ์วัฒนะ

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
โทรศัพท์ 02-739-0758 โทรสาร 02-739-0758
E-mail : ktasiric@kmitl.ac.th

คำสำคัญ : ภาพตัดขวาง, แสง, ขบวนการทางเคมี

(Keywords) : Tomography, Optical, Chemical Process

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสงสำหรับประยุกต์ใช้ในงาน
อุตสาหกรรม โดยระบบที่สร้างขึ้นมาจะประกอบไปด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆดังนี้ วงจรกำเนิดสัญญาณ
(Signal generator circuit), วงจรขยายสัญญาณ(Amplifier circuit), วงจรตรวจจับสัญญาณ(Detector circuit), วงจร
กรองสัญญาณรบกวน(Filter circuit), วงจรแปลงสัญญาณอาร์เอ็มเอสเป็นดีซี(RMS-To-DC converter circuit),
วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล(A/D converter circuit), ระบบคอมพิวเตอร์ (Computer system) วงจร
มัลติเพล็กซ์เซอร์สำหรับทำหน้าที่ในการเลือกจัดลำดับการส่งสัญญาณออกไปขับหลอดแอลอีดี(LED)แต่ละหลอด
เพื่อกำเนิดสัญญาณแสงไปที่วัตถุ, วงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์สำหรับเลือกสัญญาณจากโฟโตไดโอด(Photodiode)แต่ละ
ตัวเพื่อส่งให้กับวงจรขยายสัญญาณ และการ์ดอินเตอร์เฟซ (Interface Card) ซึ่งแรงดันเอาท์พุทที่ได้จากวงจรจะถูก
ส่งไปยังวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลเพื่อส่งข้อมูล ไปบันทึกไว้ในคอมพิวเตอร์เพื่อทำการประมวลผล
ข้อมูลของแรงดันที่วัดได้จะถูกนำไปคำนวณออกมาเป็นภาพตัดขวางด้วยวิธีฟิลเตอร์แบ็กโปรเจกชัน(Filter Back-
projection method) จากการทดสอบระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสง ผลปรากฏว่าระบบที่ได้ทำการ
พัฒนาขึ้นมา สามารถสร้างภาพตัดขวางของวัตถุที่วางอยู่ในแบบจำลองในรูปแบบต่างๆได้แต่ยังคงมีความผิดพลาด
ของภาพตัดขวางที่สร้างได้อยู่บ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

This research project presents the optical tomography system development for industrial applications. The proposed system consists of signal generator circuit, amplifier circuit, detector circuit, filter circuit, RMS-To-DC converter circuit, A/D converter circuit, computer system, multiplexer circuit and interface card. The output from the design system is sent to A/D converter (12 bits) for converting the signal to digital and recording on computer. The converted digital data obtained from measuring process are employed for reconstructing cross sectional images of object (Phantom) by filter back-projection method. In experimental with specific test phantom. The reconstructed images of the object closely resemble the cross-section of the specific test phantom.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณในความช่วยเหลือเป็นอย่างมาก จาก นาย อภินัย ฤกษ์รัตน์ ทั้งทางด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ ตลอดจนคำแนะนำและเอื้อเฟื้อข้อมูลต่างๆ สำหรับใช้ในการเขียนรายงานโครงการวิจัย

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ในการทำโครงการวิจัยครั้งนี้

ศิริชัย ชรรมารักษ์วัฒนะ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	I
สารบัญ.....	II
สารบัญตาราง.....	V
สารบัญรูป.....	VI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย.....	1
1.2 ขอบเขตของโครงการวิจัย.....	1
1.3 ทฤษฎี สมมติฐานหรือกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย.....	2
1.4 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง.....	8
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์.....	9
1.6 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย.....	9
1.7 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล.....	10
1.8 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย.....	11
บทที่ 2 ระบบสร้างภาพตัดขวางทางไฟฟ้า.....	12
2.1 ระบบสร้างภาพตัดขวางความต้านทานไฟฟ้า(Electrical Impedance Tomography)..	13
2.2 ระบบสร้างภาพตัดขวางความจุไฟฟ้า (Electrical Capacitance Tomography).....	16
บทที่ 3 ระบบเก็บข้อมูล.....	18
3.1 วงจรกำเนิดสัญญาณ (Oscillator Circuit).....	21
3.2 วงจรตรวจจับแสงอินฟราเรด (Infrared Detector).....	24
3.3 วงจรกรองสัญญาณรบกวน(Noise filter circuit).....	24
3.4 วงจรแปลงสัญญาณอาร์เอ็มเอสเป็นดีซี (RMS-TO-DC Converter Circuit).....	25
3.5 เซนเซอร์ที่ใช้ในการทดลอง.....	26
3.6 วงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์.....	27
3.7 การ์ดอินเตอร์เฟส (Interface Card).....	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การทดสอบระบบ.....	48
4.1 การทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับขับหลอดแอลอีดี(LED)และวงจร อิเล็กทรอนิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอด(Photodiode).....	48
4.2 ผลการทดสอบวงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์ที่ออกแบบขึ้นมา.....	51
4.3 การทดสอบระบบเก็บข้อมูลที่สร้างขึ้นกับแบบจำลอง(Phantom) ที่สร้างขึ้นมา...55	
4.4 การทดสอบการสร้างภาพตัดขวางจากข้อมูลที่วัดได้จากแบบจำลอง(Phantom) ที่สร้างขึ้นมา.....	60
บทที่ 5 บทสรุป.....	66
เอกสารอ้างอิง.....	67
ภาคผนวก ก ต้นแบบระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสง.....	68



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ระบบเซนเซอร์ที่ใช้ในการสร้างภาพตัดขวางทางไฟฟ้า.....	12
3.1 คุณสมบัติของแอลอีดีอินฟราเรดที่ใช้ในการทดลอง.....	26
3.2 คุณสมบัติของโฟโตไดโอดที่ใช้ในการทดลอง.....	26
3.3 คุณสมบัติของการ์ดอินเตอร์เฟซรุ่น ET – 8255.....	30
3.4 การใช้งานแอดเดรสของการ์ด ET – 8255.....	32
3.5 คุณสมบัติของบอร์ดแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลรุ่น ET-AD12.....	33



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 หลักการของเทคนิคโทโมกราฟฟี.....	2
1.2 องค์ประกอบ โดยทั่วไปของเครื่องมือการสร้างภาพตัดขวางทางอุตสาหกรรม.....	4
1.3 โครงสร้างของระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสง.....	6
2.1 การวัดหาค่าความต้านทาน.....	14
2.2 ระบบสร้างภาพตัดขวางความต้านทานไฟฟ้าภายในวัตถุ.....	15
2.3 ตัวอย่างภาพที่ได้จากระบบสร้างภาพตัดขวางความต้านทานไฟฟ้าภายในวัตถุ.....	15
2.4 แสดงระบบพื้นฐานของ ECT	17
2.5 ตัวอย่างภาพที่ได้จากระบบสร้างภาพตัดขวางความจุไฟฟ้าภายในวัตถุ.....	17
3.1 วงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆสำหรับสำหรับระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสงที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้น.....	18
3.2 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับขับหลอดแอลอีดี(LED).....	19
3.3 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอด(Photodiode).....	20
3.4 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับขับแอลอีดีอินฟราเรด (Infrared LED).....	21
3.5 วงจรสร้างสัญญาณพัลส์โดยใช้ไอซี LM555.....	21
3.6 ลักษณะของเอาต์พุตของวงจรถ่ายสัญญาณที่ทำการออกแบบขึ้นมา.....	23
3.7 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับตรวจจับสัญญาณแสงอินฟราเรด(Infrared Detector).....	24
3.8 วงจรกรองสัญญาณรบกวน.....	25
3.9 วงจรแปลงสัญญาณอาร์เอ็มเอสเป็นดีซี.....	25
3.10 วงจรภายในของ สัญญาณควบคุมและลักษณะของการมัลติเพล็กซ์สัญญาณ.....	27
3.11 วงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์สำหรับจัดลำดับการส่งสัญญาณออกไปขับหลอดแอลอีดี(LED).....	28
3.12 วงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์สำหรับเลือกสัญญาณจาก โฟโตไดโอด(Photodiode)แต่ละตัวเพื่อส่งให้กับวงจรถ่ายสัญญาณ.....	29
3.13 ลักษณะของการ์ดอินเตอร์เฟสรุ่น ET – 8255.....	30
3.14 วงจรภายในของการ์ด ET-8255.....	31
3.15 ลักษณะพอร์ตของ ไอซี 8255 และสัญญาณควบคุม.....	32
3.16 วงจรภายในของบอร์ดแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลรุ่น ET-AD12.....	33
3.17 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอด.....	34
3.18 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอด.....	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.19 ลายวงจรมิมพ์และการลงอุปกรณ์ของวงจรถอานิกส์สำหรับรับสัญญาณจาก โฟโตไดโอด.....	36
3.20 ลายวงจรมิมพ์ของวงจรถอานิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอด.....	37
3.21 การลงอุปกรณ์ของวงจรถอานิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอด.....	38
3.22 วงจรถอานิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอด.....	39
3.23 วงจรวจรถอานิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอด.....	40
3.24 ลายวงจรมิมพ์และการลงอุปกรณ์ของวงจรถอานิกส์สำหรับรับสัญญาณจาก โฟโตไดโอด.....	41
3.25 ลายวงจรมิมพ์ของวงจรถอานิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอด.....	42
3.26 การลงอุปกรณ์ของวงจรถอานิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอด.....	43
3.27 แผ่นฟิล์มวงจรมิมพ์ของวงจรถอานิกส์สำหรับขับหลอดแอลอีดี.....	44
3.28 แผ่นวงจรมิมพ์ของวงจรถอานิกส์สำหรับขับหลอดแอลอีดี(ด้านลายทองแดง).....	44
3.29 แผ่นวงจรมิมพ์ของวงจรถอานิกส์สำหรับขับหลอดแอลอีดี(ด้านอุปกรณ์).....	45
3.30 การลงอุปกรณ์ของวงจรถอานิกส์สำหรับขับหลอดแอลอีดี.....	45
3.31 แผ่นฟิล์มวงจรมิมพ์ของวงจรถอานิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอด.....	46
3.32 แผ่นวงจรมิมพ์ของวงจรถอานิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอด (ด้านลายทองแดง).....	46
3.33 แผ่นวงจรมิมพ์ของวงจรถอานิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอด(ด้านอุปกรณ์).....	47
3.34 การลงอุปกรณ์ของวงจรถอานิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอด.....	47
4.1 ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากวงจรถอานิกส์.....	48
4.2 ลักษณะสัญญาณอินพุทและเอาต์พุทของวงจรถอานิกส์อินฟราเรด.....	49
4.3 ลักษณะสัญญาณที่ได้จากตัวโฟโตไดโอดและแรงดันเอาต์พุทจากวงจรถอานิกส์.....	49
4.4 ลักษณะของแรงดันอินพุทและเอาต์พุทของวงจรถอานิกส์อาร์เอ็มเอสเป็นดีซี.....	50
4.5 ลักษณะของสัญญาณในวงจรถอานิกส์ส่วนต่างๆ เมื่อไม่มีตัวกลางขวางกั้นระหว่างแอลอีดีอินฟราเรด และโฟโตไดโอด.....	50
4.6 ลักษณะของสัญญาณในวงจรถอานิกส์ส่วนต่างๆ เมื่อมีตัวกลางที่มีความหนาปานกลางขวางกั้น ระหว่างแอลอีดีอินฟราเรดและโฟโตไดโอด.....	51
4.7 ลักษณะสัญญาณจากวงจรถอานิกส์อินฟราเรดและแรงดันที่ใช้ขับแอลอีดีอินฟราเรด.....	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.8 ลักษณะสัญญาณของวงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์(ความถี่ของการมัลติเพล็กซ์สัญญาณเท่ากับ 50 ครั้งต่อวินาที).....	52
4.9 ลักษณะสัญญาณของวงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์(ความถี่ของการมัลติเพล็กซ์สัญญาณเท่ากับ 100 ครั้งต่อวินาที).....	53
4.10 ขั้นตอนในการเก็บข้อมูลสำหรับระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสง.....	54
4.11 ลักษณะลักษณะของข้อมูลที่วัดได้จากระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสงที่เก็บไว้ในรูปแบบ M ไฟล์ซึ่งเป็นเมตริกซ์ของแรงดัน (V) ขนาด 8X8.....	55
4.12 ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากแบบจำลองที่นำมาทดสอบ.....	56
4.13 ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากแบบจำลองที่นำมาทดสอบ(โปรเจกชันที่ 1).....	56
4.14 ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากแบบจำลองที่นำมาทดสอบ(โปรเจกชันที่ 2).....	57
4.15 ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากแบบจำลองที่นำมาทดสอบ(โปรเจกชันที่ 3).....	57
4.16 ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากแบบจำลองที่นำมาทดสอบ(โปรเจกชันที่ 4).....	58
4.17 ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากแบบจำลองที่นำมาทดสอบ(โปรเจกชันที่ 5).....	58
4.18 ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากแบบจำลองที่นำมาทดสอบ(โปรเจกชันที่ 6).....	59
4.19 ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากแบบจำลองที่นำมาทดสอบ(โปรเจกชันที่ 7).....	59
4.20 ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากแบบจำลองที่นำมาทดสอบ(โปรเจกชันที่ 8).....	60
4.21 ลักษณะของแบบจำลองที่นำมาใช้ทดสอบระบบที่พัฒนาขึ้นมา.....	60
4.22 ลักษณะการวางวัตถุลงในแบบจำลองที่สร้างขึ้นมา.....	61
4.23 ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากแบบจำลองที่นำมาทดสอบ.....	61
4.24 ลักษณะของภาพตัดขวางที่สร้างได้.....	61
4.25 ลักษณะการวางวัตถุลงในแบบจำลองที่สร้างขึ้นมา.....	62
4.26 ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากแบบจำลองที่นำมาทดสอบ.....	62
4.27 ลักษณะของภาพตัดขวางที่สร้างได้.....	62
4.28 ลักษณะการวางวัตถุลงในแบบจำลองที่สร้างขึ้นมา.....	63
4.29 ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากแบบจำลองที่นำมาทดสอบ.....	63
4.30 ลักษณะของภาพตัดขวางที่สร้างได้.....	63
4.31 ลักษณะการวางวัตถุลงในแบบจำลองที่สร้างขึ้นมา.....	64
4.32 ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากแบบจำลองที่นำมาทดสอบ.....	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ประโยชน์ในทางวิชาการเท่านั้น เมื่อผู้ยืมได้เห็นว่าประโยชน์ที่นำมาใช้
 มีวาระอันใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.33	ลักษณะของภาพตัดขวางที่สร้างได้.....64
4.34	ลักษณะการวางวัตถุลงในแบบจำลองที่สร้างขึ้นมา.....65
4.35	ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากแบบจำลองที่นำมาทดสอบ.....65
4.36	ลักษณะของภาพตัดขวางที่สร้างได้.....65
ก1	ต้นแบบระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสง.....68
ก2	ด้านหน้าของต้นแบบระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสง.....68
ก3	ด้านบนของต้นแบบระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสง.....69
ก4	ด้านหลังของต้นแบบระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสง.....69



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันการตรวจสอบคุณภาพในขบวนการต่างๆทางอุตสาหกรรมมีความจำเป็นมากทั้งนี้เพื่อให้การขบวนการผลิตมีประสิทธิภาพสูงสุด อันจะเป็นการลดต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิต ตลอดจนสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภคว่าจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ปลอดภัย ในการนำมา ใช้อุปโภค หรือบริโภค

สำหรับการใช้เทคนิคทางแสงมาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพในขบวนการทางอุตสาหกรรมได้มีการพัฒนามานานแล้ว ในปัจจุบันได้มีการนำเทคนิคทางแสงมาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพในขบวนการทางเคมีต่างๆ เช่น ความไม่เข้ากันของสารละลาย, สี, ความใสสะอาด ตลอดจนฟองอากาศที่เกิดจากขบวนการต่างๆ เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้ยังเป็นคุณสมบัติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพในขบวนการทางเคมีต่างๆ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ นอกจากนี้ยังได้มีการใช้คุณสมบัติของแสงกับลักษณะของปฏิกิริยาเคมีที่มีความเป็นลิเนียร์มาใช้ในการตรวจสอบพารามิเตอร์ต่างๆ ในขบวนการทางเคมีในการสร้างผลิตภัณฑ์ต่างๆ จากความสำคัญของการตรวจสอบคุณภาพในขบวนการต่างๆในอุตสาหกรรมด้วยแสงจึงทำให้ผู้วิจัยมีแนวความคิดที่จะพัฒนาระบบสร้างภาพตัดขวางโดยใช้แสงขึ้นมา ซึ่งระบบนี้มีข้อดีคือ ระบบสามารถตรวจสอบคุณภาพในขบวนการทางเคมีต่างๆ พร้อมกับการตรวจสอบพฤติกรรมการไหลหรือการกระจายตัวของสารต่างๆภายในท่อหรือภาชนะที่บรรจุสารเคมีที่นำมาวิเคราะห์ได้พร้อมกัน ทั้งนี้เพื่อจะได้เป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ขบวนการต่างๆ ว่าได้ตามที่ออกแบบไว้หรือไม่

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. สร้างต้นแบบระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสงสำหรับประยุกต์ใช้งานอุตสาหกรรม
2. พัฒนาเทคนิคในการสร้างภาพตัดขวางของวัตถุโดยอาศัยคุณสมบัติทางแสง
3. พัฒนาอัลกอริทึมในการสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสง
4. สร้างบุคลากรทางเครื่องมือวัดอิเล็กทรอนิกส์

1.2 ขอบเขตของโครงการวิจัย

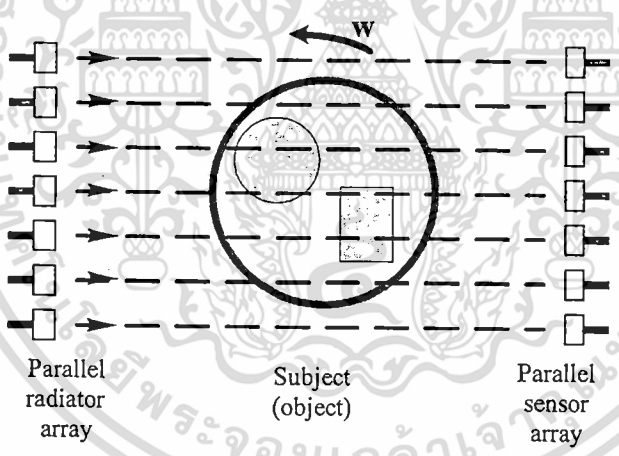
พัฒนาระบบสร้างภาพตัดขวางโดยใช้แสงขึ้นมา ซึ่งระบบนี้มีข้อดีคือ ระบบสามารถตรวจสอบคุณภาพในขบวนการทางเคมีต่างๆ พร้อมกับการตรวจสอบพฤติกรรมการไหลหรือการกระจายตัวของสารต่างๆภายในท่อหรือภาชนะที่บรรจุสารเคมีที่นำมาวิเคราะห์ได้พร้อมกัน ทั้งนี้เพื่อจะได้เป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ขบวนการต่างๆ ว่าได้ตามที่ออกแบบไว้หรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ทฤษฎี สมมติฐานหรือกรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

การสร้างภาพตัดขวางเป็นวิธีการที่ใช้เพื่อสังเกตลักษณะรูปร่างและโครงสร้างภายในของวัตถุซึ่งจะมีความสำคัญและมีประโยชน์อย่างมากในการตรวจสอบวัตถุนั้นๆ วิธีการที่ง่ายที่สุดเพื่อที่จะทราบถึงลักษณะรูปร่างและโครงสร้างภายในของวัตถุเหล่านั้น คือ การผ่าวัตถุตามแนวขวางให้ผ่านส่วนที่ต้องการตรวจสอบ อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติในกรณีต่างๆ เช่น การวินิจฉัยโรคทางการแพทย์ การทดสอบในทางอุตสาหกรรมแบบไม่ทำลาย เป็นต้น จะไม่สามารถใช้วิธีการนี้ได้ ดังนั้นจึงได้มีผู้เสนอเทคนิคที่เรียกว่า โทโมกราฟี (Tomography) [1] หรือการสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งเทคนิคนี้จะทำให้เห็นถึงโครงสร้างภายใน และลักษณะคุณสมบัติบางอย่างของวัตถุโดยไม่ต้องทำลายวัตถุนั้น

หลักการของเทคนิคโทโมกราฟี คือการวัดข้อมูลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุกับตัวกลางของการวัด โดยเซ็นเซอร์ที่อยู่ภายนอกวัตถุ ในมุมต่างๆ ของระนาบหนึ่ง ซึ่งทำได้โดยการหมุนชุดของเซ็นเซอร์หรือหมุนวัตถุที่ต้องการวัด ข้อมูลนี้จะสัมพันธ์กับคุณสมบัติตามธรรมชาติที่แตกต่างกันของส่วนประกอบต่างๆ ที่ตอบสนองต่อตัวกลางหรือสื่อสัญญาณที่ส่งเข้าไป จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ในหลายๆ ทิศทางนี้มาประมวลผลด้วยคณิตศาสตร์ขั้นสูง ก็สามารถสร้างเป็นภาพตัดขวางแสดงการกระจายขององค์ประกอบต่างๆ ภายในวัตถุได้ ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 หลักการของเทคนิคโทโมกราฟี

การใช้สื่อสัญญาณแต่ละชนิดนั้นมีข้อดี ข้อเสีย ข้อจำกัด และขั้นตอนการประมวลผลที่แตกต่างกัน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุที่ต้องการตรวจสอบ ลักษณะของภาพที่ต้องการ และรูปแบบของการประยุกต์ใช้งาน เป็นต้น

วิธีการสร้างภาพตัดขวางโดยไม่ทำลายวัตถุ แบ่งออกตามหลักการกว้างๆ ได้ 3 วิธี คือ การส่งผ่าน (Transmission) การแผ่ (Emission) และการสะท้อน (Reflection)

ในการส่งผ่านจะใช้รังสีเอ็กซ์ ลำอิเล็คตรอน ความร้อนหรือแสง หรือพลังงานใดๆก็ได้ที่มีพฤติกรรมตามกฎของการดูดซึม (Absorption law) โดยพลังงานที่ผ่านเข้าไปในวัตถุจะถูกดูดซับในส่วนที่มากกว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างๆของวัตถุไม่เท่ากัน พลังงานส่วนที่ทะลุออกมา เรียกว่า โปรเจกชัน และตัวอย่างภาพตัดขวางที่ได้จากวิธีนี้ คือ ภาพตัดขวางจากเครื่องเอ็กซ์เรย์คอมพิวเตอร์

สำหรับวิธีการแผ่จะใช้วิธีการคิดสารที่มีกัมมันตภาพรังสีเป็นส่วนประกอบ เมื่อสารนี้ไปยังอวัยวะที่สนใจก็จะแผ่รังสีแกมมาในทิศทางที่แตกต่างกัน ความแตกต่างของเวลาที่ใช้ในการเดินทางของรังสีแกมมาที่ผ่านตำแหน่งเดียวกัน จะสามารถนำไปประมวลผลหาตำแหน่งของจุดนั้นได้ ภาพตัดขวางที่ได้จากวิธีนี้ คือ ภาพตัดขวางจากเครื่องโพซิตรอนอิมิตชันโทโมกราฟี (Positron Emission Tomography หรือ P.E.T) และ เครื่องซิงเกิลโฟตอนอิมิตชันโทโมกราฟี (Single Photon Emission Computed Tomography หรือ S.P.E.C.T) เป็นต้น

ส่วนการสะท้อนจะใช้คุณสมบัติการสะท้อนของโครงสร้างของวัตถุมาตรวจสอบหาลักษณะของวัตถุได้ ตัวอย่างที่ใช้ เช่น แสง ถ้าอิเล็กทรอนิกส์ เรดาร์ หรือ อัลตราโซนิค ตัวอย่างของภาพตัดขวางที่ได้จากวิธีนี้ คือ ภาพตัดขวางจากเครื่องอัลตราซาวด์ เป็นต้น

สำหรับการประยุกต์ใช้เทคนิคการสร้างภาพตัดขวางมาใช้ในกระบวนการทางอุตสาหกรรม [1] เริ่มต้นและถูกเสนอขึ้นในปี 1970 โดยเริ่มต้นจากการใช้รังสีเอ็กซ์เป็นแหล่งกำเนิดของพลังงาน ซึ่งการใช้รังสีเอ็กซ์ในกระบวนการทางอุตสาหกรรมนี้ยังไม่เหมาะสมกับการใช้งานจริง เนื่องจากอุปกรณ์มีราคาสูงและความไม่ปลอดภัยต่อรังสีเอ็กซ์ นอกจากนี้วิธีการอื่นๆ ที่อาศัยหลักการแผ่รังสีหรือการกระจายคลื่น (Radiation) ยังไม่สามารถใช้ได้กับการตรวจสอบวัตถุที่มีลักษณะไม่คงที่ได้ ซึ่งหมายถึงไม่สามารถแสดงผลในลักษณะเวลาจริง (Real time) ได้ เนื่องจากคุณสมบัติของ exposure time

ต่อมา กลางปี 1980 มหาวิทยาลัย University of Manchester Institute of Science and Technology (UMIST) ได้พัฒนาระบบการสร้างภาพตัดขวางโดยใช้การวัดค่าความจุไฟฟ้าขึ้น ซึ่งใช้สำหรับการสร้างภาพตัดขวางการไหลของวัสดุ 2 ชนิดในท่อจากบ่อน้ำมัน เช่น ก๊าซ/น้ำมัน ซึ่งระบบนี้ได้เป็นจุดเริ่มต้นของระบบการสร้างภาพตัดขวางในทางอุตสาหกรรมในปัจจุบัน ในเวลาเดียวกันกลุ่มของ Morgantown Energy Technology Center แห่งสหรัฐอเมริกาได้ทำการออกแบบระบบ ECT นี้สำหรับการวัดสัดส่วนการกระจายของ gas fluidized bed ระบบ ECT ของทั้งสองในขณะนั้นใช้ได้เฉพาะกับระบบที่ส่วนภายนอกไม่เป็นตัวนำทางไฟฟ้าเท่านั้น

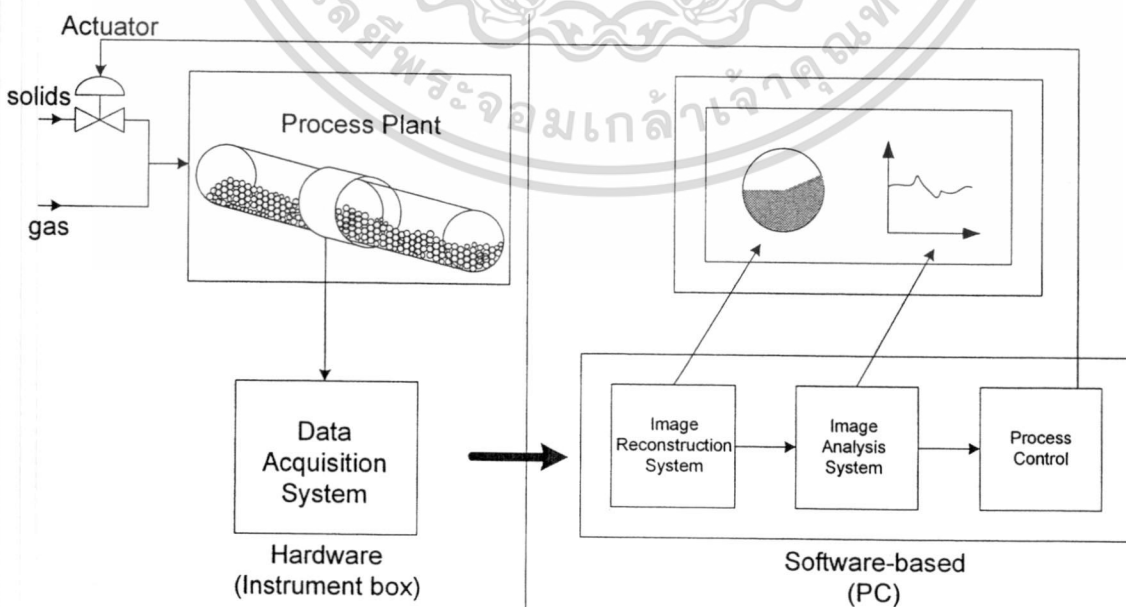
ในปัจจุบัน ได้มีผู้เสนอเทคนิคการสร้างภาพตัดขวางโดยใช้หลักการต่าง ๆ เพิ่มขึ้น เพื่อใช้ในทางอุตสาหกรรมที่มีความซับซ้อนของกระบวนการและคุณสมบัติของสิ่งที่ตรวจสอบ เช่น หลักการอินฟราเรด (Infrared), Optical, PET, MRI, อัลตราโซนิค (Ultrasonic) หรือการวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้า (Resistance, Capacitance และ Impedance) ซึ่งแต่ละหลักการเหล่านี้มีทั้งข้อได้เปรียบ ข้อเสียเปรียบ และข้อจำกัดต่างๆกัน การเลือกหลักการต่างๆ ให้เหมาะกับการใช้งานจะขึ้นอยู่กับหลายๆ ปัจจัย เช่น คุณสมบัติทางกายภาพของสิ่งที่ตรวจสอบ ความละเอียดของภาพที่ต้องการ ราคาของอุปกรณ์ ทรัพยากรบุคคลในการทำงาน หรืออันตรายที่เกิดจากคุณสมบัติของเครื่องมือ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์ของการสร้างภาพตัดขวางของกระบวนการ (Process Tomography) มีลักษณะคล้ายกับจุดประสงค์ของการสร้างภาพตัดขวางในทางการแพทย์ เช่น การตรวจสอบร่างกายมนุษย์ แต่การสร้างภาพตัดขวางของกระบวนการถูกนำมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการทางอุตสาหกรรม (Industrial Process) เช่น การตรวจสอบวัตถุภายในแท็งก์ (tank) หรือท่อ (pipe) โดยมีหลักการคือ การใช้ชุดของเซ็นเซอร์ติดอยู่รอบ ๆ ภาชนะที่ภายในมีวัตถุที่ต้องการตรวจสอบอยู่ จะทำให้สามารถสร้างภาพการกระจายตัว ความเข้มข้น หรือการเคลื่อนตัวของวัตถุที่อยู่ภายในได้ ข้อมูลที่ได้จากการวัดจะถูกสร้างเป็นภาพ 2 มิติ หรือ 3 มิติ เพื่อใช้ในการสังเกต (monitoring) กระบวนการ, ตรวจสอบผลการผลิต, ตรวจสอบคุณภาพและประสิทธิภาพ หรือการส่งข้อมูลที่ถูกประมวลผลแล้วกลับไปควบคุมระบบ และยังสามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ในการศึกษาพฤติกรรมของกระบวนการ และการออกแบบกระบวนการการทำงานให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

อย่างไรก็ตามเครื่องมือสร้างภาพตัดขวางในทางอุตสาหกรรมนี้จะต้องมีคุณลักษณะคือ ราคาถูก, การวัดมีความเร็วสูง, ระบบเซ็นเซอร์จะต้องไม่ทำให้เกิดรอยแตกหรือทำลายภาชนะหรือวัตถุที่กำลังตรวจสอบ (non-invasive) ซึ่งสามารถทำให้ใช้ได้กับกระบวนการที่มีการกัดกร่อนสูง และต้องไม่รบกวนหรือส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบ (non-intrusive) เช่น การไหลของน้ำมันในท่อ เป็นต้น

กระบวนการทางอุตสาหกรรมที่ถูกประยุกต์ใช้เช่น การขนส่งภายในท่อ (น้ำมัน ก๊าซ ของแข็งหรือของไหล) stirred reactor หรือ กระบวนการการแยกและการผสม (mixer and separator) เป็นต้น ส่วนประกอบหลักของเครื่องมือการสร้างภาพตัดขวางทางอุตสาหกรรมโดยทั่วไป แสดงได้ดังรูปที่ 1.2 ซึ่งจะแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของเครื่องมือวัด (hardware) และส่วนของการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือวัดแล้วแสดงผล (software) ส่วนของเครื่องมือวัดนั้นจะประกอบด้วย เซ็นเซอร์และสัญญาณควบคุม ส่วนของการประมวลผลข้อมูลจะประกอบด้วย การสร้างกลับของสัญญาณ, การแสดงผล และส่วนกำเนิดสัญญาณควบคุม



รูปที่ 1.2 องค์ประกอบโดยทั่วไปของเครื่องมือการสร้างภาพตัดขวางทางอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการสงวนสิทธิ์ในเนื้อหาและข้อมูล ซึ่งหากมีการนำข้อมูลไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสาร อาจก่อให้เกิดความเสียหายทางกฎหมายได้

จากโครงสร้างทั่วไปของระบบสร้างภาพตัดขวางทางอุตสาหกรรมดังรูปที่ 1.2 ซึ่งการสร้างภาพตัดขวางด้วยเทคนิคต่างๆ เช่น แสงอินฟราเรด(Infrared), PET, MRI, อัลตราโซนิก (Ultrasonic) หรือการวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้า (Resistance, Capacitance และ Impedance) ซึ่งได้มีการพัฒนาขึ้นมาแล้ว ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะนำแสง (Optical) มาใช้ในการสร้างภาพตัดขวางซึ่งมีข้อดีหลายอย่างดังที่จะกล่าวต่อไป

คุณสมบัติที่สำคัญของการสร้างภาพตัดขวางโดยใช้แสง(Optical Tomography)

สำหรับคุณสมบัติในส่วนของข้อดีข้อเสียในการสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสงสามารถอธิบายได้ดังนี้

ข้อดีของการสร้างภาพตัดขวางโดยใช้แสง

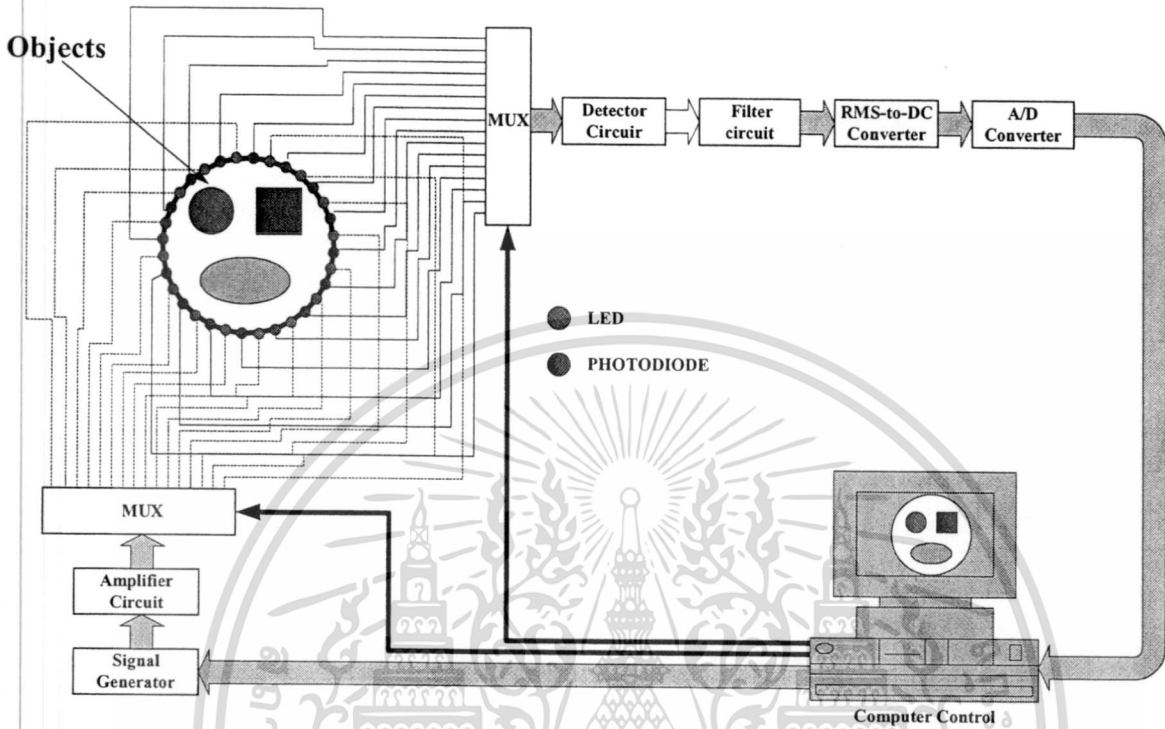
1. เป็นเทคนิคที่ไม่ส่งผลกระทบต่อหรือรบกวน (Non-Intrusive) ต่อระบบที่ทำการวัดหรือตรวจสอบ
2. การตอบสนองของระบบมีความไวสูง
3. สามารถสร้างระบบที่ให้รายละเอียดของภาพที่สูงโดยใช้ความยาวคลื่นของแสงที่มีขนาดเล็ก
4. ลักษณะการแพร่กระจายของแสงผ่านวัตถุตัวกลางสามารถกำหนดในรูปแบบของฟังก์ชันได้
5. สามารถปรับเปลี่ยนช่วงความยาวคลื่นแสงที่ใช้งาน(ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติต่อการดูดกลืนหรือการส่งผ่านของวัตถุที่ทำการทดสอบ) ได้ตามต้องการขึ้นอยู่กับทางเลือกแหล่งกำเนิดแสง (Emitter) และตัวตรวจจับแสง (Detector)
6. ระบบมีความทนทานต่อสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า
7. มีความปลอดภัยในการใช้งานสูงเนื่องจากใช้ความเข้มของพลังงานแสงที่ใช้นี้น้อย

ข้อเสียของการสร้างภาพตัดขวางโดยใช้แสง

1. วัตถุที่ใช้หลายชนิดไม่สามารถให้แสงผ่านได้
2. ในการประยุกต์ใช้งานในขบวนการทางอุตสาหกรรมบางชนิด ท่อที่ใช้ไม่สามารถทำให้มีลักษณะใสได้เนื่องจากอาจมีผลกระทบต่อความปลอดภัยแต่อย่างไรก็ตามในขบวนการทางเคมีหรืออุตสาหกรรมส่วนใหญ่สามารถใช้ภาชนะที่มีลักษณะใสได้
3. ในวัตถุที่มีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกันบางชนิดอาจเกิดการสะท้อนหรือหักเหของแสงหลายรูปแบบทำให้การสร้างภาพเป็นไปได้ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่สามารถตีพิมพ์ได้โดยไม่ขออนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสงที่ทางผู้วิจัยจะทำการพัฒนาขึ้นมาสามารถที่จะแสดงโครงสร้างของระบบได้ดังในรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 โครงสร้างของระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสง

จากรูปที่ 1.3 โครงสร้างของระบบจะประกอบด้วยวงจรส่วนต่างๆดังนี้

1. วงจรกำเนิดสัญญาณ (Signal generator circuit)

วงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการกำเนิดสัญญาณคลื่นรูปสี่เหลี่ยม (Square wave signal) ในช่วงความถี่ 1-10 กิโลเฮิร์ตซ์ เพื่อป้อนให้กับวงจรขยายสัญญาณ

2. วงจรขยายสัญญาณ (Amplifier circuit)

วงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการขยายสัญญาณที่ได้จากวงจรกำเนิดสัญญาณก่อนที่จะส่งไปยังวงจรมัลติเพล็กซ์สัญญาณ

3. วงจรมัลติเพล็กซ์ (Multiplexer circuit : MUX)

วงจรในส่วนนี้จะมีด้วยกัน 2 ชุด โดยชุดแรกจะทำหน้าที่ทำหน้าที่ในการเลือกจัดลำดับการส่งสัญญาณออกไปขับหลอดแอลอีดี (LED) แต่ละหลอดเพื่อกำเนิดสัญญาณแสงไปที่วัตถุ และชุดที่สองจะทำหน้าที่ในการเลือกสัญญาณจากโฟโตไดโอด (Photodiode) แต่ละตัวเพื่อส่งให้กับวงจรขยายสัญญาณ โดยวงจรนี้จะถูกควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อความสะดวกในการกำหนดรูปแบบการวัด

4. วงจรตรวจจับสัญญาณ (Detector circuit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรนี้จะทำหน้าที่ในการตรวจจับสัญญาณที่ได้รับจากวงจรมัลติเพล็กซ์เพื่อขยายสัญญาณและส่งเอาท์พุทที่ได้ไปยังวงจรกรองสัญญาณรบกวน

5. วงจรกรองสัญญาณรบกวน(Filter circuit)

วงจรนี้จะทำหน้าที่กำจัดสัญญาณรบกวนออกจากสัญญาณที่ได้รับจากวงจรตรวจจับสัญญาณ

6. วงจรแปลงสัญญาณอาร์เอ็มเอสเป็นดีซี(RMS-To-DC converter circuit)

วงจรนี้จะทำหน้าที่รับสัญญาณจากวงจรกรองสัญญาณรบกวนเพื่อแปลงเป็นระดับสัญญาณดีซีที่มีระดับที่แปรผันตรงกับระดับความเข้มของแสงที่ผ่านวัตถุออกมาก่อนที่จะส่งไปยังวงจรแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิตอลต่อไป

7. วงจรแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิตอล(A/D converter circuit)

วงจรนี้ทำหน้าที่แปลงระดับสัญญาณดีซีที่ได้รับจากวงจรแปลงสัญญาณอาร์เอ็มเอสเป็นดีซีให้เป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด 12 บิต เพื่อส่งข้อมูลไปเก็บในคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการประมวลผล

8. ระบบคอมพิวเตอร์ (Computer system)

คอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่ในการควบคุมการจัดลำดับในการวัดทั้งรูปแบบในการกำเนิดแสงไปยังวัตถุ และรูปแบบในการตรวจจับแสงที่ผ่านวัตถุออกมา นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ในการบันทึกค่าที่ได้จากการวัดเพื่อนำมาประมวลผล

9. อัลกอริทึมในการประมวลผล(Reconstruction algorithm)

อัลกอริทึมในการประมวลผลได้แก่โปรแกรมที่รับข้อมูลที่ได้จากการวัดสัญญาณเพื่อนำมาสร้างภาพแสดงลักษณะ โครงสร้างตัดขวางของวัตถุ

จากส่วนประกอบที่กล่าวมาทั้งหมดของระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสง เราสามารถที่จะสรุปการทำงานของระบบได้ดังนี้

การทำงานของระบบจะเริ่มจากวงจรกำเนิดสัญญาณ จะกำเนิดสัญญาณคลื่นรูปสี่เหลี่ยม(Square wave signal) ในช่วงความถี่ 1-10 กิโลเฮิร์ต ที่แรงดันประมาณ 5 โวลท์ ก่อนที่จะถูกป้อนเข้าสู่วงจรขยายสัญญาณ สัญญาณที่ถูกขยายแล้วจะถูกส่งไปยังวงจรมัลติเพล็กซ์สัญญาณเพื่อเลือกที่จะส่งสัญญาณไปจับหลอดแอลอีดีดวงไหนเพื่อกำเนิดแสงส่องเข้าไปในวัตถุ โดยการเลือกนี้จะถูกควบคุมโดยเครื่องคอมพิวเตอร์ แสงที่ผ่านวัตถุออกมาจะมีปริมาณความเข้มลดลงซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์การดูดกลืนของแสงในวัตถุแต่ละชนิด แสงที่ผ่านวัตถุออกมาจะตกกระทบลงบนโฟโตไดโอดซึ่งจะถูกต่ออยู่กับวงจรมัลติเพล็กซ์ วงจรมัลติเพล็กซ์ก็จะทำการเลือกโฟโตไดโอดว่าจะนำสัญญาณจากตัวไหนมาเข้าสู่วงจรตรวจจับสัญญาณ(การเลือกนี้จะถูกควบคุมโดยคอมพิวเตอร์) สัญญาณจากโฟโตไดโอดนี้จะถูกขยายโดยวงจรตรวจจับสัญญาณและกำจัดสัญญาณรบกวนโดยวงจรกรองสัญญาณรบกวนเพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน

แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกไป เอาที่พุดจากวงจรกรองสัญญาณรบกวนจะถูกส่งเข้าสู่วงจรแปลงสัญญาณอาร์เอ็มเอสเป็นดิจิตอล โดยสัญญาณเอาต์พุตของวงจรจะเป็นระดับสัญญาณดิจิตอลที่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าความเข้มของแสงที่ตกกระทบโฟโตไดโอด จากนั้นวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลจะแปลงระดับสัญญาณดิจิตอลที่ได้ให้เป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด 12 บิต เพื่อป้อนเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อบันทึกผลที่ได้เก็บลงไว้ในฮาร์ดดิสก์

เมื่อเราทำการวัดข้อมูลเสร็จแล้ว เราก็จะนำข้อมูลที่วัดได้ไปประมวลผลโดยอัลกอริทึมที่ได้ ออกแบบไว้ ซึ่งจะใช้วิธีลีนีเยอร์แบ็กโพรเจกชัน[1] (Linear backprojection) ร่วมกับเทคนิคการทำซ้ำ (iteration) ในการสร้างภาพกลับ นอกจากนี้ยังจะศึกษาในการนำอัลกอริทึมเชิงพีชคณิตมาช่วยลดจำนวนการทำซ้ำของกระบวนการสร้างภาพ และใช้วิธีการเทรซโฮลต์ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพอีกด้วย

1.4 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

การใช้เทคนิคทางแสงมาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพในขบวนการทางอุตสาหกรรมได้มีการพัฒนามานานแล้ว สำหรับในปัจจุบันได้มีการนำเทคนิคทางแสงมาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพในขบวนการทางเคมีต่างๆ เช่น สี, ความใสสะอาด ตลอดจนฟองอากาศที่เกิดจากขบวนการต่างๆ เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้ยังเป็นคุณสมบัติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพในขบวนการทางเคมีต่างๆ เมื่อเร็วๆ นี้ ได้มีการใช้คุณสมบัติของแสงกับลักษณะของปฏิกิริยาเคมีที่มีความเป็นลิเนียร์มาใช้ในการตรวจสอบพารามิเตอร์ต่างๆ ในขบวนการทางเคมี หรือตรวจสอบลักษณะการไหลภายในท่อในรูปแบบต่างๆ สำหรับตัวอย่างของการใช้งานเทคนิคทางแสงในตรวจสอบขบวนการ โดยเทคนิคทางแสงแบบต่างๆ สามารถแสดงได้ดังนี้

สำหรับเทคนิคทางแสงแบบต่างๆ ที่นิยมใช้กันในปัจจุบันจะมีอยู่ด้วยกัน 3 แบบ คือ

- การดูดกลืนของแสง (Absorption)

สำหรับเทคนิคการดูดกลืนแสงเป็นเทคนิคที่ง่ายและมีการนำมาใช้งานในระบบเครื่องมือวัดและควบคุม โดยได้มีการใช้เลเซอร์อินฟราเรด (Infrared Laser) ซึ่งให้ความกว้างของการกระจายของแสงที่แคบและค่าพลังงานในช่วงประมาณ 1 วัตต์ ซึ่งความยาวคลื่นที่ใช้สามารถใช้ในการตรวจสอบคุณสมบัติของสารต่างๆ ได้ เช่น สารละลาย, คุณภาพน้ำมันดิบ หรือของผสมบางชนิด เป็นต้น สำหรับตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเทคนิคในการดูดกลืนแสงในด้านอื่นมีดังนี้

- ในปี 1979 Koop et al ได้มีการใช้แสงเนียร์อินฟราเรด (Near infrared : 910-975 nm) ในการตรวจสอบความไม่เข้ากันของน้ำกับน้ำมันก๊าด(Kerosene)

- ในปี 1981 Santoro et al ได้ใช้หลักการดูดกลืนของแสงเลเซอร์ฮีเลียม-นีออน(He-Ne Laser) ที่ความยาวคลื่น 339 nm ในการวัดอัตราส่วนผสมของอากาศกับแก๊สมีเทน(Methane)

- การเลี้ยวเบนของแสง (Diffraction)

สำหรับเทคนิคนี้จะอาศัยคุณสมบัติการเลี้ยวเบนของแสงเนื่องจากผลของอนุภาคของตัวกลางที่แสงเดินทางผ่านสำหรับตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเทคนิคการเลี้ยวเบนของแสงมีดังนี้

- ในปี 1986 Chittenden ได้ศึกษาการเลี้ยวเบนของแสงจากหยดน้ำในไอน้ำ

- ในปี 2005 สุพรรัตน์ ทัศนเจริญ และ วีรพงศ์ จิวประดิษฐ์กุล ได้ใช้เทคนิคการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์ในการหาขนาดของเส้นลวด

- การสะท้อนและการหักเหของแสง (Reflection/Refraction)

สำหรับปรากฏการณ์นี้เป็นปรากฏการณ์พื้นฐานที่เกิดขึ้นเมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน สำหรับเทคนิคนี้ได้มีการนำประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆดังตัวอย่างต่อไปนี้

- ในปี 1990 Karakama ได้ใช้ฮีเลียม-นีออน เลเซอร์ (He-Ne Laser) และกล้อง CCD ในการวัดขนาดของหยดน้ำ

- ในปี 1987 Hanzevach et al ได้ใช้เทคนิค “Light sheet” ในการศึกษาการไหลแบบ 2 เฟส (Two- Phase Flow)

สำหรับระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสงได้มีการพัฒนาเพื่อประยุกต์ใช้ในการแพทย์และอุตสาหกรรม[1-3] ในหลายๆประเทศ เนื่องจากระบบมีความปลอดภัยสูง และระบบไม่ส่งผลกระทบต่อวัตถุที่ทำการวัด (non-invasive) ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะพัฒนาระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสงนี้ขึ้นมาเพื่อสร้างเทคโนโลยีนี้ขึ้นมาสำหรับ ไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆทั้งทางการแพทย์และอุตสาหกรรม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ต้นแบบระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสงสำหรับประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรม
2. ได้เทคโนโลยีพื้นฐานในการสร้างระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสง
3. กระตุ้นให้เกิดการทำวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยเทคโนโลยีและวัสดุในประเทศ
4. เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาระบบตรวจสอบแบบไม่ทำลายด้วยแสง

1.6 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

นำเสนอรายงานผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ พร้อมทั้งนำเสนอบทความวิจัยในสถานที่ต่างๆ และถ่ายทอดเทคโนโลยีในการสร้างระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสงแก่บุคคลและหน่วยงานต่างๆที่สนใจนำระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสงไปใช้งานหรือพัฒนาต่อ เช่น

- นักศึกษา จากมหาวิทยาลัยหรือสถาบันต่างๆ
- นักวิจัยจากหน่วยงานต่างๆ
- หน่วยงานทางภาคอุตสาหกรรม
- หน่วยงานทางภาคเกษตรกรรม
- ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

สำหรับขั้นตอนและวิธีการทำวิจัยพัฒนาระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสงสามารถแสดงได้ดังนี้

1. ศึกษาพื้นฐานและหลักการของการสร้างภาพตัดขวาง 2 มิติด้วยวิธีต่างๆ ที่ถูกใช้ในทางการแพทย์และในทางอุตสาหกรรม
2. ศึกษาหลักการพื้นฐานของระบบระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสง
3. ศึกษาอัลกอริทึมในการสร้างภาพตัดขวางไฟฟ้าภายในวัตถุด้วยแสง
4. ออกแบบ โครงสร้างของระบบและวงจรส่วนต่างๆของระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสง
5. ทดสอบระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสงที่ได้ออกแบบขึ้นมา
6. ปรับปรุงระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสงที่ได้พัฒนาขึ้นมา
7. สร้างต้นแบบระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสงที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นมา
8. สรุปและเขียนรายงานการวิจัย

สำหรับสถานที่ในการทำการทดลองและเก็บข้อมูลจะใช้สถานที่ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.8 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

เริ่มต้นตั้งแต่เดือนตุลาคม 2552 จนถึง กันยายน 2553 ซึ่งจะทำการวิจัยให้เสร็จภายในปีงบประมาณ 2553

แผนการดำเนินการตลอดโครงการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงาน	งบประมาณปี 2553											
	ตค.	พย.	ธค.	มค.	กพ.	มีค.	เมย.	พค.	มิย.	กค.	สค.	กย.
1. ศึกษาพื้นฐานและหลักการของการสร้างภาพตัดขวาง 2 มิติด้วยวิธีต่างๆ ที่ถูกใช้ในทางการแพทย์และในทางอุตสาหกรรม	↔											
2. ศึกษาหลักการพื้นฐานของระบบระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสง		↔										
3. ศึกษาอัลกอริทึมในการสร้างภาพตัดขวางไฟฟ้าภายในวัตถุด้วยแสง			↔									
4. ออกแบบ โครงสร้างของระบบและวงจรส่วนต่างๆของระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสง				↔								
5. ทดสอบระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสงที่ได้ออกแบบขึ้นมา						↔						
6. ปรับปรุงระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสงที่ได้พัฒนาขึ้นมา								↔				
7. สร้างต้นแบบระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสงที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นมา										↔		
8. สรุปและเขียนรายงานการวิจัย											↔	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ระบบสร้างภาพตัดขวางทางไฟฟ้า

(Electrical Tomography)

หัวใจหลักของระบบสร้างภาพตัดขวางทางไฟฟ้าก็คือระบบเซนเซอร์ (Sensor System) ซึ่งจะมีเทคนิคและวิธีการแตกต่างกันไป โดยแต่ละเทคนิคที่จะใช้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัตถุที่ต้องการนำมาสร้างภาพตัดขวางแสดงโครงสร้างภายในของวัตถุนั้น สำหรับระบบเซนเซอร์ที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันในการสร้างภาพตัดขวางทางไฟฟ้า [1] สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ระบบเซนเซอร์ที่ใช้ในการสร้างภาพตัดขวางทางไฟฟ้า [1]

Principle	Spatial resolution (%)	Practical realization	Comment
Electromagnetic radiation.	1	Optical	Fast. Optical access required.
		X-ray and γ -ray	Slow. Radiation containment.
		Positron emission	Labelled particle. Not on-line.
		Magnetic resonance.	Fast. Expensive for large vessels.
Acoustic.	3	Ultrasonic.	Sonic speed limitation. Complex to use.
Measurement of electrical properties.	10	Capacitive. Conductive. Inductive.	Fast. Low cost. Suitable for small and large vessels.

จากตารางที่ 2.1 จะเห็นว่าแต่ละระบบเซนเซอร์จะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป ซึ่งในการเลือกใช้ระบบเซนเซอร์แต่ละชนิดจะต้องพิจารณาในด้านต่างๆ ดังนี้

-ธรรมชาติของวัตถุที่ต้องการนำมาสร้างภาพตัดขวางแสดงโครงสร้างภายในวัตถุ เช่น เป็นท่อ ภาชนะของแข็ง ของเหลว หรือวัตถุที่มีคุณสมบัติอื่นๆ การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คุณสมบัติของภาพที่ต้องการ ได้แก่

- ภาพที่ต้องการเป็น ไดนามิก (Dynamic) หรือ สเตติก (Static)
- ขนาดรีโซลูชัน (Resolution) ของภาพ
- เซนส์ซิติวิตี (Sensitivity) ที่ต้องการ
- สภาพแวดล้อมของวัตถุที่จะสร้างตัดขวาง ได้แก่ อุณหภูมิและความชื้นในขณะที่ระบบทำงาน , ความปลอดภัยของระบบ ตลอดจนการซ่อมบำรุงระบบ
- ขนาดของวัตถุที่จะทำการสร้างภาพตัดขวาง

สำหรับในโครงการวิจัยนี้จะกล่าวถึงเฉพาะการสร้างภาพตัดขวางทางไฟฟ้าที่ใช้เทคนิคของการวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้า (Measurement of electrical properties) เท่านั้น ซึ่งวิธีการนี้มีข้อดีคือความเร็วในการทำงานสูง ระบบมีราคาไม่สูงมาก และระบบสามารถใช้ได้กับวัตถุที่มีขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ก็ได้ สำหรับการสร้างภาพตัดขวางทางไฟฟ้าโดยใช้เทคนิคของการวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้าของวัตถุมีด้วยกัน 3 วิธีคือ

- ระบบสร้างภาพตัดขวางความต้านทานไฟฟ้า (Electrical Impedance Tomography)
- ระบบสร้างภาพตัดขวางอินดักแตนซ์ไฟฟ้า (Electrical Inductance Tomography)
- ระบบสร้างภาพตัดขวางความจุไฟฟ้า (Electrical Capacitance Tomography)

สำหรับรายละเอียดของระบบจะนำเสนอเฉพาะระบบสร้างภาพตัดขวางความต้านทานไฟฟ้าและระบบสร้างภาพตัดขวางความจุไฟฟ้าเท่านั้น โดยรายละเอียดของระบบมีดังนี้

2.1 ระบบสร้างภาพตัดขวางความต้านทานไฟฟ้า (Electrical Impedance Tomography)

ระบบสร้างภาพตัดขวางความต้านทานไฟฟ้าภายในวัตถุนั้นอาศัยหลักการพื้นฐานของความสัมพันธ์ระหว่างกระแส แรงดัน และความต้านทาน ตามกฎของ โอห์มดังสมการที่ (2.1)

$$V = IR \quad (2.1)$$

เมื่อ V = แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)

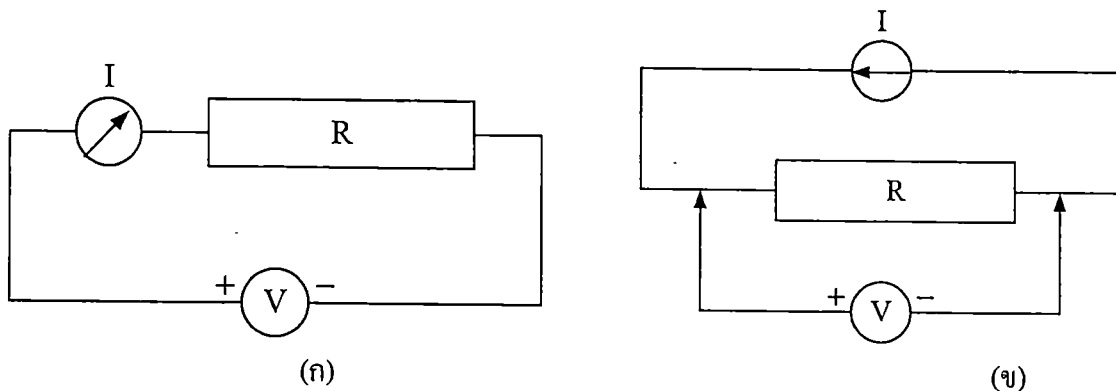
I = กระแสไฟฟ้า (แอมป์)

R = ความต้านทานไฟฟ้า (โอห์ม)

จากสมการหากรู้ค่ากระแสและค่าแรงดันก็สามารถที่จะคำนวณหาค่าความต้านทานได้ ดังนั้นจึงมีแนวความคิดในการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าอยู่ 2 รูปแบบซึ่งแสดงไว้ดังรูปที่ 2.1 คือ

- การจ่ายค่าแรงดันคงที่แล้ววัดค่ากระแส
- การจ่ายค่ากระแสคงที่แล้ววัดค่าแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 การวัดหาค่าความต้านทาน

(ก) การจ่ายค่าแรงดันคงที่แล้ววัดค่ากระแส

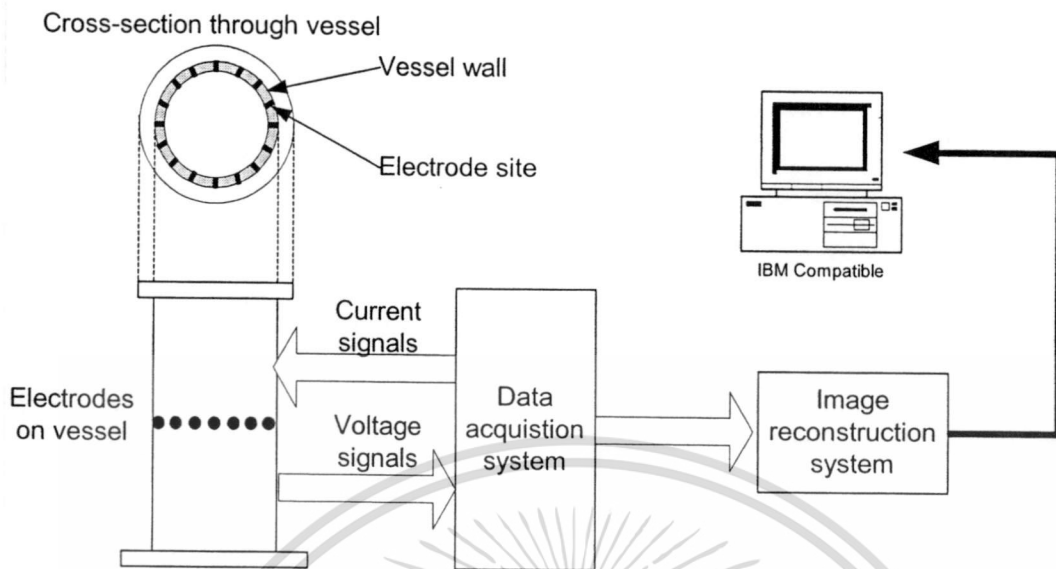
(ข) การจ่ายค่ากระแสคงที่แล้ววัดค่าแรงดัน

จากการวัดดังรูปที่ 2.1 เราสามารถนำค่าของกระแสและแรงดันที่วัดได้มาคำนวณหาค่าความต้านทานไฟฟ้าของวัตถุนั้นจากกฎของโอห์ม แต่เนื่องจากผลของค่าความต้านทานระหว่างผิววัดต่อกับแผ่นอิเล็กโทรดซึ่งไม่ทราบค่าที่แน่นอนมีผลอย่างมากในกรณีใช้วิธีการจ่ายแรงดันคงที่แล้ววัดค่ากระแส ดังนั้นในกรณีที่ใช้งานทั่วไปจึงนิยมใช้วิธีการจ่ายกระแสคงที่แล้ววัดค่าแรงดันที่ให้ผลของการวัดที่มีความถูกต้องมากกว่า โดยจะเห็นว่าในกรณีที่วัตถุมีขนาดเล็กและมีลักษณะเป็นแท่งยาวๆเราจะอนุมานได้ว่ากระแสไฟฟ้าจะไหลในทิศทางเดียวจากจุดที่เป็นแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าไปจุดอ้างอิง และยังอนุมานได้ว่าวัตถุมีโครงสร้างเป็นแบบเอกพันธ์ (Homogeneous) ทำให้สามารถคำนวณค่าความต้านทานของวัตถุนั้นได้จากกฎของโอห์ม แต่อย่างไรก็ดีในกรณีที่วัตถุมีขนาดใหญ่และมักจะมีโครงสร้างแบบไม่เป็นเอกพันธ์ (Non Homogeneous) ในการวัดค่าแรงดันในแต่ละจุดโดยรอบวัตถุจะให้ค่าแรงดันที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่วัดและโครงสร้างภายในที่ไม่เป็นแบบเอกพันธ์ จากเหตุผลดังกล่าวนี้จึงถูกนำมาใช้ในการสร้างภาพตัดขวาง โดยการวัดแรงดันไฟฟ้าบนผิววัตถุที่จะสร้างภาพตัดขวางโดยรอบเมื่อป้อนกระแสที่ตำแหน่งต่างๆกัน ความแตกต่างของแรงดันที่วัดได้แสดงถึงความแตกต่างของค่าสภาพความต้านทานภายในวัตถุนั้น ดังนั้นจากการที่สารหรือเนื้อเยื่อต่างชนิดกันมีค่าสภาพความต้านทานที่แตกต่างกัน เพราะฉะนั้นเมื่อนำค่าการกระจายของค่าสภาพความต้านทานไฟฟ้าที่คำนวณได้ไปสร้างเป็นภาพตัดขวางแสดงระดับของค่าสภาพความต้านทานโดยใช้ระดับความเข้มของสีในจอภาพคอมพิวเตอร์ก็จะสามารถสร้างภาพตัดขวางแสดงโครงสร้างภายในวัตถุหรือร่างกายได้

สำหรับระบบสร้างภาพตัดขวางความต้านทานไฟฟ้าภายในวัตถุนั้นจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน ดังรูปที่ 2.2 คือ

- วงจรจ่ายกระแส วงจรวัดแรงดันไฟฟ้า และวงจรควบคุมการจ่ายกระแสและวัดค่าแรงดันไฟฟ้า
- เครื่องคอมพิวเตอร์ในการคำนวณและแสดงผล

เอกสารนี้จะทำการสร้างภาพตัดขวางข้างานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ระบบสร้างภาพตัดขวางความต้านทานไฟฟ้าภายในวัตถุ [1]

จากรูปที่ 2.2 วงจรจ่ายกระแสและวงจรวัดค่าแรงดันไฟฟ้าจะเชื่อมต่อโดยตรงกับวัตถุที่จะสร้างภาพตัดขวางความต้านทานไฟฟ้า โดยผ่านการควบคุมจากวงจรควบคุม (Control Circuit) เพื่อทำการจ่ายกระแสและเก็บข้อมูลของแรงดันที่วัดได้ในแต่ละอิเล็กโทรดแล้วส่งไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำการประมวลผลและแสดงเป็นภาพตัดขวางแสดงความต้านทานไฟฟ้าภายในวัตถุดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างภาพที่ได้จากระบบสร้างภาพตัดขวางความต้านทานไฟฟ้าภายในวัตถุ [1]

สำหรับระบบสร้างภาพตัดขวางความต้านทานไฟฟ้าจะนิยมนำไปประยุกต์ใช้งานทางการแพทย์และอุตสาหกรรม เช่น แสดงภาพตัดขวางของปอดหรือกระเพาะ , แสดงภาพตัดขวางของของผสมเพื่อดูการกระจายตัวของสาร เป็นต้น งานไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ระบบสร้างภาพตัดขวางความจุไฟฟ้า (Electrical Capacitance Tomography)

การสร้างภาพตัดขวางจากค่าความจุไฟฟ้า [4-5] พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ดูลักษณะการกระจายของไดอิเล็กตริก (Dielectric) ภายในวัตถุในรูปแบบของภาพตัดขวาง 2 มิติ ในกระบวนการทางอุตสาหกรรม เช่น การไหลหรือการกระจายตัวของ gas/oil ในท่อส่งน้ำมัน กระบวนการการแยก/ผสมทางเคมี หรือสังเกตการเกิดของเปลวไฟ [6] เป็นต้น ข้อดีของระบบนี้คือ ไม่รบกวน หรือส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบ มีความปลอดภัยสูง มีความเร็วในการสร้างภาพ เครื่องมือสร้างได้ง่าย มีราคาถูก และมีขนาดเล็กกว่าเมื่อเทียบกับ MRI หรือ X-ray CT

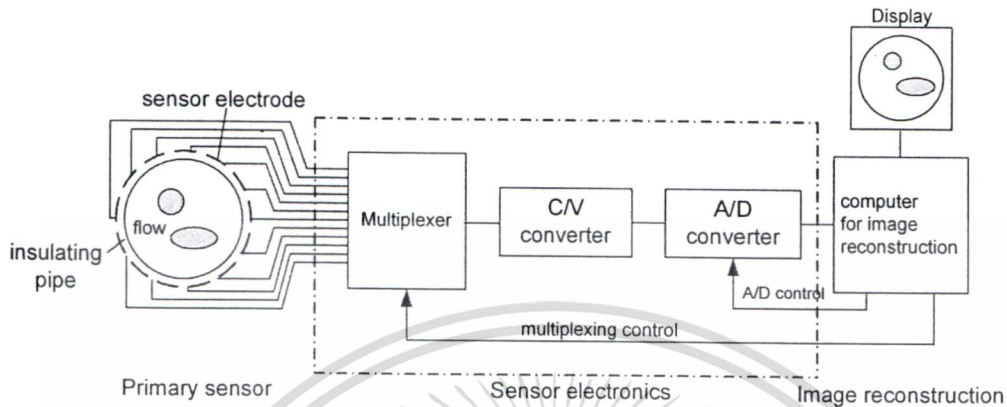
ระบบ ECT แตกต่างจากระบบ EIT คือ ระบบ EIT ใช้แสดงภาพตัดขวางภายในวัตถุโดยอาศัยความแตกต่างของค่าความต้านทานทางไฟฟ้า โดยการป้อนกระแสเข้าไปที่ผิวภายนอกของวัตถุ แล้วใช้อิเล็กโทรดวัดศักดาโดยรอบ จากนั้นคำนวณหาค่าอิมพีแดนซ์ภายในที่ทำให้เกิดศักดาตกคร่อมโดยรอบนั้น ปัญหาของ EIT คืออิเล็กโทรดต้องสัมผัสโดยตรงกับตัวนำภายในวัตถุ ซึ่งไม่เหมาะกับการประยุกต์ใช้งานทางอุตสาหกรรมที่โครงสร้างภายนอกวัตถุมีลักษณะเป็นฉนวนและยุ่งยากในการทำให้อิเล็กโทรดสัมผัสโดยตรงกับสารในวัตถุ

ระบบ ECT อาศัยการวัดความแตกต่างของค่าความจุไฟฟ้า ระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดที่ติดอยู่รอบๆ วัตถุที่จะวัด ซึ่งความแตกต่างนี้เป็นผลมาจากความแตกต่างของค่าเพอมีตริวิตีของสารองค์ประกอบในวัตถุนั้นๆ และนำข้อมูลที่ได้ออกมาสร้างเป็นภาพตัดขวางแบบ 2 มิติ แสดงถึงความแตกต่างของค่าเพอมีตริวิตีของบรรจุภัณฑ์ ด้วยขั้นตอนการสร้างภาพต่างๆที่เหมาะสม ดังนั้นทำให้สามารถใช้ได้กับวัตถุที่ภายนอกเป็นฉนวน และอิเล็กโทรดไม่ต้องสัมผัสโดยตรงกับสารภายในวัตถุได้ วัตถุนี้จะมีลักษณะเป็นฉนวนทางไฟฟ้า หรือมีค่าความเป็นตัวนำทางไฟฟ้าต่ำ

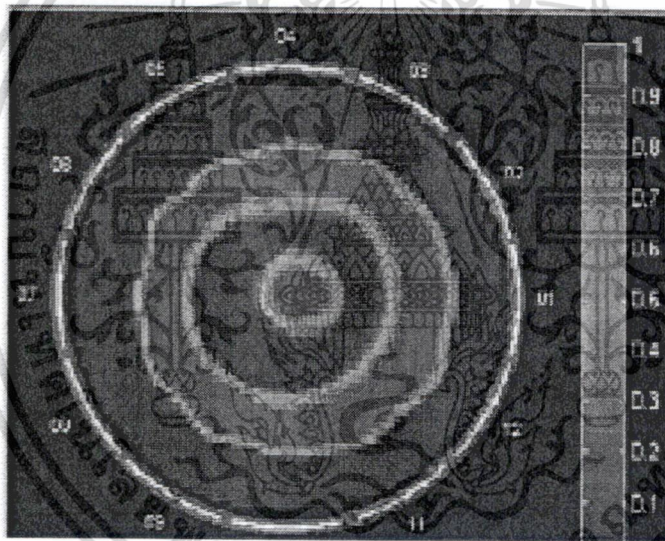
ระบบ ECT เดิมถูกพัฒนาในรูปแบบของโมเดลที่เป็นภาคตัดขวางแบบวงกลม แต่เนื่องจากต้องการตรวจสอบวัตถุเช่น Industrial boilers หรือ Circulating fluidised beds ในอุตสาหกรรมเฉพาะด้านที่ต้องใช้โมเดลที่เป็นแบบสี่เหลี่ยม จึงมีผู้เสนอระบบ ECT ด้วยโมเดลที่เป็นแบบสี่เหลี่ยม [7] ข้อดีประการหนึ่งคือสามารถใช้วิธีผลต่างจำกัด ในการคำนวณค่าการกระจายของศักดาไฟฟ้า ทำให้ลดความยุ่งยากและเวลาที่ใช้ในการคำนวณลงได้มาก สำหรับในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาและทดลองใช้โมเดลแบบวงกลม โดยจำลองการสร้างภาพตัดขวางโดยกำหนดรูปแบบการกระจายตัวของค่าเพอมีตริวิตีที่แตกต่างกันและคำนวณค่าความจุไฟฟ้าของระบบทั้งหมด จากนั้นใช้วิธีลิเนียร์แบ็กโปรเจกชันตามหลักการของ projected Landweber iteration นอกจากนี้ยังได้แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้วิธี Thresholding ในการลดส่วนของ Grey level ระดับต่ำ ๆ ลง ทำให้ภาพที่ได้ใกล้เคียงกับภาพจำลองมากขึ้น โดยในการทดลองจริงจะทำการทดลองสร้างภาพตัดขวางจากข้อมูลของค่าความจุไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลของค่าความจุไฟฟ้าที่ได้จากการวัดจริงโดยใช้ระบบเก็บข้อมูลที่พัฒนาขึ้น ซึ่งรายละเอียดจะแสดงในบทต่อไป สำหรับโครงสร้างพื้นฐานของระบบ ECT [1] จะประกอบไปด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนแรกเป็นส่วนของเซ็นเซอร์ที่ติดอยู่กับส่วนที่จะวัด (Primary sensor) ซึ่งประกอบไปด้วย อิเล็กโทรดและส่วนที่ใช้ป้องกันสนามไฟฟ้าจากภายนอกต่างๆ ซึ่งเรียกว่า earth screen อิเล็กโทรดของระบบ ECT โดยส่วนใหญ่จะถูกติดอยู่ด้านนอกของส่วนที่ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ต้องการตรวจสอบ ส่วนที่สองคือ ส่วนที่ใช้วัดค่าความจุไฟฟ้า และเปลี่ยนค่าเหล่านี้ไปเป็นข้อมูลทางดิจิทัล และส่วนเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ส่วนที่สาม คือ ส่วนที่ใช้ในการสร้างภาพกลับที่สัมพันธ์กับค่าที่วัดได้ โดยทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ (Image reconstruction computer) โดยระบบทั้งหมดแสดง ได้ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงระบบพื้นฐานของ ECT



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างภาพที่ได้จากระบบสร้างภาพตัดขวางความจุไฟฟ้าไฟฟ้าภายในวัตถุ [6]

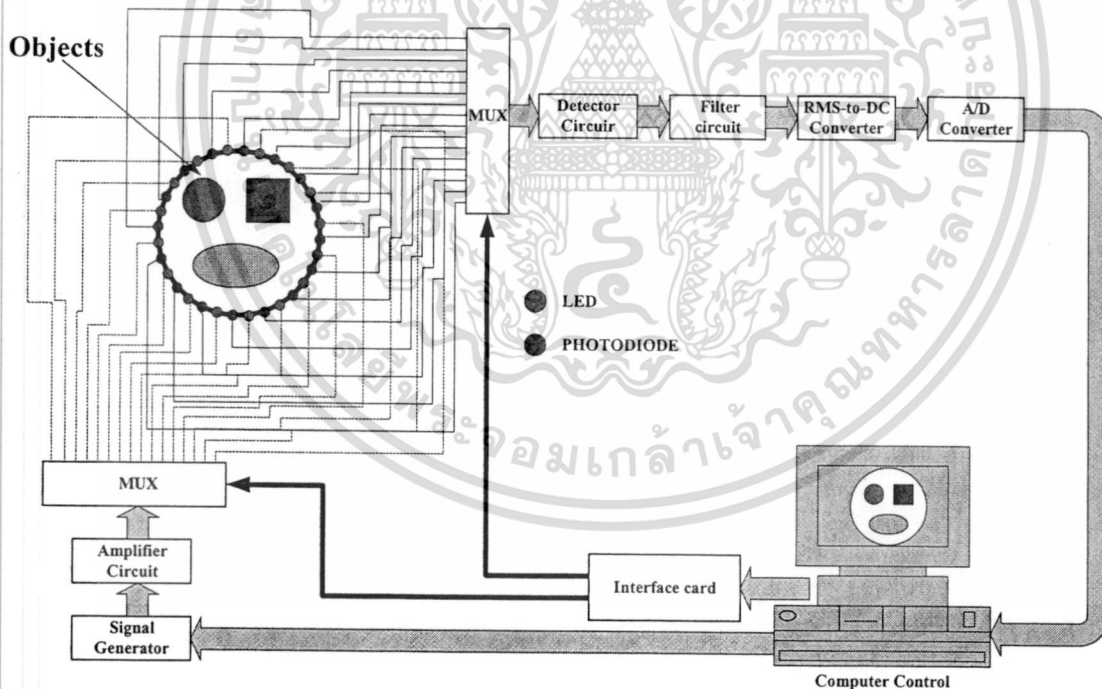
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือเผยแพร่ข้อมูลใดๆไปยังผู้อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาตจากสำนักหอสมุดกลาง
115561 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ระบบเก็บข้อมูล

สำหรับการออกแบบและสร้างวงจรเก็บข้อมูลสำหรับระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสง โดยระบบที่สร้างขึ้นมาจะประกอบไปด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆดังนี้ วงจรกำเนิดสัญญาณ(Signal generator circuit), วงจรขยายสัญญาณ(Amplifier circuit), วงจรตรวจจับสัญญาณ(Detector circuit), วงจรกรองสัญญาณรบกวน(Filter circuit), วงจรแปลงสัญญาณอาร์เอ็มเอสเป็นดีซี(RMS-To-DC converter circuit), วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล(A/D converter circuit), ระบบคอมพิวเตอร์ (Computer system) วงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์สำหรับทำหน้าที่ในการเลือกจัดลำดับการส่งสัญญาณออกไปขับหลอดแอลอีดี(LED)แต่ละหลอดเพื่อกำเนิดสัญญาณแสงไปที่วัตถุ, วงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์สำหรับเลือกสัญญาณจากโฟโตไดโอด(Photodiode)แต่ละตัวเพื่อส่งให้กับวงจขยายสัญญาณ, การ์ดอินเตอร์เฟซ (Interface Card) และวงจรแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (A TO D Converter)

โดยรายละเอียดของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้นมาสามารถแสดงได้ในรูปที่ 3.1



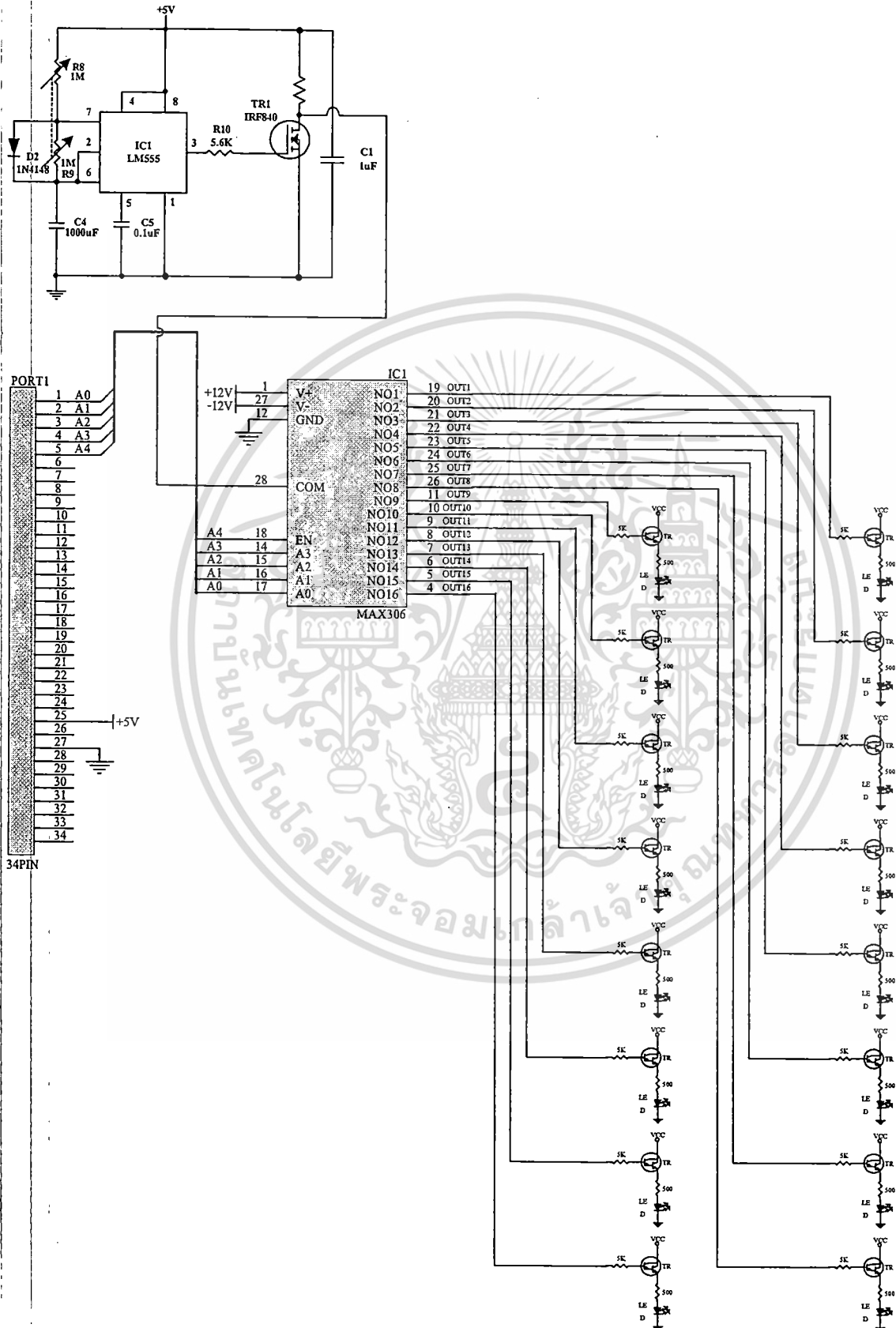
รูปที่ 3.1 วงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆสำหรับสำหรับระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสงที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้น

จากรูปที่ 3.1 วงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆสำหรับสำหรับระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสงที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้นเราสามารถแบ่งส่วนประกอบของวงจรถอดได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ ด้วยกัน คือ

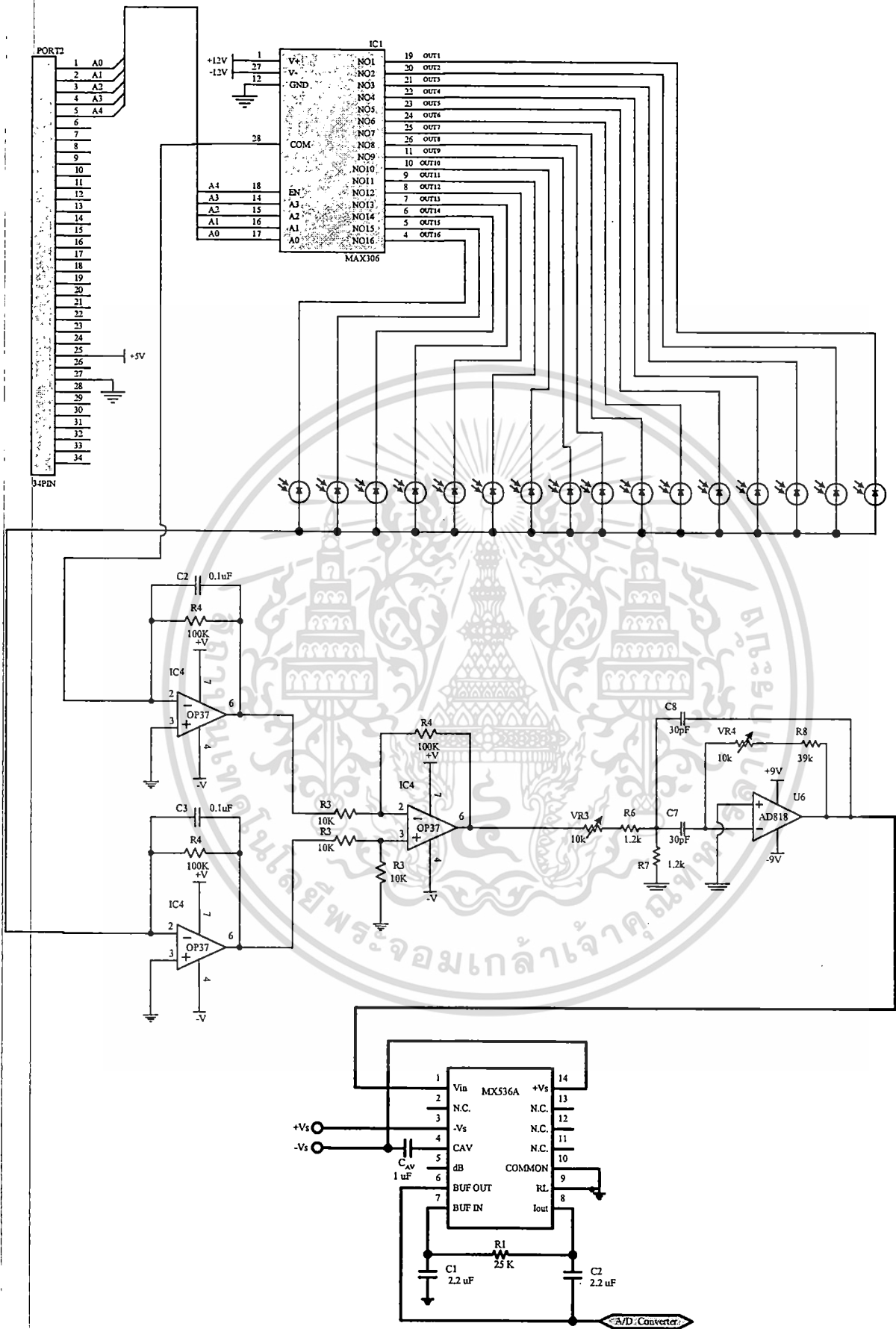
เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอด(Photodiode)

โดยวงจรทั้งหมดสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3



เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ 3.2 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับขับหลอดแอลอีดี(LED)นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



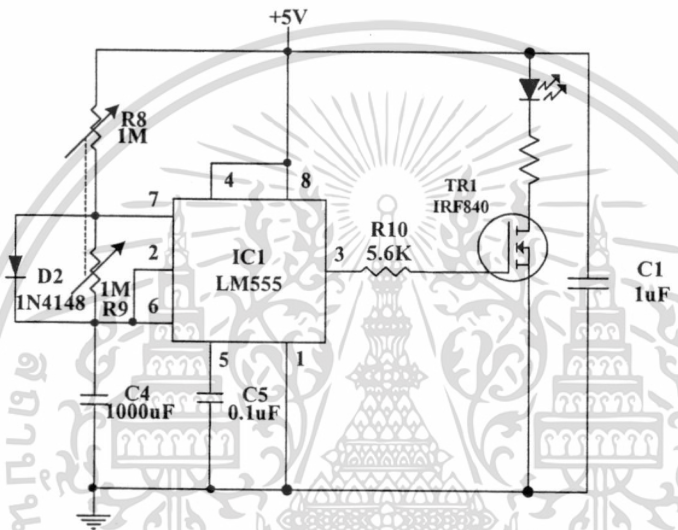
รูปที่ 3.3 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอด (Photodiode)

เอกสารนี้เป็นเอกสารทงสวนวไรสาหรืการเขางานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นู่อยู่ใต้เห็นแะเช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆสำหรับสำหรับระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสงที่แสดง
 ในรูปที่ 3.2 และ รูปที่ 3.3 เราสามารถแสดงรายละเอียดในการออกแบบวงจรในส่วนต่างๆได้ดังนี้

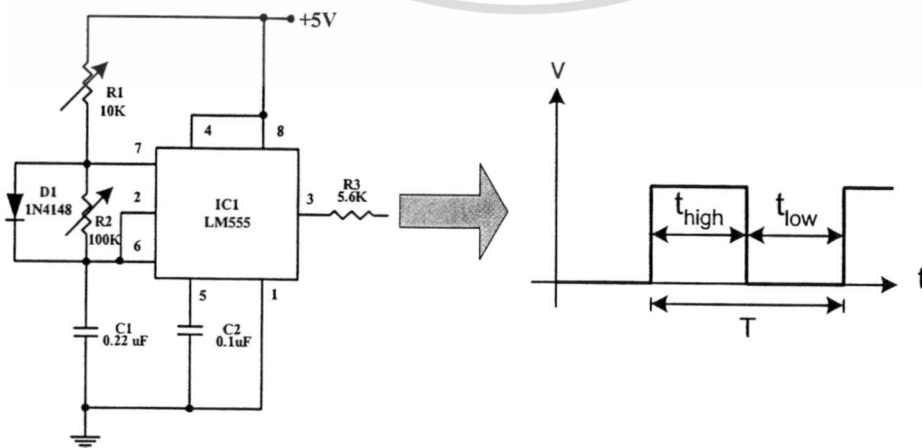
3.1 วงจรกำเนิดสัญญาณ (Oscillator Circuit)

สำหรับวงจรถ่ายทอดสัญญาณจะใช้ไอซี 555 เป็นตัวกำเนิดสัญญาณที่มีความถี่ประมาณ 2 กิโลเฮิร์ตซ์
 เอาท์พุทของไอซี 555 จะถูกขยายโดยส่งไปขับ TR1 IRF840 ก่อนที่จะส่งไปขับแอลอีดีอินฟราเรดโดย
 ลักษณะของวงจรถ่ายทอดสัญญาณสามารถแสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับขับแอลอีดีอินฟราเรด (Infrared LED)

จากวงจรรูปที่ 3.4 ไอซี LM555 จะถูกต่อให้ทำงานในรูปแบบของวงจรถ่ายทอดสัญญาณ (Astable circuit) ดัง
 วงจรในรูปที่ 3.5 โดยเราสามารถหาค่าคาบเวลาและความถี่ของสัญญาณเอาท์พุทที่จะส่งไปขับแอลอีดี
 อินฟราเรดได้ดังนี้



รูปที่ 3.5 วงจรสร้างสัญญาณพัลส์โดยใช้ไอซี LM555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรในรูปที่ 3.5 เราจะนำไดโอดมาต่อขนานกับ R2 เพื่อช่วยในการจัดค่าตัวชี้ไซเคิล(Duty-cycle) ของเอาต์พุตจากวงจร(ในวงจรนี้เราใช้ R1, R2 และ C1 ในการควบคุมการสร้างสัญญาณที่ความถี่ต่างๆ) เราสามารถคำนวณหาค่าคาบเวลาที่เอาต์พุตมีค่าสูง(t_{high}), ค่าคาบเวลาที่เอาต์พุตมีค่าต่ำ(t_{low}), ค่าคาบเวลารวมทั้งหมด(T), ค่าความถี่(f) และค่าตัวชี้ไซเคิล ของวงจรได้จากสมการที่ (3.1), (3.2), (3.3), (3.4) และ (3.5) ตามลำดับ

$$t_{high} = 0.695 * R1 * C1 \quad (3.1)$$

$$t_{low} = 0.695 * R2 * C1 \quad (3.2)$$

$$T = t_{high} + t_{low} = 0.695 * (R1 + R2) * C1 \quad (3.3)$$

$$f = 1/T \quad (3.4)$$

$$\text{Duty Cycle}(\%) = (t_{high}/T) * 100 \quad (3.5)$$

จากสมการที่ (3.1) ถึง (3.5) ในการออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณจะต้องคำนึงถึงความถี่ตอบสนองของแอลอีดีอินฟราเรดที่ใช้ด้วย ซึ่งในงานวิจัยนี้เราออกแบบที่ใช้ความถี่อยู่ที่ประมาณ 2 กิโลเฮิร์ต ดังนั้นในการออกแบบวงจรเราจะออกแบบให้วงจรสร้างสัญญาณที่มีค่าความถี่เอาต์พุตเท่ากับ 2 กิโลเฮิร์ต

จากสมการที่ (3.1) ถึง (3.5) เราสามารถที่จะออกแบบหาอุปกรณ์ที่จะใช้ในกรณีที่ต้องการปรับค่าความถี่เอาต์พุตดังนี้

จากสมการที่ (3.4) เรากำหนดค่าความถี่ของสัญญาณเอาต์พุตไว้ที่ 2 กิโลเฮิร์ต จะหาค่าคาบเวลารวมทั้งหมด(T)ของความถี่ได้ดังนี้

$$T = 1/f = 1/2000 = 0.5 \text{ ms}$$

ดังนั้นค่าคาบเวลารวมทั้งหมด(T)จะเท่ากับ 0.5 มิลลิวินาที เพราะฉะนั้นหากเรากำหนดค่าตัวชี้ไซเคิลของวงจรเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ เราจะหาค่าคาบเวลาที่เอาต์พุตมีค่าสูง(t_{high})และค่าคาบเวลาที่เอาต์พุตมีค่าต่ำ(t_{low})ได้ดังนี้

$$t_{high} = t_{low} = T/2 = 0.5/2 \text{ ms} = 0.25 \text{ ms}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากค่าคาบเวลาที่เอาต์พุตมีค่าสูง(t_{high})และค่าคาบเวลาที่เอาต์พุตมีค่าต่ำ(t_{low}) เท่ากับ 0.25 ms ดังนั้นถ้า กำหนดให้ $C1 = 10 \text{ nF}$ และ $R1 = R2$ เราจะสามารถหาค่า $R1$ และ $R2$ ได้ดังนี้

$$t_{high} = t_{low} = 0.695 * R1 * C1 = 0.695 * R2 * C1 = 0.25 \text{ ms}$$

$$t_{high} = t_{low} = 0.695 * R1 * 10 \text{ nF} = 0.695 * R2 * 10 \text{ nF} = 0.25 \text{ ms}$$

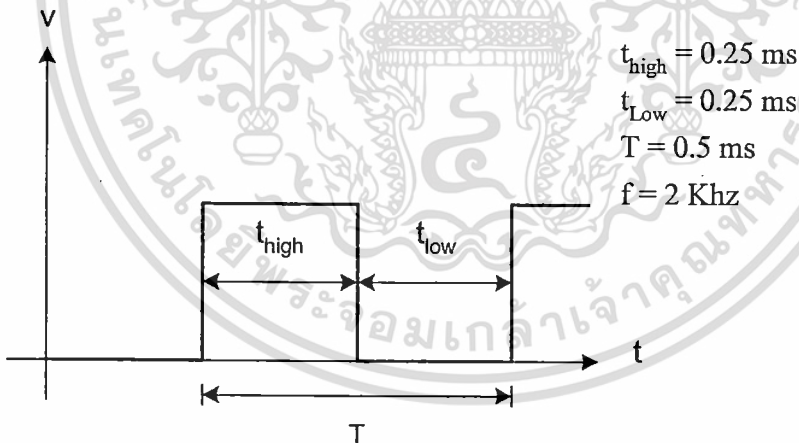
ดังนั้นจะได้

$$R1 = R2 = (0.25 * 10^{-3}) / (0.695 * 10 * 10^{-9}) = 35,971.22 \text{ Ohm}$$

เพราะฉะนั้นจะได้

$$R1 = R2 = 35,971.22 \text{ Ohm}$$

แต่ในการใช้งานจริงเราจะใช้ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ (VR 100 Kohm) มาใช้ในการปรับค่าความถี่ให้ได้ 2 กิโลเฮิร์ต ตามต้องการ ซึ่งค่าอุปกรณ์ดังที่กล่าวจะทำให้วงจรในรูปที่ 3.5 กำเนิดสัญญาณพัลส์ที่มีคุณสมบัติดังรูปที่ 3.6



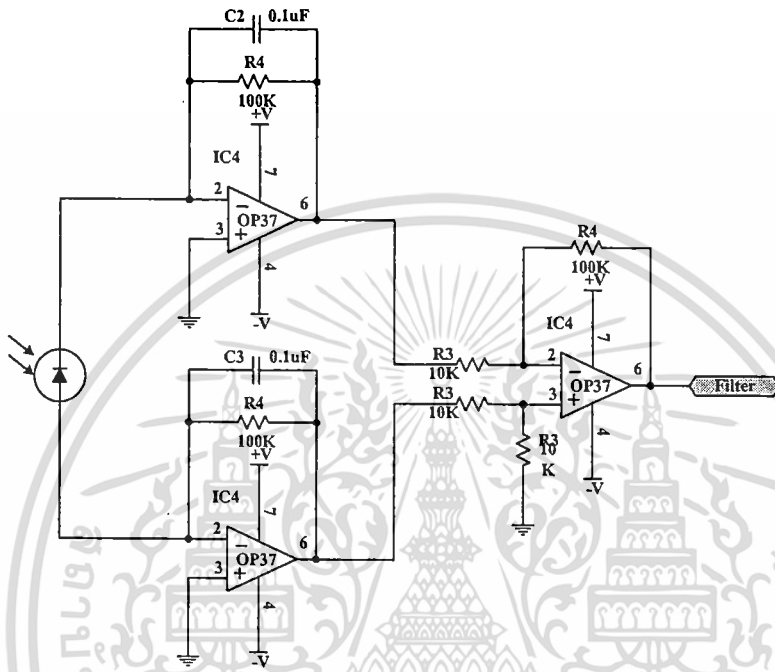
รูปที่ 3.6 ลักษณะของเอาต์พุตของวงจรกำเนิดสัญญาณที่ทำการออกแบบขึ้นมา

สัญญาณจากวงจรกำเนิดสัญญาณจะถูกส่งไปขยายสัญญาณโดย TR1 IRF840 ก่อนที่จะส่งไปขับ เอลีดีอินฟราเรดเพื่อผลิตแสงอินฟราเรดส่งผ่านเลนส์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วงจรตรวจจับแสงอินฟราเรด (Infrared Detector)

แสงอินฟราเรดจากแอลอีดีอินฟราเรดจะส่องผ่านกล่องบรรจุเซมิคอนดักเตอร์ที่เชื่อมเปิดก่อนที่จะไปตกกระทบกับโฟโตไดโอดซึ่งต่ออยู่กับวงจรตรวจจับสัญญาณแสงอินฟราเรด (IC OP37) ซึ่งทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่ได้รับจากโฟโตไดโอดโดยลักษณะของวงจรสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.7

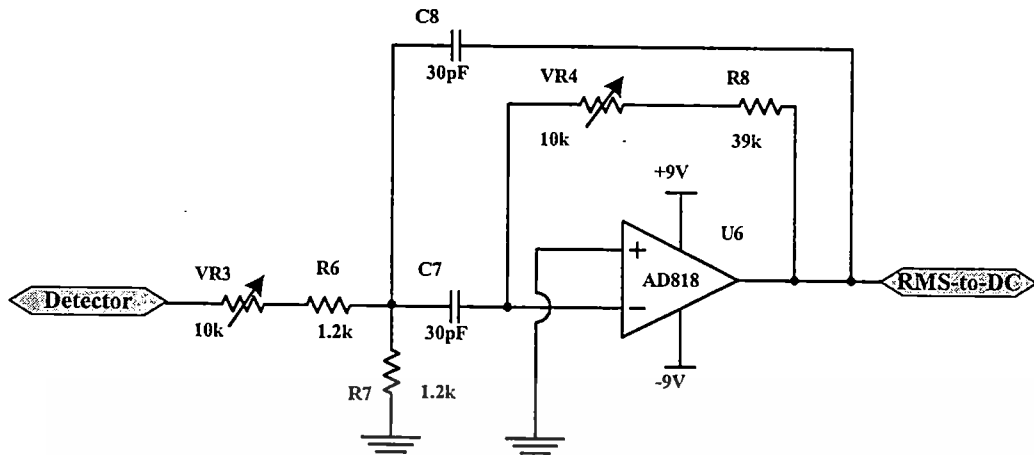


รูปที่ 3.7 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับตรวจจับสัญญาณแสงอินฟราเรด(Infrared Detector)

จากรูปที่ 3.7 สัญญาณที่ผ่านวงจรตรวจจับสัญญาณแสงอินฟราเรดจะถูกส่งไปยังวงจรกรองสัญญาณรบกวนเพื่อตัดสัญญาณรบกวนออกไป

3.3 วงจรกรองสัญญาณรบกวน(Noise filter circuit)

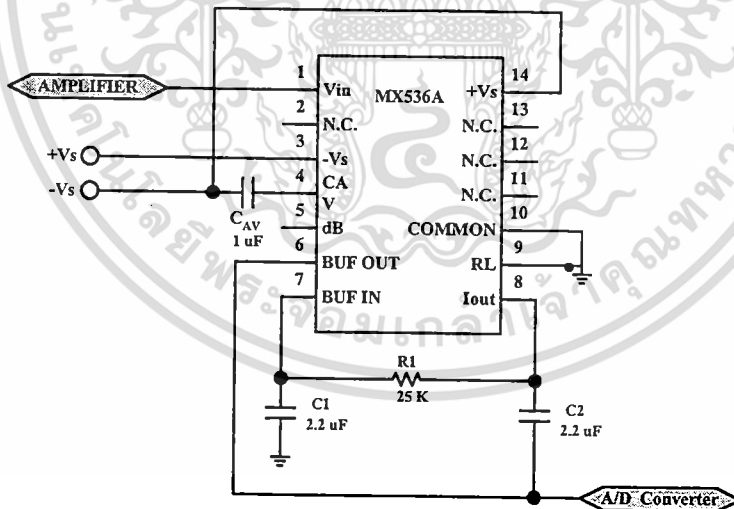
สัญญาณเอาต์พุตจากวงจรตรวจจับสัญญาณแสงอินฟราเรดจะถูกขยายและกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยวงจรกรองสัญญาณรบกวนซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 3.8 ก่อนที่จะส่งสัญญาณเอาต์พุตไปยังวงจรแปลงสัญญาณอาร์เอ็มเอสเป็นดีซีต่อไป



รูปที่ 3.8 วงจรกรองสัญญาณรบกวน

3.4 วงจรแปลงสัญญาณอาร์เอ็มเอสเป็นดีซี (RMS-TO-DC Converter Circuit)

สำหรับวงจรแปลงสัญญาณอาร์เอ็มเอสเป็นดีซี ในระบบนี้จะใช้ไอซีสำเร็จรูปของบริษัท MAXIM เบอร์ MX536A ซึ่งรองรับแรงดันอินพุตได้ในช่วง 0 – 7 V_{RMS} สำหรับลักษณะของวงจรแปลงสัญญาณอาร์เอ็มเอสเป็นดีซีโดย MX536A จะมีลักษณะดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 วงจรแปลงสัญญาณอาร์เอ็มเอสเป็นดีซี

สัญญาณดีซีเอาต์พุตที่ได้จากวงจรแปลงสัญญาณอาร์เอ็มเอสเป็นดีซีจะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณความเข้มแสงที่ได้รับหลังจากแสงอินฟราเรดถูกส่งผ่านแฉกเปิดออกมา โดยสัญญาณเอาต์พุตจากวงจรแปลงสัญญาณอาร์เอ็มเอสเป็นดีซีจะถูกส่งไปยังวงจรแปลงสัญญาณแอนาล็อกเป็นดิจิตอลเพื่อทำการบันทึกข้อมูลของการวัดเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณและสร้างภาพตัดขวางต่อไป มาตรฐานให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 เซนเซอร์ที่ใช้ในการทดลอง

สำหรับเซนเซอร์ที่ใช้ในการทดลองจะใช้แอลอีดีอินฟราเรด (LED Infrared) ของบริษัท OASIS TAIWAN เป็นตัวกำเนิดสัญญาณแสงอินฟราเรด และ ใช้โฟโตไดโอด(Photo diode) ของบริษัท OASIS TAIWAN เป็นตัวตรวจจับแสงอินฟราเรดที่ส่งมาจากแอลอีดีอินฟราเรด โดยรายละเอียดของคุณสมบัติของ แอลอีดีอินฟราเรดและโฟโตไดโอดสามารถแสดง ได้ดังตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2

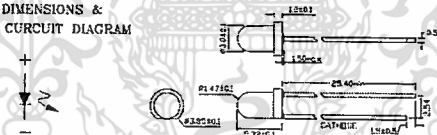
ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของแอลอีดีอินฟราเรดที่ใช้ในการทดลอง

PARAMETER	SYMBOL	DATA	UNIT
Forward Current	I_F	100	mA
Peak Forward Current (duty=1:100, f=100kHz)	I_{FM}	1000	mA
Reverse Voltage	V_R	6	V
Power Dissipation	P_D	150	mW
Operating Temperature Range		-25 to +85	°C
Storage Temperature Range		-30 to +85	°C
Lead Solder Temperature (1/10 Inch Below Sealing Plane)		260°C for 3 sec.	

ELECTRICAL/OPTICAL CHARACTERISTICS AT TA=25°C

PARAMETER	SYMBOL	DATA	UNIT	TEST CONDITION
Radiated Intensity	$I_e(\text{typ})$	20	mW/sr	Distance: 10cm $I_F=50\text{mA}$ Detector Area: 1cm^2
Forward Voltage	V_F	TYP: 1.30 MAX: 1.50	V	$I_F=50\text{mA}$
Wavelength	λ_P	940	nm	$I_F=50\text{mA}$
Spectrum Width of Half Value	$\Delta\lambda$	50	nm	$I_F=50\text{mA}$
Reverse Current	I_R	10	uA	$V_R=5\text{V}$
Full Viewing Angle	$2\theta_{1/2}$	20	°	$I_F=20\text{mA}$
Lens		Blue Transparent		
Radiation Material		GaAs/GaAs		

PACKAGE DIMENSIONS & INTERNAL CIRCUIT DIAGRAM

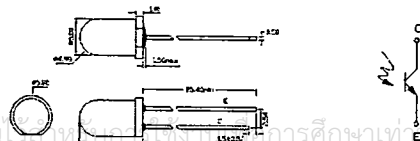


ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของโฟโตไดโอดที่ใช้ในการทดลอง

Parameter	Symbol	Data	Unit	Test Condition
Collector-Emitter Breakdown Voltage	BV_{CEO}	30	v	$I_C=100\mu\text{A}$ $I_B=0$
Emitter-Collector Breakdown Voltage	BV_{ECO}	5	v	$I_C=100\mu\text{A}$ $I_B=0$
Collector Dark Current	I_D	0.1	uA	$V_{CE}=10\text{v}$ $H=0\text{mW/cm}^2$
Collector Light Current	I_L	4.0	mA	$V_{CE}=10\text{v}$ 2056k 1000lx
Collect Power Dissipation	P_{cm}	140	mW	
Rise/Fall Time	T_r/T_f	• 5	uS	$R=50\Omega$ $V_{CE}=10\text{v}$ $I_C=1\text{mA}$
Life Time	H	100'000	Hrs	$V_{CE}=10\text{v}$
Peak collection Wavelength	λ_P	900	nm	
Spectral Range		750~1050	nm	
Operating Temperature Rang		-25 °C to 70 °C		
Storage Temperature Range		-30 °C to 100 °C		
Lens Color		Black		

PACKAGE DIMENSIONS:

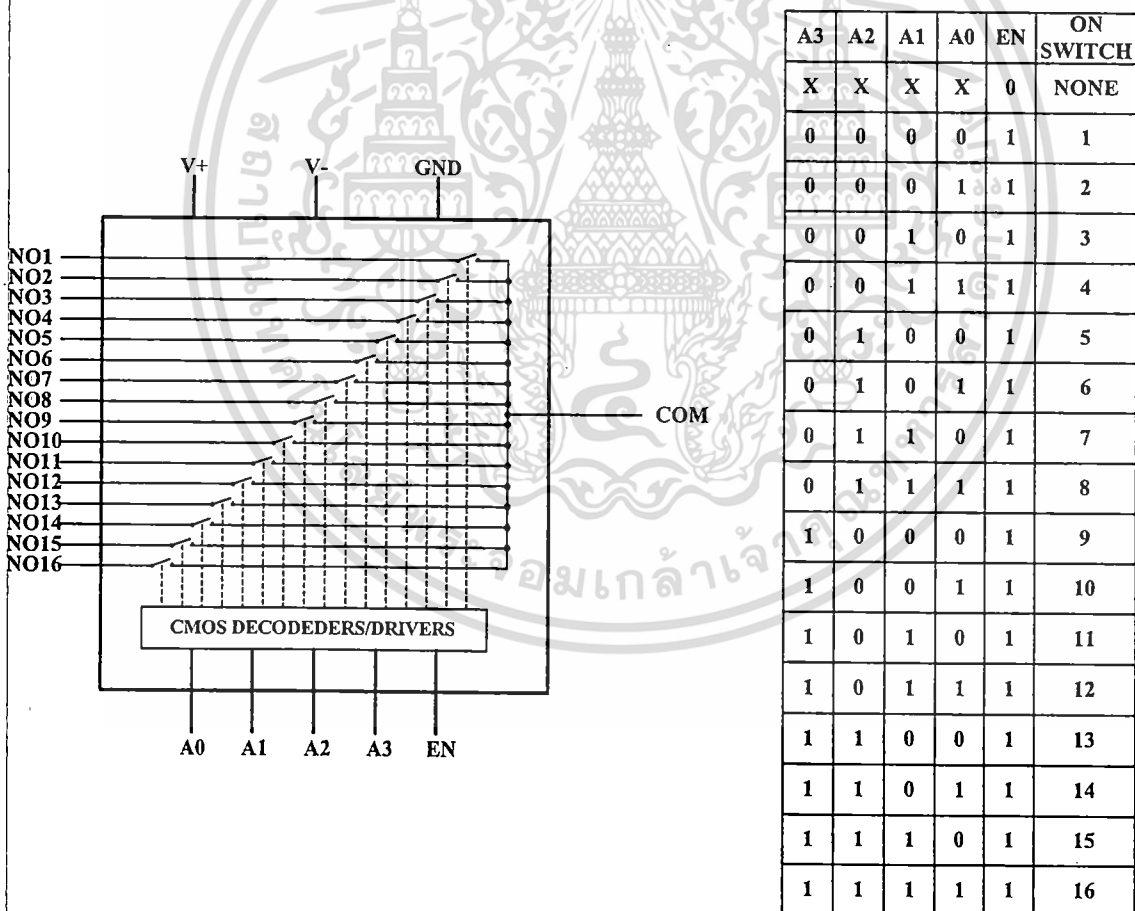
INTERNAL CIRCUIT DIAGRAM:



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของภาควิชาการศึกษาคอมพิวเตอร์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 วงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์

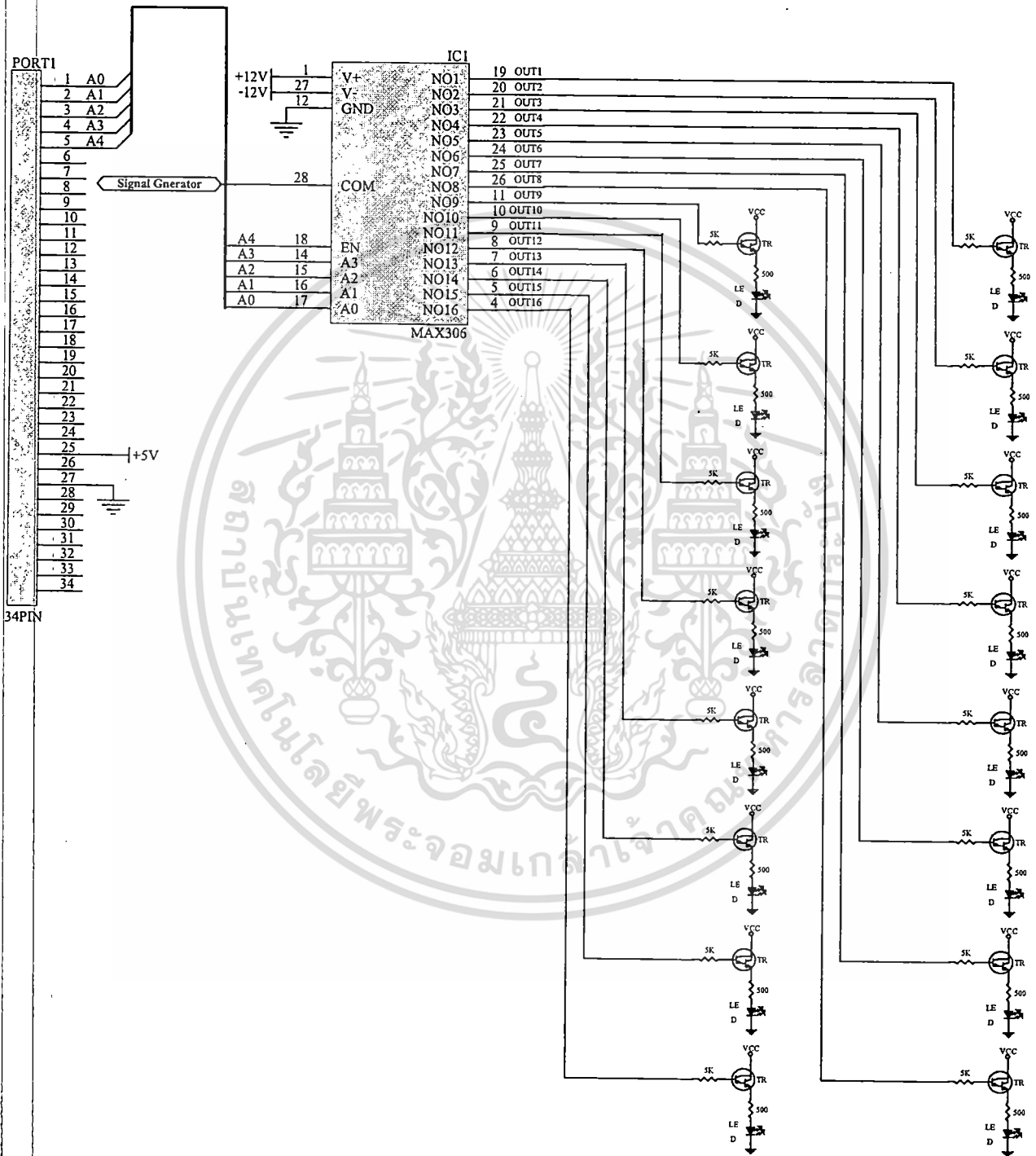
สำหรับวงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์ที่ใช้ในระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสง จะมีด้วยกัน 2 ชุด โดยชุดแรกจะทำหน้าที่ในการเลือกจัดลำดับการส่งสัญญาณออกไปขับหลอดแอลอีดี(LED)แต่ละหลอดเพื่อกำเนิดสัญญาณแสงไปที่วัตถุ และชุดที่สองจะทำหน้าที่ในการเลือกสัญญาณจากโฟโตไดโอด (Photodiode) แต่ละตัวเพื่อส่งให้กับวงจรขยายสัญญาณ โดยแต่ละชุดจะมีขนาด 16X1 ช่องสัญญาณ วงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์ทั้งสองชุดนี้จะถูกควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อความสะดวกในการกำหนดรูปแบบการวัด ผ่านการ์ดอินเตอร์เฟซโดยใช้ไอซี MAX306 ซึ่งเป็นไอซีมัลติเพล็กซ์เซอร์ขนาด 16X1 ช่องสัญญาณ จำนวน 1 ตัวต่อหนึ่งชุด เพื่อใช้ในการสร้างมัลติเพล็กซ์เซอร์ ขนาด 16X1 ช่องสัญญาณ สำหรับในส่วนของการควบคุมการมัลติเพล็กซ์สัญญาณจะใช้สัญญาณควบคุมจากคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมภาษาซีเขียนฟังก์ชันควบคุม ผ่านการ์ดอินเตอร์เฟซ โดยจะใช้สัญญาณควบคุมจำนวน 5 บิตต่อไอซี MAX306 1 ตัว ซึ่งในส่วนของสัญญาณควบคุมและลักษณะของการมัลติเพล็กซ์สัญญาณสามารถแสดงดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 วงจรภายในของ สัญญาณควบคุมและลักษณะของการมัลติเพล็กซ์สัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.10 เราจะนำเอาไอซี MAX 306 มาสร้างเป็นวงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์สำหรับทำหน้าที่ในการเลือกจัดลำดับการส่งสัญญาณออกไปขับหลอดแอลอีดี(LED)แต่ละหลอดเพื่อกำเนิดสัญญาณแสงไปที่วัตถุ โดยลักษณะของวงจรสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.11

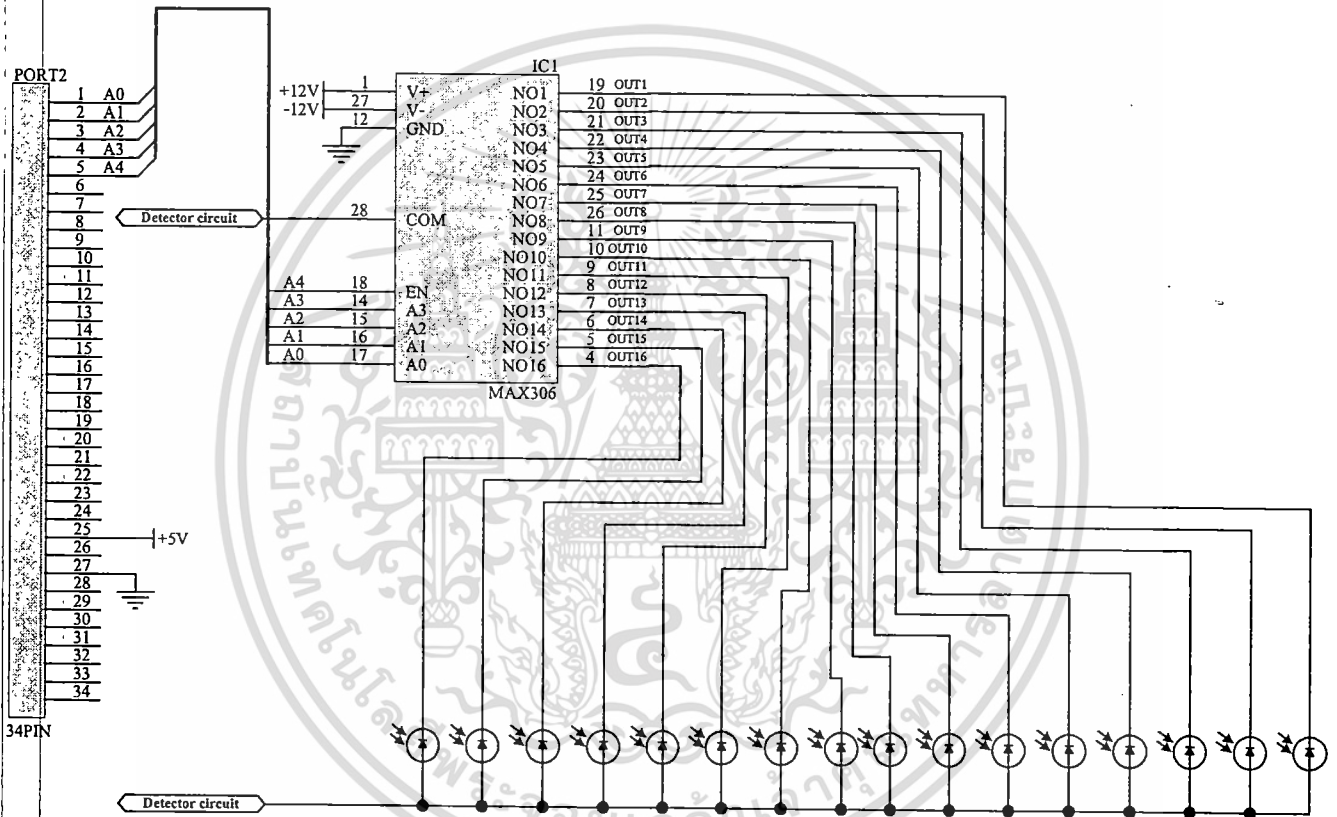


รูปที่ 3.11 วงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์สำหรับจัดลำดับการส่งสัญญาณออกไปขับหลอดแอลอีดี(LED)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.11 วงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์สำหรับจัดลำดับการส่งสัญญาณออกไปขับหลอดแอลอีดี (LED) จะรับสัญญาณอินพุตมาจากวงจรกำเนิดสัญญาณ และรับสัญญาณควบคุมในการเลือกที่จะขับแอลอีดี จากคอมพิวเตอร์ผ่านคาร์ดิเตอร์เฟส โดยสัญญาณเอาท์พุทของวงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์จะถูกขยายโดยทรานซิสเตอร์ก่อนที่ถูส่งไปขับหลอดแอลอีดีต่อไป

สำหรับวงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์ชุดที่สองจะทำหน้าที่ในการเลือกสัญญาณจากโฟโตไดโอด (Photodiode) แต่ละตัวเพื่อส่งให้กับวงจขยายสัญญาณ โดยลักษณะของวงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์ชุดที่สองสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.12

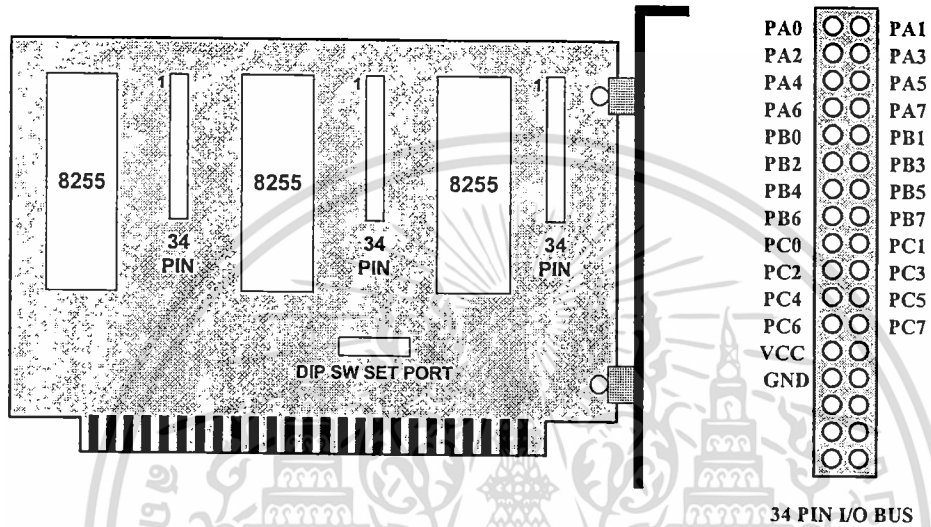


รูปที่ 3.12 วงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์สำหรับเลือกสัญญาณจากโฟโตไดโอด (Photodiode) แต่ละตัวเพื่อส่งให้กับวงจขยายสัญญาณ

จากรูปที่ 3.12 วงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์ชุดนี้จะใช้สำหรับการสำหรับเลือกสัญญาณจากโฟโตไดโอด (Photodiode) แต่ละตัวเพื่อส่งให้กับวงจขยายสัญญาณ โดยการรับสัญญาณควบคุมในการเลือกจากคอมพิวเตอร์ผ่านคาร์ดิเตอร์เฟส

3.7 การ์ดอินเตอร์เฟซ (Interface Card)

การ์ดอินเตอร์เฟซทำหน้าที่ส่งสัญญาณควบคุมจากคอมพิวเตอร์ไปควบคุมวงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์ แต่ ละชุด โดยการด์อินเฟสที่ใช้เป็นของบริษัท ETT รุ่น ET-8255 ซึ่งเป็นการ์ดต่อขยายระบบเครื่อง ไมโครคอมพิวเตอร์ให้มีส่วนของอินพุทพอร์ทและเอาต์พุทพอร์ทเพิ่มมากขึ้น โดยในส่วนของการ์ด อินเตอร์เฟสนี้จะมีพอร์ทให้ใช้งานจำนวน 9 พอร์ท หรือ 72 บิต (1 พอร์ทมี 8 บิต) ซึ่งลักษณะและคุณสมบัติ ของการ์ด ET-8255 สามารถแสดงดังรูปที่ 3.13 และตารางที่ 3.3

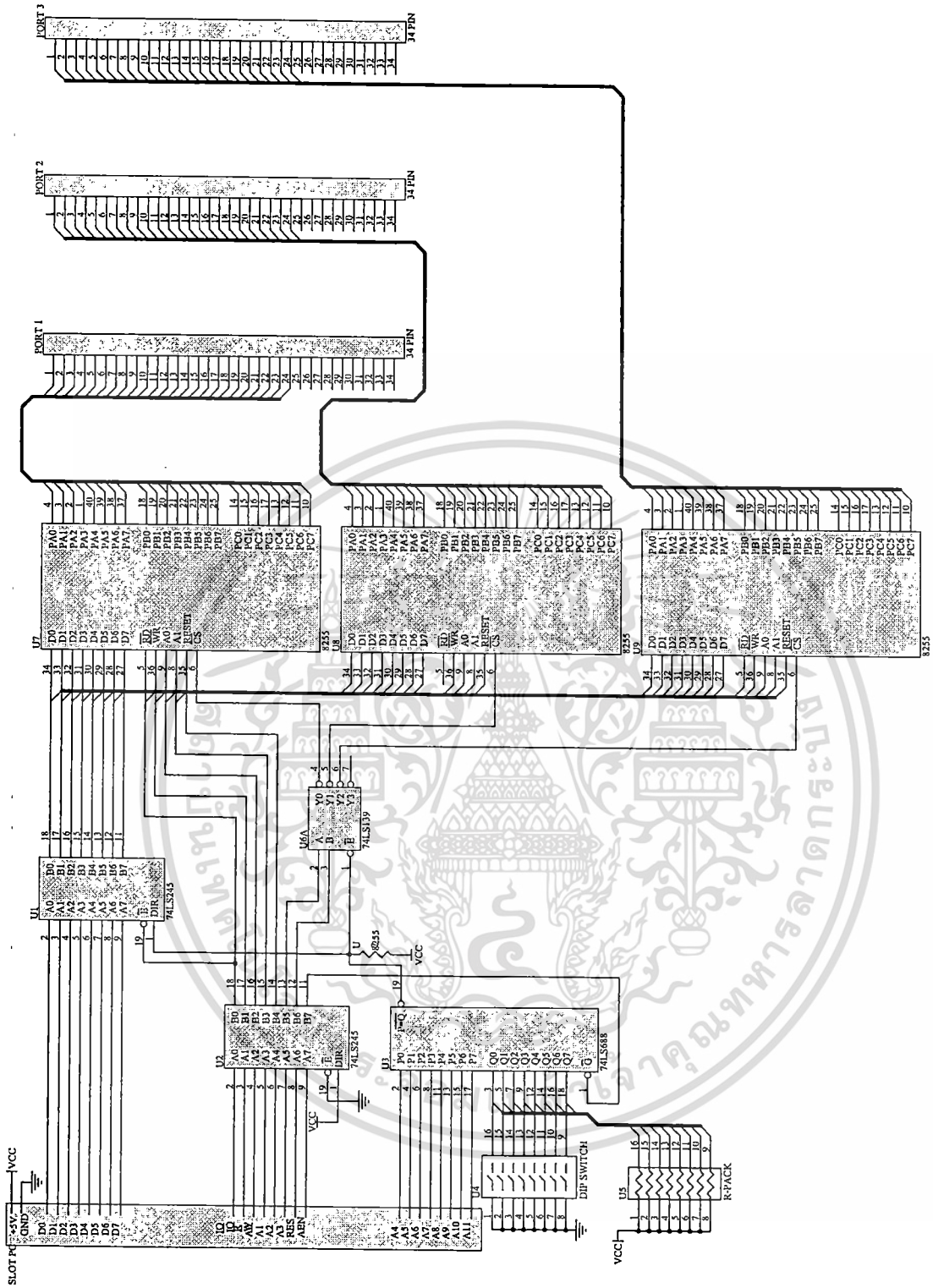


รูปที่ 3.13 ลักษณะของการ์ดอินเตอร์เฟซรุ่น ET - 8255

ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติของการ์ดอินเตอร์เฟซรุ่น ET - 8255

คุณสมบัติของของบอร์ด ET-8255	
INPUT LOGIC LOW	MIN = -0.5 VOLTS , MAX = 0.8 VOLTS
INPUT LOGIC HIGH	MIN = 2.0 VOLTS , MAX = 5 VOLTS
OUTPUT LOW VOLTAGE PORTS (I-SINK = 1.7 mA)	0.45 VOLTS
OUTPUT HIGH VOLTAGE PORTS (I-SOURCE = 200 uA)	2.4 VOLTS
POWER CONSUMPTION	300 mA
SIZE	HALF SLOT (13 X 11 CM).
PORT	3 (8255 I/O PORT 3 X 8 BIT)
CONNECTOR	3 (34 PIN)
DECODE PORT	8 POSITION DIP SW.

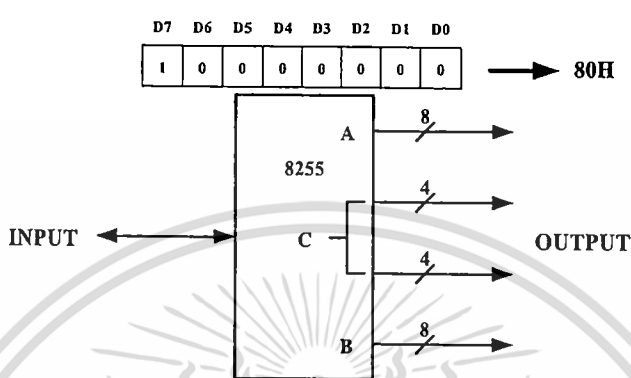
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 วงจรภายในของการ์ด ET-8255

สำหรับรูปที่ 3.14 แสดงลักษณะวงจรของการ์ด ET-8255 ซึ่งจะประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆคือ ส่วนของไอซี 8255 ซึ่งทำหน้าที่เป็นอินพุตพอร์ทและเอาต์พุตพอร์ท และส่วนของไอซีที่ทำหน้าที่ในการเลือกแอดเดรสของพอร์ท คือ ไอซี 74LS688, 74LS139 และคิพสวิทช์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนในของไอซี 8255 นี้จะมีพอร์ตใช้งาน 3 พอร์ตและพอร์ตควบคุมอีก 1 พอร์ตโดยก่อนที่จะใช้งานไอซี 8255 เราจะต้องส่งสัญญาณควบคุมไปยังพอร์ตควบคุมเพื่อกำหนดให้พอร์ตทั้ง 3 พอร์ตทำหน้าที่เป็นอินพุตหรือเอาต์พุต โดยในระบบเก็บข้อมูลนี้จะกำหนดพอร์ตทั้งหมดให้เป็นเอาต์พุต ซึ่งจะใช้โหมดในการควบคุมเป็นโหมด 0 และคอลโทรลโค้ด(Control Code) 80H ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ลักษณะพอร์ตของไอซี 8255 และสัญญาณควบคุม

ในส่วนของการเลือกแอดเดรสในการใช้งานของการ์ด ET-8255 นี้จะใช้แอดเดรส 300H ถึง 30BH ซึ่งรายละเอียดในการใช้งานแอดเดรสสามารถแสดงดังตารางที่ 3.4

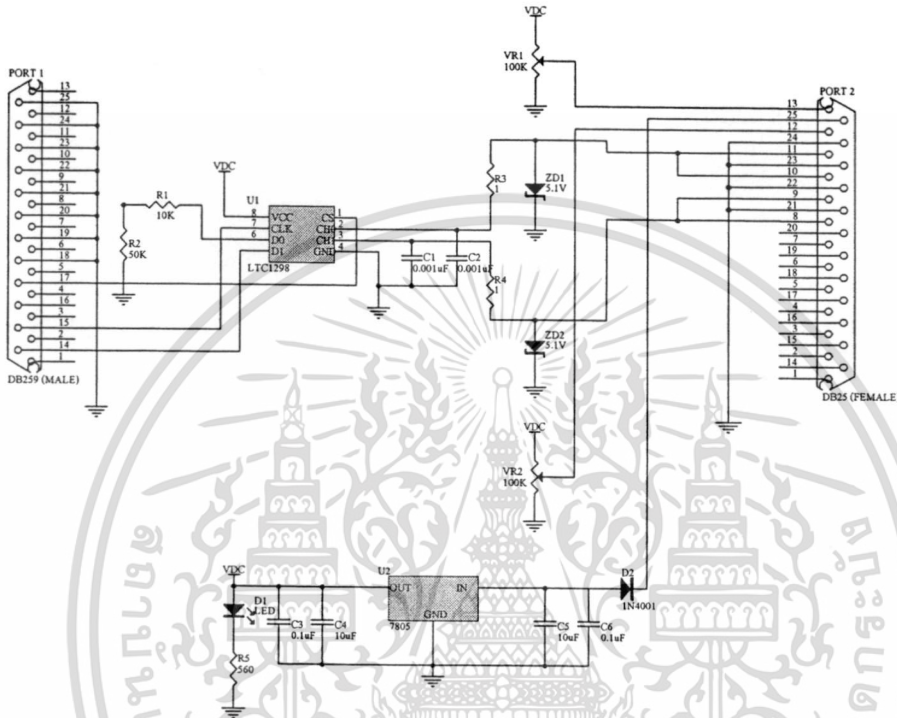
ตารางที่ 3.4 การใช้งานแอดเดรสของการ์ด ET - 8255

ตารางการใช้พอร์ตในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ของการ์ด ET-8255	
หมายเลขพอร์ตในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์	การใช้งานพอร์ตของการ์ด ET-8255
300H	PORT A 8255#1
301H	PORT B 8255#1
302H	PORT C 8255#1
303H	CONTROL PORT 8255#1
304H	PORT A 8255#2
305H	PORT B 8255#2
306H	PORT C 8255#2
307H	CONTROL PORT 8255#2
308H	PORT A 8255#3
309H	PORT B 8255#3
30AH	PORT C 8255#3
30BH	CONTROL PORT 8255#3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 วงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล (A TO D Converter)

สำหรับวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลจะใช้บอร์ดของบริษัท ETT รุ่น ET-AD12 ซึ่งเป็นบอร์ดแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลขนาด 12 บิต ใช้เชื่อมต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ทางพอร์ตเครื่องพิมพ์ (Printer Port) โดยมีลักษณะและคุณสมบัติของวงจรดังรูปที่ 3.16 และตารางที่ 3.5



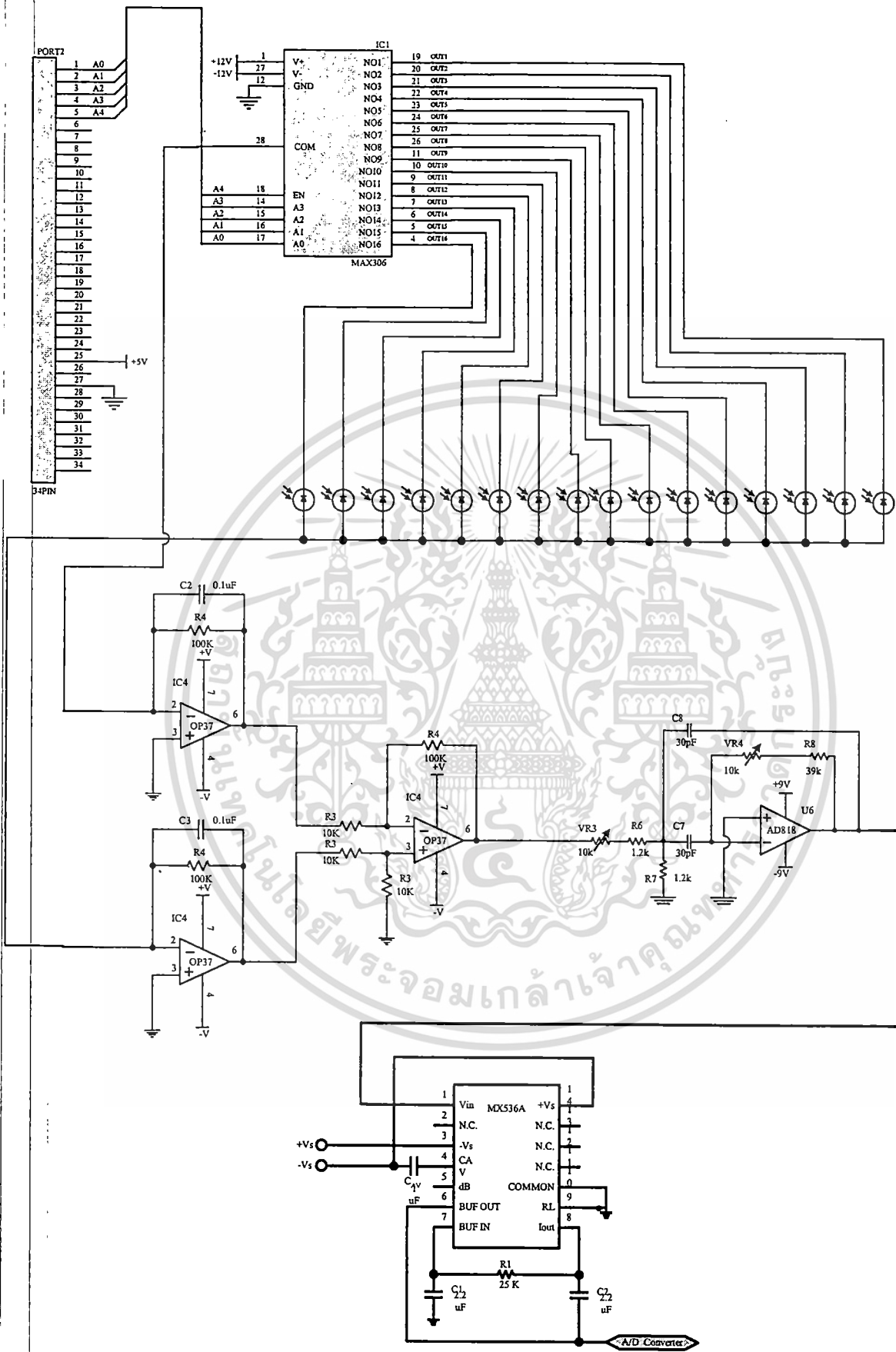
รูปที่ 3.16 วงจรภายในของบอร์ดแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลรุ่น ET-AD12

ตารางที่ 3.5 คุณสมบัติของบอร์ดแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลรุ่น ET-AD12

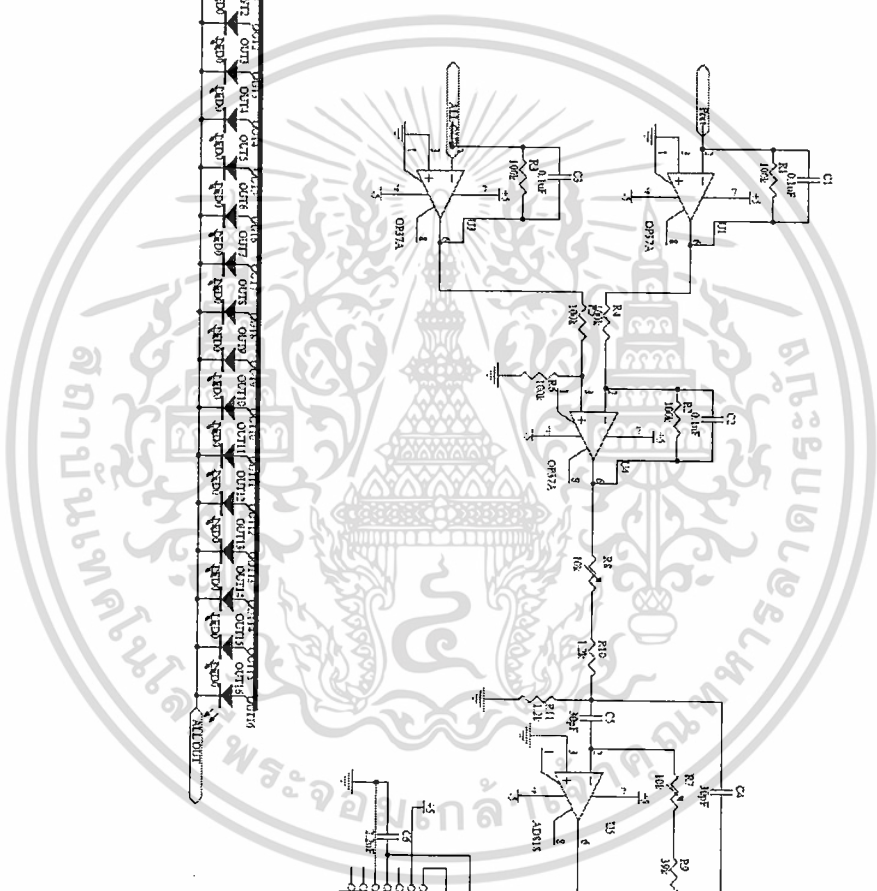
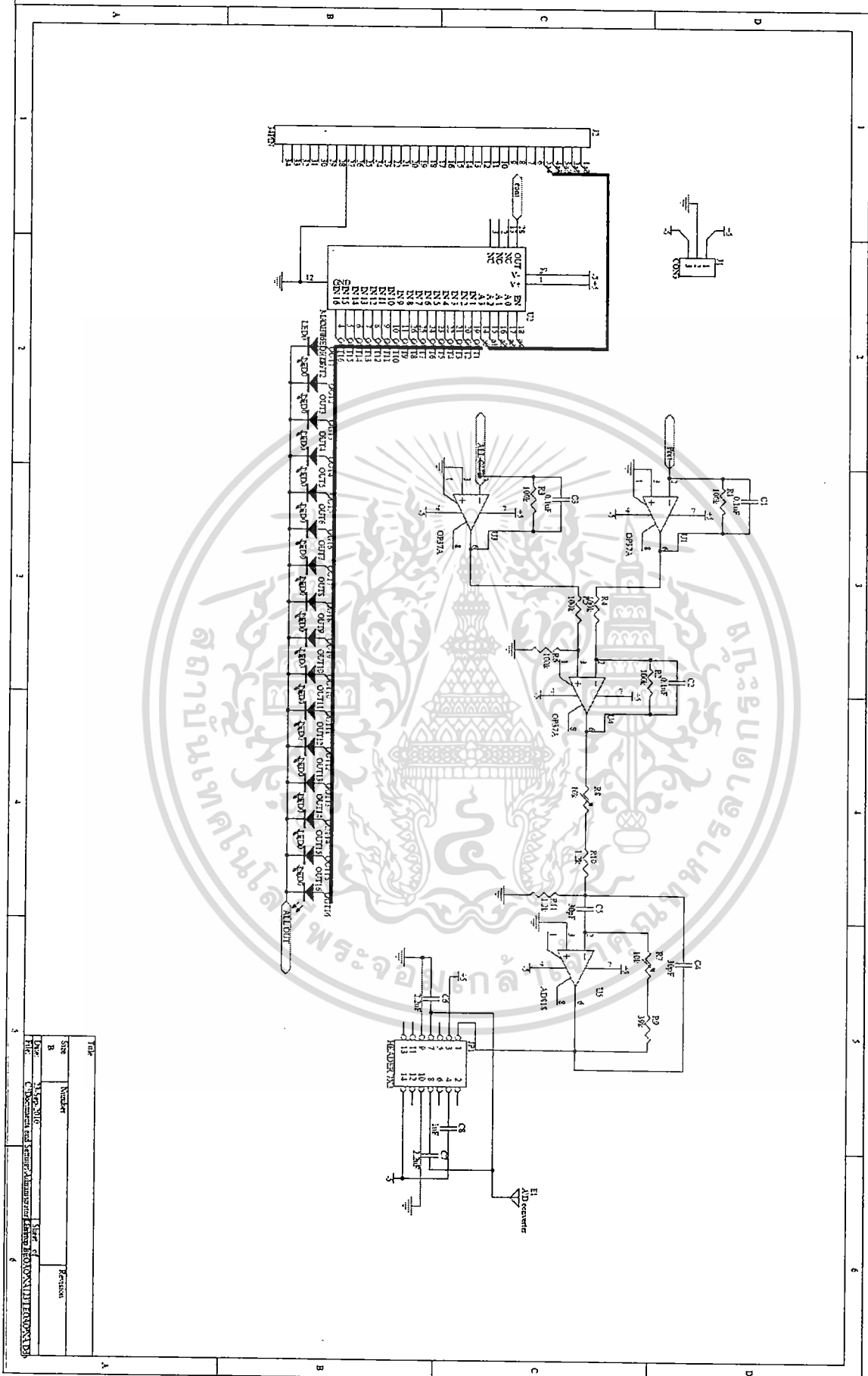
คุณสมบัติของของบอร์ด ET-AD12	
CONVERSION TIME	60 μ S
SAMPLING RATE	11.1 KHz
INPUT CHANNEL	2 CHANNEL
GAIN ERROR	+/- 2 LSB
ANALOG INPUT RANGE	-0.05 V TO +5.05 V
+VCC SUPPLY	+9 VDC

จากวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดสำหรับระบบเก็บข้อมูลที่ออกแบบขึ้นมา เราได้ทำการออกแบบลายวงจรเพื่อสร้างแผ่นลายวงจรพิมพ์ขึ้นมาเพื่อประกอบเป็นระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสงดังรายละเอียดต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

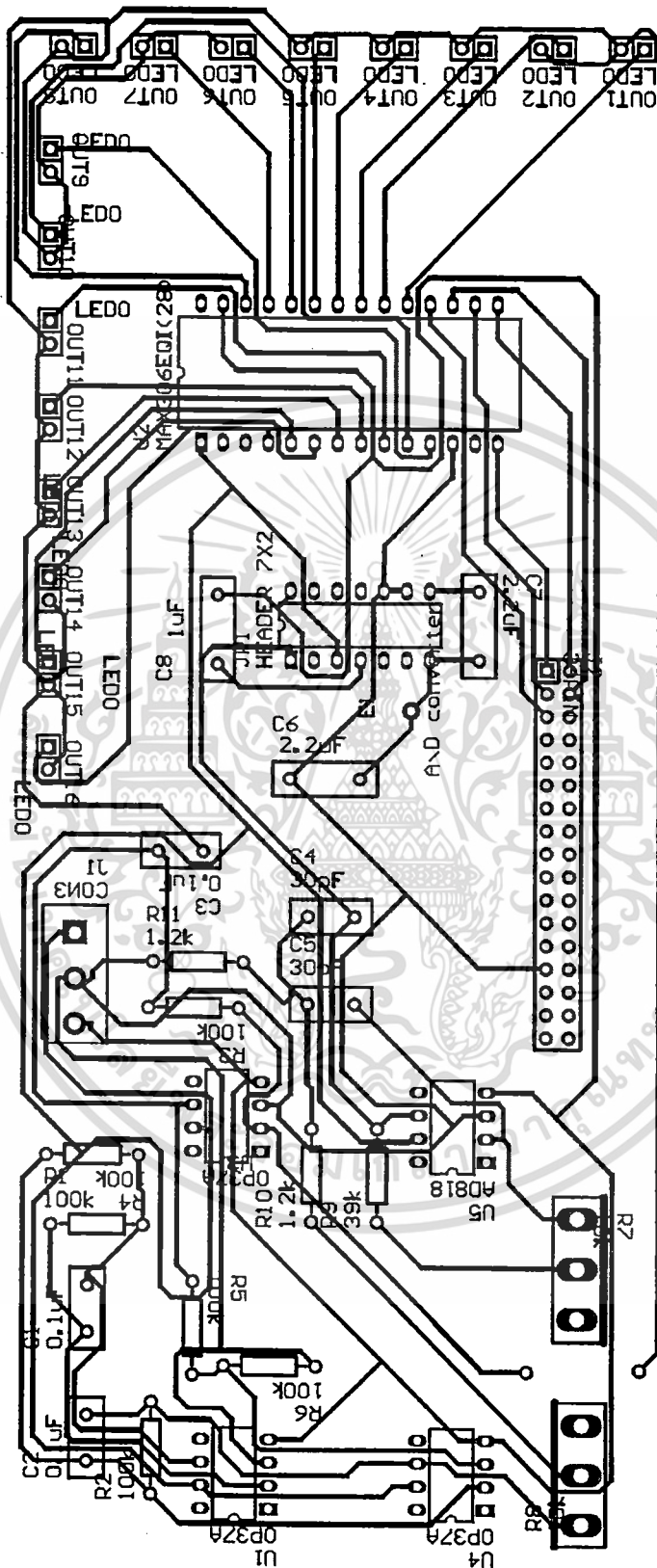


เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนสำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอดไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

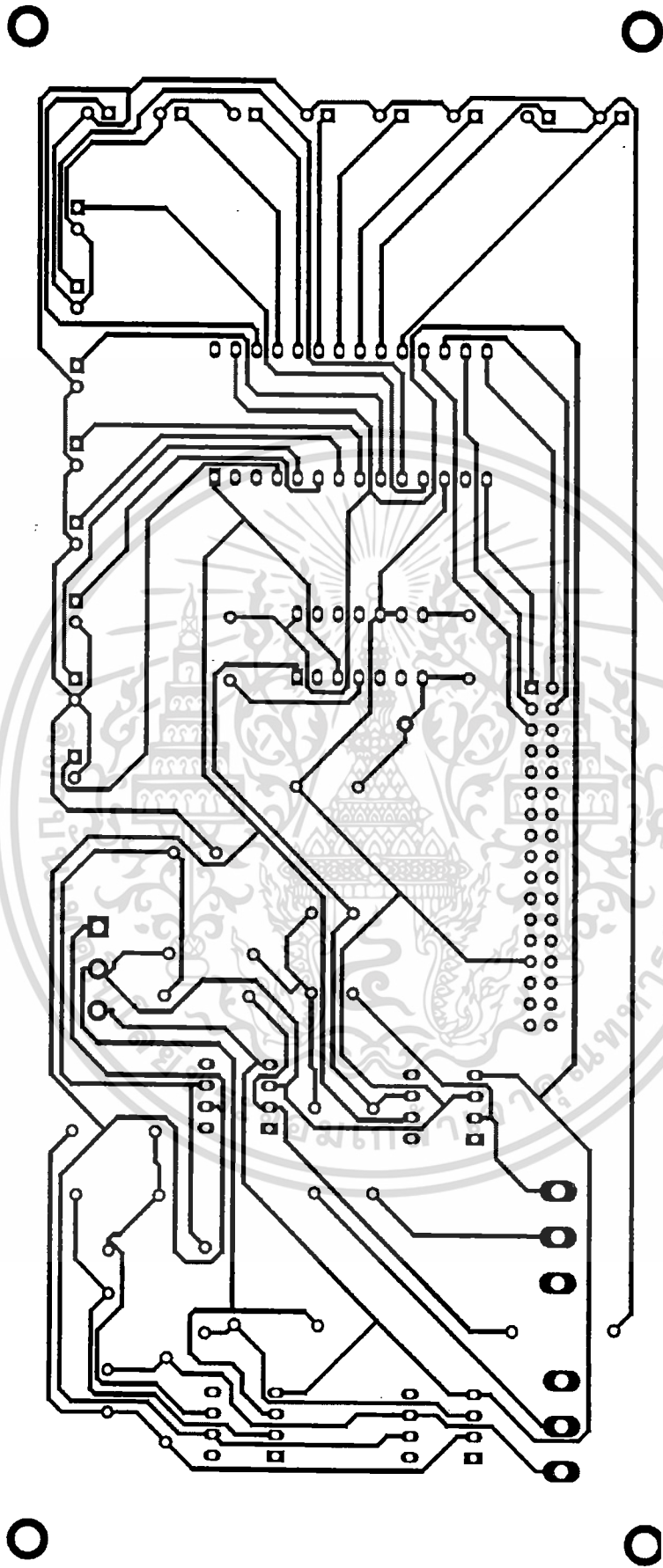


Title		Revision	
Size	Number		
Date		Version	
Drawn by		Checked by	
Checked by		Approved by	

เอกสารนี้เป็นเอกสารลับ การนำออกหรือการปรับแก้โดยไม่ได้รับอนุญาตจะถือว่าผิดกฎหมายและจะดำเนินคดีตามกฎหมายต่อไป
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

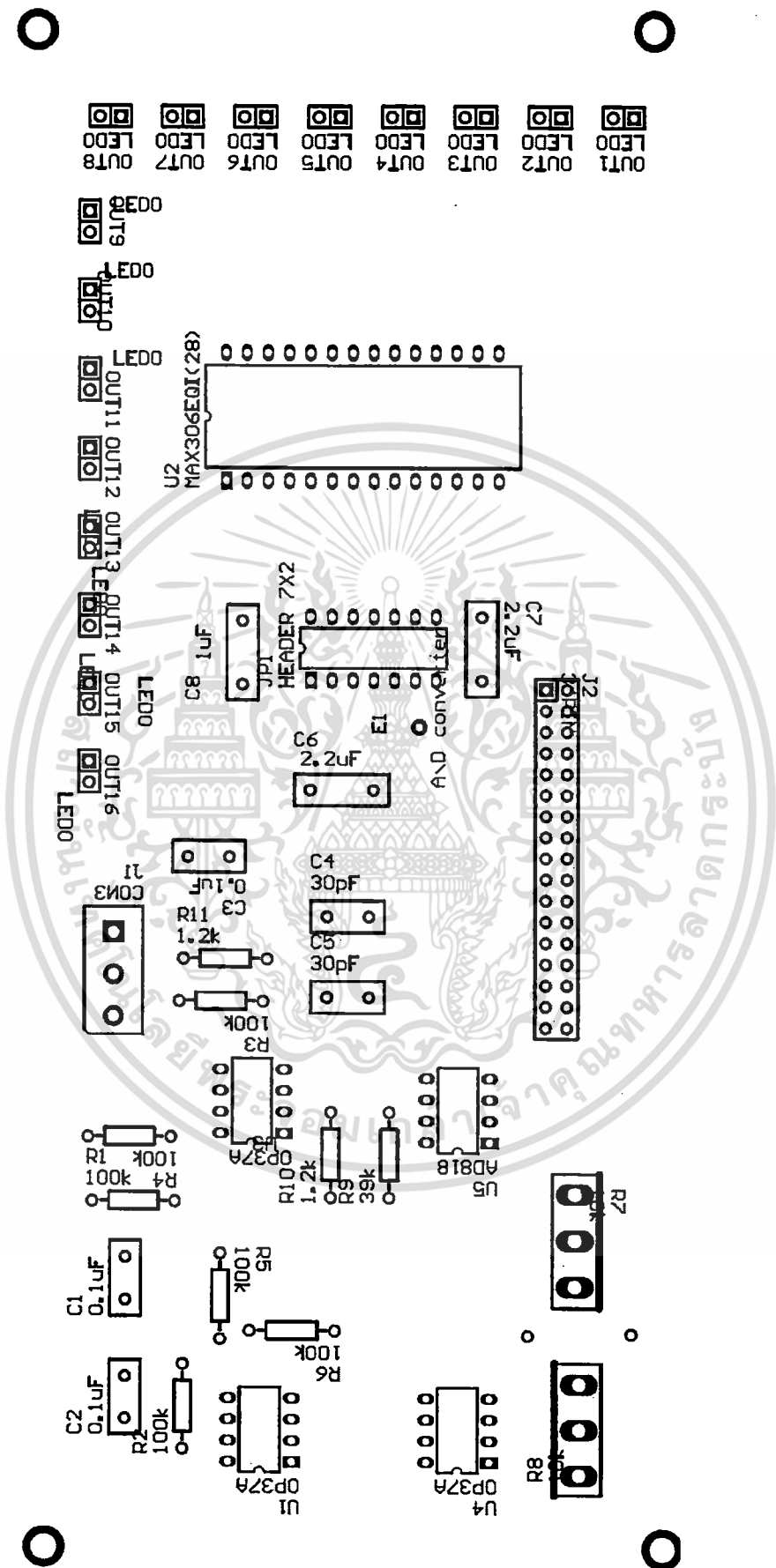


รูปที่ 3.19 ลายวงจรพิมพ์และการลงอุปกรณ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



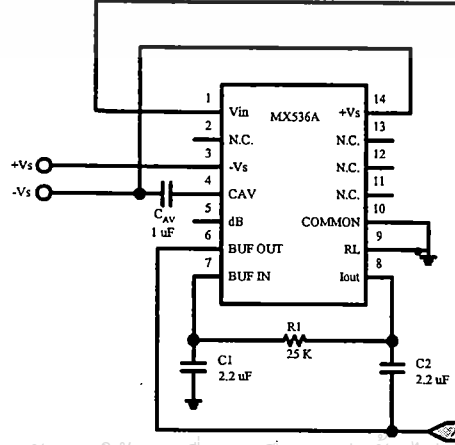
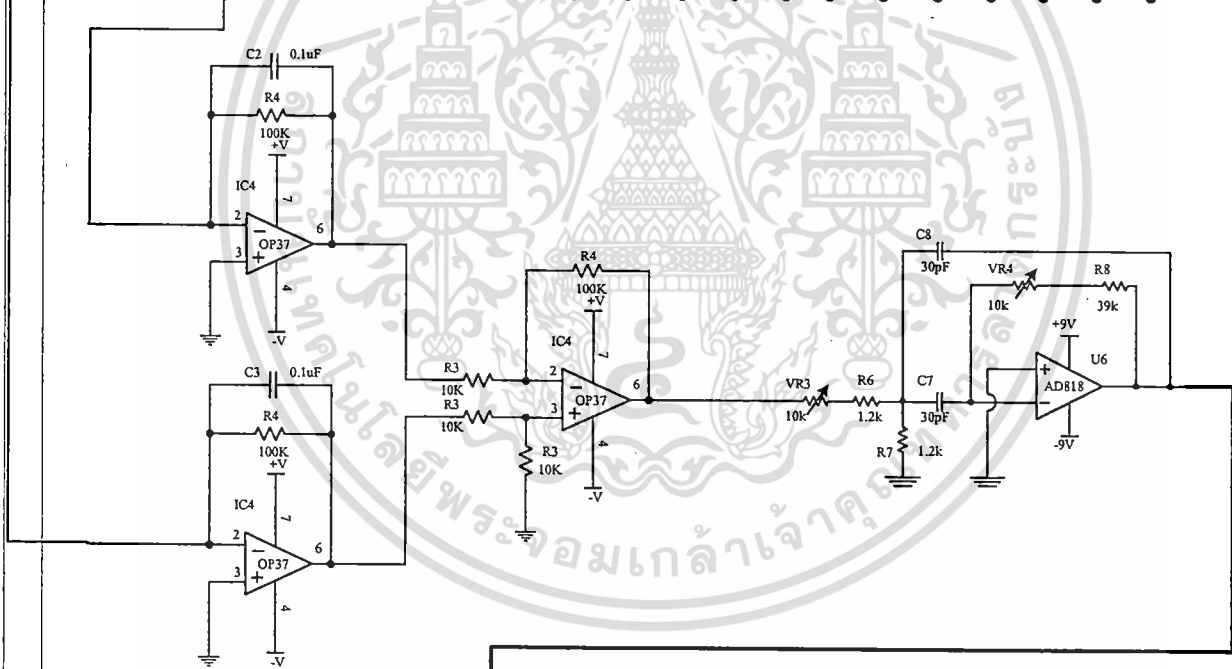
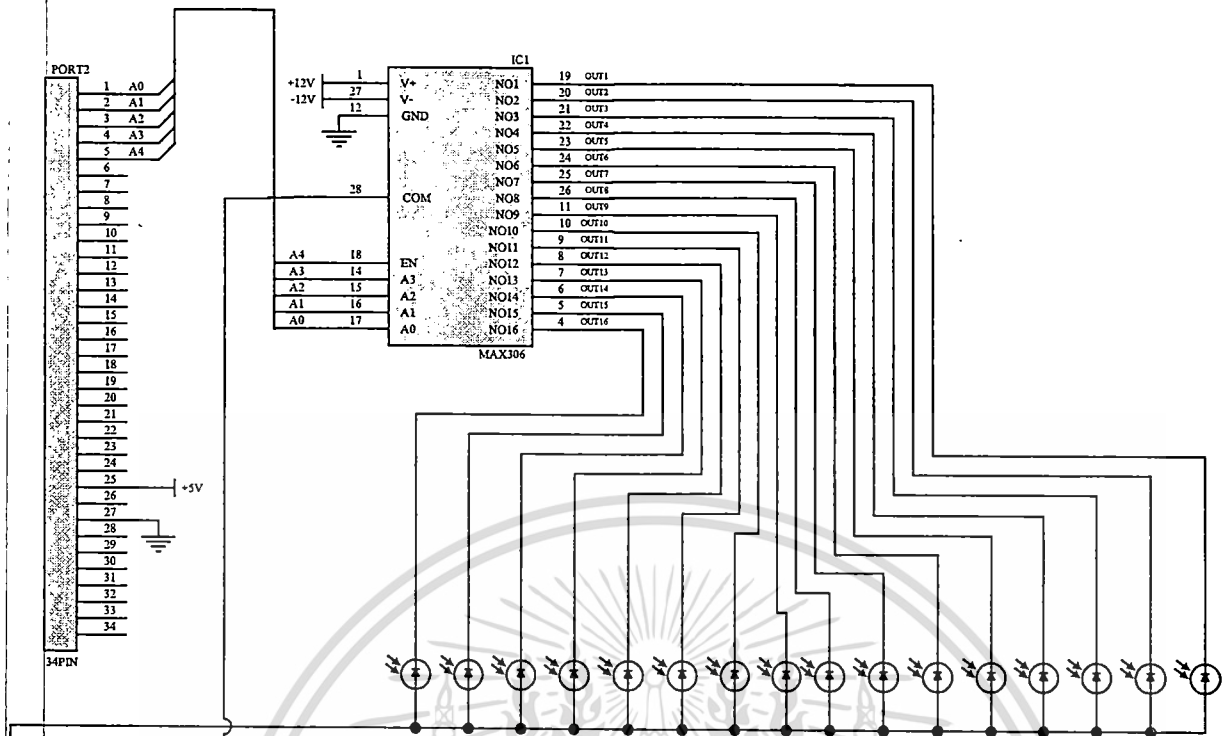
รูปที่ 3.20 ลายวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้เห็นใบแจ้งประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



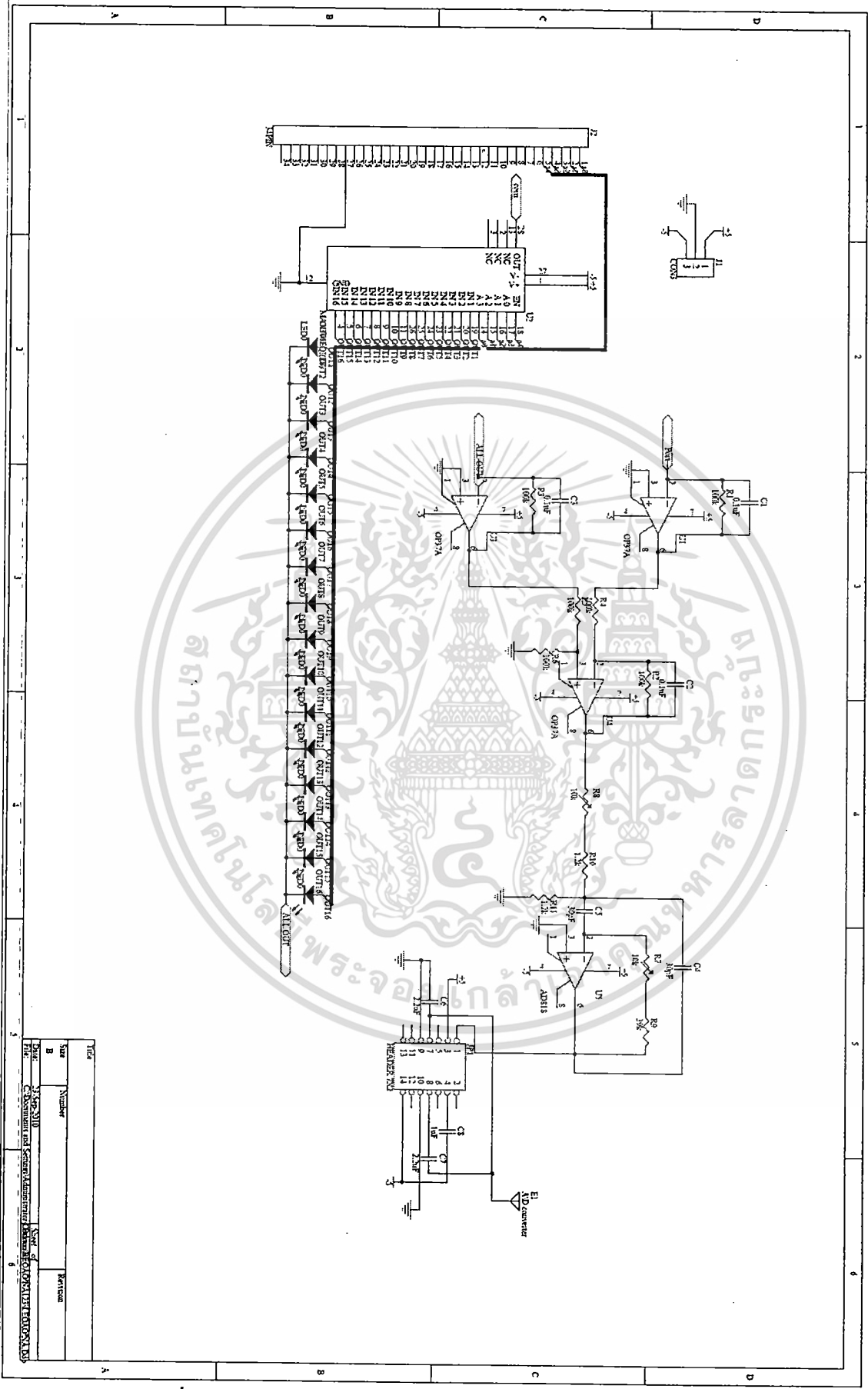
รูปที่ 3.21 การลงอุปกรณ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอด โชนด้านการค้า

แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



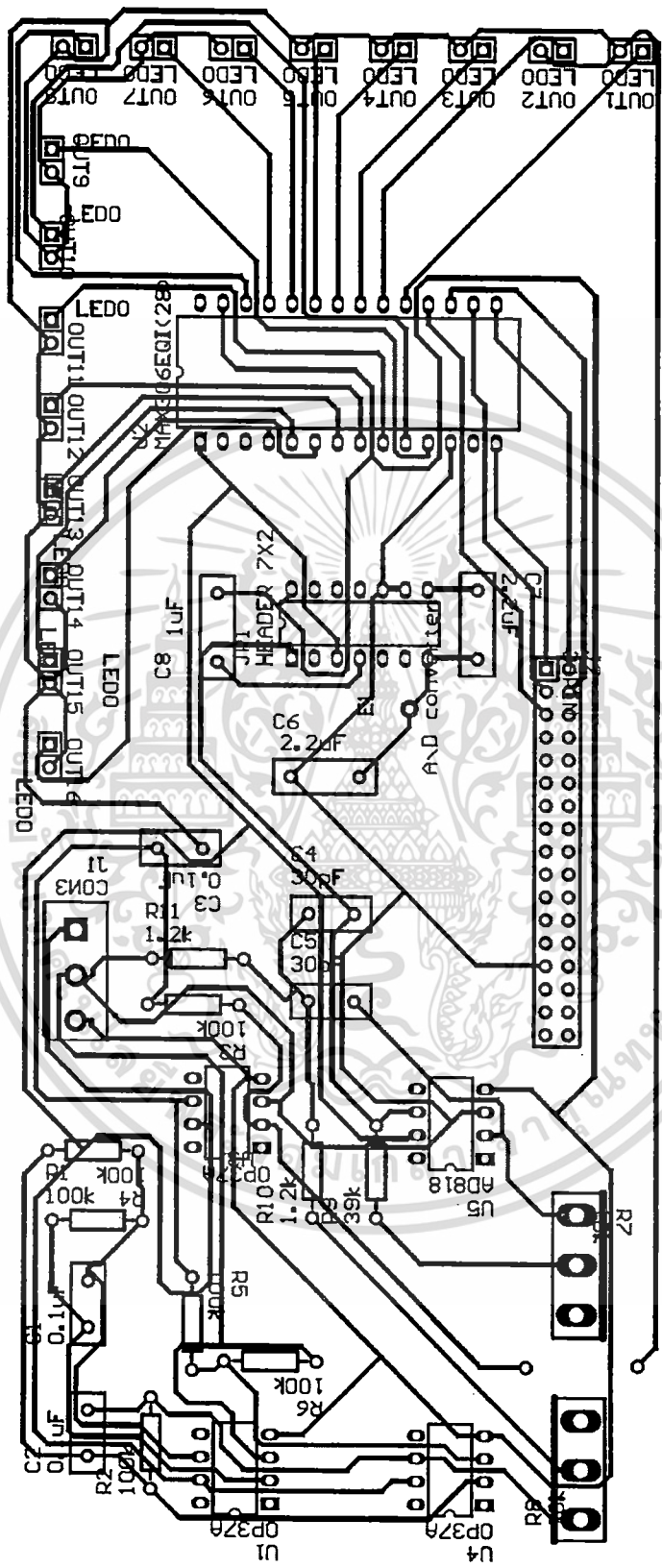
AD Converter

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเอกสารนี้โดยไม่ขออนุญาตนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรรมใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

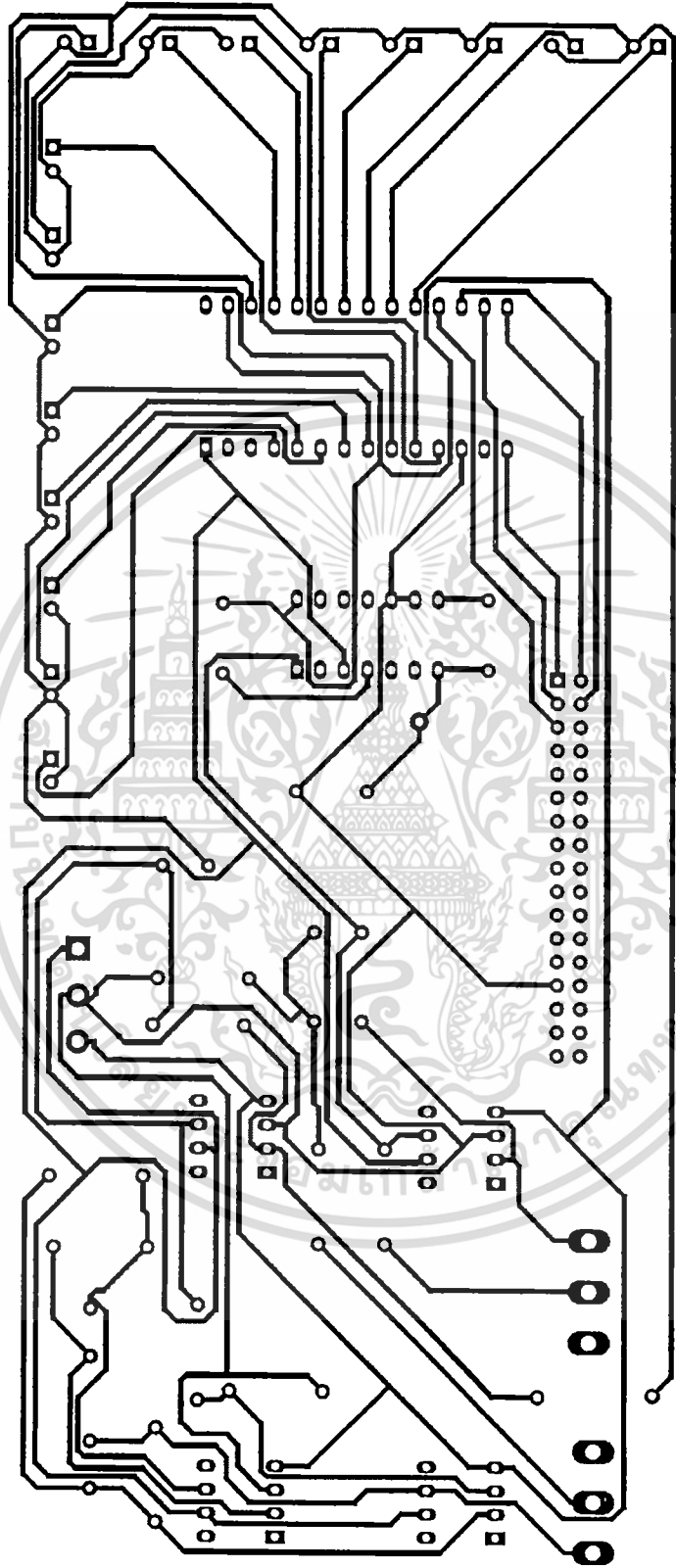


รูปที่ 3.23 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยและพัฒนาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 มาว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



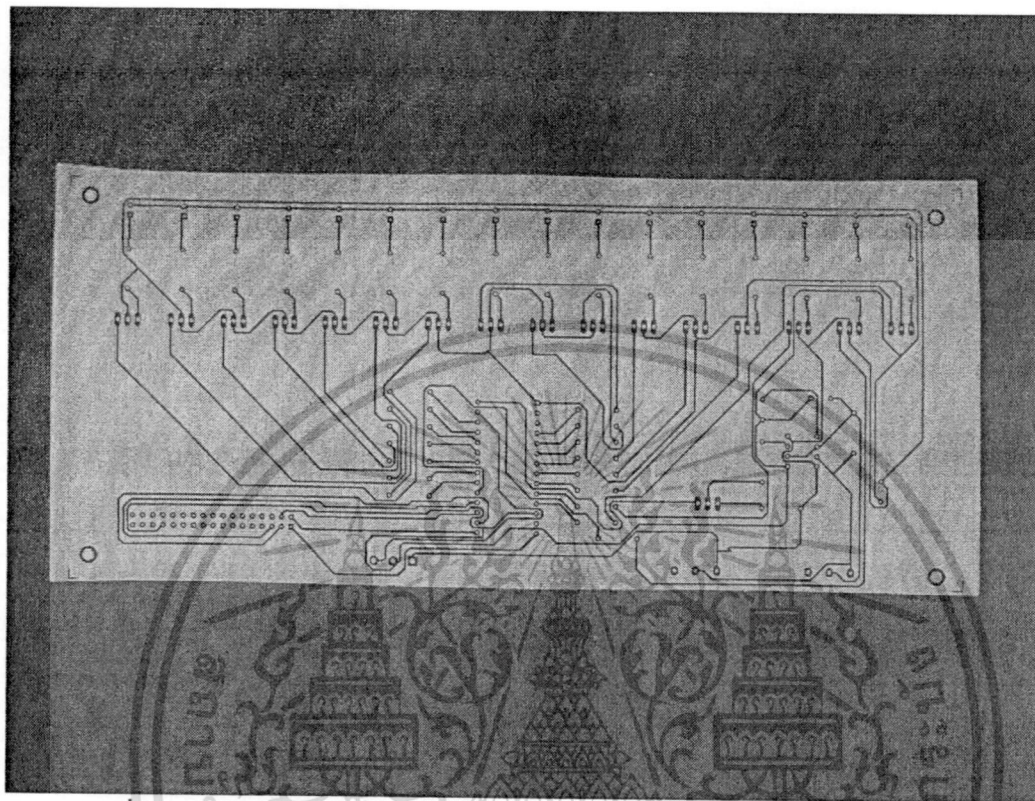
รูปที่ 3.24 ลายวงจรพิมพ์และการลงอุปกรณ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สแกนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



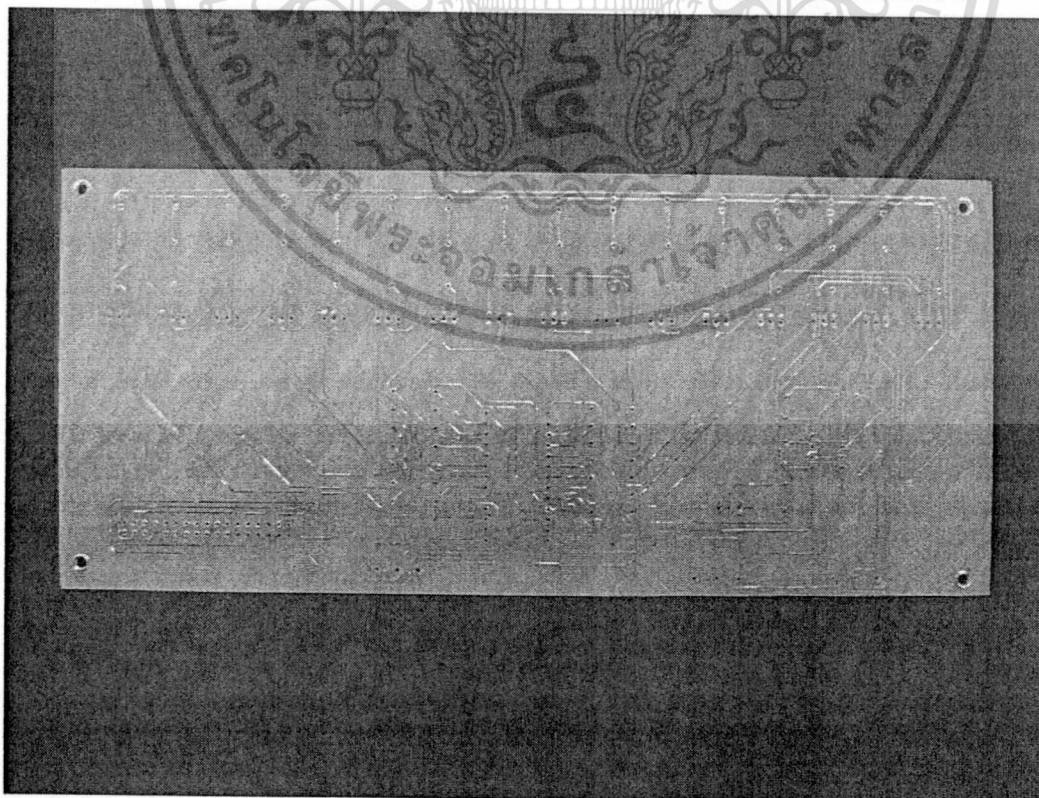
รูปที่ 3.25 ลายวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการออกแบบลายวงจรเพื่อสร้างแผ่นลายวงจรพิมพ์ขึ้นมาเพื่อประกอบเป็นระบบเก็บข้อมูล สำหรับระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสง เราได้ทำการสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ขึ้นมา ดังรายละเอียดต่อไปนี้



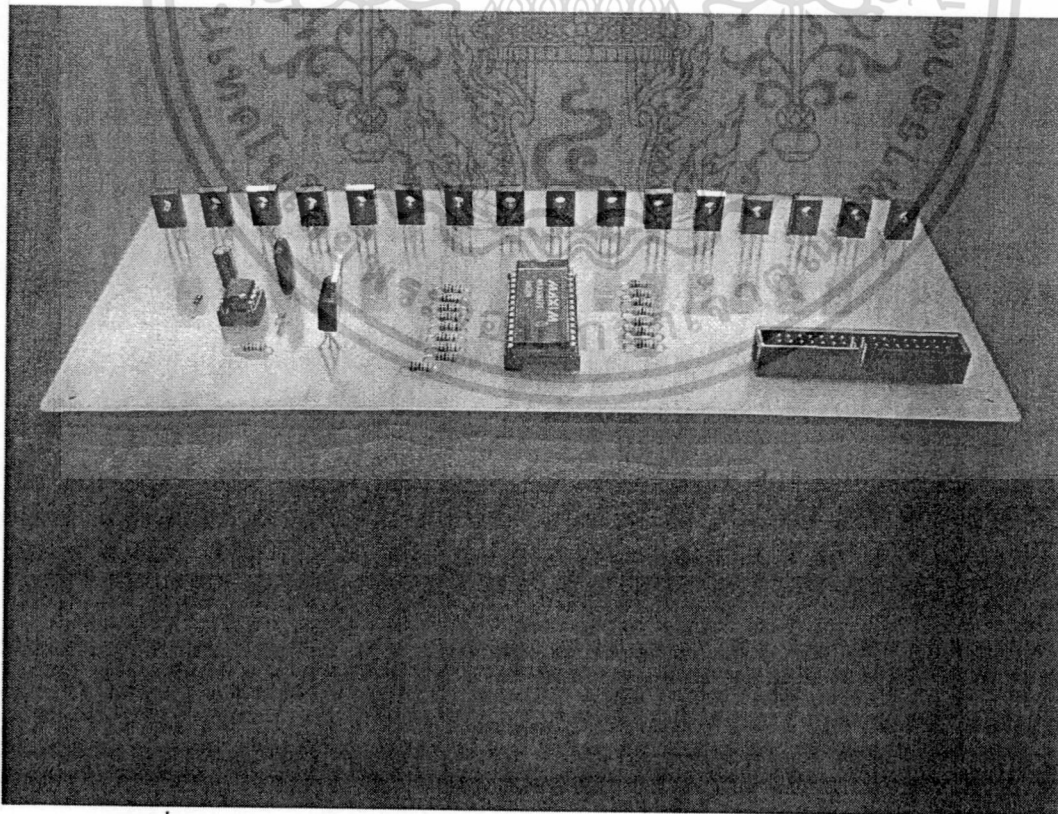
รูปที่ 3.27 แผ่นฟิล์มวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับขับหลอดแอลอีดี



เอกรูปที่ 3.28 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับขับหลอดแอลอีดี(ด้านลายทองแดง)
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

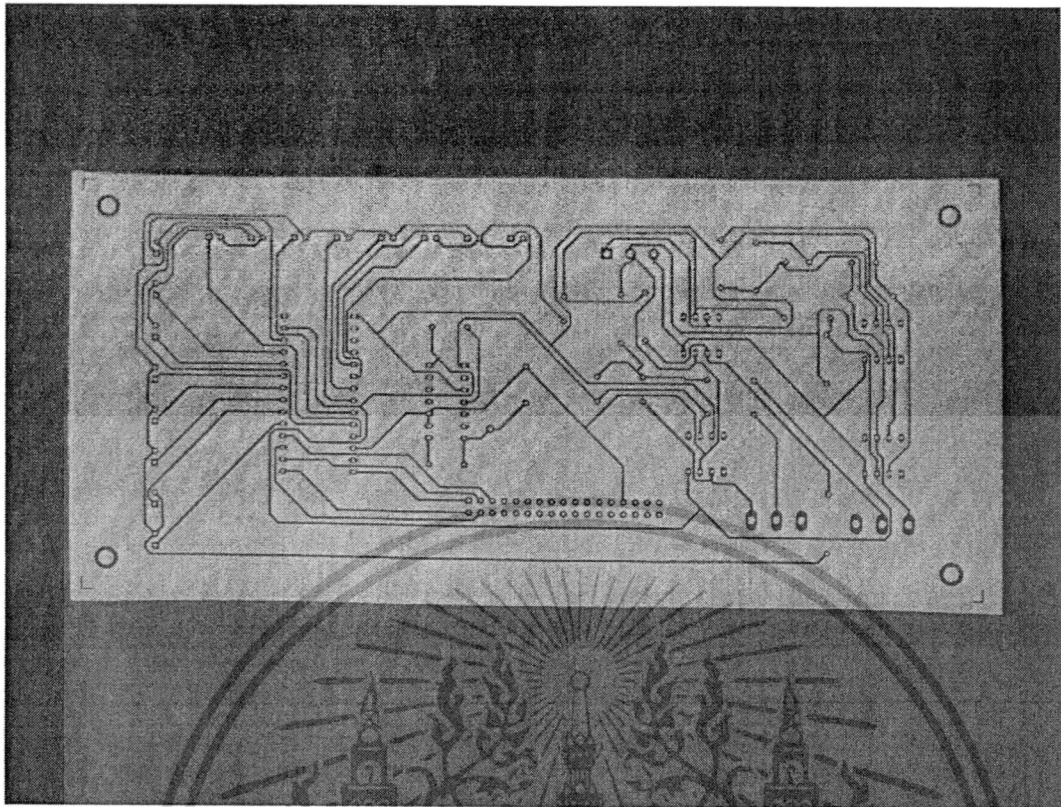


รูปที่ 3.29 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรถอนิกส์สำหรับขับหลอดแอลอีดี(ด้านอุปกรณ์)

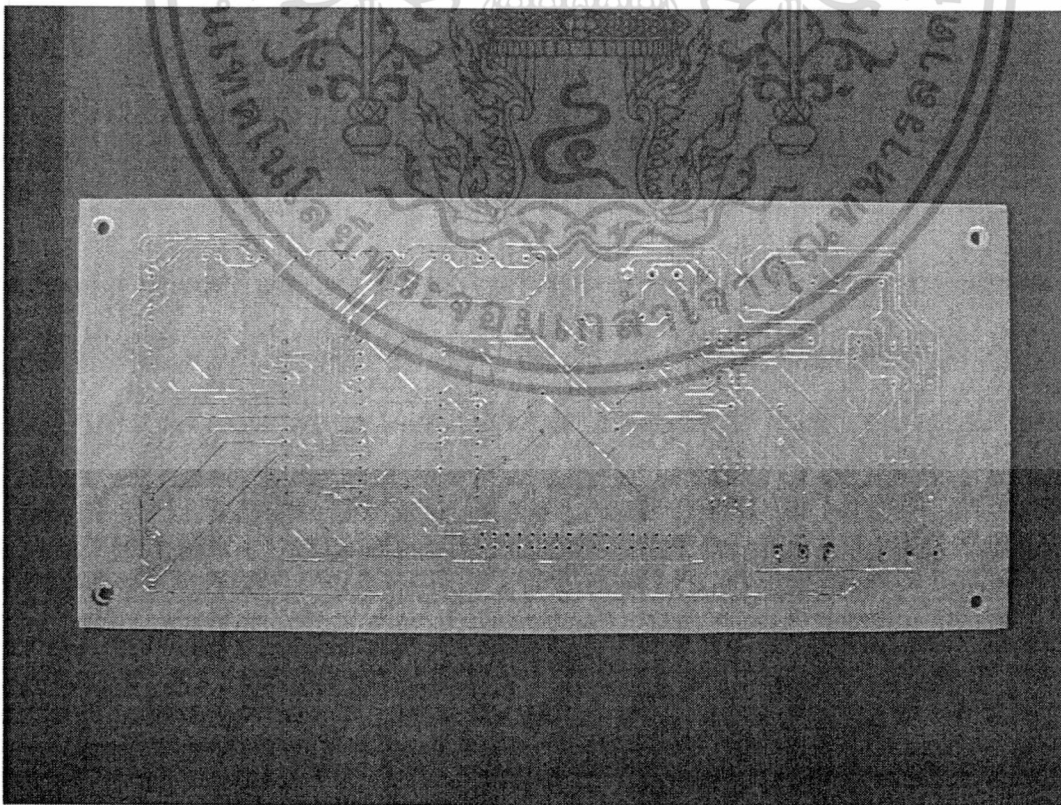


รูปที่ 3.30 การลงอุปกรณ์ของวงจรถอนิกส์สำหรับขับหลอดแอลอีดี

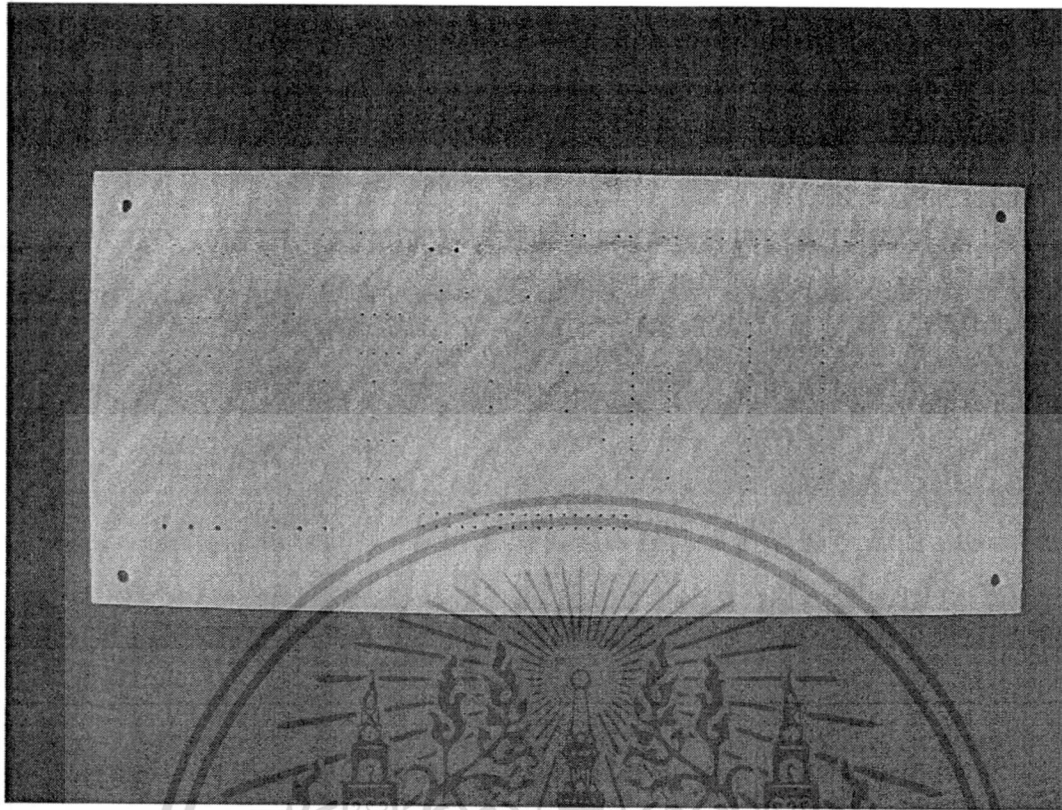
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



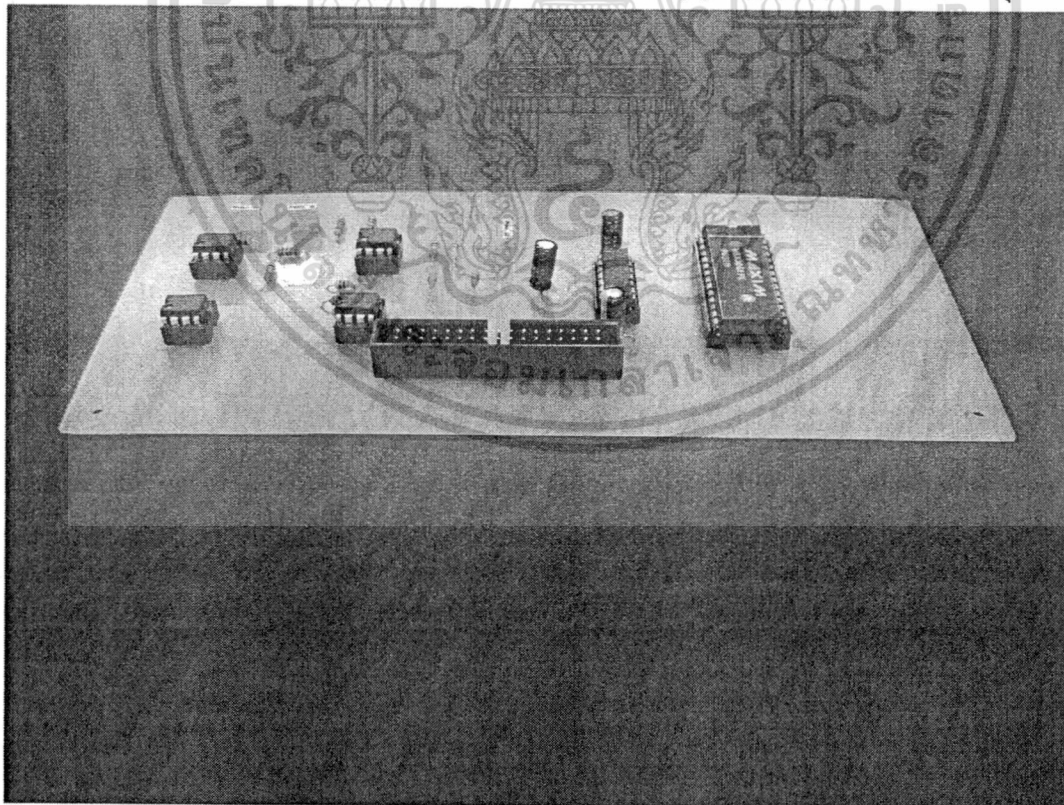
รูปที่ 3.31 แผ่นฟิล์มวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอด



รูปที่ 3.32 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอด(ด้านสายทองแดง)
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.33 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอด(ด้านอุปกรณ์)



รูปที่ 3.34 การลงอุปกรณ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

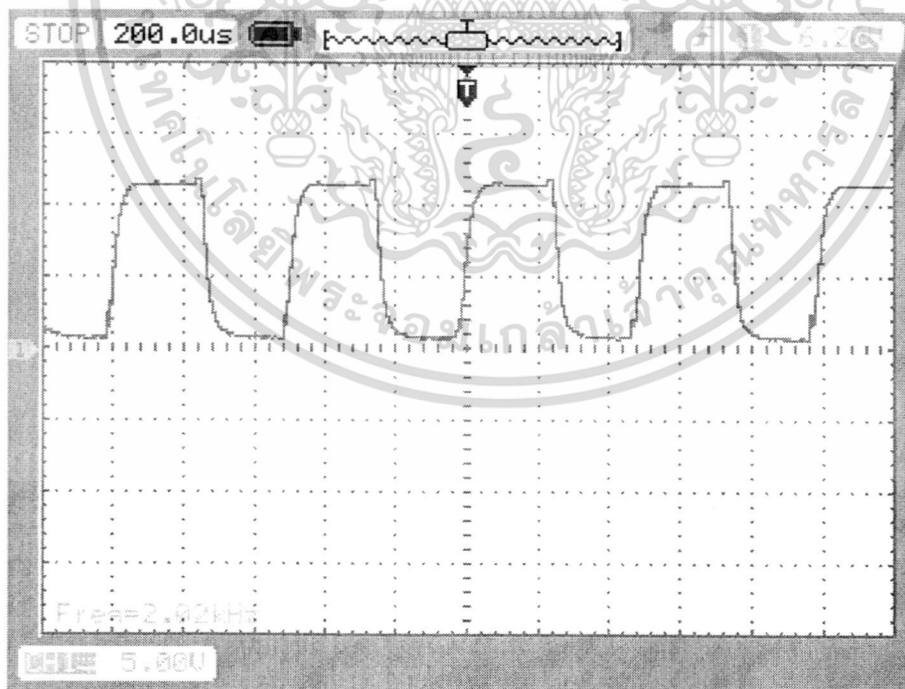
การทดสอบระบบ

สำหรับในบทนี้จะกล่าวถึงการทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในส่วนต่างๆ ที่ทำการสร้างขึ้นมาดังรายละเอียดต่อไปนี้

- การทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับขับหลอดแอลอีดี(LED)และวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอด(Photodiode)
- การทดสอบวงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์ที่ออกแบบขึ้นมา

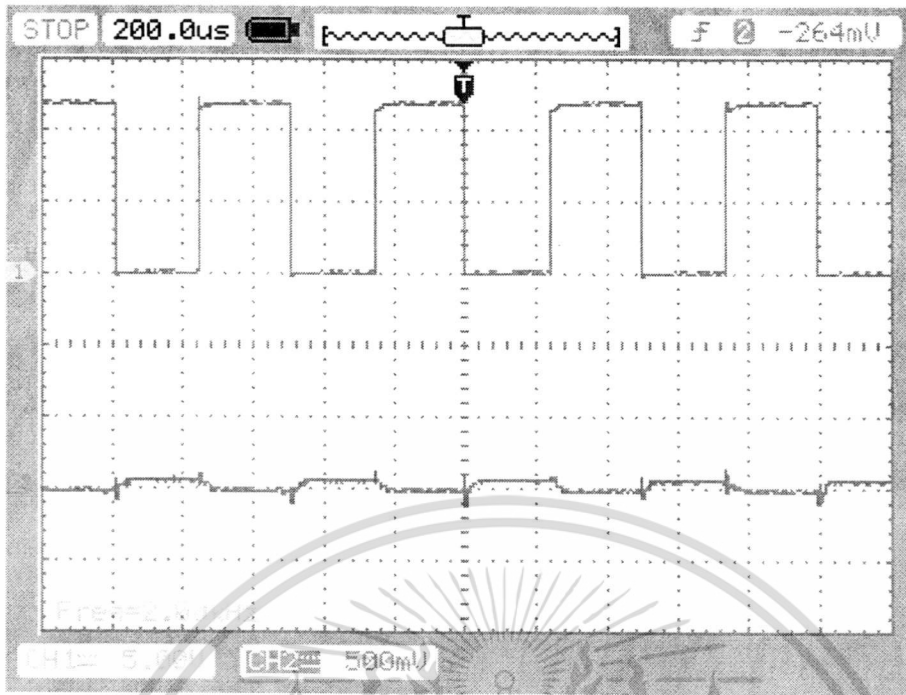
4.1 การทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับขับหลอดแอลอีดี(LED)และวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอด(Photodiode)

จากการทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับขับหลอดแอลอีดี(LED)และวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอด(Photodiode)ที่ใช้ในระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสงสำหรับประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นมา นั้น ลักษณะของสัญญาณในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ส่วนต่างๆ ที่ได้ทำการออกแบบและสร้างไปแล้วสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.1 ถึงรูปที่ 4.7

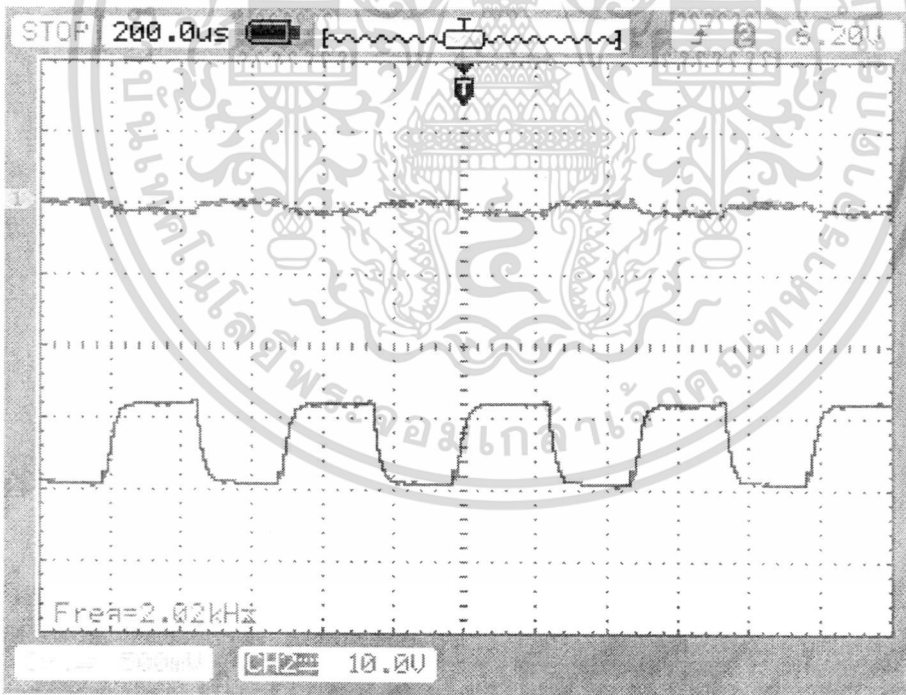


รูปที่ 4.1 ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากวงจรกำเนิดสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

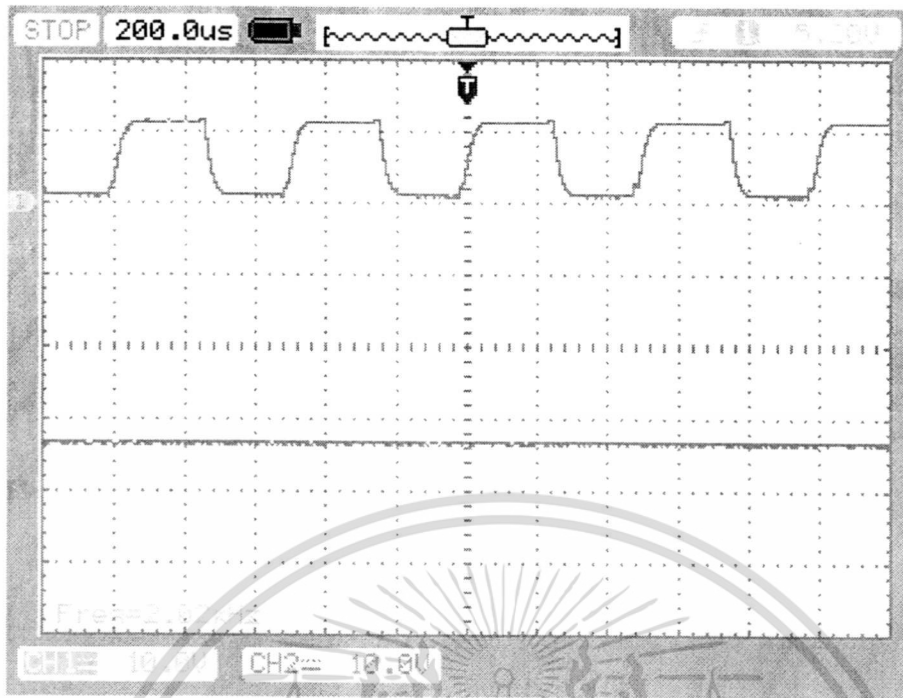


รูปที่ 4.2 ลักษณะสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจรขับแอลอีดีอินฟราเรด

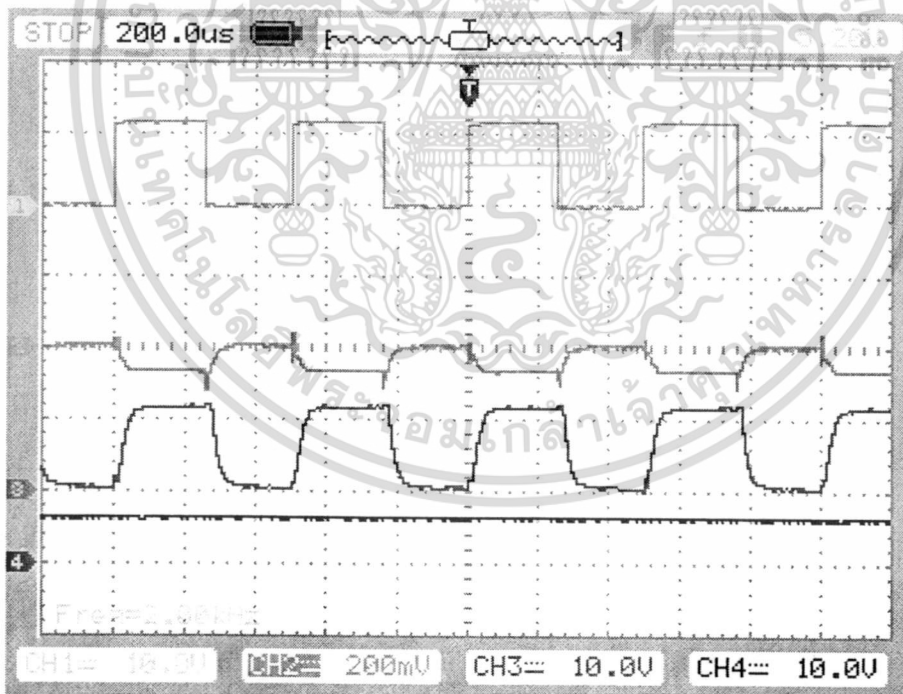


รูปที่ 4.3 ลักษณะสัญญาณที่ได้จากตัวโฟโตไดโอดและแรงดันเอาต์พุตจากวงจรขยายสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

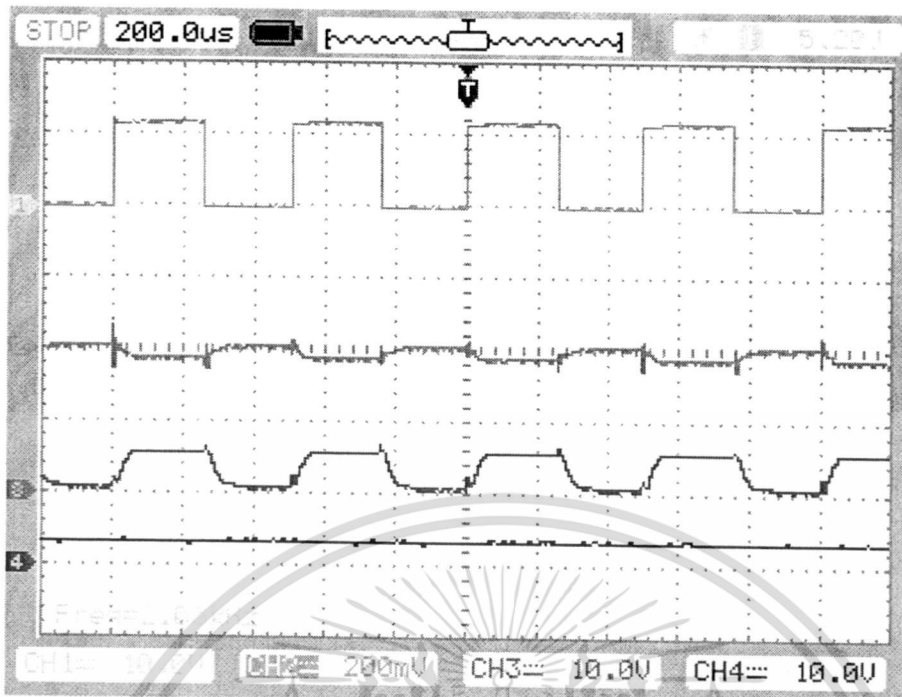


รูปที่ 4.4 ลักษณะของแรงดันอินพุตและเอาต์พุตของวงจรแปลงสัญญาณอาร์เอ็มเอสเป็นดีซี

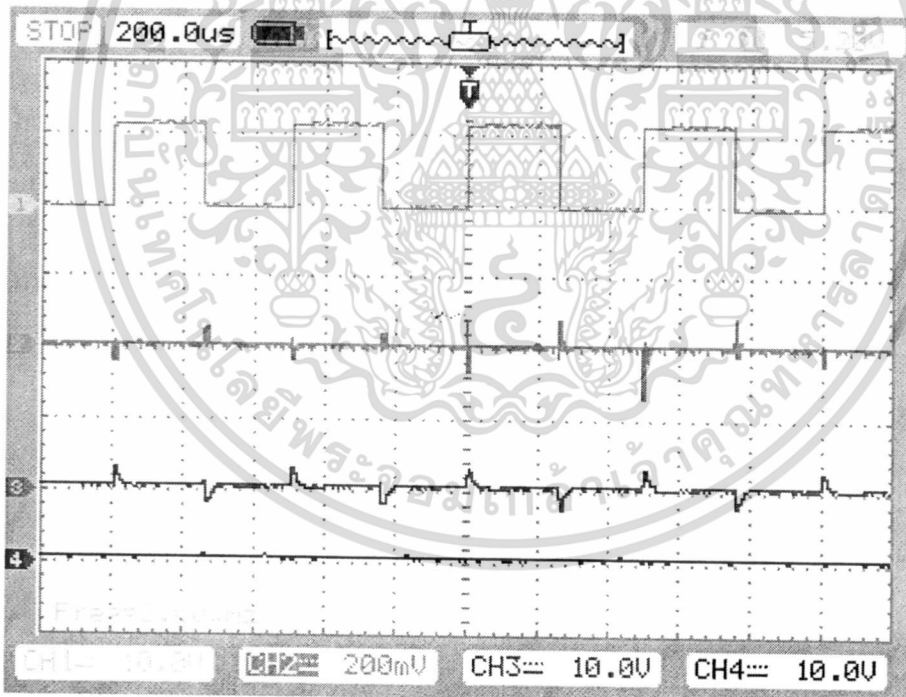


รูปที่ 4.5 ลักษณะของสัญญาณในวงจรส่วนต่างๆ เมื่อไม่มีตัวกลางขวางกั้นระหว่างแอลอีดีอินฟราเรด และโฟโตไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



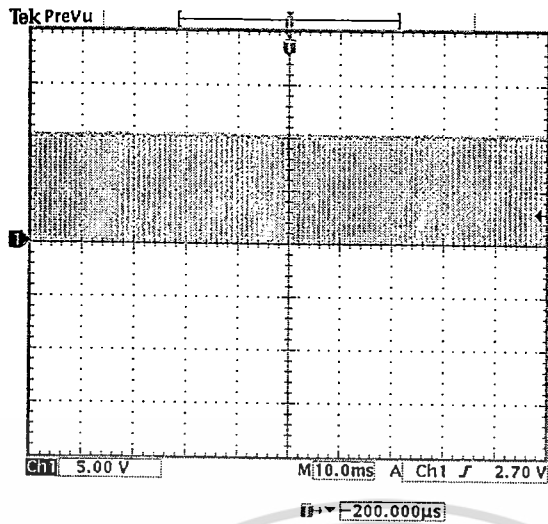
รูปที่ 4.6 ลักษณะของสัญญาณในวงจรส่วนต่างๆ เมื่อมีตัวกลางที่มีความหนาปานกลางวางกั้นระหว่างแอลอีดีอินฟราเรดและโฟโตไดโอด



รูปที่ 4.7 ลักษณะของสัญญาณในวงจรส่วนต่างๆ เมื่อมีตัวกลางที่มีความหนามากวางกั้นระหว่างแอลอีดีอินฟราเรดและโฟโตไดโอด

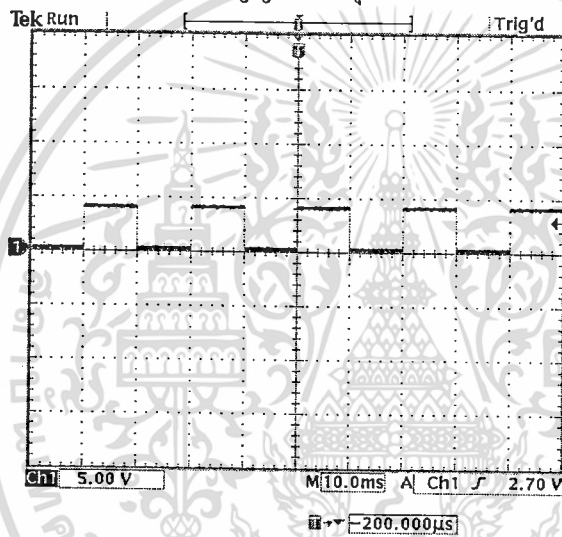
4.2 ผลการทดสอบวงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์ที่ออกแบบขึ้นมา

จากวงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์ที่ได้ทำการออกแบบทางผู้วิจัยได้ทำการสร้างวงจรขึ้นมาเพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของวงจรที่ได้ที่ได้ออกแบบขึ้นมา สำหรับลักษณะของสัญญาณในวงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์ในส่วนต่างๆสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.8 และรูปที่ 4.9 การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



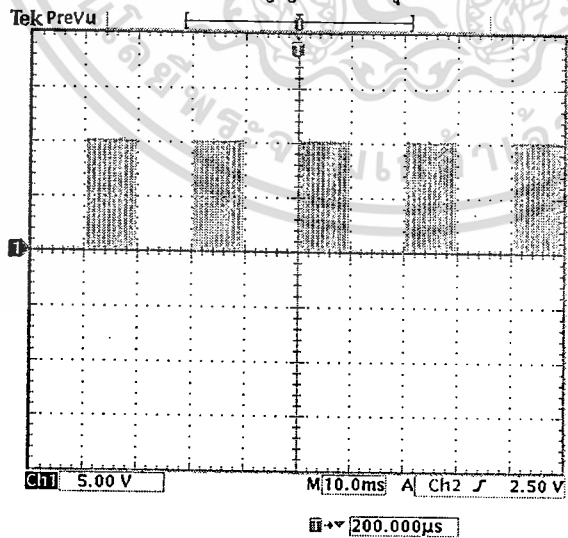
2 Jun 2010
14:46:03

ก. ลักษณะของสัญญาณอินพุทของวงจรมัลติเพิลิกเซอร์



2 Jun 2010
14:43:18

ข. ลักษณะของสัญญาณควบคุมการมัลติเพิลิกเซอร์



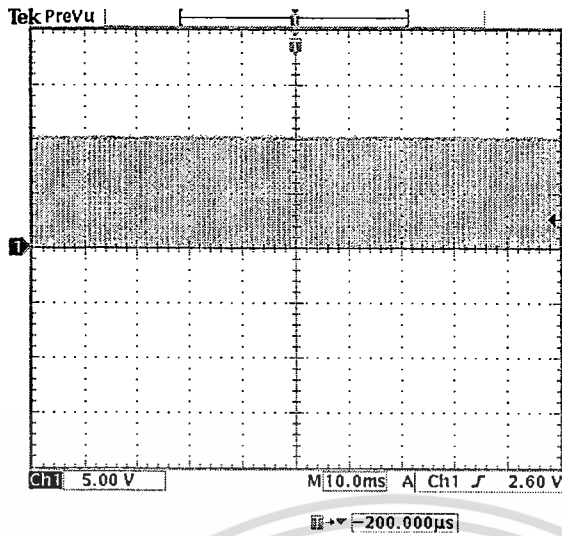
2 Jun 2010
14:39:54

ค. ลักษณะสัญญาณเอาต์พุทของวงจรมัลติเพิลิกเซอร์

รูปที่ 4.8 ลักษณะสัญญาณของวงจรมัลติเพิลิกเซอร์ (ความถี่ของการมัลติเพิลิกส์สัญญาณเท่ากับ 50 ครั้งต่อ

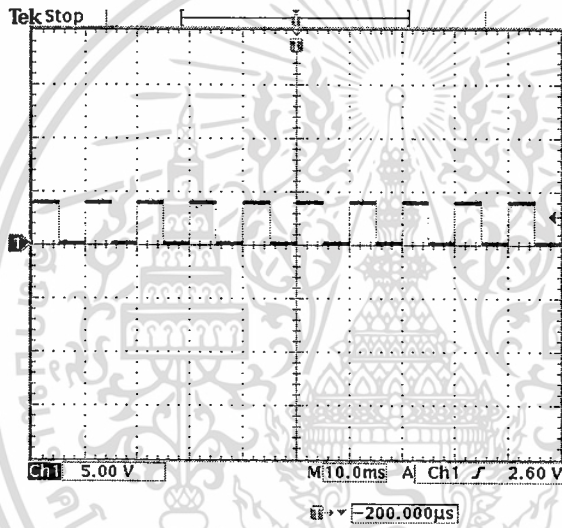
วินาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



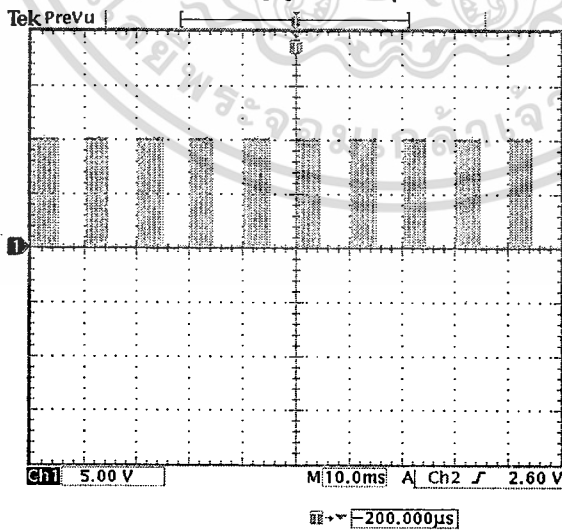
2 Jun 2010
14:51:48

ก. ลักษณะของสัญญาณอินพุทของวงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์



2 Jun 2010
14:51:26

ข. ลักษณะของสัญญาณควบคุมการมัลติเพล็กซ์เซอร์



2 Jun 2010
14:50:31

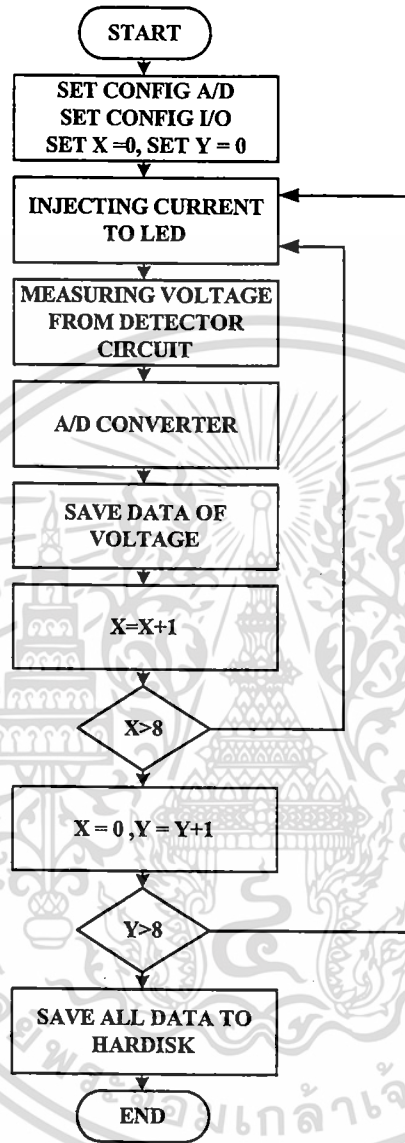
ค. ลักษณะสัญญาณเอาต์พุทของวงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์

รูปที่ 4.9 ลักษณะสัญญาณของวงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์ (ความถี่ของการมัลติเพล็กซ์สัญญาณเท่ากับ 100 ครั้งต่อ

วินาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสงที่พัฒนาขึ้นมาจะต้องใช้โปรแกรมสำหรับการเก็บข้อมูล โดยขั้นตอนในการเก็บข้อมูลต่างๆสามารถเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ขั้นตอนในการเก็บข้อมูลสำหรับระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสง

สำหรับลักษณะของข้อมูลที่วัดได้จากระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสงจะถูกเก็บไว้ในรูปแบบ M ไฟล์ โดยมีลักษณะเป็นเมตริกซ์ขนาด 8X8 ซึ่งพร้อมจะนำไปคำนวณโดยอัลกอริทึมในการสร้างภาพตัดขวางด้วยแสงต่อไป สำหรับลักษณะของข้อมูลที่เก็บไว้ใน M ไฟล์ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{bmatrix} V_{1,1} & V_{1,2} & \dots & \dots & \dots & V_{1,7} & V_{1,8} \\ V_{2,1} & V_{2,2} & \dots & \dots & \dots & V_{2,7} & V_{2,8} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ V_{7,1} & V_{7,2} & \dots & \dots & \dots & V_{7,7} & V_{7,8} \\ V_{8,1} & V_{8,2} & \dots & \dots & \dots & V_{8,7} & V_{8,8} \end{bmatrix}_{8 \times 8}$$

รูปที่ 4.11 ลักษณะของข้อมูลที่วัดได้จากระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสง ที่เก็บไว้ในรูปแบบ M-ไฟล์ซึ่งเป็นเมตริกซ์ของแรงดัน (V) ขนาด 8X8

จากการทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดสำหรับระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสง ผลปรากฏว่าวงจรสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้

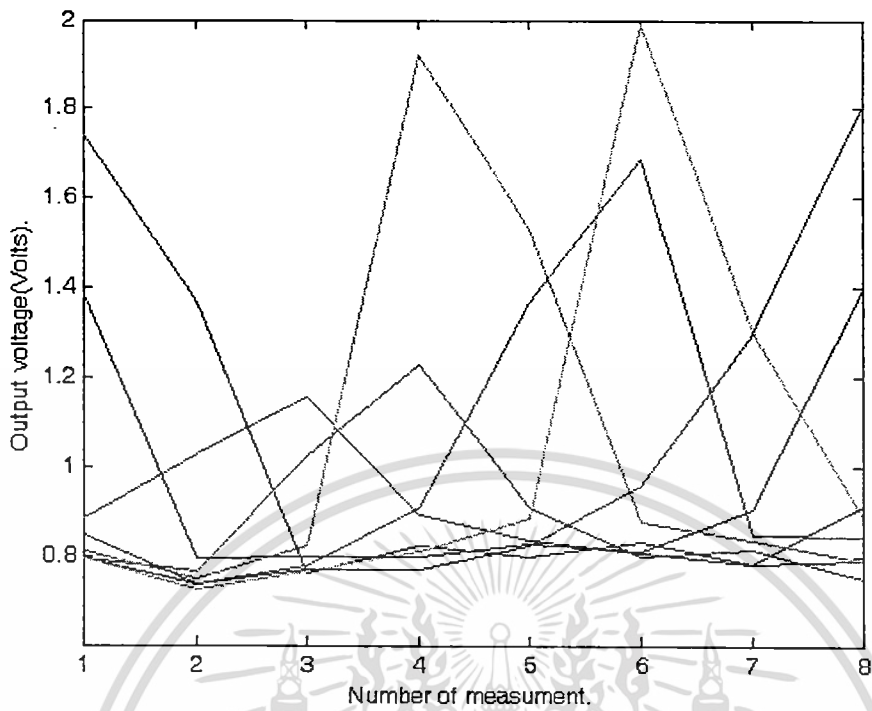
4.3 การทดสอบระบบเก็บข้อมูลที่สร้างขึ้นกับแบบจำลอง(Phantom) ที่สร้างขึ้นมา

สำหรับในหัวข้อนี้จะเป็นการทดสอบระบบเก็บข้อมูลที่สร้างขึ้นกับแบบจำลอง(Phantom) ที่สร้างขึ้นมาที่มีลักษณะแตกต่างกันออกไป โดยมีขั้นตอนการเก็บข้อมูลดังนี้

1. ทำการเปิดไฟเข้าระบบเก็บข้อมูลสำหรับสร้างภาพตัดขวางที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นมา
2. ทำการเปิดคอมพิวเตอร์เพื่อเรียกโปรแกรมสำหรับเก็บข้อมูลขึ้นมา
3. นำวัตถุวางไว้ในแบบจำลองในลักษณะต่างๆ
4. ทำการรันโปรแกรมสำหรับเก็บข้อมูล เครื่องจะทำการวัดและทำการเก็บข้อมูลลงในฮาร์ดดิสก์
5. หลังจากทำการเก็บข้อมูลเสร็จแล้ว ข้อมูลของผลการวัดทั้งหมดจะถูกเก็บไว้ในฮาร์ดดิสก์

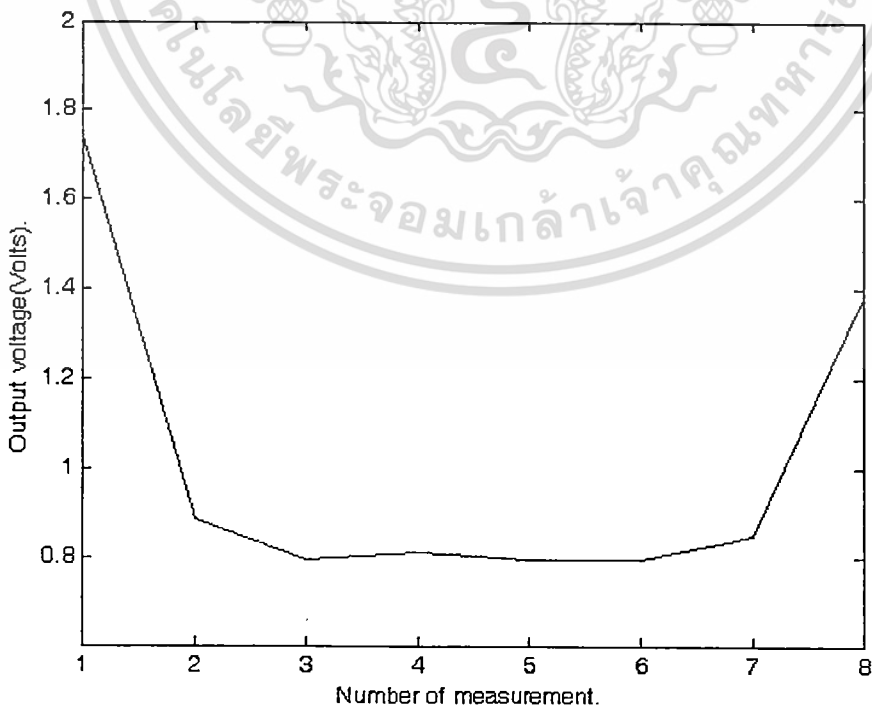
จากขั้นตอนในการเก็บข้อมูลต่างๆดังที่กล่าวมาเราสามารถแสดงลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากแบบจำลองที่นำมาทดสอบดังแสดงในรูปที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



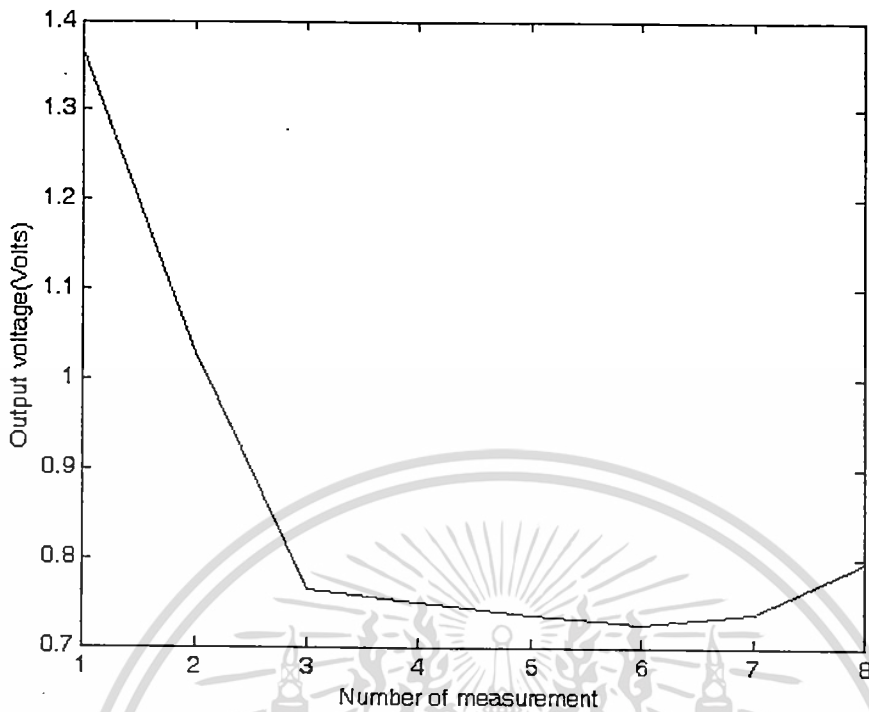
รูปที่ 4.12 ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากแบบจำลองที่นำมาทดสอบ

จากรูปที่ 4.12 เป็นลักษณะของสัญญาณที่วัดได้ทั้งหมดในการเก็บข้อมูลจากการเก็บข้อมูลจากแบบจำลองที่นำมาทดสอบ(8 โปรเจกชัน) สำหรับลักษณะของสัญญาณที่วัดได้ในแต่ละ โปรเจกชัน(สำหรับ โปรแกรมเก็บข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบนี้จะวัดทั้งหมด 8 โปรเจกชัน) สามารถแสดงได้ดังนี้

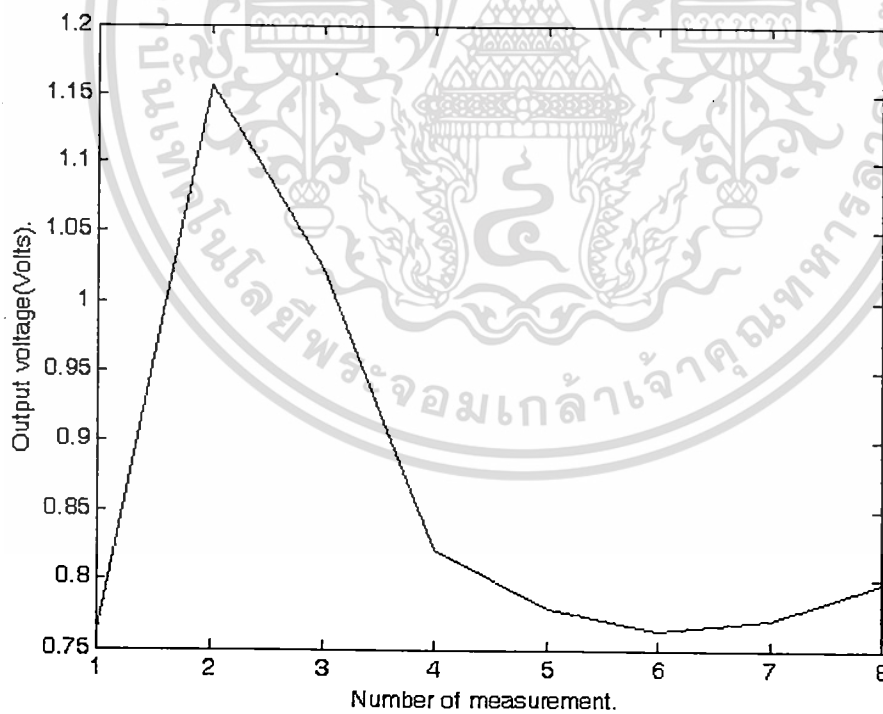


รูปที่ 4.13 ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากแบบจำลองที่นำมาทดสอบ(โปรเจกชันที่ 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารจะถือว่าผิดกฎหมายและต้องรับผิดชอบต่อเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

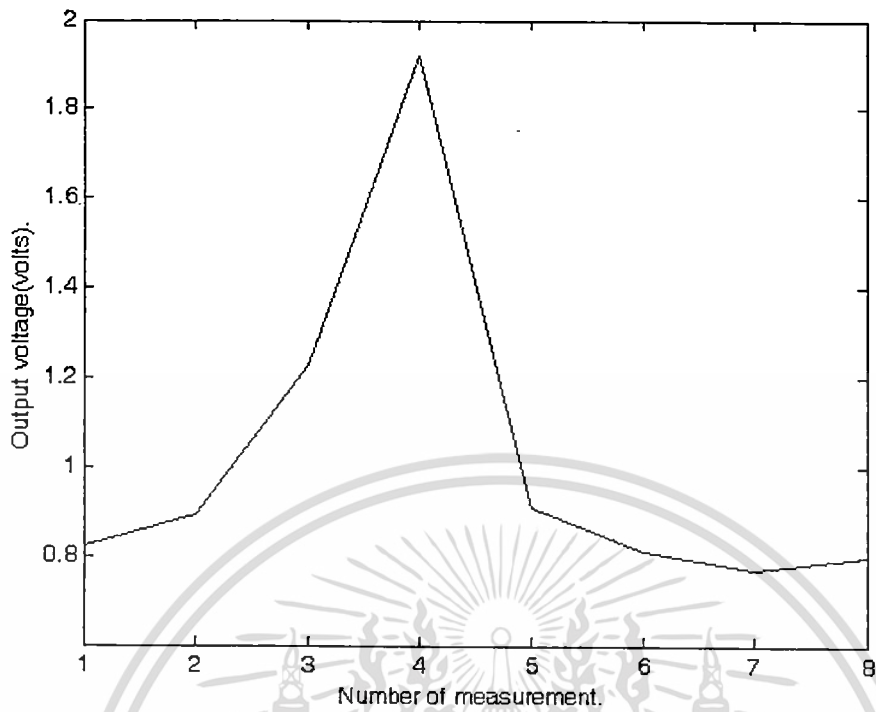


รูปที่ 4.14 ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากแบบจำลองที่นำมาทดสอบ (โปรเจกต์ชั้นที่ 2)

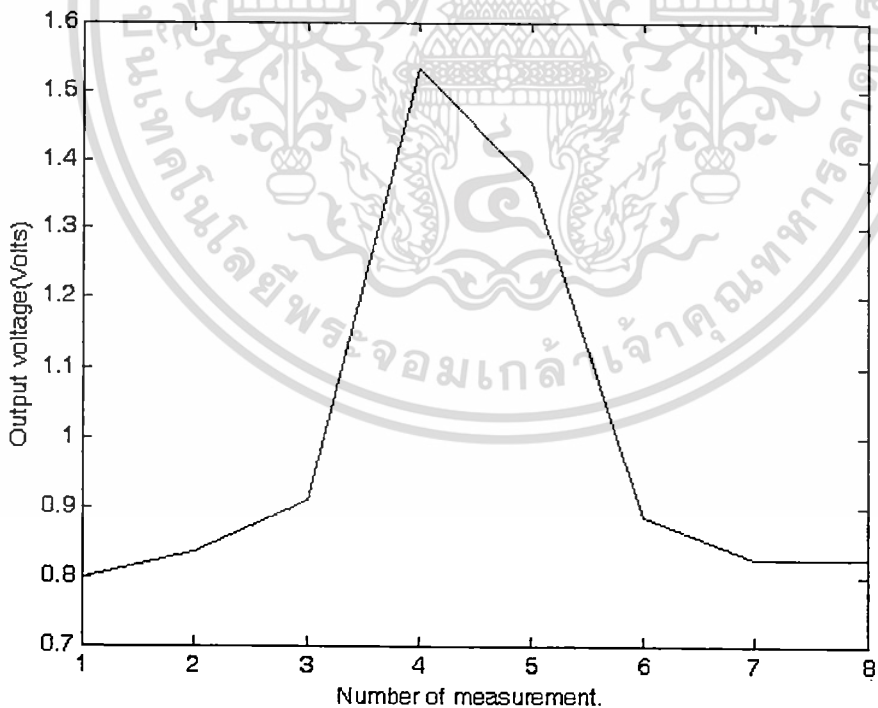


รูปที่ 4.15 ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากแบบจำลองที่นำมาทดสอบ (โปรเจกต์ชั้นที่ 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

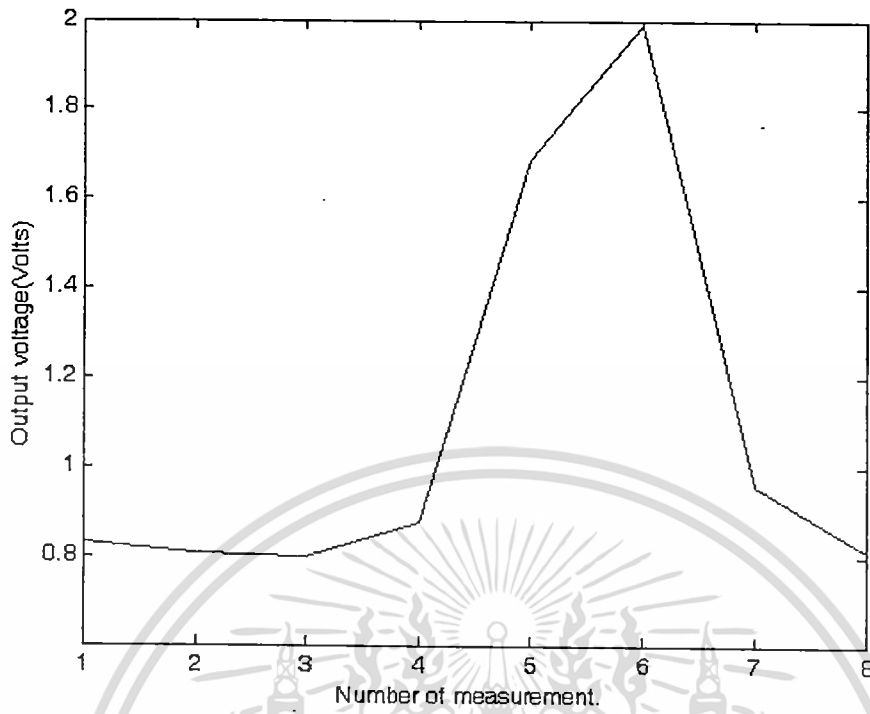


รูปที่ 4.16 ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากแบบจำลองที่นำมาทดสอบ(โปรเจกชันที่ 4)

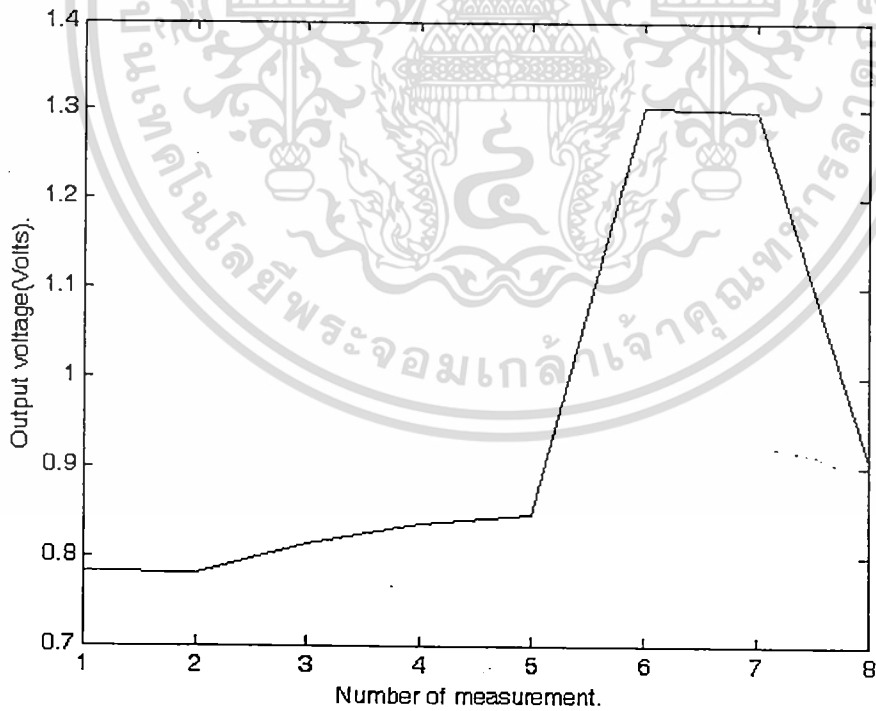


รูปที่ 4.17 ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากแบบจำลองที่นำมาทดสอบ(โปรเจกชันที่ 5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

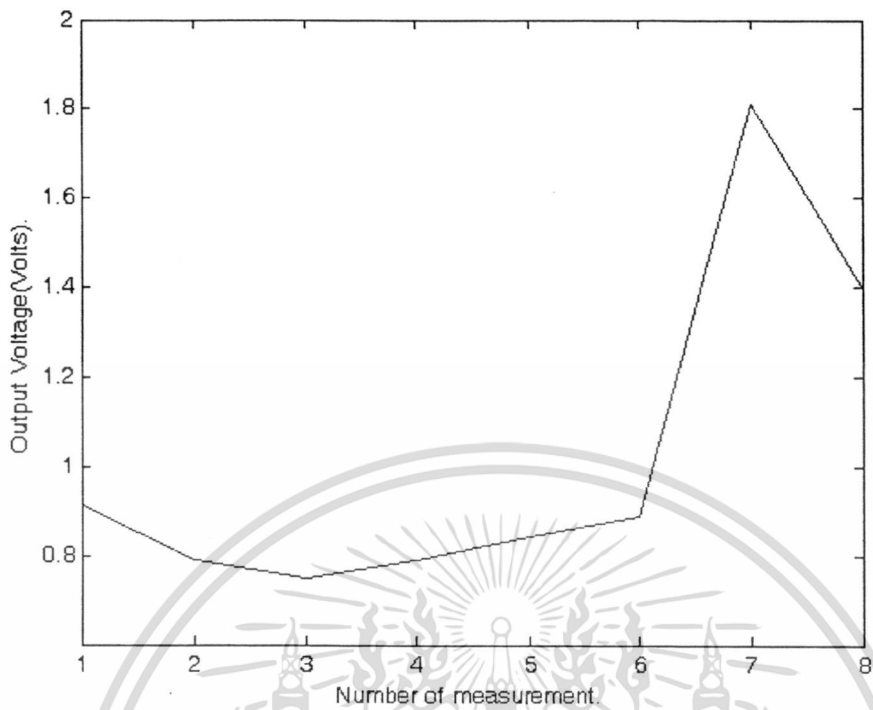


รูปที่ 4.18 ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากแบบจำลองที่นำมาทดสอบ(โปรเจกต์ชั้นที่ 6)



รูปที่ 4.19 ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากแบบจำลองที่นำมาทดสอบ(โปรเจกต์ชั้นที่ 7)

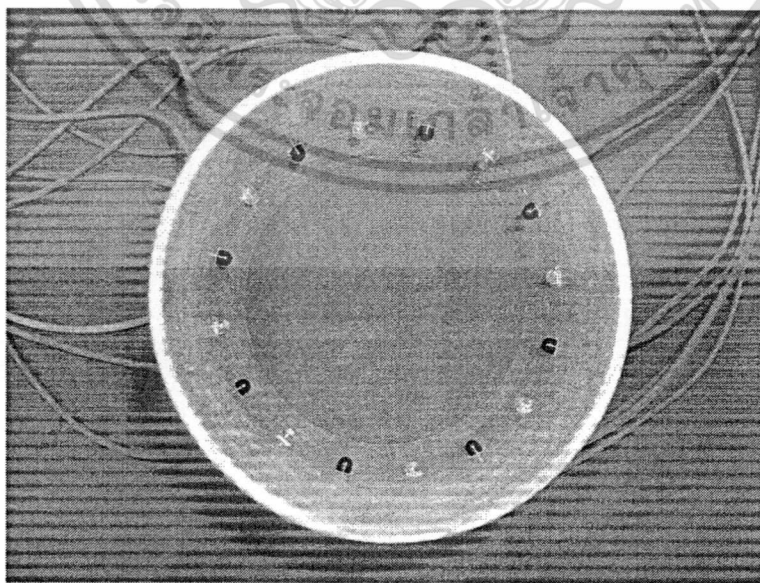
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



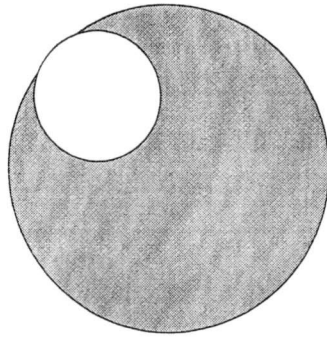
รูปที่ 4.20 ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากแบบจำลองที่นำมาทดสอบ (โปรเจกชันที่ 8)

4.4 การทดสอบการสร้างภาพตัดขวางจากข้อมูลที่วัดได้จากแบบจำลอง(Phantom) ที่สร้างขึ้นมา

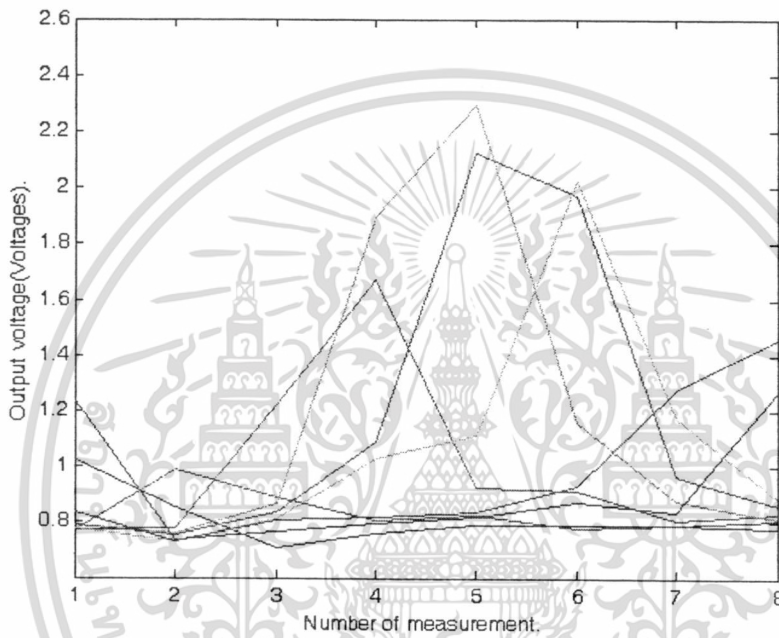
สำหรับการทดลองนี้จะทำการวางวัตถุลงในแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาในลักษณะต่างๆจากนั้นทำการเก็บข้อมูลที่วัดได้แล้วนำข้อมูลที่ได้ออกมาทำการสร้างภาพตัดขวางต่อไป ดังรูปที่ 4.21-4.36



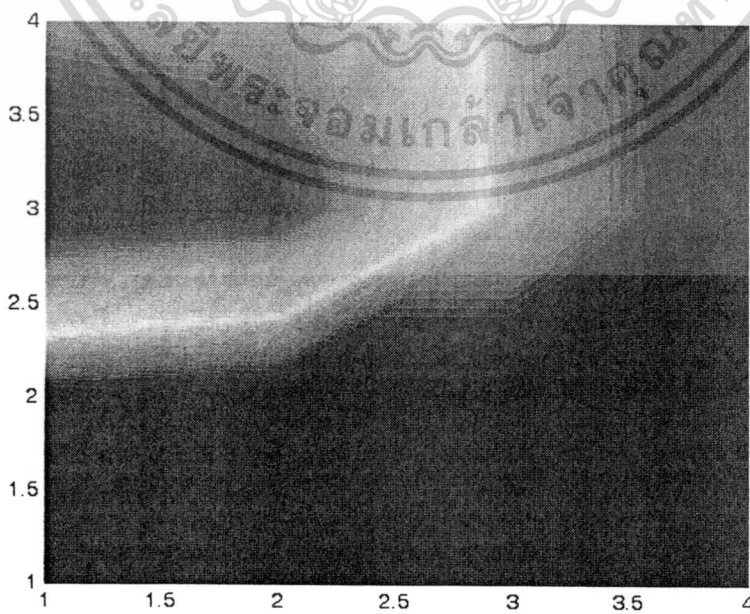
เอกสารนี้เป็นรูปที่ 4.21 ลักษณะของแบบจำลองที่นำมาใช้ทดสอบระบบที่พัฒนาขึ้นมาซึ่งประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



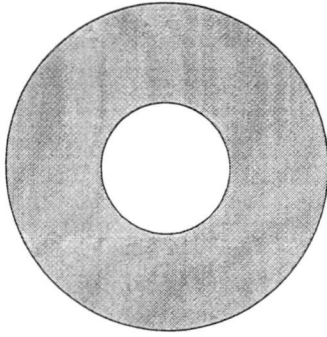
รูปที่ 4.22 ลักษณะการวางวัตถุลงในแบบจำลองที่สร้างขึ้นมา



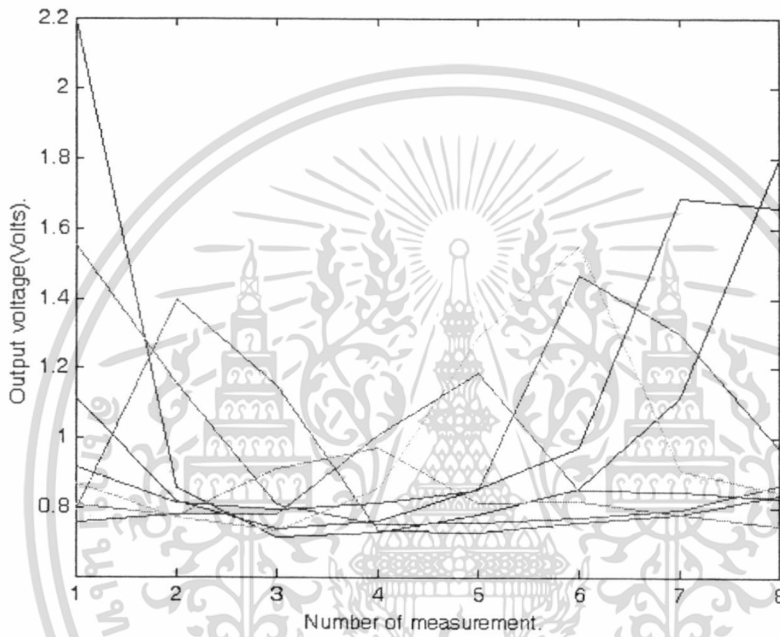
รูปที่ 4.23 ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากแบบจำลองที่นำมาทดสอบ



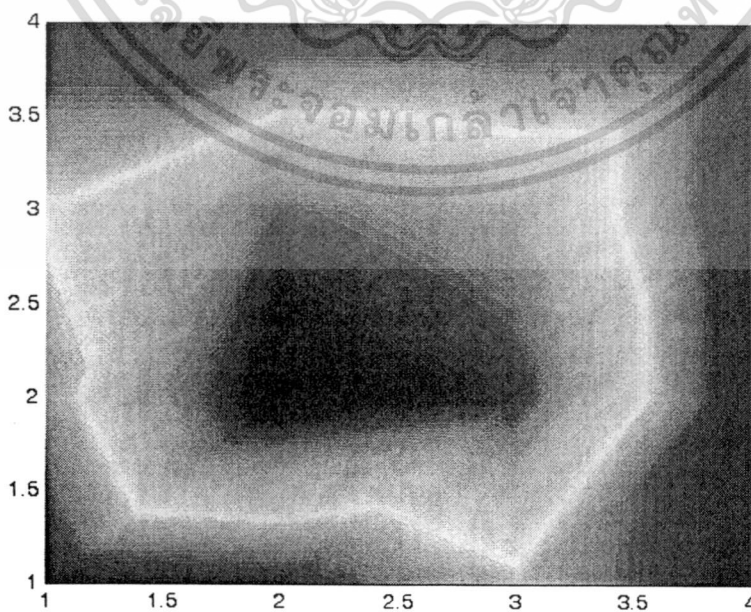
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการวิจัยและการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 4.24 ลักษณะของภาพตัดขวางที่สร้างได้
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25 ลักษณะการวางวัตถุลงในแบบจำลองที่สร้างขึ้นมา

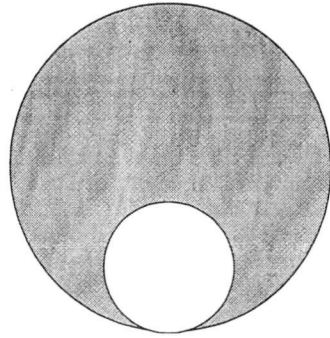


รูปที่ 4.26 ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากแบบจำลองที่นำมาทดสอบ

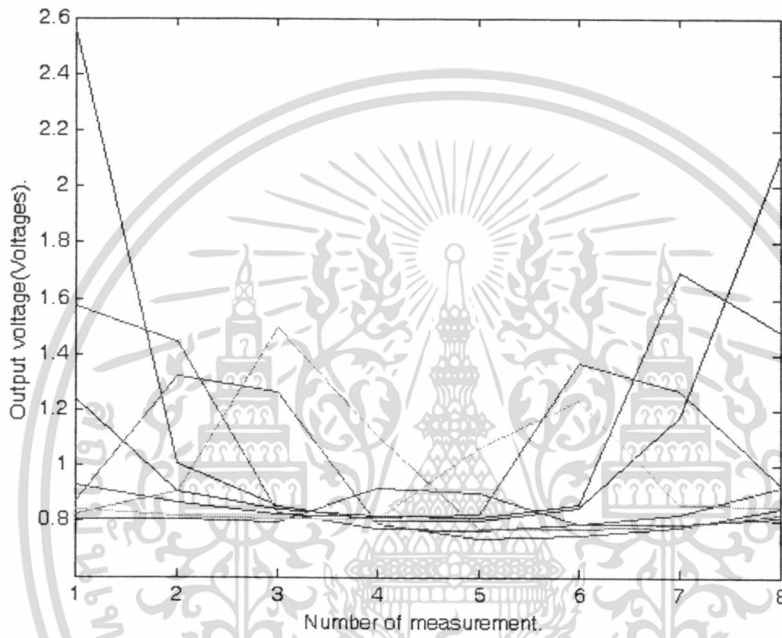


รูปที่ 4.27 ลักษณะของภาพตัดขวางที่สร้างได้

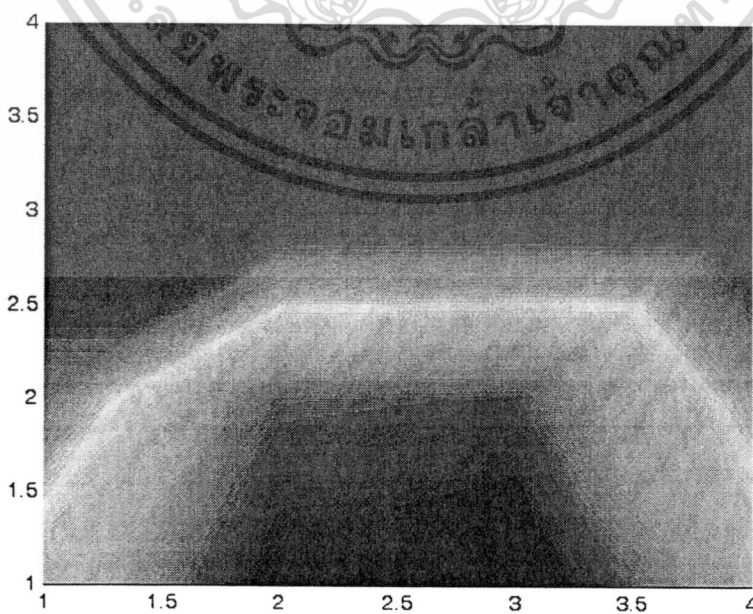
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 แม้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.28 ลักษณะการวางวัตถุลงในแบบจำลองที่สร้างขึ้นมา

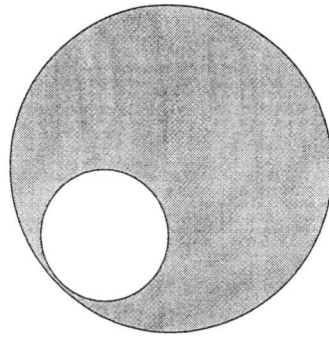


รูปที่ 4.29 ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากแบบจำลองที่นำมาทดสอบ

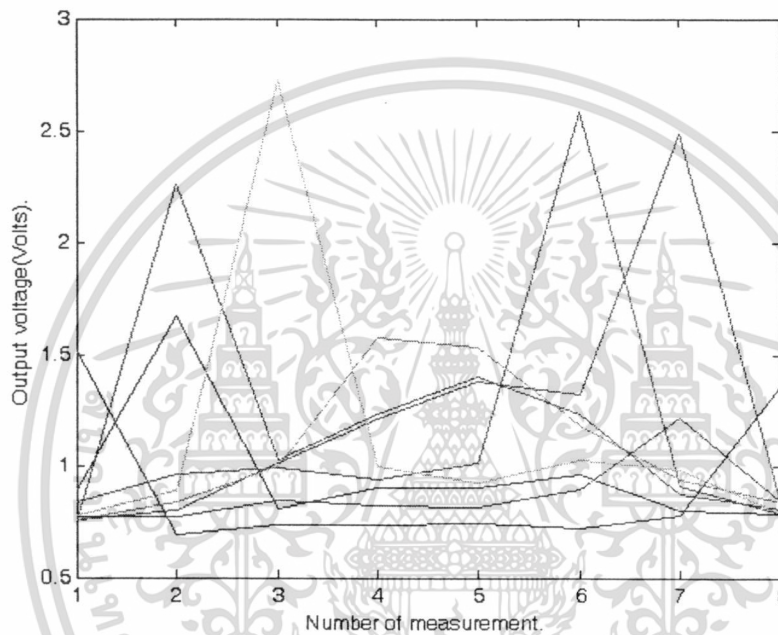


รูปที่ 4.30 ลักษณะของภาพตัดขวางที่สร้างได้

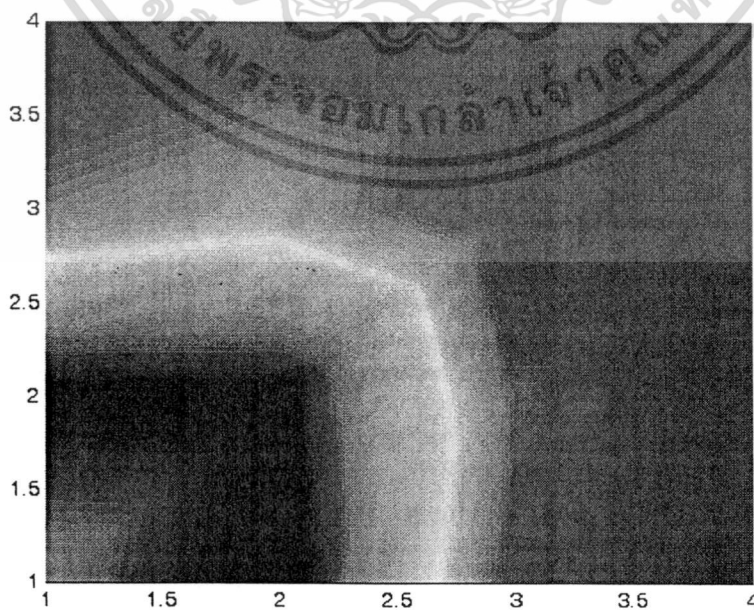
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้เฉพาะภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



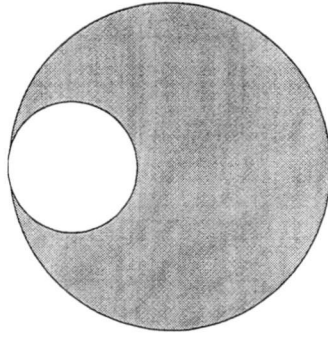
รูปที่ 4.31 ลักษณะการวางวัตถุลงในแบบจำลองที่สร้างขึ้นมา



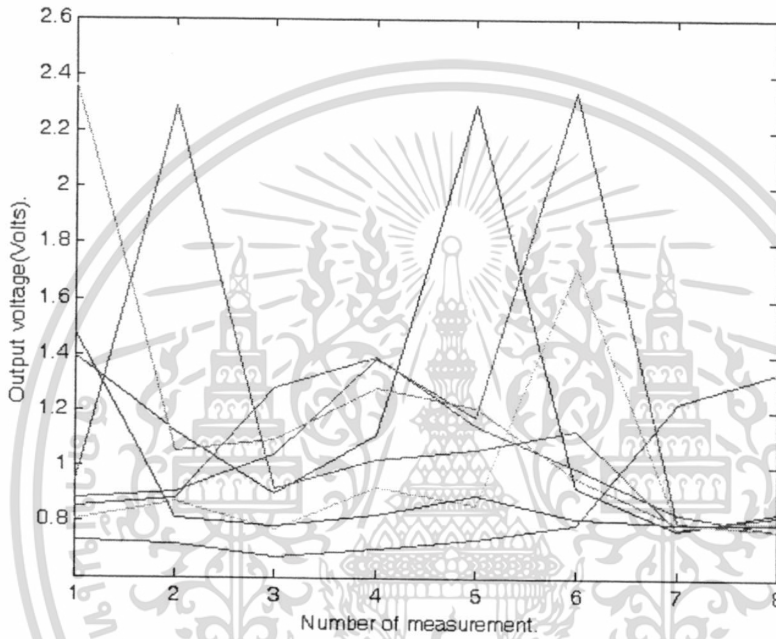
รูปที่ 4.32 ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากแบบจำลองที่นำมาทดสอบ



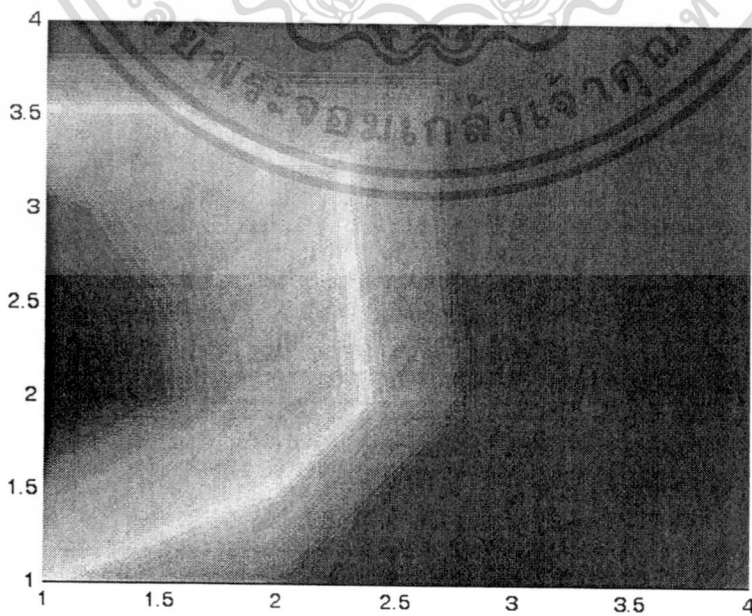
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.33 ลักษณะของภาพตัดขวางที่สร้างได้
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.34 ลักษณะการวางวัตถุลงในแบบจำลองที่สร้างขึ้นมา



รูปที่ 4.35 ลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จากแบบจำลองที่นำมาทดสอบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกระใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 4.36 ลักษณะของภาพตัดขวางที่สร้างได้
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป

จากการทดสอบระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสง ผลปรากฏว่าระบบที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นมา สามารถสร้างภาพตัดขวางของวัตถุที่วางอยู่ในแบบจำลองในรูปแบบต่างๆ ได้แต่ยังคงมีความผิดพลาดของภาพตัดขวางที่สร้างได้อยู่บ้าง โดยทางผู้วิจัยสามารถสรุปข้อแนะนำแก่ผู้สนใจที่จะนำระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสงที่ทำการสร้างขึ้น ไปพัฒนาต่อดังนี้

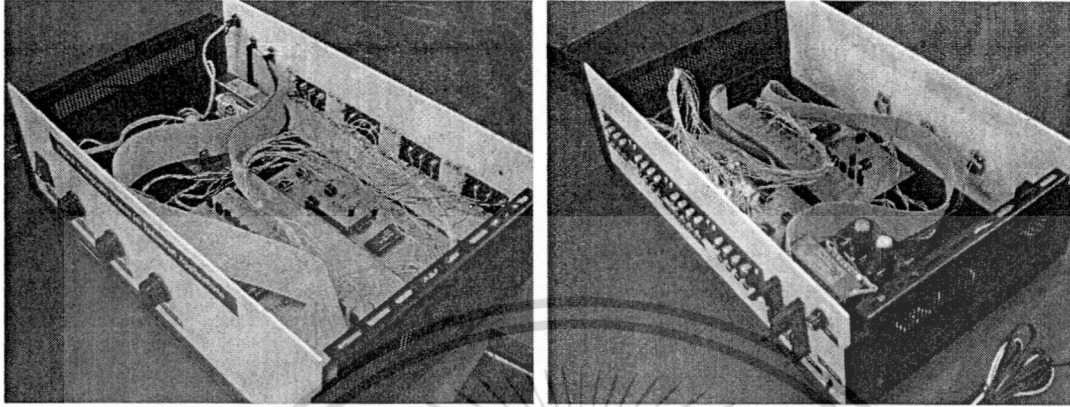
1. แบบจำลองสำหรับการทดสอบระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสง ที่สร้างขึ้นยังคงมีความคลาดเคลื่อนของระยะในการติดตั้งหลอดแอลอีดี และโฟโตไดโอดส่งผลให้ค่าแรงดันที่วัดได้มีความผิดพลาด ดังนั้นเมื่อนำเอาค่าแรงดันที่วัดได้ไปสร้างเป็นภาพตัดขวางจึงส่งผลให้ภาพที่ได้มีความผิดพลาดสูง ดังนั้นหากมีการปรับปรุงการสร้างแบบจำลองให้มีระยะการติดตั้งที่เท่ากันจะส่งผลให้ค่าแรงดันที่วัดได้มีความผิดพลาดลดลง
2. วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับขับหลอดแอลอีดีและวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอดที่ใช้ในระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสงสำหรับประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นมานั้น ยังมีค่าสัญญาณรบกวนสูงส่งผลให้ค่าระดับแรงดันได้มีสัญญาณรบกวนดังนั้นเมื่อนำเอาค่าแรงดันที่วัดได้ไปสร้างเป็นภาพตัดขวางจึงส่งผลให้ภาพที่ได้มีความผิดพลาด ดังนั้นหากเราพัฒนาให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับขับหลอดแอลอีดีและวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับรับสัญญาณจากโฟโตไดโอดมีสัญญาณรบกวนต่ำจะส่งผลให้ค่าแรงดันที่วัดได้มีค่าสัญญาณรบกวนลดลง

เอกสารอ้างอิง

- [1] R.A. Williams, M. S. Beck, Process Tomography: Principles, Techniques and Applications, Butterworth-Heinemann , 1995.
- [2] Beck. et.al. Tomographic Techniques for Process Design and Operation. UK : The Cromwell Press Ltd. 1993.
- [3] F.J. Dickin. et.al. "Tomographic imaging of industrial process equipment: techniques and applications." IEE Proc. G, vol. 139, no. 1, February 1992. pp. 72-82.
- [4] C.G. Xie, A. Plaskowski and M.S. Beck. "8-electrode capacitance system for two-component flow identification Part 1 : Tomographic flow imaging." IEE Proc., vol. 136, no. 4, July 1989. pp. 173-183.
- [5] C.G. Xie. et.al. "Electrical capacitance tomography for flow imaging : system model for development of image reconstruction algorithms and design of primary sensors." IEE Proc. G, vol. 139, no. 1, February 1992.
- [6] R.C. Waterfall, R. He, P. Wolanski and Z. Gut. "Monitoring Flame Position and Stability in Combustion Cans Using ECT." Proc. 1st World Congress on Industrial Process Tomography, Greater Manchester, April 1999.
- [7] W.Q. Yang, S. Liu. "Electrical capacitance tomography with a square sensor." Proc. 1st World Congress on Industrial Process Tomography, Greater Manchester, April 1999.

ภาคผนวก ก

ต้นแบบระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสง

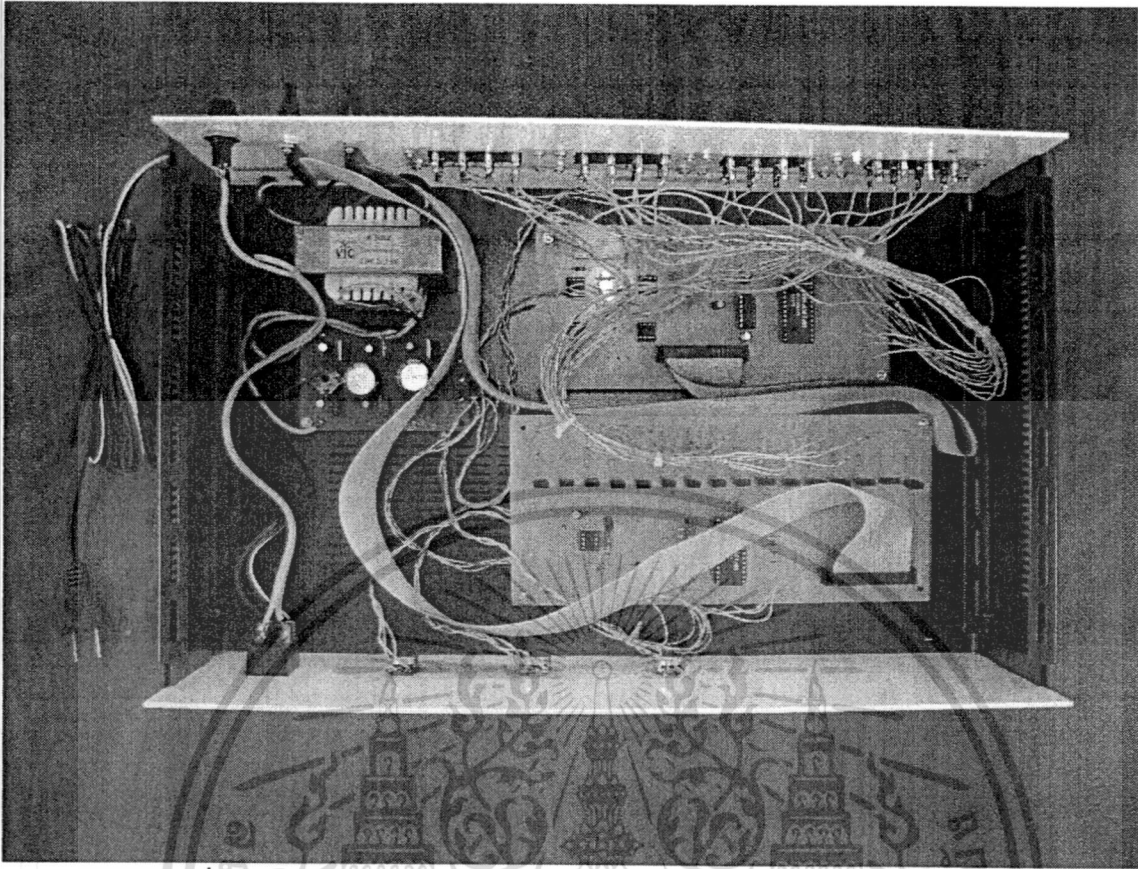


รูปที่ ก1 ต้นแบบระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสง



รูปที่ ก2 ด้านหน้าของต้นแบบระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก3 ด้านบนของต้นแบบระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสง



เอกสารนี้เป็นรูปที่ ก4 ด้านหลังของต้นแบบระบบสร้างภาพตัดขวางภายในวัตถุด้วยแสง ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้