

การเทียบสีของวัตถุเพื่อการจำแนก



นาย มงคล ใจอารีหาญ

นาย อรรถวุฒิ พลสิงห์

นาย อูราเคน กิจพยัคฆ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 38549
วัน, เดือน, ปี..... 5 ส.ค. 2544

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

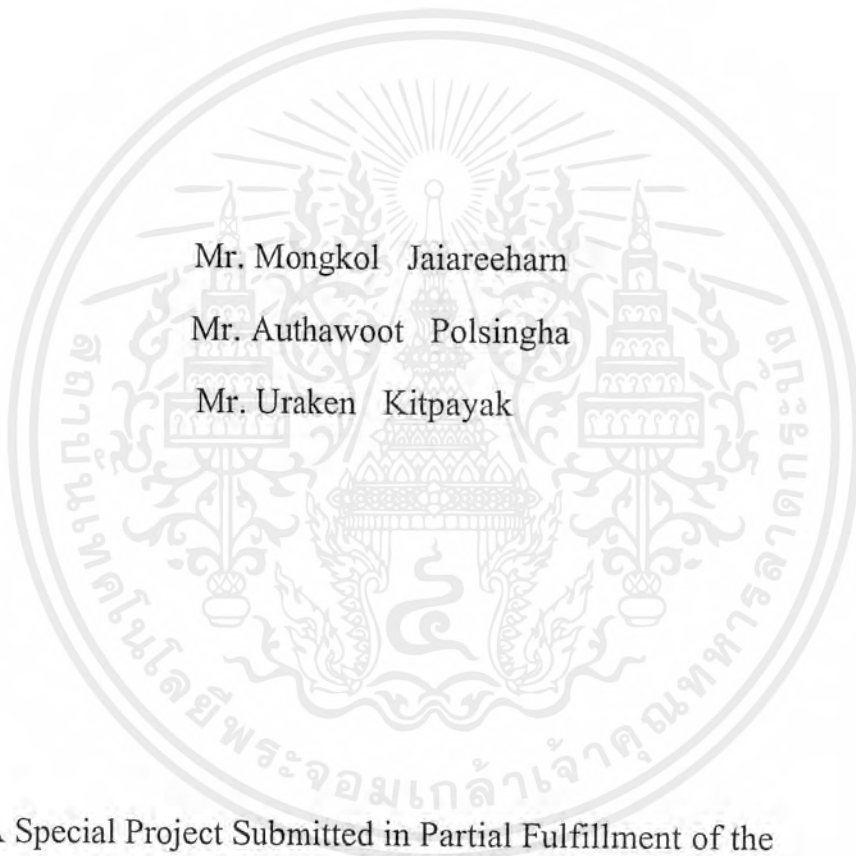
คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Color comparison of object for classification



Mr. Mongkol Jaiareeharn

Mr. Authawoot Polsingha

Mr. Uraken Kitpayak

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the
Requirement for the Degree of Bachelor of Science

Department of Applied Physics

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1999

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การเทียบสีของวัตถุเพื่อการจำแนก
โดย นาย มงคล ใจอารีหาญ รหัส 39054432
 นาย อรรถวุฒิ พลสิงห์ รหัส 39054466
 นาย อูราเคน กิจพยัคฆ์ รหัส 39054467
หลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. สุวรรณ คูสำราญ
 ผศ. อนุพงศ์ สรงประภา
 ดร. จิติ หนูแก้ว

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

(รศ. สุรพล รักวิชัย)

คณะกรรมการโครงการพิเศษ



(รศ. สุวรรณ คูสำราญ)

ประธานกรรมการ



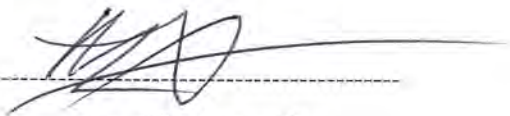
(ผศ. อนุพงศ์ สรงประภา)

กรรมการ



(ดร. จิติ หนูแก้ว)

กรรมการ



(ผศ. ปรีชา ยุพาพิน)

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การเทียบสีของวัตถุเพื่อการจำแนก		
โดย	นาย มงคล	ใจอารีหาญ	รหัส 39054432
	นาย อรรถวุฒิ	พลสิงห์	รหัส 39054466
	นาย อูราเคน	กิจพยัคฆ์	รหัส 39054467
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์		
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. สุวรรณ คูสำราญ		
	ผศ. อนุพงศ์ สรงประภา		
	ดร. จิติ หนูแก้ว		
ปีการศึกษา	2542		

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน เราสามารถจำแนกวัตถุโดยความแตกต่างของสีด้วยวิธีการง่ายๆ โดยใช้ตัวตรวจจับทางแสงซึ่งสามารถตรวจวัดสีของวัตถุหรือกล่องวัตถุไดิจิตอล แล้วใช้พารามิเตอร์ของแบบจำลองสีแบบต่างๆ ที่เหมาะสมในการจำแนกวัตถุแต่ละชนิด สำหรับวิธีการแรก ใช้ซิลิกอนพีไอเอ็น โฟโตไดโอด, s7505 ของบริษัทฮามัทซี, ซึ่งจะมีตัวกรองแสงสีปฐมภูมิอยู่ภายใน อีกวิธีหนึ่งคือ เก็บข้อมูลที่ได้จากกล่องวัตถุไดิจิตอลแล้วใช้ซอฟต์แวร์ในการจำแนก จากผลการทดลองสามารถจำแนกวัตถุได้อย่างถูกต้องในระดับหนึ่ง

Special Project Title	Color comparison of object for classification
Name	Mr. Mongkol Jaiareeharn Mr. Authawoot Polsingha Mr. Uraken Kitpayak
Special Project Advisor	Assoc. Prof. Suwan Kusamran Asst. Prof. Anupong Srongprapa Dr. Jiti Nukeaw
Department	Applied Physics, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	1999

Abstract

In the present day, we can classify a colored object by its color appearance. Simple one by using photodetector which can detect object color itself or the other one by using digital video device. From the primary data we get from all object, then using appropriate color model for classification by color. The first way we use Si PIN Photodiode ,s7505 which 3 primary color filters in environment set. The other way ,we get an object's data by color digital video. Then classify that by software. For all that data we test, conclude that from our procedure, some object can be classified with one level of reliable.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายฝ่ายดังนี้

บิดามารดาและผู้ปกครอง	ผู้ให้กำลังใจและความห่วงใยเสมอมา
รองศาสตราจารย์ สุวรรณ คูสำราญ	ผู้ให้การสั่งสอน, ถ่ายทอดวิชาความรู้และให้คำแนะนำต่างๆ เสมอมา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อนุพงศ์ สรงประภา	สำหรับความรู้ทางด้านการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
คณาจารย์ทุกท่าน	ผู้ถ่ายทอดวิชาความรู้มาโดยตลอด
พี่อาโมทย์	ที่ให้ข้อมูลเริ่มต้นสำหรับการศึกษาโครงการพิเศษนี้
Mr. Yasuhiro Hayashi	สำหรับข้อมูลทางเทคนิคของ s7505
คุณ วราภรณ์ ใจอารีหาญ	ความเอื้อเฟื้อในการใช้เครื่องโทรสาร
ห้องปฏิบัติการทางอิเล็กทรอนิกส์	สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับโครงการพิเศษ
สำนักหอสมุดกลาง	เป็นแหล่งค้นคว้าเพิ่มเติม
เพื่อนๆ ทุกคน	ผู้ให้กำลังใจและความช่วยเหลืออย่างดี
ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์	ที่ให้สิ่งดีๆ มาโดยตลอด 4 ปี
ขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาของโครงการพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน	1
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎี	2
2.1 ทฤษฎีสี	2
2.1.1 การมองเห็นสีของมนุษย์	2
2.1.2 การอธิบายสี	3
2.1.3 ระบบมาตรฐาน CIE	4
2.1.4 ระบบสี	5
2.2 ตัวตรวจวัดสีในระบบ RGB	12
2.2.1 พีไอเอ็น โฟโตไดโอด	12
2.2.2 วงจรขยายสัญญาณ	20
2.2.3 คุณสมบัติของ RGB color sensor	23
2.3 ซีซีดี	26
2.3.1 โครงสร้างพื้นฐานของกล้องซีซีดี	26
2.3.2 หลักการทำงานของกล้องซีซีดี	27
2.4 ภาคการพัฒนาโปรแกรม	29
2.4.1 บทนำ	29
2.4.2 สภาวะแวดล้อมที่ใช้พัฒนา	29
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการ	33
3.1 การใช้ RGB color sensor ในการจำแนกสี	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 การเตรียมอุปกรณ์	33
3.1.2 การจัดอุปกรณ์ในการทดสอบ	33
3.2 การใช้กล้องวิดีโอดิจิทัลในการจำแนกสีของวัตถุ	34
3.2.1 ศึกษาทฤษฎีสีเพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการจำแนก	34
3.2.2 ศึกษาโปรแกรมที่จะนำมาพัฒนา	34
3.2.3 พัฒนาโปรแกรม	35
3.2.4 ทดสอบโปรแกรม	35
บทที่ 4 ผลการทดลองวิจัย	36
4.1 ผลจากการใช้ RGB color sensor ในการจำแนกสี	36
4.2 ผลจากการใช้กล้องวิดีโอดิจิทัลในการจำแนกสี	36
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองวิจัยและแนวทางการพัฒนา	69
5.1 สรุปผลการทดลองวิจัย	69
5.2 แนวทางการพัฒนา	69
เอกสารอ้างอิง	70
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก การใช้โปรแกรมและ source code	
ภาคผนวก ข วงจรรวมและข้อมูลของ LF412A, LM324N	

สารบัญญภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	2
รูปที่ 2.2 แสดงสเปกตรัมสำหรับแสงสีเดียว	3
รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างสเปกตรัมแสงและสีต่างๆ	3
รูปที่ 2.4 แสดง Tints, Tones และ Shades	4
รูปที่ 2.5 แสดง CIE chromatic diagram	5
รูปที่ 2.6 แสดงการผสมสีปฐมภูมิแบบบวก	6
รูปที่ 2.7 แสดงการผสมสีปฐมภูมิแบบลบ	7
รูปที่ 2.8 แสดงระบบสี RGB ด้านหน้า	7
รูปที่ 2.9 แสดงระบบสี RGB ด้านหลัง	8
รูปที่ 2.10 แสดงระบบสี HSV ในแบบ Hexcone	8
รูปที่ 2.11 แสดงระบบสี HLS ซึ่งเป็น Double Hexcone	9
รูปที่ 2.12 แสดงระบบสี CMY ด้านหน้า	10
รูปที่ 2.13 แสดงระบบสี CMY ด้านหลัง	10
รูปที่ 2.14 แสดงรูปการแปลงจากระบบ RGB เป็นระบบ HLS	11
รูปที่ 2.15 แสดงโครงสร้างและแถบพลังงานของ พีไอเอ็นไดโอด	12
รูปที่ 2.16 แสดงวงจรมุมูลของซิลิกอนโฟโตไดโอด	18
รูปที่ 2.17 แสดงวงจรรขยายที่ใช้กับพีไอเอ็นโฟโตไดโอด	20
รูปที่ 2.18 แสดงสัญญาณของออปแอมป์	20
รูปที่ 2.19 แสดงการป้อนกลับแบบลบ	22
รูปที่ 2.20 แสดงวงจรรขยายแบบไม่กลับเฟส	22
รูปที่ 2.21 แสดงรูป RGB color sensor	23
รูปที่ 2.22 แสดงโครงสร้างของ RGB color sensor	24
รูปที่ 2.23 แสดงภาพด้านบนและด้านข้างของ RGB color sensor	24
รูปที่ 2.24 แสดงขนาดของ RGB color sensor	24
รูปที่ 2.25 กราฟแสดงการตอบสนองของแต่ละเซลล์สี	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.26 แสดงซีซีดีแบบ Frame Transfer CCD	27
รูปที่ 2.27 แสดงซีซีดีแบบ Interline Transfer CCD	27
รูปที่ 2.28 แสดงหลักการถ่ายโอนประจุอิเล็กตรอนในซีซีดี	28
รูปที่ 2.29 แสดงกล้องวิดีโอดิจิทัล DVC325	29
รูปที่ 3.1 แสดงการจัดอุปกรณ์การทดสอบด้วย RGB color sensor	33
รูปที่ 3.2 แสดงวงจรขยายสัญญาณ	34
รูปที่ 3.3 แสดงการจัดอุปกรณ์การทดสอบด้วยกล้องวิดีโอดิจิทัล	35



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงของ RGB color sensor	25
ตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติการทำงาน	25
ตารางที่ 3 แสดงคุณสมบัติกล้องวีดีโอดิจิตอล	30



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของโครงการพิเศษ

ในปัจจุบัน การจำแนกวัตถุต่างๆ สามารถทำได้หลายวิธีซึ่งการจำแนกด้วยสีก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ น่าสนใจ ดังนั้นโครงการนี้จึงได้เล็งเห็นความสำคัญของการจำแนกวัตถุด้วยสี จึงได้ทำการ พัฒนาการจำแนกโดยการเทียบสีของวัตถุโดยการใช้ RGB color sensor และการใช้กล้องวิดีโอ ดิจิตอลบนระบบไมโครคอมพิวเตอร์ซึ่งจะทำให้ได้ผลที่ถูกต้องและเป็นมาตรฐานต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาการใช้ RGB color sensor
2. เพื่อศึกษากล้องวิดีโอดิจิตอลรวมถึงการเชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์และการส่งข้อมูล
3. เพื่อศึกษาทฤษฎีสี การวัดค่าความแตกต่างทางสีและตัวแปรที่ใช้วัดค่าความแตกต่าง

1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน

ขั้นแรกเป็นการศึกษาทฤษฎีสี การวัดค่าความแตกต่างทางสีและตัวแปรที่ใช้วัดค่าความแตกต่าง ในขั้นที่สองเป็นการศึกษาอุปกรณ์ที่ใช้ในการจำแนกความแตกต่างซึ่งก็คือ RGB color sensor และกล้องวิดีโอดิจิตอล ในขั้นที่สามจะทำการทดสอบการจำแนกวัตถุด้วย RGB color sensor และทำการเก็บข้อมูล อีกทั้งทำการเขียนโปรแกรมภาษา C++ เพื่อใช้การจำแนก ขั้นสุดท้ายจะทำการทดสอบโปรแกรมและทำการแก้ไข รวมไปถึงการวิเคราะห์ผลการทดสอบที่ได้จาก RGB color sensor และกล้องวิดีโอดิจิตอล

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือและมาตรฐานในการจำแนกวัตถุด้วยการเทียบสี
2. รู้จักการค้นคว้าและการวิเคราะห์ข้อมูล
3. รู้จักการทำงานอย่างมีระบบและสามารถแก้ไขปัญหาอย่างมีหลักการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 ทฤษฎีสี

แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเช่นเดียวกับคลื่นโทรทัศน์ การแผ่รังสีของคลื่นอินฟราเรดและเอ็กซ์เรย์ แสงจะหมายถึงคลื่นซึ่งอยู่ในแถบแคบๆ ของความยาวคลื่นในสเปกตรัมที่ตามองเห็น ในรูปที่ 2.1 จะแสดงตำแหน่งของสเปกตรัมที่ตามองเห็นในช่วงสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งสามารถที่จะตอบสนองกับแสงในช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 400 ถึง 700 nm (นาโนเมตร)



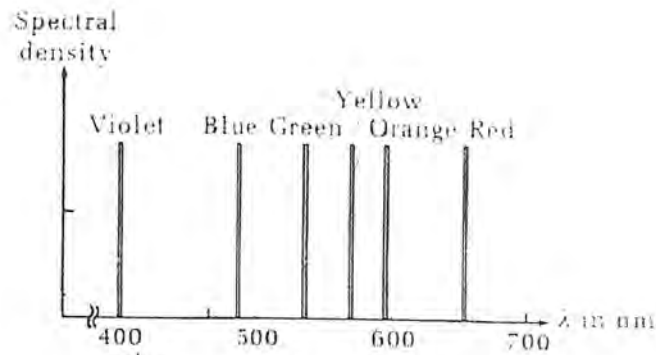
รูปที่ 2.1 แสดงสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

2.1.1 การมองเห็นสีของมนุษย์

มนุษย์สามารถมองเห็นได้เมื่อมีการปรากฏของแสงในเซลล์รับแสงในดวงตาที่เรียกว่า Rods และ Cones จากการวิจัยพบว่า Rods ไม่เกี่ยวข้องกับการเห็นสีของมนุษย์ แต่มี Cones 3 ประเภทที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแต่ละประเภทของ Cones จะตรวจจับสีแดง เขียวและน้ำเงิน ส่วนสีอื่นๆ ที่เห็นได้จากการผสมของทั้ง 3 สีดังกล่าว ตัวอย่างเช่น สีขาวจะเห็นเมื่อมีปริมาณที่เท่ากันของสีแดง เขียวและน้ำเงิน ส่วนสีดำจะเห็นเมื่อไม่มีสีแดง เขียวและน้ำเงิน (คือไม่มีแสงเลย) นอกจากนี้ ปริมาณของสีที่เห็นยังขึ้นกับความเข้ม ความเข้มข้นและตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสง นั่นคือแสงในแต่ละสภาวะจะมีผลในการเห็นของสี

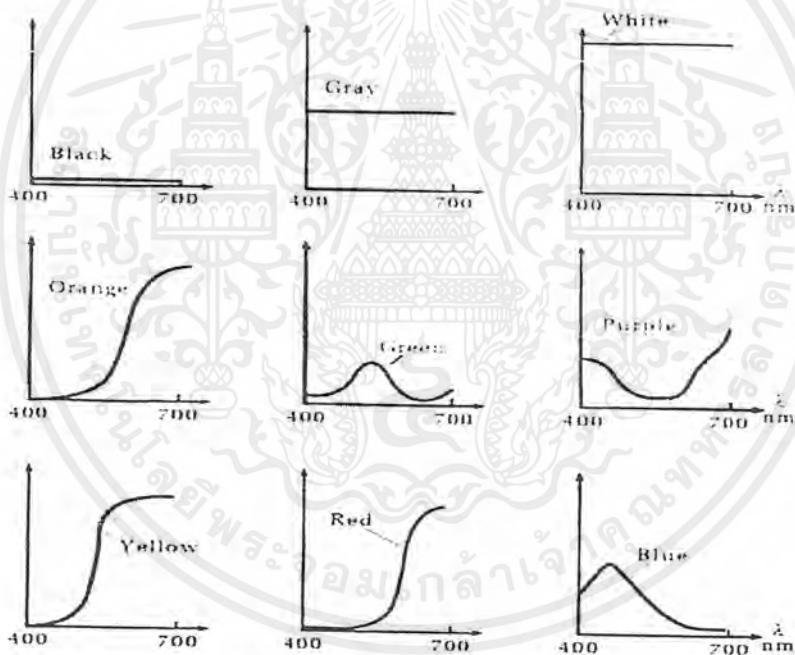
มนุษย์แต่ละคนมีความสามารถในการแยกแยะแตกต่างของสีที่มองเห็นต่างกันดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการจำเพาะเจาะจงสีใดสีหนึ่งลงไป จึงได้มีวิธี colorimetry ซึ่งมีหลักการทั่วไปคือ แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความคลื่นในช่วง 400-700 nm ซึ่งจะแสดงแสงสีม่วง น้ำเงิน เขียว เหลือง ส้มและแดง โดยที่ปริมาณของพลังงานที่แสดงในแสงสีต่างๆ สามารถที่จะแทนได้ด้วย ความหนาแน่นของสเปกตรัม, spectral density $S(\lambda)$ (กำลังต่อความยาวคลื่น) โดยจะแสดงได้ดังรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงสเปกตรัมสำหรับแสงสีเดียว

แสงจากแหล่งกำเนิดส่วนใหญ่จะไม่ประกอบด้วยความยาวคลื่นเดียวนั้นคือจะมีพลังงานต่อเนื่องไปหลายๆ ช่วงความยาวคลื่นและความหนาแน่นของสเปกตรัมก็จะครอบคลุมหลายช่วงความยาวคลื่นซึ่งจะแสดงได้ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างสเปกตรัมแสงและสีต่างๆ

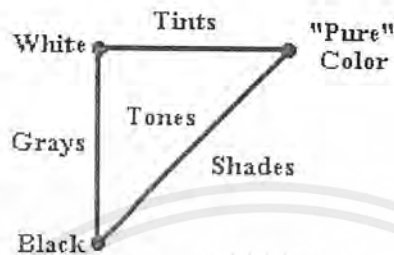
2.1.2 การอธิบายสี

สีที่เกิดจาก chromatic light มีมากมายกว่าสีที่เกิดจาก achromatic light โดยสีสามารถอธิบายเป็นส่วนประกอบได้ ซึ่งส่วนประกอบที่นิยมใช้ในการอธิบายคือ Hue, Saturation และ Brightness โดยที่ Hue คือสิ่งที่เราคิดว่าเป็นสีโดยจำกัดอยู่ในช่วงสเปกตรัมที่มองเห็นของแสง ส่วน Saturation ของสีคือ ปริมาณความบริสุทธิ์หรือความเข้มของสีเช่น สีขาว-ดำ (Gray) คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Saturation เป็น 0 ส่วน Brightness ของสีหมายถึงความเข้มของแสงที่สะท้อนหรือทะลุผ่านมาจากภาพ

ส่วน Tint, Tone และ Shade ใช้ในการอธิบายสี โดยที่ Tint ของสีจะได้จากการผสม Hue กับสีขาว, Tone ของสีจะได้จากการผสม Hue กับสีขาว-ดำและ Shade ของสีจะเกิดจากการผสม Hue กับสีดำ



รูปที่ 2.4 จะแสดง Tints, Tones และ Shades

2.1.3 ระบบมาตรฐาน CIE

การกระจายของพลังงานจะแสดงตัวเลขนับไม่ถ้วน (ในทางปฏิบัติ จะแสดงถึงตัวเลขจำนวนมาก) จึงเป็นไปได้โดยที่จะบ่งชี้ถึง dominant wavelength เพียงการมองแต่กราฟ $S(\lambda)$ ซึ่งนับว่าเป็นการยากมากที่จะเจาะจงค่าสีได้ ดังนั้น CIE (The Commission Internationale de l'Eclairage) จึงกำหนดปริมาณมาตรฐาน X,Y,Z ขึ้นมาแทน R,G,B ในขบวนการ matching และ color-matching function $\bar{x}_\lambda, \bar{y}_\lambda, \bar{z}_\lambda$ เพื่อใช้ในการคำนวณ X,Y,Z

สามฟังก์ชันของ CIE นี้จะเป็นการรวมกันเชิงเส้นของ color-matching function นั่นคือ คำจำกัดความของสีที่ประกอบด้วยสีแดง, เขียวและน้ำเงิน สามารถที่จะแปลงโดยขบวนการแบบเชิงเส้นเพื่อเป็น CIE primaries ได้

ค่าของ X,Y,Z ที่ต้องการ matching กับ $S(\lambda)$ คือ

$$X = k \int S(\phi) \bar{x}_\phi d\phi$$

$$Y = k \int S(\phi) \bar{y}_\phi d\phi$$

$$Z = k \int S(\phi) \bar{z}_\phi d\phi$$

โดยที่ $k = \frac{100}{\int S_w(\phi) \bar{y}_\phi d\phi}$

ซึ่ง $S_w(\lambda)$ เป็นการกระจายของพลังงานของแสงขาวมาตรฐานสำหรับการ matching color C โดยที่ให้ x,y,z เป็นปริมาณของ X,Y,Z ซึ่งจะได้ $C = xX + yY + Zz$ โดยที่ค่าของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

X, Y, Z นี้จะขึ้นอยู่กับ dominant wavelength และ saturation เท่านั้น โดยที่จะไม่ขึ้นกับความเข้มแสงจะได้

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad , \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

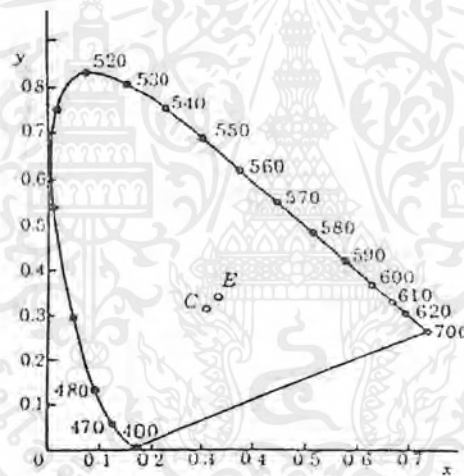
$$z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$

ซึ่ง $x + y + z = 1$

แต่จากความล้มพื้นฐานข้างต้น จะไม่สามารถหาค่า X, Y, Z, x, y ได้จาก $z = 1 - x - y$ เนื่องจากค่าที่คำนวณได้จะไม่ถูกต้องจึงจำเป็นต้องรู้อย่างน้อยสององค์ประกอบซึ่งอาจคำนวณได้มาจาก

$$X = \left(\frac{x}{y}\right)Y \quad , \quad Y = Y \quad , \quad Z = \left(\frac{1-x-y}{y}\right)Y$$

จากสมการข้างต้น จะเห็นว่า เราจะต้องทราบค่า x, y และ Y อย่างไรก็ดี CIE chromatic diagram จะแสดงให้เห็นถึงสีที่ไม่มีความเข้มแสงเท่านั้น สีอื่นๆ ที่เกี่ยวกับความเข้มแสงซึ่งจะถูกอธิบายนอกกราฟของ CIE ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดง CIE chromatic diagram

2.1.4 ระบบสี (Color Spaces)

ตามมนุษย์สามารถมองเห็นสีมากกว่าที่อุปกรณ์ทางดิจิตอลจะสามารถผลิตได้ ตัวอย่างเช่น เมื่อเรามองดูที่กระดาษขาว เราจะสามารถเห็นความแตกต่างได้อย่างน้อย 100 Shades ของสีขาว ส่วนผาผนังสีขาวอย่างน้อยก็มีถึง 1500 Shades ของสีขาว

Digital Camera, Scanners และอุปกรณ์รับภาพคุณภาพสูง จะสามารถตรวจจับสีได้เป็นแสนหรือถึงเป็นล้านสี เมื่อมีสีเป็นจำนวนมาก ผู้เชี่ยวชาญจึงได้คิดแบบจำลองสีขึ้นมาซึ่งเรียกว่าระบบสี เหตุผลที่แบบจำลองสีเหล่านั้นอ้างอิงแบบระบบสี เพราะเราสามารถ Map ลงไปในระบบแกน 2, 3 หรือ 4 มิติได้ ซึ่งคล้ายกับระบบ Cartesian Coordinate โดยเราสามารถจะกล่าวได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สีจะประกอบด้วยแกนใน 2-D, 3-D หรือ 4-D Space แต่แต่ละส่วนประกอบของสีในระบบสี เราจะเรียกว่า Color Channels

ในบางระบบสีจะเป็นอิสระต่อทุกอุปกรณ์ที่จะใช้ผลิตภาพสีขึ้นมา แต่ในบางระบบสีก็ขึ้นกับอุปกรณ์ โดยจะอธิบายเป็นหัวข้อดังนี้

ระบบสี RGB

ระบบสี HSV

ระบบสี HLS

ระบบสี CMY และ CMYK

ระบบสีที่เป็นอิสระต่อทุกอุปกรณ์

ระบบสีที่ขึ้นกับอุปกรณ์

ในระบบภาพ สีสามารถผสมได้หลายแบบ แต่ที่ใช้ส่วนใหญ่จะอ้างอิงกับ สีปฐมภูมิแบบบวก และสีปฐมภูมิแบบลบ ทุกสีสามารถเกิดจากการผสมในแต่ละแบบ

สีปฐมภูมิแบบบวก

วิธีการบวกของสีเริ่มจากสีดำซึ่งไม่มีการปรากฏของสี เมื่อเราเพิ่มสีแดง ภาพก็จะเป็นสีแดง เมื่อเพิ่มสีเขียว ภาพจะปรากฏสีเหลือง สีปฐมภูมิแบบบวก 3 สี ก็คือสีแดง, เขียวและน้ำเงิน ตามรูปที่ 2.6 จะเป็นการผสมสีปฐมภูมิแบบบวก

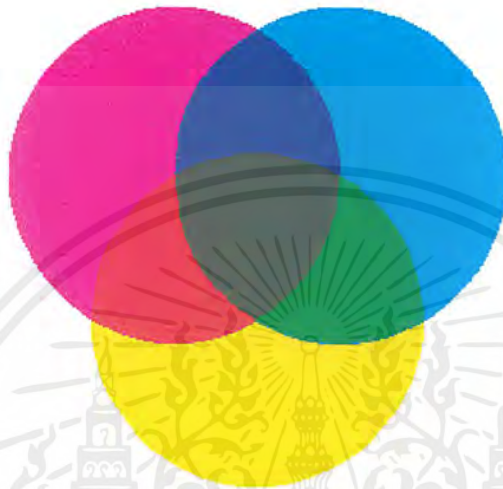


รูปที่ 2.6 แสดงการผสมสีปฐมภูมิแบบบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สีปฐมภูมิแบบลบ

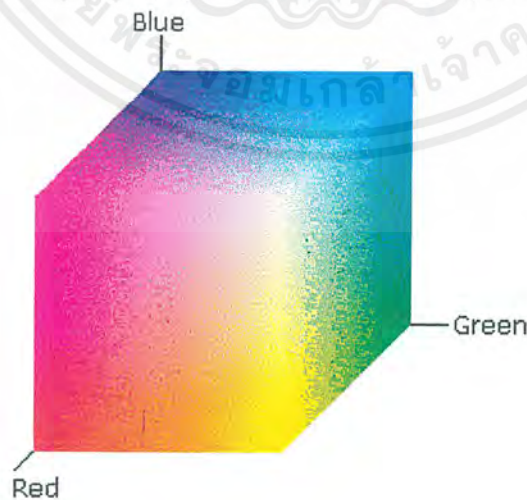
การลบของสีเริ่มจากสีขาวซึ่งก็คือ มีการปรากฏของสีในปริมาณเท่าๆ กัน เมื่อลบสี Cyan และเหลืองจากสีขาว ภาพจะได้เป็นสี Magenta ในภาพสีเขียว ถ้ามลบสี Cyan ภาพจะกลายเป็นสีเหลือง สีปฐมภูมิแบบลบ 3 สี ก็คือ สี Cyan, เหลืองและ Magenta ตามรูปที่ 2.7 เป็นการผสมสีปฐมภูมิแบบลบ



รูปที่ 2.7 แสดงการผสมสีปฐมภูมิแบบลบ

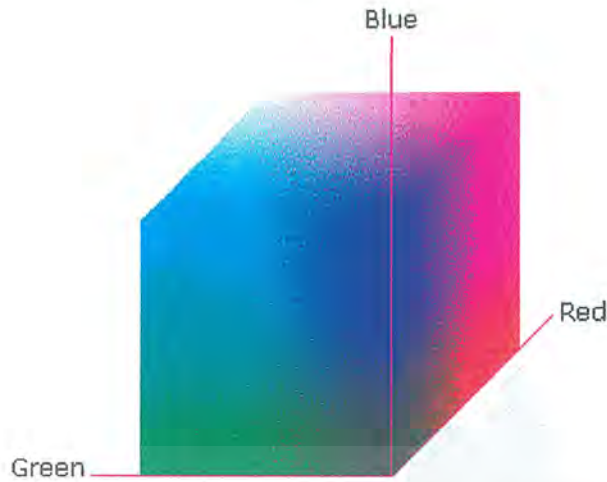
ระบบสี RGB

เป็นการ Map สีแดง, เขียวและน้ำเงินบน 3-D Cartesian Coordinate ซึ่งจะได้ลูกบาศก์ตามภาพซึ่งแสดง 2 มุมที่ต่างกัน จะสังเกตเห็นว่าจุดกำเนิดจะเป็นสีดำซึ่งทุกส่วนประกอบสีเป็นศูนย์ โดยที่ตำแหน่งมุมตรงข้ามผ่านจุดศูนย์กลางจะเป็นสีขาวซึ่งทุกส่วนประกอบสีมีค่ามากที่สุด



รูปที่ 2.8 แสดงระบบสี RGB ด้านหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

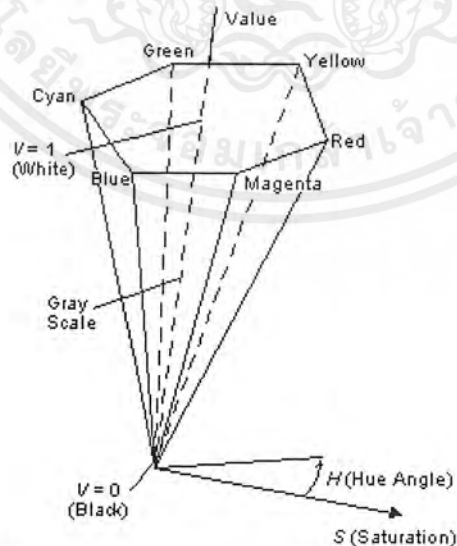


รูปที่ 2.9 แสดงระบบสี RGB ด้านหลัง

เหมือนกับระบบสีโดยทั่วไป สี RGB เป็นค่าที่นอร์มัลไลซ์แล้วซึ่งอยู่ในช่วง 0 กับ 1 ดังนั้นสีดำก็คือ (0.0,0.0,0.0) และสีขาว (1.0,1.0,1.0) ในระบบสี RGB สีแดง, เขียวและน้ำเงินเป็น Primary Colors และ Secondary Colors เป็นสี Cyan, เหลืองและ Magenta ระบบสี RGB เป็นได้ทั้งที่ขึ้นกับอุปกรณ์และอิสระกับอุปกรณ์

ระบบสี HSV

ระบบสี Hue, Saturation และ Value (HSV) โดยทั่วไปจะใช้ในหมู่นักศิลปินซึ่ง Hue ก็คือสี Saturation ก็คือปริมาณสีขาวดำ, ขาวหรือดำที่ผสมลงไปโน้ดสี (Hue) Saturation เป็นศูนย์ก็คือไม่มีสี (Gray Scale) ส่วน Value คือ ความ Brightness สี HSV เป็นปริมาณที่นอร์มัลไลซ์



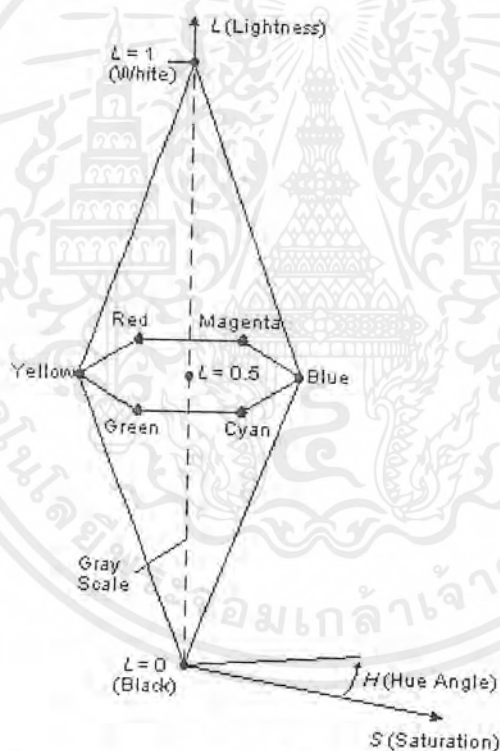
รูปที่ 2.10 แสดงระบบสี HSV ในแบบ Hexcone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.10 แสดงระบบ HSV ในแบบ Hexcone ภาคตัดขวางจะเป็นรูปหกเหลี่ยม แต่ละมุมจะเป็นสีแดง, เหลือง, เขียว, Cyan, น้ำเงินและ Magenta ระบบนี้จะแทนสีด้วยมุมของ Hue, ระดับ Saturation และระดับ Value ที่มุม 0 องศาเป็นสีแดงโดยมุมจะหมุนทวนเข็มนาฬิกา สีที่ตรงกันข้ามจะทำมุมต่างกัน 180 องศา ระบบ HSV นี้เป็นได้ทั้งที่ขึ้นกับอุปกรณ์และอิสระกับอุปกรณ์

ระบบสี HLS

HLS ใช้โดยทั่วไปในหมู่นักคิดป็น ประกอบด้วย Hue, Lightness และ Saturation โดยที่ Hue จะเหมือนกับระบบ HSV ซึ่งต่างกันว่า 0 องศาเป็นสีน้ำเงิน, 60 องศาเป็น Magenta และ 120 องศาเป็นสีแดง โดยที่ Lightness เป็นปริมาณสีดำหรือสีขาวในสี เมื่อเพิ่ม Lightness จะเป็นการเพิ่มสีขาวไปใน Hue ในทางกลับกันเมื่อลด Lightness ก็จะเป็นการเพิ่มสีดำลงใน Hue ส่วน Saturation เป็นการวัด Purity ของ Hue เมื่อลด Saturation แล้ว Hue จะกลายเป็นสีดำ-ขาวมากขึ้น เมื่อเป็นศูนย์จะได้ Gray Scale



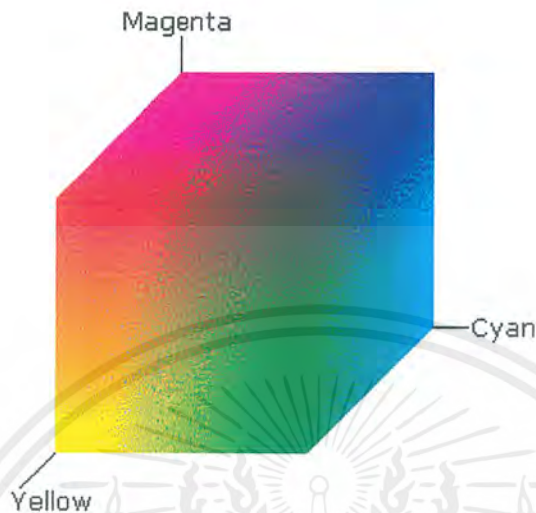
รูปที่ 2.11 แสดงระบบสี HLS ซึ่งเป็น Double Hexcone

จากรูปที่ 2.11 จะเป็นรูปแสดงระบบ HLS ซึ่งเป็น Double Hexcone ภาคตัดขวางจะเป็นหกเหลี่ยม HLS เป็นปริมาณที่นอร์มัลไลซ์ Lightness และ Saturation ซึ่งมีค่าระหว่าง 0.0 ถึง 1.0 ส่วน Hue จะมีค่าระหว่าง 0 ถึง 360 องศา ระบบสี HLS เป็นได้ทั้งที่ขึ้นกับอุปกรณ์และอิสระกับอุปกรณ์

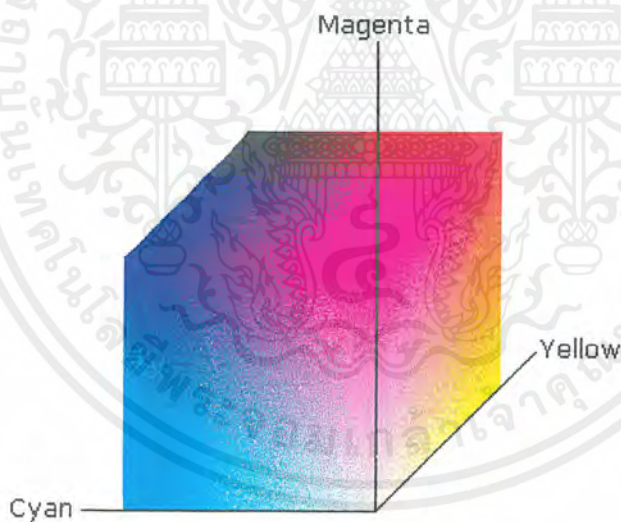
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบสี CMY and CMYK

CMY และ CMYK จะใช้ในระบบการพิมพ์ ระบบ CMY จะใช้ Cyan, Magenta และ เหลือง (CMY) เป็นสีปฐมภูมิ ส่วนสีแดง, เขียวและน้ำเงินเป็นสีทุติยภูมิตามรูปที่ 2.12 เป็น CMY ที่งนอร์มัลไลซ์แล้ว



รูปที่ 2.12 แสดงระบบสี CMY ด้านหน้า



รูปที่ 2.13 แสดงระบบสี CMY ด้านหลัง

CMY เป็นระบบแบบลบ สีขาวจะเป็น (0.0,0.0,0.0) และสีดำเป็น (1.0,1.0,1.0) ถ้าเริ่มที่ สีขาวแล้วไม่ลบสีอะไรเลยก็จะได้สีขาว แต่ถ้าลบด้วยทุกสีในปริมาณเท่ากันก็จะได้สีดำ

CMYK เป็นการเพิ่มสีดำเข้าไปในระบบ CMY เพื่ออุดช่องว่างระหว่างทฤษฎีกับการ ปฏิบัติจริง เพราะการปฏิบัติจริงในการพิมพ์เมื่อลบทุกสีในปริมาณเท่ากันจะได้เป็นสีน้ำตาลเข้มไม่ ใช่สีดำ CMY และ CMYK เป็นอุปกรณ์ที่ขึ้นกับอุปกรณ์แต่ปกติจะใช้เฉพาะแต่ละอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบสีที่ขึ้นกับอุปกรณ์

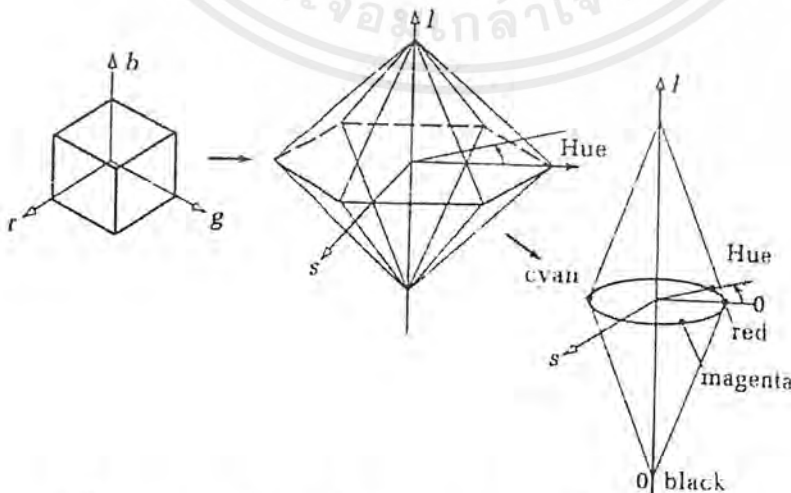
ระบบสีส่วนใหญ่จะเป็นอิสระกับอุปกรณ์ซึ่งเมื่อแสดงในอุปกรณ์ต่างกัน สีที่ได้ก็จะต่างกันด้วย แต่ในทุกๆระบบสีจะมีจุดสีขาวซึ่งแทนจุดที่ขาวที่สุด เมื่ออุปกรณ์ต่างกันจุดสีขาวก็ต่างกันด้วย ดังนั้นวิธีที่จะเทียบสีให้ใกล้เคียงกันมากที่สุดก็คือ การเทียบจุดสีขาวนั่นเอง

ระบบสีที่เป็นอิสระต่อทุกอุปกรณ์

The Commission International de l' Eclairage (International Commission on Illumination) หรือ CIE ได้สร้างระบบสีจาก "Imaginary" สีปฐมภูมิซึ่งไม่มีอุปกรณ์จริงที่สามารถผลิตสีนี้ขึ้นมาได้ จุดประสงค์เพื่อใช้ในการแปลงระบบสีจากระบบหนึ่งไปยังอีกระบบหนึ่งโดยสีปฐมภูมิเป็นสี "Abstract Colors" X, Y และ Z ระบบสี CIE XYZ ใช้ในการแปลงระหว่างระบบสีเป็นส่วนใหญ่

การแปลงระบบสี (Color Conversion)

ระบบสีสามารถที่จะแปลงจากระบบ RGB ไปเป็น HLS ได้ซึ่งจะแสดงในรูปที่ 2.14 โดยถ้ามองเส้นทแยงมุมจาก (1,1,1) ไปยัง (0,0,0) ของลูกบาศก์ RGB ซึ่งจะได้ hue 6 ส่วน (R, G, B และสีตรงข้ามกับ R, G, B) ซึ่งจะอยู่ในแนวตั้งของ hexagon ด้วยเหตุนี้ hue สามารถที่จะเกี่ยวข้องตั้งแต่ 0 ถึง 360 องศาและที่ 0 องศาจะเป็นสีแดง ค่า lightness จะเปลี่ยนจาก 0 เมื่อส่วนประกอบของ RGB ทั้งหมดเป็น 0 และจะเป็น 1 เมื่อส่วนประกอบทั้งหมดเป็น 1 การตอบคณอนี้จะเป็นไปตลอดระยะทางจากเส้นทแยงมุมของลูกบาศก์ RGB จากสีดำไปเป็นสีขาว ส่วน saturation จะได้จะไม่เป็นไปตามเส้นทแยงมุมของลูกบาศก์ RGB ซึ่งจะ map ไปยังระยะทางของรัศมีจากแกน lightness ของโคน HLS



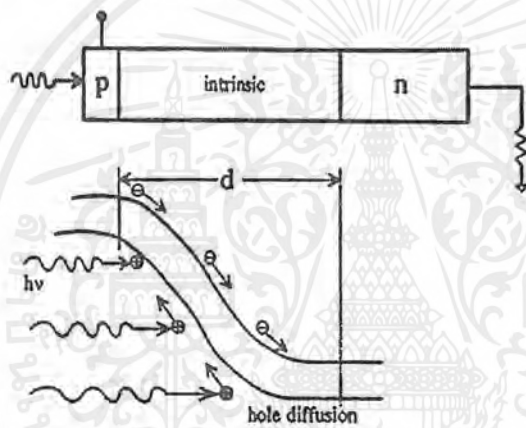
รูปที่ 2.14 แสดงรูปการแปลงจากระบบ RGB เป็นระบบ HLS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ตัวตรวจวัดสีในระบบ RGB

2.2.1 พีไอเอ็น โฟโตไดโอด (PIN Photodiode)

โฟโตไดโอด เป็นไดโอดที่มีเขตปลอดพาหะอยู่โดยตัวของไดโอดเอง ซึ่งเป็นชั้นของซิลิกอนที่เรียกว่าเป็นชั้น intrinsic จะอยู่ระหว่างสารชนิดพีกับชนิดเอ็นซึ่งอาจเรียกว่า พีไอเอ็น โฟโตไดโอด ความหนาของชั้นซิลิกอนบริสุทธิ์จะสอดคล้องกับประสิทธิภาพเชิงควอนตัม ช่วงความถี่ตอบสนองและช่วงการตอบสนองต่อสีของแสงโดยที่เขตปลอดพาหะสามารถที่จะขยายออกไปในเนื้อสารทั้งชนิดเอ็นและพี การเพิ่มขึ้นของชั้นซิลิกอนบริสุทธิ์จะทำให้ค่าความจุไฟฟ้าของเขตปลอดพาหะลดลงและจะเพิ่มเขตของปริมาตรการดูดกลืน (เขตปลอดพาหะ) รูปแบบของ พีไอเอ็น โฟโตไดโอด ดังแสดงในรูปที่ 2.15 ซึ่งมีแบบก้ำแกงศักย์แบบขอตตีกี, การแพร่ซึมแบบระนาบและแบบ side illuminated PIN



รูปที่ 2.15 แสดงโครงสร้างและแถบพลังงานของ PIN diode

จากรูปที่ 2.15 จะเห็นได้ว่าชั้นของสารชนิดพีมีขนาดบางมากจนอาจจะละการดูดกลืนแสงของบริเวณนี้ออกไปได้ (อย่างไรก็ดี บริเวณชั้นพีจะแสดงสมบัติของเขตปลอดพาหะที่สมบูรณ์) สำหรับเขตปลอดพาหะ (ทั้งในสารชนิดเอ็น ชนิดพีและชั้นซิลิกอนบริสุทธิ์) จะต้องมีความหนาพอที่จะตรวจจับหรือดูดซึมแสงส่วนใหญ่ได้ แต่จะต้องไม่เกินไปกว่า transit time ของพาหะที่จะข้ามเขตปลอดพาหะ (ซึ่งจะมีขนาดยาวมากเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงชีวิตของพาหะ) ไปได้ สำหรับ พีไอเอ็น โฟโตไดโอด แต่ละชนิดก็จะทำรอยต่อโอห์มมิกที่ชั้น n' กับขั้วอลูมิเนียมสำหรับแบบก้ำแกงศักย์ขอตตีกีซึ่งจะใช้ทองคำที่โปร่งแสงเนื่องจากความบาง รังสีที่ตกกระทบจะถูกดูดกลืนในบริเวณเขตปลอดพาหะและจะทำให้เกิดคู่อิเล็กตรอน - โฮล ขึ้น เขตปลอดพาหะยังคงอยู่เนื่องจากสนามไฟฟ้าจากการแพร่ของพาหะข้างน้อยที่ข้ามรอยต่อระหว่างชั้นของสารพีกับ ชั้นซิลิกอนบริสุทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อให้ศักดาไฟฟ้าจากภายนอกกับไดโอด เขตปลอดพาหะจะขยายออกทั้งสองด้าน (จากชั้นซิลิกอนบริสุทธิ์) ซึ่งชั้นซิลิกอนบริสุทธิ์จะไม่มีพาหะอิสระอยู่เลยจึงมีสภาพต้านทานไฟฟ้าสูงซึ่งจะทำให้ความต่างศักย์สูญเสียไปและทำให้บริเวณเขตปลอดพาหะมีสนามไฟฟ้าที่มีค่ามากตกคร่อมอยู่จึงเป็นสาเหตุให้เกิดการแยกกันของคู่อิเล็กตรอน-โฮล และทำให้พาหะมีความเร็ว (เนื่องจากสนามไฟฟ้า) สูง ตลอดช่วงเขตปลอดพาหะ

กระแสมืด (เมื่อไม่มีโฟตอนตกกระทบ) อาจเกิดได้จากสองแหล่ง

- 1) การเกิด – การรวมตัวของกระแสมืดในเขตปลอดพาหะ
- 2) กระแสรั่วที่ผิวของอุปกรณ์

กระแสเนื่องจากชั้นสารซิลิกอน (ค่าที่ยอมรับได้ประมาณ) เองสามารถลดลงได้โดยการใช้ซิลิกอนที่มีความบริสุทธิ์สูงและระมัดระวังเรื่องการเกิดจุดบกพร่องภายในผลึกเนื่องจากกระบวนการผลิต กระแสรั่วที่ผิวของอุปกรณ์อาจจะทำให้ลดลงได้โดยการใช้เทคนิค Passivation techniques

นอกจากนั้นกระแสมืดยังเปลี่ยนแปลงกับอุณหภูมิ ดังความสัมพันธ์

$$i_0 \propto \exp\left\{\frac{-0.7\text{eV}}{kT}\right\}$$

ในช่วงของอุณหภูมิห้องถึง 70° C ค่าของกระแสมืดจะเพิ่มขึ้นทุกๆ 30° C

ประสิทธิภาพเชิงควอนตัมของพีไอเอ็น โฟโตไดโอด

โดยทั่วไปชั้นของซิลิกอนบริสุทธิ์จะมีสภาพต้านทานไฟฟ้าสูงกว่าชั้นที่มีการเจือปน การไบอัสแบบย้อนกลับจะตกคร่อมในชั้นของซิลิกอนบริสุทธิ์เนื่องจากสนามไฟฟ้า E มีค่าเปลี่ยนแปลงตาม dv/dx และสนามไฟฟ้าจะอยู่ในชั้นของซิลิกอนบริสุทธิ์ สนามไฟฟ้าตามธรรมชาติของอุปกรณ์ขณะไม่มีการไบอัส (เนื่องจากการแพร่ของการเหนี่ยวนำคู่อิเล็กตรอน-โฮล) จะทำให้เกิดสนามไฟฟ้าซึ่งมีค่ามากพอที่เชื่อได้ว่า การไบอัสแบบย้อนกลับจะสามารถควบคุมกระแสของพาหะในชั้นของซิลิกอนบริสุทธิ์ได้ แต่ในทางตรงกันข้ามเนื่องจากมีความต่างศักย์เพียงเล็กน้อยที่ตกคร่อมบริเวณสารชนิดพีและเอ็นทำให้กระแสแพร่ซึมโดดเด่นขึ้น

เนื่องจากอาจเกิดการดูดซึมแสงในชั้นพี ดังนั้นชั้นพีจึงถูกออกแบบมาให้มีความบางมาก พาหะที่เกิดเนื่องจากแสงยังอาจไม่จำเป็นต้องขึ้นกับกระแสแพร่ซึมซึ่งจะนำไปสู่ชั้นซิลิกอนบริสุทธิ์ กระแสทั้งหมดดังแสดงได้โดยสมการ

$$i = (1 - r) \Phi_q q \left(1 - \frac{e^{-ad}}{1 + aL_n} \right)$$

เมื่อ $r =$ ดัชนีประสิทธิผลการสะท้อนของเฟรตเนล

$a =$ ดัชนีประสิทธิผลการดูดกลืน

$L_n =$ ระยะการแพร่ซึมของโฮล

$d =$ ความกว้างรวมของเขตปลอดพาหะ

ซึ่งจะได้ ประสิทธิภาพเชิงควอนตัม η ดังสมการ

$$\eta = \frac{i}{q\Phi_q} = (1-r) \left(1 - \frac{e^{-ad}}{1+aL_n} \right)$$

สำหรับซิลิกอนที่มีความยาวคลื่น $\lambda \leq 1.1 \mu\text{m}$ และ $aL_n \ll 1$ สามารถละพจน์ที่เป็นตัวหารได้ ถ้ามีการอบสารลดการสะท้อนที่ผิวหน้าของตัวตรวจวัด ความกว้างของเขตปลอดพาหะจะเป็นตัวแปรที่สำคัญซึ่งจะได้ว่า $\eta \approx 1 - e^{-ad}$ ถ้าเขตปลอดพาหะมีความกว้างมากกว่าระยะการดูดซึม ($1/a$) ซึ่งจะได้ประสิทธิภาพเชิงควอนตัมประมาณ 85 %

ช่วงเวลาการตอบสนอง

สามปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อช่วงเวลาการตอบสนองของตัวตรวจวัดแสงคือ

- 1) ช่วงเวลา ทรานสิท (transit time) ที่เกิดจากแสง
- 2) การถูกจับของพาหะที่เกิดจากแสง
- 3) ค่าคงที่เวลา RC ของวงจรสมมูล

ช่วงเวลาทรานสิท เป็นผลรวมของช่วงเวลาซึ่งพาหะข้างน้อยที่เกิดเนื่องจากแสงเคลื่อนที่ออกจากรอยต่อกับเวลาที่พาหะข้างมากเคลื่อนที่ไปสู่รอยต่อโอห์มมิก เนื่องจากโฟโตไดโอดชนิด พีไอเอ็น จะสะสมพาหะที่เกิดจากแสงโดยสนามไฟฟ้าที่มีค่าสูง ๆ ในพีไอเอ็น โฟโตไดโอด ถ้า พีไอเอ็น โฟโตไดโอด มีความหนา 5 มิลลิเมตร อาจมีช่วงเวลาทรานสิทเป็น 5 นาโนวินาที ถ้า คัดคาไฟฟ้ากับไดโอดมีค่าพอที่ทำให้ไดโอดแสดงสมบัติเขตปลอดพาหะอย่างสมบูรณ์

เมื่อเปรียบเทียบกับ พีเอ็น โฟโตไดโอด ซึ่งมีช่วงเวลาทรานสิทในช่วงเวลาไมโครวินาทีแล้ว (ความนำไฟฟ้าเชิงแสงที่มีค่าในช่วงมิลลิวินาทีถึงไมโครวินาที ตัวตรวจวัดอุณหภูมิจะมีค่าในช่วงมิลลิวินาที) จะเห็นว่าพีไอเอ็น โฟโตไดโอดมีช่วงเวลาทรานสิทที่สั้นมาก

ผลเนื่องจากการถูกจับ (โดยกับดักประจุ) ที่สถานะลึกในซิลิกอนอาจจะเนื่องมาจากการมีช่วงชีวิตที่นาน ปัญหานี้อาจแก้ไขได้โดยการเลือกวัสดุที่มีความบริสุทธิ์สูงและ การเลือกวัสดุที่ใช้ผลิตซึ่งอาจเป็นผลทำให้ค่าคงที่เวลาอยู่ในช่วงที่น้อยกว่าเศษส่วนของไมโครวินาทีได้

วงจรสมมูลซึ่งอาจจะได้ค่าคงที่เวลาของการตอบสนอง $\tau = R_L C_d$ ซึ่งจะเป็นเวลาที่กระแสมีค่าเป็น 67% ของค่ามีสมมูลหลังจากให้หรือหยุดให้แสง ถ้าความจุไฟฟ้าของไดโอดมีค่า 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พีโคฟาร์ด และความต้านทานของภาวะเป็น 1 กิโลโอห์ม จะได้ค่าคงที่เวลาประมาณ 1×10^{-7} วินาที แม้ว่าช่วงเวลาทรานสิทของตัวตรวจวัดเองอาจจะมีค่าน้อยกว่าแต่ช่วงเวลาการตอบสนองก็อาจจะโดดเด่นและอาจจะแสดงได้ว่าเป็นช่วงเวลาการตอบสนองของระบบ

การเลือกความต้านทานของภาวะจะมีผลกระทบทั้งความเร็วในการตอบสนองและความไวต่อแสงที่ความเข้มต่ำ การตอบสนองที่เร็วจะต้องการภาวะที่มีค่าความต้านทานต่ำระบบที่ต้องการสภาวะความส่องไวสูงต้องการความต้านทานของภาวะที่สูงกว่า

ความกว้างของชั้นซิลิกอนบริสุทธิ์ ก็จะส่งผลต่อช่วงเวลาทรานสิทเช่นกัน โดยจะมีผลต่อช่วงกว้างของความถี่ทางไฟฟ้าของพีไอเอ็น โฟโตไดโอด โดยทั่วไปโฟตอนที่ตกกระทบ, $E_q e^{j(\omega t - kx)}$ ($\omega = 2\pi f$ เป็นความถี่เชิงมุมทางไฟฟ้า) โฟตอนจะถูกดูดกลืนที่บริเวณขอบของชั้นซิลิกอนบริสุทธิ์ ($d \gg 1/a$) อาจจะประมาณได้ว่าศักดาไฟฟ้าที่ให้กับไดโอดปรากฏขึ้นที่ชั้นซิลิกอนบริสุทธิ์ ซึ่งมีค่าเพียงพอที่จะทำให้ความเร็วเฉลี่ยเนื่องจากสนามไฟฟ้าถึงจุดอิมิตัว (V_s) ถ้ารังสีที่ตกกระทบไม่สม่ำเสมอก็จะทำให้ความหนาแน่นของกระแสที่ถูกกำเนิดที่ผิวหน้าของไดโอดจะกลายเป็นคลื่นระนาบซึ่งแสดงได้ดังสมการ

$$\begin{aligned} J(x) &= q(1-r)E_q e^{j(\omega t - kx)} \\ &= q(1-r)E_q e^{j(\omega t - x/V_s)} \end{aligned}$$

ดังนั้น กระแสรวมคือความหนาแน่นของกระแสเฉลี่ยตลอดช่วงซิลิกอนบริสุทธิ์

$$\begin{aligned} J &= \frac{1}{d} \int_0^d J(x) dx \\ &= q(1-r)E_q e^{j\omega t} \text{sinc} \left(\frac{fd}{V_s} \right) \end{aligned}$$

ฟังก์ชัน sinc จะแสดงถึงช่วงเวลาของการตอบสนองของระบบ บริเวณที่กำลังสองของความหนาแน่นของกระแสที่ตอบสนอง J^2 จะลดลงเป็นครึ่งหนึ่งของค่าสูงสุด ($\text{sinc}^2(fd/V_s) = 1/2$) คือที่จุด 3-dB ซึ่ง $fd/V_s = 0.44$ ดังนั้นที่ 3-dB จะได้ความถี่เนื่องจากความเร็วของพาหะเนื่องจากสนามไฟฟ้า f_{crit} จะได้

$$f_{\text{crit}} = 0.44V_s / d$$

สำหรับซิลิกอนซึ่ง $V_s = 10^7$ cm/s และให้ อยู่ในหน่วยของ cm จะได้

$$f_{\text{crit}} = (4.4 \times 10^6) / d$$

ถ้าเขตปลอดพาหะสำหรับพีไอเอ็นโฟโตไดโอดชนิดที่ทำมาจากซิลิกอนมีความหนาเท่ากับ 10 ไมโครเมตร ที่ 3-dB จะได้ความถี่เป็น 4.4 GHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความกว้างของชั้นซิลิกอนบริสุทธิ์ อาจมีผลกระทบต่อค่าคงที่เวลา RC ได้โดยง่าย ซึ่งความกว้างก็จะมีผลต่อความจุไฟฟ้า นั่นคือ $C = \epsilon A / d$ สำหรับซิลิกอนและถ้า $\epsilon = 11.8\epsilon_0$ เมื่อ ϵ_0 เป็นค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของสุญญากาศและถ้าความยาวกับพื้นที่รับแสงอยู่ในหน่วยเซนติเมตร จะได้ช่วงจำกัดความถี่ RC เป็น

$$f_{RC} = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1 \cdot d}{2\pi \epsilon R A}$$

$$= (1.5 \times 10^{11}) \frac{d}{RA}$$

จะเห็นได้ว่า RA จะเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความเร็วของการตอบสนองของระบบ

Performance Expected

สัญญาณรบกวนของ พีไอเอ็น โฟโตไดโอด จะขึ้นอยู่กับไฟฟ้ากระแสตรงที่ไหลอยู่ตลอดช่วงของ พีไอเอ็น โฟโตไดโอด นั้นเองและช่วงความถี่ของอุปกรณ์ แต่สัญญาณรบกวนจะมีผลเกี่ยวกับความกว้างของชั้นซิลิกอนบริสุทธิ์ (รวมไปถึงประสิทธิภาพเชิง ควอนตัมด้วย) สัญญาณรบกวนอันได้แก่ shot noise และ Johnson noise เมื่อไฟฟ้ากระแสตรงเนื่องจากความหนาแน่นของสัญญาณ i_{sig} กระแสเนื่องจากความหนาแน่นเบื้องหลัง i_{bkg} และกระแสมืด i_0 (สำหรับกรณีที่ไบอัสอุปกรณ์ด้วยความต่างศักย์ขนาดมาก ๆ) จะได้กระแสรบกวนสุทธิ

$$i_n^2 = \sqrt{2q(i_{sig} + i_{eq}) \Delta f}$$

เมื่อ

$$i_{eq} = i_{bkg} + i_0 + \frac{2kT}{qR_{cq}}$$

และ

$$R_{cq} = R_L // R_d$$

ที่ความถี่ต่ำ ($f < 1\text{kHz}$) จะพบสัญญาณรบกวน $1/f$

โดยทั่วไปโฟโตไดโอดแบบชอตติ์กีจะมีสัญญาณรบกวน $1/f$ ต่ำกว่าชนิดแพร์ซีมในแนวระนาบและจะได้อัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน, SNR, เป็น

$$\frac{S}{N} = \frac{i_{sig}}{\sqrt{2q(i_{sig} + i_{eq}) \Delta f}}$$

ถ้า $i_{sig,NEP}$ เป็นกระแสสัญญาณที่เกิดขึ้นซึ่งจะตอบสนองต่อความหนาแน่นของรังสีที่ตกกระทบจะมีค่าเท่ากับสัญญาณรบกวนเนื่องจากแหล่งกำเนิดกำลัง (NEP) ซึ่งหาได้โดยการจัดให้ SNR มีค่าเท่ากับ 1 จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$i_{\text{sig.NEP}}^2 = (2q \Delta f) i_{\text{sig.NEP}} + (2q \Delta f) i_{\text{eq}} \\ \cdot i_{\text{sig.NEP}}^2 - (2q \Delta f) i_{\text{sig.NEP}} - (2q \Delta f) i_{\text{eq}} = 0$$

และ จะได้

$$i_{\text{sig.NEP}} = (q \Delta f) \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2i_{\text{eq}}}{q \Delta f}} \right)$$

ขนาดของความหนาแน่นของรังสีที่ตกกระทบที่จำเป็นต่อการเกิด $i_{\text{sig.NEP}}$ หาได้จาก

$$i_{\text{sig.NEP}} = q \eta \frac{\lambda}{hc} \text{NEP} = (q \Delta f) \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2i_{\text{eq}}}{q \Delta f}} \right) \\ \text{NEP} = \frac{hc}{\eta \lambda} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2i_{\text{eq}} \Delta f}{q}} \right)$$

สำหรับกรณีที่เกิดขึ้นบ่อย ๆ ซึ่งสัญญาณรบกวนเด่นกว่าสัญญาณที่ป้อนให้กับระบบจะได้

$i_{\text{eq}} > q \Delta f / 2$ และ

$$\text{NEP} = \left(\frac{hc}{\eta \lambda} \Delta f \right) \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2i_{\text{eq}}}{q \Delta f}} \right)$$

และ specific detectivity D^* เป็น

$$D^* = \frac{\eta \lambda}{hc} \sqrt{\frac{qAd}{2i_{\text{eq}}}}$$

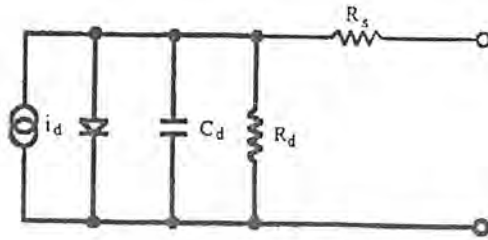
จะเห็นว่า สภาพการตอบสนองจะแปรค่าตามความยาวคลื่นที่เปลี่ยนแปลงไปของรังสีที่ตกกระทบอย่างชัดเจน เนื่องจากสมบัติการสะท้อนและการดูดกลืนของซิลิกอนเปลี่ยนแปลงตามความยาวคลื่น ความต่างศักย์ที่ไบอัสไดโอดมีผลต่อกระบวนการสะสมพาหะในซิลิกอนและอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทั้งกับค่าคงที่เชิงแสงและกระบวนการสะสมประจุในซิลิกอน จึงมีผลต่อสภาพการตอบสนอง แต่สำหรับความต่างศักย์ที่ให้กับไดโอดและอุณหภูมิกับเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก

การเชื่อมต่อกับพีไอเอ็น โฟโตไดโอด

โดยความหมายทั่วๆ ไปแล้วอาจเปรียบเทียบ พีไอเอ็น โฟโตไดโอด ได้กับแหล่งกำเนิดกระแสที่ให้กระแสคงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งปริมาณของกระแสขึ้นอยู่กับปริมาณของแสงที่ตกกระทบและการเปลี่ยนแปลงสภาพการตอบสนองกับความเข้มของแสงเป็นแบบเชิงเส้น ค่าการเบี่ยงเบนจากความเข้มเชิงเส้นมากที่สุดที่เกินขอบเขตของสภาพการตรวจวัดเมื่อความเข้มแสงมีค่าตั้งแต่ 10^{-13} W/m^2 ถึง 10^{-3} W/cm^2 ประมาณ 5% ถ้าแสงที่มีความเข้มมากกว่า 10 mW/cm^2 การเบี่ยงเบนจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเป็นเชิงเส้นก็จะเกิดได้กับพีไอเอ็น โฟโตไดโอดทั้งแบบกำแพงศักย์ขอตติ์ และแบบแพร่ซึม ในแนวระนาบ สำหรับแสงที่มีความเข้มในระดับสูงขึ้นไป เซลล์เชิงแสงควรจะได้รับไบอัสแบบ back biased เพื่อความเป็นเชิงเส้นที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้นและศักดาไฟฟ้าที่ให้กับอุปกรณ์ควรมีค่ามากกว่า 50 V เมื่อระบบได้รับแสงที่มีความเข้มมากกว่า 10 mW/cm^2



รูปที่ 2.16 แสดงวงจรสมมูลของซีลิกอนโฟโตไดโอด

จากรูปที่ 2.16 แสดงวงจรสมมูลของอุปกรณ์ทั้งแบบกำแพงศักย์ขอตติ์ และแบบแพร่ซึม ในแนวระนาบ ซึ่งมีความจุไฟฟ้าที่เขตปลอดพาหะ C_d , ความต้านทานไฟฟ้าที่ขนานกับรอยต่อ, R_d (เป็นความต้านทานของเขตปลอดพาหะ) และความต้านทานไฟฟ้าที่ต่ออนุกรมกับรอยต่อ R_s (เป็นความต้านทานของชั้นสารที่นอกเหนือเขตปลอดพาหะ) และ i_d เป็นกระแสที่เกิดขึ้นเมื่อแสงที่มีความเข้มจำนวนหนึ่งตกกระทบบนอุปกรณ์

ถ้าพีไอเอ็น โฟโตไดโอดทำงานในแบบลัดวงจร (คือ $R_L=0$) ซึ่งกระแสที่เกิดขึ้นจะมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นกับแสงที่ตกกระทบบน และ เมื่อ R_L มีค่าเพิ่มขึ้นระบบของอุปกรณ์จะแสดงความสัมพันธ์ที่เบี่ยงเบนไปจากความสัมพันธ์ที่เป็นเชิงเส้น จนกระทั่ง R_L มีค่าเป็นอนันต์ ($R_L = \infty$) หรือเปิดวงจร ความต่างศักย์ที่ได้ออกมาเมื่อวงจรอยู่ในสภาวะเปิด จะสอดคล้องกับล็อก (log) ของความเข้มแสงที่ตกกระทบบน ค่ากระแสมืดที่น้อยที่สุดยังคงอยู่ในระบบ ความต่างศักย์เชิงแสง ซึ่งทำให้ระบบนี้เป็นอุดมคติสำหรับการวัดในระดับแสงต่ำ ๆ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของกระแสมืดมีผลต่อกระแสรวมที่ได้ทั้งหมด

การทำงานในแบบไบอัสแบบย้อนกลับ ความสัมพันธ์ที่ระบบแสดงออกมาจะอยู่ในแบบเชิงเส้น ถ้าแสงมีความเข้มไม่มากไปกว่า 10 mW/cm^2 และค่าความต่างศักย์ที่ให้กับระบบเพื่อจะไบอัสต้องมีค่ามากกว่า ผลคูณระหว่างค่ากระแสสูงสุด กับ ความต้านทานภาระ ($i_d R_L < V_B$)

สำหรับระบบที่ต้องการตรวจวัดสัญญาณที่มีกำลังสูง ๆ พีไอเอ็น โฟโตไดโอด ต้องการความต้านทานภาระ R_L ที่มีค่าสูงมากเช่นเดียวกัน ซึ่งจะทำให้มีสภาพการตอบสนองต่อความถี่ (ช่วงกว้างของความถี่) สูง เช่น ถ้าช่วงกว้างของกำลังขยายมีค่าคงที่ ระบบก็จะไม่ขึ้นกับสิ่งรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายนอกมากนัก ซึ่งค่านี้จะมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับความจุไฟฟ้าของรอยต่อ ซึ่งโดยทั่วไปจะมีค่าประมาณ 10^{19}

พีไอเอ็น โฟโตไดโอด ที่ทำงานในแบบไบอัสแบบย้อนกลับจะแสดงพฤติกรรมเหมือนกับแหล่งกำเนิดกระแสที่ ความต้านทานชั้นที่ (ขนาน) สูง ๆ . ความจุไฟฟ้าที่รอยต่อมีค่าไม่มากนัก รวมถึงความต้านทานที่อนุกรมกับรอยต่อก็มีค่าไม่มากเช่นกัน สำหรับการขยายสัญญาณควรจะทำในแบบการขยายสัญญาณด้านความต่างศักย์ ถ้าความต้านทานภาระที่ค่าสูง ๆ ซึ่งโดยทั่วไปกับ พีไอเอ็น โฟโตไดโอด ถ้าถูกต่อโดยตรงกับช่องรับสัญญาณของวงจรรขยาย อาจจะทำให้เกิดปัญหาเนื่องจากความไม่เข้ากันของสภาพต้านทานไฟฟ้า จนอาจทำให้สัญญาณถูกลดทอนได้ อาจแก้ปัญหาโดยการ ใช้ TransImpedance Amplifier , TIA ดังรูป ซึ่งจะทำให้การแปลงสัญญาณจากกระแสให้เป็นความต่างศักย์ เพราะว่าค่าความต้านทานของรอยต่อของการทำงานโดยการไบอัสแบบย้อนกลับมีค่ามาก Operation Amplifier, Op Amp ที่ใช้สำหรับวงจรรขยายควรจะเป็นแบบที่ความต้านทานขาเข้ามีค่าสูง หรือแบบ FET input กระแสเชิงแสงที่เกิดขึ้นไหลผ่านตัวต้านทานป้อนกลับ R_L ที่ทำหน้าที่คล้ายภาระสำหรับ โฟโตไดโอด และเนื่องจากช่องรับสัญญาณแบบเปลี่ยนค่ากลับจะแสดงสมบัติเสมือนว่าเป็นกราวด์ จะได้ความต่างศักย์ที่ออกมาจากวงจรรขยายเป็น

$$V_o = -i_g R_L$$

จะได้ กำลังเฉลี่ย P_{av} เป็น

$$P_{av} = \frac{V_o^2}{R_{out}} = \frac{i_g^2 R_L^2}{R_{out}}$$

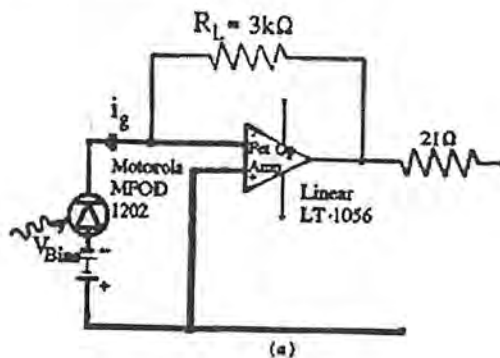
เปรียบเทียบกับกำลังที่ ภาระ R_L คือ

$$P_L = R_L i_s^2 = \frac{i_g^2 R_L^2}{1 + \omega^2 (R_s + R_L)^2 C_d^2}$$

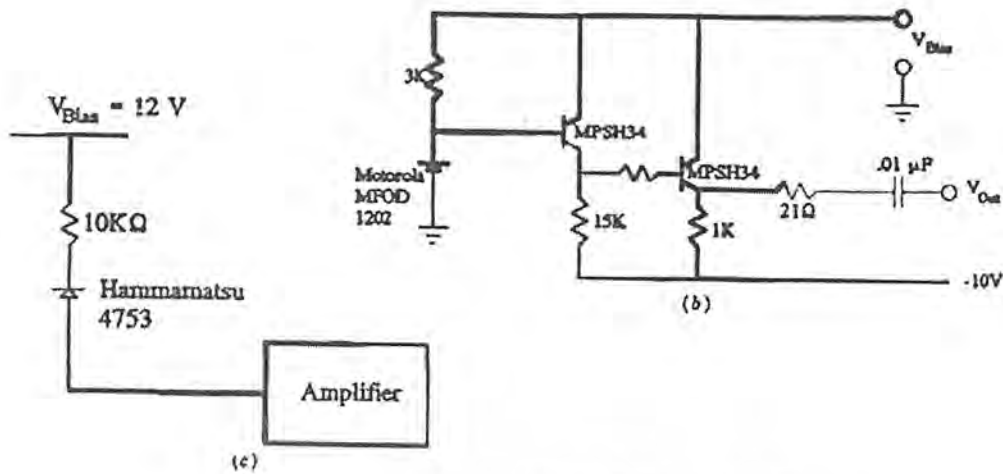
กำลังงานที่ได้จะเพิ่มโดยองค์ประกอบของ $R_L / 4R_{out}$ ซึ่งโดยทั่วไป $R_L = 1 \text{ M}\Omega$

$R_{out} = 100 \text{ }\Omega$ จะได้กำลังงานเป็น 2500 เท่าของกำลังงานที่ให้เข้าไป

สามารถแสดงตัวอย่างวงจรรที่ใช้กับพีไอเอ็นโฟโตไดโอดได้ดังรูป 2.17



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 แสดงวงจรรขยายที่ใช้กับพีไอเอ็นโฟโตไดโอด

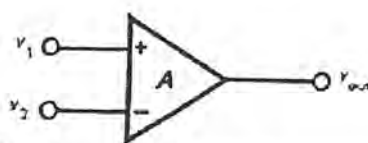
2.2.2 วงจรรขยายสัญญาณ

ในวงจรรขยายสัญญาณ อุปกรณ์ที่ใช้ในการขยายสัญญาณคือ ออปแอมป์ซึ่งเป็นไอซีเชิงเส้นชนิดหนึ่งที่เป็นวงจรรขยาย (ไฟตรง) อัตราการขยายสูง ใช้ในช่วงความถี่ 0 ถึงมากกว่า 1 MHz เพียงแต่ต่อตัวต้านทานต่างๆ แก่ออปแอมป์ก็สามารถปรับอัตราขยายแรงดันและแบนด์วิดท์ตามที่ต้องการได้ มีออปแอมป์ในท้องตลาดมากกว่า 2,000 ชนิด เกือบทั้งหมดเป็นไอซีเชิงเส้น ที่อุณหภูมิห้องมีกำลังสูญเสียน้อยกว่า 1 W ออปแอมป์นอกจากจะเป็นวงจรรขยายโดยตรงแล้ว อาจต่อและดัดแปลงในการทำงานอย่างอื่นได้มากมาย

ต้นกำเนิดของออปแอมป์

ภาคแรกของออปแอมป์ส่วนใหญ่จะเป็นวงจรรขยายผลต่าง (differential amplifier) และภาคสุดท้ายมักจะเป็นวงจรรขยายคลาต B พุช-พูล อิมิตเตอร์ฟอลโลเวอร์ รูปที่ 2.18 แสดงสัญลักษณ์ของออปแอมป์มี 2 อินพุต 1 เอาท์พุต อินพุตด้านบนเรียกว่า อินพุตไม่กลับเฟส (Noninverting input) มีเครื่องหมายเป็นบวกซึ่งแสดงว่า V_{out} มีเฟส ตรงกับ V_1 อินพุตด้านล่างเรียกว่า อินพุตกลับเฟส (Inverting input) มีเครื่องหมายเป็นลบซึ่งแสดงว่า V_{out} จะกลับเฟสกับ V_2 180° โดยสมมุติให้ A คืออัตราขยายแรงดันทั้งหมดของออปแอมป์

$$V_{out} = A (V_1 - V_2)$$



รูปที่ 2.18 แสดงสัญลักษณ์ของออปแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั่นคือ แรงดันเอาต์พุตเท่ากับอัตราขยายแรงดันคูณกับผลต่างของแรงดันของอินพุตทั้ง 2
ไอซีออปแอมป์ตัวแรกผลิตขึ้นในปี 1965 คือ $\mu A 709$ ออปแอมป์ในตระกูล 709 มีมากมาย เช่น MC 1709, LM 709 ฯลฯ ในตระกูล 709 ยังแบ่งออกเป็น 709, 709A, 709B และ 709C โดยเหมือนกันที่ลักษณะของวงจร แต่ต่างกันที่ความทนทาน 709 มีความทนทานสูงสุด ราคาแพงที่สุด 709C มีความทนทานต่ำสุด ราคาถูกที่สุด

ตระกูล 709 เป็นตระกูลแรกของออปแอมป์ซึ่งมีข้อเสียหลายอย่างได้แก่

1. ไม่มีการป้องกันการลัดวงจร หากลัดวงจรปลายเอาต์พุตลงกราวนด์ ออปแอมป์จะเสียหายและพังได้
2. ต้องต่อกับอุปกรณ์ภายนอกหลายตัว ทำให้ลำบากยุ่งยาก

ตระกูล 741 เป็นตระกูลที่ 2 ของออปแอมป์ซึ่งมีการป้องกันการลัดวงจรและอุปกรณ์ ภายนอกที่ต้องใช้น้อย มีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง (มากกว่า $1 M\Omega$) เอาต์พุตอิมพีแดนซ์ต่ำ (75Ω) อัตราขยายแรงดันมากขึ้น (200,000) ราคาไม่แพง ใช้งานง่าย จึงเป็นที่นิยมสูง

ออปแอมป์จะมีลักษณะดังนี้คือ

1. มีผลตอบสนองของความถี่ในย่านสัญญาณไฟตรงถึงความถี่สูงๆ
2. อินพุตอิมพีแดนซ์สูง, เอาต์พุตอิมพีแดนซ์ต่ำ, อัตราขยายแรงดันสูง
3. การใช้ออปแอมป์ต้องมีการต่ออุปกรณ์ภายนอกเพิ่มเติมเสมอๆก่อนจะใช้งาน

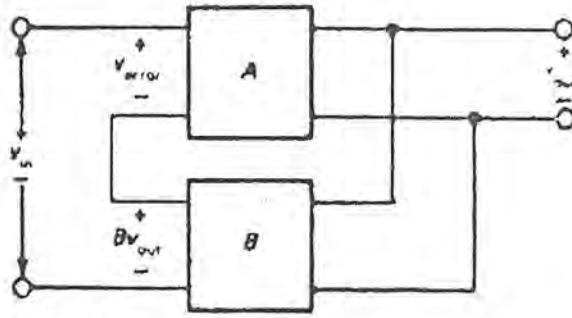
การป้อนกลับแบบลบ (Negative Feedback)

การป้อนกลับแบบลบ หมายถึง สัญญาณบางส่วนของเอาต์พุตที่ถูกส่งไปยังอินพุตจะมีเฟสตรงข้ามกับสัญญาณอินพุต ประโยชน์ของการป้อนกลับแบบลบคือ ทำให้อัตราขยายคงที่ เปลี่ยนแปลงค่าอินพุตและเอาต์พุตอิมพีแดนซ์ให้ดีขึ้น, สามารถลดการผิดเพี้ยนไม่เป็นเชิงเส้น, เพิ่มแบนด์วิดท์

แนวคิดพื้นฐาน

รูปที่ 2.19 เป็นตัวอย่างของวงจรขยายป้อนกลับแบบลบ อินพุตที่เข้าไปในวงจร (บล็อกรับ) เรียกว่า แรงดันเออร์เรอร์ (Error Voltage) ซึ่งเป็นผลต่างระหว่างสัญญาณอินพุต V_{in} กับสัญญาณป้อนกลับ BV_{out} ในระบบป้อนกลับแบบลบ แรงดันเออร์เรอร์จะมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ เนื่องจากอัตราขยาย A มีค่าสูงประมาณ 10,000 ถึงมากกว่า 1,000,000 และแรงดันเอาต์พุตมักจะมีค่าน้อยกว่า 10 V ดังนั้นแรงดันเออร์เรอร์บางทีมีค่าเป็นไมโครโวลท์ (ที่ความถี่ต่ำ) เมื่อเทียบแรงดันอื่นๆ ทั้งหมดในวงจรแล้ว V_{error} จึงน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 การป้อนกลับแบบลบ

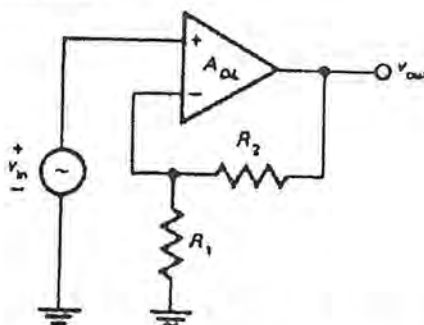
อัตราขยายภายในวงจรเป็น A เพิ่มขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงหรือเหตุผลอื่นๆ แรงดันเอาต์พุตก็จะเพิ่มขึ้นตาม นั่นคือแรงดันที่ถูกป้อนกลับไปยังอินพุตก็จะมีเพิ่มขึ้นด้วย บล็อก B มักจะเป็นตัวแบ่งแรงดันที่มีอัตราขยายเท่ากับ B (ระหว่าง 0 ถึง 1) ดังนั้นสัญญาณป้อนกลับ BV_{out} เป็นส่วนหนึ่งของแรงดันเอาต์พุต สัญญาณที่ป้อนกลับไปอินพุตจะถูกกลับเฟสให้ตรงข้ามกับสัญญาณอินพุต V_{in} จึงทำให้ V_{error} ลดลง ซึ่งจะไปชดเชยกับการเพิ่มขึ้นของอัตราขยาย A พอดี ผลก็คือ V_{out} แทบจะไม่เพิ่มขึ้นเลย

และในกรณีที่อัตราขยาย A ลดลงก็เช่นเดียวกันคือ เมื่อ A ลดลง V_{out} จะลดลง BV_{out} ก็ลดลงด้วยจึงทำให้ V_{error} เพิ่มขึ้นซึ่งจะไปชดเชยกับการลดลงของอัตราขยาย A พอดี ผลก็คือ V_{out} ไม่ลดลงเลยหรืออาจจะลดลงก็เพียงเล็กน้อย

การพยายามที่จะเปลี่ยนแปลงแรงดันเอาต์พุตที่ป้อนกลับให้แก่อินพุตเป็นสาเหตุให้ต้องทำแรงดันเออเรอร์เปลี่ยนแปลงในทิศทางตรงกันข้ามคือ การป้อนกลับแบบลบ ผลที่เกิดขึ้นคือแรงดันเอาต์พุตจะเสมือนไม่ได้ขึ้นอยู่กับเปลี่ยนแปลงภายในที่ทำให้อัตราขยาย A เปลี่ยนไป จะสังเกตได้ว่า สัญญาณเอาต์พุตจะมีเฟสตรงกับสัญญาณอินพุต นั่นคือระบบเป็นวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (Noninverting Amplifier) ที่มีการป้อนกลับแบบลบ

วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

รูปที่ 2.20 แสดงการต่อออปแอมป์เป็นวงจรขยายที่มีการป้อนกลับแบบลบ สัญญาณอินพุตจะเข้าที่อินพุตบวกของออปแอมป์



รูปที่ 2.20 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออปแอมป์มีอัตราขยายภายใน A_{OL} และมีตัวต้านทานภายนอก R_1, R_2 เพื่อเป็นตัวแบ่งแรงดันให้ป้อนกลับ เนื่องจากแรงดันที่ป้อนกลับนี้เข้าออปแอมป์อินพุตลบซึ่งตรงข้ามกับสัญญาณอินพุตหรือเรียกว่า เกิดการป้อนกลับแบบลบขึ้นแล้ว

อัตราขยายแรงดัน

หาค่า B เพื่อที่จะใช้ในการหาอัตราขยายแรงดัน

$$B = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

ดังนั้นอัตราขยาย ลูป-ปิด ประมาณเท่ากับ

$$A_{cl} \cong \frac{1}{B} = \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

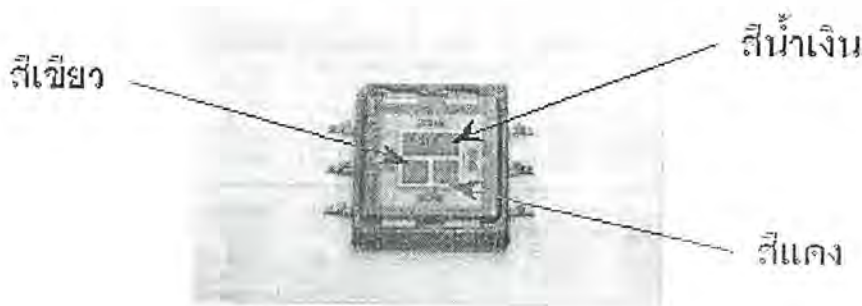
$$A_{cl} = \frac{R_2}{R_1} + 1$$

จะเห็นว่าอัตราขยายลูป-ปิด ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของตัวต้านทานที่ใช้ในการป้อนกลับซึ่งเราสามารถใส่ตัวต้านทานด้วยการกำหนดค่าได้ถูกต้อง จึงทำให้ได้ค่าอัตราขยายลูป-ปิด ที่ถูกต้องด้วย แม้ว่าอุณหภูมิหรือปัจจัยอื่นๆ จะเปลี่ยนแปลง อัตราขยายลูป-ปิด จะคงที่เสมอ

2.2.3 คุณสมบัติของ RGB color sensor

RGB color sensor เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดแสงเบอร์ s7505 ของบริษัท HAMAMATSU ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งเป็นโฟโตไดโอดชนิด Si PIN photodiode ที่มีโครงสร้างและคุณสมบัติดังนี้

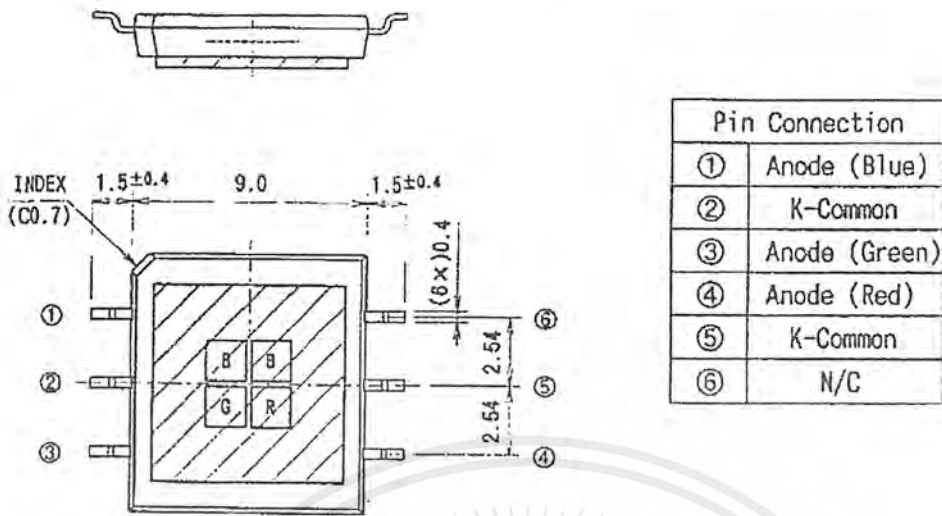
โครงสร้างของ RGB color sensor คือมีขนาด 9 X 9.6 มม. และมีทั้งหมด 3 เซลล์คือ เซลล์สีแดง, เซลล์สีเขียวและเซลล์น้ำเงินโดยเซลล์น้ำเงินมีขนาดใหญ่กว่าเซลล์สีแดงและเซลล์สีเขียวประมาณ 2 เท่าดังแสดงในรูปที่ 2.21



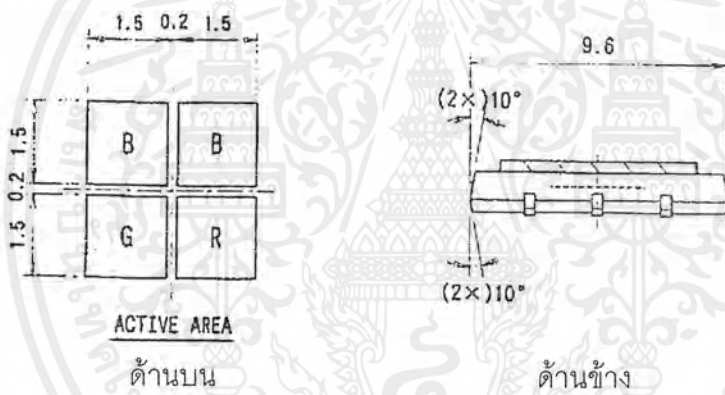
รูปที่ 2.21 แสดงรูป RGB color sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

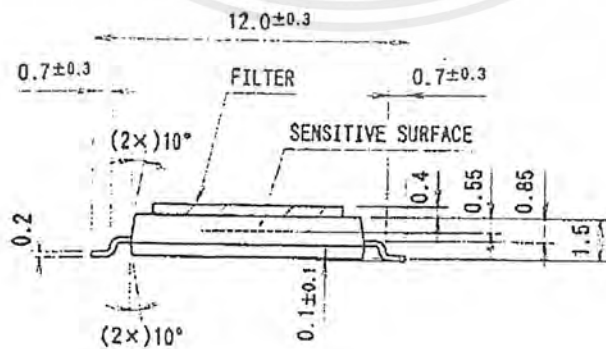
รายละเอียดของโครงสร้าง RGB color sensor



รูปที่ 2.22 แสดงโครงสร้างของ RGB color sensor



รูปที่ 2.23 แสดงภาพด้านบนและด้านข้างของ RGB color sensor



รูปที่ 2.24 แสดงรายละเอียดของ RGB color sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงของ RGB color sensor

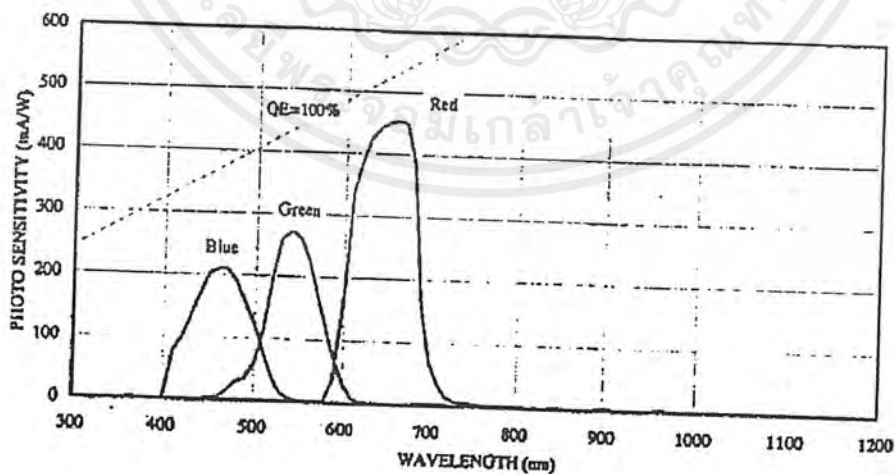
□ Electrical and Optical Characteristics (Ta=25°C) -Per Element-

Parameter	Symbol	Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit	
Spectral Response Range	λ	Blue	400~540			nm	
		Green	480~600				
		Red	590~720				
Peak Sensitivity Wavelength	λ_p	Blue	—	480	—	nm	
		Green	—	540	—		
		Red	—	660	—		
Photo Sensitivity	S	$\lambda = \lambda_p$	Blue	—	0.22	A/W	
			Green	—	0.27		
			Red	—	0.45		
Dark Current	I_D	$V_R=1V, \text{Total Elements}$	—	10	200	pA	
Temperature Coefficient of Dark Current			—	1.12	—	Times/°C	
Rise Time	t_r	$V_R=0V, R_L=1k\Omega, 10\sim90\%$	—	0.5	—	μs	
Terminal Capacitance	C_t	$V_R=0V$ $f=10kHz$	Blue	—	150	300	pF
			Green,Red	—	80	150	

ตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติการทำงาน

□ Absolute Maximum Ratings (Ta=25°C)

Parameter	Symbol	Value	Unit	Remark
Reverse Voltage	$V_R \text{ Max}$	10	V	
Operating Temperature	T_{opr}	-10 ~ +60	°C	
Storage Temperature	T_{stg}	-20 ~ +70	°C	



รูปที่ 2.25 กราฟแสดงการตอบสนองของแต่ละเซลล์สี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ซีซีดี (Charge Coupled Device)

ซีซีดี เป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ผลิตโดยอาศัยเทคโนโลยีของการผลิตวงจรรวมหรือ ไอซี (IC : Integrated Circuit) ซึ่งมีความสามารถในการถ่ายภาพสัญญาณโทรทัศน์และวิดีโอที่มีขนาดกะทัดรัดและนิยมมากที่สุดชนิดหนึ่งโดยใช้หลักการเปลี่ยนแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าซึ่งซีซีดีมีความสามารถในการเก็บสัญญาณ มีความสามารถในการทำสแกนนิ่งและมีความสามารถในการส่งสัญญาณไฟฟ้าออกสู่ภายนอกได้ในตัว

2.3.1 โครงสร้างพื้นฐานของกล้องซีซีดี

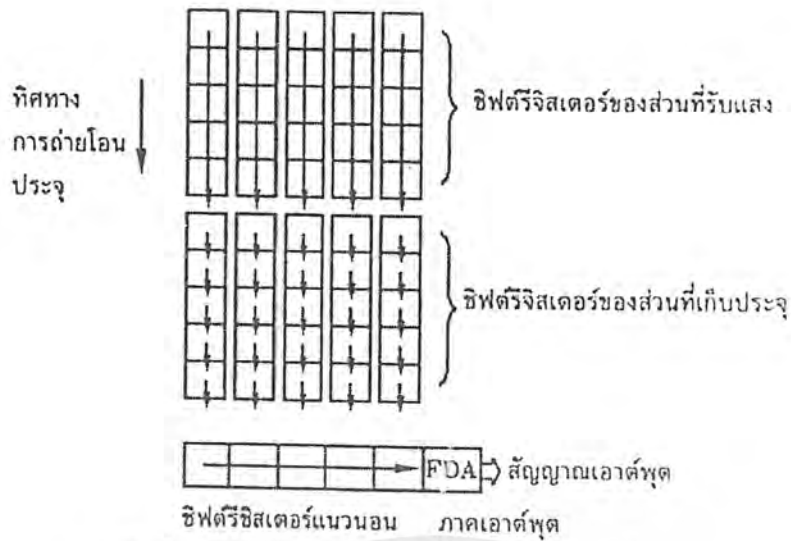
โครงสร้างภายในซีซีดีถูกแบ่งออกเป็นเซลล์หรือพื้นที่เล็กๆ มากมายซึ่งแต่ละเซลล์เล็กๆ นี้จะเรียกว่า พิกเซล (Pixel) นั่นคือยิ่งมีการแบ่งพิกเซลมากเท่าใดก็จะทำให้ภาพที่ได้จากการตรวจจับนั้นมีความละเอียดมากขึ้น ในแต่ละพิกเซลถูกแบ่งการควบคุมการทำงานเป็นแบบด้านแนวนอน (Column) และแนวตั้ง (Row) โดยมีส่วนที่คั่นกลางที่เรียกว่า แชนเนลสโตป (Channel Stop) เป็นตัวคั่นกลางระหว่างแต่ละแนวตั้ง ในแต่ละพิกเซลจะมีประจุไฟฟ้าสำหรับถ่ายเทอยู่ซึ่งจะมีการถ่ายเทเมื่อในพิกเซล (Pixel) นั้นได้รับพลังงานจากภายนอก ในที่นี้ก็คือ แสงที่มาตกกระทบ ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่สำคัญใหญ่ๆ 3 ส่วนคือ

- 1) ส่วนที่ไวต่อแสง (storage) ซึ่งอาจเป็นรอยต่อพี-เอ็นของโฟโตไดโอดหรือรอยต่อของ MOS
- 2) ส่วนที่ทำหน้าที่ในการถ่ายโอนสัญญาณ (transfer) ซึ่งจะผลิตจาก analog shift register
- 3) วงจรสัญญาณเอาต์พุต

ซีซีดีสามารถแบ่งตามการจัดเรียงตัวของจุดภาพจะสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ

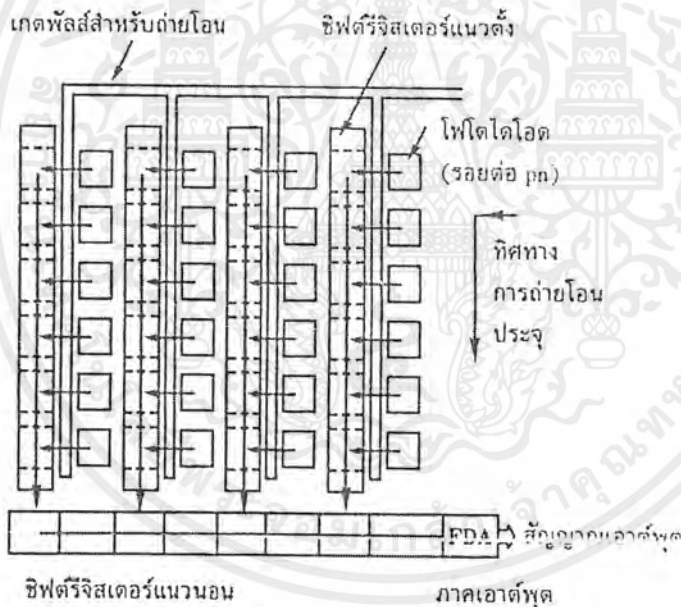
1. ชนิด 1 มิติ
2. ชนิด 2 มิติ ซึ่งสามารถแบ่งออกตามวิธีการถ่ายโอนข้อมูลได้อีก 2 ชนิด คือ

2.1 ชนิด Frame transfer CCD (FT-CCD) จะประกอบด้วยส่วนที่รับแสง ส่วนที่ทำหน้าที่เก็บประจุและชิพตรียิจิสเตอร์แนวนอน โดยประจุที่เก็บในส่วนรับแสงจะถูกถ่ายโอนในแนวตั้งลงสู่ส่วนเก็บประจุแบบเฟรมต่อเฟรมและหลังจากนั้นประจุกก็จะถูกส่งด้วยชิพตรียิจิสเตอร์แนวนอนที่ละบรรทัดให้ไหลออกไปสู่ส่วนเอาต์พุต วิธีการนี้ต้องมีส่วนเก็บประจุจำนวนเท่าๆ กับส่วนรับแสง จึงทำให้ CCD มีขนาดใหญ่แต่โครงสร้างนั้นไม่ซับซ้อน จึงผลิตให้มีจุดภาพจำนวนมากๆ ได้ง่าย



รูปที่ 2.26 แสดงซีซีดีแบบ Frame transfer CCD

2.2 แบบ Inter Line Transfer CCD (IL-CCD) ประกอบด้วยส่วนรับแสงและชิฟต์รีจิสเตอร์แนวตั้ง เนื่องจากไม่ต้องมีส่วนเก็บประจุจึงทำให้ CCD มีขนาดเล็ก แต่โครงสร้างนั้นซับซ้อน

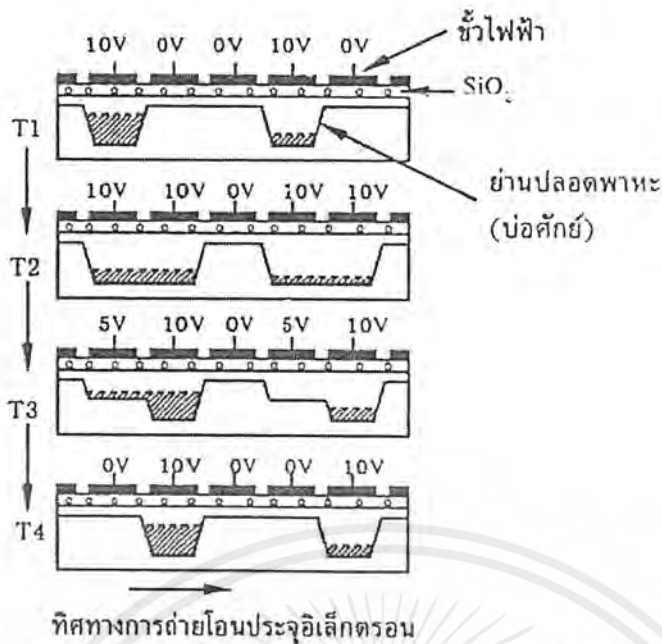


รูปที่ 2.27 แสดงซีซีดีแบบ Inter Line Transfer CCD

2.3.2 หลักการทำงานของกล้องซีซีดี

ซีซีดีเป็นสิ่งประดิษฐ์แบบแอคทีฟ ซึ่งจะทำงานโดยอาศัยการใช้แรงดันไฟฟ้าที่ทำให้เกิดชั้นปลดปล่อย ซึ่งจะทำหน้าที่เปรียบเสมือนหลุมบ่อศักย์ไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำเพื่อทำหน้าที่เก็บพาหะและอาศัยสัญญาณนาฬิกาพัลส์เพื่อช่วยให้บ่อศักย์ไฟฟ้าเหล่านี้เกิดการเคลื่อนย้ายตำแหน่งไปตามลำดับ ซึ่งจะทำให้เกิดการถ่ายโอนประจุไฟฟ้าดังรูป 2.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 แสดงหลักการถ่ายโอนประจุอิเล็กตรอนในซีซีดี

ขั้นตอนการทำงานมีดังนี้

ขั้นตอน T_1 , เมื่อป้อนแรงดันบวกเข้าสู่หัวถ่ายโอนจะทำให้เกิดบ่อศักย์ไฟฟ้าลึกลงไปได้ชั่วขณะและมีแสงอินฟราเรดเข้ามากระทบซีซีดีจะทำให้เกิดพาหะโฟโตและพาหะโฟโตนี้ก็จะถูกเก็บในบ่อศักย์ไฟฟ้าลึกลงนั้น

ขั้นตอน T_2 ใช้สัญญาณพัลส์ (เช่น 10 V) ป้อนไปที่หัวถ่ายโอนที่อยู่ข้างๆ จะทำให้บ่อกว้างขึ้นและอิเล็กตรอนก็จะไหลแผ่วงกว้างขึ้น

ขั้นตอน T_3 ลดขนาดแรงดันที่หัวเดิมให้เหลือประมาณ 5 V จะทำให้อิเล็กตรอนไหลลงไปสู่บ่อข้างเคียงที่มีแรงดัน 10 V

ขั้นตอน T_4 เมื่อตัดแรงดันที่หัวเดิมออกหมด จะทำให้อิเล็กตรอนทั้งหมดขยับไปอยู่ในบ่อข้างเคียง

ด้วยวิธีการดังกล่าวข้างต้นนี้และการใช้ทรานส์เฟอร์พัลส์ป้อนเข้าสู่หัวถ่ายโอนตามลำดับที่ละหัว เช่น จากซ้ายไปขวา จะทำให้อิเล็กตรอนถูกเคลื่อนย้ายไปตามบ่อศักย์ไฟฟ้าในซีซีดีจากซ้ายไปขวาและในที่สุดอิเล็กตรอน (สัญญาณอิมเมจ) ก็จะไหลออกไปสู่วงจรรายนอกเป็นสัญญาณเอาท์พุทของอิมเมจได้ตามต้องการ

2.4 ภาคการพัฒนาโปรแกรม

2.4.1 บทนำ

โปรแกรมที่จะพัฒนาต่อไปนี้มีจุดประสงค์เพื่อให้หลักทางทฤษฎีสีมาวิเคราะห์แยกความแตกต่างของวัตถุ เพื่อการจำแนกหรือตัดแยกต่อไป ซึ่งในการพัฒนาโปรแกรมต้องคำนึงถึงความเร็วและความละเอียดแม่นยำในการวิเคราะห์ซึ่งทั้งสองสิ่งเป็นปฏิภาคกันคือ เมื่อต้องการความเร็วที่เพิ่มขึ้น ความละเอียดแม่นยำก็จะลดลง ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญในโปรแกรมขนาดใหญ่หรือโปรแกรมที่ต้องการความละเอียดสูง แต่ข้อคิดที่สำคัญคือความเร็วยังขึ้นกับเทคโนโลยีในขณะนั้นด้วย ดังนั้นในการพัฒนาโปรแกรมนี้อาจคำนึงถึงความละเอียดแม่นยำเป็นอันดับแรก เพราะยังอยู่ในระดับการศึกษาและวิจัย ส่วนความเร็วที่รวดเร็วย่างรวดเร็วในปัจจุบันจะเป็นตัวผลักดันแผนการพัฒนาจะเริ่มจากการศึกษาทฤษฎีสีเพื่อจะหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ศึกษาทฤษฎีสีและการจัดเก็บในทางคอมพิวเตอร์ เลือกอุปกรณ์และโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาให้เหมาะสม ออกแบบและพัฒนาโปรแกรม ทดลองและหาข้อผิดพลาด ดังที่จะกล่าวในลำดับต่อไป

2.4.2 สภาวะแวดล้อมที่ใช้พัฒนา

ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนฮาร์ดแวร์, ส่วนซอฟต์แวร์และส่วนการจัดเครื่องมือ

1. ส่วนฮาร์ดแวร์ ซึ่งจะมีส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ

1.1 คอมพิวเตอร์ ซึ่งมีคุณสมบัติจำเพาะที่สำคัญดังนี้

ไมโครคอมพิวเตอร์ CPU AMD-K6 350 MHz, SDRAM 32 MB, ฮาร์ดดิสก์ 3.2 GB, ซีดีรอม 40X, 2 USB Port

1.2 กล้องวิดีโอดิจิทัล ซึ่งมีข้อมูลจำเพาะที่สำคัญดังนี้

กล้องวิดีโอดิจิทัลของบริษัท Kodak รุ่น DVC325 ซึ่งจะแสดงได้ดังรูปที่ 2.29 และแสดงคุณสมบัติของกล้องไว้ในตารางที่ 3



รูปที่ 2.29 กล้องวิดีโอดิจิทัล DVC325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงคุณสมบัติกล้องวิดีโอดิจิทัล

Item		Specification
Imaging Electronics	Image sensor	640(H) x 480(V) pixels, progressive scan color CCD
	Sensor resolution	640(H) x 480(V) 24-bit color, 16.7 million color
	Picture resolution	Stills: 640 x 480 pixels (24-bit color)
	Video image resolution	30 fps @ QCIF (176 x 144) 20-25 fps @ CIF (352 x 288) 8 fps @ VGA (640 x 480)
	Video compression	Proprietary compression in the hardware
	File formats	8 bit raw data to output to the computer Video = AVI or MPEG, Audio = WAV, Image = BMP, JPG, TIF, FPX, PCX, or PNG formats That are supported through the bundled software Applications
	Video stream format	YUV 4:2:0
	White balance	Automatic
	Exposure	Automatic, EV7-EV12
	Minimum illumination	200 lux
	Signal-to-Noise ratio	40 dB at 200 lux
Optics	Lens	Manual focus
	Electronic shutter	Variable speed 1/15, and between 1/30-1/500 second
	Lens focal length	4.6 mm; f/2.3
	Focus range	4 inches to infinity
	Field of view	50 degree diagonal
	ISO equivalent	125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงคุณสมบัติกล้องวิดีโอดิจิทัล (ต่อ)

Item		Specification
Interface	Computer interface and cable	A USB 3m cable with a serial A connector included
	Power	The USB interface supplies the power
	Power consumption	Capture =< 500 mA @ 5V Standby =< 500 μ A @ 5V
Physical Items	Height x Width x Depth	82 mm x 52 mm x 110 mm (3.2 in. x 2.1 in. x 4.5 in.)
	Weight (with the base)	207 g, 7.3 oz.
	Tripod mount	Located on a detachable base, using a standard Tripod socket
	Detachable base	For hand-held camera operation, within the Cable length
	Laptop mount	The camera can be attached to a detachable Laptop mount
Operating Temperatures	Temperature	40 ^o to 104 ^o F (4.4 ^o to 40 ^o C)
Others	Audio	Supports simultaneous audio and video capture by Means of the audio-enabled Windows system
	Certifications	UL, cUL, FCC Class B, ICES-003 Class B, CE, VCCI, C-Tick
	Warranty	1 year

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ส่วนซอฟต์แวร์

- ระบบปฏิบัติการ
Microsoft Windows 98 Second Edition
- ไดรเวอร์
The TWAIN Acquire software
The DVC325 device drivers
- โปรแกรมที่ใช้พัฒนา
Microsoft Visual C++ 6.0 Enterprise Edition
MSDN Library Visual Studio 6.0

2.3 ส่วนการจัดเครื่องมือ

ซึ่งจะมีการเตรียมอุปกรณ์ดังนี้

- พื้นหลังเป็นผ้าสักหลาดสีดำสะท้อนแสงดำ
- แหล่งกำเนิดแสง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1 การใช้ RGB color sensor ในการจำแนกสีของวัตถุ

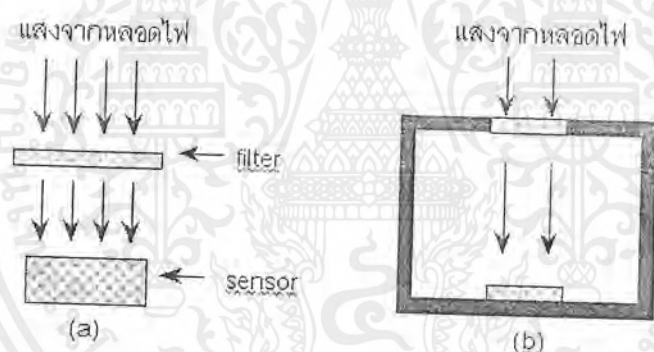
ในการจำแนกวัตถุ มีขั้นตอนในการทดสอบดังนี้

3.1.1 การเตรียมอุปกรณ์ ซึ่งจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่อไปนี้คือ

1. filter ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกรองแสง โดยในการทดสอบจะใช้ filter ที่มีสีต่างกัน 5 สีคือ สีแดง, สีเขียว, สีน้ำเงิน, สีม่วงและสีเหลืองสว่าง
2. แหล่งกำเนิดแสง ซึ่งจะใช้หลอดไฟนีออน
3. กล้องที่บแสง ซึ่งภายในบุด้วยผ้าบุลำโพงสีดำเพื่อกันการสะท้อนของแสง

3.1.2 การจัดอุปกรณ์ในการทดสอบ

การทดสอบจะเริ่มจากการจัดอุปกรณ์ซึ่งในการทดสอบจะมี 2 ลักษณะคือควบคุมแสงและไม่ควบคุมแสง ดังรูปที่ 3.1



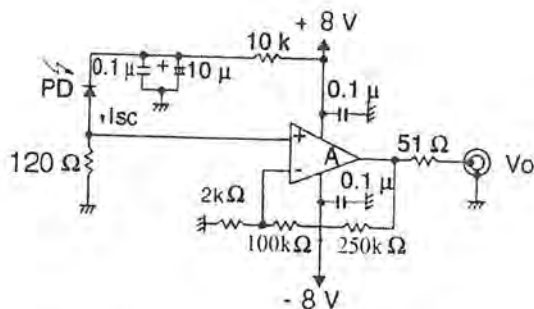
รูปที่ 3.1 แสดงการจัดอุปกรณ์การทดสอบด้วย RGB color sensor

(a) การทดสอบที่ไม่ควบคุมแสง

(b) การทดสอบที่ควบคุมแสง

การนำ RGB color sensor มาใช้ในการจำแนกสีของวัตถุนั้นจะมีปัญหาในการเก็บข้อมูลที่ได้เนื่องจากสัญญาณที่ออกมาจาก RGB color sensor มีขนาดเล็กน้อยมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีส่วนของวงจรขยายต่อเพิ่มเข้ามาเพื่อช่วยในการขยายสัญญาณให้มากขึ้น โดยส่วนของวงจรขยายที่ใช้ในการขยายสัญญาณในการทดสอบนี้ จะเป็นวงจรขยายที่ไม่กลับเฟสโดยจะใช้ออปแอมป์เบอร์ LF412A และ LM324N ซึ่งจะมีการออกแบบวงจรขยายโดยการต่อดั้วด้วยตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ วงจรขยายจะแสดงดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงวงจรขยายสัญญาณ

การทดสอบจะเริ่มจากการต่อ RGB color sensor กับวงจรขยายสัญญาณ จากนั้นทำการจัดอุปกรณ์ในการทดสอบทั้ง 2 แบบคือแบบไม่ควบคุมแสงและแบบควบคุมแสงแล้วทำการวัดค่ากระแสที่ได้ หลังจากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยและวาดกราฟ สุดท้ายนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์

3.2 การใช้กล้องวิดีโอดิจิทัลในการจำแนกสีของวัตถุ

การใช้กล้องวิดีโอดิจิทัลจะมีการเขียนโปรแกรมในการวิเคราะห์สีของวัตถุซึ่งมี 4 ขั้นตอนคือ

3.2.1 ศึกษาทฤษฎีสีเพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการจำแนก

จากการศึกษาพบว่าความเข้มแสงไม่ใช่ส่วนที่นำมาใช้ในการจำแนกได้ ดังนั้นการจำแนกจึงควรตัดความเข้มแสงออก ซึ่งมีระบบ xyz และ HLS ที่ตัดความเข้มแสงได้ โดย xyz ไม่มีพารามิเตอร์ความเข้มแสง ส่วน HLS มี L เป็นพารามิเตอร์ความเข้มแสง ซึ่งเราจะใช้ L ช่วยในการตัดพื้นหลัง โดยการออกแบบให้พื้นหลังเป็นสีดำซึ่งการสะท้อนแสงต่ำโดยค่าจุดสีนั้นมี L น้อยกว่าค่า L สูงสุดของพื้นหลัง นั่นแสดงว่าจุดนั้นเป็นพื้นหลังซึ่งจะไม่นำมาคิดในการวิเคราะห์นี้ แต่ในวิธีการนี้มีข้อเสียที่ถ้าวัตถุที่นำมาจำแนกนี้มีสีดำมากกว่าพื้นหลังก็จะวิเคราะห์แยกไม่ได้ ดังนั้นในการแก้ปัญหาที่จุดนี้คือ

- 1) ใช้พื้นหลังที่ต่ำกว่าวัตถุที่นำมาแยก หรือ
- 2) เปลี่ยนพื้นหลังเป็นสีขาวซึ่งมีการสะท้อนแสงสูง แล้วตัดพื้นหลังโดยวิธีการตรงกันข้าม (ใช้เฉพาะวัตถุที่มี tone สีดำ หรือมีการสะท้อนที่แสงต่ำหรือสีดำ)

3.2.2. ศึกษาโปรแกรมที่จะนำมาพัฒนา

จากการศึกษาพบว่า ภาษาที่ง่ายที่สุดสำหรับการพัฒนาโปรแกรมคือภาษา Visual C++ ของ Microsoft เพราะสามารถใช้ SDK ในส่วน video for windows ช่วยในการติดต่อและควบคุม driver ได้ ซึ่งก็คือ Active Windows Class ซึ่งในการใช้งานจริงต้องเขียน class แบบ MFC ครอบไว้อีกที เพื่อให้ใช้ได้ในการโปรแกรมในระบบ class MFC

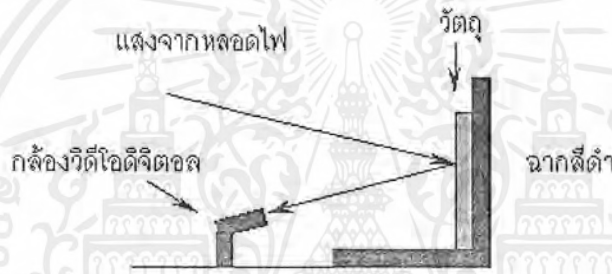
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3. พัฒนาโปรแกรม

- สร้างส่วน interface ให้เป็นแบบ SDI (Single Document Interface)
- เขียน class แบบ MFC ครอบ Avicap Windows Class โดยสร้างและ attach เข้ากับ CWnd
- สร้าง class แปลงระบบสีและ class ช่วยเหลือเช่น class เฉลี่ย ,class ช่วยตรวจสอบช่วง
- สร้างส่วนเก็บข้อมูล โดยรับภาพนำมาตัดพื้นหลังตามหลักการ แล้วหาค่าเฉลี่ย
- สร้างส่วนการจำแนก โดยนำค่าเฉลี่ยของวัตถุมากำหนดความคลาดเคลื่อน แล้วเริ่มการจำแนกโดยตรวจสอบจากภาพว่าอยู่ในช่วงของวัตถุใดแล้วแสดงผล

3.2.4. ทดสอบโปรแกรม

การทดสอบจะเริ่มจากการจัดอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงการจัดอุปกรณ์การทดสอบด้วยกล้องวิดีโอไดจิจิตอล

จากนั้นทำการเปิดโปรแกรม ทำการทดสอบดังแสดงในภาคผนวก ก แล้วบันทึกค่าที่ได้ นำมาวิเคราะห์

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองที่ได้ RGB color sensor

การทดลองโดยใช้ RGB color sensor สามารถแบ่งตามการจัดอุปกรณ์ได้เป็น 2 แบบคือ

4.1.1 การทดลองที่ไม่ควบคุมแสง ซึ่งสามารถแบ่งตามการใช้บอร์ดได้เป็น 2 แบบคือ

- 1) การใช้บอร์ด LM324N
- 2) การใช้บอร์ด LF412A

4.1.2 การทดลองที่ควบคุมแสง

การทดลองที่ควบคุมแสงนี้จะใช้บอร์ด LM324N ในวงจรขยายสัญญาณ

4.2 ผลการทดลองที่ได้กล้องวิดีโอดิจิทัล

การทดลองด้วยกล้องวิดีโอดิจิทัล จะได้ผลการทดลองที่แสดงค่าของ R, G และ B ออกมาได้โดยตรง

การทดลองที่ไม่ควบคุมแสง (ใช้ออปแอมป์เบอร์ LM324N)

ครั้งที่ 1

date:15 /03/00

time: 14:09

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	20.10	13.40	18.90	52.40	0.38	0.26	0.36	1.00
สีเขียว	14.20	17.90	20.00	52.10	0.27	0.34	0.38	0.99
สีน้ำเงิน	13.60	14.60	21.00	49.20	0.28	0.30	0.43	1.01
สีม่วง	16.60	13.30	20.20	50.10	0.33	0.27	0.40	1.00
สีเหลืองสว่าง	21.90	20.50	18.30	60.70	0.36	0.34	0.30	1.00
แสงขาว	23.30	23.10	21.50	67.90	0.34	0.34	0.32	1.00

ครั้งที่ 2

date:15 /03/00

time: 14:09

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	18.90	12.90	18.00	49.80	0.38	0.26	0.36	1.00
สีเขียว	13.30	17.00	19.30	49.60	0.27	0.34	0.39	1.00
สีน้ำเงิน	12.90	14.20	20.60	47.70	0.27	0.30	0.43	1.00
สีม่วง	15.70	12.90	19.70	48.30	0.33	0.27	0.41	1.01
สีเหลืองสว่าง	21.30	20.10	17.80	59.20	0.36	0.34	0.30	1.00
แสงขาว	22.50	22.90	20.70	66.10	0.34	0.35	0.31	1.00

ครั้งที่ 3

date:15 /03/00

time: 14:09

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	18.40	12.60	17.80	48.80	0.38	0.26	0.36	1.00
สีเขียว	13.00	16.70	19.10	48.80	0.27	0.34	0.39	1.00
สีน้ำเงิน	12.80	14.10	20.60	47.50	0.27	0.30	0.43	1.00
สีม่วง	15.70	12.90	19.00	47.60	0.33	0.27	0.40	1.00
สีเหลืองสว่าง	21.60	20.30	18.00	59.90	0.36	0.34	0.30	1.00
แสงขาว	22.40	23.10	21.00	66.50	0.34	0.35	0.32	1.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 4

date:15 /03/00

time: 14:45

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	18.80	12.50	17.90	49.20	0.38	0.25	0.36	0.99
สีเขียว	13.10	16.90	19.30	49.30	0.27	0.34	0.39	1.00
สีน้ำเงิน	12.70	14.00	20.60	47.30	0.27	0.30	0.44	1.01
สีม่วง	15.50	12.50	19.60	47.60	0.33	0.26	0.41	1.00
สีเหลืองสว่าง	21.20	20.10	17.30	58.60	0.36	0.34	0.30	1.00
แสงขาว	22.40	22.80	20.50	65.70	0.34	0.35	0.31	1.00

ครั้งที่ 5

date:15 /03/00

time: 16:10

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	19.10	12.20	17.80	49.10	0.39	0.25	0.36	1.00
สีเขียว	13.30	17.20	19.40	49.90	0.27	0.34	0.39	1.00
สีน้ำเงิน	13.00	14.40	20.60	48.00	0.27	0.30	0.43	1.00
สีม่วง	15.90	12.40	19.70	48.00	0.33	0.26	0.41	1.00
สีเหลืองสว่าง	21.50	20.20	17.70	59.40	0.36	0.34	0.30	1.00
แสงขาว	22.40	22.90	20.80	66.10	0.34	0.35	0.31	1.00

ครั้งที่ 6

date:15 /03/00

time: 16:10

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	18.90	12.20	17.70	48.80	0.39	0.25	0.36	1.00
สีเขียว	12.90	16.80	19.00	48.70	0.26	0.34	0.39	0.99
สีน้ำเงิน	12.80	14.00	20.70	47.50	0.27	0.29	0.44	1.00
สีม่วง	15.90	12.40	19.80	48.10	0.33	0.26	0.41	1.00
สีเหลืองสว่าง	21.40	20.20	17.70	59.30	0.36	0.34	0.30	1.00
แสงขาว	22.40	22.90	20.80	66.10	0.34	0.35	0.31	1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 10

date:20/03/00

time: 17:23

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	23.90	16.20	19.20	59.30	0.40	0.27	0.32	0.99
สีเขียว	19.80	19.40	20.30	59.50	0.33	0.33	0.34	1.00
สีน้ำเงิน	18.70	16.80	20.30	55.80	0.34	0.30	0.36	1.00
สีม่วง	22.70	16.20	20.20	59.10	0.38	0.27	0.34	0.99
สีเหลืองสว่าง	23.60	20.30	18.50	62.40	0.38	0.33	0.30	1.01
แสงขาว	24.60	21.30	21.20	67.10	0.37	0.32	0.32	1.01

ครั้งที่ 11

date:20/03/00

time: 17:33

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	23.30	14.80	17.90	56.00	0.42	0.26	0.32	1.00
สีเขียว	18.00	18.30	19.30	55.60	0.32	0.33	0.35	1.00
สีน้ำเงิน	17.00	16.00	20.40	53.40	0.32	0.30	0.38	1.00
สีม่วง	21.50	15.10	19.80	56.40	0.38	0.27	0.35	1.00
สีเหลืองสว่าง	23.80	20.10	17.90	61.80	0.39	0.33	0.29	1.01
แสงขาว	24.10	21.00	20.90	66.00	0.37	0.32	0.32	1.01

ครั้งที่ 12

date:20/03/00

time: 17:41

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	23.50	14.10	17.50	55.10	0.43	0.26	0.32	1.01
สีเขียว	16.90	18.40	19.50	54.80	0.31	0.34	0.36	1.01
สีน้ำเงิน	16.30	15.40	21.90	53.60	0.30	0.29	0.41	1.00
สีม่วง	20.80	14.30	20.00	55.10	0.38	0.26	0.36	1.00
สีเหลืองสว่าง	23.70	20.10	17.50	61.30	0.39	0.33	0.29	1.01
แสงขาว	24.20	21.50	21.30	67.00	0.36	0.32	0.32	1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 13

date:21/03/00

time: 10:50

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z	$X/(X+Y+Z)$	$Y/(X+Y+Z)$	$Z/(X+Y+Z)$	
สีแดง	23.00	17.50	19.60	60.10	0.38	0.29	0.33	1.00
สีเขียว	21.60	19.50	19.80	60.90	0.35	0.32	0.33	1.00
สีน้ำเงิน	20.50	17.90	20.00	58.40	0.35	0.31	0.34	1.00
สีม่วง	22.90	17.50	19.80	60.20	0.38	0.29	0.33	1.00
สีเหลืองสว่าง	22.90	19.80	19.60	62.30	0.37	0.32	0.31	1.00
แสงขาว	22.90	19.90	19.90	62.70	0.37	0.32	0.32	1.01

ครั้งที่ 14

date:21/03/00

time: 10:52

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z	$X/(X+Y+Z)$	$Y/(X+Y+Z)$	$Z/(X+Y+Z)$	
สีแดง	22.90	19.80	19.80	62.50	0.37	0.32	0.32	1.01
สีเขียว	23.00	20.00	20.00	63.00	0.37	0.32	0.32	1.01
สีน้ำเงิน	23.10	19.90	20.10	63.10	0.37	0.32	0.32	1.01
สีม่วง	23.00	19.90	19.90	62.80	0.37	0.32	0.32	1.01
สีเหลืองสว่าง	23.30	20.20	20.20	63.70	0.37	0.32	0.32	1.01
แสงขาว	23.60	20.50	20.40	64.50	0.37	0.32	0.32	1.01

ครั้งที่ 15

date:21/03/00

time: 10:58

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z	$X/(X+Y+Z)$	$Y/(X+Y+Z)$	$Z/(X+Y+Z)$	
สีแดง	22.80	17.50	19.20	59.50	0.38	0.29	0.32	0.99
สีเขียว	21.30	19.30	19.60	60.20	0.35	0.32	0.33	1.00
สีน้ำเงิน	20.60	18.00	19.80	58.40	0.35	0.31	0.34	1.00
สีม่วง	22.70	17.30	19.60	59.60	0.38	0.29	0.33	1.00
สีเหลืองสว่าง	22.70	19.60	19.40	61.70	0.37	0.32	0.31	1.00
แสงขาว	22.70	19.60	19.60	61.90	0.37	0.32	0.32	1.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 16

date:21/03/00

time: 14:22

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	23.50	15.00	18.10	56.60	0.42	0.27	0.32	1.01
สีเขียว	18.80	19.00	19.60	57.40	0.33	0.33	0.34	1.00
สีน้ำเงิน	17.50	16.30	20.30	54.10	0.32	0.30	0.38	1.00
สีม่วง	22.30	15.70	19.80	57.80	0.39	0.27	0.34	1.00
สีเหลืองสว่าง	23.20	20.00	18.70	61.90	0.37	0.32	0.30	0.99
แสงขาว	23.20	20.10	20.10	63.40	0.37	0.32	0.32	1.01

ครั้งที่ 17

date:21/03/00

time: 14:25

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	23.40	15.70	18.50	57.60	0.41	0.27	0.32	1.00
สีเขียว	18.40	18.90	19.50	56.80	0.32	0.33	0.34	0.99
สีน้ำเงิน	17.50	16.50	20.30	54.30	0.32	0.30	0.37	0.99
สีม่วง	22.00	15.20	19.70	56.90	0.39	0.27	0.35	1.01
สีเหลืองสว่าง	23.40	20.10	18.60	62.10	0.38	0.32	0.30	1.00
แสงขาว	23.20	20.10	20.10	63.40	0.37	0.32	0.32	1.01

ครั้งที่ 18

date:21/03/00

time: 14:27

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	23.30	17.40	19.70	60.40	0.39	0.29	0.33	1.01
สีเขียว	20.60	19.50	20.00	60.10	0.34	0.32	0.33	0.99
สีน้ำเงิน	18.60	17.10	20.30	56.00	0.33	0.31	0.36	1.00
สีม่วง	22.50	16.10	19.90	58.50	0.38	0.28	0.34	1.00
สีเหลืองสว่าง	23.20	20.00	19.00	62.20	0.37	0.32	0.31	1.00
แสงขาว	23.20	20.10	20.10	63.40	0.37	0.32	0.32	1.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 19

date:22/03/00

time: 10:52

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	23.20	18.20	20.30	61.70	0.38	0.29	0.33	1.00
สีเขียว	21.70	20.10	20.30	62.10	0.35	0.32	0.33	1.00
สีน้ำเงิน	21.40	19.30	20.40	61.10	0.35	0.32	0.33	1.00
สีม่วง	23.20	18.30	20.40	61.90	0.37	0.30	0.33	1.00
สีเหลืองสว่าง	23.30	20.30	20.40	64.00	0.36	0.32	0.32	1.00
แสงขาว	23.40	20.40	20.50	64.30	0.36	0.32	0.32	1.00

ครั้งที่ 20

date:22/03/00

time: 11:31

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	24.00	18.10	21.00	63.10	0.38	0.29	0.33	1.00
สีเขียว	20.40	20.60	21.30	62.30	0.33	0.33	0.34	1.00
สีน้ำเงิน	19.80	18.90	21.30	60.00	0.33	0.32	0.36	1.01
สีม่วง	23.60	18.00	21.40	63.00	0.37	0.29	0.34	1.00
สีเหลืองสว่าง	24.40	21.40	21.50	67.30	0.36	0.32	0.32	1.00
แสงขาว	24.60	21.60	21.60	67.80	0.36	0.32	0.32	1.00

ครั้งที่ 21

date:23/03/00

time: 13:50

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	14.30	13.20	20.20	47.70	0.30	0.28	0.42	1.00
สีเขียว	13.10	13.00	19.50	45.60	0.29	0.29	0.43	1.01
สีน้ำเงิน	12.70	12.70	19.70	45.10	0.28	0.28	0.44	1.00
สีม่วง	13.70	13.00	19.90	46.60	0.29	0.28	0.43	1.00
สีเหลืองสว่าง	15.00	13.50	20.00	48.50	0.31	0.28	0.41	1.00
แสงขาว	14.70	14.30	20.40	49.40	0.30	0.29	0.41	1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 22

date:24/03/00

time: 11:15

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	18.00	6.30	10.90	35.20	0.51	0.18	0.31	1.00
สีเขียว	6.00	12.00	14.60	32.60	0.18	0.37	0.45	1.00
สีน้ำเงิน	5.50	7.40	19.90	32.80	0.17	0.23	0.61	1.01
สีม่วง	9.80	6.20	16.40	32.40	0.30	0.19	0.51	1.00
สีเหลืองสว่าง	20.60	17.40	11.30	49.30	0.42	0.35	0.23	1.00
แสงขาว	21.50	19.60	19.50	60.60	0.35	0.32	0.32	0.99

ครั้งที่ 23

date:24/03/00

time: 11:21

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	15.00	4.90	8.23	28.13	0.53	0.17	0.29	0.99
สีเขียว	4.87	9.83	11.69	26.39	0.18	0.37	0.44	0.99
สีน้ำเงิน	4.54	5.89	19.50	29.93	0.15	0.20	0.65	1.00
สีม่วง	8.58	4.90	14.35	27.83	0.31	0.18	0.52	1.01
สีเหลืองสว่าง	18.73	15.72	7.91	42.36	0.44	0.37	0.19	1.00
แสงขาว	19.69	19.36	19.48	58.53	0.34	0.33	0.33	1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ไม่ควบคุมแสง (ใช้ออปแอมป์เบอร์ LM324N)

ตารางแสดงค่า X

ครั้งที่	Date	Time	filter					แสงขาว
			สีแดง	สีเขียว	สีน้ำเงิน	สีม่วง	สีเหลืองสว่าง	
1	15/3/00	14.09	0.38	0.27	0.28	0.33	0.36	0.34
2		14.09	0.38	0.27	0.27	0.33	0.36	0.34
3		14.09	0.38	0.27	0.27	0.33	0.36	0.34
4		14.45	0.38	0.27	0.27	0.33	0.36	0.34
5		16.10	0.39	0.27	0.27	0.33	0.36	0.34
6		16.10	0.39	0.26	0.27	0.33	0.36	0.34
7	20/3/00	17.04	0.45	0.36	0.36	0.42	0.43	0.37
8		17.04	0.41	0.33	0.34	0.39	0.38	0.37
9		17.23	0.41	0.33	0.34	0.38	0.38	0.37
10		17.23	0.40	0.33	0.34	0.38	0.38	0.37
11		17.33	0.42	0.32	0.32	0.38	0.39	0.37
12		17.41	0.43	0.31	0.30	0.38	0.39	0.36
13	21/3/00	10.50	0.38	0.35	0.35	0.38	0.37	0.37
14		10.52	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
15		10.58	0.38	0.35	0.35	0.38	0.37	0.37
16		14.22	0.42	0.33	0.32	0.39	0.37	0.37
17		14.25	0.41	0.32	0.32	0.39	0.38	0.37
18		14.27	0.39	0.34	0.33	0.38	0.37	0.37
19	22/3/00	10.52	0.38	0.35	0.35	0.37	0.36	0.36
20		11.31	0.38	0.33	0.33	0.37	0.36	0.36
21	23/3/00	13.50	0.30	0.29	0.28	0.29	0.31	0.30
22	24/3/00	11.15	0.51	0.18	0.17	0.30	0.42	0.35
23		11.21	0.53	0.18	0.15	0.31	0.44	0.34
Average			0.40	0.30	0.30	0.36	0.38	0.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ไม่ควบคุมแสง (ใช้ออปแอมป์เบอร์ LM324N)

ตารางแสดงค่า Y

ครั้งที่	Date	Time	filter					แสงขาว
			สีแดง	สีเขียว	สีน้ำเงิน	สีม่วง	สีเหลืองสว่าง	
1	15/3/00	14.09	0.26	0.34	0.30	0.27	0.34	0.34
2		14.09	0.26	0.34	0.30	0.27	0.34	0.35
3		14.09	0.26	0.34	0.30	0.27	0.34	0.35
4		14.45	0.25	0.34	0.30	0.26	0.34	0.35
5		16.10	0.25	0.34	0.30	0.26	0.34	0.35
6		16.10	0.25	0.34	0.29	0.26	0.34	0.35
7	20/3/00	17.04	0.20	0.27	0.23	0.21	0.29	0.30
8		17.04	0.27	0.33	0.30	0.27	0.32	0.32
9		17.23	0.27	0.33	0.30	0.27	0.32	0.32
10		17.23	0.27	0.33	0.30	0.27	0.33	0.32
11		17.33	0.26	0.33	0.30	0.27	0.33	0.32
12		17.41	0.26	0.34	0.29	0.26	0.33	0.32
13	21/3/00	10.50	0.29	0.32	0.31	0.29	0.32	0.32
14		10.52	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
15		10.58	0.29	0.32	0.31	0.29	0.32	0.32
16		14.22	0.27	0.33	0.30	0.27	0.32	0.32
17		14.25	0.27	0.33	0.30	0.27	0.32	0.32
18		14.27	0.29	0.32	0.31	0.28	0.32	0.32
19	22/3/00	10.52	0.29	0.32	0.32	0.30	0.32	0.32
20		11.31	0.29	0.33	0.32	0.29	0.32	0.32
21	23/3/00	13.50	0.28	0.29	0.28	0.28	0.28	0.29
22	24/3/00	11.15	0.18	0.37	0.23	0.19	0.35	0.32
23		11.21	0.17	0.37	0.20	0.18	0.37	0.33
Average			0.26	0.33	0.29	0.27	0.33	0.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ไม่ควบคุมแสง (ใช้ออปแอมป์เบอร์ LM324N)

ตารางแสดงค่า Z

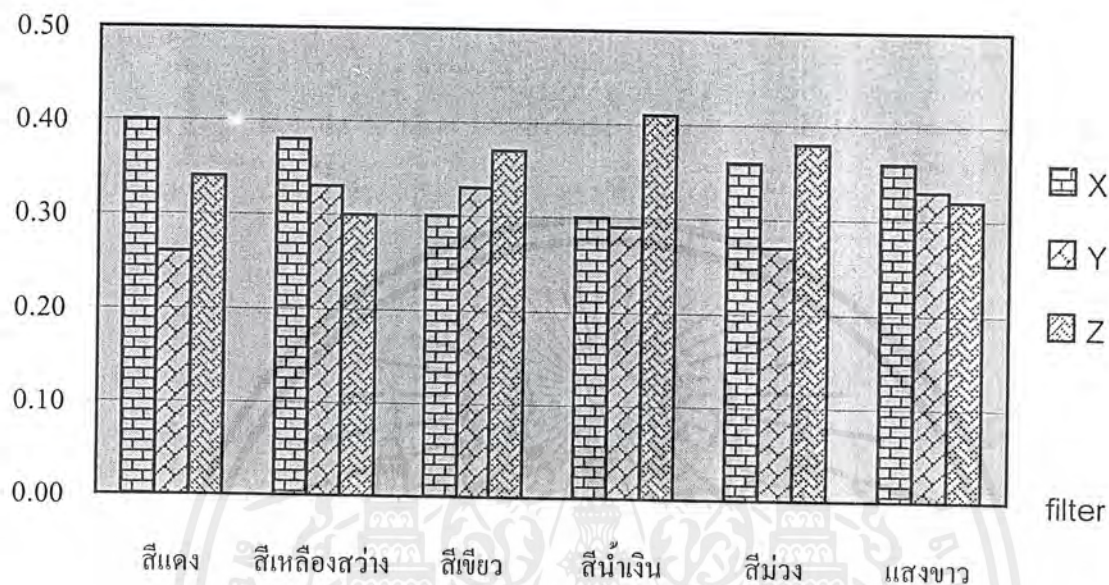
ครั้งที่	Date	Time	filter					แสงขาว
			สีแดง	สีเขียว	สีน้ำเงิน	สีม่วง	สีเหลืองสว่าง	
1	15/3/00	14.09	0.36	0.38	0.40	0.40	0.30	0.32
2		14.09	0.36	0.39	0.43	0.41	0.30	0.31
3		14.09	0.36	0.39	0.43	0.40	0.30	0.32
4		14.45	0.36	0.39	0.44	0.41	0.30	0.31
5		16.10	0.36	0.39	0.43	0.41	0.30	0.31
6		16.10	0.36	0.39	0.44	0.41	0.30	0.31
7	20/3/00	17.04	0.34	0.36	0.41	0.38	0.29	0.32
8		17.04	0.32	0.34	0.36	0.34	0.30	0.32
9		17.23	0.32	0.34	0.37	0.35	0.30	0.32
10		17.23	0.32	0.34	0.36	0.34	0.30	0.32
11		17.33	0.32	0.35	0.38	0.35	0.29	0.32
12		17.41	0.32	0.36	0.41	0.36	0.29	0.32
13	21/3/00	10.50	0.33	0.33	0.33	0.33	0.31	0.32
14		10.52	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
15		10.58	0.32	0.33	0.34	0.33	0.31	0.32
16		14.22	0.32	0.34	0.38	0.34	0.30	0.32
17		14.25	0.32	0.34	0.37	0.35	0.30	0.32
18		14.27	0.33	0.33	0.36	0.34	0.31	0.32
19	22/3/00	10.52	0.33	0.33	0.33	0.33	0.32	0.32
20		11.31	0.33	0.34	0.36	0.34	0.32	0.32
21	23/3/00	13.50	0.42	0.43	0.43	0.43	0.41	0.41
22	24/3/00	11.15	0.31	0.45	0.61	0.51	0.23	0.32
23		11.21	0.29	0.44	0.65	0.52	0.19	0.33
		Average	0.34	0.37	0.41	0.38	0.30	0.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟของการทดลองที่ไม่ควบคุมแสง (ใช้ออปแอมป์เบอร์ LM324N)

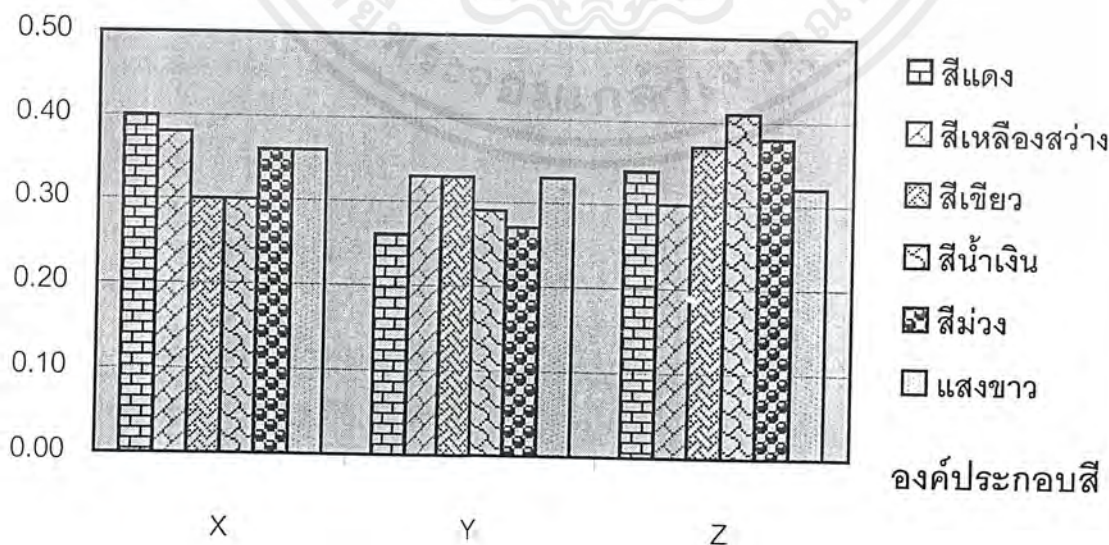
กราฟแสดงค่า X, Y และ Z ในแต่ละ filter

ค่านอร์มัลไลซ์



กราฟแสดงค่านอร์มัลไลซ์ในแต่ละองค์ประกอบสี

ค่านอร์มัลไลซ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ควบคุมแสง (ใช้ออปแอมป์เบอร์ LM324N)

ครั้งที่ 1

date:22/03/00

time: 16:02

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z	$X/(X+Y+Z)$	$Y/(X+Y+Z)$	$Z/(X+Y+Z)$	
สีแดง	2.80	3.51	5.28	11.59	0.24	0.30	0.46	1.00
สีเขียว	2.65	3.58	5.33	11.56	0.23	0.31	0.46	1.00
สีน้ำเงิน	2.64	3.53	5.54	11.71	0.23	0.30	0.47	1.00
สีม่วง	2.72	3.51	5.36	11.59	0.23	0.30	0.46	0.99
สีเหลืองสว่าง	2.91	3.70	5.29	11.90	0.24	0.31	0.44	0.99
แสงขาว	2.93	3.88	5.82	12.63	0.23	0.31	0.46	1.00

ครั้งที่ 2

date:22/03/00

time: 16:14

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z	$X/(X+Y+Z)$	$Y/(X+Y+Z)$	$Z/(X+Y+Z)$	
สีแดง	2.75	3.50	5.40	11.65	0.24	0.30	0.46	1.00
สีเขียว	2.60	3.58	5.48	11.66	0.22	0.31	0.47	1.00
สีน้ำเงิน	2.59	3.52	5.74	11.85	0.22	0.30	0.48	1.00
สีม่วง	2.66	3.49	5.47	11.62	0.23	0.30	0.47	1.00
สีเหลืองสว่าง	2.86	3.68	5.39	11.93	0.24	0.31	0.45	1.00
แสงขาว	2.88	3.84	5.91	12.63	0.23	0.30	0.47	1.00

ครั้งที่ 3

date:22/03/00

time: 16:20

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z	$X/(X+Y+Z)$	$Y/(X+Y+Z)$	$Z/(X+Y+Z)$	
สีแดง	2.73	3.52	5.36	11.61	0.24	0.30	0.46	1.00
สีเขียว	2.58	3.58	5.42	11.58	0.22	0.31	0.47	1.00
สีน้ำเงิน	2.57	3.52	5.57	11.66	0.22	0.30	0.48	1.00
สีม่วง	2.63	3.51	5.43	11.57	0.23	0.30	0.47	1.00
สีเหลืองสว่าง	2.83	3.70	5.34	11.87	0.24	0.31	0.45	1.00
แสงขาว	2.85	3.87	5.88	12.60	0.23	0.31	0.47	1.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 4

date:22/03/00

time: 16:43

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	2.73	3.51	5.32	11.56	0.24	0.30	0.46	1.00
สีเขียว	2.59	3.58	5.36	11.53	0.22	0.31	0.46	0.99
สีน้ำเงิน	2.60	3.54	5.59	11.73	0.22	0.30	0.48	1.00
สีม่วง	2.64	3.51	5.41	11.56	0.23	0.30	0.47	1.00
สีเหลืองสว่าง	2.82	3.70	5.34	11.86	0.24	0.31	0.45	1.00
แสงขาว	2.87	3.86	5.86	12.59	0.23	0.31	0.47	1.01

ครั้งที่ 5

date:23/03/00

time: 15:26

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	8.51	8.07	12.48	29.06	0.29	0.28	0.43	1.00
สีเขียว	8.27	8.17	12.54	28.98	0.29	0.28	0.43	1.00
สีน้ำเงิน	8.25	8.10	12.75	29.10	0.28	0.28	0.44	1.00
สีม่วง	8.36	8.05	12.53	28.94	0.29	0.28	0.43	1.00
สีเหลืองสว่าง	8.67	8.33	12.48	29.48	0.29	0.28	0.42	0.99
แสงขาว	8.72	8.62	13.16	30.50	0.29	0.28	0.43	1.00

ครั้งที่ 6

date:23/03/00

time: 15:49

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	9.49	8.65	13.57	31.71	0.30	0.27	0.43	1.00
สีเขียว	9.24	8.84	13.67	31.75	0.29	0.28	0.43	1.00
สีน้ำเงิน	9.25	8.73	13.87	31.85	0.29	0.27	0.44	1.00
สีม่วง	9.37	8.82	13.76	31.95	0.29	0.28	0.43	1.00
สีเหลืองสว่าง	9.66	9.05	13.64	32.35	0.30	0.28	0.42	1.00
แสงขาว	9.72	9.12	14.14	32.98	0.29	0.28	0.43	1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 7

date:23/03/00

time: 16:28

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	5.20	5.31	8.25	18.76	0.28	0.28	0.44	1.00
สีเขียว	4.96	5.41	8.31	18.68	0.27	0.29	0.44	1.00
สีน้ำเงิน	4.95	5.31	8.51	18.77	0.26	0.28	0.45	0.99
สีม่วง	5.03	5.29	8.33	18.65	0.27	0.28	0.45	1.00
สีเหลืองสว่าง	5.28	5.54	8.26	19.08	0.28	0.29	0.43	1.00
แสงขาว	5.43	5.81	8.95	20.19	0.27	0.29	0.44	1.00

ครั้งที่ 8

date:23/03/00

time: 16:46

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	4.36	4.70	7.10	16.16	0.27	0.29	0.44	1.00
สีเขียว	4.16	4.80	7.18	16.14	0.26	0.30	0.44	1.00
สีน้ำเงิน	4.17	4.75	7.43	16.35	0.26	0.29	0.45	1.00
สีม่วง	4.27	4.73	7.25	16.25	0.26	0.29	0.45	1.00
สีเหลืองสว่าง	4.56	4.99	7.20	16.75	0.27	0.30	0.43	1.00
แสงขาว	4.59	5.22	7.87	17.68	0.26	0.30	0.45	1.01

ครั้งที่ 9

date:23/03/00

time: 16:50

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	4.30	4.66	7.02	15.98	0.27	0.29	0.44	1.00
สีเขียว	4.08	4.74	7.06	15.88	0.26	0.30	0.44	1.00
สีน้ำเงิน	4.07	4.67	7.27	16.01	0.25	0.29	0.45	0.99
สีม่วง	4.15	4.64	7.06	15.85	0.26	0.29	0.45	1.00
สีเหลืองสว่าง	4.40	4.87	6.95	16.22	0.27	0.30	0.43	1.00
แสงขาว	4.48	5.14	7.68	17.30	0.26	0.30	0.44	1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 10

date:24/03/00

time: 11:27

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z	$X/(X+Y+Z)$	$Y/(X+Y+Z)$	$Z/(X+Y+Z)$	
สีแดง	4.63	5.29	8.12	18.04	0.26	0.29	0.45	1.00
สีเขียว	4.31	5.43	8.18	17.92	0.24	0.30	0.46	1.00
สีน้ำเงิน	4.31	5.34	8.50	18.15	0.24	0.29	0.47	1.00
สีม่วง	4.43	5.31	8.23	17.97	0.25	0.30	0.46	1.01
สีเหลืองสว่าง	4.77	5.65	8.15	18.57	0.26	0.30	0.44	1.00
แสงขาว	4.79	5.96	8.99	19.74	0.24	0.30	0.46	1.00

ครั้งที่ 11

date:24/03/00

time: 11:54

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z	$X/(X+Y+Z)$	$Y/(X+Y+Z)$	$Z/(X+Y+Z)$	
สีแดง	4.82	5.45	8.51	18.78	0.26	0.29	0.45	1.00
สีเขียว	4.48	5.55	8.57	18.60	0.24	0.30	0.46	1.00
สีน้ำเงิน	4.49	5.46	8.84	18.79	0.24	0.29	0.47	1.00
สีม่วง	4.55	5.37	8.55	18.47	0.25	0.29	0.46	1.00
สีเหลืองสว่าง	4.87	5.67	8.45	18.99	0.26	0.30	0.44	1.00
แสงขาว	4.90	5.98	9.27	20.15	0.24	0.30	0.46	1.00

ครั้งที่ 12

date:24/03/00

time: 11:15

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z	$X/(X+Y+Z)$	$Y/(X+Y+Z)$	$Z/(X+Y+Z)$	
สีแดง	1.00	1.00	1.00	3.00	0.33	0.33	0.33	0.99
สีเขียว	9.95	10.01	16.57	36.53	0.27	0.27	0.45	0.99
สีน้ำเงิน	10.19	10.17	16.81	37.17	0.27	0.27	0.45	0.99
สีม่วง	10.60	10.26	16.76	37.62	0.28	0.27	0.45	1.00
สีเหลืองสว่าง	11.36	10.62	16.72	38.70	0.29	0.27	0.43	0.99
แสงขาว	11.45	11.21	17.01	39.67	0.29	0.28	0.43	1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ควบคุมแสง (ใช้ออปแอมป์เบอร์ LM324N)

ตารางแสดงค่า X

ครั้งที่	Date	Time	filter					แสงขาว
			สีแดง	สีเขียว	สีน้ำเงิน	สีม่วง	สีเหลืองสว่าง	
1	22/3/00	16.02	0.24	0.23	0.23	0.23	0.24	0.23
2		16.14	0.24	0.22	0.22	0.23	0.24	0.23
3		16.2	0.24	0.22	0.22	0.23	0.24	0.23
4		16.43	0.24	0.22	0.22	0.23	0.24	0.23
5	23/3/00	15.26	0.29	0.29	0.28	0.29	0.29	0.29
6		15.49	0.30	0.29	0.29	0.29	0.30	0.29
7		16.28	0.28	0.27	0.26	0.27	0.28	0.27
8		16.46	0.27	0.26	0.26	0.26	0.27	0.26
9		16.50	0.27	0.26	0.25	0.26	0.27	0.26
10	24/3/00	11.27	0.26	0.24	0.24	0.25	0.26	0.24
11		11.54	0.26	0.24	0.24	0.25	0.26	0.24
12		11.15	0.33	0.27	0.27	0.28	0.29	0.29
Average			0.27	0.25	0.25	0.26	0.27	0.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ควบคุมแสง (ใช้ออปแอมป์เบอร์ LM324N)

ตารางแสดงค่า Y

ครั้งที่	Date	Time	filter					แสงขาว
			สีแดง	สีเขียว	สีน้ำเงิน	สีม่วง	สีเหลืองสว่าง	
1	22/3/00	16.02	0.30	0.31	0.30	0.30	0.31	0.31
2		16.14	0.30	0.31	0.30	0.30	0.31	0.30
3		16.20	0.30	0.31	0.30	0.30	0.31	0.31
4		16.43	0.30	0.31	0.30	0.30	0.31	0.31
5	23/3/00	15.26	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
6		15.49	0.27	0.28	0.27	0.28	0.28	0.28
7		16.28	0.28	0.29	0.28	0.28	0.29	0.29
8		16.46	0.29	0.30	0.29	0.29	0.30	0.30
9		16.50	0.29	0.30	0.29	0.29	0.30	0.30
10	24/3/00	11.27	0.29	0.30	0.29	0.30	0.30	0.30
11		11.54	0.29	0.30	0.29	0.29	0.30	0.30
12		11.15	0.33	0.27	0.27	0.27	0.27	0.28
		Average	0.29	0.30	0.29	0.29	0.30	0.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ควบคุมแสง (ใช้ออปแอมป์เบอร์ LM324N)

ตารางแสดงค่า Z

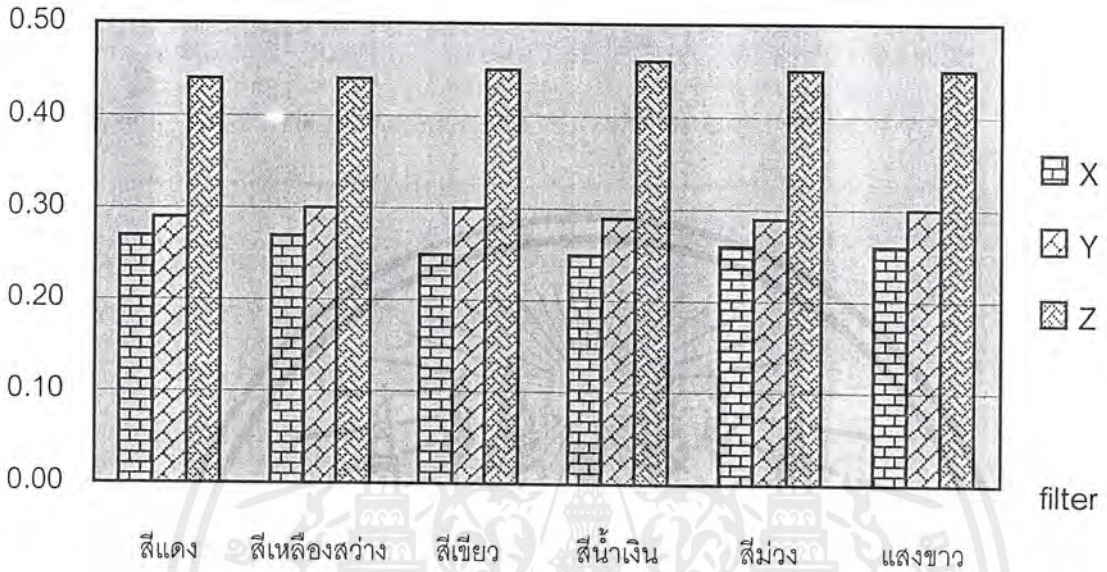
ครั้งที่	Date	Time	filter					แสงขาว
			สีแดง	สีเขียว	สีน้ำเงิน	สีม่วง	สีเหลืองสว่าง	
1	22/3/00	16.02	0.46	0.46	0.47	0.46	0.44	0.46
2		16.14	0.46	0.47	0.48	0.47	0.45	0.47
3		16.20	0.46	0.47	0.48	0.47	0.45	0.47
4		16.43	0.46	0.46	0.48	0.47	0.45	0.47
5	23/3/00	15.26	0.43	0.43	0.44	0.43	0.42	0.43
6		15.49	0.43	0.43	0.44	0.43	0.42	0.43
7		16.28	0.44	0.44	0.45	0.45	0.43	0.44
8		16.46	0.44	0.44	0.45	0.45	0.43	0.45
9		16.50	0.44	0.44	0.45	0.45	0.43	0.44
10	24/3/00	11.27	0.45	0.46	0.47	0.46	0.44	0.46
11		11.54	0.45	0.46	0.47	0.46	0.44	0.46
12		11.15	0.33	0.45	0.45	0.45	0.43	0.43
Average			0.44	0.45	0.46	0.45	0.44	0.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟของการทดลองที่ควบคุมแสง (ใช้ออปแอมป์เบอร์ LM324N)

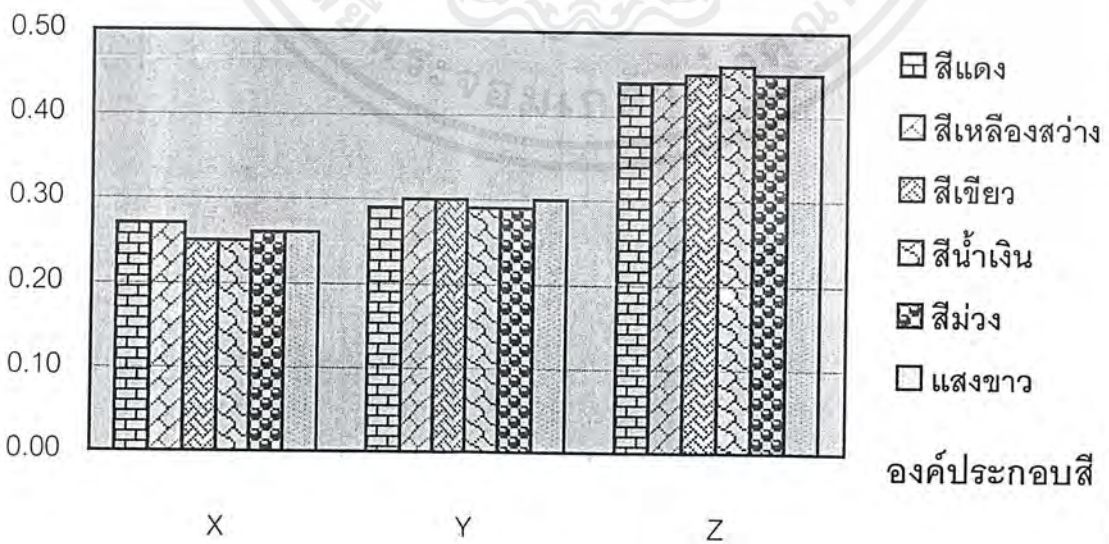
กราฟแสดงค่า X, Y และ Z ในแต่ละ filter

ค่านอร์มัลไลซ์



กราฟแสดงค่านอร์มัลไลซ์ในแต่ละองค์ประกอบสี

ค่านอร์มัลไลซ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ไม่ควบคุมแสง (ใช้ออปแอมป์เบอร์ LF412A)

ครั้งที่ 1

date: 05/04/00

time: 17:30

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	17.10	3.60	2.20	22.90	0.75	0.16	0.10	1.01
สีเขียว	7.10	9.60	5.50	22.20	0.32	0.43	0.25	1.00
สีน้ำเงิน	5.70	4.30	13.50	23.50	0.24	0.18	0.57	0.99
สีม่วง	10.40	3.50	6.20	20.10	0.52	0.17	0.31	1.00
สีเหลืองสว่าง	20.10	14.10	2.20	36.40	0.55	0.39	0.06	1.00
แสงขาว	20.80	20.60	20.90	62.30	0.33	0.33	0.34	1.00

ครั้งที่ 2

date: 05/04/00

time: 17:35

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	17.10	3.50	2.10	22.70	0.75	0.15	0.09	0.99
สีเขียว	7.00	9.60	5.40	22.00	0.32	0.44	0.25	1.01
สีน้ำเงิน	5.70	4.30	13.50	23.50	0.24	0.18	0.57	0.99
สีม่วง	10.40	3.50	6.10	20.00	0.52	0.18	0.31	1.01
สีเหลืองสว่าง	20.10	14.00	2.20	36.30	0.55	0.39	0.06	1.00
แสงขาว	20.90	20.50	2.09	43.49	0.48	0.47	0.05	1.00

ครั้งที่ 3

date: 05/04/00

time: 17:40

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	15.70	3.50	2.20	21.40	0.73	0.16	0.10	0.99
สีเขียว	6.20	8.20	4.70	19.10	0.32	0.43	0.25	1.00
สีน้ำเงิน	5.70	4.20	13.00	22.90	0.25	0.18	0.57	1.00
สีม่วง	10.20	3.50	6.30	20.00	0.51	0.18	0.32	1.01
สีเหลืองสว่าง	20.10	14.20	2.30	36.60	0.55	0.39	0.06	1.00
แสงขาว	20.80	20.50	2.09	43.39	0.48	0.47	0.05	1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 4

date: 05/04/00

time: 17:58

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z	$X/(X+Y+Z)$	$Y/(X+Y+Z)$	$Z/(X+Y+Z)$	
สีแดง	12.64	2.53	1.20	16.37	0.77	0.15	0.07	0.99
สีเขียว	4.70	6.98	2.95	14.63	0.32	0.48	0.20	1.00
สีน้ำเงิน	4.35	3.80	9.73	17.88	0.24	0.21	0.54	0.99
สีม่วง	7.66	2.50	3.90	14.06	0.54	0.18	0.28	1.00
สีเหลืองสว่าง	17.05	11.83	1.18	30.06	0.57	0.39	0.04	1.00
แสงขาว	19.20	19.30	19.50	58.00	0.33	0.33	0.34	1.00

ครั้งที่ 5

date: 05/04/00

time: 18:05

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z	$X/(X+Y+Z)$	$Y/(X+Y+Z)$	$Z/(X+Y+Z)$	
สีแดง	12.36	1.83	0.94	15.13	0.82	0.12	0.06	1.00
สีเขียว	4.57	7.44	3.22	15.23	0.30	0.49	0.21	1.00
สีน้ำเงิน	3.60	2.74	9.15	15.49	0.23	0.18	0.59	1.00
สีม่วง	7.28	1.83	3.80	12.91	0.56	0.14	0.29	0.99
สีเหลืองสว่าง	17.06	11.07	10.20	38.33	0.45	0.29	0.27	1.01
แสงขาว	17.90	17.79	17.95	53.64	0.33	0.33	0.33	0.99

ครั้งที่ 6

date: 05/04/00

time: 18:12

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z	$X/(X+Y+Z)$	$Y/(X+Y+Z)$	$Z/(X+Y+Z)$	
สีแดง	13.32	1.72	0.83	15.87	0.84	0.11	0.05	1.00
สีเขียว	3.56	5.86	2.54	11.96	0.30	0.49	0.21	1.00
สีน้ำเงิน	3.07	2.43	8.48	13.98	0.22	0.17	0.61	1.00
สีม่วง	6.72	1.67	3.62	12.01	0.56	0.14	0.30	1.00
สีเหลืองสว่าง	16.87	11.10	0.88	28.85	0.58	0.38	0.03	0.99
แสงขาว	17.63	17.77	17.71	53.11	0.33	0.33	0.33	0.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 7

date: 07/04/00

time: 11:22

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	18.80	7.30	6.00	32.10	0.59	0.23	0.19	1.00
สีเขียว	10.80	12.50	8.00	31.30	0.35	0.40	0.26	1.00
สีน้ำเงิน	10.20	8.80	15.70	34.70	0.29	0.25	0.45	1.00
สีม่วง	14.00	7.50	9.20	30.70	0.46	0.24	0.30	1.00
สีเหลืองสว่าง	21.30	17.80	0.61	39.71	0.54	0.45	0.02	1.00
แสงขาว	21.70	22.10	21.90	65.70	0.33	0.34	0.33	1.00

ครั้งที่ 8

date: 07/04/00

time: 11:24

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	17.34	8.05	5.34	30.73	0.56	0.26	0.17	0.99
สีเขียว	9.18	12.99	7.10	29.27	0.31	0.44	0.24	0.99
สีน้ำเงิน	8.78	9.39	13.69	31.86	0.28	0.29	0.43	1.00
สีม่วง	11.89	7.78	8.06	27.73	0.43	0.28	0.29	1.00
สีเหลืองสว่าง	21.20	17.53	5.35	44.08	0.48	0.40	0.12	1.00
แสงขาว	22.20	22.80	22.40	67.40	0.33	0.34	0.33	1.00

ครั้งที่ 9

date: 07/04/00

time: 11:29

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	19.10	8.10	6.30	33.50	0.57	0.24	0.19	1.00
สีเขียว	10.60	13.10	8.20	31.90	0.33	0.41	0.26	1.00
สีน้ำเงิน	10.20	9.00	15.40	34.60	0.29	0.26	0.45	1.00
สีม่วง	14.00	7.90	9.30	31.20	0.45	0.25	0.30	1.00
สีเหลืองสว่าง	18.80	16.60	3.40	38.80	0.48	0.43	0.09	1.00
แสงขาว	22.00	22.60	22.20	66.80	0.33	0.34	0.33	1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 10

date: 07/04/00

time: 11:35

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	21.00	7.90	6.70	35.60	0.59	0.22	0.19	1.00
สีเขียว	13.20	13.30	9.00	35.50	0.37	0.37	0.25	0.99
สีน้ำเงิน	12.70	9.10	16.40	38.20	0.33	0.24	0.43	1.00
สีม่วง	16.70	8.00	10.60	35.30	0.47	0.23	0.30	1.00
สีเหลืองสว่าง	22.90	18.80	7.30	49.00	0.47	0.38	0.15	1.00
แสงขาว	23.30	22.90	23.00	69.20	0.34	0.33	0.33	1.00

ครั้งที่ 11

date: 07/04/00

time: 11:41

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	20.70	7.30	6.20	34.20	0.61	0.21	0.18	1.00
สีเขียว	11.90	12.70	8.50	33.10	0.36	0.38	0.26	1.00
สีน้ำเงิน	11.30	8.90	16.70	36.90	0.31	0.24	0.45	1.00
สีม่วง	15.50	7.30	9.70	32.50	0.48	0.22	0.30	1.00
สีเหลืองสว่าง	22.60	18.20	6.30	47.10	0.48	0.39	0.13	1.00
แสงขาว	23.30	23.00	22.90	69.20	0.34	0.33	0.33	1.00

ครั้งที่ 12

date: 07/04/00

time: 11:45

filter	Output Current (mA)				X	Y	Z	X+Y+Z
	Red(X)	Green(Y)	Blue(Z)	X+Y+Z				
สีแดง	20.10	7.10	6.10	33.30	0.60	0.21	0.18	0.99
สีเขียว	11.70	13.90	8.90	34.50	0.34	0.40	0.26	1.00
สีน้ำเงิน	10.40	8.00	15.60	34.00	0.31	0.24	0.46	1.01
สีม่วง	14.80	7.00	9.50	31.30	0.47	0.22	0.30	0.99
สีเหลืองสว่าง	22.30	17.80	6.00	46.10	0.48	0.39	0.13	1.00
แสงขาว	22.80	22.70	22.70	68.20	0.33	0.33	0.33	0.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ไม่ควบคุมแสง (ใช้ออปแอมป์เบอร์ LF412A)

ตารางแสดงค่า X

ครั้งที่	Date	Time	filter					แสงขาว
			สีแดง	สีเขียว	สีน้ำเงิน	สีม่วง	สีเหลืองสว่าง	
1	5/4/00	17.30	0.75	0.32	0.24	0.52	0.55	0.33
2		17.35	0.75	0.32	0.24	0.52	0.55	0.48
3		17.40	0.73	0.32	0.25	0.51	0.55	0.48
4		17.58	0.77	0.32	0.24	0.54	0.57	0.33
5		18.05	0.82	0.30	0.23	0.56	0.45	0.33
6		18.12	0.84	0.30	0.22	0.56	0.58	0.33
7	7/4/00	11.22	0.59	0.35	0.29	0.46	0.54	0.33
8		11.24	0.56	0.31	0.28	0.43	0.48	0.33
9		11.29	0.57	0.33	0.29	0.45	0.48	0.33
10		11.35	0.59	0.37	0.33	0.47	0.47	0.34
11		11.41	0.61	0.36	0.31	0.48	0.48	0.34
12		11.45	0.60	0.34	0.31	0.47	0.48	0.33
Average			0.68	0.33	0.27	0.50	0.52	0.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ไม่ควบคุมแสง (ใช้ออปแอมป์เบอร์ LF412A)

ตารางแสดงค่า Y

ครั้งที่	Date	Time	filter					แสงขาว
			สีแดง	สีเขียว	สีน้ำเงิน	สีม่วง	สีเหลืองสว่าง	
1	5/4/00	17.30	0.16	0.43	0.18	0.17	0.39	0.33
2		17.35	0.15	0.44	0.18	0.18	0.39	0.47
3		17.40	0.16	0.43	0.18	0.18	0.39	0.47
4		17.58	0.15	0.48	0.21	0.18	0.39	0.33
5		18.05	0.12	0.49	0.18	0.14	0.29	0.33
6		18.12	0.11	0.49	0.17	0.14	0.38	0.33
7	7/4/00	11.22	0.23	0.40	0.25	0.24	0.45	0.34
8		11.24	0.26	0.44	0.29	0.28	0.40	0.34
9		11.29	0.24	0.41	0.26	0.25	0.43	0.34
10		11.35	0.22	0.37	0.24	0.23	0.38	0.33
11		11.41	0.21	0.38	0.24	0.22	0.39	0.33
12		11.45	0.21	0.40	0.24	0.22	0.39	0.33
Average			0.19	0.43	0.22	0.20	0.39	0.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ไม่ควบคุมแสง (ใช้ออปแอมป์เบอร์ LF412A)

ตารางแสดงค่า Z

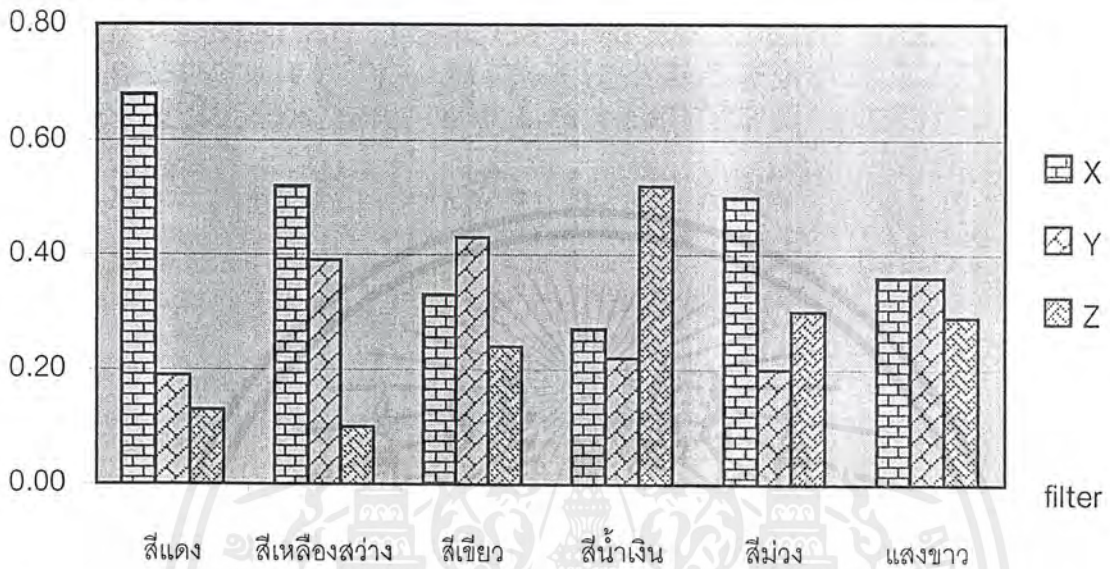
ครั้งที่	Date	Time	filter					
			สีแดง	สีเขียว	สีน้ำเงิน	สีม่วง	สีเหลืองสว่า	แสงขาว
1	5/4/00	17.30	0.10	0.25	0.61	0.31	0.06	0.34
2		17.35	0.09	0.25	0.57	0.31	0.06	0.05
3		17.40	0.10	0.25	0.57	0.32	0.06	0.05
4		17.58	0.07	0.20	0.54	0.28	0.04	0.34
5		18.05	0.06	0.21	0.59	0.29	0.27	0.33
6		18.12	0.05	0.21	0.61	0.30	0.03	0.33
7	7/4/00	11.22	0.19	0.26	0.50	0.30	0.02	0.33
8		11.24	0.17	0.24	0.43	0.29	0.12	0.33
9		11.29	0.19	0.26	0.45	0.30	0.09	0.33
10		11.35	0.19	0.25	0.43	0.30	0.15	0.33
11		11.41	0.18	0.26	0.45	0.30	0.13	0.33
12		11.45	0.18	0.26	0.46	0.30	0.13	0.33
		Average	0.13	0.24	0.52	0.30	0.10	0.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟของการทดลองที่ไม่ควบคุมแสง (ใช้ออปแอมป์เบอร์ LF412A)

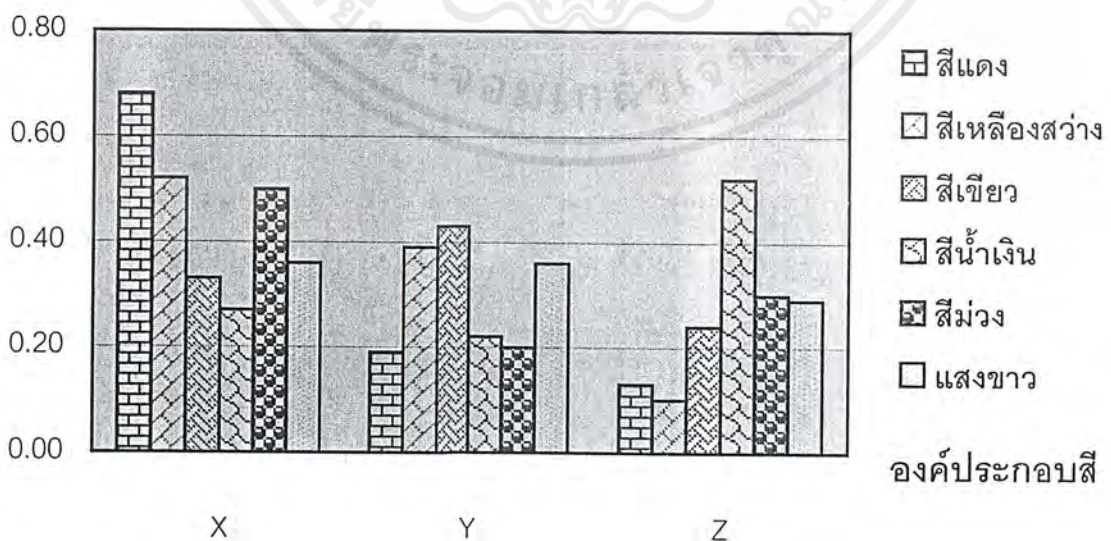
กราฟแสดงค่า X, Y และ Z ในแต่ละ filter

ค่านอร์มัลไลซ์



กราฟแสดงค่านอร์มัลไลซ์ในแต่ละองค์ประกอบสี

ค่านอร์มัลไลซ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ใช้กล้องวิดีโอดิจิทัล

ครั้งที่ 1 date: 17/04/00 time: 11:00

filter	X	Y	Z	X+Y+Z
สีแดง	0.4085	0.2536	0.3379	1.0000
สีเขียว	0.3279	0.3081	0.3640	1.0000
สีน้ำเงิน	0.3002	0.2782	0.4216	1.0000
สีม่วง	0.3561	0.2721	0.3718	1.0000
สีเหลืองสว่าง	0.4834	0.2650	0.2516	1.0000
พื้นหลังสีดำ	0.3821	0.2076	0.4103	1.0000

ครั้งที่ 2 date: 17/04/00 time: 11:08

filter	X	Y	Z	X+Y+Z
สีแดง	0.4071	0.2567	0.3362	1.0000
สีเขียว	0.3136	0.3075	0.3785	0.9996
สีน้ำเงิน	0.3115	0.2880	0.4005	1.0000
สีม่วง	0.3525	0.2634	0.3841	1.0000
สีเหลืองสว่าง	0.4833	0.2614	0.2353	0.9800
พื้นหลังสีดำ	0.3508	0.1979	0.4512	0.9999

ครั้งที่ 3 date: 17/04/00 time: 11:14

filter	X	Y	Z	X+Y+Z
สีแดง	0.3980	0.2471	0.3549	1.0000
สีเขียว	0.3003	0.3083	0.3914	1.0000
สีน้ำเงิน	0.2834	0.2761	0.4405	1.0000
สีม่วง	0.3260	0.2653	0.4687	1.0600
สีเหลืองสว่าง	0.4760	0.2591	0.2709	1.0060
พื้นหลังสีดำ	0.4187	0.2469	0.3344	1.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 4 date: 17/04/00 time: 11:18

filter	X	Y	Z	X+Y+Z
สีแดง	0.4044	0.2643	0.3313	1.0000
สีเขียว	0.3344	0.3082	0.3574	1.0000
สีน้ำเงิน	0.3110	0.2900	0.3990	1.0000
สีม่วง	0.3683	0.2735	0.3627	1.0045
สีเหลืองสว่าง	0.4606	0.2765	0.2629	1.0000
พื้นหลังสีดำ	0.3927	0.1991	0.4082	1.0000

ครั้งที่ 5 date: 17/04/00 time: 11:21

filter	X	Y	Z	X+Y+Z
สีแดง	0.4114	0.2555	0.3331	1.0000
สีเขียว	0.2986	0.3018	0.3996	1.0000
สีน้ำเงิน	0.3060	0.2821	0.4119	1.0000
สีม่วง	0.3331	0.2534	0.4135	1.0000
สีเหลืองสว่าง	0.4985	0.2542	0.2473	1.0000
พื้นหลังสีดำ	0.3438	0.1992	0.4570	1.0000

ครั้งที่ 6 date: 17/04/00 time: 11:26

filter	X	Y	Z	X+Y+Z
สีแดง	0.3898	0.2464	0.3638	1.0000
สีเขียว	0.2988	0.2938	0.4074	1.0000
สีน้ำเงิน	0.2681	0.2671	0.4648	1.0000
สีม่วง	0.3162	0.2647	0.4191	1.0000
สีเหลืองสว่าง	0.4616	0.2611	0.2773	1.0000
พื้นหลังสีดำ	0.3391	0.2032	0.4277	0.9700

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ใช้กล้องวิดีโอดิจิทัล

ตารางแสดงค่า X

Date	Time	ครั้งที่	filter					
			สีแดง	สีเขียว	สีน้ำเงิน	สีม่วง	สีเหลืองสว่าง	พื้นหลังสีดำ
17/4/00	11.00	1	0.4085	0.3279	0.3002	0.3561	0.4834	0.3821
	11.08	2	0.4071	0.3136	0.3115	0.3525	0.4833	0.3508
	11.14	3	0.3980	0.3003	0.2834	0.3260	0.4700	0.4187
	11.18	4	0.4044	0.3344	0.3110	0.3638	0.4606	0.3927
	11.21	5	0.4114	0.2986	0.3060	0.3331	0.4985	0.3438
	11.26	6	0.3898	0.2988	0.2681	0.3162	0.4616	0.3391
		Average		0.4032	0.3123	0.2967	0.3413	0.4762

การทดลองที่ใช้กล้องวิดีโอดิจิทัล

ตารางแสดงค่า Y

Date	Time	ครั้งที่	filter					
			สีแดง	สีเขียว	สีน้ำเงิน	สีม่วง	สีเหลืองสว่าง	พื้นหลังสีดำ
17/4/00	11.00	1	0.2536	0.3081	0.2782	0.2721	0.265	0.2076
	11.08	2	0.2507	0.3075	0.2880	0.2634	0.2614	0.1979
	11.14	3	0.2471	0.3083	0.2761	0.2653	0.2591	0.2469
	11.18	4	0.2643	0.3082	0.2900	0.2735	0.2765	0.1991
	11.21	5	0.2555	0.3018	0.2821	0.2534	0.2542	0.1992
	11.26	6	0.2464	0.2938	0.2671	0.2647	0.2611	0.2032
		Average		0.2529	0.3046	0.2803	0.2654	0.2629

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ใช้กล้องวิดีโอดิจิทัล
ตารางแสดงค่า Z

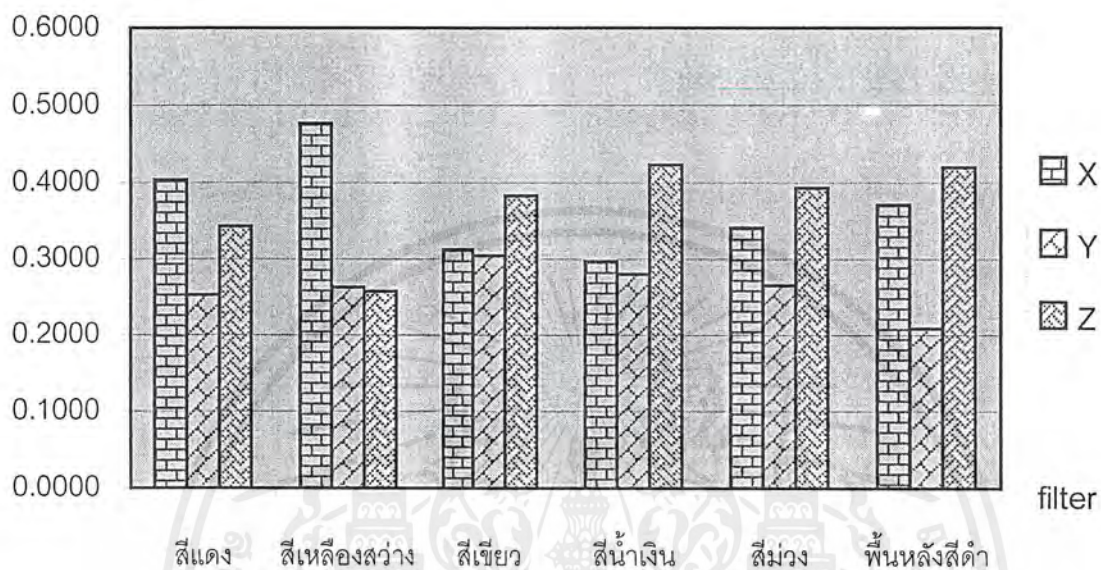
Date	Time	ครั้งที่	filter					
			สีแดง	สีเขียว	สีน้ำเงิน	สีม่วง	สีเหลืองสว่าง	พื้นหลังสีดำ
17/4/00	11.00	1	0.3379	0.364	0.4216	0.3718	0.2516	0.4103
	11.08	2	0.3362	0.3789	0.4005	0.3841	0.2353	0.4512
	11.14	3	0.3549	0.3914	0.4405	0.4087	0.2709	0.3344
	11.18	4	0.3313	0.3574	0.3990	0.3627	0.2629	0.4082
	11.21	5	0.3331	0.3996	0.4119	0.4135	0.2473	0.457
	11.26	6	0.3638	0.4074	0.4648	0.4191	0.2773	0.4577
		Average		0.3429	0.3831	0.4231	0.3933	0.2576

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟของการทดลองใช้กล้องวิดีโอดิจิทัล

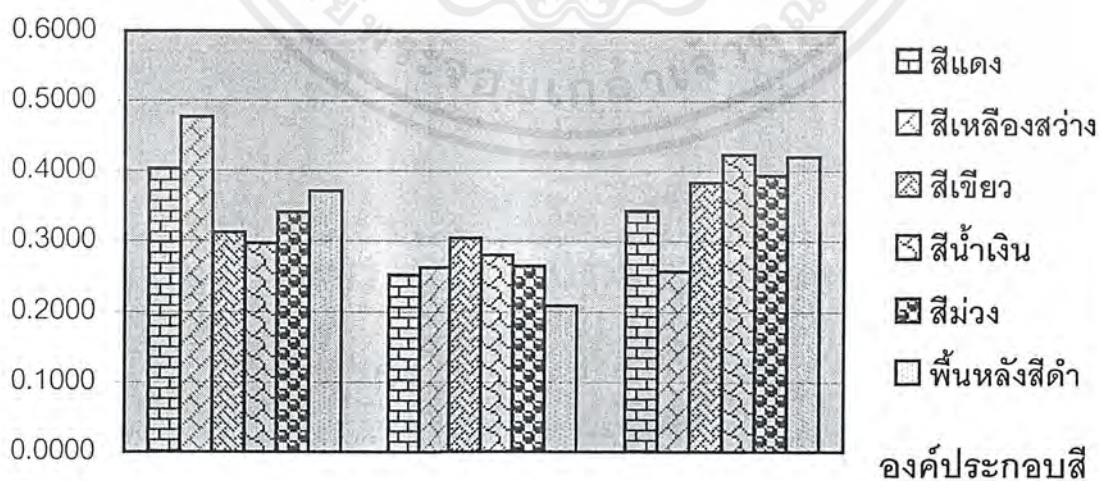
กราฟแสดงค่า X, Y และ Z ในแต่ละ filter

ค่านอร์มัลไลซ์



กราฟแสดงค่านอร์มัลไลซ์ในแต่ละองค์ประกอบสี

ค่านอร์มัลไลซ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและแนวทางการพัฒนา

5.1 สรุปผล

จากผลการทดสอบจะสรุปได้ว่า

- 1) ค่าที่ได้จากการใช้ RGB color sensor จะสามารถแยกความแตกต่างของสีได้ในระดับหนึ่ง คือสามารถบอกความแตกต่างของค่า R ,G และ B ในแต่ละสีของ filter นอกจากนี้การใช้ LF412A จะเหมาะสมกว่าการใช้ LM324N เพราะจากผลการทดสอบจะแสดงค่าความแตกต่างได้ชัดเจนกว่า และในการทดสอบแบบที่ 2 จะแยกความแตกต่างได้แต่ผลที่ได้ค่อนข้างใกล้เคียงกันซึ่งอาจไม่สามารถบอกความแตกต่างของสีที่มีความใกล้เคียงกันได้
- 2) ในส่วนของกล้องวิดีโอดิจิทัล โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาสามารถแสดงค่าพารามิเตอร์ของสีในรูปแบบต่างๆ และเหมาะสมสำหรับการหาพารามิเตอร์ที่สามารถแสดงความแตกต่างของตัวอย่างที่ต้องการแยกได้

5.2 แนวทางการพัฒนา

5.2.1 ในส่วนของ RGB color sensor

- 1) ควรมีการทดสอบระบบในลักษณะของแสงที่สะท้อนจากวัตถุ
- 2) พัฒนาระบบให้ยืดหยุ่นและมีเสถียรภาพมากขึ้น
- 3) อุปกรณ์ที่ใช้ควรมีความสามารถในการวัดที่ละเอียดกว่านี้

5.2.2 ในส่วนของกล้องวิดีโอดิจิทัล

- 1) ใช้ DirectX แทน Video for Window ในการควบคุมการรับภาพจาก Digital Video Camera
- 2) เพิ่มการวิเคราะห์ในระบบสีอื่นๆ เพิ่มเติม
- 3) เพิ่มการแสดงผล output และฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

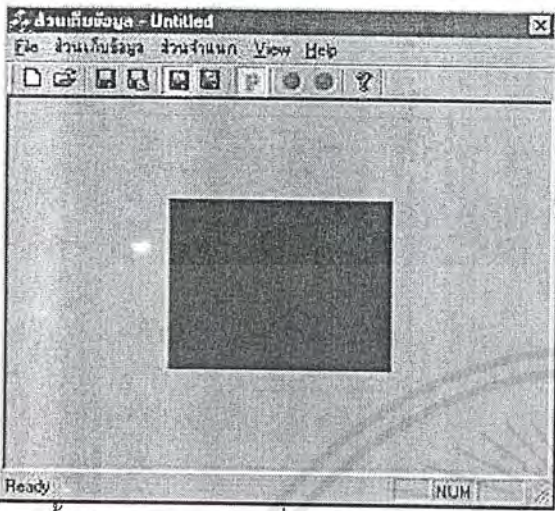
- 1). Sze, S.M., "Physics of semiconductor devices" 2nd editor, New York : John Wiley, c1981, p.868 ISBN 0-471-09837-X.
- 2). Dereniak, E.L. and Boreman, G.D., "Infrared detectors and systems", New York : John Wiley, c1996, p.561 ISBN 0-471-12209-2.
- 3). Singh, Jasprit., "Semiconductor devices : an introduction", New York : McGraw-Hill, c1994, p. 669, ISBN 0-07-057625-4.
- 4). Graeme, Jerald G., "Photodiode amplifiers : op amp solutions", New York : McGraw-Hill, c1996, p. 252, ISBN 0-07-024247-X.
- 5). Stupelman, V. and filaretov G. ; translated from the Russian by Ivanov P., "Semiconductor devices", Moscow : Mir, c1981, p. 270.
- 6). Foley vanlam and Feiner Hughes, "Computer graphics: principles and practice 2nd ed", p. 563, 1990.
- 7). Dunald Hearn and M. Pauline Baker, "Computer graphics 2nd ed", p. 565.
- 8). Francis S. Hill, Jr., "Computer graphics", p. 563, 1990
- 9). จันชัย คุณากรวงศ์ , บัณฑิต บัวบูชา , รัฐรุติ ประทุมราช , รุ่งแสง เครือไวยวรรณ , "การคำนวณวงจรถรานซิสเตอร์" , สำนักพิมพ์พิลิกส์เซ็นเตอร์ , หน้า 266-285



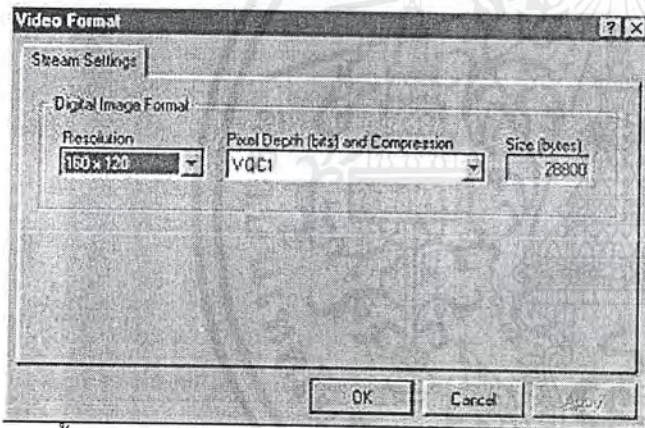
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
การใช้งานโปรแกรม

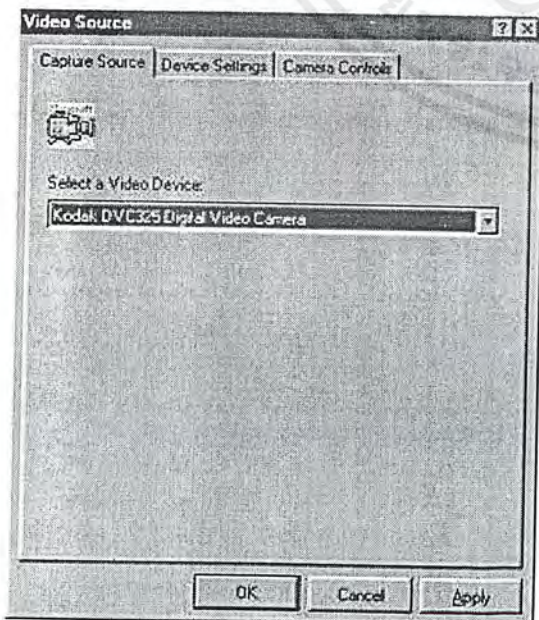
1. เริ่มโปรแกรม



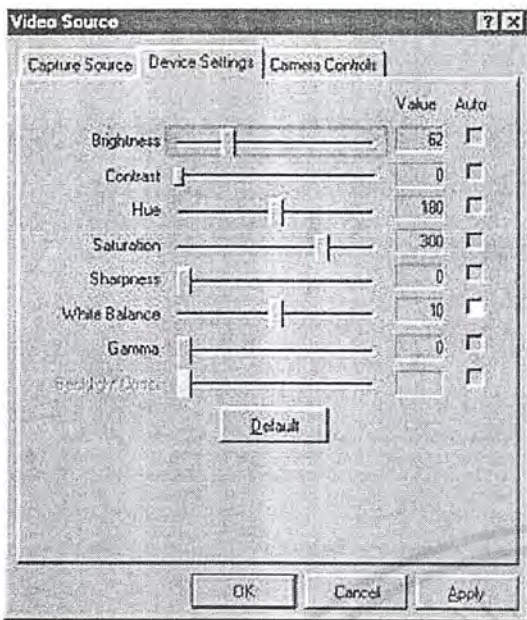
2. ตั้งค่าความละเอียดที่ 160x120 และ VQC1



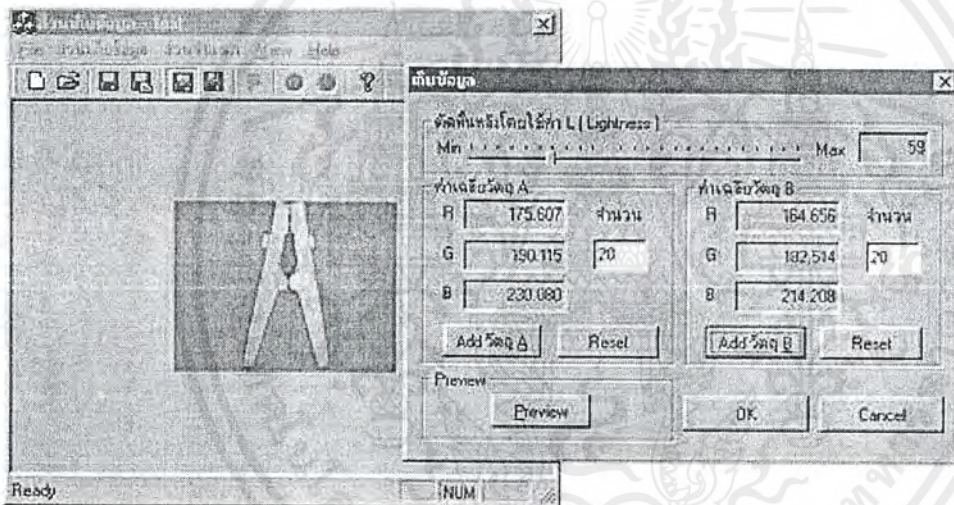
3. ตั้งค่า Video Source



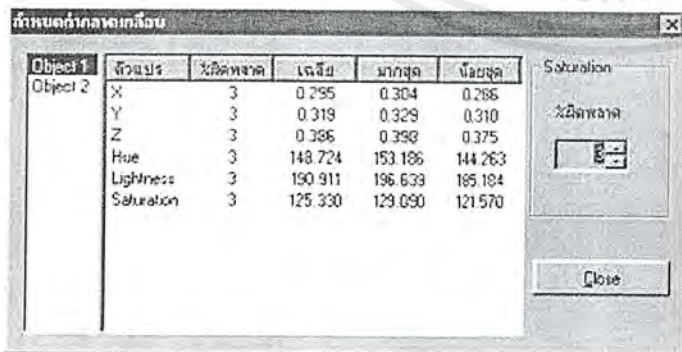
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4. ดัดพื้นหลังและเก็บข้อมูลของวัตถุ A และ B

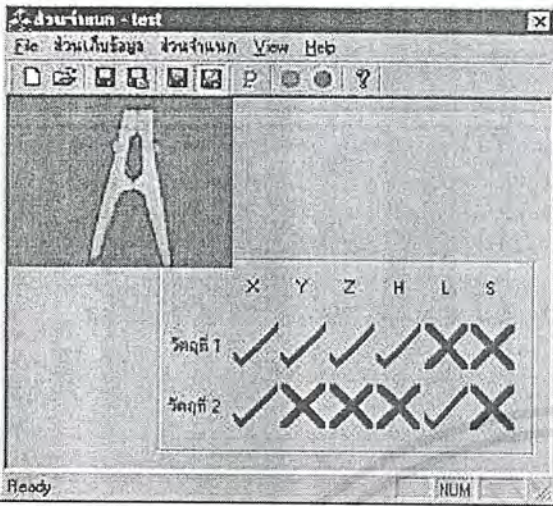


5. กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนของพารามิเตอร์สำหรับแต่ละวัตถุ

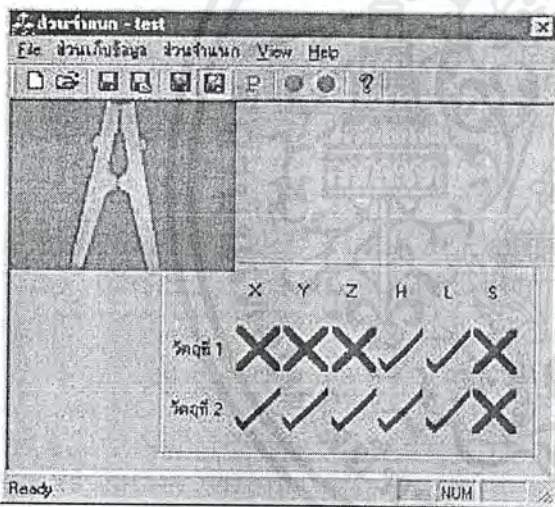


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ทดลองวางวัตถุและดูว่าเป็นวัตถุใดดังแสดงในรูป a และ b



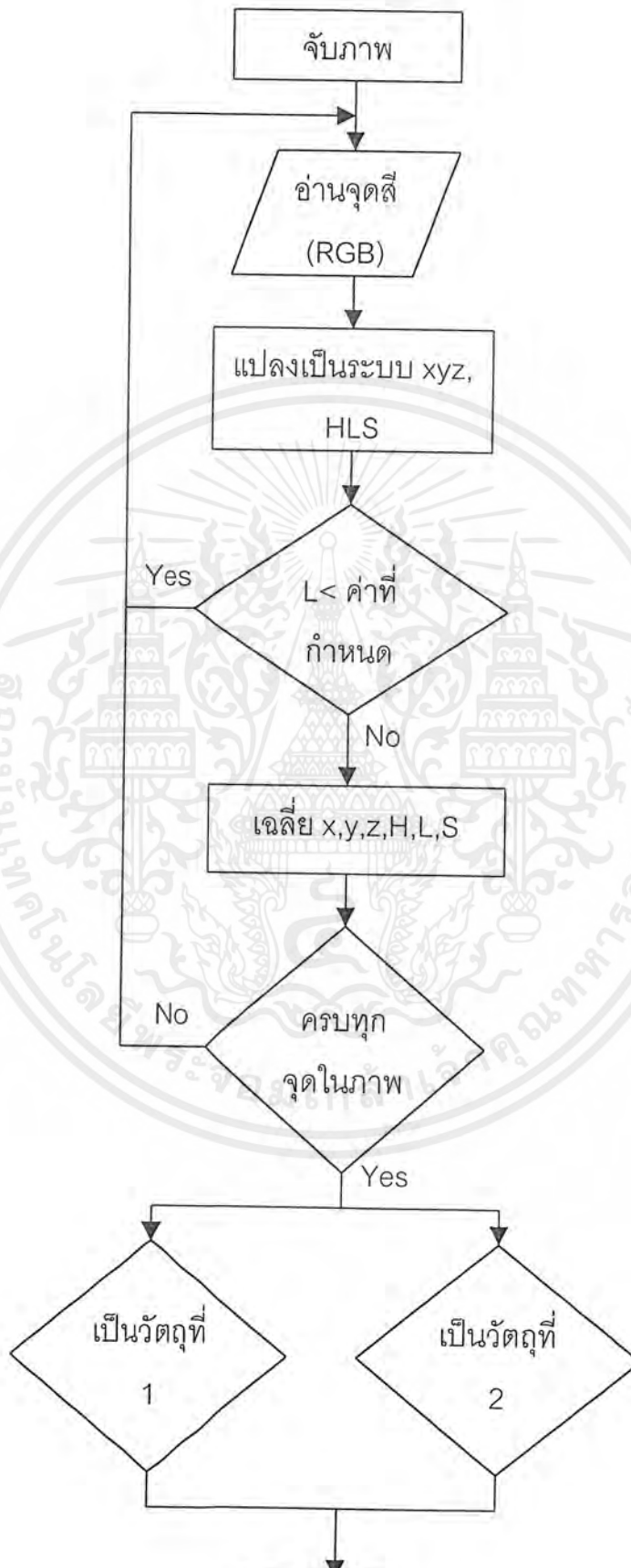
รูป a แสดงการทดสอบด้วยวัตถุที่ 1



รูป b แสดงการทดสอบด้วยวัตถุที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flow Charts



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้นฉบับส่งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// Average.h: interface for the CAverage class.
//
/////////////////////////////////////////////////////////////////
#ifndef AFX_AVERAGE_H_A2E23A21_F9DD_11D3_9885_99C387AD1F32__INCLUDED_
#define AFX_AVERAGE_H_A2E23A21_F9DD_11D3_9885_99C387AD1F32__INCLUDED_
#if _MSC_VER > 1000
#pragma once
#endif // _MSC_VER > 1000
class CAverage
{
public:
    float ave;
    float Set(float in);
    float sum;
    float count;
    void Reset();
    CAverage();
    virtual ~CAverage();
};
#endif // !defined(AFX_AVERAGE_H_A2E23A21_F9DD_11D3_9885_99C387AD1F32__INCLUDED_)

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// Average.cpp: implementation of the CAverage class.
//
/////////////////////////////////////////////////////////////////
#include "stdafx.h"
#include "Average.h"
#ifdef _DEBUG
#undef THIS_FILE
static char THIS_FILE[]=__FILE__;
#define new DEBUG_NEW
#endif
/////////////////////////////////////////////////////////////////
// Construction/Destruction
/////////////////////////////////////////////////////////////////
CAverage::CAverage()
{
    Reset();
}
CAverage::~CAverage()
{
}
void CAverage::Reset()
{
    sum=count=ave=0;
}
float CAverage::Set(float in)
{
    sum+=in;
    count++;
    ave=sum/count;
    return ave;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// CapWnd.h: interface for the CCapWnd class.
//
////////////////////////////////////
#include "vfw.h"
#if !defined(AFX_CAPWND_H_FB095D8D_EBD6_11D3_9885_967373B7993C_INCLUDED_)
#define AFX_CAPWND_H_FB095D8D_EBD6_11D3_9885_967373B7993C_INCLUDED_
#if _MSC_VER > 1000
#pragma once
#endif // _MSC_VER > 1000
// LIB = msacm32.lib vfw32.lib winmm.lib shell32.lib
class CCapWnd : public CWnd
{
public:
    BOOL zSetCallbackYield(LPARAM FnCallback);
    BOOL zSetCallbackVideoStream(LPARAM FnCallback);
    BOOL zSetCallbackStatus(LPARAM FnCallback);
    BOOL zSetCallbackError(LPARAM FnCallback);
    BOOL zSetCallbackCapControl(LPARAM FnCallback);
    BOOL zFileSetInfoChunk(LPCAPINFOCHUNK lpInfoChunk);
    BOOL zGrabFrame();
    BOOL zEditCopy();
    BOOL zSingleFrameOpen();
    BOOL zSingleFrameClose();
    BOOL zSetMCIDevice(LPSTR szName);
    BOOL zCaptureSequenceNoFile();
    BOOL zFileSetCaptureFile(LPSTR szName);
    BOOL zFileSaveAs(LPSTR szName);
    BOOL zFileGetCaptureFile(LPSTR szName);
    BOOL zFileAlloc(DWORD dwSize);
    BOOL zSetSequenceSetup();
    BOOL zGetSequenceSetup();
    BOOL zDlgVideoSource();
    BOOL zDlgVideoFormat();
    BOOL zDlgVideoDisplay();
    BOOL zDlgVideoCompression();
    BOOL zSetScroll(LPPOINT lpPoint);
    BOOL zSetScale(BOOL flag);
    BOOL zSetPreviewRate(UINT msec);
    BOOL zSetPreview(BOOL flag);
    BOOL zSetOverlay(BOOL flag);
    BOOL zSetVideoFormat(LPBITMAPINFO lpBitmapInfo);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    BOOL zGetVideoFormat(LPBITMAPINFO lpBitmapInfo);
    BOOL zDriverGetVersion(LPSTR lpVer);
    BOOL zDriverGetName(LPSTR lpName);
    BOOL zDriverGetCaps();
    BOOL zDriverDisconnect();
    BOOL zStop();
    BOOL zSequence();
    BOOL zDriverConnect(UINT nIndex=0);
    BOOL zAbort();
    BOOL zGrabFrameNoStop();
    BOOL zFileSaveDIB(LPSTR szFileName);
    BOOL zSetInfoChunk(LPCAPINFOCHUNK lpInfo);
    BOOL zSetUserData(LPARAM lpData);
    BOOL zSingleFrame();
    BOOL zGetUserData();
    BOOL zSetCallbackFrame(LPARAM FnCallback);
    void xSetRealSize();
    CAPDRIVERCAPS driver;
    CAPTUREPARMS param;
    CAPSTATUS status;
    BOOL zGetStatus();
    void Test();
    BITMAPINFO bit;
    BOOL xCreate();
    BOOL xCreate(LPCTSTR lpszName,HWND hwndParent,int nID);
    CCapWnd();
    virtual ~CCapWnd();
};
#endif // !defined(AFX_CAPWND_H__FB095D8D_EBD6_11D3_9885_967373B7993C__INCLUDED_)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// CapWnd.cpp: implementation of the CCapWnd class.
//
////////////////////////////////////////////////////////////////////
#include "stdafx.h"
#include "CapWnd.h"
#include "vfw.h"
#ifdef _DEBUG
#undef THIS_FILE
static char THIS_FILE[]=__FILE__;
#define new DEBUG_NEW
#endif
//////////////////////////////////////////////////////////////////
// Construction/Destruction
//////////////////////////////////////////////////////////////////
CCapWnd::CCapWnd()
{
}
CCapWnd::~CCapWnd()
{
    zDriverDisconnect();
}
//////////////////////////////////////////////////////////////////
BOOL CCapWnd::zDriverConnect(UINT nIndex/*=0*/){
    return SendMessage(WM_CAP_DRIVER_CONNECT,nIndex,0L);
}
BOOL CCapWnd::zDriverDisconnect(){
    return SendMessage(WM_CAP_DRIVER_DISCONNECT,0,0L);
}
BOOL CCapWnd::zSequence(){
    return SendMessage(WM_CAP_SEQUENCE,0,0L);
}
BOOL CCapWnd::zAbort(){
    return SendMessage(WM_CAP_ABORT,0,0L);
}
BOOL CCapWnd::zStop(){
    return SendMessage(WM_CAP_STOP,0,0L);
}
BOOL CCapWnd::zGetStatus(){
    return SendMessage(WM_CAP_GET_STATUS
        ,sizeof(CAPSTATUS)
        ,(long)&status);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
BOOL CCapWnd::zDriverGetCaps(){
    return SendMessage(WM_CAP_DRIVER_GET_CAPS
        ,sizeof(CAPDRIVERCAPS)
        ,(long)&driver);
}
BOOL CCapWnd::zDriverGetName(LPSTR lpName){
    return SendMessage(WM_CAP_DRIVER_GET_NAME
        ,sizeof(lpName)
        ,(long)lpName);
}
BOOL CCapWnd::zDriverGetVersion(LPSTR lpVer){
    return SendMessage(WM_CAP_DRIVER_GET_VERSION
        ,sizeof(lpVer)
        ,(long)lpVer);
}
BOOL CCapWnd::zGetVideoFormat(LPBITMAPINFO lpBitmapInfo){
    return SendMessage(WM_CAP_GET_VIDEOFORMAT
        ,sizeof(BITMAPINFO)
        ,(long)lpBitmapInfo);
}
BOOL CCapWnd::zSetVideoFormat(LPBITMAPINFO lpBitmapInfo){
    return SendMessage(WM_CAP_SET_VIDEOFORMAT, sizeof(BITMAPINFO)
        ,(long)lpBitmapInfo);
}
BOOL CCapWnd::zSetOverlay(BOOL flag){
    return SendMessage(WM_CAP_SET_OVERLAY, flag, 0L);
}
BOOL CCapWnd::zSetPreview(BOOL flag){
    return SendMessage(WM_CAP_SET_PREVIEW, flag, 0L);
}
BOOL CCapWnd::zSetPreviewRate(UINT msec){
    return SendMessage(WM_CAP_SET_PREVIEWRATE, msec, 0L);
}
BOOL CCapWnd::zSetScale(BOOL flag){
    return SendMessage(WM_CAP_SET_SCALE, flag, 0L);
}
BOOL CCapWnd::zSetScroll(LPPOINT lpPoint){
    return SendMessage(WM_CAP_SET_SCROLL, 0, (long)lpPoint);
}
BOOL CCapWnd::zDlgVideoCompression(){

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        return SendMessage(WM_CAP_DLG_VIDEOCOMPRESSION,0,0L);
    }
    BOOL CCapWnd::zDlgVideoDisplay(){
        return SendMessage(WM_CAP_DLG_VIDEODISPLAY,0,0L);
    }
    BOOL CCapWnd::zDlgVideoFormat(){
        return SendMessage(WM_CAP_DLG_VIDEOFORMAT,0,0L);
    }
    BOOL CCapWnd::zDlgVideoSource(){
        return SendMessage(WM_CAP_DLG_VIDEOSOURCE,0,0L);
    }
    BOOL CCapWnd::zGetSequenceSetup(){
        return SendMessage(WM_CAP_GET_SEQUENCE_SETUP
            ,sizeof(LPCAPTUREPARMS)
            ,(long)&param);
    }
    BOOL CCapWnd::zSetSequenceSetup(){
        return SendMessage(WM_CAP_SET_SEQUENCE_SETUP
            ,sizeof(LPCAPTUREPARMS)
            ,(long)&param);
    }
    BOOL CCapWnd::zFileAlloc(DWORD dwSize){
        return SendMessage(WM_CAP_FILE_ALLOCATE,0,dwSize);
    }
    BOOL CCapWnd::zFileGetCaptureFile(LPSTR szName){
        return SendMessage(WM_CAP_FILE_GET_CAPTURE_FILE
            ,sizeof(szName),(long)szName);
    }
    BOOL CCapWnd::zFileSaveAs(LPSTR szName){
        return SendMessage(WM_CAP_FILE_SAVEAS,0,(long)szName);
    }
    BOOL CCapWnd::zFileSetCaptureFile(LPSTR szName){
        return SendMessage(WM_CAP_FILE_SET_CAPTURE_FILE,0,(long)szName);
    }
    BOOL CCapWnd::zCaptureSequenceNoFile(){
        return SendMessage(WM_CAP_SEQUENCE_NOFILE,0,0L);
    }
    BOOL CCapWnd::zSetMCIDevice(LPSTR szName){
        return SendMessage(WM_CAP_SET_MCI_DEVICE,0,(long)szName);
    }
    BOOL CCapWnd::zSingleFrame(){

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        return SendMessage(WM_CAP_SINGLE_FRAME,0,0L);
    }
    BOOL CCapWnd::zSingleFrameClose()
        return SendMessage(WM_CAP_SINGLE_FRAME_CLOSE,0,0L);
    }
    BOOL CCapWnd::zSingleFrameOpen()
        return SendMessage(WM_CAP_SINGLE_FRAME_OPEN,0,0L);
    }
    BOOL CCapWnd::zEditCopy()
        return SendMessage(WM_CAP_EDIT_COPY,0,0L);
    }
    BOOL CCapWnd::zFileSaveDIB(LPSTR szName)
        return SendMessage(WM_CAP_FILE_SAVEDIB,0,(LPARAM)szName);
    }
    BOOL CCapWnd::zGrabFrame()
        return SendMessage(WM_CAP_GRAB_FRAME,0,0L);
    }
    BOOL CCapWnd::zGrabFrameNoStop()
        return SendMessage(WM_CAP_GRAB_FRAME_NOSTOP,0,0L);
    }
    BOOL CCapWnd::zFileSetInfoChunk(LPCAPINFOCHUNK lpInfoChunk)
        return SendMessage(WM_CAP_FILE_SET_INFOCHUNK,0,(long)lpInfoChunk);
    }
    BOOL CCapWnd::zGetUserData()
        return SendMessage(WM_CAP_GET_USER_DATA,0,0L);
    }
    BOOL CCapWnd::zSetUserData(LPARAM lpData)
        return SendMessage(WM_CAP_SET_USER_DATA,0,lpData);
    }
    BOOL CCapWnd::zSetInfoChunk(LPCAPINFOCHUNK lpInfo)
    {
        return SendMessage(WM_CAP_FILE_SET_INFOCHUNK,0,(LPARAM)lpInfo);
    }
    BOOL CCapWnd::zSetCallbackCapControl(LPARAM FnCallback)
        return SendMessage(WM_CAP_SET_CALLBACK_CAPCONTROL,0,FnCallback);
    }
    BOOL CCapWnd::zSetCallbackError(LPARAM FnCallback)
        return SendMessage(WM_CAP_SET_CALLBACK_ERROR,0,FnCallback);
    }
    BOOL CCapWnd::zSetCallbackFrame(LPARAM FnCallback)
        return SendMessage(WM_CAP_SET_CALLBACK_FRAME,0,FnCallback);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
BOOL CCapWnd::zSetCallbackStatus(LPARAM FnCallback){
    return SendMessage(WM_CAP_SET_CALLBACK_STATUS,0,FnCallback);
}
BOOL CCapWnd::zSetCallbackVideoStream(LPARAM FnCallback){
    return SendMessage(WM_CAP_SET_CALLBACK_VIDEOSTREAM,0,FnCallback);
}
BOOL CCapWnd::zSetCallbackYield(LPARAM FnCallback){
    return SendMessage(WM_CAP_SET_CALLBACK_YIELD,0,FnCallback);
}
BOOL CCapWnd::xCreate(LPCTSTR lpszName,HWND hwndParent,int nID)
{
    HWND hwndCap;
    hwndCap = capCreateCaptureWindow(lpszName
        ,WS_VISIBLE|WS_CHILD
        ,0,0,160,120
        ,hwndParent
        ,nID);
    CCapWnd::Detach();
    CCapWnd::Attach(hwndCap);
    return TRUE;
}
BOOL CCapWnd::xCreate()
{
    HWND hwndCap;
    hwndCap = capCreateCaptureWindow("Capture"
        ,WS_VISIBLE|WS_OVERLAPPEDWINDOW
        ,0,0,160,120
        ,NULL
        ,NULL);
    CCapWnd::Attach(hwndCap);
    return TRUE;
}
void CCapWnd::Test()
{
}
void CCapWnd::xSetRealSize()
{
    zGetStatus();
    MoveWindow(0,0,status.uiImageWidth,status.uiImageHeight);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// ColorSpace.h: interface for the CColorSpace class.
//
/////////////////////////////////////////////////////////////////
#ifndef AFX_COLORSPACE_H_D8E0120E_F9B0_11D3_9885_B197746A1A32__INCLUDED_
#define AFX_COLORSPACE_H_D8E0120E_F9B0_11D3_9885_B197746A1A32__INCLUDED_
#if _MSC_VER > 1000
#pragma once
#endif // _MSC_VER > 1000
class CColorSpace
{
public:
    void SetRGB(float R,float G,float B);
    CColorSpace();
    virtual ~CColorSpace();
    float x;
    float y;
    float z;
    float H;
    float L;
    float S;
    float r;
    float g;
    float b;

protected:
    void Swap(float *a,float *b);
    float max;
    float min;
    float del;

};
#endif //
#ifndef AFX_COLORSPACE_H_D8E0120E_F9B0_11D3_9885_B197746A1A32__INCLUDED_

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// ColorSpace.cpp: implementation of the CColorSpace class.
//
///////////////////////////////////////////////////////////////////
#include "stdafx.h"
#include "ColorSpace.h"
#ifdef _DEBUG
#undef THIS_FILE
static char THIS_FILE[]=__FILE__;
#define new DEBUG_NEW
#endif
///////////////////////////////////////////////////////////////////
// Construction/Destruction
///////////////////////////////////////////////////////////////////
CColorSpace::CColorSpace()
{
    x=y=z=H=L=S=0;
}
CColorSpace::~CColorSpace()
{
}
void CColorSpace::SetRGB(float R,float G,float B)
{
    /////////////////////////////////////////////////////////////////// Debug<<<
    if((R==0)&&(G==0)&&(B==0)){
        x=y=z=r=g=b=0;
        H=-1;L=0;S=0; //H=-1 Mean No Hue
        return;
    }
    /////////////////////////////////////////////////////////////////// Debug>>>
    /////////////////////////////////////////////////////////////////// RGB -> xyz
    del = R+G+B;
    x = R/del;
    y = G/del;
    z = B/del;
    /////////////////////////////////////////////////////////////////// RGB -> rgb
    r = R/255;
    g = G/255;
    b = B/255;
    /////////////////////////////////////////////////////////////////// xyz -> HLS
    max = r;
    del = g;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

min = b;
if(max<del)Swap(&max,&del);
if(del<min)Swap(&del,&min);
if(max<del)Swap(&max,&del);
    //Now have Max,Min
//Cal. Lightness
L = (max+min)/2;
if(max==min){
//Achromatic case
    S = 0;
    H = -1: //UNDEFINED
}else{
//Chromatic case:
    //Cal. Saturation
    del = max-min;
    if(L<=0.5) S=del/(max+min);
        else S=del/(2-max-min);
    //Cal. Hue
    if(r==max) H=(g-b)/del;
        else if(g==max) H=2+(b-r)/del;
            else if(b==max) H=4+(r-g)/del;
    H=H*60; //Convert to degrees
    if(H<0.0) H=H+360; //nonNegative
}
H=H/360*239;
L=L*240;
S=S*240;
}
void CColorSpace::Swap(float *a, float *b)
{
    float temp;
    temp = *a;
    *a = *b;
    *b = temp;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// Delta.h: interface for the CDelta class.
//
////////////////////////////////////
#ifndef AFX_DELTA_H_DCC716C1_1247_11D4_AD5F_8703317BA731__INCLUDED_
#define AFX_DELTA_H_DCC716C1_1247_11D4_AD5F_8703317BA731__INCLUDED_
#if _MSC_VER > 1000
#pragma once
#endif // _MSC_VER > 1000
class CDelta
{
public:
    void set(float in,UINT percent);
    float min,max;
    CDelta();
    virtual ~CDelta();
};
#endif // !defined(AFX_DELTA_H_DCC716C1_1247_11D4_AD5F_8703317BA731__INCLUDED_)

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
// Delta.cpp: implementation of the CDelta class.
```

```
//
```

```
////////////////////////////////////
```

```
#include "stdafx.h"
```

```
#include "Neo.h"
```

```
#include "Delta.h"
```

```
#ifdef _DEBUG
```

```
#undef THIS_FILE
```

```
static char THIS_FILE[]= __FILE__;
```

```
#define new DEBUG_NEW
```

```
#endif
```

```
////////////////////////////////////
```

```
// Construction/Destruction
```

```
////////////////////////////////////
```

```
CDelta::CDelta()
```

```
{
```

```
}
```

```
CDelta::~CDelta()
```

```
{
```

```
}
```

```
void CDelta::set(float in, UINT percent)
```

```
{
```

```
    float tmp;
```

```
    tmp=in*percent/100;
```

```
    max=in+tmp;
```

```
    min=in-tmp;
```

```
)
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// dibapi.h
#ifndef _INC_DIBAPI
#define _INC_DIBAPI
/* Handle to a DIB */
DECLARE_HANDLE(HDIB);
/* DIB constants */
#define PALVERSION 0x300
/* DIB Macros*/
#define IS_WIN30_DIB(lpbi) (((LPDWORD)(lpbi)) == sizeof(BITMAPINFOHEADER))
#define RECTWIDTH(lpRect) ((lpRect)->right - (lpRect)->left)
#define RECTHEIGHT(lpRect) ((lpRect)->bottom - (lpRect)->top)
// WIDTHBYTES performs DWORD-aligning of DIB scanlines. The "bits"
// parameter is the bit count for the scanline (biWidth * biBitCount),
// and this macro returns the number of DWORD-aligned bytes needed
// to hold those bits.
#define WIDTHBYTES(bits) (((bits) + 31) / 32 * 4)
/* Function prototypes */
BOOL WINAPI PaintDIB (HDC, LPRECT, HDIB, LPRECT, CPalette* pPal);
BOOL WINAPI CreateDIBPalette(HDIB hDIB, CPalette* cPal);
LPSTR WINAPI FindDIBBits (LPSTR lpbi);
DWORD WINAPI DIBWidth (LPSTR lpDIB);
DWORD WINAPI DIBHeight (LPSTR lpDIB);
WORD WINAPI PaletteSize (LPSTR lpbi);
WORD WINAPI DIBNumColors (LPSTR lpbi);
HGLOBAL WINAPI CopyHandle (HGLOBAL h);
BOOL WINAPI SaveDIB (HDIB hDib, CFile& file);
HDIB WINAPI ReadDIBFile(CFile& file);
#endif // !_INC_DIBAPI

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// dibapi.cpp
// Source file for Device-Independent Bitmap (DIB) API. Provides
// the following functions:
// PaintDIB() - Painting routine for a DIB
// CreateDIBPalette() - Creates a palette from a DIB
// FindDIBBits() - Returns a pointer to the DIB bits
// DIBWidth() - Gets the width of the DIB
// DIBHeight() - Gets the height of the DIB
// PaletteSize() - Gets the size required to store the DIB's palette
// DIBNumColors() - Calculates the number of colors
// in the DIB's color table
// CopyHandle() - Makes a copy of the given global memory block
#include "stdafx.h"
#include "dibapi.h"
#include <i.o.h>
#include <errno.h>
BOOL WINAPI PaintDIB(HDC hDC,
                    LPRECT lpDCRect,
                    HDIB hDIB,
                    LPRECT lpDIBRect,
                    CPalette* pPal)
{
    LPSTR lpDIBHdr; // Pointer to BITMAPINFOHEADER
    LPSTR lpDIBBits; // Pointer to DIB bits
    BOOL bSuccess=FALSE; // Success/fail flag
    HPALETTE hPal=NULL; // Our DIB's palette
    HPALETTE hOldPal=NULL; // Previous palette
    if (hDIB == NULL)
        return FALSE;
    lpDIBHdr = (LPSTR)::GlobalLock((HGLOBAL) hDIB);
    lpDIBBits = ::FindDIBBits(lpDIBHdr);
    if (pPal != NULL)
    {
        hPal = (HPALETTE) pPal->m_hObject;
        hOldPal = ::SelectPalette(hDC, hPal, TRUE);
    }
    ::SetStretchBitMode(hDC, COLORONCOLOR);
    if ((RECTWIDTH(lpDCRect) == RECTWIDTH(lpDIBRect)) &&
        (RECTHEIGHT(lpDCRect) == RECTHEIGHT(lpDIBRect)))
        bSuccess = ::SetDIBitsToDevice(hDC, // hDC
            lpDCRect->left, // DestX

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        lpDCRect->top,        // DestY
        RECTWIDTH(lpDCRect), // nDestWidth
        RECTHEIGHT(lpDCRect), // nDestHeight
        lpDIBRect->left,     // SrcX
        (int)DIBHeight(lpDIBHdr) - lpDIBRect->top - RECTHEIGHT(lpDIBRect), // SrcY
        0,                    // nStartScan
        (WORD)DIBHeight(lpDIBHdr), // nNumScans
        lpDIBBits,           // lpBits
        (LPBITMAPINFO)lpDIBHdr, // lpBitsInfo
        DIB_RGB_COLORS);    // wUsage
    else
        bSuccess = ::StretchDIBits(hDC, // hDC
        lpDCRect->left, // DestX
        lpDCRect->top, // DestY
        RECTWIDTH(lpDCRect), // nDestWidth
        RECTHEIGHT(lpDCRect), // nDestHeight
        lpDIBRect->left, // SrcX
        lpDIBRect->top, // SrcY
        RECTWIDTH(lpDIBRect), // wSrcWidth
        RECTHEIGHT(lpDIBRect), // wSrcHeight
        lpDIBBits, // lpBits
        (LPBITMAPINFO)lpDIBHdr, // lpBitsInfo
        DIB_RGB_COLORS, // wUsage
        SRCCOPY); // dwROP
    ::GlobalUnlock((HGLOBAL) hDIB);
    if (hOldPal != NULL)
    {
        ::SelectPalette(hDC, hOldPal, TRUE);
    }
    return bSuccess;
}

BOOL WINAPI CreateDIBPalette(HDIB hDIB, CPalette* pPal)
{
    LPLOGPALETTE lpPal; // pointer to a logical palette
    HANDLE hLogPal; // handle to a logical palette
    HPALETTE hPal = NULL; // handle to a palette
    int i; // loop index
    WORD wNumColors; // number of colors in color table
    LPSTR lpbi; // pointer to packed-DIB
    LPBITMAPINFO lpbmi; // pointer to BITMAPINFO structure (Win3.0)
    LPBITMAPCOREINFO lpbmc; // pointer to BITMAPCOREINFO structure (old)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    BOOL bWinStyleDIB; // flag which signifies whether this is a Win3.0 DIB
    BOOL bResult = FALSE;
    if (hDIB == NULL)
        return FALSE;
    lpbi = (LPSTR) ::GlobalLock((HGLOBAL) hDIB);
    lpbmi = (LPBITMAPINFO)lpbi;
    lpbmc = (LPBITMAPCOREINFO)lpbi;
    wNumColors = ::DIBNumColors(lpbi);
    if (wNumColors != 0)
    {
        hLogPal = ::GlobalAlloc(GHND, sizeof(LOGPALETTE)
            + sizeof(PALETTEENTRY)* wNumColors);
        if (hLogPal == 0)
        {
            ::GlobalUnlock((HGLOBAL) hDIB);
            return FALSE;
        }
        lpPal = (LPLOGPALETTE) ::GlobalLock((HGLOBAL) hLogPal);
        lpPal->palVersion = PALVERSION;
        lpPal->palNumEntries = (WORD)wNumColors;
        bWinStyleDIB = IS_WIN30_DIB(lpbi);
        for (i = 0; i < (int)wNumColors; i++)
        {
            if (bWinStyleDIB)
            {
                lpPal->palPalEntry[i].peRed = lpbmi->bmiColors[i].rgbRed;
                lpPal->palPalEntry[i].peGreen = lpbmi->bmiColors
                    [i].rgbGreen;
                lpPal->palPalEntry[i].peBlue = lpbmi->bmiColors[i].rgbBlue;
                lpPal->palPalEntry[i].peFlags = 0;
            }
            else
            {
                lpPal->palPalEntry[i].peRed = lpbmc->bmciColors[i].rgbtRed;
                lpPal->palPalEntry[i].peGreen = lpbmc->bmciColors
                    [i].rgbtGreen;
                lpPal->palPalEntry[i].peBlue = lpbmc->bmciColors[i].rgbtBlue;
                lpPal->palPalEntry[i].peFlags = 0;
            }
        }
        bResult = lpPal->CreatePalette(lpPal);
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        ::GlobalUnlock((HGLOBAL) hLogPal);
        ::GlobalFree((HGLOBAL) hLogPal);
    }
    ::GlobalUnlock((HGLOBAL) hDIB);
    return bResult;
}
LPSTR WINAPI FindDIBBits(LPSTR lpbi)
{
    return (lpbi + *(LPDWORD)lpbi + ::PaletteSize(lpbi));
}
DWORD WINAPI DIBWidth(LPSTR lpDIB)
{
    LPBITMAPINFOHEADER lpbmi; // pointer to a Win 3.0-style DIB
    LPBITMAPCOREHEADER lpbmc; // pointer to an other-style DIB
    lpbmi = (LPBITMAPINFOHEADER)lpDIB;
    lpbmc = (LPBITMAPCOREHEADER)lpDIB;
    if (IS_WIN30_DIB(lpDIB))
        return lpbmi->biWidth;
    else /* it is an other-style DIB, so return its width */
        return (DWORD)lpbmc->bcWidth;
}
DWORD WINAPI DIBHeight(LPSTR lpDIB)
{
    LPBITMAPINFOHEADER lpbmi; // pointer to a Win 3.0-style DIB
    LPBITMAPCOREHEADER lpbmc; // pointer to an other-style DIB
    lpbmi = (LPBITMAPINFOHEADER)lpDIB;
    lpbmc = (LPBITMAPCOREHEADER)lpDIB;
    if (IS_WIN30_DIB(lpDIB))
        return lpbmi->biHeight;
    else /* it is an other-style DIB, so return its height */
        return (DWORD)lpbmc->bcHeight;
}
WORD WINAPI PaletteSize(LPSTR lpbi)
{
    if (IS_WIN30_DIB (lpbi))
        return (WORD)(::DIBNumColors(lpbi) * sizeof(RGBQUAD));
    else
        return (WORD)(::DIBNumColors(lpbi) * sizeof(RGBTRIPLE));
}
WORD WINAPI DIBNumColors(LPSTR lpbi)
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

WORD wBitCount; // DIB bit count
if (IS_WIN30_DIB(lpbi))
{
    DWORD dwClrUsed;
    dwClrUsed = ((LPBITMAPINFOHEADER)lpbi)->biClrUsed;
    if (dwClrUsed != 0)
        return (WORD)dwClrUsed;
}
if (IS_WIN30_DIB(lpbi))
    wBitCount = ((LPBITMAPINFOHEADER)lpbi)->biBitCount;
else
    wBitCount = ((LPBITMAPCOREHEADER)lpbi)->bcBitCount;
switch (wBitCount)
{
    case 1: return 2;
    case 4: return 16;
    case 8: return 256;
    default: return 0;
}
}
HGLOBAL WINAPI CopyHandle (HGLOBAL h)
{
    if (h == NULL)
        return NULL;
    DWORD dwLen = ::GlobalSize((HGLOBAL) h);
    HGLOBAL hCopy = ::GlobalAlloc(GHND, dwLen);
    if (hCopy != NULL)
    {
        void* lpCopy = ::GlobalLock((HGLOBAL) hCopy);
        void* lp = ::GlobalLock((HGLOBAL) h);
        memcpy(lpCopy, lp, dwLen);
        ::GlobalUnlock(hCopy);
        ::GlobalUnlock(h);
    }
    return hCopy;
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// MainFrm.h : interface of the CMainFrame class
//
///////////////////////////////////////////////////////////////////
#define FRAME_MSG "LWIDMsgFrame"
#define FRAME_CLOSE 1
#if !defined(AFX_MAINFRM_H__A5F6F768_0FDA_11D4_AD5F_AB54F9EF5E2D__INCLUDED_)
#define AFX_MAINFRM_H__A5F6F768_0FDA_11D4_AD5F_AB54F9EF5E2D__INCLUDED_
#if _MSC_VER > 1000
#pragma once
#endif // _MSC_VER > 1000
class CMainFrame : public CFrameWnd
{
protected: // create from serialization only
    CMainFrame();
    DECLARE_DYNCREATE(CMainFrame)
// Attributes
public:
    UINT m_nCurrentForm;
    UINT m_nMsg;
// Operations
public:
    void OnSelectForm(UINT nCmdID);
    void OnUpdateSelectFormUI(CCmdUI* pCmdUI);
// Overrides
    // ClassWizard generated virtual function overrides
    //{{AFX_VIRTUAL(CMainFrame)
public:
    virtual BOOL PreCreateWindow(CREATESTRUCT& cs);
    //}}AFX_VIRTUAL
// Implementation
public:
    virtual ~CMainFrame();
#ifdef _DEBUG
    virtual void AssertValid() const;
    virtual void Dump(CDumpContext& dc) const;
#endif
protected: // control bar embedded members
    CStatusBar m_wndStatusBar;
    CToolBar m_wndToolBar;
// Generated message map functions
protected:

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

//{{AFX_MSG(CMainFrame)
afx_msg int OnCreate(LPCREATESTRUCT lpCreateStruct);
//}}AFX_MSG
DECLARE_MESSAGE_MAP()
};

/////////////////////////////////////////////////////////////////
//{{AFX_INSERT_LOCATION}}
// Microsoft Visual C++ will insert additional declarations immediately before the previous line.
#endif // !defined(AFX_MAINFRM_H__A5F6F768_0FDA_11D4_AD5F_AB54F9EF5E2D__INCLUDED_)
// MainFrm.cpp : implementation of the CMainFrame class
//
#include "stdafx.h"
#include "Neo.h"
#include "MainFrm.h"
#include "NeoForm.h"
#include "SepForm.h"
#ifdef _DEBUG
#define new DEBUG_NEW
#undef THIS_FILE
static char THIS_FILE[] = __FILE__;
#endif
/////////////////////////////////////////////////////////////////
// CMainFrame
IMPLEMENT_DYNCREATE(CMainFrame, CFrameWnd)
BEGIN_MESSAGE_MAP(CMainFrame, CFrameWnd)
//{{AFX_MSG_MAP(CMainFrame)
ON_WM_CREATE()
//}}AFX_MSG_MAP
ON_COMMAND_RANGE(IDM_NEO, IDM_SEP, OnSelectForm)
ON_UPDATE_COMMAND_UI_RANGE(IDM_NEO, IDM_SEP, OnUpdateSelectFormUI)
END_MESSAGE_MAP()
static UINT indicators[] =
{
    ID_SEPARATOR,      // status line indicator
    ID_INDICATOR_CAPS,
    ID_INDICATOR_NUM,
    ID_INDICATOR_SCRL,
};

/////////////////////////////////////////////////////////////////
// CMainFrame construction/destruction
CMainFrame::CMainFrame():m_nCurrentForm(IDM_NEO)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
    m_nMsg = RegisterWindowMessage(FRAME_MSG);
}
CMainFrame::~CMainFrame()
{
}
int CMainFrame::OnCreate(LPCREATESTRUCT lpCreateStruct)
{
    if (CFrameWnd::OnCreate(lpCreateStruct) == -1)
        return -1;
    if (!m_wndToolBar.CreateEx(this, TBSTYLE_FLAT, WS_CHILD | WS_VISIBLE | CBRS_TOP
        | CBRS_GRIPPER | CBRS_TOOLTIPS | CBRS_FLYBY | CBRS_SIZE_DYNAMIC) ||
        !m_wndToolBar.LoadToolBar(IDR_MAINFRAME))
    {
        TRACE0("Failed to create toolbar\n");
        return -1; // fail to create
    }
    if (!m_wndStatusBar.Create(this) ||
        !m_wndStatusBar.SetIndicators(indicators,
        sizeof(indicators)/sizeof(UINT)))
    {
        TRACE0("Failed to create status bar\n");
        return -1; // fail to create
    }
    m_wndToolBar.EnableDocking(CBRS_ALIGN_ANY);
    EnableDocking(CBRS_ALIGN_ANY);
    DockControlBar(&m_wndToolBar);
    return 0;
}
BOOL CMainFrame::PreCreateWindow(CREATESTRUCT& cs)
{
    if( !CFrameWnd::PreCreateWindow(cs) )
        return FALSE;
    cs.style = WS_OVERLAPPED | WS_CAPTION | FWS_ADDTOTITLE
        | WS_THICKFRAME | WS_SYSMENU;
    return TRUE;
}
////////////////////////////////////
// CMainFrame diagnostics
#ifdef _DEBUG
void CMainFrame::AssertValid() const

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
    CFrameWnd::AssertValid();
}

void CMainFrame::Dump(CDumpContext& dc) const
{
    CFrameWnd::Dump(dc);
}

#endif // _DEBUG
////////////////////////////////////
// CMainFrame message handlers
void CMainFrame::OnSelectForm(UINT nCmdID)
{
    if (nCmdID == m_nCurrentForm)
        return; // already selected
    CView* pOldActiveView = GetActiveView();
    pOldActiveView->SendMessage(m_nMsg,FRAME_CLOSE);
        ::SetWindowLong(pOldActiveView->m_hWnd, GWL_ID,
m_nCurrentForm);
    CRuntimeClass* pNewViewClass;
    switch (nCmdID)
    {
        case IDM_NEO:
            SetTitle("ส่วนเก็บข้อมูล");
            pNewViewClass = RUNTIME_CLASS(CNeoForm);
            break;
        case IDM_SEP:
            SetTitle("ส่วนจำแนก");
            pNewViewClass = RUNTIME_CLASS(CSepForm);
            break;
        default:
            ASSERT(0);
            return;
    }
    // create the new view
    CCreateContext context;
    context.m_pNewViewClass = pNewViewClass;
    context.m_pCurrentDoc = GetActiveDocument();
    CView* pNewView = STATIC_DOWNCAST(CView, CreateView(&context));
    if (pNewView != NULL)
    {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// the new view is there, but invisible and not active...
pNewView->ShowWindow(SW_SHOW);
pNewView->OnInitialUpdate();
SetActiveView(pNewView);
RecalcLayout();
m_nCurrentForm = nCmdID;

// finally destroy the old view...
pOldActiveView->DestroyWindow();
}
}
void CMainFrame::OnUpdateSelectFormUI(CCmdUI *pCmdUI)
{
pCmdUI->SetCheck(pCmdUI->m_nID == m_nCurrentForm);
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// Neo.h : main header file for the NEO application
//
#ifdef AFX_NEO_H_A5F6F764_0FDA_11D4_AD5F_AB54F9EF5E2D_INCLUDED_
#define AFX_NEO_H_A5F6F764_0FDA_11D4_AD5F_AB54F9EF5E2D_INCLUDED_
#endif
#pragma once
#ifdef _MSC_VER > 1000
#endif
#ifndef __AFXWIN_H__
    #error include 'stdafx.h' before including this file for PCH
#endif
#include "resource.h" // main symbols
// CNeoApp:
// See Neo.cpp for the implementation of this class
//
class CNeoApp : public CWinApp
{
public:
    CNeoApp();
// Overrides
    // ClassWizard generated virtual function overrides
    //{{AFX_VIRTUAL(CNeoApp)
public:
    virtual BOOL InitInstance();
    //}}AFX_VIRTUAL
// Implementation
    //{{AFX_MSG(CNeoApp)
    afx_msg void OnAppAbout();
    //}}AFX_MSG
    DECLARE_MESSAGE_MAP()
};
//{{AFX_INSERT_LOCATION}}
// Microsoft Visual C++ will insert additional declarations immediately before the previous line.
#endif
// Neo.cpp : Defines the class behaviors for the application.
//
#include "stdafx.h"
#include "Neo.h"
#include "MainFrm.h"
#include "NeoDoc.h"

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#include "NeoForm.h"
#include "SepForm.h"
#ifdef _DEBUG
#define new DEBUG_NEW
#undef THIS_FILE
static char THIS_FILE[] = __FILE__;
#endif
/////////////////////////////////////////////////////////////////
// CNeoApp
BEGIN_MESSAGE_MAP(CNeoApp, CWinApp)
   //{{AFX_MSG_MAP(CNeoApp)
    ON_COMMAND(ID_APP_ABOUT, OnAppAbout)
   //}}AFX_MSG_MAP
    // Standard file based document commands
    ON_COMMAND(ID_FILE_NEW, CWinApp::OnFileNew)
    ON_COMMAND(ID_FILE_OPEN, CWinApp::OnFileOpen)
END_MESSAGE_MAP()
/////////////////////////////////////////////////////////////////
// CNeoApp construction
CNeoApp::CNeoApp()
{
}
/////////////////////////////////////////////////////////////////
// The one and only CNeoApp object
CNeoApp theApp;
/////////////////////////////////////////////////////////////////
// CNeoApp initialization
BOOL CNeoApp::InitInstance()
{
    {
        CSingleDocTemplate* pNewDocTemplate = new CSingleDocTemplate(
            IDR_SEPFORM_TMPL,
            RUNTIME_CLASS(CNeoDoc),           // document class
            RUNTIME_CLASS(CMainFrame),       // frame class
            RUNTIME_CLASS(CSepForm));       // view class
        AddDocTemplate(pNewDocTemplate);
    }

    // Standard initialization
#ifdef _AFXDLL
    Enable3dControls();                      // Call this when using MFC in a shared DLL
#else
    Enable3dControlsStatic();               // Call this when linking to MFC statically
#endif
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#endif

SetRegistryKey(_T("Local AppWizard-Generated Applications"));
LoadStdProfileSettings(); // Load standard INI file options (including MRU)
CSingleDocTemplate* pDocTemplate;
pDocTemplate = new CSingleDocTemplate(
    IDR_MAINFRAME,
    RUNTIME_CLASS(CNeoDoc),
    RUNTIME_CLASS(CMainFrame), // main SDI frame window
    RUNTIME_CLASS(CNeoForm));
AddDocTemplate(pDocTemplate);
EnableShellOpen();
RegisterShellFileTypes(TRUE);
CCommandLineInfo cmdInfo;
ParseCommandLine(cmdInfo);
if (!ProcessShellCommand(cmdInfo))
    return FALSE;
m_pMainWnd->ShowWindow(SW_SHOW);
m_pMainWnd->UpdateWindow();
m_pMainWnd->DragAcceptFiles();
return TRUE;
}
/////////////////////////////////////////////////////////////////
// CAboutDlg dialog used for App About
class CAboutDlg : public CDialog
{
public:
    CAboutDlg();
// Dialog Data
//{{AFX_DATA(CAboutDlg)
enum { IDD = IDD_ABOUTBOX };
//}}AFX_DATA
// ClassWizard generated virtual function overrides
//{{AFX_VIRTUAL(CAboutDlg)
protected:
virtual void DoDataExchange(CDataExchange* pDX); // DDX/DDV support
//}}AFX_VIRTUAL
// Implementation
protected:
//{{AFX_MSG(CAboutDlg)
// No message handlers
//}}AFX_MSG
//}}AFX_DATA

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        DECLARE_MESSAGE_MAP()
};
CAboutDlg::CAboutDlg() : CDialog(CAboutDlg::IDD)
{
   //{{AFX_DATA_INIT(CAboutDlg)
    //}}AFX_DATA_INIT
}

void CAboutDlg::DoDataExchange(CDataExchange* pDX)
{
    CDialog::DoDataExchange(pDX);
   //{{AFX_DATA_MAP(CAboutDlg)
    //}}AFX_DATA_MAP
}

BEGIN_MESSAGE_MAP(CAboutDlg, CDialog)
   //{{AFX_MSG_MAP(CAboutDlg)
        // No message handlers
    //}}AFX_MSG_MAP
END_MESSAGE_MAP()
// App command to run the dialog
void CNeoApp::OnAppAbout()
{
    CAboutDlg aboutDlg;
    aboutDlg.DoModal();
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// NeoDoc.h : interface of the CNeoDoc class
//
///////////////////////////////////////////////////////////////////
#ifndef AFX_NEODOC_H_A5F6F76A_0FDA_11D4_AD5F_AB54F9EF5E2D_INCLUDED_
#define AFX_NEODOC_H_A5F6F76A_0FDA_11D4_AD5F_AB54F9EF5E2D_INCLUDED_
#ifdef _MSC_VER > 1000
#pragma once
#endif // _MSC_VER > 1000
#include "Range.h"
struct tagObj{
    float    val;// value
    UINT    per;//+-percent
};
class CNeoDoc : public CDocument
{
protected: // create from serialization only
    CNeoDoc();
    DECLARE_DYNCREATE(CNeoDoc)
// Attributes
public:
    float bk;
    tagObj o[2][9];
    CRange rn[2][9];
// Operations
public:
// Overrides
    // ClassWizard generated virtual function overrides
    //{{AFX_VIRTUAL(CNeoDoc)
public:
    virtual BOOL OnNewDocument();
    virtual void Serialize(CArchive& ar);
    //}}AFX_VIRTUAL
// Implementation
public:
    virtual ~CNeoDoc();
#ifdef _DEBUG
    virtual void AssertValid() const;
    virtual void Dump(CDumpContext& dc) const;
#endif
protected:
// Generated message map functions

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

protected:
    //{AFX_MSG(CNeoDoc)
    //}AFX_MSG
    DECLARE_MESSAGE_MAP()
};

/////////////////////////////////////////////////////////////////
//{{AFX_INSERT_LOCATION}}
// Microsoft Visual C++ will insert additional declarations immediately before the previous line.
#endif // !defined(AFX_NEODOC_H__A5F6F76A_0FDA_11D4_AD5F_AB54F9EF5E2D__INCLUDED_)
// NeoDoc.cpp : implementation of the CNeoDoc class
//
#include "stdafx.h"
#include "Neo.h"
#include "NeoDoc.h"
#ifdef _DEBUG
#define new DEBUG_NEW
#undef THIS_FILE
static char THIS_FILE[] = __FILE__;
#endif
/////////////////////////////////////////////////////////////////
// CNeoDoc
IMPLEMENT_DYNCREATE(CNeoDoc, CDocument)
BEGIN_MESSAGE_MAP(CNeoDoc, CDocument)
    //{AFX_MSG_MAP(CNeoDoc)
    //}AFX_MSG_MAP
END_MESSAGE_MAP()
/////////////////////////////////////////////////////////////////
// CNeoDoc construction/destruction
CNeoDoc::CNeoDoc()
{
}
CNeoDoc::~CNeoDoc()
{
}
BOOL CNeoDoc::OnNewDocument()
{
    if (!CDocument::OnNewDocument())
        return FALSE;
    for(int j=0;j<2;j++){
        for(int i=0;i<9;i++){
            o[j][i].per=0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        o[j][i].val=0;
        rn[j][i].m_bUse=FALSE;
        rn[j][i].m_Max=0;
        rn[j][i].m_Min=0;
    }
}
return TRUE;
}
// CNeoDoc serialization
void CNeoDoc::Serialize(CArchive& ar)
{
    if (ar.IsStoring())
    {
        ar<<bk;
        for(int j=0;j<2;j++){
            for(int i=0;i<9;i++){
                ar<<o[j][i].per;
                ar<<o[j][i].val;
                ar<<rn[j][i].m_bUse ;
                ar<<rn[j][i].m_Max ;
                ar<<rn[j][i].m_Min ;
            }
        }
    }
    else
    {
        ar>>bk;
        for(int j=0;j<2;j++){
            for(int i=0;i<9;i++){
                ar>>o[j][i].per;
                ar>>o[j][i].val;
                ar>>rn[j][i].m_bUse ;
                ar>>rn[j][i].m_Max ;
                ar>>rn[j][i].m_Min ;
            }
        }
    }
}
#ifdef _DEBUG
void CNeoDoc::AssertValid() const

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{  
    CDocument::AssertValid();  
}  
void CNeoDoc::Dump(CDumpContext& dc) const  
{  
    CDocument::Dump(dc);  
}  
#endif // _DEBUG
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// NeoForm.h : interface of the CNeoForm class
#ifndef !defined(AFX_NEOFORM_H_A5F6F76C_0FDA_11D4_AD5F_AB54F9EF5E2D__INCLUDED_)
#define AFX_NEOFORM_H_A5F6F76C_0FDA_11D4_AD5F_AB54F9EF5E2D__INCLUDED_
#if _MSC_VER > 1000
#pragma once
#endif // _MSC_VER > 1000
#include "NeoDoc.h"
#include "CapWnd.h"
#include "Average.h"
#include "ColorSpace.h"
#include "Range.h"
#include "SetupDlg.h"
#define TIMERATE 500
class CNeoForm : public CFormView
{
protected: // create from serialization only
    CNeoForm();
    DECLARE_DYNCREATE(CNeoForm)
public: //{{AFX_DATA(CNeoForm)
    enum{ IDD = IDD_NEO_FORM };
    //}}AFX_DATA
public: HGLOBAL ghDib;
    HANDLE hDib;
    HBITMAP hBmp;
    LPBITMAPINFOHEADER lpinfo;
    LPSTR lpbits;
    CCapWnd *cap;
    CColorSpace col;
    CAverage aveR,aveG,aveB;
    CRange rnL;
public: CNeoDoc* GetDocument();
    void CenterWindow();
    void GrabFrame();
    //{{AFX_VIRTUAL(CNeoForm)
public:
    virtual BOOL PreCreateWindow(CREATESTRUCT& cs);
protected:
    virtual void DoDataExchange(CDataExchange* pDX); // DDX/DDV support
    virtual void OnInitialUpdate(); // called first time after construct
    //}}AFX_VIRTUAL
public: UINT m_nObjBK;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        CSetupDlg* m_pDlgSetup;
        virtual ~CNeoForm();
#ifdef _DEBUG
        virtual void AssertValid() const;
        virtual void Dump(CDumpContext& dc) const;
#endif
protected:
        static UINT m_nMsgFrame;
        static UINT m_nMsgSetup;
        //{AFX_MSG(CNeoForm)
        afx_msg void OnFormat();
        afx_msg void OnSource();
        afx_msg void OnPreview();
        afx_msg void OnUpdatePreview(CCmdUI* pCmdUI);
        afx_msg void OnSetup();
        afx_msg void OnTimer(UINT nIDEvent);
        //}AFX_MSG
        afx_msg LRESULT MsgFrame(WPARAM wParam,LPARAM lParam);
        afx_msg LRESULT MsgSetup(WPARAM wParam, LPARAM lParam);
        DECLARE_MESSAGE_MAP()
);
#ifdef _DEBUG // debug version in NeoForm.cpp
inline CNeoDoc* CNeoForm::GetDocument()
    { return (CNeoDoc*)m_pDocument; }
#endif
//{{AFX_INSERT_LOCATION}}
#endif // !defined(AFX_NEOFORM_H_A5F6F76C_0FDA_11D4_AD5F_AB54F9EF5E2D__INCLUDED_)
// NeoForm.cpp : implementation of the CNeoForm class
#include "stdafx.h"
#include "Neo.h"
#include "NeoDoc.h"
#include "MainFrm.h"
#include "NeoForm.h"
#include "SetupDlg.h"
#include "Dibapi.h"
#ifdef _DEBUG
#define new DEBUG_NEW
#undef THIS_FILE
static char THIS_FILE[] = __FILE__;
#endif
IMPLEMENT_DYNCREATE(CNeoForm, CFormView)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

BEGIN_MESSAGE_MAP(CNeoForm, CFormView)
   //{{AFX_MSG_MAP(CNeoForm)
    ON_COMMAND(IDM_FORMAT, OnFormat)
    ON_COMMAND(IDM_SOURCE, OnSource)
    ON_COMMAND(IDM_PREVIEW, OnPreview)
    ON_UPDATE_COMMAND_UI(IDM_PREVIEW, OnUpdatePreview)
    ON_COMMAND(IDM_SETUP, OnSetup)
    ON_WM_TIMER()
   //}}AFX_MSG_MAP
    ON_REGISTERED_MESSAGE(CNeoForm::m_nMsgFrame, MsgFrame)
    ON_REGISTERED_MESSAGE(CNeoForm::m_nMsgSetup, MsgSetup)
END_MESSAGE_MAP()

UINT CNeoForm::m_nMsgFrame=RegisterWindowMessage(FRAME_MSG);
UINT CNeoForm::m_nMsgSetup=RegisterWindowMessage(SETUP_MSG);
CNeoForm::CNeoForm()
    : CFormView(CNeoForm::IDD, m_pDlgSetup(0), cap(NULL))
{
   //{{AFX_DATA_INIT(CNeoForm)
   //}}AFX_DATA_INIT
}
CNeoForm::~CNeoForm()
{
}
void CNeoForm::DoDataExchange(CDataExchange* pDX)
{
    CFormView::DoDataExchange(pDX);
   //{{AFX_DATA_MAP(CNeoForm)
    // NOTE: the ClassWizard will add DDX and DDV calls here
   //}}AFX_DATA_MAP
}
BOOL CNeoForm::PreCreateWindow(CREATESTRUCT& cs)
{
    return CFormView::PreCreateWindow(cs);
}
void CNeoForm::OnInitialUpdate()
{
    CFormView::OnInitialUpdate();
    GetParentFrame()->RecalcLayout();
    ResizeParentToFit(FALSE);
    ResizeParentToFit();
    if(cap==NULL){
        cap = new CCapWnd;
        cap->xCreate("Capture", this->GetSafeHwnd(), 1);
        cap->zDriverConnect();
        cap->zSetPreviewRate(66);
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        CenterWindow();
    }
}

#ifdef _DEBUG
void CNeoForm::AssertValid() const
{    CFormView::AssertValid();    }
void CNeoForm::Dump(CDumpContext& dc) const
{    CFormView::Dump(dc);    }
CNeoDoc* CNeoForm::GetDocument() // non-debug version is inline
{    ASSERT(m_pDocument->IsKindOf(RUNTIME_CLASS(CNeoDoc)));
    return (CNeoDoc*)m_pDocument;
}
#endif // _DEBUG
LRESULT CNeoForm::MsgFrame(WPARAM wParam, LPARAM lParam)
{
    switch(wParam){
        case FRAME_CLOSE:
            cap->zSetPreview(FALSE);
            cap->zDriverDisconnect();
            break;
    }
    return TRUE;
}

void CNeoForm::OnFormat()
{
    cap->zDriverGetCaps();
    if(cap->driver.fHasDlgVideoFormat){
        cap->zDlgVideoFormat();
        CenterWindow();
    }
}

void CNeoForm::OnSource()
{
    cap->zDriverGetCaps();
    if(cap->driver.fHasDlgVideoSource){
        cap->zDlgVideoSource();
    }
}

void CNeoForm::CenterWindow()
{
    cap->zGetStatus();
    cap->MoveWindow(0,0, cap->status.uiImageWidth
        ,cap->status.uiImageHeight);
    CRect rect;
    cap->GetWindowRect(&rect);
    rect.InflateRect(0,0,50,100);
    GetParent()->CalcWindowRect(&rect,CWnd::adjustOutside);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        GetParent()->MoveWindow(&rect);
        ResizeParentToFit(FALSE);
        ResizeParentToFit();
        cap->CenterWindow();
    }
    void CNeoForm::OnPreview()
    {
        cap->zGetStatus();
        cap->zSetPreview(!cap->status.fLiveWindow);
    }
    void CNeoForm::OnUpdatePreview(CCmdUI* pCmdUI)
    {
        cap->zGetStatus();
        pCmdUI->SetCheck(cap->status.fLiveWindow);
    }
    void CNeoForm::OnSetup()
    {
        m_pDlgSetup = new CSetupDlg(this);
        m_pDlgSetup->Create(IDD_SETUP);
        m_pDlgSetup->ShowWindow(SW_RESTORE);
    }
    LRESULT CNeoForm::MsgSetup(WPARAM wParam, LPARAM lParam)
    {
        CNeoDoc* pDoc = GetDocument();
        ASSERT_VALID(pDoc);
        switch(wParam)
        {
            case ML_OK:
                pDoc->bk=m_pDlgSetup->slidBK.GetPos();
                pDoc->o[0][0].val=m_pDlgSetup->aveR1.ave;
                pDoc->o[0][1].val=m_pDlgSetup->aveG1.ave;
                pDoc->o[0][2].val=m_pDlgSetup->aveB1.ave;
                col.SetRGB(m_pDlgSetup->aveR1.ave
                    ,m_pDlgSetup->aveG1.ave
                    ,m_pDlgSetup->aveB1.ave);

                pDoc->o[0][3].val=col.x;
                pDoc->o[0][4].val=col.y;
                pDoc->o[0][5].val=col.z;
                pDoc->o[0][6].val=col.H;
                pDoc->o[0][7].val=col.L;
                pDoc->o[0][8].val=col.S;
                pDoc->o[1][0].val=m_pDlgSetup->aveR2.ave;
                pDoc->o[1][1].val=m_pDlgSetup->aveG2.ave;
                pDoc->o[1][2].val=m_pDlgSetup->aveB2.ave;
                col.SetRGB(m_pDlgSetup->aveR2.ave
                    ,m_pDlgSetup->aveG2.ave

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        ,m_pDlgSetup->aveB2.ave);
    pDoc->o[1][3].val=col.x;
    pDoc->o[1][4].val=col.y;
    pDoc->o[1][5].val=col.z;
    pDoc->o[1][6].val=col.H;
    pDoc->o[1][7].val=col.L;
    pDoc->o[1][8].val=col.S;
    pDoc->SetModifiedFlag();
    break;
case ML_SLIDE:
    m_nObjBK=m_pDlgSetup->m_nObjBK;
    GrabFrame();
    break;
case ML_ADD1:
    KillTimer(IDC_TIMER);
    GrabFrame();
    m_pDlgSetup->aveR1.Set(aveR.ave);
    m_pDlgSetup->aveG1.Set(aveG.ave);
    m_pDlgSetup->aveB1.Set(aveB.ave);
    break;
case ML_ADD2:
    KillTimer(IDC_TIMER);
    GrabFrame();
    m_pDlgSetup->aveR2.Set(aveR.ave);
    m_pDlgSetup->aveG2.Set(aveG.ave);
    m_pDlgSetup->aveB2.Set(aveB.ave);
    break;
case ML_PREVIEW:
    SetTimer(IDC_TIMER,TIMERATE,NULL);
    break;
}
return TRUE;
}
void CNeoForm::OnTimer(UINT nIDEvent)
{
    switch(nIDEvent){
        case IDC_TIMER: GrabFrame(); break;
    }
    CFormView::OnTimer(nIDEvent);
}
void CNeoForm::GrabFrame()
{
    cap->ShowWindow(SW_HIDE);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

cap->zGrabFrame();
cap->zEditCopy();
OpenClipboard();
ghDib = GetClipboardData(CF_DIB);
CloseClipboard();
lpinfo = (LPBITMAPINFOHEADER)GlobalLock(ghDib);
lpbits = FindDIBBits((LPSTR)lpinfo);
UINT maxPix=(lpinfo->biHeight*lpinfo->biWidth*3);
BYTE r,g,b;
aveR.Reset();
aveG.Reset();
aveB.Reset();
for(UINT i=0;i<maxPix;i+=3){
    r=lpbits[i+2];
    g=lpbits[i+1];
    b=lpbits[i];
    col.SetRGB(r,g,b);
    if(col.L<m_nObjBK ){
        lpbits[i+2]= 255;//GetRValue(applyColor);
        lpbits[i+1]= 0;//GetGValue(applyColor);
        lpbits[i] = 0;//GetBValue(applyColor);
    }else{
        aveR.Set(r);
        aveG.Set(g);
        aveB.Set(b);
    }
}
CRect rect;
cap->GetWindowRect(&rect);
ScreenToClient(&rect);
cap->zGetStatus();
CClientDC dc(this);
SetDIBitsToDevice(dc.GetSafeHdc(),rect.left,rect.top
    ,lpinfo->biWidth,lpinfo->biHeight
    ,0,0,0,lpinfo->biHeight
    ,(LPSTR)lpbits,(LPBITMAPINFO)lpinfo,DIB_RGB_COLORS);
GlobalUnlock(ghDib);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#ifndef AFX_PERCENTDLG_H_E382E901_1209_11D4_AD5F_E9E369185436_INCLUDED_
#define AFX_PERCENTDLG_H_E382E901_1209_11D4_AD5F_E9E369185436_INCLUDED_
#ifdef _MSC_VER > 1000
#pragma once
#endif // _MSC_VER > 1000
// PercentDlg.h : header file
#include "NeoDoc.h"
class CPercentDlg : public CDialog
{
public:
    BOOL fSpin;
    UINT nParam,nObj;
    void UpdateParams();
    CPercentDlg(CNeoDoc* pDoc,CWnd* pParent = NULL); // standard constructor
    CNeoDoc* p;
    //{AFX_DATA(CPercentDlg)
    enum { IDD = IDD_PERCENT };
    CListCtrl param;
    CButton group;
    CSpinButtonCtrl spin;
    CListBox obj;
    UINT edit;
    //}AFX_DATA
    //{AFX_VIRTUAL(CPercentDlg)
    protected:
    virtual void DoDataExchange(CDataExchange* pDX); // DDX/DDV support
    //}AFX_VIRTUAL
protected:
    //{AFX_MSG(CPercentDlg)
    virtual BOOL OnInitDialog();
    afx_msg void OnSelchangeObj();
    afx_msg void OnClickParam(NMHDR* pNMHDR, LRESULT* pResult);
    afx_msg void OnChangeEdit();
    afx_msg void OnClose();
    //}AFX_MSG
    DECLARE_MESSAGE_MAP()
};
//{{AFX_INSERT_LOCATION}}
#endif // !defined(AFX_PERCENTDLG_H_E382E901_1209_11D4_AD5F_E9E369185436_INCLUDED_)
// PercentDlg.cpp : implementation file
#include "stdafx.h"
#include "Neo.h"
#include "PercentDlg.h"

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#ifdef _DEBUG
#define new DEBUG_NEW
#undef THIS_FILE
static char THIS_FILE[] = __FILE__;
#endif

CPercentDlg::CPercentDlg(CNeoDoc* pDoc, CWnd* pParent /*=NULL*/)
    : CDialog(CPercentDlg::IDD, pParent), p(pDoc)
{
   //{{AFX_DATA_INIT(CPercentDlg)
    edit = 0;
    //}}AFX_DATA_INIT
    nObj=0;
    nParam=0;
    fSpin=FALSE;
}

void CPercentDlg::DoDataExchange(CDataExchange* pDX)
{
    CDialog::DoDataExchange(pDX);
    //{{AFX_DATA_MAP(CPercentDlg)
    DDX_Control(pDX, ID2_PARAM, param);
    DDX_Control(pDX, ID2_GROUP, group);
    DDX_Control(pDX, ID2_SPIN, spin);
    DDX_Control(pDX, ID2_OBJ, obj);
    DDX_Text(pDX, ID2_EDIT, edit);
    DDV_MinMaxUInt(pDX, edit, 0, 100);
    //}}AFX_DATA_MAP
}

BEGIN_MESSAGE_MAP(CPercentDlg, CDialog)
    //{{AFX_MSG_MAP(CPercentDlg)
    ON_LBN_SELCHANGE(ID2_OBJ, OnSelchangeObj)
    ON_NOTIFY(NM_CLICK, ID2_PARAM, OnClickParam)
    ON_EN_CHANGE(ID2_EDIT, OnChangeEdit)
    ON_BN_CLICKED(ID2_CLOSE, OnClose)
    //}}AFX_MSG_MAP
END_MESSAGE_MAP()

BOOL CPercentDlg::OnInitDialog()
{
    CDialog::OnInitDialog();
    obj.AddString("Object 1");
    obj.AddString("Object 2");
    param.InsertColumn(0, "ตัวแปร", LVCFMT_CENTER, 60, 0);
    param.InsertColumn(1, "%มีดพลาด", LVCFMT_CENTER, 60, 1);
    param.InsertColumn(2, "เฉลี่ย", LVCFMT_CENTER, 60, 0);
    param.InsertColumn(3, "มากที่สุด", LVCFMT_CENTER, 60, 0);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        param.InsertColumn(4,"น้อยสุด",LVCFMT_CENTER,60,0);
        param.InsertItem(0,"X",0);
        param.InsertItem(1,"Y",0);
        param.InsertItem(2,"Z",0);
        param.InsertItem(3,"Hue",0);
        param.InsertItem(4,"Lightness",0);
        param.InsertItem(5,"Saturation",0);
        spin.SetRange(0,100);
        param.EnableWindow(FALSE);
        spin.EnableWindow(FALSE);
        return TRUE;
    }

void CPercentDlg::OnSelchangeObj()
{
    fSpin=FALSE;
    nObj=obj.GetCurSel();
    UpdateParams();
    CString st;
    obj.GetText(nObj,st);
    group.SetWindowText(st);
    param.EnableWindow();
    spin.EnableWindow(FALSE);
    edit=0;
    UpdateData(FALSE);
}

void CPercentDlg::UpdateParams()
{
    fSpin=TRUE;
    CString st;
    for(int i=0;i<6;i++){
        st.Format("%d",p->o[nObj][i+3].per);
        param.SetItem(i,1,LVIF_TEXT
            ,st,0,0,0,0);
        st.Format("%0.3f",p->o[nObj][i+3].val);
        param.SetItem(i,2,LVIF_TEXT
            ,st,0,0,0,0);
        p->rn[nObj][i+3].Delta(
            p->o[nObj][i+3].val
            ,p->o[nObj][i+3].per);
        st.Format("%0.3f",p->rn[nObj][i+3].m_Max);
        param.SetItem(i,3,LVIF_TEXT
            ,st,0,0,0,0);
        st.Format("%0.3f",p->rn[nObj][i+3].m_Min);
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        param.SetItem(i,4,LVIF_TEXT
                ,st,0,0,0,0);
    }
}

void CPercentDlg::OnClickParam(NMHDR* pNMHDR, LRESULT* pResult)
{
    spin.EnableWindow();
    nParam=param.GetSelectionMark();
    group.SetWindowText(param.GetItemText(nParam,0));
    spin.SetPos(p->o[nObj][nParam+3].per);
    *pResult = 0;
}

void CPercentDlg::OnChangeEdit()
{
    if(!fSpin){
        p->o[nObj][nParam+3].per=spin.GetPos();
        UpdateParams();
        p->SetModifiedFlag();
    }
}

void CPercentDlg::OnClose()
{
    CDialog::OnOK();
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// Range.h: interface for the CRange class.
#ifndef AFX_RANGE_H_81ABCA2E_002B_11D4_9885_A0C1D7DC753D__INCLUDED_
#define AFX_RANGE_H_81ABCA2E_002B_11D4_9885_A0C1D7DC753D__INCLUDED_
#if _MSC_VER > 1000
#pragma once
#endif // _MSC_VER > 1000
class CRange
{ public: CRange();
    void Set(BOOL bUse,float max,float min);
    UINT Result(float in);
    virtual ~CRange();
    CRange& operator=(CRange &);
public: void Delta(float in ,UINT percent);
    BOOL m_bUse;
    float m_Max;
    float m_Min;
    UINT ans;
};
#endif // !defined(AFX_RANGE_H_81ABCA2E_002B_11D4_9885_A0C1D7DC753D__INCLUDED_)
// Range.cpp: implementation of the CRange class.
#include "stdafx.h"
#include "Util.h"
#include "Range.h"
#ifdef _DEBUG
#undef THIS_FILE
static char THIS_FILE[]=__FILE__;
#define new DEBUG_NEW
#endif
CRange::CRange()
{
}
CRange::~CRange()
{
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// if object not use allways return 0
UINT CRange::Result(float in)
{
    if(!m_bUse){
        ans=0;
        return ans;
    }
    if((in>=m_Min)&&(in<=m_Max)){
        ans=1;
        return ans;
    }
    ans=0;
    return ans;
}

void CRange::Set(BOOL bUse,float max,float min)
{
    m_bUse = bUse;
    m_Max = max;
    m_Min = min;
}

CRange& CRange::operator=(CRange &m)
{
    m_bUse = m.m_bUse;
    m_Max = m.m_Max ;
    m_Min = m.m_Min;
    return *this;
}

void CRange::Delta(float in, UINT percent)
{
    float tmp;
    tmp=in*percent/100;
    m_Max=in+tmp;
    m_Min=in-tmp;
    m_bUse=TRUE;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

//{{NO_DEPENDENCIES}}
// Microsoft Developer Studio generated include file.
// Used by Neo.rc

#define IDD_ABOUTBOX            100
#define IDD_NEO_FORM            101
#define IDD_SEP_FORM            102
#define IDR_SEPFORM_TMPL        103
#define IDR_MAINFRAME           128
#define IDR_NEOTYPE              129
#define IDD_SETUP                130
#define IDD_PERCENT              131
#define IDI_NEOICON              134
#define ID1_slidBK               1000
#define ID1_ADD1                 1001
#define ID1_ADD2                 1002
#define ID1_RESET1              1003
#define ID1_RESET2              1004
#define ID1_R1                   1005
#define ID1_G1                   1006
#define ID1_B1                   1007
#define ID1_R2                   1008
#define ID1_G2                   1009
#define ID1_B2                   1010
#define ID1_COUNT1              1011
#define ID1_PREVIEW              1012
#define ID1_COUNT2              1013
#define ID1_editBK              1015
#define ID2_OBJ                  1019
#define ID2_PARAM                1021
#define ID2_EDIT                 1022
#define ID2_SPIN                 1023
#define ID2_CLOSE                1024
#define ID2_CHECK                1026
#define ID2_GROUP                1027
#define IDI_H1                   1031
#define IDI_H2                   1032
#define IDI_H3                   1033
#define IDI_H4                   1034
#define IDI_H5                   1035
#define IDI_H6                   1036
#define IDI_H7                   1037

```

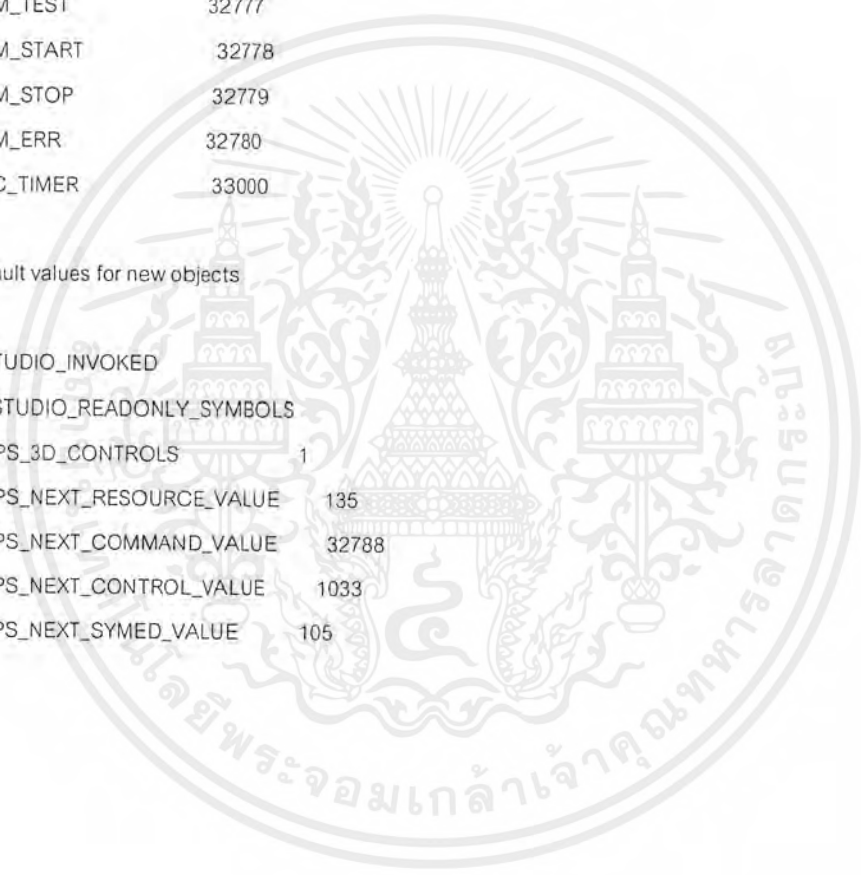
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#define IDI_H8          1038
#define IDI_H9          1039
#define IDI_H10         1040
#define IDI_H11         1041
#define IDI_H12         1042
#define IDM_NEO         32771
#define IDM_SEP         32772
#define IDM_FORMAT      32773
#define IDM_SOURCE      32774
#define IDM_PREVIEW     32775
#define IDM_SETUP       32776
#define IDM_TEST        32777
#define IDM_START       32778
#define IDM_STOP        32779
#define IDM_ERR         32780
#define IDC_TIMER       33000

// Next default values for new objects
//
#ifdef APSTUDIO_INVOKED
#ifndef APSTUDIO_READONLY_SYMBOLS
#define _APS_3D_CONTROLS 1
#define _APS_NEXT_RESOURCE_VALUE 135
#define _APS_NEXT_COMMAND_VALUE 32788
#define _APS_NEXT_CONTROL_VALUE 1033
#define _APS_NEXT_SYMED_VALUE 105
#endif
#endif

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// SepForm.h : header file
// CSepForm form view
#ifndef __AFXEXT_H__
#include <afxext.h>
#endif
#include "NeoDoc.h"
#include "CapWnd.h"
#include "Range.h"
#include "ColorSpace.h"
#include "Average.h"
class CSepForm : public CFormView
{protected: CSepForm(); // protected constructor used by dynamic creation
    DECLARE_DYNCREATE(CSepForm)
public: //{{AFX_DATA(CSepForm)
    enum { IDD = IDD_SEP_FORM };
    CStatic led[2][6];
    //}}AFX_DATA
    CCapWnd *cap;
    HGLOBAL ghDib;
    LPBITMAPINFOHEADER lpinfo;
    LPSTR lpbits;
    CColorSpace col;
    CAverage aveR,aveG,aveB;
    UINT m_nObjBK;
public: void Led(UINT nObj,UINT nParam,UINT flag);
    void ShowResult();
    UINT nTimer;
    CNeoDoc* GetDocument();
    void GrabFrame();
    //{{AFX_VIRTUAL(CSepForm)
public: virtual void OnInitialUpdate();
protected:
    virtual void DoDataExchange(CDataExchange* pDX); // DDX/DDV support
    //}}AFX_VIRTUAL
protected: virtual ~CSepForm();
#ifdef _DEBUG
    virtual void AssertValid() const;
    virtual void Dump(CDumpContext& dc) const;
#endif
    static UINT m_nMsgFrame;
    //{{AFX_MSG(CSepForm)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

afx_msg void OnStart();
afx_msg void OnStop();
afx_msg void OnErr();
afx_msg void OnTimer(UINT nIDEvent);
//}}AFX_MSG
afx_msg LRESULT MsgFrame(WPARAM wParam,LPARAM lParam);
DECLARE_MESSAGE_MAP()
};

#ifndef _DEBUG // debug version in NeoForm.cpp
inline CNeoDoc* CSepForm::GetDocument()
{ return (CNeoDoc*)m_pDocument; }
#endif

//{{AFX_INSERT_LOCATION}}
#endif // !defined(AFX_SEPFORM_H_A5F6F775_0FDA_11D4_AD5F_AB54F9EF5E2D__INCLUDED_)
// SepForm.cpp : implementation file
#include "stdafx.h"
#include "Neo.h"
#include "SepForm.h"
#include "MainFrm.h"
#include "PercentDlg.h"
#include "Dibapi.h"
#ifdef _DEBUG
#define new DEBUG_NEW
#undef THIS_FILE
static char THIS_FILE[] = __FILE__;
#endif
IMPLEMENT_DYNCREATE(CSepForm, CFormView)
BEGIN_MESSAGE_MAP(CSepForm, CFormView)
//{{AFX_MSG_MAP(CSepForm)
ON_COMMAND(IDM_START, OnStart)
ON_COMMAND(IDM_STOP, OnStop)
ON_COMMAND(IDM_ERR, OnErr)
ON_WM_TIMER()
//}}AFX_MSG_MAP
ON_REGISTERED_MESSAGE(CSepForm::m_nMsgFrame,MsgFrame)
END_MESSAGE_MAP()
UINT CSepForm::m_nMsgFrame=RegisterWindowMessage(FRAME_MSG);
CSepForm::CSepForm()
: CFormView(CSepForm::IDD,cap(NULL))
{
//{{AFX_DATA_INIT(CSepForm)
//}}AFX_DATA_INIT

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
CSepForm::~CSepForm(){}

void CSepForm::DoDataExchange(CDataExchange* pDX)
{
    CFormView::DoDataExchange(pDX);
    //{{AFX_DATA_MAP(CSepForm)
    DDX_Control(pDX, IDI_H1, led[0][0]);
    DDX_Control(pDX, IDI_H2, led[0][1]);
    DDX_Control(pDX, IDI_H3, led[0][2]);
    DDX_Control(pDX, IDI_H4, led[0][3]);
    DDX_Control(pDX, IDI_H5, led[0][4]);
    DDX_Control(pDX, IDI_H6, led[0][5]);
    DDX_Control(pDX, IDI_H7, led[1][0]);
    DDX_Control(pDX, IDI_H8, led[1][1]);
    DDX_Control(pDX, IDI_H9, led[1][2]);
    DDX_Control(pDX, IDI_H10, led[1][3]);
    DDX_Control(pDX, IDI_H11, led[1][4]);
    DDX_Control(pDX, IDI_H12, led[1][5]);
    //}}AFX_DATA_MAP
}

#ifdef _DEBUG
void CSepForm::AssertValid() const
{
    CFormView::AssertValid();
}
void CSepForm::Dump(CDumpContext& dc) const
{
    CFormView::Dump(dc);
}
CNeoDoc* CSepForm::GetDocument() // non-debug version is inline
{
    return STATIC_DOWNCAST(CNeoDoc, m_pDocument);
}
#endif // _DEBUG

LRESULT CSepForm::MsgFrame(WPARAM wParam, LPARAM lParam)
{
    switch(wParam){
        case FRAME_CLOSE:
            cap->zSetPreview(FALSE);
            cap->zDriverDisconnect();
            break;
    }
    return TRUE;
}

void CSepForm::OnInitialUpdate()
{
    CFormView::OnInitialUpdate();
    GetParentFrame()->RecalcLayout();
    ResizeParentToFit(FALSE);
    ResizeParentToFit();
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(cap==NULL){
    cap = new CCapWnd;
    cap->xCreate("Capture",this->GetSafeHwnd(),1);
    cap->zDriverConnect();
    cap->zSetPreviewRate(66);
}
CNeoDoc* p=GetDocument();
ASSERT_VALID(p);
m_nObjBK=p->bk;
cap->ShowWindow(SW_HIDE);
}

void CSepForm::GrabFrame()
{
    cap->ShowWindow(SW_HIDE);
    cap->zGrabFrame();
    cap->zEditCopy();
    OpenClipboard();
    ghDib = GetClipboardData(CF_DIB);
    CloseClipboard();
    lpinfo = (LPBITMAPINFOHEADER)GlobalLock(ghDib);
    lpbits = FindDIBBits((LPSTR)lpinfo);
    UINT maxPix=(lpinfo->biHeight*lpinfo->biWidth*3);
    BYTE r,g,b;
    aveR.Reset();
    aveG.Reset();
    aveB.Reset();
    for(UINT i=0;i<maxPix;i+=3){
        r=lpbits[i+2];
        g=lpbits[i+1];
        b=lpbits[i];
        col.SetRGB(r,g,b);
        if(col.L<m_nObjBK ){
            lpbits[i+2]= 255;//GetRValue(applyColor);
            lpbits[i+1]= 0;//GetGValue(applyColor);
            lpbits[i] = 0;//GetBValue(applyColor);
        }else{
            aveR.Set(r);
            aveG.Set(g);
            aveB.Set(b);
        }
    }
}

CRect rect;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

cap->GetWindowRect(&rect);
ScreenToClient(&rect);
cap->zGetStatus();
CClientDC dc(this);
SetDIBitsToDevice(dc,GetSafeHdc(),rect.left,rect.top
    ,lpinfo->biWidth
    ,lpinfo->biHeight
    ,0,0
    ,0,lpinfo->biHeight
    ,(LPSTR)lpbits,(LPBITMAPINFO)lpinfo,DIB_RGB_COLORS);
GlobalUnlock(ghDib);
}
void CSepForm::OnStart()
{
    nTimer=500;
    SetTimer(IDC_TIMER,nTimer,NULL);
}
void CSepForm::OnStop()
{
    KillTimer(IDC_TIMER);
}
void CSepForm::OnErr()
{
    CNeoDoc* p=GetDocument();
    ASSERT_VALID(p);
    CPercentDlg dlg(p);
    dlg.DoModal();
}
void CSepForm::OnTimer(UINT nIDEvent)
{
    switch(nIDEvent){
    case IDC_TIMER:
        GrabFrame();
        ShowResult();
        break;
    }
    CFormView::OnTimer(nIDEvent);
}
void CSepForm::ShowResult()
{
    CNeoDoc* p=GetDocument();
    ASSERT_VALID(p);
    col.SetRGB(aveR.ave,aveG.ave,aveB.ave);
    p->rn[0][3].Result(col.x);
    p->rn[0][4].Result(col.y);
    p->rn[0][5].Result(col.z);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

p->rn[0][6].Result(col.H);
p->rn[0][7].Result(col.L);
p->rn[0][8].Result(col.S);
p->rn[1][3].Result(col.x);
p->rn[1][4].Result(col.y);
p->rn[1][5].Result(col.z);
p->rn[1][6].Result(col.H);
p->rn[1][7].Result(col.L);
p->rn[1][8].Result(col.S);
for(int j=0;j<2;j++){
    for(int i=0;i<6;i++){
        Led(j,i,p->rn[j][i+3].ans);
    }
}
}
void CSepForm::Led(UINT nObj, UINT nParam, UINT flag)
{
    if(flag==1){
        led[nObj][nParam].SetIcon(
            LoadIcon(AfxGetInstanceHandle(),"IDI_ICON1"));
    }else{
        led[nObj][nParam].SetIcon(
            LoadIcon(AfxGetInstanceHandle(),"IDI_ICON2"));
    }
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// SetupDlg.h : header file
#define SETUP_MSG "LWIDMsgSetup"
#define ML_OK          1
#define ML_CANCEL     2
#define ML_SLIDE      3
#define ML_ADD1       4
#define ML_RESET15
#define ML_ADD2       6
#define ML_RESET27
#define ML_PREVIEW    8
#include "Average.h"
class CSetupDlg : public CDialog
{
public:
    void UpdateAve();
    CWnd *m_pWnd;
    CSetupDlg(CWnd* pWnd,CWnd* pParent = NULL); // standard constructor
    CAverage aveR1,aveG1,aveB1,aveR2,aveG2,aveB2;
    //{AFX_DATA(CSetupDlg)
    enum { IDD = IDD_SETUP };
    CSliderCtrl    slidBK;
    UINT          m_nObjBK,eCount1,eCount2;
    CString       eB1,eB2,eG1,eG2,eR1,eR2;
    //}AFX_DATA
// Overrides
    //{AFX_VIRTUAL(CSetupDlg)
    protected:
    virtual void DoDataExchange(CDataExchange* pDX); // DDX/DDV support
    virtual void PostNcDestroy();
    //}AFX_VIRTUAL
protected:
    UINT m_nMsg;
    //{AFX_MSG(CSetupDlg)
    virtual void OnOK();
    virtual void OnCancel();
    virtual BOOL OnInitDialog();
    afx_msg void OnHScroll(UINT nSBCode, UINT nPos, CScrollBar* pScrollBar);
    afx_msg void OnAdd1();
    afx_msg void OnReset1();
    afx_msg void OnAdd2();
    afx_msg void OnReset2();
    afx_msg void OnPreview();
    //}AFX_MSG
    DECLARE_MESSAGE_MAP()
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

);
#endif // !defined(AFX_SETUPDLG_H_C66E12A1_1069_11D4_AD5F_E810FF65602D__INCLUDED_)
// SetupDlg.cpp : implementation file
#include "stdafx.h"
#include "Neo.h"
#include "SetupDlg.h"
#ifdef _DEBUG
#define new DEBUG_NEW
#undef THIS_FILE
static char THIS_FILE[] = __FILE__;
#endif
CSetupDlg::CSetupDlg(CWnd* pWnd,CWnd* pParent /*!=NULL*/)
    : CDialog(CSetupDlg::IDD, pParent),m_pWnd(pWnd)
{
   //{{AFX_DATA_INIT(CSetupDlg)
    m_nObjBK = 0;
    eCount1 = 0;
    eCount2 = 0;
    eB1 = _T("");
    eB2 = _T("");
    eG1 = _T("");
    eG2 = _T("");
    eR1 = _T("");
    eR2 = _T("");
    //}}AFX_DATA_INIT
    m_nMsg = RegisterWindowMessage(SETUP_MSG);
}

void CSetupDlg::DoDataExchange(CDataExchange* pDX)
{
    CDialog::DoDataExchange(pDX);
    //{{AFX_DATA_MAP(CSetupDlg)
    DDX_Control(pDX, ID1_slidBK, slidBK);
    DDX_Text(pDX, ID1_editBK, m_nObjBK);
    DDV_MinMaxUInt(pDX, m_nObjBK, 0, 240);
    DDX_Text(pDX, ID1_COUNT1, eCount1);
    DDX_Text(pDX, ID1_COUNT2, eCount2);
    DDX_Text(pDX, ID1_B1, eB1);
    DDX_Text(pDX, ID1_B2, eB2);
    DDX_Text(pDX, ID1_G1, eG1);
    DDX_Text(pDX, ID1_G2, eG2);
    DDX_Text(pDX, ID1_R1, eR1);
    DDX_Text(pDX, ID1_R2, eR2);
    //}}AFX_DATA_MAP
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
BEGIN_MESSAGE_MAP(CSetupDlg, CDialog)
    //{AFX_MSG_MAP(CSetupDlg)
    ON_WM_HSCROLL()
    ON_BN_CLICKED(ID1_ADD1, OnAdd1)
    ON_BN_CLICKED(ID1_RESET1, OnReset1)
    ON_BN_CLICKED(ID1_ADD2, OnAdd2)
    ON_BN_CLICKED(ID1_RESET2, OnReset2)
    ON_BN_CLICKED(ID1_PREVIEW, OnPreview)
    //}AFX_MSG_MAP
END_MESSAGE_MAP()

void CSetupDlg::OnOK()
{
    m_pWnd->SendMessage(m_nMsg,ML_OK);
    DestroyWindow();
}

void CSetupDlg::OnCancel()
{
    m_pWnd->SendMessage(m_nMsg,ML_CANCEL);
    DestroyWindow();
}

void CSetupDlg::PostNcDestroy()
{
    delete this;
    CDialog::PostNcDestroy();
}

BOOL CSetupDlg::OnInitDialog()
{
    CDialog::OnInitDialog();
    slidBK.SetRange(0,240);
    slidBK.SetTicFreq(10);
    slidBK.SetPos(0);
    OnReset1();
    OnReset2();
    return TRUE;
}

void CSetupDlg::OnHScroll(UINT nSBCode, UINT nPos, CScrollBar* pScrollBar)
{
    m_nObjBK=slidBK.GetPos();
    UpdateData(FALSE);
    m_pWnd->SendMessage(m_nMsg,ML_SLIDE);
    CDialog::OnHScroll(nSBCode, nPos, pScrollBar);
}

void CSetupDlg::OnAdd1()
{
    m_pWnd->SendMessage(m_nMsg,ML_ADD1);
    UpdateAve();
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}

void CSetupDlg::OnReset1()
{
    aveR1.Reset();
    aveG1.Reset();
    aveB1.Reset();
    UpdateAve();
}

void CSetupDlg::OnAdd2()
{
    m_pWnd->SendMessage(m_nMsg,ML_ADD2);
    UpdateAve();
}

void CSetupDlg::OnReset2()
{
    aveR2.Reset();
    aveG2.Reset();
    aveB2.Reset();
    UpdateAve();
}

void CSetupDlg::UpdateAve()
{
    eR1.Format("%.3f",aveR1.ave);
    eG1.Format("%.3f",aveG1.ave);
    eB1.Format("%.3f",aveB1.ave);
    eCount1=aveR1.count;
    eR2.Format("%.3f",aveR2.ave);
    eG2.Format("%.3f",aveG2.ave);
    eB2.Format("%.3f",aveB2.ave);
    eCount2=aveR2.count;
    UpdateData(FALSE);
}

void CSetupDlg::OnPreview()
{
    m_pWnd->SendMessage(m_nMsg,ML_PREVIEW);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

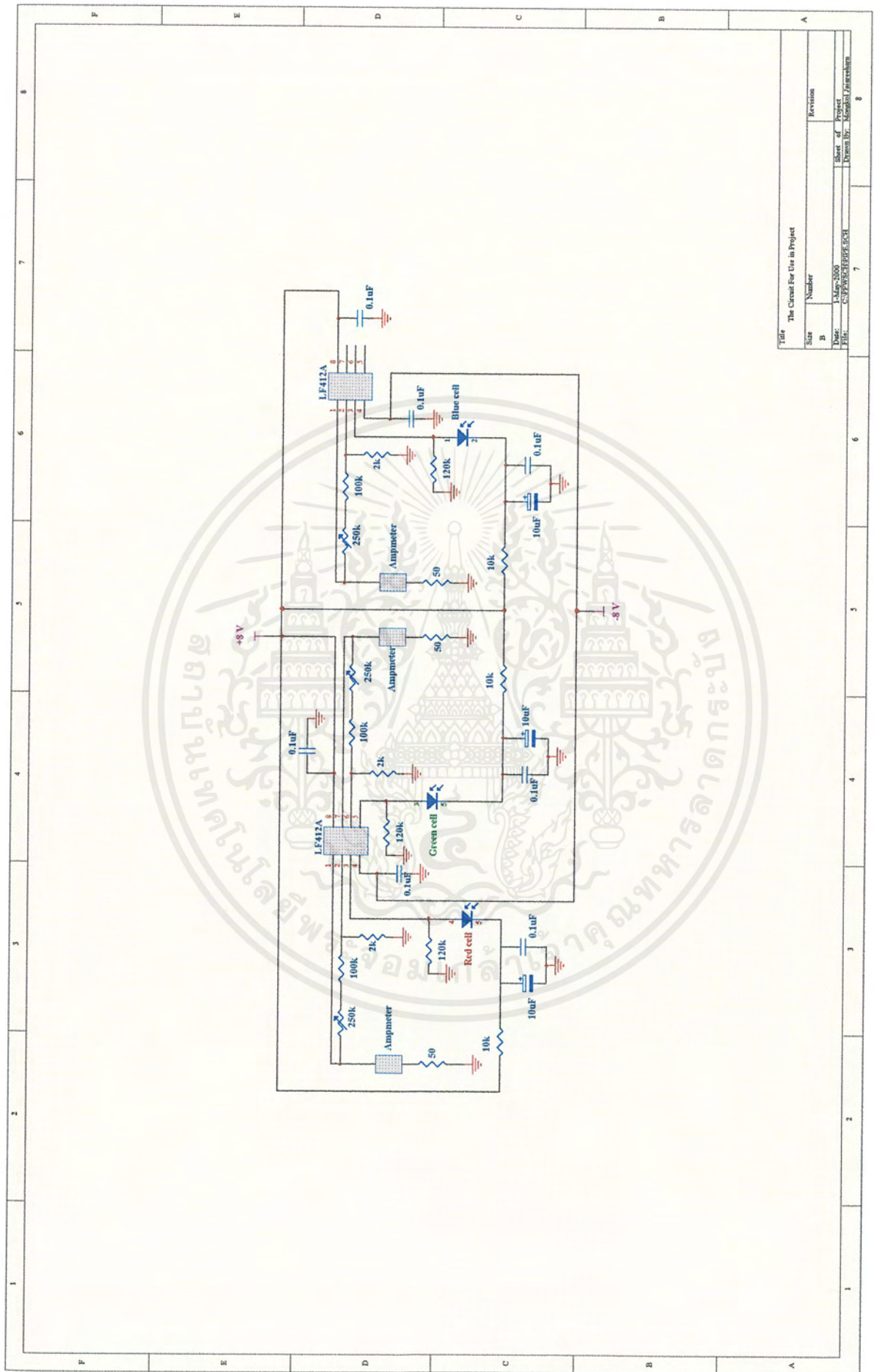
// stdafx.h : include file for standard system include files,
// or project specific include files that are used frequently, but
// are changed infrequently
//
#if !defined(AFX_STDAFX_H_A5F6F766_0FDA_11D4_AD5F_AB54F9EF5E2D__INCLUDED_)
#define AFX_STDAFX_H_A5F6F766_0FDA_11D4_AD5F_AB54F9EF5E2D__INCLUDED_
#if _MSC_VER > 1000
#pragma once
#endif // _MSC_VER > 1000
#define VC_EXTRALEAN // Exclude rarely-used stuff from Windows headers
#include <afxwin.h> // MFC core and standard components
#include <afxext.h> // MFC extensions
#include <afxdtctl.h> // MFC support for Internet Explorer 4 Common Controls
#ifdef _AFX_NO_AFXCMN_SUPPORT
#include <afxcmn.h> // MFC support for Windows Common Controls
#endif // _AFX_NO_AFXCMN_SUPPORT
//{{AFX_INSERT_LOCATION}}
// Microsoft Visual C++ will insert additional declarations immediately before the previous line.
#endif // !defined(AFX_STDAFX_H_A5F6F766_0FDA_11D4_AD5F_AB54F9EF5E2D__INCLUDED_)
// stdafx.cpp : source file that includes just the standard includes
// Neo.pch will be the pre-compiled header
// stdafx.obj will contain the pre-compiled type information
#include "stdafx.h"

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The Circuit For Use in Project

Size	Number	Revision
B	1	
Date:	1-Mar-2020	Sheet of Project
File:	C:\PPT\03\0303\0303	Drawn by: Kanyal / Jirathorn

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Si PIN フォトダイオード

S7505

3色(RGB)カラーセンサ

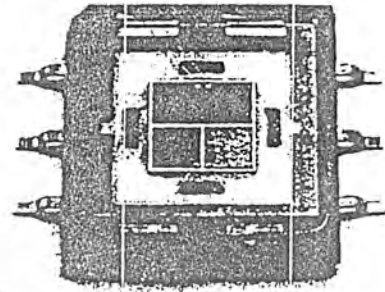
特長

- 3 ch (R, G, B) Si PIN フォトダイオード
- 表面実装型プラスチックパッケージ (9 × 9.6 mm)
- 高感度

用途

- 色識別
- カラー複写機
- テレビなどの輝度レベル検知

*To = S&T Thai.
Attn = Mr. Supasit ch.*

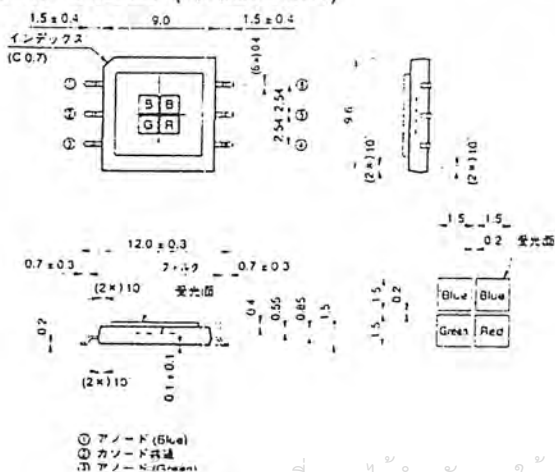


S7505 は、Blue ($\lambda_p=460$ nm), Green ($\lambda_p=540$ nm), Red ($\lambda_p=660$ nm) にそれぞれ感度を有する 3 ch (RGB) フォトダイオードを 1 パッケージに収めたカラーセンサです。

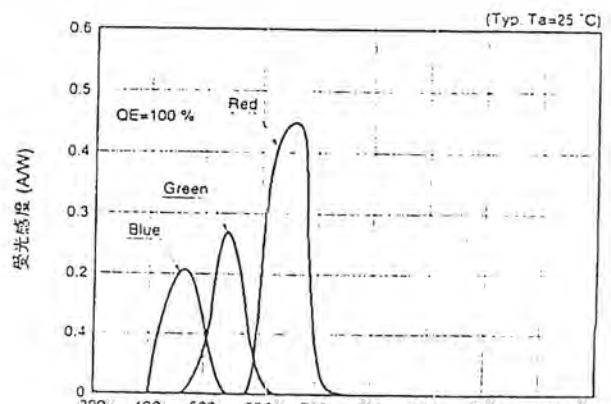
電気的および光学的特性 (Ta=25 °C, 1 素子あたりの値)

項目	記号	条件	Min.	Typ.	Max.	単位	
感度波長範囲	λ	Blue		400 ~ 540		nm	
		Green		480 ~ 600			
		Red		590 ~ 720			
最大感度波長	λ_p	Blue	-	460	-	nm	
		Green	-	540	-		
		Red	-	660	-		
受光感度	S	$\lambda = \lambda_p$	Blue	-	0.22	-	A/W
			Green	-	0.27	-	
			Red	-	0.45	-	
暗電流	I_D	$V_R=1$ V (全素子合計)	-	10	200	pA	
暗電流の温度係数	-		-	1.12	-	倍/°C	
上昇時間	t_r	$V_R=0$ V, $R_L=1$ k Ω 10~90 %	-	0.5	-	μ s	
端子間容量	C_t	$V_R=0$ V $f=10$ kHz	Blue	-	150	300	pF
			Green, Red	-	30	150	

外形寸法図 (単位: mm)



分光感度特性



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

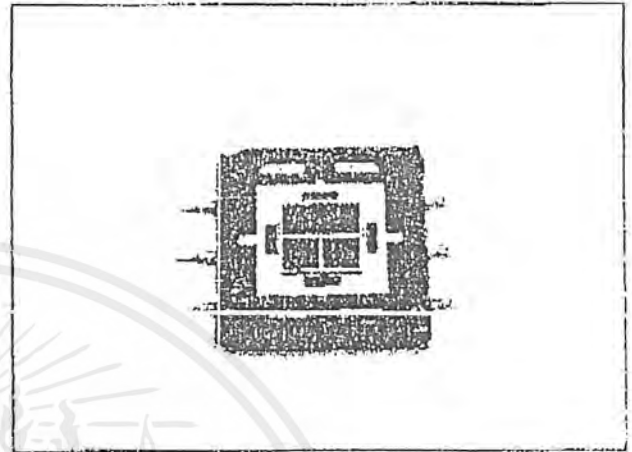
3色(RGB)カラーセンサ

特長

- 3ch (R, G, B) Si フォトダイオード
- 表面実装型プラスチックパッケージ (9 × 9.6 mm)
- 高感度
- 高速応答

用途

- 色識別
- カラー複写機
- テレビなどの輝度レベル検知



S7505 は、Blue (λp=460 nm)、Green (λp=540 nm)、Red (λp=660 nm) のそれぞれ感度を有する 3ch (RGB) フォトダイオードを 1 パッケージに収めたカラーセンサです。

絶対最大定格 (Ta=25 °C)

項目	記号	定格値	単位
逆電圧	V _R Max.	10	V
動作温度	Topr	-10 ~ +60	°C
保存温度	Tstg	-20 ~ +70	°C

電気的および光学的特性 (Ta=25 °C, 1 素子あたりの値)

項目	記号	条件	Min.	Typ.	Max.	単位	
感度波長範囲	λ	Blue		400 ~ 640		nm	
		Green		430 ~ 500			
		Red		590 ~ 720			
最大感度波長	λ _p	Blue		460		nm	
		Green		540			
		Red		660			
受光感度	S	λ = λ _p	Blue	0.22		A/W	
			Green	0.27			
			Red	0.45			
暗電流	I _d	V _R =1 V (全素子合計)		10	200	nA	
暗電流の温度係数				1.12		%/°C	
上昇時間	t _r	V _R =0 V, R _L =1 kΩ +10 ~ -90 %		0.5		μs	
端子間容量	C _t	V _R =0 V f=10 kHz	Blue		150	300	pF
			Green, Red		90	150	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

図1 発光特性

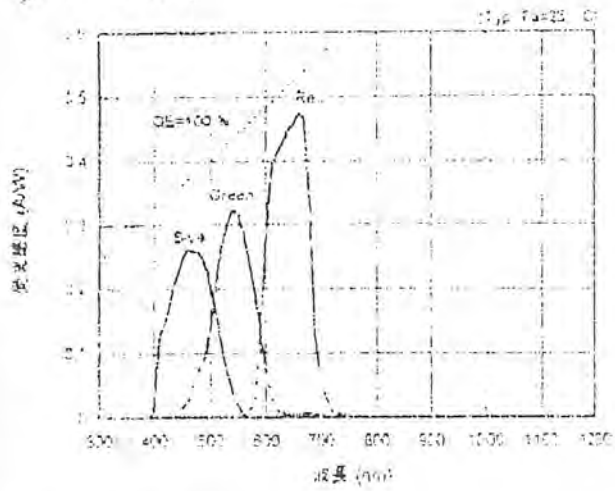


図2 順電流-逆電圧

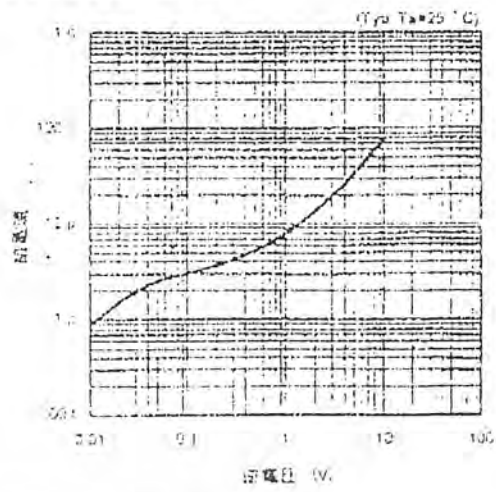


図3 量子効率 vs 順電圧

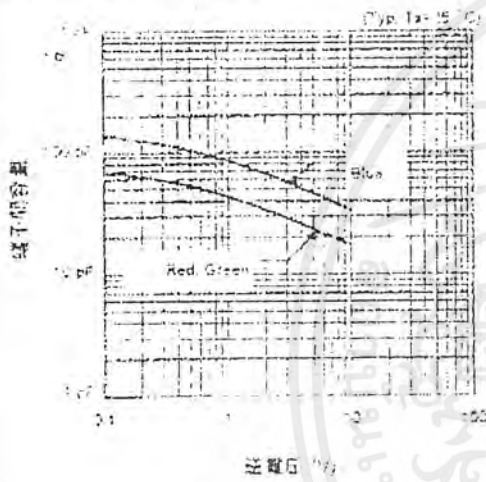
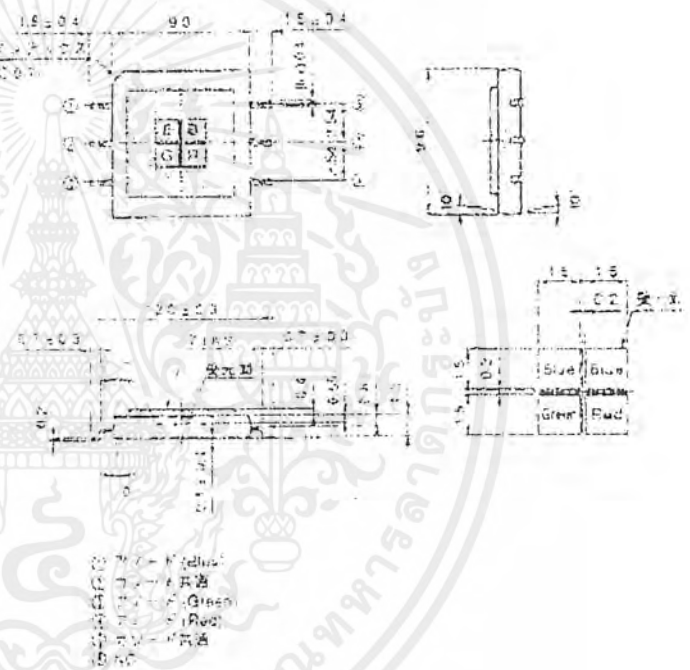


図4 外形寸法図 (単位: mm)



本製品の品質改善は、平日常用0.1μm現像機によるもので、製品の改善は、改善の割合が必ずしも均等であることがありません。ご使用の際は、仕様書をご用命の上、最新の内容をご確認ください。

株式会社 東芝電子デバイス

〒100-8558 東京都千代田区千代田 1-2-1

TEL: 03-5561-5111 FAX: 03-5561-4347

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Sakon Rahong <s9054453@kmitl.ac.th> on 2000/03/29 17:44:43

1/2

To: yasuiro hayashi/HPK/hamamatsu@hamamatsu
cc: (bcc: yasuiro hayashi/HPK/hamamatsu)
Subject: My FAX NUMBER.....

Please send me s7505 THE DATA SHEET at
Khun Varaporn Jai-areehan () 6994632 .
Please send that about mon-fri 03:00-18:00 GMT(+07:00).
Thank you for your kindness.

Sincerely,
Authawoot Polsingha.

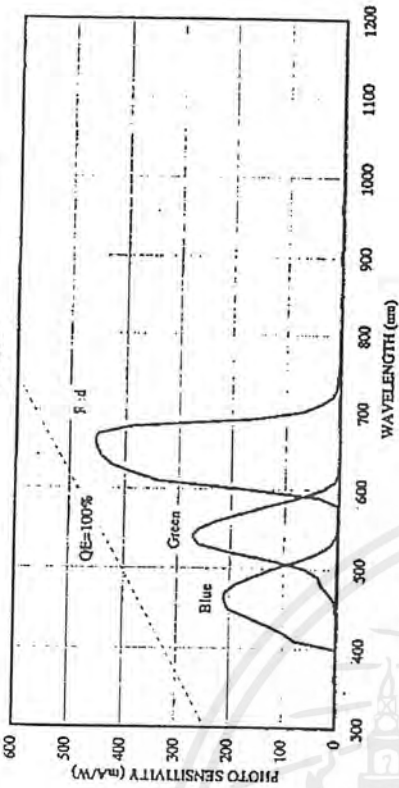
ATTN : Mr. Anthawoot Polsingha
Mr. Khun Varaporn Jai-areehan

Fax No. : 662-6994632.

01/25/2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECTRAL RESPONSE CHARACTERISTICS
S7505



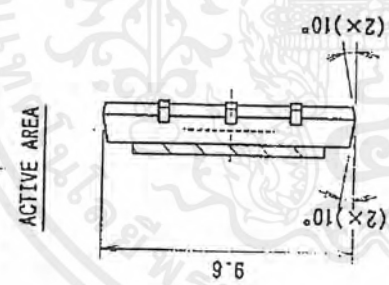
□ Ratings and Characteristics =

□ Absolute Maximum Ratings (Ta=25°C)

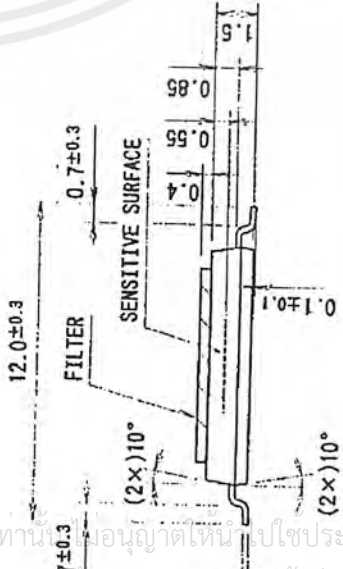
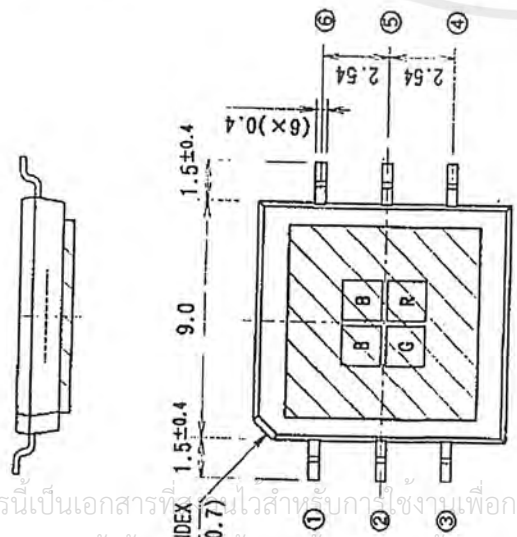
Parameter	Symbol	Value	Unit	Remark
Reverse Voltage	Vr Max	10	V	
Operating Temperature	Topr	-10 ~ +60	°C	
Storage Temperature	Tstg	-20 ~ +70	°C	

□ Electrical and Optical Characteristics (Ta=25°C)

Parameter	Symbol	Condition	-Par Element-		Unit
			Min.	Typ. Max.	
Spectral Response Range	λ	Blue	400	~540	nm
		Green	480	~600	
		Red	590	~720	
Peak Sensitivity Wavelength	λp	Blue	480	—	nm
		Green	540	—	
		Red	660	—	
Photo Sensitivity	S	$\lambda = \lambda p$	0.22	—	A/W
		Blue	0.27	—	
		Red	0.45	—	
Dark Current	Id	Vr=1V, Total Elements	10	200	pA
Temperature Coefficient of Dark Current			1.12	—	Times/°C
Rise Time	tr	Vr=0V, RL=1k Ω , 10~90%	0.5	—	μ s
Terminal Capacitance	Ct	Vr=0V, f=10kHz	150	300	pF
		Blue	80	150	
		Green, Red	80	150	



Pin Connection	
①	Anode (Blue)
②	K-Common
③	Anode (Green)
④	Anode (Red)
⑤	K-Common
⑥	N/C



NOTE

GENERAL TOLERANCE LENGTH: ± 0.1
ANGLE: $\pm 2^\circ$

ADDITION/Ratings and Characteristics		S 7 5 0 5 (RGB 1 chip sensor)	
1988. 9.11	分本	中核	TITLE 5/1 名称
1988. 9. 3	鈴木	中核	SCALE 1 尺度
1988. 8. 3	鈴木	中核	UNIT 單位
	鈴木	伊藤	PROJ 三角法
	鈴木	伊藤	DWG. NO 図番
			REV 改訂
			B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่... ไม่สามารถนำออกจากรายการ... ขอสงวนสิทธิ์ในสิ่งที่ปรากฏ... ขอสงวนสิทธิ์ในสิ่งที่ปรากฏ... ขอสงวนสิทธิ์ในสิ่งที่ปรากฏ...

LF412 Low Offset, Low Drift Dual JFET Input Operational Amplifier

General Description

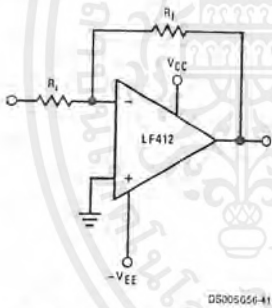
These devices are low cost, high speed, JFET input operational amplifiers with very low input offset voltage and guaranteed input offset voltage drift. They require low supply current yet maintain a large gain bandwidth product and fast slew rate. In addition, well matched high voltage JFET input devices provide very low input bias and offset currents. LF412 dual is pin compatible with the LM1558, allowing designers to immediately upgrade the overall performance of existing designs.

These amplifiers may be used in applications such as high speed integrators, fast D/A converters, sample and hold circuits and many other circuits requiring low input offset voltage and drift, low input bias current, high input impedance, high slew rate and wide bandwidth.

Features

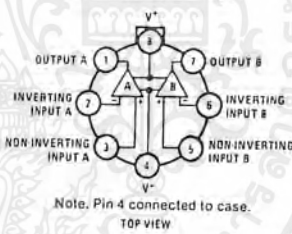
- Internally trimmed offset voltage: 1 mV (max)
- Input offset voltage drift: 10 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ (max)
- Low input bias current: 50 pA
- Low input noise current: 0.01 $\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
- Wide gain bandwidth: 3 MHz (min)
- High slew rate: 10V/ μs (min)
- Low supply current: 1.8 mA/Amplifier
- High input impedance: $10^{12}\Omega$
- Low total harmonic distortion $A_v=10$: $\leq 0.02\%$
 $R_L=10\text{k}, V_O=20\text{ Vp-p}, \text{BW}=20\text{ Hz-20 kHz}$
- Low 1/f noise corner: 50 Hz
- Fast settling time to 0.01%: 2 μs

Typical Connection



Connection Diagrams

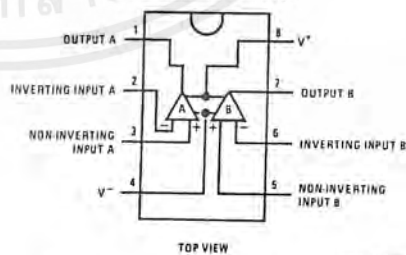
Metal Can Package



DS005656-42

Order Number LF412AMH, LF412MH,
LF412CH or LF412MH/883 (Note 1)
See NS Package Number H08A

Dual-In-Line Package



DS005656-44

Order Number LF412ACN, LF412CN
or LF412MJ/883 (Note 1)
See NS Package Number J08A or N08E

Ordering Information

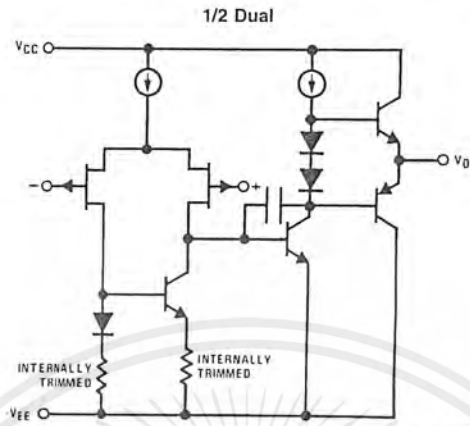
LF412XYZ

- X indicates electrical grade
- Y indicates temperature range
- “M” for military
- “C” for commercial
- Z indicates package type
- “H” or “N”

Bi-FET II™ is a trademark of National Semiconductor Corporation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Simplified Schematic



Note 1: Available per JM38510/11905

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

(Note 11)

	LF412A	LF412		H Package	N Package
Supply Voltage	±22V	±18V	T _J max	150°C	115°C
Differential Input Voltage	±38V	±30V	θ _{JA} (Typical)	152°C/W	115°C/W
Input voltage Range (Note 3)	±19V	±15V	Operating Temp. Range	(Note 6)	(Note 6)
Output Short Circuit Duration (Note 4)	Continuous	Continuous	Storage Temp. Range	-65°C ≤ T _A ≤ 150°C	-65°C ≤ T _A ≤ 150°C
Power Dissipation (Note 12)	H Package (Note 5)	N Package 670 mW	Lead Temp. (Soldering, 10 sec.) ESD Tolerance (Note 13)	260°C 1700V	260°C 1700V

DC Electrical Characteristics

(Note 7)

Symbol	Parameter	Conditions	LF412A			LF412			Units
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V _{OS}	Input Offset Voltage	R _S =10 kΩ, T _A =25°C		0.5	1.0		1.0	3.0	mV
ΔV _{OS} /ΔT	Average TC of Input Offset Voltage	R _S =10 kΩ (Note 8)		7	10		7	20	μV/°C
I _{OS}	Input Offset Current	V _S =±15V (Notes 7, 9)	T _J =25°C	25	100		25	100	pA
			T _J =70°C					2	nA
			T _J =125°C					25	nA
I _B	Input Bias Current	V _S =±15V (Notes 7, 9)	T _J =25°C	50	200		50	200	pA
			T _J =70°C					4	nA
			T _J =125°C					50	nA
R _{IN}	Input Resistance	T _J =25°C		10 ¹²		10 ¹²		Ω	
A _{VOL}	Large Signal Voltage Gain	V _S =±15V, V _O =±10V, R _L =2k, T _A =25°C	50	200		25	200		V/mV
		Over Temperature	25	200		15	200		V/mV
V _O	Output Voltage Swing	V _S =±15V, R _L =10k	±12	±13.5		±12	±13.5		V
V _{CM}	Input Common-Mode Voltage Range		±16	+19.5		±11	+14.5		V
				-16.5			-11.5		V
CMRR	Common-Mode Rejection Ratio	R _S ≤10k	80	100		70	100		dB
PSRR	Supply Voltage Rejection Ratio	(Note 10)	80	100		70	100		dB
I _S	Supply Current	V _O = 0V, R _L = ∞	3.6	5.6		3.6	6.5		mA

Note 2: "Absolute Maximum Ratings" indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits.

AC Electrical Characteristics

(Note 7)

Symbol	Parameter	Conditions	LF412A			LF412			Units
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
	Amplifier to Amplifier Coupling	T _A =25°C, f=1 Hz-20 kHz (Input Referred)		-120			-120		dB
SR	Slew Rate	V _S =±15V, T _A =25°C	10	15		8	15		V/μs
GBW	Gain-Bandwidth Product	V _S =±15V, T _A =25°C	3	4		2.7	4		MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics (Continued)

(Note 7)

Symbol	Parameter	Conditions	LF412A			LF412			Units
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
e_n	Equivalent Input Noise Voltage	$T_A=25^\circ\text{C}$, $R_S=100\Omega$, $f=1\text{ kHz}$		25			25		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
i_n	Equivalent Input Noise Current	$T_A=25^\circ\text{C}$, $f=1\text{ kHz}$		0.01			0.01		$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$

Note 3: Unless otherwise specified the absolute maximum negative input voltage is equal to the negative power supply voltage.

Note 4: Any of the amplifier outputs can be shorted to ground indefinitely, however, more than one should not be simultaneously shorted as the maximum junction temperature will be exceeded.

Note 5: For operating at elevated temperature, these devices must be derated based on a thermal resistance of θ_{JA} .

Note 6: These devices are available in both the commercial temperature range $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$ and the military temperature range $-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq 125^\circ\text{C}$. The temperature range is designated by the position just before the package type in the device number. A "C" indicates the commercial temperature range and an "M" indicates the military temperature range. The military temperature range is available in "H" package only. In all cases the maximum operating temperature is limited by internal junction temperature T_J max.

Note 7: Unless otherwise specified, the specifications apply over the full temperature range and for $V_S = \pm 20\text{V}$ for the LF412A and for $V_S = \pm 15\text{V}$ for the LF412. V_{OS} , I_B , and I_{OS} are measured at $V_{CM}=0$.

Note 8: The LF412A is 100% tested to this specification. The LF412 is sample tested on a per amplifier basis to insure at least 85% of the amplifiers meet this specification.

Note 9: The input bias currents are junction leakage currents which approximately double for every 10°C increase in the junction temperature, T_J . Due to limited production test time, the input bias currents measured are correlated to junction temperature. In normal operation the junction temperature rises above the ambient temperature as a result of internal power dissipation, P_D . $T_J = T_A + \theta_{JA} P_D$ where θ_{JA} is the thermal resistance from junction to ambient. Use of a heat sink is recommended if input bias current is to be kept to a minimum.

Note 10: Supply voltage rejection ratio is measured for both supply magnitudes increasing or decreasing simultaneously in accordance with common practice. $V_S = \pm 6\text{V}$ to $\pm 15\text{V}$.

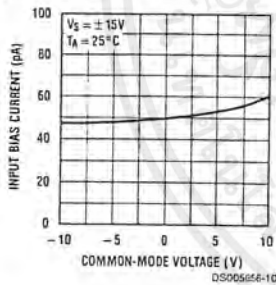
Note 11: Refer to RETS412X for LF412MH and LF412MJ military specifications.

Note 12: Max. Power Dissipation is defined by the package characteristics. Operating the part near the Max. Power Dissipation may cause the part to operate outside guaranteed limits.

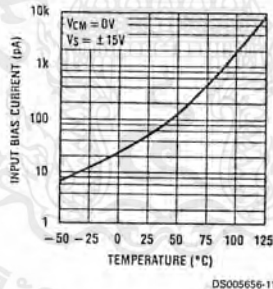
Note 13: Human body model, 1.5 k Ω in series with 100 pF.

Typical Performance Characteristics

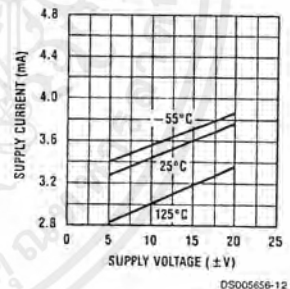
Input Bias Current



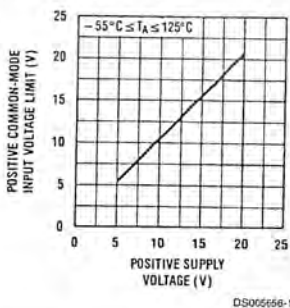
Input Bias Current



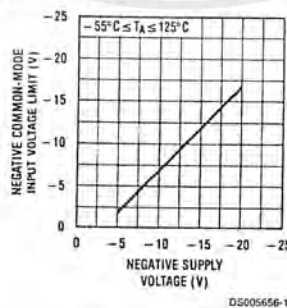
Supply Current



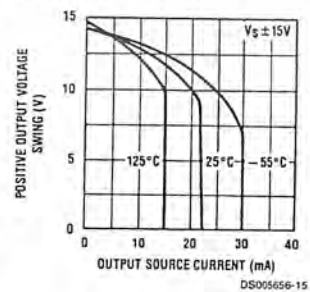
Positive Common-Mode Input Voltage Limit



Negative Common-Mode Input Voltage Limit

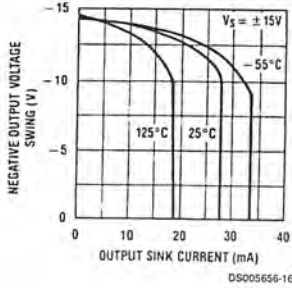


Positive Current Limit

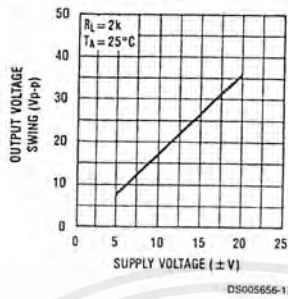


Typical Performance Characteristics (Continued)

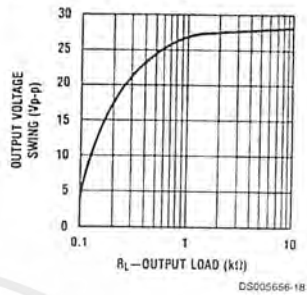
Negative Current Limit



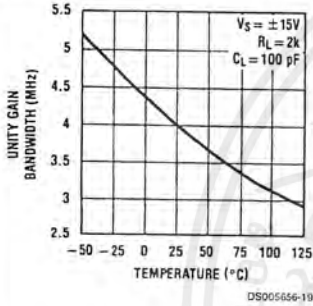
Output Voltage Swing



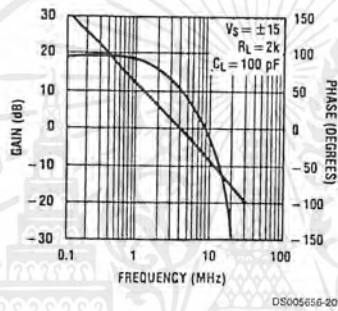
Output Voltage Swing



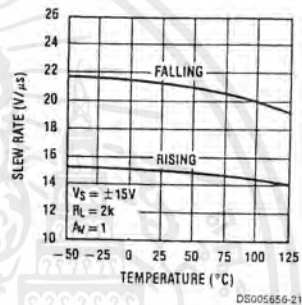
Gain Bandwidth



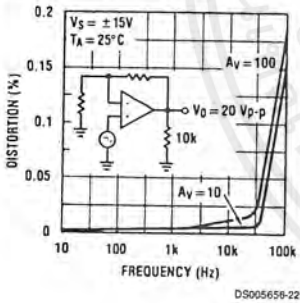
Bode Plot



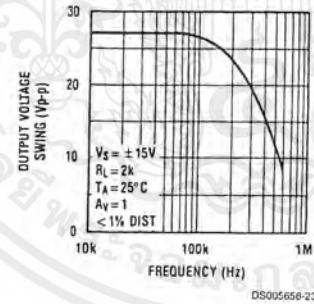
Slew Rate



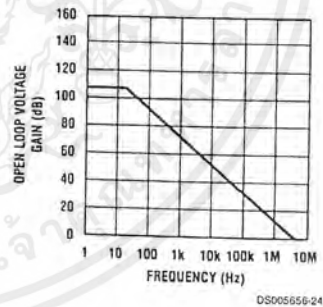
Distortion vs Frequency



Undistorted Output Voltage Swing



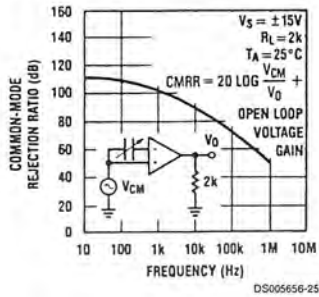
Open Loop Frequency Response



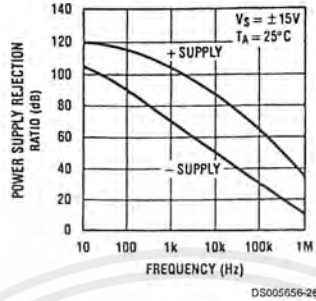
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics (Continued)

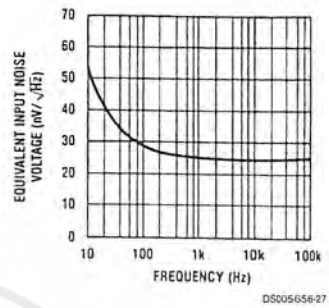
Common-Mode Rejection Ratio



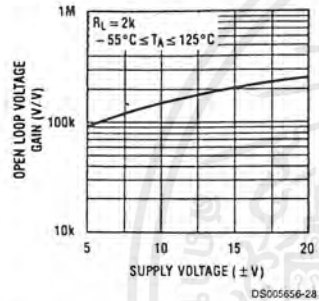
Power Supply Rejection Ratio



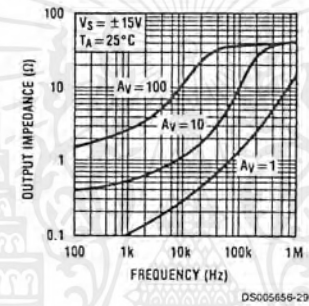
Equivalent Input Noise Voltage



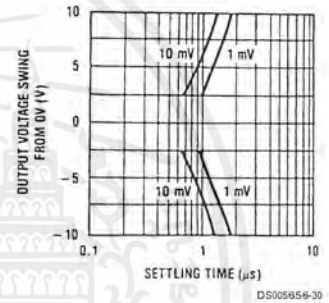
Open Loop Voltage Gain



Output Impedance

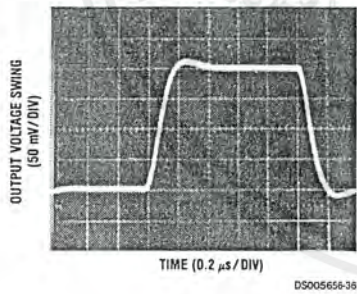


Inverter Settling Time

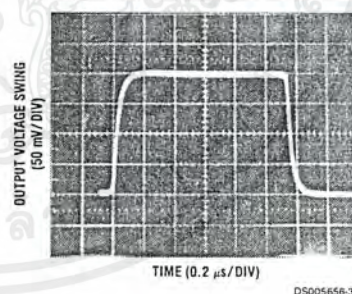


Pulse Response $R_L = 2 \text{ k}\Omega$, $C_L = 10 \text{ pF}$

Small Signal Inverting

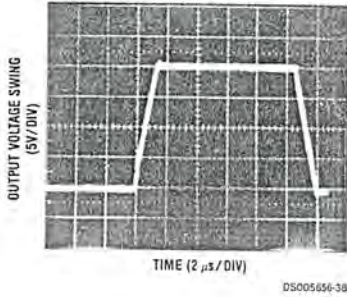


Small Signal Non-Inverting

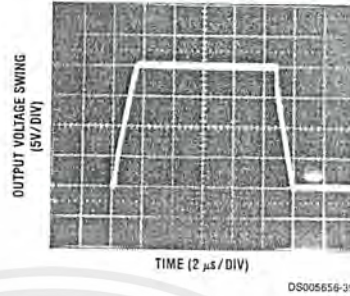


Pulse Response $R_L=2\text{ k}\Omega$, $C_L=10\text{ pF}$ (Continued)

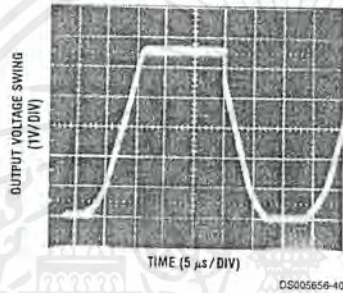
Large Signal Inverting



Large Signal Non-Inverting



Current Limit ($R_L=100\Omega$)



Application Hints

The LF412 series of JFET input dual op amps are internally trimmed (BI-FET II™) providing very low input offset voltages and guaranteed input offset voltage drift. These JFETs have large reverse breakdown voltages from gate to source and drain eliminating the need for clamps across the inputs. Therefore, large differential input voltages can easily be accommodated without a large increase in input current. The maximum differential input voltage is independent of the supply voltages. However, neither of the input voltages should be allowed to exceed the negative supply as this will cause large currents to flow which can result in a destroyed unit.

Exceeding the negative common-mode limit on either input will cause a reversal of the phase to the output and force the amplifier output to the corresponding high or low state.

Exceeding the negative common-mode limit on both inputs will force the amplifier output to a high state. In neither case does a latch occur since raising the input back within the common-mode range again puts the input stage and thus the amplifier in a normal operating mode.

Exceeding the positive common-mode limit on a single input will not change the phase of the output, however, if both inputs exceed the limit, the output of the amplifier may be forced to a high state.

The amplifiers will operate with a common-mode input voltage equal to the positive supply; however, the gain bandwidth and slew rate may be decreased in this condition. When the negative common-mode voltage swings to within 3V of the negative supply, an increase in input offset voltage may occur.

Each amplifier is individually biased by a zener reference which allows normal circuit operation on $\pm 6.0\text{V}$ power supplies. Supply voltages less than these may result in lower gain bandwidth and slew rate.

The amplifiers will drive a $2\text{ k}\Omega$ load resistance to $\pm 10\text{V}$ over the full temperature range. If the amplifier is forced to drive heavier load currents, however, an increase in input offset voltage may occur on the negative voltage swing and finally reach an active current limit on both positive and negative swings.

Precautions should be taken to ensure that the power supply for the integrated circuit never becomes reversed in polarity or that the unit is not inadvertently installed backwards in a socket as an unlimited current surge through the resulting forward diode within the IC could cause fusing of the internal conductors and result in a destroyed unit.

As with most amplifiers, care should be taken with lead dress, component placement and supply decoupling in order to ensure stability. For example, resistors from the output to an input should be placed with the body close to the input to minimize "pick-up" and maximize the frequency of the feedback pole by minimizing the capacitance from the input to ground.

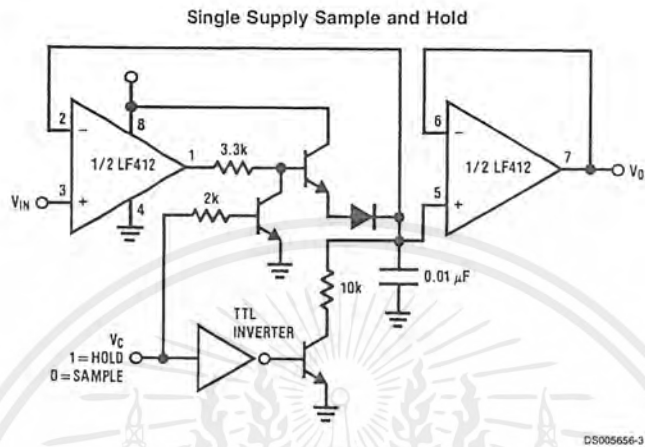
A feedback pole is created when the feedback around any amplifier is resistive. The parallel resistance and capacitance from the input of the device (usually the inverting input) to AC ground set the frequency of the pole. In many instances the frequency of this pole is much greater than the expected 3 dB frequency of the closed loop gain and consequently there is negligible effect on stability margin. However, if the feedback pole is less than approximately 6 times the ex-

Application Hints (Continued)

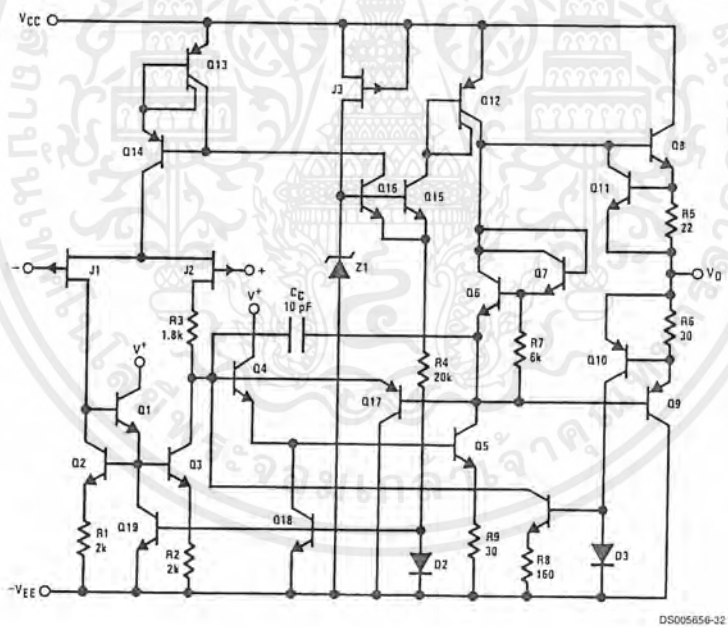
pected 3 dB frequency a lead capacitor should be placed from the output to the input of the op amp. The value of the

added capacitor should be such that the RC time constant of this capacitor and the resistance it parallels is greater than or equal to the original feedback pole time constant.

Typical Application

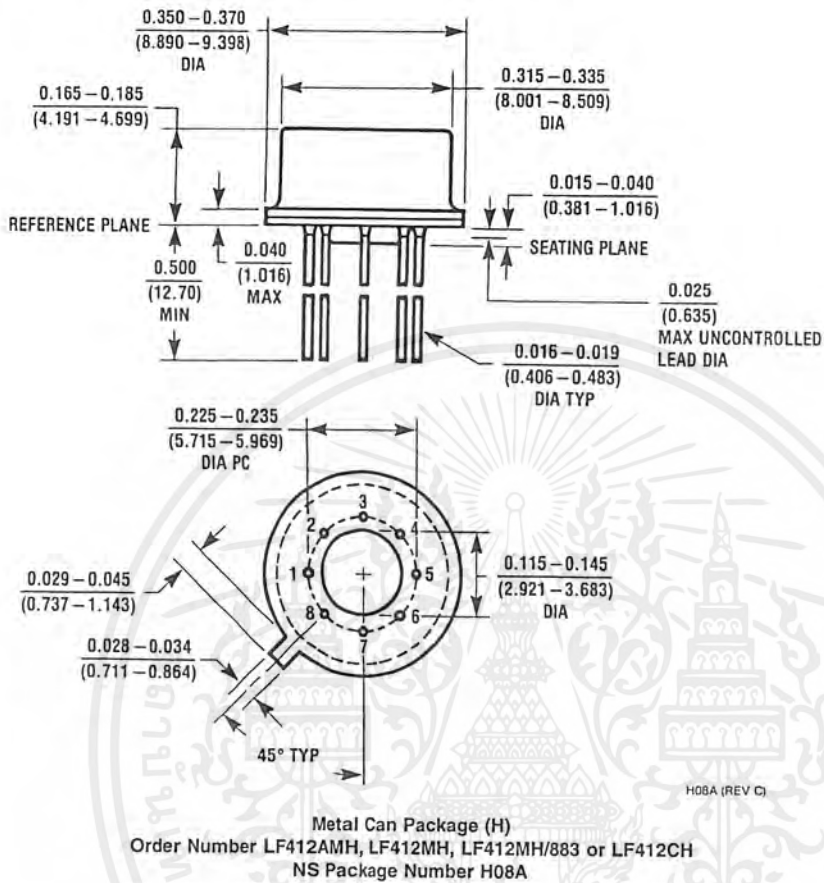


Detailed Schematic



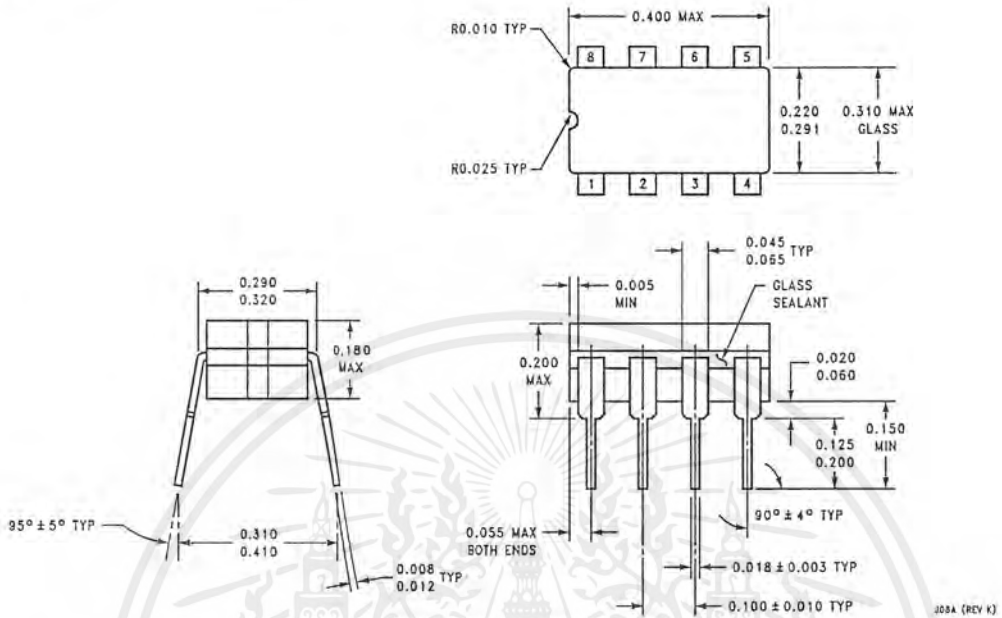
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted

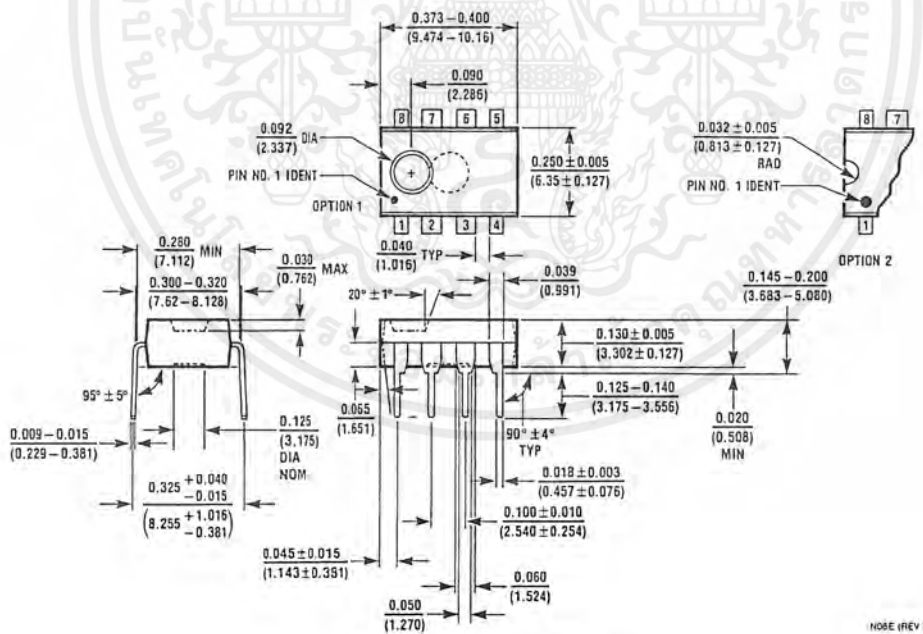


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



Dual-In-Line Package (J)
 Order Number LF412MJ/883
 NS Package Number J08A



Dual-In-Line Package (N)
 Order Number LF412ACN or LF412CN
 NS Package Number N08E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Notes



LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

 <p>National Semiconductor Corporation Americas Tel: 1-800-272-9959 Fax: 1-800-737-7018 Email: support@nsc.com www.national.com</p>	<p>National Semiconductor Europe Fax: +49 (0) 1 80-530 65 86 Email: europe.support@nsc.com Deutsch Tel: +49 (0) 1 80-530 85 85 English Tel: +49 (0) 1 80-532 78 32 Français Tel: +49 (0) 1 80-532 93 58 Italiano Tel: +49 (0) 1 80-534 16 80</p>	<p>National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group Tel: 65-2544466 Fax: 65-2504466 Email: sea.support@nsc.com</p>	<p>National Semiconductor Japan Ltd. Tel: 81-3-5639-7560 Fax: 81-3-5639-7507</p>
---	---	--	---

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM124/LM224/LM324/LM2902 Low Power Quad Operational Amplifiers

General Description

The LM124 series consists of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, DC gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM124 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional $\pm 15V$ power supplies.

Unique Characteristics

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage
- The unity gain cross frequency is temperature compensated
- The input bias current is also temperature compensated

Advantages

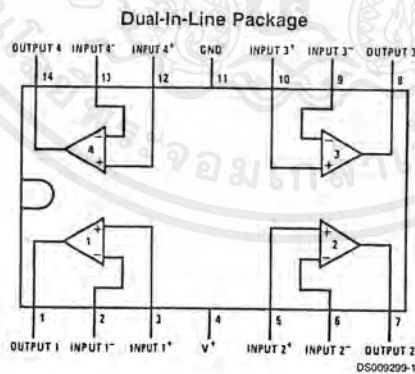
- Eliminates need for dual supplies
- Four internally compensated op amps in a single package
- Allows directly sensing near GND and V_{OUT} also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

Features

- Internally frequency compensated for unity gain
- Large DC voltage gain -100 dB
- Wide bandwidth (unity gain) -1 MHz (temperature compensated)
- Wide power supply range:
Single supply -3V to 32V
or dual supplies - $\pm 1.5V$ to $\pm 16V$
- Very low supply current drain (700 μA)— essentially independent of supply voltage
- Low input biasing current -45 nA (temperature compensated)
- Low input offset voltage -2 mV and offset current: 5 nA
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing -0V to $V^+ - 1.5V$

LM124/LM224/LM324/LM2902 Low Power Quad Operational Amplifiers

Connection Diagram



Top View

Order Number LM124J, LM124AJ, LM124J/883 (Note 2), LM124AJ/883 (Note 1), LM224J, LM224AJ, LM324J, LM324M, LM324AM, LM2902M, LM324N, LM324AN or LM2902N
LM124AJRQML and LM124AJRQMLV (Note 3)
See NS Package Number J14A, M14A or N14A

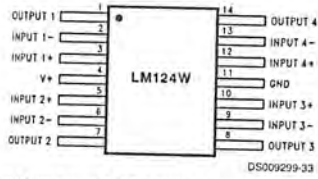
Note 1: LM124A available per JM38510/11006

Note 2: LM124 available per JM38510/11005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Connection Diagram (Continued)

Note 3: See STD Mil DWG 5962R99504 for Radiation Tolerant Device



Order Number LM124AW/883 or LM124WJ883
 LM124AWRQML and LM124AWRQMLV (Note 3)
 See NS Package Number W14B
 LM124AWGRQML and LM124AWGRQMLV (Note 3)
 See NS Package Number WG14A



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 12)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

	LM124/LM224/LM324 LM124A/LM224A/LM324A	LM2902
Supply Voltage, V*	32V	26V
Differential Input Voltage	32V	26V
Input Voltage	-0.3V to +32V	-0.3V to +26V
Input Current ($V_{IN} < -0.3V$) (Note 6)	50 mA	50 mA
Power Dissipation (Note 4)		
Molded DIP	1130 mW	1130 mW
Cavity DIP	1260 mW	1260 mW
Small Outline Package	800 mW	800 mW
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) (Note 5) $V^* \leq 15V$ and $T_A = 25^\circ C$	Continuous	Continuous
Operating Temperature Range		-40°C to +85°C
LM324/LM324A	0°C to +70°C	
LM224/LM224A	-25°C to +85°C	
LM124/LM124A	-55°C to +125°C	
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	260°C	260°C
Soldering Information		
Dual-In-Line Package		
Soldering (10 seconds)	260°C	260°C
Small Outline Package		
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C	220°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.		
ESD Tolerance (Note 13)	250V	250V

Electrical Characteristics

$V^* = +5.0V$, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124A			LM224A			LM324A			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 8) $T_A = 25^\circ C$		1	2		1	3		2	3	mV
Input Bias Current (Note 9)	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$, $V_{CM} = 0V$, $T_A = 25^\circ C$		20	50		40	80		45	100	nA
Input Offset Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$, $V_{CM} = 0V$, $T_A = 25^\circ C$		2	10		2	15		5	30	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	$V^* = 30V$, (LM2902, $V^* = 26V$), $T_A = 25^\circ C$	0		$V^* - 1.5$	0		$V^* - 1.5$	0		$V^* - 1.5$	V
Supply Current	Over Full Temperature Range $R_L = \infty$ On All Op Amps $V^* = 30V$ (LM2902 $V^* = 26V$) $V^* = 5V$		1.5	3		1.5	3		1.5	3	mA
Large Signal Voltage Gain	$V^* = 15V$, $R_L \geq 2k\Omega$, ($V_O = 1V$ to $11V$), $T_A = 25^\circ C$	50		100	50		100	25		100	V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	DC, $V_{CM} = 0V$ to $V^* - 1.5V$, $T_A = 25^\circ C$	70		85	70		85	65		85	dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Continued) $V^+ = +5.0V$, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124A			LM224A			LM324A			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Power Supply Rejection Ratio	$V^+ = 5V$ to $30V$ (LM2902, $V^+ = 5V$ to $26V$), $T_A = 25^\circ C$	65	100		65	100		65	100		dB
Amplifier-to-Amplifier Coupling (Note 11)	$f = 1$ kHz to 20 kHz, $T_A = 25^\circ C$ (Input Referred)		-120			-120			-120		dB
Output Current	Source $V_{IN}^+ = 1V, V_{IN}^- = 0V$, $V^+ = 15V, V_O = 2V, T_A = 25^\circ C$	20	40		20	40		20	40		mA
	Sink $V_{IN}^- = 1V, V_{IN}^+ = 0V$, $V^+ = 15V, V_O = 2V, T_A = 25^\circ C$	10	20		10	20		10	20		mA
	$V_{IN}^- = 1V, V_{IN}^+ = 0V$, $V^+ = 15V, V_O = 200$ mV, $T_A = 25^\circ C$	12	50		12	50		12	50		μA
Short Circuit to Ground	(Note 5) $V^+ = 15V, T_A = 25^\circ C$		40	60		40	60		40	60	mA
Input Offset Voltage	(Note 8)			4			4			5	mV
Input Offset Voltage Drift	$R_S = 0\Omega$		7	20		7	20		7	30	$\mu V/^\circ C$
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}, V_{CM} = 0V$			30			30			75	nA
Input Offset Current Drift	$R_S = 0\Omega$		10	200		10	200		10	300	$pA/^\circ C$
Input Bias Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$		40	100		40	100		40	200	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	$V^+ = +30V$ (LM2902, $V^+ = 26V$)	0		$V^+ - 2$	0		$V^+ - 2$	0		$V^+ - 2$	V
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = +15V$ (V_O Swing = $1V$ to $11V$) $R_L \geq 2$ k Ω		25			25			15		V/mV
Output Voltage Swing	V_{OH} $V^+ = 30V$ (LM2902, $V^+ = 26V$)			$R_L = 2$ k Ω	26			26			V
	V_{OL} $V^+ = 5V, R_L = 10$ k Ω		5	20		5	20		5	20	mV
Output Current	Source $V_O = 2V$		10	20		10	20		10	20	mA
	Sink		10	15		5	8		5	8	mA

Electrical Characteristics $V^+ = +5.0V$, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124/LM224			LM324			LM2902			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 8) $T_A = 25^\circ C$		2	5		2	7		2	7	mV
Input Bias Current (Note 9)	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}, V_{CM} = 0V$, $T_A = 25^\circ C$		45	150		45	250		45	250	nA
Input Offset Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}, V_{CM} = 0V$, $T_A = 25^\circ C$		3	30		5	50		5	50	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	$V^+ = 30V$, (LM2902, $V^+ = 26V$), $T_A = 25^\circ C$	0		$V^+ - 1.5$	0		$V^+ - 1.5$	0		$V^+ - 1.5$	V
Supply Current	Over Full Temperature Range $R_L = \infty$ On All Op Amps $V^+ = 30V$ (LM2902 $V^+ = 26V$) $V^+ = 5V$		1.5	3		1.5	3		1.5	3	mA
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = 15V, R_L \geq 2$ k Ω , ($V_O = 1V$ to $11V$), $T_A = 25^\circ C$	50	100		25	100		25	100		V/mV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Continued) $V^* = +5.0V$, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124/LM224			LM324			LM2902			Units	
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		
Common-Mode Rejection Ratio	DC, $V_{CM} = 0V$ to $V^* - 1.5V$, $T_A = 25^\circ C$	70	85		65	85		50	70		dB	
Power Supply Rejection Ratio	$V^* = 5V$ to $30V$ (LM2902, $V^* = 5V$ to $26V$), $T_A = 25^\circ C$	65	100		65	100		50	100		dB	
Amplifier-to-Amplifier Coupling (Note 11)	$f = 1$ kHz to 20 kHz, $T_A = 25^\circ C$ (Input Referred)		-120			-120			-120		dB	
Output Current	Source $V_{IN}^+ = 1V$, $V_{IN}^- = 0V$, $V^* = 15V$, $V_O = 2V$, $T_A = 25^\circ C$	20	40		20	40		20	40		mA	
	Sink $V_{IN}^- = 1V$, $V_{IN}^+ = 0V$, $V^* = 15V$, $V_O = 2V$, $T_A = 25^\circ C$	10	20		10	20		10	20			
	$V_{IN}^- = 1V$, $V_{IN}^+ = 0V$, $V^* = 15V$, $V_O = 200$ mV, $T_A = 25^\circ C$	12	50		12	50		12	50		μA	
Short Circuit to Ground	(Note 5) $V^* = 15V$, $T_A = 25^\circ C$		40	60		40	60		40	60	mA	
Input Offset Voltage	(Note 8)			7			9			10	mV	
Input Offset Voltage Drift	$R_S = 0\Omega$			7			7			7	$\mu V/^\circ C$	
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$, $V_{CM} = 0V$			100			150			45	200	nA
Input Offset Current Drift	$R_S = 0\Omega$			10			10			10	$pA/^\circ C$	
Input Bias Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$			40	300		40	500		40	500	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	$V^* = +30V$ (LM2902, $V^* = 26V$)	0		V^*-2	0		V^*-2	0		V^*-2	V	
Large Signal Voltage Gain	$V^* = +15V$ (V_O Swing = $1V$ to $11V$) $R_L \geq 2$ k Ω	25			15			15			V/mV	
Output Voltage Swing	V_{OH} $V^* = 30V$ (LM2902, $V^* = 26V$)			$R_L = 2$ k Ω	26		26		$R_L = 10$ k Ω	22		V
	V_{OL} $V^* = 5V$, $R_L = 10$ k Ω				27	28		27	28	23	24	
Output Current	Source $V_O = 2V$				5	20		5	20	5	100	mV
	Sink			$V_{IN}^+ = +1V$, $V_{IN}^- = 0V$, $V^* = 15V$	10	20		10	20	10	20	mA
			$V_{IN}^- = +1V$, $V_{IN}^+ = 0V$, $V^* = 15V$	5	8		5	8	5	8		

Note 4: For operating at high temperatures, the LM324/LM324A/LM2902 must be derated based on a $+125^\circ C$ maximum junction temperature and a thermal resistance of $88^\circ C/W$ which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM224/LM224A and LM124/LM124A can be derated based on a $+150^\circ C$ maximum junction temperature. The dissipation is the total of all four amplifiers — use external resistors, where possible, to allow the amplifier to saturate or to reduce the power which is dissipated in the integrated circuit.

Note 5: Short circuits from the output to V^* can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of V^* . At values of supply voltage in excess of $+15V$, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

Note 6: This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the op amps to go to the V^* voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than $-0.3V$ (at $25^\circ C$).

Note 7: These specifications are limited to $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$ for the LM124/LM124A. With the LM224/LM224A, all temperature specifications are limited to $-25^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$, the LM324/LM324A temperature specifications are limited to $0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$, and the LM2902 specifications are limited to $-40^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$.

Note 8: $V_O \cong 1.4V$, $R_S = 0\Omega$ with V^* from $5V$ to $30V$; and over the full input common-mode range ($0V$ to $V^* - 1.5V$) for LM2902, V^* from $5V$ to $26V$.

Note 9: The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.

Note 10: The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than $0.3V$ (at $25^\circ C$). The upper end of the common-mode voltage range is $V^* - 1.5V$ (at $25^\circ C$), but either or both inputs can go to $+32V$ without damage ($+26V$ for LM2902), independent of the magnitude of V^* .

Note 11: Due to proximity of external components, insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.

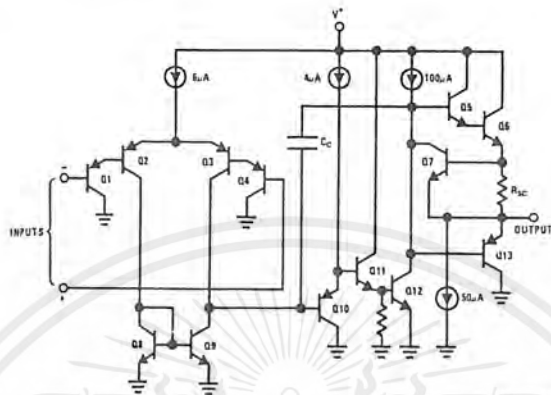
Note 12: Refer to RETS124AX for LM124A military specifications and refer to RETS124X for LM124 military specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Continued)

Note 13: Human body model, 1.5 kΩ in series with 100 pF.

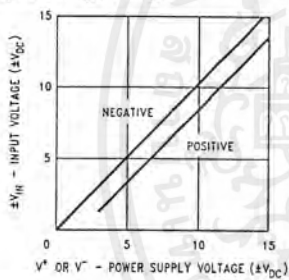
Schematic Diagram (Each Amplifier)



DS009299-2

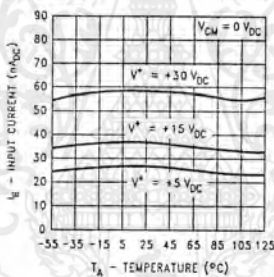
Typical Performance Characteristics

Input Voltage Range



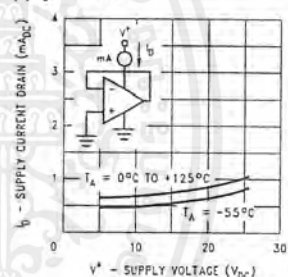
DS009299-34

Input Current



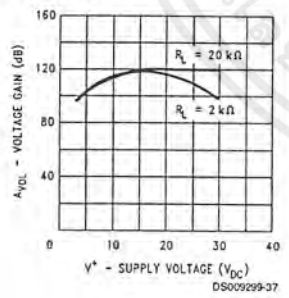
DS009299-35

Supply Current



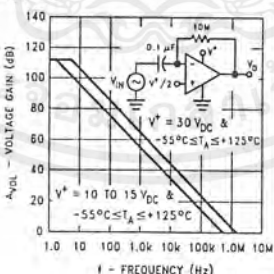
DS009299-36

Voltage Gain



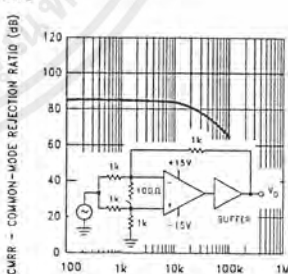
DS009299-37

Open Loop Frequency Response



DS009299-38

Common Mode Rejection Ratio

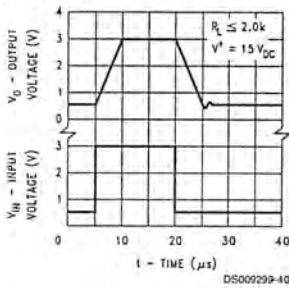


DS009299-39

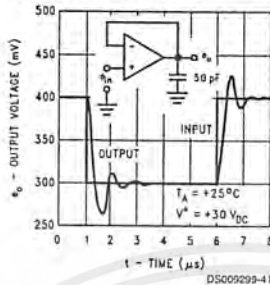
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics (Continued)

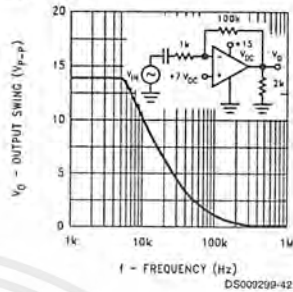
Voltage Follower Pulse Response



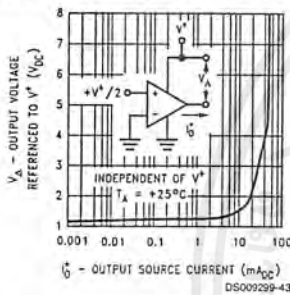
Voltage Follower Pulse Response (Small Signal)



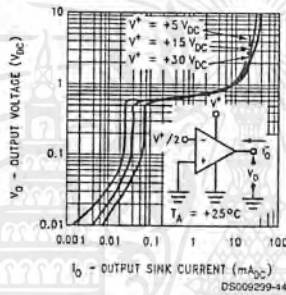
Large Signal Frequency Response



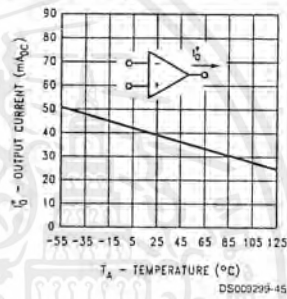
Output Characteristics Current Sourcing



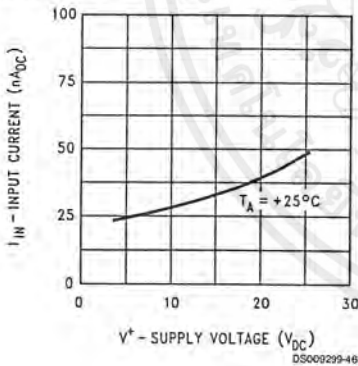
Output Characteristics Current Sinking



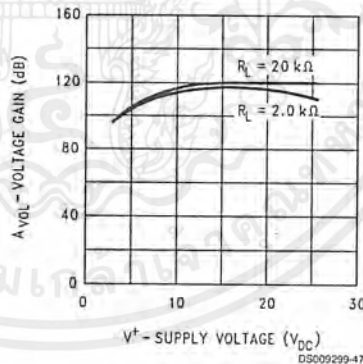
Current Limiting



Input Current (LM2902 only)



Voltage Gain (LM2902 only)



Application Hints

The LM124 series are op amps which operate with only a single power supply voltage, have true-differential inputs, and remain in the linear mode with an input common-mode voltage of 0 V_{DC} . These amplifiers operate over a wide range of power supply voltage with little change in performance characteristics. At 25°C amplifier operation is possible down to a minimum supply voltage of 2.3 V_{DC} .

The pinouts of the package have been designed to simplify PC board layouts. Inverting inputs are adjacent to outputs for all of the amplifiers and the outputs have also been placed at the corners of the package (pins 1, 7, 8, and 14).

Precautions should be taken to insure that the power supply for the integrated circuit never becomes reversed in polarity or that the unit is not inadvertently installed backwards in a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Hints (Continued)

test socket as an unlimited current surge through the resulting forward diode within the IC could cause fusing of the internal conductors and result in a destroyed unit.

Large differential input voltages can be easily accommodated and, as input differential voltage protection diodes are not needed, no large input currents result from large differential input voltages. The differential input voltage may be larger than V^* without damaging the device. Protection should be provided to prevent the input voltages from going negative more than $-0.3 V_{DC}$ (at 25°C). An input clamp diode with a resistor to the IC input terminal can be used.

To reduce the power supply drain, the amplifiers have a class A output stage for small signal levels which converts to class B in a large signal mode. This allows the amplifiers to both source and sink large output currents. Therefore both NPN and PNP external current boost transistors can be used to extend the power capability of the basic amplifiers. The output voltage needs to raise approximately 1 diode drop above ground to bias the on-chip vertical PNP transistor for output current sinking applications.

For ac applications, where the load is capacitively coupled to the output of the amplifier, a resistor should be used, from the output of the amplifier to ground to increase the class A bias current and prevent crossover distortion.

Where the load is directly coupled, as in dc applications, there is no crossover distortion.

Capacitive loads which are applied directly to the output of the amplifier reduce the loop stability margin. Values of 50 pF can be accommodated using the worst-case

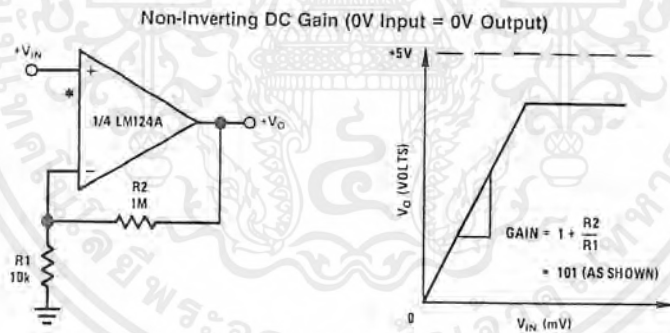
non-inverting unity gain connection. Large closed loop gains or resistive isolation should be used if larger load capacitance must be driven by the amplifier.

The bias network of the LM124 establishes a drain current which is independent of the magnitude of the power supply voltage over the range of from $3 V_{DC}$ to $30 V_{DC}$.

Output short circuits either to ground or to the positive power supply should be of short time duration. Units can be destroyed, not as a result of the short circuit current causing metal fusing, but rather due to the large increase in IC chip dissipation which will cause eventual failure due to excessive junction temperatures. Putting direct short-circuits on more than one amplifier at a time will increase the total IC power dissipation to destructive levels, if not properly protected with external dissipation limiting resistors in series with the output leads of the amplifiers. The larger value of output source current which is available at 25°C provides a larger output current capability at elevated temperatures (see typical performance characteristics) than a standard IC op amp.

The circuits presented in the section on typical applications emphasize operation on only a single power supply voltage. If complementary power supplies are available, all of the standard op amp circuits can be used. In general, introducing a pseudo-ground (a bias voltage reference of $V^*/2$) will allow operation above and below this value in single power supply systems. Many application circuits are shown which take advantage of the wide input common-mode voltage range which includes ground. In most cases, input biasing is not required and input voltages which range to ground can easily be accommodated.

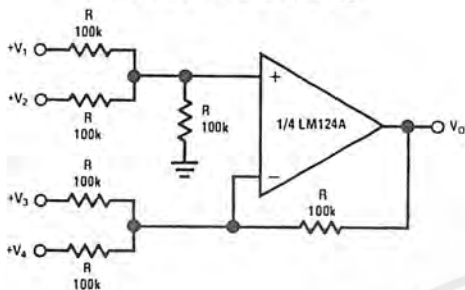
Typical Single-Supply Applications ($V^* = 5.0 V_{DC}$)



*R not needed due to temperature independent I_{IN}

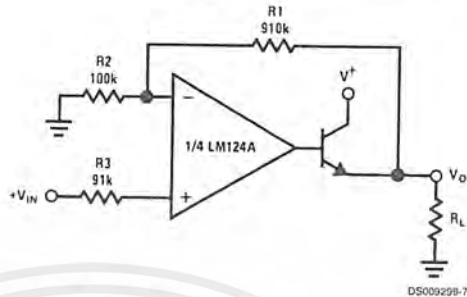
Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

DC Summing Amplifier
($V_{IN's} \geq 0 V_{DC}$ and $V_O \geq V_{DC}$)



Where: $V_O = V_1 + V_2 - V_3 - V_4$
 $(V_1 + V_2) \geq (V_3 + V_4)$ to keep $V_O > 0 V_{DC}$

Power Amplifier

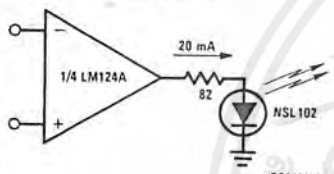


DS000298-7

DS000299-6

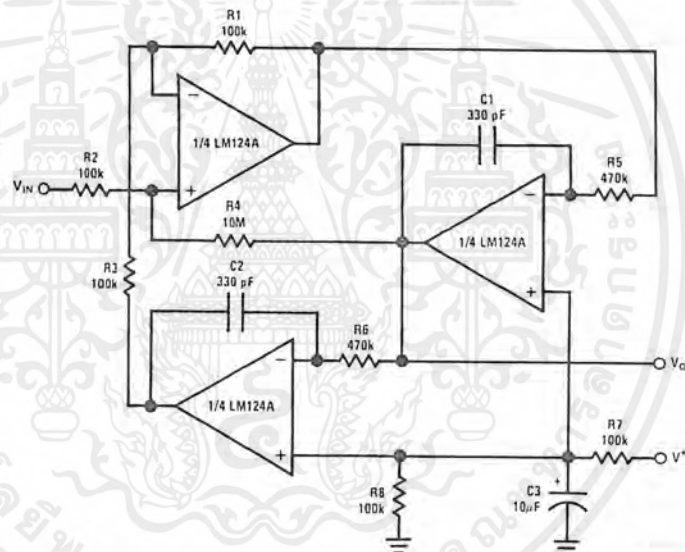
$V_O = 0 V_{DC}$ for $V_{IN} = 0 V_{DC}$
 $A_V = 10$

LED Driver



DS000299-8

"BI-QUAD" RC Active Bandpass Filter

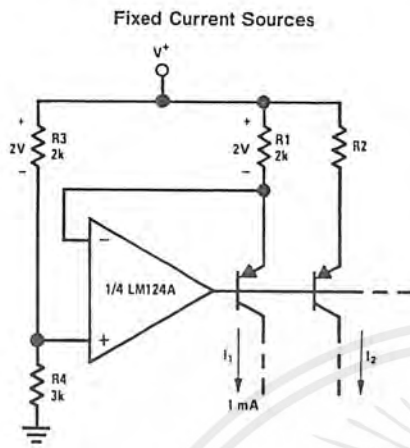


DS000299-9

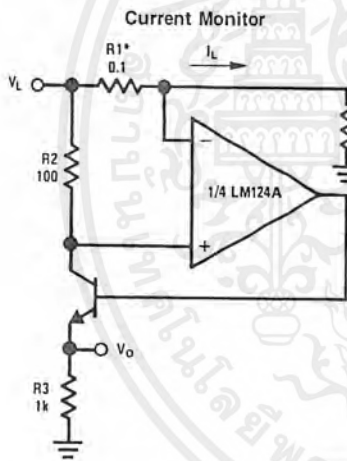
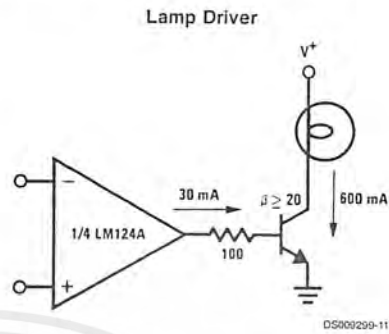
$f_o = 1 \text{ kHz}$
 $Q = 50$
 $A_V = 100$ (40 dB)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Single-Supply Applications (V* = 5.0 V_{DC}) (Continued)



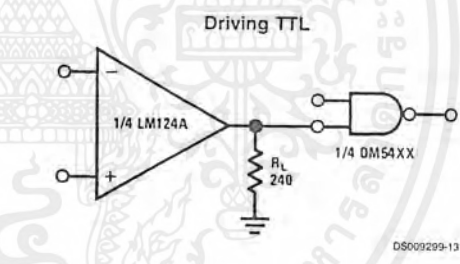
$$I_2 = \left(\frac{R1}{R2}\right) I_1$$



$$V_O = \frac{1V(I_L)}{1A}$$

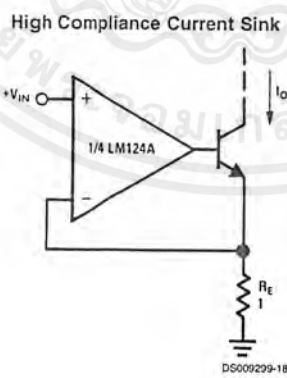
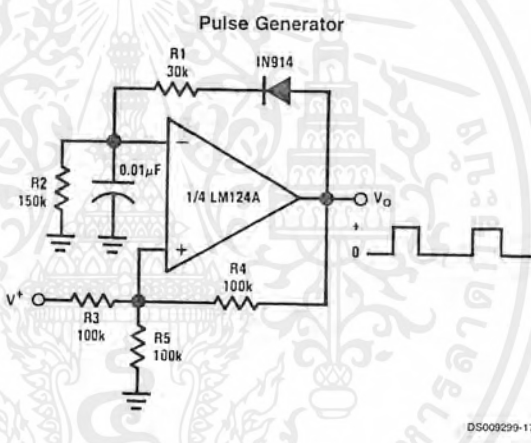
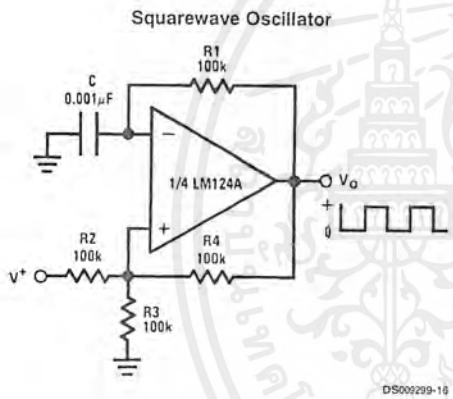
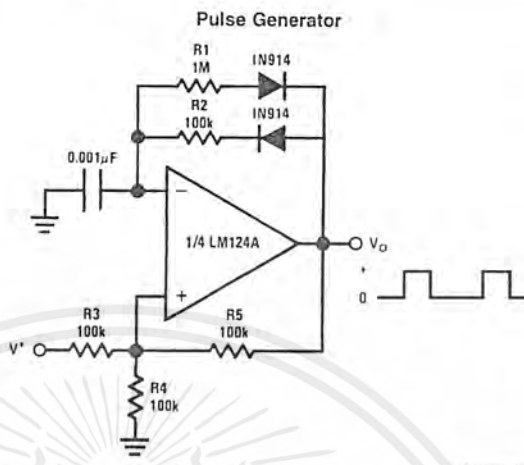
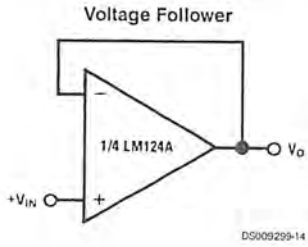
$$V_L \leq V^* - 2V$$

*(Increase R1 for I_L small)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

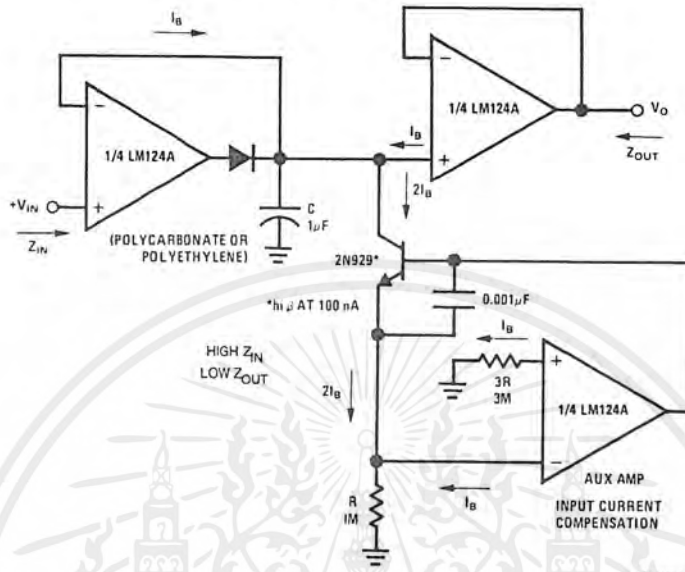


$I_O = 1 \text{ amp/volt } V_{IN}$
 (Increase R_E for I_O small)

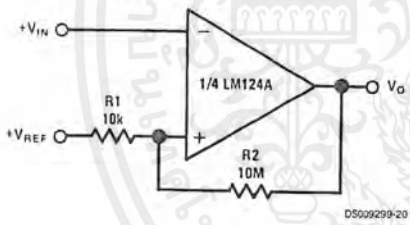
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

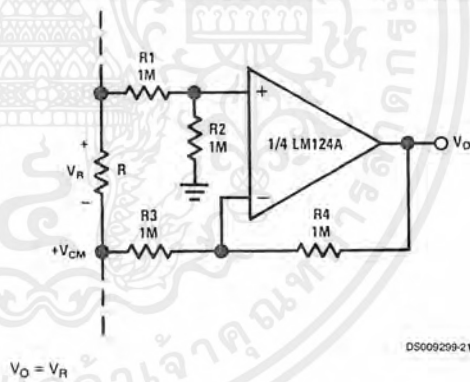
Low Drift Peak Detector



Comparator with Hysteresis



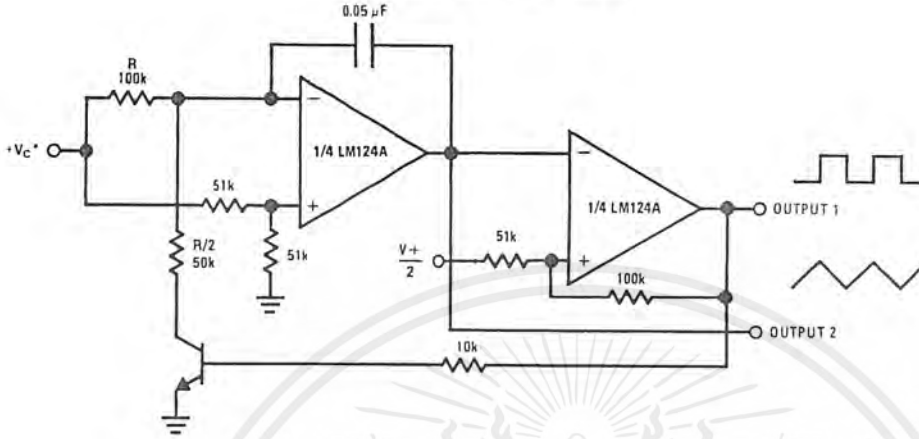
Ground Referencing a Differential Input Signal



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

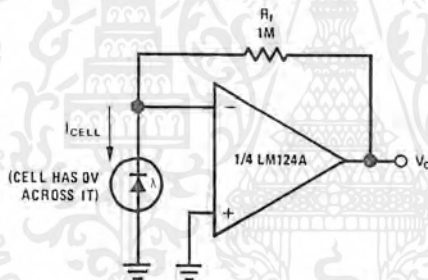
Voltage Controlled Oscillator Circuit



DS009299-22

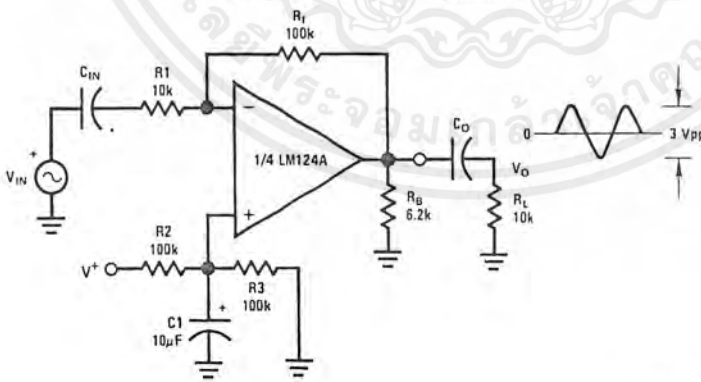
*Wide control voltage range: $0 V_{DC} \leq V_C \leq 2 (V^+ - 1.5 V_{DC})$

Photo Voltaic-Cell Amplifier



DS009299-23

AC Coupled Inverting Amplifier



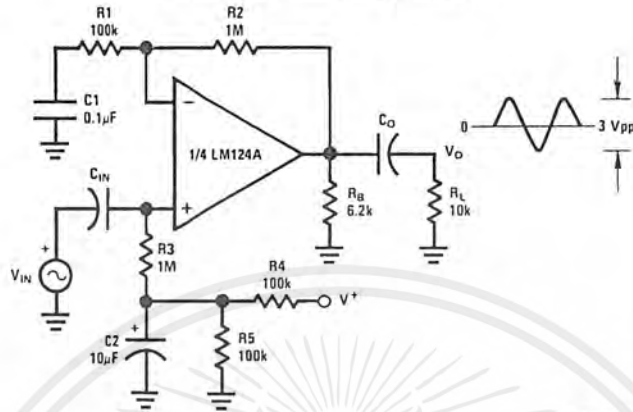
DS009299-24

$$A_v = \frac{R_f}{R_1} \text{ (As shown, } A_v = 10 \text{)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

AC Coupled Non-Inverting Amplifier

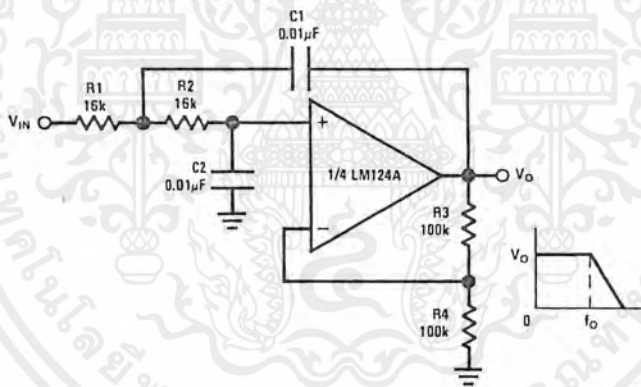


DS009299-25

$$A_V = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$A_V = 11 \text{ (As shown)}$$

DC Coupled Low-Pass RC Active Filter



DS009299-26

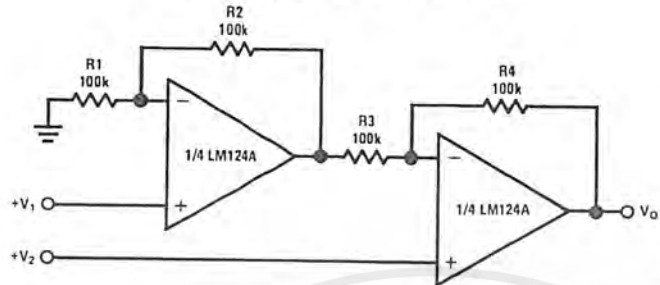
$$f_0 = 1 \text{ kHz}$$

$$Q = 1$$

$$A_V = 2$$

Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

High Input Z, DC Differential Amplifier



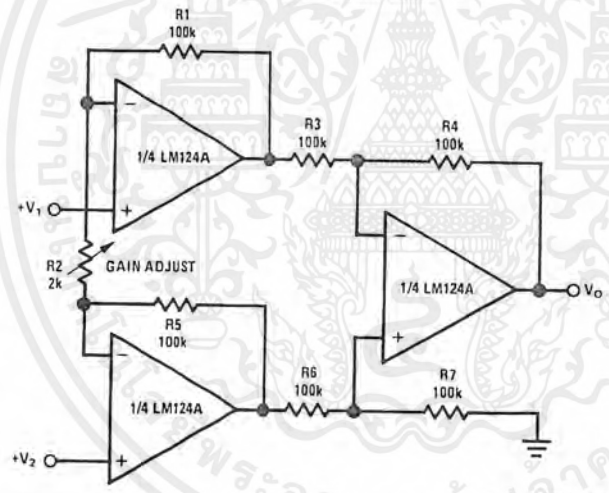
DS009299-27

For $\frac{R1}{R2} = \frac{R4}{R3}$ (CMRR depends on this resistor ratio match)

$$V_O = 1 + \frac{R4}{R3}(V_2 - V_1)$$

As shown: $V_O = 2(V_2 - V_1)$

High Input Z Adjustable-Gain DC Instrumentation Amplifier



DS009299-28

If $R1 = R5$ & $R3 = R4 = R6 = R7$ (CMRR depends on match)

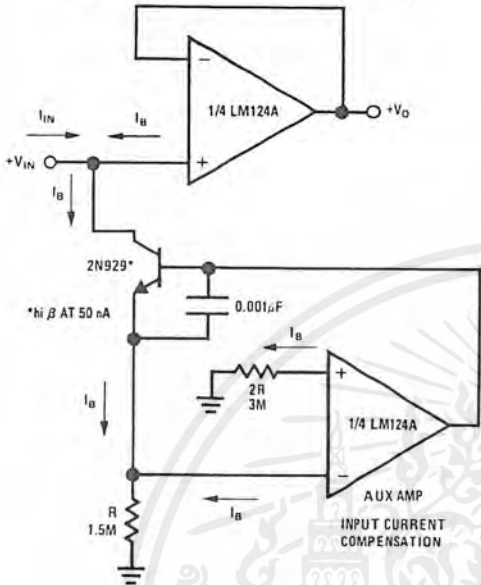
$$V_O = 1 + \frac{2R1}{R2}(V_2 - V_1)$$

As shown $V_O = 101(V_2 - V_1)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

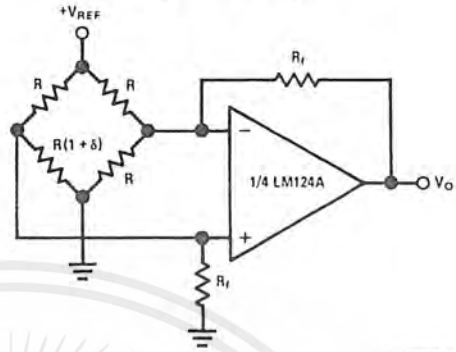
Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

Using Symmetrical Amplifiers to Reduce Input Current (General Concept)



DS009299-29

Bridge Current Amplifier

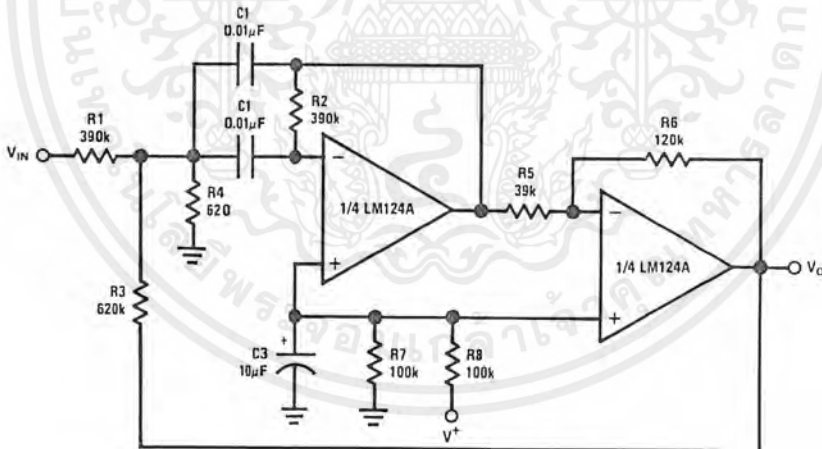


DS009299-30

For $\delta \ll 1$ and $R_f \gg R$

$$V_O \approx V_{REF} \left(\frac{\delta}{2} \right) \frac{R_f}{R}$$

Bandpass Active Filter

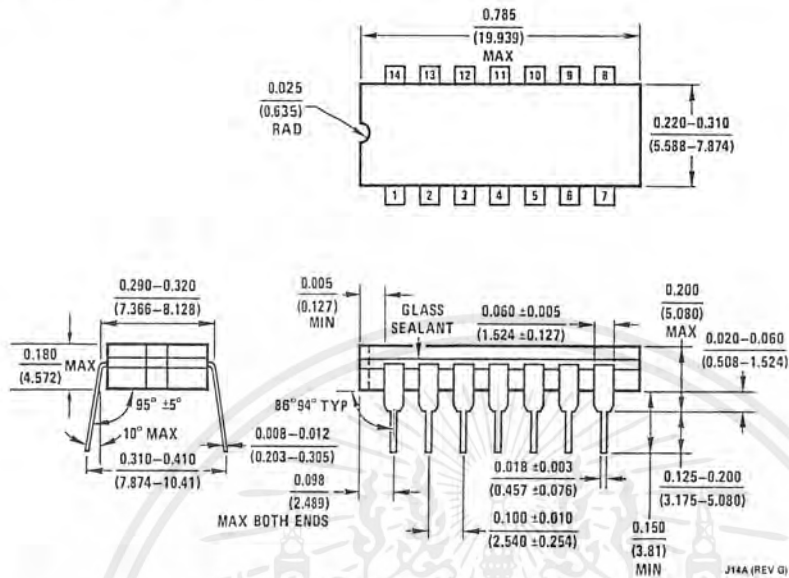


DS009299-31

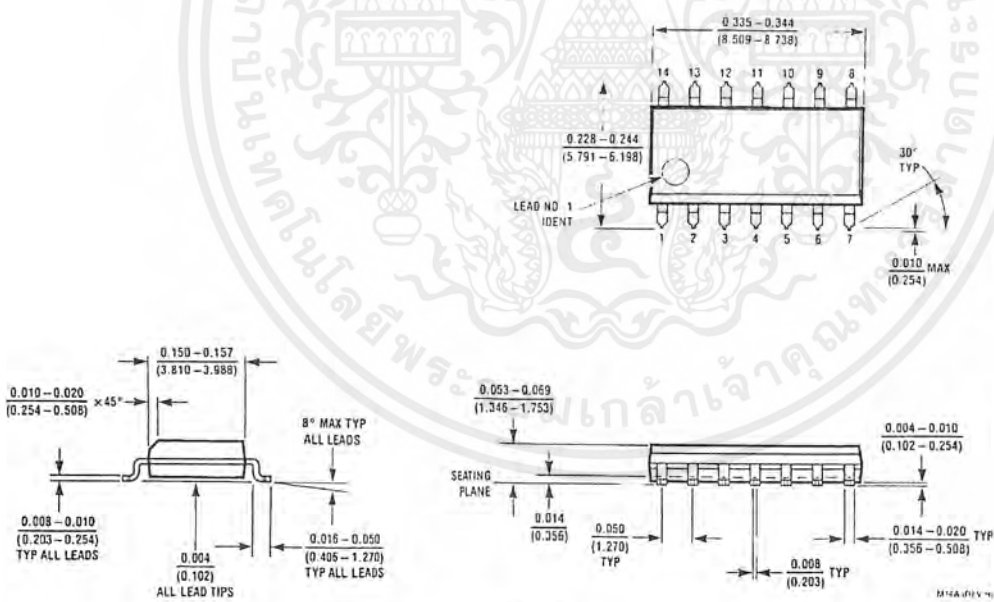
f₀ = 1 kHz
 Q = 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



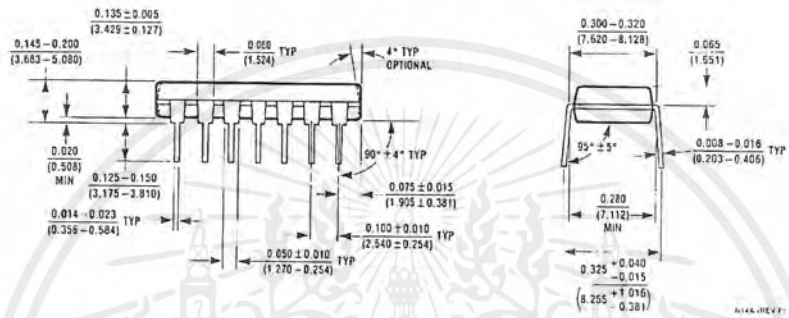
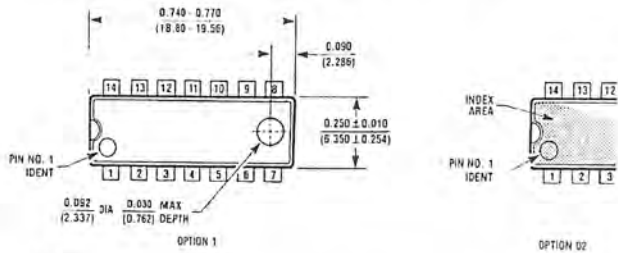
Ceramic Dual-In-Line Package (J)
 Order Number LM124J, LM124AJ, LM124AJ/883, LM124J/883, LM224J, LM224AJ or LM324J
 NS Package Number J14A



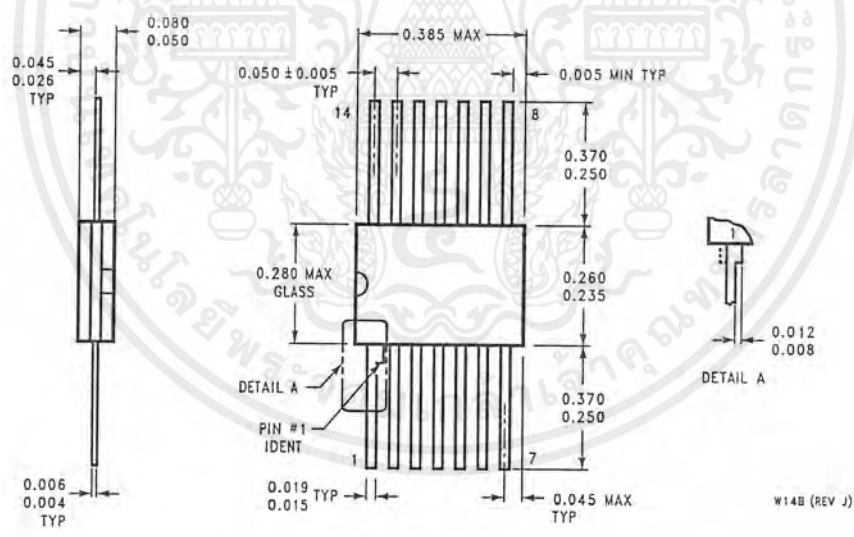
S.O. Package (M)
 Order Number LM324M, LM324AM or LM2902M
 NS Package Number M14A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



Molded Dual-In-Line Package (N)
Order Number LM324N, LM324AN or LM2902N
NS Package Number N14A



Ceramic Flatpak Package
Order Number LM124AW/883 or LM124W/883
NS Package Number W14B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Notes


LM124/LM224/LM324/LM2902 Low Power Quad Operational Amplifiers



LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

 National Semiconductor Corporation Americas Tel: 1-800-272-9959 Fax: 1-800-737-7018 Email: support@nsc.com www.national.com	National Semiconductor Europe Fax: +49 (0) 1 80-530 85 86 Email: europe.support@nsc.com Deutsch Tel: +49 (0) 1 80-530 85 85 English Tel: +49 (0) 1 80-532 78 32 Français Tel: +49 (0) 1 80-532 93 58 Italiano Tel: +49 (0) 1 80-534 16 80	National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group Tel: 65-2544466 Fax: 65-2504466 Email: sea.support@nsc.com	National Semiconductor Japan Ltd. Tel: 81-3-5639-7560 Fax: 81-3-5639-7507
--	---	---	---

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้