

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบกล้องรักษาความปลอดภัยผ่านแสง
The security CCTV through light



โดย

นางสาวสุภาภรณ์ โภโกยอนันต์
นายสุพลศิลป์ วงษ์รวีโอภาพ
นายสุธงไชย สุริยสุภาพงศ์

รพ.
๘๘๘
๒๕๕๑

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 103053
วัน,เดือน,ปี..... ๒๗ ส.ค. ๒๕๕๒

b. 12098889
i.

ปฏิญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบกล้องรักษาความปลอดภัยผ่านแสง

The security CCTV through light

โดย

นางสาวสุภาภรณ์ โภไคยอนันต์ 47010883

นายสุพลศิลป์ วงษ์รวีโอภาพ 48010986

นายสุธงไชย สุริยสุภาพงศ์ 48010991

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์

รศ.ดร.สุวิพล ลิทธิชีวภาค

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2551

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบกล้องรักษาความปลอดภัยผ่านแสง

The security CCTV through light

ผู้จัดทำ

1. นางสาวสุภาภรณ์ โกโคยอนันต์ 47010883
2. นายสุพลศิลป์ วงษ์รวีโอภาพ 48010986
3. นายสุธงไชย สุริยสุภาพงศ์ 48010991



(ผศ.เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์)

อาจารย์ที่ปรึกษา



(รศ.ดร.สุวิพล สิริชีวะภาค)

อาจารย์ที่ปรึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบกล้องรักษาความปลอดภัยผ่านแสง

The security CCTV through light

โดย นางสาวสุภาภรณ์ โกโคยอนันต์ 47010883

นายสุพลศิลป์ วงษ์รวีโอภาพ 48010986

นายสุธงไชย สุริยสุภาพงศ์ 48010991

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์

รศ.ดร.ศิวพล สิริวิฑูรย์

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีทางแสงได้เข้ามามีบทบาทมากขึ้นในการสื่อสารยุคปัจจุบัน แสงมีข้อได้เปรียบหลายประการเมื่อเทียบกับการสื่อสารแบบอื่นๆ เช่น มีผลกระทบจากการรบกวนของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า น้อยมาก มีความเร็วในการทำงานสูงเป็นต้น จึงได้นำเทคโนโลยีทางแสงมาประยุกต์ใช้ในการสร้างระบบกล้องรักษาความปลอดภัยผ่านแสง โดยทำการส่งสัญญาณภาพไปยังวงจรจับสัญญาณแสง ภาพจะถูกส่งผ่านอากาศและเข้าสู่วงจรตรวจจับสัญญาณแสง และนำสัญญาณภาพที่ได้มาทำการประมวลผลการเคลื่อนไหว ซึ่งเป็นการประหยัดและเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาความปลอดภัย

ABSTRACT

The communication, at the present, light technology has been used more and more. That is because, there are many advantage such as less effective noise from magnetic field and light velocity when compare with other. We have been improved the security CCTV through light. The video signal will be sent through the air and go to the light-detector circuit that can reverse and take video signal from the receiver to process motion detection. In order to provide a convenience, save more, bring more efficiency in security system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หัวข้อ	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	01
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของ โครงการงานปริญญาโท	01
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการปริญญาโท	01
1.3 ขอบเขตของโครงการปริญญาโท	02
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำปริญญาโท	02
บทที่ 2 ทฤษฎีหรือหลักการ	03
2.1.1 สัญญาณภาพ (Video Signal)	03
2.1.2 สัญญาณแปลงกึ่ง	03
2.1.3 สัญญาณเชิงโครโม	03
2.1.4 สัญญาณอ็ควอลไอซ์	04
2.2 สัญญาณภาพขาว-ดำหรือสัญญาณสองสี	04
2.3 อุปกรณ์กำเนิดและรับสัญญาณแสง	05
2.3.1 อุปกรณ์กำเนิดสัญญาณแสง	05
2.4 ขั้นตอนการเกิดแสงเลเซอร์	10
2.5 คุณสมบัติของเลเซอร์	11
2.6 อุปกรณ์ที่ใช้รับสัญญาณแสง	13
2.7 วงจรขับสัญญาณแสง	17
2.8 วงจรตรวจจับสัญญาณแสง	19
2.9 คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์	20
2.10 ทีวีจูนเนอร์	26
2.11 การประมวลผลภาพ	27
2.12 ภาพดิจิทัล	27
2.13 ระบบสีRGB	28
2.14 เกล็ดสี	28
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง	29
3.1 หลักการออกแบบ	29
3.2 การออกแบบและการสร้าง	29
3.2.1 การออกแบบและจำลองวงจรขับสัญญาณแสง	29
3.2.2 การออกแบบและการจำลองวงจรตรวจจับสัญญาณแสง	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หัวข้อ	หน้า
3.2.3 วงจรขยายสัญญาณภาพ	37
3.2.4 การออกแบบวงจร Power Supply	37
3.2.5 การทำงานในส่วนโปรแกรมการตรวจจับวัตถุ	38
3.2.6 การคำนวณภาพพื้นหลัง	38
3.2.7 การคำนวณหาวัตถุในภาพ	38
3.2.8 การคำนวณรัศมีเลนส์นูน	39
บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง	42
4.1 ผลการทดลองการวัดสัญญาณภาพของภาคส่ง	42
4.1.1 การวัดผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรขับสัญญาณแสง	45
4.2 ผลการทดลองของการวัดสัญญาณภาพของภาครับ	46
4.2.1 การวัดผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรตรวจจับสัญญาณแสง	47
4.3 ผลการทดลองของโปรแกรมตรวจจับวัตถุ	52
บทที่ 5 สรุปผลและวิจารณ์การทดลอง	55
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	55
5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ไข	56
5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาครั้งต่อไป	57

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 2-01 ลักษณะของสัญญาณภาพเบื้องต้น	04
ภาพที่ 2-02 ระดับสัญญาณขาวดำโดยเกรย์สเกล	05
ภาพที่ 2-03 โครงสร้างพื้นฐานของ LED	06
ภาพที่ 2-04 การไบอัส LED	06
ภาพที่ 2-05 โครงสร้างของแหล่งกำเนิดแสงที่เป็น LED	07
ภาพที่ 2-06 เลเซอร์ไดโอด	08
ภาพที่ 2-07 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและพลังงานของแสง	09
ภาพที่ 2-08 กระแสพัลส์และการทำงานของเลเซอร์ไดโอด	09
ภาพที่ 2-09 ขั้นตอนการเกิดแสง	10
ภาพที่ 2-10 ลักษณะของเลเซอร์พอยน์เตอร์	12
ภาพที่ 2-11 การทำงานของโฟโตไดโอด	13
ภาพที่ 2-12 การต่อใช้งานโฟโตไดโอด	14
ภาพที่ 2-13 ความยาวของคลื่นแสงและมุมที่โฟโตไดโอดสามารถรับแสงได้	14
ภาพที่ 2-14 โฟโตดีเทคเตอร์	15
ภาพที่ 2-15 โฟโตดีเทคเตอร์ชนิด PIN	15
ภาพที่ 2-16 โฟโตดีเทคเตอร์ชนิดอะวาแลนช์ (APD)	16
ภาพที่ 2-17 โฟโตทรานซิสเตอร์	17
ภาพที่ 2-18 ลักษณะของโฟโตไดโอดแบบต่างๆ	17
ภาพที่ 2-19 วงจรขับสัญญาณแสงแบบแอนาล็อก	18
ภาพที่ 2-20 วงจรขับสัญญาณแสงแบบดิจิทัล	19
ภาพที่ 2-21 วงจรตรวจจับสัญญาณแสง	20
ภาพที่ 2-22 ทรานซิสเตอร์ NPN,PNP	20
ภาพที่ 2-23 วงจรขยายพื้นฐานเบสร่วม	22
ภาพที่ 2-24 วงจรคอลเลคเตอร์ร่วม	23
ภาพที่ 2-25 วงจรอิมิตเตอร์ร่วม	24
ภาพที่ 2-26 แกนของภาพ	28
ภาพที่ 3-01 บล็อกไดอแกรมรวมของระบบ	29
ภาพที่ 3-02 วงจรขับสัญญาณแสง	30
ภาพที่ 3-03 วงจรสัญญาณขนาดเล็ก	31
ภาพที่ 3-04 วงจรภาคส่งสัญญาณแสง	32
ภาพที่ 3-05 วงจรขับสัญญาณแสง	33
ภาพที่ 3-06 วงจรตรวจจับสัญญาณแสง	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ภาพที่ 3-07	รายละเอียดของพินโฟโตไดโอด	35
ภาพที่ 3-08	วงจรตรวจจับสัญญาณแสงและวงจรมายสัญญาณ	36
ภาพที่ 3-09	วงจรบริดจ์ ไดโอด	36
ภาพที่ 3-10	วงจร Power Supply	37
ภาพที่ 3-15	โพล์ชาร์ตแสดงการทำงานของระบบโปรแกรมตรวจจับวัตถุ	40
ภาพที่ 3-11	การต่อวงจรรวมทั้งหมดของ ภาครับ ภาคส่งและวงจรมายสัญญาณ	41
ภาพที่ 4-01	วงจรขับแสง	42
ภาพที่ 4-02	สัญญาณอินพุตจากกล้องวงจรปิด	42
ภาพที่ 4-03	สัญญาณที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_2	43
ภาพที่ 4-04	สัญญาณที่เข้าทางขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_1	43
ภาพที่ 4-05	สัญญาณที่วัดได้จากขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q_1	44
ภาพที่ 4-06	สัญญาณที่วัดได้จากขาอีมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q_1	44
ภาพที่ 4-07	ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรขับสัญญาณแสง	46
ภาพที่ 4-08	วงจรมายสัญญาณแสง	46
ภาพที่ 4-09	สัญญาณภาพวีดีโอเอาต์พุตที่วัดได้จากตัวพินโฟโตไดโอดเบอร์ HFBR-2416T ขา 2 ขณะที่ยังไม่มีสัญญาณแสงเข้ามา	47
ภาพที่ 4-10	ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรมายสัญญาณแสง	49
ภาพที่ 4-11	สัญญาณภาพวีดีโอเอาต์พุตที่วัดได้จากตัวพินโฟโตไดโอดเบอร์ HFBR-2416T ขา 2 เมื่อมีสัญญาณแสงเข้ามา	49
ภาพที่ 4-12	วงจรมายสัญญาณ	50
ภาพที่ 4-13	สัญญาณที่วัดได้จากวงจรมายสัญญาณ	50
ภาพที่ 4-14	ภาพที่รับได้ก่อนที่จะใช้เลนส์นูน	51
ภาพที่ 4-15	ภาพที่รับได้หลังจากที่ใช้เลนส์นูน	51
ภาพที่ 4-16	แสดงหน้าจอโปรแกรม	52
ภาพที่ 4-17	แสดงหน้าจอโปรแกรมเมื่อไม่มีวัตถุเข้ามาในภาพ	53
ภาพที่ 4-18	ภาพพื้นหลังอ้างอิง	53
ภาพที่ 4-19	แสดงการตรวจจับวัตถุ	54
ภาพที่ 4-20	การตรวจจับวัตถุ	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2-1 สีของแสงและความยาวคลื่น	08
ตารางที่ 2-2 คุณสมบัติของ Laser กับ LED	12
ตารางที่ 3-1 แสดงค่าพารามิเตอร์ของ TRMH285P	34
ตารางที่ 4-1 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรขับสัญญาณแสง	45
ตารางที่ 4-2 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรตรวจจับสัญญาณแสง	48



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการปริญญาโท

ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านแสง ได้ถูกพัฒนาและนำมาใช้ประโยชน์ในงานลักษณะต่างๆ มากมายหลายด้าน เช่น การนำมาใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์ ประโยชน์ทางการทหาร และประโยชน์ในงานด้านการอุตสาหกรรม ส่วนทางด้านการสื่อสารนั้น ก็เช่นเดียวกัน แสงได้เข้ามามีบทบาทมากขึ้นในด้านการสื่อสารยุคปัจจุบัน เนื่องจากแสงมีข้อได้เปรียบหลายประการ เมื่อเทียบกับการสื่อสารระบบอื่นๆ เช่น มีผลต่อสัญญาณรบกวนจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าน้อยมาก มีความเร็วในการทำงานสูงเป็นต้น เช่นการส่งสัญญาณโทรทัศนผ่านทางสายใยแก้วนำแสง แต่สายใยแก้วนำแสงนั้นมีราคาแพงและเพื่อลดความยุ่งยากในการใช้สายสัญญาณเนื่องจากบางครั้งจุดที่ต้องการติดตั้งกล่องวงจรปิดนั้นเดินสายสัญญาณลำบากหรืออาจเดินสายสัญญาณไม่ได้ ส่วนประกอบที่สำคัญอีกประการหนึ่งของการสื่อสารด้วยแสงคือแหล่งกำเนิดแสงในปัจจุบันที่นิยมใช้กันอยู่ได้แก่ LED (Light Emitting Diode) เลเซอร์ไดโอด (Laser Diode) ซึ่ง LED จะให้กำลังงานของแสงต่ำกว่าเลเซอร์ไดโอด จึงนิยมใช้ในการสื่อสารระยะทางใกล้ๆ ส่วนเลเซอร์ไดโอดจะใช้ในการสื่อสารระยะทางไกลๆ

ดังนั้น คณะผู้จัดทำจึงสนใจที่จะศึกษาออกแบบ และสร้างเครื่องส่งสัญญาณโทรทัศนวงจรปิดด้วยแสงผ่านอากาศ โดยโครงการปริญญาโทขั้นนี้ได้ทำการติดตั้งโทรทัศนวงจรปิด แล้วส่งสัญญาณภาพด้วยแสงมายังส่วนที่แสดงผล ได้มีการนำสัญญาณภาพที่ได้มาทำการประมวลผลภาพ เพื่อตรวจจับวัตถุแปลกปลอม และ วัตถุที่มีการเคลื่อนไหว เพื่อสังเกตการ ของระบบรักษาความปลอดภัย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการปริญญาโท

- 1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการส่งสัญญาณภาพนอกทางแสงเลเซอร์
- 1.2.2 เพื่อศึกษาวงจรจับสัญญาณแสงและวงจรตรวจจับสัญญาณแสง
- 1.2.3 เพื่อศึกษาและคำนวณหาอัตราการขยายของวงจรขยายสัญญาณ
- 1.2.4 เพื่อศึกษาวงจรที่ใช้ในการควบคุมการเลือกสัญญาณภาพจากกล้องโทรทัศนวงจรปิด
- 1.2.5 เพื่อศึกษาการรับ- การส่งและการควบคุมสัญญาณ โดยการใช้แสงผ่านอากาศ
- 1.2.5 เพื่อศึกษาเทคโนโลยีการประมวลผลภาพ (Image processing)

1.3 ขอบเขตของโครงการปริญญานิพนธ์

1.3.1 ระบบรักษาความปลอดภัยผ่านแสงประกอบด้วย

- 1.3.1.1 ตัวกล้องที่ใช้ในการจับภาพเป็นแบบ CCD LYD-808C จำนวน 1 ตัว
- 1.3.1.2 หน้าจอแสดงผลเครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง
- 1.3.1.3 TV tuner เพื่อทำการแปลงสัญญาณวิดีโอเข้ามาประมวลผลในโปรแกรม
- 1.3.1.4 ใช้ลำแสงของเลเซอร์ไดโอดขนาด 6 โวลต์ในการส่งสัญญาณภาพ
- 1.3.1.5 มีเครื่องรับสัญญาณภาพด้วยแสงใช้พินโฟโตไดโอดเบอร์ HFBR-2416T
- 1.3.1.6 มีเส้นสัญญาณความหนาของตัวเลนส์ 3 มิลลิเมตร รัศมี 4.5 เซนติเมตร

จำนวน 1 อัน

1.3.2 ขอบเขตชุดอุปกรณ์ควบคุมกล้อง

- 1.3.2.1 มีวงจรควบคุมกล้องเพื่อเลือกจับภาพ
- 1.3.2.2 ขอบเขตชุดอุปกรณ์ตรวจจับและจับแสง
- 1.3.2.3 สามารถรับ-ส่งภาพได้ในระยะทางไม่น้อยกว่า 10 เมตรและสูงสุดไม่เกิน 15 เมตรในที่โล่งทั้งในเวลากลางวันและเวลากลางคืน
- 1.3.2.3 ส่วนของโปรแกรมตรวจจับการเคลื่อนไหวและวัตถุแปลกปลอม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำปริญญานิพนธ์

- 1.4.1 ได้รับความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับวงจรจับสัญญาณแสงและ วงจรตรวจจับสัญญาณ แสง
- 1.4.2 ได้รับความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับ วงจรขยายสัญญาณ
- 1.4.3 ได้รับความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับอุปกรณ์และวงจรต่างๆ ที่เกี่ยวกับแสงเพื่อนำไปประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์เพื่อนำไปใช้งานในชีวิตประจำวัน
- 1.4.4 ได้รับความรู้และสามารถนำไปติดตั้งในสถานที่ที่ไม่สามารถเดินสายสัญญาณได้
- 1.4.5 ได้รับความรู้จากการศึกษาโปรแกรมตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้ Visual C++

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีหรือหลักการ

2.1 สัญญาณภาพรวมของโทรทัศน์

ในปัจจุบันโทรทัศน์สีอนาล็อกใช้วิธีสแกนภาพแบบ อินเตอร์เลส (Interlaced) โดยภาพแต่ละเฟรมจะถูกแบ่งออกเป็นฟิลด์คู่และฟิลด์คี่ แสดงสลับกันด้วยอัตราเร็ว 25 ภาพต่อวินาที ในประเทศที่ใช้กระแสไฟฟ้า 50 เฮิร์ตซ์ และ 30 ภาพต่อวินาที ในประเทศที่ใช้กระแสไฟฟ้า 60 เฮิร์ตซ์ ซึ่งสัญญาณที่เครื่องส่งทำการส่งหรือแพร่กระจายออกอากาศไปให้เครื่องรับจะเรียกว่าสัญญาณภาพรวม (Composite Signal) การที่จะทำให้เครื่องรับโทรทัศน์บรรลุวัตถุประสงค์ได้นั้นต้องให้สถานีโทรทัศน์ ส่งสัญญาณต่างๆ ดังนี้

2.1.1 สัญญาณภาพ (Video Signal)

เป็นสัญญาณที่แสดงระดับสีของแต่ละตำแหน่งในภาพเพื่อทำให้เกิดภาพที่จอหลอดภาพ

2.1.2 สัญญาณแบลนกกิ่ง (Blanking Signal)

เมื่อมีการสแกนลำแสงอิเล็กตรอนที่หน้าจอจะเกิดเส้นรีเทิร์นหรือเส้นสลับกลับ ซึ่งเป็นเส้นภาพที่เราไม่ต้องการ เครื่องส่งจะต้องส่งสัญญาณแบลนกกิ่ง เพื่อบังคับให้เครื่องรับสามารถสลับกลับได้ สัญญาณแบลนกกิ่งซึ่งเครื่องรับจะต้องสร้างขึ้นเหมือนการสร้างสัญญาณซิงโครไนซ์

2.1.3 สัญญาณซิงโครไนซ์ (Synchronizing Signal)

เป็นสัญญาณเพื่อให้การสแกนเป็นไปอย่างถูกต้อง ทั้งการสแกนแนวตั้งและแนวนอน โดยสัญญาณซิงโครไนซ์หรือสัญญาณซิงค์มีอยู่ 2 สัญญาณคือ

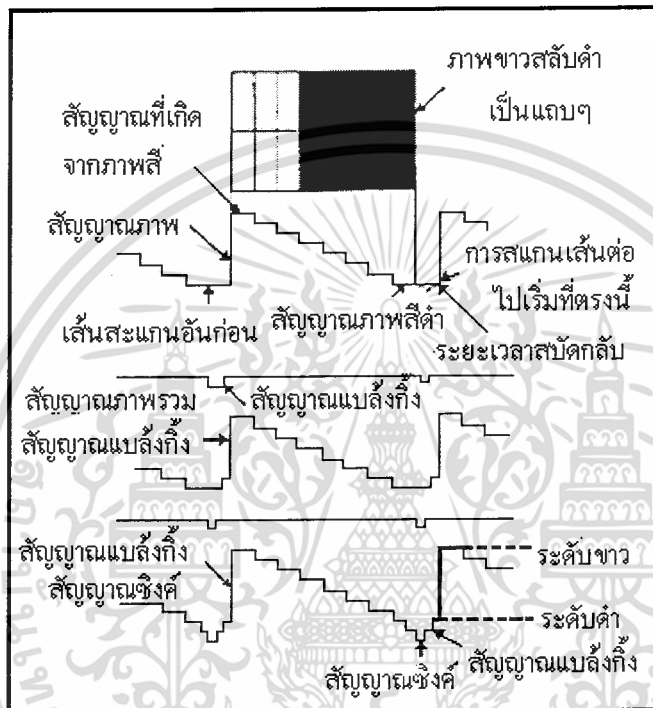
2.1.3.1 ฮอริซอนทอล ซิงโครไนซ์ (Horizontal Synchronize) เป็นสัญญาณซิงค์ทางแนวนอนซึ่งมีความถี่ 15,625 Hz (ในระบบ CCIR) หรือ 15,750 Hz (ในระบบ FCC) ถ้าไม่มีสัญญาณในส่วนนี้ส่งมาจะทำให้ภาพเกิดการล้าได้

2.1.3.2 เวอร์ติคอลล ซิงโครไนซ์ (Vertical Synchronize) เป็นสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้งซึ่งมีความถี่ 50 Hz (ในระบบ CCIR) หรือ 60 Hz (ในระบบ FCC) ถ้าไม่มีสัญญาณในส่วนนี้ภาพที่ส่งมาจะเกิดการเลื่อนของภาพ

เนื่องจากสัญญาณซิงโครไนซ์กับสัญญาณแบลนกกิ่งไม่ว่าจะเป็นแนวนอนหรือแนวตั้งจะมีความถี่เท่ากัน เวลาส่งต้องกำหนดตำแหน่งของการส่งให้ถูกต้องมิฉะนั้นแล้วจะเกิดการกวนกันได้ ในทางปฏิบัติจึงให้สัญญาณซิงค์พัลส์มีขนาดความกว้างน้อยกว่าสัญญาณแบลนกกิ่งพัลส์ แล้วใช้วิธีการส่งแบบผสม เมื่อมีการจัดระดับของสัญญาณส่วนนี้เทียบกับเกย์สเกลระดับของแบลนกกิ่งจะอยู่ที่ระดับต่ำกว่าสี่ค่า ส่วนซิงค์จะเป็นระดับต่ำกว่าสี่ค่ามากกว่าลดลงไปอีก สัญญาณเหล่านี้จึงไม่มีการส่งผลต่อการมองเห็น ดังภาพที่ 2-1

2.1.4 สัญญาณอีควอลไลซิง (Equalizing Signal)

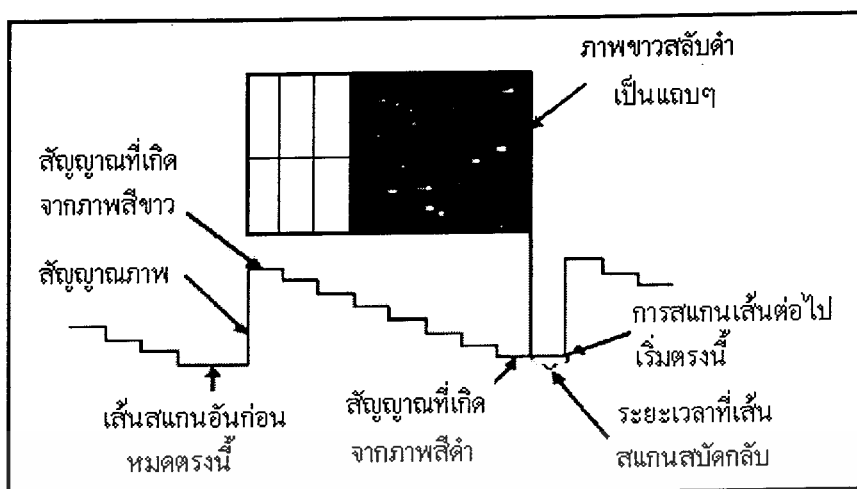
เป็นสัญญาณบังคับรูปร่างของสัญญาณเชิงซิงโครไนซ์ทางแนวตั้ง เพื่อให้สามารถคงรูปได้ถูกต้อง และยังช่วยการสแกนแบบสลับเส้นเป็นไปอย่างถูกต้องด้วย ทั้งยังส่งผลทางอ้อมให้สัญญาณซิงโครไนซ์ทางแนวตอนไม่ขาดหายไปในช่วงการส่งสัญญาณทางแนวตั้งด้วย สัญญาณตัวนี้จะมีขนาดพัลส์เท่ากับเวอริติคอลลิงโครไนซ์พัลส์ สัญญาณส่วนนี้จะถูกแบ่งออกเป็น 6 ลูกเล็กๆ ในระบบ 525 เส้น และถูกแบ่งเป็น 5 ลูกในระบบ 625 เส้น



ภาพที่ 2-1 ลักษณะของสัญญาณภาพเบื้องต้น

2.2 สัญญาณภาพขาว-ดำหรือสัญญาณส่องสว่าง(Luminance Signal)

สมมติว่าเราจะดูระดับสัญญาณขาว-ดำ เราสามารถกล่าวได้ว่าสัญญาณขาว-ดำหรือสัญญาณ โมโนโครมดีที่สุด คือภาพที่เป็นสีขาวต้องเป็นภาพที่มีความสว่างมากที่สุดและภาพที่เป็นสีดำเป็นภาพที่ไม่มีความสว่างเลย ภาพจำลองที่ดีที่สุดของกรณีนี้ก็คือแถบภาพที่มีความแตกต่างของระดับสัญญาณขาวดำที่น้อยซึ่งเราเรียกว่าระดับเกรย์สเกลนั่นเอง



ภาพที่ 2-2 ระดับสัญญาณขาวดำโดยเกรย์สเกล

จากภาพที่ 2-2 แสดงให้เห็นระดับของเกรย์สเกล ในกรณีที่ระดับสัญญาณภาพเป็นสัญญาณสีขาวเข้ามา นั่นหมายความว่าระดับความแรงของสัญญาณภาพมากที่สุด จึงให้ความส่องสว่างที่หน้าจอบมากที่สุด และเมื่อระดับสัญญาณสีขาวลดลงเป็นสีม่วง เทาและดำนั้น แสดงว่าระดับสัญญาณลดลงเรื่อยๆ นั่นหมายความว่า เมื่อสัญญาณมีความแรงน้อยลง ความส่องสว่างก็น้อยลงตามไปด้วยในการส่งสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำจะส่งสัญญาณภาพหรือสัญญาณวิดีโอ (Video Signal) เป็นสัญญาณที่มีระดับแรงดันเปลี่ยนแปลงที่ไปตามความสว่างของภาพ

อันที่จริงแล้วภาพแต่ละภาพเป็นสัญญาณความถี่ทางไฟฟ้าที่มีความถี่สูงต่ำไม่เท่ากัน โดยความถี่สูงสุดไม่เกิน 4 MHz ในระบบ FCC และไม่เกิน 5.5 MHz ในระบบ CCIR ภาพที่เกิดจากความถี่สูงย่อมมีความละเอียดดีกว่าภาพที่เกิดจากความถี่ต่ำ

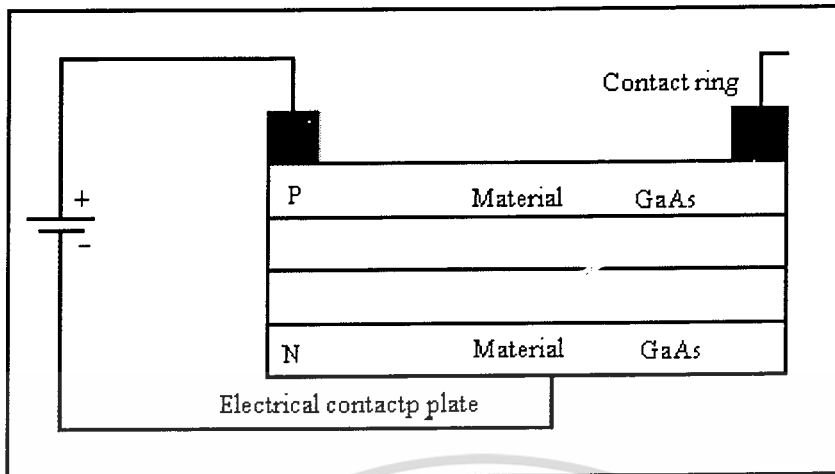
2.3 อุปกรณ์กำเนิดและรับสัญญาณแสง

2.3.1 อุปกรณ์กำเนิดสัญญาณแสง

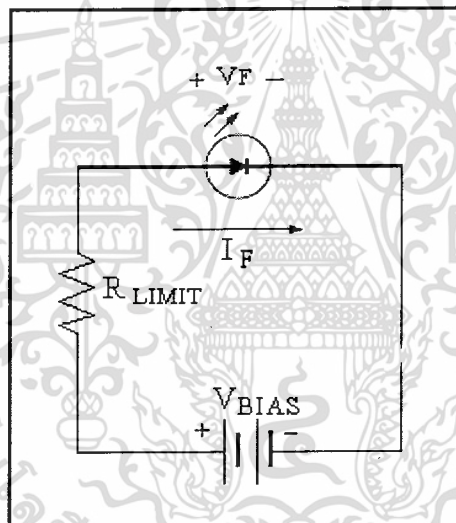
2.3.1.1 LED (Light Emitting Diode) คือไดโอดที่ออกแบบโครงสร้างให้สามารถแปลงพลังงานแสงออกมาได้เมื่อมีการไบอัสที่ถูกต้อง ลักษณะโครงสร้างของ LED แบบพื้นฐานที่ใช้ในระบบสื่อสารปัจจุบัน ซึ่งประกอบไปด้วยสารชนิดกึ่งตัวนำแอสเซมบลี GaAs (LED ทั่วไปจะใช้สารเจอร์เมเนียม (Ge) หรือซิลิกอน (Se) ถูกโคปเป็นชนิด P (มีโฮลหรือประจุบวกมากกว่า) และชนิด N (มีอิเล็กตรอนอิสระมากกว่า) วางต่อกัน

หลักการการทำงานของแอลอีดีอธิบายได้ดังนี้ คือ เมื่อให้แรงดันไบอัสตรงกับ LED ดังภาพที่ 2-4 จะทำให้เกิดกระแส I_f ขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่จากสารกึ่งตัวนำส่วน N ผ่านรอยต่อ PN ไปยังส่วน P และโฮลเคลื่อนที่ในทิศทางสวนกับอิเล็กตรอนเป็นผลทำให้เกิดการปล่อยพลังงานแสงออกมาเป็นคลื่นแสงและความร้อน โดยความถี่ของคลื่นแสงที่ปล่อยออกมาขึ้นอยู่กับแถบพลังงานช่องว่างกับวัสดุที่ใช้ทำแอลอีดีนั้น สำหรับอุปกรณ์ในทางปฏิบัติจริงๆ แล้วปัจจุบันจะเปล่งแสงในย่านความยาวคลื่นสูงกว่า 550 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



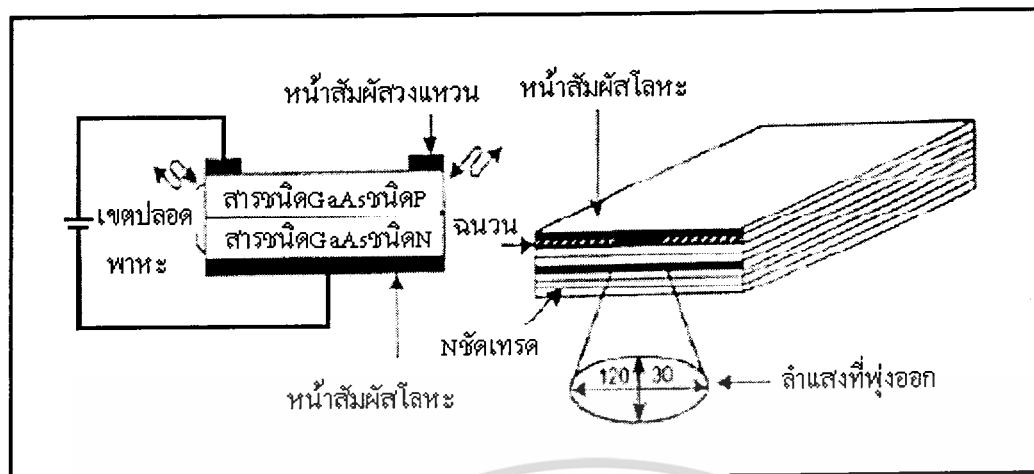
ภาพที่ 2-3 โครงสร้างพื้นฐานของ LED



ภาพที่ 2-4 การไบอัส LED

คุณสมบัติทั่วไปของแอลอีดีก็เหมือนกับของไดโอดนั่นเอง โดยในขณะที่ไบอัสตรงมันจะให้กระแสไหลผ่านได้และจะเกิดแรงดันตกคร่อมตัวมันมีค่าประมาณ 0.6 – 1 โวลต์ แต่ถ้าไบอัสกลับแอลอีดีจะมีค่าแรงดันพังที่ต่ำกว่าไดโอดธรรมดา

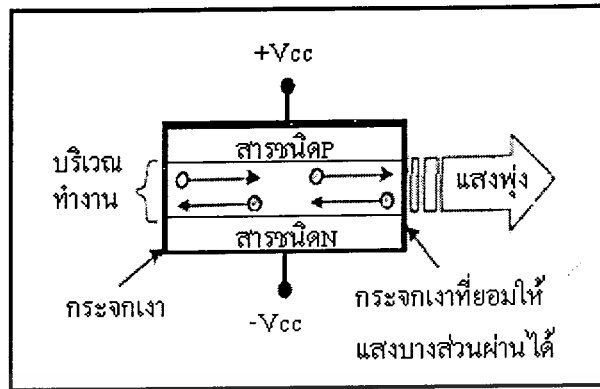
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2-5 โครงสร้างของแหล่งกำเนิดแสงที่เป็น LED

2.3.1.2 เลเซอร์ (Laser) ย่อมาจาก “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation” ซึ่งหมายถึงการแผ่รังสีที่เกิดจากการเปล่งแสงแบบกระตุ้นและมีการขยายคลื่นสัญญาณนั้นด้วย สำหรับแสงเลเซอร์การเปล่งแสงของแต่ละอะตอมจะถูกกระตุ้นให้อยู่ในจังหวะเดียวกัน นั่นคือ ในช่วงชั่วขณะที่อะตอมถูกเปลี่ยนจากพลังงานต่ำไปเป็นพลังงานสูง ถ้ามีแสงในย่านความถี่เดียวกันมากระทบจะมีผลทำให้อะตอมที่มีระดับพลังงานสูงดังกล่าวเปล่งแสงที่มีสีเดียวกับแสงที่มากระทบและที่มุมคลื่น หรือ มุมเฟสในจังหวะเดียวกัน ดังนั้นถ้ามีการเปล่งแสงจังหวะเดียวกันนี้มากพอก็จะทำให้เกิดแสงพลังงานสูงที่มีสีเดียวเปล่งออกมาเรียกว่า “แสงเลเซอร์”

เลเซอร์ไดโอด ก็คือไดโอดชนิดหนึ่ง มีหลักการทำงานคล้ายกับ LED ต่างกันตรงที่เมื่อมีการเปล่งแสงให้กับตัวเลเซอร์ไดโอด มากกว่ากระแสภายในของตัวมัน เลเซอร์ก็จะเปล่งแสงออกมา ซึ่งกระแสภายในของเลเซอร์ไดโอดนั้นเรียกว่า “กระแสเทรตโซล” เลเซอร์ไดโอดแต่ละชนิดจะมีกระแสเทรตโซลแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับสารกึ่งตัวนำที่ใช้ผลิตเลเซอร์ไดโอด โครงสร้างหรืออุณหภูมิในขณะนั้น นอกจากนี้เลเซอร์ไดโอดยังถูกออกแบบมาเพื่อใช้กำเนิดแสงเลเซอร์ ตั้งแต่ย่านอัลตราไวโอเล็ตไปจนถึงย่านอินฟราเรด โดยนำมาใช้งานในการสื่อสารทางแสงต่างๆ เดิมแสงเลเซอร์สีแดงจะถูกสร้างจากหลอดก๊าซ ซึ่งเป็นก๊าซผสมระหว่างก๊าซฮีเลียมกับก๊าซนีออนให้แสงสีแดงเข้มมีความยาวคลื่น 632.8 นาโนเมตร อยู่ในช่วงที่สายตามองเห็น ต่อมาได้มีการคิดค้นเลเซอร์ไดโอดที่มีสีและความเข้มแสงแตกต่างกันออกไป ตามตารางที่ 2-1



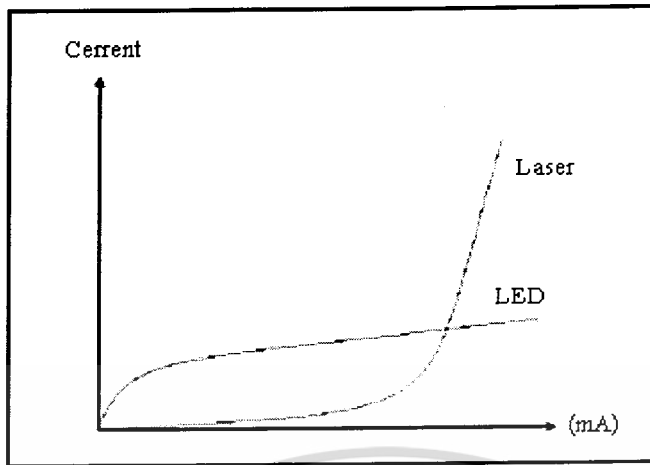
ภาพที่ 2-6 เลเซอร์ไดโอด

ตารางที่ 2-1 สีของแสงและความยาวคลื่น

สีของแสง	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร(nm))
อินฟราเรด	740 – 1600
แดง	620 – 740
ส้ม	585 – 620
เหลือง	575 – 585
เขียว	500 – 575
น้ำเงิน	445 – 500
ม่วงน้ำเงิน	425 – 445
ม่วง	390 – 425
อัลตราไวโอเล็ต	5 – 390

การไบอัส การที่เลเซอร์ไดโอดจะทำงานได้นั้น จำเป็นต้องมีการไบอัสเช่นเดียวกับไดโอดทั่วไป เนื่องจากคุณสมบัติทางศักย์ไฟฟ้าเหมือนไดโอด คือมีคุณสมบัติของการไบอัสไปข้างหน้าและกลับหลัง สำหรับการไบอัสให้เลเซอร์ไดโอดเปล่งแสงในย่านความถี่คลื่นแสงเลเซอร์ จะต้องป้อนกระแสไบอัสตรง และจะต้องมีค่ามากกว่ากระแสเทรสโวล จึงจะทำให้แสงที่เปล่งออกมามีลักษณะเป็นแสงเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

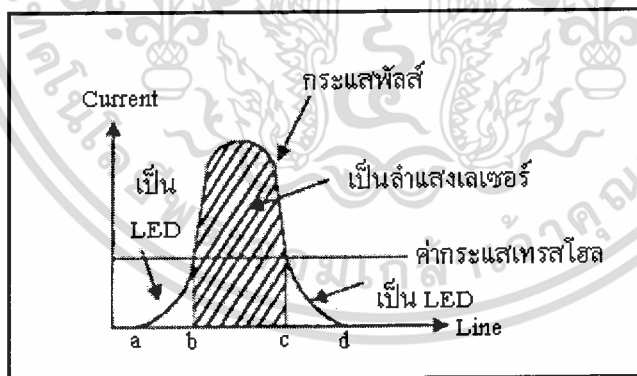


ภาพที่ 2-7 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและพลังงานของแสง

นอกจากนี้การป้อนกระแสเพื่อให้เลเซอร์ไดโอดทำงานนั้นเราจะต้องคำนึงถึงสิ่งต่างๆ หลายประการด้วยกันซึ่งพอจะสรุปได้ดังนี้

1. ค่าสูงสุดของกระแสไบอัสไปข้างหน้าต้องไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ของเลเซอร์ไดโอดแต่ละเบอร์
2. ค่ากระแสที่ทำให้เลเซอร์ไดโอดทำงานต้องไม่ต่ำกว่ากระแสเทรชโฮลของเลเซอร์ไดโอดเอง
3. ควรมีการป้องกันการกลับขั้ว (Reverse Bias) เลเซอร์ไดโอด

ส่วนกรณีที่จ่ายกระแสให้กับเลเซอร์ไดโอดในลักษณะของพัลส์ การทำงานของเลเซอร์ไดโอดจะมีลักษณะดังภาพที่ 2-8



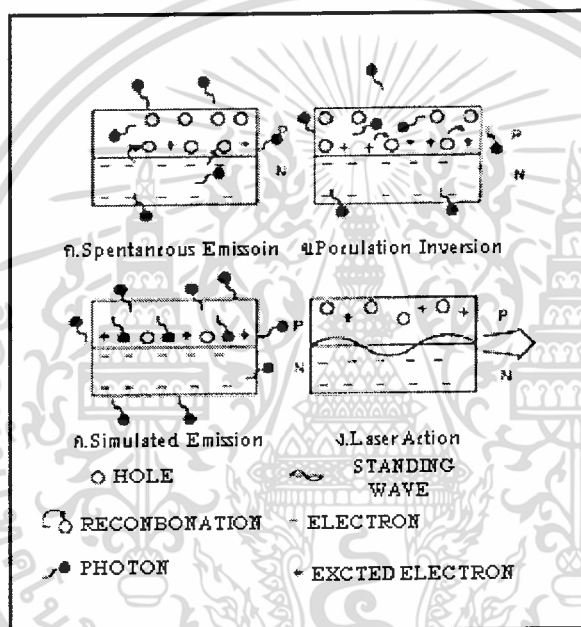
ภาพที่ 2-8 กระแสพัลส์และการทำงานของเลเซอร์ไดโอด

จากภาพที่ 2-8 ในช่วงเวลาจาก a ถึง b ซึ่งกระแสพัลส์มีค่าต่ำกว่ากระแสเทรชโฮลเลเซอร์ไดโอด เปล่งแสงเป็น LED ตัวหนึ่ง ช่วงเวลาจาก b ถึง c กระแสพัลส์มีค่าสูงกว่ากระแสเทรชโฮล เลเซอร์ไดโอด จะเปล่งแสงออกมาเป็นเลเซอร์ในช่วง c ถึง d กระแสพัลส์ลดลงต่ำกว่ากระแส เทรชโฮล เลเซอร์ไดโอดก็ จะทำงานเป็นแบบ LED อีกครั้งหนึ่งในการส่งข้อมูลส่วนใหญ่ ในปัจจุบันจะเป็นลักษณะดิจิทัล จึง จำเป็นต้องคำนึงถึงค่าช่วงเวลาดำเนิน (Rise Time) ช่วงเวลาดตก (Fall Time) ของกระแสพัลส์และความกว้าง ของพัลส์เพราะถ้าหากมีมากเกินไปจะทำให้เลเซอร์ไดโอดเกิดความร้อนขึ้นที่รอยต่อเมื่อเกิดความร้อนขึ้น ค่ากระแสเทรชโฮลจะมีค่ามากขึ้นอีก ทำให้กระแสพัลส์มีค่าไม่ถึงระดับกระแสเทรชโฮล เลเซอร์ไดโอดก็ หมายความว่า ถึงแม้ว่ากระแสพัลส์จะมีความถี่สูงก็ตาม แต่ถ้ากระแสพัลส์มีค่าไม่ถึงระดับกระแสเทรชโฮล เลเซอร์ไดโอดก็

ไม่ทำงานและอาจจะทำความเสียหายให้กับตัวเลเซอร์ไดโอดได้ ซึ่งเราสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสเทอร์สโตนและอุณหภูมิ

2.4 ขั้นตอนการเกิดแสงเลเซอร์

โดยทั่วไปเลเซอร์ไดโอดที่เป็นประเภทอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำจะทำจาก GaAs แกลเลียม อาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide) ทำเป็นรอยต่อ P-N เหมือนไดโอดทั่วไป (รวมถึงคุณสมบัติทางไฟฟ้า) โดยแสงเลเซอร์ที่เปล่งออกมาส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงใกล้เคียงแสงย่านอินฟราเรดซึ่งเป็นลำแสงที่ตามองไม่เห็น ขั้นตอนการเกิดแสงดังภาพที่ 2-9



ภาพที่ 2-9 ขั้นตอนการเกิดแสง

เริ่มต้นจากเราทำการป้อนกระแสให้กับเลเซอร์ไดโอด ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากระแสเทอร์สโตน เลเซอร์ไดโอดจะทำงานในลักษณะเดียวกับ LED ก็จะมีแสงที่เกิดจากโฟตอน (Photon) ปลดปล่อยออกมาแบบไม่มีทิศทางเรียกสภาวะนี้ว่า “Spontaneous Emission” ต่อมาเมื่อเราป้อนกระแสที่สูงขึ้นจนมีค่ามากกว่ากระแสเทอร์สโตน เลเซอร์ไดโอดจะมีการคายโฟตอนมากขึ้น เนื่องจากมีอิเล็กตรอนที่ถูกกระตุ้นมากกว่าอิเล็กตรอนที่ไม่ถูกกระตุ้น เรียกสภาวะนี้ว่า “Population Inversion” และเมื่อโฟตอนที่เกิดขึ้นนี้ชนกับอิเล็กตรอนอื่นๆ ทำให้มีการเพิ่มโฟตอนมากขึ้นจนเข้าสู่ภาวะ “Spontaneous Emission” โฟตอนตัวใหม่ที่เกิดขึ้นจะมีเฟส (Phase) เหมือนตัวที่เข้าชนอิเล็กตรอน เมื่อโฟตอนที่มีเฟสเดียวกันมีมากขึ้นจะทำให้เกิด Standing Wave ขึ้นระหว่างรอยต่อของสาร P-N เนื่องจากกระแสทั้ง 2 อันที่อยู่หัวท้ายของเลเซอร์ไดโอด ทำให้เกิดแสงเลเซอร์เปล่งออกมาและแสงที่พุ่งสู่ภายนอกนี้จะมีบางส่วนที่สะท้อนกลับเข้าสู่บริเวณที่เกิดปฏิกิริยา ทำให้เกิดโฟตอนขึ้นมาใหม่อีก เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 คุณสมบัติของเลเซอร์

ลักษณะเด่นที่สำคัญของแสงเลเซอร์คือ การเป็น Coherent Light คุณสมบัตินี้ทำให้แสงเลเซอร์ทำงานได้แตกต่างไปจากแสงอื่นๆ ที่เป็นแบบคลื่นร้าวด์ ความเป็นระเบียบของคลื่นส่งผลให้เกิดคุณสมบัติอีกหลายอย่างตามมาเช่น การมีแสงเดี่ยว (Monochromatic) การมีทิศทางที่แน่นอน (Directionality) และมีความเข้มสูง (High Intensity)

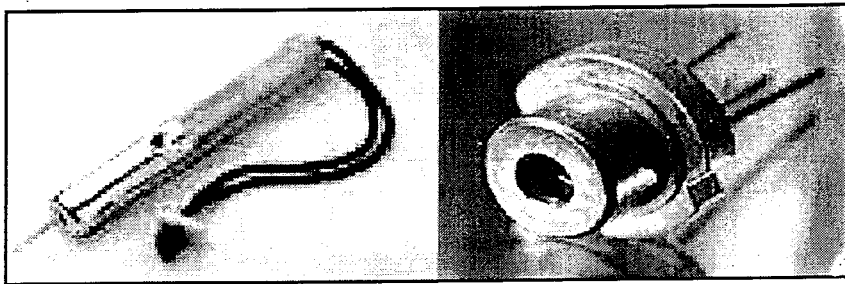
2.5.1 Coherent Light คือ ความเป็นระเบียบของคลื่นแสง คลื่นจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกันโดยมีเฟสเหมือนกัน หน้าคลื่นพร้อมกัน คลื่นที่เป็นระเบียบย่อมมีพลังงานและโมเมนตัมเพราะพลังงานและโมเมนตัมของโฟตอนแต่ละตัวจะเสริมกัน

2.5.2 แสงสีเดี่ยว (Monochromatic Light) แสงเลเซอร์ที่มีคุณสมบัติ แสงสีเดี่ยว (Monochromatic Light) เพราะเป็นแสงที่เปล่งออกมาจากการเปลี่ยนชั้นพลังงานที่เป็นชั้นพลังงานเดี่ยว (Discrete Energy Levels) ในระบบอะตอมหรือโมเลกุล ความถี่ของแสงมีค่าแน่นอนตามผลต่างของชั้นพลังงานทั้งสองและยังมีส่วนในการทำให้เกิด Stimulate Emission โดยอาศัยกลไกของการขยายสัญญาณแสงด้วย Optical Cavity จึงเกิดแสงที่มีความถี่เดียวกันอีกจำนวนมาก จึงเป็นเหตุผลที่สามารถอธิบายได้ว่าทำไมแสงเลเซอร์จึงเป็นแสงสีเดี่ยว สีของเลเซอร์มีครอบคลุมสเปกตรัมตั้งแต่อัลตราไวโอเลตจนถึงอินฟราเรด เช่น แสงในช่วงอัลตราไวโอเลตได้แก่ เลเซอร์เอกไซเมอร์ เลเซอร์ไนโตรเจน ซึ่งตามองไม่เห็น เลเซอร์อาร์กอน ในย่านแสงที่ตามองไม่เห็น (Invisible Light) ซึ่งมีสีเขียว เลเซอร์ฮีเลียม-นีออน ซึ่งมีแสงสีแดง

2.5.3 การที่มีทิศทางที่แน่นอน (Directionality) เลเซอร์เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ทำให้แสงเป็นลำขนาน ความขนานของลำแสงที่ดีนั้นต้องมี Beam Divergence เพียงเล็กน้อย

2.5.4 ลำแสงที่ขนานจึงมีทิศทางที่แน่นอนและชี้ไปยังทางเดียวกันยังเป็เป้าหมายที่ต้องการได้ จึงมีประโยชน์ทางด้านเรดาร์และการใช้งานอื่นๆ ที่ต้องอาศัยการมีทิศทางที่แน่นอนของลำแสง

2.5.5 ความเข้มแสงสูง (High Intensity) จากหลักการของเลเซอร์ที่เป็นการขยายแสงภายใน Optical Cavity ด้วยกระบวนการ Stimulate Emission จึงทำให้เกิดแสงแบบ Monochromatic และมี Directionality จึงเป็นเหตุผลที่ใช้อธิบายว่าทำไมแสงเลเซอร์จึงมีความเข้มสูงได้ แม้ประสิทธิภาพของแสงเลเซอร์บางชนิดจะมีค่าต่ำก็จริง แต่พลังงานในระบบจะเปลี่ยนเป็นแสงที่มีความถี่เดียวหรือมีสเปกตรัมแคบมากๆ จำนวนโฟตอนที่มีความถี่นั้นจึงมีค่าสูง ประกอบทั้งโฟตอนเหล่านั้นมีทิศทางเคลื่อนที่ไปทางเดียวกันหมดภายในพื้นที่หน้าตัดแคบๆ ที่กำหนดโดย Optical Cavity จำนวนโฟตอนต่อพื้นที่หนึ่งหน่วยจึงสูงมาก หากมีการ โฟกัสลำแสงเลเซอร์จะมีความเข้มสูงมาก



ภาพที่ 2-10 ลักษณะของเลเซอร์พอยน์เตอร์

ตารางที่ 2-2 คุณสมบัติของ LASER กับ LED

คุณสมบัติ	LASER	LED
แบนวิคท์ของแสง (nm)	1-10	1-5
กำลังส่ง (mw)	0.5-5	0.03-0.3
ความกว้างสเปกตรัม (rms,nm)	2-4	15-60
ความสว่าง ($w/cm^2/s^2$)	$>10^5$	10-10 ⁵
ขอบขาขึ้น 10-90 % (ns)	$<1,=1$	2-20
แรงดันตกคร่อม (v)	1.5-2	1.5-2
กระแสที่ใช้ป้อน (mA)	10-300	50-250
กระแสเทอร์สไฮด (mA)	5-250	-
แบนวิคท์ของข้อมูล	10 MHz	100 kHz
อุณหภูมิ	สูง	ต่ำ
การสร้าง	ยาก	ง่าย
ราคา	แพง	ถูก
อายุการใช้งาน	นาน	สั้น
ระยะทางในการเปล่งแสง	100 เมตร	1 เมตร

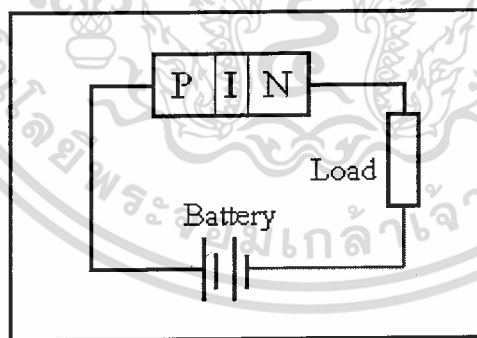
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 อุปกรณ์ที่ใช้รับสัญญาณแสง

การรับแสงจะใช้อุปกรณ์ตัวรับแสง (Detector) คือสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงที่ได้รับเป็นพลังงานไฟฟ้า อุปกรณ์ประเภทนี้คือ โฟโตไดโอด (Photo Diode) โฟโตทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor) เป็นต้น การต่อใช้งานโฟโตไดโอดทำได้โดยการต่อแบบรีเวอร์ไบอัส

2.6.1 โฟโตไดโอดหลักการทำงาน: ตรงข้ามกับไดโอดเปล่งแสงหรือ LED กล่าวคือเมื่อไดโอดรับพลังงานแสงจากภายนอก จะทำให้เกิดโฟตอนขึ้นในบริเวณปอดพาห์หรือรอยต่อ P-N เกิดเป็นกระแสรั่วไหลหรือกระแสมืด (Dark Current) ไหลในช่วงนี้ หากมีการไบอัสกลับให้แก่ไดโอดบริเวณปอดพาห์จะขยายกว้างขึ้นเป็นผลให้มีกระแสไหลมากขึ้น ทิศทางการไหลของกระแสเนื่องจากแสงนี้มีทิศทางเดียวกันกับการไบอัสกลับคือจะไหลจากขั้วบวกของแหล่งจ่ายไปเข้าสู่ขั้วแคโทดของไดโอด การเพิ่มบริเวณปอดพาห์ให้กว้างขึ้น นอกจากจะทำได้โดยการเพิ่มค่าแรงดันไบอัสกลับของโฟโตไดโอดแล้ว อาจทำได้โดยตรงกับโครงสร้างภายในของมันโดยแทรกสารแบบอินทรินซิก (I) ได้ระหว่างรอยต่อ P-N ทำให้โฟโตไดโอดชนิดนี้มีโหมดการทำงานได้สองแบบคือ “โหมดโฟโตวอลทาทอิก” ซึ่งจะผลิตกระแสเมื่อแสงตกกระทบโดยไม่ต้องมีการไบอัสเลยและ “โหมดโฟโตคอนคักทีฟ” เป็นการทำงานเมื่อมีการไบอัสกลับให้ตัวมัน

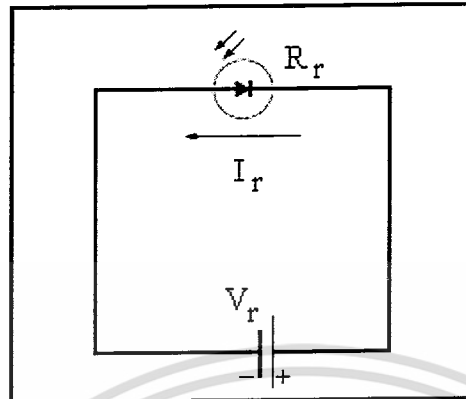
โครงสร้างของโฟโตไดโอดได้แก่ หัวต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำ ในขณะที่ใช้งานหัวต่อพีเอ็นอยู่นี้จะถูกไบอัสกลับ (Reverse Bias) ด้วยแบตเตอรี่และโฟโตไดโอดจะต่ออยู่กับค่าความต้านทานที่ทำหน้าที่เป็น External Load ดังภาพที่ 2-11



ภาพที่ 2-11 การทำงานของโฟโตไดโอด

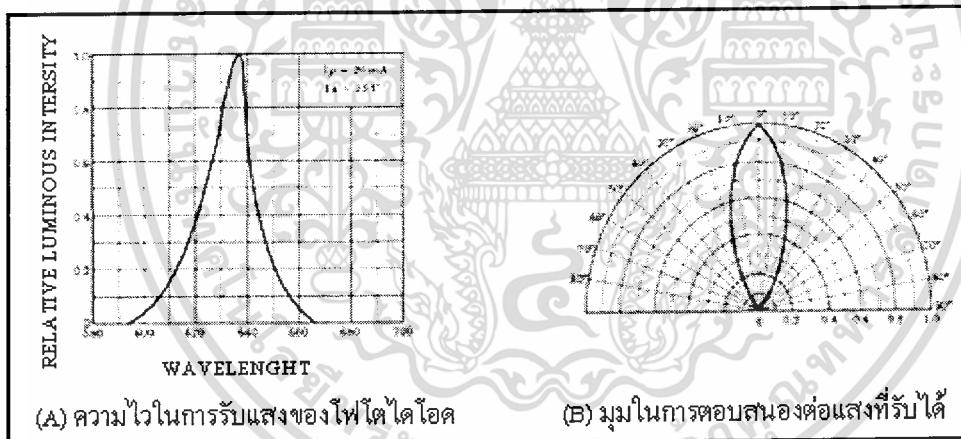
เมื่อไม่มีแสงตกกระทบหัวต่อ หัวต่อจะมีสภาพสมดุล จึงไม่มีกระแสไหลสู่วงจรภายนอก แต่เมื่อมีการฉายแสงให้แก่หัวต่อจะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าได้แก่ อิเล็กตรอนและโฮลขึ้น อิเล็กตรอนและโฮลจะมีการเคลื่อนที่เพื่อรักษาสมดุล จึงมีกระแสไหลในวงจร ซึ่งเป็นสัญญาณบอกว่าการตรวจจับแสงเกิดขึ้นแล้วเพื่อให้มีความไวสูง อาจจะออกแบบให้หัวต่อมีปริมาตรได้โดยการใส่ชั้น (Intrinsic Diode) ไว้ตรงกลางหัวต่อ จึงเรียกโครงสร้างแบบนี้ว่า Pin Photo Diode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2-12 การต่อใช้งานโฟโตไดโอด

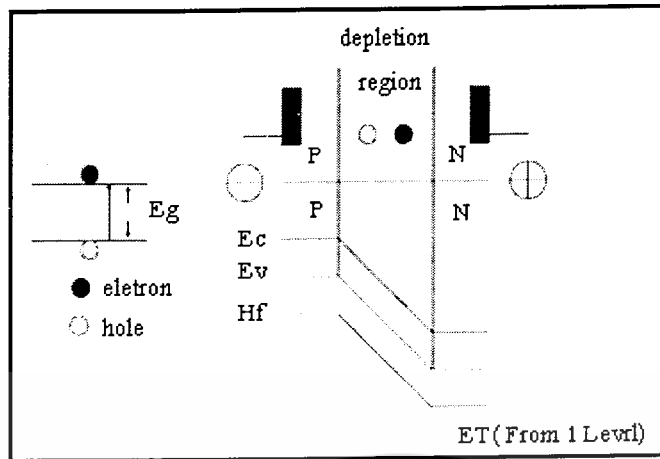
เนื่องจากโฟโตไดโอดทำงานเสมือนตัวต้านทานตัวหนึ่งเมื่อมีแสงตกกระทบ (โดยค่าความต้านทานขึ้นอยู่กับคุณสมบัติภายในของตัวโฟโตไดโอด ในการตอบสนองต่อความยาวคลื่นแสงนั้นด้วย)



ภาพที่ 2-13 ความยาวของคลื่นแสงและมุมที่โฟโตไดโอดสามารถรับแสงได้

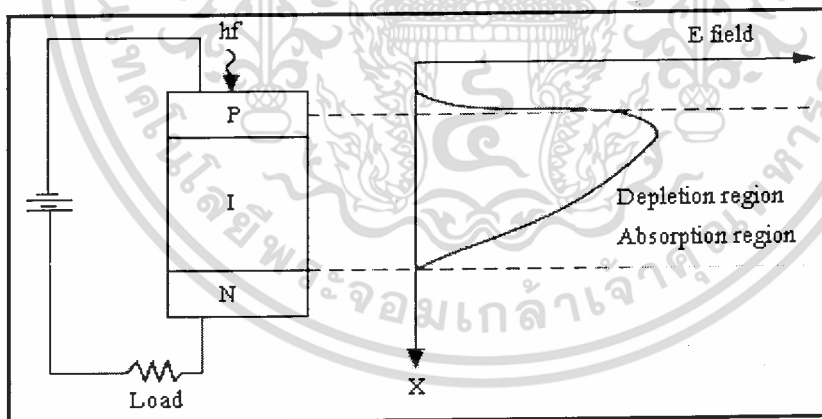
โฟโตไดโอดมีหลากหลายชนิดทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเนื้อสารกึ่งตัวนำนั้นๆ และโครงสร้างของ P-N Junction ของไดโอดแต่ละชนิดและวิธีการผลิต จากภาพที่ 2-13 (A) แสดงการตอบสนองต่อแสงที่ความยาวคลื่นของแสงที่ประมาณ 636-650 นาโนเมตร ซึ่งตรงกับความยาวคลื่นของแสงอินฟราเรดส่วนภาพที่ 2-13 (B) แสดงค่าของมุมในการรับแสงโดยความไวในการรับแสงหรือตอบสนองต่อแสงขึ้นอยู่กับค่ามุมในการรับแสงของโฟโตไดโอดโดยที่มุม 0 องศาจะมีความไวในการรับแสงหรือตอบสนองต่อแสงได้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2-14 โฟโตดีเทคเตอร์

2.6.2 พินโฟโตไดโอด การเพิ่มบริเวณปลอดพาหะให้กว้างขึ้นนอกจากทำได้โดยการเพิ่มค่าแรงดันไบอัสกลับของโฟโตไดโอดแล้ว อาจทำได้โดยตรงกับโครงสร้างภายใน โดยแทรกสารแบบอินทรินซิก (I) ไว้ระหว่างรอยต่อ P-N ทำให้โฟโตไดโอดชนิดนี้มีโหมดการทำงานได้สองแบบคือ โหมดโฟโตวอลทาจิก ซึ่งจะผลิตกระแสเมื่อแสงตกกระทบโดยไม่ต้องมีการไบอัสเลยและ โหมดโฟโตคอนดักทีฟ เป็นการทำงานเมื่อมีการไบอัสกลับให้กับตัวไดโอด

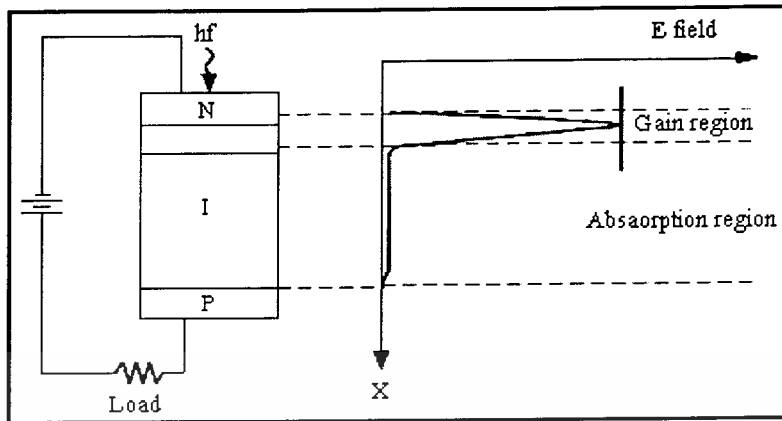


ภาพที่ 2-15 โฟโตดีเทคเตอร์ชนิด PIN

2.6.3 โฟโตไดโอดแบบอะวาลานซ์ (APD)

โฟโตไดโอดแบบอะวาลานซ์ (APD) อาศัยหลักการการทำงานเช่นเดียวกับอะวาลานซ์ไดโอดทำให้มีกระแสไหลมากขึ้นกว่าโฟโตไดโอดธรรมดาหลายเท่า แต่มีข้อเสียตรงที่มีความไวต่ออุณหภูมิและเกิดสัญญาณรบกวนมาก การใช้งานโฟโตไดโอดแบบอะวาลานซ์จำเป็นต้องใช้แรงดันไบอัสกลับค่อนข้างสูง (ประมาณ 10-40 โวลต์) แต่ก็ยังเป็นผลดีเพราะทำให้เวลาตอบสนองสัญญาณสั้นมาก

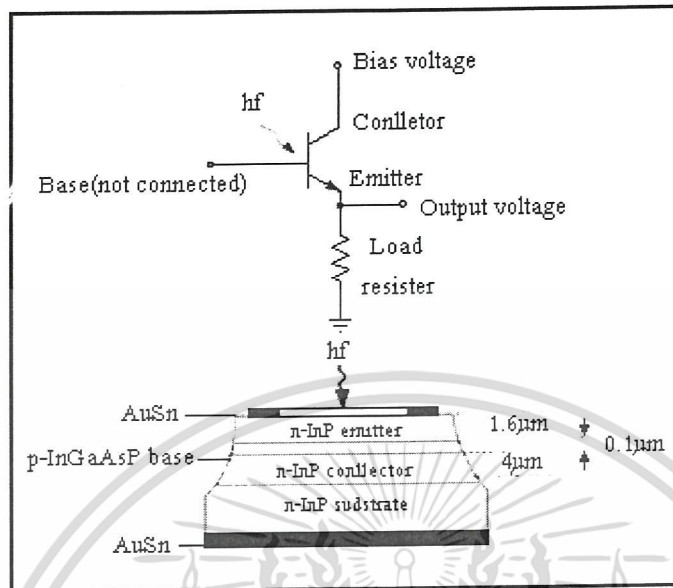
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



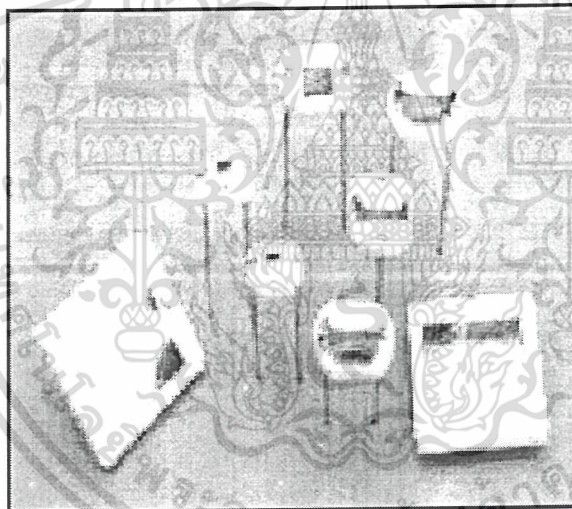
ภาพที่ 2-16 โฟโตดีเทคเตอร์ชนิดอะวอลานซ์ (APD)

2.6.4 โฟโตทรานซิสเตอร์ เป็นโฟโตดีเทคเตอร์ที่หลักการทำงานขึ้นอยู่กับขนาดความเข้มแสงที่ตกกระทบ โดยเปรียบเทียบเสมือนกับการต่อโฟโตไดโอดเข้ากับขาเบสของทรานซิสเตอร์เมื่อมีความเข้มสูงมากกระทบกระแสไหลผ่านตัวต่อโฟโตไดโอดที่ขาเบสจะมีค่ามาก ทำให้กระแสที่ขาคอลเลคเตอร์ (I_C) มีค่าเพิ่มมากขึ้นด้วย โฟโตทรานซิสเตอร์นี้สามารถมีการขยายสัญญาณกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเนื่องจากแสงได้เช่นเดียวกับหลอด Photomultiplier ถ้าค่า Reverse Bias มีขนาดโตมากจนมีค่าใกล้ Breakdown Voltage พาหะที่วิ่งผ่านหัวต่อจะมีพลังงานจลน์สูงมากพอ จนกระทั่งมันสามารถกระตุ้นอิเล็กตรอนตัวอื่นเพิ่มเติมจาก Valence Band สู่ Conduction Band ได้ จึงเป็นการเพิ่มคู่อิเล็กตรอน – โฮล สิ่งประดิษฐ์ที่มีกลไกการทำงานเช่นนี้เรียกว่า Avalanche Photodiode จึงถูกนำมาใช้ในการตรวจจับสัญญาณคลื่นแสงในระบบสื่อสารทางแสงอย่างกว้างขวาง เนื่องจากสามารถวัดแสงที่มีความเข้มต่ำได้ ในขณะที่เดียวกันยังมี Response Time สูงอีกด้วย ข้อดีของโฟโตทรานซิสเตอร์คือสามารถดีเทคสัญญาณที่มีขนาดของความเข้มแสงน้อยๆ ได้ดี แต่มีช่วงเวลาคอบสนองสัญญาณค่อนข้างช้าคือมีช่วงเวลายาขึ้น (Rise Time) ประมาณ 10 ไมโครวินาที ซึ่งไม่เหมาะกับระบบข้อมูลจำนวนมากหรือแบนวิดท์สูงๆ (>100 MHz) จะใช้โฟโตทรานซิสเตอร์ชนิด PIN-FET ที่มีโครงสร้างวงจรเสมือนมี PIN โฟโตไดโอดเป็นตัวดีเทคสัญญาณ และมีวงจรทรานซิสเตอร์แบบ FET เป็นตัวขยายสัญญาณอยู่ในตัวถึงเดียวกันจากหลักการเหล่านี้ทำให้โฟโตดีเทคเตอร์ที่มีความไวในการรับสัญญาณสูงและมีค่าสัญญาณรบกวนต่ำ

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ภาพที่ 2-17 โฟโตทรานซิสเตอร์



ภาพที่ 2-18 ลักษณะของโฟโตไดโอดแบบต่างๆ

2.7 วงจรขับสัญญาณแสง

วงจรไดรเวอร์ (Driver Circuit) หรือวงจรขับสัญญาณแสงเป็นวงจรที่ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณแสง ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยทำให้เราสามารถใช้งานแหล่งกำเนิดแสงได้อย่างมีประสิทธิภาพ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงของวงจรขับสัญญาณแสงคือ กระแสที่ใช้ขับเลเซอร์ไดโอดนั้นจะต้องมีค่ามากพอที่จะทำให้เลเซอร์ไดโอดทำงานได้ โดยเราจะใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัวต่อกันโดยทรานซิสเตอร์ตัว

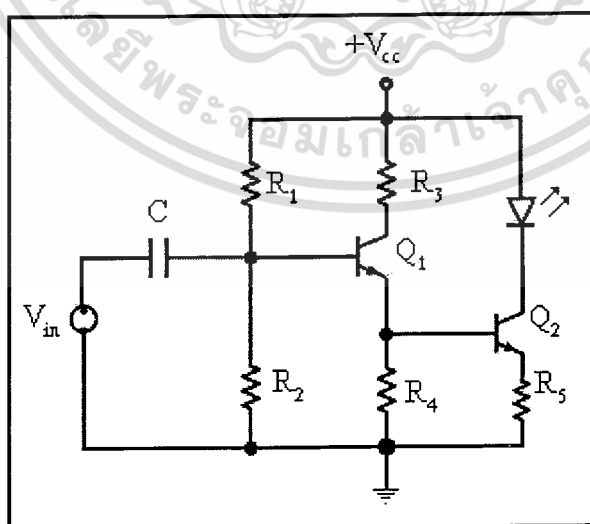
แรกต่ออยู่ในลักษณะคอมมอนคอลเลกเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ ส่วนทรานซิสเตอร์ตัวที่ 2 ต่ออยู่ในลักษณะคอมมอนอีมิเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรสวิทช์เปิด-ปิดแล้วจึงเปลี่ยนค่าแรงดันไฟฟ้าส่งไปยังเมฆากรณใดๆ พงสน อีกทงห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาครับ วงจรขับสัญญาณแสงเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยให้แหล่งกำเนิดแสงทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลักษณะของวงจรขับสัญญาณแสงของแอลอีดี ก่อนข้างแตกต่างจากเลเซอร์ไดโอด ทั้งนี้เนื่องจากแอลอีดีมีคุณสมบัติความเป็นเชิงเส้นในการเปล่งแสงตามค่ากระแสไบอัสโดยตรงและสามารถที่จะใช้แอลอีดีกับระบบสัญญาณดิจิทัลได้ แต่จะมีคุณภาพน้อยกว่าระบบสื่อสารดิจิทัลที่ใช้เลเซอร์ไดโอดเป็นแหล่งกำเนิดแสง

ในการใช้งานทรานซิสเตอร์จะทำหน้าที่เป็นสวิทช์ทำได้โดยการจ่ายไบอัสให้แก่ทรานซิสเตอร์ซึ่งมีการทำงานอยู่ในช่วงสถานะอิ่มตัว (Saturation State) และการหยุดทำงานอยู่ในช่วงสถานะตัด (Cutoff State)

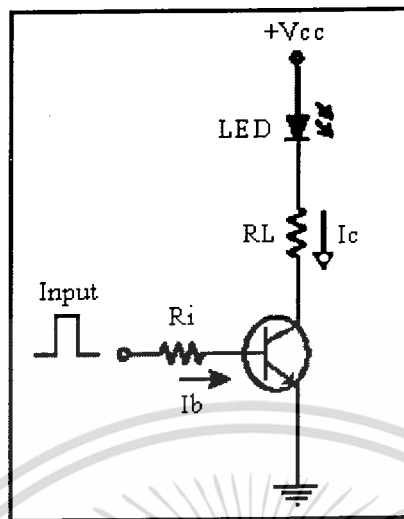
คุณสมบัติของวงจรขับสัญญาณแสงที่ดีต้องมีคุณสมบัติดังนี้

- 2.7.1 สามารถให้แสงที่มีพลังงานหรือความเข้มแสงมากพอที่จะทำให้สัญญาณแสงสามารถเดินทางไปได้ตลอดระยะทางการสื่อสาร
- 2.7.2 โครงสร้างของแหล่งกำเนิดแสงต้องส่งพลังงานแสงส่วนใหญ่ผ่านอากาศได้
- 2.7.3 ความยาวคลื่นแสงที่ได้ต้องมีความเหมาะสมที่ใช้ในระบบการสื่อสาร
- 2.7.4 โลต์วิดท์ของแสงที่เปล่งออกมาจะต้องมีค่าน้อยๆ เพื่อให้สามารถส่งข้อมูลปริมาณมาก ๆ ได้
- 2.7.5 ช่วงเวลาตอบสนองของแหล่งกำเนิดแสงหรือช่วงเวลาที่ได้รับสัญญาณไฟฟ้าแล้วสร้างสัญญาณแสงออกมาต้องมีค่าสั้นมากๆ อันจะมีผลให้วงจรขับสัญญาณแสงสามารถส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงหรือปริมาณมาก ๆ ได้ดี
- 2.7.6 กำลังแสงต้องมีค่าคงที่ต่อเนื่องตลอดเวลาและไม่มีเปลี่ยนแปลงใดๆ อันเนื่องมาจากผลของอุณหภูมิและสภาพแวดล้อมขณะใช้งาน



ภาพที่ 2-19 วงจรขับสัญญาณแสงแบบแอนาล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2-20 วงจรจับสัญญาณแสงแบบดิจิทัล

2.8 วงจรตรวจจับสัญญาณแสง

วงจรดีเทคเตอร์ (Detector Circuit) หรือวงจรตรวจจับสัญญาณแสงจะทำหน้าที่ในการเปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าและเป็นวงจรที่ใช้ในการรับสัญญาณแสง เมื่อแสงตกกระทบ โฟโตดีเทคเตอร์ต้องเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าด้วยเวลาที่สั้นที่สุด เพื่อให้ข้อมูลนั้นสามารถรับส่งด้วยความเร็วสูงได้ สำหรับการดีเทคสัญญาณที่ขาเอาต์พุตที่ได้ยังมีขนาดของสัญญาณไม่เพียงพอจึงต้องทำการขยายสัญญาณก่อน โฟโตดีเทคเตอร์สำคัญคือ โฟโตไดโอดและโฟโตทรานซิสเตอร์

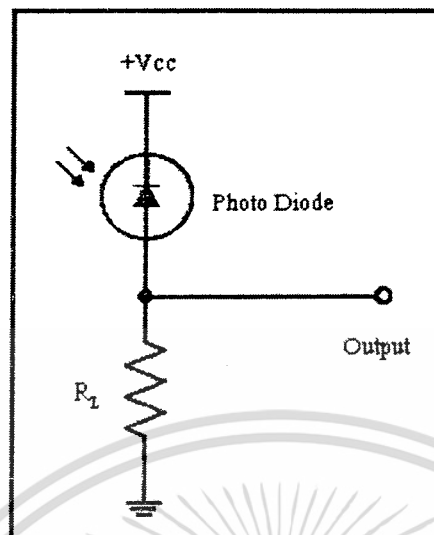
คุณสมบัติของวงจรตรวจจับสัญญาณแสงที่ดีต้องมีคุณสมบัติดังนี้

2.8.1 ต้องมีความไวในการรับแสงได้ดี เฉพาะความยาวคลื่นในช่วงที่ต้องการเนื่องจากการส่งสัญญาณแสงจะใช้เวลาความยาวคลื่นแสงในช่วงความยาวคลื่นเฉพาะ

2.8.2 เวลาในการตอบสนองสัญญาณต้องสั้นมาก คือเมื่อมีแสงตกกระทบโฟโตดีเทคเตอร์ ต้องเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าด้วยเวลาที่สั้นที่สุด เพื่อให้ข้อมูลจำนวนมากสามารถใช้รับส่งด้วยความเร็วสูงได้

2.8.3 ในระบบสื่อสารแบบอนาล็อกต้องใช้โฟโตดีเทคเตอร์เพื่อลดการผิดเพี้ยนของสัญญาณลงให้น้อยที่สุด

2.8.4 สัญญาณรบกวนภายในอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมต้องมีค่าน้อยที่สุด



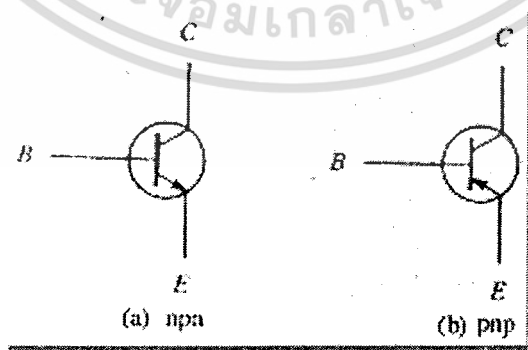
ภาพที่ 2-21 วงจรตรวจจับสัญญาณแสง

2.9 คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์แบ่งตามโครงสร้างได้ 2 ประเภท คือ

2.9.1 ทรานซิสเตอร์แบบ NPN (NPN Transistor) ทรานซิสเตอร์แบบ NPN ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด N จำนวน 2 ชั้นต่อเชื่อมกับสารกึ่งตัวนำชนิด P จำนวน 1 ชั้น

2.9.2 ทรานซิสเตอร์แบบ PNP (PNP Transistor) ทรานซิสเตอร์แบบ PNP ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด p จำนวน 2 ชั้นต่อเชื่อมกับสารกึ่งตัวนำชนิด n จำนวน 1 ชั้น



ภาพที่ 2-22 ทรานซิสเตอร์ NPN, PNP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานโดยจะมีลวดตัวนำยื่นออกมาจากส่วนล่างของตัวถัง เหตุผลที่ถูกออกแบบในลักษณะนี้เนื่องจาก เมื่อใช้ทรานซิสเตอร์ประเภทนี้ในวงจรจะต้องเสียบขาทรานซิสเตอร์ในช่องเสียบบนแผ่นวงจรก่อนที่จะทำการบัดกรี

ทรานซิสเตอร์แบบ High Power ทรานซิสเตอร์ประเภทนี้ถูกออกแบบเพื่อให้สามารถติดตั้งโครงสร้างที่เป็นโลหะทั้งนี้เพื่อให้โลหะที่ทรานซิสเตอร์ติดตั้งอยู่ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้ ทรานซิสเตอร์ประเภทนี้ สำหรับลวดตัวนำที่ต่อยื่นออกมาจะเป็นขาต่าง ๆ ของทรานซิสเตอร์ ถ้าในกรณีที่มี 2 ขาโดยขาที่ยื่นออกมาจะหมายถึง ขาเบส และขาอิมิตเตอร์ ส่วนตัวถังจะทำหน้าที่เป็นขาคอลเลกเตอร์ ตำแหน่งที่อิมิตเตอร์ กับเบสเชื่อมกันเป็นรอยต่อ PN เรียกว่า รอยต่ออิมิตเตอร์-เบส (Emitter Base Junction) ส่วนตำแหน่งที่ คอลเลกเตอร์กับเบสต่อเชื่อมกัน เรียกว่า รอยต่อคอลเลกเตอร์-เบส (Collector Base Junction) เขียนแทนได้ด้วย ค่าเทียบเคียงของไดโอด

เมื่อนำหลักการ มาร่วมพิจารณา ทำให้ทราบว่าการทำงานที่นำทรานซิสเตอร์ไปใช้งานได้นั้นต้องต่อแรงดัน ไฟฟ้าเพื่อทำการไบอัสที่รอยต่อหรือไดโอดเทียบเคียงทั้งสอง เนื่องจากทรานซิสเตอร์ มี 3 ขั้ว การต่อแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วเพื่อให้ทรานซิสเตอร์ทำงานจึงเป็นไปได้ 3 แบบคือ การให้ทรานซิสเตอร์ทำงานที่บริเวณคัทออฟ (Cut-off Region) การให้ทรานซิสเตอร์ทำงานที่บริเวณอิ่มตัว (Saturation Region) การให้ทรานซิสเตอร์ทำงานที่บริเวณแอกทีฟ (Active Region)

ในการอธิบายถึงการงานที่บริเวณต่างๆของทรานซิสเตอร์นั้นจะเริ่มต้นจากกรณีไม่มีการต่อแรงดันที่ขั้วของทรานซิสเตอร์หรือกรณีไม่ได้รับการไบอัส ทรานซิสเตอร์เมื่อทำหน้าที่เป็นสวิตซ์การนำทรานซิสเตอร์ไปใช้งานเป็นสวิตซ์ การเปิดปิดวงจรของทรานซิสเตอร์จะถูกควบคุมโดยเบส-อิมิตเตอร์ ไดโอด (B-E) นั่นคือ เมื่อ เบส-อิมิตเตอร์ไดโอด ได้รับไบอัสตรงทรานซิสเตอร์จะอยู่สถานะ ON แต่ถ้าเบส-อิมิตเตอร์ไดโอดได้รับไบอัสกลับทรานซิสเตอร์ก็จะอยู่ในสถานะ OFF โดยการป้อนกระแสเบส (IB) ให้กับเบสของทรานซิสเตอร์ เพื่อให้รอยต่อระหว่างคอลเลกเตอร์กับ อิมิตเตอร์นำกระแสได้ และต้องจ่ายกระแสเบสให้ทรานซิสเตอร์นำกระแสจนอิ่มตัวจะเกิดกระแสไหลผ่านรอยต่อ คอลเลกเตอร์ กับอิมิตเตอร์เปรียบได้ว่าสวิตซ์ระหว่างจุด C และ E ทำงานได้เมื่อหยุดปล่อยกระแสเบสให้กับเบสของทรานซิสเตอร์ จะไม่สามารถทำงานเป็นสวิตซ์ได้ กระแสคอลเลกเตอร์จะไม่ไหลผ่านรอยต่อไปสู่อิมิตเตอร์ ($I_C = 0$) ขณะนี้ทรานซิสเตอร์จะอยู่ในสถานะคัทออฟ เปรียบได้ว่าสวิตซ์ระหว่างจุด C และ E เปิดสวิตซ์ระหว่างจุด C และ E เปิดสวิตซ์ทำงานไม่ได้

รูปแบบการต่อใช้งานของทรานซิสเตอร์ ถึงแม้ว่าทรานซิสเตอร์จะถูกนำไปใช้งานในวงจรต่าง ๆ มากมาย แต่วงจรเหล่านั้นก็ยังสามารถที่จะจัดแยกออกเป็นกลุ่มได้ 3 รูปแบบ ดังนี้

2.9.3 วงจรเบสร่วม (Common Base) ในวงจรขยายเบสร่วม สัญญาณอินพุตจะถูกป้อนเข้ามาทางด้านอิมิตเตอร์ และสัญญาณเอาต์พุตจะปรากฏพร้อมตัวต้านทาน R_L ที่คอลเลกเตอร์ เมื่อป้อนสัญญาณอินพุต จะทำให้กระแสอิมิตเตอร์ (I_E) เกิดการเปลี่ยนแปลงไปกับสัญญาณ และ เป็นผลทำให้กระแสคอลเลกเตอร์ (I_C) เกิดการเปลี่ยนแปลงด้วย สัญญาณเอาต์พุตที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_L มีค่ามาก แต่เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของกระแสอิมิตเตอร์มีค่าใกล้เคียงกับกระแสคอลเลกเตอร์ เพื่อที่จะให้ขยายในด้านค่าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่เอาต์พุต ตัวต้านทาน R_L จะต้องมีค่ามากกว่าตัวต้านทานอินพุต จากภาพที่ 2-23 จะเห็นว่าสัญญาณเอาต์พุตจะมีรูปร่างลักษณะเหมือนกับสัญญาณอินพุตและมีเฟสเดียวกันด้วย

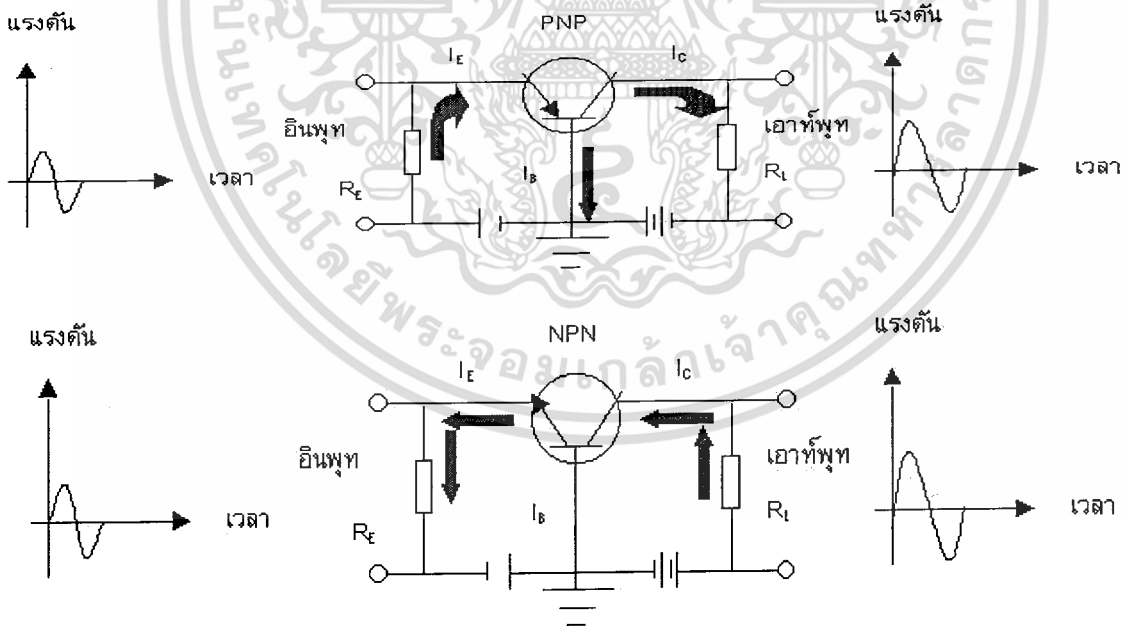
อัตราขยายกระแสของวงจรเบสร่วม (α) ตามที่เราทราบแล้วว่าอัตราขยายกระแส คือค่าอัตราส่วนระหว่างกระแสเอาต์พุตกับกระแสอินพุต สำหรับวงจรเบสร่วมอัตราขยายกระแส หมายถึงค่า อัตราส่วนระหว่างกระแสคอลเลคเตอร์และกระแสเอมิเตอร์ เรียกชื่อเป็นภาษากรีกว่า อัลฟา (α) โดยกำหนดเป็นสมการได้ดังนี้

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$$

α = อัตราขยายกระแสของวงจรเบสร่วม

I_E = กระแสที่ไหลผ่านขาเอมิเตอร์

I_C = กระแสที่ไหลผ่านขาคอลเลคเตอร์



ภาพที่ 2-23 วงจรขยายพื้นฐานเบสร่วม

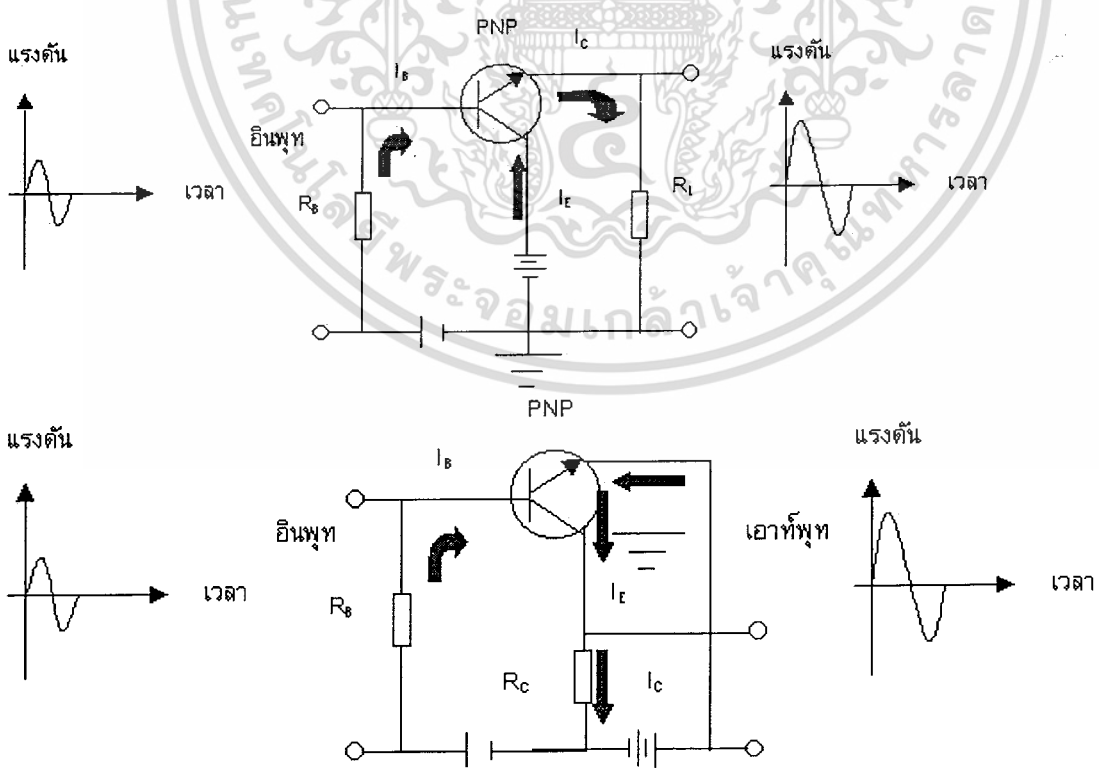
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับวงจรเบสร่วม อัตราขยายกระแสของวงจรมีค่าน้อยกว่าหนึ่ง ทั้งนี้เพราะกระแสอิมิตเตอร์ จะมีค่ามากกว่ากระแสคอลเลคเตอร์เสมอ อัตราขยายกำลังงานและอัตราขยายแรงดันของวงจรเบสร่วม (α) ถึงแม้ว่าวงจรเบสร่วมจะไม่ให้ผลในเรื่องอัตราขยายกระแสอย่างแท้จริง ทั้งนี้เพราะค่าเอลฟาของตัวทรานซิสเตอร์มีค่าน้อยกว่าหนึ่ง แต่เนื่องจากการไบแอสแรงดันทางด้านอิมิตเตอร์กับเบส ทำให้ความต้านทานอินพุตมีค่าต่ำมาก และที่คอลเลคเตอร์ถูกไบแอส กลับทำให้ความต้านทานเอาต์พุตมีค่าสูงมาก

ในการใช้ทรานซิสเตอร์ขยายสัญญาณสามารถเขียนความสัมพันธ์ของแรงดันเอาต์พุตกับแรงดันอินพุต ในเทอมของอัตราขยายแรงดันซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{อัตราขยายทางแรงดันของวงจรเบสร่วม} = \frac{\text{อัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดันอินพุต}}{\text{อัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดันเอาต์พุต}}$$

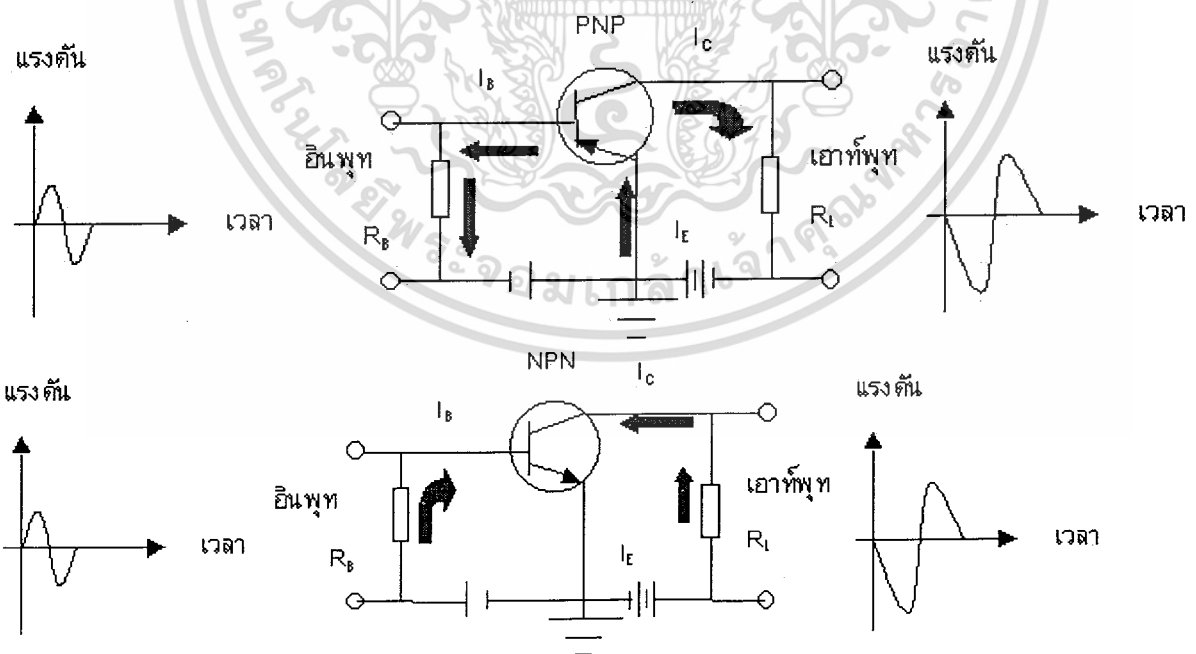
2.9.4 วงจรคอลเลคเตอร์ร่วม (Common Collector Circuit) ในวงจรขยายแบบขั้วคอลเลคเตอร์ร่วม นั้นหมายความว่าขั้วคอลเลคเตอร์ร่วมระหว่างอินพุต และเอาต์พุต โดยปกติแล้วขั้วคอลเลคเตอร์จะไม่ต่อลงกราวด์โดยตรง แต่จะต่อกับแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงวงจร ดังนั้น วงจรคอลเลคเตอร์ร่วมก็คือวงจรอิมิตเตอร์ร่วมที่ใช้แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานอิมิตเตอร์นั่นเอง ดังภาพที่ 2-24



วงจรรขยายแบบนี้โดยทั่วไปเรียกว่า วงจรรขยายอิมิตเตอร์ฟอลโลเวอร์ (Emitter Follower) โดยให้สัญญาณอินพุตป้อนเข้าทางเบส และสัญญาณเอาต์พุตจะตกคร่อมตัวต้านทาน R_L ที่ขั้วอิมิตเตอร์ เช่นเดียวกับวงจรทั่ว ๆ ไป แรงดันของสัญญาณอินพุตที่ป้อนเข้าจะมีผลในทางช่วยเสริมหรือหักล้างแรงดันไฟตรงที่ให้การไบแอสตัวทรานซิสเตอร์อยู่ เมื่อสัญญาณอินพุตทางครึ่งบวกป้อนเข้ามายังวงจรจะช่วยการเสริม กระแสเบสจากการไบแอสให้มีความสูงขึ้น เป็นผลทำให้เกิดกระแสอิมิตเตอร์สูงขึ้นเช่นกัน ดังนั้นสัญญาณเอาต์พุตที่ตกคร่อมตัวอิมิตเตอร์ก็จะมีค่าสูงขึ้น และ ในทำนองเดียวกันสัญญาณทางครึ่งลบป้อนเข้ามา มันจะมีทิศทางลดกระแสเบสจากการไบแอสลง ทำให้กระแสอิมิตเตอร์ลดลงด้วย สัญญาณเอาต์พุตจึงมีค่าลดลง

วงจรรวมมีข้อแตกต่างจากวงจรรวมอิมิตเตอร์และเบสร่วม คือมีความต้านทานทางอินพุตสูงและทางเอาต์พุตต่ำ ดังนั้นอัตราขยายทางแรงดันจึงมีค่าต่ำโดยทั่วไปน้อยกว่าหนึ่ง ส่วนอัตราขยายกระแสของวงจรรวมเช่นนี้ จะมีค่าสูงที่สุดเพราะเป็นอัตราส่วนระหว่างกระแสอิมิตเตอร์กับกระแสเบส

2.9.5 วงจรรวมอิมิตเตอร์ร่วม (Common Emitter Circuit) ในวงจรรวมอิมิตเตอร์ร่วมขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์จะต่อร่วม อยู่ระหว่างอินพุตและเอาต์พุตเปรียบเทียบกับหลอดแล้ว ขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ก็เหมือนกับคาโทด ดังนั้นวงจรรวมอิมิตเตอร์ร่วมจึงให้คุณสมบัติในการขยายสัญญาณ วงจรที่แสดงทั้งสองภาพนี้เป็นวงจรพื้นฐานของวงจรรวมอิมิตเตอร์ร่วม



ภาพที่ 2-25 วงจรรวมอิมิตเตอร์ร่วม

สัญญาณอินพุตจะถูกป้อนเข้าทางด้านเบส และสัญญาณทางด้านเอาต์พุตจะคกร้อมตัวต้านทาน R_L ที่ขั้วคอลเลกเตอร์ เมื่อกระแส (I_B) สูงขึ้น จะเป็นผลทำให้กระแสอิมิตเตอร์สูงขึ้นตามด้วย นั่นคือ กระแสคอลเลกเตอร์ก็จะเพิ่มขึ้น และ ในกรณีที่กระแสลดลงกระแสคอลเลกเตอร์ก็จะลดลงด้วย หรือกล่าวได้ว่ากระแสคอลเลกเตอร์จะเป็นสัดส่วนกับกระแสเบส แรงดันที่เกิดขึ้นที่เอาต์พุตจะมีช่วงการเปลี่ยนแปลงมากกว่าการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอินพุตเป็นผลทำให้เกิดอัตราขยายสัญญาณได้ จากวงจรรูปข้างบนที่เป็นทรานซิสเตอร์ชนิด PNP ในขณะที่กระแสเบสไหลออกจากขั้วเบสผ่านตัวต้านทาน R_L แต่กระแสคอลเลกเตอร์ จะไหลผ่านจากขั้วคอลเลกเตอร์มายังตัวต้านทาน R_L เมื่อสัญญาณอินพุตทางหนึ่งบวกผ่านเข้ามา มันจะทำให้แรงดันของการไบแอสตรงระหว่างขั้วเบสอิมิตเตอร์ลดลง หรือส่วนของกระแสที่ไหลเข้าจะมีค่าลดลง เป็นผลทำให้กระแสคอลเลกเตอร์ลดลง ดังนั้นค่าแรงดันที่คกร้อมตัวต้านทานโหลดจึงมีค่าลดลง และในทำนองเดียวกัน เมื่อสัญญาณอินพุตลดลงมาทางครึ่งลบ มันจะทำให้กระแสเบสมีค่าสูงขึ้นเป็นผลทำให้กระแสคอลเลกเตอร์และแรงดันคกร้อมโหลดมีค่าสูงขึ้น นั่นคือสัญญาณเอาต์พุตที่เกิดขึ้นจะมีเฟสตรงข้ามกับสัญญาณอินพุต

อัตราขยายกระแสของวงจร (α) คือ อัตราส่วนของกระแสเอาต์พุตต่อกระแสอินพุตกระแสเอาต์พุตของวงจรอิมิตเตอร์ร่วมคือกระแสคอลเลกเตอร์ (I_C) ส่วนกระแส อินพุตของวงจรอิมิตเตอร์ร่วมคือกระแสเบส (I_B) ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสเบสและกระแสคอลเลกเตอร์เรียกเป็นภาษากรีกว่า เบต้า (β) เขียนเป็นสมการ

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

β = อัตราขยายกระแสของวงจรอิมิตเตอร์ร่วม

I_B = กระแสที่ไหลผ่านขาเบส

I_C = กระแสที่ไหลผ่านขาคอลเลกเตอร์

ยังคงจำได้ว่าอัตราขยายกระแสของวงจรเบสร่วมมีค่าไม่เกินหนึ่ง เนื่องจากกระแสอินพุตมีค่ามากกว่ากระแสเอาต์พุต อัตราขยายแรงดันและกำลังงานในวงจรอิมิตเตอร์ร่วม ความต้านทานที่เกิดจากการไบแอสกลับทางด้านเอาต์พุตระหว่างขั้วคอลเลกเตอร์และอิมิตเตอร์มีค่าประมาณ $30K \Omega$ ถึง $300 K \Omega$ ซึ่งมีค่าความต้านทานต่ำกว่าความต้านทานระหว่างคอลเลกเตอร์กับเบส ($300 K \Omega$ ถึง $5 M \Omega$) ของวงจรเบสร่วมทั้งนี้เพราะการไบแอสกลับในวงจรเบสร่วมจะเป็นการไบแอสกลับโดยตรงระหว่าง คอลเลกเตอร์กับเบสเหมือนกับการไบแอสกลับตัวไดโอด ซึ่งต่างกับการไบแอสกลับระหว่างคอลเลกเตอร์กับอิมิตเตอร์ เพราะมีชั้นของโลหะกึ่งตัวนำถึงสามชั้นต่อเชื่อมติดกัน

ส่วนทางด้านอินพุตจะเป็นการไบแอสตรงระหว่างเบสกับอิมิตเตอร์ จะมีค่าความต้านทานทางด้านอินพุตราวๆ 300Ω ถึง $2,000 \Omega$ ซึ่งต่างจากวงจรเบสร่วมซึ่งจะมีค่าความต้านทานเพียง 30 ถึง 150Ω เท่านั้น

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ความต้านทานทางด้านอินพุทระหว่างเบสกับอิมิตเตอร์มีค่าต่ำ และทางเอาต์พุทคอลเลคเตอร์กับอิมิตเตอร์มีค่าสูง และทั้งอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสที่เบสมีค่าเพียงเล็กน้อย จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกระแสทางด้านเอาต์พุท (I_c) ได้มากมาย ดังนั้นวงจรอิมิตเตอร์ร่วมจึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในการขยายสัญญาณและกำลังงานซึ่งให้อัตราขยายได้สูงมาก

2.10 ทิวูเนออร์ (TV Tuner)

TV-Tuner เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ดูรายการทีวี-ฟังวิทยุ ด้วยคอมพิวเตอร์ ตั้งเวลาอัปเดตที่รายการโทรทัศน์ (capture & record) เป็นไฟล์วิดีโอนำมาทำ VCD/DVD รวมไปถึงการ Broadcast Streaming รายการโทรทัศน์ผ่านเครือข่าย IPTV

การแบ่งประเภทของทีวีจูนเนอร์

2.10.1 PCI Card (TVCard:การ์ดทีวีจูนเนอร์) ที่ใช้กับคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ (Desktop PC/Computer) เนื่องจากเป็นแบบที่ใช้กันแพร่หลายที่สุดมีราคาถูก มีคุณสมบัติสามารถโอนถ่ายข้อมูลระหว่างการ์ด กับ คอมพิวเตอร์ได้รวดเร็ว ปัจจุบันมีรุ่นที่รองรับ interface การเชื่อมต่อแบบ 64bit PCI Express ด้วย

2.10.2 PCMCIA Card (Card Bus) สำหรับใช้กับ Notebook / Laptop ปัจจุบันยังมีทีวีจูนเนอร์ที่รองรับการเชื่อมต่อแบบ 64 bit PCMCIA Express อีกด้วย

2.10.3 USB2.0 (External TV Tuner) เป็นอุปกรณ์ดูทีวีบนคอมพิวเตอร์แบบพกพา ขนาดเล็กเหมาะสำหรับใช้กับเครื่อง Notebook-Laptop เพิ่มความสะดวกให้กับการใช้งาน

2.10.4 TV Box (Stand Alone Tuner Box) หากต้องการใช้ทีวี Plasma หรือ LCD TV ความละเอียดสูงระดับ HD ของคุณให้เป็นได้ทั้งจอคอมพิวเตอร์ และ โฮมเธียเตอร์ TV-Box เป็นอุปกรณ์แสดงภาพออกไปยังจอ CRT monitor, Plasma, LCD TV ปัจจุบันให้ output resolution ความละเอียดสูงระดับ HD 1080i / 1080p ไซม่อนิเตอร์ / LCD TV จอเดี่ยวยุติบ ดูรายการโทรทัศน์ / คอมพิวเตอร์/ เกมส์คอนโซล / เครื่องเล่น VCD/DVD

2.10.5 Chipset ของทีวีจูนเนอร์TV Tuner Chipset คือวงจรจำแนกความถี่ของโทรทัศน์ โดยต่อสายสัญญาณจากเสาอากาศเข้าที่ TV Tuner แล้ว Scan คลื่นช่องรายการโทรทัศน์ต่างๆ ที่เสาอากาศรับได้ TV Tuner มี 2 ชนิดคือ

2.10.6 TV Tuner แบบ Can (กระป๋อง) เป็น TV Tuner แบบเก่าซึ่งมีอยู่ในเครื่องรับโทรทัศน์ปกติ และอยู่ในรุ่น PCI Card ส่วนใหญ่ สังเกตได้ถ้าบนแผงวงจรใกล้กับช่องที่ต่อสายเสาอากาศนั้นมีกล่องโลหะสี่เหลี่ยมอยู่ก็แสดงว่าเป็น TV Tuner แบบ Can หรือเรียกอีกอย่างว่าแบบกระป๋อง

2.10.7 Silicon TV Tuner เป็น TV Tuner ที่นำเอา IC (Integrated Chipset) ในการจูนช่องความถี่สัญญาณโทรทัศน์ Tuner มีขนาดเล็กมากจึงนิยมใช้ใน รุ่น PCMCIA Card, USB-TV tuner, และ TV Box เพื่อสะดวกในการพกพา ชิพตัวนี้ทำหน้าที่เป็น ADC (Analog to Digital Converter) แปลงความถี่คลื่นในอากาศ (Analog) เป็นสัญญาณ Digital คุณสมบัติของจูนเนอร์มีกระบอกค่า ADC Scales ความละเอียดเป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bit เช่น 8-10 bit แสดงถึงความแม่นยำในการประมวลผลสัญญาณโทรทัศน์ *ความแตกต่างเพียง 1 bit หมายถึงความแม่นยำต่างกัน 2 เท่า

2.11 การประมวลผลภาพ (Image Processing)

คำว่า Digital Image Processing โดยทั่วไปแล้ว หมายถึง การประมวลผลภาพดิจิทัลสองมิติโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ หรือหมายถึงการประมวลผลทางดิจิทัลของข้อมูลสองมิติใดๆ ส่วนภาพดิจิทัลหมายถึง อาร์เรย์สองมิติของจำนวนจริงหรือจำนวนเชิงซ้อนที่ถูกแทนด้วยจำนวนบิตที่จำกัด ยกตัวอย่างเช่นภาพที่แทนด้วย 8 บิตเป็นภาพที่มีค่าระดับความเข้มเท่ากับ $2^8 = 256$ ระดับ โดยที่ 0 แทนระดับความเข้มขั้นต่ำสุดและ 255 แทนระดับความเข้มสูงสุด ระดับความเข้มขั้นต่ำสุดเทียบเท่ากับสีดำในภาพ ในขณะที่ระดับความเข้มขั้นสูงสุดแทนสีขาวในภาพ งานวิจัยด้านการประมวลผลภาพดิจิทัลได้รับความสนใจในช่วงหลายสิบปีที่ผ่านมา หนึ่งในนั้นได้แก่งานวิจัยที่ห้องปฏิบัติการที่ University of California at Davis ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ใช้ในการประมวลผลภาพดิจิทัล ในห้องปฏิบัติการดังกล่าว เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถรับข้อมูลของภาพอินพุตที่อยู่ในรูปของแผ่นใส สไลด์ ภาพถ่ายหรือแผนภูมิ ซึ่งจะถูกทำให้อยู่ในรูปของดิจิทัล และเก็บอยู่ในรูปเมทริกซ์ของเลขฐานสองในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ ภาพที่ถูกทำให้อยู่ในรูปดิจิทัลจะถูกประมวลผลและแสดงผลในจอมอนิเตอร์รายละเอียดสูง ในการที่จะทำให้ภาพถูกแสดงผลได้เร็ว ภาพจะถูกบันทึกเก็บในหน่วยความจำบัฟเฟอร์ที่สามารถเข้าถึงได้เร็ว ซึ่งทำให้การรีเฟรชหน้าจอมอนิเตอร์ที่ อัตรา 30 เฟรม/วินาที ไมโครคอมพิวเตอร์และมินิคอมพิวเตอร์ถูกนำมาใช้เพื่อใช้ติดต่อสื่อสารและควบคุมการทำให้เป็นดิจิทัล เช่น Ethernet เป็นต้น โปรแกรมถูกนำมาเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์โดยผ่านทางเทอร์มินัล และเอาท์พุทที่ได้จะส่งไปที่เทอร์มินัล จอมอนิเตอร์ หรือ เครื่องพรินเตอร์ การประมวลผลภาพดิจิทัลถูกนำมาใช้ในการประยุกต์ใช้งานต่างๆอย่างกว้างขวาง เช่น การวิเคราะห์ภาพถ่ายทางอากาศ การส่งภาพและเก็บภาพสำหรับธุรกิจ การประมวลผลภาพทางการแพทย์ การประมวลผลภาพถ่ายด้วยเรดาร์ โซนาร์และสัญญาณความถี่ย่านเสียง งานด้านหุ่นยนต์ และการตรวจสอบอัตโนมัติของชิ้นส่วนทางอุตสาหกรรม

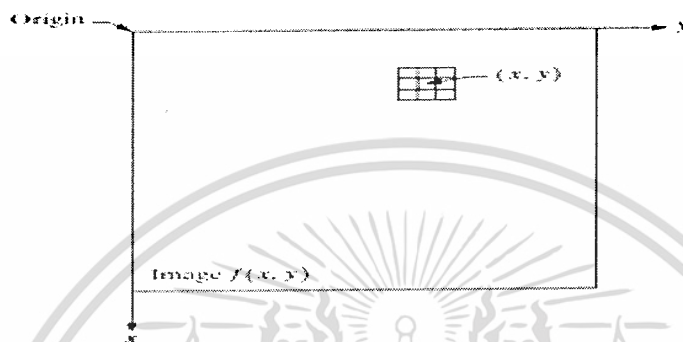
2.12 ภาพดิจิทัล (Digital Image)

คำว่าภาพขาวดำ หรือเรียกง่าย ๆ ว่าภาพหมายถึงฟังก์ชันความเข้มแสงสองมิติ $f(x,y)$ โดยที่ x และ y แทนพิกัดเกี่ยวกับระยะทาง และค่าของ f ที่จุดใดๆ (x,y) เป็นสัดส่วนกับความสว่าง (หรือระดับเทา) ของภาพที่จุดนั้นๆ รูปแสดงแกนของภาพที่ใช้ในรายงานเล่มนี้ สังเกตความแตกต่างระหว่างแกนของภาพและแกนของระบบพิกัดปกติ นั่นคือ แกน x ของระบบพิกัดภาพคือ แกน $-y$ ของระบบพิกัดปกติ แกน y ของระบบภาพคือแกน x ของระบบพิกัดปกติ

ภาพดิจิทัลคือภาพ $f(x,y)$ ซึ่งถูกทำให้เป็นค่าตัวเลขทั้งค่าพิกัดและค่าความสว่าง การแทนข้อมูลความสว่าง การแทนข้อมูลความสว่างด้วยตัวเลขขนาด 8 บิต ค่าระดับเทาที่ "0" แทนความสว่างน้อยคือสีดำ ค่าระดับเทาที่ "255" แทนความสว่างมากหรือสีขาว ภาพดิจิทัลขนาด $M*N$ อาจถูกพิจารณาว่าเป็นเมทริกซ์ที่มีขนาด $M*N$ เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$M*N$ ซึ่งค่าอินเดกซ์ของเมทริกซ์ (แถวและคอลัมน์) ระบุจุดในภาพและค่าของเมทริกซ์ที่ตำแหน่งดังกล่าว แทนค่าระดับเทาที่จุดนั้น เราเรียกหน่วยที่เล็กที่สุดของภาพดิจิทัลว่า “พิกเซล”.

สำหรับกรณีภาพดิจิทัลสีขนาด $M*N$ เราจะใช้เมทริกซ์ขนาด $M*N$ จำนวน 3 เมทริกซ์สำหรับ R,G,B ในการแทนค่าสีที่จุดใดๆ โดยที่ค่าสีที่จุดใดๆ ซึ่งเกิดจากการผสมสีจะได้มาจากค่าในเมทริกซ์ทั้งสาม ตัวอย่างเช่นค่าในเมทริกซ์ R G B สำหรับสีแดงคือ (255,0,0) เป็นต้น



ภาพที่ 2-26 แกนของภาพ

2.13 ระบบสี RGB

ระบบสี RGB เป็นระบบสีของแสง ซึ่งเกิดจากการหักเหของแสงผ่านแท่งแก้วปริซึม จะเกิดแถบสีที่เรียกว่า สเปกตรัม (Spectrum) ซึ่งแยกสีตามที่ยาวตามมองเห็นได้ 7 สี คือแดง แสด เหลือง เขียว น้ำเงิน คราม ม่วง ซึ่งเป็นพลังงานอยู่ในรูปของรังสี ที่มีช่วงคลื่นที่ยาวตา สามารถมองเห็นได้ แสงสีม่วงมีความถี่คลื่นสูงสุด คลื่นแสงที่มีความถี่สูงกว่าแสงสีม่วง เรียกว่า อัลตราไวโอเล็ต (Ultra Violet) และคลื่นแสงสีแดง มีความถี่คลื่นต่ำที่สุดคลื่นแสงที่ต่ำกว่าแสงสีแดงเรียกว่าอินฟราเรด (Infrared) คลื่นแสงที่มีความถี่สูงกว่าสีม่วง และต่ำกว่าสีแดงนั้น สายตาของมนุษย์ไม่สามารถรับได้ และเมื่อศึกษาดูแล้วแสงสีทั้งหมดเกิดจาก แสงสี 3 สี คือ สีแดง (Red) สีน้ำเงิน (Blue) และสีเขียว (Green) ทั้งสามสีถือเป็นแม่สีของแสง เมื่อนำมาฉายรวมกันจะทำให้เกิดสีใหม่ อีก 3 สี คือ สีแดงมาเจนน้ำ สีฟ้าไซแอน สีเหลือง และถ้าฉายแสงสีทั้งหมดรวมกันจะได้แสงสีขาวจากคุณสมบัติของแสงนี้ เรา ได้นำมาใช้ประโยชน์ทั่วไปในการฉายภาพยนตร์ การบันทึกภาพวิดีโอ ภาพโทรทัศน์ การสร้างภาพเพื่อการนำเสนอทางจอคอมพิวเตอร์ และการจัดแสงสีในการแสดง เป็นต้น

2.14 เลนส์นูน

เลนส์นูน คือเลนส์ที่มีลักษณะส่วนตรงกลางหนากว่าส่วนริม ทำหน้าที่รวมแสงเมื่อมีแสงขนานมาตกกระทบเลนส์ รังสีหักเหของแสงจะทะลุผ่านเลนส์ไปตัดกันจริงที่จุดโฟกัสซึ่งอยู่หลังเลนส์ ส่วนด้านหน้าเลนส์ นั้นจะเป็นรังสีเสมือน สามารถคำนวณความยาวโฟกัสจาก

$$f = r/2$$

เมื่อ f คือ ความยาวโฟกัส (cm)

r คือ รัศมี (cm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้าง

3.1 หลักการออกแบบ

โครงการชิ้นนี้เป็นการสร้างเครื่องรับ-ส่งสัญญาณภาพด้วยแสงผ่านอากาศ โดยในการออกแบบโครงการชิ้นนี้เป็นการนำเอาสัญญาณภาพอนาลอกจากกล้องวงจรปิดซึ่งสัญญาณภาพนั้นเป็นสัญญาณที่มีระดับแรงดันเปลี่ยนแปลงที่ไปตามความสว่างของภาพ มาผ่านวงจรขับแสงซึ่งวงจรนี้จะทำการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณแสง โดยในโครงการนี้ใช้เลเซอร์ไดโอดในการขับแสงซึ่งความเข้มแสงนั้นจะเปลี่ยนแปลงตามระดับแรงดันไฟฟ้าที่เข้ามา ส่งสัญญาณผ่านอากาศโดยภาครับนั้นจะใช้โฟโตไดโอดแปลงสัญญาณแสงกลับเป็นสัญญาณไฟฟ้า แต่เนื่องจากการส่งสัญญาณนั้นแอมพลิจูดของสัญญาณมีขนาดลดลงจึงจำเป็นต้องใช้วงจรขยายสัญญาณให้สัญญาณมีขนาดแอมพลิจูดสูงขึ้นเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถรับสัญญาณและแสดงผลทางจอได้

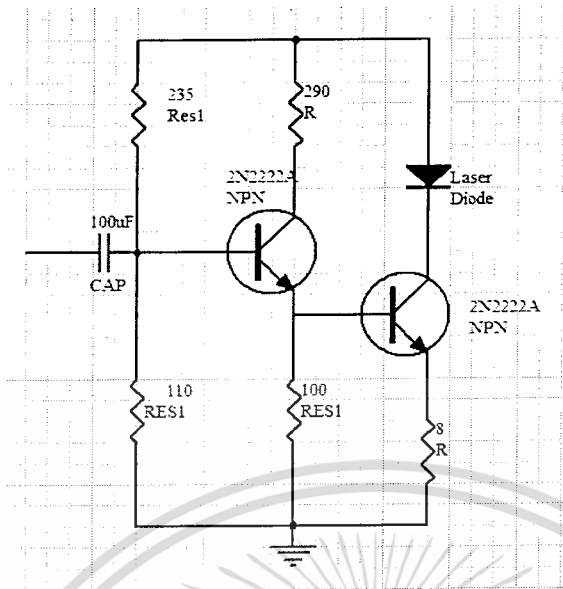


ภาพที่3-1 บล็อกไดอะแกรมรวมของระบบ

3.2 การออกแบบและการสร้าง

3.2.1 การออกแบบและจำลองวงจรขับสัญญาณแสง

วงจรขับสัญญาณแสงทำหน้าที่ในการเปลี่ยนสัญญาณระดับแรงดันไฟฟ้าไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณแสง วงจรที่ใช้เป็นวงจรขับสัญญาณแสงอนาลอก จะใช้ทรานซิสเตอร์แบบเอ็นพีเอ็นเบอร์ 2N2222A ต่อร่วมกัน 2 ตัว โดยทรานซิสเตอร์ตัวแรกค่ออยู่ในลักษณะคอมมอนคอลเลคเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ ส่วนทรานซิสเตอร์ตัวที่ 2 ค่ออยู่ในลักษณะคอมมอนอิมิตเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรสวิทช์เปิด-ปิดแล้วจึงเปลี่ยนค่าแรงดันไฟฟ้าส่งไปยังภาครับ



รูปที่ 3-2 วงจรขับสวิตช์หลอดแสง

โดยกำหนดให้ $V_{CC} = 5\text{ V}$, $V_{BE} = 0.6\text{ V}$, $I_{C1} = 70\text{ mA}$, $I_{C2} = 10\text{ mA}$, $\beta = 175$, $V_{CE(Q1)} = 1.15\text{ V}$, $V_F = 3.5\text{ V}$ เพื่อที่จะคำนวณหาค่า R_5

$$R_5 = \frac{V_{CC} - V_F - V_{CE(Q1)}}{I_{C1}}$$

$$R_5 = \frac{5\text{V} - 3.5\text{V} - 1.15\text{V}}{70\text{mA}}$$

$$R_5 \approx 8\Omega$$

หาค่า R_4 และ R_3 ได้จากสมการ (3-5) และได้จากสมการที่ (3-6) เมื่อกำหนดให้ $V_{R4} = 0.95\text{ V}$, $V_{CE(Q2)} = 1.5\text{ V}$, $V_{CC} = 5\text{ V}$, $I_{C2} = 10\text{ mA}$, $I_{B1} = 397\text{ }\mu\text{A}$

$$R_4 = \frac{V_{R4}}{I_{C2} - I_{B1}} \quad (3-5)$$

$$R_4 = \frac{0.95\text{V}}{10\text{mA} - 397\text{ }\mu\text{A}}$$

$$R_4 \approx 100\Omega$$

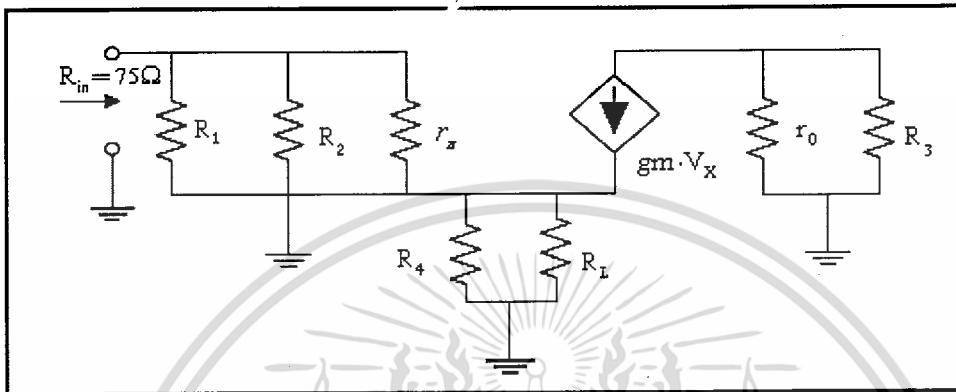
$$R_3 = \frac{V_{CC} - V_{CE(Q2)} - V_{R4}}{I_{C2}} \quad (3-6)$$

$$R_3 = \frac{5\text{V} - 1.15\text{V} - 0.95\text{V}}{10\text{mA}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน **10mA** ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_3 \approx 290\Omega$$

จากนั้นทำการคำนวณหาค่า R_{in1} เพื่อหาค่าความต้านทาน R_1 และ R_2 จากวงจรสัญญาณขนาดเล็ก
เมื่อกำหนดให้ $R_{in} = 75\Omega$



ภาพที่ 3-3 วงจรสัญญาณขนาดเล็ก (Small Signal Circuit)

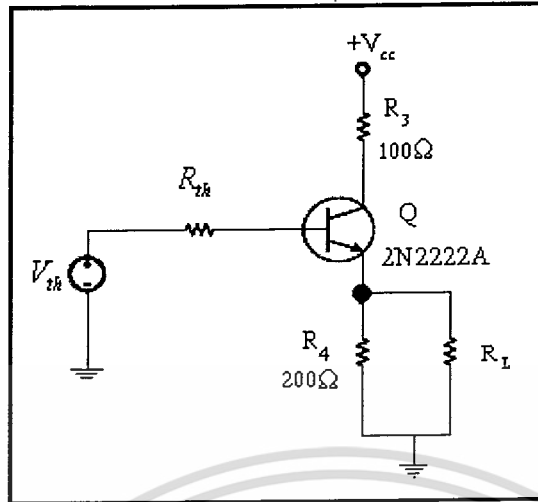
จากภาพที่ 3-3 จะทำการประมาณค่าของ R_L นั้นจะมีค่ามากกว่า R_4 มาก ดังนั้นเราจึงหา R_{in1} ได้
จากสมการที่ (3-7) เมื่อกำหนดให้ $r_{\pi 2} = 440\Omega$, $\beta = 175$, $R_4 = 100\Omega$

$$\begin{aligned} R_{in1} &= r_{\pi 2} + (1 + \beta)R_4 & (3-7) \\ R_{in1} &= 440 + (1 + 175)100 \\ R_{in1} &\approx 180.4k\Omega \end{aligned}$$

จากภาพที่ 3-3 เมื่อเรากำหนดให้ R_{in} ของภาคส่งเท่ากับ 75Ω เพื่อให้แมตช์กับเอาต์พุต อิมพีแดนซ์ของสัญญาณที่ส่งเข้ามาจากกล้องโทรทรรศน์วงจรถัด เมื่อพิจารณาจากวงจร เรานำสมการที่ (3-8) เพื่อที่จะใช้หาค่า R_{in}

$$R_{in} = R_{in1} // R_{th} \quad (3-8)$$

เมื่อนำค่า $R_{in1} = 37.1k\Omega$ และ $R_{in} = 75\Omega$ นำค่าทั้งสองแทนที่ในสมการที่ (3-8) จะได้ค่า R_{th} ประมาณ 75Ω ต่อไปเราจะหาค่า V_{th} ซึ่งต้องพิจารณาจากภาพที่ 3-5



ภาพที่ 3-4 วงจรภาคส่งสัญญาณแสง

จากภาพที่ 3-6 เราสามารถคำนวณหาค่า V_{th} ซึ่งได้จากสมการที่ (3-9) โดยกำหนดค่า $I_{B2} = 56.8 \mu A$, $R_{th} = 75 \Omega$, $V_{BE} = 0.6 V$, $V_{R4} = 0.95 V$

$$V_{th} = (I_{B2} \cdot R_{th}) + V_{BE} + V_{R4} \quad (3-9)$$

$$V_{th} = (56.8 \mu A \times 75 \Omega) + 0.6 V + 0.95 V$$

$$V_{th} = 1.55 V$$

เมื่อเราหาค่า V_{th} และ R_{th} ได้แล้วต่อไปเราจะหาค่าความต้านทาน R_1 ได้จากสมการที่ (3-10) และ R_2 ได้จากสมการที่ (3-11) โดยกำหนดให้ $V_{CC} = 5 V$, $R_{th} = 75 \Omega$, $V_{th} = 2.8 V$

$$R_1 = \frac{R_{th}}{1 - \frac{R_{th}}{R_2}} \quad (3-10)$$

$$R_2 = \frac{V_{CC}}{V_{th}} (R_2 - R_{th}) \quad (3-11)$$

$$R_2 = \frac{5V}{1.55V} (R_2 - 75)$$

$$R_2 \approx 110 \Omega$$

$$R_1 = \frac{75}{1 - \frac{75}{110}}$$

$$R_1 \approx 235 \Omega$$

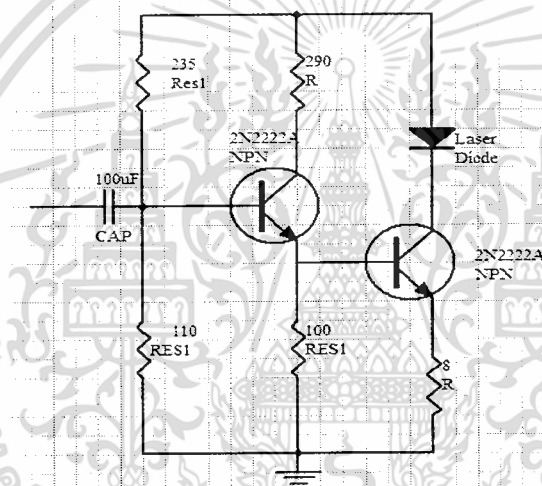
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับค่า C เพื่อกรองสัญญาณที่ป้อนเข้ามาโดยนำค่า $R_{in} = 75 \Omega$ และ $f = 20 \text{ Hz}$ ซึ่งเป็นความถี่
 ด้านต่ำของวงจรแทนลงในสมการที่ (3-12)

$$C = \frac{1}{2\pi \times f \times R_{in}} \quad (3-12)$$

$$C = \frac{1}{2\pi \times 20 \text{ Hz} \times 75 \Omega}$$

$$C = 100 \mu\text{F}$$

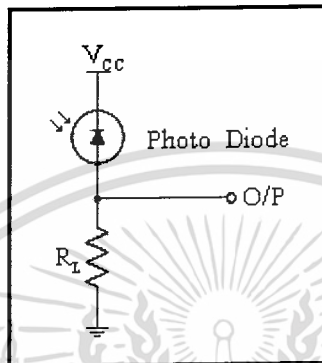


ภาพที่ 3-5 วงจรขับสัญญาณแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การออกแบบและการจำลองวงจรตรวจจับสัญญาณแสง

วงจรตรวจจับสัญญาณแสงที่ใช้จะทำหน้าที่ในการรับสัญญาณแสงที่เข้ามาแล้วแปลงกลับไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าก่อนที่จะส่งต่อไปยังวงจรขยายสัญญาณเพื่อที่จะทำการขยายต่อไป



ภาพที่ 3-6 วงจรตรวจจับสัญญาณแสง

จากภาพที่ 3-8 กำหนดให้ $V_{CC} = 5\text{ V}$, $V_P = 2.05\text{ V}$, $I_P = 20\text{ }\mu\text{A}$ เพื่อที่จะใช้ในการคำนวณหาค่า R_L จากสมการที่ (3-13)

ตารางที่ 3-1 แสดงค่าพารามิเตอร์ของ TLRMH285P

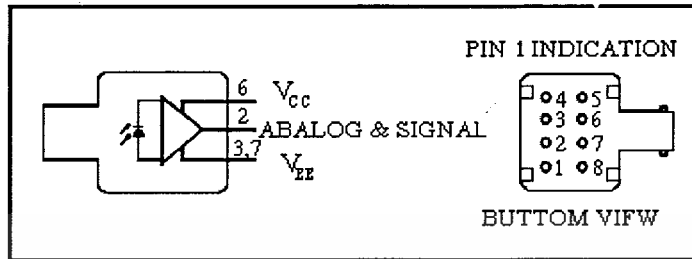
Part Number	PWL n m λ P	Material	View Angle 2θ 1/2	Luminous IV				Forward Voltage VF				Rev Current IR	
				min	typ	ma x	IF @	mi n	typ	ma x	IF @	ma x	VR @
TLRMH285P	638	InGaAP	35°	272.0	850.0	-	20 mA	-	2.0	2.5	20 mA	50	4V
-	Nm	-	Deg	mcd				-	V		-	μA	-

$$R_L = \frac{V_{CC} - V_P}{I_P} \quad (3-13)$$

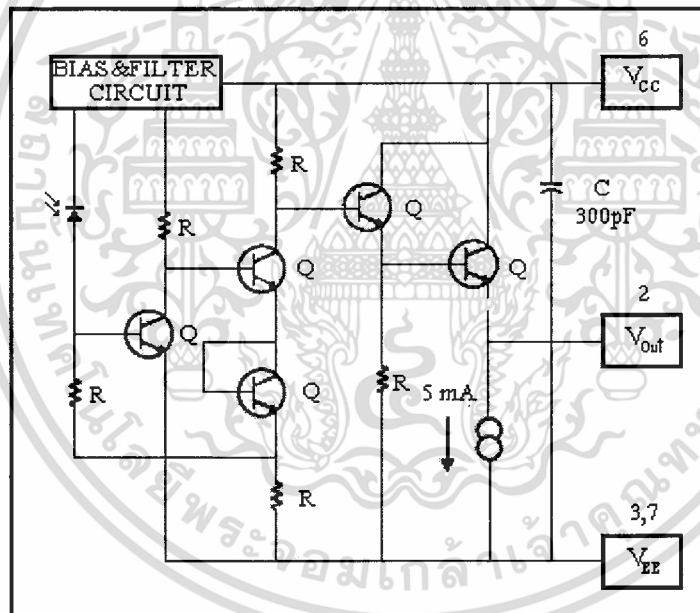
$$R_L = \frac{5V - 2.05V}{20\mu A}$$

$$R_L \approx 150k\Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(A) หัวรับและการจัดวางขาของพินโฟโตไดโอดเบอร์ HFBR-2416T



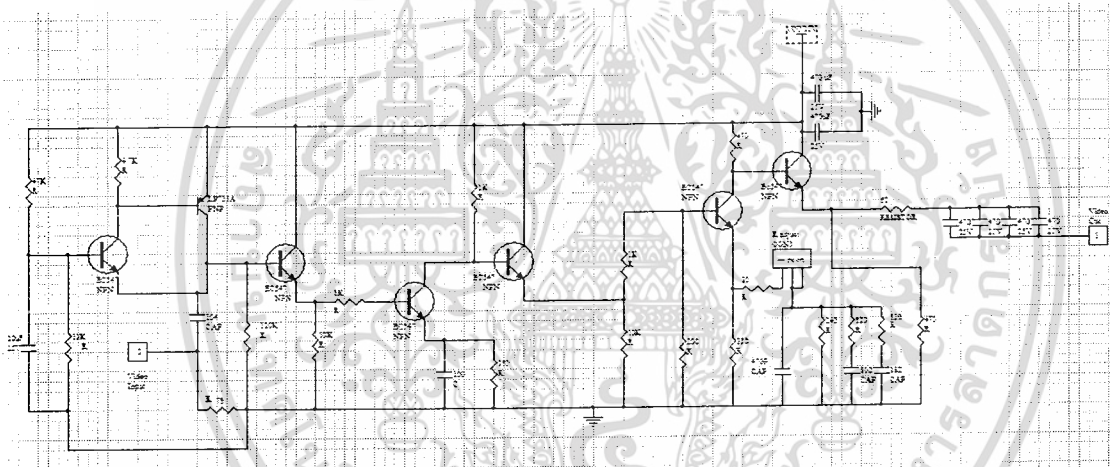
(B) วงจรภายในของพินโฟโตไดโอดเบอร์ HFBR-2416T

ภาพที่ 3-7 รายละเอียดของพินโฟโตไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

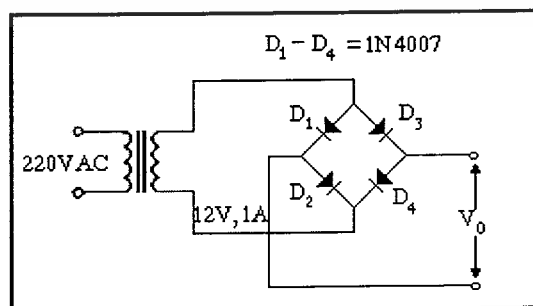
3.2.3 วงจรขยายสัญญาณภาพ (Video Amplifier)

วงจรนี้ทำหน้าที่ในการขยายสัญญาณที่ได้มาจากโฟโตดีเทคเตอร์ ให้มีความแรงเพียงพอสำหรับการใช้งาน ในการออกแบบวงจรขยายสัญญาณภาพโดยใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ LP733A และ BC547 ซึ่งเป็นทรานซิสเตอร์ชนิดขยายสัญญาณ แบบ PNP และ NPN และยังสามารถปรับอัตราขยายได้ถึง 5 เท่า สำหรับวงจรภายในนั้น ประกอบด้วย ส่วนตั้งระดับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่และเรียบ เพื่อ ไปออสให้กับทรานซิสเตอร์ , วงจรขยายสัญญาณโดยใช้ทรานซิสเตอร์ BC547 ทำหน้าที่เป็นวงจร Common Collector ซึ่งมีค่า Gain เท่ากับ 1 ทำหน้าที่เสมือน เป็น บัฟเฟอร์ ให้กับวงจร Common emitter เป็นวงจรขยายแบบบายพาสทั้งหมด จะให้อัตราขยายแรงดันที่สูงขึ้น การกำหนดอัตราขยายนั้น สามารถกำหนดได้โดยความต้านทานปรับค่า ส่วน output ของวงจรมี Capacitor ต่อ เพื่อ บล็อกสัญญาณ Dc



ภาพที่ 3-8 วงจรตรวจจับสัญญาณแสงและวงจรขยายสัญญาณ

3.2.4 การออกแบบวงจร Power Supply



ภาพที่ 3-9 วงจรบริดจ์ไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

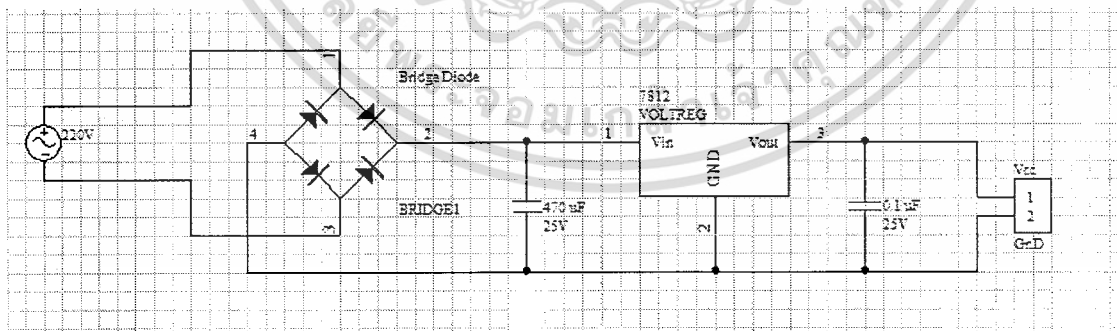
จากภาพที่ 3-11 กำหนดให้ $V_{AC} = 12 \text{ V}$ กำหนดหาค่า V_o ได้จากสมการที่ (3-24)

$$\begin{aligned} V_o &= V_{AC} \times \sqrt{2} & (3-24) \\ &= 12 \times \sqrt{2} \\ &= 16.97 \text{ V} \end{aligned}$$

เมื่อกำหนดให้กระแสที่เกิดการกระเพื่อม $V_r = 0.028 \text{ V}$, $V_o = 16.97 \text{ V}$ และ $R = 10 \text{ k}\Omega$
คำนวณหาค่า C ได้จากสมการ (3-25)

$$\begin{aligned} C &= \frac{V_o}{2fRV_r} & (3-25) \\ C &= \frac{16.97}{2 \times 60 \times (10 \times 10^3) \times 0.028} \\ &= 505.50 \mu\text{F} \text{ เลือกใช้ } C = 470 \mu\text{F} \end{aligned}$$

เมื่อได้ค่า $V_o = 16.97 \text{ V}$ ก็จะนำแรงดันมาป้อนให้ไอซีเร็กกูเลเตอร์ 7812 ก็จะได้ค่าแรงดัน 12 V_{DC} เพื่อนำไปป้อนให้วงจรควบคุมกล้องและวงจรขยายสัญญาณ ส่วนวงจรขับสัญญาณจะนำแรงดันไฟฟ้า 12 V_{DC} ไปผ่านไอซีเร็กกูเลเตอร์ 7805 ก็จะได้แรงดันไฟฟ้า 5 V_{DC} เพื่อไปป้อนให้กับวงจรขับสัญญาณและพิน โฟโตไดโอด HFBR-2416T เพื่อให้และพิน โฟโตไดโอด HFBR-2416T ทำงานได้



ภาพที่ 3-10 วงจร Power Supply

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 การทำงานในส่วนโปรแกรมการตรวจจับวัตถุ

โปรแกรมนี้นี้เป็นโปรแกรมในการตรวจจับวัตถุเมื่อมีวัตถุเข้ามาแล้วจะทำการตีกรอบสี่เหลี่ยมสีชมพูรอบวัตถุและระบายสีเขียวบริเวณวัตถุที่แปลกล้อมเข้ามาในเฟรมภาพพร้อมกับส่งเสียงเตือน โดยโปรแกรมจะแสดงรายชื่ออุปกรณ์กล้องที่เชื่อมกับคอมพิวเตอร์ในขณะนั้น เมื่อเลือกอุปกรณ์กล้องแล้วเฟรมภาพจะถูกรับเข้ามา หลังจากนั้นหาเฟรมภาพพื้นหลัง (background) ในขณะที่ไม่วัตถุเข้ามาในเฟรม เพื่อเป็นการอ้างอิงเปรียบเทียบกับ เฟรมภาพถัดไปที่เข้ามาโดยค่าในแต่ละพิกเซลของภาพพื้นหลังนั้นเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากผลรวมของค่าในพิกเซลที่ตำแหน่งเดียวกันในทุกเฟรมหารด้วยจำนวนเฟรมทั้งหมด เมื่อนำภาพพื้นหลังมาลบกับเฟรมถัดไป(background subtraction) ว่ามีค่ามากกว่าค่าขั้นต่ำที่กำหนด(threshold) ถ้าไม่มีวัตถุเข้ามาค่าในพิกเซลของภาพพื้นหลังกับเฟรมภาพถัดไปจะมีค่าเท่ากันเมื่อลบกันแล้วผลต่างที่ได้จะน้อยกว่าค่าขั้นต่ำที่กำหนด หลังจากนั้นทำการเปลี่ยนค่าในพิกเซลนั้นให้เท่ากับศูนย์ แต่ถ้ามีวัตถุเข้ามาค่าในพิกเซลในตำแหน่งนั้นของภาพทั้งสองจะไม่เท่ากันผลต่างจะมากกว่าค่าขั้นต่ำที่กำหนดและเปลี่ยนค่าในพิกเซลนั้นเป็นหนึ่ง หลังจากนั้นทำการเช็คค่าพิกเซลที่มีค่าเป็นหนึ่งนั้นอยู่ติดกันมากกว่าสิบพิกเซลหรือไม่เพื่อลดความผิดพลาดจากความคลาดเคลื่อน หลังจากนั้นทำการตีกรอบสี่เหลี่ยมสีแดงรอบวัตถุแล้วระบายสีเขียวบริเวณวัตถุ

3.2.6 การคำนวณภาพพื้นหลัง

เนื่องจากการใช้งานอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่มีการควบคุม จากการใช้สภาพแสงไม่คงที่หรืออาจมีการเปลี่ยนแปลงได้เล็กน้อย จึงต้องทำการเก็บข้อมูลของภาพพื้นหลังมาจากสภาวะเริ่มต้นในขณะที่ไม่วัตถุมาจำนวน N เฟรม เพื่อนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยของแต่ละจุดในภาพ โดยกำหนดให้ (x, y) คือจุดในภาพ $SP(x, y)$ คือค่าผลรวมของจุด ๆ นั้นจากภาพจำนวน N เฟรม จะได้ค่าเฉลี่ยของภาพ $(M(x, y))$ ที่จุด (x, y) คือ $M(x, y) = SP(x, y)/N$ โดยคำนวณทั้งหมดนี้ทีละสีและจึงนำแต่ละสีมาแสดงผลเป็นภาพพื้นหลัง

3.2.7 การคำนวณหาวัตถุในภาพ

หลังจากการหาค่าของภาพพื้นหลังเสร็จแล้ว เมื่อเริ่มทำการคำนวณ จะทำการรับภาพจากกล้อง โดยนำภาพในขณะเล่นนี้ มาหาข้อแตกต่างระหว่างภาพพื้นหลังกับภาพโดยวิธีนี้เรียกว่า Background Subtraction โดยมีวิธีการคือ ใช้สมการในการหาค่าแตกต่างของแต่ละพิกเซล

$$| \text{image}(x,y) - \text{background}(x,y) | > TH \quad (3-26)$$

โดยพิจารณาแยกทีละสีทั้งสีแดง, สีเขียวและสีฟ้า โดย $\text{background}(x,y)$ คือ ค่า intensity ของภาพพื้นหลังที่จุด (x, y) ใด ๆ ซึ่งเป็นภาพที่สร้างขึ้นมาจากกระบวนการหาค่าเฉลี่ยของภาพพื้นหลังในขั้นตอนการเรียนรู้ภาพพื้นหลัง และ $\text{image}(x, y)$ คือค่า intensity ที่จุด (x, y) ของภาพในขณะเล่น และ TH คือค่าที่ต้องปรับตามสภาพแวดล้อม เพื่อเพิ่มค่า error ที่ยอมรับได้ โดยทำการคำนวณทีละสีเพื่อหาความแตกต่างไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลที่ได้จากการคำนวณ นำไปสร้างรูปใหม่ โดยนำผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณในสมการ(3-26) โดยถ้าหากจุดใดทำให้สมการออกมามีค่าเป็นจริง ให้จุด (x, y) นั้น ๆ มีค่าเป็น 1 และเป็น 0 ในกรณีตรงกันข้าม จะได้ภาพที่มีค่าเป็น 0 และ 1 ออกมาสามภาพจากการคำนวณในแต่ละสี (สีเขียว สีแดง สีฟ้า) จากนั้นนำภาพทั้งสามมาสร้างเป็นภาพแบบขาวดำ โดยจุด (x, y) ใด ๆ ที่ผลรวมของแต่ละสีมากกว่า 1 ให้จุด (x, y) นั้นเป็นสีขาว และเป็นสีดำในอีกกรณีหนึ่ง

หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการทำ Background Subtraction เสร็จเรียบร้อยแล้ว จะมีสิ่งรบกวน (noise) เกิดขึ้นในภาพ โดยอาจจะเกิดจากการที่ค่าแสงไม่คงที่หรือมีวัตถุอื่นเข้ามารบกวน ทำการกำจัดโดยการเริ่มตรวจจับเมื่อพิกเซลที่มีค่าเท่ากับ 1 อยู่ติดกับมากกว่า 10 พิกเซล เพื่อเป็นการลบช่องหรือส่วนที่ขาดจากกันของวัตถุ จะทำให้ภาพที่ได้เหลือเฉพาะส่วนที่เป็นวัตถุ

3.2.8 การคำนวณรัศมีเลนส์นูน

เลนส์นูนที่ใช้มีขนาด รัศมี 4.5 เซนติเมตร สามารถคำนวณหาค่า โฟกัสโดย ใช้สูตร

$$f = r / 2 \quad (3-27)$$

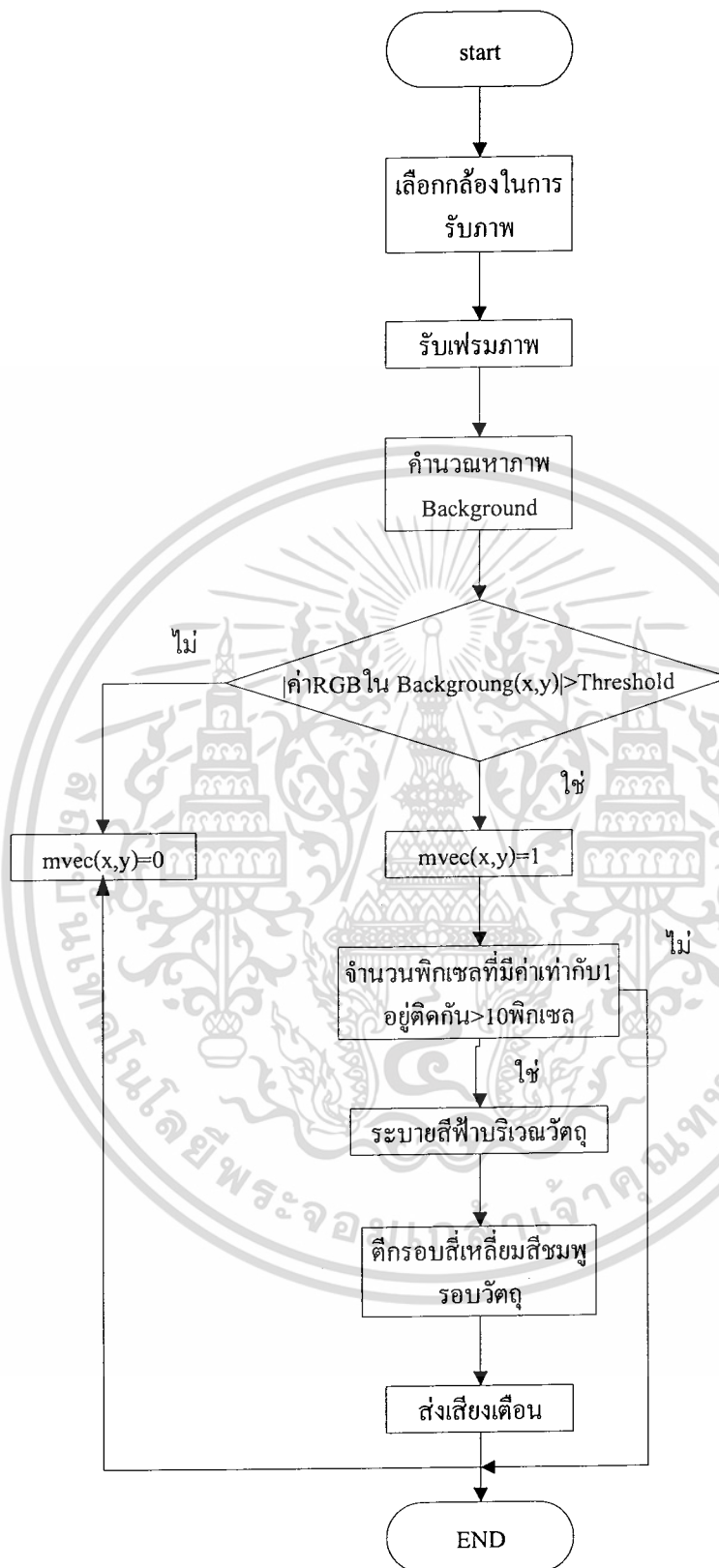
เมื่อ f คือ ความยาวโฟกัส (cm)

r คือ รัศมี (cm)

$$f = 4.5 / 2$$

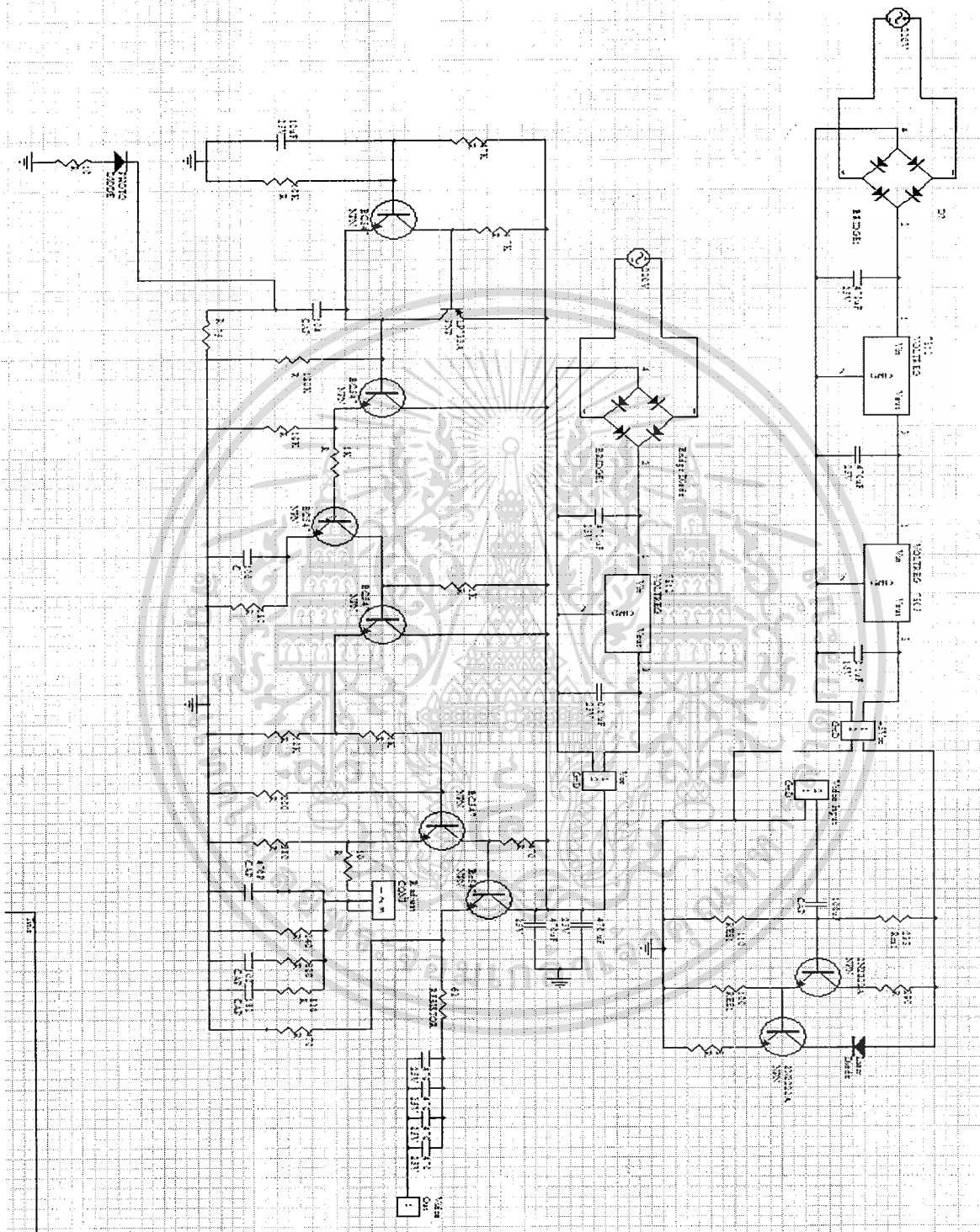
$$f = 2.25 \text{ cm}$$

โฟกัสของเลนส์นูน คือ 2.25 เซนติเมตร



รูปที่ 3-11 โฟลว์ชาร์ทแสดงการทำงานของระบบโปรแกรมตรวจจับวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3-12 การต่อวงจรรวมทั้งหมดของ ภาครับ ภาคส่งและวงจรควบคุม

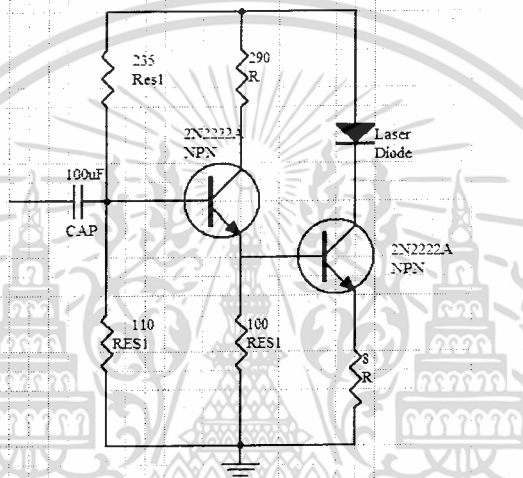
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

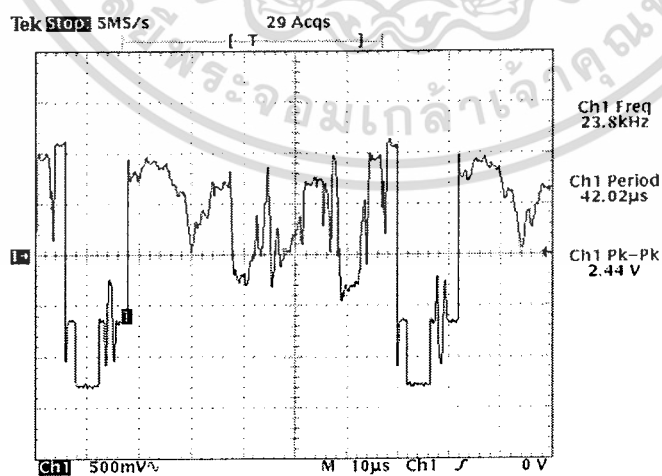
ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองการวัดสัญญาณภาพของภาคส่ง

ในการทดลองเมื่อป้อนสัญญาณอินพุตจากกล้องวงจรปิดเข้าไปยังวงจรภาคส่งแล้วทำการวัดสัญญาณที่อินพุต สัญญาณที่ได้นั้นจะเป็นสัญญาณภาพอนาล็อกประกอบด้วยส่วนของ สัญญาณภาพ, สัญญาณแบล็กกิ้ง และ สัญญาณซิงโครไนซ์ดังภาพที่4-2

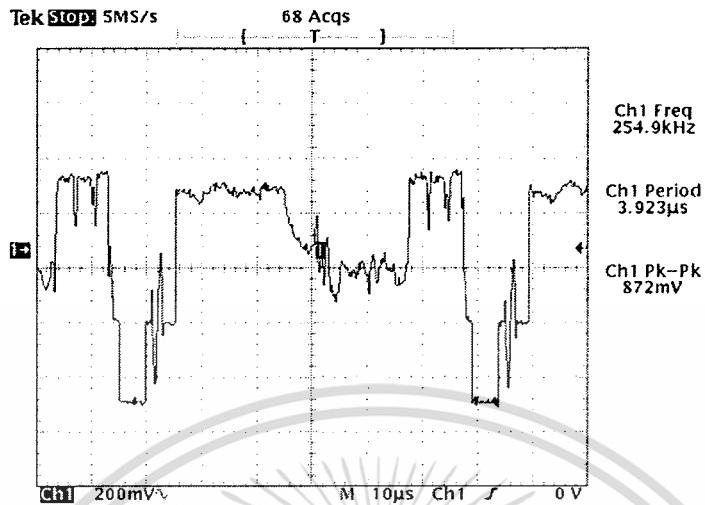


ภาพที่ 4-1 วงจรขับแสง

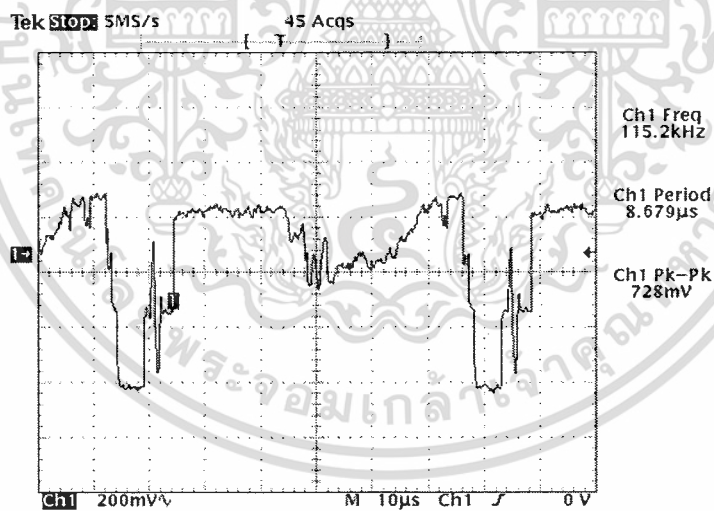


ภาพที่ 4-2 สัญญาณอินพุตจากกล้องวงจรปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

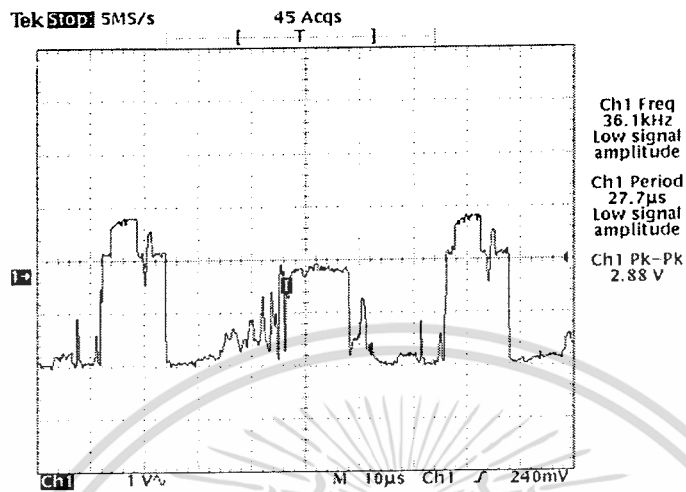


ภาพที่ 4-3 สัญญาณที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_2

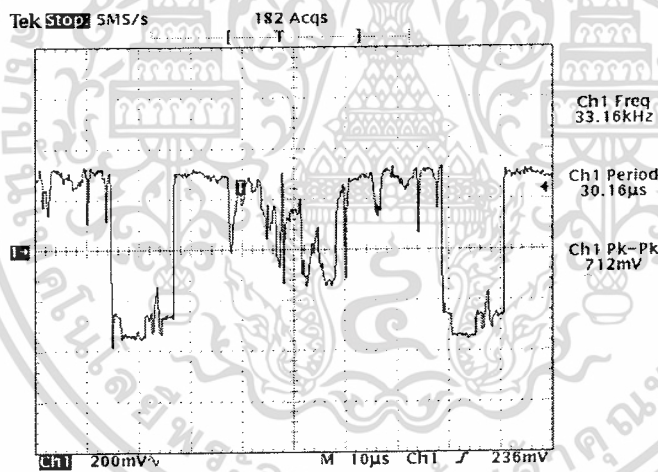


ภาพที่ 4-4 สัญญาณที่เข้าทางขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4-5 สัญญาณที่วัดได้จากขาออกเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q_1



ภาพที่ 4-6 สัญญาณที่วัดได้จากขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q_1

สัญญาณเอาต์พุตที่ได้ยังคงมีองค์ประกอบของสัญญาณภาพนอกเช่นเดียวกับสัญญาณอินพุต จากแต่แอมพลิจูดแรงดันต่างกัน โดยระดับแรงดันที่เปลี่ยนแปลงนั้นจะขับแสงเลเซอร์ให้มีความเข้มแสงต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

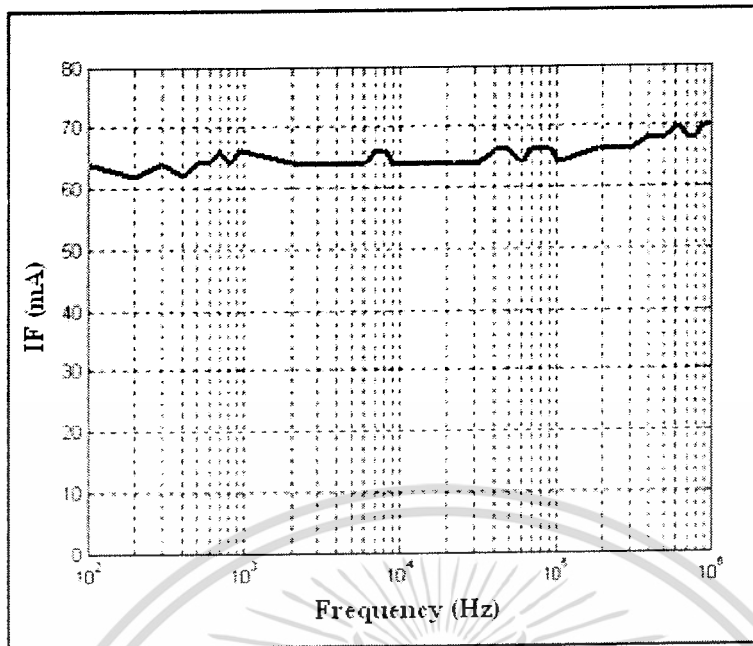
4.1.1 การวัดผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรขับสัญญาณแสง

ตารางที่ 4-1 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรขับสัญญาณแสง

Frequency	Vin(Vp-p)	If(mA)	Frequency	Vin(Vp-p)	If(mA)
100 Hz	5	64.6	20 kHz	5	64.8
200 Hz	5	62.8	30 kHz	5	64.8
300 Hz	5	64.8	40 kHz	5	66.4
400 Hz	5	62.6	50 kHz	5	64.8
500 Hz	5	64.8	60 kHz	5	66.8
600 Hz	5	64.6	70 kHz	5	68.8
700 Hz	5	66.6	80 kHz	5	68.6
800 Hz	5	64.8	90 kHz	5	68.8
900 Hz	5	66.4	100 kHz	5	68.8
1kHz	5	66.7	200 kHz	5	68.8
2kHz	5	65.8	300 kHz	5	68.6
3 kHz	5	65.8	400 kHz	5	68.8
4 kHz	5	66.8	500 kHz	5	68.8
5 kHz	5	66.8	600 kHz	5	70
6 kHz	5	66.4	700 kHz	5	68.8
7 kHz	5	66.6	800 kHz	5	68.8
8 kHz	5	64.8	900 kHz	5	70
9 kHz	5	64.6	1 MHz	5	70
10 kHz	5	64.6	2 MHz	5	70.2

วงจรขับสัญญาณแสงซึ่งมีความยาวคลื่น 653 nm ได้ออกแบบให้มีขนาดของกระแสเท่ากับ 70 mA ซึ่งทำการทดสอบโดยการป้อน Square wave ความถี่ตั้งแต่ 100 Hz ถึง 2 MHz อินพุต 5 Vp-p เพื่อตรวจว่าเมื่อเพิ่มความถี่ขึ้นเรื่อยๆ จนถึงความถี่ที่ 900 kHz – 2 MHz ซึ่งจะเป็นช่วงความถี่ที่ให้ผลดีที่สุดในการรับส่งข้อมูลโดยที่วงจรขับสัญญาณแสงจะให้เอาต์พุตเป็นไปตามตารางที่ 4-1 พบว่าค่ากระแสที่วัดได้อยู่ระหว่าง (62.8 mA – 70.2 mA) แล้วนำค่าที่ได้ตามตารางมาทำการพล็อตกราฟจะได้กราฟผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรขับสัญญาณแสงตามภาพที่ 4-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

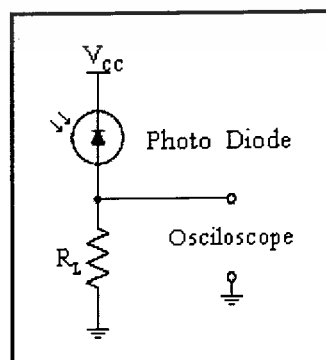


ภาพที่ 4-7 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรขับสัญญาณแสง

จากตารางที่ 4-1 จะเป็นผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรขับสัญญาณแสงซึ่งมีความยาวคลื่น 653 nm ขนาดของกระแสที่กำหนดเท่ากับ 70 mA จะเห็นได้ว่าผลตอบสนองของกระแสค่อนข้างคงที่ซึ่งเป็นผลดีต่อการรับส่งข้อมูล ในทางตรงกันข้ามถ้าผลตอบสนองของกระแสแปรผันตามความถี่ที่เปลี่ยนไปมากๆจะทำให้แสงที่เปล่งออกมามีค่าที่ไม่แน่นอนอันเนื่องมาจากการเปล่งแสงแปรตามค่าของกระแสไบอัส ตรงตามที่ได้ออกแบบไว้ซึ่งค่ากระแสสูงสุดที่ Laser Pointer สามารถทนได้ประมาณ 100 mA

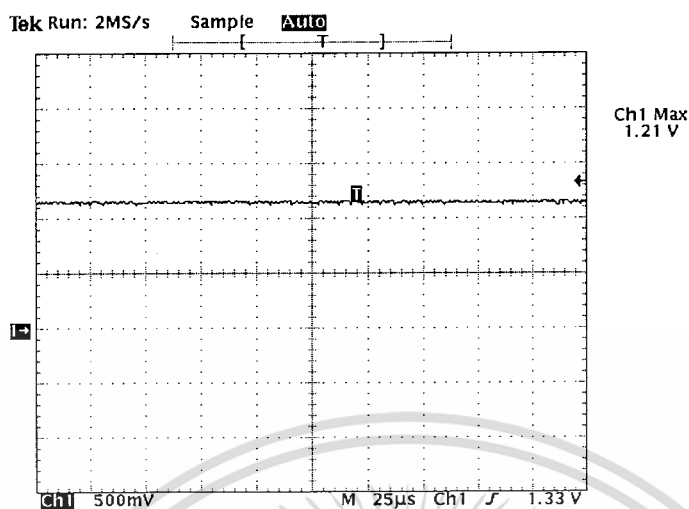
4.2 ผลการทดลองของการวัดสัญญาณภาพของภาครับ

ในการทดลองภาครับจะทำการส่งสัญญาณแสงเข้าที่ตัวพินโฟโตไดโอดเบอร์ HFBR-2416T ซึ่งตัวพินโฟโตไดโอดเบอร์ HFBR-2416T จะแปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าแล้วส่งเข้าวงจรขยายต่อไป



ภาพที่ 4-8 วงจรส่วนรับสัญญาณแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4-9 สัญญาณภาพวีดีโอเอาต์พุตที่วัดได้จากตัวพินโฟโตไดโอดเบอร์

HFBR-2416T ขา 2 ขณะที่ยังไม่มีสัญญาณแสงเข้ามา

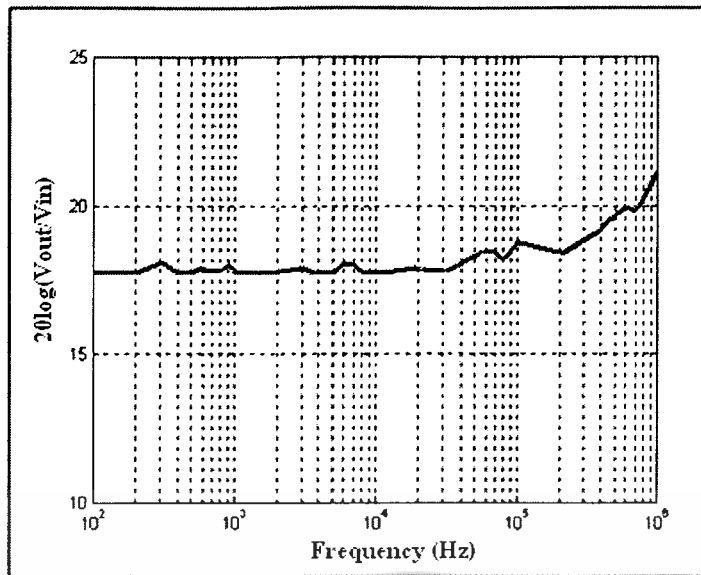
4.2.1 การวัดผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรตรวจจับสัญญาณแสง

ตารางที่ 4-2 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรตรวจจับสัญญาณแสง

Frequency	Vin(Vp-p)	Vout(Vp-p)	20(log ₁₀ (Vout/Vin))
100Hz	5	0.65	17.72113
200 Hz	5	0.65	17.72113
300 Hz	5	0.63	17.99258
400 Hz	5	0.65	17.72113
500 Hz	5	0.65	17.72113
600 Hz	5	0.64	17.85580
700 Hz	5	0.65	17.72113
800 Hz	5	0.65	17.72113
900 Hz	5	0.63	17.99258
1 kHz	5	0.65	17.72113
2 kHz	5	0.65	17.72113
3 kHz	5	0.64	17.85580
4 kHz	5	0.65	17.72113
5 kHz	5	0.65	17.72113
6 kHz	5	0.63	17.99258
7 kHz	5	0.63	17.99258
8 kHz	5	0.65	17.72113

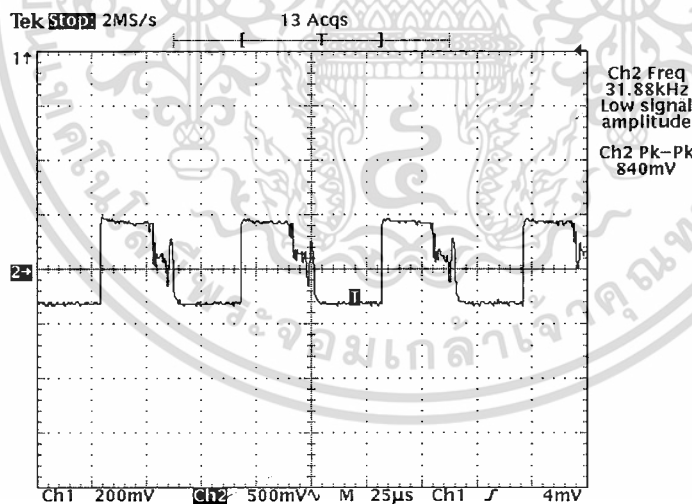
9 kHz	5	0.65	17.72113
10 kHz	5	0.65	17.72113
20 kHz	5	0.64	17.85580
30 kHz	5	0.65	17.72113
40 kHz	5	0.63	17.99258
50 kHz	5	0.61	17.72113
60 kHz	5	0.6	18.41637
70 kHz	5	0.6	18.41637
80 kHz	5	0.62	18.13156
90 kHz	5	0.6	18.41637
100 kHz	5	0.58	18.71084
200 kHz	5	0.6	18.41637
300 kHz	5	0.57	18.86190
400 kHz	5	0.54	19.33152
500 kHz	5	0.55	19.17214
600 kHz	5	0.52	19.65933
700 kHz	5	0.5	20.00000
800 kHz	5	0.51	19.82799
900 kHz	5	0.48	20.35457
1 MHz	5	0.45	20.91514
2 MHz	5	0.44	21.11035

จากตาราง 4-2 วงจรตรวจจับสัญญาณแสงนั้นจะรับสัญญาณมาจากวงจรจับสัญญาณแสงที่ระยะห่างประมาณ 5 m โดยทำการหาผลตอบสนองทางความถี่ของวงจร โดยการป้อนสัญญาณ Squarewave ขนาด 5 Vp-p แล้วทำการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ขึ้นเรื่อยๆ จะเริ่มตั้งแต่ 100 Hz ถึง 2 MHz จากนั้นก็ทำการบันทึกค่าอินพุตที่ส่งและเอาต์พุตที่รับได้เพื่อหาประสิทธิภาพของวงจร จะได้ค่าตามตารางที่ 4-2 พบว่าค่า V_{out} ที่วัดได้อยู่ระหว่าง 0.44 Vp-p ถึง 0.65 Vp-p ซึ่งจะสังเกตว่าที่ความถี่ ตั้งแต่ 100 Hz ถึง 90 kHz ค่าของ V_{out} จะค่อนข้างคงที่คือจะอยู่ที่ค่าประมาณ 6 V ซึ่งจะเป็นค่าที่จะให้ผลดีที่สุดในการส่งสัญญาณ ไปยังภาคขยายจากนั้นจึงนำค่าที่ได้ในตารางมาทำการพล็อตกราฟผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรตรวจจับสัญญาณแสงตามภาพที่ 4-10



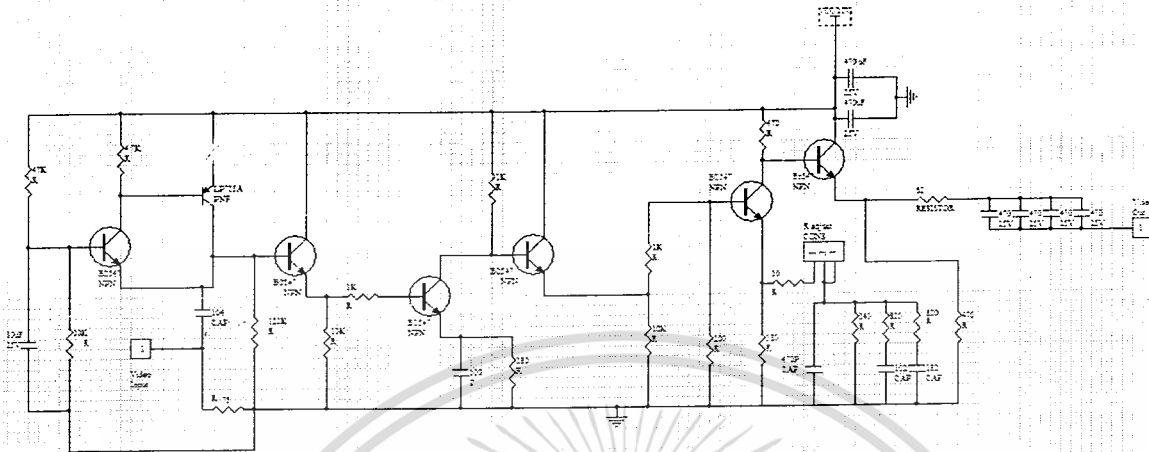
ภาพที่ 4-10 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรตรวจจับสัญญาณแสง

จากภาพที่ 4-7 จะเป็นกราฟผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรตรวจจับสัญญาณแสงจากกราฟจะเห็นได้ว่าตั้งแต่ช่วงความถี่ 100 Hz จนถึงประมาณ 90 kHz เกินหรือประสิทธิภาพของการรับสัญญาณค่อนข้างที่จะคงที่แต่เมื่อความถี่สูงขึ้นเกินกว่า 100 kHz ขึ้นไปมีแนวโน้มที่ประสิทธิภาพจะลดลงเนื่องจากพินโฟโตไดโอดเบอร์ HFBR 2416T ที่ใช้ในการตรวจจับแสงจะต้องมีแรงดันที่ V_{out} ประมาณ 6 V จึงจะสามารถส่งสัญญาณภาพมาให้วงจรขยายสัญญาณทำการขยายสัญญาณภาพแล้วส่งออกมาทางเอาต์พุต คือ โทรทส์นั้ ได้ตามที่ออกแบบไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

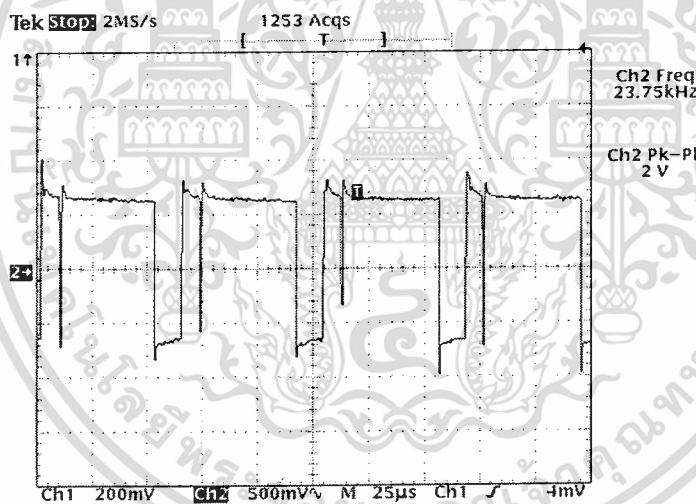


ภาพที่ 4-11 สัญญาณภาพวีดีโอเอาต์พุตที่วัดได้จากตัวพินโฟโตไดโอดเบอร์ HFBR-2416T ขา 2 เมื่อมีสัญญาณแสงเข้ามา

จากภาพที่ 4-9 สัญญาณเอาต์พุตที่ได้ขณะที่สัญญาณแสง ยังไม่เข้ามานั้นจะเป็นสัญญาณไฟกระแสดรรมมีขนาด 1.2 โวลต์ แต่เมื่อมีสัญญาณแสงเข้ามาสัญญาณเอาต์พุตจะเปลี่ยนเป็นสัญญาณภาพซึ่งสัญญาณภาพที่วัดได้จากตัวพินโฟโตไดโอดเบอร์ HFBR-2416T นั้นขนาดแอมพลิจูดมีขนาดน้อยลงและรูปสัญญาณมีความผิดเพี้ยนเนื่องจากมีสัญญาณรบกวนจากแสงภายนอกซึ่งเป็นสัญญาณที่ได้ยังไม่ได้ออกขยาย และการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4-12 วงจรขยายสัญญาณ

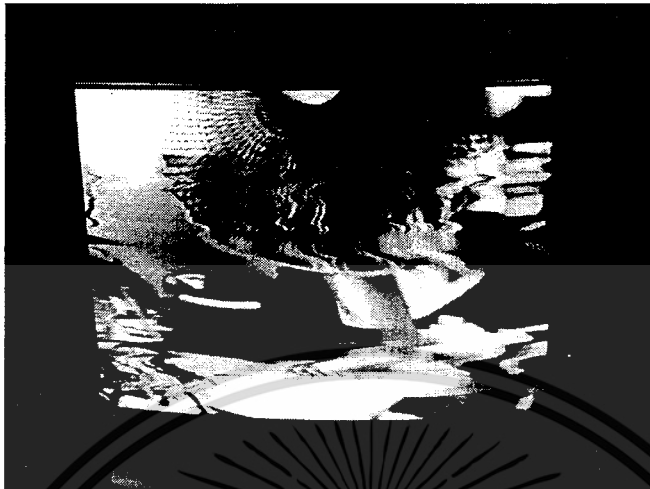


ภาพที่ 4-13 สัญญาณที่วัดได้จากวงจรขยายสัญญาณ

จากภาพที่ 4-12 สัญญาณภาพจากตัวพินโฟโตไดโอดเบอร์ HFBR-2416T มีขนาดแรงดันประมาณ $840 \text{ mV } V_{p-p}$ และภาพที่ 4-13 เป็นสัญญาณภาพที่วัดได้จากวงจรขยายสัญญาณ โดยมีขนาดแรงดันประมาณ $2 \text{ V } V_{p-p}$ ซึ่งสัญญาณที่ได้ถูกขยายประมาณ 2.5 เท่าแล้วจะเห็นได้ว่าแรงดันของสัญญาณที่ออกมาจะน้อยกว่าสัญญาณภาพที่ได้จากกล้องวงจรปิดเล็กน้อย โดยสัญญาณที่ได้นี้จะถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการทดลองเมื่อใช้เลนส์นูนช่วยรวมแสง



ภาพที่ 4-14 ภาพที่รับได้ก่อนที่จะใช้เลนส์นูน

จากภาพที่ 4-14 คือภาพที่รับได้โดยไม่ใช้เลนส์นูนรวมแสง ก่อนที่แสงจะตกอยู่ที่ ฟินโฟโต้ดีเทคเตอร์



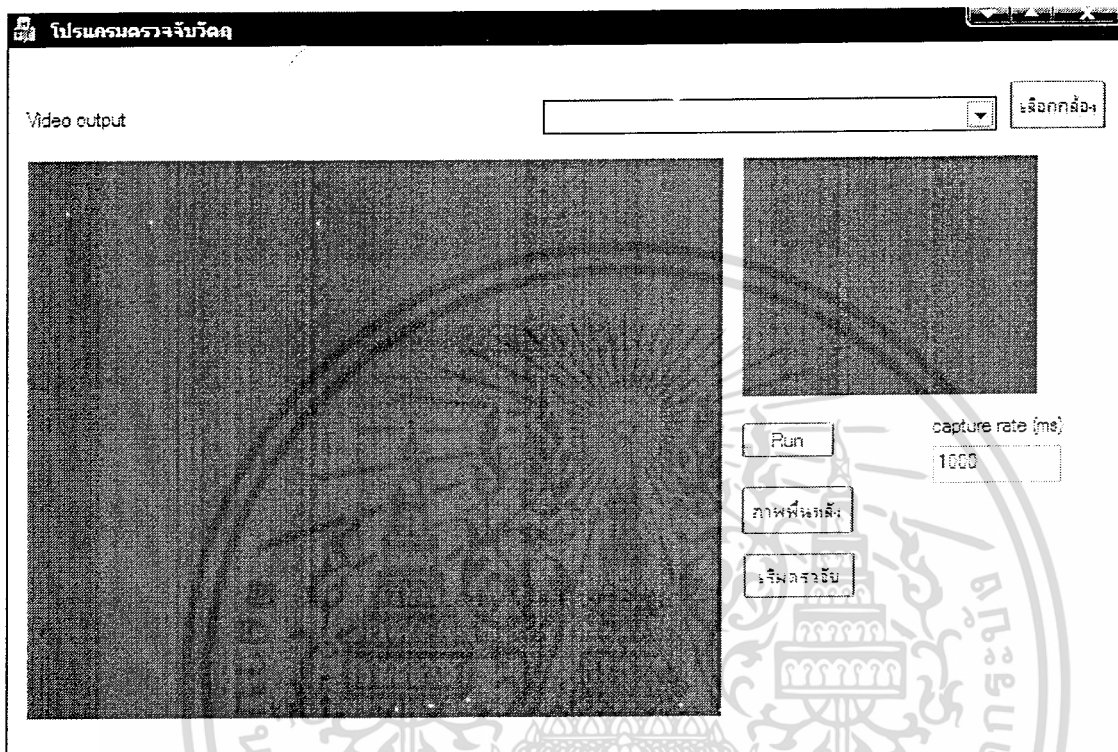
ภาพที่ 4-15 ภาพที่รับได้หลังจากที่ใช้เลนส์นูน

จากภาพที่ 4-15 คือภาพที่รับได้หลังจากที่ใช้เลนส์นูนที่มีโฟกัส 2.25 เซนติเมตรรวมแสง ก่อนที่จะตกอยู่ที่ ฟินโฟโต้ดีเทคเตอร์ โดยวางเลนส์นูนห่างจาก ฟินโฟโต้ไดโอด 2.25 เซนติเมตร

จากการเปรียบเทียบภาพทั้งสองภาพ เราจะเห็นว่า ภาพที่ 4-15 มีความคมชัดมากกว่า ภาพที่ 4-14

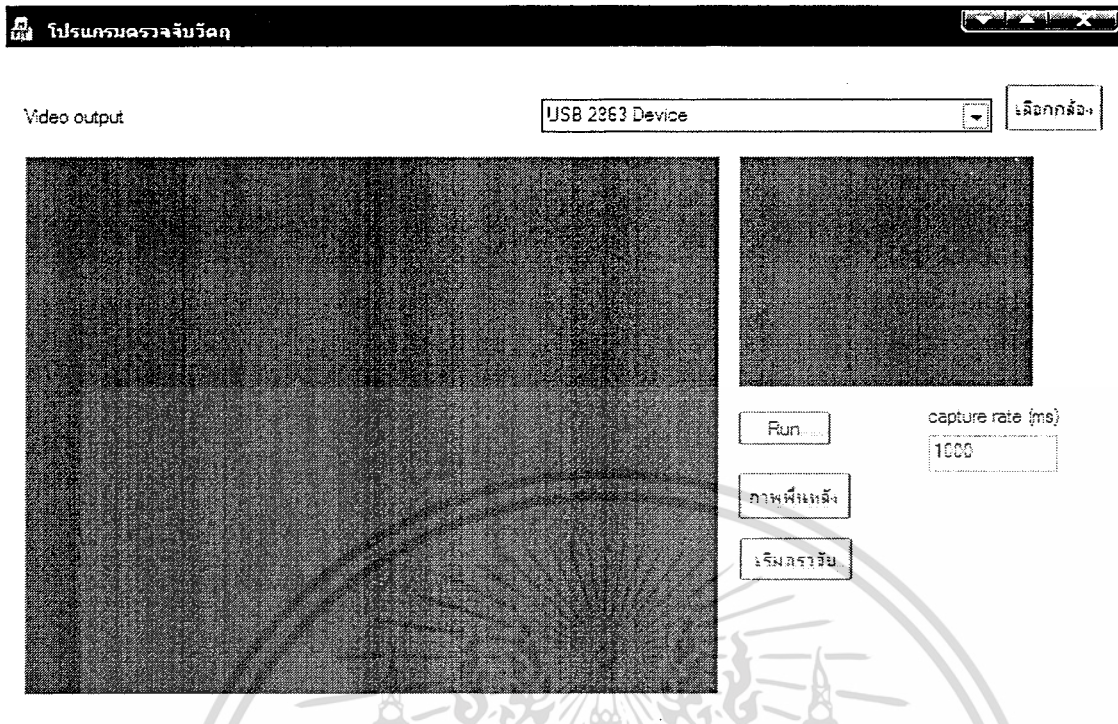
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองของโปรแกรมตรวจจับวัตถุ



ภาพที่ 4-16 แสดงหน้าจอโปรแกรม

จากภาพ4-16คือหน้าต่างโปรแกรมตรวจจับวัตถุที่ทำการออกแบบ ซึ่งประกอบไปด้วย ปุ่มกดเลือกกล้อง ปุ่มกดเพื่อนเริ่มการทำงานปุ่ม กดเพื่อเลือกภาพพื้นหลัง จอแสดงผลภาพอินพุต(จอเล็ก) และจอแสดงผลภาพของเอาต์พุต(จอใหญ่)



ภาพที่ 4-17 แสดงหน้าจอโปรแกรมเมื่อไม่มีวัตถุเข้ามาในภาพ

จากภาพ 4-17 คือหน้าต่างของโปรแกรมขณะที่ยังไม่มีวัตถุเข้ามาในภาพ โดยขั้นตอนนี้ผู้ใช้งานจะทำการคลิกที่ปุ่มเลือกกล้องเพื่อทำการเลือกกล้อง ตัวที่เราต้องการทำการติดต่อ ซึ่งขณะนี้เลือก กล้อง USB 2863 Device



ภาพที่ 4-18 ภาพพื้นหลังอ้างอิง

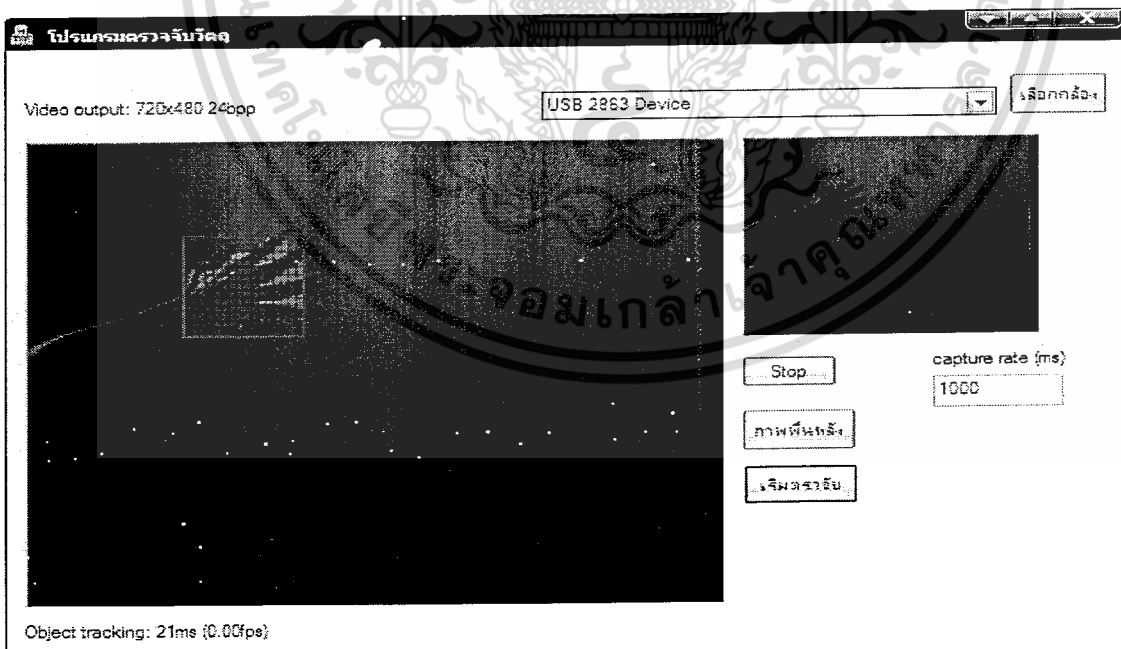
เมื่อทำการเลือกกล้องแล้วเราคลิกที่ปุ่ม Run เพื่อเริ่มกระบวนการทำงาน หลังจากนั้นทำการคลิกที่ปุ่มภาพพื้นหลังเพื่อเก็บเป็นภาพไว้อ้างอิงในกระบวนการอื่นๆถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่4-19 แสดงการตรวจจับวัตถุ

เมื่อคลิกที่ปุ่มเริ่มตรวจจับเฟรมภาพถัดไปจะถูกทำการเปรียบเทียบกับภาพพื้นหลังเพื่อตรวจหาวัตถุที่เข้ามาในภาพโดยโปรแกรมจะทำการระบายสีฟ้า และกรอบภาพสีชมพู ซึ่งบริเวณที่มีการระบายสี และติกรอบนั้นเป็นบริเวณของวัตถุแปลกปลอมที่เข้ามาในภาพซึ่งภาพพื้นหลังไม่มีและจะมีเสียงเตือนดังขึ้นมา



ภาพที่4-20 การตรวจจับวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและวิจารณ์การทดลอง

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการทดลองเป็นการรับ-ส่งสัญญาณภาพด้วยแสงเลเซอร์ระยะทาง 1-20 เมตร ในเวลากลางวันตั้งแต่ช่วงเวลา 10.00 – 13.00 น. และระยะทาง 1- 25 เมตร ในเวลากลางคืนตั้งแต่ช่วงเวลา 22.00 – 24.00 น. ผ่านอากาศซึ่งได้นำหลักการดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับกล้องโทรทัศน์วงจรปิดซึ่งหลัก การรับ-ส่งสัญญาณก็คือนำกล้องโทรทัศน์วงจรปิดเป็นอินพุตของวงจรขับสัญญาณแสงเอาต์พุตที่ได้จะเป็นแสงส่งไปยังตัวรับที่ระยะ 1-20 เมตร ซึ่งที่ระยะทางที่ 1-20 เมตร นี้จะมีการกระจายออกของแสงตามระยะทาง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้เลนส์นูนในการรวมแสงที่มีขนาดรัศมีที่โตขึ้นให้มีขนาดเล็กเพียงพอที่จะเข้าไปยังตัวรับแสงได้ เมื่อแสงเข้ามายังตัวรับสัญญาณที่รับได้มีขนาดเล็กมากไม่เพียงพอที่จะนำไปใช้เป็นเอาต์พุต เพื่อที่จะต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์เมื่อเทียบกับสัญญาณที่อินพุตของวงจรขับสัญญาณแสงจำเป็นที่จะต้องนำเอาต์พุตที่ได้นำไปผ่านวงจรขยายก็เพื่อให้ได้สัญญาณที่ใกล้เคียงกับสัญญาณที่ตัวส่งเมื่อส่งภาพผ่านแสงมาที่ตัวรับและวงจรขยายจนได้ขนาดสัญญาณตามที่ต้องการแล้วก็จะนำสัญญาณที่ได้มาประยุกต์ใช้โดยในโครงการนี้น้ำสัญญาณภาพที่ได้มาผ่านที่วีจูนเนอร์เพื่อนำสัญญาณวีดีโอคอมโพสิท เข้า ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์หลังจากที่เข้าไปยังคอมพิวเตอร์แล้วก็จะนำภาพที่ได้ไปประมวลผลเพื่อทำการตรวจจับวัตถุแปลกปลอม และตรวจจับการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้น เพื่อให้เกิดประโยชน์ในด้านงานรักษาความปลอดภัย ซึ่งการทำงานรวมของวงจรทั้งหมดสามารถทำงานได้จริง แต่ยังมีข้อจำกัดบางประการ เช่น การส่งภาพผ่านแสงสามารถทำได้ชัดเจนความนิ่งของสัญญาณยังไม่มากพอ จึงทำให้การประมวลผลที่ภาพเพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวแล้ววัตถุแปลกปลอมจะต้องรอจังหวะให้สัญญาณภาพที่ได้รับจากการส่งผ่านแสงนั้นนิ่ง

5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ไข

5.2.1 สัญญาณที่ภาพที่แปลงออกมามีความชัดเจนน้อยเนื่องมาจากสายสัญญาณที่ใช้ต่อยาวเกินไปและเกิดจึงทำให้เกิดการลดทอนของสัญญาณภาพ

วิธีการแก้ไข คือ ควรตัดสายสัญญาณที่ไม่จำเป็นออกเพื่อให้เกิดการลดทอนให้น้อยที่สุดหรือให้ใส่ตัวชดเชยสัญญาณเข้าไปเมื่อสัญญาณมีความชัดเจนน้อย

5.2.2 เมื่อส่งในระยะที่ไกลขึ้นลำแสงของเลเซอร์ไดโอดจะมีความกว้างของพื้นที่หน้าตัดที่กว้างขึ้นจึงทำให้หัวรับของพินโฟโตไดโอดเบอร์ HFBR-2416T ไม่สามารถรับสัญญาณภาพได้

วิธีการแก้ไข คือ ให้ใช้เลนส์นูนเข้ามาช่วยในการรวมแสงของเลเซอร์ไดโอดให้เป็นจุดเดียวกันเพื่อให้หัวรับของพินโฟโตไดโอดเบอร์ HFBR-2416T สามารถรับสัญญาณภาพได้

5.2.3 แสงที่ตัวส่งส่งมากระทบกับตัวรับที่ระยะห่างประมาณ 10-20 วงจรรับส่งภาพและวงจรรับส่งสัญญาณควบคุมทำได้ยากมากเนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้เป็นอุปกรณ์ที่ทำขึ้นเองและการหักเหแสงของเลนส์นูน

วิธีการแก้ไข คือ ควรเลือกระยะที่แน่นอนในการรับ-ส่งสัญญาณภาพเนื่องจากถ้ามีการเลื่อนระยะในการรับ-ส่งระยะของเลนส์ที่ใช้รวมแสงก็จะเลื่อนไปด้วยก็จะเลื่อนไปด้วย

5.2.4 สัญญาณภาพที่รับมามีความละเอียดของสัญญาณภาพน้อยเนื่องจากกล้องวงจรปิดที่ใช้มีความละเอียดของสัญญาณภาพต่ำ

วิธีการแก้ไข คือ ควรเลือกใช้กล้องวงจรปิดที่มีความละเอียดของสัญญาณภาพที่สูงเพื่อให้สัญญาณภาพที่รับได้มีความละเอียดของสัญญาณภาพที่สูงขึ้นภาพที่ได้จึงชัดเจนขึ้น

5.2.5 การเชื่อมต่อสัญญาณวิดีโอคอมโพสิตเพื่อเข้าไปประมวลผลที่คอมพิวเตอร์นั้นทำได้ยาก

วิธีการแก้ไข คือ ใช้ตัวแปลงสัญญาณ โดยเลือกใช้ทีวีจูนเนอร์เป็นตัวนำสัญญาณคอมโพสิตเข้าไปยังคอมพิวเตอร์

5.2.6 การนำภาพสัญญาณวิดีโอคอมโพสิตเข้ามายังคอมพิวเตอร์ได้ แต่การจะนำภาพมาประมวลผลในโปรแกรมตรวจจับการเคลื่อนไหว และวัตถุแปลกปลอมนั้น เป็นไปได้ยากมาก เนื่องจากการเขียนโปรแกรมด้วย visual C++ ส่วนมากแล้วจะใช้ Open CV ในการช่วยดึงภาพมาประมวลผลในโปรแกรม แต่ตัว Open CV ไม่สามารถที่จะใช้กับกล้องวงจรปิดโดยตรงได้

วิธีการแก้ไข เปลี่ยนวิธีการดึงภาพมาใช้วิธีการดึงภาพจาก ไคเร็กเอ็กซ์

5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาครั้งต่อไป

5.3.1 ควรติดตั้งเครื่องบันทึกสัญญาณภาพไว้ที่เครื่องรับเพื่อสามารถเลือกชมภาพจากกล้องวงจรปิดเมื่อต้องการกลับมาดูย้อนหลังได้

5.3.2 ชุดควบคุมกล้องควรเลือกปรับความไวในการเลือกชมกล้องได้และสามารถตั้งเวลาในการเลือกชมกล้องได้เพื่อความสะดวกในการใช้งาน

5.3.3 ควรมีการติดตั้งตัวชดเชยสัญญาณเข้ามาต่อใช้งานด้วยเนื่องจากบางที่สัญญาณอาจจะถูกตัดทอนจากปัญหาใดปัญหาหนึ่งสัญญาณภาพที่ได้มีความชัดเจนน้อย

5.3.4 เพิ่มชุดรับ-ส่งสัญญาณเสียง เข้าไปด้วยเพื่อความสะดวกในการไปใช้งานจริง

5.3.5 เพิ่มตัวหักเหสัญญาณแสงเพื่อมาใช้ในการส่งสัญญาณภาพเมื่อมีสิ่งกีดขวางเนื่องจากสัญญาณภาพไม่สามารถผ่านสิ่งกีดขวางไปได้



บรรณานุกรม

เจน สงสมพันธุ์ และ นิคม อนันต์ทิพย์, เทคโนโลยีโทรทัศน์, สำนักพิมพ์สถาบันอิเล็กทรอนิกส์ :

กรุงเทพมหานคร, ตุลาคม 2540

บัณฑิต โรจน์อารยานนท์, หลักการไฟฟ้าสื่อสาร, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย :

กรุงเทพมหานคร, 2540

ประกิจ ตั้งติสานนท์, วิศวกรรมการสื่อสารไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์, คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบัน

เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, หน้า 73-83, 198-201, พ.ศ.2540

ประสิทธิ์ ประพัฒน์มงคล, หลักการระบบสื่อสาร, บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด :

กรุงเทพมหานคร, 2540

ลัญจกร วุฒิสัทติกุลกิจ, วิศวกรรมโทรคมนาคม, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย :

กรุงเทพมหานคร, 2544

สิทธิชัย โกโคยอุดม และคณะ, ทฤษฎีและการคำนวณวงจรอิเล็กทรอนิกส์, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น :

กรุงเทพมหานคร, 2536

ยูธนา ตีลาวัฒน์กุล, เริ่มต้นการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา C++, หจก.ไทยเจริญการพิมพ์ :

กรุงเทพมหานคร, 2547


```

#include "stdafx.h"
#include "capture.h"
#include "samplegrab.h"

enum PLAYSTATE {Stopped, Paused, Running,
Init};

DWORD g_dwGraphRegister = 0;

IVideoWindow * g_pVW = NULL;
IMediaControl * g_pMC = NULL;
IMediaEventEx * g_pME = NULL;
IGraphBuilder * g_pGraph = NULL;
ICaptureGraphBuilder2 * g_pCapture = NULL;
PLAYSTATE g_psCurrent = Stopped;

//
// Functions
//
void Msg(TCHAR *szFormat, ...);

HRESULT FindCaptureDevice(IBaseFilter**
ppSrcFilter, unsigned int devIndex = 1);

HRESULT GetInterfaces(HWND hWnd);
void CloseInterfaces(void);
HRESULT SetupVideoWindow(HWND hWnd);
void ResizeVideoWindow(HWND hWnd);
HRESULT AddGraphToRot(IUnknown *pUnkGraph,
DWORD *pdwRegister);
void RemoveGraphFromRot(DWORD pdwRegister);

void vcGetCaptureDevices(CComboBox&
adaptersBox)
{
adaptersBox.ResetContent();

HRESULT hr;
ICreateDevEnum *pSysDevEnum = NULL;
hr =
CoCreateInstance(CLSID_SystemDeviceEnum,
NULL, CLSCTX_INPROC_SERVER,

IID_ICreateDevEnum, (void **) &
pSysDevEnum);
if (FAILED(hr)) {
Msg(TEXT("CoCreateInstance()
hr=0x%x"), hr);
return;
}

IEnumMoniker *pEnumCat = NULL;
hr = pSysDevEnum-
>CreateClassEnumerator(CLSID_VideoInputD
eviceCategory, &pEnumCat, 0);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if (hr == S_OK) {
    IMoniker *pMoniker = NULL;
    ULONG cFetched;
    while (pEnumCat->Next(1,
&pMoniker, &cFetched) == S_OK) {
        IPropertyBag *pPropBag;
        hr = pMoniker-
>BindToStorage(0, 0, IID_IPropertyBag,
(void **) & pPropBag);
        if (SUCCEEDED(hr)) {
            // To retrieve
the filter's friendly name, do the
following:
                VARIANT
varName;

VariantInit(&varName);
                hr = pPropBag-
>Read(L"_FRIENDLYNAME", &varName, 0);
                if
(SUCCEEDED(hr)) {
adaptersBox.AddString(varName.bstrVal);
                }
VariantClear(&varName);
                // To create an
instance of the filter, do the
following:
                IBaseFilter
*pFilter;
                hr = pMoniker-
>BindToObject(NULL, NULL,
IID_IBaseFilter,
(void **) & pFilter);
                pPropBag-
>Release();
                }
                pMoniker->Release();
            }
            pEnumCat->Release();
        }
        pSysDevEnum->Release();

        adaptersBox.SetCurSel(0);
    }
}

HRESULT vcCaptureVideo(HWND msgWindow, HWND
prvWindow, unsigned int devIndex)
{
    if (devIndex == 0)
        devIndex = 1;

    HRESULT hr;
    IBaseFilter *pSrcFilter = NULL;

    hr = GetInterfaces(msgWindow);
    if (FAILED(hr)) {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        Msg(TEXT("Failed to get video
interfaces! hr=0x%x"), hr);
        return hr;
    }

    hr = g_pCapture-
>SetFiltergraph(g_pGraph);
    if (FAILED(hr)) {
        Msg(TEXT("Failed to set capture
filter graph! hr=0x%x"), hr);
        return hr;
    }

    hr = FindCaptureDevice(&pSrcFilter);
    if (FAILED(hr)) {
        return hr;
    }

    hr = g_pGraph->AddFilter(pSrcFilter,
L"Video Capture");
    if (FAILED(hr)) {
        Msg(TEXT("Couldn't add the
capture filter to the graph!
hr=0x%x\r\n\r\n")
        TEXT("If you have a working
video capture device, please make
sure\r\n")
        TEXT("that it is connected
and is not being used by another
application.\r\n\r\n")
        TEXT("The sample will now
close."), hr);
        pSrcFilter->Release();
        return hr;
    }

    hr = sgAddSampleGrabber(g_pGraph);
    if (FAILED(hr)) {
        Msg(TEXT("Couldn't add the
SampleGrabber filter to the graph!
hr=0x%x"), hr);
        return hr;
    }

    hr = sgSetSampleGrabberMediaType();
    if (FAILED(hr)) {
        Msg(TEXT("Couldn't set the
SampleGrabber media type! hr=0x%x"),
hr);
        return hr;
    }

    IBaseFilter* pGrabber =
sgGetSampleGrabber();

    // Use this instead of
g_pGraph->RenderFile

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        hr = g_pCapture-
>RenderStream(&PIN_CATEGORY_PREVIEW,
&MEDIATYPE_Video,

pSrcFilter, pGrabber/*NULL*/, NULL);
    if (FAILED(hr)) {
        Msg(TEXT("Couldn't render the
video capture stream. hr=0x%x\r\n")
            TEXT("The capture device
may already be in use by another
application.\r\n\r\n")
            TEXT("The sample will now
close."), hr);
        pSrcFilter->Release();
        return hr;
    }

    hr = sgGetSampleGrabberMediaType();

    pSrcFilter->Release();

    hr =
SetupVideoWindow(prvWindow);
    if (FAILED(hr)) {
        Msg(TEXT("Couldn't initialize
video window! hr=0x%x"), hr);
        return hr;
    }
#ifdef REGISTER_FILTERGRAPH
    hr = AddGraphToRot(g_pGraph,
&g_dwGraphRegister);
    if (FAILED(hr)) {
        Msg(TEXT("Failed to register
filter graph with ROT! hr=0x%x"), hr);
        g_dwGraphRegister = 0;
    }
#endif

    hr = g_pMC->Run();
    if (FAILED(hr)) {
        Msg(TEXT("Couldn't run the
graph! hr=0x%x"), hr);
        return hr;
    }

    g_psCurrent = Running;

    return S_OK;
}

void vcStopCaptureVideo()
{
    sgCloseSampleGrabber();
    CloseInterfaces();
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

HRESULT FindCaptureDevice(IBaseFilter**
ppSrcFilter, unsigned int devIndex)
{
    HRESULT hr = S_OK;
    IBaseFilter* pSrc = NULL;
    IMoniker* pMoniker = NULL;
    ICreateDevEnum* pDevEnum = NULL;
    IEnumMoniker* pClassEnum = NULL;

    if (!ppSrcFilter) {
        return E_POINTER;
    }

    hr =
    CoCreateInstance(CLSID_SystemDeviceEnum,
    NULL, CLSCTX_INPROC,

    IID_ICreateDevEnum, (void **) &
    pDevEnum);
    if (FAILED(hr)) {
        Msg(TEXT("Couldn't create
system enumerator! hr=0x%x"), hr);
    }

    if (SUCCEEDED(hr)) {
        hr = pDevEnum-
>CreateClassEnumerator(CLSID_VideoInputD
eviceCategory, &pClassEnum, 0);
        if (FAILED(hr)) {
            Msg(TEXT("Couldn't
create class enumerator! hr=0x%x"),
hr);
        }
    }

    if (SUCCEEDED(hr)) {
        if (pClassEnum == NULL) {
            MessageBox(NULL,
TEXT("No video capture device was
detected.\r\n\r\n"),
TEXT("This
sample requires a video capture device,
such as a USB WebCam,\r\n\r\n"),
TEXT("to be
installed and working properly. The
sample will now close."),
TEXT("No
Video Capture Hardware"), MB_OK |
MB_ICONINFORMATION);
            hr = E_FAIL;
        }
    }

    if (SUCCEEDED(hr)) {
        for (unsigned int i = 0; i <
devIndex; i++) {
            hr = pClassEnum-
>Next(1, &pMoniker, NULL);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        if (hr == S_FALSE) {

Msg(TEXT("Unable to access video capture
device!"));

                hr = E_FAIL;
                break;
        }
    }

    if (SUCCEEDED(hr)) {

        hr = pMoniker->BindToObject(0,
0, IID_IBaseFilter, (void **) & pSrc);
        if (FAILED(hr)) {
            Msg(TEXT("Couldn't bind
moniker to filter object! hr=0x%x"),
hr);
        }
    }

    if (SUCCEEDED(hr)) {
        *ppSrcFilter = pSrc;
        (*ppSrcFilter)->AddRef();
    }

    SAFE_RELEASE(pSrc);
    SAFE_RELEASE(pMoniker);
    SAFE_RELEASE(pDevEnum);
    SAFE_RELEASE(pClassEnum);

    return hr;
}

HRESULT GetInterfaces(HWND hWnd)
{
    HRESULT hr;

    hr =
CoCreateInstance(CLSID_FilterGraph,
NULL, CLSCTX_INPROC,

IID_IGraphBuilder, (void **) &
g_pGraph);
    if (FAILED(hr))
        return hr;

    hr =
CoCreateInstance(CLSID_CaptureGraphBuild
er2 , NULL, CLSCTX_INPROC,

IID_ICaptureGraphBuilder2, (void **) &
g_pCapture);
    if (FAILED(hr))
        return hr;

    hr = g_pGraph-
>QueryInterface(IID_IMediaControl,
(LPVOID *) & g_pMC);
}

```

```

        if (FAILED(hr))
            return hr;

        hr = g_pGraph-
>QueryInterface(IID_IVideoWindow,
(LPVOID *) & g_pVW);
        if (FAILED(hr))
            return hr;

        hr = g_pGraph-
>QueryInterface(IID_IMediaEvent, (LPVOID
*) & g_pME);
        if (FAILED(hr))
            return hr;

        hr = g_pME-
>SetNotifyWindow((OAHWND)hWnd,
WM_GRAPHNOTIFY, 0);

        return hr;
    }

void CloseInterfaces(void)
{
    if (g_pMC)
        g_pMC->StopWhenReady();

    g_psCurrent = Stopped;

    if (g_pME)
        g_pME->SetNotifyWindow(NULL,
WM_GRAPHNOTIFY, 0);

    if (g_pVW) {
        g_pVW->put_Visible(OAFALSE);
        g_pVW->put_Owner(NULL);
    }

#ifdef REGISTER_FILTERGRAPH
    if (g_dwGraphRegister)

        RemoveGraphFromRot(g_dwGraphRegister);
#endif

    SAFE_RELEASE(g_pMC);
    SAFE_RELEASE(g_pME);
    SAFE_RELEASE(g_pVW);
    SAFE_RELEASE(g_pGraph);
    SAFE_RELEASE(g_pCapture);
}

HRESULT SetupVideoWindow(HWND hWnd)
{
    HRESULT hr;

        hr = g_pVW-
>put_Owner((OAHWND)hWnd);
        if (FAILED(hr))

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        return hr;

        hr = g_pVW->put_WindowStyle(WS_CHILD |
WS_CLIPCHILDREN);
        if (FAILED(hr))
            return hr;

        ResizeVideoWindow(hWnd);

        hr = g_pVW->put_Visible(OATRUE);
        if (FAILED(hr))
            return hr;

        return hr;
    }

void ResizeVideoWindow(HWND hWnd)
{
    if (g_pVW) {
        RECT rc;

        GetClientRect(hWnd, &rc);
        g_pVW->SetWindowPosition(0, 0,
rc.right, rc.bottom);
    }
}

HRESULT vcChangePreviewState(int nShow)
{
    HRESULT hr = S_OK;

    if (!g_pMC)
        return S_OK;

    if (nShow) {
        if (g_psCurrent != Running) {

            hr = g_pMC->Run();
            g_psCurrent = Running;
        }
    } else {

        hr = g_pMC->StopWhenReady();
        g_psCurrent = Stopped;
    }

    return hr;
}

#ifdef REGISTER_FILTERGRAPH

HRESULT AddGraphToRot(IUnknown *pUnkGraph,
    DWORD *pdwRegister)
    {
        IMoniker * pMoniker;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

IRunningObjectTable *pROT;
WCHAR wsz[128];
HRESULT hr;

if (!pUnkGraph || !pdwRegister)
    return E_POINTER;

if (FAILED(GetRunningObjectTable(0,
&pROT)))
    return E_FAIL;

hr = StringCchPrintfW(wsz,
NUMELMS(wsz), L"FilterGraph %08x pid
%08x\0", (DWORD_PTR)pUnkGraph,

GetCurrentProcessId());

hr = CreateItemMoniker(L"!", wsz,
&pMoniker);
if (SUCCEEDED(hr)) {
    hr = pROT-
>Register(ROTFLAGS_REGISTRATIONKEEPSALIV
E, pUnkGraph, pMoniker, pdwRegister);
    pMoniker->Release();
}
pROT->Release();
return hr;
}

void RemoveGraphFromRot (DWORD pdwRegister)
{
    IRunningObjectTable *pROT;

    if (SUCCEEDED(GetRunningObjectTable(0,
&pROT))) {
        pROT->Revoke (pdwRegister);
        pROT->Release();
    }
}

#endif

HRESULT vcHandleGraphEvent (void)
{
    LONG evCode;
    LONG_PTR evParam1, evParam2;
    HRESULT hr = S_OK;

    if (!g_pME)
        return E_POINTER;

    while (SUCCEEDED(g_pME-
>GetEvent(&evCode, &evParam1, &evParam2,
0))) {
        hr = g_pME-
>FreeEventParams(evCode, evParam1,
evParam2);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        return hr;
    }

void Msg(TCHAR *szFormat, ...)
{
    TCHAR szBuffer[1024];
    const size_t NUMCHARS =
        sizeof(szBuffer) / sizeof(szBuffer[0]);
    const int LASTCHAR = NUMCHARS - 1;

    va_list pArgs;
    va_start(pArgs, szFormat);

    (void)StringCchVPrintf(szBuffer,
        NUMCHARS - 1, szFormat, pArgs);
    va_end(pArgs);

    szBuffer[LASTCHAR] =
        TEXT('\0');

    MessageBox(NULL, szBuffer,
        TEXT("PlayCap Message"), MB_OK |
        MB_ICONERROR);

#include "stdafx.h"
#include "VidCap.h"
#include "VidCapDlg.h"

#ifdef _DEBUG
#define new DEBUG_NEW
#endif

BEGIN_MESSAGE_MAP(CVidCapApp, CWinApp)
    ON_COMMAND(ID_HELP, &CWinApp::OnHelp)
END_MESSAGE_MAP()

CVidCapApp::CVidCapApp()
{
}

CVidCapApp theApp;

BOOL CVidCapApp::InitInstance()
{
    INITCOMMONCONTROLSEX InitCtrls;
    InitCtrls.dwSize = sizeof(InitCtrls);

    InitCtrls.dwICC = ICC_WIN95_CLASSES;
    InitCommonControlsEx(&InitCtrls);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของ บริษัท เทคโนโลยี จำกัด (มหาชน) อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CWinApp::InitInstance();

Gdiplus::GdiplusStartupInput
gdiplusStartupInput;
ULONG_PTR gdiplusToken;
GdiplusStartup(&gdiplusToken,
&gdiplusStartupInput, NULL);

CVidCapDlg dlg;
m_pMainWnd = &dlg;
INT_PTR nResponse = dlg.DoModal();
if (nResponse == IDOK) {

Gdiplus::GdiplusShutdown(gdiplusToken);

return FALSE;

#include "stdafx.h"
#include "VidCap.h"
#include "VidCapDlg.h"

#include "capture.h"
#include "samplegrab.h"

#include "lib\vec2D.h"
#include "lib\vec2Dc.h"

#ifdef DEBUG
#define new DEBUG_NEW
#endif

#pragma

LARGE_INTEGER m_nFreq;
LARGE_INTEGER m_nBeginTime;

void tic()
{
    QueryPerformanceFrequency(&m_nFreq);
    QueryPerformanceCounter(&m_nBeginTime);
}

__int64 toc()
{
    LARGE_INTEGER nEndTime;
    __int64 nCalcTime;

    QueryPerformanceCounter(&nEndTime);
    nCalcTime = (nEndTime.QuadPart -
m_nBeginTime.QuadPart) * 1000 /
m_nFreq.QuadPart;
return nCalcTime;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}

// CVidCapDlg dialog
CVidCapDlg::CVidCapDlg(CWnd* pParent /*=NULL*/)
    : CDialog(CVidCapDlg::IDD,
      pParent)
    , m_Width(320), m_Height(240),
    m_Channels(3)
    , m_Zoom(0.125f)
    , m_nTimer(0),
    m_TimerInterval(1000)
    , m_TakeSnapshot(false)
    , pBmpEncoder(GUID_NULL)
    , m_CaptureState(HALT)
    , m_Background(0)
    , m_BackgroundFramesNumber(0)
    , m_MinBlobElements(10)
    , m_TrackingStatus(_T(""))
{
    m_hIcon = AfxGetApp()-
    >LoadIcon(IDR_MAINFRAME);
}

void CVidCapDlg::DoDataExchange(CDataExchange*
pDX)
{
    CDialog::DoDataExchange(pDX);
    DDX_Control(pDX, IDC_PRV_STATIC,
m_PrivStatic);
    DDX_Control(pDX,
IDC_ADAPTORS_COMBO, m_AdapterCombo);
    DDX_Text(pDX, IDC_SAMPLEINTERVAL_EDIT,
m_TimerInterval);
    DDV_MinMaxUIInt(pDX, m_TimerInterval,
10, 10000);
    DDX_Control(pDX, IDC_RUN_BUTTON,
m_RunButton);
    DDX_Control(pDX, IDC_CAPIMG_STATIC,
m_CapImgStatic);
    DDX_Control(pDX, IDC_VIDINFO_STATIC,
m_VideoFormat);
    DDX_Text(pDX, IDC_STATUS_STATIC,
m_TrackingStatus);
}

BEGIN_MESSAGE_MAP(CVidCapDlg, CDialog)
    ON_MESSAGE(WM_GRAPHNOTIFY,
OnGraphMessage)
    ON_WM_PAINT()
    ON_WM_QUERYDRAGICON()
    //}}AFX_MSG_MAP
    ON_BN_CLICKED(IDC_ENUMADAPTORS_BUTTON,
&CVidCapDlg::OnBnClickedEnumadaptorsButt
on)
    ON_BN_CLICKED(IDC_RUN_BUTTON,
&CVidCapDlg::OnBnClickedRunButton)
    ON_WM_TIMER()
    ON_WM_CLOSE()
    ON_WM_WINDOWPOSCHANGED()

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ภายใต้การดูแลของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ON_STN_DBLCLK(IDC_CAPIMG_STATIC,
&CVidCapDlg::OnStnDblclickCapimgStatic)
//ON_BN_CLICKED(IDC_BACKGROUND_RADIO,
&CVidCapDlg::OnBnClickedBackgroundRadio)
//ON_BN_CLICKED(IDC_TRACKOBJECTS_RADIO,
&CVidCapDlg::OnBnClickedTrackobjectsRadi
o)
ON_BN_CLICKED(IDC_BUTTON_BK,
&CVidCapDlg::OnBnClickedButtonBk)
ON_BN_CLICKED(IDC_BUTTON_track,
&CVidCapDlg::OnBnClickedButtontrack)
END_MESSAGE_MAP()

```

```

// CVidCapDlg message handlers
LRESULT CVidCapDlg::OnGraphMessage(WPARAM
wParam, LPARAM lParam)
{
HRESULT hr = vcHandleGraphEvent();
TRACE(L" WM_GRAPH 0x%X\n", hr);
return 0;
}

```

```

BOOL CVidCapDlg::OnInitDialog()
{
CDialog::OnInitDialog();

SetIcon(m_hIcon, TRUE);
// Set big icon
SetIcon(m_hIcon, FALSE); //
Set small icon

if (FAILED(CoInitializeEx(NULL,
COINIT_APARTMENTTHREADED))) {
MessageBox(L"CoInitialize
Failed!", L"COM error");
}

m__RunButton.EnableWindow(FALSE);
return TRUE;
}

if (GetEncoderClsid(L"image/jpeg",
&pBmpEncoder) < 0) {
MessageBox(L"Failed to get
image/jpeg encoder", L"warning");
}

return TRUE; }

```

```

void CVidCapDlg::OnClose()
{
KillTimer(m_nTimer);
vcStopCaptureVideo();
CoUninitialize();

if (m_Background != 0)
delete[] m_Background;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        CDialog::OnClose();
    }

void CVidCapDlg::OnPaint()
{
    if (IsIconic()) {
        CPaintDC dc(this); // device
        context for painting

        SendMessage(WM_ICONERASEBKGND,
reinterpret_cast<WPARAM>(dc.GetSafeHdc()
), 0);

        int cxIcon =
        GetSystemMetrics(SM_CXICON);
        int cyIcon =
        GetSystemMetrics(SM_CYICON);
        CRect rect;
        GetClientRect(&rect);
        int x = (rect.Width() - cxIcon
+ 1) / 2;
        int y = (rect.Height() - cyIcon
+ 1) / 2;

        dc.DrawIcon(x, y, m_hIcon);
    } else {
        CDialog::OnPaint();
    }
}

int CVidCapDlg::GetEncoderClsid(const WCHAR*
format, CLSID* pClsid)
{
    UINT num = 0;          // number of image encoders
    UINT size = 0;        // size of array
    Gdiplus::ImageCodecInfo* pImageCodecInfo
= NULL;

    Gdiplus::GetImageEncodersSize(&num,
&size);
    if (size == 0)
        return -1;

    pImageCodecInfo=(Gdiplus::ImageCodecInfo
*)(malloc(size));
    if (pImageCodecInfo == NULL)
        return -1;

    Gdiplus::GetImageEncoders(num, size,
pImageCodecInfo);

    for (UINT j = 0; j < num; ++j) {
        if
        (wcsncmp(pImageCodecInfo[j].MimeType,
format) == 0) {
            *pClsid =
            pImageCodecInfo[j].Clsid;
            free(pImageCodecInfo);

```

```

        return j; // Success
    }
}

free(pImageCodecInfo);
return -1; // Failure
}

HCURSOR CVidCapDlg::OnQueryDragIcon()
{
    return static_cast<HCURSOR>(m_hIcon);
}

void
CVidCapDlg::OnBnClickedEnumadaptorsButton()
{
    vcGetCaptureDevices(m_AdapterCombo);
}

void CVidCapDlg::OnBnClickedRunButton()
{
    UpdateData();
    HRESULT hr;
    if (m_nTimer == 0) {
        hr = vcCaptureVideo(m_hWnd,
            m_PrivStatic.m_hWnd,
            m_AdapterCombo.GetCurSel() + 1);
        if (hr != S_OK) {
            vcStopCaptureVideo();
            return;
        }
        CString str;
        str.Format(L"Video output:
        %dx%d %dbpp", sgGetDataWidth(),
            sgGetDataHeight(), 8 *
            sgGetDataChannels());
        m_VideoFormat.SetWindowTextW(str);

        //Setup Timer
        if (sgGetDataWidth() == m_Width
            && sgGetDataHeight() == m_Height &&
            sgGetDataChannels() == m_Channels) {
            m_nTimer = SetTimer(1,
                m_TimerInterval, 0);
            m_FpsRate = 0.0;
            m_Ms = 0;
            m_MsPerFrame = 0;
            m_FramesProcessed = 0;
            m_TotalFrames = 1000 /
                m_TimerInterval;
            if (m_TotalFrames == 0)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ผู้ใช้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }

    m_RunButton.SetWindowTextW(L"Stop");

    m_Background = new unsigned
int[sgGetDataWidth() * sgGetDataHeight()
* sgGetDataChannels()];
    memset(m_Background, 0,
sgGetDataWidth() * sgGetDataHeight() *
sgGetDataChannels() * sizeof(unsigned
int));

    m_BackgroundFramesNumber = 0;
    m_CaptureState = HALT;

    m_MotionDetector.init(sgGetDataWidth(),
sgGetDataHeight(), m_Zoom);
    m_Blobs.init((unsigned
int)(m_Zoom * (float)sgGetDataWidth()),
(unsigned int)(m_Zoom *
(float)sgGetDataHeight()));
    } else {
        //Close Timer:
        KillTimer(m_nTimer);
        m_nTimer = 0;

        m_RunButton.SetWindowTextW(L"Run");
        m_VideoFormat.SetWindowTextW(L"Video
output");
        //Close Capture
        vcStopCaptureVideo();

        delete[] m_Background;
        m_Background = 0;
        m_CaptureState = HALT;
    }
}

void CVidCapDlg::OnTimer(UINT_PTR nIDEvent)
{
    SYSTEMTIME SystemTime;
    GetLocalTime(&SystemTime);
    TRACE(L" %d:%d:%d\n", SystemTime.wHour,
SystemTime.wMinute, SystemTime.wSecond);

    unsigned char* pData = sgGrabData();
    if (pData != 0)
        DrawData(pData);

    CDialog::OnTimer(nIDEvent);
}

void CVidCapDlg::OnWindowPosChanged(WINDOWPOS*
lpwndpos)
{
    CDialog::OnWindowPosChanged(lpwndpos);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ภายใต้การดูแลของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        vcChangePreviewState(!IsIconic());
    }

void CVideoCapDlg::DrawData(unsigned char *pData)
{
    Gdiplus::Bitmap* pBitmap =
    sgGetBitmap();
    if (pBitmap == 0)
        return;

    if (m_TakeSnapshot == true) {
        m_TakeSnapshot = false;
        sndPlaySound(L"snap.wav",
        SND_ASYNC);
        if (pBmpEncoder != GUID_NULL) {
            wchar_t
            FileName[_MAX_PATH] = L"";
            for (unsigned int i =
            1; i < 0xFFFFFFFF; i++) {
                swprintf_s(FileName, _MAX_PATH,
                L"Snapshot %04d.jpg", i);
                FILE* fp =
                _wfopen(FileName, L"rb");
                if (fp == 0) {
                    pBitmap->Save(FileName, &pBmpEncoder);
                    break;
                }
                else
                fclose(fp);
            }
        }

        RECT r;
        m_CapImgStatic.GetClientRect(&r);
        Gdiplus::Graphics
        g(m_CapImgStatic.GetDC()->m_hDC);

        //draw on Bitmap
        Gdiplus::Graphics mem_g(pBitmap);
        Gdiplus::SolidBrush
        CyanBrush(Gdiplus::Color(100, 0, 255,
        255));
        Gdiplus::Pen
        deeppinkPen(Gdiplus::Color(255, 255,
        14, 93), 2.5f); //deeppink1

        switch (m_CaptureState) {
        default:
        case HALT:
            break;

        case GET_BACKGROUND:
            m_BackgroundFramesNumber++;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ m_BackgroundFramesNumber++; ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    for (long i = 0; i <
sgGetBufferSize(); i++)
        m_Background[i] +=
(unsigned int)pData[i];
        break;

case BLOB_TRACKER:
    tic();
    //mark motion regions
    const vec2Dc* mvec =
m_MotionDetector.detect(pData);
    m_Ms += (unsigned int)toc();

    for (unsigned int y = 0; y <
mvec->height(); y++) {
        for (unsigned int x =
0; x < mvec->width(); x++) {
            if ((*mvec)(y,
x) == 1)
mem_g.FillEllipse(&CyanBrush, x * 8, y *
8, 8, 8);
        }
    }
    tic();
    //estimate blobs
    m_Blobs.find_blobs(*mvec,
m_MinBlobElements);
    m_Ms += (unsigned int)toc();
    if (m_Blobs.get_blobs_number()
> 0) {
        TRACE(L" found %d
blobs\n", m_Blobs.get_blobs_number());
        m_Blobs.find_bounding_boxes();
        for (unsigned int i =
0; i < m_Blobs.get_blobs_number(); i++)
        {
            const RECT r =
m_Blobs.get_blob(i)->bounding_box;
            INT x =
int((float)r.left / m_Zoom);
            INT y =
int((float)r.top / m_Zoom);
            INT width =
int((float)r.right / m_Zoom) - x;
            INT height =
int((float)r.bottom / m_Zoom) - y;

            mem_g.DrawRectangle(&deppinkPen, x, y,
width, height);

            int numbox = 0;

            numbox=numbox+1;

            sndPlaySound(L"snap.wav",
SND_ASYNC);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
    m_Blobs.delete_blobs();
}

    m_FramesProcessed++;
    if (m_FramesProcessed >=
m_TotalFrames) {
        m_MsPerFrame = m_Ms /
m_TotalFrames;
        m_FpsRate = 1000.0 /
double(m_MsPerFrame);
        m_FramesProcessed = 0;
        m_Ms = 0;
    }

m_TrackingStatus.Format(L"Object
tracking: %dms (%.2lffps)",
m_MsPerFrame); // m_FpsRate

    break;
}

g.DrawImage(pBitmap, Gdiplus::Rect(0,
0, r.right, r.bottom));
UpdateData(FALSE);
}

void CvidCapDlg::OnStnDblclickCapimgStatic()
{
    m_TakeSnapshot = true;
}

void CvidCapDlg::OnBnClickedButtonBk()
{
    m_CaptureState = GET_BACKGROUND;

    m_BackgroundFramesNumber = 0;
    if (m_Background != 0)
        memset(m_Background, 0,
sgGetDataWidth() * sgGetDataHeight() *
sgGetDataChannels() * sizeof(unsigned
int));
}

void CvidCapDlg::OnBnClickedButtontrack()
{
    if (m_CaptureState == HALT)
return;

    m_CaptureState = BLOB_TRACKER;

    if (m_Background != 0) {
        unsigned char* tmp = new
unsigned char[sgGetDataWidth() *
sgGetDataHeight() *
sgGetDataChannels()];
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        for (unsigned int i = 0; i <
sgGetDataWidth() * sgGetDataHeight() *
sgGetDataChannels(); i++)
            tmp[i] = unsigned
char(m_Background[i] /
m_BackgroundFramesNumber);

m_MotionDetector.set_background(tmp);

Gdiplus::Bitmap
pBitmap(sgGetDataWidth(),
sgGetDataHeight(),

sgGetDataChannels() * sgGetDataWidth(),
PixelFormat24bppRGB, tmp);
pBitmap.Save(L"background.jpg",
&pBmpEncoder);

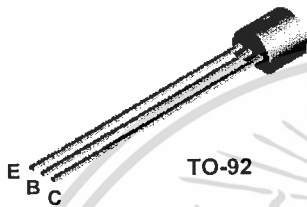
delete[] tmp;
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**BC547
BC547A
BC547B
BC547C**



NPN General Purpose Amplifier

This device is designed for use as general purpose amplifiers and switches requiring collector currents to 300 mA. Sourced from Process 10. See PN100A for characteristics.

Absolute Maximum Ratings*

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V _{CEO}	Collector-Emitter Voltage	45	V
V _{CES}	Collector-Base Voltage	50	V
V _{EBO}	Emitter-Base Voltage	6.0	V
I _C	Collector Current - Continuous	500	mA
T _J , T _{slg}	Operating and Storage Junction Temperature Range	-55 to +150	°C

*These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

NOTES:

- 1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 150 degrees C.
- 2) These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

Thermal Characteristics

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Characteristic	Max	Units
		BC547 / A / B / C	
P _D	Total Device Dissipation Derate above 25°C	625	mW
		5.0	mW/°C
R _{θJC}	Thermal Resistance, Junction to Case	83.3	°C/W
R _{θJA}	Thermal Resistance, Junction to Ambient	200	°C/W

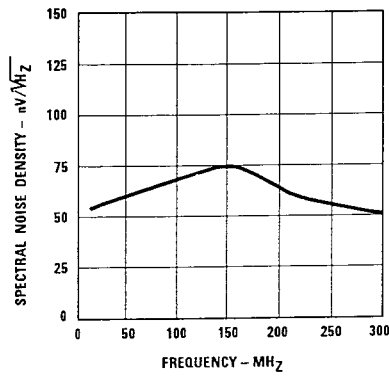


Figure 15. Typical Spectral Noise Density vs. Frequency.

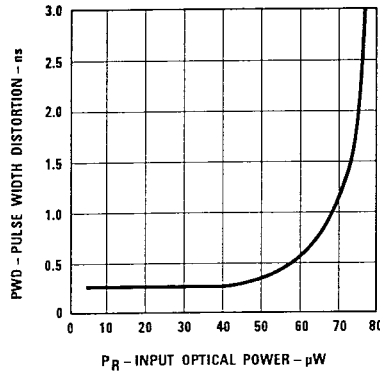


Figure 16. Typical Pulse Width Distortion vs. Peak Input Power.

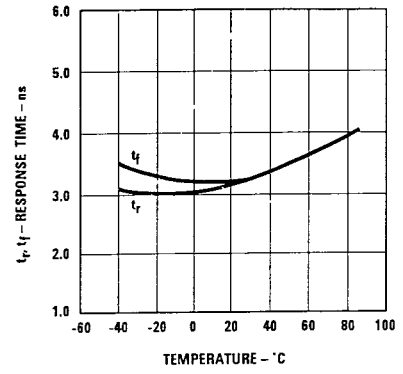


Figure 17. Typical Rise and Fall Times vs. Temperature.

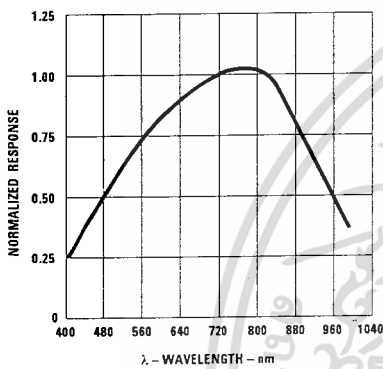


Figure 18. Receiver Spectral Response Normalized to 820 nm.

www.agilent.com/semiconductors

For product information and a complete list of distributors, please go to our web site.

For technical assistance call:
Americas/Canada: +1 (800) 235-0312 or (916) 788-6763

Europe: +49 (0) 6441 92460

China: 10800 650 0017

Hong Kong: (+65) 6756 2394

India, Australia, New Zealand: (+65) 6755 1939

Japan: (+81 3) 3335-8152(Domestic/International), or 0120-61-1280(Domestic Only)

Korea: (+65) 6755 1989

Singapore, Malaysia, Vietnam, Thailand, Philippines,

Indonesia: (+65) 6755 2044

Taiwan: (+65) 6755 1843

Data subject to change.

Copyright © 2003 Agilent Technologies, Inc.

Obsoletes: 5980-1065E

August 11, 2003

5988-3624EN



Agilent Technologies

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NPN General Purpose Amplifier

(continued)

Electrical Characteristics

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min	Max	Units
OFF CHARACTERISTICS					
$V_{(BR)CEO}$	Collector-Emitter Breakdown Voltage	$I_C = 1.0 \text{ mA}, I_B = 0$	45		V
$V_{(BR)CBO}$	Collector-Base Breakdown Voltage	$I_C = 10 \mu\text{A}, I_E = 0$	50		V
$V_{(BR)CES}$	Collector-Base Breakdown Voltage	$I_C = 10 \mu\text{A}, I_E = 0$	50		V
$V_{(BR)EBO}$	Emitter-Base Breakdown Voltage	$I_E = 10 \mu\text{A}, I_C = 0$	6.0		V
I_{CBO}	Collector Cutoff Current	$V_{CB} = 30 \text{ V}, I_E = 0$ $V_{CB} = 30 \text{ V}, I_E = 0, T_A = +150^\circ\text{C}$		15 5.0	nA μA

ON CHARACTERISTICS

h_{FE}	DC Current Gain	$V_{CE} = 5.0 \text{ V}, I_C = 2.0 \text{ mA}$	547 547A 547B 547C	110 110 200 420	800 220 450 800	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10 \text{ mA}, I_B = 0.5 \text{ mA}$ $I_C = 100 \text{ mA}, I_B = 5.0 \text{ mA}$			0.25 0.60	V V
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter On Voltage	$V_{CE} = 5.0 \text{ V}, I_C = 2.0 \text{ mA}$ $V_{CE} = 5.0 \text{ V}, I_C = 10 \text{ mA}$		0.58	0.70 0.77	V V

SMALL SIGNAL CHARACTERISTICS

h_{fe}	Small-Signal Current Gain	$I_C = 2.0 \text{ mA}, V_{CE} = 5.0 \text{ V},$ $f = 1.0 \text{ kHz}$		125	900	
NF	Noise Figure	$V_{CE} = 5.0 \text{ V}, I_C = 200 \mu\text{A},$ $R_S = 2.0 \text{ k}\Omega, f = 1.0 \text{ kHz},$ $B_W = 200 \text{ Hz}$			10	dB

BC547 / BC547A / BC547B / BC547C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



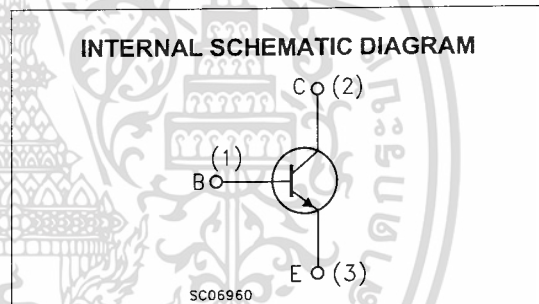
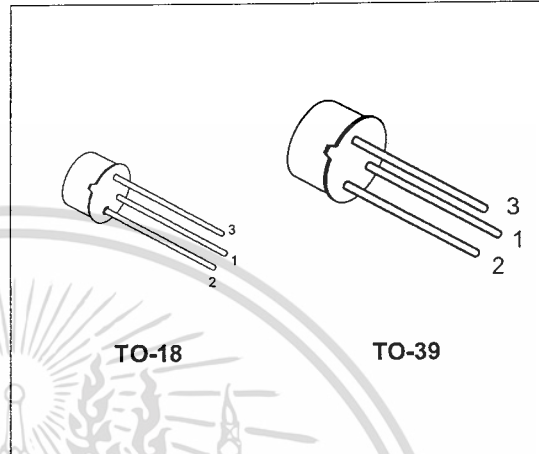
2N2219A
2N2222A

HIGH SPEED SWITCHES

PRELIMINARY DATA

DESCRIPTION

The 2N2219A and 2N2222A are silicon Planar Epitaxial NPN transistors in Jedec TO-39 (for 2N2219A) and in Jedec TO-18 (for 2N2222A) metal case. They are designed for high speed switching application at collector current up to 500mA, and feature useful current gain over a wide range of collector current, low leakage currents and low saturation voltage.



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{CBO}	Collector-Base Voltage ($I_E = 0$)	75	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage ($I_B = 0$)	40	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage ($I_C = 0$)	6	V
I_C	Collector Current	0.6	A
I_{CM}	Collector Peak Current ($t_p < 5$ ms)	0.8	A
P_{tot}	Total Dissipation at $T_{amb} \leq 25$ °C	0.8	W
		for 2N2219A	W
		for 2N2222A	W
		at $T_C \leq 25$ °C	W
	for 2N2219A	3	W
	for 2N2222A	1.8	W
T_{stg}	Storage Temperature	-65 to 175	°C
T_J	Max. Operating Junction Temperature	175	°C

February 2003

1/7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THERMAL DATA

			TO-39	TO-18	
R _{thj-case}	Thermal Resistance Junction-Case	Max	50	83.3	°C/W
R _{thj-amb}	Thermal Resistance Junction-Ambient	Max	187.5	300	°C/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_{case} = 25 °C unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I _{CBO}	Collector Cut-off Current (I _E = 0)	V _{CB} = 60 V V _{CB} = 60 V T _J = 150 °C			10 10	nA μA
I _{CEX}	Collector Cut-off Current (V _{BE} = -3V)	V _{CE} = 60 V			10	nA
I _{BEX}	Base Cut-off Current (V _{BE} = -3V)	V _{CE} = 60 V			20	nA
I _{EBO}	Emitter Cut-off Current (I _C = 0)	V _{EB} = 3 V			10	nA
V _{(BR)CBO}	Collector-Base Breakdown Voltage (I _E = 0)	I _C = 10 μA	75			V
V _{(BR)CEO*}	Collector-Emitter Breakdown Voltage (I _B = 0)	I _C = 10 mA	40			V
V _{(BR)EBO}	Emitter-Base Breakdown Voltage (I _C = 0)	I _E = 10 μA	6			V
V _{CE(sat)*}	Collector-Emitter Saturation Voltage	I _C = 150 mA I _B = 15 mA I _C = 500 mA I _B = 50 mA			0.3 1	V V
V _{BE(sat)*}	Base-Emitter Saturation Voltage	I _C = 150 mA I _B = 15 mA I _C = 500 mA I _B = 50 mA	0.6		1.2 2	V V
h _{FE*}	DC Current Gain	I _C = 0.1 mA V _{CE} = 10 V I _C = 1 mA V _{CE} = 10 V I _C = 10 mA V _{CE} = 10 V I _C = 150 mA V _{CE} = 10 V I _C = 500 mA V _{CE} = 10 V I _C = 150 mA V _{CE} = 1 V I _C = 10 mA V _{CE} = 10 V T _{amb} = -55 °C	35 50 75 100 40 50 35		300	
h _{fe*}	Small Signal Current Gain	I _C = 1 mA V _{CE} = 10 V f = 1KHz I _C = 10 mA V _{CE} = 10 V f = 1KHz	50 75		300 375	
f _T	Transition Frequency	I _C = 20 mA V _{CE} = 20 V f = 100 MHz		300		MHz
C _{EBO}	Emitter-Base Capacitance	I _C = 0 V _{EB} = 0.5 V f = 100KHz			25	pF
C _{CBO}	Collector-Base Capacitance	I _E = 0 V _{CB} = 10 V f = 100 KHz			8	pF
R _{e(hie)}	Real Part of Input Impedance	I _C = 20 mA V _{CE} = 20 V f = 300MHz			60	Ω

* Pulsed: Pulse duration = 300 μs, duty cycle ≤ 1 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

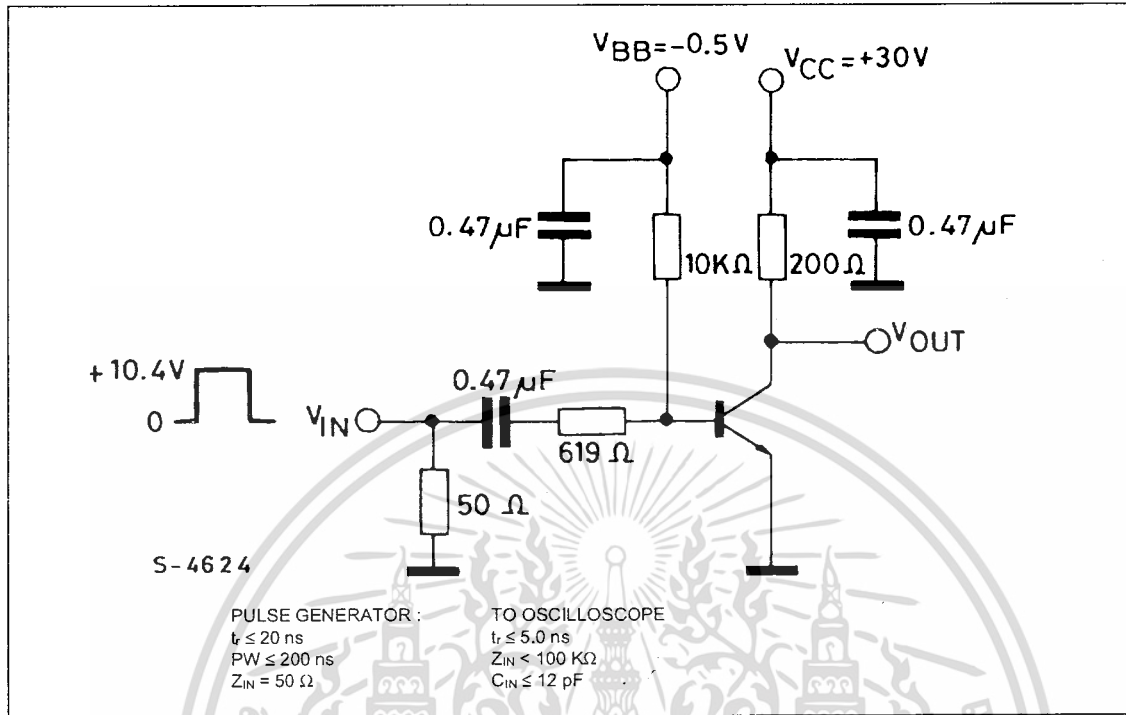
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
NF	Noise Figure	$I_C = 0.1 \text{ mA}$ $V_{CE} = 10 \text{ V}$ $f = 1 \text{ KHz}$ $R_g = 1 \text{ K}\Omega$		4		dB
h_{ie}	Input Impedance	$I_C = 1 \text{ mA}$ $V_{CE} = 10 \text{ V}$ $I_C = 10 \text{ mA}$ $V_{CE} = 10 \text{ V}$	2 0.25		8 1.25	$\text{k}\Omega$ $\text{k}\Omega$
h_{re}	Reverse Voltage Ratio	$I_C = 1 \text{ mA}$ $V_{CE} = 10 \text{ V}$ $I_C = 10 \text{ mA}$ $V_{CE} = 10 \text{ V}$			8 4	10^{-4} 10^{-4}
h_{oe}	Output Admittance	$I_C = 1 \text{ mA}$ $V_{CE} = 10 \text{ V}$ $I_C = 10 \text{ mA}$ $V_{CE} = 10 \text{ V}$	5 25		35 200	μS μS
t_d^{**}	Delay Time	$V_{CC} = 30 \text{ V}$ $I_C = 150 \text{ mA}$ $I_{B1} = 15 \text{ mA}$ $V_{BB} = -0.5 \text{ V}$			10	ns
t_r^{**}	Rise Time	$V_{CC} = 30 \text{ V}$ $I_C = 150 \text{ mA}$ $I_{B1} = 15 \text{ mA}$ $V_{BB} = -0.5 \text{ V}$			25	ns
t_s^{**}	Storage Time	$V_{CC} = 30 \text{ V}$ $I_C = 150 \text{ mA}$ $I_{B1} = -I_{B2} = 15 \text{ mA}$			225	ns
t_f^{**}	Fall Time	$V_{CC} = 30 \text{ V}$ $I_C = 150 \text{ mA}$ $I_{B1} = -I_{B2} = 15 \text{ mA}$			60	ns
$r_{bb'}$, $C_{b'c}$	Feedback Time Constant	$I_C = 20 \text{ mA}$ $V_{CE} = 20 \text{ V}$ $f = 31.8 \text{ MHz}$			150	ps

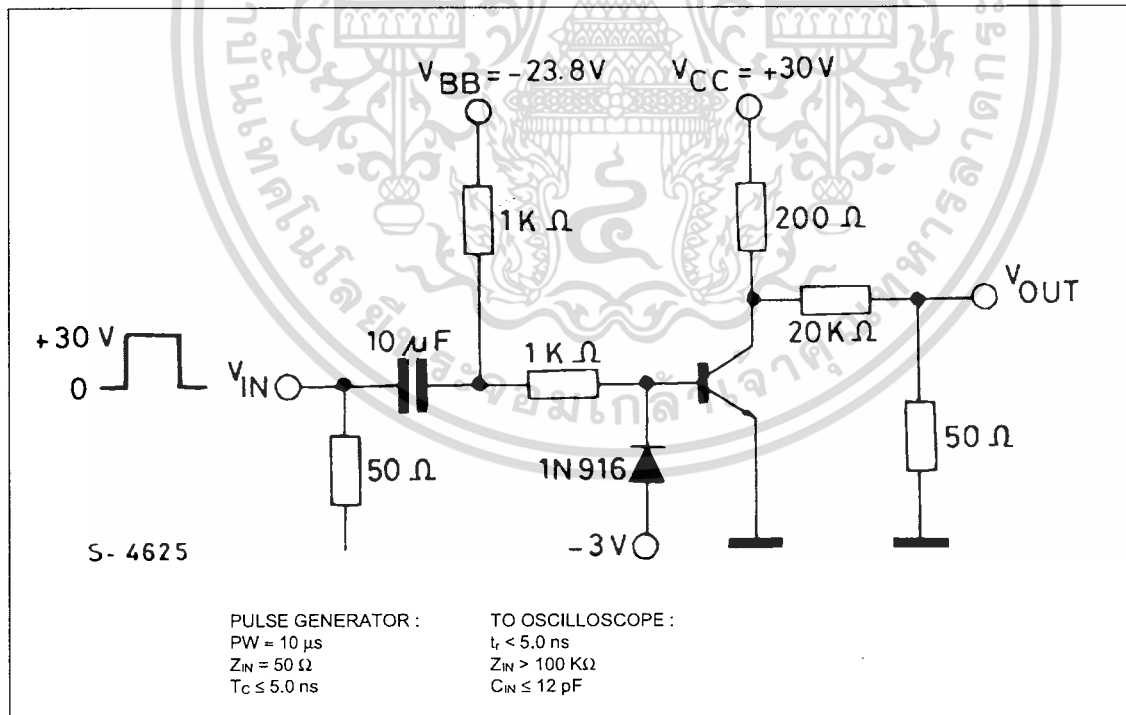
* Pulsed: Pulse duration = 300 μs , duty cycle $\leq 1\%$

** See test circuit

Test Circuit for t_d , t_r .

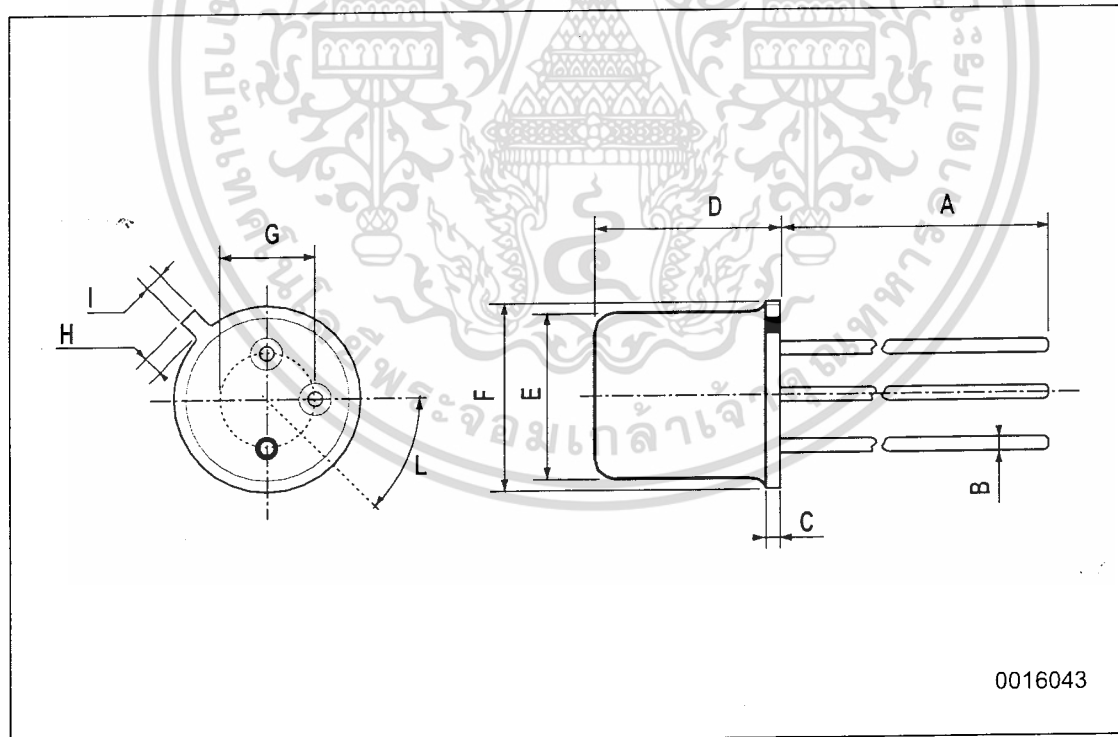


Test Circuit for t_d , t_r .



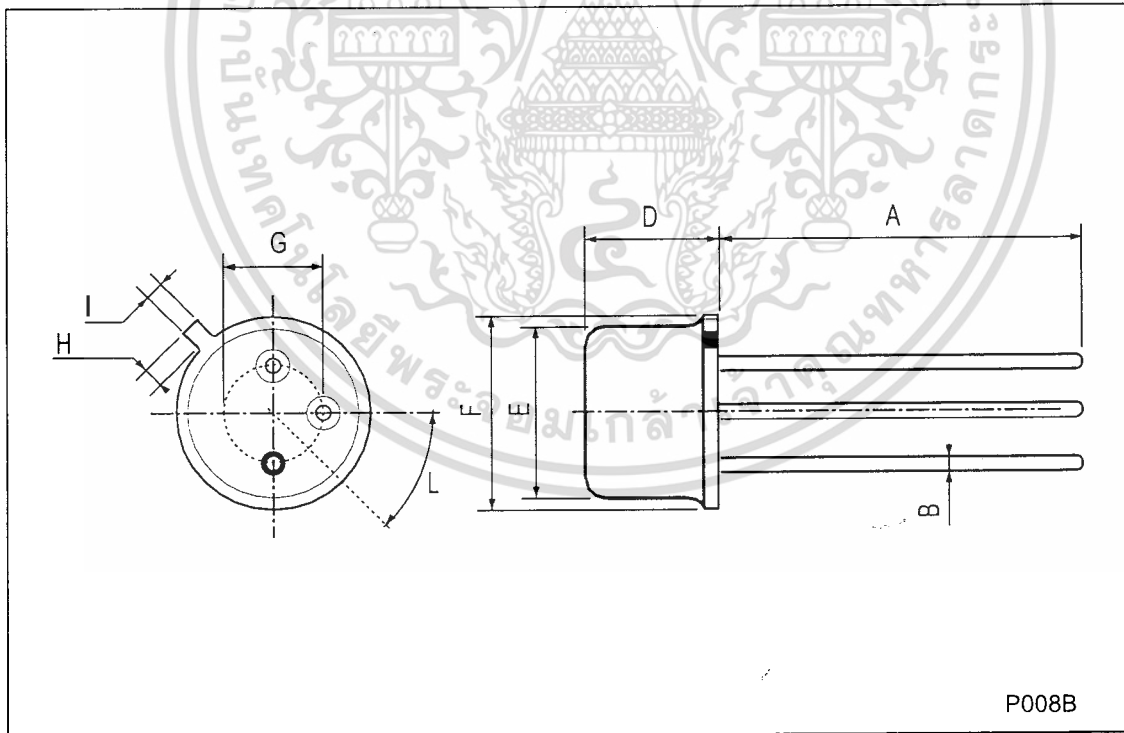
TO-18 MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A		12.7			0.500	
B			0.49			0.019
D			5.3			0.208
E			4.9			0.193
F			5.8			0.228
G	2.54			0.100		
H			1.2			0.047
I			1.16			0.045
L	45°			45°		



TO-39 MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	12.7			0.500		
B			0.49			0.019
D			6.6			0.260
E			8.5			0.334
F			9.4			0.370
G	5.08			0.200		
H			1.2			0.047
I			0.9			0.035
L	45° (typ.)					



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specification mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

The ST logo is a trademark of STMicroelectronics

© 2003 STMicroelectronics – Printed in Italy – All Rights Reserved

STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Israel - Italy - Japan - Malaysia - Malta - Morocco - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - United States.

<http://www.st.com>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า, ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HFBR-24x6 Low-Cost 125 MHz Receiver

Description

The HFBR-24x6 fiber optic receiver is designed to operate with the Agilent HFBR-14xx fiber optic transmitters and 50/125 μm , 62.5/125 μm , 100/140 μm and 200 μm HCS® fiber optic cable. Consistent coupling into the receiver is assured by the lensed optical system (Figure 1). Response does not vary with fiber size for core diameters of 100 μm or less.

The receiver output is an analog signal which allows follow-on circuitry to be optimized for a variety of distance/data rate requirements. Low-cost external components can be used to convert the analog output to logic compatible signal levels for various data formats and data rates up to 175 MBd. This distance/data rate trade-off results in increased optical power budget at lower data rates which can be used for additional distance or splices.

The HFBR-24x6 receiver contains a PIN photodiode and low noise transimpedance

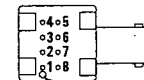
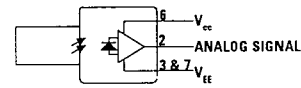
preamplifier integrated circuit. The HFBR-24x6 receives an optical signal and converts it to an analog voltage. The output is a buffered emitter follower. Because the signal amplitude from the HFBR-24x6 receiver is much larger than from a simple PIN photodiode, it is less susceptible to EMI, especially at high signaling rates. For very noisy environments, the conductive or metal port option is recommended. A receiver dynamic range of 23 dB over temperature is achievable (assuming 10⁻⁹ BER).

The frequency response is typically dc to 125 MHz. Although the HFBR-24x6 is an analog receiver, it is compatible with digital systems. Please refer to Application Bulletin 78 for simple and inexpensive circuits that operate at 155 MBd or higher.

The recommended ac coupled receiver circuit is shown in Figure 14. It is essential that a 10 ohm resistor be connected between pin 6 and the power supply, and a 0.1 mF ceramic bypass capacitor be connected between the power supply and ground. In addition, pin 6 should be filtered to protect the

receiver from noisy host systems. Refer to AN 1038, 1065, or AB 78 for details.

Housed Product



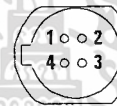
BOTTOM VIEW PIN 1 INDICATOR

PIN	FUNCTION
1	NC
2	SIGNAL
3	NC
4	NC
5	NC
6	V _{CC}
7	V _{EE}
8	NC

NOTES:

- PINS 1, 4, 5 AND 8 ARE ISOLATED FROM THE INTERNAL CIRCUITRY, BUT ARE ELECTRICALLY CONNECTED TO EACH OTHER.
- PINS 3 AND 7 ARE ELECTRICALLY CONNECTED TO HEADER

Unhoused Product



BOTTOM VIEW

PIN	FUNCTION
1	SIGNAL
2	V _{EE}
3	V _{CC}
4	V _{EE}

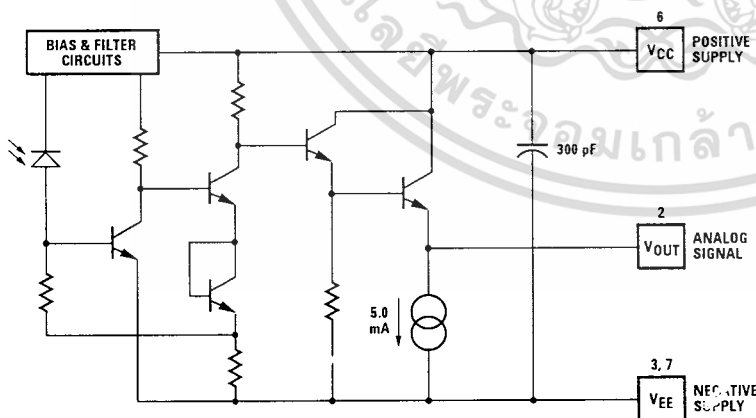


Figure 13. Simplified Schematic Diagram.

CAUTION: The small junction sizes inherent to the design of these components increase the components' susceptibility to damage from electrostatic discharge (ESD). It is advised that normal static precautions be taken in handling and assembly of these components to prevent damage and/or degradation which may be induced by ESD.

Dynamic Characteristics -40 °C to +85 °C; 4.75 V ≤ Supply Voltage ≤ 5.25 V; R_{LOAD} = 511 Ω, C_{LOAD} = 5 pF unless otherwise specified

Parameter	Symbol	Min	Typ ²	Max	Units	Conditions	Reference
Rise/Fall Time 10% to 90%	t _r , t _f		3.3	6.3	ns	P _R = 100 μW peak	Figure 17
Pulse Width Distortion	PWD		0.4	2.5	ns	P _R = 150 μW peak	Note 8, Figure 16
Overshoot			2		%	P _R = 5 μW peak, t _r = 1.5 ns	Note 9
Bandwidth (Electrical)	BW		125		MHz	-3 dB Electrical	
Bandwidth - Rise Time Product			0.41		Hz · s	Note 10	

Notes:

- 2.0 mm from where leads enter case.
- Typical specifications are for operation at T_A = +25 °C and V_{CC} = +5 V dc.
- For 200 μm HCS fibers, typical responsivity will be 6 mV/mW. Other parameters will change as well.
- Pin #2 should be ac coupled to a load ³ 510 ohm. Load capacitance must be less than 5 pF.
- Measured with a 3 pole Bessel filter with a 75 MHz, -3 dB bandwidth. Recommended receiver filters for various bandwidths are provided in Application Bulletin 78.
- Overdrive is defined at PWD = 2.5 ns.
- D is the effective diameter of the detector image on the plane of the fiber face. The numerical value is the product of the actual detector diameter and the lens magnification.
- Measured with a 10 ns pulse width, 50% duty cycle, at the 50% amplitude point of the waveform.
- Percent overshoot is defined as:

$$\left(\frac{V_{PK} - V_{100\%}}{V_{100\%}} \right) \times 100\%$$

- The conversion factor for the rise time to bandwidth is 0.41 since the HFBR-24x6 has a second order bandwidth limiting characteristic.

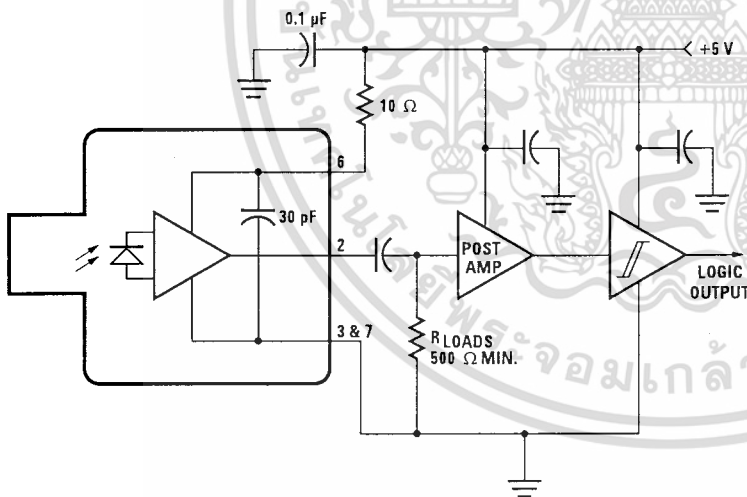


Figure 14. Recommended ac Coupled Receiver Circuit. (See AB 78 and AN 1038 for more information.)

CAUTION: The small junction sizes inherent to the design of these components increase the components' susceptibility to damage from electrostatic discharge (ESD). It is advised that normal static precautions be taken in handling and assembly of these components to prevent damage and/or degradation which may be induced by ESD.