



ปีการศึกษา 2531

การสื่อสารสัญญาณเสียงด้วยเลเซอร์ไดโอด

โดย

นายพิชัย ตันประเสริฐ 281155

นายไพรัช สุขไพธารมภ์ 281166

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.แดเนียล บริน

สำนักบรรณสาร

ปริญญาโทบริหารการศึกษา 2531

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การสื่อสารสัญญาณเสียงด้วยเลเซอร์ไดโอด

ผู้จัดทำ

1. นายพิชัย ตันประเสริฐ 281155
2. นายไพรัช สุขโพธารมภ์ 281166


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร.แดเนียล ปรีณ)



การสื่อสารสัญญาณเสียงด้วยเลเซอร์ไดโอด

นายพิชัย ตันประเสริฐ
นายไพรัช สุขไพธารมณ
ดร.แดเนียล บริน อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2531

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เกี่ยวกับการนำเลเซอร์ไดโอดมาใช้งานในการสื่อสาร มีหลักการทำงานคือทางภาคส่งจะนำสัญญาณเสียงมาขยาย แล้วจึงทำการมอดดูเลทด้วยวิธีพัลส์ฟรีคววนซ์มอดดูเลชัน ซึ่งจะให้เอาพุทออกมาเป็นพัลส์ซึ่งมีความถี่แปรตามขนาดของสัญญาณเสียง พัลส์ที่ได้นี้จะนำไปทริกวงจรรับเลเซอร์ไดโอดได้แสงเลเซอร์เป็นพัลส์ออกมา ส่วนทางด้านภาครับเมื่อโฟโตดีเท็คเตอร์รับพัลส์ของแสงเลเซอร์ได้จะขยายสัญญาณ แล้วทำการดีมอดดูเลทเป็นสัญญาณเสียงออกมา

Laser Diode in Voice Communication

PICHAJ TANPRASERT

PIRAT SUKPOTHAROM

Dr. DANIEL BREEN, ADVISER

ACADEMIC YEAR 2531

ABSTRACT

This thesis is about using laser diode in communication application. On transmitter side, audio signal is amplified and then modulated by pulse frequency modulation method. The frequency output pulses will vary according to amplitude of audio signal. These pulses are then used to trig the laser driver circuit. When photodetector, in receiver, detects the laser pulses. It will amplify the signal, then demodulate it and give out the audio signal.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1. บทนำ	1
บทที่ 2. ทฤษฎีหรือหลักการ	2
2.1 แสงและทฤษฎีของอินเจ็คชั่นเลเซอร์	2
2.2 วงจรสร้างพัลส์	18
2.3 โฟโอดีไดโอด	21
บทที่ 3. กำนรคำนวณและการสร้าง	24
บทที่ 4. การทดลองและผลการทดลอง	37
บทที่ 5. บทวิจารณ์และสรุป	40
ภาคผนวก	42
กิตติกรรมประกาศ	59
หนังสืออ้างอิง	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

เลเซอร์ คือแสงที่มีความถี่และเฟสเดียวกัน หรือโคฮีเลนต์กัน ดังนั้นลำแสงเลเซอร์ที่ออกมาจะพุ่งไปในทิศทางเดียวกันไม่กระจัดกระจาย ทำให้แสงเลเซอร์มีสีเดียวกันและมีความเข้มสูง ลำแสงเลเซอร์จะกระจายออกน้อยมากเมื่อเทียบกับแหล่งกำเนิดแสงอื่นๆ เราสามารถนำคุณสมบัติของเลเซอร์ ได้แก่ ความบริสุทธิ์ของแสง ความเข้มของกำลังงาน- โพลาริเซชัน ไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก ทั้งในทางอุตสาหกรรม การแพทย์ การสื่อสารโทรคมนาคม การทหาร เช่น เลเซอร์ที่มีกำลังสูงจะใช้ในการตัด, เจาะวัสดุ ซึ่งมีข้อดีคือไม่มีฝุ่นผง สามารถตัดวัสดุเป็นลวดลายได้ง่าย และไม่ทำให้วัสดุเกิดความเครียด หรืออาจใช้เลเซอร์ในการสื่อสารผ่านอากาศหรือไฟเบอร์ออปติก โดยเราสามารถจะทำการรับส่งข้อมูลได้พร้อมกันที่หลายแขนง เนื่องจากแสงมีแบนด์วิธสูง ในโครงการนี้จะเป็นการใช้เลเซอร์ไดโอดซึ่งทำงานแบบพัลส์ในการส่งสัญญาณเสียงผ่านอากาศ

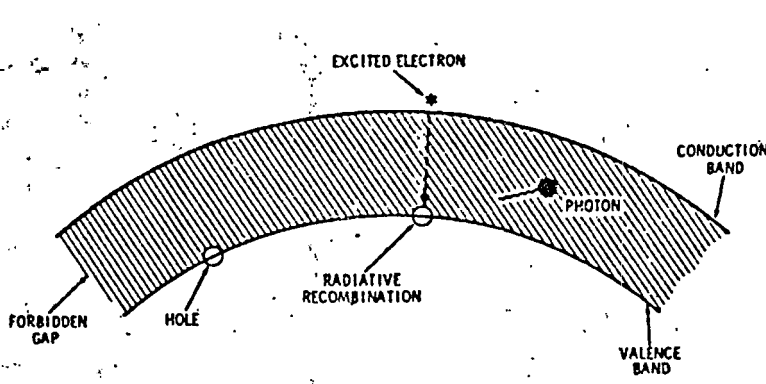
บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการทำงาน

2.1 แสงและทฤษฎีของอินเจ็คชั่นเลเซอร์

แสงเกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของอิเล็กตรอน โดยปกติอิเล็กตรอนจะมีระดับพลังงานเฉพาะของตัวเองอยู่ในกลุ่มหมอกอิเล็กตรอนรอบ ๆ นิวเคลียสของอะตอม แต่อิเล็กตรอนที่อยู่ในบริเวณรอบนอกของกลุ่มหมอก อาจจะถูกกระตุ้นให้หลุดออกจากระดับพลังงานของมัน โดยการให้พลังงานจากแหล่งพลังงานภายนอก ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปความร้อน แสง ลำอิเล็กตรอน กระแสไฟฟ้า หรือปฏิกิริยาเคมีก็ได้ การที่อิเล็กตรอนหลุดออกจากระดับพลังงานของตัวเอง จะทำให้เกิดช่องว่างหรือโฮลขึ้น และเมื่อตกกลับมารวมตัวกับโฮล อิเล็กตรอนจะคายพลังงานที่มันดูดกลืนไว้ โดยอาจปล่อยพลังงานออกมาในรูปของโฟตอน (แสง) หรือในรูปโฟนอน (ความร้อน) ก็ได้ ถ้าเป็นการคายพลังงานออกมาในรูปโฟตอน จะเรียกว่า Radiative Recombination

ระดับพลังงานชั้นนอกสุดที่อิเล็กตรอนจะอยู่ได้คือแถบความนำ (Conduction band) และชั้นที่มีระดับพลังงานสูงรองลงมาคือแถบวาเลนซ์ (valence band) ส่วนบริเวณระหว่างระดับพลังงานทั้งสองเรียกว่าแถบพลังงานต้องห้าม (forbidden gap) ดังแสดงในรูป 2-1 โดยปกติอิเล็กตรอนจะมีการเปลี่ยนระดับพลังงานโดยผ่านจากแถบความนำไปยังแถบวาเลนซ์โดยตรง ไม่มีการหยุดในระหว่างแถบพลังงานต้องห้าม แต่ในสารบางชนิดจะอนุญาตให้อิเล็กตรอนมีการเปลี่ยนระดับของพลังงานในช่วงแถบพลังงานต้องห้ามได้ สารชนิดนี้จะเรียกว่า indirect band gap ส่วนสารที่ไม่มีระดับพลังงานให้อิเล็กตรอนอยู่ภายในช่วงแถบพลังงานต้องห้ามจะเรียกว่า direct band gap



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเฉพาะของหน่วยงานนี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูป 2-1 แถบพลังงานของอิเล็กตรอน
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบนด์แกป (band gap) จะเป็นตัวกำหนดความยาวคลื่นของแสงที่เปล่งออกมา สมการแสดงความสัมพันธ์ของความยาวคลื่นกับแบนด์แกปแสดงดังข้างล่าง

$$\lambda = hc / E$$

โดย h = ค่าคงตัวของพลังค์ (6.63×10^{-34} J-S)

c = ความเร็วแสง (3×10^8 M/S)

E = ช่องว่างแถบพลังงาน (Energy band gap)

λ = ความยาวคลื่น

สมการข้างบนอาจเขียนให้ง่ายขึ้น โดยให้พลังงานอยู่ในรูปอิเล็กตรอน โวลต์แทนจูลส์

$$\lambda = 1239 / E_g \text{ (eV) } \text{ nm}$$

แต่ค่าของแบนด์แกปไม่จำเป็นต้องเป็นค่าที่แน่นอน มีสารหลายชนิดที่อนุญาตให้อิเล็กตรอนมีระดับพลังงานที่ต่างกันเล็กน้อยภายในแถบวาเลนซ์และแถบความนำ ดังนั้นจะเป็นผลให้ความยาวคลื่นที่ได้จะมีค่ากระจายเป็นแถบได้ในช่วงถึงหลายสิบนานาโนเมตร

การให้กำเนิดแสงหลัก ๆ มีอยู่ 2 วิธี คือ

-Incandescence ให้แสงโดยผลของความร้อน เช่น ในหลอดไฟเมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านลวดโลหะที่มีความต้านทานสูง จะทำให้เกิดความร้อน ซึ่งจะไปกระตุ้นอิเล็กตรอนจำนวนมากให้ขึ้นไปอยู่ในระดับพลังงานที่สูงขึ้น และจะมีโฟตอนจำนวนถูกปลดปล่อยออกมา แสงที่ได้จะอยู่ในช่วงตั้งแต่อุลตราไวโอเลตไปจนถึงอินฟราเรด การให้กำเนิดแสงโดยวิธีนี้มีข้อเสียเช่น แสงที่เกิดขึ้นในช่วงที่มองเห็นจะมีน้อย และจะสร้างความร้อนออกมา

-Luminescence วิธีนี้แสงที่ได้ไม่ได้เป็นผลมาจากความร้อน เช่น แสงที่เกิดจากลำของอิเล็กตรอนไปตกกระทบจุดที่เคลือบฟอสฟอรัส (phosphor) ของทีวีเรียกว่า cathodoluminescence และถ้าเป็นแสงที่เป็นผลมาจากกระแสไฟฟ้าจะเรียก electroluminescence โดยถ้าเอาเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปสัมผัสกับผิวของสารกึ่งตัวนำจะทำให้เกิดแสงขึ้นมา ซึ่ง LED และ เลเซอร์ ไดโอดจะใช้วิธีนี้ในการให้กำเนิดแสง

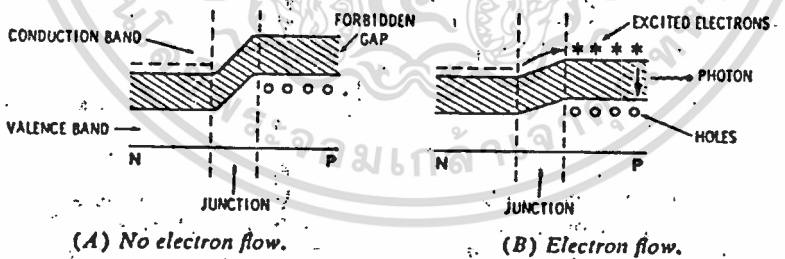
Injection Laser Diode

อินเจคชันเลเซอร์ก็คือ LED ที่มี P-N จังก์ชันที่เรียบมาก และที่ปลายทั้งสองข้างของตัวชิปของเลเซอร์จะถูกขัดมันและขนานกัน เพื่อทำหน้าที่เป็นกระจกสะท้อน ซึ่งจะประกบกันขึ้นเป็นไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออปติคอลลแควิตี้ (optical cavity) เมื่อเลเซอร์ถูกบีบให้ทำงานเหนือระดับเลเซอร์ (Lasing Threshold) จะทำให้เกิดการเปล่งแสงโดยถูกกระตุ้น (Stimulated Emission) และโดยขบวนการป้อนกลับทางแสง จะทำให้แสงที่ได้ออกมาจะโคฮีเรนต์ (Coherent) กัน คือ

- 1) พลังงานจะถูกจำกัดอยู่ภายในช่วงความถี่แคบ ๆ และในกรณีอุดมคติจะเป็นสีเดียว
- 2) มีความสัมพันธ์ระหว่างเฟส (phase relationship) ระหว่างทุก ๆ จุดของหน้าคลื่น (wavefront) ที่ปล่อยออกมา

การกำเนิดแสงของอินเจ็คชันเลเซอร์ จะมีขบวนการเหมือนกับของ LED คือ อิเล็กตรอนจะถูกฉีดเข้าทางด้าน N ของไดโอด (รูป 2-2) กำแพงศักย์ (Potential barrier) ซึ่งเกิดจากรอยต่อ P-N จะลดลง ขณะเดียวกันอิเล็กตรอนทางด้าน N ของไดโอดจะถูกกระตุ้นขึ้นไปสู่ระดับพลังงานที่สูงขึ้นในแถบความนำ เมื่ออิเล็กตรอนข้ามรอยต่อไปแล้วจะกลับลงสู่ภาวะสมดุล โดยจะไปรวมตัวกับโฮลในแถบวาเลนซ์ ซึ่งในขบวนการนี้เองจะมีการปล่อยพลังงานออกมาในรูปโฟตอนและความร้อน ความยาวคลื่นของโฟตอนจะถูกกำหนดโดยแบนด์แกป สำหรับสาร GaAs ซึ่งนิยมใช้ในการสร้างอินเจ็คชันเลเซอร์มีแบนด์แกป 1.37 eV ซึ่งจะให้โฟตอนที่ความยาวคลื่นเท่ากับ 903 nm ที่อุณหภูมิห้อง และถ้าทำงานที่อุณหภูมิของไนโตรเจนเหลว (-196°C) จะมีความยาวคลื่น 850 nm



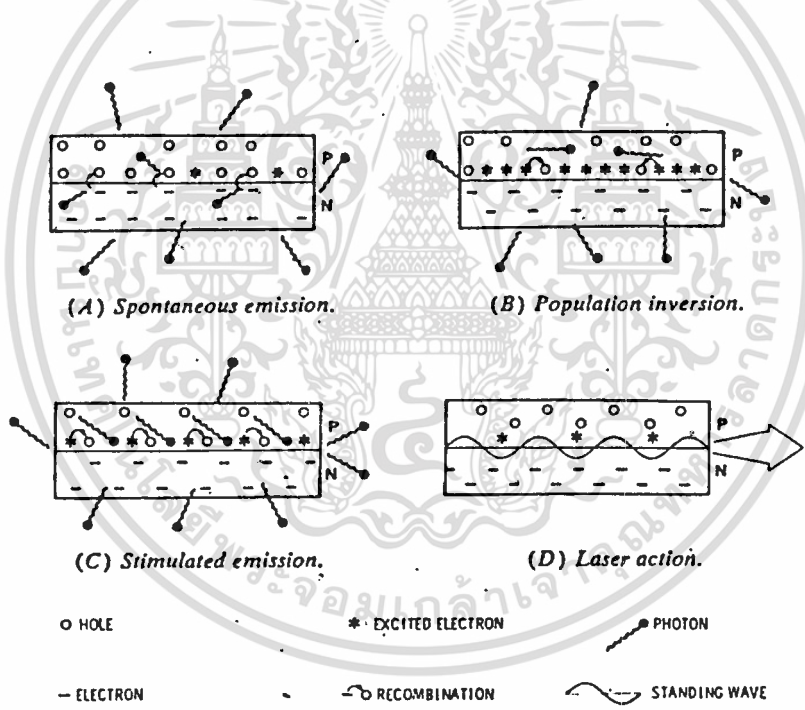
รูป 2-2 ระดับพลังงานของรอยต่อพี-เอ็น

ถ้าเราให้อินเจ็คชันเลเซอร์ทำงานที่ต่ำกว่าเลเซอร์อินเจ็คชันเลเซอร์จะเปล่งแสงออกมาเองอย่างไม่เป็นระเบียบเหมือนกับ LED แต่ถ้ากระแสที่เราให้สูงกว่าเลเซอร์อินเจ็คชันเลเซอร์แล้ว จะทำให้มีอิเล็กตรอนจำนวนมากถูกกระตุ้นไปอยู่ในสภาวะถูกกระตุ้น (excited state) มากกว่าที่อยู่ในสภาวะไม่ถูกกระตุ้น (unexcited state) ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่าการกลับกันของประชากร (population inversion) ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่จำเป็นในการทำงานของเลเซอร์ เป็นโดยโฟตอนที่ถูกปล่อยออกมาจะไปกระตุ้นให้อิเล็กตรอนที่ถูกกระตุ้นตัวอื่นไปปล่อยโฟตอนอีก ทำให้ปล่อยโฟตอนออกมาเป็นจำนวนมาก ซึ่งถ้าเราไม่ทำอย่างนี้ ก็จะทำให้เลเซอร์ไม่ทำงานได้

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนออกมา และโฟตอนที่ถูกลปล่อยออกมาใหม่นี้ก็จะไปกระตุ้นอิเล็กตรอนตัวอื่น ๆ ต่อไปเป็นลูกโซ่ ขบวนการนี้เรียกว่า *stimulated emission of radiation* และเนื่องจากอินเจ็คชั่นเลเซอร์มีผิวขั้วตม 2 ด้านขนานกัน ดังนั้นจะมีโฟตอนส่วนหนึ่งสะท้อนกลับเข้าไปในบริเวณแอคทีฟ (*active region*) ไปตามรอยต่อ ดังนั้นจะทำให้มีการกระตุ้นอิเล็กตรอนที่ถูกกระตุ้นให้ปล่อยโฟตอนออกมาเพิ่มขึ้นอีก (เป็นการ *amplification*) การบ้อนกลับของแสงทำให้มีโฟตอนสะท้อนกลับไปมาระหว่างผิวขั้วตมทั้ง 2 ทำให้เกิดคลื่นนิ่งขึ้นภายในออปติคัลเควิตี้ ดังนั้นคลื่นแสงที่ได้จะมีเฟสเหมือนกัน (*phase coherence*) ซึ่งจากขบวนการข้างบนจะได้แสงเลเซอร์ (*LASER* ย่อมาจาก *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*)

เราอาจสรุปขั้นตอนการเกิดแสงเลเซอร์ในอินเจ็คชั่นเลเซอร์ได้ ดังแสดงในรูป 2-3



รูป 2-3 ขั้นตอนการเกิดแสงเลเซอร์

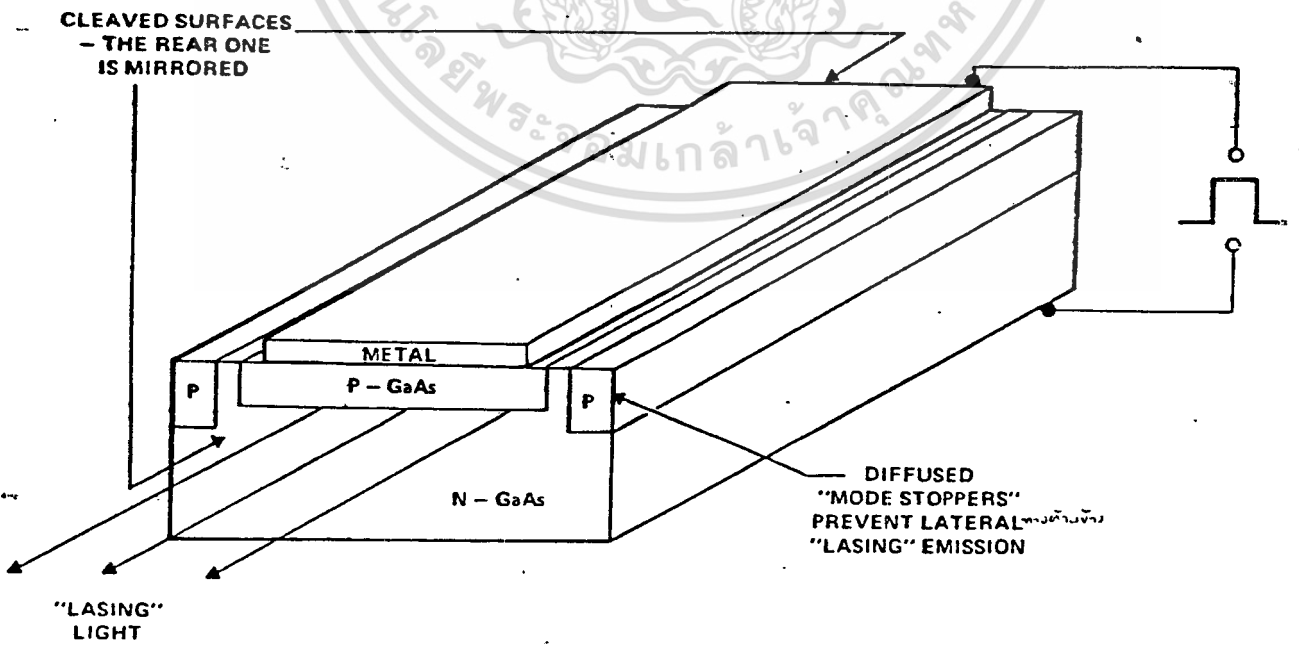
ในรูป 2-3 A ขณะนี้อินเจ็คชั่นเลเซอร์จะทำงานที่จุดต่ำกว่าระดับเลซึ่งเทรชโฮล ซึ่งจะทำงานเป็นแบบ LED คือจะเปล่งแสงออกมาอย่างไม่เป็นระเบียบ และเมื่อเราจ่ายกระแสเพิ่มให้มากขึ้น (รูป 2-3 B) จะเกิดการการกลับกันของประชากร ซึ่งจะมีอิเล็กตรอนอยู่ในสภาวะถูกกระตุ้นมากกว่าที่สภาวะไม่ถูกกระตุ้น ในรูป 2-3 C เกิดการเปล่งแสงโดยถูกกระตุ้น ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการทำงานของเลเซอร์ โดยโฟตอนที่ถูกลปล่อยออกมาอย่างไม่เป็นระเบียบจะไปชนกับอิเล็กตรอนที่ถูกกระตุ้นตัวอื่นในบริเวณแอคทีฟตลอดรอยต่อ นี้และก่อให้เกิดการปล่อยโฟตอนออก การคำนวณว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาเพิ่มมากขึ้น โฟตอนใหม่ที่ถูกลบออกจะมีเฟสเดียวกันกับโฟตอนที่ไปชนมัน และในภาพสุดท้ายรูป 2-3 D จะเกิดคลื่นนิ่งของโฟตอนระหว่างผิวขัดมันทั้ง 2 ด้านซึ่งประกอบกัน เป็นออปติคอลลีซีโชนแชนซ์แควิตี (optically resonant cavity) ซึ่งมีความจำเป็นในการทำงานของเลเซอร์ ในกรณีของ GaAs จะมีค่าดัชนีการหักเหของแสงสูง เราจะได้ค่าการสะท้อนของผิวทั้ง 2 มีค่าประมาณ 35% ที่ความยาวคลื่นของ GaAs ซึ่งสามารถใช้เป็นกระจกได้เป็นอย่างดี

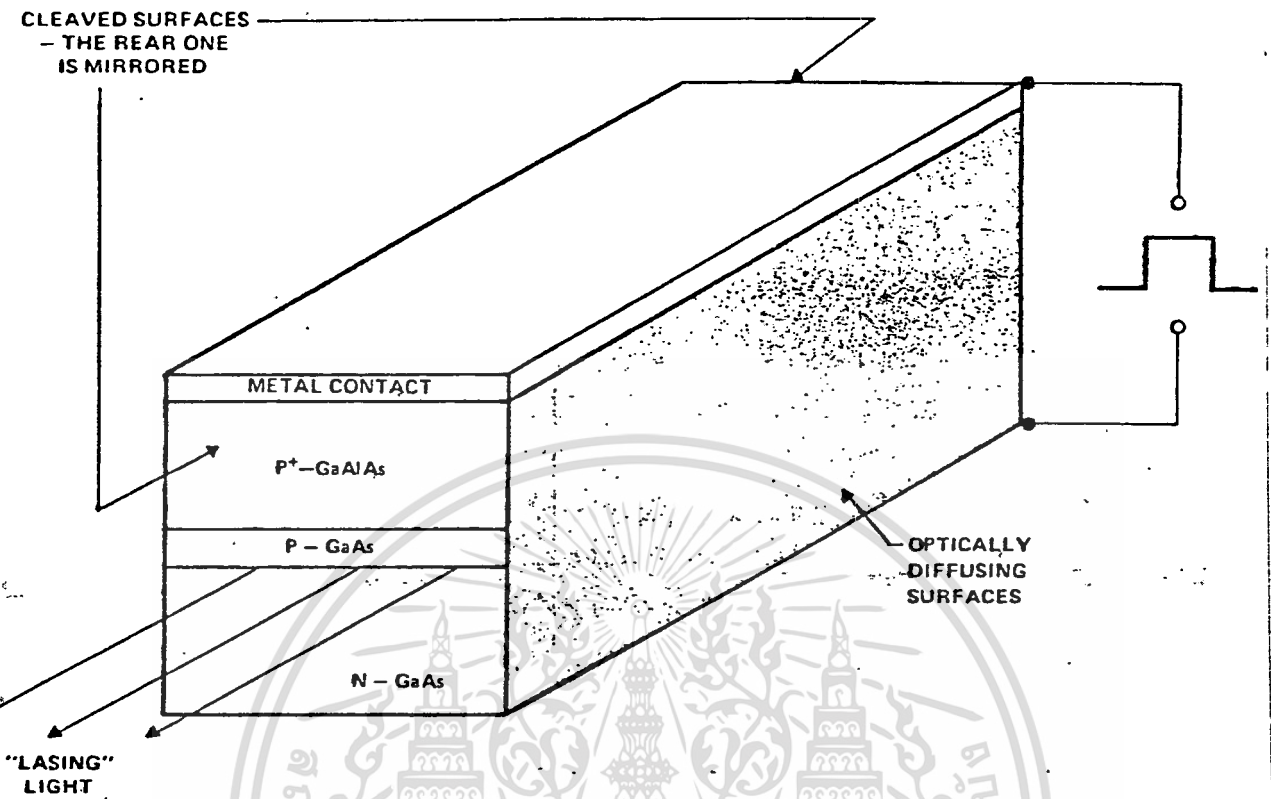
โครงสร้างของอินเจ็คชันเลเซอร์

โครงสร้างของอินเจ็คชันเลเซอร์จะประกอบด้วยโครงสร้างหลัก ๆ คือ

-Homostucture จะใช้สารกึ่งตัวนำชนิดเดียวกันในการสร้างรอยต่อ เลซึ่งเทรชโฮลของเลเซอร์แบบนี้จะมีค่าสูงกว่าในแบบอื่นมาก โดยเฉพาะในแบบที่สร้างรอยต่อโดยวิธีการแพร่สารเจือ ต้องใช้กระแสมากกว่า $100,000 \text{ A/m}^2$ ในการทำงาน เราสามารถลดเลซึ่งเทรชโฮลได้โดยการสร้างรอยต่อให้เรียบมาก ๆ ลดความไม่สมบูรณ์ของผลึก (imperfection) และสิ่งเจือปน (impurities) เพราะความไม่สมบูรณ์ของผลึกจะทำให้อิเล็กตรอนที่ถูกกระตุ้นอาจตกกลับลงไปที่ระดับพลังงานที่อยู่ระหว่างแถบพลังงานต้องห้ามซึ่งเกิดจากความไม่สมบูรณ์ของผลึก (crystal dislocation) และสิ่งเจือปน โครงสร้างแบบนี้จะแสดงได้ดังรูป 2-4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ โดยสำนักงานทรัพย์สินส่วนพระมหากษัตริย์
 รูป 2-4 โครงสร้างแบบดินผิวโฮโมสตรัคเจอร์ ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



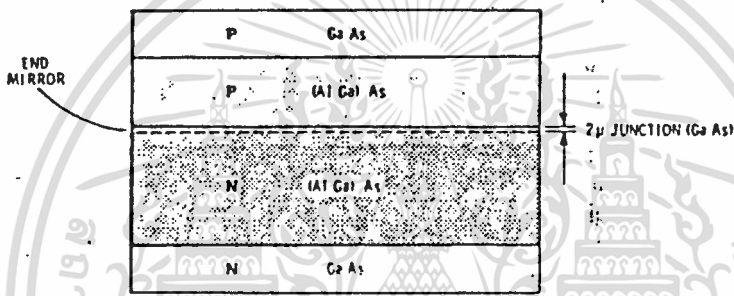
รูป 2-5 โครงสร้างแบบเฮเทอโรสตรัคเจอร์

-Single Heterostructure จะสร้างจากสารกึ่งตัวนำต่างชนิดกัน เช่นระหว่าง GaAs กับ GaAlAs โครงสร้างนี้จะมีเลขเชิงเทรซโวลต่ำกว่าในแบบโฮโมสตรัคเจอร์มากโดยจะมีค่าประมาณ $8,000 \text{ A/m}^2$ เนื่องจาก GaAlAs มีดัชนีการหักเหของแสงและช่องว่างระหว่างระดับพลังงานสูงกว่า GaAs ซึ่งจะเป็นผลให้แสงที่เกิดขึ้นภายในรอยต่อจะถูกจำกัดให้สะท้อนอยู่ในมากขึ้น

ความแตกต่างของระดับพลังงานของแถบความนำและแถบวาเลนซ์ของ GaAs กับ GaAlAs ค่าน้อย ๆ จะทำให้มีกำแพงศักย์ (potential barrier) เกิดขึ้น ดังนั้นอิเล็กตรอนที่ถูกกระตุ้นข้ามรอยต่อมาจะเคลื่อนที่ข้ามรอยกลับไปได้อย่างขึ้น ทำให้การรวมตัวแบบให้แสงออกมาจะเกิดขึ้นภายในบริเวณที่ถูกควบคุมเป็นส่วนใหญ่ และเนื่องจากดัชนีการหักเหของ GaAlAs มีค่าสูงกว่า GaAs ดังนั้นแสงที่เกิดขึ้นภายในรอยต่อส่วนใหญ่จะถูกสะท้อนกลับเข้ามาในรอยต่อไม่ถูกดูดกลืนภายในสารกึ่งตัวนำชนิดพี แต่อาจจะมีแสงบางส่วนถูกดูดกลืนภายในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นได้ แต่อย่างไรก็ตามจะเป็นผลให้โครงสร้างแบบเฮเทอโรโรนี้มีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบโฮโมมาก เลเซอร์แบบนี้จะทำงานในแบบพัลส์ โครงสร้างแบบเฮเทอโรโรจะแสดงในรูป 2-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-Double heterostructure จะประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ 5 ชั้นดังแสดงในรูป 2-6 ในการทำงานอิเล็กตรอนที่ถูกกระตุ้นจะข้ามรอยต่อระหว่างชั้น 1 และ 2 และจะตกกลับไปยังแถบวาเลนซ์ในชั้น 2 ให้โฟตอนออกมา โดยอิเล็กตรอนเหล่านี้จะไม่สามารถออกจากชั้นที่ 2 ได้ เพราะระดับพลังงานที่ต่างกันของชั้น 2 กับชั้นที่อยู่ติดกัน คือชั้น 1 และ 3 ทำให้อิเล็กตรอนเหล่านี้ยังคงอยู่ภายในบริเวณแอกทีฟ และความแตกต่างระหว่างดัชนีการหักเหของชั้นที่ 1, 2 และ 3 จะทำให้แสงที่เกิดขึ้นในบริเวณแอกทีฟจะถูกสะท้อนอยู่ภายในมากขึ้น ซึ่งความแตกต่างของระดับพลังงานและดัชนีการหักเหจะเป็นผลให้โครงสร้างแบบนี้มีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้นกว่าแบบซิงเกิลเฮเทอโรโรเลเซอร์แบบนี้จะทำงานในแบบต่อเนื่อง แต่กำลังเอาพุทที่ได้จะมีค่าต่ำ



รูป 2-6 โครงสร้างแบบดับเบิลเฮเทอโรโรเลเซอร์

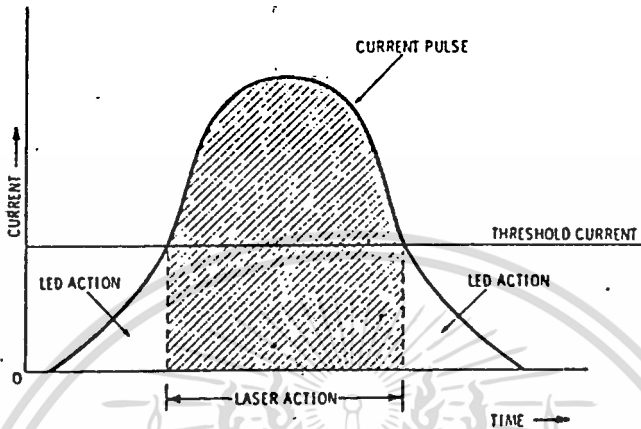
คุณสมบัติทางไฟฟ้าของอินเจ็คชันเลเซอร์

ในที่นี้จะกล่าวถึงคุณสมบัติของอินเจ็คชันเลเซอร์แบบซิงเกิลเฮเทอโรโรเลเซอร์ซึ่งใช้งานในโรงงานนี้ เลเซอร์แบบนี้จะทำงานในแบบพัลส์ ความกว้างพัลส์ที่ไบอัสเลเซอร์โดยทั่วไปจะต้องมีค่าไม่เกิน 200 ns เพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิร้อนเกินไปจนเกิดการเสียหายได้ ดังนั้นพัลส์ควรมีค่าเวลาขาขึ้น (rise time) และเวลาขาลง (fall time) น้อยที่สุด เนื่องจากในช่วงที่ยังไม่ถึงเลเซอร์เทรชโฮล อินเจ็คชันเลเซอร์จะทำงานในลักษณะเหมือน LED ซึ่งไม่เป็นประโยชน์ในการใช้งาน และยังจะเป็นผลให้อุณหภูมิร้อนอีกด้วย ในรูป 2-7 จะแสดงให้เห็นถึงการทำงานของอินเจ็คชันเลเซอร์ ในช่วงเวลาขาขึ้นและขาลงจะมีจุดที่กระแสไบอัสเลเซอร์ต่ำกว่าเลเซอร์เทรชโฮล ซึ่งในช่วงนี้เลเซอร์จะเปล่งแสงที่ไม่โคฮีเรนต์กันออกมา จนกระทั่งถึงจุดเทรชโฮลเสปรคตรัลเอาพุท (spectral output) จะแคบเข้าอย่างรวดเร็วมาก โดยจะมีความกว้างของเอาพุทเพียงไม่กี่สิบนานโนวินาที และกำลังของเอาพุท (optical output) จะเพิ่มขึ้นอย่างทันที

เช่นกัน ปี ดังนั้นการที่เราจะได้ประสิทธิภาพสูงสุดจากอินเจ็คชันเลเซอร์นี้ จึงอยู่ที่ว่าเราสามารถที่จะคำนวณได้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จะสร้างพัลส์ของกระแสที่มีค่าของเวลาขาขึ้นและขาลงให้มีค่าน้อยที่สุดได้เท่าไร ค่ายิ่งน้อยประสิทธิภาพที่เราจะได้อีกจะยิ่งสูงขึ้น และผลของความร้อนก็จะลดลงไปด้วย เพราะความร้อนที่เกิดขึ้นในรอยต่อของอินเจ็คชั่นเลเซอร์นั้นลดลงไป



รูป 2-7 การทำงานของเลเซอร์ในช่วง 1 พัลส์

ในรูปที่ 2-8 a, b, c จะแสดงให้เห็นถึงลักษณะของเอาพุทที่ได้ เมื่อเทียบกับพัลส์ที่ไปไบอัสที่ค่าต่าง ๆ กราฟเส้นบนเป็นของพัลส์กระแสที่ใช้ไบอัสอินเจ็คชั่นเลเซอร์ ส่วนเส้นล่างเป็นเส้นกราฟของเอาพุทที่ได้จากเลเซอร์ โดยใช้ไฟโอดีเท็คเตอร์รับสัญญาณ

รูป 2-8a เป็นรูปที่แสดงให้เห็นถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น เมื่อพัลส์ของกระแสพีก (peak) ที่บ้อนเข้าไปมีค่าต่ำกว่ากระแสเทรชโฮล เอาพุทของแสงที่ได้จะมีน้อยมาก

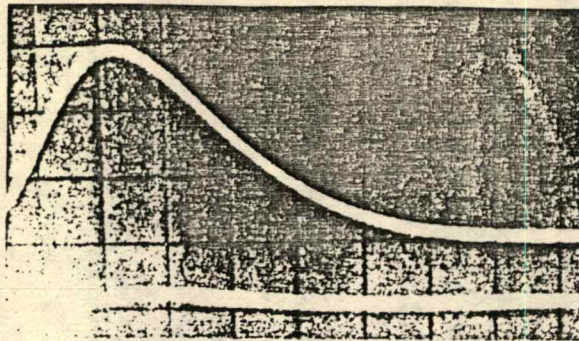
รูป 2-8b เป็นรูปที่แสดงให้เห็นถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเกิดเมื่อทำการบ้อนพัลส์ของกระแสที่มีค่าพีกเท่ากับค่าของกระแสเทรชโฮล จะเห็นว่าเอาพุทที่ได้จะเริ่มมีค่าสูงขึ้น

2-8c เป็นการแสดงให้เห็นถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น เมื่อทำการบ้อนพัลส์ของกระแสพีกที่มีค่าสูงกว่าค่ากระแสเทรชโฮลพอสมควร ซึ่งจะได้เอาพุทที่มีค่าสูงขึ้นมาก

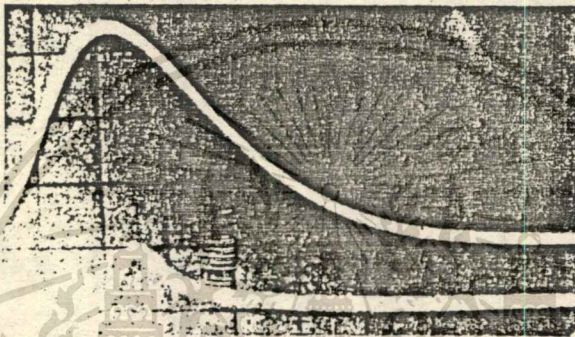
จากรูป 2-8 จะได้กราฟดังรูปที่ 2-9 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไบอัสกับเอาพุทของแสง จากกราฟจะเห็นได้ว่าที่ค่ากระแสมากกว่าจุดเทรชโฮล กระแสไบอัสจะมีความสัมพันธ์กับเอาพุทเป็นเส้นตรง แต่เมื่อเพิ่มกระแสไปเรื่อย ๆ จะเริ่มไม่เป็นเส้นตรง และเมื่อถึงจุดหนึ่งเอาพุทที่ได้จะเริ่มลดลง จุดนี้คือค่ากระแสสูงสุดที่อินเจ็คชั่นเลเซอร์จะทนได้ กรณีเช่นนี้เราสามารถอธิบายได้ว่าเป็นผลเนื่องมาจากกระแสที่สูงเกินไป จะสร้างความร้อนให้เกิดขึ้นที่รอยต่อของเลเซอร์ซึ่งจะเริ่มทำลายรอยต่อของเลเซอร์ ถ้าหากเราให้เลเซอร์ทำงานในช่วงของกระแส

แบบนี้ต่อไปจะทำให้เลเซอร์เสียหาย

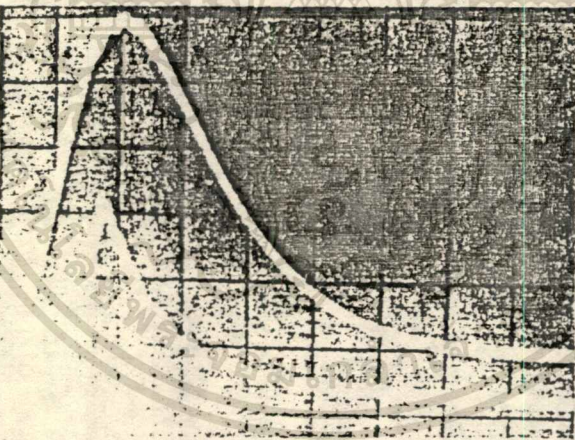
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(A) Just below threshold.



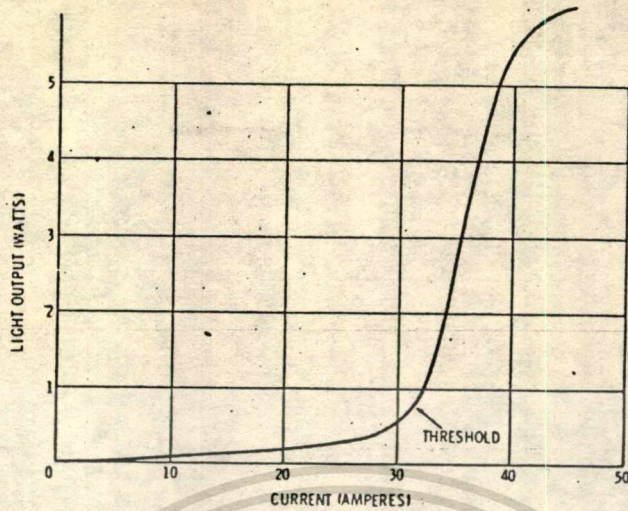
(B) Threshold.



(C) Well above threshold.

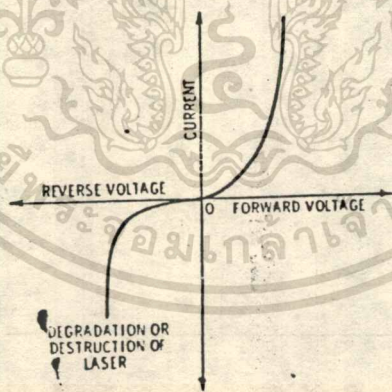
รูป 2-8 แสดงกระแสไบอัสเลเซอร์ (เส้นบน) และเอาพุทของเลเซอร์ (เส้นล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2-9 กราฟระหว่างกระแสไบอัสเลเซอร์กับเอาพุทของเลเซอร์

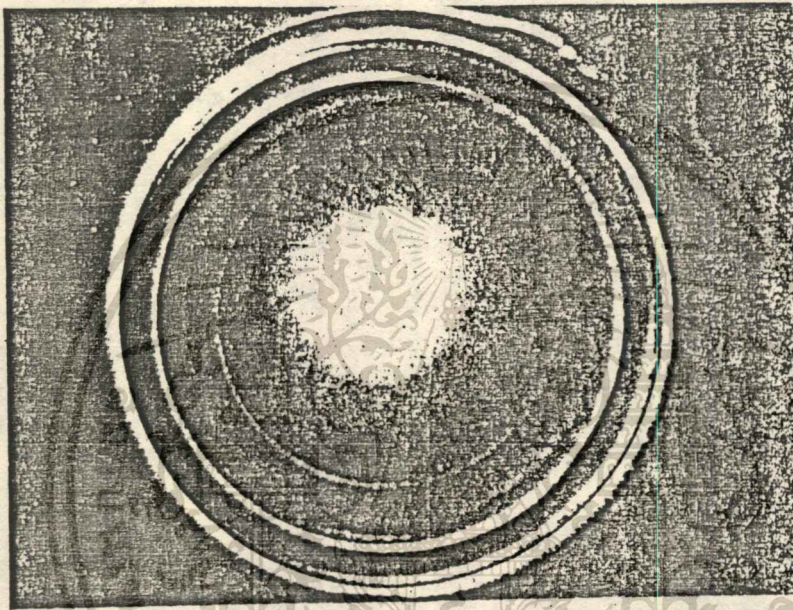
ลักษณะทางไฟฟ้าของอินเจ็คชั่นเลเซอร์จะเหมือนกับของไดโอดทั่ว ๆ ไป ดังแสดงในรูป 2-10 ค่าความต้านทานของเลเซอร์จะมีค่าประมาณ 1/2 โอห์ม จากรูปจะเห็นว่าเลเซอร์จะมีค่ารีเวอร์สโวลเตจต่ำมาก โดยทั่วไปจะมีค่าเพียง 2-3 โวลท์ ดังนั้นจึงควรระวังในการให้กระแสไบอัสเพื่อป้องกันการเสียหาย โดยปกติเราจะทำการต่อไดโอดกลับชั่วคราวเลเซอร์ไดโอดไว้เพื่อลดสัญญาณซิกนัลถ้ามี



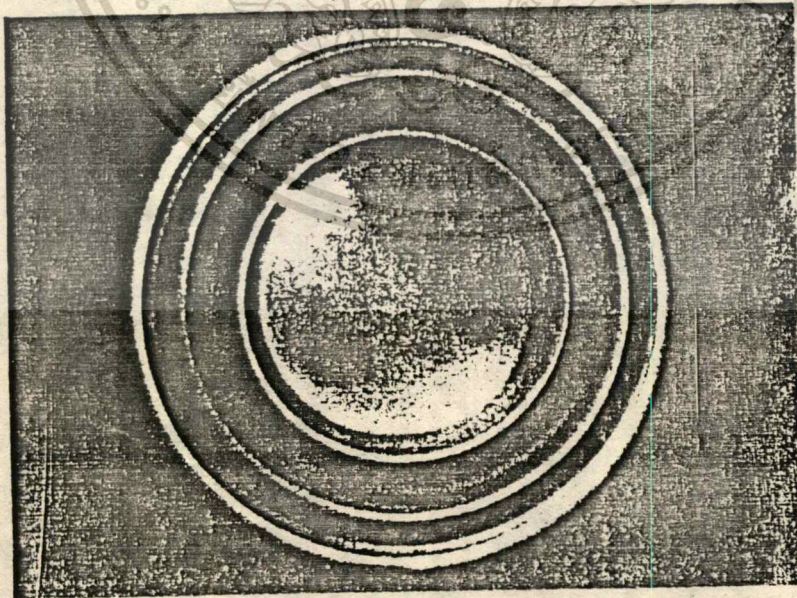
รูป 2-10 ลักษณะทางไฟฟ้าของอินเจ็คชั่นเลเซอร์

ลักษณะของเอาพุทางแสง

เมื่อระดับกระแสไบอัสต่ำกว่าระดับค่ากระแสเทรชโฮลของมัน อินเจ็คชั่นเลเซอร์จะปล่อยแสงที่ไม่โคฮีเรนท์ออกมา แต่ว่าเมื่อใดที่มีระดับสูงกว่าเทรชโฮลแล้วแสงที่ได้จะโคฮีเรนท์และจะมีมุมการกระจายของลำแสงประมาณ 20 องศา ลักษณะลำแสงที่เปล่งออกมาที่ต่ำกว่าเทรชโฮลและขณะที่สูงกว่าเทรชโฮลโดยมองผ่านอิมเมจคอนเวอร์เตอร์ แสดงดังรูป 2-11 a, b



(A) Just below threshold the beam is broad and poorly defined.



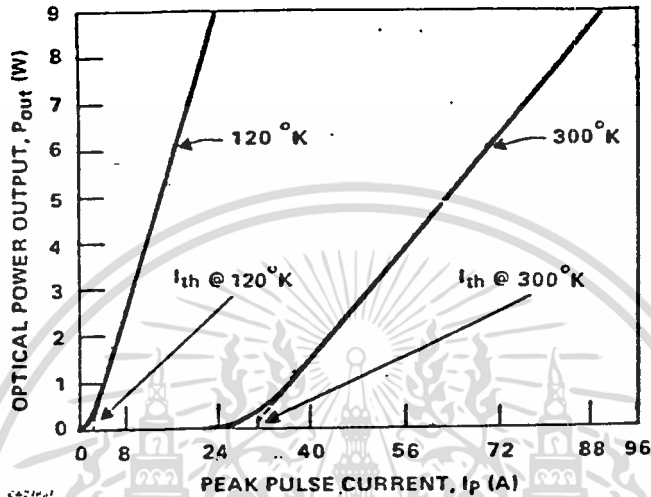
(B) Above threshold a definite beam appears.

Fig. 6-13. Laser threshold as seen with an image-converter tube.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รูป 2-11 ลักษณะลำแสงที่เลเซอร์ไดโอดเปล่งออกมา หน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสเทรชโวลและตัวคูณกระแสเทรชโวล

กระแสเทรชโวลจะหาได้จากกราฟระหว่างกำลังของแสงที่ได้กับกระแสไบอัส ดังรูปที่ 2.12 สำหรับดีโพลาร์อินเจ็คชั่นเลเซอร์ซึ่งทำงานที่ 77-300°K กระแสเทรชโวลจะมีค่าเปลี่ยนไปเทียบกับ T^3 โดยประมาณ ส่วนแบบเฮเทอโรจังก์ชันอยู่ในช่วงระหว่าง $T^{2.5}$ ถึง T^3



รูป 2-12 กระแสเทรชโวลของอินเจ็คชั่นเลเซอร์

ถ้าอินเจ็คชั่นเลเซอร์ทำงานที่ระดับกำลังสูงเกินไปจะทำให้เกิดการเสื่อมขึ้น ถ้าระดับของออปติคอลเอาพุเกิน 1.5 W ต่อความกว้างของรอยต่อที่เปล่งแสง 1 mm อาจจะทำให้เกิดการเสียหายได้ในการเปล่งแสงออกมาเพียง 2-3 พัลส์ ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยเราจะต้องพิจารณาถึงตัวคูณกระแสเทรชโวล (threshold current multiplication factor, F) ที่อุณหภูมิใด ๆ F คือ อัตราส่วนของค่ากระแสไบอัสสูงสุดที่ยังปลอดภัยต่อกระแสเทรชโวล สำหรับดีโพลาร์อินเจ็คชั่นเลเซอร์ที่ 300°K, F จะมีค่าประมาณ 3 และแบบเฮเทอโรจังก์ชันจะมีค่าประมาณ 4-5 ที่อุณหภูมิ 150°K F จะมีค่าประมาณ 10 สำหรับเลเซอร์ทั้ง 2 แบบ ดังนั้นสำหรับดีโพลาร์อินเจ็คชั่นเลเซอร์ที่ 300°K (F ประมาณ 3) ถ้ามีค่ากระแสเทรชโวลเท่ากับ 10 A จะสามารถทำงานได้อย่างปลอดภัยที่กระแสไบอัสสูงถึง 30 A

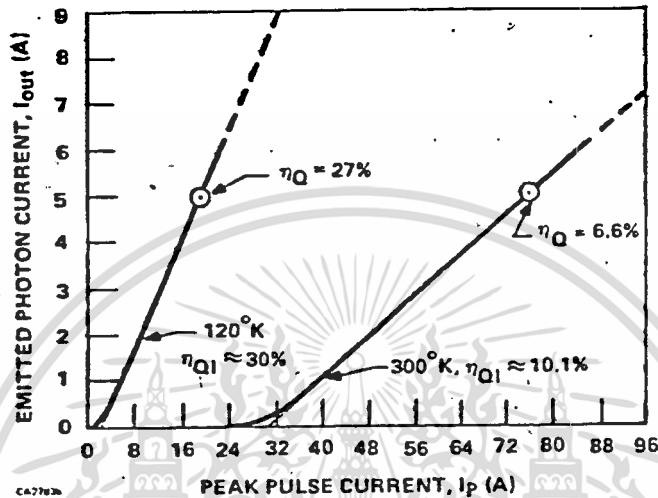
ประสิทธิภาพควอนตัม

ประสิทธิภาพควอนตัม (quantum efficiency) ของเลเซอร์ไดโอด คือ อัตราส่วนของจำนวนโฟตอนที่ปล่อยออกมาภายนอกจังก์ชันแควิตี้ ต่อจำนวนอิเล็กตรอนที่ให้เข้าไป ต่อหน่วยเวลาสำหรับเลเซอร์ไดโอดที่กำลังพิจารณาอยู่จะมีกระแสเพียงด้านเดียวดังรูป 2-5, 2-6 ค่าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นแสงทั้งหมดจะถูกเปล่งออกจากด้านหนึ่งของไดโอด ถ้าให้ I_{in} และ I_{out} เป็นจำนวนของอิเล็กตรอนต่อหน่วยเวลา

$$\eta_Q = I_{out}/I_{in} = (P_{out}/h\nu)/I_{in}$$

$$\text{โดย } \nu = c/\lambda$$



รูป 2-13 ประสิทธิภาพควอนตัมที่เพิ่มขึ้นของอินเจ็คชั่นเลเซอร์

ความชันของส่วนที่เป็นเส้นตรงของกราฟระหว่าง I_{out} กับ I_{in} ในรูปที่ 2-13 จะแสดงถึงส่วนที่เพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพควอนตัม (η_{Q1})

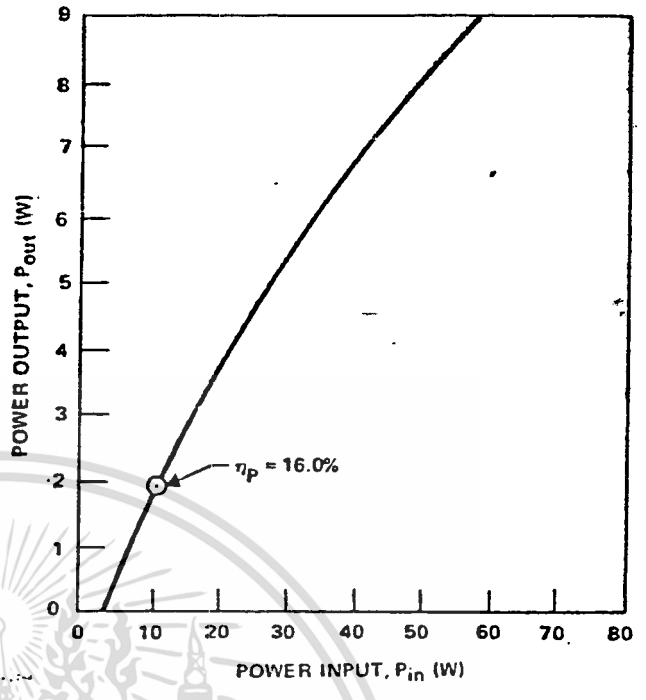
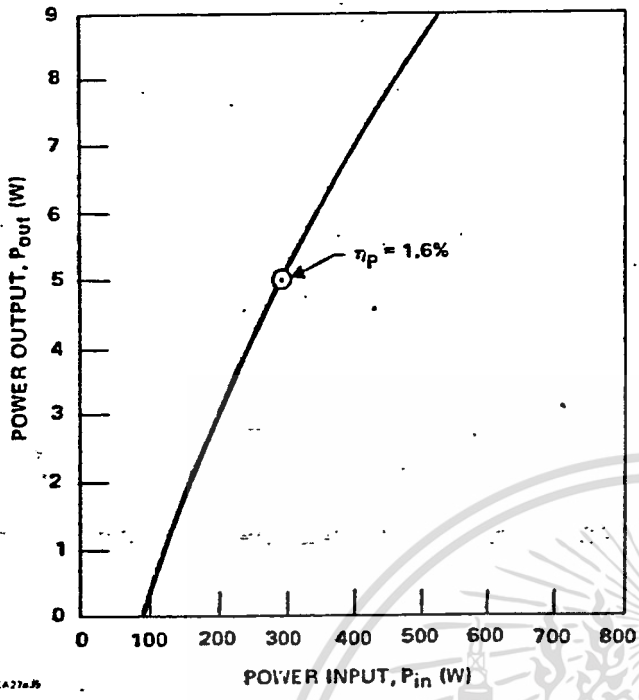
$$\eta_{Q1} = \Delta I_{out}/\Delta I_{in}$$

ประสิทธิภาพกำลัง

ประสิทธิภาพกำลัง (power efficiency) ของเลเซอร์ไดโอด คือ อัตราส่วนของกำลังของออปติคอลลเอเอาท์ต่อกำลังที่ป้อนเข้าไป

$$\eta_p = P_{out}/P_{in} = P_{out}/(I_{in} \times V_{in})$$

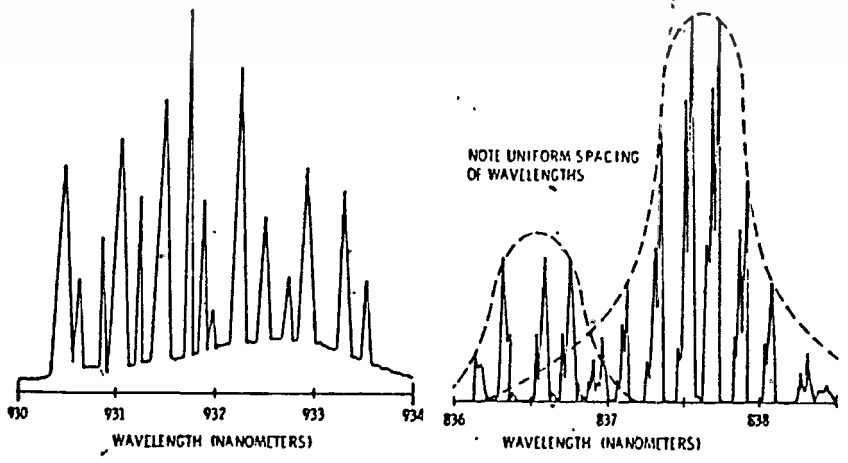
ทั้งประสิทธิภาพกำลังและประสิทธิภาพควอนตัมจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเป็นอย่างมาก และยังขึ้นอยู่กับคุณภาพของรอยต่อ P-N , ออปติคอลลแควิตี้ และความต้านทานของเลเซอร์ R_s กราฟในรูป 2-14 และ 2-15 แสดงถึงประสิทธิภาพกำลังของเลเซอร์ไดโอด และผลของอุณหภูมิที่มีต่อประสิทธิภาพกำลัง



รูป 2-14 ประสิทธิภาพกำลังของเลเซอร์ไดโอด ($R_s = 50 \text{ m}$; $T = 300^\circ \text{K}$)
 รูป 2-15 ประสิทธิภาพกำลังของเลเซอร์ไดโอด ($R_s = 50 \text{ m}$; $T = 120^\circ \text{K}$)

ความยาวคลื่น

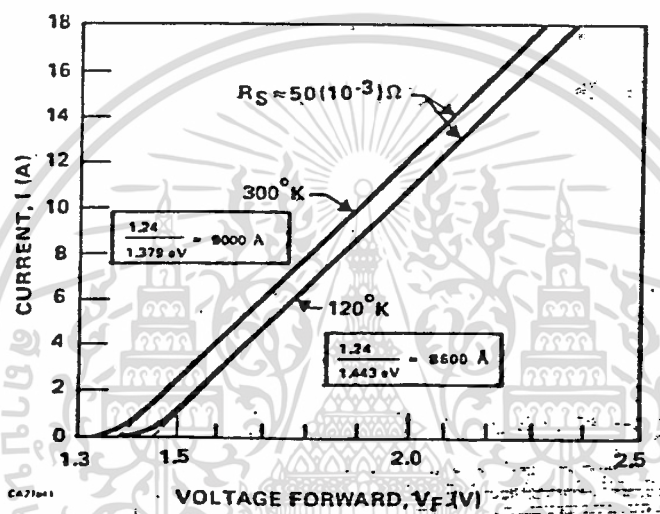
ความยาวคลื่นของอินเจ็คชันเลเซอร์จะเป็นช่วงความถี่หรือสเปกตรัม ไม่ใช่ความถี่เดียว เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะจริง ๆ แล้วแบนด์แกปซึ่งเป็นตัวกำหนดความยาวคลื่นจะไม่ใช้ค่าเดียวจริง ดังนั้นโฟตอนที่ปล่อยออกมาจะมีความยาวคลื่นเป็นช่วง และเนื่องจากออปติคอลแควิตีซึ่งมีเกนสูง จะยอมให้มีการออสซิลเลตได้หลายค่าความถี่ จึงได้เอาพหุออกมาเป็นสไปค์ (spike) ที่ความ



รูป 2-16 สเปกตรัมของอินเจ็คชันเลเซอร์

ยาวคลื่นซึ่งอยู่ติด ๆ กัน ดังในรูป 2-16

เนื่องจากผลของอุณหภูมิที่มีต่อคุณสมบัติของสารกึ่งตัวนำ ความยาวคลื่นพีคที่เลเซอร์ไดโอด เปล่งออกมาจะเลื่อนไปประมาณ $2 \text{ \AA} / ^\circ\text{K}$ ดังแสดงในรูป 2-17 ซึ่งเป็นผลมาจากการที่อุณหภูมิของรอยต่อจะสูงขึ้นระหว่างที่มีการให้กระแสไบอัสเลเซอร์ ทำให้ความยาวคลื่นเพิ่มขึ้นระหว่างการไบอัส หรืออาจกล่าวได้ว่าความยาวคลื่นจะขึ้นอยู่กับกระแสไบอัส และดิวตี้ไซเคิล (duty cycle) ของพัลส์ของกระแส



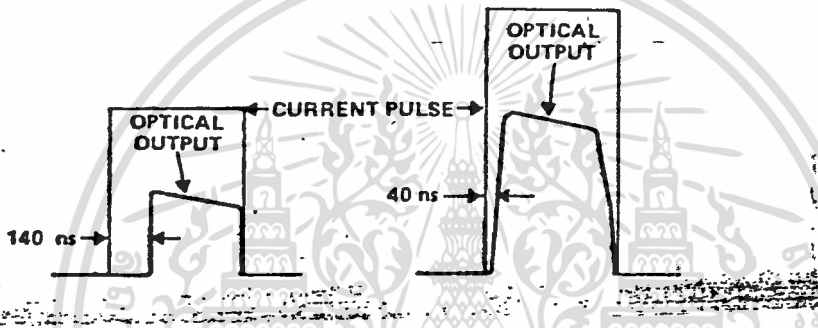
รูป 2-17 การเลื่อนของความยาวคลื่นพีคของเลเซอร์ไดโอดรูป

ความกว้างพัลส์ที่เหมาะสม

เพราะว่าอุณหภูมิของรอยต่อจะเพิ่มขึ้นระหว่างกระแสแต่ละพัลส์ที่มาไบอัส ดังนั้นจะทำให้ประสิทธิภาพควอนตัมลดลง นอกจากที่ทำให้เกิดการเลื่อนของความยาวคลื่น ถ้าอุณหภูมิของรอยต่อสูงเกินไประหว่างพัลส์ของกระแสจะทำให้เลเซอร์ระงับตัวมันเองไว้ ซึ่งเป็นผลให้ประสิทธิภาพกำลังลดลงถ้าความกว้างพัลส์สูงเกินค่าค่าหนึ่ง ค่าความกว้างพัลส์ที่เหมาะสมเพื่อให้ได้กำลังออกเฉลี่ยสูงสำหรับเลเซอร์ไดโอดของ Texas Instrument จะมีค่าประมาณ 300 ns ในเลเซอร์แบบดีฟิว ที่อุณหภูมิ 300°K เราสามารถจะใช้กระแสที่มีความกว้างพัลส์สูงกว่านี้ได้ถ้าให้เลเซอร์ไดโอดทำงานที่อุณหภูมิต่ำลง

เอาพุดีเลย์

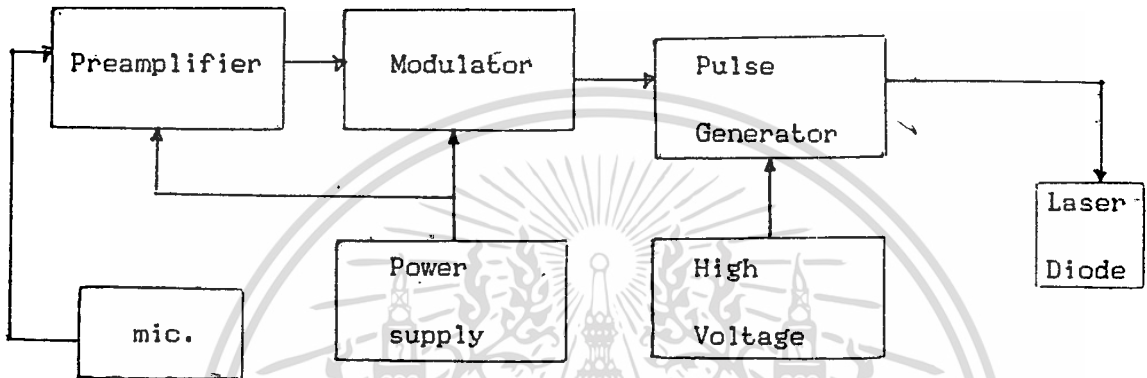
ขณะที่เราจ่ายกระแสให้อินเจ็คชั่นเลเซอร์ จะมีดีเลย์อยู่ช่วงหนึ่งโดยยังไม่เปล่งแสงออกมาในทันที เวลาที่เกิดการดีเลย์อาจมีค่าตั้งแต่ 1 ns ไปจนถึงมากกว่า 100 ns ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและอิมเพียวริตีภายในหรือในบริเวณใกล้กับรอยต่อ ที่กระแสไบอัสต่ำจะมีดีเลย์นานกว่า ซึ่งอาจอธิบายการเกิดปรากฏการณ์นี้ได้ว่า เกิดจากการที่อิเล็กตรอนที่ถูกกระตุ้นจะถูกจับอยู่ในแทรปปีงเซนเตอร์ (trapping center) ซึ่งต้องใช้เวลาและอิเล็กตรอนจำนวนหนึ่งในการทำให้แทรปปีงเซนเตอร์เต็ม ก่อนที่จะเลเซอร์ไดโอดจะเปล่งแสงออกมาได้



รูป 2-18 ดีเลย์ของเอาพุทของเลเซอร์

หลักการของภาคส่ง

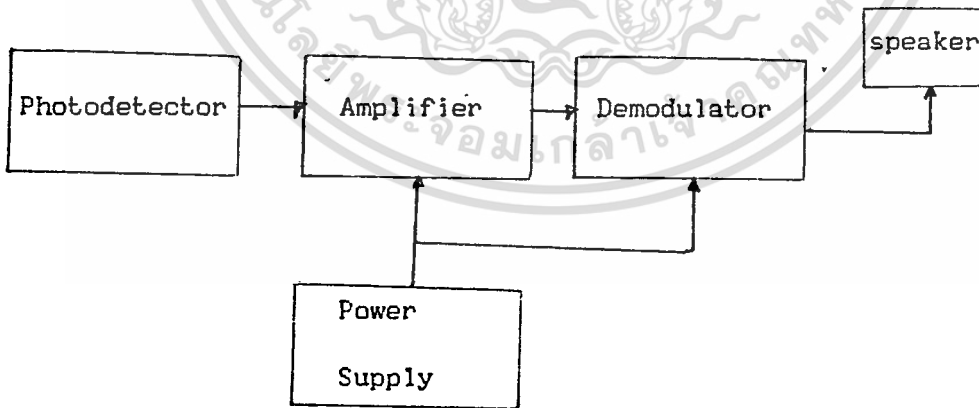
เมื่อรับสัญญาณเสียงเข้ามาทางไมโครโฟนแล้ว จะทำการขยายและมอดดูเลทสัญญาณแบบ PFM (pulse frequency modulation) ซึ่งจะได้เอาพุทเป็นพัลส์ที่มีความถี่เปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของสัญญาณเสียง แล้วนำสัญญาณไปทริกวงจรสร้างพัลส์ (pulse generator) ซึ่งจะทำหน้าที่ขับเลเซอร์ไดโอดในการส่งสัญญาณออกไป



รูป 2-19 บล็อกแสดงการทำงานของภาคส่ง

หลักการของภาครับ

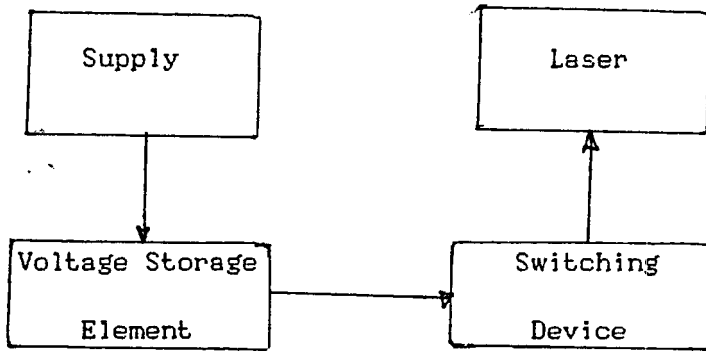
ภาครับจะรับสัญญาณจากภาคส่งโดยโฟโตดีเทคเตอร์ นำสัญญาณมาขยาย แล้วจึงทำการติมอดดูเลท เพื่อให้ได้สัญญาณเสียงคืนมา บล็อกแสดงการทำงานของภาครับแสดงในรูป 2-20



รูป 2-21 บล็อกแสดงการทำงานของภาครับ

2.2 วงจรสร้างพัลส์

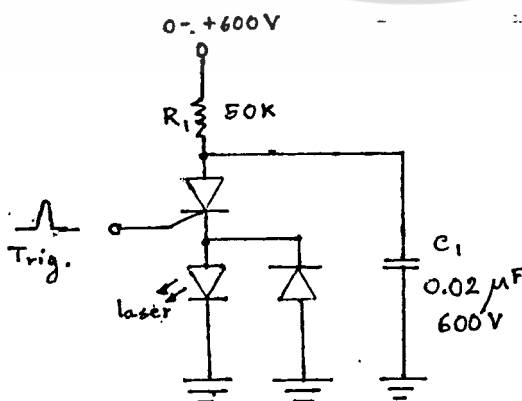
วงจรสร้างพัลส์โดยทั่วไปจะใช้ตัวเก็บประจุในการดิสชาร์จ(discharge) ผ่านเลเซอร์ไดโอดเมื่อวงจรวจรสวิตช์ซึ่งถูกกระตุ้นรับและเนื่องจากความต้านทานร่วมของสวิตช์และเลเซอร์ไดโอดมีค่าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2-22 บล็อกแสดงการทำงานของวงจรสร้างพัลส์

น้อย ดังนั้นจะทำให้ได้พัลส์ของกระแสที่มีค่าสูง. ในการสร้างวงจรควรมายามให้สายยาวของสายที่นำกระแสสูงสั้นที่สุดเพื่อลดปัญหาจากสเตรย์ อินดักแทนซ์ (stray inductance) ซึ่งจะทำให้เกิดพัลส์ช็อกและมึผลต่อช่วงเวลาขาขึ้น

ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะวงจรสร้างพัลส์ที่ใช้ SCR เป็นอุปกรณ์สวิทซ์ ซึ่งข้อเสียหลักของ SCR คือ มีช่วงเวลาขาขึ้นช้า เมื่อ SCR ทำงานโดยปกติจะมีความต้านทานเพียงไม่ถึง 1 โอห์ม แต่การที่จะทำให้ SCR ทำงานเต็มที่จะต้องใช้เวลาและบางครั้งอาจมากกว่า 1 ms ดังนั้นในการนำ SCR มาใช้เป็นอุปกรณ์สวิทซ์ในวงจรสร้างพัลส์ของเลเซอร์ไดโอด ซึ่งจะต้องมีความกว้างพัลส์ไม่เกิน 200 ns จึงทำให้ SCR ทำงานไม่ทัน จึงทำให้ทำงานได้ไม่เต็มที่ ซึ่งจะเป็นผลให้ความต้านทานของตัว SCR มีค่าสูงกว่าขณะทำงานเต็มที่ โดยอาจมีค่าสูงถึง 5-6 โอห์ม ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของวงจรลดลง ความกว้างพัลส์มากขึ้น และจะต้องใช้โวลเตจในการชาร์จสูงเพื่อให้ได้ค่ากระแสสูงพอที่จะขับเลเซอร์ไดโอด ซึ่งในอุปกรณ์สวิทซ์ที่ทำงานได้เร็ว เช่น 4-layer diode จะทำงานได้ด้วยชั้นพลาสมาโวลเตจเพียง 50 V แต่วงจรสร้างพัลส์ที่ใช้ SCR จะต้องใช้ถึง 200 V เพื่อให้ได้กระแสเท่ากัน



รูป 2-23 วงจรสร้างพัลส์โดยใช้ SCR แบบพื้นฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูป 2-23 เป็นวงจรสร้างพัลส์ที่ใช้ SCR แบบพื้นฐาน มีการทำงานคือ C1 จะถูกชาร์จ (charge) ผ่าน R1 แล้วจะดิสชาร์จ (discharge) ผ่าน SCR และเลเซอร์ไดโอด เมื่อ SCR ถูกทริกในวงจรนี้ จะสร้างพัลส์ได้กระแสไฟ 30 amp. ความกว้างพัลส์ 200 ns วงจรในรูป 2-23 นี้ ค่า PRF (pulse repetition rate) จะถูกจำกัดไว้ด้วยค่าคงตัวของเวลา (time constant) $R1 \times C1$ โดยจะต้องให้เวลาอย่างน้อยเท่ากับเวลาที่ใช้ในการชาร์จ C จนเต็ม ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ $5R1 \times C1$ (จาก $V_c = V_{dc}(1 - \exp(-t/RC))$) ดังนั้นที่ 5RC จะถูกชาร์จจนถึงประมาณ .993 V_{dc} ดังนั้นวงจรนี้จะมี

$$PRF_{max} \approx (5 \times 50K \times 0.02 \mu F) = 5ms = 200Hz$$

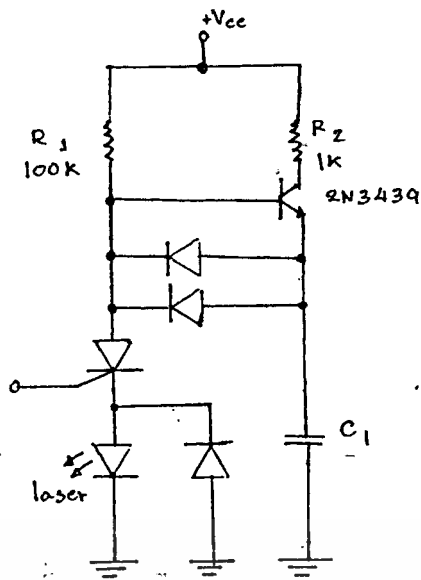
ในกรณีที่เราต้องการ prf สูง ๆ จึงต้องมีวงจรที่ทำการชาร์จได้เร็วมาใช้ในการชาร์จ C ดังวงจรในรูป 2-24 ซึ่งจะได้ PRF ที่สูงขึ้น จากรูปทรานซิสเตอร์ Q2 จะช่วยทำให้ชาร์จได้เร็วขึ้น โดยการลดค่าคงตัวของเวลา โดยในการชาร์จ C จะทำการชาร์จผ่าน Q2, R2 ซึ่งจะมีค่าคงตัวของเวลาประมาณ $C1 \times R2$ ซึ่งค่า R2 นี้จะมีค่าน้อยกว่า R1 มาก ดังนั้นวงจรจะมี PRF สูงขึ้น ซึ่งจะมีค่าประมาณ 10 KHz จะมีการทำงานโดยเมื่อ SCR ถูกทริก C1 จะดิสชาร์จและจะทำให้เกิดโวลเตจตรอยคร่อมไดโอดไปรีเวอร์สไบอัส เบส-อิมิตเตอร์จังก์ชันของ Q2 ทำให้ Q2 หยุดทำงาน จึงไม่มีการชาร์จในช่วงนี้ ดังนั้นจะเหลือเพียง R1 ระหว่าง SCR กับชั้นพลาวยโวลเตจ และถ้ากำหนด R1 มีค่าสูงพอที่จะทำให้กระแสที่ผ่านตัวมันมีค่าน้อยกว่ากระแสยึดเหนี่ยว (holding current) ของ SCR แล้ว SCR จะหยุดทำงานเมื่อ C ดิสชาร์จหมด และจะเป็นผลให้ Q2 เริ่มทำงานใหม่ เพราะไม่มีโวลเตจไปรีเวอร์สไบอัสรอยต่อเบส-อิมิตเตอร์ และจะเริ่มทำการชาร์จ C1 ใหม่ สำหรับค่า R1 ในวงจรจะถูกกำหนดโดยสมการ

$$R1 > V_{cc} / I_h$$

I_h คือ กระแสยึดเหนี่ยวของ SCR

วงจรในรูป 2-24 จะสามารถทำการปรับค่ากระแสที่ใช้ไบอัสเลเซอร์ได้ เพื่อให้สามารถใช้ได้กับเลเซอร์หลายเบอร์ การปรับกระแสไฟทำได้โดยการปรับโพเทนชิโอมิเตอร์ 1 Mohms เพื่อปรับโวลเตจที่จะไปชาร์จ c จนกระทั่งโวลเตจตกคร่อม c ที่ไบอัสเลเซอร์มีค่าตามความต้องการ

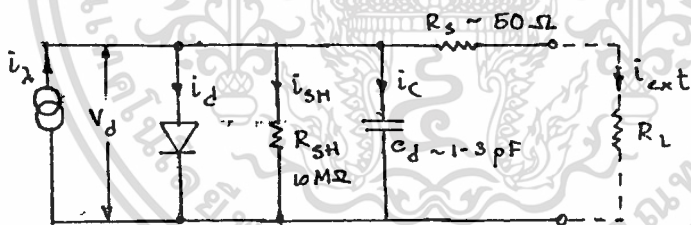
โดยปกติเราจะใส่ R ค่า 1 โอห์ม (current monitor) ไว้เพื่อดูรูปพัลส์ขณะที่เลเซอร์ทำงาน รูปพัลส์ที่ได้จะเหมือนกับที่เลเซอร์ไดโอด แต่จะกลับเฟสกัน
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์และใช้เฉพาะในวงวิชาการคือของเพื่อนไปโดยนิตยชาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2-24 วงจรขาร์จ C ซึ่งสามารถทำงานได้เร็ว

2.3 โฟโตไดโอด (photodiode)

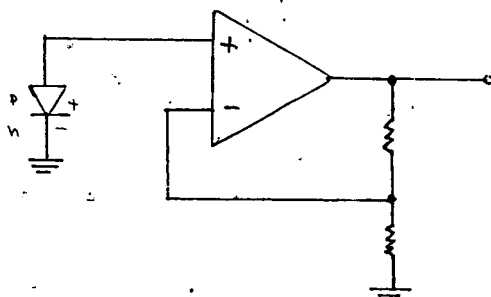
ทำหน้าที่ในการตรวจจับแสงที่มากกระทบ จะทำงานในแบบรีเวอร์สไบอัส โดยเมื่อมีแสงมากระทบรอยต่อ โฟตอนจะทำให้เกิดคู่อิเล็กตรอนโฮล (electron-hole pair) ใหม่ โดยโฮลจะเคลื่อนที่ไปยังด้าน P และอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ไปยังด้าน N ทำให้เกิดกระแสไหลโดยกระแสที่ได้จะเป็นสัดส่วนกับความเข้มของแสงที่ได้รับ



รูป 2-25 วงจรสมมูลของโฟโตไดโอด

โฟโตไดโอดจะมีการทำงานใน 2 โหมด คือ

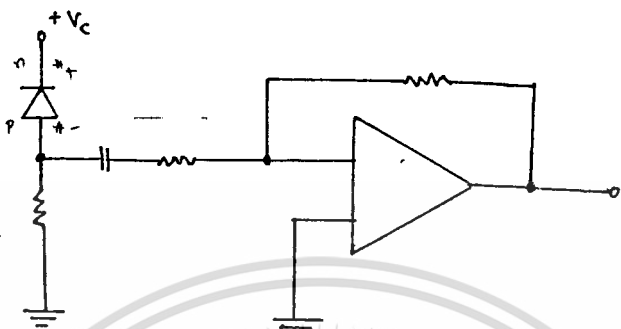
- (1) โฟโตโวลตาอิก (photo voltaic) มีข้อดีคือ มีสัญญาณรบกวนต่ำจะใช้กับสัญญาณความถี่ต่ำ



รูป 2-26 การทำงานแบบโฟโตโวลตาอิก

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) โฟโตคอนดักทีฟ(photoconductive) ในแบบนี้ไบอัสโวลเตจจะทำให้ Cd ลดลง และทำให้สนามไฟฟ้าบริเวณรอยต่อสูงขึ้นทำให้อิเล็กตรอนและโฮลเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น จึงมีการตอบสนองความถี่สูงจะใช้กับสัญญาณที่มีความถี่สูง หรือพัลส์ที่มีความเร็วสูง



รูป 2-27 การทำงานแบบโฟโตคอนดักทีฟ

โฟโตโวลตาอิก

$$i_{ext} = 0$$

$$i_{\lambda} = i_d + i_{sh} + i_c ; i_c = 0$$

$$V_{ext} = V_d$$

$$i_{\lambda} = i_o (e^{V_d/kT} - 1) + V_d/R_{sh}$$

$$e^{V_d/kT} = 1 + i_{\lambda}/i_o - V_d/i_o R_{sh}$$

$$i_{\lambda} \gg i_o ; V_d \approx 0.6 \text{ V} ; R_{sh} = 10^8 \text{ ohms.}$$

$$e^{V_d/kT} = i_{\lambda} / i_o \quad V_d = V_{ext} = kT/e \ln i_{\lambda} / i_o$$

$$V_{ext} = kT/e \times \ln I_o e^{\lambda A/hc} I_o$$

โฟโตคอนดักทีฟ

$$i_{\lambda} = i_o + i_{sh} + i_c + i_{ext}$$

$$i_c = 0$$

$$i_o = 10 \text{ nA.}$$

$$i_{sh} = V_d/R_{sh} = 10 \text{ V}/10^8 \text{ Mohms.} = 100 \text{ nA.}$$

$$i_{\lambda} (\sim \mu\text{Amp.}) = i_{ext}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_{\text{ext}} = R_L i_{\text{ext}}$$

$$V_{\text{ext}} = \eta I_0 A_e \lambda R_L / hC$$



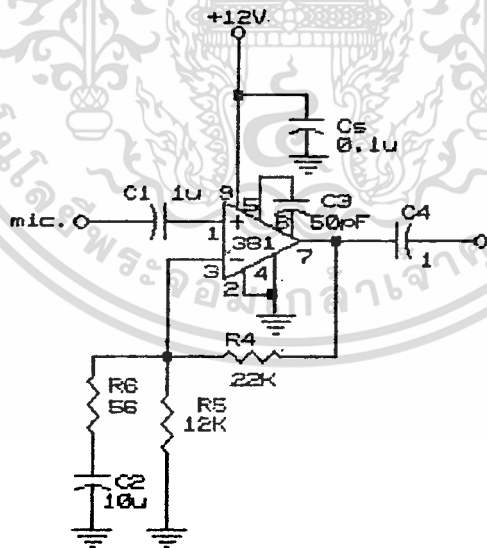
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การคำนวณและการสร้าง

ภาคปริแอมป์ (Preamplifier)

โดยทั่วไปไมโครโฟนจะแบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบอิมพีแดนซ์สูง (20K) เอาพุตสูง (20mV) และแบบอิมพีแดนซ์ต่ำ (200) เอาพุตต่ำ (2mV) ในแบบแรกนั้นไม่ค่อยนิยมใช้แม้จะมีเอาพุตสูงซึ่งจะทำให้สร้างวงจรขยายได้ง่าย เพราะมีปัญหาในเรื่องไวต่อสเตรย์แมกเนติกฟิลด์ (stray magnetic field) เนื่องจากมีอิมพีแดนซ์ที่สูง ส่วนแบบอิมพีแดนซ์ต่ำจะแบ่งออกเป็นแบบไม่สมดุลซึ่งจะมีสาย 2 สาย โดยสายหนึ่งจะต่อลงกราวด์ อีกสายเป็นสายนำสัญญาณ และแบบสมดุลซึ่งจะมี 3 สาย โดยเป็นกราวด์หนึ่งสาย ส่วนอีก 2 สายเป็นสายสัญญาณ ซึ่งจะนำไปต่อในลักษณะดิฟเฟอเรนเชียลอินพุท ทำให้สามารถลดสัญญาณรบกวนที่รับมาระหว่างผ่านสายนำสัญญาณได้ แบบที่ใช้ในวงจรจะเป็นแบบอิมพีแดนซ์ไม่สมดุล โดยวงจรปริแอมป์จะใช้ LM 381 ต่อในแบบนอนอินเวอร์ทติ้ง มีลักษณะของวงจрдังรูปข้างล่าง



รูป 3-1 วงจรปริแอมป์

ในวงจรส่วนของ NE566 ขา 5 จะถูกไบอัสไว้ที่ 10.87V ดังนั้นสัญญาณจาก 381 ที่จะไปป้อนเข้าขา 5 จะมีได้ไม่เกิน $12.5 - 10.87 = 1.63V$ ดังนั้นเกนของ 381 $A_v(ac)$ จะประมาณ 400 หรือ 52 dB และจากวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับวงจรมุ่งเน้นที่ลดการรบกวนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
$$A_v(ac) = 1 + R4/(R6//R5)$$
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และถ้า $R5 \gg R6$; $Av(ac) = 1 + R4/R6$

เนื่องจาก $Av(ac) = 400$ ดังนั้น $R4/R6 = 399$

ใช้ $R4 = 22k$, $R6 = 56$

C2 จะเป็นตัวกำหนดจุดคutoffที่ความถี่ต่ำ $F1$ (ที่ $-3dB$)

$$C2 = 1/(2\pi * F1 * R6)$$

ถ้าเลือก $F1 = 20$ Hz

$$C2 = 1/(2\pi * 20 * 56) = 142 \text{ F}$$

ในวงจรใช้ $C2 = 100 \text{ }\mu\text{F}$ ดังนั้นความถี่คutoffจะประมาณ 28.4 Hz

ค่า $R5$ จะหาได้จากสมการ

$$R5 = R4/(V_{cc}/2.6 - 1) = 5.7 \text{ K}$$

ค่า $C3$ จะเป็นตัวกำหนดแบนวิดธ์ของปริ๊นแอมป์ โดยจะกำหนดจุดคutoffที่ความถี่สูง Fh ที่ $-3dB$ ซึ่งจะช่วยให้สัญญาณรบกวนที่ความถี่สูงออกไป

$$C3 = 1/(2\pi * F1 * re * Av(ac))$$

(re = ความต้านทานที่อิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์สเตจแรกใน 381) ซึ่งจะมีค่าประมาณ 1.3K ดังนั้นจะได้ค่า $C3$ ประมาณ 100pF)

ค่าของ $C4$ ซึ่งจะเป็นตัวผ่านสัญญาณเอซีไปสู่ภาคต่อไป จะมีค่าขึ้นกับจุดคutoffที่ความถี่ต่ำ และค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรภาคถัดไป $R1$ จะหาค่าได้โดย

$$C4 = 1/(2\pi * F1 * R1)$$

ในวงจรภาคต่อไปจะเป็นของ 566 ซึ่งจะมีค่า $R_{in} = R3 // (R1 // R2) // R_{in}(566)$ ซึ่งจะมีค่าประมาณ $R3 // (R1 // R2)$ เพราะ $R_{in}(566)$ มีค่าสูง ดังนั้นจะได้ R_{in} ประมาณ 7.4K ดังนั้น

$$C4 = 1/(2\pi * 28.4 * 7.4K) = 0.76 \text{ }\mu\text{F}$$

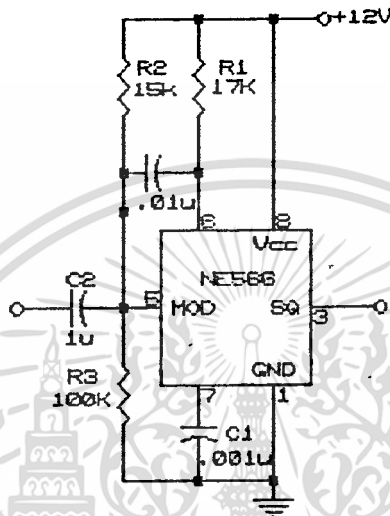
ดังนั้นจะใช้ $C4$ ค่าเท่ากับ $1 \text{ }\mu\text{F}$

$C1$ จะทำหน้าที่เป็นตัวผ่านของสัญญาณเอซี และกั้นสัญญาณดีซี

Cs เป็นใช้ในการลดสัญญาณรบกวนจากวงจรจ่ายไฟ

วงจรทริกเกอร์ (Trigger)

วงจรทริกเกอร์จะทำหน้าที่สร้างสัญญาณไปทริกวงจรถ่ายแปลงสัญญาณ จะประกอบด้วยวงจรโวลเตจคอนโทรลอสซิลเลเตอร์ (VCO) และวงจรดีเฟอเรนทิเอเตอร์ ในวงจรจะใช้ NE566 เป็นตัว VCO วงจรจะมีลักษณะดังรูปข้างล่าง



รูป 3-2 วงจรโวลเตจคอนโทรลอสซิลเลเตอร์

ที่ขา 5 ของ 566 จะต้องไบอัสไว้ให้มีค่า V_c โดย

$$\frac{3}{4} V_{cc} > V_c > V_{cc}$$

จากวงจรจะได้ว่า $R_3 / (R_2 + R_3) > 3/4$

เลือกค่า $R_2 = 15K$, $R_3 = 100K$

ดังนั้นขา 5 จะถูกไบอัส $V_c = 10.87 V$

ค่าความถี่กลาง f_0 จะถูกกำหนดโดยสมการ

$$f_0 \approx 2(V_{cc} - V_c) / (R_1 * C_1 * V_{cc})$$

เลือกความถี่กลางที่ค่า 5KHz และเลือก $C_1 = 0.01 F$

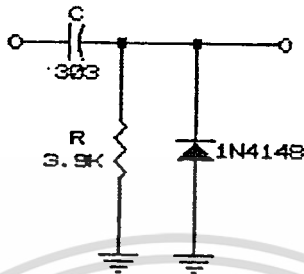
$$R_1 = 2(V_{cc} - V_c) / (f_0 * C_1 * V_{cc})$$

ดังนั้นจะได้ค่า $R_1 = 5217 ohms$

$C = 0.01 \mu F$ ที่ต่อระหว่างขา 5 และ 6 ของ 566 จะต่อไว้เพื่อป้องกันการออสซิลเลทที่อาจเกิดขึ้นได้ ที่แหล่งจ่ายกระแสภายในตัว 566 เอง

เอกสารนี้เป็นตัวให้ไฟเอชไอวี และกันดีซีไว้ ค่าของ C_2 จะเท่ากับค่า C_4 ในภาคปริแอมป์ การคำนวณว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนวงจรดีฟเฟอเรนทีเอเตอร์ จะทำหน้าที่กรองความถี่สูง ดังนั้นเมื่อป้อนสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมซึ่งจะมีสัญญาณความถี่สูงที่ขอบขาขึ้นและขาลงของรูปสี่เหลี่ยม จะได้อาพทเป็นพัลส์ซิกมวกที่ขอบขาขึ้นและซิกลบที่ขอบขาลงดังรูป

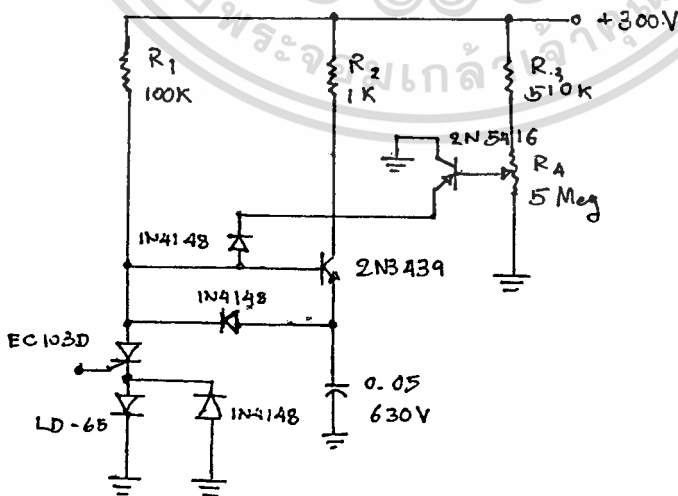


รูป 3-3 วงจรดีฟเฟอเรนทีเอเตอร์

และเพื่อลดขนาดพัลส์ทางซิกลบ เนื่องจากเราต้องการเฉพาะซิกมวกในการทริก SCR จะต่อไดโอดไวน์แบรีเวอร์สไบอัสที่เอาพุทของวงจรดีฟเฟอเรนทีเอเตอร์ ซึ่งเมื่อพัลส์ซิกมวกผ่านมาจะเป็นการรีเวอร์สไบอัส แต่เมื่อซิกลบผ่านมาจะเป็นการฟอเวิร์ดไบอัส ทำให้สัญญาณซิกลบส่วนใหญ่จะไหลลงกราวด์โดยผ่านไดโอดไป ดังนั้นขนาดของพัลส์ซิกลบจะลดลง

วงจรสร้างพัลส์ (Pulse Generator)

จะทำหน้าที่สร้างพัลส์เพื่อไบอัสเลเซอร์ไดโอด มีลักษณะวงจรดังรูป



รูป 3-4 วงจรสร้างพัลส์

การทำงานของวงจร คือ Q2 จะทำหน้าที่ช่วยทำให้การชาร์จ C ทำได้เร็วขึ้น เพราะถ้าไม่ต่อ Q2 เข้าไป C จะถูกชาร์จโดยผ่าน R1 ซึ่งมีค่าถึง 100K ทำให้เวลาในการชาร์จซึ่งขึ้นกับค่าคงตัวของเวลา RC ซึ่งมีค่ามากทำให้ชาร์จได้ช้า แต่เมื่อต่อ Q2 เข้าไปจะทำให้ C ถูกชาร์จผ่าน R2 และ Q2 ซึ่งมีความต้านทานต่ำ (R2 มีค่า 1K ซึ่งน้อยกว่า R1 ถึง 100 เท่า) ทำให้ค่าคงตัวของเวลามีค่าลดลง ดังนั้นจะทำให้สามารถชาร์จ C ได้เร็วขึ้น โดยค่า $R1 > V_{cc}/I_h$ (I_h คือกระแสยึดเหนี่ยวของ SCR) และค่า R1 จะต้องทำให้มีกระแสไปไบอัสให้ Q2 ทำงานได้ ด้วย D1 จะทำหน้าที่เป็นทางผ่านของกระแสที่ดิสชาร์จจาก C เมื่อ SCR ถูกทริกให้ทำงาน โดยเมื่อ SCR ทำงาน C จะดิสชาร์จผ่าน D1 และ SCR จนหมดไปไบอัสเลเซอร์ไดโอด และขณะเดียวกันก็จะทำให้เกิดแรงดันคร่อม D1 ซึ่งจะไปรีเวิร์สไบอัสรอยต่อเบส-อีมีเตอร์ของ Q2 ทำให้ Q2 ไม่ทำงาน ทำให้เหลือแต่ R1 ระหว่าง SCR กับแหล่งจ่ายไฟ และเนื่องจาก R1 มีค่าสูงพอที่จะทำให้กระแสที่ไหลผ่าน R1 จากแหล่งจ่ายไฟมีค่าน้อยกว่าค่ากระแสยึดเหนี่ยวของ SCR ดังนั้นเมื่อ C ดิสชาร์จหมดแล้วจะทำให้ SCR หยุดทำงาน ทำให้ Q2 ทำงานเนื่องจากไม่มีแรงดันตกคร่อม D1 ไปรีเวิร์สไบอัสอีก ทำให้ C เริ่มชาร์จโดยผ่าน Q2 และ R1 ใหม่ โดยจะวนทำงานเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ

จะเห็นได้ว่าประจุที่ถูกชาร์จอยู่ใน C จะเป็นตัวกำหนดความกว้างของพัลส์ที่จะไปไบอัสเลเซอร์ไดโอด เพราะถ้า C มีค่าน้อยก็จะดิสชาร์จหมดเร็วทำให้พัลส์แคบ แต่เมื่อเพิ่มขนาด C จะทำให้ดิสชาร์จหมดช้าลงทำให้พัลส์กว้างขึ้น แต่ขณะเดียวกันก็ได้กระแสที่สูงขึ้นด้วย ความกว้างของพัลส์ที่ใช้ไบอัสเลเซอร์ไดโอดจะถูกกำหนดไว้ให้มีค่าไม่เกิน 200ns มิฉะนั้นจะทำให้เลเซอร์ไดโอดเสียหายได้ ดังนั้นจึงต้องทำการเลือกค่า C ที่เหมาะสม นอกจากนี้ความกว้างของพัลส์ยังขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานในส่วนที่พัลส์ผ่าน คือความต้านทานของ SCR และเลเซอร์ไดโอดซึ่งโดยปกติก็จะมีค่าน้อย แต่เนื่องจากเวลาช่วงขึ้นของ SCR มีค่ามาก และพัลส์ที่มาทริกตัวมันจะทริกในช่วงที่สั้นมาก จึงทำให้ SCR ไม่สามารถทำงานได้เต็มที่ ซึ่งค่าความต้านทานในช่วงนี้จะมีค่าสูงกว่าความต้านทานในช่วงที่ทำงานเต็มที่ จึงทำให้ประสิทธิภาพของวงจรลดลง และความกว้างพัลส์เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นเหตุทำให้ต้องใช้แรงดันไฟสูงมากขึ้นในการทำงานของวงจร

Q3 จะใช้ในการปรับระดับแรงดันที่ใช้ชาร์จ C ซึ่งจะปรับได้โดยการปรับค่า R4 ซึ่งตามในวงจรจะปรับได้ตั้งแต่ 0-272 V มีหลักการทำงานคือ เมื่อปรับค่า R4 จะทำให้มีระดับแรงดันที่ขาเบสของ Q3 เป็น V_{b3} เมื่อ C ถูกชาร์จผ่าน R2, Q2 จนมีค่าเท่ากับ $V_{b3} + V_{be3}$ แล้ว

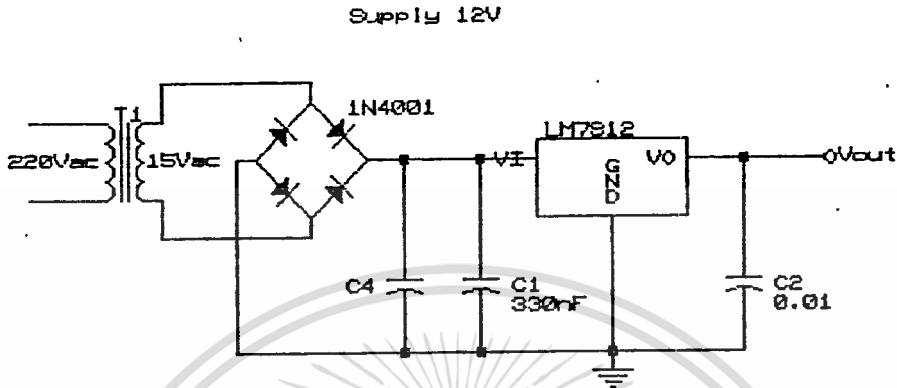
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะทำให้ Q3 ทำงาน ทำให้แรงดันคร่อม C ที่เกินจาก $V_{b3} + V_{be3}$ จะไหลผ่าน D2, Q3 ลงกราวด์ไป ทำให้ระดับแรงดันคร่อม C มีค่าคงที่ประมาณที่เราทำการตั้งโดยการปรับค่า R4 ค่าแรงดันที่คร่อม C นี้จะเป็นตัวกำหนดความสูงของพัลส์ที่จะไปไบอัสเลเซอร์ไดโอด ยิ่งแรงดันสูงก็จะทำให้ได้พัลส์ที่สูงขึ้น ทำให้ได้เอาพุทของเลเซอร์ไดโอดสูงขึ้น แต่ค่ากระแสของพัลส์ที่ทำการปรับจะต้องไม่เกินค่ากระแสสูงสุดที่เลเซอร์ไดโอดจะทนได้ ส่วน D3 จะเป็นตัวป้องกันเลเซอร์ไดโอด โดยจะเป็นทางผ่านให้พัลส์ลบที่อาจมีในพัลส์ที่มาไบอัสเลเซอร์ไดโอด วงจรสมบูรณ์ของภาคส่งจะแสดงดังในรูป 3-5



วงจรจ่ายไฟ (Power Supply)

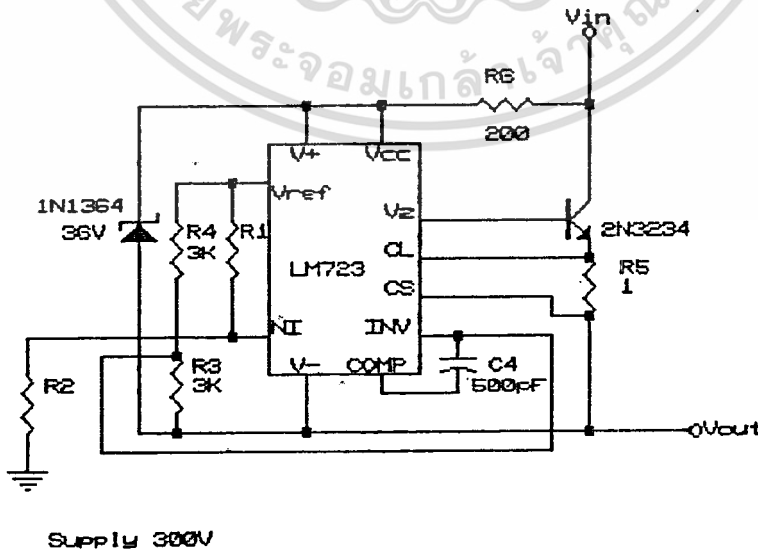
วงจรจ่ายไฟภาค 12V จะใช้ไอซีเรกกูเลขที่ 3 ขา LM7812 ในการสร้าง โดยวงจรที่ใช้ งานจะมีลักษณะดังรูปข้างล่าง



รูป 3-6 วงจรจ่ายไฟ 12 โวลท์

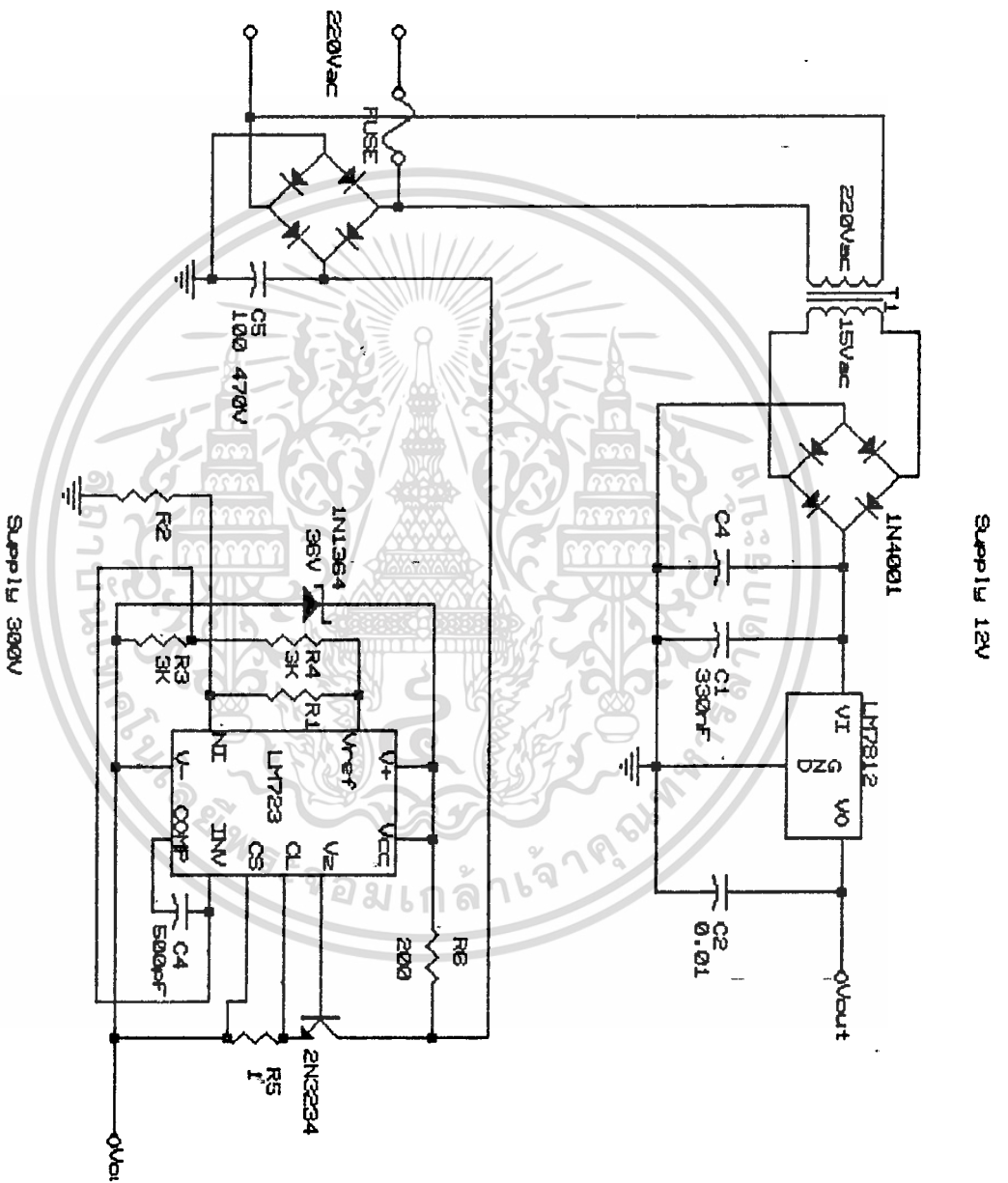
ส่วนวงจรภาค 300V จะใช้ LM723 ทำเป็นเรกกูเลเตอร์แบบโพลตึง ซึ่งจะใช้เมื่อเอา พุทโวลเตจมีค่าสูง ค่าเอาพุทโวลเตจจะถูกจำกัดด้วย ความสามารถของทรานซิสเตอร์ที่ต่อเพิ่ม เข้ามาเท่านั้น ทั้งนี้ต้องรักษาให้โวลเตจระหว่างขา V+ กับ V- ของ LM723 มีค่าไม่เกิน 40V ซึ่งเป็นขีดจำกัดของ 723 โดยในวงจรจะต่อซีเนอร์ไดโอดค่า 36V ไว้ระหว่าง 2 ขานี้ เพื่อป้องกันไม่ให้มีโวลเตจตกคร่อมเกิน 40V ค่าเอาพุทโวลเตจสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$V_{out} = (V_{ref}/2) \cdot ((R2-R1)/R1) ; R3 = R4$$



Supply 300V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูป 3-7 วงจรจ่ายไฟ 300 โวลท์ มอนูญทให้หน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3-8 วงจรซัพพลาย

วงจรตีซี-ตีซีคอนเวอร์เตอร์

วงจรนี้ทำงานโดยใช้ 555 ต่อเป็นอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ เป็นตัวกำเนิดสัญญาณคลื่นรูปสี่เหลี่ยมไปไบอัสขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ซึ่งทำหน้าที่ตัดต่อกระแสที่ไหลผ่านขดลวดครึ่งซ้ายของทรานสฟอร์มเมอร์ ส่วน Q2 จะตัดต่อกระแสในขดลวดครึ่งขวา ทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวจะผลัดกันทำงานตัวละครึ่งคาบ โดย Q1 จะทำงานในครึ่งไซเคิลบวก ทำให้มีกระแสไหลผ่านขดลวดครึ่งซ้าย ขณะที่ที่ขาคอลเลคเตอร์ของ Q1 จะมีโวลเตจเป็นศูนย์ ทำให้ Q2 ไม่ทำงาน แต่เมื่อถึงครึ่งไซเคิลลบของ 555 จะไม่มีโวลเตจที่ขาไบอัสขาเบส Q1 ทำให้ Q1 หยุดนำกระแส จึงมีโวลเตจตกคร่อมที่ขาคอลเลคเตอร์ของ Q1 ซึ่งจะไปไบอัสขาเบสของ Q2 เมื่อ Q2 ทำงาน จะทำให้มีกระแสไหลผ่านขดลวดครึ่งขวา ซึ่งกระแสนี้จะไปเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสในขดลวดอีกด้านของทรานสฟอร์มเมอร์ เกิดเป็นคลื่นรูปสี่เหลี่ยมซึ่งมีโวลเตจเป็น V_p โดย

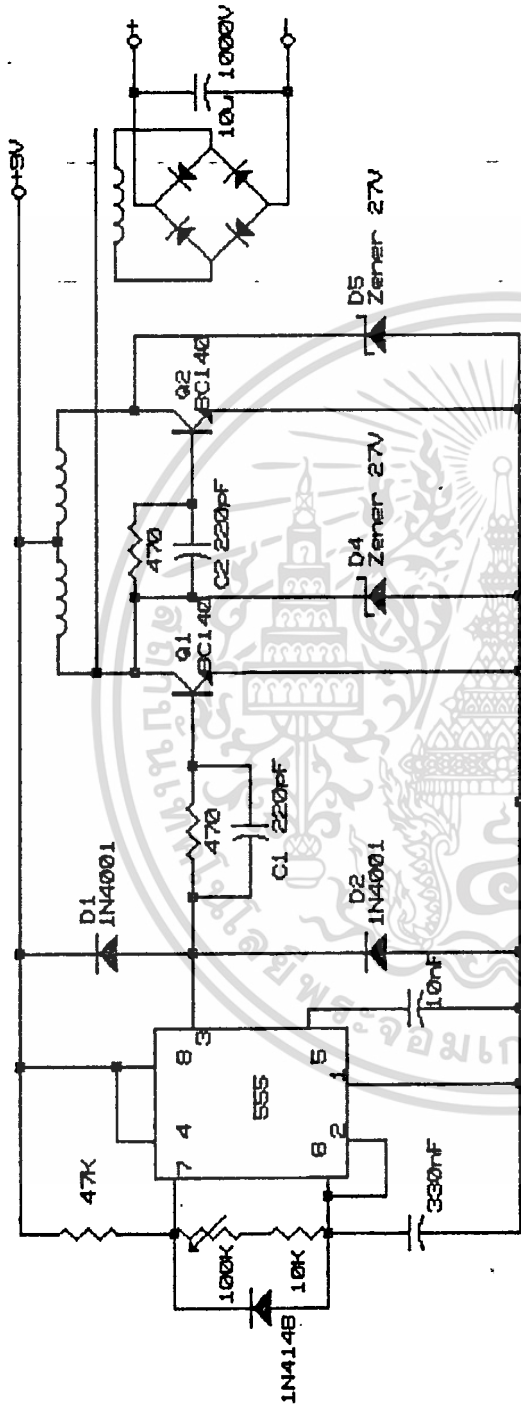
$$V_p = (V_m / V_s) \times V_{dc} \quad \text{Volts.}$$

V_m : แรงดันปกติของขดลวดปฐมภูมิของทรานสฟอร์มเมอร์

V_s : แรงดันปกติของขดลวดทุติยภูมิของทรานสฟอร์มเมอร์

V_{dc} : แรงดันจากแบตเตอรี่ที่จะใช้เป็นอินพุตให้วงจร

เราสามารถปรับความถี่ของเอาพุทโวลเตจได้โดยการปรับค่า R ระหว่างขา 6, 7 ของ 555 หรือโดยการเปลี่ยนค่า C_p แต่การเพิ่มความถี่จะทำให้ทรานสฟอร์มเมอร์เกิดการสูญเสียมากขึ้น สำหรับ D3 จะทำให้ได้ duty cycle เป็น 50% D1, D2 จะช่วยป้องกันการเสียหายของ 555 จาก spike ที่เกิดจากการสวิตช์กระแสของทรานซิสเตอร์ และซีเนอร์ไดโอด D4, D5 จะช่วยป้องกันทรานซิสเตอร์ Q1, Q2 คาปาซิเตอร์ C1, C2 จะช่วยลดผลของสเตรย์คาปาซิแตนซ์ ทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานได้เร็วขึ้น รูป 3-9 แสดงถึงวงจรที่สร้างขึ้น



รูป 3-9 ดิจิตอลพัลส์เจนเนอเรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรรภาครับ

วงจรรภาครับที่ใช้ในการทดลองแสดงดังรูป 3-10 โดยใช้โฟโตดีเทคเตอร์เป็นโฟโตไดโอดต่อแบบโฟโตคอนดักทีฟ แล้วจะทำการขยายสัญญาณโดย Q1,A1,Q2 ได้สัญญาณเป็นพัลส์ลบนำสัญญาณซึ่งขยายแล้วนี้ไปทริกโมโนสเตเบิล 555 เพื่อขยายความกว้างพัลส์ โดยความกว้างพัลส์คำนวณได้จาก

$$T_w = 1.1 R_a \times C$$

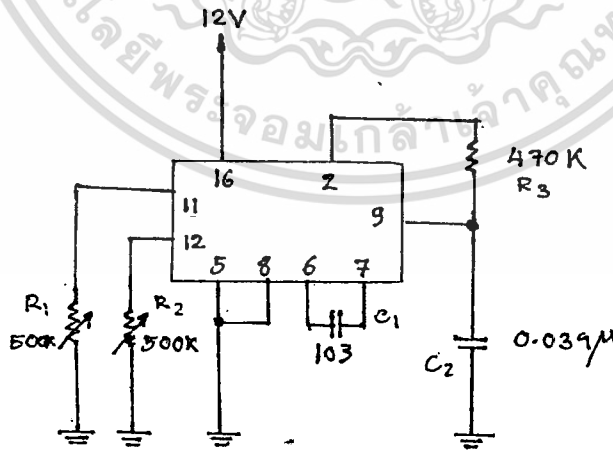
เอาพุทจากโมโนสเตเบิลจะถูกนำไปป้อนเข้าเฟสล๊อคคูล 4046 เพื่อทำการตีมอดดูเลขจะได้สัญญาณออกที่ขา 9 เป็นเอาพุทจากวงจรรองความถี่ต่ำ โดยใช้เซนเตอร์ฟรีควเอนซี 2KHz เลือกใช้ C1 = 0.01 uF จะได้ค่า R1 จากกราฟข้อมูล ค่าล๊อคเร้นจ์ (lock range) หรือค่าช่วงที่ยังล๊อคความถี่อยู่จะคำนวณได้จาก

$$2F1 = f_{max} - f_{min}$$

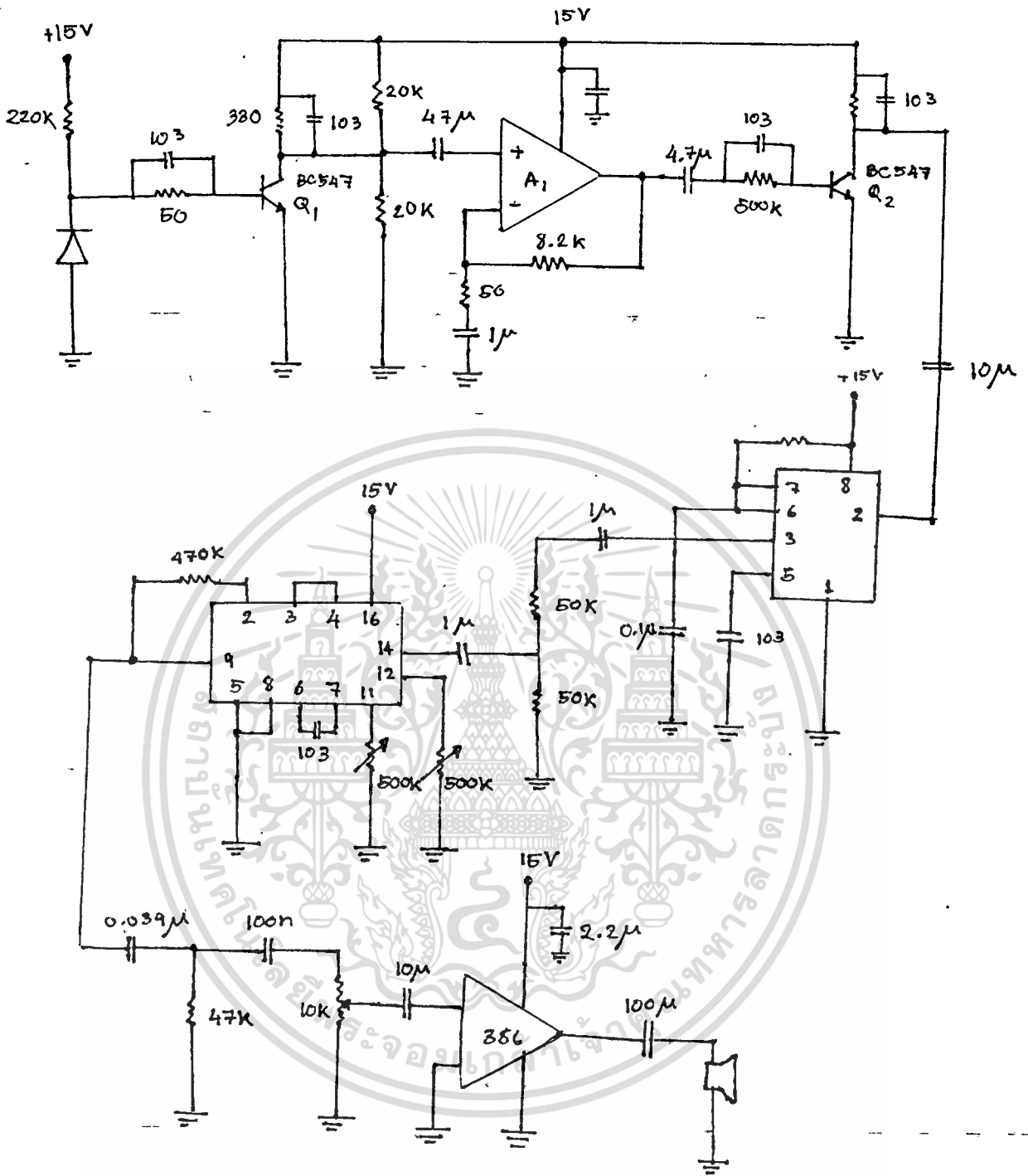
และช่วงความถี่ที่เริ่มจะเข้าไปล๊อค หรือแคปเจอร์เร้นจ์ (capture range) โดยก่อนหน้านั้นยังไม่เกิดการล๊อคจะคำนวณโดย

$$2Fc = (1/\pi) \sqrt{(2 F1/R3 \times C2)}$$

จากเอาพุทที่ได้จากขา 9 ของ 4046 จะเป็นสัญญาณเสียง เราจะทำการขยายอีกครั้งโดยใช้ 386 ก่อนจะไปป้อนเข้าลำโพงเป็นเสียงออกมา



รูป 3-11 วงจรเฟสล๊อคคูล



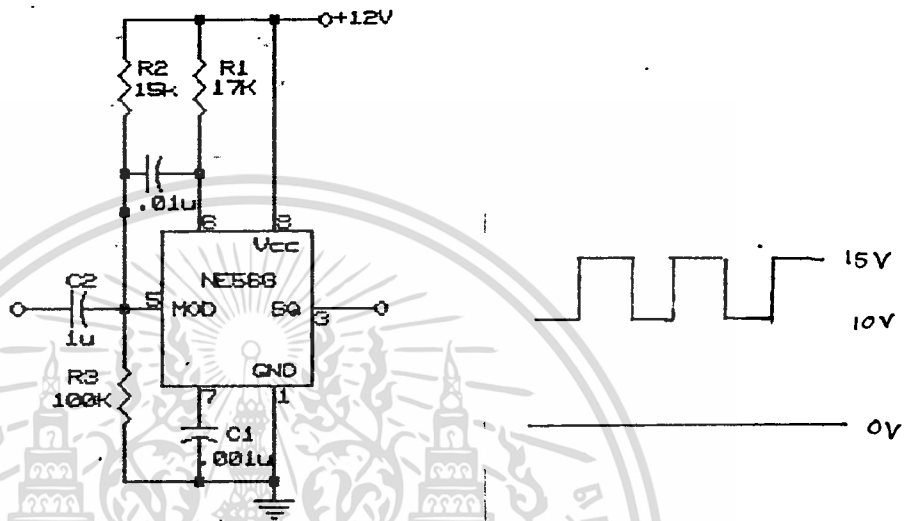
รูป 3-10 วงจรภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

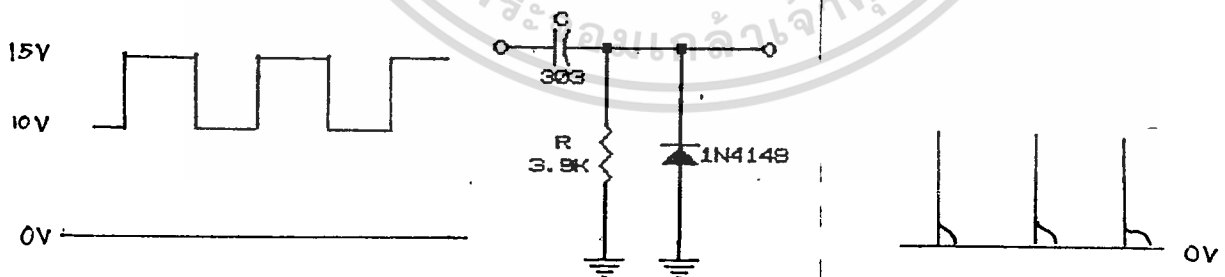
การทดลองและผลการทดลอง

เอาพุทที่ได้จากวงจรที่ใช้ทำการทดลองจะแสดงดังภาพข้างล่าง



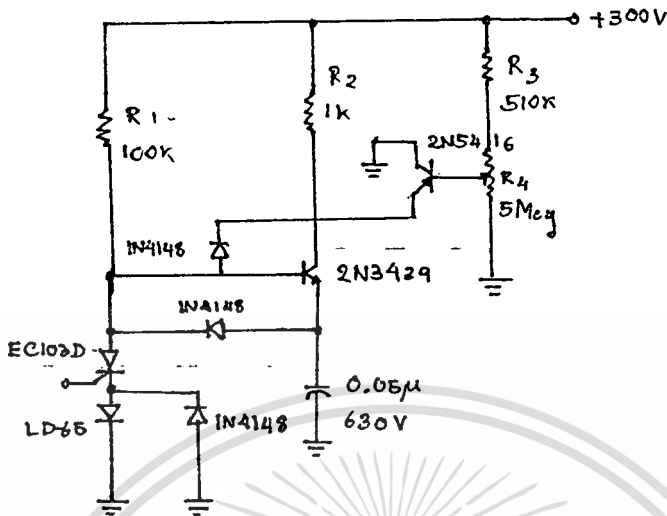
รูป 4-1 แสดงอินพุทและเอาพุทของ 566

จะเห็นว่าเอาพุทของ 566 จะเป็นคลื่นสี่เหลี่ยมและจะเป็นบวก โดยจะขึ้นอยู่กับไฟดีซี เอาพุทของ 566 นี้จะมีค่าความถี่เปลี่ยนไปตามขนาดของสัญญาณเสียงจาก 381 และจากเอาพุทของ 566 ไปป้อนเข้าดีฟเฟอเรนทิเอเตอร์จะได้เอาพุทเป็นพัลส์ที่กว้าง เนื่องจากคลื่นสี่เหลี่ยมที่เป็นอินพุทเป็นช่วงบวกอย่างเดียว ดังรูป 4-2



รูป 4-2 แสดงอินพุทและเอาพุทของดีฟเฟอเรนทิเอเตอร์

วงจรสร้างพัลส์จะแสดงในรูป 4-3 และสัญญาณที่จุดต่าง ๆ ของวงจรจะแสดงในรูป 4-4 จะเห็นว่าโวลเตจตกคร่อมเคอเรนท่อมินิเตอร์ จะมีรูปร่างเช่นเดียวกับที่ R 1 ohm ที่ต่อเป็นโหลดแทนเลเซอร์ไดโอดในการทดลองแต่จะกลับข้างกัน ถ้าเราทำการปรับ R4 จะทำให้ค่ากระแสไหลเปลี่ยนแปลงไป ¹¹ วรรณไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4-3 วงจรสร้างพัลส์



ทรานซิสเตอร์พัลส์

โวลเตจตกคร่อม C



กระแสไบอัสเลเซอร์

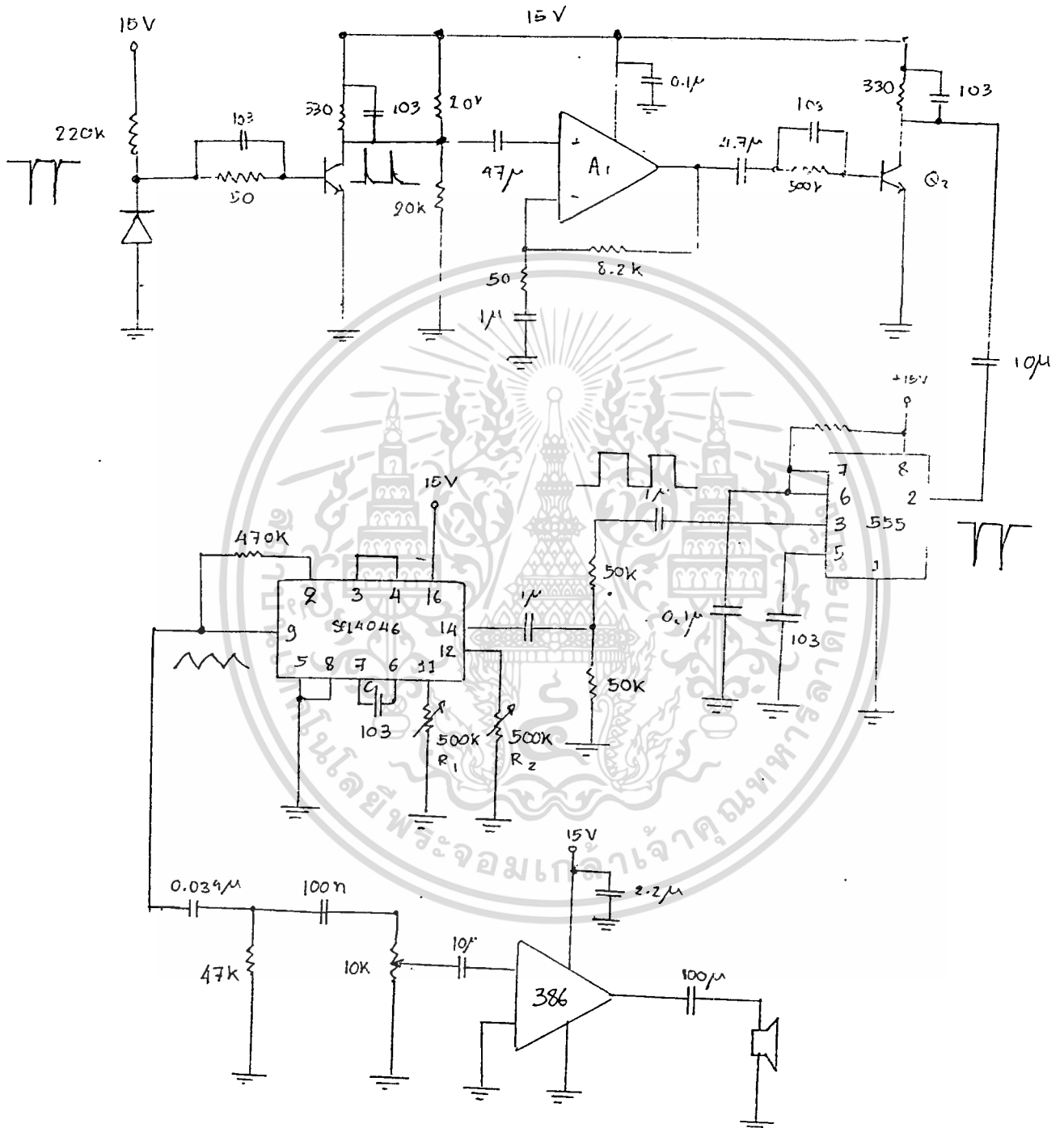
กระแสที่เคอเรนท่อมอนิเตอร์

(วัดคร่อม R 1 ohm)

รูป 4-4 แสดงโวลเตจที่จุดต่าง ๆ ในวงจรสร้างพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูป 4-5 จะแสดงให้เห็นโวลเตจที่จุดต่าง ๆ ภายในวงจรภาครับ โดยที่เอาพุ่มสุดท้าย จะออกมาเป็นเสียงทางลำโพง



รูป 4-5 รูปร่างโวลเตจที่จุดต่าง ๆ ในภาครับ

เอกสารนี้เอาพุ่มของไฟโตไดโอดจะเป็นพัลส์ลบที่จะถูกขยายโดย Q1 และ A1 ซึ่งต่อในแบบนอนอิน การค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อ - 39 ละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวอร์ตติ้งได้เป็นพัลส์บวกออกมา และจะถูกกลับเฟสให้เป็นลบโดย Q2 เพื่อไปทริกโมโนสเตเบิล 555 ได้คลื่นสี่เหลี่ยมออกมา เมื่อนำไปบ้อนเข้าเฟสล็อกคลุป 4046 จะได้เอาพุทที่ขา 9 ดังรูป เมื่อนำไปขยายโดย 386 แล้วบ้อนเข้าลำโพงจะได้เป็นเสียงออกมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา-40- ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

โครงการนี้เป็นการใช้เลเซอร์ไดโอดในการสื่อสารสัญญาณเสียง ผลที่ได้ยังไม่เป็นที่น่าพอใจ เนื่องจากเสียงที่ได้จากการรับส่งยังมีคุณภาพไม่ดี ในการใช้โฟโตไดโอดในการรับสัญญาณเมื่ออยู่ห่างออกไปจะมีสัญญาณรบกวนมาก และขนาดของสัญญาณเลเซอร์ที่รับได้จะน้อยมาก ควรจะใช้ฟิลเตอร์เพื่อตัดแสงรบกวนออก และใช้เลนส์ช่วยในการโฟกัสเลเซอร์ และชั้นผลายที่ใช้จากการแปลงไฟตรงให้เป็นไฟสูงในภาคโมดูลเลเซอร์ จะมีโวลต์ตกมากทำให้ได้เอาพุทของเลเซอร์น้อย ควรจะมีการปรับปรุงวงจรให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น เนื่องจากชั้นผลายที่ใช้จากไฟเอชไอจะไม่สะดวกในการนำไปใช้งาน

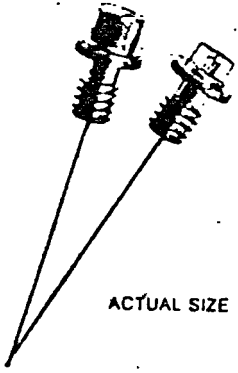


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา-41- และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



M/A-COM LASER DIODE, INC.

LD 60 SERIES SINGLE HETEROJUNCTION GaAs LASER DIODES FOR PULSED OPERATION



ACTUAL SIZE

FEATURING:

- HIGH EFFICIENCY AT LOW DRIVE CURRENTS
- UP TO 25 WATTS PEAK POWER OUTPUT
- 904 NANOMETERS PEAK WAVELENGTH EMISSION AT 25°C
- OPERATION TO 75°C FOR SELECTED UNITS
- OPTICALLY CENTERED HERMETIC COAXIAL PACKAGE

DESCRIPTION:

The model LD-60 series diodes are gallium arsenide injection diodes which emit coherent infrared radiation. The diode is built in a hetero-junction structure, consisting of three distinct layers: N-type gallium arsenide, P-type gallium arsenide and P-type gallium aluminum arsenide. Recombination occurs in the immediate vicinity of the gallium arsenide P-type region. The hetero-junction formed at the interface of the P-type gallium arsenide and P-type gallium aluminum arsenide serves to confine the injected carriers and also to reduce reabsorption. As a result of this threshold is reduced, and power efficiency correspondingly increased.

The radiant power output is proportional to the forward current and the spectrum is in the region of the peak sensitivity of the S-1 photocathode surface and of silicon photodetectors.

The device is hermetically sealed in an optically centered coaxial package with the 8-32 screw stud the negative terminal. Units with reversed polarity are available upon request.

The model LD-60 series diodes are designed for pulse mode operation. The rise and fall time of the applied current pulse should be short to minimize junction heating. Care should also be taken not to exceed the maximum 3 volts reverse voltage rating. Reverse voltages exceeding 3 volts peak will rapidly degrade the laser's performance. Suitable pulsers to operate these devices are available from M/A-COM Laser Diode, Inc.



EXPORTED
BY
TEKNIS

P.O. BOX 1687
PLAINVILLE, MA 02762
U.S.A.
TELEX 200152



		LD-60	LD-61	LD-62	LD-63	LD-65	LD-66	LD-67	LD-68	Units
Total Peak Radiant Flux at max. rated I_{FM}	Min. Typ.	2 2.3	1 1.5	5 6	5 6	10 12	8 9.5	16 20	16 20	Watts Watts
Maximum Peak Forward Current	I_{FM}	10	10	20	25	40	40	60	75	Amps
Typical Threshold Current	I_{th}	3	3.5	6	7	10	12	16	18	Amps
Typical Peak Forward Voltage	@ I_{FM} @50ma	5.0 1.2	5.0 1.2	5.8 1.2	6.5 1.2	6.7 1.2	6.7 1.2	7.0 1.2	8.0 1.2	Volts
Emitting Area		3x.08	3x.08	6x.08	6x.08	9x.08	9x.08	16x.08	16x.08	Mils

	Symbol	Min.	Typical	Max.	Units
Wavelength of Peak Intensity	λ		904		nm
Spectral Width @ 50% points	$\Delta\lambda$		3.5		nm
Rise Time of Radiant Flux - 10% to 90% pts.	T_r		<0.5		ns
Pulse Width - 50% points @ I_{FM}	T_p			200	ns
Duty Factor @ I_{FM}				0.1	%
Storage Temperature	T_s	-196		+150	°C
Operating Temperature	T_c	-196		+75	C

for selected units

Fig. 1—Typical peak power output vs. pulse repetition rate

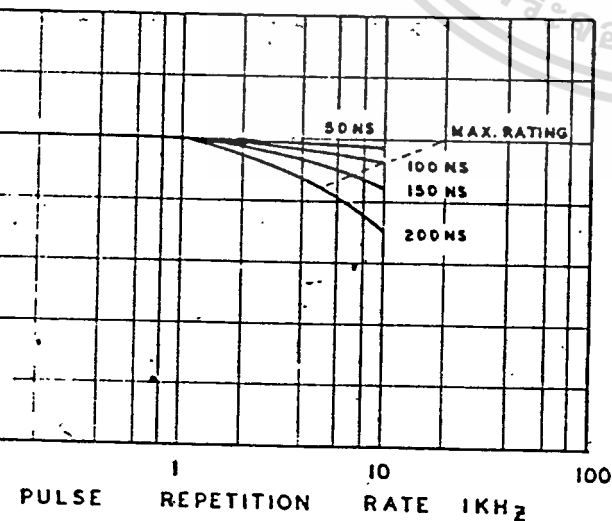
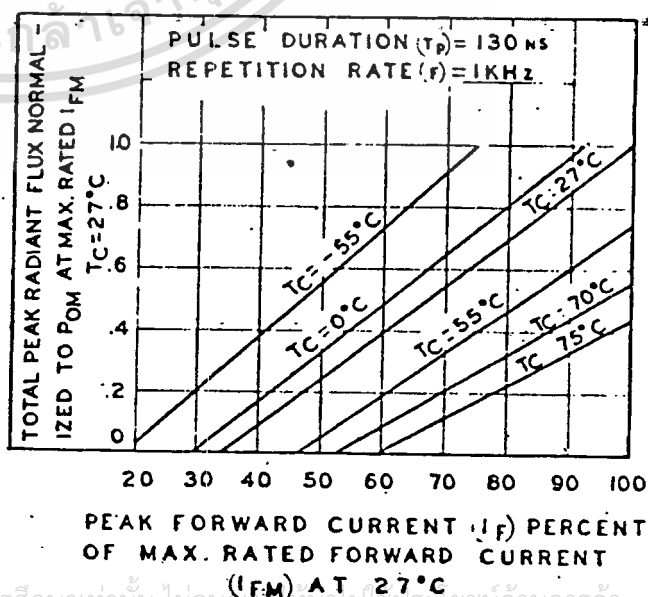


Fig. 2 — Total peak radiant flux vs. peak forward current for selected units



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ตีพิมพ์หรือเผยแพร่ในเชิงพาณิชย์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig. 3—Typical peak power output and threshold current vs. case temperature

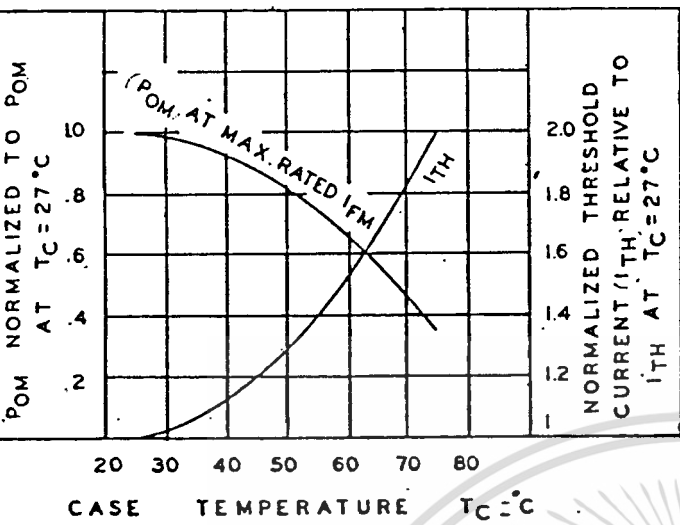


Fig. 4—Total power collected vs. half-angle of collection

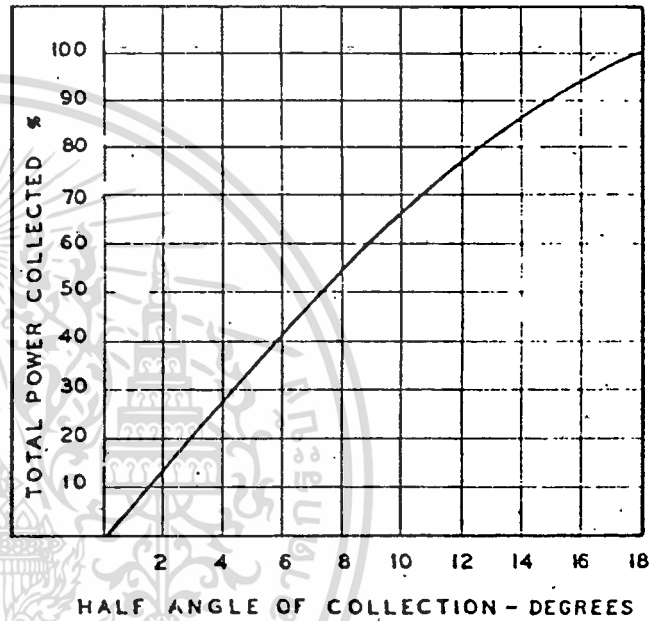


Fig. 5—Relative intensity vs. Wavelength

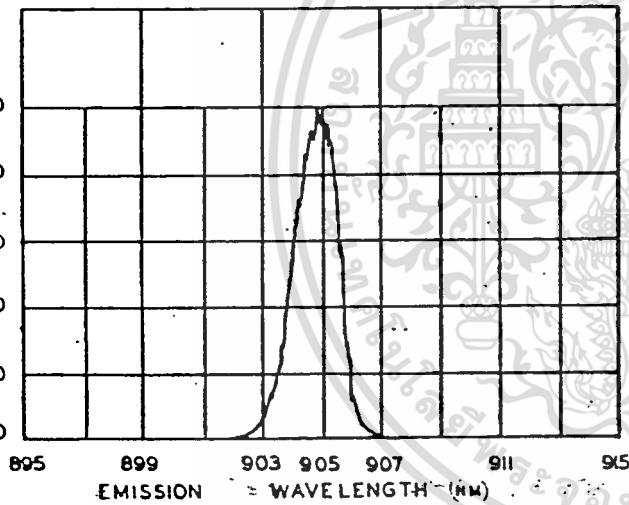


Fig. 6—Relative Intensity vs. beam spread in plane normal to junction

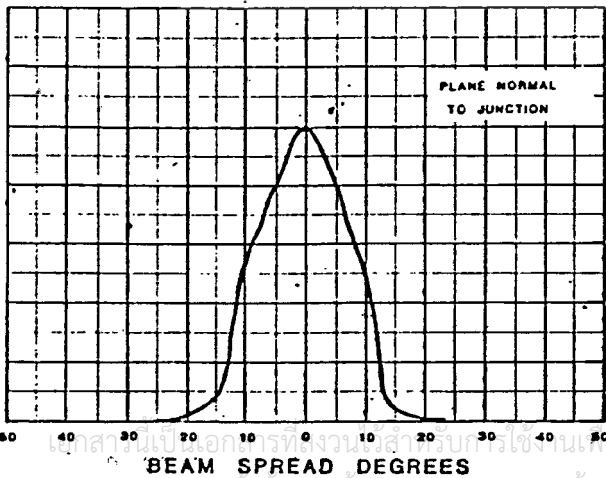
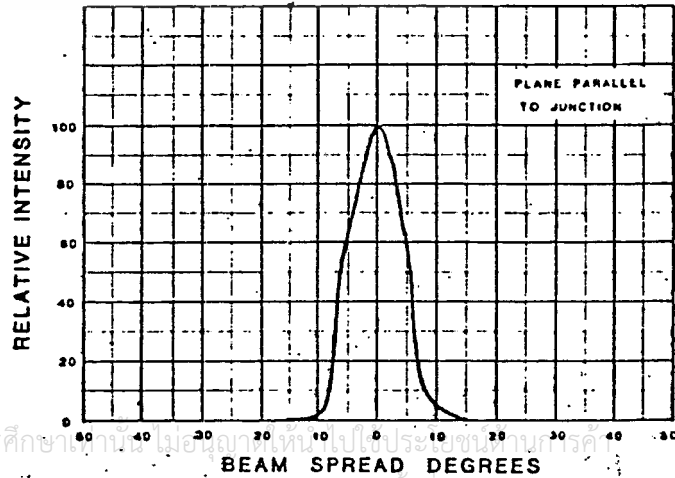
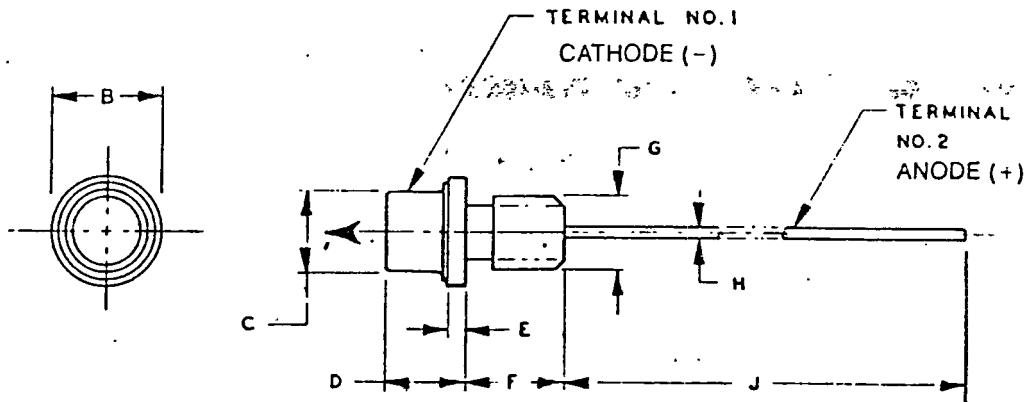
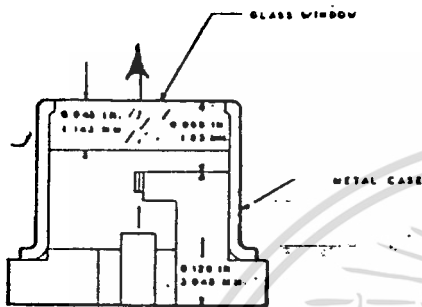


Fig. 7—Relative intensity vs. Beam spread in plane parallel to junction





PACKAGE 600-0119



SYMBOL	INCHES	MILLIMETERS
	TYP.	TYP.
B	.250	6.35
C	.183	4.64
D	.176	4.47
E	.040	1.01
F	.30	7.50
G	#8-32 THD.	
H	.020	0.51
J	.75	19.05

NOTE: PELLET MOUNTED ON OPTICAL CENTER OF PACKAGE

Invisible Laser
Radiation emitted
from glass window

Laser Diode Laboratories, Inc.
Made in New Brunswick, N.J., U.S.A.
TYPE NO. LD-63 I_m 2a
P_{om} 60w I_m 25a
Date of Mfg _____
This product conforms to DHEW
regulations 21 CFR Subchapter J.

LASER SAFETY

Gallium Arsenide lasers emit infrared radiation from the glass window on the top of the block package which is invisible to the human eye. When in use, safety precautions should be taken to avoid the possibility of eye damage.

Do not stare directly at the device or view an operating laser at close range. If viewing is required, the beam should only be observed by reflection from a matte surface utilizing an image converter or by use of a suitable fluorescent screen.

DANGER

"LASER RADIATION-AVOID DIRECT EXPOSURE TO BEAM."

MAX. BEAK POWER 6.0 WATTS
WAVELENGTH 904 nm.
"CLASS IIIb LASER PRODUCT."



M/A-COM LASER DIODE, INC.
1130 SOMERSET STREET
NEW BRUNSWICK, NJ 08901
(201) 249-7000
TWX 710-998-0597

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูขาดหน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



MRD500 MRD510

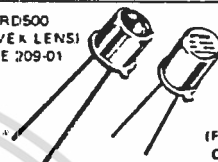
PIN SILICON PHOTO DIODES

... designed for application in laser detection, light demodulation, detection of visible and near infrared light-emitting diodes, shaft or position encoders, switching and logic circuits, or any design requiring radiation sensitivity, ultra high-speed, and stable characteristics.

- Ultra Fast Response - (<1.0 ns Typ)
- High Sensitivity - MRD500 ($1.2 \mu\text{A}/\text{mW}/\text{cm}^2$ Min)
MRD510 ($0.3 \mu\text{A}/\text{mW}/\text{cm}^2$ Min)
- Available With Convex Lens (MRD500) or Flat Glass (MRD510) for Design Flexibility
- Popular TO-18 Type Package for Easy Handling and Mounting
- Sensitive Throughout Visible and Near Infrared Spectral Range for Wide Application
- Annular Passivated Structure for Stability and Reliability

PHOTO DIODES PIN SILICON 100 VOLTS 100 MILLIWATTS

MRD500
(CONVEX LENS)
CASE 209-01

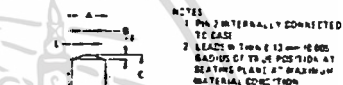
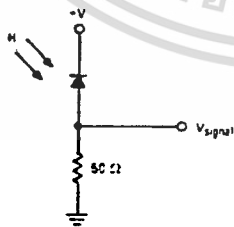


MRD510
(FLAT GLASS)
CASE 210-01

MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
Reverse Voltage	V_R	100	Volts
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	100 0.57	mW mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-65 to +200	°C

FIGURE 1 - TYPICAL OPERATING CIRCUIT

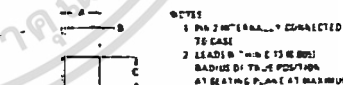


NOTES
1 PIN 2 INTERNALLY CONNECTED TO CASE
2 LEAD 10 THRU (13 OR 16 MS) RADIUS OF TURN POSITION AT SEALING PLANE AT MAXIMUM MATERIAL DIMENSION

Dim	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.21	0.24	0.200	0.220
B	0.57	0.60	0.571	0.590
C	0.20	0.22	0.200	0.220
D	0.17	0.18	0.170	0.180
E	0.11	0.12	0.100	0.110
F	0.24	0.25	0.240	0.250
G	0.20	0.22	0.200	0.220
H	0.24	0.25	0.240	0.250
I	0.17	0.18	0.170	0.180
J	0.20	0.22	0.200	0.220
K	0.24	0.25	0.240	0.250
L	0.24	0.25	0.240	0.250

STYLE 1
PIN 1 ANODE
PIN 2 CATHODE

CASE 209-01



NOTES
1 PIN 2 INTERNALLY CONNECTED TO CASE
2 LEAD 10 THRU (13 OR 16 MS) RADIUS OF TURN POSITION AT SEALING PLANE AT MAXIMUM MATERIAL DIMENSION

Dim	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.21	0.24	0.200	0.220
B	0.57	0.60	0.571	0.590
C	0.20	0.22	0.200	0.220
D	0.17	0.18	0.170	0.180
E	0.11	0.12	0.100	0.110
F	0.24	0.25	0.240	0.250
G	0.20	0.22	0.200	0.220
H	0.24	0.25	0.240	0.250
I	0.17	0.18	0.170	0.180
J	0.20	0.22	0.200	0.220
K	0.24	0.25	0.240	0.250

STYLE 1
PIN 1 ANODE
PIN 2 CATHODE

CASE 210-01

MRD500, MRD510

TYPICAL ELECTRICAL CHARACTERISTICS

FIGURE 2 - IRRADIATED VOLTAGE - CURRENT CHARACTERISTIC FOR MRD500

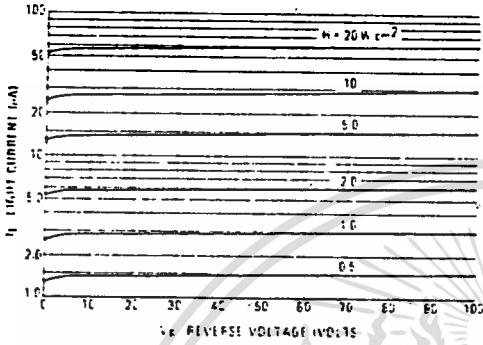


FIGURE 3 - IRRADIATED VOLTAGE - CURRENT CHARACTERISTIC FOR MRD 510

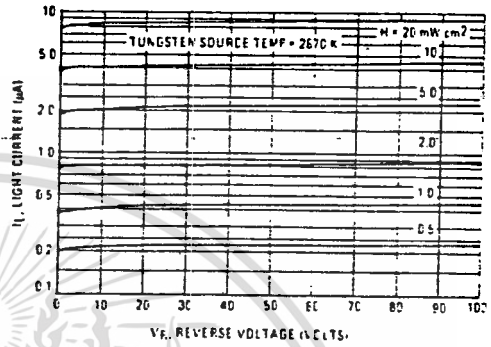


FIGURE 4 - DARK CURRENT versus TEMPERATURE

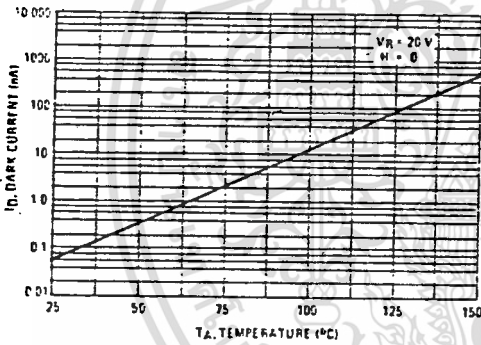


FIGURE 5 - DARK CURRENT versus REVERSE VOLTAGE

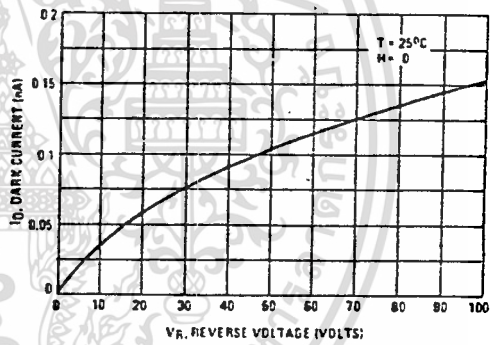


FIGURE 6 - CAPACITANCE versus VOLTAGE

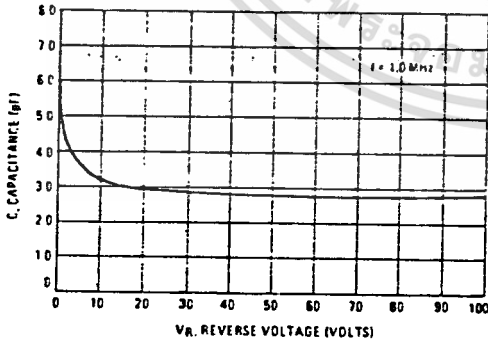
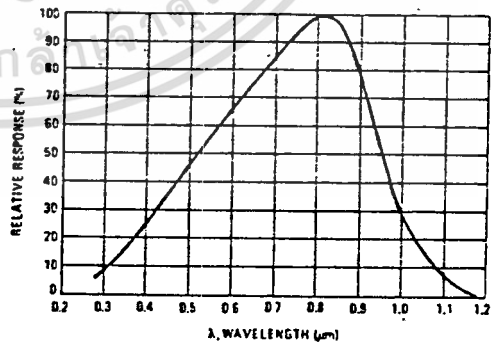


FIGURE 7 - RELATIVE SPECTRAL RESPONSE



MRD500, MRD510

STATIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Fig. No.	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Dark Current ($V_R = 20\text{ V}$, $R_L = 1.0\text{ megohm}$; Note 2) $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = 100^\circ\text{C}$	4 and 5	I_D	-	-	2.0	nA
Reverse Breakdown Voltage ($I_R = 10\ \mu\text{A}$)	-	$V_{(BR)R}$	100	300	-	Volts
Forward Voltage ($I_f = 50\text{ mA}$)	-	V_F	-	0.82	1.1	Volts
Series Resistance ($I_f = 50\text{ mA}$)	-	R_s	-	1.2	10	ohms
Total Capacitance ($V_R = 20\text{ V}$, $f = 10\text{ MHz}$)	6	C_T	-	2.5	4	pF

OPTICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$)

Characteristic	Fig. No.	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Radiation Sensitivity ($V_R = 20\text{ V}$, Note 1)	MRD500 MRD510 2 and 3	SR	1.2 0.3	3.0 0.42	-	$\mu\text{A/mW/cm}^2$
Sensitivity at $0.8\ \mu\text{m}$ ($V_R = 20\text{ V}$, Note 3)	MRD500 MRD510	$S(\lambda = 0.8\ \mu\text{m})$	-	6.6 1.5	-	$\mu\text{A/mW/cm}^2$
Response Time ($V_R = 20\text{ V}$, $R_L = 50\text{ ohms}$)	-	t_{resp}	-	1.0	-	ns
Wavelength of Peak Spectral Response	7	λ_p	-	0.8	-	μm

NOTES

1. Radiation Flux Density (H) equal to 5.0 mW/cm^2 emitted from a tungsten source at a color temperature of 2870°K .
2. Measured under dark conditions. ($H \approx 0$)
3. Radiation Flux Density (H) equal to 0.5 mW/cm^2 at $0.8\ \mu\text{m}$.

FUNCTION GENERATOR

SE/NE566

DESCRIPTION

The SE/NE 566 Function Generator is a voltage controlled oscillator of exceptional linearity with buffered square wave and triangle wave outputs. The frequency of oscillation is determined by an external resistor and capacitor and the voltage applied to the control terminal. The oscillator can be programmed over a ten to one frequency range by proper selection of an external resistance and modulated over a ten to one range by the control voltage, with exceptional linearity.

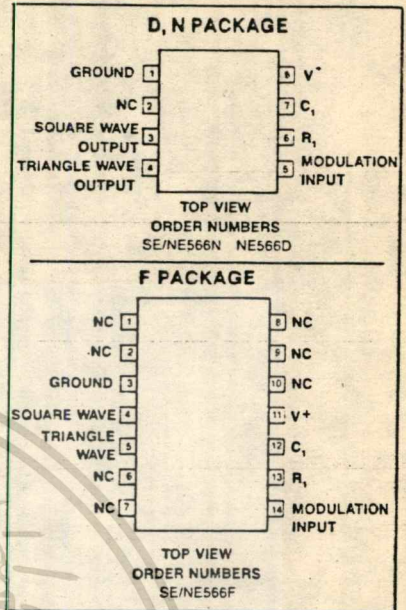
FEATURES

- Wide range of operating voltage (up to 24 volts) (single or dual)
- High linearity of modulation
- Highly stable center frequency (200 ppm/°C typical)
- Highly linear triangle wave output
- Frequency programming by means of a resistor or capacitor, voltage or current
- Frequency adjustable over 10 to 1 range with same capacitor

APPLICATIONS

- Tone generators
- Frequency shift keying
- FM modulators
- Clock generators
- Signal generators
- Function generators

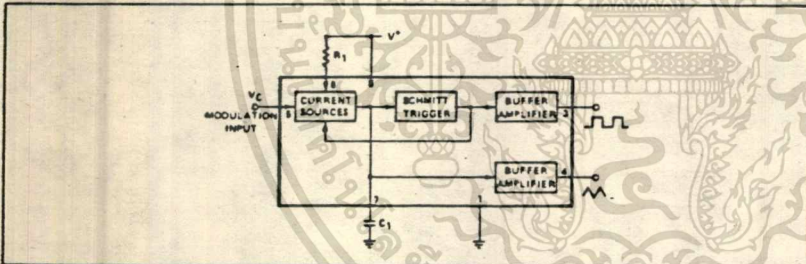
PIN CONFIGURATIONS



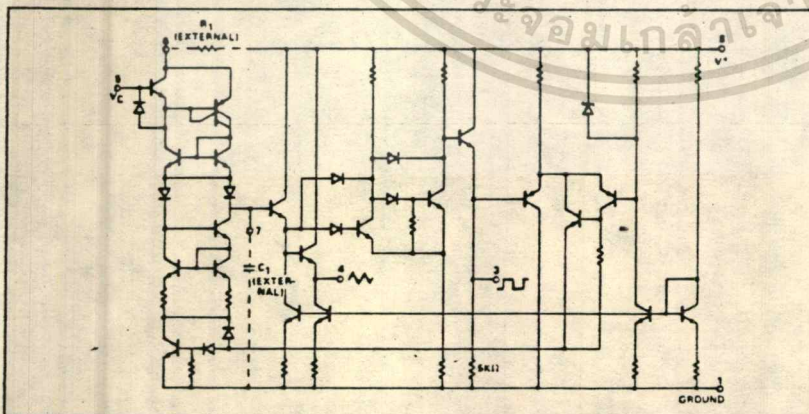
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

PARAMETER	RATING	UNIT
Maximum operating voltage	26	V
Input voltage	3	Vp-p
Storage temperature	-65 to +150	°C
Operating temperature range		
NE566	0 to +70	°C
SE566	-55 to +125	°C
Power dissipation	300	mW

BLOCK DIAGRAM



EQUIVALENT SCHEMATIC



Signetics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้.

FUNCTION GENERATOR

SE/NE566

ELECTRICAL CHARACTERISTICS $T_A = 25^\circ\text{C}$; $V_{CC} = \pm 6\text{V}$ unless otherwise specified.

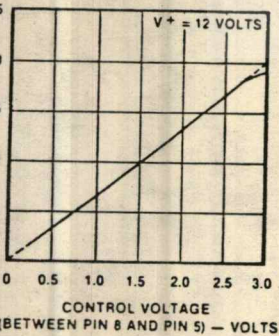
PARAMETER	SE566			NE566			UNIT
	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
GENERAL							
Operating temperature range	-55		125	0		70	$^\circ\text{C}$
Operating supply voltage	± 6		± 12	± 6		± 12	V
Operating supply current		7	12.5		7	12.5	mA
VCO¹							
Maximum operating frequency		1			1		MHz
Frequency drift with temperature		200			300		ppm/ $^\circ\text{C}$
Frequency drift with supply voltage		.1	1		.2	2	%/V
Control terminal input impedance ²		1			1		M Ω
FM distortion ($\pm 10\%$ deviation)		0.2	0.75		0.4	1.5	%
Maximum sweep rate		1			1		MHz
Sweep range		10:1			10:1		
OUTPUT							
Triangle wave output							
Impedance		50			50		Ω
Voltage	1.9	2.4		1.9	2.4		V _{pp}
Linearity		0.2			0.5		%
Square wave input							
Impedance							
Voltage	5	5.4		5	5.4		V _{pp}
Duty Cycle	45	50	55	40	50	60	%
Rise time		20			20		ns
Fall Time		50			50		ns

5

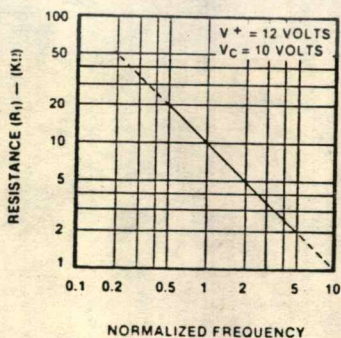
¹Control terminal resistance for frequency adjustment (R_1) must have a value between $2k\Omega$ and $10k\Omega$.
²Control voltage (V_c) applied to the control terminal (pin 5) should be in the range $-V_c \leq V_c \leq V_c$.

PERFORMANCE CHARACTERISTICS

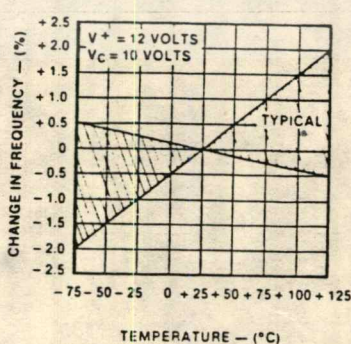
NORMALIZED FREQUENCY AS A FUNCTION OF CONTROL VOLTAGE



NORMALIZED FREQUENCY AS A FUNCTION OF RESISTANCE (R_1)



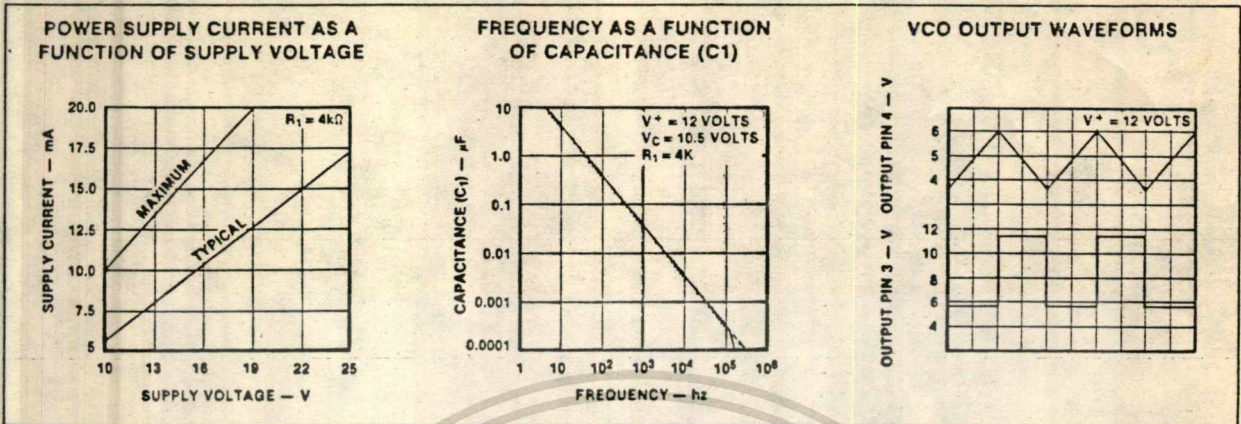
CHANGE IN FREQUENCY AS A FUNCTION OF TEMPERATURE



FUNCTION GENERATOR

SE/NE566

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS (Cont'd)



OPERATING INSTRUCTIONS

The SE/NE 566 Function Generator is a general purpose voltage controlled oscillator designed for highly linear frequency modulation. The circuit provides simultaneous square wave and triangle wave outputs at frequencies up to 1MHz. A typical connection diagram is shown in Figure 1. The control terminal (pin 5) must be biased externally with a voltage (V_C) in the range

$$3/4 V^+ \leq V_C \leq V^+$$

where V_{CC} is the total supply voltage. In Figure 1, the control voltage is set by the voltage divider formed with R_2 and R_3 . The modulating signal is then ac coupled with

the capacitor C_2 . The modulating signal can be direct coupled as well, if the appropriate dc bias voltage is applied to the control terminal. The frequency is given approximately by

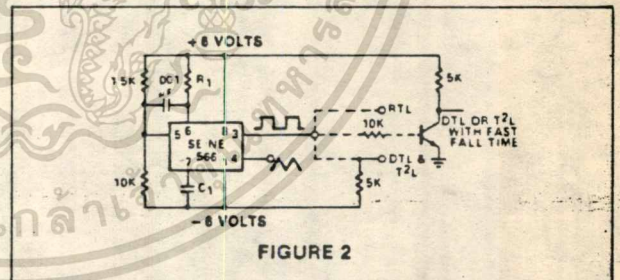
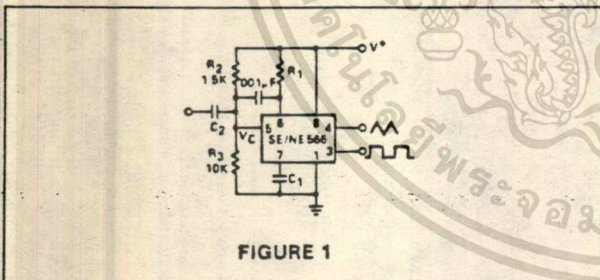
$$f_o = \frac{2[(V^+) - (V_C)]}{R_1 C_1 V^+}$$

and R_1 should be in the range $2k\Omega < R_1 < 20k\Omega$.

A small capacitor (typically $0.001 \mu f$) should be connected between pins 5 and 6 to eliminate possible oscillation in the control current source.

If the VCO is to be used to drive standard

logic circuitry, it may be desirable to use a dual supply as shown in Figure 2. In this case the square wave output has the proper dc levels for logic circuitry. RTL can be driven directly from pin 3. For DTL or T2L gates, which require a current sink of more than 1mA, it is usually necessary to connect a $5k\Omega$ resistor between pin 3 and negative supply. This increases the current sinking capability to 2mA. The third type of interface shown uses a saturated transistor between the 566 and the logic circuitry. This scheme is used primarily for T2L circuitry which requires a fast fall time (<50ns) and a large current sinking capability.



*For additional information, consult the Applications Section.

Signetics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านพาณิชย์

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อที่ - 51 - และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากมีการนำไปใช้.

LM381/LM381A low noise dual preamplifier

general description

The LM381/LM381A is a dual preamplifier for the amplification of low level signals in applications requiring optimum noise performance. Each of the two amplifiers is completely independent, with individual internal power supply decoupler-regulator, providing 120 dB supply rejection and 60 dB channel separation. Other outstanding features include high gain (112 dB), large output voltage swing ($V_{CC} - 2V$) p-p, and wide power bandwidth (75 kHz, 20V_{P-P}). The LM381/LM381A operates from a single supply across the wide range of 9 to 40V.

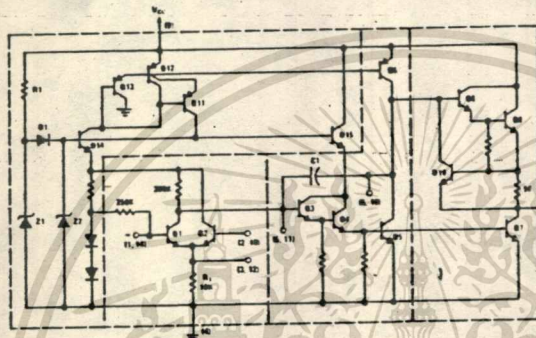
Either differential input or single ended input configurations may be selected. The amplifier is internally compensated with the provision for additional external compensation for narrow band

applications. For additional information see AN-64, AN-70, and AN-104.

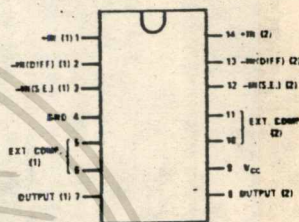
features

- Low Noise — .5 μV total input noise
- High Gain — 112 dB open loop
- Single Supply Operation
- Wide supply range 9–40V
- Power supply rejection 120 dB
- Large output voltage swing ($V_{CC} - 2V$)_{P-P}
- Wide bandwidth 15 MHz unity gain
- Power bandwidth 75 kHz, 20 V_{P-P}
- Internally compensated
- Short circuit protected

schematic and connection diagrams

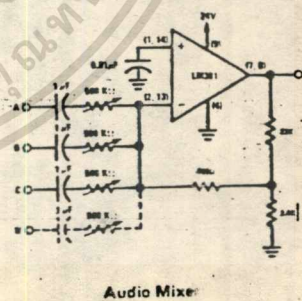
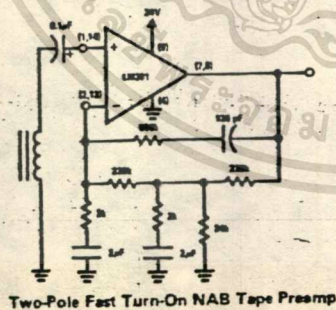
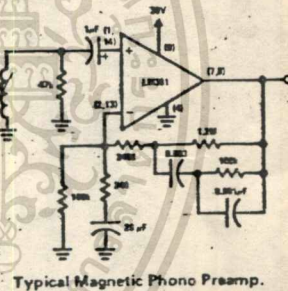
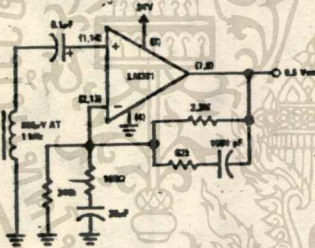


Dual-In-Line Package



Order Number LM381N or LM381AN
See Package Z2

typical applications



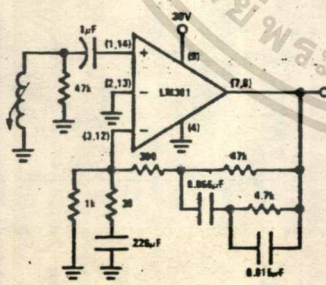
absolute maximum ratings

Supply Voltage	+40V
Power Dissipation	800 mW
Operating Temperature Range	0°C to 70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec)	300°C

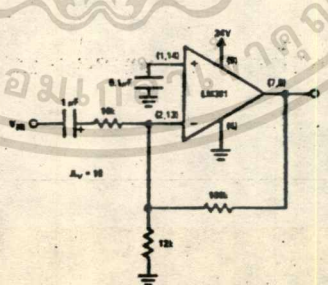
electrical characteristics $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 14\text{V}$, unless otherwise stated.

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Voltage Gain	Open Loop (Differential Input), $f = 100\text{ Hz}$		160,000		V/V
	Open Loop (Single Ended), $f = 100\text{ Hz}$		320,000		V/V
Supply Current	V_{CC} 9 to 40V, $R_L = \infty$		10		mA
Input Resistance	(Positive Input)		100		k Ω
	(Negative Input)		200		k Ω
Input Current	(Negative Input)		0.5		μA
Output Resistance	Open Loop		150		Ω
Output Current	Source		8		mA
	Sink		2		mA
Output Voltage Swing	Peak-to-Peak		$V_{CC} - 2$		V
Unity Gain Bandwidth			15		MHz
Power Bandwidth	$20 V_{P-P}$ ($V_{CC} = 24\text{V}$)		75		kHz
Maximum Input Voltage	Linear Operation			300	mVrms
Supply Rejection Ratio	$f = 1\text{ kHz}$		120		dB
Channel Separation	$f = 1\text{ kHz}$		60		dB
Total Harmonic Distortion	60 dB Gain, $f = 1\text{ kHz}$		0.1		%
Total Equivalent Input Noise	$R_S = 600\Omega$, 10 - 10,000 Hz (Single Ended Input, Flat Gain Circuit, $A_V = 1000$)				μVrms
LM381A			0.5	0.7	μVrms
LM381			0.5	1.0	μVrms

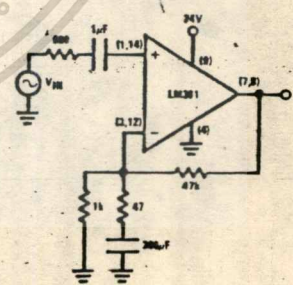
typical applications (con't)



Single-Ended Phono Preamp

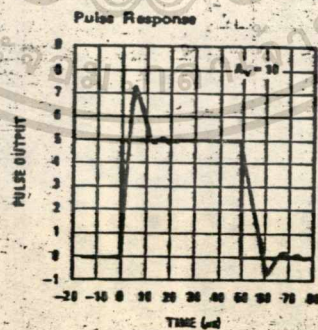
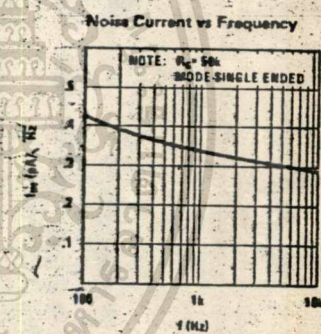
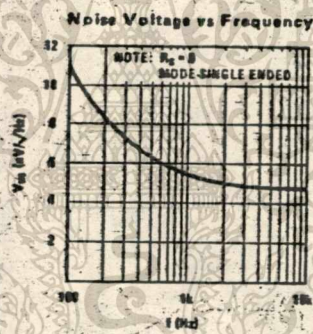
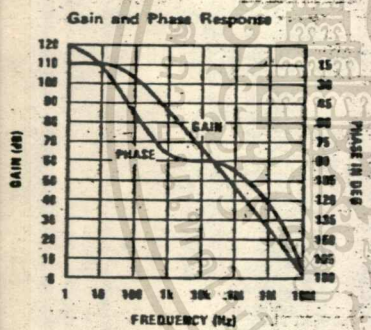
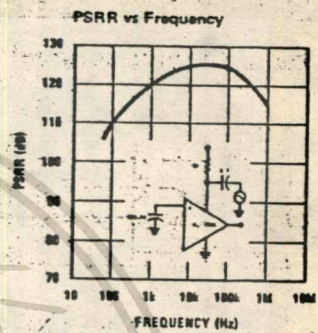
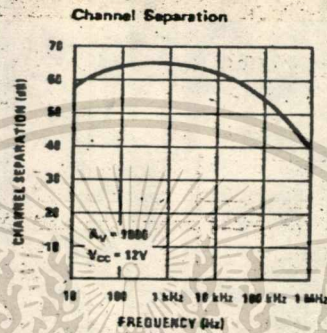
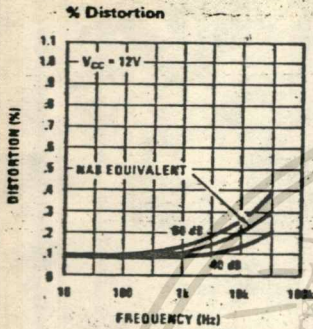
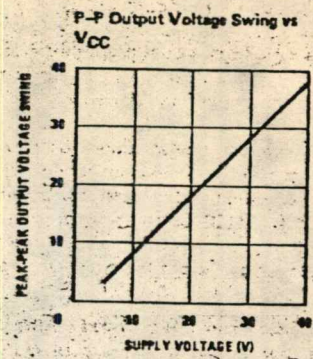
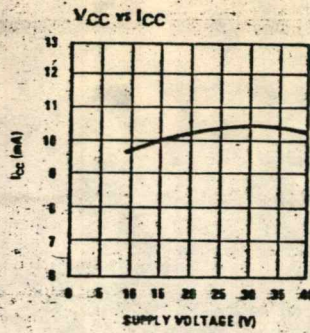
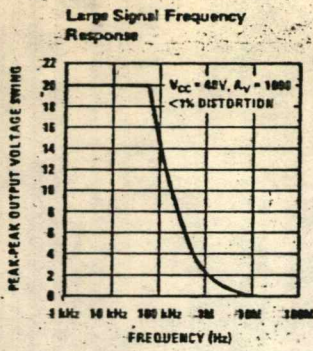


Ultra-Low Distortion Amplifier
($A_V = 10$, THD < 0.05%, $V_{OUT} = 3\text{ VRMS}$)



Flat Gain Circuit ($A_V = 1000$)

typical performance characteristics



LM386 low voltage audio power amplifier

general description

The LM386 is a power amplifier designed for use in low voltage consumer applications. The gain is internally set to 20 to keep external part count low, but the addition of an external resistor and capacitor between pins 1 and 8 will increase the gain to any value up to 200.

The inputs are ground referenced while the output is automatically biased to one half the supply voltage. The quiescent power drain is only 24 milliwatts when operating from a 6 volt supply, making the LM386 ideal for battery operation.

features

- Battery operation
- Minimum external parts
- Wide supply voltage range
- Low quiescent current drain

4-12 Volts

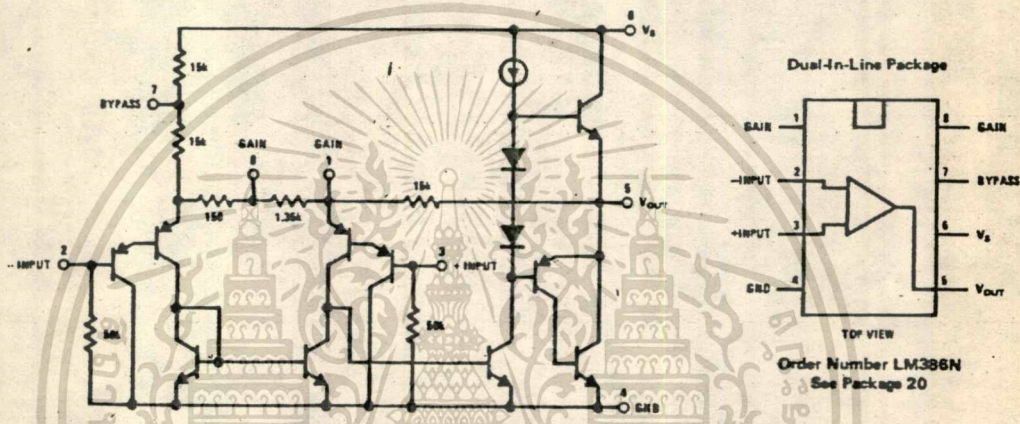
4 mA

- Voltage gains from 20 to 200
- Ground referenced input
- Self-centering output quiescent voltage
- Low distortion
- Eight pin dual-in-line package

applications

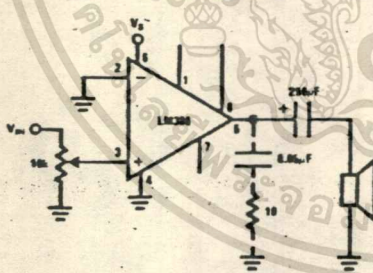
- AM-FM radio amplifiers
- Portable tape player amplifiers
- Intercoms
- TV sound systems
- Line drivers
- Ultrasonic drivers
- Small servo drivers
- Power converters

equivalent schematic and connection diagrams

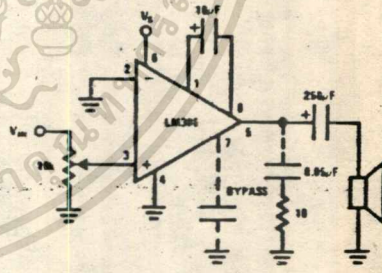


typical applications

Amplifier with Gain = 20
Minimum Parts



Amplifier with Gain = 200



absolute maximum ratings

Supply Voltage (Note 1)	15V
Package Dissipation 8 Pin DIP (Note 2)	660 mW
Input Voltage	±0.4V
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Operating Temperature	0°C to +70°C
Junction Temperature	+150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	+300°C

electrical characteristics $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Operating Supply Voltage (V_S)		4		12	V
Quiescent Current (I_Q)	$V_S = 6V, V_{IN} = 0$		4	8	mA
Output Power (P_{OUT}) (Note 3)	$V_S = 6V, R_L = 8\Omega, THD = 10\%$ $V_S = 9V, R_L = 16\Omega, THD = 10\%$	250	325 500		mW mW
Voltage Gain (A_V)	$V_S = 6V, f = 1\text{ kHz}$ 10 μF from Pin 1 to 8		26 46		dB dB
Bandwidth (BW)	$V_S = 6V$, Pins 1 and 8 Open		300		kHz
Total Harmonic Distortion (THD)	$V_S = 6V, R_L = 8\Omega, P_{OUT} = 125\text{ mW}$ $f = 1\text{ kHz}$, Pins 1 and 8 Open		0.2		%
Power Supply Rejection Ratio (PSRR)	$V_S = 6V, f = 1\text{ kHz}, C_{BYPASS} = 10\mu\text{F}$ Pins 1 and 8 Open, Referred to Output		50		dB
Input Resistance (R_{IN})			50		k Ω
Input Bias Current (I_{BIAS})	$V_S = 6V$, Pins 2 and 3 Open		250		nA

Note 1: Parts selected for higher absolute maximum supply voltage available on special request.

Note 2: For operating at elevated temperatures, the device must be derated based on a 150°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 187°C/W junction to ambient.

Note 3: If oscillation exists under some load conditions, add 10 Ω and 0.05 μF series network from pin 5 to ground.

application hints

GAIN CONTROL

To make the LM386 a more versatile amplifier, two pins (1 and 8) are provided for gain control. With pins 1 and 8 open the 1.35 k Ω resistor sets the gain at 20 (26 dB). If a capacitor is put from pin 1 to 8, bypassing the 1.35 k Ω resistor, the gain will go up to 200 (46 dB). If a resistor is placed in series with the capacitor, the gain can be set to any value from 20 to 200. Gain control can also be done by capacitively coupling a resistor (or FET) from pin 1 to ground.

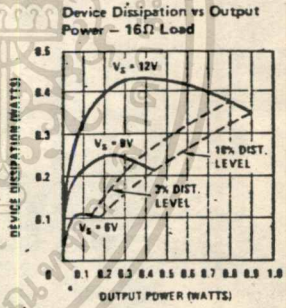
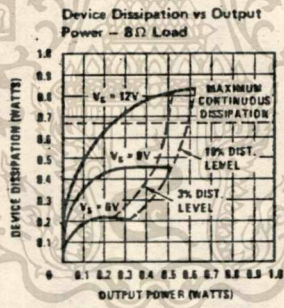
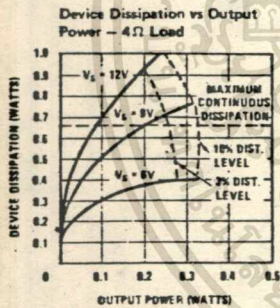
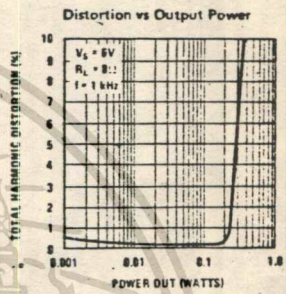
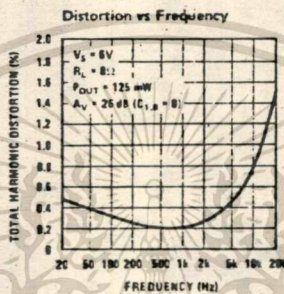
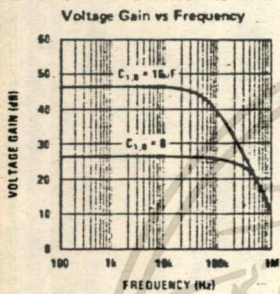
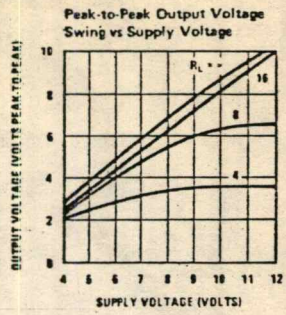
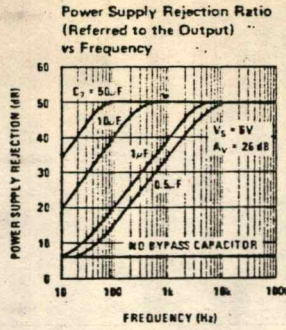
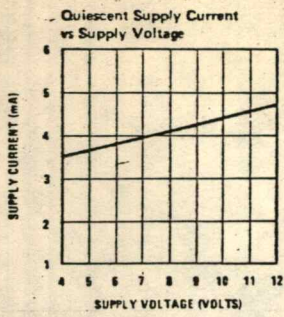
Additional external components can be placed in parallel with the internal feedback resistors to tailor the gain and frequency response for individual applications. For example, we can compensate poor speaker bass response by frequency shaping the feedback path. This is done with a series RC from pin 1 to 5 (paralleling the internal 15k Ω resistor). For 6 dB effective bass boost: $R \approx 15\text{ k}\Omega$, the lowest value for good stable operation is $R = 10\text{ k}\Omega$ if pin 8 is open. If pins 1 and 8 are bypassed then R as low as 2 k Ω can be used. This restriction is because the amplifier is only compensated for closed-loop gains greater than 9.

INPUT BIASING

The schematic shows that both inputs are biased to ground with a 50 k Ω resistor. The base current of the input transistors is about 250 nA, so the inputs are at about 12.5 mV when left open. If the dc source resistance driving the LM386 is higher than 250 k Ω it will contribute very little additional offset (about 2.5 mV at the input, 50 mV at the output). If the dc source resistance is less than 10 k Ω , then shorting the unused input to ground will keep the offset low (about 2.5 mV at the input, 50 mV at the output). For dc source resistances between these values we can eliminate excess offset by putting a resistor from the unused input to ground, equal in value to the dc source resistance. Of course all offset problems are eliminated if the input is capacitively coupled.

When using the LM386 with higher gains (bypassing the 1.35 k Ω resistor between pins 1 and 8) it is necessary to bypass the unused input, preventing degradation of gain and possible instabilities. This is done with a 0.1 μF capacitor or a short to ground depending on the dc source resistance on the driven input.

typical performance characteristics



กิติกรรมประกาศ

ในการทำโครงการนี้ได้รับคำแนะนำ และความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ จาก ดร.แดเนี่ยล บริน เป็นอย่างมาก โครงการนี้จึงสามารถดำเนินไปได้ด้วยดี ผู้จัดทำจึงต้องขอขอบคุณมาไว้ ณ ที่นี้ด้วย



หนังสืออ้างอิง

1. คู่มือลิเนียร์ไอซี เล่ม 1, ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2522
2. Ralph W. Campell and Forrest M. Mims, Semiconductor Diode Lasers, W. Foulsham & Co., 1972
3. Audio Handbook, National Semiconductor Corp., 1976
4. The Semiconductor Data Library Volume 1, Motorola Inc., 1972

