

สำนักงานหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญาโท



ชื่อหัวข้อ ชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสง ชนิดโหมดเดียว

Single Mode Optical Fiber Demonstrator

ชื่อนักศึกษา

- | | | | |
|------------------|-----------|--------------|----------|
| 1. นายธีรวัฒน์ | อะกะเรือน | รหัสประจำตัว | 40031109 |
| 2. นายเทพสมบุรณ์ | พานทอง | รหัสประจำตัว | 40031111 |
| 3. นายประสพโชค | มันคง | รหัสประจำตัว | 40031118 |
| 4. นายเรวัตร | แดงเต๊ะ | รหัสประจำตัว | 40031125 |

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ปิยะ ศุภวาราสวัสดิ์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์พงษ์เกียรติ เศรษฐพิทักษ์สกุล

คณะกรรมการสอบปริญญาโท		ลายมือชื่อ
1. อาจารย์ปิยะ	ศุภวาราสวัสดิ์	
2. อาจารย์อมรชัย	ชัยชนะ	
3. ผศ. วิสุทธิ์	อิทธิธรรม	
4. อาจารย์โกศล	ตราชู	
5. อาจารย์สุระชัย	พิมพ์สาตี	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันศุกร์ที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2542 เวลา 13.30 น.

สถานที่สอบ ห้อง ก.310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 32791
วัน, เดือน, ปี 10 ส.ย. 2542



ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม

(ศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 1/เดือน ๑๒ พ.ศ. ๔๘

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

ชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสงชนิดโหมดเดียว

SINGLE MODE OPTICAL FIBER DEMONSTRATOR



ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสงชนิดโหมคเดียว
Single Mode Optical Fiber Demonstrator

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของ การผสมสัญญาณแบบ AM, PWM, PPM, PCM, TDM และการผสมสัญญาณผ่านเส้นใยแก้วนำแสง
2. เพื่อออกแบบวงจรการผสมสัญญาณแบบ AM, PWM, PPM, PCM, TDM และการผสมสัญญาณผ่านเส้นใยแก้วนำแสง
3. เพื่อสร้างวงจรการผสมสัญญาณแบบ AM, PWM, PPM, PCM, TDM และการผสมสัญญาณผ่านเส้นใยแก้วนำแสง
4. เพื่อทดลองการผสมสัญญาณแบบ AM, PWM, PPM, PCM, TDM และการผสมสัญญาณผ่านเส้นใยแก้วนำแสง
5. เพื่อนำชุดทดลองการผสมสัญญาณแบบ AM, PWM, PPM, PCM, TDM และการผสมสัญญาณผ่านเส้นใยแก้วนำแสงไปใช้ประกอบการทดลองวิชาการสื่อสารเส้นใยแก้วนำแสง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้เกี่ยวกับการทำงานของ การผสมสัญญาณแบบ AM, PWM, PPM, PCM, TDM และการผสมสัญญาณผ่านเส้นใยแก้วนำแสง
2. ได้วงจรต้นแบบของการผสมสัญญาณแบบ AM, PWM, PPM, PCM, TDM และการผสมสัญญาณผ่านเส้นใยแก้วนำแสง
3. ได้เครื่องต้นแบบการผสมสัญญาณแบบ AM, PWM, PPM, PCM, TDM และการผสมสัญญาณผ่านเส้นใยแก้วนำแสง
4. ได้ผลการทดลองของการผสมสัญญาณแบบ AM, PWM, PPM, PCM, TDM และการผสมสัญญาณผ่านเส้นใยแก้วนำแสง
5. ได้นำชุดทดลองการผสมสัญญาณแบบ AM, PWM, PPM, PCM, TDM และการผสมสัญญาณผ่านเส้นใยแก้วนำแสงไปใช้ประกอบการทดลองวิชาการสื่อสารเส้นใยแก้วนำแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ
นักศึกษา

ชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสงนำแสงชนิดโหมคเดียว

นายถิรวัจน์ อะกะเรือน

นายเทพสมบูรณ์ พานทอง

นายประสพโชค มั่นคง

นายเรวัตร์ แดงเต๊ะ

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ปิยะ ศุภวาราสวัสดิ์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

อาจารย์พงษ์เกียรติ เชษฐพิทักษ์สกุล

หลักสูตร

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมโทรคมนาคม

ปีการศึกษา

2541

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสนอ ชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสงนำแสงชนิดโหมคเดียวเพื่อใช้ในการประกอบการเรียนการสอนวิชาการสื่อสารเส้นใยแก้วนำแสงนำแสง ซึ่งประกอบด้วยชุดส่งสัญญาณผ่านเส้นใยแก้วนำแสงนำแสงโดยใช้วิธีการมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย การมอดูเลตแบบแอมพลิจูด การมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์ การมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์ และการมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์ การดีมอดูเลตแบบแอมพลิจูด การดีมอดูเลตความกว้างพัลส์ การดีมอดูเลตตำแหน่งพัลส์ และการดีมอดูเลตรหัสพัลส์ นอกจากนี้โครงงานนี้ยังประกอบด้วยชุดทดลองอื่นๆ อีก เช่น การมัลติเพล็กซ์และการดีมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา การส่งสัญญาณเสียงผ่านเส้นใยแก้วนำแสงนำแสง โดยเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสงโดยใช้โฟโตนิกไดโอด และอุปกรณ์สัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้าโดยจะใช้โฟโตนิกทรานซิสเตอร์ ผ่านเส้นใยแก้วนำแสงนำแสงเป็นชนิดโหมคเดียว

Thesis Title	Single Mode Optical Fiber Demonstrator	
Students	Mr. Thirawat	Argaruan
	Mr. Thepsomboon	Phantong
	Mr. Prasopchoke	Monkong
	Mr. Rewat	Dangtaja
Advisor	Mr. Piya	Supavarasuwat
Co - Advisor	Mr. Pongkret	Chetpituksaklun
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education	
Program in	Telecommunication Engineering	
Academic Year	1998	

ABSTRACT

This thesis presents the project of single mode optical fiber demonstrator. It is a education demonstrator equipment. It consists of transmission transmit to pass optical fiber using modulator and demodulator method. Modulator method consists of amplitude modulator, pulse width modulator, pulse position modulator and pulse code modulator pass of demodulator method is composed of amplitude demodulator, pulse width demodulator, pulse position demodulator and pulse code demodulator. This project includes other parts ; time division multiplex, time division demultiplex and transmit voice signal pass optical fiber with equipment to change electrical signal to light signal with photodiode and equipment to change light signal to electrical signal with phototransistor using single mode optical fiber.

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากการให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง และการเงินจากภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม การให้คำปรึกษาและคำแนะนำจากอาจารย์ในภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่าน โดยเฉพาะ อาจารย์ปิยะ สุภวาราสุวัฒน์, อาจารย์พงษ์เกียรติ เศษฐพิทักษ์สกุล และอาจารย์โกศล ทรายู รวมทั้ง ครู อาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนมาในอดีต และบุคคลที่มีความสำคัญที่สุดซึ่งทำให้ได้รับการศึกษามาตั้งแต่อดีต จนถึงปัจจุบัน คือ คุณพ่อ และคุณแม่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	IX
สารบัญรูป	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 จุดความสามารถของโครงการ	2
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 การส่งสัญญาณข้อมูลผ่านเส้นใยแก้วนำ	3
2.1.1 เส้นใยแก้วนำแสงคืออะไร	3
2.1.2 การเดินทางของแสง	3
2.1.3 การป้อนแสงเข้าไปในเส้นใยแก้วนำแสง	4
2.1.4 ชนิดของเส้นใยแก้วนำแสง	5
2.1.5 คุณสมบัติของเส้นใยแก้วนำแสง	7
2.2 อุปกรณ์กำเนิดแสง	8
2.2.1 โครงสร้างและการทำงานของเครื่องเปล่งแสงของสารกึ่งตัวนำ	8
2.2.2 การเชื่อมอุปกรณ์กำเนิดแสงกับเส้นใยแก้วนำแสง	11
2.3 อุปกรณ์รับแสง	12
2.3.1 สารและโครงสร้างของอุปกรณ์รับแสง	12
2.3.2 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์รับแสงกับเส้นใยแก้วนำแสง	12
2.3.3 การผสมและการแยกสัญญาณ	14
2.4 การมอดูเลตความกว้างพัลส์	15
2.4.1 ตัวส่งสัญญาณแบบความกว้างพัลส์	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.4.2 ตัวรับสัญญาณแบบความกว้างพัลส์	17
2.5 การมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์	18
2.6 การมอดูเลตแบบแอมพลิจูด	19
2.6.1 การมอดูเลตแอมพลิจูดแบบเต็ม	19
2.6.2 การมอดูเลตแอมพลิจูดแบบสัญญาณแถบข้างคู่ไร้คลื่นพาห้	22
2.6.3 การมอดูเลตแอมพลิจูดแบบแถบข้างเดียว	23
2.6.4 การคิ่อมอดูเลตสัญญาณแบบแอมพลิจูด	25
2.7 การมัลติเพล็กซ์เชิงเวลา	27
2.8 การเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลแบบเข้ารหัสพัลส์	29
2.8.1 การสุ่มตัวอย่าง	29
2.8.1 การจัดระดับสัญญาณ	30
2.8.2 การเข้ารหัสไบนารี	32
2.8.3 การถอดรหัสและการกรองความถี่	32
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง	36
3.1 การมอดูเลตแบบแอมพลิจูด	36
3.1.1 การออกแบบวงจรมอดูเลตแบบแอมพลิจูด	36
3.1.2 การสร้างวงจรมอดูเลตแบบแอมพลิจูด	37
3.2 การคิ่อมอดูเลตแบบแอมพลิจูด	37
3.2.1 การออกแบบวงจรคิ่อมอดูเลตแบบแอมพลิจูด	37
3.2.2 การสร้างวงจรคิ่อมอดูเลตแบบแอมพลิจูด	38
3.3 การมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์	38
3.3.1 การออกแบบวงจรมอดูเลตสัญญาณแบบความกว้างพัลส์	38
3.3.2 การสร้างวงจรมอดูเลตสัญญาณแบบความกว้างพัลส์	39
3.4 การคิ่อมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์	40
3.4.1 การออกแบบวงจรคิ่อมอดูเลตสัญญาณแบบความกว้างพัลส์	41
3.4.2 การสร้างวงจรคิ่อมอดูเลตสัญญาณแบบความกว้างพัลส์	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.5 วงจรมอดูเลตสัญญาณแบบตำแหน่งพัลส์	42
3.5.1 การออกแบบวงจรมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์	43
3.5.2 การสร้างวงจรมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์	44
3.6 วงจรคีมอดูเลตสัญญาณแบบตำแหน่งพัลส์	45
3.6.1 การออกแบบวงจรคีมอดูเลตสัญญาณแบบตำแหน่งพัลส์	46
3.6.2 การสร้างวงจรคีมอดูเลตสัญญาณแบบตำแหน่งพัลส์	46
3.7 วงจรมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา	47
3.7.1 การออกแบบวงจรมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา	47
3.7.2 การสร้างวงจรมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา	48
3.8 วงจรคีมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา	50
3.8.1 การออกแบบวงจรคีมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา	50
3.8.2 การสร้างวงจรคีมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา	50
3.9 วงจรมอดูเลตสัญญาณแบบเข้ารหัสพัลส์	52
3.9.1 การออกแบบวงจรมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์	52
3.9.2 การสร้างวงจรมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์	54
3.10 วงจรคีมอดูเลตสัญญาณแบบเข้ารหัสพัลส์	54
3.10.1 การออกแบบวงจรคีมอดูเลตสัญญาณแบบเข้ารหัสพัลส์	55
3.10.2 การสร้างวงจรคีมอดูเลตสัญญาณแบบเข้ารหัสพัลส์	57
3.11 วงจรผลิตความถี่	58
3.11.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง	58
3.11.2 การสร้างวงจรผลิตความถี่	59
3.12 วงจรเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง	59
3.12.1 การออกแบบวงจรเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง	59
3.12.2 การสร้างวงจรเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง	60
3.13 วงจรเปลี่ยนสัญญาณแสงไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง	61
3.13.1 การออกแบบวงจรเปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า	61
3.13.2 การสร้างวงจรเปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.14 วงจรรับสัญญาณภาพ	62
3.15 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	62
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	62
4.1 การทดลองและผลการทดลองการส่งสัญญาณต่างๆ ผ่านเส้นใยแก้วนำแสง	63
4.1.1 ลำดับการทดลอง	63
4.1.2 ผลการทดลอง	63
4.2 การทดลองและผลการทดลองวงจรมอดูเลตแบบแอมพลิฟิแคชัน	67
4.2.1 ลำดับการทดลอง	67
4.2.2 ผลการทดลอง	67
4.3 การทดลองและผลการทดลองการส่งสัญญาณเสียงผ่านเส้นใยแก้วนำแสง	69
4.3.1 ลำดับการทดลอง	69
4.3.2 ผลการทดลอง	69
4.4 การทดลองและผลการทดลองวงจรมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์	71
4.4.1 ลำดับการทดลอง	71
4.4.2 ผลการทดลอง	71
4.5 การทดลองและผลการทดลองวงจรมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์	73
4.5.1 ลำดับการทดลอง	73
4.5.2 ผลการทดลอง	73
4.6 การทดลองและผลการทดลองวงจรมัลติเพล็กซ์และดีมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา	75
4.6.1 ลำดับการทดลอง	75
4.6.2 ผลการทดลอง	75
4.7 การทดลองและผลการทดลองวงจรมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์	78
4.7.1 ลำดับการทดลอง	78
4.7.2 ผลการทดลอง	78
4.8 การทดลองและผลการทดลองของการส่งสัญญาณภาพผ่านเส้นใยแก้วนำแสง	80
4.8.1 ลำดับการทดลอง	80
4.8.2 ผลการทดลอง	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางการแก้ไขและพัฒนา	82
5.1 บทสรุป	82
5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำโครงการ	82
5.3 แนวทางการแก้ไข	83
5.4 แนวทางการพัฒนา	83
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	84
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	89
ภาคผนวก ค ใบงานการทดลอง	111
ภาคผนวก ง รายละเอียดของอุปกรณ์	174
บรรณานุกรม	202
ประวัติผู้แต่ง	203



สารบัญตาราง

ตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ชนิดของเส้นใยแก้วนำแสง

5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 การเดินทางของแสงภายในเส้นใยแก้วนำแสง	4
รูปที่ 2.2 ลักษณะการเดินทางของแสงภายใน Core ของเส้นใยแก้วนำแสง	7
รูปที่ 2.3 ระดับพลังงานในสารกึ่งตัวนำ	8
รูปที่ 2.4 หลักการออสซิลเลชันของแสง	10
รูปที่ 2.5 การเกิดคลื่นนิ่งของแสง	11
รูปที่ 2.6 ความยาวคลื่นต่างๆ ของเลเซอร์	11
รูปที่ 2.7 การเชื่อมแสงระหว่างอุปกรณ์รับแสงแต่ละชนิด	12
รูปที่ 2.8 ความยาวคลื่นในการรับแสงของอุปกรณ์รับแสงแต่ละชนิด	12
รูปที่ 2.9 การผสมสัญญาณแสงและการส่ง	14
รูปที่ 2.10 สัญญาณที่ได้จากการมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์	15
รูปที่ 2.11 ความไม่เป็นเชิงเส้นของการมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์	16
รูปที่ 2.12 ตัวส่งสัญญาณแบบความกว้างพัลส์	17
รูปที่ 2.13 ตัวรับสัญญาณแบบความกว้างพัลส์	17
รูปที่ 2.14 เทคนิคของการสร้างการมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์ จากการมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์	18
รูปที่ 2.15 การสร้างสัญญาณแอนะล็อกกลับคืนจากสัญญาณมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์	19
รูปที่ 2.16 รูปคลื่นสัญญาณของการมอดูเลตแอมพลิจูดแบบเต็ม	20
รูปที่ 2.17 การวัดค่าดัชนีการมอดูเลต	20
รูปที่ 2.18 สเปกตรัมของคลื่นสัญญาณที่มอดูเลตแอมพลิจูดแบบเต็ม	22
รูปที่ 2.19 สเปกตรัมของคลื่นสัญญาณแบบแอมพลิจูดแบบ DSBSC	23
รูปที่ 2.20 รูปคลื่นสัญญาณแบบแอมพลิจูดแบบ DSBSC	23
รูปที่ 2.21 สเปกตรัมของคลื่นสัญญาณแบบแอมพลิจูดแบบ SSB	24
รูปที่ 2.22 การกำเนิด SSB ด้วยวิธีการกรอง	24
รูปที่ 2.23 การกำเนิด SSB ด้วยวิธีการจัดเฟส	25
รูปที่ 2.24 การตรวจจับสัญญาณแบบแอมพลิจูดด้วยไลโอต	26
รูปที่ 2.25 วงจรการตรวจจับสัญญาณแบบแอมพลิจูดด้วยทรานซิสเตอร์	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 2.26 การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา	28
รูปที่ 2.27 การเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล	29
รูปที่ 2.28 การสุ่มตัวอย่าง	30
รูปที่ 2.29 การสุ่มตัวอย่างสัญญาณเสียง	30
รูปที่ 2.30 สัญญาณ PAM	31
รูปที่ 2.31 การจัดระดับ	31
รูปที่ 2.32 ระบบการทวนสัญญาณแบบสร้างสัญญาณขึ้นมาใหม่	32
รูปที่ 2.33 การเปลี่ยนดิจิทัลเป็นแอนะล็อก	33
รูปที่ 2.34 ขบวนการถอดรหัส	34
รูปที่ 2.35 ขบวนการกรองสัญญาณ	34
รูปที่ 2.36 ขบวนการมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์	35
รูปที่ 3.1 วงจรส่งสัญญาณมอดูเลตแบบแอมพลิฟิเคชัน	37
รูปที่ 3.2 วงจรรับสัญญาณมอดูเลตแบบแอมพลิฟิเคชัน	38
รูปที่ 3.3 วงจรมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์	39
รูปที่ 3.4 วงจรดีมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์	41
รูปที่ 3.5 วงจรดิฟเฟอเรนเชียล	43
รูปที่ 3.6 วงจรตัดรูปคลื่น	43
รูปที่ 3.7 วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	44
รูปที่ 3.8 วงจรดีมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์	46
รูปที่ 3.9 ผังการทำงานของมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลาทางด้านส่ง	47
รูปที่ 3.10 วงจรมัลติเพล็กซ์สัญญาณ 4 ช่อง	48
รูปที่ 3.11 ผังการทำงานของมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลาทางด้านรับ	50
รูปที่ 3.12 วงจรดีมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา	51
รูปที่ 3.13 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา	53
รูปที่ 3.14 วงจรการมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์	54
รูปที่ 3.15 วงจรขยายสัญญาณการมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์	55
รูปที่ 3.16 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาปลายทาง	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 3.17 วงจรถอดรหัสสัญญาณพีซีเอ็ม	57
รูปที่ 3.18 วงจรผลิตความถี่	58
รูปที่ 3.19 วงจรเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง	60
รูปที่ 3.20 วงจรเปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า	61
รูปที่ 3.21 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	63
รูปที่ 4.1 สัญญาณอินพุตรูปคลื่นไซน์	64
รูปที่ 4.2 สัญญาณเอาต์พุตของภาครับสัญญาณ	64
รูปที่ 4.3 สัญญาณอินพุตรูปสามเหลี่ยม	65
รูปที่ 4.4 สัญญาณเอาต์พุตของภาครับสัญญาณ	65
รูปที่ 4.5 สัญญาณอินพุตของรูปคลื่นสี่เหลี่ยม	66
รูปที่ 4.6 สัญญาณเอาต์พุตของภาครับสัญญาณ	66
รูปที่ 4.7 สัญญาณอินพุตรูปคลื่นไซน์ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ตซ์ ขนาด 0.2 Vp-p	67
รูปที่ 4.8 สัญญาณสัญญาณเอาต์พุตของวงจรมอดูเลตแบบแอมพลิจูด	68
รูปที่ 4.9 สัญญาณสัญญาณเอาต์พุตของวงจรมอดูเลตแบบแอมพลิจูด	68
รูปที่ 4.10 สัญญาณอินพุตของเครื่องวิทยุเทป	69
รูปที่ 4.11 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรมอดูเลตแบบแอมพลิจูด	70
รูปที่ 4.12 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรมอดูเลตแบบแอมพลิจูด	70
รูปที่ 4.13 สัญญาณอินพุตมอดูเลตรูปคลื่นไซน์ความถี่ 200 เฮิร์ตซ์ ขนาด 0.8 Vp-p	71
รูปที่ 4.14 สัญญาณการสุ่มตัวอย่างรูปคลื่นสามเหลี่ยมความถี่ 1800 เฮิร์ตซ์ ขนาด 8 Vp-p	72
รูปที่ 4.15 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์	72
รูปที่ 4.16 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์	73
รูปที่ 4.17 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์	74
รูปที่ 4.18 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์	74
รูปที่ 4.19 สัญญาณการเข้าจิ้งหะ	76
รูปที่ 4.20 สัญญาณการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา 1 ช่องสัญญาณ	76
รูปที่ 4.21 สัญญาณการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา 4 ช่องสัญญาณ	77
รูปที่ 4.22 สัญญาณนาฬิกาจรนับความถี่ 255 กิโลเฮิร์ตซ์	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 4.23 สัญญาณการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา 4 ช่องสัญญาณ	78
ขณะผ่านเส้นใยแก้วนำแสง	79
รูปที่ 4.24 สัญญาณอินพุตรูปคลื่น ไซน์ความถี่ 1500 เฮิร์ตซ์	79
รูปที่ 4.25 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์	79
รูปที่ 4.26 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์	80
รูปที่ 4.27 สัญญาณเอาต์พุตของภาคขับสัญญาณ	81
รูปที่ 4.28 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรรักษาขยายสัญญาณภาพ	81
รูปที่ ก.1 จุดเชื่อมต่อจุดต่างๆ ทางด้านส่งของชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสงชนิด โหมดเดียว	85
รูปที่ ก.2 ด้านหน้าทางด้านส่งของชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสงชนิด โหมดเดียว	85
รูปที่ ก.3 แผ่นวงจรพิมพ์ทางด้านส่งชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสงชนิด โหมดเดียว	86
รูปที่ ก.4 จุดเชื่อมต่อจุดต่าง ๆ ทางด้านรับของชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสงชนิด โหมดเดียว	86
รูปที่ ก.5 ด้านหน้าทางด้านรับของชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสงชนิด โหมดเดียว	87
รูปที่ ก.6 แผ่นวงจรพิมพ์ทางด้านรับของชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสงชนิด โหมดเดียว	87
รูปที่ ก.7 เส้นใยแก้วนำแสง	88
รูปที่ ก.8 อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสงชนิด โหมดเดียว	88
รูปที่ ข.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	90
รูปที่ ข.2 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาของวงจรมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา	90
รูปที่ ข.3 วงจรแอมพลิฟายเออร์	91
รูปที่ ข.4 วงจรมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์	91
รูปที่ ข.5 วงจรคิฟเฟอเรนเชียล	91
รูปที่ ข.6 วงจรตัดรูปคลื่น	92
รูปที่ ข.7 วงจร โมโนสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์	92
รูปที่ ข.8 วงจรมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา	93
รูปที่ ข.9 วงจรเข้ารหัสสัญญาณพีซีเอ็ม	95
รูปที่ ข.10 วงจรภาคขับสัญญาณ	96
รูปที่ ข.11 วงจรแอมพลิฟายเออร์	96
รูปที่ ข.12 วงจรมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์	97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ ข.13 วงจรคีมอคูเลตแบบตำแหน่งพัลซ์	97
รูปที่ ข.14 วงจรมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา	97
รูปที่ ข.15 วงจรขยายสัญญาณพีซีเอ็ม	98
รูปที่ ข.16 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาปลายทาง	98
รูปที่ ข.17 วงจรถอดรหัสสัญญาณพีซีเอ็ม	99
รูปที่ ข.18 วงจรขยายสัญญาณภาพ	99
รูปที่ ข.19 วงจรภาครับสัญญาณ	100
รูปที่ ข.20 ลายทองแดงของแหล่งจ่ายไฟ	100
รูปที่ ข.21 การวางอุปกรณ์ของวงจรแหล่งจ่ายไฟ	101
รูปที่ ข.22 ลายทองแดงของวงจรแอมป์ลิจูดมอคูเลต, วงจรมอคูเลตแบบความกว้างพัลซ์, วงจรมอคูเลตแบบตำแหน่งพัลซ์และภาคขับสัญญาณ	102
รูปที่ ข.23 การวางอุปกรณ์ของแอมป์ลิจูดมอคูเลต, วงจรมอคูเลตแบบความกว้างพัลซ์, วงจรมอคูเลตแบบตำแหน่งพัลซ์และภาคขับสัญญาณ	103
รูปที่ ข.24 ลายทองแดงวงจรการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา, วงจรมอคูเลตแบบเข้ารหัสพัลซ์, วงจรแหล่งกำเนิดสัญญาณ	104
รูปที่ ข.25 การวางอุปกรณ์การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา, วงจรมอคูเลตแบบเข้ารหัสพัลซ์, วงจรแหล่งกำเนิดสัญญาณ	105
รูปที่ ข.26 ลายทองแดงคีมอคูเลตแบบความกว้างพัลซ์, วงจรคีมอคูเลตแบบตำแหน่งพัลซ์, วงจรมอคูเลตแบบแอมป์ลิจูดและวงจรขยายภาครับ	106
รูปที่ ข.27 การวางอุปกรณ์คีมอคูเลตแบบความกว้างพัลซ์, วงจรคีมอคูเลตแบบตำแหน่งพัลซ์, วงจรมอคูเลตแบบแอมป์ลิจูดและวงจรขยายภาครับ	107
รูปที่ ข.28 ลายทองแดงวงจรคีมอคูเลตแบบเข้ารหัสพัลซ์, วงจรคีมอคูเลตแบบแบ่งเวลา	108
รูปที่ ข.29 การวางอุปกรณ์วงจรคีมอคูเลตแบบเข้ารหัสพัลซ์, วงจรคีมอคูเลตแบบแบ่งเวลา	109
รูปที่ ข.30 ลายทองแดงวงจรขยายสัญญาณภาพ	110
รูปที่ ข.31 การวางอุปกรณ์วงจรขยายภาพ	110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้การติดต่อสื่อสารสามารถทำได้หลายทาง เช่น วิทยุติดตามตัว โทรศัพท์มือถือ จดหมายอิเล็กทรอนิกส์, โทรสาร, ดาวเทียม ฯลฯ ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นที่ขาดไม่ได้ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ทุกๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นงานทางด้านธุรกิจ, การธนาคาร, การบันเทิง, การทหาร ตลอดจนกระทั่งการสาธารณสุขประโยชน์ต่างๆ ซึ่งระบบสื่อสารต่างๆ ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาโดยตลอดเพื่อความสะดวกสบายของมนุษย์ เราอาจจะเห็นได้ว่าในสมัยแรกๆ นั้นระบบสื่อสารจะใช้สายเคเบิล ซึ่งมีขนาดของสายใหญ่ไม่เหมาะสมกับการสื่อสารที่มีระยะทางไกลๆ และคลื่นวิทยุเป็นพาหะซึ่งมีข้อจำกัดในการใช้งาน เช่น คลื่นวิทยุที่ใช้มีความหนาแน่นจนไม่มีความถี่ว่าง หรือความถี่ในการสื่อสารอาจเต็มหมด ทำให้การติดต่อสื่อสารเป็นไปด้วยความลำบาก ด้วยเหตุนี้จึงมีการพัฒนาระบบการสื่อสารให้มีขีดความสามารถมากยิ่งขึ้น ซึ่งการพัฒนานี้จึงนำมาสู่การสื่อสารผ่านเส้นใยแก้วนำแสง (Optical Fiber)

ในการติดต่อสื่อสารผ่านเส้นใยแก้วนำแสง คือ การส่งข้อมูลข่าวสารผ่านตัวกลางที่เป็นเส้นใยแก้วนำแสงไปยังผู้รับ โดยใช้ตัวกำเนิดแสง เช่น เลเซอร์ไดโอด หรือ แอลอีดี เพื่อเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าที่จะส่งออกไปเป็นสัญญาณแสง โดยทางภาครับก็จะเปลี่ยนสัญญาณแสงกลับมาเป็นสัญญาณไฟฟ้าตามเดิม ข้อดีของการติดต่อสื่อสารผ่านเส้นใยแก้วนำแสง คือ มีการสูญเสียต่ำ, มีแบนด์วิธกว้าง, มีขนาดเล็ก, ไม่มีการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า, ไม่เป็นสนิม, ประหยัด และสามารถส่งข้อมูลได้มาก เนื่องจากแสงมีความถี่สูงทำให้สามารถบรรจุข้อมูลข่าวสารได้มาก จึงเป็นที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน

ซึ่งในสถาบันการศึกษาต่างๆ ก็ได้มีการเรียนการสอนเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านเส้นใยแก้วนำแสงกัน ในการเรียนส่วนใหญ่จะเรียนกันเฉพาะภาคทฤษฎีเท่านั้น ไม่มีโอกาสที่จะได้ทดลองกับของจริงทำให้นักศึกษายังขาดความเข้าใจ ทั้งนี้อาจจะเกิดขึ้นมาจากขาดอุปกรณ์ที่จะใช้เป็นการเรียนการสอน หรือวัสดุช่วยสอน เกี่ยวกับการสื่อสารผ่านเส้นใยแก้วนำแสง ดังนั้น จึงทำการออกแบบสร้างชุดทดลองการสื่อสารผ่านเส้นใยแก้วนำแสงขึ้นมา เพื่อช่วยสร้างความเข้าใจในการเรียนมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ขีดความสามารถของโครงการ

ชุดทดลองนี้ประกอบด้วยระบบการส่งสัญญาณและการรับสัญญาณแบบต่างๆ ได้แก่ การมอดูเลตแบบแอมพลิจูด (Amplitude Modulation : AM), การมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์ (Pulse Position Modulation : PPM), การมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation : PWM), การมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์ (Pulse Code Modulation : PCM), การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา (Time Division Multiplex : TDM) และ การส่งสัญญาณเสียง ผ่านเส้นใยแก้วนำแสง เพื่อใช้เป็นชุดทดลองสำหรับนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงหรือระดับปริญญาตรี ในรายวิชาการสื่อสารเส้นใยแก้วนำแสง

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

ในปฏิยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วยเนื้อหาในบทต่างๆ ดังนี้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ กล่าวถึง การมอดูเลตแบบแอมพลิจูด การมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์ การมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์ การมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์ การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา และ ทฤษฎีหลักการของระบบการสื่อสารผ่านเส้นใยแก้วนำแสง

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน กล่าวถึง การออกแบบวงจร และการทำงาน ของวงจรต่างๆ ได้แก่ การมอดูเลตแบบแอมพลิจูด การมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์ การมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์ การมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์ การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา และการดีมอดูเลตแบบต่างๆ ที่กล่าวมา

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง กล่าวถึง การเชื่อมต่อวงจรภาคต่างๆ เข้าด้วยกัน และทำการทดลองวัดสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจร พร้อมทั้งผลการทดลองอย่างละเอียด

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางการแก้ไข และพัฒนา บทนี้จะเป็นบทสรุปว่าปฏิยานิพนธ์ฉบับนี้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้หรือไม่ อย่างไร และได้วางแผนแนวทางการแก้ไขและพัฒนาปฏิยานิพนธ์ฉบับนี้ไว้

ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ

ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค ใบงานการทดลอง

ภาคผนวก ง รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 การส่งสัญญาณข้อมูลผ่านเส้นใยแก้วนำแสง

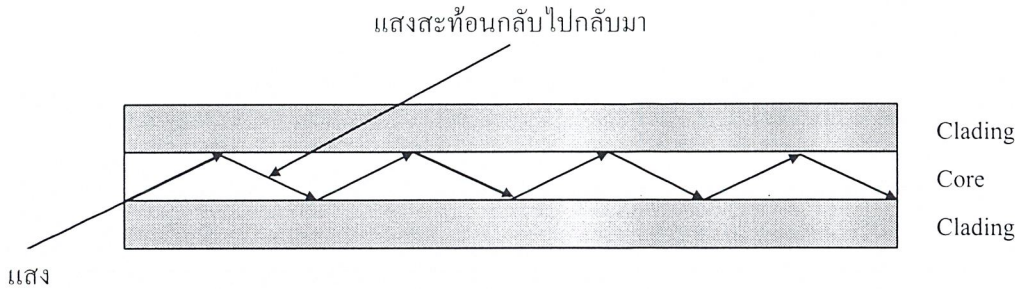
2.1.1 เส้นใยแก้วนำแสงคืออะไร

เส้นใยแก้วนำแสง คือ เส้นใยขนาดเล็กที่ทำหน้าที่เป็นตัวนำแสง โครงสร้างของเส้นใยแก้วนำแสงประกอบด้วยส่วนที่แสงเดินทางผ่านเรียกว่า Core และส่วนที่หุ้ม Core อยู่เรียกว่า Cladding ทั้ง Core และ Cladding เป็นไดอิเล็กทริกใส 2 ชนิด (ไดอิเล็กทริก หมายถึง สารที่ไม่เป็นตัวนำทางไฟฟ้าเช่น แก้ว, พลาสติก) โดยการทำให้ค่าดัชนีการหักเหของ Cladding มีค่าน้อยกว่าค่าดัชนีการหักเหของ Core เล็กน้อยประมาณ 0.2 - 3 % และจะอาศัยปรากฏการณ์สะท้อนกลับหมดของแสงสามารถทำให้แสงที่ป้อนเข้าไปใน Core เดินทางไปได้

2.1.2 การเดินทางของแสง

ในตัวกลางที่มีค่าดัชนีการหักเหของแสงค่าเดียวกันแสงจะเดินทางเป็นเส้นตรงส่วนตัวกลางที่มีค่าดัชนีการหักเหแตกต่างกันตรงรอยต่อของตัวกลางทั้งสองแสงจะเกิดการหักเห (Refraction) และเกิดการสะท้อนกลับ (Reflection) ปรากฏการณ์เหล่านี้จะแสดงคุณสมบัติการเดินทางเป็นเส้นตรงของแสง คุณสมบัติการหักเหของแสง และคุณสมบัติการสะท้อนกลับของแสง เรียกว่ากฎ 3 ข้อของแสง นอกจากนี้คุณสมบัติอีกด้านหนึ่งที่สำคัญของแสง คือ ความเร็วของแสงจะต่างกันในตัวกลางที่มีดัชนีการหักเหต่างกัน สำหรับความเร็วของแสงในอากาศนั้นมีค่าประมาณ 3×10^8 เมตรต่อวินาที ส่วนในตัวกลางที่มีดัชนีการหักเหของแสงเป็น n นั้นแสงจะมีค่าลดลงเป็น $1/n$ ของความเร็วในอากาศ

เส้นใยแก้วนำแสงมีโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนในเรียกว่าแกน Core ทำด้วยสารที่ไม่เป็นตัวนำทางไฟฟ้า และส่วนนอกที่หุ้มแกนเรียกว่า Cladding ทำด้วยสารที่มีค่าดัชนีการหักเหของแสงต่ำกว่าแกนเล็กน้อยสำหรับการสื่อสารใยแก้วนำแสงนั้นใช้ ปรากฏการณ์การสะท้อนกลับหมดของแสง โดยทำให้แสงเดินทางในแกนด้วยการสะท้อนกลับไปมาภายในแกน ดังรูปที่ 2.1



เมื่อ $n_1 > n_2$

รูปที่ 2.1 การเดินทางของแสงภายในเส้นใยแก้วนำแสง

2.1.3 การป้อนแสงเข้าไปในเส้นใยแก้วนำแสง

แสงที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงจะกระจายกว้างออกเนื่องจากปรากฏการณ์การเบี่ยงเบนของแสง การที่จะป้อนแสงเข้าไปใน Core ที่มีขนาดเล็กนั้น ต้องใช้เลนส์ทำการรวมแสง แต่ทว่าแสงที่รวมนั้น ไม่ใช่จะถูกป้อนเข้าไปในใยแสงได้ทั้งหมดแสงที่มีมุมตกกระทบที่เหมาะสมเท่านั้นจึงจะสามารถเข้าไปในเส้นใยแก้วนำแสงจากรูปที่ 2.2 จะเห็นว่าที่จุดป้อนแสงของเส้นใยแก้วนำแสงนั้นจะเป็นจุดต่อของตัวกลางที่มีค่าดัชนีการหักเหของแสงต่างกัน 3 ชนิด ซึ่งตัวกลางทั้ง 3 ชนิดได้แก่ อากาศ, Core ของเส้นใยแก้วนำแสงและ Cladding ของเส้นใยแก้วนำแสง ถ้าให้ค่าดัชนีการหักเหของแสงของตัวกลางทั้ง 3 ชนิดเป็น n_0 ($n_0 = 1$), ดัชนีการหักเหของ Core และดัชนีการหักเหของ Cladding ตามลำดับจะเกิดการหักเห การสะท้อนกลับของแสงที่รอยต่อของอากาศกับ Core และที่รอยต่อกับ Core ในที่นี้ให้มุมรับแสงของเส้นใยแก้วนำแสงที่มีค่ามากที่สุดเป็น θ_{\max} จากรูป 2.2 จะเห็นได้ว่าลำแสงที่ 2 นั้นมุมรับแสงตรงรอยต่อระหว่าง Core กับ Cladding นั้นจะมีค่าเป็นมุมวิกฤติ (Critical Angle) ตรงรอยต่อของอากาศกับ Core และของ Core กับ Cladding นั้น จากกฎของ Snell's จะได้ว่า

$$\sin \theta_{\max} = n_1 \sin \theta \quad (2.1)$$

$$\sin(90^\circ - \theta_c) = \cos \theta = n_2 \sin \theta \quad (2.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามศัพท์เทคนิคเรียกว่า Numerical Aperture : NA หมายถึง ขนาดการเปิดรับให้แสงผ่านและใช้เป็นตัวแสดงเงื่อนไขการป้อนแสงไปในเส้นใยแก้วนำแสง นอกจากนั้นยังถือเป็นตัวประกอบพื้นฐานอันหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเชื่อมต่อแสงระหว่างต้นกำเนิดแสงกับเส้นใยแก้วนำแสงด้วย

2.1.4 ชนิดของเส้นใยแก้วนำแสง

วิธีการแบ่งชนิดของเส้นใยแก้วนำแสงมีหลายวิธี เช่น แบ่งตามชนิดของสารไดอิเล็กตริกที่ใช้ทำเส้นใยแก้วนำแสง แบ่งตามจำนวนโหมดการแพร่กระจายคลื่นแสง และแบ่งตามลักษณะของดัชนีการหักเหของ Core ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ชนิดของเส้นใยแก้วนำแสง

ชนิดของเส้นใยแก้วนำแสง	โหมด
ชนิดของสารไดอิเล็กตริกที่ใช้	-Silica Glass Optic Fiber -Multi Component Glass Optic Fiber - Plastic Optic Fiber
ชนิดของสารไดอิเล็กตริกที่ใช้	- Single Mode optic Fiber - Multi Mode Optic Fiber
ลักษณะของดัชนีการหักเหของ Core	- Step Index Optic Fiber - Graded Index Optic Fiber

จากตารางที่ 2.1 สามารถอธิบายได้ดังนี้

1) การแบ่งชนิดของเส้นใยแก้วนำแสงตามชนิดของสารไดอิเล็กตริก สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่

1.1) Silica Glass Optical Fiber ซึ่งใช้สารไดอิเล็กตริกที่เป็นซิลิกา นอกจากจะใช้ (SiO_2) ที่บริสุทธิ์เป็นส่วนใหญ่แล้วยังใช้สารอื่นเติมลงไป เพื่อให้ค่าดัชนีการหักเหเปลี่ยนแปลงตามต้องการ สารอื่นที่เติมลงไปนี้เรียกว่า Dopant ได้แก่ Germanium (Ge), Boron (B), Flourine (F) เป็นต้น

1.2) Multi Component Glass Opticl Fiber ซึ่งใช้ไดอิเล็กตริกที่เป็นแก้วหลายชนิดปนกัน ส่วนมากจะใช้ Soda Calcumi, แก้ว, แก้วที่มี Boron และ Silicon ผสมและอื่น ๆ เป็นสารหลัก ส่วน Dopant ได้แก่ โซเดียม (Na), แคลเซียม (Ca)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3) Plastic Optical Fiber ซึ่งใช้ไดอิเล็กตริกที่เป็นพลาสติกใช้สารจำพวก Silicon Resin, Acryl Resin เช่น Polymetacryl : PMMA

2) การแบ่งชนิดของเส้นใยแก้วนำแสงตามจำนวนโหมดการแพร่กระจายคลื่น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ

2.1) **Single Mode Optical Fiber** ซึ่งชื่อย่อว่า SM -Fiber

2.2) **Multi Mode Optical Fiber** ใช้ชื่อย่อว่า MM -Fiber

3) การแบ่งชนิดของเส้นใยแก้วนำแสงตามลักษณะดัชนีการหักเห สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงของดัชนีการหักเห คือ

3.1) **Step Index Optical Fiber (SI - Fiber)** เป็นเส้นใยแก้วนำแสงที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของดัชนีการหักเหระหว่าง Core กับ Cladding เป็นลักษณะขั้นบันไดจึงเรียกว่า Step Index Optical Fiber

3.2) **Graded Index Optical Fiber (GI - Fiber)** เป็นเส้นใยแก้วนำแสงที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของดัชนีการหักเหระหว่าง Core กับ Cladding ค่อยๆ ลดลงทีละน้อยซึ่งต่างกับชนิด SI - Fiber จึงเรียกว่า Graded Index Optical Fiber

SM Fiber นั้นจัดอยู่ในจำพวกของ SI Fiber เหมือนกันแต่ที่ว่าเนื่องจากจุดประสงค์ต้องการให้เป็น Single Mode จึงทำให้อัตราส่วนผลต่างของค่าดัชนีการหักเหของ Core และ Cladding มีค่าน้อยมากจึงแบ่งแยกชนิดออกมาต่างหาก ดังนั้นในกรณีที่เรียกว่า SI Fiber นั้นโดยทั่วไปจะหมายถึง Multi Mode Optic Fiber ที่มีผลต่างของดัชนีการหักเหเปลี่ยนแปลงเป็นขั้นบันได ลักษณะการเดินทางของแสงภายใน Core ของเส้นใยแก้วนำแสงแต่ละชนิดแสดงดังรูปที่ 2.2

2.1.5 คุณสมบัติของเส้นใยแก้วนำแสง

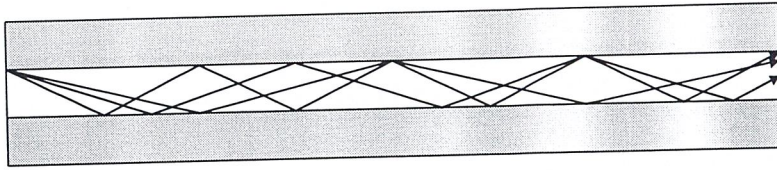
1) การสูญเสียของแสงต่ำ เส้นใยแก้วนำแสงเมื่อเปรียบเทียบกับเคเบิลโลหะที่ทำด้วยทองแดงหรือเคเบิลแกนร่วม (Coaxial Cable) อย่างใดอย่างหนึ่งแล้ว ปรากฏว่ามีการสูญเสียต่ำกว่า

2) แบนตัววัดกว้าง เส้นใยแก้วนำแสงมีแบนตัววัดกว้าง ซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเส้นใยแก้วนำแสงด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับเคเบิลแกนร่วมแล้ว สามารถส่งสัญญาณที่มีความถี่สูงมากกว่า

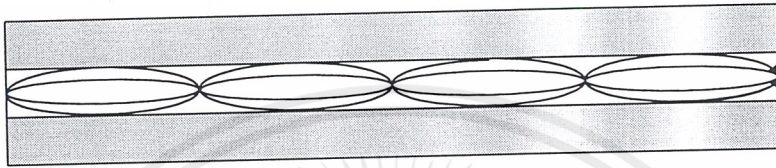
3) ขนาดเล็กและน้ำหนักเบา เส้นใยแก้วนำแสงเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับตัวกลางที่ใช้ส่งอย่างอื่นแล้วมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบากว่า เช่น เคเบิลใยแก้วนำแสงขนาด 18 เส้นเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับ โคแอกเซียลเคเบิลขนาด 18 เส้นเหมือนกันแล้ว ปรากฏว่ามีพื้นที่หน้าตัดประมาณ $1/30$ มีน้ำหนักเป็น $1/20$ ของโคแอกเซียลเท่านั้น

4) ไม่มีการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้า แก้วพวกซิลิกาจะไม่ยอมให้ไฟฟ้าผ่าน ดังนั้น จึงไม่มีการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้าจากภายนอก

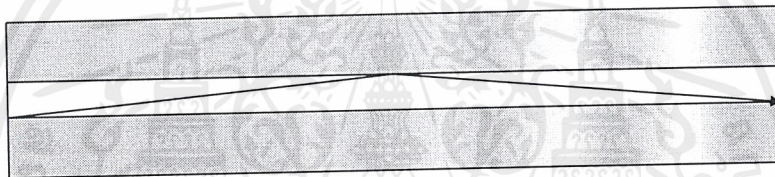
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) เส้นใยแก้วนำแสงแบบ SI-Type



(ข) เส้นใยแก้วนำแสงแบบ GI-Type



(ค) เส้นใยแก้วนำแสงแบบ SM-Type

รูปที่ 2.2 ลักษณะการเดินทางของแสงใน Core ของเส้นใยแก้วนำแสงแต่ละชนิด

2.2 อุปกรณ์กำเนิดแสง

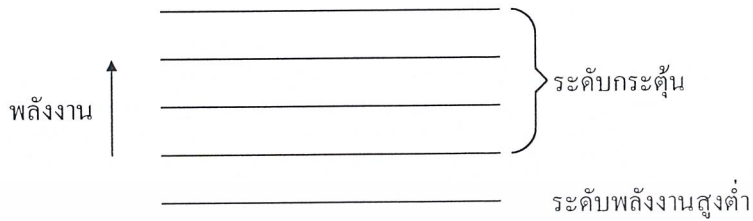
อุปกรณ์กำเนิดแสงหรืออุปกรณ์เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสงในระบบการสื่อสารเส้นใยแก้วนำแสงนั้นทำหน้าที่ในการเปลี่ยนสัญญาณข่าวสารในรูปของสัญญาณไฟฟ้าให้เปลี่ยนเป็นสัญญาณแสงเพื่อส่งไปในเส้นใยแก้วนำแสง

อุปกรณ์กำเนิดแสงที่นิยมใช้ในระบบการสื่อสารเส้นใยแก้วนำแสงได้แก่ เลเซอร์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ และ LED

2.2.1 โครงสร้างและการทำงานของสารกึ่งตัวนำเปล่งแสง

สารกึ่งตัวนำนั้นจะมีจำนวนอะตอมจำนวนมากจัดเรียงกันอย่างมีระเบียบและด้วยเหตุนี้ อิเล็กตรอนของแต่ละอะตอมจะทำหน้าที่เชื่อมโยงกับอะตอมข้างเคียง และจะมีตำแหน่งอยู่ระหว่างอะตอมทั้งสองนั้น คือ มันจะรับผลการดึงดูดจากอะตอมข้างเคียง สภาพพลังงานที่อะตอมได้รับในกรณีนี้จะแบ่งออกเป็น 2 สภาพ สภาพหนึ่งเป็นระดับพลังงานสูงเรียกว่า แถบนำไฟฟ้า และอีกสภาพหนึ่งเป็นระดับพลังงานต่ำเรียกว่า แถบวาเลนซ์ และสภาพทั้งสองนี้ก็ต่างมีความกว้างของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แถบพลังงานอยู่ดังแสดงในรูปที่ 2.3



(ก) กรณีของอะตอมอันเดียว



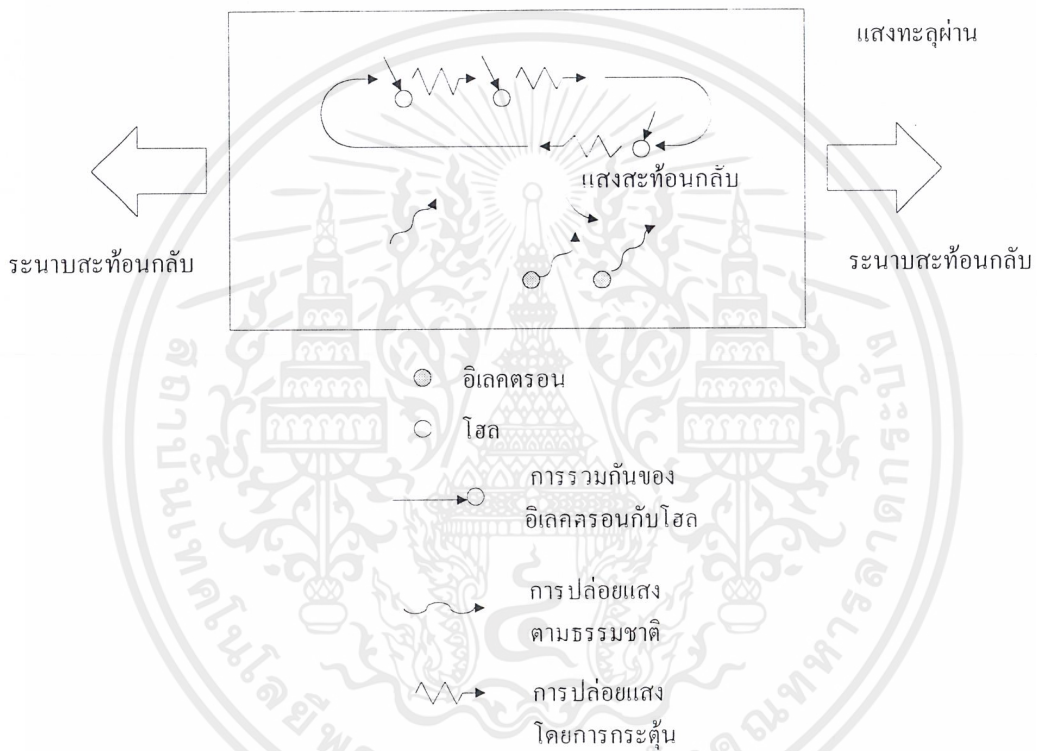
(ข) กรณีรวมกับอะตอมอื่นๆ

รูปที่ 2.3 ระดับพลังงานในสารกึ่งตัวนำ

โดยปกติแล้วอิเล็กตรอนจำนวนมากจะรวมตัวกันอยู่ที่แถบวาเลนซ์ ซึ่งจะมีระดับพลังงานต่ำ และจะมีอิเล็กตรอนจำนวนเล็กน้อยอยู่ในแถบนำไฟฟ้า ซึ่งเป็นระดับพลังงานสูงในตอนแรกนี้จะอธิบายการทำงานของเลเซอร์ไดโอด ซึ่งเป็นสารกึ่งตัวนำที่มีระดับพลังงานตามที่กล่าวมาแล้ว สมมติว่าจำนวนอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำเป็น N และจำนวนใน N นี้แบ่งไปอยู่ในแถบวาเลนซ์ 1 ตัวและไปอยู่ในแถบนำไฟฟ้า 2 ตัว ในสภาพปกติที่นั่นค่าดัชนีการหักเหของ Core จะมากกว่าค่าดัชนีการหักเหของ Cladding และในสภาพเช่นนี้ ถ้าเราป้อนสัญญาณแสงจากภายนอกเข้าไป จะเป็นการกระตุ้นให้มันปล่อยแสง (Stimulated Emission) และการดูดพลังงาน (Absorption) ซึ่งขนาดของแสงจะเป็นสัดส่วนกับอัตราส่วนของค่าดัชนีการหักเหของ Core และค่าดัชนีการหักเหของ Cladding แต่โดยทั่วไปแล้วการดูดพลังงานจะมีขนาดมากกว่าทำให้แสงที่ป้อนเข้ามามีขนาดลดลงไปแต่หากเรามีวิธีอย่างใดอย่างหนึ่งที่ทำให้ค่าดัชนีการหักเหของ Cladding มากกว่า ค่าดัชนีการหักเหของ Core เรียกว่าเกิด Inversion Distribution ได้แล้วก็จะทำให้การกระตุ้นให้ปล่อยแสงออกมามีค่ามากกว่าการดูดพลังงาน ในกรณีนี้จะทำให้ความเข้มของแสงที่ป้อนเข้ามาเพิ่มมากขึ้น และเกิด ปฏิกิริยาขยายแสง (Light Amplification Action)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ Inversion Distribution สำหรับสารกึ่งตัวนำสามารถทำใหม่เกิดได้โดยวิธีการที่เรียกว่า ฉีด (Injection) อิเล็กตรอน โดยการทำให้กระแสไหลก็จะเกิดปฏิกิริยาการขยายทางกระแสได้ ดังนั้น ในกรณีของสารกึ่งตัวนำพลังงานจากภายนอกที่เป็นตัวทำให้เกิดการกระตุ้นให้ปล่อยแสง เพื่อปล่อย แสงออกมานั้น คือ อิเล็กตรอนที่ป้อนเข้าไปนั่นเอง เมื่อสามารถทำให้เกิดการขยายได้ก็จะทำให้ สามารถทำให้ขยายกลับไปกลับมาได้ เพื่อให้แสงเกิดการออสซิลเลชันได้ หลักการขยายกลับไป กลับมาทำได้โดยใช้ระนาบสะท้อนกลับ 2 อันวางหันหน้าเข้าหากันดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 หลักการออสซิลเลชันของแสง

นั่นคือแสงที่เกิดจากการกระตุ้นให้ปล่อยแสงนี้จะถูกขยายไปพร้อมกับเคลื่อนที่ไปด้วย และเมื่อไปกระทบกับระนาบสะท้อนกลับแล้ว ส่วนหนึ่งของแสงจะทะลุผ่านออกไปข้างนอก และส่วนที่เหลือจะสะท้อนกลับไปทิศทางตรงกันข้ามกับครั้งแรกและแสงที่สะท้อนกลับนี้เมื่อไปถึงระนาบสะท้อนกลับอีกอีกด้านหนึ่งก็จะเกิดผลเช่นเดียวกับในตอนแรกที่กล่าวมาแล้ว คือส่วนหนึ่งของแสงจะทะลุผ่านออกไปข้างนอก และส่วนที่เหลือจะสะท้อนกลับไปทิศทางตรงกันข้ามอีก ในระหว่างที่ทำให้เกิดการป้อนกลับซ้ำกลับไปมาอยู่อย่างนี้ จนถึงจุดหนึ่งที่พลังงานที่ถูกขยายโดยการกระตุ้นให้ปล่อยแสงมีค่ามากกว่าพลังงานที่สูญเสียไป เนื่องจากการดูดของอิเล็กตรอนที่อยู่ใน แถบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

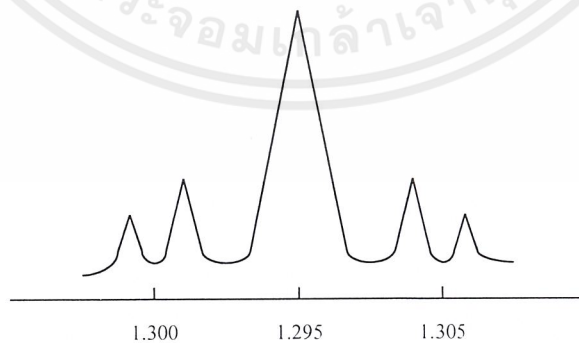
วาเลนซ์ และที่หลุดออกไปจากระนาบสะท้อนกลับ ณ จุดนี้การออสซิลเลชันจะเริ่มขึ้น การทำให้เกิดแสงเช่นนี้เรียกว่า LASER

ในการที่ทำให้เกิดการออสซิลเลชันเริ่มขึ้นได้นั้นจะต้องใช้พลังงานจากภายนอก (การฉีดกระแสเข้าไป) ที่มีจำนวนมากกว่าค่าหนึ่งขึ้นไปและมีจำนวนกระแสที่ฉีดเข้าไปตอนทำให้เกิดการ ออสซิลเลชันเริ่มขึ้นนั้นเรียกว่า กระแสเทรชโฮล ความยาวคลื่นแสงของเลเซอร์ไดโอดในขั้นตอนของการปล่อยแสงตามที่ได้กล่าวมาแล้วทำให้เกิดเรโซแนนซ์ ระหว่างระนาบที่สะท้อนกลับ นั่นคือ สามารถทำให้เกิดความยาวคลื่นแสงของคลื่นนิ่งภายในเรโซแนนซ์ เท่านั้นดังรูป 2.5



รูปที่ 2.5 การเกิดคลื่นนิ่งของแสง

และเงื่อนไขที่ทำให้เกิดเรโซแนนซ์นี้ คือ ความยาวของเรโซเนเตอร์ (ระยะห่างของระนาบสะท้อนกลับ) จะต้องมามีค่าเป็นจำนวนเท่าที่เป็นเลขเต็มหน่วยของครึ่งหนึ่งของความยาวแสงนั้นคือเท่ากับ $n\lambda / 2$ โดยปกติแล้วความยาวของเรโซเนเตอร์จะมากกว่าความยาวแสงมาก ดังนั้นแสงที่ได้จากเลเซอร์ไดโอดจะมีความยาวแสงกระจายออกเป็นจำนวนมาก ดังรูปที่ 2.6

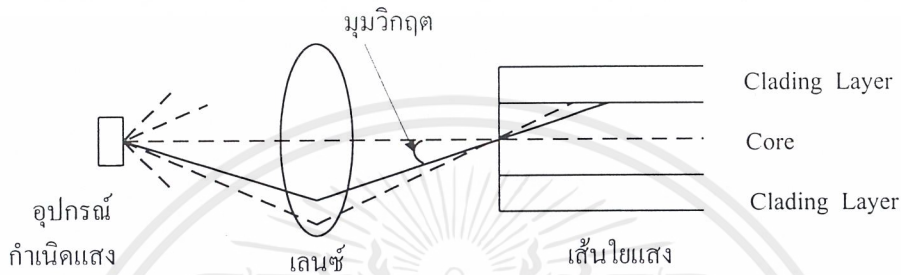


รูปที่ 2.6 ความยาวคลื่นต่างๆ ของเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การเชื่อมอุปกรณ์กำเนิดแสงกับเส้นใยแก้วนำแสง

โดยทั่วไปแล้วแสงที่ปล่อยออกจากอุปกรณ์ปล่อยแสงจะกว้างออก เนื่องจากปรากฏการณ์เบี่ยงเบนของแสง การป้อนแสงเข้าไปในเส้นใยแก้วนำแสงที่มีขนาดเล็กมากจึงเป็นการยากดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการใช้วิธีการต่างๆ เช่น ใช้เลนส์มาทำการบีบลำแสงให้เล็กลงดังแสดงในรูปที่ 2.7



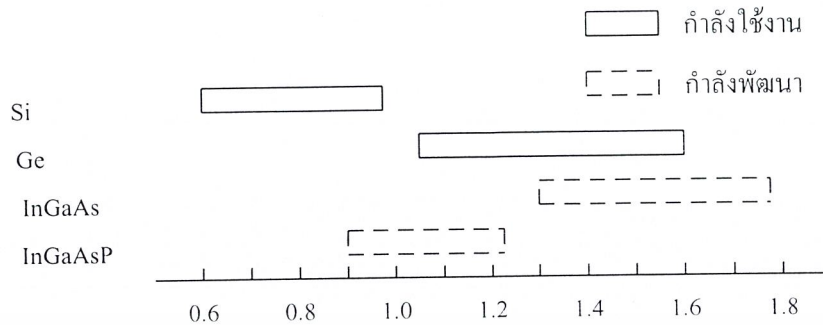
รูปที่ 2.7 การป้อนแสงระหว่างอุปกรณ์ปล่อยแสงกับเส้นใยแก้วนำแสง

ในการป้อนแสงเข้าไป Core ของเส้นใยแก้วนำแสงจำเป็นต้องปล่อยแสงเข้าไปด้วยค่าของมุมตกกระทบที่อยู่ในช่วงที่ต่ำกว่ามุมรับแสงสูงสุดของเส้นใยแก้วนำแสง เช่น สมมติว่าป้อนแสงเข้าไปด้วยมุมตกกระทบที่มีค่ามากกว่ามุมรับแสงสูงสุดของเส้นใยแก้วนำแสง ดังแสดงด้วยเส้นประในรูปที่ 2.7 จะเห็นว่าแสงที่ป้อนเข้าไปนี้จะทะลุออกไปยัง Cladding หมุดด้วยเหตุนี้จึงต้องใช้เลนส์นำไปวางใกล้ๆ กับอุปกรณ์ปล่อยแสงเพื่อบีบแสงให้แคบลงซึ่งในทางตรงกันข้ามถ้าหากวางตำแหน่งของเลนส์ใกล้อุปกรณ์ปล่อยแสงมากเกินไปจะทำให้แสงถูกขยายกว้างมากกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของ Core

2.3 อุปกรณ์รับแสง

2.3.1 สารและโครงสร้างของอุปกรณ์รับแสง

สำหรับอุปกรณ์รับแสงก็เช่นเดียวกันกับอุปกรณ์กำเนิดแสงนั่นก็คือมีสารหลายชนิดนอกจากนั้นผลต่างของพลังงานของแถบนำไฟฟ้า และแถบวาเลนซ์ของอุปกรณ์รับแสงมีค่าแตกต่างกัน ทำให้มีย่านความยาวคลื่นต่างกันคุณสมบัติความไวในการรับแสงของสารแต่ละชนิดแสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ความยาวคลื่นในการรับแสงของอุปกรณ์รับแสงแต่ละชนิด

อุปกรณ์รับแสงที่เป็นสารกึ่งตัวนำนี้ แบ่งออกเป็นพวกใหญ่ๆ ได้ 2 พวก ตามปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้จากภายนอก คือ โฟโตนิกไดโอด กับอะวาเลนซ์โฟโตนิกไดโอด

โฟโตนิกไดโอดนั้นเป็นพวกที่ได้รับการป้อนแรงดันไฟฟ้าปริมาณน้อย ส่วนอะวาเลนซ์โฟโตนิกไดโอด เป็นพวกที่ได้รับการป้อนแรงดันไฟฟ้าปริมาณมาก ตัวอย่างของโฟโตนิกไดโอด หมายถึงว่าในระหว่างสารกึ่งตัวนำชนิดอื่น และชนิดที่มีสารกึ่งตัวนำแบบที่เรียกว่า อินทรินซิก (Intrinsic : I) คั่นอยู่สารกึ่งตัวนำแบบอินทรินซิกที่คั่นกลางระหว่างสารเอ็นและสารพีมีหน้าที่ทำให้ความกว้างของขอบเขตรอยต่อกว้างขึ้นเนื่องจากโฟโตนิกไดโอดที่ใช้ในระบบการสื่อสารนั้น โดยทั่วไปต้องมีความเร็วในการตอบสนองสูงดังนั้นส่วนใหญ่จะใช้ พินโฟโตนิกไดโอด

อนึ่งอะวาเลนซ์โฟโตนิกไดโอดนั้นใช้ปฏิกิริยาการขยายอะวาเลนซ์ของอิเล็กตรอนและโฮลในสารกึ่งตัวนำ เมื่อเปรียบเทียบกับโฟโตนิกไดโอด แล้วเป็นอุปกรณ์รับแสงที่ให้กระแสจำนวนมาก หลักการทำงานของ อะวาเลนซ์โฟโตนิกไดโอด สำหรับโครงสร้างนั้นส่วนใหญ่ทางด้าน P ของรอยต่อพีเอ็นจะมีสารกึ่งตัวนำแบบชนิดพี ที่มีความหนาแน่นของโฮลสูงติดอยู่ โดยการทำเช่นนี้ จะทำให้สนามไฟฟ้าภายในบริเวณใกล้ๆ รอยต่อที่มีชั้นของพีเป็นศูนย์กลางมีค่ามากอิเล็กตรอนที่ดูแสงที่มากกระทบจากด้าน P+ และถูกกระตุ้นจากแถบวาเลนซ์ไปยังแถบนำไฟฟ้า ในระหว่างที่ได้รับอัตราเร่งและผ่านไปยังชั้นของพีนั้นมันจะได้รับพลังงานจำนวนมากกว่าผลต่างของพลังงานของแถบนำไฟฟ้ากับแถบวาเลนซ์จากผลนี้ สามารถทำให้กระตุ้นอิเล็กตรอนที่อยู่ในแถบวาเลนซ์ และทำให้เกิดอิเล็กตรอนกับโฮลใหม่ได้ และอิเล็กตรอนกับโฮลใหม่นี้ยังถูกสนามไฟฟ้าเร่งให้อัตราเร่งให้อีกทำให้อิเล็กตรอนกับโฮลใหม่ออกมาอีกเมื่อขบวนการนี้เกิดต่อเนื่องกัน จำนวนอิเล็กตรอนกับโฮลจะเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากเป็นผลทำให้เกิดการขยายเรียกว่า อะวาเลนซ์มัลติพลิเคชัน (Avalanche Multiplication) ผลนี้ทำให้กระแสถูกขยายนั่นเอง

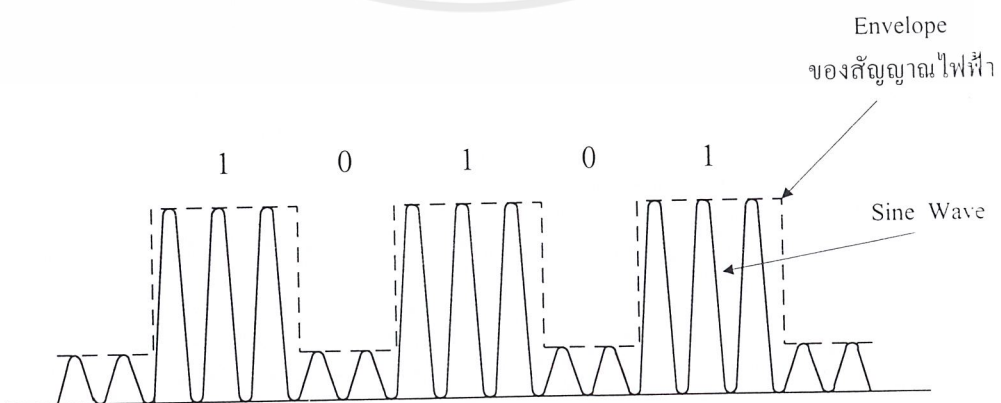
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์รับแสงกับเส้นใยแก้วนำแสง

ในกรณีที่แสงถูกปล่อยออกไปในอากาศจากปลายของเส้นใยแก้วนำแสงนั้นแสงจะถูกออกไปจากปลายเส้นใยแก้วนำแสงในลักษณะที่มีความกว้างใกล้เคียงกับค่ามุมเปิดรับแสงของเส้นใยแก้วนำแสงด้วยเหตุนี้การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์รับแสงจากเส้นใยแก้วนำแสงจะต้องทำให้ อุปกรณ์รับแสงอยู่ใกล้กับปลายของเส้นใยแก้วนำแสงให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ หรือไม่อย่างนั้นก็ทำให้ อุปกรณ์รับแสงมีพื้นที่รับแสงโตมากเส้นผ่านศูนย์กลางการรับแสงของอุปกรณ์ที่ทำงานด้วยความเร็วสูงนั้นโดยทั่วไปต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 100 μm ดังนั้นจึงมีการรวมแสงให้แก่ด้านรับแสงโดยใช้ Rod Lens (เลนส์ที่มีลักษณะเป็นแท่งกลมยาว) ไปวางไว้ข้างหน้าอุปกรณ์รับแสงเพื่อทำหน้าที่รวมแสงที่ปล่อยออกมาจากเส้นใยแก้วนำแสง ให้แก่ด้านรับแสงของอุปกรณ์รับแสง Rod Lens และอุปกรณ์รับแสงที่ประกอบเป็นชิ้นเดียวกันนี้ เรียกว่า โมดูล

2.3.3 การผสมและการแยกสัญญาณ

ตัวกำเนิดคลื่นแสงนั้นทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณแสง ซึ่งสามารถทำได้ โดยการผสม กับอุปกรณ์กำเนิดแสงกรณีการมอดูเลชันของการสื่อสารทางไฟฟ้าหมายความว่า เป็นการทำให้ความถี่ของออสซิลเลเตอร์เปลี่ยนแปลงตามสัญญาณข่าวสาร แต่สำหรับการสื่อสารเส้นใยแก้วนำแสงนั้นความถี่ (ความยาวคลื่น) ของแสงที่ปล่อยออกมาจากอุปกรณ์กำเนิดแสงมีค่าไม่คงที่ ดังนั้นความหมายของการมอดูเลชันจึงแตกต่างกับของการสื่อสารทางไฟฟ้าไปบ้างเล็กน้อย และสามารถเปลี่ยนความถี่ของแสงให้อยู่ในย่านความถี่ไมโครเวฟได้จะทำให้การสื่อสารเส้นใยแก้วนำแสงมีการผสมคลื่นชนิดต่างๆ (เช่น AM, FM, PM) เหมือนกับการสื่อสารไฟฟ้า แต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบันยังทำไม่ได้ ดังนั้นการผสมคลื่นในการสื่อสารเส้นใยแก้วนำแสง จึงเป็นการทำให้ความเข้มของแสงเปลี่ยนแปลงดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 การผสมสัญญาณแสงและการส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผสมคลื่นแสงนั้นเป็นการผสมทางความเข้มของสัญญาณแสงเท่านั้น สำหรับทางด้านรับนั้นจากการรับสัญญาณแสงที่อ่อนกำลังและเกิดความเพี้ยนเนื่องจากการเดินทางผ่านเส้นใยแก้วนำแสงด้วยอุปกรณ์รับแสงจะทำให้ได้สัญญาณไฟฟ้าออกมาในรูปร่างของสัญญาณไฟฟ้านี้จะเป็นสัญญาณขั้วสาร สัญญาณขั้วสารนี้จะนำไปผ่านขั้นตอนทางไฟฟ้าที่เรียกว่า การขยายทางด้านสัญญาณ ทำให้ได้สัญญาณที่เหมือนกันกับต้นกำเนิดขั้วสารทุกประการ ในอนาคตถ้าหากสามารถทำให้ได้แสงที่เป็นโคเฮอร์เรนซ์ อย่างสมบูรณ์แล้วจะสามารถใช้วิธีการผสมคลื่นที่ทำให้ความถี่ต้นกำเนิดแสงเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณขั้วสารนั่นคือ ใช้วิธีการผสมคลื่นที่มีประสิทธิภาพดีขึ้น

2.4 การมอดูเลตความกว้างพัลส์

การมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation : PWM) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการมอดูเลตทางด้านเวลา (Pulse Time Modulation : PTM) โดยการมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์นี้จะมีสัญญาณทางด้านเอาต์พุตที่คงที่ แต่จะเปลี่ยนแปลงตามแอมพลิจูด เมื่อแอมพลิจูดเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นจะทำให้ความกว้างของพัลส์กว้างขึ้น และถ้าปรับแอมพลิจูดต่ำลงอีกจะทำให้ความกว้างของพัลส์แคบลง

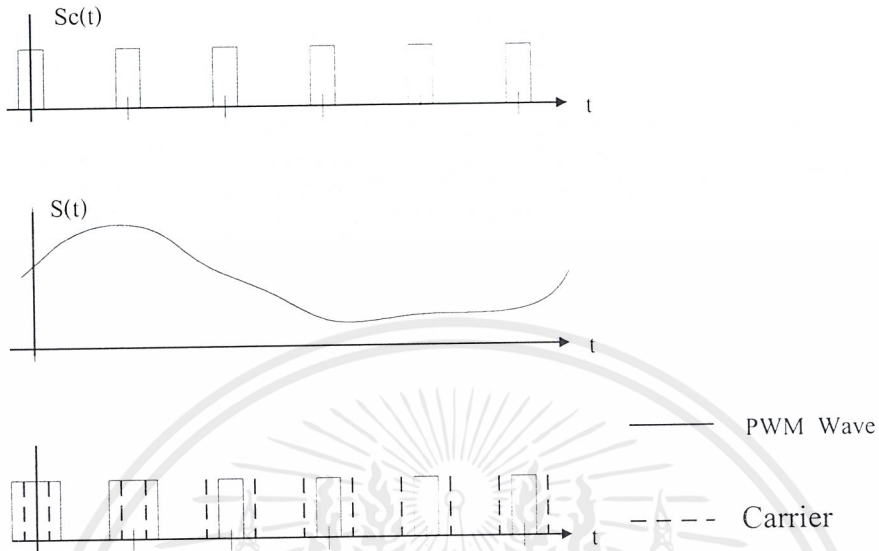
ในรูปที่ 2.10 จะแสดงให้เห็นถึงสัญญาณคลื่นพาห์ที่ยังไม่ได้มอดูเลต $[s_c(t)]$, สัญญาณขั้วสาร $[s(t)]$ และสัญญาณที่ได้จากการมอดูเลตแบบ PWM ซึ่งค่าความกว้างของพัลส์แต่ละตัวที่ได้จะแปรผันไปตามค่าขนาดของตัวอย่างที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างสัญญาณ $s(t)$ คือถ้าตัวอย่างมีขนาดใหญ่พัลส์ที่ได้ก็จะกว้าง แต่ถ้าพัลส์มีขนาดเล็กพัลส์ที่ได้ก็จะแคบ โดยในการสร้างสัญญาณมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์ สามารถสร้างได้โดยการนำสัญญาณรวมสัญญาณของสัญญาณรูปคลื่นไซน์และสัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยม

เนื่องจากการรวมมอดูเลตแบบ PWM ให้ค่าความกว้างของพัลส์ไม่คงที่ ดังนั้นกำลังของสัญญาณจะไม่คงที่ซึ่งจะทำให้กำลังที่ใช้ในการส่งสัญญาณต้องเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขนาดของสัญญาณขั้วสาร

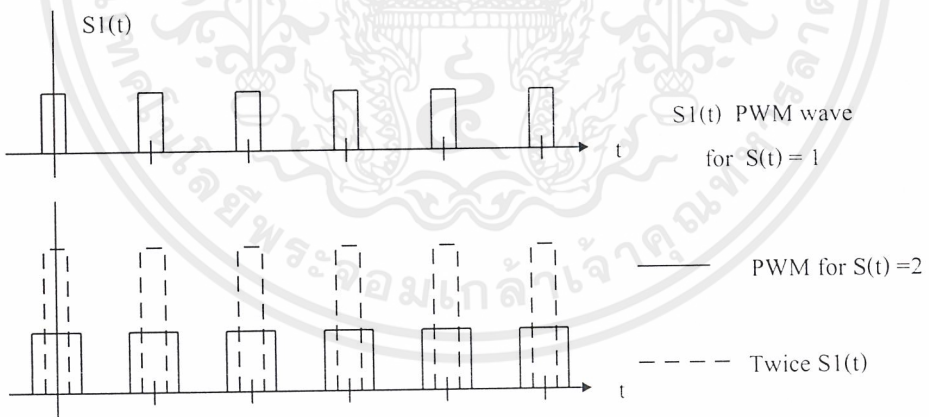
การมอดูเลตแบบ PWM เป็นการมอดูเลตแบบไม่เป็นเชิงเส้น ซึ่งพิจารณาได้โดยการสมมติให้สัญญาณ $s(t) = 1$ พัลส์ที่ได้จากการมอดูเลตจะมีความกว้างเท่ากัน เมื่อเราให้สัญญาณ $s(t) = 2$ จะได้ความกว้างของพัลส์เท่ากัน แต่ความกว้างของพัลส์ที่ได้จากการมอดูเลตสัญญาณ $s(t) = 2$ จะไม่เป็นสองเท่าของกรณีที่สัญญาณ $s(t) = 1$ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.11

ถ้าสัญญาณขั้วสารมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ (การสุ่มใช้อัตราที่เร็วเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการสุ่มของในควิสต์) พัลส์ที่อยู่ติดกันก็จะมีมีความกว้างใกล้เคียงกันมาก ซึ่งในกรณีนี้สามารถที่จะวิเคราะห์สัญญาณที่ถูกมอดูเลตได้โดยการกระจายอนุกรมฟูรีเยร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 สัญญาณที่ได้จากการมอดูเลตแบบ PWM



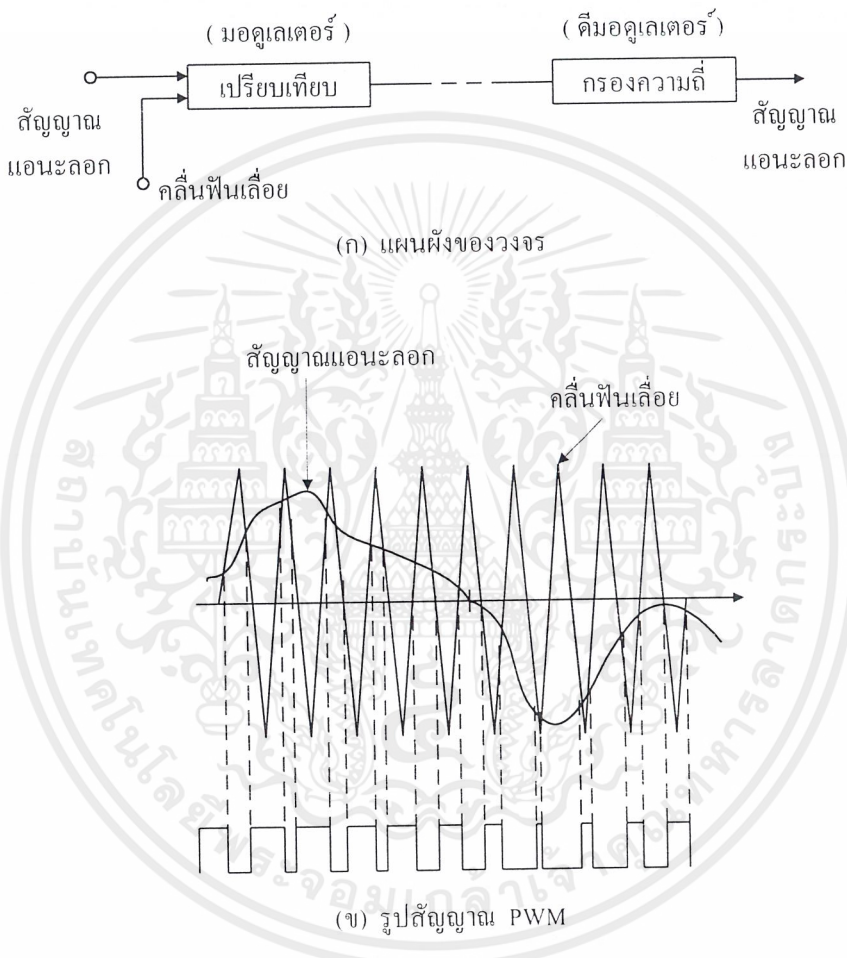
รูปที่ 2.11 ความไม่เป็นเชิงเส้นของการมอดูเลตแบบ PWM

ถ้าสัญญาณข่าวสารที่การเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ (การสุ่มใช้อัตราที่เร็วเมื่อเปรียบเทียบกับ อัตราการสุ่มของไนควิสต์) พัลส์ที่อยู่ติดกันก็จะมี ความกว้างใกล้เคียงกันมาก ซึ่งในกรณีนี้เราสามารถ ที่จะวิเคราะห์สัญญาณที่ถูกมอดูเลตได้ โดยการกระจายอนุกรมฟูรีเยร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 ตัวส่งสัญญาณ PWM

หลักการของการมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ PWM แสดงดังรูป 2.12 จากรูปตัวเปรียบเทียบจะเป็น 1 เมื่อสัญญาณแอนะล็อก มีแอมพลิจูดสูงกว่าลักษณะของคลื่นรูปฟันเลื่อยเท่านั้น

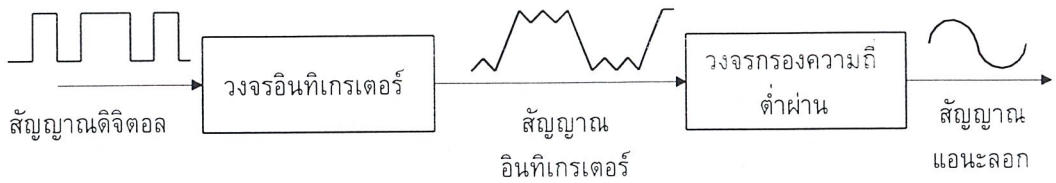


รูปที่ 2.12 ตัวส่งสัญญาณ PWM

2.4.2 ตัวรับสัญญาณ PWM

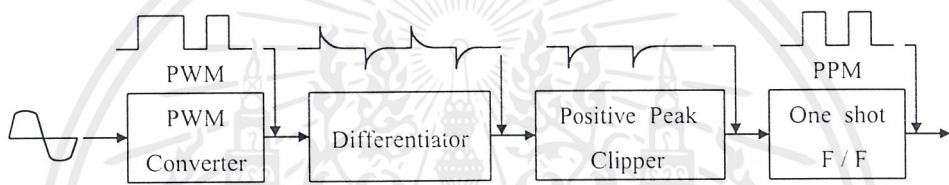
ตัวรับสัญญาณ PWM มีผังการทำงานอย่างง่ายดังแสดงในรูป 2.13 โดยจะนำสัญญาณดิจิทัลมาผ่านวงจรอินทริเกอร์และเข้าวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านจะได้สัญญาณแอนะล็อกซึ่งเป็นสัญญาณที่ถูกสร้างขึ้นมาใหม่ และมีลักษณะเหมือนกับข่าวสารเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

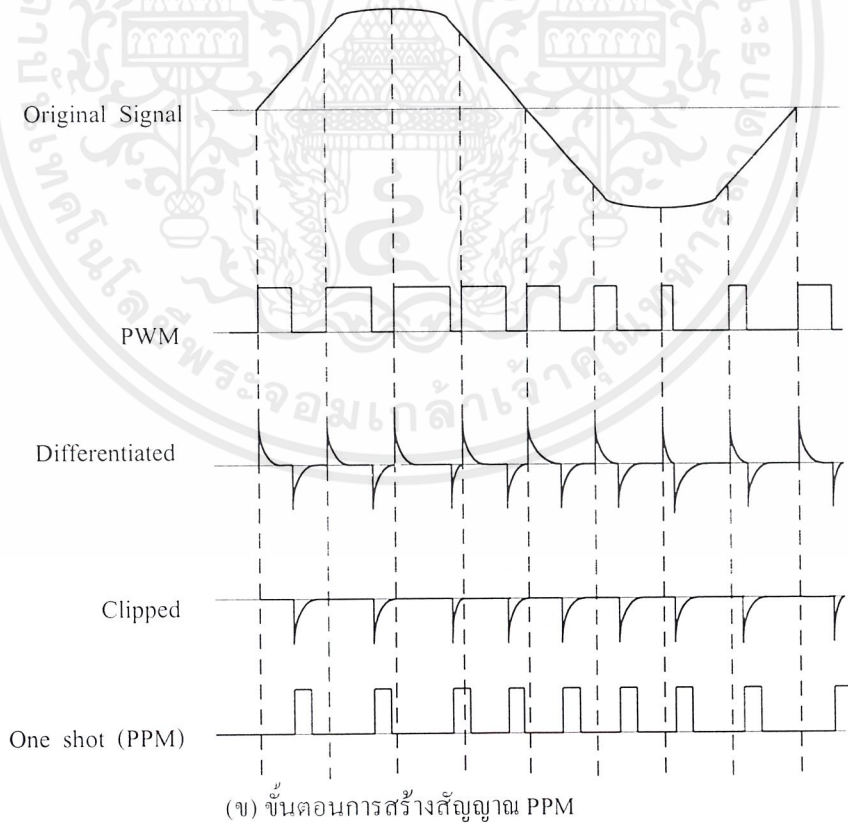


รูปที่ 2.13 ตัวรับสัญญาณ PWM

2.5 การมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์



(ก) แผนผังของวงจร PPM

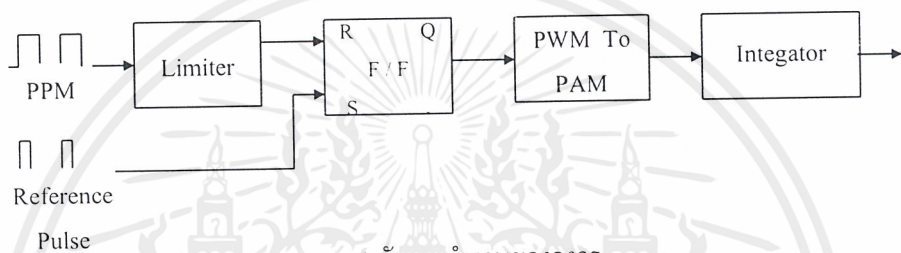


(ข) ขั้นตอนการสร้างสัญญาณ PPM

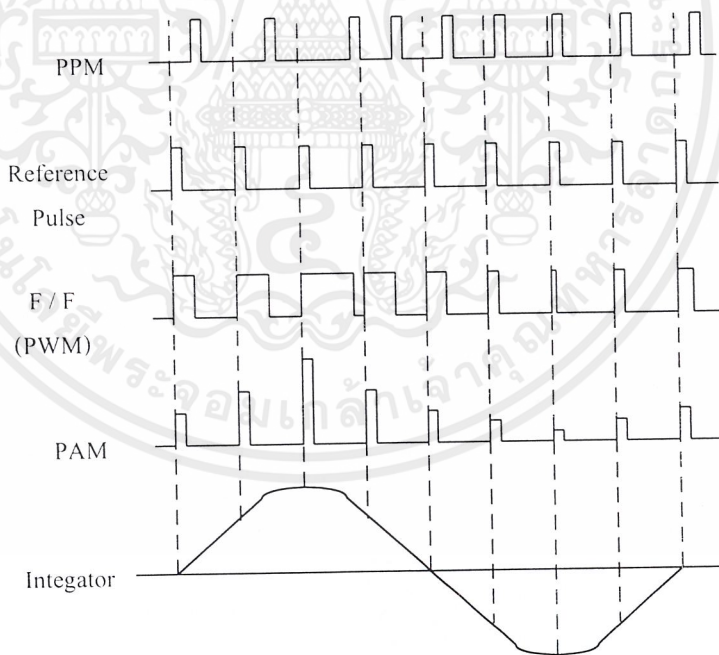
รูปที่ 2.14 เทคนิคของการสร้าง PPM จาก PWM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์เป็นการมอดูเลตโดยใช้ขนาดของสัญญาณที่ถูกสุ่มตัวอย่างเป็นตัวกำหนดระยะเวลาในการส่งสัญญาณดังแสดงในรูปที่ 2.14 ข้อมูลแสงที่ถูกส่งออกจะเป็นลักษณะของการปิด - เปิด แสงโดยมีช่วงเวลาเริ่มต้นของการเปิดแสงที่เปลี่ยนไปจากจุดเวลาเริ่มต้นของการสุ่มตัวอย่างเป็นตัวบอกขนาดของข้อมูล ดังนั้นอัตราการสุ่มตัวอย่างในระบบ PPM จะต้องมีช่วงเวลาที่ห่างของการสุ่มตัวอย่างมากพอที่จะไม่ทำให้ระยะเวลาของการส่งข้อมูลแสงเกิดการซ้อนทับกัน



(ก) ผังการทำงานของวงจร



(ข) ขั้นตอนการสร้างสัญญาณแอนะล็อกกลับคืน

รูปที่ 2.15 การสร้างสัญญาณแอนะล็อกกลับคืนจากสัญญาณ PPM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การมอดูเลตแบบแอมพลิจูด

การมอดูเลตแบบแอมพลิจูด คือ การทำให้แอมพลิจูดของสัญญาณคลื่นพาห์เปลี่ยนแปลงไปตามแอมพลิจูดของสัญญาณข่าวสารที่นำมามอดูเลต ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

2.6.1 การมอดูเลตแอมพลิจูดแบบเต็ม (Full AM)

โดยสมมติให้สัญญาณข่าวสารที่นำมามอดูเลตเป็น

$$V_m = E_m \cos \omega_m t \quad (2.3)$$

$$V_c = E_c \cos \omega_c t \quad (2.4)$$

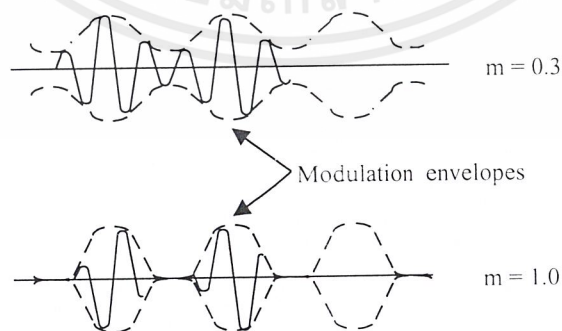
เมื่อทำสัญญาณทั้งสองมาทำการมอดูเลตจะได้สมการ คือ

$$\begin{aligned} V_{AM} &= (E_c + E_m \cos \omega_m t) \cos \omega_c t \\ &= E_c \left(1 + \frac{E_m}{E_c} \cos \omega_m t \right) \cos \omega_c t \end{aligned} \quad (2.5)$$

โดยที่ $\frac{E_m}{E_c}$ คือ ดัชนีการมอดูเลต (Modulation Index) ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และแทนด้วย

m ดังนั้นจะได้สมการของสัญญาณที่มอดูเลตแบบ AM คือ

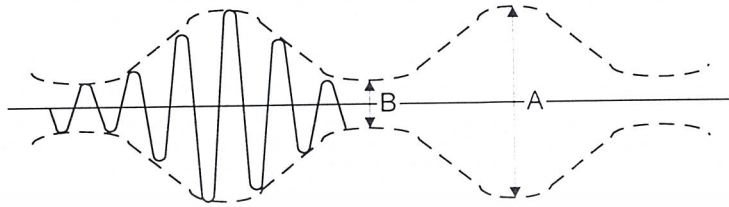
$$V_{AM} = E_c (1 + m \cos \omega_m t) \cos \omega_c t \quad (2.6)$$



รูปที่ 2.16 รูปคลื่นสัญญาณของการมอดูเลตแอมพลิจูดแบบเต็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่มอดูเลตแบบ Full AM แสดงดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.17 การวัดค่าดัชนีการมอดูเลต

จากรูปที่ 2.17 สามารถหาค่า m ได้จาก

$$m = \frac{A - B}{A + B} \quad (2.7)$$

สมการ (2.4) จะเห็นว่าสัญญาณคลื่นพาห้ที่ถูกมอดูเลตไม่ได้มีความถี่เพียงความถี่เดียวซึ่งสามารถแยกออกได้ดังนี้

$$\begin{aligned} V_{AM} &= E_c (1 + m \cos \omega_m t) \cos \omega_c t \\ &= E_c \cos \omega_c t + m E_c \cos \omega_m t \cos \omega_c t \\ &= E_c \cos \omega_c t + 0.5 m E_c [\cos(\omega_c - \omega_m) t] \end{aligned} \quad (2.8)$$

เมื่อทำการกระจายสมการออกแล้วจะเห็นได้ว่ามีความถี่ขึ้นมา 2 ความถี่ โดยความถี่หนึ่งมีค่าสูงกว่าความถี่ของคลื่นพาห้และอีกความถี่มีค่าต่ำกว่าคลื่นพาห้ซึ่งความถี่ทั้งสองนี้เรียกว่า ความถี่ข้างที่สูงกว่า (Upper Side Frequencies) คือส่วนของ $(\omega_c + \omega_m)$ และความถี่ข้างที่ต่ำกว่า เรียกว่า (Lower Side frequencies) คือส่วนของ $(\omega_c - \omega_m)$ โดยความถี่ทั้งสองจะมีขนาดเป็น 0.5 เท่าของคลื่นพาห้

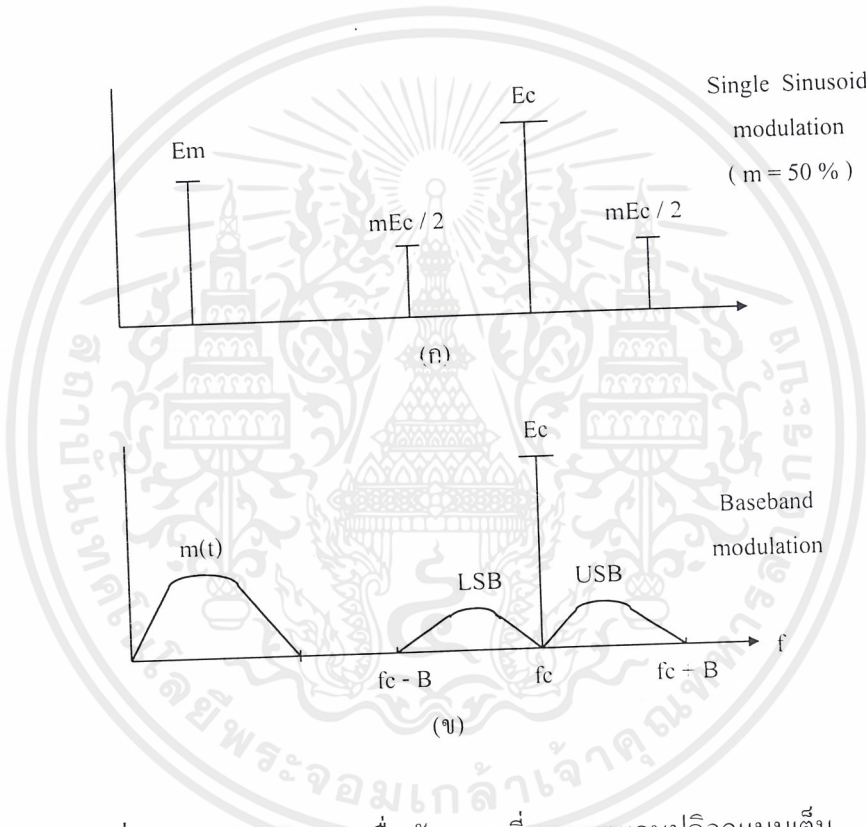
ในรูปที่ 2.3 จะแสดงสเปกตรัมของสัญญาณซึ่งมอดูเลตแอมพลิจูดแบบเต็มโดยในรูป (ก) สำหรับกรณีที่ทำการมอดูเลตกับสัญญาณเพียงความถี่เดียวในรูป (ข) สำหรับในกรณีที่มีการมอดูเลตสัญญาณกับสัญญาณหลายความถี่จะทำให้เกิดแถบข้าง (Sideband) ขึ้น โดยประกอบด้วยแถบข้างบน (Upper Sideband : USB) และแถบข้างล่าง (Lower Sideband : LSB)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.3 เราสามารถหาแบนด์วิดท์ที่ต้องใช้ในการส่งสัญญาณการมอดูเลตแอมพลิจูดแบบเต็มได้คือ

$$BW_{FULLAM} = 2B \tag{2.9}$$

โดยที่ B คือ แบนด์วิดท์ของสัญญาณข่าวสาร



รูปที่ 2.18 สเปกตรัมของคลื่นสัญญาณที่มอดูเลตแอมพลิจูดแบบเต็ม

2.6.2 การมอดูเลตแอมพลิจูดแบบสัญญาณแถบข้างคู่ไร้คลื่นพาห้

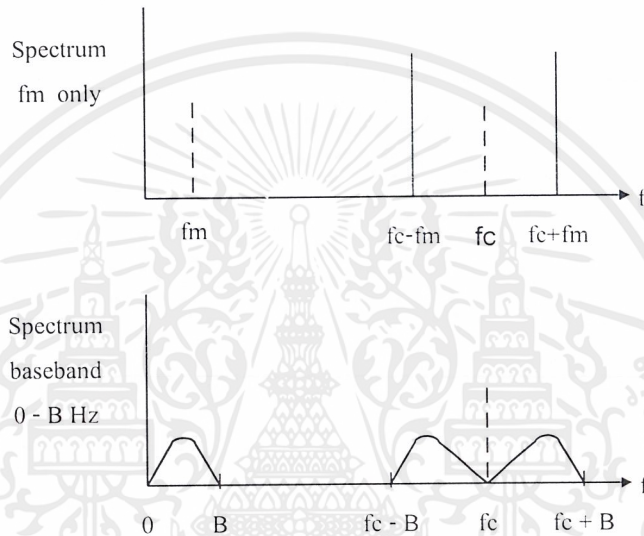
เนื่องจากในการส่งสัญญาณซึ่งถูกมอดูเลตแบบเต็ม จะต้องใช้แบนด์วิดท์และกำลังในการส่งมาก นอกจากนี้สัญญาณส่วนที่เป็นความถี่คลื่นพาห้ก็ไม่มีข่าวสารบรรจุอยู่ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการนำเอาสัญญาณคลื่นพาห้ ออก ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ คือ

$$V_{DSBSC} = V_{AM} - V_c \tag{2.10}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

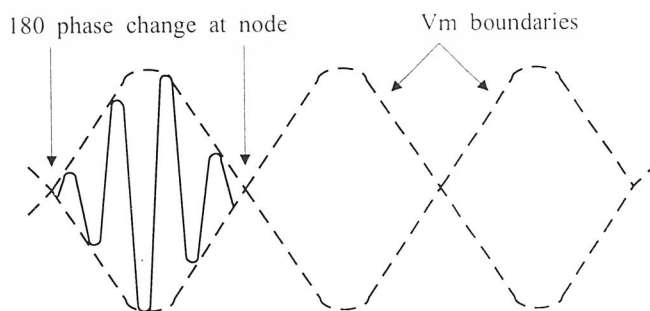
หรือเขียนได้เป็น

$$\begin{aligned}
 V_{DSBSC} &= V_m \times V_c \\
 &= (E_m \cos \omega_m t)(E_c \cos \omega_c t) \\
 &= 0.5 E_m E_c [\cos(\omega_c - \omega_m)t + \cos(\omega_c + \omega_m)t]
 \end{aligned} \tag{2.11}$$



รูปที่ 2.19 สเปกตรัมของคลื่นสัญญาณ AM แบบ DSBSC

เมื่อนำสมการที่ (2.9) มาหาสเปกตรัม จะได้ดังรูปที่ 2.19 และแบนด์วิดท์จะมีขนาดเท่ากับ แบนด์วิดท์ของสัญญาณมอดูเลตแอมพลิจูดแบบเต็ม

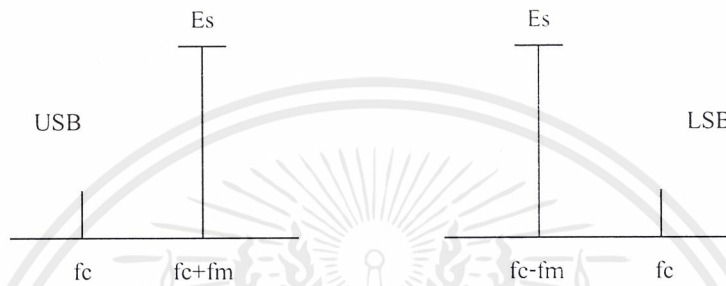


รูปที่ 2.20 รูปคลื่นสัญญาณ AM แบบ DSBSC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 การมอดูเลตแอมพลิจูดแบบแถบข้างเดียว

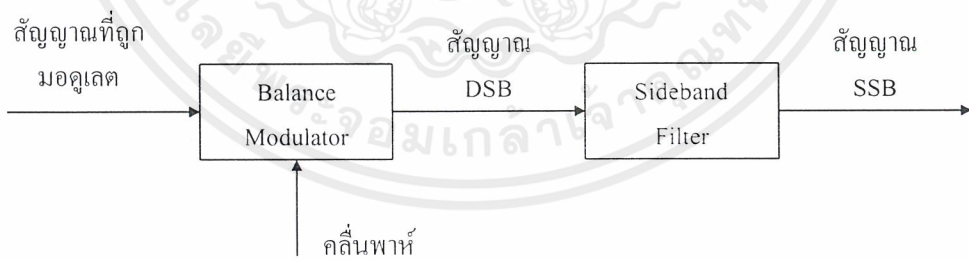
เนื่องจากข่าวสารซึ่งบรรจุอยู่ในไซด์แบนด์ทั้งสองของสัญญาณ AM เป็นข่าวสารที่เหมือนกัน ดังนั้นจึงสามารถส่งสัญญาณ AM เพียงไซด์แบนด์เดียวเท่านั้นก็ได้ข่าวสารครบถ้วน และใช้กำลังในการส่งกับแบนด์วิดธ์ลดลง



รูปที่ 2.21 สเปกตรัมของคลื่นสัญญาณ AM แบบ SSB

วิธีการสร้างคลื่นสัญญาณ SSB สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

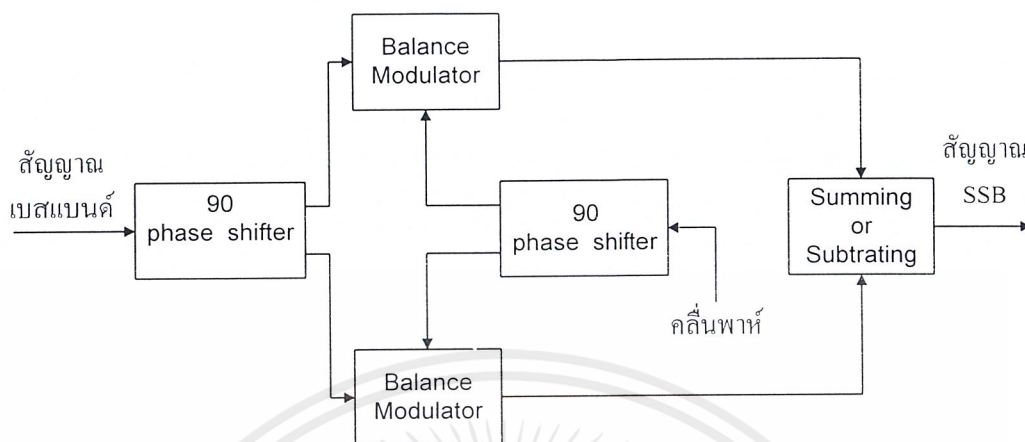
1) **วิธีการกรอง (Filtering)** ในการกรองนี้จะใช้การกำเนิดสัญญาณ DSBSC แล้วเพิ่มวงจรกรองแถบข้าง (Sideband Filter) เข้าไปในวงจรเพื่อเลือกไซด์แบนด์ด้านใดด้านหนึ่ง



รูปที่ 2.22 การกำเนิด SSB ด้วยวิธีการกรอง

2) **วิธีการจัดเฟส (Phasian)** การจัดเฟสใช้มอดูเลเตอร์ได้คูล (Balance modulator : BM) 2 ตัว นำสัญญาณที่จะมอดูเลตที่มีเฟสต่างกัน 90 องศา มาทำการมอดูเลตแล้วจึงนำมารวมหรือลบกันก่อนส่ง วิธีการจัดเฟสนี้ไม่ค่อยนิยมเท่ากับวิธีการกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



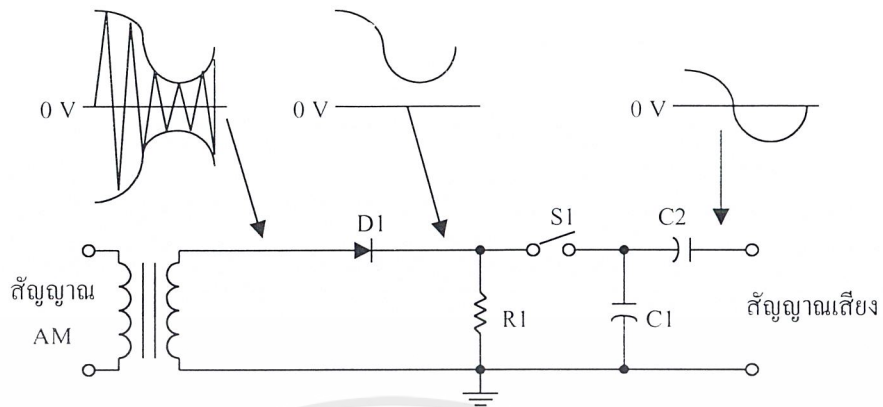
รูปที่ 2.23 การกำเนิด SSB ด้วยวิธีการจัดเฟส

2.6.4 การดีมอดูเลตสัญญาณ AM

1) การดีมอดูเลตแบบไม่ร่วมนัย (Non - coherent demodulation) คือ การดีมอดูเลตสัญญาณที่ไม่ต้องใช้สัญญาณคลื่นพาห้ ประกอบด้วย

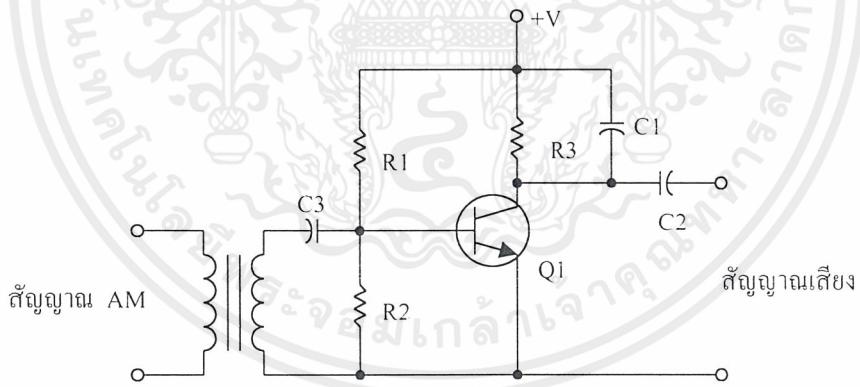
1.1) วงจรตรวจจับที่ใช้ไดโอด วงจรตรวจจับสัญญาณ AM ที่นิยมมากที่สุด คือ วงจรตรวจจับที่ใช้ไดโอดเพราะเป็นวงจรที่ง่าย และใช้ได้ในเครื่องรับ AM ทุกชนิด จากวงจรที่ 2.24 ในตอนแรกสมมติให้ S1 เปิดวงจร ไดโอดจะนำกระแสเฉพาะในช่วงเวลาที่คลื่น AM เป็นบวกเท่านั้นทำให้เกิดพัลส์บวกคร่อม R1 ในช่วงเวลาที่คลื่น AM เป็นลบไดโอดก็จะไม่นำกระแส เมื่อ S1 ปิด วงจร C1 จะต่อขนานกับ R1 โดย C1 จะถูกประจุด้วยพัลส์บวกของคลื่น AM ทันที และในช่วงเวลาที่ D1 ไม่นำกระแส (พัลส์ลบเข้ามา) C1 จะคายประจุให้แก่ R1 เนื่องจากค่าคงตัวเวลา R_1C_1 นั้นสั้น ทำให้ C1 มีแรงดันตกคร่อมน้อย เอาต์พุตจึงปรากฏเป็นลักษณะกรอบสัญญาณ AM ส่วนบนมีความพลิวปะปนอยู่เล็กน้อย ซึ่งโดยปกติความถี่คลื่นพาห้จะสูงกว่าความถี่ของกรอบคลื่นอยู่แล้ว ดังนั้นความพลิวจึงแทบจะมองไม่เห็น

เอาต์พุตที่ได้จากการตรวจจับจะมีแรงดันไฟตรงปนมาด้วย ดังนั้นจึงต่อเอาต์พุตผ่าน C1 เพื่อให้ C1 ทำหน้าที่กั้นแรงดันไฟตรงไว้



รูปที่ 2.24 การตรวจจับสัญญาณ AM ด้วยไดโอด

1.2) วงจรตรวจจับที่ใช้ทรานซิสเตอร์ ในการใช้งานวงจรบางครั้งเราจำเป็นต้องขยายสัญญาณซึ่งตรวจจับออกมา ดังนั้นเราจึงอาจใช้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวตรวจจับ โดยจัดไบแอสให้เป็นวงจรขยายคลาสิป์



รูปที่ 2.25 วงจรตรวจจับคลื่นสัญญาณ AM ด้วยทรานซิสเตอร์

ในรูปที่ 2.25 Q1 ไบแอสด้วย R1 กับ R2 ให้ทำงานในคลาสิป์ โดยตัวต้านทาน R3 เป็นโหลด C1 เป็นตัวกรองสัญญาณคลื่นพาห่ออกและสัญญาณเสียงผ่าน C2 ออกไปเป็นเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

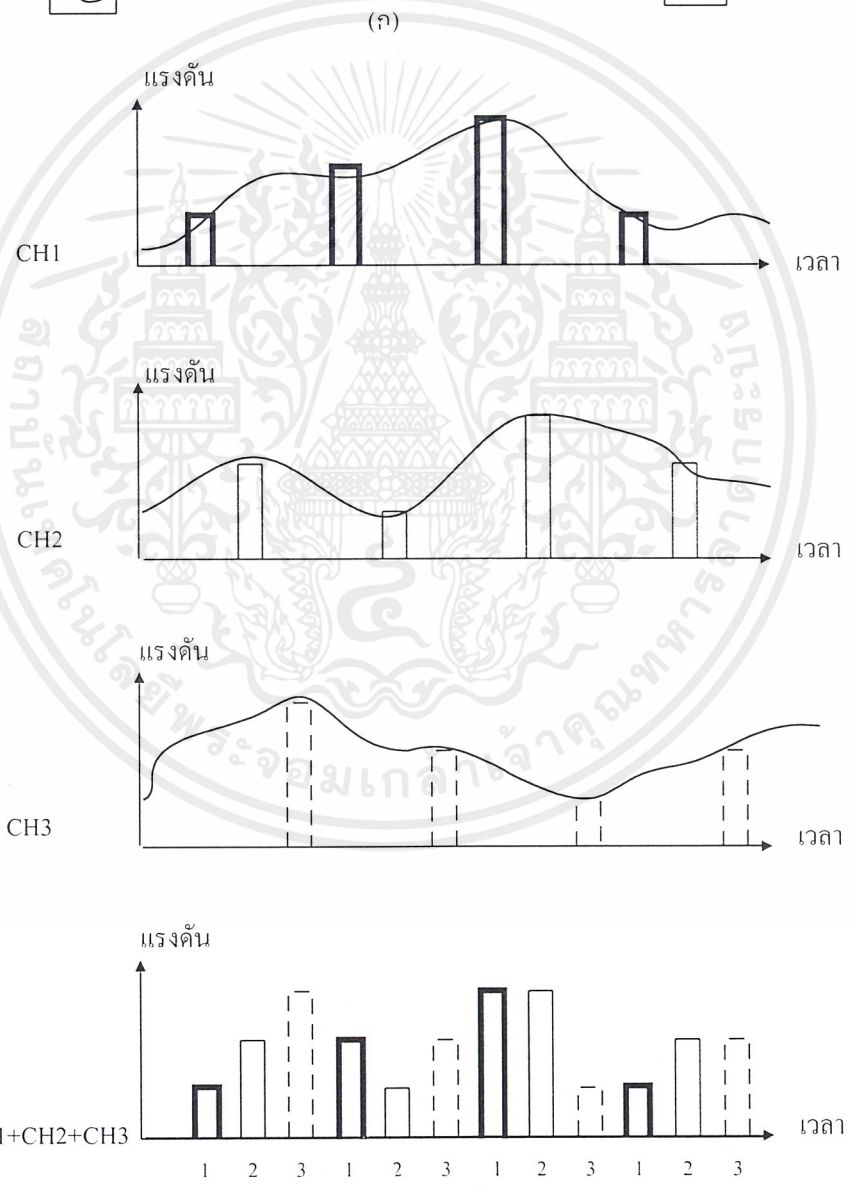
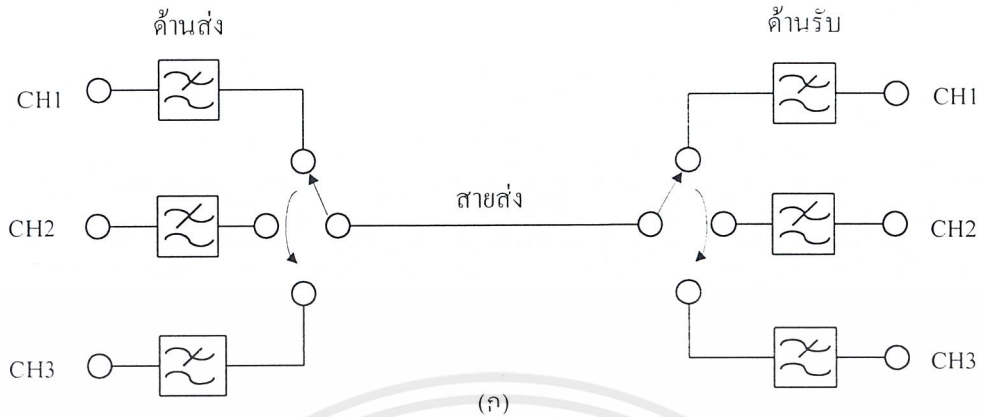
2.7 การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา

การมัลติเพล็กซ์ เป็นการทำให้สามารถส่งและรับข้อมูลจากแหล่งต่างๆ จำนวนมากในเวลาเดียวกัน โดยใช้ตัวกลางนำข้อมูลเดียวกันในระบบสื่อสารเส้นใยแก้วนำแสงนับว่ามีประโยชน์มาก เพราะเป็นระบบที่มีช่วงของแบนด์วิดท์กว้างมากอยู่แล้ว ดังนั้นหากมีการนำเอาระบบมัลติเพล็กซ์ที่มีประสิทธิภาพสูงมาใช้ร่วมกันย่อมทำให้สามารถสื่อสารข้อมูลจำนวนมากได้ภายในเวลาเดียวกัน

ในระบบมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา สัญญาณเสียงของแต่ละช่องจะถูกสุ่มตัวอย่างด้วยอัตราความเร็วสม่ำเสมอ สัญญาณเสียงที่ถูกสุ่มตัวอย่างนี้ จะอยู่ในรูปของพัลส์ที่มีความกว้างแคบๆ และมีขนาดเหมือนกับขนาดของสัญญาณเสียงในขณะที่สุ่มตัวอย่าง สัญญาณเสียงจากช่องอื่นก็ผ่านการสุ่มตัวอย่างเช่นเดียวกันแล้วถูกแบ่งตามเวลาเวลาหนึ่ง เป็นของสัญญาณพัลส์จากช่องหนึ่งตามด้วยสัญญาณพัลส์จากอีกช่องหนึ่งจนกว่าจะครบทุกช่อง ส่งเป็นอนุกรมด้วยความเร็วสูงกว่าความเร็วของสัญญาณพัลส์การสุ่มตัวอย่างตามวิธีการที่กล่าวข้างต้นเรียกว่า การสุ่มตัวอย่างตามธรรมชาติ ที่ปลายทางก็จะมีเครื่องดีมัลติเพล็กซ์ ทำการแยกพัลส์ที่รวมกันอยู่ตอนส่งให้แยกออกเป็นพัลส์ของแต่ละช่องแยกไปตามช่องของพัลส์อย่างถูกต้อง เพื่อความถูกต้องในการแยกพัลส์ที่ปลายทางจึงต้องมีพัลส์สำหรับจับเวลาให้ตรงกัน ดังรูปที่ 2.31 แสดงการพิจารณาของระบบมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา จะเห็นได้ว่าทางภาคส่งที่เป็นมัลติเพล็กซ์เซอร์รวมสัญญาณพัลส์จากแต่ละช่องที่มีความเร็วต่ำ ส่งผ่านสายที่มีความเร็วสูง ที่ปลายทางเครื่องดีมัลติเพล็กซ์จะแยกพัลส์ไปตามช่องต่างๆ อย่างถูกต้องตามต้องการ

สัญญาณพัลส์จะเกิดในอัตราที่สม่ำเสมอเวลาระหว่างพัลส์หนึ่งกับอีกพัลส์หนึ่งจะห่างพอสมควรเพื่อป้องกันไม่ให้พัลส์เกิดซ้อนกันเมื่อผ่านเครื่องกรองความถี่ต่ำในภาครับเวลาห่างระหว่างพัลส์ 2 พัลส์นี้เรียกว่า การ์ดไทม์

อัตราการสุ่มตัวอย่างนี้เป็นไปตามอัตราการสุ่มตัวอย่างของไนควิสต์ (Nyquist Sampling Rate) ซึ่งกล่าวว่า เวลาการสุ่มตัวอย่าง (t_s) มีค่ามากกว่าสองเท่าของสัญญาณข่าวสาร ถ้าน้อยกว่านี้สัญญาณเดิมที่กลับคืนมาจะไม่ครบถ้วน



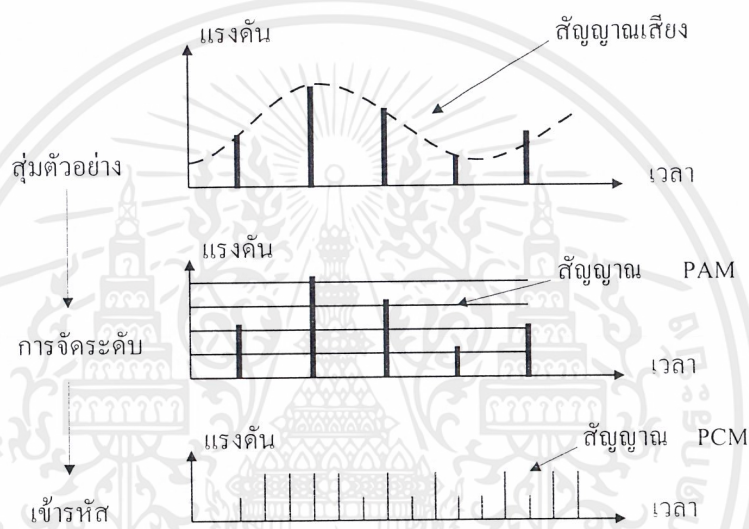
(ข)

รูปที่ 2.26 การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 การเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลแบบ PCM

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการเปลี่ยนสัญญาณเสียงซึ่งเดิมเป็นแอนะล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล และการเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลกลับไปเป็นสัญญาณเสียงแอนะล็อกอย่างเดิม ทางด้านส่งสัญญาณเสียงแอนะล็อกจะถูกเปลี่ยนไปเป็นสัญญาณดิจิตอลโดยผ่านขบวนการสุ่มตัวอย่าง, การจัดระดับ และการเข้ารหัส ขบวนการทั้งสามขั้นตอนนี้เรียกว่า ขบวนการเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล



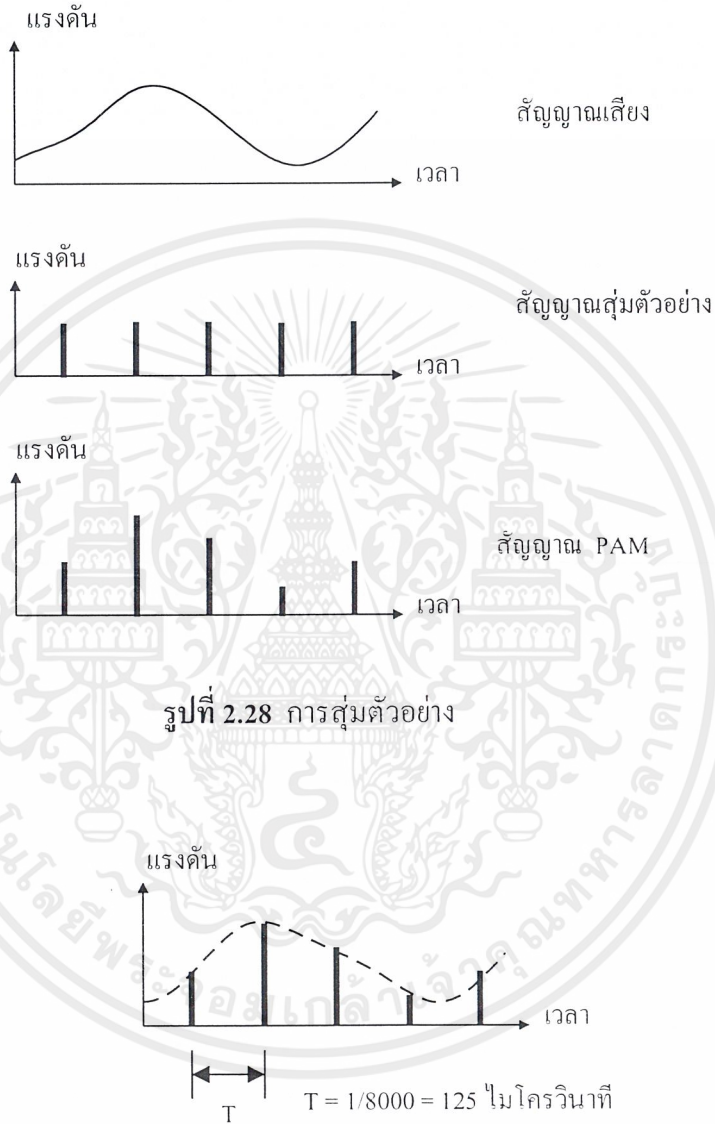
รูปที่ 2.27 การเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล

2.8.1 การสุ่มตัวอย่าง

แอมพลิจูดของสัญญาณเสียงแอนะล็อกเป็นลักษณะต่อเนื่องตามเวลาที่เปลี่ยนแปลงการสุ่มตัวอย่าง คือ การนำเอาแอมพลิจูดของสัญญาณแอนะล็อกมาตามช่วงเวลาที่เหมาะสมมาเป็นช่วงๆ ขบวนการนี้คล้ายกับแอมพลิจูดโมดูละชัน ซึ่งในขบวนการพัลส์ช่วงหนึ่งๆ หรือพัลส์ที่มี PAM องค์ประกอบที่สำคัญอีกประการหนึ่งในการสุ่มตัวอย่าง คือ สัญญาณแอนะล็อกควรจะทำการสุ่มตัวอย่างช่วงความถี่ขนาดไหนทางด้านส่งเพื่อให้ทางด้านรับรับสัญญาณเดิมได้อย่างถูกต้องที่สุด ทางทฤษฎีการสุ่มตัวอย่างกล่าวไว้ว่า “ถ้าสัญญาณข่าวสารซึ่งเป็นฟังก์ชัน ของเวลาถูกสุ่มตัวอย่างอย่างต่อเนื่องที่ช่วงเวลาที่เท่าๆ กันและที่อัตราอย่างน้อย 2 เท่าของความถี่สัญญาณสูงสุดแล้ว ตัวอย่างที่ได้ก็จะบรรจุข่าวสารข้อมูลทั้งหมดของสัญญาณข่าวสารเดิมไว้ได้” ดังนั้นตามทฤษฎีนี้ ถ้าทำการสุ่มตัวอย่างสัญญาณแอนะล็อกที่อัตราอย่างน้อย 2 เท่าของความถี่สูงสุดเราจะได้รับสัญญาณเดิมอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบูรณ์จากกลุ่มตัวอย่างเหล่านี้ CCIT แนะนำว่ากรณีสัญญาณเสียงของมนุษย์ การสุ่มตัวอย่างควรทำที่อัตรา 8 กิโลเฮิร์ตซ์ ดังนั้นช่วงระหว่างการสุ่มตัวอย่างจะได้เท่ากับ 1/8.000 หรือ 125 ไมโครวินาที



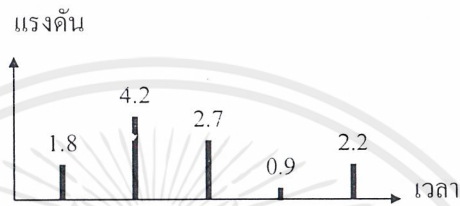
รูปที่ 2.28 การสุ่มตัวอย่าง

รูปที่ 2.29 การสุ่มตัวอย่างสัญญาณเสียง

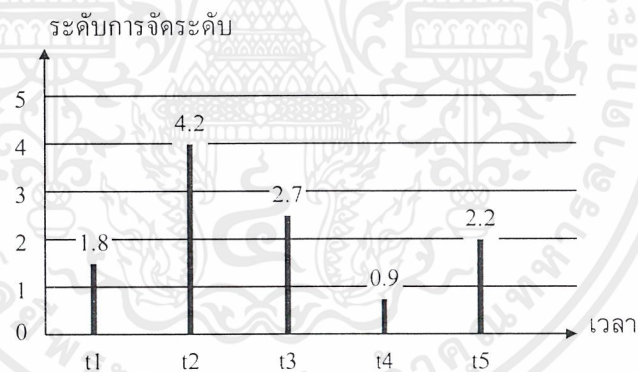
2.8.2 การจัดระดับ

สัญญาณ PAM เป็นขบวนการของการสุ่มตัวอย่างซึ่งถูกจัดเรียงอยู่ในแกนของเวลา ขนาดของแต่ละตัวอย่างแตกต่างกันตามความสูงของสัญญาณเดิม ที่แต่ละเวลาของการสุ่มตัวอย่าง ขนาดของตัวอย่างทั้งหลายถูกแสดงในค่าต่อเนื่องบนแกนของความสูงทางแอมพลิจูดหลังจากนั้นสัญญาณเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PAM จะถูกจัดระดับ ในการจัดระดับนี้แอมป์ลิจูดถูกจัดแบ่งเป็นช่วงเท่าๆ กันค่าจัดระดับแต่ละค่า เรียกว่า ระดับการจัดระดับและระยะระหว่างแต่ละระดับเรียกว่า ช่องห่างระหว่างการจัดระดับขนาด ของแต่ละตัวอย่างของสัญญาณ PAM จะถูกจัดให้อยู่ในระดับการจัดระดับที่อยู่ใกล้ที่สุด เช่น ในรูป ที่ 2.30 ตัวอย่างที่มีขนาด 1.8 ที่เวลา t_1 จะถูกจัดให้อยู่ที่ระดับการจัดระดับที่ 2 ซึ่งเป็นระดับใกล้ที่ สุด



รูปที่ 2.30 สัญญาณ PAM



รูปที่ 2.31 การจัดระดับ

สัญญาณ PAM ที่ได้รับการจัดระดับนี้เพียงแต่เป็นการประมาณค่าให้ใกล้เคียงกับสัญญาณแอนะล็อกดั้งเดิม ดังนั้นจึงมีข้อผิดพลาดนี้เรียกว่า เสียงรบกวนที่เกิดจากการจัดระดับขนาดของเสียงรบกวนเหล่านี้จะกระจายอย่างมีระเบียบภายในช่วงระหว่างจัดระดับ โดยจะไม่คำนึงถึงแอมพลิจูดของสัญญาณเดิมหรือกล่าวอีกทำนองหนึ่ง คือ กำลังของเสียงจัดระดับเกือบคงที่ไม่ขึ้นอยู่กักระดับกำลังของสัญญาณ ถึงแม้เสียงรบกวนที่เกิดมาจากการจัดระดับไม่สามารถจะป้องกันไม่ให้เกิดขึ้นมาได้ แต่ก็ควรจะน้อยที่สุด เพื่อให้คุณภาพของการส่งสัญญาณเสียงมีคุณภาพดี

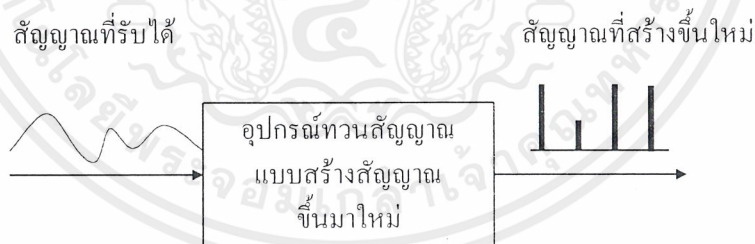
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3 การเข้ารหัสฐานสอง

สัญญาณ PAM ที่ได้รับการจัดระดับแล้ว จะถูกทำการเข้ารหัสให้อยู่ในรูปของรหัสฐานสอง ซึ่งจะประกอบด้วยการรวมกันของพัลส์หนึ่งหน่วยซึ่งอยู่ในรูปของการมีพัลส์และไม่มีพัลส์ คือ 1 และ 0 จำนวนของข่าวสารซึ่งแสดงโดยหนึ่งหน่วยพัลส์หนึ่งหน่วยที่ได้จากการเข้ารหัสนี้เรียกว่า สัญญาณ PCM

CCITT ได้แนะนำให้ใช้การเข้ารหัสแบบ 8 บิตต่อหนึ่งตัวอย่าง ดังนั้นจำนวนของการจัดระดับจะเป็น 2^8 หรือเท่ากับ 256 ระดับ

สัญญาณ PCM ถูกส่งจากทางด้านส่งจะเกิดการผิดเพี้ยนเนื่องจากสัญญาณรบกวน และสัญญาณแทรกซ้อนขณะส่งไปตามสายส่ง ในระบบการส่งสัญญาณ PCM สามารถที่จะสร้างสัญญาณขึ้นมาใหม่อย่างถูกต้องสมบูรณ์ที่ด้านรับ ถ้าหากการวินิจฉัยว่าแต่ละพัลส์หนึ่งหน่วยนั้นมีพัลส์หรือไม่มีพัลส์ ดังนั้นในการสร้างสัญญาณ PCM ที่ได้รับขึ้นมาใหม่ที่สถานีทวนสัญญาณ และส่งสัญญาณที่สร้างขึ้นมาใหม่ไปยังสถานีทวนสัญญาณถัดไปแล้วเราจะสามารถจัดผลของสัญญาณรบกวนและสัญญาณแทรกซ้อนซึ่งเกิดขึ้นระหว่างสถานีทวนสัญญาณ และป้องกันไม่ให้ผลของสัญญาณรบกวนขยายไปยังสถานีทวนสัญญาณถัดไปในระบบการส่งสัญญาณดิจิทัลจะไม่มีการสะสมของสัญญาณรบกวนและสัญญาณแทรกซ้อนเหมือนดังที่เกิดขึ้นในระบบการส่งสัญญาณแอนะล็อก

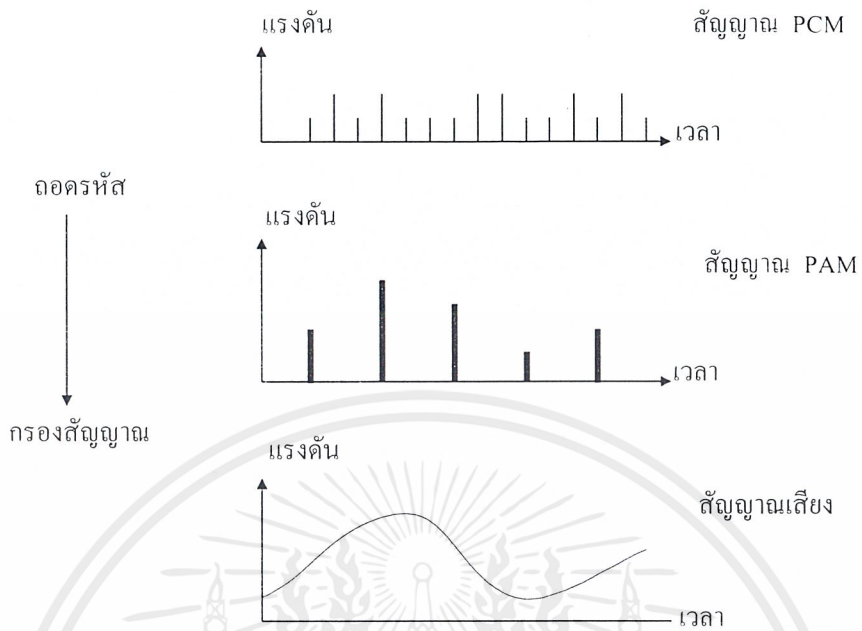


รูปที่ 2.32 ระบบการทวนสัญญาณแบบสร้างสัญญาณขึ้นมาใหม่

2.8.4 การถอดรหัสและการกรองความถี่

ทางด้านรับสัญญาณดิจิทัล PCM จะถูกเปลี่ยนกลับไปเป็นสัญญาณเสียงแอนะล็อกเดิมอย่างสมบูรณ์ โดยผ่านขบวนการถอดรหัสและการกรองความถี่ โดยขบวนการนี้เรียกว่า การเปลี่ยนดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก

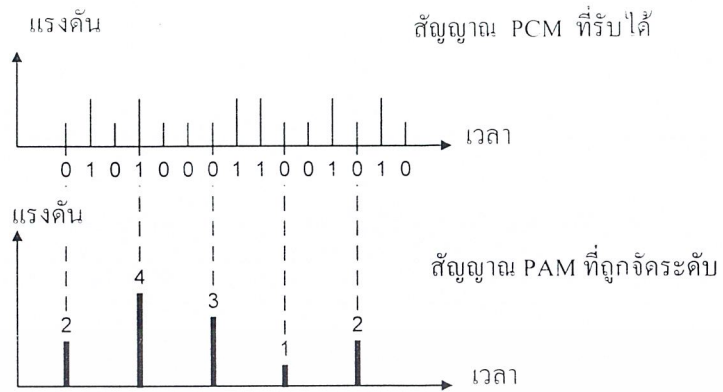
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



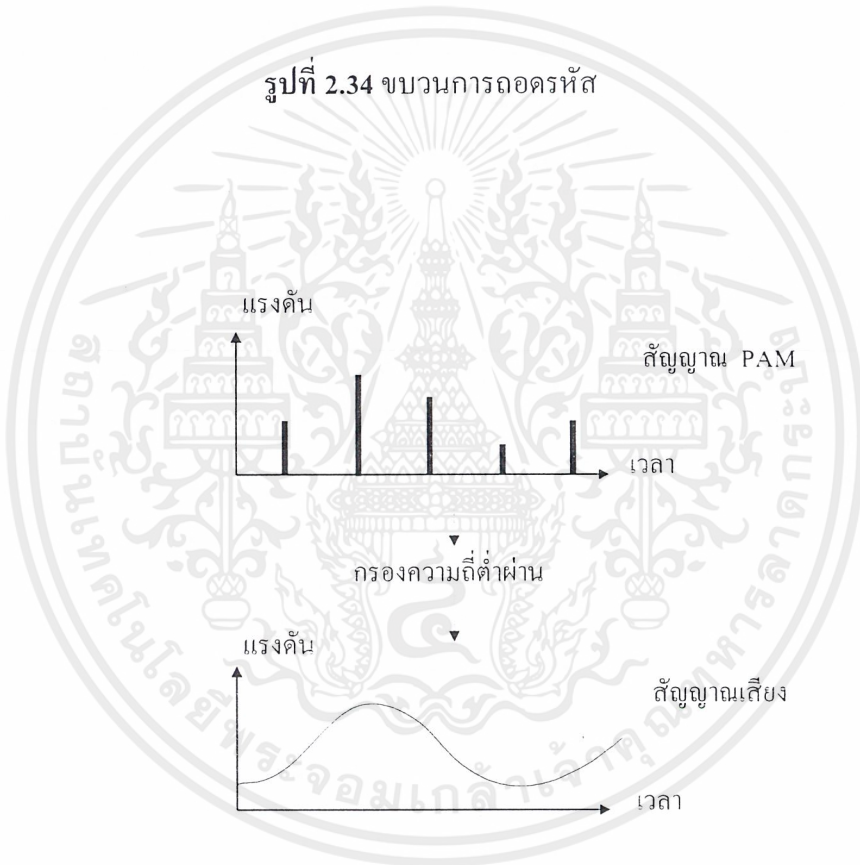
รูปที่ 2.33 การเปลี่ยนสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก

การถอดรหัส คือ ขบวนการที่ตรงข้ามกับการเข้ารหัส ซึ่งในการถอดรหัสจะเริ่มจากรหัสฐานสองซึ่งแต่ละรหัสจะประกอบด้วยยูนิตพัลซ์จำนวนหนึ่งถูกดึงมาจากสัญญาณ PCM ที่รับมาได้ จากนั้นระดับการจัดระดับจะถูกคำนวณออกมาจากรหัสฐานสองเหล่านี้ เช่น สัญญาณพีซีเอ็มที่เข้ามาเป็นรหัส “1101” รหัสนี้ก็จะถูกจัดให้อยู่ในระดับ 4.5 โวลต์ และการจัดระดับการสุ่มตัวอย่างถูกสร้างขึ้นใหม่เป็นไปตามระดับของการจัดระดับสัญญาณ PAM ที่ได้รับ การจัดระดับทางด้านส่งจะสร้างขึ้นใหม่โดยขบวนการถอดรหัสทางด้านรับสัญญาณ PAM นี้มีเสียงรบกวนที่เกิดจากการจัดระดับอยู่ด้วย หลังจากนั้นสัญญาณ PAM ก็จะผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านเพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนที่ติดมาพร้อมกัน และจะกรองเอาเฉพาะความถี่ที่ต้องการคือสัญญาณเสียงซึ่งเป็นสัญญาณแอนะล็อกก็จะสามารถสร้างคืนกลับมา ซึ่งสัญญาณจะต่อเนื่องตามแกนของเวลา ดังในรูปที่ 2.34 และรูปที่ 2.35

ในการถอดรหัสสัญญาณพีซีเอ็มกลับคืนมาเป็นสัญญาณแอนะล็อกนั้นถ้ารับจะต้องมีความถี่ที่ใช้เป็นฐานเวลาเท่ากันและมีเฟสตรงกันด้วย ถ้าความถี่ที่ได้ไม่ตรงกันวงจรถอดรหัสก็ไม่สามารถอ้างอิงได้ถูกต้อง สัญญาณที่ออกมาจะไม่เหมือนสัญญาณเดิมจะเพี้ยนไป

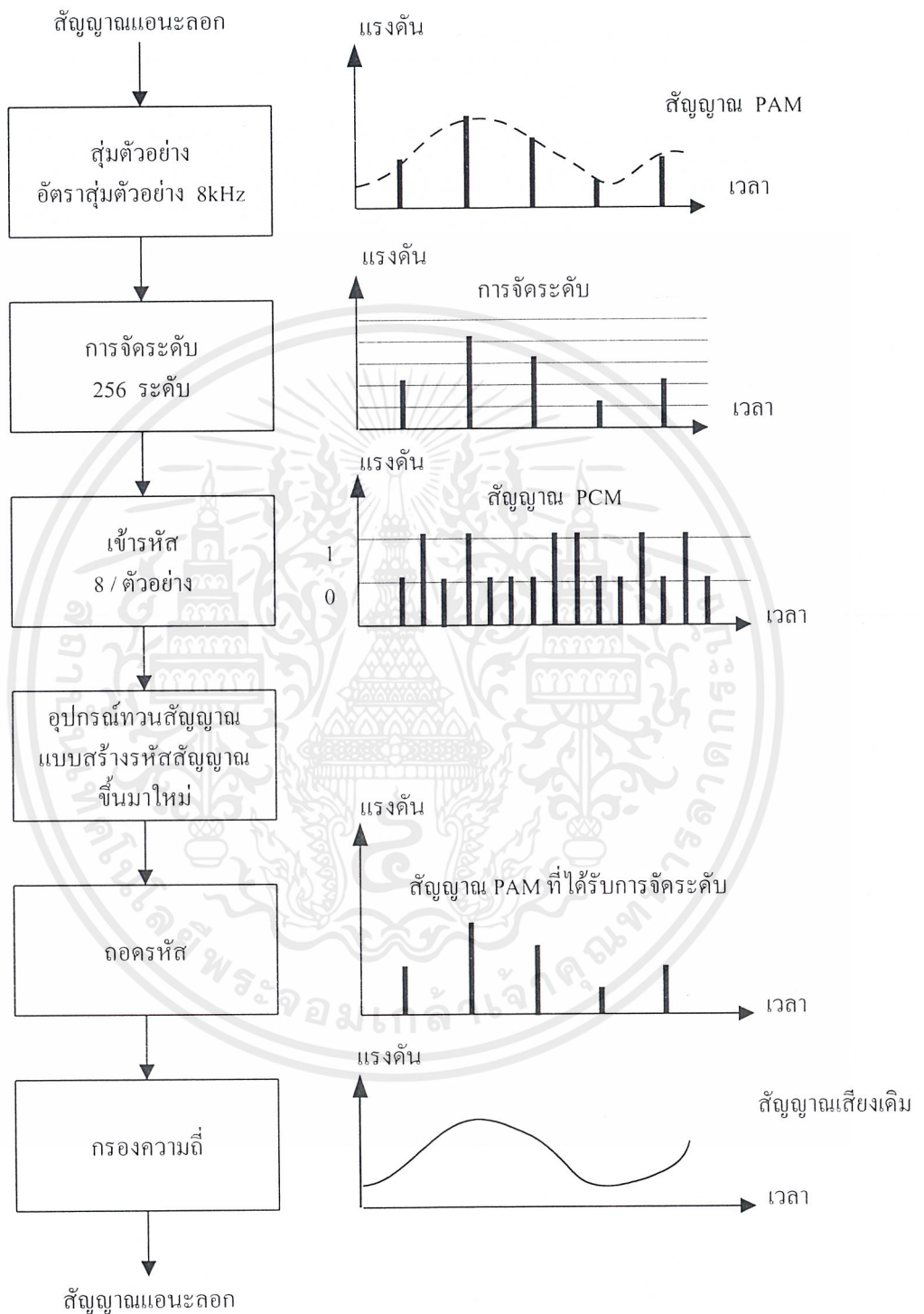


รูปที่ 2.34 ขบวนการถอดรหัส



รูปที่ 2.35 ขบวนการกรองความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.36 กระบวนการเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบการสร้างและการทำงาน

เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงการออกแบบและการสร้างวงจรต่างๆ ที่ใช้ในการส่งสัญญาณผ่านเส้นใยแก้วนำแสงของชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสงชนิดโหมคเคียว ซึ่งแยกออกเป็นวงจรมอดูเลตและ วงจรคีมอดูเลต วงจรมอดูเลตประกอบด้วย การมอดูเลตแบบแอมพลิจูด, การมอดูเลตแบบแบบความกว้างพัลส์, การมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์, การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา, การมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์, การส่งสัญญาณภาพ และวงจรเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง ส่วนวงจรคีมอดูเลตประกอบด้วย วงจรเปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า, การคีมอดูเลตแบบแอมพลิจูด, การคีมอดูเลตแบบแบบความกว้างพัลส์, การคีมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์, การคีมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา, การคีมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์และการรับสัญญาณภาพ

3.1 การมอดูเลตแบบแอมพลิจูด

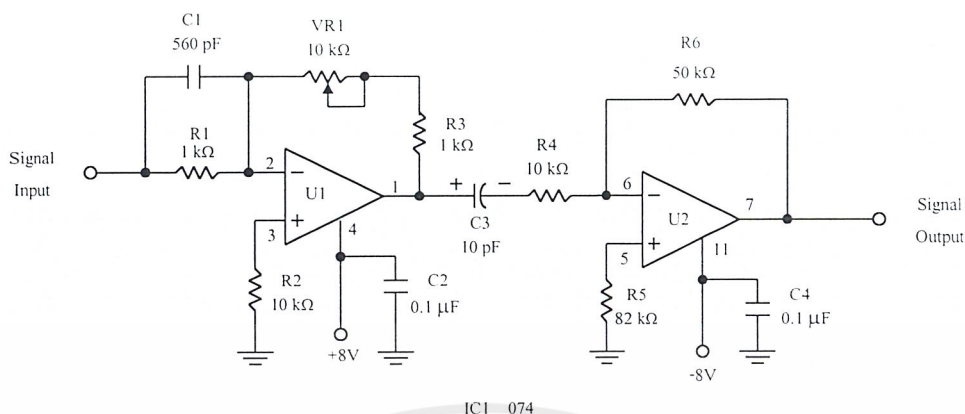
ในระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำงานด้วยแสงนั้นคลื่นแสงถูกใช้เป็นสัญญาณคลื่นพาหะ โดยที่แสงสามารถผลิตได้จากกระแสตรงหรือกระแสสลับ ข่าวสารที่จะสามารถส่งไปได้นั้นมีทั้งสัญญาณเสียง, สัญญาณภาพและสัญญาณพัลส์

ภาคส่งสัญญาณในระบบสื่อสารทางแสงประกอบด้วย อุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์ทางอินพุต, ปรี่แอมป์ไฟร์ และภาครับสัญญาณเสียง ส่งไปยังภาคมอดูเลต แล้วส่งผ่านเส้นใยแก้วไปยังภาครับ

3.1.1 การออกแบบวงจรส่งสัญญาณแบบแอมพลิจูด

ภาคส่งสัญญาณแบบแอมพลิจูด ประกอบด้วย วงจรปรี่แอมป์และวงจรรับสัญญาณเสียงนั้นจะต้องใช้อุปกรณ์ที่ตอบสนองความถี่สูงได้จึงเลือกใช้ไอซีเบอร์ TL074 ซึ่งเป็นออปแอมป์ที่มีการต่อขยาย 2 ส่วน และมีอัตราขยาย 50 เท่า

จากวงจรรูปที่ 3.1 ในวงจรขยายส่วนแรก U1 ในเครื่องมีอัตราขยาย 50(R3+R4) เท่า ด้วยความต้านทาน R3 ใช้ในการควบคุมอัตราขยาย สัญญาณที่ถูกขยายในส่วนแรกจะถูกคัปปลิ่งสัญญาณไปยังวงจรขยายส่วนที่สอง U2 มีอัตราขยาย 5 เท่า ใช้ในการควบคุมกระแสที่ป้อนให้ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N2222 และ LED



รูปที่ 3.1 วงจรส่งสัญญาณแบบแอมพลิฟายด์

3.1.2 การสร้างวงจรส่งสัญญาณแบบแอมพลิฟายด์

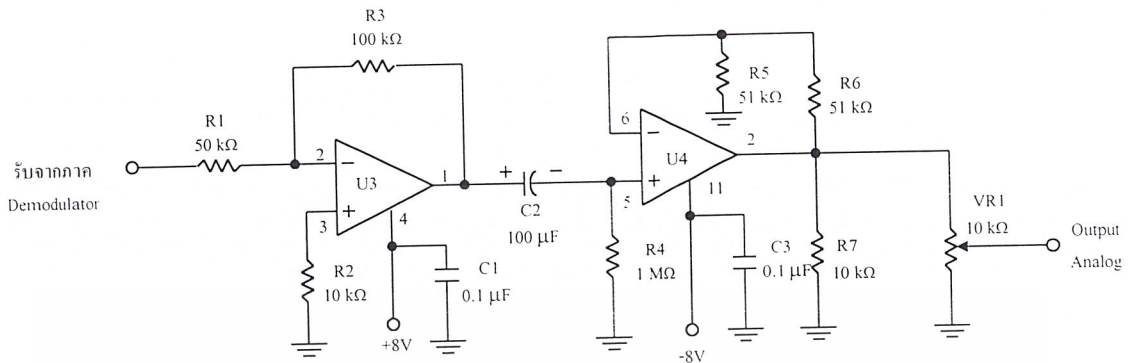
จากรูปที่ 3.1 เป็นวงจรที่ใช้งานจริง การเลือกใช้ค่าต่างๆ ตามคุณสมบัติการใช้งานของไอซี 074 ในรายละเอียดของอุปกรณ์โดยใช้แรงดัน +15 V และ -15 V, $I_d = 1.4 \text{ mA}$, $R_s < 10 \text{ k}\Omega$ และ $R_L > 10 \text{ k}\Omega$ โดยป้อนสัญญาณอินพุตอยู่ในช่วงความถี่ 20 เฮิรตซ์ ถึง 20 กิโลเฮิรตซ์ ในการทดลองของชุดฝึกนี้เลือกใช้ที่ความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์ มีแรงดันของสัญญาณเสียง คือ 200 mVp-p

3.2 การดีมอดูเลตแบบแอมพลิฟายด์

วงจรดีมอดูเลตแบบแอมพลิฟายด์ทางด้านรับ จะยังคงใช้ออปแอมป์เบอร์ TL074 อยู่เหมือนกับวงจรมอดูเลตทางด้านส่ง โดยมีรายละเอียดการออกแบบและการสร้างวงจรมีดังนี้

3.2.1 การออกแบบวงจรรับสัญญาณ แบบแอมพลิฟายด์

ภาครับสัญญาณแบบแอมพลิฟายด์จะรับสัญญาณจากภาคส่งสัญญาณแบบแอมพลิฟายด์ที่ส่งผ่านเส้นใยแสงและผ่านวงจรดีมอดูเลตส่งมายังภาครับขยายสัญญาณวงจรรับสัญญาณแบบแอมพลิฟายด์ เพื่อทำการขยายสัญญาณให้มีความแรงขึ้น ซึ่งทางด้านรับจะต้องใช้อุปกรณ์ที่ตอบสนองความถี่สูงได้ จึงเลือกใช้ไอซีเบอร์ TL074 เหมือนทางด้านส่ง โดย U3 มีอัตราขยายสัญญาณ 5 เท่า และคัปปลิ่งสัญญาณส่งไปยังภาครับขยายสัญญาณที่สอง U4 การขยายสัญญาณให้มีความแรงเพียงพอที่จะขับลำโพงให้ดังนี้



รูปที่ 3.2 วงจรรับสัญญาณแบบแอมพลิฟายด์

3.2.2 การสร้างวงจรรับสัญญาณแบบแอมพลิฟายด์

จากรูปที่ 3.2 เป็นวงจรใช้งานจริงจะใช้ข้อมูลต่างๆ ตามข้อมูลในรายละเอียดของอุปกรณ์ โดยสัญญาณที่ถูกตีมอดูเลตแล้วจะถูกส่งเข้าไปยังขาที่ 2 และขาที่ 5 ซึ่งเอาต์พุตที่ได้นั้นจะผ่านการขยาย 2 ครั้งทำให้ได้สัญญาณออกที่ขา 7

3.3 วงจรมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์

วงจรที่ใช้ในการมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์ จะใช้ IC เบอร์ UA741CP ซึ่งเป็นไอซีออปแอมป์และใช้เป็นวงจรเปรียบเทียบในการเป็นตัวกำเนิดสัญญาณการมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์

3.3.1 การออกแบบการมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์

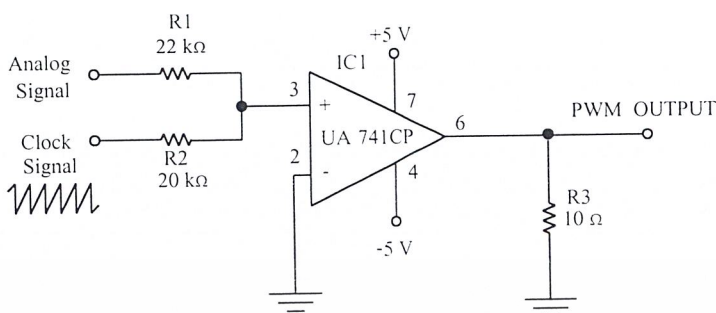
การมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์ สำหรับชุดการทดลองนี้จะเลือกใช้ค่าความถี่ของสัญญาณที่นำมามอดูเลต และมีความถี่ในการสุ่มตัวอย่างดังนี้

ความถี่ของสัญญาณแอนะล็อกในการมอดูเลต เท่ากับ 200 Hz

ความถี่สัญญาณนาฬิกาสามเหลี่ยมในการสุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 1800 Hz

วงจรที่ใช้ในการมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์ จะให้สัญญาณเอาต์พุตที่ได้เป็นสัญญาณรูปพัลส์สี่เหลี่ยม โดยจะต้องมีสัญญาณแอนะล็อกอินพุตและสัญญาณนาฬิกาสามเหลี่ยมซึ่งทำหน้าที่เป็นสัญญาณการสุ่มตัวอย่าง โดยสัญญาณทั้งสองจะผ่านวงจรรวมสัญญาณ (Summing Network) ทำการรวมสัญญาณแอนะล็อกอินพุตและสัญญาณคล็อกสามเหลี่ยมซึ่งจะต่อเข้ากับวงจรเปรียบเทียบสัญญาณทางขา 3 ของไอซี UA741CP ส่วนขา 2 นั้นต่อลงกราวด์และขา 6 เป็นเอาต์พุตของการมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 วงจรมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์

3.3.2 การสร้างวงจรมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์

การเลือกใช้ค่าความต้านทานในวงจรมอดูเลตนั้นตัวความต้านทาน R1 จะเลือกใช้ค่าประมาณ 22 k Ω และความต้านทาน R2 เลือกใช้ประมาณ 20 k Ω และความต้านทาน R3 เลือกใช้ค่าประมาณ 10 k Ω โดยจะต่อจากขาเอาต์พุตลงกราวด์เพื่อลดระดับแอมพลิจูดของสัญญาณเอาต์พุตให้ลดลง

ในการปรับแต่งการทำงานของวงจรเมื่อป้อนสัญญาณแอนะล็อกและสัญญาณนาฬิกาสามเหลี่ยมในการสุ่มตัวอย่างเข้าไปยังวงจรมอดูเลตแล้ว ใช้ออสซิลโลสโคปวัดเอาต์พุตที่ขา 6 ของไอซี UA741CP จะได้สัญญาณการมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์ ซึ่งสัญญาณแบบความกว้างพัลส์ ที่ได้จะเกิดการเลื่อนไปทางซ้ายและทางขวาให้ปรับความถี่ของสัญญาณแอนะล็อกอินพุตและสัญญาณนาฬิกาสามเหลี่ยมในการสุ่มตัวอย่างให้เหมาะสมเพื่อให้สัญญาณเอาต์พุตที่วัดได้ไม่เกิดการเลื่อนไปทางซ้ายหรือทางขวาเพื่อง่ายต่อการปรับแต่งวงจร

ความกว้างของสัญญาณแบบความกว้างพัลส์ สามารถปรับเปลี่ยนได้ที่แอมพลิจูดของสัญญาณแอนะล็อกอินพุตและสัญญาณนาฬิกาสามเหลี่ยมในการสุ่มตัวอย่างโดยในการปรับแอมพลิจูดไม่ควรปรับแอมพลิจูดของสัญญาณแอนะล็อกอินพุตสูงมากเกินไปเพราะอาจทำให้สัญญาณพัลส์ไม่เกิดรูปคลื่นพัลส์ได้

3.4 วงจรดีมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์

การดีมอดูเลตสัญญาณแบบความกว้างพัลส์ จะต้องผ่านวงจรขยายสัญญาณก่อน เพื่อขยายสัญญาณแบบความกว้างพัลส์ ให้มีความแรงมากขึ้นแล้วนำไปผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำอันดับที่ 2 เพื่อสร้างสัญญาณแอนะล็อกเดิมกลับคืนมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 การออกแบบวงจรดีมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์

ในการออกแบบวงจรดีมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์ จะต้องผ่านวงจรขยายสัญญาณก่อนซึ่งจะต้องมีการคำนวณหาอัตราขยายสัญญาณ โดยในการออกแบบจะมีการขยายสัญญาณตั้งแต่ 10-100 เท่าโดยวงจรขยายเป็นแบบกลับเฟสซึ่งสามารถคำนวณอัตราขยายสัญญาณได้จากสมการดังนี้

$$AV = -\frac{Rf}{Ri} \quad (3.1)$$

จากรูปที่ 3.4 สามารถแบ่งวงจรขยายแบบกลับเฟสได้ออกเป็น 2 ส่วนโดยในส่วนที่ 1 ค่าของ RF เท่ากับ 16 kΩ และค่าของ Ri เท่ากับ 1 kΩ ซึ่งสามารถคำนวณหาอัตราขยายสัญญาณของวงจรในส่วนที่ 1 ได้ดังนี้

$$AV = -\frac{16 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega}$$

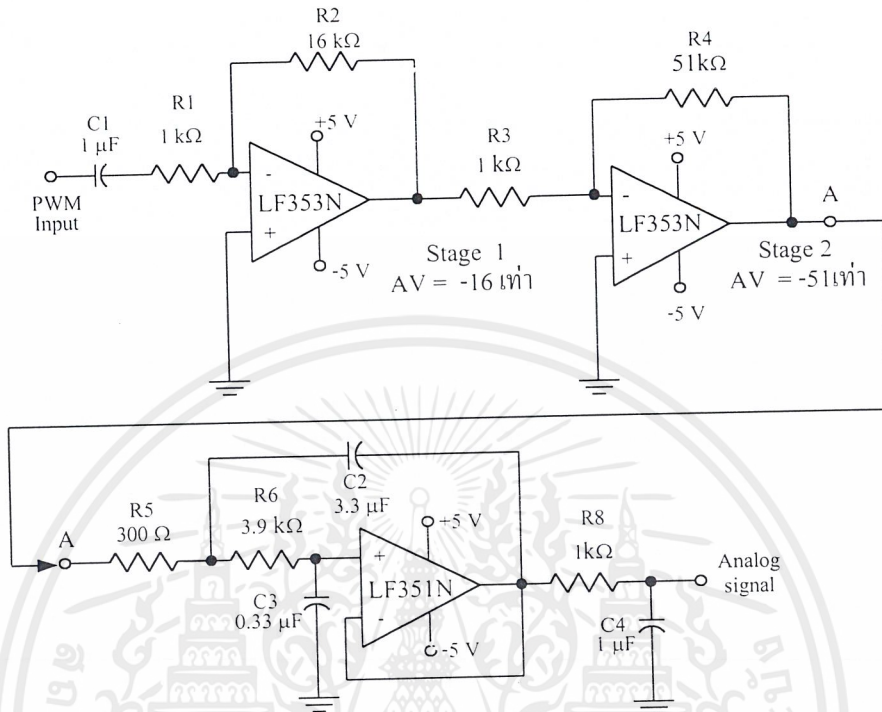
อัตราขยายสัญญาณ (ส่วนที่ 1) เท่ากับ -16 เท่า

ส่วน ที่ 2 สามารถคำนวณหาอัตราขยายสัญญาณ ได้ดังนี้ โดยที่ RF เท่ากับ 51 kΩ และ Ri เท่ากับ 1 kΩ

$$AV = -\frac{51 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega}$$

อัตราขยายสัญญาณ (ส่วนที่ 2) เท่ากับ - 51 เท่า

ในส่วนของวงจรขยายนี้การขยายสัญญาณจะต้องมีการขยายสัญญาณให้สูงมากพอที่จะทำให้สามารถผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านได้ โดยที่สัญญาณแอนะล็อกที่ได้ทางด้านเอาต์พุตจะมีรูปร่างเหมือนเดิมหรือไม่นั้นก็ขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานกับค่าคาปาซิเตอร์ด้วย โดยในการคำนวณที่ได้ นั้นจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงบ้างพอสมควร ก็จะต้องเปลี่ยนค่าความต้านทานและค่าคาปาซิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อที่จะให้ได้สัญญาณเดิมที่สมบูรณ์ที่สุดและรูปร่างสัญญาณ ไม่กลับเฟสของสัญญาณ



รูปที่ 3.4 วงจรคิมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์

จากรูปที่ 3.4 วงจรขยายสัญญาณทั้ง 2 ส่วนจะผ่านไปยังวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ซึ่งในวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านนี้จะต้องมีการคำนวณหาค่า R และ C ซึ่งวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านที่ใช้ในการคิมอดูเลตนี้จะเป็นแบบวงจรกรองความถี่ต่ำอันดับที่ 2 โดยจะกำหนดความถี่คัทออฟ (f_c) เท่ากับ 200 Hz ซึ่งจะเท่ากับความถี่สัญญาณการมอดูเลต โดยมีขั้นตอนในการออกแบบวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านอันดับที่ 2 ดังนี้

- 1) เลือกค่า C โดยเลือกค่า C เท่ากับ $0.33 \mu\text{F}$
- 2) คำนวณหาค่า R จากสมการ 3.2

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (3.2)$$

ในที่นี้เลือกค่า C เท่ากับ $0.33 \mu\text{F}$

กำหนดค่า f_c มีค่า เท่ากับ 200 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$200 = \frac{1}{2R(3.14)(0.33\mu\text{F})}$$

$$R = \frac{1}{2(200)(3.14)(0.33\mu\text{F})}$$

เมื่อค่า $R = R5 = R6$

\therefore ค่า $R5 = R6 = 2.41 \text{ k}\Omega$

3) นำค่า $R5$ และ $R6$ ที่คำนวณได้แทนลงในวงจร รูปที่ 3.4

4) กำหนดให้ $R7$ เท่ากับ $1 \text{ k}\Omega$ และค่า $C4$ เท่ากับ $1 \mu\text{F}$ โดยที่ $R7$ และ $C4$ จะทำหน้าที่เป็น

RC Filter

3.4.2 การสร้างวงจรดีมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์

ในการสร้างวงจรดีมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์ การออกแบบค่า R และ C นั้นอาจจะไม่ตรงกับค่าที่ใช้ในงานจริงเนื่องจากค่าที่คำนวณนั้นอาจมีการผิดพลาดซึ่งจะทำให้การสร้างสัญญาณเดิมกลับคืนมานั้นเกิดการผิดเพี้ยนขึ้นได้ ดังนั้นในการสร้างวงจรดีมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์ ได้ปรับเปลี่ยนค่าของตัวต้านทาน $R5$ และ $R6$ ใหม่โดยให้ $R5$ เท่ากับ 300Ω , $R6$ เท่ากับ $3.9 \text{ k}\Omega$ และ $C2$ เท่ากับ $3.3 \mu\text{F}$ จะทำให้สัญญาณแอนะล็อกที่ได้กลับคืนมานั้นมีลักษณะของสัญญาณใกล้เคียงกับสัญญาณแอนะล็อกเดิมทั้งทางด้านเฟสและความถี่

ในการปรับแต่งวงจรดีมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์ สิ่งที่สำคัญที่สุดคือการปรับเปลี่ยนค่า R และค่า C ในวงจรรองความถี่ โดยที่ค่า R และค่า C จะต้องเหมาะสมซึ่งจะทำให้ได้สัญญาณแอนะล็อกเหมือนกับสัญญาณเดิม

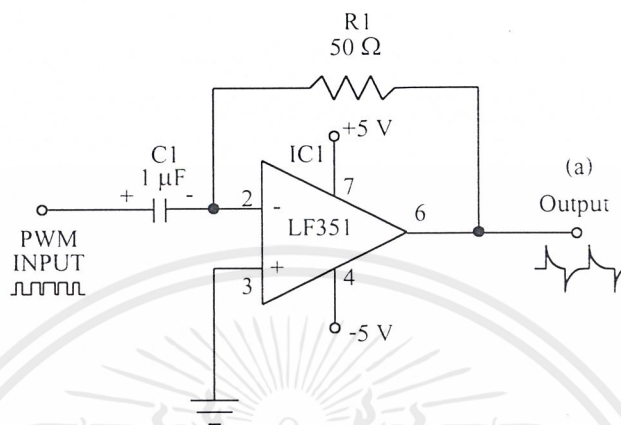
3.5 วงจรมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์

วงจรที่ใช้ในการมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์จะเป็นการนำเอาสัญญาณแบบความกว้างพัลส์มาผ่านวงจรดีฟเฟอเรนเชียลเฟอเดอเรเตอร์, วงจรคลิปปเปอร์และวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ เพื่อให้ได้สัญญาณมอดูเลตแบบ ตำแหน่งพัลส์

3.5.1 การออกแบบวงจรมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์

ในส่วนของวงจรมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์นั้นแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ วงจรดีฟเฟอเรนเชียลเฟอเดอเรเตอร์, วงจรคลิปปเปอร์ และวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

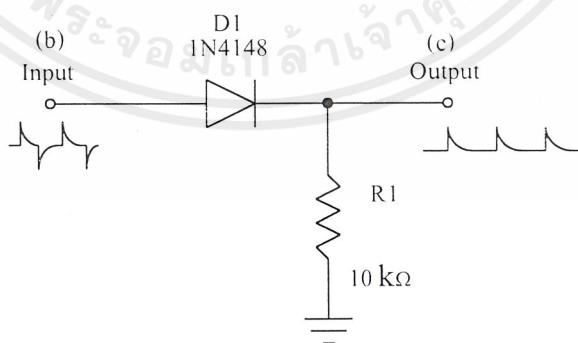
1) วงจรดิฟเฟอเรนเชียล



รูปที่ 3.5 วงจรดิฟเฟอเรนเชียล

วงจรดิฟเฟอเรนเชียลจะใช้ไอซี LF351 ซึ่งเป็นไอซีออปแอมป์แบบเจเฟดมีแบนด์วิธถึง 4.0 MHz โดยไอซี LF351 จะถูกออกแบบให้เป็นวงจรดิฟเฟอเรนเชียล สัญญาณมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์ จะต่อกับ C1 ซึ่งเป็นตัวเก็บประจุแบบอิเล็กโทรไลต์ต่อเข้ากับขา 2 ของไอซี 353 ส่วนขาที่ 3 จะต่อลงกราวด์ สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะเป็นสัญญาณดิฟเฟอเรนเชียล

2) วงจรคลิปปเปอร์

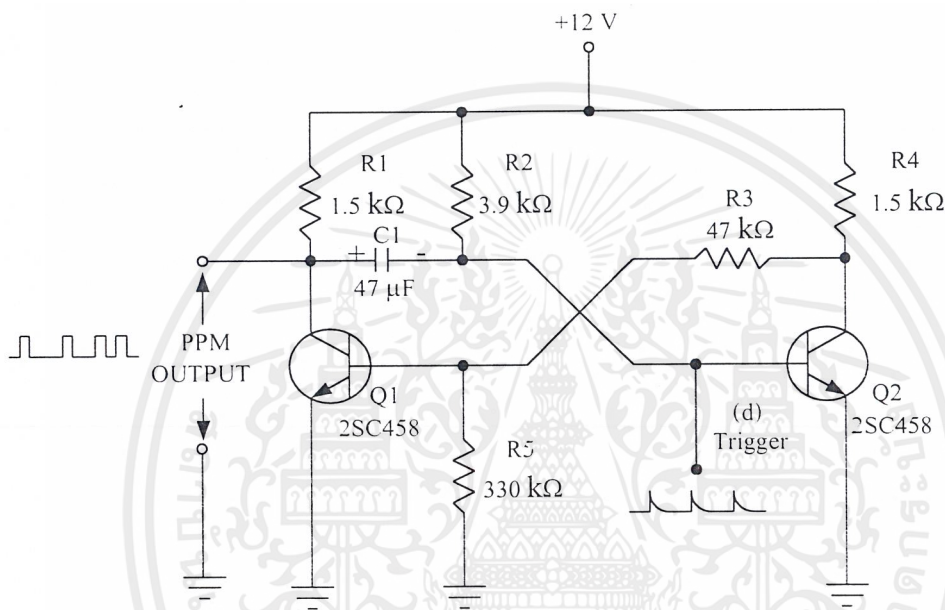


รูปที่ 3.6 วงจรคลิปปเปอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรคลิปปเปอร์จะประกอบไปด้วยไดโอด เบอร์ 1N4148 ซึ่งเป็น Fast SW Diode ต่อเข้ากับ ความต้านทาน 10 k Ω โดยวงจรคลิปปเปอร์จะต่อเป็นแบบไดโอดต่ออันดับ ซึ่งจะให้แรงดันทางด้าน ชั่วบวกลบออกทางด้านเอาต์พุต

3) วงจรโมนอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์



รูปที่ 3.7 วงจร โมนอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

วงจรโมนอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ คือ วงจรสร้างสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยมโดยวงจรนี้จะใช้ ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2SC458 โดยสัญญาณทริกเกอร์ นั้นได้มาจากเอาต์พุตของวงจรคลิปปเปอร์ ความ กว้างของพัลส์สี่เหลี่ยมนั้นจะกำหนดได้โดยค่า R3 และ C1 ของวงจรโมนอสเตเบิลแบบคอลเลค เตอร์คัปเปิลซึ่งจะต่อระหว่างขาคอลเลคเตอร์ตัวหนึ่งไปที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์อีกตัวหนึ่ง

3.5.2 การสร้างวงจรมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์

ในการสร้างวงจรมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์ วงจรที่ใช้ในส่วนใหญ่มักจะเป็นวงจรพื้นฐานของ วงจรพัลส์และสวิทช์ โดยที่วงจรดิฟเฟอเรนเชียลจะใช้ ไอซี LF351 ซึ่งตอบสนองความถี่สูง ได้ดี โดยที่ค่าของ C1 จะใช้ประมาณ 4.7 μF ส่วนค่า R1 จะใช้ประมาณ 500 Ω ซึ่งจะมีผลต่อขนาด ของสัญญาณดิฟเฟอเรนเชียลทางด้านเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของวงจรถลุปเปอร์นั้นจะใช้วงจรถลุปเปอร์แบบอันดับไดโอด ค่าความต้านทานจะใช้ประมาณ 10 k Ω ซึ่งจะมีผลต่อแอมพลิจูดของสัญญาณคลิปปเปอร์ทางด้านเอาต์พุต และจะนำเอาเอาต์พุตของวงจรถลุปเปอร์ไปเป็นสัญญาณการทริกเกอร์ของวงจร โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

ส่วนสุดท้ายคือวงจร โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ โดยที่ค่าของ R3 และ C1 ภายในวงจรจะมีผลต่อความกว้างของสัญญาณ ตำแหน่งพัลส์ ดังนั้นจึงต้องมีการปรับเปลี่ยนค่า R และ C โดยได้ค่า C1 ประมาณ 47 μ F และค่า R3 ใช้ประมาณ 47 k Ω ซึ่งจะทำให้ได้สัญญาณการมอดูเลตแบบ ตำแหน่งพัลส์ ที่ถูกต้องไม่ผิดเพี้ยน

3.6 วงจรดีมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์

วงจรมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์จะมีลักษณะคล้ายกับวงจรมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์ ก็จะต้องมีการขยายสัญญาณก่อนแล้วจึงนำไปผ่านวงจรรองความถี่ต่ำผ่านแต่อาจจะแตกต่างกันบ้าง ตรงที่วงจรมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์จะใช้วงจรรองความถี่ต่ำผ่านอันดับที่ 4 ทำการสร้างสัญญาณเดิมกลับคืนมา

3.6.1 การออกแบบวงจรมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์

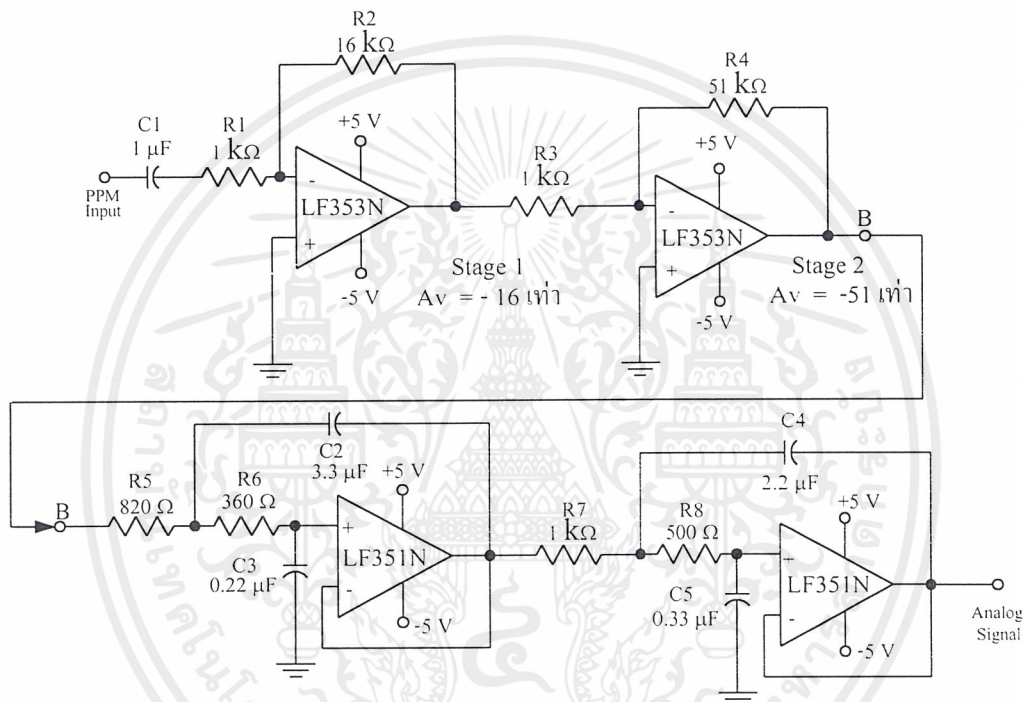
ในการออกแบบวงจรมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์นั้นจะต้องมีการออกแบบวงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส โดยที่วงจรขยายสัญญาณจะมีการขยายสัญญาณตั้งแต่ 10-100 เท่าในวงจรขยายสัญญาณของวงจรมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์ จะนำเอาวงจรมอดูเลตแบบกลับเฟสของวงจรมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์ มาใช้งานโดยอัตราการขยายสัญญาณในส่วนที่ 1 มีอัตราการขยายเท่ากับ -16 เท่า และอัตราการขยายในส่วนที่ 2 มีอัตราการขยายสัญญาณเท่ากับ -51 เท่าดังรูปที่ 3.8

ส่วนวงจรรองความถี่ต่ำผ่านแบบอันดับที่ 4 นั้นจะมีการคำนวณในการออกแบบเหมือนกับวงจรรองความถี่ต่ำผ่านแบบอันดับที่ 2 ของวงจรมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์ เนื่องจากใช้ค่าความถี่คัทออฟเท่ากับ 200 Hz เช่นเดียวกัน โดยค่า R ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 2.41 k Ω เพราะฉะนั้นค่า R5, R6, R7 และ R8 จะเท่ากับ 2.41 k Ω และค่า C ก็มีค่าเท่ากับ 0.33 μ F

โดยในส่วนของการออกแบบนั้นเมื่อนำมาใช้งานแล้วจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานและค่าคาปาซิเตอร์ด้วยเนื่องจากเมื่อใช้ค่าที่ได้จากการคำนวณแล้วสัญญาณที่ได้ทางด้านเอาต์พุตที่ออกมาไม่เหมือนสัญญาณเดิม จะต้องเปลี่ยนค่าความต้านทานและค่าคาปาซิเตอร์ที่เหมาะสม เพื่อให้ได้สัญญาณเดิมกลับคืนดีที่สุด ถ้าสัญญาณที่ได้กลับคืนมานั้นยังไม่ดีพอก็จะต้องมีการใช้วงจรรองความถี่ต่ำผ่านแบบหลายๆ ส่วนอีกซึ่งอาจจะเป็น 6 ส่วนหรือมากกว่านี้ก็ได้แต่สัญญาณ

ทางด้านเอาต์พุตที่ได้กลับคืนมาจะมีความแรงของสัญญาณที่ต่ำมาดั่งนั้นจะต้องผ่านวงจรขยายสัญญาณอีกครั้งหนึ่งเพื่อที่จะได้สัญญาณที่มีความแรงของสัญญาณมากพอที่จะส่งผ่านเส้นใยแก้วนำแสงได้

3.6.2 การสร้างวงจรมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์



รูปที่ 3.8 วงจรมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์

ในการสร้างวงจรมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์นั้นจะต้องมีการปรับเปลี่ยนค่า R และ C เช่นเดียวกับวงจรมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์ เพื่อที่จะให้ได้สัญญาณเอาต์พุตเหมือนกับสัญญาณแอนะล็อกทางด้านอินพุต โดยค่า R และค่า C ที่ปรับเปลี่ยนก็คือ

$$R5 = 820 \Omega \quad R6 = 360 \Omega \quad R7 = 1 \text{ k}\Omega \quad R8 = 500 \Omega$$

$$C2 = 3.3 \mu\text{F} \quad C3 = 0.22 \mu\text{F} \quad C4 = 2.2 \mu\text{F} \quad C5 = 0.33 \mu\text{F}$$

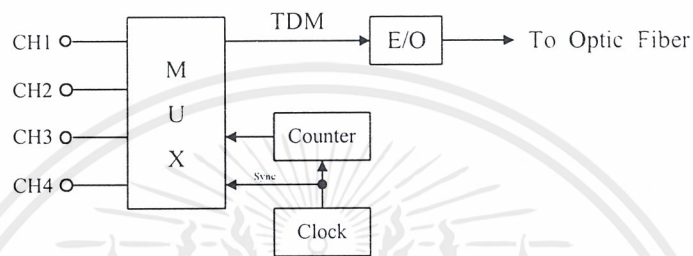
การปรับแต่งของวงจรมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์ ค่าของ R และ C ได้ปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมและทำการใช้งานจริงทำให้ได้สัญญาณเดิมกลับคืนมาไม่มีการผิดเพี้ยนทางด้านความถี่และทางด้านเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา

ในการมัลติเพล็กซ์สัญญาณในโครงการนี้จะใช้ไอซีเบอร์ MC14051 ซึ่งเป็นแอนะล็อกสวิตช์ในการสับเปลี่ยนช่องสัญญาณ

3.7.1 การออกแบบวงจรมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา



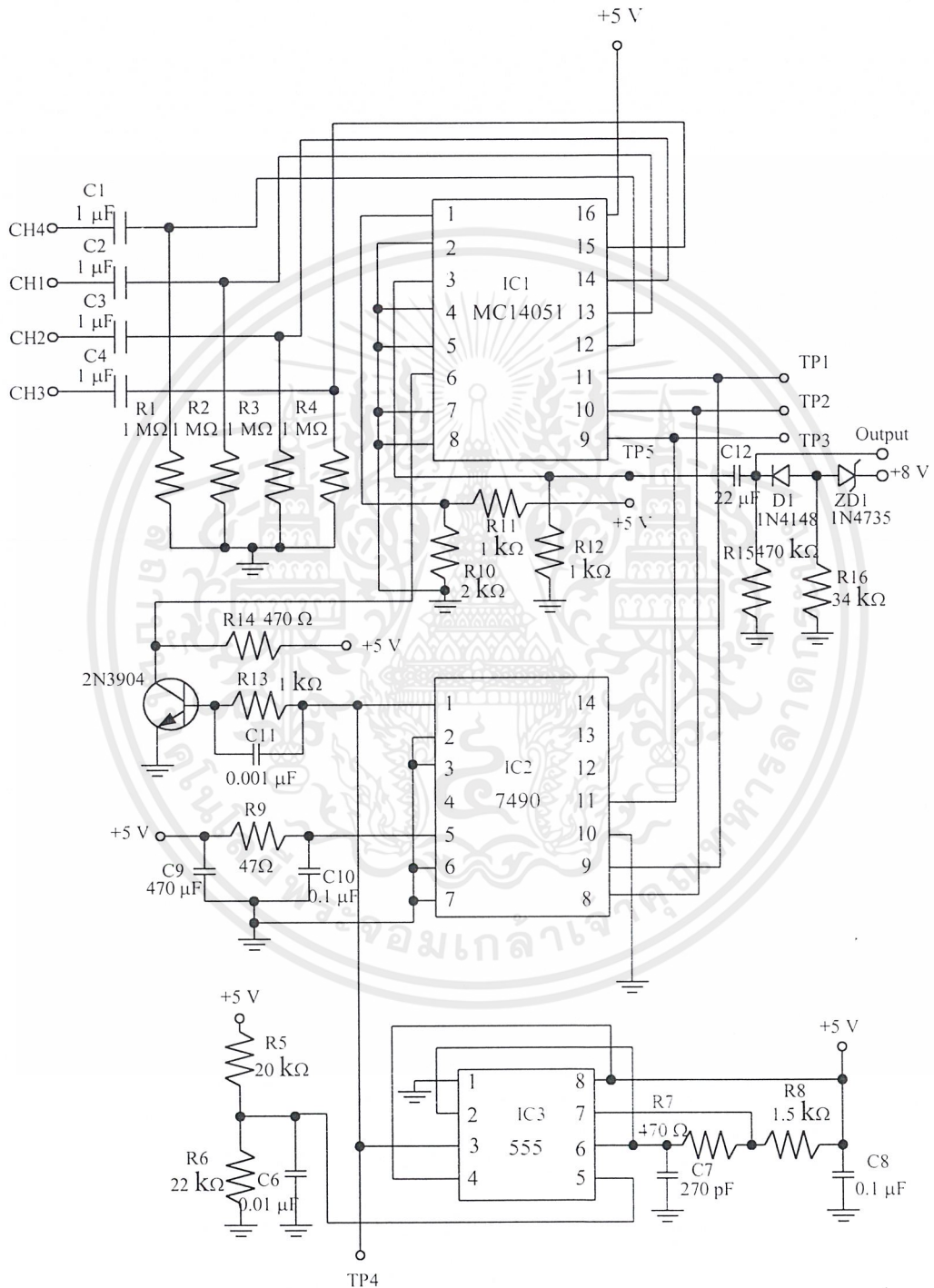
รูปที่ 3.9 ผังการทำงานของ การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลาด้านส่ง

จากผังการทำงานอินพุตของระบบการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา จะเป็นสัญญาณเสียงที่อยู่ในช่วงความถี่เสียงระหว่าง 300 ถึง 3400 เฮิรตซ์ซึ่งจะป้อนเข้าวงจรมัลติเพล็กซ์สัญญาณ โดยมีสัญญาณนาฬิกาของวงจรนับและสัญญาณนาฬิกาเป็นตัวควบคุมสัญญาณมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา แล้วก็ส่งผ่านชุดเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง ส่งผ่านเส้นใยแก้วนำแสงออกไป

สำหรับการมัลติเพล็กซ์ของระบบการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา ในชุดฝึกนี้จะเป็นระบบการมัลติเพล็กซ์แบบ 4 ช่องสัญญาณอินพุตและถ้าหากนับสัญญาณเข้าจังหวะด้วยอีก 1 ช่องจะรวมเป็น 5 ช่องมัลติเพล็กซ์ โดยในการทดลองได้ออกแบบให้สามารถมัลติเพล็กซ์สัญญาณรูปคลื่นต่างๆ ได้ เช่น สัญญาณรูปคลื่นไซน์, สัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยม, สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม, สัญญาณรูปคลื่นเฟอเรนซิเอเตอร์ และในการออกแบบสัญญาณเข้าจังหวะนั้นจะใช้สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม โดยกำหนดให้สัญญาณเข้าจังหวะต้องมีแอมพลิจูดสูงกว่าสัญญาณอื่นๆ ที่เข้ามัลติเพล็กซ์

ในชุดฝึกนี้ได้ออกแบบให้มีอัตราการสุ่มตัวอย่าง 225 กิโลเฮิรตซ์มีสัญญาณอินพุต 4 ช่อง และสัญญาณสำหรับเข้าจังหวะ 1 ช่อง มีเวลาในการมัลติเพล็กซ์ช่องละ 0.22 ไมโครวินาที ดังนั้น 5 ช่องสัญญาณจะใช้เวลา 4.44 ไมโครวินาที เรียกว่า 1 เฟรม ในหนึ่งวินาทีจะส่งได้ 225,000 เฟรม หากคิดเป็นการส่งสัญญาณแบบดิจิทัลจะได้เป็น $225,000 \times 5$ บิต เท่ากับ 1.125 เมกะบิตต่อวินาที

3.7.2 การสร้างวงจรมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา



รูปที่ 3.10 วงจรมัลติเพล็กซ์สัญญาณ 4 ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของวงจรนี้จะใช้ไอซีเบอร์ MC14051 ซึ่งเป็นไอซีประเภทแอนะล็อกสวิตช์ (U1) สำหรับการมัลติเพล็กซ์สัญญาณ โดยอินพุตจะผ่านเข้าทางขา 13, 14, 15, 12, 1, 5, 2 และ 4 ซึ่งสัญญาณเอาต์พุตจะผ่านออกทางขา 3 แต่ในโครงงานนี้ได้จัดให้มีสัญญาณอินพุต 4 ช่อง ดังนั้นจึงเลือกใช้ขาที่ 13 เป็นช่องสัญญาณอินพุตช่องที่ 1, ขาที่ 14 เป็นช่องสัญญาณอินพุตช่องที่ 2, ขาที่ 15 เป็นช่องสัญญาณอินพุตที่ 3 และขาที่ 12 เป็นช่องสัญญาณอินพุตที่ 4 ด้วยเหตุที่การมัลติเพล็กซ์นั้นจำเป็นต้องมีสัญญาณเข้าจังหวะ จึงเลือกขาที่ 1 เป็นช่องสัญญาณที่ 5 สำหรับการเข้าจังหวะ ส่วนขาที่ 5, 2 และ 4 ไม่ได้ใช้จึงต่อลงกราวด์ไว้

สำหรับการสุมตัวอย่างสัญญาณแต่ละช่องนั้นจะมีสัญญาณลอจิกอินพุตที่ขา 9, 10 และ 11 ซึ่งจะเรียกเป็นอินพุต C, B และ A และจะมีขาที่ 6 เป็นขา Inhibit ซึ่งจะควบคุมการเปลี่ยนระดับของสัญญาณควบคุม C, B และ A ซึ่งในการสวิตช์ช่องสัญญาณแต่ละช่องจะใช้ความถี่ 45 กิโลเฮิร์ตซ์ และช่องสัญญาณที่ถูกต้องจะมีความต้านทานภายในต่ำกว่า 60Ω

จากรูปวงจรจะเป็นวงจรภาคส่งของระบบมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลาที่ไอซี U1 ซึ่งเป็นชิปแบบแอนะล็อกมัลติเพล็กซ์แบบ 8 อินพุตแต่วงจรใช้เพียง 5 อินพุตเท่านั้น ซึ่งที่ขา 1 ต่อผ่าน R11 ไปยังไฟเลี้ยงวงจร +5 V ซึ่งเมื่อช่องที่ 5 ถูกต่อจะทำให้มีสัญญาณที่เอาต์พุตเป็นสัญญาณพัลส์ -5 V ซึ่งจะใช้สำหรับ เข้าจังหวะไปยังภาครับ

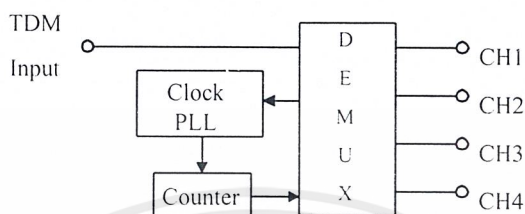
ส่วนช่องสัญญาณที่ 1 ถึง 4 ของภาคส่งนี้จึงเป็นสัญญาณแอนะล็อก หรือเป็นสัญญาณพัลส์ก็ได้ หลังสัญญาณทั้ง 5 ช่อง จะถูกรวมแล้วส่งผ่านออกทางขา 3 ไปยังชุดเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง

ไอซี U2 เบอร์ SN7490 จะเป็นไอซีนับ ซึ่งไอซีตัวนี้จะทำหน้าที่ผลิตสัญญาณพัลส์ที่ใช้ในการสุมตัวอย่าง ส่งไปควบคุมการสุมตัวอย่างช่องสัญญาณของไอซี U1 ซึ่งไอซี U2 จะแบ่งเป็น 3 ลอจิกอินพุต (A, B, C) ของไอซี U1 และไอซี U2 นี้ได้ถูกออกแบบวงจรให้นับ 5 เท่านั้น คือ 0 ถึง 4 ดังนั้นจึงทำให้ไอซี U1 สุมตัวอย่างหรือต่อสวิตช์ให้กับขาที่ 13, 14, 15, 12 และ 1 ตามลำดับของสัญญาณนับที่เข้ามาเท่านั้น ซึ่งไอซี U2 เบอร์ SN7490 นี้เป็นไอซีนับสิบ

อัตราการสุมตัวอย่างของไอซี U2 จะถูกควบคุมจากสัญญาณนาฬิกาของไอซี U3 ซึ่งเป็น ไอซี U3 เป็นไอซีเบอร์ LM555 ซึ่งเป็นไอซีโทมเมอร์ได้ถูกออกแบบให้ผลิตความถี่ออกมา 225 กิโลเฮิร์ตซ์ ความถี่ที่ไอซี U3 ผลิตออกมานี้จะถูกควบคุมโดย R7, R8 และ C5

3.8 การดีมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา

3.8.1 การออกแบบวงจรดีมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา



รูปที่ 3.11 ผังการทำงานของกรดีมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลาทางด้านรับ

ในการสร้างภาคติมอดูเลตของสัญญาณการดีมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา ชิปเบอร์เดียวกับภาคมอดูเลตแต่มีการจัดวงจรใหม่เพื่อให้เป็นตัวติมอดูเลตซึ่งสัญญาณเข้าจังหวะจากภาคส่งนั้นได้ถูกออกแบบให้มีความแรงของสัญญาณที่มากกว่าสัญญาณอินพุตเพื่อให้ทางภาครับรับรู้ถึงสัญญาณเข้าจังหวะซึ่งจะใช้ชิปประเภทเฟสล็อกคูลูปเป็นตัวสร้างสัญญาณนาฬิกาใหม่ให้ตรงและมีความถี่เท่ากับภาคส่ง แล้วนำสัญญาณนาฬิกาที่สร้างขึ้นมาใหม่นี้ไปควบคุมวงจรมultiplexer ซึ่งสัญญาณจากวงจรมultiplexer ถูกนำไป ควบคุมการแยกช่องสัญญาณของภาครับให้มีเอาต์พุตตรงกับอินพุตของภาคส่ง

3.8.2 การสร้างวงจรดีมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา

จากรูปที่ 3.11 เป็นวงจรที่ใช้งานจริงในการออกแบบวงจรดีมัลติเพล็กซ์นี้จะแบ่งเป็นส่วนๆ ดังนี้

1. ส่วนของวงจรดีมัลติเพล็กซ์ โดยใช้ไอซี U1
2. ส่วนของวงจรถอจิกซีควเอนเซอร์ (Logic Sequencer)
3. เฟสล็อกคูลูป, เปรียบเทียบ U2
4. VCO (Voltage Controlled Oscillator)
5. Q1 (การขยายกำลัง) สำหรับ U3

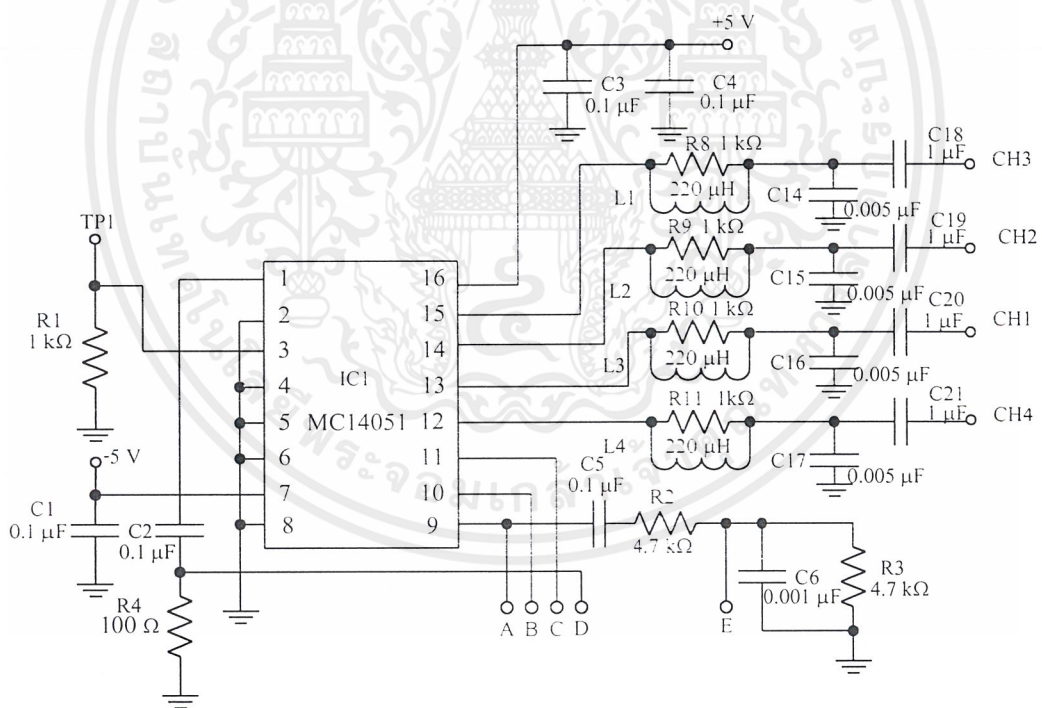
ในส่วนของวงจรการดีมัลติเพล็กซ์จะอาศัยไอซีเบอร์ MC14051 โดยจัดให้ขา 3 เป็นขา อินพุตซึ่งจะรับสัญญาณเอาต์พุตมาจากภาคตีเท็กเตอร์ และจะมีเอาต์พุตออกทางขา 13 เป็นช่องสัญญาณที่ 1, ขาที่ 14 เป็นช่องสัญญาณที่ 2, ขาที่ 15 เป็นช่องสัญญาณที่ 3, ขาที่ 12 เป็นช่องสัญญาณที่ 4 และ ขาที่ 1 เป็นช่องสัญญาณเข้าจังหวะ ซึ่งสัญญาณเข้าจังหวะที่รับได้จากภาคส่ง จะถูกตีเทคออกมาทางขา 1 ของ U1 ซึ่งจะถูกส่งไปเปรียบเทียบกับสัญญาณลอจิก C จาก U3 ที่ไอซี U2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

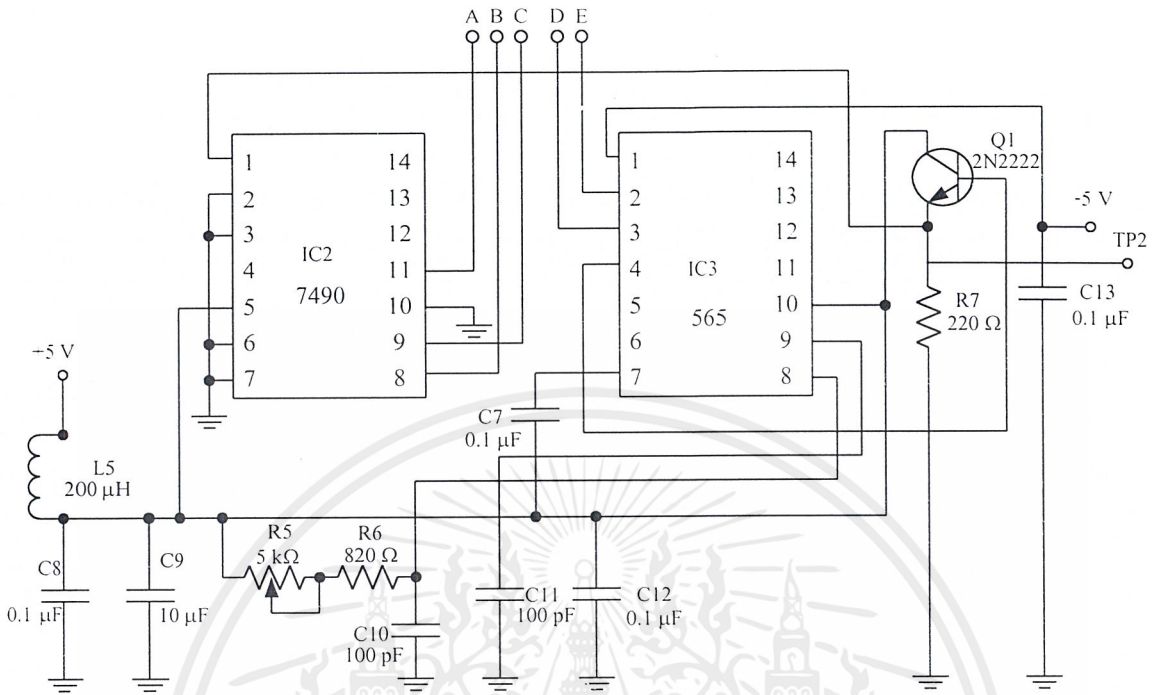
ซึ่งเป็นส่วนของเฟสล็อกคูล์ และการเปรียบเทียบ ซึ่งจะต้องทำให้เฟสของพัลส์ที่เข้ามานั้นตรงกัน โดยวงจรจะสามารถปรับ R5 ซึ่งทำให้เฟสและความถี่ของสัญญาณตรงกันและมีความถี่เท่ากันได้ และความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่สร้างขึ้นใหม่จาก U2 มีความถี่เท่ากับทางภาคส่ง คือ 225 กิโลเฮิร์ตซ์

สัญญาณนาฬิกาจะถูกขยายกำลังโดย Q1 แล้วจะถูกส่งไปให้กับวงจรนับเพื่อผลิตสัญญาณลอจิกไปควบคุมดีมัลติเพล็กซ์ของ U1 เพื่อให้ช่องสัญญาณเอาต์พุตนั้นเหมือนกันกับช่องสัญญาณอินพุตของภาคส่ง

สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากการดีมัลติเพล็กซ์นั้นจะยังไม่เป็นสัญญาณที่เหมือนกับสัญญาณอินพุตของภาคส่งโดยสมบูรณ์ ถ้าต้องการให้สัญญาณที่เอาต์พุตเหมือนกันกับอินพุตของภาคส่งจะต้องนำสัญญาณเอาต์พุตไปผ่านวงจรรองความถี่ที่เหมาะสมจึงจะได้สัญญาณกลับมาที่สมบูรณ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 วงจรคีมอดูเลตแบบ การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา

3.9 การมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์

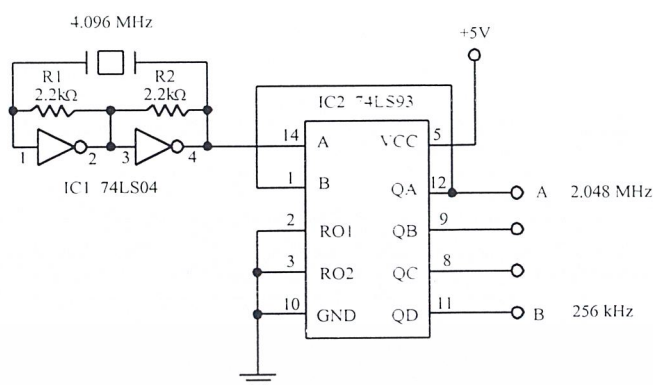
การออกแบบวงจรมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์นี้จะใช้ไอซีเบอร์ MC145557 ซึ่งเป็น ไอซีที่ใช้ในการเข้ารหัสพัลส์ และใช้ไอซีเบอร์ 74LS393 และ ไอซีเบอร์ MC14514 เป็นวงจร สร้างสัญญาณเข้าจังหวะ ซึ่งจะทำให้สัญญาณนาฬิกาทางด้านส่งและทางด้านรับเกิดการตรงกัน

3.9.1 การออกแบบวงจรมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์

วงจรมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์แบ่งออกเป็น 2 วงจรหลัก คือ วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา และวงจรเข้ารหัสสัญญาณเข้ารหัสพัลส์ ซึ่งการออกแบบแต่ละวงจรมีดังนี้

1) วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

จากรูปที่ 3.13 ใช้ออสซิลเลเตอร์แบบคริสตอล โดยใช้คริสตอลความถี่ 4.096 เมกะเฮิร์ตซ์ มาหาร 2 ให้ได้ความถี่ 2.048 เมกะเฮิร์ตซ์ เพื่อใช้ในการเข้ารหัสสัญญาณพัลส์ และหาร 16 ให้ได้ความถี่ 256 กิโลเฮิร์ตซ์ เพื่อใช้ในการสร้างสัญญาณเข้าจังหวะโดยใช้ไอซีเบอร์ 74LS93 ซึ่งเป็น วงจรนับมาประยุกต์เป็นวงจรหารความถี่



รูปที่ 3.13 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

2) วงจรเข้ารหัสพัลซ์

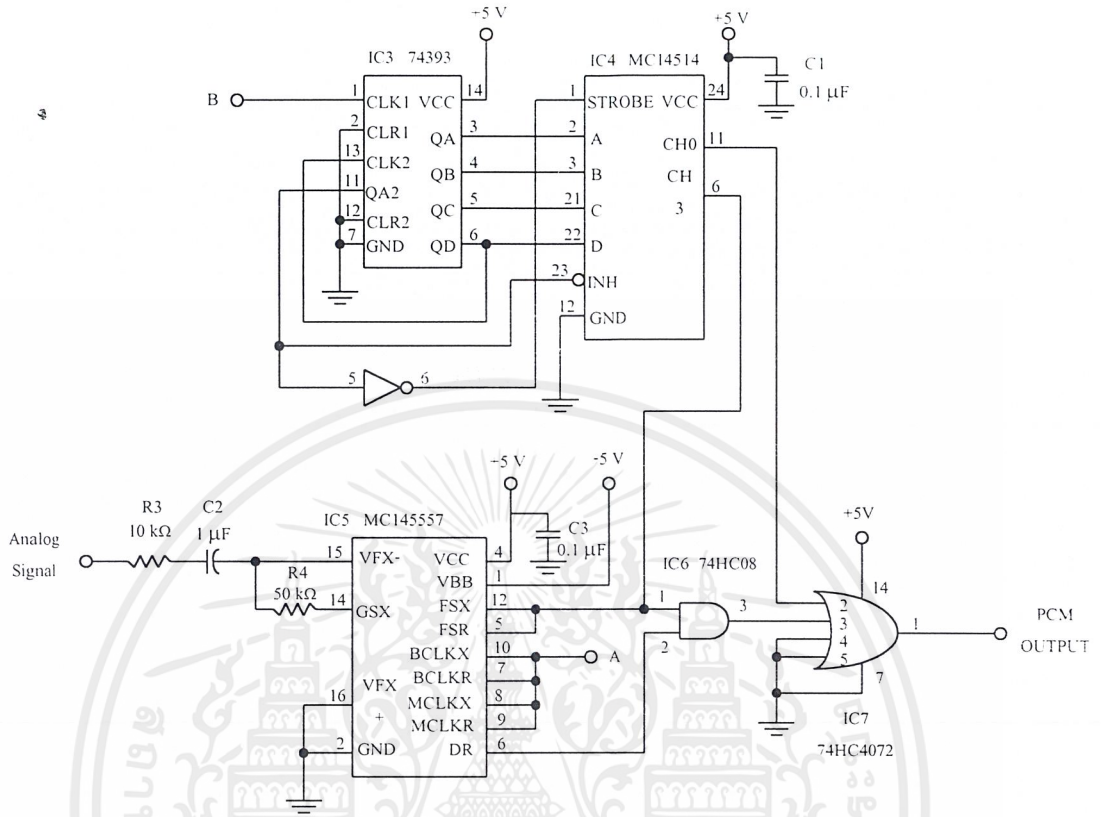
จากรูปที่ 3.14 ไอซีเบอร์ MC145557 เป็นวงจรเข้ารหัสพัลซ์ อินพุตของวงจรจะเป็นสัญญาณเสียงในช่วงความถี่ 300 ถึง 3400 เฮิรตซ์ที่ขา 14 และขา 15 ซึ่งมี R3, R4 และ C2 จัดไบอัสให้วงจรและใช้อัตราการสุ่มตัวอย่าง 8000 ครั้งต่อวินาทีเอาต์พุตที่ได้จากขา 11 จะเป็นสัญญาณเข้ารหัสพัลซ์จำนวน 8 บิตต่อการสุ่มตัวอย่างหนึ่งครั้ง ดังนั้นจึงมีอัตราในการส่ง 2.048 เมกะบิตต่อวินาที

ไอซีเบอร์ 74LS393 และไอซีเบอร์ MC14514 เป็นวงจรสร้างสัญญาณเข้าจังหวะ เพื่อส่งไปภาครับซึ่งสัญญาณเข้าจังหวะนี้ภาครับจะนำไปสร้างสัญญาณนาฬิกาขึ้นมาใหม่ ก็เพื่อให้สัญญาณนาฬิกาเกิดการตรงกัน

สัญญาณเข้ารหัสพัลซ์และสัญญาณเข้าจังหวะทั้งสองสัญญาณนี้จะนำมารวมกันโดยใช้ไอซีเบอร์ 74HC4072 โดยที่สัญญาณนาฬิกาเข้าจังหวะจะถูกส่งออกไปก่อนสัญญาณเข้ารหัสพัลซ์โดยใช้ไอซีเบอร์

74121 ซึ่งเป็นไอซีโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ เพื่อให้วงจรทางภาครับสามารถตรวจจับได้ก่อนและนำไปสร้างสัญญาณนาฬิกาขึ้นมาใหม่ได้

สัญญาณเข้าจังหวะนี้ได้มาจากวงจรผลิตความถี่ที่มีความถี่ 2.048 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งความถี่ที่ได้นี้จะนำไปเป็นฐานเวลาให้กับวงจรเข้ารหัสพัลซ์ด้วยและมีความกว้างของสัญญาณเข้าจังหวะ 3.9 ไมโครวินาที



รูปที่ 3.14 วงจรเข้ารหัสพัลส์

3.9.2 การสร้างวงจรมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์

จากรูปที่ 3.13 และรูปที่ 3.14 เป็นวงจรใช้งานจริง ไอซีแต่ละตัวใช้แรงดันจากแหล่งจ่ายชุดเดียวกัน คือ ใช้แรงดัน +5 V ส่วนไอซีเบอร์ MC145557 ใช้แรงดัน +5 V และ -5 V เพื่อใช้เป็นแรงดันอ้างอิง ที่สำคัญในการต่อจะต้องมีตัวเก็บประจุค่า 0.1 μF ต่ออยู่กับแหล่งจ่ายไฟด้วยเพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนที่เกิดจากแหล่งจ่าย

3.10 วงจรดีมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์

การออกแบบวงจรมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์ ยังคงใช้ไอซีเบอร์ MC145557 ในการถอดรหัสอยู่เพราะภายในไอซีมีวงจรเข้ารหัสและถอดรหัสอยู่ภายในตัวเดียวกันและจะมีไอซีเบอร์ 4046 และไอซีเบอร์ 74121 เป็นตัวสร้างสัญญาณนาฬิกาปลายทาง ซึ่งมีรายละเอียดของการสร้างดังนี้

3.10.1 การออกแบบวงจรตีโมดูลแบบเข้ารหัสพัลส์

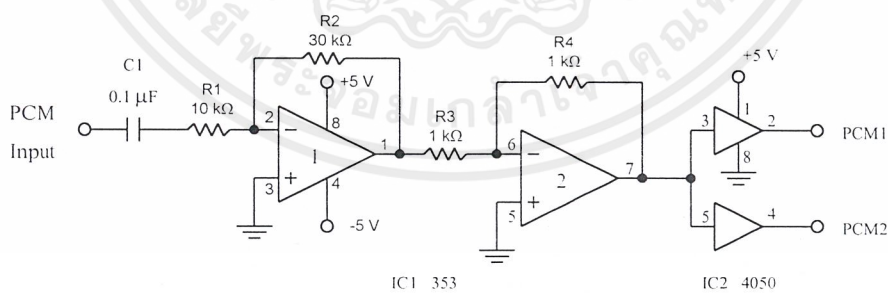
การออกแบบวงจรตีโมดูลแบบเข้ารหัสพัลส์ จะแบ่งออกเป็น 3 วงจรหลัก คือ ภาคขยายสัญญาณเข้ารหัสพัลส์, ภาคสร้างสัญญาณนาฬิกาปลายทาง และภาคถอดรหัสสัญญาณเข้ารหัสพัลส์ ในแต่ละภาคมีการออกแบบดังนี้

1) วงจรขยายสัญญาณเข้ารหัสพัลส์

สัญญาณเข้ารหัสพัลส์ที่ส่งผ่านเส้นใยแก้วนำแสงแล้วความแรงของสัญญาณจะถูกลดทอนลงอย่างมาก ดังนั้นภาครับจึงต้องมีวงจรขยายสัญญาณให้แรงขึ้น วงจรขยายนี้ใช้ออปแอมป์เบอร์ 353 โดยที่การขยายจะทำ 2 ครั้ง ในครั้งแรกจะใช้ R_i เท่ากับ $10\text{ k}\Omega$ และใช้ R_f เท่ากับ $30\text{ k}\Omega$ จะทำให้ได้อัตราการขยาย 3 เท่า ซึ่งต่อแบบส่วนกลับทำให้สัญญาณที่ได้จะกลับเฟส 180 องศา และจะมาทำการ กลับเฟสให้เหมือนเดิมอีกครั้งที่ตัวที่ 2 ซึ่งต่อแบบอินเวอร์ตเช่นกัน โดยใช้ R_i และ R_f เท่ากันคือ $1\text{ k}\Omega$ ได้อัตราการขยาย 1 เท่า และสัญญาณเข้ารหัสพัลส์จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ทาง คือจุด PCM1 และจุด PCM2 โดยผ่านบัฟเฟอร์เบอร์ 4050 วิธีการคำนวณหาอัตราการขยายแต่ละของวงจรมีดังนี้

$$\text{อัตราการขยายครั้งแรก} = -\left(\frac{R_f}{R_i}\right) \times V_i = -\left(\frac{30\text{ k}\Omega}{10\text{ k}\Omega}\right) = -3 \text{ เท่า}$$

$$\text{อัตราการขยายครั้งที่สอง} = -\left(\frac{R_f}{R_i}\right) \times V_i = -\left(\frac{1\text{ k}\Omega}{1\text{ k}\Omega}\right) = 1 \text{ เท่า}$$

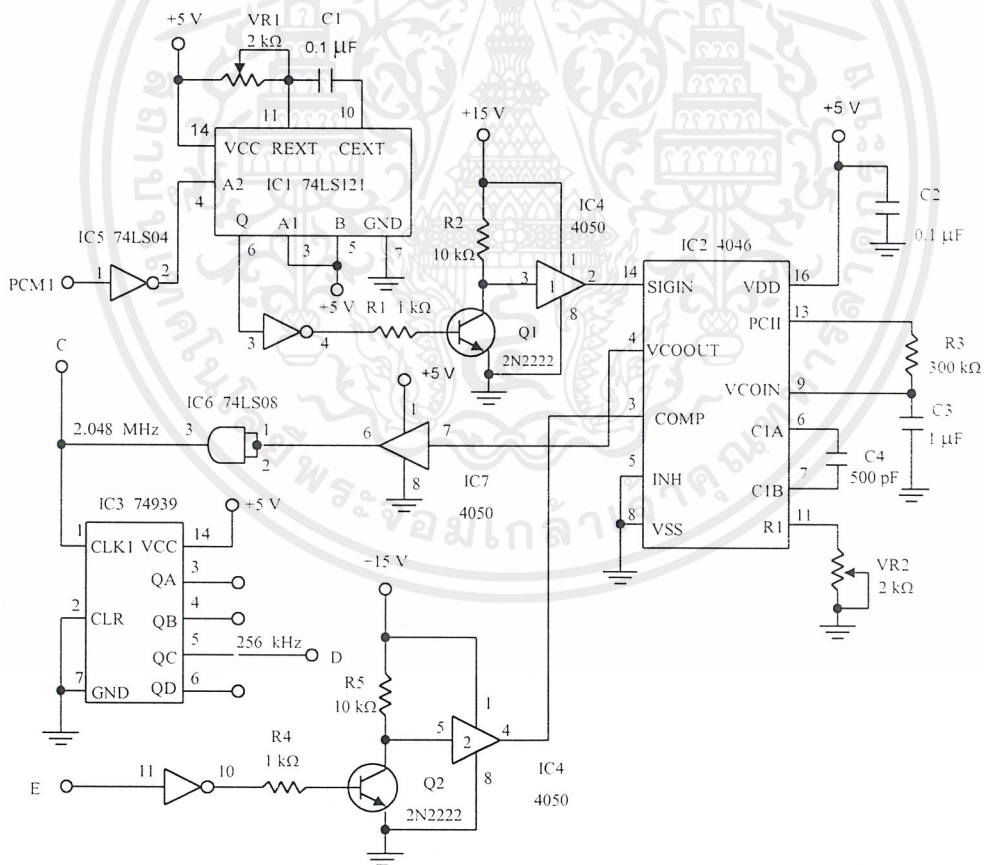


รูปที่ 3.15 วงจรขยายสัญญาณเข้ารหัสพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาปลายทาง

อินพุตของวงจรจะเป็นสัญญาณเข้ารหัสพัลส์ที่จุด PCM1 ที่ได้จากวงจรขยายสัญญาณเข้ารหัสพัลส์โดยจะมีวงจรจับเข้าจังหวะ ซึ่งใช้ไอซีเบอร์ 74LS121 เมื่อสัญญาณเข้าจังหวะถูกส่งมา กระตุ้น 74LS121 จะผลิตความถี่ 8 กิโลเฮิร์ตซ์ ขึ้นมาป้อนให้กับขา 14 ของเฟลต็อคลุป เบอร์ 4046 และเฟลต็อคลุปจะผลิตความถี่ 2.048 เมกะเฮิร์ตซ์ออกมาที่ขา 4 และนำความถี่ที่ได้เข้าวงจรหารความถี่ด้วย 8 จะได้ความถี่ 256 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่จุด D เพื่อป้อนให้แก่วงจรถอดรหัสสัญญาณเข้ารหัสพัลส์และนำความถี่ 8 กิโลเฮิร์ตซ์ที่จุด E ที่ได้จากภาคถอดรหัสสัญญาณเข้ารหัสพัลส์จากไอซีเบอร์ 74LS121 อีกตัวเพื่อนำความถี่ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับเฟสของความถี่ที่ผลิตจากขา 14 ของไอซีเบอร์ 4046 ถ้าเฟสไม่ตรงกัน ไอซีเฟลต็อคลุปจะพยายามเลื่อนเฟสของความถี่ที่ผลิตขึ้นมาใหม่ให้ตรงกับเฟสของอินพุต ดังนั้นสัญญาณนาฬิกาที่สร้างจากปลายทางจะตรงกับภาคส่ง

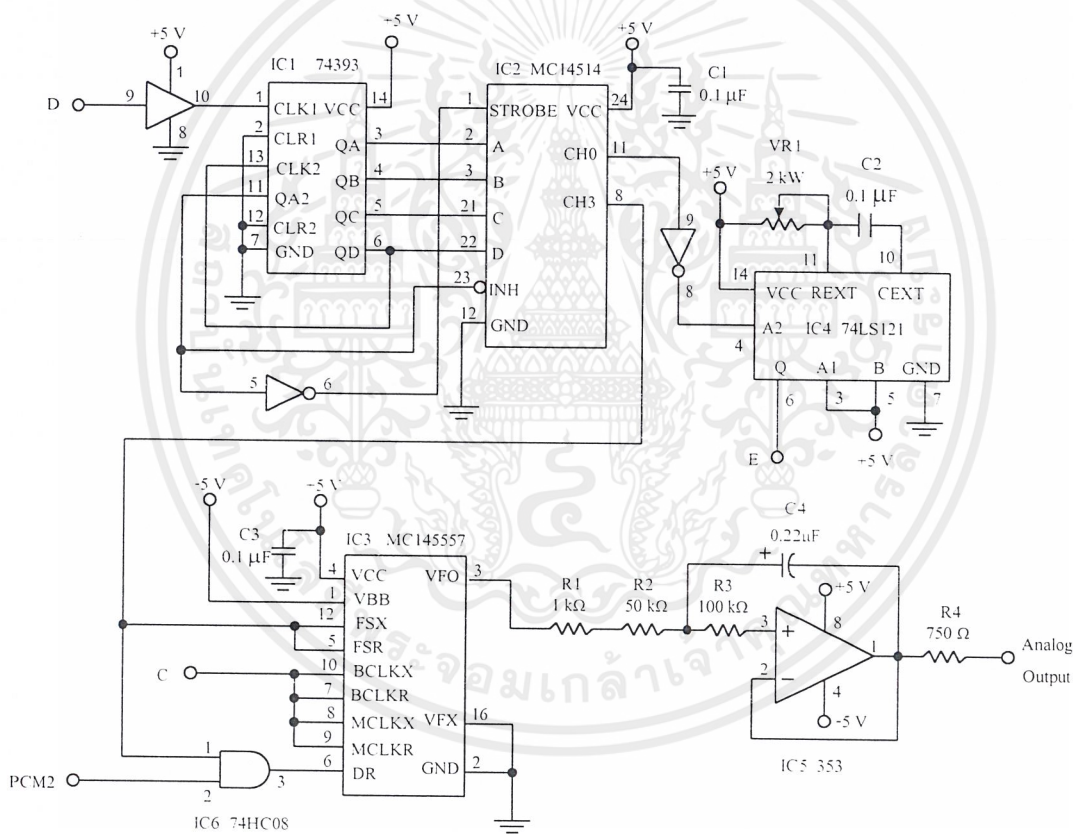


รูปที่ 3.16 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) วงจรถอดรหัสสัญญาณเข้ารหัสพัลส์

วงจรถอดรหัสสัญญาณเข้ารหัสพัลส์ใช้ไอซีเบอร์ MC145557 จะเหมือนกับวงจรเข้ารหัส และจะรับสัญญาณเข้ารหัสพัลส์มาจากจุด PCM2 โดยที่รับสัญญาณเข้ารหัสพัลส์เข้าที่ขา 6 และจะได้สัญญาณเสียงที่ขา 3 ซึ่งสัญญาณเสียงที่ได้นี้จะมีสัญญาณรบกวนเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวงจรกรองความถี่ต่ำโดยใช้ไอซีออปแอมป์เบอร์ 353 ต่อที่ขา 3 เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนเหล่านั้นออกไป และได้เฉพาะสัญญาณเสียงที่ต้องการออกมา ส่วนไอซีเบอร์ 74HC08 เป็นตัวแยกสัญญาณเข้ารหัสพัลส์ออกจากสัญญาณสัญญาณเข้าจังหวะให้เหลือเฉพาะสัญญาณเข้ารหัสพัลส์สัญญาณเดียว



รูปที่ 3.17 วงจรถอดรหัสสัญญาณเข้ารหัสพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10.1 การสร้างวงจรดีมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์

จากรูปที่ 3.15 เป็นวงจรขยายสัญญาณเข้ารหัสพัลส์ที่ใช้งานจริง ออปแอมป์ที่ใช้เป็นเบอร์ 353 ใช้แรงดันจากแหล่งจ่าย +5 V และ -5 V ส่วนบัฟเฟอร์เบอร์ 4050 ใช้แรงดัน +5 V

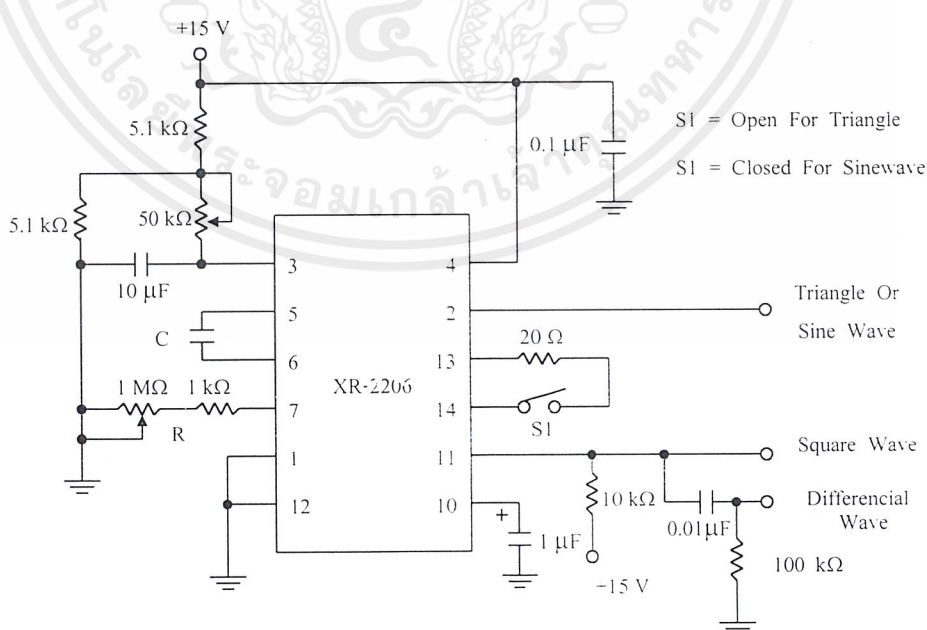
จากรูปที่ 3.16 เป็นวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาที่ใช้งานจริง โดยที่ VR1 ใช้ปรับความกว้างของพัลส์และ VR2 ใช้ปรับความถี่ที่ผลิตออกมาจากเฟสล็อกคูลูปให้ได้ความถี่ที่ 2.048 เมกะเฮิร์ตซ์ ในการต่อแหล่งจ่ายไฟให้แก่ไอซีแต่ละตัวจะต้องมีตัวเก็บประจุค่า 0.1 μF ต่ออยู่ด้วยเพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจากแหล่งจ่ายไฟ

จากรูปที่ 3.17 เป็นวงจรถอดรหัสสัญญาณเข้ารหัสพัลส์ที่ใช้งานจริง โดยจะต้องต่อความถี่ 2.048 เมกะเฮิร์ตซ์ที่จุด C และความถี่ 256 กิโลเฮิร์ตซ์ที่จุด D จากวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาให้วงจรถอดรหัสเข้ารหัสพัลส์เพื่อใช้เป็นฐานเวลา

3.11 วงจรผลิตความถี่

วงจรผลิตความถี่ที่ใช้ในชุดฝึกนี้สามารถผลิตรูปคลื่นออกมา 4 รูปแบบคือ รูปไซน์, รูปสามเหลี่ยม, รูปสี่เหลี่ยม และรูปดิฟเฟอเรนเชียล โดยใช้อิซีเบอร์ XR2206 ซึ่งเป็นไอซีโมโนลิธิคฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ ซึ่งมีการออกแบบและการสร้างดังต่อไปนี้

3.11.1 การออกแบบวงจรผลิตความถี่



รูปที่ 3.18 วงจรผลิตความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรในรูปที่ 3.18 ตัวต้านทาน R_1 ที่ต่ออนุกรมกับตัวต้านทานค่า $1\text{ k}\Omega$ ที่ขา 7 จะใช้ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อปรับความถี่ของสัญญาณที่เอาต์พุต และที่ค่า R_3 ที่ต่อกับขา 3 จะใช้เป็นตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อปรับแอมพลิจูดของรูปคลื่นของสัญญาณที่เอาต์พุตให้ตรงกับที่ ต้องการมากที่สุด เมื่อประกอบวงจรและป้อนไฟเข้าวงจรแล้ว ปรับค่า R_1 ให้มีความถี่ตามที่ต้องการ และใช้ออสซิลโลสโคปวัดเอาต์พุตที่ขา 11 จะได้สัญญาณสี่เหลี่ยม ที่ขา 2 จะได้สัญญาณสามเหลี่ยม เมื่อปิดสวิตช์ S_1 จะได้สัญญาณไซน์ หากสัญญาณที่เอาต์พุตมีแอมพลิจูดไม่สมมาตรให้ปรับ R_3 จนกว่าจะได้รูปคลื่นที่สมมาตร

ในการหาค่า f จะมีค่าเปลี่ยนไปตามค่าตัวต้านทาน R_1 โดยในที่นี้จะใช้ค่าที่คำนวณไว้ซึ่งได้แอมพลิจูดที่ใช้ทดลองคือ 2 V_{p-p}

จากรูปที่ 3.18 จะสังเกตได้ว่า R_1 จะเป็นตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ โดยความถี่เอาต์พุตสามารถกำหนดได้จาก f_0 เท่ากับ $1/RC$

$$\text{ดังนั้นค่าความถี่เอาต์พุตต่ำสุดที่ได้คือ } f_0 = \frac{1}{(1\text{ M}\Omega)(0.0047\text{ }\mu\text{F})} = 210\text{ เฮิรตซ์}$$

$$\text{และค่าความถี่ที่เอาต์พุตที่สูงสุดที่ได้คือ } f_0 = \frac{1}{(1\text{ k}\Omega)(0.0047\text{ }\mu\text{F})} = 210\text{ กิโลเฮิรตซ์}$$

3.11.2 การสร้างวงจรผลิตความถี่

จากรูปที่ 3.18 เป็นวงจรผลิตความถี่ที่ใช้งานจริงในชุดทดลองนี้ วงจรผลิตความถี่นี้ใช้แรงดัน $+5\text{V}$ ในการต่อไฟเข้าวงจรจะต้องมีตัวเก็บประจุค่า $0.1\text{ }\mu\text{F}$ เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนที่เกิดจากแหล่งจ่ายไฟ

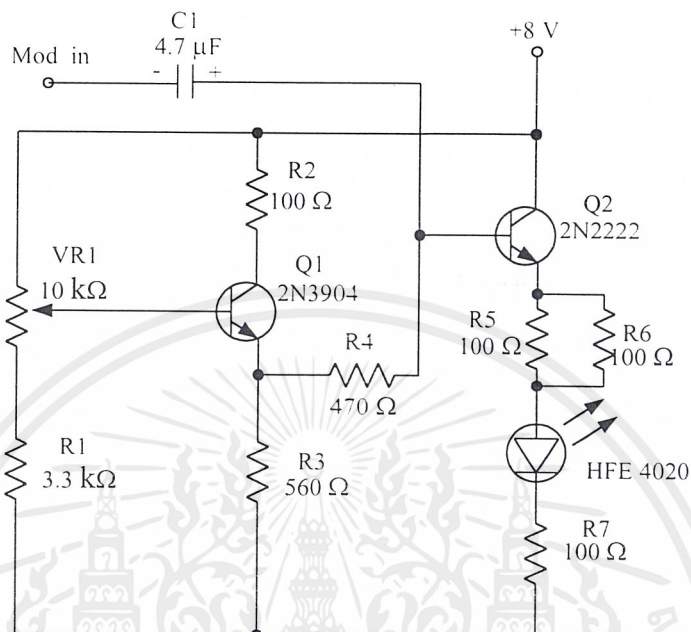
3.12 วงจรเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง

3.12.1 การออกแบบวงจรเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง

ในการออกแบบจะต้องเลือกอุปกรณ์ที่ตอบสนองความถี่สูงเพราะในชุดฝึกนี้จะใช้ส่งสัญญาณแบบเข้ารหัสพัลส์และภาพซึ่งอยู่ในช่วงความถี่สูงซึ่งจะต้องสามารถส่งสัญญาณได้ทั้งสัญญาณดิจิทัลและแอนะล็อก โดยในการออกแบบจะต้องใช้วงจรภาคเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสงที่มีอัตราการขยายสัญญาณที่มีความแรงสูงมากพอที่จะส่งสัญญาณผ่านเส้นใยแก้วนำแสงได้และจะต้องมีแบนด์วิดท์ที่กว้างซึ่งจะใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N2222 เป็นตัวขยายสัญญาณซึ่งทรานซิสเตอร์เบอร์นี้จะมีแบนด์วิดท์ที่กว้างและมีการขยายความถี่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.12.2 การสร้างวงจรเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง



รูปที่ 3.19 วงจรเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง

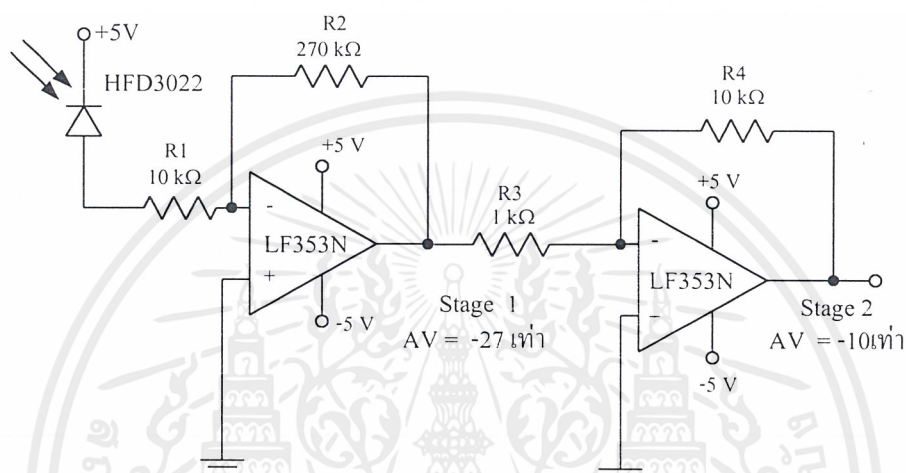
การสร้างวงจรเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสงนี้จะเลือกอุปกรณ์ที่ตอบสนองต่อความถี่สูงคือ LED ซึ่งเป็นตัวเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง เลือกใช้เบอร์ HFE 4020 ซึ่งมีแบนด์วิดท์ 10 MHz และเลือกใช้ทรานซิสเตอร์สำหรับการขับ ให้ LED เปล่งแสง โดยใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N2222A ซึ่งสามารถรับความถี่อินพุตได้สูงถึง 250 MHz โดยมี R5, R6 และ R7 ทำหน้าที่ในการโหลดกระแสให้กับ LED และในวงจรนี้จะมีวงจรยกระดับแรงดัน เพื่อยกระดับสัญญาณที่ในซิกลอป ให้ขึ้นไปอยู่ในซิกบวก เพื่อไม่ให้สัญญาณถูกขริบเมื่อผ่านวงจรขับแสง โดยทรานซิสเตอร์ Q1 เบอร์ 2N3904 ทำหน้าที่จ่ายแรงดันสำหรับยกระดับสัญญาณ โดยมี VR1 เป็นค่าแรงดันสำหรับยกระดับสัญญาณ ซึ่งสามารถยกระดับสัญญาณได้ในช่วง +5 V ถึง +7 V เพื่อให้วงจรสามารถส่งสัญญาณ ได้ทั้งสัญญาณดิจิทัลและแอนะล็อกด้วย

สำหรับ LED นี้จะผลิตคลื่นแสงที่มีความยาวคลื่นประมาณ 850 นาโนเมตร สามารถใช้กับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงสูงสุด 8 โวลต์ ขณะได้รับการไบอัสตรงจะมีแรงดันตกคร่อมประมาณ 0.89 โวลต์ ถึง 1.32 โวลต์

3.13 วงจรเปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า

ในการออกแบบวงจรเปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้านี้จะต้องออกแบบสามารถตอบสนองความถี่สูงได้เช่นเดียวกับวงจรเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง

3.13.1 การออกแบบวงจรเปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า



รูปที่ 3.20 วงจรเปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า

3.13.2 การสร้างวงจรเปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า

ในการสร้างวงจรเปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้าจะเลือกใช้โฟโตไดโอดเบอร์ HFD3022 ซึ่งจะรับสัญญาณแสงแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าซึ่งจะใช้ไอซีเบอร์ LF353 เป็นตัวขยายสัญญาณจากโฟโตไดโอด โดยมีอัตราขยายเท่ากับ 270 เท่า ซึ่งคำนวณได้จาก

ในส่วนที่ 1 (Stage 1)

$$\begin{aligned} AV &= -\frac{R2}{R1} \\ &= -\frac{270 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega} \\ &= -27 \text{ เท่า} \end{aligned} \quad (3.3)$$

ในส่วนที่ 2 (Stage 2)

$$AV = -\frac{R3}{R4}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= -\frac{100 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega}$$

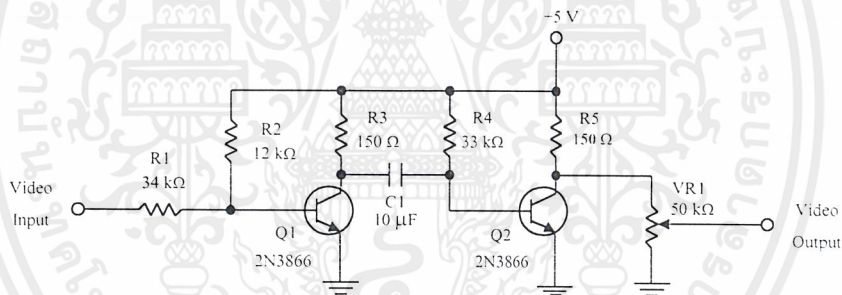
$$= -10 \text{ เท่า}$$

โดยในรายละเอียดของอุปกรณ์โฟโต้ไดโอดมีแบนด์วิธเท่ากับ 50 MHz ไอซีเบอร์ LF 353 มีแบนด์วิธเท่ากับ 4 MHz และความถี่คัตออฟเท่ากับ 10 MHz

3.14 วงจรรับสัญญาณภาพ

3.14.1 การออกแบบวงจรรับสัญญาณภาพ

การออกแบบวงจรรับสัญญาณภาพที่ใช้ในชุดฝึกนี้ไม่ได้ใช้วิธีการคำนวณแต่อาศัยการศึกษาค้นคว้าคุณสมบัติของอุปกรณ์ในรายละเอียดของอุปกรณ์ และนำคุณสมบัติเหล่านั้นมาทำการทดลอง จึงได้เป็นวงจรออกมามีดังรูป 3.21



รูปที่ 3.21 วงจรรับสัญญาณภาพ

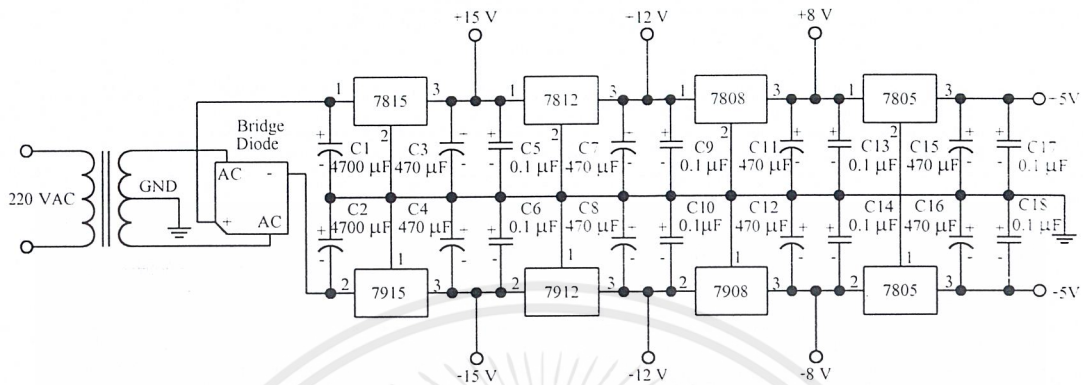
3.15 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

3.15.1 การออกแบบวงจรแหล่งจ่ายไฟ

ในการออกแบบวงจรแหล่งจ่ายไฟในการเป็นแหล่งจ่ายแรงดันป้อนให้กับวงจรต่างๆ ซึ่งแรงดันที่ใช้งานจะมีทั้งแรงดันไฟบวกและแรงดันไฟลบคือตั้งแต่แรงดัน -5 V, +5 V, -8 V, +8 V, -12 V, +12 V, -15 V และ +15 V โดยแรงดันที่ใช้งานจะเป็นแรงดันแบบคงที่คือจะใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์ตระกูล 78XX และ 79XX ในการกำเนิดแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.15.2 การสร้างวงจรแหล่งจ่ายไฟ



รูปที่ 3.22 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

การสร้างวงจรแหล่งจ่ายไฟจะใช้หม้อแปลง ขนาด 1 แอมป์(A) และใช้ไดโอดแบบบริดจ์ที่ทนกระแส 6A ในการสร้างวงจรเรียงกระแส (Rectifier) และจะถูกต้องกับตัวเก็บประจุ 4700 μF 2 ตัว ทั้งทางด้านไฟบวกและไฟลบซึ่งตัวเก็บประจุจะทำหน้าที่ในการกรองกระแสเพื่อจ่ายให้วงจร ส่วนทางด้านไอซีเบอร์ 78XX และ 79XX นั้นจะกำเนิดแรงดันไฟฟ้าคงที่โดยที่ไอซีเบอร์ 78XX จะกำเนิดแรงดันทางด้านบวก โดยขาที่ 1 จะเป็นอินพุตขาที่ 2 เป็นกราวด์และขาที่ 3 เป็นเอาต์พุต ส่วนไอซีเบอร์ 79XX จะกำเนิดแรงดันทางด้านลบ โดยขาที่ 1 เป็นกราวด์ ขาที่ 2 เป็นอินพุต และขาที่ 3 เป็นเอาต์พุต

ในการนำไปใช้งานนั้นจะต้องสร้างวงจรแหล่งจ่ายไฟทั้งหมด 2 วงจร คือ ทางด้านภาคส่งและทางด้านภาครับโดยข้อควรระวังในการสร้าง คือ ก่อนจะป้อนแรงดันไฟ 220 AC ควรจะตรวจสอบดูขาของไอซีเร็กกูเลเตอร์ก่อนว่าได้ต่อวงจรถูกต้องแล้วหรือไม่จากนั้นก็ทำการป้อนแรงดันไฟ 220 AC วัดแรงดันทางด้านเอาต์พุตทุกจุดว่าได้แรงดันตามที่ได้ออกแบบไว้หรือไม่

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองของวงจรการส่งสัญญาณผ่านเส้นใยแก้วนำแสงและการรับสัญญาณผ่านเส้นใยแก้วนำแสงโดยจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ คือชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสง 2 ชุด, แหล่งกำเนิดสัญญาณ 2 เครื่อง, เครื่องเล่นวิทยุเทป 1 เครื่อง, เครื่องเล่นวีดีโอเทป 1 เครื่องและออสซิลโลสโคป 1 เครื่อง

4.1 การทดลองและผลการทดลองการส่งสัญญาณต่างๆ ผ่านเส้นใยแก้วนำแสง

4.1.1 ลำดับขั้นการทดลอง

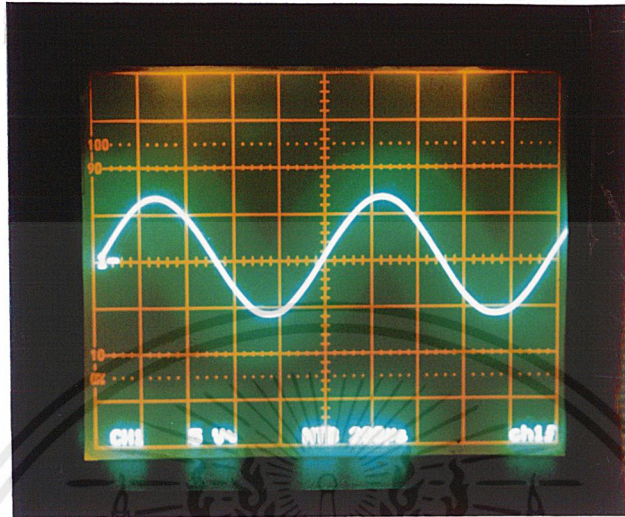
1. นำแหล่งกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นไซน์ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ตซ์ ขนาด 10 Vp-p ป้อนให้กับภาคขับสัญญาณ ที่จุด TS5
2. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณที่จุด TS6
3. ปรับปุ่มความเข้มแสง (Adjust) ให้ได้สัญญาณไม่มีการผิดเพี้ยน
4. วัดสัญญาณที่จุด TR2 บันทึกสัญญาณที่วัดได้
5. นำแหล่งกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยมความถี่ 1 กิโลเฮิร์ตซ์ ขนาด 3 Vp-p ป้อนให้กับภาคขับสัญญาณ ที่จุด TS5
6. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณที่จุด TS6
7. ปรับปุ่มปรับความเข้มแสง (Adjust) ให้ได้สัญญาณไม่มีการผิดเพี้ยน
8. วัดสัญญาณที่จุด TR2 บันทึกสัญญาณที่วัดได้
9. นำแหล่งกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมความถี่ 1 กิโลเฮิร์ตซ์ ขนาด 2 Vp-p ป้อนให้กับภาคขับสัญญาณ ที่จุด TS5
10. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณที่จุด TS6
11. ปรับปุ่มปรับความเข้มแสง (Adjust) ให้ได้สัญญาณไม่มีการผิดเพี้ยน
12. วัดสัญญาณที่จุด TR2 บันทึกสัญญาณที่วัดได้

4.1.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองมีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

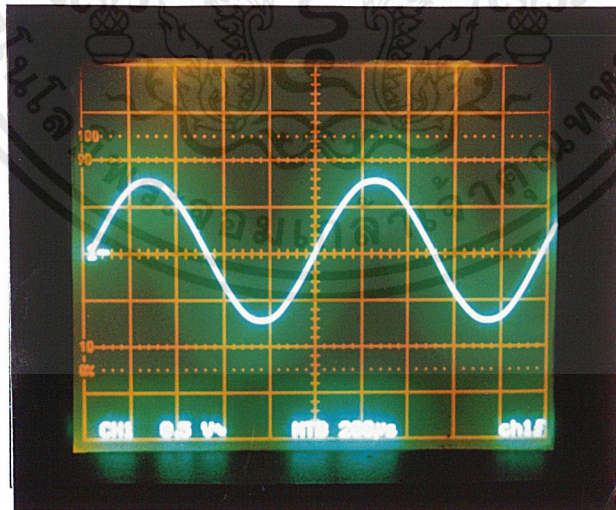
จุด TS6 สัญญาณอินพุตรูปคลื่นไซน์



Volt/Div. = 5 V Time/Div. = 200 μ S

รูปที่ 4.1 สัญญาณอินพุตรูปคลื่นไซน์

จุด TR2 สัญญาณเอาต์พุตของภาครับสัญญาณ

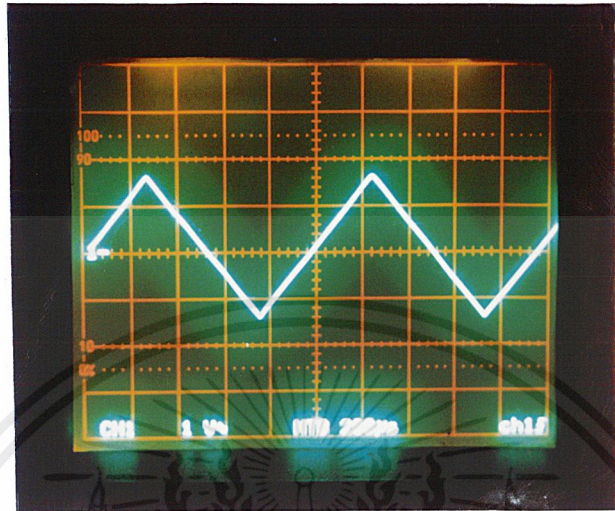


Volt/Div. = 0.5V Time/Div. = 200 μ S

รูปที่ 4.2 สัญญาณเอาต์พุตของภาครับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

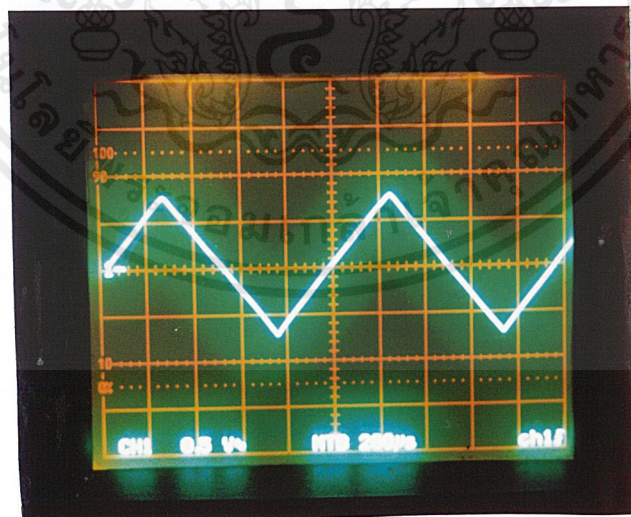
จุด TS6 สัญญาณอินพุตรูปคลื่นสามเหลี่ยม



Volt/Div. = 1V Time/Div. = 200 μ S

รูปที่ 4.3 สัญญาณอินพุตรูปคลื่นสามเหลี่ยม

จุด TR2 สัญญาณเอาต์พุตของภาครับสัญญาณ

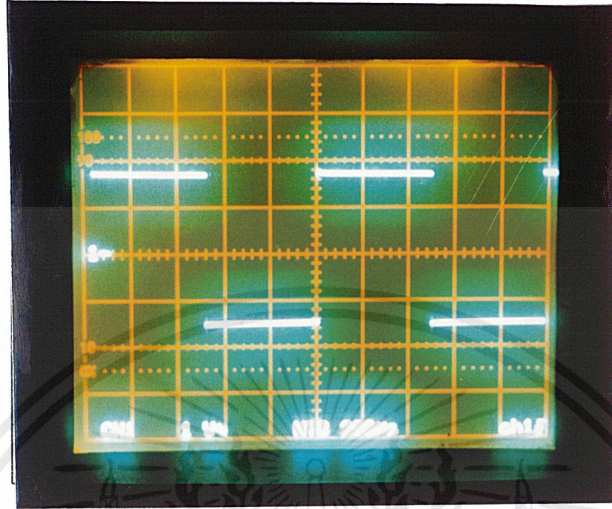


Volt/Div. = 0.5 V Time/Div. = 200 μ S

รูปที่ 4.4 สัญญาณเอาต์พุตของภาครับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

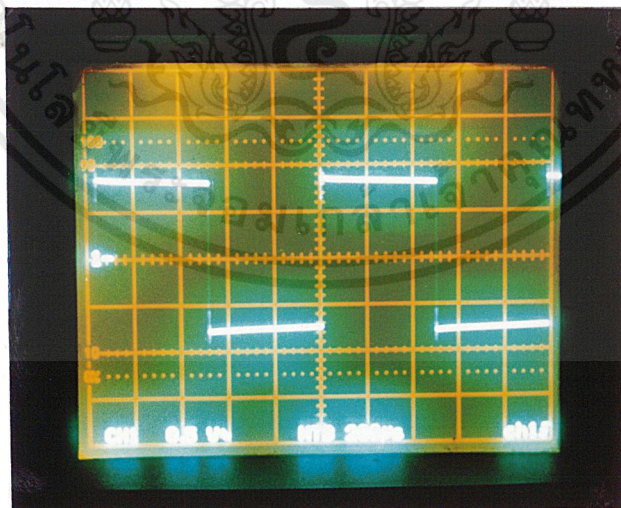
จุด TS6 อินพุตรูปคลื่นสี่เหลี่ยม



Volt/Div. = 1 V Time/Div. = 200 μ S

รูปที่ 4.5 สัญญาณอินพุตรูปคลื่นสี่เหลี่ยม

จุด TR2 สัญญาณเอาต์พุตของภาครับสัญญาณ



Volt/Div. = 0.5 V Time/Div. = 200 μ S

รูปที่ 4.6 สัญญาณเอาต์พุตของภาครับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

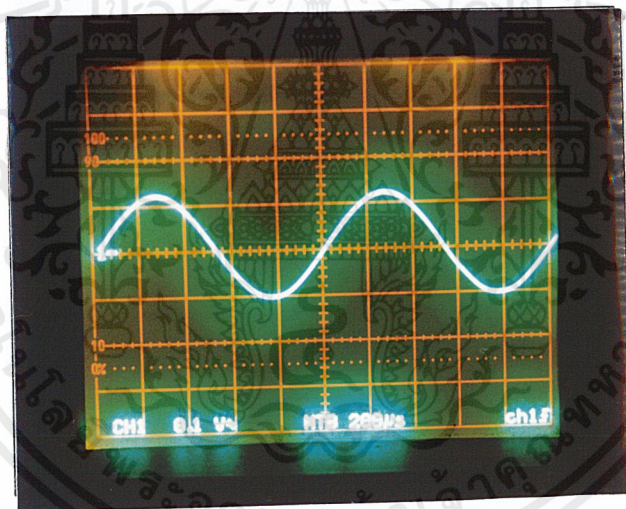
4.2 การทดลองและผลการทดลองวงจรมอดูเลตแบบแอมพลิฟิเคชัน

4.2.1 ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ป้อนแหล่งกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นไซน์ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ตซ์ ขนาด 0.2 Vp-p ที่จุด TS3
2. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณที่จุด TS9 และ TS10
3. ต่อจุด TS10 ไปยังจุด TS5
4. ต่อจุด TR2 ไปยังจุด TR3 วัดสัญญาณที่จุด TR4

4.2.2 ผลการทดลอง

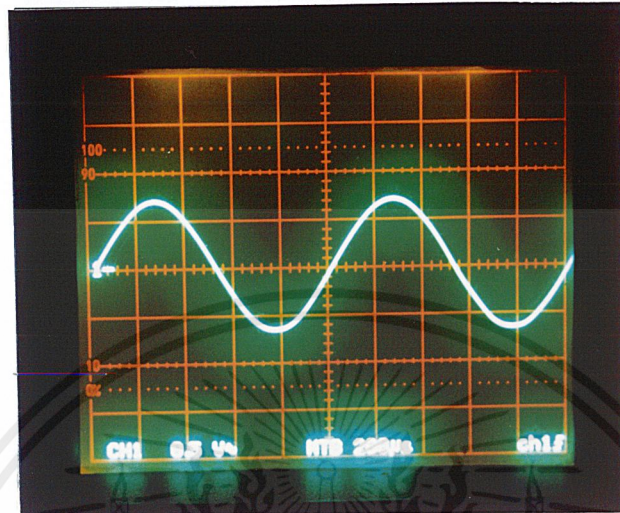
ผลการทดลองที่วัดได้จากการทดลองมีดังต่อไปนี้
จุด TS9 สัญญาณอินพุตรูปคลื่นไซน์ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ตซ์ ขนาด 0.2 Vp-p



Volt/Div. = 0.1 V Time/Div. = 200 μ S

รูปที่ 4.7 สัญญาณอินพุตรูปคลื่นไซน์ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ตซ์ ขนาด 0.2 Vp-p

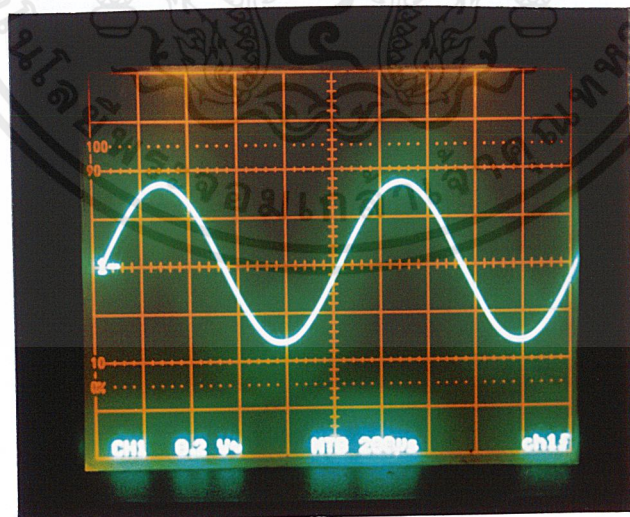
จุด TS10 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรมอดูเลตแบบแอมป์ติจูด



Volt/Div. = 0.5 V Time/Div. = 200 μ S

รูปที่ 4.8 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรมอดูเลตแบบแอมป์ติจูด

จุด TR4 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรดีมอดูเลตแบบแอมป์ติจูด



Volt/Div. = 0.2 V Time/Div. = 200 μ S

รูปที่ 4.9 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรดีมอดูเลตแบบแอมป์ติจูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

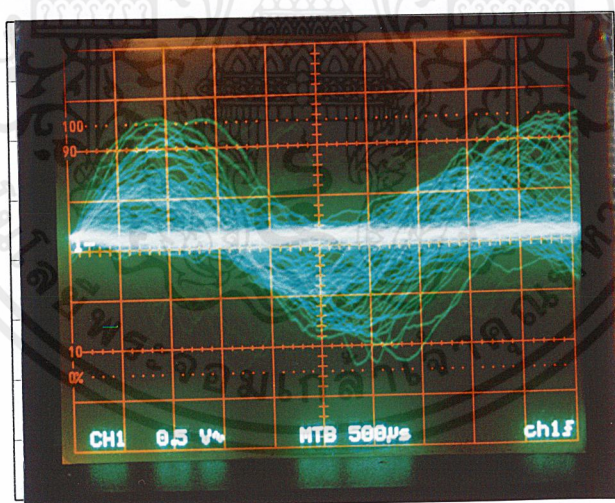
4.3 การทดลองและผลการทดลองการส่งสัญญาณเสียงผ่านเส้นใยแก้วนำแสงชนิดโหมดเดี่ยว

4.3.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1. ในวงจรการส่งสัญญาณเสียงผ่านเส้นใยแก้วนำแสงนั้นจะใช้ร่วมกับวงจรมอดูเลตแบบแอมพลิฟายด์โดยต่อแหล่งกำเนิดสัญญาณเสียงจากเครื่องเล่นวิทยุต่อเข้าทางจุด TS8
2. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณที่จุด TS9 และ TS10 บันทึกสัญญาณที่วัดได้
3. ต่อจุด TS10 ไปยังจุด TS5
4. ต่อจุด TR2 ไปยังจุด TR3 วัดสัญญาณที่จุด TR4
5. ต่อจุด TR4 ไปยังจุดต่อลำโพงสังเกตการเปลี่ยนแปลง

4.3.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองมีดังต่อไปนี้
จุด TS9 สัญญาณเสียงอินพุตจากเครื่องเล่นเทป

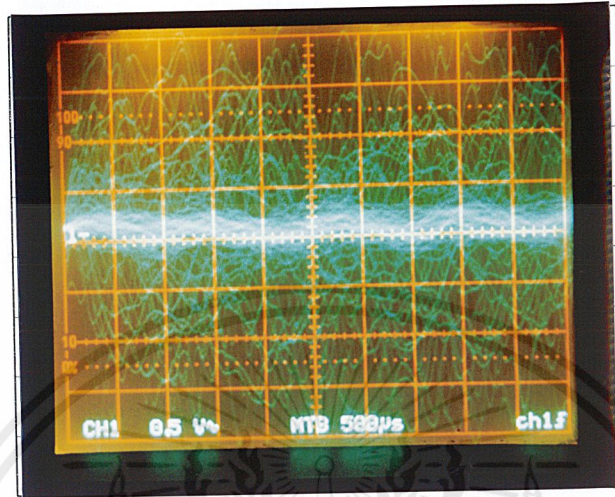


Volt/Div. = 0.5 V Time/Div. = 500 μ S

รูปที่ 4.10 สัญญาณอินพุตจากเครื่องเล่นเทป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

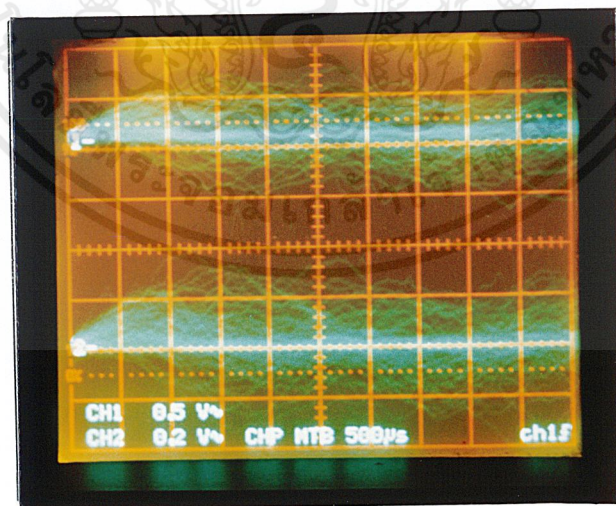
จุด TS10 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรมอดูเลตแบบแอมพลิฟิแคด



Volt/Div. = 0.5 V Time/Div. = 500 μ S

รูปที่ 4.11 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรมอดูเลตแบบแอมพลิฟิแคด

จุด TR4 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรดีมอดูเลตแบบแอมพลิฟิแคดเทียบกับจุดอินพุต



CH1 Volt/Div. = 0.5 V Time/Div. = 500 μ S

CH2 Volt/Div. = 0.2 V Time/Div. = 500 μ S

รูปที่ 4.12 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรดีมอดูเลตแบบแอมพลิฟิแคด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

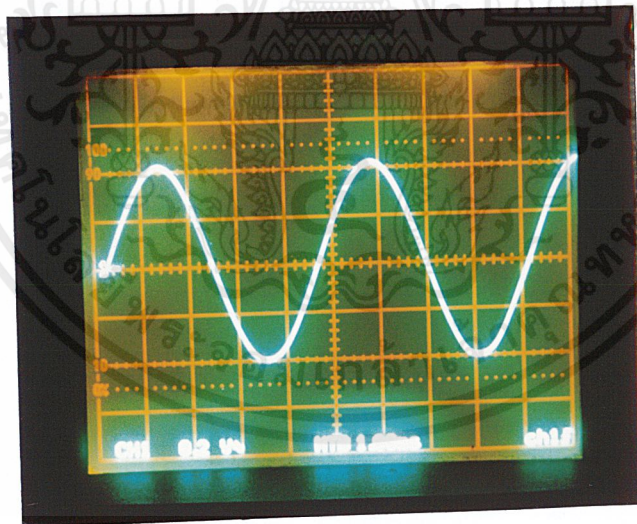
4.4 การทดลองและผลการทดลองวงจรมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์

4.4.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1. ป้อนสัญญาณอินพุตมอดูเลตรูปคลื่นไซน์ความถี่ 200 เฮิรตซ์ ขนาด 0.8 Vp-p ที่จุด TS11 และป้อนสัญญาณการสุ่มตัวอย่างรูปคลื่นสามเหลี่ยมความถี่ 1,800 เฮิรตซ์ ขนาด 8 Vp-p ที่จุด TS13
2. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณที่จุด TS12 และที่จุด TS 14 บันทึกผลสัญญาณที่วัดได้
3. วัดสัญญาณที่จุด TS 16 บันทึกสัญญาณที่วัดได้
4. ต่อจุด TS16 ไปยังจุด TS5
5. ต่อจุด TR2 ไปยังจุด TR5 วัดสัญญาณที่จุด TR7 บันทึกสัญญาณที่วัดได้

4.4.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองมีดังต่อไปนี้
จุด TS12 สัญญาณอินพุตมอดูเลตรูปคลื่นไซน์ความถี่ 200 เฮิรตซ์ ขนาด 0.8 Vp-p

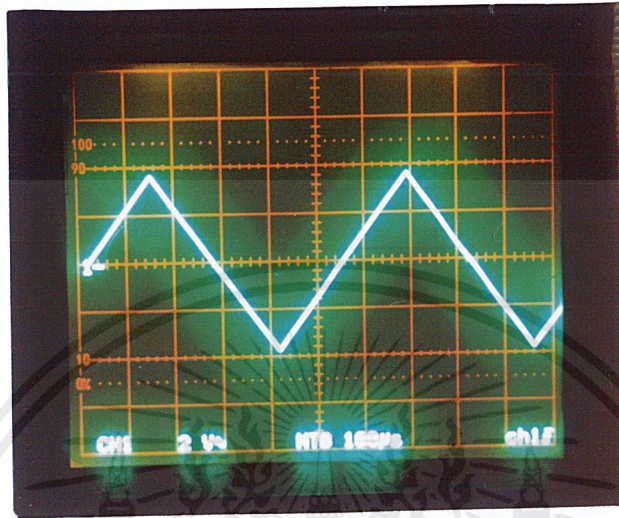


Volt/Div. = 0.2 V Time/Div. = 1 mS

รูปที่ 4.13 สัญญาณอินพุตมอดูเลตรูปคลื่นไซน์ความถี่ 200 เฮิรตซ์ ขนาด 0.8 Vp-p

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

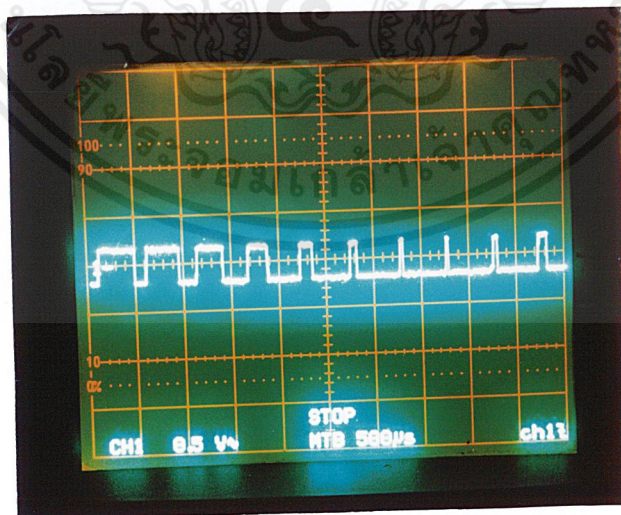
จุด TS14 สัญญาณการสุมตัวอย่างรูปคลื่นสามเหลี่ยมความถี่ 1.800 เฮิรตซ์ ขนาด 8 Vp-p



Volt/Div. = 2 V Time/Div. = 100 μ S

รูปที่ 4.14 สัญญาณการสุมตัวอย่างรูปคลื่นสามเหลี่ยมความถี่ 1.800 เฮิรตซ์ ขนาด 8 Vp-p

จุด TS16 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์

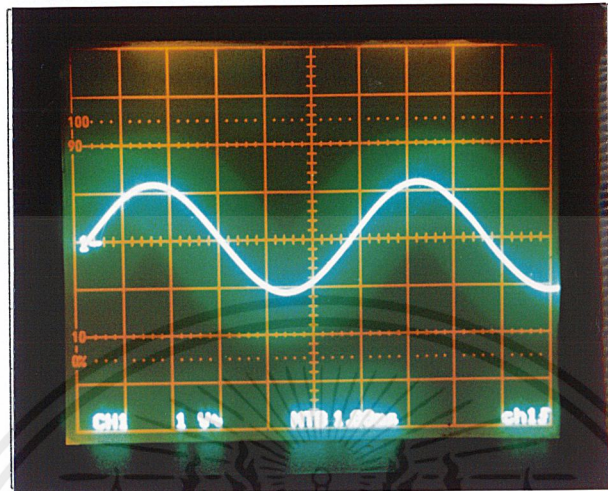


Volt/Div. = 0.5 V Time/Div. = 500 μ S

รูปที่ 4.15 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุด TR7 สัญญาณเอาต์พุตวงจรมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์



Volt/Div. = 1 V Time/Div. = 1 mS

รูปที่ 4.16 สัญญาณเอาต์พุตวงจรมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์

4.5 การทดลองและผลการทดลองวงจรมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์

4.5.1 ลำดับขั้นการทดลอง

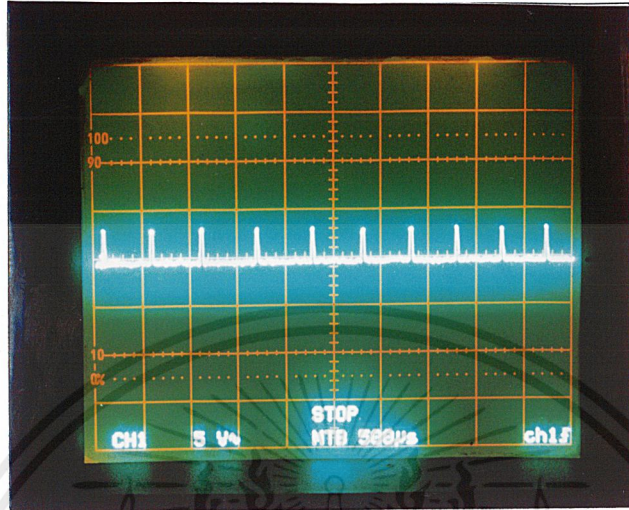
1. วงจรการมอดูเลชั่นและดีมอดูเลชั่นแบบตำแหน่งพัลส์จะใช้วงจรมอดูเลชั่นแบบความกว้างพัลส์เป็นอินพุตของสัญญาณ โดยที่จะป้อนสัญญาณที่จุด TS16 เข้าที่จุด TS17
3. ต่อจุด TS19 ไปยังจุด TS20
4. ต่อจุด TS21 ไปยังจุด TS22 วัดสัญญาณที่จุด TS23 บันทึกผลสัญญาณที่วัดได้
5. ต่อจุด TS23 ไปยังจุด TS5
6. ต่อจุด TR2 ไปยังจุด TR8 วัดสัญญาณที่จุด TR10 บันทึกผลสัญญาณที่วัดได้

4.5.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองมีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

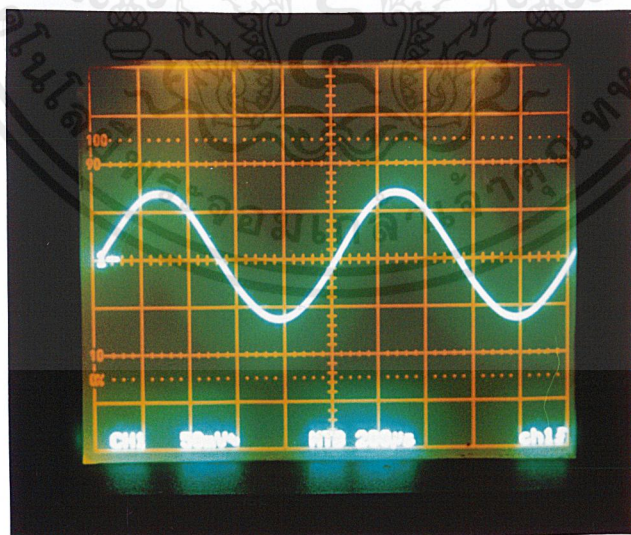
จุด TS23 สัญญาณเอาต์พุตวงจรมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์



Volt/Div. = 0.2 V Time/Div. = 500 μ S

รูปที่ 4.17 สัญญาณเอาต์พุตวงจรมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์

จุด TR10 สัญญาณเอาต์พุตวงจรมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์



Volt/Div. = 50 mV Time/Div. = 200 μ S

รูปที่ 4.18 สัญญาณเอาต์พุตวงจรมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การทดลองและผลการทดลองวงจรมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลาและวงจร

ดีมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา

4.6.1 ลำดับขั้นการทดลอง

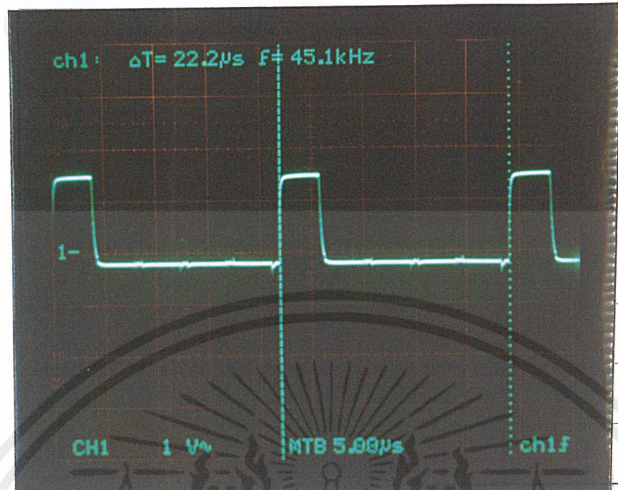
1. ทดสอบวงจรมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลาทางด้านชุดส่งโดยไม่ส่งผ่านเส้นใยแก้วนำแสง
2. วัดสัญญาณที่จุด TS26 ซึ่งจะได้สัญญาณเข้าจังหวะ บันทึกผลของสัญญาณที่วัดได้
3. ทดสอบวงจรมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา 1 ช่องสัญญาณ โดยการนำสัญญาณรูปคลื่นไซน์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณ (TDM Function Generator) ที่จุด TS1 โดยปรับให้ได้ความถี่ 2 กิโลเฮิร์ตซ์ ขนาด 2 Vp-p ต่อไปยังจุด TS24 วัดสัญญาณที่จุด TS26 บันทึกสัญญาณที่ได้จากการทดลอง
4. ทดสอบวงจรมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา 4 ช่องสัญญาณ โดยการนำสัญญาณทั้ง 4 รูปคลื่นคือ รูปคลื่นไซน์, รูปคลื่นสามเหลี่ยม, รูปคลื่นสี่เหลี่ยม และรูปคลื่นดิฟเฟอเรนเชียลเอเตอร์ ต่อเข้าที่ภาคการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา
5. ต่อจุด TS1 ไปยังจุด TS24
6. ต่อจุด TS2 ไปยังจุด TS27
7. ต่อจุด TS3 ไปยังจุด TS30
8. ต่อจุด TS4 ไปยังจุด TS33
9. วัดสัญญาณที่จุด TS26 บันทึกผลสัญญาณที่วัดได้
10. ประกอบวงจรชุดส่งและชุดรับการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งช่วงเวลาผ่านเส้นใยแก้วนำแสง
11. ปรับความถี่ที่จุด TR17 ให้ได้ประมาณ 225 กิโลเฮิร์ตซ์ ซึ่งเท่ากับสัญญาณนาฬิกาของภาคส่ง วัดสัญญาณที่จุด TR17 บันทึกสัญญาณที่วัดได้
12. ใช้ออสซิลโลสโคป 4 ช่องสัญญาณวัดสัญญาณที่จุด TR18, TR19, TR20 และ TR21 แล้วนำสัญญาณรูปคลื่นไซน์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณที่จุด TS1 ไปยังจุด TS24 แล้วทำการปรับความถี่ด้านทานปรับค่าได้ ของชุดดีมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลาให้มีสัญญาณไซน์ที่จุด TR18 ชัดเจนที่สุด บันทึกผลสัญญาณที่วัดได้
13. นำสัญญาณที่จุด TS1 ต่อไปยังจุด TS27, TS3 ต่อไปยังจุด TS30 และ TS4 ต่อไปยังจุด TS33 บันทึกผลสัญญาณที่วัดได้

4.6.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองมีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

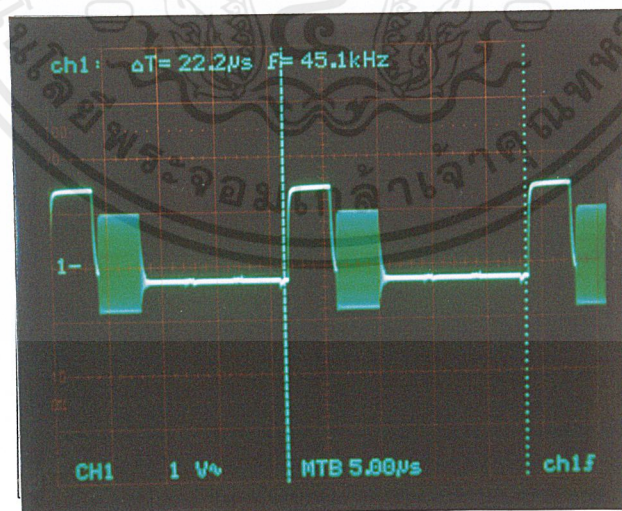
จุด TS26 สัญญาณการเข้าจังหวะ



Volt/Div. = 1 V Time/Div. = 5 μ S

รูปที่ 4.19 สัญญาณการเข้าจังหวะ

จุด TS26 สัญญาณการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา 1 ช่องสัญญาณขณะยังไม่ผ่านเส้นใยแก้วนำแสง

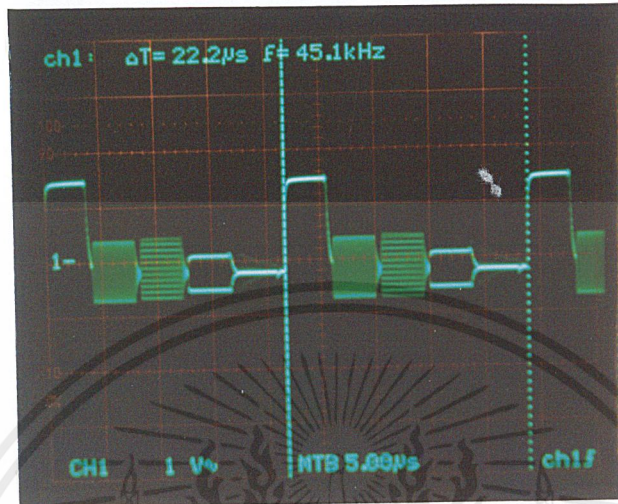


Volt/Div. = 1 V Time/Div. = 5 μ S

รูปที่ 4.20 สัญญาณการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา 1 ช่องสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

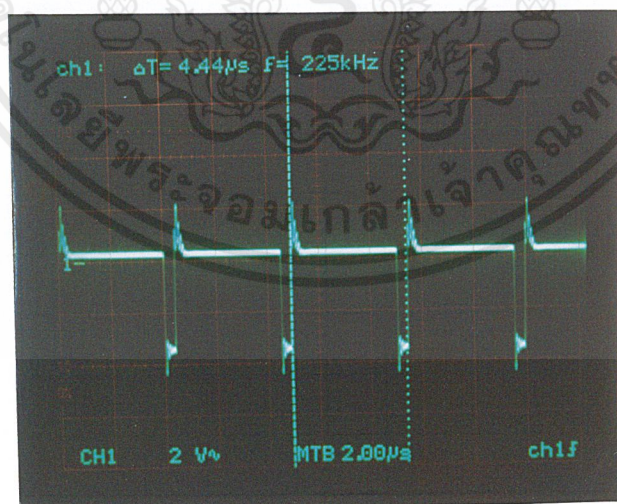
จุด TR26 สัญญาณการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา 4 ช่องสัญญาณขณะยังไม่ผ่านเส้นใยแก้วนำแสง



Volt/Div. = 1 V Time/Div. = 5 μs

รูปที่ 4.21 สัญญาณการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา 4 ช่องสัญญาณ

จุด TR17 สัญญาณนาฬิกาวงจรมีความถี่ 225 กิโลเฮิร์ตซ์

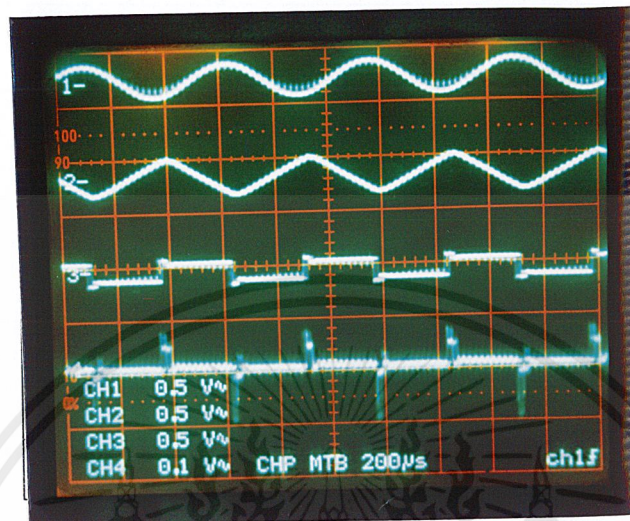


Volt/Div. = 2 V Time/Div. = 2 μs

รูปที่ 4.22 สัญญาณนาฬิกาวงจรมีความถี่ 225 กิโลเฮิร์ตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดสัญญาณการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา 4 ช่องสัญญาณขณะผ่านเส้นใยแก้วนำแสง



Volt/Div. = 0.5 V Time/Div. = 200 μ s

รูปที่ 4.23 สัญญาณการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา 4 ช่องสัญญาณขณะผ่านเส้นใยแก้วนำแสง

4.7 การทดลองและผลการทดลองวงจรการมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์และ วงจรมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์

4.7.1 ลำดับขั้นการทดลอง

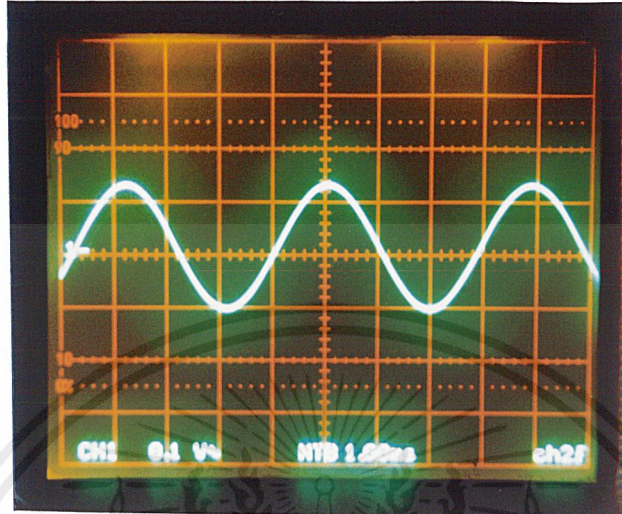
1. ป้อนสัญญาณอินพุตรูปคลื่นไซน์ความถี่ 1,500 เฮิร์ตซ์ เข้าที่จุด TS37
2. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณที่จุด TS38 และ TS42 บันทึกผลสัญญาณที่วัดได้
3. ต่อจุด TS42 ไปยังจุด TS5
4. ต่อจุด TR2 ไปยังจุด TR22 วัดสัญญาณที่จุด TR26 บันทึกผลสัญญาณที่วัดได้

4.7.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองมีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

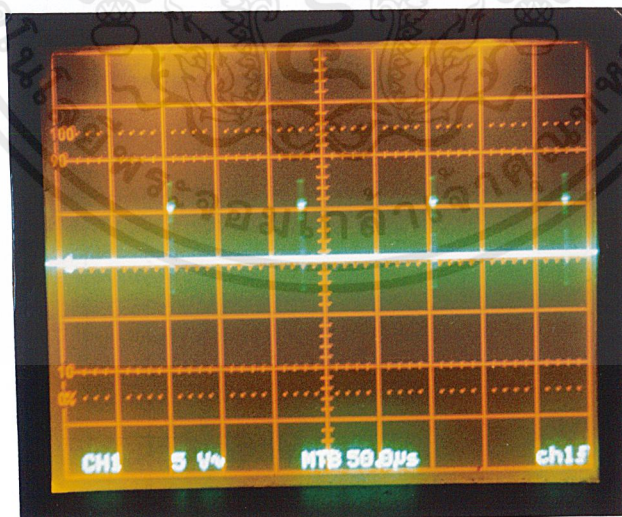
จุด TS38 สัญญาณอินพุตรูปคลื่นไซน์ความถี่ 1,500 เฮิรตซ์



Volt/Div. = 0.1 V Time/Div. = 1 mS

รูปที่ 4.24 สัญญาณอินพุตรูปคลื่นไซน์ความถี่ 1,500 เฮิรตซ์

จุด TS42 สัญญาณเอาต์พุตวงจรมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลซ์

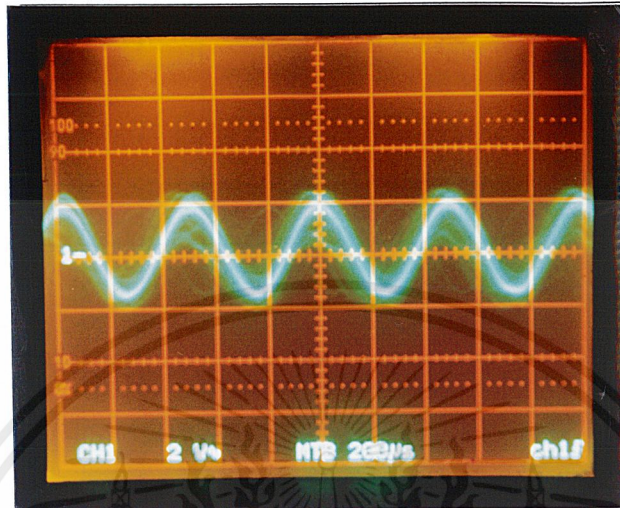


Volt/Div. = 5 V Time/Div. = 50 μ S

รูปที่ 4.25 สัญญาณเอาต์พุตวงจรมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุด TR26 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรดีมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลซ์



Volt/Div. = 2 V Time/Div. = 200 μ s

รูปที่ 4.26 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรดีมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลซ์

4.8 การทดลองและผลการทดลองการส่งสัญญาณภาพผ่านเส้นใยแก้วนำแสง

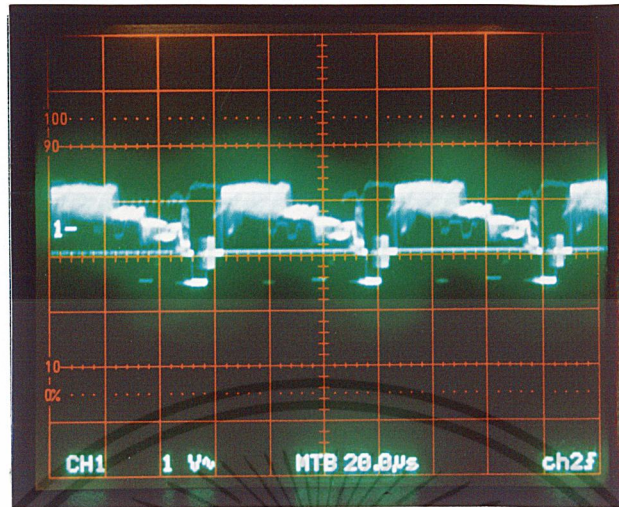
4.8.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1. ในการส่งสัญญาณภาพผ่านเส้นใยแก้วนำแสงนั้นจะใช้แหล่งกำเนิดสัญญาณภาพจากเครื่องเล่นวีดีโอเทป โดยนำเอาเอาต์พุตของเครื่องเล่นวีดีโอเทปต่อที่จุด TS5
2. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณที่จุด TS6 บันทึกผลสัญญาณที่วัดได้
3. ต่อจุด TR2 ไปยังจุด TR27 วัดสัญญาณที่จุด TR29 บันทึกผลสัญญาณที่วัดได้

4.8.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองมีดังต่อไปนี้

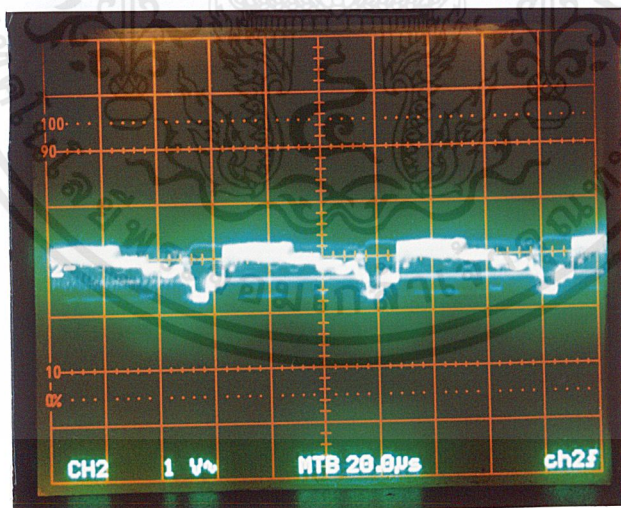
จุด TS6 สัญญาณเอาต์พุตของภาคขับสัญญาณ



Volt/Div. = 1 V Time/Div. = 20 μ S

รูปที่ 4.27 สัญญาณเอาต์พุตของภาคจับสัญญาณ

จุด TR29 สัญญาณเอาต์พุตของภาคขยายสัญญาณภาพ



Volt/Div. = 1 V Time/Div. = 20 μ S

รูปที่ 4.28 สัญญาณเอาต์พุตของภาคขยายสัญญาณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไขและพัฒนา

5.1 บทสรุป

ชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสงชนิด โหมดเดียว ได้จัดทำขึ้น โดยแบ่งชุดทดลองออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดภาคส่งสัญญาณและชุดภาครับสัญญาณ โดยที่ชุดฝึกภาคส่งสัญญาณจะประกอบด้วย การทดลอง ดังนี้

1. ชุดฝึกวงจรมอดูเลตแบบแอมพลิฟูด
2. ชุดฝึกวงจรมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์
3. ชุดฝึกวงจรมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์
4. ชุดฝึกวงจรมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา
5. ชุดฝึกวงจรมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์
6. ชุดส่งสัญญาณเสียง

ชุดฝึกภาครับสัญญาณจะประกอบด้วย การทดลอง ดังนี้

1. ชุดฝึกวงจรดีมอดูเลตแบบแอมพลิฟูด
2. ชุดฝึกวงจรดีมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์
3. ชุดฝึกวงจรดีมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์
4. ชุดฝึกวงจรดีมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา
5. ชุดฝึกวงจรดีมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์
6. ชุดฝึกการส่งสัญญาณภาพ

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดทำโครงการ

ในการจัดทำโครงการชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสงชุดนี้ สามารถที่จะสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

1. อุปกรณ์ตัวรับสัญญาณและตัวส่งสัญญาณหาซื้อได้ยากและราคาแพง
2. สัญญาณเอาต์พุตของวงจรมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์ที่ได้เลื่อนไปมาไม่คงที่
3. การออกแบบวงจรพัลส์โค้ดมอดูเลชันและการปรับแต่งสัญญาณทางด้านเอาต์พุตจะทำได้ยากและเกิดสัญญาณรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สัญญาณเอาต์พุตของวงจรดีมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลซกระเพื่อมตลอดเวลา
5. อุปกรณ์ที่ใช้งานมีค่าผิดพลาดสูงและมีสัญญาณรบกวนสูง

5.3 แนวทางแก้ไข

1. อุปกรณ์ตัวรับสัญญาณและตัวส่งสัญญาณต้องทำการสั่งซื้อจากต่างประเทศ
2. ทำการปรับที่ความถี่อินพุตรูปลิ้นไซน์ให้สัญญาณอยู่นิ่งที่สุด
3. การออกแบบจะต้องศึกษาจากตำราภาษาอังกฤษและจากวารสารต่างๆ และการปรับแต่ง จะใช้อุปกรณ์ที่ปรับค่าได้ เช่น ตัวต้านทานปรับค่าได้
4. ต่อค่าตัวเก็บประจุระหว่างอินพุตกับเอาต์พุตของวงจรองความถี่ต่ำ
5. ทำการเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีความผิดพลาดต่ำและใช้ตัวเก็บประจุ ค่า 0.1 ไมโครฟารัด คร่อมที่แหล่งจ่ายของไอซีทุกตัว

5.4 แนวทางการพัฒนา

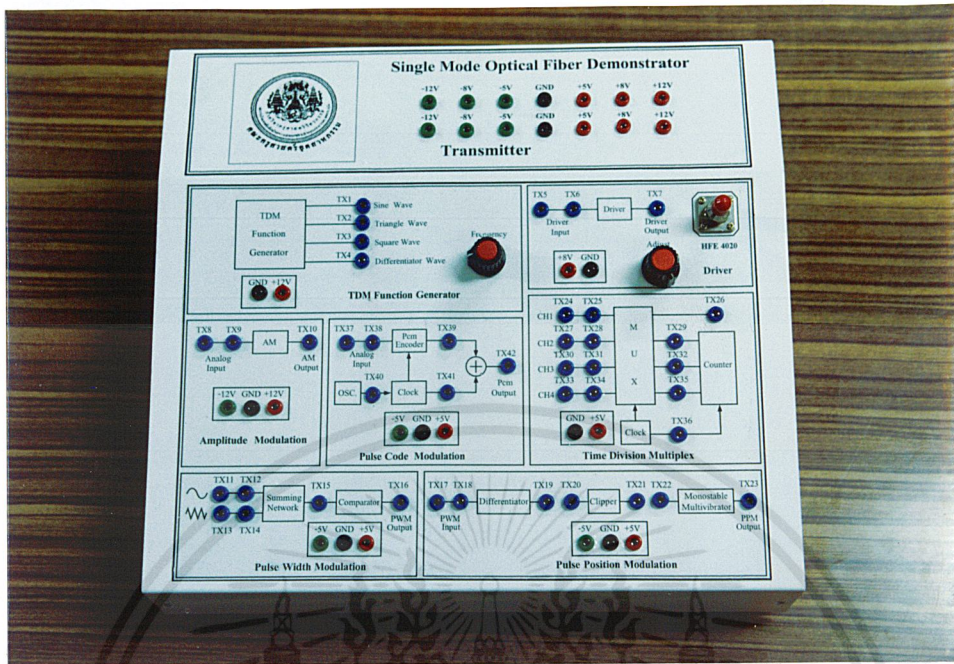
1. พัฒนาให้มีการส่งสัญญาณที่มีความถี่สูง ๆ ได้
2. พัฒนาให้มีการมีส่งสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงที่สมบูรณ์พร้อมกัน ได้
3. พัฒนาให้มีการมัลติเพล็กซ์สัญญาณของวงจรพัลซโค้ดมอดูเลชันได้มากกว่า 1 ช่อง
4. พัฒนาให้มีการรับส่งสัญญาณแบบ 2 ทิศทาง
5. พัฒนาให้มีคุณภาพของการส่งสัญญาณทางด้านเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

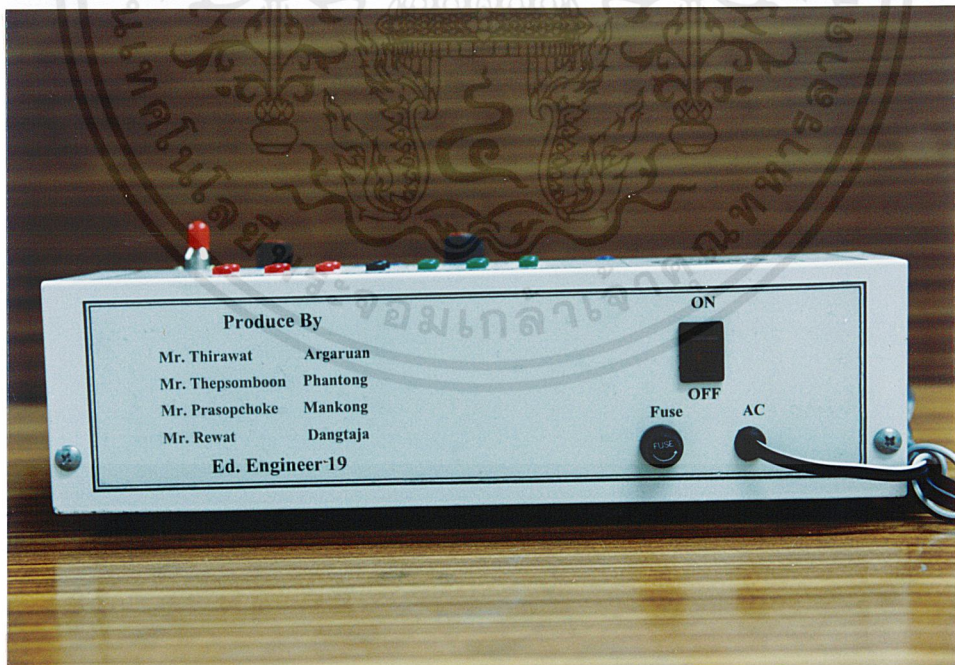


ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

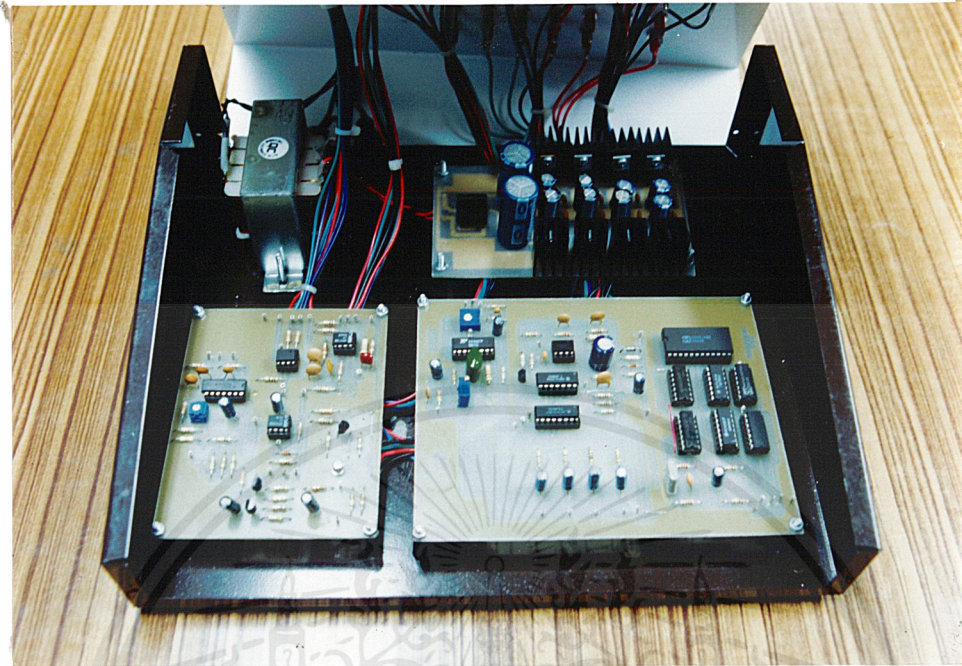


รูปที่ ก.1 จุดเชื่อมต่อจุดต่าง ๆ ทางด้านส่งของชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสงชนิด โหมดเดียว

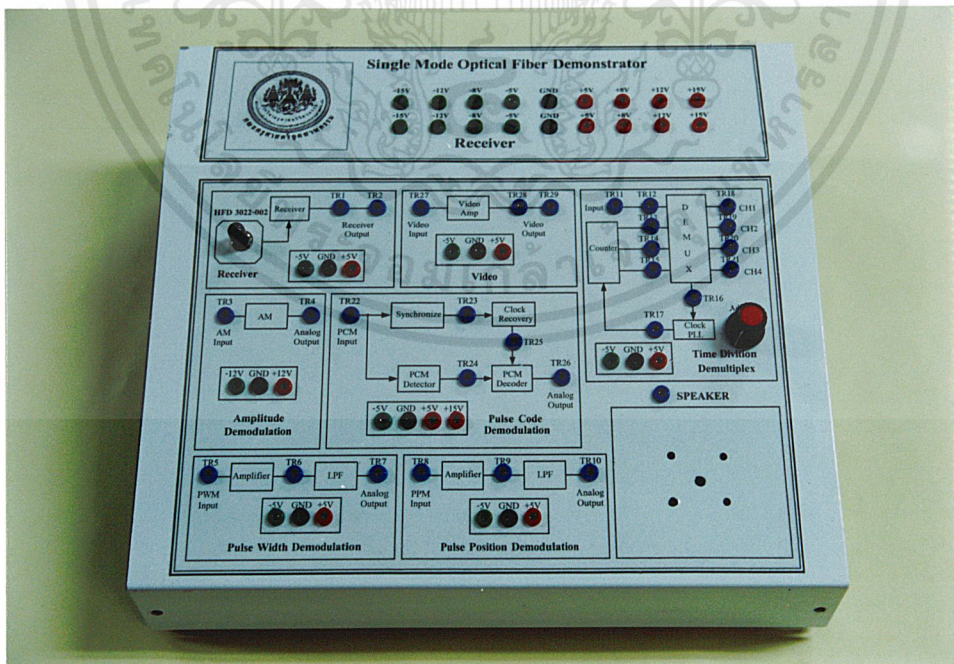


รูปที่ ก.2 ด้านหน้าทางด้านส่งของชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสงชนิด โหมดเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 แผงวงจรพิมพ์ทางด้านส่งของชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสง

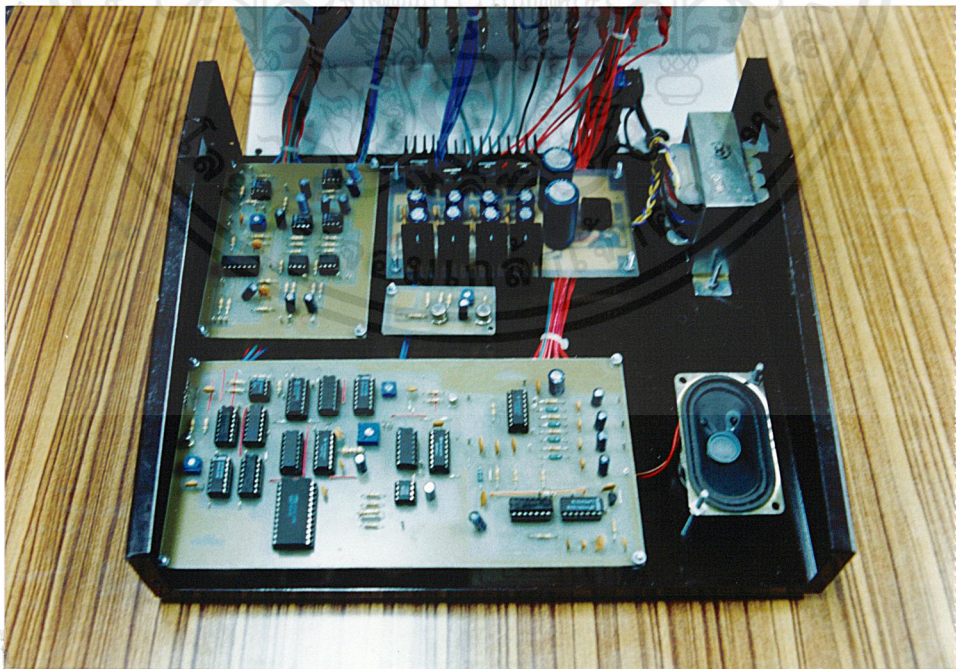


รูปที่ ก.4 จุดเชื่อมต่อจุดต่าง ๆ ทางด้านรับของชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสงชนิดโหมดเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

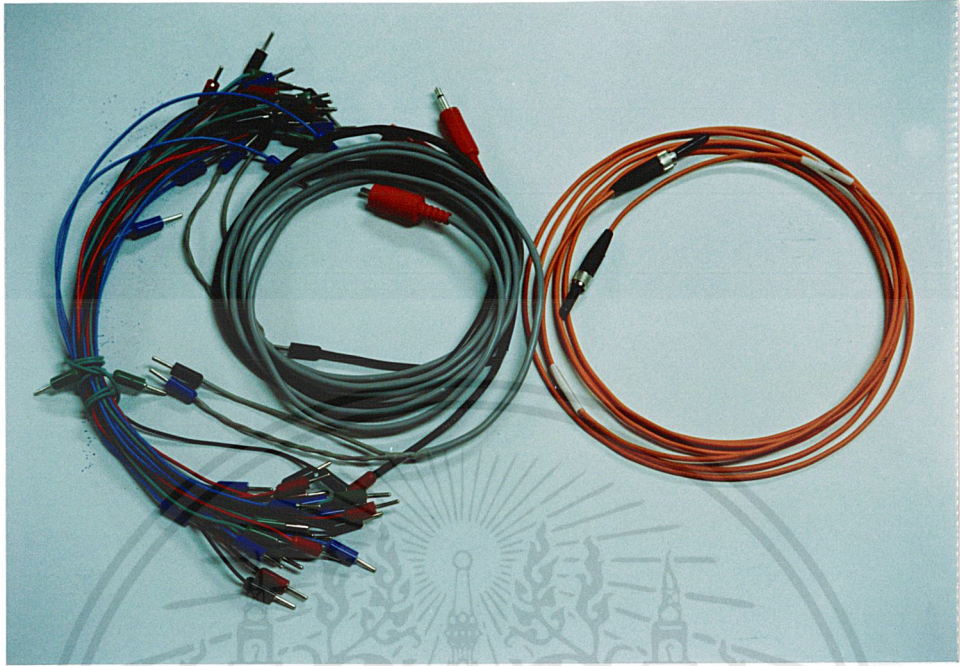


รูปที่ ก.5 ด้านหน้าทางด้านรับของชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสง



รูปที่ ก.6 แผ่นวงจรพิมพ์ทางด้านรับของชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสงชนิดโหมคเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.7 สายต่อจุดต่างๆ และเส้นใยแก้วนำแสง

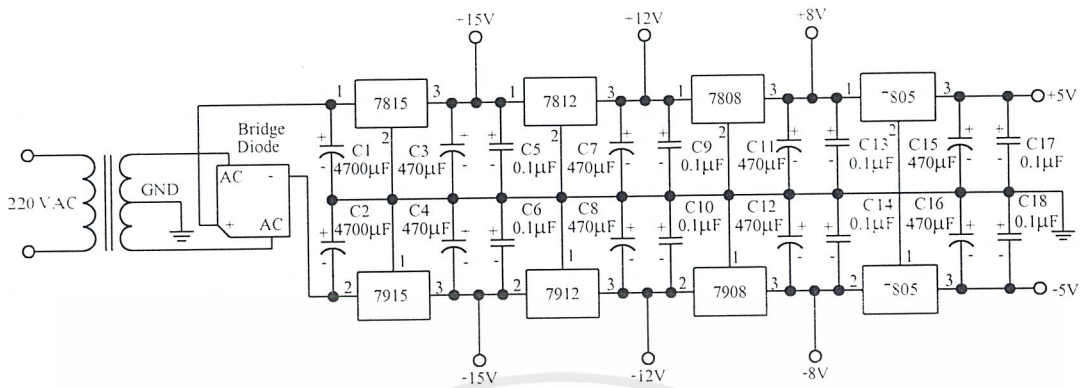


รูปที่ ก.8 อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสง

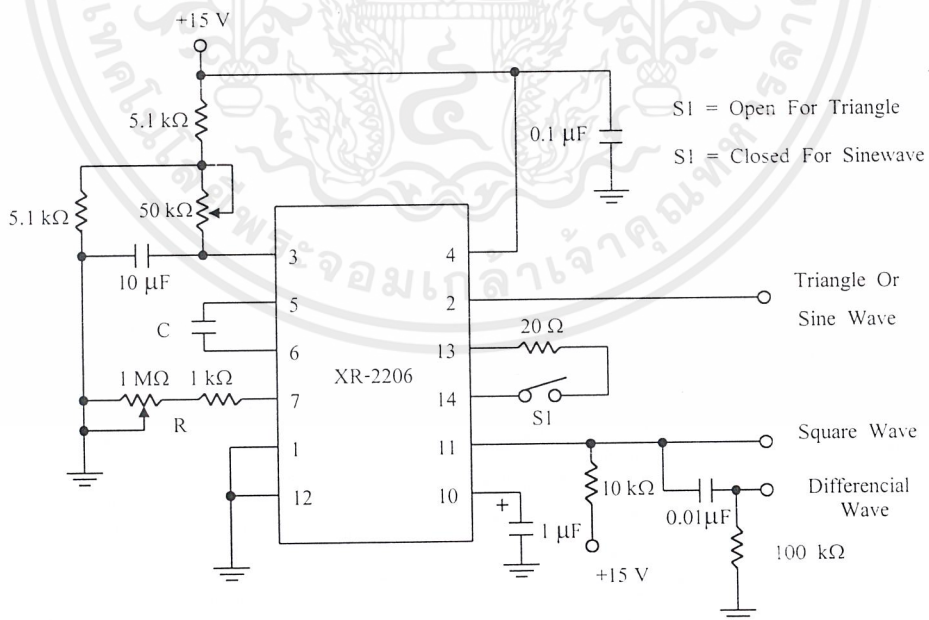
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

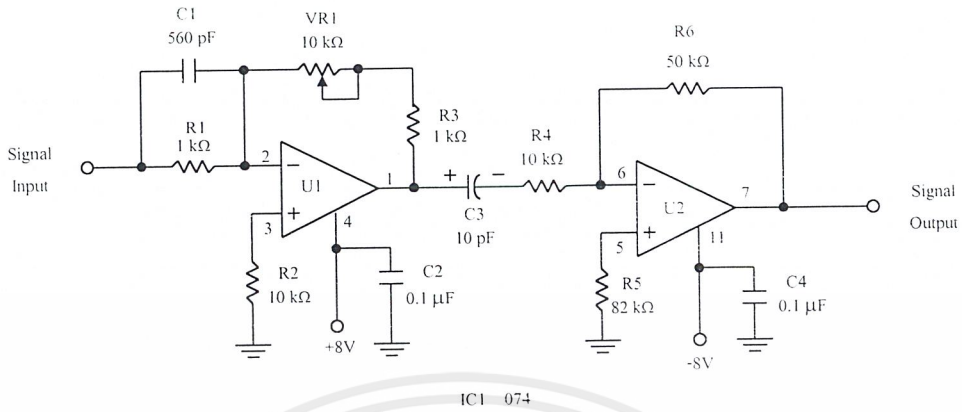


รูปที่ ข.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

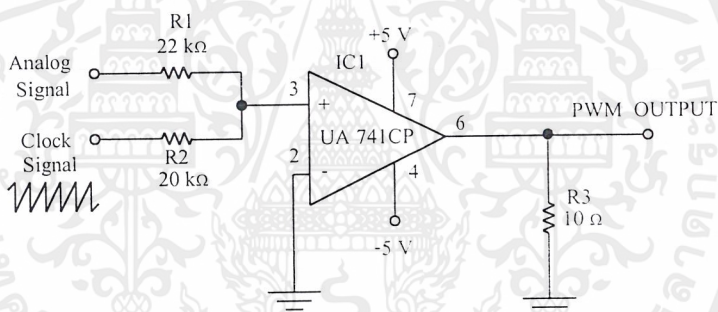


รูปที่ ข.2 วงจรกำเนิดสัญญาณของวงจรมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา

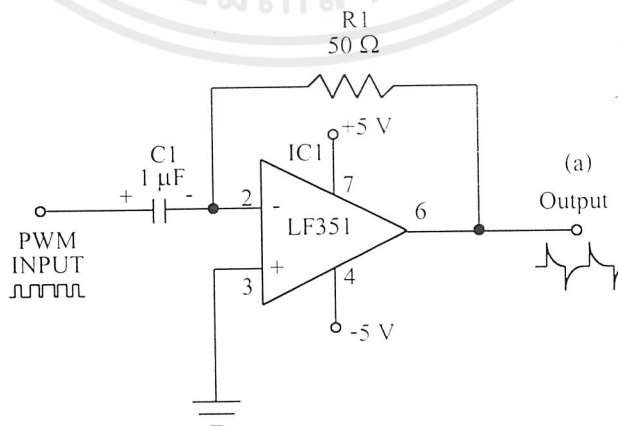
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.3 วงจรมอดูเลตแบบแอมพลิฟิวด

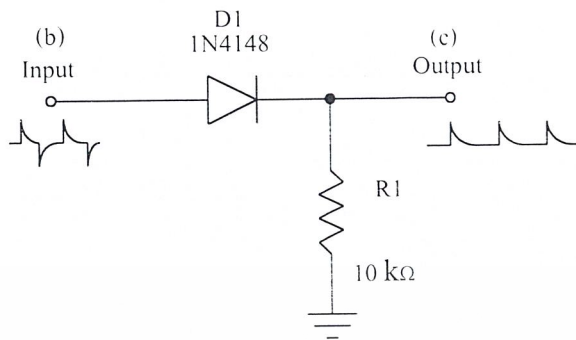


รูปที่ ข.4 วงจรมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์

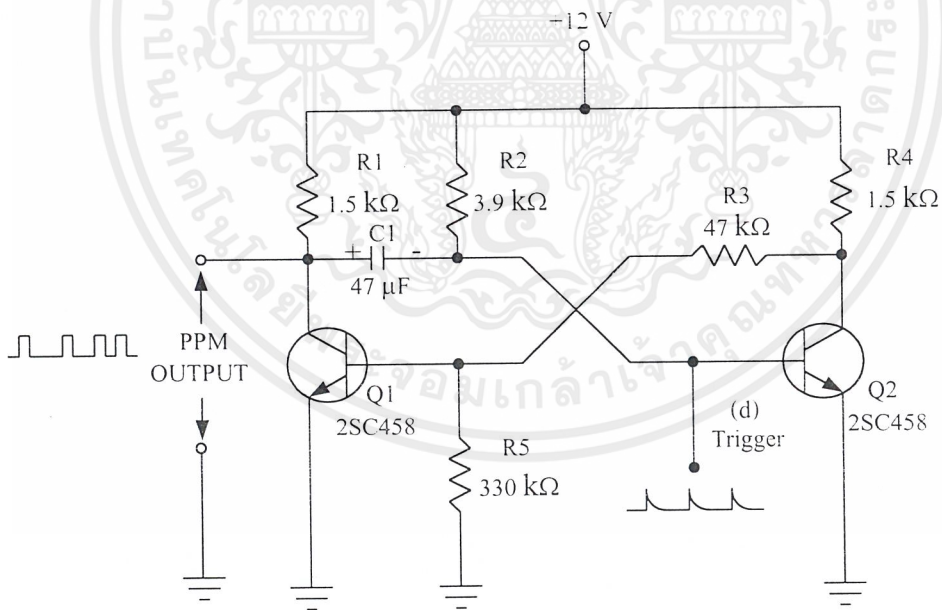


รูปที่ ข.5 วงจรดิฟเฟอเรนเชียล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

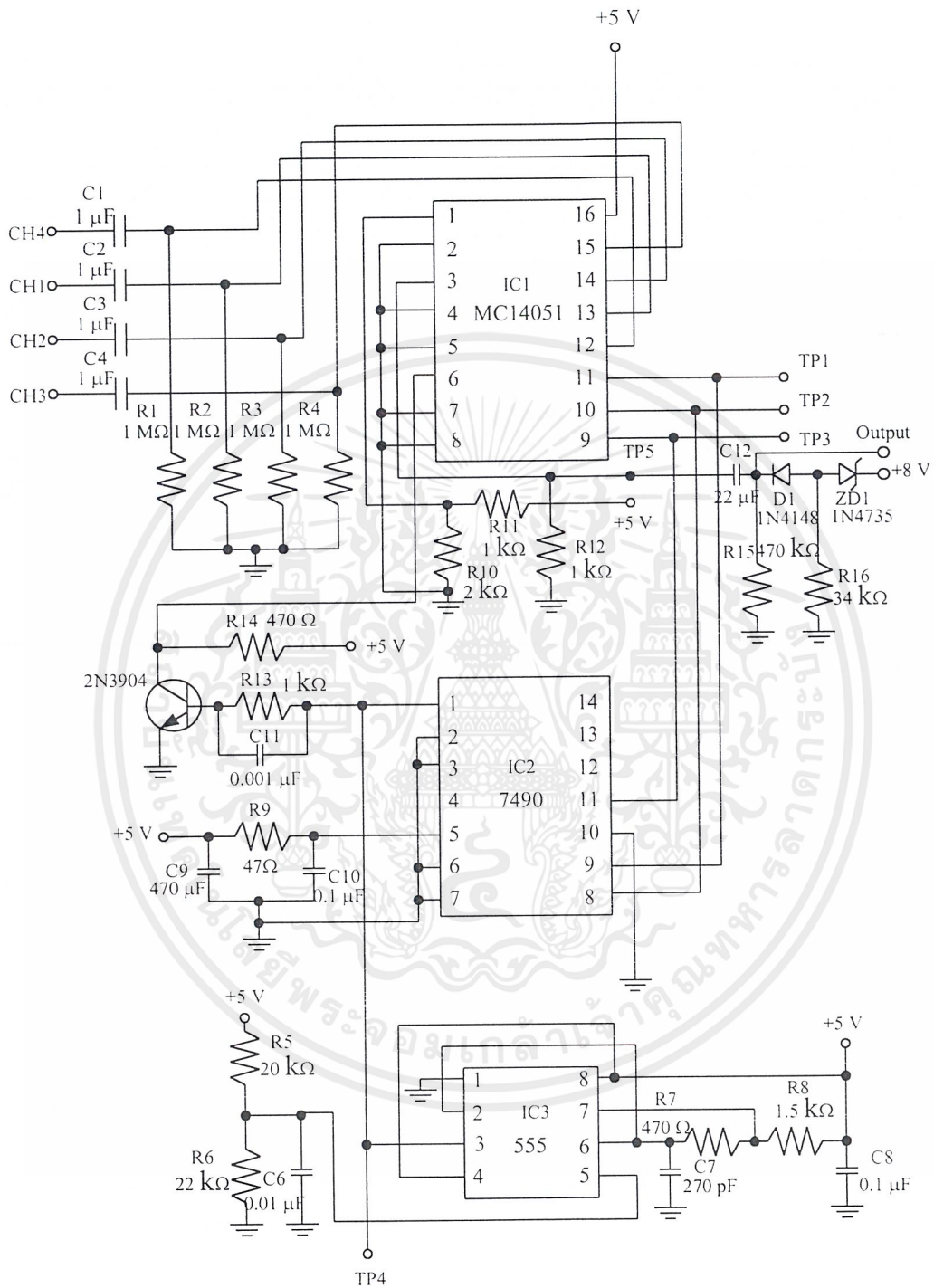


รูปที่ ข.6 วงจรตัวคูณรูปคลื่น



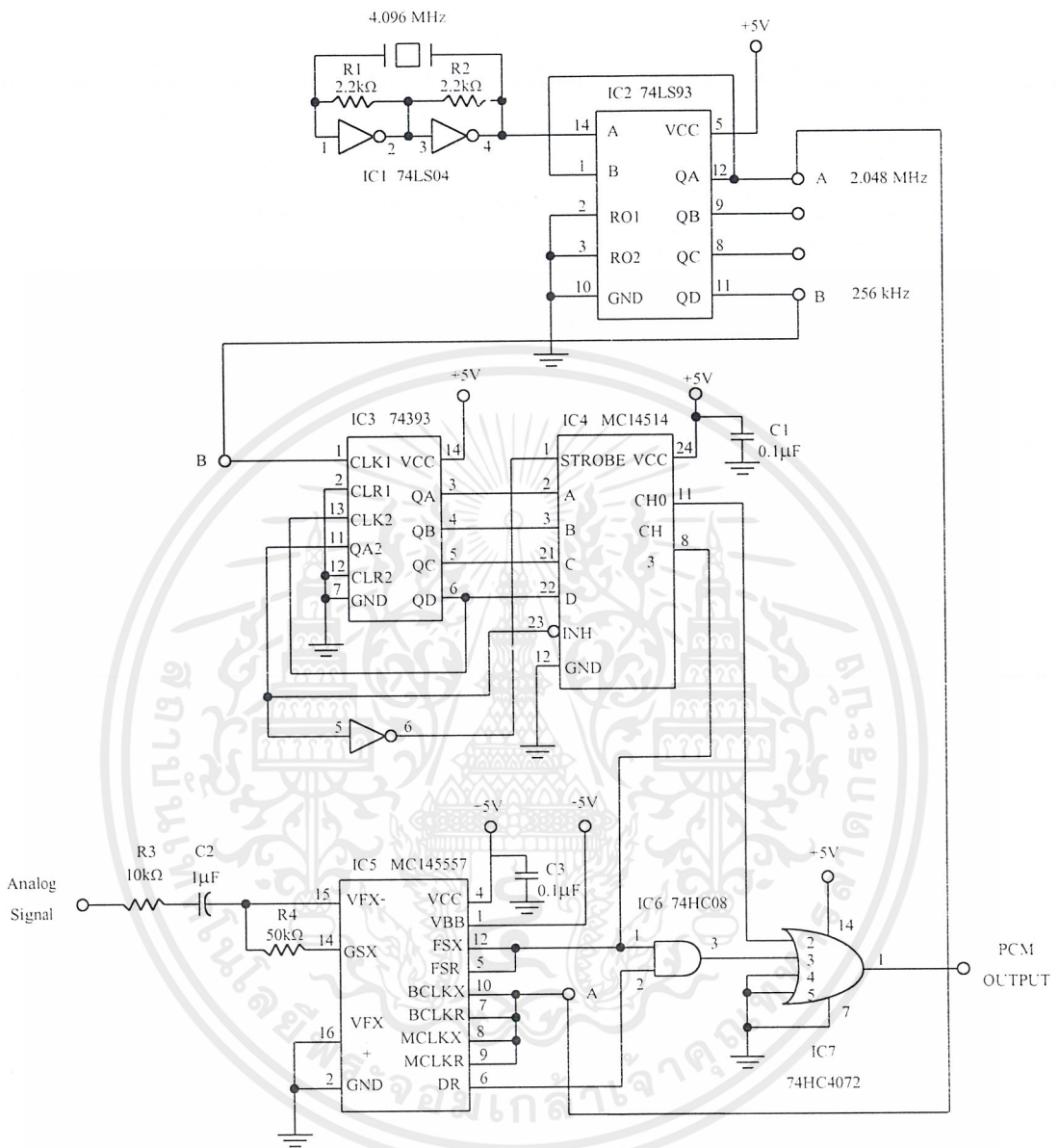
รูปที่ ข.7 วงจรโมโนสเตเบิลมีลติไวเบรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



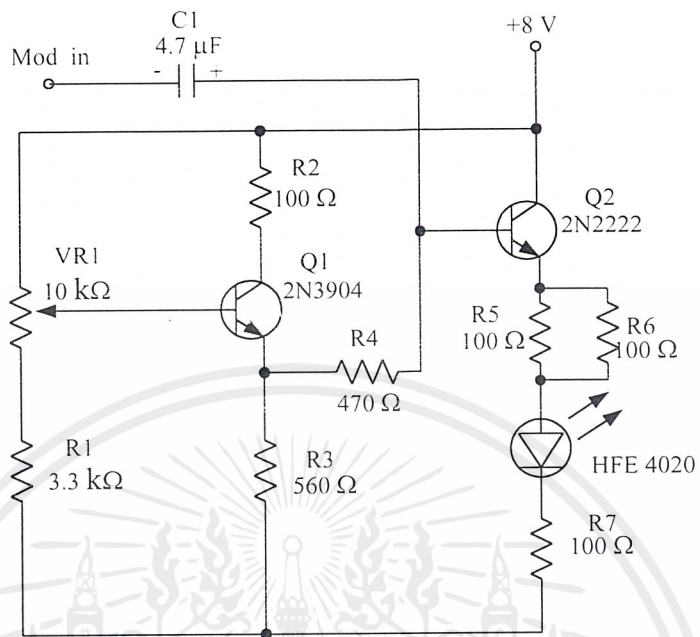
รูปที่ ข.8 วงจรมัลติเพิลส์แบบแบ่งเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

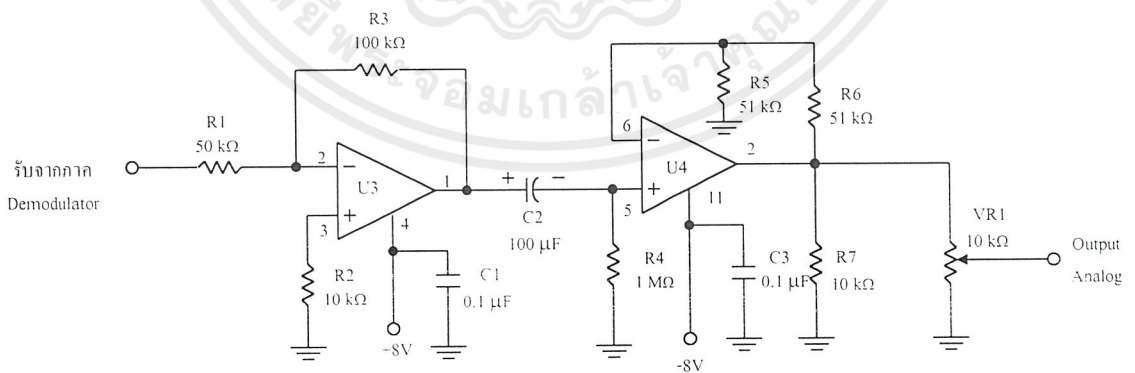


รูปที่ ข.9 วงจรมอดูเลตแบบเข้ารหัสสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

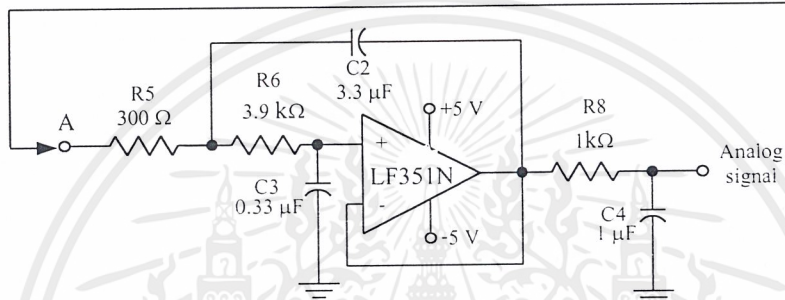
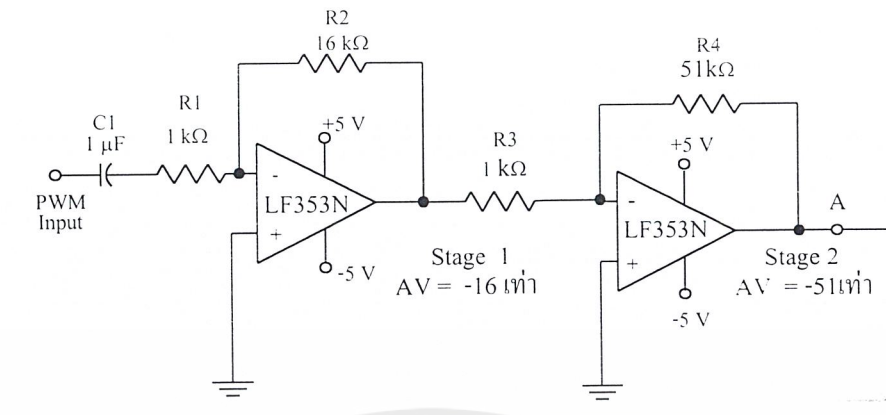


รูปที่ ข.10 วงจรภาคขับสัญญาณ

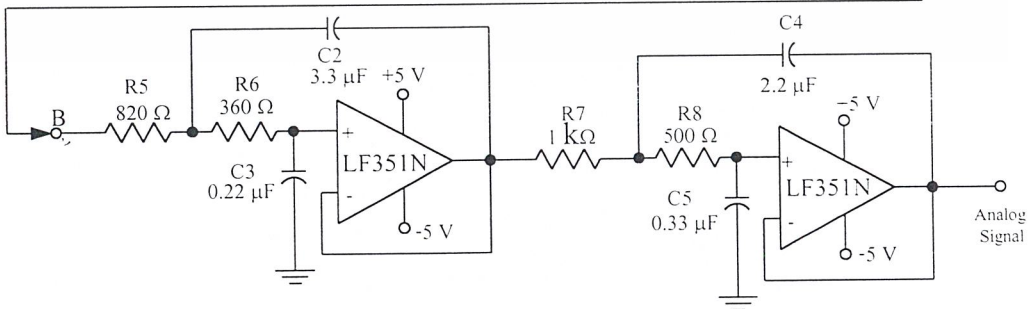
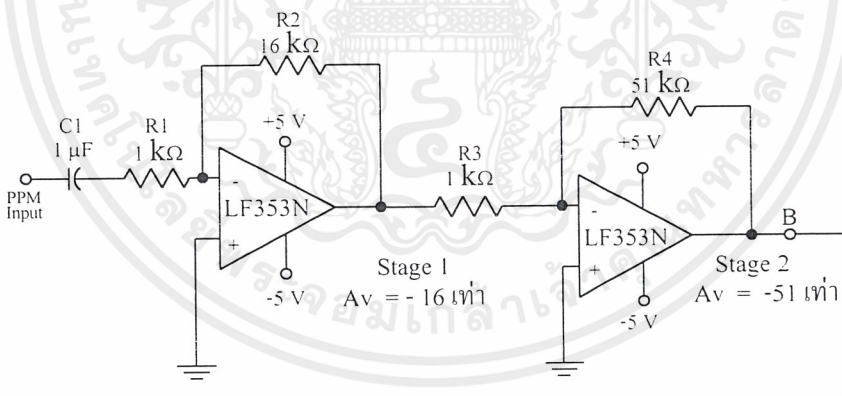


รูปที่ ข.11 วงจรคิมอดูเลตแบบแอมพลิฟิวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

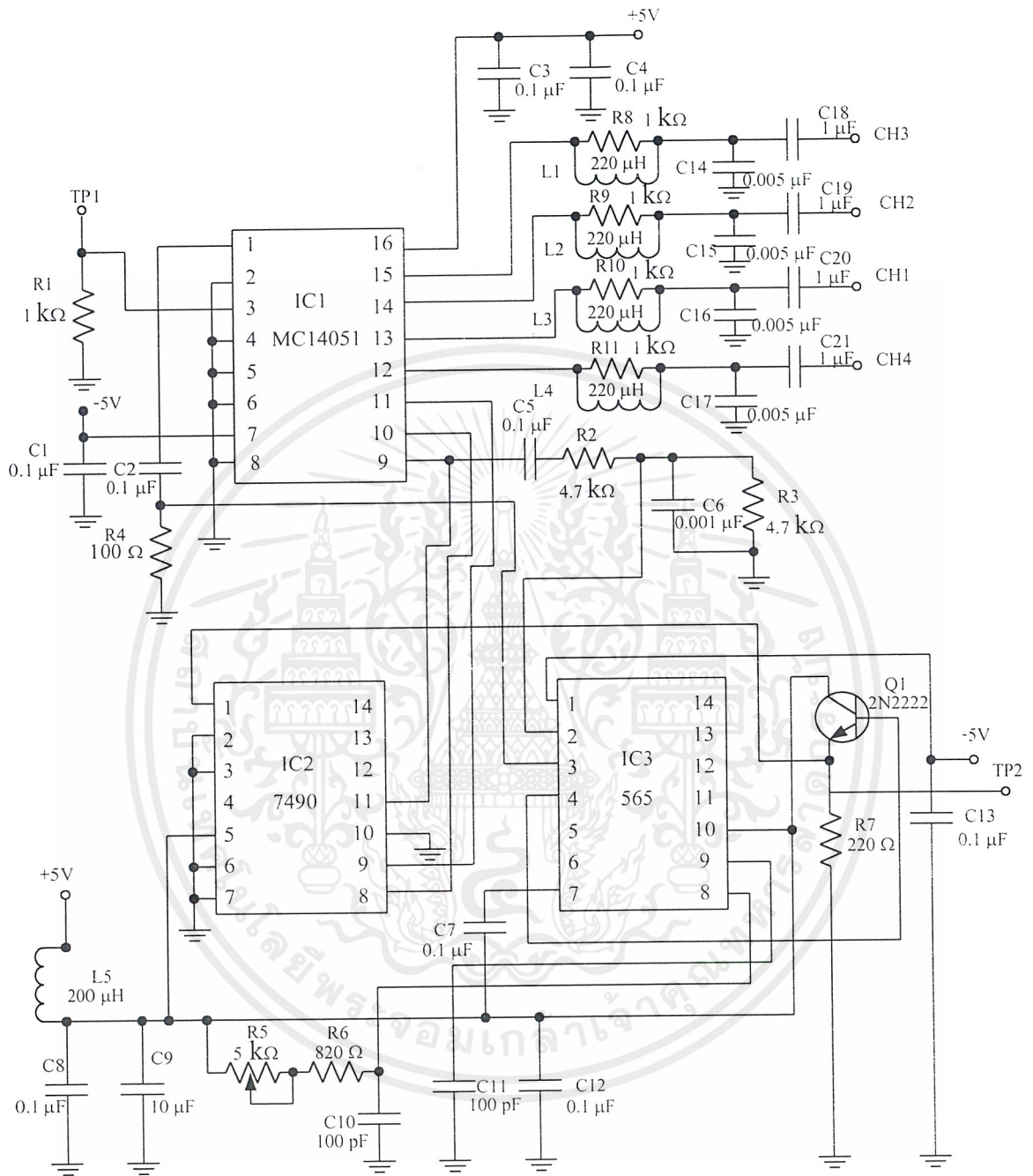


รูปที่ ข.12 วงจรตีมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์



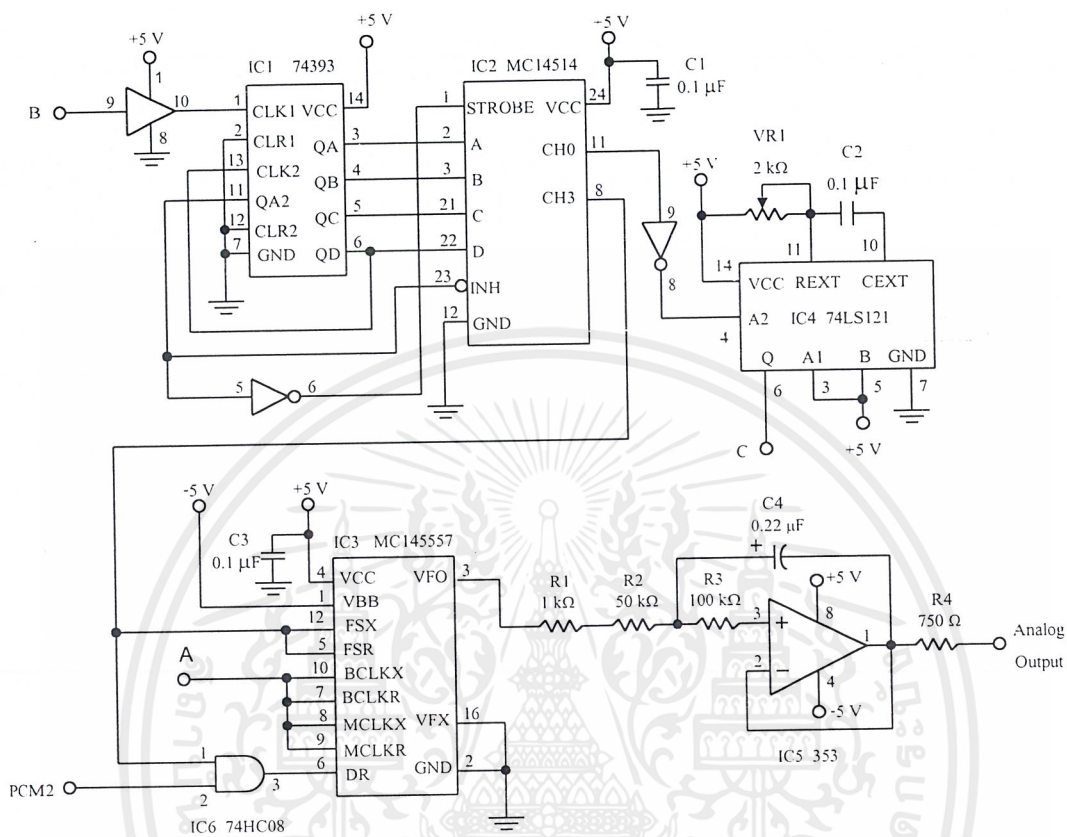
รูปที่ ข.13 วงจรตีมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

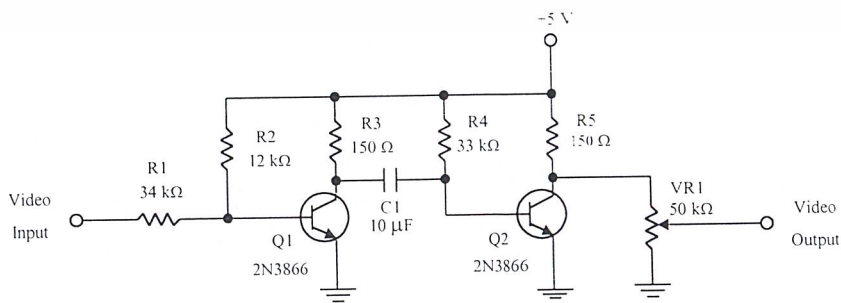


รูปที่ ข.14 วงจรดีมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

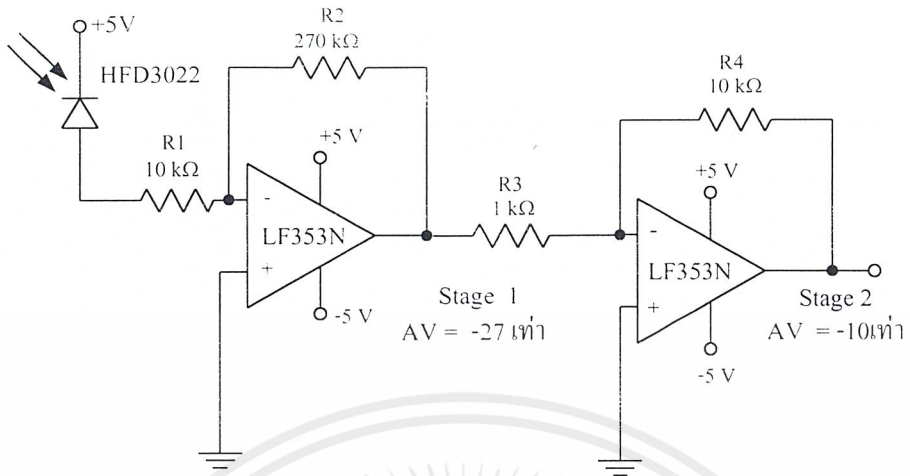


รูปที่ ข.17 วงจรลอกรหัสสัญญาณเข้ารหัสพัลส์

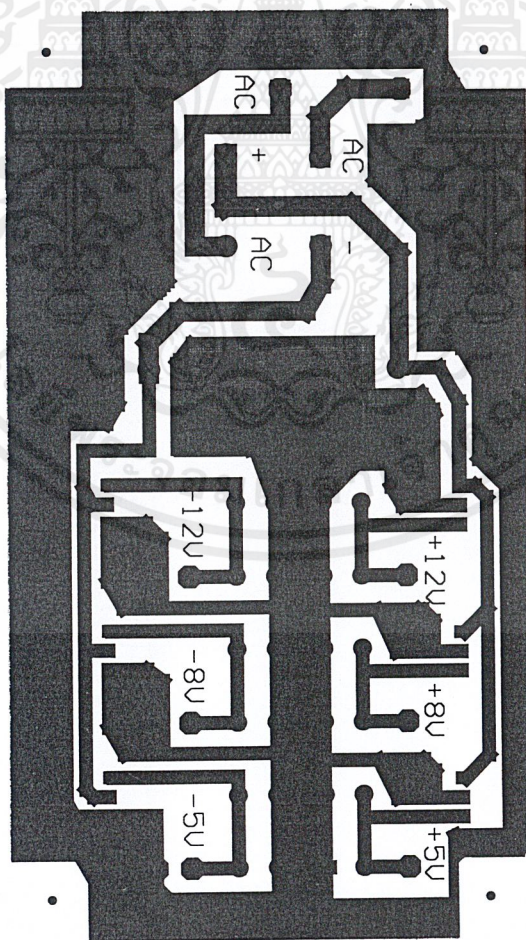


รูปที่ ข.18 วงจรขยายสัญญาณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

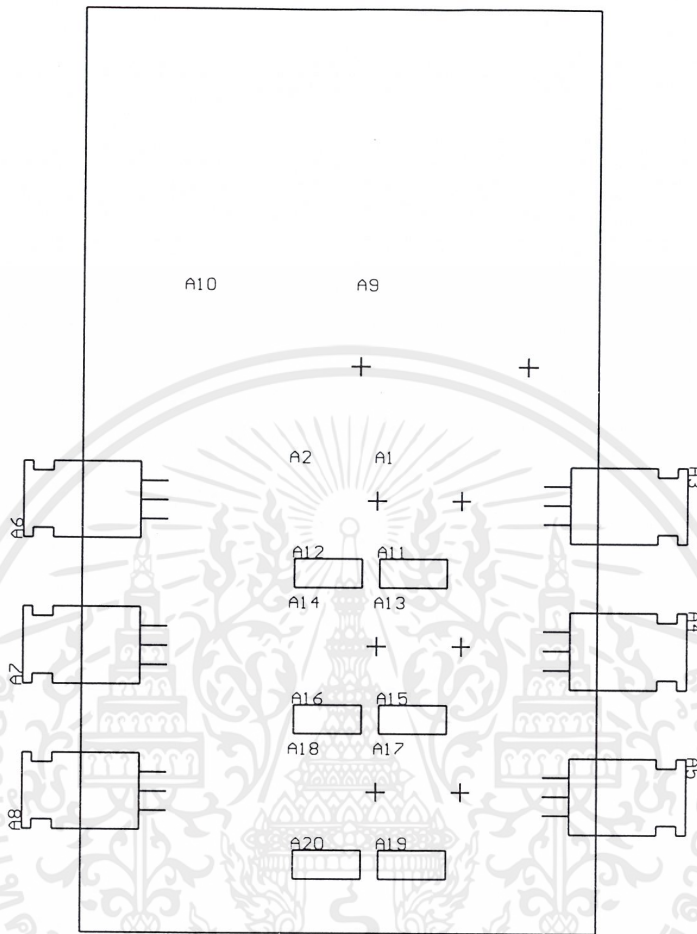


รูปที่ ข. 19 วงจรภาครับสัญญาณ



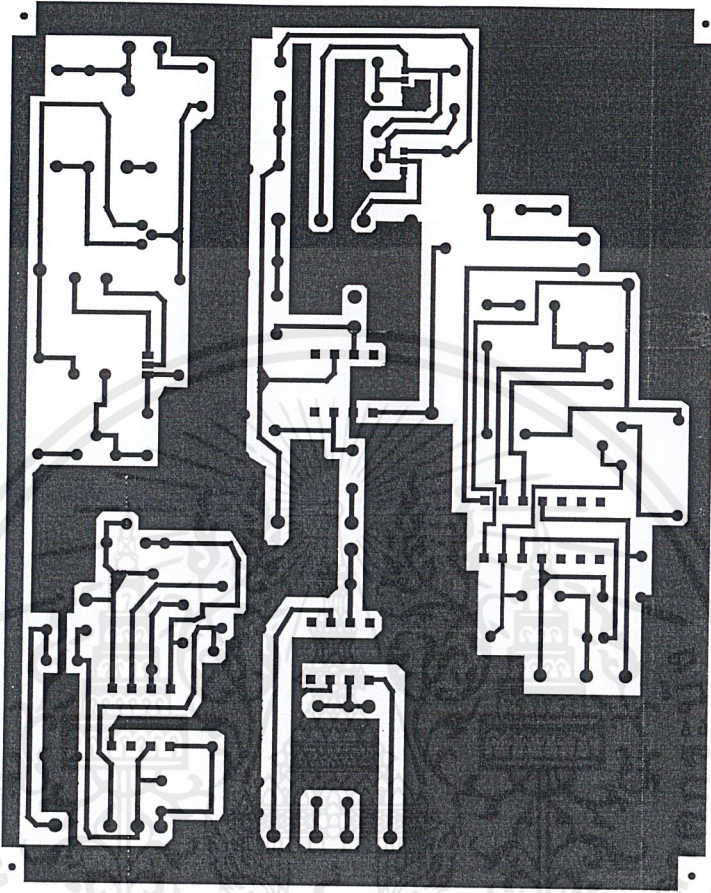
รูปที่ ข. 20 ลายทองแดงของวงจรแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



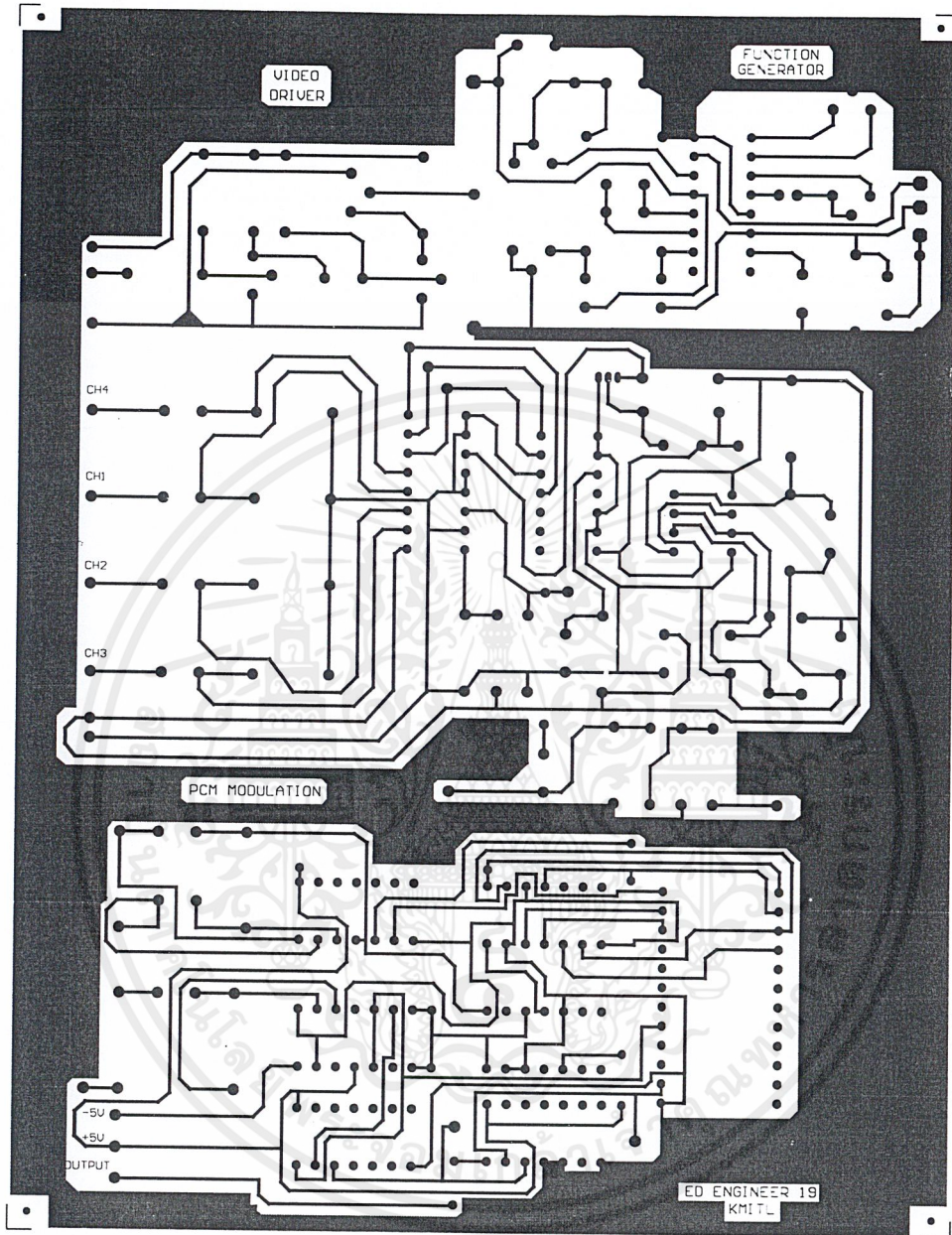
รูปที่ ข.21 การวางอุปกรณ์ของวงจรแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



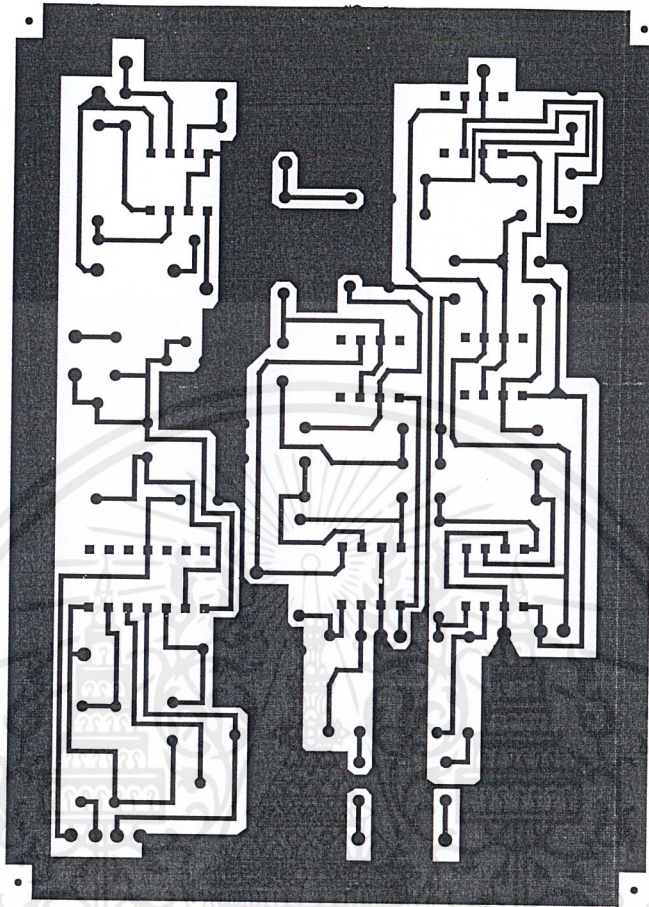
รูปที่ ข.22 ลายทองแดงวงจรมอดูเลตแบบแอมป์ลิจูด, วงจรมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์,
วงจรมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์และภาคขับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



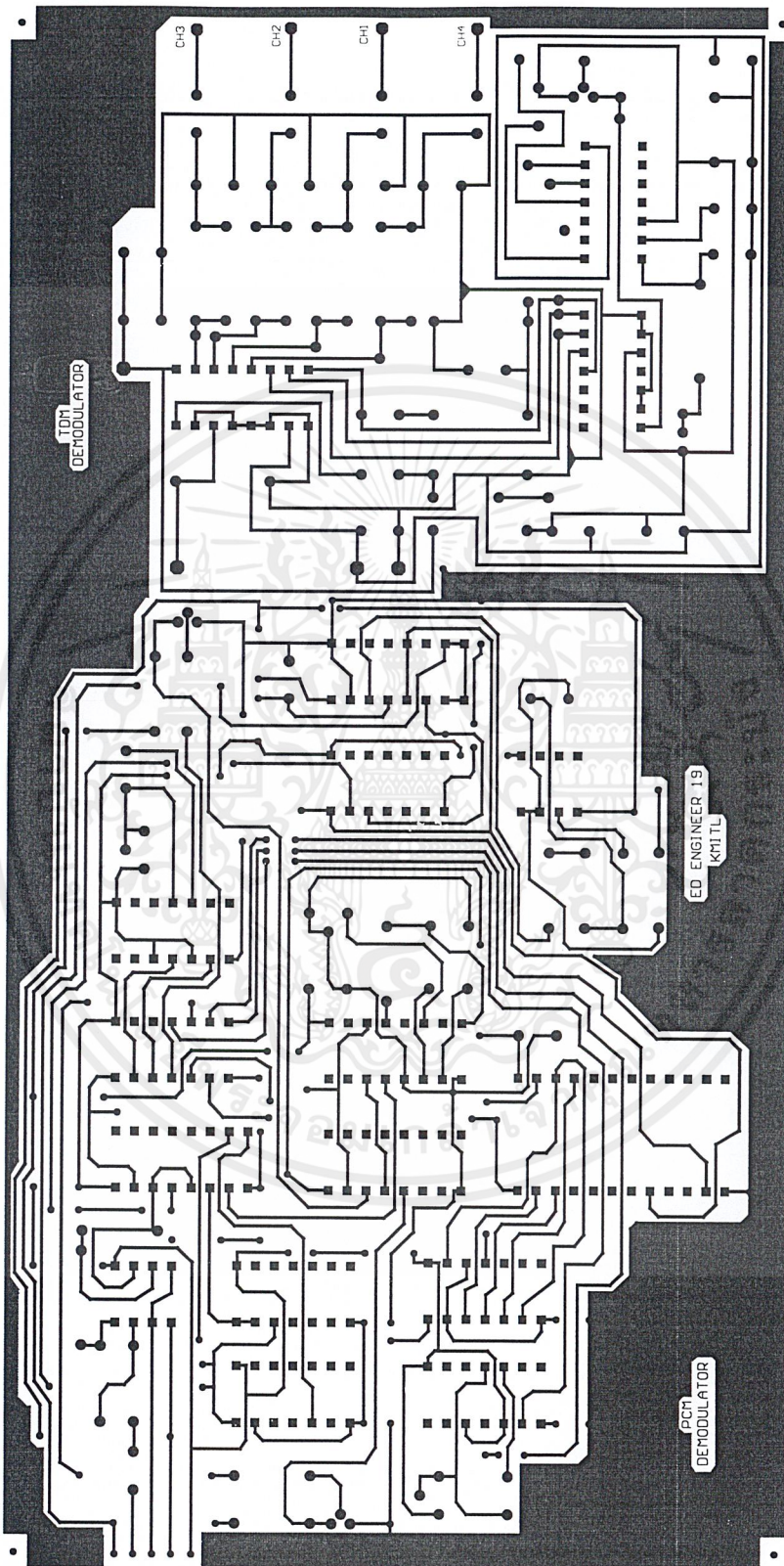
รูปที่ ข.24 ลายวงจรการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา, วงจรมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลซ์
วงจรแหล่งกำเนิดสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

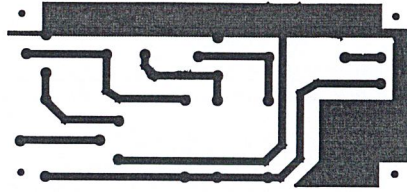


รูปที่ ข.26 สายทองแดงวงจรตีมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์, วงจรตีมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์
วงจรตีมอดูเลตแบบแอมพลิฟิเคชันและวงจรขยายภาครับ

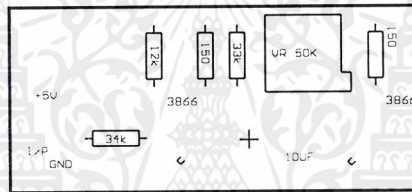
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.28 ลายทองแดงวงจรดีมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลซ์, วงจรดีมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.30 ลายทองแดงวงจรขยายสัญญาณภาพ



รูปที่ ข.31 การวางอุปกรณ์วงจรขยายสัญญาณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 1

การส่งสัญญาณชนิดต่างๆ ผ่านเส้นใยแก้วนำแสง

จุดประสงค์

1. เพื่อทดสอบการส่งสัญญาณชนิดต่างๆ ผ่านเส้นใยแก้วนำแสงได้
2. เพื่อให้สามารถเข้าใจหลักการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสงและการเปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า

ทฤษฎีและหลักการ

ในการทดสอบวงจรเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสงและวงจรเปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้านั้นสามารถทำได้โดยการป้อนสัญญาณชนิดต่างๆ เข้าไปที่วงจรเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง ซึ่งวงจรนี้จะเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณแสงและส่งแสงผ่านเส้นใยแก้วนำแสงออกไปส่วนทางด้านวงจรเปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้านั้นจะรับสัญญาณแสงที่ส่งผ่านเส้นใยแก้วนำแสงมาแล้วทำการเปลี่ยนสัญญาณแสงนั้นให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าให้เหมือนเดิม

สัญญาณชนิดต่างๆ ที่ส่งเข้าไปที่วงจรเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสงเป็นสัญญาณรูปคลื่นไซน์ สี่เหลี่ยม และสามเหลี่ยม ที่ได้จากเครื่องผลิตความถี่ป้อนเข้าไป ซึ่งหลักการดังกล่าวแสดงไว้ในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 หลักการส่งสัญญาณชนิดต่างๆ ผ่านเส้นใยแก้วนำแสง

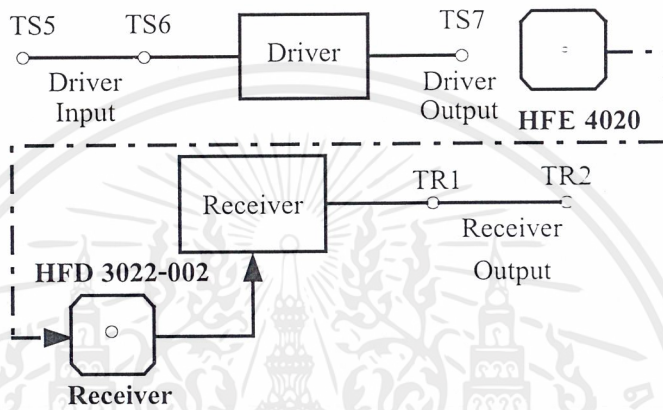
อุปกรณ์การทดลอง

- | | | |
|--|---|---------|
| 1. ชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสงชนิดโหมดเดี่ยว | 1 | ชุด |
| 2. ออสซิลโลสโคป | 1 | เครื่อง |
| 3. เครื่องกำเนิดสัญญาณ | 1 | เครื่อง |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ประกอบแหล่งจ่ายไฟและเส้นใยแก้วนำแสง
2. ประกอบวงจรตามรูปที่ 1.2 โดยการป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ที่มีความถี่ 1 กิโลเฮิร์ตซ์ ขนาด 5 Vp-p เข้าที่จุด TS5 แล้วนำโพรบ CH1 วัดสัญญาณอินพุตที่จุด TS6 และนำโพรบ CH2 วัดสัญญาณเอาต์พุตที่จุด TR1 บันทึกกรุปสัญญาณ

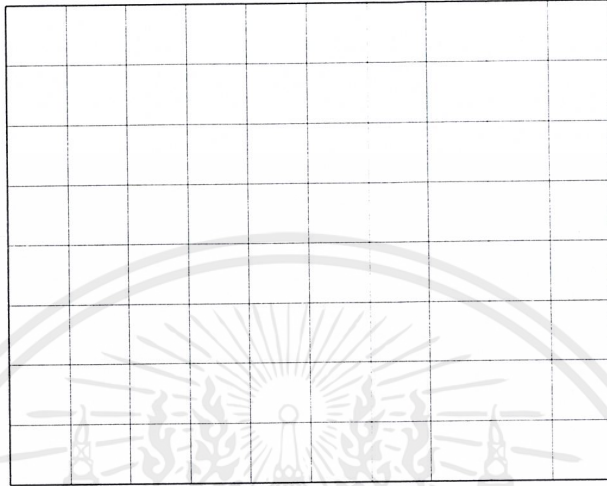


รูปที่ 1.2 ชุดวงจรภาครับและภาคส่ง

CH1 Volts / Div = _____ Time / Div = _____
 CH2 Volts / Div = _____ Time / Div = _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

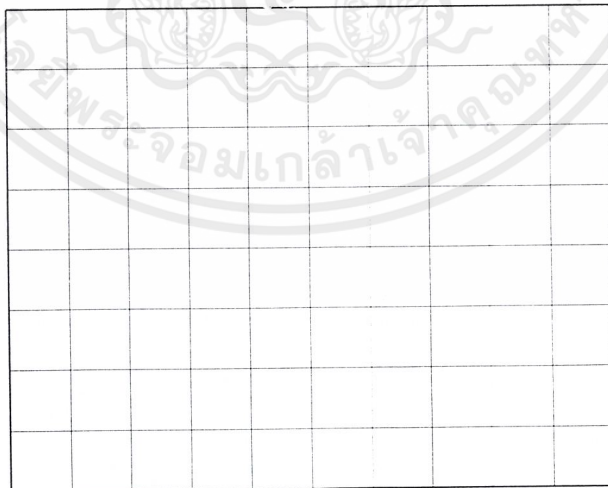
3. ป้อนสัญญาณสามเหลี่ยมที่มีความถี่ 1 กิโลเฮิร์ตซ์ ขนาด 3 Vp-p เข้าที่จุด TS5 นำโพรบ CH1 วัดสัญญาณอินพุตที่จุด TS6 นำโพรบ CH2 วัดสัญญาณเอาต์พุตที่จุด TR1 บันทึกรูปสัญญาณ



CH1 Volts / Div = _____ Time / Div = _____

CH2 Volts / Div = _____ Time / Div = _____

4. ป้อนสัญญาณสี่เหลี่ยมที่มีความถี่ 1 กิโลเฮิร์ตซ์ ขนาด 2 Vp-p เข้าที่จุด TS5 นำโพรบ CH1 วัดสัญญาณอินพุตที่จุด TS6 และนำโพรบ CH2 วัดสัญญาณเอาต์พุตที่จุด TR1 บันทึกรูปสัญญาณ



CH1 Volts / Div = _____ Time / Div = _____

CH2 Volts / Div = _____ Time / Div = _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง

1. จากการทดลองการรับสัญญาณแบบใดมีความคมชัดใกล้เคียงสัญญาณเดิมที่สุดและสัญญาณแบบใดที่เกิดสัญญาณรบกวนมากที่สุด
2. ในการทดสอบวงจรเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสงและวงจรเปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้าสามารถทำได้โดยวิธีใด

ใบงานที่ 2

การส่งสัญญาณแบบแอมพลิฟูดผ่านเส้นใยแก้วนำแสง

จุดประสงค์

1. เพื่อทดสอบการส่งสัญญาณแบบแอมพลิฟูดทางแสง
2. เพื่อทดสอบผลตอบแทนของความถี่ของวงจรมอดูเลตแบบแอมพลิฟูดทางด้านภาครับ

ทฤษฎีและหลักการ

ระบบการมอดูเลตสัญญาณทางแอมพลิฟูดนั้น สัญญาณเสียงถูกนำมามอดูเลตกับสัญญาณคลื่นพาห์ ที่มีความถี่สูงกว่าความถี่ของสัญญาณเสียงมาก ในระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำงานด้วยแสงนั้น คลื่นแสงนั้นถูกใช้ป็นสัญญาณคลื่นพาห์ การมอดูเลตแบบแอมพลิฟูดนั้นก็เช่นเดียวกัน เมื่อป้อนสัญญาณเสียงเข้าไป สัญญาณเสียงนี้จะถูกมอดูเลตกับสัญญาณคลื่นแสงแบบแอมพลิฟูด และถูกส่งผ่านเส้นใยแก้วนำแสงออกไป

ส่วนวงจรมอดูเลตก็จะนำสัญญาณที่มอดูเลตทางแสงแบบแอมพลิฟูดมาทำการดีมอดูเลตแบบแอมพลิฟูดออกมาเป็นสัญญาณเสียงเช่นเดิม

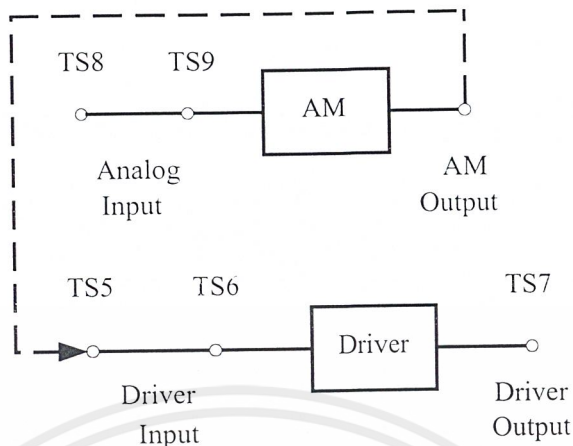
อุปกรณ์การทดลอง

- | | |
|--|-----------|
| 1. ชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสงชนิดโหมดเดี่ยว | 1 ชุด |
| 2. ออสซิลโลสโคป | 1 เครื่อง |
| 3. เครื่องกำเนิดสัญญาณ | 1 เครื่อง |

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ประกอบแหล่งจ่ายไฟและเส้นใยแก้วนำแสง
2. ประกอบวงจรตามรูปที่ 2.1

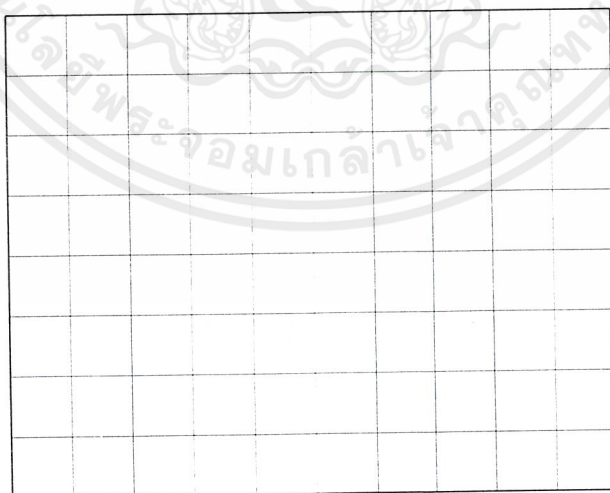
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ชุดวงจรมอดูเลตแบบแอมพลิฟายด์

3. ประกอบวงจรตามรูปที่ 2.1 โดยการป้อนความถี่ 500 เฮิร์ตซ์ แอมพลิฟายด์ 0.3 Vp-p ที่จุด TS8 และต่อจุด TS10 ของวงจรมอดูเลตแบบแอมพลิฟายด์ไปยังที่จุด TS5 ของวงจรขับสัญญาณเพื่อส่งสัญญาณ AM ผ่านเส้นใยแก้วนำแสงออกไป ดังรูปที่ 2.1

4. ใช้โพรบ CH1 วัดสัญญาณที่จุด TS9 และนำโพรบ CH2 วัดสัญญาณเอาต์พุตที่จุด TS6 แล้วบันทึกรูปสัญญาณ

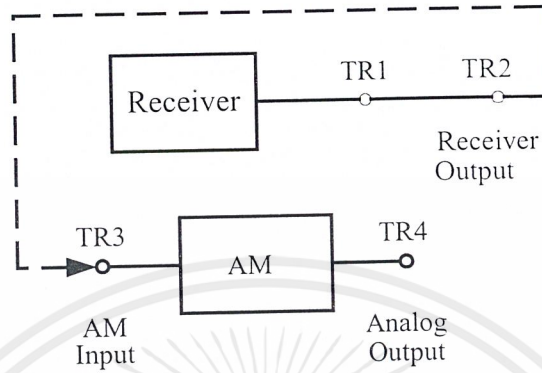


CH1 Volts / Div = _____ Time / Div = _____

CH2 Volts / Div = _____ Time / Div = _____

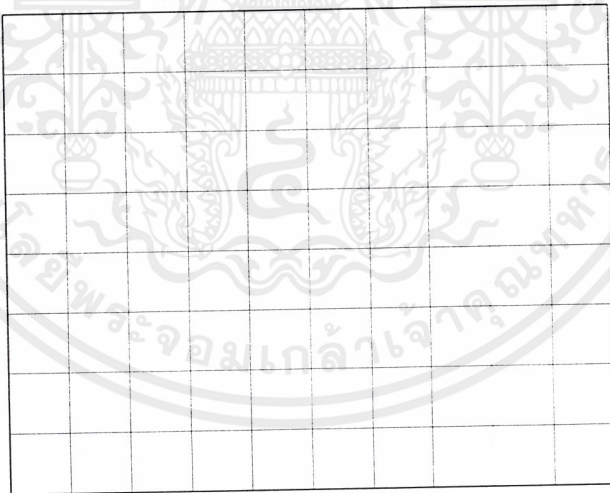
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ต่อจุด TR2 กับจุด TR3 ของวงจรมอดูเลตแบบแอมพลิคิต์รูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ชุดวงจรคิมมอดูเลตแบบแอมพลิคิต์

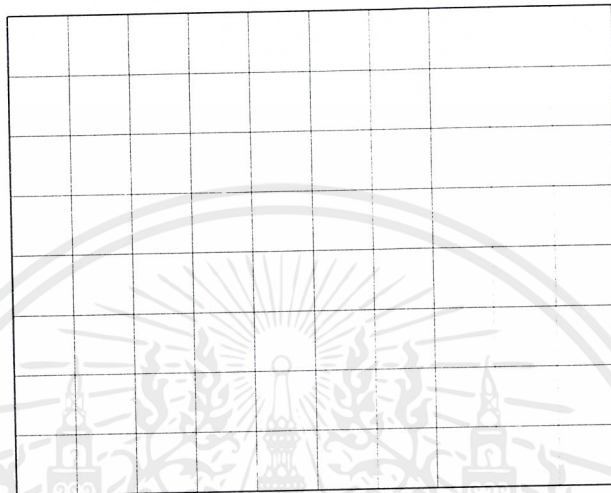
6. นำโพรบ CH1 วัดสัญญาณที่จุดTR1ซึ่งเป็นสัญญาณ AM ที่ส่งผ่านเส้นใยแก้วนำแสง และบันทึกรูปสัญญาณ



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ใช้โพรบ CH1 วัดสัญญาณที่จุดTR4 ซึ่งเป็นสัญญาณแอนะล็อกที่ผ่านการดีมอดูเลตแล้ว บันทึกรูปสัญญาณ



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

8. ทำการทดลองเหมือนข้อ 3 ถึงข้อ 7 และทำการเปลี่ยนความถี่อินพุตตามตารางบันทึกผล

จุดที่ / ความถี่	500Hz	1kHz	10kHz	100kHz	500kHz	1000kHz
TS9 (Vp-p)						
TS10 (Vp-p)						
TS7 (Vp-p)						
TR2 (Vp-p)						
TR4 (Vp-p)						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง

1. สัญญาณทางด้านอินพุตและด้านเอาต์พุตมีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
2. เมื่อทำการเปลี่ยนความถี่ให้สูงขึ้น เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไรกับสัญญาณเอาต์พุต



ใบงานที่ 3

การส่งสัญญาณเสียงผ่านเส้นใยแก้วนำแสง

จุดประสงค์

1. เพื่อทดสอบการส่งสัญญาณแบบแอมพลิฟิเคชันผ่านเส้นใยแก้วนำแสง
2. เพื่อทดสอบการส่งสัญญาณเสียงผ่านเส้นใยแก้วนำแสง

ทฤษฎีและหลักการ

ในปัจจุบันการติดต่อสื่อสารสามารถทำได้หลายเส้นทาง ซึ่งในการติดต่อสื่อสารทางด้านการส่งสัญญาณเสียงจากผู้ส่งไปยังผู้รับนั้นหากมีระยะทางไกลๆ ก็จำเป็นจะต้องมีตัวกลางมาเป็นสื่อ นำพาสัญญาณไปยังปลายทาง เช่นการสื่อสารผ่านทางสายโทรศัพท์ที่เป็นต้น ดังนั้นในใบงานนี้จึงการทดลองการส่งสัญญาณเสียง โดยมีเส้นใยแก้วนำแสงเป็นตัวกลาง และการส่งสัญญาณเสียงในระบบการสื่อสารทางแสง ประกอบด้วยอุปกรณ์เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง วงจรขยายและภาครับสัญญาณเสียงส่งไปยังภาคมอดูเลตทำการเปลี่ยนสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณแสง และส่งผ่านเส้นใยแก้วนำแสงส่วนทางด้านรับจะนำสัญญาณเสียงที่ส่งผ่านเส้นใยแก้วนำแสงมาแล้วทำการคิมมอดูเลต ออกเป็นสัญญาณเสียงเหมือนเดิม

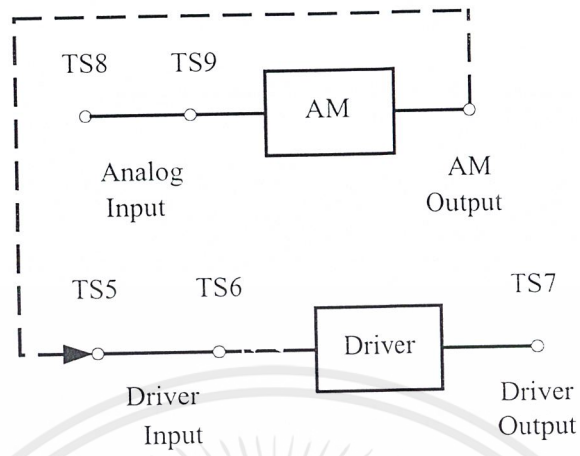
อุปกรณ์การทดลอง

- | | | |
|--|---|---------|
| 1. ชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสงชนิดโหมคเดี่ยว | 1 | ชุด |
| 2. ออสซิลโลสโคป | 1 | เครื่อง |
| 3. เครื่องกำเนิดสัญญาณ | 1 | เครื่อง |

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ประกอบแหล่งจ่ายไฟและเส้นใยแก้วนำแสง
2. เชื่อมต่อจุด TS10 ของวงจรมอดูเลตทางแอมพลิฟิเคชันกับ TS5 ของวงจร Driver เข้าด้วยกันตามรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



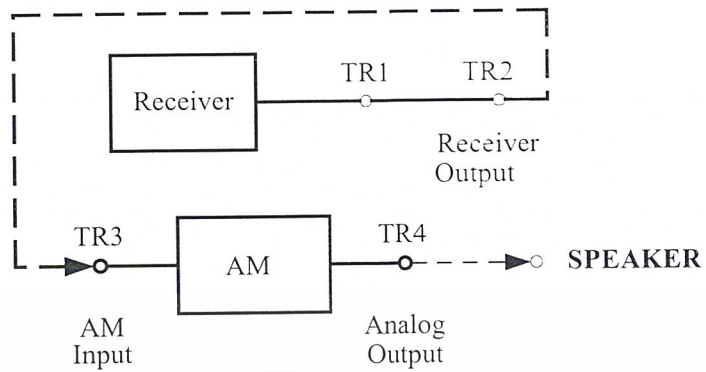
รูปที่ 3.1 ชุดวงจรทางด้านภาคส่งของวงจรมอดูเลตทางแอมพลิฟายด์

- ป้อนสัญญาณเสียงที่มีแอมพลิจูด 0 ถึง 0.3 Vp-p เข้าที่จุด TS8 และใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณที่จุด TS8 บันทึกรูปสัญญาณขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงสูงสุด



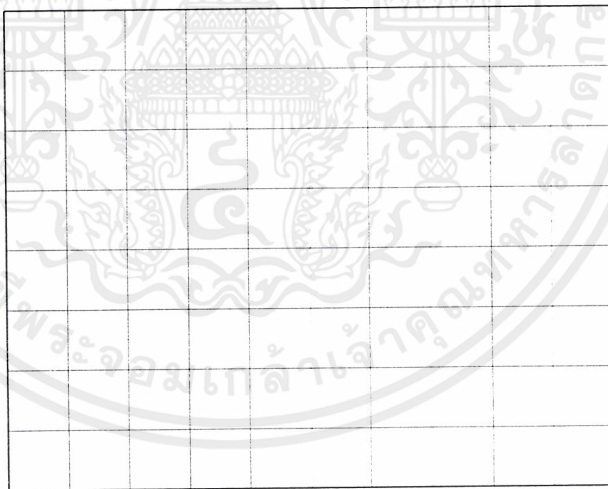
Volts / Div = _____ Time / Div = _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ชุดวงจรทางด้านภาครับของวงจรดีมอดูเลตแบบแอมพลิฟิเคชัน

4. ประกอบวงจรตามรูปที่ 3.2 แล้วใช้ออสซิลโลสโคป CH1 วัดสัญญาณที่จุด TS8 และ CH2 วัดสัญญาณที่จุด TR4 เปรียบเทียบสัญญาณเสียงทางอินพุตที่จุด TS8 กับสัญญาณเสียงที่ผ่านเส้นใยแก้วแสงแล้วที่จุด TR4 บันทึกรูปสัญญาณขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงสูงสุด



CH1 Volts / Div = _____ Time Div = _____

CH2 Volts / Div = _____ Time Div = _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เชื่อมต่อจุด TR4 เข้ากับจุดต่อของลำโพงดังรูปที่ 3.2 สังเกตสัญญาณเสียงว่าเป็นอย่างไร

สรุปผลการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง

1. คุณภาพของสัญญาณเสียงที่ส่งผ่านเส้นใยแก้วนำแสงเป็นอย่างไร เมื่อเทียบกับการต่อวงจรโดยตรง
2. เสียงที่มนุษย์สามารถได้ยินมีความถี่เท่าใด และความถี่เท่าใดที่เป็นอันตรายต่อการได้ยินของมนุษย์

ใบงานที่ 4

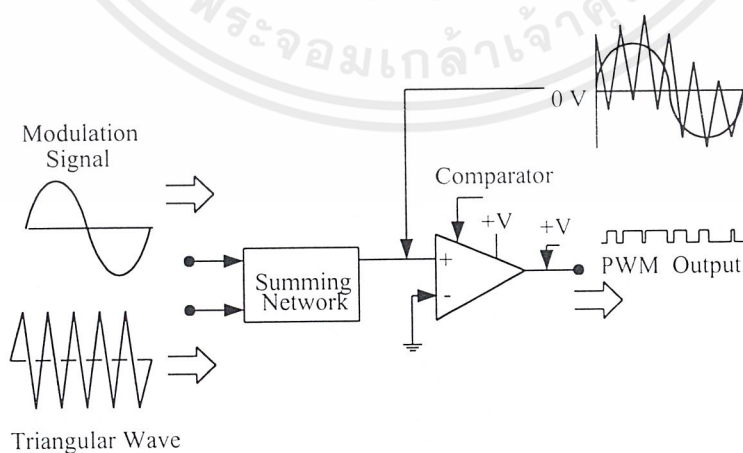
การส่งสัญญาณแบบความกว้างพัลส์ ผ่านเส้นใยแก้วนำแสง

จุดประสงค์

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการทำงานของวงจรมอดูเลต และดีมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์ได้
2. เพื่อทดสอบสัญญาณที่มอดูเลตและดีมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์ได้
3. เพื่อให้สามารถอธิบายหลักการส่งสัญญาณและรับสัญญาณการมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์

ทฤษฎีและหลักการ

การมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์(Pulse Width Modulation) หรืออาจเรียกว่า PTM (Pulse Time Modulation) หรือ PDM (Pulse Duration Modulation) หรือ PLM (Pulse Length Modulation) โดยที่ลักษณะการทำงานของมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์ จะคล้ายกับระบบ AM และ FM ตรงที่สามารถใช้ส่งสัญญาณข่าวสารที่มีความถี่ต่ำได้ โดยที่ระบบ PWM นั้นแอมพลิจูดและความถี่ของคลื่นพาห้จะคงที่ตลอดในขณะที่ความกว้างของพัลส์จะเปลี่ยนไปตามสัญญาณที่นำมามอดูเลต โดยลักษณะของวงจรจะใช้การรวมสัญญาณ (Summing)



รูปที่ 4.1 วิธีการสร้างสัญญาณ PWM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการใช้สัญญาณมอดูเลตรูปคลื่นไซน์และสัญญาณพาห้หรือสัญญาณการสุ่มตัวอย่าง (Sampling) ซึ่งใช้สัญญาณสามเหลี่ยม โดยที่การรวมสัญญาณนั้นสัญญาณการสุ่มตัวอย่างจะต้องมากกว่าสัญญาณการมอดูเลตและนำสัญญาณทั้งสองมาเปรียบเทียบสัญญาณให้ได้สัญญาณการมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์ดังรูปที่ 4.1

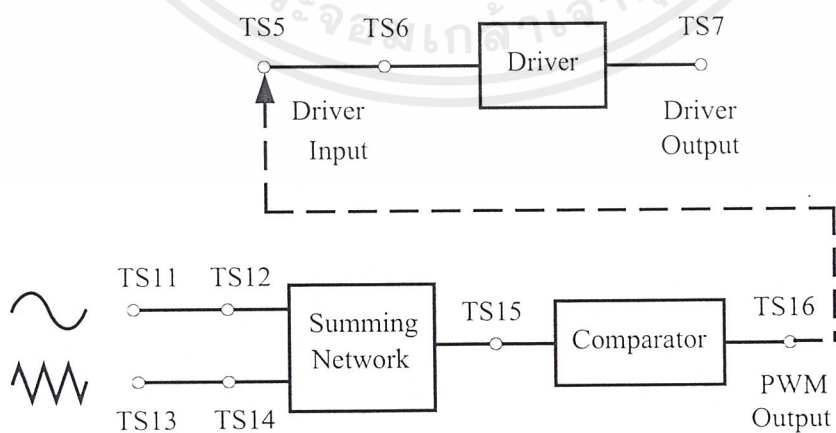
ส่วนการติมอดูเลตสัญญาณเพื่อให้ได้สัญญาณกลับคืนมานั้น เมื่อสัญญาณการมอดูเลตแบบความกว้างส่งผ่านเส้นใยแก้วนำแสงการติมอดูเลตสัญญาณนั้นจะต้องทำการขยายสัญญาณให้สัญญาณมีความแรงขึ้น แล้วจะผ่านไปยังวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านอันดับ 2 ซึ่งจะกรองความถี่ให้สัญญาณแอนะล็อกกลับคืนมาเหมือนเดิม

อุปกรณ์การทดลอง

- | | |
|---------------------------------------|-----------|
| 1. ชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสงชนิดโหมดเดียว | 1 ชุด |
| 2. ออสซิลโลสโคป | 1 เครื่อง |
| 3. เครื่องกำเนิดสัญญาณ | 2 เครื่อง |

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ประกอบแหล่งจ่ายไฟและเส้นใยแก้วนำแสง
2. ป้อนสัญญาณการมอดูเลตรูปคลื่นไซน์ความถี่ 200 เฮิรตซ์ ขนาด 0.8 Vp-p และป้อนสัญญาณการสุ่มตัวอย่างรูปคลื่นสามเหลี่ยมความถี่ 1800 เฮิรตซ์ ขนาด 8 Vp-p ที่จุด TS13 ดังรูปที่ 4.2

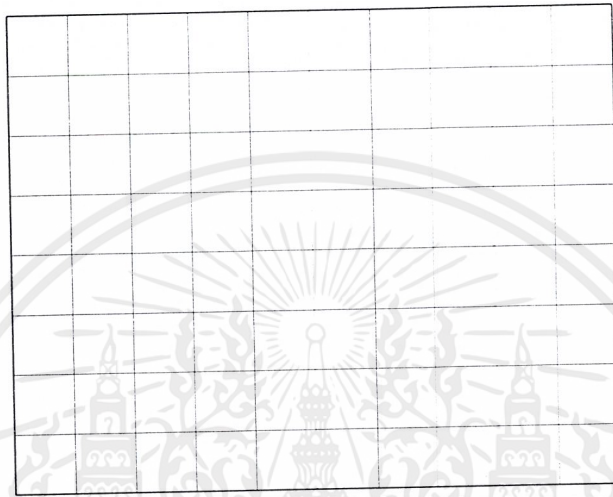


รูปที่ 4.2 ชุดวงจรมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

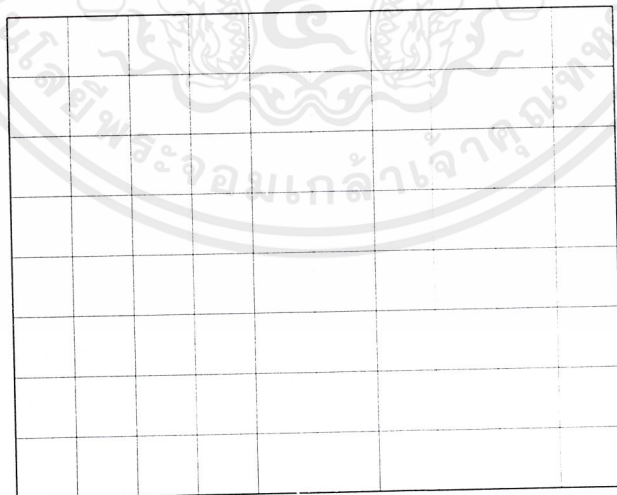
3. นำโพรบ CH1 วัดสัญญาณที่จุด TS12 และ CH2 วัดสัญญาณที่จุด TS14 บันทึกรูปสัญญาณ

จุด TS12



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

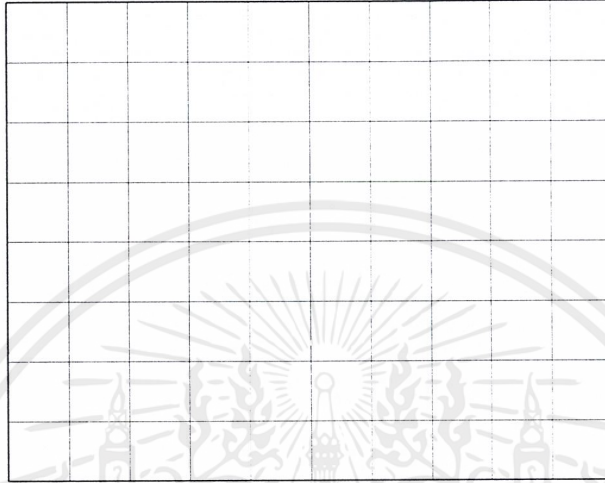
จุด TS14



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

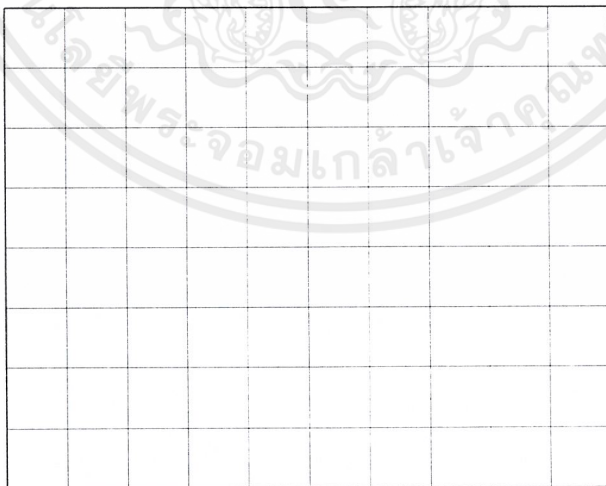
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำโพรบ CH1 วัดสัญญาณที่จุด TS12 และนำโพรบ CH2 วัดสัญญาณที่จุด TS15 บันทึก
รูปสัญญาณ



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

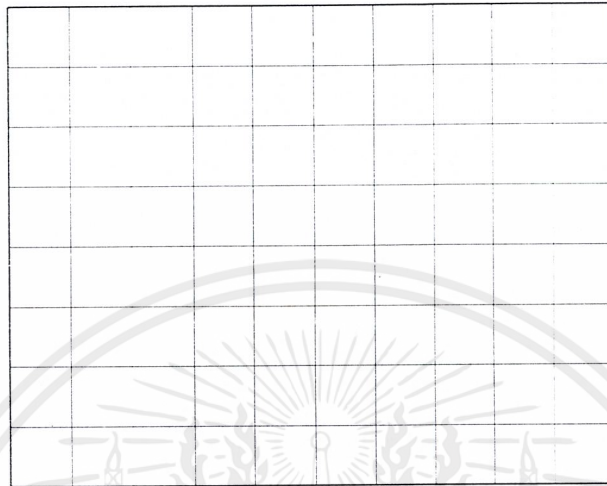
5. นำโพรบ CH2 มาวัดสัญญาณที่จุด TS16 ในการปรับสัญญาณให้ปรับที่แอมพลิจูดของ
สัญญาณรูปคลื่นไซน์ และรูปสามเหลี่ยมให้เหมาะสม บันทึกรูปสัญญาณ



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

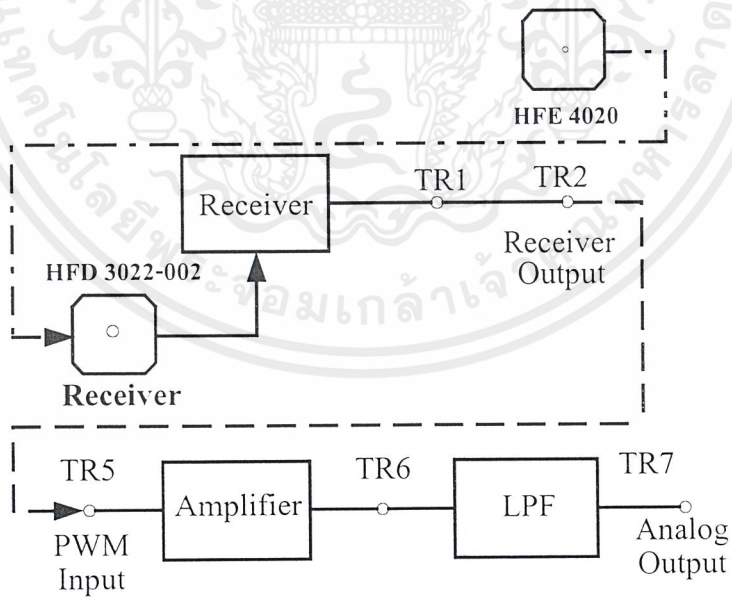
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ต่อจุด TS16 ไปยังจุด TS5 และนำโพรบ CH2 วัดสัญญาณที่จุด TS7 บันทึกรูปสัญญาณ



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

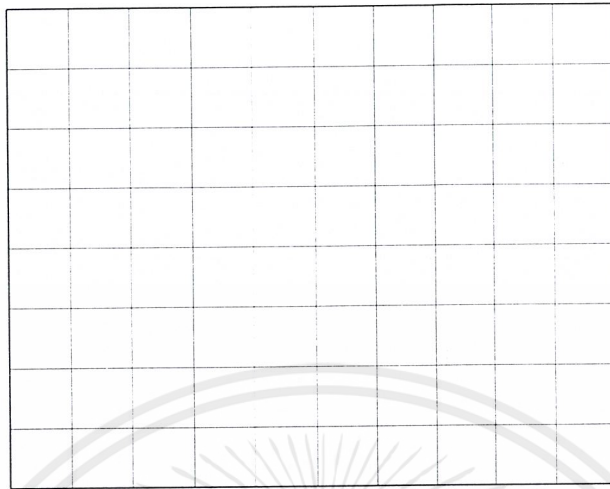
7. ต่อจุด TR2 ไปยังจุด TR5 ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ชุดวงจรดีมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์

8. นำโพรบ CH2 วัดสัญญาณที่จุด TR1 บันทึกรูปสัญญาณ

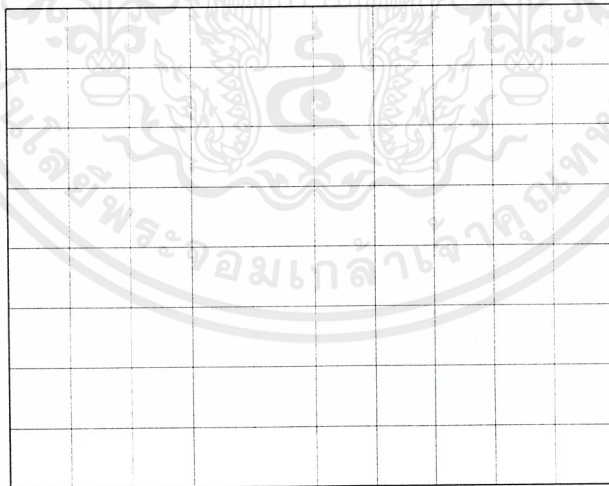
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

9. นำโพรบ CH2 วัดสัญญาณที่จุด TR6 และวัดที่จุด TR7 บันทึกรูปสัญญาณ

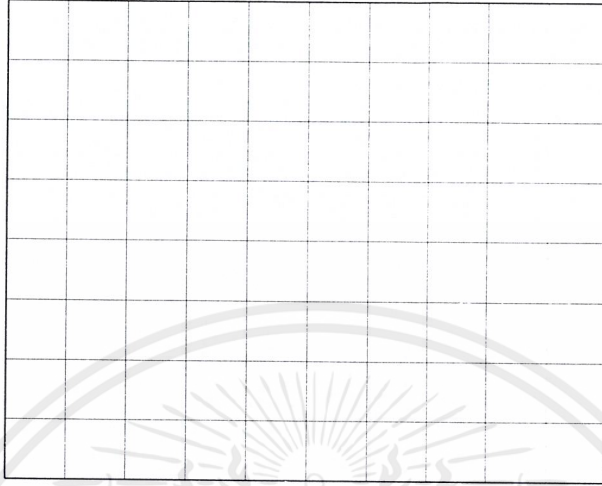
จุด TR6



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุด TR7



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

สรุปผลการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง

1. อธิบายการทำงานของวงจรมอดูเลตและมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์มาพอเข้าใจ
2. เมื่อปรับแอมพลิจูดของสัญญาณมอดูเลตรูปคลื่นไซน์มีผลต่อรูปคลื่นอย่างไรบ้างอธิบาย

ใบงานที่ 5

การส่งสัญญาณแบบตำแหน่งพัลส์ผ่านเส้นใยแก้วนำแสง

จุดประสงค์

1. สามารถเข้าใจหลักการทำงานของมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์ได้
2. สามารถทดสอบสัญญาณการมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์ได้
3. สามารถอธิบายหลักการทำงานของมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์ผ่านเส้นใยแก้วนำแสง

ทฤษฎีและหลักการ

การมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์ เป็นอีกรูปแบบหนึ่งของการมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์ ในส่วนของการมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์ (PPM) ตำแหน่งของพัลส์อ้างอิงจะสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของแอมพลิจูดของสัญญาณมอดูเลตรูปคลื่นไซน์ PPM จะมีสัญญาณรบกวนต่ำเมื่อแอมพลิจูดเกิดการเปลี่ยนแปลงเพราะว่าการรับสัญญาณอาจจะถูกตัดสัญญาณ และการเปลี่ยนแปลงของแอมพลิจูดนี้อาจทำให้เกิดสัญญาณรบกวนขึ้นได้ ในการสร้างสัญญาณ PPM จะเป็นการนำเอาสัญญาณการมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์เป็นสัญญาณอินพุตในการจะผลิตสัญญาณ PPM โดยที่สัญญาณ PWM จะผ่านไปยังวงจรดีเฟเฟอร์เรนซีเอเตอร์ ค่าเวลาที่ของวงจรดีเฟเฟอร์เรนซีเอเตอร์ จะส่งผ่านไปยังวงจรตัวคูณคลื่นจะมีส่วนในการผลิตสัญญาณ PPM ซึ่งสัญญาณดีเฟเฟอร์เรนซีเอเตอร์ จะส่งผ่านไปยังวงจรตัวคูณคลื่นซึ่งวงจรตัวคูณคลื่นจะมีผลต่อการย้ายตำแหน่งของพัลส์ทางด้านบวกโดยที่สัญญาณที่ออกจากวงจรตัวคูณคลื่นจะเป็นสัญญาณทริกเกอร์ของวงจรวันชอตมัลติไวเบรเตอร์หรือวงจร โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์เมื่อสร้างสัญญาณ PPM ขึ้นมาโดยที่สัญญาณ PPM จะเปลี่ยนแปลงตามแอมพลิจูดของสัญญาณการมอดูเลต

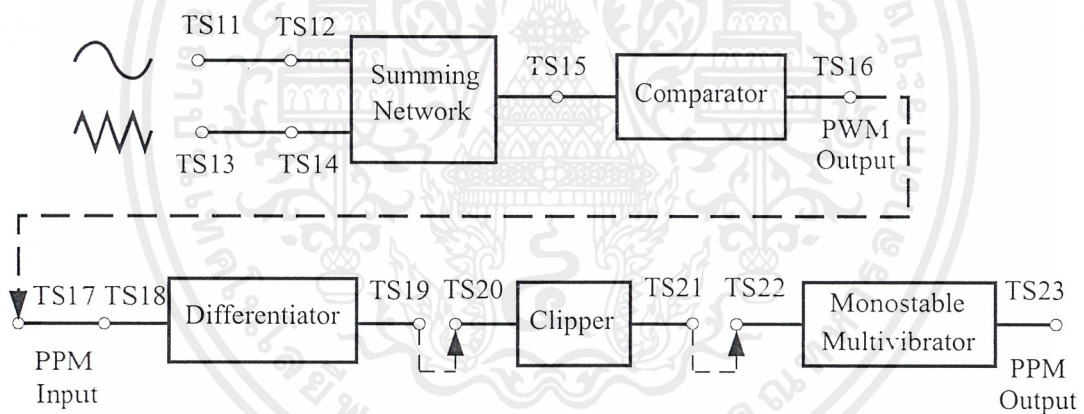
ในส่วนของวงจรดีมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์ เมื่อส่งสัญญาณ PPM ผ่านเส้นใยแก้วนำแสงแล้ว สัญญาณทางด้านเอาต์พุตจะถูกลดทอนลง ดังนั้นจึงจะต้องผ่านวงจรขยายสัญญาณให้มีความแรงของสัญญาณสูงขึ้น แล้วผ่านไปยังวงจรกรองความถี่ต่ำอันดับ 4 เหตุที่ต้องใช้วงจรกรองความถี่ต่ำอันดับ 4 เนื่องจากจะต้องกรองสัญญาณให้ได้ใกล้เคียงกับการ มอดูเลตรูปคลื่นไซน์ให้มากที่สุด โดยสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะมีความแรงของสัญญาณต่ำ ดังนั้นในการนำไปใช้งานจะต้องทำการขยายสัญญาณอีกครั้งหนึ่ง

อุปกรณ์การทดลอง

- | | |
|--|-----------|
| 1. ชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสงชนิดโหมคเดี่ยว | 1 ชุด |
| 2. ออสซิลโลสโคป | 1 เครื่อง |
| 3. เครื่องกำเนิดสัญญาณ | 2 เครื่อง |

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

- ประกอบแหล่งจ่ายไฟและเส้นใยแก้วนำแสง
- ใช้ชุดวงจรการมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์โดยการป้อนสัญญาณมอดูเลตรูปคลื่นไซน์ ความถี่ 200 เฮิรตซ์ ขนาด 0.8 Vp-p ที่จุด TS11 และป้อนสัญญาณมอดูเลตรูปคลื่นสามเหลี่ยม ความถี่ 1,800 เฮิรตซ์ ขนาด 8 Vp-p ที่จุด TS13 ดังรูปที่ 5.1

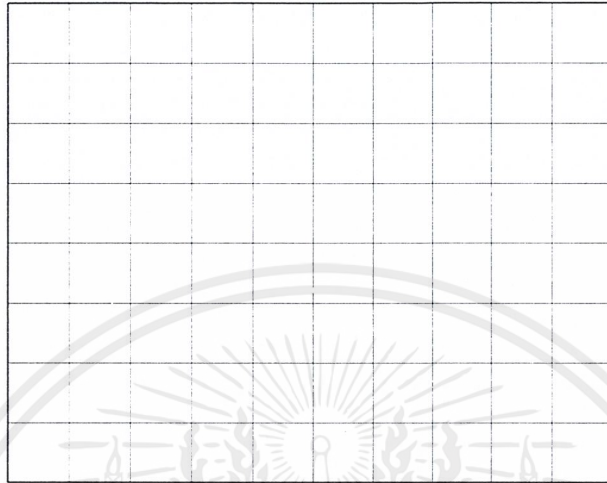


รูปที่ 5.1 ชุดวงจรการมอดูเลตแบบแบบตำแหน่งพัลส์

- ต่อจุด TS16 ไปยังจุด TS17 และนำโพรบ CH1 วัดสัญญาณอินพุตมอดูเลตรูปคลื่นไซน์ และนำโพรบ CH2 วัดสัญญาณที่จุด TS18 และ TS19 บันทึกรูปสัญญาณ

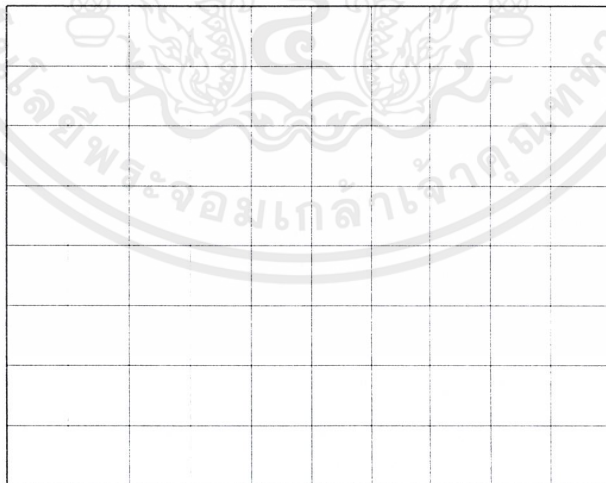
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุด TS18



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

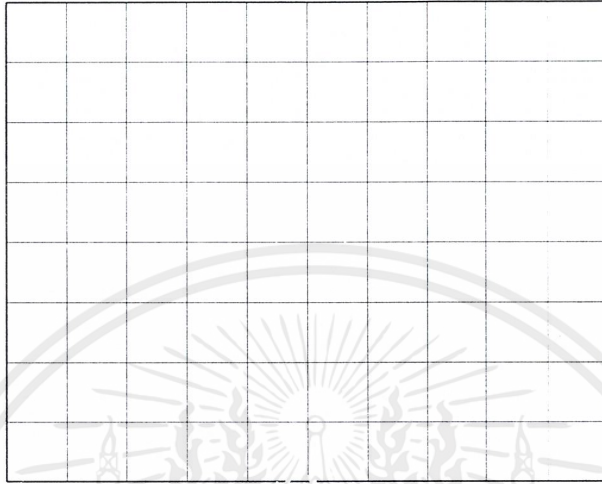
จุด TS19



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

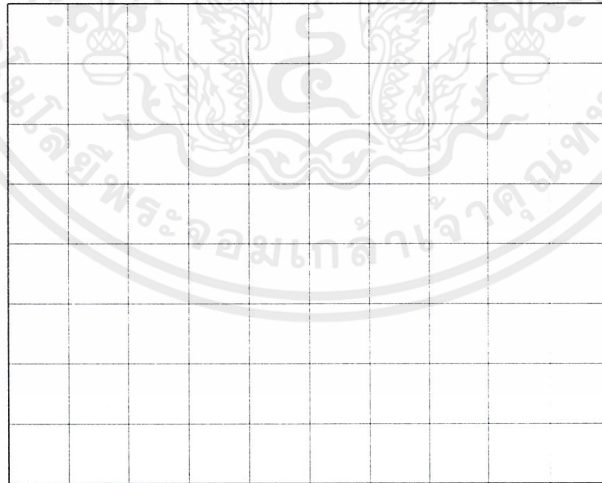
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ต่อจุด TS19 ไปยังจุด TS20 นำโพรบ CH2 วัดสัญญาณที่จุด TS21 บันทึกรูปสัญญาณ



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

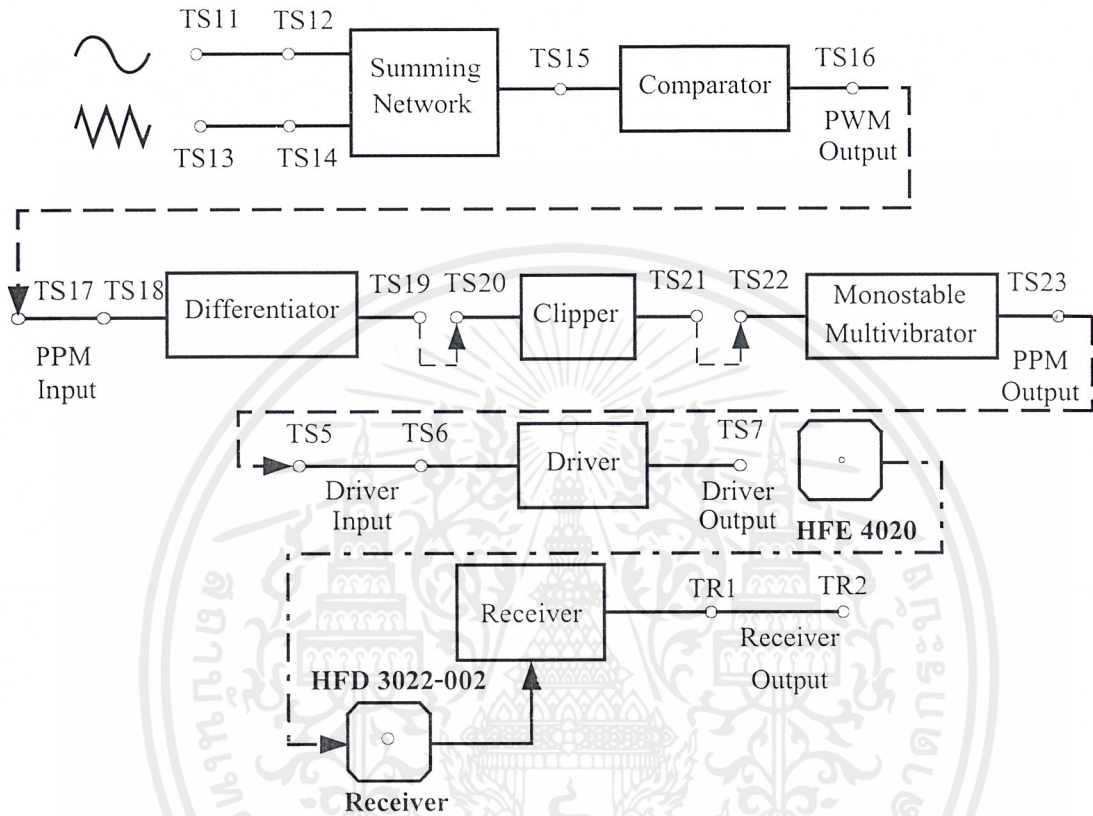
5. ต่อจุด TS21 ไปยังจุด TS22 นำโพรบที่ CH2 วัดสัญญาณที่จุด TS23 บันทึกรูปสัญญาณ



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

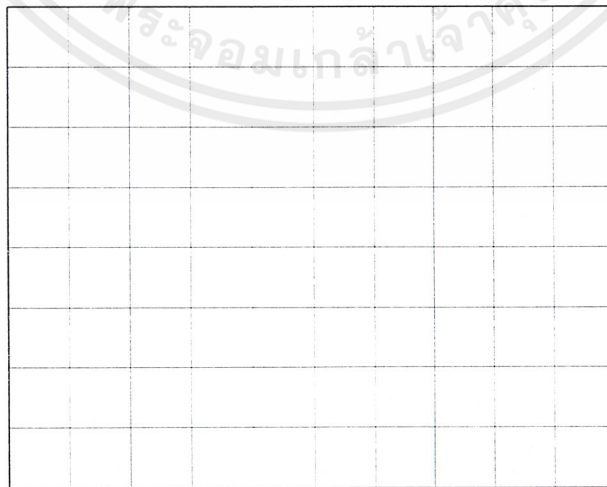
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ต่อจุด TS23 ไปยังจุด TS5 นำโพรบ CH2 วัดสัญญาณที่จุด TS7 และ TR1 บันทึกรูปสัญญาณดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 ชุดวงจรการมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลซ์เมื่อต่อเส้นใยแก้วนำแสง

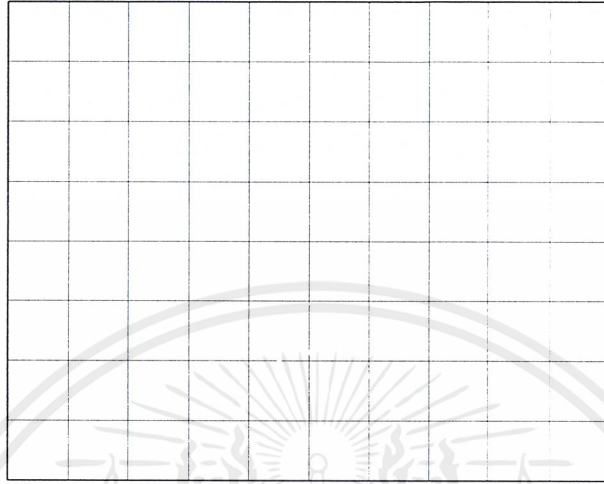
จุด TS7



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

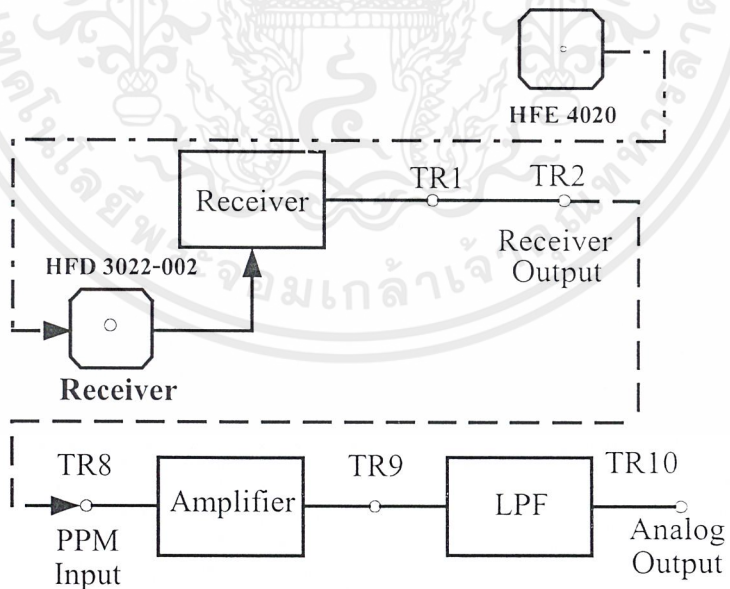
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุด TR1



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

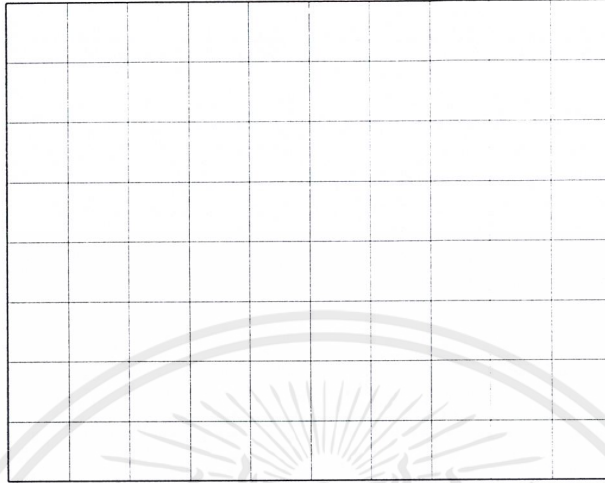
8. ประกอบวงจรตามรูปที่ 5.3 โดยการต่อจุด TR2 ไปยัง TR8 นำโพรบ CH2 วัดสัญญาณที่จุด TR9 และจุด TR10 บันทึกรูปสัญญาณ



รูปที่ 5.3 ชุดการดีมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุด TR9



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

จุดTR10



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง

1. อธิบายหลักการทำงานของวงจรมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลซ์มาพอเข้าใจ
2. เมื่อปรับแอมพลิจูดของสัญญาณมอดูเลตรูปคลื่นไซน์มีผลต่อรูปคลื่นอย่างไรบ้างอธิบาย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 6

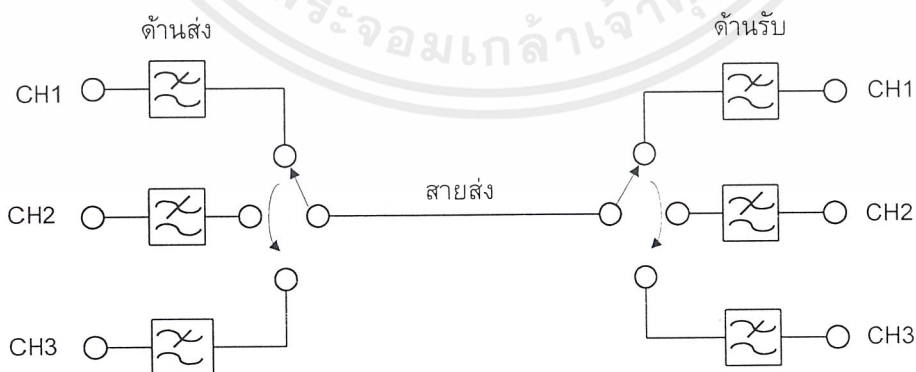
การส่งสัญญาณแบบแบ่งเวลา ผ่านเส้นใยแก้วนำแสง

จุดประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของวงจรส่งสัญญาณแบบแบ่งเวลา
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของของการจัดเวลาให้กับช่องสัญญาณอินพุตต่างๆ และการรวมสัญญาณเอาต์พุต

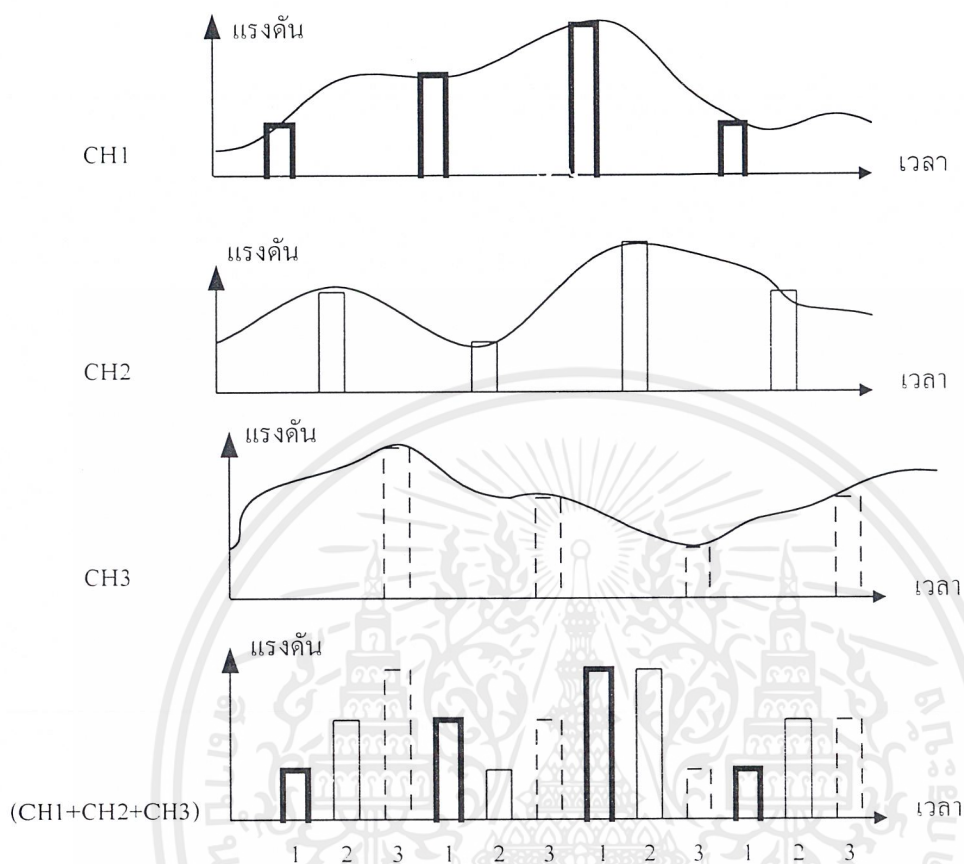
ทฤษฎีและหลักการ

ในการส่งสัญญาณข่าวสารเพื่อให้เกิดความประหยัดนั้น ถ้ารวมข้อมูลที่มาจากอุปกรณ์ต่างๆ เข้าด้วยกันเป็นกลุ่มใหญ่ แล้วทำการมัลติเพล็กซ์ออกไปจะมีผลดีกว่า สำหรับการทดลองนี้จะใช้วิธีการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา ซึ่งใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างสัญญาณอินพุตทั้ง 4 ช่อง ด้วยระยะเวลาเท่ากันซึ่งทฤษฎีการสุ่มตัวอย่างกล่าวว่า ถ้าสัญญาณข่าวสารมีความถี่สูงสุดเป็น f_c แล้วถ้าหากใช้ขบวนพัลส์ซึ่งจะมีความถี่เท่ากับหรือมากกว่า $2f_c$ มาทำการสุ่มตัวอย่างสัญญาณข่าวสารก็จะสามารถเก็บข้อมูลข่าวสารได้อย่างสมบูรณ์ สำหรับหลักการเบื้องต้น แสดงดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 หลักการรับส่งการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.2 หลักการสุ่มตัวอย่างสัญญาณแต่ละช่องและผลรวม

อุปกรณ์การทดลอง

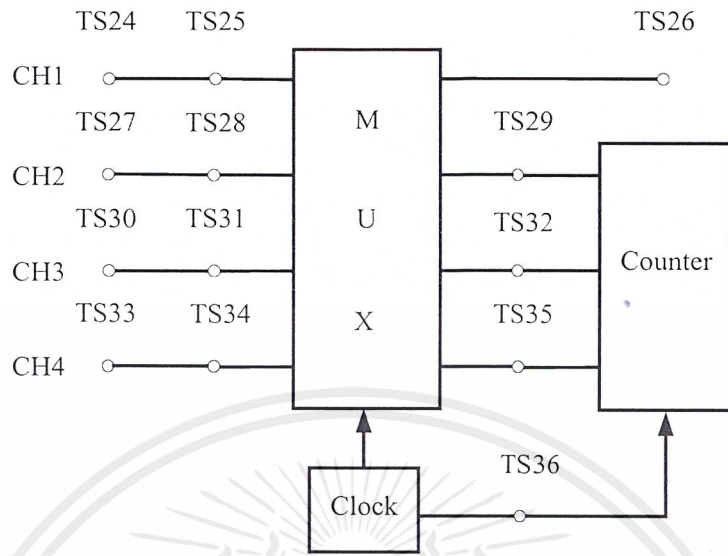
- | | |
|---------------------------------------|-----------|
| 1. ชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสงชนิดโหมมเดียว | 1 ชุด |
| 2. ออสซิลโลสโคป | 1 เครื่อง |

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ประกอบแหล่งจ่ายไฟและเส้นใยแก้วนำแสง
2. ประกอบวงจรตามรูปที่ 6.3 โดยการใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณนาฬิกาที่จุด TS36

สังเกตและบันทึกรูปสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



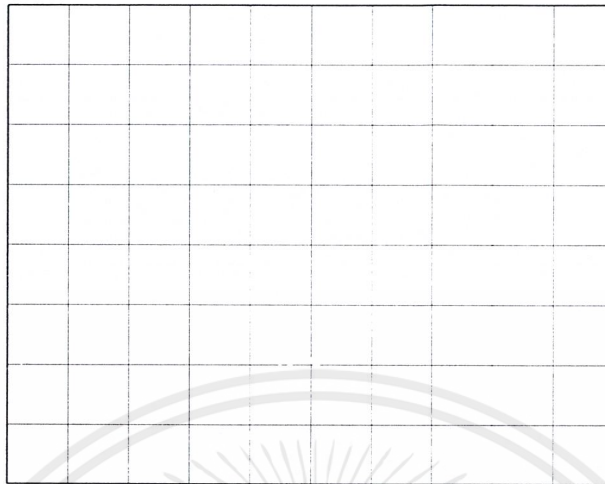
รูปที่ 6.3 ชุดวงจรพัลส์แบบแบ่งเวลา



Volts / Div = _____ Time / Div = _____ f = _____

3. นำโพรบ CH1 วัดสัญญาณที่จุด TS29 และนำโพรบ CH2 วัดสัญญาณที่จุด TS32 และบันทึกรูปสัญญาณ

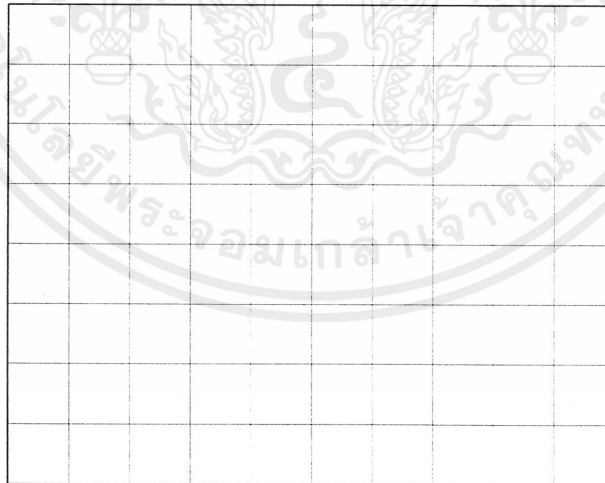
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CH 1 Volts / Div = _____ Time / Div = _____

CH2 Volts / Div = _____ Time / Div = _____

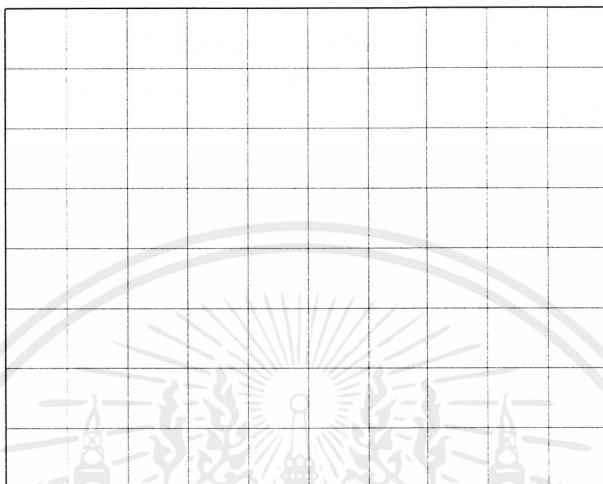
4. นำโพรบ CH1 วัดสัญญาณที่จุด TS35 สังเกตผลการทดลองที่ได้และบันทึกรูป
สัญญาณ



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

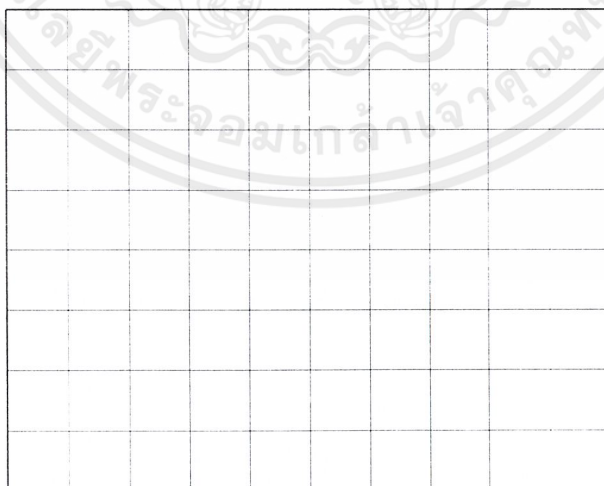
5. นำโพรบ CH1 วัดสัญญาณเอาต์พุตที่จุด TS26 ซึ่งสัญญาณที่ได้จะเป็นสัญญาณเข้า
จังหวะที่จะส่งไปยังภาครับให้สังเกตผลและบันทึกรูปสัญญาณ



Volts / Div = _____ f = _____

Time / Div = _____ PW = _____

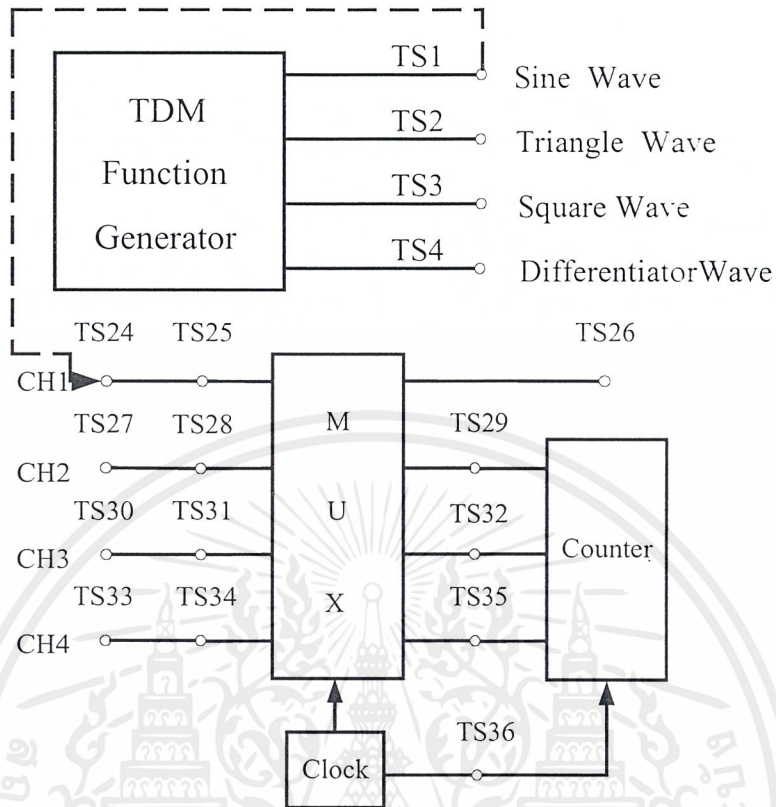
6. ประกอบวงจรตามรูปที่ 6.4 โดยการนำสัญญาณไซน์จาก จุดที่ TS1 โดยปรับความถี่
2 กิโลเฮิร์ตซ์ ต่อไปยังช่องที่ 1 (TS24) แล้วใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณที่จุด TS26



Volts / Div = _____ f = _____

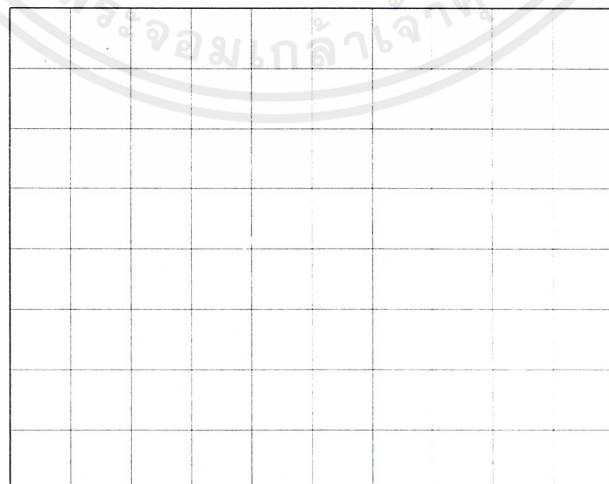
Time / Div = _____ PW = _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.4 การต่อแหล่งกำเนิดสัญญาณให้กับวงจรมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา

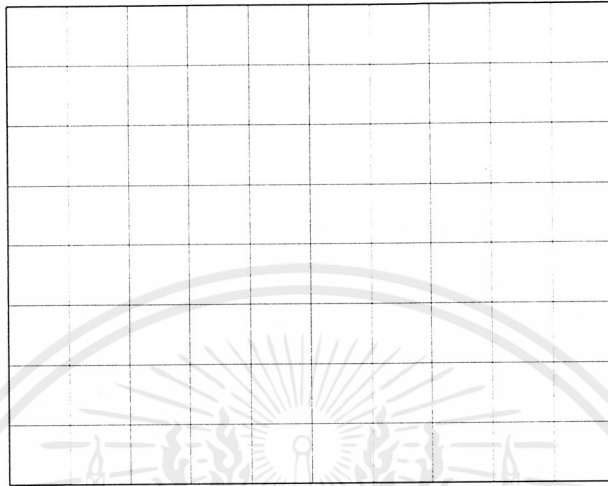
6.1 ปรับปุ่ม Volts / Div = 1V และปรับปุ่ม Time / Div = 5μs สังเกตผลที่ได้และบันทึกรูปสัญญาณ



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

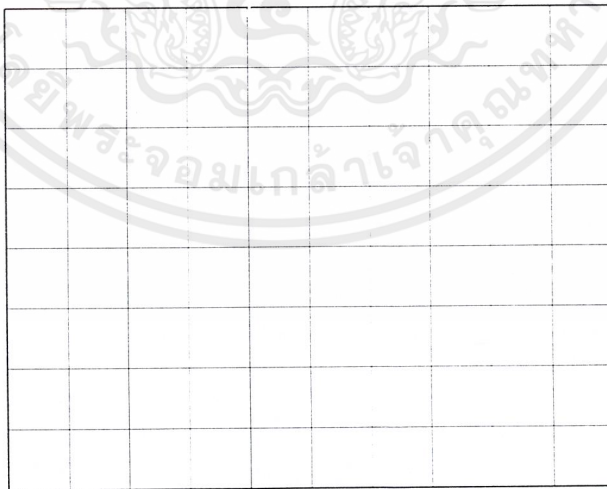
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ปรับปุ่ม Volts / Div = 1V และปรับปุ่ม Time / Div = 200 μ S บันทึกผลสัญญาณ



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

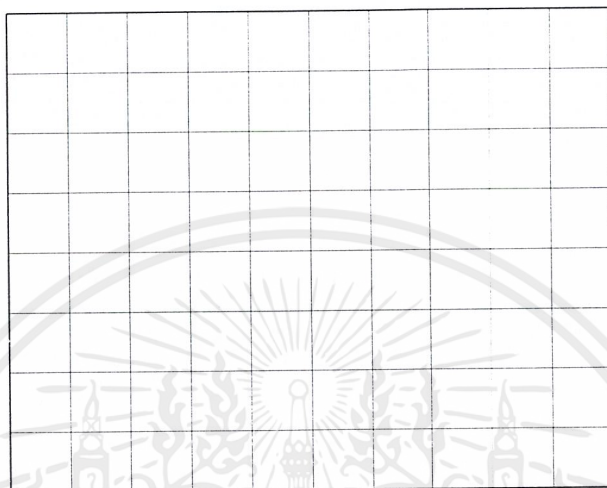
7. ทำการทดลองตามข้อ 6 โดยย้ายสัญญาณจากจุด TS24 ไปต่อยังจุด TS27 และบันทึกผลการทดลองที่ได้



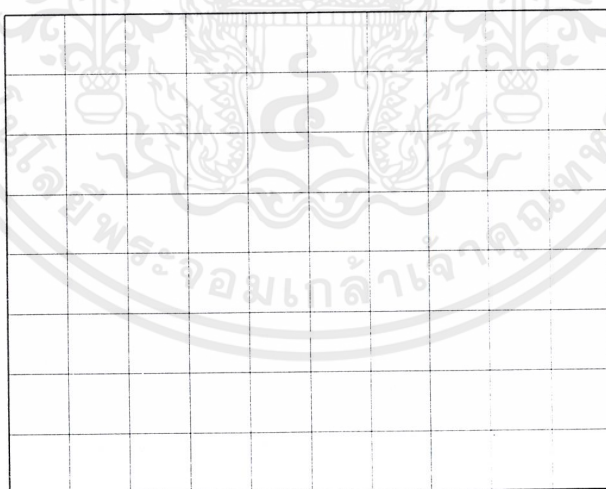
Volts / Div = _____ Time / Div = _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ทำการทดลองตามข้อ 6 โดยย้ายสัญญาณจากจุด TS24 ไปต่อยังจุด TS30 บันทึกผลการทดลอง



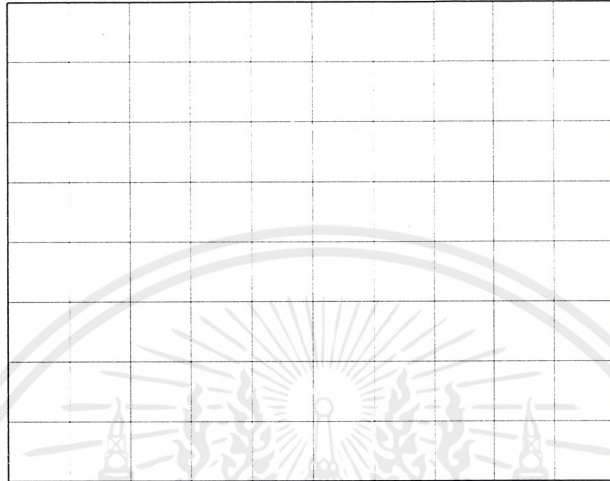
Volts / Div = _____ Time / Div = _____



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

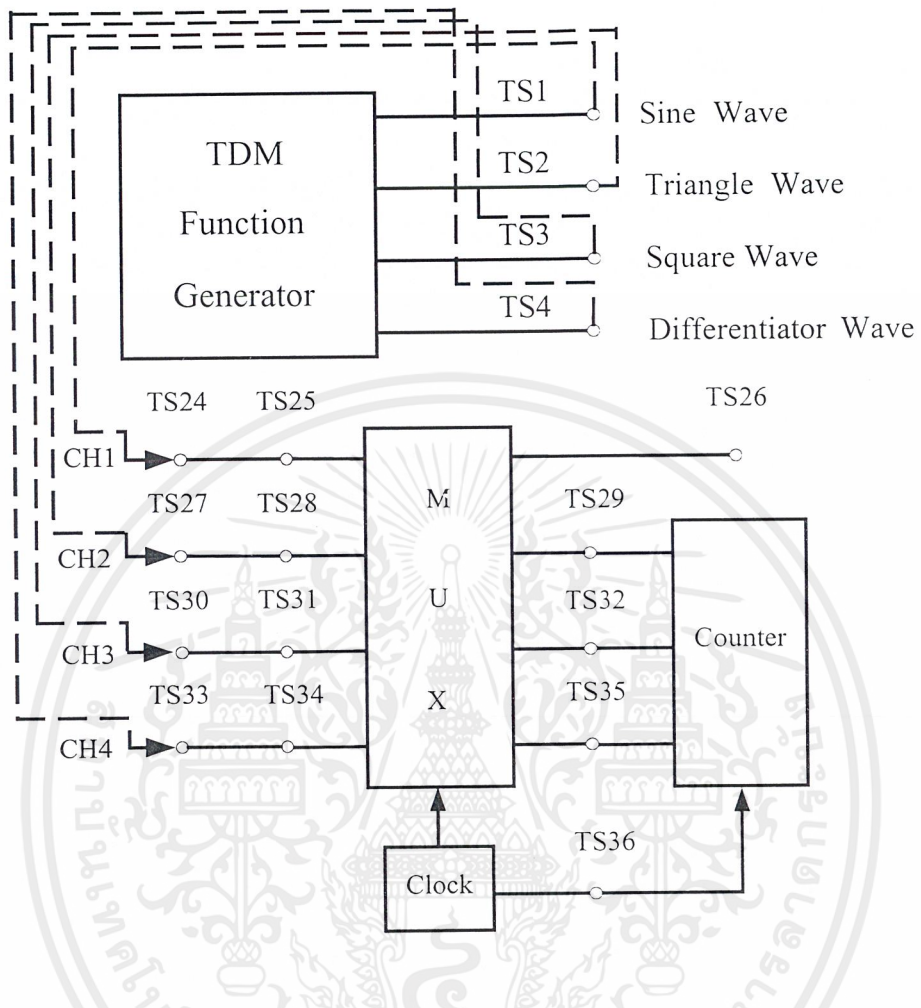
9. ทำการทดลองตามข้อ 6 โดยย้ายสัญญาณจากจุด TS24 ไปต่อยังจุด TS33 บันทึกผลการทดลองที่ได้



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

Volts / Div = _____ Time / Div = _____

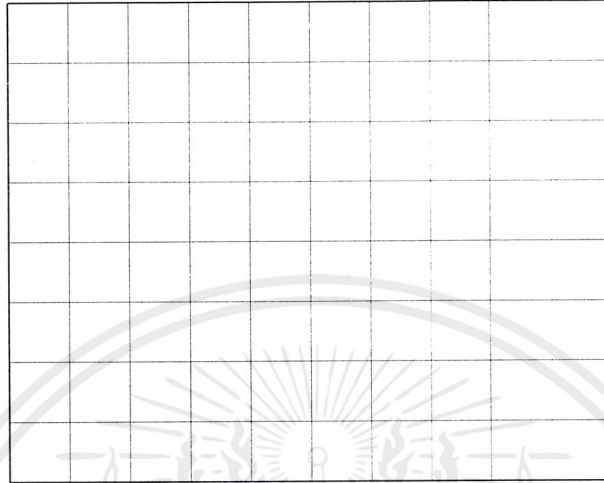
10. ประกอบวงจรตามรูปที่ 6.5 โดยการนำสัญญาณจากแหล่งกำเนิดสัญญาณ (TDM Function Generator) ทั้ง 4 ช่อง ต่อไปยังอินพุตทั้ง 4 ของ วงจร Time Divition Multiplex โดยต่อลำดับของสัญญาณอย่างไรก็ได้ ใช้โพรบ CH1 ของออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณที่จุด TS26



รูปที่ 6.5 การต่อสัญญาณจากแหล่งกำเนิดสัญญาณ 4 ช่องสัญญาณ

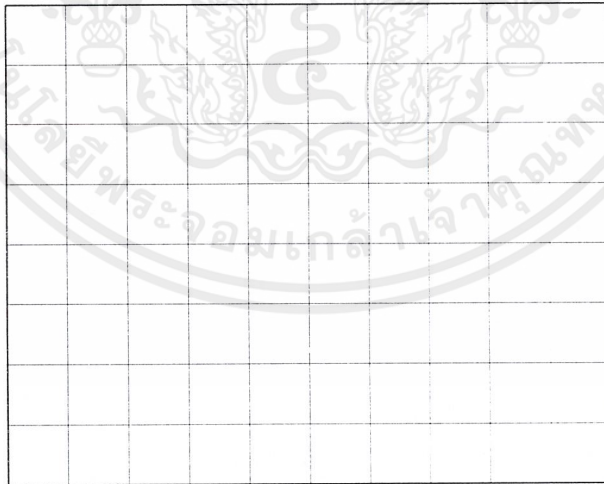
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.1 ปรับปุ่ม Volts / Div = 1V และ Time / Div = 5 μ S บันทึกผลการทดลอง



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

10.2 ปรับปุ่ม Volts / Div = 1V และ Time / Div = 200 μ S บันทึกผลการทดลอง



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง

1. TDM มีหลักการมัลติเพล็กซ์อย่างไรจงอธิบาย
2. จากการทดลองวงจร TDM นี้มีการส่งสัญญาณ 4 ช่องรวมสัญญาณเข้าจังหวะด้วยอีก 1 ช่องรวมเป็น 5 ช่อง ดังนั้นวงจร TDM นี้มีเวลาในการสุ่มตัวอย่างช่องละเท่าไร



ใบงานที่ 7

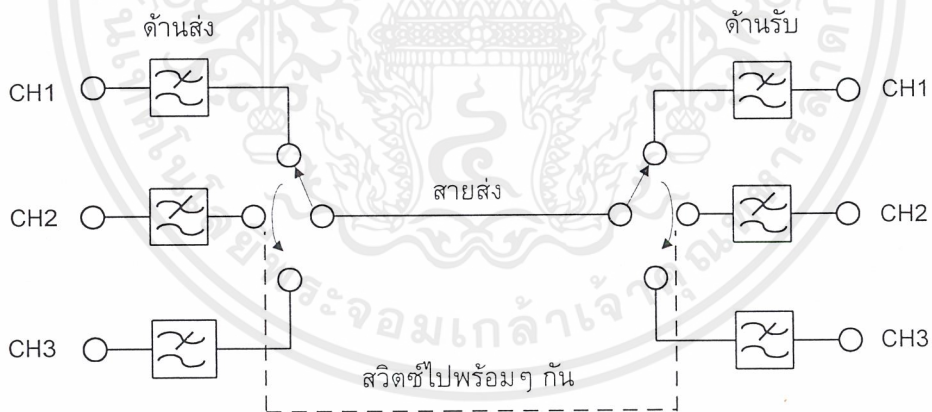
การรับสัญญาณการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา ผ่านเส้นใยแก้วนำแสง

จุดประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการดีมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา
2. เพื่อศึกษาการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลาส่งผ่านเส้นใยแก้วนำแสง

ทฤษฎีและหลักการ

กระบวนการสุมตัวอย่าง การเข้ามัลติเพล็กซ์ทางด้านส่งตลอดทั้งการดีมัลติเพล็กซ์ทางด้านรับจะต้องมีสัญญาณเข้าจังหวะเป็นตัวควบคุมให้สอดคล้องกันทั้งทางด้านส่งและทางด้านรับ



รูปที่ 7.1 หลักการทำให้ช่องสัญญาณด้านส่งและด้านรับตรงกัน

การที่จะรับสัญญาณให้ตรงกับช่องที่ส่งมา โดยทั่วไปแล้วทางด้านรับจะมีวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาขึ้นมาใหม่ โดยอาศัยขบวนการพัลส์ที่ได้รับจึงจะทำให้กระบวนการระหว่างด้านส่งและด้านรับเป็นไปด้วยความถูกต้องในช่วงเวลาเดียวกัน

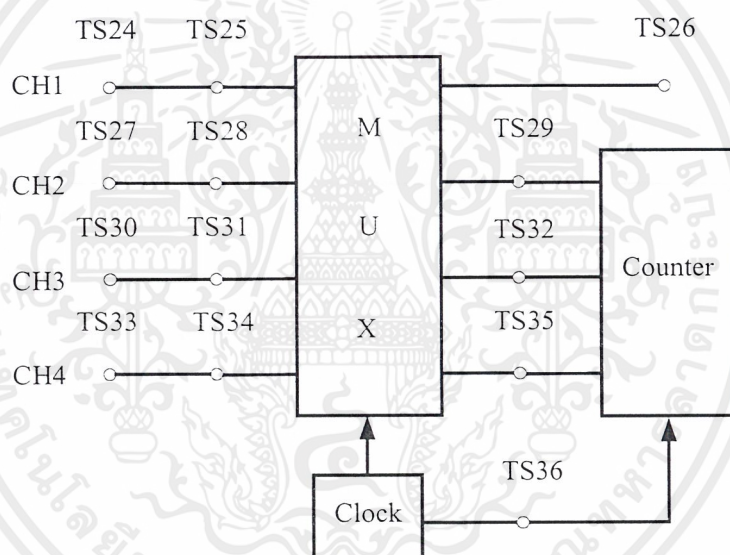
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์การทดลอง

- | | |
|--|-----------|
| 1. ชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสงชนิดโหมดเดี่ยว | 1 ชุด |
| 2. ออสซิลโลสโคป | 1 เครื่อง |

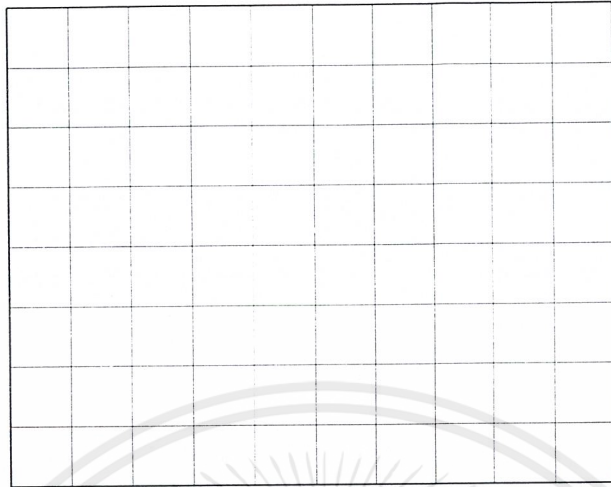
ลำดับขั้นการทดลอง

- ประกอบแหล่งจ่ายไฟและเส้นใยแก้วนำแสง
- ประกอบวงจรตามรูปที่ 7.2 โดยการต่อจุด TS26 ของวงจรการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลากับจุด TS5 ของวงจรถ่ายภาพสัญญาณ เพื่อส่งสัญญาณผ่านเส้นใยแก้วนำแสง



รูปที่ 7.2 ชุดวงจรมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา

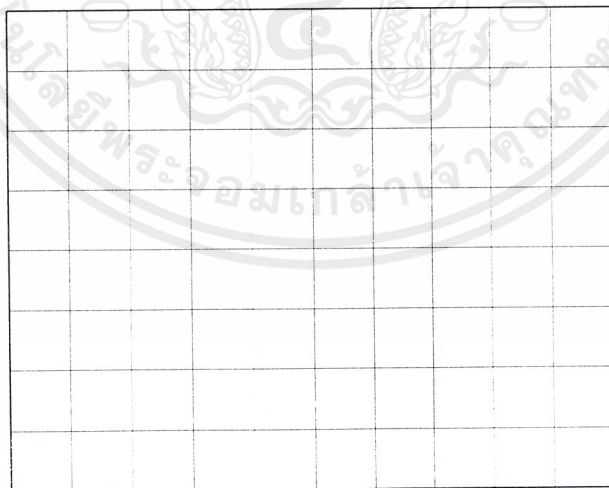
- ใช้ออสซิลโลสโคปโดยใช้โพรบ CH1 วัดที่จุด TS26 และใช้ CH2 วัดสัญญาณที่จุด TS16 ซึ่งเป็นสัญญาณเข้าจังหวะ สังเกตและบันทึกรูปสัญญาณ



CH1 Volts / Div = _____ Time / Div = _____

CH2 Volts / Div = _____ Time / Div = _____

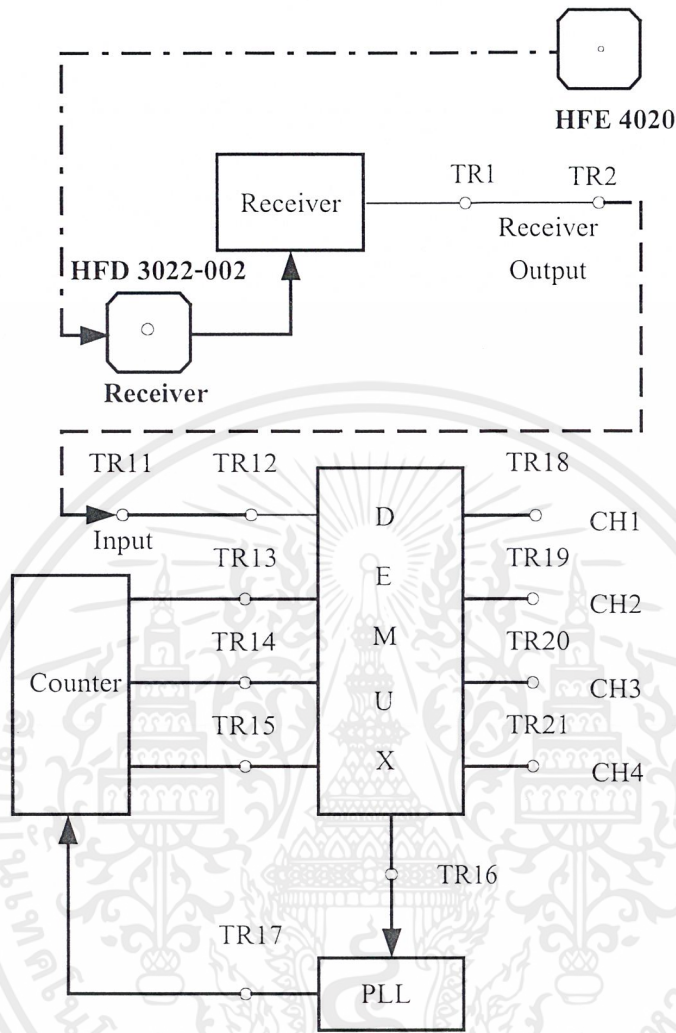
4. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณนาฬิกาโดยใช้ CH1 วัดสัญญาณจากภาคส่งที่จุด TS36 และใช้ CH2 วัดสัญญาณนาฬิกาที่จุด TR17 และปรับ Volume Adjust ให้สัญญาณที่จุด TR17 มีความถี่เท่ากับสัญญาณที่จุด TS36 และบันทึกรูปสัญญาณ



CH1 Volts / Div = _____ Time / Div = _____

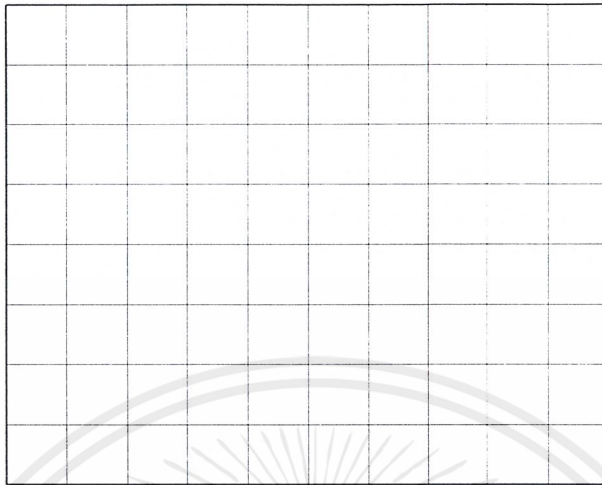
CH2 Volts / Div = _____ Time / Div = _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.3 วงจรดีมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา

5. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณของวงจรมับของภาคส่งและภาครับ หากภาครับมีเฟสและความถี่ไม่เท่ากับภาคส่งให้ปรับ Volume Adjust จนได้เฟสและความถี่เท่ากับภาคส่งโดยใช้ CH1 วัดสัญญาณที่จุด TS35 และใช้ CH2 วัดสัญญาณที่จุด TR15 บันทึกกรุปสัญญาณ



CH1 Volts / Div = _____ Time / Div = _____

CH2 Volts / Div = _____ Time / Div = _____

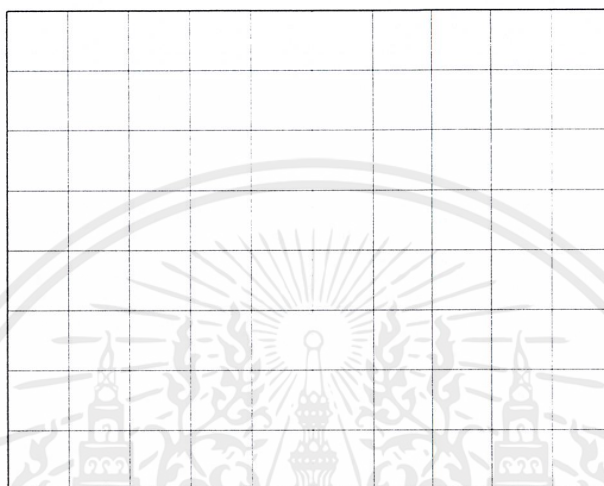
6. ถ่ายสัญญาณรูปคลื่นไซน์ที่มีความถี่ในช่วง 1 ถึง 2 กิโลเฮิร์ตซ์ เข้าที่ TS24 แล้วใช้ออสซิลโลสโคป CH1 วัดสัญญาณที่จุด TR18 และปรับ Volume Adjust ให้ได้รูปสัญญาณชัดเจนที่สุด บันทึกรูปสัญญาณ



Volts / Div = _____ Time / Div = _____ f = _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

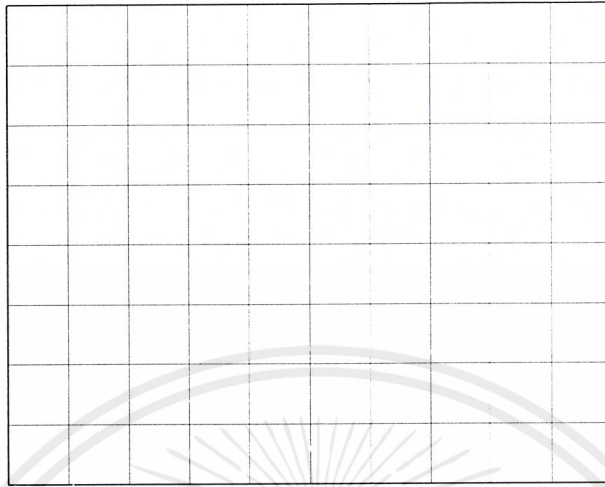
7. จากข้อ 6 ใช้ข้อสซิจิลโลสโคป CH1 วัดสัญญาณที่จุด TR18, CH2 วัดสัญญาณที่จุด TR19, CH3 วัดสัญญาณที่จุด TR20 และ CH4 วัดสัญญาณที่จุด TR21 โดยปรับ Vols / Div = 0.5V Time / Div = 200 μ S แล้วบันทึกรูปสัญญาณ



CH1 Volts / Div = _____ Time / Div = _____

CH2 Volts / Div = _____ Time / Div = _____

8. จากข้อ 7 ใช้ TDM Function Generator จำยสัญญาณ 4 สัญญาณให้กับวงจร Time Division Multiplex โดยต่อจุด TS1 ไปยังจุด TS24, TS2 ไปยังจุด TS27, TS3 ไปยังจุด TS30 และ TS4 ไปยังจุด TS33 แล้วใช้ข้อสซิจิลโลสโคป CH1 วัดสัญญาณที่จุด TR18, CH2 วัดสัญญาณที่จุด TR19, CH3 วัดสัญญาณที่จุด TR20 และ CH4 วัดสัญญาณที่จุด TR21 โดยปรับ Vols / Div = 0.5V Time / Div = 200 μ S แล้วบันทึกรูปสัญญาณ



CH1 Volts / Div = _____ Time / Div = _____

CH2 Volts / Div = _____ Time / Div = _____

สรุปผลการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง

1. เนื่องจากสัญญาณเอาต์พุตที่ได้เป็นสัญญาณที่ถูกสุ่มตัวอย่างออกมาโดยตรง ท่านคิดว่า มีหลักการใดบ้างที่สามารถทำให้สัญญาณเอาต์พุตเหมือนกับสัญญาณอินพุตมากที่สุด
2. ท่านคิดว่า TDM มีประโยชน์อย่างไรบ้างในระบบสื่อสาร

ใบงานที่ 8

การส่งสัญญาณการเข้ารหัสพัลส์ผ่านเส้นใยแก้วนำแสง

จุดประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของวงจรเข้ารหัสสัญญาณ
2. เพื่อศึกษาผลของการส่งสัญญาณการเข้ารหัสพัลส์ผ่านเส้นใยแก้วนำแสง

ทฤษฎีและหลักการ

สัญญาณแอนะล็อกที่ผ่านกระบวนการเข้ารหัสแบบการเข้ารหัสพัลส์เพื่อต้องการสัญญาณดิจิทัลแบบการเข้ารหัสพัลส์ โดยผ่านการสุ่มตัวอย่าง ซึ่งความถี่ที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างจะต้องมีค่ามากกว่าสองเท่าของสัญญาณแอนะล็อกจึงจะสามารถสร้างสัญญาณแอนะล็อกกลับคืนมาได้แล้วส่งเข้าไปเข้าวงจรจัดระดับสัญญาณ เพื่อทำการจัดระดับสัญญาณที่ได้และนำไปเข้ารหัสสัญญาณดิจิทัลแบบอนุกรม เพื่อส่งออกไปทางด้านส่งส่วนทางด้านรับจะมีวงจรถอดรหัสสัญญาณดิจิทัล ซึ่งจะเป็นการสร้างสัญญาณแอนะล็อกกลับคืนมา เมื่อสัญญาณดิจิทัลเข้ามาแบบอนุกรมแล้ว สัญญาณจะถูกส่งเข้าวงจรจัดระดับสัญญาณ เพื่อสร้างสัญญาณแอนะล็อกให้ใกล้เคียงสัญญาณเดิมมากที่สุด แล้วจะผ่าน วงจรกรองความถี่ต่ำเพื่อให้ได้สัญญาณแอนะล็อกกลับคืนมา

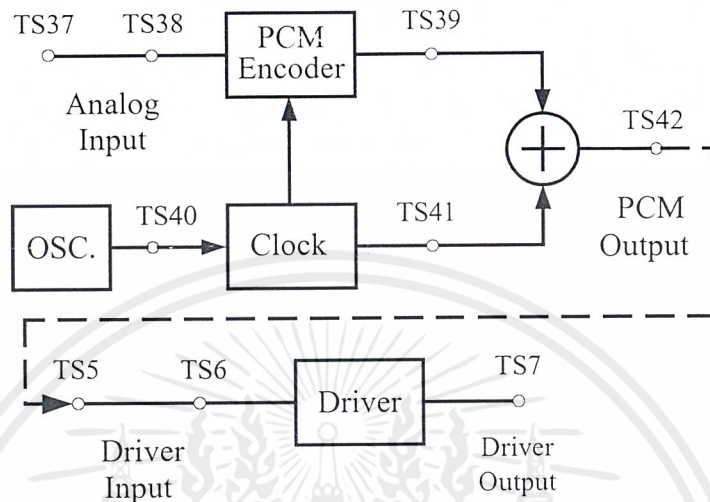
อุปกรณ์การทดลอง

- | | |
|---------------------------------------|-----------|
| 1. ชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสงชนิดโหมคเดียว | 1 ชุด |
| 2. ออสซิลโลสโคป | 1 เครื่อง |
| 3. เครื่องกำเนิดสัญญาณ | 1 เครื่อง |

ลำดับขั้นการทดลอง

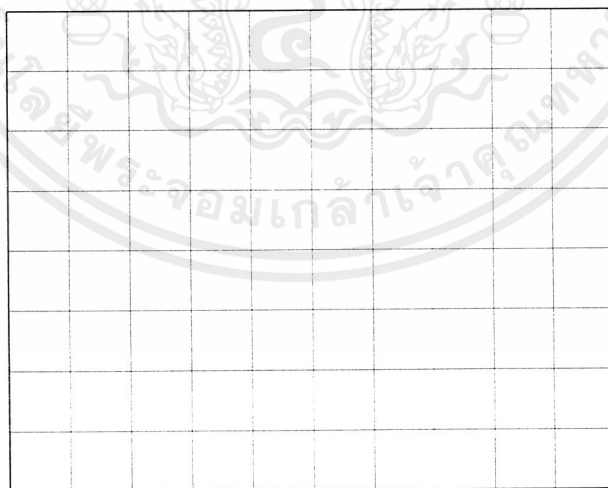
1. ประกอบแหล่งจ่ายไฟและเส้นใยแก้วนำแสง
2. ประกอบวงจรดังรูปที่ 8.1 โดยการป้อนสัญญาณแอนะล็อกจากเครื่องผลิตความถี่ที่มีความถี่ 1,500 เฮิร์ตซ์ขนาด 0.2 Vp-p ที่จุด TS37 และต่อจุด TS42 ไปเข้าจุด TS5 ของวงจรขับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.1 ชุดวงจรมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์

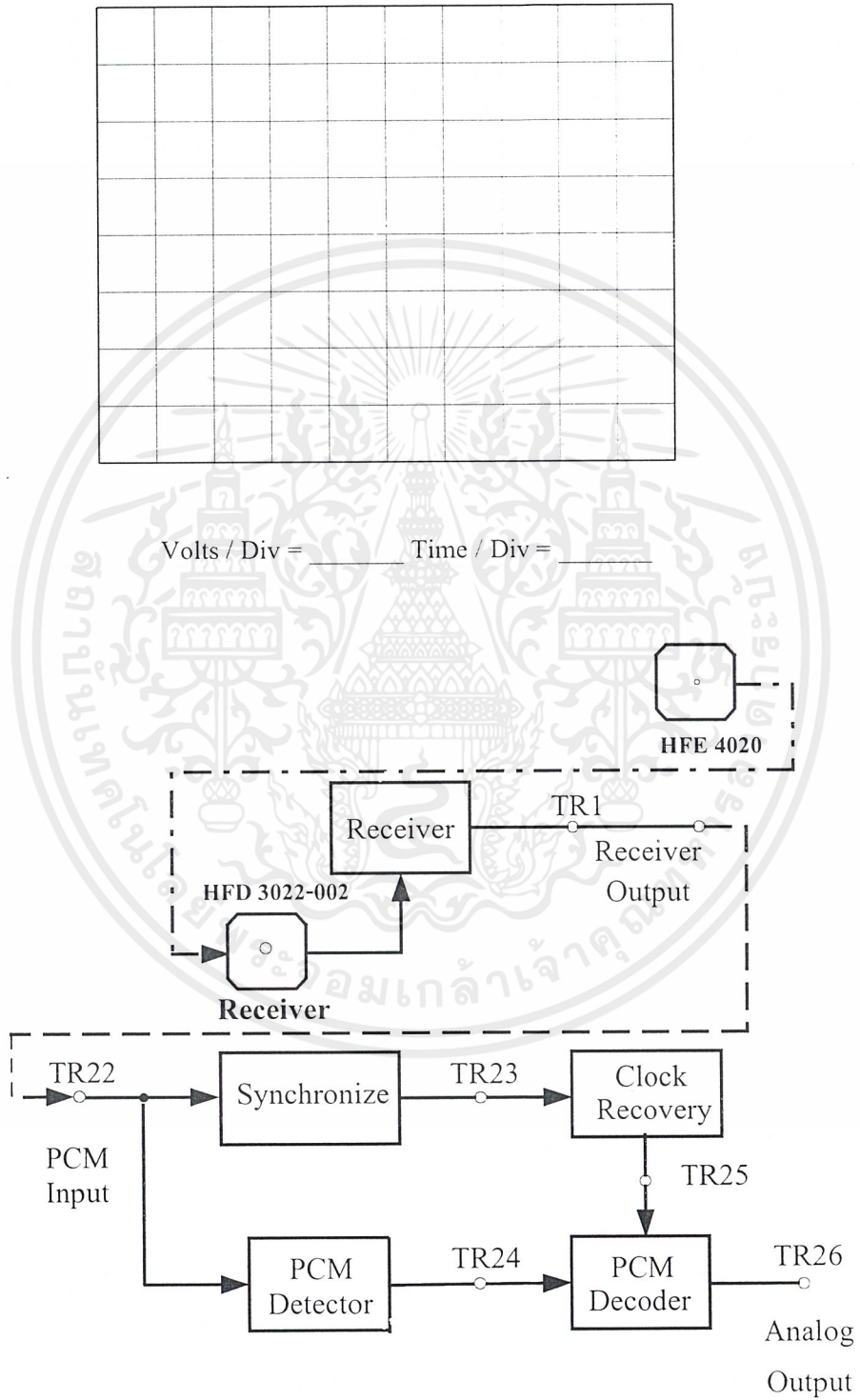
3. นำโพรบของ CH1 ของออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณแอนะล็อกอินพุตที่จุด TS38 แล้วบันทึกรูปสัญญาณ



Volts / Div = _____ Time / Div = _____ f = _____

4. นำโพรบ CH1 วัดที่จุด TS6 ซึ่งเป็นสัญญาณการเข้ารหัสพัลส์ที่เข้ารหัสแล้วและสัญญาณนาฬิกาที่ส่งไปเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาปลายทาง เพื่อให้สัญญาณการเข้ารหัสพัลส์ทางเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

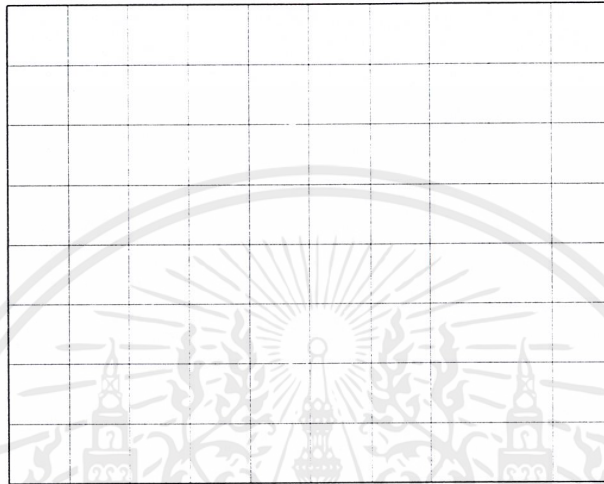
ด้านส่งและทางด้านรับเกิดการซิงค์กัน โดยจะส่งไปก่อนสัญญาณการเข้ารหัสพัลส์และบันทึกรูปสัญญาณ



รูปที่ 8.2 ชุดวงจรการมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์

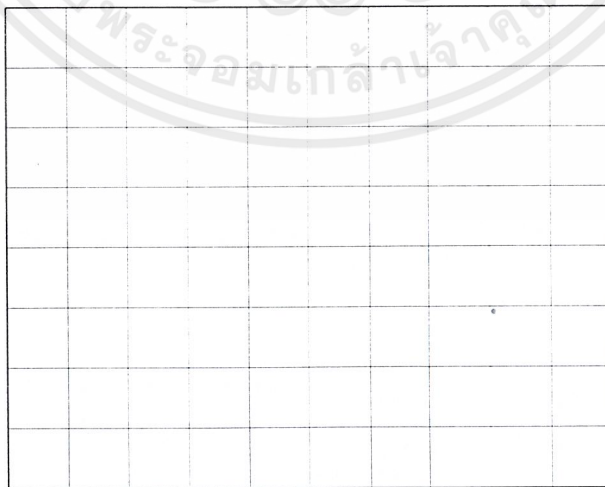
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ประกอบวงจรตามรูปที่ 2
6. นำโพรบ CH1 มาวัดสัญญาณการเข้ารหัสพัลส์ที่ส่งผ่านเส้นใยแก้วนำแสงมาแล้วที่จุด TR1 บันทึกรูปสัญญาณ



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

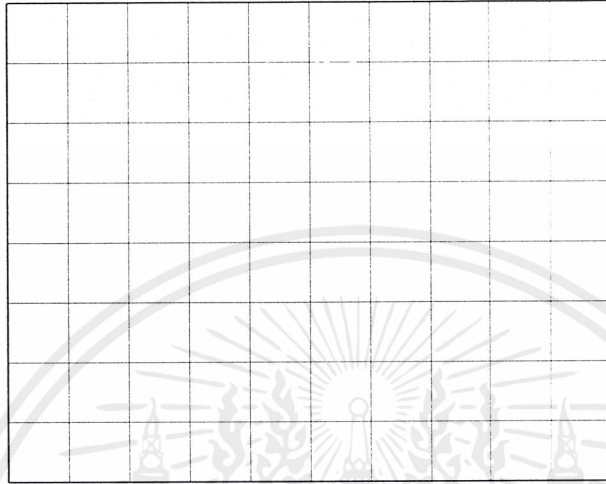
7. นำโพรบ CH1 มาวัดสัญญาณที่จุด TR24 ซึ่งสัญญาณนาฬิกาจะถูกตัดออกไป เหลือเพียงสัญญาณการเข้ารหัสพัลส์สัญญาณเดียวเพื่อนำไปถอดรหัสสัญญาณการเข้ารหัสพัลส์ที่ภาค PCM Decoder บันทึกรูปสัญญาณ



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. นำโพรบ CH1 มาวัดสัญญาณที่จุดTR26 ซึ่งเป็นสัญญาณแอนะล็อกเอาต์พุตที่ผ่านการ
ถอครหัสมาแล้ว บันทึกรูปสัญญาณ



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

สรุปผลการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง

1. ถ้าอัตราการสุ่มตัวอย่างน้อยกว่า 2 เท่าของความเร็วสูงสุดของสัญญาณแอนะล็อกจะทำให้เกิดผลอย่างไรจงอธิบาย
2. จงอธิบายถึงวิธีการเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล ตามกระบวนการของการเข้ารหัสพัลส์

ใบงานที่ 9

การสร้างสัญญาณนาฬิกาปลายทาง วงจรตีมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาปลายทาง
2. เพื่อศึกษาผลของการสร้างสัญญาณนาฬิกาปลายทางเมื่อผ่านเส้นใยแก้วนำแสง

ทฤษฎีและหลักการ

ในการถอดรหัสสัญญาณพีซีเอ็ม สัญญาณนาฬิกาทางด้านรับที่ใช้อ้างอิงจะต้องตรงกันกับสัญญาณนาฬิกาทางด้านส่ง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องสร้างสัญญาณนาฬิกาปลายทางขึ้น การสร้างสัญญาณนาฬิกาปลายทางนั้น จะใช้หลักการส่งสัญญาณเข้าจังหวะรวมไปกับสัญญาณการเข้ารหัสพัลส์ซึ่งเป็นข้อมูล 8 บิต “11111111” เช่นเดียวกับสัญญาณการเข้ารหัสพัลส์จากนั้นทางด้านรับจะผ่านวงจรอีกส่วนหนึ่งคือ วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ตรวจจับข้อมูลที่ เป็น “11111111” และนำไปสร้างสัญญาณนาฬิกา 8 กิโลเฮิร์ตซ์ เข้าสู่วงจรเฟสล็อกเพื่อผลิตสัญญาณนาฬิกาความถี่ 2.048 เมกะเฮิร์ตซ์ ป้อนให้กับวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาปลายทาง ซึ่งจะเหมือนกับทางด้านส่ง

อุปกรณ์การทดลอง

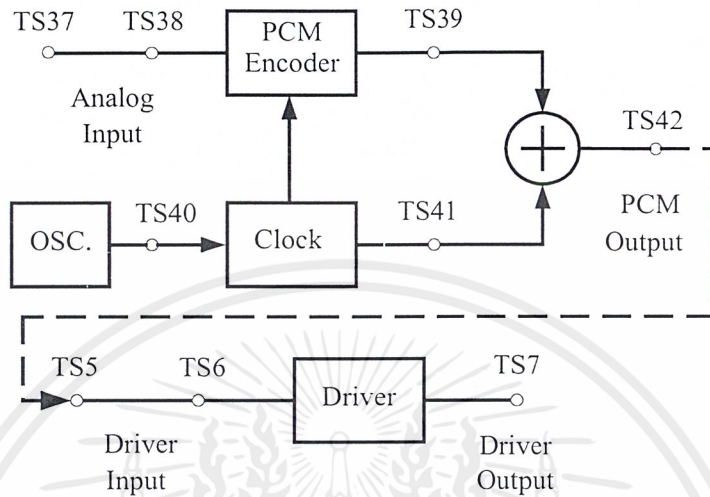
- | | | |
|---------------------------------------|---|---------|
| 1. ชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสงชนิดโหมดเดียว | 1 | ชุด |
| 2. ออสซิลโลสโคป | 1 | เครื่อง |
| 3. เครื่องกำเนิดสัญญาณ | 1 | เครื่อง |

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 9.1 โดยทำการป้อนสัญญาณแอนะล็อกรูปคลื่นไซน์ที่มีความถี่ประมาณ 1,000 เฮิร์ตซ์ ขนาด 0.5 Vp - p จากเครื่องผลิตความถี่เข้าที่จุด TS37 ของวงจรมอดูเลตแบบ

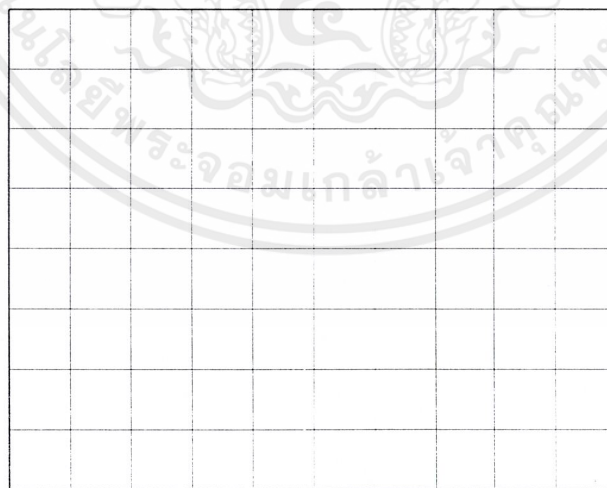
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้ารหัสพัลส์ และต่อจุด TS42 เข้าที่จุด TS5 ของวงจรขับสัญญาณเพื่อส่งสัญญาณการเข้ารหัสพัลส์ผ่านเส้นใยแก้วนำแสง



รูปที่ 9.1 ชุดวงจรมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์

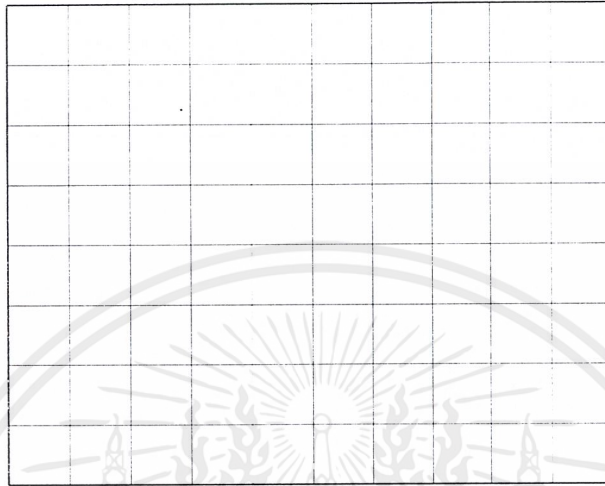
2. นำโพรบ CH1 ของออสซิลโลสโคปมาวัดสัญญาณแอนะล็อกอินพุตที่จุด TS38 บันทึกสัญญาณ



Volts / Div = _____ Time / Div = _____ f = _____

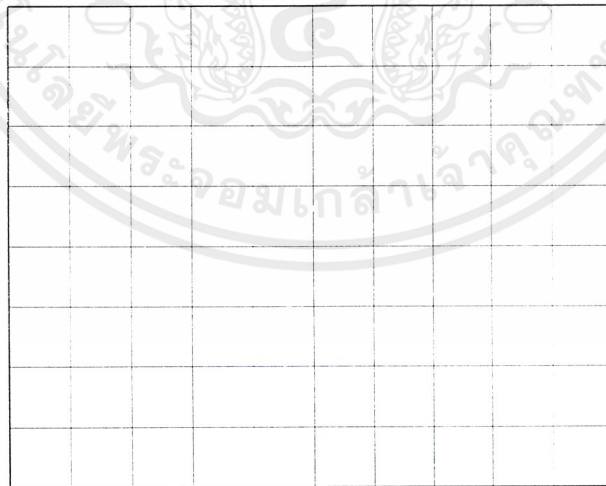
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำโพรบ CH1 ของออสซิลโลสโคปมาวัดความถี่ที่ผลิตจากวงจรผลิตความถี่ ที่จุด TS40
บันทึกรูปสัญญาณ



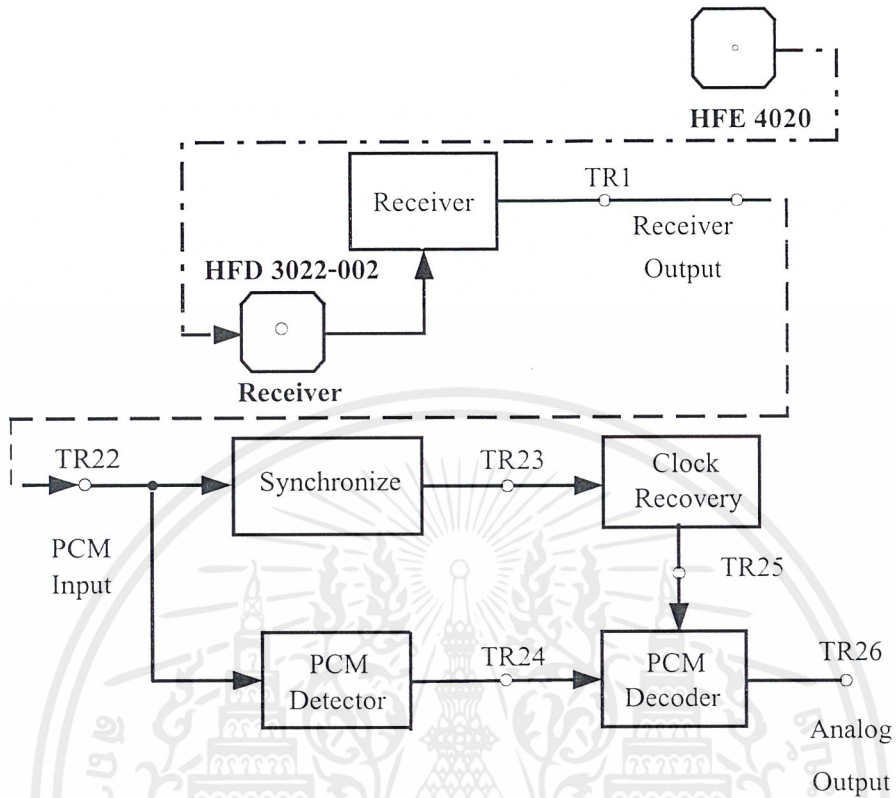
Volts / Div = _____ Time / Div = _____ f = _____

4. นำโพรบ CH1 วัดสัญญาณนาฬิกาที่จะนำไปสร้างสัญญาณนาฬิกาปลายทาง ที่จุด TS39 และนำโพรบ CH2 วัดที่จุด TS42 บันทึกรูปสัญญาณ



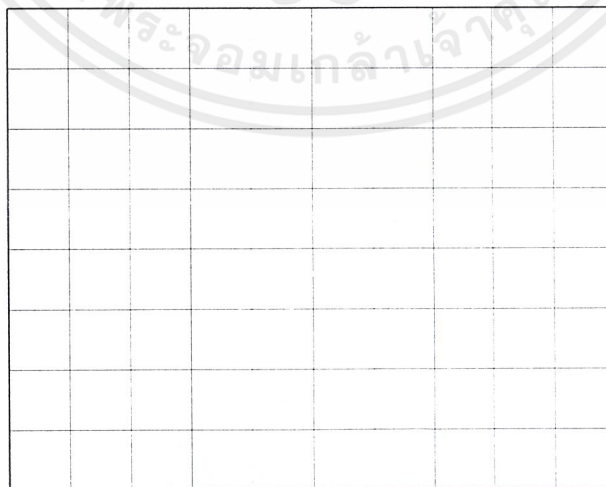
Volts / Div = _____ Time / Div = _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9.2 ชุดวงจรมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลซ์

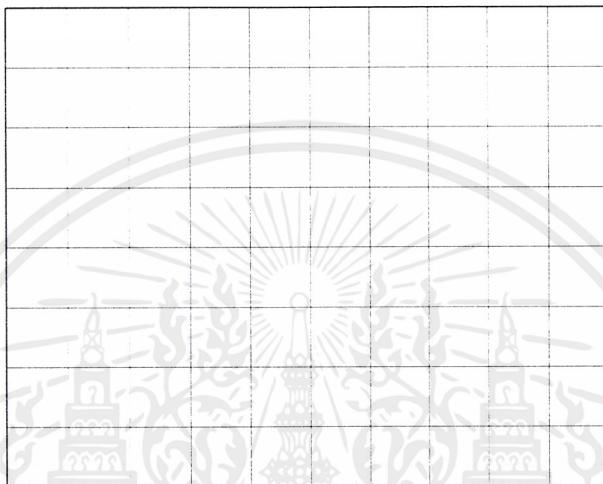
5. ประกอบวงจรตามรูปที่ 9.2 นำโพรบ CH1 มาวัดสัญญาณที่จุด TR23 ซึ่งเป็นสัญญาณนาฬิกาความถี่ 8 กิโลเฮิร์ตซ์ที่สร้างขึ้นใหม่จากสัญญาณนาฬิกาที่ส่งมาพร้อมๆ กันกับสัญญาณเข้ารหัสพัลซ์และบันทึกรูปสัญญาณ



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

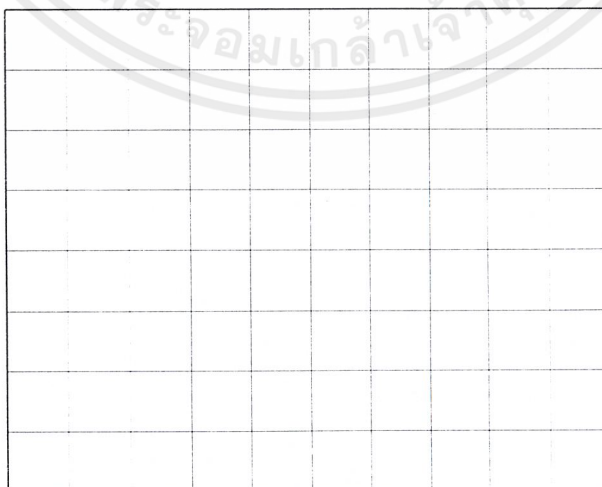
6. นำโพรบ CH1 มาวัดสัญญาณนาฬิกาที่สร้างขึ้นมาจากวงจรผลิตความถี่ทางด้านส่ง ที่จุด TS40 และนำโพรบ CH2 มาวัดสัญญาณนาฬิกาที่สร้างขึ้นมาจากสัญญาณนาฬิกาที่ส่งมาพร้อมกับสัญญาณเข้ารหัสพัลส์ ที่จุด TR25 สังเกตความถี่ของทางด้านส่งและทางด้านรับ และบันทึกรูปสัญญาณ



CH1 Volts / Div = _____ Time / Div = _____

CH2 Volts / Div = _____ Time / Div = _____

7. นำโพรบ CH1 มาวัดสัญญาณแอนะล็อกเอาต์พุตที่จุด TR26 ซึ่งเป็นสัญญาณแอนะล็อกที่ถูกถอดรหัสเป็นสัญญาณแอนะล็อกบันทึกผลสัญญาณที่ได้



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง

1. สัญญาณนาฬิกาที่ส่งไปพร้อมกับสัญญาณการเข้ารหัสพัลซ์ส่งไปเพื่ออะไรจงอธิบายมาพอสังเขป
2. ถ้าไม่ส่งสัญญาณนาฬิกาไปพร้อมกับสัญญาณการเข้ารหัสพัลซ์จะมีผลอย่างไรต่อวงจรถอดรหัสสัญญาณการเข้ารหัสพัลซ์ทางด้านรับ จงอธิบายมาพอสังเขป
3. สัญญาณนาฬิกาที่ส่งไปพร้อมกับสัญญาณการเข้ารหัสพัลซ์มีประโยชน์อย่างไรกับวงจรทางด้านรับ



ใบงานที่ 10

การส่งสัญญาณภาพผ่านเส้นใยแก้วนำแสง

จุดประสงค์

1. เพื่อทดสอบการส่งสัญญาณภาพผ่านเส้นใยแก้วนำแสง
2. เพื่อเปรียบเทียบสัญญาณที่รับได้กับสัญญาณภาพทางด้านส่ง

ทฤษฎีและหลักการ

สัญญาณภาพรวม (Composite Video Signal) นั้นเป็นสัญญาณที่มีแบนด์วิธกว้างมาก (ประมาณ 5 MHz) ในการทดลองส่งสัญญาณภาพผ่านเส้นใยแก้วนำแสงนี้จะต้องคำนึงถึงผลการตอบสนองของอุปกรณ์ขยายสัญญาณ ผลตอบสนองความถี่ของวงจรขับแสงจะต้องสูงกว่า 5 MHz ด้วยถึงจะสามารถนำสัญญาณภาพมามอดูเลตได้ครบทุกความถี่นอกจากนั้นยังต้องคำนึงถึงส่วนของ Rise Time และ Full Time ของอุปกรณ์แสงซึ่งมีค่า Rise Time และ Full Time ต่ำก็จะมีแบนด์วิธกว้าง พอที่จะส่งสัญญาณภาพได้ ทางด้านรับตัวตรวจจับต้องตอบสนองความถี่ได้ถึง 5 MHz ด้วย และวงจรขยายสัญญาณภาพก็ต้องเป็นแบบ Wide Band คือมีความถี่คutoff สูงกว่า 5 MHz ส่วนอัตราการขยายสัญญาณนั้นถ้ารับส่งในระยะทางไกลก็ต้องมีอัตราการขยายสูงตามด้วย

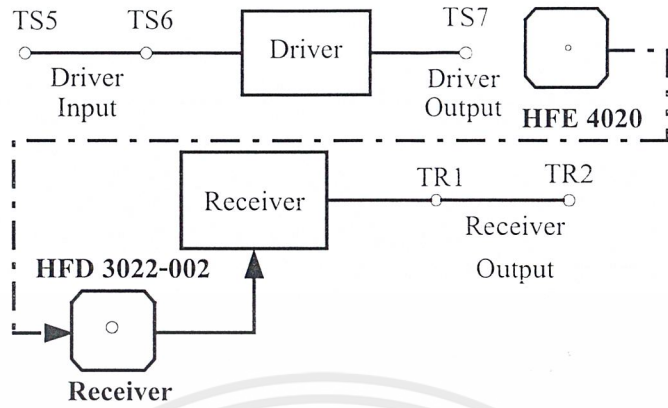
อุปกรณ์การทดลอง

- | | |
|--|-----------|
| 1. ชุดฝึกเส้นใยแก้วนำแสงชนิด โหมดเดียว | 1 ชุด |
| 2. ออสซิลโลสโคป | 1 เครื่อง |
| 3. เครื่องกำเนิดสัญญาณ | 1 เครื่อง |

ลำดับขั้นการทดลอง

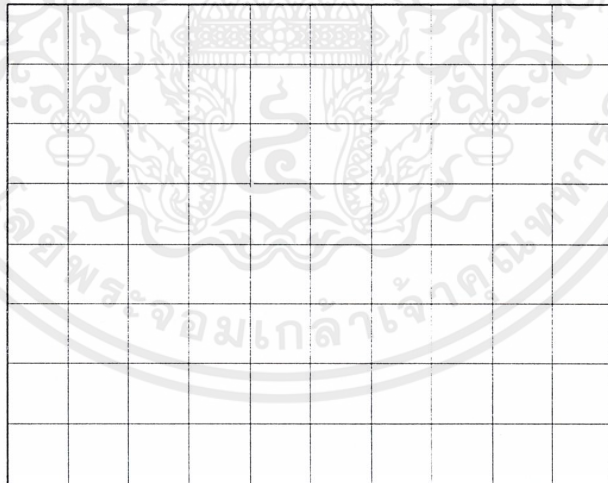
1. ประกอบชุดส่งและรับสัญญาณภาพผ่านเส้นใยแก้วนำแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10.1 ชุดวงจรภาคส่งและสัญญาณภาพผ่านเส้นใยแก้วนำแสง

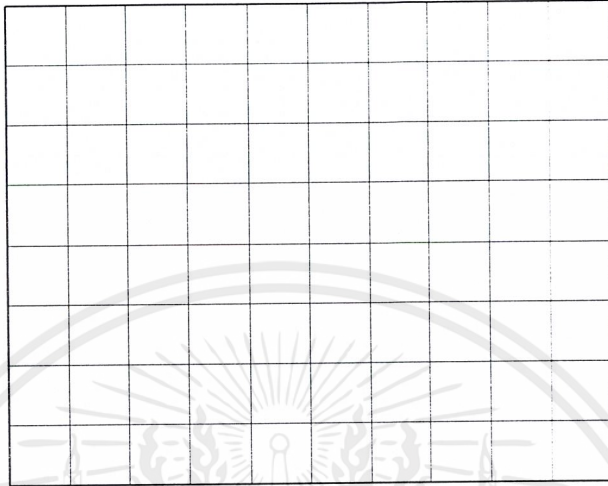
2. ถ่ายสัญญาณภาพให้กับจุด TS5 แล้วใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณที่จุด TS6 และบันทึกรูปสัญญาณ



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

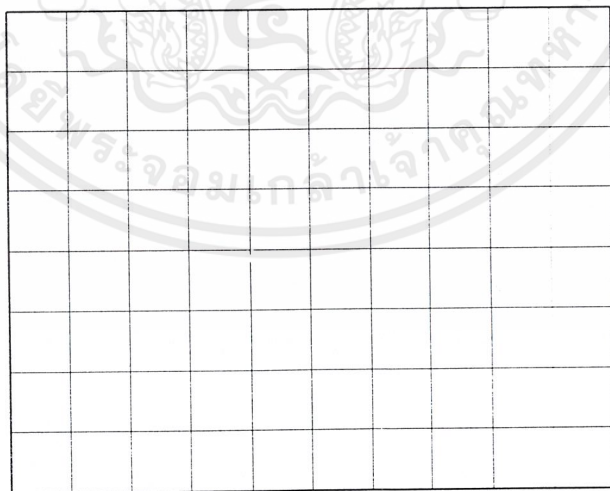
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำออสซิลโลสโคปมาวัดสัญญาณทางด้านภาครับที่จุด TR2 บันทึกรูปสัญญาณ



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

4. ทำการต่อสัญญาณที่จุด TR2 ไปยังจุด TR28 แล้วใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณที่จุด TR28 และบันทึกรูปสัญญาณ



Volts / Div = _____ Time / Div = _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ทำการต่อจุด TR29 เข้ากับเครื่องรับโทรทัศน์ สังเกตคุณภาพที่ปรากฏแล้วบันทึกผลการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง

1. ความชัดเจนของสัญญาณภาพเมื่อส่งผ่านเส้นใยแก้วนำแสงเป็นอย่างไร
2. เนื่องจากใบงานนี้เป็นการทดลองส่งสัญญาณภาพผ่านเส้นใยแก้วนำแสง ท่านคิดว่ามีเหตุผลใดบ้างที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อสัญญาณภาพได้ และมีแนวทางแก้ไขอย่างไร



ภาคผนวก
รายละเอียดของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์แสงในการใช้งาน

เคเบิลเส้นใยแก้วนำแสง (Fibre Optic Patchcords and Pigtail)

สายเคเบิลเส้นใยแก้วนำแสงชนิดนี้เป็นแบบมัลติโหมดที่มีช่วงการใช้งานที่ 50/125 μm และ 62.5/125 μm และจะใช้ในงานระบบของการสื่อสารทางเดียว และงานระบบสื่อสารสองทาง โดยการนำสายสัญญาณและจะเปลี่ยนแปลงไปตามความยาวซึ่งจะมีประสิทธิภาพสูงเนื่องจากหัวต่อเป็นแบบเซรามิก

โดยสายเคเบิลเส้นใยแก้วนำแสงจะทำมาจากโพลีเอธิลีน (LSOH : Polyethylene Coated Fibre Optic) โดยภายในสายจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางของ Core เท่ากับ 50 μm และมีเส้นผ่าศูนย์กลางของ Cladding เท่ากับ 125 μm และเส้นผ่าศูนย์กลางของเคเบิลภายนอกทั้งหมดเท่ากับ 3.2 mm หัวต่อสายเคเบิลจะเป็นแบบ SMA Connects ที่มีขนาด 9 mm หมายเลขของช่องเท่ากับ 0.2 การลดทอน (850 nm) 3dB/km สูงสุด 4dB/km แบนด์วิดท์ 400 MHz/km รัศมีการโค้งงอต่ำสุด 30 nm

ตารางที่ ง.1 คุณสมบัติของเส้นใยแก้วนำแสง

คุณสมบัติทางเทคนิค (Technical Specificatio)	
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเคเบิลภายนอก	2.5 มม.(แบบสื่อสารทางเดียว) 4.0 มม.× 6.5 มม.(แบบสื่อสารสองทาง)
รัศมีการ โค้งงอต่ำสุด	30 มม.(แบบสื่อสารทางเดียว/สองทาง) 25 มม.(แบบทางเปีย)
ช่วงอุณหภูมิในการทำงาน	-20°C ถึง +60°C
แบนด์วิดท์	
50/125 @ 850nm	400MHz
62.5/125 @ 850nm	160MHz
การลดทอนสัญญาณ	
50/125 @ 850nm	3.0dB/km
62.5/125 @ 850nm	3.75dB km
การสูญเสียภายในสายเคเบิล	
SMA เซรามิก	≤0.8dB ·km
ST เซรามิก	≤0.5dB km

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ส่งแสง (Transmitters)

SMA/ST Emitters Transmitters

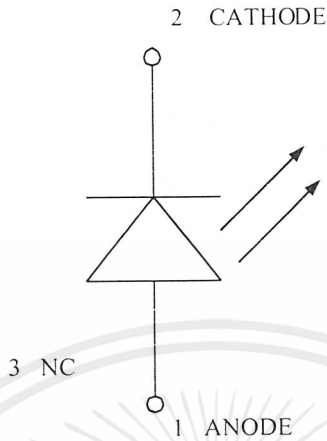
อุปกรณ์ส่งแสง HFE 4020 เป็นอุปกรณ์ส่งแสงแบบ LED ที่มีสารประกอบชนิด GaAlAs (Gallium, Aluminium, Arsenide) ซึ่งจะมี 2 ลักษณะคือ แบบ Bulkhead และ แบบ PCB Mount ในการใช้งานจะต้องเลือกอุปกรณ์ส่งแสงแบบ SMA หรือ ST ให้ตรงกับขั้วต่อของสายเคเบิลเส้นใยแสงแบบ SMA หรือ ST ด้วย

ตารางที่ ง.2 คุณสมบัติทางด้านเทคนิคของอุปกรณ์ส่งแสง

คุณสมบัติทางด้านเทคนิค (Technical Specification)			
อัตราการทำงานสูงสุด			
กระแสฟอว์เวด (IF)		100 mA	
แรงดันป้อนกลับ VR (ที่ 10 μ A)		1 V	
ช่วงอุณหภูมิของการทำงาน		-40 °C ถึง +100°C	
คุณสมบัติทางออปโตอิเล็กทรอนิกส์ที่อุณหภูมิ 25°C			
	min	typ.	max.
แรงดันฟอว์เวด VF ที่ IF=100 mA		1.6 V	1.8 V
ความยาวคลื่น (IF = 100 mA)	850nm		
แบนด์วิดท์	50 nm		
การตอบสนองทางเวลา	tr	4 ns	8 ns
(Ipk = 100 mA, 1V Pre bias)	tr	4 ns	10 ns
การขยายทางด้านกำลัง			
กำลังต่ำสุด(low Power Emmitter)			
50/125 μ m glass	3 μ W min.(-25 dBm)		
กำลังสูงสุด(High Power Emitters)			
50/125 μ m glass	10 μ W min.(-20 dBM)		

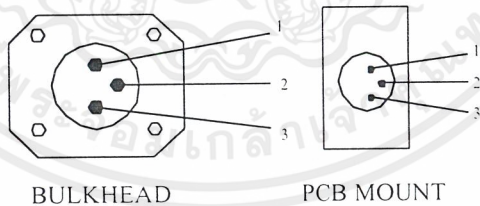
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HFE 4020 (High Radiance LED)



รูปที่ ง.1 สัญลักษณ์ของอุปกรณ์ส่งแสง

GaAlAs LED จะมีการเปล่งแสงสูง ซึ่งจะเหมาะสมกับการคลัตป์ปลิงในสายไฟเคเบิลที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางของ Core ที่เล็กจาก 50/125 μm ถึง 200/300 ไมครอน(micron) กระแสฟอร์เวิร์ด 10 ถึง 100 mA กระแสไหลต่อเนื่องสูงสุด 50 mA (100 mA เมื่อใส่ฮีตซิงค์) โดยมีกำลังเริ่มต้นต่ำสุด 100/140 micron, 0.290NA ,30 μW ที่ 50 mA ลักษณะรูปร่างภายนอกเป็นแบบ TO 18



หมายเหตุ

ขา 1 อานอด (anode)

ขา 2 คาโทด (cathode)

ขา 3 ปกติปิด (NC)

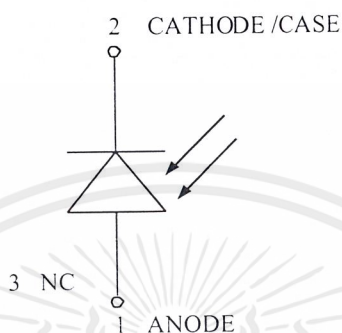
รูปที่ ง.2 ลักษณะภายนอกของอุปกรณ์ส่งแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

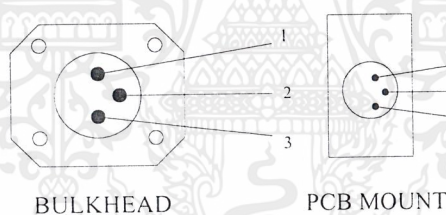
อุปกรณ์รับแสง (Receiver)

SMA/ST Detectors/Receivers

HFD3022 Pin Photodiode (50MHz)



รูปที่ ง.3 สัญลักษณ์ของอุปกรณ์รับแสง



หมายเหตุ

ขา 1 อานอด (anode)

ขา 2 คาโทด (cathode)

ขา 3 ปกติปิด (NC)

รูปที่ ง.4 ลักษณะของอุปกรณ์รับแสง

Pin photodiode (50MHz) มีลักษณะตัวถังแบบ TO5 ซึ่งจะทำหน้าที่ในการดีเทคเตอร์โดย ออกแบบให้เหมาะสมในช่วง 750nm – 950nm ซึ่งจะมีควมไวสูงและการตอบสนองของข้อมูลเร็ว ซึ่งจะมีอัตราสูงถึง 50MHz

Pin photodiode (50 MHz) เป็นไดโอดชนิดซิลิกอน (Silicon pindiode) โดยจะมีทั้งแบบ SMA หรือ ST ซึ่งจะมีแบบลักษณะภายนอกทั้งแบบ Blukhead หรือ PCB Mounting

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 คุณสมบัติทางด้านเทคนิคของตัวรับแสง

คุณสมบัติทางเทคนิค (Technical Specification)	
การตอบสนองความยาวคลื่น	850nm
การตอบสนองความยาวคลื่น 850nm (50 μ m)	0.58A/W
การแสมืดสูงสุด (Dark Current Max.)	2nA
ความจุ(Capacitance)	2.1pF
แรงดันย้อนกลับ	250V
เวลาไต่ขึ้น/ไต่ลง(5V)	17ns
(9V)	1ns
อุณหภูมิในช่วงทำงาน	-40°C ถึง +100°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Analog Multiplexers/Demultiplexers

The MC14051B, MC14052B, and MC14053B analog multiplexers are digitally-controlled analog switches. The MC14051B effectively implements an SP8T solid state switch, the MC14052B a DP4T, and the MC14053B a Triple SPDT. All three devices feature low ON impedance and very low OFF leakage current. Control of analog signals up to the complete supply voltage range can be achieved.

- Triple Diode Protection on Control Inputs
- Switch Function is Break Before Make
- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Analog Voltage Range ($V_{DD} - V_{EE}$) = 3.0 to 18 V
Note: V_{EE} must be $\leq V_{SS}$
- Linearized Transfer Characteristics
- Low-noise - 12 nV/ $\sqrt{\text{Cycle}}$, $f \geq 1.0$ kHz Typical
- Pin-for-Pin Replacement for CD4051, CD4052, and CD4053
- For 4PDT Switch, See MC14551B
- For Lower R_{ON} , Use the HC4051, HC4052, or HC4053 High-Speed CMOS Devices

MAXIMUM RATINGS*

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{DD}	DC Supply Voltage (Referenced to V_{EE} , $V_{SS} \geq V_{EE}$)	- 0.5 to + 18.0	V
V_{in}, V_{out}	Input or Output Voltage (DC or Transient) (Referenced to V_{SS} for Control Inputs and V_{EE} for Switch I/O)	- 0.5 to $V_{DD} + 0.5$	V
I_{in}	Input Current (DC or Transient), per Control Pin	± 10	mA
I_{sw}	Switch Through Current	± 25	mA
P_D	Power Dissipation, per Package†	500	mW
T_{stg}	Storage Temperature	- 65 to + 150	°C
T_L	Lead Temperature (8-Second Soldering)	260	°C

* Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.
† Temperature Derating: "P and D/DW" Packages: - 7.0 mW/°C From 65°C To 125°C
Ceramic "L" Packages: - 12 mW/°C From 100°C To 125°C

MC14051B MC14052B MC14053B



L SUFFIX
CERAMIC
CASE 620



P SUFFIX
PLASTIC
CASE 648



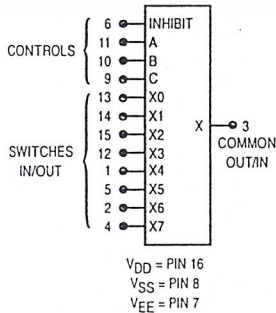
D SUFFIX
SOIC
CASE 751B

ORDERING INFORMATION

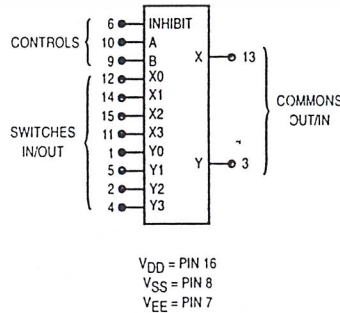
MC14XXXBCP Plastic
MC14XXXBCL Ceramic
MC14XXXBD SOIC

$T_A = -55^\circ$ to 125°C for all packages.

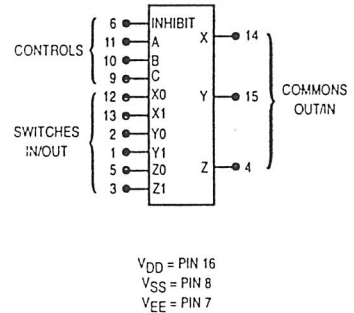
MC14051B
8-Channel Analog Multiplexer/Demultiplexer



MC14052B
Dual 4-Channel Analog Multiplexer/Demultiplexer



MC14053B
Triple 2-Channel Analog Multiplexer/Demultiplexer



Note: Control Inputs referenced to V_{EE} . Analog Inputs and Outputs reference to V_{EE} . V_{EE} must be $< V_{SS}$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	V _{DD}	Test Conditions	-55°C		25°C			125°C		Unit
				Min	Max	Min	Typ #	Max	Min	Max	

SUPPLY REQUIREMENTS (Voltages Referenced to V_{EE})

Power Supply Voltage Range	V _{DD}	—	V _{DD} - 3.0 ≥ V _{SS} ≥ V _{EE}	3.0	18	3.0	—	18	3.0	18	V
Quiescent Current Per Package	I _{DD}	5.0 10 15	Control Inputs: V _{in} = V _{SS} or V _{DD} . Switch I/O: V _{EE} ≤ V _{I/O} ≤ V _{DD} , and ΔV _{switch} ≤ 500 mV**	— — —	5.0 10 20	— — —	0.005 0.010 0.015	5.0 10 20	— — —	150 300 600	μA
Total Supply Current (Dynamic Plus Quiescent, Per Package)	I _{D(AV)}	5.0 10 15	T _A = 25°C only (The channel component, (V _{in} - V _{out})/R _{on} , is not included.)	Typical			(0.07 μA/kHz) f + I _{DD} (0.20 μA/kHz) f + I _{DD} (0.36 μA/kHz) f + I _{DD}				μA

CONTROL INPUTS — INHIBIT, A, B, C (Voltages Referenced to V_{SS})

Low-Level Input Voltage	V _{IL}	5.0 10 15	R _{on} = per spec, I _{off} = per spec	— — —	1.5 3.0 4.0	— — —	2.25 4.50 6.75	1.5 3.0 4.0	— — —	1.5 3.0 4.0	V
High-Level Input Voltage	V _{IH}	5.0 10 15	R _{on} = per spec, I _{off} = per spec	3.5 7.0 11	— — —	3.5 7.0 11	2.75 5.50 8.25	— — —	3.5 7.0 11	— — —	V
Input Leakage Current	I _{in}	15	V _{in} = 0 or V _{DD}	—	± 0.1	—	± 0.00001	± 0.1	—	1.0	μA
Input Capacitance	C _{in}	—		—	—	—	5.0	7.5	—	—	pF

SWITCHES IN/OUT AND COMMONS OUT/IN — X, Y, Z (Voltages Referenced to V_{EE})

Recommended Peak-to-Peak Voltage Into or Out of the Switch	V _{I/O}	—	Channel On or Off	0	V _{DD}	0	—	V _{DD}	0	V _{DD}	V _{PP}
Recommended Static or Dynamic Voltage Across the Switch** (Figure 5)	ΔV _{switch}	—	Channel On	0	600	0	—	600	0	300	mV
Output Offset Voltage	V _{OO}	—	V _{in} = 0 V, No Load	—	—	—	10	—	—	—	μV
ON Resistance	R _{on}	5.0 10 15	ΔV _{switch} ≤ 500 mV**, V _{in} = V _{IL} or V _{IH} (Control), and V _{in} = 0 to V _{DD} (Switch)	— — —	800 400 220	— — —	250 120 80	1050 500 280	— — —	1200 520 300	Ω
ΔON Resistance Between Any Two Channels in the Same Package	ΔR _{on}	5.0 10 15		— — —	70 50 45	— — —	25 10 10	70 50 45	— — —	135 95 65	Ω
Off-Channel Leakage Current (Figure 10)	I _{off}	15	V _{in} = V _{IL} or V _{IH} (Control) Channel to Channel or Any One Channel	—	± 100	—	± 0.05	± 100	—	± 1000	nA
Capacitance, Switch I/O	C _{I/O}	—	Inhibit = V _{DD}	—	—	—	10	—	—	—	pF
Capacitance, Common O/I	C _{O/I}	—	Inhibit = V _{DD} (MC14051B) (MC14052B) (MC14053B)	— — —	— — —	— — —	60 32 17	— — —	— — —	— — —	pF
Capacitance, Feedthrough (Channel Off)	C _{I/O}	—	Pins Not Adjacent Pins Adjacent	— —	— —	— —	0.15 0.47	— —	— —	— —	pF

Data labeled "Typ" is not to be used for design purposes, but is intended as an indication of the IC's potential performance.

* For voltage drops across the switch (ΔV_{switch}) > 600 mV (> 300 mV at high temperature), excessive V_{DD} current may be drawn, i.e. the current out of the switch may contain both V_{DD} and switch input components. The reliability of the device will be unaffected unless the Maximum Ratings are exceeded. (See first page of this data sheet.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS* ($C_L = 50$ pF, $T_A = 25^\circ\text{C}$) ($V_{EE} \leq V_{SS}$ unless otherwise indicated)

Characteristic	Symbol	$V_{DD} - V_{EE}$ Vdc	Typ # All Types	Max	Unit
Propagation Delay Times (Figure 6) Switch Input to Switch Output ($R_L = 10$ k Ω)	t_{PLH}, t_{PHL}				ns
MC14051 $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.17 \text{ ns/pF}) C_L + 26.5 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.08 \text{ ns/pF}) C_L + 11 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.06 \text{ ns/pF}) C_L + 9.0 \text{ ns}$		5.0 10 15	35 15 12	90 40 30	
MC14052 $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.17 \text{ ns/pF}) C_L + 21.5 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.08 \text{ ns/pF}) C_L + 8.0 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.06 \text{ ns/pF}) C_L + 7.0 \text{ ns}$		5.0 10 15	30 12 10	75 30 25	ns
MC14053 $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.17 \text{ ns/pF}) C_L + 16.5 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.08 \text{ ns/pF}) C_L + 4.0 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.06 \text{ ns/pF}) C_L + 3.0 \text{ ns}$		5.0 10 15	25 8.0 6.0	65 20 15	ns
Inhibit to Output ($R_L = 10$ k Ω , $V_{EE} = V_{SS}$) Output "1" or "0" to High Impedance, or High Impedance to "1" or "0" Level	$t_{PHZ}, t_{PLZ},$ t_{PZH}, t_{PZL}				ns
MC14051B		5.0 10 15	350 170 140	700 340 280	
MC14052B		5.0 10 15	300 155 125	600 310 250	ns
MC14053B		5.0 10 15	275 140 110	550 280 220	ns
Control Input to Output ($R_L = 10$ k Ω , $V_{EE} = V_{SS}$)	t_{PLH}, t_{PHL}				ns
MC14051B		5.0 10 15	350 160 120	720 320 240	
MC14052B		5.0 10 15	325 130 90	650 260 180	ns
MC14053B		5.0 10 15	300 120 80	600 240 160	ns
Second Harmonic Distortion ($R_L = 10$ k Ω , $f = 1$ kHz) $V_{in} = 5$ V _{PP}	—	10	0.07	—	%
Bandwidth (Figure 7) ($R_L = 1$ k Ω , $V_{in} = 1/2 (V_{DD} - V_{EE})$ p-p, $C_L = 50$ pF $20 \text{ Log} (V_{out}/V_{in}) = -3$ dB)	BW	10	17	—	MHz
Off Channel Feedthrough Attenuation (Figure 7) $R_L = 1$ k Ω , $V_{in} = 1/2 (V_{DD} - V_{EE})$ p-p $f_{in} = 4.5$ MHz — MC14051B $f_{in} = 30$ MHz — MC14052B $f_{in} = 55$ MHz — MC14053B	—	10	-50	—	dB
Channel Separation (Figure 8) ($R_L = 1$ k Ω , $V_{in} = 1/2 (V_{DD} - V_{EE})$ p-p, $f_{in} = 3.0$ MHz)	—	10	-50	—	dB
Crosstalk, Control Input to Common O/I (Figure 9) ($R_1 = 1$ k Ω , $R_L = 10$ k Ω Control $t_{TLH} = t_{THL} = 20$ ns, Inhibit = V_{SS})	—	10	75	—	mV

* The formulas given are for the typical characteristics only at 25°C .

Data labelled "Typ" is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range $V_{SS} \leq (V_{in} \text{ or } V_{out}) \leq V_{DD}$. Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} , V_{EE} , or V_{DD}). Unused outputs must be left open.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

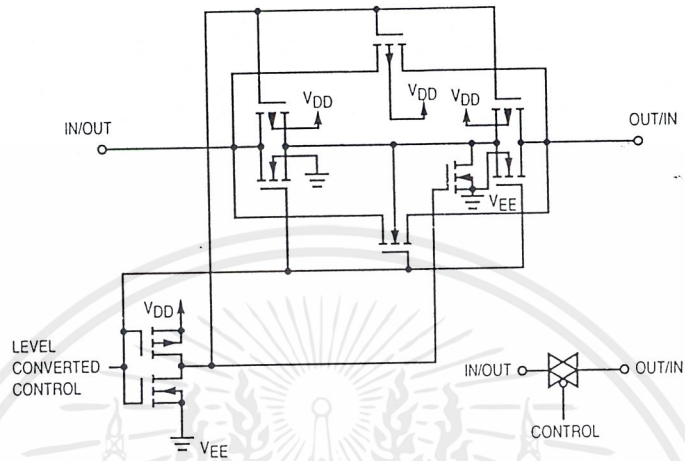


Figure 1. Switch Circuit Schematic

TRUTH TABLE

Control Inputs			ON Switches						
Inhibit	Select			MC14051B		MC14052B		MC14053B	
	C*	B	A						
0	0	0	0	X0	Y0	X0	Z0	Y0	X0
0	0	0	1	X1	Y1	X1	Z0	Y0	X1
0	0	1	0	X2	Y2	X2	Z0	Y1	X0
0	0	1	1	X3	Y3	X3	Z0	Y1	X1
0	1	0	0	X4			Z1	Y0	X0
0	1	0	1	X5			Z1	Y0	X1
0	1	1	0	X6			Z1	Y1	X0
0	1	1	1	X7			Z1	Y1	X1
1	x	x	x	None	None				

* Not applicable for MC14052
 x = Don't Care

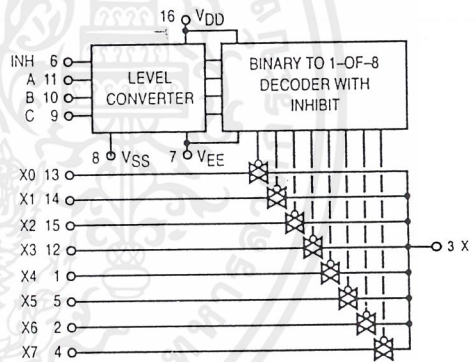


Figure 2. MC14051B Functional Diagram

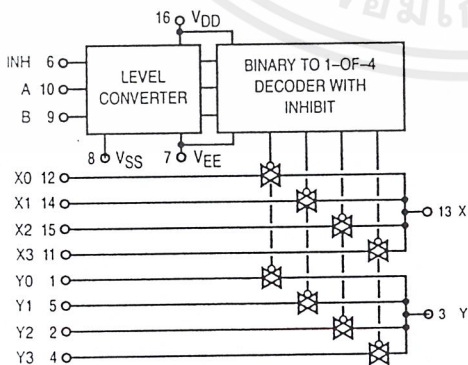


Figure 3. MC14052B Functional Diagram

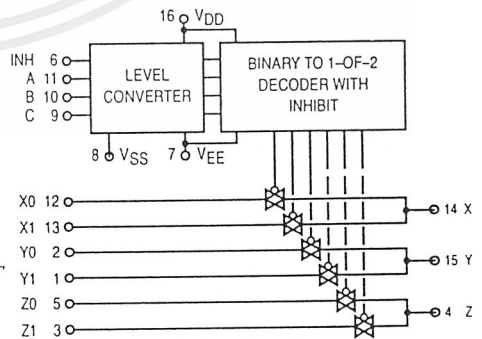


Figure 4. MC14053B Functional Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEST CIRCUITS

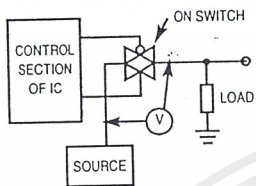


Figure 5. ΔV Across Switch

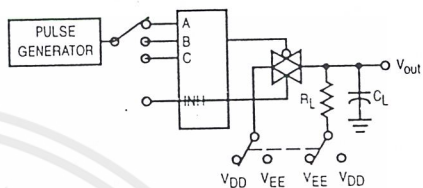


Figure 6. Propagation Delay Times, Control and Inhibit to Output

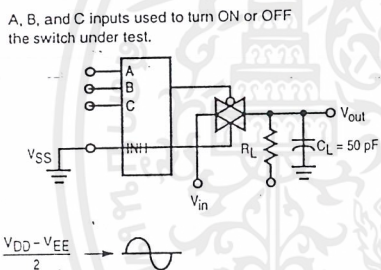


Figure 7. Bandwidth and Off-Channel Feedthrough Attenuation

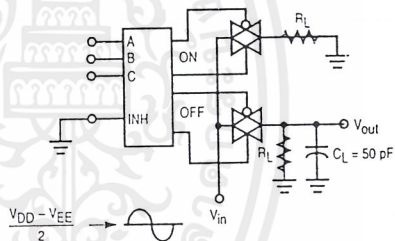


Figure 8. Channel Separation (Adjacent Channels Used For Setup)

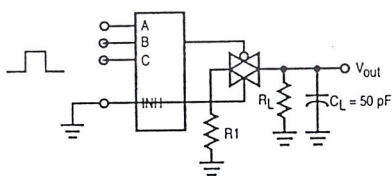


Figure 9. Crosstalk, Control Input to Common O/I

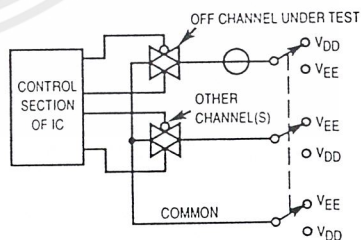


Figure 10. Off Channel Leakage

NOTE: See also Figures 7 and 8 on Page 6-51.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

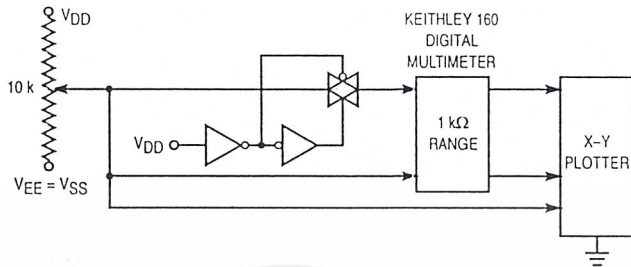


Figure 11. Channel Resistance (R_{ON}) Test Circuit

TYPICAL RESISTANCE CHARACTERISTICS

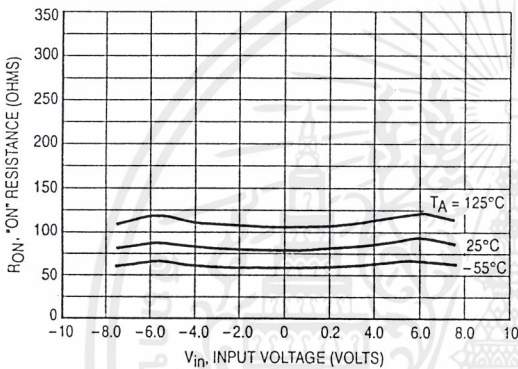


Figure 12. $V_{DD} = 7.5 \text{ V}$, $V_{EE} = -7.5 \text{ V}$

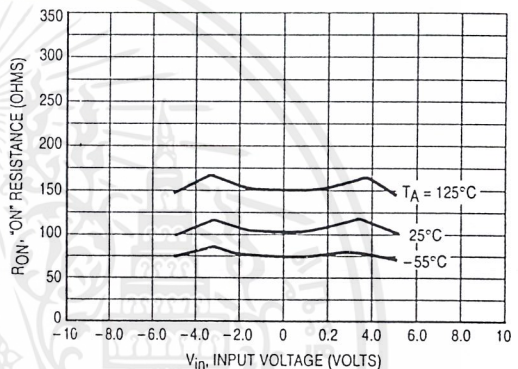


Figure 13. $V_{DD} = 5.0 \text{ V}$, $V_{EE} = -5.0 \text{ V}$

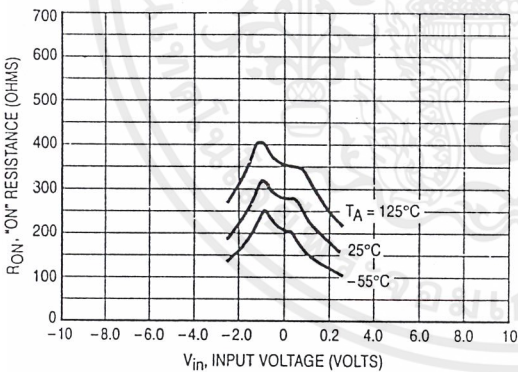


Figure 14. $V_{DD} = 2.5 \text{ V}$, $V_{EE} = -2.5 \text{ V}$

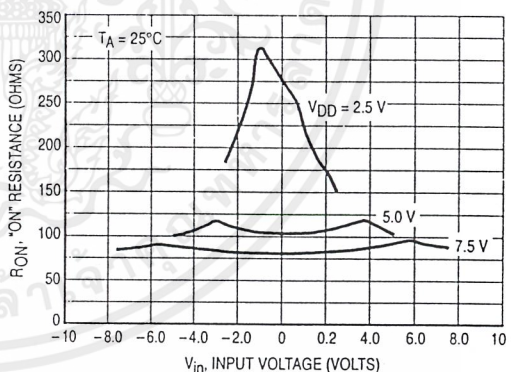


Figure 15. Comparison at 25°C , $V_{DD} = -V_{EE}$

PIN ASSIGNMENT

MC14051B			
X4	1	16	V_{DD}
X6	2	15	X2
X	3	14	X1
X7	4	13	X0
X5	5	12	X3
INH	6	11	A
V_{EE}	7	10	B
V_{SS}	8	9	C

MC14052B			
Y0	1	16	V_{DD}
Y2	2	15	X2
Y	3	14	X1
Y3	4	13	X
Y1	5	12	X0
INH	6	11	X3
V_{EE}	7	10	A
V_{SS}	8	9	B

MC14053B			
Y1	1	16	V_{DD}
Y0	2	15	Y
Z1	3	14	X
Z	4	13	X1
Z0	5	12	X0
INH	6	11	A
V_{EE}	7	10	B
V_{SS}	8	9	C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

 Order this document
 by MC145554/D

PCM Codec-Filter

The MC145554, MC145557, MC145564, and MC145567 are all per channel PCM Codec-Filters. These devices perform the voice digitization and reconstruction as well as the band limiting and smoothing required for PCM systems. They are designed to operate in both synchronous and asynchronous applications and contain an on-chip precision voltage reference. The MC145554 (Mu-Law) and MC145557 (A-Law) are general purpose devices that are offered in 16-pin packages. The MC145564 (Mu-Law) and MC145567 (A-Law), offered in 20-pin packages, add the capability of analog loopback and push-pull power amplifiers with adjustable gain.

These devices have an input operational amplifier whose output is the input to the encoder section. The encoder section immediately low-pass filters the analog signal with an active R-C filter to eliminate very-high-frequency noise from being modulated down to the pass band by the switched capacitor filter. From the active R-C filter, the analog signal is converted to a differential signal. From this point, all analog signal processing is done differentially. This allows processing of an analog signal that is twice the amplitude allowed by a single-ended design, which reduces the significance of noise to both the inverted and non-inverted signal paths. Another advantage of this differential design is that noise injected via the power supplies is a common-mode signal that is cancelled when the inverted and non-inverted signals are recombined. This dramatically improves the power supply rejection ratio.

After the differential converter, a differential switched capacitor filter band passes the analog signal from 200 Hz to 3400 Hz before the signal is digitized by the differential compressing A/D converter.

The decoder accepts PCM data and expands it using a differential D/A converter. The output of the D/A is low-pass filtered at 3400 Hz and $\sin X/X$ compensated by a differential switched capacitor filter. The signal is then filtered by an active R-C filter to eliminate the out-of-band energy of the switched capacitor filter.

These PCM Codec-Filters accept both long-frame and short-frame industry standard clock formats. They also maintain compatibility with Motorola's family of TSACs and MC3419/MC34120 SLIC products.

The MC145554/57/64/67 family of PCM Codec-Filters utilizes CMOS due to its reliable low-power performance and proven capability for complex analog/digital VLSI functions.

MC145554/57 (16-Pin Package)

- Fully Differential Analog Circuit Design for Lowest Noise
- Performance Specified for Extended Temperature Range of -40 to $+85^{\circ}\text{C}$
- Transmit Band-Pass and Receive Low-Pass Filters On-Chip
- Active R-C Pre-Filtering and Post-Filtering
- Mu-Law Companding MC145554
- A-Law Companding MC145557
- On-Chip Precision Voltage Reference (2.5 V)
- Typical Power Dissipation of 40 mW, Power Down of 1.0 mW at ± 5 V

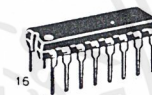
MC145564/67 (20-Pin Package) — All of the Features of the MC145554/57 Plus:

- Mu-Law Companding MC145564
- A-Law Companding MC145567
- Push-Pull Power Drivers with External Gain Adjust
- Analog Loopback

MC145554
MC145557
MC145564
MC145567



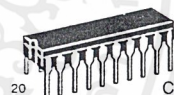
L SUFFIX
 CERAMIC PACKAGE
 CASE 620
 MC145554/57



P SUFFIX
 PLASTIC DIP
 CASE 648
 MC145554/57



DW SUFFIX
 SOG PACKAGE
 CASE 751G
 MC145554/57



L SUFFIX
 CERAMIC PACKAGE
 CASE 732
 MC145564/67



P SUFFIX
 PLASTIC DIP
 CASE 738
 MC145564/67



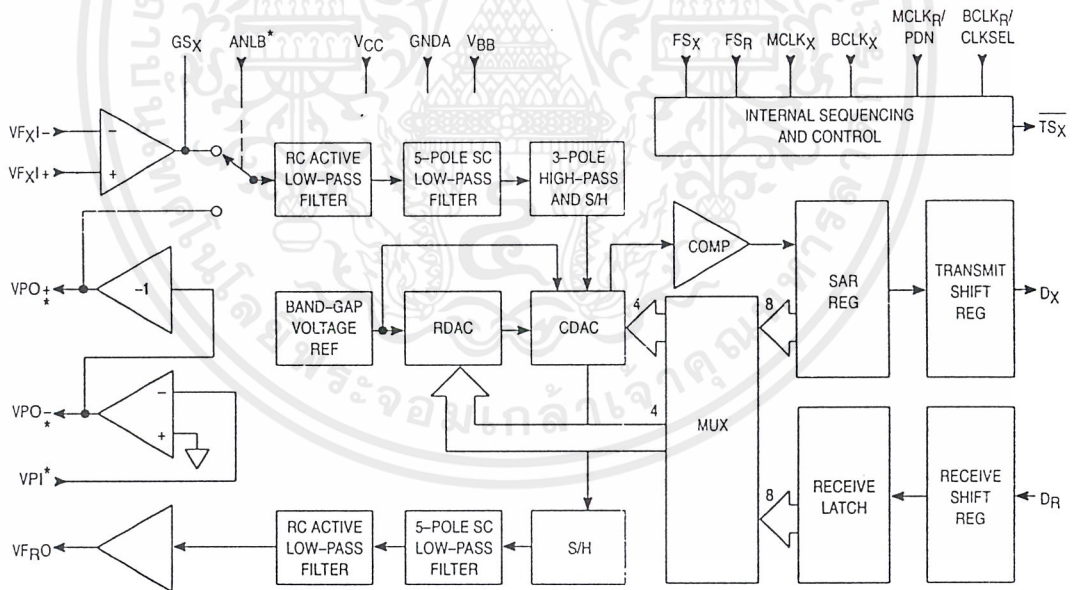
DW SUFFIX
 SOG PACKAGE
 CASE 751D
 MC145564/67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN ASSIGNMENTS

MC145554, MC145557				MC145564, MC145567			
V _{BB}	1	16	V _{F_{XI}+}	V _{PO+}	1	20	V _{BB}
G _{NDA}	2	15	V _{F_{XI}-}	G _{NDA}	2	19	V _{F_{XI}+}
V _{F_{RO}}	3	14	G _{S_X}	V _{PO-}	3	18	V _{F_{XI}-}
V _{CC}	4	13	T _{S_X}	V _{P_I}	4	17	G _{S_X}
F _{S_R}	5	12	F _{S_X}	V _{F_{RO}}	5	16	A _{N_{L_B}}
D _R	6	11	D _X	V _{CC}	6	15	T _{S_X}
B _{CLK_R} /C _{LKSEL}	7	10	B _{CLK_X}	F _{S_R}	7	14	F _{S_X}
M _{CLK_R} /P _{DN}	8	9	M _{CLK_X}	D _R	8	13	D _X
				B _{CLK_R} /C _{LKSEL}	9	12	B _{CLK_X}
				M _{CLK_R} /P _{DN}	10	11	M _{CLK_X}

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



* MC145564 and MC145567 only.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVICE DESCRIPTION

A codec-filter is used for digitizing and reconstructing the human voice. These devices were developed primarily for the telephone network to facilitate voice switching and transmission. Once the voice is digitized, it may be switched by digital switching methods or transmitted long distance (T1, microwave, satellites, etc.) without degradation. The name codec is an acronym from "COder" (for the A/D used to digitize voice) and "DECoder" (for the D/A used for reconstructing voice). A codec is a single device that does both the A/D and D/A conversions.

To digitize intelligible voice requires a signal-to-distortion ratio of about 30 dB over a dynamic range of about 40 dB. This can be accomplished with a linear 13-bit A/D and D/A, but will far exceed the required signal-to-distortion ratio at amplitudes greater than 40 dB below the peak amplitude. This excess performance is at the expense of data per sample. Methods of data reduction are implemented by compressing the 13-bit linear scheme to companded 8-bit schemes. There are two companding schemes used: Mu-255 Law specifically in North America, and A-Law specifically in Europe. These companding schemes are accepted world wide. These companding schemes follow a segmented or "piecewise-linear" curve formatted as sign bit, three chord bits, and four step bits. For a given chord, all sixteen of the steps have the same voltage weighting. As the voltage of the analog input increases, the four step bits increment and carry to the three chord bits which increment. When the chord bits increment, the step bits double their voltage weighting. This results in an effective resolution of six bits (sign + chord + four step bits) across a 42 dB dynamic range (seven chords above zero, by 6 dB per chord). Tables 3 and 4 show the linear quantization levels to PCM words for the two companding schemes.

In a sampling environment, Nyquist theory says that to properly sample a continuous signal, it must be sampled at a frequency higher than twice the signal's highest frequency component. Voice contains spectral energy above 3 kHz, but its absence is not detrimental to intelligibility. To reduce the digital data rate, which is proportional to the sampling rate, a sample rate of 8 kHz was adopted, consistent with a bandwidth of 3 kHz. This sampling requires a low-pass filter to limit the high frequency energy above 3 kHz from distorting the in-band signal. The telephone line is also subject to 50/60 Hz power line coupling, which must be attenuated from the signal by a high-pass filter before the A/D converter.

The D/A process reconstructs a staircase version of the desired in-band signal, which has spectral images of the in-band signal modulated about the sample frequency and its harmonics. These spectral images, called aliasing components, need to be attenuated to obtain the desired signal. The low-pass filter used to attenuate these aliasing components is typically called a reconstruction or smoothing filter.

The MC145554/57/64/67 PCM Codec-Filters have the codec, both presampling and reconstruction filters, and a precision voltage reference on-chip, and require no external components.

PIN DESCRIPTION

DIGITAL

FS_R

Receive Frame Sync

This is an 8 kHz enable that must be synchronous with BCLK_R. Following a rising FS_R edge, a serial PCM word at D_R is clocked by BCLK_R into the receive data register. FS_R also initiates a decode on the previous PCM word. In the absence of FS_X, the length of the FS_R pulse is used to determine whether the I/O conforms to the Short Frame Sync or Long Frame Sync convention.

D_R

Receive Digital Data Input

BCLK_R/CLKSEL

Receive Data Clock and Master Clock Frequency Selector

If this input is a clock, it must be between 128 kHz and 4.096 MHz, and synchronous with FS_R. In synchronous applications this pin may be held at a constant level; then BCLK_X is used as the data clock for both the transmit and receive sides, and this pin selects the assumed frequency of the master clock (see Table 1 in Functional Description).

MCLK_R/PDN

Receive Master Clock and Power-Down Control

Because of the shared DAC architecture used on these devices, only one master clock is needed. Whenever FS_X is clocking, MCLK_X is used to derive all internal clocks, and the MCLK_R/PDN pin merely serves as a power-down control. If MCLK_R/PDN pin is held low or is clocked (and at least one of the frame syncs is present), the part is powered up. If this pin is held high, the part is powered down. If FS_X is absent but FS_R is still clocking, the device goes into receive half-channel mode, and MCLK_R (if clocking) generates the internal clocks.

MCLK_X

Transmit Master Clock

This clock is used to derive the internal sequencing clocks; it must be 1.536 MHz, 1.544 MHz, or 2.048 MHz.

BCLK_X

Transmit Data Clock

BCLK_X may be any frequency between 128 kHz and 4.096 MHz, but it should be synchronous with MCLK_X.

D_X

Transmit Digital Data Output

This output is controlled by FS_X and BCLK_X to output the PCM data word; otherwise this pin is in a high-impedance state.

FS_X

Transmit Frame Sync

This is an 8 kHz enable that must be synchronous with BCLK_X. A rising FS_X edge initiates the transmission of a

serial PCM word, clocked by BCLK_X, out of D_X. If the FS_X pulse is high for more than eight BCLK_X periods, the D_X and TS_X outputs will remain in a low-impedance state until FS_X is brought low. The length of the FS_X pulse is used to determine whether the transmit and receive digital I/O conforms to the Short Frame Sync or to the Long Frame Sync convention.

TS_X

Transmit Time Slot Indicator

This is an open-drain output that goes low whenever the D_X output is in a low-impedance state (i.e., during the transmit time slot when the PCM word is being output) for enabling a PCM bus driver.

ANLB

Analog Loopback Control Input (MC145564/67 Only)

When held high, this pin causes the input of the transmit RC active filter to be disconnected from GS_X and connected to VPO+ for analog loopback testing. This pin is held low in normal operation.

ANALOG

GS_X

Gain-Setting Transmit

This output of the transmit gain-adjust operational amplifier is internally connected to the encoder section of the device. It must be used in conjunction with VF_{XI}- and VF_{XI}+ to set the transmit gain for a maximum signal amplitude of 2.5 V peak. This output can drive a 600 Ω load to 2.5 V peak.

VF_{XI}-

Voice-Frequency Transmit Input (Inverting)

This is the inverting input of the transmit gain-adjust operational amplifier.

VF_{XI}+

Voice-Frequency Transmit Input (Non-Inverting)

This is the non-inverting input of the transmit gain-adjust operational amplifier.

VF_{RO}

Voice-Frequency Receive Output

This receive analog output is capable of driving a 600 Ω load to 2.5 V peak.

VPI

Voltage Power Input (MC145564/67 Only)

This is the inverting input to the first receive power amplifier. Both of the receive power amplifiers can be powered down by connecting this input to V_{BB}.

VPO-

Voltage Power Output (Inverted) (MC145564/67 Only)

This inverted output of the receive push-pull power amplifiers can drive 300 Ω to 3.3 V peak.

VPO+

Voltage Power Output (Non-Inverted) (MC145554/67 Only)

This non-inverted output of the receive push-pull power amplifier pair can drive 300 Ω to 3.3 V peak.

POWER SUPPLY

GNDA

Analog Ground

This terminal is the reference level for all signals, both analog and digital. It is 0 V.

VCC

Positive Power Supply

V_{CC} is typically 5 V.

VBB

Negative Power Supply

V_{BB} is typically -5 V.

FUNCTIONAL DESCRIPTION

ANALOG INTERFACE AND SIGNAL PATH

The transmit portion of these codec-filters includes a low-noise gain setting amplifier capable of driving a 600 Ω load. Its output is fed to a three-pole anti-aliasing pre-filter. This pre-filter incorporates a two-pole Butterworth active low-pass filter, and a single passive pole. This pre-filter is followed by a single ended-to-differential converter that is clocked at 256 kHz. All subsequent analog processing utilizes fully differential circuitry. The next section is a fully-differential, five-pole switched capacitor low-pass filter with a 3.4 kHz passband. After this filter is a 3-pole switched-capacitor high-pass filter having a cutoff frequency of about 200 Hz. This high-pass stage has a transmission zero at dc that eliminates any dc coming from the analog input or from accumulated operational amplifier offsets in the preceding filter stages. The last stage of the high-pass filter is an autozeroed sample and hold amplifier.

One bandgap voltage reference generator and digital-to-analog converter (DAC) are shared by the transmit and receive sections. The autozeroed, switched-capacitor bandgap reference generates precise positive and negative reference voltages that are independent of temperature and power supply voltage. A binary-weighted capacitor array (CDAC) forms the chords of the companding structure, while a resistor string (RDAC) implements the linear steps within each chord. The encode process uses the DAC, the voltage reference, and a frame-by-frame autozeroed comparator to implement a successive-approximation conversion algorithm. All of the analog circuitry involved in the data conversion — the voltage reference, RDAC, CDAC, and comparator — are implemented with a differential architecture.

The receive section includes the DAC described above, a sample and hold amplifier, a five-pole 3400 Hz switched capacitor low-pass filter with sinX/X correction, and a two-pole active smoothing filter to reduce the spectral components of the switched capacitor filter. The output of the smoothing filter is a power amplifier that is capable of driving a 600 Ω load. The MC145564 and MC145567 add a pair of power amplifiers that are connected in a push-pull configuration; two external resistors set the gain of both of the



XR-2206

Monolithic
Function Generator

June 1997-3

FEATURES

- Low-Sine Wave Distortion, 0.5%, Typical
- Excellent Temperature Stability, 20ppm/°C, Typ.
- Wide Sweep Range, 2000:1, Typical
- Low-Supply Sensitivity, 0.01%V, Typ.
- Linear Amplitude Modulation
- TTL Compatible FSK Controls
- Wide Supply Range, 10V to 26V
- Adjustable Duty Cycle, 1% TO 99%

APPLICATIONS

- Waveform Generation
- Sweep Generation
- AM/FM Generation
- V/F Conversion
- FSK Generation
- Phase-Locked Loops (VCO)

GENERAL DESCRIPTION

The XR-2206 is a monolithic function generator integrated circuit capable of producing high quality sine, square, triangle, ramp, and pulse waveforms of high-stability and accuracy. The output waveforms can be both amplitude and frequency modulated by an external voltage. Frequency of operation can be selected externally over a range of 0.01Hz to more than 1MHz.

The circuit is ideally suited for communications, instrumentation, and function generator applications requiring sinusoidal tone, AM, FM, or FSK generation. It has a typical drift specification of 20ppm/°C. The oscillator frequency can be linearly swept over a 2000:1 frequency range with an external control voltage, while maintaining low distortion.

ORDERING INFORMATION

Part No.	Package	Operating Temperature Range
XR-2206M	16 Lead 300 Mil CDIP	-55°C to +125°C
XR-2206P	16 Lead 300 Mil PDIP	-40°C to +85°C
XR-2206CP	16 Lead 300 Mil PDIP	0°C to +70°C
XR-2206D	16 Lead 300 Mil JEDEC SOIC	0°C to +70°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

XR-2206

EXAR

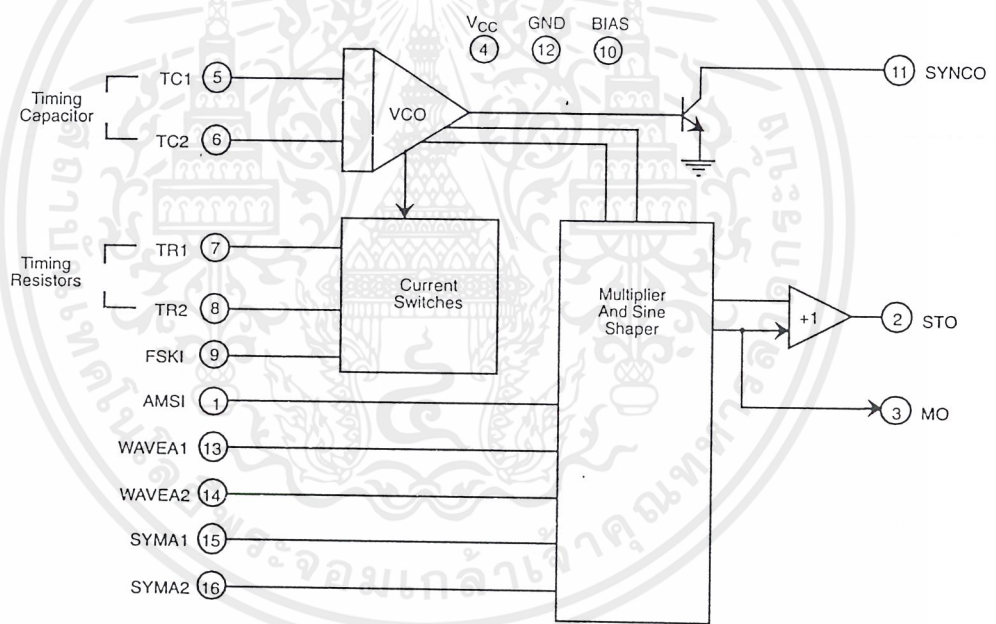


Figure 1. XR-2206 Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



XR-2206



PIN DESCRIPTION

Pin #	Symbol	Type	Description
1	AMSI	I	Amplitude Modulating Signal Input.
2	STO	O	Sine or Triangle Wave Output.
3	MO	O	Multiplier Output.
4	V _{CC}		Positive Power Supply.
5	TC1	I	Timing Capacitor Input.
6	TC2	I	Timing Capacitor Input.
7	TR1	O	Timing Resistor 1 Output.
8	TR2	O	Timing Resistor 2 Output.
9	FSKI	I	Frequency Shift Keying Input.
10	BIAS	O	Internal Voltage Reference.
11	SYNCO	O	Sync Output. This output is a open collector and needs a pull up resistor to V _{CC} .
12	GND		Ground pin.
13	WAVEA1	I	Wave Form Adjust Input 1.
14	WAVEA2	I	Wave Form Adjust Input 2.
15	SYMA1	I	Wave Symetry Adjust 1.
16	SYMA2	I	Wave Symetry Adjust 2.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

XR-2206



DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Test Conditions: Test Circuit of *Figure 2* $V_{CC} = 12V$, $T_A = 25^\circ C$, $C = 0.01\mu F$, $R_1 = 100k\Omega$, $R_2 = 10k\Omega$, $R_3 = 25k\Omega$
Unless Otherwise Specified. S_1 open for triangle, closed for sine wave.

Parameters	XR-2206M/P			XR-2206CP/D			Units	Conditions
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.		
General Characteristics								
Single Supply Voltage	10		26	10		26	V	
Split-Supply Voltage	± 5		± 13	± 5		± 13	V	
Supply Current		12	17		14	20	mA	$R_1 \geq 10k\Omega$
Oscillator Section								
Max. Operating Frequency	0.5	1		0.5	1		MHz	$C = 1000pF$, $R_1 = 1k\Omega$
Lowest Practical Frequency		0.01			0.01		Hz	$C = 50\mu F$, $R_1 = 2M\Omega$
Frequency Accuracy		± 1	± 4		± 2		% of f_o	$f_o = 1/R_1C$
Temperature Stability Frequency		± 10	± 50		± 20		ppm/ $^\circ C$	$0^\circ C \leq T_A \leq 70^\circ C$ $R_1 = R_2 = 20k\Omega$
Sine Wave Amplitude Stability ²		4800			4800		ppm/ $^\circ C$	
Supply Sensitivity		0.01	0.1		0.01		%/V	$V_{LOW} = 10V$, $V_{HIGH} = 20V$, $R_1 = R_2 = 20k\Omega$
Sweep Range	1000:1	2000:1			2000:1		$f_H = f_L$	$f_H @ R_1 = 1k\Omega$ $f_L @ R_1 = 2M\Omega$
Sweep Linearity								
10:1 Sweep		2			2		%	$f_L = 1kHz$, $f_H = 10kHz$
1000:1 Sweep		8			8		%	$f_L = 100Hz$, $f_H = 100kHz$
FM Distortion		0.1			0.1		%	$\pm 10\%$ Deviation
Recommended Timing Components								
Timing Capacitor: C	0.001		100	0.001		100	μF	<i>Figure 5</i>
Timing Resistors: R_1 & R_2	1		2000	1		2000	k Ω	
Triangle Sine Wave Output¹								
Triangle Amplitude		160			160		mV/k Ω	<i>Figure 2</i> , S_1 Open
Sine Wave Amplitude	40	60	80		60		mV/k Ω	<i>Figure 2</i> , S_1 Closed
Max. Output Swing		6			6		Vp-p	
Output Impedance		600			600		Ω	
Triangle Linearity		1			1		%	
Amplitude Stability		0.5			0.5		dB	For 1000:1 Sweep
Sine Wave Distortion								
Without Adjustment		2.5			2.5		%	$R_1 = 30k\Omega$
With Adjustment		0.4	1.0		0.5	1.5	%	See <i>Figure 7</i> and <i>Figure 8</i>

Notes

¹ Output amplitude is directly proportional to the resistance, R_3 , on Pin 3. See *Figure 3*.

² For maximum amplitude stability, R_3 should be a positive temperature coefficient resistor.

Bold face parameters are covered by production test and guaranteed over operating temperature range.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



XR-2206

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (CONT'D)

Parameters	XR-2206M/P			XR-2206CP/D			Units	Conditions
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.		
Amplitude Modulation								
Input Impedance	50	100		50	100		k Ω	
Modulation Range		100			100		%	
Carrier Suppression		55			55		dB	
Linearity		2			2		%	For 95% modulation
Square-Wave Output								
Amplitude		12			12		Vp-p	Measured at Pin 11.
Rise Time		250			250		ns	$C_L = 10\text{pF}$
Fall Time		50			50		ns	$C_L = 10\text{pF}$
Saturation Voltage		0.2	0.4		0.2	0.6	V	$I_L = 2\text{mA}$
Leakage Current		0.1	20		0.1	100	μA	$V_{CC} = 26\text{V}$
FSK Keying Level (Pin 9)	0.8	1.4	2.4	0.8	1.4	2.4	V	See section on circuit controls
Reference Bypass Voltage	2.9	3.1	3.3	2.5	3	3.5	V	Measured at Pin 10.

Notes

¹ Output amplitude is directly proportional to the resistance, R_3 , on Pin 3. See Figure 3.

² For maximum amplitude stability, R_3 should be a positive temperature coefficient resistor.

Bold face parameters are covered by production test and guaranteed over operating temperature range.

Specifications are subject to change without notice

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Power Supply	26V	Total Timing Current	6mA
Power Dissipation	750mW	Storage Temperature	-65°C to +150°C
Derate Above 25°C	5mW/°C		

SYSTEM DESCRIPTION

The XR-2206 is comprised of four functional blocks; a voltage-controlled oscillator (VCO), an analog multiplier and sine-shaper; a unity gain buffer amplifier; and a set of current switches.

The VCO produces an output frequency proportional to an input current, which is set by a resistor from the timing

terminals to ground. With two timing pins, two discrete output frequencies can be independently produced for FSK generation applications by using the FSK input control pin. This input controls the current switches which select one of the timing resistor currents, and routes it to the VCO.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

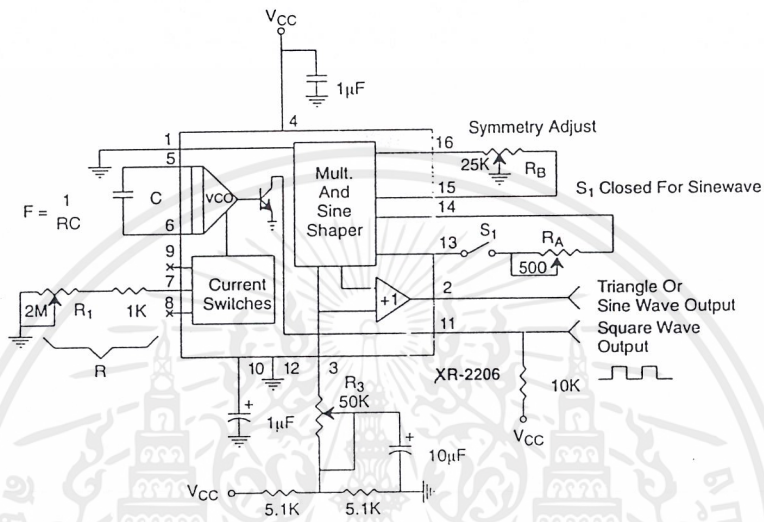


Figure 12. Circuit for Sine Wave Generation with Minimum Harmonic Distortion. (R_3 Determines Output Swing - See Figure 3)

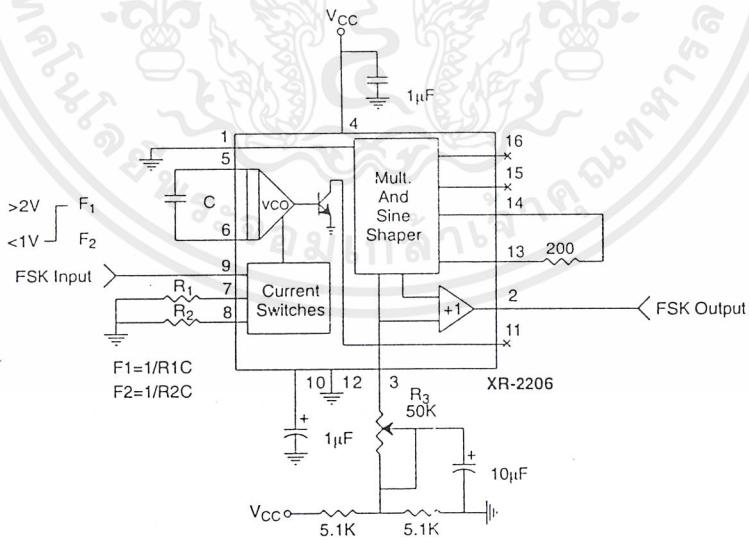


Figure 13. Sinusoidal FSK Generator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

4-Bit Transparent Latch/4-to-16 Line Decoder

The MC14514B and MC14515B are two output options of a 4 to 16 line decoder with latched inputs. The MC14514B (output active high option) presents a logical "1" at the selected output, whereas the MC14515B (output active low option) presents a logical "0" at the selected output. The latches are R-S type flip-flops which hold the last input data presented prior to the strobe transition from "1" to "0". These high and low options of a 4-bit latch/4 to 16 line decoder are constructed with N-channel and P-channel enhancement mode devices in a single monolithic structure. The latches are R-S type flip-flops and data is admitted upon a signal incident at the strobe input, decoded, and presented at the output.

These complementary circuits find primary use in decoding applications where low power dissipation and/or high noise immunity is desired.

- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Capable of Driving Two Low-power TTL Loads or One Low-power Schottky TTL Load Over the Rated Temperature Range

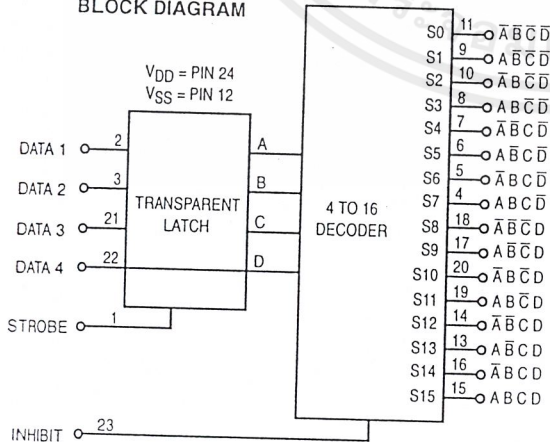
MAXIMUM RATINGS* (Voltages Referenced to V_{SS})

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _{DD}	DC Supply Voltage	- 0.5 to + 18.0	V
V _{in} , V _{out}	Input or Output Voltage (DC or Transient)	0.5 to V _{DD} + 0.5	V
I _{in} , I _{out}	Input or Output Current (DC or Transient), per Pin	± 10	mA
P _D	Power Dissipation, per Package†	500	mW
T _{stg}	Storage Temperature	- 65 to + 150	°C
T _L	Lead Temperature (8-Second Soldering)	260	°C

* Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.
† Temperature Derating:

Plastic "P and D/DW" Packages: - 7.0 mW/°C From 65°C To 125°C
Ceramic "L" Packages: - 12 mW/°C From 100°C To 125°C

BLOCK DIAGRAM



MC14514B MC14515B



L SUFFIX
CERAMIC
CASE 623



P SUFFIX
PLASTIC
CASE 709



DW SUFFIX
SOIC
CASE 751E

ORDERING INFORMATION

MC14XXXBCP Plastic
MC14XXXBCL Ceramic
MC14XXXBDW SOIC

T_A = - 55° to 125°C for all packages.

DECODE TRUTH TABLE (Strobe = 1)*

Inhibit	Data Inputs				Selected Output MC14514 = Logic "1" MC14515 = Logic "0"
	D	C	B	A	
0	0	0	0	0	S0
0	0	0	0	1	S1
0	0	0	1	0	S2
0	0	0	1	1	S3
0	0	1	0	0	S4
0	0	1	0	1	S5
0	0	1	1	0	S6
0	0	1	1	1	S7
0	1	0	0	0	S8
0	1	0	0	1	S9
0	1	0	1	0	S10
0	1	0	1	1	S11
0	1	1	0	0	S12
0	1	1	0	1	S13
0	1	1	1	0	S14
0	1	1	1	1	S15
1	X	X	X	X	All Outputs = 0, MC14514 All Outputs = 1, MC14515

X = Don't Care
*Strobe = 0, Data is latched

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to V_{SS})

Characteristic	Symbol	V _{DD} Vdc	- 55°C		25°C			125°C		Unit	
			Min	Max	Min	Typ #	Max	Min	Max		
Output Voltage V _{in} = V _{DD} or 0	*0* Level V _{OL}	5.0	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	Vdc	
		10	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05		
15		—	0.05	—	0	0.05	—	0.05			
V _{in} = 0 or V _{DD}	*1* Level V _{OH}	5.0	4.95	—	4.95	5.0	—	4.95	—	Vdc	
		10	9.95	—	9.95	10	—	9.95	—		
		15	14.95	—	14.95	15	—	14.95	—		
Input Voltage (V _O = 4.5 or 0.5 Vdc) (V _O = 9.0 or 1.0 Vdc) (V _O = 13.5 or 1.5 Vdc)	*0* Level V _{IL}	5.0	—	1.5	—	2.25	1.5	—	1.5	Vdc	
		10	—	3.0	—	4.50	3.0	—	3.0		
		15	—	4.0	—	6.75	4.0	—	4.0		
	1 Level (V _O = 0.5 or 4.5 Vdc) (V _O = 1.0 or 9.0 Vdc) (V _O = 1.5 or 13.5 Vdc)	V _{IH}	5.0	3.5	—	3.5	2.75	—	3.5	—	Vdc
			10	7.0	—	7.0	5.50	—	7.0	—	
			15	11	—	11	8.25	—	11	—	
Output Drive Current (V _{OH} = 2.5 Vdc) (V _{OH} = 4.6 Vdc) (V _{OH} = 9.5 Vdc) (V _{OH} = 13.5 Vdc)	Source I _{OH}	5.0	-1.2	—	-1.0	-1.7	—	-0.7	—	mAdc	
		5.0	-0.25	—	-0.2	-0.36	—	-0.14	—		
		10	-0.62	—	-0.5	-0.9	—	-0.35	—		
	Sink I _{OL}	5.0	0.64	—	0.51	0.88	—	0.36	—	mAdc	
		10	1.6	—	1.3	2.25	—	0.9	—		
		15	4.2	—	3.4	8.8	—	2.4	—		
Input Current	I _{in}	15	—	±0.1	—	±0.00001	±0.1	—	±1.0	μAdc	
Input Capacitance (V _{in} = 0)	C _{in}	—	—	—	—	5.0	7.5	—	—	pF	
Quiescent Current (Per Package)	I _{DD}	5.0	—	5.0	—	0.005	5.0	—	150	μAdc	
		10	—	10	—	0.010	10	—	300		
		15	—	20	—	0.015	20	—	600		
Total Supply Current**† (Dynamic plus Quiescent, Per Package) (C _L = 50 pF on all outputs, all buffers switching)	I _{TL}	5.0	I _T = (1.35 μA/kHz) f + I _{DD}							μAdc	
		10	I _T = (2.70 μA/kHz) f + I _{DD}								
		15	I _T = (4.05 μA/kHz) f + I _{DD}								

#Data labelled "Typ" is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.

**The formulas given are for the typical characteristics only at 25°C.

†To calculate total supply current at loads other than 50 pF:

$$I_T(C_L) = I_T(50 \text{ pF}) + (C_L - 50) V/k$$

where: I_T is in μA (per package), C_L in pF, V = (V_{DD} - V_{SS}) in volts, f in kHz is input frequency, and k = 0.002.

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range V_{SS} ≤ (V_{in} or V_{out}) ≤ V_{DD}. Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}). Unused outputs must be left open.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SWITCHING CHARACTERISTICS* ($C_L = 50 \text{ pF}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)

Characteristic	Symbol	V_{DD}	All Types			Unit
			Min	Typ #	Max	
Output Rise Time $t_{TLH} = (3.0 \text{ ns/pF}) C_L + 30 \text{ ns}$ $t_{TLH} = (1.5 \text{ ns/pF}) C_L + 15 \text{ ns}$ $t_{TLH} = (1.1 \text{ ns/pF}) C_L + 10 \text{ ns}$	t_{TLH}	5.0 10 15	— — —	180 90 65	360 180 130	ns
Output Fall Time $t_{THL} = (1.5 \text{ ns/pF}) C_L + 25 \text{ ns}$ $t_{THL} = (0.75 \text{ ns/pF}) C_L + 12.5 \text{ ns}$ $t_{THL} = (0.55 \text{ ns/pF}) C_L + 9.5 \text{ ns}$	t_{THL}	5.0 10 15	— — —	100 50 40	200 100 80	ns
Propagation Delay Time; Data, Strobe to S $t_{PLH}, t_{PHL} = (1.7 \text{ ns/pF}) C_L + 465 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.86 \text{ ns/pF}) C_L + 192 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.5 \text{ ns/pF}) C_L + 125 \text{ ns}$	t_{PLH}, t_{PHL}	5.0 10 15	— — —	550 225 150	1100 450 300	ns
Inhibit Propagation Delay Times $t_{PLH}, t_{PHL} = (1.7 \text{ ns/pF}) C_L + 315 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.66 \text{ ns/pF}) C_L + 117 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.5 \text{ ns/pF}) C_L + 75 \text{ ns}$	t_{PLH}, t_{PHL}	5.0 10 15	— — —	400 150 100	800 300 200	ns
Setup Time Data to Strobe	t_{su}	5.0 10 15	250 100 75	125 50 38	— — —	ns
Hold Time Strobe to Data	t_h	5.0 10 15	-20 0 10	-100 -40 -30	— — —	ns
Strobe Pulse Width	t_{WH}	5.0 10 15	350 100 75	175 50 38	— — —	ns

* The formulas given are for the typical characteristics only at 25°C.

#Data labelled "Typ" is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.

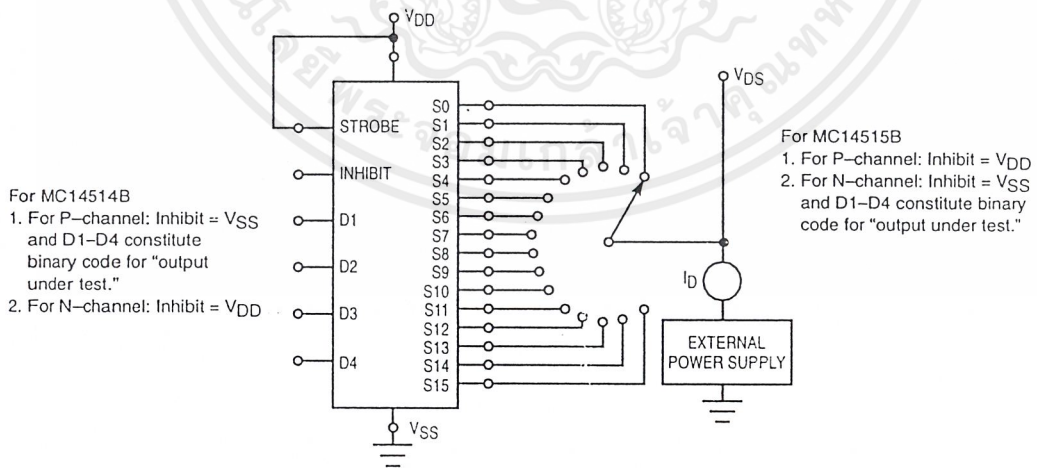


Figure 1. Drain Characteristics Test Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

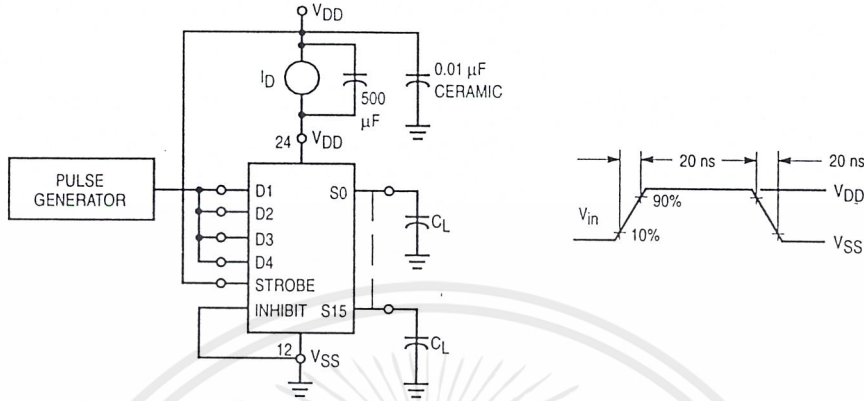


Figure 2. Dynamic Power Dissipation Test Circuit and Waveform

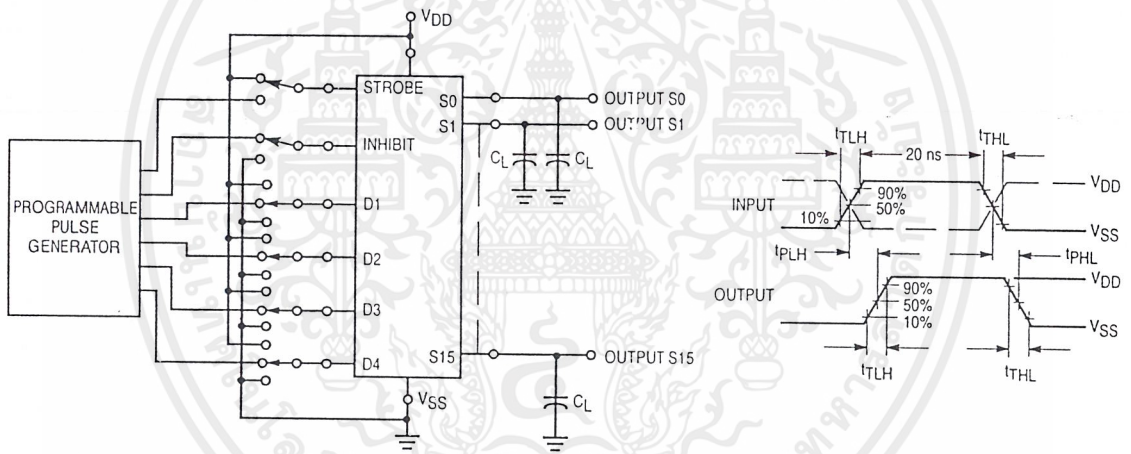
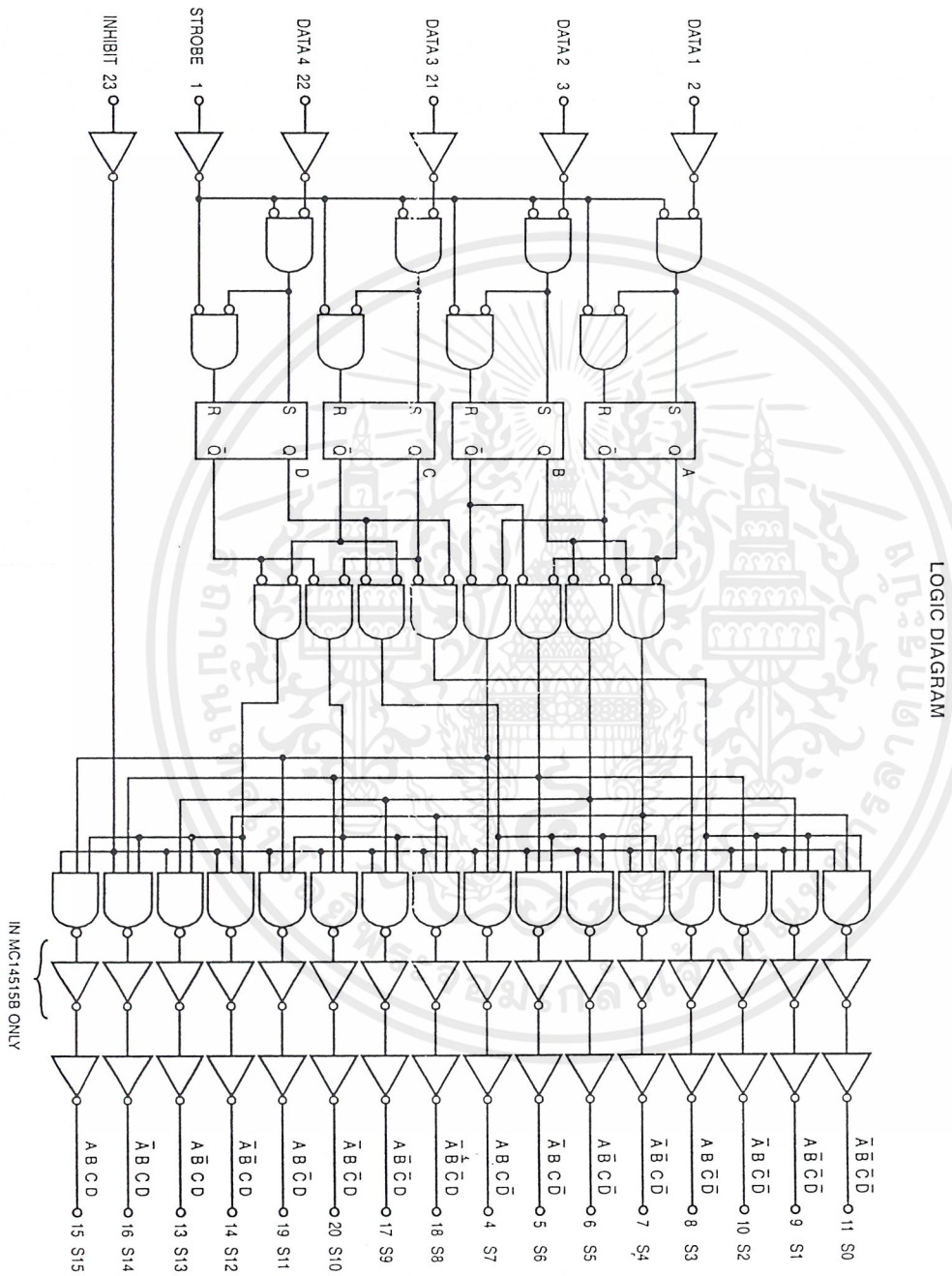


Figure 3. Switching Time Test Circuit and Waveforms

PIN ASSIGNMENT

ST	1 •	24	VDD
D1	2	23	INH
D2	3	22	D4
S7	4	21	D3
S6	5	20	S10
S5	6	19	S11
S4	7	18	S8
S3	8	17	S9
S1	9	16	S14
S2	10	15	S15
S0	11	14	S12
VSS	12	13	S13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ณรงค์ เหมกรณ์. การสื่อสารดาวเทียม. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2533

วิโรจน์ อัสวรังสี และคณะ. การใช้งานอปแอมป์และลิเนียร์ไอซี. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น. 2536

อภิรักษ์ มัณยานนท์. การสื่อสารเส้นใยแสง. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2537

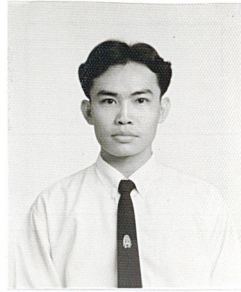
Morris, **Optoelectronic Fiber Optics and Lasers**, Singapore : Megraw – Hill Book, 1992

Paul H. young, **Electric Communicatiion Tecniq**, America : Macmillan Publishing, 1994



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปฏิญยานิพนธ์	นายถิรวัจน์ อะกะเรือน
วันเดือนปีเกิด	28 สิงหาคม 2519
สถานที่เกิด	จังหวัดลำพูน
ภูมิลำเนาเดิม	106 หมู่ 5 ต.หนองขวง อ.เวียงหนองล่อง จ.ลำพูน 51120
ที่อยู่ปัจจุบัน	106 หมู่ 5 ต.หนองขวง อ.เวียงหนองล่อง จ.ลำพูน 51120
โทรศัพท์	-
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านลือเครื่องขาว
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนน้ำคิงวิทยาคม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคลำพูน
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคลำพูน
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คติพจน์	ครองตนอย่างมีสติ คิดอย่างมีปัญญา แสวงหาความรู้เพิ่มเติม สร้างเสริมประสบการณ์ด้วยการกระทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปฏิญาณนิพนธ์	นายเทพสมบุรณ์ พานทอง
วันเดือนปีเกิด	10 พฤศจิกายน 2519
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ภูมิลำเนาเดิม	9 / 254 หมู่บ้านศิริวรรณ ต.บางกร่าง อ.เมือง จ.นนทบุรี 11000
ที่อยู่ปัจจุบัน	7 MD COURT ซ.ลาดพร้าว 46 เขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร 10320
โทรศัพท์	(02) 5136204 – 8 ต่อ 245
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนเทศบาลสองวัดทินกรนิมิตร
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนรัตนธิเบศร์
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนรัตนธิเบศร์
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	-
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตนนทบุรี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คติพจน์	ความพยายามอยู่ที่ไหน ความสำเร็จอยู่ที่นั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปริญญาบัตร	นายประสพโชค มั่นคง
วันเดือนปีเกิด	14 พฤศจิกายน 2519
สถานที่เกิด	จังหวัดอุทัยธานี
ภูมิลำเนาเดิม	39 / 20 หมู่ 3 ต.ท่าขนุน อ.ทองพูนภูมิ จ.กาญจนบุรี 71180
ที่อยู่ปัจจุบัน	39 / 20 หมู่ 3 ต.ท่าขนุน อ.ทองพูนภูมิ จ.กาญจนบุรี 71180
โทรศัพท์	-
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนชุมชนบ้านทุ่งนา
มัธยมศึกษา	โรงเรียนบ้านทุ่งนาวิทยา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคอุทัยธานี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคอุทัยธานี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์วิศวกรรม ของสูงต้องไขว่คว้าจึงจะได้มา
คติพจน์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปฏิญยานิพนธ์	นายเรวัตร์ แดงเตจ๊ะ
วันเดือนปีเกิด	6 กรกฎาคม 2520
สถานที่เกิด	จังหวัดลำพูน
ภูมิลำเนาเดิม	16 หมู่ 6 ถ.จักรคำ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ลำพูน 51000
ที่อยู่ปัจจุบัน	16 หมู่ 6 ถ.จักรคำ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ลำพูน 51000
โทรศัพท์	(053) 532044
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนสันป่าปางหลวง
มัธยมศึกษา	โรงเรียนจักรคำคณาทรลำพูน
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคลำพูน
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคลำพูน
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คติพจน์	ทุกสิ่งทุกอย่างในโลกล้วนมีทางออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้