ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ ชุดทดลองระบบรับ-ส่งสัญญาณด้วยเส้นใยแก้วนำแสง II

The Optical Fiber Transmission System Demonstrating Set II

ชื่อนักศึกษา

1. นางสาวมรกต	เวชพิทักษ์	รหัสประจำตัว	44035297
2. นางสาววิภาดา	ภาพร	รหัสประจำตัว	44035302
3. นางสาวอรทัย	กลางณรงค์	รหัสประจำตัว	44035312

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์พงษ์เกียรติ เชษฐพิทักษ์สกุล

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์		ลายมือชื่อ
1. อาจารย์สมชาย	หมื่นสายญาติ	
2. อาจารย์ปิยะ	ศุภวราสุวัฒน์	
3. อาจารย์พงษ์เกียรติ	เชษฐพิทักษ์สกุล	
4. อาจารย์อมรชัย	ชัยชนะ	
5. ผศ.กิติพงศ์	มะโน	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันอังคารที่ 29 เมษายน 2546 เวลา 10.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.311 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 19 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2546

<BT4501042>

ชุดทดลองระบบรับ-ส่งสัญญาณด้วยเส้นใยแก้วนำแสง II

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

ชุดทดลองระบบรับ – ส่งสัญญาณด้วยเส้นใยนำแสง II

THE OPTICAL FIBER TRANSMISSION SYSTEM DEMONSTRATING SET II



นางสาวมรกต เวชพิทักษ์
นางสาววิภาดา ภาพร
นางสาวอรทัย กลางณรงค์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 48349
วัน, เดือน, ปี 15 ต.ค. 2546

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ชุดทดลองระบบรับ — ส่งสัญญาณด้วยเส้นใยนำแสง II

The Optical Fiber Transmission System Demonstrating Set II

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของวงจรชุดทดลองระบบรับ – ส่งสัญญาณด้วยเส้นใยนำแสงและศึกษาการทำงานของวงจรชุดทดลองที่ทำเพิ่ม
2. เพื่อออกแบบวงจรชุดทดลองและใบงานประกอบการทดลอง
3. เพื่อสร้างวงจรชุดทดลองและจัดทำใบงานประกอบชุดทดลอง
4. เพื่อทดสอบวงจรชุดทดลองและบันทึกผลการทดลองลงในใบงาน
5. เพื่อนำวงจรชุดทดลองและใบงานไปใช้เป็นสื่อการสอนตามสังเขปรายวิชาของหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ในวิทยาลัยเทคนิค สังกัดกรมอาชีวศึกษาและเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้จากการศึกษาการทำงานของวงจรชุดทดลองระบบรับ – ส่งสัญญาณด้วยเส้นใยนำแสง
2. ได้วงจรชุดทดลองและใบงานประกอบการทดลอง
3. ได้เครื่องต้นแบบชุดทดลองและใบงานประกอบการทดลอง
4. ได้ผลการทดสอบชุดทดลองและบันทึกผลการทดลองลงในใบงาน
5. นำชุดทดลองและใบงานไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาการสื่อสารเส้นใยนำแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	ชุดทดลองระบบรับ-ส่งสัญญาณด้วยเส้นใยนำแสง II	
นักศึกษา	นางสาวมรกต	เวชพิทักษ์
	นางสาววิภาดา	ภาพร
	นางสาวอรทัย	กลางณรงค์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์พงษ์เกียรติ	เชษฐพิทักษ์สกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ปิยะ	ศุภวราสุวัฒน์
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม	
ปีการศึกษา	2545	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างชุดทดลองระบบรับ-ส่งสัญญาณด้วยเส้นใยนำแสง II ซึ่งออกแบบมาเพื่อใช้ในการทดลองการส่งสัญญาณด้วยเส้นใยนำแสงในรายวิชาปฏิบัติการรับ-ส่งสัญญาณด้วยเส้นใยนำแสง โดยชุดทดลองนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของการมอดูเลตและมัลติเพลกซ์สัญญาณและส่วนของการดีมอดูเลตและการดีมัลติเพลกซ์สัญญาณ โดยมีใบงานประกอบการทดลองจำนวน 7 ใบงาน ซึ่งชุดทดลองนี้จะทำให้นักศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงสามารถเข้าใจหลักการรับ-ส่งสัญญาณด้วยเส้นใยนำแสงมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	The Optical Fiber Transmission System Demonstrating Set II	
Students	Miss Morrakot	Vetchapitak
	Miss Wiphada	Phaporn
	Miss Orrathai	Klangnarong
Advisor	Mr.Pongkiat	Chedpitaksakul
Co-Advisor	Mr.Piya	Supavarasuwat
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education	
Program in	Telecommunication Engineering	
Academic Year	2002	

ABSTRACT

This thesis presents a design and development of The Optical Fiber Transmission System Demonstrating Set II. Designing for using as a laboratory set in The Optical Fiber Transmission. This demonstrating set can be devided into two parts ; modulator and multiplexer, demodutator and demultiplexer and also include of 7 laboratories. This demonstrating set is useful for diploma students in vocational education.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากความร่วมมือของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่าน ขอขอบพระคุณอาจารย์พงษ์เกียรติ เชษฐพิทักษ์สกุลและอาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำในการทำงานและการแก้ไขปัญหาด้วยดีเสมอมา รวมทั้งอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกกท่านที่ได้ให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในการติดต่อประสานงานการใช้สถานที่ เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นในการจัดทำปริญญานิพนธ์

คณะผู้จัดทำใคร่ขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณบิดามารดาผู้ปกครองที่ให้การสนับสนุนด้านการศึกษามาโดยตลอด เพื่อนทุกคนที่เป็นกำลังใจรวมทั้งบุคคลอื่นที่ให้คำปรึกษาแนะนำวิธีการแก้ไข จัดหาเครื่องมือต่างๆ รวมทั้งคำเสนอแนะอื่นๆ จนกระทั่งปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 หลักการสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสง	3
2.3 ภาคส่งสัญญาณแสง	4
2.3.1 ไดโอดเปล่งแสง	5
2.3.2 เลเซอร์ไดโอด	9
2.4 การมอดูเลต	11
2.4.1 การมอดูเลตแอมพลิจูด	11
2.4.2 การมอดูเลตแบบรหัสพัลส์	22
2.4.3 การมอดูเลตความกว้างพัลส์	26
2.4.4 การมอดูเลตตำแหน่งพัลส์	27
2.5 การมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา	27
2.5.1 อุปกรณ์ปลายทาง	29
2.5.2 การสุ่มตัวอย่างและการมัลติเพลกซ์	29
2.5.3 การเข้ารหัสและการถอดรหัส	30
2.5.4 การเปลี่ยนขบวนพัลส์ขั้วเดียวเป็นขบวนพัลส์สองขั้ว	33
2.5.5 เกทจ่าย	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.5.6 การทำงานพร้อมกันหรือซิงโครไนซิง	34
2.5.7 อุปกรณ์ทวนสัญญาณ	35
2.5.8 ลักษณะของระบบส่งสัญญาณทีดีเอ็ม	36
2.6 คุณลักษณะในการส่งสัญญาณของเส้นใยนำแสง	36
2.6.1 การลดทอนสัญญาณ	36
2.6.2 การสูญเสียสัญญาณในเส้นใยนำแสง	37
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	45
3.1 กล่าวนำ	45
3.2 วงจรการมอดูเลตสัญญาณ	45
3.2.1 การออกแบบวงจรการมอดูเลตแอมพลิจูด	45
3.2.2 การออกแบบวงจรการมอดูเลตความกว้างพัลส์	46
3.2.3 การออกแบบวงจรการมอดูเลตตำแหน่งพัลส์	48
3.2.4 การออกแบบวงจรการมอดูเลตแบบรหัสพัลส์	48
3.3 การออกแบบวงจรการมัลติเพลกซ์สัญญาณแบบแบ่งเวลา	54
3.4 การออกแบบวงจรการดีมอดูเลตสัญญาณ	55
3.4.1 การออกแบบวงจรการดีมอดูเลตแอมพลิจูด	55
3.4.2 การออกแบบวงจรการดีมอดูเลตความกว้างพัลส์	55
3.4.3 การออกแบบวงจรการดีมอดูเลตตำแหน่งพัลส์	56
3.4.4 การออกแบบวงจรการดีมอดูเลตแบบรหัสพัลส์	57
3.5 การออกแบบวงจรการดีมัลติเพลกซ์สัญญาณ	60
3.6 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง	63
3.7 การออกแบบชุดทดลองระบบรับ-ส่งสัญญาณด้วยเส้นใยนำแสง	63
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	66
4.1 กล่าวนำ	66
4.2 การมอดูเลตสัญญาณ	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.2.1 วงจรการมอดูเลตแอมพลิจูด	66
4.2.2 วงจรการมอดูเลตความกว้างพัลส์	67
4.2.3 วงจรการมอดูเลตตำแหน่งพัลส์	68
4.2.4 วงจรการมอดูเลตแบบรหัสพัลส์	69
4.3 การมัลติเพลกซ์สัญญาณ	69
4.4 การดีมอดูเลตสัญญาณ	70
4.4.1 วงจรการดีมอดูเลตแอมพลิจูด	70
4.4.2 วงจรการดีมอดูเลตความกว้างพัลส์	71
4.4.3 วงจรการดีมอดูเลตตำแหน่งพัลส์	72
4.4.4 วงจรการดีมอดูเลตแบบรหัสพัลส์	72
4.5 การดีมัลติเพลกซ์สัญญาณ	73
บทที่ 5 บทสรุป	74
5.1 สรุป	74
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	75
5.3 แนวทางการพัฒนา	75
บรรณานุกรม	76
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	77
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	79
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	97
ภาคผนวก ง ใบงาน	108
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน	156
ภาคผนวก ฉ รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	166
ประวัติผู้แต่ง	177

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณสมบัติของการอัด 15 ตอน	31
3.1 ตารางฟังก์ชันการทำงานของไอซี	50
3.2 ตารางฟังก์ชั่นการทำงานของไอซี SN75176	59
ค.1 รายการอุปกรณ์วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน	98
ค.2 รายการอุปกรณ์วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน	98
ค.3 รายการอุปกรณ์วงจรมอดูเลตแอมพลิจูด	99
ค.4 รายการอุปกรณ์วงจรดีมอดูเลตแอมพลิจูด	99
ค.4 (ต่อ) รายการอุปกรณ์วงจรดีมอดูเลตแอมพลิจูด	100
ค.5 รายการอุปกรณ์วงจรมอดูเลตความกว้างพัลส์	99
ค.5 (ต่อ) รายการอุปกรณ์วงจรมอดูเลตความกว้างพัลส์	100
ค.6 รายการอุปกรณ์ของวงจรดีมอดูเลตความกว้างพัลส์	100
ค.6 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรดีมอดูเลตความกว้างพัลส์	101
ค.7 รายการอุปกรณ์วงจรการมอดูเลตตำแหน่งพัลส์	101
ค.8 รายการอุปกรณ์วงจรการดีมอดูเลตตำแหน่งพัลส์	102
ค.9 รายการอุปกรณ์วงจรมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา	102
ค.9 (ต่อ) รายการอุปกรณ์วงจรมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา	103
ค.10 รายการอุปกรณ์วงจรดีมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา	103
ค.10 (ต่อ) รายการอุปกรณ์วงจรดีมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา	104
ค.11 รายการอุปกรณ์วงจรการมอดูเลตเข้ารหัสพัลส์	104
ค.11 (ต่อ) รายการอุปกรณ์วงจรการมอดูเลตเข้ารหัสพัลส์	105
ค.12 รายการอุปกรณ์วงจรการดีมอดูเลตเข้ารหัสพัลส์	105
ค.12 (ต่อ) รายการอุปกรณ์วงจรการดีมอดูเลตแบบรหัสพัลส์	106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสง	3
2.2 แถบความกว้างสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสง	5
2.3 ตัวอย่างโครงสร้างของแหล่งกำเนิดแสงที่เป็นไดโอดเปล่งแสง	5
2.3 (ต่อ) ตัวอย่างโครงสร้างของแหล่งกำเนิดแสงที่เป็นไดโอดเปล่งแสง	6
2.4 วงจรขับสัญญาณแบบดิจิตอลสำหรับไดโอดเปล่งแสง	7
2.5 วงจรขับสัญญาณแบบแอนะลอกสำหรับไดโอดเปล่งแสง	8
2.5 (ต่อ) วงจรขับสัญญาณแบบแอนะลอกสำหรับไดโอดเปล่งแสง	9
2.6 โครงสร้างพื้นฐานของเลเซอร์ไดโอด	9
2.7 ตัวอย่างสเปกตรัมและกระแสที่ใช้ขับเลเซอร์ไดโอด	10
2.8 ผังการทำงานของเลเซอร์ไดโอด	10
2.9 ตัวอย่างรูปสัญญาณในการมอดูเลตแบบเอเอ็ม	12
2.10 ตัวอย่างสเปกตรัมของสัญญาณ m(t) และสัญญาณเอเอ็ม	14
2.11 วงจรสวิตชิงมอดูเลเตอร์	17
2.12 สัญญาณรายคาบรูปสี่เหลี่ยม	17
2.13 วงจรกำเนิดสัญญาณเอเอ็มแบบสแควร์ลอว์มอดูเลเตอร์	19
2.14 สเปกตรัมของสัญญาณ $X_{out}(t)$ ในวงจรสแควร์ลอว์มอดูเลเตอร์	19
2.15 วงจรเอนเวโลปดีเทกเตอร์	20
2.16 สัญญาณที่ได้จากวงจรเอนเวโลปดีเทกเตอร์	21
2.17 ผังการทำงานของระบบการมอดูเลตแบบรหัสพัลส์	22
2.18 การสุ่มตัวอย่าง	23
2.19 การแบ่งย่านแอมพลิจูดออกเป็นระดับต่างๆ	24
2.20 การเข้ารหัส	25
2.21 ระบบการส่งสัญญาณแบบการมอดูเลตความกว้างพัลส์	26
2.22 แผนผังการทำงานและรูปคลื่นของการมอดูเลตตำแหน่งพัลส์	27
2.23 แผนผังการทำงานระบบส่งสัญญาณมัลติเพลกซ์แบ่งเวลา	28
2.24 การสุ่มตัวอย่างและการมัลติเพลกซ์	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.25 การจัดขบวนพัลส์ตัวอย่างของแต่ละช่องสัญญาณบนสายส่งสัญญาณร่วมกัน	30
2.26 คุณสมบัติของการอัด	31
2.27 พัลส์ตัวอย่างและรหัสพัลส์	33
2.28 ขบวนพัลส์ขั้วเดียวและสองขั้ว	34
2.29 การบอกความแตกต่างของระดับการสร้างพัลส์ขึ้นมาใหม่	35
2.30 การสูญเสียทั้งหมดในเส้นใยนำแสง	37
2.31 การกระจัดกระจายแสงแบบเรย์เลห์	38
2.32 การสูญเสียแสงที่เกิดจากการ โค้งงอเส้นใยนำแสง	39
2.33 การสูญเสียแสงที่เกิดจากการต่อเส้นใยนำแสง	40
2.34 การเกิดการขยายกว้างออกของสัญญาณพัลส์ 1011 เมื่อผ่านเส้นใยนำแสง	41
2.34 (ต่อ) การเกิดการขยายกว้างออกของสัญญาณพัลส์ 1011 เมื่อผ่านเส้นใยนำแสง	42
2.35 การเกิดการขยายกว้างออกของสัญญาณดิจิตอลที่ทำการส่งในเส้นใยนำแสง	42
2.35 (ต่อ) การเกิดการขยายกว้างออกของสัญญาณดิจิตอลที่ทำการส่งในเส้นใยนำแสง	43
2.36 การหาแบนด์วิดท์ในการส่งสัญญาณ	44
3.1 วงจรการมอดูเลตแอมพลิจูด	46
3.2 วงจรมอดูเลตความกว้างพัลส์	46
3.3 วงจรมอดูเลตตำแหน่งพัลส์	48
3.4 วงจรออสซิลเลเตอร์ควบคุมความถี่ด้วยคริสตอล	48
3.5 วงจรหารความถี่	49
3.6 สัญญาณจากตารางฟังก์ชั่นการทำงาน	50
3.7 สัญญาณแชลเนลซิงก์ทั้ง 4 ช่อง	51
3.8 วงจรมัลติเพลกซ์	51
3.9 วงจรเข้ารหัสพัลส์	52
3.10 วงจรการออกการมอดูเลตเข้ารหัสพัลส์	53
3.11 วงจรมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา	54
3.12 วงจรการดีมอดูเลตแอมพลิจูด	55
3.13 วงจรดีมอดูเลตความกว้างพัลส์	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.14 วงจรดีมอดูเลตตำแหน่งพัลส์	57
3.15 วงจรถอดรหัสพัลส์	57
3.16 วงจรวีซีโอของไอซี MM74HC4046	58
3.17 วงจรลูบฟิลเตอร์ต้นแบบ	60
3.18 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน	60
3.19 วงจรการดีมอดูเลตเข้ารหัสพัลส์	61
3.20 วงจรดีมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา	62
3.21 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง	63
3.22 ภาคมอดูเลตและมัลติเพลกซ์	64
3.23 ภาคดีมอดูเลตและดีมัลติเพลกซ์	65
4.1 วงจรการทดลองวงจรมอดูเลตและมัลติเพลกซ์สัญญาณ	66
4.2 ผลการทดลองวงจรการมอดูเลตแอมพลิจูด	67
4.3 ผลการทดลองวงจรการมอดูเลตความกว้างพัลส์	68
4.4 ผลการทดลองวงจรการมอดูเลตทางตำแหน่งพัลส์	68
4.5 ผลการทดลองวงจรการมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์	69
4.6 ผลการทดลองวงจรการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา	70
4.7 วงจรการดีมอดูเลตและดีมัลติเพลกซ์สัญญาณ	70
4.8 ผลการทดลองวงจรการดีมอดูเลตแอมพลิจูด	71
4.9 ผลการทดลองวงจรการดีมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์	71
4.10 ผลการทดลองวงจรการดีมอดูเลตทางตำแหน่งพัลส์	72
4.11 ผลการทดลองวงจรการดีมอดูเลตเข้ารหัสพัลส์	73
4.12 ผลการทดลองวงจรการดีมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา	73
ก.1 ภาพด้านบนของชุดทดลองระบบรับ-ส่งสัญญาณด้วยเส้นใยนำแสง II	78
ก.2 ภาพด้านบนของชุดทดลองระบบรับ-ส่งสัญญาณด้วยเส้นใยนำแสง II	78
ข.1 วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน	80
ข.2 วงจรการมอดูเลตแอมพลิจูด	80
ข.3 วงจรการมอดูเลตความกว้างพัลส์	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข.4 วงจรการมอดูเลตตำแหน่งพัลส์	81
ข.5 วงจรการมอดูเลตแบบรหัสพัลส์	82
ข.6 วงจรการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา	83
ข.7 วงจรการดีมอดูเลตแอมพลิจูด	83
ข.8 วงจรการดีมอดูเลตความกว้างพัลส์	84
ข.9 วงจรการดีมอดูเลตตำแหน่งพัลส์	84
ข.10 วงจรการดีมอดูเลตแบบรหัสพัลส์	85
ข.11 วงจรการดีมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา	86
ข.12 ด้านล่างของวงจรพิมพ์แหล่งจ่ายแรงดัน	87
ข.13 ผังการวางอุปกรณ์ของแผ่นวงจรพิมพ์แหล่งจ่ายแรงดัน	87
ข.14 ด้านล่างของวงจรพิมพ์การมอดูเลตแอมพลิจูด	88
ข.15 ผังการวางอุปกรณ์ของแผ่นวงจรพิมพ์การมอดูเลตแอมพลิจูด	88
ข.16 ด้านล่างของวงจรพิมพ์การมอดูเลตความกว้างพัลส์	89
ข.17 ผังการวางอุปกรณ์ของแผ่นวงจรพิมพ์การมอดูเลตความกว้างพัลส์	89
ข.18 ด้านล่างของวงจรพิมพ์การมอดูเลตตำแหน่งพัลส์	90
ข.19 ผังการวางอุปกรณ์ของแผ่นวงจรพิมพ์การมอดูเลตตำแหน่งพัลส์	90
ข.20 ด้านล่างของวงจรพิมพ์การดีมอดูเลตแบบรหัสพัลส์	90
ข.21 ผังการวางอุปกรณ์ของแผ่นวงจรพิมพ์การมอดูเลตแบบรหัสพัลส์	91
ข.22 ด้านล่างของวงจรพิมพ์การมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา	91
ข.23 ผังการวางอุปกรณ์ของแผ่นวงจรพิมพ์การมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา	92
ข.24 ด้านล่างของวงจรพิมพ์เอเอ็มดีมอดูเลต	92
ข.25 ผังการวางอุปกรณ์ของแผ่นวงจรพิมพ์การดีมอดูเลตแอมพลิจูด	92
ข.26 ด้านล่างของวงจรพิมพ์การดีมอดูเลตความกว้างพัลส์	93
ข.27 ผังการวางอุปกรณ์ของแผ่นวงจรพิมพ์การดีมอดูเลตความกว้างพัลส์	93
ข.28 ด้านล่างของวงจรพิมพ์ดีมอดูเลตตำแหน่งพัลส์	93
ข.29 ผังการวางอุปกรณ์ของแผ่นวงจรพิมพ์การดีมอดูเลตตำแหน่งพัลส์	94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข.30 ด้านล่างของวงจรพิมพ์การดีมอดูเลตแบบรหัสพัลส์	94
ข.31 ผังการวางอุปกรณ์ของแผ่นวงจรพิมพ์การดีมอดูเลตแบบรหัสพัลส์	95
ข.33 ด้านล่างของวงจรพิมพ์การดีมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา	96
ข.34 ผังการวางอุปกรณ์ของแผ่นวงจรพิมพ์การดีมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา	96
จ.1 ส่วนประกอบชุดทดลองส่งสัญญาณด้วยเส้นใยนำแสง	158
จ.2 ส่วนประกอบชุดทดลองรับสัญญาณด้วยเส้นใยนำแสง	159
จ.3 ชุดทดลองระบบรับ-ส่งสัญญาณด้วยเส้นใยนำแสง II	161
จ.4 ชุดทดลองระบบรับ-ส่งสัญญาณด้วยเส้นใยนำแสง	162

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เนื่องจากชุดทดลองระบบรับส่งสัญญาณด้วยเส้นใยนำแสงที่จัดทำขึ้น โดยนักศึกษาภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมเมื่อปี พ.ศ. 2544 มีชุดทดลองไม่ครบตามสังเขปรายวิชาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ในวิทยาลัยเทคนิคสังกัดกรมอาชีวศึกษา ซึ่งชุดทดลองที่มีอยู่เดิมมีแค่เครื่องส่งและเครื่องรับเท่านั้น ขาดการทดลองเพื่อให้นักศึกษาศึกษาเรียนรู้และเข้าใจ การมอดูเลตและการดีมอดูเลตในระบบแอนะลอกผ่านเส้นใยนำแสง การมอดูเลตและการดีมอดูเลตในระบบดิจิตอล การวัดและทดสอบอุปกรณ์สัญญาณต่างๆ ในการสื่อสารเส้นใยนำแสง การประยุกต์ใช้งานเส้นใยนำแสงในระบบโทรคมนาคม เพื่อให้นักศึกษาเห็นคุณค่าและตระหนักถึงความสำคัญของการสื่อสารเส้นใยนำแสง

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานนี้ประกอบด้วยการทดลองการส่งสัญญาณเสียงผ่านเส้นใยนำแสงดังนี้

1. การส่งสัญญาณเสียงที่ผ่านการมอดูเลตแอมพลิจูด (Amplitude Modulation : AM) ผ่านเส้นใยนำแสง

2. การส่งสัญญาณข่าวสารโดยการมอดูเลตทางความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation : PWM) ผ่านเส้นใยนำแสง

3. การส่งสัญญาณข่าวสารโดยการมอดูเลตตำแหน่งพัลส์ (Pulse Position Modulation : PPM) ผ่านเส้นใยนำแสง

4. การส่งสัญญาณข่าวสารโดยการมอดูเลตแบบรหัสพัลส์ (Pulse Code Modulation : PCM) ผ่านเส้นใยนำแสง

5. การส่งสัญญาณข่าวสารโดยการมัลติพลกซ์แบบแบ่งเวลา (Time Division Multiplex : TDM) ผ่านเส้นใยนำแสง

พร้อมทั้งจัดทำใบงานประกอบการทดลอง เพื่อให้ครบตามสังเขปรายวิชาของหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ในวิทยาลัยเทคนิค สังกัดกรมอาชีวศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ ขีดความสามารถของโครงงานและเนื้อหาในบทต่างๆโดยสังเขป

บทที่ 2 ประกอบด้วยทฤษฎีต่างๆ เกี่ยวกับโครงสร้างของชุดทดลองระบบรับ-ส่งสัญญาณด้วยเส้นใยนำแสง หลักการทำงานของการสื่อสารระบบแอนะลอกและระบบดิจิตอล การสื่อสารผ่านเส้นใยนำแสง

บทที่ 3 กล่าวถึงเนื้อหาที่เกี่ยวกับ แผนผังการทำงานของโครงงาน ผังวงจรต่างๆ ที่ใช้ในโครงงาน ตลอดจนการออกแบบและการสร้างส่วนประกอบต่างๆ

บทที่ 4 ประกอบด้วยการทดลองและผลการทดลองภาคจ่ายแรงดัน กล่าวถึงการเชื่อมต่อวงจรภาคต่างๆ เข้าด้วยกันและทำการทดลองสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจร พร้อมทั้งผลการทดลอง

บทที่ 5 เป็นการสรุปผลการจัดทำโครงงาน ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางการแก้ไขรวมทั้งแนวทางการพัฒนา

ภาคผนวก ก แสดงภาพเครื่องต้นแบบ การติดตั้ง การเชื่อมต่ออุปกรณ์อื่นๆ ขณะใช้งานจริง

ภาคผนวก ข ประกอบด้วยผังรายละเอียดวงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค แสดงรายการอุปกรณ์ที่ใช้งานในแต่ละวงจร

ภาคผนวก ง ประกอบด้วยใบงานประกอบการทดลองจำนวน 7 ใบงาน

ภาคผนวก จ เป็นคู่มือการใช้งานชุดทดลองระบบรับ-ส่งสัญญาณด้วยเส้นใยนำแสง

ภาคผนวก ฉ แสดงรายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

เนื่องจากการสื่อสารโทรคมนาคมในปัจจุบันเป็นยุคที่ต้องการความรวดเร็วและคุณภาพในการรับส่งข้อมูล เส้นใยนำแสงจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการใช้รับส่งข้อมูลเพราะมีข้อดีหลายอย่าง เช่น มีการสูญเสียของสัญญาณต่ำ แบนด์วิดท์กว้าง น้ำหนักเบา ไม่นำกระแสไฟฟ้าและไม่เหนี่ยวนำทางไฟฟ้า ในบทนี้จึงกล่าวถึงหลักการเบื้องต้นเกี่ยวกับระบบสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสง

2.2 หลักการสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสง



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสง

ระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสงนี้มีส่วนประกอบพื้นฐานดังรูปที่ 2.1 โดยข้อมูลที่ต้องการส่งอาจอยู่ในรูปของสัญญาณเสียง สัญญาณภาพหรือข้อมูลทางคอมพิวเตอร์ วงจรภาคส่งจะทำหน้าที่ต้องการส่งจัดรูปสัญญาณให้เหมาะสมด้วยวิธีการเข้ารหัสและมอดูเลต โดยลักษณะของข้อมูลที่ใช้ในขั้นตอนนี้ ส่วนใหญ่มักจัดให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิตอลเพราะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า จากนั้นวงจรในส่วนที่เป็นแหล่งกำเนิดแสงจะแปลงสัญญาณทางไฟฟ้าที่ได้ให้เป็นสัญญาณแสงส่งไปยังสถานีรับ โดยมีเส้นใยนำแสงทำหน้าที่เป็นสายส่งสัญญาณ ที่สถานีรับจะมีตัวรับทางแสง เช่น ไดโอดพลังแสง (Photodiode) และทรานซิสเตอร์พลังแสง (Phototransistor) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงที่รับได้ให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้า แล้วส่งไปยังวงจรภาครับเพื่อถอดรหัสและดีมอดูเลตสัญญาณทำให้ได้สัญญาณที่มีลักษณะเดียวกับสัญญาณอินพุตเพื่อนำไปใช้งานต่อไป

ในช่วงระหว่างสถานีส่งสัญญาณและสถานีรับสัญญาณที่เชื่อมต่อด้วยเส้นใยนำแสงโดยที่ถ้ามีระยะทางที่ไกลเกินที่จะส่งได้จะมีสถานีทวนสัญญาณที่ทำหน้าที่ขยายและจัดรูปสัญญาณที่เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผิดเพี้ยนระหว่างเดินทาง ในการใช้งานจริง ระยะห่างระหว่างสถานีทวนสัญญาณ จะมีค่าประมาณ 30-50 กิโลเมตร โดยจะขึ้นกับขนาดหรือปริมาณของข้อมูลที่ใช้รับส่ง ตัวอย่าง เช่น ระบบสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสงที่ถูกออกแบบทดลองโดยบริษัท AT&T ร่วมกับบริษัท KDD เมื่อประมาณปี ค.ศ.1995 สามารถรับส่งสัญญาณข้อมูลที่มีขนาด 2 kbps ไปเป็นระยะทาง 2,200 กิโลเมตร โดยมีสถานีทวนสัญญาณเพียง 25 สถานีในระยะทาง 80 กิโลเมตร เป็นต้น แต่ในช่วงระหว่างสถานีส่งสัญญาณและสถานีรับสัญญาณที่เชื่อมต่อด้วยเส้นใยนำแสงที่มีระยะทางไม่ยาวมากก็ไม่จำเป็นต้องใช้สถานีทวนสัญญาณ

2.3 ภาคส่งสัญญาณแสง

ภาคส่งสัญญาณแสงเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับส่งสัญญาณแสงที่ใช้นำข้อมูลไปในเส้นใยนำแสง โดยมีแหล่งกำเนิดแสงเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง โดย แหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในระบบสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสงต้องมีคุณสมบัติบางประการ เพื่อให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานร่วมกับเส้นใยนำแสง ดังต่อไปนี้

1) สามารถให้แสงที่มีพลังงานหรือความเข้มแสงมากพอเพื่อทำให้สัญญาณแสงสามารถเดินทางไปได้ตลอดระยะทางของการสื่อสาร

2) โครงสร้างของแหล่งกำเนิดแสงต้องสามารถส่งพลังงานแสงส่วนใหญ่หรือทั้งหมดเข้าไปในเส้นใยนำแสงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็กได้ นั่นคือ มุมของการเปล่งแสงออกจากแหล่งกำเนิดต้องเป็นมุมแคบและมีทิศทางที่แน่นอน ในกรณีที่แสงจากแหล่งกำเนิดมีลักษณะกระจายเป็นมุมกว้าง อาจใช้อุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่รวมแสง เช่น เลนส์นูน เพื่อรวมแสงส่วนใหญ่ให้พุ่งเข้าสู่เส้นใยนำแสงได้

3) ความยาวคลื่นแสงที่ได้ต้องเหมาะกับเส้นใยนำแสงที่ใช้ในระบบสื่อสารเส้นใยนำแสง

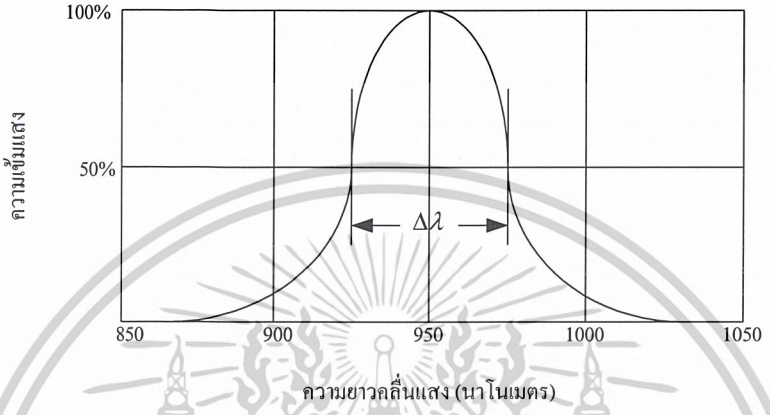
4) ความกว้างแถบสเปกตรัม (Spectral width) ของแสงที่เปล่งออกมาแสดงให้ดูดังรูปที่ 2.2 จะต้องมีค่าน้อยเพื่อลดปัญหาการเกิดการขยายกว้างออก (Dispersion) ทำให้สามารถส่งข้อมูลปริมาณมากหรือมีอัตราการส่งข้อมูลสูงได้

5) ช่วงเวลาตอบสนอง (Response time) ของแหล่งกำเนิด คือช่วงเวลาที่แหล่งกำเนิดได้รับสัญญาณไฟฟ้าแล้วสร้างสัญญาณแสงออกมา ต้องมีค่าสั้นมากซึ่งจะมีผลทำให้วงจรขับสัญญาณแสงและสามารถส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูง

6) กำลังงานแสงต้องมีค่าคงที่ต่อเนื่องตลอดเวลาและไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ อันเนื่องมากจากผลอุณหภูมิและสภาพแวดล้อมขณะใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

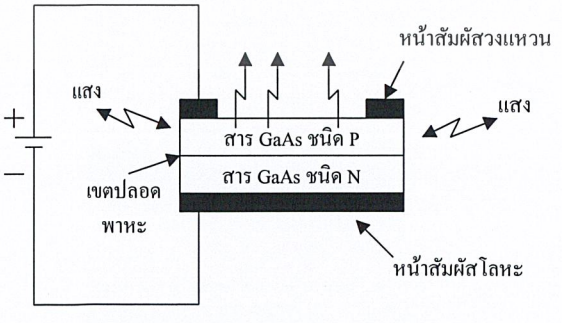
ในที่นี้จะกล่าวถึงอุปกรณ์กำเนิดแสงแบบไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode : LED) และเลเซอร์ไดโอด (Laser Diode : LD) เป็นหลัก เพราะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้กันมากในระบบสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสง



รูปที่ 2.2 แถบความกว้างสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสง

2.3.1 ไดโอดเปล่งแสง

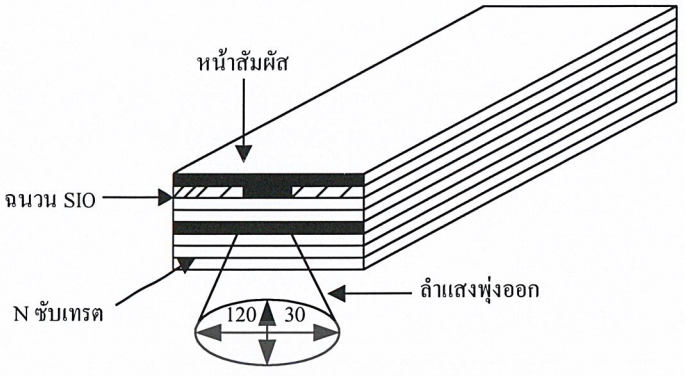
ไดโอดเปล่งแสง คือ ไดโอดที่ถูกออกแบบโครงสร้างให้สามารถทำงานเปล่งแสงออกมาได้เมื่อมีการไบแอสที่ถูกต้อง โครงสร้างพื้นฐานของไดโอดเปล่งแสงแบบที่ใช้ในระบบการส่งสัญญาณมีลักษณะแสดงดังรูปที่ 2.3 (ก) ซึ่งประกอบด้วยสารแกลเลียมอะเซนายด์ (GaAs) (ไดโอดเปล่งแสงทั่วไปจะทำจากสารประเภทเยอรมันเนียมหรือซิลิคอน) หลักการทำงานเหมือนไดโอดเปล่งแสงธรรมดาทั่วไปเมื่อมีการไบแอสถูกทางด้วยค่าที่เหมาะสมจะเกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนไปยังโฮลในระหว่างช่วงรอยต่อของสารพี-เอ็น



(ก) ไดโอดเปล่งแสงที่ใช้ในระบบเส้นใยนำแสง

รูปที่ 2.3 ตัวอย่างโครงสร้างของแหล่งกำเนิดแสงที่เป็นไดโอดเปล่งแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) การกำหนดขอบเขตการเปล่งแสง

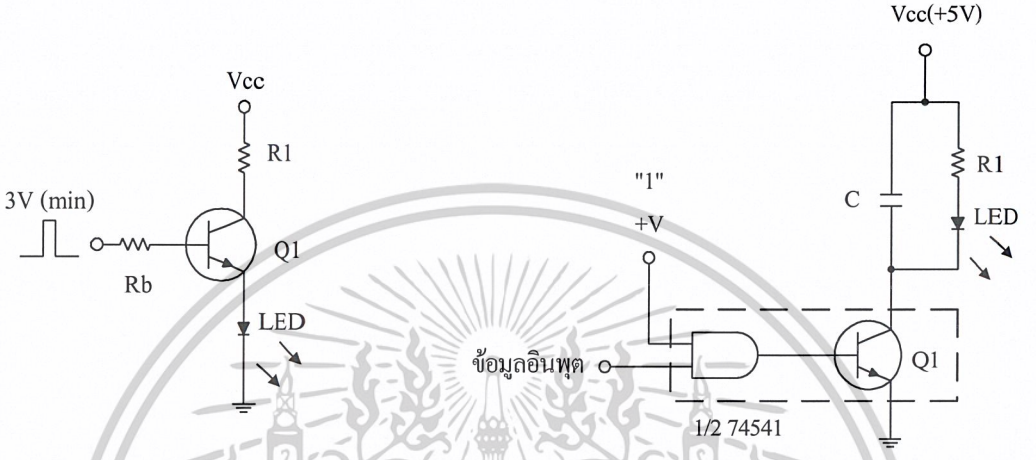
รูปที่ 2.3 (ต่อ) ตัวอย่างโครงสร้างของแหล่งกำเนิดแสงที่เป็นไดโอดเปล่งแสง

(ที่เรียกว่าบริเวณดีพลีทชั่นหรือเขตปลอดพาหะ) และมีการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของชั้นอิเล็กตรอน เกิดการคายพลังงานออกมาภายนอกในรูปของแสง บางครั้งสารที่ใช้ทำไดโอดเปล่งแสงอาจเป็นประเภทแกลเลียมอะเซนายด์ (GaAs) หรืออินเดียมแกลเลียมอะเซนายด์ฟอสเฟอร์ (InGaAsP) ก็ได้ เพื่อทำให้ความยาวคลื่นแสงที่ได้มีค่าแตกต่างกัน แสงที่เปล่งออกมาจากไดโอดเปล่งแสงในช่วงรอยต่อ พี-เอ็น มีลักษณะกระจัดกระจายไม่เป็นระเบียบและทำมุมค่อนข้างกว้างทำให้แสงที่ได้มีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ การแก้ไขทำได้โดยปรับปรุงโครงสร้างของเนื้อสารให้มีความซับซ้อนขึ้นและมีการกำหนดขอบเขตการเปล่งแสงเพื่อให้แสงมีการรวมตัวออกมาในทิศทางเดียวกัน ดังรูปที่ 2.3 (ข) ซึ่งลักษณะของแสงที่เปล่งออกมามักจะมีพื้นที่ภาคตัดขวางเป็นรูปวงรี โดยมีมุมกระจายแสงในแนวตั้ง 30 องศา เล็กกว่ามุมกระจายแสงในแนวนอน 120 องศา

วงจรขับสัญญาณ (Driver) เป็นส่วนสำคัญที่จะช่วยให้แหล่งกำเนิดแสงทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลักษณะวงจรขับสัญญาณสำหรับไดโอดเปล่งแสงแตกต่างจากวงจรของเลเซอร์ไดโอด ทั้งนี้เนื่องจากไดโอดเปล่งแสงมีคุณสมบัติความเป็นเชิงเส้นในการเปล่งแสงตามค่ากระแสไบแอสโดยตรงทำให้เหมาะสำหรับระบบสื่อสารที่ใช้ข้อมูลแบบแอนะลอก ในขณะที่กำลังงานของแสงที่เปล่งออกมาจากเลเซอร์ไดโอดมีการเปลี่ยนแปลงสูงมากอย่างรวดเร็ว แม้ว่ากระแสไบแอสจะมีค่ามากกว่ากระแสแสเทสโฮล (I_{th}) เพียงเล็กน้อยในช่วงเริ่มต้น จึงนิยมใช้เลเซอร์ไดโอดกับวงจรขับสัญญาณที่มีข้อมูลอินพุตแบบดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม้ว่าไดโอดเปล่งแสงจะเหมาะสำหรับการส่งสัญญาณแบบแอนะลอก แต่ในระบบสื่อสารระยะใกล้ก็อาจใช้ส่งข้อมูลแบบดิจิตอลได้ ตัวอย่างของวงจรขับสัญญาณที่ใช้ไดโอดเปล่งแสงอย่างง่ายแสดงในรูปที่ 2.4 โดยที่วงจรในรูปที่ 2.4 (ก) ใช้สำหรับส่งแสงเมื่อข้อมูลดิจิตอลมีค่าเป็น 1



(ก) แบบใช้ทรานซิสเตอร์ (ข) แบบใช้ไอซีเบอร์ 75451

รูปที่ 2.4 วงจรขับสัญญาณแบบดิจิตอลสำหรับไดโอดเปล่งแสง

แม้ว่าไดโอดเปล่งแสงจะเหมาะสำหรับการส่งสัญญาณแบบแอนะลอก แต่ในระบบสื่อสารระยะใกล้ก็อาจใช้ส่งข้อมูลแบบดิจิตอลได้ ตัวอย่างของวงจรขับสัญญาณที่ใช้ไดโอดเปล่งแสงอย่างง่ายแสดงในรูปที่ 2.4 โดยที่วงจรในรูปที่ 2.4 (ก) ใช้สำหรับส่งแสงเมื่อข้อมูลดิจิตอลมีค่าเป็น 1 โดยค่าของกระแสที่ไหลผ่านไดโอดเปล่งแสง (I_F) ถูกกำหนดด้วยค่าของกระแสคอลเลคเตอร์ (I_C) ของทรานซิสเตอร์ Q1 ซึ่งสามารถคำนวณได้ด้วยสมการ

$$I_F = I_C = \frac{(V_{CC} - V_F)}{R1} \tag{2.1}$$

เมื่อ V_F เป็นแรงดันตกคร่อมไดโอดเปล่งแสงเมื่อทำการไบแอสตรง ค่าของ V_F ต้องมีค่าตามที่กำหนด กระแสเบส (I_B) เป็นตัวควบคุมกระแส I_C อีกทีหนึ่งตามสมการของ $I_B = I_C / \beta$ เมื่อ β คือ กำลังขยายของทรานซิสเตอร์ และ I_B คำนวณได้จาก

$$I_B = \frac{V_{i(\max)} - V_{BE} - V_F}{R_B} \tag{2.2}$$

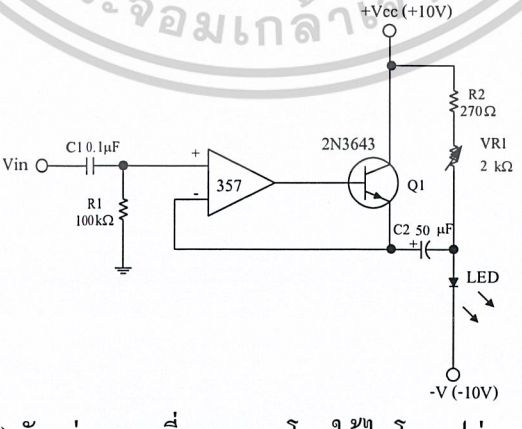
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $V_{i(\max)}$ คือ ค่าแรงดันสูงสุดของสัญญาณเข้าหรือคือระดับแรงดันขณะข้อมูลทางดิจิตอลเป็น 1

วงจรในรูปที่ 2.4 (ข) เป็นอีกลักษณะหนึ่งของการส่งข้อมูลดิจิตอลด้วยวงจรที่มีเสถียรภาพมากกว่าวงจรในรูปที่ 2.4 (ก) โดยใช้ไอซีเบอร์ 75451 หรือ 75450 เพียงบางส่วน เมื่อกำหนดให้ขาหนึ่งของแอนเกทมีสภาวะทางลอจิกเป็น 1 (+5V) เสมอ ทำให้ขาที่เหลือของแอนด์เกทใช้เป็นตำแหน่งสำหรับรับข้อมูลทางไฟฟ้าขาเข้า โดยขณะที่ข้อมูลมีสภาวะเป็น 1 ไดโอดเปล่งแสงจะไม่ทำงานและเมื่อข้อมูลเป็น 0 ไดโอดเปล่งแสงจะส่งสัญญาณแสงออกมา คาปาซิเตอร์ C ใช้สำหรับลดผลของการเกิดแรงดันกระชาก ซึ่งปกติจะใช้ค่าประมาณ 1000 พิโคฟารัด ค่าของตัวต้านทาน $R1$ คำนวณได้จากกระแสไบแอสตรง I_F ของไดโอดเปล่งแสงซึ่งกำหนดจากค่าสเปกโดยใช้สมการ

$$R1 = \frac{V_{cc} - V_F}{I_F} \tag{2.3}$$

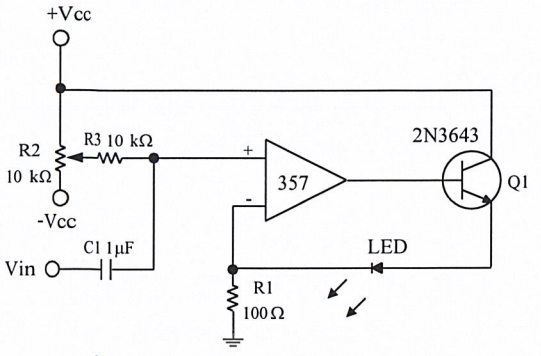
วงจรขับสัญญาณแบบแอนะลอกสำหรับไดโอดเปล่งแสงดังแสดงในรูปที่ 2.5 โดยในรูปที่ 2.5 (ก) เป็นตัวอย่างวงจรที่ถูกออกแบบให้ไดโอดเปล่งแสงมีค่ากระแสไบแอสอยู่ระหว่าง 7.5-40 มิลลิแอมป์ ขึ้นอยู่กับค่าของรีซิสเตอร์ R1 ขนาดของสัญญาณอินพุต ควรมีค่าไม่เกิน +2 โวลต์ จะถูกแปลงให้เป็นกระแสไหลผ่านไดโอดเปล่งแสงที่มีค่าอยู่ระหว่าง ± 10 มิลลิแอมป์ สำหรับวงจรในรูปที่ 2.5 (ข) ใช้กระแสที่ขับไดโอดเปล่งแสงเป็นสัญญาณป้อนกลับในวงจรมีเสถียรภาพมากขึ้น โดยมีตัวต้านทานปรับค่าได้ R2 เป็นตัวกำหนดค่าของกระแสไบแอสให้กับวงจร



(ก) ตัวอย่างวงจรที่ออกแบบโดยใช้ไดโอดเปล่งแสง

รูปที่ 2.5 วงจรขับสัญญาณแบบแอนะลอกสำหรับไดโอดเปล่งแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

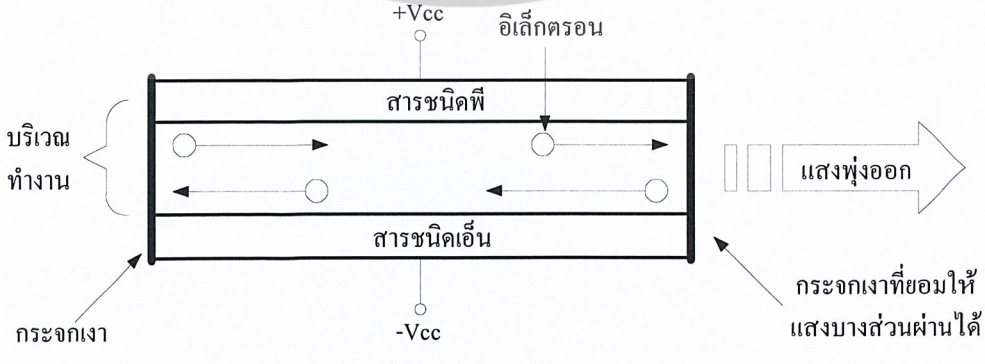


(ข) กระแสที่ขับไดโอดเปล่งแสงเป็นสัญญาณป้อนกลับ

รูปที่ 2.5 (ต่อ) วงจรขับสัญญาณแบบแอนะลอกสำหรับไดโอดเปล่งแสง

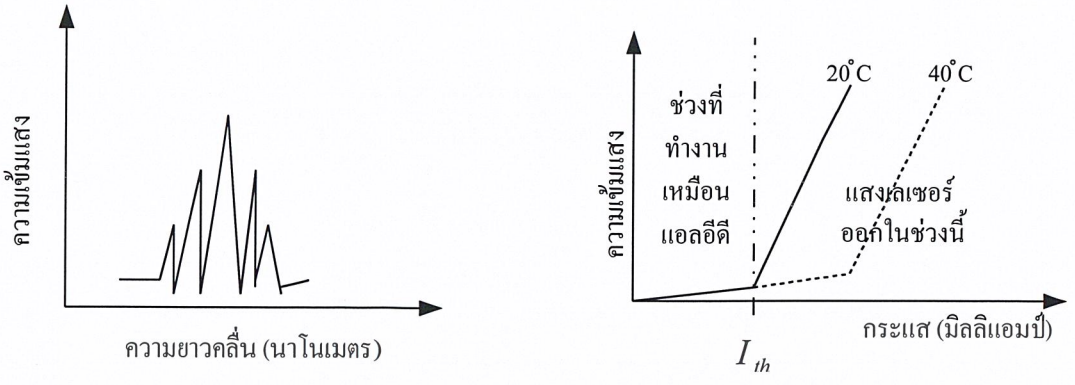
2.3.2 เลเซอร์ไดโอด

เลเซอร์ไดโอด เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำประเภทเดียวกับไดโอดแต่ถูกออกแบบให้สามารถเปล่งแสงเลเซอร์ออกมาได้ ลักษณะของแสงเลเซอร์เป็นแสงที่เป็นระเบียบหรือเป็นแสงโคฮีเรนต์ (Coherent) คือคลื่นแสงที่เปล่งออกมาจะมีเฟสที่ตรงกันและมีทิศทางการพุ่งออกของแสงไปในทิศทางเดียวกัน (Directivity) ทำให้แสงเลเซอร์เสมือนเป็นลำแสงขนานและมีความเข้มแสงสูงมาก โครงสร้างพื้นฐานของเลเซอร์ไดโอด แสดงดังรูปที่ 2.6 หลักการเปล่งแสงของเลเซอร์ไดโอดขึ้นอยู่กับโครงสร้างของเลเซอร์ไดโอด แต่ที่ปลายทั้งสองด้านถูกเคลือบด้วยสารที่ทำหน้าที่เสมือนกระจกเงา เมื่อมีการไบแอสที่เหมาะสมจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอนุภาคโฟตอนในระหว่างเขตปลอดพาหะ เมื่อโฟตอนเคลื่อนที่ไปกระทบโฟตอนตัวอื่นจะมีการถ่ายเทพลังงานทำให้เกิดมีโฟตอนตัวใหม่เพิ่มขึ้นมากมายและสะท้อนกลับไปกลับมาบริเวณรอยต่ออันเนื่องมากจากกระจกเงาที่ปลายทั้งสอง เมื่อพลังงานมีค่ามากพอจะพุ่งทะลุกระจกเงาด้านหนึ่งออกมาเป็นแสงเลเซอร์



รูปที่ 2.6 โครงสร้างพื้นฐานของเลเซอร์ไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ตัวอย่างสเปกตรัมของแสง (ข) กระแสที่ใช้ขับ

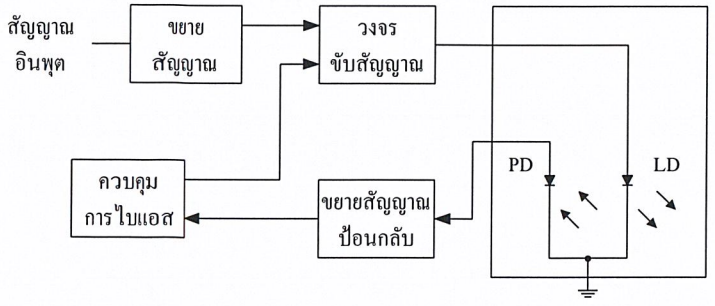
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างสเปกตรัมและกระแสที่ใช้ขับของเลเซอร์ไดโอด

การไบแอสเลเซอร์ไดโอดให้ทำงานจนเปล่งแสงเลเซอร์ออกมาได้ ขึ้นอยู่กับค่าของกระแสที่ป้อนให้โดยจะต้องมีค่าสูงกว่าค่ากระแสเทรสโฮล (Threshold current : I_{th}) ที่กำหนดตามสเปกของแต่ละเบอร์หากกระแสไบแอสมีค่าต่ำกว่ากระแสเทรสโฮล เลเซอร์ไดโอดยังคงทำงานได้แต่แสงที่เปล่งออกมาจะมีลักษณะสะเปะสะปะคล้ายกับการเปล่งแสงของไดโอดเปล่งแสงธรรมดา ในอดีตค่ากระแสเทรสโฮลของเลเซอร์ไดโอดมีค่าสูงมากทำให้การใช้งานเลเซอร์ไดโอดถูกจำกัดในวงแคบเพราะการออกแบบวงจรที่ค่อนข้างยุ่งยาก แต่ในปัจจุบันเลเซอร์ไดโอดถูกออกแบบให้ใช้กระแสเทรสโฮลต่ำเพียงไม่กี่มิลลิแอมป์ทำให้สามารถสร้างวงจรขับสัญญาณได้ง่าย

การใช้งานเลเซอร์ไดโอดในระบบสื่อสารเส้นใยนำแสงค่อนข้างยากในการออกแบบวงจร เพราะวงจรต้องมีประสิทธิภาพและความเที่ยงตรงสูง ผังการทำงานของวงจรเลเซอร์ไดโอดแสดงด้วยรูปที่ 2.8 ซึ่งมีหลักการไม่ซับซ้อนเมื่อเทียบกับวงจรไดโอดเปล่งแสง เพียงแต่เพิ่มส่วนป้อนกลับสัญญาณ เพื่อทำหน้าที่ควบคุมวงจรขับสัญญาณให้เกิดความแน่นอน สัญญาณป้อนกลับอาจได้มาจากการใช้โฟโตดีเทคเตอร์ที่มักประกอบอยู่ภายในตัวถังเดียวกับเลเซอร์ไดโอดในระบบสื่อสารเส้นใยนำแสงเป็นตัวตรวจสอบสัญญาณแสงที่ส่งออกไป หากค่าความเข้มแสงมีมากเกินไป สัญญาณป้อนกลับจะควบคุมให้วงจรขับสัญญาณลดกระแสที่ป้อนให้กับเลเซอร์ไดโอดลง ในทางตรงกันข้ามหากความเข้มแสงที่ส่งออกมีค่าน้อย วงจรขับจะเพิ่มกระแสไบแอสให้กับเลเซอร์ไดโอด ทำให้ระดับความเข้มแสงของระบบที่ส่งออกไปมีความเที่ยงตรงและแน่นอน

อนึ่งในการใช้งานเลเซอร์ไดโอดอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานจะทำให้เกิดความร้อนขึ้นที่ตัวเลเซอร์ไดโอดและเมื่ออุณหภูมิของเลเซอร์ไดโอดมีค่าสูงขึ้น ดังแสดงด้วยเส้นประในรูปที่ 2.7 (ข) จะส่งผลให้ความเข้มแสงที่เปล่งออกจากเลเซอร์ไดโอดมีค่าลดลง แม้ว่ากระแสขับจะมีค่าคงที่ก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ผังการทำงานของเลเซอร์ไดโอด

และถ้าอุณหภูมิสูงเกินไป ค่ากระแสขับอาจมีค่าน้อยกว่าค่ากระแสเทรสโฮลที่เปลี่ยนไปตามอุณหภูมิด้วย ทำให้ระบบไม่สามารถทำงานตามที่ต้องการได้จึงมีการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับระบายความร้อนให้เลเซอร์ไดโอดที่ต้องการทำงานติดต่อกันเป็นเวลานาน

2.4 การมอดูเลต

การมอดูเลต เป็นการผสมสัญญาณข้อมูลที่ต้องการส่งกับสัญญาณที่เป็นคลื่นพาห์เข้าด้วยกันในลักษณะใดลักษณะหนึ่งเพื่อให้สามารถส่งข้อมูลนั้นไปในระยะทางไกลได้ การมอดูเลตสัญญาณที่ภาคส่งของระบบการสื่อสารแบบดิจิตอลด้วยเส้นใยนำแสงทำได้หลายวิธี ดังนี้

2.4.1 การมอดูเลตแอมพลิจูด

ในการมอดูเลตแอมพลิจูด แอมพลิจูดของสัญญาณคลื่นพาห์จะถูกแปรเปลี่ยนไปตามขนาดของสัญญาณข้อมูลที่ต้องการจะมอดูเลตลงบนคลื่นพาห์ สมมติให้สัญญาณคลื่นพาห์ $c(t)$ มีค่าเป็นสัญญาณพาหะและให้ $v(t)$ เป็นสัญญาณข้อมูลที่จะทำการมอดูเลตลงบนคลื่นพาห์

$$c(t) = A_c \cos(2\pi f_c t) \tag{2.4}$$

หรือที่เรียกว่าสัญญาณเบสแบนด์ มีลักษณะดังนี้คือ

$$s_{AM}(t) = \left[A_c + v(t)\right]\cos(2\pi f_c t) \tag{2.5}$$

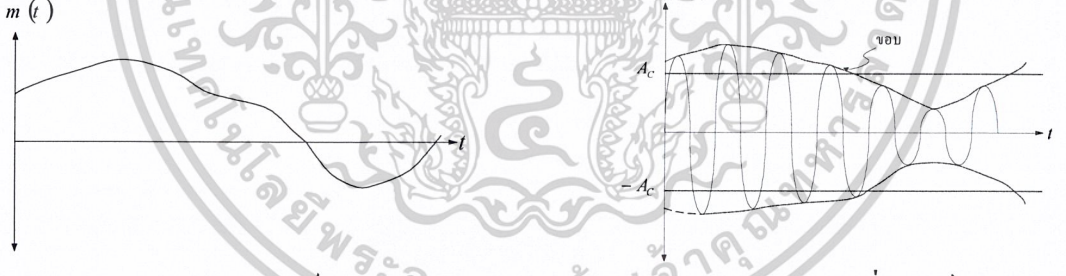
แต่เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์สัญญาณมักจะแสดงสัญญาณในรูปต่อไปนี้

$$s_{AM}(t) = A_c\left[1 + m(t)\right]\cos(2\pi f_c t) \tag{2.6}$$

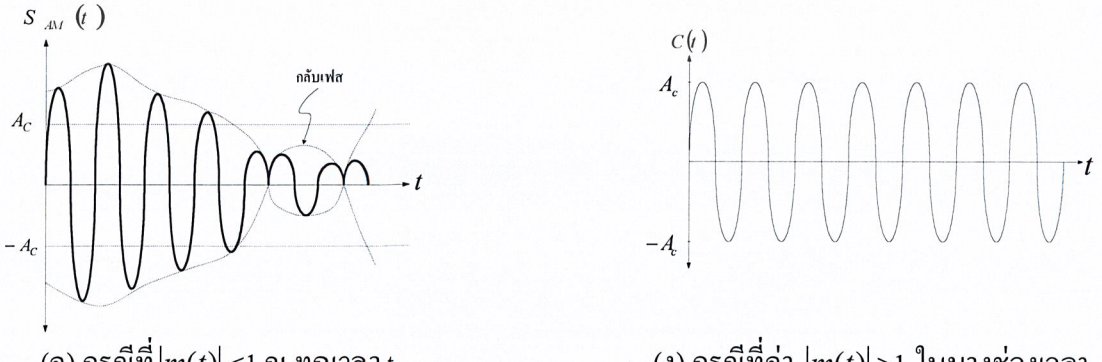
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ m(t) คือสัญญาณเบสแบนด์ที่ถูกนอร์มอลไลซ์ด้วยแอมพลิจูดสูงสุดของคลื่นพาห์ A_c ในระบบเอเอ็มจะมีการระบุค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญค่าหนึ่งที่มีชื่อเรียกว่า ดรรชนีการมอดูเลต (Modulation index) แทนที่ด้วยสัญลักษณ์ μ ซึ่งกำหนดให้มีค่าเท่ากับค่าสูงสุดของสัญญาณ $|m(t)|$ แต่โดยทั่วไปมักจะระบุค่านี้เป็นเปอร์เซ็นต์และเรียกค่านี้ว่าเปอร์เซ็นต์การมอดูเลต

พิจารณาตัวอย่างการมอดูเลตสัญญาณเบสแบนด์ $m(t)$ ที่แสดงในรูปที่ 2.9 (ก) เข้ากับสัญญาณคลื่นพาห์ $c(t)$ ที่แสดงในรูปที่ 2.9 (ข) ในที่นี้จะแยกการพิจารณาออกเป็น 2 กรณีที่มีค่าดรรชนีการมอดูเลตที่ต่างกัน ในกรณีแรก $|m(t)|$ มีค่าน้อยกว่า 1 ตลอดทุกช่วงเวลา t ใดๆ สัญญาณเอเอ็มที่ได้จะมีลักษณะดังรูปที่ 2.9 (ค) สังเกตว่าขอบของสัญญาณนี้มีลักษณะที่เหมือนกันกับสัญญาณเบสแบนด์ตลอดทุกช่วงเวลา สำหรับกรณีที่สองเป็นกรณีที่ $|m(t)|$ มีค่ามากกว่า 1 ในบางช่วงเวลา สัญญาณเอเอ็มที่ได้มีลักษณะดังในรูปที่ 2.9 (ง) สังเกตว่าในกรณีนี้ ขอบของสัญญาณเอเอ็มที่ได้มีลักษณะแตกต่างไปจากสัญญาณเบสแบนด์ในบางช่วงเวลา สาเหตุก็เพราะเมื่อใดที่ $|m(t)| > 1$ สัญญาณเอเอ็มจะเริ่มมีการกลับเฟส ณ จังหวะเวลาที่ $m(t) = -1$ ภาวะเช่นนี้เรียกว่ามีการมอดูเลตเกินขนาด (Overmodulation) เกิดขึ้น



(ก) สัญญาณเบสแบนด์ $m(t)$ (ข) สัญญาณคลื่นพาห์ $c(t)$



(ค) กรณีที่ $|m(t)| < 1$ ณ ทุกเวลา t (ง) กรณีที่ค่า $|m(t)| > 1$ ในบางช่วงเวลา

รูปที่ 2.9 ตัวอย่างรูปสัญญาณในการมอดูเลตแบบเอเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากระบบมีการควบคุมกระบวนการมอดูเลตสัญญาณเอเอ็มมิให้เกิดภาวะของการมอดูเลตเกินขนาดได้ตลอดเวลานั้นมีประโยชน์ในทางปฏิบัติ เพราะทำให้ภาครับสัญญาณสามารถใช้วงจรดีมอดูเลตที่มีโครงสร้างง่ายไม่ซับซ้อนที่เรียกว่า เอนเวโลปดีเทกเตอร์ (Envelope detector) มาใช้ในการดึงสัญญาณเบสแบนด์กลับคืนมาได้ รายละเอียดของการดีมอดูเลตด้วยเอนเวโลปดีเทกเตอร์จะได้กล่าวถึงในส่วนถัดไป โดยสรุปแล้วเงื่อนไขที่จำเป็นสำหรับการที่ทำให้เอนเวโลปของสัญญาณเอเอ็ม มีรูปร่างที่เหมือนกับสัญญาณเบสแบนด์มี 2 ประการ คือ แอมพลิจูดของ $m(t)$ ต้องมีขนาดที่ต่ำกว่าหนึ่งเสมอ นั่นคือว่า $|m(t)|<1$ สำหรับทุกค่าของ t เงื่อนไขนี้กำกับเพื่อให้ขนาดของ $1+m(t)$ มีค่าเป็นบวกเสมอ เงื่อนไขประการที่สองคือ สัญญาณคลื่นพาห์ $f_c >> W$ ซึ่งเรียก W ว่าเป็นแบนด์วิดท์ของสัญญาณเบสแบนด์ หากสัญญาณเบสแบนด์มีความถี่ใกล้เคียงกับสัญญาณคลื่นพาห์แล้วจะไม่สามารถมองเห็นเอนเวโลปของสัญญาณเอเอ็มได้อย่างชัดเจน ซึ่งก็หมายถึงว่าการดีเทกสัญญาณเบสแบนด์กลับคืนมาก็จะทำได้ไม่ดีด้วย

1) สเปกตรัมและแบนด์วิดท์ของสัญญาณเอเอ็ม

ลักษณะสเปกตรัมของสัญญาณเอเอ็มสามารถหาได้โดยการแปลงฟูริเยร์ของสัญญาณ $S_{AM}(t)$ ในสมการที่ (2.6) ซึ่งผลการแปลงเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$s_{AM}(f)=\frac{A_c}{2}\left[\delta(f-f_c)+\delta(f+f_c)\right]+\frac{A_c}{2}\left[M(f-f_c)+M(f+f_c)\right] \qquad (2.7)$$

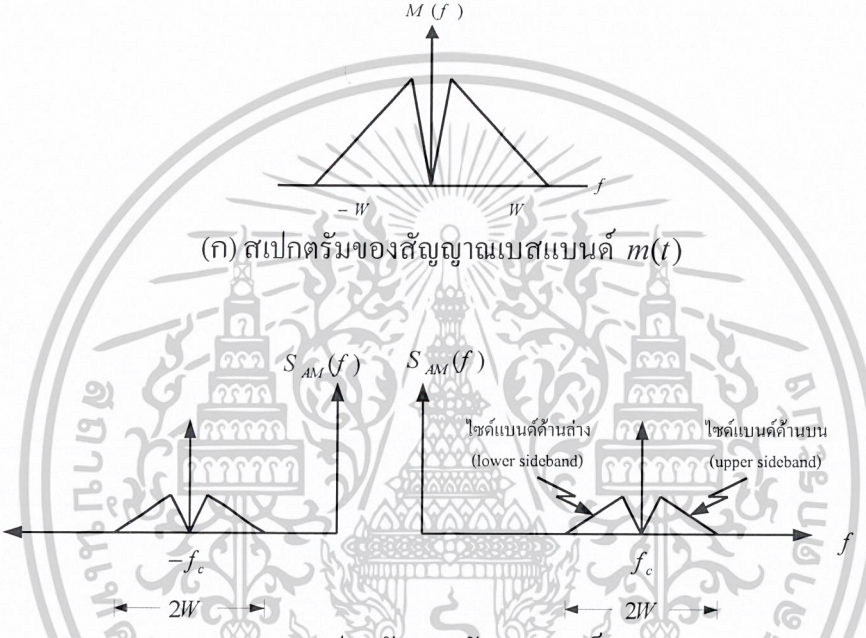
โดยที่ $\delta(f)$ คือฟังก์ชันอิมพัลส์ และ $M(f)$ คือสเปกตรัมของสัญญาณเบสแบนด์ $m(t)$ จากสมการที่ (2.7) จะเห็นว่าสเปกตรัมของสัญญาณเอเอ็มประกอบด้วยสเปกตรัมของคลื่นพาห์ที่เป็นสัญญาณอิมพัลส์ที่ความถี่ f_c ซึ่งจะมีทั้งความถี่ในด้านลบและด้านบวกที่สมมาตรกัน ส่วนที่สองทางด้านขวามือของสมการคือสเปกตรัมของสัญญาณเบสแบนด์ $m(t)$ ซึ่งถูกเลื่อนไปอยู่ที่ตำแหน่งความถี่ของคลื่นพาห์ f_c ดูตัวอย่างในรูปที่ 2.10 สมมติให้สัญญาณเบสแบนด์มีสเปกตรัมดังในรูปที่ 2.10 (ก) เมื่อนำสัญญาณนี้ไปผ่านกระบวนการมอดูเลตจะได้สัญญาณเอเอ็มที่มีสเปกตรัมดังในรูปที่ 2.10 (ข) โดยทั่วไปสัญญาณคลื่นพาห์ที่ใช้มักจะกำหนดให้มีความถี่สูงกว่าแบนด์วิดท์ของสัญญาณเบสแบนด์มาก ๆ นั่นคือ $f_c >> W$ ดังนั้นขนาดแบนด์วิดท์ของสัญญาณเอเอ็มสามารถหาได้โดยการพิจารณาจากรูปที่ 2.10 ซึ่งมีค่าเท่ากับ

$$B_{AM}=2W \qquad (2.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ W คือค่าความถี่สูงที่สุดของสัญญาณเบสแบนด์

ยกตัวอย่างเช่นถ้าสัญญาณเบสแบนด์ที่จะนำไปมอดูเลตเป็นสัญญาณเสียงพูด ขนาดแบนด์วิดท์ของสัญญาณเสียงจะมีค่า W = 4 กิโลเฮิรตซ์ และถ้าเป็นระบบวิทยุกระจายเสียงเอเอ็ม ความถี่คลื่นพาห์ f_c ที่ใช้ในช่วง 531-1,602 กิโลเฮิรตซ์ ส่วนแบนด์วิดท์ของสัญญาณเอเอ็ม ระบบนี้มีค่าเท่ากับ 8 กิโลเฮิรตซ์



(ก) สเปกตรัมของสัญญาณเบสแบนด์ $m(t)$

(ข) สเปกตรัมของสัญญาณเอเอ็ม

รูปที่ 2.10 ตัวอย่างสเปกตรัมของสัญญาณ $m(t)$ และสัญญาณเอเอ็ม

2) ประสิทธิภาพการใช้กำลังส่งของสัญญาณเอเอ็ม

ค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณเอเอ็ม คำนวณได้โดยตรงจากสมการที่ 2.6 โดยมีค่าเท่ากับ

$$P_{AM} = < s_{AM}^2(t) > = < \{A_c[1 + m(t)]\cos(2\pi f_c t)\}^2 > \tag{2.9}$$

$$= \frac{1}{2}A_c^2 < [1 + m(t)]^2 > + \frac{1}{2}A_c^2 < [1 + m(t)]^2 \cos(4\pi f_c t) >$$

โดย <x(t)> คือค่าเฉลี่ยทางเวลาของสัญญาณ x(t) ซึ่งมีค่าเท่ากับ $\lim_{T\to\infty} \frac{1}{2T}\int_{-T}^{T} x(t)\,dt$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากโดยปกติ $m(t)$ จะเป็นสัญญาณที่มีองค์ประกอบที่มีค่าความถี่ที่ต่ำกว่าความถี่ของคลื่นพาห์ f_c มาก นั่นคือ $W<<f_c$ ซึ่งหมายถึงว่าอัตราการแปรเปลี่ยนขนาดของ $[1+m^2(t)]$ ในพจน์ที่สองของสมการทางด้านขวามือเกิดขึ้นช้ามากเมื่อเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ $\cos(4\pi f_c t)$ ดังนั้นค่าเฉลี่ยในส่วนนี้ซึ่งเป็นสัญญาณไซนูซอยด์จึงสามารถประมาณให้มีค่าเป็นศูนย์ได้

$$P_{AM} = \frac{1}{2}A_c^2\left[1 + 2 < m(t) > + < m^2(t) >\right] \tag{2.10}$$

เนื่องจากสัญญาณที่พบเห็นในระบบสื่อสารมักเป็นสัญญาณที่ไม่มีส่วนประกอบกระแสตรงอยู่ เช่น สัญญาณเสียง ดังนั้นพจน์ $< m(t)> = 0$

$$P_{AM} = \frac{1}{2}A_c^2 + \frac{1}{2}A_c^2 < m^2(t) > \tag{2.11}$$

เมื่อพิจารณาสมการที่ 2.11 จะเห็นว่าพจน์แรกของสมการทางด้านขวามือก็คือกำลังเฉลี่ยของคลื่นพาห์นั่นเอง ส่วนพจน์ที่สองก็คือกำลังเฉลี่ยของสัญญาณเบสแบนด์ไซด์แบนด์ด้านบน (Upper sideband) และไซด์แบนด์ด้านล่าง (Lower sideband) รวมกันเนื่องจากพจน์ที่สองของสมการมีค่าน้อยกว่าพจน์แรกเสมอเพราะ $|m(t)| < 1$ ประกอบกับการที่กำลังของไซด์แบนด์แต่ละด้านมีค่าเท่ากันเสมอ ดังนั้นกำลังที่อยู่ในไซด์แบนด์แต่ละด้านมีค่าสูงสุดไม่เกิน 0.25 ของกำลังเฉลี่ยทั้งหมด จากที่กล่าวมานี้จึงสรุปได้ว่าประสิทธิภาพการใช้กำลังของวิธีการมอดูเลตแบบเอเอ็มไม่ดีนักเนื่องจากต้องเสียกำลังงานกว่า 50% ไปกับสัญญาณคลื่นพาห์

สำหรับกรณีที่สัญญาณเบสแบนด์เป็นสัญญาณไซนูซอยด์ความถี่เดี่ยว $m(t) = \mu\cos(2\pi f_m t)$ ค่ากำลังของสัญญาณเอเอ็มจะมีค่าเป็น

$$P_{AM} = \frac{1}{2}A_c^2\left[1 + P_m\right] = P_c\left[1 + \frac{\mu^2}{2}\right] \tag{2.12}$$

โดย $P_c = \frac{1}{2}A_c^2$ คือ กำลังเฉลี่ยของสัญญาณคลื่นพาห์

P_m คือ กำลังเฉลี่ยของสัญญาณเบสแบนด์ $m(t)$

และ μ คือ ดรรชนีการมอดูเลต

โดยทั่วไปจะนิยามให้ประสิทธิภาพการใช้กำลัง η ของระบบการมอดูเลตแบบเอเอ็มคือเปอร์เซ็นต์ของกำลังที่ใช้ส่งสัญญาณข้อมูลต่อกำลังที่ส่งออกทั้งหมดสำหรับระบบที่ $<m(t)> = 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\eta = \frac{< m^2(t) >}{1 + < m^2(t) >}(100\%) \tag{2.13}$$

เนื่องจาก $< m^2(t) > \leq 1$ เสมอเพราะฉะนั้นประสิทธิภาพการใช้กำลังของระบบการมอดูเลตแบบเอเอ็ม มีค่าได้สูงสุดเท่ากับ 50% ซึ่งจะเกิดขึ้นได้เฉพาะเมื่อสัญญาณเบสแบนด์มีลักษณะเป็นรูปสัญญาณสี่เหลี่ยม ถ้าหากสัญญาณเบสแบนด์เป็นสัญญาณไซนูซอยด์ $< m^2(t) >$ จะมีค่าเหลือเพียง 0.5 และประสิทธิภาพการใช้กำลังลดลงเหลือเพียง 33.3%

3) การสร้างสัญญาณเอเอ็ม

3.1) สวิตชิงมอดูเลเตอร์

ในการสร้างสัญญาณเอเอ็มสามารถกระทำได้หลายวิธี สำหรับวิธีแรกที่จะกล่าวถึงคือวิธีการที่เรียกว่า สวิตชิงมอดูเลเตอร์ โครงสร้างของวงจรในรูปที่ 2.11 วงจรนี้จะทำงานได้ก็ต่อเมื่อสัญญาณคลื่นพาห์ $c(t)$ มีขนาดของแอมพลิจูดที่ใหญ่พอที่จะทำให้ไดโอดทำงานตลอดช่วงการทำงานของไดโอด ในที่นี้สมมติว่าเป็นไดโอดอุดมคติคือจะทำงานเหมือนสวิตซ์ นั่นคือไดโอดจะมีอิมพีแดนซ์เป็นศูนย์เมื่อถูกไบแอสไปข้างหน้า ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อ $c(t) > 0$ จากรูปที่ 2.11 จะได้ว่า

$$V_1(t) = A_c \cos(2\pi f_c t) + m(t) \tag{2.14}$$

โดยมีเงื่อนไขว่า $|m(t)| << A_c$ ดังนั้นสัญญาณ จึงประมาณได้เป็น $V_2(t)$ จึงประมาณได้เป็น

$$V(t) \cong \begin{cases} V(t), & c(t) > 0 \\ 0, & c(t) < 0 \end{cases} \tag{2.15}$$

สามารถเขียนรูปสมการที่ (2.15) ใหม่ได้เป็น

$$V_2(t) \cong \left[A_c \cos(2\pi f_c t) + m(t)\right] g_{T_0}(t) \tag{2.16}$$

โดย $g_{To}(t)$ เป็นสัญญาณรายคาบแบบสี่เหลี่ยมที่มีคาบความกว้างเท่ากับ $To = 1/f_c$ ดังที่แสดงในรูปที่ 2.12 สัญญาณดังกล่าวนี้สามารถนำมาเขียนในรูปของอนุกรมฟูริเยร์ได้เป็น

$$g_{T_0}(t) = \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi}\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{2n-1} \cos\left[2\pi f_c t(2n-1)\right] \tag{2.17}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

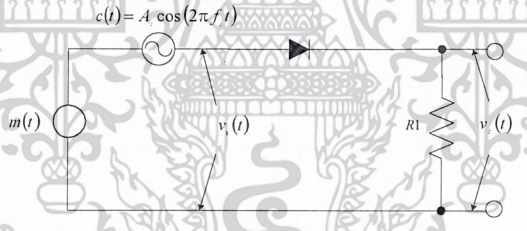
เมื่อแทนค่าในสมการที่ 2.17 ลงในสมการที่ 2.16 จะได้ว่าสัญญาณ $V_2(t)$ ประกอบด้วยสองส่วนคือ

1. ส่วนที่เป็นสัญญาณเอเอ็มตามที่ต้องการ

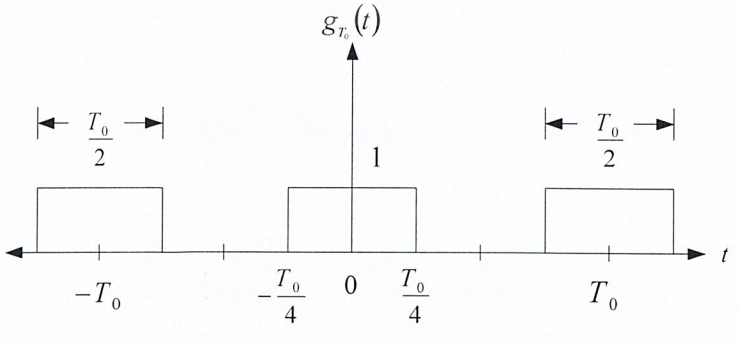
$$\frac{A_c}{2}\left[1+\frac{4}{\pi A_c}m(t)\right]\cos(2\pi f_c t)$$

2. ส่วนของสัญญาณที่ไม่ต้องการ ซึ่งประกอบด้วยสัญญาณไซนูรอยด์ที่ความถี่ $0,\pm 2f_c,\pm 4f_c,\ldots$ และสัญญาณข้อมูลที่ถูกเลื่อนความถี่ไปโดยมีค่าความถี่กลาง อยู่ที่ $0,\pm 3f_c,\pm 5f_c,\ldots$

สัญญาณส่วนที่ไม่ต้องการนี้จะถูกแยกออกโดยใช้วงจรกรองผ่านแถบ (Bandpass filter) ที่มีความถี่กลางอยู่ที่ f_c และมีขนาดความกว้างของแถบผ่านเท่ากับ 2W โดย W คือ แบนด์วิดท์ของสัญญาณเบสแบนด์ m(t) ทั้งนี้เงื่อนไข $f_c > 2W$ จะต้องเป็นจริงด้วยเพื่อให้การแยกสัญญาณเอเอ็มที่ต้องการออกจากส่วนของสัญญาณที่ไม่ต้องการทำได้โดยง่าย



รูปที่ 2.11 วงจรสวิตชิงมอดูเลเตอร์



รูปที่ 2.12 สัญญาณรายคาบรูปสี่เหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
48349

3.2) สแควร์ลอว์มอดูเลเตอร์

วิธีการกำเนิดสัญญาณเอเอ็มอีกวิธีที่จะกล่าวต่อไปนี้เรียกว่า สแควร์ลอว์มอดูเลเตอร์ หลักการทำงานของวิธีนี้อาศัยการนำอุปกรณ์ไม่เชิงเส้น (nonlinear device) มาต่อร่วมกับวงจรกรองความถี่ในลักษณะที่แสดงในรูปที่ 4.5 อุปกรณ์ไม่เชิงเส้นที่ใช้มีคุณลักษณะดังนี้คือ

$$x_{out}(t) = a_1 x_{in}(t) + a_2 x_{in}^2 \tag{2.18}$$

พิจารณาจากวงจรในรูปที่ 2.12

$$x_{in}(t) = m(t) + \cos(2\pi f_c t) \tag{2.19}$$

และ

$$\begin{aligned} x_{out}(t) &= a_1\left[m(t) + \cos(2\pi f_c t)\right] + a_2\left[m(t) + \cos(2\pi ft)_c\right]^2 \\ &= a_1 m(t) + a_2 m^2(t) + a_2 \cos_2(2\pi f_c t) \\ &\quad + a_1\left[1 + \frac{2a_2}{a_1} m(t)\right]\cos(2\pi f_c t) \end{aligned} \tag{2.20}$$

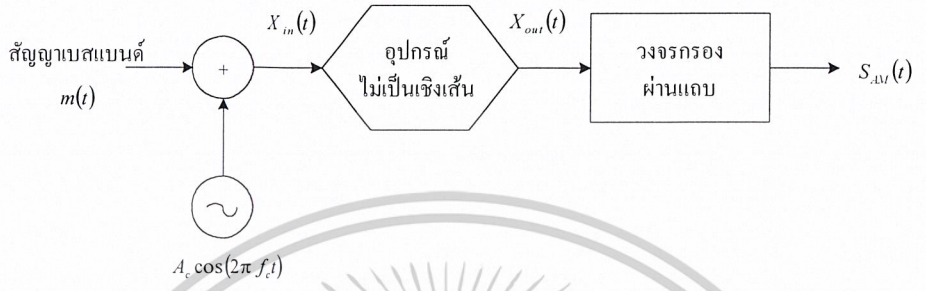
จากสมการจะเห็นว่าพจน์ทางด้านขวามือสุดของสัญญาณ Xout (t) คือ สัญญาณเอเอ็มที่ต้องการนั่นเอง ดังนั้นเพื่อที่จะให้ได้สัญญาณเอเอ็มออกมา จะต้องหาวิธีการแยกสัญญาณส่วนนี้ออกมาจากสัญญาณที่ไม่ต้องการมาให้ได้ เริ่มจากการพิจารณาดูสเปกตรัมของสัญญาณเหล่านี้ก่อน โดยการแปลงฟูริเยร์ของสัญญาณ $X_{out}(t)$ ในสมการที่ 2.20 ซึ่งให้ผลดังนี้

$$\begin{aligned} X_{out}(f) &= a_1 M(f) + a_2\left[M(f) * M(F)\right] + \frac{1}{2}a_2\delta(f) \\ &\quad + \frac{1}{4}a_2\left[\delta(f - 2f_c) + \delta(f + 2f_c)\right]\frac{1}{2}a_1\left[\delta(f - f_c) + \delta(f + f_c)\right] \\ &\quad + a_2\left[M(f - f_c) + M(f - f_c)\right] \end{aligned} \tag{2.21}$$

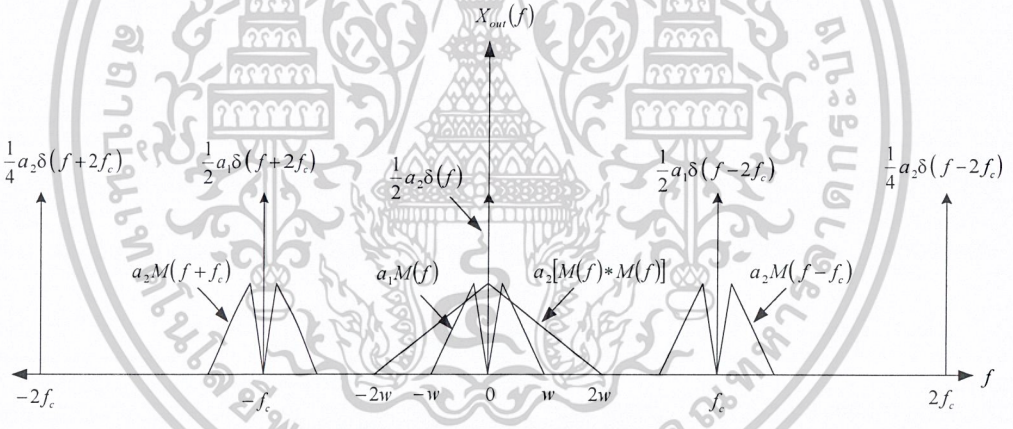
เมื่อนำสมการนี้ไปวาดเป็นกราฟจะได้รูปสเปกตรัมดังในรูปที่ 2.14 สังเกตว่าหากสัญญาณคลื่นพาห์มีความถี่ $f_c > 3W$ แล้วจะไม่มีการทับซ้อนของสัญญาณที่ต้องการกับสัญญาณส่วนอื่นเลย ดังนั้นจึงสามารถแยกองค์ประกอบของสัญญาณเอเอ็มที่ต้องการออกมาได้โดยอาศัยวงจรกรองผ่านแถบที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่กลางเท่ากับ f_c และมีความกว้างของแถบผ่านเท่ากับ 2W การแปลงฟูริเยร์ของสัญญาณ $m^2(t)$ มีค่าเท่ากับ M(f) * M(f) ซึ่งเป็นสัญญาณที่มีแบนด์วิดท์กว้างขึ้นเท่าตัวเมื่อเทียบกับสเปกตรัม M(f)



รูปที่ 2.13 วงจรกำเนิดสัญญาณเอเอ็มแบบสแควร์ลอว์มอดูเลเตอร์



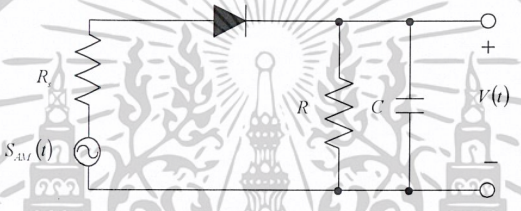
รูปที่ 2.14 สเปกตรัมของสัญญาณ $X_{out}(t)$ ในวงจรสแควร์ลอว์มอดูเลเตอร์

4) วงจรดีเทกต์เอนเวโลป

ในการดีมอดูเลตสัญญาณเอเอ็มเพื่อให้ได้สัญญาณข้อมูล m(t) กลับคืนมาสามารถทำได้หลายวิธีการวิธีการแบบหนึ่งที่เรียกว่า วงจรดีเทกต์เอนเวโลป (Envelope detector) เป็นวิธีที่ได้รับความสนใจมากเพราะเป็นวิธีที่ไม่ซับซ้อน มีโครงสร้างของวงจรที่ค่อนข้างง่ายและยังให้ประสิทธิภาพที่ดีพอใช้ ด้วยเหตุนี้จึงมีการนำวิธีการนี้มาใช้งานกันทั่วไปในเครื่องรับวิทยุเอเอ็ม ข้อจำกัดของวิธีการนี้ก็คือความถี่ของสัญญาณคลื่นพาห์จะต้องใหญ่กว่าแบนด์วิดท์ของสัญญาณข้อมูลมากเพียงพอและค่าเปอร์เซ็นต์การมอดูเลตที่ใช้ก็จะต้องมีขนาดน้อยกว่า 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.15 แสดงตัวอย่างวงจรเอนเวโลปดีเทกเตอร์แบบหนึ่งซึ่งประกอบด้วยไดโอด ความต้านทาน R และตัวเก็บประจุ C ลักษณะการทำงานของวงจรเป็นดังต่อไปนี้ ในช่วงที่สัญญาณเข้ามีค่าเป็นบวก ไดโอดจะถูกไบแอสไปข้างหน้า (Forward-biased) และตัวเก็บประจุจะถูกอัดประจุอย่างรวดเร็วจนมีแรงดันเท่ากับสัญญาณเข้าจนกระทั่งสัญญาณเข้ามีขนาดสูงสุด จากนั้นสัญญาณเข้าก็เริ่มตกลงส่งผลทำให้ไดโอดถูกไบแอสย้อนกลับ (Reverse-biased) ในช่วงนี้ตัวเก็บประจุ C จะคายประจุออกอย่างช้าๆ ผ่านความต้านทาน R การคายประจุจะเกิดขึ้นจนกระทั่งสัญญาณเข้ามีขนาดเป็นบวกและมีแรงดันสูงกว่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุอีกครั้ง ซึ่งส่งผลไดโอดถูกไบแอสไปข้างหน้าอีกครั้ง กระบวนการต่างๆ เหล่านี้จะเกิดขึ้นซ้ำไปเรื่อยๆ



รูปที่ 2.15 วงจรเอนเวโลปดีเทกเตอร์

สมมติว่าไดโอดที่ใช้มีคุณสมบัติที่เป็นอุดมคติคือในช่วงที่มีการไบแอสไปข้างหน้าความต้านทานของไดโอดมีค่าต่ำมากเท่ากับ r_f และในช่วงที่มีเป็นการไบแอสย้อนกลับไดโอดมีค่าความต้านทานเป็นอนันต์ สมมติให้สัญญาณ เอเอ็มเป็นแหล่งกำเนิดแรงดันที่มีความต้านทานภายในเท่ากับ R_s เพื่อให้การสะสมประจุในช่วงที่ไดโอดถูกไบแอสไปข้างหน้าเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและทันต่อสัญญาณขาเข้า ค่าคงตัวทางเวลา (Time constant) ของการสะสมประจุควรมีขนาดที่เล็กกว่าคาบของสัญญาณคลื่นพาห์ $1/f_c$ นั่นคือ

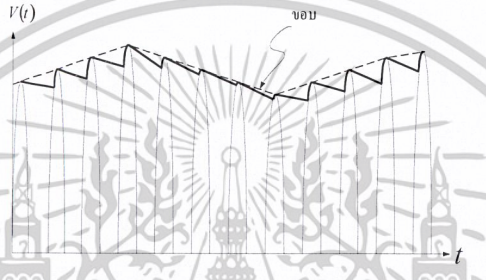
$$(r_f + R_s)C << 1/f_c \tag{2.22}$$

ในทางกลับกันช่วงที่ตัวเก็บประจุ C คายประจุออกผ่านทาง R ค่าคงตัวทางเวลาควรจะมีขนาดที่ใหญ่เพื่อที่การคายประจุจะเกิดขึ้นอย่างช้าในช่วงระหว่างจุดสูงสุดของคลื่นพาห์ที่ติดกัน แต่จะต้องไม่นานเกินไปจนไม่อาจติดตามการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณข้อมูลนั่นคือว่า

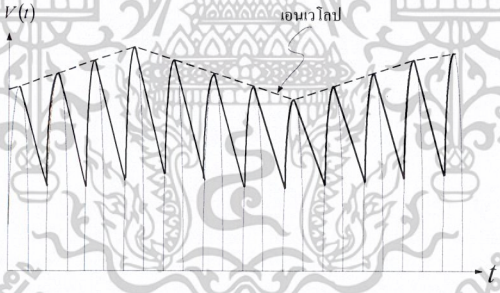
$$1/f_c << RC << 1/W \tag{2.23}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

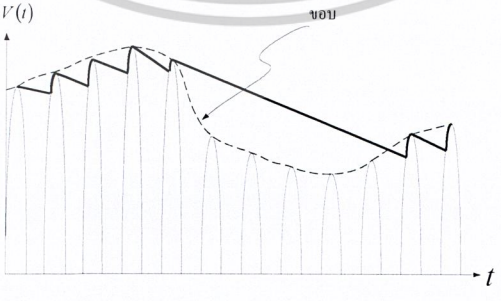
โดย W คือแบนด์วิดท์ของสัญญาณข้อมูล พิจารณารูปที่ 2.16 (ก) ค่าคงตัวทางเวลา RC ที่เลือกใช้มีความเหมาะ-สมกับสัญญาณเอเอ็ม ดังจะเห็นได้จากรูปสัญญาณที่ได้มีลักษณะใกล้เคียงกับขอบของสัญญาณเอเอ็ม ส่วนรูปที่ 2.16 (ข) ค่าคงตัวทางเวลา RC ที่เลือกใช้ค่อนข้างเล็กเกินไปทำให้สัญญาณที่ได้มีริป-เปิล (Ripple) ค่อนข้างมาก สำหรับรูปที่ 2.16 (ค) เป็นกรณีที่ค่าคงตัวทางเวลาRC มีขนาดมากเกินไปจนสัญญาณที่ได้จากวงจรเอนเวโลปดีเทกเตอร์เปลี่ยนแปลงช้ากว่าขอบ จึงทำให้ผิดเพี้ยนไปจากเดิมสัญญาณ



(ก) ค่าคงตัวทางเวลา RC มีค่าเหมาะสม



(ข) ค่าคงตัวทางเวลา RC มีค่าน้อยเกินไป



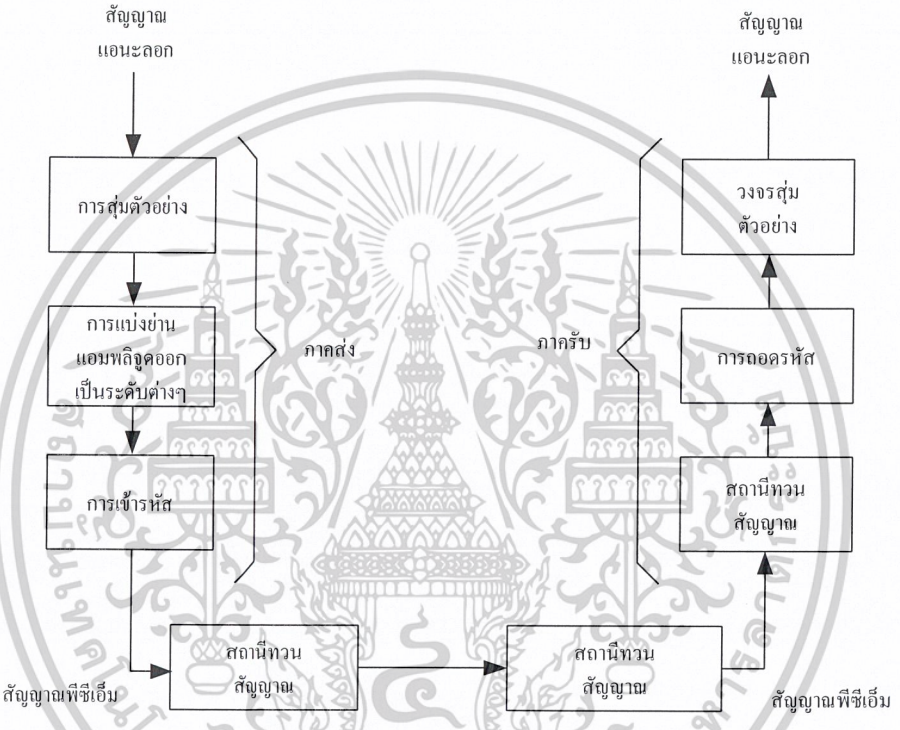
(ค) ค่าคงตัวทางเวลา RC มีค่ามากเกินไป

รูปที่ 2.16 สัญญาณที่ได้จากวงจรเอนเวโลปดีเทกเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 การมอดูเลตแบบรหัสพัลส์

การมอดูเลตแบบรหัสพัลส์ เป็นวิธีการที่เปลี่ยนสัญญาณแอนะลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งแต่ละสัญญาณจะถูกกำหนดให้เป็นกระบวนการของพัลส์ในรูปของรหัสไบนารี่ การเปลี่ยนสัญญาณดังกล่าวจะต้องประกอบด้วยหลักการที่สำคัญ 3 ประการเรียงตามลำดับ คือ การสุ่มตัวอย่าง (Sampling) การแบ่งย่านแอมพลิจูดออกเป็นระดับต่างๆ (Quantizing) และการเข้ารหัส (Coding)



รูปที่ 2.17 ผังการทำงานของระบบพีซีเอ็ม

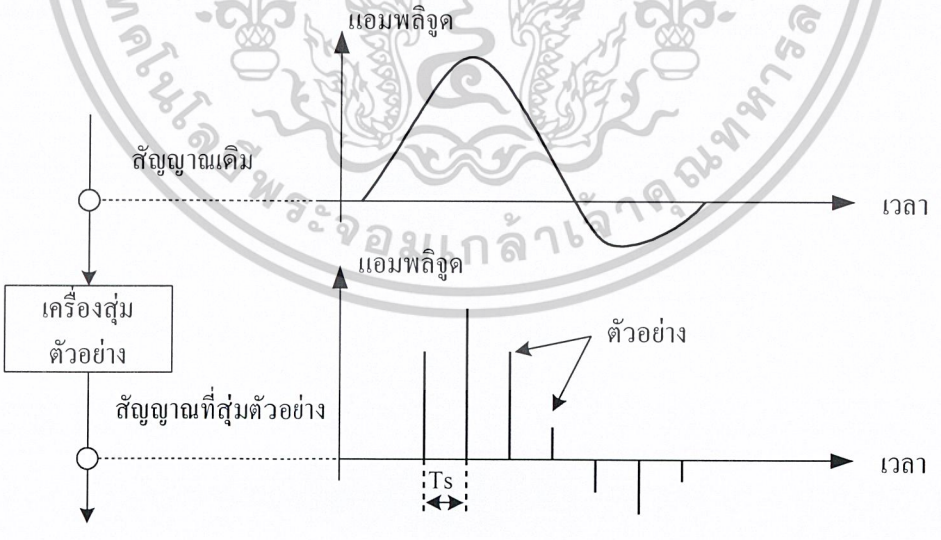
รูปที่ 2.17 แสดงผังการทำงานของระบบพีซีเอ็มวิธีการขั้นแรกคือการสุ่มตัวอย่างสัญญาณแต่ละช่องด้วยวงจรสุ่มตัวอย่าง จะทำให้ได้สัญญาณพัลส์ที่มีความสูงเท่ากับของสัญญาณ ณ เวลาที่ทำการสุ่มนั้นๆ ซึ่งเรียกว่า การมอดูเลตทางแอมพลิจูดของพัลส์ (Pulse Amplitude Modulation : PAM) จากนั้นสัญญาณพีเอเอ็มจะถูกป้อนเข้าที่วงจรการจัดระดับสัญญาณและในกรณีนี้ความสูงของแต่ละตัวอย่างที่สุ่มมาได้จะถูกจัดให้อยู่ในระดับที่ตรงกันหรือใกล้เคียงกับระดับที่ได้กำหนดไว้ ขั้นต่อไปคือการให้รหัสไบนารี่กับตัวอย่างที่สุ่มมาได้โดยตัวเข้ารหัส ซึ่งรหัสไบนารีนี้จะตรงกับระดับของแอมพลิจูดที่ได้ถูกแบ่งไว้แล้วในตอนแรก กระบวนพัลส์ในรูปของรหัสไบนารีของสัญญาณหลายๆ ช่อง ซึ่งเรียกว่าสัญญาณพีซีเอ็มจะถูกส่งเข้าไปในสายส่ง หากสายส่งมีความยาวมากก็จะใช้สถานีทวนสัญญาณติดตั้งในระยะที่เหมาะสม เพื่อทำการผลิตสัญญาณพีซีเอ็มตัวเดิมที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปราศจากสิ่งรบกวนและเพี้ยนขึ้นมาใหม่และที่ปลายทางด้านรับก็จะมีสถานีทวนสัญญาณติดตั้งไว้ด้วยเช่นเดียวกันเอาต์พุตที่ได้จากสถานีทวนสัญญาณนี้จะมีรูปร่างลักษณะเหมือนกับสัญญาณพีซีเอ็มที่ถูกส่งมาจากทางด้านส่ง สัญญาณพีซีเอ็มดังกล่าวจะถูกส่งไปยังตัวถอดรหัส (Decoder) เพื่อทำการถอดรหัสสัญญาณพีซีเอ็มให้ได้เป็นสัญญาณพีเอเอ็มแล้วจึงส่งผ่านวงจรสุ่มตัวอย่าง ไปยังช่องสัญญาณที่ตรงกัน จึงทำให้ได้สัญญาณที่สุ่มตัวอย่างของแต่ละช่อง ในขั้นสุดท้ายจะเป็นการสร้างสัญญาณแอนะลอกตัวเดิมด้วยวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

1) การสุ่มตัวอย่าง

การสุ่มตัวอย่าง หมายถึงการเลือกเอาค่าแอมพลิจูดของสัญญาณสัญญาณที่จุดใดๆ ของสัญญาณแอนะลอกที่มีช่วงเวลาที่เท่ากัน ตัวอย่างที่สุ่มมาได้ก็คือขบวนพัลส์หรือเรียกว่า สัญญาณพีเอเอ็ม จำนวนของตัวอย่างต่อวินาทีคืออัตราการสุ่มตัวอย่าง จากทฤษฎีการสุ่มตัวอย่างที่กล่าวไว้ว่า “ถ้าได้ทำการสุ่มตัวอย่างสัญญาณแอนะลอกด้วยช่วงเวลาที่สม่ำเสมอในอัตราอย่างน้อยเป็น 2 เท่าของความถี่สูงสุดของสัญญาณนั้นๆ แล้วตัวอย่างที่สุ่มมาได้จะบรรจุข่าวสารของสัญญาณเดิมครบถ้วน” ในระบบพีซีเอ็มสัญญาณซึ่งใช้ความถี่ในช่วงระหว่าง 300 ถึง 3400 เฮิรตซ์จะถูกสุ่มตัวอย่างด้วยอัตราการสุ่มตัวอย่าง 8000 ครั้งต่อวินาทีหรือสุ่มตัวอย่างทุกๆ 125 ไมโครวินาที ซึ่งเรียกว่าช่วงเวลาการสุ่มตัวอย่างดังรูปที่ 2.18



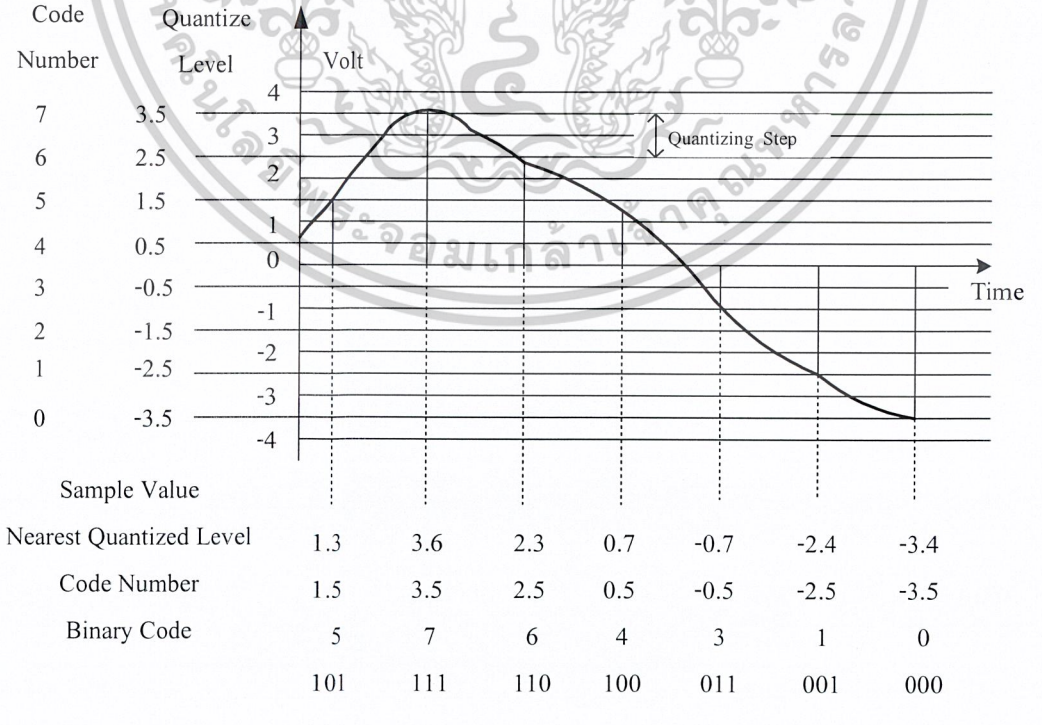
รูปที่ 2.18 การสุ่มตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การแบ่งย่านความสูงออกเป็นระดับต่างๆ

การสุ่มตัวอย่างในอัตราที่สม่ำเสมอนั้น จะทำให้ได้สัญญาณพีเอเอ็มที่ระดับความสูงเป็นสัดส่วนกับระดับของสัญญาณ ณ เวลาที่ได้ทำการสุ่มนั้นแอมพลิจูดดังกล่าวอาจมีค่าได้มากมายไม่จำกัด การให้รหัสไบนารี่กับสุ่มตัวอย่างที่มีแอมพลิจูด จำนวนมากได้ทุกทุกตัวนั้น ก็จำเป็นที่จะต้องใช้จำนวนบิตในกลุ่มรหัส (Code word) มากตามไปด้วย ทำให้ไม่เหมาะในทางปฏิบัติ อย่างไรก็ดีในการแบ่งย่านแอมพลิจูดออกเป็นระดับต่างๆ ด้วยจำนวนที่จำกัด ซึ่งอาจจะมีความคลาดเคลื่อนได้บ้าง การให้รหัสไบนารี่ก็กำหนดเอาค่าที่ตรงกันหรือใกล้เคียงที่สุดกับระดับที่แบ่งไว้ กรรมวิธีในการแบ่งย่านแอมพลิจูดของตัวอย่างที่สุ่มมาได้ออกเป็นระดับต่างๆที่จำนวนจำกัดและกำหนดระดับที่แน่นอนให้กับสัญญาณพีเอเอ็มนั้นเรียกว่า การควอนไทซ์ โดยเรียกระดับหนึ่งๆ ที่แบ่งไว้ว่าระดับการควอนไทซ์และจะเรียกช่วงห่างระหว่างระดับการควอนไทซ์ว่า ช่วงเวลาการยับยั้งการควอนไทซ์ หรือ ขั้นการควอนไทซ์ดังแสดงในรูปที่ 2.19

จากรูปที่ 2.19 สัญญาณที่ทำการสุ่มตัวอย่างมีย่านแอมพลิจูด อยู่ระหว่าง +4 โวลต์ และ – 4 โวลต์ โดยสมมติว่าแบ่งย่านแอมพลิจูดนี้ออกเป็น 8 ระดับคือที่ –3.5 ,-2.5 ,-1.5, -0.5, 1.5, 2.5 และ 3.5 โวลต์ (Quantizing interval = 1 โวลต์) การสุ่มตัวอย่างครั้งแรกตรงกับแอมพลิจูด 1.3 โวลต์ กำหนดให้อยู่ในระดับการควอนไทซ์ที่ 1.5 โวลต์ เพราะเป็นระดับที่ใกล้ที่สุด



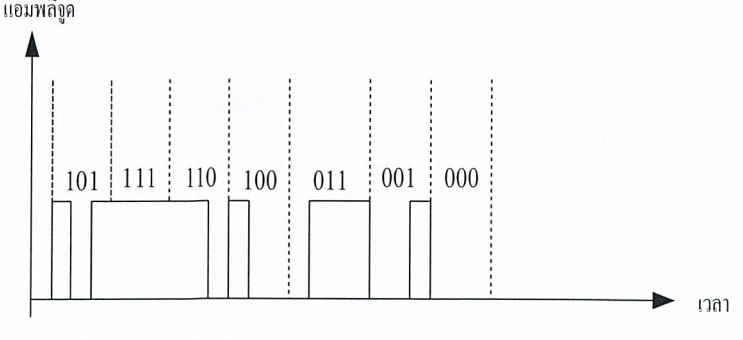
รูปที่ 2.19 การแบ่งย่านแอมพลิจูดออกเป็นระดับต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสุ่มตัวอย่างครั้งที่สองตรงกับแอมพลิจูด 3.6 โวลต์ กำหนดให้อยู่ในระดับการควอนไทซ์ที่ 3.5 โวลต์ (ระดับที่ใกล้เคียงที่สุด) การสุ่มตัวอย่างครั้งต่อๆ ไปก็เป็นเช่นเดียวกัน จึงเห็นได้ว่าระดับการควอนไทซ์ที่กำหนดให้นั้น เป็นเพียงค่าที่ใกล้เคียงกับค่าของแอมพลิจูด จริงที่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างความคลาดเคลื่อนจากการควอนไทซ์ย่อมจะเกิดขึ้นบ้าง ความคลาดเคลื่อนนี้เกิดขึ้นในลักษณะที่ไม่แน่นอน (Random) และเรียกความคลาดเคลื่อนนี้ว่า ความผิดพลาดจากการควอนไทซ์ หรือสัญญาณรบกวนจากการควอนไทซ์ ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของความเพี้ยน ในขั้นตอนของการควอนไทซ์ ถ้าเพิ่มจำนวนของระดับการควอนไทซ์ให้มากขึ้น ก็จะทำให้สัญญาณรบกวนจากการควอนไทซ์มีค่าน้อยลงแต่ในการเพิ่มจำนวนระดับการควอนไทซ์ให้มากขึ้นจะทำให้รหัสฐานสองมีจำนวนบิตมากขึ้นตามไปด้วยและเป็นผลทำให้การส่งสัญญาณรหัสฐานสองต้องการแบนด์วิดท์กว้างมากขึ้น โดยทั่วไปแล้วจะต้องกำหนดให้จำนวนระดับฐานสองและจำนวนบิตในกลุ่มรหัสหนึ่ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้การส่งสัญญาณรหัสฐานสองได้ผลเป็นที่พอใจโดยใช้แบนด์วิดท์น้อยที่สุดเป็นหลัก

3) การเข้ารหัส

เมื่อได้ทำการสุ่มตัวอย่างสัญญาณแอนะลอกเรียบร้อยแล้ว จะได้สัญญาณพีเอเอ็มที่มีขนาดของแอมพลิจูด ต่างๆ กัน ส่งเข้าไปยังควอนไทซ์โดยกำหนดให้ระดับการควอนไทซ์อันใดซึ่งตรงกันหรือใกล้เคียงที่สุดกับระดับของแอมพลิจูด ที่สุ่มมาได้ ตัวเข้ารหัสก็จะผลิตสัญญาณรหัสฐานสองตรงตามระดับการควอนไทซ์นั้นๆ แล้วจึงจะส่งออกไปในสายส่ง จากรูปที่ 2.19 สมมติว่าได้กำหนดค่าของรหัส (Code number) ที่ใช้กับระดับการควอนไทซ์ระดับต่างๆ คือ –3.5, -2.5, -1.5, …, 3.5 โวลต์ เป็น 0, 1, 2, …, 7 ตามลำดับแล้วตัวอย่างที่สุ่มมาได้ อันแรกคือ 1.3 โวลต์ ระดับการควอนไทซ์ที่ใกล้เคียงที่สุดของมันคือ 1.5 โวลต์ ซึ่งตรงกับค่าของรหัส 5 ดังนั้นรหัสที่ส่งออกไปเป็นคำรหัสขนาด 3 บิตคือ 101 ตัวอย่างที่สุ่มมาได้อันดับที่สองคือ 3.6 โวลต์ ระดับการควอนไทซ์ที่ใกล้เคียงที่สุดคือ 7 ดังนั้นรหัสที่ส่งออกไปเป็นคำรหัสคือ 111 เช่นนี้เป็นต้น ดังแสดงตามรูปที่ 2.20

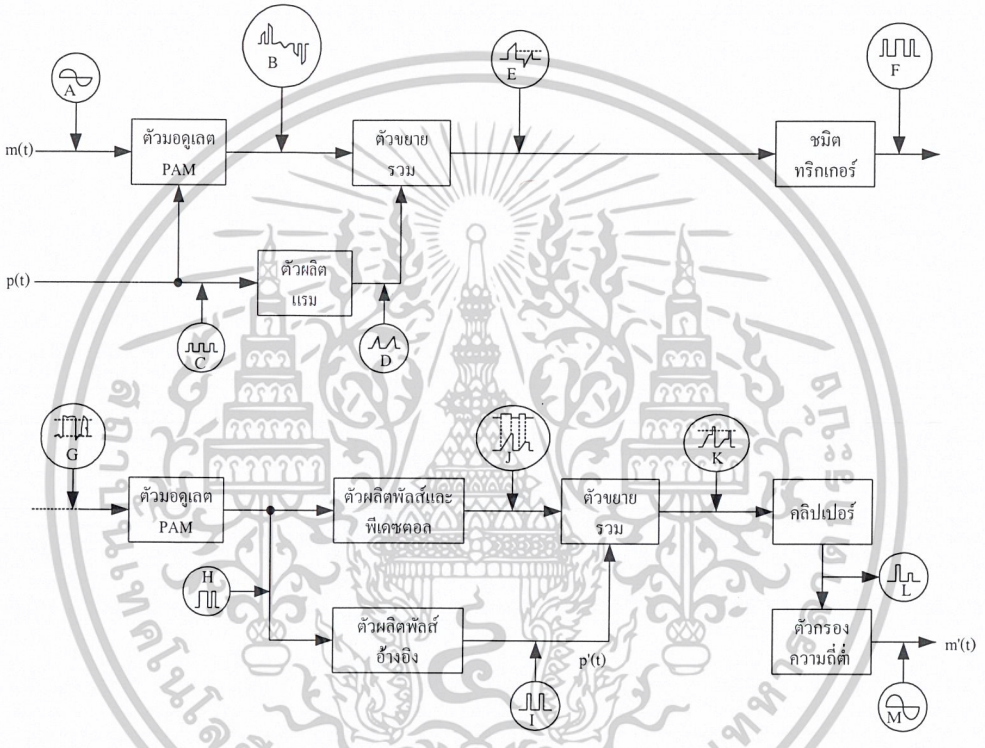


รูปที่ 2.20 การเข้ารหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 การมอดูเลตความกว้างพัลส์

รูปที่ 2.21 แสดงถึงการมอดูเลตทางความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation : PWM) สัญญาณพีดับเบิลยูเอ็มสร้างจากสัญญาณพีเอเอ็มและส่งไปทางด้านเครื่องรับจะแปลงเป็นสัญญาณพีเอเอ็มแล้วผ่านวงจรกรองผ่านความถี่ต่ำก็จะได้สัญญาณตามต้องการ



รูปที่ 2.21 ระบบการส่งสัญญาณแบบการมอดูเลตความกว้างพัลส์

สัญญาณมอดูเลต m(t) (สัญญาณ A ในรูปที่ 2.21) จะถูกส่งเข้าไปยังวงจรพีเอเอ็มเพื่อสร้างสัญญาณพีเอเอ็ม B ออกมา แถวสัญญาณ C จะส่งไปยังวงจรแรม เพื่อสร้างพัลส์แรม D ซึ่งมีความลาดชัน ความสูงและช่องว่างเท่ากัน แรมพัลส์นี้จะส่งตรงไปเข้ารหัสพัลส์เพื่อสร้างสัญญาณแรม E ความสูงของแรมที่เปลี่ยนไปนี้จะควบคุมความกว้างของพัลส์ที่เปลี่ยนไปของคลื่นพีดับเบิลยูเอ็ม F พัลส์พีดับเบิลยูเอ็มนี้ สามารถที่จะส่งได้โดยตรงหรือเป็นสัญญาณเข้าของวงจรพีพีเอ็มต่อไป

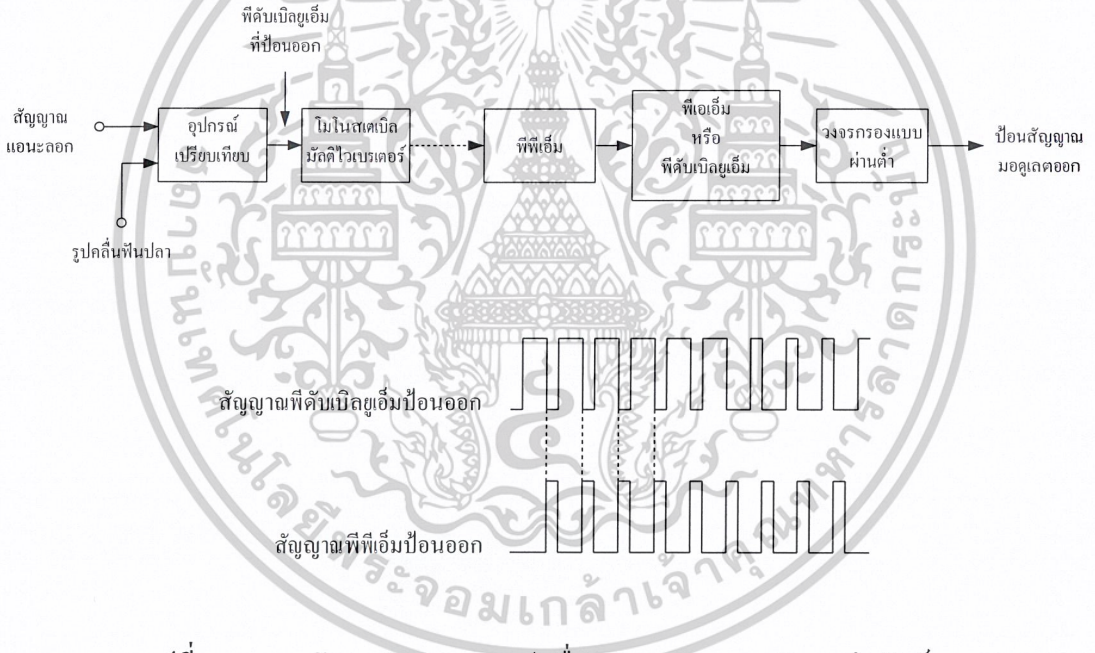
ที่ด้านเครื่องรับ สัญญาณ G จะผ่านวงจรตัดคลื่นรบกวนและทำพัลส์ให้เป็นสี่เหลี่ยมมากขึ้นสัญญาณ H นี้ทำหน้าที่ผลิตขบวนพัลส์ที่มีความกว้างและความสูงคงที่และซิงค์กับสัญญาณที่รับมา แต่จะมีเวลาห่างคงที่ สัญญาณ H จะไปเกทวงจรผลิตแรมได้รูปคลื่น สัญญาณ I จะไปรวมกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณ J ได้เป็นสัญญาณ K ออกมา หลังจากนี้จะถูกตัดออก (Clipped off) ที่ระดับสัญญาณหนึ่ง จะได้สัญญาณพีเอเอ็มที่เท่ากับสัญญาณ m'(t) แสดงที่ M จะได้มาโดยผ่านวงจรกรองผ่านความถี่ต่ำ

2.4.4 การมอดูเลตตำแหน่งพัลส์

สัญญาณมอดูเลตแบบตำแหน่งพัลส์ หลักการตามแผนผังการทำงานในรูปที่ 2.22 โดยใช้ขอบของพีดับเบิลยูเอ็มพัลส์ไปกระตุ้นวงจรโมโนสเตเบิ้ล (Monostable Multivibrator) ซึ่งจะผลิตสัญญาณที่มีความกว้างและความสูงคงที่เมื่อถูกกระตุ้นทางเครื่องรับสัญญาณอ้างอิงพัลส์คงที่ (Fixed period referece pulse) จะถูกสร้างขึ้นมาจากคลื่นพีพีเอ็มที่รับเข้ามาจะได้สัญญาณไบสเตเบิ้ล (Bistable multivibrator) ซึ่งกำหนดโดยสัญญาณอ้างอิง จะได้รูปคลื่นสี่เหลี่ยมมอดูเลตความกว้างที่เอาต์พุตของวงจรไบสเตเบิ้ลนี้



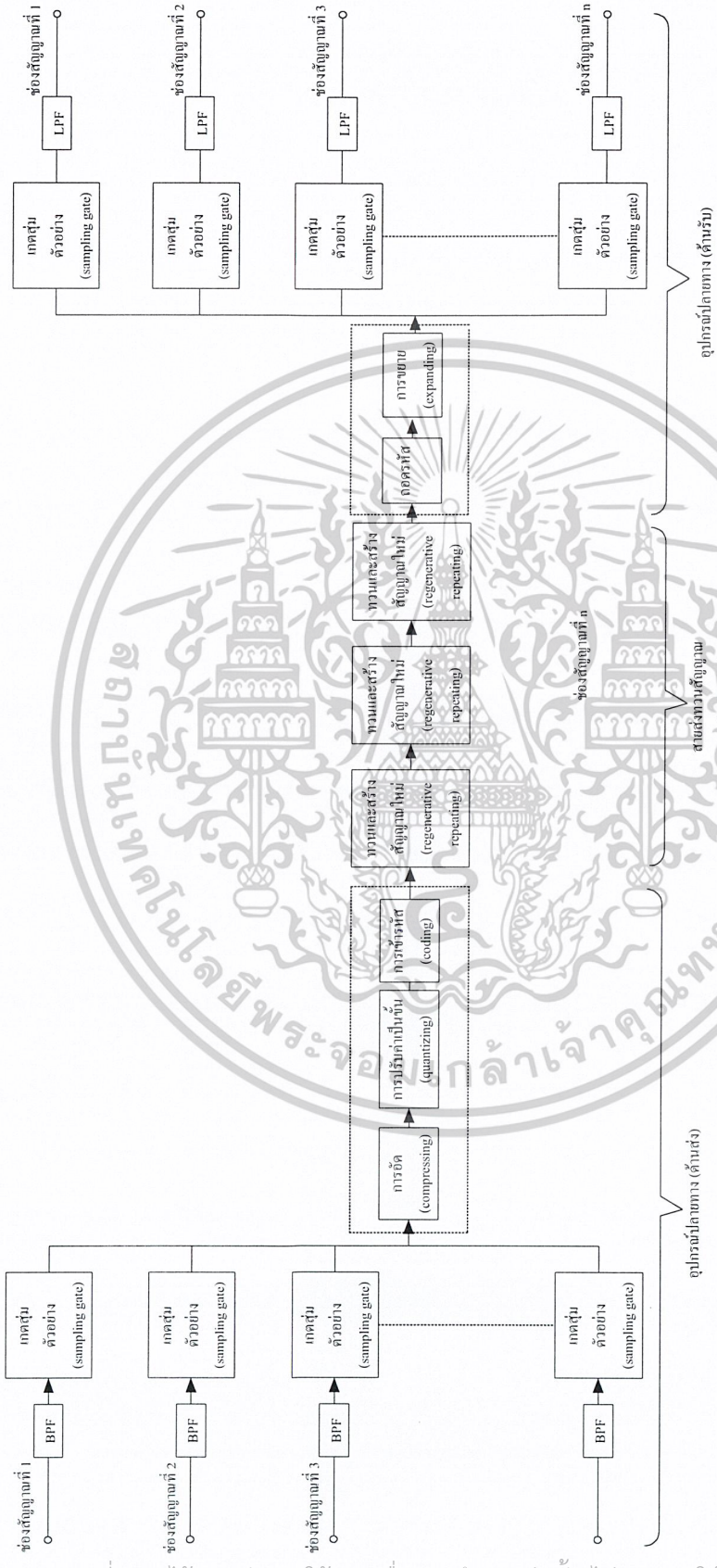
รูปที่ 2.22 แผนผังการทำงานและรูปคลื่นของการมอดูเลตตำแหน่งพัลส์

2.5 ระบบมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา

ระบบมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา คือระบบส่งสัญญาณมัลติเพล็กซ์ที่มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1) แต่ละค่าของกระแสเสียง (Speech current) ถูกเปลี่ยนเป็นขบวนของค่าตัวอย่างของกระแสเสียงที่มีระยะเวลาเป็นคาบแน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 แผนผังการทำงานระบบมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) แต่ละขบวน (Sequence) จะถูกจัดให้อยู่ในคาบของเวลาที่เป็นอิสระ สำหรับการส่งสัญญาณผ่านตัวกลางร่วมกัน

2.5.1 อุปกรณ์ปลายทาง

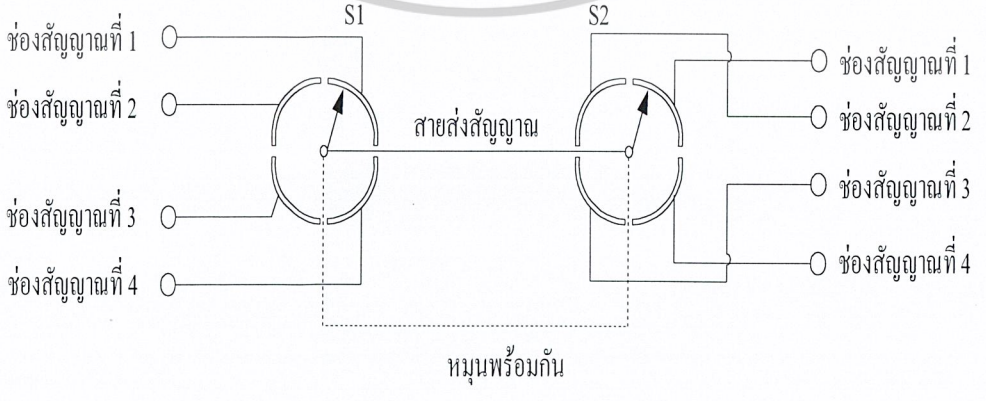
อุปกรณ์ปลายทางประกอบด้วยอุปกรณ์ส่งสัญญาณสำหรับส่งกระแสเสียงที่ถูกมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา (Time division multiplexed speech current) ในรูปรหัสของพัลส์ให้กับสายส่งสัญญาณและอุปกรณ์รับสัญญาณสำหรับเปลี่ยนขบวนรหัสของพัลส์ที่ได้รับกลับเป็นกระแสเสียงเดิมอีก

2.5.2 การสุ่มตัวอย่างและการมัลติเพลกซ์

ในตอนแรกเสียงจะถูกกรองด้วยฟิลเตอร์แถบความถี่ในช่องสัญญาณนั้น เพื่อไม่ให้มีองค์ประกอบที่มีความถี่อยู่นอกช่วง 300 ถึง 3,400 เฮิรตซ์ แล้วต่อจากนั้น กระแสเสียงที่ถูกกรองและจะถูกเอาตัวอย่างที่แซมปลิงเกท (Sampling gate) และถูกมัลติเพล็กซ์ในที่สุด ในที่ 2.24 รูปและ 2.25 แสดงหลักการทำงานของการเอาตัวอย่างและการมัลติเพล็กซิงสวิตซ์หมุนทางด้านส่งของรูปที่ 2.24 ถูกขับให้หมุนด้วยความเร็วคงที่

เนื่องด้วยแอมพลิจูดของแต่ละพัลส์ แทนแอมพลิจูดของกระแสเสียงเดิมขณะที่สุ่มตัวอย่างและเรียกพัลส์เหล่านี้ว่า “พัลส์ตัวอย่าง” และการทำงานในการสร้างขบวนพัลส์ ตัวอย่างจากกระแสเสียงนี้เรียกว่า “การสุ่มตัวอย่างจากกระแสเสียง (Sampling of Speech Current)” การมัลติเพลกซิงจะสมบูรณ์เมื่อจัดขบวนพัลส์ตัวอย่างจากแต่ละช่องสัญญาณลงบนสายส่งสัญญาณร่วมกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.25 จะสมบูรณ์

ตามทฤษฎีของการสุ่มเอาตัวอย่างในการสร้างคลื่นให้กลับเป็นรูปเดิมอย่างสมบูรณ์ จำเป็นที่จะต้องทราบค่าความถี่ของการเอาตัวอย่าง ต้องสูงกว่าสองเท่าของความถี่สูงสุด fo ของ



รูปที่ 2.24 การสุ่มตัวอย่างและการมัลติเพลกซ์

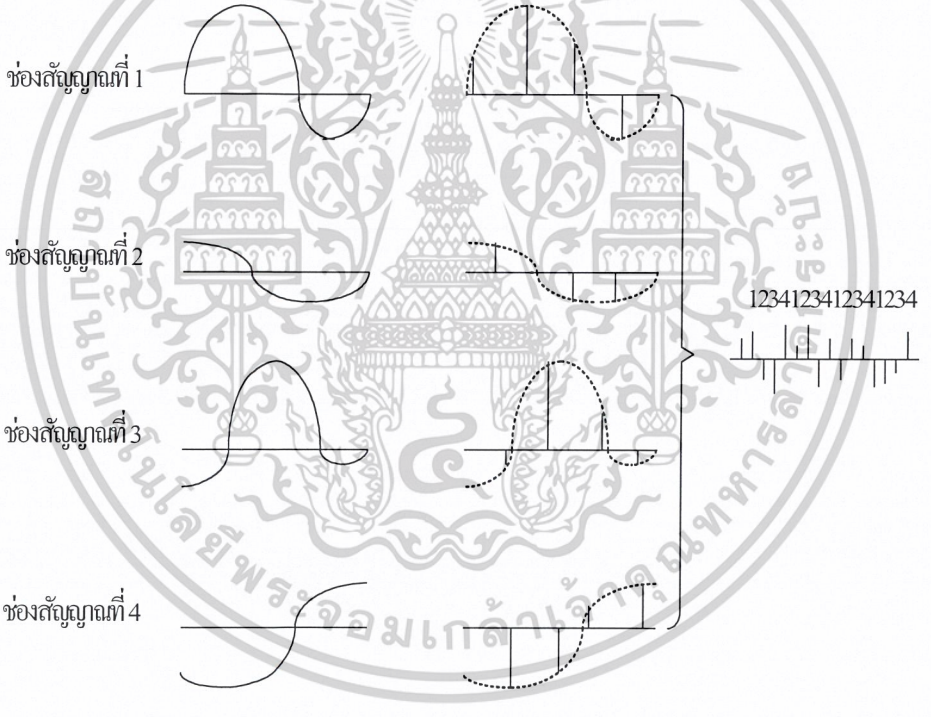
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบในคลื่นเดิม ความถี่ของการเอาตัวอย่างมีค่าเท่ากับส่วนกลับของคาบของการเอาตัวอย่างความถี่สูงสุดขององค์ประกอบของกระแสเสียงที่ถูกกรองด้วยฟิลเตอร์มาครั้งหนึ่งแล้วมีค่า 3,400 เฮิรตซ์ และจะไม่เกิน 4,000 เฮิรตซ์ ค่าคาบของการเอาตัวอย่าง T คำนวณได้ดังนี้

$$T = \frac{1}{2f_0}$$

$$= \frac{1}{2 \times 4{,}000} \text{ (วินาที)}$$

$$= 125 \ \mu s$$



รูปที่ 2.25 การจัดขบวนพัลส์ตัวอย่างของแต่ละช่องสัญญาณบนสายส่งสัญญาณร่วมกัน

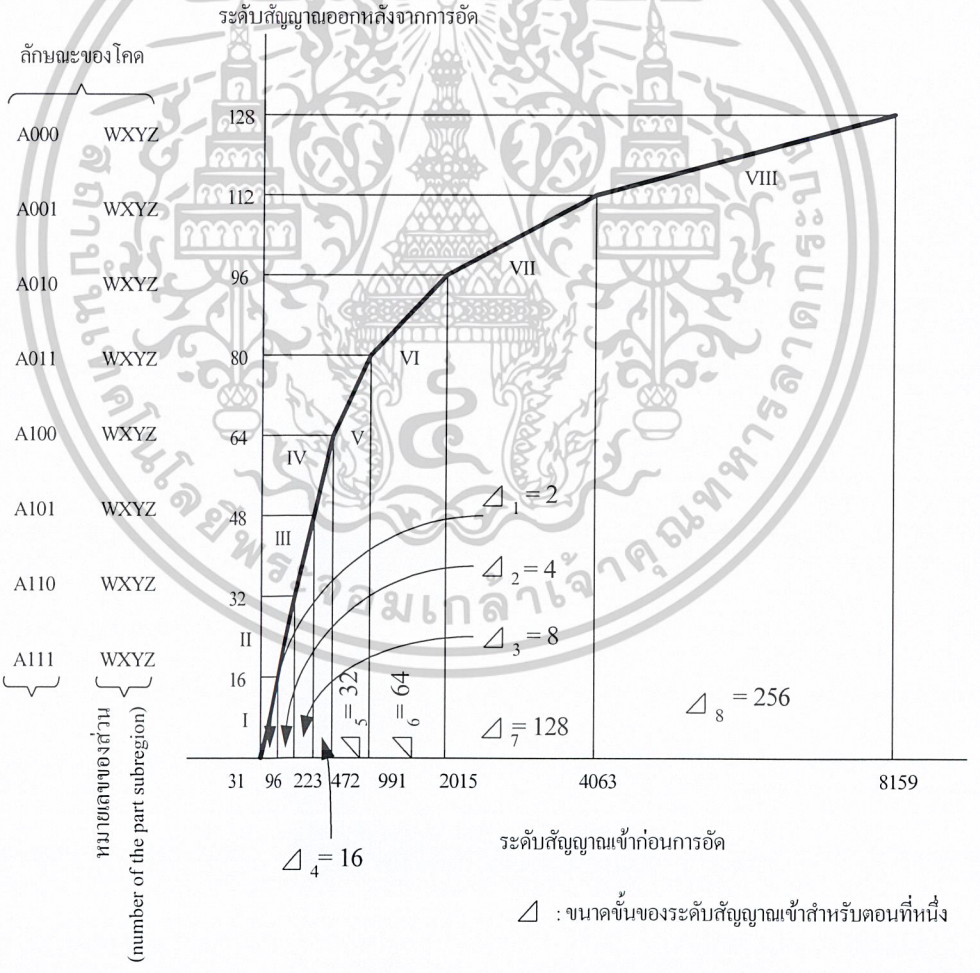
2.5.3 การเข้ารหัสและการถอดรหัส

พัลส์ตัวอย่างที่ได้ปรับเป็นขั้นแล้วจะถูกเปลี่ยนเป็นรหัส ที่ปลายทางด้านส่งสัญญาณและที่ปลายทางด้านรับสัญญาณรหัสเหล่านั้น จะถูกเปลี่ยนกลับเป็นพัลส์ตัวอย่างเดิมอีก การปรับค่าเป็นขั้นและการอัดค่ารวมทั้งการเข้ารหัสอยู่ในส่วนของอุปกรณ์เข้ารหัส ส่วนการขยายค่าและการถอดรหัสอยู่ในส่วนของอุปกรณ์ถอดรหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีรหัสหลายชนิดสำหรับแทนแอมพลิจูดของพัลส์ตัวอย่าง เช่น ไบนารีรหัส 8 หลัก การเข้าและการถอดรหัสชนิดนี้กระทำได้ง่ายมากและไม่มีการรบกวนด้วย ดังจะอธิบายในตอนต่อไป สัญลักษณ์ “0” หมายความว่าไม่มีพัลส์ และ “1” หมายความว่ามีพัลส์

รูปที่ 2.26 แสดงตัวอย่างของสัญญาณเข้า/สัญญาณออกของอุปกรณ์เข้ารหัสแกนนอนใช้มาตราส่วนลอการิทึมตารางที่ 2.1 แสดงหมายเลขลำดับ I ถึง VIII ของแต่ละตอนของกราฟและแบ่งแต่ละตอนออกเป็น 16 ส่วน จากหมายเลข 1 ถึง 16 สำหรับพัลส์ตัวอย่างที่เป็นสัญญาณเข้า จะถูกอุปกรณ์จัดรหัสเปลี่ยนเป็นเลขไบนารี 8 หลัก ตามค่าแอมพลิจูดของพัลส์ตัวอย่าง หลักแรกของเลขไบนารีแทนขั้ว (Polarity) (บวกหรือลบ) หลักที่ 2 ถึงที่ 4 แทนหมายเลขตอนของกราฟ (Line segment number) และหลักที่ 5 ถึงที่ 8 แทนหมายเลขส่วน (Part number)



รูปที่ 2.26 คุณสมบัติของการอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของการอัด 15 ตอน

ช่วงระดับสัญญาณเข้า	ขนาดขั้น	จำนวนตอน (region)	ลักษณะของโค๊ต 1 2 3 4 5 6 7 8	ระดับสัญญาณออก
7903 - 8159	256	VII	1 0 0 0 0 0 0 0	8031
7647 - 7903	256	VII	1 0 0 0 0 0 0 1	7775
7391 - 7649	256	VII	1 0 0 0 0 0 1 0	7519
7135 - 7391	256	VII	1 0 0 0 0 0 1 1	7263
. .	.	.	.	.
. .	.	.	.	.
. .	.	.	.	.
35 - 39	4	II	1 1 1 0 1 1 1 0	37
31 - 35	4	II	1 1 1 0 1 1 1 1	33
29 - 31	2	I	1 1 1 1 0 0 0 0	30
27 - 29	2	I	1 1 1 1 0 0 0 1	28
25 - 27	2	I	1 1 1 1 0 0 1 0	26
23 - 25	2	I	1 1 1 1 0 0 1 1	24
21 - 23	2	I	1 1 1 1 0 1 0 0	22
19 - 21	2	I	1 1 1 1 0 1 0 1	20
17 - 19	2	I	1 1 1 1 0 1 1 0	18
15 - 17	2	I	1 1 1 1 0 1 1 1	16
13 - 15	2	I	1 1 1 1 1 0 0 0	14
11 - 13	2	I	1 1 1 1 1 0 0 1	12
9 - 11	2	I	1 1 1 1 1 0 1 0	10
7 - 9	2	I	1 1 1 1 1 0 1 1	8
5 - 7	2	I	1 1 1 1 1 1 0 0	6
3 - 5	2	I	1 1 1 1 1 1 0 1	4
1 - 3	2	I	1 1 1 1 1 1 1 0	2
0 - 1	1	I	1 1 1 1 1 1 1 1	0
-0 - 1	1	I	0 1 1 1 1 1 1 1	0
-3 - -1	2	I	0 1 1 1 1 1 1 1 0	-2

ดังนั้นแอมพลิจูดของพัลส์ตัวอย่างเป็นสัญญาณเข้าค่าบวกหรือค่าลบที่ได้มาจากแต่ละกระแสเสียงจะถูกแทนด้วยรหัสไบนารี 8 หลักและลำดับของพัลส์จะถูกจัดทีละช่องสัญญาณในแต่ละเฟรม แล้วส่งไปยังสายส่งสัญญาณ

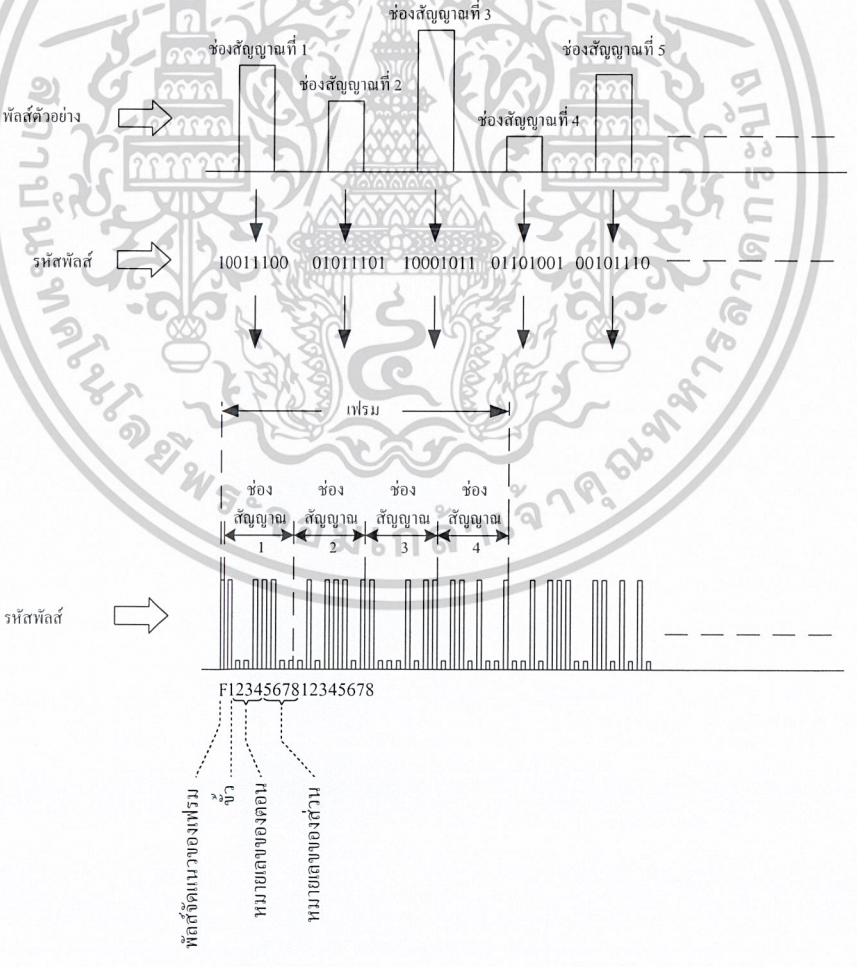
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 การเปลี่ยนขบวนพัลส์ขั้วเดียวเป็นขบวนพัลส์สองขั้ว

โดยทั่วไปสายส่งสัญญาณจะไม่เหมาะสมสำหรับส่งสัญญาณที่มีองค์ประกอบของกระแสเดียวหรือมีขั้วสองขั้ว ก่อนส่งไปยังสายส่งสัญญาณดังแสดงใน รูปที่ 2.27 ซึ่งพัลส์ที่อยู่ถัดไปจะมีเครื่องหมายเหมือนกัน (คือ บวก หรือ ลบ เหมือนกันหมด) จะต้องถูกเปลี่ยนให้เป็นขบวนพัลส์ตรงกันข้ามเสมอเพื่อตัดองค์ประกอบของกระแสไฟตรงออกไป

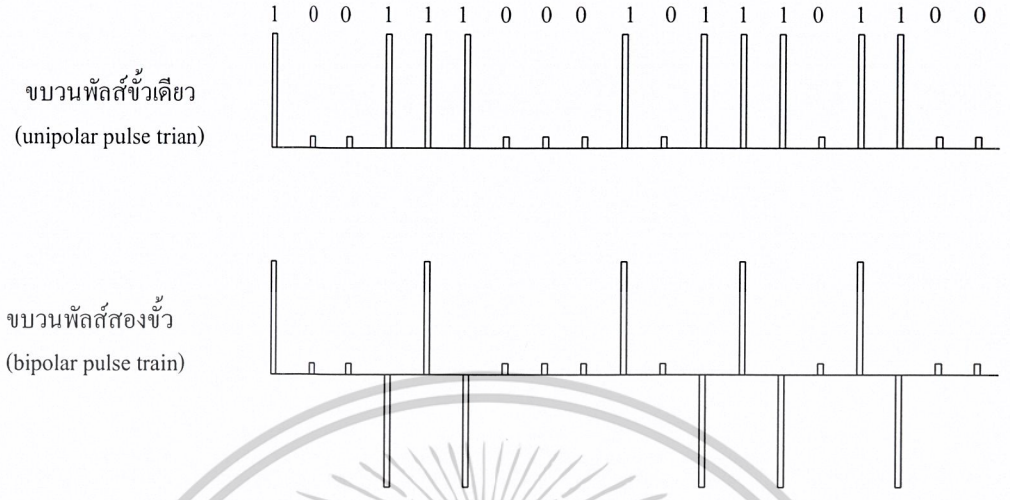
2.5.5 เกทจ่าย

พัลส์ตัวอย่างจากอุปกรณ์ถอดรหัสจะถูกส่งไปยังเกทจ่ายและจะถูกควบคุมให้ทำงานพร้อมๆ กับเกทเอาตัวอย่าง พัลส์ตัวอย่างจะถูกจ่ายไปในเส้นทางที่ถูกต้องให้แก่ช่องสัญญาณที่เหมาะสมและจะถูกกรองด้วยฟิลเตอร์ความถี่ต่ำ เพื่อสร้างกระแสเสียงที่อยู่ในช่วงความถี่ 300 ถึง 3,400 เฮิรตซ์ กลับคืนมา



รูปที่ 2.27 พัลส์ตัวอย่างและรหัสพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 ขบวนพัลส์ขั้วเดียวและสองขั้ว

2.5.6 การทำงานพร้อมกันหรือซิงโครไนซิง

เกทเอาตัวอย่าง มีลักษณะคล้ายกับสวิตซ์หมุนในรูปที่ 2.28 ซึ่งของจริงเป็นวงจรไดโอด และมีพัลส์ช่องสัญญาณ (Channel pulse) ควบคุมวงจรไดโอด ทั้งที่ปลายทางด้านรับและด้านส่งการทำงานพร้อมกันของการควบคุมจะต้องมีลักษณะดังนี้ คือ จะต้องมีหมายเลขตรงกันของคู่ช่องสัญญาณที่ได้รับพัลส์ตัวอย่างมาและที่จะส่งพัลส์ตัวอย่างให้ที่ปลายทางนั้นพร้อมทั้งต้องมีช่างเวลาของพัลส์ของช่องสัญญาณเท่ากับที่ปลายทางทั้งสองด้วย

การเข้ารหัสและการถอดรหัส ต้องใช้ขบวนการพัลส์นาฬิกา (Clock pulse) ซึ่งมีช่วงเวลาที่พัลส์นาฬิกาสร้างขึ้นที่เครื่องกำเนิดพัลส์ ทางด้านส่งและสร้างขึ้นมาใหม่จากขบวนรหัสพัลส์ที่ได้รับทางด้านรับ ซึ่งทำให้มีการทำงานพร้อมๆ กันที่ปลายทางทั้งสอง นอกจากนี้พัลส์ของช่องสัญญาณก็ถูกสร้างขึ้นมาจากพัลส์นาฬิกาด้วยจึงทำให้การทำงานพร้อมกันที่ปลายทั้งสอง

ในระบบพีซีเอ็ม 4 ช่องสัญญาณดังแสดงในรูปที่ 2.26 มีพัลส์จัดแนวของเฟรม (Frame alignment) เพิ่มขึ้นอีกหนึ่งพัลส์และอยู่นำหน้าของแต่ละเฟรม เพื่อทำหน้าที่เป็นพัลส์เครื่องหมาย (Mark pulse) ของช่องสัญญาณหนึ่ง

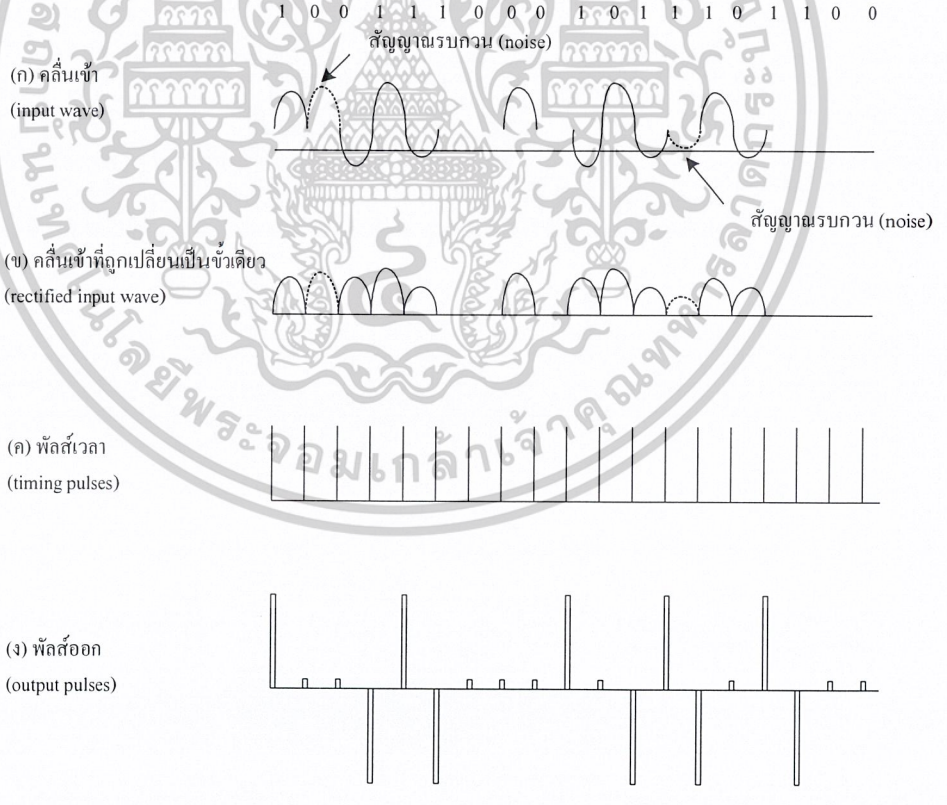
การทำงานพร้อมกันของพัลส์นาฬิกาและพัลส์จัดแนวของเฟรมอาจจะเปรียบได้กับการตั้งเวลาของนาฬิกาสองเรือนให้อ่านเวลาเดียวกันจากเวลาของซึ่งกันและกัน การทำงานพร้อมกันของพัลส์นาฬิกาเปรียบได้กับการจัดเข็มวินาที ส่วนการทำงานพร้อมกันของพัลส์จัดแนวของเฟรมเปรียบได้กับการตั้งเวลาให้อ่านเหมือนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.7 อุปกรณ์ทวนสัญญาณ

ขบวนรหัสพัลส์สองขั้วจะถูกบิดเบือนจากการลดของระดับสัญญาณหรือการรบกวนเมื่อขบวนพัลส์เดินทางผ่านสายส่งสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 2.29 เพื่อแก้การบิดเบือนนี้ ติดตั้งอุปกรณ์ทวนสัญญาณกำเนิดใหม่ เป็นช่วงห่างเท่าๆ กันบนสายส่ง อุปกรณ์ทวนสัญญาณนี้จะจัดรูปของขบวนพัลส์บิดเบือนที่ได้รับเสียใหม่ให้ถูกต้องและอุปกรณ์ทวนสัญญาณนี้มีหน้าที่แยกพัลส์เวลาบอกความแตกต่างของระดับและสร้างพัลส์ขึ้นมาใหม่

อุปกรณ์ทวนสัญญาณกำเนิดใหม่แยกพัลส์ที่ได้รับและบอกตำแหน่งที่แน่นอนของพัลส์ให้แก่หน่วยบอกความแตกต่างและสร้างพัลส์ใหม่ (Discrimination and Regeneration Unit) หน่วยนี้จะแปลงการมาถึงของพัลส์ที่กำลังจะได้รับและสร้างพัลส์สองขั้วที่มีรูปร่างถูกต้องขึ้นมาใหม่เมื่อคลื่นที่กำลังเข้าใจถูกรับด้วยระดับที่ได้กำหนดไว้ล่วงหน้าเพื่อบอกความแตกต่างและมาถึงในจังหวะเวลาที่ถูกต้องตามที่กำหนดไว้ด้วย



รูปที่ 2.29 การบอกความแตกต่างของระดับการสร้างพัลส์ขึ้นมาใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.8 ลักษณะของระบบส่งสัญญาณทีดีเอ็ม

ระบบส่งสัญญาณทีดีเอ็มมีข้อดีกว่าระบบส่งสัญญาณทีดีเอ็มดังต่อไปนี้ ถึงแม้ระบบแรกจะต้องใช้แถบความถี่ที่กว้างกว่าก็ตาม

1) ระบบทีดีเอ็มไม่ต้องใช้ฟิลเตอร์ราคาแพงและใช้ฟิลเตอร์แต่เพียงจำนวนน้อยเท่านั้น ดังนั้นอุปกรณ์ปลายทางของระบบนี้จึงมีราคาถูกกว่า

2) เคเบิลคุณภาพต่ำ เช่น เคเบิลความถี่เสียงพูดก็ใช้กับระบบทีดีเอ็มได้เพราะการทวนสัญญาณแบบสร้างใหม่ได้กำจัดผลเสียจากการรบกวน การบิดเบือนและการพูดแทรกออกแล้ว

3) การเปลี่ยนระดับขึ้นลงของช่องสัญญาณถูกควบคุมด้วยคุณสมบัติของอุปกรณ์ปลายทางแต่เพียงอย่างเดียวและไม่ขึ้นต่อการเปลี่ยนแปลงของการสูญเสียในสายส่ง นั่นคือระบบนี้เป็นวงจรที่มีการสูญเสียสุทธิต่ำ

2.6 คุณลักษณะในการส่งสัญญาณของเส้นใยนำแสง

เนื่องจากเส้นใยนำแสงก็คือสื่อกลางชนิดหนึ่งที่ใช้ในการส่งสัญญาณ ซึ่งไม่ว่าจะเป็นตัวกลางชนิดใดก็ตามย่อมจะมีคุณลักษณะเฉพาะตัวที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อสัญญาณที่ทำการส่ง เส้นใยนำแสงก็เช่นเดียวกัน โดยเส้นใยนำแสงจะมีคุณลักษณะต่างๆ ในการส่งสัญญาณนี้

2.6.1 การลดทอนสัญญาณ

การลดทอนสัญญาณของเส้นใยนำแสงเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่ทำให้เส้นใยนำแสงนิยมนำมาใช้ในระบบการสื่อสารโทรคมนาคม โดยการลดทอนสัญญาณของเส้นใยนำแสงก็จะแสดงอยู่ในหน่วย เดซิเบล เช่นเดียวกับตัวนำที่เป็นโลหะ ซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ 2.24

$$\text{การลดทอนสัญญาณ} = 10 \log_{10} \frac{P_i}{P_o} \qquad (2.24)$$

แต่เนื่องจากการสื่อสารเส้นใยนำแสงนั้นนิยมบอกค่าการลดทอนสัญญาณในรูปของเดซิเบลต่อหน่วยความยาว (เช่น $dBkm^{-1}$) ดังนั้นสามารถเขียนสมการ 2.24 ได้ใหม่ดังนี้

$$\alpha_{dB} L = 10 \log_{10} \frac{P_i}{P_o} \qquad (2.25)$$

โดย α_{dB} คือ การลดทอนสัญญาณต่อหน่วยความยาวและ L คือความยาวของเส้นใยนำแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

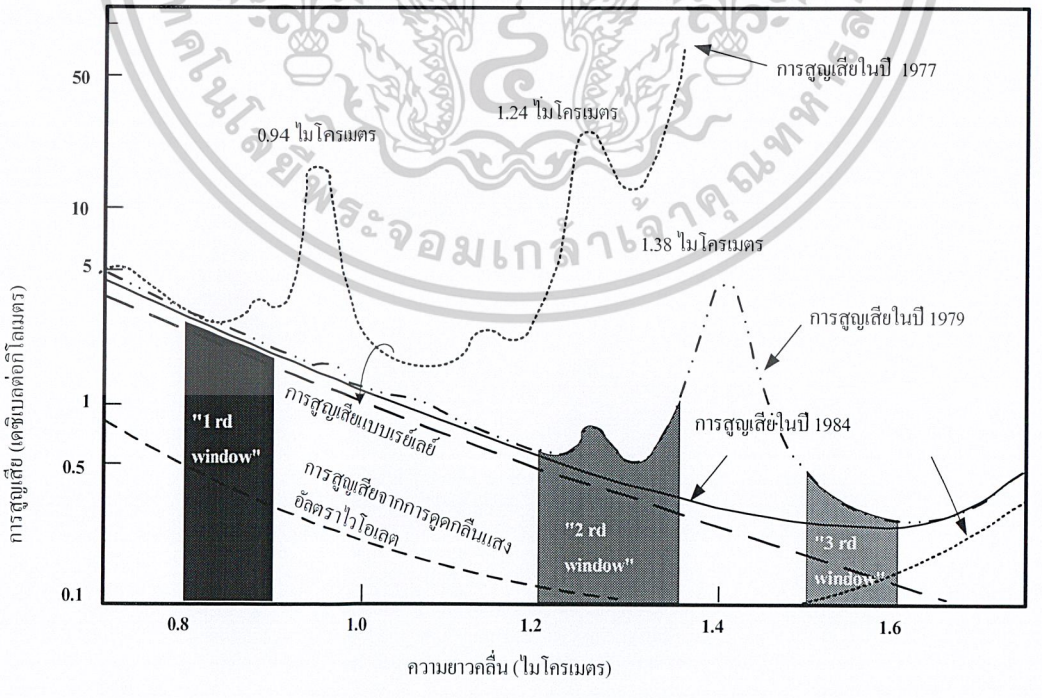
2.6.2 การสูญเสียสัญญาณในเส้นใยนำแสง

การลดทอนสัญญาณของเส้นใยนำแสงจะทำให้เกิดการสูญเสียสัญญาณ (Transmission loss) โดยเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ เช่น องค์ประกอบสารที่นำมาสร้าง เทคนิคในการเตรียมสารและการทำให้สารบริสุทธิ์ และโครงสร้างของเส้นใยนำแสง นอกจากนี้ยังมีการสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการใช้คอนเนคเตอร์และการเชื่อมต่อเส้นใยนำแสง ซึ่งสามารถแยกการสูญเสียสัญญาณออกได้เป็น 2 ประเภทหลัก คือ การสูญเสียที่มีอยู่ในตัวเส้นใยนำแสง (Fixed loss) และการสูญเสียที่เพิ่มขึ้นจากการนำไปใช้งาน (Addition loss)

1) การสูญเสียที่มีอยู่ในตัวเส้นใยนำแสง ประกอบด้วย

1.1) การสูญเสียจากการดูดกลืนแสงของวัสดุที่ใช้สร้าง (Material absorption losses) คือ การสูญเสียเนื่องจากการดูดกลืนแสงขององค์ประกอบของสารที่ใช้ในการสร้างเส้นใยนำแสง โดยการสูญเสียนี้จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของสารที่ใช้สร้างและกระบวนในการสร้าง (Fabrication Process) เส้นใยนำแสง โดยจะทำให้เกิดการกระจายตัวของกำลังงานแสงที่ส่งกลายเป็นความร้อนขึ้นภายในเส้นใยนำแสง ซึ่งการสูญเสียแสงเนื่องจากการดูดกลืนแสงสามารถแบ่งได้ 2 กรณี คือ

1.1.1) การดูดกลืนแสงเนื่องจากสารที่ใช้ทำเส้นใยนำแสง (Intrinsic absorption) เนื่องจากแก้วซิลิกาบริสุทธิ์ที่ใช้ในการสร้างเส้นใยนำแสงนั้นจะมีการดูดกลืนแสงดังรูปที่ 2.30 โดย



รูปที่ 2.30 การสูญเสียทั้งหมดในเส้นใยนำแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

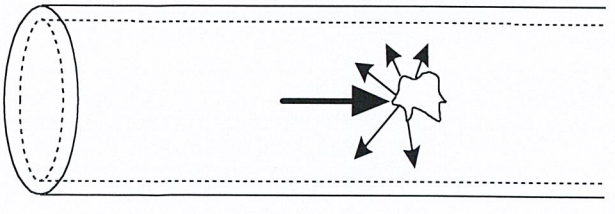
การดูดกลืนแสงอุลตร้าไวโอเลตมากที่สุดที่ความยาวคลื่น 0.1 ไมโครเมตรและมีการดูดกลืนแสงอินฟาเรดมากที่สุดที่ความยาวคลื่น 10 ไมโครเมตร

1.1.2) การดูดกลืนแสงเนื่องจากสารที่เจือปนอยู่ในเส้นใยนำแสง (Extrinsic absorption) เกิดขึ้นเนื่องจากการเจือปนอิออนของธาตุโลหะในเส้นใยนำแสงที่เกิดขึ้นในขั้นตอนของการหลอมแก้ว ซึ่งสารที่เจือปนในเส้นใยนำแสงที่เกิดจากการหลอมเหลวนี้เป็นสาเหตุสำคัญของการลดทอนสัญญาณแสง

1.2) การสูญเสียแสงเนื่องจากการกระจัดกระจายแสง (Scattering losses) เมื่อเกิดการกระจัดกระจายของแสงจะทำให้แสงที่เดินทางในเส้นใยนำแสงเกิดการเปลี่ยนโมด ซึ่งจะทำให้แสงเกิดการเปลี่ยนไปสู่โมดที่สามารถแพร่กระจายออกไปนอกเส้นใยนำแสงได้ ไม่สามารถเดินทางไปในคอร์ได้ แต่จะแพร่กระจายออกไปภายนอก การสูญเสียที่เกิดจากการกระจัดกระจายแสงสามารถแบ่งได้ 2 ชนิด คือ แบบเรย์เลย์ (Rayleigh scattering) และแบบไม (Mie scattering) ซึ่งทั้งสองแบบล้วนมีสาเหตุมาจากคุณลักษณะทางกายภาพที่ไม่สมบูรณ์ของเส้นใยนำแสงที่เกิดจากกระบวนการผลิตซึ่งยากที่จะกำจัดให้หมดไปในปัจจุบัน

1.2.1) แบบเรย์เลห์ เกิดมาจากการที่แสงเดินทางไปกระทบวัตถุที่มีขนาดใกล้เคียงกับความยาวคลื่นแสงที่ใช้ในการส่งสัญญาณ ทำให้แสงแตกกระจายออกไปในทิศทางที่ต่างๆ ดังรูปที่ 2.31 โดยวัตถุที่เจือปนอยู่นั้นเกิดขึ้นในตอนการผลิตเส้นใยนำแสง คือ ในกระบวนการทำเส้นใยนำแสงให้ความร้อนประมาณ 2,000 องศาเซลเซียส แก่แท่งแก้วพรีฟอร์มแล้วดึงแท่งแก้วให้เป็นเส้นใยนำแสงขนาดเล็กและลดอุณหภูมิของเส้นใยนำแสงนั้นเป็น 20 องศาเซลเซียส อย่างรวดเร็วซึ่งจะทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอของความหนาแน่นและเกิดเป็นวัตถุขนาดเล็กขึ้น การสูญเสียเนื่องจากการกระจัดกระจายแบบเรย์เลย์นี้จะเกิดกับแสงในช่วงอัลตราไวโอเลทและอินฟาเรดจะแปรผกผันกับความยาวคลื่นแสง ดังสมการที่ 2.26

$$Rayleigh\ \ Scattering\ \ Loss = \frac{1}{\lambda^4} \qquad (2.26)$$



รูปที่ 2.31 การกระจัดกระจายแสงแบบเรย์เลห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่าการสูญเสียแสงที่เกิดจากการกระจัดกระจายแสงแบบเรย์เลห์นี้มีค่าประมาณ 0.3 เดซิเบลต่อกิโลเมตรที่ความยาวคลื่น 1300 นาโนเมตร และ 0.18 เดซิเบลต่อกิโลเมตรที่ความยาวคลื่น 1550 นาโนเมตร

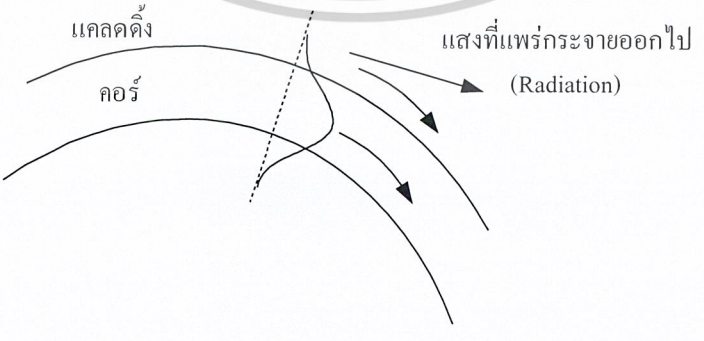
1.2.2) แบบไม เกิดขึ้นเนื่องจากความไม่สมบูรณ์ทางโครงสร้างรูปทรงกระบอกของเส้นใยนำแสง ซึ่งมีสาเหตุมาจากความผิดปกติของรอยต่อระหว่างคอร์กับแคลดดิ้ง ค่าดัชนีการหักเหของคอร์กับแคลดดิ้งที่แตกต่างกัน ในแต่ละช่วงความยาวของเส้นใยนำแสงและการผันแปรของเส้นผ่าศูนย์กลาง เป็นต้น ส่งผลให้แสงที่ตกกระทบเกิดการกระจัดกระจายออก การสูญเสียแสงแบบนี้จะแปรผันโดยตรงกับความยาวคลื่นตามสมการ 2.27

$$Mie\ Scattering\ \ Loss = \frac{\lambda}{10} \tag{2.27}$$

2) การสูญเสียที่เพิ่มขึ้นมาจากการนำไปใช้งานประกอบด้วย

2.1) การสูญเสียแสงเนื่องจากการโค้งงอของเส้นใยนำแสง (Bending loss) จะเกิดขึ้นเมื่อมีการโค้งงอเส้นใยนำแสง โดยมีมุมการโค้งงอมากกว่ามุมวิกฤต ซึ่งทำให้แสงที่เดินทางไปเกิดการกระจัดกระจายออกไปนอกคอร์ได้ ดังรูปที่ 2.32

2.2) การสูญเสียที่เกิดจากการโค้งงอเส้นใยนำแสงแบบไมโครเบนดิ้ง (Micro bending) เป็นการสูญเสียสัญญาณแสงที่เกิดจากการมีแรงกดที่ไม่สม่ำเสมอมากระทำต่อด้านข้างของเส้นใยนำแสงส่งผลให้แกนของเส้นใยนำแสงเกิดการบิดงอไปเล็กน้อย (ประมาณ 2–3 ไมโครเมตร) ทำให้แสงที่ตกกระทบบริเวณดังกล่าวเกิดการหักเหออกไปภายนอกเส้นใยนำแสงได้



รูปที่ 2.32 การสูญเสียแสงที่เกิดจากการโค้งงอเส้นใยนำแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3) การสูญเสียที่เกิดจากการต่อเส้นใยนำแสง (Connection loss) จะเกิดขึ้นเนื่องจากการเชื่อมต่อไม่สมบูรณ์ ดังรูปที่ 2.33 นอกจากนี้บริเวณรอยต่อจะเกิดช่องว่างขนาดเล็กซึ่งจะส่งผลให้เกิดการสูญเสียแสงจากการสะท้อนกลับ ซึ่งเรียกว่า “Fresnel Reflection” ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียที่เรียกว่า “ Fresnel Loss ” โดยคำนวณได้จากสมการ 2.20

$$Fresnel\ \ Loss\ = -10\ \log(1-r) \tag{2.28}$$

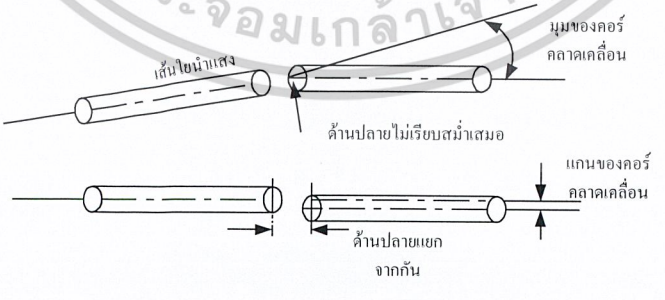
โดยที่ r $= \left(\frac{n_1 - n}{n_1 + n}\right)^2$

r = ขนาดของเฟรสเนลรีเฟลกชั่น

n_1 = ดัชนีการหักเหของคอร์

n = ดัชนีการหักเหของตัวกลางที่อยู่ระหว่างเส้นใยนำแสงที่ทำการเชื่อมต่อ

2.4) การสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการคัปปลิงสัญญาณ (Coupling loss) เป็นการสูญเสียระหว่างเส้นใยนำแสงกับแหล่งกำเนิดแสง เนื่องจากแสงที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงจะมีความกว้างของลำแสงไม่เท่ากัน คือ เลเซอร์ไดโอดจะมีลำแสงแคบกว่าไดโอดเปล่งแสง จึงทำให้การสูญเสียจากการคัปปลิงสัญญาณของเลเซอร์มีค่าน้อยกว่าไดโอดเปล่งแสง นอกจากนี้ค่าการเปิดรับให้แสงผ่านของเส้นใยนำแสง ถ้ามีค่ามากก็จะเกิดการสูญเสียที่เกิดจากการต่อเส้นใยนำแสงน้อยกว่าเส้นใยนำแสงที่มีค่าการเปิดรับให้แสงผ่านน้อย



รูปที่ 2.33 การสูญเสียแสงที่เกิดจากการต่อเส้นใยนำแสง

3) การขยายกว้างออก

การขยายกว้างออกของสัญญาณแสงที่จะทำให้เกิดการผิดเพี้ยนทั้งในกรณีที่เป็นการส่งสัญญาณแบบแอนะลอกและดิจิตอล ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วจะใช้ในการส่งสัญญาณแบบดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นเมื่อเกิดการขยายกว้างออกก็ทำให้สัญญาณพัลส์ของแสงที่ทำการส่งและเดินทางไปในเส้นใยนำแสง การขยายกว้างออกเกิดขึ้นดังรูป 2.34 ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการซ้อนทับกันของพัลส์ ทำให้ภาครับไม่สามารถแยกสัญญาณออกจากกันได้ ซึ่งเรียกผลที่เกิดขึ้นนี้ว่า “Intersymbol Interference : ISI” หากมีค่า ISI สูงก็จะส่งผลให้ความผิดพลาดสูงขึ้น

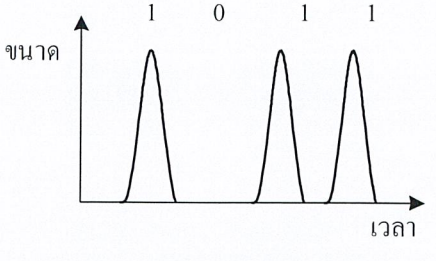
ในรูปที่ 2.34 แสดงการเกิดการขยายกว้างออกของสัญญาณดิจิตอลที่ทำการส่งในเส้นใยนำแสงชนิดต่างๆโดยความกว้างของพัลส์จะขึ้นอยู่กับระยะทางที่แสงเดินทางด้วยโดยสามารถแยกชนิดของการขยายกว้างออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

3.1) การขยายกว้างออกเนื่องจากโมด (Mode dispersion หรือ Modal dispersion) จะเกิดขึ้นเนื่องจากคุณลักษณะของแสง กล่าวคือ ความเร็วในการเดินทางของแสงแต่ละโมดจะแตกต่างกัน ดังนั้นแสงจะเดินทางมาถึงปลายทางไม่พร้อมกัน ส่งผลให้เกิดการซ้อนทับกันของข้อมูล โดยสามารถแก้ไขโดยไม่ส่งพัลส์ของข้อมูลที่มีความแคบมากเกินไป คือ การจำกัดความเร็วในการส่งนั้นเอง โดยการเกิดโมดดิสเปอร์ชันนี้จะเกิดในเส้นใยนำแสงแบบสเต็ปอินเด็กซ์มากกว่าเส้นใยนำแสงแบบเกรดเดดอินเด็กซ์

3.2) การขยายกว้างออกเนื่องจากความยาวคลื่น แบ่งได้เป็น 2 ชนิด

3.2.1) การขยายกว้างออกเนื่องจากสารที่ใช้สร้าง (Material dispersion) เกิดขึ้นเนื่องจากในตัวกลางชนิดเดียวกัน ถ้าความยาวคลื่นแสงที่เดินทางในตัวกลางนั้นมีค่าต่างกันด้วย และเนื่องจากแสงที่ใช้ในระบบการสื่อสารก็ไม่ได้เพียงความยาวคลื่นเดียวที่แท้จริง กล่าวคือ ไดโอดเปล่งแสงจะมีความกว้างของสเปกตรัมเท่ากับ 30 ถึง 60 นาโนเมตรและเลเซอร์ไดโอดจะมีความกว้างสเปกตรัม 2 ถึง 5 นาโนเมตร ดังนั้นแสงก็จะเดินทางจะเดินทางมาถึงปลายทางไม่พร้อมกัน ส่งผลให้เกิดการซ้อนทับกันของข้อมูลเหมือนกับกรณีของการขยายกว้างออกเนื่องจากโมด

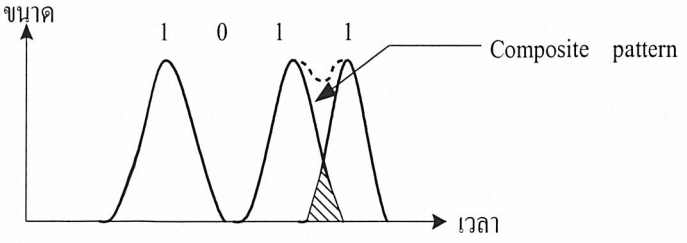
3.2.2) การขยายกว้างออกเนื่องจากโครงสร้าง (Structure dispersion) จะเกิดจากการป้อนแสงจากแหล่งกำเนิดแสงที่มีหลายความยาวคลื่น ทำให้ค่าดัชนีการหักไม่เท่ากัน



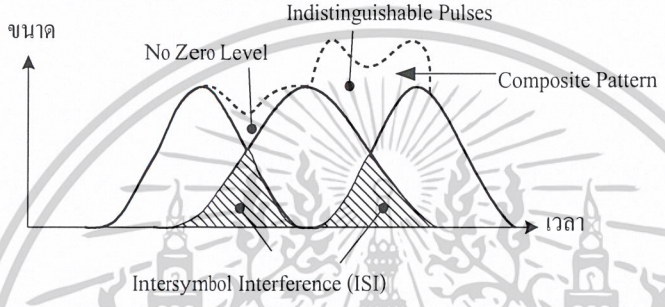
(ก) สัญญาณอินพุต

รูปที่ 2.34 การเกิดการขยายกว้างออกของสัญญาณพัลส์ 1011 เมื่อผ่านเส้นใยนำแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) สัญญาณเอาต์พุตเมื่อแสงเดินทางเข้าไปในเส้นใยนำแสงเท่ากับ L_1

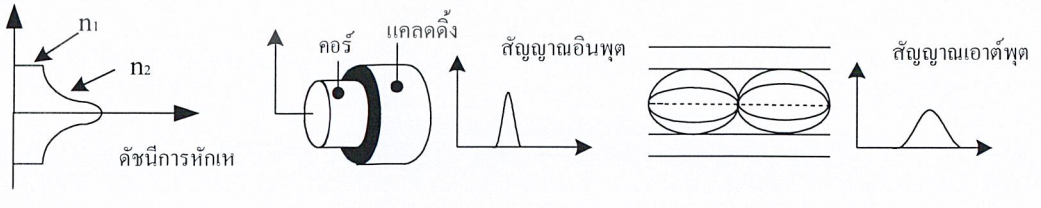


(ค) สัญญาณเอาต์พุตเมื่อแสงเดินทางเข้าไปในเส้นใยนำแสงเท่ากับ $L_2 > L_1$

รูปที่ 2.34 (ต่อ) การเกิดการขยายกว้างออกของสัญญาณพัลส์ 1011 เมื่อผ่านเส้นใยนำแสง



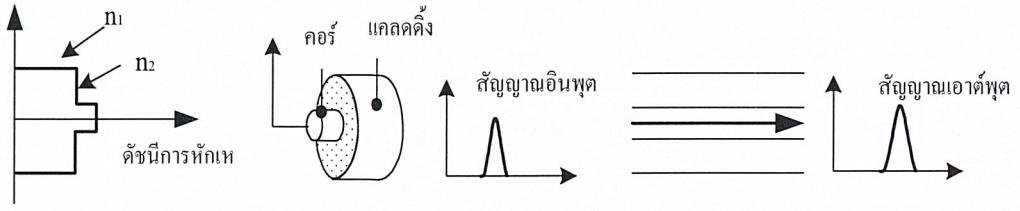
(ก) เส้นใยนำแสงหลายโมดชนิดสเต็ปอินเด็กซ์



(ข) เส้นใยนำแสงหลายโมดชนิดเกรดเดดอินเด็กซ์

รูปที่ 2.35 การเกิดการขยายกว้างออกของสัญญาณดิจิตอลที่ทำการส่งในเส้นใยนำแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค) เส้นใยนำแสงโมดเดียวชนิดสเต็ปอินเด็กซ์

รูปที่ 2.35 (ต่อ) การเกิดการขยายกว้างออกของสัญญาณดิจิตอลที่ทำการส่งในเส้นใยนำแสง

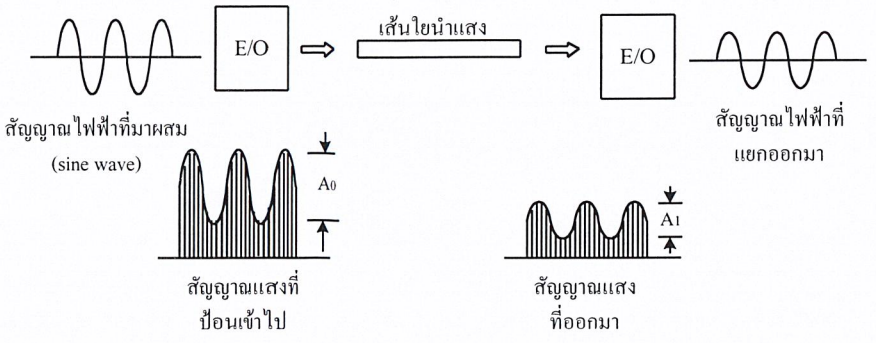
ดังนั้นผลต่างดัชนีการหักเหระหว่างคอร์กับแคลดดิ้งก็จะมีค่าไม่เท่ากันในแต่ละความยาวคลื่นโดยแสงที่มีค่าความยาวคลื่นสูงกว่าจะเดินทางทะลุผ่านเข้าไปในส่วนของแคลดดิ้งมากกว่าแสงที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของการขยายกว้างออกชนิดต่างๆจะได้ดังสมการ 2.29

การขยายกว้างออกเนื่องจากโมด >> การขยายกว้างออกเนื่องจากสารที่ใช้สร้าง > การขยายกว้างออกเนื่องจากโครงสร้าง (2.29)

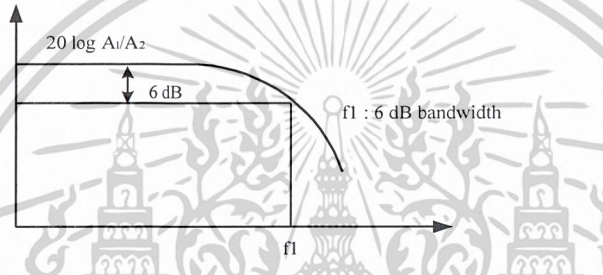
ดังนั้นเส้นใยนำแสงแบบหลายโมดจะถูกกำหนดแบนด์วิดท์โดยโมดดิสเปอร์ชัน ส่วนเวฟว์เล็งธ์ดิสเปอร์ชันจะมีผลต่อการส่งสัญญาณของเส้นใยนำแสงหลายโมดน้อยมาก แต่จะเป็นตัวแปรที่สำคัญในการกำหนดแบนด์วิดท์ของเส้นใยนำแสงแบบโมดเดียว ซึ่งในการใช้งาน ส้นใยนำแสงแบบโมดเดียวก็จะเลือกใช้ความยาวคลื่นที่ทำให้มะทีเรียลดิสเปอร์ชันหักล้าง กับสตัคเตอร์ดิสเปอร์ชันให้มากที่สุด ซึ่งความยาวคลื่นนี้เรียกว่า “Zero dispersion wavelength”

2.3.3) แบนด์วิดท์ในการส่งสัญญาณ ความกว้างของแบนด์วิดท์ในการส่งสัญญาณเส้นใยนำแสงสามารถหาได้จากการป้อนสัญญาณแสงที่มอดูเลตแล้วดังรูปที่ 2.36 (ก) เข้าไปในเส้นใยนำแสงที่มอดูเลตแล้วทางด้านเอาต์พุตเมื่อแสงเดินทางไปได้ 1 กิโลเมตร แล้วนำค่าของ A1 และA0 มาวาดกราฟดังรูปที่ 2.36 (ข) จากนั้นทำการเพิ่มความถี่ของสัญญาณที่นำการมอดูเลตให้สูงขึ้นจนถึงจุดที่ขนาดของคุณลักษณะทางความถี่ของสัญญาณเบสแบนด์ (Baseband frequency characteristic) ลดลงมา 6 dB ความถี่ ณ ตำแหน่งที่คุณลักษณะทางความถี่ของสัญญาณเบสแบนด์ลดลงมา 6 dB คือ แบนด์วิดท์ในการส่งสัญญาณของเส้นใยนำแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) การจัด Baseband frequency และ 6 dB Bandwidth



(ข) คุณสมบัติ Baseband frequency และ 6 dB Bandwidth

รูปที่ 2.36 การหาแบนด์วิดท์ในการส่งสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 กล่าวนำ

ชุดทดลองระบบส่งสัญญาณผ่านเส้นใยนำแสง ประกอบด้วยวงจรการมอดูเลตสัญญาณ การวงจรมัลติเพลกซ์สัญญาณ รวมไปถึงวงจรการดีมอดูเลตและวงจรการดีมัลติเพลกซ์ ซึ่งแต่ละวงจรมีการทำงานและหลักในการออกแบบดังนี้

3.2 วงจรการมอดูเลตสัญญาณ

3.2.1 การออกแบบวงจรการมอดูเลตแอมพลิจูด

วงจรที่ใช้สำหรับการมอดูเลตแอมพลิจูด จะใช้ไอซี เบอร์ MC 1496 หรือ MC 1596 ซึ่งเป็นไอซีแบบมอดูเลตได้ดุล การมอดูเลตแอมพลิจูด สำหรับชุดการทดลองนี้เลือกใช้ค่าต่างๆ ตามคุณสมบัติการใช้งานของไอซีในคู่มือ โดยใช้แรงดันบวก (V+) = 12 โวลต์, แรงดันลบ (V-) = -9 โวลต์, I_5 = 1 มิลลิแอมป์, R_L = 3.9 kΩ, R_C = 1 kΩ และเลือกใช้ค่าของสัญญาณอินพุตอยู่ในช่วงของความถี่เสียง 1กิโลเฮิรตซ์ - 8 กิโลเฮิรตซ์ โดยจะเลือกใช้ความถี่เสียงเท่ากับ 2.90 กิโลเฮิรตซ์, 3.00 กิโลเฮิรตซ์ และ 3.20 กิโลเฮิรตซ์ ตามลำดับช่องสัญญาณ โดยความถี่คลื่นพาห์ต้องมีค่ามากกว่าความถี่เสียง ซึ่งใช้ความถี่คลื่นพาห์เท่ากับ 108 กิโลเฮิรตซ์, 100 กิโลเฮิรตซ์และ 96 กิโลเฮิรตซ์ ตามลำดับช่องสัญญาณ

จากคุณสมบัติของไอซีกำหนดการออกแบบวงจรมอดูเลตแอมพลิจูด ที่ใช้ในชุดทดลองที่จัดทำนี้จะเลือกใช้สัญญาณเสียงและสัญญาณคลื่นพาห์ ดังนี้

สัญญาณเสียงช่องที่ 1 = 2.90 kHz และ V_S = 1Vp-p

สัญญาณเสียงช่องที่ 2 = 3.00 kHz และ V_S = 1Vp-p

สัญญาณเสียงช่องที่ 3 = 3.10 kHz และ V_S = 1Vp-p

สัญญาณเสียงช่องที่ 4 = 3.20 kHz และ V_S = 1Vp-p

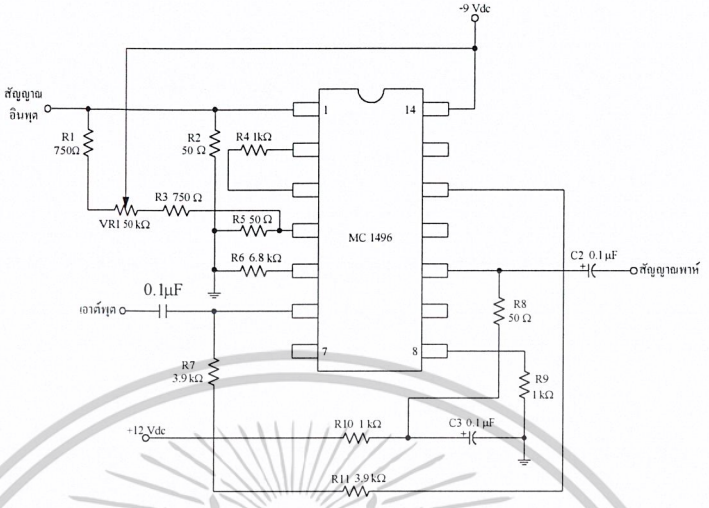
สัญญาณคลื่นพาห์ช่องที่ 1 = 108 kHz และ V_C = 1Vp-p

สัญญาณคลื่นพาห์ช่องที่ 2 = 104 kHz และ V_C = 1Vp-p

สัญญาณคลื่นพาห์ช่องที่ 3 = 100 kHz และ V_C = 1Vp-p

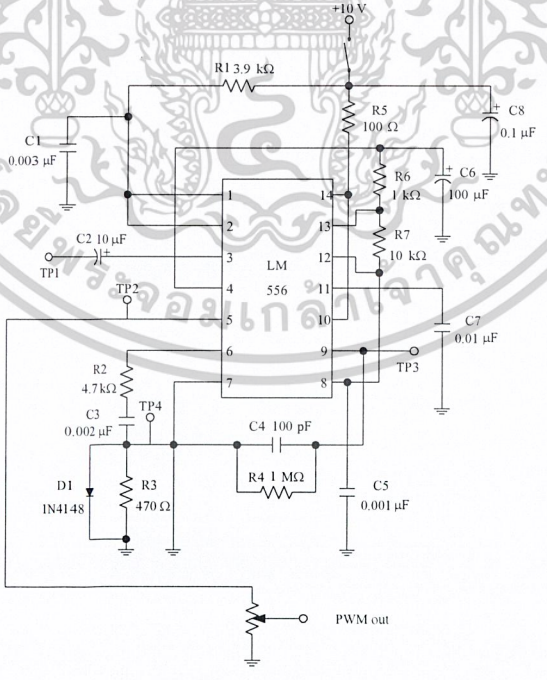
สัญญาณคลื่นพาห์ช่องที่ 4 = 96 kHz และ V_C = 1Vp-p

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 วงจรการมอดูเลตแอมพลิจูด

3.2.2 การออกแบบวงจรการมอดูเลตความกว้างพัลส์



รูปที่ 3.2 วงจรมอดูเลตความกว้างพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรมอดูเลตความกว้างพัลส์ ในรูปที่ 3.2 ประกอบด้วยวงจรออสซิลเลเตอร์ วงจรกำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยม ซึ่งทำหน้าที่เป็นสัญญาณสุ่มตัวอย่าง IC556 ทำหน้าที่เป็นออสซิลเลเตอร์ โดยมี ความถี่ออสซิลเลเตอร์ถูกกำหนดโดย R6+R7 และ C12 กำหนดเวลาการคายประจุของ C12 (ระยะเวลา t_1) ส่วน R7 และ C12 กำหนดเวลาการคายประจุ (ระยะเวลา t_2) ดังสูตรที่ใช้ คือ

$$t_1 = 0.693(R6 + R7)C12 \tag{3.1}$$

$$t_2 = 0.693R7C12 \tag{3.2}$$

คาบเวลาทั้งหมด

$$T = t_1 + t_2 = 0.693(R6 + 2R7)C12 \tag{3.3}$$

ความถี่ออสซิลเลเตอร์

$$f_0 = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_6 + 2R_7)C_{12}} \tag{3.4}$$

ค่าวัฏจักรหน้าที่ (Duty cycle : D) กำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์โดย

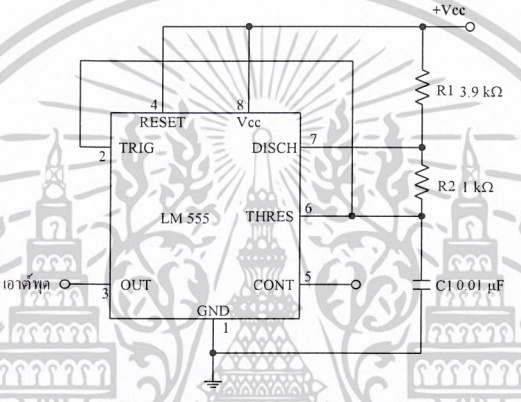
$$D = \frac{t_1}{t_1 + t_2} \times 100 \tag{3.5}$$

ไอซี LM 556 เป็นตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกาคู่ เอาต์พุตซึ่งเป็นพัลส์ลบจากวงจรอะสเตเบิล ขา 9 จะจุดฉนวนหรือทริกที่ขา 6 ของวงจรโมโนสเตเบิลออสซิลเลเตอร์โดยที่ R1 และ C1 เป็นตัวกำหนดคาบเวลาของพัลส์ที่สร้างจากวงจรโมโนสเตเบิล จากค่าอุปกรณ์ที่กำหนดความกว้างของพัลส์จะประมาณ 7μs สัญญาณอินพุตของวงจรป้อนเข้าที่ขา 3 และเอาต์พุตของวงจรออกที่ขา 5 ของไอซี LM 556 โดยมีไดโอด D1 เป็นตัวตัดพัลส์ช่วงบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การออกแบบวงจรการมอดูเลตตำแหน่งพัลส์

รูปที่ 3.3 วงจรมอดูเลตตำแหน่งพัลส์ เป็นวงจรที่สร้างจากวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ โดยใช้วงจรรวมเบอร์ 555 จากรูปที่ 3.4 ได้ทำการต่อขา 2 (Trigger Input) เข้ากับขา 6 (Threshold) ซึ่งต่อ C1 อยู่เพื่อให้แรงดันที่เปลี่ยนแปลงของC1ป้อนเข้ากระตุ้นการทำงานของวงจรแทนสัญญาณจุดชนวนจากภายนอกและเพิ่ม R1 กับ R2 เป็นตัวต้านทานที่ใช้ในการเก็บและการคายประจุของ C1 โดยต่อเข้ากับขา 7 (Discharge)

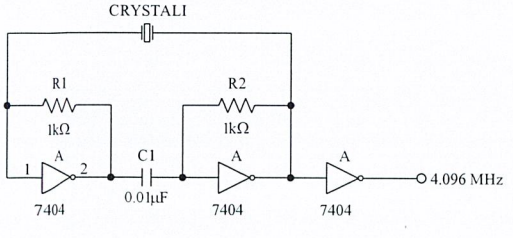


รูปที่ 3.3 วงจรมอดูเลตตำแหน่งพัลส์

3.2.4 การออกแบบวงจรการมอดูเลตแบบรหัสพัลส์

1) วงจรออสซิลเลเตอร์ควบคุมความถี่ด้วยคริสตอล

วงจรกำเนิดความถี่หรือเรียกวงจรออซิสเลเตอร์ที่มีวงจรทำหน้าที่ขยายสัญญาณแล้วป้อนสัญญาณกลับ ทำให้การเลื่อนเฟสรวมในวงจรเป็น 360 องศาหรือมีเฟสเดียวกัน วงจรออสซิลเลเตอร์แบบหนึ่งที่ใช้อุปกรณ์ TTL เป็นวงจรขยายและใช้คริสตอลเป็นวงจรเลือกความถี่ แสดงดังรูปที่ 3.4

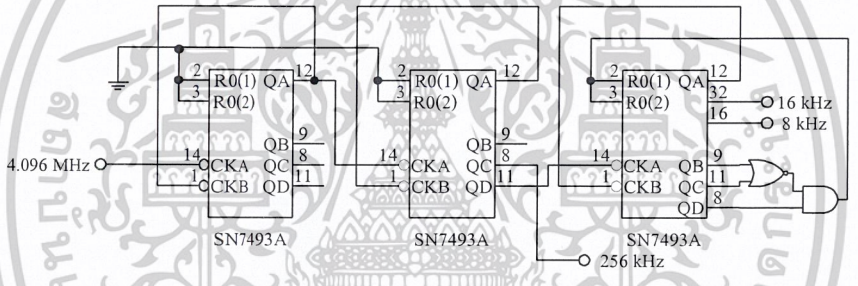


รูปที่ 3.4 วงจรออสซิลเลเตอร์ควบคุมความถี่ด้วยคริสตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) วงจรหารความถี่

สัญญาณนาฬิกาที่ได้จากวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ความถี่ 4.096 MHz เมื่อนำมาเข้าวงจรหารความถี่โดยเลือกใช้ ไอซีเบอร์ 74LS93 ซึ่งในการหารความถี่นั้นจะใช้ขา 14 และขา 1 เป็นขาอินพุตให้กับไอซีโดยไอซีเบอร์ 74LS93 ถ้าป้อนเป็นอินพุตเข้าที่ขา 14 จะได้เอาต์พุตออกที่ขา 12 โดยทำการหารสองของความถี่ที่ป้อนเข้ามาให้กับขา 14 ถ้าจะทำการหารความถี่ให้มากกว่านี้ทำได้โดยการนำเอาความถี่ที่ออกจากขา 12 ป้อนเข้าที่ ขา 1 โดยความถี่ที่ได้จะออกมาที่ขา 8, 9 และขา 11 โดยความถี่ที่ออกมานั้นจะโดนทำการหารสอง, หารสี่, หารแปด ตามลำดับ ขา R01 และ R02 จะเป็นขาที่ทำหน้าที่ CLEAR FLIP FLOPS โดยถ้าจะทำการ CLEAR FLIP FLOPS ให้ป้อนไฟ +5V ถ้าต้องการให้ทำงานจะป้อน GND ให้กับขา R01 และ R โดยความถี่ที่ต้องการใช้คือ 2 เมกะเฮิรตซ์, 256 เมกะเฮิรตซ์, 16 กิโลเฮิรตซ์, 8 กิโลเฮิรตซ์ โดยการต่อใช้งานไอซีเบอร์ 74LS93 ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 วงจรหารความถี่

3) วงจรมัลติเพลกซ์

จากสัญญาณนาฬิกาที่ได้จากวงจรหารความถี่ที่ความถี่ 16 กิโลเฮิรตซ์และ 8 กิโลเฮิรตซ์ เมื่อนำไปเข้ายังวงจรมัลติเพลกซ์สัญญาณ โดยในโครงงานนี้ใช้ ไอซีเบอร์ 74LS137 เป็นไอซี Dual 3 line to 8 line Decoder/Demultiplexer เป็นตัวสร้างสัญญาณการมัลติเพลกซ์ในแต่ละช่อง ซึ่งฟังก์ชั่นการทำงานภายในไอซีเบอร์ 74LS137 แสดงดังตารางที่ 1 และสัญญาณที่ได้จากตารางฟังก์ชั่นดังรูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

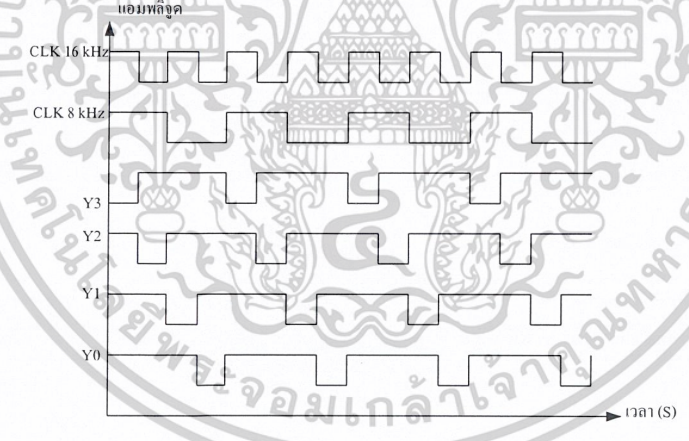
ตารางที่ 3.1 ฟังก์ชั่นการทำงานของไอซี

อินพุต			เอาต์พุต			
$\overline{G}$	A	B	Y0	Y1	Y2	Y3
H	X	X	H	H	H	H
L	L	L	L	H	H	H
L	H	L	H	L	H	H
L	L	H	H	H	L	H
L	H	H	H	H	H	L

H = High Voltage Level

L = Low Voltage Level

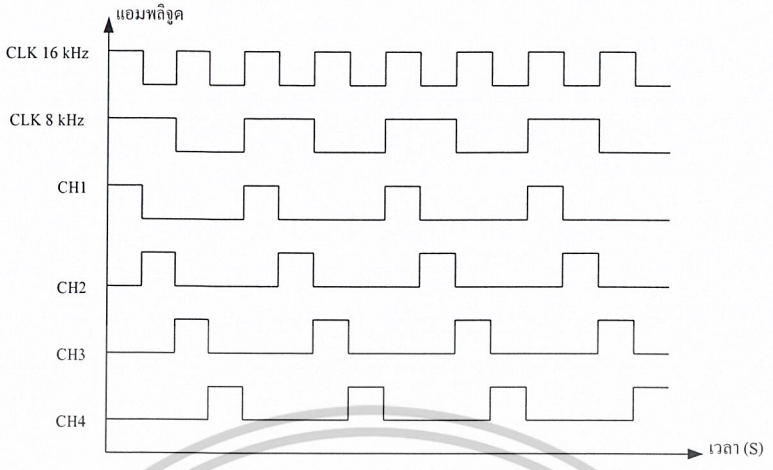
X = Don't Care



รูปที่ 3.6 สัญญาณจากตารางฟังก์ชั่นการทำงาน

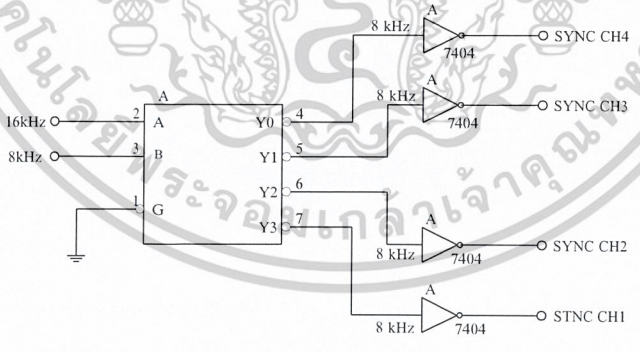
ในการออกแบบนั้นนำสัญญาณเอาต์พุตมากลับเฟส ซึ่งจะได้ช่องสัญญาณซิงก์ของแต่ละช่องทีความถี่ 8 กิโลเฮริตซ์ เพื่อป้อนให้กับวงจรเข้ารหัสของแต่ละช่องโดยในรูปที่ 3.7 จะแสดงรูปสัญญาณที่ใช้ในวงจรที่ทำการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 สัญญาณแชลเนลซิงก์ทั้ง 4 ช่อง

ในการออกแบบนั้นเราใช้ขา 2 ป้อนความถี่ขนาด 16 กิโลเฮิรตซ์ป้อนให้กับไอซีเบอร์ 74LS137 โดยขา 1 เป็นขา ENABLE ทำงานที่ LOW เมื่อทำการป้อนสัญญาณที่ขา 1, 2 และขา 3 เรียบร้อยเอาต์พุตจะออกที่ขา 4, 5, 6 และขา 7 จะให้ความถี่ออกมาแต่ละขาที่ 8 kHz โดยมีการต่อใช้งานดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 วงจรมัลติเพลกซ์

โดยความถี่ 8 kHz ที่ออกมาแต่ละขานั้นจะถูกป้อนให้กับไอซี CD22357 ของแต่ละช่องสัญญาณความถี่นี้จะเป็นตัวทำให้ ไอซี CD22357 ทำงานแต่ละช่องไม่พร้อมกัน โดยสัญญาณทั้ง 4 ช่องจะออกมาเป็นสัญญาณ NRZ ตามหลักการมัลติเพลกซ์แบบทีดีเอ็ม ซึ่งสัญญาณที่ได้จะออกมา แต่ละช่องสัญญาณมีอัตราเร็วในการส่งซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการข้างล่างนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

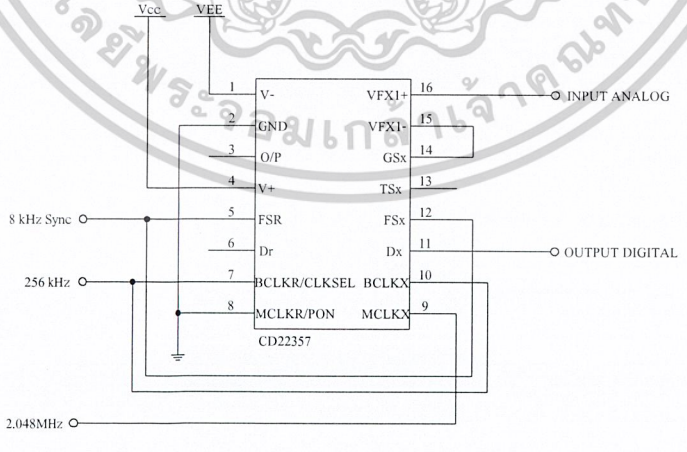
$$\text{Bit Rate} = \text{จำนวนบิต} \times \text{อัตราสุ่มข้อมูล}$$
$$= 8 \times 8000 = 64 \text{ kbps}$$

ถ้าทำการส่งสัญญาณทั้ง 4 ช่องจะได้

$$\text{Bit Rate} = \text{จำนวนบิต} \times \text{อัตราสุ่มข้อมูล} \times \text{จำนวนช่องสัญญาณ}$$
$$= 8 \times 8000 \times 4 = 256 \text{ kbps}$$

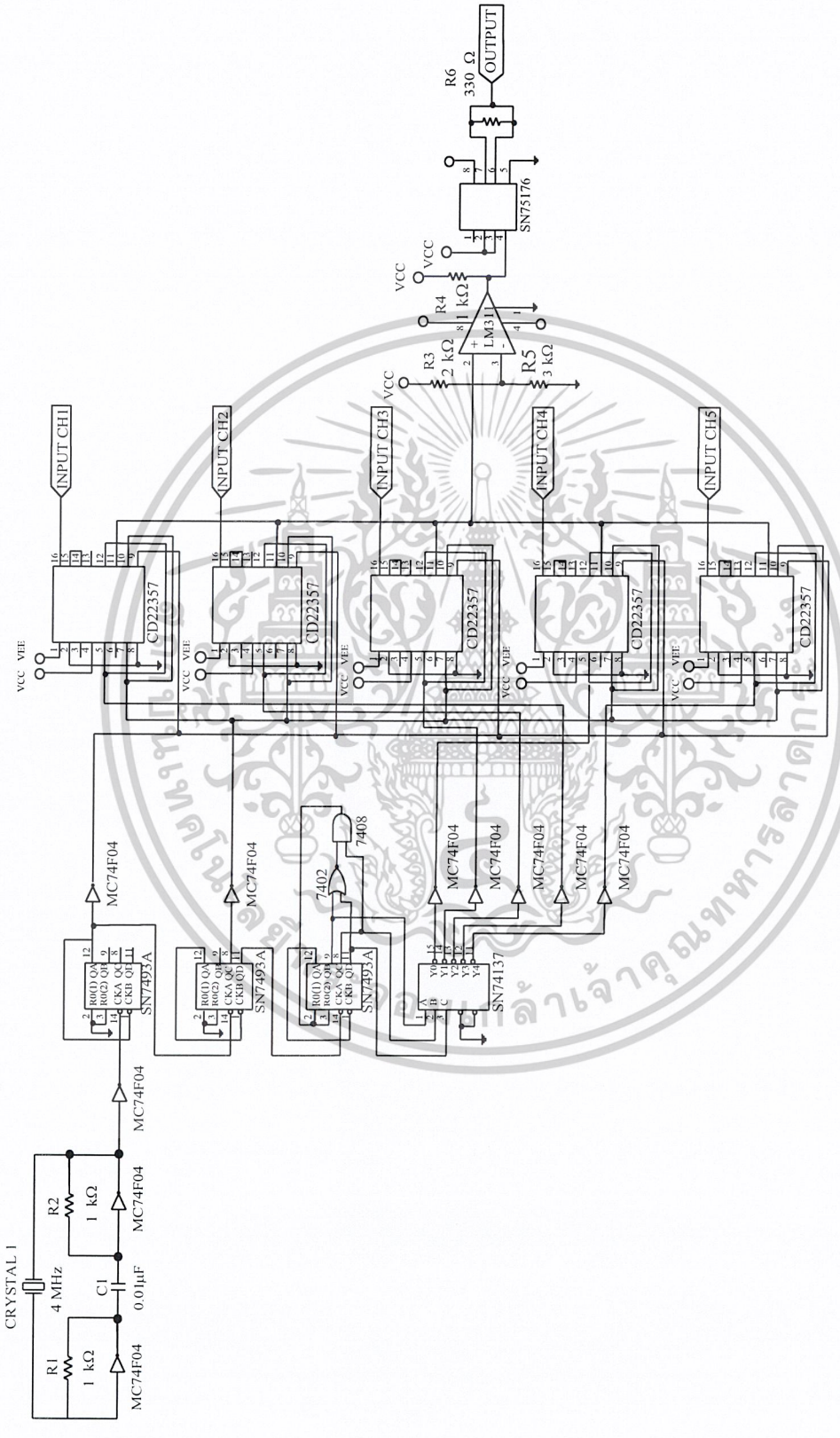
4) วงจรเข้ารหัส

การทำงานของวงจรเข้ารหัสจากรูปที่ 3.9 เพื่อแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล โดยหลักการทำงานของวงจรเข้ารหัส เริ่มที่ป้อนสัญญาณแอนะลอกเข้าไปแล้วจะผ่านวงจรขยายภายในเพื่อขยายสัญญาณจากนั้นนำไปผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านเพื่อป้องกันความถี่ของสัญญาณที่มากกว่า 3,400Hz จากนั้นทำการแซมปลิ้งที่ความถี่ 2 เท่าหรือมากกว่าความถี่สูงสุดของสัญญาณแอนะลอกจากความถี่เสียง (300-3,400 Hz) จะใช้อัตราการแซมปลิ้งที่ความถี่ 8 กิโลเฮิรตซ์คือจะทำการแซมปลิ้งทุกๆ 125 ไมโครวินาที ซึ่งจะได้สัญญาณที่เป็นขบวนพัลส์พีเอ็ม ให้ค่าเป็นตัวเลขแบบดีสครีตจำนวน 256 ระดับจึงจะได้เป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด 8 บิต แบบขนาน ต่อจากนั้นก็จะนำสัญญาณดิจิตอลแบบขนานมาแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลแบบอนุกรม



รูปที่ 3.9 วงจรเข้ารหัสพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

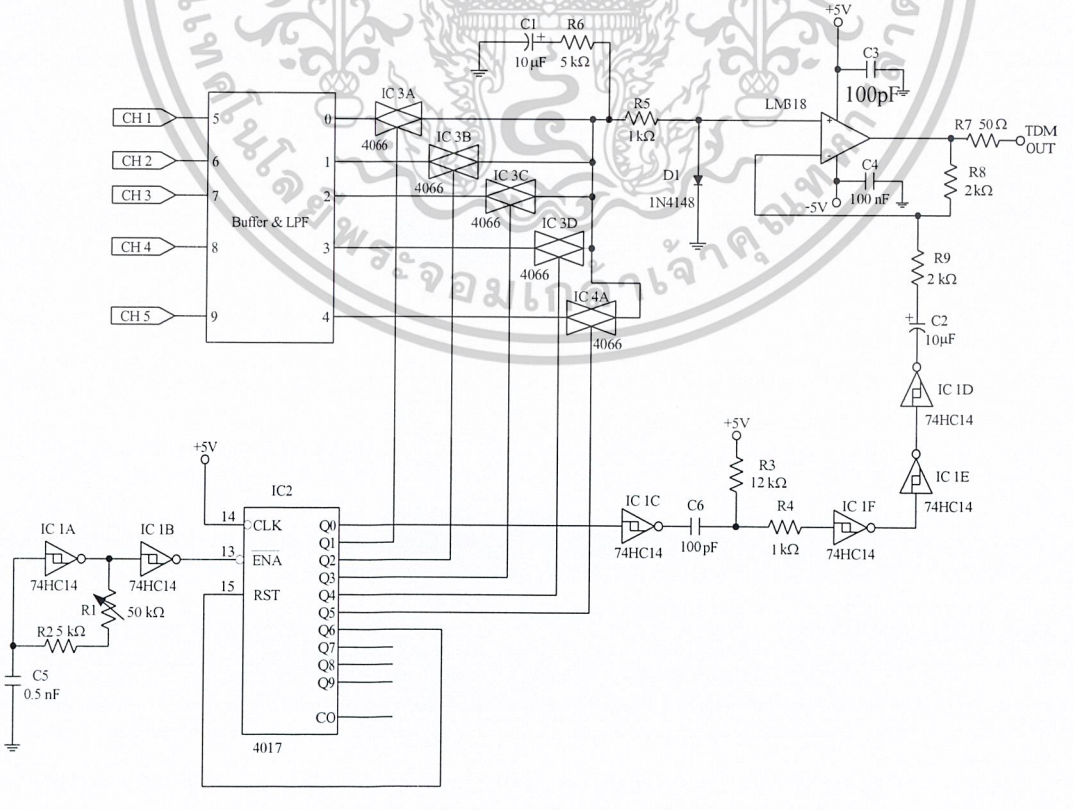


รูปที่ 3.10 วงจรการมอดูเลตแบบรหัสพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบวงจรการมัลติเพลกซ์สัญญาณแบบแบ่งเวลา

สัญญาณอินพุตที่ป้อนเข้ามาผ่านวงจรบัฟเฟอร์และวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน วงจรบัฟเฟอร์จะทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ของสัญญาณที่จะส่งและยกระดับสัญญาณขึ้นประมาณ 1.2 โวลต์ ดังนั้นขนาดสัญญาณอินพุตที่รับได้จะไม่เกิน 2 V_{P-P} และวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านมีหน้าที่เป็นตัวจำกัดความถี่ของสัญญาณที่จะส่งแบบทีดีเอ็ม เนื่องจากการส่งสัญญาณแบบทีดีเอ็มนี่จะมีการสุ่มตัวอย่างสัญญาณที่จะส่งในแต่ละช่องสัญญาณ โดยมีวงจรที่ทำหน้าที่สุ่มตัวอย่างจากช่องสัญญาณต่างๆ โดยอาศัยสัญญาณจากวงจรจัดช่องสัญญาณนาฬิกามาควบคุมและรวมสัญญาณที่สุ่มได้แล้วเข้าด้วยกัน แอนะลอกสวิตซ์ทำการเปิด/ปิดสัญญาณในแต่ละช่องสัญญาณ ที่เข้ามาในเวลาต่างๆ กัน จึงสามารถนำสัญญาณที่ได้มารวมกันได้ วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาเป็นส่วนที่กำหนดความถี่ของการทำงานป้อนให้กับวงจรในส่วนต่างๆโดยใช้ลอจิกเกตเป็นออสซิลเลเตอร์ ซึ่งปรับได้ด้วย VR = 50 kΩ ควบคุมวงจรนับ 5 โดยไอซี 4017 นำสัญญาณนาฬิกาแบ่งออกเป็น 5 ส่วนวงจรไอซี 7414 ทำหน้าที่ปรับ ความกว้างพัลส์ของสัญญาณซิงก์ให้มีความกว้างลดลงเพื่อให้สัญญาณซิงก์ของระบบมีความแม่นยำสูง สัญญาณทั้งหมดเข้าที่วงจรรวมยอดคือการรวมสัญญาณที่ได้จากสวิตซ์เลือกสัญญาณและวงจรซิงก์ เพื่อให้ได้เป็นสัญญาณทีดีเอ็มเอาต์พุต



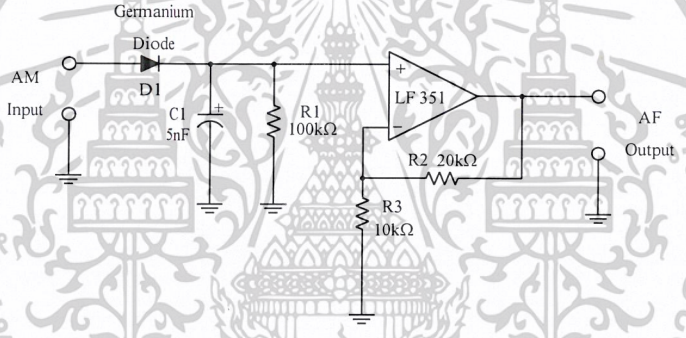
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.11 วงจรมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา

3.4 การออกแบบวงจรการดีมอดูเลตสัญญาณ

3.4.1 การออกแบบวงจรการดีมอดูเลตแอมพลิจูด

เมื่อสัญญาณมอดูเลตทางความสูงเข้ามายังอินพุตของวงจรดีมอดูเลตแอมพลิจูด เข้าไปยังไดโอด (D1) เนื่องจากไดโอดจะทำงานเพียงครึ่งรูปคลื่นเท่านั้น ดังนั้นไดโอดจะขจัดครึ่งลบของรูปคลื่นออกไปทั้งหมด ดังนั้นสัญญาณที่ผ่านจากไดโอดมาแล้วจะได้สัญญาณเอเอ็มเฉพาะซีกบวกเท่านั้น จากนั้น R1 กับ C1 จะทำหน้าที่เป็นวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน โดยขจัดความถี่พาหะออกไป ทำให้ได้เป็นสัญญาณไซน์ ที่มีองค์ประกอบของแรงดันดีซีอยู่ผ่านมาทาง VR1 เมื่อปรับแรงดันอินพุตของวงจรขยายสัญญาณ C2 จะทำหน้าที่ตัดสัญญาณ องค์ประกอบของแรงดันดีซีหายไปได้สัญญาณเป็นสัญญาณเสียง ทำหน้าที่ขยายสัญญาณเสียงให้มีความแรงมากขึ้น

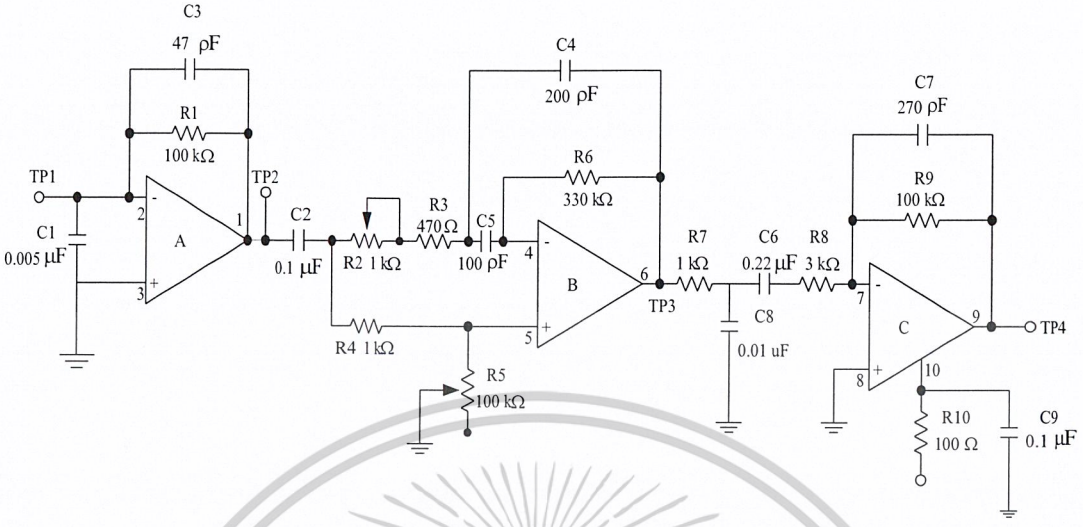


รูปที่ 3.12 วงจรการดีมอดูเลตแอมพลิจูด

3.4.2 การออกแบบวงจรการดีมอดูเลตความกว้างพัลส์

วงจรดีมอดูเลตความกว้างพัลส์ในรูปที่ 3.13 จะประกอบด้วยวงจรกรองความถี่สัญญาณคลื่นพาห์ซึ่งประกอบด้วยวงจรกรองช่วงบวก ซึ่งจะกรองสัญญาณคลื่นพาห์ 60 กิโลเฮิรตซ์ทิ้งไป ส่วนความถี่อื่นสามารถผ่านได้จากนั้นจึงต่อเข้ากับวงจรกรองความถี่เฉพาะสัญญาณส่งสัญญาณที่จะถูกการมอดูเลตออกมาและจะประกอบด้วยวงจรขยายสัญญาณส่งไปที่วงจรขยายสัญญาณเสียงเพื่อขยายสัญญาณส่งที่ภาคเอาต์พุตขา TP4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 วงจรดีมอดูเลตความกว้างพัลส์

จากรูปที่ 3.13 วงจรดีมอดูเลตโดยความกว้างพัลส์ภาคแรกเป็นชุดขยายปรีแอมป์ โดย C1 ทำหน้าที่ลดขนาดของสัญญาณคลื่นพาห์ อัตราขยายของวงจรถูกควบคุมโดย R1 สัญญาณที่ถูกป้อนเข้าวงจรกรองความถี่น็อช ซึ่งจะกรองเอาสัญญาณคลื่นพาห์ประมาณ 60 กิโลเฮิรตซ์ออก โดยมีความต้านทานปรับค่าได้ 2 ตัวคือ R1 เท่ากับ 1 kΩ และ R5 เท่ากับ100 kΩ ทำการปรับให้ได้สัญญาณคลื่นพาห์มีค่าที่ต่ำที่สุดที่เอาต์พุตของวงจรขยาย B โดยวงจรกรองความถี่จะลดทอนสัญญาณที่ไม่ต้องการ 40 ดีบี ที่ความถี่จูนเนอร์

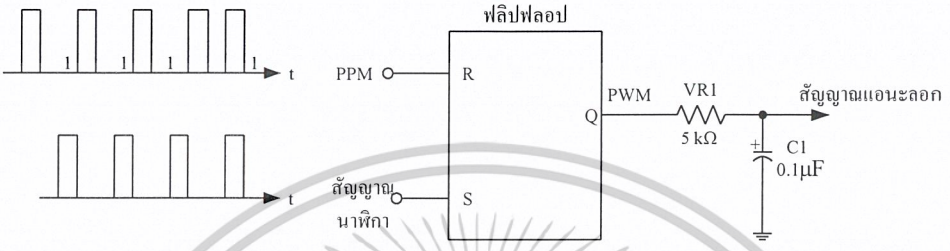
3.4.3 การออกแบบวงจรการดีมอดูเลตตำแหน่งพัลส์

จากวงจรการดีมอดูเลตตำแหน่งพัลส์ในรูปที่ 3.14 สัญญาณนาฬิกาทำหน้าที่ตั้งสภาวะให้ R-S ฟลิปฟลอป มีสถานะสูงด้านเอาต์พุตและถัดมาคือสัญญาณพีพีเอ็มจะตั้งค่าสภาวะเอาต์พุตใหม่ให้เป็น "0" สำหรับสัญญาณพีพีเอ็มนั้นมีแรงดันเฉลี่ยที่ได้สัดส่วนกันทำให้เห็นความแตกต่างด้านเวลาระหว่างสัญญาณพัลส์พีพีเอ็มกับสัญญาณพัลส์อ้างอิงซึกบวก เวลาเฉลี่ยที่สมบูรณ์ทำให้สัญญาณแอนะลอกที่ผลิตส่งออกเอาต์พุตนั้นมีความแตกต่างที่ชัดเจน

ถ้าเราป้อนสัญญาณพีพีเอ็มที่ไม่ดีเข้าสู่วงจรมอดูเลตแล้วนั้นในส่วนของวงจรดีมอดูเลตก็จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีวงจรเปรียบเทียบสัญญาณนาฬิกา สัญญาณพัลส์ที่นำมาเปรียบเทียบนั้นสามารถทำให้การส่งสัญญาณพีพีเอ็มเป็นการส่งที่ได้สัญญาณพีพีเอ็มจริงๆ การจะทำให้เสร็จสิ้นเลยนั้นก็จะทำได้ด้วยการเร็กติฟายสัญญาณพัลส์พีพีเอ็มแบบเต็มคลื่นนั่นเอง ซึ่งมีผลกระทบของสภาพไฟฟ้าประจุลบของพัลส์ซึกลบส่งกลับมาต่อมาขอบของสัญญาณทริกเกอร์ (ใช้ J-K หรือ D ฟลิป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

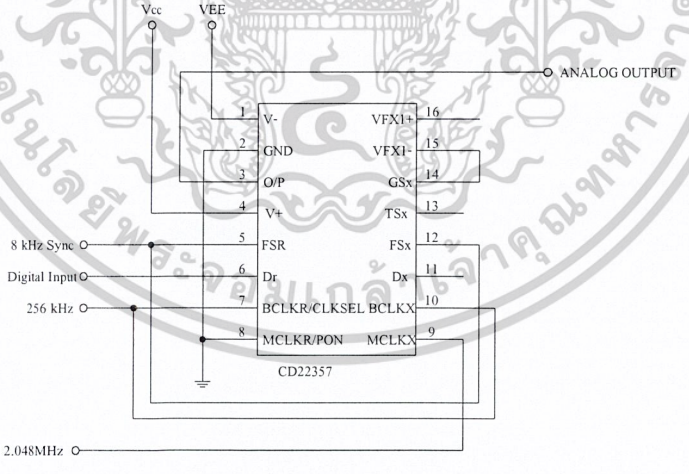
ฟลอปก็ได้) นั้น สามารถใช้เหมือนกับรูปที่ 3.14 ใช้สัญญาณนาฬิกาเป็นอินพุต ผลก็คือจะได้สัญญาณพัลส์ที่มีความกว้างกว่าแบนด์วิดท์และความกว้างของพัลส์จะจำกัดและทำให้คาบเวลาของสัญญาณพัลส์เบี่ยงเบนไปเช่นกัน



รูปที่ 3.14 วงจรดีมอดูเลตตำแหน่งพัลส์

3.4.4 การออกแบบวงจรการดีมอดูเลตแบบรหัสพัลส์

1) วงจรถอดรหัส



รูปที่ 3.15 วงจรถอดรหัสพัลส์

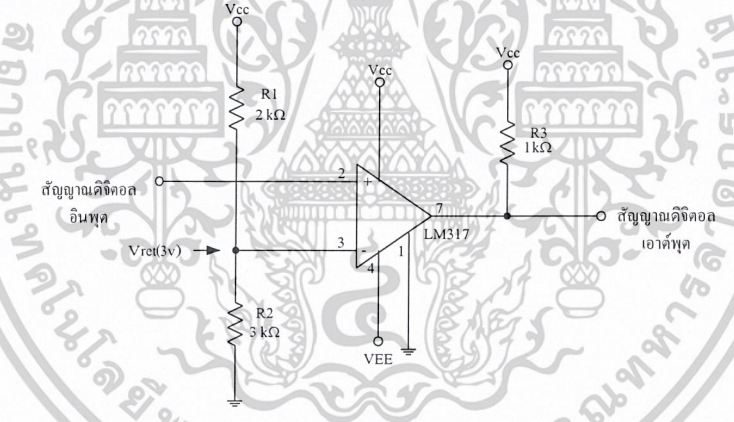
การทำงานของวงจรถอดรหัสคือเพื่อแปลงสัญญาณดิจิตอลให้เป็นสัญญาณแอนะลอก โดยหลักการทำงานของวงจรถอดรหัสคือนำสัญญาณดิจิตอลอนุกรมขนาด 8 บิต ไปทำการแปลงจากอนุกรมให้เป็นขนานหลังจากนั้นทำการถอดรหัสจากข้อมูลรหัสไบนารี่ ให้ได้เป็นสัญญาณพีเอเอ็มที่มีค่าแอมพลิจูดออกมาอยู่ในช่วงห่างระหว่างการสุ่มอนไทซ์ต่างๆ ตามค่ารหัสที่ส่งมาซึ่งเราแบ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกเป็น 256 ระดับ จากนั้นก็จะนำสัญญาณที่ได้ไปผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านให้ได้สัญญาณที่อยู่ในช่วงความถี่เสียง (300 Hz - 3,400 Hz) ก็จะได้สัญญาณแอนะลอกคืนกลับมา การต่อใช้งานเป็นดังรูปที่3.15

2) วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

การทำงานของวงจรเปรียบเทียบแรงดันคือจะนำสัญญาณดิจิตอลที่มัลติเพล็กซ์รวมกันแล้ว 4 ช่องสัญญาณมาเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิง เนื่องมาจากสัญญาณที่ได้จากการเข้ารหัสมีระดับของแอมพลิจูดที่ไม่คงที่กล่าวคือลอจิก 1 อาจมีแอมพลิจูดที่ไม่เท่ากับ 5 โวลต์และลอจิก 0 อาจมีแอมพลิจูดที่ไม่เท่ากับ 0 โวลต์ ซึ่งอาจจะทำให้ภาครับถอดรหัสผิดได้จึงต้องทำการเปรียบเทียบแอมพลิจูดของลอจิกต่างๆ กับแรงดันอ้างอิง ซึ่งกำหนดให้แรงดันอ้างอิงเท่ากับ 3 โวลต์ ซึ่งหากลอจิก 1 ที่มีระดับสัญญาณเท่ากับ 5 โวลต์และหาลอจิกที่เข้ามามีค่าน้อยกว่า 3 โวลต์จะให้ลอจิก 0 โดยมีการต่อวงจรดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

3) วงจรขับสัญญาณดิจิตอล

วงจรขับสัญญาณดิจิตอล (Driver Circuit) จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณดิจิตอลเพื่อส่งผ่านสายส่งซึ่งในโครงงานนี้ได้ใช้สายโทรศัพท์ในการส่งสัญญาณโดยเลือกใช้ไอซีเบอร์ SN75176 ซึ่งมีการส่งข้อมูลที่เป็นไปตามมาตรฐาน RS-485 มาใช้ในการขับสัญญาณดิจิตอล โดยการทำงานเป็นไปตามตารางที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ฟังก์ชั่นการทำงานของไอซี SN75176

ภาคขับสัญญาณ

INPUT	ENABLE	OUTPUT	
D	DE	A	B
H	H	H	L
L	H	L	H
X	L	Z	Z

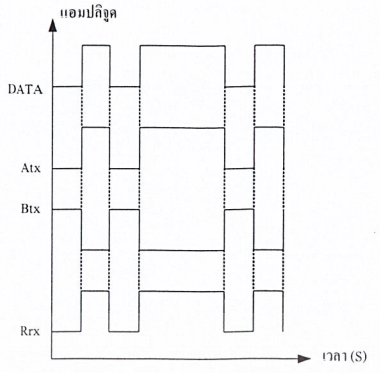
ภาครับสัญญาณ

DIFFERENTIAL INPUTS	ENABLE	OUTPUT
A - B	RE	R
Vid > 0.2V	L	H
-0.2 V < Vid < 0.2 V	L	?
Vid < -0.2 V	L	L
X	H	Z
OPEN	L	H

H = high level, L = low level = indeterminete, X = imelevant, Z = high impedence (off)

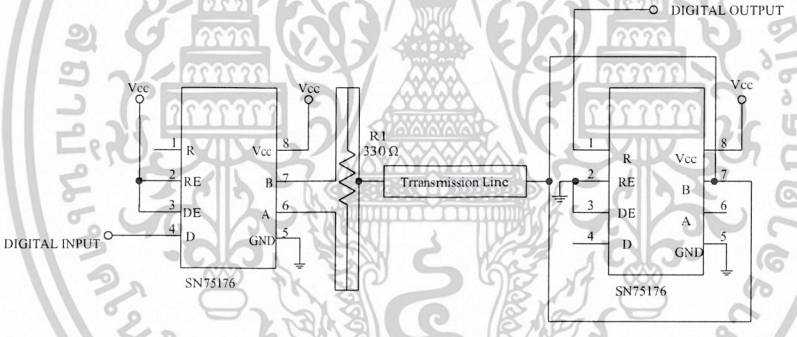
โดยการทำงานที่ภาคส่งทำการเซ็ตขา DE ให้เป็น ENABLE หรือให้มีสถานะสูง เมื่อมีข้อมูลที่เป็นลอจิกสูง เข้ามาที่ขา A จะเป็นลอจิกสูง และขา B จะกลับสภาวะกันโดยเป็นลอจิกต่ำ และถ้าอินพุตเป็นลอจิกต่ำ ขา A จะเป็นลอจิกต่ำ ส่วนที่ขา B จะเป็นลอจิก High ส่วนในการทำงานทางภาครับจะเซ็ตขา $\overline{RE}$ ให้เป็น Low และจะนำผลต่างระหว่าง A และB มาเปรียบเทียบกันโดยถ้าผลต่างมากกว่าหรือเท่ากับ 0.2 โวลต์ จะทำให้ขา R มีสภาวะเป็นสูงและถ้าผลต่างมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ –0.2โวลต์ ขา R จะมีสภาวะเป็นต่ำ ซึ่งสัญญาณที่ได้ดังรูปที่ 3.17 และถ้าผลต่างมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ –0.2โวลต์ ขา R จะมีสภาวะเป็นต่ำ ซึ่งสัญญาณที่ได้ดังรูปที่ 3.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 สัญญาณจากฟังก์ชั่นการทำงาน

ซึ่งวงจรที่ใช้ทางภาคส่งและภาครับเป็นดังรูปที่ 3.18



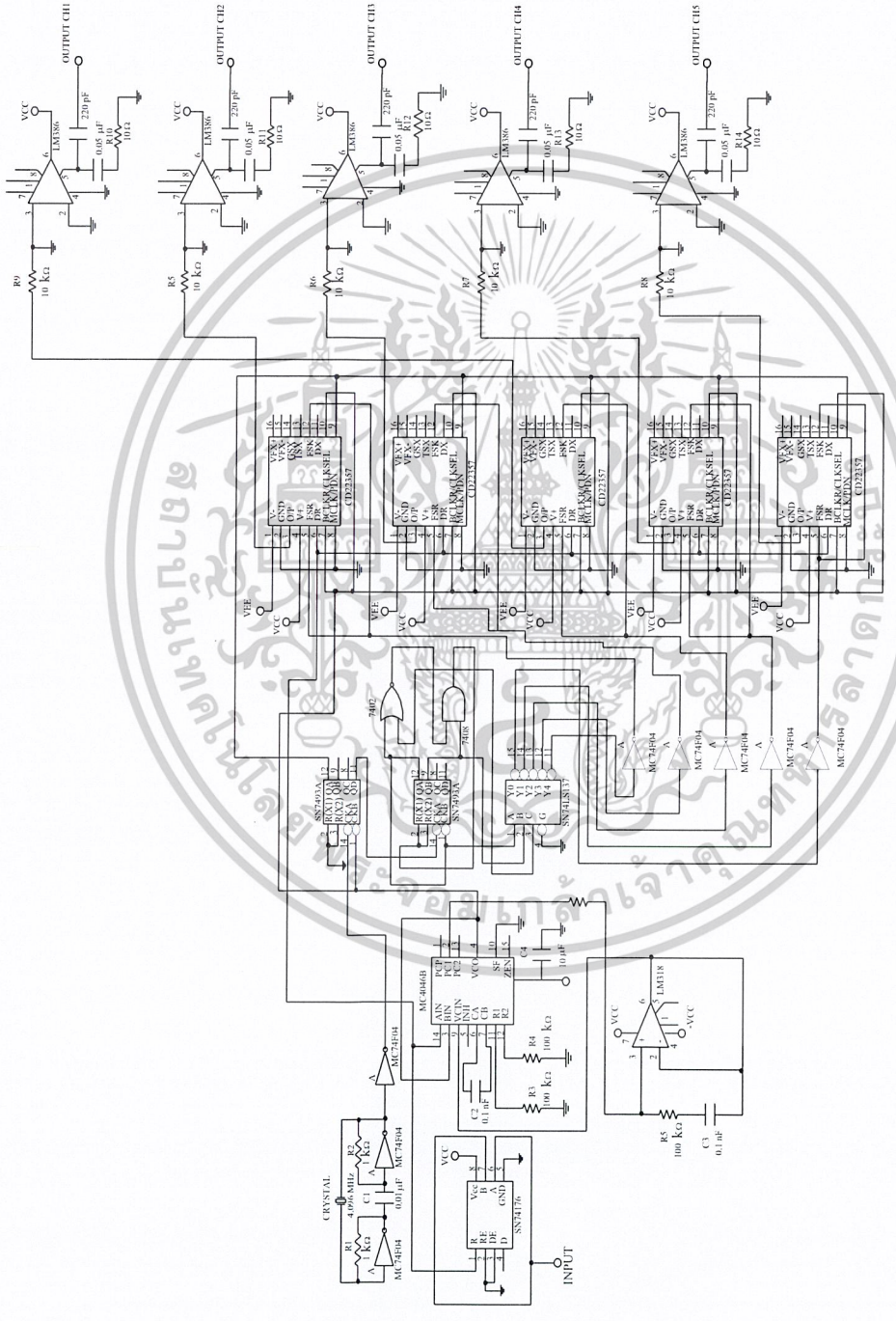
รูปที่ 3.18 วงจรขับสัญญาณดิจิตอล

3.5 การออกแบบวงจรการดีมัลติเพลกซ์สัญญาณแบบแบ่งเวลา

การส่งสัญญาณมาแบบทีดีเอ็ม สามารถจะรับสัญญาณช่องต่างๆ คืนออกมาได้ โดยเมื่อสัญญาณทีดีเอ็มที่เข้ามาจะผ่านเข้าสู่วงจรแยกสัญญาณซิงก์ เพื่อแยกสัญญาณซิงก์ออกจากสัญญาณทีดีเอ็ม เพื่อกำหนดการทำงานของทั้งภาครับและภาคส่งและวงจรแยกสัญญาณนาฬิกาจะเป็นตัวสร้างสัญญาณรบกวนควบคุมการสุ่มสัญญาณที่เข้ามากลับออกไปยังช่องต่างๆ ถูกต้องและจำเป็นต้องทำงานให้สัมพันธ์กับภาคส่ง คือมีความถี่และเฟสเดียวกันและเพื่อความเที่ยงตรงในการทำงานสัญญาณนาฬิกานี้จะถูกทวีให้เป็น 10 เท่าของสัญญาณซิงก์หรือ 2 เท่าของสัญญาณนาฬิกาทางด้านส่งเพื่อความแม่นยำในการทำงานวงจรนับจะนำสัญญาณนาฬิกามาแบ่งเป็น 5 ส่วนและสัญญาณจะผ่านไปยังวงจรเลือกสัญญาณ เพื่อสุ่มสัญญาณทีดีเอ็มกลับออกไปยังช่องสัญญาณต่างๆ โดยอาศัย

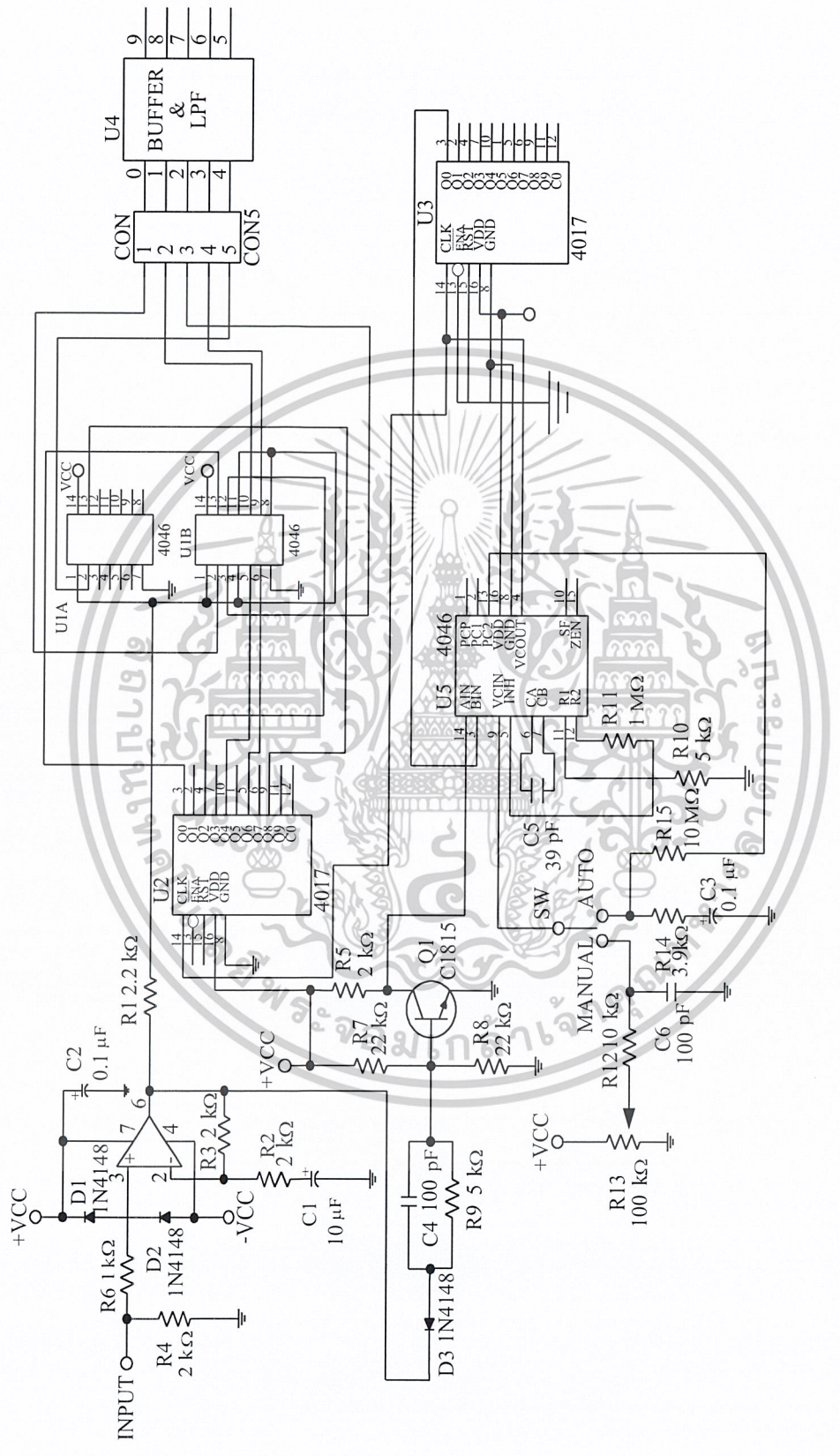
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่ได้จากวงจรแยกสัญญาณนาฬิกามาควบคุมโดยอาศัยการเปิด/ปิดสัญญาณทีดีเอ็มที่เวลาต่างๆ โดยมีการเปิด/ปิดที่สัมพันธ์กับภาคส่งและผ่านวงจรกรองความถี่เพื่อให้ได้สัญญาณเอาต์พุตที่สมบูรณ์



รูปที่ 3.19 วงจรดีมอดูเลตแบบรหัสพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

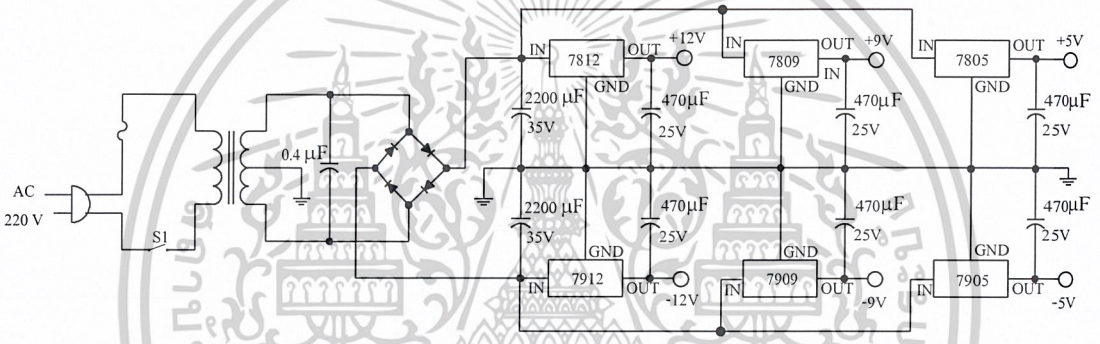


รูปที่ 3.20 วงจรการดีมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

จากรูปที่ 3.21 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจะใช้ IC ตระกูล 78xx ซึ่งเป็น IC เรกูเลเตอร์ไฟบวกและ79xx ซึ่งเป็น IC เรกูเลเตอร์ไฟลบ โดยนำมาต่อใช้งาน ดังรูปที่ 3.2 ซึ่งประกอบด้วย IC 7815 ให้เอาต์พุตเป็นไฟดีซี +15 โวลต์, IC 7915 ให้เอาต์พุตไฟดีซี –15 โวลต์, IC 7812 ให้เอาต์พุตไฟดีซี +12 โวลต์, IC 7912 ให้ เอาต์พุตไฟดีซี –12 โวลต์, IC 7809 ให้เอาต์พุตไฟดีซี +9 โวลต์, IC 709 ให้เอาต์พุตไฟดีซี –9 โวลต์, IC 7805 ให้เอาต์พุตไฟดีซี +5 โวลต์, IC 7905 ให้เอาต์พุตไฟดีซี –5 โวลต์และใช้ตัวเก็บประจุค่า 2200ไมโครฟารัดและ 470 ไมโครฟารัด ใช้กราวด์ร่วมกัน ซึ่งแหล่งจ่ายนี้ให้ไฟดีซีออกมาหลายค่า



รูปที่ 3.21 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

3.7 การออกแบบชุดทดลองระบบรับ-ส่งสัญญาณผ่านเส้นใยนำแสง

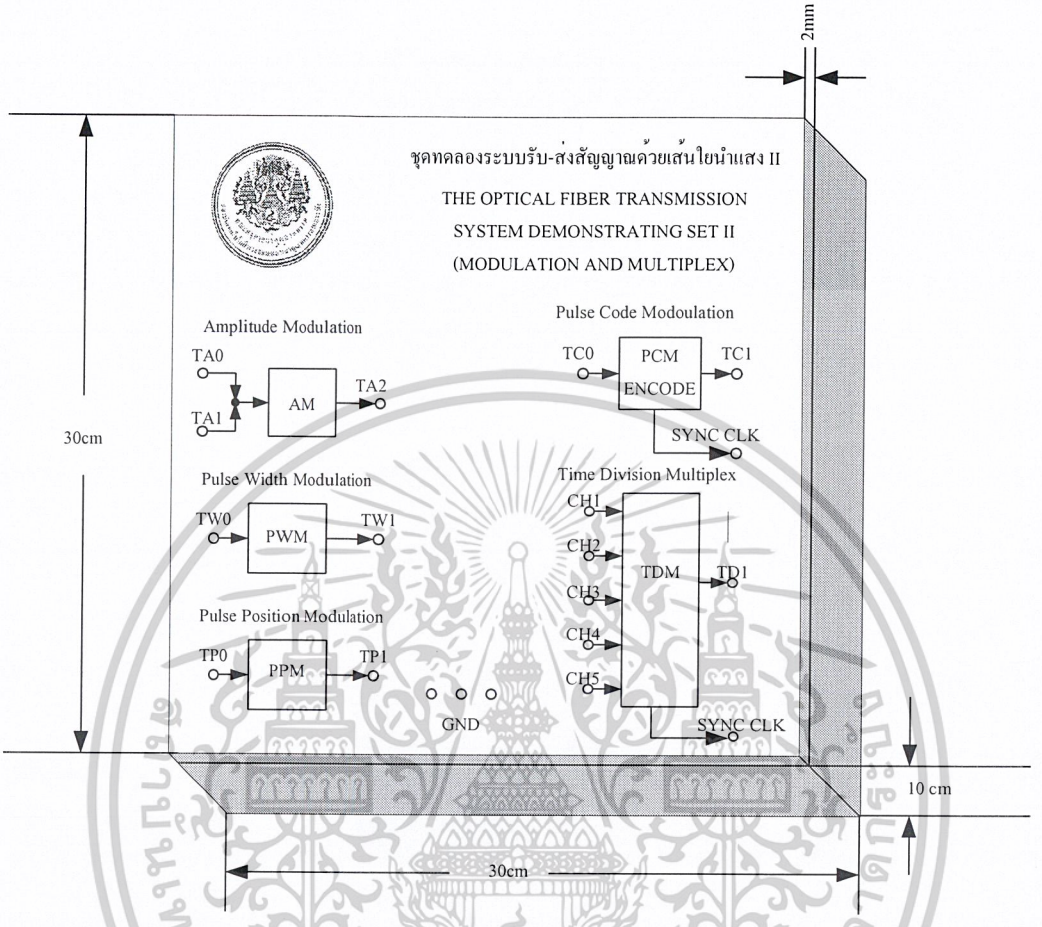
ชุดทดลองระบบรับ-ส่งสัญญาณผ่านเส้นใยนำแสง II เป็นชุดทดลองที่มีทั้งภาคมอดูเลตและและมัลติเพลกซ์และภาคดีมอดูเลตและดีมัลติเพลกซ์ ในการออกแบบชุดทดลองระบบรับ-ส่งสัญญาณผ่านเส้นใยนำแสง II มีชุดทดลองประกอบด้วยกัน 2 ชุด คือ

1. ชุดทดลองภาคมอดูเลตและมัลติเพลกซ์ ดังรูปที่ 3.22

2. ชุดทดลองภาคดีมอดูเลตและดีมัลติเพลกซ์ ดังรูปที่ 3.23

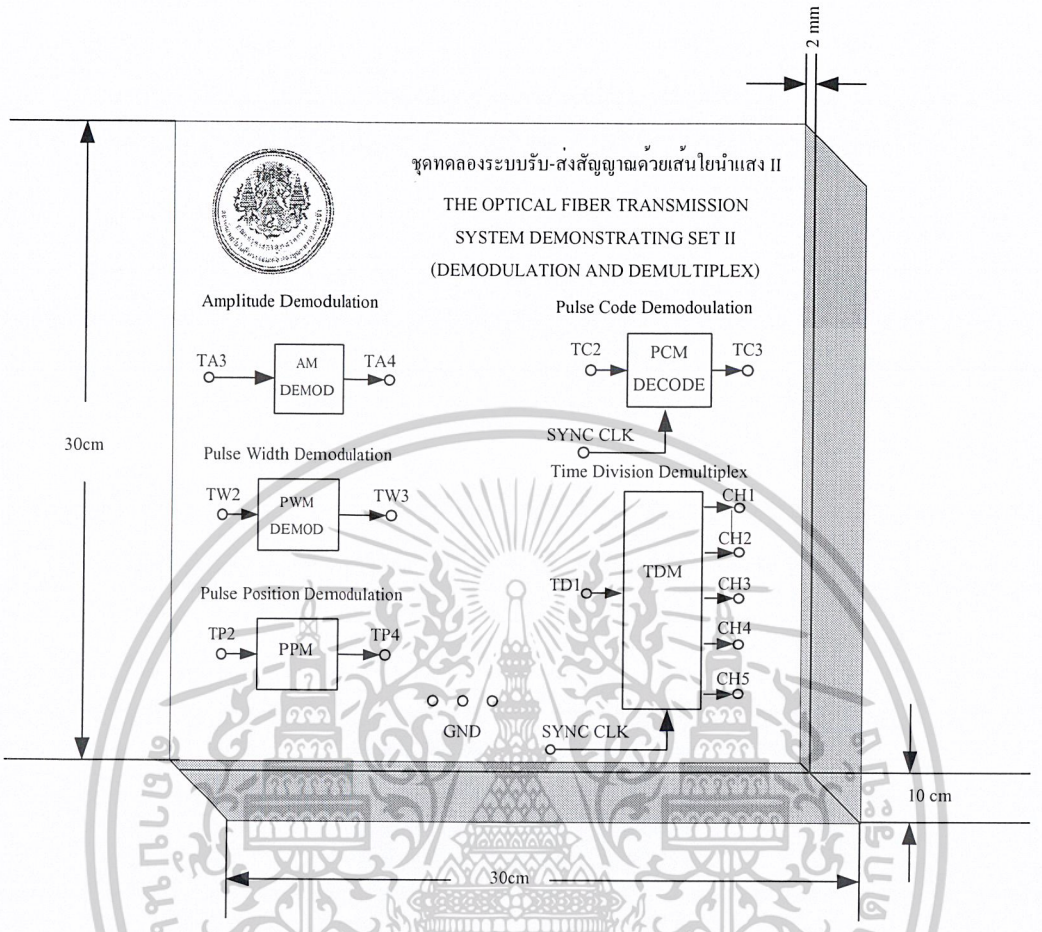
ซึ่งชุดทดลองระบบรับ-ส่งสัญญาณผ่านเส้นใยนำแสง II ทั้งสองภาคนี้จะมีขนาดของชุดทดลองที่เท่ากัน ตัวกล่องจะทำจากอลูมิเนียมมีขนาดเท่ากับ 30 เซนติเมตร × 30 เซนติเมตร ความหนาของกล่องเท่ากับ 10 เซนติเมตร ด้านบนและด้านล่างของตัวกล่องใช้แผ่นพลาสติกใสขนาดเท่ากับ 30 เซนติเมตร × 30 เซนติเมตร ความหนาของแผ่นพลาสติกใสเท่ากับ 0.2 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 ภาคมอดูเลตและมัลติเพลกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25 ภาคดีมอดูเลตและดีมัลติเพลกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

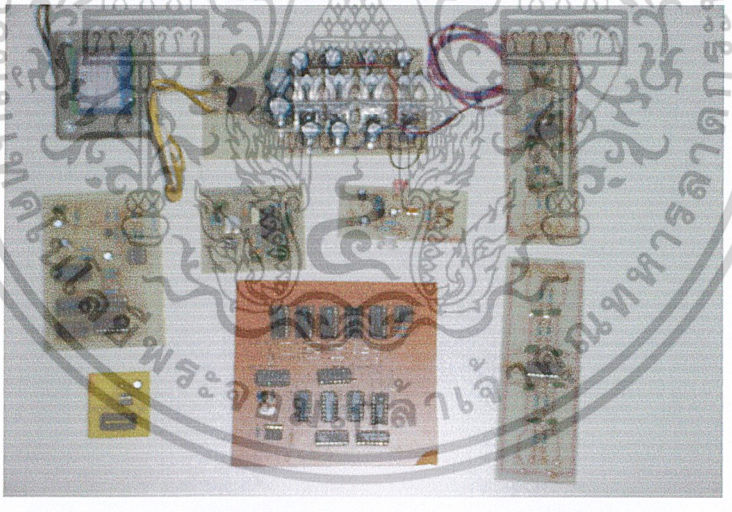
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองของชุดทดลองระบบรับ-ส่งสัญญาณผ่านเส้นใยนำแสงตามที่ได้ทำการออกแบบไว้ว่าสามารถทำงานได้ถูกต้องหรือไม่ โดยมีขั้นตอนการในทดลองและผลการทดลองดังนี้

4.2 การมอดูเลตสัญญาณ

ในการทดลองวงจร ได้ทำการทดลองโดยป้อนค่าอินพุตต่างๆ เข้าที่อุปกรณ์ชุดมอดูเลตและอุปกรณ์ชุดมัลติเพลกซ์สัญญาณ ดังรูปที่ 4.1



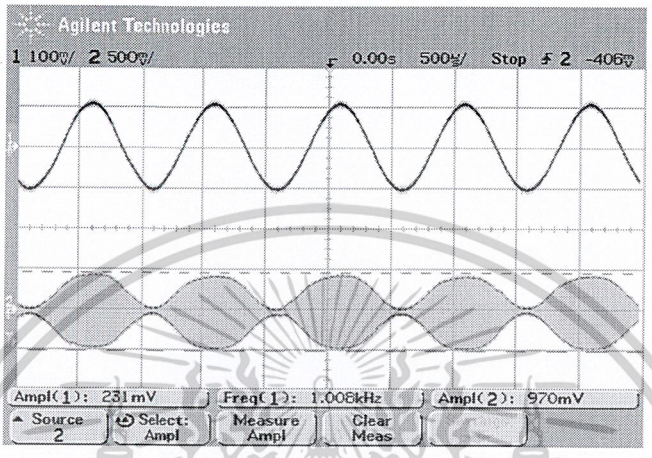
รูปที่ 4.1 วงจรการทดลองวงจรมอดูเลตและมัลติเพลกซ์สัญญาณ

4.2.1 วงจรการมอดูเลตแอมพลิจูด

1) การทดลอง ทำการป้อนแหล่งจ่ายไฟเข้ากับวงจรแล้วทำการป้อนสัญญาณข่าวสารความถี่ 1 kHz แอมพลิจูดขนาด 1 Vp-p และสัญญาณพาหะความถี่ 100 kHz แอมพลิจูดขนาด 160 mVp-p เข้าสู่วงจรที่ตำแหน่ง TA0 และ TA1 เพื่อให้ทำการมอดูเลตแอมพลิจูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ผลการทดลอง เมื่อทำการป้อนสัญญาณให้กับอินพุตทั้งหมดและใช้ออสซิลโลสโคปวัดที่ตำแหน่งเอาต์พุตของวงจร ได้สัญญาณการมอดูเลตแอมพลิจูดที่ได้ค่าเปอร์เซ็นต์การมอดูเลต 80 เปอร์เซ็นต์แสดงว่าวงจรสามารถใช้งานได้



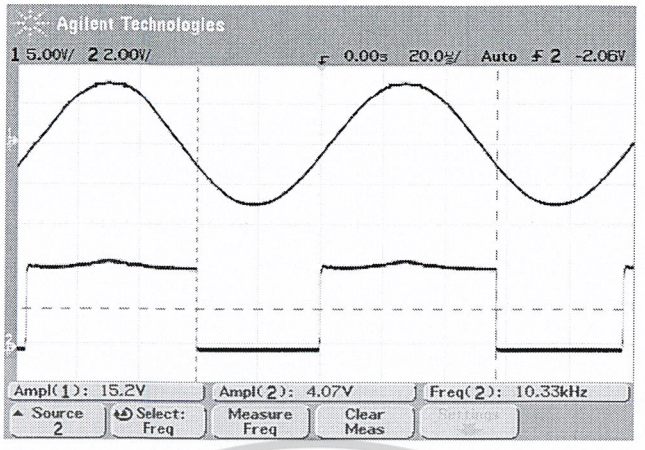
รูปที่ 4.2 ผลการทดลองวงจรการมอดูเลตแอมพลิจูด

4.2.2 วงจรการมอดูเลตความกว้างพัลส์

1) การทดลอง ทำการป้อนแหล่งจ่ายไฟให้กับวงจรจากนั้นทำการป้อนสัญญาณข่าวสารความถี่ 10 kHz แอมพลิจูดขนาด 12 Vp-p เข้าที่จุด TW0 ของวงจร โดยใช้ออสซิลโลสโคปทำการวัดสัญญาณที่จุดเอาต์พุตของวงจรที่มีลักษณะของสัญญาณที่ได้จะต้องมีการมอดูเลตความกว้างของพัลส์คือสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็มจะต้องเปลี่ยนแปลงความกว้างตามขนาดของสัญญาณอินพุตที่ป้อน

2) ผลการทดลอง จากการทดลองป้อนสัญญาณอินพุตเข้ากับวงจร การมอดูเลตความกว้างพัลส์ สามารถทำงานได้เนื่องจากผลการทดลองที่ได้รูปสัญญาณพัลส์นั้นเปลี่ยนแปลงลักษณะตามสัญญาณอินพุตที่ป้อนและไม่ผิดเพี้ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

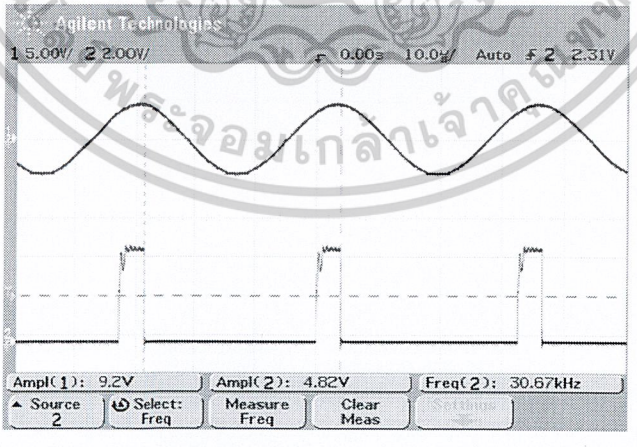


รูปที่ 4.3 ผลการทดลองวงจรการมอดูเลตความกว้างพัลส์

4.2.3 วงจรการมอดูเลตตำแหน่งพัลส์

1) การทดลอง ทำการป้อนแหล่งจ่ายไฟฟ้าเข้ากับวงจรแล้วทำการป้อนสัญญาณอินพุตที่ตำแหน่ง TP0 เป็นสัญญาณข่าวสารที่มีความถี่ 17 kHz แอมพลิจูดขนาด 13 Vp-p เพื่อทำการทดลองว่าวงจรการมอดูเลตทางตำแหน่งพัลส์มีความสามารถทำงานได้หรือไม่ ซึ่งรูปสัญญาณที่ได้นั้นจะต้องไม่ผิดเพี้ยนและมีตำแหน่งของสัญญาณพัลส์ที่เปลี่ยนตามสัญญาณอินพุต

2) ผลการทดลอง จากการทดลองของวงจรการมอดูเลตตำแหน่งพัลส์ รูปสัญญาณที่วัดได้นั้นลักษณะของสัญญาณตรงตามภาคทฤษฎี วงจรนี้สามารถทำงานได้



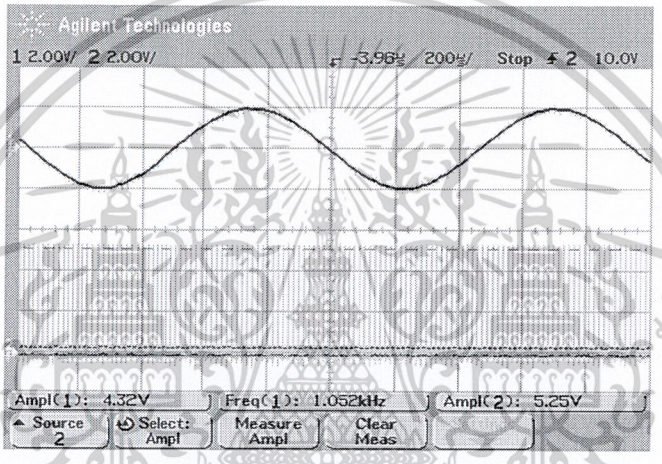
รูปที่ 4.4 ผลการทดลองวงจรการมอดูเลตทางตำแหน่งพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 วงจรการมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์

1) การทดลอง ทำการป้อนแหล่งจ่ายไฟเข้ากับวงจรแล้วป้อนสัญญาณอินพุตที่เป็นสัญญาณข่าวสารความถี่ 1 kHz แอมพลิจูดขนาด 7 Vp-p เข้าที่จุด TC0 ของวงจรเข้ารหัสและถอดรหัส เพื่อตรวจสอบว่าวงจรสามารถทำงานได้ตามที่ได้ออกแบบไว้หรือไม่

2) ผลการทดลอง จากการทดลองวงจรการมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์ สัญญาณที่ได้นั้นถูกทำการเข้ารหัส รูปสัญญาณมีลักษณะเป็นพัลส์ซึ่งความสูงของสัญญาณสัมพันธ์กับความสูงของสัญญาณอินพุต วงจรนี้จึงสามารถทำงานได้



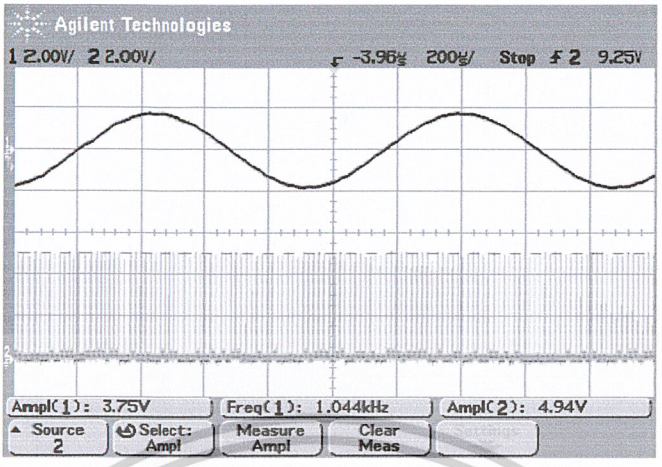
รูปที่ 4.5 ผลการทดลองวงจรการมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์

4.3 การมัลติเพลกซ์สัญญาณแบบแบ่งเวลา

1) การทดลอง ทำการทดลองทดลองป้อนสัญญาณอินพุตความถี่ 300-3,400 Hz แอมพลิจูดขนาด 12 Vp-p เข้าทุกช่องสัญญาณของวงจรมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา ที่เป็นสัญญาณเอาต์พุต การมัลติเพลกซ์ของสัญญาณคือมี 5 สัญญาณข่าวสารซึ่งสัญญาณที่ป้อนให้คือสัญญาณการมอดูเลตเข้ารหัสพัลส์

2) ผลการทดลอง จากการทดลองแสดงว่าวงจรนี้ สามารถมัลติเพลกซ์สัญญาณได้ จากการที่ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณเอาต์พุตและสัญญาณเอาต์พุตที่ปรากฏบนหน้าจอออสซิลโลสโคปจะปรากฏสัญญาณเอาต์พุตที่ได้ สังเกตรูปสัญญาณว่าจะมี 5 สัญญาณ

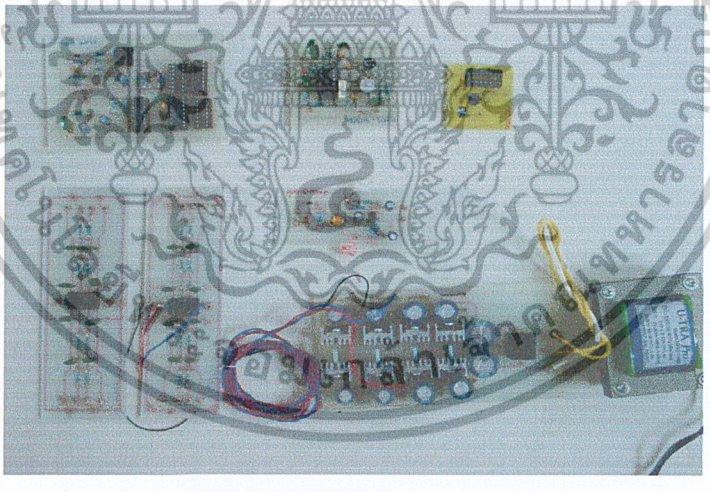
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.6 ผลการทดลองวงจรการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา

4.4 การดีมอดูเลตสัญญาณ

การทดลองวงจรภาคการดีมอดูเลตและการดีมัลติเพลกซ์ ได้ทดสอบกับวงจรสำเร็จดังรูป



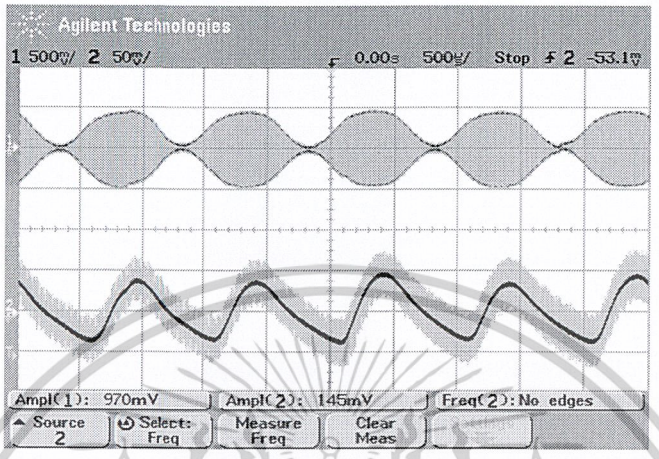
รูปที่ 4.7 วงจรการดีมอดูเลตและดีมัลติเพลกซ์สัญญาณ

4.4.1 วงจรการดีมอดูเลตแอมพลิจูด

1) การทดลอง ทดลองทำการป้อนสัญญาณอินพุตจากวงจรเอเอ็มมอดูเลต เข้าที่จุด TA3 วงจรการดีมอดูเลตแอมพลิจูด เพื่อสังเกตว่าวงจรสามารถดีมอดูเลตสัญญาณแอมพลิจูดว่าสามารถคืนกลับสัญญาณได้หรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ผลการทดลอง วงจรสามารถทำงานได้เนื่องจากสามารถดีมอดูเลตสัญญาณได้ สัญญาณข่าวสารได้เหมือนที่ป้อนให้กับวงจร

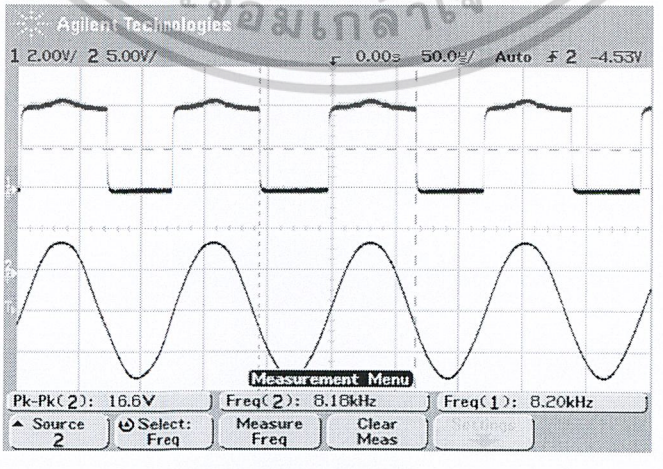


รูปที่ 4.8 ผลการทดลองวงจรการดีมอดูเลตแอมพลิจูด

4.4.2 วงจรการดีมอดูเลตความกว้างพัลส์

1) การทดลอง ทำการป้อนสัญญาณอินพุตจากวงจรมอดูเลตความกว้างพัลส์ เข้าที่อินพุตตำแหน่ง TW2 ของวงจรการดีมอดูเลตความกว้างพัลส์ เพื่อสังเกตว่าวงจรสามารถดีมอดูเลตสัญญาณได้หรือไม่

2) ผลการทดลอง วงจรสามารถทำงานได้เนื่องจากวงจรสามารถดีมอดูเลตสัญญาณได้ สัญญาณข่าวสารที่ได้เหมือนที่ป้อนให้กับวงจร



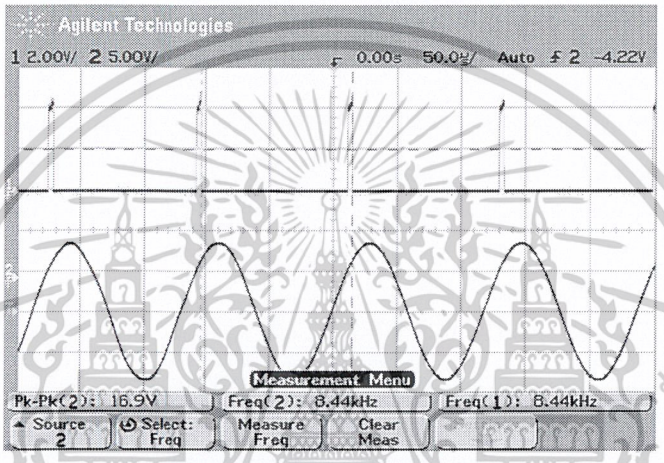
รูปที่ 4.9 ผลการทดลองวงจรการดีมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 วงจรการดีมอดูเลตตำแหน่งพัลส์

1) การทดลอง ทำการป้อนสัญญาณอินพุตจากวงจรพีพีเอ็มมอดูเลต เข้าที่จุด TP2 และสัญญาณนาฬิกาแอมพลิจูดขนาด 810 Vp-p เข้าที่จุด TP3 อินพุตของวงจรการดีมอดูเลตพีพีเอ็มเพื่อสังเกตว่าวงจรสามารถดีมอดูเลตสัญญาณได้หรือไม่

2) ผลการทดลอง วงจรสามารถทำงานได้เนื่องจากสามารถดีมอดูเลตสัญญาณได้สัญญาณข่าวสารที่ได้เหมือนที่ป้อนให้กับวงจร



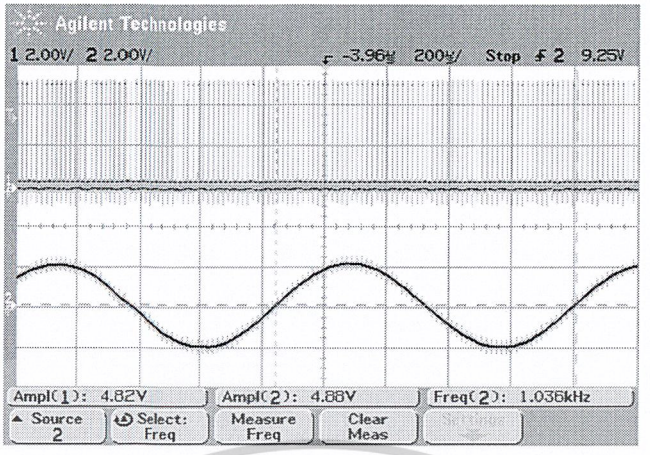
รูปที่ 4.10 ผลการทดลองวงจรการดีมอดูเลตทางตำแหน่งพัลส์

4.4.4 วงจรการดีมอดูเลตแบบรหัสพัลส์

1) การทดลอง ทำการป้อนสัญญาณอินพุตจากวงจรมอดูเลตพีซีเอ็มจากวงจรดีมอดูเลต เข้าที่จุด TC2 และเชื่อมต่อสัญญาณนาฬิกาของมอดูเลตและดีมอดูเลตเข้าด้วยกัน เพื่อสังเกตว่าวงจรสามารถดีมอดูเลตสัญญาณได้หรือไม่

2) ผลการทดลอง วงจรสามารถทำงานได้เนื่องจากวงจรสามารถดีมอดูเลตสัญญาณได้สัญญาณข่าวสารที่ได้เหมือนที่ป้อนให้กับวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

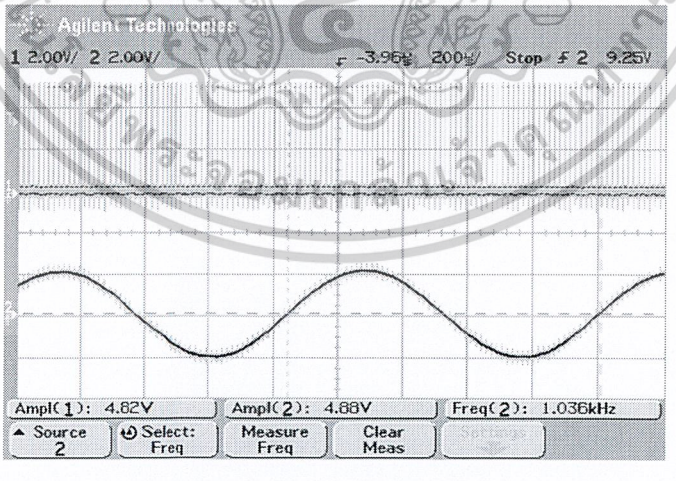


รูปที่ 4.11 ผลการทดลองวงจรการดีมอดูเลตเข้ารหัสพัลส์

4.5 การดีมัลติเพลกซ์สัญญาณแบบแบ่งเวลา

1) การทดลอง จากการที่ป้อนสัญญาณอินพุตที่จุด TD1 เป็นสัญญาณทีดีเอ็ม ให้กับวงจร เพื่อทำการตรวจสอบว่าวงจรสามารถที่จะมัลติเพลกซ์ เอาสัญญาณข่าวสาร 5 ช่องสัญญาณที่ป้อนให้กลับคืนมาได้หรือไม่

2) ผลการทดลอง วงจรสามารถทำงานได้เนื่องจากวงจรสามารถดีมัลติเพลกซ์สัญญาณได้สัญญาณข่าวสารที่ได้เหมือนที่ป้อนให้กับวงจร



รูปที่ 4.12 ผลการทดลองวงจรการดีมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุป

ชุดทดลองระบบรับ-ส่งสัญญาณด้วยเส้นใยนำแสง II สร้างขึ้นเพื่อให้ศึกษาทฤษฎีและหลักการตลอดจนการนำไปใช้งานของระบบรับ-ส่งสัญญาณด้วนเส้นใยนำแสง II ซึ่งเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการขาดแคลนชุดทดลองและปัญหาชุดทดลองที่มีใช้ตามวิทยาลัยเทคนิคส่วนใหญ่มีราคาและมีเนื้อหาไม่สอดคล้องกับบทเรียนที่เรียนในวิชาทฤษฎี

ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าได้แก่ ทฤษฎีการมอดูเลตแอมพลิจูด ทฤษฎีการมอดูเลตทางความกว้างพัลส์ ทฤษฎีการมอดูเลตตำแหน่งพัลส์ ทฤษฎีการมอดูเลตแบบรหัสพัลส์ และทฤษฎีการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา ซึ่งได้นำหลักการต่างๆ ที่ได้ศึกษามาตลอดจนการค้นคว้าเพิ่มเติมมาใช้ในการออกแบบชุดทดลองให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ได้วางไว้

หลักการที่ใช้ในการออกแบบชุดทดลองระบบรับ-ส่งสัญญาณด้วยเส้นใยนำแสง II ได้แก่ การออกแบบชุดทดลองให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ของวิชาเรียนโดยคำนึงถึงผู้เรียน ซึ่งศึกษาอยู่ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงเป็นหลัก ในการออกแบบโครงสร้างของชุดทดลองตลอดจนลำดับขั้นการทดลองจะออกแบบให้มีลักษณะที่ใช้งานง่าย สะดวกในการจัดเก็บเคลื่อนย้ายและเมื่อทดลองแล้วทำให้เข้าใจในส่วนของทฤษฎีเพิ่มขึ้น

จากการทดลองใช้งานชุดทดลองระบบรับ-ส่งสัญญาณด้วยเส้นใยนำแสง II พบว่าสามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์และขีดความสามารถที่ได้วางไว้อยู่ในระดับที่น่าพอใจ เนื่องจากการทดลองทำให้เห็น สัญญาณเสียงที่ผ่านการมอดูเลตทางความสูงผ่านเส้นใยนำแสง สัญญาณข่าวสารที่ผ่านการมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์ผ่านเส้นใยนำแสง สัญญาณข่าวสารที่ผ่านการมอดูเลตทางตำแหน่งพัลส์ผ่านเส้นใยนำแสง สัญญาณข่าวสารที่ผ่านการเข้ารหัสพัลส์ผ่านเส้นใยนำแสง สัญญาณข่าวสารที่ผ่านการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลาผ่านเส้นใยนำแสง ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีเหตุผลที่น่าพอใจอีกประการหนึ่งคือ เป็นชุดทดลองที่มีราคาไม่สูงมากเมื่อเทียบกับการนำเข้าชุดทดลองจากต่างประเทศและยังเป็นแนวทางที่จะพัฒนาชุดทดลองให้มีขีดความสามารถในการทดลองเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากการดำเนินการสร้างและทดสอบโครงงานพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นหลายประการ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ปัญหา ในภาครับของสัญญาณพีซีเอ็มและทีดีเอ็ม สัญญาณนาฬิกาไม่สามารถสร้างคืนสัญญาณนาฬิกาได้ สัญญาณนาฬิกาทางด้านรับและส่งจึงไม่ตรงกันทำให้ไม่สามารถมัลติเพลกซ์สัญญาณได้

แนวทางแก้ไข ทำการต่อตรงสัญญาณนาฬิกาจากทางภาคส่ง เข้ากับทางภาครับโดยตรง

2. ปัญหา การใช้สายไฟธรรมดาในการเชื่อมต่อจุดวัดสัญญาณจากแผ่นวงจรไปยังจุดทดสอบ ทำให้เกิดสัญญาณรบกวน

แนวทางแก้ไข ใช้สายไฟที่มีชีลด์ในการกันสัญญาณรบกวนในการเชื่อมต่อ

3. ปัญหา เครื่องส่งและเครื่องรับสัญญาณไม่สามารถใช้รวมกับวงจรที่มีความถี่มากกว่า 500 kHz ได้ ทำให้วงจรการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลาไม่สามารถที่จะใช้ร่วมกับเครื่องส่งและเครื่องรับส่งสัญญาณผ่านเส้นใยนำแสงได้ เนื่องจากวงจรการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลาใช้สัญญาณนาฬิกาที่มีความถี่สูงมาก

แนวทางแก้ไข ทำการทดลองโดยไม่ต้องผ่านเส้นใยนำแสง ทำการออกแบบเครื่องส่ง-เครื่องรับให้มีการรองรับการใช้กับวงจรที่มีความถี่สูงได้ เพราะ LED ที่ใช้ในเครื่องส่ง-เครื่องรับสามารถใช้กับความถี่ได้สูงถึง 70 MHz

5.3 แนวทางการพัฒนา

1. จัดทำขนาดของชุดทดลองให้มีขนาดที่เหมาะสมกับการจัดเก็บและขนย้าย

2. การออกแบบชุดทดลองควรลดค่าหรือจำนวนขนาดของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้มีค่าเดียวกัน เพื่อป้องกันความยุ่งยากในการประกอบวงจรและเพื่อความสะดวกในการทดลองในแต่ละใบงาน

3. วงจรการทดลองทั้งหมดสามารถออกแบบพัฒนาให้เป็นชุดทดลองประเภทซอฟแวร์ได้โดยใช้โปรแกรมเข้าช่วย

4. ออกแบบชุดทดลองรับ-ส่งสัญญาณผ่านเส้นใยนำแสง ทั้งชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ให้รวมอยู่ในกล่องเดียวกัน เพื่อลดความยุ่งยากในการทดลอง

5. ออกแบบให้มีเครื่องส่งและเครื่องรับอยู่ในชุดทดลอง เพื่อให้วงจรการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลาสามารถส่งผ่านเส้นใยนำแสงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

โกศล เพ็ชร์สุวรรณ์และคร.ชิเงกิ โชจิ.**เทคโนโลยีโทรคมนาคม**.พิมพ์ครั้งที่ 5.กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์ดวงกมล.2534

ประกิจ ตังติสานนท์.**วิศวกรรมการสื่อสาร.**กรุงเทพฯ:สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2538

ธวัชชัย เลื่อนฉวี.**เทคโนโลยีโทรศัพท์.**พิมพ์ครั้งที่ 3.กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ศุภาลัย. 2533

สัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ.**พื้นฐานระบบการสื่อสารแอนะลอก.**พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2543

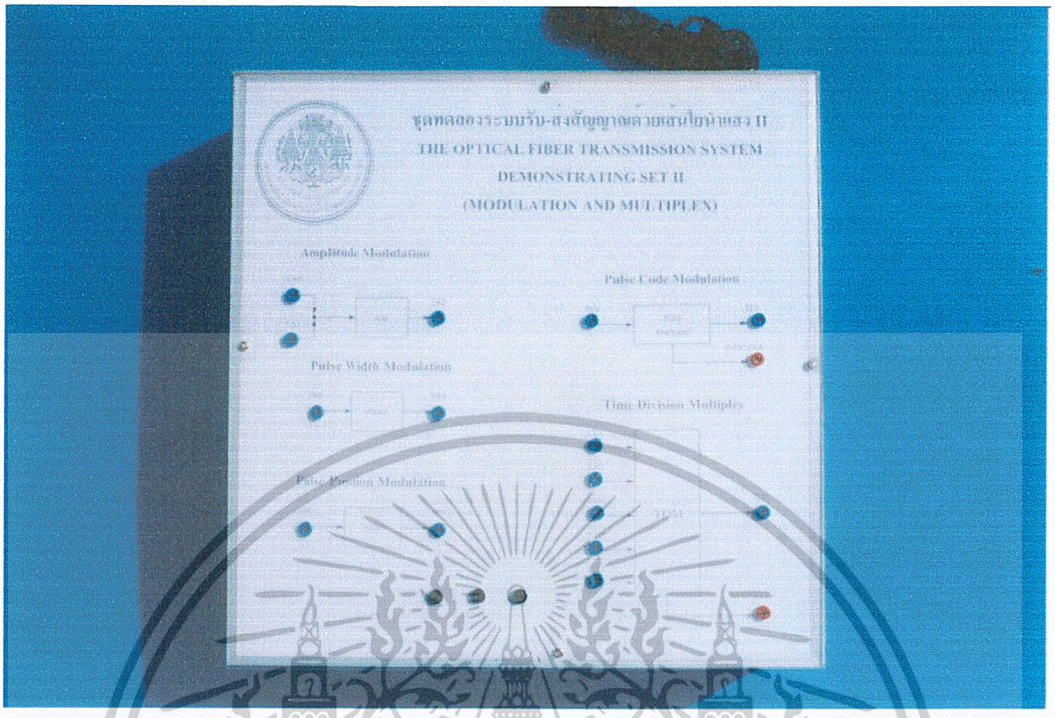
อธิคม ฤกษบุตร.**การสื่อสารข้อมูลด้วยสัญญาณแสง.**กรุงเทพฯ:2538

อภินันท์ มัณยานนท์.**รวมคำถาม-ตอบ เทคโนโลยีการสื่อสารเส้นใยแสง.**พิมพ์ครั้งที่ 2.กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าทหารลาดกระบัง.2538

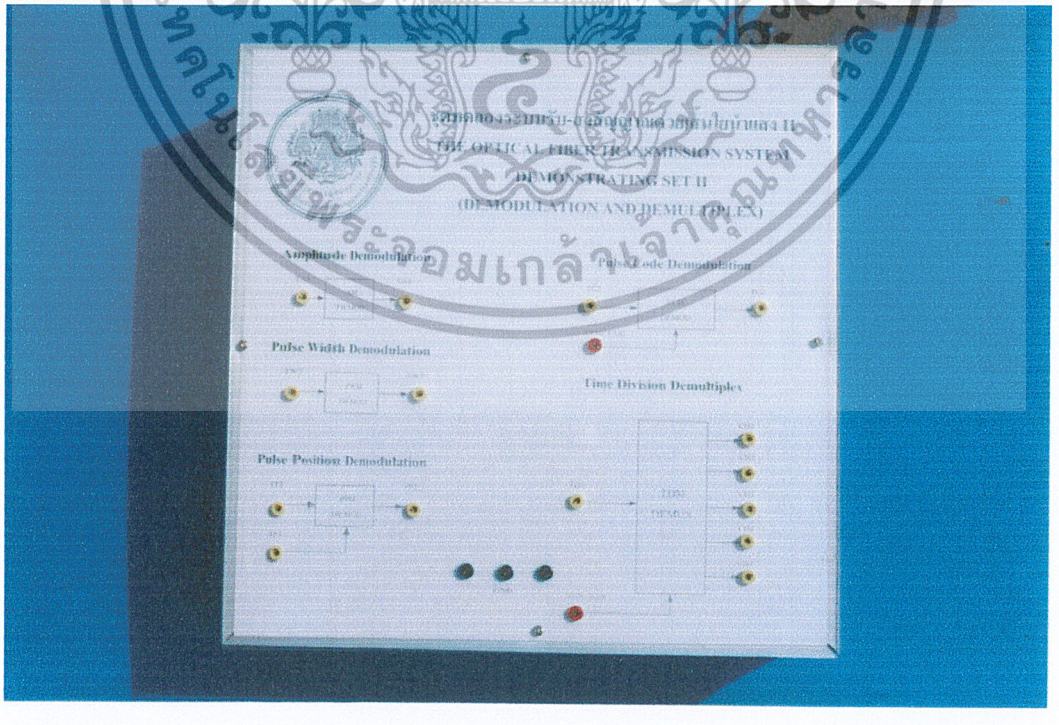
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.1 ภาพด้านบนของชุดทดลองระบบรับ-ส่งสัญญาณผ่านเส้นใยนำแสง II ภาคมอดูเลตและมัลติเพลกซ์



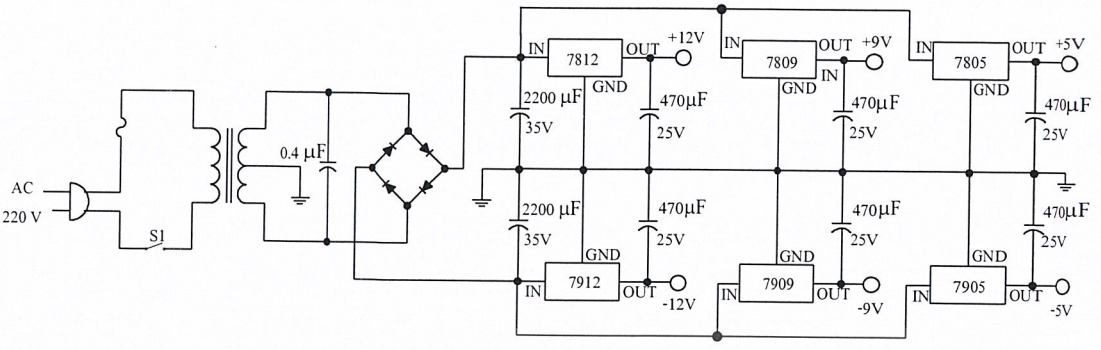
รูปที่ ก.2 ภาพด้านบนของชุดทดลองระบบรับ-ส่งสัญญาณผ่านเส้นใยนำแสง II ภาคดีมอดูเลตและดีมัลติเพลกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

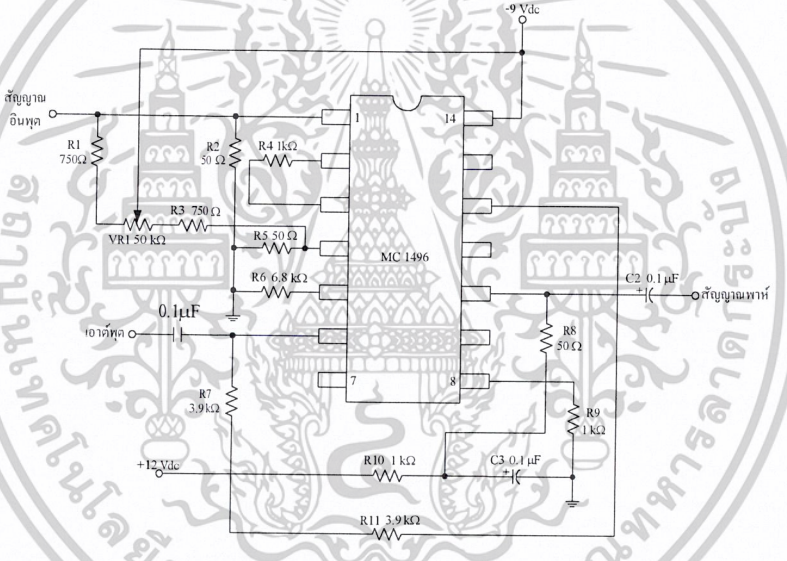
ภาคผนวก ข

วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

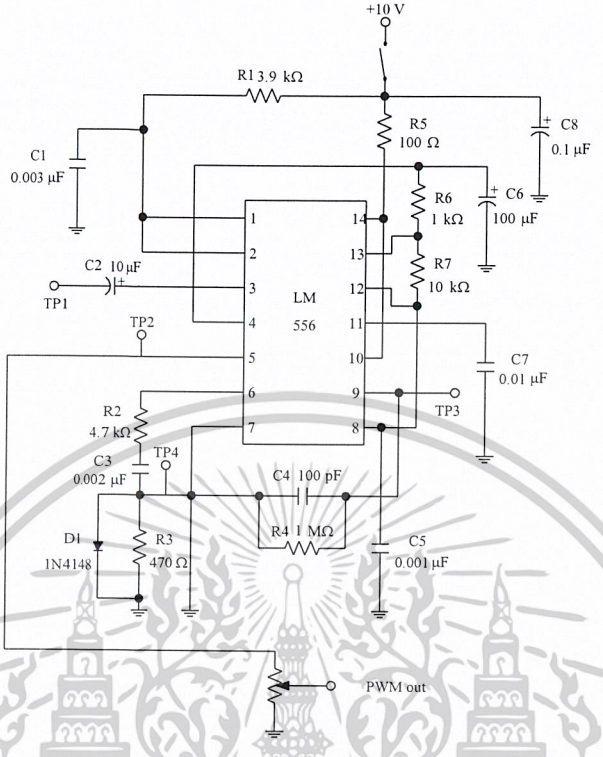


รูปที่ ข.1 วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน

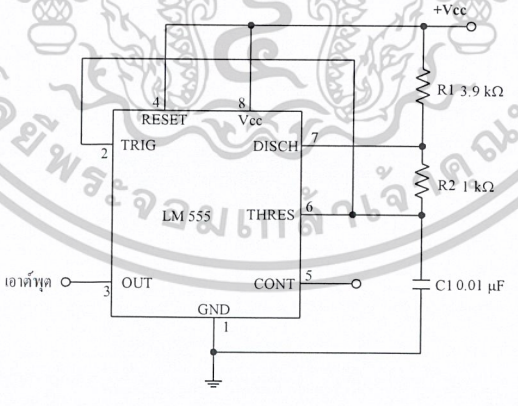


รูปที่ ข.2 วงจรการมอดูเลตแอมพลิจูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

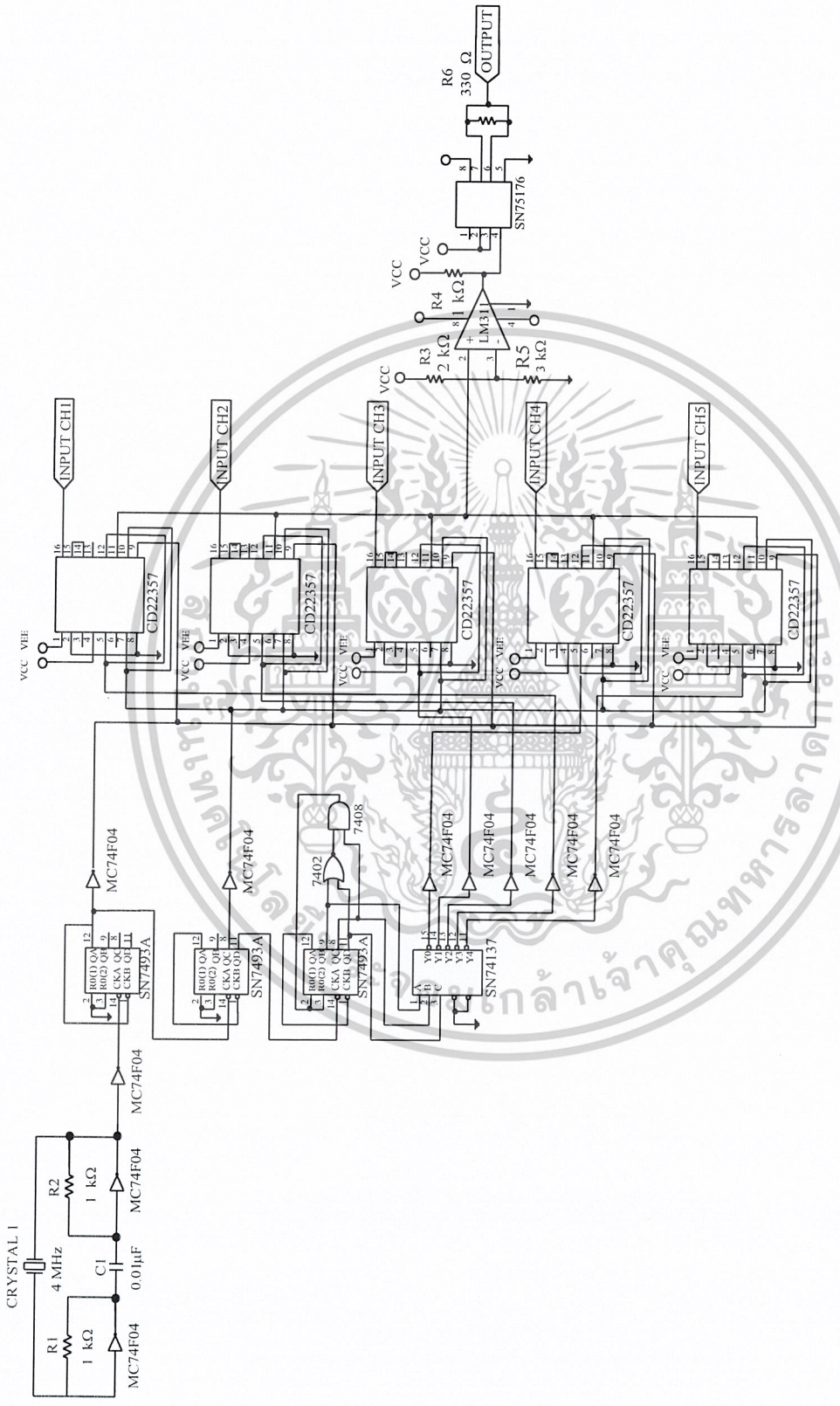


รูปที่ ข.3 วงจรการมอดูเลตทางความกว้างพัลส์



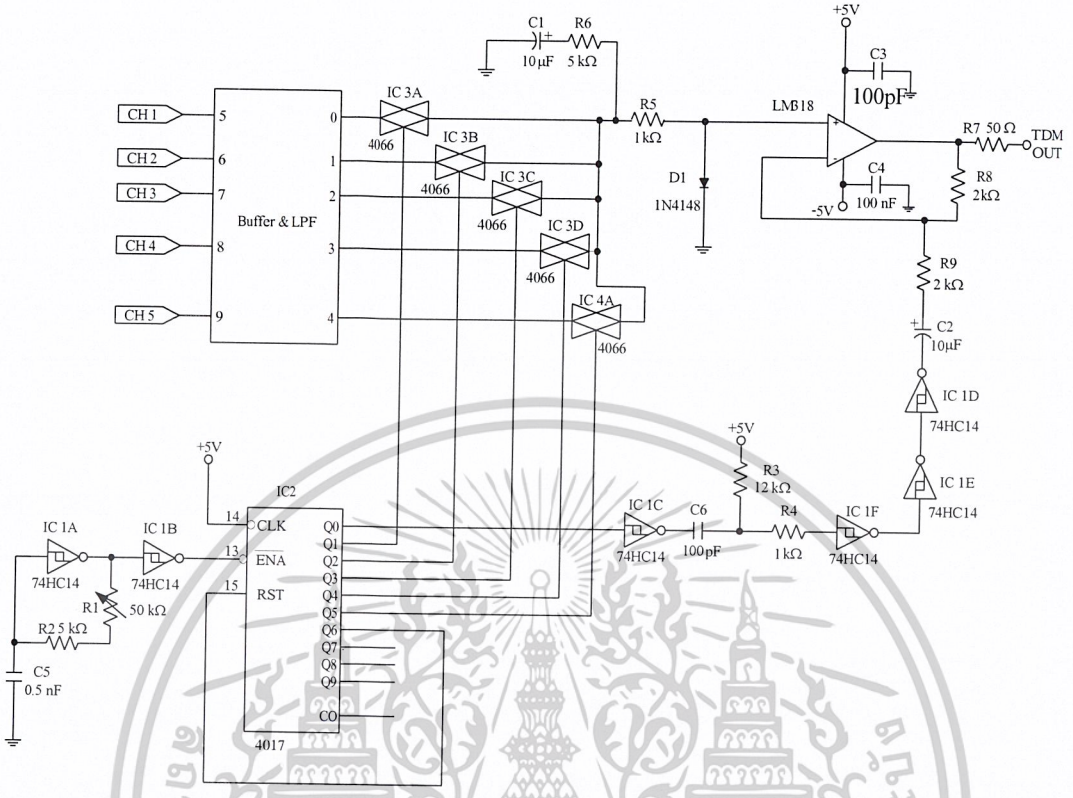
รูปที่ ข.4 วงจรการมอดูเลตตำแหน่งพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

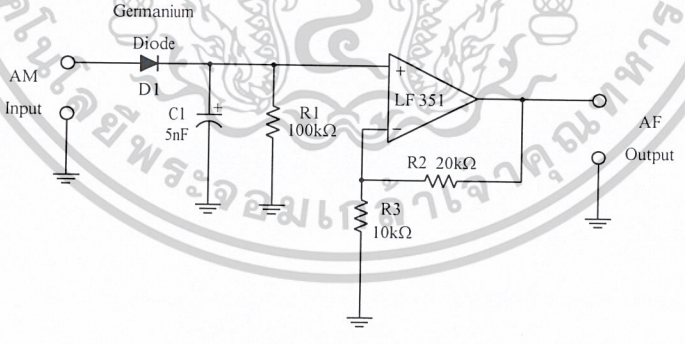


รูปที่ ข.5 วงจรการมอดูเลตแบบรหัสพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

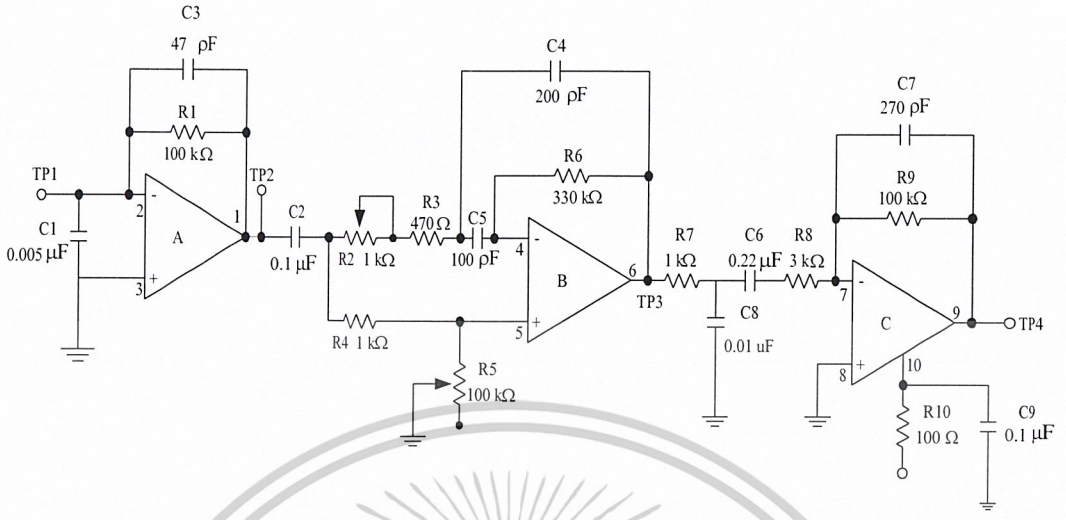


รูปที่ ข.6 วงจรการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา

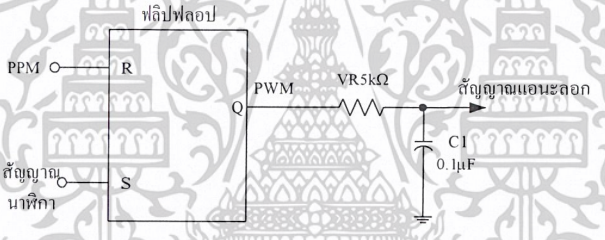


รูปที่ ข.7 วงจรการดีมอดูเลตแอมพลิจูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

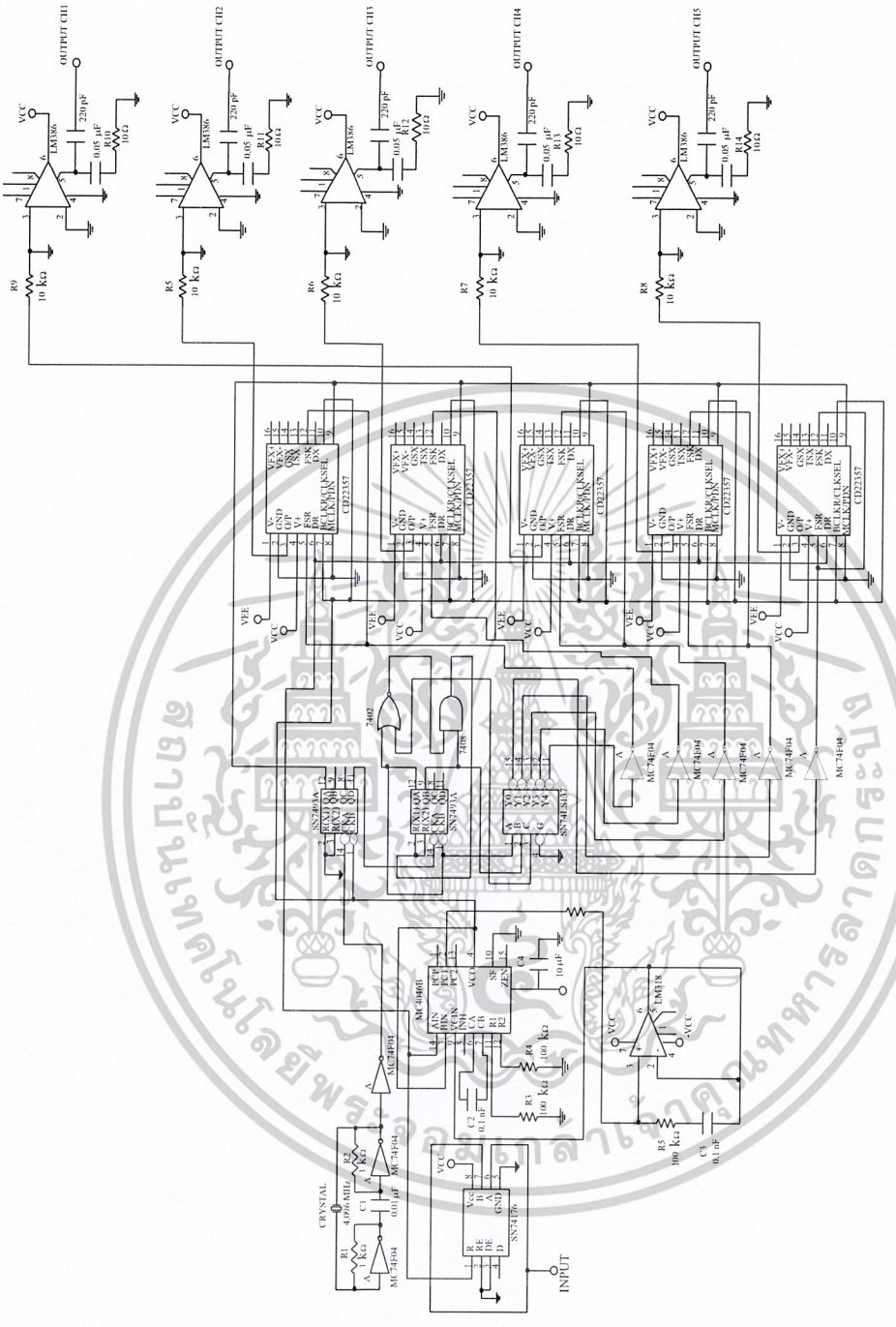


รูปที่ ข.8 วงจรการดีมอดูเลตทางความกว้างพัลส์



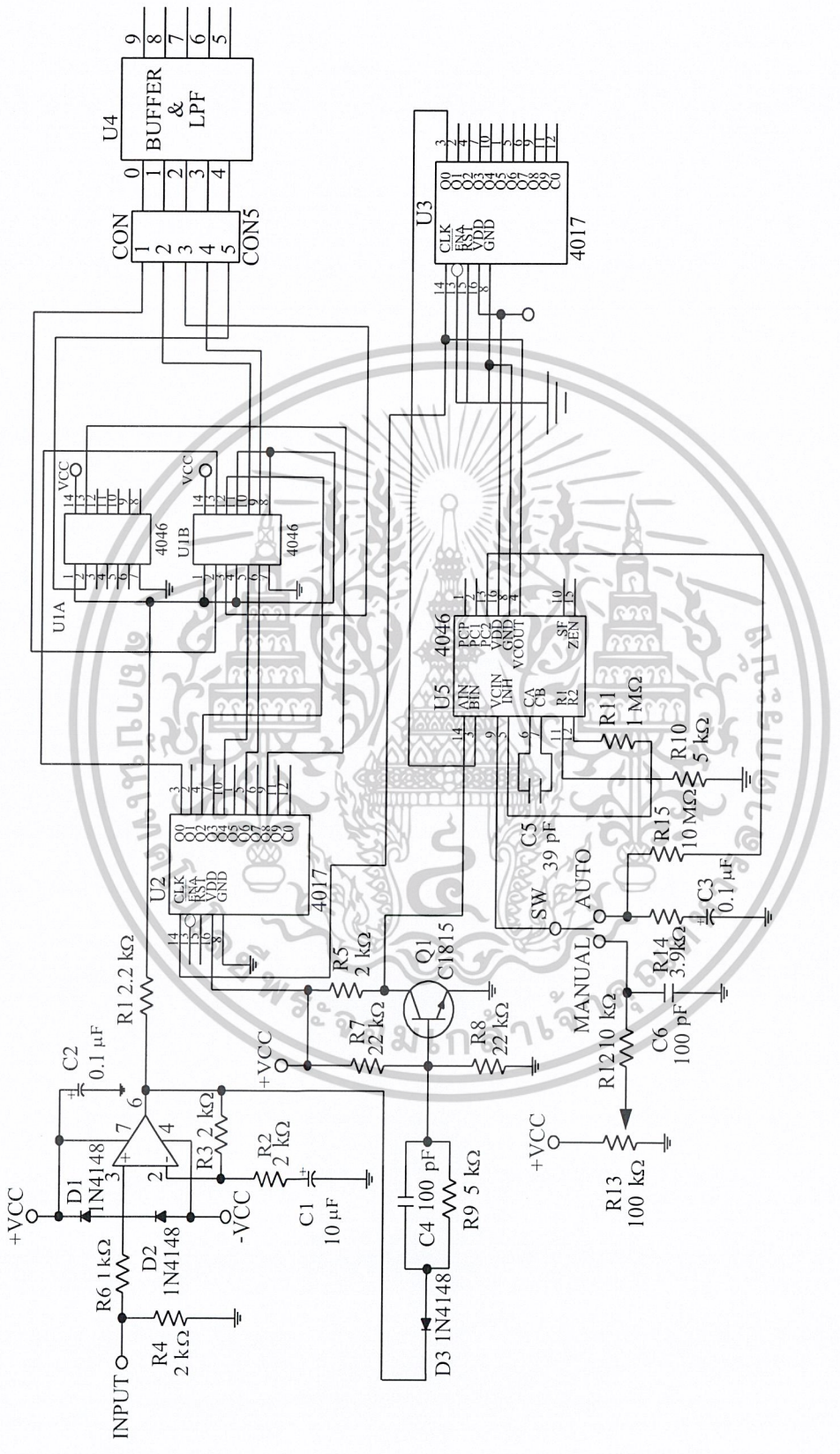
รูปที่ ข.9 วงจรการดีมอดูเลตตำแหน่งพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



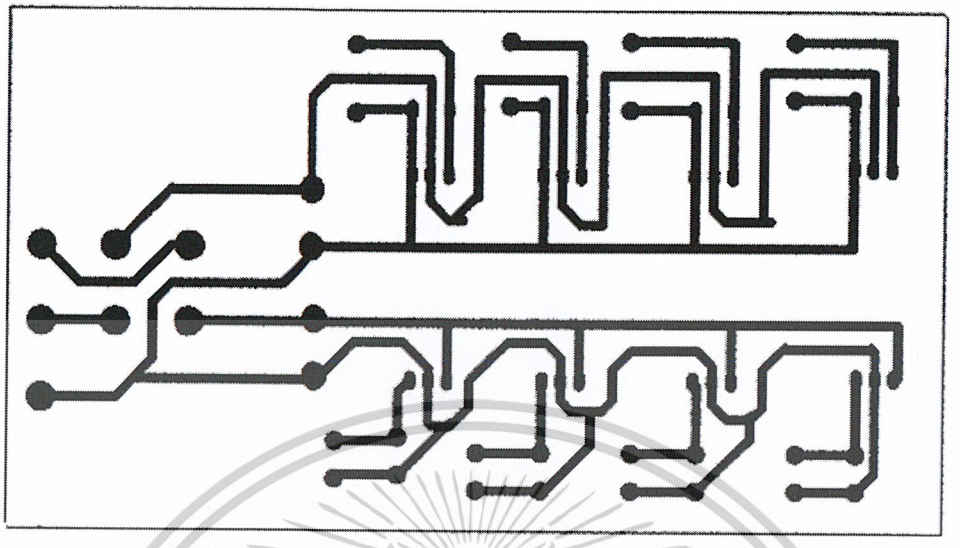
รูปที่ 3.19 วงจรดีมอดูเลตแบบรหัสพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

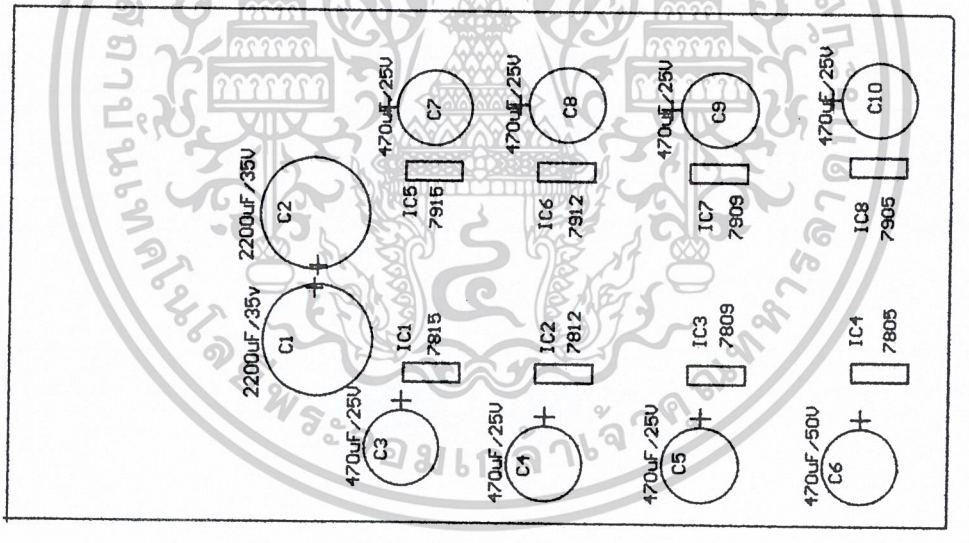


รูปที่ 3.20 วงจรการดีมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

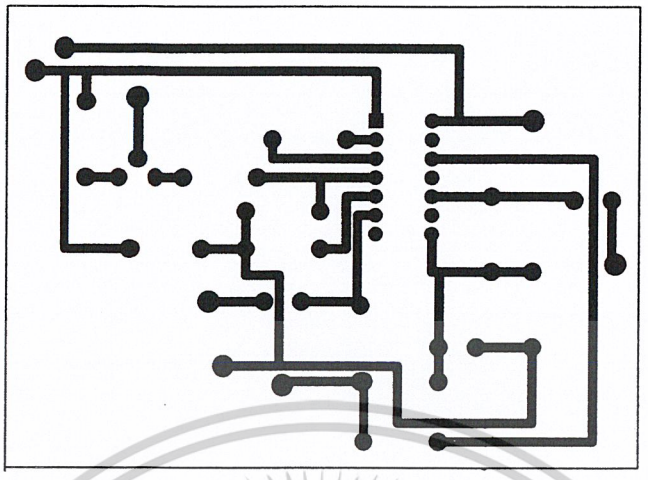


รูปที่ ข.12 ด้านล่างของวงจรพิมพ์แหล่งจ่ายแรงดัน

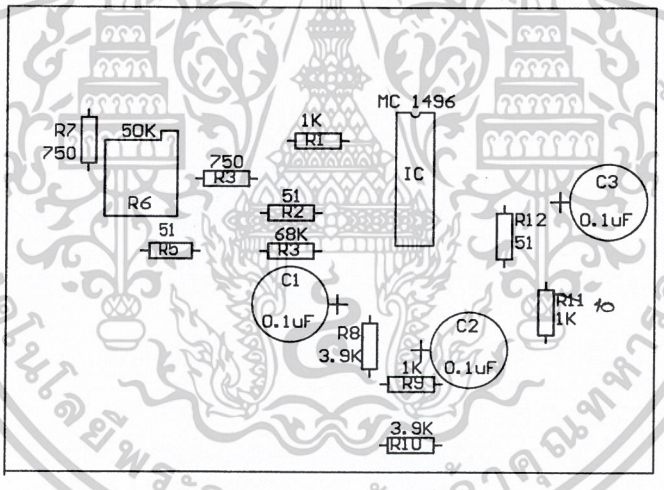


รูปที่ ข.13 ผังการวางอุปกรณ์ของแผ่นวงจรพิมพ์แหล่งจ่ายแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

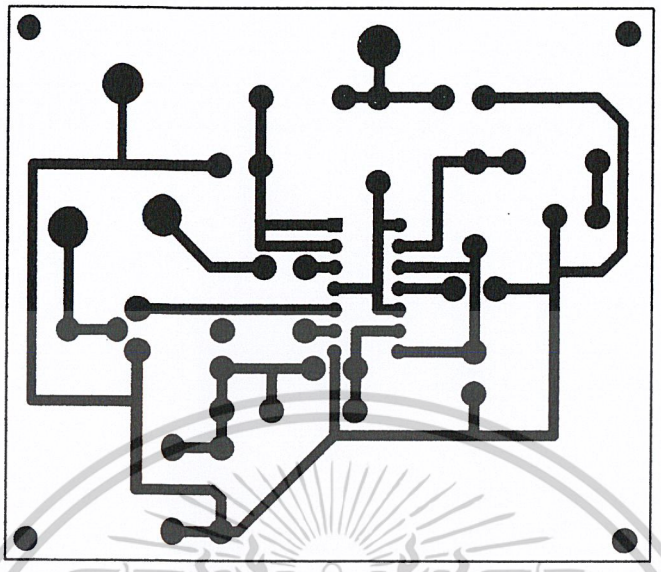


รูปที่ ข.14 ด้านล่างของวงจรพิมพ์การมอดูเลตแอมพลิจูด

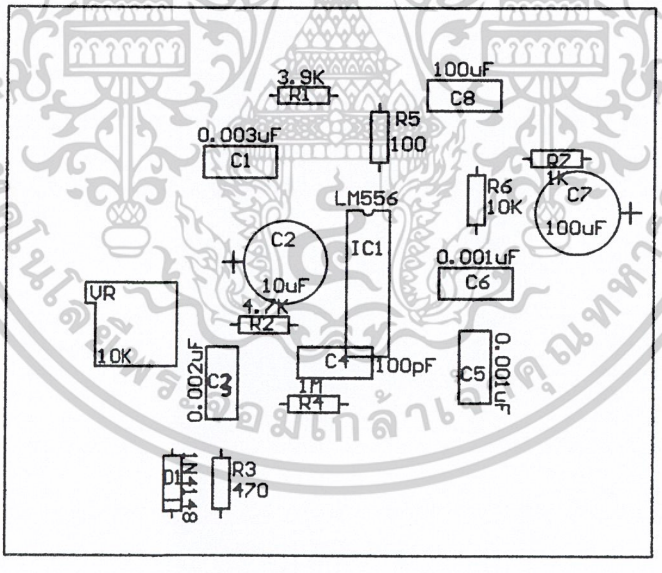


รูปที่ ข.15 ผังการวางอุปกรณ์ของแผ่นวงจรพิมพ์การมอดูเลตแอมพลิจูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

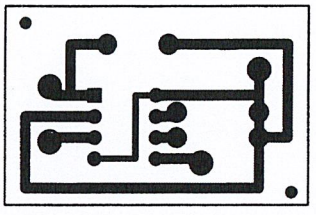


รูปที่ ข.16 ด้านล่างของวงจรพิมพ์การมอดูเลตทางความกว้างพัลส์

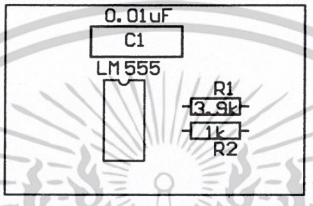


รูปที่ ข.17 ผังการวางอุปกรณ์ของแผ่นวงจรพิมพ์การมอดูเลตทางความกว้างพัลส์

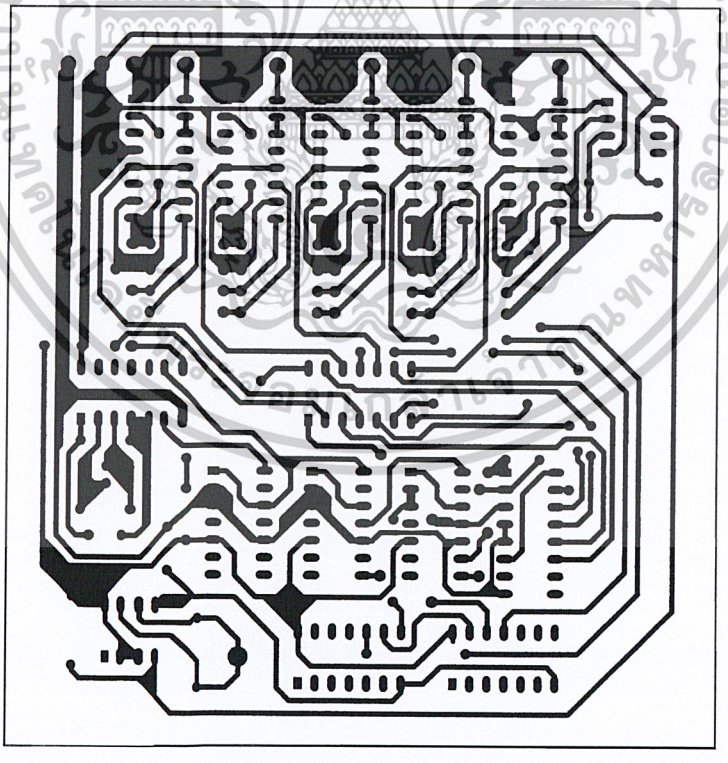
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.18 ด้านล่างของวงจรพิมพ์การมอดูเลตตำแหน่งพัลส์

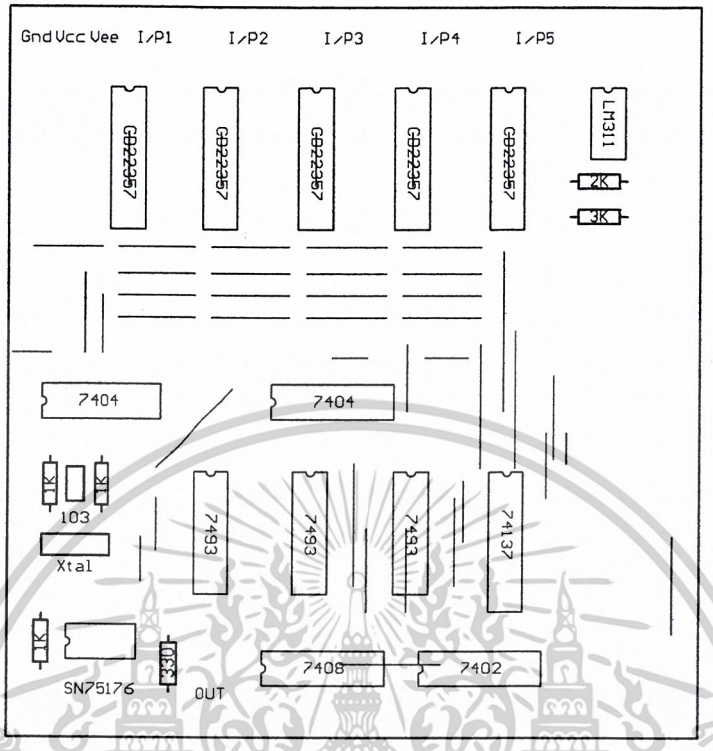


รูปที่ ข.19 ผังการวางอุปกรณ์ของแผ่นวงจรพิมพ์การมอดูเลตตำแหน่งพัลส์

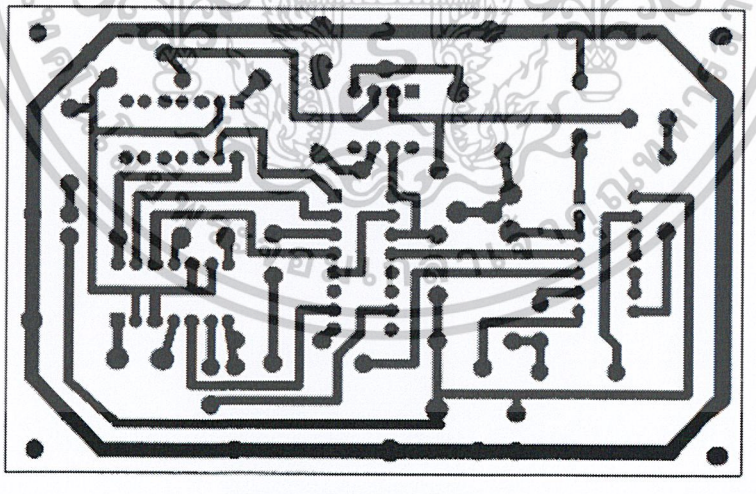


รูปที่ ข.20 ด้านล่างของวงจรพิมพ์การมอดูเลตแบบรหัสพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

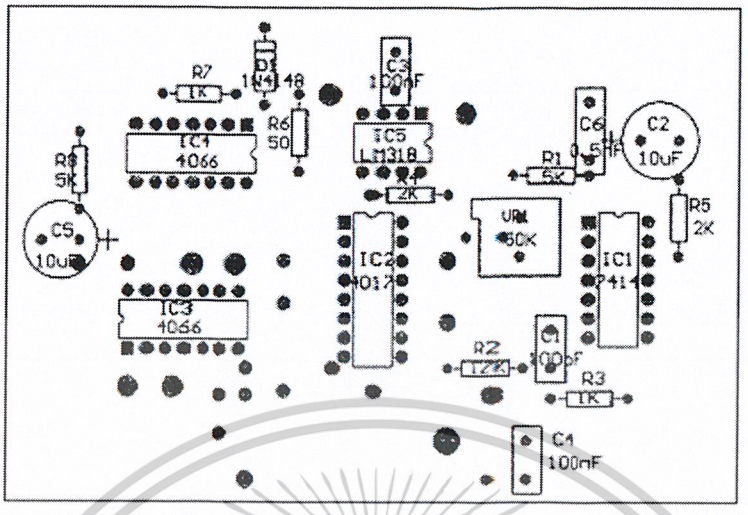


รูปที่ ข.21 ผังการวางอุปกรณ์ของแผ่นวงจรพิมพ์การมอดูเลตแบบรหัสพัลส์

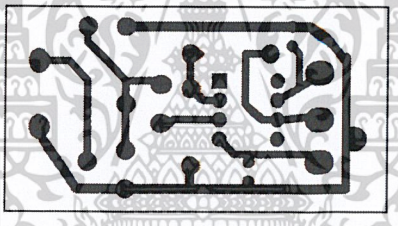


รูปที่ ข.22 ด้านล่างของวงจรพิมพ์การมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา

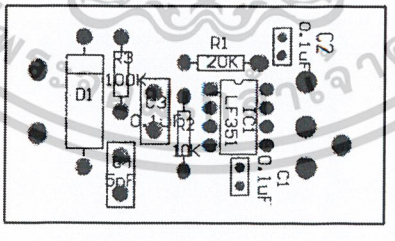
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.23 ผังการวางอุปกรณ์ของแผ่นวงจรพิมพ์การมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา

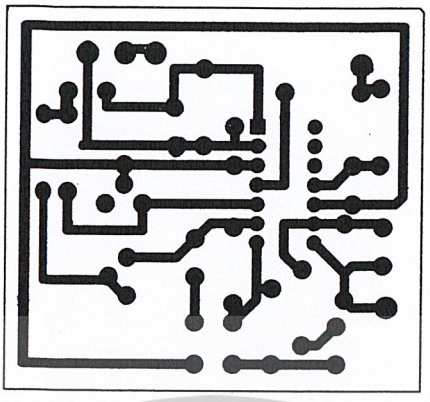


รูปที่ ข.24 ด้านล่างของวงจรพิมพ์การดีมอดูเลตแอมพลิจูด

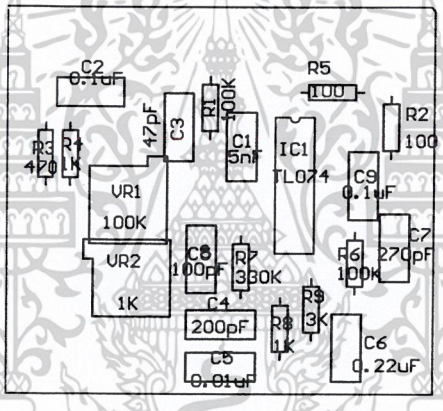


รูปที่ ข.25 ผังการวางอุปกรณ์ของแผ่นวงจรพิมพ์การดีมอดูเลตแอมพลิจูด

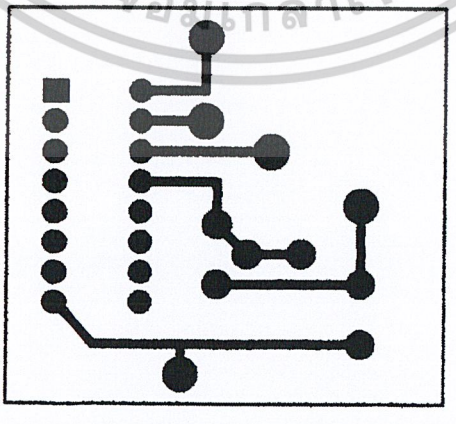
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.26 ด้านล่างของวงจรพิมพ์การดีมอดูเลตทางความกว้างพัลส์

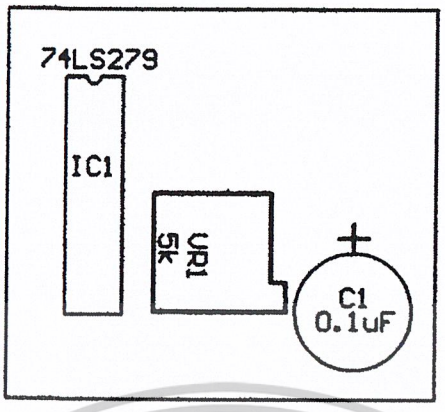


รูปที่ ข.27 ผังการวางอุปกรณ์ของแผ่นวงจรพิมพ์การดีมอดูเลตทางความกว้างพัลส์

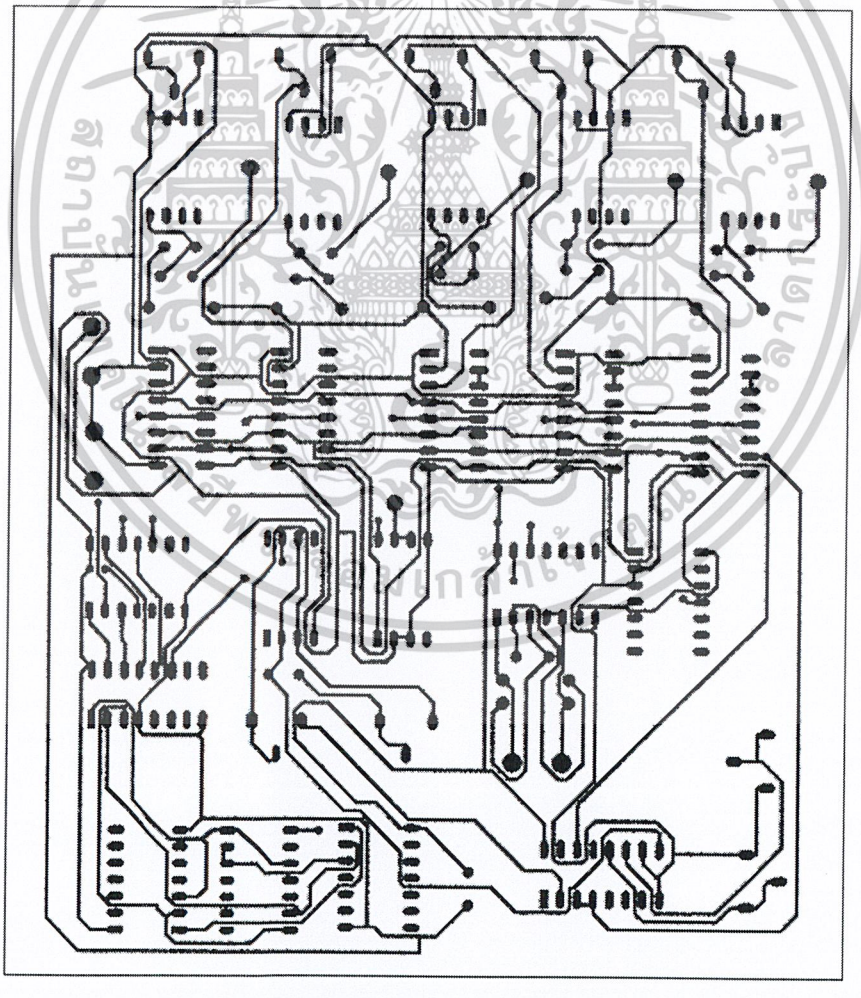


รูปที่ ข.28 ด้านล่างของวงจรพิมพ์การดีมอดูเลตตำแหน่งพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

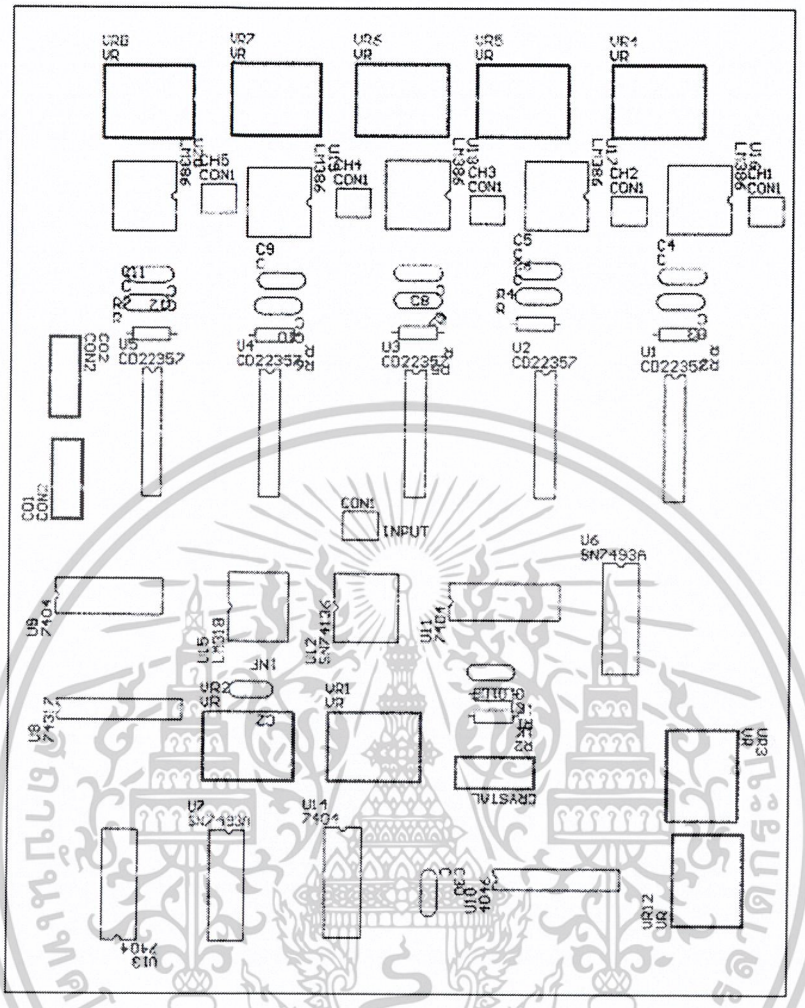


รูปที่ ข.29 ผังการวางอุปกรณ์ของแผ่นวงจรพิมพ์การดีมอดูเลตตำแหน่งพัลส์

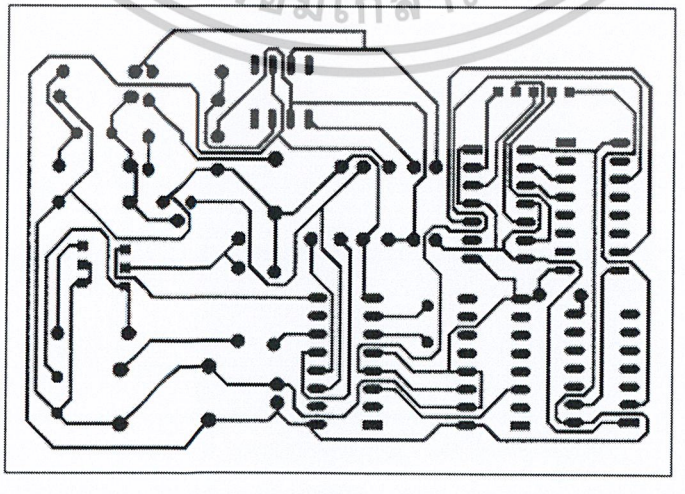


รูปที่ ข.30 ด้านล่างของวงจรพิมพ์การดีมอดูเลตแบบรหัสพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

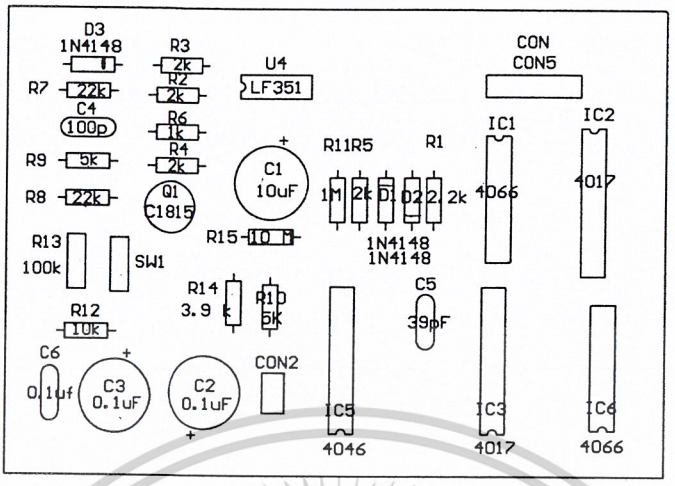


รูปที่ ข.31 ผังการวางอุปกรณ์ของแผ่นวงจรพิมพ์การดีมอดูเลตแบบรหัสพัลส์



รูปที่ ข.32 ด้านล่างของวงจรพิมพ์การดีมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.33 ผังการวางอุปกรณ์ของแผ่นวงจรพิมพ์การดีมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค

รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	7815	1 ตัว
IC2	7812	1 ตัว
IC3	7809	1 ตัว
IC4	7809	1 ตัว
IC5	7915	1 ตัว
IC6	7912	1 ตัว
IC7	7909	1 ตัว
IC8	7905	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1,C2	2200 μF 35 V อิเล็กโตรไลต์	2 ตัว
C3 - C10	470 μF 25 V อิเล็กโตรไลต์	8 ตัว

ตารางที่ ค.2 รายการอุปกรณ์วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	TL074	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1 – C8	0.01 μF ไมลาร์	8 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1 – R8	2 kΩ 1/4 w 1%	8 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 รายการอุปกรณ์วงจรมอดูเลตแอมพลิจูด

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	MC1496	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1 – C3	0.1 μF อิเล็กโตรไลรต์	3 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1, R8, R10	1 kΩ 1/4 w 1%	3 ตัว
R2, R5, R11	50 kΩ 1/4 w 1%	3 ตัว
R3	68 kΩ 1/4 w 1%	1 ตัว
R4, R6	750 Ω 1/4 w 1%	2 ตัว
R7, R9	3.8 kΩ 1/4 w 1%	2 ตัว
VR1	50 kΩ 1 รอบ	1 ตัว

ตารางที่ ค.4 รายการอุปกรณ์วงจรดีมอดูเลตแอมพลิจูด

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
D1	1N4148	1 ตัว
Q1	2N3904	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	0.001 μF ไมลาร์	1 ตัว
C2, C3	1 μF ไมลาร์	2 ตัว
CE	1 μF อิเล็กโตรไลต์	1 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1	3.9 kΩ 1/4 w 1%	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.4 (ต่อ) รายการอุปกรณ์วงจรดีมอดูเลตแอมพลิจูด

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวความต้านทาน		
R2	36 Ω 1/4 w 1%	1 ตัว
R3	6.8 kΩ 1/4 w 1%	1 ตัว
R4	1.5 kΩ 1/4 w 1%	1 ตัว
RE	330 Ω 1/4 w 1%	1 ตัว
VR1	50 kΩ 1 รอบ	1 ตัว

ตารางที่ ค.5 รายการอุปกรณ์วงจรมอดูเลตความกว้างพัลส์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	LM556	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
D1	1N4148	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	0.003 μF ไมลาร์	1 ตัว
C2	10 μF อิเล็กโตรไลต์	1 ตัว
C3	0.002 μF ไมลาร์	1 ตัว
C4	100 pF ไมลาร์	1 ตัว
C5, C6	0.001 μF ไมลาร์	2 ตัว
C7	100 μF อิเล็กโตรไลต์	1 ตัว
C8	0.1 μF ไมลาร์	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.5 (ต่อ) รายการอุปกรณ์วงจรมอดูเลตความกว้างพัลส์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวความต้านทาน		
R1	3.9 kΩ 1/4 w 1%	1 ตัว
R2	4.7 kΩ 1/4 w 1%	1 ตัว
R3	470 Ω 1/4 w 1%	1 ตัว
R4	1 MΩ 1/4 w 1%	1 ตัว
R5	100 Ω 1/4 w 1%	1 ตัว
R6	10 kΩ 1/4 w 1%	1 ตัว
R7	1 kΩ 1/4 w 1%	1 ตัว

ตารางที่ ค.6 รายการอุปกรณ์ของวงจรดีมอดูเลตความกว้างพัลส์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	TL074	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	5 nF ไมลาร์	1 ตัว
C2	0.1 μF อิเล็กโตรไลต์	1 ตัว
C3	47 pF เซรามิค	1 ตัว
C4	200 pF เซรามิค	1 ตัว
C5	0.01 μF อิเล็กโตรไลต์	1 ตัว
C6	0.22 μF อิเล็กโตรไลต์	1 ตัว
C7	270 pF เซรามิค	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.6 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรดีมอดูเลตความกว้างพัลส์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวเก็บประจุ		
C8	100 pF เซรามิค	1 ตัว
C9	0.1 pF เซรามิค	1 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1, R6	100 kΩ 1/4 w 1%	2 ตัว
R2, R5	100 Ω 1/4 w 1%	2 ตัว
R3	470 Ω 1/4 w 1%	1 ตัว
R4, R8	1 kΩ 1/4 w 1%	2 ตัว
R7	330 kΩ 1/4 w 1%	1 ตัว
R9	3 kΩ 1/4 w 1%	1 ตัว
VR1	100 kΩ 1/4 w 1%	1 ตัว
VR2	1 kΩ 1/4 w 1%	1 ตัว

ตารางที่ ค.7 รายการอุปกรณ์วงจรการมอดูเลตตำแหน่งพัลส์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	LM555	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	0.1 μF ไมลาร์	1 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1	3.9 kΩ 1/4 w 1%	1 ตัว
R2	1 kΩ 1/4 w 1%	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.8 รายการอุปกรณ์วงจรการดีมอดูเลตตำแหน่งพัลส์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	74LS279	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
VR1	5 kΩ 1รอบ	1 ตัว
ตัวความต้านทาน		
C1	0.1 μF อิเล็กโตรไลต์	1 ตัว

ตารางที่ ค.9 รายการอุปกรณ์วงจรมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	74HC14	1 ตัว
IC2	74HC4017	1 ตัว
IC3, IC4	74HC4066	2 ตัว
IC5	LM318	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
D1	1N4148	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	100 pF เซรามิค	1 ตัว
C2, C5	10 μF อิเล็กโตรไลต์ 50V	2 ตัว
C3, C4	100 nF เซรามิค	2 ตัว
C6	0.5 nF เซรามิค	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.9 (ต่อ) รายการอุปกรณ์วงจรมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวความต้านทาน		
R1, R6, R8	5 kΩ 1/4 w 1%	3 ตัว
R2	12 kΩ 1/4 w 1%	1 ตัว
R3, R7	1 kΩ 1/4 w 1%	2 ตัว
R4, R5	2 kΩ 1/4 w 1%	2 ตัว

ตารางที่ ค.10 รายการอุปกรณ์วงจรดีมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1, IC6	74HC4066	2 ตัว
IC2, IC3	74HC4017	2 ตัว
IC4	LF351	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
D1 – D3	1N4148	1 ตัว
Q1	C1815	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	10 μF อิเล็กโตรไลต์	1 ตัว
C2, C3	0.1 μF อิเล็กโตรไลต์	2 ตัว
C4	100 pF เซรามิค	1 ตัว
C5	39 pF เซรามิค	1 ตัว
C6	0.1 μF เซรามิค	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.10 (ต่อ) รายการอุปกรณ์วงจรดีมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวความต้านทาน		
R1	2.2 kΩ 1/4 w 1%	1 ตัว
R2 – R5	2 kΩ 1/4 w 1%	4 ตัว
R6	1 kΩ 1/4 w 1%	1 ตัว
R7, R8	22 kΩ 1/4 w 1%	2 ตัว
R10	5 kΩ 1/4 w 1%	1 ตัว
R11	1 MΩ 1/4 w 1%	1 ตัว
R12	10 kΩ 1/4 w 1%	1 ตัว
R13	100 kΩ 1/4 w 1%	1 ตัว
R14	3.9 kΩ 1/4 w 1%	1 ตัว
R15	10 MΩ 1/4 w 1%	1 ตัว

ตารางที่ ค.11 รายการอุปกรณ์วงจรการมอดูเลตเข้ารหัสพัลส์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1 – IC5	CD22357	5 ตัว
IC6	LM311	1 ตัว
IC7, IC8	74LS04	2 ตัว
IC9	575176	1 ตัว
IC10 – IC12	74LS93	3 ตัว
IC13	74LS137	1 ตัว
IC14	74LS08	1 ตัว
IC15	74LS02	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.11 (ต่อ) รายการอุปกรณ์วงจรการมอดูเลตเข้ารหัสพัลส์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวเก็บประจุ		
C1	0.001 μF เซรามิค	1 ตัว
C2	4 MHz คริสตอล	1 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1	2 kΩ 1/4 w 1%	1 ตัว
R2	3 kΩ 1/4 w 1%	1 ตัว
R3, R4, R5	1 kΩ 1/4 w 1%	3 ตัว
R6	330Ω 1/4 w 1%	1 ตัว

ตารางที่ ค.12 รายการอุปกรณ์วงจรการดีมอดูเลตเข้ารหัสพัลส์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1 – IC5	CD22357	5 ตัว
IC6 – IC10	LM386	5 ตัว
IC11, IC12	74LS04	2 ตัว
IC13	74LS02	1 ตัว
IC14	74LS08	1 ตัว
IC15, IC16	74LS93	1 ตัว
IC17	74LS137	1 ตัว
IC18	SN74176	1 ตัว
IC19	MC4046	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	4 MHz คริสตอล	1 ตัว
C2	0.1μF อิเล็กโตรไลต์	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.12 (ต่อ) รายการอุปกรณ์วงจรการดีมอดูเลตแบบรหัสพัลส์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวเก็บประจุ		
C3, C5	0.1 nF เซรามิค	2 ตัว
C4	10 μF อิเล็กโตรไลต์	1 ตัว
C6	220 pF เซรามิค	5 ตัว
C7	0.05 μF	5 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1, R2	1 kΩ 1/4 w 1%	2 ตัว
R3, R4, R5	100 kΩ 1/4 w 1%	3 ตัว
R6	1 MΩ 1/4 w 1%	1 ตัว
R7	10 kΩ 1/4 w 1%	5 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง

ใบงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 1
การวัด ทดสอบการทำงานอุปกรณ์กำเนิดแสง และอุปกรณ์ตรวจจับแสงในระบบเส้นใยนำแสง

วัตถุประสงค์

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์กำเนิดแสงและอุปกรณ์ตรวจจับแสงได้
2. เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตที่ป้อนกับสัญญาณเอาต์พุตที่ได้

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ชุดทดลองระบบส่งสัญญาณ	1 ชุด
2. ชุดทดลองระบบรับสัญญาณ	1 ชุด
3. เส้นใยนำแสงชนิดพลาสติกความยาว 1 เมตร	1 เส้น
4. ออสซิลโลสโคป	1 เครื่อง
5. สายต่อวงจร	

ทฤษฎีเบื้องต้น

1. การเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง

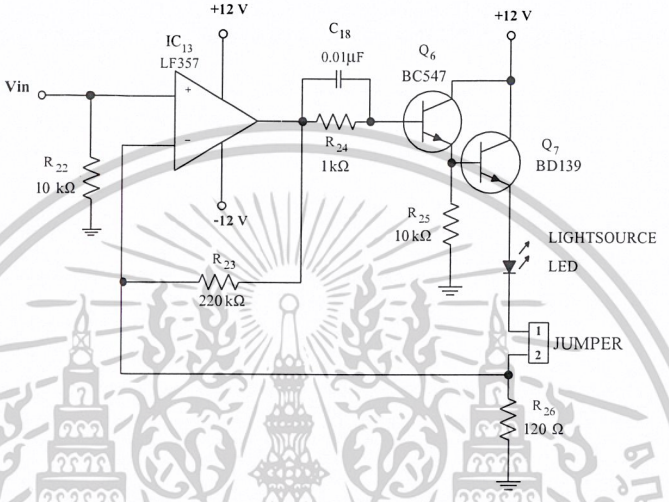
1.1 วงจรขับสัญญาณ

จากรูปที่ 1.1 เป็นวงจรขับสัญญาณ โดยจะจัดเป็นวงจรขยายความคลาดเคลื่อน (Error Amplifier) ที่ใช้ไอซีออปแอมป์ เบอร์ LF357 ซึ่งคุณสมบัติของวงจรขยายความคลาดเคลื่อนคือ แรงดันอินพุตที่ป้อนให้แก่ขาบวกและขาลบของไอซีออปแอมป์จะต้องมีค่าเท่ากันเสมอ ดังนั้นเมื่อเกิดความร้อนขึ้นภายในทรานซิสเตอร์หรือที่อุปกรณ์กำเนิดแสงเอง จนทำให้กระแสไหลผ่านอุปกรณ์กำเนิดแสงมีค่ามากขึ้น วงจรขยายความคลาดเคลื่อนนี้จะทำหน้าที่ปรับอัตราขยายให้ลดลง จนกระทั่งมีกระแสไหลผ่านอุปกรณ์กำเนิดแสงตามที่กำหนด

ไอซีออปแอมป์ เบอร์ LF357 ยังมีหน้าที่ในการขยายสัญญาณทางด้านอินพุตให้แรงขึ้นเพื่อไปขับทรานซิสเตอร์ Q_6 และ Q_7 ซึ่งต่อกันอยู่แบบดาร์ลิงตันทำหน้าที่ควบคุมกระแสให้ไหลผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

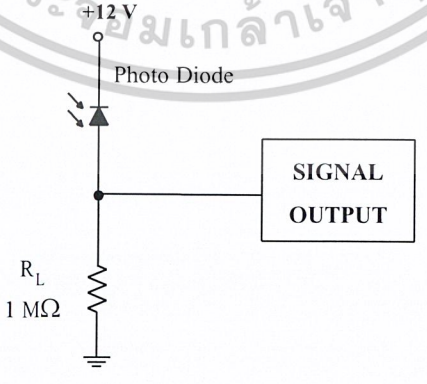
แอลอีดีตามแรงดันที่ได้รับจากขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_6 ถ้าแรงดันที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_6 มีค่าสูงกระแสก็จะไหลผ่านแอลอีดีก็มีค่าสูง แอลอีดีจะกำเนิดแสงออกมาได้มาก ถ้าแรงดันที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_6 มีค่าต่ำจะทำให้มีกระแสไหลผ่านแอลอีดีต่ำ แอลอีดีก็จะกำเนิดแสงออกมาได้ต่ำ



รูปที่ 1.1 วงจรขับสัญญาณ

2. การเปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า

2.1 วงจรเปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า



รูปที่ 1.2 วงจรเปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า

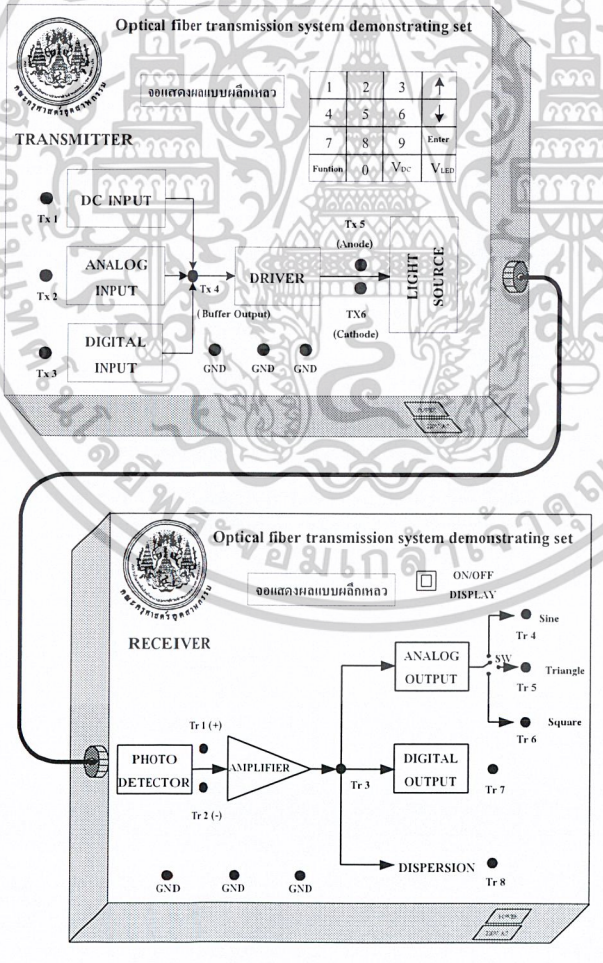
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 1.2 เป็นวงจรที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยใช้อุปกรณ์รับแสงเบอร์ IF-D91 ซึ่งวงจรจะมีการจัดแรงดันไบแอสกลับให้แก่อุปกรณ์รับแสง โดยจะมีหลักการทำงานคือ เมื่อไม่มีแสงมาตกกระทบจะทำให้ แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์รับแสง มีค่าเท่ากับแรงดันที่จัดไบแอสกลับ คือ 12 โวลต์ จึงทำให้กระแสที่ไหลผ่าน R_L มีค่า 0 แอมป์ แต่เมื่อมีแสงมาตกกระทบจะทำให้แรงดันที่ตกคร่อมอุปกรณ์รับแสงลดลง ทำให้มีกระแสที่ไหลผ่าน R_L มีค่ามากขึ้น จะทำให้แรงดันที่ตกคร่อม R_L มากขึ้นตามไปด้วย

ลำดับขั้นการทดลอง

การทดสอบไดโอดเปล่งแสง (LED)

1. ประกอบวงจรการทดลองดังรูป



รูปที่ 1.3 การต่อชุดทดลองเพื่อการทดสอบอุปกรณ์

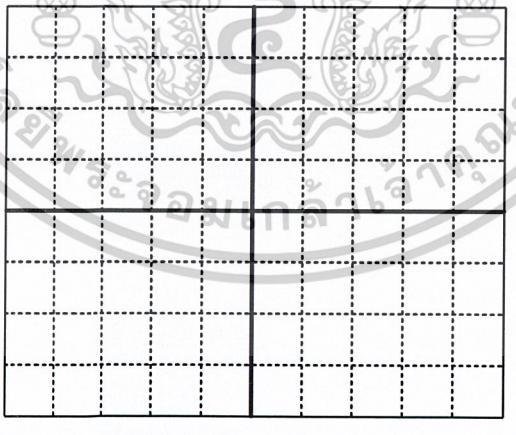
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เลือกอินพุตเป็น Internal DC เปิด SW Power ทั้งชุดเครื่องส่งและเครื่องรับทำการทดลอง โดยป้อนกระแสตามตารางที่ 1.1 และบันทึกค่าแรงดันที่ได้

ตารางที่ 1.1 การทดสอบการส่งสัญญาณผ่านเส้นใยนำแสงโดยการเปลี่ยนค่ากระแสอินพุต

กระแสอินพุต(mA)	V_{LED}(v)	V_{RL}(v)
10	.....	.....
20	.....	.....
30	.....	.....
40	.....	.....
50	.....	.....

3. ป้อนสัญญาณอินพุตรูปไซน์ความถี่ 1 kHz ขนาด 12 V_{p-p} เข้าที่ตำแหน่ง Tx2 เลือกอินพุตที่เครื่องส่งสัญญาณ เป็น External AC ใช้ออสซิลโลสโคปช่องสัญญาณที่ 1 วัดสัญญาณรูปไซน์ที่ตำแหน่ง Tx4 ซึ่งเป็นเอาต์พุตของเครื่องส่งและช่องสัญญาณที่ 2 วัดสัญญาณเอาต์พุตรูปไซน์ของเครื่องรับที่ตำแหน่ง Tr4 บันทึกรูปสัญญาณที่วัดได้

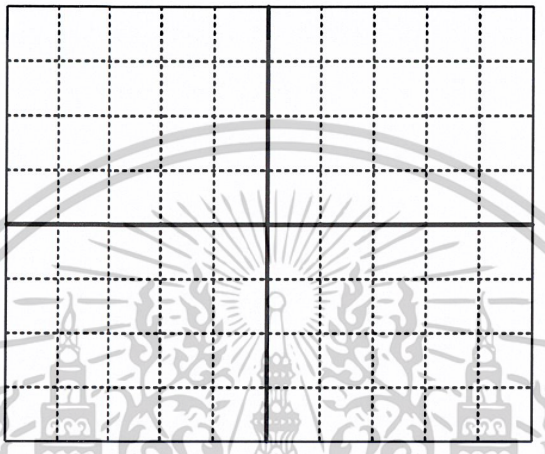


Volt/Div .....Time/Div .....

รูปที่ 1.4 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณอินพุตรูปไซน์ ช่องสัญญาณที่ 2 สัญญาณรูปไซน์หลังจากผ่านเส้นใยนำแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ป้อนสัญญาณอินพุตรูปสี่เหลี่ยมความถี่ 1 kHz ขนาด 12 V_{p-p} เข้าที่ตำแหน่ง Tx2 เลือกอินพุตที่เครื่องส่ง สัญญาณ เป็น External AC ใช้ออสซิลโลสโคปช่องสัญญาณที่ 1วัดสัญญาณสี่เหลี่ยมที่ตำแหน่งTx4 ซึ่งเป็นเอาต์พุตของเครื่องส่งและช่องสัญญาณที่ 2วัดสัญญาณเอาต์พุตสี่เหลี่ยมของเครื่องรับที่ตำแหน่ง Tr4 บันทึกรูปสัญญาณที่วัดได้

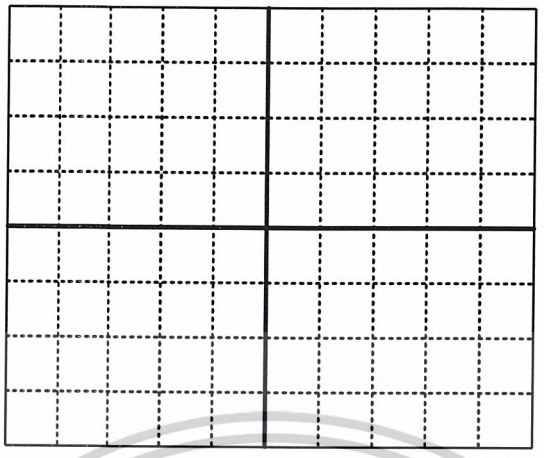


Volt/Div ……Time/Div ……

รูปที่ 1.5 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณอินพุตสี่เหลี่ยม ช่องสัญญาณที่ 2 สัญญาณสี่เหลี่ยมหลังจากผ่านเส้นใยนำแสง

5. ป้อนสัญญาณอินพุตรูปสามเหลี่ยมความถี่ 1 kHz ขนาด 12 V_{p-p} เข้าที่ตำแหน่ง Tx2 เลือกอินพุตที่เครื่องส่งสัญญาณเป็น External AC ใช้ออสซิลโลสโคปช่องสัญญาณที่ 1 วัดสัญญาณรูปสามเหลี่ยมที่ตำแหน่ง Tx4 ซึ่งเป็นเอาต์พุตของเครื่องส่งและช่องสัญญาณที่ 2 วัดสัญญาณอินพุตรูปสามเหลี่ยมของเครื่องรับที่ตำแหน่ง Tr4 บันทึกรูปสัญญาณที่วัดได้

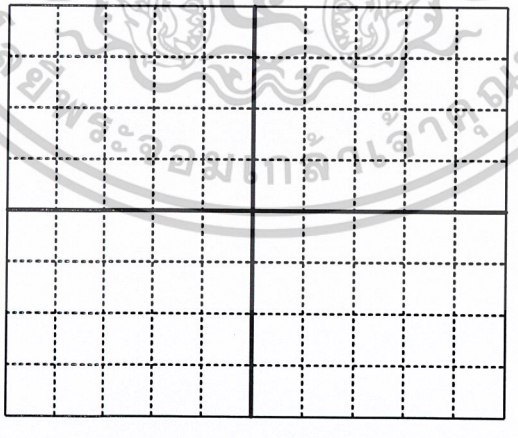
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Volt/Div .....Time/Div .....

รูปที่ 1.6 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณอินพุตสามเหลี่ยม ช่องสัญญาณที่ 2 สัญญาณสามเหลี่ยมหลังจากผ่านเส้นใยนำแสง

6. เลือกอินพุตเป็น External Digital ป้อนสัญญาณพัลส์ดิจิตอลขนาด 1 kHz ขนาด 2 V_{p-p} เข้าที่ตำแหน่ง Tx3 ใช้ออสซิลโลสโคปช่องสัญญาณที่ 1วัดสัญญาณข่าวสารที่ตำแหน่ง Tx4 และช่องสัญญาณที่ 2 วัดสัญญาณดิจิตอลเอาต์พุตที่ตำแหน่ง Tr7 บันทึกรูปสัญญาณที่วัดได้

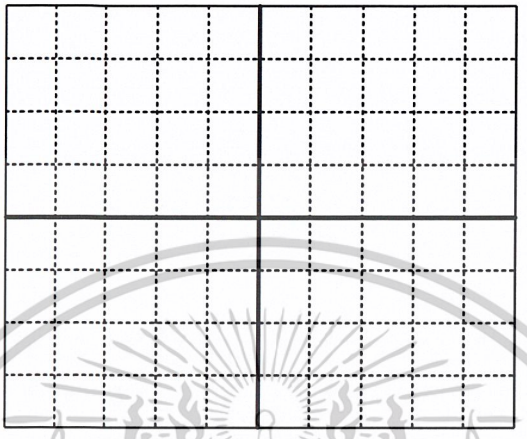


Volt/Div .....Time/Div .....

รูปที่ 1.7 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณข่าวสารดิจิตอล ช่องสัญญาณที่ 2 สัญญาณดิจิตอลที่เครื่องรับหลังจากผ่านเส้นใยนำแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ใช้ออสซิลโลสโคปช่องสัญญาณที่ 1วัดสัญญาณที่ตำแหน่ง Tx4 และช่องสัญญาณที่วัดสัญญาณอินพุตที่ตำแหน่ง Tr 8 บันทึกรูปสัญญาณที่วัดได้



Volt/Div ……Time/Div ……

รูปที่ 1.8 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณดิจิตอลที่เครื่องส่ง ช่องสัญญาณที่ 2 การขยายกว้างออกของสัญญาณดิจิตอลหลังจากผ่านเส้นใยนำแสง

สรุปผลการทดลอง

……

……

……

……

……

……

……

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายหลักการกำเนิดแสง ของ LED มาพอเข้าใจ
2. จงอธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์รับแสง มาพอเข้าใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 2
การส่งสัญญาณเสียงผ่านเส้นใยนำแสง

วัตถุประสงค์

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายหลักการเปลี่ยนสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณแสงและการเปลี่ยนสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณแสงได้
2. อธิบายการส่งสัญญาณเสียงผ่านเส้นใยนำแสงได้
3. เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุตได้

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ชุดทดลองระบบส่งสัญญาณ	1 ชุด
2. ชุดทดลองระบบรับสัญญาณ	1 ชุด
3. เส้นใยนำแสงชนิดพลาสติกยาว 1 เมตร	1 เส้น
4. เส้นใยนำแสงชนิดพลาสติกยาว 5 เมตร	1 เส้น
5. Audio Generator	1 เครื่อง
6. ออสซิลโลสโคป	1 เครื่อง
7. สายต่อวงจร	

ทฤษฎีเบื้องต้น

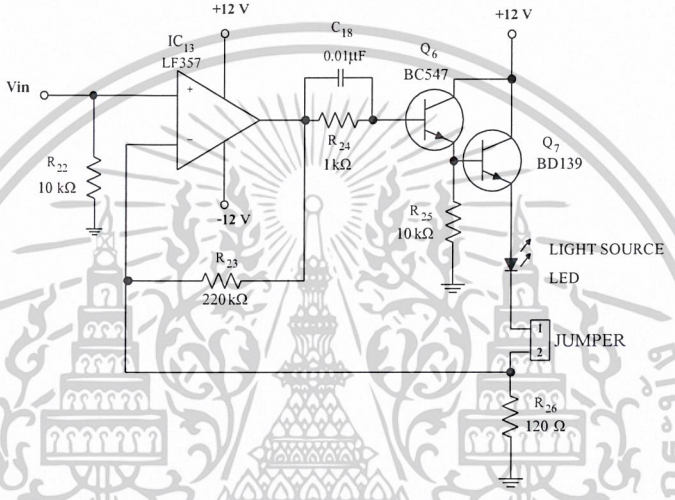
1. การเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง

1.1 วงจรขับสัญญาณ

จากรูปที่ 2.1 เป็นวงจรขับสัญญาณ โดยจะจัดเป็นวงจรขยายความคลาดเคลื่อน (Error Amplifier) ที่ใช้ไอซีออปแอมป์ เบอร์ LF357 ซึ่งคุณสมบัติของวงจรขยายความคลาดเคลื่อนคือแรงดันอินพุตที่ป้อนให้แก่ขาบวกและขาลบของไอซีออปแอมป์จะต้องมีค่าเท่ากันเสมอ ดังนั้นเมื่อเกิดความร้อนขึ้นภายในทรานซิสเตอร์ หรือที่อุปกรณ์กำเนิดแสงเอง จนทำให้กระแสไหลผ่านอุปกรณ์กำเนิดแสงมีค่ามากขึ้น วงจรขยายความคลาดเคลื่อนนี้จะทำหน้าที่ปรับอัตราขยายให้ลดลงจนกระทั่งมีกระแสไหลผ่านอุปกรณ์กำเนิดแสงตามที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

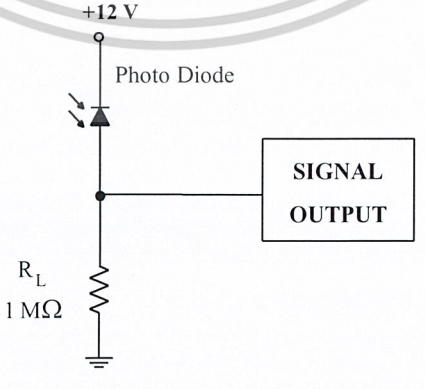
ไอซีออปแอมป์ เบอร์ LF357 ยังมีหน้าที่ในการขยายสัญญาณทางด้านอินพุตให้แรงขึ้นเพื่อไปขับทรานซิสเตอร์ Q_6 และ Q_7 ซึ่งต่อกันอยู่แบบดาร์ลิงตันทำหน้าที่ควบคุมกระแสให้ไหลผ่านแอลอีดีตามแรงดันที่ได้รับจากขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_6 ถ้าแรงดันที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_6 มีค่าสูงกระแสก็จะไหลผ่านแอลอีดีก็มีค่าสูง แอลอีดีจะกำเนิดแสงออกมาได้มาก ถ้าแรงดันที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_6 มีค่าต่ำจะทำให้มีกระแสไหลผ่านแอลอีดีต่ำ แอลอีดีก็จะกำเนิดแสงออกมาได้ต่ำ



รูปที่ 2.1 วงจรขับสัญญาณ

2. การเปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า

2.1 วงจรเปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า



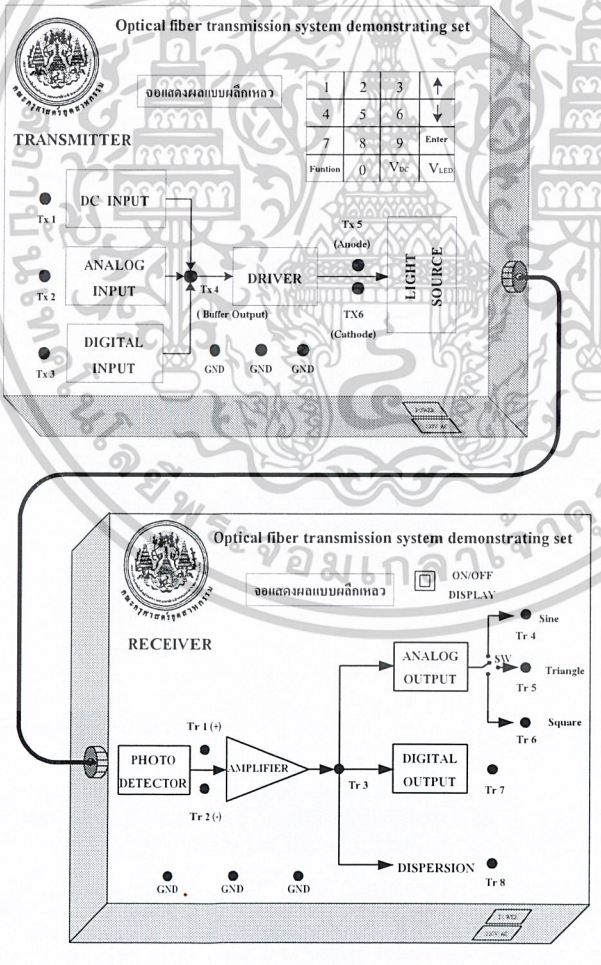
รูปที่ 2.2 วงจรเปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.2 เป็นวงจรที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยใช้อุปกรณ์รับแสงเบอร์ IF-D91 ซึ่งวงจรจะมีการจัดแรงดันไบแอสกลับให้แก่อุปกรณ์รับแสง โดยจะมีหลักการทำงานคือ เมื่อไม่มีแสงมาตกกระทบจะทำให้ แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์รับแสง มีค่าเท่ากับแรงดันที่จัดไบแอสกลับ คือ 12 โวลต์ จึงทำให้กระแสที่ไหลผ่าน R_L มีค่า 0 แอมป์ แต่เมื่อมีแสงมาตกกระทบจะทำให้แรงดันที่ตกคร่อมอุปกรณ์รับแสงลดลง ทำให้มีกระแสที่ไหลผ่าน R_L มีค่ามากขึ้น จะทำให้แรงดันที่ตกคร่อม R_L มากขึ้นตามไปด้วย

ลำดับขั้นการทดลอง

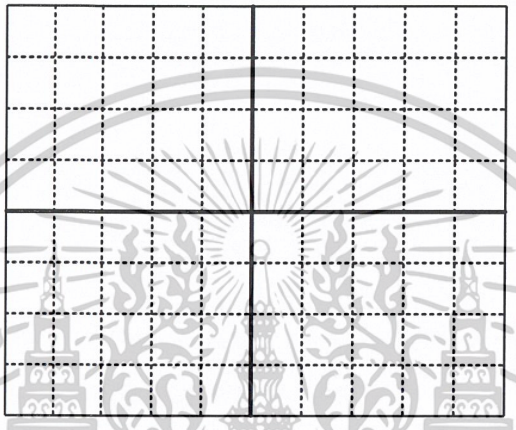
1. ต่อชุดทดลองรับและส่งสัญญาณเข้าด้วยกันดังรูปที่ 2.3
2. เปิดสวิตซ์ชุดทดลอง



รูปที่ 2.3 การต่อชุดทดลองการส่งสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ป้อนสัญญาณอินพุตรูปไซน์ความถี่ 1 kHz ขนาด 12 V_{p-p} เข้าที่ตำแหน่ง Tx2 ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณเสียงอินพุตที่ตำแหน่ง Tx4
4. ปรับ Volt/Div กับ Time/Div ของออสซิลโลสโคปจนกระทั่งรูปสัญญาณที่ปรากฏบนหน้าจอออสซิลโลสโคปชัดเจน
5. สังเกตและบันทึกรูปสัญญาณที่วัดได้

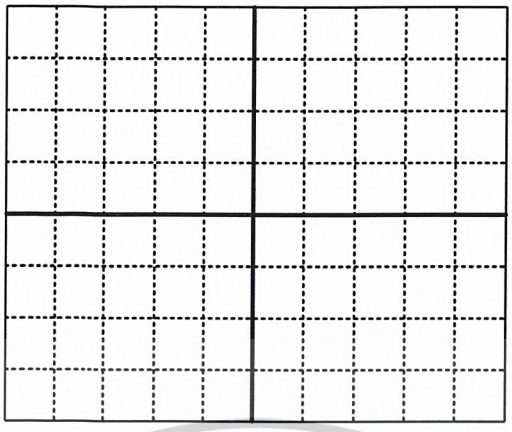


Volt/Div .....Time/Div .....

รูปที่ 2.4 สัญญาณเสียงอินพุต

6. ใช้ออสซิลโลสโคปช่องสัญญาณที่ 1 วัดสัญญาณเสียงที่ตำแหน่ง Tx4 เทียบกับกราวด์ และช่องสัญญาณที่ 2 วัดสัญญาณเสียงที่ตำแหน่ง Tr4 เทียบกับกราวด์บันทึกรูปสัญญาณที่วัดได้

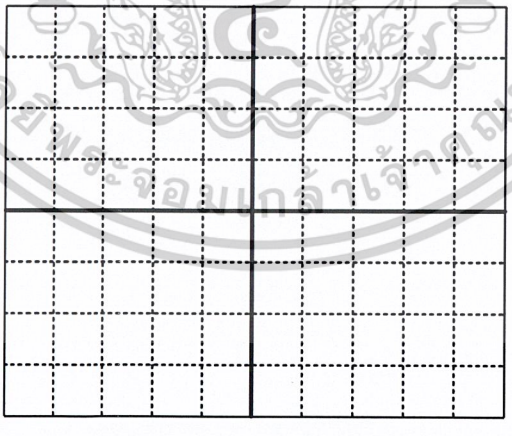
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Volt/Div .....Time/Div .....

รูปที่ 2.5 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณเสียงอินพุต ช่องสัญญาณที่ 2 สัญญาณเสียงหลังจากผ่านเส้นใยนำแสง

7. เปลี่ยนความยาวของเส้นใยนำแสงเป็น 5 เมตรบันทึกค่าแรงดันที่วัดได้โดยใช้ออสซิลโลสโคปช่องสัญญาณที่ 1 วัดสัญญาณเสียงที่ตำแหน่ง Tx4 เทียบกับกราวด์และช่องสัญญาณที่ 2 วัดสัญญาณเสียงที่ตำแหน่ง Tr4 เทียบกับกราวด์ บันทึกรูปสัญญาณที่วัดได้



Volt/Div .....Time/Div .....

รูปที่2.6 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณความถี่ 1 kHz ช่องสัญญาณที่ 2 สัญญาณหลังจากผ่านเส้นใยนำแสงเมื่อความยาวของเส้นใยนำแสง 5 เมตร

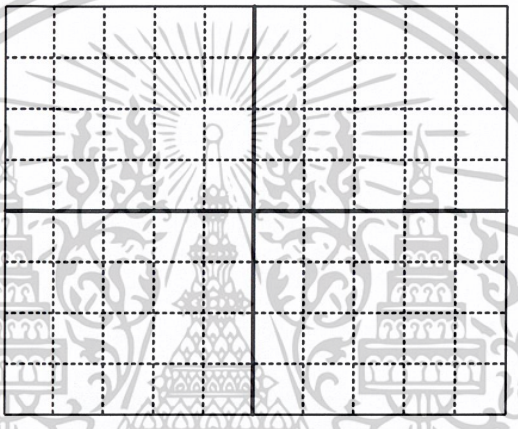
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบายรูปสัญญาณที่ปรากฏบนจอออสซิลโลสโคป

.....

.....

9.ใช้ออสซิลโลสโคปช่องสัญญาณเสียงที่ 1 วัดที่ตำแหน่ง Tx4 เทียบกราวด์และช่องสัญญาณที่ 2วัดสัญญาณเสียงเมื่อผ่านเส้นใยนำแสงที่ตำแหน่ง Tr8 เทียบกับกราวด์ บันทึกรูปสัญญาณที่วัดได้



Volt/Div .....Time/Div .....

รูปที่ 2.7 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณความถี่ 1 kHz ช่องสัญญาณที่ 2 การขยายกว้างออกของสัญญาณหลังจากผ่านเส้นใยนำแสงเมื่อความยาวของเส้นใยนำแสง 5 เมตร

สรุปลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายหลักการหรือวิธีการในการส่งสัญญาณเสียงผ่านเส้นใยนำแสง
2. การเปลี่ยนความยาวของเส้นใยนำแสงมีผลอย่างไรกับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 3
การส่งสัญญาณเสียงที่ผ่านการมอดูเลตแอมพลิจูดผ่านเส้นใยนำแสง

วัตถุประสงค์

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายการมอดูเลตสัญญาณทางความสูงได้
2. คำนวณหาค่าอัตราการมอดูเลตได้ถูกต้อง
3. วัดรูปสัญญาณอินพุตเทียบกับสัญญาณเอาต์พุตได้
4. เปรียบเทียบผลการทดลองกับทฤษฎีได้

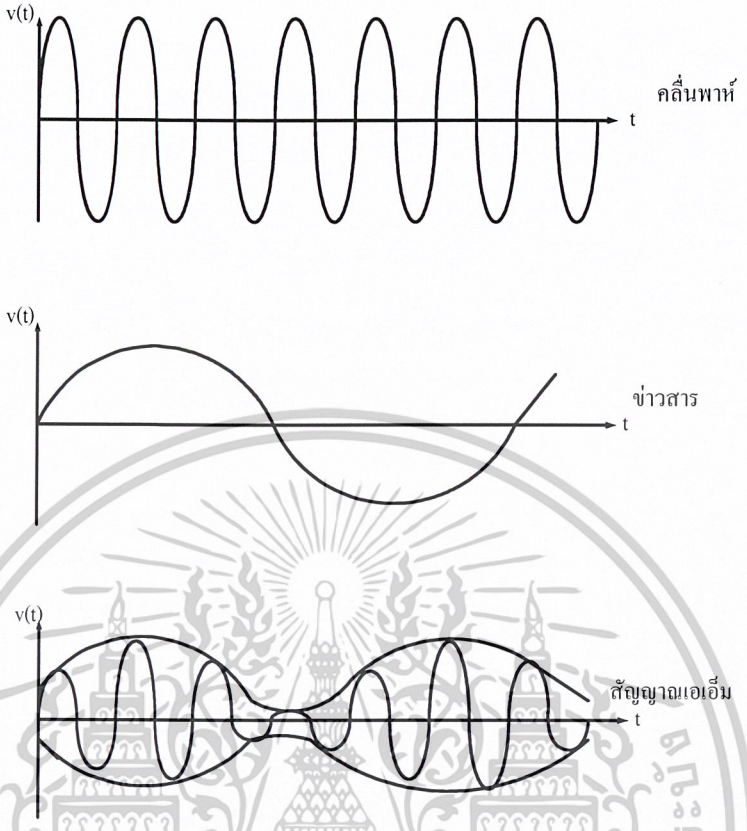
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ชุดอุปกรณ์ระบบส่งสัญญาณ	1 ชุด
2. ชุดอุปกรณ์ระบบรับสัญญาณ	1 ชุด
3. ชุดอุปกรณ์ระบบส่งสัญญาณ II	1 ชุด
4. ชุดอุปกรณ์ระบบรับสัญญาณ II	1 ชุด
5. เส้นใยนำแสงชนิดพลาสติกยาว 1 เมตร	1 เส้น
6. ออสซิลโลสโคป	1 เครื่อง
7. Audio Generator	1 เครื่อง
8. สายต่อวงจร	

ทฤษฎีเบื้องต้น

การมอดูเลตทางแอมพลิจูด เรียกสั้นๆว่าการมอดูเลตแบบเอเอ็มและเรียกสัญญาณที่ถูกมอดูเลตนี้ว่าสัญญาณเอเอ็ม วิธีนี้แอมพลิจูดของคลื่นพาห์จะเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณของข้อมูลที่เข้ามา การมอดูเลตแบบเอเอ็มเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดในการมอดูเลตแต่คุณภาพของสัญญาณไม่ดี มีความต้านทานสัญญาณรบกวนต่ำ เหมาะกับสัญญาณที่ไม่ต้องการคุณภาพมากนัก เช่น สัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

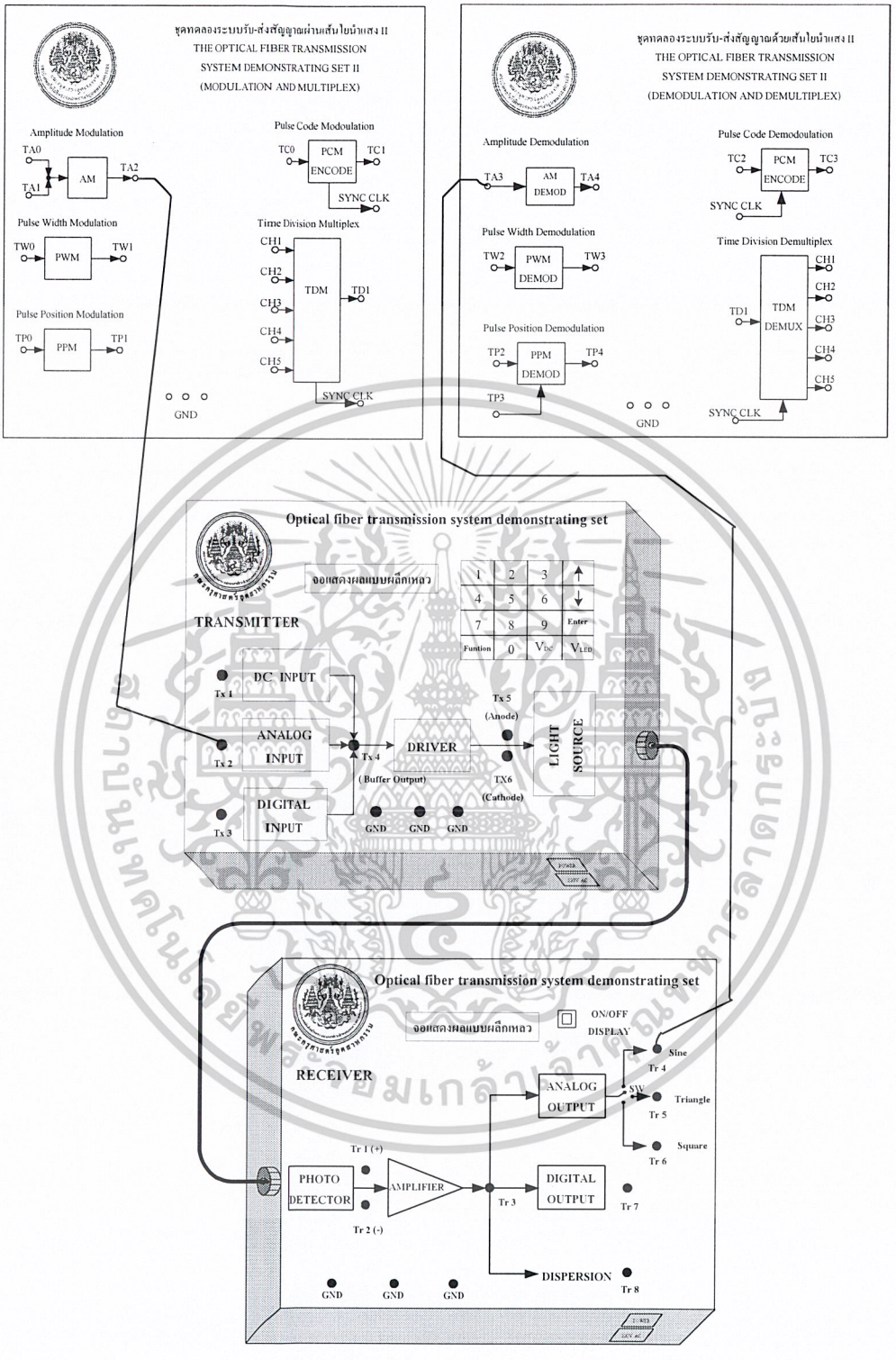


รูปที่ 3.1 การมอดูเลตสัญญาณเอเอ็ม

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อชุดเครื่องส่งเข้ากับชุดเครื่องรับดังรูปที่ 3.2 โดยใช้เส้นใยนำแสงความยาว 1 เมตร

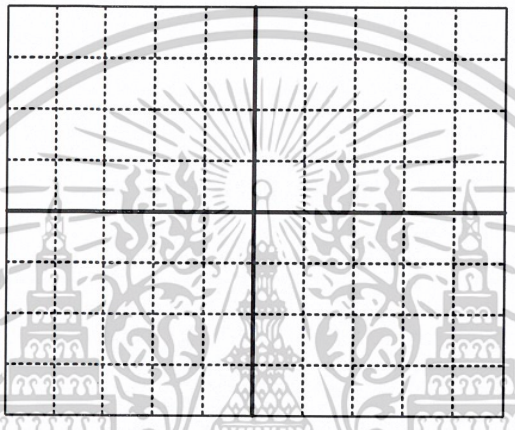
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 การต่อชุดทดลองเอเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ป้อนสัญญาณข่าวสารความถี่ 1 kHz ขนาด 1 V_{p-p} เข้าที่จุด TA0 ป้อนสัญญาณคลื่นพาห์ความถี่ 100 kHz ขนาด 160 mV_{p-p} เข้าที่จุด TA1
3. ใช้สายออสซิลโลสโคป ช่องวัดสัญญาณข่าวสารที่ 1 วัดที่จุด TA0 เทียบกับกราวด์ปรับ Volt/Div และ Time/Div ให้รูปสัญญาณที่ปรากฏบนจอออสซิลโลสโคปชัดเจนใช้สายออสซิลโลสโคปช่องวัดสัญญาณที่ 2 วัดสัญญาณเอเอ็มที่จุด TA2
4. บันทึกสัญญาณที่วัดได้

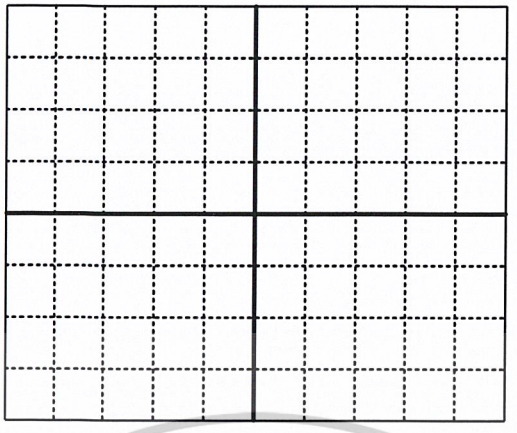


Volt/Div .....Time/Div .....

รูปที่ 3.4 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณข่าวสารช่องสัญญาณที่ 2 สัญญาณข่าวสารที่ผ่านการมอดูเลตแอมพลิจูด

7. ป้อนสัญญาณเอเอ็มที่ได้เข้าที่ตำแหน่ง Tx2 โดยเลือกอินพุตเป็น External AC
8. บันทึกค่าแรงดันที่วัดได้ทางด้านเครื่องส่ง ใช้สายออสซิลโลสโคป ช่องวัดสัญญาณที่ 1 วัดที่ TA2 เทียบกราวด์ใช้สายออสซิลโลสโคปช่องวัดสัญญาณที่ 2 วัดที่ Tx4 เทียบกราวด์

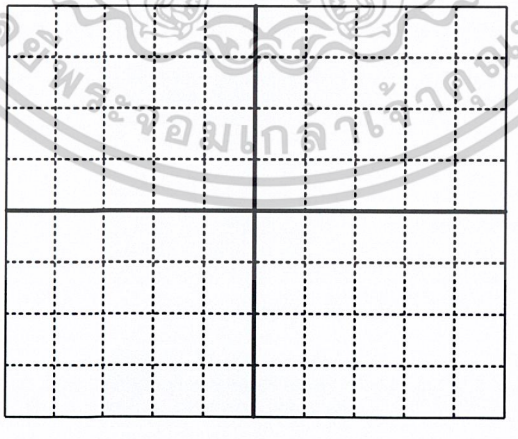
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Volt/Div ……Time/Div ……

รูปที่ 3.5 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณเอเอ็ม ช่องสัญญาณที่ 2 สัญญาณเอเอ็ม ที่เอาต์พุตของเครื่องส่ง

9. ต่อเครื่องรับเครื่องส่งเข้าด้วยกันด้วย เส้นใยนำแสงความยาว 1 เมตร ใช้สายออสซิลโลสโคป ช่องวัดสัญญาณที่ 1 ไปวัดสัญญาณเอเอ็มที่ Tx4 เทียบกับกราวด์ บันทึกรูปสัญญาณที่วัดได้และ ออสซิลโลสโคป ช่องวัดสัญญาณที่ 2 ไปวัดสัญญาณเอเอ็มที่ผ่านเส้นใยนำแสงแล้วที่ตำแหน่งTr4 เลื่อนสวิตซ์ไปที่ตำแหน่ง sine wave บันทึกรูปสัญญาณที่ได้

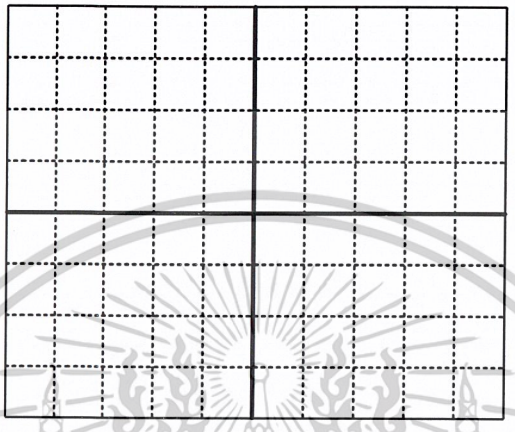


Volt/Div ……Time/Div ……

รูปที่ 3.6 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณเอเอ็มช่องสัญญาณที่ 2 สัญญาณเอเอ็ม เมื่อผ่านเส้นใยนำแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. ใช้สายออสซิลโลสโคปช่องวัดสัญญาณที่ 1 วัดสัญญาณเอเอ็มที่ตำแหน่ง Tx4 เทียบกับกราวด์ ใช้สายออสซิลโลสโคปช่องวัดสัญญาณที่ 2 วัดสัญญารเอเอ็มที่ผ่านการดีมอดูเลตที่ตำแหน่ง TA4 เทียบกับกราวด์ บันทึกค่าแรงดันที่ได้



Volt/Div .....Time/Div .....

รูปที่ 3.7 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณเอเอ็มที่ผ่านเส้นใยนำแสง ช่องสัญญาณที่ 2 สัญญาณเอเอ็มเมื่อผ่านการดีมอดูเลตได้เป็นสัญญาณข่าวสาร

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายหลักการส่งสัญญาณ AM ผ่านเส้นใยนำแสง พอสังเขป
2. จงทำการคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การมอดูเลตสัญญาณเอเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 4
การส่งสัญญาณข่าวสารโดยการมอดูเลตความกว้างพัลส์ผ่านเส้นใยนำแสง

วัตถุประสงค์

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายหลักการมอดูเลตแบบพีดับเบิลยูเอ็มได้
2. อธิบายหลักการส่งสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็มผ่านเส้นใยนำแสงได้

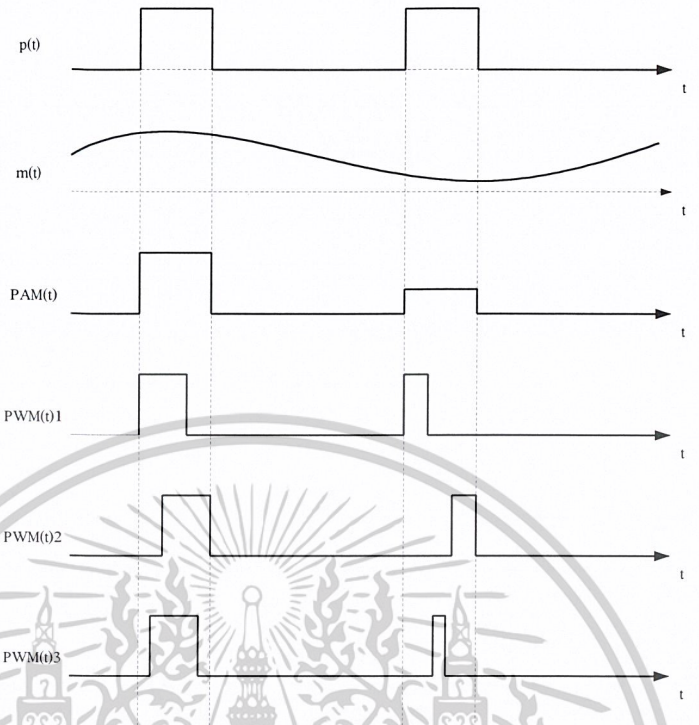
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ชุดอุปกรณ์ระบบส่งสัญญาณ	1 ชุด
2. ชุดอุปกรณ์ระบบรับสัญญาณ	1 ชุด
3. ชุดอุปกรณ์ระบบส่งสัญญาณ II	1 ชุด
4. ชุดอุปกรณ์ระบบรับสัญญาณ II	1 ชุด
5. เส้นใยนำแสงชนิดพลาสติกแบบมีเปลือกหุ้มยาว 1 เมตร	1 เส้น
6. Audio Generator	1 เครื่อง
7. ออสซิลโลสโคป	1 เครื่อง
8. สายต่อวงจร	

ทฤษฎีเบื้องต้น

การมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์หรือพีดับเบิลยูเอ็ม สัญญาณพีดับเบิลยูเอ็มสร้างขึ้นมาจากสัญญาณพีเอเอ็มและส่งไปทางด้านเครื่องรับจะแปลงเป็นสัญญาณพีเอเอ็มแล้วผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำ จะได้สัญญาณตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



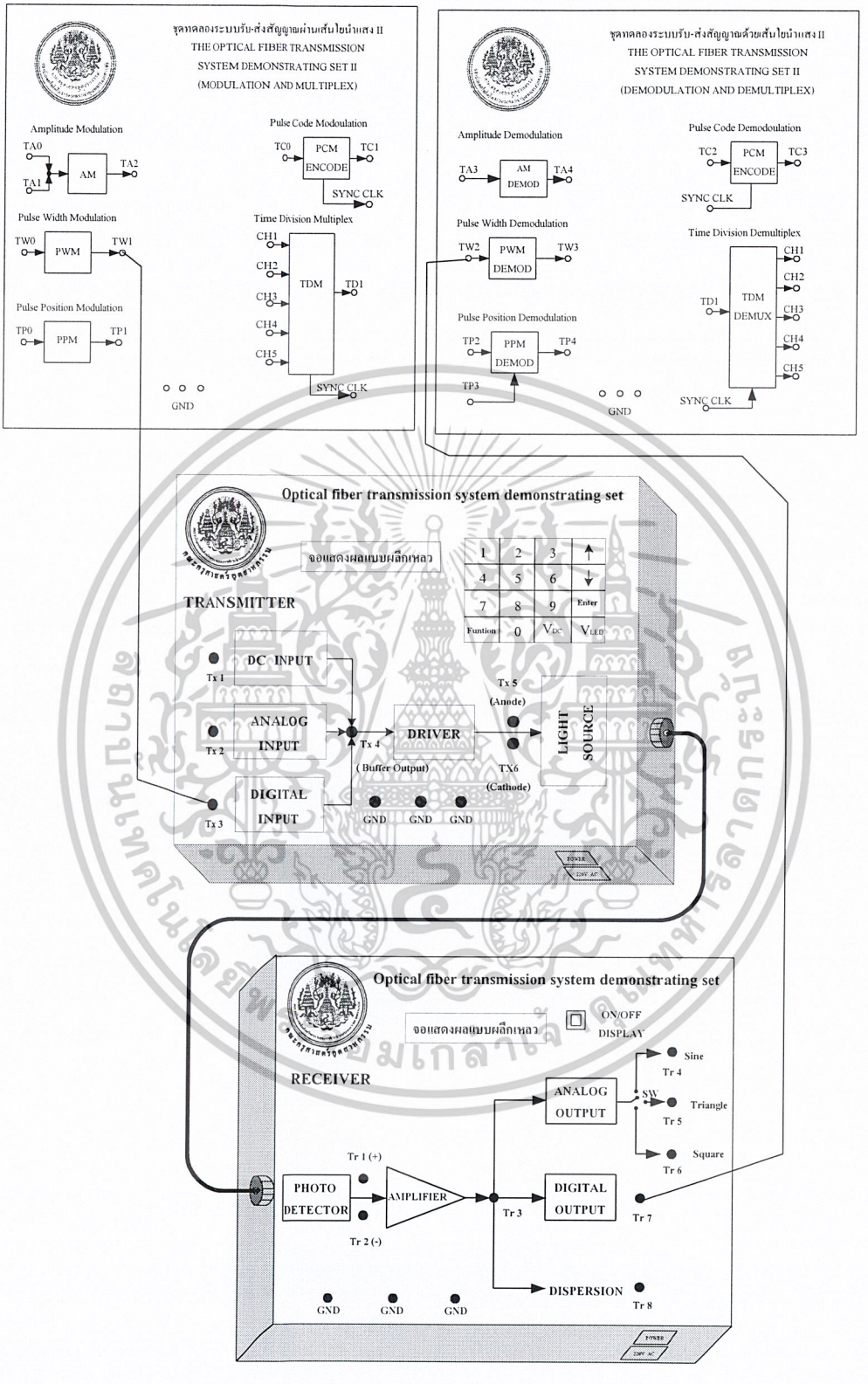
รูปที่ 4.1 การสร้างสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม

สัญญาณมอดูเลต m(t) จะถูกส่งไปยังวงจรพีเอเอ็มเพื่อสร้างสัญญาณพีเอเอ็มออกมาแถว สัญญาณจะถูกส่งไปยังวงจรแรม เพื่อสร้างพัลส์แรมซึ่งมีความลาดชัน ความสูงและช่องว่างเท่ากัน แรมพัลส์นี้จะส่งตรงไป เข้าพีเอเอ็มพัลส์ เพื่อสร้างสัญญาณแรม ความสูงของแรมที่เปลี่ยนไปนี้จะควบคุมความกว้างของพัลส์ที่เปลี่ยนไปของคลื่นพีดับเบิลยูเอ็ม พัลส์พีดับเบิลยูเอ็มนี้สามารถที่จะส่งไปได้โดยตรง ที่ทางด้านรับสัญญาณจะผ่านวงจรตัดคลื่นรบกวนและทำให้พัลส์เป็นสี่เหลี่ยมมากขึ้นและมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่สร้างขบวนพัลส์ที่มีความกว้างและความสูงคงที่และซิงก์กับสัญญาณที่รับมา แต่จะมีเวลาห่างคงที่

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อชุดเครื่องส่งเข้ากับเครื่องรับดังรูปที่ 4.2 โดยใช้เส้นใยนำแสงชนิดพลาสติกแบบมีเปลือกหุ้มความยาว 1 เมตร

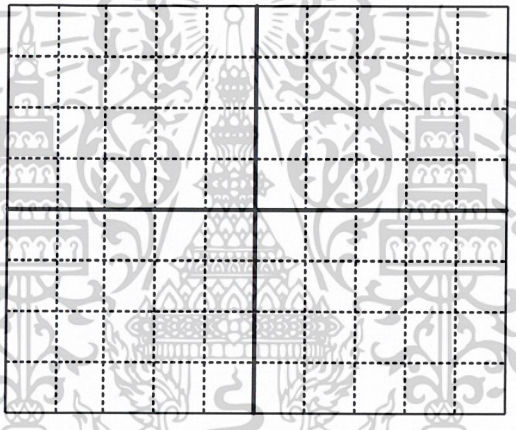
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 การต่อชุดทดลองพีดับเบิลยูเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

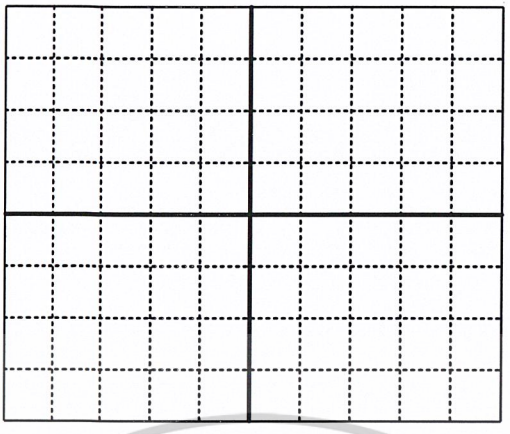
2. เปิด SW Power ทั้งชุดเครื่องส่งและเครื่องรับ
3. ป้อนสัญญาณข่าวสารความถี่ 10 kHz ขนาดแอมพลิจูด 12 V_{p-p} ที่ตำแหน่ง TW0 ทางด้านเครื่องส่ง ทำการตั้งค่าออสซิลโลสโคปช่องสัญญาณที่ 1 ตั้งค่า Volt/Div วัดสัญญาณข่าวสารที่ตำแหน่ง TW0 เทียบกราวด์
4. ทางด้านเครื่องรับ ช่องสัญญาณที่ 2 ของออสซิลโลสโคป วัดสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็มที่ตำแหน่ง TW1 เทียบกับกราวด์
5. ปรับ Volt/Div กับ Time/Div ของออสซิลโลสโคปจนกระทั่งรูปสัญญาณที่ปรากฏบนหน้าจอออสซิลโลสโคปชัดเจน
6. บันทึกค่าแรงดันอินพุตของเครื่องส่งเทียบกับแรงดันเอาต์พุตของเครื่องรับ



รูปที่ 4.3 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณข่าวสารอินพุต ช่องสัญญาณที่ 2 สัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม

7. ใช้ออสซิลโลสโคปของช่องวัดสัญญาณที่ 1 โดยวัดสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็มที่ตำแหน่ง TW1 เทียบกับกราวด์ ส่วนด้านเครื่องรับใช้สายออสซิลโลสโคปของช่องสัญญาณที่ 2 วัดพีดับเบิลยูเอ็มหลังจากผ่านเส้นใยนำแสงที่ตำแหน่ง Tr7 เทียบกับกราวด์บันทึกค่าสัญญาณที่วัดได้

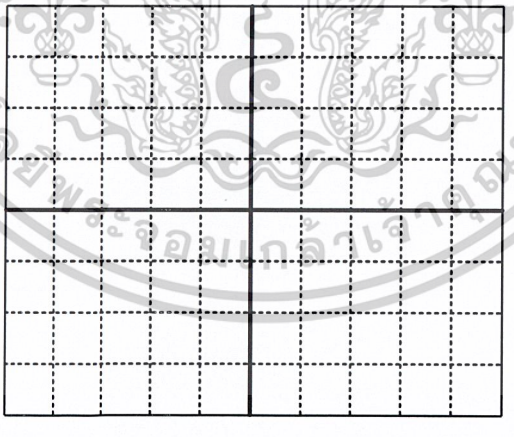
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Volt/Div .....Time/Div .....

รูปที่ 4.4 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณพีดับเบิลยูเอ็มเอาต์พุตเครื่องส่ง ช่องสัญญาณที่ 2 สัญญาณพีดับเบิลยูเอ็มหลังจากผ่านเส้นใยนำแสง

8. ด้านเครื่องส่งใช้สายออสซิลโลสโคปของช่องวัดสัญญาณที่ 1 โดยวัดสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็มที่ตำแหน่ง TW1 เทียบกับกราวด์ ส่วนด้านเครื่องรับใช้สายออสซิลโลสโคปของช่องสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็มที่ 2 วัดที่จุด Tr8 เทียบกับกราวด์บันทึกค่าสัญญาณที่วัดได้

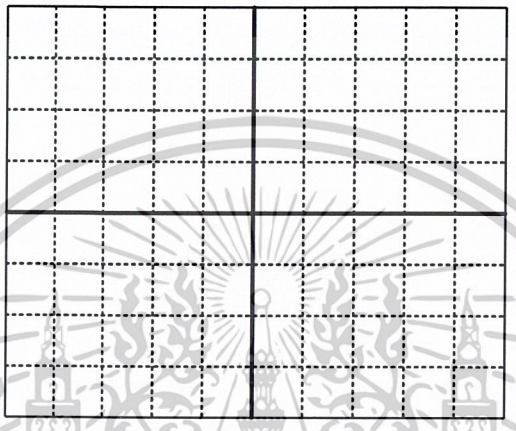


Volt/Div .....Time/Div .....

รูปที่ 4.5 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม ช่องสัญญาณที่ 2 การขยายกว้างออกของสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ใช้สายของออสซิลโลสโคปช่องสัญญาณที่ 1 วัดสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็มที่ตำแหน่ง Tx4 เทียบกับกราวด์
10. ช่องวัดสัญญาณที่ 2 ใช้วัดสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็มที่ผ่านการดีมอดูเลตสัญญาณที่ตำแหน่ง TW3 ของภาครับเทียบกับกราวด์



Volt/Div .....Time/Div .....

รูปที่ 4. 6 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณเพีดับเบิลยูเอ็ม ช่องสัญญาณที่ 2 สัญญาณข่าวสาร

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายหลักการการส่งสัญญาณแบบ PWM ผ่านเส้นใยแสงมาพอสังเขป
2. จงอธิบายผลจากการเปลี่ยนแปลงความถี่อินพุตของเครื่องส่งมาพอสังเขป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 5
การส่งสัญญาณข่าวสารโดยการมอดูเลตตำแหน่งพัลส์ผ่านเส้นใยนำแสง

วัตถุประสงค์

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายหลักการการมอดูเลตแบบพีพีเอ็มได้
2. อธิบายหลักการส่งสัญญาณพีพีเอ็มผ่านเส้นใยนำแสงได้
3. วัดและเปรียบเทียบสัญญาณทางด้านเอาต์พุตและอินพุตได้

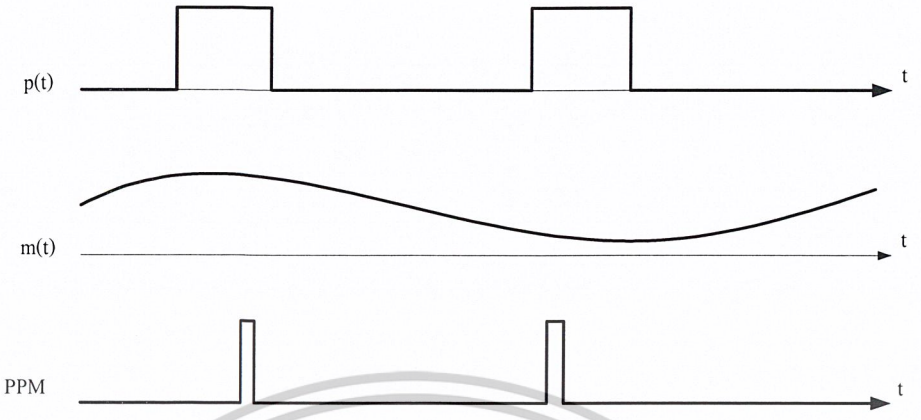
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ชุดทดลองระบบส่งสัญญาณ	1 ชุด
2. ชุดทดลองระบบรับสัญญาณ	1 ชุด
3. ชุดทดลองระบบส่งสัญญาณ II	1 ชุด
4. ชุดทดลองระบบรับสัญญาณ II	1 ชุด
5. เส้นใยนำแสงชนิดพลาสติกยาว 1 เมตร	1 เส้น
6. Audio Generator	1 เครื่อง
7. ออสซิลโลสโคป	1 เครื่อง
8. สายต่อวงจร	

ทฤษฎีเบื้องต้น

สัญญาณมอดูเลตตำแหน่งพัลส์หรือพีพีเอ็มโดยใช้ขอบของพีดับเบิลยูเอ็มพัลส์ไปกระตุ้นวงจรโมโนสเตเบิล (Monostable multivibrator) ซึ่งจะผลิตสัญญาณที่มีความกว้างและความสูงที่คงที่เมื่อถูกกระตุ้น ทางเครื่องรับสัญญาณอ้างอิงพัลส์คงที่ (Fixed-Priod Referece Pulse) จะถูกสร้างขึ้นมาจากคลื่นพีพีเอ็มที่รับเข้ามาจะได้สัญญาณไบสเตเบิล (Bistable Multivibrator) ซึ่งกำหนดสัญญาณอ้างอิงจะได้รูปคลื่นสี่เหลี่ยมมอดูเลตความกว้างที่เอาท์พุตของวงจรไบสเตเบิลนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

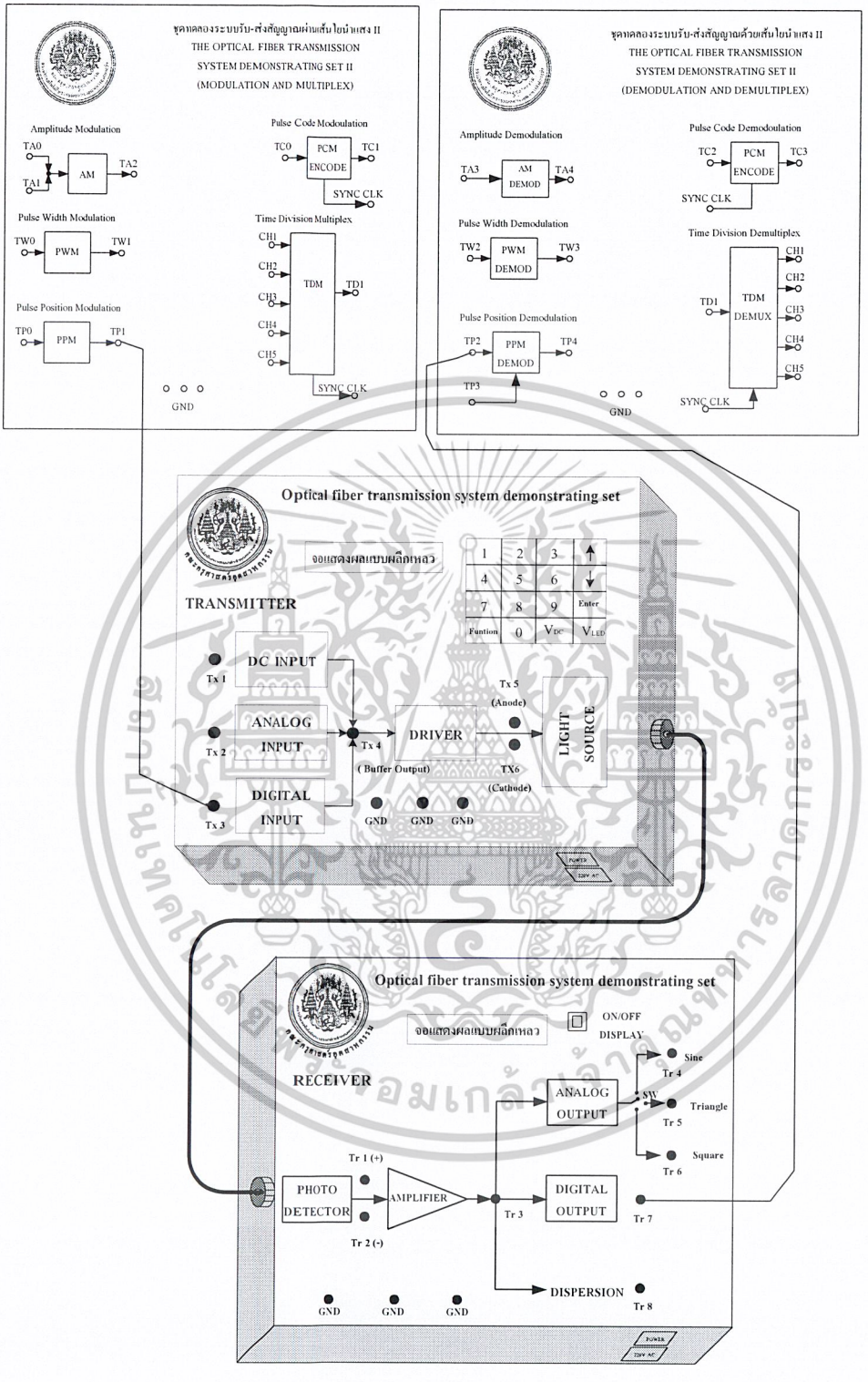


รูปที่ 5.1 การสร้างสัญญาณพีพีเอ็ม

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อชุดเครื่องส่งและเครื่องรับดังรูปที่ 5.2 โดยใช้เส้นใยแสงชนิดพลาสติกแบบมีเปลือกหุ้มความยาว 1 เมตร

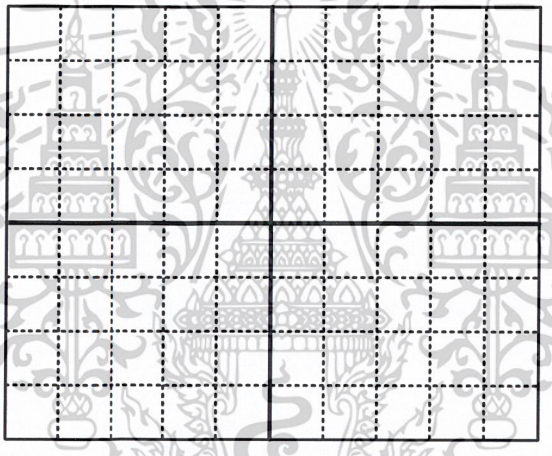
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 การต่อชุดทดลองวงจรการมอดูเลตตำแหน่งพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

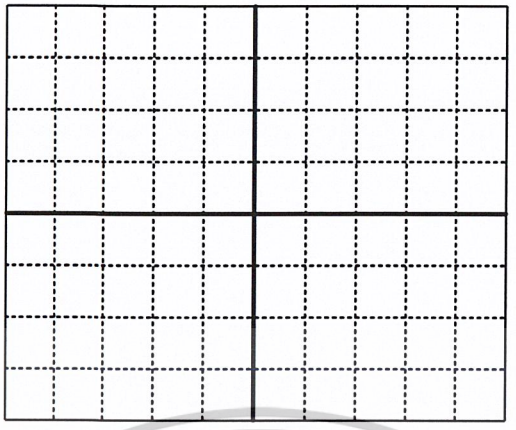
2. เปิด SW Power ทั้งชุดเครื่องส่งและเครื่องรับ เข้าที่วงจรทดลองชุดพีพีเอ็มป้อนสัญญาณอินพุตรูปคลื่นไซน์ขนาด 17 kHz ขนาด 13 V_{p-p} เข้าที่ อินพุต ตำแหน่ง TP0 โดยใช้สายออสซิลโลสโคปช่องวัดสัญญาณที่ 1 วัดสัญญาณข่าวสารที่ตำแหน่ง TP0 เทียบกับกราวด์
3. ช่องวัดสัญญาณที่ 2 ของออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณพีพีเอ็มที่ตำแหน่ง TP1 เทียบกับกราวด์
4. ปรับค่า Volt/Div และ Time/Div ของออสซิลโลสโคปจนกระทั่งรูปสัญญาณที่ปรากฏบนจอออสซิลโลสโคปชัดเจน
5. วัดค่าแรงดันอินพุตเทียบกับแรงดันเอาต์พุตของเครื่องส่ง



รูปที่ 5.3 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณข่าวสาร ช่องสัญญาณที่ 2 สัญญาณพีพีเอ็ม

6. ใช้สายของออสซิลโลสโคปช่องสัญญาณที่ 1 วัดสัญญาณพีพีเอ็มที่ตำแหน่ง TP1 เทียบกับกราวด์
7. ช่องวัดสัญญาณที่ 2 ใช้วัดสัญญาณพีพีเอ็มเอาต์พุตของเครื่องรับที่จุด Tx4 ที่ภาครับเทียบกับกราวด์
8. บันทึกรูปสัญญาณที่วัดได้

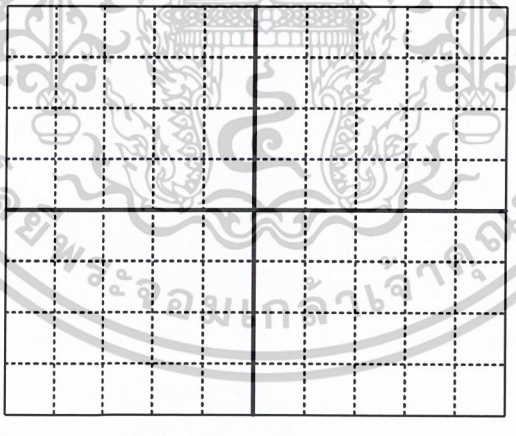
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Volt/Div .....Time/Div .....

รูปที่ 5.4 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณพีพีเอ็ม ช่องสัญญาณที่ 2 สัญญาณพีพีเอ็ม เอาต์พุตของเครื่องส่ง

9. ใช้ออสซิลโลสโคปช่องวัดสัญญาณที่ 1 วัดสัญญาณพีพีเอ็มที่จุด Tx4 เทียบกับกราวด์ ส่วนช่องสัญญาณวัดที่ 2 ให้วัดสัญญาณพีพีเอ็มที่ตำแหน่ง Tr7 เทียบกับกราวด์

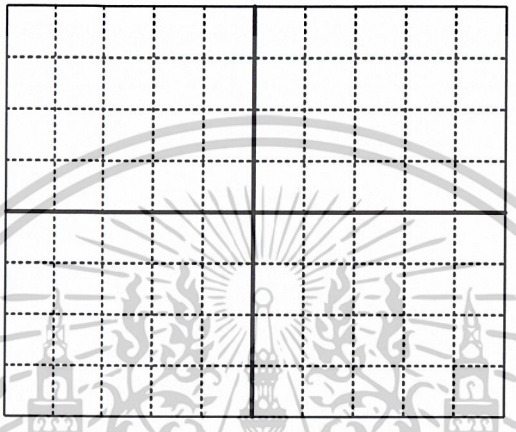


Volt/Div .....Time/Div .....

รูปที่ 5.5 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณเอาต์พุตพีพีเอ็ม ช่องสัญญาณที่ 2 สัญญาณพีพีเอ็มหลังจากผ่านเส้นใยนำแสงของภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. ทางด้านเครื่องส่งใช้สายออสซิลโลสโคป ของช่องสัญญาณที่ 1 วัดสัญญาณพีพีเอ็มที่จุด TP1 เทียบกับกราวด์ ส่วนด้านเครื่องรับใช้สายออสซิลโลสโคปช่องวัดสัญญาณที่ 2 วัดสัญญาณพีพีเอ็มหลังจากผ่านเส้นใยนำแสงที่ตำแหน่ง Tr8 เทียบกับกราวด์บันทึกค่าสัญญาณที่วัดได้

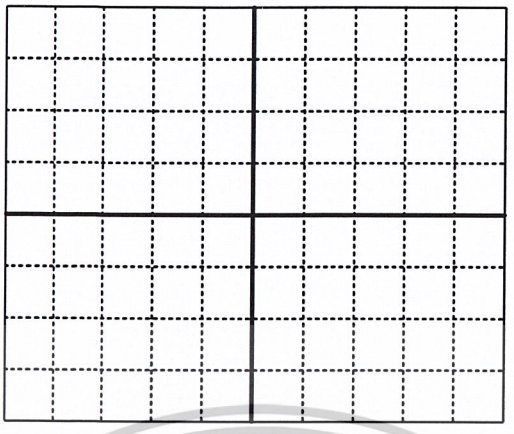


Volt/Div ……Time/Div ……

รูปที่ 5.6 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณพีพีเอ็มช่องสัญญาณที่ 2 การขยายกว้างออกของสัญญาณพีพีเอ็ม

11. ป้อนสัญญาณนาฬิกาขนาดแอมพลิจูด 810 mV_{p-p} เข้าที่ตำแหน่ง SYNC CLK ใช้สายของออสซิลโลสโคปช่องสัญญาณที่ 1 วัดสัญญาณพีพีเอ็มที่ตำแหน่ง TP1 เทียบกับกราวด์
12. ใช้สายออสซิลโลสโคปของช่องสัญญาณที่ 2 วัดสัญญาณพีพีเอ็มที่ผ่านเส้นใยนำแสงที่ตำแหน่ง TP4 ที่ภาครับเทียบกับกราวด์
13. บันทึกรูปสัญญาณที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Volt/Div .....Time/Div .....

รูปที่ 5.7 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณพีพีเอ็ม ช่องสัญญาณที่ 2 สัญญาณข่าวสารที่ได้จากการนำสัญญาณพีพีเอ็มผ่านวงจรดีมอดูเลต

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายหลักการส่งสัญญาณแบบ PPM ผ่านเส้นใยนำแสงมาพอสังเขป
2. จากการทดลองเมื่อวัดสัญญาณที่ได้ก่อนผ่านเส้นใยนำแสงและหลังจากผ่านเส้นใยนำแสงเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 6
การส่งสัญญาณข่าวสารโดยการมอดูเลตแบบรหัสพัลส์ผ่านเส้นใยนำแสง

วัตถุประสงค์

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายหลักการมอดูเลตสัญญาณแบบพีซีเอ็มได้
2. วัดสัญญาณของวงจรที่ทำการทดลองได้
3. เปรียบเทียบผลการทดลองกับทฤษฎีได้

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ชุดทดลองระบบส่งสัญญาณ	1 ชุด
2. ชุดทดลองระบบรับสัญญาณ	1 ชุด
3. ชุดทดลองระบบส่งสัญญาณ II	1 ชุด
4. ชุดทดลองระบบรับสัญญาณ II	1 ชุด
5. เส้นใยนำแสงชนิดพลาสติกยาว 1 เมตร	1 เส้น
6. Audio Generator	1 เครื่อง
7. ออสซิลโลสโคป	1 เครื่อง
8. สายต่อวงจร	

ทฤษฎีเบื้องต้น

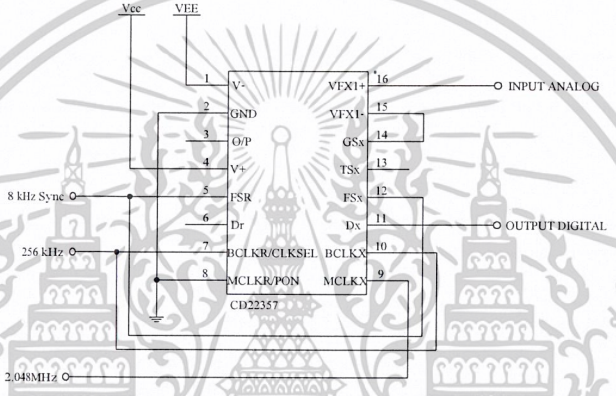
วงจรการมอดูเลตแบบรหัสพัลส์

1) วงจรเข้ารหัส

การทำงานของวงจรเข้ารหัสจากรูปที่ 6.1 เพื่อแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลโดยหลักการทำงานของวงจรเข้ารหัส เริ่มที่ป้อนสัญญาณแอนะลอกเข้าไปแล้วจะผ่านวงจรขยายภายในเพื่อขยายสัญญาณจากนั้นนำไปผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านป้องกันความถี่ของสัญญาณที่มากกว่า 3,400 Hz จากนั้นทำการแซมปลิ้งที่ความถี่ 2 เท่าหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่าความถี่สูงสุดของสัญญาณแอนะลอกจากความถี่เสียง (300-3,400Hz) จะใช้อัตราการแซมปลิ้งที่ความถี่ 8 kHz คือจะทำการแซมปลิ้งทุกๆ 125 ไมโครวินาที ซึ่งจะได้สัญญาณที่เป็นขบวนพัลส์ พีเอเอ็ม ซึ่งสัญญาณแอนะลอกอยู่จึงต้องจัดระดับให้แอมพลิจูดของพีเอเอ็ม ให้ค่าเป็นตัวเลขแบบดีสครีตจำนวน 256 ระดับจึงจะได้เป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด 8 บิต แบบขนาน ต่อจากนั้นก็จะนำสัญญาณดิจิตอลแบบขนานมาแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลแบบอนุกรม เพื่อนำสัญญาณที่ได้ไปมัลติเพลกซ์ต่อ

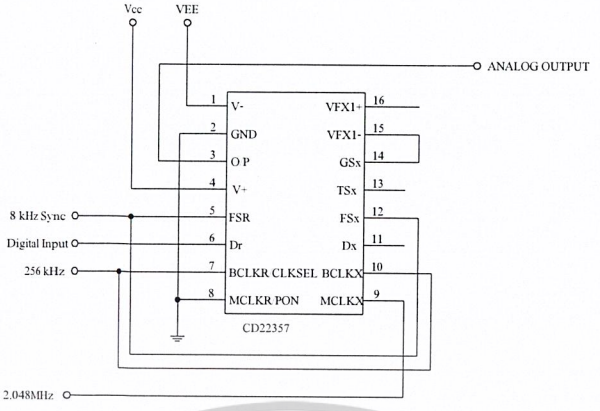


รูปที่ 6.1 ไอซีที่ใช้ในการเข้ารหัสพัลส์

2) วงจรถอดรหัส

การทำงานของวงจรถอดรหัสคือเพื่อแปลงสัญญาณดิจิตอลให้เป็นสัญญาณแอนะลอกโดยหลักการทำงานของวงจรถอดรหัสคือนำสัญญาณดิจิตอลอนุกรมขนาด 8 บิต ไปทำการแปลงจากอนุกรมให้เป็นขนานหลังจากนั้นทำการถอดรหัสจากข้อมูลรหัสไบนารี่ให้ได้เป็นสัญญาณพีเอเอ็ม ที่มีค่าแอมพลิจูด ออกมาอยู่ในช่วงห่างระหว่างการควอนไทซ์ต่างๆ ตามค่ารหัสที่ส่งมาซึ่งเราแบ่งออกเป็น 256 ระดับ จากนั้นก็จะนำสัญญาณที่ได้ไปผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านให้ได้สัญญาณที่อยู่ในช่วงความถี่เสียง (300 Hz - 3,400 Hz) ก็จะได้สัญญาณแอนะลอกคืนกลับมา ซึ่งการต่อใช้งานเป็นดังรูปที่3.15

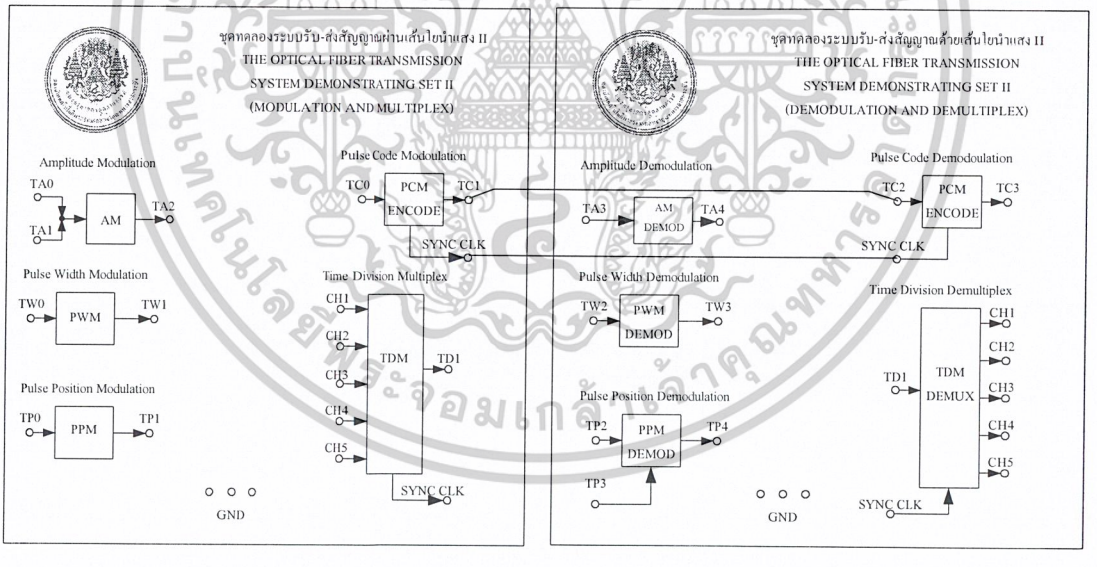
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.2 ไอซีที่ใช้ในการถอดรหัสพัลส์

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ประกอบวงจรการทดลองตามรูปที่ 6.3



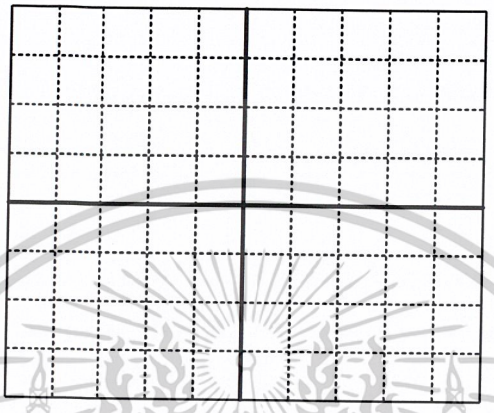
รูปที่ 6.3 วงจรการทดลองพีซีเอ็ม

2. เปิด SW. Power ทั้งชุดเครื่องส่งและเครื่องรับ ป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ความถี่ 1 kHz ขนาด 7 V_{p-p} เข้าที่ TC0 ใช้ออสซิลโลสโคปช่องสัญญาณที่ 1 วัดสัญญาณข่าวสารที่ TC0 ใช้สายออสซิลโลสโคปช่องสัญญาณวัดที่ 2 วัดสัญญาณพีซีเอ็มที่ตำแหน่ง TC1 ปรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Volt/Div กับTime/Div ของออสซิลโลสโคปจนกระทั่งรูปสัญญาณที่ปรากฏบนหน้าจอออสซิลโลสโคปชัดเจน

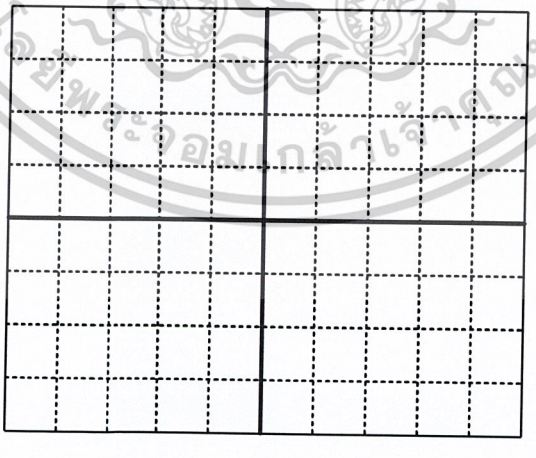
3. บันทึกรูปสัญญาณที่วัดได้



Volt/Div .....Time/Div .....

รูปที่ 6.4 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณข่าวสาร ช่องสัญญาณที่ 2 สัญญาณพีซีเอ็ม

4. ใช้สายออสซิลโลสโคปช่องสัญญาณที่ 1 วัดสัญญาณเอาต์พุตพีซีเอ็มของ Tx4 ที่เครื่องส่ง บันทึกรูปสัญญาณที่วัดได้

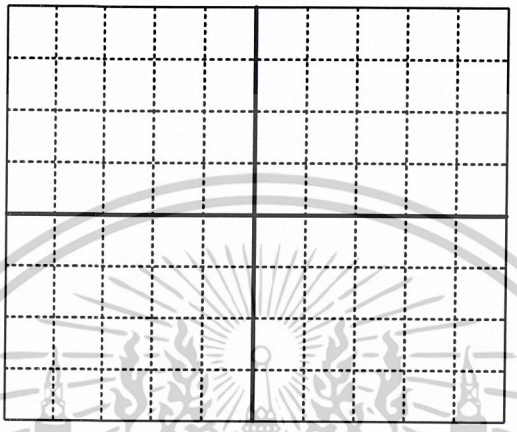


Volt/Div .....Time/Div .....

รูปที่ 6.5 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณข่าวสารช่องสัญญาณที่ 2 สัญญาณพีซีเอ็ม อินพุตของภาคดีมอดูเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ใช้สายออสซิลโลสโคปช่องวัดสัญญาณที่ 1วัดสัญญาณพีซีเอ็มที่ตำแหน่ง TC1 เทียบกับกราวด์ ใช้สายออสซิลโลสโคปช่องวัดสัญญาณที่ 2 วัดสัญญาณพีซีเอ็มที่จุด Tr7 ที่ภาคดีมอดูเลตเทียบกับกราวด์บันทึกค่าสัญญาณที่ได้

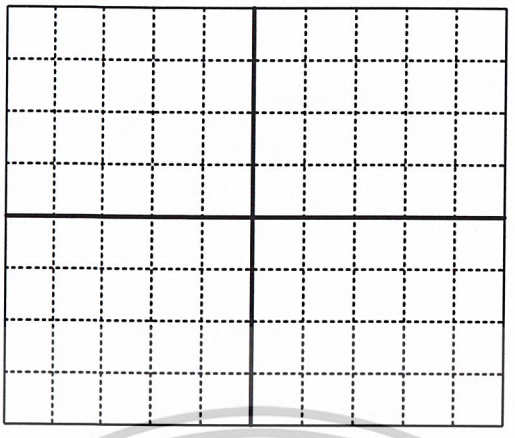


Volt/Div ……Time/Div ……

รูปที่ 6.6 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณข่าวสาร ช่องสัญญาณที่ 2 สัญญาณนาฬิกา

6. ด้านภาคส่งใช้สายออสซิลโลสโคปช่องวัดสัญญาณที่ 1 วัดสัญญาณข่าวสารที่ตำแหน่ง TC0 เทียบกับกราวด์ ด้านภาครับใช้สายออสซิลโลสโคปช่องวัดสัญญาณที่ 2 วัดสัญญาณพีซีเอ็มที่ผ่านการดีมอดูเลตสัญญาณ เทียบกับกราวด์ บันทึกรูปสัญญาณที่วัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Volt/Div .....Time/Div .....

รูปที่ 6.7 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณข่าวสาร ช่องสัญญาณที่ 2 สัญญาณพีซีเอ็มที่ผ่านการดีมอดูเลตแล้วเป็นสัญญาณข่าวสารตามเดิม

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายการส่งสัญญาณพีซีเอ็มผ่านเส้นใยนำแสงมาพอสังเขป
2. ทำไมในการทดลองพีซีเอ็มต้องมีการเชื่อมต่อสัญญาณนาฬิการะหว่างวงจรภาคมอดูเลตและดีมอดูเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 7
การส่งสัญญาณข่าวสารโดยการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา ผ่านเส้นใยนำแสง

วัตถุประสงค์

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายหลักการส่งสัญญาณแบบทีดีเอ็มได้
2. วัดสัญญาณและเปรียบเทียบสัญญาณระหว่างภาครับและภาคส่งสัญญาณได้
3. เปรียบเทียบผลการทดลองกับทฤษฎีได้

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

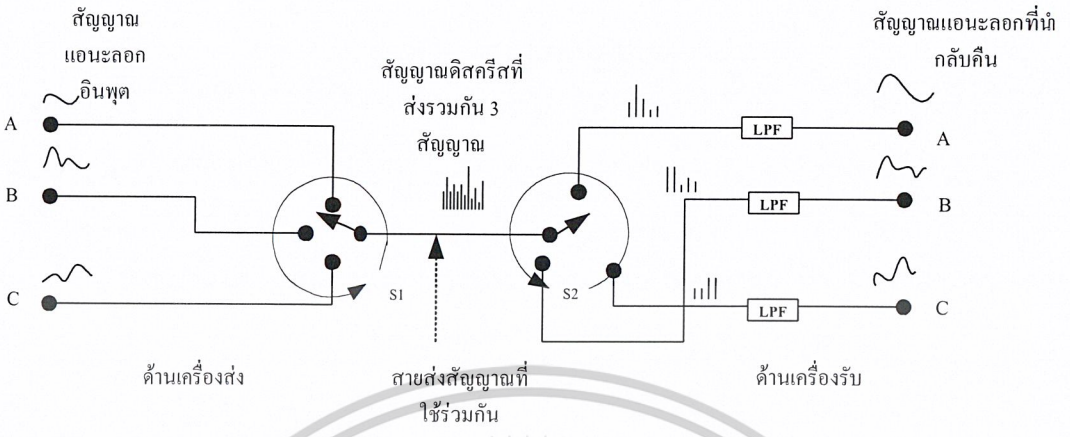
1. ชุดทดลองระบบส่งสัญญาณ	1 ชุด
2. ชุดทดลองระบบรับสัญญาณ	1 ชุด
3. ชุดทดลองระบบส่งสัญญาณ II	1 ชุด
4. ชุดทดลองระบบรับสัญญาณ II	1 ชุด
5. เส้นใยนำแสงชนิดพลาสติกความยาว 1 เมตร	1 เส้น
6. Audio Generator	1 เครื่อง
7. ออสซิลโลสโคป	1 เครื่อง
8 สายต่อวงจร	

ทฤษฎีเบื้องต้น

การมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา

การมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลานี้คือระบบที่ใช้ช่องสัญญาณเดียวสำหรับการส่งสัญญาณข้อมูลจากเครื่องส่งสัญญาณย่อยหลายเครื่องไปยังเครื่องรับสัญญาณย่อยหลายเครื่อง โดยอาศัยการแบ่งเวลา (time sharing) ในการใช้ช่องสัญญาณนั้นให้กับเครื่องส่ง-รับสัญญาณย่อยๆ แต่ละคู่นั้นเป็นลำดับวนกันไป ในการมัลติเพลกซ์สัญญาณทีดีเอ็มนั้น สามารถที่จะมัลติเพลกซ์สัญญาณแอนะลอกส่งผ่านสัญญาณไปได้เช่นกัน ดังรูปที่ 7.1 ช่วยให้เข้าใจระบบมากขึ้น

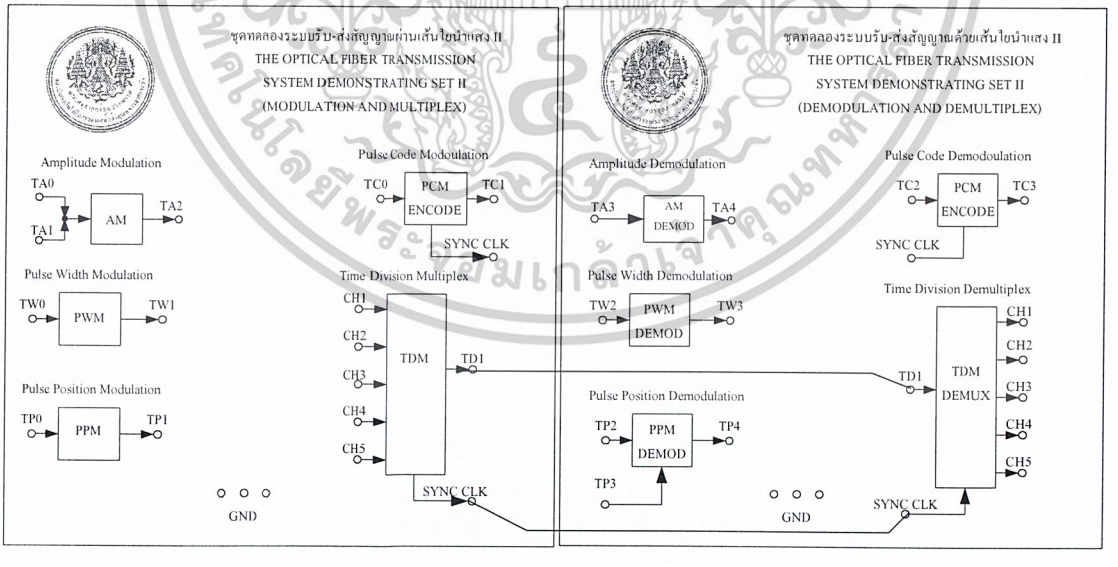
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.1 ลักษณะการทำงานของระบบทีดีเอ็ม

ลำดับขั้นการทดลอง

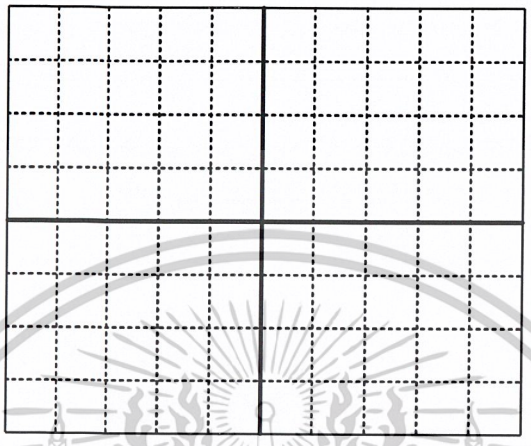
1. เปิดสวิตซ์ของชุดทดลองทั้งเครื่องรับและเครื่องส่ง
2. ประกอบวงจรการทดลองดังรูป



รูปที่ 7.2 การต่อชุดทดลองทีดีเอ็ม

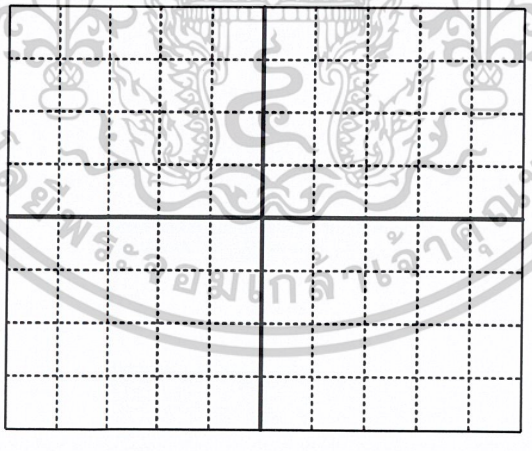
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณข่าวสารอินพุตและสัญญาณเอาต์พุตที่จุด CH1, CH2, CH3, CH4 และ CH5 ตามลำดับ



Volt/Div .....Time/Div .....

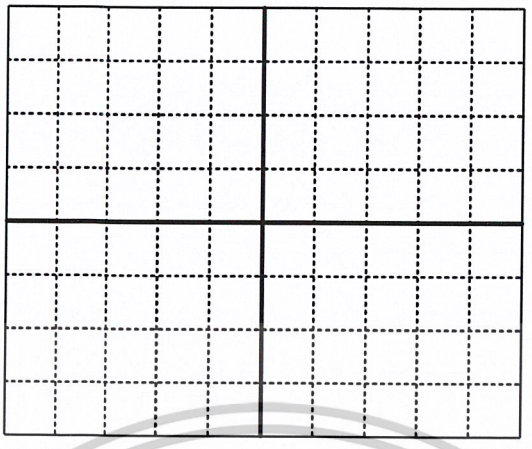
รูปที่ 7.2 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณข่าวสารอินพุต ช่องสัญญาณที่ 2 สัญญาณเอาต์พุตจากช่องสัญญาณที่ 1 ของทีดีเอ็ม



Volt/Div .....Time/Div .....

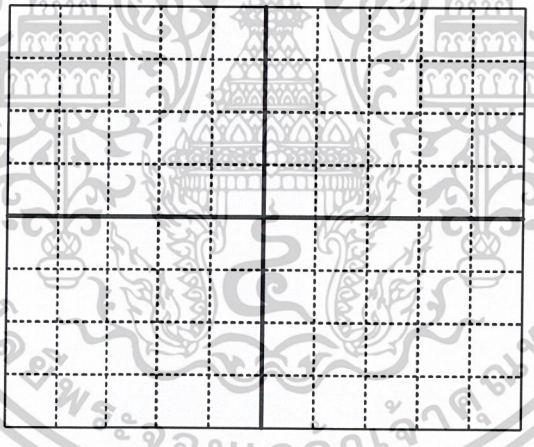
รูปที่ 7.4 ช่องสัญญาณที่ 1สัญญาณข่าวสารอินพุต ช่องสัญญาณที่ 2 สัญญาณเอาต์พุตจากช่องสัญญาณที่ 2 ของทีดีเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Volt/Div .....Time/Div .....

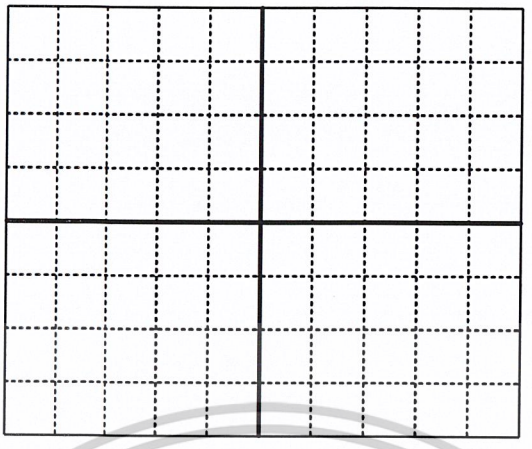
รูปที่ 7.5 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณข่าวสารอินพุต ช่องสัญญาณที่ 2 สัญญาณเอาต์พุตจากช่องสัญญาณที่ 3 ของทีดีเอ็ม



Volt/Div .....Time/Div .....

รูปที่ 7.6 ช่องสัญญาณที่ 1 สัญญาณข่าวสารอินพุต ช่องสัญญาณที่ 2 สัญญาณเอาต์พุตจากช่องสัญญาณที่ 4 ของทีดีเอ็ม

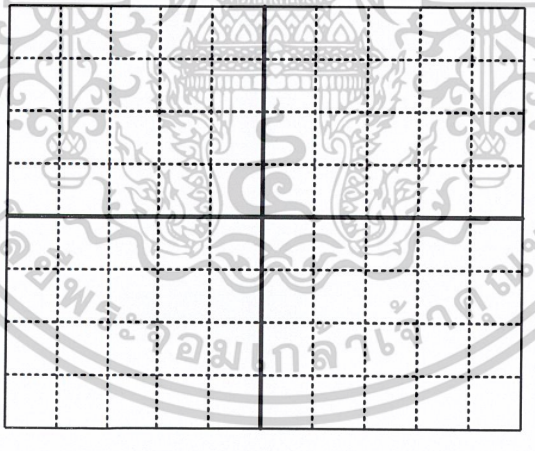
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Volt/Div .....Time/Div .....

รูปที่ 7.7 ช่องสัญญาณที่ 1สัญญาณข่าวสารอินพุต ช่องสัญญาณที่ 2 สัญญาณเอาต์พุตจากช่องสัญญาณที่ 4 ของทีดีเอ็ม

4. วัดสัญญาณจุด TP1 เทียบกับกราวด์บันทึกรูปสัญญาณที่ได้



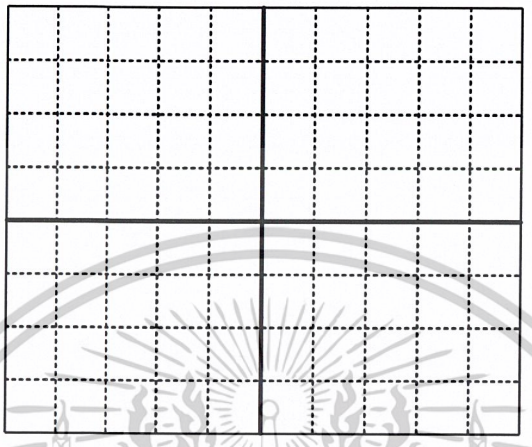
Volt/Div .....Time/Div .....

รูปที่ 7.8 สัญญาณเอาต์พุตที่เป็นสัญญาณทีดีเอ็ม 3 ช่องสัญญาณ

5. ป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ ความถี่ 300 Hz - 3,400 Hz ขนาด 12 V_{p-p} ในการป้อนสัญญาณอินพุตที่จะส่งในแต่ละช่องสัญญาณ บันทึกผลที่ได้โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

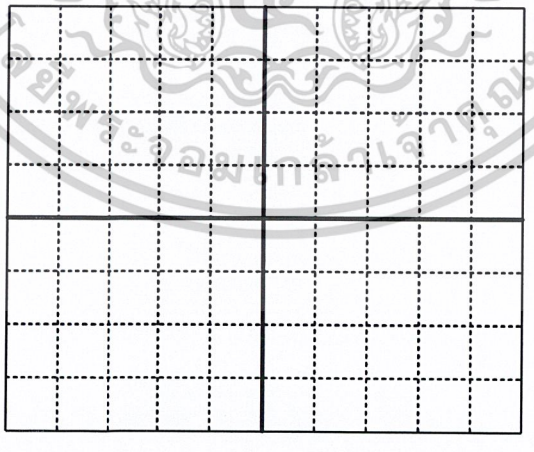
5.1 ป้อนสัญญาณอินพุต เข้าที่ CH 1 เพียงช่องสัญญาณเดียว วัดสัญญาณทีดีเอ็มที่เอาต์พุตของ CH 1



Volt/Div .....Time/Div .....

รูปที่ 7.11 สัญญาณจากช่องสัญญาณที่ 1

5.2 ป้อนสัญญาณอินพุต เข้าที่ CH 2 เพียงช่องสัญญาณเดียว วัดสัญญาณทีดีเอ็มที่เอาต์พุตของ CH2

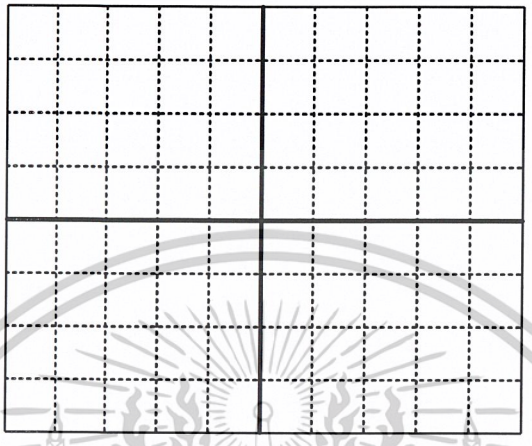


Volt/Div .....Time/Div .....

รูปที่ 7.12 สัญญาณจากช่องสัญญาณที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

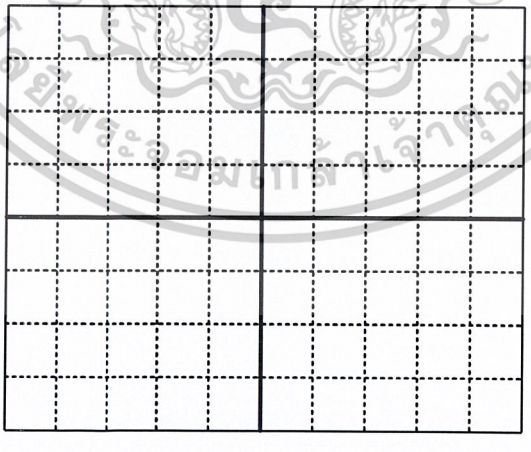
5.3 ป้อนสัญญาณอินพุต เข้าที่ CH 3 เพียงช่องสัญญาณเดียว วัดสัญญาณทีดีเอ็มที่เอาต์พุตของ CH3



Volt/Div .....Time/Div .....

รูปที่ 7.13 สัญญาณจากช่องสัญญาณที่ 3

5.4 ป้อนสัญญาณอินพุต เข้าที่ CH 4 เพียงช่องสัญญาณเดียว วัดสัญญาณทีดีเอ็มที่เอาต์พุตของ CH 4

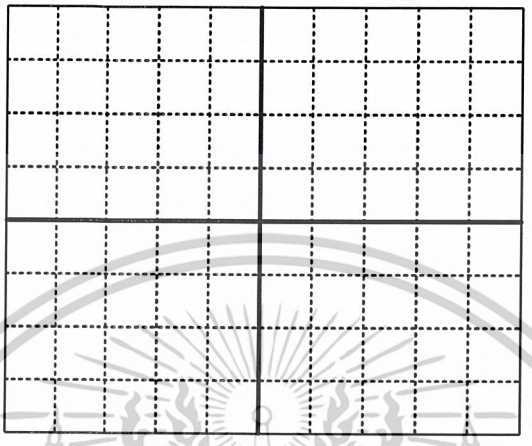


Volt/Div .....Time/Div .....

รูปที่ 7.14 สัญญาณจากช่องสัญญาณที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 ป้อนสัญญาณอินพุต เข้าที่ CH5 เพียงช่องสัญญาณเดียว วัดสัญญาณทีดีเอ็มที่เอาต์พุตของ CH 5



Volt/Div .....Time/Div .....

รูปที่ 7.15 สัญญาณจากช่องสัญญาณที่ 5

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายหลักการส่งสัญญาณทีดีเอ็มผ่านเส้นใยนำแสงมาพอสังเขป
2. เหตุใดจึงต้องทำการเชื่อมต่อสัญญาณนาฬิการะหว่างภาคมัลติเพลกซ์และดีมัลติเพลกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

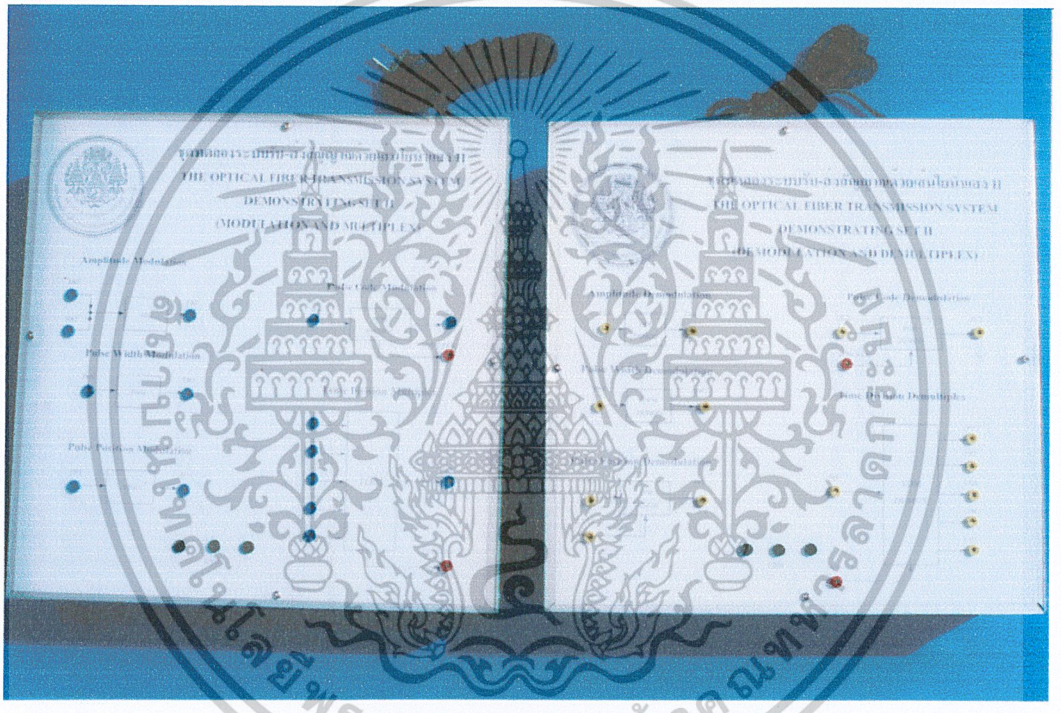


ภาคผนวก จ

คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้
ชุดทดลองระบบรับ-ส่งสัญญาณผ่านเส้นใยนำแสง II



สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

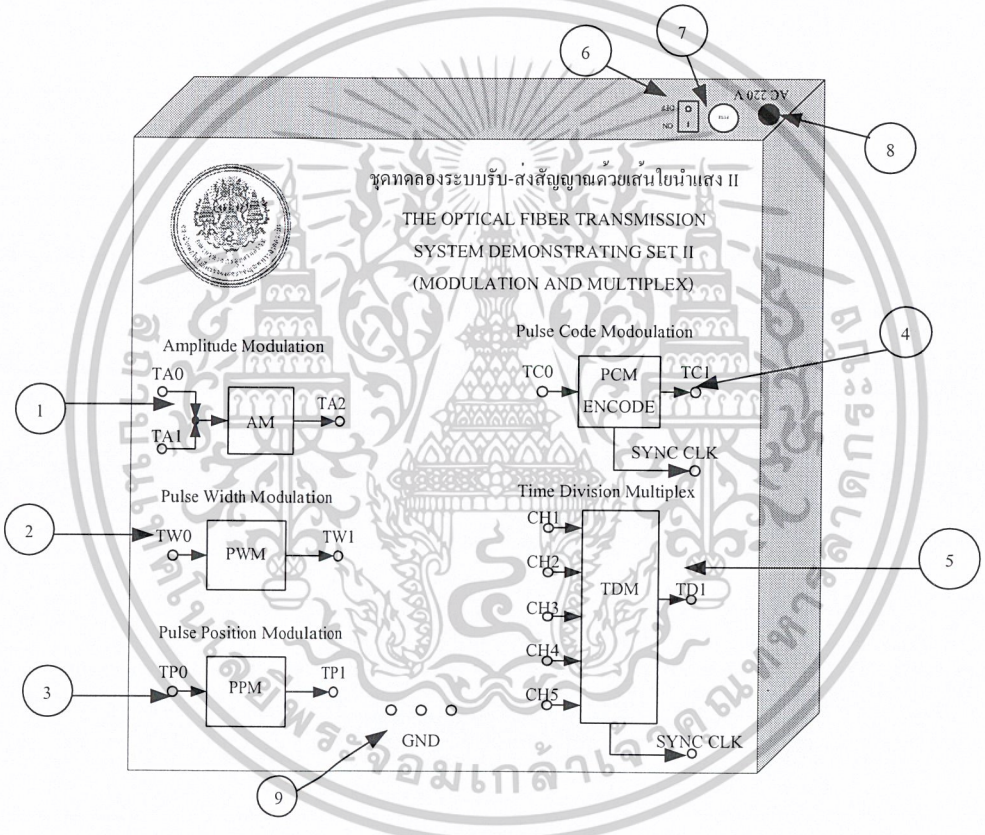
ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คำแนะนำเบื้องต้น

ก่อนทำการใช้ชุดทดลองระบบรับ-ส่งสัญญาณผ่านเส้นใยนำแสง II ควรทำการอ่านและทำความเข้าใจ ขั้นตอนการทดลองในใบงานให้เข้าใจ เพื่อเป็นการป้องความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับชุดทดลอง

2. ส่วนประกอบและปุ่มควบคุม ส่วนของวงจรการมอดูเลตและการมัลติเพลกซ์



รูปที่ จ.1 ส่วนประกอบชุดทดลองส่งสัญญาณผ่านเส้นใยนำแสง II

จากรูปที่ จ.1 มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

① การทดลองภาคส่งสัญญาณเสียงที่ผ่านการมอดูเลตแอมพลิจูด (Amplitude Modulation)

② การทดลองภาคส่งสัญญาณข่าวสารโดยการมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

③ การทดลองภาคส่งสัญญาณข่าวสารโดยการมอดูเลตทางตำแหน่งพัลส์ (Pulse Position Modulation)

④ การทดลองภาคส่งสัญญาณข่าวสารโดยการมอดูเลตแบบรหัสพัลส์ (Pulse Code Modulation)

⑤ การทดลองภาคส่งสัญญาณข่าวสารโดยการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา (Time Division Modulation)

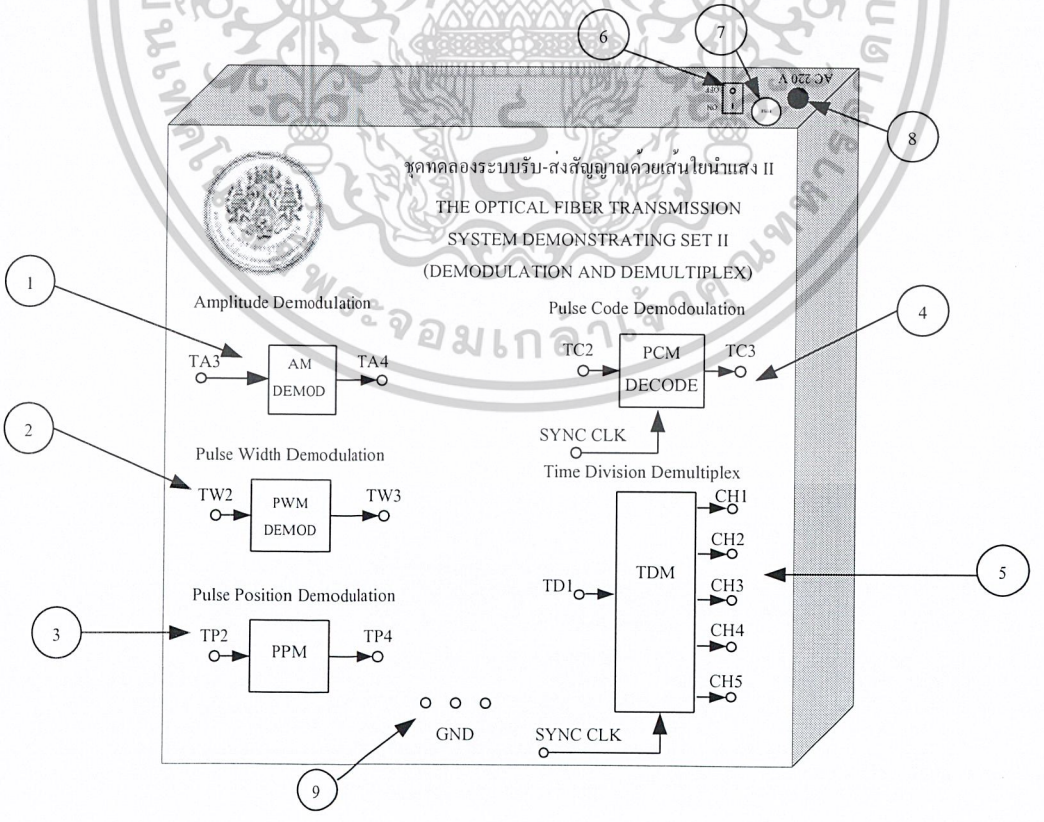
⑥ สวิตซ์ เปิด/ปิด เครื่อง

⑦ ฟิวส์

⑧ ไฟเลี้ยงขนาด 220 โวลต์ กระแสสลับ

⑨ กราวด์

3. ส่วนประกอบและปุ่มควบคุม ส่วนของวงจรการดีมอดูเลตและการดีมัลติเพลกซ์



รูปที่ จ.2 ส่วนประกอบชุดทดลองรับสัญญาณผ่านเส้นใยนำแสง II

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ จ.2 มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

① การทดลองภาครับสัญญาณเสียงที่ผ่านการดีมอดูเลตแอมพลิจูด (Amplitud Demodulation)

② การทดลองภาครับสัญญาณข่าวสารโดยการดีมอดูเลตแบบความกว้างพัลส์ (Pulse Width Demodulation)

③ การทดลองภาครับสัญญาณข่าวสารโดยการดีมอดูเลตทางตำแหน่งพัลส์ (Pulse Position Demodulation)

④ การทดลองภาครับสัญญาณข่าวสารโดยการดีมอดูเลตแบบรหัสพัลส์ (Pulse Code Demodulation)

⑤ การทดลองภาครับสัญญาณข่าวสารโดยการดีมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา (Time Divisions Demultiplex)

⑥ สวิตซ์เปิด/ปิด เครื่อง

⑦ ฟิวส์

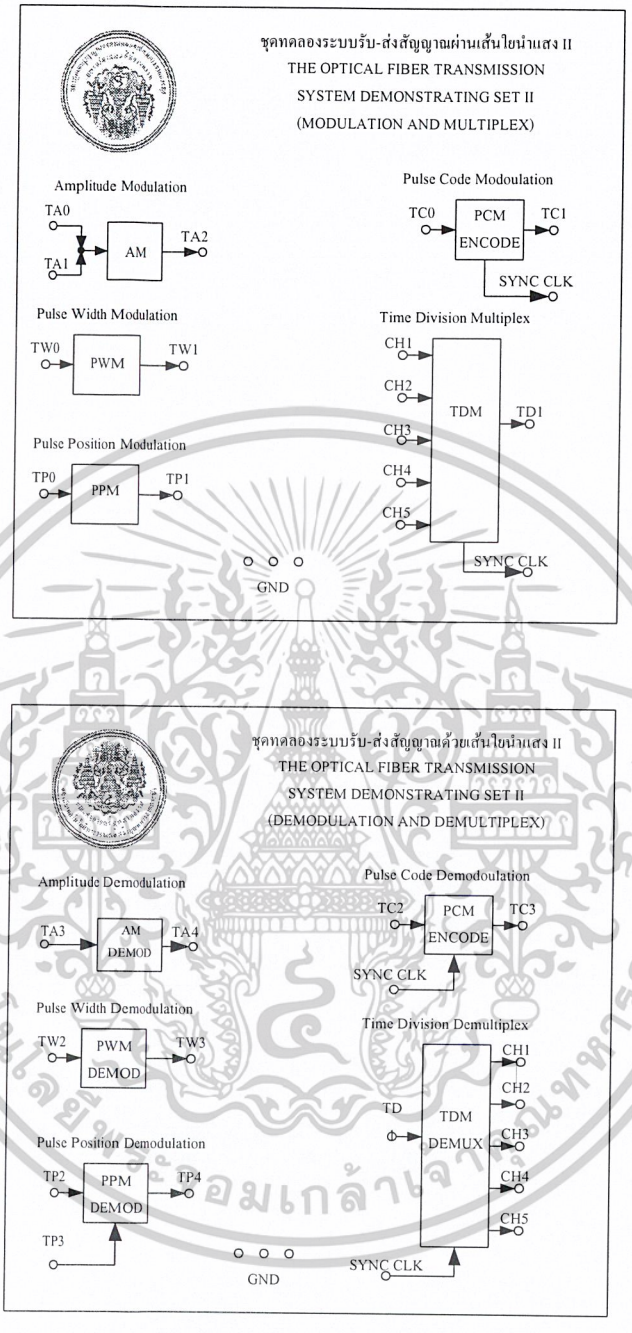
⑧ ไฟเลี้ยงขนาด 220 โวลต์ กระแสสลับ

⑨ กราวด์

4. การติดตั้งและการใช้งาน

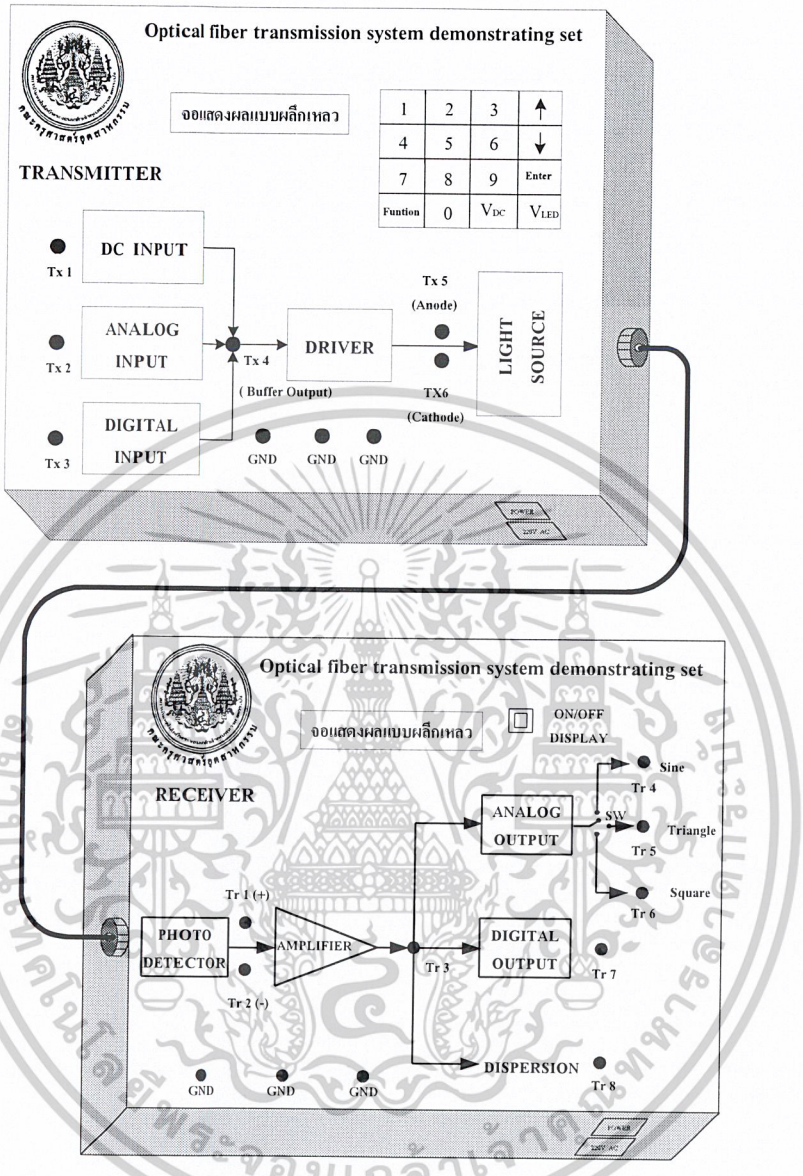
4.1 ชุดทดลองระบบรับ-ส่งสัญญาณด้วยเส้นใยนำแสง II จะประกอบด้วยภาคมอดูเลตและมัลติเพลกซ์ กับภาคดีมอดูเลตและดีมัลติเพลกซ์ดังรูปที่จ.3 ซึ่งในการทดลองตามใบงานในภาคการปฏิบัตินั้นต้องใช้ร่วมกับชุดทดลองระบบรับ-ส่งสัญญาณด้วยเส้นใยนำแสง ซึ่งแสดงดังรูป จ.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.3 ชุดทดลองระบบรับ-ส่งสัญญาณด้วยเส้นใยนำแสง II

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.4 ชุดทดลองระบบรับ-ส่งสัญญาณด้วยเส้นใยนำแสง

4.2 ในการต่อชุดทดลองภาคมอดูเลตแอมพลิจูดต้องทำการป้อนสัญญาณข่าวสาร 1 kHz ขนาด 1 V_{p-p} ที่ตำแหน่ง TA0 และสัญญาณพาห์ 100 kHz ขนาด 160 mV_{p-p}ที่ตำแหน่ง TA1จะได้สัญญาณเอเอ็มที่ TA2 ใช้สายต่อวงจรเชื่อมระหว่าง TA2 กับTx2 เพื่อทำการส่งผ่านเส้นใยนำแสง เมื่อผ่านเส้นใยนำแสงแล้วให้ทำการเชื่อมต่อตำแหน่ง Tr4 เข้ากับ TA3 จะได้สัญญาณข่าวสารกลับคืนมาที่ตำแหน่งTA4 ทำการวัดสัญญาณและปฏิบัติตามใบงานการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ในการต่อชุดทดลองภาคมอดูเลตความกว้างพัลส์ต้องทำการป้อนสัญญาณข่าวสารความถี่ 10 kHz ขนาด 12 V_{p-p} ที่ตำแหน่ง TW0 ได้สัญญาณพีดับเบิลยูเอ็มที่ TW1 ใช้สายต่อวงจรเชื่อมระหว่าง TW1 กับ Tx3 เพื่อทำการส่งผ่านเส้นใยนำแสง เมื่อผ่านเส้นใยนำแสงแล้วให้ทำการเชื่อมต่อตำแหน่ง Tr7 เข้ากับ TW2 จะได้สัญญาณข่าวสารกลับคืนมาที่ตำแหน่งTW3ทำการวัดสัญญาณและปฏิบัติตามใบงานการทดลอง

4.4 ในการต่อชุดทดลองภาคมอดูเลตตำแหน่งพัลส์ต้องทำการป้อนสัญญาณข่าวสารความถี่ 17 kHz ขนาด 13 V_{p-p} ที่ตำแหน่ง TP0 ได้สัญญาณพีพีเอ็มที่ TP1 ใช้สายต่อวงจรเชื่อมระหว่าง TP1 กับ Tx3 เพื่อทำการส่งผ่านเส้นใยนำแสง เมื่อผ่านเส้นใยนำแสงแล้วให้ทำการเชื่อมต่อตำแหน่ง Tr7 เข้ากับ TP2 และทำการป้อนสัญญาณนาฬิกา 10 kHz ขนาด 810 mV_{p-p} ที่ตำแหน่ง TP3 จะได้สัญญาณข่าวสารกลับคืนมาที่ตำแหน่ง TP4 ทำการวัดสัญญาณและปฏิบัติตามใบงานการทดลอง

4.5 ในการต่อชุดทดลองภาคมอดูเลตแบบรหัสพัลส์ต้องทำการป้อนสัญญาณข่าวสารความถี่ 1 kHz ขนาด 7 V_{p-p} ที่ตำแหน่ง TC0 ได้สัญญาณพีซีเอ็มที่ TC1 ใช้สายต่อวงจรเชื่อมระหว่าง TC1 กับ Tx3 เพื่อทำการส่งผ่านเส้นใยนำแสง เมื่อผ่านเส้นใยนำแสงแล้วให้ทำการเชื่อมต่อตำแหน่ง Tr7 เข้ากับ TC2 และทำการต่อสัญญาณสัญญาณนาฬิกาของภาคพีซีเอ็มเข้าด้วยกัน จะได้สัญญาณข่าวสารกลับคืนมาที่ตำแหน่ง TC3 ทำการวัดสัญญาณและปฏิบัติตามใบงานการทดลอง

4.6 ในการต่อชุดทดลองภาคมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลาต้องทำการป้อนสัญญาณข่าวสารช่วง 300 Hz - 3,400 kHz ขนาด 12 V_{p-p} ที่แต่ละช่องสัญญาณ ให้ทำการเชื่อมต่อตำแหน่ง TD0 เข้ากับ TD1 และทำการต่อสัญญาณสัญญาณนาฬิกาของภาคทีดีเอ็มเข้าด้วยกันจะได้สัญญาณข่าวสารกลับคืนมาที่ตำแหน่งของแต่ละช่องสัญญาณ ทำการวัดสัญญาณและปฏิบัติตามใบงานการทดลอง

4.7 เมื่อประกอบวงจรเรียบร้อยแล้วให้ทำการเปิดเครื่อง เพื่อทำการป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับวง จรการทดลองตามความต้องการของวงจร เทียบกับกราวด์ 0Vเมื่อทำการวัดเสร็จแล้วให้ทำการปิดสวิตช์หรือปลดแหล่งจ่ายไฟออกก่อนแล้วถอดสายต่อวงจรออกจากเครื่องและเก็บเข้าที่ให้เรียบร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

5.1 การดูแลรักษา

1. ถอดสายต่อวงจรออกทุกครั้งหลังใช้งานเสร็จ
2. เช็ดทำความสะอาดตัวเครื่องสม่ำเสมอ

5.2 ข้อควรระวัง

1. ควรประกอบวงจรให้เรียบร้อยก่อน จึงเปิดสวิตช์
2. ตรวจค่าแรงดันที่ต้องต่อกับชุดทดลองต่างๆ ให้ถูกต้องเพื่อป้องกันการเกิดความเสียหายกับวงจรในกรณีแรงดันสูงเกินไป

6. ข้อมูลเฉพาะ

คุณสมบัติ	รายละเอียด
แหล่งจ่ายพลังงาน	ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ความถี่ 50-60 เฮิรตซ์
การต่อใช้งาน	การต่อใช้งานต้องต่อกับชุดทดลองระบบรับ-ส่งสัญญาณผ่านเส้นใยนำแสง
วงจรการทดลอง Amplitude Modulation and Amplitude Demodulation (AM)	สัญญาณข่าวสารความถี่ 1 kHz แอมพลิจูดขนาด 1 Vp-p และความถี่พาหะ 100 kHz แอมพลิจูดขนาด 160 mVp-p
Pulse Width Modulation and Pulse Width Demodulation (PWM)	ความถี่ขนาด 10 kHz แอมพลิจูดขนาด 12 Vp-p
Pulse Position Modulation and Pulse Position Demodulation (PPM)	ความถี่ขนาด 17 kHz แอมพลิจูดขนาด 13 Vp-p และสัญญาณนาฬิกาความถี่ 10 kHz แอมพลิจูดขนาด 810 Vp-p
Pulse Code Modulation and Pulse Code Demodulation (PCM)	ความถี่ขนาด 1 kHz แอมพลิจูดขนาด 7 Vp-p
Time Division Multiplex and Time Division Demultiplex (TDM)	ความถี่ขนาด 300 Hz - 3,400 Hz เข้าแต่ละช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HARRIS SEMICONDUCTOR

CD22354A, CD22357A

CMOS Single-Chip, Full-Feature PCM CODEC

January 1997

Features

- Meets or Exceeds All AT&T D3/D4 Specifications and CCITT Recommendations
- Complete CODEC and Filtering Systems: No External Components for Sample-and-Hold and Auto-Zero Functions. Receive Output Filter with (SIN X)/X Correction and Additional 8kHz Suppression
- Variable Data Clocks - From 64kHz 2.1MHz
- Receiver Includes Power-Up Click Filter
- TTL or CMOS-Compatible Logic
- ESD Protection on All Inputs and Outputs

Applications

- PABX
- Central Office Switching Systems
- Accurate A/D and D/A Conversions
- Digital Telephones
- Cellular Telephone Switching Systems
- Voice Scramblers - Descramblers
- T1 Conference Bridges
- Voice Storage and Retrieval Systems
- Sound Based Security Systems
- Computerized Voice Analysis
- Mobile Radio Telephone Systems
- Microwave Telephone Networks
- Fiber-Optic Telephone Networks

Description

The CD22354A and CD22357A are monolithic silicon-gate, double-poly CMOS integrated circuits containing the band-limiting filters and the companding A/D and D/A conversion circuits that conform to the AT&T D3/D4 specifications and CCITT recommendations. The CD22354A provides the AT&T μ-law and the CD22357A provides the CCITT A-law companding characteristic.

The primary applications for the CD22354A and CD22357A are in telephone systems. These circuits perform the analog and digital conversions between the subscriber loop and the PCM highway in a digital switching system. The functional block diagram is shown below.

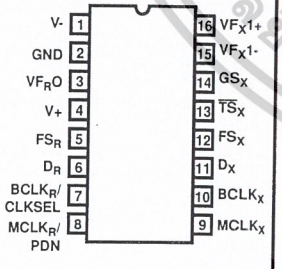
With flexible features, including synchronous and asynchronous operations and variable data rates, the CD22354A and CD22357A are ideally suited for PABX, central office switching system, digital telephones as well as other applications that require accurate A/D and D/A conversions and minimal conversion time.

Ordering Information

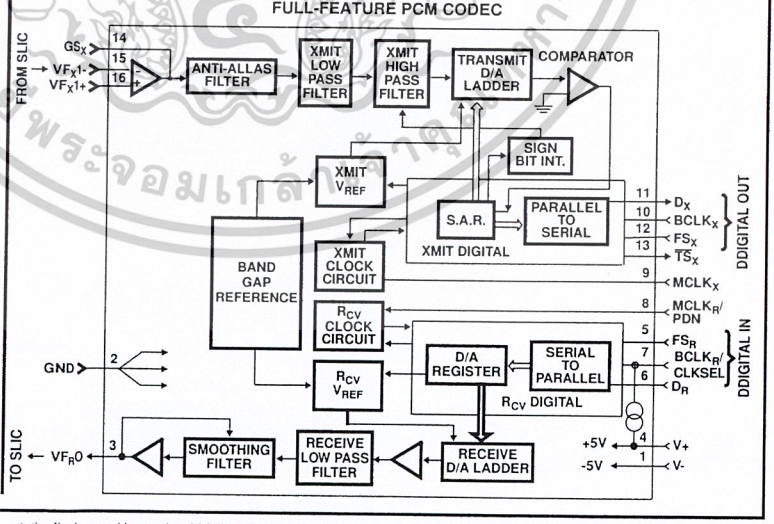
PART NUMBER	TEMP. RANGE (°C)	PACKAGE	PKG. NO.
CD22354AE	-40 to 80	16 Ld PDIP	E16.3
CD22357AE	-40 to 80	16 Ld PDIP	E16.3

Pinout

CD22354A, CD22357A
(PDIP)
TOP VIEW



Functional Block Diagram



CAUTION: These devices are sensitive to electrostatic discharge. Users should follow proper IC Handling Procedures.

Copyright © Harris Corporation 1997

File Number 1682.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CD22354A, CD22357A

Absolute Maximum Ratings

DC Supply-Voltage, (V+) . . . . . -0.5 to 7V
DC Supply-Voltage, (V-) . . . . . 0.5 to -7V
DC Input Diode Current,
I_{IK} (V_I < V- -0.5V or V_I > V+ 0.5V) . . . . . ±20mA
DC Output Diode Current,
I_{OK} (V_I < V- -0.5V or V_O > V+ 0.5V) . . . . . ±20mA
DC Drain Current, Per Output
I_O (V- -0.5V < V_O < V+ 0.5V) . . . . . ±25mA
DC Supply/Ground Current . . . . . ±50mA
Power Dissipation Per Package (P_D):
For T_A = -40°C to 60°C 500mW
For T_A = 60°C to 85°C . . . . . Derate Linearly at 8mW/°C to 300mW

Thermal Information

Maximum Junction Temperature . . . . . 175°C
Maximum Junction Temperature (Plastic Package) . . . . . 150°C
Maximum Storage Temperature Range (T_{STG}) . . . . . -65°C to 150°C
Maximum Lead Temperature (Soldering 10s) . . . . . 300°C

Operating Conditions

Operating-Temperature Range (T_A) . . . . . -40°C to 80°C

CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

Electrical Specifications At T_A = 25°C

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
STATIC SPECIFICATIONS						
Positive Power Supply	V+		4.75	5	5.25	V
Negative Power Supply	V-		-4.75	-5	-5.25	V
Power Dissipation (Operating)	P_{OPR}	V+ = 5V	-	75	90	mW
Power Dissipation (Standby)	P_{STBY}	V- = -5V	-	9	15	mW

Electrical Specifications At T_A = 0°C to 70°C; V+ = 5V ±5%, V- = -5V ±5%

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
STATIC SPECIFICATIONS						
Analog Input Resistance	R_{INA}		10	-	-	MΩ
Input Capacitance	C_{IN}	All Logic and Analog Inputs	-	5	-	pF
Input Leakage Current, Digital	I_I	V_I = 0V or V+	-10	-	10	µA
Low Level Input Voltage	V_{IL}	I_{IL} = ±10µA (Max)	-	-	0.8	V
High Level Input Voltage	V_{IH}	I_{IH} = ±10µA (Max)	2	-	-	V
Low Level Output Voltage	V_{OL}	I_{OL} = 3.2mA	-	-	0.4	V
High Level Output Voltage	V_{OH}	I_{OH} = 1.0mA	2.4	-	-	V
Open State Output Current	I_{OZ}	GND < D_X < V+	-10	-	10	µA
Input Leakage Current, Analog	I_I	-2.5V ≤ VF_X < 2.5V	-200	-	200	nA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Specifications

$V+ = 5V \pm 5\%$, $V- = -5V \pm 5\%$, $BCLK_R = BCLK_X = MCLK_X = 1.544MHz$, $V_{IN} = 0dBm0$, $T_A = 0^oC$ to 70^oC

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
TRANSMIT AND RECEIVE FILTER TRANSFER CHARACTERISTICS						
Transmit Gain (Relative to Gain at 1020Hz) Input Amplifier Set to Unity Gain	G_{RX}	f = 16Hz	-	-	-40	dB
		f = 50Hz	-	-	-30	dB
		f = 60Hz	-	-	-26	dB
		f = 200Hz	-1.8	-	-0.1	dB
		f = 300Hz to 3000Hz	-0.15	-	0.15	dB
		f = 3300Hz	-0.35	-	0.05	dB
		f = 3400Hz	-0.7	-	0	dB
		f = 4000Hz	-	-	-14	dB
		f ≥ 4600Hz, Measure 0 - 4kHz Response	-	-	-32	dB
Receive Gain (Relative to Gain at 1020Hz) (Includes (SIN X)/X Compensation)	G_{RR}	f = 0Hz to 3000Hz	-0.15	-	0.15	dB
		f = 3300Hz	-0.35	-	0.05	dB
		f = 3400Hz	-0.9	-	0	dB
		f = 4000Hz	-	-	-14	dB

AC Specifications

Unless otherwise specified, the following conditions apply:

$V+ = 5V \pm 5\%$, $V- = -5V \pm 5\%$

GND_A, $GND_D = 0V$, $F_{FX} = 1020Hz$ at 0dBm0

Transmit input amplifier operating in a unity gain configuration

Temperature . . . . . 0^oC to 70^oC

Receive output is measured single-ended. All output levels are (SIN X)/X corrected.

Definition

AMPLITUDE RESPONSE

Absolute Levels Definition:

$V_{REF} = -2.5V$

Nominal 0dBm0 level. . . . . 4dBm into 600Ω
$1.2276V_{RMS}$

Maximum Overload Level:

Voltage reference (V_{REF}) of -2.5V . . . . . 2.5V μ-Law
2.49V A-Law

AC Specifications Encoding Format at D_X Output

	CD22354A μ-LAW								CD22357A A-LAW (INCLUDES EVEN BIT INVERSION)							
V_{IN} (at GS_X) = +Full-Scale	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
V_{IN} (at GS_X) = 0V	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1
	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1
V_{IN} (at GS_X) = -Full-Scale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Specifications

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
AC DISTORTION						
Signal to Total Distortion Xmit or R_{CV}	STD_X, STD_R	Level = +3dBm0	33	-	-	dBc
		Level = 0 to -30dBm0	36	-	-	dBc
		Level = -40dBm0	30	-	-	dBc
		Level = -55dBm0, XMT	14	-	-	dBc
		Level = -55dBm0, R_{CV}	15	-	-	dBc
Single Frequency Distortion Xmit or R_{CV}	SFD_X, SFD_R		-	-	-46	dBc
Intermodulation (End-to-End Measurement) 2-Tone	IMD	V_{FX} = -4dBm0 to -21dBm0 f1, f2 from 300 to 3400Hz	-	-	-41	dB
Transmit Delay, Absolute	t_{DAX}	f = 1600Hz	-	280	315	µs
Transmit Envelope Delay Relative to t_{DAX}	t_{DEX}	f = 500-600Hz	-	170	220	µs
		f = 600-1000Hz	-	70	145	µs
		f = 1000-2600Hz	-	40	75	µs
		f = 2600-2800Hz	-	90	105	µs
Receive Delay, Absolute	t_{DAR}	f = 1600Hz	-	180	200	µs
Receive Envelope Delay Relative to t_{DAR}	t_{DER}	f = 500-600Hz	-40	-25	-	µs
		f = 600-1000Hz	-40	-25	-	µs
		f = 1000-2600Hz	-	60	90	µs
		f = 2600-2800Hz	-	110	125	µs

Electrical Specifications

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
AC GAIN TRACKING						
Transmit Gain Tracking Error	GTX	+3 to -40dBm0	-	-	±0.2	dB
		-40 to -50dBm0	-	-	±0.4	dB
		-50 to -55dBm0	-	-	±1.2	dB
Receive Gain Tracking Error	GTR	+3 to -40dBm0	-	-	±0.2	dB
		-40 to -50dBm0	-	-	±0.4	dB
		-50 to -55dBm0	-	-	±1.2	dB
Transmit Input Amplifier Gain, Open Loop	A_{OL}	$R_L \geq 1M\Omega$ at GS_X	68	-	-	dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Specifications (Continued)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Transmit Input Amplifier Gain, Unity	A_{CL}	Unity Gain Configuration Inverting or Non-Inverting $R_L \geq 10K$, $C_L \leq 50pF$	-0.01	-	0.01	dB
Transmit Gain, Absolute	G_{XA}	$R_L \geq 10K$, $C_L \leq 50pF$	-0.15	-	0.15	dB
Receive Gain, Absolute	G_{RA}	$R_L \geq 600\Omega$, $C_L \leq 500pF$	-0.15	-	0.15	dB

Electrical Specifications

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
AC NOISE						
Transmit Noise	N_X	VF_XI- = GND	-	12	15	dBrnc0
		VF_XI+ = GND	-	-74	-67	dBrn0p
Receive Noise	N_R	PCM Code Equivalent to 0V	-	7	11	dBrnc0
			-	-83	-79	dBrn0p
V+ Power Supply Rejection Transmit	PSRR	VF_XI+ = 0V $V+ = 5V + (100mV_{RMS})$ f = 0kHz to 50kHz	40	-	-	dBc
V- Power Supply Rejection Transmit	PSRR	VF_XI- = 0V $V- = -5V + (100mV_{RMS})$ f = 0kHz to 50kHz	40	-	-	dBc
V+ Power Supply Rejection Receive	PSRR	PCM Code = All 1 Code $V+ = 5V + (100mV_{RMS})$ f = 0kHz to 4kHz	40	-	-	dBc
		f = 4kHz to 25kHz	37	-	-	dB
		f = 25kHz to 50kHz	36	-	-	dB
V- Power Supply Rejection Receive	PSRR	PCM Code = All 1 Code $V- = -5V + (100mV_{RMS})$ f = 0kHz to 4kHz	40	-	-	dBc
		f = 4kHz to 25kHz	40	-	-	dB
		f = 25kHz to 50kHz	36	-	-	dB
Cross Talk Transmit to Receive	CT_{XR}	VF_XI- = 0dBm0 at 1020Hz	-	-80	-70	dB
Cross Talk Receive to Transmit	CT_{RX}	D_R = 0dBm0 at 1020Hz, VF_XI- = 0V	-	-76	-70	dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Specifications

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
AC TIMING						
Frequency of Master Clocks	$1/t_{PM}$	Depends on the Device Used and the $BCLK_R$/CLKSEL Pin	-	1.536	-	MHz
			-	1.544	-	MHz
		$MCLK_X$ and $MCLK_R$	-	2.048	-	MHz
Width of Master Clock High	t_{WMH}	$MCLK_X$ and $MCLK_R$	160	-	-	ns
Width of Master Clock Low	t_{WML}	$MCLK_X$ and $MCLK_R$	160	-	-	ns
Rise Time of Master Clock	t_{RM}	$MCLK_X$ and $MCLK_R$	-	-	50	ns
Fall Time of Master Clock	t_{FM}	$MCLK_X$ and $MCLK_R$	-	-	50	ns
Set-up Time from $BCLK_X$ High (and FS_X in Long Frame Sync Mode) to $MCLK_X$ Falling Edge	t_{SBFM}	First Bit Clock after the Leading Edge of FS_X	100	-	-	ns
Period of Bit Clock	t_{PB}		485	488	15,725	ns
Width of Bit Clock High	t_{WBH}	V_{IH} = 2.2V	160	-	-	ns
Width of Bit Clock Low	t_{WBL}	V_{IL} = 0.6V	160	-	-	ns
Rise Time of Bit Clock	t_{RB}	t_{PB} = 488ns	-	-	50	ns
Fall Time of Bit Clock	t_{FB}	t_{PB} = 488ns	-	-	50	ns
Hold Time from Bit Clock Low to Frame Sync	t_{HBF}	Long Frame Only	0	-	-	ns
Hold Time from Bit Clock High to Frame Sync	t_{HOLD}	Short Frame Only	0	-	-	ns
Set-up Time from Frame Sync to Bit Clock Low	t_{SFB}	Long Frame Only	80	-	-	ns
Delay Time from $BCLK_X$ High to Data Valid	t_{DBD}	Load = 150pF plus 2 LSTTL Loads	0	-	180	ns
Delay Time to $\overline{TS}_X$ Low	t_{XDP}	Load = 150pF plus 2 LSTTL Loads	-	-	140	ns
Delay Time from $BCLK_X$ Low or FS_X Low to Data Output Disabled	t_{DZC}		50	-	165	ns
Delay Time to Valid Data from FS_X or $BCLK_X$, Whichever Comes Later	t_{DZF}	C_L = 0pF to 150pF	20	-	165	ns
Set-up Time from D_R Valid to $BCLK_{R/X}$ Low	t_{SDB}		50	-	-	ns
Hold Time from $BCLK_{R/X}$ Low to D_R Invalid	t_{HBD}		50	-	-	ns
Set-up Time from $FS_{X/R}$ to $BCLK_{X/R}$ Low	t_{SF}	Short Frame Sync Pulse (1 or 2 Bit Clock Periods Long) (Note 1)	50	-	-	ns
Hold Time from $BCLK_{X/R}$ Low to $FS_{X/R}$ Low	t_{HF}	Short Frame Sync Pulse (1 or 2 Bit Clock Periods Long) (Note 1)	100	-	-	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Specifications (Continued)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Hold Time from 3rd Period of Bit Clock Low to Frame Sync (FS_X or FS_R)	t_{HBFI}	Long Frame Sync Pulse (from 3 to 8-Bit Clock Periods Long)	100	-	-	ns
Minimum Width of the Frame Sync Pulse (Low Level)	t_{WFL}	64K Bit/s Operating Mode	160	-	-	ns

NOTE:

1. For short frame sync timing, FS_X and FS_R must go high while their respective bit clocks are high.

Pin Descriptions

PIN NO.	SYMBOL	DESCRIPTION
1	V-	Negative power supply, V- = -5V ±5%.
2	GND	Analog and digital ground. All signals referenced to this pin.
3	VF_RO	Analog output of RECEIVE FILTER.
4	V+	Positive power supply, V+ = 5V ±5%.
5	FS_R	Receive Frame Sync Pulse which enables $BCLK_R$ to shift PCM data into D_R. FS_R is an 8kHz PULSE TRAIN.
6	D_R	Receive Data Input. PCM data is shifted into D_R following the FS_R leading edge.
7	$BCLK_R$/CLK-SEL	The Receive Bit Clock, which shifts data into D_R after the frame sync leading edge, may vary from 64kHz to 2.048MHz. Alternatively, the leading edge may be a logic input which selects either 1.536MHz/ 1.544MHz or 2.048MHz for Master Clock in synchronous mode and $BCLK_X$ is used for both transmit and receive directions.
8	$MCLK_R$/PDN	Receive Master Clock. Must be 1.536MHz, 1.544MHz or 2.048MHz. May be asynchronous with $MCLK_X$, but best performance is realized from synchronous operation. When this pin is continuously connected low, $MCLK_X$ is selected for all internal timing. When this pin is continuously connected high, the device is powered down.
9	$MCLK_X$	Transmit Master Clock. Must be 1.536MHz, 1.544MHz or 2.048MHz. May be asynchronous with $MCLK_R$, but best performance is realized from synchronous operation.
10	$BCLK_X$	The Bit Clock which shifts out the PCM Data on D_X. May vary from 64kHz to 2.048MHz, but must be synchronous with $MCLK_X$.
11	D_X	The THREE-STATE PCM Data Output which is enabled by FS_X.
12	FS_X	Transmit Frame Sync Pulse input which enables $BCLK_X$ to shift out the data on D_X. FS_X is an 8kHz PULSE TRAIN.
13	$\overline{TS}_X$	Open drain output which pulses low during the encoder time slot.
14	GS_X	Transmit gain adjust.
15	VF_XI-	Inverting input of the transmit input amplifier.
16	VF_XI+	Non-inverting input of the transmit input amplifier.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

Power Supply Sequencing

Do not apply input signal or load on output before powering up V_{CC} supply. Care must be taken to ensure that D_X pin goes on common back plane (with other D_X pins from other chips). D_X pin cannot drive >50mA before Power-Up. This will cause the part to latch up.

Power-Up

When power is first applied, the Power-On reset circuitry initializes the CODEC and places it in a Power-Down mode. When the CODEC returns to an active state from the Power-Down mode, the receive output is muted briefly to minimize turn-on "click".

To power up the device, there are two methods available.

1. A logical zero at $MCLK_R$/PDN will power up the device, provided FS_X or FS_R pulses are present.
2. Alternatively, a clock ($MCLK_R$) must be applied to $MCLK_R$/PDN and FS_X or FS_R pulses must be present.

Power-Down

Two power-down modes are available.

1. A logical 1 at $MCLK_R$/PDN, after approximately 0.5ms, will power down the device.
2. Alternatively, hold both FS_X and FS_R continuously low, the device will power down approximately 0.5ms after the last FS_X or FS_R pulse.

Synchronous Operation (Transmit and Receive Sections use the Same Master Clock)

The same master clock and bit-clock should be used for the receive and transmit sections. $MCLK_X$ (pin 9) is used to provide the master clock for the transmit section; the receive section will use the same master clock if the $MCLK_R$/PDN (pin 8) is grounded (synchronous operation), or at V+ (power-down mode). $MCLK_R$/PDN may be clocked only if a clock is provided at $BCLK_R$/CLKSEL (pin 7) as in asynchronous operation.

The $BCLK_X$ (pin 10) is used to provide the bit clock to the transmit section. In synchronous operation, this bit clock is also used for the receive section if $MCLK_R$/PDN (pin 8) is grounded. $BCLK_R$/CLKSEL (pin 7) is then used to select the proper internal frequency division for 1.544MHz, 1.536MHz or 2.048MHz operation (see Table below). For 1.544MHz operation, the device automatically compensates for the 193rd clock pulse each frame.

Each FS_X pulse begins the encoding cycle and the PCM data from the previous encode cycle is shifted out of the enabled D_X output on the leading edge of $BCLK_X$. After 8 bit-clock periods, the tristate D_X output is returned to a high impedance state. With an FS_R pulse, PCM data is latched via the D_R input on the negative edge of the $BCLK_X$. FS_X and FS_R must be synchronous with $MCLK_X$.

CLOCKING OPTIONS

MODE	$BCLK_R$/CLKSEL (PIN 7)	MASTER CLOCK FREQUENCY SELECTED	
		CD22354A (μ)	CD22357A (A)
Asynchronous or Synchronous	Clocked	1.536MHz or 1.544MHz	2.048MHz
Synchronous	0	2.048MHz	1.536MHz or 1.544MHz
Synchronous	1(or open circuit)	1.536MHz or 1.544MHz	2.048MHz

Asynchronous Operation (Transmit and Receive Sections use Separate Master Clocks)

For the CD22357A, the $MCLK_X$ and $MCLK_R$ must be 2.048MHz and for the CD22354A must be 1.536MHz or 1.544MHz. These clocks need not be synchronous. However, for best transmission performance, it is recommended that $MCLK_X$ and $MCLK_R$ be synchronous.

For 1.544MHz operation the device automatically compensates for the 193rd clock pulse each frame. FS_X starts the encoding operation and must be synchronous with $MCLK_X$ and $BCLK_X$. FS_R starts the decoding operation and must be synchronous with $BCLK_R$. $BCLK_R$ must be clocked in asynchronous operation. $BCLK_X$ and $BCLK_R$ may be between 64kHz - 2.04MHz.

Short-Frame Sync Mode

When the power is first applied, the power initialization circuitry places the CODEC in a short-frame sync mode. In this mode both frame sync pulses must be 1 bit-clock period long, with the timing relationship shown in Figure 1.

With FS_X high during the falling edge of the $BCLK_X$, the next rising edge of $BCLK_X$ enables the D_X tristate output buffer, which will output the sign bit. The following rising seven edges clock out the remaining seven bits upon which the next falling edge will disable the D_X output.

With FS_R high during the falling edge of the $BCLK_R$ ($BCLK_X$ in synchronous mode), the next falling edge of $BCLK_R$ latches in the sign bit. The following seven edges latch in the seven remaining bits.

Long-Frame Sync Mode

In this mode of operation, both of the frame sync pulses must be three or more bit-clock periods long with the timing relationship shown in Figure 2.

Based on the transmit frame sync FS_X, the CODEC will sense whether short or long-frame sync pulses are being used.

For 64kHz operation the frame sync pulse must be kept low for a minimum of 160ns.

The D_X tristate output buffer is enabled with the rising edge of FS_X or the rising edge of, the $BCLK_X$, whichever comes later and the first bit clocked out is the sign bit. The following seven rising edges of the $BCLK_X$ clock out the remaining seven bits. The D_X output is disabled by the next falling edge of the $BCLK_X$ following the 8th rising edge or by FS_X going low whichever comes later.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A rising edge on the receive frame sync, FS_R, will cause the PCM data at D_R to be latched in on the next falling edge of the $BCLK_R$. The remaining seven bits are latched on the successive seven falling edges of the bit-clock ($BCLK_X$ in synchronous mode).

Transmit Section

The transmit section consists of a gain-adjustable input op-amp, an anti-aliasing filter, a low-pass filter, a high-pass filter and a compressing A/D converter. The input op-amp drives a RC active anti-aliasing filter. This filter eliminates the need for any off-chip filtering as it provides 30dB attenuation (Min) at the sampling frequency. From this filter the signal enters a 5th order low-pass filter clocked at 128kHz, followed by a 3rd order high-pass filter clock at 32kHz. The output of the high-pass filter directly drives the encoder capacitor ladder at an 8kHz sampling rate. A precision voltage reference is trimmed in manufacturing to provide an input overload of nominally $2.5V_{PEAK}$. Transmit frame sync pulse FS_X controls the process. The 8-bit PCM data is clocked out at D_X by the $BCLK_X$. $BCLK_X$ can be varied from 64kHz to 2.048MHz.

Receive Section

The receive section consists of an expanding D/A converter and a low-pass filter which fulfills both the AT&T D3/D4 specifications and CCITT recommendations. PCM data enters the receive section at D_R upon the occurrence of FS_R, Receive Frame sync pulse. $BCLK_R$, Receive Data Clock, which can range from 64kHz to 2.048MHz, clocks the 8-bit PCM data into the receive data register. A D/A conversion is performed on the 8-bit PCM data and the corresponding analog signal is held on the D/A capacitor ladder. This signal is transferred to a switched capacitor low-pass filter clocked at 128kHz to smooth the sample-and-hold signal as well as to compensate for the (SIN X)/X distortion.

The filter is then followed by a second order Sallen and Key active filter capable of driving a 600Ω load to a level of 7.2dBm.

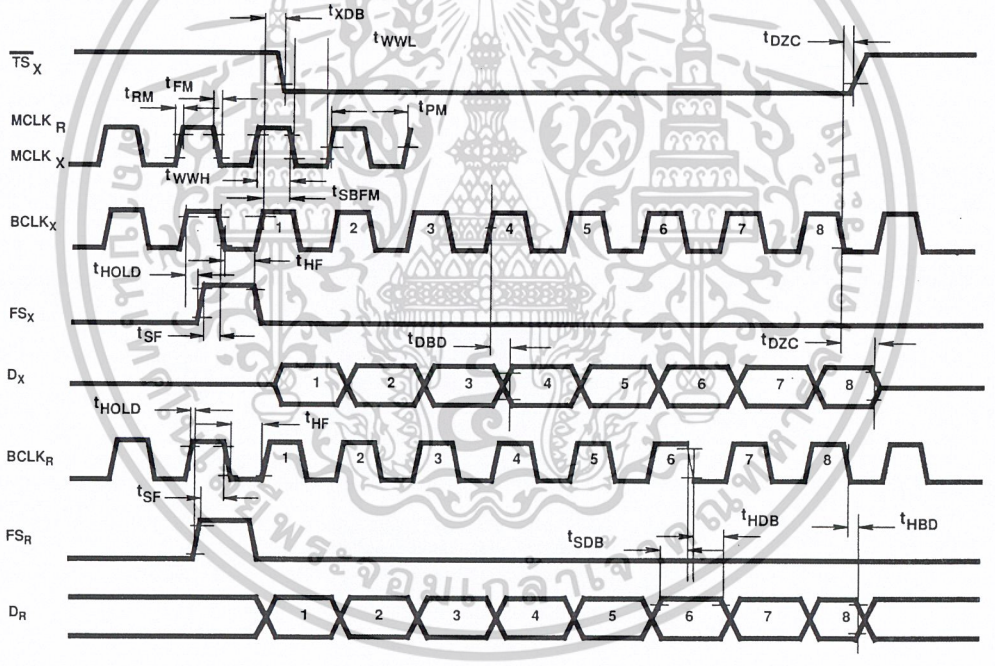


FIGURE 1. SHORT FRAME-SYNC TIMING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

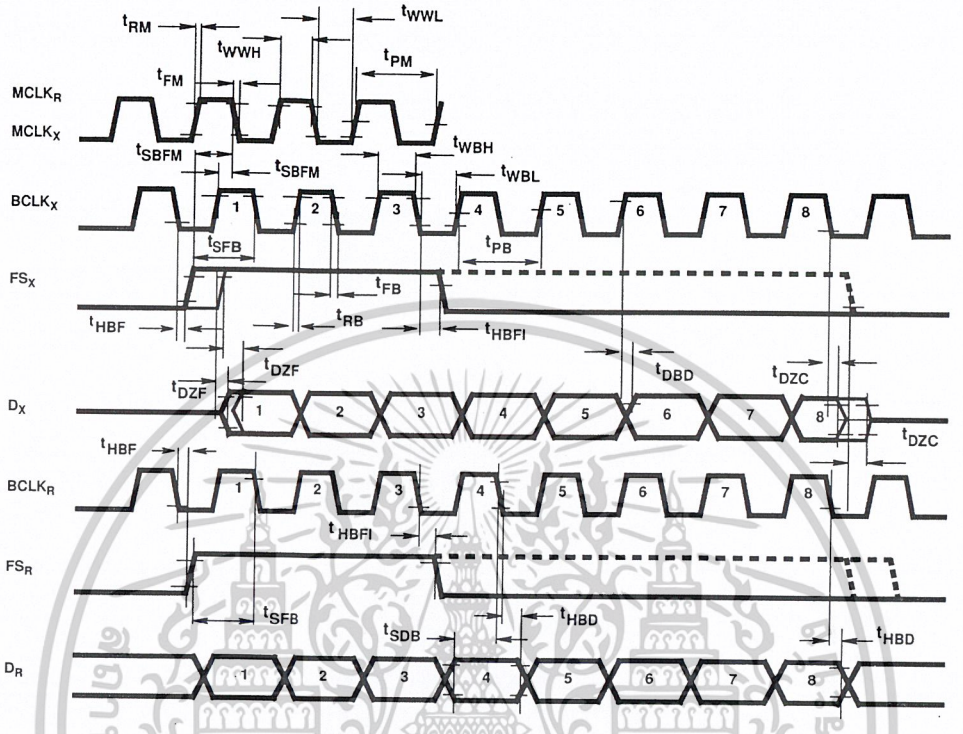


FIGURE 2. LONG FRAME-SYNC TIMING

All Harris Semiconductor products are manufactured, assembled and tested under **ISO9000** quality systems certification.

Harris Semiconductor products are sold by description only. Harris Semiconductor reserves the right to make changes in circuit design and/or specifications at any time without notice. Accordingly, the reader is cautioned to verify that data sheets are current before placing orders. Information furnished by Harris is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Harris or its subsidiaries for its use; nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Harris or its subsidiaries.

Sales Office Headquarters

For general information regarding Harris Semiconductor and its products, call **1-800-4-HARRIS**

NORTH AMERICA
Harris Semiconductor
P. O. Box 883, Mail Stop 53-210
Melbourne, FL 32902
TEL: 1-800-442-7747
(407) 729-4984
FAX: (407) 729-5321

EUROPE
Harris Semiconductor
Mercure Center
100, Rue de la Fusee
1130 Brussels, Belgium
TEL: (32) 2.724.2111
FAX: (32) 2.724.22.05

ASIA
Harris Semiconductor PTE Ltd.
No. 1 Tannery Road
Cencon 1, #09-01
Singapore 1334
TEL: (65) 748-4200
FAX: (65) 748-0400

HARRIS SEMICONDUCTOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-สกุล	นางสาวมรกต เวชพิทักษ์
วัน เดือน ปีเกิด	15 สิงหาคม พ.ศ. 2524
ภูมิลำเนา	125/85 หมู่ที่ 9 ตำบลกะลุวอเหนือ อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส 96000
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนเทศบาล ๑ จังหวัดนราธิวาส
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนนราธิวาส
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคนราธิวาส
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคยะลา
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
ทุนการศึกษา	ทุนการศึกษาของกระทรวงพาณิชย์ ชื่อมูลนิธิวิสุกรรม ปีการศึกษา 2539-2545
คติพจน์	อย่าเป็นคนเห็นแก่ตัว จะทำอะไรคิดถึงพ่อกับแม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชื่อ-สกุล	นางสาววิภาดา ภาพร
วัน เดือน ปีเกิด	29 มิถุนายน พ.ศ. 2523
ภูมิลำเนา	71 หมู่ที่ 6 บ้านคุ้งวารี ตำบลบ้านเกาะ อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ 53000 โทรศัพท์ 0-5544-2177
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านหนองบัวสันตุ จังหวัดมหาสารคาม
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนอุตรดิตถ์ดรุณี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคอุตรดิตถ์
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคอุตรดิตถ์
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	ความลำบากย่อมมาก่อนความสบายเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชื่อ-สกุล	นางสาวอรทัย กลางณรงค์
วัน เดือน ปีเกิด	2 ตุลาคม พ.ศ. 2523
ภูมิลำเนา	68 หมู่ที่ 6 ตำบลบางงอน อำเภอพุนพิน
	จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84130 โทรศัพท์ 0-7728-6681
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดบ่อ(นันทวิทยา) จังหวัดนนทบุรี
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนศรีบุณยานนท์ จังหวัดนนทบุรี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	-
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	ทำวันนี้ให้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้