

ชุดฝึกการมอดและดีมอดแบบ FSK
FSK MODULATION AND DEMODULATION



โดย
นายจิตติเดช บุญทศ
นายสุรไกร อางจันทร์
นายสุรทิน อรรถเสนา

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 46532
วัน, เดือน, ปี 4 เม.ย. 2546

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

46532

หัวข้อปริญญาบัตร

ชุดฝึกการมอดและคิมอคแบบ FSK

โดย

นายจิตติเดช บุญทศ รหัสประจำตัว 43015717

นายสุรไกร จางจันทร์ รหัสประจำตัว 43015755

นายสุรทิน อรรถเสนา รหัสประจำตัว 43015756

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. อรลภ แสงอรุณ

รศ.ดร.กนก เจนจิระพงศ์เวช

ภาควิชา

วิศวกรรมสารสนเทศ

ปีการศึกษา

2544

ปริญญาบัตรฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาด
กระบัง

(รศ.อรลภ แสงอรุณ)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาบัตร

(รศ.ดร.กนก เจนจิระพงศ์เวช)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาบัตร

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ชุดฝึกการมอดและดีมอดแบบ FSK		
นักศึกษา	นายจิตติเดช บุญทศ	รหัสประจำตัว	43015717
	นายสุรไกร จางจันทร์	รหัสประจำตัว	43015755
	นายสุรทิน อรรถเสนา	รหัสประจำตัว	43015756
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	รศ.อรลภ	แสงอรุณ	
	รศ.ดร.กนก	เจนจิระพงศ์เวช	
ระดับการศึกษา	ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต		
ภาควิชา	สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์		
ปีการศึกษา	วิศวกรรมสารสนเทศ		
	2544		

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการทดลองชุดฝึกการมอดและดีมอดแบบ FSK (FREQUENCY SHIFT KEYING) พร้อมทั้งการสร้างวงจรและทดสอบการทำงานของวงจร โดยแยกเป็นแต่ละภาค ได้แก่ภาคมอดูเลเตอร์ (Modulator) วัดสัญญาณที่ได้จากการมอดูเลเตอร์ ภาคดีมอดูเลเตอร์ (Demodulator) วัดสัญญาณที่ได้จากการดีมอดูเลเตอร์ แล้วนำผลการทดลองที่ได้ มาเปรียบเทียบกับทฤษฎีของชุดทดลองที่มีอยู่ ตลอดจนทดสอบสเปกตรัมของสัญญาณ FSK ว่า เหมือนหรือแตกต่างจากทฤษฎีอย่างไร การนำวงจร ไปพัฒนาสามารถพัฒนาชุดทดลอง FSK ในการ ส่งข้อมูลข่าวสารที่มีความสำคัญหรือข้อมูลข่าวสาร ที่เป็นความลับของหน่วยงานต่างๆ ได้

PROJECT TITLE	FSK MODULATION AND DEMODULATION		
STUDENT	Mr. JITTIDED	BOONTOD	No. 43015717
	Mr. SURAKRAI	CHANGCHAN	No. 43015755
	Mr. SULHATIN	AUSTHASENA	No. 43015756
ADVISOR	Assoc. ONLARP	SANGOROON	
	Assoc.Dr. KANOK	JANCHIRAPONGVEG	
COURSE	Bachelor of Industrial Technology in Electronics		
DEPARTMENT	Information Engineering		
YEAR	2001		

ABSTRACT

This presents project proposes a study of FSK Modulation And Demodulation. It also presents an implementation including with performance test. This project can separate to modulator and demodulator part, and it present to signal compare between signal and spectrum of signal that is measured in the experiment and FSK theory to find the difference of them. Perhaps this project can be developed to the FSK communication that is important in secret data transmission of organization.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำโครงการนี้จะสำเร็จไม่ได้ถ้าขาดผู้ให้คำแนะนำ ตลอดจนให้ความรู้ข้อเสนอแนะต่างๆเกี่ยวกับการทำโครงการ ดังนั้นผู้เรียบเรียงทั้งสามขอขอบพระคุณอย่างยิ่งสำหรับ รศ.อรุณ แสงอรุณ และ รศ.ดร.กนก เจริญพงศ์เวช ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ให้แก่ผู้เรียบเรียง และสุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณอย่างยิ่งสำหรับ หัวหน้าแผนกเทคโนโลยีโทรคมนาคม วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา และอาจารย์ในแผนกทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องชุดทดลองทำให้สามารถทดลองโครงการนี้ได้

ผู้จัดทำ

นายจิตติเดช บุญทศ

นายสุรไกร งามจันทร์

นายสุรทิน อรรถเสนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	
สารบัญรูป	IV
สารบัญตาราง	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์	1
1.2 ขอบเขตของโครงการ	1
1.3 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ	2
1.3.1 การเตรียมข้อมูล	2
1.3.2 ออกแบบทำ PCB	2
1.3.3 สร้างชุดจ่ายแรงดัน (Power Supply) และชุดรักษาระดับแรงดัน (Regulator)	2
1.3.4 การลงตัวอุปกรณ์	3
1.3.5 การทดลอง	3
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน	4
2.1 การสื่อสารข้อมูล	4
2.1.1 วิธีการถ่ายโอนข้อมูล มีอยู่ 2 ประเภท	4
2.1.2 รูปแบบของการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม	6
2.1.3 ความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลแบบอนุกรม	7
2.1.4 การส่งแบบซิงโครนัส (Synchronous Transmission)	7
2.1.5 การส่งแบบอะซิงโครนัส	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2 หลักการของโมเด็ม	14
2.2.1 โมเด็มแถบความถี่เสียง (Voicebane Modem)	14
2.2.2 ชนิดของโมเด็ม (Type of Modem)	14
2.2.3 เทคนิคการ โมดูเลตสัญญาณของ โมเด็ม	21
2.2.4 หลักการในการ โมดูเลตสัญญาณ FSk	28
2.2.5 หลักการในการดีโมดูเลตสัญญาณ FSk	30
2.2.6 ลักษณะของตัวกรองสัญญาณที่ต้องการ (Filter Requiremnt)	33
2.2.7 การจำกัดสัญญาณสะท้อน (Echo Suppressor)	33
2.2.8 การบิดเบือนของสัญญาณ	34
2.2.9 สัญญาณรบกวน (Noise)	36
2.2.10 การเชื่อมต่อเข้ากับสายโทรศัพท์	37
2.3 มาตรฐาน RS-232-C	38
2.3.1 การสื่อสารทางเดียว	41
2.3.2 การสื่อสารสองทาง	43
2.3.3 นัล โมเด็ม (Null Modem)	45
2.3.4 สัญญาณทางไฟฟ้า	45
บทที่ 3 หลักการออกแบบ	47
3.1 แนวทางการออกแบบ	47
3.1.1 ภาคนบัฟเฟอร์ (Buffers)	47
3.1.2 ภาคนเลือกโหมด (Mode Selector)	48
3.1.3 ภาคนมอดและดีมอดสัญญาณ (Modulatoe And Demodulator)	49
3.1.4 ภาคนตัดสัญญาณ (Zero Crossing Detector)	49
3.1.5 ภาคนทวิคูณสัญญาณ (Duplexer)	50
3.1.6 ภาคน TTL TO RS-232 LEVEL CONVERTER	51

บทที่ 4 การทดลองและผลลัพธ์ที่ได้	52
4.1 ขั้นตอนการทดลองภาคมอดูเลเตอร์ (MODULATOR)	52
4.2 ขั้นตอนการทดลองภาคดีมอดูเลเตอร์ (DEMODULATOR)	59
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	70
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงการส่งข้อมูลแบบขนาน	5
รูปที่ 2.2 แสดงการส่งข้อมูลแบบอนุกรม	5
รูปที่ 2.3 แสดงรูปแบบการสื่อสารข้อมูลอนุกรม	7
รูปที่ 2.4 แสดงการต่อเนื่องของข้อความที่ถูกส่งแบบซิงโครนัส	8
รูปที่ 2.5 แสดงรูปแบบการใช้อักขระ SYN นำหน้ากลุ่มตัวอักษร	9
รูปที่ 2.6 แสดงการเปรียบเทียบอุปกรณ์รับข้อมูลตรวจหาอักขระในระบบซิงโครนัส	10
รูปที่ 2.7 แสดงการตัดแถวของบิตออก กลุ่มละ 8 บิต	10
รูปที่ 2.8 แสดงการใช้บัฟเฟอร์ช่วยในการส่งข้อมูล แบบซิงโครนัส	12
รูปที่ 2.9 แสดงการเรียงบิตในแต่ละเฟรมของอะซิงโครนัส	13
รูปที่ 2.10 แสดงหม้อแปลง Hybrid	16
รูปที่ 2.11 แสดงการแบ่งชนิดของโมเด็มตามเทคนิคการโมดูเลต	17
รูปที่ 2.12 แสดงหลักการทำงานของ FSK	22
รูปที่ 2.13 แสดงความถี่มาตรฐานของ Bell 103 Full Duplex	23
รูปที่ 2.14 แสดงความถี่มาตรฐานของ CCITT V.21	23
รูปที่ 2.15 แสดงความถี่มาตรฐานของ Bell 202 Half Duplex	24
รูปที่ 2.16 แสดงการโมดูเลตแบบ ASK	25
รูปที่ 2.17 แสดงการกำหนดคลื่นรูปไซน์และเฟสต่าง ๆ	26
รูปที่ 2.18 แสดงสัญญาณ PSK	27
รูปที่ 2.19 แสดงการแบ่งสัญญาณ PSK	27
รูปที่ 2.20 แสดงเฟสของสัญญาณในการส่งด้วยความเร็ว 9,600บิตต่อวินาที	28
รูปที่ 2.21 แสดงโครงสร้างในการกำเนิดสัญญาณ FSK	29
รูปที่ 2.22 แสดงโครงสร้างการทำงานของวงจรดีโมดูเลเตอร์	30
รูปที่ 2.23 แสดงการทำงานของดีเทคเตอร์	32
รูปที่ 2.24 แสดงการต่อตัวต้านทาน Feed Back	33
รูปที่ 2.25 แสดงการบิดเบือนของสัญญาณในแถบความถี่	35
รูปที่ 2.26 แสดงการหน่วงเวลาของสัญญาณ	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

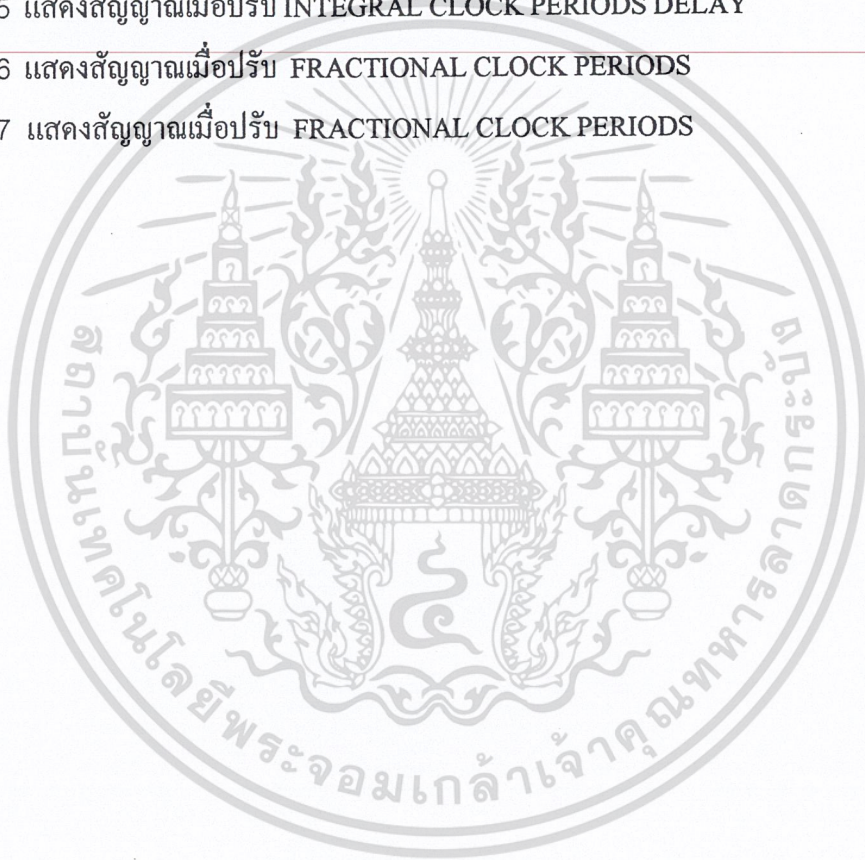
สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.27 แสดงการใช้ RS-232-C เชื่อมต่อกับอุปกรณ์	38
รูปที่ 2.28 แสดงการเชื่อมต่อทางเดียวอย่างง่าย	41
รูปที่ 2.29 แสดงการสื่อสารทางเดียวพร้อมด้วยแฮนด์เช็คกึ่งจาก DTE ไปยัง DCE	42
รูปที่ 2.30 แสดงการสื่อสารทางเดียวพร้อมด้วยแฮนด์เช็คกึ่งจาก DCE ไปยัง DTE	43
รูปที่ 2.31 แสดงการสื่อสารสองทางพร้อมด้วยวงจรแฮนด์เช็คกึ่งหลัก	44
รูปที่ 2.32 แสดงการเชื่อมต่อ RS-232 มาตรฐานเก้าเส้น	44
รูปที่ 2.33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและสถานะของสัญญาณ	46
รูปที่ 3.1 แสดงหลักการการทำงานของชุดทดลองการมอดและดีมอดสัญญาณ	47
รูปที่ 3.2 แสดงวงจรบัฟเฟอร์ (Buffers)	48
รูปที่ 3.3 แสดงวงจรเลือกโหมด (Mode Selector)	48
รูปที่ 3.4 แสดงไอซีเบอร์ AM7911 ใช้มอดและดีมอดสัญญาณ	49
รูปที่ 3.5 แสดงวงจรคีเทคสัญญาณ (Zero Crossing Detector)	50
รูปที่ 3.6 แสดงวงจรทวีคูณสัญญาณ (Duplexer)	50
รูปที่ 3.7 แสดงวงจร TTL TO RS-232 LEVEL CONVERTER	51
รูปที่ 4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	52
รูปที่ 4.2 แสดงการต่อวงจรเพื่อวัดสัญญาณ FSK	53
รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณข้อมูล เปรียบเทียบกับสัญญาณ FSK ที่ได้จากการมอดสัญญาณ	55
รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณข้อมูลอินพุท (input signal) เปรียบเทียบกับสัญญาณ FSK ที่ผ่าน การดีมอดคูเลเตอร์	56
รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณ FSK signal spectrum	57
รูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณ Mark Frequency	58
รูปที่ 4.7 แสดงสัญญาณ Space Frequency	59
รูปที่ 4.8 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	59
รูปที่ 4.9 แสดงการต่อวงจรเพื่อวัดสัญญาณ FSK จากการดีมอดคูเลเตอร์ (Demodulator)	60
รูปที่ 4.10 แสดงสัญญาณ DIGITAL INTERFACE OUTPUT ของ FSK	63
รูปที่ 4.11 แสดงการต่อวงจรเพื่อวัดสัญญาณ FSK	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.12 แสดงสัญญาณ FSK เปรียบเทียบกับสัญญาณที่สร้างขึ้นมาใหม่	66
รูปที่ 4.13 แสดงสัญญาณ FSK ที่มีสัญญาณรบกวน	67
รูปที่ 4.14 แสดงสัญญาณเมื่อปรับ DELAY บน Pseudo-Random Binary Sequence Generator	68
รูปที่ 4.15 แสดงสัญญาณเมื่อปรับ INTEGRAL CLOCK PERIODS DELAY	69
รูปที่ 4.16 แสดงสัญญาณเมื่อปรับ FRACTIONAL CLOCK PERIODS	69
รูปที่ 4.17 แสดงสัญญาณเมื่อปรับ FRACTIONAL CLOCK PERIODS	69



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 FCC Phone Line Restrictions

หน้า

38



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันคนเรามีการติดต่อสื่อสารกันมากขึ้น ทำให้ระบบที่สร้างขึ้นมารองรับการสื่อสารได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะเป็นระบบสื่อสารที่กลายเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวัน เช่น โทรศัพท์ วิทยุ โทรศัพท รวมทั้งระบบสื่อสารขั้นสูงที่นับวันจะมีความสำคัญมากขึ้น เช่น การสื่อสารทางคอมพิวเตอร์ การสื่อสารเส้นใยแสง การสื่อสารดาวเทียม และการสื่อสารไร้สาย ซึ่งทั้งหมดล้วนเป็นการสื่อสารทางไฟฟ้าทั้งสิ้น และหัวใจของการสื่อสารคือวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ ในการส่งข้อมูลนั้นจำเป็นต้องใช้วิธีการทาง อิเล็กทรอนิกส์ เข้ามาช่วย เพื่อให้สามารถส่งข้อมูลไปยังผู้รับได้ วิธีการต่างๆที่นำมาใช้มีหลายวิธีแล้วแต่ผู้ส่งเลือกใช้ วิธีการหนึ่งที่นิยมใช้กันมากและง่ายต่อการส่ง นั่นคือการนำข้อมูลข่าวสารที่ต้องการส่งมาทำการมอดสัญญาณทางความถี่กับคลื่นพาหะ แล้วจึงส่งไปยังผู้รับ เรียกว่า การมอดสัญญาณแบบ FSK วิธีการมอดแบบนี้จะเหมือนกับ การมอดแบบ FM แต่เปลี่ยนสัญญาณข่าวสารอนาล็อก (Analog) เป็นสัญญาณดิจิทัล (Digital) แล้วจึงนำมามอดสัญญาณ

1.1 วัตถุประสงค์

การทำชุดทดลองการมอดและดีมอดแบบ FSK เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเรื่อง FSK เพื่อใช้ในการศึกษาการทำงานของวงจร FSK ได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากราคาของชุดทดลองที่สั่งซื้อจากต่างประเทศ มีราคาแพงมาก เราจึงมีแนวคิดทำชุดทดลองใช้เอง เพื่อลดต้นทุน และได้เข้าใจการทำงานของชุดฝึกที่ทำขึ้น ผู้ที่ทำการทดลองสามารถใช้ชุดฝึกในการทดลองเรื่อง FSK ได้ สามารถเข้าใจรายละเอียดการทำงานของวงจรภาคต่างๆ ของชุดฝึกแบบ FSK ได้ สามารถอธิบายการทำงานของแต่ละวงจรได้ และสามารถพัฒนางจรให้มีความสามารถในการส่งข้อมูลข่าวสารต่างๆที่ต้องการจะส่งได้

1.2 ขอบเขตของโครงการ

สร้างชุดทดลองการมอดและดีมอดแบบ FSK ซึ่งประกอบไปด้วยภาคต่างๆดังนี้

- ภาค Modulator
- ภาค Demodulator
- ภาค Regulation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ภาค Supply Voltage Connector
- ภาค Ring Detector
- ภาค Power Detection
- ภาค TTL I/O Buffers
- ภาค TTL to RS-232 Level Converter
- ภาค RS -232 to TTL Lever Converter
- ภาค Mode Selection Circuits
- ภาค Duplexer

ทำหนังสือคู่มือเพื่อใช้ประกอบกับชุดทดลองการมอดและดีมอดแบบ FSK หนังสือคู่มือนี้จะอธิบายถึงการใช้ชุดทดลอง การปรับแต่งอุปกรณ์ก่อนเริ่มทำการทดลอง จุดวัดสัญญาณต่างๆ อธิบายสัญญาณที่จุด Test point ต่างๆ

1.3 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ

การดำเนินโครงการทำตามขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.3.1 การเตรียมข้อมูล

หาข้อมูลเกี่ยวกับการมอดสัญญาณแบบ FSK ทฤษฎีทดลองจนรูปคลื่นสัญญาณต่างๆที่เป็น การมอดทางความถี่ เตรียมวงจรที่จะใช้เป็นชุดทดลองแบบ FSK

1.3.2 ออกแบบทำ PCB

เมื่อได้วงจรที่จะใช้เป็นชุดทดลองแบบ FSK ทำการออกแบบลายวงจรชุดทดลองโดยใช้โปรแกรม Protel ออกแบบ

1.3.3 สร้างชุดจ่ายแรงดัน (Power Supply) และชุดรักษาระดับแรงดัน (Regulator)

ทำการลงตัวอุปกรณ์ที่ภาคจ่ายแรงดัน (Power Supply) และภาครักษาระดับแรงดัน (Regulator) แล้วทำการวัดแรงดันให้ได้ตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.4 การลงตัวอุปกรณ์

เมื่อได้แรงดันไฟตามที่ต้องการแล้ว ก็ทำการลงตัวอุปกรณ์ทุกตัวในแผ่นปริ้นของชุดทดลอง FSK เมื่อลงอุปกรณ์ทุกตัวหมดแล้วก็ทำการตรวจสอบว่าถูกต้องหรือไม่ แล้วจ่ายแรงดันให้กับชุดทดลอง วัดแรงดันที่จุดทดสอบ (Test point) ต่างๆ และแรงดันที่จ่ายให้กับไอซีทุกตัวว่าถูกต้องหรือไม่

1.3.5 การทดลอง

เมื่อปรับแต่งชุดทดลอง FSK ให้พร้อมที่จะทดลองแล้ว ทดลองวัดสัญญาณที่ภาคต่างๆ เพื่อทดสอบการทำงานของชุดทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐาน

2.1 การสื่อสารข้อมูล

การสื่อสารข้อมูล เป็นการส่งข่าวสารดิจิทัล (Digital Information) ซึ่งโดยมากอยู่ในรูปของเลขฐานสองจากแหล่งกำเนิดไปยังจุดหมายปลายทาง ข้อมูลจากแหล่งกำเนิด จะอยู่ในลักษณะสัญญาณอนาล็อกหรือสัญญาณดิจิทัลก็ตาม ข่าวสารจากแหล่งกำเนิด จะอยู่ในลักษณะสัญญาณดิจิทัล และข้อมูลที่รับได้ก็จะอยู่ในลักษณะดิจิทัลเช่นเดียวกันถึงแม้ว่าข้อมูลจะสามารถส่งได้ในลักษณะสัญญาณอนาล็อกหรือสัญญาณดิจิทัลก็ตาม ข่าวสารจากแหล่งกำเนิด อาจจะเป็นรหัสของตัวอักษร ตัวเลขหรือเครื่องหมายที่อยู่ในรูปเลขฐานสอง เช่น รหัส ASCII หรือรหัส EBCDIC ของไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor OP-Code) , รหัสควบคุม, รหัสที่อยู่ของใช้ (User Address) , โปรแกรมคอมพิวเตอร์, ข่าวสารข้อมูล (Data Base Information)

โครงข่ายการสื่อสารข้อมูล (Data Communication Network) แบบง่าย ๆ เช่น การเชื่อมโยงคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล หรือไมโครคอมพิวเตอร์สองเครื่องในระยะทางใกล้ ๆ ด้วยสายธรรมดาเข้าด้วยกันโดยตรง แต่ถ้าเป็นระยะทางไกล ๆ อาจจะต้องใช้สายโทรศัพท์ หรือถ้าจะให้ เป็นโครงข่ายการสื่อสารข้อมูลที่ยุ่งยาก อาจประกอบด้วยคอมพิวเตอร์เมนเฟรม (Mainframe Computer) หนึ่งเครื่อง หรือมากกว่ากับอุปกรณ์ปลายทางข้อมูลเป็นจำนวนร้อย ๆ เครื่อง

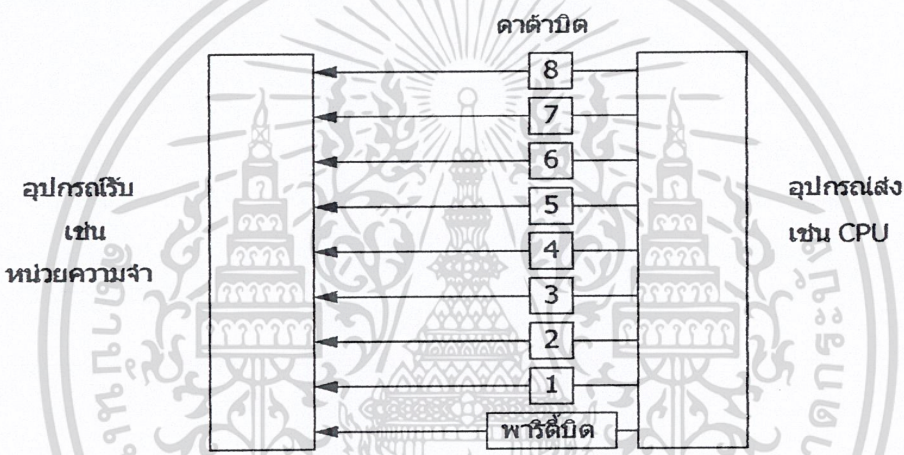
2.1.1 วิธีการถ่ายโอนข้อมูลมีอยู่ 2 ประเภท

1. การถ่ายโอนข้อมูลแบบขนาน ลักษณะการส่งข้อมูลแบบขนานทำได้โดยการส่งข้อมูลออกมาทีละ 1 ไบต์ จากอุปกรณ์ส่งไปยังอุปกรณ์รับ ตัวกลางระหว่าง 2 เครื่องจะต้องมีช่องทางให้ข้อมูลเดินอย่างน้อย 8 ช่องทาง โดยมากจะเป็นสายขนานให้กระแสไฟฟ้าวิ่งมากกว่าเป็นตัวกลางชนิดอื่น เนื่องจากการลดทอนของสัญญาณเนื่องจากความต้านทานของสาย ระยะทางระหว่าง 2 จุดจึงไม่ควรเกิน 100 ฟุต ปัญหาที่เกิดขึ้นหากระยะทางของสายมากกว่านี้ คือระดับของกราวด์ที่จุดรับผิดไปจากจุดส่งทำให้เกิดการผิดพลาดในการรับสัญญาณลอจิกทางฝ่ายรับ

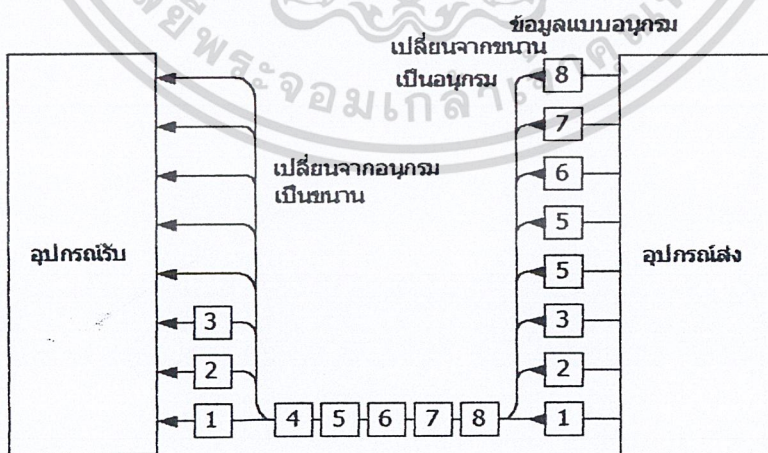
นอกจากสายที่เป็นทางเดินของข้อมูลแล้วอาจจะมีทางเดินของสัญญาณควบคุมอื่น ๆ อีกเป็นต้นว่า บิตที่บอก Parity ของสัญญาณ เพื่อเป็นการตรวจสอบความผิดพลาดที่ปลายทาง หรือสายที่ควบคุมการโต้ตอบ (Hand Shank) จะเห็นว่า การส่งแบบขนานส่วนมากจะทำในระยะใกล้ ๆ เนื่องจากจะมีช่อง

ทางเดินของสัญญาณมากกว่า 8 สาย และอุปกรณ์ที่ติดต่อกับแบนขนานกับคอมพิวเตอร์จะเห็นได้แก่ เครื่องพิมพ์เป็นต้น

2. การถ่ายโอนข้อมูลแบบอนุกรม ข้อมูลจะถูกส่งออกมาทีละบิตระหว่างจุดส่งและจุดรับ จะเห็นว่า การส่งข้อมูลแบบนี้จะช้ากว่าแบบขนานที่กล่าวมาแล้วอย่างแน่นอน แต่สาเหตุที่มีการนิยมนำการส่งแบบนี้ก็เพราะตัวกลางที่ใช้ในการสื่อสารแบบนี้ต้องการเพียงช่องทางเดียวหรือสายเพียงคู่เดียว ทำให้ค่าใช้จ่ายในเรื่องของสื่อกลางถูกกว่าแบบขนาน สำหรับการส่งระยะไกล ๆ โดยเฉพาะเมื่อมีระบบสื่อสารทางโทรศัพท์ไว้ใช้งานอยู่แล้วย่อมจะเป็นการสะดวกที่จะนำมาใช้เป็นการถ่ายโอนข้อมูลแบบอนุกรมได้



รูปที่ 2.1 แสดงการส่งข้อมูลแบบขนาน



รูปที่ 2.2 แสดงการส่งข้อมูลแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

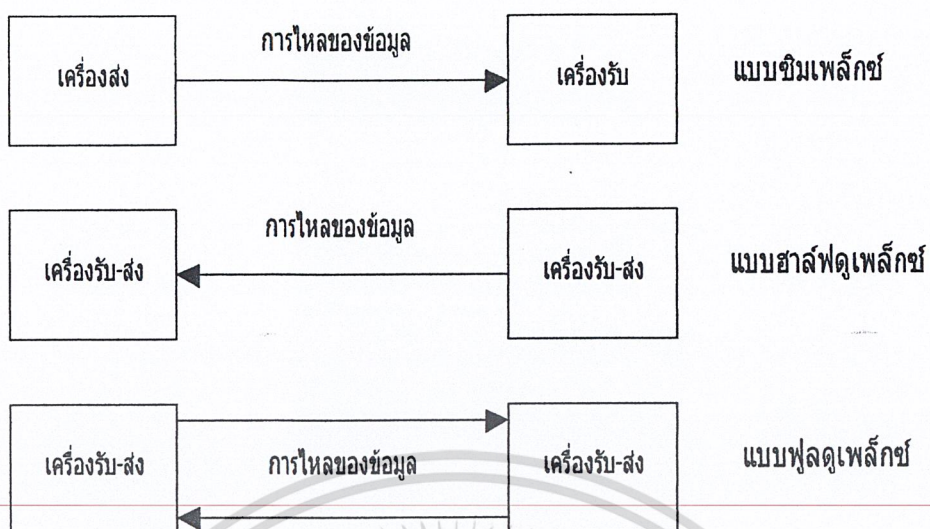
จากรูปที่ 2.2 แสดงให้เห็นการส่งข้อมูลแบบอนุกรม ข้อมูลจากจุดส่งจะถูกเปลี่ยนให้เป็นอนุกรมเสียก่อนแล้วค่อยทยอยส่งออกไปทีละบิตไปยังจุดรับ ณ ที่จุดรับจะต้องมีกลไกในการส่งข้อมูลที่ส่งมาทีละบิต ให้เป็นสัญญาณแบบขนานซึ่งลงตัวพอดีนั่นคือ บิต 1 ลงที่ Data Bus เส้นที่ 1 พอดีการที่จะทำให้การแปลงสัญญาณจากอนุกรมทีละบิตให้ลงพอดีนั้นจำเป็นที่จะต้องมีกลไกที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการผิดพลาดในการรับ กลไกที่ว่่านี้แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

- 1) การสื่อสารแบบ Synchronous
- 2) การสื่อสารแบบ Asynchronous

2.1.2 รูปแบบของการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

การติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมอาจแบ่งตามรูปได้ 3 แบบ

- 1) แบบซิมเพล็กซ์ (Simplex) ข้อมูลที่ถูกส่งได้ในทิศทางเดียวนั้นบางครั้งเรียกว่า การส่งทิศทางเดียว (Unidirectional Data Bus) ในการสื่อสารแบบนี้อุปกรณ์ด้านหนึ่งจะส่งข้อมูลไปในช่องสัญญาณได้เท่านั้นและอุปกรณ์อีกด้านหนึ่งก็จะทำข้อมูลจากช่องสัญญาณได้เท่านั้น
- 2) แบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Half Duplex) หมายถึงสื่อสารข้อมูลใน 2 ทิศทางแต่ในช่วงเวลาหนึ่งจะได้เพียงทิศทางเดียวเท่านั้น อุปกรณ์สื่อสารทั้ง 2 ด้านจะผลัดการรับผลัดการส่งการสื่อสารแบบนี้ส่วนใหญ่แล้วจะใช้ระบบสาย 2 เส้น (2 Wire)
- 3) แบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) หมายถึงถึงการสื่อสารข้อมูลใน 2 ทิศทางพร้อมกัน การสื่อสารแบบนี้ใช้ได้ทั้งระบบสาย 2 เส้น (2 Wire) และสาย 4 สาย (4Wire) แต่ในระบบสาย 2 เส้น จะต้องอาศัยเทคนิคการแบ่งความถี่เข้าช่วย คือจะส่งในความถี่ช่วงหนึ่งและจะรับในความถี่อีกช่วงหนึ่ง การสื่อสารข้อมูลอนุกรม แสดง ดังรูป 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงรูปแบบการสื่อสารข้อมูลอนุกรม

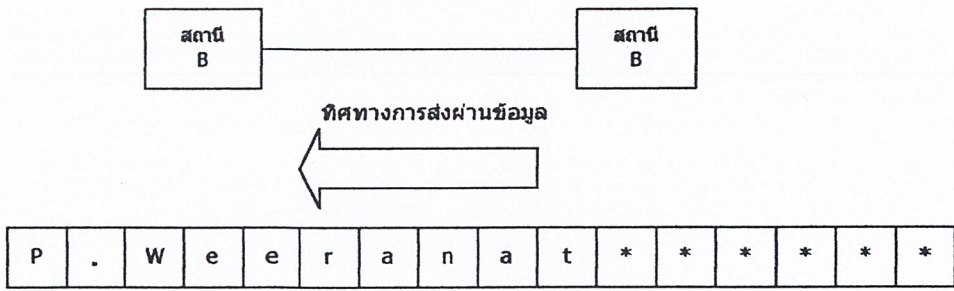
2.1.3 ความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลแบบอนุกรม

ความเร็วของการถ่ายโอนข้อมูลแบบอนุกรม หน่วยวัดคือเป็นบิตต่อวินาที (bps) และหน่วยที่บรรยายถึงความเปลี่ยนแปลงของสัญญาณใน 1 วินาที เรียกว่า บอดเรต (Baud Rate) หรืออัตราบอด ซึ่งแสดงถึงการส่งข้อมูลอนุกรมมากกว่า 1 บิต เขียนในรูปสมการคณิตศาสตร์จะได้

$$\text{อัตราบิต (Bit rate)} = \text{อัตราบอด (Baud rate)} * \text{บิตใน 1 บอด}$$

2.1.4 การส่งแบบซิงโครนัส (Synchronous Transmission)

ในการส่งแบบซิงโครนัส ข้อมูลจะถูกจัดเป็นกลุ่ม ๆ และทำการส่งข้อมูลทั้งกลุ่มไปที่เดียว เรียกกลุ่มของข้อมูลในกลุ่มนี้ว่า "Block of Data" และในการส่งข้อมูลในแบบซิงโครนัสนี้ ช่วงเวลาของแต่ละบิตที่ทำการส่งใช้เวลาเดียวกัน และในการส่งผ่านทั้งตัวอักษรตัวอักษรตัวแรกและตัวถัดไปจะไม่มีอะไรมาคั่น (ภายในบล็อกละเดียวกัน) ดังนั้นช่วงเวลาระหว่างบิตสุดท้ายของตัวส่งผ่านจะต้องคิดในรูปแบบของระบบส่งผ่านข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของบิตที่แน่นอน



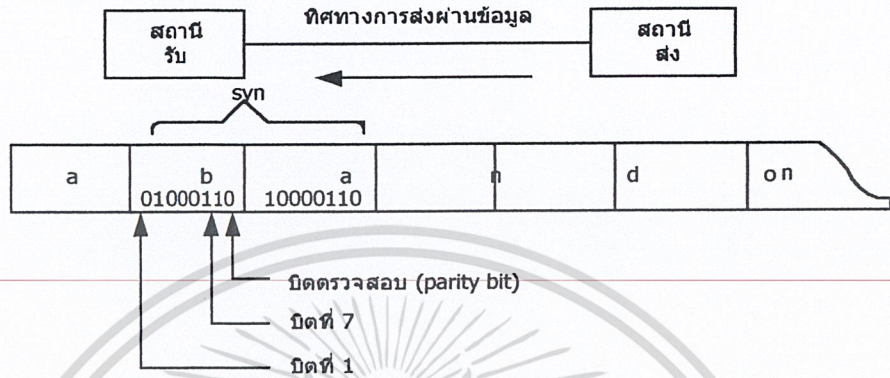
รูปที่ 2.4 แสดงการต่อเนื่องของข้อความที่ถูกส่งแบบซิงโครนัส

จากรูปที่ 2.4 แสดงให้เห็นการเอากลุ่มตัวอักษร (ข้อความที่ต้องการส่งผ่าน) มาเรียงต่อกันเพื่อเตรียมการส่งผ่านข้อมูลแบบซิงโครนัส จะเห็นได้ว่าตัวอักษรที่นำมาต่อกันเรียงชิดกัน โดยที่ไม่มีช่องว่างของตัวอักษรเลย หรือตามที่กล่าวมาแล้วว่าช่วงเวลาระหว่างบิตสุดท้ายของตัวอักษรตัวแรกกับบิตแรกของตัวอักษรตัวถัดไปเท่ากับศูนย์นั่นเอง ในเมื่อรูปแบบการส่งผ่านข้อมูลเป็นเช่นนี้อุปกรณ์รับข้อมูลจะต้องทราบอะไรบ้าง จึงจะระบุลงไปว่าส่วนนั้น ๆ เป็นกลุ่มบิตของตัวอักษรที่ถูกเข้ารหัสมา

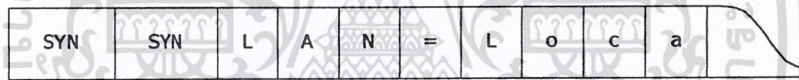
สิ่งที่อุปกรณ์ด้านรับจะต้องทราบก็คือ บิตใดเป็นบิตแรกของตัวอักษรตัวแรก ขนาดตัวอักษร (จำนวนบิตที่ใช้แทนในหนึ่งตัวอักษร) และอีกประการหนึ่งก็คือความเร็วในการส่งผ่านข้อมูล อุปกรณ์รับข้อมูลจึงจะจัดกลุ่มของบิตออกเป็นกลุ่ม ๆ เพื่อแทนค่ากลับเป็นตัวอักษรตัวต่าง ๆ ที่รับเข้ามา อย่างเช่นกรณีที่ข้อมูลที่ถูกส่งผ่านมาอยู่ในรูปของรหัสแอสกี (ASCII) ตัวอักษรแต่ละตัวจะถูกเข้ารหัสในรูป 8 บิต แทนหนึ่งตัวอักษรโดยมีบิตแรกเป็นบิตตรวจสอบ ดังนั้น อุปกรณ์รับข้อมูลจะคัดบิตออกเป็นกลุ่มละ 8 บิต เพื่อนำมาตีความเป็นตัวอักษรแต่ละตัวนั่นเอง

สำหรับวิธีการที่ระบุไปได้ว่า บิตใดเป็นบิตแรกของตัวอักษรตัวแรกนั้นมีวิธีการดังนี้ ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่าข้อมูลที่ถูกส่งผ่านโดยวิธีการซิงโครนัสจะถูกจับมารวมกลุ่มกันเป็นกลุ่มของข้อมูล (Block of Data) และที่ส่วนต้นของบล็อกจะใส่ตัวอักขระซิง (SYN Character) ซึ่งเป็นอักขระพิเศษที่ใช้ในการควบคุมการส่งผ่านข้อมูลโดยที่อักขระซิงมีรูปแบบของบิตคือ 00010110 (มีบิตตรวจสอบแบบเลขคี่ : Odd parity) และอุปกรณ์รับข้อมูลจะคอยตรวจสอบจำนวนบิตที่รับเข้ามาว่ามีส่วนใดตรงกับอักขระ SYN บ้าง เมื่อพบแล้วอุปกรณ์รับข้อมูลจะทราบได้ทันทีว่าถึงจุดเริ่มต้นที่จะคัดกลุ่มของบิตกลุ่มละ 8 บิต เพื่อแทนตัวอักษรได้และตัวอักษรหลาย ๆ ตัวที่ตีความได้ก็คือ ข้อความที่ส่งมาในแต่ละบล็อก แต่การใช้ตัวอักขระ SYN เพียงตัวเดียวใส่ไว้ที่ส่วนต้นของ

บด็อกยังเป็นวิธีการที่ยังไม่ถูกต้อง เพราะในบางกรณีขบวนของบิตที่แทนตัวอักษรมีบางช่วงที่ไปตรงกับรูปแบบของบิตอักขระ SYN ได้



(a) กลุ่มที่เกิดขึ้นแล้วมีรูปแบบตรงกับอักขระ SYN



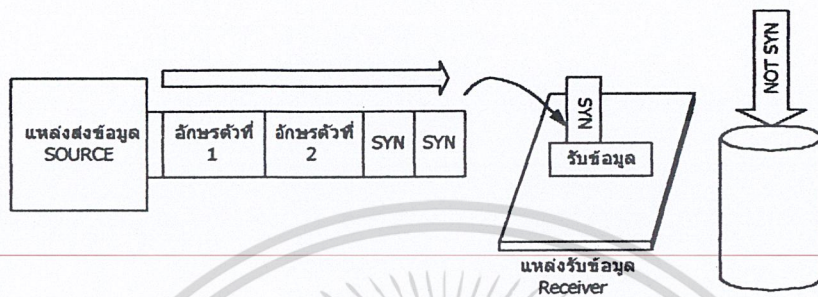
(b) การใช้อักขระ SYN 2 ตัว นำหน้าบด็อกของข้อมูลที่ส่งผ่านในระบบ ซิงโครไนส์

รูปที่ 2.5 (a) และ (b) แสดงรูปแบบการใช้อักขระ SYN นำหน้ากลุ่มตัวอักษร

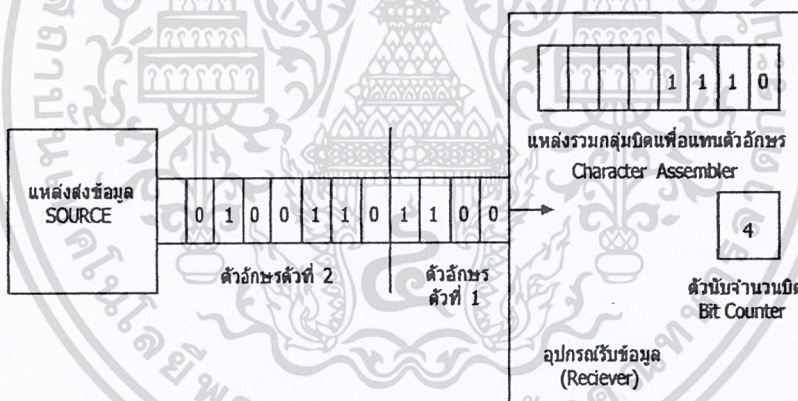
จากรูปที่ 2.5 a จะเห็นได้ว่าถ้าส่งข้อความที่มีตัวอักษร b และ a ติดกัน 4 บิตของตัวอักษร b ต่อกัน 4 บิตแรกของตัวอักษร a ตรงกับอักขระ SYN พอที่จะทำให้อุปกรณ์รับข้อมูลตีความผิดได้ ดังนั้นวิธีการแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้จากกรณีเช่นนี้โดยการใช้อักขระ SYN 2 ตัว ใส่ไว้ที่ส่วนต้นของบด็อกดังแสดงในรูปที่ 2.5 b และอุปกรณ์รับข้อมูลจะต้องทราบข้อตกลงนี้เป็นอย่างดี โดยที่ทันทีที่ตรวจพบอักขระ SYN จะคู่อีก 8 บิตถัดไปว่าเป็นอักขระ SYN ด้วยหรือไม่ ถ้าใช่จะเริ่มต้นรับว่าทุกๆ บิตที่ตามมา คือ ตัวอักษรแต่ละตัว กรณีไม่ใช่ก็จะเริ่มตรวจหาอักขระ SYN ต่อไป หรือกล่าวได้ว่าเครื่องจะปรับตัวเข้าสู่โหมดการค้นหา SYN (Look for Syncmode)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อพบอักขระ SYN อย่างน้อย 2 ตัวก็จะเริ่มเข้าสู่กระบวนการจัดกลุ่มบิตกลุ่มละ 8 บิตแทนตัวอักขระหรือข้อมูลที่ได้รับ



รูปที่ 2.6 แสดงการเปรียบเทียบอุปกรณ์รับข้อมูลตรวจหาอักขระในระบบเชิงไครนัส



รูปที่ 2.7 แสดงการตัดแฉงของบิตออก กลุ่มละ 8 บิต เพื่อแทนตัวอักขระของอุปกรณ์รับข้อมูลในระบบการส่งผ่านข้อมูลแบบเชิงไครนัส

จากรูปที่ 2.6 และ 2.7 คือขบวนการรับข้อมูลที่ส่งผ่านมาในระบบเชิงไครนัส ในบางระบบการใช้อักขระ SYN นำหน้ากลุ่มข้อมูลอาจใช้อักขระ SYN ถึง 3-4 ตัวก็ได้ เพื่อความแน่นอนในการส่งข้อมูลแบบเชิงไครนัสที่สมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น

ถ้าจะกล่าวถึงการส่งผ่านข้อมูลแบบเชิงไครนัสจะถูกเรียกว่า แฟล็ก (Flag) ความหมายก็คือ มีสัญญาณหรือไม่มี เช่นเดียวกับการใช้สัญญาณการบอกธง แต่ในทุกกรณีจะเห็นได้ว่า หลัก

ของการส่งสัญญาณแบบซิงโครนัส นั้น จะต้องให้เครื่องรับข้อมูลที่ปลายทางเข้าใจถึงลักษณะของ บิตพิเศษที่ส่งมาเพื่อให้รู้ว่านี่คือ จุดเริ่มต้นของกลุ่มตัวอักษร (Block) ที่กำลังส่งเรียงกันเข้ามา

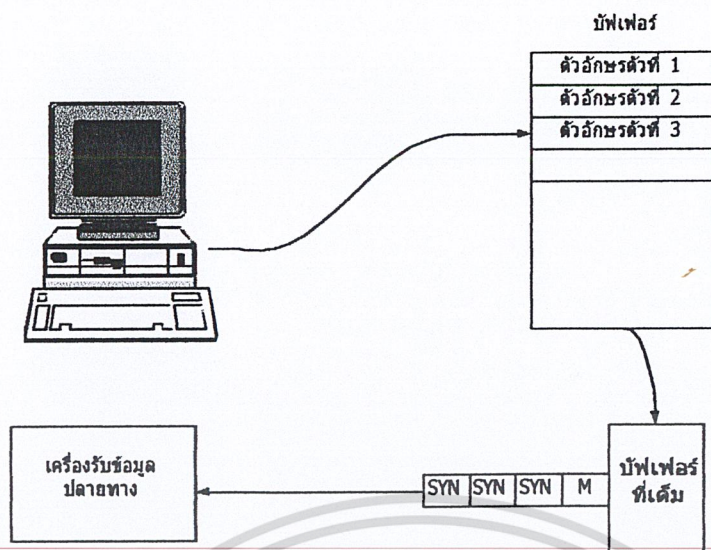
บัฟเฟอร์เทอร์มินอล (Buffer Terminal) เมื่อเราทำการส่งตัวอักษรหลาย ๆ ตัวโดย ระบบจัดกลุ่มเข้าเป็นบล็อกตามระบบของการซิงโครนัส ดังนั้นสถานะของการส่งข้อมูลจึงเป็นเรื่องที่ต้องคำนึงถึงเป็นอย่างมาก เราทราบแล้วว่าผู้ป้อนข้อมูลจะต้องพิมพ์ข้อมูลเข้าทางแป้นพิมพ์ จากนั้นข้อมูลจึงถูกส่งไปตามสายส่ง เพื่อไปยังสถานีปลายทางด้วยเหตุนี้จึงมีข้อที่ควรพิจารณา 2 ข้อ คือ

1) ผู้พิมพ์ข้อมูลป้อนเข้าเครื่องไม่สามารถรักษาระดับความห่าง

2) ความเร็วในการส่งข้อมูลตามสาย จะมีความเร็วสูงกว่าที่ผู้ป้อนจะพิมพ์ข้อมูลมาก

ด้วยเหตุผล 2 ข้อนี้ จึงต้องสร้างบัฟเฟอร์เทอร์มินอลขึ้น ซึ่งหมายถึง เครื่องเทอร์มินอล จะต้องมีความจำเพื่อเป็นที่รวบรวมอักษรขึ้น ดังรูปที่ 2.8 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงเทอร์มินอลมี หน่วยความจำอยู่ด้วย หน่วยความจำประเภทนี้จะมีชื่อเรียกพิเศษว่า บัฟเฟอร์ (Buffer) เมื่อเป็น เช่นนี้ผู้ป้อนข้อมูลก็จะพิมพ์ตัวอักษรเข้าเครื่องเทอร์มินอลได้สบาย เมื่อพิมพ์ข้อความที่ต้องการส่ง เสร็จแล้วจึงกดปุ่มบังคับการส่งข้อมูล

ข้อมูลทั้งหมดก็จะถูกบรรจุเข้าสู่สายส่งไปยังสถานีปลายทางทันทีหรือในบางกรณีเมื่อ บัฟเฟอร์เต็มก็จะเกิดการส่งแบบอัตโนมัติเสียทีหนึ่งก่อน แล้วล้างบัฟเฟอร์เพื่อรอรับข้อมูลใหม่ต่อไป การสร้างระบบบัฟเฟอร์เทอร์มินอลนี้จะต้องมีการออกแบบทั้งตัวเครื่อง (Hardware) และ ตัวโปรแกรมควบคุมระบบการส่ง (Software) เช่น เป็นตัวสร้างอักขระ SYN หน้ากลุ่มข้อมูลว่าจะใช้อักขระ SYN ก็ตัวก่อนที่จะส่งไปยังสายส่งสัญญาณและที่ปลายทางของสายส่ง (เครื่องรับข้อมูล) ก็ยังต้องมีบัฟเฟอร์ที่ในการรับข้อมูลที่มาตามสายส่ง



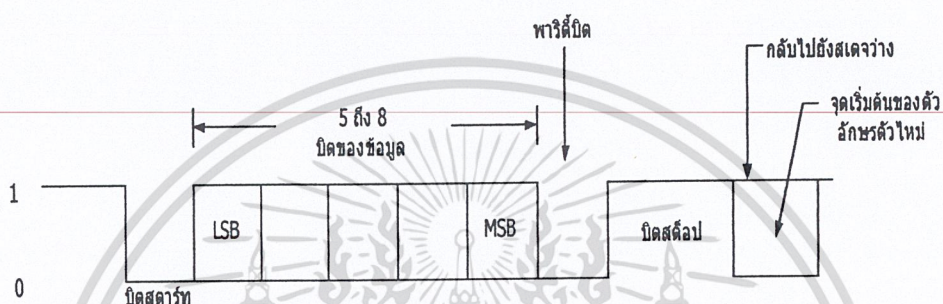
รูปที่ 2.8 แสดงการใช้บัพเฟอร์ช่วยในการส่งข้อมูล แบบซิงโครนัส

2.1.5 การส่งแบบอะซิงโครนัส

การส่งผ่านข้อมูลแบบซิงโครนัสนี้ พัฒนาจากการส่งโทรพิมพ์ในสมัยก่อน ลักษณะของสัญญาณแสดงในรูปที่ 2.9 เพื่อเพิ่มกลไกในการรับส่งอย่างถูกต้อง สัญญาณอะซิงโครนัสจะประกอบไปด้วยหรือบิตสตาร์ท (Start Bit) ขณะที่สถานะของการส่งเป็นแบบว่าง (Idle) คือ ยังไม่มีสัญญาณส่งออกมาจะมีสัญญาณหรือมีแรงดัน (หรือกระแส) ตลอดเวลา เพื่อความแน่ใจว่าฝ่ายรับยังติดต่อกับฝ่ายส่ง เมื่อเริ่มจะส่งสัญญาณของอะซิงโครนัสจะเป็น "0" หนึ่งช่วงสัญญาณนาฬิกา บิตนี้เรียกว่า สตาร์ทบิต ตามหลังของสัญญาณสตาร์ทบิตก็จะเป็นข้อมูลสำหรับ 1 ตัวอักษร ซึ่งอาจจะมีขนาดตั้งแต่ 5 บิต ไปถึง 8 บิต โดยบิตที่มีค่าน้อยที่สุด (LSB) จะถูกส่งออกมาก่อนไล่ไปจนถึงบิตที่มีค่ามากที่สุด (MSB)

การเข้ารหัสตัวอักษรนี้ส่วนมากจะนิยมใช้รหัส ASCII แรกเริ่มทีเดียวในงานของโทรพิมพ์ ใช้รหัส Baudot ซึ่งใช้ 5 บิตในการแทนอักขระ 1 ตัว ตามหลักข้อมูลจะเป็นพาริตีบิต ซึ่งอาจจะใช้หรือไม่ใช้ก็ได้ พาริตีบิตทำหน้าที่เป็นตัวตรวจสอบความถูกต้องของสัญญาณที่ได้รับ พาริตี้อาจเป็นคู่ (Even) หรือเป็นคี่ (Odd) หมายความว่าถ้าหากเป็นพาริตีคู่จำนวนบิตที่เป็น 1 ในช่วงบิตข้อมูลกับพาริตีรวมและจะต้องเป็นจำนวนคู่ ผู้ส่งจะต้องทำหน้าที่ตรวจสอบข้อมูลแล้วใส่พาริตีเอง ฝ่ายรับเมื่อรับแล้วจะตรวจสอบดูว่าเป็นจริงดังสถานการณ์ที่ตั้งไว้หรือไม่ หากผิดพลาดก็หมายความว่าสัญญาณที่รับนั้นผิดพลาดไปจากที่ส่งออกมา ทั้งนี้ทั้งนั้นจะต้องคิดเป็นจำนวนคู่เท่า

นั่น คือผิดไป 1 บิต, 3 บิต, หรือ 5 บิต พร้อมกันจึงจะตรวจสอบได้ว่าผิด มองเห็นง่าย ๆ ว่าถ้าผิดเป็นจำนวนคู่ ผลรวมของจำนวนหนึ่งก็ยังคงเป็นคู่อยู่ดีแต่ก็ไม่ได้หมายความว่า พาริตีคือ (Odd parity) จะตรวจสอบการผิดพลาดเป็นจำนวนคี่ ความจริงแล้วตรวจสอบว่าสัญญาณที่รับเข้ามาเป็นคู่ก็ตรวจสอบว่ามีจำนวนคี่หรือเปล่านั้นก็ตามโอกาสที่จะพลาด 2 บิตพร้อมกันมีน้อยมาก



รูปที่ 2.9 แสดงการเรียงบิตในแต่ละเฟรมของอะซิง โคนิต

สำหรับสัญญาณอะซิง โคนิต หลังจากบิตพาริตีแล้วก็ต้องมีสตอปบิตซึ่งในความกว้างของสตอปบิตอาจจะเป็น 1, 1.5 หรือ 2 บิตแต่ผู้รับผู้ส่งตกลงกัน การเริ่มใช้พอร์ตอนุกรมจึงจำเป็นจะต้องตั้งค่าต่าง ๆ สำหรับเป็นการส่งแบบอนุกรม

- 1). ความเร็วในการส่ง
- 2). ความยาวรหัส 1 อักขระ
- 3). บิตตรวจสอบ
- 4). จำนวนสตอปบิต

ในการส่งโทรพิมพ์หรือโทรเลข เมื่อก่อนนี้ใช้ความเร็วแค่ 70 บอดและ 110 บอด สำหรับคอมพิวเตอร์ความเร็วในการส่งมีให้เลือกตั้งแต่ 110, 200, 300, 2400, 4800, 9600 บอด และมากกว่านี้เนื่องจากมาไอซีหลายเบอร์ทำหน้าที่รับส่งแบบอะซิง โคนิตให้ใช้ การส่งแบบอนุกรมจึงสบายสำหรับการออกแบบพอร์ตอนุกรม

จะเห็นว่ากลไกในการซิง โคนิตของการสื่อสารอะซิง โคนิตมีลักษณะเป็นไปทีละตัว อักขระ จำนวนพัลส์ของสัญญาณที่จะส่งออกยังมีบางส่วนใช้ในการควบคุมการส่งอยู่ อันได้แก่ สตาร์ทบิต, สตอปบิต, และพาริตี ทำให้ความเร็วการส่งอักขระต่อวินาทีน้อยลง การส่งสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยความเร็ว 300 บอด ต่ำหับเข้ารหัส 7 บิต ไม่ได้หมายความว่าส่งได้ 300 ทารด้วย 7 อักขระต่อวินาที

2.2 หลักการของโมเด็ม

โมเด็มเป็นคำย่อจากโมดูเลต (Modulate) / ดีโมดูเลต (Demodulate) ซึ่งการโมดูเลตจะเป็นการแปลงข้อมูลดิจิทัลซึ่งอยู่ในรูปอนุกรมไปเป็นสัญญาณพาหะความถี่อนาล็อก เพื่อส่งไปในสายส่งการ โมดูเลตจะรับสัญญาณที่ถูกโมดูเลตเป็นความถี่อนาล็อก แล้วนำเข้ามาเพื่อแปลงสัญญาณอนาล็อกนั้นไปเป็นข้อมูลดิจิทัล

2.2.1 โมเด็มแถบความถี่เสียง (Voiceband Modem)

โดยทั่วไปแล้วเราแยกประเภทของ โมเด็ม โดยแบ่งตามความเร็ว และตามวิธี โมดูเลตโดย โมเด็มความเร็วต่ำ (ไม่เกิน 1200 บิตต่อวินาที : bit per second : bps) จะอาศัยเทคนิคแบบ ฟรีควนซ์ชิฟต์คีย์อิง (Frequency Shift Keying : FSK) หรือบางที่อาจใช้แบบครอตราเจอร์ แอมพลิจูดโมดูเลชัน (Quadrature Amplitude Modulation : QAM) และ โมเด็มคุณภาพสูงจะทำการ โมดูเลตแบบ QAM วิธีการ โมดูเลตแต่ละแบบจะแตกต่างกันที่การเข้ารหัสข้อมูลเพื่อแปลงสัญญาณอนาล็อก (FSK, PSK, ASK), ประสิทธิภาพการส่ง, ขอบเขตของความถี่ที่ใช้, ความสลับซับซ้อนของวงจร ซึ่งทั้งหมดนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการเพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ความกว้างของแถบความถี่จะขึ้นอยู่กับ การเข้ารหัสข้อมูลและอัตราที่สัญญาณพาหะที่ถูกโมดูเลตเปลี่ยนแปลง ซึ่งอัตราการเปลี่ยนแปลงนี้คือ การเปลี่ยนแปลงแต่ละช่วงของอักขร (Symbol Interval) หรือ บอดเรต สำหรับความหมายของตัวอักขรอาจจะเป็นหนึ่งหรือหลาย ๆ บิตก็ได้

ตัวอย่างง่าย ๆ ประกอบไปด้วยขบวนการที่มีคนนั่งวิ่งไปตามทาง ทางที่วิ่งไปนั้นเปรียบได้กับสายโทรศัพท์ ส่วนรถแสดงถึงอัตราบอด และคนแสดงถึงบิต ดังนั้นอัตราบิตจะหมายถึงการคูณกันระหว่างอัตราบอด กับจำนวนบิตในหนึ่งบอด

2.2.2 ชนิดของโมเด็ม (Type of Modem)

แบ่งตามการต่อเข้าสายโทรศัพท์

- โมเด็มแบบคับปลิงทางเสียง (Accoustic Coupled)

โมเด็มชนิดนี้จะต่อเข้ากับเครื่องโทรศัพท์โดยคัปปลิงทางเสียง สามารถบริการเรียกและทำการเรียกอัตโนมัติ (Auto Dial /Auto Answer) จะมีลูกถ้วยที่ทำด้วยยาง (Foam Cup) ส่วนนี้จะเป็นช่องทางรับเสียงเข้ามาและทำหน้าที่กั้นสัญญาณรบกวนที่มากับสัญญาณเสียงด้วย

ข้อดีของโมเด็มแบบนี้คือราคาถูก และสามารถต่อเข้ากับสายโทรศัพท์ในกรณีที่ไม่ต่อสายโทรศัพท์เข้ากับโมเด็มแบบต่อตรง (Direct Connect) ได้ ระบบใช้งานโมเด็มแบบนี้ส่วนใหญ่จะเป็นระบบที่เรียกว่าเทเลคอนเฟอร์เรนซ์ (Tele-Conferrencing) หรือการประชุมในลักษณะที่องค์ประชุมแต่ละคนอยู่ต่างสถานที่กัน เช่น อยู่คนละประเทศหรืออยู่คนละจังหวัด เป็นต้นหรือบางทีอาจใช้กับงานด้านใช้ข้อมูลในฐานะข้อมูล เมื่อคอมพิวเตอร์หลักกับเทอร์มินอล (Terminal) อยู่ห่างกัน สำหรับระบบที่มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันอยู่ตลอดเวลาและมีการสั่งงานโปรแกรมอยู่บ่อยๆ มักจะไม่นิยมใช้โปรแกรมแบบนี้

ในการเชื่อมต่อแบบนี้จะมีชุดมอดูโมเด็มโทรศัพท์เองจะทำหน้าที่เป็นดูเพล็กซ์เซอร์ (Duplexer) หรือตัวแปลงจากสายสัญญาณ 4 เส้นเป็น 2 เส้น จะใช้ได้กับโมเด็มแบบ FSK เท่านั้นด้วยอัตราส่งไม่เกิน 1200 บิตต่อวินาทีที่เป็นดังนี้เพราะ คาร์บอนไมโครโฟนในโทรศัพท์ที่มีคุณภาพต่ำ

- โมเด็มแบบต่อโดยตรง (Direct Connect)

โมเด็มชนิดนี้ถูกแบ่งออกเป็น 2 แบบ คืออินเทอร์เน็ล (Internal) และเอ็กเทอร์เน็ล (External) ซึ่งอินเทอร์เน็ลจะมีลักษณะการเชื่อมต่อเข้าสล็อต (Slot) ภายในเครื่อง ส่วนเอ็กเทอร์เน็ลจะต่อออกจาก ซีรี่พอร์ต (Series Port) ภายนอก

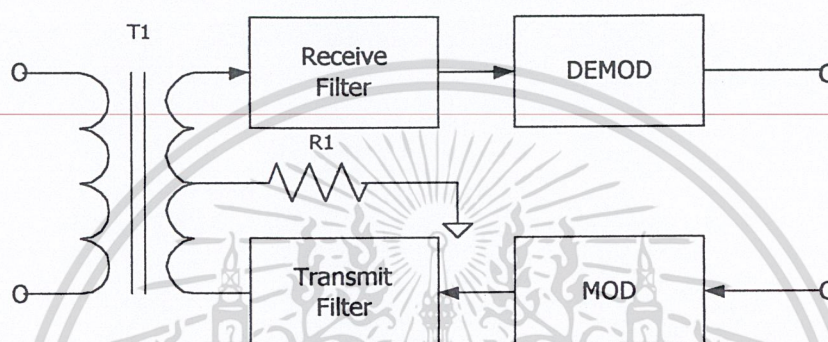
โมเด็มทั้งสองแบบนี้ต่อเข้ากับสายโทรศัพท์โดยตรงด้วยการออกแบบวงจร Data Access Arranments (DAA)

วงจร DAA นี้จะให้บริการเกี่ยวกับหัวข้อดังนี้

1. ให้ DC Isolation ระหว่างโมเด็มกับโทรศัพท์ (T1)
2. ให้วงจรตรวจจับสัญญาณเรียก เพื่อทำการควบคุมการ ON/OFF สวิตช์ฮุก (Hook Switch) ซึ่งอาจจะเป็นแบบ Manual ก็ได้
3. กำหนดให้ไฟกระแสดตรงไหลผ่านขณะ Off Hook เพื่อ Hold สายด้วย L1 กระแสนี้จะถูกรับรู้โดยทางองค์การโทรศัพท์เพื่อรับทราบว่ามีใครคนหนึ่งต่อโทรศัพท์เข้ากับสายแล้ว โดยไม่ต้องยกหูโทรศัพท์จริงๆ
4. กำหนดให้มีการป้องกัน Transient ด้วยซีเนอร์ไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนวงจรออปแอมป์ที่ทำหน้าที่คูเพล็กซ์เซอร์บ่อยครั้งที่จะถูกใช้แทนด้วยหม้อแปลง Hybrid ดังรูปที่ 2.10 หม้อแปลง Hybrid (T1) จะให้การลดทอนสัญญาณ Transmitter Carrier ที่ดีกว่า (ปกติ 20 dB) แต่ราคาจะสูงกว่าการใช้ออปแอมป์



รูปที่ 2.10 แสดงหม้อแปลง Hybrid

แบ่งตามวิธีการส่งผ่านข้อมูล

ในกรณีนี้เราจะกล่าวถึงโครงสร้างของระบบ ที่จะนำเอาโมเด็มเข้าไปต่อกับตัวกลางการส่งผ่านข้อมูล (Communication Liner) แบ่งออกได้ดังนี้

1. แบบซิมเพล็กซ์ (Simplex)
2. แบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Half duplex)
3. แบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full duplex)

แบ่งตามชนิดอัตราการส่งข้อมูล

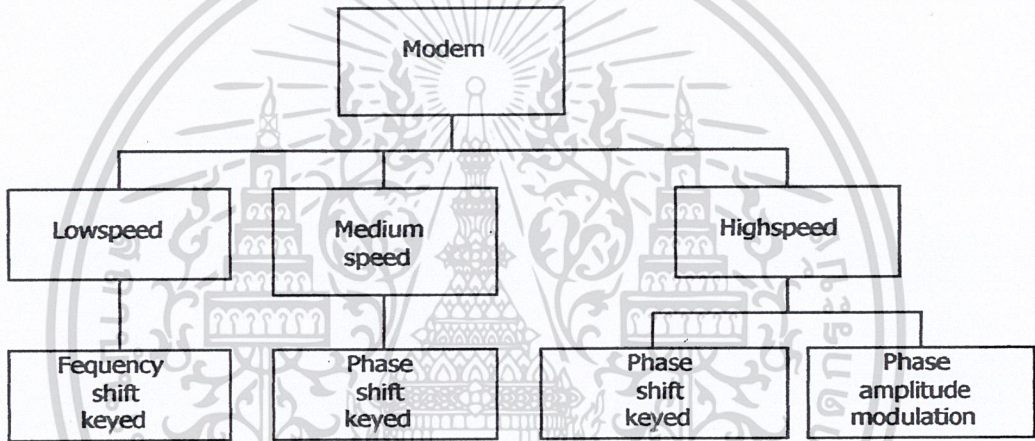
1. อัตราส่งข้อมูลต่ำ (Low-speed) มีอัตราการส่งข้อมูลไม่เกิน 600 บิตต่อวินาที
2. อัตราการส่งข้อมูลปานกลาง (Medium-speed) มีอัตราการส่งข้อมูลระหว่าง 1,200 ถึง 9,600 บิตต่อวินาที
3. อัตราการส่งข้อมูลสูง (High-speed) มีอัตราการส่งข้อมูลมากกว่า 9,600 บิตต่อวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบ่งตามเทคนิคการโมดูเลต

1. เฟสชิฟต์คีย์อิง (Phase Shift keying : PSK)
2. ฟรีแควนซีชิฟต์คีย์อิง (Frequency Shift Keying : FSK)
3. เฟสแอมพลิจูดโมดูเลชัน (phase Amplitude Modulation : PAM)

สำหรับวิธีการมอดูเลต ยังมีเทคนิคอื่น ๆ อีกหลายแบบ แต่ก็ค่อนข้างจะใช้กันน้อย สามารถแบ่งตามลักษณะต่าง ๆ เป็นโคอะแกรมได้ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงการแบ่งชนิดของโมเด็มตามเทคนิคการ โมดูเลต

แบ่งเป็น โมเด็มชนิด 2 สายและ 4 สาย

หัวข้อนี้ก็เป็นที่หนึ่งในการแบ่งชนิดของโมเด็มนอกจากหัวข้ออื่น ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ววิธีการที่จะใช้ในการเลือกว่าควรจะใช้ชนิด 2 สายและ 4 สายนั้นขึ้นกับว่า ในการปฏิบัติงานต้องการจะใช้กับแบบพูลดูเพล็กซ์หรือฮาล์ฟดูเพล็กซ์ ในโมเด็มชนิดความเร็วต่ำแถบความถี่ของสัญญาณซึ่งอยู่ในช่วงแคบ ๆ ไม่เกิน 3,000 Hz สามารถใช้ได้กับ PSTN (Public Switch Telephone Network) หรือเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะได้ แต่โมเด็มชนิดเร็วปานกลางและความเร็วสูง ซึ่งใช้เทคนิคการโมดูเลตแบบอื่น ๆ นั้นต้องการแถบความถี่ขนาด 3,000 Hz เต็มเพื่อที่จะทำให้การส่งผ่านข้อมูลทำได้เร็วขึ้น ดังนั้นในการใช้งานส่วนใหญ่ถ้าต้องการความเร็วและเป็นการส่งผ่านข้อมูลในลักษณะของพูลดูเพล็กซ์แล้วมักจะใช้โมเด็มความเร็วสูงแบบ 4 สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของโมเด็มชนิด 2 สาย นั้นโครงสร้างของช่องสัญญาณ (channal) การส่งผ่านข้อมูลจะแบ่งออกเป็น 2 ช่องสัญญาณคือ ในช่องสัญญาณที่ 1 จะถูกใช้เป็นช่องในการส่งผ่านข้อมูลในทิศทางใดทิศทางหนึ่งของในขณะหนึ่ง ๆ ส่วนช่องสัญญาณที่ 2 จะถูกใช้เป็นช่องสัญญาณที่มีไว้สำหรับส่งสัญญาณควบคุมหรือสัญญาณแฮนด์เชก (Hand-Shaking) ซึ่งจะส่งสัญญาณมาให้ทางด้านส่งทราบว่าทางด้านรับได้รับข้อมูลที่ส่งมาเรียบร้อยแล้ว บางครั้งอาจจะเรียกช่องสัญญาณที่ 2 นี้ว่า รีเวิร์สช่องสัญญาณ (Reverse Channal) ส่วนใหญ่โมเด็มชนิด 2 สายนี้ จะใช้งานที่การส่งข้อมูลส่งออกไปในทิศทางเดียวกันในขณะหนึ่ง ๆ สลับกันหรืออาจจะเรียกว่า ใช้ในการส่งแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์แล้ว

สำหรับการใช้งานที่การส่งผ่านข้อมูลต้องทำในลักษณะเป็นฟูลดูเพล็กซ์แล้ว ควรจะเลือกใช้โมเด็มชนิด 4 สายจึงจะเกิดประสิทธิภาพสูงสุดโดยปกติการต่อเครือข่ายชนิดนี้อาจจะต้องต่อเข้ากับสายเช่า (Private-line) ซึ่งเป็นการติดต่อแบบเอกเทศโดยไม่ต้องผ่านสวิทช์ซึ่งต้องมีการโทรศัพท์ แต่บางโอกาสก็ไม่จำเป็นต้องต่อโครงข่ายในลักษณะดังกล่าวก็ได้ ถ้าพิจารณาถึงสายเช่า นั้น คุณสมบัติพิเศษอย่างหนึ่งที่ไม่มีในสายโทรศัพท์สาธารณะทั่ว ๆ ไปก็คือ สามารถที่จะป้องกันสัญญาณรบกวนได้ดี

โมเด็มสำหรับระยะใกล้ (Short haul Modem)

ในโมเด็มต่าง ๆ ที่ได้กล่าวถึงในหัวข้อที่ผ่านมาเป็น โมเด็มที่ลักษณะการอินเตอร์เฟส (Interface) จะต่อผ่านสายโทรศัพท์และชุมสายโทรศัพท์ซึ่งเป็นโครงข่ายที่ติดต่อในระยะไกลเรียกว่า เป็นโมเด็มใช้สำหรับระยะไกล (Long haul Modem) แต่ในกรณีของโมเด็มที่ใช้สำหรับระยะใกล้นี้มีลักษณะการอินเตอร์เฟสของโมเด็มจะเป็นการติดต่อกันโดยส่งข้อมูลผ่านสายเคเบิลโดยตรง ซึ่งมีข้อจำกัดอยู่ที่ระยะทางการติดต่อจะทำได้ไม่เกิน 10 ไมล์หรือ 16 กิโลเมตร โครงข่ายการติดต่อนี้จะใช้งานโมเด็มชนิดนี้ส่วนใหญ่จะเป็นการติดต่อแบบจุดต่อจุด (Point to Point) ซึ่งอัตราการส่งผ่านข้อมูลในลักษณะเช่นนี้จะแปรเป็นสัดส่วนผกผันกับระยะทางระหว่างจุดส่งกับจุดรับ แต่ในระยะทางติดต่อที่ใกล้กันอัตราการส่งผ่านข้อมูลจะสูงถึง 1 เมกกะบิตต่อวินาที

เทคนิคการโมดูเลตที่ใช้ในโมเด็มระยะใกล้นี้จะใช้วิธีต่าง ๆ กัน อาจจะใช้โมดูเลตแบบที่กล่าวถึงข้างต้น หรืออาจใช้วิธีการส่งสัญญาณดิจิทัลโดยตรงโดยไม่ผ่านดีทิวเอ (Digital to Analog :D/A) ซึ่งจะเห็นว่ามีความสะดวกมากขึ้น โดยขบวนการดังกล่าวนี้จะนำเอาคิฟแอมป์ (Diff-Amp) มาใช้ในทางปฏิบัติจะพบว่า โมเด็มใช้งานระยะใกล้นี้จะใช้ระบบควบคุมการปฏิบัติ

งานของเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมและการอินเตอร์เฟสเข้าด้วยกันเพื่อสร้างโครงข่ายเอกสารเป็นเอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์ เป็นต้น โดยระยะทางการติดต่อระหว่างเทอร์มินัลหรือจุด (Node) ไม่เกิน 100 ฟุต ซึ่งทำให้การส่งผ่านข้อมูลกระทำด้วยความเร็วเต็มที่

โมเด็มแบบบัสคอมพิวเตอร์ (Bus-Compatible Modem)

โมเด็มชนิดนี้มีลักษณะที่แตกต่างกันไปจากโมเด็มชนิดที่ผ่านมา เพราะมีลักษณะเป็น ซิงเกิลบอร์ด (Single Board) บัสคอมพิวเตอร์ใช้งานโมดูลแบบซิงเกิลบอร์ดนี้ส่วนใหญ่จะ พบในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ และการอินเตอร์เฟซเพื่อใช้กับระบบบัสชนิด S-100 เพื่อต่อร่วมกับโครงข่ายโทรศัพท์ให้สามารถตอบโทรศัพท์อัตโนมัติ (Auto Answer) เรียกโทรศัพท์โดยอัตโนมัติ (AutoDial) ได้

มาตรฐานของโมเด็ม

องค์กรต่าง ๆ ได้สร้างมาตรฐานการอินเตอร์เฟซของตนเองขึ้นมาใช้ซึ่งมีอยู่มากมายได้แก่

- EIA : The electronic industries association

เป็นมาตรฐานกำหนดโดยโรงงานอุตสาหกรรมผู้ผลิตอิเล็กทรอนิกส์แห่งสหรัฐอเมริกา

มาตรฐานนี้ตั้งขึ้นมาใช้กำหนดมาตรฐานของเครื่องมือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ การกำหนดมาตรฐานใช้ รหัส RS เป็นหลัก เช่น RS - 232C ใช้แพร่หลายในระบบสื่อสารคอมพิวเตอร์โดยจะกล่าวถึงของมาตรฐานของสัญญาณไฟฟ้าในการอินเตอร์เฟซเข้ากับโมเด็ม หรืออินเตอร์เฟซเทอร์มินัลเข้ากับคอมพิวเตอร์ หรืออินเตอร์เฟซเครื่องพิมพ์เข้ากับคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ยังมีมาตรฐานอื่น ๆ ที่มีการตั้งขึ้นมาใช้เช่น EUA, RS449, RS422A, RS43A เป็นต้น

- CCITT : The Consultative Committee in International Telegraph and telephone

มาตรฐานของ CCITT ที่ใช้กันแพร่หลายในการสื่อสารข้อมูล เช่น V.28 (ใช้แทน RS232C ได้) V.10 (ใช้แทน EIA, RS423A ได้) V.11 (ใช้แทน EIA, RS422A ได้) X.10 (ใช้แทน EIA, RS423C ได้) เป็นต้น

- ISO : The International Standard Organization

กับคอมพิวเตอร์และอินฟอร์เมชันโปรเซสซิ่ง องค์กรนี้จะประสานงานกับ องค์กรใด ๆ ก็ตาม นั้นมาตรฐานของ ISO จะสามารถใช้มาตรฐานประเภทเดียวกันของ CCITT และ EIA ได้ เช่น ISO/2110 สามารถใช้แทน RS232C และ RS-366A ได้ นอกจากนี้ ISO4902 ยังใช้แทน EIA RS499 ได้ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Bell system

กำหนดขึ้นเพื่อใช้ควบคุมโรงงานผู้ผลิตสินค้าที่ต้องการใช้งานร่วมกับระบบของ Bell แต่ระยะหลัง Bell ก็เริ่มมีการแก้ไขข้อกำหนดของคนบางส่วนให้เข้ากับ CCITT ได้

มาตรฐานโมเด็มแบบต่าง ๆ ที่ใช้กันมากนั้นมักจะใช้มาตรฐาน CCITT V-Series ตั้งแต่ความเร็วต่ำไปจนถึงความเร็วสูง ได้แก่

- V.21 เป็นมาตรฐานของโมเด็มความเร็ว 300 บิตต่อวินาที ใช้เทคนิคการผสมสัญญาณแบบ FSK (Frequency Shift Keying) รับส่งข้อมูลได้ในแบบพูลดูเพล็กซ์ ใช้กับสายโทรศัพท์ ปัจจุบันมีใช้น้อยเนื่องจากความเร็วในการรับส่งข้อมูลต่ำ

- V.22 รับส่งข้อมูลที่ความเร็ว 1,200 บิตต่อวินาที หรือลดความเร็วลงมาที่ 600 บิตต่อวินาทีได้ การผสมสัญญาณใช้เทคนิคของ PSK (Phase Shift Keying) รับส่งข้อมูลในแบบพูลดูเพล็กซ์ ใช้กับสายโทรศัพท์หรือสายตรงก็ได้ขึ้นอยู่กับว่าโมเด็มนั้นถูกออกแบบมาให้ต่อกับสายตรงได้หรือไม่ ซึ่งจัดเป็นโมเด็มความเร็วปานกลางที่ได้รับความนิยมอยู่ในปัจจุบัน

- V.22 bis รับส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 2,400 บิตต่อวินาที หรือลดความเร็วลงมาที่ 1,200 บิตต่อวินาทีได้ การผสมสัญญาณใช้เทคนิคโมเด็มความเร็วสูง QAM รับส่งข้อมูลแบบพูลดูเพล็กซ์ ใช้กับสายโทรศัพท์หรือสายตรงได้ V.22 bis เป็นมาตรฐานของโมเด็มความเร็วปานกลางที่จะเข้ามาแทนที่ V.22

- V.23 เป็นมาตรฐานที่คล้ายกับ V.22 แต่รับส่งข้อมูลแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์คือ มีความเร็ว 1,200 บิตต่อวินาที หรือลดความเร็วลงมาที่ 600 บิตต่อวินาที ใช้เทคนิคการผสมสัญญาณแบบ FSK สามารถต่อใช้กับสายโทรศัพท์ได้

- V.26 เป็นมาตรฐานของโมเด็มแบบใช้สาย 4 เส้นรับส่งข้อมูลในแบบพูลดูเพล็กซ์ ใช้เทคนิคการผสมสัญญาณแบบ PSK มีความเร็วในการรับส่งข้อมูล 2,400 บิตต่อวินาทีที่จะนำมาต่อใช้กับสายโทรศัพท์ไม่ได้

-V.26 bis เป็นมาตรฐานเหมือนกับ V.26 แต่ใช้สายโทรศัพท์แทนมีความเร็วในการรับส่งข้อมูล 2,400 บิตต่อวินาทีหรือลดความเร็วลงมาที่ 1,200 บิตต่อวินาทีการรับส่งข้อมูลเป็นแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ ใช้เทคนิคการผสมสัญญาณแบบ PSK

- V.27 เป็นมาตรฐานสำหรับโมเด็มความเร็ว 4,800 บิตต่อวินาทีใช้กับสายตรงได้เท่านั้น เทคนิคการผสมสัญญาณแบบ PSK รับส่งสัญญาณแบบพูลดูเพล็กซ์ได้ มีความเร็ว 4,800 บิตต่อวินาที ซึ่งถือว่าเป็นความเร็วการรับส่งข้อมูลที่สูงที่สุดของเทคนิคการผสมสัญญาณแบบ PSK

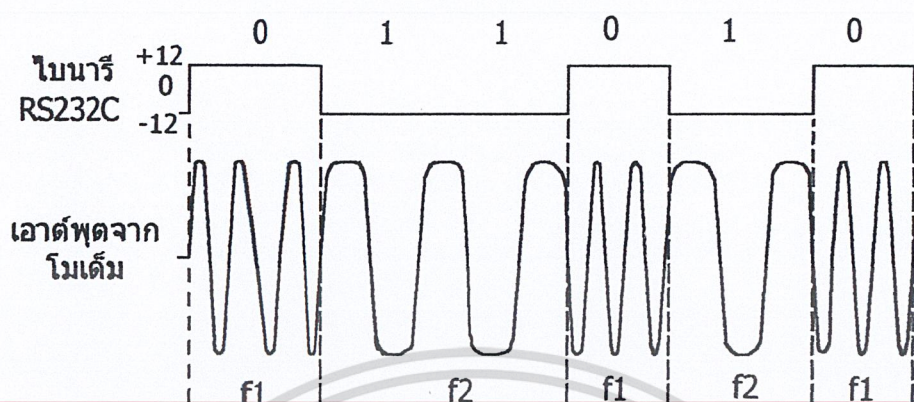
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- V.27 bis คล้ายกับมาตรฐานแบบ V.27 รับส่งข้อมูลที่ 4,800 บิตต่อวินาทีหรือลดความเร็วลงมาที่ 2,400 บิตต่อวินาทีได้ ใช้สำหรับสายส่งแบบ 4 สายเท่านั้นการผสมสัญญาณก็เป็นแบบ PSK สามารถรับส่งข้อมูลได้ทั้งแบบฟูลดูเพล็กซ์และฮาล์ฟดูเพล็กซ์
- V.27 ter เป็นมาตรฐานความเร็ว 4,800 บิตต่อวินาทีหรือลดความเร็วลงมาที่ 2,400 บิตต่อวินาทีได้ ใช้กับสายโทรศัพท์การรับส่งข้อมูลเป็นแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์เท่านั้น ใช้เทคนิคการผสมสัญญาณแบบ PSK
- V.29 ter จัดเป็นมาตรฐานโมเด็มความเร็วสูงที่ใช้กับสายตรงแบบ 4 สาย การรับส่งข้อมูลใช้ได้ทั้งฟูลดูเพล็กซ์และฮาล์ฟดูเพล็กซ์ สามารถรับส่งข้อมูลได้ตั้งแต่ 9,600 บิตต่อวินาทีหรือลดความเร็วลงมาที่ 7,200 บิตต่อวินาที และ 4,800 บิตต่อวินาที ที่ความเร็ว 9,600 บิตต่อวินาทีจะใช้เทคนิคการผสมแบบ QAM
- V.32 เป็นมาตรฐานโมเด็มความเร็วสูงสำหรับใช้กับสายโทรศัพท์ สามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 9,600 บิตต่อวินาทีในแบบฟูลดูเพล็กซ์หรือลดความเร็วลงมาที่ 4,800 บิตต่อวินาทีมาตรฐาน V.32 นี้ยังใช้งานกับสายตรงแบบ 4 สายได้อีกด้วย ใช้เทคนิคการผสมสัญญาณแบบ QAM ทั้งที่ความเร็ว 9,600 และ 4,800 บิตต่อวินาที

2.2.3 เทคนิคการโมดูเลตสัญญาณของโมเด็ม

Frequency Shift Keying : FSK

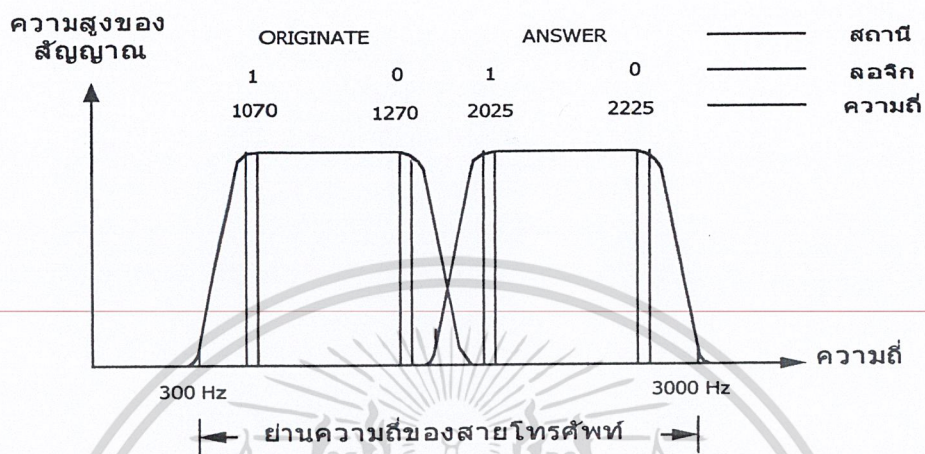
แรกเริ่มทีเดียวกการแปลงสัญญาณลอจิกให้เหมาะสมกับการส่งไปในสายโทรศัพท์ใช้วิธีการ FSK นี้ คือใช้ความถี่ของเสียงสองความถี่สำหรับแทนสัญญาณลอจิก "1" และลอจิก "0" ฝ่ายรับก็พยายามจับเอา 2 ความถี่ที่ว่่านีมาแปลงเป็นสัญญาณลอจิก กับคืนความถี่ของเสียงทั้งสองเสียงต้องห่างกันพอที่จะแยกออกจากกันได้โดยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และจะต้องไม่ห่างเกินไปจนตกขอบของความสามารถของสายโทรศัพท์ที่จะนำพาไปได้ รูปที่ 2.12 แสดงหลักการทำงานของ FSK



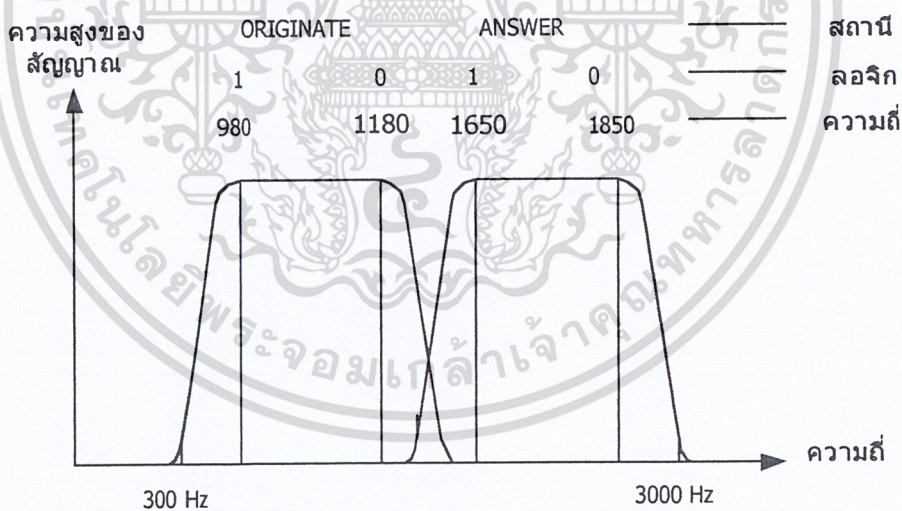
รูปที่ 2.12 แสดงหลักการการทำงานของ FSK

เนื่องจากแถบความถี่ที่สายโทรศัพท์ยอมให้ผ่านไปได้อยู่ในช่วง 300 ถึง 3,400 Hz จึงสามารถแบ่งความถี่ในย่านนั้นออกเป็น 4 คลื่นเสียงที่สำคัญ สำหรับสถานีส่งสองเสียงและสถานีรับอีกสองเสียงเนื่องจากต้องการให้การติดต่อเป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์ คือทั้งรับและส่งได้ภายในเวลาเดียวกันจำเป็นต้องแยกสถานีออกเป็นสองฝ่าย ฝ่ายหนึ่งเรียกว่า Originate หรือฝ่ายเริ่มการติดต่อ และอีกฝ่ายเรียกว่า Answer หรือฝ่ายตอบรับ ฝ่าย Originate จะต้องใช้ความถี่สองความถี่ สำหรับสัญญาณลอจิก "0" และ "1" ฝ่าย Answer จะต้องใช้ความถี่สองความถี่ที่แตกต่างไปจากฝ่ายส่ง (เพื่อป้องกันการรบกวนกัน) สำหรับแทนสัญญาณลอจิก "0" และลอจิก "1" เพื่อจะได้ทำงานร่วมกันเป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์ได้

มาตรฐานความถี่ที่ใช้กันอยู่กรณีความเร็วไม่เกิน 300 บอด ของ Bell 103 และ CCITT V.21 แสดงในรูปที่ 2.13 และรูปที่ 2.14 ตามลำดับ



รูปที่ 2.13 แสดงความถี่มาตรฐานของ Bell 103 Full Duplex



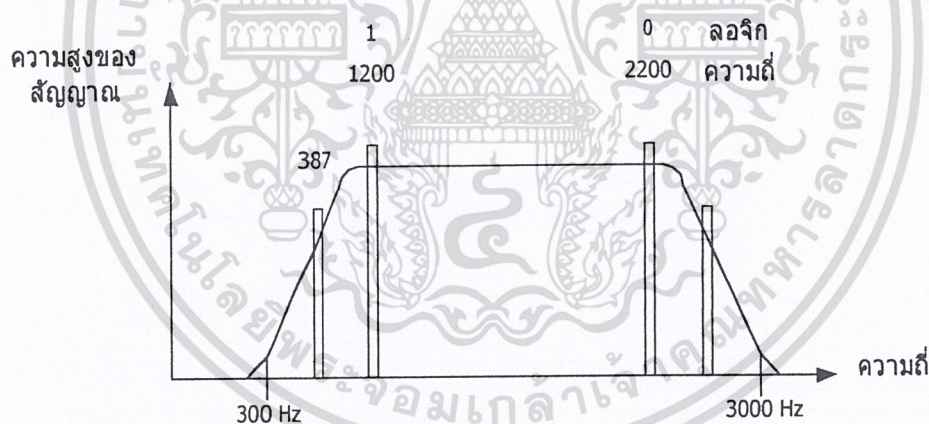
รูปที่ 2.14 แสดงความถี่มาตรฐานของ CCITT V.21

จากรูปที่ 2.13 และรูปที่ 2.14 จะพบว่าสถานีรับและสถานีส่งใช้ความถี่ต่างกันในการโมดูเลตสัญญาณลอจิก "0" และ "1" การดีโมดูเลตต้องให้ความถี่ตรงกับความถี่ฝ่ายตรงกันข้ามที่ส่งมา ยกตัวอย่างเช่นโมเด็มชนิด Bell 103 ถ้าหากใช้เป็นฝ่าย Originate จะส่งลอจิก "1" ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ 1,270 Hz และลอจิก "0" ส่งด้วยความถี่ 1,070 Hz ขณะเดียวกันก็ต้องมีตัวกรองความถี่เพื่อกรองความถี่อื่น ๆ เข้ามารบกวนเครื่องรับ วงจรกรองความถี่ที่ง่ายจะต้องแยกความถี่ของฝ่ายรับและฝ่ายส่งออกจากกัน

เนื่องจากความถี่ของเสียงที่ใช้ความถี่ต่ำการโมดูเลตแบบ FSK ย่อมทำให้การถ่ายโอนข้อมูลทำได้เร็วกว่าความถี่นั้นไม่ได้แน่นอน เนื่องจากวงจรรับจะต้อง Detect ให้ได้ว่ามีความถี่เปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น อย่างน้อยความถี่จะต้องเปลี่ยนแปลงให้เห็น 2 ถึง 3 ไชเกิด ลองคำนวณดูง่าย ๆ ความถี่ต่ำสุดที่ใช้ในโมเด็มชนิด 103 คือ 1,700 Hz ต้องใช้อย่างน้อย 2 ไชเกิดต่อการโมดูเลต 1บิต จะเห็นว่าการถ่ายโอนข้อมูลจะเร็วกว่า 600 บิตต่อวินาที ได้ยากถ้าใช้เทคนิค FSK เหมือนเดิมแต่แยกความถี่ของเสียงที่ใช้แทน "0" และ "1" ให้ห่างกัน จำนวนไซเคลที่ใช่โมดูเลตก็จะน้อยลง จะแยกความถี่ให้ห่างกันได้จะต้องส่งได้ทีละข้างหรือเป็นฮาล์ฟดูเพล็กซ์ ระบบ Bell 202 ใช้เทคนิคอันนี้ในการส่งข้อมูลความเร็ว 1,200 บอด โดยใช้ความถี่ 1,200 Hz แทนมาร์ค (ลอจิก 1) และแทนสเปส (ลอจิก 0)



รูปที่ 2.15 แสดงความถี่มาตรฐานของ Bell 202 Half Duplex

กรณี CCITT ที่ตรงกับ Bell 202 จะเป็น V.23 ต่างกันที่โหมด (Mode) ให้เลือก 2 โหมดคือ 600 บอด และ 1,200 บอด โดยทั้งสองโหมดใช้ความถี่ต่างกันคือ

โหมด 1 (600 บอด) 1,300 Hz(มาร์ค) 1,700 Hz(สเปส)

โหมด 2(1,200 บอด) 1,300 Hz(มาร์ค) 2,100 Hz(สเปส)

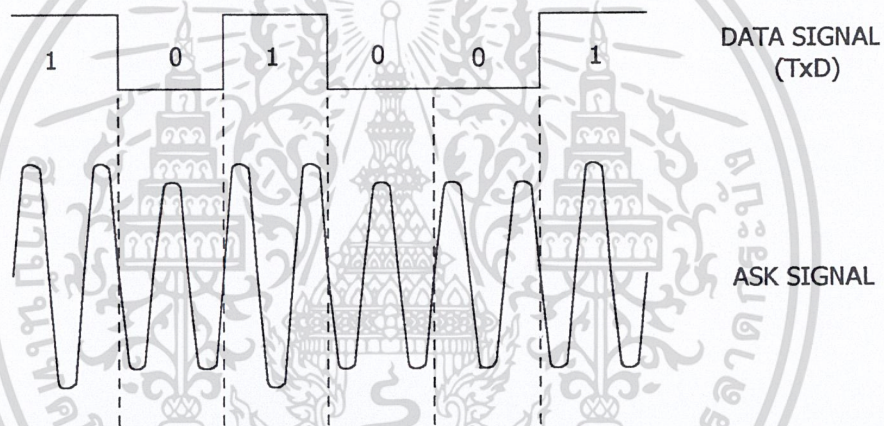
นอกเหนือจากนั้น V.23 ยังสามารถให้ฝ่ายรับทำการส่งข้อมูลกลับมาได้ด้วยความเร็ว 75

บอด โดย ใช้ FSK 390 Hz แทนมาร์ค 450 Hz แทนสเปส ในกรณีเช่นนี้เหมาะสำหรับการติด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อกับเทอร์มินอลที่ผู้ใช้ป้อนข้อมูลทางคีย์บอร์ด (Keyboard) (คำเฉลี่ย 1 คำมี 4 ตัวอักษร และ 1 ตัวอักษรใช้ 8 บิต + สตาร์ทบิต: start bit อีกสองบิต)

Amplitude Shift Keying : ASK

เป็นเทคนิคอีกอย่างหนึ่งของการ โมดูเลตสัญญาณเสียงเข้ากับสัญญาณพาหะซึ่งเป็นสัญญาณรูปขายนี่ที่มีความถี่สูงทำให้สัญญาณที่ผ่านการ โมดูเลตแล้วมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณพาหะตามแอมพลิจูด (ความสูงของคลื่น) ของสัญญาณเสียงแต่ความถี่ของสัญญาณพาหะยังคงที่ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 แสดงการโมดูเลตแบบ ASK

จุดสำคัญของการ โมดูเลตแบบนี้ขึ้นอยู่กับที่ “แอมพลิจูดเปลี่ยนแปลงแต่ความถี่คงที่” ในกรณีนี้จะไม่กล่าวถึงสมการคณิตศาสตร์

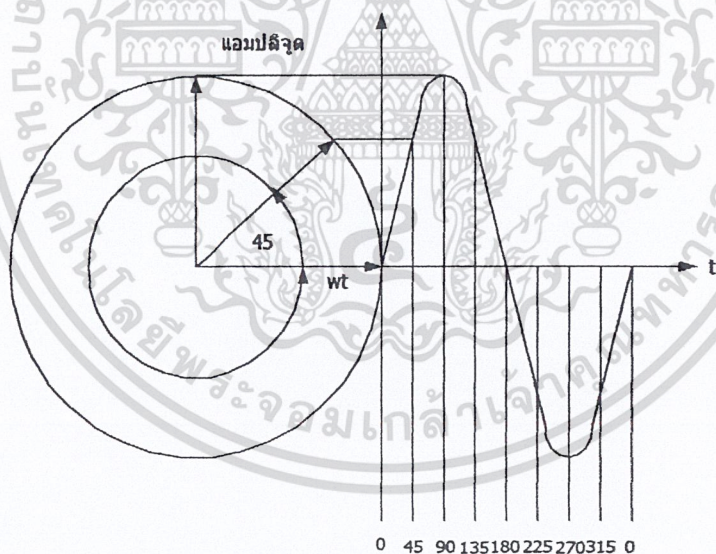
นอกจากนี้รายละเอียดอื่น ๆ ของแอมพลิจูด โมดูเลชันยังมีอีกมากมายซึ่งไม่อาจจะกล่าวได้หมดในที่นี้เช่น การใช้เทคนิคการตัดสัญญาณพาหะออกไปที่เรียกว่าสับเพรสแคเรียร์ (Suppress Carrier) เช่นในการส่งกระจายคลื่นแบบดับเบิลไซด์แบนด์สับเพรสแคเรียร์ (Double Sideband Suppress Carrier : DSB-SC) และซิงเกิลไซด์แบนด์สับเพรสแคเรียร์ (Single Sideband Suppress Carrier : SSB-SC)

สำหรับหลักการการทำงานของโมเด็มที่ใช้การ โมดูเลตแบบ ASK นั้น ในส่วนของวงจรทางด้านส่งจะต้องทำการแปลงสัญญาณดิจิทัลไปเป็นสัญญาณอนาล็อกก่อนโดยใช้ดีพูเอกอนเวอร์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตอร์ (D/A converter) แล้วผ่านขบวนการโมดูเลตส่งออกไป ส่วนโมเด็มทางด้านรับเมื่อรับสัญญาณเข้ามาจะผ่านขบวนการดีโมดูเลตแยกเอาสัญญาณพาหะออกแล้วจึงส่งผ่านวงจรเทคโคนเวอร์เตอร์ (A/D converter) เพื่อแปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นสัญญาณดิจิทัล แล้วส่งเข้าเทอร์มินอลไปใช้งานต่อ

Phase Shift Keying : PSK

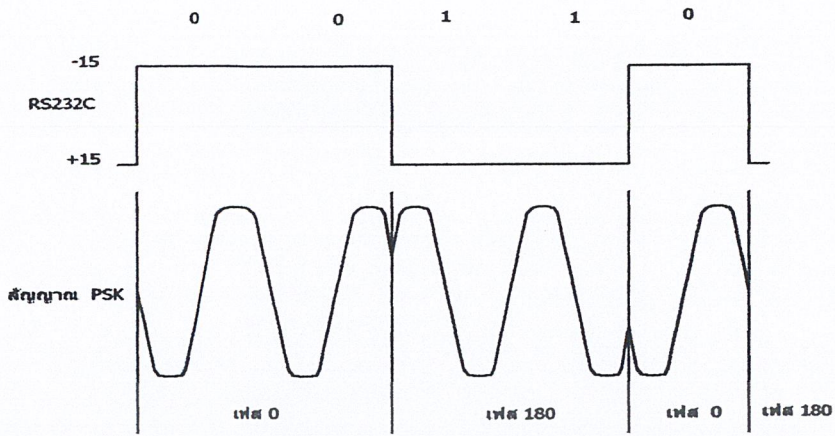
ในการถ่ายโอนข้อมูลที่ต้องใช้ความเร็วสูงจะใช้วิธีที่เรียกว่า PSK แทนที่จะใช้ควอดริการแทนสัญญาณลอจิก กลับใช้สัญญาณความถี่เดียวแต่ใช้เฟสที่ต่างกันออกไปแทนสัญญาณลอจิก การกำเนิดคลื่นรูปไซน์ก็เหมือนกับการหมุนของเข็มนาฬิกาไปเป็นเส้นรอบวง ถ้าวัดความสูงของเข็มนาฬิกาเทียบกับแกนนอนขณะใดขณะหนึ่ง แล้วนำมาพล็อต(Plot) เทียบกับแกนเวลาจะได้รูปร่างของคลื่นไซน์เต็มที่ใช้หมุนเรียกว่า เวกเตอร์(vector) มุมที่หมุนเรียกว่า เฟส(phase) ฉะนั้นเฟสของคลื่นไซน์จะมีมุมตั้งแต่ 0 ถึง 360 องศา ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 แสดงการกำหนดคลื่นรูปไซน์และเฟสต่างๆ

ถ้าหากจะเลือกใช้เฟสในการโมดูเลตสัญญาณลอจิก จะแบ่งเฟสที่ใช้ออกเป็นสองเฟสในการโมดูเลตสัญญาณลอจิก "0" และ "1" คือใช้ เฟส 0 แทน "0" และใช้ เฟส 180 แทน "1" ลักษณะของสัญญาณจากโมเด็มจะเป็นดังรูปที่ 2.18

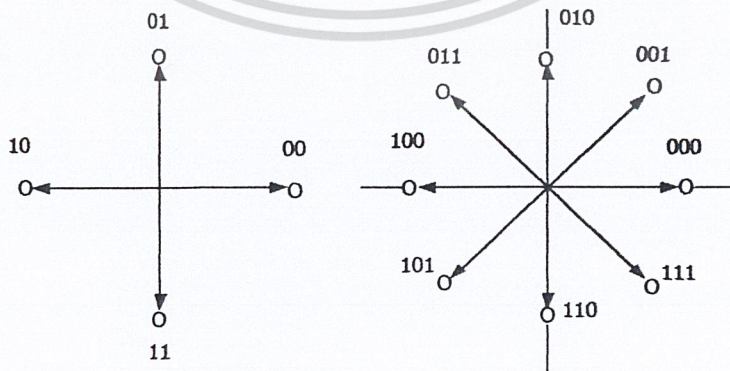
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 แสดงสัญญาณ PSK

จากรูปที่ 2.18 ถ้าหากแปลงสัญญาณ PSK ออกเป็น 4 เฟสคือ 01 90 180 270 องศา โดยเราแทนเฟสทั้ง 4 ด้วยเลขฐานสอง 2 หลัก หรือ 2 บิต ในกรณีเช่นนี้การเปลี่ยนเฟสครั้งหนึ่งเท่ากับว่าเราได้ข้อมูลถึง 2 บิต ในลักษณะเช่นนี้อัตราบิตจะเป็นสองเท่าของอัตราบอด เพราะอัตราบอดคือ อัตราการเปลี่ยนแปลงข้อมูลใน 1 วินาที แต่การเปลี่ยนแปลงสัญญาณ 1 ครั้ง ข้อมูลจะเปลี่ยนแปลง 2 บิต ความเร็วในการโอนข้อมูลจึงเป็นสองเท่าของอัตราบอด อัตราในการส่ง 1,200 บอด เท่ากับ ได้ความเร็วในการโอนข้อมูล 2,400 บิตต่อวินาที

ถ้าแบ่งสัญญาณออกเป็น 8 คือ 0, 45, 90, 125, 180, 225, 270 และ 315 องศา โดยแต่ละเฟสแทนด้วยข้อมูล 3 บิต จะเห็นว่าความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลจะกลายเป็น 3 เท่าของอัตราบอด ถ้าใช้อัตราบอดเท่ากับ 1,600 บอด ก็จะได้ความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลเป็น 4,800 บิตต่อวินาที การแบ่งสัญญาณแสดงดังรูปที่ 2.19

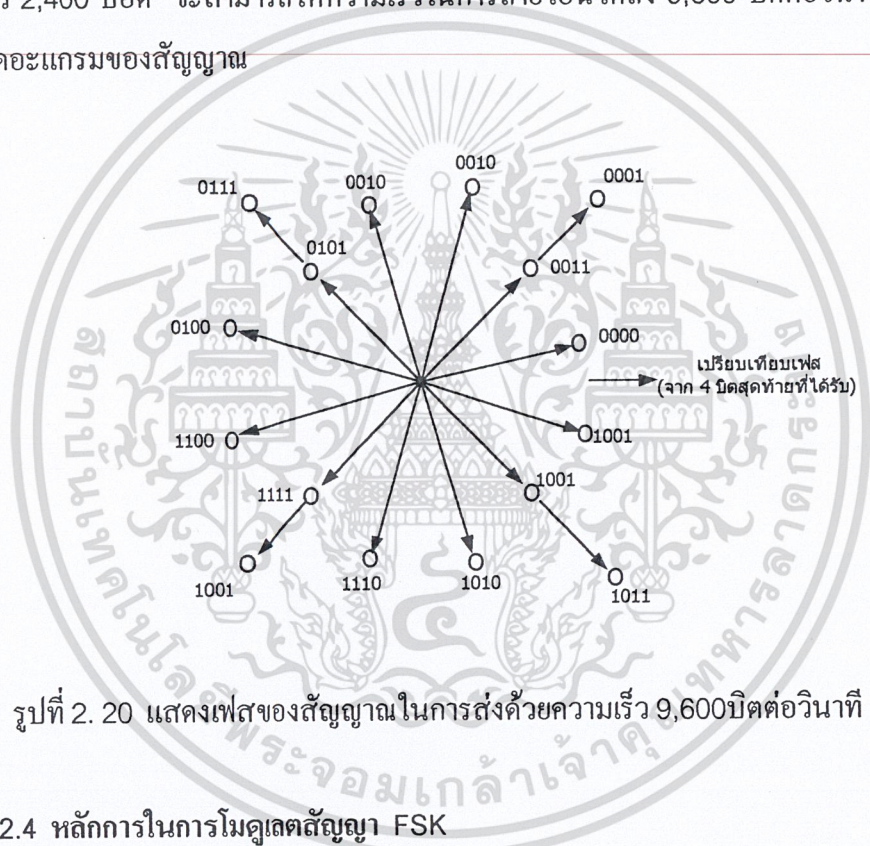


รูปที่ 2.19 แสดงการแบ่งสัญญาณ PSK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Phase Amplitude Modulation : PAM

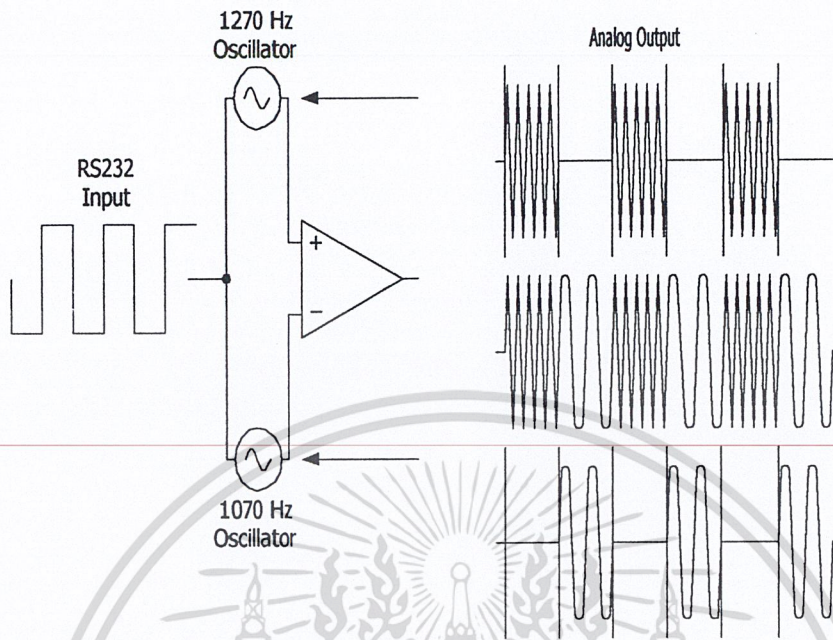
วิธีการที่จะเพิ่มความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลให้สูงขึ้น โดยการเอาความสูงหรือแอมพลิจูดของสัญญาณเข้ามาโมดูเลตด้วยเรียกว่า เฟสแอมพลิจูดโมดูเลชัน (Phase Amplitude Modulation) หรือบางทีเรียกว่า ควอคราเจอร์แอมพลิจูดโมดูเลชัน โมเด็มที่ส่งความเร็ว 9,600 บิตต่อวินาที แบ่งเฟสออกเป็น 12 เฟส มีอยู่ 4 เฟสที่มีโอกาสมีแอมพลิจูดได้สองค่า รวมแล้วทั้งหมดสามารถใช้เลขฐานสองได้ 4 บิต แทนเฟสและแอมพลิจูดทั้ง 16 สถานะ สัญญาณในสายใช้ความเร็ว 2,400 บอด จะสามารถให้ความเร็วในการถ่ายโอนได้ถึง 9,600 บิตต่อวินาที รูปที่ 2.20 แสดงไดอะแกรมของสัญญาณ



รูปที่ 2. 20 แสดงเฟสของสัญญาณในการส่งด้วยความเร็ว 9,600บิตต่อวินาที

2.2.4 หลักการในการโมดูเลตสัญญาณ FSK

เมื่อได้ทราบเทคนิคการทำงานอย่างคร่าว ๆ ของวิธีโมดูเลตแบบต่าง ๆ แล้ว ต่อไปจะกล่าวถึงหลักการในการสร้างสัญญาณเหล่านี้ โดยจะกล่าวถึงเฉพาะวิธีการของ FSK เท่านั้น ว่าโมเด็มสร้างสัญญาณเหล่านี้มาได้อย่างไร



รูปที่ 2.21 แสดงโครงสร้างในการกำเนิดสัญญาณ FSK

จากรูปที่ 2.21 จะเห็นว่าในโมเด็มจะประกอบไปด้วยออสซิลเลเตอร์ที่กำเนิดสัญญาณพาหะด้วยความถี่ 1,270 Hz และ 1,070 Hz โดยออสซิลเลเตอร์ตัวบนจะทำงานเมื่อสัญญาณที่เข้ามา มีระดับโวลต์เกิน -5 โวลต์ ส่วนออสซิลเลเตอร์ตัวล่างจะทำงาน และตัวบนจะหยุดทำงานเมื่อสัญญาณที่รับเข้ามา มีระดับเกินกว่า +5 โวลต์ เมื่อระดับเอาต์พุตที่ออกมาจากพอร์ต RS-232C เข้ามายังอินพุตของออสซิลเลเตอร์ก็สามารถทำได้ ออสซิลเลเตอร์ทั้งสองทำงานดังนี้

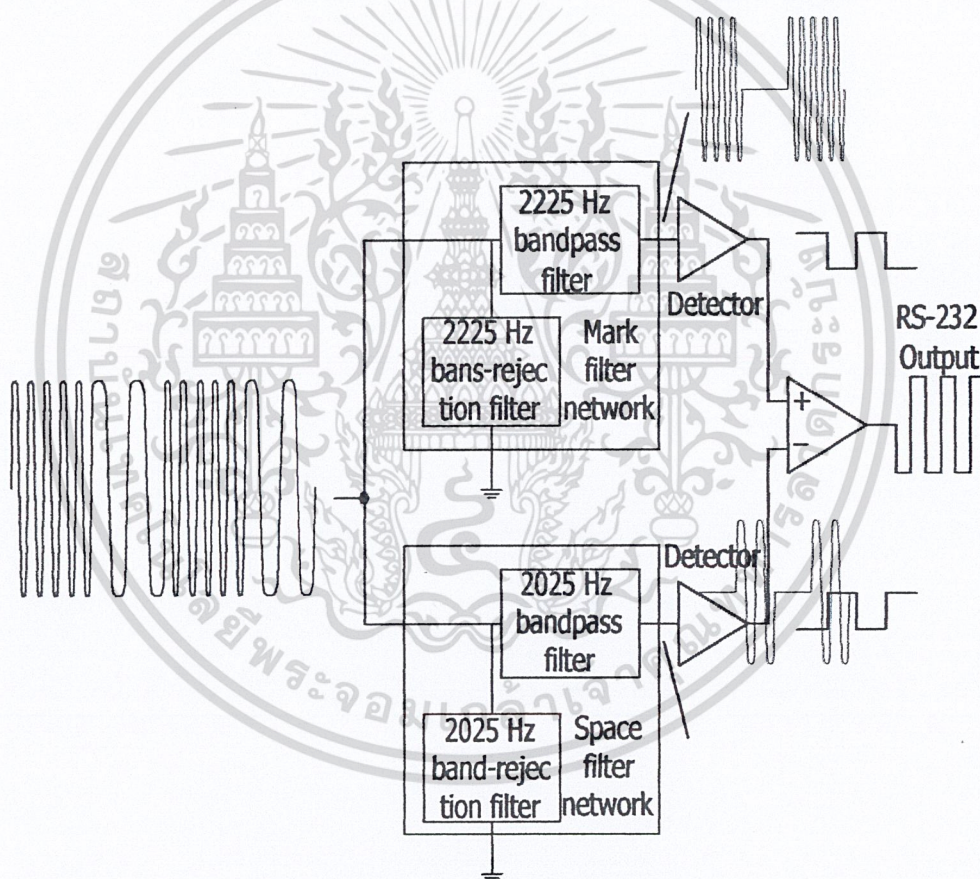
เมื่อสัญญาณที่ผ่านพอร์ต RS-232C เข้ามา มีระดับโวลต์เท่ากับ -12 โวลต์ ออสซิลเลเตอร์ที่ผลิตสัญญาณความถี่ 1,270 Hz จะทำงาน แต่ออสซิลเลเตอร์ที่ผลิตสัญญาณความถี่ 1,070 Hz ไม่ทำงาน เราทราบแล้วว่าที่ระดับโวลต์ -12 โวลต์ จะแทนลอจิก "1" นั่นเอง ดังนั้นจากรูป 2.21 จะแสดงถึงการแปลงสัญญาณจากพอร์ต RS-232C ที่แทนลอจิก "1" ไปเป็นสัญญาณลอจิก "1" เช่นกัน

สำหรับในกรณีที่สัญญาณที่ส่งมีระดับโวลต์เตจเป็น +12 โวลต์ ออสซิลเลเตอร์ที่ผลิตความถี่ 1,070 Hz จะทำงานแทนและทำการผลิตสัญญาณที่ลอจิก "0" ออกมา หลังจากนั้นจึงทำการรวมสัญญาณเอาต์พุตจากออสซิลเลตทั้งสองตัวมารวมกัน โดยผ่านเข้าไปยังอินพุตของออปแอมป์ ที่จะทำให้สัญญาณที่เอาต์พุตเป็นสัญญาณ โมดูเลตทันที จากรูปจะเห็นว่าสัญญาณข้อมูล

มีลอจิก เป็น "1" ก็จะมีความถี่ของสัญญาณเป็น 1,270 Hz และถ้าเป็นลอจิก "0" ก็จะมีความถี่เป็น 1,070 Hz

2.2.5 หลักการในการตีโมดูเลตสัญญาณ FSK

เมื่อสัญญาณที่ผ่านออกมาจากโมเด็มทางด้านส่ง เมื่อมาถึงโมเด็มทางด้านรับสัญญาณเหล่านี้จะผ่านขบวนการตีโมดูเลตแยกเอาสัญญาณพาหะออกจากสัญญาณข้อมูลแล้วนำสัญญาณข้อมูลไปใช้งานต่อไป



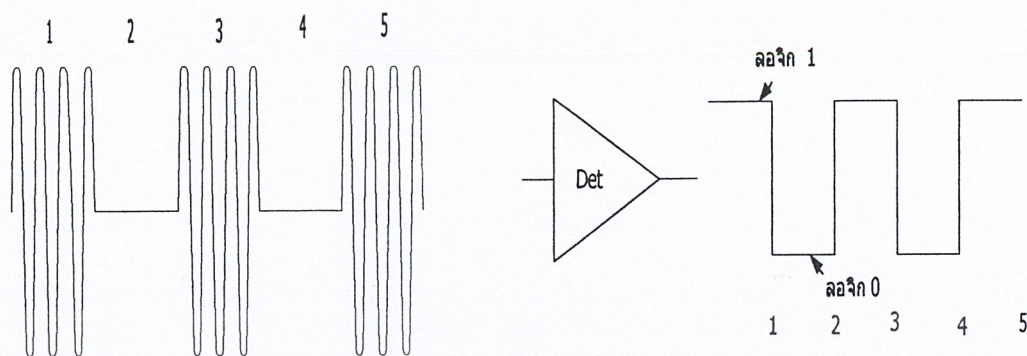
รูปที่ 2.22 แสดงโครงสร้างการทำงานของวงจรตีโมดูเลเตอร์

จากรูปที่ 2.22 จะแสดงวิธีการแปลงสัญญาณอนาล็อก (ที่ถูกส่งผ่านสายโทรศัพท์เข้ามา) กลับไปเป็นสัญญาณที่ถูกส่งต่อเข้าไปยังพอร์ต RS-232C ต่อไป เราทราบแล้วว่าโมเด็มทางด้านส่งจะรับและแทนสัญญาณลอจิก "1" ด้วยความถี่ 2,225 Hz และแทนสัญญาณลอจิก "0" ด้วยความถี่ 2,025 Hz ดังนั้นในรูป 2.22 ข้างต้น จึงได้แสดงถึงบล็อกไดอะแกรมของวงจรในโมเด็มเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางด้านส่ง จะเห็นว่าสัญญาณที่ส่งผ่านสายโทรศัพท์แล้วต่อเข้าที่อินพุตของโมเด็มนั้นเป็นสัญญาณที่ประกอบด้วยความถี่ต่างกัน ดังนั้นจึงต้องทำการแยกความถี่ของสัญญาณนี้ออกจากกันก่อน โดยผ่านวงจรฟิลเตอร์ (Filter)สองวงจร ซึ่งหน้าที่ของวงจรฟิลเตอร์หรือวงจรกรองความถี่นี้ก็คือ ทำการแยกสัญญาณที่ประกอบด้วยความถี่หลาย ๆ ค่าออกจากกันแล้วส่งต่อไปยังส่วนของจรที่ทำงานตอบสนองต่อสัญญาณความถี่นั้นเพียงค่าเดียวต่อไป

จากวงจรรูปที่ 2.22 วงจรส่วนบนประกอบด้วยวงจรฟิลเตอร์สองวงจรแยกกัน โดยทำการกรองเอาความถี่ค่าต่าง ๆ ออกไป ยกเว้นสัญญาณความถี่ 2,225 Hz และแถบความถี่แคบ ๆ ที่ใกล้เคียง ๆ กับ 2,025 Hz ซึ่งหมายความว่าสัญญาณที่รับเข้ามานั้นถ้ามีความถี่เป็นค่าอื่น ๆ นอกจาก 2,225 Hz แล้วก็จะผ่านฟิลเตอร์ส่วนนี้แล้วไหลลงจุดกราวด์ไป (เอาต์พุตของแบนด์รีเจกชันฟิลเตอร์จะต่อลงจุดกราวด์ บางที่เรียกว่า Notch Filter) ส่วนสัญญาณความถี่ 2,225 Hz ซึ่งผ่านฟิลเตอร์ส่วนนี้ไม่ได้ ก็จะผ่านเข้าไปแบนด์พาสฟิลเตอร์ (Band Pass Filter) ต่อไป ซึ่งการทำงานของแบนด์พาสฟิลเตอร์นี้จะยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ 2,225 Hz ผ่านไปได้ส่วนสัญญาณความถี่อื่นจะถูกกรองเอาไว้ ดังนั้นวงจรฟิลเตอร์ส่วนบนที่มีการทำงานเพื่อกรองเอาสัญญาณความถี่ 2,225 Hz ไปออกที่เอาต์พุตของแบนด์พาสฟิลเตอร์เท่านั้น

ส่วนในกลุ่มของฟิลเตอร์ส่วนล่างนั้นจะมีการทำงานที่คล้าย ๆ กัน ต่างกันตรงที่จะทำงานตอบสนองที่ความถี่ 2,025 Hz คือการทำงานผลสุดท้ายก็เพื่อต้องการเอาความถี่อื่น ๆ ที่ไม่ใช่ความถี่ 2,025 Hz ไว้ แล้วปล่อยความถี่ 2,025 Hz ผ่านออกไปที่เอาต์พุตของวงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์เมื่อได้กรองเอาความถี่ที่ต้องการคือ ความถี่ 2,225 Hz (ซึ่งแทนลอจิก "1") และความถี่ 2,025 Hz (ซึ่งแทนลอจิก "0") ได้แล้ว ก็จะต่อเอาต์พุตของแบนด์พาสฟิลเตอร์แต่ละตัวเข้ากับวงจรอีกส่วนหนึ่งซึ่งเรียกว่า ดีเทคเตอร์ (Detector) หน้าที่ของวงจรดีเทคเตอร์ก็คือ ทำการดีโมดูเลตสัญญาณเพื่อแยกเอาสัญญาณพาหะและสัญญาณข้อมูลออกจากกัน แล้วจึงผ่านเอาสัญญาณข้อมูลไปใช้ จากวงจรในรูปที่ 2.23 เมื่อมีสัญญาณรูปไซน์ (Sine Wave) ผ่านเข้าไปยังวงจรดีเทคเตอร์ก็จะสร้างระดับแรงดันเอาต์พุตเป็นบวกออกมา แต่ในขณะที่ไม่มีสัญญาณไซน์คลื่นเข้ามา ระดับแรงดันที่เอาต์พุตของวงจรดีเทคเตอร์จะมีค่าเป็นศูนย์ มีการทำงานดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 แสดงการทำงานของดีเทคเตอร์

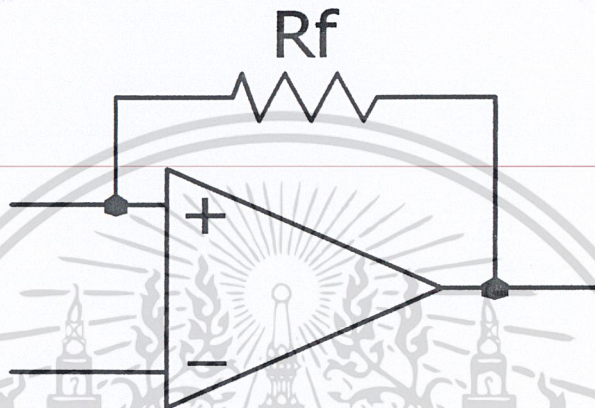
จากรูปที่ 2.23 ซึ่งจะหมายความว่าในช่วงสัญญาณ 1, 3, 5 และ 7 ซึ่งมีความถี่ของสัญญาณชายด์เป็น 2,225 Hz เมื่อผ่านวงจรดีเทคออกมาจะมีระดับลอจิก "1" ส่วนในช่วงสัญญาณ 2, 4, 6 และ 8 เมื่อผ่านดีเทคเตอร์ออกมาจะมีระดับลอจิกเป็น "0" จากรูปที่ 2.22 จะสังเกตเห็นว่าดีเทคเตอร์แต่ละตัวมีการทำงานเพื่อสร้างสัญญาณดิจิทัล โดยมีเฟสของสัญญาณต่างกันคือ วงจรดีเทคเตอร์ตัวบนจะสร้างสัญญาณลอจิก "1" มาต่อเมื่อสัญญาณชายด์ที่อินพุตแทนสถานะมาร์คหรือความถี่ 2,225 Hz และจะสร้างสัญญาณลอจิก "0" ออกมาหากสัญญาณชายด์ที่อินพุตแทนสถานะสเปสหรือความถี่ 2025 Hz เป็นต้น

ในส่วนของวงจรภาคต่อไปก็จะเป็นการรวมเอาสัญญาณดิจิทัลจากเอาต์พุตของดีเทคเตอร์เข้าด้วยกันโดยใช้ออปแอมป์ ซึ่งหน้าที่ของออปแอมป์นี้ก็คือ ทำการรวมสัญญาณดิจิทัลจากสองแหล่งเข้าด้วยกัน แล้วเปลี่ยนสัญญาณให้อยู่ในรูปของสัญญาณมาตรฐานที่สามารถส่งผ่านพอร์ต RS-232C (+12 โวลต์) ซึ่งวิธีการในการเปลี่ยนสัญญาณนี้ก็คือการคิดเอาต์พุตของสเปสดีเทคเตอร์ (หรือดีเทคเตอร์ตัวล่าง) เข้ากับขา Non Inverting ของออปแอมป์ และต่อเอาต์พุตของมาร์คดีเทคเตอร์ (ดีเทคเตอร์ตัวบน) เข้ากับขา Inverting หรือขาลบของออปแอมป์ ซึ่งจะสร้างสัญญาณเอาต์พุตขึ้นมาโดย

- เมื่อเอาต์พุตของสเปสดีเทคเตอร์แอคทีฟ ออปแอมป์จะสร้างระดับสัญญาณแรงดันค่าบวก (+) ขึ้นที่เอาต์พุต
- เมื่อเอาต์พุตมาร์คดีเทคเตอร์แอคทีฟ ออปแอมป์จะสร้างระดับสัญญาณค่าลบ (-) ขึ้นที่เอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้อาจจะมีการใช้เทคนิคฟีดแบ็ค (Feedback) โคนต่อความต้านทานฟีดแบ็คเข้าขานอนอินเวอร์ตติ้งของออปแอมป์ เพื่อทำการปรับอัตราขยาย (Gain) ของระบบให้ดีขึ้น สามารถสร้างระดับของแรงดันจากยอดถึงยอด (Peak to Peak) เท่ากับ 24 โวลต์ (จาก -12 ถึง 12 โวลต์) ได้ ดังรูป 2.24 ซึ่งมีผลถึงการต่อสัญญาณข้อมูลไปใช้ส่งผ่าน RS-323C ได้ดีขึ้น



รูปที่ 2.24 แสดงการต่อตัวต้านทาน Feed Back

2.2.6 ลักษณะของตัวกรองสัญญาณที่ต้องการ (Filter Requirement)

ตัวกรองสัญญาณมีหน้าที่สองอย่างคือ

1. ทำการกรองความถี่ของเออร์พุดที่โมดูเลตแล้วให้อยู่ในย่านความถี่ที่ต้องการ
2. ทำการกรองความถี่ของคลื่นพาหะที่เข้ามาก่อนที่จะทำการแยกสัญญาณ

ตัวกรองทางด้านส่งจะใช้กำจัดความถี่ในการ โมดูเลตลำดับต่ำ ๆ ฉะนั้นตัวกรองทางด้านส่งจะเป็นแบบ low pass หรือ band pass

ส่วนตัวกรองทางด้านรับจะมีหน้าที่สองอย่างคือ กำจัด noise จากสัญญาณที่รับเข้ามา และอีกหน้าที่หนึ่งคือ การจำกัดการผสมสัญญาณระยะใกล้ซึ่งเข้ามาผสมกับสัญญาณพาหะด้านรับ

2.2.7 การจำกัดสัญญาณสะท้อน (Echo Suppressor)

ในการส่งข้อมูลเป็นสัญญาณอนาล็อกไปตามสายโทรศัพท์ย่อมเป็นการแน่นอนว่าจะต้องเกิดสัญญาณสะท้อนขึ้นอย่างแน่นอน แต่จะเกิดมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของระบบว่าดีเพียงใด ดังนั้นเมื่อเกิดสัญญาณชนิดนี้ขึ้นมา ประสิทธิภาพการรับฟัง ความถูกต้องของข้อมูลย่อมลดลงแน่นอน ฉะนั้นจึงจะต้องเพิ่มระบบที่สามารถกำจัดสัญญาณสะท้อนนี้ให้หมดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการของอุปกรณ์กำจัดสัญญาณสะท้อนนี้ให้หมดไป หลักการนี้ก็คือ “เป็นอุปกรณ์ที่ยอมให้สัญญาณผ่านไปทิศทางใดทิศทางหนึ่งเพียงทิศทางเดียวเท่านั้น” เช่น A ส่งสัญญาณเรียกไปยัง B วงจรกำจัดสัญญาณสะท้อนก็จะยอมให้สัญญาณจาก A ส่งผ่านไปยัง B จนกระทั่ง A หยุดพูดแล้วหลังจากนั้น B ก็เริ่มพูดตอบ ในขณะที่วงจรกำจัดสัญญาณสะท้อนก็จะเปลี่ยนทิศทางการทำงานโดยอัตโนมัติ โดยยอมให้สัญญาณ B ผ่านไปได้แต่สัญญาณ A ผ่านไม่ได้ เป็นต้น ซึ่งเวลาที่วงจรกำจัดสัญญาณสะท้อนนี้เปลี่ยนทิศทางจะใช้เวลาประมาณ 300 มิลลิวินาที ซึ่งช่วงเวลานี้จะมีความสำคัญมากในระบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์

สำหรับระบบฟูลดูเพล็กซ์นั้นการใช้งานอุปกรณ์กำจัดสัญญาณสะท้อนจะใช้ช่วงเวลาสั้น ๆ เพราะการสื่อสารเป็นการสื่อสารแบบสองทาง ดังนั้นสัญญาณจากทางด้านเรียกและด้านตอบรับจะต้องผ่านได้ตลอดเวลา นั่นคือถ้าไม่ต้องการใช้งานอุปกรณ์กำจัดสัญญาณเสียงสะท้อนก็ทำได้โดยการป้อนสัญญาณความถี่ 2,100 Hz เป็นเวลา 400 มิลลิวินาที เข้าไปในวงจรในขณะที่มีการติดต่อกันอยู่จนกระทั่งสัญญาณข่าวสารที่ส่งมาถึงสิ้นสุดลง อุปกรณ์กำจัดสัญญาณเสียงสะท้อนก็จะเริ่มทำงานทันที ดังนั้นวิธีการอย่างหนึ่งที่จะเลี่ยงเพื่อไม่ให้ใช้อุปกรณ์ดังกล่าวนี้ก็สามารถทำได้โดยออกแบบระบบให้เป็นการสื่อสารแบบ ฟูลดูเพล็กซ์ 4 สาย

2.2.8 การบิดเบือนของสัญญาณ

ในการสื่อสารไม่สามารถที่จะส่งพลังงานข้อมูลอีกจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งไปเต็ม 100% เนื่องจากพลังงานของสัญญาณจะต้องถูกลดทอน ถูกบิดเบือนไป และถูกรบกวนจากสัญญาณรบกวนจากสภาพแวดล้อมนาฬิกา ดังนั้นสัญญาณที่จะรับได้ทางด้านรับจึงอาจผิดเพี้ยนไปหรือรับได้ไม่ชัดเจน เป็นต้น ยิ่งถ้าเป็นการสื่อสารระยะทางไกล ๆ การสูญเสียก็จะยิ่งเกิดขึ้นมากตามลำดับ

สัญญาณที่ส่งผ่านไปในสายนั้นจะถูกลดทอนอย่างแน่นอนและเป็นผลทำให้เกิดการบิดเบือนของสัญญาณตามมานั้นคือ รูปร่างของสัญญาณที่ส่งมาจะผิดเพี้ยนไปจากสัญญาณต้นทาง ซึ่งเป็นผลทำให้ข่าวสารที่รับได้นั้นขาดความถูกต้องไป การบิดเบือนของสัญญาณจะเกิดได้สองลักษณะคือ

1. การบิดเบือนของแอมพลิจูด (Amplitude Distortion) หรือ การลดทอน (Attenuation)

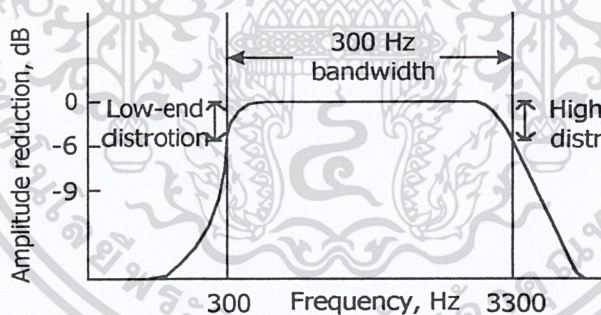
2. การบิดเบือนเนื่องจากการถูกหน่วงเวลา (Envelope Delay Distortion)

ในกรณีแรกแอมพลิจูดของสัญญาณจะต่ำกว่าสัญญาณจากต้นทาง ซึ่งแสดงว่าสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

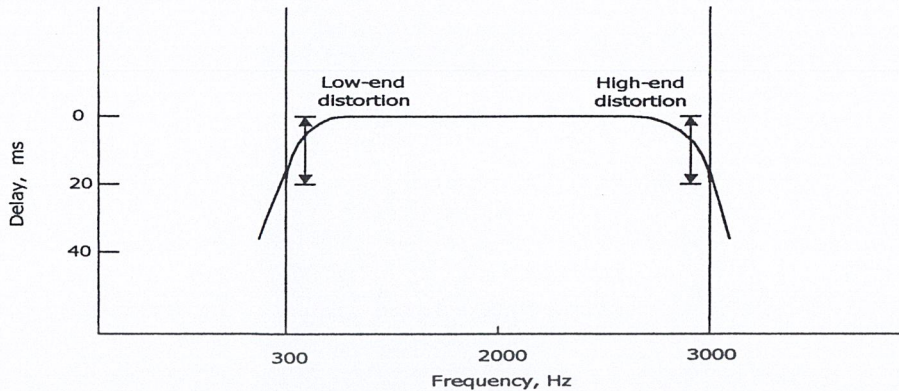
ถูกลดทอนลงไป กรณีที่สอง การบิดเบือนของสัญญาณเกิดขึ้นเนื่องจากเกิดการหน่วงเวลาของการเดินทางของคลื่นจากจุดส่งไปยังจุดรับ นั่นคือในช่วงความถี่หนึ่ง ๆ ความเร็วของการเดินทางของสัญญาณจะมีค่าไม่คงที่ เร็วบ้าง ช้าบ้าง ซึ่งก็มีผลทำให้ข้อมูลที่ได้รับผิดพลาดไปได้

ในการสื่อสารที่มีการใช้โครงข่ายโทรศัพท์ร่วมกับระบบสื่อสารไมโครเวฟเพื่อการส่งสัญญาณในระยะทางไกล ๆ การผิดพลาดในทั้งสองกรณีข้างต้นจะเกิดขึ้นอย่างแน่นอน สำหรับการส่งสัญญาณในระบบไมโครเวฟจะส่งสัญญาณในระดับแนวสายตา หรือแนวเส้นตรงเพราะมิฉะนั้นจะเกิดการสูญเสียเนื่องจากถูกส่วนโค้งของผิวโลกบดบัง ดังนั้นการติดตั้งสถานีรับและส่งจึงต้องหาตำแหน่งของจุดส่งและจุดรับให้อยู่ในแนวเส้นตรงให้ได้ และจะต้องอาศัยสถานีทวนสัญญาณ (Repeater) เป็นตัวขยายระดับของสัญญาณเพื่อไม่ให้พลังงานของสัญญาณอ่อนลงมากเกินไป แต่ข้อเสียของระบบดังกล่าวคือ ทำให้แถบความถี่แต่ละช่องของสัญญาณลดลงไปเล็กน้อย เนื่องจากการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ บางครั้งแถบความถี่ที่ใช้จะอยู่ระหว่าง 500 ถึง 2,900 Hz เท่านั้น เหตุผลที่ต้องลดแถบความถี่ลงก็เพื่อเป็นการจำกัดการเกิดการบิดเบือนของแอมพลิจูดให้น้อยลง ซึ่งแสดงดังรูป 2.25



รูปที่ 2.25 แสดงการบิดเบือนของสัญญาณในแถบความถี่

นอกเหนือจากการบิดเบือนของแอมพลิจูดแล้ว การบิดเบือนด้านความถี่ต่ำและความถี่สูงก็ยังสามารถเกิดขึ้นได้เช่นกัน ดังรูปที่ 2.26 แสดงการบิดเบือนของสัญญาณในแถบความถี่ 300 ถึง 3,300 Hz ซึ่งเป็นความถี่ในระบบโทรศัพท์



รูปที่ 2.26 แสดงการหน่วงเวลาของสัญญาณ

ผลเสียที่เกิดจากการบิดเบือนของสัญญาณทั้งสองกรณีต่างก็มีผลให้แถบความถี่ที่ใช้งานลดลง ซึ่งทำให้จำนวนช่องสัญญาณที่ใช้งานลดลงตามไปด้วย แต่ข้อบกพร่องดังกล่าวก็สามารถแก้ไขได้โดยใช้เทคนิคของ อีควอลไลเซชัน (Equalization) โดยวิธีการดังกล่าวนี้ก็คือการทำการขยายแอมพลิจูดของสัญญาณให้มีขนาดสูงขึ้นมากกว่าปกติก่อนที่จะส่งผ่านสายส่งออกไป ดังนั้นขนาดของแอมพลิจูดที่จะขยายถ้าเลือกให้เหมาะสมแล้วแอมพลิจูดของสัญญาณทางด้านรับหลังจากถูกบิดเบือนแล้วก็จะมีความเท่ากันทางด้านส่งพอดีทำให้คุณภาพของข่าวสารยังใช้ได้ นอกจากนี้เทคนิคอีควอลไลเซชันยังสามารถทำได้โดยใช้วิธีการลดขนาดของแอมพลิจูดของสัญญาณที่ความถี่ศูนย์กลางของแถบความถี่ที่ใช้งานลงก่อนที่จะส่งผ่านสายออกไป นอกจากนี้ยังสามารถช่วยปรับให้สัญญาณที่ถูกหน่วงเวลามีค่าหน่วงเวลาที่คงที่ตลอด

ตามคุณสมบัติของ Bell สายโทรศัพท์ที่ถือกลางจะมีอยู่ 5 ชนิดแต่ละชนิดจะยอมให้มีการบิดเบือนของสัญญาณอยู่ในช่วงที่แตกต่างกัน

2.2.9 สัญญาณรบกวน (Noise)

ปัญหาใหญ่อีกอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นในการสื่อสารก็คือ สัญญาณข้อมูลถูกรบกวนจากสัญญาณรบกวนต่าง ๆ ซึ่งอาจแบ่งได้สองพวกคือ Random noise และ Impulse noise โดย Random noise จะมีค่าสูงขึ้นถ้าระยะทางของสายเพิ่มมากขึ้น แต่ Impulse noise เกิดขึ้นจากอุปกรณ์ควบคุม Line Switching ที่ใช้ในระบบโทรศัพท์ ซึ่งในทางปฏิบัติการที่จะกำจัดสัญญาณรบกวนให้หมดไปเลยนั้นไม่สามารถทำได้ เพียงแต่อาจลดให้มีขนาดน้อยลงเท่านั้นเอง นอกจากนี้ปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการทำงานของโมเด็มก็คือ Phase Shifter, Harmonic distortion และ

Crosstalk Phase Shifter คือ การที่เฟสของสัญญาณเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเรื่อย ๆ อย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการเข้าถึงโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจะเกิดการเลื่อนเฟสไปเป็นค่าอื่น ๆ อย่างต่อเนื่อง

Harmonic Distortion หรือการบิดเบือนฮาร์โมนิก จะเกิดขึ้นหลังจากที่สัญญาณผ่านส่วนของวงจรขยายออกมาแล้ว โดยฮาร์โมนิกอื่นที่เป็นจำนวนเท่าของความถี่พื้นฐาน (Fundamental Frequency) เช่นฮาร์โมนิกที่ 2 ที่ 3 และอื่น ๆ มีรูปร่างของสัญญาณเปลี่ยนไป ทำให้สัญญาณข้อมูลที่ได้รับผิดพลาดไป Crosstalk เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากเกิดการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเข้าไปรบกวนสัญญาณข้อมูลที่ส่งผ่านเข้าไปในสาย เช่น จะสังเกตได้จากการพูดโทรศัพท์สาธารณะผู้พูดมักได้ยินเสียงเพลงมาจากสถานีวิทยุ หรืออาจจะได้ยินเสียงของวิทยุคำรวจ เป็นต้น ซึ่งสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำเข้ามานี้จะส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการรับฟังเสียงด้อยลงไป สำหรับวิธีการแก้ปัญหาข้อบกพร่องนี้สามารถทำได้โดยใช้อุปกรณ์ switching ที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์ หรือใช้เส้นใยนำแสง (Fiber Optics) ซึ่งสามารถจะลดผลของการรบกวนเหล่านี้ลงได้อย่างมา

2.2.10 การเชื่อมต่อเข้ากับสายโทรศัพท์

การออกแบบระบบและการใช้งานระบบสื่อสารข้อมูลที่จะต้องใช้โมเด็มเป็นส่วนประกอบของระบบ ข้อสำคัญที่จะต้องใส่ใจให้ถูกต้องก็คือ ในระบบที่มีการคิดพ่วงเข้ากับเครือข่ายโทรศัพท์ผู้ใช้และผู้ออกแบบจะต้องปฏิบัติตามกฎข้อบังคับของ FCC (Federal Communication Commission) ที่ได้วางเป็นมาตรฐาน นอกจากนี้ยังรวมถึงรายละเอียด การเชื่อมต่อโมเด็มเข้ากับเครือข่ายโทรศัพท์ ระดับของสัญญาณที่จะเหนี่ยวนำเข้าไปรบกวนสัญญาณในสายโทรศัพท์จะต้องมีระดับที่อยู่ในมาตรฐานที่กำหนดโดย FCC ด้วยเช่นกัน ตามข้อกำหนดของ FCC ได้มีการกำหนดระดับกำลังงานในย่านความถี่สูงกว่าช่วง 300 ถึง 330 Hz ไว้ดังตารางตารางที่ 2.1

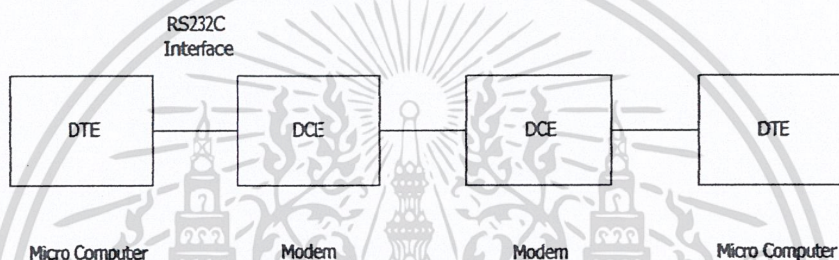
Frequency (KHz)	3.995 to 4.005	4.000 to 10.00	10.00 to 25.00	25.00 to 40	Above 50
Maximum Power Level (dBm)	-18	-16	-24	-36	-50

ตารางที่ 2.1 FCC Phone Line Restrictions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 มาตรฐาน RS-232-C

เป็นมาตรฐานที่ใช้กันกว้างขวางมากที่สุดถูกประกาศในปี 1960 โดย Electronic Industries Association (EIA) เพื่อกำหนดการเชื่อมต่ออุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง (Data Communication Equipment : DCE) โดยที่ RS ย่อมาจาก Recommended Standard และ 232 เป็นหมายเลขบ่งบอกของมาตรฐานตัวนี้ C เป็นหมายเลขฉบับท้ายสุดของมาตรฐานตัวนี้ สำหรับผู้ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ DTE ก็หมายถึงตัวไมโครคอมพิวเตอร์และ DCE ก็หมายถึงโมเด็ม



รูปที่ 2.27 แสดงการใช้ RS-232-C เชื่อมต่อกับอุปกรณ์

สัญญาณที่ใช้ทั้งหมดใน RS-232-C

Protective Ground (PG ขาที่ 1) หมายถึงตัวถังของเครื่องหรือสายดิน Transmit Data (TD ขาที่ 2) เป็นสัญญาณส่งออกจาก DTE (ตัวไมโครคอมพิวเตอร์) ไปยังโมเด็มหรือไมโครคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นหรือเครื่องพิมพ์ เมื่อไม่มีสัญญาณส่งออกสถานะภาพของลอจิกจะมีค่าเท่ากับ "1" สถานะ "OFF" หรือเทียบเท่ากับ stop bit ไม่ว่าจะระบบอะไร DTE ต้องไม่ส่งข้อมูลออกไปจนกว่าสัญญาณเหล่านี้

1. Request To Send : RTS
2. Clear To Send : CTS
3. Data Set Ready : DSR
4. Data Terminal Ready : DTR อยู่ในสถานะ "ON" Receive Data (RD ขาที่ 3) เป็นทางของสัญญาณเข้าไปยัง DTE เมื่อไม่มีสัญญาณรับเข้ามา ขานี้จะมีสถานะภาพทางลอจิกเป็น "1" หรือสถานะ "OFF" Request To Send (RTS ขาที่ 4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก DTE ไปยัง DCE

สถานะ "ON" คือ บังคับให้ DCE อยู่ใน Transmitting Mode ต่อไป

สถานะ "OFF" คือ บังคับให้ DCE อยู่ใน Receiving Mode ต่อไป

การเปลี่ยนจาก "OFF" ไป "ON" เป็นการบอกให้ DCE จัดการกับระบบสื่อสารเพื่อให้ช่องสัญญาณต่อเชื่อมและให้สัญญาณ Clear To Send : CTS กลับมาเป็นการบอกว่างส่งได้

การเปลี่ยนจาก "ON" ไป "OFF" เป็นการบอกให้ DCE ส่งข้อมูลผ่านช่องสื่อสารให้หมดแล้วกลับไปอยู่ใน Receiving Mode พร้อมกับให้ CTS เป็น "0" Clear To Send (CTS ขาที่ 5)

จาก DTE ไป DTE สถานะ "ON" หมายความว่าข้อมูลจาก DTE ขาที่ 2 จะถูกส่งต่อไปในช่องทางสื่อสาร (โมเด็มส่งข้อมูลออกสายโทรศัพท์) ทันที CTS จะ "ON" หลังจาก DRS และ RTS อยู่ในสถานะ "ON" และการเชื่อมของวงจรสื่อสาร (ชุมสายโทรศัพท์) เสร็จเรียบร้อยแล้ว

Data Set Ready (DTS ขาที่ 6)

จาก DCE ไป DTE คือ ความพร้อมของโมเด็มนั่นเอง จะเป็น "ON" ต่อเมื่อ

1. DCE (โมเด็ม) เปิดเครื่องอยู่ และอยู่ในสถานะ off-hook (เหมือนยกหูโทรศัพท์)
2. DCE ไม่อยู่ใน test mode
3. DCE ทำการส่งสัญญาณ ไปยังชุมสายเสร็จแล้ว DRS อยู่ในสถานะ "ON" เป็นการบอก

DTE ว่าโมเด็มต่อเข้าสายโทรศัพท์เรียบร้อยแล้ว และพร้อมที่จะส่ง DSR อยู่ในสถานะ "OFF" หมายถึงให้ DTE ตรวจ Ring Indicator

Signal Ground (SG ขาที่ 7)

คือสายร่วม ของสัญญาณทุกตัว

Carrier Detect (CD ขาที่ 8)

จาก DCE ไป DTE

สถานะ "ON" หมายถึงว่า DCE จับ สัญญาณพาหะในช่องทางสื่อสารที่จะทำการดีโมดูเลตได้

สถานะ "OFF" คือไม่ได้รับสัญญาณอะไรเลย หรือได้ รับสัญญาณแต่ไม่สามารถโมดูเลตเอาข้อมูลออกมาได้

Data Terminal Ready (DTR ขาที่ 20)

จาก DTE ไป DCE

สถานะ "ON" หมายถึงว่า DCE เตรียมเพื่อเชื่อมต่อกับตัวอื่น และรักษาช่องทางติดต่อไว้ต่อไป (การเชื่อม Channel ทำได้หลายทางคือ หมุนเรียกด้วยมือหรืออัตโนมัติ) ถ้า DCE สามารถตอบรับสัญญาณเรียก (Call) ได้ ก็ให้ตอบรับ (answering) เมื่อมีสัญญาณเรียก Ring Indicator และ DTR On อยู่

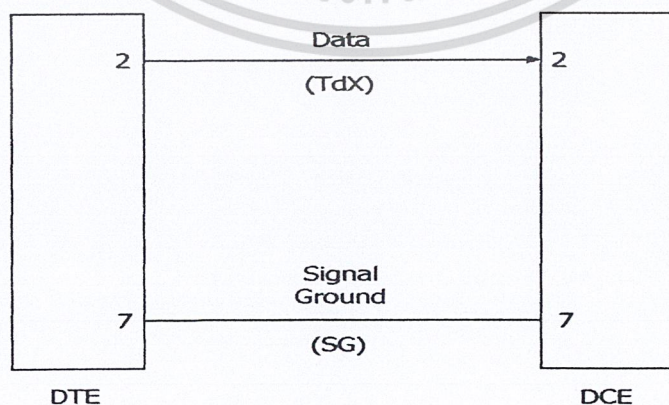
สถานะ "OFF" คือวางหู และเมื่อ "OFF" แล้วไม่ต้อง "ON" อีกจนกว่า DSR จะ "OFF"

Ring Indicator (RI ขาที่ 22)

จาก DCE ไป DTE เหมือนสัญญาณเรียกของโทรศัพท์ แต่เป็นดิจิทัล ใช้ในระบบตอบรับอัตโนมัติ (Auto-answer) สัญญาณนี้จะ "ON" เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามา และจะ "OFF" ระหว่างเสียงดังกะดิ่ง

2.3.1 การสื่อสารทางเดียว

วงจรหลักที่ถูกใช้สำหรับการสื่อสารมีอยู่สามวงจร คือสายเส้นที่ 2 สำหรับข้อมูลจาก DTE ไปยัง DCE สายที่ 3 สำหรับข้อมูลจาก DCE ไปยัง DTE และสายเส้นที่ 7 สำหรับซิกแนลกราวด์ (Signal Ground) ซึ่งเป็นจุดอ้างอิงสำหรับขั้วและแรงดันไฟฟ้าของสายอื่น ในกรณีที่ยางที่สุดซึ่งมีเพียงอุปกรณ์ตัวหนึ่งส่งและอีกตัวรับ ใช้สายเพียงสองเส้นก็เพียงพอคือ สายที่ 2 และ 3 และสายเส้นที่ 7 ดังรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.28 แสดงการเชื่อมต่อทางเดี่ยวย่างง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฮาร์ดแวร์แฮนด์เช็กกิ้ง (Hardware hand shaking)

ในหลาย ๆ กรณี อุปกรณ์ฝ่ายส่งจำเป็นต้องรู้ว่าฝ่ายรับพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่ ตัวอย่างเช่น การส่งข้อมูลไปเครื่องพิมพ์ ความเร็วของการสื่อสารอาจเร็วกว่าความเร็วของเครื่องพิมพ์ เครื่องพิมพ์ต้องระงับการส่งข้อมูลของคอมพิวเตอร์จนกว่ามันพร้อมที่จะรับข้อมูล ในทำนองเดียวกันกับการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งไปอีกเครื่องหนึ่ง และคอมพิวเตอร์ตัวที่ 2 ไม่สามารถประมวลผลข้อมูลได้เร็วเท่ากับอัตราที่ข้อมูลเข้า ทั้งสองกรณี ต้องมีข่าวสารส่งจากอุปกรณ์ฝ่ายรับไปยังอุปกรณ์ฝ่ายส่งเพื่อแจ้งว่าพร้อมหรือไม่ ข่าวสารนี้เรียกว่า โฟลว์คอนโทรล (flow control) หรือ แฮนด์เช็กกิ้ง (Hand shaking) แฮนด์เช็กกิ้งมีสองแบบ คือ ฮาร์ดแวร์และ

ซอฟต์แวร์ ทั้งคู่เกี่ยวข้องกับสัญญาณที่ส่งมาจากอุปกรณ์ฝ่ายรับไปยังอุปกรณ์ฝ่ายส่ง ในฮาร์ดแวร์ เช็กกิ้งอุปกรณ์ฝ่ายรับจะส่งแรงดันไฟฟ้าบวกไปตามวงจรแฮนด์เช็กกิ้ง เมื่อมันพร้อมที่จะรับข้อมูล เมื่อคอมพิวเตอร์ฝ่ายส่งได้รับแรงดันไฟฟ้าลบมันจะรู้ว่าต้องหยุดส่งข้อมูลในซอฟต์แวร์แฮนด์เช็กกิ้ง สัญญาณแฮนด์เช็กกิ้งเป็นอักขระพิเศษที่ถูกส่งไปตามวงจรข้อมูลแทนวงจรแฮนด์เช็กกิ้ง

การใช้ฮาร์ดแวร์เช็กกิ้งอย่างน้อยต้องมีการเชื่อมต่อเพิ่มเติมหนึ่งเส้นเพื่อนำพาสัญญาณ ทำให้จำนวนของสายทั้งหมดเป็นสามเส้นคือ สายข้อมูล ซิกแนลกราวด์ และแฮนด์เช็กกิ้ง

จาก DTE ไปสู่ DCE

เมื่ออุปกรณ์ DTE ส่งข้อมูลไปที่อุปกรณ์ DCE ข้อมูลจะถูกส่งไปตามสายที่ 2 และใช้สายที่ 7 ซิกแนลกราวด์ ตามที่ปกติอุปกรณ์ DCE ควบคุมการส่งอุปกรณ์แฮนด์เช็กกิ้งจากอุปกรณ์ DTE บนสายเส้นที่ 6 เชื่อว่า DSR (Data Set Ready) ถ้าเครื่องพิมพ์เป็น DCE และคอมพิวเตอร์เป็น DTE สายเส้นที่ 6 บนคอมพิวเตอร์ควรถูกเชื่อมต่อเข้ากับสายเส้นที่ 6 ของเครื่องพิมพ์ และเครื่องพิมพ์จะรักษาแรงดันไฟฟ้าบวกบนสายเส้นที่ 6 ตรวจจับว่ามันสามารถรับข้อมูล เมื่อมันต้องการที่จะบอกคอมพิวเตอร์ให้หยุดการส่งข้อมูล มันจะลดแรงดันไฟฟ้าบนสายที่ 6 ให้เป็นสถานะลบ

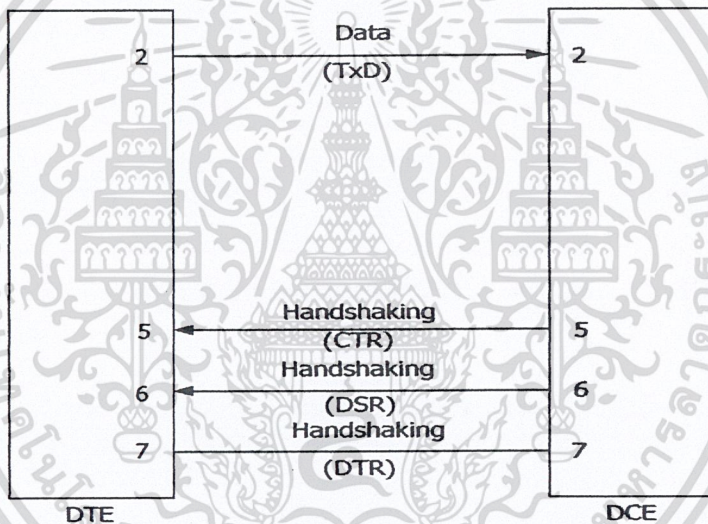
บ่อยครั้งที่วงจรแฮนด์เช็กกิ้งชุดที่คือสายเส้นที่ 5 ถูกใช้โดยอุปกรณ์ DCE เพื่อควบคุมการส่งจากอุปกรณ์ DTE วงจรนี้มีชื่อว่า CTS (Clear To Send) เมื่อสายแฮนด์เช็กกิ้งทั้งสองถูกใช้ อุปกรณ์ DTE ต้องได้รับการออกแบบให้ส่งข้อมูลต่อเมื่อสายทั้งสองเป็น ไฮ (high) หรือแรงดันไฟฟ้าบวก บางครั้งสายนั้นอาจมีความหมายต่างไป เช่น เส้นหนึ่งอาจบอกอุปกรณ์ฝ่ายส่งให้หยุดการพิมพ์จนกระทั่งข้อมูลถูกพิมพ์ไปได้จำนวนหนึ่งและเส้นที่เหลืออาจแจ้งว่ากระดาษของเครื่องพิมพ์หมด อย่างไรก็ตามความหมายเหล่านี้ไม่ได้มีมาตรฐานเนื่องจากคอมพิวเตอร์หลายชนิดถูกโปรแกรมไม่ให้ส่งข้อมูล ถ้าแฮนด์เช็กกิ้งทั้งสองไม่เป็น high แม้แต่กับเครื่องพิมพ์ที่ไม่ได้กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหมายชุดพิเศษกับสายชุดที่สองอย่างน้อยก็ควรรักษาแรงดันไฟฟ้าบวกไว้ อย่างไรก็ตามบางครั้งสัญญาณชุดที่สองต้องถูกสร้างหลอกขึ้นมาโดยการต่อมันเข้ากับชุดแรก

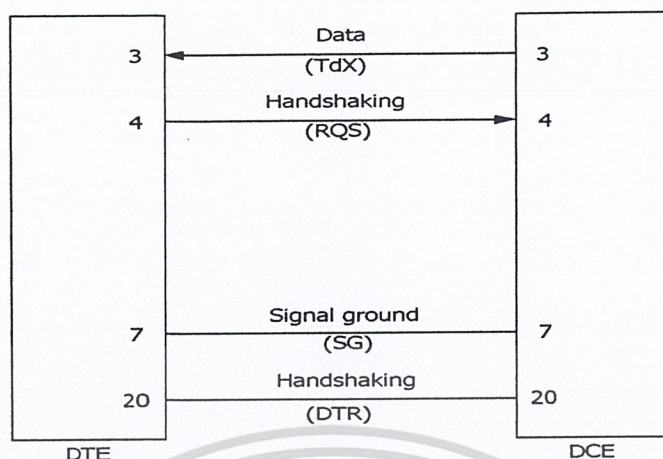
DCE ไปยัง DTE

เมื่ออุปกรณ์ DCE สื่อสารกับอุปกรณ์ DTE สายเส้นที่ 3 ต้องถูกใช้สำหรับส่งผ่านข้อมูล และถ้าต้องการแฮนด์เช็กก็ง จะใช้เส้นที่ 20 เพื่อส่งแฮนด์เช็กจากอุปกรณ์ DTE ไปยังอุปกรณ์ DCE สายเส้นที่ 20 มีชื่อว่า DTR (Data Terminal Ready) สายแฮนด์เช็กชุดที่สองคือสายเส้นที่ 4 เรียกว่า Request to Send (RTS RT 1S4) ไม่ได้ถูกนำมาใช้เสมอไป



รูปที่ 2.29 แสดงการสื่อสารทางเดียวพร้อมด้วยแฮนด์เช็กจาก DTE ไปยัง DCE

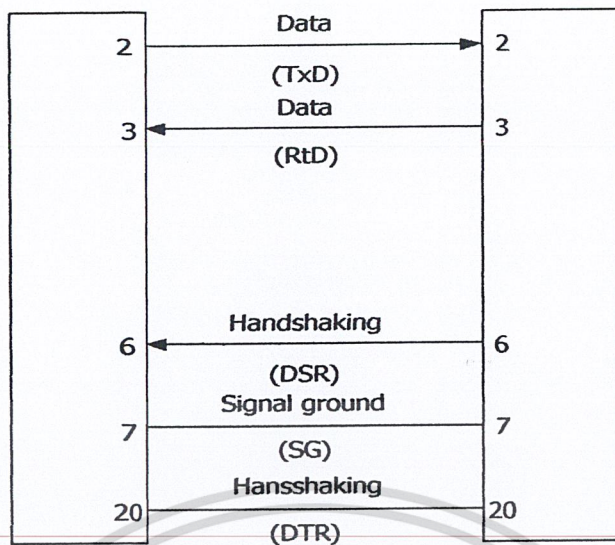
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



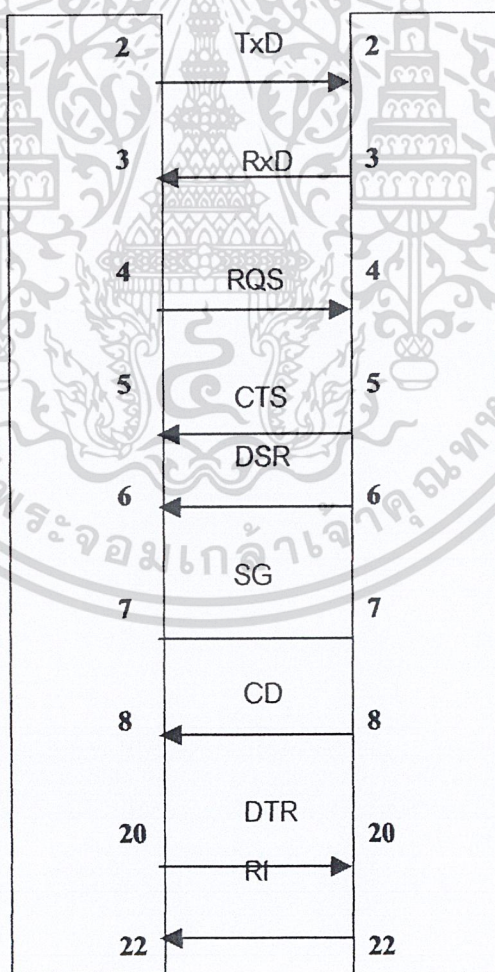
รูปที่ 2.30 แสดงการสื่อสารทางเดียวพร้อมด้วยเส้นเช็คกิ้งจาก DCE ไปยัง DTE

2.3.2 การสื่อสารสองทาง

ในหลายกรณีที่ข้อมูลถูกส่งผ่านในหลายทิศทาง โดยเฉพาะเมื่อคอมพิวเตอร์สองตัวสื่อสารกัน รวมทั้งกรณีที่ใช้ฮาร์ดแวร์เส้นเช็คกิ้งด้วยเช่นกัน จำนวนสายที่น้อยที่สุดที่จำเป็นในการสื่อสารสองทางคือ สามเส้น ได้แก่ สายข้อมูลในแต่ละทิศทาง และซิกแนลกราวด์ การเพิ่มเติมสายเส้นเช็คกิ้งในแต่ละทิศทางทำให้สายรวมเป็นห้าเส้น ดังแสดงในรูปที่ 2.30 เมื่อสายเส้นเช็คกิ้งชุดที่สองถูกนำมาใช้เพิ่มเติมในแต่ละทิศทาง สายทั้งหมดที่ใช้มีเจ็ดเส้น เพื่อให้โมเด็มสามารถให้ข้อมูลมากขึ้น แก่คอมพิวเตอร์หรือเทอร์มินอล ได้แก่ CD (Carrier Detect) ถูกเชื่อมต่อเข้ากับขา 8 เพื่อแจ้งการคงอยู่ของสัญญาณพาหะ และ RI (Ring Indicator) ถูกเชื่อมต่อเข้ากับขา 22 เพื่อแสดงว่าโมเด็มกำลังถูกเรียกโดยอุปกรณ์ระยะไกล ซึ่งก็คือการตรวจสอบสัญญาณกริ่งนั่นเอง จำนวนวงจรทั้งหมดจะกลายเป็น 9 วงจร ตามรูปที่ 2.32 แม้ว่ายังมีวงจรอื่นอีกหลายวงจรถูกกำหนดโดย RS-232-C แต่ทั้งเก้าวงจรมีถูกใช้กันมากที่สุด และเป็นเหตุผลที่ไมโครคอมพิวเตอร์ใช้หัวต่อ 5ขาแทน25ขาสำหรับนำพาสัญญาณที่จำเป็นทั้งหมดของวาวจรRS-232-C



รูปที่ 2.31 แสดงการสื่อสารสองทางพร้อมด้วยวงจรแฮนด์เชคกึ่งหลัก



รูปที่ 2.32 แสดงการเชื่อมต่อ RS-232 มาตรฐานเก้าเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 นัลโมเด็ม (Null Modem)

ดังที่ได้กล่าวมาก่อนหน้านี้แล้วว่าในตอนแรก RS-232-C นำไปใช้สำหรับกำหนดการเชื่อมต่อระหว่างเทอร์มินอลซึ่งเป็น DTE กับ โมเด็มซึ่งเป็น DCE ต่อมาได้มีการนำไปประยุกต์ใช้กับการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์อื่นอีกหลายชนิดที่ไม่ได้กำหนดให้เป็น DTE หรือ DCE อย่างเป็นทางการ เช่น ไมโครคอมพิวเตอร์หรือเครื่องพิมพ์

เนื่องจากไม่มีมาตรฐานชี้ชัดว่าอุปกรณ์ควรเป็น DTE หรือ DCE บ่อยครั้งจึงจำเป็นต้องเชื่อมต่ออุปกรณ์ DTE สองตัว หรืออุปกรณ์ DCE สองตัวเข้าด้วยกัน ในลักษณะเช่นนี้ต้องทำการเชื่อมต่อสาย 2 บนอุปกรณ์ตัวแรกกับสาย 3 บนอุปกรณ์ตัวที่สอง และสาย 3 บนอุปกรณ์ตัวแรกกับสาย 2 บนอุปกรณ์ตัวที่สอง สายแฮนด์เชิร์กจึงต้องถูกไขว้ในทำนองเดียวกัน การไขว้สายอาจทำได้โดยการต่ออุปกรณ์ด้วยสายสัญญาณซึ่งถูกไขว้ไว้แล้ว หรือโดยการซื้อหัวต่อพิเศษที่เชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งสองและทำการไขว้สายที่จำเป็นไว้ภายใน ไม่ว่าจะในกรณีใดสายที่อยู่ตรงกลางหรือหัวต่อจะถูกเรียกว่า นัลโมเด็ม (Null Modem) มันทำให้อุปกรณ์ DTW สองตัวคุยกันได้โดยไม่ต้องมีอุปกรณ์ DCE เป็นทางผ่านหรือในทางกลับกันคือระหว่าง DCE กับ DTE

2.3.4 สัญญาณทางไฟฟ้า

มาตรฐาน RS-232-C กำหนดคุณลักษณะของสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรมโดยตรง มีเพียงสองลักษณะคือ SPACE แสดงถึงไบนารี "0" หรือแรงดันไฟฟ้าบวก และ MARK แสดงถึงไบนารี "1" หรือแรงดันไฟฟ้าลบบนสายข้อมูล (เช่นสาย 2 และ 3) แรงดันไฟฟ้าบวกแสดงถึงค่าลอจิก "0" และแรงดันไฟฟ้าลบแสดงถึงค่าลอจิก "1" บนสายแฮนด์เชิร์ก (เช่น DTR และ DSR) แรงดันไฟฟ้าบวกแสดงว่าส่งข้อมูลได้ ส่วนแรงดันไฟฟ้าลบหมายถึงหยุดส่งข้อมูล แรงดันไฟฟ้าบวก (เช่น SPACE) อยู่ระหว่าง +5 ถึง +15 โวลต์สำหรับอินพุต ความแตกต่างมีไว้เพื่อกรณีที่แรงดันไฟฟ้าสูญหายเนื่องจากความยาวของสายสัญญาณ ในทำนองเดียวกันแรงดันไฟฟ้าลบ (สถานะ MARK) ถูกกำหนดไว้ระหว่าง -5 ถึง -15 โวลต์ สำหรับเอาต์พุตและ -3 ถึง -15 โวลต์ สำหรับอินพุต

สังเกตว่าถ้าให้สายสัญญาณยาวเกินไป ประดับแรงดันไฟฟ้าจะตกลงเกินขอบเขตที่ยอมรับได้ นอกจากนี้ ความจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะมีผลต่อคุณภาพของสัญญาณ โดยทำให้การเปลี่ยนแปลงสถานะจากแรงดันไฟฟ้าบวกไปลบไม่ชัดเจน RS-232-C ไม่ได้มุ่งหวังให้นำไปใช้กับระยะทางไกล ๆ และโดยทั่วไประยะทาง 50 ฟุต เป็นระยะทางที่ไกลที่สุด ในการใช้สายสัญญาณปกติที่อัตราการส่งข้อมูลปกติ โดย RS-232-Cสามารถถ่ายทอดข้อมูลได้ตั้งแต่ 0 - 20,000 บิต ซึ่งเพียงพอกับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วในการส่ง 110 – 9,600 บิตต่อวินาที ถ้าอุปกรณ์อยู่ห่างกันมากอาจจำเป็นต้องใช้โมเด็มหรือวิธีการอื่น

ระดับสัญญาณของ RS-232-C

สัญญาณที่ขาทุกขาที่คอนเนคเตอร์ของ RS-232-C จะเป็นสถานะใดสถานะหนึ่งแต่ละคู่ต่อไปนี้

Mark / Space

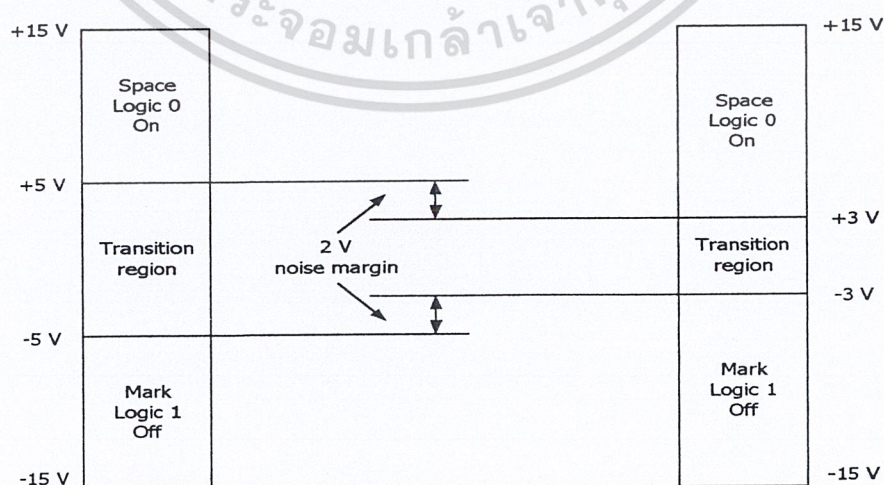
ON / OFF

Logic 0 / Logic 1

ความสัมพันธ์ระหว่างสถานะคู่ต่าง ๆ กับระดับแรงดันได้แสดงไว้ในตาราง RS-232-C ใช้ Negative Logic แทนระดับแรงดันต่าง ๆ โดยระดับแรงดันของระดับแรงดันค่าต่าง ๆ จะถูกวัดเทียบกับ Signal Ground นอกจากนี้ช่วงระดับแรงดันค่าต่าง ๆ ระหว่าง -3 ถึง +3 โวลต์ จะเป็นช่วงของการเปลี่ยนแปลงลอจิก ดังนั้นจึงไม่มีการระบุสถานะของสัญญาณช่วงนี้

ในการแทนลอจิก "1" หรือสถานะ Mark Driver ต้องจ่ายแรงดันไฟฟ้า -5 ถึง -15 โวลต์ ส่วนในการแทนลอจิก "0" หรือ Space Driver ต้องจ่ายแรงดันไฟฟ้าระหว่าง +5 ถึง +15 โวลต์

จะเห็นว่า RS-232-C ยอมให้มี noise margin ได้ไม่เกิน 2 โวลต์ สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและสถานะของสัญญาณ ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 2.33



รูปที่ 2.33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและสถานะของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่สามารถนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางมหาวิทยาลัยได้ หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง

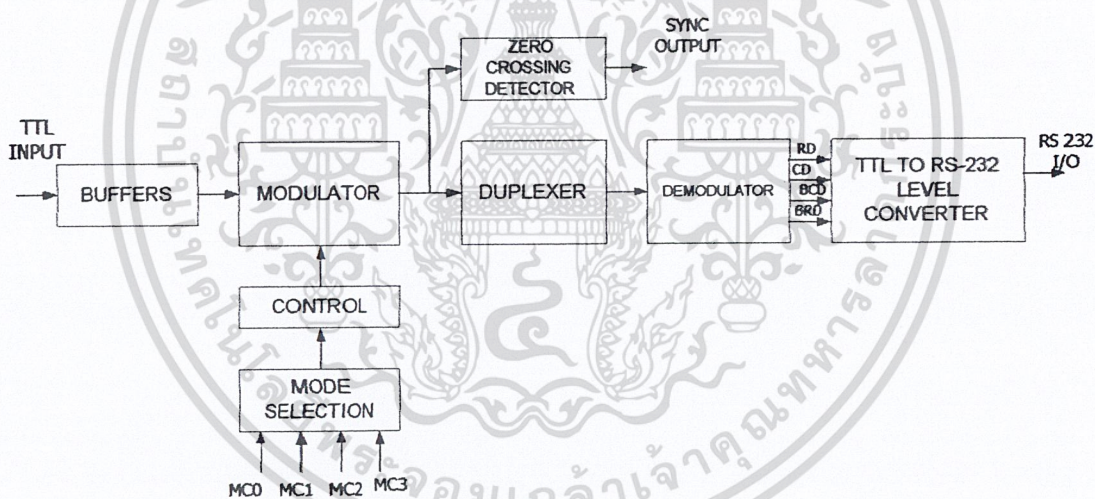
บทที่ 3

หลักการออกแบบ

การออกแบบชุดทดลองการมอดและดีมอดสัญญาณแบบ FSK อาศัยทฤษฎีของการมอดทางความถี่ต่างๆ ไป และชุด FSK MODEM ที่มีอยู่ ออกแบบตามการทำงานของวงจรภาคต่างๆ ที่ใช้ในการมอดและดีมอดสัญญาณ ตลอดจนการเลือกโหมดการทำงานของชุดทดลองให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

3.1 แนวทางการออกแบบ

อาศัยการทำงานตามบล็อกไดอะแกรม ดังแสดงในรูปที่ 3.1



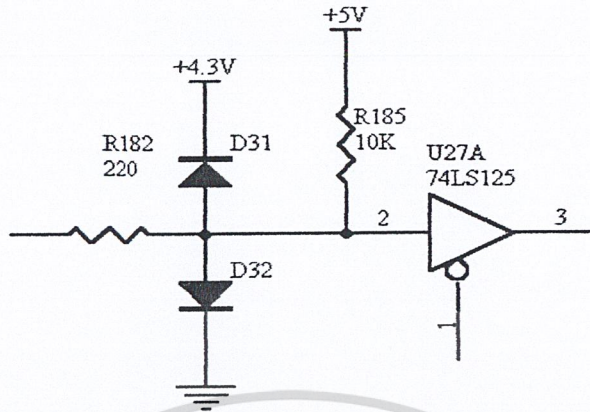
รูปที่ 3.1 แสดงหลักการการทำงานของชุดทดลองการมอดและดีมอดสัญญาณ

จากรูปที่ 3.1 สามารถออกแบบวงจรและอธิบายการทำงานของแต่ละวงจรได้ดังนี้

3.1.1 ภาคบัฟเฟอร์ (Buffers)

ภาคบัฟเฟอร์ (Buffers) จะรับสัญญาณอินพุตที่เป็นพัลส์ (Pulse) เข้ามา แล้วส่งไปทำการมอดสัญญาณที่วงจรมอดูเลเตอร์ (Modulator) ต่อไป ทำหน้าที่เป็นกันชนหรือกั้นสัญญาณระหว่างด้านหน้าและด้านหลัง ไม่ให้กวนกัน วงจรบัฟเฟอร์ (Buffers) ดังแสดงในรูปที่ 3.2

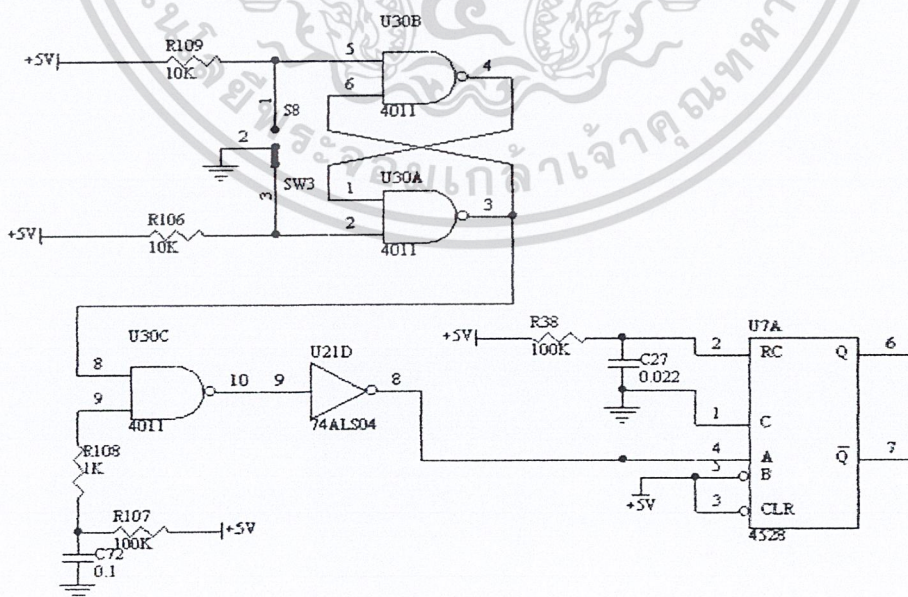
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงวงจรบัฟเฟอร์ (Buffers)

3.1.2 ภาคเลือกโหมด (Mode Selector)

ภาคเลือกโหมด (Mode Selector) ทำหน้าที่เลือกโหมดการทำงานของการมอดส์สัญญาณว่าจะให้ส่งในมาตรฐานใด มาตรฐานที่ใช้ในการส่งของชุดทดลอง ได้แก่ Bell 103 Orig, Bell 103 Ans, Bell 202, Bell 202 Equalized, CCITT V.21 Orig, CCITT V.21 Ans, CCITT V.23 Mode 2, และ CCITT V.23 Mode 2 Equalized และจะมีวงจรแสดงผลมาตรฐานการส่งโดยใช้ LED ในการแสดงผล ภาคเลือกโหมด (Mode Selector) แสดงในรูปที่ 3.3

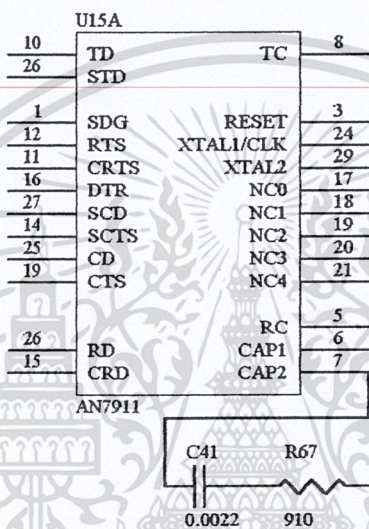


รูปที่ 3.3 แสดงวงจรเลือกโหมด (Mode Selector)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 ภาคมอดและดีมอดสัญญาณ (Modulator And Demodulator)

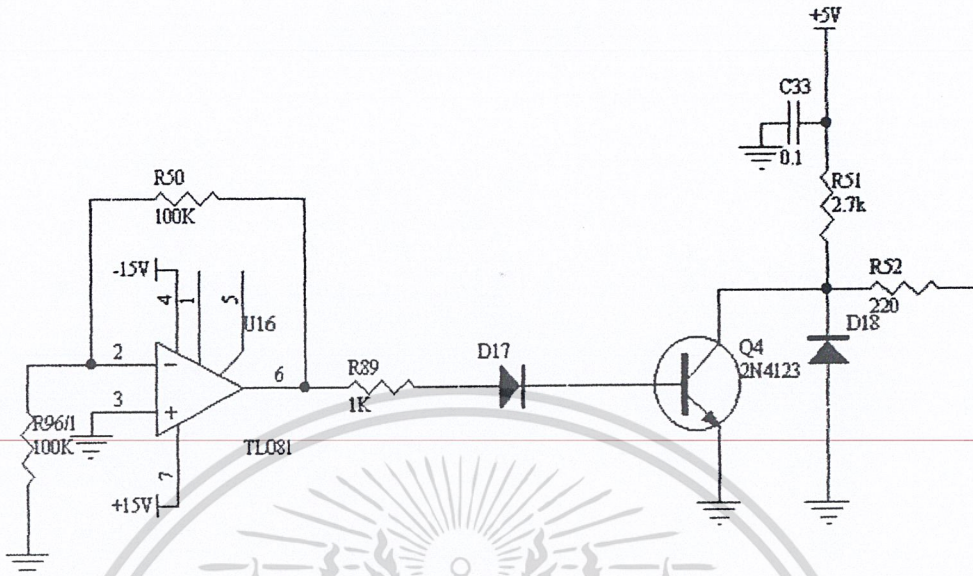
ภาคมอดและดีมอดสัญญาณ (Modulator And Demodulator) ใช้ไอซีเบอร์ AM7911 ทำหน้าที่มอดและดีมอดสัญญาณภายในตัวมันเอง ก่อนที่จะส่งสัญญาณที่ได้จากการมอดและดีมอดไปยังวงจรภาคต่อไป การมอดและดีมอดในตัวไอซีดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดง ไอซีเบอร์ AM7911 ใช้มอดและดีมอดสัญญาณ

3.1.4 ภาคดีเทคสัญญาณ (Zero Crossing Detector)

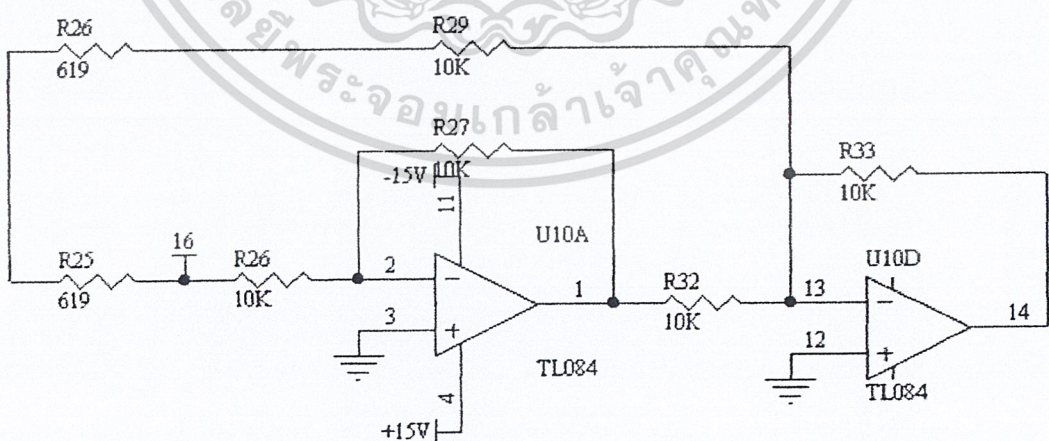
ภาคดีเทคสัญญาณ (Zero Crossing Detector) รับสัญญาณที่ได้จากการมอดเข้ามาแล้วทำการดีเทคสัญญาณโดยใช้ทรานซิสเตอร์และ ไดโอด ให้เฉพาะสัญญาณช่วงบวกผ่านไป ได้สัญญาณช่วงลบจะถูกกันไว้ไม่ให้ผ่าน ทำให้ได้สัญญาณซิงค์ (Sync) ที่เอวี่พุกของวงจร ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงวงจรดีเทคสัญญาณ (Zero Crossing Detector)

3.1.5 ภาคทวีคูณสัญญาณ (Duplexer)

ภาคทวีคูณสัญญาณ (Duplexer) จะรับสัญญาณที่ผ่านการมอดแล้วมาทำการเพิ่มความแรงของสัญญาณให้มากขึ้น โดยใช้ไอซีเบอร์ TL084 สัญญาณที่ถูกขยายแล้วจะถูกส่งไปทำการดีมอดต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3.6

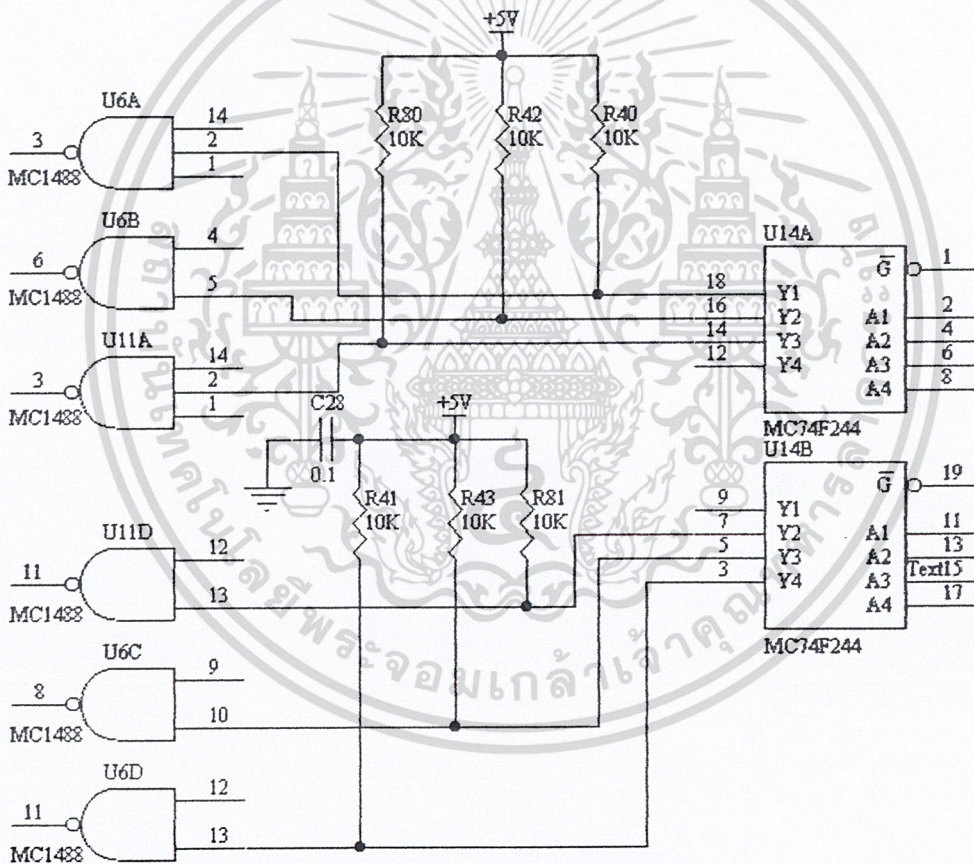


รูปที่ 3.6 แสดงวงจรทวีคูณสัญญาณ (Duplexer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.6 ภาค TTL TO RS-232 LEVEL CONVERTER

ภาค TTL TO RS-232 LEVEL CONVERTER ทำหน้าที่เปลี่ยนระดับสัญญาณ TTL ให้เป็นระดับสัญญาณ RS-232 โดยจะรับสัญญาณมาจากไอซีเบอร์ AM7911 ซึ่งเป็นสัญญาณที่ผ่านการตีมอดแล้วมาเปลี่ยนระดับสัญญาณ ใช้ไอซีเบอร์ MC1488 เป็นไอซีอินเตอร์เฟสเปลี่ยนระดับสัญญาณ TTL (ระดับแรงดันประมาณ 5 โวลต์ เป็นลอจิก 1 ระดับแรงดันประมาณ 0 โวลต์ เป็นลอจิก 0) ให้เป็นระดับสัญญาณ RS-232 (ระดับแรงดัน -3 ถึง -12 โวลต์ เป็นลอจิก 1 ระดับแรงดัน +3 ถึง +12 โวลต์ เป็นลอจิก 0) ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงวงจร TTL TO RS-232 LEVEL CONVERTER

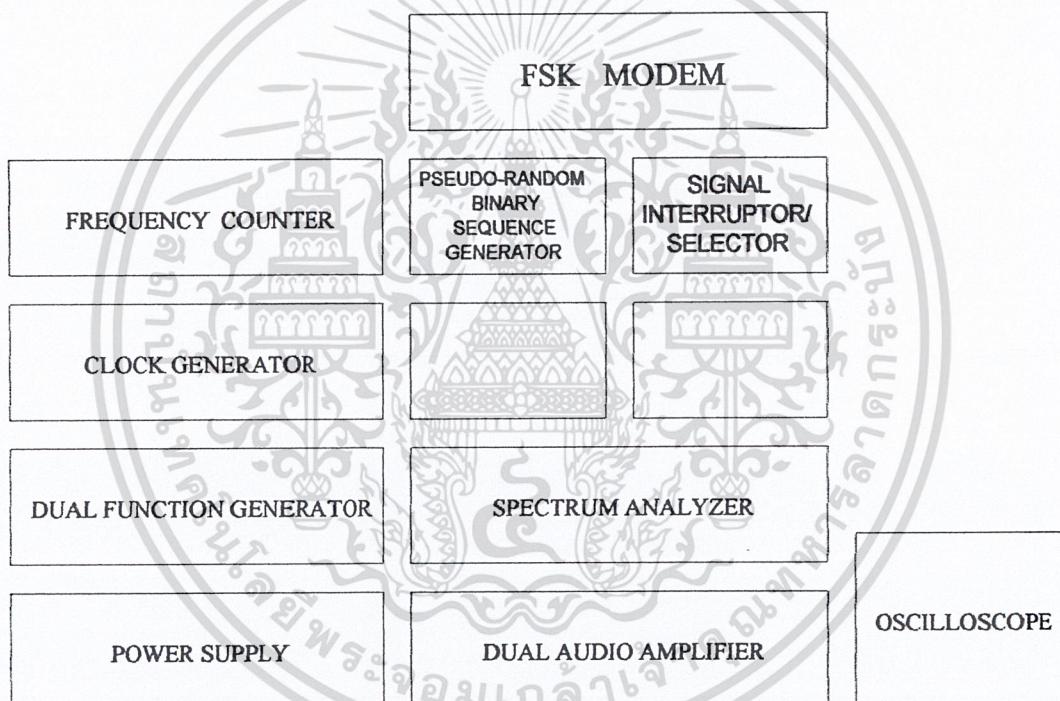
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลลัพธ์ที่ได้

4.1 ขั้นตอนการทดลองภาคมอดูเลเตอร์ (MODULATOR)

1. จัดวางอุปกรณ์ดังที่แสดงในรูปที่ 4-1 ทำการปรับ OUTPUT LEVEL และ GAIN control ของทุกอุปกรณ์ไว้ที่ตำแหน่ง MIN และ CAL ตามลำดับและจัดการเปิดสวิทซ์ ON ของอุปกรณ์ทุกตัว

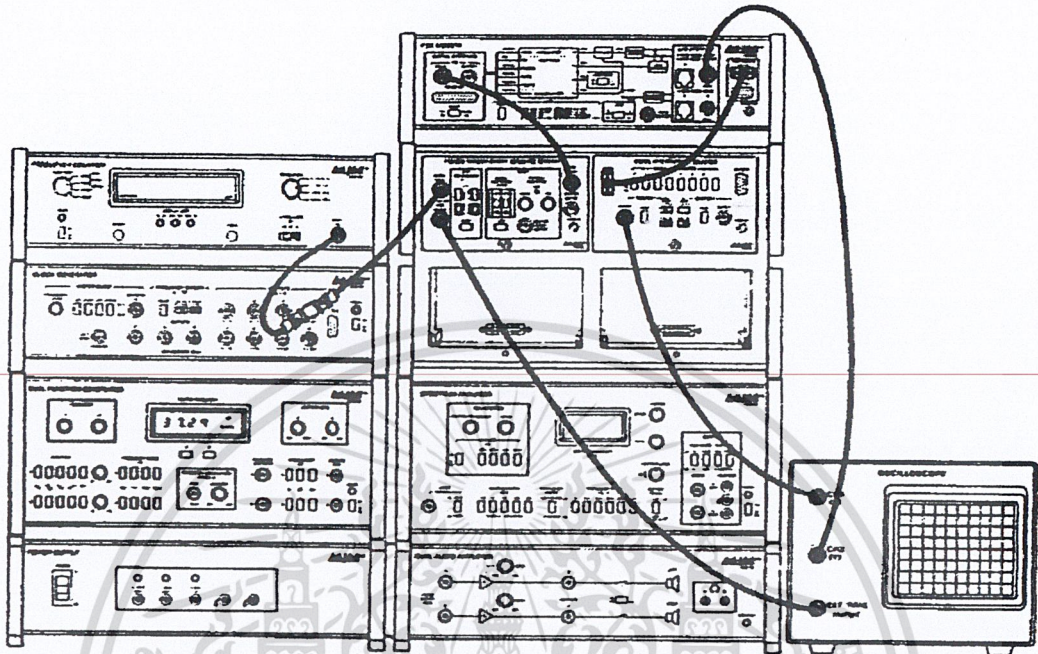


รูปที่ 4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

2. ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ตามรูป 4.1 ค่่องจรตามนี้

- ติดตั้ง BNC T-connect ที่ OUTPUT 4(k=4) ของ Clock Generator
- เชื่อมต่ออุปกรณ์ดังรูป 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงการต่อวงจรเพื่อวัดสัญญาณ FSK

3. เปิด FSK Modem เพื่อความแน่นอนให้เลื่อน AUTO ANSWER slide switch ไว้ที่ตำแหน่ง O (off) และที่ภาค DUPLEXER เลื่อนสวิตช์ไว้ที่ตำแหน่ง Z_{B2} (600 Ω) โดยที่สวิตช์ดังกล่าวอยู่บน circuit board ที่ DIP switch S6 ซึ่งอยู่ด้านซ้ายของ circuit board ทำการเลื่อนสวิตช์ \overline{DTR} และ \overline{RTS} ไปที่ตำแหน่ง B และ \overline{BRTS} ไปที่ตำแหน่ง A ซึ่งเป็นการเตรียมความพร้อมในการส่งและรับให้กับ Modem

4. จัดการปรับแต่งอุปกรณ์ตามค่าดังต่อไปนี้:

ที่ Frequency Counter

FUNCTION.....: FREQ(10Hz-10MHz)

RESOLUTION.....: 1 Hz/1 ns

ATTENUATOR.....: 0 dB

ที่ Clock Generator

MASTER CLOCK.....: VAR

FREQUENCY DIVIDER.....: n = 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ FSK Modem

DIGITAL INTERFACE.....: TTL

MODE.....: CCITT V.23 MODE 2

LOOPBACK.....: 0

LINE.....: 4 WIRE

ที่ Pseudo-Random Binary Sequence Generator

BITS PER SEQUENCE.....: n = 2

INTEGRAL CLOCK PERIODE.....: 00(กดปุ่ม LOAD)

FRACTIONAL CLOCK PERIOD

COARSE.....: Fully ccw

FINE.....: Fully ccw

ที่ Signal Interruptor/Selector

SELECTOR 1.....: SIGNAL 1 (TP1-TD signal)

ที่ Oscilloscope

Channel 1.....: 5 V/DIV (DC)

Channel 2.....: 1 V/DIV (DC)

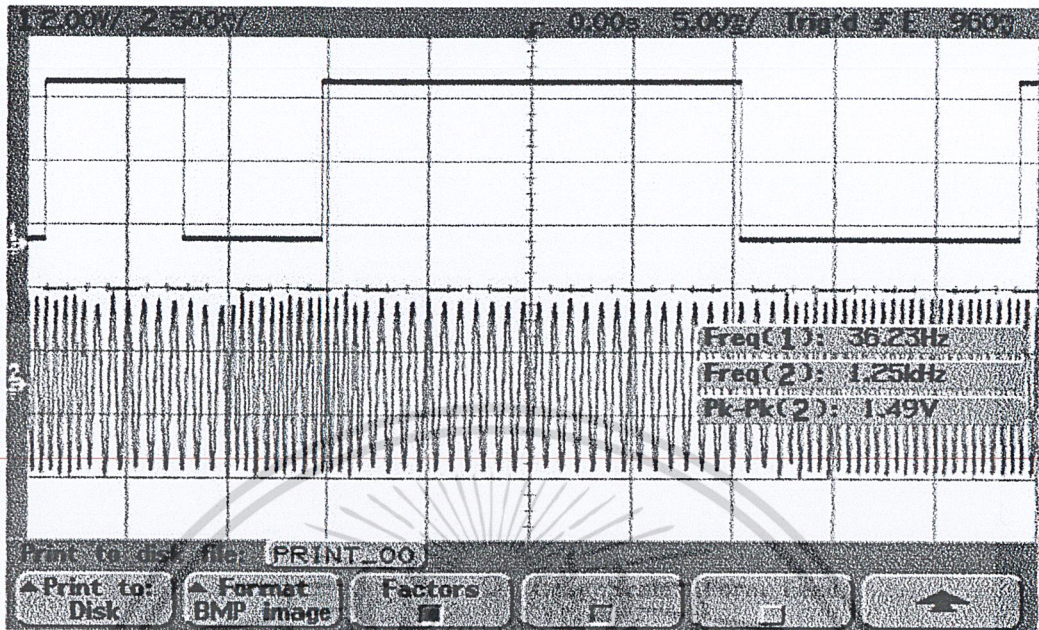
Vertical Mode.....: CHOP

Time Base.....: 2 ms/DIV

Trigger.....: EXT

5. ที่ Clock Generator ทำการปรับ MASTER CLOCK FREQUENCY จนกระทั่ง Frequency Counter แสดงผลเป็น 0.3 kHz ซึ่งเป็น bit rate R_b ของการเกิดข้อมูล (data generated) ให้โดย Pseudo-Random Binary Sequence Generator (i.e. $R_b = 300$ bits/s) ค่อยๆปรับ FREQUENCY ที่ Clock Generator อย่างช้าๆจนกระทั่งสัญญาณ FSK signals บนจอ Oscilloscope มีเสถียรภาพ สัญญาณ FSK signal บนจอ Oscilloscope ควรจะคล้ายกับรูปที่ 4.3

ซึ่งในรูปนี้เราจะเห็นความชัดเจนของความแตกต่างของสัญญาณความถี่ 2 ความถี่ ของสัญญาณ FSK signal สัญญาณที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณข้อมูล เปรียบเทียบกับสัญญาณ FSK ที่ได้จากการมอดสัญญาน

6. ถอดสาย BNC T-connect ที่ OUTPUT 4(k=4) ของ Clock Generator และนำสายต่อเข้าที่ CLOCK INPUT ของ Pseudo-Random Binary Sequence Generator ไปยัง OUTPUT A ของ Clock Generator ขณะเดียวกันก็ต่อสายจาก INPUT ของ Frequency Counter ไปยัง SYNC OUTPUT ของ FSK Modem. ที่ Clock Generator ทำการปรับ MASTER CLOCK ให้เป็น MANUAL ขณะนี้ Frequency Counter จะแสดงให้เห็นถึงสัญญาณพาหะ (carrier frequency) ของสัญญาณ FSK signal.

ขณะเดียวกันสังเกตสัญญาณที่ปรากฏบนจอ Oscilloscope และที่ Oscilloscope เราจะกดปุ่มเพื่อปรับให้เป็น MANUAL ซึ่งในการกดแต่ละครั้งเราจะเห็นถึงสถานะของสัญญาณที่ Channel 1 และ Channel 2 ของ Oscilloscope มีการเปลี่ยนแปลงซึ่งสัญญาณที่แสดงใน Channel 1 ของ Oscilloscope จะเป็นสัญญาณข้อมูล (data signal) และ สัญญาณที่แสดงใน Channel 2 ของ Oscilloscope จะเป็นสัญญาณพาหะ (carrier signal)

กำหนดให้สัญญาณพัลส์ในช่วงบวก (binary=1) ของสัญญาณข้อมูล (data Signal) เป็นความถี่มาร์ก (frequency mask, f_m) และสัญญาณพัลส์ในช่วงลบ (binary=0) เป็นความถี่สเปซ (frequency space, f_s) บันทึกรหัสของค่าความถี่ทั้ง 2

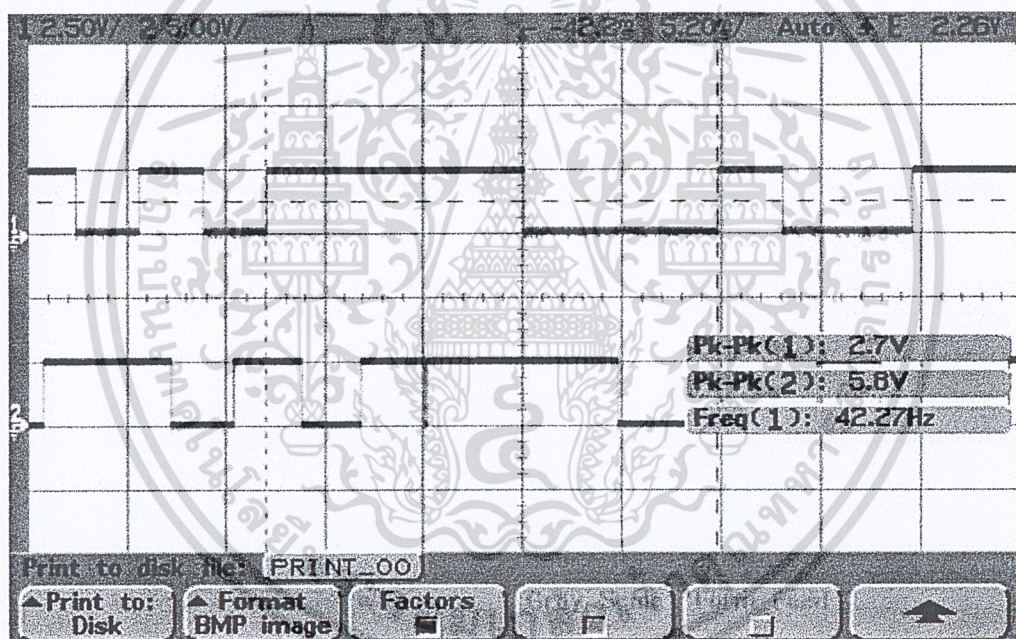
Mask: carrier frequency f_m = 1250 Hz

Space: carrier frequency f_s = 2100 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ถอดสายออกจาก OUTPUT A ของ Clock Generator และต่อสายเข้ากับ BNC T-connect ที่ OUTPUT 4. ที่ Clock Generator ทำการปรับ MASTER CLOCK ให้เป็น VAR สัญญาณที่ปรากฏบน Oscilloscope จะคล้ายกับรูปที่ 4.3 จากนั้นค่อยๆปรับ FREQUENCY อย่างช้าๆจนกระทั่งสัญญาณ FSK signal บนจอ Oscilloscope มีเสถียรภาพ

8. ที่ Pseudo-Random Binary Sequence Generator ให้เลือก n=3 และ ที่ Oscilloscope จัดการปรับ Channel 2 ให้เป็น 5 V/DIV และ 5 ms/DIV ถอดสายออกจาก LINE INTERFACE OUTPUT B ของ FSK Modem และต่อสายเข้าที่ DIGITAL INTERFACE TTL OUTPUT. เปิด LOOPBACK สัญญาณที่ปรากฏบน Oscilloscope ควรจะแสดงภาพคล้ายกับรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณข้อมูลอินพุต (input signal) เปรียบเทียบกับสัญญาณ FSK ที่ผ่านการคีมอคูเลเตอร์

9. ถอดสายทุกสายที่ต่อ ไปยัง Oscilloscope และปรับ Spectrum Analyzer ตามค่าดังต่อไปนี้

INPUT.....: 1 M

MAXIMUM INPUT.....: 20 dBm

FREQUENCY RANGE.....: 0-30 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

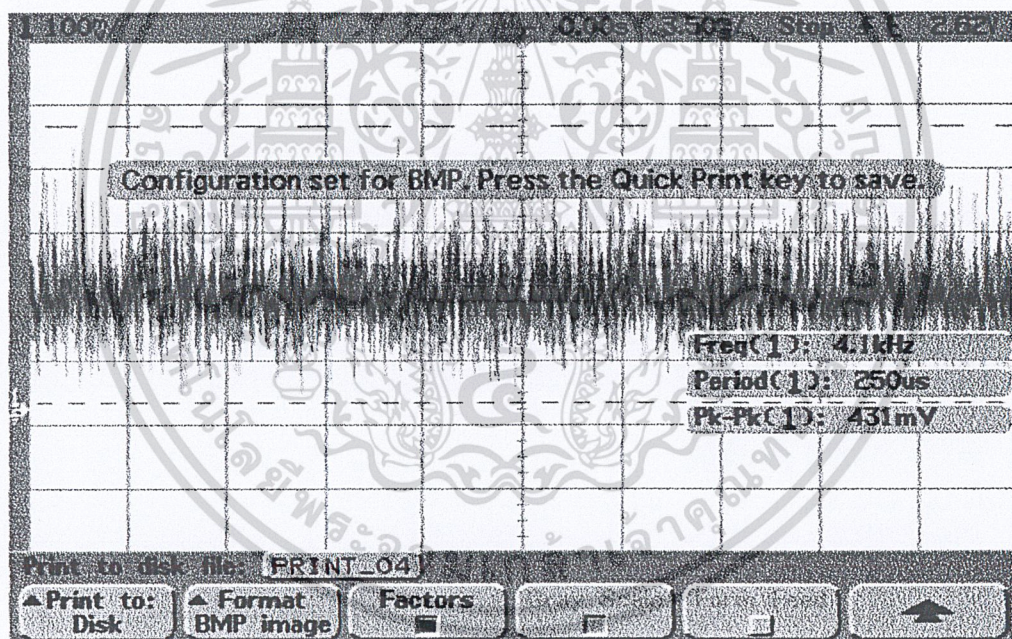
FREQUENCY SPAN.....: 2 kHz/V

OUTPUT LEVEL.....: CAL

OUTPUT SCALE.....: LOG

ใช้ TUNING controls ปรับให้ reference line 0 Hz ไว้ที่ตำแหน่งด้านซ้ายของจอและวัดขนาดSPAN ของ Spectrum Analyzer และให้ตำแหน่งของ Reference line 0 Hz อยู่ที่จุดกลางของจอ

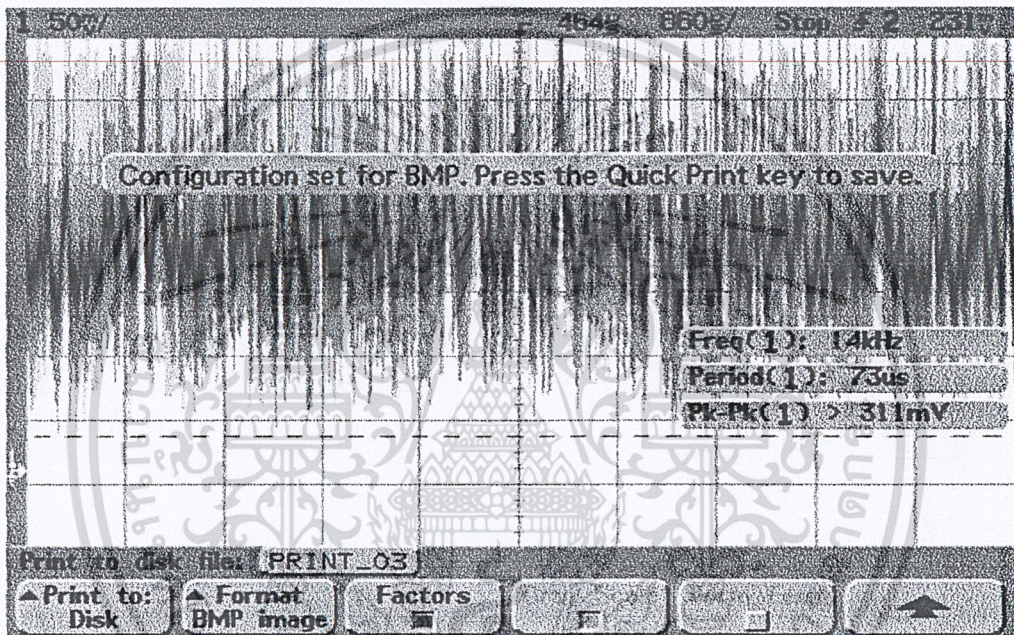
10. ต่อสายจาก LINE INTERFACE OUTPUT B ของ FSK Modem ไปยัง INPUT ของ Spectrum Analyzer สัญญาณที่ปรากฏบนจอ ของ Spectrum Analyzer ควรจะคล้ายดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณ FSK signal spectrum

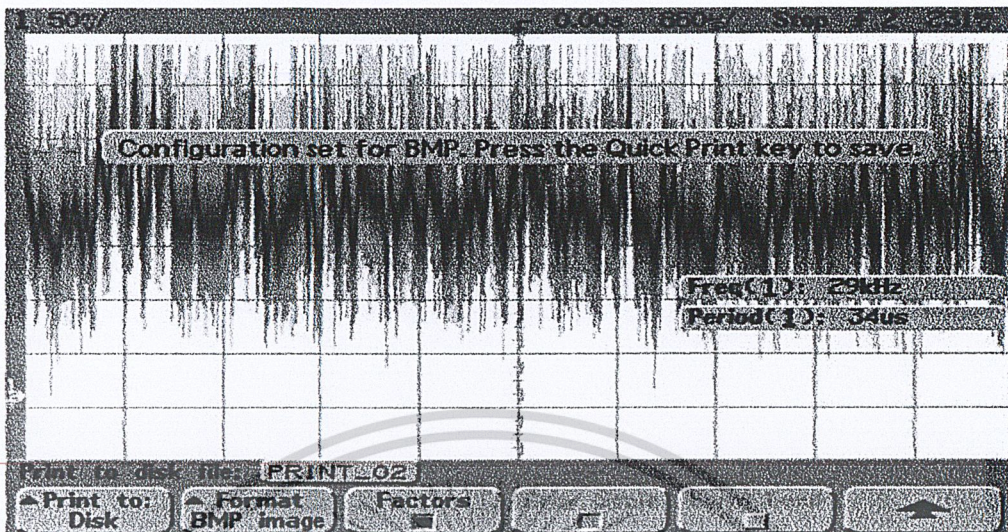
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. ที่ Spectrum Analyzer ปรับMODE สวิตช์ ไปที่ตำแหน่ง LIVE และที่ Clock Generator ถอดสายออกจาก OUTPUT 4 และปรับ MASTER CLOCK ให้เป็น MANUAL ซึ่งเราจะกดปุ่มเพื่อปรับเป็น MANUALซึ่งในการกดแต่ละครั้งเราจะสังเกตเห็นความถี่ mask และ space บนจอของ Spectrum Analyzer และ Frequency Counter สัญญาณที่ปรากฏบนจอของ Spectrum Analyzer ควรจะคล้ายดังรูปที่ 4.6 และ 4.7



รูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณ Mark Frequency

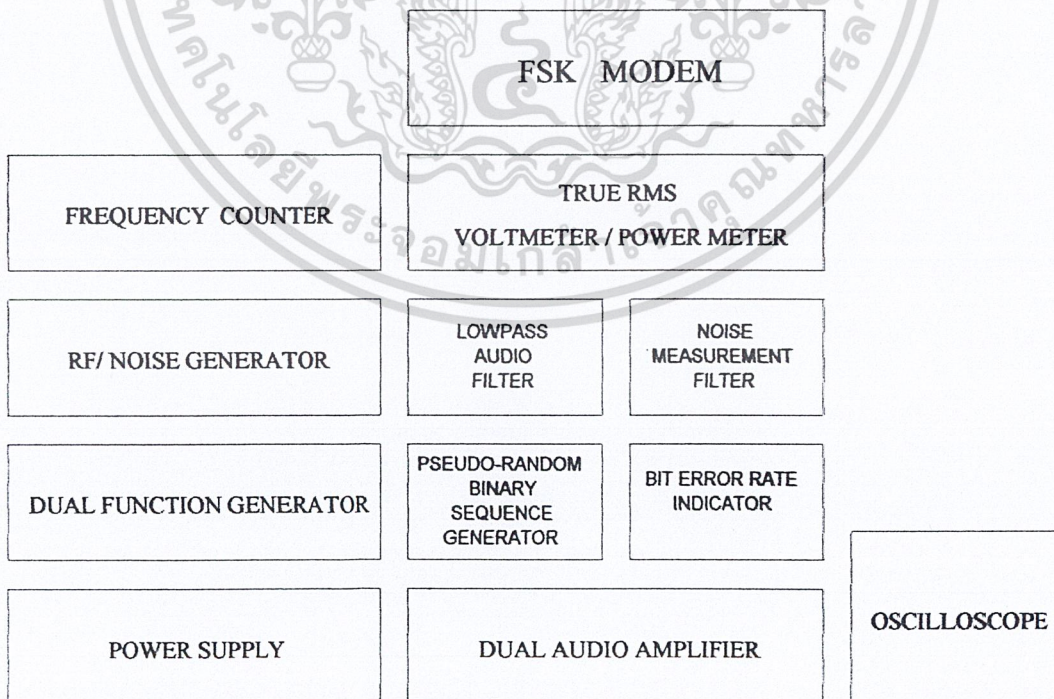
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แสดงสัญญาณ Space Frequency

4.2 ขั้นตอนการทดลองภาคดีมอดูเลเตอร์ (DEMODULATOR)

1. ทำการติดตั้งอุปกรณ์ดังที่แสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

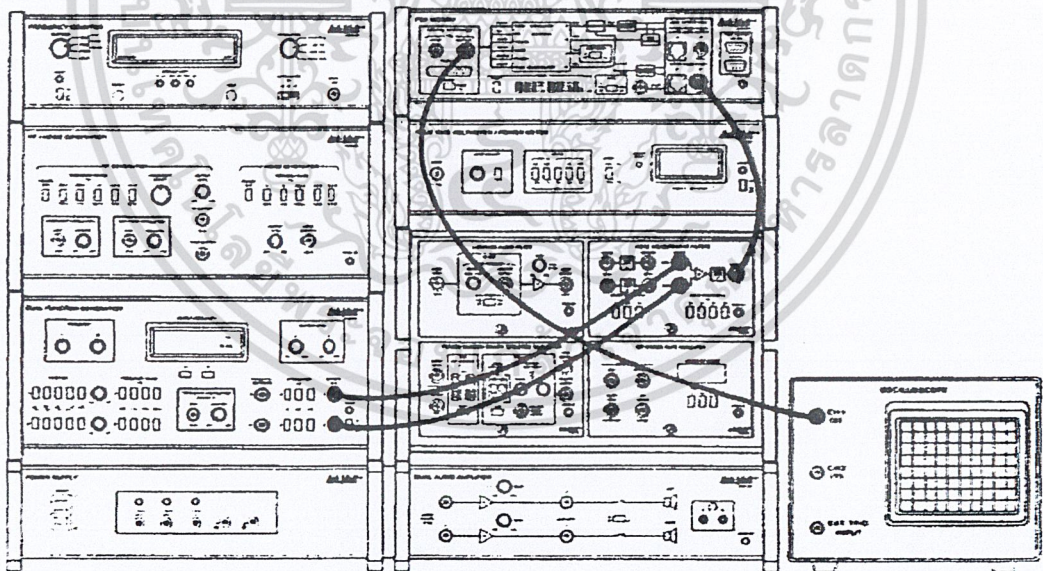
-ก่อนทำการติดตั้ง Bit Error Rate Indicator เข้ากับ Enclosure /supply Regulator ควรปรับ beeper switch (ซึ่งติดอยู่บน Circuit บอร์ด) ให้อยู่ ณ ตำแหน่ง enable.

-ก่อนทำการติดตั้ง Lowpass Audio Filter เข้ากับ Enclosure / supply Regulator ควร ปรับ coupling switch (ซึ่งติดอยู่บน the circuit บอร์ด) ให้อยู่ ณ ตำแหน่ง AC

เพื่อความแน่นอนควรทำการตั้ง OUTPUT LEVEL และ GAIN control ไว้ที่ค่าต่ำสุดและที่ ตำแหน่ง CAL position และจัดการเปิดสวิตช์เพาเวอร์ของอุปกรณ์ทั้งหมด

2. เปิด FSK Modem เพื่อความแน่ใจควรตั้ง AUTO ANSWER switch ไว้ที่ตำแหน่ง 0 (ปิด) และ slide switch อื่นๆก็ทำเช่นเดียวกัน ความสมดุลของ DUPLEXER ควรตั้งไว้สำหรับ two different lode impedance ซึ่งอยู่ในตำแหน่ง Z_{B2} (600Ω) ซึ่งสวิตช์ทั้งหมดติดตั้งอยู่ที่บน circuit บอร์ด ตำแหน่งของ DIP switch labeled s6 จะอยู่ที่ด้านซ้ายของ Circuit บอร์ด เซตสวิตช์ทั้งชุด \overline{DTS} และ \overline{RTS} ให้อยู่ในตำแหน่งที่ตำแหน่ง B แล้วตั้งสวิตช์ \overline{BRTS} ไว้ที่ตำแหน่ง A ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นการเตรียม Modem สำหรับก่อนทำการกระบวนการส่งหรือรับของ Modem

3. เชื่อมต่ออุปกรณ์ดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 แสดงการต่อวงจรเพื่อวัดสัญญาณ FSK จากการดีมอดูเลเตอร์ (Demodulator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จัดการทำการปรับค่าต่างๆของอุปกรณ์ดังต่อไปนี้ :

ที่ FSK Modem

DIGITAL INTERFACE.....: TTL
 MODE.....: CCIT V.21 ORIG
 LOOPBACK.....: 0
 LINE.....: 4 WIRE

ที่ Noise Measurement Filter

CUTOFF FREQUENCY f_c: 20kHz

ที่ Dual Function Generator

Channel A
 FUNCTION.....: Sine wave
 FREQUENCY.....: 1.65 kHz (mask frequency)
 ATTENUATOR.....: 20 dB
 OUTPUT LEVEL.....: MIN
 Channel B
 FUNCTION.....: Sine wave
 FREQUENCY.....: 1.85 kHz (space frequency)
 ATTENUATOR.....: 20 dB
 OUTPUT LEVEL.....: MIN

ที่ Oscilloscope

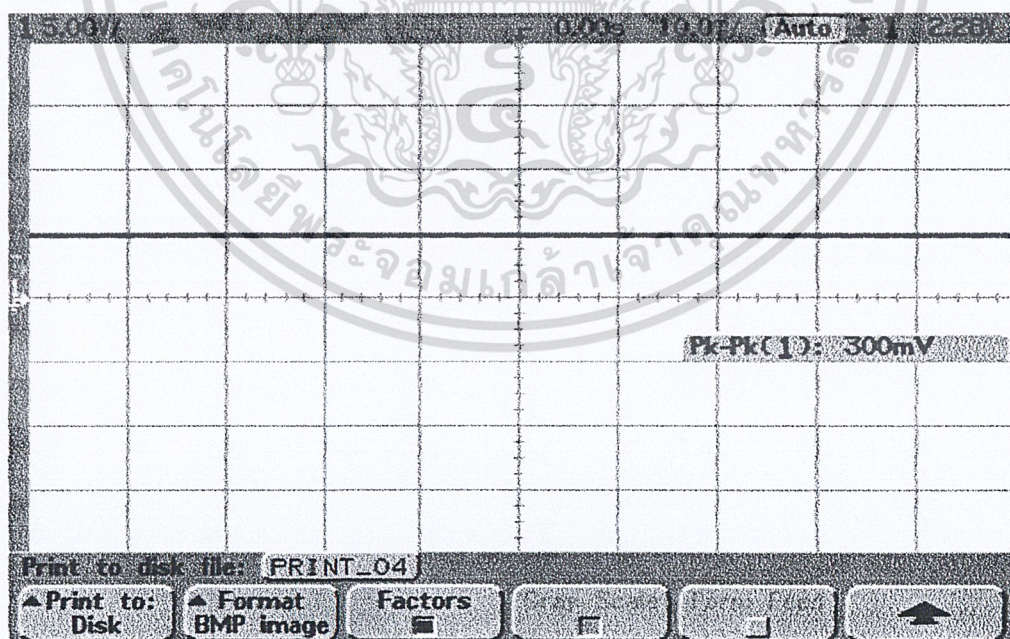
Channel 1.....: 5V/DIV (DC)
 Vertical Mode.....: Channel 1
 Time Base.....: 0.5 ms/DIV
 Trigger.....: EXT

5. ที่ OscilloscopeทำการเซตChannel 1 ไว้ที่ตำแหน่ง GND และปรับตำแหน่ง trace บน แนวนอนไว้ที่ตรงศูนย์กลางของจอ เมื่อได้ที่แล้ว ทำการเซต Channel1 ไปที่ DC Oscilloscope จะ แสดงผลดังรูปที่ 4.10 (a) ถ้าเกิดรูปที่ได้เป็นดังรูปที่ 4.10 (b) หรือถ้าหากรูปคลื่นที่ได้เกิดไม่เสถียรก็ ให้จัดการปรับOUTPUT LEVEL A ที่ Dual Function Generator อย่างช้าๆจนกว่าจะได้รูปคลื่นดังที่ แสดงในรูปที่ 4.10 (a) ขณะนี้ Dual Function Generator ได้จ่ายสัญญาณ sine wave 2 สัญญาณ คือที่ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่ง 1.65 kHz และ ที่ตำแหน่ง 1.85 kHz ตามลำดับ ความถี่เหล่านี้จะตรงกับ Mask frequency, f_m และ space frequency, f_s ในช่องสัญญาณรับของ CCITT Modem V.21 (originate Mode)

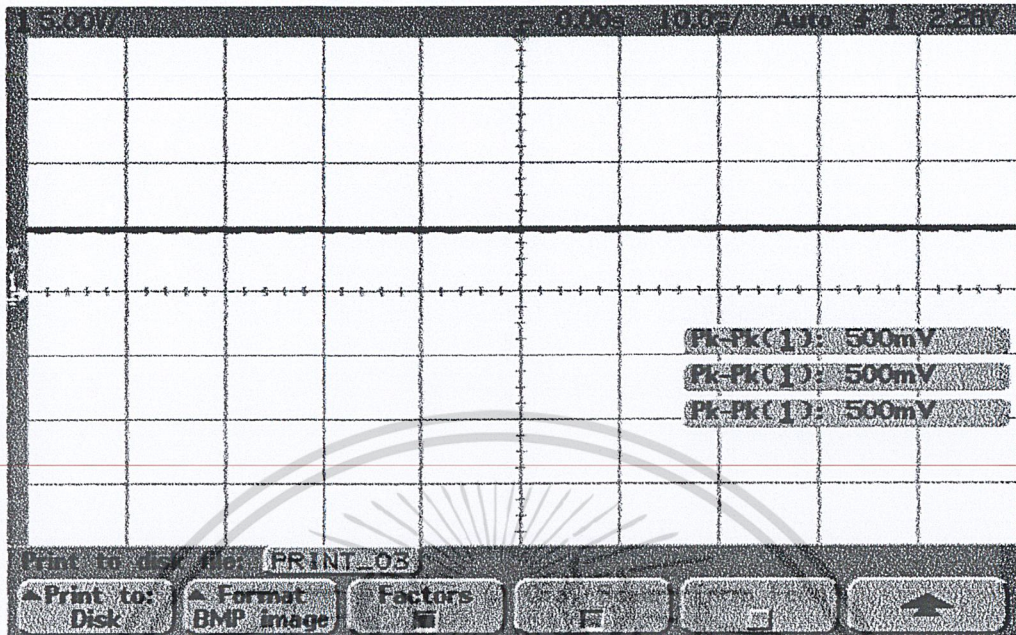
สัญญาณคลื่น Sine wave ทั้ง 2 สัญญาณจะถูกนำมาทำการผสมรวมกันที่ Noise Measurement LOWPASS FILTER เพื่อทำการผลิตสัญญาณ analog signal ซึ่งจะประกอบด้วย ความถี่ 2 ความถี่ สัญญาณ analog signal ที่ผ่านการผสมรวมนี้จะถูกส่งไปยัง LINE INTERFACE ของ FSK Modem เพราะว่าการปรับของ OUTPUT LEVELS A และ B ที่ Dual Function Generator และเพราะว่า INPUT ทั้ง 2 ของ Noise Measurement LOWPASS FILTER จะมี Gain ที่แตกต่างกัน ซึ่งส่วนประกอบของ mask frequency ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของสัญญาณ analog signal จะมีขนาดของสัญญาณใหญ่กว่าส่วนประกอบของ space frequency

FSK Modem จะทำการเปรียบเทียบระดับของสัญญาณทั้ง 2 สัญญาณซึ่งมีขนาดของความถี่ที่แตกต่างกัน ที่จุดศูนย์กลางจุดๆหนึ่งบน mask frequency และ ที่จุดศูนย์กลางอีกจุดบน space frequency เพราะว่ารระดับสัญญาณในช่วงของ mask มีขนาดที่ใหญ่กว่าระดับสัญญาณในช่วงของ space FSK Modem จะทำการตีเทคตำแหน่งของสัญญาณ mask และ DIGITAL INTERFACE OUTPUT (Channel 1 บน Oscilloscope) ควรจะแสดงผลเป็น high (ประมาณ 5 V) ดังที่แสดงในรูปแบบที่ 4.10 (a)



a) Mark

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



b) Space

รูปที่ 4.10 แสดงสัญญาณ DIGITAL INTERFACE OUTPUT ของ FSK

6. ที่ Dual Function Generator ค่อยๆปรับ OUTPUT LEVEL B (ซึ่งเป็นการปรับขนาดของ space frequency) เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ผลที่แสดงบนจอ Oscilloscope ถ้าเกิดเส้นคลื่นไม่เสถียร ควรปรับไปที่ระดับ low (0 V) ดังที่แสดงในรูปที่ 4.10 (b)

7. ที่ Dual Function Generator function ค่อยๆปรับ OUTPUT LEVEL A (ซึ่งเป็นการปรับขนาดของ (mask frequency) ให้เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ

8. หยุดการเชื่อมต่อสายทั้งหมด แล้วทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ใหม่ดังที่แสดงในรูปที่ 4.11 และปฏิบัติตามขั้นตอนดังต่อไปนี้:

-ติดตั้ง BNC T-connector บน input ของ True RMS Voltmeter / Power Meter.

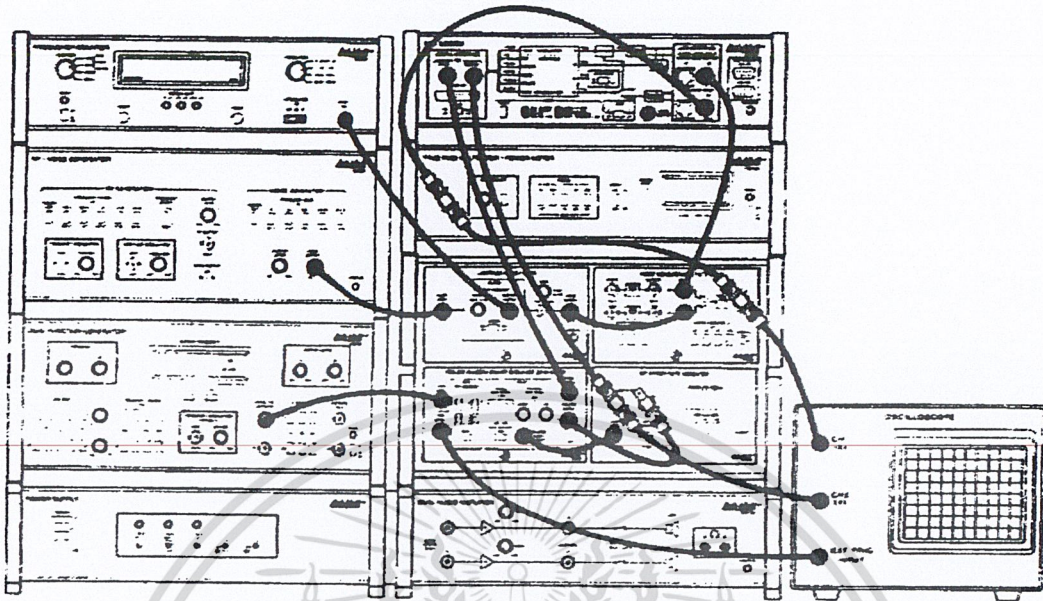
-ติดตั้ง BNC T-connector บน output ของ Noise Measurement LOWPASS

FILTER

-ติดตั้ง BNC T-connectors บนทั้งส่วน TEST DATA INPUT และ REFERENCE

DATA INPUT ของ Bit Error Rate Indicator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แสดงการต่อวงจรเพื่อวัดสัญญาณ FSK

9. จัดการทำการปรับค่าต่างๆของอุปกรณ์ดังต่อไปนี้ :

ที่ Frequency Counter

FUNCTION.....: FREQ (10Hz-10MHz)

RESOLUTION.....: 1 Hz/1ms

ATTENUATOR.....: 0 dB

ที่ RF/Noise Generator

Noise Generator:

FREQUENCY BAND.....: 2 Hz – 20 kHz

OUTPUT LEVEL.....: MAX

ที่ Dual Function Generator

Channel A

FREQUENCY.....: 300 Hz

ที่ Lowpass audio filter

ORDER.....: 4 TH

GAIN.....: VAR (MIN)

CUTOFF FREQUENCY.....: 3.0 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ Pseudo-Random Binary Sequence Generator

BITS PER SEQUENCE.....: n = 2

INTEGRAL CLOCK PERIODS.....: 00(press LOAD button)

FRACTIONAL CLOCK PERIOD

COARSE.....: Fully ccw

FINE.....: Fully ccw

ที่ Bit Error Rate Indicator

TEST DURATION.....: 1 s

ที่ Oscilloscope

Channel 1.....: 0.5 V/DIV (DC)

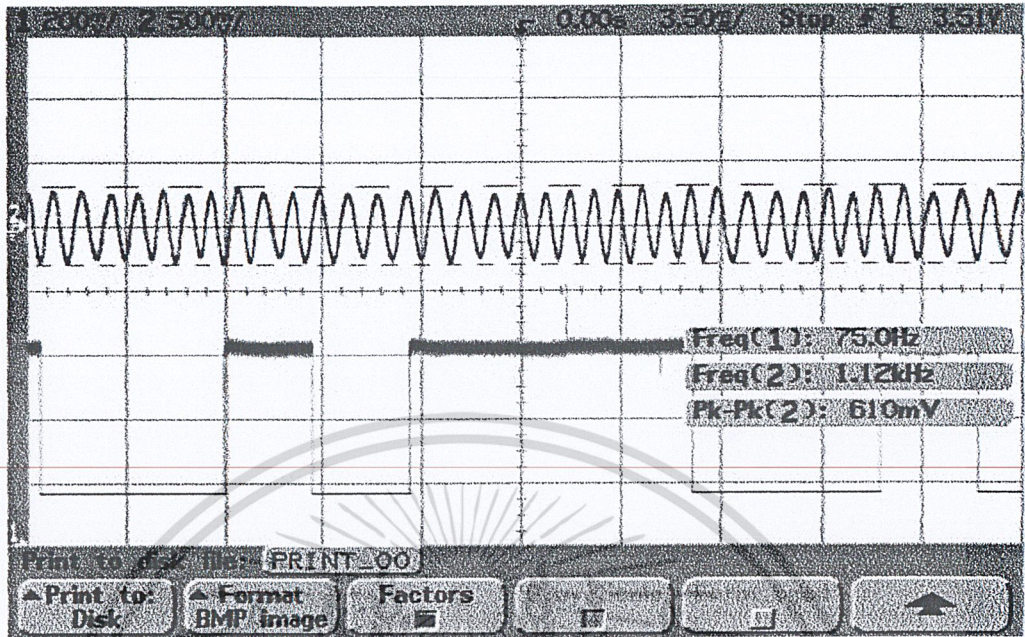
Channel 2.....: 5 V/DIV (DC)

Vertical Mode.....: CHOP

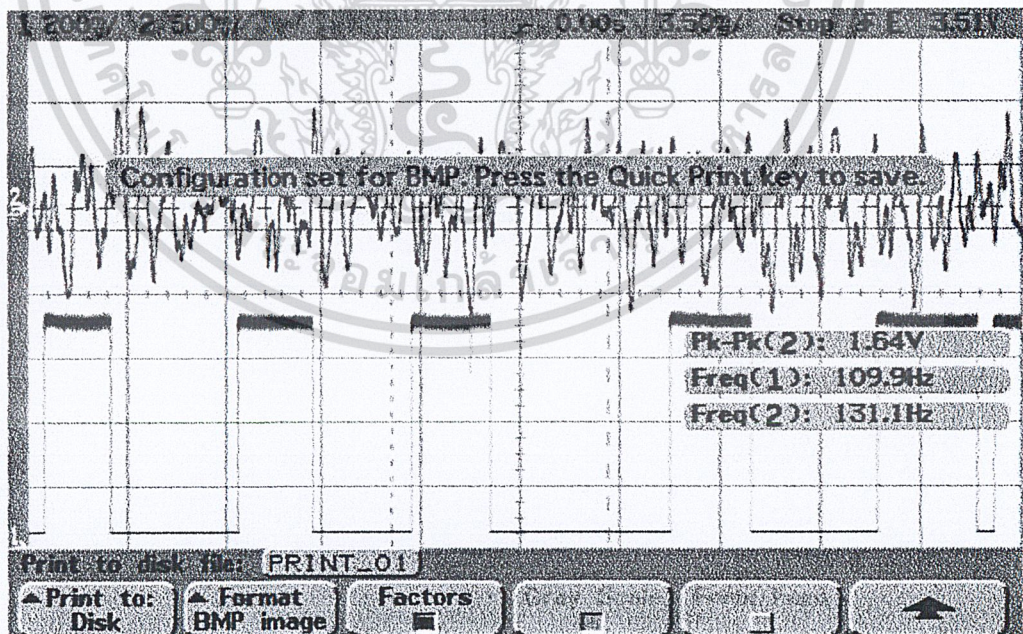
Time Base.....: 2 ms/ DIV

10.ปรับ LOOPBACK switch บน FSK Modem ไปที่ตำแหน่ง I (ON) ซึ่งเมื่อไขว้จะทำให้โมเด็มทำการส่งและรับบนความถี่เดียวกันเท่านั้น เมื่อเสร็จแล้วจ้อ Oscilloscope ควรจะแสดงผลดังรูปที่ 4.12 หากไม่ใช่ ค่อยๆปรับ FREQUENCY A บน Dual function generator อย่างช้าๆจนกระทั่งเส้นบนจอที่แสดงตำแหน่งของสัญญาณ FSK signal มีความเสถียร เพราะว่าการเลือกปรับคาบเวลา (time base select) จะมีผลทำให้จอแสดงผลก่อนข้างกะพริบ Oscilloscope จะแสดงผลของสัญญาณ FSK signal (Channel 1) และแสดงการสร้างสัญญาณข้อมูล data signal (Channel 2)

11.ปรับ GAIN control บน Low pass AUDIO FILTER ไปที่ตำแหน่ง MIN จะทำให้ไม่มี noise เข้าไปในระบบ เครื่อง Bit Error Rate Indicator ควรจะมีค่าเท่ากับ 0 error per second ถ้านั้นไม่เป็นเช่นนั้น เพื่อความแน่นอนควรตั้ง INTEGRAL CLOCK PERIODS บน Pseudo-Random Binary Sequence Generator ไว้ที่ 00 และกดปุ่ม LOAD แล้วทำการทดสอบโดยการปรับ FRACTIONAL CLOCK PERIOD ให้จ่าย counterclockwise เต็มที่ จากนั้นค่อยๆปรับ GAIN control ที่อยู่บน Lowpass AUDIO FILTER ให้เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ซึ่งจะทำให้เกิด noise เข้าไปในสัญญาณของ FSK Modem ปรับหน่วยควบคุม GAIN บน Lowpass AUDIO FILTER ในส่วนของ Bit Error Rate Indicator จนกระทั่งมีค่าประมาณ 20-25 error per second ดังที่แสดงผลบน Oscilloscope ดังรูปที่ 4.13



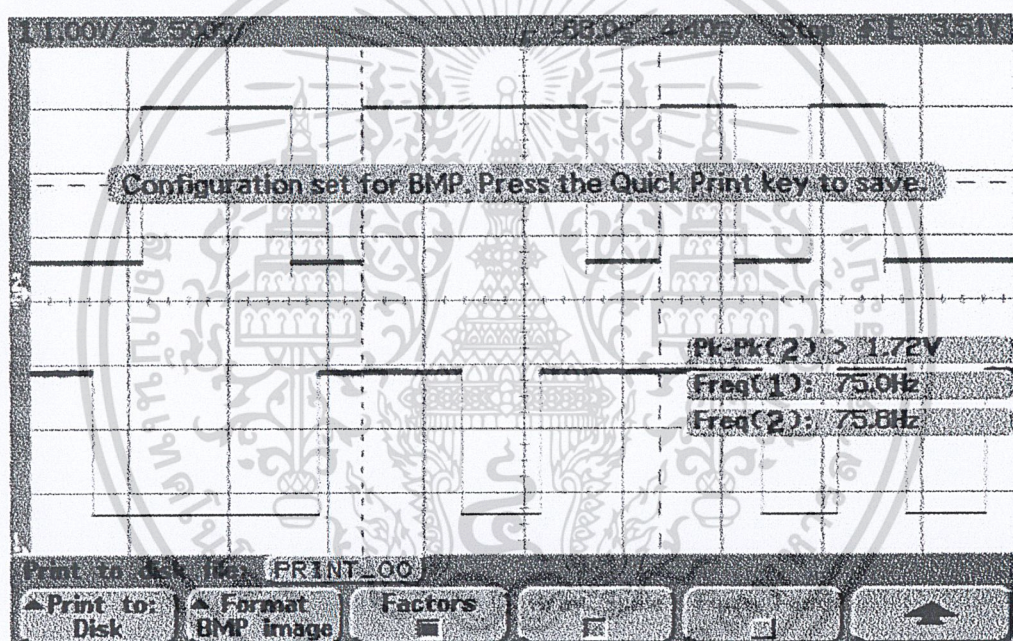
รูปที่ 4.12 แสดงสัญญาณ FSK เปรียบเทียบกับสัญญาณที่สร้างขึ้นใหม่



รูปที่ 4.13 แสดงสัญญาณ FSK ที่มีสัญญาณรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

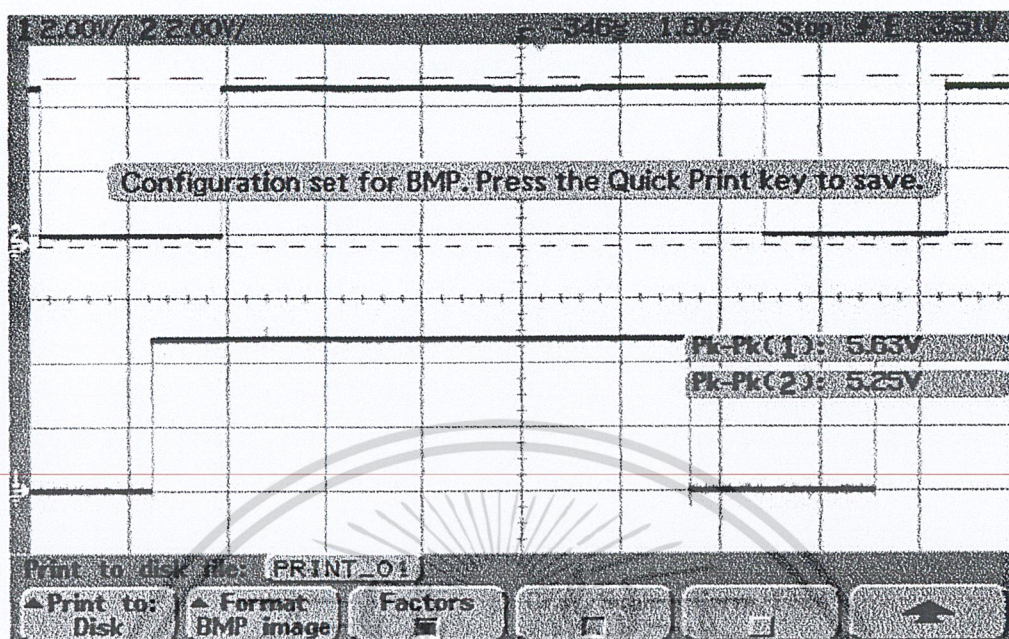
12. ที่ Lowpass AUDIO FILTER ตั้ง GAIN control ไว้ที่ MIN ที่ Pseudo-Random Binary Sequence Generator ให้เลือก $n = 4$ แล้วถอดสายออกจาก BNC T-connector บน OUTPUT ของ Noise Measurement LOWPASS FILTER ซึ่งต่อไปยัง Oscilloscope และเชื่อมต่อมันเข้ากับ BNC T-connector บน REFERENCE DATA INPUT ของ Bit Error Rate Indicator ที่ Oscilloscope ทำการเซต Channel 1 ให้เป็น 5 V/DIV และตั้งค่าคาบเวลาไว้ที่ 5ms/DIV ถึงแม้ว่าจอบน Oscilloscope จะกำลังกะพริบ ก็สามารถเห็นว่าสัญญาณอ้างอิง (Channel 1) ไม่ inphase กับ สัญญาณทดสอบ (Channel 2) ดังแสดงในรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 แสดงสัญญาณเมื่อปรับ DELAY บน Pseudo-Random Binary Sequence Generator

เครื่อง Bit Error Rate Indicator จะทำการทดสอบและเปรียบเทียบสัญญาณข้อมูล (data signal) ชั้นตอนแรก ทำการปรับเพิ่ม INTEGRAL CLOCK PERIODS DELAY บน Pseudo-Random Binary Sequence Generator โดยที่ทำการเพิ่มคาบเวลา (time) ทำการกดปุ่ม LOAD ในเวลาต่างๆกัน จนกระทั่งความแตกต่างของเฟสช้ากว่ากันหนึ่งคาบสัญญาณนาฬิกา ดังแสดงในรูปที่ 4.15

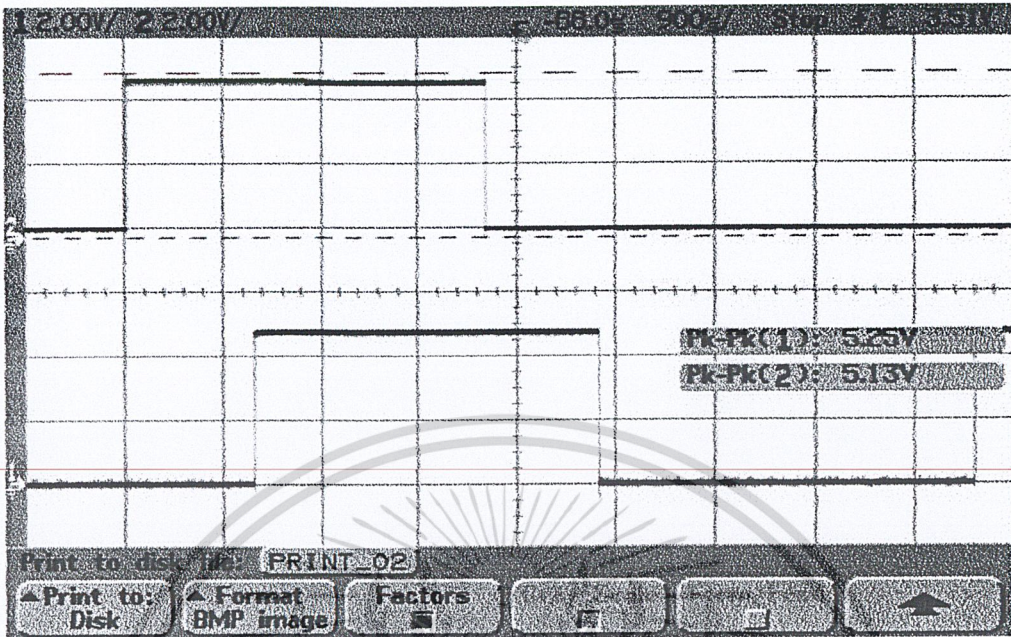
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



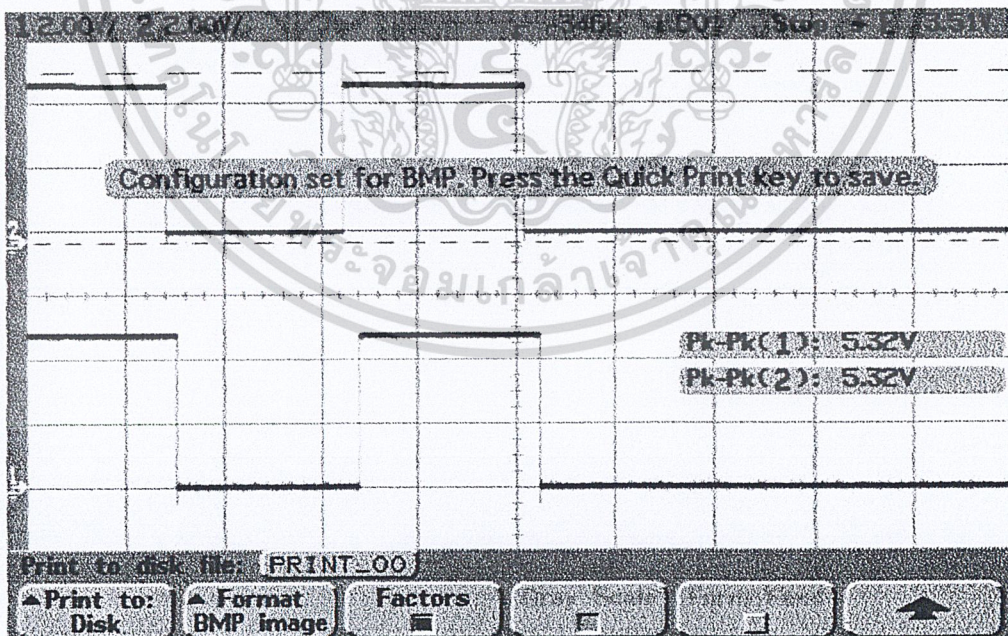
รูปที่ 4.15 แสดงสัญญาณเมื่อปรับ INTEGRAL CLOCK PERIODS DELAY

แล้วใช้ FRACTIONAL CLOCK PERIODS ควบคุมสัญญาณ 2 สัญญาณให้อยู่ในแนวบน Oscilloscope เมื่อทำการปรับ FRACTIONAL CLOCK PERIODS แล้วจะต้องปรับคาบเวลา (time base) ใน Oscilloscope ให้แตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.16 และรูปที่ 4.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 แสดงสัญญาณเมื่อปรับ FRACTIONAL CLOCK PERIODS



รูปที่ 4.17 แสดงสัญญาณเมื่อปรับ FRACTIONAL CLOCK PERIODS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในการทดลองชุดฝึกการมอดและดีมอดแบบ FSK จะต้องต่อชุดฝึกการมอดและดีมอดแบบ FSK กับอุปกรณ์อื่นซึ่งมีความจำเป็น ในการป้อนสัญญาณต่างๆให้กับชุดทดลอง FSK ตามแต่ละ การทดลอง อุปกรณ์ที่ใช้ได้แก่ Frequency Counter, Clock Generator, Pseudo-Random Binary Sequence Generator, Signal Interruptor/Selector, Noise Measurement Filter, Dual Function Generator, RF/Noise Generator, Bit Error Rate Indicator, และ Spectrum Analyzer ทำการทดลอง แยกเป็นแต่ละภาค คือ ภาคมอดูเลเตอร์ (Modulator) และภาคดีมอดูเลเตอร์ (Demodulator)

จากการทดลองภาคมอดูเลเตอร์ (Modulator) อุปกรณ์ที่ใช้กับชุดฝึกการมอดและดีมอด แบบ FSK ได้แก่ Frequency Counter, Clock Generator, Pseudo-Random Binary Sequence Generator, และ Signal Interruptor/Selector โดยที่ชุดฝึกการมอดและดีมอดแบบ FSK ตั้งโหมดการ ทดลองแบบ CCITT V.23 MODE 2 จากผลการทดลองที่ได้จะเห็นว่าสัญญาณที่ผ่านการมอดเป็น สัญญาณ sine wave ซึ่งเป็นสัญญาณ FSK มีขนาดแอมพลิจูดเท่ากับสัญญาณอินพุตที่เข้ามาทำการ มอด แต่ความถี่ของสัญญาณ FSK จะเปลี่ยนไปตามความถี่ของสัญญาณที่เป็นช่วงมาร์ก (Mark) มี ระดับเป็น Binary 1 และสัญญาณที่เป็นช่วงสเปซ (Space) มีระดับเป็น Binary 0 คือ ถ้าสัญญาณอิน พุตเป็นช่วงมาร์ก (Mark) สัญญาณ FSK ก็จะมีความถี่มาก แต่ถ้าสัญญาณอินพุตเป็นช่วงสเปซ (Space) สัญญาณ FSK ก็จะมีความถี่น้อย และเฟสของสัญญาณ FSK จะถูกเลื่อนไป (Shift) ทำ ให้เฟสของสัญญาณ FSK ไม่ตรงกับสัญญาณอินพุต เพราะเป็นการมอดแบบ FSK

ความถี่ที่ได้จากการมอดมีค่า 1.25 KHz ซึ่งจะมีค่าใกล้เคียงกับมาตรฐานของ CCITT V.23 MODE 2 ที่กำหนดไว้คือ 1.3 KHz จะเห็นได้ว่าผลการทดลองที่ได้เป็นไปตามทฤษฎีของชุด FSK MODEM

ในส่วนของภาคดีมอดูเลเตอร์ (Demodulator) สัญญาณ FSK ที่ได้ เป็นสัญญาณพัลส์ (pulse) ที่มีช่วงความถี่ช่วงมาร์ก (Mark) และความถี่ช่วงสเปซ (Space) ไม่เท่ากัน คือสัญญาณที่ ได้จะเหมือนกับสัญญาณอินพุต แต่เฟสของสัญญาณ FSK จะถูกเลื่อน (Shift) ออกไป ไม่ตรงกับ เฟสสัญญาณของสัญญาณอินพุต

ชุดทดลองการมอดและดีมอดแบบ FSK ที่สร้างขึ้น ยังไม่มีเสถียรภาพในด้านของอุณหภูมิ เนื่องจากเมื่อทดลองเป็นเวลานานประมาณ 3 ชั่วโมง ผลการทดลองที่ได้จะไม่เป็นไปตามทฤษฎี สัญญาณมีการผิดเพี้ยน ไปจากทฤษฎี เพราะอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทำให้ตัวอุปกรณ์ในชุดทดลองร้อน โดยเฉพาะ ไอซีเบอร์ AM 7911 ที่ทำหน้าที่มอดและดีมอด ทำให้ชุดทดลองไม่มีเสถียรภาพเมื่อ

อุณหภูมิต่ำขึ้น ดังนั้นในการทดลองแต่ละครั้งควรทำการทดลองในห้องที่มีเครื่องปรับอากาศเพื่อไม่ให้ชุดทดลองเกิดความร้อน ทำให้ผลการทดลองที่ได้มีความถูกต้องแน่นอน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

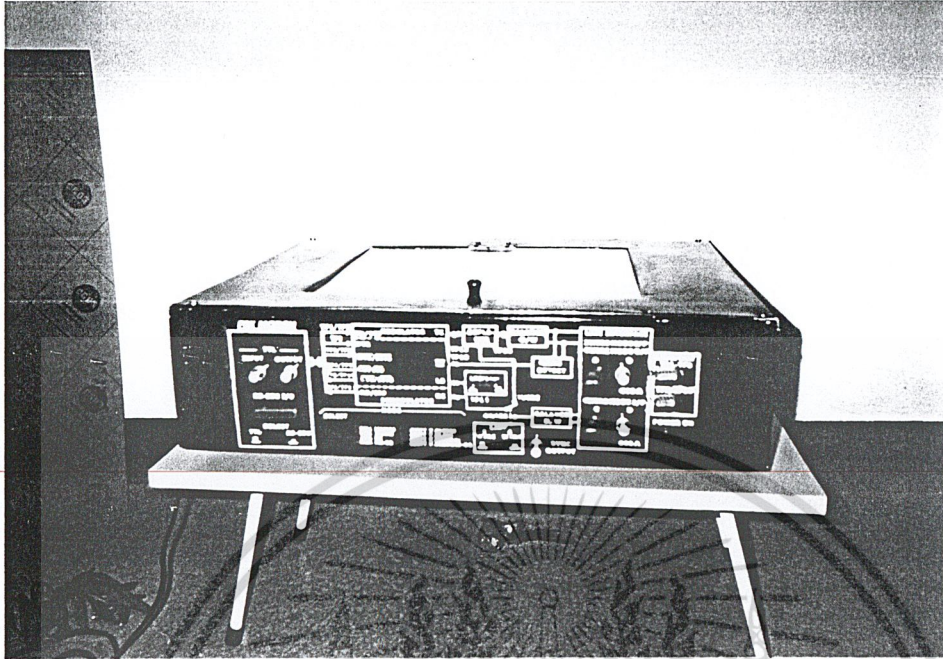
- [1] บัณฑิต วิจารณ์อรยานนท์, “หลักการไฟฟ้าสื่อสาร”, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536
- [2] พิเชษฐ สุนทร, “เทคนิคการรับส่งข้อมูลดิจิทัล FSK และแนวทางการออกแบบใช้งาน”, คอมพิวเตอร์และอิเล็กทรอนิกส์วิลด์ ฉบับที่ 125 , บริษัทอิเล็กทรอนิกส์วิลด์ จำกัด, 2532
- [3] ประสิทธิ์ ประพัฒน์มงคล, “หลักการระบบสื่อสาร”, บริษัทซีเอ็ด ยูเคชั่น จำกัด, 2532
- [4] Larry Hughes, “Data Communications” McGraw-Hill, 1992.
- [5] Ken sherman, “Data Communications a user’s guide” Prentice Hall, 1993.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

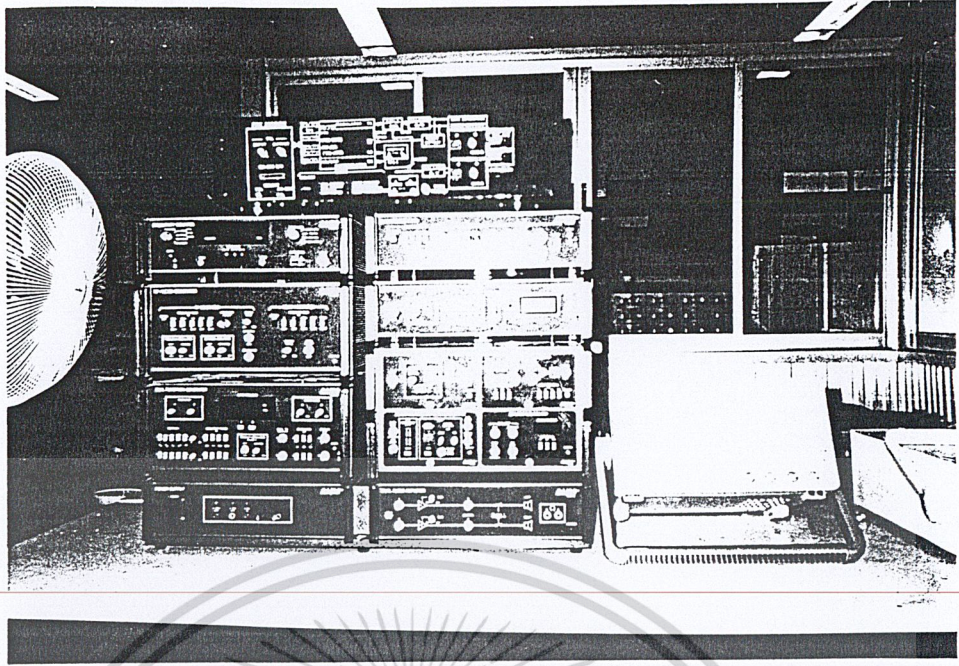


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

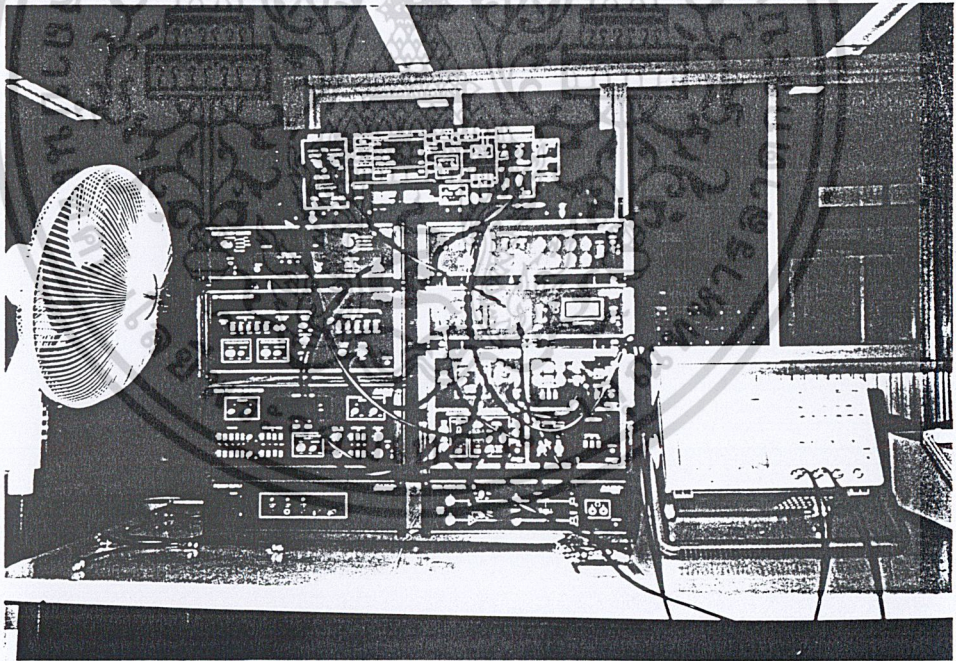


รูปแสดงชุดฝึกการมอดและดีมอดแบบ FSK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

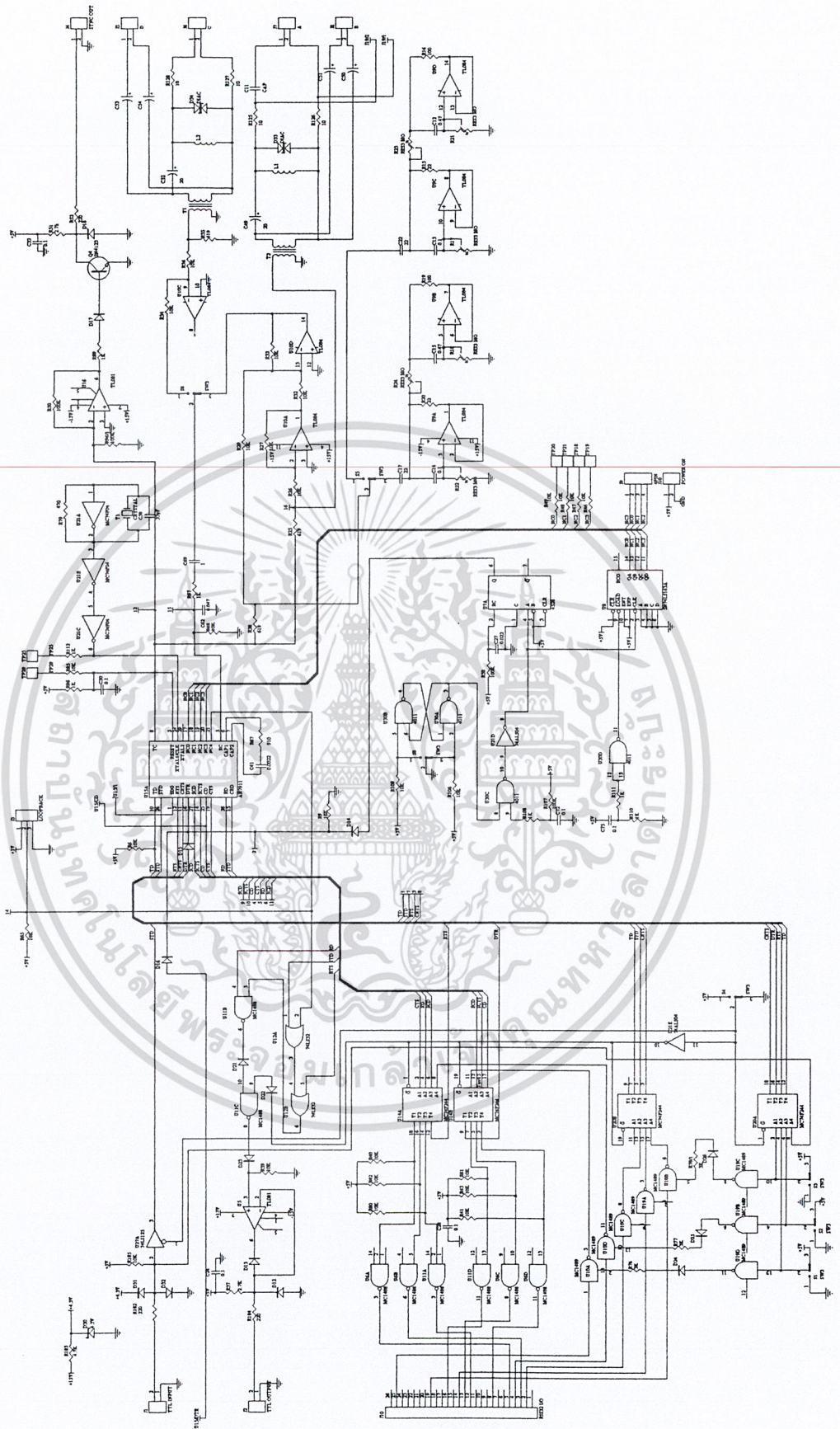


รูปแสดงชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

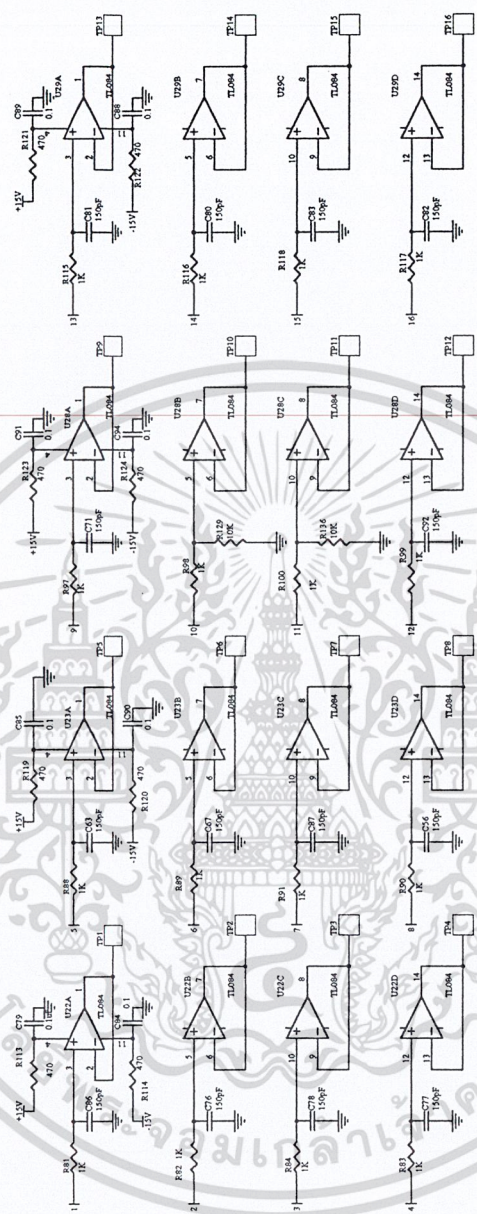
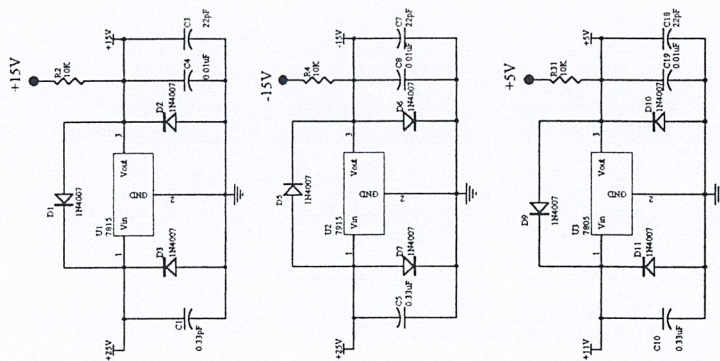


รูปแสดงการต่ออุปกรณ์เพื่อใช้ทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Year	Number	Version
C	215-237	1
Rev	215-237	1
Rev	215-237	1



Am7910/11

WORLD-CHIP® FSK Modem

DISTINCTIVE CHARACTERISTICS

Common Capabilities

- Complete FSK Modem in 28-pin package
- 300-bps full-duplex operation
- 1200-bps half-duplex operation
- 1200-bps full-duplex on four-wire
- Compatible with Bell 103/113/108, Bell 202, CCITT V.21, and V.23
- Available in CDIP, PDIP, and PLCC packages
- Commercial, Industrial and Extended temperature range
- No external filtering required
- All digital signal processing, digital filtering, and A/D-D/A conversion on-chip
- Includes essential RS-232/CCITT V.24 handshake signals on-chip
- Autoanswer capability

Unique Device Capabilities

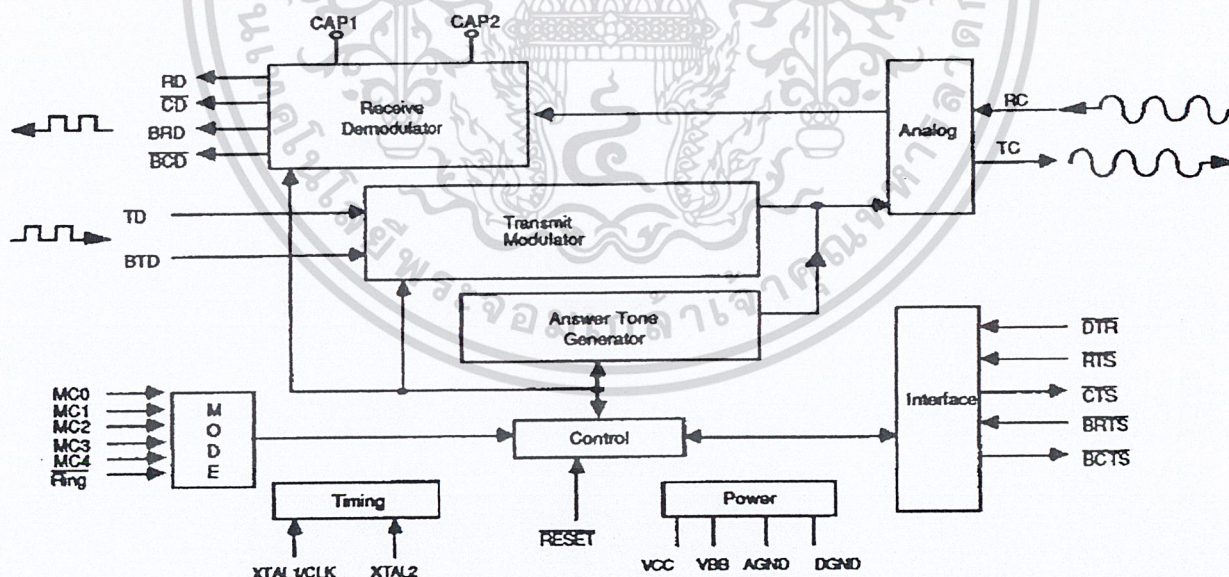
Am7910

- Dial-up network response times
- Bell 202 with 5-bps back channel
- V.23 with up to 75-bps back channel

Am7911

- Fast response time for leased-line networks
- Bell 202 with 5-bps or 150-bps back channel
- V.23 with up to 150-bps back channel

BLOCK DIAGRAM



09833C-001

WORLD-CHIP is a registered trademark of Advanced Micro Devices, Inc.

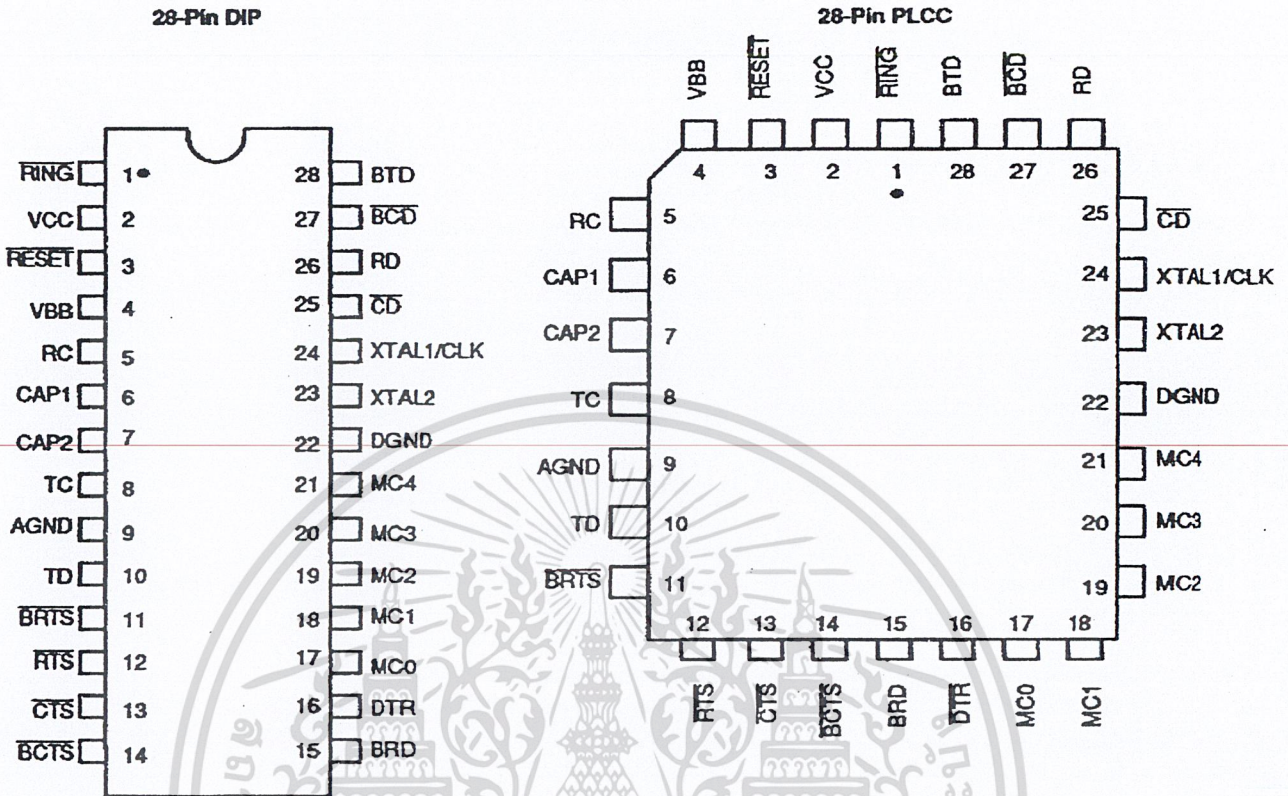
Publication # 04262 Rev. D Amendment 0
Issue Date: June 1989

This Material Copyrighted By Its Respective Manufacturer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONNECTION DIAGRAMS

Top View



Note: Pin 1 is marked for orientation.

09560-3B

This Material Copyrighted By Its Respective Manufacturer

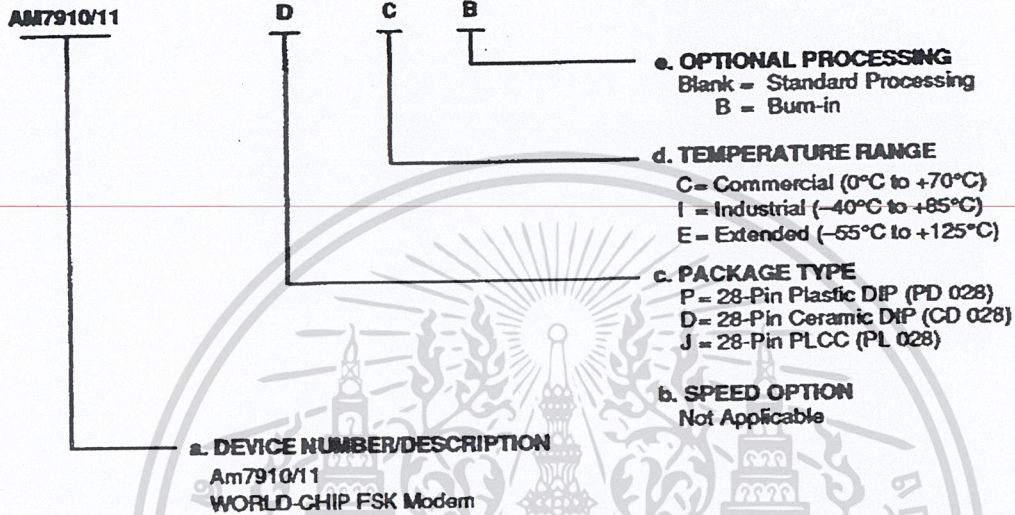
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORDERING INFORMATION

Standard Products

AMD standard products are available in several packages and operating ranges. The ordering number (Valid Combination) is formed by a combination of:

- a. Device Number
- b. Speed Option (if applicable)
- c. Package Type
- d. Temperature Range
- e. Optional Processing



Valid Combinations	
AM7910 AM7911	PC, JC, DC, DCB, DI, DIB, DE, DEB

Valid Combinations
Valid Combinations list configurations planned to be supported in volume for this device. Consult the local AMD sales office to confirm availability of specific valid combinations, to check on newly released combinations, and to obtain additional data on AMD's standard military grade products.

This Material Copyrighted By Its Respective Manufacturer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN DESCRIPTION

All digital inputs and outputs are TTL-compatible unless otherwise noted.

Setup Controls

AGND

Analog signal ground pin (for TRANSMITTED CARRIER and RECEIVED CARRIER).

BCD

Back Carrier Detect

This line is equivalent to \overline{CD} for the main channel, except it belongs to the back channel. \overline{BCD} is meaningful only when a 202 or V.23 mode is selected by MC0–MC4. For the V.23 back channel mode or the 202 150-bps (or 75-bps) back channel mode, \overline{BCD} activates when either the Mark or Space frequency appears with sufficient level at the RC (Received Carrier) input.

For the 202 5-bps back channel mode, \overline{BCD} turns on in response to a 387 Hz tone of sufficient level at the RC input. In this case \overline{BCD} is equivalent to the secondary received line signal detector for 202 S/T modems, or supervisory received data for 202 C/D modems.

BCTS

Back Clear to Send

This line is equivalent to \overline{BCTS} for the main channel, except it belongs to the back channel. \overline{BCTS} is meaningful only when a V.23 mode or 202 150-bps (or 75-bps) back channel mode is selected by MC0–MC4. This signal is not used in the 202 5-bps back channel mode.

BRD

Back Received Data

This line is equivalent to RD for the main channel, except that it applies only to the back channel. BRD is meaningful only for the V.23 or the 202 back channel modes. Under the following conditions this output is clamped High:

- V.21/103 modes
- \overline{BCD} High
- \overline{DTR} High
- \overline{BRTS} Low and \overline{RTS} High in V.23 or 202 150-bps modes only
- During autoanswer sequence.

BRTS

Back Request to Send

Since the 1200-bps modem configurations (Bell 202 and CCITT V.23) permit only half-duplex operation over two-wire lines, a low baud rate back channel is provided for simultaneous transmission in the reverse direction. \overline{BRTS} is equivalent to \overline{RTS} for the main channel, except

that it belongs to the back channel. Since the modem contains a single transmitter, \overline{RTS} and \overline{BRTS} should not be asserted simultaneously. \overline{BRTS} is meaningful only when a 202 or V.23 mode is selected by MC0–MC4. In all other modes, it is ignored.

For the V.23 modes and the 202 150-bps (or 75-bps) back channel mode, the frequency appearing at the TC (Transmitted Carrier) output pin is determined by a Mark or Space at the BTD input.

For the 202 5-bps back channel mode, a frequency of 387 Hz appears at TC when \overline{BRTS} is Low and \overline{BTD} is High. No energy (0.0 volts) appears at TC when \overline{BRTS} is High. \overline{BTD} should be fixed High for 202 back channel transmission. \overline{BRTS} then is equivalent to the transmitted data. \overline{BRTS} is the Secondary Request-to-Send for 202 S/T modems, or the Supervisory Transmitted Data for 202 C/D modems.

BTD

Back Transmitted Data

This line is equivalent to TD for the main channel, except it belongs to the back channel. \overline{BTD} is meaningful only when a 202 or V.23 mode is selected by MC0–MC4. For 202 5-bps back channel transmission of on/off keying, \overline{BTD} should be fixed at a High level.

CAP₁, CAP₂

Connection points of external capacitor/resistor required for proper operation of the on-chip analog-to-digital converter. Recommended values are:

$$C = 2000 \text{ pF} \pm 10\%, \\ R = 910 \text{ ohms} \pm 10\%.$$

CD

Carrier Detect

A Low on this output indicates that a valid carrier signal is present at the receiver and has been present for at least a time (t_{CDON}). A High on this output signifies that no valid carrier is being received and has not been received for a time (t_{CDOFF}). \overline{CD} looks for energy in the receive bandwidth. \overline{CD} is Low when the receive signal is above a threshold limit (V_{CDON}) and High when the level of the received signal is below V_{CDOFF} .

CTS

Clear to Send

This output goes Low at the end of a delay (t_{TRON}) initiated when \overline{RTS} goes Low. Actual data to be transmitted should not be presented to the TD (Transmit Data) input until a Low is indicated on the CTS output. This gives the receiving modem (on the other end of the phone line) enough time to recognize a valid carrier signal before

This Material Copyrighted By Its Respective Manufacturer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

data is transmitted. Normally the user should force the TD input High whenever CTS is High so a Mark will be sent during the (t_{rcov}) time. CTS goes High at the end of a delay initiated when RTS goes High (t_{rcoff}). CTS will never be Low when DTR is High.

DGND

Digital signal ground pin.

DTR

Data Terminal Ready

A Low level on this input indicates the data terminal is ready to send and/or receive data via the modem. This signal is gated with all other TTL inputs and outputs so that a Low level enables these signals as well as the internal control logic. A High disables all TTL I/O pins and the internal logic.

When DTR is High, the modem handshake state machine is reset to initial conditions. This is the only way to reset the state machine and must be done after power up. The state machine does not automatically power up to a known state. If DTR is permanently enabled (Low), the state machine will simply run from wherever it powers up. This can result in abnormal behavior such as an unusually short RTS-CTS delay due to lack of DTR initialization.

In order to change the modem mode while the modem is powered up, use the following sequence:

1. Take DTR High
2. Change mode inputs to desired configuration
3. Wait at least 100 μ s
4. Take DTR Low

The mode inputs perform some hardware functions, and they are also sampled periodically by the state machine. If the mode inputs are changed without the re-initialization using DTR, the state machine will not completely change to the new mode.

MC0-MC4

Mode Controls

The FSK modem family has multiple built-in modem modes selectable by the user through a set of Mode Control Pins. Table 1 lists the modem modes, mode-control pin states, and the product containing a particular mode.

The loopback modes set the receiver channel signal processing band to that of the transmit channel. No internal connection is made. The user must connect the TC pin to the RC pin if analog loopback is required (see Figure 1).

For digital loopback, external connection of the RD and TD pins is required.

With the Am7910/11, loopback modes can also be used to achieve full-duplex, 1200-bps communication. In CCITT V.23 or Bell 202 loopback modes, the modem can transmit and receive at 1200 bps using a four-wire

configuration (transmit over one channel and receive on another). See the System Configuration section for details.

RC

Received Carrier

This input is the analog signal received from the phone line. The modem extracts the information contained in this modulated carrier and converts it into a serial data stream for presentation at the RECEIVED DATA (BACK RECEIVED DATA) output.

RD

(Received Data)

Data bits demodulated from the RC (Received Carrier) input are available serially at this output; High (Mark) indicates logical 1 and Low (Space) indicates logical 0.

Under the following conditions, this output is forced to logical 1, because the data may be invalid:

- When CD is High
- During the internal squelch delay at half-duplex line turnaround (202 and V.23 modes only)
- During soft carrier turnoff at half-duplex line turnaround (202 and V.23 soft turn-off modes only)
- When DTR is High
- When RTS is Low and BRTS is High in 202 and V.23 modes only
- During the autoanswer sequence

RESET

This input signal is for a reset circuit which operates in either of two modes. Refer to Figure 15 and Figure 16 for these two modes. The Am7910/11 should be reset upon initial application of power.

Ring

This input signal permits autoanswer capability by responding to a ringing signal from a Data Access Arrangement. If a ringing signal is detected (Ring = Low) and DTR is Low, the modem begins a sequence to generate an answer tone at the TC output.

RTS

Request to Send

A Low on this input instructs the modem to enter the transmit mode. This input must remain Low for the duration of data transmission. This signal has no effect if DTR is set High (disabled). A High level on this input turns off the transmitter.

TC

Transmitted Carrier

This analog output is the modulated carrier to be conditioned and sent over the phone line.

This Material Copyrighted By Its Respective Manufacturer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TD

Transmitted Data

Data bits to be transmitted are presented to this input serially; High (Mark) corresponds to logical 1 and Low (Space) corresponds to logical 0. This data determines which frequency appears at any instant at the TC (Transmitted Carrier) output pin (Table 3). No signal appears at the TC output unless DTR is Low and RTS is Low.

V_{ee}

-5-volt power supply (±5%).

V_{cc}

+5-volt power supply (±5%).

XTAL₁, XTAL₂

Master timing of the modem is provided by either a crystal connected to these two inputs or an external clock inserted into XTAL₁. The value of the crystal or the external clock frequency must be 2.4576 MHz ±.01%.

Table 1. Am7910/11 Mode Control Lines

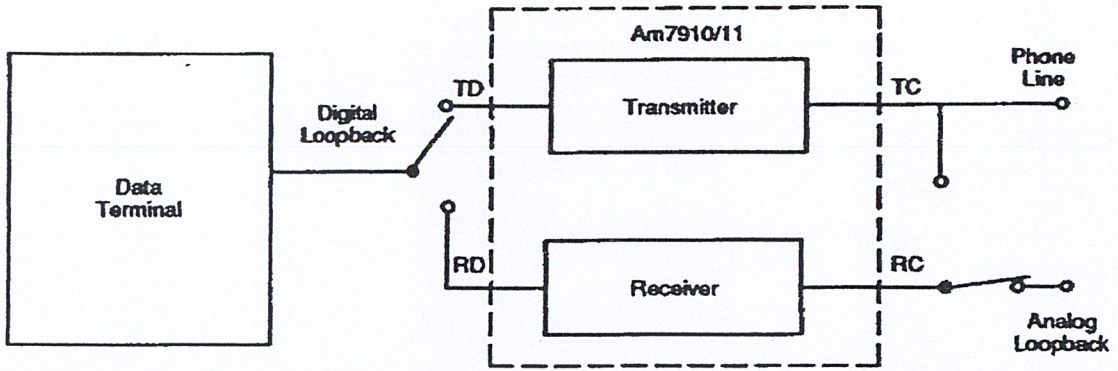
7910	7911	MC4	MC3	MC2	MC1	MC0	Description
X	X	0	0	0	0	0	Bell 103 originate 300 bps full-duplex
X	X	0	0	0	0	1	Bell 103 answer 300 bps full-duplex
X	X	0	0	0	1	0	Bell 202 1200 bps half-duplex
X	X	0	0	0	1	1	Bell 202 with equalizer
X	X	0	0	1	0	0	CCITT V.21 orig 300 bps full-duplex
X	X	0	0	1	0	1	CCITT V.21 ans 300 bps full-duplex
X	X	0	0	1	1	0	CCITT V.23 M2 1200 bps half-duplex
X	X	0	0	1	1	1	CCITT V.23 M2 with equalizer
X		0	1	0	0	0	CCITT V.23 M1 (1) 600 bps half-duplex
	X	0	1	0	0	0	CCITT V.23 M1 (2) 600 bps half-duplex
		0	1	0	0	1	Reserved
	X	0	1	0	1	0	Bell 202 with 150 bps back channel
	X	0	1	0	1	1	Bell 202 with 150 bps back channel and equalizer
	X	0	1	1	0	0	CCITT V.23 M1 (2) with soft turn-off (STO)
		0	1	1	0	1	Reserved
	X	0	1	1	1	0	CCITT V.23 M2 (2) with STO
	X	0	1	1	1	1	CCITT V.23 M2 (2) with STO and equalizer
X	X	1	0	0	0	0	Bell 103 orig. loopback
X	X	1	0	0	0	1	Bell 103 answer loopback
X	X	1	0	0	1	0	Bell 202 main loopback
X	X	1	0	0	1	1	Bell 202 with equalizer loopback
X	X	1	0	1	0	0	CCITT V.21 orig. loopback
X	X	1	0	1	0	1	CCITT V.21 ans. loopback
X	X	1	0	1	1	0	CCITT V.23 M2 main loopback
X	X	1	0	1	1	1	CCITT V.23 M2 with equalizer loopback
X	X	1	1	0	0	0	CCITT V.23 M1 main loopback
X		1	1	0	0	1	CCITT V.23 (1) back loopback
	X	1	1	0	0	1	CCITT V.23 (2) back loopback
	X	1	1	0	1	0	Bell 202 (2) back loopback
		1	1	0	1	1	Reserved
		1	1	1	0	0	Reserved
		1	1	1	0	1	Reserved
		1	1	1	1	0	Reserved
		1	1	1	1	1	Reserved

NOTE: Reserved modes should not be entered.

(1) up to 75 baud back channel
(2) up to 150 baud back channel

This Material Copyrighted By Its Respective Manufacturer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



09833A-3

Figure 1. Analog Loopback



This Material Copyrighted By Its Respective Manufacturer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FUNCTIONAL DESCRIPTION

The modem consists of three main sections shown in the block diagram—Transmitter, Receiver, and Interface Control.

Transmitter (Modulator)

In the data mode, the transmitter, shown in Figure 2, receives binary digital data from a source such as a UART and converts the data to an analog signal using Frequency Shift Keying (FSK) modulation. This analog signal is applied to the phone line through a DAA or an

acoustic coupler. FSK is a modulation technique which encodes one bit per baud. A logical 1 applied to the TD input causes a sine wave at a given frequency to appear at the analog TC output. A logical 0 applied to TD causes a sine wave of a different frequency to appear at TC. As the data at TD switches between logical 1 and 0, TC switches between the two frequencies. In the AMD modem this switching between frequencies is phase continuous. The frequencies themselves are digitally synthesized sine functions.

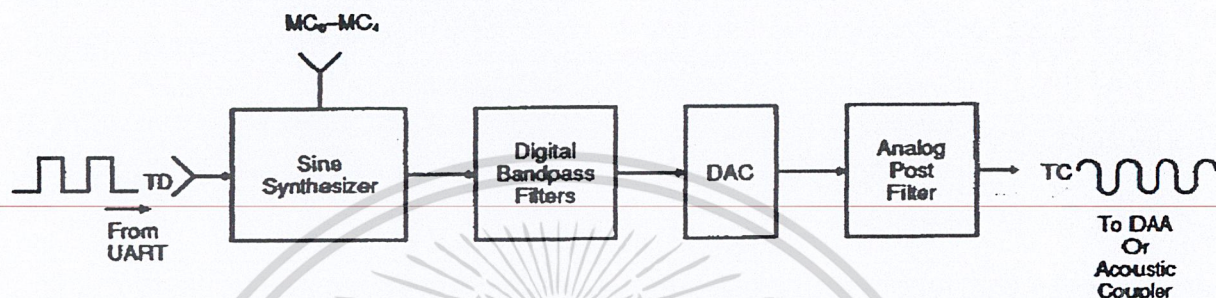


Figure 2. Transmitter Block Diagram

09833A-4

The frequencies for each modem configuration available in the FSK modem are listed in Table 3.

The process of switching between two frequencies (as in FSK) generates energy at many more frequencies than the two used in the modulation. All the transmitted information can be recovered from a frequency band "B" Hz wide.

where B = bit rate or maximum rate of change of the digital data at TD.

This band is centered about a frequency (f_c)

where $f_c = (f_1 + f_2)/2$

(f_1 = lower of two FSK frequencies)

(f_2 = higher of two FSK frequencies)

In addition to this primary information band, there are side bands containing redundant information. It is desirable to attenuate these bands for two reasons:

1. The phone companies have specifications on the amount of energy allowed in certain frequency bands on the line.
2. If two independent information channels are present simultaneously on the line (for example, 300-bps full-duplex or 1200-bps half-duplex with back channel), the redundant transmitter components may fall in the frequency band of the local receiver channel and interfere with detection. In the Am7910/11 these redundant and undesirable components are attenuated by digital bandpass filters.

Following the digital bandpass filters, the filtered FSK signal is converted to an analog signal by an on-chip Digital-to-Analog (D/A) converter operating at a High sampling rate. This analog FSK signal is made smooth by a simple on-chip analog low-pass filter.

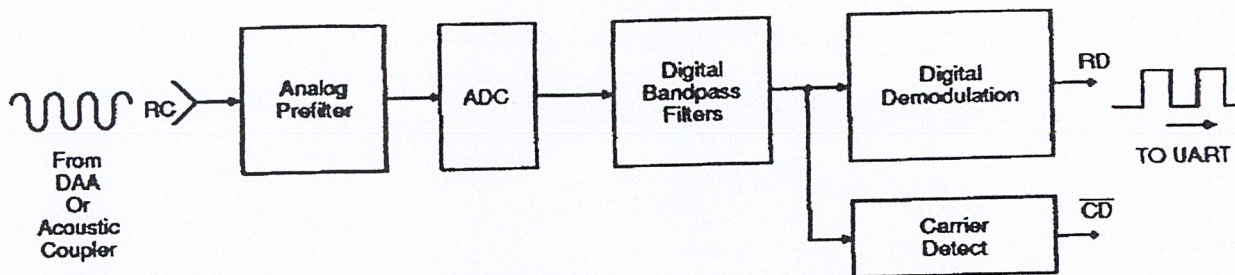
Receiver (Demodulator)

A simplified block diagram of the Am7910/11 FSK receiver is shown in Figure 3. Data transmitted from a remote-site modem over the phone line is a FSK-modulated analog carrier. This carrier is applied to the RC pin via a DAA or an acoustic coupler. The first stage of the demodulator is a simple on-chip analog low-pass anti-alias filter. The output of this is converted into digital form and filtered by digital bandpass filters to improve the signal-to-noise ratio and reject other independent channel frequencies associated with the phone line in the case of full-duplex configuration. In the Data mode, the bandpass-filtered output is digitally demodulated to recover the binary data to appear at the RD pin. A CD signal is also digitally extracted from the received line carrier to indicate valid data.

The short control signal delays on the Am7911 make it attractive for use over multidrop networks. In such a system, a central site station polls a number of remote stations and so the short RTS-CTS delays allow efficient line utilization when polling.

This Material Copyrighted By Its Respective Manufacturer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



09833A-5

Figure 3. Receiver Block Diagram

Interface Control

This section controls the handshaking between the modem and the local terminal. It consists primarily of delay-generation counters, two state machines for controlling transmission and reception, and mode-control-decode logic. Proper transmit frequencies and transmit/receive filters are selected according to the specified modem type or function in the Data or Call mode. Inputs to and outputs from this section are as follows:

- Ring
- MC0-MC4
- $\overline{\text{DTR}}$ (Data Terminal Ready)
- $\overline{\text{RTS}}$ (Request to Send) (Main and Back)
- $\overline{\text{CTS}}$ (Clear to Send) (Main and Back)
- $\overline{\text{CD}}$ (Carrier Detect) (Main and Back)
- Reset

Internal logic clamps the handshake signals to different levels under certain conditions (for example, initial conditions).

When Bell 103/113 and V.21 modem configurations are selected, the back channel signals are non-functional.

Figures 6 and 7 depict the sequencing of the two state machines. State machine 1 implements main or back channel transmission. State machine 2 implements reception on main or back channel. Tables 4 and 5 list the timing parameters, and Figures 10 through 13 show the handshake timing diagrams for the various modem modes.

The state machine powers-on after reset to the state labeled INITIAL CONDITIONS. Handshake signals are set to or assumed to be at the levels listed in Table 2. The machine waits for $\overline{\text{DTR}}$ to go Low. Whenever $\overline{\text{DTR}}$ is changed from Low to High, each state machine and the external signals return to the initial conditions within

25 ms. After $\overline{\text{DTR}}$ is set Low, the Am7910/11 becomes operational as a modem and the state machines proceed as depicted in the flowcharts.

The definitions of the terms full-duplex and half-duplex used in these flowcharts are depicted in Figures 4 and 5. Full-duplex applies to all 103/113 and V.21 modes. Half-duplex applies to 202 and V.23 modes, both main and back channels.

Full-Duplex—Data can be transmitted and received simultaneously at 300 bps. Two independent 300-Hz channels are frequency multiplexed into the 3000-Hz bandwidth of the phone line. The Am7910/11 configurations for the Bell 103/113 and CCITT V.21 can be operated full-duplex.

Half-Duplex—In half-duplex with back channel, the modem may transmit at 1200/600 bps and receive at 5/75/150 bps. Alternately it may transmit at 5/75/150 bps and receive at 1200/600 bps. Examples are Bell 202 and CCITT V.23.

Table 2. Initial Conditions

Ring	High
$\overline{\text{DTR}}$ (Data Terminal Ready)	High
$\overline{\text{RTS}}$ (Request to Send)	High
$\overline{\text{CTS}}$ (Clear to Send)	High
TD (Transmitted Data)	Ignored
$\overline{\text{BRTS}}$ (Back Channel Request-to-Send)	High
$\overline{\text{BCTS}}$ (Back Channel Clear-to-Send)	High
BTD (Back Channel Transmitted Data)	Ignored
$\overline{\text{CD}}$ (Carrier Detect)	High
RD (Received Data)	High
$\overline{\text{BCD}}$ (Back Channel Carrier Detect)	High
BRD (Back Channel Received Data)	High

Table 3. Frequency Parameters

Modem Mode	Baud Rate (bps)	Duplex	Transmit Frequency		Receive Frequency	
			Space (Hz)	Mark (Hz)	Space (Hz)	Mark (Hz)
Bell 103 Originate	300	Full	1070	1270	2025	2225
Bell 103 Answer	300	Full	2025	2225	1070	1270
CCITT V.21 Originate	300	Full	1180	980	1850	1650
CCITT V.21 Answer	300	Full	1850	1650	1180	980
CCITT V.23 Mode 1	600	Half	1700	1300	1700	1300
CCITT V.23 Mode 2	1200	Half	2100	1300	2100	1300
CCITT V.23 Mode 2 Equalized	1200	Half	2100	1300	2100	1300
Bell 202	1200	Half	2200	1200	2200	1200
Bell 202 Equalized	1200	Half	2200	1200	2200	1200
CCITT V.23 Back	75/150	—	450	390	450	390
Bell 202 5 bps Back	5	—	*	*	**	**
Bell 202 150 bps Back	150	—	487	387	487	387

All Bell 202 modes and V.23

Soft Turn-off modes

Bell 103

V.21 and V.23

Bell 202

Soft Turn-off Tone = 900 Hz

Answer Tone = 2225 Hz

Answer Tone = 2100 Hz

Answer Tone = 2025 Hz

* (BRTS Low) and (BTD High) : 387 Hz at TC.

* (BRTS High) or (BTD Low) : 0 Volts at TC.

** 387 Hz at RC: BCD Low.

** No 387 Hz at RC: BCD High

This Material Copyrighted By Its Respective Manufacturer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้