

เครื่องแสดงสถานะ PLC ผ่านคลื่นวิทยุ FM
PLC MONITOR BY RADIO WAVE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่
เลขทะเบียน 36781
วัน, เดือน, ปี 29 ส.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แม้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งหากมีการเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2542

ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องแสดงสถานะพีแอลซีผ่านคลื่นวิทยุเอเอ็ม

PLC Monitor by radio wave

ผู้จัดทำ

1. นายธัญ ธนวิบูลย์ 40012091

2. นายอาทิตย์ หมัดอาด้า 40013440

อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. เชื้อ นกอยู่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องแสดงสถานะ PLC ผ่านคลื่นวิทยุ FM
 PLC MONITOR BY RADIO WAVE

ผู้จัดทำ นาย ชัญ ธนวิบูลย์ 40012091
 นาย อาดัม หวัดอาด้า 40013440

อาจารย์ที่ปรึกษา อ. เชื้อ นกอยู่

บทคัดย่อ

การแสดงผลสถานะการทำงานของ PLC เป็นโครงการที่เกี่ยวกับการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สาย โดยใช้คลื่นวิทยุแบบ FM ซึ่งมีจุดประสงค์ที่จะเปลี่ยนตัวกลางที่ใช้ในการเชื่อมต่อ PLC กับ COMPUTER จากเดิมที่ใช้สายเคเบิลมาเป็นคลื่นวิทยุแทน ซึ่งจะช่วยลดปัญหาและข้อยุ่งยากในการวางสาย โดยเฉพาะในระยะทางไกลๆ ระหว่าง PLC กับ COMPUTER ได้ โดยวิธีการคือทำการแปลงสัญญาณดิจิทัลไปเป็นสัญญาณอนาล็อก และในทางกลับกันก็ทำการแปลงสัญญาณอนาล็อก ไปเป็นสัญญาณดิจิทัลด้วยโมเด็มที่มีอัตราเร็ว 1,200 บิตต่อวินาที จากนั้นก็ทำการมอดูเลตสัญญาณอนาล็อกด้วยคลื่นพาหะ ความถี่ 46 MHz เพื่อส่งออกอากาศ ส่วนทางด้านรับก็รับสัญญาณวิทยุมาทำการดีเทคคลื่นพาหะออก แล้วก็นำสัญญาณอนาล็อกมาแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่อส่งให้ไมโครคอมพิวเตอร์ประมวลผลเพื่อแสดงผลสถานะการทำงานของ PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PLC MONITOR BY RADIO WAVE

STAFF	Thun Thanawiboon	40012091
	Adam Mutardum	40013440
ADVISOR	Mr. Cher Nokyou	

Abstract

PLC Status Monitoring by using Computer is classified as a project of wireless communication using FM radio frequency. The aim of the project is to replace medium between PLC and Computer from cable to radio frequency. This will ease the problems of cable installation especially for communicating between PLC and computer in long distance fashion. The technique of this communication is to convert digital signal to analog signal. Contrarily, analog signal will be converted to digital signal by Modem at speed of 1.200 bit per second. The digital signal will be again modulated with analog signal by using 46 MHz carrier signal and then transmit to receivers. Receivers will then receive the signal and detect the carrier out before converting only analog signal to digital signal. The digital signal will be sent To Computer in order to monitor the status of PLC.

กิติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สามารถที่จะสำเร็จลงได้ ก็ด้วยได้รับการช่วยเหลือของผู้มีอุปการคุณหลายฝ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง พระคุณของบิดามารดาผู้ซึ่งให้โอกาส และทุกสิ่งทุกอย่างแก่พวกเรา คณะผู้จัดทำ ตลอดจนพระคุณของท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ท่านอาจารย์ เชื้อ นกอยู่ ที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำและเครื่องมือรวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการทดลอง ขอขอบคุณ คุณสมศักดิ์ ศรีเพชร คุณ สุขประวัติและสุดท้ายก็คือกลุ่มเพื่อนๆที่คอยให้คำแนะนำ แนวความคิด และกำลังใจในการทำงานแก่พวกเรา ทางคณะผู้จัดทำจึงขอขอบคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

ธัญ ธิวินุสย์
 ยาศัม หนัคชาคำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อไทย	I
บทคัดย่ออังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญ(ต่อ)	V
สารบัญภาพ	VI
สารบัญภาพ(ต่อ)	VII
สารบัญภาพ(ต่อ)	VIII
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 รูปแบบของการสื่อสารข้อมูล	2
2.1 ประเภทของการสื่อสารข้อมูล	2
2.2 การจำแนกตามลักษณะการจัดข้อมูล	5
2.3 โมเด็มและมาตรฐานการสื่อสารด้วยโมเด็ม	8
2.4 ลักษณะสมบัติเชิงกลของข้อต่อ (connector)	12
2.5 DB-25 และ DB-9	14
บทที่ 3 ทฤษฎีการออกแบบและการสร้าง	15
3.1 การมอดูเลตเชิงมุมเมื่อพิจารณาในอาณาจักรของเวลา (Time Domain)	15
3.2 การมอดูเลตทางความถี่ (frequency Modulation)	20
3.3 การสร้างสัญญาณ FM	23
3.4 การดีมอดูเลตทางความถี่ (Frequency Demodulation)	25
3.5 หลักการของเครื่องรับชนิดซูเปอร์เฮเทอโรไดน์	30
3.6 วงจรมิวท์ หรือสquelch (Mute or Squelch)	32
3.7 เทคนิคการมอดูเลตสัญญาณดิจิทัล	33
3.8 หลักการของแพ็คเกจรีโอ การส่งแบบ TDMA	34
3.9 การทำงานของเครื่องรับวิทยุ	41
3.10 การทำงานของเครื่องส่งวิทยุ	42
3.11 คุณสมบัติของไอซีเบอร์ MC3361	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.12 หลักการทำงานของเครื่องรับ-ส่งวิทยุ	44
3.13 หลักการทำงานของแพกเกจเรดิโอ โมเด็ม	48
3.14 หลักการทำงานของ PLC	52
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	59
บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์	69
ภาคผนวก	70
TCM 3105	71
MC 3361	83
TC 4069UBP	98
หนังสืออ้างอิง	102



สารบัญภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงการสื่อสารข้อมูลของ PCL	1
รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างการใช้ข้อมูล 8 บิต แทนรหัส BAUDOT	2
รูปที่ 2.2 แสดงการรับส่งแบบทางเดียว	3
รูปที่ 2.3 แสดงการรับส่งข้อมูลสวนทางกันได้แบบผลัดกัน (Half Duplex)	4
รูปที่ 2.4 แสดงการรับส่งข้อมูลแบบสวนทางกันได้พร้อมกัน (Full Duplex)	5
รูปที่ 2.5 แสดงการส่งข้อมูลแบบขนาน	6
รูปที่ 2.6 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม	6
รูปที่ 2.7 รูปแบบการสื่อสารแบบอะซิงโครนัส	7
รูปที่ 2.8 ตัวอย่างรูปคลื่นของอักขระอะซิงโครนัส 7 บิตที่มีพาริตีบิต	7
รูปที่ 2.9 การจัดเรียงบิตในการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส	8
รูปที่ 2.10 โมเด็มช่วยในการรับส่งข้อมูลผ่านสายโทรศัพท์โดยเปลี่ยนสัญญาณให้เป็นเสียง	9
รูปที่ 2.11 แสดงการกำหนดค่าของข้อต่อ RS-232C	13
รูปที่ 3.1 ตัวอย่างของสัญญาณ FM และสัญญาณ PM	16
รูปที่ 3.2 การใช้วงจรมอดูเลเตอร์และวงจรถิฟเฟอเรนทิเอตเป็นส่วนหนึ่งในการสร้างสัญญาณ FM และสัญญาณ PM	17
รูปที่ 3.3 การกระจายของสเปกตรัมของสัญญาณ FM ที่มีการจำกัดแถบความถี่ให้ $2\Delta f$ คงที่	20
รูปที่ 3.4 สัญญาณเอฟเอ็ม (FM)	21
รูปที่ 3.5 อัตรากาเร่เบี่ยงเบนควมถี่	22
รูปที่ 3.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแอมพลิจูดของสัญญาณเอฟเอ็มและมอดูเลชันอินเด็กซ์	25
รูปที่ 3.7 แสดงรูปแบบวงจรควอราเจอร์ตีเทคเตอร์	26
รูปที่ 3.8 การใช้แอนเกตในควอดคราเจอร์ตีเทคเตอร์	27
รูปที่ 3.9 แสดงเอาท์พุทของแอนเกตเมื่อมีสัญญาณอินพุทต่าง ๆ กัน	30
รูปที่ 3.10 วงจรเครื่องรับวิทยุเอฟเอ็มแบบ TRF	31
รูปที่ 3.11 บล็อกไดอะแกรมของวงจรเครื่องรับซูเปอร์เฮเทอโรโรดาอ์	32
รูปที่ 3.12 วงจรสเคลลวซ์แบบให้พาหะบังคับ	33

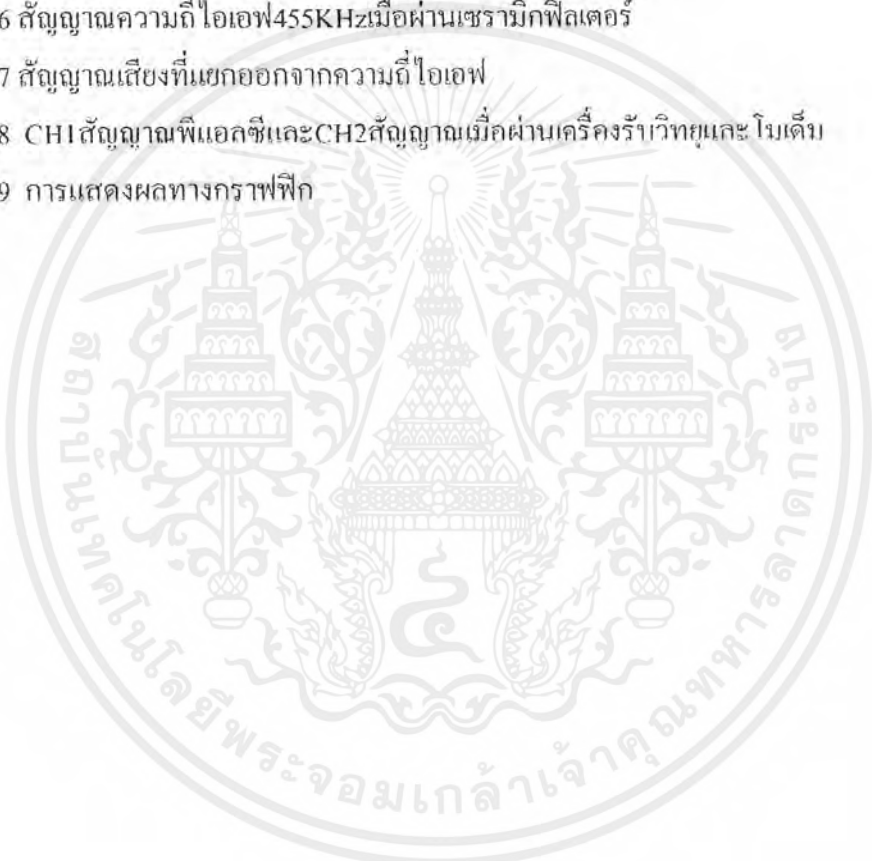
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 3.13 แสดงการส่งแพคเกจแบบ TDMA	36
รูปที่ 3.14 แสดงการส่งแพคเกจแบบ FDMA	37
รูปที่ 3.15 แสดงการเกิดการชนของแพคเกจระหว่างผู้ใช้งานหลายคน	38
รูปที่ 3.16 แสดงช่วงเวลาต่าง ๆ ในการส่งข้อมูลแต่ละแพคเกจ และเวลาที่ใช้ในการแก้ไขโดยส่งแพคเกจเดิมใหม่อีกครั้งเมื่อเกิดการผิดพลาดขึ้นในการรับส่งข้อมูล	39
รูปที่ 3.17 การสื่อสารแพคเกจเรดิโอแบบจุดต่อจุด	40
รูปที่ 3.18 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับวิทยุ	41
รูปที่ 3.19 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องส่งวิทยุ	42
รูปที่ 3.20 รายละเอียดตำแหน่งขาของ MC3361	43
รูปที่ 3.21 บล็อกไดอะแกรมการใช้งาน MC3361	45
รูปที่ 3.22 วงเครื่องส่งวิทยุ	46
รูปที่ 3.23 วงจรเครื่องรับวิทยุ	47
รูปที่ 3.24 แสดงวงจรสมบูรณของแพคเกจเรดิโอ โมเด็ม	50
รูปที่ 3.25 แสดงรอบการทำงานของพีแอลซี	52
รูปที่ 3.26 แสดงสัญลักษณ์ของรีเลย์	53
รูปที่ 4.1 หน้าต่างMODSOFT PROTOCOLของพีแอลซี	59
รูปที่ 4.2 หน้าต่างเมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ของพีแอลซี	60
รูปที่ 4.3 หน้าต่างเมื่อกำหนดค่าพอร์ตสื่อสารของพีแอลซี	60
รูปที่ 4.4 เขียนโปรแกรมแลดเดอไดอะแกรมและกำหนดค่าอ้างอิงข้อมูลของพีแอลซี	60
รูปที่ 4.5 สัญญาณดิจิทัลที่เป็นข้อมูล	61
รูปที่ 4.6 สัญญาณที่สร้างได้ 2200Hz เมื่อป้อนไฟ +12 โวลท์ที่ขา DTR	61
รูปที่ 4.7 สัญญาณที่สร้างได้ 1200Hz เมื่อป้อนไฟ -12 โวลท์ที่ขา DTR	62
รูปที่ 4.8 สัญญาณข้อมูลที่พีแอลซีส่งผ่าน โมเด็ม	63
รูปที่ 4.9 สัญญาณที่ได้จากภาคออสซิลเลเตอร์ความถี่ 15.56MHz	63
รูปที่ 4.10 สัญญาณความถี่วิทยุที่อินพุทของภาคปริแอมป์	64
รูปที่ 4.11 สัญญาณความถี่วิทยุที่เอาต์พุทของภาคปริแอมป์	64
รูปที่ 4.12 สัญญาณความถี่วิทยุที่อินพุทของภาคขยายกำลัง	65

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 4.13 สัณฐานความถี่วิทยุที่เอาที่พุทของภาคขยายกำลัง	65
รูปที่ 4.14 สัณฐานความถี่วิทยุที่เสาอากาศเครื่องส่งวิทยุ	66
รูปที่ 4.15 สัณฐานความถี่วิทยุที่เอาที่พุทภาคพรีแอมป์	66
รูปที่ 4.16 สัณฐานความถี่ไอเอฟ455KHzเมื่อผ่านเซรามิกฟิลเตอร์	67
รูปที่ 4.17 สัณฐานเสียงที่แยกออกจากความถี่ไอเอฟ	67
รูปที่ 4.18 CH1 สัณฐานพีแอกซ์และCH2 สัณฐานเม็ทผ่านเครื่องรับวิทยุและ โมเด็ม	68
รูปที่ 4.19 การแสดงผลทางกราฟฟิก	68



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 3.1 ค่าเฟสชั่วขณะและความถี่เชิงมุมชั่วขณะของสัญญาณ FM และสัญญาณ PM	18
ตารางที่ 3.2 แสดงเบสเซลฟังก์ชัน	29
ตารางที่ 3.3 แสดงหน้าที่การทำงานของแต่ละขาพอร์ตเมื่อใช้งาน	48
ตารางที่ 3.4 แสดงให้เห็นถึง characteristic ของ ASCII และ RTU	56
ตารางที่ 3.5 แสดงการอ่านค่าเอาต์พุตรีจิสเตอร์	58

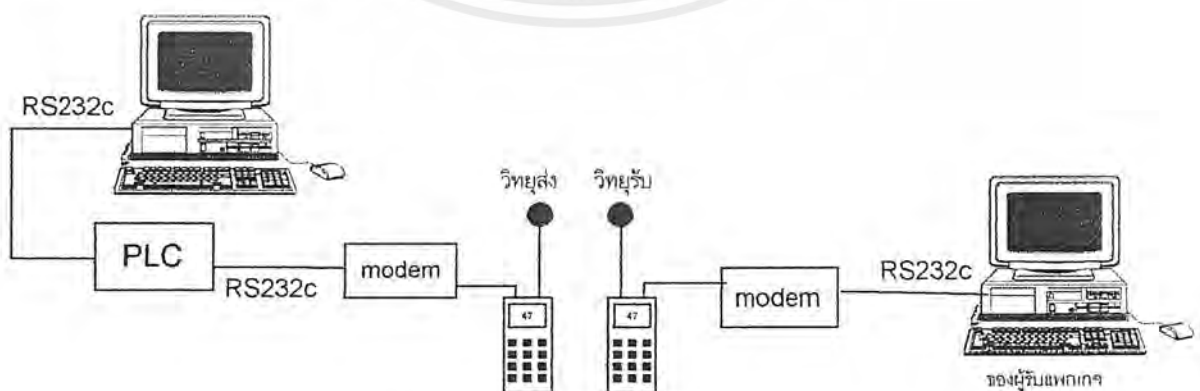


บทที่ 1 บทนำ

ในการติดต่อสื่อสารข้อมูลระหว่าง PCL กับ COMPUTER ในระยะทางไกล จะต้องใช้อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณซึ่งอุปกรณ์นี้คือ โมเด็ม ซึ่งหน้าที่การทำงานของโมเด็มก็คือการแปลงสัญญาณดิจิทัลจาก PLC ไปเป็นสัญญาณอนาล็อก เพื่อที่จะส่งสัญญาณไปในสายนำสัญญาณให้ได้ระยะทางไกล จากนั้นก็ทำหน้าที่นำสัญญาณอนาล็อกที่มาจากสายนำสัญญาณมาทำการแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล เพื่อส่งไปยังคอมพิวเตอร์ประมวลผลแสดงสถานะการทำงานของ PLC ซึ่งสายนำสัญญาณส่วนใหญ่จะเป็นสายโทรศัพท์

การสื่อสารข้อมูลผ่านเครือข่ายโทรศัพท์ มักจะประสบปัญหาเกี่ยวกับระยะจำกัดความยาวของสายนำสัญญาณ ความมรกรุงรังของสายนำสัญญาณซึ่งยากต่อการเคลื่อนย้ายทำให้เกิดความไม่สะดวกและยากในสถานที่นั้น ๆ เครือข่ายโทรศัพท์ยังเข้าไปไม่ถึงก็จะเป็นไม่สามารถสื่อสารกันได้ระหว่าง PLC กับ COMPUTER เทคโนโลยีใหม่ได้รุดหน้าไปอย่างรวดเร็ว การสื่อสารถูกพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและติดต่อสื่อสารได้ในระยะทางไกล โดยใช้การสื่อสารผ่านดาวเทียม ใช้คลื่นวิทยุความถี่สูงในย่านไมโครเวฟ (SCADA) และใช้คลื่นวิทยุในย่าน MHz มาเป็นพาหะ ซึ่งจะช่วยตัดปัญหาในเรื่องของระยะทางและการวางสายนำสัญญาณ

ดังนั้นโครงการนี้ได้ออกแบบการสื่อสารข้อมูลระหว่าง PLC กับ COMPUTER โดยใช้คลื่นวิทยุในย่านความถี่ 46 MHz เป็นคลื่นพาหะ โดยการสื่อสารข้อมูลระหว่าง PLC กับ COMPUTER ใช้พอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมมาตรฐาน (Serial Port) RS 232C ซึ่งวิธีการสื่อสารข้อมูลระหว่าง PLC กับ COMPUTER แสดงดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แสดงการสื่อสารข้อมูลของ PCL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

รูปแบบของการสื่อสารข้อมูล

2.1 ประเภทของการสื่อสารข้อมูล

ข้อมูลในระบบสื่อสารเขียนแสดงด้วยค่าในระบบเลขฐาน 2 โดยใช้ค่าตัวเลข 0 หรือ 1 มาประกอบกันเป็นรหัส แต่ในการส่งเราอาศัยการส่งทางไฟฟ้า ข้อมูลจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบทางไฟฟ้าโดยใช้ค่าสัญญาณไฟฟ้า 2 ระดับ คือ สูงและต่ำ

การวัดอัตราเร็วในการส่งได้จากจำนวนบิตที่ส่งไปในหน่วยเวลา โดยทั่วไปใช้หน่วยเวลา โดยทั่วไปใช้หน่วย bit per second (bps) หากบิตหลายๆ บิตถูกนำมาใช้เป็นกลุ่ม เช่นในคอมพิวเตอร์ กลุ่มของข้อมูลนี้เรียกว่าไบต์ (byte) หนึ่งไบต์ประกอบด้วยหลายๆ บิต ที่จำเป็นสำหรับแทนอักขระ 1 ตัว ปัจจุบันขนาดของไบต์ที่นิยม คือ ไบต์ขนาด 8 บิต

แม้ว่าขนาดของไบต์มีขนาดคงที่ แต่ไบต์ก็สามารถใช้แทนอักขระที่มีจำนวนบิตต่ออักขระน้อยกว่า 8 บิต ได้ดังรูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างการใช้ไบต์ขนาด 8 บิต แทนรหัส BAUDOT ขนาด 5 บิต ต่ออักขระ รหัสแอสกีขนาด 7 บิตต่ออักขระ และรหัส EBCDIC ขนาด 8 บิต ต่ออักขระ

5 Level Baudot Character

1 0 1 1 0

8 Bit Byte

0 0 0 1 0 1 1 0

7 Level ASCII Character

1 0 1 0 1 1 0

8 Bit Byte

0 1 0 1 0 1 1 0

8 Level EBCDIC Character

1 1 0 1 0 1 1 0

8 Bit Byte

1 1 0 1 0 1 1 0

รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างการใช้ข้อมูล 8 บิต แทนรหัส BAUDOT

ข่าวสารที่เราส่งในระบบสื่อสารข้อมูลนั้นอาจมีขนาดใดก็ได้แต่ในการส่งนั้นจะต้องมีการกำหนดจุดเริ่มต้น และจุดสิ้นสุดของการส่งแต่ละชุด ตามปกติจะจัดแบ่งข่าวสารที่จะส่งเป็นบล็อก ๆ หนึ่งบล็อก คือ กลุ่มของบิตจำนวนหนึ่งที่เราส่งออกไปเป็นหน่วยเดียวกัน โดยมีการนำกลุ่มของบิตนั้นไปผ่านกระบวนการบางอย่าง เพื่อใช้ในการควบคุมข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้

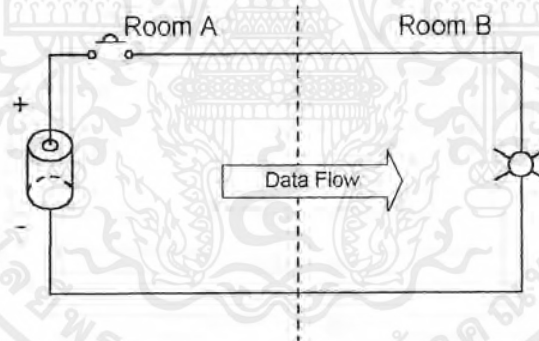
เราสามารถจำแนกวิธีการส่งข้อมูลได้หลายแบบตามคุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การจำแนกตามทิศทางในการส่งข้อมูลสามารถแบ่งการส่งข้อมูลได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้

- การรับหรือส่งทางเดียว (Simplex)
- การรับส่งแบบผลัดกัน (Half Duplex)
- การรับส่งสวนทางได้พร้อมกัน (Full Duplex)

ทั้งสามวิธีนี้มีข้อดีและข้อเสียในตัวเอง ความจริงแล้วเราได้ใช้การรับส่งทั้งสามวิธีนี้ในชีวิตประจำวันอยู่ตลอดเวลาไม่ว่าจะเป็นการชมโทรทัศน์ การฟังเพลง การสนทนา หรือการทำงานต่างๆ

การติดต่อสื่อสารแบบนี้เห็นได้ชัดคือ การรับส่งโทรทัศน์ และวิทยุกระจายเสียง สถานีโทรทัศน์จะเป็นตัวส่งและเครื่องรับทำหน้าที่รับแต่เพียงอย่างเดียว จะส่งข่าวสารหรือภาพมายังสถานีส่งไม่ได้ การสื่อสารแบบ Simplex นี้มักจะไม่ค่อยนำมาใช้ในการสื่อสารข้อมูลเนื่องจากจำเป็นต้องได้ต่อกันระหว่างการรับส่งข้อมูล หรือบางทีก็เปลี่ยนจากผู้รับเป็นผู้ส่งซึ่งทำไม่ได้สำหรับการติดต่อกันในแบบ Simplex นี้

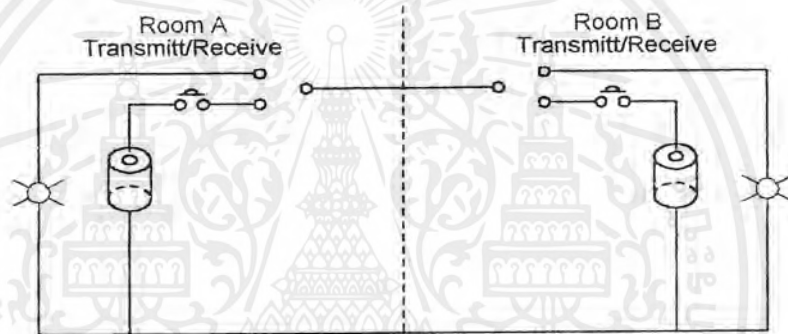


รูปที่ 2.2 แสดงการรับส่งแบบทางเดียว

ส่วนการรับส่งแบบที่สองเรียกว่า การรับส่งแบบ Half Duplex มีคุณสมบัติสามารถรับหรือส่งข้อมูลได้ แต่ต้องสลับกันส่ง จะส่งพร้อมกันไม่ได้ อุปกรณ์ที่ใช้ในการติดต่อแบบนี้ได้แก่ วิทยุมือถือ (Walkie-talkie) และ INTERCOM เมื่อฝ่ายหนึ่งฝ่ายใดส่งอีกฝ่ายก็ทำหน้าที่รับ จนกระทั่งฝ่ายแรกส่งจบฝ่ายหลังจึงจะกลับเป็นผู้ส่งได้ และฝ่ายส่งในตอนแรกก็จะเป็นผู้รับ สลับกันเช่นนี้เรื่อยไป ทั้งสองฝ่ายจะเป็นผู้ส่งพร้อมกันไม่ได้ เพราะสัญญาณจะชนกันทำให้ฟังไม่รู้เรื่อง การรับส่งใน Half Duplex นับว่าซับซ้อนกว่าในแบบ Simplex ขึ้นมาเล็กน้อยเพราะทั้งสองด้านสามารถทำหน้าที่รับและส่งได้จามลำดับแต่ห้ามส่งพร้อมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

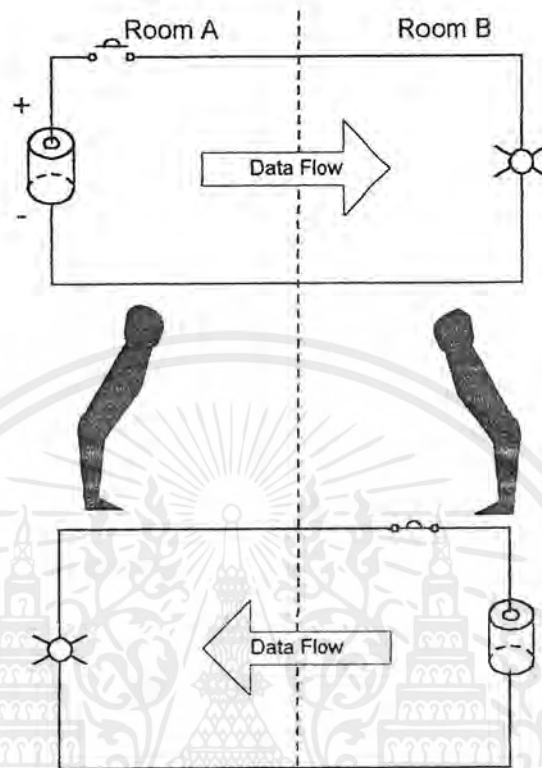
การรับส่งแบบที่สามเรียกว่า การส่งแบบสวนทางได้พร้อมกัน Full Duplex ซึ่งเป็นแบบที่ซับซ้อนที่สุด การรับส่งแบบนี้ผู้รับและผู้ส่งสามารถรับและส่งพร้อมๆ กันในเวลาเดียวกันได้ไม่จำเป็นต้องรอให้อีกฝ่ายหนึ่งส่งจบเสียก่อนอย่างแบบ Half Duplex ตัวอย่างเช่น การพูดโทรศัพท์ ถึงแม้ปกติเมื่อผู้หนึ่งพูดอีกฝ่ายจะคอยฟัง แล้วตอบกลับมาเมื่อฝ่ายแรกพูดจบ ซึ่งเป็นลักษณะของการติดต่อแบบ Half Duplex ก็ตาม แต่เราอาจจะพูดพร้อมๆ กันหรือพูดสวนกลับไปได้ทันทีโดยยังคงฟังอยู่เหมือนเดิม ลักษณะเช่นนี้เราเรียกว่าติดต่อกันในแบบ Full Duplex การสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์สองเครื่องมีใช้ทั้งแบบ Half Duplex และ Full Duplex ขึ้นอยู่กับลักษณะของการเชื่อมต่อและลักษณะของการใช้งานของมัน



Half-duplex communication system

รูปที่ 2.3 แสดงการรับส่งข้อมูลสวนทางกันได้แบบผลัดกัน (Half Duplex)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Full-duplex communication system

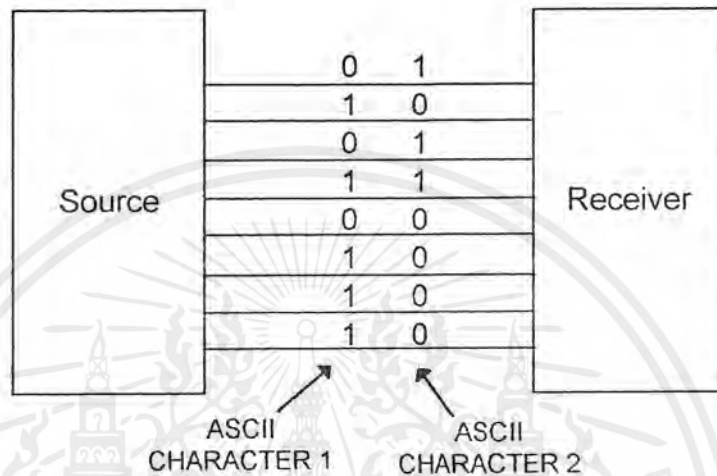
รูปที่ 2.4 แสดงการรับส่งข้อมูลแบบสวนทางกันได้พร้อมกัน (Full Duplex)

2.2 การจำแนกตามลักษณะการจัดข้อมูลสามารถแบ่งการส่งข้อมูลออกได้เป็น 2 ชนิดดังนี้

2.2.1 การส่งข้อมูลแบบขนาน (Parallel Transmission) เป็นการส่งข้อมูลที่ละไบนารี คือส่งทุกบิตของรหัสที่ประกอบขึ้นเป็นอักขระไปพร้อมๆ กันในเวลาเดียว การสื่อสารแบบนี้มีข้อดีคือความสามารถในการส่งข้อมูลที่สูงขึ้น แต่จุดอ่อนที่สำคัญคือ จำนวนช่องทางการสื่อสารที่จะต้อง มีจำนวนเท่ากับจำนวนบิตที่ประกอบขึ้นเป็นอักขระ ซึ่งต้องใช้การมัลติเพล็กซ์ข้อมูลต่างๆ เช่น space division multiplex ซึ่งเป็นการแบ่งช่องสัญญาณ โดยใช้สายส่งหลายๆ เส้น หรือ แบบ frequency division multiplex ที่ใช้ในการแบ่งย่านความถี่ในการส่งแต่ละช่องสัญญาณ

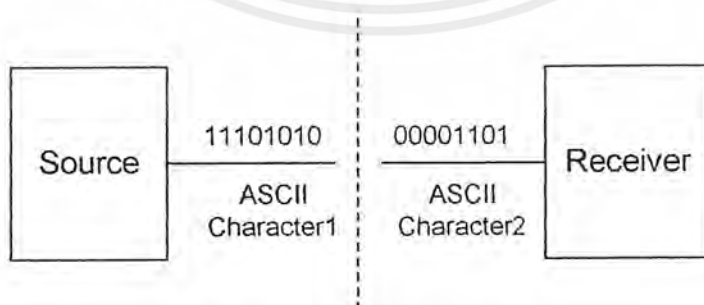
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสื่อสารแบบนี้มักใช้กับการสื่อสารที่มีระยะทางในการติดต่อไม่ไกลมากนัก โดยเฉพาะการส่งข้อมูลระหว่างหน่วยประมวลผลของคอมพิวเตอร์ กับอุปกรณ์ประกอบซึ่งต้องการความเร็วอย่างมากในการติดต่อ



รูปที่ 2.5 แสดงการส่งข้อมูลแบบขนาน

2.2.2 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Series Transmission) ข้อมูลจะถูกส่งออกมาทีละบิต จากอุปกรณ์ส่งไปยังอุปกรณ์รับ ช่องสัญญาณในการส่งข้อมูลอาจใช้เพียง 1 หรือ 2 ช่องสัญญาณเท่านั้น ทำให้ค่าใช้จ่ายในการสื่อสารถูกกว่าแบบขนาน แต่อัตราการส่งข้อมูลจะช้ากว่าการส่งแบบขนาน ในการส่งข้อมูลแบบอนุกรม ข้อมูลที่ต้องการส่งจะอยู่ในลักษณะเป็นไบนารี ซึ่งทางด้านอุปกรณ์รับจะต้องคอยตรวจสอบว่าบิตใดเป็นบิตเริ่มต้นของบิตเท่านั้น การตรวจสอบขึ้นอยู่กับรูปแบบของรหัสของบิตที่ใช้



รูปที่ 2.6 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

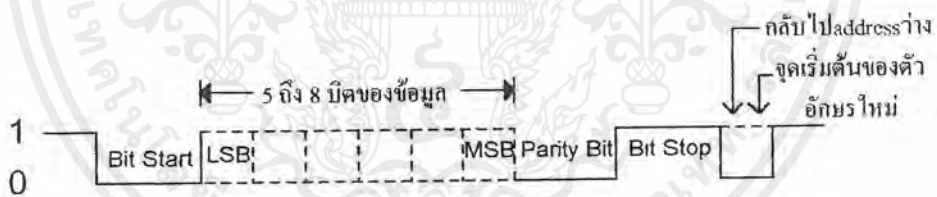
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งข้อมูลแบบอนุกรมมี 2 แบบ

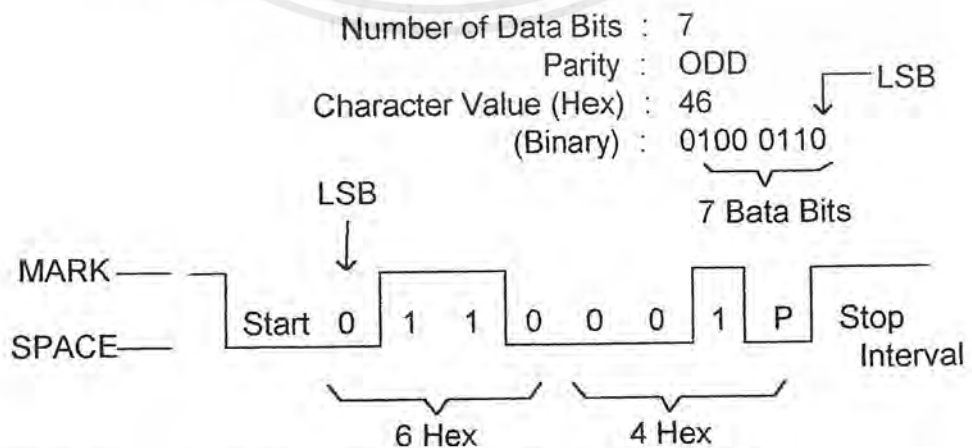
การส่งแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Transmission)

ในการส่งแบบอะซิงโครนัส ข้อมูลที่จะต้องการส่งแต่ละตัวหรือแต่ละไบนารีนั้นจะมีสัญญาณสำหรับตรวจสอบบิตแรกภายในตัวของมันเองโดยแต่ละไบนารีจะถูกเพิ่มด้วยบิตเริ่มต้น (Start Bit) นำหน้าไบนารีและบิตสิ้นสุด (Stop Bit) ตามหลังไบนารี ซึ่งอาจจะมีการเพิ่มบิตพาริตี (Parity Bit) ก่อนบิตสิ้นสุดก็ได้ ระยะเวลาระหว่างข้อมูลแต่ละไบนารีไม่จำเป็นต้องแน่นอน เพราะอุปกรณ์รับจะตรวจสอบบิตแรกทีละไบนารี โดยขณะไม่มีการส่งข้อมูล สัญญาณลจิกจะเป็น "1" หรือ มาร์ค (mark) อุปกรณ์รับจะคอยตรวจสอบจากการเปลี่ยนลจิกจาก "1" เป็น "0" หรือ สเปซ (space) (บิตเริ่มต้นลจิกเป็น "0") ซึ่งหมายถึงบิตที่ตามมาหลังบิตเริ่มต้น ก็คือบิตแรกของไบนารีนั้น หรือบิตที่มีนัยสำคัญน้อยสุด (Least significant bit) ซึ่งนิยมเขียนย่อว่า LSB แต่ละช่วงเวลาของข้อมูลจะมีความยาวเท่ากับ T ซึ่งเท่ากับช่วงเวลาของบิตเริ่มต้น เวลาบิต T นี้มีค่าพารามิเตอร์พื้นฐานที่สำคัญของสายการสื่อสารในหน่วยบิตต่อวินาที สามารถคำนวณได้ด้วยความสัมพันธ์ต่อไปนี้ คือ

$$\text{อัตราการส่งข้อมูล} = 1/T \text{ (บิตต่อวินาที : b/s)}$$



รูปที่ 2.7 รูปแบบการสื่อสารแบบอะซิงโครนัส

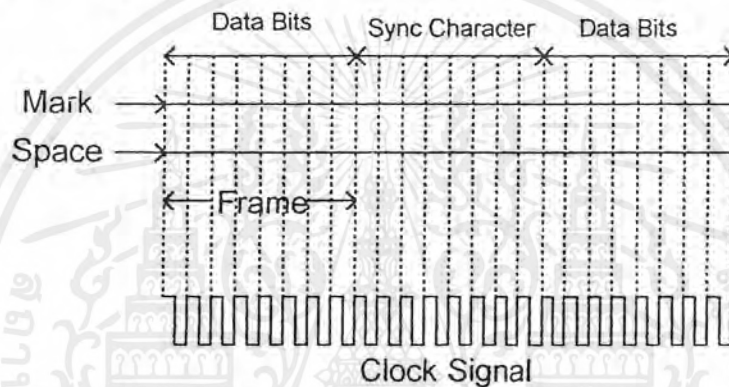


รูปที่ 2.8 ตัวอย่างรูปคลื่นของอักขระอะซิงโครนัส 7 บิตที่มีพาริตีบิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งข้อมูลแบบซิงโครไนซ์ (Synchronous Transmission)

การส่งแบบซิงโครไนซ์ เป็นการส่งข้อมูลที่มีการกำหนดจำนวนอักขระที่จะส่งในแต่ละครั้ง เป็นจำนวนที่แน่นอนเรียกว่า เฟรมข้อมูล ข้อมูลที่อยู่ในเฟรมข้อมูลจะเรียงติดกันไปโดยไม่ต้องมีบิตเริ่มต้นและบิตสุดท้ายการซิงโครไนซ์สามารถทำได้โดยการส่งสัญญาณซิงค์แคแรกเตอร์ (Sync Character) จำนวนหนึ่งนำหน้าเฟรมข้อมูลออกไปยังภาครับ สัญญาณซิงค์แคแรกเตอร์นี้จะอยู่ในรูปแบบเฉพาะที่ทางภาครับจะใช้ในการผลิตสัญญาณนาฬิกาขึ้นมาใหม่ (Clock Recovery) เพื่ออัตราในการส่งข้อมูลมีค่าเท่ากัน การส่งข้อมูลแบบซิงโครไนซ์มีข้อดีคือ ลดเวลาว่างตัวอักษร



รูปที่ 2.9 การจัดเรียงบิตในการส่งข้อมูลแบบซิงโครไนซ์

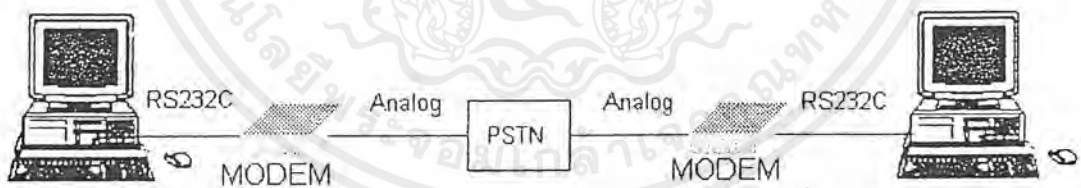
2.3 โมเด็มและมาตรฐานการสื่อสารด้วยโมเด็ม

การรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ในระยะทางไม่ไกลมากนัก จะใช้การรับส่งแบบอนุกรม (RS-232C) ซึ่งข้อมูลดิจิทัลของคอมพิวเตอร์ไปตามสายจนถึงผู้รับได้ ในกรณีนี้สามารถรับส่งข้อมูลได้ไกลถึง 35 เมตรตามคุณสมบัติของ RS-232C หรือถ้าสายเคเบิลที่ใช้มีคุณภาพดีอาจส่งได้ไกลถึง 150 เมตร ที่ความเร็ว 9.600 บิตต่อวินาที แต่สำหรับระยะทางที่ไกลมากๆ เช่น หลายสิบกิโลเมตร หรือมากกว่านี้ การส่งข้อมูลดิจิทัลออกไปโดยจะไม่เหมาะสมหลายอย่าง ปัญหาที่สำคัญคือ คลื่นรูปสี่เหลี่ยมของสัญญาณดิจิทัล เมื่อส่งไปไกล ๆ จะเพี้ยนหรือรูปร่างผิดไปจากเดิมได้ง่ายทำให้สายส่ง และวงจรรับสัญญาณแบบดิจิทัลมีราคาแพงกว่าแบบอนาลอกมาก ในทางปฏิบัติอาจรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์สองเครื่องโดยใช้สัญญาณดิจิทัลผ่านสายได้ ซึ่งทั้งสายส่งและวงจรเชื่อมต่อทั้งหมดเป็นแบบดิจิทัล แต่ว่าค่าใช้จ่ายจะมีราคาแพงมากจนกระทั่งไม่ค่อยคุ้มที่จะทำเช่นนี้วิธีหลีกเลี่ยงก็คือหาทางส่งข้อมูลไปตามสายส่งแบบอนาล็อกแทน การทำเช่นนี้จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เข้าช่วยแปลงสัญญาณในการรับส่งข้อมูลทั้งสองด้านซึ่งเป็นที่มาของโมเด็ม สัญญาณเมื่อมาถึงหลายทาง โมเด็มจะแปลงสัญญาณอนาลอกที่ได้รับกลับมาเป็นสัญญาณดิจิทัลแล้วส่งให้คอมพิวเตอร์ต่อไปในรูปแบบของสัญญาณดิจิทัลผ่านทาง

RS-232C กระบวนการแปลงสัญญาณกลับนี้เรียกว่า Demodulation

สัญญาณอนาลอกมีคุณสมบัติเหมาะที่จะส่งไปไกล ๆ มากกว่าสัญญาณแบบดิจิตอล เพราะว่าสัญญาณแบบอนาลอกจะเพี้ยนหรือมีรูปร่างผิดจากเดิมยากกว่า และสูญเสียสัญญาณในการส่งน้อยกว่าทำให้ส่งได้ระยะทางไกลมากขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถกรองสัญญาณรบกวนบางส่วนที่ไม่ต้องการได้อีกด้วย ราคาของสายส่งและอุปกรณ์มีราคาถูก จึงจำเป็นต้องใช้โมเด็มในการรับส่งข้อมูลคอมพิวเตอร์ระยะทางไกลผ่านสายส่งอนาลอก

จากการที่โมเด็มแปลงสัญญาณจากคอมพิวเตอร์ให้กลายเป็นสัญญาณอนาลอกในการรับส่งข้อมูลถ้าโมเด็มแปลงสัญญาณออกมาอยู่ในรูปของเสียงซึ่งเป็นสัญญาณอนาลอกแบบหนึ่งเราก็สามารถส่งข้อมูลผ่านทางสายโทรศัพท์ได้ โมเด็มทั่ว ๆ ไปที่เราใช้งานจะเป็นโมเด็มที่แปลงสัญญาณจากคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในรูปคลื่นเสียงทั้งหมด มีโมเด็มบางชนิดที่แปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอกความถี่สูง แต่โมเด็มแบบนี้มีใช้งานน้อยและส่งข้อมูลโดยใช้สายส่งพิเศษจะส่งผ่านสายโทรศัพท์ธรรมดาไม่ได้ เราจึงเน้นเฉพาะโมเด็มที่ทำงานในย่านความถี่เสียงเท่านั้น ไม่ว่าจะโมเด็มจะเป็นแบบไหนก็ตาม เมื่อรับข้อมูลดิจิตอลจากคอมพิวเตอร์มันจะเปลี่ยนให้กลายเป็นสัญญาณอนาลอก จากนั้นก็นำสัญญาณอนาลอกที่ได้นี้รวมเข้ากับสัญญาณพาหะ (Carrier Wave) แล้วส่งออกไปทางสายส่งข้อมูล สัญญาณพาหะหรือคลื่นพาหะนี้จะทำหน้าที่พาข้อมูลที่อยู่ในรูปของสัญญาณอนาลอกไปจนถึงปลายทาง



รูปที่ 2.10 โมเด็มช่วยในการรับส่งข้อมูลผ่านสายโทรศัพท์โดยเปลี่ยนสัญญาณให้เป็นเสียง

องค์กรต่าง ๆ ที่กำหนดมาตรฐานที่ใช้ติดต่อสื่อสารผ่านโมเด็ม

1. EIA : THE ELECTRONIC ASSOCIATION เป็นมาตรฐานกำหนดโดยสมาคมโรงงานอุตสาหกรรมผู้ผลิตอิเล็กทรอนิกส์แห่งสหรัฐอเมริกา มาตรฐานนี้ตั้งขึ้นมาใช้กำหนดมาตรฐานของเครื่องมือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ การกำหนดมาตรฐานใช้รหัส RS เป็นหลัก เช่น มาตรฐาน RS-232C ใช้กันแพร่หลายในระบบสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์โดยจะกล่าวถึงมาตรฐานของสัญญาณไฟฟ้าในการอินเทอร์เฟสเทอร์มินอลเข้ากับโมเด็ม หรืออินเทอร์เฟสเทอร์มินอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้ากับไมโครคอมพิวเตอร์ หรืออินเทอร์เฟซเครื่องพิมพ์เข้ากับคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ยังมีมาตรฐานอื่น ๆ ที่มีการตั้งขึ้นมาใช้ประกอบด้วย EIA RS449 RS422A RS423A

2. CCITT : THE CONSULTATIVE COMMITTEE IN INTERNATIONAL TELEGRAPH AND TELEPHONE เป็นองค์การสากลกำหนดมาตรฐานของระบบสื่อสารระหว่างประเทศทั้งโทรเลขและโทรศัพท์สำหรับมาตรฐานของ CCITT ที่ใช้แพร่หลายในการสื่อสารข้อมูล เช่น V.28 (ใช้แทนรหัส RS-232C ได้) V.10 (ใช้แทน EIA RS422A ได้) X.10 (ใช้แทน EIA RS449)

3. ISO : THE INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION เป็นองค์การกำหนดมาตรฐานทางกายภาพของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการสื่อสารโทรคมนาคมโดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์และอินฟอร์มเมชันโพรเซสซิง องค์การนี้ประสานงานกับ CCITT อย่างใกล้ชิด ชิดตั้งนั้นมาตรฐานของ ISO จะสามารถใช้แทนมาตรฐานประเภทเดียวกันของ CCITT และ EIA ได้เช่น ISO/2110 สามารถใช้แทน RS232C และ RS366A ได้ นอกจากนี้ ISO4902 ยังใช้แทน EIA RS-499 ได้เป็นต้น

4. BELL SYSTEM เป็นมาตรฐานกำหนดโดยองค์การทางโทรศัพท์ของบริษัท BELL LABORATORY มาตรฐานของ BELL ถูกกำหนดขึ้นเพื่อใช้ควบคุมโรงงานผู้ผลิตสินค้าที่ต้องการใช้ร่วมกับระบบ BELL ก็เริ่มมีการแก้ไขข้อกำหนดของตนบางส่วนให้เข้ากับ CCITT ได้

มาตรฐานของโมเด็มแบบต่าง ๆ ที่ใช้กันมากนั้นมักจะใช้มาตรฐาน CCITT V-Series ตั้งแต่ความเร็วต่ำจนถึงความเร็วสูงได้แก่

- V.21 เป็นมาตรฐานของโมเด็มความเร็ว 300 บิตต่อวินาที ใช้เทคนิคการผสมสัญญาณแบบ FSK (Frequency Shift Keying) รับส่งข้อมูลได้ในแบบ Full Duplex เป็นโมเด็มที่ใช้กับสายโทรศัพท์ ปัจจุบันนี้มีใช้กันน้อยเนื่องจากความเร็วในการรับส่งข้อมูลต่ำ

- V.22 รับส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 1,200 บิตต่อวินาที หรือลดความเร็วลงมาที่ 600 บิตต่อวินาทีได้การผสมสัญญาณใช้เทคนิคของ PSK (Phase Shift Keying) รับส่งข้อมูลในแบบ Full Duplex ใช้กับสายโทรศัพท์หรือสายตรงก็ได้ขึ้นอยู่กับโมเด็มว่าถูกออกแบบมาให้ต่อกับสายตรงหรือไม่ ซึ่งจัดเป็นโมเด็มความเร็วปานกลางที่ได้รับความนิยมอยู่ในปัจจุบัน

- V.22 bis รับส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 2,400 บิตต่อวินาทีหรือลดความเร็วลงมาที่ 1,200 บิตต่อวินาทีได้การผสมสัญญาณใช้เทคนิคของโมเด็มความเร็วสูงคือ QAM รับส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบ Full Duplex ใช้กับสายโทรศัพท์หรือสายตรงก็ได้ V.22 bis เป็นมาตรฐานของโมเด็ม ความเร็วปานกลางที่จะเข้ามาแทนที่ V.22

- V.23 เป็นมาตรฐานที่คล้ายกับมาตรฐาน V.22 แต่รับส่งข้อมูลในแบบ Half Duplex คือมีความเร็ว 1,200 บิตต่อวินาที หรือลดความเร็วลงมาที่ 600 บิตต่อวินาที ใช้เทคนิคผสมสัญญาณแบบ FSK สามารถต่อใช้กับสายโทรศัพท์ได้

- V.26 เป็นมาตรฐานของโมเด็มสายตรงแบบใช้ 4 เส้น รับส่งข้อมูลในแบบ Full Duplex ใช้เทคนิคการผสมสัญญาณชนิด PSK มีความเร็วในการรับส่งข้อมูล 2,400 บิตต่อวินาที จะนำมาต่อใช้กับสายโทรศัพท์ไม่ได้

- V.26 bis เป็นมาตรฐานเหมือนกับ V.26 แต่สำหรับใช้กับสายโทรศัพท์แทน มีความเร็วในการรับส่งข้อมูล 2,400 บิตต่อวินาที หรือลดความเร็วลงมาที่ 1,200 บิตต่อวินาที การรับส่งข้อมูลเป็นแบบ Half Duplex ใช้เทคนิคผสมสัญญาณแบบ PSK

- V.27 เป็นมาตรฐานสำหรับโมเด็มความเร็ว 4,800 บิตต่อวินาที ที่ใช้กับสายตรงเท่านั้น เทคนิคของการผสมสัญญาณแบบ PSK รับส่งข้อมูลในแบบ Full Duplex ได้มีความเร็ว 4,800 บิตต่อวินาที ซึ่งถือว่าเป็นความเร็วการรับส่งข้อมูลสูงสุดที่สุดของเทคนิคการผสมสัญญาณแบบ PSK

- V.27 bis คล้ายกับมาตรฐานแบบ V.27 แต่ว่ารับส่งข้อมูลที่ 4,800 บิตต่อวินาที หรือลดความเร็วลงมาที่ 2,400 บิตต่อวินาที ใช้สำหรับสายตรงแบบ 4 สายเท่านั้น การผสมสัญญาณก็ใช้แบบ PSK สามารถรับส่งข้อมูลได้ทั้งในแบบ Full Duplex และ Half Duplex

- V.27 ter เป็นมาตรฐานโมเด็มความเร็ว 4,800 บิตต่อวินาที หรือลดความเร็วลงมาที่ 2,400 บิตต่อวินาที ได้สำหรับใช้กับสายโทรศัพท์ การรับส่งข้อมูลเป็นแบบ Half Duplex เท่านั้นใช้เทคนิคการผสมสัญญาณชนิด PSK

- V.29 จัดเป็นมาตรฐานของโมเด็มความเร็วสูงใช้กับสายตรงแบบ 4 สายเท่านั้นการรับส่งข้อมูลใช้ได้ทั้ง Full Duplex และ Half Duplex สามารถรับส่งข้อมูลได้ตั้งแต่ 9,600 บิตต่อวินาทีหรือลดความเร็วลงมาที่ 7,200 บิตต่อวินาที และ 4,800 บิตต่อวินาที ที่ความเร็ว 9,600 บิตต่อวินาทีจะใช้เทคนิคการผสมสัญญาณแบบ QAM

- V.32 เป็นมาตรฐานโมเด็มความเร็วสูงสำหรับใช้กับสายโทรศัพท์ สามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 9,600 บิตต่อวินาที ในแบบ Full Duplex หรือลดความเร็วลงมาที่ 4,800 บิตต่อวินาที มาตรฐาน V.32 นี้ยังใช้งานกับสายตรงแบบ 2 สายได้อีกด้วย ใช้เทคนิคการผสมสัญญาณเป็นแบบ QAM ทั้งที่ความเร็ว 9,600 และ 4,800 บิตต่อวินาที

- V.32 bis เป็นการพัฒนามาจาก V.32 โดยการส่งข้อมูลเป็นแบบ TC-QAM , Full Duplex อัตราบอด 2,400 บอด ที่ความเร็ว 4,800/7,200/9,600/12,000/14,400 บิตต่อวินาที
- V.32 turbo พัฒนามาจาก V.32 โดยการเพิ่มอุปกรณ์และเทคนิคอื่นๆ เข้าไป โดยทำงานด้วยระบบ TC-QAM, Full Duplex ที่ความเร็ว 14,400 / 16,800 / 19,200/ บิตต่อวินาที แต่ก็ไม่เป็นที่นิยมใช้เนื่องจากราคาสูงเกินไป
- V.32 fast เป็นชื่อที่ไม่เป็นทางการโดยสามารถใช้แทน V.32 bias แต่เพิ่มความเร็วขึ้นเป็น 28,800 บิตต่อวินาที ซึ่งเป็นมาตรฐานสุดท้ายที่มีการส่งสัญญาณแบบอนาล็อก ซึ่งบางที่ใช้ชื่อว่า V.34 ก็ได้
- V.33 ส่งข้อมูลแบบ TC-QAM ,Full Duplex ,อัตราบอด 2,400 ที่ความเร็ว14,400 บิตต่อวินาที
- V.34 ซึ่งการพัฒนา V.32 fast ซึ่งมีความเร็วในการส่งข้อมูล .128 กิโลบิตต่อวินาที (kbps) ที่อัตราบอด 3,429 บอด
- V.36 สามารถส่งข้อมูลได้มากถึง 45,000 บิตต่อวินาทีใช้ในระบบที่มีการเชื่อมโยงกันเป็นกลุ่ม

2.4 ลักษณะสมบัติเชิงกลของข้อต่อ (connector)

RS-232C ไม่ได้กำหนดว่าจะต้องใช้ connector รูปร่างอย่างไร แต่นิยมใช้กันทั่วไป คือ DB-25 connector ซึ่งประกอบด้วยขาทั้งหมด 25 ขา ดังรูป 2.11

Secondary transmitted Data	● 14	1 ●	Protective Ground
Transmit Clock	● 15	2 ●	Transmitted Data
Secondary Received Data	■ 16	3 ●	Received Data
Receiver Clock	● 17	4 ●	Clear to Send
Unassigned	● 18	5 ●	Request to Send
Secondary Request to Send	■ 19	6 ●	Data Set Ready
Data Terminal Ready	● 20	7 ●	Signal Ground
Signal Quality Deceptor	● 21	8 ●	Data Carrier Detect
Ring Indicator	● 22	9 ●	Reserved
Data Rate Select	● 23	10●	Reserved
External Clock	● 24	11●	Unassigned
Unassigned	● 25	12●	Secondary Data Carrier Detect
		13●	Secondary Clear to Send

รูป 2.11 แสดงการกำหนดของข้อต่อ RS-232C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 สัญญาณที่ใช้ทั้งหมดใน RS-232C

- Protective Ground (PG ขาที่1) หมายถึงตัวถังของเครื่องหรือสายดิน
- Trensnit data(TDขาที่ 2) เป็นสัญญาณที่ส่งออกจาก DTE (ตัวไมโครคอมพิวเตอร์)ไป

ยังไม่เต็มหรือต่อเข้าโดยตรงกับไมโครคอมพิวเตอร์ตัวอื่นหรือเครื่องพิมพ์ เมื่อไม่มีสัญญาณส่งออกสถานะภาพของโลจิกจะมีค่าเท่ากับ "1" สถานะ "OFF" หรือเทียบเท่ากับ Stop bit ไม่ว่าจะ เป็นระบบอะไร DTE ต้องไม่ส่งข้อมูลออกไปจนกว่าสัญญาณ

1. Request To Send (RTS)
2. Clear To Send (CTS)
3. Data Set Ready (DSR)
4. Data Terminal Ready (DTR)

ทั้งหมดนี้อยู่ในสถานะ "ON" อยู่

- Receive Data (RD ขาที่ 3) เป็นทางของสัญญาณเข้าไปยัง (DTR) เมื่อไม่มีสัญญาณรับเข้ามา ขานี้จะมีสถานะภาพทางโลจิกเป็น "1" หรือสถานะ "OFF"

- Request To Send (RTS ขาที่ 4) จาก DTE ไปยัง DCE สถานะ ON คือบังคับให้ DCE อยู่ใน Transmitting Mode ต่อไป สถานะ OFF คือบังคับให้ DCE อยู่ใน Receiving Mode ต่อไป

การเปลี่ยนจาก OFF ไป ON เป็นการบอกให้ DEC จัดการระบบสื่อสาร เพื่อให้ช่องทางต่อเชื่อมและให้สัญญาณ Clear To Send กลับมาเป็นการบอกว่าส่งได้

การเปลี่ยนจาก ON ไป OFF เป็นการบอกให้ DEC ส่งข้อมูลผ่านช่องสื่อสารให้หมดแล้วกลับไปอยู่ใน Receiving Mode หรืออยู่เฉยๆ พร้อมกับให้ CTS เป็น 0

- Cleat To Send (DTS ขาที่ 6)

- จาก DCT ไป DTE สถานะ ON หมายความว่าข้อมูลจาก DTE ขาที่ 2 จะถูกส่งต่อไปในช่องทางสื่อสาร (โมเด็มส่งข้อมูลออกสายโทรศัพท์) ทันที CTS จะ ON หลังจาก DSR และ RTS อยู่ในสถานะ ON และการต่อเชื่อมวงจรสื่อสาร (ขุมสายโทรศัพท์) เสร็จแล้ว

- Data Set Ready (DTS ขาที่ 6)

จาก DCE ไป DTE คือความพร้อมของโมเด็มนั่นเอง จะเป็น ON (พร้อม) ต่อเมื่อ

1. DEC (โมเด็ม) เปิดเครื่องอยู่ และอยู่ในสถานะ off-hook (เหมือนยกหูโทรศัพท์)
2. DEC ไม่อยู่ใน test mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. DEC ทำการส่งสัญญาณไปยังชุมสายเสร็จแล้ว

DSR อยู่ในสถานะ ON เป็นการบอก DTE ว่าโมเด็มต่อเข้ากับสายโทรศัพท์เรียบร้อยแล้ว และพร้อมที่จะส่งได้แล้ว

DSR อยู่ในสถานะ OFF หมายถึง DTE เลิกสนใจสัญญาณตัวอื่นๆ ยกเว้น Ring Indicator

- Signal Ground (SG ขาที่ 7) คือสายร่วมของสัญญาณทุกตัว
- Carrying Detect (CD ขาที่ 8) จาก DEC ไป DTE

สถานะ ON หมายถึงว่า DEC เตรียมเพื่อเชื่อมต่อตัวกับตัวอื่น และรักษาช่องทางติดต่อไว้ต่อไป (การเชื่อม channel ทำได้หลายทางคือหมุนเรียกด้วยมือหรืออัตโนมัติ) ถ้า DEC สามารถตอบรับสัญญาณเรียก (Call) ได้ ก็ให้ตอบรับ (answering) เมื่อมีสัญญาณเรียก Ring Indicator และ DTR ON อยู่ในสถานะ OFF คือวางหู และเมื่อ OFF แล้วต้องไม่ ON อีกจนกว่า DSR จะ OFF

- Ring Indicator (RI ขาที่ 22)

จาก DEC ไป DTE เหมือนสัญญาณเรียกของโทรศัพท์ แต่เป็นดิจิทัล ใช้ระบบตอบโต้อัตโนมัติ (Auto-answer) สัญญาณนี้จะ ON เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามา และจะ OFF ระหว่างเสียงดังของกระดิ่ง

ส่วนขาอื่น ๆ ที่เหลือนั้น ส่วนมากมีหน้าที่คล้ายกับ 8 ขาแรกที่กล่าวมา และบางเส้นใช้กับงานพิเศษเท่านั้น จึงไม่ขอกล่าวถึงในที่นี้ ขาที่เราใช้สำหรับรับส่งข้อมูลของข้อต่อแบบ DB-25 จึงเหลือเพียงขา 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 20 และ 22 ยกเว้นการต่อใช้งานบางอย่างถึงจะต่อครบทุกเส้น

2.5 DB-25 และ DB-9

จากการที่ข้อต่อแบบ 25 ขาเราใช้งานจริงเพียง 9 ขาเท่านั้น เครื่องคอมพิวเตอร์รุ่นใหม่ ๆ จึงได้ลดข้อต่อลงมาใช้แบบ 9 ขาแทน ซึ่งเราเรียกข้อต่อแบบนี้ว่า DB-9 การใช้ข้อต่อแบบ DB-9 มีข้อดีหลายอย่าง คือ ขนาดเล็กกระทัดรัด ราคาของข้อต่อถูกกว่า การต่อสายเคเบิลสะดวกขึ้น และการใช้งานคล่องตัว DB-25 สัญญาณต่างๆ ของข้อต่อแบบ DB-9 บางเส้นจะตรงกับที่ใช้ใน DB-25 ดังแสดงในตารางเปรียบเทียบ เครื่องคอมพิวเตอร์แบบ ๆ โอบีเอ็มเอที และรุ่นใหม่ๆ มักจะใช้ข้อต่อแบบ DB-9 สำหรับส่งข้อมูลอนุกรมทั้งนั้น แต่อุปกรณ์ต่อพ่วงส่วนมากยังใช้ข้อต่อแบบ DB-25 อยู่ เราจึงต้องใช้สายเคเบิลเหมาะสำหรับทั้งสองด้านในการรับส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ทฤษฎีการออกแบบและการสร้าง

ทฤษฎีและหลักการของเครื่องรับ-ส่งวิทยุ

3.1 การมอดูเลตเชิงมุมเมื่อพิจารณาในอาณาจักรของเวลา (Time Domain)

3.1.1 การแสดงสัญญาณที่มอดูเลตเชิงมุมในอาณาจักรของเวลา

การมอดูเลตเชิงมุมเป็นการใช้สัญญาณแบบแบนด์มาเปลี่ยนแปลงมุมของเฟสเซอร์ของสัญญาณคลื่นพาห้ ซึ่งหมายความว่าสัญญาณที่มอดูเลตแล้วจะมีมุมของเฟสเซอร์เปลี่ยนแปลงตามเวลา โดยทั่วไปถ้าเราให้สัญญาณคลื่นพาห้เขียนได้ในรูป

$$v(t) = A \cos(\omega_0 t + \theta) = A \cos [Ae^{j\theta(t)}] \text{ หรือถ้าจะแสดงในรูปเฟสเซอร์จะได้}$$

$$v(t) = A \cos[\theta(t) = \text{Re}[Ae^{j\theta(t)}] \quad (1)$$

โดยที่ $\phi(t) = \omega_c t + \phi$ ในสภาพของคลื่นพาห้ ที่ยังไม่ถูกมอดูเลตเชิงมุมนี้เฟสเซอร์ในสมการ (1) ก็จำทำมุมกับแกน X เป็น ϕ และหมุนทวนเข็มนาฬิกาด้วยความเร็วเชิงมุมเป็น ω_0 และถ้าเราอ้างอิงกับระบบแกนประสานที่หมุนด้วยความเร็วเชิงมุมที่เท่ากัน จะมองเห็นว่าเฟสเซอร์ของคลื่นพาห้ นั้นจะนิ่งอยู่กับที่ ดังนั้นการมอดูเลตเชิงมุมเพื่อฝากสัญญาณเบสแบนด์ไปกับคลื่นพาห้ นั้นมุม ϕ จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา และทำให้ $\phi(t) = \omega_c t + \phi$ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งสัญญาณที่มอดูเลตเชิงมุมแล้วจะเขียนได้ดังรูปต่อไปนี้

$$v(t) = A_0 \sin[\omega_0 t + \phi(t)] \quad (2)$$

และเนื่องจากความเร็วเชิงมุมเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงของมุมตามเวลา ดังนั้นความเร็วเชิงมุม หรือความถี่เชิงมุมของสัญญาณในสมการ (2) จะเขียนได้ดังนี้

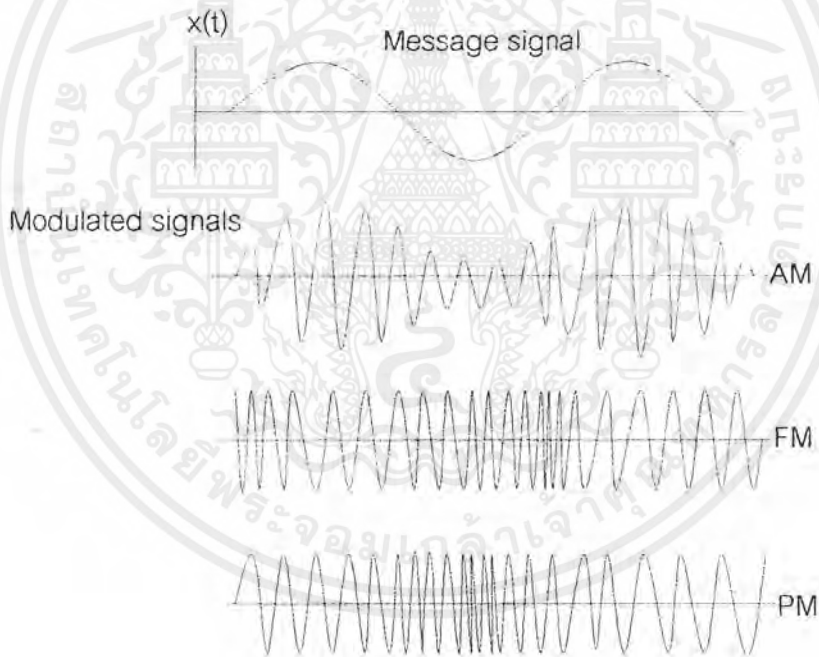
$$\omega = \frac{d}{dt}[\omega_0 + \phi(t)] = \omega_0 + \frac{d}{dt}\phi \quad (3)$$

ซึ่งจะเห็นได้ว่าความเร็วเชิงมุมของสัญญาณที่มอดูเลตแล้วเปลี่ยนไปจากความเร็วเชิงมุมของคลื่นพาห้ ซึ่งลักษณะนี้เราเรียกว่า การมอดูเลตเชิงความถี่ (Frequency Modulation ย่อว่า FM) อย่างไรก็ตามถ้า ϕ สัมพันธ์กับสัญญาณเบสแบนด์ที่มอดูเลตอย่างหนึ่งต่อหนึ่ง เราอาจจะมองได้ว่าสัญญาณเบสแบนด์เป็นตัวทำให้เฟสของคลื่นพาห้เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเราเรียกว่า การมอดูเลตเชิงเฟส (Phase Modulation ย่อว่า PM) จากการที่กล่าวมานี้จะเห็นได้ว่าสัญญาณ FM และสัญญาณ PM นั้น ต่างก็ทำให้เฟสของสัญญาณคลื่นพาห้ที่ทำการเปลี่ยนแปลง

ตามเวลา จึงถูกเรียกรวมกันว่าการมอดูเลตเชิงมุม และค่าเฟสในสมการ (2) คือ $\omega_0 t + \phi(t)$ และความถี่เชิงมุมสมการ (3) ถูกเรียกว่าค่าเฟสชั่วขณะ (instantaneous phase angle) และความถี่เชิงมุมชั่วขณะ (instantaneous angular frequency) รูปที่ 3.1 แสดงตัวอย่างของสัญญาณ FM และสัญญาณ PM

3.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างการมอดูเลตแบบ FM กับการมอดูเลตแบบ PM

เนื่องจากการมอดูเลตแบบ FM และการมอดูเลตแบบ PM นับว่าเป็นการมอดูเลตเชิงมุมร่วมกันจึงมีความสัมพันธ์กันอยู่ ก่อนอื่นถ้าเราพิจารณาจากสมการ (2) วงจรมอดูเลตแบบ PM จะทำให้เฟส $\phi(t)$ แปรตรงกับสัญญาณที่เข้ามา ดังนั้นถ้าให้สัญญาณที่เข้ามาเป็น $m(t)$ สัญญาณขาออกจากการมอดูเลตแบบ PM ก็เขียนได้เป็น



รูปที่ 3.1 (ก) ตัวอย่างของสัญญาณ FM และสัญญาณ PM

เป็นค่าคงที่ของระบบมอดูเลต และถ้า $m(t)$ ถูกสร้างจากอินทิกรัลของสัญญาณที่เข้ามา มอดูเลตคือ ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.1 (ก) $m(t)$ ได้ในรูปต่อไปนี้

$$m(t) = k_2 \int_{-\infty}^t m(t) dt \quad (4)$$

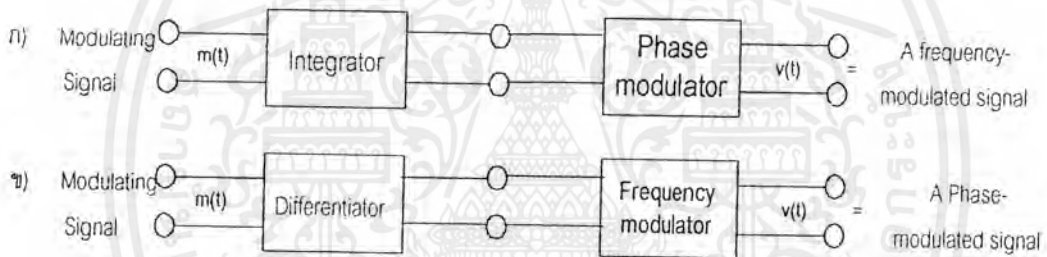
โดยที่ k_2 เป็นค่าคงที่ของวงจรอินทิเกรเตอร์ เมื่อแทนค่าสมการ (5) ในสมการ (4) โดยก็จะได้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$v(t) = A \cos \left[\omega_0 + k_2 \int_{-\infty}^t m(t) dt \right] \quad (5)$$

อินทิกรัลในสมการ (5) จะมีค่าจำกัดถ้าสัญญาณ $m(t)$ ไม่มีส่วนประกอบกระแสตรง สมการ (6) นี้ข้อพิจารณาเปลี่ยนแปลงของความถี่โดยใช้สมการ (3) จะเห็นได้ว่าค่าความถี่ของสัญญาณเปลี่ยนแปลงในรูปต่อไปนี้

$$\omega = \frac{d}{dt} \left[\omega_0 t + k_2 \int_{-\infty}^t m(t) dt \right] = \omega_0 + k_2 m(t) \quad (6)$$

ดังนั้นสัญญาณที่ได้ก็จะเป็นสัญญาณ FM เพราะความถี่ที่เปลี่ยนไปจากความถี่คลื่นพาห์แปรตรงกับสัญญาณ $m(t)$ ที่เข้ามามอดูเลต



รูปที่ 3.2 การใช้วงจรมอดูเลตและวงจรมอดูเลตเฟอเรนทิเอตเป็นส่วนหนึ่งในการสร้างสัญญาณ FM และสัญญาณ PM

ในการทำงานเดียวกับที่กล่าวมาข้างต้น ถ้าเราใช้ วงจรมอดูเลตเฟอเรนทิเอต ร่วมกับวงจรมอดูเลตแบบ FM ก็จะสามารถสร้างสัญญาณ PM ออกมาได้ รูปที่ 3.2 (ข) แสดงบล็อกไดอะแกรมดังกล่าวนี้ เพื่อพิจารณางานองเดียวกันกับที่กล่าวมาข้างต้น กล่าวคือ ถ้าให้ $m(t)$ ซึ่งเป็นสัญญาณที่เข้าวงจรมอดูเลตแบบ FM ถูกสร้างจากการดิฟเฟอเรนทิเอตสัญญาณ $m(t)$ สัญญาณ $m(t)$ จะเขียนได้ในรูปต่อไปนี้

$$m_1(t) = k_1 \frac{d}{dt} m(t) \quad (7)$$

โดยที่ K เป็นค่าคงที่ และเมื่อผ่านวงจรมอดูเลตแบบ FM แล้วสัญญาณขาออกที่ได้จะเขียนได้

$$v(t) = A_0 \cos \left[\omega_0 t + k_2 \int_{-\infty}^t k_1 \frac{d}{dt} m(t) dt \right] \quad (8)$$

$$= A_0 \cos [v(t) = \omega_0 t + k_2 m(t)]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับคณาจารย์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ K_2 เป็นค่าคงที่ของวงจรมอดูเลเตอร์ และ $k=k_1k_2$ สัญญาณในสมการ (8) นี้มีเฟสแปรตรงกับสัญญาณที่เข้ามามอดูเลต จึงเป็นสัญญาณแบบ PM

เมื่อสรุปรูปแบบของสัญญาณที่ได้รับการมอดูเลตแบบ FM และแบบ PM เปรียบเทียบกันแล้วเราจะได้ค่าเฟสชั่วขณะและความถี่เชิงมุมชั่วขณะตามตาราง 3.1

ตาราง 3.1 ค่าเฟสชั่วขณะและความถี่เชิงมุมชั่วขณะของสัญญาณ FM และสัญญาณ PM

	ค่าเฟสชั่วขณะ	ค่าความถี่เชิงมุมชั่วขณะ
สัญญาณ FM	$k_2 \int_{-\infty}^t m(t) dt$	$\omega_o + km(t)$
สัญญาณ PM	$-km(t)$	$\omega_o + \frac{d}{dt} m(t)$

3.1.3 มอดูเลชันอินเด็กซ์ของสัญญาณ FM และสัญญาณ PM

พิจารณาสัญญาณ FM จากสมการ (6) ค่า $km(t)$ จะแสดงความถี่เบี่ยงเบนไปจากความถี่คลื่นพาห์และเรียกค่า $km(t)$ ว่าค่าเบี่ยงเบนความถี่ (frequency deviation) ในทำนองเดียวกันถ้าพิจารณาสัญญาณ PM ตามสมการ (8) $Km(t)$ ก็แสดงเฟสที่เบี่ยงเบนไปจากสัญญาณคลื่นพาห์และเราก็จะเรียกค่า $Km(t)$ สูงสุดในกรณีนี้ว่า ค่าเบี่ยงเบนเฟส (phase deviation) ถ้ากำหนดให้สัญญาณเบสแบบคี่เป็นสัญญาณรูปไซน์ที่มีความถี่เป็น f_m นั่นคือ

$m(t) = \sin 2\pi f_m t$ ในกรณีสัญญาณ PM ในสมการ (8) จะเขียนได้เป็น

$$v(t) = A \cos(\omega_o t + \beta \sin \omega_m t) \quad (9)$$

โดย β แสดงค่าสูงสุดของการเบี่ยงเบนเฟส และจะถูกเรียกว่า มอดูเลชันอินเด็กซ์ และเมื่อพิจารณาสัญญาณในสมการ (10) ในเชิงของสัญญาณ FM จะได้ความถี่ชั่วขณะในรูปต่อไปนี้

$$\begin{aligned} f &= \frac{\omega_c}{2\pi} + \frac{\beta \omega_m}{2\pi} \cos \omega_m t \\ &= f_c + \beta f_m \cos \omega_m t \end{aligned} \quad (10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าการเบี่ยงเบนสูงสุด βf_m นั้นถ้าให้เท่ากับ Δf มอดูเลชันอินเด็กซ์จะเขียนได้เป็น $\beta = \Delta f / f_m$ และสัญญาณ FM นั้นก็จะเขียนได้เป็น

$$v(t) = A \cos(\omega_o t + \frac{\Delta f}{f_m} \sin \omega_m t) \quad (11)$$

3.1.4 กำลังส่งของสัญญาณ FM และสัญญาณ PM

ในกรณีของสัญญาณแบบ FM และแบบ PM นี้ เนื่องจากแอมพลิจูดของสัญญาณมีค่าคงที่ จะเปลี่ยนแปลงเฉพาะความถี่หรือเฟสเท่านั้น และการเปลี่ยนแปลงของความถี่และเฟสนี้จะมีทั้งที่ไปทางด้านบวกและด้านลบ ดังนั้นเมื่อพิจารณากำลังส่งเฉลี่ยของสัญญาณทั้งสองแบบนี้จะพบว่า จะได้กำลังส่งเป็น

$$P = \frac{A^2 c}{2} \quad (12)$$

โดยที่จะไม่ขึ้นกับค่าเบี่ยงเบนเฟสและค่าเบี่ยงเบนความถี่

3.1.5 สัญญาณ FM ที่มีแถบความถี่คงที่

ถ้าสัญญาณที่เข้ามามอดูเลตเป็น $V_m \cos \omega t$ คือมีระดับแรงดันแรงสุดเป็น ในระบบมอดูเลชันแบบ PM ค่าเฟสชั่วขณะของสัญญาณที่มอดูเลตแล้วจะแปรตรงกับสัญญาณนี้คือ $\phi(t) = k_1 V_m \cos \omega_m t$ โดยที่ k_1 เป็นค่าคงที่ ซึ่งทำให้ค่าเบี่ยงเบนเฟสคือ $\phi(t) = k_1 v_m$ ในสภาพที่ v_m มีค่าคงที่ ถ้า β นั้นใหญ่พอสมควรแบนด์วิดท์ของสัญญาณ PM นี้ก็จะแปรตามความถี่ f_m เพราะตามกฎของคาร์สัน $B = 2\beta f_m = 2k_1 v_m f_m$ เราอาจจะหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนแปลงของแบนด์วิดท์ตามความถี่ f_m ได้ ถ้าสามารถทำให้ค่าเฟสชั่วขณะเขียนได้ในรูปต่อไปนี้

$$\phi(t) = \frac{kv_m}{2} \sin \omega_m t \quad (13)$$

โดยที่ k เป็นค่าคงที่ในเงื่อนไขเช่นนี้

$$\beta = \frac{kv_m}{2\pi f_m} \quad (14)$$

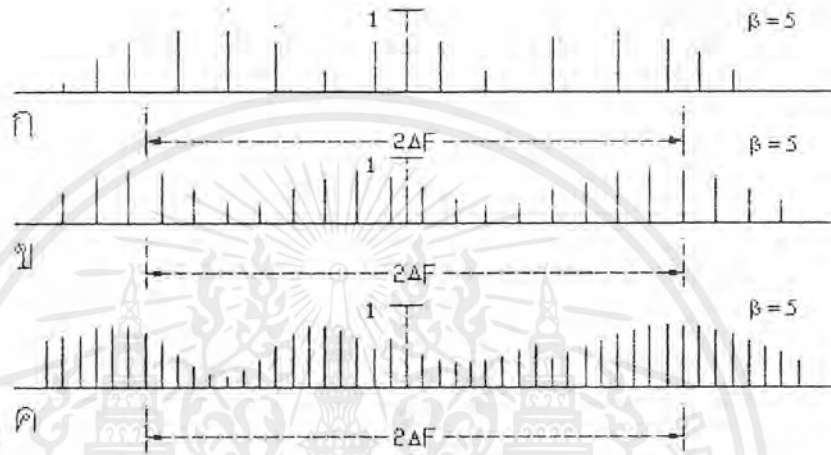
ถ้าให้แบนด์วิดท์ของสัญญาณที่ได้ตามกฎของคาร์สันมีค่าคงที่คือ

$$B = 2\beta f_m = \frac{2kv_m}{2\pi} \quad (15)$$

สัญญาณที่มีค่าเฟสชั่วขณะดังสมการ (14) นั้นจะมีค่าความถี่เชิงมุมชั่วขณะเป็น $\omega = \omega_o + kv_m \cos \omega_m t$ ยังมีการเปลี่ยนแปลงของความถี่เชิงมุมแปรตรงกับสัญญาณที่เข้ามามอดูเลต เมื่อพิจารณาให้ชัดแล้วสัญญาณนี้คือสัญญาณ FM มากกว่าสัญญาณ PM รูปที่ 2.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงตัวอย่างการกระจายของสเปกตรัมของสัญญาณ FM ที่มีการจำกัดแถบความถี่ให้คงที่นี้ โดยที่ขนาดของสัญญาณไม่ถูกมอดูเลตเป็น 1 จากรูปที่ 3.3 จะเห็นได้ว่าสัญญาณที่มีค่า ต่ำและสูงจะมีการกระจายของสเปกตรัมออกไปมากกว่าสัญญาณที่มีสูงและต่ำ



รูปที่ 3.3 การกระจายของสเปกตรัมของสัญญาณ FM ที่มีการจำกัดแถบความถี่ให้ $2\Delta f$ คงที่

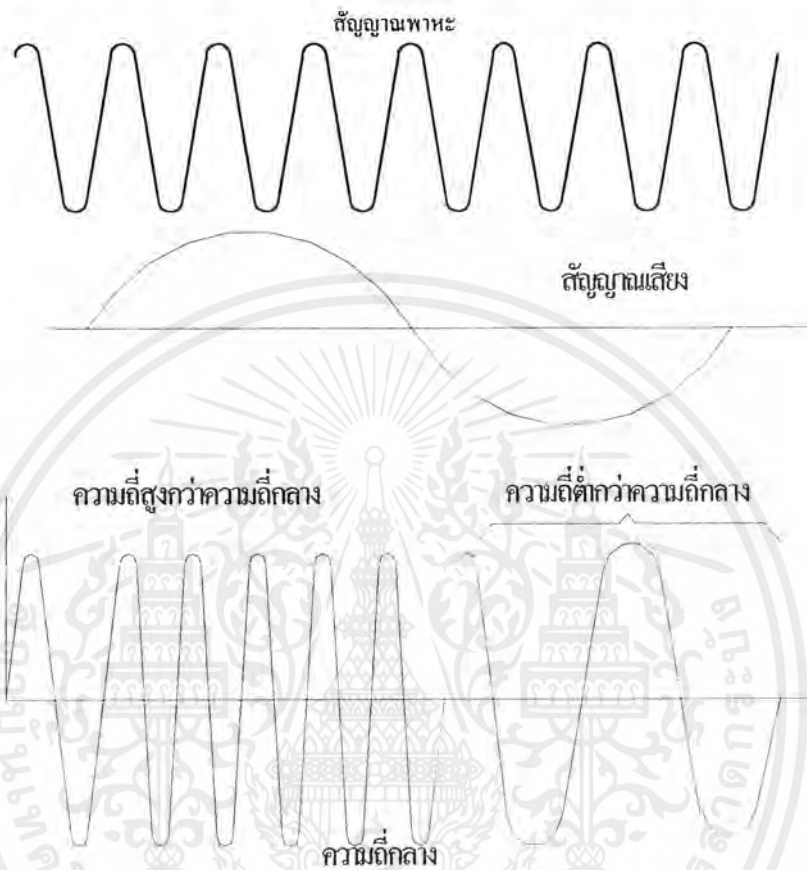
3.2 การมอดูเลตทางความถี่ (frequency Modulation)

การมอดูเลตทางความถี่ คือ การทำให้ความถี่ของคลื่นพาหะเปลี่ยนแปลงโดยจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามขนาดของสัญญาณเสียงที่นำมามอดูเลต ความถี่ของคลื่นพาหะที่ยังไม่มีการมอดูเลต เรียกว่า ความถี่กลาง (Center Frequency)

เมื่อขนาดของสัญญาณเสียงเพิ่มขึ้นทางบวกก็จะทำให้คลื่นพาหะมีความถี่เพิ่มขึ้น ถ้าสัญญาณเสียงมีขนาดลดลง ความถี่ของคลื่นพาหะก็จะลดลง และถ้าขนาดของสัญญาณเสียงลดลงจนเป็นศูนย์ความถี่ของคลื่นพาหะก็จะมีความถี่น้อยกว่าความถี่กลาง และจะมีความถี่น้อยที่สุดเมื่อขนาดของสัญญาณเสียงลดลงถึงจุดต่ำสุดดังรูปที่ 3.4

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าความถี่ของสัญญาณ FM จะเปลี่ยนแปลงไป โดยมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าความถี่กลาง ซึ่งขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณเสียง ความถี่ของสัญญาณ FM ที่มีค่าความถี่แตกต่างจากความถี่กลางมากที่สุด เรียกว่า ความถี่เบี่ยงเบนสูงสุดของคลื่นพาหะ (Maximum Frequency Deviation of Carrier) ซึ่งค่าความถี่เบี่ยงเบน (Frequency Deviation) นี้จะเป็นตัวบอกแอมปริจูดของสัญญาณที่เรานำมอดูเลต คือ ถ้าความถี่เบี่ยงเบนมีค่ามากก็

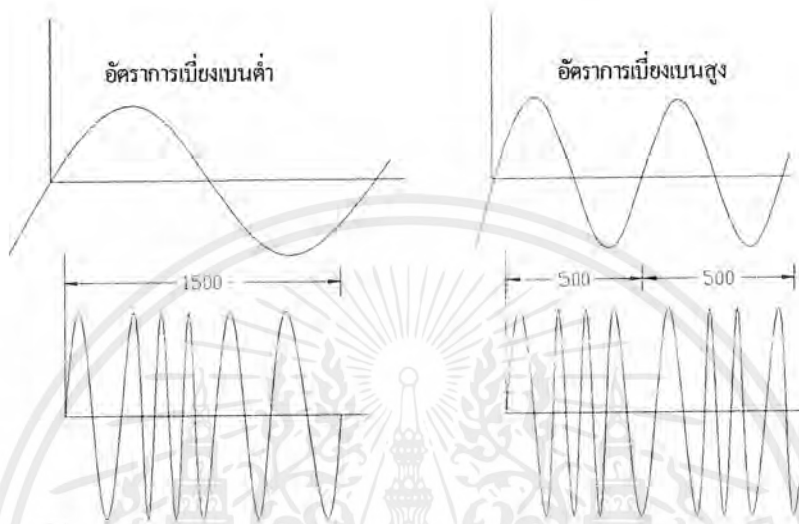
เอกสารนี้แต่งไว้สำหรับศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 สัญญาณเอฟเอ็ม (FM)

นอกจากนี้สิ่งที่จะต้องทำความเข้าใจอีกประการหนึ่ง คือ ค่าอัตราการเบี่ยงเบน (Rate of Frequency Deviation) ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกให้ทราบว่า การเปลี่ยนแปลงแอมพลิจูดไปครบ 1 รอบ สัญญาณเอฟเอ็มก็จะเปลี่ยนตามไปครบ 1 รอบด้วย ถ้าค่าอัตราเบี่ยงเบนสูงก็แสดงว่าความถี่ของสัญญาณเสียงสูง ดังนั้นค่าอัตราการเบี่ยงเบนจึงขึ้นอยู่กับค่าความถี่ของสัญญาณเสียง

เสียงที่เกิดขึ้นจากค่าเอฟเอ็มนั้น จะมีความดังหรือค่อยขึ้นอยู่กับ ค่าความถี่ของสัญญาณเอฟเอ็ม ส่วนระดับเสียงสูงต่ำนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าอัตราการเบี่ยงเบนความถี่ของสัญญาณเอฟเอ็ม ซึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงตามความถี่ของสัญญาณเสียงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 2.19 อัตรการเบี่ยงเบนความถี่

ในการสร้างคลื่นเอฟเอ็มนั้น ผลที่ได้ออกมาจะมีหลาย ๆ ความถี่เช่นเดียวกับการมอดูเลตทางแอมพลิจูด (Amplitude Modulation:AM) แต่จะแตกต่างกันที่ความถี่แถบข้าง (Sideband Frequency) โดยในระบบเอฟเอ็มความถี่แถบข้างจะเกิดขึ้นเพียงสองความถี่เท่านั้น ส่วนในระบบเอฟเอ็มความถี่แถบข้างจะเกิดขึ้นมากมาย โดยจำนวนของความถี่แถบข้างที่เกิดขึ้นนี้จะขึ้นอยู่กับค่าแอมพลิจูด และความถี่ของสัญญาณเสียง ถ้าค่าแอมพลิจูดมากจำนวนของความถี่แถบข้างก็จะปรากฏมีมากด้วย

ช่วงความถี่ระหว่างความถี่แถบข้างด้านบน (Upper Sideband Frequency) และความถี่แถบข้างด้านล่าง (Lower Sideband Frequency) เรียกว่า แบนด์วิดท์ (Bandwidth) สัญญาณเอฟเอ็มมีช่วงแบนด์วิดท์ที่กว้างมาก ๆ เราเรียกว่า สัญญาณเอฟเอ็มที่มีแถบความถี่ที่กว้าง (Narrow band FM) นั้น ทำได้โดยการจำกัดค่าการเบี่ยงเบนสูงสุดของสัญญาณเอฟเอ็มแต่วิธีนี้จะทำให้เกิดการเพี้ยนได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การสร้างสัญญาณ FM

การสร้างสัญญาณ FM นั้นสามารถแบ่งได้กว้างๆ เป็น 2 แบบด้วยกัน คือ แบบทางตรง (Direct method) กับทางอ้อม (Indirect method) แบบทางตรงนั้นจะหมายถึงการนำสัญญาณที่นำเข้ามาออกดูเลตไปเปลี่ยนความถี่ของคลื่นพาห้โดยตรง สำหรับแบบทางอ้อมนั้น จะเป็นวิธีการที่อาศัยวงจรหลายๆ อย่างประกอบกัน

การสร้างสัญญาณ FM แบบทางตรง

การสร้างสัญญาณ FM แบบทางตรงนั้นเป็นการนำเอาสัญญาณที่จะนำเข้ามาออกดูเลตไปเปลี่ยนความถี่ของคลื่นพาห้โดยตรง ซึ่งออกซิไลเตอร์ที่ทำงานในลักษณะนี้ได้ก็มี รีฟลักซ์โคลสตรอน (reflex klystron) และ กันน์ไดโอด (Gun Diode) ที่ใช้ในย่านความถี่ไมโครเวฟเป็นต้น ออกซิไลเตอร์ทั้งสองแบบนี้ความถี่ออกซิไลเตอร์ออกมาเปลี่ยนแปลงแรงดันไปอีตักจะทำให้ได้สัญญาณ FM ออกมาโดยตรง สำหรับความถี่ในย่านต่ำกว่าไมโครเวฟลงมานั้น มักจะใช้ วาแรคเตอร์ (varactor หรือ variable reactor) ซึ่งจะมีคุณสมบัติเฉพาะคือ ค่าคาปาซิแตนซ์จะเปลี่ยนแปลงไปตามระดับของแรงดันที่ตกคร่อมอยู่ ดังนั้นถ้าใช้วาแรคเตอร์นี้เป็นส่วนหนึ่งของวงจรเรโซแนนท์ที่ใช้ในวงจรออกซิไลเตอร์

วิธีนี้มีข้อดีคือ ทำได้ง่าย และความถี่เบี่ยงเบนที่ได้จะสูงพอสมควร แต่มีข้อเสียคือ ค่า จะดริฟท์ (drift) ได้ง่าย จึงจำเป็นต้องมีวงจรชดเชยอุณหภูมิและวงจรควบคุมถี่ ให้ค่าคงที่ ซึ่งก็จะทำให้วงจรมีความยุ่งยากมากขึ้น

การสร้างสัญญาณ FM แบบทางอ้อม

โดยทั่วไปจะใช้วงจรอินทิเกรตสัญญาณที่เข้ามาออกดูเลต และส่วนที่เป็นบาลานซ์มอดูเลเตอร์ เฟสชิฟเตอร์และวงจรวกจะทำหน้าที่เป็นเฟสมอดูเลเตอร์ ซึ่งจะทำให้สัญญาณที่ผ่านวงจรส่วนนี้จะเป็นสัญญาณ FM

การมอดูเลตแบบนี้จะมีข้อจำกัดที่ค่าความถี่เบี่ยงเบนมีค่าต่ำ ซึ่งหมายถึงสัญญาณที่ได้จะเป็นสัญญาณ FM แบบแบนด์วิดท์แคบ กรณีที่ต้องการสัญญาณ FM แบบแบนด์วิดท์กว้างก็จะต้องมีการออกแบบตั้งแต่ต้น คือ ใช้วงจรคูณความถี่เข้าช่วยซึ่งจะทำให้ความถี่ของคลื่นพาห้สูงขึ้นพร้อมๆ กับทำให้ค่าความถี่เบี่ยงเบนสูงขึ้น

3.3.1 การวิเคราะห์สัญญาณ FM

จากสมการทั่วไปของสัญญาณไฟสตบ จะได้สมการของคลื่นพาหะคือ

$$e_o = v_o \sin[\omega_o t + \phi(t)]$$

ในที่นี้ c_o คือ ขนาดของสัญญาณคลื่นพาหะในขณะใดขณะหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

v_o คือ ขนาดสูงสุดของสัญญาณ

$\phi(t)$ คือ การมอดูเลตเชิงมุม (Angle Modulation)

$\omega_o = 2\pi f_o$ คือ f_o ความถี่ของคลื่นพาหะ

การมอดูเลตแบบเฟเอ็ม คือการที่สัญญาณเสียงไปทำให้สัญญาณความถี่ของคลื่นพาหะ เบี่ยงเบนไปจากความถี่กลางด้วยอัตราค่าเบี่ยงเบนความถี่ (Frequency deviation sensitivity) $K = 2\pi / V$ ให้สัญญาณเสียงมีสมการเป็น $c_m = v_m \sin \omega_m t$

จะได้สัญญาณเฟเอ็มเป็น

$$c_m = v_o \sin(\omega_o t + 2\pi \Delta f \sin \omega_m t / \omega_m)$$

โดย $m_f =$ มอดูเลชันอินเด็กซ์ (Modulation Index) ...

$\Delta f =$ ความถี่เบี่ยงเบนของสัญญาณเฟเอ็ม

$f_m =$ ความถี่ของสัญญาณเสียง

จะได้

$$\begin{aligned} c_{FM} &= V_o \sin(\omega_o t + m_f \sin \omega_m t) \\ &= V_o [\sin \omega_o t \cos(m_f \sin \omega_m t) + \cos \omega_o t \sin(m_f \sin \omega_m t)] \end{aligned}$$

จาก Bessel's function

$$\cos(m_f \sin \omega_m t) = J_0(m_f) + 2J_2(m_f) \cos 2\omega_m t + 2J_4(m_f) \cos 4\omega_m t + \dots$$

$$\sin(m_f \sin \omega_m t) = 2J_1(m_f) \sin \omega_m t + 2J_3(m_f) \sin 3\omega_m t + \dots$$

ดังนั้นจะได้ว่า

$$\begin{aligned} c_{FM} &= V_o \{ J_0(m_f) \sin \omega_o t + J_4(m_f) [\sin(\omega_o + \omega_m)t - \sin(\omega_o - \omega_m)t] \\ &\quad + J_2(m_f) [\sin(\omega_o + 2\omega_m)t + \sin(\omega_o - 2\omega_m)t] \\ &\quad + J_3(m_f) [\sin(\omega_o + 3\omega_m)t - \sin(\omega_o - 3\omega_m)t] + \dots \} \end{aligned}$$

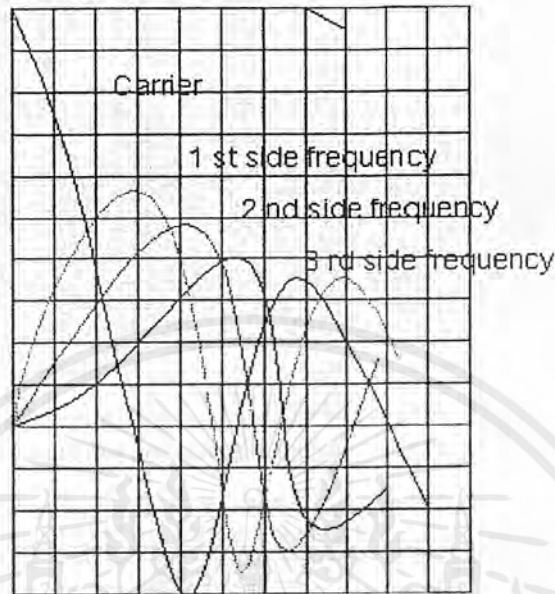
โดย $J_0(m_f)$ คือ แอมพลิจูดของคลื่นพาหะ

$J_1(m_f)$ คือ แอมพลิจูดของความถี่แถบข้างที่ 1

$J_2(m_f)$ คือ แอมพลิจูดของความถี่แถบข้างที่ 2

$J_3(m_f)$ คือ แอมพลิจูดของความถี่แถบข้างที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแอมพลิจูดของสัญญาณเอฟเอ็มและมอดูเลชันอินเด็กซ์

3.4 การดีมอดูเลตทางความถี่ (Frequency Demodulation)

การดีมอดูเลตสัญญาณ หรือการตีเท็กชั่น (detection) หรือ ดิสคริมิเนเตอร์ (Discriminator) เป็นวิธีแยกเอาสัญญาณข้อมูลข่าวสาร กลับคืนมาจากการมอดูเลตซึ่งขนาดของสัญญาณเสียงที่ได้จะเพิ่มขึ้นหรือลดลง ตามการเปลี่ยนแปลงของการเบี่ยงเบนของความถี่เอฟเอ็ม การเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณเสียงต่อความถี่เบี่ยงเบนในลักษณะถูกต้องตลอดเวลา ขณะที่สัญญาณเอฟเอ็มไม่มีการเบี่ยงเบนความถี่ก็คือ เป็นความถี่กึ่งกลางของสัญญาณ สัญญาณเสียงก็จะเป็นศูนย์ แต่ถ้าสัญญาณเอฟเอ็มมีการเบี่ยงเบนไปทางด้านสูงขึ้น ขนาดของสัญญาณเสียงจะเปลี่ยนแปลงเป็นบวกเพิ่มขึ้นตามความถี่เบี่ยงเบนจนกระทั่งสัญญาณเอฟเอ็มเบี่ยงเบนสูงสุด ขนาดของสัญญาณเสียงก็จะเป็นบวกสูงสุด เมื่อความถี่เบี่ยงเบนเริ่มลดลง ขนาดของสัญญาณเสียงก็จะเริ่มลดลงด้วยจนกระทั่งเป็นความถี่กึ่งกลางขนาดของสัญญาณเสียงจะเป็นศูนย์ ในทำนองเดียวกัน เมื่อสัญญาณเอฟเอ็มเบี่ยงเบนไปทางด้านต่ำ ขนาดของสัญญาณเสียงจะลดลงเป็นลบ และความถี่เบี่ยงเบนต่ำสุด ขนาดของสัญญาณเสียงก็จะเป็นลบต่ำสุด ขนาดของสัญญาณเสียงจะเป็นศูนย์อีกครั้ง เมื่อสัญญาณเอฟเอ็มเบี่ยงเบนจากความถี่ต่ำสุด เป็นความถี่กึ่งกลาง ในการตีเทคสัญญาณเอฟเอ็มมีความสำคัญอย่างมากในระบบการดีมอดูเลต เพราะการแยกสัญญาณเสียงที่มีความถูกต้องเหมือนเดิมนั้น การทำงานจะต้องมีความถูกต้องและมีความไวในการเปลี่ยนแปลงความถี่เบี่ยงเบนให้เป็นสัญญาณเสียงได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนเวลาหรือการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรถัดเทคเตอร์ ชนิดควอดราเจอร์ (Quadrature Detect) ซึ่งวงจรมีการทำงานโดย แบ่ง สัญญาณ ไอเอฟ เป็นสองส่วน โดยแต่ละส่วนมีเฟสต่างกัน 90 องศา จากนั้นคูณสัญญาณทั้งสองนี้ แล้วใช้วงจรโวลท์พาสฟิวเตอร์กรองเอาสัญญาณที่ต้องการออกมา ดังแสดงในรูปที่ 3.6 ซึ่งหลักการการทำงานของควอดราเจอร์ดีเทคนี้ อธิบายได้ดังนี้

กำหนดให้ ω_o คือ ความถี่กลางในหน่วยเรเดียน

ω คือ ความถี่ขณะใด ๆ ในหน่วยเรเดียน

จะได้ว่า ความต่างเฟส ($\Delta\phi$) ในหน่วยเรเดียนเป็น

$$\Delta\phi = (\pi/2) - K(\omega - \omega_o) = \pi/2 - (K\Delta\omega)$$

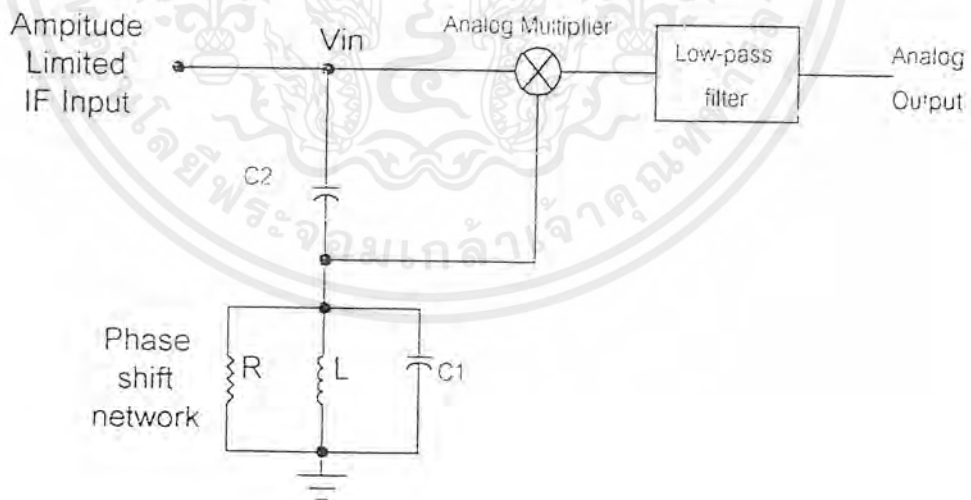
สัญญาณอินพุตของวงจรมี $V_o \sin(\omega t)$ และ

$$V_o \cos[\omega t + \pi/2 - (K\Delta\omega)] = V_o \cos[\omega t - (K\Delta\omega)]$$

คูณเข้าด้วยกันจะได้ $V_o^2 \sin(\omega t) \cos[\omega t - (K\Delta\omega)]$ ซึ่งมีองค์ประกอบสัญญาณความถี่ต่ำ คือ

$[V_o^2 \sin(K\Delta\omega)]/2$ สำหรับ $K\Delta\omega$ มีค่าน้อย ๆ จะได้ $\sin(K\Delta\omega)$ มีค่าประมาณ $K\Delta\omega$

เทอมนี้จะเป็นลิเนียร์ใน $\Delta\omega$ และจะให้มอดูเลตตั้งวงฟร็อมออกมา



รูปที่ 3.7 แสดงรูปแบบวงจรถัดเทคเตอร์

จากวงจรรูปที่ 3.7 เป็นวงจรถัดเทคเตอร์ดีเทคเตอร์ วงจรรีโซแนนซ์ที่มีความถี่ ω_o และการเลื่อนเฟส $\Delta\phi$ ระหว่าง V_{in} และ V_o กำหนดโดย

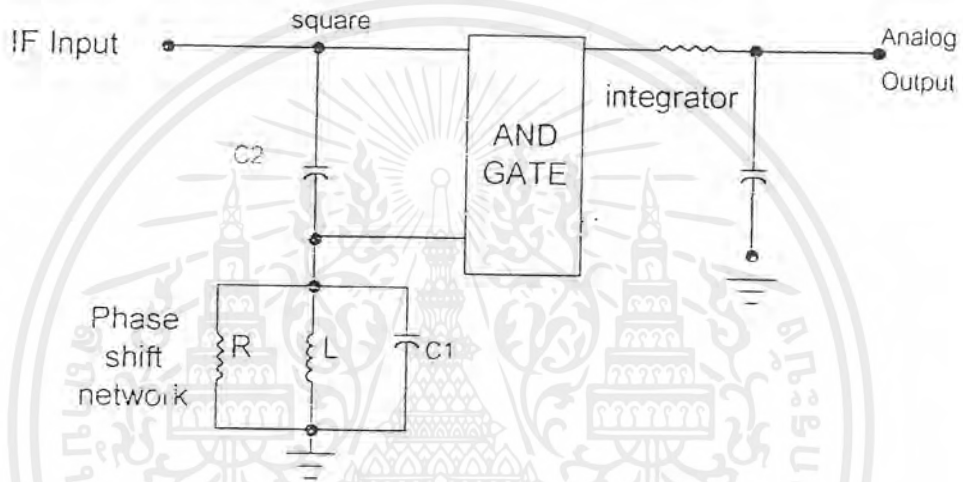
$$\Delta\phi = \text{Arg}(V_o / V_{in}) = \pi/2 - \tan(Q_o \delta)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย Q_o คือ ค่าของ Q ของวงจรรีโซแนนซ์ที่ และ

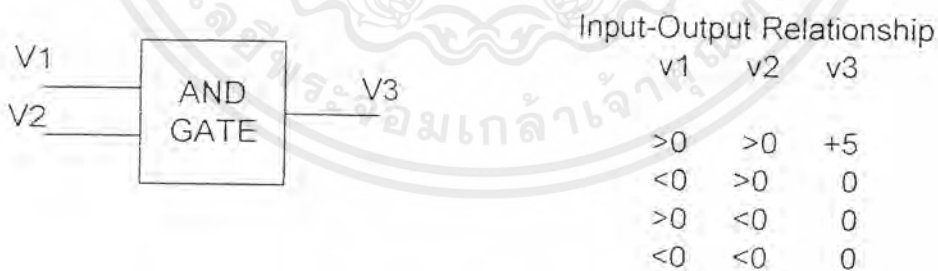
$$\delta \text{ คือ } (\omega / \omega_o) - (\omega_o / \omega)$$

สำหรับความถี่เลื่อนไปเล็กน้อย ΔQ จะเป็นลิเนียร์ กับความถี่สำหรับวงจรถูกให้เสียงที่มีคุณภาพในควอดราเจอร์ ดีเทกเตอร์ จะมีส่วนของอนาลอก มัลติพลายเออ ที่ถูกแทนที่ด้วย แอนด์ (AND GATE) ซึ่งมีวงจรตามรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 การใช้แอนเกตในควอดราเจอร์ดีเทกเตอร์

ซึ่งแอนเกตจะให้เอาต์พุต +5 โวลท์ก็ต่อเมื่ออินพุตทั้งสองเป็นบวก นั่นก็คือการทำงานดังนี้



รูปที่ 3.8 การตอบสนองของแอนเกต ต่ออินพุต

ก่อนเข้าภาคควอดราเจอร์ดีเทกเตอร์สัญญาณไอเอฟ จะถูกทำให้เป็นคลื่นสี่เหลี่ยมด้วย วงจรลิมิตเตอร์สัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมที่ได้จะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนที่หนึ่ง จะเข้าอินพุตของแอนเกตโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่สอง จะผ่านเข้าสู่วงจรเลื่อนเฟส (Phase Shifter) ซึ่งเป็นวงจรรีโซแนนซ์ ที่มีค่า Q สูง และมี f_0 ที่มีความถี่ไอเอฟจึงทำให้ได้คลื่นไซน์ที่มีความถี่ f_0 ออกมา และนำไปเข้ามาที่อีก อินพุทหนึ่งของแอนแกต

เมื่อสัญญาณคลื่นไซน์ และคลื่นสี่เหลี่ยมเป็นบวก เอาท์พุทของแอนแกตจะเป็น +5 โวลท์ และเมื่อสัญญาณอินได้อันหนึ่ง หรือทั้งสองอันเป็นลบ เอาท์พุทก็จะเป็นศูนย์ ซึ่งจะได้รูป คลื่นที่ค่า ω ต่าง ๆ ดังรูปที่ 3.8 เอาท์พุทของแอนแกตเป็นขบวนการของพัลส์ซึ่งความกว้างจะขึ้น อยู่กับผลต่างของเฟสระหว่างอินพุทไซน์ และคลื่นสี่เหลี่ยมเมื่ออินพุททั้งสองอินเฟสกัน ความยาว ของพัลส์เอาท์พุทจะเป็นครึ่งหนึ่งของ T_0 และ เมื่อเฟสต่างกัน 180 องศา เอาท์พุทจะเป็นศูนย์

ตัวอย่างการอ่านค่าจากรูปที่ 3.5 และตารางที่ 3.2 เมื่อ $m_f = 0.5$

แอมพลิจูดของคลื่นพาหะ $J_0(0.5) = 0.94$

แอมพลิจูดของความถี่แถบข้างที่ 1 $J_1(0.5) = 0.24$

แอมพลิจูดของความถี่แถบข้างที่ 2 $J_2(0.5) = 0.03$

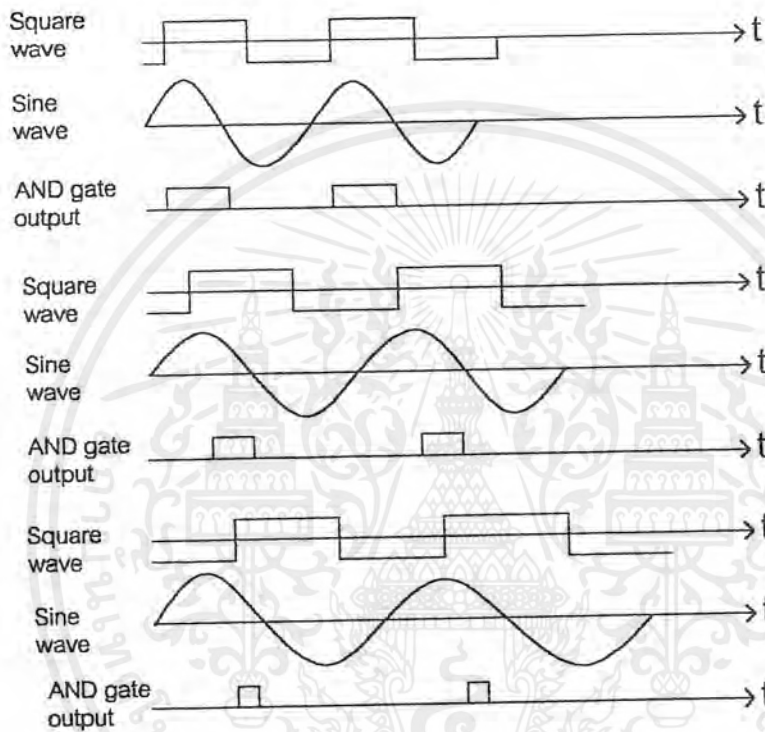
จะเห็นได้ว่าค่ามอดูเลชันอินเด็กซ์มีค่าน้อย จำนวนของความถี่แถบข้างที่เกิดขึ้นจะมีค่าน้อย ซึ่งลักษณะนี้เรียกว่า สัญญาณเอฟเอ็มที่มีช่วงความถี่แคบ (Narrow band FM) ส่วน ลักษณะที่มีความถี่แถบข้างเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก จะเรียกว่าสัญญาณเอฟเอ็มที่มีช่วงความถี่ กว้าง (Wide band FM) ซึ่งค่ามอดูเลชันอินเด็กซ์จะมีค่ามาก

Table Bessel Function of the First Kind

m	J0	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12	J13	J14
0	1														
0.25	0.98	0.12													
0.5	0.94	0.24	0.03												
1	0.77	0.44	0.11	0.02											
1.5	0.51	0.56	0.23	0.06	0.01										
2	0.22	0.58	0.35	0.13	0.03										
2.4	0	0.52	0.43	0.2	0.06	0.02									
2.5	-0.05	0.5	0.45	0.22	0.07	0.02	0.01								
3	-0.26	0.34	0.49	0.31	0.13	0.04	0.01								
4	-0.4	-0.07	0.36	0.43	0.28	0.13	0.05	0.02							
5	-0.18	-0.33	0.05	0.36	0.39	0.26	0.13	0.05	0.02						
6	0.15	-0.28	-0.24	0.11	0.36	0.36	0.25	0.13	0.06	0.02					
7	0.3	0	-0.3	-0.17	0.16	0.35	0.34	0.23	0.13	0.06	0.02				
8	0.17	0.23	-0.11	-0.29	-0.1	0.19	0.34	0.32	0.22	0.13	0.06	0.03			
9	-0.09	0.25	0.14	-0.18	-0.27	-0.06	0.2	0.23	0.31	0.21	0.12	0.06	0.03	0.01	
10	-0.25	0.05	0.25	0.06	-0.22	-0.23	-0.01	0.22	0.32	0.29	0.21	0.12	0.06	0.03	0.01

ตารางที่ 3.2 แสดงเบสเซลฟังก์ชัน (Bessel's Function)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



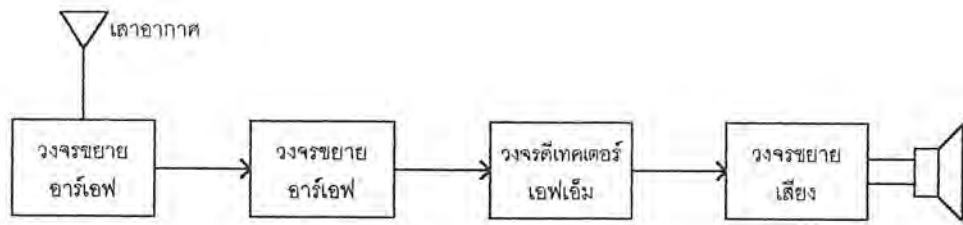
รูปที่ 3.9 แสดงเอาต์พุตของแอนดเกตเมื่อมีสัญญาณอินพุตต่าง ๆ กัน

ถ้าเรานำเอาต์พุตของแอนดเกตไปต่อกับอินทิเกรเตอร์ (integrator) เอาต์พุตโวลต์ที่ตรวจได้เป็นค่าเฉลี่ยที่เป็นส่วนของพัลส์ ซึ่งจะเปลี่ยนไปตามความถี่อินพุตดังนั้นเราจะได้อาต์พุตที่ถูกคิมอคูเลตออกมา

3.5 หลักการของเครื่องรับชนิดซูเปอร์เฮเทอโรโรคายน

เครื่องรับเอฟเอ็มในยุคแรก ๆ จะเป็นเครื่องรับที่มีชื่อเรียกว่า ชนิดจูนความถี่สัญญาณวิทยุหรือ(Tuned Radio Frequency) หรือมีชื่อย่อว่าTRF ซึ่งมีบล็อกไดอะแกรม ดังรูปที่ 3.10 ลักษณะของวงจรง่าย ๆ โดยพิจารณาจากบล็อกไดอะแกรมแล้ว จะเห็นว่าเมื่อมีสัญญาณเข้ามาจากเสาอากาศผ่านการจูนเลือกความถี่แล้ว ป้อนเข้าสู่วงจรขยายสัญญาณความถี่วิทยุให้มีขนาดใหญ่ขึ้น

จากนั้นจึงป้อนเข้าสู่วงจรมอดูเลเตอร์เพื่อทำการแยกสัญญาณตัวจูนขยายเสียงออกทางลำโพง
เอกสารนี้เป็นเพียงทรัพย์สินทางปัญญาของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศฯ ซึ่งสนับสนุนผู้ประกอบการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 วงจรเครื่องรับวิทยุเอฟเอ็มแบบ TRF

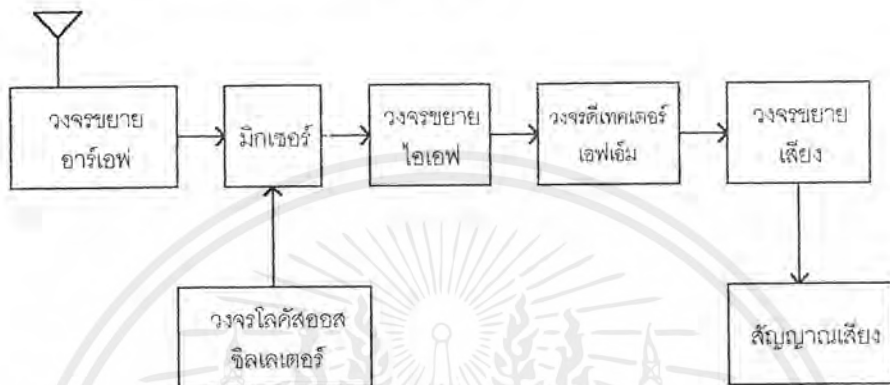
ในวงจรเครื่องรับเอฟเอ็มแบบ TRF ส่วนของวงจรขยายสัญญาณ ความถี่วิทยุจะต้องทำการขยายได้ดีตลอดช่วงความถี่ที่ใช้งาน และข้อเสียมักจะเกิดขึ้นคือ ช่วงอัตราขยายมักไม่สม่ำเสมอตลอดย่านความถี่ที่ใช้งาน เป็นผลทำให้สถานีที่ส่งต่างกันเครื่องรับได้จะต่างกันมาก ในบางสถานีที่ส่งที่ความถี่ต่ำจะทำให้มีอัตราขยายของวงจรขยายสัญญาณความถี่วิทยุสูงก็จะรับเสียงดังมากจนเกิดการเพี้ยนและบางสถานีอยู่ที่ความถี่สูง ทำให้วงจรมีอัตราขยายต่ำทำให้มีสัญญาณรบกวนสูง

นอกจากนี้ข้อเสียของวงจรเครื่องรับ TRF อีกประการหนึ่งคือ การจูนเลือกสถานีเป็นไปได้ยาก ไม่ค่อยเสถียรภาพและยุ่งยากต่อการออกแบบมาก ทั้งนี้เพราะวงจรมีช่วงการเลือกไม่ดี ก็อาจจะมีสัญญาณของสถานีข้างเคียงแทรกซ้อน เพื่อที่จะแก้ปัญหาเหล่านี้เราต้องนำสัญญาณความถี่วิทยุนี้ผ่านเข้าสู่วงจรมิกเซอร์ (Mixer) เสียก่อน เพื่อที่จะเปลี่ยนสัญญาณความถี่วิทยุที่จูนเข้ามาได้ให้อยู่ในรูปของความถี่ที่ต้องการก่อนเข้าสู่วงจรขยาย เพราะจะได้กำหนดอัตราขยายของวงจรได้ถูกต้อง มีแบนด์วิดท์ที่พอเหมาะและยังเพิ่มเสถียรภาพการเลือกสถานี ทำให้อาการแทรกซ้อนระหว่างสถานีลดลงน้อยลงไปมาก

วงจรเครื่องรับที่มีภาคมิกเซอร์ทำหน้าที่เปลี่ยนความถี่ของสัญญาณที่ได้รับให้อยู่ในความถี่ที่ต้องการเป็นความถี่กลาง (Intermediate Frequency) หรือความถี่ไอเอฟ (IF) นี้มีชื่อเรียกว่า เครื่องรับซูเปอร์เฮเทอโรไดนา (Superheterodyne) ลักษณะของวงจรเครื่องรับซูเปอร์เฮเทอโรไดนาแสดงให้เห็นดังบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 3.11 ในวงจรเครื่องรับเอฟเอ็มทั่วไปจะเป็นวงจรเครื่องรับซูเปอร์เฮเทอโรไดนา การทำงานของวงจรเริ่มจากมีสัญญาณผ่านเข้ามาทางสายอากาศของเครื่องรับ ซึ่งผ่านวงจรขยายสัญญาณความถี่วิทยุ (RF) ขยายสัญญาณให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ป้อนเข้าสู่วงจรมิกเซอร์ เพื่อรวมกับสัญญาณความถี่อื่นที่มาจากไลค์สอสซิลเลเตอร์เป็นผลทำให้ความถี่ที่ปรากฏออกมาที่เอาต์พุตของมิกเซอร์เป็น 10.7 MHz เสมอ ไม่ว่าเครื่องรับจะรับความถี่ใดเข้ามา ในขบวนการของวงจรมิกเซอร์สัญญาณที่ป้อนเข้ามาจะผสมสัญญาณความถี่ไลค์สอสซิลเลเตอร์ทำให้ความถี่ไอเอฟนี้เรียกว่า ขบวนการซูเปอร์เฮเทอโรไดนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

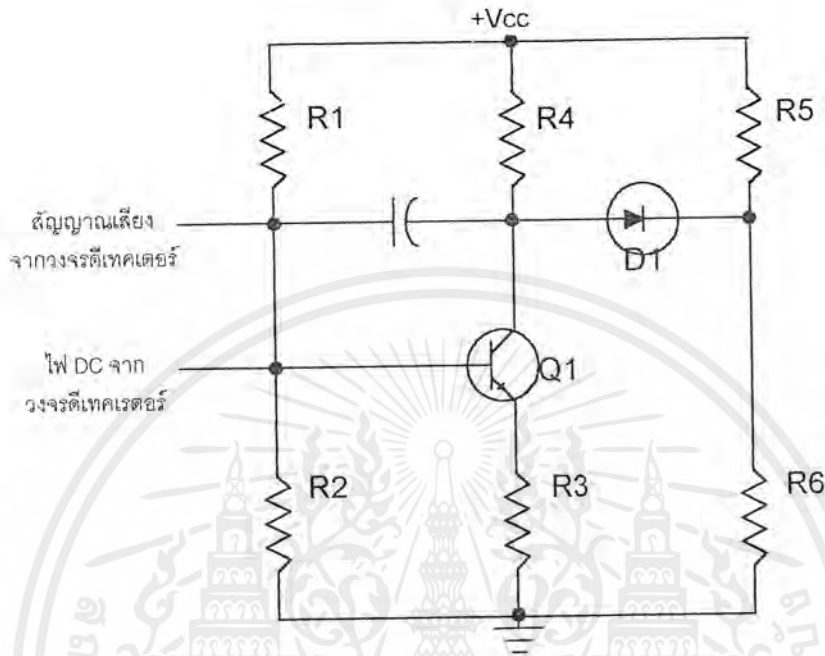
ซูเปอร์เฮเทอโรไดน์ สาเหตุที่เรียกความถี่ไอเอฟหรือความถี่กลาง (Intermediate Frequency) คือ ความถี่ที่อยู่ระหว่างความถี่เสียงกับความถี่สัญญาณวิทยุ



รูปที่ 3.11 บล็อกไดอะแกรมของวงจรเครื่องรับซูเปอร์เฮเทอโรไดน์

3.6 วงจรมิวท์ หรือสquelch (Mute or Squelch)

ในเครื่องรับที่มีความเร็วสูง สัญญาณอินพุตที่สายอากาศจะถูกขยายให้แรงมากขึ้น เพื่อป้องกันให้วงจรดีเทคเตอร์ ในขณะที่ไม่มีสัญญาณ (ไม่มีพาหะ) ไฟ AGC จะทำให้เครื่องรับมีอัตราขยายเต็มที่ เครื่องรับขยายแต่น้อยทำให้สัญญาณเสียงซู่ๆ ออกมา จะสร้างความรำคาญต่อผู้ใช้เครื่องรับวิทยุการกำจัดเสียงซู่นี้เรียกว่า วงจรสquelch หรือ มิวท์ วงจรสquelch นี้มีหลายชนิดในรูปเป็นการใช้แรงดัน DC มาควบคุมการเปิดปิดของวงจรขยายเสียง แรงดันดังกล่าวจะมีค่าเป็นสัดส่วนผกผันกับความแรงของสัญญาณ (สัญญาณคลื่นพาหะ) ป้อนแก่วงจรสวิตช์ Q. เมื่อสัญญาณแรง แรงดัน DC จะทำให้ Q. off แรงดัน คอลเลกเตอร์สูงขึ้น ไดโอด D1 นำกระแสสัญญาณเสียงจะผ่านไปยังวงจรขยายเสียงได้ ถ้าหากพาหะเป็นศูนย์ Q1 จะ on ทำให้ไดโอด หยุดนำกระแส เปรียบเสมือนเปรียบวงจร นอยส์จึงถูกสกัดกั้นมิให้ไปขยายออกถ้าโพง



รูปที่ 3.12 วงจรสวิตช์แบบให้พาหะบังคับ

ในรูปที่ 3.12 แสดงหลักการของระบบสวิตช์ชนิดหนึ่ง ที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย นอยส์ถูกกรองจากสัญญาณเสียงออกมาและดีเทคเป็นไฟ DC ป้อนไปเปรียบเทียบกับระดับอ้างอิงที่รับได้จากวงจรถอดพารามิเตอร์ (Comparator) แล้วนำสัญญาณไปควบคุมวงจรสวิตช์ ให้เปิดปิดเส้นทางของสัญญาณเสียงที่จะออกไปขยาย

ทฤษฎีและหลักการของโมเด็ม

3.7 เทคนิคการมอดูเลตสัญญาณดิจิทัล

เทคนิคการมอดูเลตสัญญาณดิจิทัลที่ใช้กันมากในปัจจุบันคือ Amplitude Shift Keying (ASK) Frequency Shift Keying (FSK) Phase Shift Keying (PSK) และ Quadrature Amplitude Modulation (QAM)

3.7.1 เทคนิคแบบ ASK ค่าไบนารี 2 ค่า จะแทนด้วยขนาดของแอมพลิจูดที่แตกต่างกัน 2 ค่าของความถี่คลื่นพาห် เช่น ไบนารี 1 แทนด้วยแอมพลิจูดคงที่ของคลื่นพาห် ส่วนไบนารี 0 แทนคลื่นพาห်ที่ขาดหายไป ผลของสัญญาณจะเป็นดังนี้

โดยในด้านของวงจรจะต้องทำการแปลงสัญญาณดิจิทัลให้เป็นสัญญาณอนาล็อกก่อน โดยใช้ ดีทูเอคอนเวอร์เตอร์ (D/A Converter) เพื่อแปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นสัญญาณดิจิทัล

3.7.2 การมอดูเลตแบบ Frequency Shift Keying ใช้โมเด็มความเร็วต่ำ โดยแทน "0" และ "1" ด้วยความถี่ต่างกันการผสมสัญญาณแบบ FSK มักใช้กับโมเด็มความเร็วประมาณ 300 ถึง 1,200 บิต ต่อวินาที การผสมสัญญาณแบบ FSK นี้ อัตราการส่งข้อมูล (Bit rate) จะเท่ากับบอดเรท (Baud rate) เสมอ

3.7.3 สำหรับการผสมสัญญาณแบบ Phase Shift Keying (PSK) นั้น ใช้หลักการแทน "0" และ "1" ด้วยการเปลี่ยนแปลงมุมของช่วงในสายส่ง (Phase) เช่นเราอาจกำหนดว่า "0" แทนด้วยมุมต่อเนื่องกันไป และ "1" แทนด้วยมุมเปลี่ยนไปจากเดิม 180 องศา การผสมสัญญาณแบบ PSK นี้ อัตราการส่งข้อมูลจะมีค่าสูงกว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณได้ ความเร็วสูงสุดที่ใช้ PSK คือ 9,600 บิตต่อวินาที ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่ามุมครั้งละ 22.5 องศา การเปลี่ยนแปลงค่ามุม 22.5 องศาทำให้ข้อมูลมักจะผิดพลาดอยู่เสมอ ส่วนมากจึงใช้งาน PSK ที่ความเร็ว 4,800 บิตต่อวินาที แทน

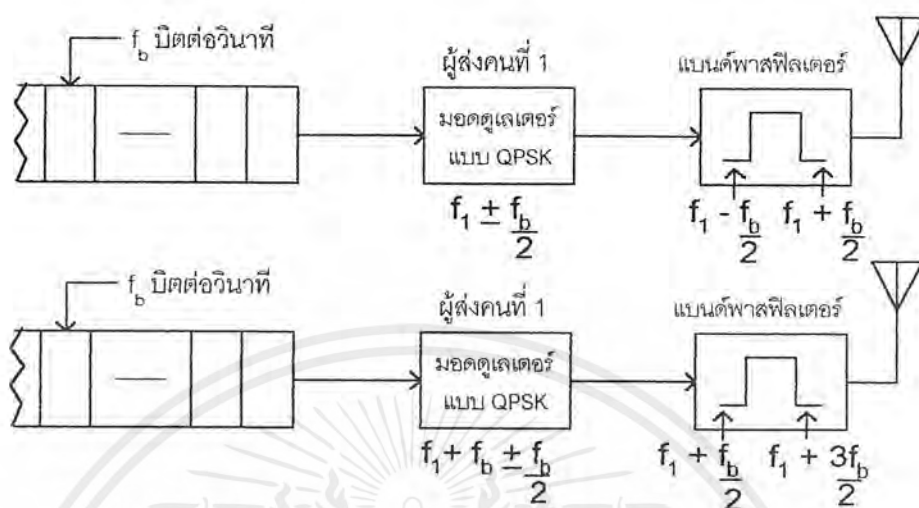
3.7.4 เทคนิคการมอดูเลตสัญญาณแบบ Quadrature Amplitude Modulation (QAM) เป็นการผสมสัญญาณที่ใช้ทั้งการเปลี่ยนเฟสและขนาดของสัญญาณควบคู่กันไป สำหรับใช้กับโมเด็มความเร็วสูง ซึ่งถ้าใช้การเปลี่ยนเฟสเพียงอย่างเดียวมุมที่เปลี่ยนแปลงจะมีค่าน้อยเกินไป ทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้ง่าย ถ้าใช้การเปลี่ยนเฟสและขนาดของสัญญาณค่าของมุมก็จะอยู่ห่างกันมากขึ้น ปกติที่มีใช้กันอยู่จะมีเฟสต่างกัน 8 เฟสและขนาดของสัญญาณต่างกัน 4 ระดับ ใช้แทนข้อมูล 16 สถานะ ซึ่งในหนึ่งลูกคลื่นจะสามารถส่งข้อมูลในคราวละ 4 บิต ความเร็วในการรับส่งข้อมูลของ QAM อยู่ที่ 9,600 บิตต่อวินาที โดยใช้ความถี่พาหะ 2,400

3.8 หลักการของแพคเกจเรดิโอ การส่งแบบ TDMA

แพคเกจเรดิโอเป็นการส่งข้อมูลสื่อสารระหว่างจุดต่อจุด โดยอาศัยคลื่นวิทยุ ตั้งแต่ย่านความถี่ HF (1-30 เมกะเฮิร์ตซ์) ถึงย่าน EHF (3-10 ทีกะเฮิร์ตซ์) อันเป็นความถี่ย่านดาวเทียม สำหรับรูปแบบของการส่งข้อมูลมีอยู่หลายวิธีที่นิยมกันมา ได้แก่ แบบ TDMA (Time Division Multiple Access) , แบบ FDMA (Frequency Division Multiple Access, แบบ ALOHA และแบบอื่น ๆ อีกมากมายหลายแบบ แต่ที่กล่าวถึงในที่นี้คือทั้งสามแบบที่กล่าวชื่อมาเท่านั้น ซึ่งเป็นรูปแบบที่นิยมกันมากที่สุด สำหรับวิธีนี้เป็นลักษณะที่ผู้ใช้งานแต่ละคนผลัดกันส่งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนไปสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะวิธีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดียวกันอยู่ K คน แต่ละคนถูกกำหนดให้ส่งข้อมูลออกมาเป็นแพ็คเกจ ๆ ละ 1,000 บิต(ซึ่งเป็นขนาดมาตรฐานที่ใช้กันทั่วไป) ข้อมูลที่ส่งออกมาจะถูกเก็บไว้ในบัฟเฟอร์ของแต่ละช่องข้อมูล จนกว่าสวิตช์ติดต่อ S_1 ซึ่งวิ่งวนจากช่องข้อมูลที่ 1 ถึงช่องที่ K เคลื่อนมาถึงช่องข้อมูลดังกล่าว ข้อมูลที่เก็บไว้ในบัฟเฟอร์จะถูกส่งผ่านออกไปยังช่องสัญญาณรวม และบัฟเฟอร์จะถูกทำให้ว่างเพื่อรอรับแพ็คเกจใหม่ต่อไป หากผู้ใช้งานแต่ละคนส่งข้อมูลออกด้วยอัตรา f_b บิตต่อวินาทีเท่าๆ กัน จะเห็นได้ว่าอัตราการส่งข้อมูลผ่านช่องสัญญาณรวมจะมีค่าเป็นผลคูณของ $K \times f_b$ บิตต่อวินาที ซึ่งหากพิจารณาถึงข้อมูลวิ่งผ่านช่องสัญญาณรวม จะเห็นว่ามี การส่งแพ็คเกจของช่องสัญญาณที่ 1 ตามด้วยช่องสัญญาณที่ 2 ไปจนถึงช่องสัญญาณที่ K แล้ววกกลับมาเป็นช่องสัญญาณที่ 1 อีกเช่นนี้เรื่อยไป

ถ้ากำหนดว่าข้อมูลแต่ละแพ็คเกจมีขนาด b บิต ความกว้างของแต่ละแพ็คเกจที่ผ่านช่องสัญญาณรวมจะเป็น $b/K \times f_b$ ดังนั้น สวิตช์ติดต่อ S_1 จะต้องหมุนด้วยคาบ b/f_b เพื่อที่จะได้รับข้อมูลที่ออกจากผู้ส่งแต่ละช่องได้ทันเวลา ซึ่งการส่งแบบ TDMA นี้มีประสิทธิภาพสูงที่สุดก็ต่อเมื่อผู้ส่งข้อมูลแต่ละคนส่งข้อมูลอยู่ตลอดเวลา หากมีบางช่องข้อมูลไม่ทำการส่งแล้ว ผู้ส่งในช่องอื่นๆ ที่มีข้อมูลอยู่ต้องเสียเวลารอจนกว่าสวิตช์ติดต่อเคป้อนที่มาจากจนถึงช่องของตน ยิ่งอัตราการ "รอ" มากเท่าใดประสิทธิภาพของการส่งแบบนี้ก็ยิ่งลดลงมากขึ้นเท่านั้น จึงได้มีการพัฒนาการส่งแบบ TDMA ไปเป็นแบบ ALOHA และ CSMA อันเป็นการส่งข้อมูลที่ประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งจะได้กล่าวในหัวข้อต่อไป



รูปที่ 3.14 แสดงการส่งแพ็คเกจแบบ FDMA

รูปที่ 3.14 แสดงถึงลักษณะการส่งข้อมูลแบบ FDMA ข้อมูลจากแต่ละช่องจะถูกส่งไปยังมอดูเลเตอร์แบบ QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) โดยความถี่พาหะของแต่ละช่องสัญญาณจะถูกกำหนดให้ห่างกันเท่ากับ f_b และแต่ละช่องข้อมูลใช้แบนด์วิธเท่ากับ f_b แล้วจึงทำการส่งออกอากาศที่เครื่องรับแต่ละช่องจะถูกปรับให้รับคลื่นความถี่ตรงกันกับช่องสัญญาณ และแบนด์วิธ f_b เช่นเดียวกันข้อดีของการส่งแบบ FDMA ก็คือการที่ผู้ส่งไม่ต้องเสียเวลารอคอยช่องสัญญาณในการส่ง แต่ละช่องสามารถส่งข้อมูลได้ตามอิสระ อีกทั้งเป็นการจำกัดบัพเฟอร์ออกไป (บัพเฟอร์เป็นหน่วยความจำซึ่งมีราคาสูง) ทำให้ลดต้นทุนลงได้ ส่วนข้อเสียคือการที่แบนด์วิธของระบบโดยทั่วไปไม่มีกว้างมากนัก ทำให้จำนวนผู้ใช้งานมีได้จำกัด และในทางปฏิบัติพบว่า การส่งแบบ TDMA เป็นที่นิยมมากกว่า FDMA เนื่องจากผู้ผลิตอุปกรณ์ส่วนใหญ่ให้การสนับสนุนพัฒนาประสิทธิภาพของ TDMA ให้ดีขึ้นอยู่ตลอดเวลา

การส่งแบบ ALOHA

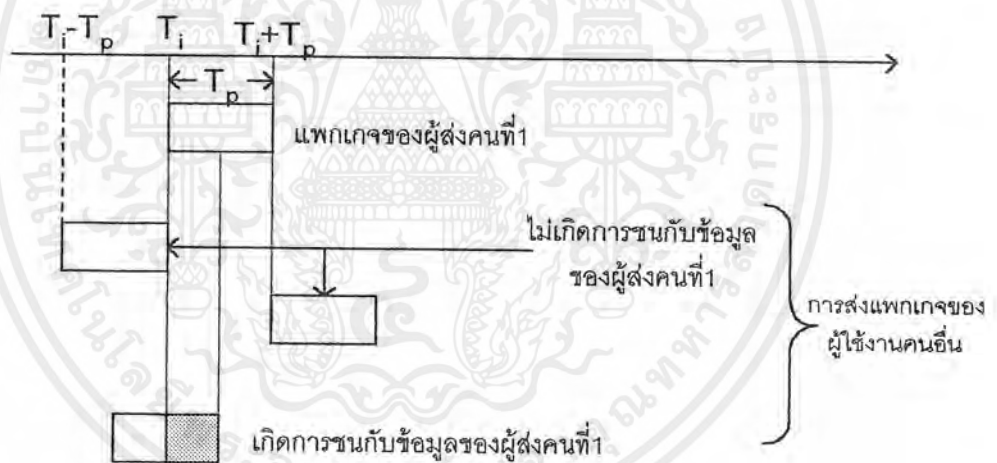
จากข้อจำกัดของการส่งแบบ TDMA ในเรื่องของการรอช่องสัญญาณส่งข้อมูล และรูปแบบของ FDMA ในเรื่องแบนด์วิธที่มีจำกัด กลุ่มศาสตราจารย์ จากมหาวิทยาลัยฮาวายได้พัฒนาการส่งข้อมูลซึ่งใช้โปรโตคอลแบบสุ่มขึ้นโดยตั้งชื่อว่าการส่งข้อมูลแบบ ALOHA ซึ่งวิธีการส่งแบบนี้เป็นที่นิยมกันมากในปัจจุบันอีกวิธีหนึ่ง

แนวคิดของการส่งข้อมูลแบบ ALOHA เกิดจากการตั้งสมมุติฐานว่าโดยธรรมชาติแล้ว ผู้ใช้งานช่องสัญญาณมักจะไม่ส่งข้อมูลอยู่ตลอดเวลา และทุกคนอาจจะไม่ส่งข้อมูลพร้อมกันก็ได้ การส่งโดยวิธีนี้จะกำหนดว่าถ้ามีผู้ใช้ K คน แต่ละคนจะทำการส่งข้อมูลแต่ละแพ็คเกจซึ่งมี

ความยาวเท่ากับ T_p (จากรูปที่ 1 $T_p = b/kx_{fb}$) ในทุกช่วงเวลา $N \times T_p$ โดย N มีค่ามากกว่า K เมื่อเปรียบเทียบกับ การส่งแบบ TDMA และ FDMA ซึ่งส่งข้อมูลทุกช่วงเวลา $K \times T_p$ จะเห็นว่า อัตราการส่งข้อมูลแบบ ALOHA จะต่ำกว่าสองแบบแรกมาก

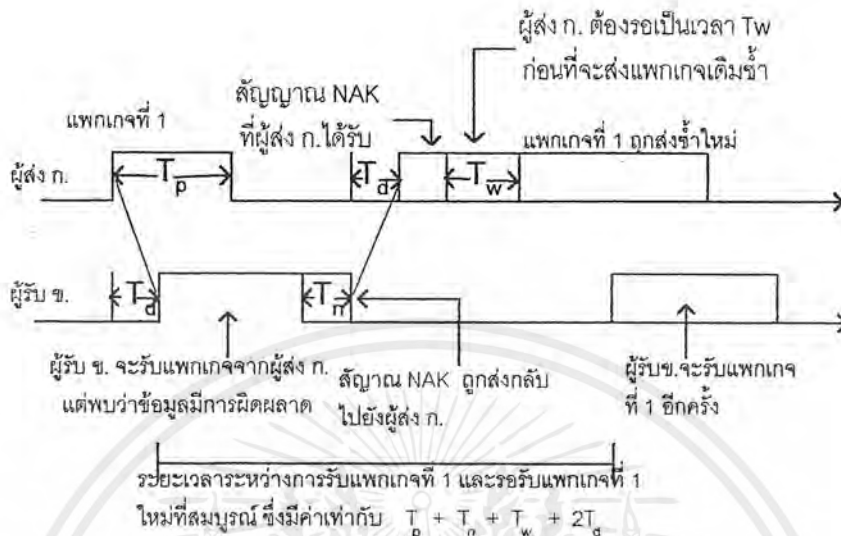
ระบบ ALOHA จะมีช่องสัญญาณเดียวคือช่องสัญญาณร่วม ซึ่งโดยปกติจะว่างถ้าไม่มีการส่งข้อมูลจากช่องข้อมูลใดๆ แต่หากมีช่องข้อมูลใดต้องการส่งก็สามารถทำการส่งได้ทันที ด้วยเหตุนี้จึงทำให้แบนด์วิธของช่องสัญญาณร่วมมีความกว้างเพียง f_b ซึ่งเท่ากับอัตราการส่งข้อมูลจากผู้ส่งจะเห็นว่าผู้ส่งข้อมูลดังเช่นในแบบ TDMA หรือไม่ถูกจำกัดด้วยแบนด์วิธดังเช่นในแบบ FDMA

ปัญหาที่จะเกิดขึ้นก็คือ ในกรณีที่มีการส่งข้อมูลจากผู้ใช้งานหลายๆ ช่องพร้อมกัน กรณีนี้เครื่องรับจะรับแพคเกจหลายแพคเกจในเวลาเดียวกัน โดยไม่สามารถแยกแยะแพคเกจเหล่านี้ ออกจากกันได้ เรียกว่าเกิด "การชน" (collision) ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3.15 แสดงการเกิดการชนของแพคเกจระหว่างผู้ใช้งานหลายคน

ซึ่งความน่าจะเป็นที่ข้อมูลจะเกิดการชน ขึ้นอยู่กับพฤติกรรมของการส่งข้อมูลของบรรดา ผู้ใช้ช่องสัญญาณนั่นเอง เมื่อมีการชนกันของข้อมูลขึ้น ข้อมูลขยะเหล่านั้นจะถูกลบออกจากช่องสัญญาณร่วม และเครื่องรับจะส่งสัญญาณให้ผู้ส่งทำการส่งข้อมูลใหม่ จนกว่าไม่เกิดการชนกันอีก การขอให้ส่งใหม่จะเกิดขึ้นเพียงไม่กี่ครั้งเท่านั้น ทั้งนี้เพราะความน่าจะเป็นของการส่งข้อมูลออกมาพร้อมกันอีกครั้งหลังจะต่ำกว่าในครั้งแรกๆ



รูปที่ 3.16 แสดงช่วงเวลาต่าง ๆ ในการส่งข้อมูลแต่ละแพ็กเกจ และเวลาที่ใช้ในการแก้ไขโดยส่งแพ็กเกจเดิมใหม่อีกครั้งเมื่อเกิดการผิดพลาดขึ้นในการรับส่งข้อมูล

รูปแบบของการส่งข้อมูลของผู้ใช้ของสัญญาจะเป็นดังรูปที่ 4 ซึ่งจะสังเกตเห็นว่ามีเวลาหน่วงระหว่างผู้ส่งและผู้รับเป็น T_d นี้ได้จากสมการ

$$T_d = d/c$$

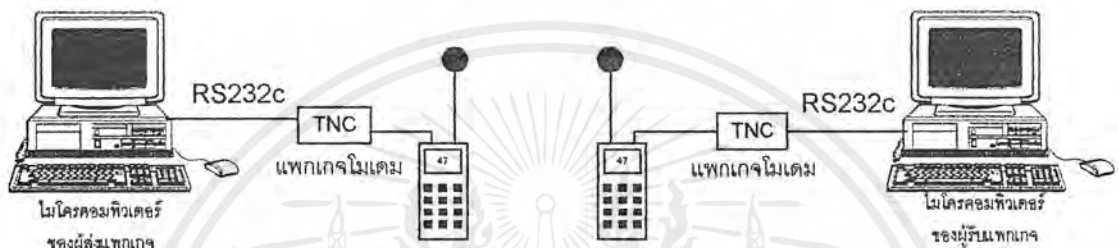
โดยที่ d เป็นระยะห่างระหว่างผู้ส่งและผู้รับ และ c เป็นค่าความเร็วของแสงมีค่า 300,000 กิโลเมตรต่อวินาที ตัวอย่างเช่นถ้าผู้ส่งและผู้รับอยู่ห่างกัน 1,000 กิโลเมตร ค่าเวลาหน่วงนี้จะมีค่าเป็น $T_d = 1,000 \text{ กิโลเมตร} / 300,000 \text{ กิโลเมตร} = 3.3 \text{ มิลลิวินาที}$

จากรูปที่ 4 แพ็กเกจจากผู้ส่ง ก. ถูกส่งไปถึงผู้รับปลายทางหลังจากส่งเป็นเวลา T_d หลังจากปลายทางทำการตรวจสอบข้อมูลที่ได้รับ พบว่าข้อมูลเกิดผิดพลาดขึ้นซึ่งอาจเกิดจากการชนกันของข้อมูล ปลายทางจะทำการส่งสัญญา NAK ซึ่งมีความยาว T_n ไปยังผู้ส่งผู้ส่งจะได้รับแจ้งหลังจากเวลาผ่านไป T_d และทำการเตรียมข้อมูลเพื่อส่งใหม่โดยใช้เวลาอีก T_w จากนั้นจึงทำการส่งแพ็กเกจเดิมใหม่อีกครั้ง ปลายทางจะได้รับแพ็กเกจหลังจากนั้นเป็นเวลา T_d จะเห็นว่าช่วงเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลใหม่อีกครั้ง Δ จะมีค่าดังสมการ

$$\Delta = T_p + T_n + T_w + 2T_d$$

ช่วงเวลา Δ นี้จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับช่วงเวลาทั้งสี่ในสมการข้างต้น เราสามารถลดช่วงเวลา T_d ลงได้โดยการลดระยะห่างระหว่างจุดเห็นน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ส่วนช่วง

เวลาอื่น ๆ ขึ้นอยู่กับระบบไม่สามารถทำการปรับเปลี่ยนได้ แต่สำหรับประสิทธิภาพโดยรวมแล้ว การส่งข้อมูลแบบ ALOHA จะเหนือกว่า TDMA และ FDMA มากนอกจากนี้ยังส่งข้อมูลแบบ ALOHA แบบแบ่งช่องซึ่งเพิ่มประสิทธิภาพด้านอัตราส่งของการส่งข้อมูลแบบ ALOHA และยังมีแบบ (Carrier Sense Multiple Access) ซึ่งมีอัตราการส่งข้อมูลสูงมาก และนิยมใช้กันโดยทั่วไปสำหรับการสื่อสารของเครือข่ายคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.17 การสื่อสารแพ็กเกจเรดิโอแบบจุดต่อจุด

การใช้งานแพ็กเกจเรดิโอ

สำหรับในประเทศไทยเอง ปัจจุบันมีการทดลองส่งข้อมูลแบบแพ็กเกจเรดิโอกันมากขึ้น ซึ่งประเภทของการส่งที่ใช้กันส่วนใหญ่เป็นแบบ TDMA โดยรูปแบบของการใช้งานเป็นดังรูปที่ 3.17 ซึ่งเป็นการส่งข้อมูลระหว่างจุดต่อจุด จะเห็นว่าการส่งข้อมูลแบบแพ็กเกจเรดิโอนั้นจำเป็นต้องเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ อันประกอบด้วย

1. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ไม่ว่าจะเป็นชนิดตั้งโต๊ะหรือโน้ตบุ๊ก ซึ่งจะต้องมีพอร์ตสื่อสาร RS-232C อยู่อย่างน้อย 1 พอร์ต

2. โมเด็มชนิดพิเศษ ที่รับข้อมูลอนุกรมจาก RS-232C ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ แล้วทำการจัดข้อมูลเป็นแพ็กเกจ จากนั้นจึงทำการมอดูเลตข้อมูลแพ็กเกจเหล่านั้นแบบ FSK (Frequency Shift Keying) หรือ MSK (Minimum Shift Keying) ขึ้นอยู่กับรุ่นของโมเด็มส่งผ่านไปยังเครื่องรับ / ส่งวิทยุ โมเด็มชนิดนี้มีชื่อเรียกว่า TNC (Terminal Node Controller) ปัจจุบันได้มีผู้นำเข้ามาจำหน่ายในประเทศไทยแล้ว ราคาอยู่ในช่วง 6,000-7,000 บาท

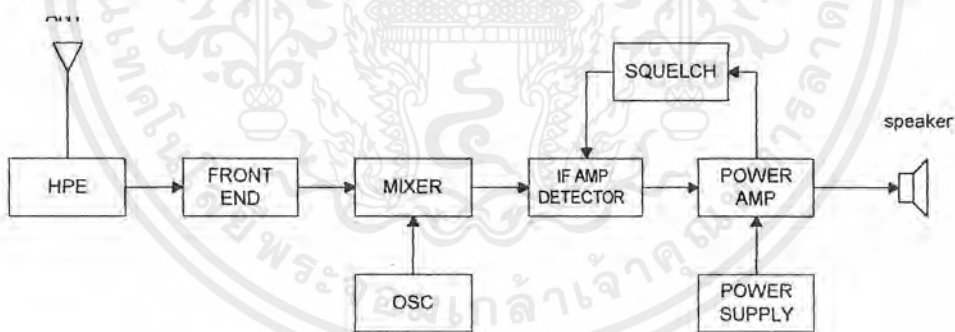
3. เครื่องรับ / ส่งวิทยุ ใช้เครื่องรับ / ส่งวิทยุทั่วไป ไม่จำกัดว่าจะเป็นเครื่องที่ใช้ในย่าน VHF หรือ UHF เนื่องจากสัญญาณระหว่างเครื่องรับ / ส่งวิทยุกับโมเด็มจะเป็นสัญญาณแบบ FSK หรือ MSK กระบวนการแปลงสัญญาณสู่ย่านความถี่สูงเป็นหน้าที่ของเครื่องรับ / ส่งวิทยุ แต่ทั้งนี้ต้องไม่ลืมว่าเครื่องรับ / ส่งที่จะนำมาสื่อสารกันนั้นต้องปรับให้ใช้ความถี่ในย่านเดียวกัน และเป็นความถี่เดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.ซอฟต์แวร์สื่อสาร มีให้ใช้มากมายที่นิยมใช้งานกันมากก็คือ PackCom, TNC, Baycom ซึ่งหาได้โดยทั่วไปไม่ยากนัก โดยอาจถามเพื่อนที่เป็นนักเล่นวิทยุสมัครเล่นและทดลองใช้งานแพคเกจเรดิโอตุ๊กก็ได้ นอกเหนือจากนี้ยังมีโปรแกรมอื่น ๆ อีกมาก แต่โปรแกรมก็มีขีดความสามารถต่าง ๆ กันไป ลองหามาทดลองใช้ดูนะครับ

สำหรับการติดตั้งอุปกรณ์ก็ไม่ยากถ้าหากคุณ ๆ มีเครื่องพีซีกันอยู่แล้ว และเป็นนักวิทยุสมัครเล่นที่ถูกต้องตามกฎหมาย คุณก็เพียงแค่หาซื้อ TNC มาสักเครื่องจัดการต่อสาย RS-232 ข้างหนึ่งเข้ากับพอร์ตอนุกรมของเครื่องพีซี และต่อปลายอีกข้างหนึ่งกับ TNC สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างวิทยุรับ / ส่งกับ TNC ส่วนใหญ่จะต่อเข้าทางคอนเน็กเตอร์ SPEAKER และ MIC+PTT

เมื่อติดตั้งอุปกรณ์เรียบร้อยแล้วทำการโหลดซอฟต์แวร์สื่อสารและตั้งพารามิเตอร์เกี่ยวกับการส่งข้อมูล เช่น บอดเรตพาริตี บิตเริ่มต้นและบิตสิ้นสุด เลขหมายพอร์ตที่ใช้ เป็นต้น โปรแกรมส่วนใหญ่จะทำการจัดการควบคุม TNC ให้ไปควบคุมการส่งสัญญาณและหยุดส่งสัญญาณที่เครื่องรับ/ส่งวิทยุอีกต่อหนึ่งโดยอัตโนมัติ ลองติดต่อกับบรรดานักเล่นวิทยุสมัครเล่นที่ทดลองส่งแพคเกจอยู่ เท่านี้คุณก็สามารถสู่โลกการส่งข้อมูลแบบแพคเกจเรดิโอได้แล้วครับ



รูป3.18 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับวิทยุ

3.9 การทำงานของเครื่องรับวิทยุ

1.HPF(HIGH PASS FILTER) จะทำหน้าที่ในการกรองผ่านความถี่สูงเพื่อส่งความถี่ที่รับเข้ามาจากเสาอากาศไปยังวงจรภาคพรีอนเอนด์

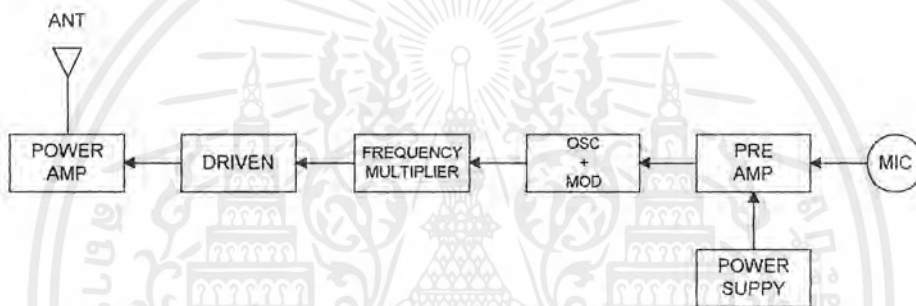
2.FRONT END วงจรภาคนี้จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณความถี่ RF ที่รับเข้ามาให้ที่ระดับความแรงเพิ่มมากขึ้นเพราะสัญญาณที่รับเข้ามาจากวงจร HPF มีความแรงต่ำมากยังไม่สามารถนำเอาความถี่ดังกล่าวไปใช้งานได้การทำงานของวงจรจะต้องมีการควบคุมแบนด์วิดธ์ของความถี่ด้วย เพื่อให้ได้ความถี่ที่ได้มีค่าอยู่ในย่านที่กำหนดเอาไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. MIXER AND OSCILLATOR วงจรออสซิลเลเตอร์จะทำหน้าที่ผลิตความถี่ เพื่อส่งไปผสมกับความถี่ RF ที่รับเข้ามาจากภาคพรีแอมป์ โดยการผสมในวงจรมิกเซอร์จะเป็นลักษณะของการผสมแบบบีทเพื่อให้เกิดความถี่ผลต่างหรือไอเอฟออกไปใช้งาน

4. IF AMPLIFIER AND DETECTOR จะทำหน้าที่ในการขยายความถี่ไอเอฟ ให้มีระดับความแรงมากขึ้นก่อนจะส่งเข้าสู่วงจรถิเทคเตอร์ เพื่อจะแยกสัญญาณเสียงออกจากความถี่ไอเอฟ ก่อนจะส่งความถี่เสียงไปขยายออกทางลำโพง

5. POWER AMPLIFIER จะทำหน้าที่ในการขยายสัญญาณความถี่เสียงให้มีระดับความแรงเพิ่มมากขึ้น เพื่อที่จะส่งไปขับลำโพง



รูปที่ 3.19 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องส่งวิทยุ

3.10 การทำงานของเครื่องส่งวิทยุ

1. MICROPHONE ไมโครโฟนจะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อจะนำไปใช้งาน

2. PRE AMPLIFIER จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณเสียงที่อยู่ในรูปสัญญาณไฟฟ้าให้มี ความแรงเพิ่มขึ้น เพื่อไปทำการมอดูเลทกับความถี่ออสซิลเลเตอร์

3. OSCILLATOR AND MODULATION ในส่วนนี้จะมีการนำเอาความถี่เสียงจากวงจรพรีแอมป์เข้าไปผสมเข้ากับความถี่ออสซิลเลเตอร์ เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางความถี่ โดยมีอุปกรณ์ควบคุมการมอดคือวาริแคป

4. FREQUENCY MULTIPLIER จะทำหน้าที่ในการทวีคูณความถี่ที่รับมาจากการมอดให้มีค่าความถี่สูงขึ้น ให้อยู่ในช่วงที่กำหนดเอาไว้แล้วจึงส่งออก

5. DRIVER วงจรชุดนี้จะรับเอาความถี่ที่ผ่านการทวีคูณความถี่ให้มีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนดเอาไว้เข้ามาขยายให้มีระดับความแรงเพิ่มมากขึ้น เพื่อส่งไปขับวงจรขยายเพาเวอร์แอมป์

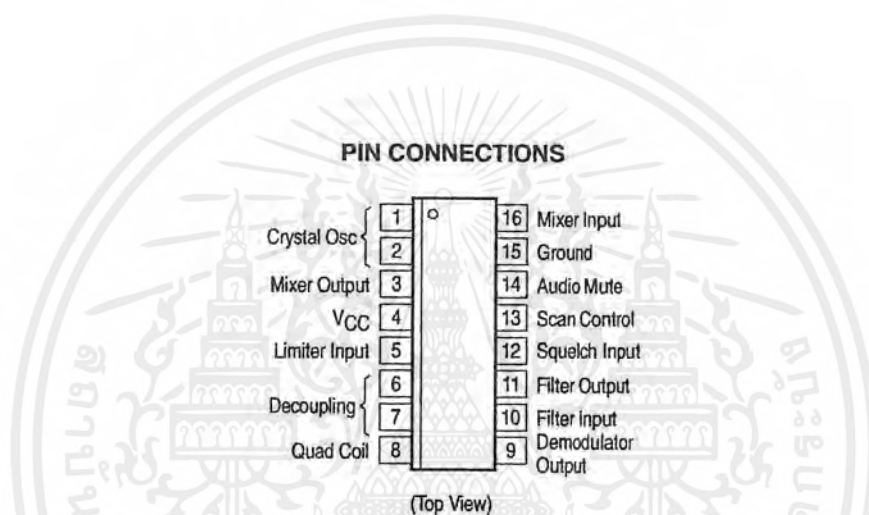
6. POWER AMPLIFIER จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณความถี่ไอเอฟให้มีระดับความแรงเพิ่มมากขึ้นก่อนส่งออกไปยังวงจร HPF และส่งออกไปยังเสาอากาศ

3.11 คุณสมบัติของไอซีเบอร์ MC3361

-แรงดันไฟที่สามารถทำงานได้ 2Vdc-8Vdc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนอาชีวศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อัตรากินกระแสสูงสุด 3.9mA ที่แรงดันไฟ 4Vdc
- ความไวในการรับ $-3.0 \text{ dB} = 2.6 \text{ uV}$
- อุปกรณ์ที่จะต้องนำมาต่อเพิ่มเติมภายนอกมีน้อย



รูปที่ 3.20 รายละเอียดตำแหน่งขาของ MC33361

หน้าที่ขาต่างๆของไอซี

ขาที่ 1,2 ทำหน้าที่เป็นวงจรผลิตความถี่ออสซิลเลเตอร์ เพื่อเอาไปผสมกับความถี่ไอเอฟที่รับเข้ามา

ขาที่ 3 ขาส่งออกความถี่ที่มาจากวงจรมิกเซอร์ที่ความถี่ไอเอฟ 455KHz เพื่อนำไปใช้งาน

ขาที่ 4 ขารับแรงดันไฟบวกเพื่อเลี้ยงวงจร

ขาที่ 5 เป็นขารับความถี่ 455KHz เพื่อเข้าสู่วงจรขยายแบบลิมิตเตอร์

ขาที่ 6,7 ทำหน้าที่เป็นทางเข้าของวงจรดีคัปปลิ่งเพื่อควบคุมเกนขยายของวงจรขยายแบบลิมิตเตอร์

ขาที่ 8 ทางเข้าของความถี่ 455KHz เพื่อวงจรดีเทคเตอร์

ขาที่ 9 ทางออกของสัญญาณเสียงที่มาจากวงจรถืดเทคเตอร์

ขาที่ 10 ทางเข้าของสัญญาณนอยส์ที่มาจากวงจรสำรวจนอยส์ เพื่อวงจรรอยส์แอมป์เอาไปใช้งานสควอลช์

ขาที่ 11 ทางออกของวงจรรอยส์แอมป์เพื่อส่งออกไปยังวงจรถืดเทคเตอร์สัญญาณนอยส์

ขาที่ 12 ทางเข้าของสัญญาณนอยส์ที่มาจากวงจรถืดเทคเตอร์เพื่อเข้าสู่วงจรสควอลช์

ขาที่ 13 ทางออกของวงจรสควอลช์ เพื่อไปควบคุมวงจรรายเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาที่ 14 เป็นขามิวท์เสียง

ขาที่ 15 ขาต่อรับแรงดันไฟลบหรือต่อลงกราวด์

ขาที่ 16 ทางเข้าของความถี่ไอเอฟที่มาจากวงจรฟรอนเอนด์ เพื่อเข้าสู่วงจรมิกเซอร์

3.12 หลักการทำงานของเครื่องรับ-ส่งวิทยุ

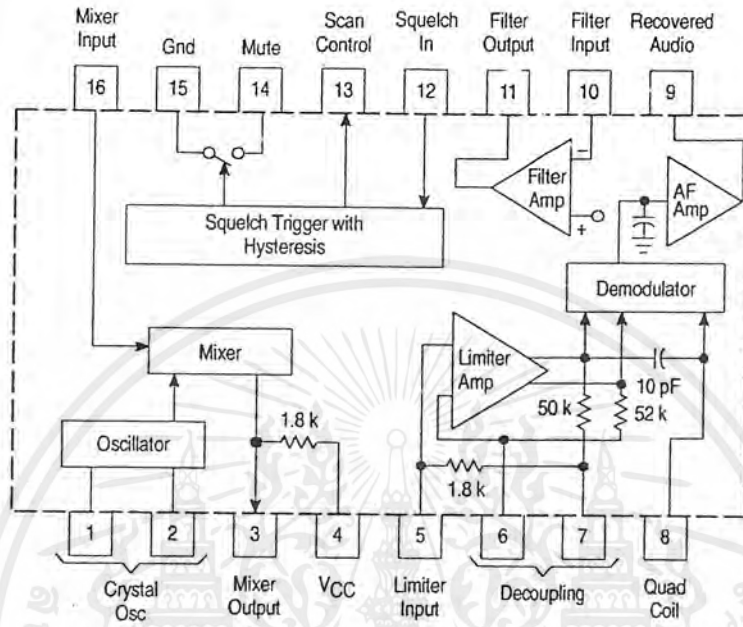
เริ่มตั้งแต่เสาอากาศเหนี่ยวนำรับเอาความถี่วิทยุเข้ามาผ่านวงจรไฮพาสฟิลเตอร์ C1 เพื่อจะได้นำเอาความถี่ส่งผ่านเข้ามาให้ T1 และ T2 ทำหน้าที่กำจัดสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้าและสัญญาณที่มีระดับความแรงมากเกินไป ก่อนจะส่งสัญญาณผ่านวงจรส่งผ่านความถี่ที่ควบคุมโดย T3 ทำหน้าที่กำหนดค่า XL และค่า XC เพื่อให้ความถี่ที่มาจากวงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์เข้าสู่การขยายให้มีระดับความแรงมากขึ้น โดยการทำงานของ FET จากนั้นก็กรองเอาเฉพาะความถี่ที่ต้องการอีกครั้งด้วย T4 และ C3 จากนั้นก็ทำการคัปปลิ่งโดยการเหนี่ยวนำไปยังขดลวดชุดตรงข้าม ส่งผ่านความถี่ที่ต้องการอีกครั้งด้วยคาปาซิเตอร์คัปปลิ่ง C4 เข้าสู่ขา 16 ของไอซีเบอร์ MC3361 เพื่อเข้าไปผสมกับความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่รับเข้าทางขา 1 ของไอซี โดยวงจรออสซิลเลเตอร์ประกอบไปด้วย X1, R5, C8, L1, C6 และ C5 เป็นอุปกรณ์หลักในการผลิตความถี่ ในการควบคุมการผลิตความถี่ให้มีค่าแน่นอน จะใช้ X1 เป็นตัวกำหนดความถี่ในการควบคุมการผลิตความถี่ให้มีค่าแน่นอน จะใช้ X1 เป็นตัวกำหนดความถี่ ซึ่ง X1 เป็นคริสตอล ดังนั้นความแน่นอนในการทำงานจึงมีสูง เมื่อได้ความถี่ที่ได้รับการผสมโดยวงจรมิกเซอร์ภายในไอซีแล้ว ความถี่ดังกล่าวจะส่งออกมาทางขา 3 กรองเอาความถี่ไอเอฟ 455KHz โดย FL เพื่อส่งเข้าสู่วงจขยายแบบลิมีตเตอร์ ก่อนจะส่งเข้าสู่วงจรีเทคเตอร์เพื่อแยกสัญญาณเสียงออกจากความถี่ไอเอฟ 455KHz โดยสัญญาณเสียงจะถูกส่งออกทางขา 9 มี R11, R14, VR1, C18 และขา 13 ของไอซี TC4069UBP ทำหน้าที่เป็นวงจรีเอ็มฟายี่ส เพื่อลดความถี่สูงก่อนจะส่งสัญญาณเสียงออกขา 14 ของไอซี TC4069UBP ไปยัง Q1 และ Q2 ทำหน้าที่เป็นวงจขยายเสียงเพื่อส่งไปขับลำโพง

การทำงานของเครื่องส่งวิทยุ

นำสัญญาณส่งผ่าน R15 และ TR เพื่อทำการขยายเพิ่มความแรงของสัญญาณ ส่งผ่านต่อไปยังคาปาซิเตอร์คัปปลิ่ง C11 และ VR1 จากนั้นก็ส่งสัญญาณเข้าขา 6 ของไอซี TC4069UBP เพื่อขยายสัญญาณอีกครั้งหนึ่ง แล้วส่งสัญญาณผ่านคาปาซิเตอร์คัปปลิ่ง C6 และ R8 เข้าสู่การมอดูเลตกับความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ทำงานด้วย X1 โดยมี VD ทำหน้าที่ควบคุมการมอดูเลต จากนั้นก็ส่งสัญญาณผ่าน T3 และ R5 ทำหน้าที่เป็นวงจรีลอคความถี่ให้อยู่ในช่วงความถี่ที่กำหนดไว้ ก่อนส่งเข้าขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจขยายเพิ่มระดับความแรงให้สูงขึ้น แล้วส่งผ่านวงจรีลอคความถี่อีกครั้ง เพื่อให้ความถี่อยู่ในย่านที่ต้องการโดย T2 และสัญญาณก็จะถูกส่งผ่านวงจรไฮพาสฟิลเตอร์ C1 และ T1 แล้วก็ส่งออกอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

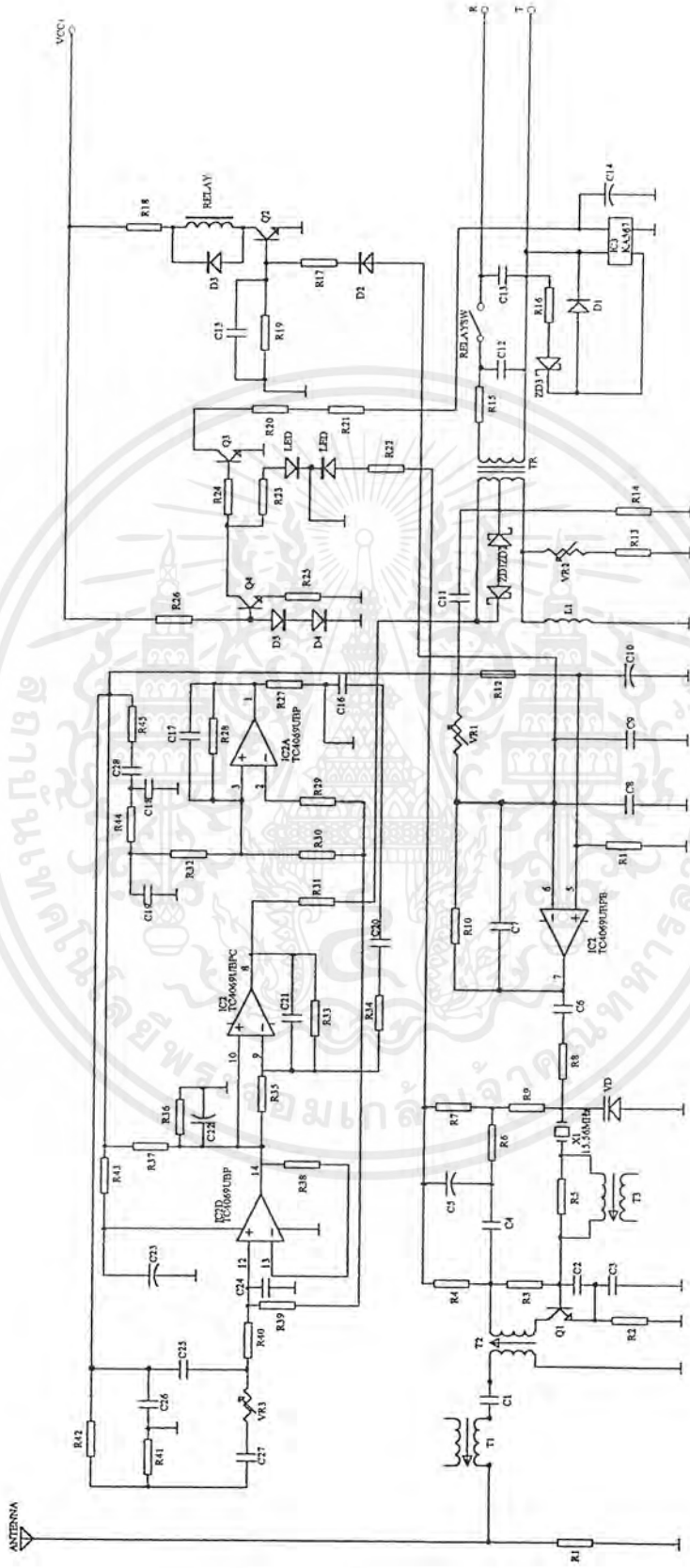
Representative Block Diagram



This device contains 92 active transistors.

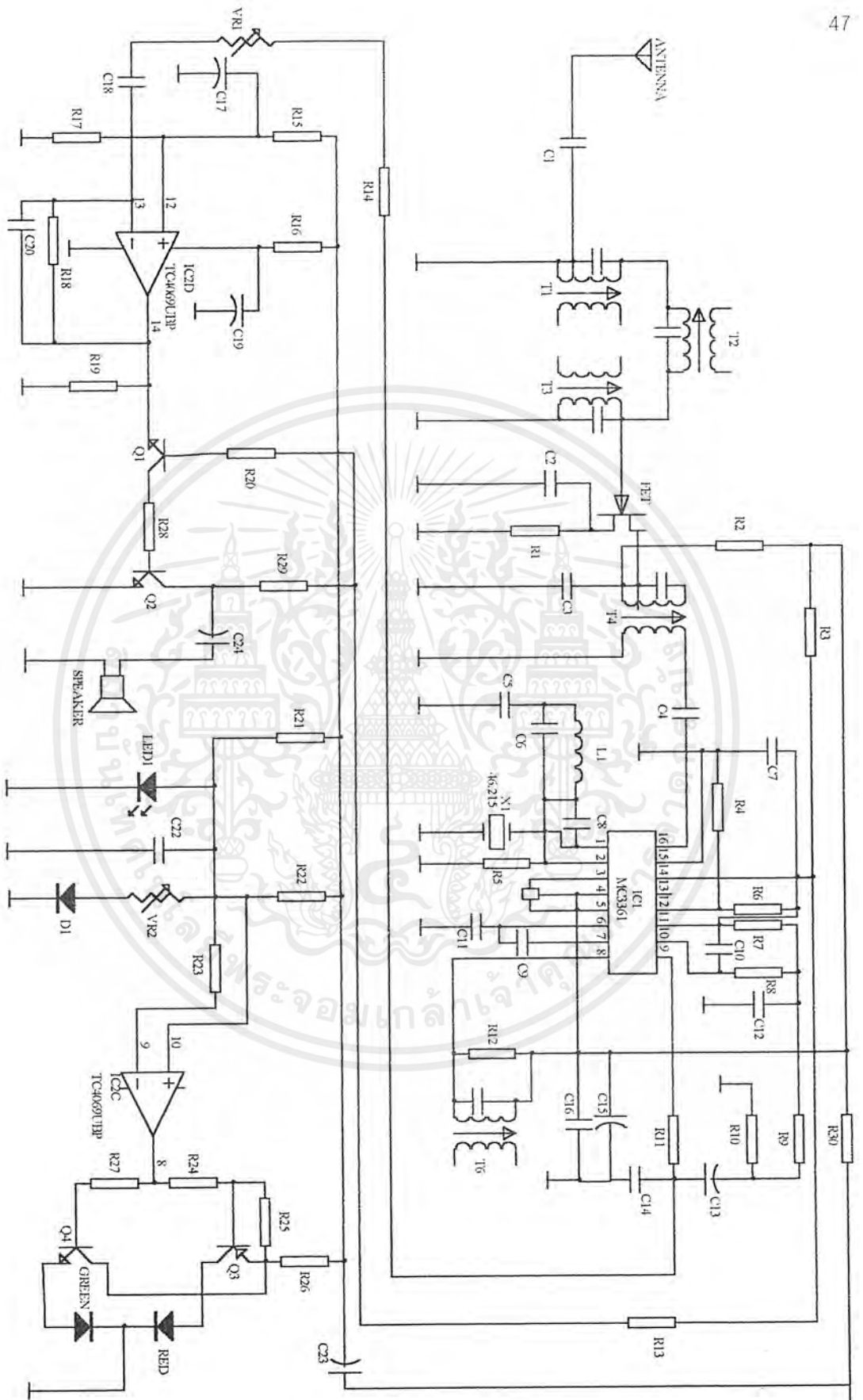
รูปที่ 3.21 บล็อกไดอะแกรมการใช้งาน MC3361

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 วงเครื่องส่งวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 วงจรเครื่องรับวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในโครงการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านธุรกิจ
 ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.13 หลักการทำงานของแพกเกจเรดิโอโมเด็ม

หน้าที่หลักของแพกเกจเรดิโอโมเด็มคือ ทำการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นข้อมูลดิจิทัล (ADC) และเปลี่ยนข้อมูลดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก (DAC) โดยการแปลงจะเป็นไปตามมาตรฐาน Bell202 หรือ CCITT ซึ่งกำหนดให้ลอจิก “0” ใช้ความถี่เท่ากับ 2,200 เฮิรตซ์ และลอจิก “1” ใช้ความถี่เท่ากับ 1,200 เฮิรตซ์ โดยสัญญาณที่ต้องการส่งออกและรับเข้าจะถูกควบคุมโดยโปรแกรม Baycom และประมวลผลข้อมูลเพื่อนำไปใช้งาน เมื่อเริ่มใช้งานโปรแกรม Baycom จะทำให้ขาสัญญาณต่างๆ ของพอร์ตอนุกรมรับหน้าที่ในการทำงานดังแสดง ตารางที่ 3.3 ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ว่าหน้าที่การทำงานของแต่ละขาพอร์ตมีหน้าที่ต่างไปจากปกติสำหรับ วงจรสมบูรณ์ของแพกเกจเรดิโอ โมเด็มแสดงดังในรูปที่ 3.24

ตารางที่ 3.3 แสดงหน้าที่การทำงานของแต่ละขาพอร์ตเมื่อใช้งาน

ชื่อสัญญาณ	ตำแหน่งขาของ คอนเน็คเตอร์แบบ DB25	ตำแหน่งขาของ คอนเน็คเตอร์แบบ DB9	หน้าที่
DTR	20	4	ส่งข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์ไปยัง แพกเกจเรดิโอโมเด็ม(แทนขา Tx/D)
CTS	5	8	รับข้อมูลออกจากแพกเกจเรดิโอโมเด็มไปยัง คอมพิวเตอร์(แทน ขา RX/D)
TXD	2	3	สัญญาณไฟเลี้ยงวงจรจากคอมพิวเตอร์ ส่งไปยังแพกเกจเรดิโอโมเด็ม
GND	7	5	กราวด์ของวงจร

ลักษณะของ TCM 3105 ซึ่งเหมือนกับ TCM 3101J มีดังนี้

- เป็น โมเด็มซีพเคียวแบบ FSK
- สามารถใช้ได้ทั้งมาตรฐาน Bell 202 และ CCITT V33
- ส่งสัญญาณมอดคูเลท ในอัตรา 75,150,600 และ 1200 บอด
- สามารถ รับ-ส่ง ข้อมูลในอัตรา 1,200 บอด แบบ Half Duplex
- สามารถส่งข้อมูลด้วยอัตรา 1,200 บอด และรับข้อมูลด้วยอัตรา 150 บอด แบบ Full Duplex
- มีวงจรหน่วงเวลา และ ฟิวเตอร์ ทั้งทางด้านส่งและทางด้านรับ ในซีพเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของบริษัทผู้ผลิตและจำหน่าย และอยู่ภายใต้เงื่อนไขและเงื่อนไขการใช้งาน
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

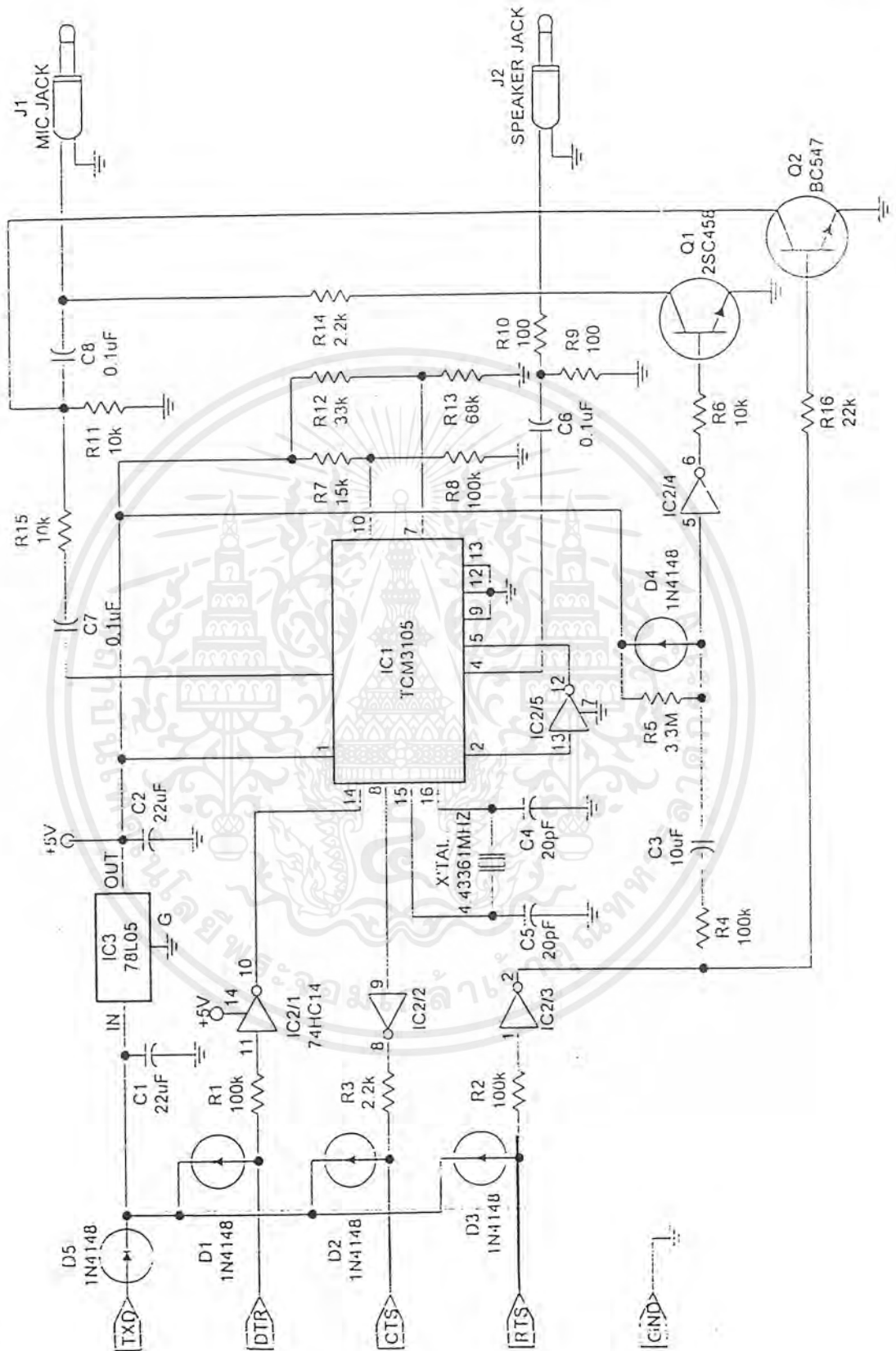
-ใช้ไฟเลี้ยง 5 โวลต์และกำลังค่า

-การสร้างออสซิลเลเตอร์ CMOS Silicon เกิด

การทำงานของขาต่างๆของ TCM 3105

PIN		หน้าที่การทำงาน
No.	ชื่อ	
1	VDD	เป็นไฟเลี้ยงป้อนให้กับ TCM 3105
2	CLK	เอาต์พุตสำหรับสัญญาณคล็อกต่อเนื่องที่ 16 เท่าของอัตราบิตที่เลือกไว้
3	CDT	ขาดีเทคคลื่นสัญญาณพาหะ ที่สัญญาณเอาต์พุตระดับต่ำบอกถึงคลื่นพาหะที่หายไป
4	RXA	รับสัญญาณอินพุตที่เป็นอนาล็อกซึ่งได้รับสัญญาณจากสายที่เป็น AC
5	TRS	เลือกอินพุตรับ-ส่ง ขานี้เลือกตาม TXR1 และ TXR2 ตามมาตรฐานและโหมดที่ใช้ ดังตารางที่ 3.3
6	NC	ไม่ได้เชื่อมต่อ
7	RXB	เป็นตัวรับการปรับแต่งไบอัสสำหรับการปรับระดับค่าจากภายนอกของตัวเปรียบเทียบตัวสุดท้ายเพื่อลดค่าบั่นทอนให้มีค่าน้อยที่สุด
8	RXD	รับสัญญาณเอาต์พุตดิจิทัลที่ถูกคิมมอดูเลท มาร์คถูกแทนด้วยระดับสูง และสเปซถูกแทนด้วยระดับต่ำ ค่า RXD ยังคงอยู่ระดับสูงถ้าไม่อนาล็อกเข้ามาที่ RXA
9	VSS	ขาไฟลบปกติจะต่อเข้ากับกราวด์
10	CDL	ขาปรับระดับการจับคลื่นพาหะ สำหรับการปรับภายนอกของทางเข้าของคลื่นพาหะ
11	TXA	ส่งสัญญาณเอาต์พุตซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อกสำหรับจะต้องมอดูเลทซึ่งต้องเป็น DC คัปปลิ่ง
12	TXR2	เป็นขาที่เลือกบิทเรท 1 ตามค่าของ TXR1 และ TRS และตามมาตรฐาน
13	TXR1	เป็นขาที่เลือกบิทเรท 2 ตามค่าของ TXR2 และ TRS และตามมาตรฐาน
14	TXD	ส่งสัญญาณดิจิทัล สำหรับป้อนข้อมูลเข้าเครื่องส่ง
15	OSC1	ใช้เชื่อมต่อออสซิลเลเตอร์คริสตอลชนิด 4.4336 MHz ถ้า clock ภายนอกถูกใช้
16	OSC2	OSC2 จะเปิดไว้แล้วจะใช้ clock ที่เชื่อมต่อกับ OSC1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 แสดงวงจรสมบูรณ์ของแพคเกจเรดิโอโมเด็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจรที่ 3.24 เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงาน

- สัญญาณที่ขา TXD จะมีแรงดันไฟออกมาประมาณ +10 โวลต์ ค่าแรงดันนี้จะส่งผ่านไปยัง IC3 ซึ่งเป็นแรงดันไอซีเรกูเลเตอร์รักษาระดับแรงดันไฟให้คงที่ +5 โวลต์ เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงให้กับวงจร

- สัญญาณที่ขา DTR จะมีค่าแรงดันประมาณ -10 โวลต์ เมื่อผ่าน R1 จะจำกัดกระแส และส่งผ่านไปยัง IC2/1 ซึ่งเป็นอินเวอร์เตอร์เกจที่ทำให้แรงดันที่ขา 14 มีแรงดันไฟประมาณ 5 โวลต์

- สัญญาณที่ขา RTS จะมีค่าประมาณ -10 โวลต์ เมื่อผ่าน R2 และอินเวอร์เตอร์ IC2/3 จะได้แรงดันไฟเอาต์พุต +5 โวลต์ ทำให้ขณะนี้ยังไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R5 เนื่องจากความต่างศักย์ระหว่างของ C3 เท่ากันทำให้แรงดันที่ อินพุตของ IC2/4 มีค่าเป็นแรงดันเป็น +5 โวลต์และเอาต์พุตที่ได้เป็นแรงดัน 0 โวลต์ ทำให้ Q1 ไม่ทำงาน

- สำหรับสัญญาณที่ขา CTS จะไม่ปรากฏเพราะยังไม่มีกรับรับข้อมูลแต่อย่างใด ที่เอาต์พุตของ IC2/2 จึงมีค่าของแรงดันเป็น 5 โวลต์ ออกมา

- สำหรับ D1 - D2 ที่ต่ออยู่สัญญาณ DTR, CTS, RTS ทำหน้าที่ส่งผ่านกระแสไฟฟ้าบวกไปรวมกับสัญญาณที่ TXD เพื่อใช้ในการป้อนไฟเลี้ยง

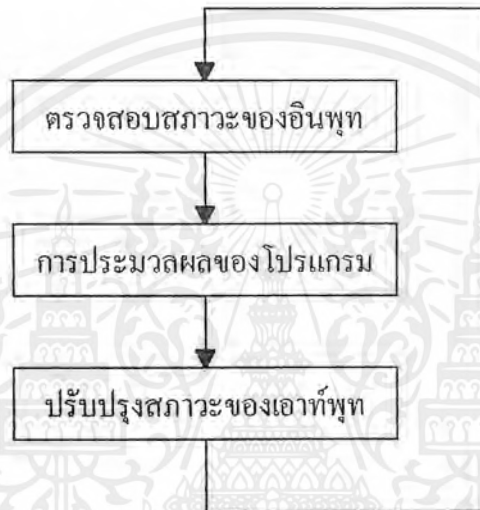
สัญญาณเสียงที่ผลิตจาก IC1 ที่ขา 11 จะถูกป้อนผ่าน C7 จะถูกลดระดับสัญญาณลงโดย R11 และ R15 เพื่อปรับระดับสัญญาณเสียงที่เหมาะสม R9 และ R10 ทำหน้าที่ลดระดับสัญญาณที่ส่งมาจากลำโพงผ่าน C6 ไปเข้าขา 4 ของ IC1 เพื่อแปลงสัญญาณความถี่เสียงที่เป็นข้อมูลดิจิตอลป้อนไปยังคอมพิวเตอร์ต่อไป

3.14 พีแอลซี(PLC)

พีแอลซี(PLC) ย่อมาจาก PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER เป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่ง ที่นิยมใช้กันมากในงานของระบบควบคุมแบบซีควเอนซ์ (SEQUENCE CONTROL)

การทำงานของ PLC

PLC ทำงาน โดยการสแกน (SCAN) โปรแกรมอย่างต่อเนื่องการ SCAN 1 รอบจะประกอบด้วย ขั้นตอนที่สำคัญ 3 ขั้นตอน หรือ อาจจะมีมากกว่านี้ก็ได้ ดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 แสดงรอบการทำงานของพีแอลซี

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบสถานะของอินพุต

ขั้นแรก PLC ตรวจสอบแต่ละอินพุตว่ามีสถานะ ON หรือ OFF โดยทำการตรวจสอบดูว่า sensor ที่ต่ออยู่กับอินพุตตัวแรกว่ามีสถานะเป็นอย่างไรแล้วจึงตรวจสอบอินพุตตัวที่ 2 และ 3 ไปเรื่อยๆ จากนั้นจะทำการบันทึกข้อมูลลงในหน่วยความจำ (memory) เพื่อใช้ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 การประมวลผลของโปรแกรม

ขั้นตอนนี้ PLC จะประมวลผลตาม โปรแกรมที่ได้เขียนขึ้น โดยจะทำเพียงคำสั่งละครั้ง ตัวอย่าง เช่น ตัวโปรแกรมอาจจะบอกว่า “อินพุตแรกมีสถานะเป็น ON จากนั้นจะทำให้เอาต์พุตแรกมีสถานะ ON” เนื่องจากเรารู้แล้วว่าอินพุตที่มีสถานะเป็น ON หรือ OFF จากขั้นตอนที่แล้ว ดังนั้นจึงทำให้ PLC สามารถตัดสินใจได้ว่าเอาต์พุตแรกควรมีสถานะเป็นอย่างไร จากนั้นจะเก็บผลที่ได้ไว้ในหน่วยความจำ เพื่อใช้ในขั้นตอนต่อไป

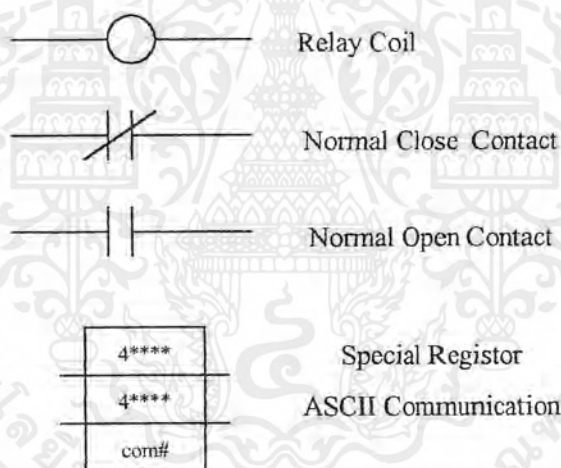
ขั้นตอนที่ 3 ปรับปรุงสถานะของเอาต์พุต

ขั้นตอนสุดท้ายคือ PLC จะทำการปรับปรุงสถานะของเอาต์พุต โดยในการปรับปรุงค่าสถานะของเอาต์พุตนี้จะขึ้นอยู่กับสถานะของอินพุตที่เข้ามาในขั้นตอนแรก และผลจากการประมวลผลตามโปรแกรมในช่วงขั้นตอนที่สอง

หลังจากเสร็จขั้นตอนที่สามแล้ว PLC จะกลับไปขั้นตอนที่ 1 และทำซ้ำไปเรื่อย ๆ อย่างต่อเนื่อง

RELAY LOGIC DIAGRAM

Relay คือ สวิตช์แม่เหล็กไฟฟ้าที่ทำงาน โดยการจ่ายแรงดันให้กับขดลวด (coil) ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้น สนามแม่เหล็กนี้จะดูด หน้าสัมผัส (contact) ของรีเลย์ เพื่อทำการปิดหรือเปิดวงจรไฟฟ้า



รูปที่ 3.26 แสดงสัญลักษณ์ของรีเลย์

Special Register

เป็นการกำหนดการส่ง ASCII ออกจาก PLC โดยการกำหนดค่าที่รีจิสเตอร์ ในบล็อกลำดับบน โดยค่าในรีจิสเตอร์จะประกอบไปด้วย รูปแบบที่จะให้ส่ง แล้วสิ่งที่ต้องการให้ส่ง ส่วนในบล็อกลำดับก็จะกำหนด ASCII ที่ต้องการให้ PLC ส่งออก

หลักการโปรแกรมพีแอลซีโดยใช้ภาษาแลคเกอร์

ภาษาแลคเกอร์ ประกอบด้วยสัญลักษณ์หน้าสัมผัส มีลักษณะคล้ายวงจรีเลย์ โปรแกรมภาษาแลคเกอร์จึงทำได้ง่าย พีแอลซีที่ใช้ภาษาแลคเกอร์ จะมีจำพวกขนาดเล็กและกลาง กลุ่มคำสั่งมี 6 กลุ่ม คำสั่ง คือ วงจรีเลย์และปฏิบัติตรรก การหน่วงเวลา และนับจำนวน การคำนวณทางคณิตศาสตร์ การจัดย้ายข้อมูล การเคลื่อนย้ายข้อมูล และคำสั่งควบคุมโปรแกรม

โปรโตคอล (POTOCAL)

โปรโตคอล คือ ชุดของกฎหมายที่มีไว้เพื่อจัดการกับอุปกรณ์ที่ร่วมกันใช้ช่องสัญญาณทำให้ตามกระบวนการสื่อสารอย่างมีลำดับ โปรโตคอลใช้กับการส่งถ่ายข้อมูลในอุปกรณ์ชนิดโหมคบล็อก ซึ่งปรกติมีอุปกรณ์ปลายทางต่ออยู่ในระบบหลายจุด (multipoint) มีอยู่ส่วนน้อยของโปรโตคอลที่ใช้กับอุปกรณ์อะซิงโครนัส (โหมคอักษร) ในระบบจุดต่อจุด เพราะมันไม่ต้องการการควบคุมที่ซับซ้อนแต่อย่างไร

หน้าที่หลักของ โปรโตคอล

- สร้างกรอบข่าวสาร (framing) หน้าที่คือการแบ่งข่าวสารออกเป็นบล็อก ๆ ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนเนื้อหา (text) และส่วนควบคุม มีการกำหนดขนาดของบล็อกที่ยาวที่สุด การแบ่งข่าวสารจะต้องไม่เกินข้อจำกัดเหล่านี้ ส่วนที่เพิ่มเติมมาคือ ข้อมูลควบคุม เช่น ฟิลด์ที่อยู่

- การควบคุมความผิดพลาด มีหน้าที่คือ การตรวจจับความผิดพลาด เช่น การใช้ CRC 16 บิต และการแก้ไขเมื่อมีการตรวจพบความผิดพลาด เช่น การร้องขอให้ส่งสัญญาณข่าวสารกลับมาใหม่ ซึ่งรายละเอียดจะเกี่ยวข้องกันมากกับประสิทธิภาพของการส่งข้อมูลนั้น ๆ

- การควบคุมสาย คือ ชุดกฎเกณฑ์ ที่ใช้กำหนดว่าอุปกรณ์ตัวใดบนช่องการสื่อสารจะได้รับความยินยอมให้ทำการติดต่อสื่อสารได้ในเวลาที่กำหนดให้อย่างไร ประโยชน์ของการควบคุมสายจะดูไม่ค่อยมีความหมายในการส่งข้อมูลระบบจุดต่อจุด แต่จะมีคุณค่าเด่นชัดในระบบจุดหลายจุด

- การควบคุมการไหล เป็นการใช้คลื่นพาหะรองในระบบบดเพ็ล็กซ์เป็นตัวช่วยทำการควบคุมในระบบบ็อกซิงโครนัสนั้นมีการควบคุมการไหลที่แตกต่างไปบ้าง แต่จัดให้มีขึ้นเพื่อให้บรรลุดัตุประสงค์และหน้าที่อันเดียวกับที่กล่าวมาแล้ว

- การควบคุมลำดับ คล้ายกับการควบคุมความผิดพลาด แต่มันอยู่ในระดับที่สูงกว่า กฎการควบคุมลำดับจะรับรองไม่ให้เกิดการหาย หรือการซ้ำซ้อนของข้อมูลที่ไปถึงสถานีปลายทางทั้งยังไม่ใช่เกิดการสลับลำดับของข้อมูลด้วย

โปรโตคอลมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน เช่น โปรโตคอล BISYNIC , HDLC , HOST, LINK และ MODBUS แต่ในที่นี้จะขอกล่าวถึงมอดบัสโปรโตคอล (MODBUS POTOCAL) และโฮสลิงค์ (HOST LINK POTOCAL)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอดบัสโปรโตคอล มีคุณสมบัติเฉพาะตัวบางอย่าง เช่น รูปแบบกรอบข่าวสาร ถ้าคับกรอบข่าวสาร, communication error, exception condition และ function ต่าง ๆ คุณสมบัติบางอย่างสามารถเลือกได้ เช่น การเลือก transmission duration, baud rate, character parity, Number of stop bits และ transmission mode (ASCII หรือ RTU) ซึ่งผู้เลือกพารามิเตอร์ โดยเซตที่แต่ละ station ซึ่งพารามิเตอร์เหล่านี้ไม่สามารถเปลี่ยนได้ ขณะที่ระบบกำลังทำงาน

สำหรับฮาร์ดแวร์ที่ส่ง message บน data line Message ต้องอยู่ใน envelope ซึ่ง envelope จะออกจากฮาร์ดแวร์ผ่านพอร์ตและจะถูกส่งจาก line ถึง address device ในกรณีนี้ Modbus Protocol จัดให้ envelope อยู่ในรูปของ message frame

ข้อมูลใน message เป็น address ของตัวรับ สิ่งที่ตัวรับต้องทำคือ data ที่จะใช้และการเช็ค errors

เมื่อ message เข้าถึง Modbus slave มันจะเข้าไปที่ address device ผ่านทาง port เดียวกัน address device จะเคลื่อนย้าย envelop อ่าน message ถ้าไม่มี errors เกิดขึ้น จะมีการตอบรับเกิดขึ้น มันจะวาง message ไว้ใน envelop และจะเปลี่ยนเป็นตัวส่ง ข้อมูลใน message ที่ตอบสนองเป็นแอดเดรสของ slave data ที่ได้มาจะเป็นผลของการกระทำและเป็นการเช็ค errors จะไม่มีการตอบสนองถ้า message เป็น broadcast ที่แสดงโดย address 0

อุปกรณ์ตัวรับที่จะเขียนและส่ง response ของตัวมันเอง ถ้า message ที่ผิดถูกรับเข้าไป โดยส่วนใหญ่ master สามารถส่ง message อื่น ๆ ถึงหลาย slave ตอบสนองสำหรับ message ที่ไม่ต้องการตอบสนองอาจจะส่งเป็น broadcast message, message เหล่านี้คือ modify coil status, modify register contents force multiple coil, preset multiple registers Mode of Transmission (โหมดของการส่งผ่าน) เป็นโครงสร้างของลักษณะเฉพาะของข้อมูลภายใน Message และเป็นระบบตัวเลขที่ใช้ส่ง Data ซึ่งมีอยู่ 2 Mode คือ ASCII (American Standard Code for Interchange) และ RTU (Remote Terminal Unit) โหมดที่เลือกใช้ขึ้นอยู่กับ requirement ที่ใช้เป็น Modbus master ซึ่งทั้งสองโหมดนี้ถ้าใช้ต้องใช้โหมดใดโหมดหนึ่ง จะใช้ร่วมกันไม่ได้

ตารางที่ 3.4 แสดงให้เห็นถึง characteristic ของ ASCII และ RTU

Characteristic	ASCII (7 bit)	RTU (8 bit)
Coding system	hexadecimal (user ASCII Printable characters:0-9, A-F)	8 - bit binary
Number of bit per Character		
Start bits	1	1
Data bits (least significant First) parity (optional)	7 1 (1 bit sent for even or odd Parity, no bit for no parity)	8 1 (1 bit sent for even or odd parity, no bits no parity)
Stop bits	1 or 2	1 or 2
Error checking	LRC (Longitudinal Redundancy Check)	CRC (Cyclical Redundancy Check)

ตัวอักษร ASCII ง่ายในการมองเห็นเมื่อต้องการแก้ไข ซึ่งจะเหมาะกับ ภาษาคอมพิวเตอร์ระดับสูง เช่น Fortran ในโหมด RTU , data ถูกส่งเป็นอักษระ (Character) เลขฐานสอง 8 บิต ในโหมด ASCII แต่ละ RTU character ถูกแบ่งเป็น 4 บิต สองตัว และในการถอดรหัส (decoding) และจัดการ (handling) ,ASCII0 จะง่ายกว่า และนอกจากนี้ ใน RTU อักษระของ Message ต้องใช้การส่งผ่านต่อเนื่องกันไป ในแต่ละโหมด ASCII สามารถที่จะหยุดได้ถึง 1 วินาที ระหว่างตัวอักษร

ในโหมด RTU จะมีข้อมูล 9 บิต (data 8 bit และ parity bit) ส่วนในโหมด ASCII จะมีข้อมูล 8 บิต (data 7 bit และ parity bit) ถ้าไม่ใช้ parity ก็ไม่ต้องส่ง Parity bit ออกไป parity มีรูปแบบให้หลายรูปแบบ สำหรับ Modbus system, Interface Units มีโครงสร้างแบบไม่มี parity ใช้ even parity หรือ odd parity ในเวลาที่มีการติดตั้ง โดยรูปแบบ โครงสร้างทั้งหมดของ Unit ในระบบ จะเป็นแบบเดียวกัน Modbus system จะกำหนดว่า parity bit ควรจะเป็น 1 หรือ 0

สำหรับ Even Parity

- ถ้ามีเลข 1 เป็นจำนวนคู่เติม 0 ที่ Parity bit
- ถ้ามีเลข 1 เป็นจำนวนคี่เติม 1 ที่ Parity bit เพื่อให้ 1 เป็นคู่

เอกสารนี้เป็นสำหรับ Odd Parity สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เพิ่ม 1 หรือ 0 ที่ Parity bit เพื่อให้จำนวนเลข 1 ใน data เป็นเลขคู่

Modbus system มีหลายระดับของการตรวจสอบความผิดพลาด เพื่อให้มั่นใจในคุณภาพของการส่ง data ในการตรวจสอบ Error หลายๆ บิต ที่ Parity ไม่เปลี่ยนแปลง เป็นระบบที่ใช้ Redundancy checks คือ CRC (Cyclical Redundancy Check) และ LRC (Longitudinal Redundancy Check) โดยปกติ RTU นิยมใช้ CRL และ ASCII นิยมใช้ LRC

Data Field

Data field จะเก็บข้อมูลที่ต้องการ โดย slave ทำตัวเป็นฟังก์ชันพิเศษ หรือมันจะเก็บ data สะสมไว้

โดย slave ในการตอบสนองคือ query ข้อมูลนี้อาจจะมี values, address reference หรือ limits เช่น ตัวอย่าง function code จะบอกว่า slave จะอ่านที่ holding register และ data field จำเป็นต้องแสดงว่าจะเริ่มที่ register ไหน และจะอ่านจำนวนเท่าไร แอดเดรสและข้อมูลจะเปลี่ยนแปลงตามชนิดและความสามารถ

ของ pc ที่สัมพันธ์กับ slave

Error checking

Field นี้จะให้ master และ slave เช็ค message สำหรับ errors ในการ transmission บางครั้งจะมีสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้าหรือสัญญาณรบกวนอื่นทำให้มั่นใจว่า master หรือ slave ไม่ได้ทำให้ message นั้นเปลี่ยนไประหว่าง transmission

ในการเพิ่มความปลอดภัยและประสิทธิภาพของ Modbus system error check field ใช้ LRC ในโหมด ASCII และใช้ CRC-16 ในโหมด RTU

รูปแบบของ MODBUS FUNCTIONS

จุดประสงค์ของเรื่องนี้ต้องการกำหนดรูปแบบโดยทั่วไปสำหรับคำสั่งเฉพาะซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้เขียน โปรแกรมของระบบมอดบัส

รูปแบบแต่ละ query message เป็นตัวอย่างในโหมดการส่งผ่าน ASCII และอธิบายถึงหน้าที่ของ query message ที่จัดให้ รวมทั้ง response message โดยทั่วไป

Message ใน Function code 1-6, 15 และ 16 แสดงให้เห็นโดยเฉพาะที่ตำแหน่งใน programmable controller ที่ต้องเข้าไป ฟังก์ชัน 1, 5 และ 15 อ้างอิงถึง coil (0xxx(x)) , code 2 อ้างอิง input (1xxx(x)) ,code 4 อ้างอิง input register (3xxx(x)) และ code 3 , 6 และ 16 อ้างอิง holding register (4xxx(x)) แอดเดรสทั้งหมดที่อ้างอิงใน modbus message มีจำนวนสัมพันธ์กับ 0 ตัวอย่างเช่น holding register ตัวแรก ใน 584 จะเป็น register 40001 และ จะอ้างอิงเป็น 0000 เช่นเดียวกันใน coil 00127 จะเป็น 0126 (decimal) = 007E(hex) ตัวเลขทั้งหมดให้รูปแบบ modbus จะใช้เป็นเลขฐาน 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ให้นี้ จะเป็น Read Output Register 4108 4110 สำหรับ Modbus Slave ทำงานที่ address 06 ซึ่งค่าตัวเลขในตารางจะอยู่ที่ในรูปฐาน 16

ADDR	FUNC	DATA START REG HO	DATA START REG LO	DATA # OF REGS HO	DATA # OF REGS LO	ERROR CHECK FIELD	
06	03	00	6E	0	03	89	LRC

ตารางที่ 3.6 แสดงตัวอย่างการอ่านค่าเอาต์พุตรีจิสเตอร์

Errors ในการโปรแกรมหรือ การทำงาน ทำให้ data ใน message ผิดเพี้ยนไปไม่ถูกต้องตามรูปแบบ จะทำให้ไม่มีการตอบสนองจาก pc ให้มันอินเทอร์เฟสหรือยุ่งยากในการสื่อสารกับ slave Error เหล่านี้จะมีผลใน Exception Response จาก Software ของ Master (Modbus Communication Handler) หรือ PC Slave ขึ้นอยู่กับประเภทของ Error

รหัสของ Exception Response แสดงตามตารางที่ 16 เมื่อ PC Slave ตรวจพบ Error เหล่านี้ มันจะส่ง message ที่ตอบสนองกลับไป master ซึ่งประกอบด้วย slave address, function code, error code และ error check field จะแสดงที่ผลการตอบรับจะแจ้งให้ทราบถึงการ error, บิตลำดับสูงของ function code จะถูกเซ็ทเป็น 1

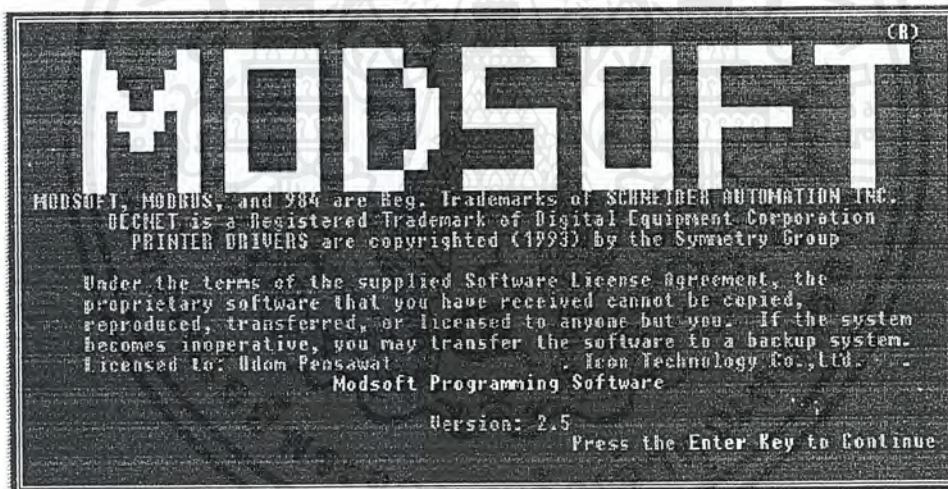
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ทดลองการส่งข้อมูลของพีแอลซี

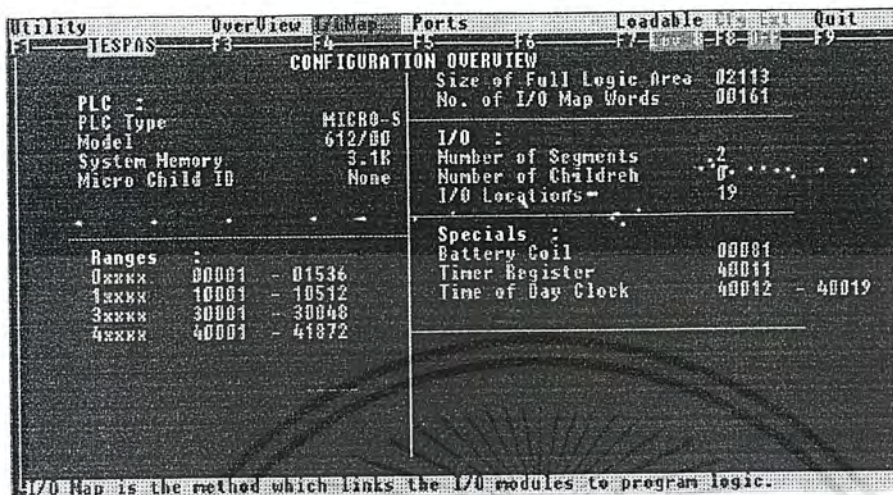
4.1 ทำการทดลอง PLC AEG MODICON 61200 กับคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งโปรโตคอลของพีแอลซี

1. เปิด MODSOFT PROTOCOL
2. กำหนดค่าพารามิเตอร์ของพีแอลซี
3. กำหนดค่าพารามิเตอร์ของพอร์ตสื่อสาร
4. เขียนโปรแกรมแลดเดอไดอะแกรม
5. กำหนดค่าอ้างอิงข้อมูล
6. ทำการรันโปรแกรม(กดสวิทช์)
7. วัดสัญญาณเมื่อพีแอลซีส่งข้อมูลออกที่ขา TXD

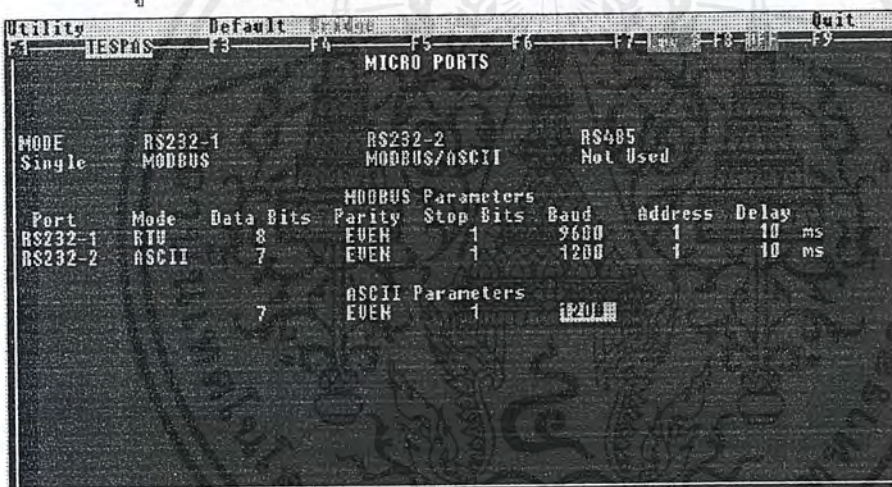


รูปที่ 4.1 หน้าต่าง MODSOFT PROTOCOL ของพีแอลซี

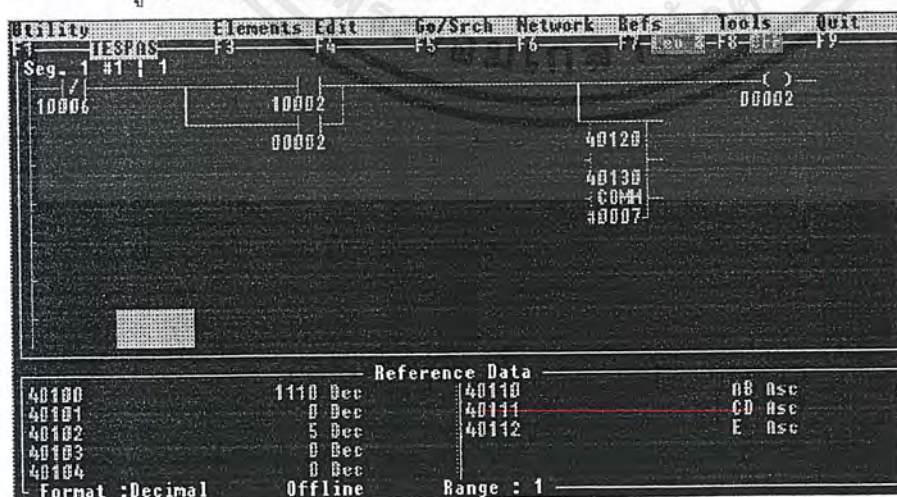
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 หน้าต่างเมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ของพีแอลซี

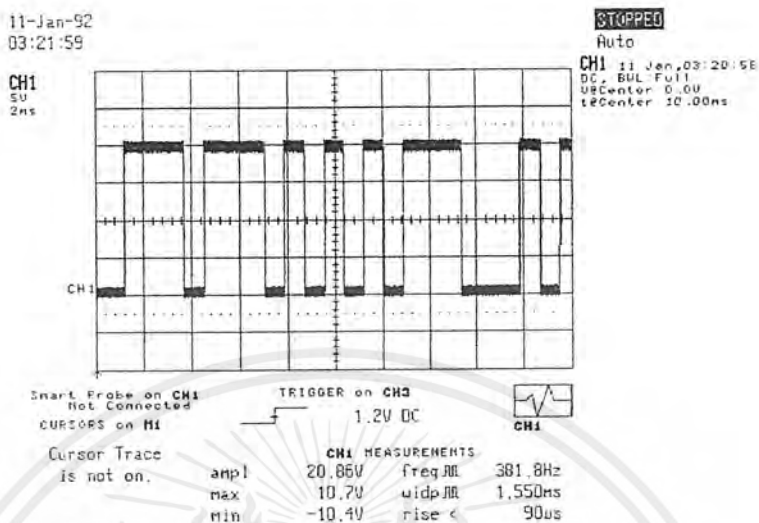


รูปที่ 4.3 หน้าต่างเมื่อกำหนดค่าพอร์ทสื่อสารของพีแอลซี



รูปที่ 4.4 เขียนโปรแกรมแลดเดอไออะแกรมและกำหนดค่าอ้างอิงข้อมูลของพีแอลซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

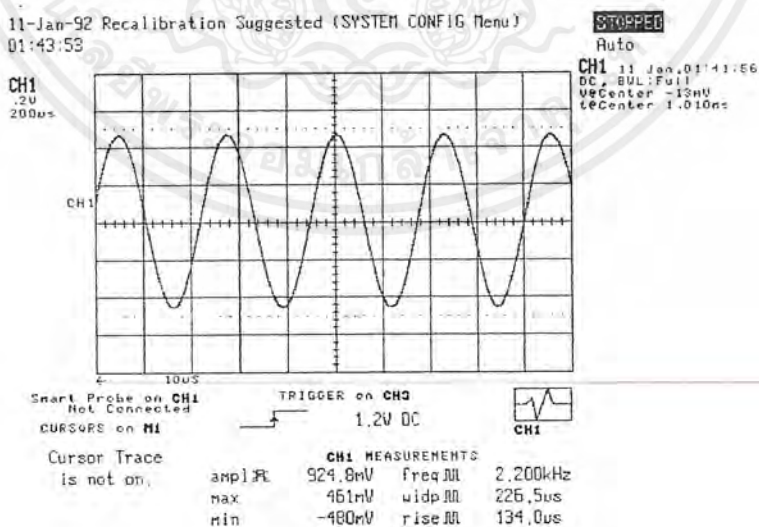


รูปที่ 4.5 สัญญาณดิจิทัลที่เป็นข้อมูล(เมื่อกดสวิทช์ 1)

ทดลองการทำงานของโมเด็ม

4.2 ทำการต่อวงจรตามรูปที่

1. ป้อนไฟเลี้ยง+12โวลท์เข้าที่ขาTXD
2. ป้อนไฟเลี้ยง+12โวลท์เข้าที่ขาDTR
3. วัดสัญญาณเอาท์พุทที่ขาMIC

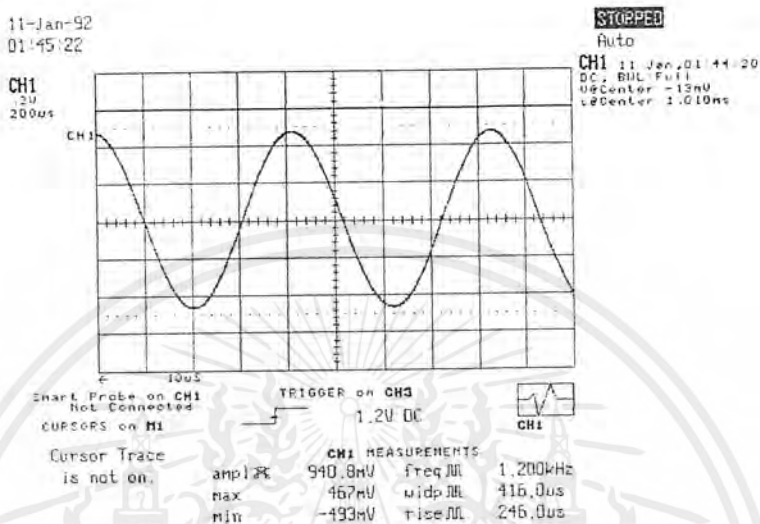


รูปที่ 4.6 สัญญาณที่สร้างได้ 2200Hz เมื่อป้อนไฟ+12โวลท์ที่ขาDTR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ป้อนไฟเลี้ยง-12โวลท์เข้าที่ขาDTR

5. วัดสัญญาณเอาท์พุทที่ขาMIC



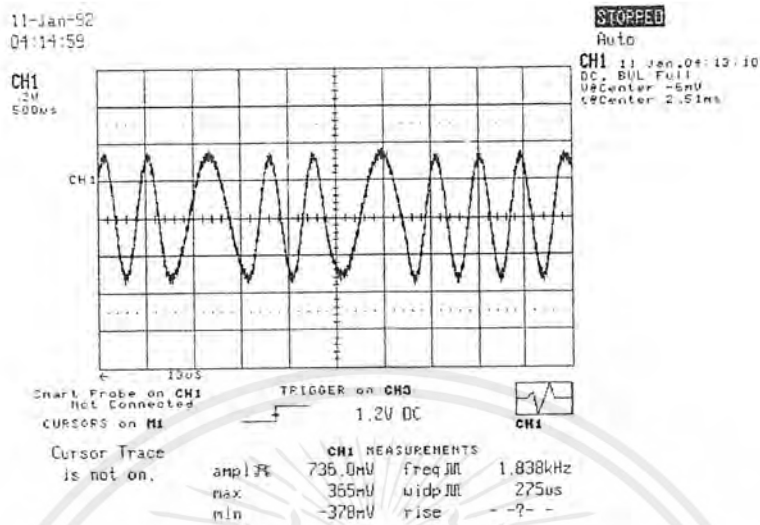
รูปที่ 4.7 สัญญาณที่สร้างได้ 1200Hz เมื่อป้อนไฟ-12โวลท์ที่ขาDTR

ทดลองการส่งข้อมูลของโมเด็ม

4.3 ทำการต่อพีแอลซีกับโมเด็ม

1. ต่อสายสัญญาณจากพีแอลซีขาTXDเข้ากับโมเด็มที่ขาDTR
2. ทำการรันโปรแกรมจากการทดลองที่ 4.1 (กดสวิทช์ 1)
3. วัดสัญญาณเอาท์พุทที่ขาMIC

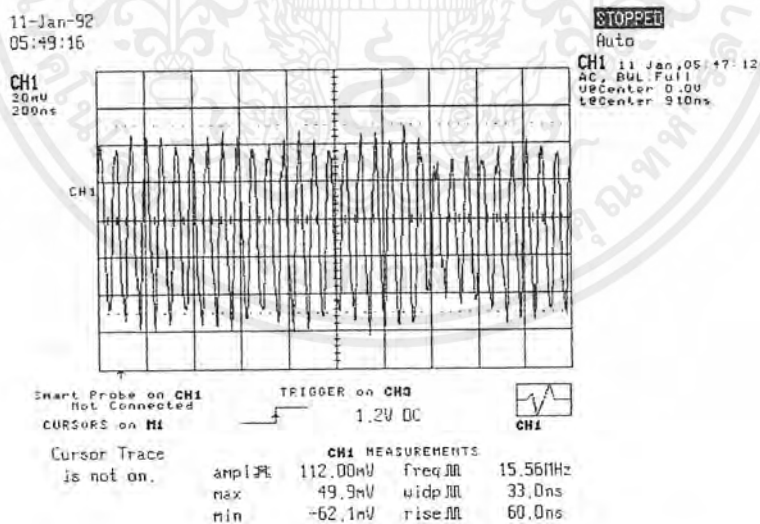
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 สัญญาณข้อมูลทีพีแอลซีส่งผ่านโมเด็ม

4.4 จากวงจรเครื่องส่งวิทยุดังรูปที่ 3.22 เป็นเครื่องส่งวิทยุความถี่ 46 MHz ต่อกับวงจรโมเด็ม และพีแอลซีโดยทำการรันโปรแกรมที่พีแอลซี(กวดสิทธิ์ 1) เพื่อให้พีแอลซีส่งข้อมูลออก จากนั้นทำการวัดสัญญาณตามจุดต่างๆ

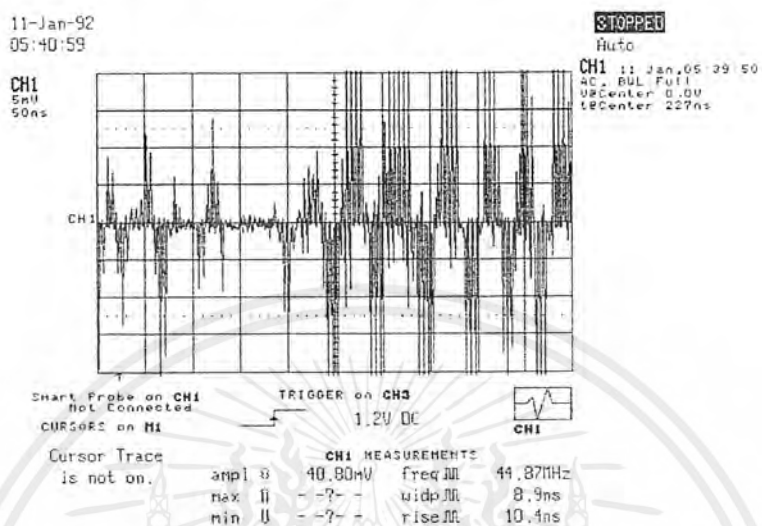
1. วัดสัญญาณจากภาคออสซิลเลเตอร์ความถี่ 15.56 MHz



รูปที่ 4.9 สัญญาณที่ได้จากภาคออสซิลเลเตอร์ความถี่ 15.56 MHz

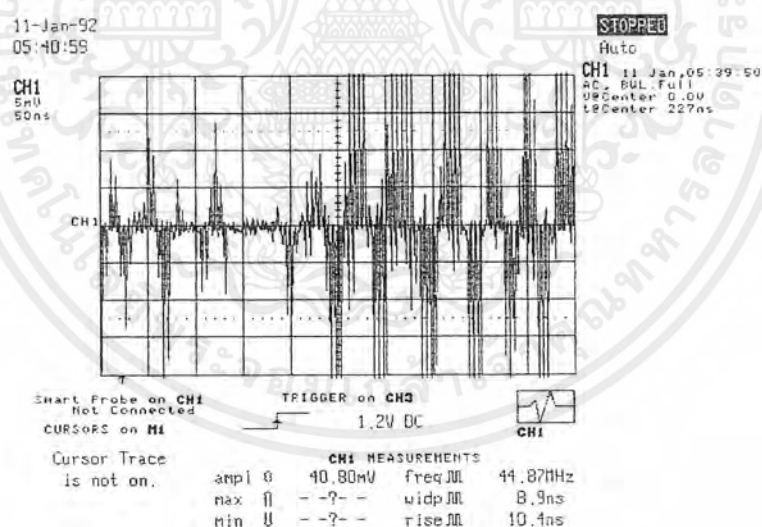
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วัดสัญญาณความถี่วิทยุที่อินพุทของภาคปริแอมป์เครื่องส่งวิทยุ



รูปที่ 4.10 สัญญาณความถี่วิทยุที่อินพุทของภาคปริแอมป์

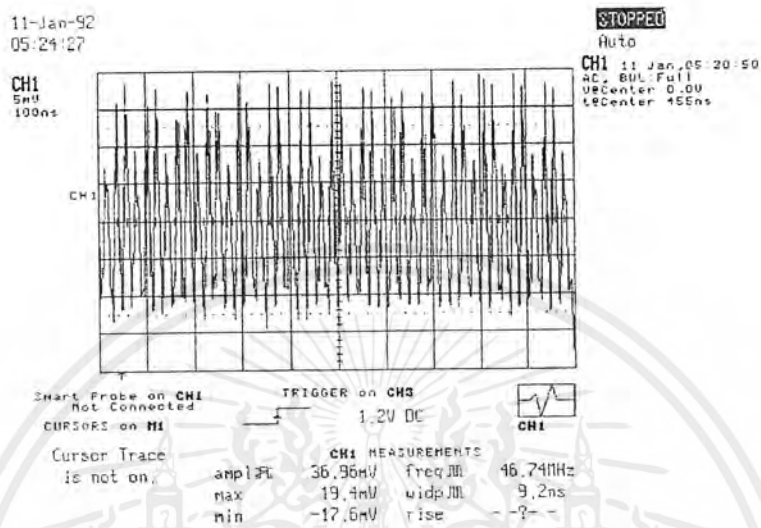
3. วัดสัญญาณความถี่วิทยุที่เอาต์พุทของภาคปริแอมป์เครื่องส่งวิทยุ



รูปที่ 4.11 สัญญาณความถี่วิทยุที่เอาต์พุทของภาคปริแอมป์

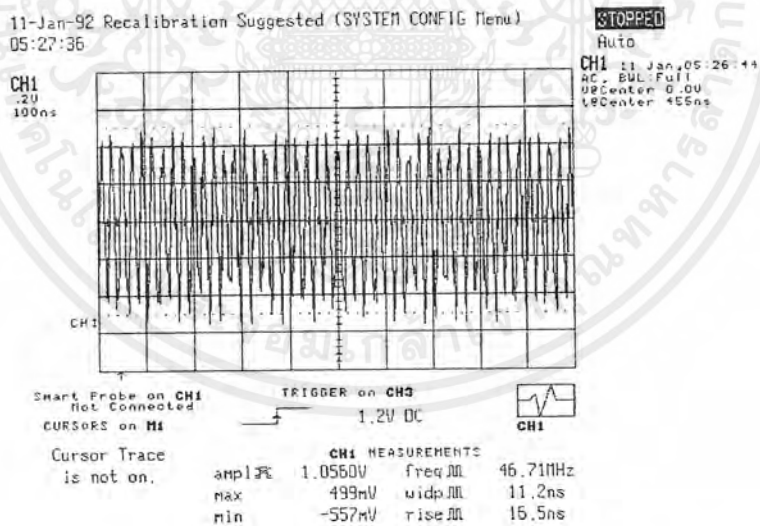
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วัดสัญญาณความถี่วิทยุที่อินพุทของภาคขยายกำลังวิทยุ



รูปที่ 4.12 สัญญาณความถี่วิทยุที่อินพุทของภาคขยายกำลัง

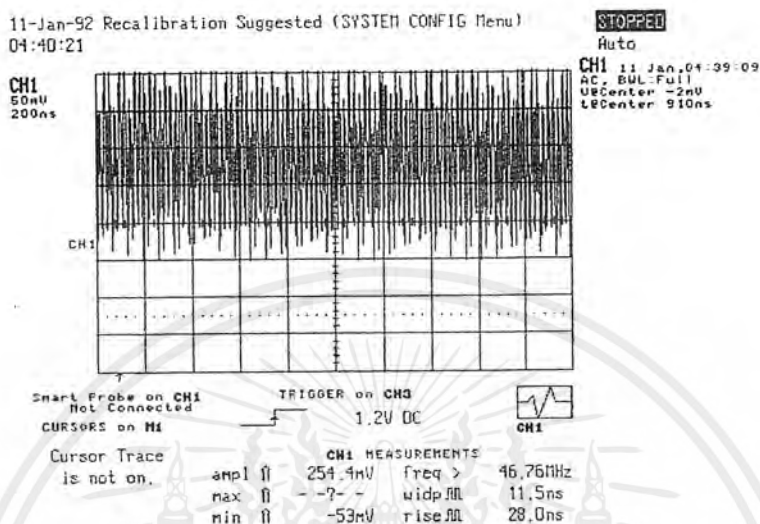
5. วัดสัญญาณความถี่วิทยุที่เอาต์พุทของภาคขยายกำลังวิทยุ



รูปที่ 4.13 สัญญาณความถี่วิทยุที่เอาต์พุทของภาคขยายกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. วัดสัญญาณความถี่วิทยุเมื่อพร้อมที่จะส่งออกอากาศ

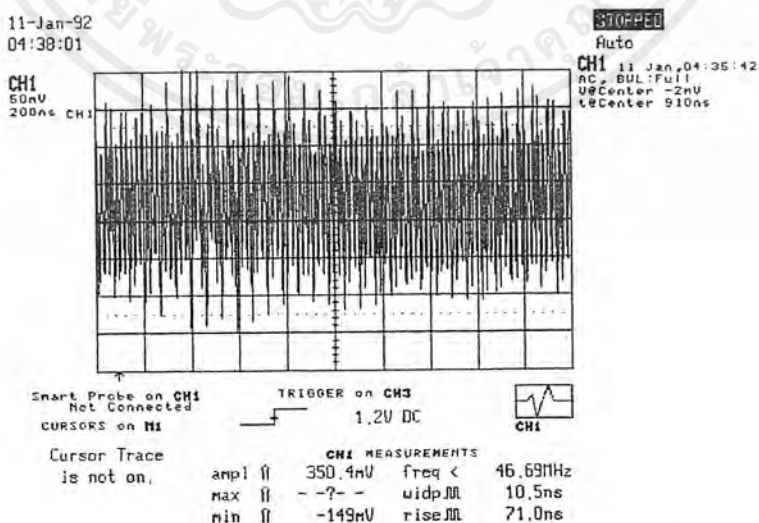


รูปที่ 4.14 สัญญาณความถี่วิทยุที่เสาส่งอากาศเครื่องส่งวิทยุ

ทดลองการทำงานของเครื่องรับวิทยุ

4.5 จากวงจรเครื่องรับวิทยุดังรูปที่ 3.23 เป็นเครื่องรับวิทยุความถี่ 46MHz โดยต่อร่วมกับโมเด็มและคอมพิวเตอร์ โดยที่การทดลองที่ 6.4 ยังคงทำงานอยู่ จากนั้นทำการวัดสัญญาณตามจุดต่างๆ และได้ผลการทดลองดังนี้

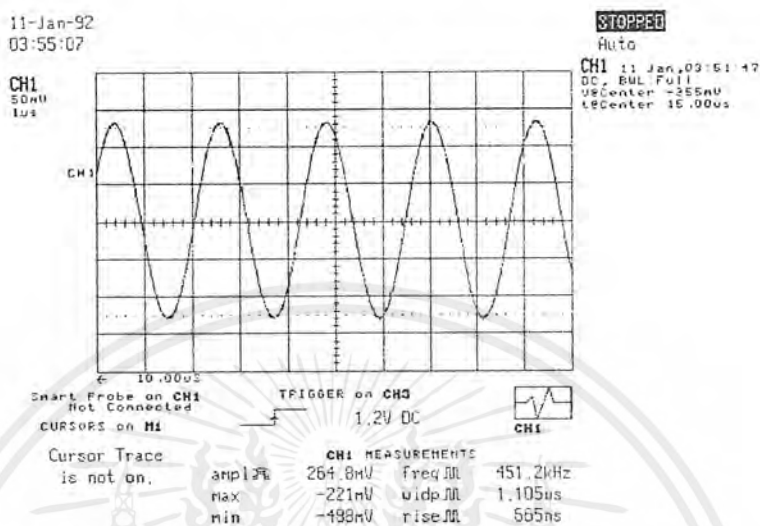
1. วัดสัญญาณความถี่วิทยุที่เอาท์พุทของภาคพรีอนเอนต์



รูปที่ 4.15 สัญญาณความถี่วิทยุที่เอาท์พุทภาคพรีอนเอนต์

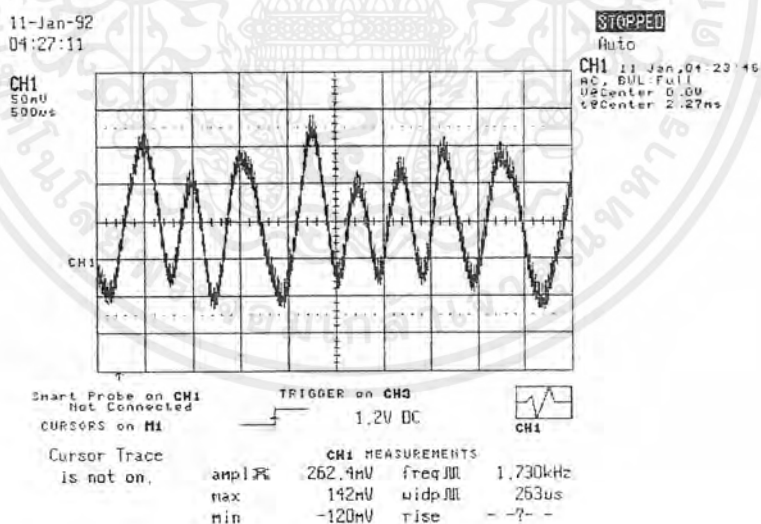
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วัดสัญญาณความถี่วิทยุที่เอาท์พุทของภาคเรอามิกฟิลเตอร์ความถี่455KHz



รูปที่4.16 สัญญาณความถี่ไอเอฟ455KHzเมื่อผ่านเรอามิกฟิลเตอร์

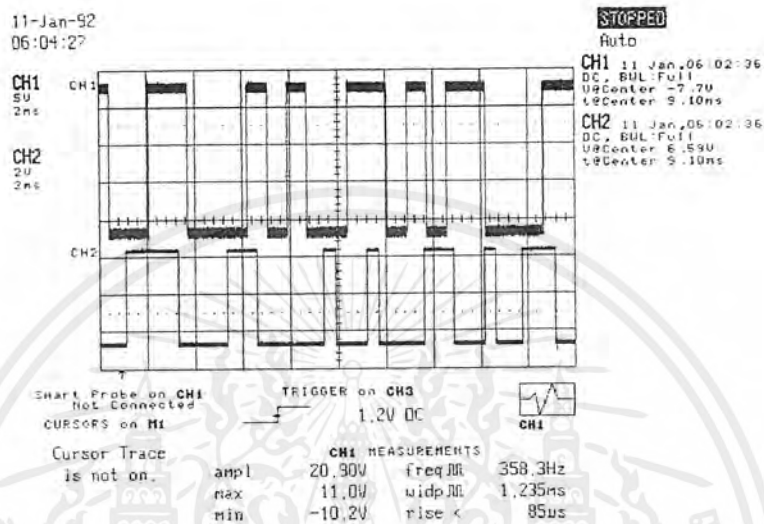
3. วัดสัญญาณเสียงที่ได้จากการตีเทคสัญญาณจากวงจรเครื่องรับซึ่งถูกแยกออกจากความถี่ไอเอฟ455KHz



รูปที่4.17 สัญญาณเสียงที่แยกออกจากความถี่ไอเอฟ

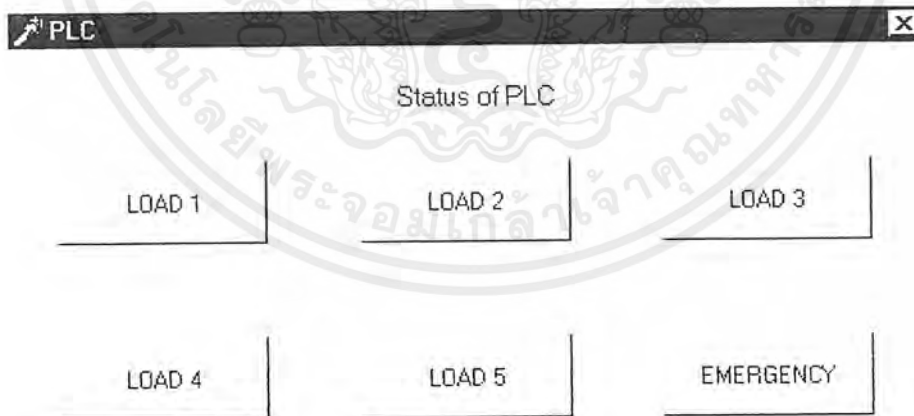
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ทำการเปรียบเทียบสัญญาณดิจิทัลที่ออกจากพีแอลซีก่อนส่งเข้าเครื่องส่งวิทยุกับสัญญาณดิจิทัลที่เครื่องรับวิทยุเมื่อผ่านโมเด็ม



รูปที่ 4.18 CH1 สัญญาณพีแอลซีและCH2 สัญญาณเมื่อผ่านเครื่องรับวิทยุและโมเด็ม

4.7 การแสดงผลทางกราฟฟิก เมื่อส่งข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์



รูปที่ 4.19 การแสดงผลทางกราฟฟิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์

สรุปผลการทดลอง

การส่งข้อมูลของพีแอลซี ก็จะมีการส่งข้อมูลที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละผู้ผลิต ดังนั้นผู้ใช้งานควรศึกษารายละเอียดของพีแอลซีให้ละเอียด

จากการทดลองวงจรเครื่องรับเอฟเอ็ม จะเห็นได้ว่าวงจรส่วนใหญ่สามารถทำงานได้ตามต้องการ คือ วงจรอาร์เอฟแอมป์ สามารถกรองผ่านความถี่เอฟเอ็มที่ต้องการได้ เพื่อนำไปมิกซ์กับความถี่ออสซิลเลเตอร์ภายในตัวไอซี ได้สัญญาณความถี่ไอเอฟ 455 KHz และวงจรดีเทคเตอร์แบบควอดราเจอร์ ดิสทริบิวเตอร์ ก็สามารถดีเทคเอาสัญญาณเสียงกับคั่นมาได้ แต่ถ้าวงจรมิกซ์ไม่สามารถมิกซ์ได้ความถี่ไอเอฟ ดีเทคเตอร์ก็ไม่สามารถดีเทคสัญญาณเสียงกลับมาได้ เพราะเรามิกซ์ฟิลเตอร์ 455 KHz จะไม่ยอมให้สัญญาณที่ผ่านการมิกซ์มาแล้วมีความถี่ไม่ได้พอดีกับความถี่ 455 KHz นั้นผ่านไป

จากการทดลองการทำงานของเครื่องส่งวิทยุสัญญาณเสียงสามารถมอดูเลทแบบเอฟเอ็มกับความถี่ออสซิลเลเตอร์ได้และจากนั้นก็หาความถี่เพื่อให้ได้ความถี่ในย่านที่ต้องการได้ประมาณ 46 MHz

จากการทดลองการทำงานของโมเด็ม โมเด็มสามารถทำงานแบบ FSK (Frequency Shift Keying) ได้ เมื่อป้อนลอจิก "0" เข้าที่อินพุตจะได้สัญญาณอนาล็อก ความถี่ 2200 Hz ที่เอาท์พุทและเมื่อป้อนลอจิก "1" เข้าที่อินพุตจะได้สัญญาณอนาล็อก ความถี่ 1200 Hz ที่เอาท์พุท และโมเด็มสามารถส่งและรับข้อมูลด้วยอัตราเร็ว 1200 บิตต่อวินาที

วิจารณ์การทดลอง

- การออกแบบวงจรเครื่องรับและเครื่องส่งควรจะมีแบนด์วิดท์แคบๆ และฟิลเตอร์ต้องมีความคมมากขึ้น คือสามารถให้เฉพาะความถี่ที่ต้องการเท่านั้นจึงจะผ่านไปได้
- การออกแบบวงจรเครื่องส่งวิทยุควรจะมีกำลังส่งสูงพอสมควร
- ความถี่ของสัญญาณวิทยุ มีการรบกวนจากสัญญาณภายนอก (noise) ทำให้การรับข้อมูลผิดพลาดได้ง่าย
- มีการรบกวนคลื่นวิทยุจากตัวเครื่องคอมพิวเตอร์เอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCM3105EPL, TCM3105JE, TCM3105JL,
TCM3105NE, TCM3105NL
- SX MODEM

- Single-Chip Frequency-Shift-Keying (FSK) Modem
- Meet Both Bell 202 and CCITT V23 Specifications
- Transmit Modulation at 75, 150, 600, and 1200 Baud
- Receive Demodulation at 5, 75, 150, 600, and 1200 Baud
- Half-Duplex Operation Up to 1200 Baud Transmit and Receive
- Full-Duplex Operation Up to 1200 Baud Transmit and 150 Baud Receive
- On-Chip Group Equalization and Transmit/Receive Filtering
- Carrier-Detect-Level Adjustment and Carrier-Fail Output
- Single 5-V Power Supply
- Low Power Consumption
- Reliable CMOS Silicon-Gate Technology

16-PIN PACKAGE
(TOP VIEW)

V _{DD}	1	16	OSC2
CLK	2	15	OSC1
CDT	3	14	TXD
RXA	4	13	TXR1
TRS	5	12	TXR2
NC	6	11	TXA
RXH	7	10	CDL
RXD	8	9	V _{SS}

DW PACKAGE
(TOP VIEW)

V _{DD}	1	24	OSC2
CLK	2	23	OSC1
CDT	3	22	TXD
NC	4	21	NC
RXA	5	20	TXR1
NC	6	19	NC
TRS	7	18	NC
NC	8	17	TXR2
RAT	9	16	TXA
NC	10	15	NC
RXB	11	14	CDL
RXD	12	13	V _{SS}

NC - No internal connection

description

The TCM3105 is a single-chip asynchronous frequency-shift-keying (FSK) voice-band modem that uses silicon-gate CMOS technology to implement a switched-capacitor architecture. It is pin-selectable (TXR1, TXR2, and TRS) for a wide range of transmit/receive baud rates and is compatible with the applicable BELL 202 or CCITT V23 standards. Operation is fully reversible, thereby allowing both forward and backward channels to be used simultaneously.

The transmitter is a programmable frequency synthesizer that provides two output frequencies (on TXA), representing the marks and spaces of the digital signal present on TXD.

The receive section is responsible for the demodulation of the analog signal appearing at the RXA input and is based on the principle of frequency-to-voltage conversion. This section contains a group delay equalizer (to correct phase distortion), automatic gain control, carrier detect level adjustment, and high-frequency adjustment, thereby optimizing performance and giving the lowest possible bit error rate.

Carrier detect information is given to the system by means of the carrier-detect outputs, which set a flag on the CDT output if the level of received in-band energy falls below a value set on the CDL input for a specified minimum duration.

The TCM3105JE and TCM3105NE are characterized for operation from -40°C to 85°C. The TCM3105DWL, TCM3105JL, and TCM3105NL are characterized for operation from 0°C to 70°C.

D packages are available taped and reeled. Ask the Sales Office for device type (e.g., TCM3105DWLR).



Caution: These devices have limited built-in protection. The leads should be shorted together or the device packaged in conductive foam during storage or handling to prevent electrostatic damage to the MOS gates.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Production conforms to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.



Copyright © 1992, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น - ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCM3105DWL, TCM3105JE, TCM3105JL
TCM3105NL, TCM3105NL

FSK MODEM

SC15019C - NOVEMBER 1988 - REVISED MAY 1994

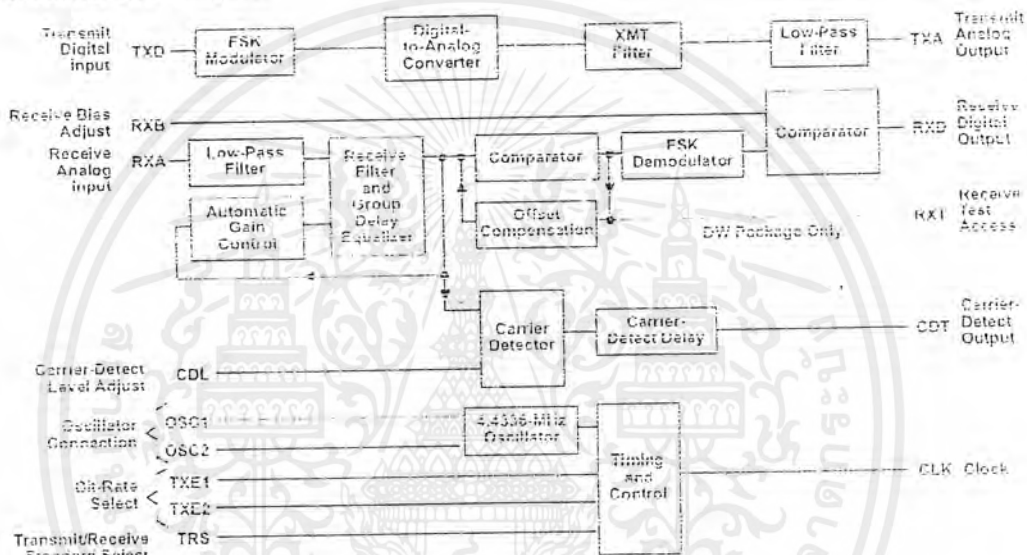
Terminal Functions

NAME	TERMINAL		DESCRIPTION
	NO.		
	DW	J OR N	
CDL	14	10	Carrier-detect-level adjust for external adjustment of carrier-detect threshold
CDT	3	3	Carrier-detect output. A low-level output indicates carrier failure
CLK	2	2	Output for a continuous clock signal at 16 times the highest selected (transmit or receive) bit rate
NC	4, 6, 8, 10, 15, 18, 19, 21	6	No internal connection
OSC1, OSC2	23, 24	15, 16	Oscillator connections. The crystal (typically 4.1936 MHz) is connected to OSC1 AND OSC2. If an external clock is used, OSC2 is left open and the clock is connected to OSC1.
RXA	5	4	Receive analog input to which the received line signal must be ac coupled
RXB	11	7	Receive bias adjust for external adjustment of the decision threshold of the comparator to minimize bias distortion
RXD	12	6	Receiver digital output for the demodulated received data in positive logic. The high logic level is a mark and the low logic level is a space.
RXT	9	-	Receive test access. Output of timer is available on RXT (DW only)
TRS	7	5	Transmit/receive status select input, which with TXR1 and TXR2, sets the standard bit rates and mark/space frequencies
TXA	16	11	Transmit analog output for the modulation signal, which must be ac coupled
TXD	22	14	Transmit signal input for data to the transmitter in positive logic. The high logic level is a mark and the low logic level is a space. The data can be accepted at any speed from zero to the selected speed and may be totally asynchronous.
TXR1	20	13	Bit-rate select 1 input which along with TXR2 and TRS, sets the bit rates and mark/space frequencies
TXR2	17	12	Bit rate select 2 input which along with TXR1 and TRS, sets the bit rates and mark/space frequencies
VDD	1	1	Positive supply voltage
VSS	13	9	Most negative supply voltage (normally ground) connected to substrate

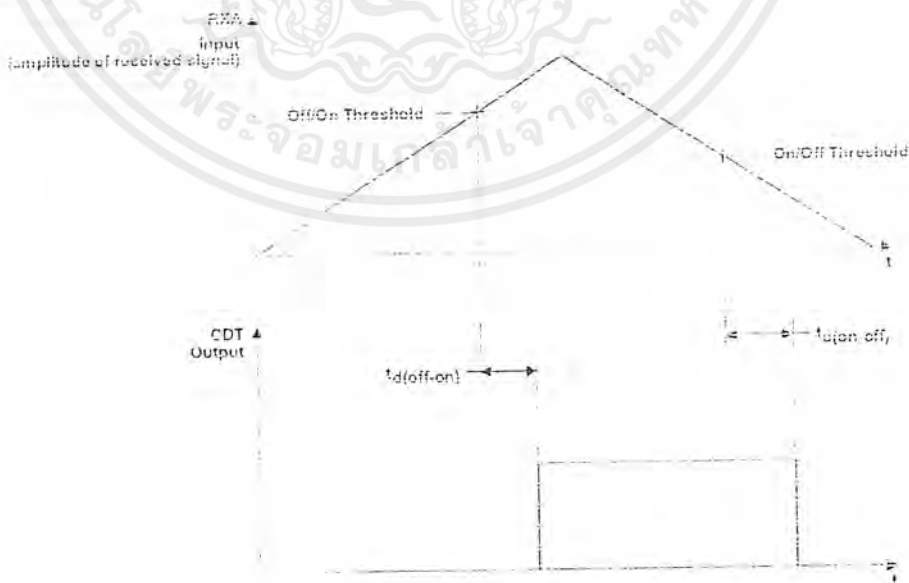
TCM3105DWL, TCM3105JE, TCM3105JL
 TCM3105NE, TCM3105NL
 FSK MODEM

SDT3105C - NOVEMBER 1985 - REVISED MAY 1988

functional block diagram



timing diagram



TCM3105DWL, TCM3105JE, TCM3105JL
 TCM3105NE, TCM3105NL
 FSK MODEM

3CT3919C - NOVEMBER 1985 - REVISED MAY 1992

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

Supply voltage range, V_{DD} (see Note 1)	-0.3 V to 10 V
Input voltage range, V_I (any input)	-0.3 V to V_{DD}
Operating free-air temperature range, T_A : TCM3105DWL, TCM3105JL, TCM3105NL	-10°C to 70°C
TCM3105JE, TCM3105NE	-55°C to 85°C
Storage temperature range:	-55°C to 150°C
Lead temperature 1.6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds: DW or N package	260°C
Lead temperature 1.6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds: J package	300°C

NOTE 1: Voltage values are with respect to V_{SS} .

recommended operating conditions

	TCM3105JE TCM3105NE			TCM3105DWL TCM3105JL TCM3105NL			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{DD}	4	5	5.5	4	5	5.5	V
High-level input voltage, V_{IH}	2		V_{DD}	2		V_{DD}	V
Low-level input voltage, V_{IL}	0		0.6	0		0.6	V
Analog input level, peak to peak (see couplant)		0.3	0.75		0.3	0.75	V
Clock frequency, f_{clock}	4,4334	4,4336	4,4336	4,4334	4,4336	4,4336	KHz
Analog load impedance at 1XA	50			50			Ω
Operating free-air temperature range, T_A	-10		85	0		70	°C

TCM3105DWL, TCM3105JE, TCM3105JL
 TCM3105NE, TCM3105NL
 FSK MODEM
 SCS139C - NOVEMBER 1985 - REVISED MAY 1992

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TCM3105JE TCM3105NE			TCM3105DWL TCM3105JL TCM3105NL			UNIT	
		MIN	TYP†	MAX	MIN	TYP†	MAX		
V _{OH} High-level output voltage	RXD, CDT, CLK I _{OH} = -1.6 mA	2.4		V _{DD}	2.4		V _{DD}	V	
V _{OL} Low-level output voltage	RXD, CDT, CLK I _{OL} = 1.6 mA	V _{SS}		0.4	V _{SS}		0.4	V	
Analog output voltage level, peak to peak	TXA V _{DD} = 4 V V _{DD} = 5 V V _{DD} = 5.5 V	R _L = 50 kΩ R _L = 100 pF	1.55			1.55			V
			1.4	1.9	2.3	1.4	1.9	2.3	
			2.1			2.1			
Adjust voltage	RXB	2.3	2.7	3.1	2.3	2.7	3.1	V	
	CDL	2.8	3.3	3.9	2.8	3.3	3.9		
Analog output impedance	TXA	V _{DD} /3			V _{DD} /3			V	
Digital input current	TXD, IRS, TX1, TX2	I _I = 5 mA/V _{DD}						μA	
Analog input current	RXA				±15			μA	
Bias input current	RXB, CDL	I _I = 5 V			±150			μA	
I _{DD} Supply current	V _{DD} = 4 V	3			3			mA	
	V _{DD} = 5 V	5			5				
	V _{DD} = 5.5 V	8			8				
C _i Input capacitance, all inputs	f = 1 MHz	10			10			pF	
C _o Output capacitance, all outputs	f = 1 MHz	10			10			pF	
Phase jitter					200			ns	
Rise dispersion‡					±15%			%	
Carrier-detect threshold, on/off§		-45.5			-43			dBm	
Carrier-detect threshold, on/off§		-46			-45.5			dBm	
Carrier-detect hysteresis		2.5			2.8			dBm	

switching characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TCM3105JE TCM3105NE			TCM3105DWL TCM3105JL TCM3105NL			UNIT
		MIN	TYP†	MAX	MIN	TYP†	MAX	
t _{d(off-on)} Carrier-detect off-to-on delay time	RX = 600 or 1200 b/s	12		26	12		26	ns
	RX = 5, 75, or 150 b/s	46		60	46		60	
t _{d(on-off)} Carrier-detect on-to-off delay time	RX = 600 or 1200 b/s	12		20	12		20	ns
	RX = 5, 75, or 150 b/s	46		75	46		75	
Transmit frequency deviation from assignment (see Table I)	f _{clock} = 4.4336 MHz	±1			±1			Hz

† All typicals are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

‡ Bias distortion is the departure from a 50% duty cycle when a series of alternating mark and space tones is received.

§ TI is the threshold with the CDL input properly adjusted.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ควรแก้ไขใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCM3105DWL, TCM3105JE, TCM3105JL
 TCM3105NE, TCM3105NL
 FSK MODEM
 SCTS019C - NOVEMBER 1985 - REVISED MAY 1994

PRINCIPLES OF OPERATION

The TCM3105 FSK modem is made up of four functional circuits. The circuits are the transmitter, the receiver, a carrier detector, and control and timing (see Figure 1).

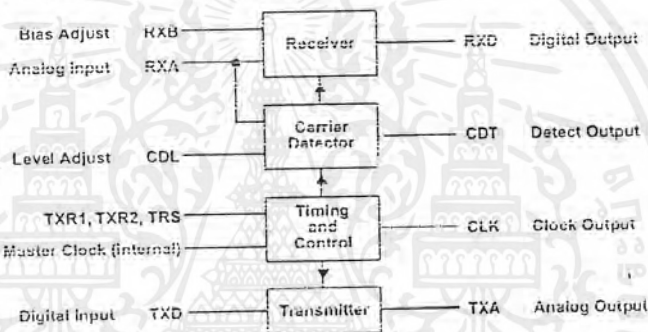


Figure 1. TCM3105 System Partitioning

transmitter

The transmitter comprises a phase-coherent FSK modulator, a transmit filter, and a transmit amplifier. The modulator is a programmable frequency synthesizer that drives the output frequencies by variable division of the oscillator frequency (4.4336 MHz). The division ratio is set by the states of the transmit/receive standard input (TRS), the bit-rate select inputs (TXR1 and TXR2), and the digital data input (TXD).

A switched-capacitor low-pass filter limits the harmonics and noise outside the transmit band, and the characteristics of this filter are set by the frequency-select inputs as previously described. The harmonics introduced by the transmit filter clock are removed by a continuous low-pass filter.

The transmitter output level varies with power supply voltage and so must be compensated in the 2-wire to 4-wire converter to give a constant output level to the line.

receiver

A continuous low-pass anti-aliasing filter is followed by the receiver amplifier, which automatically controls its gain to give a constant output level from the receiver filter. The receiver filter limits the bandwidth of the signal presented to the demodulator reducing out-of-band interference and has very high rejection of the transmit channel frequencies. These are typically present at much higher levels than the received signal.

The group delay equalizer is a switched-capacitor network that compensates the delay introduced by the receiver filter and the network. The output from the equalizer is then limited to give an FSK modulated squarewave that is presented to the demodulator.

The demodulator is an edge-triggered multivibrator that triggers off positive- and negative-going edges. The output of the demodulator is a stream of constant-length pulses at a frequency that is double the frequency of the limited input signal. The dc component of this signal is proportional to the received frequency and is extracted by a switched-capacitor, low-pass, post-demodulator filter.

The variation of dc level with received frequency is presented to a comparator that slices at a level externally fixed by the RXB bias-adjustment pin. This voltage depends on received bit rate and internal offsets. The comparator output is then the received data at RXD.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไขในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาเอกสารนี้ หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655333 • DALLAS, TEXAS 75265
 POST OFFICE BOX 1453 • HOUSTON, TEXAS 77251-1443

TCM3105DWL, TCM3105JE, TCM3105JL
 TCM3105NE, TCM3105NL
 FSK MODEM
 SCTS119C - NOVEMBER 1985 - REVISED MAY 1992

carrier detect

The carrier-detect circuits comprise an energy detector and digital delay. The energy detector compares the total signal level at the output of the receive filter to an externally set threshold level on the CDL input. The comparator has a 2.5-dB hysteresis and a delay to allow for momentary signal loss and to prevent oscillation. The output detector is available on CDT where a high level indicates that a carrier is present. The data output is clamped to a mark condition when the carrier-detect output switches off at the end of transmission.

control and timing

An on-chip oscillator runs from an external 4.4336-MHz crystal connected between OSC1 and OSC2 or an external signal driving OSC1. A clock signal equal to 16 times the highest selected bit rate (transmit or receive) is available on the CLK output.

The single-supply rail means that all analog functions are referenced to an internally generated reference. All analog inputs and outputs must be ac coupled.

transmit and receive modes

The various modes of operation of the TCM3105 are given in Table 1. The data convention is that a logic high is a mark and a logic low is a space.

TCM3105DWL, TCM3105JE, TCM3105JL
 TCM3105NE, TCM3105NL
 FSK MODEM

SC18319C - NOVEMBER 1985 - REVISED MAY 1994

Table 1. Modes of Operation

STANDARD	TRS	TXR1	TXR2	TRANSMITTED BAUD RATE	RECEIVED BAUD RATE	TRANSMIT FREQUENCY ASSIGNMENTS (Hz)	RECEIVE FREQUENCY ASSIGNMENTS (Hz)	CLK FREQUENCY (kHz)
CCITT V.22	L	L	L	1200	1200	M 1300 S 2100	M 1300 S 2100	19.11
	H	L	L	1200	75	M 1300 S 2100	M 390 S 450	19.11
	L	L	H	600	75	M 1300 S 1700	M 390 S 450	9.56
	H	L	H	600	600	M 1300 S 1700	M 1300 S 1700	9.56
	L	H	L	75	1200	M 390 S 450	M 1300 S 2100	19.11
	H	H	L	75	600	M 390 S 450	M 1300 S 1700	9.56
	L	H	H	75	75	M 390 S 450	M 390 S 450	1.19
BELL 202	CLK	L	L	1200	1200	M 1200 S 2200	M 1200 S 2200	19.11
	CLK8	L	H	1200	150	M 1200 S 2200	M 387 S 487	19.11
	CLK8	L	H	1200	0	M 1200 S 2200	M 387 S 0	19.11
	CLK	H	L	150	1200	M 387 S 487	M 1200 S 2200	19.11
	CLK	H	H	150	150	M 387 S 487	M 387 S 487	2.39
	CLKT	HT	LT	5	1200	M 387	M 1200	19.11
	HT	HT	HT			S 0	S 2200	
		H	H	H	Transmit Disabled	1200	Transmit Disabled	M 1200 S 2200

H = high level, L = low level

T in these modes, the modulation is controlled by TRS and TXR2. TXD is tied high.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไขในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

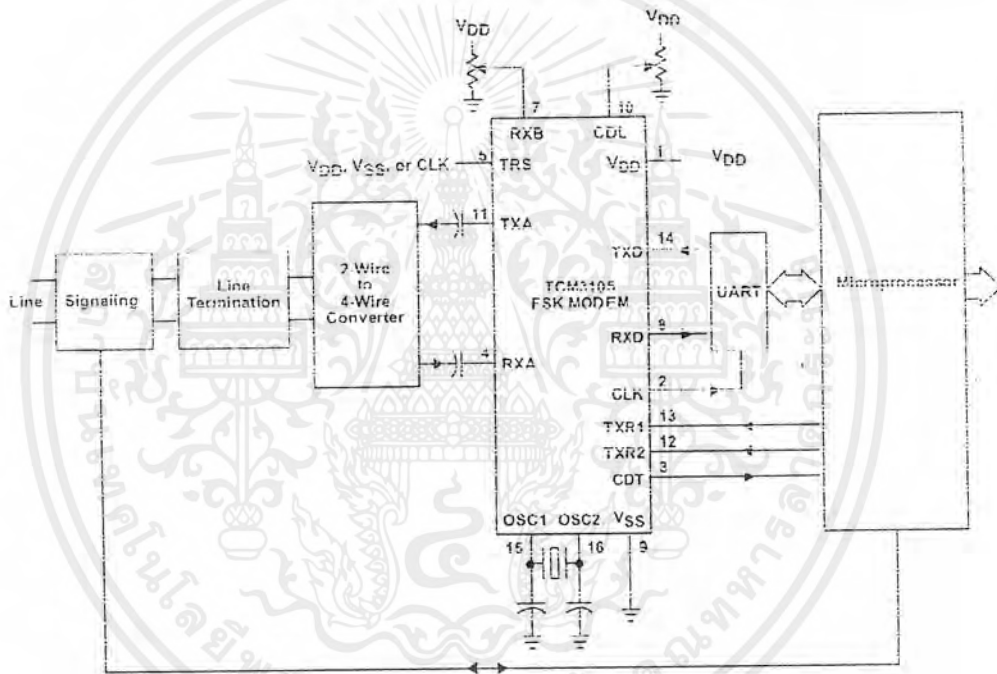
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาเอกสารนี้ ซึ่งเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEXAS
INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 656903 • DALLAS, TEXAS 75265
 POST OFFICE BOX 1443 • HOUSTON, TEXAS 77251-1443

TCM3105DWL, TCM3105JE, TCM3105JL
 TCM3105NE, TCM3105NL
FSK MODEM
 SCS1319C - NOVEMBER 1985 - REVISED MAY 1984

APPLICATION INFORMATION

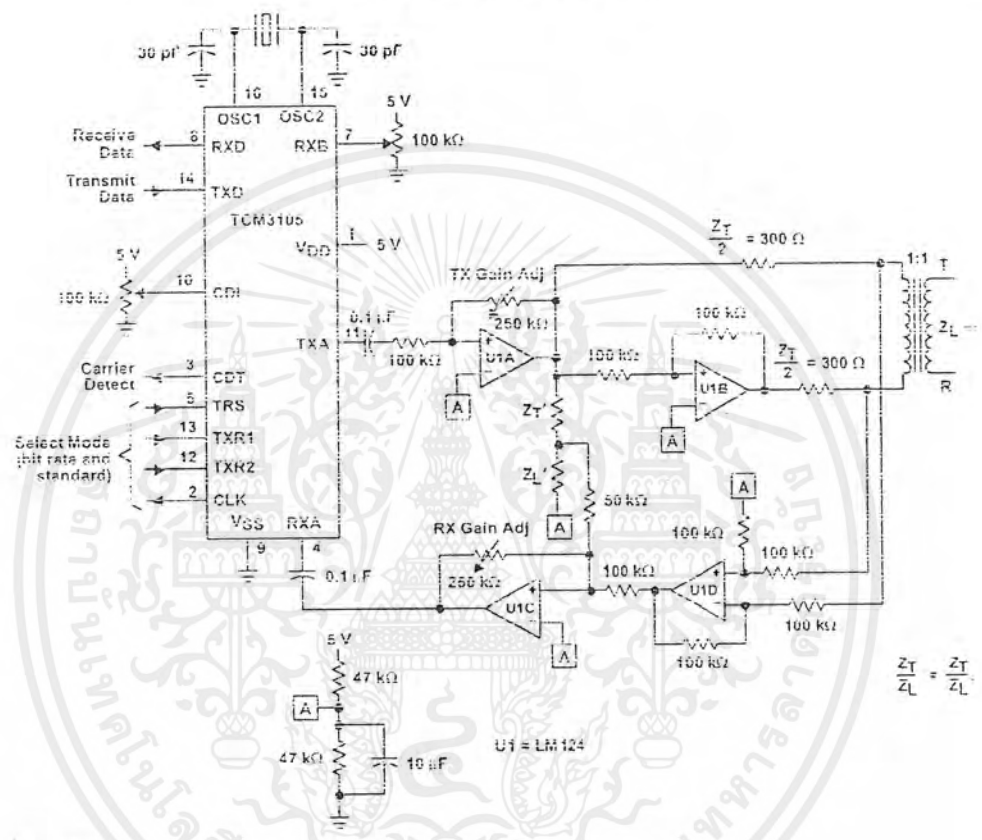


Pin numbers shown are for the J and N packages.

Figure 2. Typical System Configuration

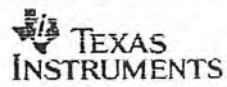
TCM3105DWL, TCM3105JE, TCM3105JL
 TCM3105NE, TCM3105NL
 FSK MODEM
 DUTS919C - NOVEMBER 1990 - REVISED MAY 1992

APPLICATION INFORMATION



Pin numbers shown are for the J and N packages.

Figure 3. Telephone Line Interface Circuit



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265
 POST OFFICE BOX 1443 • HOUSTON, TEXAS 77251-1443

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCM3105DWL, TCM3105JE, TCM3105JL
 TCM3105NE, TCM3105NL
 FSK MODEM

SCT8019C - NOVEMBER 1985 - REVISED MAY 1991

APPLICATION INFORMATION

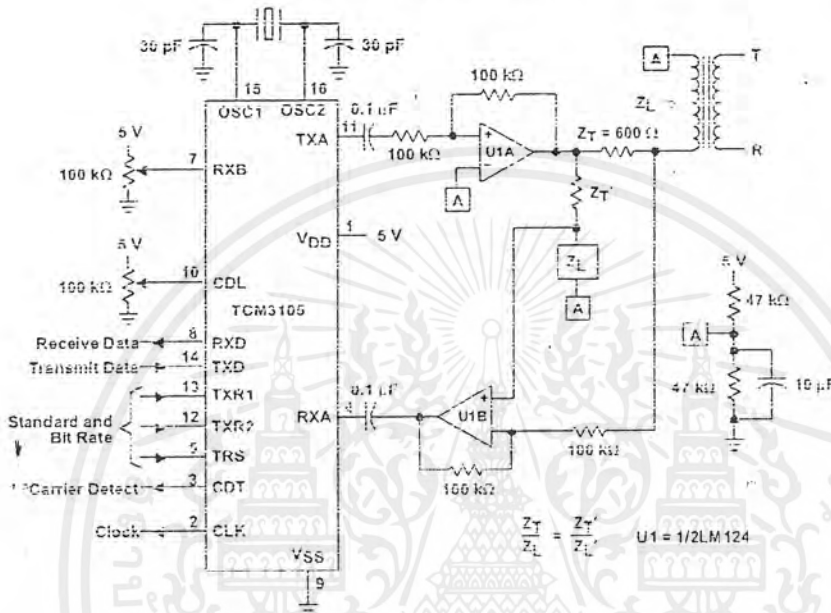


Figure 4. Simplified Telephone Line Interface Circuit

TEXAS INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655323 • DALLAS, TEXAS 75265
 POST OFFICE BOX 1443 • HOUSTON, TEXAS 77251-1443

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments (TI) reserves the right to make changes to its products or to discontinue any semiconductor product or service without notice, and advises its customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that the information being relied on is current.

TI warrants performance of its semiconductor products and related software to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

Certain applications using semiconductor products may involve potential risks of death, personal injury, or severe property or environmental damage ("Critical Applications").

TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, INTENDED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT APPLICATIONS, DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS.

Inclusion of TI products in such applications is understood to be fully at the risk of the customer. Use of TI products in such applications requires the written approval of an appropriate TI officer. Questions concerning potential risk applications should be directed to TI through a local SC sales office.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards should be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance, customer product design, software performance, or infringement of patents or services described herein. Nor does TI warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used.

Copyright © 1995, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Low Power Narrowband FM IF

The MC3361B includes an Oscillator, Mixer, Limiting Amplifier, Quadrature Discriminator, Active Filter, Squelch, Scan Control and Mute Switch. This device is designed for use in FM dual conversion communications equipment.

- Operates from 2.0 to 8.0 V Supply
- Low Drain Current 3.9 mA Typical @ $V_{CC} = 4.0$ Vdc
- Excellent Sensitivity: Input Limiting Voltage -3.0 dB = 2.0 μ V Typical
- Low Number of External Parts Required
- Operating Frequency Up to 80 MHz

Order this document by MC3361B/D

MC3361B

LOW POWER NARROWBAND FM IF

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA



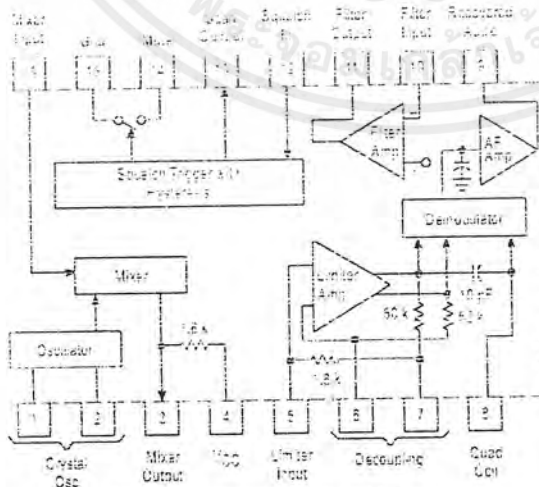
D SUFFIX PLASTIC PACKAGE CASE 648

Not Recommended for New Designs



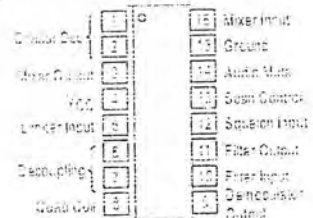
D SUFFIX PLASTIC PACKAGE CASE 751B (SO-16)

Representative Block Diagram



This device contains 62 active transistors.

PIN CONNECTIONS



(Top view)

ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
MC3361BD	$T_A = -50$ to 70°C	SO-16
MC3361BP		Plastic DIP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC3361B

MAXIMUM RATINGS (T_A = 25 °C, unless otherwise noted.)

Rating	Pin	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltage	4	V _{CC(max)}	15	V _{DC}
Operating Supply Voltage Range	4	V _{CC}	2.0 to 8.0	V _{DC}
Control Input Voltage	5	-	1.0	V _{DC}
Input Voltage (V _{CC} ≥ 4.0 V)	16	V _{I6}	1.0	V _{DC}
Input Function	11	V _{I4}	-5.0 to 5.0	V _{DC}
Junction Temperature	-	T _J	150	°C
Operating Ambient Temperature Range	-	T _A	25 to 75	°C
Storage Temperature Range	-	T _{stg}	-65 to 150	°C

NOTES: 1. Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.
 2. For other operational conditions, including Pulse Width Modulation (PWM) operation, consult the Electrical Characteristics table or the Designer's Guide.
 3. ESD data available upon request.

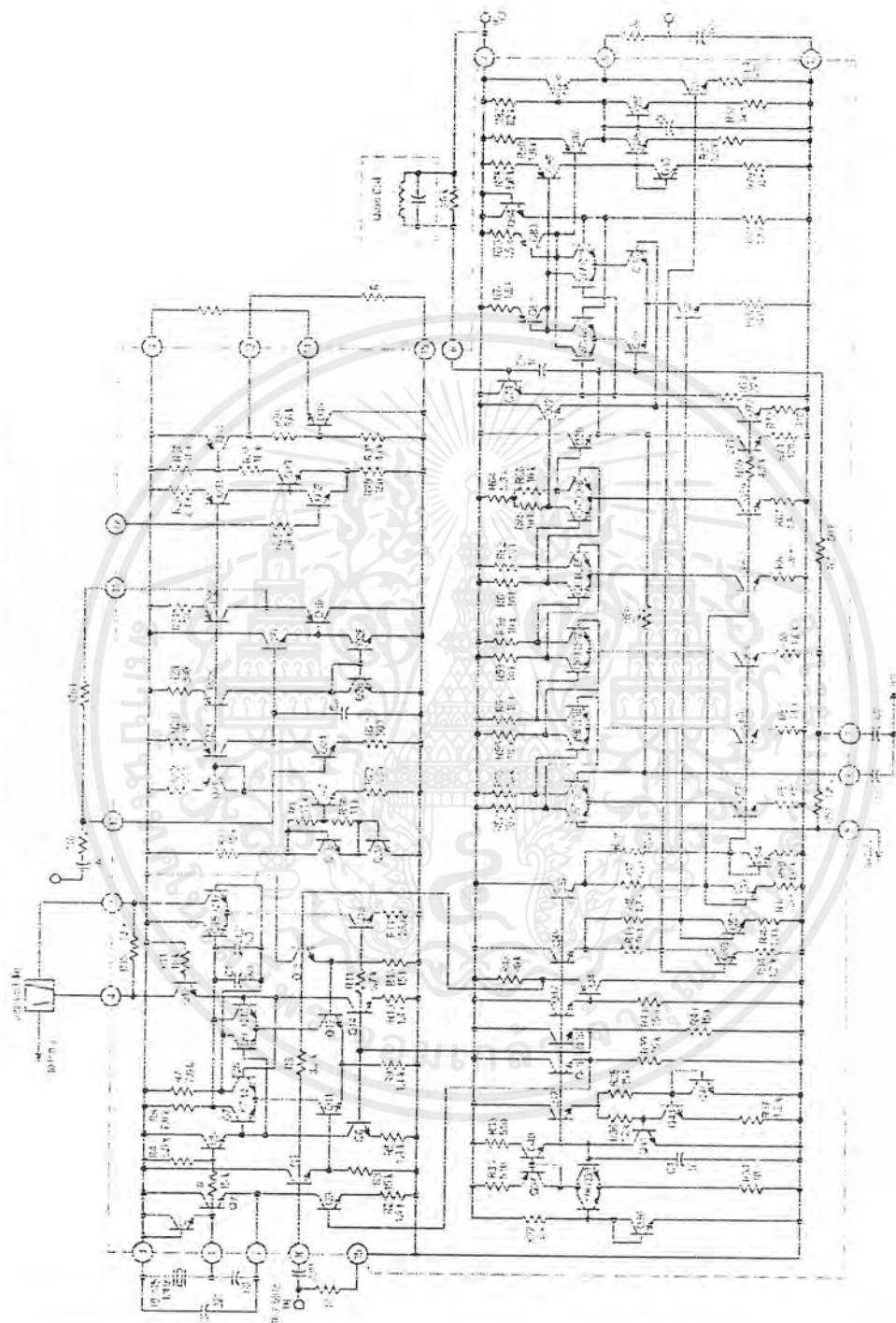
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = 4.0 V_{DC}, f_o = 10.7 kHz, V_{in} = +3.04 V_{rms} (max) = 1.0 V_{pk}, T_A = 25 °C, unless otherwise noted.)

Characteristic	Pin	Min	Typ	Max	Unit
Quiescent Current (No Signal)	4	5.9	6.9	7.8	mA
		4.4	5.4	6.4	
Reserved Audio Output Voltage (V _o = 10 mV _{rms})	9	130	160	200	mV _{rms}
Input Limiting Voltage (-3.0 dB Limit)	16	-	2.5	5.0	V _{DC}
Total Harmonic Distortion	9	-	0.08	-	%
Temperature Output Voltage (Reference Signal)	6	50	100	200	mV _{rms}
Dist. Voltage AF Gain Loss	6	-3.0	-0.6	-	dB
Minimum Output Impedance	-	-	100	-	Ω
Filter Gain (10 kHz) (V _{in} = 0.2 mV _{rms})	-	40	50	-	dB
Open-Output Voltage	11	1.0	1.0	1.0	V _{DC}
Input Function Low	14	-	50	50	V _{DC}
Input Function High	14	1.0	1.0	-	V _{DC}
Speaker Function Low (Mute "Off") (V _{I12} = 1.0 V _{DC})	15	-	5	5.4	V _{DC}
Speaker Function High (Mute "On") (V _{I12} = 1.0 V _{DC})	15	0.0	5.0	-	V _{DC}
Trigger Hysteresis	-	-	20	100	mV
Power Conversion Gain	9	-	20	-	dB
Maximum Input Resistance	16	-	5.0	-	kΩ
Input Input Capacitance	16	-	2.2	-	pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC3301B

Figure 4. Low Voltage Low Power Narrowband FM IC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC3361B

Figure 1. Test Circuit

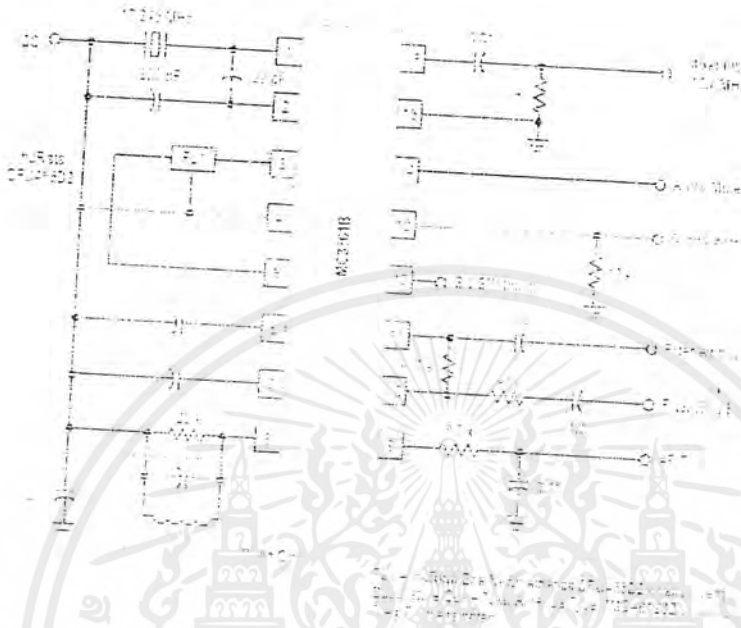


Figure 2. Audio Output, Distortion versus Supply Voltage

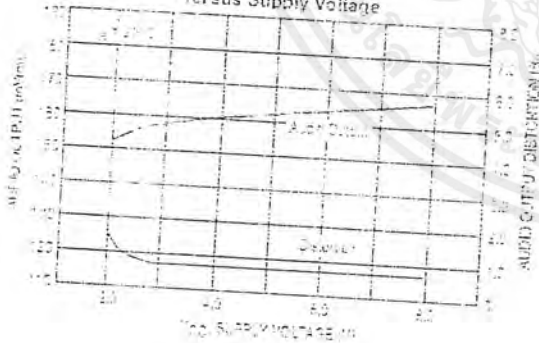
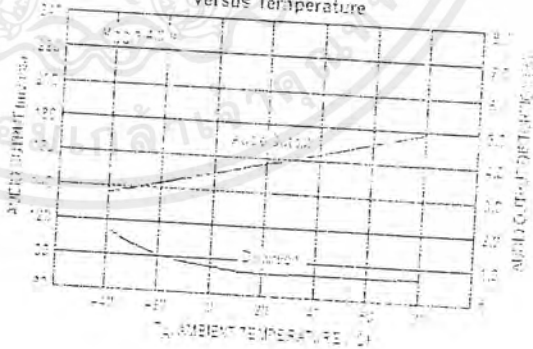


Figure 3. Audio Output, Distortion versus Temperature



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC3361B

Figure 5. Input Limiting Voltage

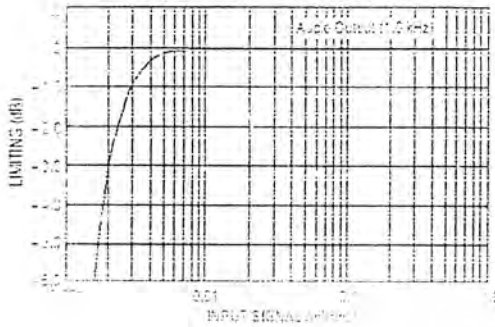


Figure 6. Overall Gain, Noise and AM Rejection

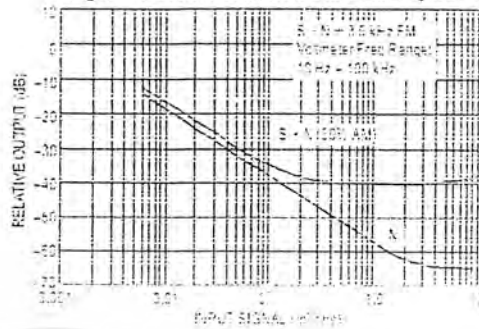


Figure 7. Filter Amp Response

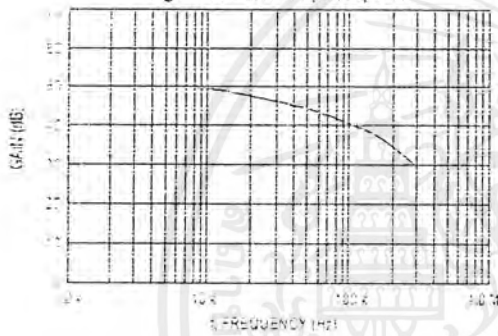


Figure 8. Filter Amp Gain

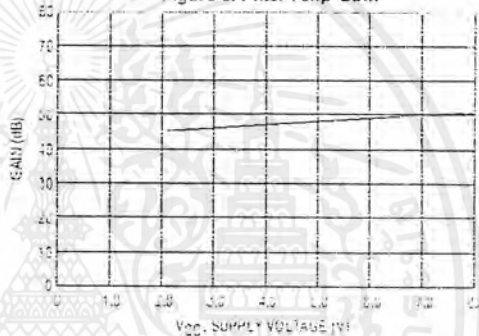
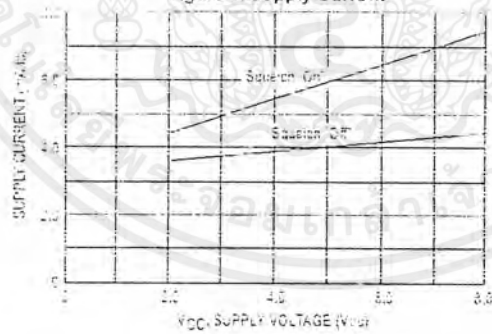


Figure 9. Supply Current

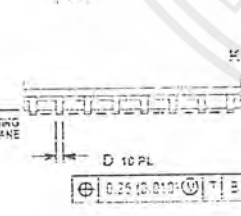
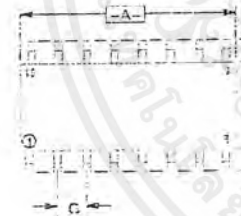


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC5361B

OUTLINE DIMENSIONS

P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 640-08
ISSUE R



- 1. DIMENSIONS IN PARENTHESES ARE PERmissible VARIATIONS
- 2. CONTROLLING DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
- 3. DIMENSIONS ARE TO CENTER UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
- 4. DIMENSIONS ARE TO CENTER UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
- 5. DIMENSIONS ARE TO CENTER UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
- 6. DIMENSIONS ARE TO CENTER UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
- 7. DIMENSIONS ARE TO CENTER UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
- 8. DIMENSIONS ARE TO CENTER UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
- 9. DIMENSIONS ARE TO CENTER UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
- 10. DIMENSIONS ARE TO CENTER UNLESS OTHERWISE SPECIFIED

DIM.	MILLIMETERS			MILLIMETERS		
	MIN.	MAX.	TYP.	MIN.	MAX.	TYP.
A	1.27	1.27	1.27	0.050	0.050	0.050
B	1.27	1.27	1.27	0.050	0.050	0.050
C	1.27	1.27	1.27	0.050	0.050	0.050
D	1.27	1.27	1.27	0.050	0.050	0.050
E	1.27	1.27	1.27	0.050	0.050	0.050
F	1.27	1.27	1.27	0.050	0.050	0.050
G	1.27	1.27	1.27	0.050	0.050	0.050
H	1.27	1.27	1.27	0.050	0.050	0.050
I	1.27	1.27	1.27	0.050	0.050	0.050
J	1.27	1.27	1.27	0.050	0.050	0.050
K	1.27	1.27	1.27	0.050	0.050	0.050
L	1.27	1.27	1.27	0.050	0.050	0.050
M	1.27	1.27	1.27	0.050	0.050	0.050
N	1.27	1.27	1.27	0.050	0.050	0.050
O	1.27	1.27	1.27	0.050	0.050	0.050
P	1.27	1.27	1.27	0.050	0.050	0.050
Q	1.27	1.27	1.27	0.050	0.050	0.050
R	1.27	1.27	1.27	0.050	0.050	0.050
S	1.27	1.27	1.27	0.050	0.050	0.050
T	1.27	1.27	1.27	0.050	0.050	0.050
U	1.27	1.27	1.27	0.050	0.050	0.050
V	1.27	1.27	1.27	0.050	0.050	0.050
W	1.27	1.27	1.27	0.050	0.050	0.050
X	1.27	1.27	1.27	0.050	0.050	0.050
Y	1.27	1.27	1.27	0.050	0.050	0.050
Z	1.27	1.27	1.27	0.050	0.050	0.050

U SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 640-08
(SU-16)
ISSUE J

- 1. DIMENSIONS IN PARENTHESES ARE PERmissible VARIATIONS
- 2. CONTROLLING DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
- 3. DIMENSIONS ARE TO CENTER UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
- 4. DIMENSIONS ARE TO CENTER UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
- 5. DIMENSIONS ARE TO CENTER UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
- 6. DIMENSIONS ARE TO CENTER UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
- 7. DIMENSIONS ARE TO CENTER UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
- 8. DIMENSIONS ARE TO CENTER UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
- 9. DIMENSIONS ARE TO CENTER UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
- 10. DIMENSIONS ARE TO CENTER UNLESS OTHERWISE SPECIFIED

DIM.	MILLIMETERS		MILLIMETERS	
	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.
A	1.27	1.27	0.050	0.050
B	1.27	1.27	0.050	0.050
C	1.27	1.27	0.050	0.050
D	1.27	1.27	0.050	0.050
E	1.27	1.27	0.050	0.050
F	1.27	1.27	0.050	0.050
G	1.27	1.27	0.050	0.050
H	1.27	1.27	0.050	0.050
I	1.27	1.27	0.050	0.050
J	1.27	1.27	0.050	0.050
K	1.27	1.27	0.050	0.050
L	1.27	1.27	0.050	0.050
M	1.27	1.27	0.050	0.050
N	1.27	1.27	0.050	0.050
O	1.27	1.27	0.050	0.050
P	1.27	1.27	0.050	0.050
Q	1.27	1.27	0.050	0.050
R	1.27	1.27	0.050	0.050
S	1.27	1.27	0.050	0.050
T	1.27	1.27	0.050	0.050
U	1.27	1.27	0.050	0.050
V	1.27	1.27	0.050	0.050
W	1.27	1.27	0.050	0.050
X	1.27	1.27	0.050	0.050
Y	1.27	1.27	0.050	0.050
Z	1.27	1.27	0.050	0.050

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC3301B



Motorola reserves the right to make changes without notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation, or general statement regarding the availability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the specification or use of any product or service. Motorola specifically disclaims any and all liability including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in Motorola data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola, its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim or personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part, Motorola and its agents are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. does not warrant Original Equipment/Assembled Aftermarket Parts.

(Max is a trademark of Motorola, Inc.)

How to reach us:

USA/EUROPE/Locations Not Listed: Motorola Customer Support Center, 1305 North 17th Street, Schaumburg, IL 60196-1204

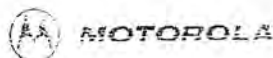
JAPAN: Motorola Support Center, 5-1-24, Chitose Building, 5F, 1-1-1, Chitose, Tokyo 156, Japan

Customer Focus Center: 1-800-521-6274

Mexico: KMI Automation spa, mot.com - 11200111111, 1-800-44-6649
Motorola Fax Back System - US & Canada ONLY: 1-800-776-1888
<http://sp.motorola.com/fbs>

ASIA/PACIFIC: Motorola Semiconductor Pte. Ltd., Silicon Resource Centre, 2, Desi King Street, Telok Ayer Stair, Tech Park I, Singapore 555 552, 5535533

Internet: P400: <http://www.mot.com/p400>



MC3301B/D

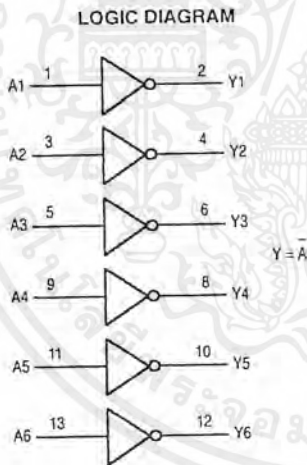
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

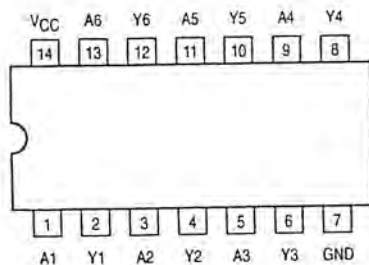
Hex Inverter
High-Performance Silicon-Gate CMOS

The MC54/74HC04A is identical in pinout to the LS04 and the MC14069. The device inputs are compatible with Standard CMOS outputs; with pullup resistors, they are compatible with LSTTL outputs. The device consists of six three-stage inverters.

- Output Drive Capability: 10 LSTTL Loads
- Outputs Directly Interface to CMOS, NMOS and TTL
- Operating Voltage Range: 2 to 6V
- Low Input Current: 1µA
- High Noise Immunity Characteristic of CMOS Devices
- In Compliance With the JEDEC Standard No. 7A Requirements
- Chip Complexity: 36 FETs or 9 Equivalent Gates



Pinout: 14-Lead Packages (Top View)



MC54/74HC04A



J SUFFIX
CERAMIC PACKAGE
CASE 632-08



N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 646-06



D SUFFIX
SOIC PACKAGE
CASE 751A-03



DT SUFFIX
TSSOP PACKAGE
CASE 948G-01

ORDERING INFORMATION

MC54HCXXAJ	Ceramic
MC74HCXXAN	Plastic
MC74HCXXAD	SOIC
MC74HCXXADT	TSSOP

FUNCTION TABLE

Inputs	Outputs
A	Y
L	H
H	L



MC54/74HC04A

MAXIMUM RATINGS*

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _{CC}	DC Supply Voltage (Referenced to GND)	- 0.5 to + 7.0	V
V _{in}	DC Input Voltage (Referenced to GND)	- 0.5 to V _{CC} + 0.5	V
V _{out}	DC Output Voltage (Referenced to GND)	- 0.5 to V _{CC} + 0.5	V
I _{in}	DC Input Current, per Pin	± 20	mA
I _{out}	DC Output Current, per Pin	± 25	mA
I _{CC}	DC Supply Current, V _{CC} and GND Pins	± 50	mA
P _D	Power Dissipation in Still Air, Plastic or Ceramic DIP† SOIC Package† TSSOP Package†	750 500 450	mW
T _{stg}	Storage Temperature	- 65 to + 150	°C
T _l	Lead Temperature, 1 mm from Case for 10 Seconds Plastic DIP, SOIC or TSSOP Package Ceramic DIP	260 300	°C

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

* Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur. Functional operation should be restricted to the Recommended Operating Conditions.

† Derating — Plastic DIP: - 10 mW/°C from 65° to 125°C
Ceramic DIP: - 10 mW/°C from 100° to 125°C
SOIC Package: - 7 mW/°C from 65° to 125°C
TSSOP Package: - 6.1 mW/°C from 65° to 125°C

For high frequency or heavy load considerations, see Chapter 2 of the Motorola High-Speed CMOS Data Book (DL129/D).

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

Symbol	Parameter	Min	Max	Unit	
V _{CC}	DC Supply Voltage (Referenced to GND)	2.0	6.0	V	
V _{in} , V _{out}	DC Input Voltage, Output Voltage (Referenced to GND)	0	V _{CC}	V	
T _A	Operating Temperature, All Package Types	- 55	+ 125	°C	
t _r , t _f	Input Rise and Fall Time (Figure 1)	V _{CC} = 2.0 V V _{CC} = 4.5 V V _{CC} = 6.0 V	0 0 0	1000 500 400	ns

MC54/74HC04A

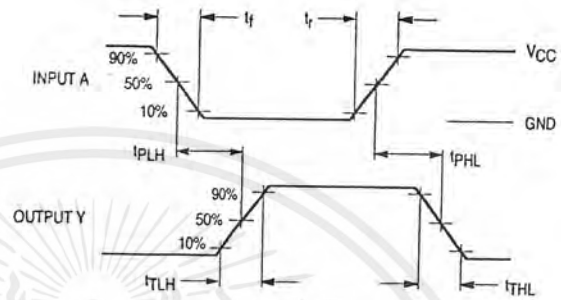
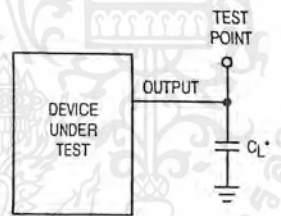


Figure 1. Switching Waveforms



*Includes all probe and jig capacitance

Figure 2. Test Circuit

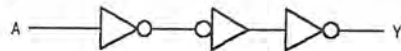


Figure 3. Expanded Logic Diagram
(1/6 of the Device Shown)

MC54/74HC04A

DC CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to GND)

Symbol	Parameter	Condition	V _{CC} V	Guaranteed Limit			Unit
				-55 to 25°C	≤85°C	≤125°C	
V _{IH}	Minimum High-Level Input Voltage	V _{out} = 0.1V or V _{CC} - 0.1V I _{out} ≤ 20μA	2.0	1.50	1.50	1.50	V
			3.0	2.10	2.10	2.10	
			4.5	3.15	3.15	3.15	
			6.0	4.20	4.20	4.20	
V _{IL}	Maximum Low-Level Input Voltage	V _{out} = 0.1V or V _{CC} - 0.1V I _{out} ≤ 20μA	2.0	0.50	0.50	0.50	V
			3.0	0.90	0.90	0.90	
			4.5	1.35	1.35	1.35	
			6.0	1.80	1.80	1.80	
V _{OH}	Minimum High-Level Output Voltage	V _{in} = V _{IH} or V _{IL} I _{out} ≤ 20μA	2.0	1.9	1.9	1.9	V
			4.5	4.4	4.4	4.4	
			6.0	5.9	5.9	5.9	
		V _{in} = V _{IH} or V _{IL} I _{out} ≤ 2.4mA I _{out} ≤ 4.0mA I _{out} ≤ 5.2mA	3.0	2.48	2.34	2.20	
			4.5	3.98	3.84	3.70	
			6.0	5.48	5.34	5.20	
V _{OL}	Maximum Low-Level Output Voltage	V _{in} = V _{IH} or V _{IL} I _{out} ≤ 20μA	2.0	0.1	0.1	0.1	V
			4.5	0.1	0.1	0.1	
			6.0	0.1	0.1	0.1	
		V _{in} = V _{IH} or V _{IL} I _{out} ≤ 2.4mA I _{out} ≤ 4.0mA I _{out} ≤ 5.2mA	3.0	0.26	0.33	0.40	
			4.5	0.26	0.33	0.40	
			6.0	0.26	0.33	0.40	
I _{in}	Maximum Input Leakage Current	V _{in} = V _{CC} or GND	6.0	±0.1	±1.0	±1.0	μA
I _{CC}	Maximum Quiescent Supply Current (per Package)	V _{in} = V _{CC} or GND I _{out} = 0μA	6.0	1.0	10	40	μA

NOTE: Information on typical parametric values can be found in Chapter 2 of the Motorola High-Speed CMOS Data Book (DL129/D).

AC CHARACTERISTICS (C_L = 50pF, Input t_r = t_f = 6ns)

Symbol	Parameter	V _{CC} V	Guaranteed Limit			Unit
			-55 to 25°C	≤85°C	≤125°C	
t _{PLH} , t _{PHL}	Maximum Propagation Delay, Input A or B to Output Y (Figures 1 and 2)	2.0	75	95	110	ns
		3.0	30	40	55	
		4.5	15	19	22	
		6.0	13	16	19	
t _{TLH} , t _{THL}	Maximum Output Transition Time, Any Output (Figures 1 and 2)	2.0	75	95	110	ns
		3.0	27	32	36	
		4.5	15	19	22	
		6.0	13	16	19	
C _{in}	Maximum Input Capacitance		10	10	10	pF

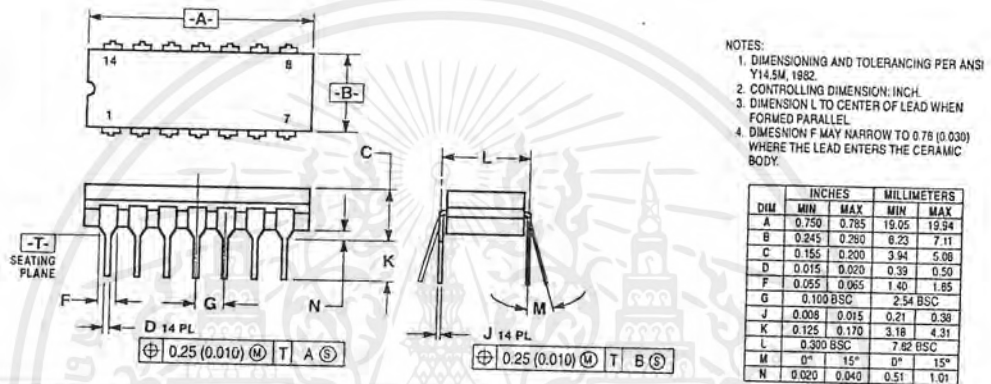
NOTE: For propagation delays with loads other than 50 pF, and information on typical parametric values, see Chapter 2 of the Motorola High-Speed CMOS Data Book (DL129/D).

C _{PD}	Power Dissipation Capacitance (Per Inverter)*	Typical @ 25°C, V _{CC} = 5.0 V		pF
		20		

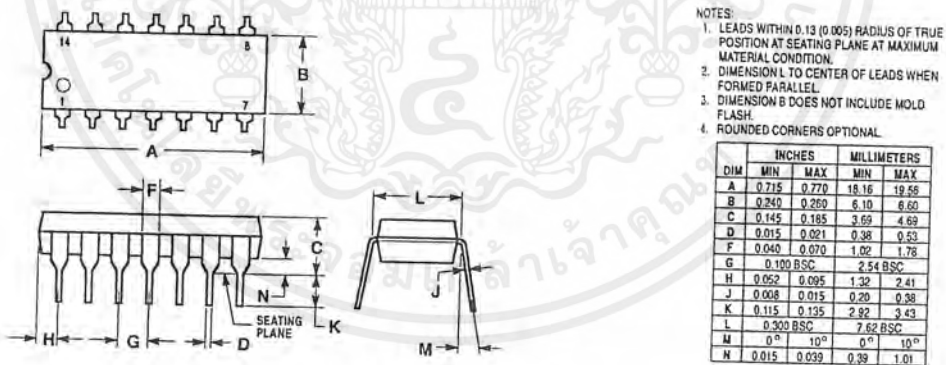
* Used to determine the no-load dynamic power consumption: P_D = C_{PD} V_{CC}²f + I_{CC} V_{CC}. For load considerations, see Chapter 2 of the Motorola High-Speed CMOS Data Book (DL129/D).

OUTLINE DIMENSIONS

J SUFFIX
CERAMIC DIP PACKAGE
CASE 632-08
ISSUE Y



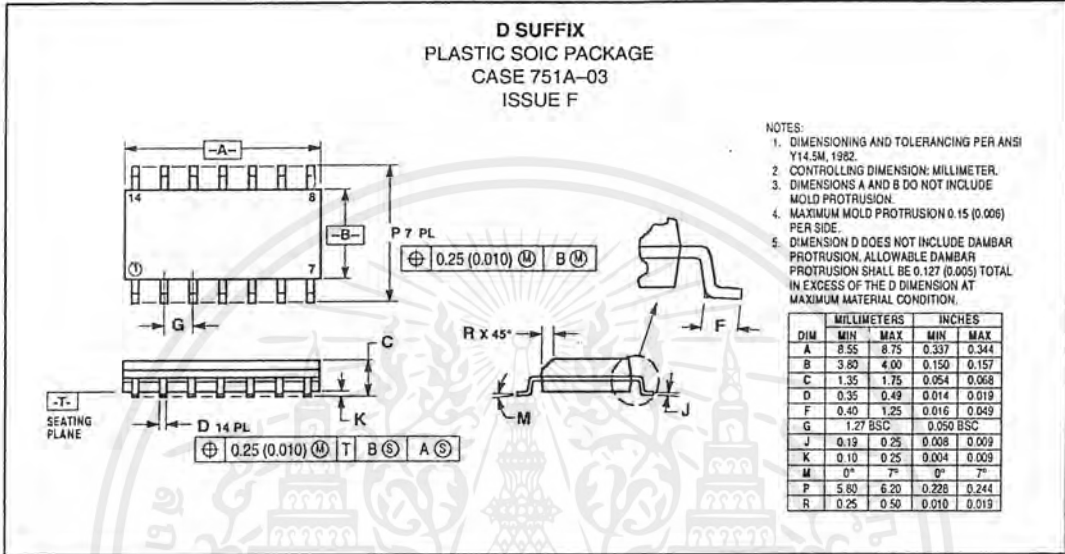
N SUFFIX
PLASTIC DIP PACKAGE
CASE 646-06
ISSUE L



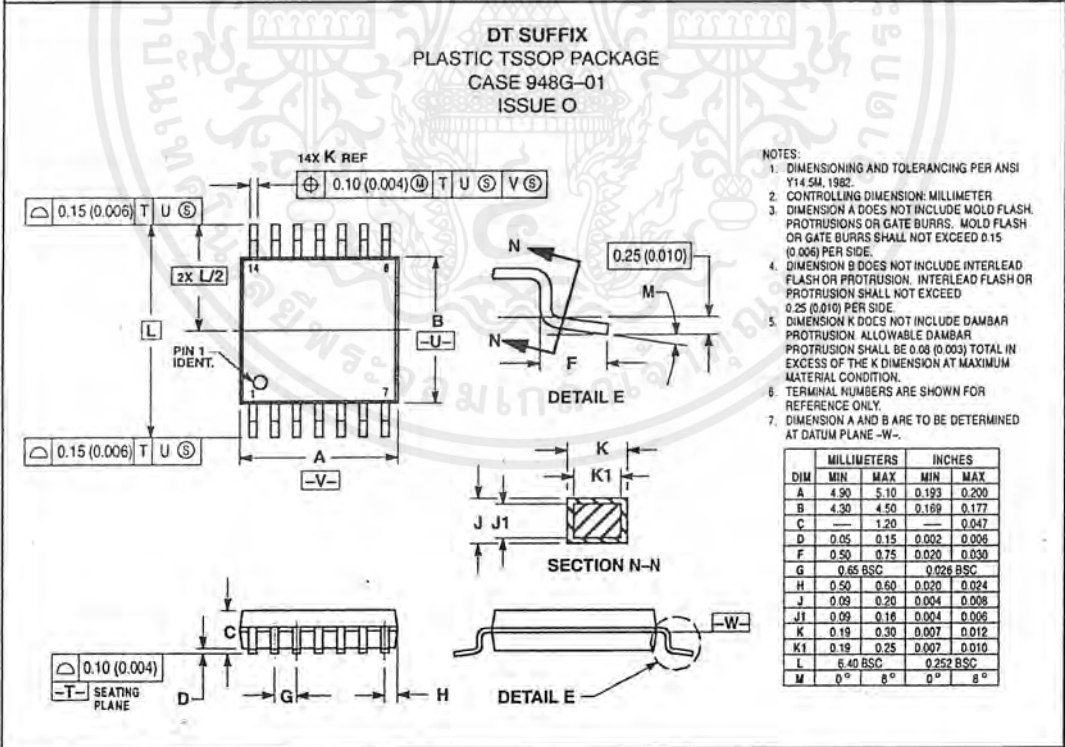
MC54/74HC04A

OUTLINE DIMENSIONS

D SUFFIX
PLASTIC SOIC PACKAGE
CASE 751A-03
ISSUE F




DT SUFFIX
PLASTIC TSSOP PACKAGE
CASE 948G-01
ISSUE O



MC54/74HC04A



Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters can and do vary in different applications. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and  are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

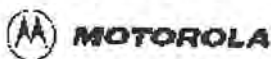
How to reach us:

USA/EUROPE: Motorola Literature Distribution;
P.O. Box 20912; Phoenix, Arizona 85036. 1-800-441-2447

JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi-SPD-JLDC, Toshikatsu Otsuki,
6F Seibu-Butsuryu-Center, 3-14-2 Tatsumi Koto-Ku, Tokyo 135, Japan. 03-3521-8315

MFAX: RMFAX0@email.sps.mot.com - TOUCHTONE (602) 244-6609
INTERNET: <http://Design-NET.com>

HONG KONG: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 6B Tai Ping Industrial Park,
51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26629298



 CODELINE

MC54/74HC04A/D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TOSHIBA

TC4069UBP/UBF/UBFN/UBFT

TOSHIBA CMOS DIGITAL INTEGRATED CIRCUIT SILICON MONOLITHIC

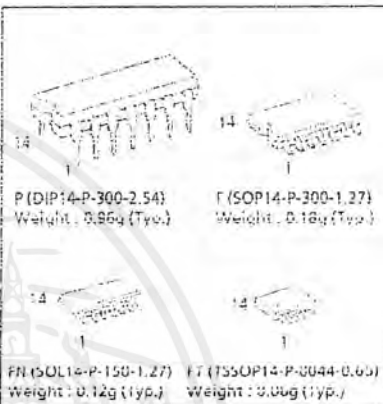
TC4069UBP, TC4069UBF, TC4069UBFN, TC4069UBFT

TC4069UB HEX INVERTER

TC4069UB contains six circuits of inverters. Since the internal circuit is composed of a single stage inverter, this is suitable for the applications of CR oscillator circuits, crystal oscillator circuits and linear amplifiers in addition to its application as inverters.

Because of one stage gate configuration, the propagation time has been reduced.

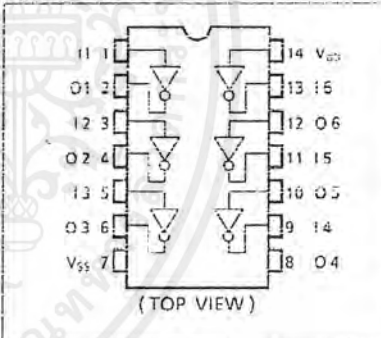
(Note) The JEDEC SOP (FN) is not available in Japan



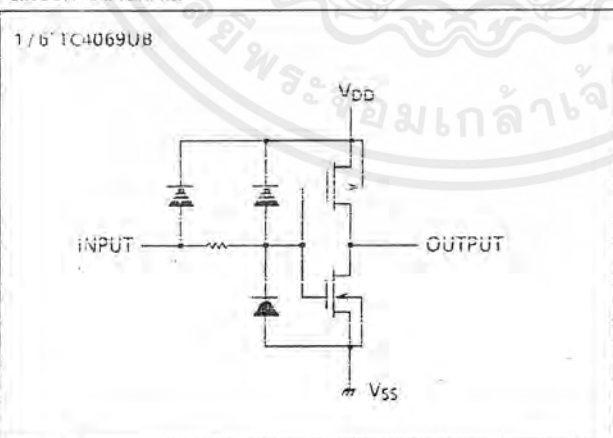
MAXIMUM RATINGS

CHARACTERISTIC	SYMBOL	RATING	UNIT
DC Supply Voltage	V_{DD}	$V_{SS} - 0.5 \sim V_{SS} + 20$	V
Input Voltage	V_{IN}	$V_{SS} - 0.5 \sim V_{DD} + 0.5$	V
Output Voltage	V_{OUT}	$V_{SS} - 0.5 \sim V_{DD} + 0.5$	V
DC Input Current	i_{IN}	± 10	mA
Power Dissipation	P_D	300 (DIP) / 180 (SOIC)	mW
Operating Temperature Range	T_{opr}	-40~85	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	-65~150	°C

PIN ASSIGNMENT



CIRCUIT DIAGRAM



TOSHIBA is continuously working to improve the quality and the reliability of its products. Nevertheless, semiconductor devices in general can malfunction or fail due to their inherent electrical sensitivity and vulnerability to physical stress. It is the responsibility of the buyer, when utilizing TOSHIBA products, to observe standards of safety, and to avoid situations in which a malfunction or failure of a TOSHIBA product could cause loss of human life, bodily injury or damage to property. In developing your design, please ensure that TOSHIBA products are used within specified operating ranges as set forth in the most recent product specifications. Also, please keep in mind the precautions and conditions set forth in the TOSHIBA Semiconductor Reliability Handbook.

861001ED02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TOSHIBA

TC4069UBP/UBF/UBFN/UBFT

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS ($V_{SS} = 0V$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
DC Supply Voltage	V_{DD}		3	—	18	V
Input Voltage	V_{II}		0	—	V_{DD}	V

STATIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{SS} = 0V$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CONDITION	V_{DD} (V)	-40°C		25°C			85°C		UNIT	
				MIN.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	MAX.		
High-Level Output Voltage	V_{OH}	$ I_{OUT} < 1\mu A$ $V_{IN} = V_{SS}, V_{DD}$	5	4.95	—	4.95	5.00	—	4.95	—	V	
			10	9.95	—	9.95	10.00	—	9.95	—		
			15	14.95	—	14.95	15.00	—	14.95	—		
Low-Level Output Voltage	V_{OL}	$ I_{OUT} < 1\mu A$ $V_{IN} = V_{SS}, V_{DD}$	5	—	0.05	—	0.00	0.05	—	0.05	V	
			10	—	0.05	—	0.00	0.05	—	0.05		
			15	—	0.05	—	0.00	0.05	—	0.05		
Output High Current	I_{OH}	$V_{IN} = V_{SS}, V_{DD}$	$V_{OH} = 4.6V$	5	-0.61	—	-0.51	-1.0	—	-0.42	mA	
			$V_{OH} = 2.5V$	5	-2.50	—	-2.10	-4.0	—	-1.70		
			$V_{OH} = 9.5V$	10	-1.50	—	-1.30	-2.2	—	-1.10		
			$V_{OH} = 13.5V$	15	-4.00	—	-3.40	-9.0	—	-2.80		
Output Low Current	I_{OL}	$V_{IN} = V_{SS}, V_{DD}$	$V_{OL} = 0.4V$	5	0.61	—	0.51	1.2	—	0.42	mA	
			$V_{OL} = 0.5V$	10	1.50	—	1.30	3.2	—	1.10		
			$V_{OL} = 1.5V$	15	4.00	—	3.40	12.0	—	2.80		
Input High Voltage	V_{IH}	$ I_{IN} < 1\mu A$	$V_{OUT} = 0.5V, 4.5V$	5	4.0	—	4.0	—	4.0	—	mA	
			$V_{OUT} = 1.0V, 9.0V$	10	8.0	—	8.0	—	8.0	—		
			$V_{OUT} = 1.5V, 13.5V$	15	12.0	—	12.0	—	12.0	—		
Input Low Voltage	V_{IL}	$ I_{OUT} < 1\mu A$	$V_{OUT} = 0.5V, 4.5V$	5	—	1.0	—	1.0	—	1.0	mA	
			$V_{OUT} = 1.0V, 9.0V$	10	—	2.0	—	2.0	—	2.0		
			$V_{OUT} = 1.5V, 13.5V$	15	—	3.0	—	3.0	—	3.0		
Input Current	"H" Level	I_{IH}	$V_{II} = 18V$	18	—	0.1	—	10^{-5}	0.1	—	1.0	μA
	"L" Level	I_{IL}	$V_{IL} = 0V$	18	—	-0.1	—	-10^{-5}	-0.1	—	-1.0	
Quiescent Supply Current	I_{DD}	$V_{IN} = V_{SS}, V_{DD} *$	5	—	0.25	—	0.001	0.25	—	7.5	mA	
			10	—	0.50	—	0.001	0.50	—	15.0		
			15	—	1.00	—	0.002	1.00	—	30.0		

* All valid input combinations.

S61001EBA2*

① The products described in this document are subject to foreign exchange and foreign trade control laws.
 ② The information contained herein is presented only as a guide for the applications of our products. No responsibility is assumed by TOSHIBA CORPORATION for any infringements of intellectual property or other rights of the third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any intellectual property or other rights of TOSHIBA CORPORATION or others.
 ③ The information contained herein is subject to change without notice.

1997-12-11 2/5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

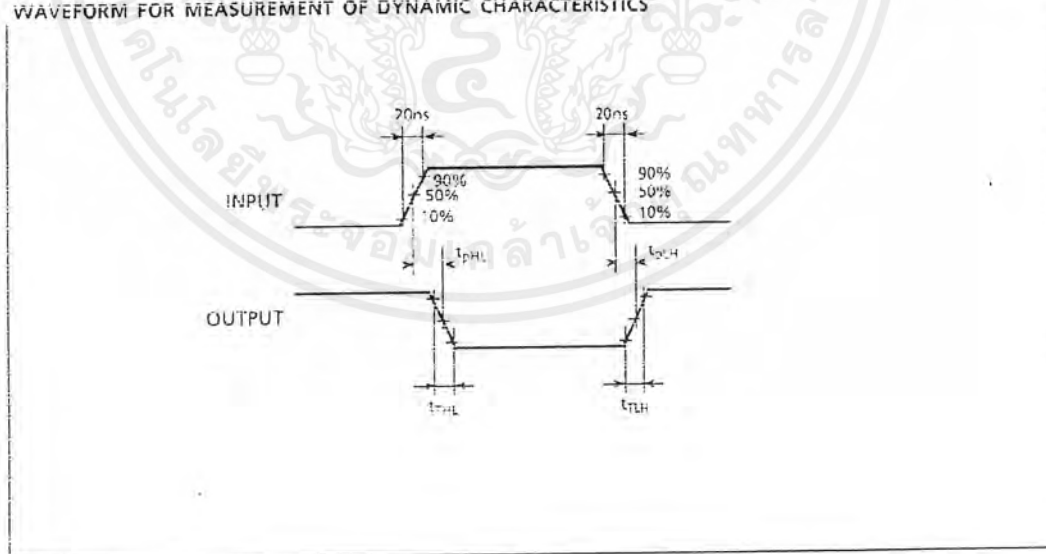
TOSHIBA

TC4069UBP/UBF/UBFN/UBFT

DYNAMIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_a = 25^\circ\text{C}$, $V_{SS} = 0\text{V}$, $C_L = 50\text{pF}$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CONDITION	$V_{DD}(\text{V})$	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Output Transition Time (Low to High)	t_{TLH}		5	—	70	200	ns
			10	—	35	100	
			15	—	30	80	
Output Transition Time (High to Low)	t_{THL}		5	—	70	200	
			10	—	35	100	
			15	—	30	80	
Propagation Delay Time (Low to High)	t_{pLH}		5	—	55	110	
			10	—	30	60	
			15	—	25	50	
Propagation Delay Time (High to Low)	t_{pHL}		5	—	55	110	
			10	—	30	60	
			15	—	25	50	
Input Capacitance	C_{in}			7.5	15	pF	

WAVEFORM FOR MEASUREMENT OF DYNAMIC CHARACTERISTICS



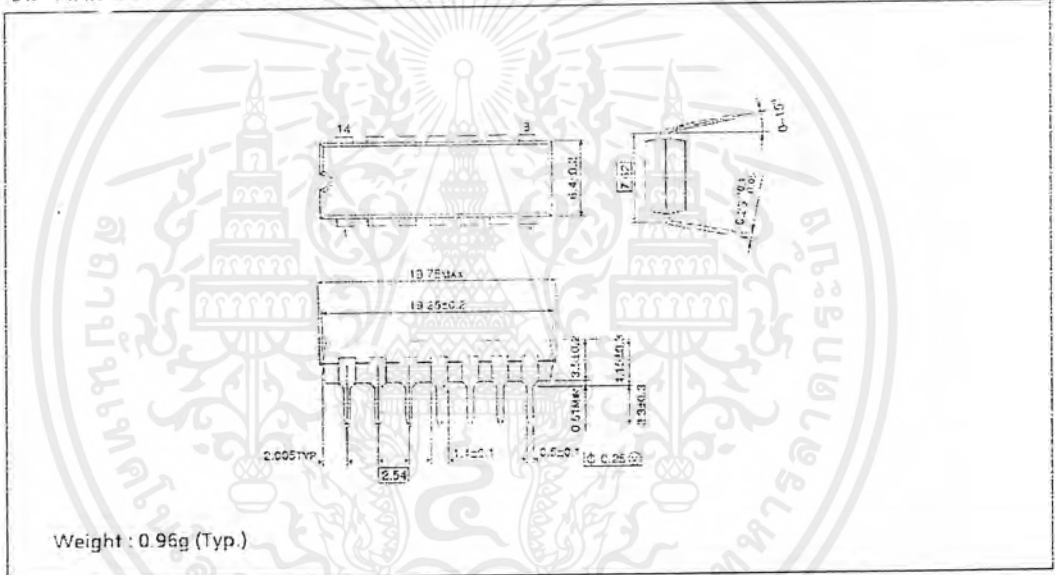
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TOSHIBA

TC4069UBP/UBF/UBFN/UBFT

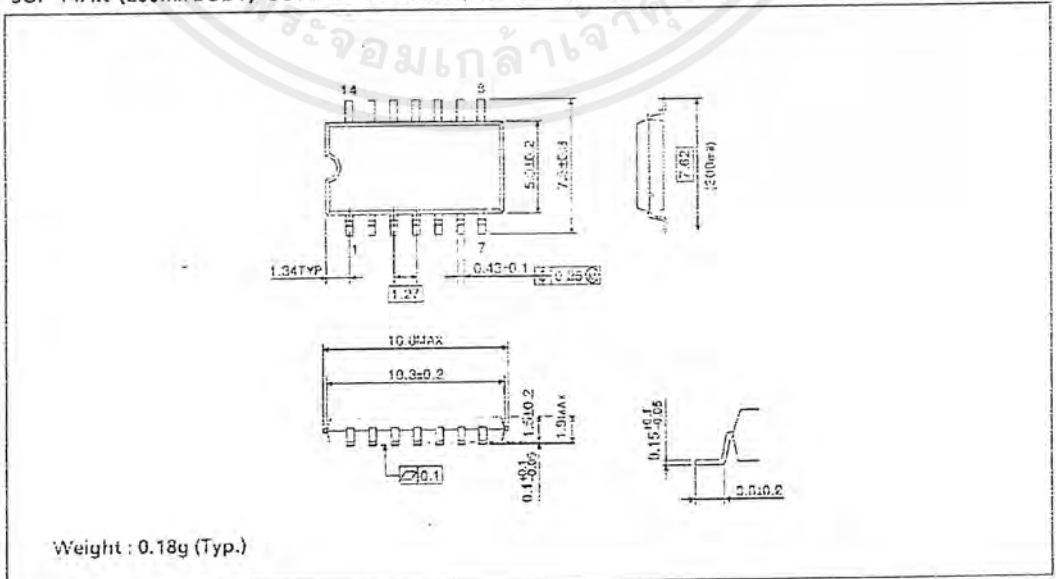
DIP 14PIN OUTLINE DRAWING (DIP14 P-300 2.54)

Unit in mm



SOP 14PIN (200mil BODY) OUTLINE DRAWING (SOP14-P-300-1.27)

Unit in mm



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

- พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์, “ทฤษฎีเครื่องรับวิทยุ”, ศูนย์ส่งเสริมอาชีพฯ, กรุงเทพฯ
- ธนนท์ รัตติพรหม และพรเทพ เลิศบัวรักษ์, “โมเด็มไร้สายความเร็วสูง”, รวมบทความโครงการและวิทยุสมัครเล่น, บ.ซีอีคยูเคชั่นจำกัด, กรุงเทพฯ, 2539
- สุชาติ กังวาลจิตต์, “เครื่องรับส่งวิทยุและระบบสื่อสาร”, บ.ซีอีคยูเคชั่นจำกัด, กรุงเทพฯ, 2538
- ปราโมทย์ วาดเขียนและดร. วิวัฒน์ ศิรานนท์, “พื้นฐานการสื่อสาร”, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ, 2536
- Texas Instrument Incorporated “Telecommunications Circuit” Texas Instrument Inc ., USA, 1985
- Motorola Incorporated “Semiconductor Technical Data” Motorola Inc., 1995



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้