



ปีการศึกษา 2530

ปริญญาโท

เรื่อง

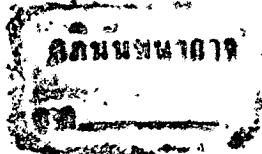
SINGLE CHIP MODEM

โดย

- 1. นายสมพร สว่าง
- 2. นายอภิชาติ อัครวัตติคยงกูร

อาจารย์ที่ปรึกษา

DR. DANIEL BREEN



ปริญญาโทบริหารการศึกษา 2530

เรื่อง SINGLE CHIP MODERN

ผู้จัดทำ

1. นายสมพร สว่าง
2. นายอภิชาติ อัครชาติตยงกร



Daniel Breen

(DR. DANIEL BREEN)

· อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร

024677

Single Chip MODEM

1. นายสมพร สว่าง
2. นายอภิชาติ อัคราติศยากร
ดร. แคนเน็ล บริน อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2538

บทคัดย่อ

"โมเด็ม" เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณดิจิทัลให้เป็นสัญญาณอนาล็อกทางภาคส่ง และแปลงกลับจากสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลทางภาครับ เพื่อให้คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์เทอร์มินัลต่าง ๆ สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ในระยะทางไกล ๆ โดยอาศัยระบบทางสัญญาณอนาล็อก เช่น เครือข่ายของสายโทรศัพท์ เป็นต้น คำว่า "โมเด็ม" นั้นมาจากคำว่า โมดูเลเตอร์ และดีโมดูเลเตอร์ .

ไอซี TMS 99532 โมเด็มชิปเดียว ของบริษัทเท็กซัส อินสตรูเมนท์เป็นอุปกรณ์ทางการสื่อสารที่ใช้ในการรับและส่ง ข้อมูลแบบอนุกรม ไปตามเครือข่ายของสายโทรศัพท์ ใช้การแปลงข้อมูลแบบความถี่ ภายในไอซีเบอร์นี้จะประกอบด้วยภาคที่ล้าคัญคือ ภาคโมดูเลท, ดีโมดูเลท และการกรอง. ในการใช้งานจะต้องเข้ากับอุปกรณ์ภายนอกอื่น ๆ อีกเท่าที่จำเป็น วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แสดงถึงการออกแบบ ใช้งาน ไอซี TMS 99532 ต่อเป็นโมเด็มแบบต่อโดยตรง ซึ่งสามารถส่งข้อมูลได้ตั้งแต่ ๑ ถึง ๑๐๑๑ บิตต่อวินาที ใช้การส่งได้ทั้งแบบทิศทางเดียว, ทิศทางใดทิศทางหนึ่ง และสองทิศทางพร้อมกันได้ ผลจากการทดลองโมเด็มนี้ ได้จาก การโปรแกรมควบคุมอะแดปเตอร์สื่อสารแบบอนุกรมของ เครื่องคอมพิวเตอร์ ไอบีเอ็ม พีซี โดยใช้ภาษาแอสเซมบลี โปรแกรมที่ใช้มีหน้าที่ส่งอักขระที่กำหนดไว้จำนวนหนึ่งออกไป พร้อมทั้งแสดงผลของอักขระที่ได้รับมาทั้งหมด และจำนวนของอักขระที่ผิดพลาดบนจอ นอกจากนี้ ยังมีการทดลองใช้ ระบบตอบรับอัตโนมัติที่โมเด็มภาครับอีกด้วย .

Single Chip MODEM

1. Somporn Sawang
2. Apichart Uswadisyanggoon
Dr. Danial Breen Advisor
1987

Abstract

A MODEM is a device that converts digital data into an analog signal and vice versa so that two electronic devices (such as a computer and a data terminal) may communicate over an analog communication system such as the telephone system. The word MODEM is a contraction for MODulator / DEModulator.

The TMS 99532 single chip modem, by Texas Instruments, is a telecommunications device that transmits and receives serial data over the switched telephone network using frequency-shift keyed (FSK) modulation. It provides all the necessary modulation, demodulation, and filtering required to implement a serial, asynchronous communication link. This thesis describes the design, development and implementation of a direct connect modem utilizing the TMS 99532 integrated circuit modem. The modem communicates at any rate up to 300 bits per second (baud) in simplex, half duplex, or full duplex modes. The results of the modem experiment derive from the application of the IBM PC in assembler language programming to control a serial-communications adapter. The program transmits the specified characters and displays all the received characters and the number of incorrect characters on the screen monitor. Another experiment on an Autoanswer modem is also described in this thesis.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่	เรื่อง	หน้า
1	บทนำ	1
	1.1. ข้อจำกัดและลักษณะการแทนข้อมูล	1
2	ทฤษฎีพื้นฐาน	4
	2.1. ประเภทของการโอนถ่ายข้อมูล	4
	2.2. ทิศทางการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม	5
	2.3. ความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลแบบอนุกรม	5
	2.4. ลักษณะการส่งข้อมูลแบบอนุกรม	6
	2.5. รหัสในการสื่อสาร	6
	2.6. คำศัพท์เทคนิคบางคำที่เกี่ยวข้อง	7
	2.7. การแปลงสัญญาณของ โมเด็ม	7
	2.8. ระบบมาตรฐานของ Bell และ CCITT	10
	2.9. การใช้งาน โมเด็ม	11
	2.10. การต่อ โมเด็ม เข้ากับคู่สายโทรศัพท์	11
3	แนะนำพอร์ต RS-232C	13
	3.1. แนะนำ	13
	3.2. ลักษณะสมบัติเชิงกลของข้อต่อ	14
	3.3. ลักษณะสมบัติทางไฟฟ้า	14
	3.4. สัญญาณที่ใช้ทั้งหมดของพอร์ต RS-232C	16
	3.5. ระบบการจัดข้อมูล	17
4	แนะนำ TMS 99532 (Single Chip MODEM)	18
	4.1. แนะนำ	18
	4.2. คุณสมบัติทั่ว ๆ ไป	18
	4.3. แผนผังแสดงขา	20
	4.4. บล็อกไดอะแกรมของ TMS 99532	20
	4.5. การใช้งานในโมเด็มต่าง ๆ	22
	4.6. สัญญาณคล็อก	22

บทที่	เรื่อง	หน้า
	4.7 การมอดูเลทโดยการเปลี่ยนแปลงความถี่ของสัญญาณ	23
	4.8 การติมอดูเลทโดยการเปลี่ยนแปลงความถี่ของสัญญาณ	23
	4.9 วงจรกรองแบบ High และ Low Bandpass	24
	4.10 ภาควงจรถอดสำหรับขจัดสัญญาณรบกวน	25
	4.11 ภาคตรวจจับสัญญาณพาหะ	25
	4.12 ภาคควบคุมอัตราขยาย	26
	4.13 ช่วงเวลาตรวจจับสัญญาณพาหะ	26
	4.14 สัญญาณแอนาล็อกขาเข้าจากภายนอก	28
	4.15 สัญญาณแอนาล็อกย้อนกลับ	28
5	ออกแบบสัญญาณควบคุมการทำงานของโมเด็ม	30
	5.1 การออกแบบสัญญาณควบคุม	30
	5.2 ลำดับขั้นตอนการทำงานของสัญญาณควบคุม	31
6	การคำนวณและออกแบบใช้งาน TMS 99532	33
	6.1 บล็อกไดอะแกรมของ TMS 99532 โมเด็มต่อโดยตรง	33
	6.2 ภาคควบคุมกระแสไฟตรงวนกลับ	34
	6.3 ภาคตรวจจับสัญญาณกระตัง	35
	6.4 ภาคป้องกันแรงดันทรานเซียนท์และเสิร์จจากสายโทรศัพท์	36
	6.5 การเชื่อมต่อกับสายโทรศัพท์	36
	6.6 หม้อแปลงเชื่อมต่อ	37
	6.7 ภาคแยกสัญญาณรับและส่ง	44
	6.8 การตั้งเวลาตรวจจับสัญญาณพาหะ	49
	6.9 ภาคเปลี่ยนระดับแรงดัน	51
	6.10 ภาคควบคุมสัญญาณโลจิกและสัญญาณหน่วงเวลา	52
	6.11 การทำงานของโมเด็มฝ่ายรับและฝ่ายส่ง	54
7	อะแดปเตอร์สื่อสารแบบอะซิงโครนัส และ 8250 UART	59
	7.1 National Semiconductor 8250 UART	60
	7.2 UART	64
	7.3 การโปรแกรม 8250	65

บทที่	เรื่อง	หน้า
8	โปรแกรม, การทดลอง และผลการทดลอง	71
	8.1 ลักษณะโปรแกรมที่ใช้	71
	8.2 การทดลองและผลการทดลอง	77
9	สรุปผลและวิจารณ์	80

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก โปรแกรมใช้งาน ฝ-1

ภาคผนวก ข ลายวงจรมินิและอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ ฝ-10

หนังสืออ้างอิง อ-1

กิตติกรรมประกาศ ก-1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในชีวิตประจำวันของเรานั้นการติดต่อสื่อสารนั้นมีความสำคัญอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นการสื่อความหมายระหว่างมนุษย์ด้วยกัน การติดต่อสื่อสารทางด้านธุรกิจการค้า การติดต่อข่าวสารระหว่างประเทศรวมทั้งการติดต่อสื่อสารระหว่างมนุษย์กับเครื่องอำนวยความสะดวกต่าง ๆ เช่น คอมพิวเตอร์ ปัจจุบันคงไม่มีใครที่จะปฏิเสธได้เลยว่า คอมพิวเตอร์ ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการช่วยอำนวยความสะดวกให้มนุษย์เรา โดยเฉพาะ ไมโครคอมพิวเตอร์ จะเห็นได้ว่านับว่า ไมโครคอมพิวเตอร์จะอยู่ในกรรมสิทธิ์ของแต่ละบุคคลมากขึ้นทั้งนี้เพราะราคาของไมโครคอมพิวเตอร์นั้นวันจะถูกลงและหาซื้อได้ง่ายขึ้น เมื่อคำนึงถึงผลประโยชน์ที่จะได้รับแล้วนับว่าเป็นการลงทุนที่คุ้มค่าจริง ๆ ฉะนั้นถ้าเราสามารถติดต่อสื่อสารหรือเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์สื่อสารอื่น ๆ เพื่อการให้ข่าวสาร การแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกันได้ก็จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการสื่อสาร และเป็นการใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์ให้มีคุณค่าเพิ่มขึ้นอีกด้วย ซึ่งการส่งข้อมูลนี้เราเรียกกันโดยทั่วไปว่า "การสื่อสารข้อมูล" หรือ DATA COMMUNICATION นอกจากนี้ยังได้มีการปรับปรุงการติดต่อให้เป็นเครือข่ายอีก เพื่อการใช้งานของอุปกรณ์ที่มีราคาแพง และหายากให้มีประสิทธิภาพ หรือให้มีประโยชน์สูงสุด ซึ่งระบบนี้เราเรียกกันว่าระบบ NETWORK .

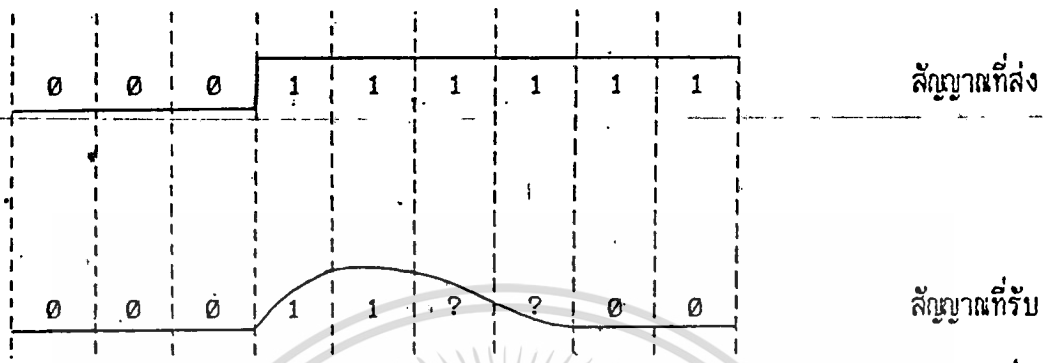
ข้อมูลที่ใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นเป็นสัญญาณดิจิทัล ซึ่งการติดต่อซึ่งกันและกันในระยะทางไกล ๆ นั้นจะทำได้ 2 วิธีดังนี้

- ส่งสัญญาณดิจิทัลเลย ซึ่งการส่งสัญญาณโดยวิธีนี้จะต้องมีสายส่งพิเศษซึ่งมีราคาสูงมาก.
- ส่งสัญญาณโดยการแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อกก่อนการส่งวิธีนี้จะทำได้ง่ายขึ้นและประหยัดขึ้น เพราะสายส่งสัญญาณไม่จำเป็นต้องมีแบนด์วิธสูงมากนักเหมือนกับการส่งสัญญาณดิจิทัล และการส่งสัญญาณนี้จะทำการส่งโดยใช้สายโทรศัพท์เป็นสายส่งได้ เพราะระบบโทรศัพท์มีเครือข่ายอยู่แล้วอย่างกว้างขวางทำให้ลดค่าใช้จ่ายด้านสายส่งข้อมูล และการติดตั้งสายส่ง ตัวอย่างความพยายามในการนำเอาระบบนี้มาใช้ งาน เช่น การที่ธนาคารพาณิชย์หลายแห่งได้เริ่มนำเอาระบบการฝากถอนเงินต่างสาขา ระบบเงินด่วน เพื่อมาบริการแก่ลูกค้าเพื่อความคล่องตัวและสะดวกรวดเร็ว.

1.1 ข้อจำกัดและลักษณะการแทนข้อมูล

การที่เราใช้สายโทรศัพท์ มีข้อจำกัดอยู่สำหรับสัญญาณที่เราจะส่งออกไปทางสายโทรศัพท์นั้นถูกออกแบบมาเพื่อให้นำสัญญาณในช่วงของความถี่เสียง ซึ่งมีความถี่ระหว่าง 300-3000 Hz ถ้าเราต่อสัญญาณดิจิทัลจากภาคส่งเข้าสายโทรศัพท์โดยตรง ทางภาครับจะได้สัญญาณที่มีลักษณะผิดเพี้ยนไปดังรูป 1.1

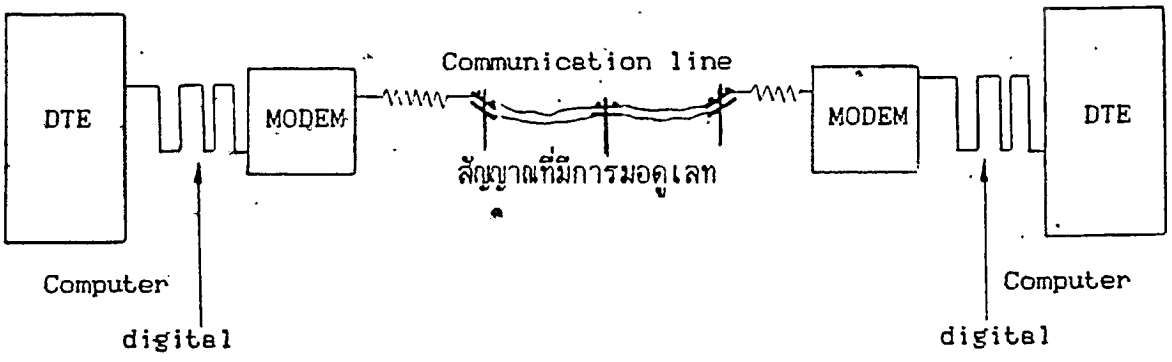
จากรูปจะเห็นว่าสัญญาณที่ส่งออกเป็นโลจิก 1 เมื่อถึงด้านรับอาจจะกลายเป็นโลจิก 0 หรืออาจจะไม่ใช่โลจิก 0 และ 1 ก็ได้ ในทางคณิตศาสตร์แล้วสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมอาจพิจารณาได้ว่าเป็นสัญญาณในรูป Sinusoidal ความถี่เท่ากันและรวมด้วยสัญญาณ Sinusoidal ที่มีขนาดต่างกันที่อาร์โมนิคต่าง ๆ กัน สาเหตุจากแบนด์วิธของสายโทรศัพท์นั่นเองที่ตัดเอาอาร์โมนิคต่าง ๆ ออกไป จึงทำให้สัญญาณรูปสี่เหลี่ยมไม่เป็นรูปสี่เหลี่ยมอีกต่อไป.



รูปที่ 1.1 แสดงลักษณะสัญญาณที่ผิดคลาดไป

จากสาเหตุที่กล่าวมาแล้ว จึงจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนสัญญาณดิจิทัลให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม ที่จะส่งผ่านไปตามสายโทรศัพท์ได้ โดยการนำไปแฝงไว้ในสัญญาณพาหะ (carrier) วิธีการเช่นนี้เรียกว่า การปรับสัญญาณให้เหมาะสม (Modulate) สำหรับสัญญาณที่จะใช้เป็นพาหะได้ดีในการสื่อสารด้วยสายโทรศัพท์ก็คือ สัญญาณรูปไซน์ (Sine Wave) กระบวนการที่นำสัญญาณดิจิทัลที่จะส่งแฝงเข้าไปในสัญญาณพาหะ เรียกว่า "MODULATION" เมื่อส่งสัญญาณไปตามสายส่งจนถึงผู้รับแล้ว ทางภาครับจะมีกระบวนการถอดสัญญาณดิจิทัลออกจากสัญญาณพาหะ ที่เรียกว่า "DEMODULATION"

กระบวนการทั้ง 2 รูปแบบที่กล่าวถึงนี้สามารถใช้อุปกรณ์ชนิดหนึ่งซึ่งก็คือ โมเด็ม (MODEM) โดยที่คำว่า MODEM เป็นคำที่นำส่วนหนึ่งของคำสองคำมาประกอบกัน คือคำว่า MODULATOR กับ DEMODULATOR ดังนั้น MODEM ก็คืออุปกรณ์ที่กำหนดที่ได้ 2 หน้าที่ คือ "MODULATION" และ "DEMODULATION".



DCE

จากรูป 1.2 เป็นการเชื่อมโยงเทอร์มินัลกับคอมพิวเตอร์แบบจุดต่อจุด โดยใช้การสื่อสารผ่านทางโมเด็ม ตามรูปเทอร์มินัลจะส่งสัญญาณดิจิตอลผ่านเข้าสู่โมเด็ม A ซึ่งโมเด็ม A จะทำหน้าที่ Modulate สัญญาณดิจิตอลลงบนสัญญาณพาหะ แล้วส่งผ่านไปตามสายโทรศัพท์จนไปถึงโมเด็ม B โมเด็ม B จะรับและทำการถอดสัญญาณดิจิตอลออกจากสัญญาณพาหะแล้วจึงส่งสัญญาณดิจิตอลเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์อีกต่อหนึ่ง การทำงานของโมเด็มอาจเป็นสาเหตุให้การส่งสัญญาณเกิดความล่าช้าขึ้นบ้าง แต่ก็ช่วยทำให้สามารถส่งสัญญาณดิจิตอลไปในระยะทางไกล ๆ ได้เป็นผลสำเร็จ.

โมเด็ม มีด้วยกันมากมายหลายรูปแบบและประเภทการทำงานของ โมเด็ม เดิมทีนั้นโมเด็มถือว่าเป็นอุปกรณ์ชิ้นหนึ่งภายในข่ายการสื่อสารที่สามารถแยกออกได้ (Stand Alone Modem) แต่ในปัจจุบันมีเครื่องเทอร์มินัลบางชนิดที่ติดโมเด็มไว้ภายในตัวเครื่องเทอร์มินัลเลย (Internal Modem) ซึ่งนับว่าเป็นการอำนวยความสะดวกต่อการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์อีกระดับหนึ่ง.

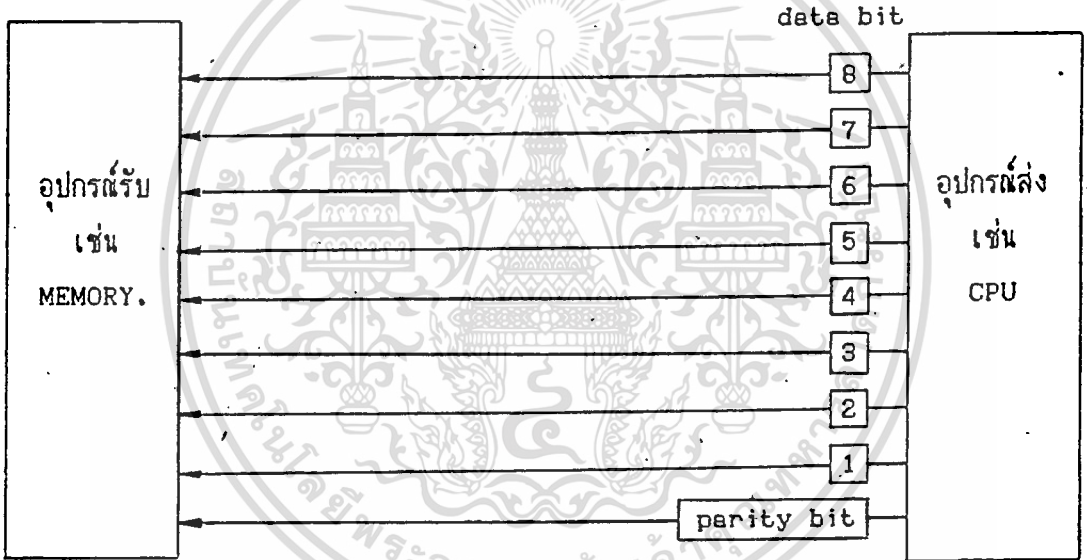


บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน

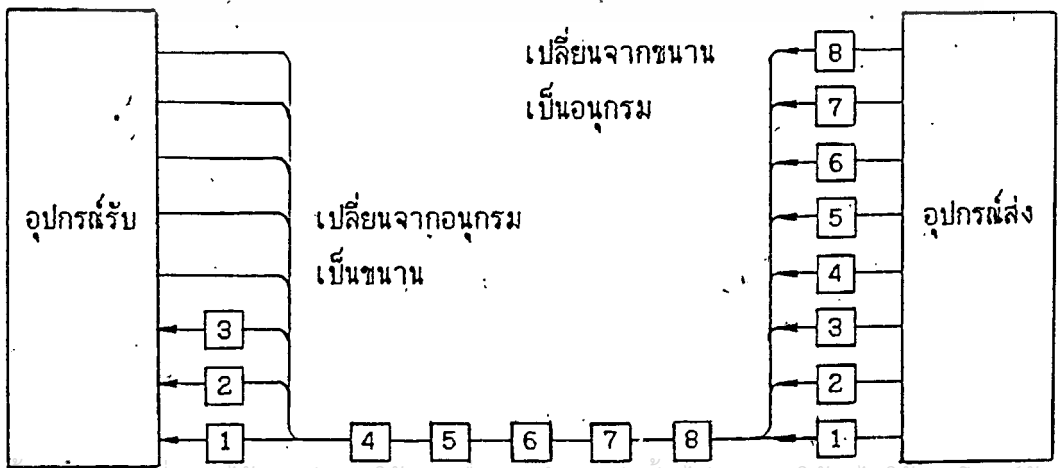
2.1 ประเภทของการโอนถ่ายข้อมูล

เราสามารถจำแนกการโอนถ่ายข้อมูลตามลักษณะการจัดข้อมูลก่อนส่งเป็น 2 พวกดังนี้

2.1.1 การส่งข้อมูลแบบขนาน ลักษณะการส่งข้อมูลจะส่งออกมาทีละ 8 bit หรือ 1 byte ดังนั้นจำนวนสายส่งข้อมูลจึงต้องมีอย่างน้อยถึง 8 เส้น ข้อดีของการส่งข้อมูลแบบนี้คือ ส่งข้อมูลได้รวดเร็ว แต่จะสิ้นเปลืองเพราะหากส่งระยะทางไกล ๆ จำนวนสายและค่าใช้จ่ายย่อมเพิ่มขึ้นไปด้วย.



รูปที่ 2.1 แสดงการส่งข้อมูลแบบขนาน



รูปที่ 2.2 แสดงการส่งข้อมูลแบบอนุกรม

2.1.2 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม การส่งข้อมูลแบบนี้จะส่งข้อมูลออกมาทีละบิต ระหว่างจุดรับและจุดส่ง ดังนั้นการส่งแบบนี้จะช้ากว่าการส่งแบบขนานมาก แต่จะเหมาะสำหรับการส่งข้อมูลในระยะทางไกล ๆ เนื่องจากใช้สายส่งเพียงคู่เดียวและสามารถส่งออกไปใช้งานร่วมกับระบบโทรศัพท์ที่มีใช้งานกันอยู่ทั่วไปจึงเป็นการประหยัดกว่าการส่งข้อมูลแบบขนาน.

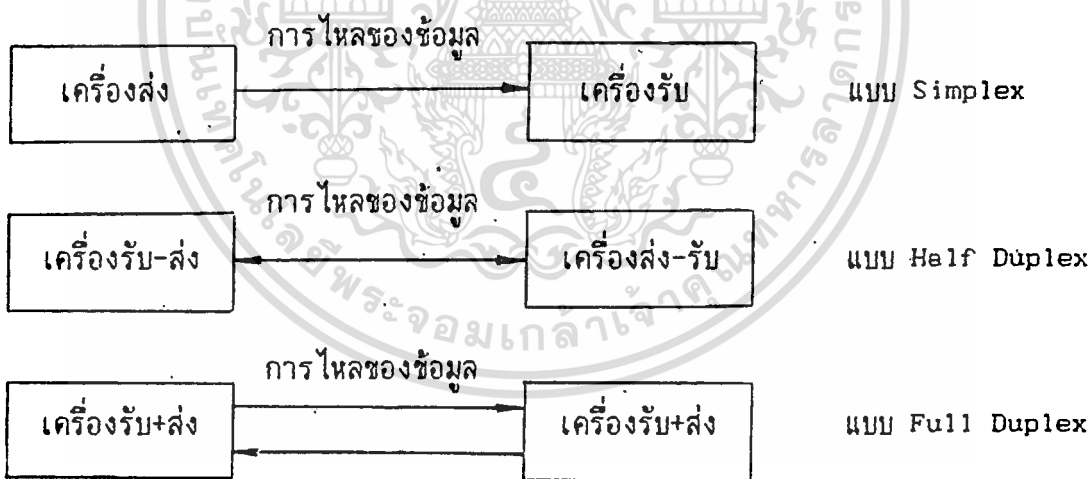
2.2 ทิศทางการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม

รูปแบบการส่งข้อมูลแบบอนุกรมโดยกำหนดทิศทางการส่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบดังนี้

- แบบทิศทางเดียว (Simplex) ลักษณะการส่งจะส่งได้ในทิศทางเดียวตลอดไม่สามารถส่งข้อมูลกลับได้ เช่น การที่คอมพิวเตอร์สั่งให้ PRINTER ทำงานหรือการส่งสัญญาณโทรทัศน์จากสถานีโทรทัศน์ การส่งสัญญาณวิทยุ ผู้ฟังที่บ้านผู้ดูรายการเหล่านี้จะรับข้อมูลอย่างเดียว.

- แบบทิศทางใดทิศทางหนึ่ง (Half Duplex) เราสามารถส่งข้อมูลไปมาได้ แต่ต้องส่งคนละช่วงเวลา คือ หากฝ่ายใดส่งข้อมูลอีกฝ่ายจะรับข้อมูล ช่วงเวลานี้ฝ่ายรับจะไม่สามารถส่งข้อมูลไปได้ต้องรอจนกว่าอีกฝ่ายจะหยุดส่ง จึงจะสามารถส่งข้อมูลได้ เช่น ระบบวิทยุตำรวจ.

- แบบสองทิศทางพร้อมกัน (Full Duplex) เราสามารถส่งข้อมูลได้ทั้งสองทิศทางพร้อม ๆ กัน.



รูปที่ 2.3 แสดงทิศทางการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

2.3 ความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลแบบอนุกรม

ความเร็วของการถ่ายโอนข้อมูลแบบอนุกรม มีหน่วยวัดเป็นบิตต่อวินาที (bit per second): bps ส่วนการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณใน 1 วินาทีเรียกว่า บอดเรต (baud rate) หรืออัตราบอด การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ 1 ครั้งอาจจะแสดงถึงการส่งข้อมูลแบบอนุกรมมากกว่า 1 bit ก็ได้ ถ้าเขียนในรูปของสมการคณิตศาสตร์จะได้

ไม่ว่าอัตราบิต (bit rate) จะมีให้คิดเป็นอัตราบอด (baud rate) * (บิตใน 1 บอด)

2.6 คณิตศาสตร์บางคำที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 DTE (Data Terminal Equipment)

หมายถึงอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง สำหรับผู้ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ DTE ก็หมายถึงตัวไมโครคอมพิวเตอร์หรือเทอร์มินัลหรืออุปกรณ์รับส่งข้อมูลเข้าออกระหว่างตัวคอมพิวเตอร์ เช่น CRT, Keyboard.

2.6.2 DCE (Data Communication Equipment)

หมายถึงอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล ในการช่วยเชื่อมต่อระหว่างจุดที่จะส่งรับข้อมูลเข้าหากัน ซึ่งก็คือโมเด็มหรือบางครั้งอาจรวมถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในขอบข่ายการสื่อสารทางโทรศัพท์ด้วย.

2.6.3 EIA (Electronic Industries Association)

หมายถึงสมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของอเมริกา ซึ่งเป็นสถาบันที่กำหนดมาตรฐานในเรื่องต่าง ๆ รวมทั้งมาตรฐานการ Interface เพื่อเป็นหลักเกณฑ์สำหรับผู้ออกแบบอุปกรณ์จะได้ใช้อ้างอิงเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพและความคล่องตัวสูง.

2.6.4 CCITT (Comite Consultatif International Telephonique Telegraphique)

หมายถึงชื่อสถาบันแห่งหนึ่ง ซึ่งได้กำหนดมาตรฐานการใช้งานอุปกรณ์ วิธีการส่งข้อมูลและอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารข้อมูลให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน เช่น V.21, V.22 เป็นต้น.

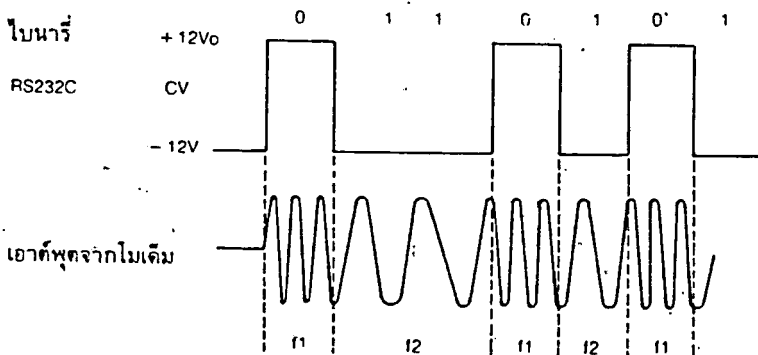
2.6.5 Bell

หมายถึงชื่อของบริษัทแห่งหนึ่งในสหรัฐอเมริกา คือ บริษัทเบลล์เทเลโฟน (Bell Telephone) ซึ่งได้กำหนดมาตรฐานสำหรับการสื่อสารข้อมูลเช่นเดียวกัน เช่น 103,201 เป็นต้น.

2.7 การแปลงสัญญาณของโมเด็ม

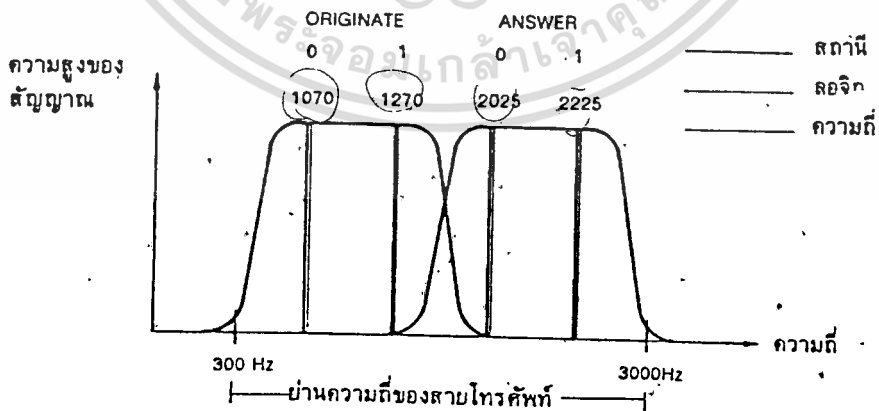
จากที่ได้กล่าวมาแล้ว โมเด็มมีหน้าที่แปลงสัญญาณดิจิทัลให้เป็นสัญญาณแอนาล็อก แล้วส่งไปตามสายโทรศัพท์ โดยมีเงื่อนไขคือ สัญญาณแอนาล็อกนั้นจะต้องอยู่ในช่วงความถี่ระหว่าง 300 Hz ถึง 3000 Hz ต่อไปเราจะมาศึกษาวิธีการแปลงสัญญาณของ โมเด็มที่นิยมใช้งานกันในปัจจุบันว่ามีวิธีการดังนี้

2.7.1 FSK (Frequency Shift Keying) การเปลี่ยนแปลงสัญญาณโดยเปลี่ยนความถี่ .

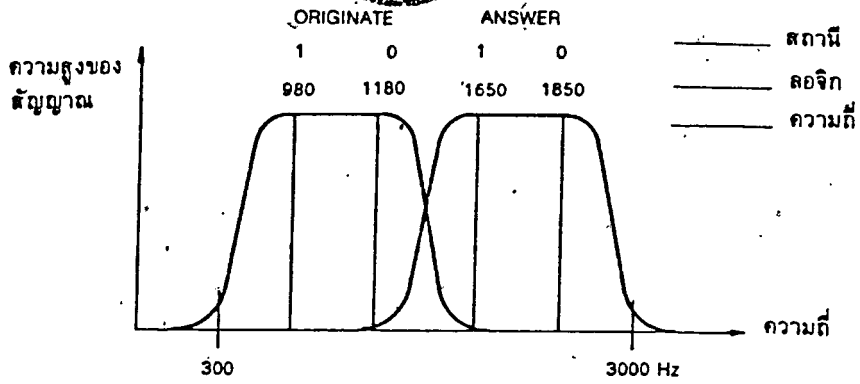


จากรูป 2.4 เป็นหลักการของ FSK คือการใช้ความถี่ของเสียง 2 ความถี่สำหรับแทนสัญญาณโลจิก "0" และ "1" ทางฝ่ายรับก็จะพยายามจับเอาสองความถี่ดังกล่าวนี้มาแปลงเป็นสัญญาณโลจิกกลับคืน ความถี่ของเสียงทั้งสองเสียงต้องห่างกันพอที่จะแยกออกจากกันได้จากวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และจะต้องไม่กว้างจนเกินขอบเขตของแบนด์วิธของสายโทรศัพท์.

เนื่องจากแถบความถี่คลื่นที่สายโทรศัพท์ยอมให้ผ่านไปได้อยู่ในช่วง 300 Hz ถึง 3000 Hz เราสามารถแบ่งความถี่ในย่านนั้นออกเป็น 4 คลื่นเสียงที่สำคัญสำหรับสถานีส่งเสียงและสถานีรับส่งเสียง เนื่องจากเราต้องการให้การติดต่อเป็นพูลดูเพล็กซ์ คือทั้งรับและส่งได้ในเวลาเดียวกันจึงจำเป็นต้องแยกสถานีออกเป็นสองฝ่าย ฝ่ายหนึ่งเรียกว่า originate หรือฝ่ายเริ่มการติดต่อ และอีกฝ่ายเรียกว่า answer ฝ่าย originate จะใช้ความถี่สำหรับส่งสองความถี่สำหรับสัญญาณโลจิก "0" และ "1" และฝ่าย answer จะต้องใช้ความถี่อีกสองความถี่ที่แตกต่างกันไปจากฝ่ายส่ง (เพื่อป้องกันการรบกวนกันนั่นเอง) สำหรับแทนสัญญาณโลจิก "0" และ "1" จะได้รับและส่งในเวลาเดียวกันเป็นพูลดูเพล็กซ์ได้ คราวนี้ก็มาถึงปัญหาว่า ความถี่ไหนละที่ใช้กันอยู่ ก็มีมาตรฐานอยู่สองแห่งคือ ของระบบ CCITT และของ Bell สำหรับโมเด็มที่มีความเร็วไม่เกิน 300 บอด ห้องปฏิบัติการวิจัยเบลล์ใช้มาตรฐาน 103 ส่วน CCITT ใช้มาตรฐานที่ชื่อว่า V.21 ดังแสดงในรูปที่ 2.5.1 และ รูปที่ 2.5.2



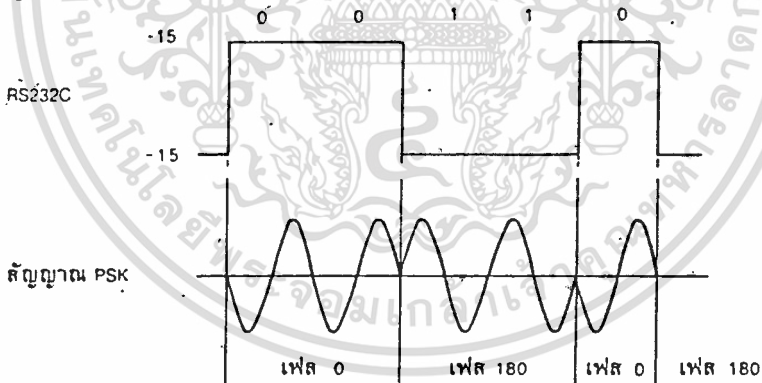
รูปที่ 2.5.1 แสดงมาตรฐานของ Bell 103



รูปที่ 2.5.2 แสดงมาตรฐานของ CCITT V.21

2.7.2 PSK (Phase Shift Keying) การเปลี่ยนแปลงสัญญาณโดยเปลี่ยนมุม .

คือแทนที่จะใช้ความถี่ค่าต่าง ๆ ในการแทนสัญญาณลอจิก แต่กลับใช้สัญญาณความถี่เดียวกันที่มีเฟสต่างกันแทนสัญญาณลอจิก โดยการเปลี่ยนแปลงสัญญาณเฟส ๐ องศาแทนลอจิก ๐ และเปลี่ยนเฟสไป 180 องศาแทนลอจิก 1 ดังรูป



รูปที่ 2.6 แสดงหลักการของ Phase Shift Keying (PSK)

ซึ่งหลักการนี้จะทำให้ความเร็วในการส่งข้อมูลสูงขึ้นได้ โดยถ้าหากเราแบ่งสัญญาณ PSK ออกเป็น 4 เฟส คือ ๐, 90, 180 และ 270 องศา โดยเราแทนเฟสทั้ง 4 เฟสด้วยเลขฐานสอง 2 หลักหรือ 2 บิต ในกรณีเช่นนี้การเปลี่ยนเฟสครั้งหนึ่งเท่ากับเราได้ข้อมูล 2 บิต ในลักษณะนี้อัตราบิตจะเป็น 2 เท่าของอัตราบอด เพราะอัตราบอดคืออัตราการเปลี่ยนแปลงสัญญาณใน 1 วินาที แต่การเปลี่ยนแปลงสัญญาณ 1 ครั้ง สัญญาณเปลี่ยนแปลงไป 2 บิต ความเร็วในการส่งข้อมูลจึงเป็น 2 เท่าของอัตราบอด และถ้าเราแบ่งเฟสของสัญญาณเป็น ๘ เฟส ความเร็วในการส่งข้อมูลก็จะกลายเป็น 3 เท่าของอัตราบอด.

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากการแปลงสัญญาณแบบ FSK และ PSK แล้ว ยังมีวิธีอื่น ๆ อีกเช่น การนำเอา Amplitude ของสัญญาณเข้ามามอดูเลตร่วมกับแบบ PSK เราเรียกว่า Quadrature Modulation ซึ่งทำให้อัตรา การส่งข้อมูลสูงขึ้นอีก.

2.8 ระบบมาตรฐานของ Bell และ CCITT

มาตรฐานการส่งข้อมูลที่ใช้กันมีอยู่ 2 ระบบคือระบบ CCITT ที่นิยมใช้กันในยุโรปรวมทั้งประเทศไทย ด้วย และระบบ Bell ที่นิยมใช้กันในสหรัฐอเมริกา ตาราง 2-2 และ 2-3 แสดงระบบมาตรฐาน Bell และ CCITT บางระบบที่นิยมใช้กัน

มาตรฐาน	ความเร็ว	รูปแบบการส่ง	วิธีการแปลงสัญญาณ
103	0-300 bps	FULL DUPLEX	FSK
201	1200 bps	HALF DUPLEX	DPSK
202	1200 bps	HALF DUPLEX	FSK
212A	0-300 bps	FULL DUPLEX	FSK
212	1200 bps	FULL DUPLEX	DPSK

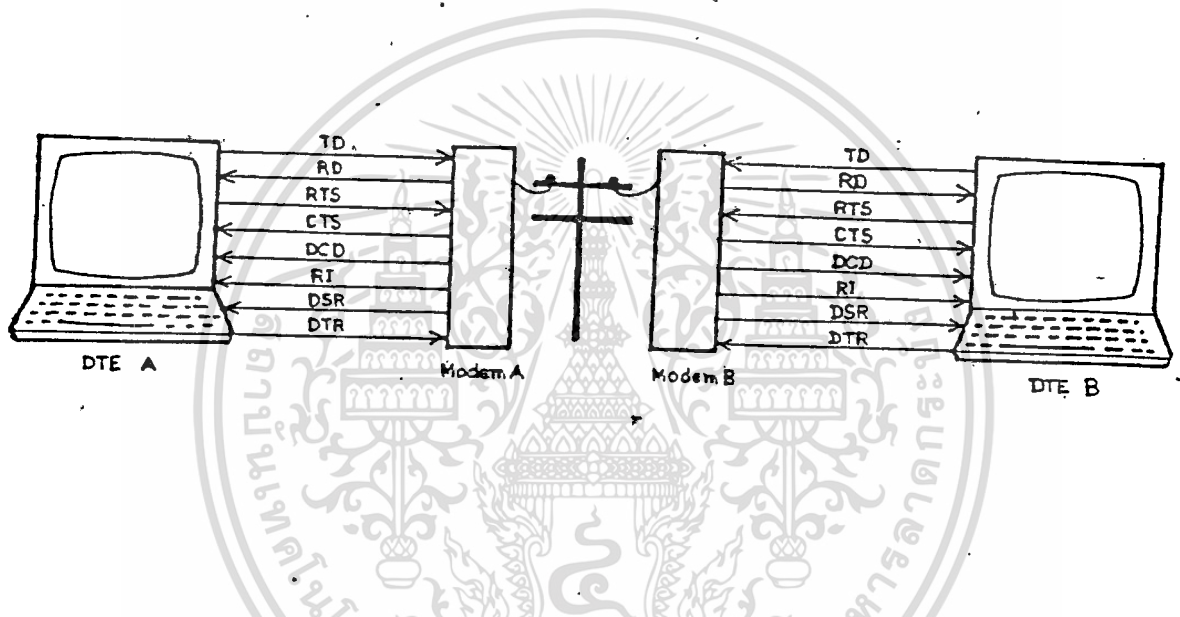
* DPSK = Different Phase Shift Keying *

ตาราง 2-2 แสดงระบบมาตรฐานของ Bell ที่นิยมใช้กัน

มาตรฐาน	ความเร็ว	รูปแบบการส่ง	วิธีการแปลงสัญญาณ
V.21	0-300 bps	FULL DUPLEX	FSK
V.22	1200 bps	FULL DUPLEX	PSK
V.23	1200 bps	HALF DUPLEX	FSK
V.26	2400 bps	HALF DUPLEX	PSK

2.9 การใช้งาน MODEM

สัญญาณที่กล่าวถึงในรูปที่ 2.10 มีความจำเป็นที่ต้องใช้ทุกขาหรือไม่ขึ้นอยู่กับการใช้งานของโมเด็ม (DCE) เอง ซึ่งแล้วแต่ชนิดของโมเด็มและระบบการส่งข้อมูล (Duplex ชนิดต่าง ๆ)



รูปที่ 2.10 แสดงสัญญาณที่ใช้ระหว่าง DCE กับ DTE

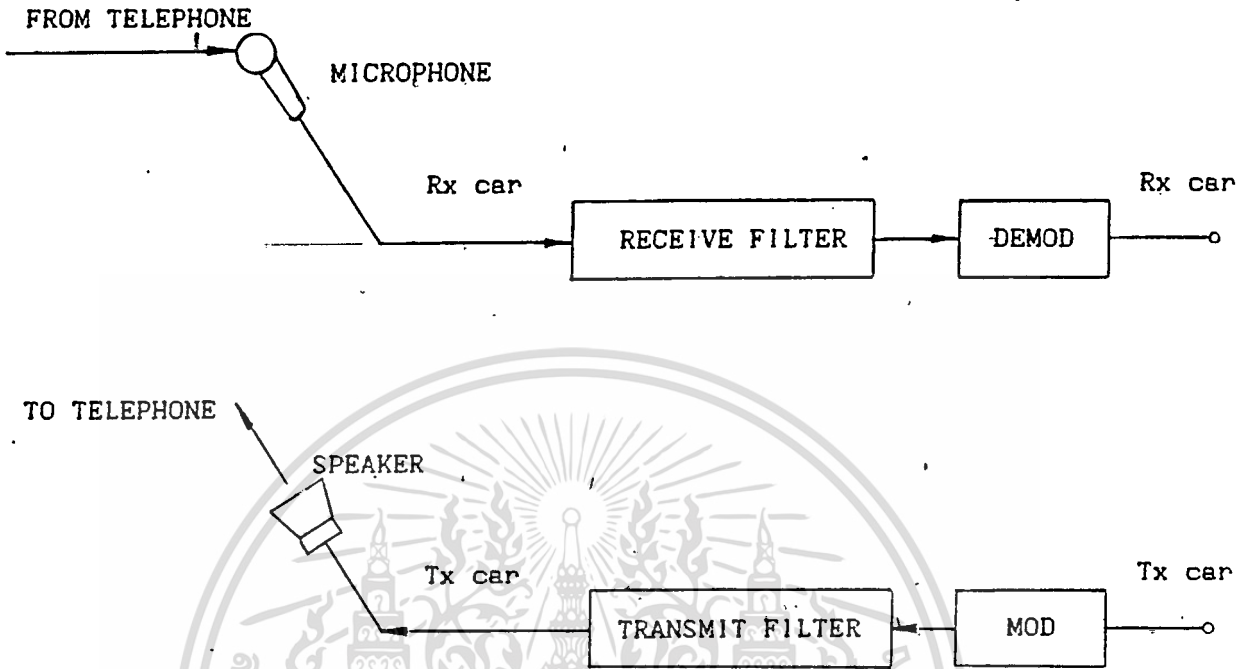
การติดต่อผ่านโมเด็มโดยใช้วงจรโทรศัพท์ทำได้ 2 ประเภทดังนี้

- แบบหมุนเรียกเบอร์ (dial up) - ใช้กลไกของสัญญาณควบคุมมากเพราะโมเด็มต้องผ่านและติดต่อกับระบบโทรศัพท์เพื่อให้ได้หมายเลขที่เราต้องการ แล้วยังต้องตรวจสอบความพร้อมทุก ๆ ด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นโมเด็มที่ใช้ระบบ half duplex.
- แบบคู่สายถาวร (private, lease line) ใช้ได้สะดวกกว่าแบบแรก โดยการเช่าคู่สายแบบถาวรซึ่งติดต่อได้โดยตรง ทำให้ติดต่อได้ในความเร็วสูง โดยวิธีซิงโครนัส ซึ่งจะต้องใช้สัญญาณฐานเวลา (timing signal) เข้าร่วมด้วย.

2.10 การต่อโมเด็มเข้ากับคู่สายโทรศัพท์

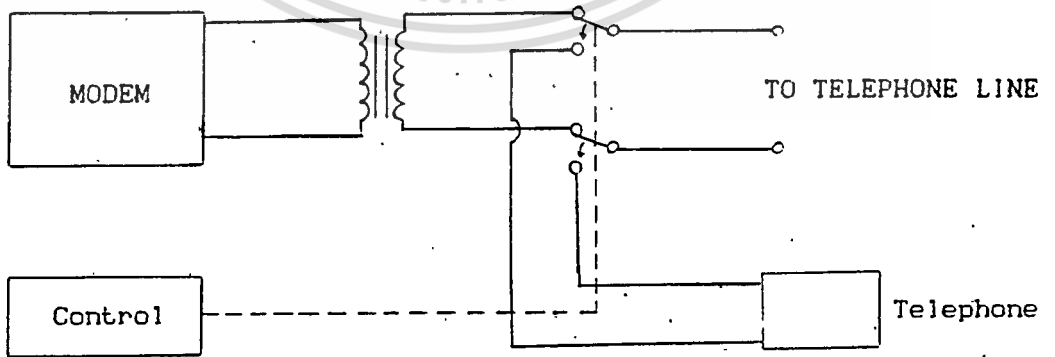
สามารถต่อได้ 2 แบบดังนี้

- Acoustic Coupling วิธีการนี้ใช้เสียงเป็นตัวเชื่อมโยงส่งข้อมูล โดยตัวส่งจะมี Speaker ที่มีช่วงความถี่เดียวกับ Microphone ทางด้านรับจะมี Microphone คอยรับเสียงเพื่อนำมาเข้า Filter และวงจร Demodulator ต่อไป ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงวงจร Acoustic Coupling

- DAA (Direct Access Arrangement) เป็นการส่งข้อมูลเข้ากับสายโทรศัพท์โดยตรงสามารถแสดงได้ดังรูป 2.12



รูปที่ 2.12 แสดงวงจร Direct. Access Arrangement

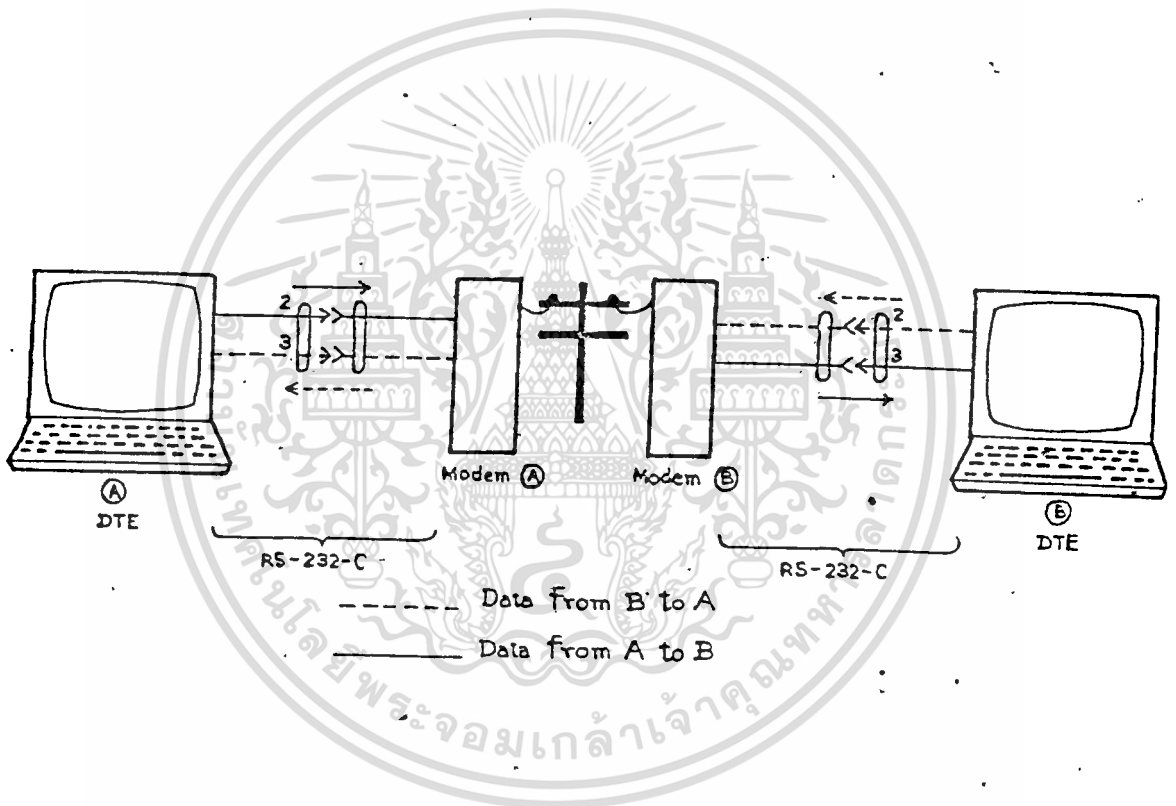
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

แนะนำ port RS-232C

3.1 แนะนำ

MODEM ที่ใช้ในโครงงานนี้จะใช้ติดต่อกับเครื่อง Micro Computer โดยติดต่อผ่านทาง port มาตรฐาน RS-232C ฉะนั้นเนื้อหาในตอนนี้จะเป็นการแนะนำ port RS-232C เพื่อให้เป็นความรู้พื้นฐานในการกล่าวถึง port RS-232C ในบทต่อไป.



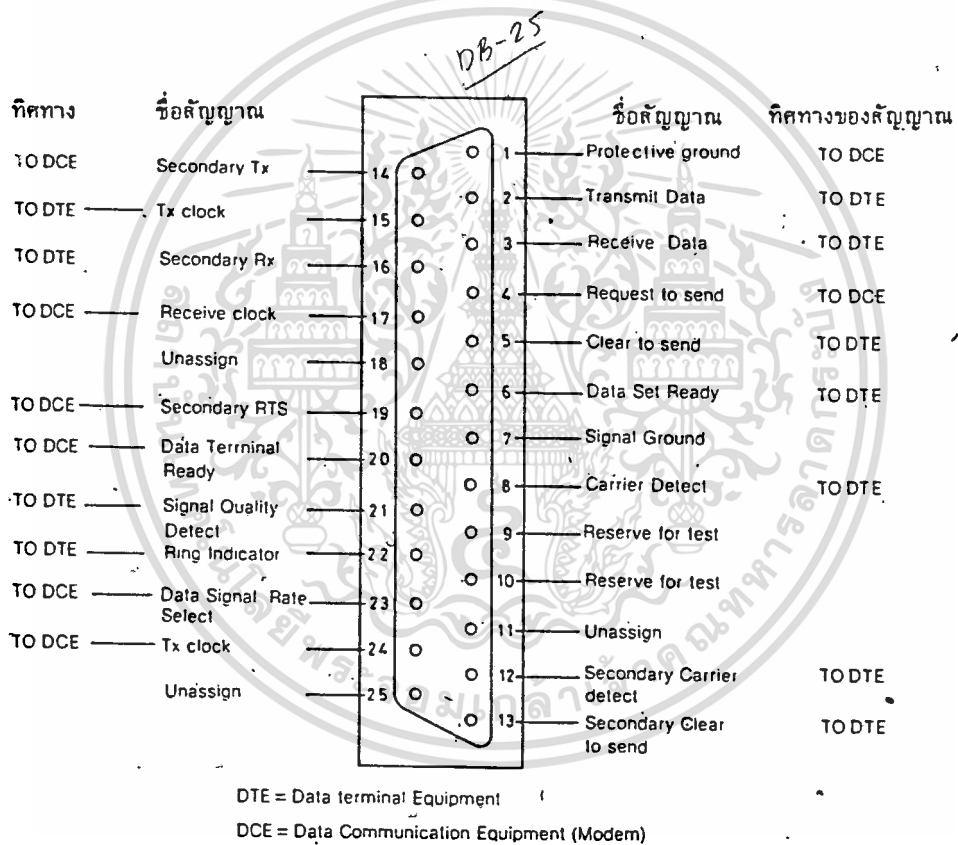
รูปที่ 3.1 แสดงการใช้งาน MODEM โดยติดต่อผ่านทาง port RS-232C

port RS-232C นี้ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลในแบบอนุกรม เรียกว่า Universal Asynchronous Adapter เนื่องจาก EIA ได้กำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์แบบอนุกรมเอาไว้ภายใต้ชื่อว่า RS-232C ความจริงมาตรฐานของการส่งข้อมูลแบบอนุกรมมีหลายมาตรฐานแต่ที่นิยมใช้กันมากที่สุดสำหรับไมโครคอมพิวเตอร์ก็คือ RS-232C คำว่า RS ย่อมาจาก Recommended Standard ส่วน 232 เป็นหมายเลขบ่งบอกมาตรฐานตัวนี้ C เป็นหมายเลขของฉบับท้ายสุดของมาตรฐานตัวนี้ ความเร็วในการเชื่อมต่อ RS-232C สามารถถ่ายเทข้อมูลได้ในช่วง 0-20,000 บิตต่อวินาที และระยะทางในการส่งสัญญาณตามมาตรฐานของ RS-232C ไม่ควรเกิน 50 ฟุต ซึ่งพอเพียงสำหรับการสื่อสารระหว่าง DTE กับ DCE .
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งนั้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RS-232C เป็นมาตรฐาน มีชื่อเต็มว่า "Interface Between Data Terminal Equipment and Data Communication Equipment employing serial binary data interchange" ซึ่งแปลตรง ๆ ก็คือ เป็นมาตรฐานสำหรับการอินเทอร์เฟซอุปกรณ์ Data terminal เข้ากับอุปกรณ์ Data Communication โดยอาศัยวิธีการส่งข้อมูลดิจิทัลแบบอนุกรม .

3.2 ลักษณะสมบัติเชิงกลของข้อต่อ (connector)

RS-232C ไม่ได้กำหนดว่าจะต้องใช้ connector รูปร่างอย่างไร แต่ที่นิยมใช้กันทั่วไปคือ DB-25 connector ซึ่งประกอบด้วยขาทั้งหมด 25 ขาดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงการกำหนดของข้อต่อ RS-232C

3.3 ลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าของสัญญาณ RS-232C

1. สถานะ

สำหรับมาตรฐานของการใช้แรงดันไฟฟ้าจะกำหนดไว้ดังตารางมาตรฐานแรงดันไฟฟ้าและรูปที่ 3.3 ในหน้าต่อไป. เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางมาตรฐานของการใช้แรงดันไฟฟ้า

แรงดันไฟฟ้า	โลจิก	สัญญาณ	ฟังก์ชันในการควบคุม
บวก	0'	Space	ON
ลบ	1	Mark	OFF



รูปที่ 3.3 แสดงย่านของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในสัญญาณ RS-232C

แรงดันสูงสุดที่วงจรใน DTE และ DCE จะทนได้ไม่เกิน 25 V และ Open circuit voltage ต้องไม่เกิน 2 V (วัดเทียบกับ Signal ground) .

2. วงจรขับสัญญาณ หากเกิดสภาพการลัดวงจรของสายเชื่อมต่อคู่ใด ๆ จะต้องมิกะแสลัดวงจรไม่เกิน 0.5 A และแรงดันที่ DCE ต้องไม่เกิน 25 V เมื่อถอด connector .

3. ความต้านทาน เมื่อมองจากด้านจุด Interface Point ไปยัง DCE จะต้องมิก่า 3,000 ohm - 7,000 ohm .

4. ความไว สัญญาณควบคุมจะต้องผ่านช่วงเปลี่ยนแปลงระดับ (-3 V ถึง +3 V) ภายในเวลาไม่เกิน 1 msec ส่วนสัญญาณข้อมูลจะต้องผ่านช่วงเปลี่ยนแปลงระดับภายในเวลาไม่เกิน 1 msec หรือ 4 เปอร์เซ็นต์ของความกว้างของรูปสัญญาณนั้น .

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 สัญญาณที่ใช้ทั้งหมดใน RS-232C

Protective Ground (PG ชาติ 1)

หมายถึงตัวถังของเครื่องหรือสายดิน

Transmit Data (TD ชาติ 2)

เป็นสัญญาณที่ส่งออกจาก DTE (ตัวไมโครคอมพิวเตอร์) ไปยังโมเด็มหรือต่อเข้าโดยตรงกับไมโครคอมพิวเตอร์ตัวอื่นหรือเครื่องพิมพ์ เมื่อไม่มีสัญญาณส่งออกสถานะทางลอจิกจะมีค่าเท่ากับ "1" สถานะ "OFF" หรือเทียบเท่ากับ Stop bit ไม่ว่าจะเป็นอย่างใด 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 ชาติ 3)

เป็นทางของสัญญาณเข้าไปยัง DTE เมื่อไม่มีสัญญาณรับเข้ามา ชาติจะมีสถานะทางลอจิกเป็น "1" หรือสถานะ "OFF"

Request To Send (RTS ชาติ 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 DCE จัดการกับระบบสื่อสาร เพื่อให้ช่องทางต่อเชื่อม และให้สัญญาณ Clear To Send (CTS) กลับมาเป็นการบอกว่าจะส่งได้

การเปลี่ยนจาก ON ไป OFF เป็นการบอกให้ DCE ส่งข้อมูลผ่านช่องทางสื่อสารให้หมดแล้วกลับไปอยู่ใน Receiving mode หรืออยู่เฉย ๆ พร้อมกับให้ CTS เป็น 0

Clear To Send (CTS ชาติ 5)

จาก DCE ไป DTE สถานะ ON หมายความว่าข้อมูลจาก DTE ชาติ 2 จะถูกส่งต่อไปในช่องทางสื่อสาร (โมเด็มส่งข้อมูลออกสายโทรศัพท์) ทั้งนี้ CTS จะ ON หลังจาก DSR และ RTS อยู่ในสถานะ ON และการต่อเชื่อมของวงจรสื่อสาร (ขุมสายโทรศัพท์) เสร็จแล้ว

Data Set Ready (DTS ชาติ 6)

จาก DCE ไป DTE คือความพร้อมของโมเด็มนั่นเอง จะเป็น ON (พร้อม) ต่อเมื่อ

1. DCE (โมเด็ม) เปิดเครื่องอยู่ และอยู่ในสถานะ off-hook (เหมือนยกหูโทรศัพท์)
2. DCE ไม่อยู่ใน test mode
3. DCE ทำการส่งสัญญาณไปยังขุมสายเสร็จแล้ว

DSR อยู่ในสถานะ ON เป็นการบอก DTE ว่า โมเด็มต่อเข้ากับสายโทรศัพท์เรียบร้อยแล้วและพร้อม

เอกสารนี้เป็นของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง

ที่จะส่งได้แล้ว .

DSR อยู่ในสภาวะ OFF หมายถึงให้ DTE เลิกสนใจสัญญาณตัวอื่น ยกเว้น Ring Indicator .
Signal Ground (SG ชาติ 7)

คือสายร่วมของสัญญาณทุกตัว .

Carrier Detect (CD ชาติ 8)

จาก DCE ไป DTE

สภาวะ ON หมายถึงว่า DCE จับสัญญาณพาหะในช่องทางสื่อสารที่จะทำ demodulate ได้

สภาวะ OFF คือไม่ได้รับสัญญาณอะไรเลย หรือได้รับสัญญาณแต่ไม่สามารถ demodulate เอาข้อมูลออกมาได้

Data Terminal Ready (DTR ชาติ 20)

จาก DTE ไป DCE

สภาวะ ON หมายถึงให้ DCE เตรียมเพื่อเชื่อมต่อกับตัวอื่น และรักษาช่องทางติดต่อไว้ต่อไป (การเชื่อม channel ทำได้หลายทางคือหมุนเรียกด้วยมือหรืออัตโนมัติ) ถ้า DCE สามารถตอบรับสัญญาณเรียก (call) ได้ ก็ให้ตอบรับ (answering) เมื่อมีสัญญาณเรียก Ring Indicator และ DTR ON อยู่ .

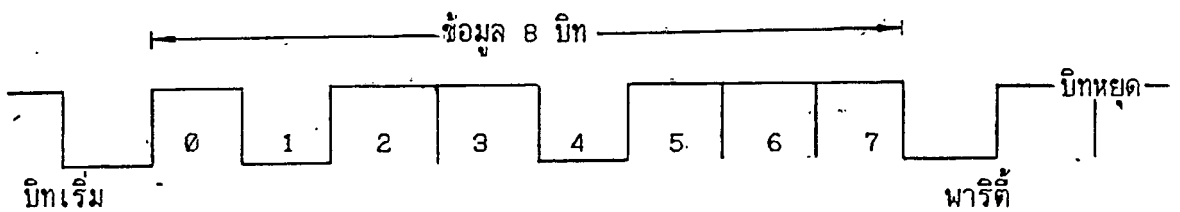
สภาวะ OFF คือวางหู และเมื่อ OFF แล้วต้องไม่ ON อีกจนกว่า DSR จะ OFF .

Ring Indicator (RI ชาติ 22)

จาก DCE ไป DTE เหมือนสัญญาณเรียกของโทรศัพท์ แต่เป็นดิจิทัล ใช้ในระบบตอบโต้อัตโนมัติ (Auto-answer) สัญญาณนี้จะ ON เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามา และจะ OFF ระหว่างเสียงดิ่งของกระดิ่ง .

3.5 ระบบการจัดข้อมูลของ RS-232C (RS-232C data format)

ในการส่งข้อมูลมาก ๆ เราจำเป็นจะต้องให้ทางด้านรับปลายทางทราบว่า แต่ละไบนารีที่ส่งเริ่มตรงไหนและจบตรงไหน เพื่อจะได้รับข้อความได้ถูกต้อง เราจึงมีการเพิ่มบิตเริ่ม (start bit) และบิตหยุด (stop bit) เมื่อเป็นการบอกจุดเริ่มต้นและลงท้ายของแต่ละไบนารี นอกจากนี้ยังเพิ่มพาริตีบิต (parity bit) ให้อีก 1 บิตด้วยดังรูป 3.4 การส่งแบบนี้เราเรียกว่า RS-232C data format .



รูปที่ 3.4 แสดงระบบการจัดข้อมูลของ RS-232C

บทที่ 4

แนะนำ TMS 99532 (Single Chip MODEM)

จากเนื้อหาที่กล่าวมาแล้วใน 3 บทแรกจะเห็นได้ว่าเป็นการกล่าวถึงหลักการทำงานและใช้งานโมเด็มโดยทั่ว ๆ ไป ซึ่งจะ เป็นพื้นฐานที่สำคัญในการทำความเข้าใจในเรื่อง Single Chip MODEM ที่ใช้ในโครงการนี้ สำหรับในบทนี้จะเป็นการแนะนำ IC TMS 99532 (Single Chip MODEM) ซึ่งจัดได้ว่าเป็นอุปกรณ์หัวใจที่มีความสำคัญมากที่สุด ในโครงการนี้ .

4.1 แนะนำ

IC TMS 99532 ที่ใช้ในโครงการนี้ ทำหน้าที่เป็น chip MODEM ซึ่งเป็นอุปกรณ์ทางการสื่อสารสามารถรับและส่งข้อมูลไบนารีแบบอนุกรม โดยส่งผ่านสายโทรศัพท์ ใช้หลักการมอดูเลชันแบบ FSK (Frequency Shift Keying) TMS 99532 นี้ถูกสร้างให้มีมาตรฐานเทียบเท่ากับของห้องปฏิบัติการวิจัยเบล 103 (Bell 103) มีอัตราเร็ว 300 บิตต่อวินาที และสามารถใช้งานได้กว้างขวาง มีทั้งการมอดูเลชัน, ดิมอดูเลชัน และวงจรรอง ซึ่งจำเป็นสำหรับการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัล รวมอยู่ในชิปเดียวกัน .

IC TMS 99532 นี้จัดเป็น IC แบบ LSI (Large Scale Integration) โดยใช้เทคนิคการผลิตแบบ NMOS ทำให้มีข้อดีคือ มีขนาดเล็ก, ใช้กำลังไฟต่ำ และมีประสิทธิภาพสูง นอกจากนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง .

4.2 คุณสมบัติทั่ว ๆ ไป

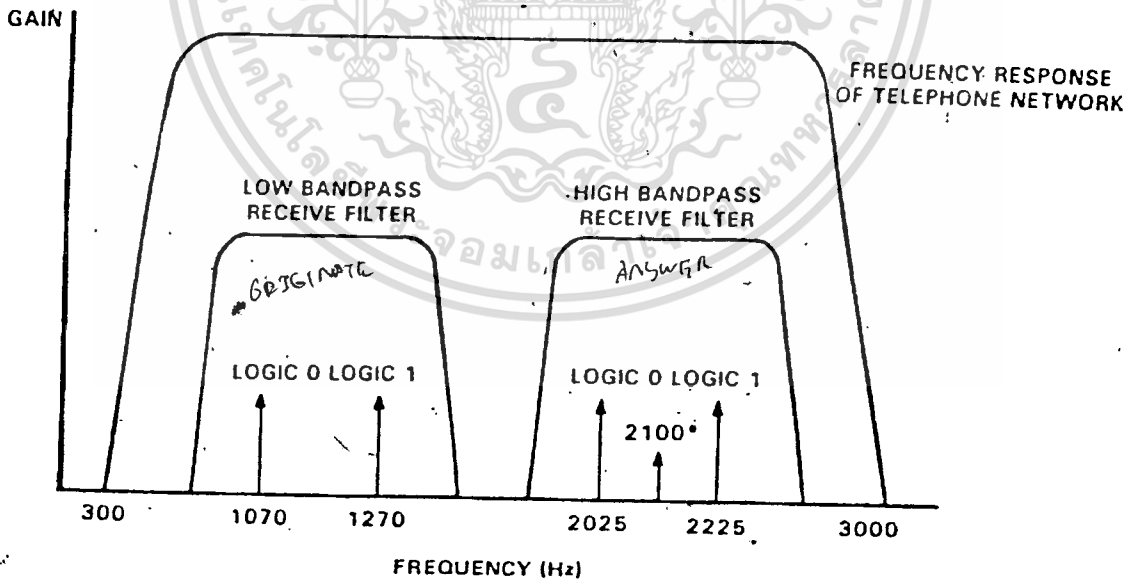
40

- ใช้มาตรฐาน เบล 103 (Bell 103)
- เป็น LSI ชิปเดียว ต่อเข้าอุปกรณ์อื่น ๆ แล้วแต่การใช้งาน
- มีทั้งภาคมอดูเลชัน, ดิมอดูเลชัน และฟิลเตอร์ (การกรอง) รวมอยู่บนชิปเดียว
- สามารถส่งได้ทั้งแบบซิมเพล็กซ์, ฮาล์ฟดูเพล็กซ์ และฟูลดูเพล็กซ์
- มีโหมด Originate และ Answer
- อัตราการส่งข้อมูลตั้งแต่ 0-300 บิตต่อวินาที
- สามารถปรับค่าของช่วงเวลาของ carrier detect timing ได้
- ใช้คริสตัลจากภายนอกควมวงจรรอคลื่น (oscillator)
- มีโหมดการทดสอบแบบ Analog loopback
- มีการเชื่อมต่อแบบ TTL compatible digital interface
- ใช้การผลิตแบบ NSAG (N-channel silicon gate process)
- อยู่บนไอซีชิป จำนวน 18 ขา

การส่งข้อมูล	อนุกรม, รหัสไบนารีแบบอะซิงโครนัส
อัตราการส่งข้อมูล	๑-๓๐๐ บิตต่อวินาที
โหมดการทำงาน	ซิมเพล็กซ์, ฮาล์ฟดูเพล็กซ์, ฟูลดูเพล็กซ์

สรุปคุณสมบัติการทำงานของ TMS 99532

สำหรับคุณสมบัติการทำงานในภาค Filter แสดงได้ดังรูป 4.1



*2100 Hz – CCITT V.25 ANSWER TONE

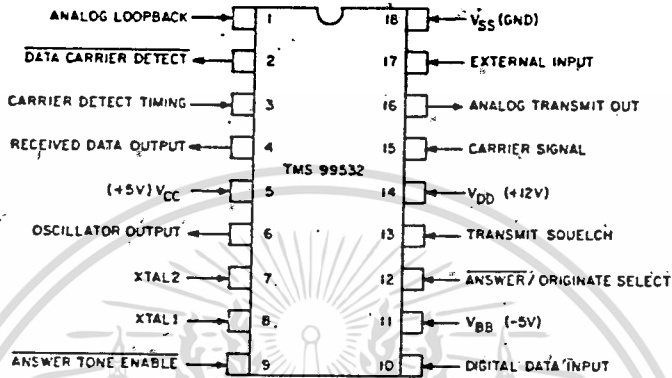
รูปที่ 4.1 แสดงแบนด์และพลกรองภาคฟิลเตอร์ของ TMS 99532

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

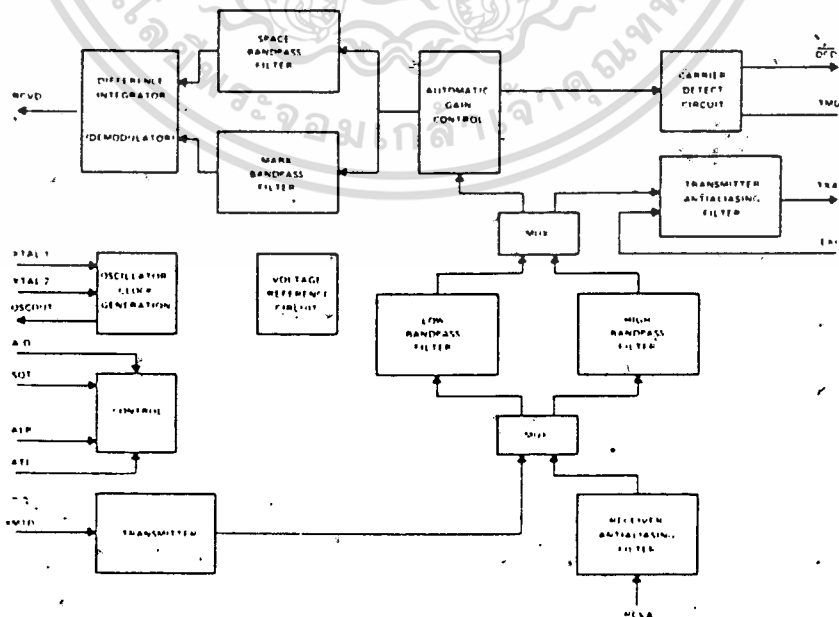
4.3 แผงผังแสดงขา

รูปที่ 4.2 แสดงแผงผังแสดงขาของ TMS 99532 โมเด็มชิปเดียว โดยได้อธิบายหน้าที่ของแต่ละขาตามตารางในหน้าต่อไป .



รูปที่ 4.2 แผงผังแสดงขาของ TMS 99532

4.4 Block Diagram ของ TMS 99532 แสดงได้ดังรูป 4.3



สัญญาณ	ความหมาย	ขา	อินพุท/เอาต์พุท	คำอธิบาย
ALB	Analog Loopback	1	อินพุท	เมื่อได้รับสัญญาณ high ข้อมูลที่ถูกส่งจากขา XMTD จะไปปรากฏที่ขา RCVD
DCD	Data Carrier Detect	2	เอาต์พุท	เมื่อสัญญาณเป็น low สัญญาณ carrier ที่ต้องการจะถูก detect โดย TMS 99532
TMG	Carrier Detect Timing	3	----	ใช้สำหรับตั้งค่าเวลา turn on - turn off ของ carrier detect
RCVD	Recieved Digital	4	เอาต์พุท	เป็นขาเอาต์พุทของข้อมูลอนุกรมดิจิตอลภาครับ RCVD จะมีค่าอิมพีแดนซ์สูงเมื่อ $\overline{ATE} = 0$
VCC	+ 5 V	5	----	ไฟเลี้ยง + 5V
OSCOUT	Oscillator Output	6	เอาต์พุท	ขานี้จะผลิตความถี่ตามสัญญาณ clock ที่ความถี่ 4.032 MHz
XTAL 2	Crystal Pin 2	7	----	ต่อเข้ากับคริสตัลสำหรับ ออสซิลเลเตอร์ภายใน
XTAL 1	Crystal Pin 1	8	อินพุท	ต่อเข้ากับคริสตัลสำหรับ ออสซิลเลเตอร์ภายในหรือจาก clock ภายนอกก็ได้
\overline{ATE}	Answer Tone Enable	9	อินพุท	เมื่อได้รับสัญญาณ low, สัญญาณ answer Tone จะถูก enable และขา RCVD จะอยู่ในสภาวะ tristate
XMTD	Transmitted	10	อินพุท	เป็นขาอินพุทของข้อมูลอนุกรมดิจิตอลภาคส่ง
VBB	- 5 V	11	----	ไฟเลี้ยง - 5 V
$\overline{A/O}$	Answer / Originate	12	อินพุท	จะทำงานในโหมด Originate เมื่อ high และในโหมด Answer เมื่อรับสัญญาณ low
SQT	Squelch	13	อินพุท	เมื่อได้รับสัญญาณ high สัญญาณที่ขา TXA จะถูก disable
VDD	+ 12 V	14	----	ไฟเลี้ยง + 12 V
RCVA	Recieved Analog	15	อินพุท	ขานี้ใช้เป็นอินพุทสำหรับสัญญาณพาหะที่เป็นอนาลอกจากสายโทรศัพท์ต้องต่อ C ไว้ด้วย
TXA	Transmitted	16	เอาต์พุท	ขานี้เป็นเอาต์พุทสำหรับส่งสัญญาณพาหะที่เป็นอนาลอกไปยังสายโทรศัพท์ต้องต่อ C ไว้ด้วย
EX1	External	17	อินพุท	สัญญาณอนาลอกจากภายนอกใด ๆ ที่จะถูกส่งผ่านออกไปภายหลังจะถูกต่อเข้ากับขานี้ จำเป็นต้องต่อ capacitor เข้าด้วย
VSS	Ground	18	----	กราวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ล้วนต้องขออนุญาตก่อน และต้องอ้างถึงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงการทำงานของแต่ละขาของ Single Chip MODEM (TMS 99532)

4.5 การใช้งานในโหมดต่าง ๆ

- โหมด Answer และ Originate ข้อมูลที่เป็นดิจิทัลที่ถูกส่งหรือรับจะเป็นดังนี้
 โหมด Answer จะส่งข้อมูลในช่วงความถี่ สูง และจะรับในช่วงความถี่ ต่ำ
 ----- Originate ----- ต่ำ ----- สูง

- โหมด Squelch ข้อมูลที่ถูกส่งออกไปอาจถูกระงับไว้ (Squeled) ทั้งในโหมด Answer และ Originate โดยการให้สัญญาณ high ที่ขา SQT (หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ทำให้ขา TXA เกิดการ disable) ในโหมดนี้ TMS 99532 ยังคงรับข้อมูลได้ตามปกติ .

- โหมด Analog Loop Back เป็นการตรวจสอบ ทำได้โดยการให้สัญญาณ high ที่ขา ALB transmitter (ตัวส่ง) ยังคงทำงานได้ตามปกติ แต่ก่อนที่สัญญาณจะถูกส่งไปยังขา TXA สัญญาณจะถูกแบ่งไปยัง receiver (ตัวรับ) ด้วย ซึ่งเป็นการตรวจสอบสัญญาณทั้งแบบอนาลอกและดิจิทัลของอุปกรณ์ โดยใช้สัญญาณดิจิทัลเป็นตัวตรวจสอบเท่านั้น .

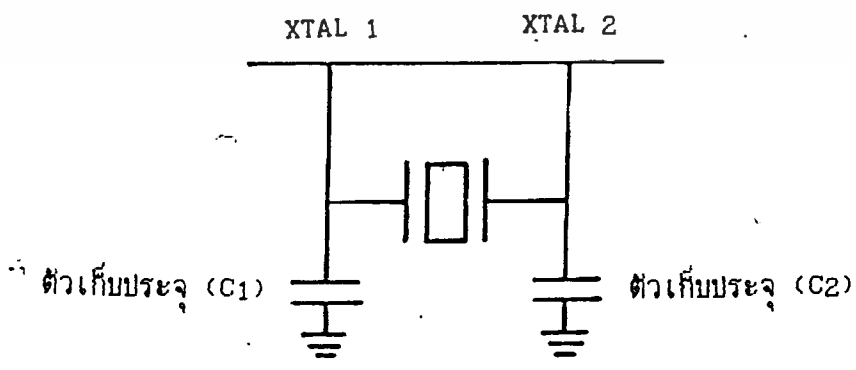
- โหมด EXI เป็นการอนุญาตให้สัญญาณอนาลอกที่เข้ามายังขา EXI (ต้องมีตัวเก็บประจุต่ออยู่ด้วย) ซึ่งจะถูกล่งออกไปได้ทางขา TXA โหมดนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้โดยการต่ออุปกรณ์อื่น ๆ เพิ่มเติม.

- โหมด Answer Tone Enable จะทำงานให้สัญญาณความถี่ 2100 Hz ที่ขา TXA .

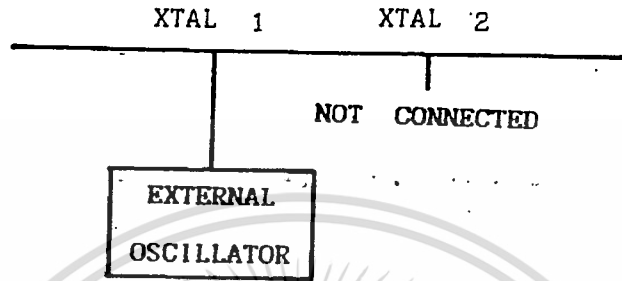
สำหรับ Single Chip MODEM ในโครงการนี้ เราจะใช้โหมดการทำงานของโหมด Originate-Answer และโหมด Analog Loopback เท่านั้น สำหรับโหมดการทำงานอื่นนั้นไม่มีการใช้ในโครงการนี้.

4.6 สัญญาณคล็อก

TMS 99532 มีวงจรรอสีเลเตอร์ และตัวผลิตสัญญาณคล็อกภายใน โดยใช้การควบคุมของคริสตัลภายนอก การต่อคริสตัลสามารถต่อได้ดังรูปที่ 4.4 จากรูปพบว่าคริสตัลจะถูกต่อเข้ากับขา XTAL 1 และ XTAL 2 โดยมีตัวเก็บประจุ 2 ตัว ต่อที่ขา XTAL 1 และ XTAL 2 ลงกราวด์ เจื่อนไขที่สำคัญที่สุดอีกอย่างคือ การต่อควรต่อให้มีระยะทางที่สั้นที่สุดเท่าที่จะทำได้ .



รูปที่ 4.5 แสดงการต่อวงจรออสซิลเลเตอร์จากภายนอก ซึ่งจะพบว่าที่ขา XTAL 2 ไม่ต้องต่อไว้ ถ้าใช้สัญญาณคล็อกจากภายนอก .



รูปที่ 4.5 แสดงการต่อวงจรออสซิลเลเตอร์จากภายนอก

OSCOUT เป็นสัญญาณเอาต์พุตที่เกี่ยวกับ TTL (TTL compatible) ซึ่งจะออสซิลเลทที่ความถี่ตามสัญญาณคล็อกต้นแบบ ขา OSCOUT สามารถใช้ขั้ววงจรอื่น ๆ ที่ความถี่นี้ได้ .

วงจรออสซิลเลเตอร์ถูกใช้งานที่ 2 ความถี่ คือ

1. ใช้สุ่ม (sample) สัญญาณอนาล็อกในวงจร switched capacitors circuit
2. ใช้ผลิตสัญญาณนาฬิกาในการมอดูเลชันภาคส่ง

4.7 FSK Modulator การมอดูเลทโดยการเปลี่ยนแปลงความถี่ของสัญญาณ

การมอดูเลชันสามารถอธิบายได้ในภาคส่ง ก็คือการทำให้สัญญาณคล็อกต้นแบบมีการเปลี่ยนแปลงความถี่ตาม mark (โลจิก 1) และ space (โลจิก 0) สัญญาณที่ได้จะถูกกรองโดย Bandpass Filter และถูกส่งผ่านไปยังส่วนของ Antialiasing Filter ซึ่งเป็นการกรองสัญญาณรบกวนต่าง ๆ จนในที่สุดก็จะได้ข้อมูลที่ผ่านการมอดูเลชันแล้วพร้อมที่จะส่งต่อไป .

4.8 FSK Demodulator การดีมอดูเลทโดยการเปลี่ยนแปลงความถี่ของสัญญาณ

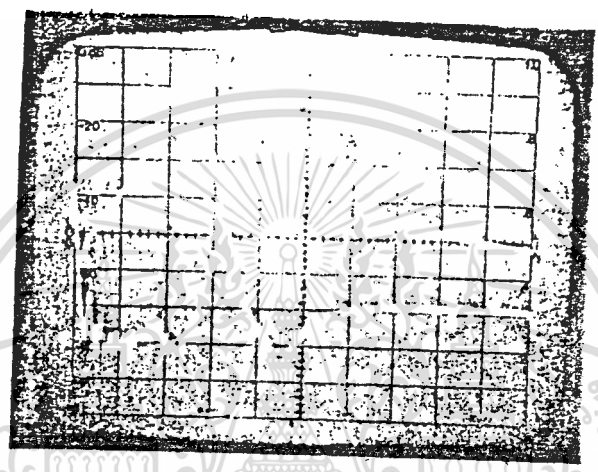
ผลจากการดีมอดูเลชันก็คือสัญญาณที่ได้จาก Antialiasing Filter และส่วนของภาค Bandpass Filter ทั้ง 2 ภาค ซึ่งเอาต์พุตที่ได้นี้จะได้เป็นช่วงความถี่ของ mark และ space เอาต์พุตของ mark และ space จะอยู่ในรูปของสัญญาณ AC จากนั้นจะถูกเรกติไฟร์โดยวงจร difference integrator และใช้การเปรียบเทียบระดับพลังงาน (energy) ถ้าพลังงานในวงจร mark filter มีค่าสูงกว่าใน space filter ผลที่ได้ก็จะเป็นโลจิก 1 ในทางตรงกันข้าม ก็จะได้โลจิก 0 ในที่สุดสัญญาณที่ได้นี้เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงค่าหนึ่งก็จะเป็นสัญญาณภาครับที่ผ่านการดีมอดูเลชันแล้ว .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

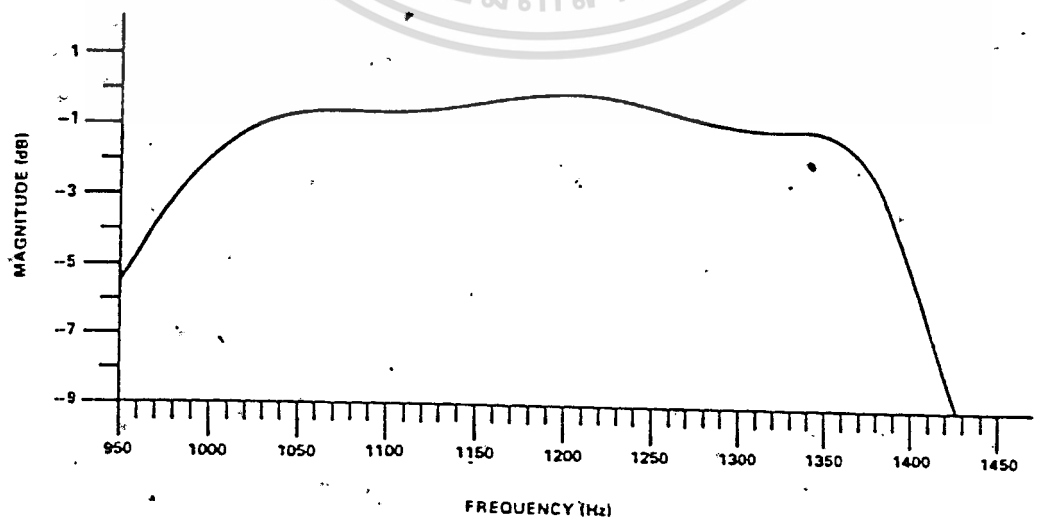
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

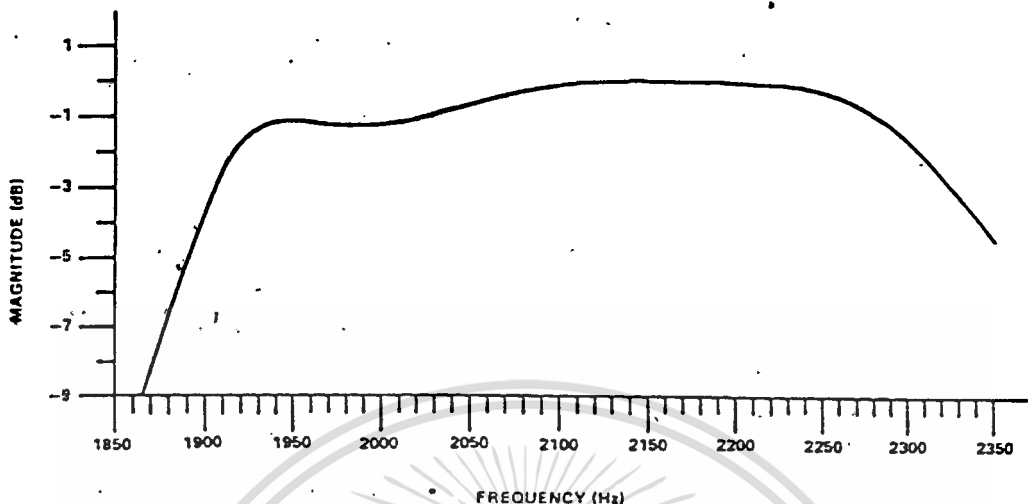
4.9 วงจรกรองแบบ High และ Low Bandpass Filter ของ TMS 99532

วงจรกรองแบบ High Bandpass Filter ของ TMS 99532 มีจุดศูนย์กลางที่ 2125 Hz ส่วน
แบบ Low Bandpass Filter มีจุดศูนย์กลางที่ 1170 Hz รูปที่ 4.6 แสดงผลการตอบสนองความถี่ที่ได้
จากวงจรกรองทั้ง 2 .



รูปที่ 4.6 ผลการตอบสนองความถี่ของ Bandpass Filter ของ TMS 99532





b) Ideal High-Frequency Bandpass Filter Response

รูปที่ 4.7 แสดงถึงคุณสมบัติทางอุดมคติของผลการตอบสนองความถี่ที่ย่านความถี่ High และ Low

รูปที่ 4.7 แสดงถึงคุณสมบัติทางอุดมคติของผลการตอบสนองความถี่ที่ย่านความถี่ High และ Low ของ Filter ทั้ง 2 ซึ่งพบว่ากราฟที่ได้ค่อนข้างจะเรียบเพราะว่าคุณสมบัติการบิดเบี้ยว (distortion) ของสัญญาณอันเนื่องมาจากโครงข่ายการสื่อสาร (communication network) อื่น ๆ ถูกขจัดไปได้ วงจร Filter ทั้ง 2 นี้สามารถใช้งานได้ทั้งในการส่งและรับ ขึ้นอยู่กับการเลือกโหมดของการทำงาน .

4.10 Antialiasing Filter ภาควงจรกรองสำหรับขจัดสัญญาณรบกวน

TMS 99532 มีภาค Antialiasing Filter (วงจรถองสำหรับขจัดสัญญาณรบกวน) ซึ่งใช้งานทั้งภาคส่งและภาครับ นอกจากนี้ยังใช้กับโหมด EXI (External Tone Input) ด้วย รูปที่ 4.8 แสดงถึงผลการตอบสนองความถี่ของภาค Antialiasing Filter .

4.11 Carrier Detection ภาคตรวจจับสัญญาณพาหะ

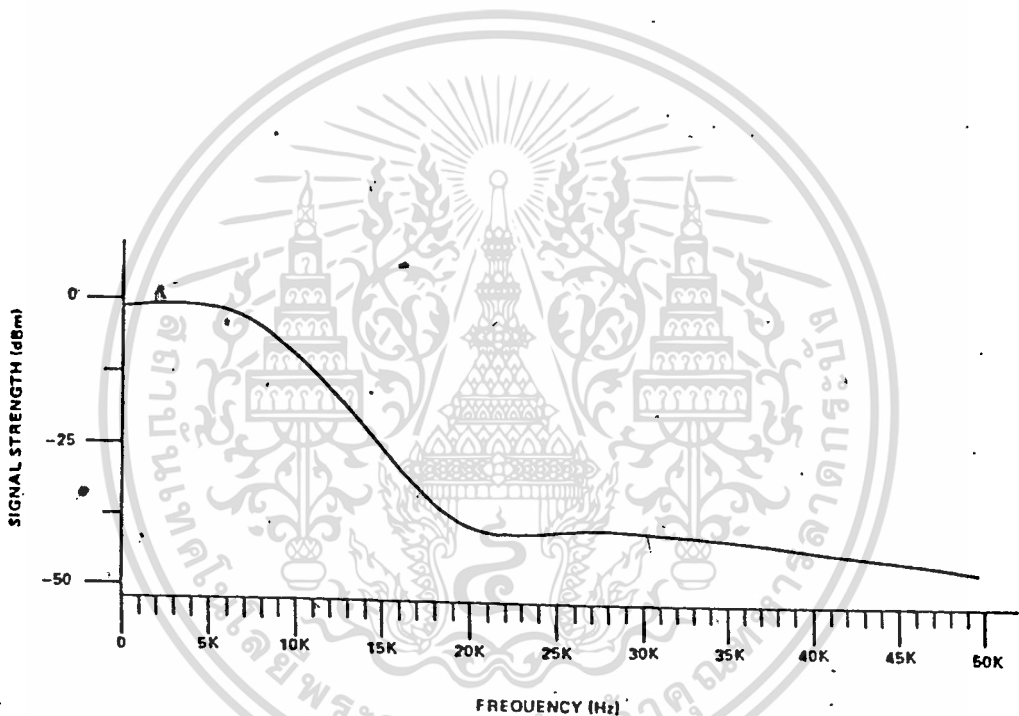
ในการ detect สัญญาณพาหะ (carrier) ประกอบด้วย ภาค energy detector วงจร Signal quality และ วงจร carrier detect timing .

การทำงานแบบ energy detect เป็นผลมาจากวงจร AGC ถ้า AGC อยู่ในสภาวะที่มีอัตราขยาย (gain) สูงสุด สัญญาณที่รับเข้ามาจะมีค่าต่ำกว่าระดับ carrier detect turn-on level แต่ถ้าสัญญาณมีค่าสูงกว่าระดับนี้แล้ว AGC ก็จะแสดงค่าข้อมูลที่ระดับพลังงานนั้น (ไม่มีการขยาย) หลังจากที่สัญญาณพาหะถูก detect แล้ว สัญญาณ (signal) จะต้องลดลงต่ำกว่าระดับ carrier detect turn-off level ก่อนที่เอาท์พุทจากขา DCD (Data Carrier Detect) จะแสดงว่ามีการ loss ของสัญญาณเกิดขึ้น เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจร Signal quality จะทำงานในช่วง turn-on เท่านั้น เพื่อป้องกันไม่ให้เกิด error ขึ้น TMS 99532 จะรับสัญญาณ mark ในช่วงเวลา turn-on หลังจากที่ขา DCD อยู่ในสภาวะ high เมื่อวงจร carrier detect ทำงานเสร็จสิ้นแล้ว ขา RCVD จะแสดงสภาวะ 1 .

ในการตั้งเวลา turn-on และ turn-off สามารถทำได้โดยการต่อค่าตัวต้านทานและตัวเก็บประจุที่เหมาะสม ที่ขา TMG .



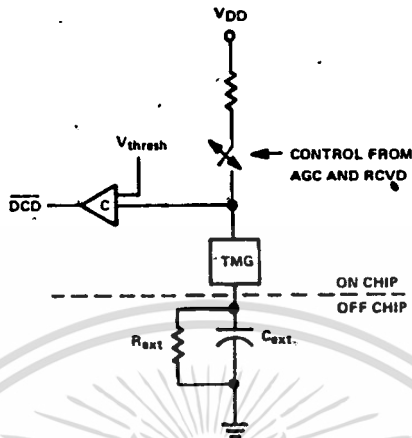
รูปที่ 4.8 ผลการตอบสนองความถี่ของ Antialiasing Filter

4.12 Automatic Gain Control (AGC) ภาคควบคุมอัตราขยาย

วงจร AGC มีหน้าที่ปรับค่าแอมพลิจูดของสัญญาณรับ และกรองสัญญาณให้เหมาะสมกับการตีมอดูเลชัน นอกจากนี้ยังทำงานร่วมกับภาค carrier detect อีกด้วย .

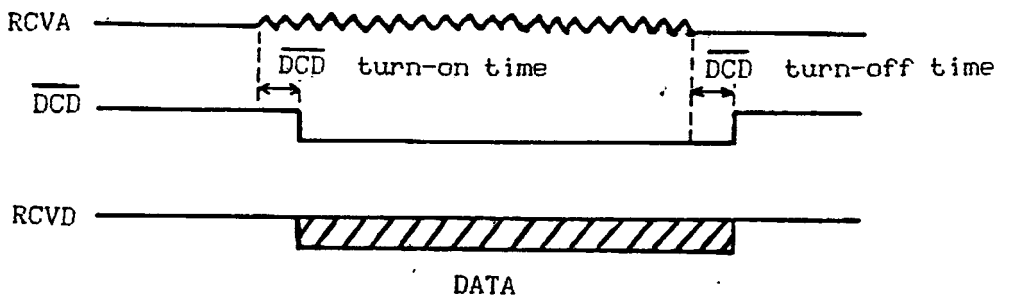
4.13 The Carrier Detect Timing Connection (TMG) ช่วงเวลาตรวจจับสัญญาณพาหะ

ขา TMG จะเป็นตัวกำหนดช่วงเวลา turn-on และ turn-off ของ DCD (Data carrier Detect) โดยใช้ตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุ ต่อตั้งรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 วงจรเสมือนของ Carrier Detect Timing

มีช่วงเวลาอยู่ 2 ช่วงที่เกี่ยวข้องกับวงจร TMG คือ ช่วงเวลาคายประจุ (discharge) ซึ่งก็คือ ช่วง turn-on และช่วงเก็บประจุ (charge time) คือช่วง turn-off วงจร TMG จะทำงานโดยการ charge Cext ที่ระดับ Voltage ที่มากกว่า V_{thresh} และจะ discharge Cext โดยผ่าน R_{ext} ที่ระดับ Voltage ที่น้อยกว่า V_{thresh} หาก DCD จะอยู่ในสภาวะ Low. เมื่อสวิตช์ถูกเปิด (power-up) จนกระทั่ง Cext ถูก charge อีกครั้ง :

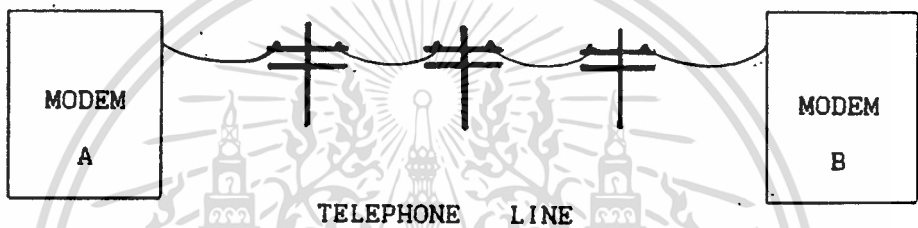


4.14 External Analog Input (EXI) สัญญาณแอนะล็อกขาเข้าจากภายนอก

ขา EXI จะเป็นการให้สัญญาณแอนะล็อกจากภายนอกผ่านเข้าไปยัง TMS 99532 ได้ เมื่อโหมด EXI ถูก enable สัญญาณจาก EXI จะถูกส่งผ่านไปยังภาค Antialiasing low pass filter ของ transmitter (ดูรูป 4.8) และออกไปยังขา TXA โหมด EXI จะถูก enable เมื่อ $\overline{ATE}=0, SQT=1$ และ $ALB=0$ โดยจำเป็นต้องต่อตัวเก็บประจุเข้ากับขานี้ด้วย .

4.15 Analog Loop Back (ALB) สัญญาณแอนะล็อกย้อนกลับ

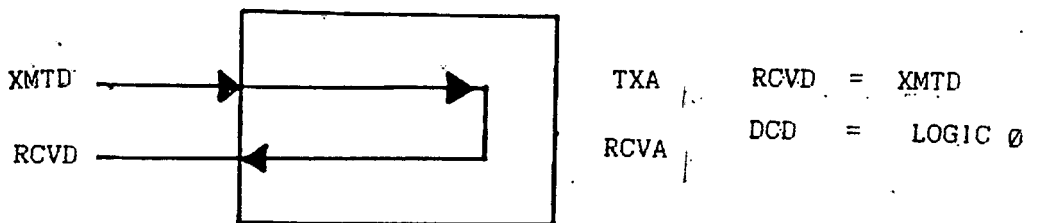
ในการใช้งานโมเด็ม ดังรูป 4.11 จะเห็นว่าถ้าเกิดการขัดข้องในการส่งข้อมูลโดยที่เราไม่สามารถติดต่อใช้งานระหว่างโมเด็ม A กับ โมเด็ม B ได้ สาเหตุที่ทำให้เราไม่สามารถติดต่อส่งข้อมูลได้ก็จะได้แก่



รูปที่ 4.11 การใช้งานของ MODEM

- MODEM A เสีย
- MODEM B เสีย
- TELEPHONE LINE เกิดการชำรุด .

วิธีหนึ่งที่เราสามารถตรวจสอบถึงสาเหตุก็คือ การ check ดูว่า MODEM ของเราเสียหรือเปล่า ? เป็นการทำงาน MODEM ในโหมดของ Analog Loop Back .



เมื่อ ALB (Analog Loop Back) ถูก enable (สภาวะ high) ภาค receiver จะถูกทำให้ สัมพันธ์กับภาค transmitter ดังรูป 4.12 ในระหว่างโหมด ALB วงจร Band Pass Filter ของ ภาค transmitter จะทำงานเป็นวงโคจร และส่งสัญญาณโดยตรงไปยังวงจร filter ของภาค receiver. เนื่องจากสัญญาณเดินทางเป็น loop อยู่ภายใน ข้อมูลใด ๆ ที่ขา XMTD จะถูกส่งไปยังที่ขา RCVD ในช่วงนี้ที่ขา TXA และ RCVA จะถูก disable เพื่อป้องกันสัญญาณพาหะที่จะถูก detect จากภายนอก .

จากเนื้อหาที่กล่าวมาในบทนี้ จะเป็นการแนะนำ IC TMS 99532 (Single Chip MODEM) เพื่อ เป็นแนวทางในการออกแบบนำเอาไปใช้งาน ซึ่งจะกล่าวในบทต่อไป .



บทที่ 5

ออกแบบสัญญาณควบคุมการทำงานของ MODEM

ในการใช้งาน MODEM กับเครื่องคอมพิวเตอร์นั้น เราจำเป็นต้องใช้สัญญาณควบคุมการทำงานระหว่าง MODEM กับเครื่องคอมพิวเตอร์ให้มีความสัมพันธ์ (handshake) กัน สำหรับสัญญาณที่ทำการออกแบบควบคุมการทำงานระหว่าง Single Chip MODEM กับ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ในโครงงานนี้ จะอธิบายในหัวข้อต่อไป .

5.1 การออกแบบสัญญาณควบคุม

จากที่กล่าวมาข้างต้น Single Chip MODEM ในโครงงานนี้จะทำการติดต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ โดยอินเทอร์เฟสผ่านทาง port RS-232C ซึ่งจะมีสัญญาณควบคุมอยู่มากมาย (อธิบายไว้ในบทที่ 3) แต่ในโครงงานนี้เราจะทำการออกแบบใช้สัญญาณควบคุมเพียงบางสัญญาณเท่านั้นดังนี้ .

PIN	RS-232C	DIGITAL INTERFACE SIGNAL
8	CF	Data Carrier Detect (DCD)
5	CB	Clear To Send (CTS)
3	BB	Receive Data Signal Path
2	BA	Transmitted Data Signal Path
7	AB	Signal Ground
20	CD	Data Terminal Ready (DTR)
22	CE	Ring Indicator (RI)

ตารางแสดงสัญญาณต่าง ๆ ของ RS-232C ที่ใช้ในโครงงานนี้

สำหรับหน้าที่ของสัญญาณต่าง ๆ นี้เราได้กล่าวโดยละเอียดแล้วในบทที่ 3 แต่ในที่นี้จะขอสรุปหน้าที่ของแต่ละสัญญาณโดยคร่าว ๆ ได้ดังนี้ .

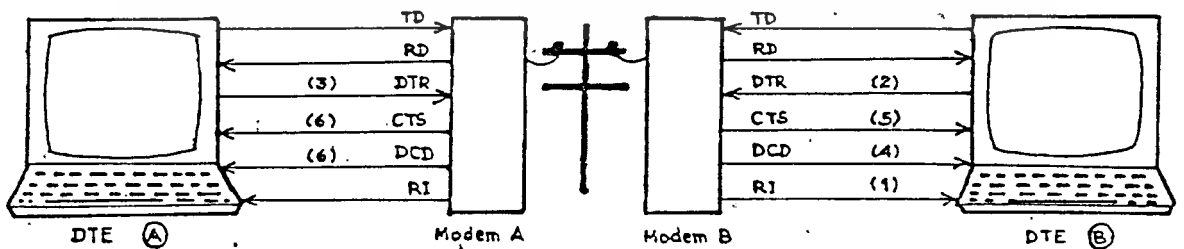
ชื่อสัญญาณ

หน้าที่ความลัมพันธ์

DTR	จะอยู่ในสภาวะ ON เมื่อคอมพิวเตอร์ต้องการติดต่อกับ MODEM
CTR	เป็นสัญญาณที่บอกกว่า MODEM พร้อมทั้งจะส่งข้อมูลหรือยัง?
CD	MODEM จะส่งสัญญาณ ON เมื่อได้รับสัญญาณจาก MODEM อีกฝ่ายหนึ่ง
RI	สัญญาณนี้จะ ON เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามา เป็นการให้ระบบตอบโต้อัตโนมัติ
TD	เป็นทางเดินของสัญญาณข้อมูลที่ส่งออกจากคอมพิวเตอร์
RD	เป็นทางเดินของสัญญาณข้อมูลที่รับเข้า ไปยังคอมพิวเตอร์
SG	เป็น Ground ของ RS-232C

ตารางสรุปหน้าที่ของสัญญาณที่ใช้ในโครงงาน

5.2 ลำดับขั้นตอนการทำงานของสัญญาณควบคุม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 5.1 แสดงลักษณะสัญญาณที่ใช้ควบคุม
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.1 Modem A และ Modem B ทำงานส่งผ่านข้อมูลโดยผ่านทางสายโทรศัพท์ DTE A และ DTE B ต้องการส่งข้อมูลไปมาหากัน โดยให้ Modem B เป็นตัวรับ (answer) เราสามารถลำดับเหตุการณ์ได้ดังนี้ .

- (1) สัญญาณกริ่ง (Ringing Signal) จะตั้งขึ้นที่ Modem B ส่งผลให้สัญญาณ RI "ON"
 - (2) เมื่อ RI "ON" จะมีการ set สัญญาณ DTR ให้ "ON" ตาม แสดงว่า Modem B ได้ทำการเชื่อมต่อ กับสายโทรศัพท์ไว้เรียบร้อยแล้ว
 - (3) DTE A (ทางด้านส่ง) จะทำการส่งสัญญาณ DTR ให้ "ON" เพื่อที่จะทำให้ Modem ทั้งคู่ต่อเชื่อมกันได้
 - (4) DCD ทางด้าน Modem B จะ "ON" เนื่องจากจับสัญญาณที่ส่งมาทางสายโทรศัพท์ของ Modem A ได้ แล้วทำการ demodulate
 - (5) CTS จะ "ON" ตามเนื่องจากเราออกแบบให้สัญญาณ 2 เส้นนี้มีความสัมพันธ์กัน
 - (6) ในขณะที่เดียวกัน DCD และ CTS ของ Modem A ก็จะ "ON" เหมือนกันด้วย
- ซึ่งในสภาวะเช่นนี้ จะเห็นว่า Modem A และ Modem B ได้ทำการติดต่อกันเรียบร้อยแล้วสัญญาณข้อมูลก็จะเริ่มส่งจาก DTE A ไปยัง DTE B ได้ .

เมื่อข้อมูลจาก DTE A ส่งครบแล้ว จะทำการปล่อยสัญญาณ DTR ให้ "OFF" ทำให้ไม่มีการเชื่อมต่อทางการติดต่อระหว่าง Modem A และ B เป็นผลทำให้ CTS และ DCD ของ Modem A และ B จะ "OFF" ลง แสดงว่าในขณะนี้ Modem A และ B สิ้นสุดการติดต่อสื่อสารกัน เป็นการกลับเข้าสู่สภาวะเริ่มต้นใหม่อีกครั้ง ถ้า DTE A และ B ต้องการติดต่อส่งข้อมูลกัน ก็จะเริ่มต้นส่งสัญญาณกันใหม่ตามลำดับที่กล่าวมาแล้ว .

บทที่ 6

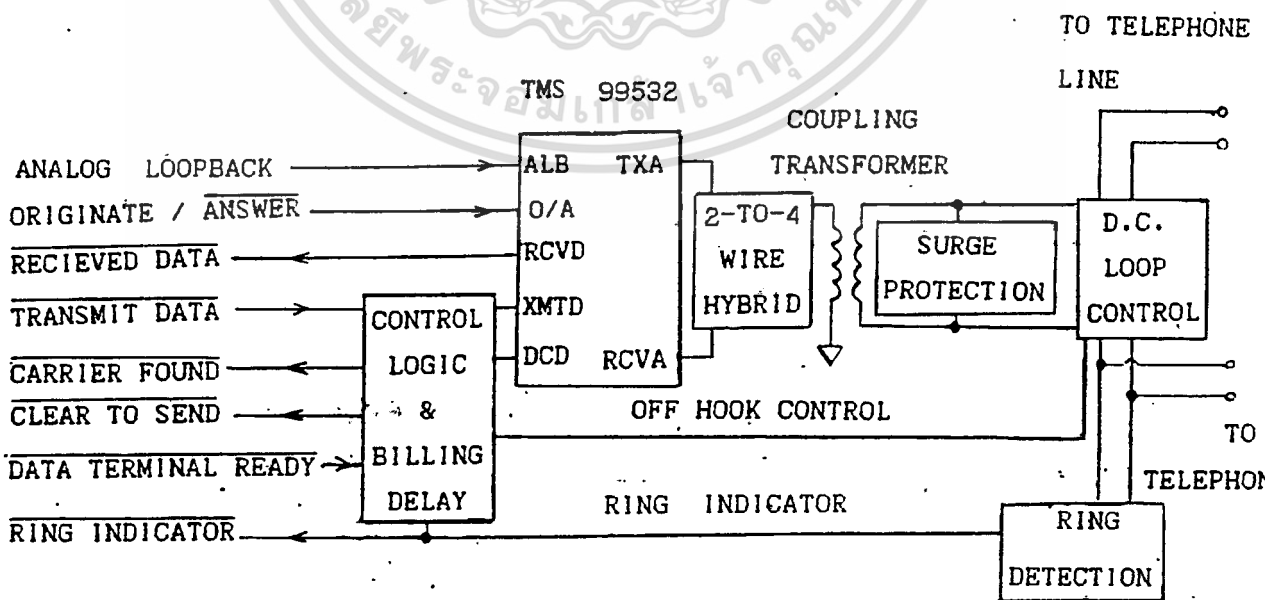
การคำนวณและออกแบบใช้งาน TMS 99532

TMS 99532 สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเป็นโมเด็มได้ โดยการเชื่อมโยงเข้ากับเครือข่ายของสายโทรศัพท์ โดยอาจใช้ได้ทั้งแบบต่อเข้าโดยตรง แบบ DAA (Direct Access Arrangement) และแบบเชื่อมโยงทางเสียง (Acoustic Coupling) สำหรับในโครงงานนี้จะใช้ TMS 99532 โมเด็มชิปเดียว (Single Chip MODEM) ใช้งานแบบ DAA โดยในการเชื่อมต่อและความคุมสัญญาณระหว่าง DTE กับ DCE นั้นใช้มาตรฐานพอร์ท RS-232C

6.1 บล็อกไดอะแกรมของ TMS 99532 โมเด็มแบบต่อโดยตรง (Direct Connect MODEM)

รูป 6.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ TMS 99532 โมเด็มแบบต่อโดยตรง ซึ่งประกอบด้วยภาคต่าง ๆ ที่สำคัญคือ

- 1) ภาคส่งสัญญาณอนาล็อก [Analog Transmitter (Modulator)]
- 2) ภาครับสัญญาณอนาล็อก [Analog Receiver (Demodulator)]
- 3) ภาคตรวจจับสัญญาณพาหะอนาล็อก [Analog Signal Detector (DCD)]
- 4) ภาคแยกสัญญาณรับและส่ง [Two-To-Four Wire Hybrid]
- 5) ภาคเชื่อมต่อกับสายโทรศัพท์ [Coupling To The Telephone Line]
- 6) ภาคควบคุมกระแสไฟตรงวนกลับ [DC Loop Current Control]
- 7) ภาคตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง [Ring Detection (For Automatic Answer)]
- 8) ภาคป้องกันแรงดันทรานเซียนท์และเสิร์จ [Line Transient And Surge Protection]
- 9) ภาคควบคุมสัญญาณโลจิกและสัญญาณหน่วงเวลา [Control Logic And Billing Delay]



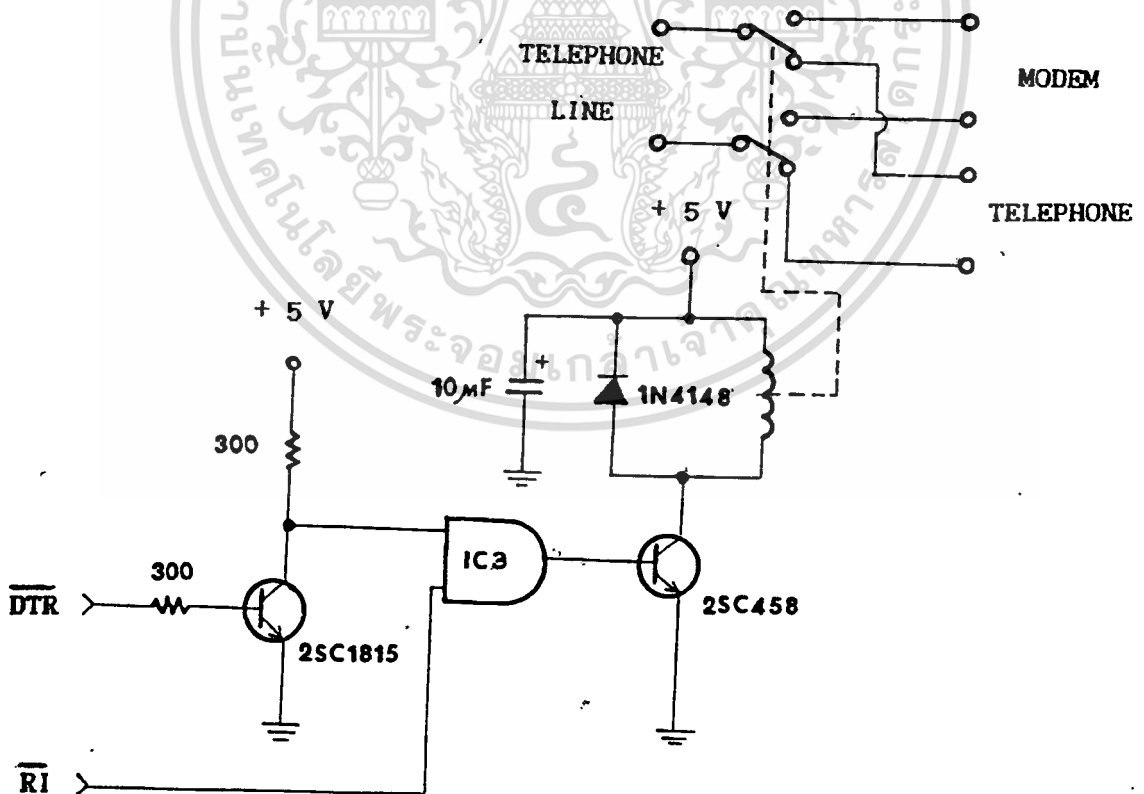
รูป 6.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ TMS 99532 ใช้งานเป็นโมเด็มแบบต่อโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือใช้ในด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

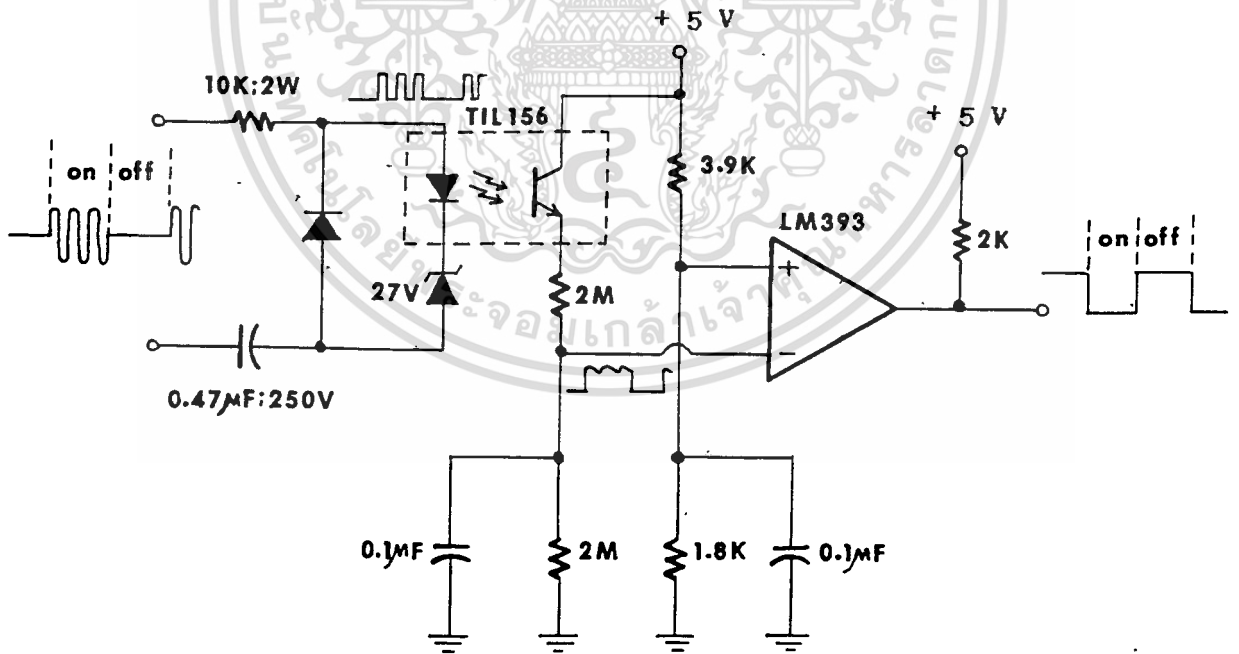
6.2 ภาควควบคุมกระแสไฟตรงวนกลับ [DC Loop Current Control]

สายโทรศัพท์จะประกอบด้วยสายไฟ 2 เส้น ซึ่งจะต่อเข้ากับอุปกรณ์ภายในระบบโทรศัพท์ ในกรณีที่โทรศัพท์ถูกใช้งานจะมีกระแสไฟตรง (DC) ไหลครบวงจรเป็นลูป โดยกระแสไฟนี้จะมาจากระบบสวิตซ์ซึ่งจากองค์การโทรศัพท์ โทรศัพท์ (รวมทั้งโมเด็มแบบต่อโดยตรงในโครงงานนี้) จะใช้งานได้ ก็ต่อเมื่อผู้ใช้ยกหูฟังของโทรศัพท์ขึ้น เรียกสภาวะเช่นนี้ว่า "off-hook" ส่วนในกรณีที่ผู้ใช้โทรศัพท์หูฟังจะวางอยู่ เรียกว่าอยู่ในสภาวะ "on-hook" ภาควควบคุมกระแสไฟตรงวนกลับนี้ จะประกอบด้วยรีเลย์และวงจรถับ (drive circuit) เพื่อควบคุมสภาวะ on-hook และ off-hook โดยอัตโนมัติ รีเลย์ที่ใช้เป็นรุ่น MH-6 VDC ของ KOIKE เป็นรีเลย์ชนิดคอนแทคคู่ [DPDT (Double-Pole Double-Throw)] ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นสวิตซ์เลือกการทำงานระหว่างโมเด็มและโทรศัพท์ ที่ต่ออยู่กับสายโทรศัพท์ โดยได้รับสัญญาณควบคุม (off-hook Control) อีกทอดหนึ่ง สัญญาณควบคุมสภาวะ "off-hook" มาจากสัญญาณ DTR ของคอมพิวเตอร์ เป็นสัญญาณที่บอกว่าคอมพิวเตอร์พร้อมที่จะติดต่อแล้ว สัญญาณ DTR จะผ่านทรานซิสเตอร์ 2SC 1815 ที่ต่อเป็นวงจรถับสัญญาณ (Inverter) ผ่าน AND เกท (IC 3) เพื่อให้การทำงานของภาคนี้มีความสัมพันธ์กับสัญญาณกระดิ่งในช่วงปิด (OFF) และเข้าสู่วงจรถับรีเลย์ (ใช้ทรานซิสเตอร์ 2SC 1815) ต่อไป แสดงวงจรถับได้ดังรูปที่ 6.2



6.3 ภาคตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง [Ring Detection]

ในการประยุกต์ใช้งานโมเด็มหลายแบบนั้น การตอบรับอัตโนมัติ (Automatic Answer) เมื่อได้รับสัญญาณกระดิ่งก็เป็นสิ่งที่จำเป็น ในระบบโทรศัพท์ที่มีสัญญาณที่รู้จักกันดีคือ สัญญาณแรงดันกระดิ่ง (ringing voltage) ซึ่งเป็นตัวสั่นกระดิ่งในโทรศัพท์ รูปที่ 6.3 แสดงวงจรที่ใช้ตรวจจับสัญญาณกระดิ่งที่เป็นสัญญาณไฟสลับ (ซึ่งมีความถี่ระหว่าง 17-33 Hz ที่ระดับแรงดัน 40-130 Vrms ในสภาวะ "on" 2 วินาที และ "off" 4 วินาที) วงจรนี้ประกอบด้วยตัวเก็บประจุที่มีอัตราทนแรงดันสูง (0.47 ไมโครฟารัด, 250 โวลต์) ซีเนอร์ไดโอดทำหน้าที่รักษาแรงดันให้คงที่ประมาณ 27 โวลต์ ,ตัวต้านทาน มีหน้าที่จำกัดกระแส และตัวเชื่อมโยงทางแสง (optical coupler) ทำหน้าที่แยกระบบที่มีความสัมพันธ์กัน แต่จะทำให้ระดับแรงดันลดลงเป็น 0-5 โวลต์ สัญญาณที่ได้จากตัวเชื่อมโยงทางแสงจะถูกกรองให้ได้แรงดันที่ราบเรียบขึ้นโดยตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ และเมื่อผ่านวงจร เปรียบเทียบสัญญาณ (Comparator) ก็จะได้สัญญาณรวมของสัญญาณกระดิ่งในช่วง "on" ทั้งหมด มีลักษณะเป็นพัลส์ สัญญาณนี้ก็คือสัญญาณ RI (Ring Indicator) ที่ส่งไปยัง DTE (คอมพิวเตอร์) เพื่อให้ทำงานแบบตอบรับอัตโนมัติได้ แสดงวงจรได้ดังรูปที่ 6.3

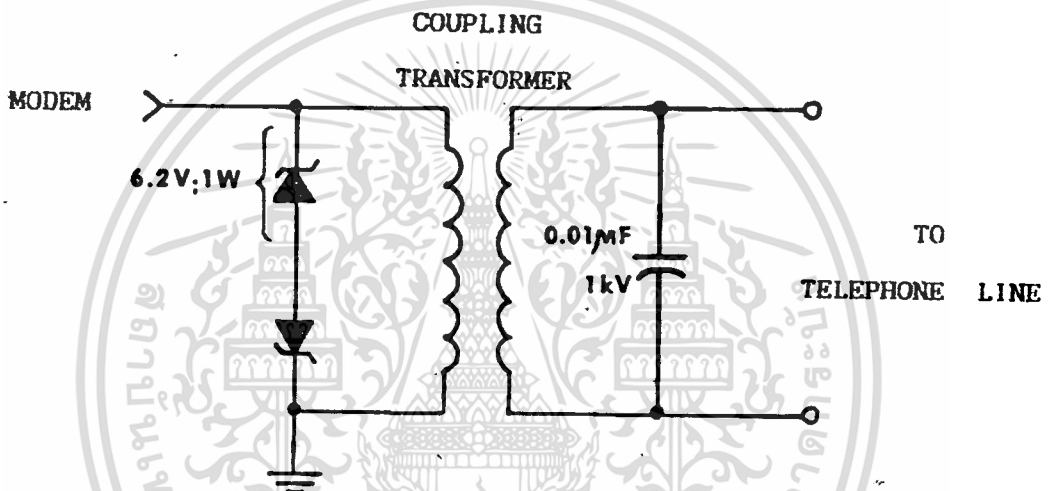


รูปที่ 6.3 แสดงภาคตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 ภาคป้องกันแรงดันทรานเซียนท์และเสิร์จ [Line Transient And Surge Protection]

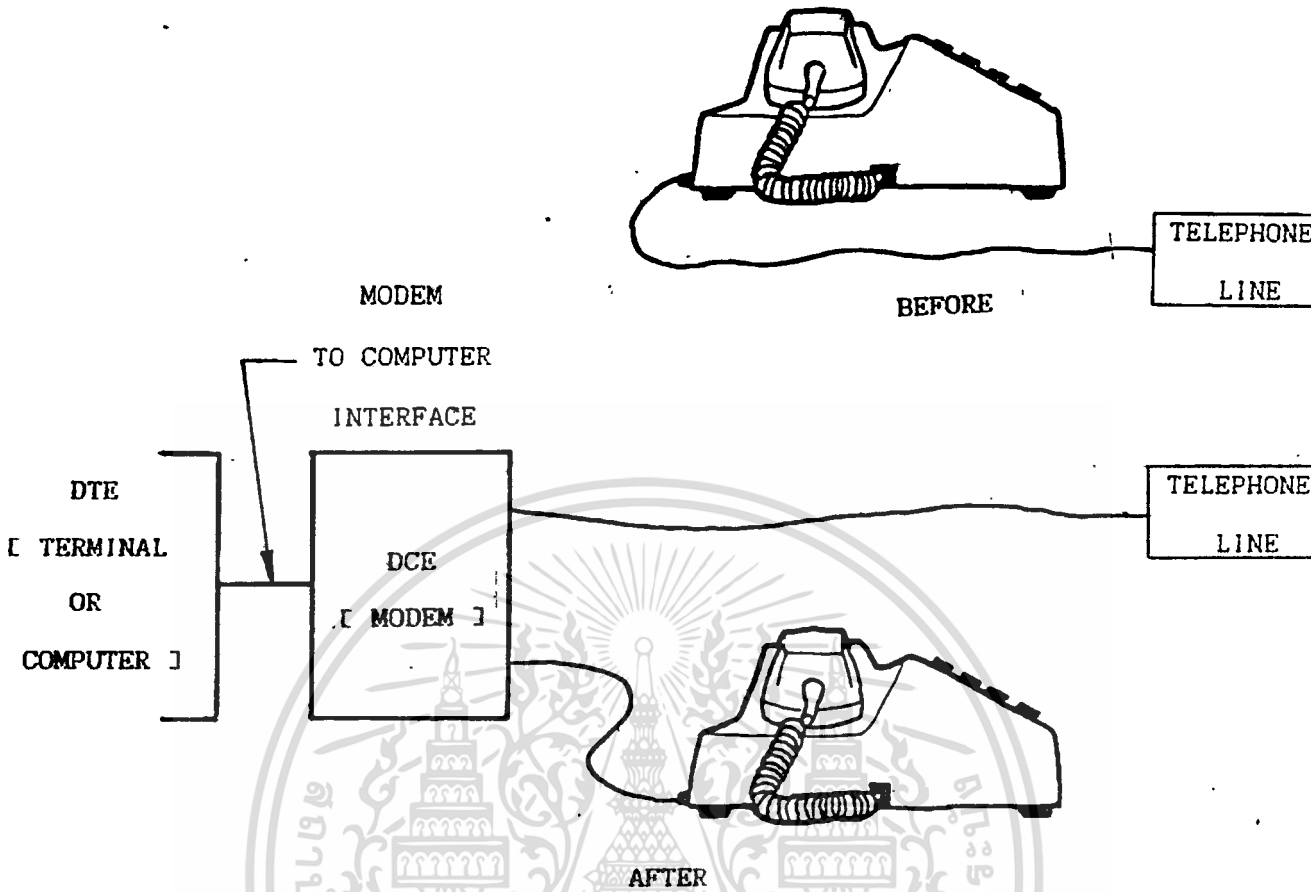
ภาคนี้ประกอบด้วยซีเนอร์ไดโอด (6.2 โวลท์) 2 ตัวต่อกลับขั้วกัน และตัวเก็บประจุที่มีอัตราทนแรงดันสูง (๑.๐1 ไมโครฟารัด, 1๐๐๑ โวลท์) ต่อเข้ากับหม้อแปลง เพื่อทำหน้าที่ป้องกันโมเด็มเสียหายเนื่องจากแรงดันเกิน (Excessive Voltage) ที่มาจากสายโทรศัพท์ .



รูปที่ 6.4 ภาคป้องกัน โมเด็มจากแรงดันเกินจากสายโทรศัพท์

6.5 การเชื่อมต่อกับสายโทรศัพท์ (Coupling To The Telephone Line)

จากรูป 6.5 แสดงถึงการต่อโมเด็มเข้ากับสายโทรศัพท์ ซึ่งก่อนจะติดตั้งโมเด็มโทรศัพท์จะถูกต่อโดยตรงกับสายโทรศัพท์ที่มี 2 เส้น แต่เมื่อต้องการจะติดตั้งโมเด็มแล้ว โทรศัพท์จะถูกต่อกับโมเด็มแทน ส่วนสายโทรศัพท์ก็จะต่อเข้ากับโมเด็มด้วย ภายในโมเด็มจะมีรีเลย์ซึ่งเป็นสวิตช์เลือกการทำงานของโทรศัพท์หรือโมเด็ม การเชื่อมต่อแบบนี้ทำให้ผู้ใช้สามารถเลือกการทำงานได้ทั้งแบบการรับส่งข้อมูลของโมเด็ม และการใช้งานโทรศัพท์ โดยใช้สัญญาณควบคุม off-hook Control ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 6.2 .



รูปที่ 6.5 การเชื่อมต่อกับสายโทรศัพท์

6.6 หม้อแปลงเชื่อมต่อ (Coupling Transformer)

หม้อแปลงมีหน้าที่เป็นตัวเชื่อมโยงการส่งสัญญาณอนาล็อกภาครับและส่ง ระหว่างโมเด็มกับสายโทรศัพท์ นอกจากนี้ยังเป็นตัวป้องกันโมเด็มหรือสายโทรศัพท์เกิดเสียหาย เนื่องจากฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งเกิดการทำงานผิดพลาดเสียหายขึ้น หม้อแปลงที่ใช้ในโครงงานนี้มีสิ่งที่จะต้องพิจารณาคือ

1) หม้อแปลงนี้ทำหน้าที่ทั้งการรับและส่งสัญญาณ เพื่อให้การทำงานมีความสัมพันธ์ (match) กันระหว่างโมเด็มกับสายโทรศัพท์ ดังนั้นทางขั้วที่ต่อเข้ากับสายโทรศัพท์ที่มีอิมพีแดนซ์ เท่ากับ 600 โอห์ม จะต้องทำให้เกิดอิมพีแดนซ์สะท้อนกลับ (Reflected Impedance) ไปยังขั้วที่ต่อเข้ากับโมเด็มเท่ากับ 357 โอห์ม

2) หม้อแปลงต้องใช้งานได้ในช่วงความถี่ของสายโทรศัพท์ คือ 300-3,000 Hz

3) แกนของหม้อแปลง (core) จะต้องไม่เกิดการอิ่มตัว (Saturation) ขึ้นเมื่อหม้อแปลงถูกใช้งานกับกระแสไฟตรงขนาด 90 มิลลิแอมป์

สำหรับในโครงงานนี้ เลือกใช้แกนหม้อแปลง (core) ทำจากเฟอร์ไรท์ (ferrite) ของ TOMITA รุ่น EI-30 ทำจากวัสดุเบอร์ 2C3 ซึ่งมีคุณสมบัติแสดงไว้ดังตารางที่ 6.1

ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

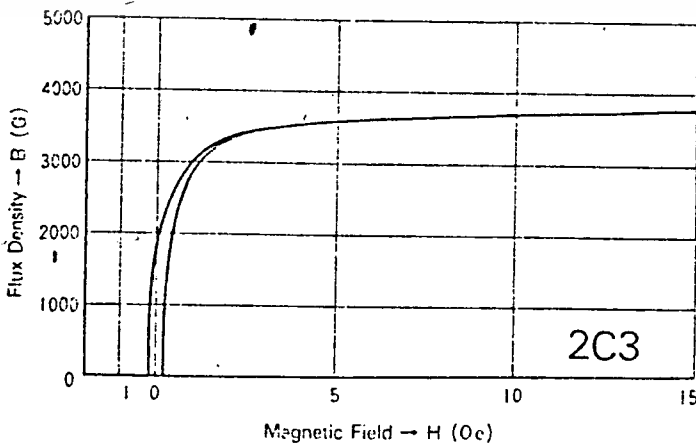
Materials	μ_{iac}	$\tan \delta / \mu_{iac}$ ($\times 10^{-2}$) 0.01MHz	$\alpha \mu r$ ($\times 10^{-1}$)	TC ($^{\circ}C$)	f (MHz)	DF 10^{-4} (1-10min)	ρ (Ωcm)	Bms (G)	Hcms (Oe)	d g cm
2 D 1	4000 $\pm 20\%$	0.5	0.3	105	< 0.1	< 2	13	3800	0.15	4.9
2 D 3	3000 $\pm 20\%$	0.3	0.4	160	< 0.3	< 2	90	4500	0.15	4.9
2 C 2	1100 $\pm 20\%$	0.9	4.	200	< 0.3	< 7	20	4200	0.35	4.9
2 C 3	2000 $\pm 20\%$	0.6	3	110	< 0.2	< 4	130	3700	0.20	4.9
2 B 3	2700 $\pm 20\%$	0.6	1.0	140	< 0.2	< 3	80	4400	0.20	4.9

ตาราง 6.1 แสดงคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ทำหม้อแปลง

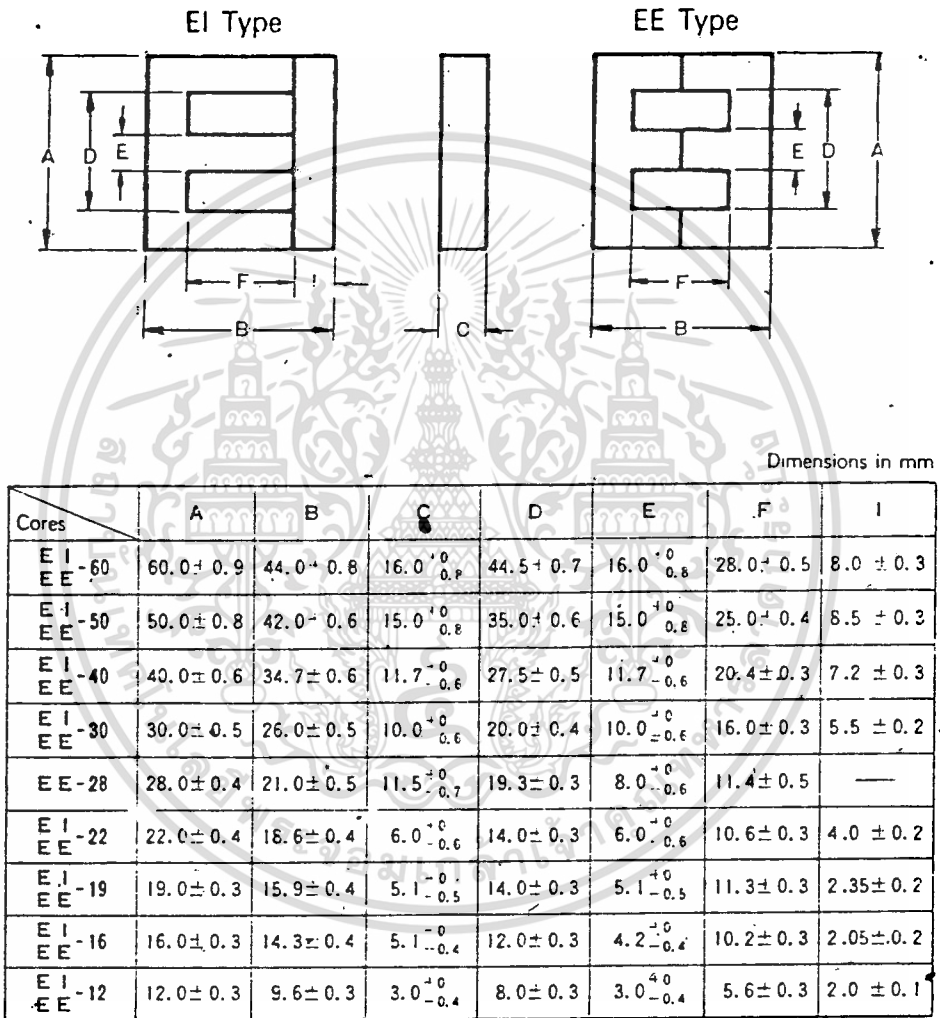
จากตาราง 6.1 ค่าที่สำคัญที่ใช้ในการคำนวณก็คือ μ_{iac} , f และ B_{ms} ส่วนค่าอื่น ๆ จะไม่กล่าวถึงในที่นี้ .

- μ_{iac} (A.C. Initial Permeability) เป็นค่าสัมประสิทธิ์ความซึมซาบแม่เหล็ก (permeability) ของแกนเฟอร์ไรท์ ในช่วงใช้งานเริ่มต้น จากตารางมีค่าเท่ากับ 2,000
- f เป็นค่าความถี่ที่ใช้งาน จากตารางมีค่า < 0.2 MHz ซึ่งสามารถใช้งานได้ในช่วงที่กำหนด
- B_{ms} (Effective Satulation Magnetic Flux Density) คือความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็กสูงสุดที่จะใช้งานได้ก่อนแกนหม้อแปลงอิ่มตัว จากตารางมีค่า 3,700 Gauss

รูปที่ 6.6 แสดง B-H curve ของแกนหม้อแปลงที่ใช้

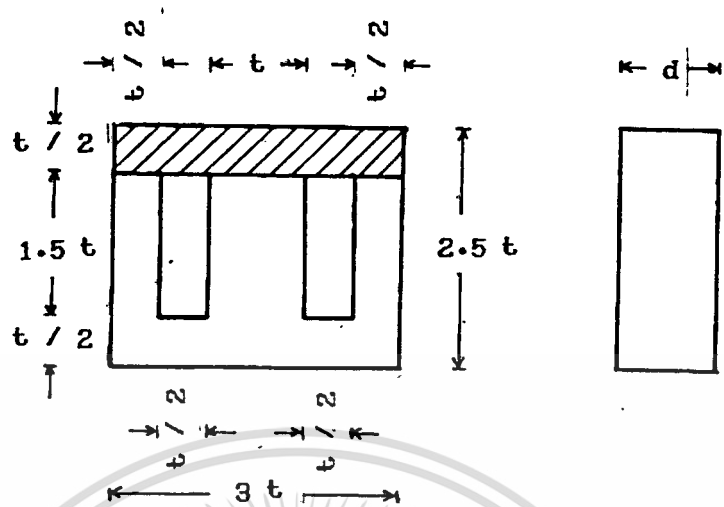


รูปที่ 6.6 แสดงถึงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็ก (H) และความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็ก (B) และรูปที่ 6.7 จะแสดงถึงรูปร่างทางเรขาคณิต และมีติของแกนหม้อแปลงที่ใช้ (ใช้รุ่น EI-30)



รูปที่ 6.7 แสดงรูปร่างและมีติของแกนหม้อแปลงที่ใช้

จากรูป 6.7 เมื่อเปรียบเทียบกับมิติของแกนหม้อแปลงแบบ EI รูปที่ 6.7.1 สามารถหาค่าพื้นที่หน้าตัดของขนาดสนามแม่เหล็ก A_e [Effective magnetic cross-sectional area (cm²)] และค่าทางเดินของสนามแม่เหล็ก l_e [Effective magnetic path length (cm)] ได้ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.7.1 แสดงรูปร่างและมิติของแกน EI

จะได้

$$A_e = t \times d$$

$$l_e = 6t$$

$$A_w = 1 \text{ cm}^2$$

$$l_w = 6 \text{ cm}$$

ดังนั้น

จากจำนวนรอบของขดลวดที่ใช้พื้นที่หม้อแปลงสามารถคำนวณค่าความเหนี่ยวนำ L (Inductance)

ได้จากสูตร

$$L = 0.4 \pi N^2 \mu_e [A_w / l_w] \times 10^{-9} \quad (\text{H}) \dots\dots (6.1)$$

โดยที่

- L = ความเหนี่ยวนำ (เฮนรี่ (H))
- N = จำนวนรอบของขดลวด (รอบ)
- μ_e = ความซึมซาบแม่เหล็กของแกนหม้อแปลง
- A_w = พื้นที่หน้าตัดของสนามแม่เหล็ก (cm^2)
- l_w = ความยาวของทางเดินสนามแม่เหล็ก (cm)

ค่าความเหนี่ยวนำ (L) สามารถนำไปคำนวณเป็นดัชนีความเหนี่ยวนำ A_L (Inductance Index)

ได้จากสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A_L = \frac{L}{N^2} \quad L/N, \quad \dots (6.2)$$

โดยที่

A_L = ดัชนีความเหนี่ยวนำ (Inductance Index) (mH/จำนวนรอบ N)

L = ค่าเหนี่ยวนำเมื่อพันด้วยจำนวนรอบ N (mH)

N = จำนวนรอบของขดลวดที่ใช้

จาก $L = 0.4 \pi \mu_e N^2 [A_e / l_e] \times 10^{-6}$ mH

กำหนดให้ $N = 1,000$ แทนค่า

$$L = 0.4 (3.14) (2000)^2 (1000)^2 [1/6] \times 10^{-6}$$
 mH

$$= 4187$$
 mH

ซึ่งก็คือ

$$A_L = 4187$$
 mH / 1000 รอบ

$$= 4.187$$
 mH / รอบ

จากคุณสมบัติและขนาดของแกนหม้อแปลงที่ใช้สามารถหาค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กสูงสุดได้ เมื่อหม้อแปลงได้รับสัญญาณไฟสลับ เป็นไปตามสมการ (6.3)

$$B_{max} = E_{rms} \times 10^8 / 4.44 f N_p A_e \quad (\text{gauss}) \quad \dots (6.3)$$

ส่วนในกรณีที่มีกระแสไฟตรงรวมอยู่กับไฟสลับด้วย จะได้สมการ (6.4) คือ

$$B_{max} \text{ (total)} = [E_{rms} \times 10^8 / 4.44 f N_p A_e] + [N_p I_{dc} A_e / 10 A_e] \quad (\text{gauss}) \quad \dots (6.4)$$

โดยที่

B_{max} = ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กสูงสุดก่อนที่แกนหม้อแปลงจะอิ่มตัว (gauss)

E_{rms} = แรงดันที่ป้อนให้หม้อแปลง (V_{rms})

f = ความถี่ที่ใช้งาน (Hz)

N_p = จำนวนรอบของขดลวด (รอบ)

A_e = ขนาดพื้นที่หน้าตัดของสนามแม่เหล็ก (cm²)

I_{dc} = กระแสไฟตรงที่ไหลในขดลวด (Amp)

A_L = ดัชนีความเหนี่ยวนำ (mH / รอบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีพลังงาน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น หากท่านต้องการนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่หรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อทางสถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีพลังงาน หรือติดต่อทางเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าแรงดันที่เข้าหม้อแปลง คิดจากกรณีที่โมเต็มเป็นฝ่ายรับข้อมูล และให้โมเต็มอีกเครื่องเป็นฝ่ายส่ง โดยกำหนดให้โมเต็มฝ่ายส่ง ส่งข้อมูลสัญญาณอนาลอกที่เป็นพาหะด้วยระดับแรงดันสูงสุดจากขา TXA ของ TMS 99532 (Maximum Vac carrier voltage) มีค่าเท่ากับ $1.25 V_{pp}$ แต่ในความเป็นจริงแล้วในสายโทรคัมพ์จะมีการลดทอนเกิดขึ้น และระดับการตรวจจับสัญญาณพาหะ (Carrier detect level) จะมีค่าต่ำกว่านี้ เพราะฉะนั้นจะได้ $E_{r_{max}} = 0.625 \times 0.707 = 0.4 V_{r_{max}}$ แทนค่า B_{max} ในสมการ (6.4) แล้วหา N_p น้อยที่สุดที่ทำให้แกนหม้อแปลงอิ่มตัว จะได้

$$3700 = \left[(0.4) \times 10^8 / 4.44 (300 \rightarrow 3000) N_p (1) \right] + \left[N_p (90mA) (4.187 \text{ mH} / \text{รอบ}) \right] / 10. (1)$$

จะได้ว่า N_p น้อยที่สุดที่จะทำให้แกนหม้อแปลงอิ่มตัวมีค่าประมาณ 10 รอบเพื่อไม่ให้แกนหม้อแปลงเกิดการอิ่มตัว จะต้องพันรอบของขดลวดให้มากกว่า 10 รอบ

จากสูตรอิมพีแดนซ์ แมทซิ่ง (Impedance Matching)

$$N_p / N_s = \sqrt{Z_p / Z_s} \dots (6.5)$$

โดยที่

- N_p = จำนวนรอบของขดลวดทางด้านปฐมภูมิ
- N_s = จำนวนรอบของขดลวดทางด้านทุติยภูมิ
- Z_p = อิมพีแดนซ์ทางด้านปฐมภูมิ
- Z_s = อิมพีแดนซ์ทางด้านทุติยภูมิ

เมื่อกำหนดให้

$$Z_p = 600 \text{ โอห์ม และ } Z_s = 357 \text{ โอห์ม}$$

$$N_p / N_s = 1.29$$

นั่นคือจำนวนรอบทางด้านปฐมภูมิจะต้องมากกว่าจำนวนรอบทางด้านทุติยภูมิประมาณ 1.29 เท่า โดยที่ทั้ง N_p และ N_s จะต้องมากกว่า 10 รอบ เพื่อไม่ให้แกนหม้อแปลงเกิดการอิ่มตัว ในโครงการนี้เราจะใช้ $N_s = 300$ รอบ จะได้ $N_p = 387$ รอบ

(หมายเหตุ : สมการ (6.1) ถึง (6.4) ได้จากหนังสืออ้างอิง 7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการคำนวณค่าอัตราขยาย (gain) และการสูญเสีย (loss) นิยมใช้หน่วย เดซิเบล (dB) โดยที่

$$dB = 10 \times \text{Log}_{10} (\text{Output Power} / \text{Input Power}) \dots\dots (6.6)$$

แต่เมื่อคิดกำลังทางอินพุต (Input Power) มีค่าเท่ากับ 1 มิลลิวัตต์ จะได้หน่วยเป็น dBm โดยคิดที่อิมพีแดนซ์ค่าหนึ่ง ในที่นี้กำหนดให้คิดที่อิมพีแดนซ์ 600 โอห์ม จะได้

$$dBm = 10 \times \text{Log}_{10} (\text{Signal Power (mW)} / 1 \text{ mW}) \dots\dots (6.7)$$

ที่ 0 dBm จะได้ $\text{Log}_{10} (1) = 0$

Signal Power = 1 mW (ที่อิมพีแดนซ์ 600 โอห์ม)

$$\text{Signal Power} = \frac{(V_{\text{rms}})^2}{R} \dots\dots (\text{mW})$$

$$= \frac{[\sqrt{2} / 4 (V_{\text{p-p}})]^2}{600} \dots\dots (\text{mW})$$

$$\text{Signal Power} = \frac{(0.3535 \times V_{\text{p-p}})^2}{0.6} \dots\dots (\text{W})$$

ซึ่งก็คือ

$$\begin{aligned} dBm &= 20 \times \text{Log}_{10} [(0.3535 \times V_{\text{p-p}}) / \sqrt{0.6}] \\ &= 20 \times \text{Log}_{10} [(0.3535 \times V_{\text{p-p}}) / 0.774597] \dots\dots (6.8) \end{aligned}$$

โดยที่

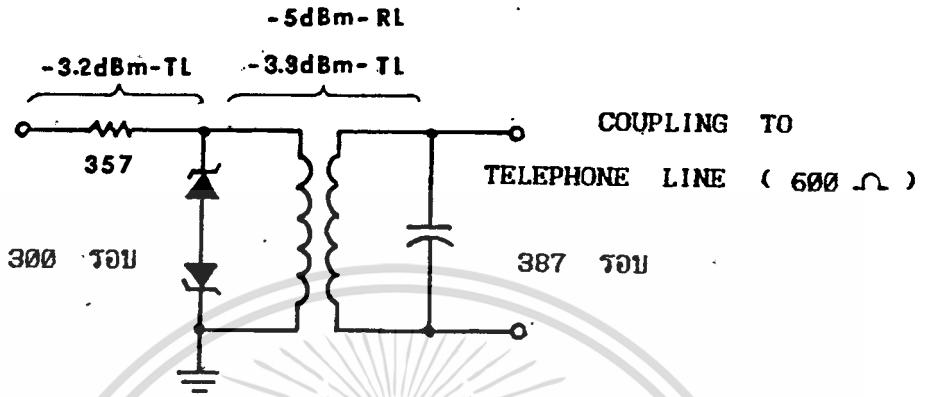
$V_{\text{p-p}}$ = แรงดันพีค-ทูปีก (Peak-to-Peak AC)

V_{rms} = แรงดันอาร์ เอ็ม เอส (Root Mean Square Voltage)

(หมายเหตุ : ลมการ (6.6) ถึง (6.8) ได้จากหนังสืออ้างอิง 5)

จากการทดสอบค่าการสูญเสียต่าง ๆ (Loss) ของหม้อแปลง พบว่า การสูญเสียทางด้านรับ (Receiver Loss) เมื่อป้อนอินพุตทางด้านปฐมภูมิ (ที่พันจำนวนรอบ = 387 รอบ) และวัดเอาท์พุททางด้านทุติยภูมิ (ที่พันจำนวนรอบ = 300 รอบ) จะมีการสูญเสียเท่ากับ -5 dBm แต่เมื่อป้อนอินพุททางด้านทุติยภูมิ และวัดเอาท์พุททางด้านปฐมภูมิ จะได้การสูญเสียทางด้านส่ง (Transmit Loss) เท่ากับ -3.3 dBm ทางด้านทุติยภูมิจะมีตัวต้านทาน 357 โอห์ม ซึ่งแมทซ์กับขั้วหม้อแปลง จะมีการสูญเสียเท่ากับ -3.2 dBm แสดงได้ดังรูป 6.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.8 แสดงหม้อแปลงและค่าการสูญเสียต่าง ๆ

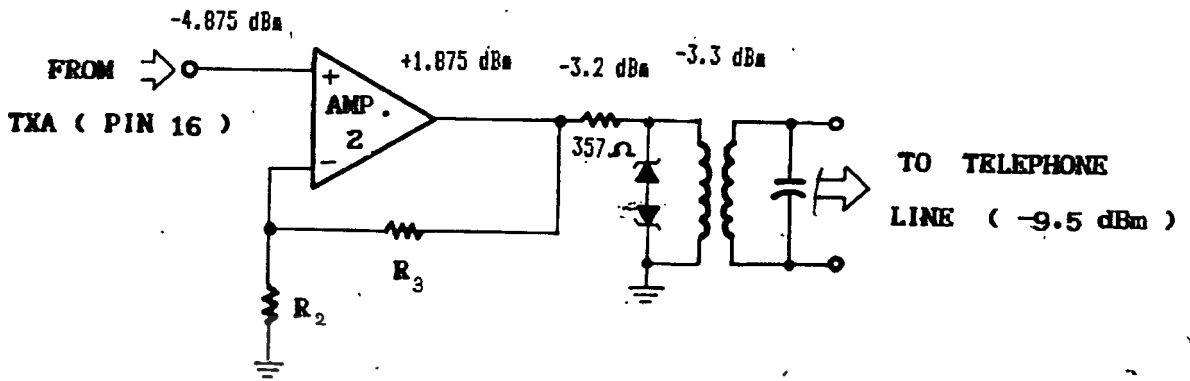
6.7 ภาคแยกสัญญาณรับและส่ง (Two-To-Four Wire Hybrid)

เนื่องจากสายโทรศัพท์ประกอบด้วยสายไฟ 2 เส้น ซึ่งจะรวมสัญญาณทั้งการรับและส่งเอาไว้ ดังนั้น โมเด็มจึงจำเป็นต้องมีภาค "Two-To-Four Wire Hybrid" นี้ เพื่อแยกสัญญาณทั้ง 2 นี้ออกมา สำหรับ TMS 99532 นี้มีอินพุตและเอาต์พุตสำหรับรับและส่งสัญญาณอนาล็อกแยกจากกัน คือ ขา RCVA (อินพุต) และ TXA (เอาต์พุต) .

6.7.1 วงจรขยายภาคส่ง (Transmit Amplifier)

จากคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ TMS 99532 พบว่า การส่งสัญญาณอนาล็อกที่เป็นสัญญาณพาหะ (TXA carrier voltage) อยู่ในช่วง 0.9 - 1.25 V_{pp} หรือ -4.875 dBm ถึง -7.728 dBm ในการออกแบบต้องการให้แรงดันเอาต์พุตที่ปรากฏที่ขั้วปฐมภูมิ (387 รอบ) ของหม้อแปลง มีระดับสัญญาณ -9.5 dBm โดยที่ระดับเอาต์พุตจาก TMS 99532 เองมีค่า -4.875 dBm มีการสูญเสียที่ตัวต้านทาน 357 โอห์ม -3.2 dBm และสูญเสียที่หม้อแปลง -3.3 dBm ดังนั้นวงจรขยายทางภาคส่งจะต้องมีอัตราขยายเท่ากับ 1.875 dBm หาได้จาก $-9.5 \text{ dBm} = (-4.875) + (\text{Gain}) + (-3.2) + (-3.3)$ นั่นคือค่า Gain = +1.875 dBm แปลงเป็นอัตราขยายแรงดัน A_v (Voltage Gain) ได้เท่ากับ 1.24 ในการออกแบบวงจรขยาย ใช้โอปแอมป์ LF 351 ต่อเป็นวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (non-inverting amplifier) ดังรูปที่ 6.9

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.9 แสดงวงจรขยายภาคส่ง

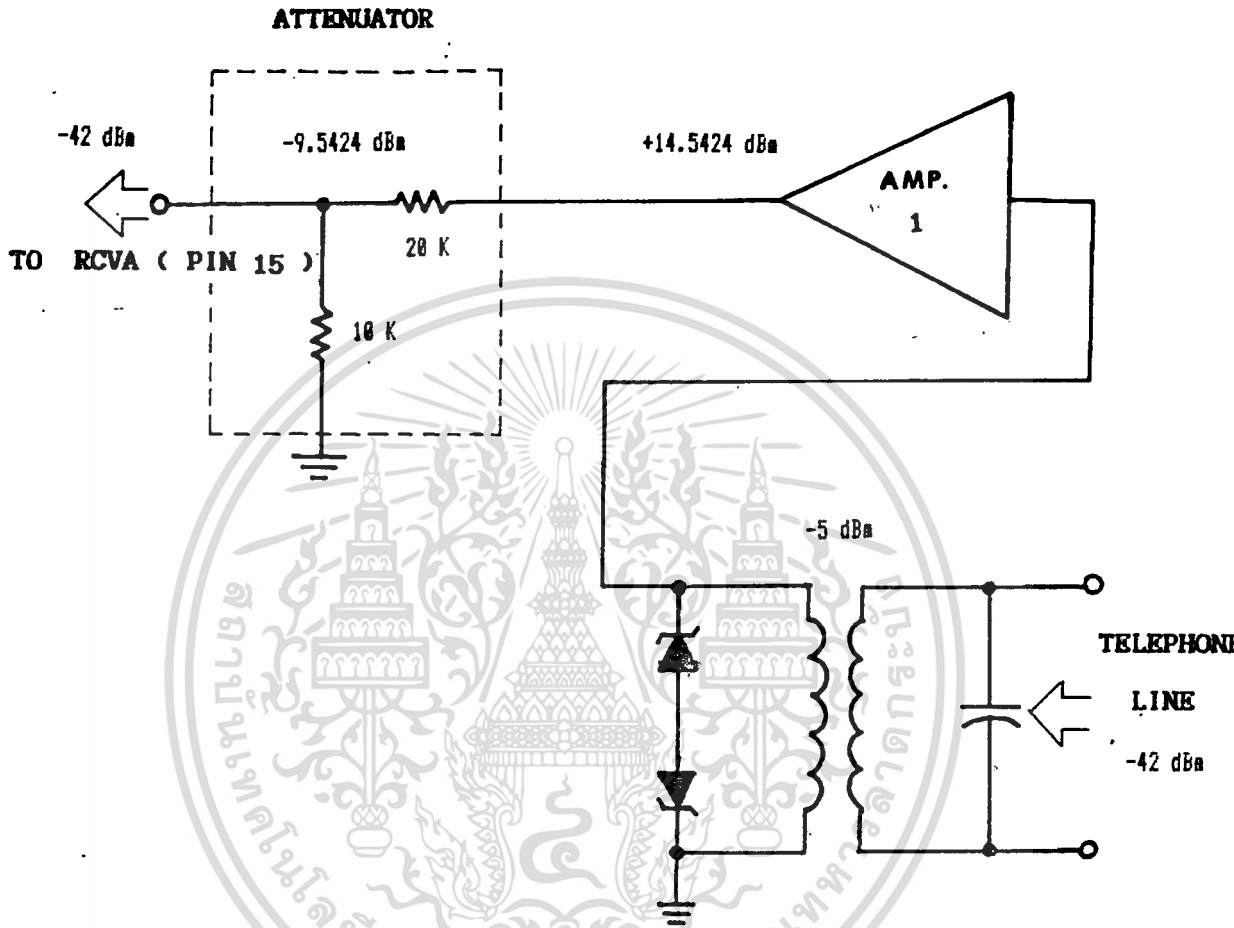
จาก $A_v = 1 + (R_3 / R_2)$ (6.9)
 โดยที่ $A_v = 1.24$ เท่า
 กำหนด $R_3 = 10$ กิโลโอห์ม
 จะได้ $R_2 = 41.5$ กิโลโอห์ม

6.7.2 วงจรขยายภาครับ (Hybrid Receive Amplifier)

ในการออกแบบวงจรขยายภาครับ มีสิ่งที่จะต้องพิจารณาก็คือ

1. ระดับสัญญาณอินพุตที่โมเด็มรับได้ที่ขา RCVA (ขา 15) จะต้องเป็นระดับเดียวกับที่เข้ามาจากขั้วปฐมภูมิของหม้อแปลง จากคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ TMS 99532 (จากภาคผนวก) พบว่า ระดับการตรวจจับสัญญาณพาหะได้ (Carrier detect turn-on level) มีค่าเท่ากับ -42 dBm .
2. ระดับไฟตรงที่สามารถบ่อนให้ที่ขา RCVA ได้มีค่าอยู่ระหว่าง -5 โวลต์ ถึง +12 โวลต์ โดยปรกติจะมีค่าประมาณ +5.5 โวลต์ ถึงแม้ว่าจะมีตัวเก็บประจุต่อคัปปลิ่งอยู่ที่ขา RCVA ก็ตาม แต่แรงดันทรานเซียนท์ที่เกิดขึ้นจากการเปิดสวิตช์ของแหล่งจากไฟ อาจทำให้ระดับไฟตรงนี้ลดลงได้เป็น -5 โวลต์ ดังนั้นเพื่อรักษาระดับแรงดันตรงจุดนี้ให้เหมาะสม เอาท์พุทที่ได้จากวงจรขยายภาครับ จะถูกต่อเข้ากับวงจรลดทอน (Attenuator ต่อเป็น Voltage Divider) ลดระดับลง 3 เท่า (ผ่านตัวต้านทาน 20 กิโลโอห์ม และ 10 กิโลโอห์ม) จะได้ระดับแรงดันที่ส่งไปยัง TMS 99532 อยู่ในช่วง ± 4 โวลต์เมื่อเทียบกับแรงดันไฟเลี้ยงของออปแอมป์ (± 12 โวลต์) นั่นคือจะมีการลดระดับลงเป็น -9.5424 dBm .
3. จากหัวข้อ 2 และ 3 จะได้ว่าวงจรขยายภาครับจะต้องมีอัตราขยายสำหรับชุดเซกชันการสูญเสียทางภาครับของหม้อแปลง (-5 dBm) และจากวงจรลดทอน (-9.5424 dBm) เพื่อให้ระดับแรงดันที่ปรากฏที่ขา RCVA เท่ากับอินพุทของหม้อแปลง ดังนั้นวงจรขยายภาครับจะมีอัตราขยายเท่ากับ +14.524 dBm ดังรูปที่ 6.10

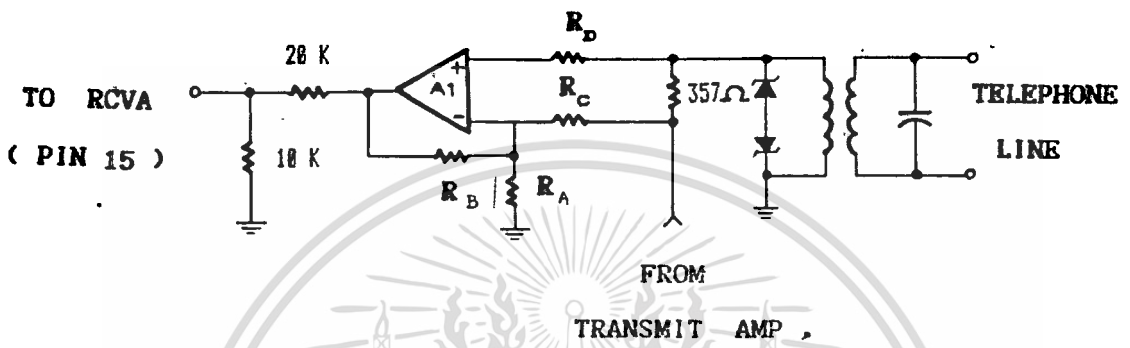
ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-10 แสดงค่า dBm ที่จุดต่าง ๆ ของวงจรขยายภาครับ

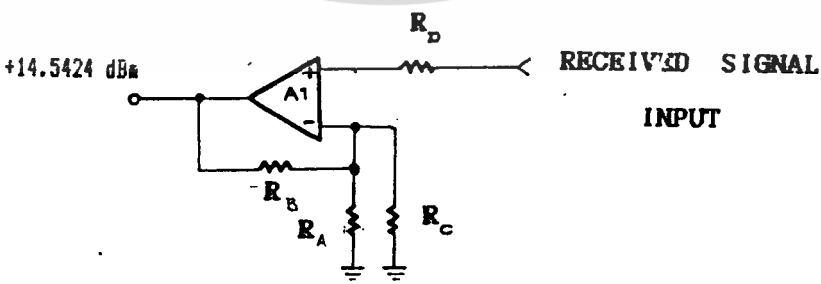
วงจรขยายภาครับ (A1) แสดงดังรูปที่ 6.11 โดยใช้โอปแอมป์ LF 351 ต่อเป็นวงจรใช้เทคนิคของวงจรขยายความแตกต่าง (Differential Amplifier Techniques) แต่เนื่องจากทั้งวงจรขยายภาครับและภาคส่งต่างก็ต้องอาศัยหม้อแปลง ในการเชื่อมโยงเข้ากับสายโทรศัพท์ ดังนั้นเพื่อไม่ให้เกิดการรบกวนซึ่งกันและกันระหว่างสัญญาณการส่งและรับ ดังนั้นในการทำงานของวงจรขยายภาครับจะพิจารณาได้เป็น .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.11 วงจรขยายภาครับ

- เมื่อวงจรขยายภาคส่ง (A2) ไม่มีการส่งสัญญาณ จะได้ออกที่ทุกเป็น 0 ดังนั้นอัตราขยายของวงจรขยายภาครับ (A2) จะมีค่าเท่ากับที่กำหนดไว้คือ +14.5424 dBm ดังรูป 6.12 .



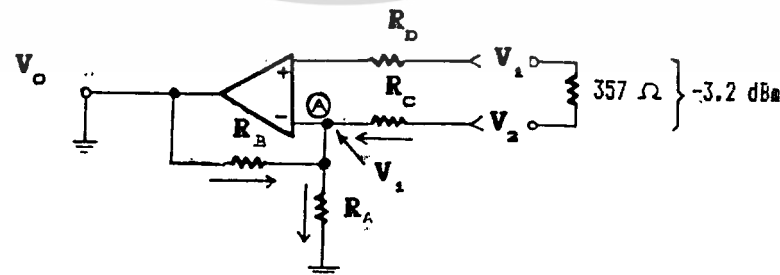
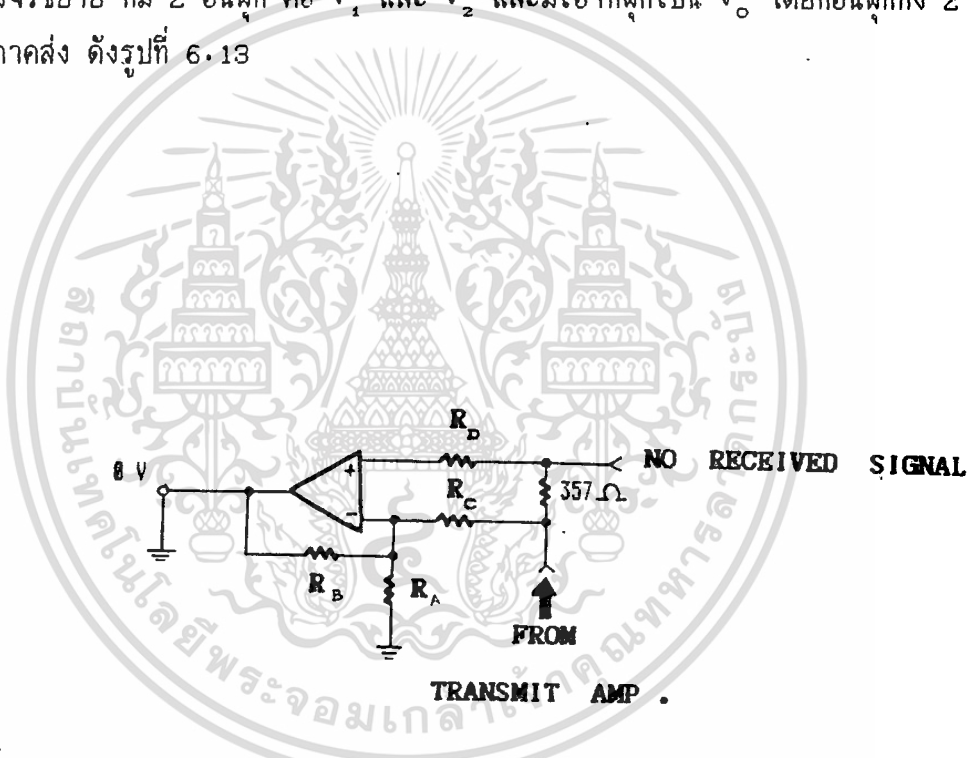
รูปที่ 6.12 วงจรขยายภาครับเมื่อวงจรขยายภาคส่งไม่มีการส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของสำนักงานกึ่งนำสารแห่งประเทศไทย เมื่อผู้ยูเอตเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในช่วงนี้จะเห็นได้ว่าวงจรขยายภาครับ จะมีลักษณะเป็นวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (non-inverting Amplifier) มีอัตราขยายแรงดัน $= 1 + [R_B / (R_A // R_C)]$ ซึ่งก็คือ

$$14.5424 \text{ dBm} = 20 \text{ Log}_{10} [1 + [R_B / (R_A // R_C)]] \dots\dots (6.10)$$

- เมื่อวงจรขยายภาครับไม่ได้รับสัญญาณ (อินพุทเป็น ๐) วงจรขยายภาคส่งสามารถส่งสัญญาณได้ตามอัตราขยายที่ออกแบบไว้ และการส่งสัญญาณของวงจรขยายภาคส่งไม่มีผลต่อวงจรขยายภาครับ นั่นคือเอาท์พุทของวงจรขยายภาครับ จะเป็น ๐ โวลท์หรือกราวด์ ในกรณีนี้พิจารณาวงจรขยายภาครับ จะเสมือนกับเป็นวงจรขยาย ที่มี 2 อินพุท คือ V_1 และ V_2 และมีเอาท์พุทเป็น V_o โดยที่อินพุททั้ง 2 มาจากวงจรขยายภาคส่ง ดังรูปที่ 6.13



รูปที่ 6.13 แสดงวงจรขยายภาครับ

พิจารณาที่ จุด A จะได้

$$(V_2 - V_1 / R_C) + (V_0 - V_1 / R_B) - (V_1 / R_A) = 0$$

แต่ $V_0 = 0$ เพราะฉะนั้น

$$(V_2 / R_C) = V_1 [(1/R_C) + (1/R_A) + (1/R_B)]$$

$$\begin{aligned} (V_1 / V_2) &= (1/R_C) / \{ (1/R_C) + (1/R_A // R_B) \} \\ &= 1 / \{ 1 + (R_C / [R_A // R_B]) \} \\ &= [R_A // R_B] / \{ R_C + (R_A // R_B) \} \end{aligned}$$

การสูญเสียคร่อมตัวต้านทาน 357 โอห์ม มีค่า -3.2 dBm

$$-3.2 \text{ dBm} = 20 \text{ Log}_{10} [\{ R_A // R_B \} / \{ R_C + (R_A // R_B) \}] \dots \dots (6.11)$$

จากการแก้สมการ (6.10) และ (6.11) ได้ความสัมพันธ์ระหว่าง R_A, R_B, R_C เป็น

$$(4.3348 / R_B) - (1 / R_C) = 1 / R_A = [(1 / 2.245 R_C) - (1 / R_B)] \dots \dots (6.12)$$

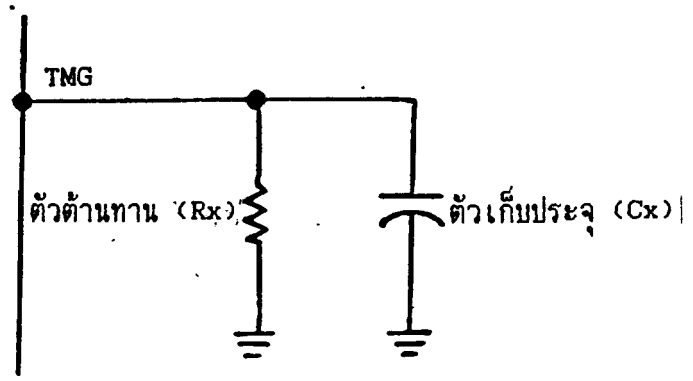
- จะได้ $R_C = 0.2709 \times R_B$
- เลือกค่า $R_B = 20$ กิโลโอห์ม
- จะได้ $R_C = 5.41$ กิโลโอห์ม และได้ $R_A = 31.08$ กิโลโอห์ม
- เลือกค่า $R_B = 10$ กิโลโอห์ม

6.8 การตั้งเวลาตรวจจับสัญญาณพาหะ (Carrier Detect Timing)

การตั้งเวลาตรวจจับสัญญาณพาหะ คือการกำหนดช่วงเวลา turn-on และ turn-off ของขา DCD สามารถทำได้โดยการต่อตัวต้านทาน (R_x) และตัวเก็บประจุ (C_x) ที่เหมาะสม ขนานกันระหว่าง

ขา TMC กับกราวด์ ดังรูป 6.14 .
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.14 การต่อขา TMG สำหรับตั้งเวลาตรวจจับสัญญาณ

ในการใช้งานทุกครั้ง ขา TMG จะต้องมียค่า Rx และ Cx ต่อกับกราวด์เสมอ TMS 99532 จะไม่สามารถทำงานได้ หากขา TMG ถูกปล่อยลอยไว้ .

จากตาราง 6.2 แสดงว่า Cx และ Rx ที่ทำให้ได้เวลา turn-on และ turn-off ค่าต่าง ๆ ของภาคตรวจจับสัญญาณพาหะ ค่าเหล่านี้เป็นค่าประมาณ ซึ่งอาจได้ค่าที่แตกต่างจากนี้ไปบ้างประมาณ 30 % อัตราส่วนของ turn-on/turn-off มีค่าตั้งแต่ 2-20 สำหรับการใช้งานโมเด็มแบบต่อโดยตรง ควรมีอัตราส่วนประมาณ 2-10 ส่วนการใช้งานแบบอะคูสติก คับปลั๊กควรมีอัตราส่วนประมาณ 10-20 .

ค่าของ Cx (ไมโครฟารัด)	ค่าของ Rx (เมกกะโอห์ม)				Turn-on / Turn-off	หน่วยของ เวลา
	4.7	7.2	10.2	12.2		
0.100	320	500	760	920	Turn-on	มิลลิวินาที
	60	60	60	60	Turn-off	
0.047	150	230	350	420	Turn-on	มิลลิวินาที
	40	40	40	40	Turn-off	
0.017	60	95	140	160	Turn-on	มิลลิวินาที
	30	30	30	30	Turn-off	
0.009	40	55	75	90	Turn-on	มิลลิวินาที
	25	25	25	25	Turn-off	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และใช้เฉพาะในโครงการด้านการค้า
 ตาราง 6.2 แสดงค่า Cx และ Rx สำหรับตั้งเวลาตรวจจับสัญญาณพาหะค่าต่าง ๆ
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับในโครงการนี้ ใช้ค่า

Rx = 10 เมกกะโอห์ม

Cx = 0.1 ไมโครฟารัด

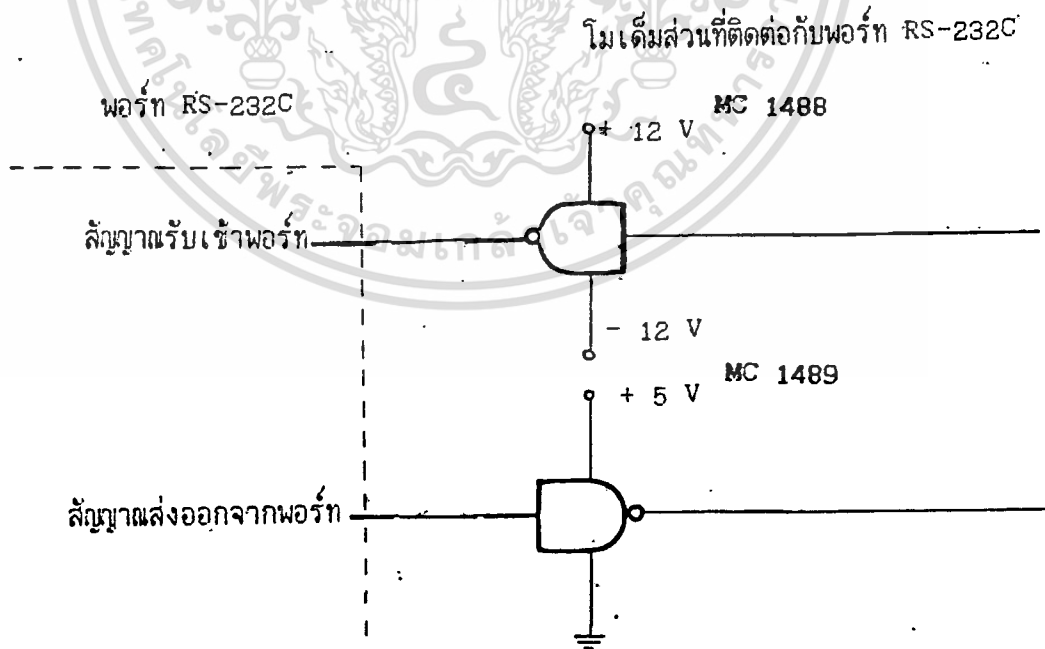
จะได้เวลา

Turn-on = 760 มิลลิวินาที

Turn-off = 60 มิลลิวินาที

6.9 ภาคปรับระดับแรงดัน (LEVEL CONVERTER)

การส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์เข้ามายังโมเด็ม ที่นิยมใช้กันคือ ส่งข้อมูลออกมาที่พอร์ท RS-232C ซึ่งเป็นการส่งข้อมูลแบบอนุกรม โดยระดับแรงดันที่ส่งออกและเข้าพอร์ท RS-232C นี้จะอยู่ในระดับแรงดัน ± 12 โวลต์ ดังนั้นส่งโมเด็มจึงจำเป็นต้องมีตัวแปลงระดับแรงดัน ± 12 โวลต์ ให้อยู่ในระดับ TTL คือ 0 ถึง + 5 โวลต์ ในที่นี้เราใช้ IC MC1489 โดยระดับแรงดันที่เข้า IC MC1489 หากเป็น + 12 โวลต์ เมื่อผ่าน IC MC1489 จะได้ระดับแรงดัน 0 โวลต์ และถ้าเข้ามา - 12 โวลต์ ก็จะได้แรงดัน + 5 โวลต์ ส่วนในกรณีที่เราต้องการส่งข้อมูลเข้าพอร์ท RS-232C เราก็ต้องแปลงระดับแรงดัน 0, + 5 โวลต์ให้เป็นระดับ ± 12 โวลต์ ซึ่งเราใช้ IC MC1488 โดยระดับแรงดัน 0 โวลต์ จะถูกแปลงเป็น + 12 โวลต์ และ + 5 โวลต์ จะถูกแปลงเป็น - 12 โวลต์ ดังจะแสดงได้จากรูปการใช้งานรูปที่ 6.15



รูปที่ 6.15 แสดงวงจรภาคปรับระดับแรงดันที่ใช้ในโครงการ

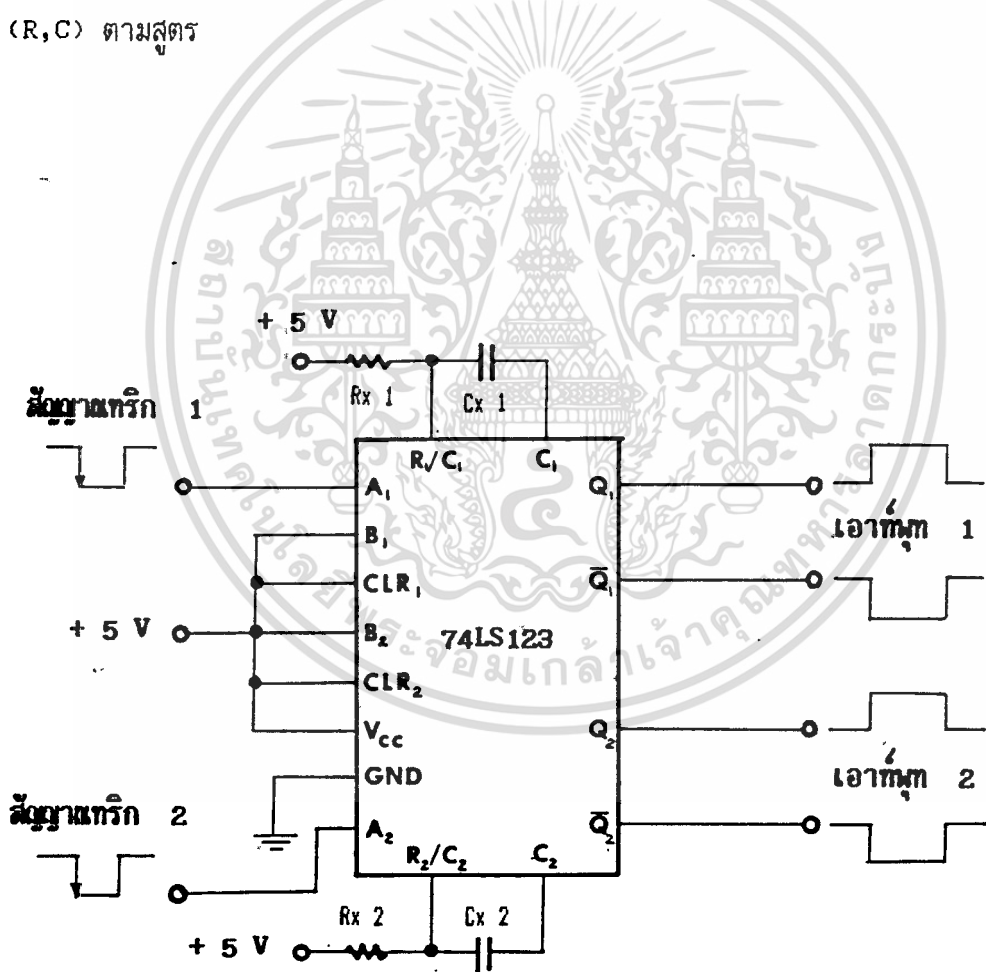
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.10 ภาคควบคุมสัญญาณโลจิกและสัญญาณหน่วงเวลา [Control Logic and Billing Delay]

วงจรภาคนี้มีหน้าที่ทำให้โมเด็ม 2 เครื่องทำงานสัมพันธ์กันที่เรียกว่า แฮนด์เชค (Handshake) โดยการผลิตสัญญาณตอบรับไปยัง DTE คือสัญญาณ CTS (Clear To Send) นั้นเอง

วงจรของภาคควบคุมสัญญาณโลจิกและสัญญาณหน่วงเวลานี้ ใช้ไอซีเบอร์ SN74LS123 ซึ่งเป็นโมโนสเตเบิล มัลติไวเบเรเตอร์ (mono-stable multivibrator) 2 ตัว แยกกันทำงานโดยอิสระ การทริกให้ไอซีเบอร์นี้ทำงานมี 2 วิธี คือ ถ้าให้อินพุท A อยู่ในสภาวะ "0" การทำให้ B เปลี่ยนระดับจากสภาวะ "0" ไป "1" จะเกิดการทริก และถ้าอินพุท B อยู่ในสภาวะ "1" การทำให้ A เปลี่ยนระดับจาก "1" ไป "0" จะเกิดการทริก ขาเคลียร์อินพุท จะต้องอยู่ในระดับ "1" ถ้าต่อลงกราวด์เมื่อใด จะทำให้เกิดการทริกที่ทำให้กลับสู่สภาวะเดิม คือ Q เป็น "0" และ \bar{Q} เป็น "1" ไอซีเบอร์ SN74LS123 นี้จะผลิตพัลส์ตัวเดียวออกมา เมื่อถูกทริก โดยช่วงเวลาของพัลส์จะกำหนดโดยค่าตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ (R,C) ตามสูตร

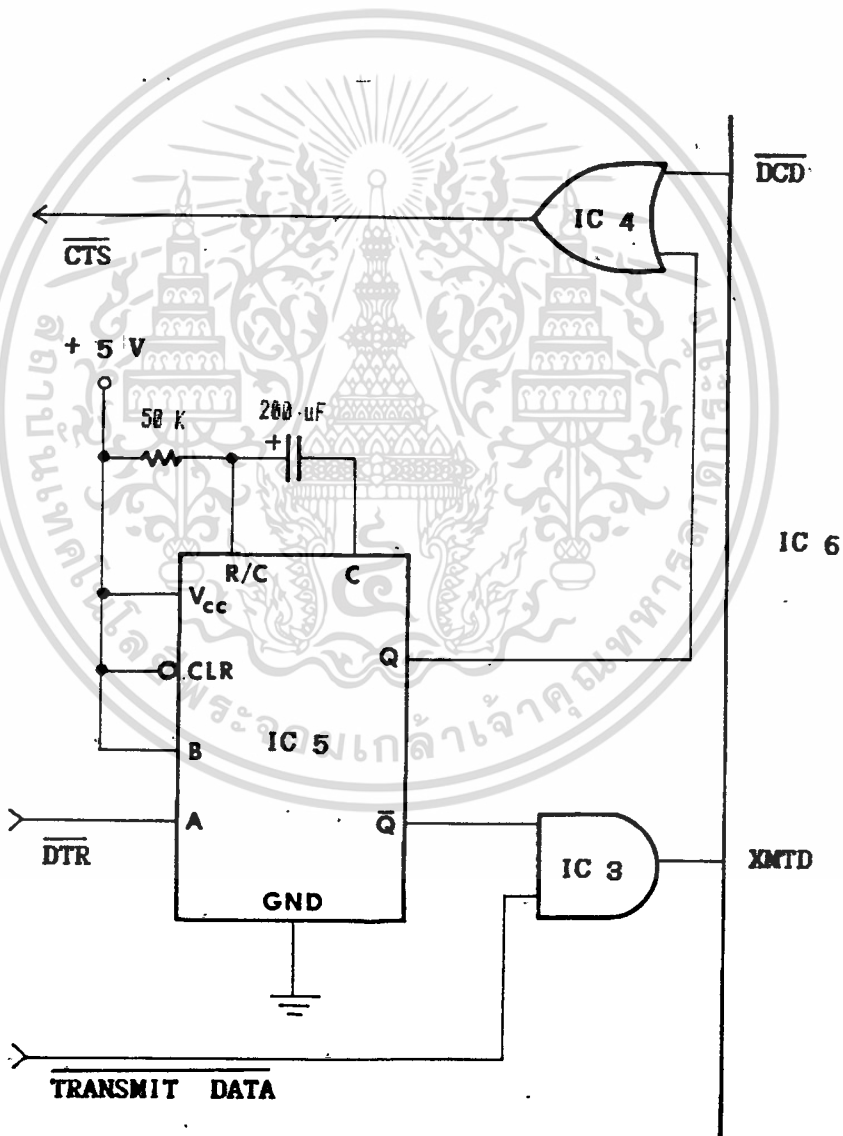


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ 6.16 แสดงการทำงานของไอซี SN74LS123 เสนอให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	$t = 0.4 (R) (C)$	..... (6.13)
ในวงจรใช้	Rx = 50	กิโลโอห์ม
	Cx = 200	ไมโครฟารัด
จะได้	t = 4.5	วินาที

ในโครงการนี้เราใช้โมโนสเตเบิลตัวเดียว ต่อร่วมกับ AND เกท (IC3) เพื่อทำงานร่วมกับ สัญญาณดิจิทัลที่จะส่ง และ OR เกท (IC4) เพื่อทำงานร่วมกับขา \overline{CTS} (Clear To Send) ในการผลิตสัญญาณ ดังรูป 6.17



เอกสารนี้เป็นเอกสาร รูปที่ 6.17 แสดงภาคความคุมสัญญาณ โดจิกและสัญญาณหน่วงเวลา ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ารณใดทงสิ้น อิกทงห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของภาคควบคุมนี้ จะเริ่มต้นเมื่อทางฝ่ายเริ่มต้น (Originate) หมุนโทรศัพท์ ตามหมายเลขของฝ่ายตอบรับ (Answer) ทางฝ่ายตอบรับเมื่อได้รับสัญญาณกระดิ่งแล้ว ก็จะมีการยกหูฟังขึ้น ทำให้อยู่ในสภาวะ "off-hook" หรือในระบบตอบรับอัตโนมัติ ก็จะมีการทำให้อยู่ในสภาวะ "off-hook" เช่นเดียวกัน ในช่วงหลังจากนี้จะมีการหน่วงเวลาอย่างน้อยที่สุด 2 วินาที (ในโครงงานนี้จะใช้เวลาหน่วง 4.5 วินาที) เพื่อเป็นสัญญาณสำหรับเก็บค่าใช้บริการของฝ่ายเริ่มต้น โดยองค์การโทรศัพท์ เรียกว่า เวลาหน่วง Billing (Billing Delay) ในช่วงเวลาดังกล่าวนี้จะไม่มีการรับและส่งข้อมูลใด ๆ ระหว่างโมเด็มทั้งสอง โมเด็มจะเริ่มทำการหน่วงเวลาเมื่อได้รับสัญญาณควบคุม (off-hook Control) ซึ่งก็คือ สัญญาณ DTR จากคอมพิวเตอร์ และเป็นการทริกให้อิซี 74LS123 ทำงานสร้างพัลส์สัญญาณการหน่วงเป็นเวลา 4.5 วินาที ช่วงนี้สายส่งข้อมูลจะมีสภาวะเป็น "0" จากการ AND กันระหว่างเวลาหน่วง จากขา Q ของอิซี 74LS123 และขาส่งข้อมูล (TRANSMIT DATA) ของคอมพิวเตอร์ ที่ต่อไปยังขา XMTD ของ TMS 99532 หลังจากผ่านช่วงเวลาหน่วงไปแล้ว สายส่งข้อมูล (Transmit Data Line) จะมีสภาวะเป็น "1" และโมเด็มฝ่ายตอบรับจะส่งสัญญาณตอบรับความถี่ 2225 Hz สัญญาณนี้ไว้เพื่อ

1. ใช้เป็นจุดเริ่มต้นของการรับ-ส่งข้อมูล โดยเฉพาะอย่างยิ่งจำเป็นสำหรับการรับ-ส่ง ข้อมูลสองทิศทางพร้อมกัน (Full Duplex)
 2. บอกให้โมเด็มฝ่ายเริ่มต้น(Originate) รับรู้ว่า โมเด็มทางฝ่ายตอบรับได้รับสัญญาณเรียกแล้ว และให้ทางฝ่ายเริ่มต้นทำการสวิตช์ไปยังโหมดข้อมูล เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการรับ-ส่งข้อมูล
 3. โมเด็มฝ่ายเริ่มต้นจะส่งสัญญาณพาหะด้านส่ง (Originating Carrier) ความถี่ 1270 Hz ไป
- หลังจากการทำงานข้อ 3 แล้ว โมเด็มฝ่ายตอบรับจะตรวจจับสัญญาณพาหะด้านส่ง (1270 Hz) นี้ได้ และขา DCD ของฝ่ายตอบรับ จะเป็นสภาวะ "0" ซึ่งเป็นเวลาหลังจากการหน่วงเวลาผ่านพ้นไปแล้ว (ขา Q ของอิซี 74LS123 กลับมาเป็นสภาวะ "0" เหมือนเดิม) ขา DCD และขา Q เมื่อนำมาผ่าน OR เกท จะได้เป็นสัญญาณ CTS ส่งไปยังคอมพิวเตอร์ต่อไป ดังแสดงได้ดังรูปที่ 6.18

จากหัวข้อ 6.1 ถึง 6.10 เมื่อนำแต่ละภาคมาต่อรวมกัน จะได้เป็นวงจรการใช้งาน TMS 99532 เป็นโมเด็มแบบต่อโดยตรง (Direct Connect MODEM) ดังรูปที่ 6.19 .

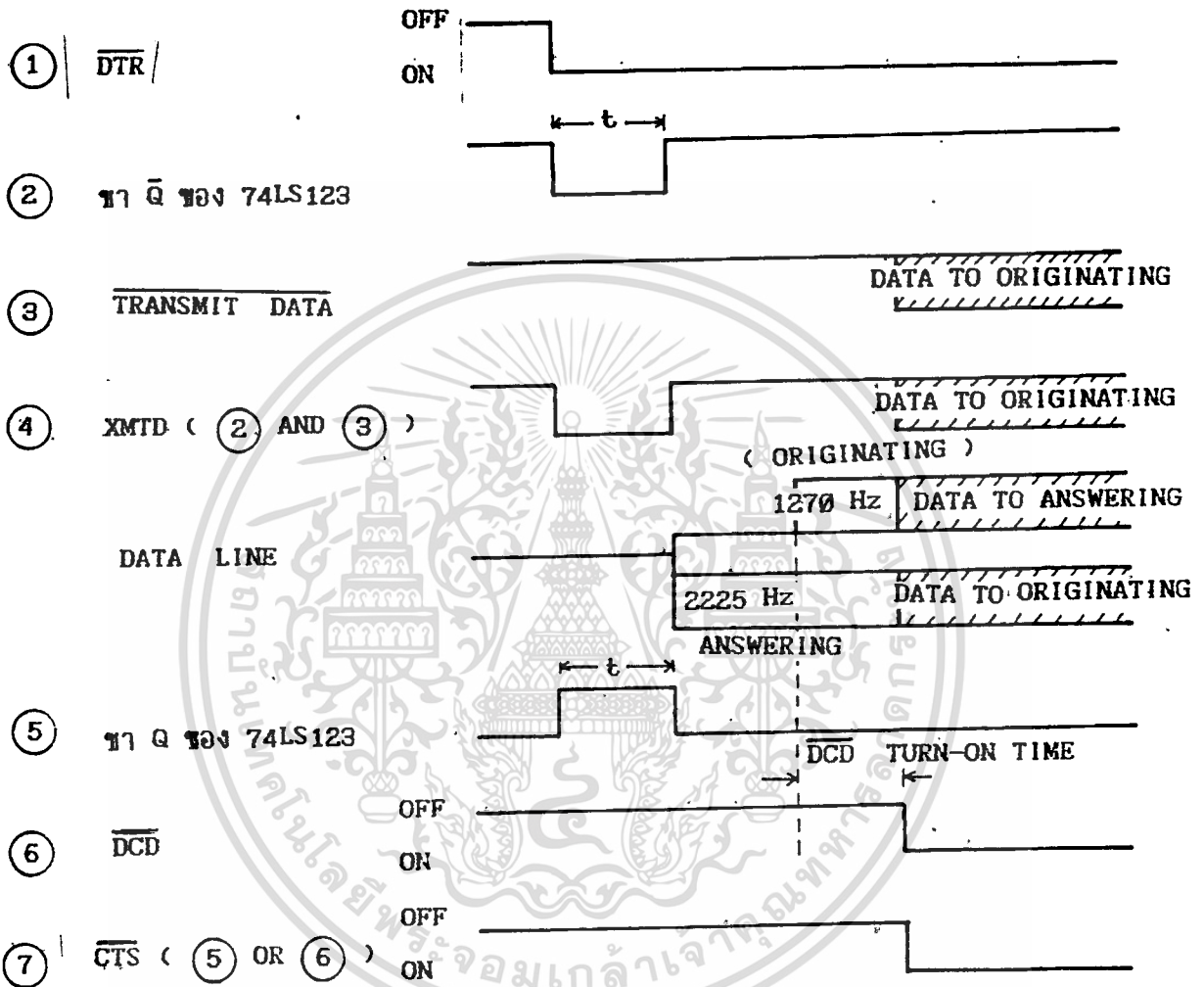
6.11 การทำงานของโมเด็มฝ่ายรับและฝ่ายส่ง

เมื่อนำ TMS 99532 มาต่อร่วมกับอุปกรณ์อื่น ๆ ได้เป็นโมเด็มแล้ว ในสภาวะที่ไม่มีการใช้งานใด ๆ ต้องมีเงื่อนไขการเริ่มต้น ดังนี้คือ

- โมเด็มต้องอยู่ในสภาวะ "on-hook"
 - ต้องตั้งโหมดการทำงานของแต่ละฝ่ายให้ถูกต้อง นั่นคือ อินพุทของ A / 0 (ขา12) มีค่าเป็นสภาวะ "1" สำหรับโมเด็มฝ่ายเริ่มต้น (Originate) และมีค่าเป็นสภาวะ "0" สำหรับโมเด็มฝ่ายตอบรับ (Answer)
 - เมื่อไม่ใช่โหมดการทดสอบ ขา ALB (ขา1) ต้องมีสภาวะเป็น "0"
 - สัญญาณควบคุมที่ส่ง ไปยังคอมพิวเตอร์ คือ CTS ต้องปิด (OFF) อยู่
- ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อต้องการรับและส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ผ่านโมเด็ม โมเด็มทั้งสองเครื่องต้องถูกต่อเข้ากับสายโทรศัพท์เรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้โมเด็มฝ่ายเริ่มต้นจะทำการโทรศัพท์ไปยังเลขหมายของฝ่ายตอบรับและเริ่มขั้นตอนดังแสดงดังรูปที่ 6.20 ซึ่งอธิบายได้ดังต่อไปนี้

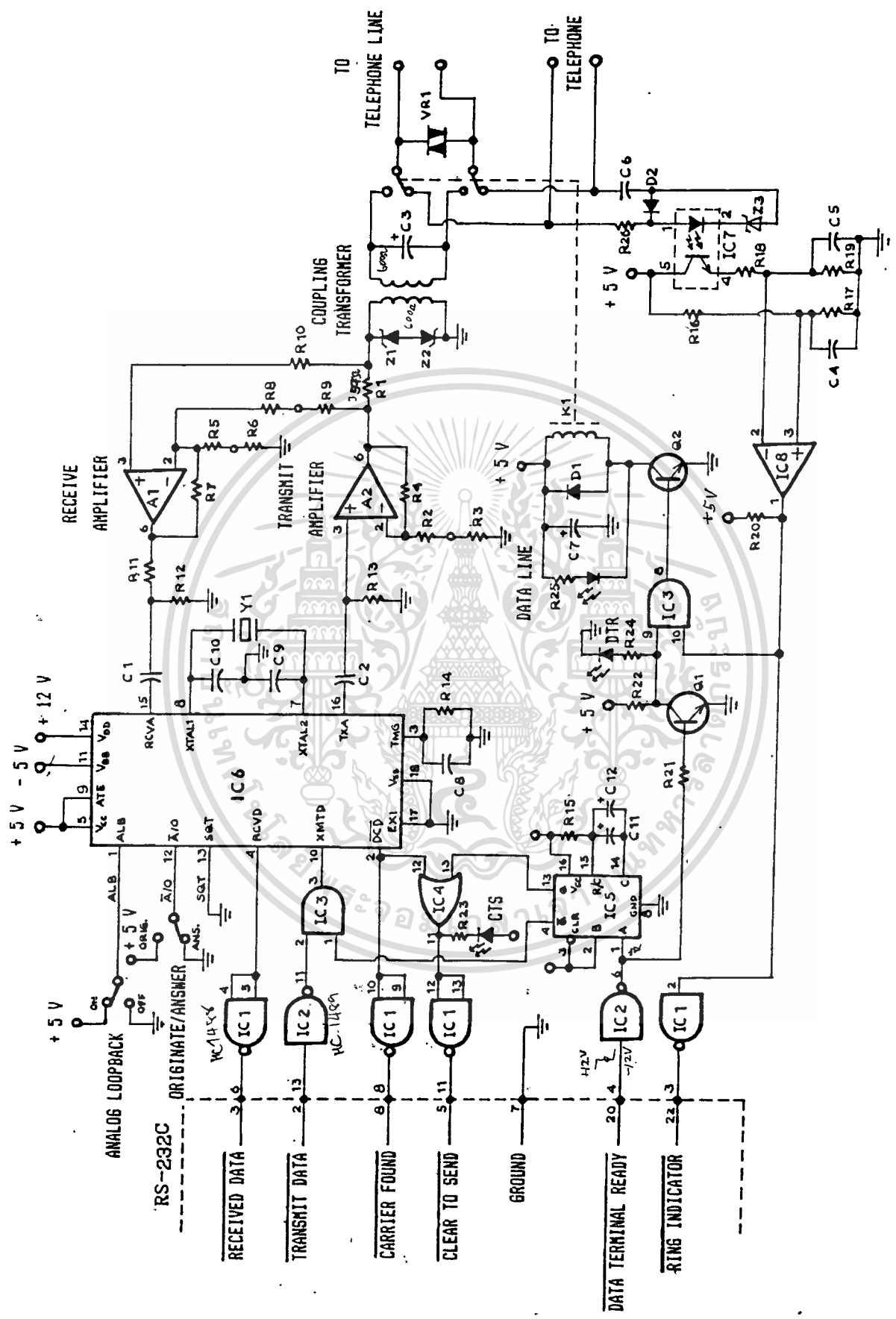
1. สัญญาณเรียก (call) จากโมเด็มฝ่ายเริ่มต้นจะถูกส่งไปยังฝ่ายตอบรับ
2. สัญญาณกระดิ่ง จะดังขึ้นที่โมเด็มฝ่ายตอบรับ
3. โมเด็มฝ่ายรับ จะเข้าสู่สภาวะ "off-hook" โดยได้รับสัญญาณ DTR จากคอมพิวเตอร์ โดยขึ้นกับสัญญาณกระดิ่งที่ได้รับมา สภาวะ "off-hook" อาจเกิดขึ้นโดยการเขียนโปรแกรมให้คอมพิวเตอร์ทำงานร่วมกับโมเด็ม เป็นแบบตอบรับอัตโนมัติ (Automatic Answer) หรือผู้ใช้ของโมเด็มฝ่ายรับยกหูฟังโทรศัพท์ขึ้น
4. โมเด็มฝ่ายตอบรับ ทำการหน่วงเวลา (Billing Delay) โดยภาคควบคุมสัญญาณโลจิกและสัญญาณหน่วงเวลา ในหัวข้อ 6.10
5. โมเด็มฝ่ายตอบรับ ส่งสัญญาณตอบรับ เมื่อสายส่งข้อมูลถูกยกกระดับเป็น "1" (Mark) ดังนั้นความถี่ที่โมเด็มฝ่ายตอบรับจะส่งไปก็คือ 2225 Hz
6. โมเด็มฝ่ายเริ่มต้นจะรับ สัญญาณตอบรับ (2225 Hz) นี้ได้ ผู้ใช้ทางฝ่ายเริ่มต้นจะรับรู้และให้โมเด็มทำงานในโหมดข้อมูล
7. โมเด็มฝ่ายเริ่มต้นเมื่ออยู่ในโหมดข้อมูล และตรวจจับสัญญาณตอบรับได้ ขา \overline{DCD} ของโมเด็มฝ่ายเริ่มต้นจะมีสภาวะเป็น "0" ใช้เวลา turn-on time ตามที่ได้ตั้งเวลาไว้
8. โมเด็มฝ่ายเริ่มต้น เมื่อการหน่วงเวลาผ่านพ้นไป จะให้สัญญาณ \overline{CTS} ไปยังคอมพิวเตอร์
9. โมเด็มฝ่ายเริ่มต้นจะส่งสัญญาณด้านส่ง โดยสายส่งข้อมูลจะมีระดับเป็น "1" (Mark) ดังนั้นความถี่ที่ส่งคือ 1270 Hz
10. โมเด็มฝ่ายตอบรับ ตรวจจับสัญญาณจากด้านส่ง (1270 Hz) ได้ ขา \overline{DCD} ของโมเด็มฝ่ายตอบรับจะมีสภาวะเป็น "0" ใช้เวลา turn-on time ตามที่ตั้งไว้
11. โมเด็มฝ่ายตอบรับ ให้สัญญาณ \overline{CTS} ไปยังคอมพิวเตอร์ เมื่อการหน่วงเวลาผ่านพ้นไป
12. โมเด็มทั้งสองเครื่อง เริ่มการส่งข้อมูลซึ่งกันและกัน



รูปที่ 6.18 การทำงานของภาคควบคุมสัญญาณ โสจิกและสัญญาณหน่วงเวลาของโมเด็มภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.19 วงจรการใช้งาน TMS 99532 เป็นโมเด็มต่อโทรศัพท์ (Direct Connect Modem)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการนี้

ไอซี

A 1 , A 2 = LF 351

IC 1 = MC 1488

IC 2 = MC 1489

IC 3 = SN74LS08

IC 4 = SN74LS32

IC 5 = SN74LS123

IC 6 = TMS 99532

IC 7 = TIL 156

IC 8 = LM 393

ตัวเก็บประจุ

C 1 = 0.1 ไมโครฟารัด , 50 โวลท์ ไมลาร์

C 2 = 0.1 ไมโครฟารัด , 50 โวลท์ ไมลาร์

C 3 = 0.01 ไมโครฟารัด , 1 กิโลโวลท์ อีเล็กทรอลิต์

C 4 = 0.1 ไมโครฟารัด , 50 โวลท์ ไมลาร์

C 5 = 0.1 ไมโครฟารัด , 50 โวลท์ ไมลาร์

C 6 = 0.47 ไมโครฟารัด , 250 โวลท์ ไมลาร์

C 7 = 10 ไมโครฟารัด , 25 โวลท์ อีเล็กทรอลิต์

C 8 = 0.1 ไมโครฟารัด , 50 โวลท์ ไมลาร์

C 9 = 20 พิโคฟารัด , 50 โวลท์ เซรามิก

C 10 = 20 พิโคฟารัด , 50 โวลท์ เซรามิก

C 11 = 100 ไมโครฟารัด , 16 โวลท์ อีเล็กทรอลิต์

C 12 = 100 ไมโครฟารัด , 16 โวลท์ อีเล็กทรอลิต์

หม้อแปลง

เอกสารนี้เป็นรายละเอียดอยู่ในบทที่ 6 ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวต้านทาน

ขนาด 1/4 วัตต์ 1 x

- R 1 = 357 โอห์ม
- R 2 = 36.5 กิโลโอห์ม
- R 3 = 5 กิโลโอห์ม
- R 4 = 10 กิโลโอห์ม
- R 5 = 30.1 กิโลโอห์ม
- R 6 = 976 โอห์ม
- R 7 = 20 กิโลโอห์ม
- R 8 = 5.23 กิโลโอห์ม
- R 9 = 180 โอห์ม
- R 10 = 10 กิโลโอห์ม
- R 11 = 20 กิโลโอห์ม
- R 12 = 10 กิโลโอห์ม
- R 13 = 20 กิโลโอห์ม
- R 14 = 10 เมกกะโอห์ม

ขนาด 1/4 วัตต์ 5 x

- R 15 = 50 กิโลโอห์ม
- R 16 = 3.9 กิโลโอห์ม
- R 17 = 1.8 กิโลโอห์ม
- R 18 = 2 เมกกะโอห์ม
- R 19 = 2 เมกกะโอห์ม
- R 20 = 2 กิโลโอห์ม
- R 21 = 300 โอห์ม
- R 22 = 300 โอห์ม
- R 23 = 300 โอห์ม
- R 24 = 300 โอห์ม
- R 25 = 300 โอห์ม

ขนาด 2 วัตต์ 5x

- R 26 = 10 กิโลโอห์ม

ไดโอด

- D 1 = 1N4148
- D 2 = 1N4007

จีเนอร์ไดโอด

- Z 1 = 1N4735 , 6.2 โวลต์ 1 วัตต์
- Z 2 = 1N4735 , 6.2 โวลต์ 1 วัตต์
- Z 3 = 1N4750 , 27 โวลต์ 1 วัตต์

ทรานซิสเตอร์

- Q 1 = 2SC 1815
- Q 2 = 2SC 458

รีเลย์

- K 1 = KOIKE รุ่น MH-6 VDC คอนแทกคู่

คริสตัล

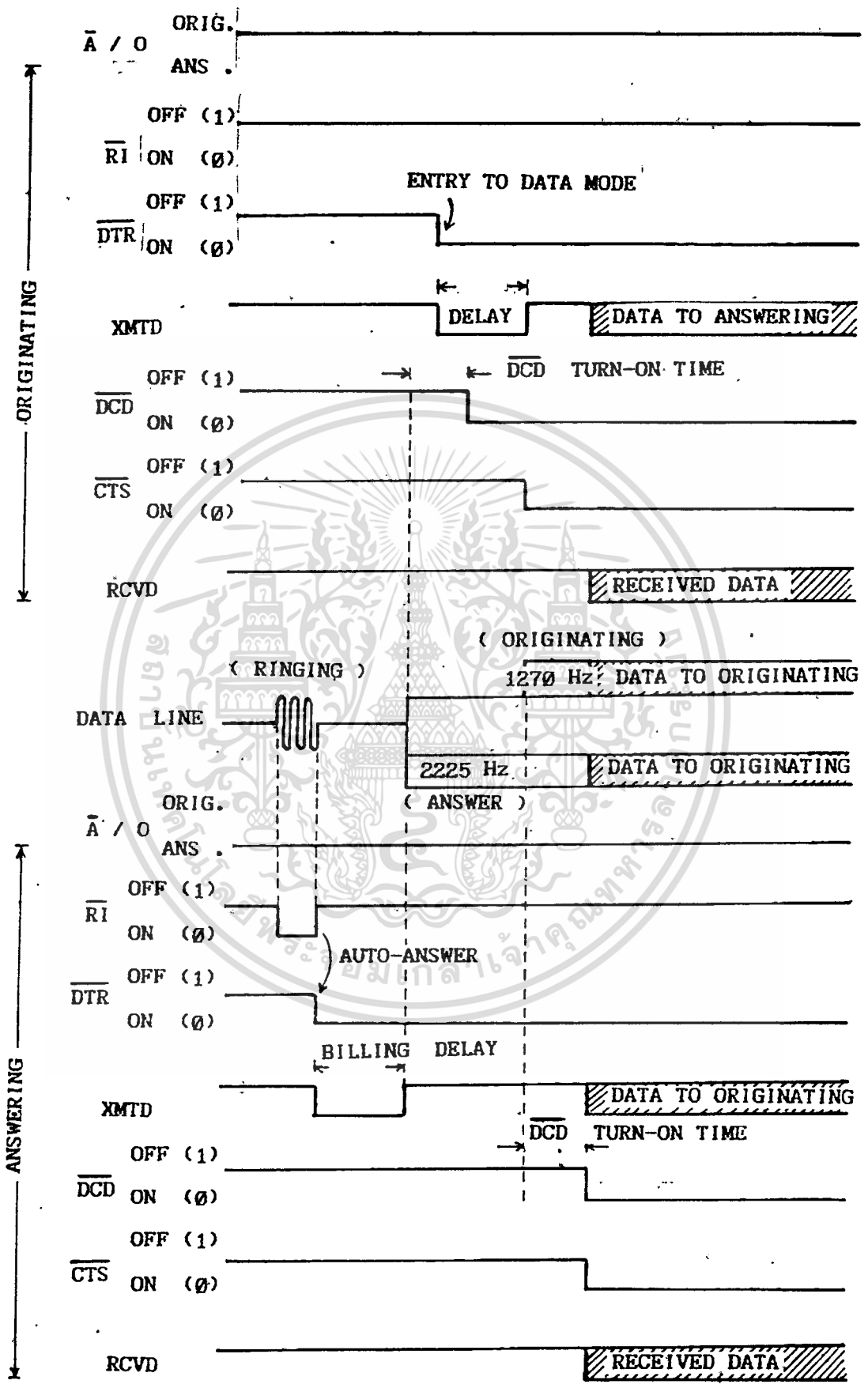
- Y 1 = 4.0 เมกกะเฮิรตซ์

วารีสเตอร์

- VR 1 = ZENAMIC Z7L441 (250 โวลต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 วันที่ 20 แสดงขึ้นตอนการทำงานของโมเด็มฝ่ายเริ่มต้นและฝ่ายตอบรับ

บทที่ 7

อะแดปเตอร์สื่อสารแบบอะซิงโครนัสและ 8250 UART

[Asynchronous Communication Adapter and 8250 UART]

บนไมโครคอมพิวเตอร์กลุ่มที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ 8088 หรือ 8086 มีระบบการติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม โดยการกำหนดเป็นพอร์ต COM 1 และ COM 2 พอร์ตทั้งสองนี้จะได้รับการโปรแกรมตามความต้องการของผู้ใช้งาน โดยส่วนอินเตอร์เฟสกับภายนอกจะเป็นไปตามมาตรฐาน RS-232C .

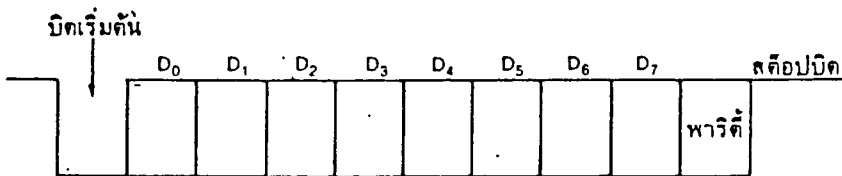
การติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมแบบที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ แบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) โดยมีส่วนของบิตเริ่มต้น (start bit) บิตสิ้นสุด (stop bit) บิตทั้งหมดจะประกอบกันเข้ามาเป็นเฟรม ในขณะที่ส่งรับข้อมูล .

วงจรทางฮาร์ดแวร์ที่จะทำให้เกิดการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมนี้ มักใช้ไอซีประเภท Asynchronous Receiver and Transmitter สำหรับบนเครื่อง ไอบีเอ็มพีซีนี้จะใช้ชิพ INS 8250 เป็นตัวรับส่งข้อมูล ชิพ 8250 นี้สามารถโปรแกรมให้มีการทำงานตามรูปแบบของการสื่อสารได้ ซึ่งปกติสามารถเลือกอัตราการส่งข้อมูลได้ตั้งแต่ 50 ถึง 9600 บอด มีบิตสิ้นสุดขนาด 1,1 ครั้ง หรือ 2 บิต เฟรมของข้อมูลจะส่งแบบ 5 บิต 6 บิต 7 บิต หรือ 8 บิตก็ได้ การติดต่อกับเมนบอร์ดยังส่งผ่านทางอินเตอร์รัทเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้ .

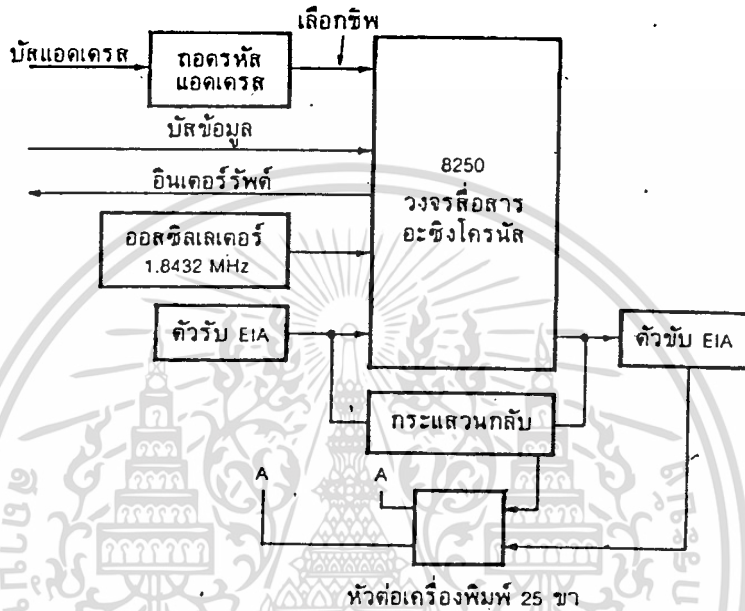
ขีดความสามารถของบอร์ดอะซิงโครนัสนี้ ได้แก่

- การรับไม่ขึ้นกับสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนเข้ามาทางอินพุท และไม่ต้องซิงโครไนซ์
- มีส่วนของการควบคุมไม่เต็ม เช่น CTS RTS DSR DTR
- สามารถตรวจจับการผิดพลาดในการรับส่งข้อมูลได้
- มีบัฟเฟอร์การรับส่งข้อมูล

ปกติการสื่อสารข้อมูลจะส่งแบบ 8 บิต โดยมีบิต D₀ เป็นบิต MSB คือส่งออกไปก่อน รูปแบบการส่งเป็นดังรูป 7.1



สำหรับบล็อกโคโอะแกรมของอะซิงโครนัสแอสไคเตอร์ แสดงได้ดังรูป 7.2



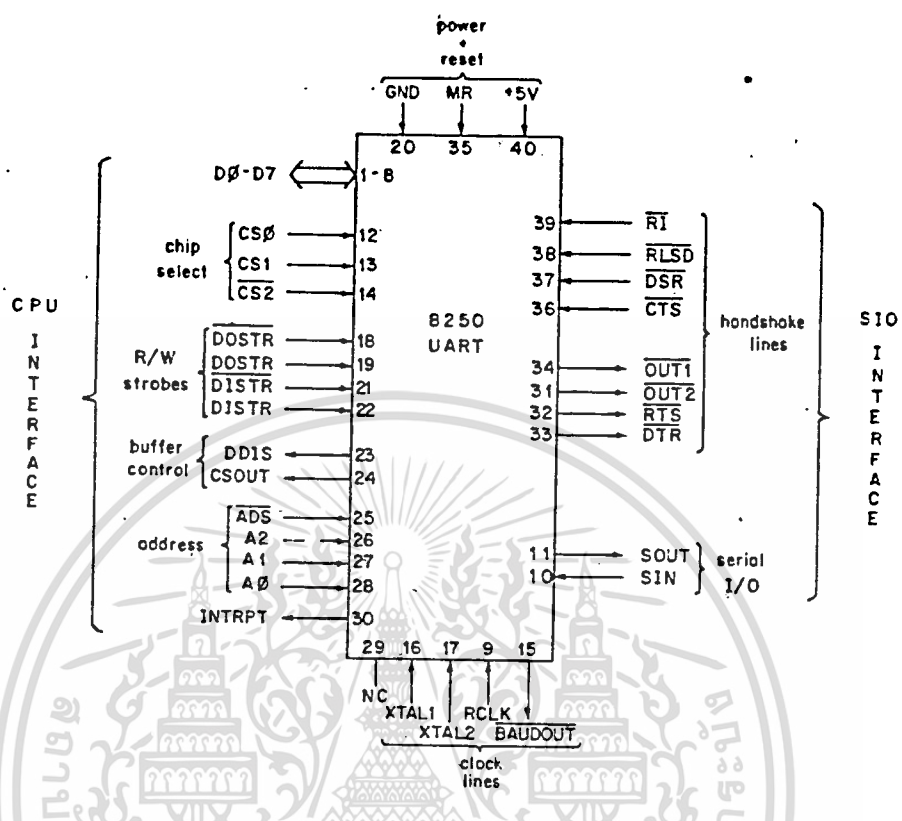
รูป 7.2 แสดงบล็อกโคโอะแกรมของอะซิงโครนัสแอสไคเตอร์

หัวต่อที่ใช้ในการสื่อสารก็คือ หัวต่อมาตรฐาน EIA RS-232C ซึ่งได้กล่าวรายละเอียดไปแล้วในการใช้งานสามารถใช้ได้ 2 แบบคือ แบบกระแสวนกลับ (Current Loop) หรือแบบแรงดันตามมาตรฐาน RS-232C ก็ได้ การเลือกแบบใดจะโปรแกรมผ่านดินสวิทช์ ซึ่งสามารถโปรแกรมบนบอร์ดได้ สำหรับโครงงานนี้ใช้แบบแรงดัน ซึ่งกล่าวรายละเอียดไปแล้ว .

7.1 National Semiconductor 8250 UART

วงจระอะซิงโครนัสมีอุปกรณ์หัวใจที่สำคัญคือ INS 8250 ซึ่งเป็น UART ที่มีช่องสื่อสาร 1 ช่อง คือ มีช่องส่งและรับอย่างละหนึ่งช่อง 8250 เป็น UART ที่โปรแกรมได้สังเกตว่าออสซิลเลเตอร์ 1.8432 MHz นี้ เป็นสัญญาณนาฬิกาต้นแบบที่จะเป็นตัวหารให้อัตราส่งจาก 50-9600 บิตต่อวินาที .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 7.3 แสดงขาและการใช้งานขาต่าง ๆ ของ 8250 UART

จากรูป 7.3 แสดงขาและการใช้งานขาต่าง ๆ ของ 8250 UART ซึ่งสามารถแบ่งเป็นกลุ่มหลัก ๆ ได้ 4 กลุ่มคือ

1. ส่วนไฟเลี้ยงและรีเซ็ต (Power and Reset)
2. ส่วนสัญญาณคล็อก (Clock)
3. ส่วนเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมขาเข้า-ออก (Serial I/O Interface)
4. ส่วนเชื่อมต่อกับ CPU (CPU Interface)

1. ส่วนไฟเลี้ยงและรีเซ็ต (Power / Reset)

ส่วนนี้ประกอบด้วย ไฟเลี้ยง +5 V (ขา40) และกราวด์ (ขา20) ขา MR (Master Reset) (ขา35) เป็นขาสำหรับการรีเซ็ตค่าต่าง ๆ ในรีจิสเตอร์ของ 8250 ในขณะที่เริ่มต้น

2. ส่วนสัญญาณคล็อก (Clock)

ส่วนนี้ประกอบด้วย ขา 2 อินพุต (ขา16 XTAL1 และ ขา17 XTAL2) สำหรับต่อเข้ากับคริสตัลเพื่อความคมของสัญญาณคล็อกภายใน หรือจะใช้ออสซิลเลเตอร์สัญญาณคล็อกจากภายนอกได้โดยต่อกับขา นอกจากนี้ส่วน นี้ยังประกอบด้วย BAUDOUT (ขา 15) ซึ่งเป็นเอาต์พุตให้สัญญาณความถี่ 16 เท่าของสัญญาณไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาฬิกาที่ส่งออก (อัตราบอกในการส่ง) และขา Receiver Clock (RCLK ขา9) ซึ่งเป็นอินพุท ในการใช้งานทั่วไป นิยมต่อขา BAUDOUT เข้ากับขา RCLK :

3. ส่วนเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมขาเข้า-ออก (Serial I/O Interface)

ส่วนนี้แบ่งออกได้อีกเป็น 2 กลุ่มย่อย ๆ คือ

3.1 เข้า-ออกแบบอนุกรม [serial I/O]

ขา SIN (ขา 10) เป็นขารับข้อมูลแบบอนุกรม

ขา SOUT (ขา 11) เป็นขาส่งข้อมูลแบบอนุกรม

3.2 เส้นสัญญาณแฮนด์เช็ก [handshake lines]

- ส่วนอินพุท

ขา \overline{RI} (ขา39) เมื่อเป็น 0 จะมีความหมายบอกว่าโมเด็มได้รับสัญญาณกระดิ่งเรียกมาแล้ว

ขา \overline{RLSD} (ขา38) เมื่อเป็น 0 จะบอกว่าโมเด็มได้ตรวจจับสัญญาณพาหะได้

ขา \overline{DSR} (ขา37) เมื่อเป็น 0 จะบอกว่าข้อมูลเรียบร้อยแล้วเป็นการบอกติดต่อกันได้สำเร็จ ซึ่งจะบอกมาจากโมเด็ม

ขา \overline{CTS} (ขา36) เป็นอินพุทที่จะทดสอบสถานะของโมเด็ม

- ส่วนเอาต์พุท

ขา $\overline{OUT1}$ (ขา34) เป็นขาเอาต์พุทที่สามารถโปรแกรมให้แอกทีฟในช่วง low ได้โดยให้ค่าในบิต 2 ของ modem control register เป็น high

ขา $\overline{OUT2}$ (ขา31) เป็นขาเอาต์พุทที่สามารถโปรแกรมให้แอกทีฟ (low) ได้ โดยให้ค่าในบิต 3 ของ modem control register เป็น high มีไว้เพื่อความคมการปล่อยสัญญาณ INTRPT

ขา \overline{RTS} (ขา32) เมื่อเป็น 0 จะบอกโมเด็มให้รู้ว่า 8250 พร้อมทั้งจะส่งข้อมูลแล้ว

ขา \overline{DTR} (ขา33) เมื่อเป็น 0 จะบอกโมเด็มให้รู้ว่าข้อมูลใน 8250 ได้รับการเซตเรียบร้อยแล้วและพร้อมที่จะติดต่อสื่อสาร

4. ส่วนเชื่อมต่อกับ CPU (CPU Interface)

ส่วนนี้แบ่งได้เป็น 6 ส่วนย่อย ๆ คือ

4.1 เส้นสัญญาณข้อมูล [data lines (D0-D7)]

ขา 1 ถึงขา 7 เป็น bidirectional (สองทิศทาง)

4.2 เส้นสัญญาณเลือกชิพ [chip select]

$\overline{CS1}$ (ขา12), $\overline{CS1}$ (ขา13), $\overline{CS2}$ (ขา14) จะเป็นตัวเลือกชิพ 8250 ในวงจรจะต่อ $\overline{CS0}$ และ $\overline{CS1}$ กับ Vcc และให้ $\overline{CS2}$ ต่อกับแอดเดรสที่เลือกมา

4.3 สไตรบอ่าน-เขียนข้อมูล [Read/Write strobes]

ขา \overline{DOSTR} (ขา18) และ ขา \overline{DOSTR} (ขา19) จะแอกทีฟ เมื่อซีพียูต้องการจะเขียนข้อมูลลงในรีจิสเตอร์ของ 8250

ขา \overline{DISTR} (ขา21) และ ขา \overline{DISTR} (ขา22) จะแอกทีฟ เมื่อซีพียูจะอ่านข้อมูลจาก 8250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารที่นำมาใช้

4.4 ส่วนควบคุมบัฟเฟอร์ [buffer control]

ขา DDIS (ขา23) จะเป็น 0 เมื่อซีพียูอ่านข้อมูลจาก 8250 และจะเป็น 1 เมื่อใช้ดีสเอเบิลตัวส่งภายนอก

ขา CS0US (ขา24) เมื่อเป็น 1 จะบอกว่าซีพียูได้รับการเลือกผ่านทาง CS0, CS1 และ CS2

4.5 ขาสัญญาณแอดเดรส [address]

ขา ADS (ขา25) เป็นขาแอดเดรสสไตรป์ในการทำงานจะต้องเป็น 0 ในขณะที่เลือกรีจิสเตอร์ตามจิงหวะการเลือกด้วย A0, A1, A2 และ CS0, CS1, CS2 ค่าแอดเดรสต่าง ๆ มีความหมายดังตารางที่ 7.4

DLAB	A2	A1	A0	รีจิสเตอร์
0	0	0	0	ถ้าอินพุตเป็นบัฟเฟอร์อินพุต ถ้าเอาต์พุตเป็นบัฟเฟอร์ส่ง
0	0	0	1	อินเคอร์รี่ทค้อนาเบิล
X	0	1	0	การกำหนดอินเคอร์รี่ทค
X	0	1	1	ควบคุมสาย
X	1	0	0	ควบคุมโมเคม
X	1	0	1	สถานะค เม
X	1	1	0	สถานะโมเคม
X	1	1	1	ไม่มีใช้
1	0	0	0	แลคซ์คัวหาร LSB
1	0	0	1	แลคซ์คัวหาร MSB

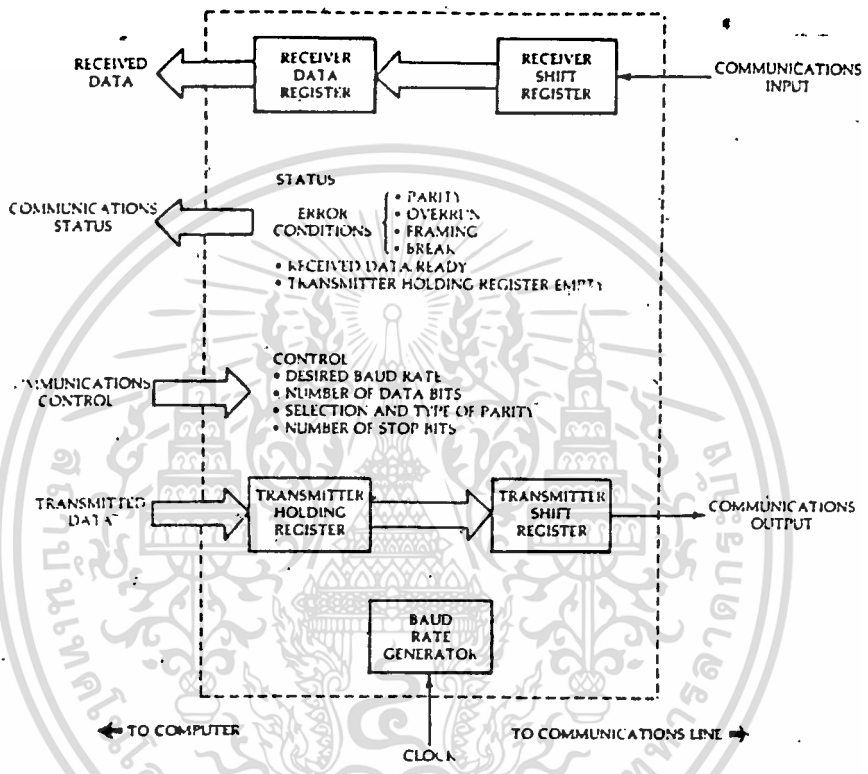
ตาราง 7.4 การกำหนดพอร์ตด้วย A0, A1, A2

4.6 อินเตอร์รัพท์ [interrupt]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ขา INTRPT (ขา30) เป็นขาอินเตอร์รัพท์ที่ส่งสัญญาณอินเตอร์รัพท์ออกไป
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่และลงเนื้อหาใดๆของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2 UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)

UART มีส่วนประกอบบล็อกโดยแกรม ดังรูป



รูป 7.5 แสดง UART

UART สามารถที่จะส่งและรับข้อมูลแบบอนุกรมได้ โดยที่ผู้ใช้ไม่ต้องทำการแปลงข้อมูลจากขาน-
 อนุกรม หรืออนุกรม-ขาน แต่จะต้องทราบถึงอัตราบอด (baud rate) ที่ต้องการ, จำนวนของบิตข้อมูล,
 ชนิดของพาริตีและจำนวนของ stop bit โดยใช้คำสั่ง OUT ของ 8088. เมื่อ UART ถูกโปรแกรมด้วย
 โปรโตคอลอนุกรม (serial-protocol) ที่ต้องการแล้วก็สามารถทำการส่งและรับข้อมูลอนุกรมได้ .

เมื่อต้องการส่งข้อมูล จะต้องทำการตรวจสอบสถานะของ UART ใช้คำสั่ง IN ของ 8088 ถ้า
 รีจิสเตอร์พักข้อมูลภาคส่ง (transmitter holding register) ว่าง ก็สามารถส่งข้อมูลจาก CPU
 ไปยัง UART ได้ ข้อมูลชุดนี้ (1 ไบต์) จะถูกเก็บในรีจิสเตอร์พักข้อมูลภาคส่ง เมื่อ UART ส่งข้อมูลที่ได้รับ
 ก่อนหน้านั้นไปแล้วหรือไม่มีการส่งข้อมูล (สายข้อมูลออกอยู่ในสถานะโลจิก 1) ข้อมูลในรีจิสเตอร์พักข้อมูล
 ภาคส่ง ก็จะเลื่อนไปยังรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลภาคส่ง (transmitter shift register) ทำให้รีจิส-
 เตอร์ว่างพร้อมที่จะรับข้อมูลชุดถัดไป

เตอร์นำข้อมูลวางลง และพร้อมที่จะรับข้อมูลชุดต่อไป UART จะทำการใส่จำนวน start, parity และ stop bit ที่ต้องการในรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลภาคส่ง และส่งข้อมูลออกไปยังสายข้อมูลอนุกรมในต่อไป .

UART จะเก็บข้อมูลที่รับมาจากภายนอกไว้ในรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลภาครับ (receiver shift - register) หลังจากทำการตรวจสอบจำนวนของ stop bit ที่ได้รับ และ error ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นแล้ว ชุดข้อมูลนี้จะเคลื่อนไปยัง รีจิสเตอร์ข้อมูลภาคส่ง (receiver data register) คอมพิวเตอร์สามารถจะรับรู้ข้อมูลจาก UART ได้ โดยทราบจากสถานะที่พร้อมสำหรับการรับข้อมูล (receiver data-ready status) และรับข้อมูลจาก UART ไป UART จะไม่แสดงสถานะของการพร้อมสำหรับรับข้อมูล (receiver data ready) จนกว่าข้อมูลที่รับชุดถัดมาจะเคลื่อนไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ข้อมูลภาครับเสียก่อน .

ในการใช้ภาษาแอสเซมบลี สำหรับควบคุมการสื่อสาร สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. ใช้ฟังก์ชันที่มีให้ใช้อยู่แล้วในระบบจัดระบบงาน (Operating System [OS]) โดยที่เราไม่จำเป็นต้องรู้โครงสร้างของฮาร์ดแวร์เลย ซึ่ง OS อาจจะแบ่งใช้ได้โดยจะใช้ DOS และ BIOS

- บริการสำหรับการสื่อสารของดอส

ดอสมีบริการสำหรับการสื่อสารให้เรียกใช้เพียง 2 ฟังก์ชันเท่านั้นคือ ฟังก์ชันที่ 3 และ 4 นอกจากนั้นดอสถือเสมือนว่าช่องการสื่อสารคือแฟ้ม ๆ หนึ่ง ดังนั้น บริการของดอสเกี่ยวกับการอ่านหรือเขียนแฟ้มสามารถนำมาใช้กับช่องทางการสื่อสารได้

ฟังก์ชัน 3 ของดอส (Int 21H, AH=3) รับอักขระจาก Auxiliary device (หรือช่องการสื่อสารแบบอนุกรม) มาเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ AL

ฟังก์ชัน 4 ของดอส (Int 21H, AH=4) ส่งอักขระใน AL ออกไปที่ Auxiliary device

- บริการสำหรับการสื่อสารของไบออส (BIOS)

ไบออสมีบริการเกี่ยวกับการสื่อสารให้เลือกใช้คือ อินเตอร์รัทที่ 14H โดยมีฟังก์ชันให้ 3 อัน คือ

AH = 0 สำหรับตั้งค่าพารามิเตอร์

AH = 1 ส่งอักขระ AL ออกไปที่ช่องทางออกอนุกรม

AH = 2 รับอักขระจากพอร์ตอนุกรมเข้ามาที่ AL

2. ใช้วิธีการควบคุมการทำงานของอะซิงโครนัสอะแดปเตอร์โดยตรง สิ่งที่เราจำเป็นต้องรู้ ก็คือ การทำงานของ 8250 และตำแหน่งที่อยู่ของรีจิสเตอร์ต่าง ๆ ของ 8250

สำหรับในโครงการนี้ ใช้วิธีการควบคุมแบบที่ 2 ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดต่อไป ส่วนแบบที่ 1 จะไม่กล่าวถึงรายละเอียดในที่นี้ .

7.3 การโปรแกรม 8250

8250 มีรีจิสเตอร์อยู่ 10 ชุด ที่เกี่ยวข้องกับ 8088 ดังแสดงในตาราง 7.6 สังเกตได้ว่าบิตสูงสุด (high order bit) ของ รีจิสเตอร์ควบคุมสายส่งสัญญาณ (Line-Control register) จะต้องเซ็ท

เป็น 1 ในกรณีต้องการเปลี่ยนแปลงรีจิสเตอร์ตัวหารอัตราบิต (baud rate-divisor register) และถูกเซ็ทเป็น 0 ในกรณีอื่น ๆ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I/O Port Address	Input or Output	Register Selected
3F8H*	Output	Transmitter Holding Register
3F8H*	Input	Receiver Data Register
3F8H†	Output	Baud-Rate Divisor (LSB)
3F9H†	Output	Baud-Rate Divisor (MSB)
3F9H*	Output	Interrupt-Enable Register
3FAH	Input	Interrupt-Identification Register
3FBH	Output	Line-Control Register
3FCH	Output	Modem-Control Register
3FDH	Input	Line-Status Register
3FEH	Input	Modem-Status Register

* Bit 7 of the line-control register = 0
 † Bit 7 of the line-control register = 1

ตาราง 7.6 แสดงตำแหน่งที่อยู่ของรีจิสเตอร์ใน 8250 และการควบคุม

ในระหว่างการทำงานของโปรแกรมสื่อสาร Line-Status Register ถูกใช้งานโดย 8088 ในการรับและส่งข้อมูล เพื่อแสดงว่า ข้อมูลที่จะส่งนั้นออกจาก transmitter holding register หรือยัง และข้อมูลที่ได้รับมาแล้ว มาจาก receiver data register หรือยัง

Modem-Status register มีไว้เพื่อให้ทราบการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่เกี่ยวข้องกับ Modem เมื่อมีการใช้สัญญาณ Modem Control signals

ถ้าโปรแกรมมีการใช้อินเทอร์รัพท์ Interrupt-Identification Register จะแสดงถึงอินเทอร์รัพท์ประเภทต่าง ๆ

การโปรแกรมตัวกำเนิดอัตราบอด (Baud Rate Generator)

เป็นพารามิเตอร์อันแรกที่จะต้องคำนึงถึงในการใช้งาน 8250 สำหรับการสื่อสารแบบอนุกรม เพื่อให้ระบบทั้งฝ่ายรับและส่งมีความสัมพันธ์กัน พารามิเตอร์นี้เป็นการหารตัวกำเนิดความถี่ 1.843 MHz เพื่อให้ได้อัตราบอดที่ต้องการ ดังแสดงในตาราง 7.7 แสดงถึงค่า MSB และ LSB ต่าง ๆ และอัตราบอดที่ต้องการ

ในการกำหนดตัวหารอัตราบอด (baud-rate divisor) จะต้องเซตบิตสูงสุด (bit 7) ของ Line Control Register เป็น 1 โดยใช้คำสั่ง OUT ที่แอดเดรส 3FBH เราสามารถแก้ไข LSB และ MSB ค่าต่าง ๆ ที่แอดเดรส 3F8H และ 3F9H โดยกำหนดค่าตามตาราง

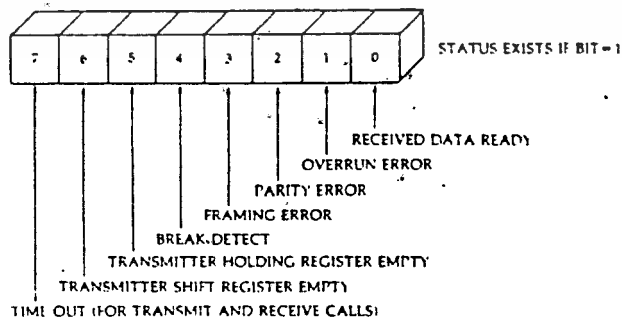
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Desired Baud Rate	Value for Baud-Rate-Divisor Registers	
	MSB	LSB
50	09H	00H
75	06H	00H
110	04H	17H
134.5	03H	59H
150	03H	00H
300	01H	80H
600	00H	COH
1200	00H	60H
1800	00H	40H
2000	00H	3AH
2400	00H	30H
3600	00H	20H
4800	00H	18H
7200	00H	10H
9600	00H	0CH

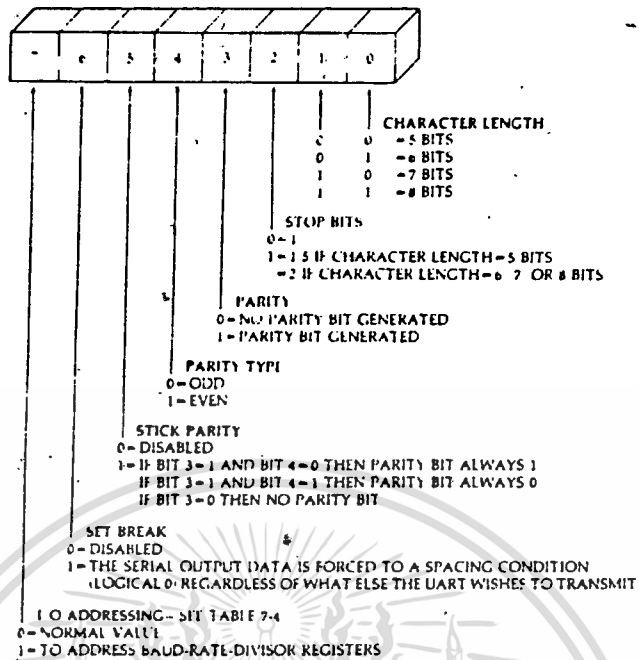
ตาราง 7.7 แสดงค่า Baud Rate Divisor

รีจิสเตอร์บอกสถานะของการรับส่ง [Line-Status Register (LSR)]

รีจิสเตอร์แสดงถึงสถานะต่าง ๆ ของข้อมูลที่ได้รับมา อยู่ที่แอดเดรส 3FDH



รูป 7.8 แสดง Line-Status Register



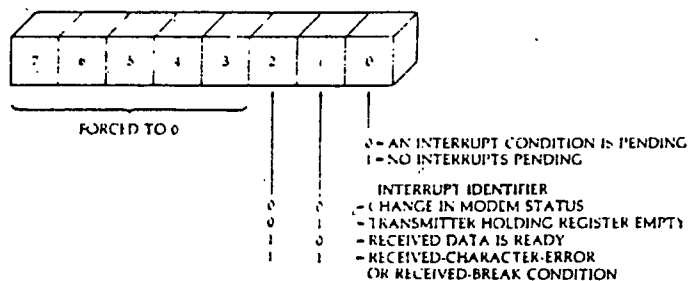
รูป 7.9 แสดง Line-control Register

รีจิสเตอร์ควบคุมการรับส่ง [Line-Control Register (LCR)]

รีจิสเตอร์นี้เป็นการกำหนดคุณสมบัติต่าง ๆ คือ ความยาวของอักขระ, จำนวนบิตสิ้นสุดและชนิดของพาริตี ดังรูป 7.9

รีจิสเตอร์บอกชนิดของอินเทอร์รัพท์ [Interrupt-Identification Register (IIR)]

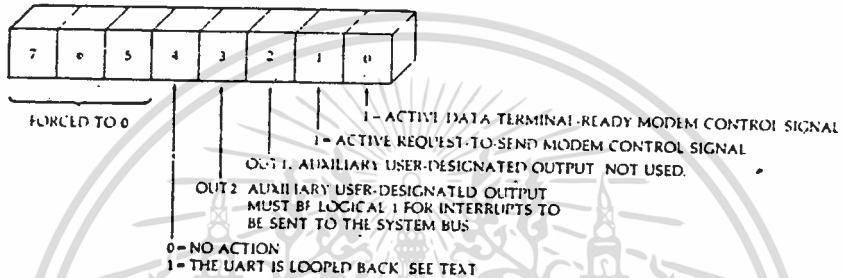
อยู่ที่แอดเดรส 3FAH มีหน้าที่บอกถึงสาเหตุเงื่อนไขของการอินเทอร์รัพท์



รูป 7.10 แสดง Interrupt-Identification Register

รีจิสเตอร์ควบคุมโมเด็ม [Modem-Control Register (MCR)]

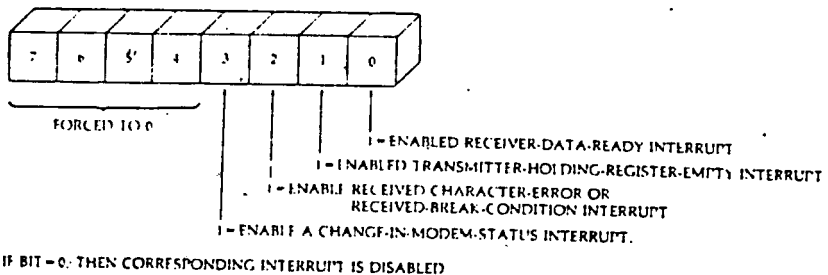
อยู่ที่แอดเดรส 3FCH เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมสัญญาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการติดต่อกับ Modem โดยเฉพาะสัญญาณสำคัญ ก็คือ Data Terminal Ready และ Request To Send (ในโครงงานนี้ใช้เฉพาะ Data Terminal Ready)



รูป 7.11 แสดง Modem-Control Register

รีจิสเตอร์ควบคุมการเกิดอินเตอร์รัพท์ [Interrupt-Enable Register (IER)]

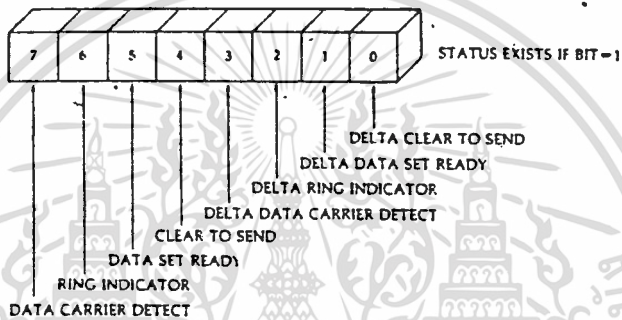
อยู่ที่แอดเดรส 3F9H ใช้ bit 7=0 รีจิสเตอร์นี้เป็นตัวสร้างและกำหนดการอินเตอร์รัพท์ต่าง ๆ



รูป 7.12 แสดง Interrupt-Enable Register

รีจิสเตอร์บอกสถานะภาพของโมเด็ม [Modem-Status Register (MSR)]

อยู่ที่แอดเดรส 3FEH เป็นรีจิสเตอร์ที่แสดงสถานะต่าง ๆ ของสัญญาณที่ได้รับมาจาก Modem สัญญาณสำคัญที่เกี่ยวข้องของในโครงงานนี้ ก็คือ Clear To Send, Ring Indicator และ Data Carrier - Detect .



รูป 7.13 แสดง Modem-Status Register

รีจิสเตอร์รับข้อมูลภาครับ [Receiver Data Register] และ

รีจิสเตอร์นำข้อมูลภาคส่ง [Transmitter Holding Register]

อยู่ที่แอดเดรส 3F9H ในกรณีที่เป็น Input แสดงถึงชุดข้อมูลที่ได้รับมา ใช้ Read เท่านั้น ส่วนในกรณีที่เป็น Output แสดงถึงชุดข้อมูลที่จะส่งออกไป ใช้ Write เท่านั้น .

บทที่ 8

โปรแกรม, การทดลอง และผลการทดลอง

8.1 ลักษณะโปรแกรมที่ใช้

โปรแกรมที่ใช้ในโครงการนี้ ใช้ควบคุมอะแดปเตอร์สื่อสารแบบอนุกรม ของเครื่องไอบีเอ็ม พีซี ซึ่งได้กล่าวรายละเอียดไปบ้างพอสมควรในบทที่ 7 .

โปรแกรมที่ใช้แบ่งได้เป็นโปรแกรมฝ่ายเริ่มต้น (Originate) และโปรแกรมฝ่ายตอบรับ (Answer) สำหรับหน้าที่หลักของโปรแกรมจะใช้ควบคุมให้คอมพิวเตอร์ทำการส่งตัวอักษรออกไปตามจำนวนที่ได้กำหนดไว้ แล้วมีการตรวจสอบตัวอักษรที่เกิดการผิดพลาด (error) ขึ้น เป็นการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของโมเด็ม ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 8.1

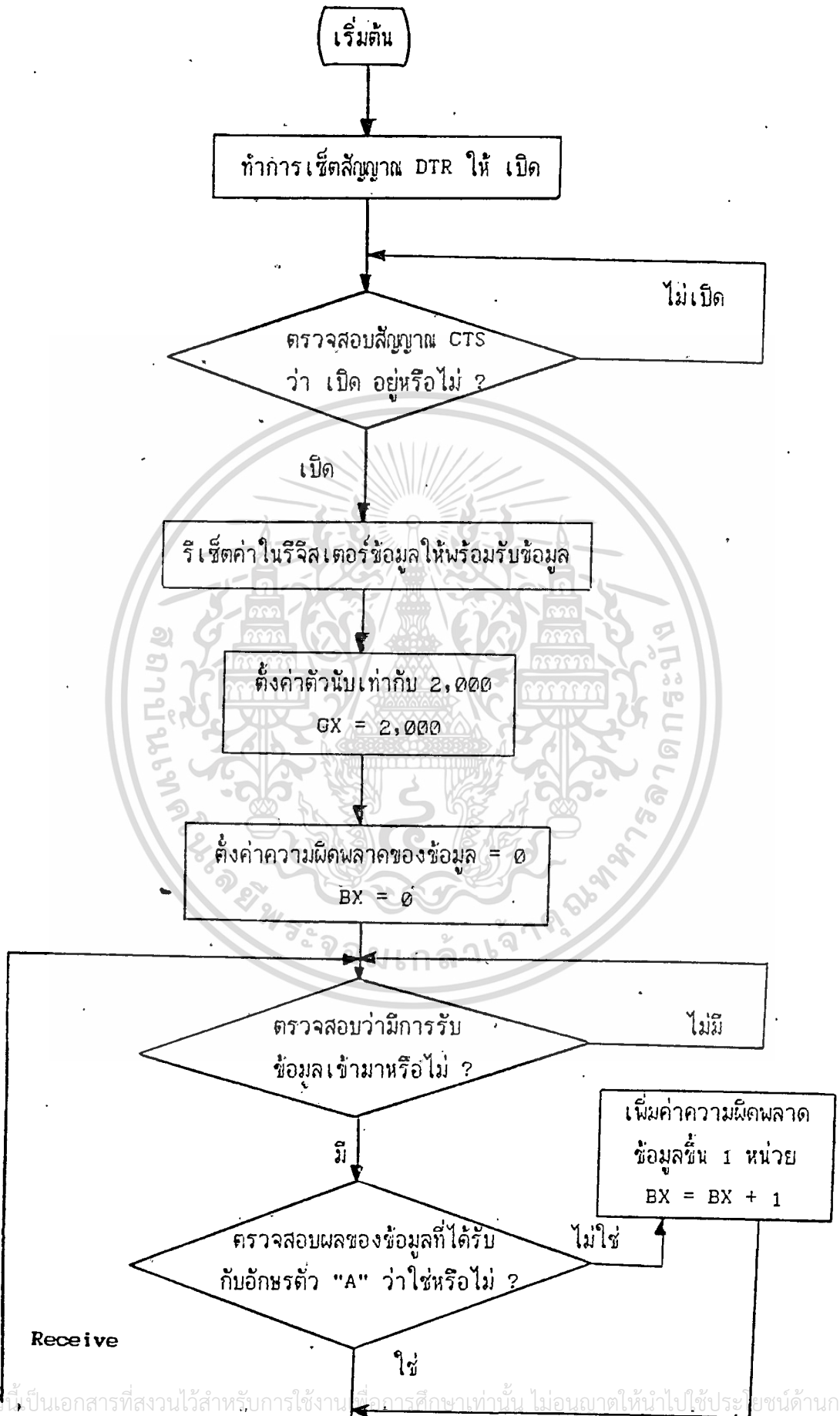


รูปที่ 8.1 แสดงลักษณะการทำงานของโปรแกรมที่ใช้ตรวจสอบการผิดพลาด

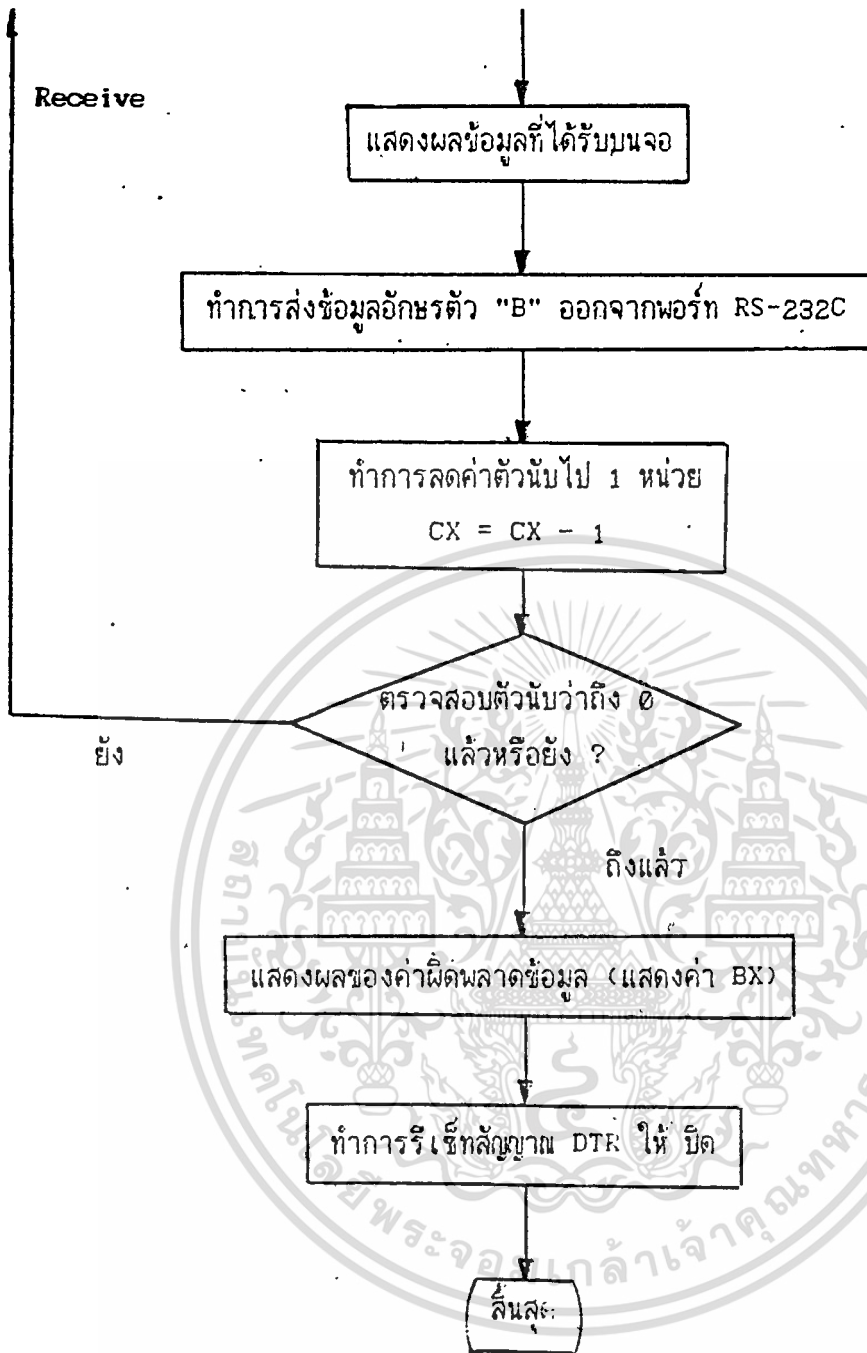
สำหรับโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานทางฝ่ายเริ่มต้น และทางฝ่ายตอบรับแสดงได้โดยฟลิวชาร์ท (Flow chart) ดังรูปที่ 8.2 และรูปที่ 8.3

จากฟลิวชาร์ทและโปรแกรมจากภาคผนวก ก สามารถอธิบายการทำงานของโปรแกรมแต่ละส่วนได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

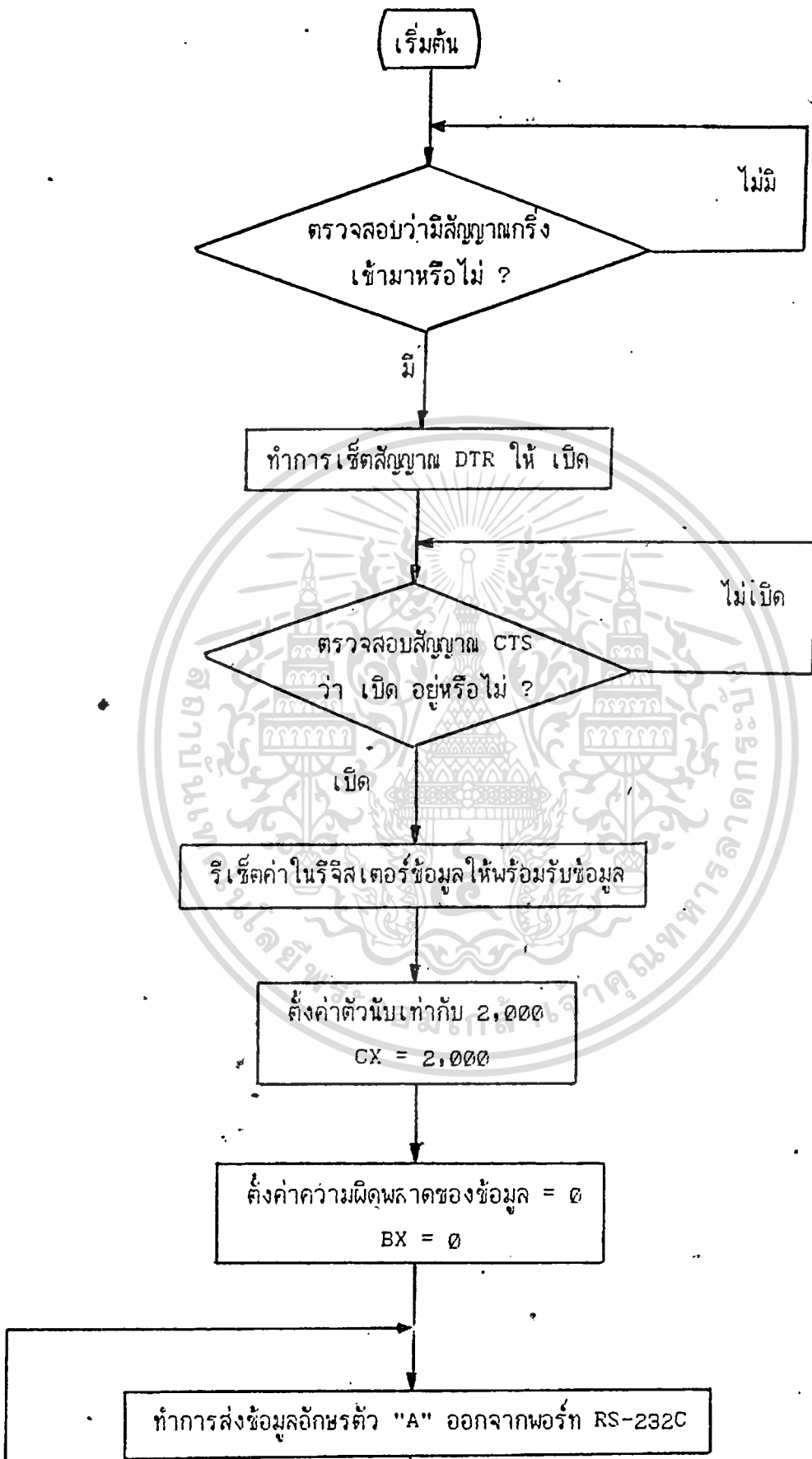


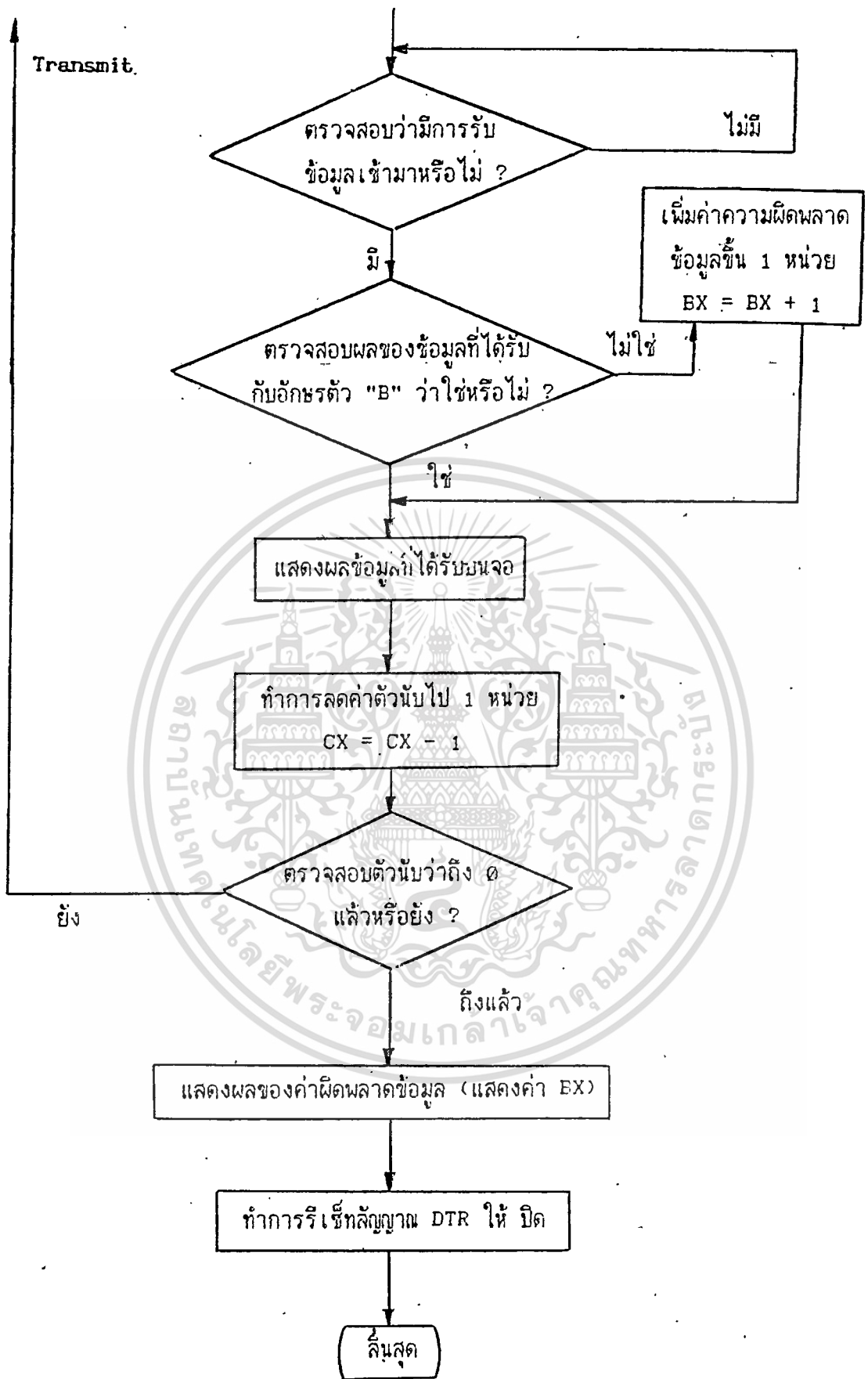
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.2 โฟล์วชาร์ท แสดงโปรแกรมทางฝ่ายเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสาร **รูปที่ 8.3** **ไฟล์ซาร์ท** แสดงโปรแกรมทางฝ่ายตอบรับให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.1.1 ส่วนของโปรแกรมฝ่ายเริ่มต้น (Originate)

- 1) ส่วนที่ 1 (Part 1) เป็นการแสดงบทแนะนำของโปรแกรมฝ่ายส่งบนจอ
- 2) ส่วนที่ 2 (Part 2) เป็นการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของ DTE ก็คือ
 - อัตราการส่งข้อมูล 300 บิตต่อวินาที
 - ข้อมูลมี 8 บิต, บิตสิ้นสุด 2 บิต, ไม่มีการเช็คพาริตี

นอกจากนี้ยังมีการให้กำเนิดสัญญาณควบคุมโมเด็ม คือสัญญาณ DTR และรอกอยสัญญาณ CTS จากโมเด็ม .

3) ส่วนที่ 3 (Part 3) มีการกำหนดให้ทางฝ่ายส่งรอรับข้อมูลจากฝ่ายรับก่อน เมื่อได้รับข้อมูล (อักขระ) ตัวแรกแล้วจะมีการแสดงผลบนจอและเปรียบเทียบกับอักขระที่กำหนดไว้ ในที่นี้คือ ตัวอักษร A ว่าเหมือนกันหรือไม่ ถ้าเหมือนกันแสดงว่าการรับถูกต้อง แต่ถ้าต่างกัน แสดงว่าเป็น error เมื่อขั้นตอนการรับผ่านพ้นไป ก็จะเป็นการส่งอักขระที่กำหนดไว้ ก็คือตัวอักษร B 1 ตัว ไปยังฝ่ายตอบรับ ในการทำงานส่วนที่ 3 นี้ จะมีลักษณะเป็นลูป คือ รอรับ, แสดงผล, เช็ค error และส่งตัวอักษรออกไป วนเวียนไปจนครบ 2000 ครั้ง ซึ่งก็คือส่งและรับอักขระจำนวนทั้งสิ้น 2000 ตัวนั่นเอง .

4) ส่วนที่ 4 (Part 4) เป็นการแสดงจำนวน error ที่เกิดขึ้น โดยเรียกโปรแกรมย่อยแปลงจำนวน error ซึ่งเป็นเลขฐานสองให้เป็นเลขฐานสิบแล้วแสดงผลบนจอ นอกจากนี้ยังมีการยกเลิกสัญญาณควบคุมต่าง ๆ เป็นการสิ้นสุดการทำงานของโปรแกรม .

8.1.2 ส่วนของโปรแกรมฝ่ายตอบรับ (Answer)

1) ส่วนที่ 1 เหมือนกับโปรแกรมฝ่ายเริ่มต้น

2) ส่วนที่ 2 มีการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เหมือนกับโปรแกรมฝ่ายเริ่มต้น เพื่อให้ทำงานสัมพันธ์กัน แต่เนื่องจากต้องการให้ฝ่ายรับ มีการทำงานแบบ ตอบรับอัตโนมัติ คือโมเด็มสามารถเข้าสู่สภาวะ "off-hook" ได้ โดยผู้ใช้งานฝ่ายตอบรับไม่ต้องยกหูโทรศัพท์ขึ้น เพียงแต่ทำการ RUN โปรแกรมไว้ และรอสัญญาณกระดิ่งเรียกมาเท่านั้น ดังนั้นในส่วนที่ 2 นี้จะมีการกำหนดให้ฝ่ายตอบรับ ทำการรอสัญญาณกระดิ่ง เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งครั้งแรกดังขึ้น ก็จะทำให้เกิดสัญญาณ RI ไปควบคุมสัญญาณ DTR และทำการรอกอยสัญญาณ CTS จากโมเด็ม .

3) ส่วนที่ 3 จะมีการเคลียร์รีจิสเตอร์รับข้อมูลให้ว่างก่อน จากนั้นจะทำการส่งอักขระที่กำหนดไว้คือ ตัวอักษร A ออกไปก่อน แล้วรอรับอักขระที่ส่งมาจากฝ่ายเริ่มต้น จากนั้นจึงทำการแสดงผลบนจอ เปรียบเทียบกับอักขระที่กำหนดไว้ คือ ตัวอักษร B ว่าเหมือนกันหรือไม่เช่นเดียวกับฝ่ายเริ่มต้น การทำงานในส่วนที่ 3 ของฝ่ายตอบรับที่ทำงานเป็นลูปก็คือ ส่งอักขระออกไป, รอรับ, แสดงผล, เปรียบเทียบ วนเวียนไปจนครบ 2000 ครั้ง .

4) ส่วนที่ 4 เหมือนกับโปรแกรมฝ่ายเริ่มต้น .

สำหรับการทำงานของโปรแกรมแต่ละบรรทัดของแต่ละส่วนนั้น ได้กล่าวโดยละเอียดไว้แล้วในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าภาคผนวก ก .

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2 การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองจะเป็นการทดสอบและหาค่าผิดพลาดในการทำงานรับ-ส่ง ข้อมูลของโมเด็ม โดยทำการทดลองต่อโมเด็ม เข้ากับสายโทรศัพท์ แล้วทำการทดสอบในสถานที่ต่าง ๆ ดังนี้

8.2.1 ฝ่ายเริ่มต้น (Originate) : 326-9080 ต่อ 269

ฝ่ายตอบรับ (Answer) : 326-9080 ต่อ 264

การทดลอง	ค่าผิดพลาดของฝ่ายเริ่มต้น		ค่าผิดพลาดของฝ่ายตอบรับ	
	จำนวนตัว	เปอร์เซ็นต์	จำนวนตัว	เปอร์เซ็นต์
1	0	0 %	0	0 %
2	0	0 %	0	0 %
3	0	0 %	0	0 %
4	0	0 %	0	0 %
5	0	0 %	0	0 %
ผลรวม	0	0 %	0	0 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2.2 ฝ่ายเริ่มต้น (Originate) : 326-9080 ต่อ 269

ฝ่ายตอบรับ (Answer) : 215-7661 (ย่านอรุณงษ์)

การทดลอง

ค่าผิดพลาดของฝ่ายเริ่มต้น

ค่าผิดพลาดของฝ่ายตอบรับ

ครั้งที่

จำนวนตัว

เปอร์เซ็นต์

จำนวนตัว

เปอร์เซ็นต์

1	0	0 %	0	0 %
2	0	0 %	0	0 %
3	0	0 %	0	0 %
4	0	0 %	0	0 %
5	1	0.05 %	0	0 %

ผลรวม

1

0.01 %

0

0 %

ตารางแสดงผลการทดลอง 8.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2.3 ฝ่ายเริ่มต้น (Originate) : 326-9080 ต่อ 269

ฝ่ายตอบรับ (Answer) : 466-6872 (ย่าาาาาา)

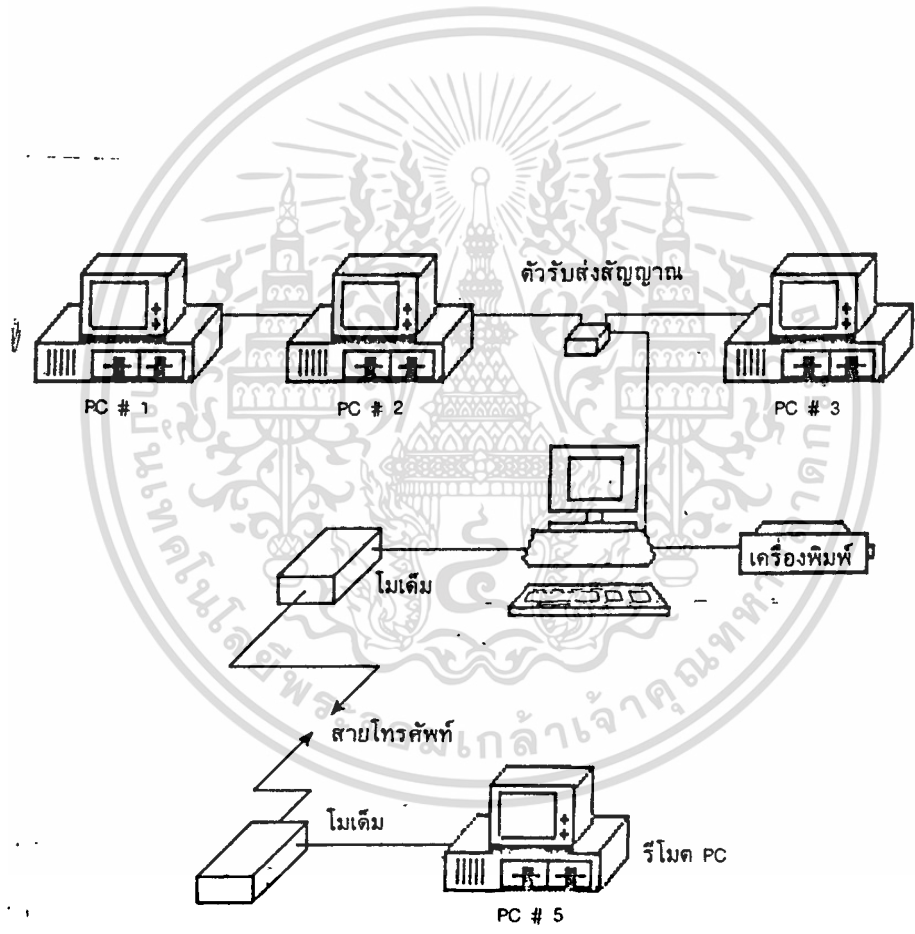
การทดลอง	ค่าผิดพลาดของฝ่ายเริ่มต้น		ค่าผิดพลาดของฝ่ายตอบรับ	
	ครั้งที่	จำนวนตัว	เปอร์เซ็นต์	จำนวนตัว	เปอร์เซ็นต์
1	0	0 %	0	0 %
2	0	0 %	0	0 %
3	0	0 %	0	0 %
4	0	0 %	0	0 %
5	0	0 %	1	0.05 %
ผลรวม	0	0 %	1	0.01 %

ตารางแสดงผลการทดลอง 8.2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีฉุกเฉินเพื่อตรวจสอบและแก้ไข ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางธุรกิจ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 9 สรุปผลและวิจารณ์

จากการทดลองตรวจสอบการทำงานของโมเด็มในสถานที่ต่าง ๆ นั้น ผลการทดลองที่ได้พบว่า โมเด็มทำงานได้มีประสิทธิภาพดี (มีข้อผิดพลาดในการส่งข้อมูลน้อย) ดังนั้นจึงสามารถนำโมเด็มนี้ไปประยุกต์ใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่น ๆ เป็นระบบได้ โดยมีการโปรแกรมควบคุมที่ผู้ใช้ต้องการ เช่น ใช้งานในระบบของ LAN (Local Area Network) ดังรูปที่ 9.1



รูปที่ 9.1 แสดงการใช้งานโมเด็มในระบบของ LAN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปคุณสมบัติและจุดประสงค์ของโมเด็มในโรงงาน ได้ดังนี้ .

- 1) ใช้ ไอซี TMS 99532 Single Chip MODEM ทำการรับ-ส่งข้อมูลในอัตรา 300 บิตต่อวินาที ใช้การแปลงสัญญาณแบบความถี่ FSK (Frequency Shift Keying) ตามมาตรฐานของ Bell 103 .
- 2) เป็นการต่อโมเด็ม เข้ากับคู่สายโทรศัพท์แบบต่อโดยตรง (Direct Connect MODEM) ทำให้ลดสัญญาณรบกวนที่เข้ามาจากตัวเครื่องโทรศัพท์ไปได้ เป็นผลให้การทำงานของโมเด็มมีประสิทธิภาพได้ดีขึ้น .
- 3) จุดประสงค์ของโปรแกรมในโรงงานนี้นั้น เป็นการตรวจสอบการทำงานของโมเด็ม ซึ่งในการใช้งานโมเด็มอย่างมีประสิทธิภาพนั้น จะใช้โปรแกรมควบคุมการทำงานในลักษณะรับ-ส่งข้อมูล ที่สำคัญ ๆ เช่น ส่งโปรแกรมแบบเป็นไฟล์ (file) หรือ โปรแกรมที่ใช้ควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ LAN .
- 4) เป็นการใช้ ระบบตอบรับอัตโนมัติ (Auto Answer) ซึ่งเป็นการทำงานโดยทางฝ่ายตอบรับ (answer) ไม่จำเป็นต้องมีเจ้าหน้าที่ควบคุมอยู่ นับว่าเป็นการพัฒนาโปรแกรมที่ช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งาน ในอีกระดับหนึ่ง .

ภาคผนวก ก

โปรแกรมการใช้งาน



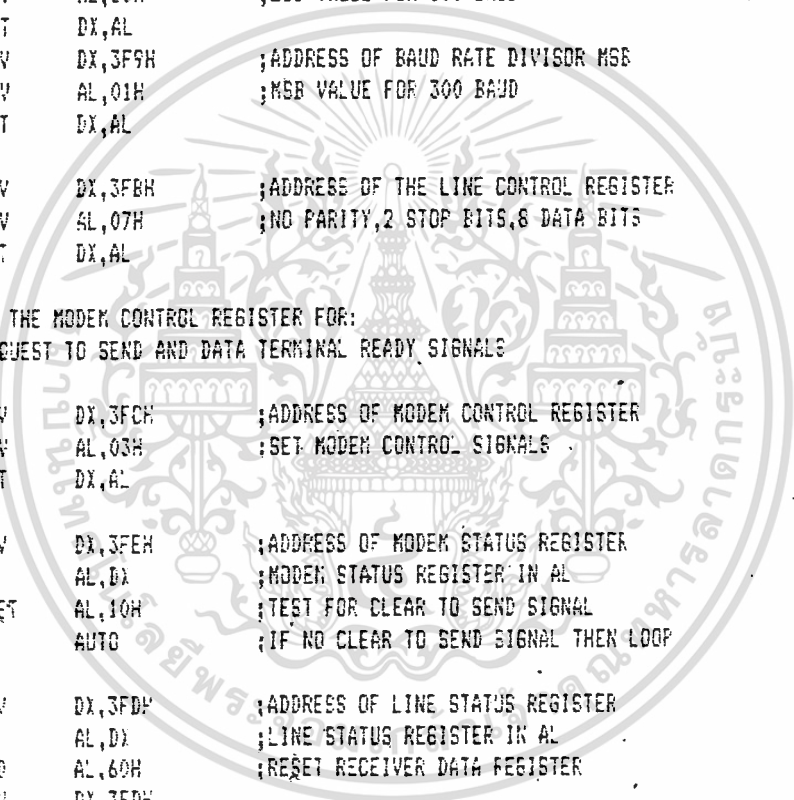
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
1 ;*****
2 ;
3 ;ORIGINATE:This program use for check error characters that receive from answer MODEM.
4 ;     And send "B" character to answer MODEM.
5 ;     Use 300 bps,no parity,2 stop bits,8 data bits.
6 ;
7 ;*****
8 ;
9 STACK  SEGMENT PARA STACK 'STACK'
10        DB      256      DUP(0) ;256 BYTES OF STACK SPACE
11 STACK  ENDS
12 ;
13 DATA  SEGMENT PARA PUBLIC 'DATA'
14 ;
15 MSG0 DB 'THIS PROGRAM :-','$'
16 MSG1 DB 'SEND "B" 2000 CHARACTERS AND RECEIVE "A" 2000 CHARACTERS','$'
17 MSG2 DB '===== RECEIVE DATA =====','$'
18 MSG3 DB '=====','$'
19 MSG4 DB 'NUMBER OF ERROR CHARACTERS = ','$'
20 ;
21 DATA  ENDS
22 ;
23 CODE   SEGMENT PARA PUBLIC 'CODE'
24 START  PROC   FAR
25 ;
26        ASSUME  CS:CODE
27        PUSH    DS           ;SAVE PSP SEG ADDR
28        MOV     AX,0
29        PUSH    AX           ;SAVE RET ADDR OFFSET (PSP+0)
30        MOV     AX,DATA
31        MOV     DS,AX        ;ESTABLISH DATA SEG ADDRESSABILITY
32        ASSUME  DS:DATA
33        MOV     ES,A7        ;ESTABLISH EXTRA SEG ADDRESSABILITY
34        ASSUME  ES:DATA
35 ;-----
36 ;PART 1: DISPLAY THE INTRODUCTION OF THIS PROGRAM
37 ;-----
38 ;
39        MOV     DX,OFFSET MSG0
40        CALL    DISPLAY      ;DISPLAY THE MASSEGE 0
41        CALL    CR_LF        ;PRINT CR AND LF
42        MOV     DX,OFFSET MSG1
43        CALL    DISPLAY      ;DISPLAY THE MASSEGE 1
44        CALL    CR_LF        ;PRINT CR AND LF
45        MOV     DX,OFFSET MSG2
46        CALL    DISPLAY      ;IISPLAY THE MASSEGE 2
47        CALL    CR_LF        ;PRINT CR AND LF
48 ;
49 ;-----
50 ;PART 2: INITIALIZE THE 8250 UART FOR:
```

```

51 ;      8 DATA BITS,2 STOP BITS,NO PARITY,AND 300 BPS
52 ;-----
53 ;
54     MOV     DX,3FBH      ;ADDRESS OF LINE CONTROL REGISTER
55     MOV     AL,80H
56     OUT     DX,AL       ;TO ADDRESS BAUD RATE DIVISOR REGISTERS
57     MOV     DX,3FBH      ;ADDRESS OF BAUD RATE DIVISOR LSE
58     MOV     AL,80H       ;LSB VALUE FOR 300 BAUD
59     OUT     DX,AL
60     MOV     DX,3F9H      ;ADDRESS OF BAUD RATE DIVISOR MSE
61     MOV     AL,01H       ;MSB VALUE FOR 300 BAUD
62     OUT     DX,AL
63 ;
64     MOV     DX,3FBH      ;ADDRESS OF THE LINE CONTROL REGISTER
65     MOV     AL,07H       ;NO PARITY,2 STOP BITS,8 DATA BITS
66     OUT     DX,AL
67 ;
68 ;INITIALIZE THE MODEM CONTROL REGISTER FOR:
69 ;   REQUEST TO SEND AND DATA TERMINAL READY SIGNALS
70 ;
71     MOV     DX,3FCH      ;ADDRESS OF MODEM CONTROL REGISTER
72     MOV     AL,03H       ;SET MODEM CONTROL SIGNALS
73     OUT     DX,AL
74 ;
75 AUTO:  MOV     DX,3FEH      ;ADDRESS OF MODEM STATUS REGISTER
76         IN      AL,DX       ;MODEM STATUS REGISTER IN AL
77         TEST    AL,10H      ;TEST FOR CLEAR TO SEND SIGNAL
78         JE      AUTO        ;IF NO CLEAR TO SEND SIGNAL THEN LOOP
79 ;
80     MOV     DX,3FDH      ;ADDRESS OF LINE STATUS REGISTER
81     IN      AL,DX       ;LINE STATUS REGISTER IN AL
82     AND     AL,60H       ;RESET RECEIVER DATA REGISTER
83     MOV     DX,3FDH
84     OUT     DX,AL
85 ;
86 ;-----
87 ;PART 3: SEND 2000 'B' CHARACTERS AND RECEIVE 2000 'A' CHARACTERS
88 ;   DISPLAY THE RECEIVED DATA AND CHECK THE ERROR CHARACTERS
89 ;-----
90 ;
91     MOV     CX,2000      ;NO. OF CHARACTERS
92     MOV     BX,0         ;NO. OF COUNT
93 FOREVER: MOV     DX,3FDH      ;ADDRESS OF LINE STATUS REGISTER
94           IN      AL,DX       ;LINE STATUS REGISTER IN AL
95           TEST    AL,01H      ;TEST FOR RECEIVER DATA READY
96           JE      FOREVER
97 ;
98     MOV     DX,3FBH      ;ADDRESS OF THE RECEIVER DATA REGISTER
99     IN      AL,DX       ;AL HAS THE RECEIVED CHARACTER
100    MOV     DL,AL        ;RECEIVED CHARACTER IN DL
101    MOV     AH,02        ;DISPLAY FUNCTION MS-DOS

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในวงจำกัดให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 การพาณิชย์ใดๆอย่างอื่น มิอาจมีให้ตัดแต่งหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TURBO PASCAL Program Lister, Copyright 1983 Borland International Page 3
 Listing of: ORIGIN.PAS

```

102     INT     21H           ;CALL DOS
103     MOV     DX,3FBH      ;ADDRESS OF THE RECEIVER DATA REGISTER
104     IN      AL,DX        ;AL HAS THE RECEIVED CHARACTER
105     CMP     AL,'A'       ;COMPARE WITH "A" CHARACTER
106     JE      MATCH       ;IF IT IS "A" THEN MATCH
107     INC     BX           ;IF IT IS NOT "A" THEN INCREASE COUNT
108 MATCH: MOV     DX,3FBH      ;ADDRESS OF TRANSMITTER HOLDING REGISTER
109     MOV     AL,'B'       ;"B" CHARACTER IN AL
110     OUT     DX,AL        ;TRANSMIT "B" CHARACTER
111     LOOP    FOREVER
112 ;

```

 114 ;PART 4: DISPLAY TO THE SCREEN
 115 ;-----

```

116 ;
117     CALL    CR_LF        ;PRINT CR AND LF
118     MOV     DX,OFFSET MSG7 ;DISPLAY THE MASSEGE 4
119     CALL    DISPLAY      ;PRINT CR AND LF
120     CALL    CR_LF
121 ;
122     MOV     DX,OFFSET MSG4 ;DISPLAY THE MASSEGE 5
123     CALL    DISPLAY
124     CALL    ERROR        ;NO. OF ERROR
125     CALL    CR_LF        ;PRINT CR AND LF
126 ;
127     MOV     DX,3FCH      ;ADDRESS OF MODEM CONTROL REGISTER
128     MOV     AL,0         ;RESET MODEM CONTROL SIGNALS
129     OUT     DX,AL
130 ;
131     MOV     AH,4CH       ;TERMINATE PROGRAM
132     MOV     AL,01
133     INT     21H
134 ;

```

 136 ;
 137 ;-----
 138 ;=====

139 ; SUBROUTINE TO DISPLAY THE MASSEGE TO SCREEN

```

140 ;
141 ;
142 ;
143     MOV     AH,09        ;DISPLAY FUNCTION CODE
144     INT     21H         ;CALL DOS
145     RET                    ;RETURN TO THE CALLER OF 'DISPLAY'
146 DISPLAY ENDP
147 ;

```

 148 ;
 149 ;
 150 ;=====

```

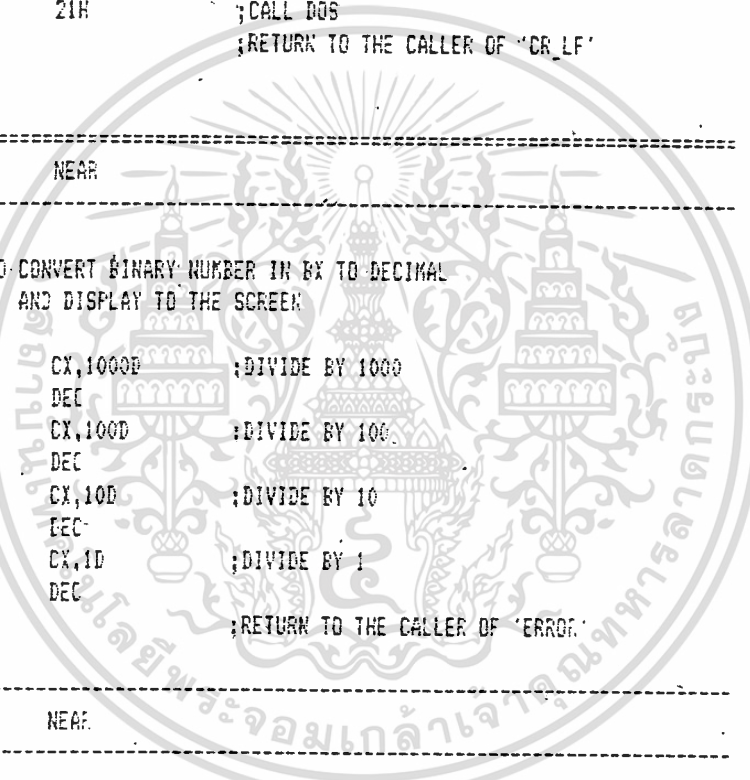
151 CR_LF PROC NEAR
152 ;

```

```

153 ;
154 ;SUBROUTINE TO PRINT CARRIAGE RETURN AND LINEFEED
155 ;
156     MOV     DL,0DH           ;CARRIAGE RETURN
157     MOV     AH,02           ;DISPLAY FUNCTION MS-DOS
158     INT     21H             ;CALL DOS
159     MOV     DL,0AH           ;LINE FEED
160     MOV     AH,02           ;DISPLAY FUNCTION MS-DOS
161     INT     21H             ;CALL DOS
162     RET
163 CR_LF  ENDP
164 ;
165 ;=====
166 ERROR  PROC    NEAR
167 ;-----
168 ;
169 ;SUBROUTINE TO CONVERT BINARY NUMBER IN BX TO DECIMAL
170 ; AND DISPLAY TO THE SCREEN
171 ;
172     MOV     CX,1000H        ;DIVIDE BY 1000
173     CALL    DEC             ;
174     MOV     CX,100H         ;DIVIDE BY 100
175     CALL    DEC             ;
176     MOV     CX,10H          ;DIVIDE BY 10
177     CALL    DEC             ;
178     MOV     CX,1H           ;DIVIDE BY 1
179     CALL    DEC             ;
180     RET                     ;RETURN TO THE CALLER OF 'ERROR'
181 ;
182 ;-----
183 DEC    PROC    NEAR
184 ;-----
185 ;
186     MOV     AX,BX           ;NUMBER HIGH HALF
187     MOV     DX,0            ;ZERO OUT LOW HALF
188     DIV     CX              ;DIVIDE BY CX
189     MOV     BX,DX           ;REMAINDER INTO BX
190     MOV     DL,AL           ;QUOTIENT INTO DL
191     ADD     DL,30H          ;CONVERT TO ASCII
192     MOV     AH,2H           ;DISPLAY FUNCTION
193     INT     21H             ;CALL DOS
194     RET                     ;RETURN FROM 'ERROR'
195 DEC    ENDP
196 ;
197 ;-----
198 ERROR  ENDP
199 ;=====
200 ;
201 START  ENDP
202 CODE   ENDS
203       END     START

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 หรือการพาณิชย์ใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TURBO PASCAL Program Lister, Copyright 1983 Borland International Page 1
 Listing of: ANSWER.PAS

```

1 ;*****
2 ;
3 ;ANSWER--This program use for check error characters that receive from originate MODEM.
4 ; And send "A" character to originate MODEM.
5 ; Use 300 bps,no parity,2 stop bits,8 data bits.With RING INDICATOR
6 ;
7 ;*****
8 ;
9 STACK SEGMENT PARA STACK 'STACK'
10 DB 256 DUP(0) ;256 BYTES OF STACK SPACE
11 STACK ENDS
12 ;
13 DATA SEGMENT PARA PUBLIC 'DATA'
14 ;
15 MSG0 DB 'THIS PROGRAM :-','$'
16 MSG1 DB 'SEND "A" 2000 CHARACTERS AND RECEIVE "B" 2000 CHARACTERS','$'
17 MSG2 DB ' [WAIT FOR RINGING SIGNAL]','$'
18 MSG3 DB '===== RECEIVE DATA =====','$'
19 MSG4 DB '=====','$'
20 MSG5 DB 'NUMBER OF ERROR CHARACTERS = ','$'
21 ;
22 DATA ENDS
23 ;
24 CODE SEGMENT PARA PUBLIC 'CODE'
25 START PROC FAR
26 ;
27 ASSUME CS:CODE
28 PUSH DS ;SAVE PSP SEG ADDR
29 MOV AX,0
30 PUSH A) ;SAVE RET ADDR OFFSET (PSP+0)
31 MOV AX,DATA
32 MOV DS,AX ;ESTABLISH DATA SEG ADDRESSABILITY
33 ASSUME DS:DATA
34 MOV ES,AX ;ESTABLISH EXTRA SEG ADDRESSABILITY
35 ASSUME ES:DATA
36 ;-----
37 ;PART 1: DISPLAY THE INTRODUCTION OF THIS PROGRAM
38 ;-----
39 ;
40 MOV DX,OFFSET MSG0
41 CALL DISPLAY ;DISPLAY THE MASSEGE 0
42 CALL CR_LF ;PRINT CR AND LF
43 MOV DX,OFFSET MSG1
44 CALL DISPLAY ;DISPLAY THE MASSEGE 1
45 CALL CR_LF ;PRINT CR AND LF
46 MOV DX,OFFSET MSG2
47 CALL DISPLAY ;DISPLAY THE MASSEGE 2
48 CALL CR_LF ;PRINT CR AND LF
49 MOV DX,OFFSET MSG3
50 CALL DISPLAY ;DISPLAY THE MASSEGE 3

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TURBO PASCAL Program Lister, Copyright 1983 Borland International Page 2
 Listing of: ANSWER.PAS

```

51      CALL    CR_LF          ;PRINT CR AND LF
52      ;
53      ;-----
54      ;PART 2: INITIALIZE THE 8250 UART FOR:
55      ;      8 DATA BITS,2 STOP BITS,NO PARITY,AND 300 BPS
56      ;-----
57      ;
58      MOV     DX,3FBH        ;ADDRESS OF LINE CONTROL REGISTER
59      MOV     AL,80H
60      OUT    DX,AL          ;TO ADDRESS BAUD RATE DIVISOR REGISTERS
61      MOV     DX,3F6H        ;ADDRESS OF BAUD RATE DIVISOR LSB
62      MOV     AL,80H        ;LSB VALUE FOR 300 BAUD
63      OUT    DX,AL
64      MOV     DX,3F9H        ;ADDRESS OF BAUD RATE DIVISOR MSB
65      MOV     AL,01H        ;MSB VALUE FOR 300 BAUD
66      OUT    DX,AL
67      ;
68      MOV     DX,3FBH        ;ADDRESS OF THE LINE CONTROL REGISTER
69      MOV     AL,07H        ;NO PARITY,2 STOP BITS,8 DATA BITS
70      OUT    DX,AL
71      ;
72      ;INITIALIZE THE MODEM CONTROL REGISTER FOR:
73      ;      REQUEST TO SEND AND DATA TERMINAL READY SIGNALS
74      ;
75  RING:  MOV     DX,3FEH      ;ADDRESS OF MODEM STATUS REGISTER
76         IN     AL,DX        ;MODEM STATUS REGISTER IN AL
77         TEST    AL,04H      ;TEST FOR RINGING SIGNAL
78         JE     RING        ;IF NO RINGING SIGNAL THEN LOOP
79      ;
80         MOV     DX,3FDH      ;ADDRESS OF MODEM CONTROL REGISTER
81         MOV     AL,03H      ;SET MODEM CONTROL SIGNALS
82         OUT    DX,AL
83      ;
84  AUTO:  MOV     DX,3FEH      ;ADDRESS OF MODEM STATUS REGISTER
85         IN     AL,DX        ;MODEM STATUS REGISTER IN AL
86         TEST    AL,10H      ;TEST FOR CLEAR TO SEND SIGNAL
87         JE     AUTO        ;IF NO CLEAR TO SEND SIGNAL THEN LOOP
88      ;
89      ;-----
90      ;PART 3: SENDED 2000 "A" CHARACTERS AND RECEIVE 2000 "B" CHARACTERS
91      ;      DISPLAY THE RECEIVED DATA AND CHECK THE ERROR CHARACTERS
92      ;-----
93      ;
94         MOV     DX,3FDH      ;ADDRESS OF LINE STATUS REGISTER
95         IN     AL,DX        ;LINE STATUS REGISTER IN AL
96         AND    AL,60H        ;RESET RECEIVER DATA REGISTER
97         MOV     DX,3FDH
98         OUT    DX,AL
99      ;
100      MOV     CX,2000        ;NO. OF CHARACTERS
101      MOV     BX,0           ;NO. OF COUNT

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้ภายในศาลเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TURBO PASCAL Program Lister, Copyright 1983 Borland International Page 3
 Listing of: ANSWER.PAS

```

102 FOREVER: MOV     DX,3FBH      ;ADDRESS OF TRANSMITTER HOLDING REGISTER
103             MOV     AL,'A'    ;"A" CHARACTER IN AL
104             OUT     DX,AL     ;TRANSMIT "A" CHARACTER
105 RECEIVE: MOV     DX,3FDH     ;ADDRESS OF LINE STATUS REGISTER
106             IN      AL,DX     ;LINE STATUS REGISTER IN AL
107             TEST    AL,01H    ;TEST FOR A RECEIVER DATA READY
108             JZ      RECEIVE    ;IF THE 8250 IS NOT READY FOR ANOTHER
109 ;                               CHARACTER THEN LOOP
110             MOV     DX,3FBH    ;ADDRESS OF THE RECEIVER DATA REGISTER
111             IN      AL,DX     ;AL HAS THE RECEIVED CHARACTER
112             MOV     DL,AL     ;RECEIVED CHARACTER IN DL
113             MOV     AH,02     ;DISPLAY FUNCTION CODE
114             INT     21H      ;CALL DOS
115             MOV     DX,3FBH    ;ADDRESS OF THE RECEIVER DATA REGISTER
116             IN      AL,DX     ;AL HAS THE RECEIVED CHARACTER
117             CMP     AL,'B'    ;COMPARE WITH "B" CHARACTER
118             JE      MATCH     ;IF IT IS "B" THEN MATCH
119             INC     BX        ;IF IT IS NOT "B" THEN INCREASE COUNT
120 MATCH: LOOP    FOREVER
121 ;
122 ;-----
123 ;PART 4: DISPLAY TO THE SCREEN
124 ;-----
125 ;
126             CALL    CR_LF     ;PRINT CR AND LF
127             MOV     DX,OFFSET MSG4 ;DISPLAY THE MASSEGE 4
128             CALL    DISPLAY   ;PRINT CR AND LF
129             CALL    CR_LF
130 ;
131             MOV     DX,OFFSET MSG5 ;DISPLAY THE MASSEGE 5
132             CALL    DISPLAY   ;NO. OF ERROR
133             CALL    ERROR
134             CALL    CR_LF     ;PRINT CR AND LF
135 ;
136             MOV     DX,3FCH    ;ADDRESS OF MODEM CONTROL REGISTER
137             MOV     AL,0      ;RESET MODEM CONTROL SIGNALS
138             OUT     DX,AL
139 ;
140             MOV     AH,4CH    ;TERMINATE PROGRAM
141             MOV     AL,01
142             INT     21H
143 ;
144 ;-----
145 ;
146 ;=====
147 DISPLAY PROC    NEAR
148 ;=====
149 ;
150             MOV     AH,09     ;DISFLAY FUNCTION CODE
151             INT     21H      ;CALL DOS
152             RET
    
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 152 ว่าจะกรณีใดๆ ก็ตาม ห้ามมิให้คัดลอก; RETURN TO THE CALLER OF 'DISPLAY' เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TURBO PASCAL Program Lister, Copyright 1983 Borland International Page 4
 Listing of: ANKNER.FAS

```

153 DISPLAY ENDP
154 ;
155 ;-----
156 ;
157 ;-----
158 CR_LF PROC NEAR
159 ;-----
160 ;
161     MOV     DL,0DH           ;CARRIAGE RETURN
162     MOV     AH,02           ;DISPLAY FUNCTION KS-DOS
163     INT     21H            ;CALL DOS
164     MOV     DL,0AH         ;LINE FEED
165     MOV     AH,02           ;DISPLAY FUNCTION KS-DOS
166     INT     21H            ;CALL DOS
167     RET                     ;RETURN TO THE CALLER OF "CR_LF"
168 CR_LF ENDP
169 ;
170 ;-----
171 ERROR PROC NEAR
172 ;-----
173 ;
174     MOV     CX,1000H        ;DIVIDE BY 1000
175     CALL    DEC
176     MOV     CX,100H        ;DIVIDE BY 100
177     CALL    DEC
178     MOV     CX,10H         ;DIVIDE BY 10
179     CALL    DEC
180     MOV     CX,1H          ;DIVIDE BY 1
181     CALL    DEC
182     RET                     ;RETURN TO THE CALLER OF "ERROR"
183 ;
184 ;-----
185 DEC PROC NEAR
186 ;-----
187 ;
188     MOV     AX,BX           ;NUMBER HIGH HALF
189     MOV     DX,0            ;ZERO OUT LOW HALF
190     DIV     CX              ;DIVIDE BY CX
191     MOV     BX,DX           ;REMAINDER INTO BX
192     MOV     DL,AL           ;QUOTIENT INTO DL
193     ADD     DL,30H         ;CONVERT TO ASCII
194     MOV     AH,2H          ;DISPLAY FUNCTION
195     INT     21H            ;CALL DOS
196     RET                     ;RETURN FROM "ERROR"
197 DEC ENDP
198 ;
199 ;-----
200 ERROR ENDP
201 ;-----
202 ;
203 START ENDP

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ควรแก้ไขโดยทงสน อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TURBO PASCAL Program Lister, Copyright 1983 Borland International Page 5.
Listing of: ANSWER.PAS

204	CODE	ENDS	
205		END	START



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

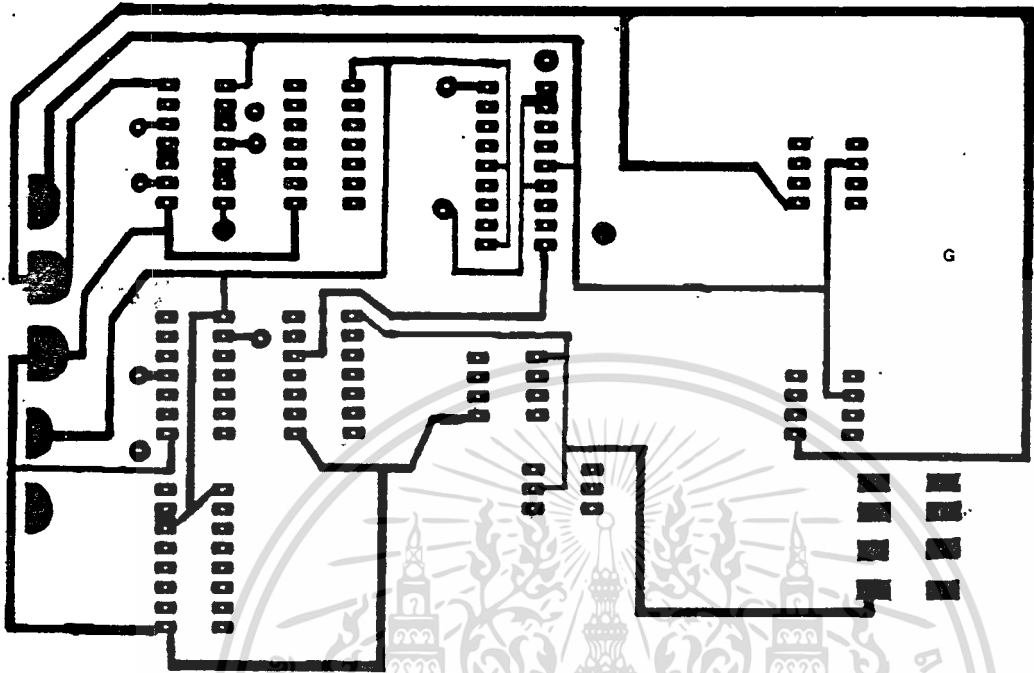
ภาคผนวก ข

**ลายวงจรมหามงกุฏ
และอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ**

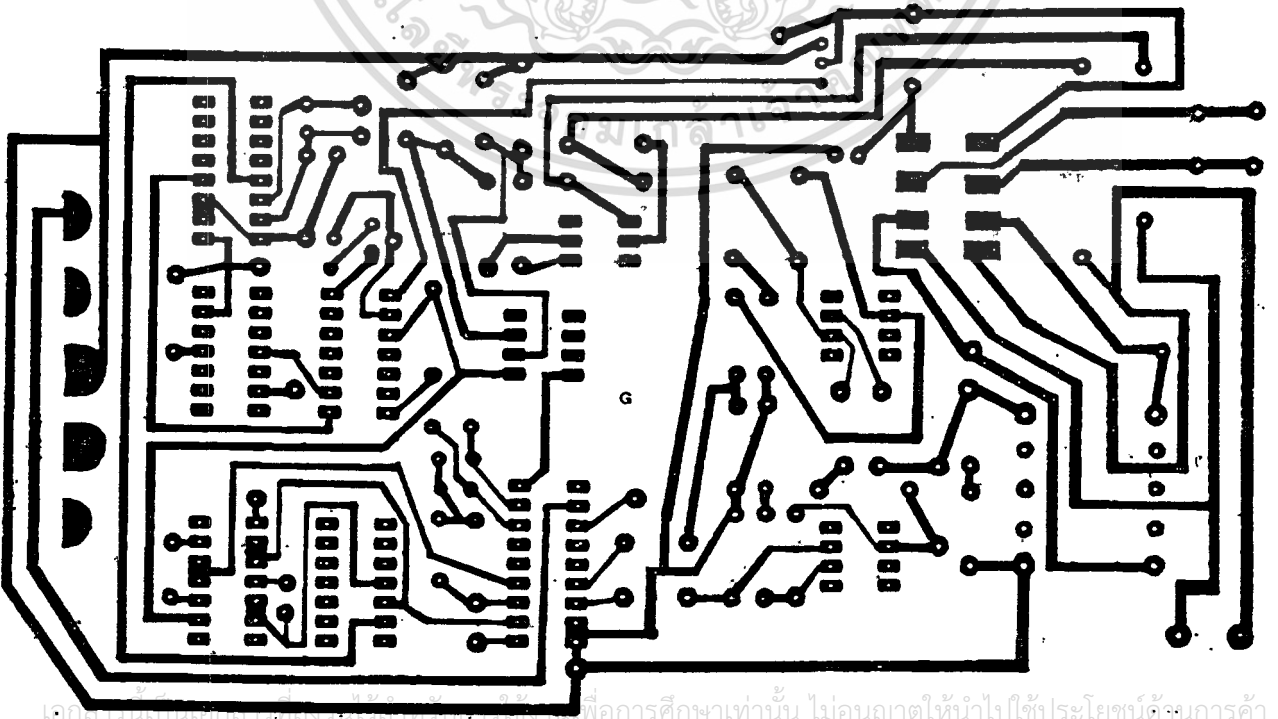


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ลายวงจรมินิ



รูป ผ.1 ลายวงจรมินิ

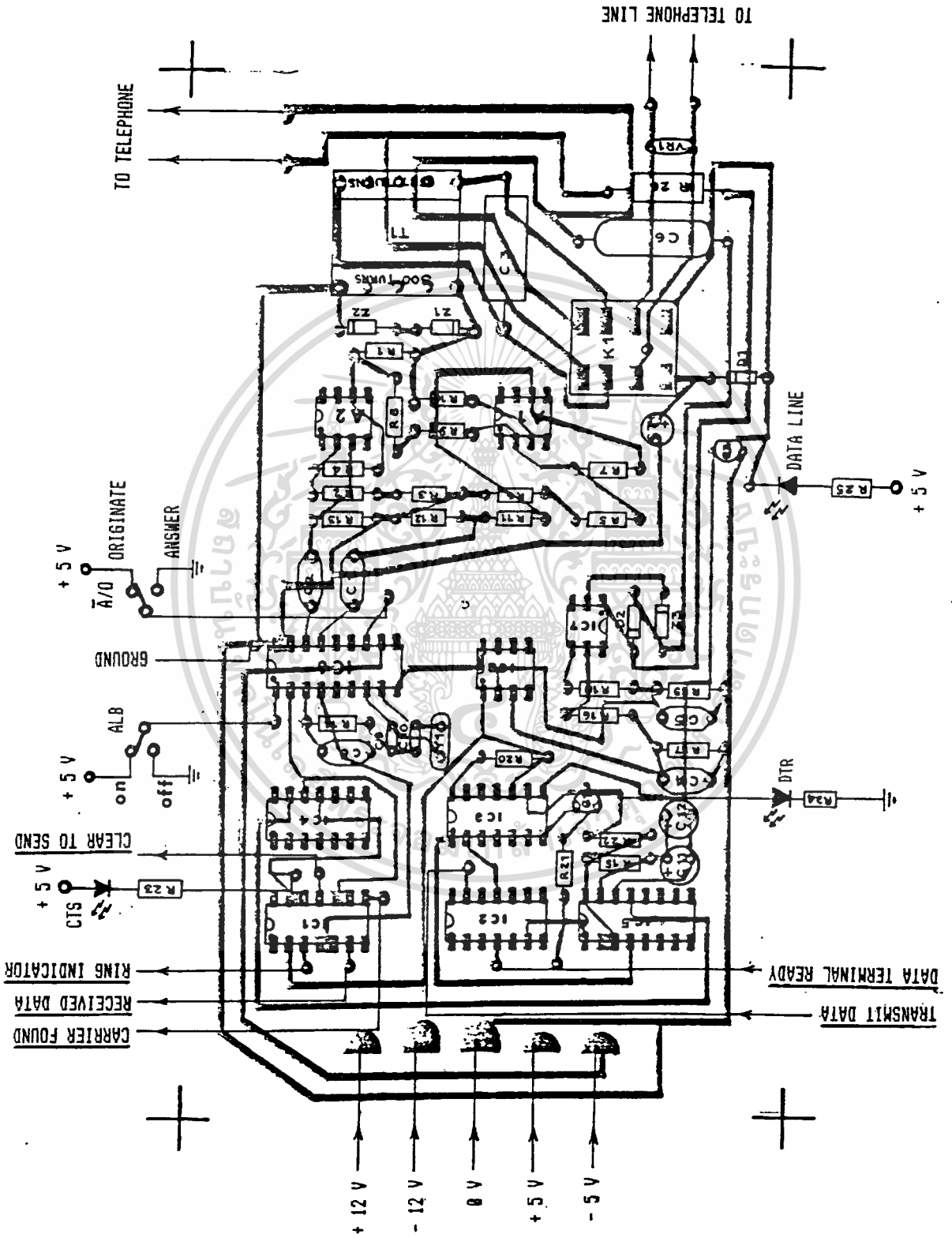


รูป ผ.2 ลายวงจรมินิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวางอุปกรณ์ลงบนแผงวงจรพิมพ์



รูป ผ.3 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ (แสดงลายวงจรด้านสว่างด้านเดียว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการนี้

ไอซี

- A 1 , A 2 = LF 351
- IC 1 = MC 1488
- IC 2 = MC 1489
- IC 3 = SN74LS08
- IC 4 = SN74LS32
- IC 5 = SN74LS123
- IC 6 = TMS 99532
- IC 7 = TIL 156
- IC 8 = LM 393

ตัวเก็บประจุ

- C 1 = 0.1 ไมโครฟารัด , 50 โวลต์ ไมลาร์
- C 2 = 0.1 ไมโครฟารัด , 50 โวลต์ ไมลาร์
- C 3 = 0.01 ไมโครฟารัด , 1 กิโลโวลต์ อิเล็กโทรไลต์
- C 4 = 0.1 ไมโครฟารัด , 50 โวลต์ ไมลาร์
- C 5 = 0.1 ไมโครฟารัด , 50 โวลต์ ไมลาร์
- C 6 = 0.47 ไมโครฟารัด , 250 โวลต์ ไมลาร์
- C 7 = 10 ไมโครฟารัด , 25 โวลต์ อิเล็กโทรไลต์
- C 8 = 0.1 ไมโครฟารัด , 50 โวลต์ ไมลาร์
- C 9 = 20 พิโคฟารัด , 50 โวลต์ เซรามิก
- C 10 = 20 พิโคฟารัด , 50 โวลต์ เซรามิก
- C 11 = 100 ไมโครฟารัด , 16 โวลต์ อิเล็กโทรไลต์
- C 12 = 100 ไมโครฟารัด , 16 โวลต์ อิเล็กโทรไลต์

หม้อแปลง

- T 1 = รายละเอียดอยู่ในบทที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวต้านทาน

ขนาด 1/4 วัตต์ 1 %

- R 1 = 357 โอห์ม
- R 2 = 36.5 กิโลโอห์ม
- R 3 = 5 กิโลโอห์ม
- R 4 = 10 กิโลโอห์ม
- R 5 = 30.1 กิโลโอห์ม
- R 6 = 976 โอห์ม
- R 7 = 20 กิโลโอห์ม
- R 8 = 5.23 กิโลโอห์ม
- R 9 = 180 โอห์ม
- R 10 = 10 กิโลโอห์ม
- R 11 = 20 กิโลโอห์ม
- R 12 = 10 กิโลโอห์ม
- R 13 = 20 กิโลโอห์ม
- R 14 = 10 เมกกะโอห์ม

ขนาด 1/4 วัตต์ 5 %

- R 15 = 50 กิโลโอห์ม
- R 16 = 3.9 กิโลโอห์ม
- R 17 = 1.8 กิโลโอห์ม
- R 18 = 2 เมกกะโอห์ม
- R 19 = 2 เมกกะโอห์ม
- R 20 = 2 กิโลโอห์ม
- R 21 = 300 โอห์ม
- R 22 = 300 โอห์ม
- R 23 = 300 โอห์ม
- R 24 = 300 โอห์ม
- R 25 = 300 โอห์ม

ขนาด 2 วัตต์ 5%

- R 26 = 10 กิโลโอห์ม

ไดโอด

- D 1 = 1N4148
- D 2 = 1N4007

ซีเนอร์ไดโอด

- Z 1 = 1N4735 , 6.2 โวลต์ 1 วัตต์
- Z 2 = 1N4735 , 6.2 โวลต์ 1. วัตต์
- Z 3 = 1N4750 , 27 โวลต์ 1 วัตต์

ทรานซิสเตอร์

- Q 1 = 2SC 1815
- Q 2 = 2SC 458

รีเลย์

- K 1 = KOIKE รุ่น MH-6 VDC คอนแทคคู่

คริสตัล

วาริสเตอร์

Y 1 = 4.0 เมกกะเฮิรตซ์ VR 1 = ZENAMIC Z7L441 (250 โวลต์)

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. คุณสมบัติทางไฟฟ้าของ TMS 99532

The electrical specifications for the TMS99532A are covered in section 4.1, while section 4.2 describes the electrical specifications for the TMS99534A.

4.1 TMS99532A ELECTRICAL SPECIFICATIONS

4.1.1 TMS99532A Absolute Maximum Ratings Over Operating Free-air Temperature Range (Unless Otherwise Noted)*

Supply voltage, VCC **	.....	-0.3 to 20V
Supply voltage, VDD **	.....	-0.3 to 25V
Supply voltage, VSS **	.....	-0.3 to 20V
All input voltages	.....	-0.3 to 20V
Output voltages	.....	-0.3 to 7V
Continuous power dissipation	.....	300 mW
Operating free-Air temperature range	.....	0 C to 70 C
Storage temperature range	.....	-55 C to 125 C

* Stress beyond these absolute maximum ratings may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS" is not implied. Exposure to absolute maximum-rated conditions for extended periods may affect the device reliability.

** Under "ABSOLUTE MAXIMUM RATING", voltage supply values are with respect to the normally most negative supply voltage, VBB (substrate). Throughout the remainder of this data sheet, voltage values are with respect to VSS (ground reference), unless otherwise noted.

4.1.2 TMS99532A Recommended Operating Conditions

PARAMETER	MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, VCC	4.75	5.00	5.25	V
Supply voltage, VDD	11.40	12.00	12.60	V
Supply voltage, VBB	-5.25	-5.00	-4.75	V
Supply voltage, VSS		0		V
High-level input voltage, VIH (all inputs)	2.0	2.4	VCC	V
High-level input voltage, VIHC (XTAL1)	2.4	3.0	VCC	
Low-level input voltage, VIL (all inputs)	VSS	0.6	0.8	V
Input clock frequency (+/- 0.01%)		4.032		MHz
Operating free-air temperature, TA	0	25	70	C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 TMS99532A Electrical Characteristics (Digital) Over The Full Range Of Recommended Conditions (Unless Otherwise Noted)*

PARAMETER	TEST CONDITION	MIN	NOM	MAX	UNIT
ICC	Supply current	VCC = MAX	10.0	20.0	mA
IDD	Supply current	VDD = MAX	10.0	20.0	mA
IBB	Supply current	VBB = MAX	-10.0	-25.0	uA
II	Digital input current	VI = VSS to VCC	-10	10	uA
XI	XTAL1/CLKIN input current	VI = VSS to VCC	-50	50	uA
IOZ	TXA, RCVD off-state leakage current	VI = VSS to VCC	-20	20	uA
VOH	DCD, RCVD high level output	IOH = -400 uA	2.4	VCC	V
VOL	DCD, RCVD low level output	IOH = 2.0 mA	VSS	0.6	V
VOHC	OSCOUT high level output	IOH = -400 uA	2.2	VCC	V
VOLC	OSCOUT low level output	IOH = 2.0 mA	VSS	0.6	V

* All typical values are at TA = 25°C and nominal voltages.

4.1.4 TMS99532A Clock Characteristics And Timing Requirements Over The Full Range Of Recommended Operating Conditions

The TMS99532A can use either its internal oscillator or an external source for a clock.

4.1.4.1 TMS99532A Internal Clock Option

The internal oscillator is enabled by connecting a parallel resonant crystal across XTAL1/CLKIN and XTAL2 (See Figure 4-1). The frequency of OSCOUT is equal to the fundamental crystal frequency.

PARAMETER	MIN	NOM	MAX	UNIT
FX		4.0320		MHz
C1	18	22	27	pF
C2	18	22	27	pF

* C1 and C2 represent the total capacitance on these pins including stray and parasitic.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

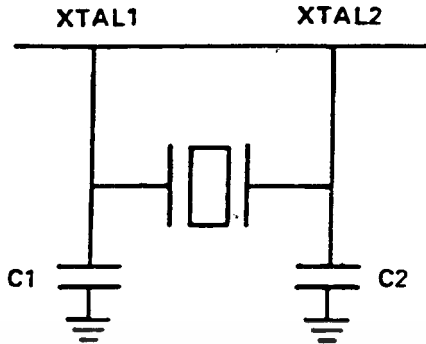


FIGURE 4-1. CRYSTAL OSCILLATOR CONNECTION FOR THE TMS99532A

4.1.4.2 TMS99532A External Clock Option

An external frequency source may be used by injecting the frequency directly into XTAL1/CLKIN (See Figure 4-2). However, the external frequency must conform to the following specifications. The frequency of OSCOUT is equal to that of the injected signal.

PARAMETER	MIN	NOM	MAX	UNIT
fext External source frequency (+/- 0.01%)		4.0320		MHz
tR1 Input oscillator rise time		10	12	ns
twh1 Input oscillator pulse-width high	100	124	148	ns
tf1 Input oscillator fall time		10	12	ns
twl1 Input oscillator pulse-width low	100	124	148	ns

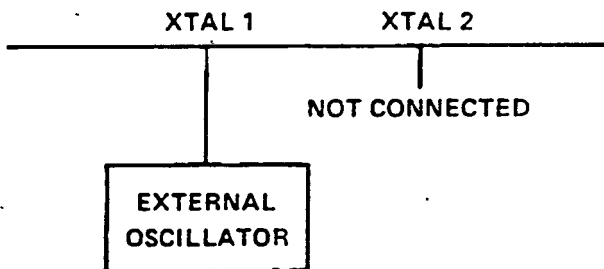


FIGURE 4-2. EXTERNAL OSCILLATOR CONNECTION FOR THE TMS99532A

4.1.5 TMS99532A Timing Requirements And Switching Characteristics Over Recommended Operating Conditions

PARAMETER	MIN	NOM	MAX	UNIT
TD1 Delay time, CLKIN to OSCOUT	0		90	ns
TC2 OSCOUT CYCLE TIME:				
External clock source	fext	fext	fext	MHz
Internal oscillator				
XTAL FREQ = fx	fx	fx	fx	MHz
Tr2 OSCOUT rise time		15	40	ns
Twh2 OSCOUT pulse-width high		104		ns
Tf2 OSCOUT fall time		15	40	ns
Twl2 OSCOUT pulse-width low		104		ns

4.1.6 TMS99532A Transmitter Specifications

4.1.6.1 TMS99532A Transmitter Input Requirements Over Full Range Of Operating Conditions

PARAMETER	MIN	NOM	MAX	UNIT
tw(XMTD MARK) XMTD High level width		3.33		ms
tw(XMTD SPACE) XMTD Low level width		3.33		ms
f(EXI) EXI Frequency		3.0		KHz
VI(EXI) EXI Voltage level*		1.40		Vp-p

* The permitted EXI input voltage level may vary according to the signal attenuation versus frequency curve shown in Figure 2-8.

4.1.6.2 TMS99532A Transmitter Characteristics At Nominal Operating Conditions

PARAMETER	MIN	NOM	MAX	UNIT
TXA Frequency:				
f(TOM) Originate mark frequency (Note 1)	1269	1270	1271	Hz
f(TOS) Originate space frequency (Note 1)	1069	1070	1071	Hz
f(TAM) Answer mark frequency (Note 1)	2223	2225	2227	Hz
f(TAS) Answer space frequency (Note 1)	2023	2025	2027	Hz
f(ATE) Answer tone enable (Note 1)	2098	2100	2102	Hz
TXA Output voltage levels:				
Vdc(TXA) TXA DC offset voltage (Note 1)		5.5		V
Vac(TXA) TXA carrier voltage (Note 2)	0.9	1.1	1.25	Vp-p
TXA 2nd Harmonic energy (down from fundamental)		-50		dB

NOTE 1. The following table is used to generate the carrier frequencies when ALB = 0 and SQT = 0:

MODE	XMTD	A/O	ATE	FREQUENCY
ANSWER	0	0	1	2025 Hz
	1	0	1	2225 Hz
ORIGINATE	0	1	1	1070 Hz
	1	1	1	1270 Hz
ATE	X	0	0	2100 Hz

The voltage levels are measured at all frequencies with the loading shown in Figure 4-3.

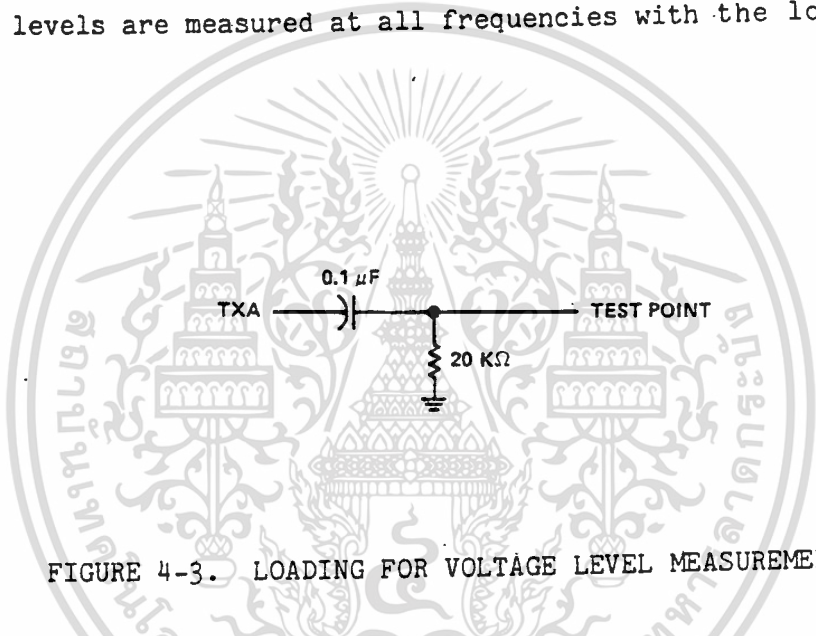


FIGURE 4-3. LOADING FOR VOLTAGE LEVEL MEASUREMENT

NOTE 2. The RCVA and TXA carrier voltage levels are specified in volts peak-to-peak. The typical nomenclature for these values is in dBm, i.e., the energy of the signal given a 600 ohm loading. With a given loading, there is a one-to-one correspondence between voltage levels and dBm. The specification is given in volts because the TMS99532A does not present a 600 ohm load and, strictly speaking, there is not a correspondence with dBm values. However, with an impedance matching circuit (with a voltage gain of 1), a correspondence does exist. The equation to convert the peak-to-peak voltage levels to dBm energy levels is:

$$P(\text{dBm}) = 20 * \text{Log}_{10}((0.3535 * \text{Volt}(p-p))/0.774597).$$

This equation assumes very low distortion of the carrier sine wave.

Examples using this relationship are:

- 44 dBm = 13.5 mVp-p
- 42 dBm = 17.5 mVp-p
- 40 dBm = 22.0 mVp-p

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.7 TMS99532A Receiver Specifications

4.1.7.1 TMS99532A Receiver Input Requirements Over Full Range Of Operating Conditions

PARAMETER	MIN	NOM	MAX	UNIT
RCVA Input Frequencies:				
f(ROM) Originate mark frequency		1270		Hz
f(RQS) Originate space frequency		1070		Hz
f(RAM) Originate mark frequency		2225		Hz
f(RAS) Originate space frequency		2025		Hz
VI(RCVA) RCVA Carrier voltage level (Note 2)		400	700	mVp-p

4.1.7.2 TMS99532A Receiver Characteristics Over Nominal Operating Conditions

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	NOM	MAX	UNIT
D(BD) Receiver bias distortion (-12 dBm to -40 dBm)	(NOTE 4)	-5	2	9	%
D(PJOH) Receiver peak jitter (originate mode high level)	(NOTE 4)		15	25	%
D(PJOL) Receiver peak jitter (originate mode low level)	(NOTE 4)		25		%
D(PJAH) Receiver peak jitter (answer mode high level)	(NOTE 4)		17	25	
D(PJAL) Receiver peak jitter (answer mode low level)	(NOTE 4)		23		%
Carrier detect turn-on level	(NOTE 3)	-44	-42	-40	dBm
Hysteresis	(NOTE 5)	2	5	7	dB
Carrier detect turn-on time	(NOTE 6)		45		ms
Carrier detect turn-off time	(NOTE 6)		25		ms

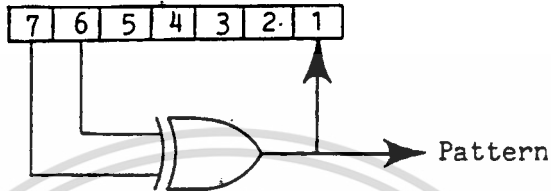
NOTE 3. The RCVA carrier voltage levels are specified in dBm, i.e., the energy of the signal given a 600 ohm loading. With a given loading, there is a one-to-one correspondence between voltage levels and dBm. The specification is given in volts because the TMS99532A does not present a 600 ohm load and, strictly speaking, there is not a correspondence with dBm values. However, with an impedance matching circuit (with a voltage gain of 1), a correspondence does exist. The equation to convert the peak-to-peak voltage levels to dBm energy levels is:

$$P(\text{dBm}) = 20 * \text{Log}_{10}((0.3535 * \text{Volt}(p-p))/0.774597).$$

This equation assumes very low distortion of the carrier sine wave.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- NOTE 4. The distortion tests are made under the following conditions:
- 1) The received signal levels are at 0.55 Vp-p (-12 dBm, high level) and at 0.022 Vp-p (-40 dBm, low level).
 - 2) The received signal is a "back-to-back" signal. No distortion is added to the signal.
 - 3) A 127-bit pseudo-random (noise) pattern is generated via the following logic, and is sent to the RCVD pin of the device. The register starts with all ones.



To help explain peak individual distortion, an example sequence of 14 consecutive bits of the pattern are shown in Figure 4-4. The numbers at the top of the figure represent the theoretical time for the bit-to-bit signal transition. A number of the signal transitions are shown with either early or late distortion, labeled $\pm D_0$ through $\pm D_{13}$ (provided they exist). The degree of peak individual distortion is given by the largest number of the set regardless of sign ("- " if the actual transition occurs early, "+" if the transition occurs late). In this example, the peak individual distortion is D_{11} .

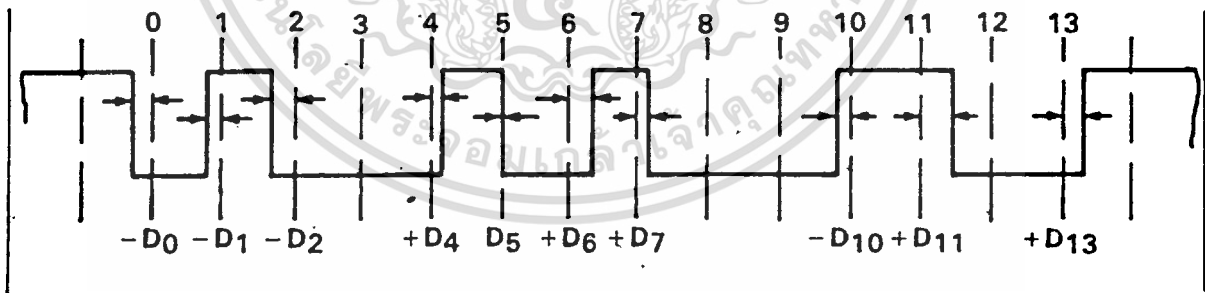


FIGURE 4-4. MEASURING PEAK JITTER AND INDIVIDUAL DISTORTION

Bias distortion is determined by comparing the total mark time (M) to the total space time (S), in the following equation.

$$\text{Bias Distortion} = ((M - S)/(M + S)) * 100\%$$

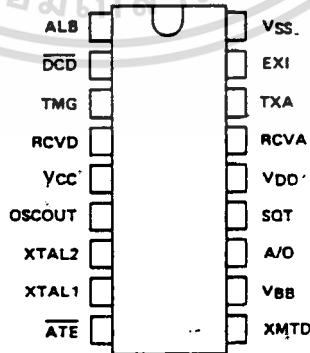
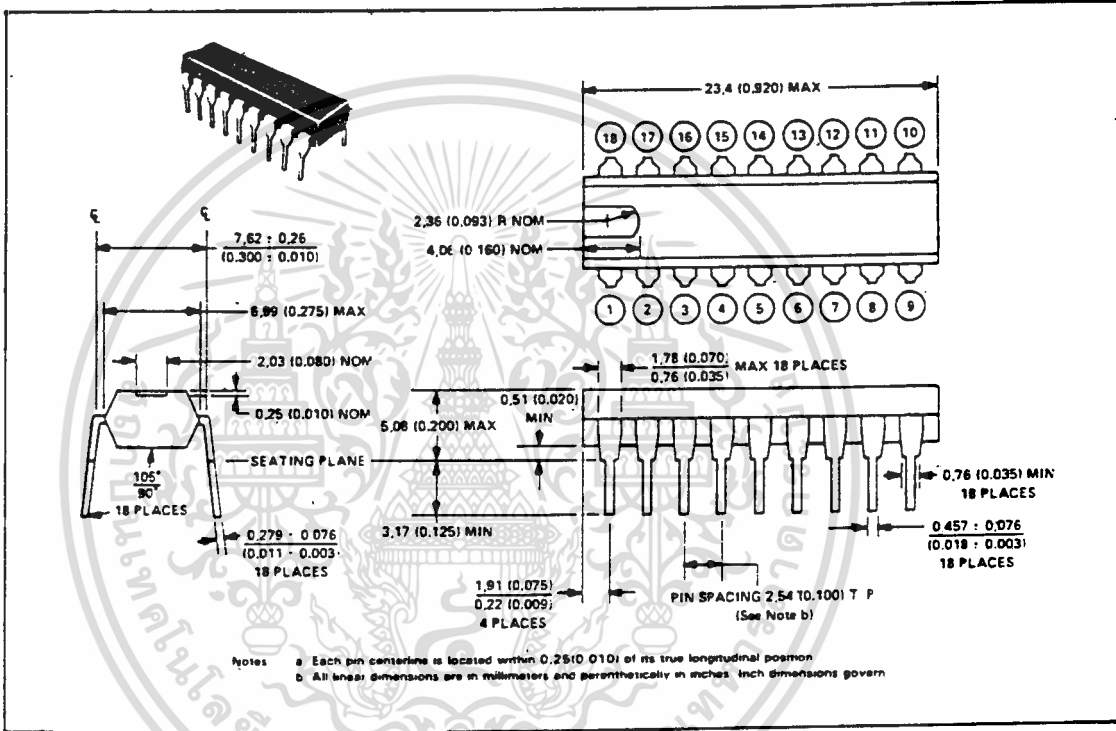
Figure 4-4 is also used in helping to explain peak jitter. The numbers at the top of the figure represent the theoretical time for the bit-to-bit signal transition. A number of the signal transitions are shown with either early or late distortion, labeled $+D_0$ through $+D_{13}$ (provided they exist). Peak jitter is defined to be the sum of the earliest and latest bit transition on the leading or trailing edge, i.e., peak jitter is the sum of the absolute values of the greatest "-" peak individual distortion and the greatest "+" peak individual distortion. In this example, the peak jitter is the sum of D_2 and D_{11} .

- NOTE 5. Hysteresis is the difference in voltage levels, expressed in dB, between the carrier detect turn-on level and the carrier detect turn-off level.
- NOTE 6. These measurements are made with $R_{ext} = 4.7$ megohms and $C_{ext} = 0.009$ microfarads.

5. ขนาดรูปร่างและขาของ TMS 99532

The TMS99532A and the TMS99534A come in 18-pin plastic packages, as shown below.

TMS99532A & TMS99534A



รูป ผ.5 แสดงแผนผังขา และขนาดของ TMS 99532

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ตารางการใช้งานโหมดต่าง ๆ ของ TMS 99532

MODE	MODE CONTROLS				TRANSMITTED DATA		RECEIVED DATA		TOUCH TONES
	SQT	ALB	A/Q	ATE	XMTD (Digital)	TXA (Analog) Hz	RCVA (Analog) Hz	RCVD (Digital)	EXI (Analog)
Answer	0	0	0	1	Mark=1 Space=0	2225 2025	Mark=1270 Space=1070	1 0	x
Originate	0	0	1	1	Mark=1 Space=0	1270 1070	Mark=2225 Space=2025	1 0	x
Answer, Squelch	1	0	0	1	x Disabled		Mark=1270 Space=1070	1 0	x
Originate, Squelch	1	0	1	1	x Disabled		Mark=2225 Space=2025	1 0	x
Analog Loop Back, Answer	0	1	0	1	Mark=1 Space=0	Disabled	Disabled	1 0	x
Analog Loop Back, Originate	0	1	1	1	Mark=1 Space=0	Disabled	Disabled	1 0	x
ALB Test, Answer	1	1	0	1	x Disabled		Disabled	1	x
ALB Test, Originate	1	1	1	1	x Disabled		Disabled	1	x
EXI as Input	1	0	1	0	x Same as EXI, Inverted (Note 1)		x	x	External Tone Source
EXI as Input	1	0	0	0	x Same as EXI, Inverted (Note 1)		x	x	External Tone Source
2100 Hz CCITT V.25 Answer Tone (Note 2)	0	0	0	0	x	2100	x Three-State		x

Note: These states are undefined and should not be used.

0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

Notes:
 x = don't care
 1 = Assumes AC coupling at EXI
 2 = Typically not used in USA applications

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณ ดร.แดเนียล บริน อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้คำแนะนำและช่วยแก้ไข ปัญหาอุปสรรคต่าง ๆ ในการวิจัยจนประสบผลสำเร็จ และขอขอบคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้ให้กำลังใจ และกำลังทรัพย์จนผู้จัดทำสามารถศึกษาเล่าเรียน ทำวิทยานิพนธ์นี้ขึ้นมา จนประสบผลสำเร็จด้วยดี อีกทั้งขอขอบคุณผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ทดลอง และจัดพิมพ์วิทยานิพนธ์นี้ จนผลงานได้บรรลุ ตามวัตถุประสงค์ .

คณะผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. วัฒนา เชียงกุล , " รู้จักกับ RS-232C " , วารสารไมโครคอมพิวเตอร์ , ปีที่ 1 , ฉบับที่ 7 , หน้า 115-121 , 2527 .
2. ดร. ไพศาล สงวนหมู่ , " มาตรฐานการสื่อสารข้อมูลสำหรับไมโครคอมพิวเตอร์ และการพัฒนาญาติดี " , วารสารไมโครคอมพิวเตอร์ , ฉบับที่ 35 ; หน้า 147-160 , 2531 .
3. น.ต. ดร. ไพศาล สงวนหมู่ และรศ. ยืน กุ้วรารรรถ , " การสื่อสารข้อมูลและไมโครคอมพิวเตอร์ เนตเวอร์ค " , ซีเอ็ดยูเคชั่น , 2529 .
4. รศ. ยืน กุ้วรารรรถ , ดร.ชัยยงค์ วงศ์ชัยสุวัฒน์ และน.ท. ดร. ไพศาล สงวนหมู่ , " เทคโนโลยี ไมโครคอมพิวเตอร์ 16 บิต " ; ซีเอ็ดยูเคชั่น , 2530 .
5. " TMS 99532 Data Manual " , Texas Instruments , 1984 .
6. David Patton , " Direct Connect Modem Design for TMS 99532 " , Texas Instruments , 1984 .
7. M.F. "Doug" DeMaw , " Ferromagnetic-Core Design and Application Handbook " , 1981 .
8. Murray Sagen III and Richard L. Shoemaker , " The IBM Personal Computer From the Inside Out " , Addison-Wesley , 1984 .
9. David C. Willett and Jeffrey I. Krantz , " 8088 Assembler Language Programming : The IBM PC " , Howard W. Sams & Co., Inc. , 1983 .