ปีการศึกษา 2531

ชื่อปริญญานิพนธ์

โมเด็ม

โดย

1. นาย กิตติ รักษ์คิด 296202

2. นาย คมสัน ทองเนื้อดี 296203

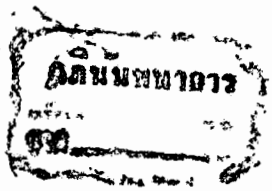
3. นาย รุ่งจินต์ เกิดสรรทัศน์ 296212

4. นาย วิทยา ผดุงยาม 296213

อาจารย์ที่ปรึกษา

นาย พูนศักดิ์ พัฒนไพรสนฑ์

นาย วิทยา ทิพย์สุวรรณพร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

024733 29 มค. 2533

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2531

เรื่อง โมเด็ม

ผู้จัดทำ

1. นาย กิตติ รักษ์คิด 296202

2. นาย คมสัน ทองเนื้อดี 296203

3. นาย รุ่งจินต์ เกิดสรรทัศน์ 296212

4. นาย วิทยา ผดุงยาม 296213

อาจารย์ที่ปรึกษา

(นาย พูนศักดิ์ พัฒนไพรสนท์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

(นาย วิทยา ทิพย์สุวรรณพร)

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	**บทนำ**	1
1.1	การสื่อสารข้อมูล	1
1.2	วิธีการส่งผ่านข้อมูลแบบต่างๆ	2
1.3	โปรโตคอลของการส่งข้อมูลอนุกรมแบบ Asynchronous	3
1.4	รูปแบบของการสื่อสารแบบอนุกรม	4
1.5	รหัสที่ใช้ในการส่งสัญญาณ	5
1.6	แบบของการ Modulate และ Demodulate	7
1.7	มาตรฐานสากลในการอินเตอร์เฟส	8
1.8	คุณสมบัติของสัญญาณไฟฟ้า (RS-232-C)	9
1.9	คุณสมบัติทางกลของการอินเตอร์เฟส	11
1.10	โครงสร้างทั่วๆ ไปของมาตรฐาน	20
บทที่ 2	**ทฤษฎีและหลักการของโมเด็ม**	23
2.1	โมเด็มคืออะไร	23
2.2	โมเด็มแถบความถี่เสียง	23
2.3	ชนิดของโมเด็ม	24
2.4	การทำงานของโมเด็ม	29
2.5	การเชื่อมต่อเข้ากับสายโทรศัพท์	45
บทที่ 3	**Am 7910 FSK MODEM**	46
3.1	Am 7910 DESCRIPTION	46
3.2	Am 7910 SPECIFICATION	46
3.3	INTERFACE SIGNAL DESCRIPTION	46
3.4	THEORY OF OPERATION	51
3.5	CALL ESTABLISMENT	54
3.6	DATA TRANSMISSION	56
3.7	DATA RECEPTION	57
บทที่ 4	**วงจรและหลักการทำงาน**	65
4.1	ส่วนต่างๆ ของวงจรโมเด็ม	65
4.2	โปรแกรมในการสื่อสารข้อมูล	75
4.3	วิธีการใช้งานโมเด็ม Am 7910	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

บทที่ 5. สรุปผลการทดลอง ปัญหาและวิจารณ์ 82
กิตติกรรมประกาศ 86
หนังสืออ้างอิง 87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

DATA COMMUNICATION ก็คือขบวนการสื่อสารข้อมูลในรูปแบบไบนารี่ระหว่างจุดสองจุด ในบางครั้ง data communication จะถูกเรียกว่า computer communication เพราะส่วนมากเราจะทำการแลกเปลี่ยนข่าวสารกันระหว่าง คอมพิวเตอร์ กับ คอมพิวเตอร์ด้วยกัน หรืออาจระหว่าง คอมพิวเตอร์กับเทอร์มินัล บทบาทของการสื่อสารจึงมีความสำคัญมากขึ้น โดยนำมาใช้ในงานธุรกิจ, เกมส์, การติดต่อข่าวสารกับ BBS , การฝากข่าวสารและอื่นๆ ดังนั้นโมเด็ม (MODEM) และข่ายสื่อสารโทรศัพท์จึงมีความสำคัญในการสื่อสารข้อมูลต่างๆ

ในการส่งข้อมูลที่ต้องการสื่อสารผ่านสายโทรศัพท์นั้น จะต้องนำข้อมูลที่ต้องการมาจัดให้อยู่ในรูปที่เหมาะสมแล้วจึงส่งผ่านสายโทรศัพท์ เพราะเครือข่ายสายโทรศัพท์ได้ออกแบบไว้ใช้ในการสื่อสารเสียงพูด ซึ่งเป็นลักษณะของสัญญาณ analog เพื่อที่จะได้สามารถส่งไปได้ไกลๆ โดยวิธีทำให้สัญญาณข้อมูลแฝงอยู่ในรูปของสัญญาณพาหะ เราเรียกขบวนการนี้ว่า **"MODULATION "** ส่วนทางด้านรับเมื่อรับสัญญาณนี้มาก็จะทำการแยกสัญญาณข้อมูลออกจากสัญญาณพาหะ ขบวนการนี้เรียกว่า **" DEMODULATION "** จากสองขบวนการดังกล่าวทำให้มีการสร้างอุปกรณ์ที่เรียกว่า **" โมเด็ม "** (MODEM) ขึ้นมาทำหน้าที่นี้ในการสื่อสารข้อมูลผ่านข่ายสื่อสายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ABSTRACT

Data communication is the process of communication information in binary form between two points. Data communication is sometime called computer communication because most of the information interchanges today is between computer or between computer and theire terminals.

It is impotant because data communition is commonly used in the world of business, games, or downloading of information form a computer bulletin board to home computer.

In transmitting data beyond the Co. line using the existing telephone network, we need to change the data pulses to proper form that can be transmitted over the telephone channel.

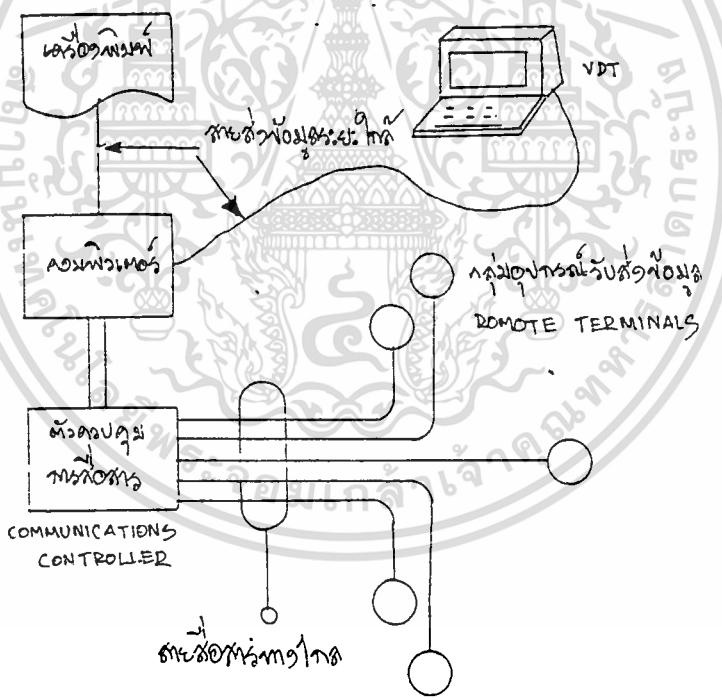
By singnificance equipment interfacing with telephone network are **MODEM.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

บทที่ 1
บทนำ

1.1 การสื่อสารข้อมูล (DATA COMMUNICATION)

จากพื้นฐานโดยทั่วๆไปเราสามารถเข้าใจได้โดยง่ายว่าการสื่อสารข้อมูลนั้นจะต้องประกอบไปด้วย ต้นกำเนิดของข่าวสาร,ตัวกลางหรือสื่อข้อมูล,และตัวรับข่าวสารซึ่งมีรูปแบบที่แตกต่างกันไปภายในข่ายการสื่อสารข้อมูลนั้น สำหรับคำว่า"**ข่ายการสื่อสาร**"มีความหมายว่าจุดของคู่การสื่อสารที่มีมากกว่า 1 คู่ ขึ้นไปและเชื่อมโยงกันเป็นระบบ ดังรูป 1.1 แสดงข่ายการสื่อสารของระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งมีเครื่องอยู่ 1 เครื่องและอุปกรณ์รับส่งข้อมูลประเภทแสดงผลทางจอภาพ (Visual Display Terminals หรือเขียนย่อว่า VDT) โดยทั้งชุดนี้ติดตั้งอยู่สถานที่หนึ่ง นอกจากนี้ยังเชื่อมโยงการสื่อสารไปยังอุปกรณ์รับส่งข้อมูลทางไกล (ซึ่งเรียกว่า Remote Terminals) อีกจำนวนหนึ่งซึ่งอาจติดตั้งอยู่ใน



รูป 1.1 แสดงข่ายการสื่อสารของระบบคอมพิวเตอร์

สถานที่ๆไกลออกไปจากจุดที่ติดตั้งคอมพิวเตอร์ และทั้งระบบนี้เชื่อมโยงติดต่อถึงกันหมดด้วยสายสื่อสาร สำหรับตัวอย่างที่ยกขึ้นมานี้เป็นเพียงข่ายการสื่อสารของระบบคอมพิวเตอร์อย่างง่ายๆ ข่ายการสื่อสารอาจมีระบบที่ซับซ้อนมากกว่านี้ก็ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ข่ายการสื่อสารนั้นๆ

สำหรับข่ายการสื่อสารข้อมูลนั้นไม่จำเป็นต้องใช้สายโทรศัพท์หรือสายส่งข้อมูลเสมอไปเพราะความเป็นจริงแล้วขึ้นอยู่กับองค์กรนั้นว่าต้องการสื่อสารข้อมูลไปยังจุดไหนอย่างไรและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

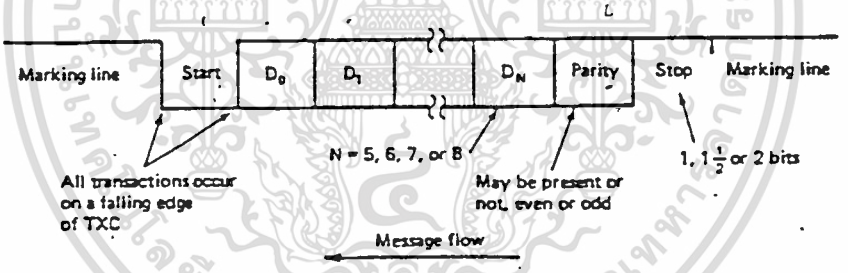
เป็นปริมาณเท่าใดต่างหาก สมมุติว่าถ้าเราต้องการสื่อสารข้อมูลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งเราก็อาจเลือกตัวกลางหรือสื่อข้อมูลซึ่งมีอยู่มากมายหลายชนิดเช่น ใช้บริการขององค์กรทางการสื่อสารเพื่อส่งเอกสาร, ใช้เทปตลับ หรือแผ่นจานแม่เหล็ก เป็นตัวกลางได้เช่นกัน นอกจากนี้เรายังสามารถเลือกวิธีการส่งในรูปแบบต่างๆขององค์กรการสื่อสารได้อีกด้วยเช่น ส่งแบบธรรมดา, ส่งด่วนทางอากาศ หรือเลือกการสื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ ซึ่งความเหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับการพิจารณาถึง ความเร็ว ค่าใช้จ่าย ความถูกต้อง และความเป็นไปได้ของตัวกลางแต่ละท้องถิ่นด้วย

สำหรับในที่นี้เราจะกล่าวถึงแต่เฉพาะการสื่อสารข้อมูลที่ใช้ตัวกลางที่เป็นสายโทรศัพท์เท่านั้น

1.2 <u>วิธีการส่งผ่านข้อมูลแบบต่างๆ</u>

1.2.1 <u>การส่งข้อมูลอนุกรมแบบ Asynchronous</u>

คือระบบการรับส่งข้อมูลโดยแต่ละคำจะถูกส่งออกไปอย่างไม่มีกำหนดเวลาดังนั้นระยะเวลาระหว่างข้อมูลแต่ละคำที่ถูกส่งออกไปจึงมีค่าไม่แน่นอน ในการส่งแบบนี้โครงสร้างของข้อมูลที่จะส่งจะมีลักษณะเป็นบล็อกๆแสดงในรูป 1.2 ซึ่งแต่ละบล็อกประกอบด้วย บิทเริ่มต้น (START BIT) บิทข้อมูล (DATA BIT) และบิทสุดท้าย (STOP BIT) ซึ่งบางทีอาจมีการเพิ่มบิทพาริตี้ (PARITY BIT) เพื่อใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล



รูป 1.2 แสดงการส่งข้อมูลอนุกรมแบบ Asynchronous

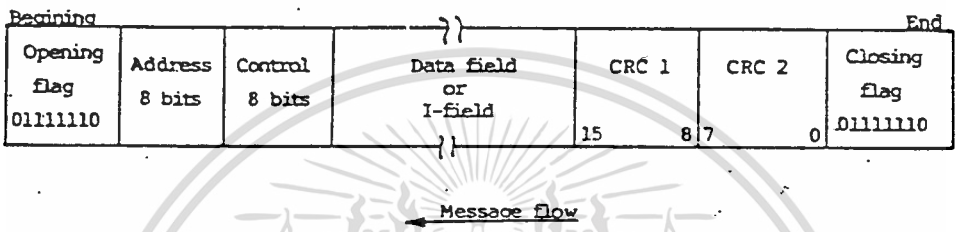
สำหรับกลุ่มข้อมูลนั้นบิทเริ่มต้นจะแสดงถึงการเริ่มต้นของข้อมูลต่อจากนั้นจะตามด้วยบิทข้อมูลและตามด้วยบิทสุดท้ายเป็นการบอกว่าข้อมูลในบล็อกนี้จบลงเพียงเท่านี้

1.2.2 <u>การส่งข้อมูลอนุกรมแบบ Synchronous</u>

การส่งแบบนี้แตกต่างจากการส่งข้อมูลแบบ Asynchronous คือ ความต่อเนื่องข้อมูลที่ส่งซึ่งการส่งข้อมูลแบบ Synchronous นั้นมีข้อมูลที่ส่งออกมาแบบต่อเนื่องและจะต้องส่งสัญญาณนาฬิกาไปพร้อมๆกับสัญญาณข้อมูล ในการส่งข้อมูลสั้นๆสัญญาณนาฬิกาซึ่งใช้เป็นสัญญาณซิงค์อาจส่งแยกไปในสายส่งสัญญาณอีกเส้นหนึ่งได้โดยไม่ต้องส่งรวมกับสัญญาณข้อมูลในสายเดียวกัน แต่ถ้าเป็นการสื่อสารระยะไกลๆแล้วสัญญาณนาฬิกาจะถูกเข้ารหัสแล้วส่งร่วมไปกับสัญญาณข้อมูลในสายเดียวกัน และไม่ว่าจะเป็นการส่งข้อมูลแบบ Synchronous หรือ Asynchronous ข้อมูลในบล็อกหนึ่งๆจะต้องมีบิทที่แสดงให้รู้ว่าเป็นการเริ่มต้นของข้อมูลและสิ้นสุดข้อมูล ซึ่งลักษณะของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลเช่นนี้เรากล่าวถึงมาแล้วในการส่งข้อมูลแบบ Asynchronous แต่ถ้าเป็นการส่งแบบ Synchronous จะไม่มีบิทเริ่มต้นและบิทหยุด แต่บิทที่อยู่ท้ายของข้อมูลบล็อกหนึ่งๆ (บล็อกหนึ่งๆ ประกอบด้วยข้อมูลหลายชุด) จะแสดงถึงจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของข้อมูลเท่านั้น เพราะฉะนั้น ถ้าเป็นการส่งข้อมูลอนุกรมแบบ Asynchronous เราจะเพิ่ม Framing bits รวมเข้าไปในแต่ละ characters และถ้าเป็นการส่งข้อมูลอนุกรมแบบ Synchronous เราจะเพิ่ม Framing characters เข้าไปร่วมกับบล็อกของข้อมูลแต่ละบล็อก ซึ่งจะเห็นความแตกต่างได้ระหว่างรูป 1.2 กับ รูป 1.3



รูป 1.3 แสดงการส่งข้อมูลอนุกรมแบบ Synchronous

1.2.3 <u>การส่งผ่านข้อมูลแบบขนาน</u> (Parallel Transmission)

ในรูปแบบการส่งลักษณะนี้ทุกบิทที่เข้ารหัสแทนหนึ่งตัวอักษรนั้นจะถูกส่งผ่านไปตามสายต่อขนานกัน ดังนั้นทุกบิทจะเดินทางถึงผู้รับพร้อมกันและจำนวนสายส่งเพื่อให้เกิดช่องทางการส่งนั้นจะต้องมีจำนวนเท่ากับจำนวนบิทที่เข้ารหัสแทนตัวอักษร สำหรับการส่งผ่านข้อมูลแบบขนานนี้จะเป็นการส่งผ่านข้อมูลในระยะใกล้ๆอันได้แก่ การเคลื่อนย้ายข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์รอบข้างเช่น printer เป็นต้น

1.3 <u>โปรโตคอลการส่งข้อมูลอนุกรมแบบ Asynchronous</u>

(Asynchronous Serial Link_Level Protocal)

ในหัวข้อนี้เราจะขอกล่าวโดยละเอียดเพราะการสื่อสารข้อมูลที่เราจะกล่าวต่อไปจะเป็นแบบ Asynchronous หลักการของโปรโตคอลชนิดนี้จะต้องมีการ Resynchronization ระหว่าง character ด้วยเพราะข้อมูลแต่ละ character ที่ส่งมามีระยะเวลาไม่แน่นอน ซึ่งกำหนดไว้ว่า "ความแตกต่างของสัญญาณนาฬิการะหว่างทางด้านรับและทางด้านส่งจะมีได้ไม่เกิน 10%" หมายความว่า หลังจากที่ทางด้านส่งๆข้อมูลไปแล้ว 10 บิท (โดยสมมุติให้ทางด้านส่งมีสัญญาณนาฬิกาเร็วกว่าทางด้านรับ) ทางด้านรับจะรับข้อมูลได้เกินมา 1 บิทคือรับมา 11 บิท หรือหมายความว่า ด้วยระยะเวลาของสัญญาณนาฬิกาเท่าๆกันทางด้านส่งจะส่งได้จำนวนบิทมากกว่า ดังนั้นในบล็อกๆหนึ่งของข้อมูลที่ส่งไปจึงมีการเพิ่มบิทเริ่มต้นและบิทสุดท้ายเข้าไปตรงหัวและท้ายของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิทเริ่มต้น (Start bit)

ในโปรโตคอลของการส่งข้อมูลแบบ Asynchronous กำหนดให้ Marking state เป็น logic "1" (สถานะทางไฟฟ้า OFF) เมื่อทางด้านส่งจะทำการส่งสัญญาณก็จะต้องส่งบิทเริ่มต้นโดยการแทนด้วย Space state หรือlogic "ø" (สถานะทางไฟฟ้า ON) จำนวนหนึ่งบิทไปก่อน ซึ่งจะทำให้ทางด้านรับตรวจจับสถานะของสายส่งได้ว่า ขณะนี้กำลังจะมีสัญญาณข้อมูลส่งมา

สรุปได้ว่าหน้าที่ของบิทเริ่มต้นนั้นจะเป็นตัวบอกว่าข้อมูลเริ่มต้นตรงไหน และเมื่อได้ใช้ร่วมกับบิทหยุดก็จะทำให้ทราบว่าข้อมูลสิ้นสุดที่ไหน

บิทข้อมูล (Data bit)

หลังจากที่ทางด้านรับตรวจจับบิทเริ่มต้นได้แล้ว ก็จะทำการเซทสถานะของชิฟท์รีจิสเตอร์ให้พร้อมที่จะรับบิทข้อมูลได้ โดยบิทข้อมูลจะมีจำนวนบิทเป็น 5,6,7,8 บิท ขึ้นอยู่กับจำนวน character ที่ต้องการดังแสดงข้างล่าง

5 บิท	ให้จำนวน character	32	ตัว
6 บิท	"..............."	64	ตัว
7 บิท	"..............."	128	ตัว
8 บิท	"..............."	256	ตัว

บิทพาริตี้ (Parity bit)

บิทนี้ทำหน้าที่ในการบอกให้ส่วนรับข้อมูลทราบว่าข้อมูลที่รับเข้ามาผิดหรือไม่ บิทนี้จะถูกส่งออกมาพร้อมกับบิทข้อมูลซึ่งจะเป็น "1" หรือ "ø" นั้น ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ส่งออกมาว่าจำนวนบิทที่เป็น "1" มีจำนวนเป็นคู่หรือคี่ และยังขึ้นอยู่กับอุปกรณ์รับส่งข้อมูลด้วยว่าถูกออกแบบไว้ให้รับส่ง Parity bit ในลักษณะของ Parity คู่ หรือ Parity คี่

ถ้าอุปกรณ์รับส่งข้อมูลออกแบบให้ใช้เป็น Parity คู่ เมื่ออุปกรณ์นี้ทำการส่งข้อมูลจะส่ง Parity bit เป็น "1" ออกไปเมื่อจำนวนบิทที่เป็นหนึ่งของข้อมูลรวมแล้วเป็นจำนวนคี่ และจะส่ง Parity bit เป็น "ø" ออกไปเมื่อจำนวนบิทที่เป็น "1" ของข้อมูลรวมแล้วเป็นจำนวนคู่ สำหรับกรณีของ Parity คี่ ก็จะเป็นในลักษณะตรงกันข้ามกัน

บิทสิ้นสุด (stop bit)

บิทนี้ใช้ในการตรวจสอบจุดสิ้นสุดของข้อมูลและจะถูกเพิ่มเติมเข้าไปหลังบิท Parity ถ้าอุปกรณ์รับข้อมูลตรวจไม่พบบิทนี้ก็แสดงว่าข้อมูลที่ได้รับเกิดการผิดพลาดขึ้น สำหรับบิทสิ้นสุดนี้อาจมีจำนวนบิทเท่ากับ 1,1.5 หรือ 2 บิท ก็ได้ จะเห็นได้ว่าข้อมูลที่ส่งมาในแต่ละ Byte นั้นไม่ใช่มีแต่ข้อมูล 8 บิท เสมอไปแต่มีถึง 12 บิท หรือมากกว่าก็ได้

1.4 รูปแบบของการสื่อสารแบบอนุกรม

การติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมอาจแบ่งตามรูปลักษณะได้เป็น 3 แบบ ตามรูป 1.4

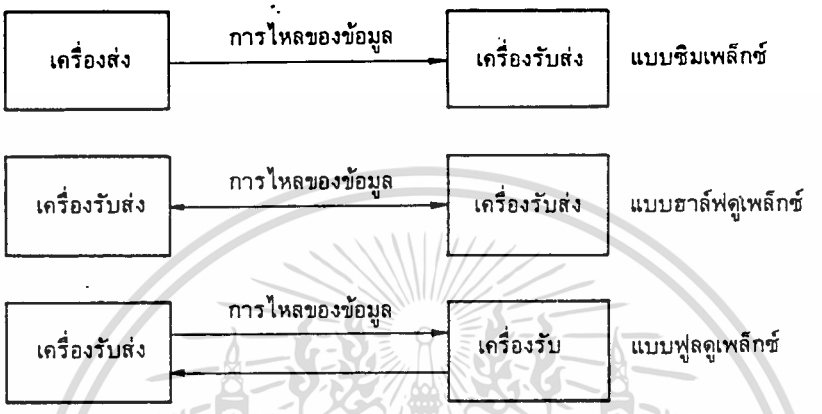
1.4.1 แบบซิมเพล็กซ์ (SIMPLEX) ข้อมูลส่งได้ในทิศทางเดียวเท่านั้น บางครั้งก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียกว่า "ส่งทิศทางเดียว"

1.4.2 <u>แบบฮาล์ฟดูเพลกซ์</u> (HALF DUPLEX) ทั้งสองสถานีสามารถส่งและรับได้ แต่ต้องผลัดกัน

1.4.3 <u>แบบฟูลดูเพลกซ์</u> (FULL DUPLEX) ทั้งสองสถานีสามารถส่งและรับได้ในเวลาเดียวกัน



รูป 1.4 รูปแบบการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม

1.5 <u>รหัสที่ใช้ในการส่งสัญญาณ</u> (Transmission code)

รหัสที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลมีอยู่หลายรูปแบบ แต่ที่ใช้กันมากมีอยู่ 2 รูปแบบคือ รหัสแอสกี้ (ASC II) ซึ่งใช้แพร่หลายทั่วโลก อีกรหัสหนึ่งเป็นของบริษัท IBM รหัสนี้ชื่อว่า เอบซิดิค (EBCDIC) และยังมีรหัสที่ใช้กันมากในงานโทรเลขคือ รหัส BAUDOT

1.5.1 <u>รหัส BAUDOT</u>

ประกอบด้วยรหัสขนาด 5 บิท ดังนั้นจึงใช้แทนตัวอักษรได้ 32 รูปแบบ จะเห็นว่าไม่เพียงพอต่อความต้องการในการส่งอักขระ ฉะนั้นจึงเพิ่มอักขระพิเศษขึ้นมา 2 ตัว เพื่อเป็นตัวบอกเครื่องรับว่ากำลังใช้อักขระกลุ่มใดอยู่ (ดูรูป 1.5 ประกอบ) อักขระ 2 ตัว นั้นก็คือ FS (Figure shift Character) และ LS (Letter Shift Character)

1.5.2 <u>รหัส ASC II</u>

เป็นรหัสขนาด 8 บิท โดยใช้ 7 บิท แทนตัวอักษรและอีก 1 บิท เป็นบิทตรวจสอบ สามารถสร้างอักขระได้ 128 ตัว(2 ยกกำลัง 7)ซึ่งดูตารางค่ารหัส ASC II ได้ตามรูป 1.6

จากรูป 1.6 จะพบว่ามีอักขระพิเศษอยู่ 32 ตัว ซึ่งจะถูกแบ่งหน้าที่การทำงานเป็น 4 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มมีหน้าที่ดังนี้

- Transmission Control

มีหน้าที่ควบคุมการเดินทางของข้อมูลขณะเดินทางไปตามสายสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสเลขฐานสอง (Binary)	กลุ่มตัวอักษร Letters Characters	กลุ่มรูปภาพ Figures Characters
00000	ว่าง (Blank)	ว่าง (Blank)
00001	E	3
00010	≡	≡ เลื่อนบรรทัด (Line feed)
00011	A	-
00100	SP	SP ช่องว่าง (Space)
00101	S	'
00110	I	8
00111	U	7
01000	<	< ปัดแคร่ (Carriage Return)
01001	D	↯ Who are you?
01010	R	4
01011	J	♧ เสียงกริ่ง (Bell)
01100	N	,
01101	F	%
01110	C	:
01111	K	(
10000	T	5
10001	Z	+
10010	L	)
10011	"	2
10100	H	£
10101	Y	6
10110	P	0
10111	Q	1
11000	O	9
11001	B	?
11010	G	$
11011	↑	↑ (FS)
11100	M	.
11101	X	/
11110	V	=
11111	↓	↓ (LS)

รูป 1.5 รหัส BAUDOT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bits b_7	b_6	b_5	b_4	b_3	b_2	b_1		0	0	0	0	1	1	1	1
								0	0	1	1	0	0	1	1
								0	1	0	1	0	1	0	1
								0	1	2	3	4	5	6	7
			0	0	0	0	0	NUL	(TC_7)DLE	SP	0	@	P	`	p
			0	0	0	1	1	(TC_1)SOH	DC_1	!	1	A	Q	a	q
			0	0	1	0	2	(TC_2)STX	DC_2	"	2	B	R	b	r
			0	0	1	1	3	(TC_3)ETX	DC_3	#	3	C	S	c	s
			0	1	0	0	4	(TC_4)EOT	DC_4	$	4	D	T	d	t
			0	1	0	1	5	(TC_5)ENQ	(TC_8)NAK	%	5	E	U	e	u
			0	1	1	0	6	(TC_6)ACK	(TC_9)SYN	&	6	F	V	f	v
			0	1	1	1	7	BEL	(TC_{10})ETB	'	7	G	W	g	w
			1	0	0	0	8	FE_0(BS)	CAN	(	8	H	X	h	x
			1	0	0	1	9	FE_1(HT)	EM	)	9	I	Y	i	y
			1	0	1	0	10	FE_2(LF)	SUB	*	:	J	Z	j	z
			1	0	1	1	11	FE_3(VT)	ESC	+	;	K	[	k	{
			1	1	0	0	12	FE_4(FF)	IS_4(FS)	,	<	L	\	l	:
			1	1	0	1	13	FE_5(CR)	IS_3(GS)	-	=	M	]	m	}
			1	1	1	0	14	SO	IS_2(RS)	.	>	N	^	n	~
			1	1	1	1	15	SI	IS_1(GS)	/	?	O	_	o	DEL

รูปที่ 1.6 รหัส ASC II

- Format effectors

  มีหน้าที่ควบคุมรูปแบบทางกายภาพของข้อมูล

- Device Control

  มีหน้าที่ในส่วนเริ่มต้นอุปกรณ์ช่วยของเครื่องรับส่งข้อมูลปลายทาง

- Information Separators

  มีหน้าที่กำหนดส่วนต่างๆของข้อมูล

1.5.3 รหัส BCD

เป็นคำย่อมาจาก Binary Code Decimal เป็นรหัสแบบที่ใช้การเข้ารหัสแบบ 6 บิท แทน 1 ตัวอักษร จึงสามารถมีอักขระได้ถึง 64 ตัว และจำเป็นจะต้องส่งผ่านข้อมูลภายใต้ระบบการสื่อสารมักจะเพิ่มบิทตรวจสอบอีก 1 บิท

1.5.4 รหัส ABCDIC

ใช้เข้ารหัส 8 บิท แทน 1 ตัวอักษร ทำให้สามารถเข้ารหัสได้ถึง 256 รูปแบบ ถ้าต้องการสื่อสารต้องเพิ่มบิทตรวจสอบอีก 1 บิท รวมเป็น 9 บิท

1.6 การMODULATION และ DEMODULATION

โดยทั่วไปขบวนการโมดูเลชั่นของสัญญาณอนาล็อกที่นิยมใช้มีเทคนิคด้วยกัน 3 แบบ คือ

1.6.1 Amplitude shift keying (ASK)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.2 Frequency shift keying (FSK)

1.6.3 Phase shift keying (PSK)

1.7 มาตรฐานสากลในการอินเตอร์เฟส

มีหลายองค์กรได้สร้างมาตรฐานของตนเองขึ้นมาใช้ จึงควรทราบมาตรฐานต่างๆไว้บ้างดังนี้

EIA : The Electronic Industries Association

เป็นมาตรฐานที่กำหนดขึ้นโดยสมาคมโรงงานอุตสาหกรรมและโครงงานผลิตอุปกรณ์อีเลคทรอนิคส์แห่งอเมริกา เช่น มาตรฐาน RS-232-C (ใช้ RS เป็นหลัก) ซึ่งใช้กันแพร่หลายในการสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์

CCITT : The Consultative Committee in International Telegraphy and Telephony

เป็นองค์กรสากลที่กำหนดมาตรฐานเกี่ยวกับการควบคุมภาษี , การแนะนำมาตรฐานหรือกำหนดมาตรฐานของระบบสื่อสารระหว่างประเทศ ทั้งโทรเลขและโทรศัพท์

สำหรับมาตรฐานของ CCITT ที่ใช้กันแพร่หลายในการสื่อสารข้อมูล เช่น V.28 (ใช้แทน RS-232-C ได้)

ISO : The International Standard Organization

ทำหน้าที่กำหนดมาตรฐานทางกายภาพของอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการสื่อสารโทรคมนาคม ตัวอย่างมาตรฐาน เช่น ISO 2110 ใช้แทน RS-232-C ของ EIA ได้เช่นกัน

BELL SYSTEM

เป็นมาตรฐานที่กำหนดโดยองค์กรทางโทรศัพท์ของบริษัท BELL LAB. ถูกกำหนดขึ้นเพื่อใช้ควบคุมโรงงานสินค้าที่ต้องการใช้งานร่วมกับของ BELL เนื่องจาก BELL เป็นหน่วยงานใหญ่มากในสหรัฐ ทำให้อุปกรณ์ที่จะใช้ร่วมกับระบบโทรศัพท์ของ BELL จะต้องเป็นตามมาตรฐานตามที่ BELL กำหนด แต่ในระยะหลัง BELL ก็เริ่มมีการผ่อนปรนหรือแก้ไขข้อกำหนดของตนให้เข้ากับ CCITT ได้ (เฉพาะบางส่วนเท่านั้น)

ขอบเขตของการใช้งานนี้เราจะใช้มาตรฐาน RS-232-C ในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมระหว่าง DCE (Data Communication Equipment) กับ DTE (Data Terminal Equipment หรือ อุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง) โดยอัตราการส่งข้อมูลจะถูกกำหนดให้อยู่ในช่วง ๐ ถึง 20,000 bps (bps = bit/sec.) ในการประยุกต์ใช้งาน RS-232-C อัตราเร็วสูงสุดที่ใช้ควรจะมีค่าไม่เกิน 19.2 kbps

มาตรฐานนี้ได้กำหนดความยาวของสายเคเบิลที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลไว้ไม่เกิน 50 ฟุต (ไม่ใช้ข้อกำหนดที่ตายตัว เนื่องจากระยะ 50 ฟุตนี้ได้มาจากประสบการณ์) เคเบิลอาจจะยาวกว่า 50 ฟุตก็ได้ถ้าเรารู้สภาพแวดล้อมของสายเคเบิลและอยู่ในเงื่อนไขที่ถูกต้องตามมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EIA ได้กำหนดไว้ว่า เราไม่ควรใช้ RS-232-C ในกรณีที่ต้องการให้มีการแบ่งแยกทางไฟฟ้าระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองด้านของการอินเตอร์เฟสซึ่งคำเตือนนี้เป็นสิ่งสำคัญที่เราต้องจำไว้เสมอถ้าเราคิดจะใช้ RS-232-C ในการอินเตอร์เฟสเครื่องคอมพิวเตอร์ของเราเข้ากับอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น

วัตถุประสงค์ของการใช้ RS-232-C คือใช้ในการอินเตอร์เฟสระหว่าง DTE กับ DCE ในกรณีที่ต้องการสื่อสารข้อมูลในระยะทางไกลๆโดยผ่านเครือข่ายโทรศัพท์ แต่อย่างไรก็ตาม RS-232-C ก็ยังถูกใช้ในการสื่อสารข้อมูลในระยะทางใกล้ๆเช่น ใช้ระหว่างคอมพิวเตอร์กับ terminals , คอมพิวเตอร์กับเครื่องพิมพ์ และคอมพิวเตอร์กับ disk drive

1.8 คุณสมบัติของสัญญาณไฟฟ้า (RS-232-C)

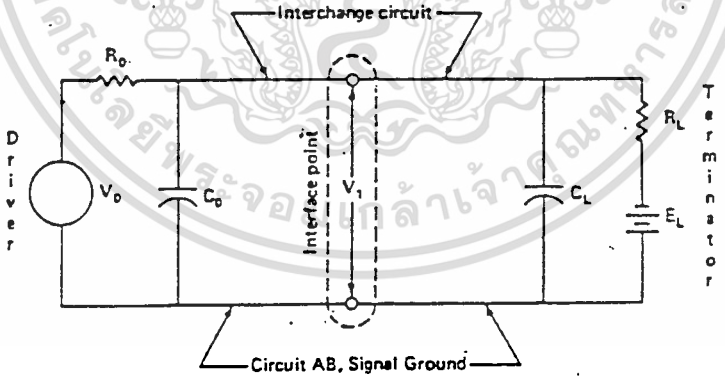
เราจะอธิบายคุณสมบัติของสัญญาณไฟฟ้าของ RS-232-C ในหัวข้อนี้โดยใช้รูปที่ 1.7 ประกอบ

1.8.1 สัญญาณที่ขาทุกขาที่ connector ของ RS-232-C จะเป็นสภาวะใดสภาวะหนึ่งในแต่ละคู่ต่อไปนี้

MARK/SPACE

ON/OFF

LOGIC "ø" / LOGIC "1"



รูป 1.7 RS-232-C interface circuit (EIA)

ความสัมพันธ์ระหว่างสถานะของสัญญาณคู่ต่างๆกับระดับแรงดันได้แสดงไว้ในตาราง 1.8 ขอให้สังเกตุด้วยว่า RS-232-C ใช้ลอจิกลบ (Nagative logic) แทนระดับแรงดันต่างๆ โดยแรงดันของระดับสัญญาณต่างๆจะถูกวัดเทียบกับ circuit (Signal Ground) ซึ่งจะกล่าวถึงในภายหลัง นอกจากนี้ช่วงของระดับแรงดันระหว่าง -3 ถึง +3 volts จะเป็นช่วงของการเปลี่ยนแปลง logic ดังนั้นจึงไม่มีการระบุสถานะของสัญญาณช่วงนี้

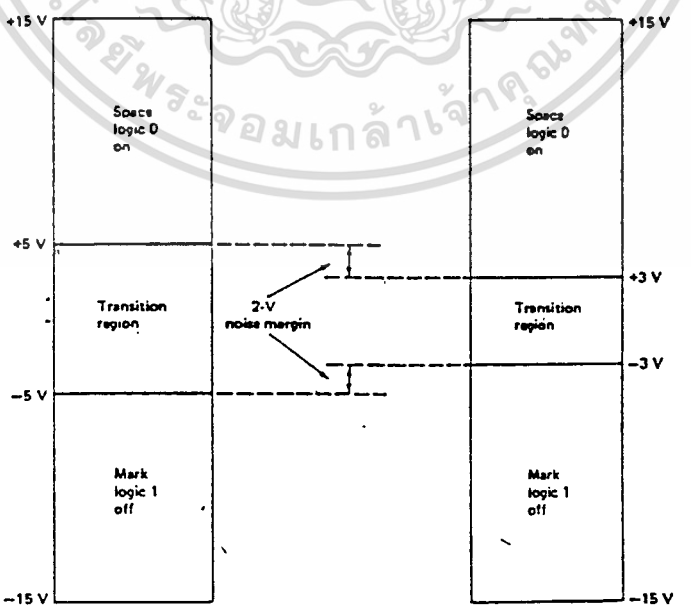
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
024733

Status	Signal Voltage	
	$-25V < V_1 < -3V$	$3V < V_1 < 25V$
Binary logic state	1	0
Signal condition	MARK	SPACE
Function	OFF	ON

ตารางที่ 1.8

1.8.2 ในการแทน logic "1" หรือ สถานะ mark ตัวขับสัญญาณ (driver) ต้องจ่ายแรงดันระหว่าง +5 ถึง +15 volts

จากข้อความข้างต้นแสดงว่า RS-232-C ยอมให้มี noise margin ได้ไม่เกิน 2 volts สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างระดับและสถานะของสัญญาณได้แสดงไว้ในรูปที่ 1.9 จากรูปจะเห็นว่าถ้า line driver หรือตัวกำเนิดสัญญาณต้องการส่ง logic "Ø" line driver จะต้องจ่ายแรงดันระหว่าง +5 ถึง +15 volts ส่วน Line Receiver หรือตัวรับสัญญาณปลายทางจะถือว่าแรงดันที่อยู่ภายในช่วง +3 ถึง +15 volts แทน logic "Ø" จากการเปรียบเทียบระดับสัญญาณของตัวส่งและตัวรับ จะเห็นว่า RS-232-C ยอมให้มีการ drop ของสัญญาณในช่วง 2 volts เกิดขึ้นได้ สำหรับในด้านการส่ง logic "1" ก็เป็นเช่นเดียวกัน



รูปที่ 1.9 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของการอินเตอร์เฟส

จากที่ได้อธิบายมาอาจมีข้อสงสัยว่าทำไมไม่ใช้สถานะ logic แบบ TTL ซึ่งระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแรงดันมีค่าระหว่าง 0 ถึง 5 volts แต่ทำไมถึงต้องใช้แรงดันระหว่าง -15 ถึง -3 และ +3 ถึง +15 volts ด้วย สาเหตุที่ไม่ใช้การแทน logic แบบ TTL ก็เพราะสถานะ logic แบบ TTL ถูกรบกวนจากสัญญาณรบกวนต่างๆได้ง่าย นอกจากนี้ยังมีปัญหาเกี่ยวกับระยะทางที่สามารถทำการสื่อสารข้อมูลอีกด้วย สำหรับสาเหตุที่ต้องใช้แรงดันในช่วง -15 ถึง -3 volts และ +3 ถึง +15 volts ก็เพราะในขณะที่กำลังทำการพัฒนา RS-232-C ขึ้นนั้นในวงจรคอมพิวเตอร์ต่างๆ โดยทั่วไปมีการใช้ระดับแรงดันในช่วงนี้อยู่ อนึ่งทรานซิสเตอร์ที่มีขายกันก็สามารถทำงานในช่วงแรงดันนี้และยังทนต่อสัญญาณรบกวนต่างๆที่มีเข้ามาได้ นอกจากนี้ยังสามารถทำงานในที่ ที่มีความถี่ได้สูงถึง 20,000bps ยิ่งกว่านั้นสถานะ MARK และสถานะ SPACE ยังถูกแทนด้วยการไหลของกระแสในทิศทางที่ตรงข้ามกันและความแตกต่างของแรงดันที่สถานะ MARK และ SPACE มีค่าสูงถึง 6 volts เป็นอย่างน้อย ข้อดีต่างๆที่กล่าวมานี้ช่วยให้การส่งข้อมูลมีเสถียรภาพยิ่งขึ้น

1.8.3 ตัวเก็บประจุ (CL)ที่ต่อขนานกับอุปกรณ์รับข้อมูลปลายทางจะต้องมีค่าไม่เกิน 2,500 uf โดยค่านี้ไม่รวมค่าความจุของสายเคเบิลเข้าไปด้วย

1.8.4 แรงดันขณะเปิดวงจร (Vo) หรือขณะที่ไม่มี load จะต้องไม่เกิน 25 volts ซึ่งก็คือแรงดันใดๆ ใน circuit ของการอินเตอร์เฟสแบบ RS-232-C ก็ต้องไม่เกิน 25 volts เช่นกัน

1.8.5 วงจรรับสัญญาณที่ใช้กับ RS-232-C ต้องสามารถทนต่อการลัดวงจรที่เกิดขึ้นได้ (เช่นขาสองขาเกิดลัดวงจรโดยไม่ตั้งใจ) โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อตัวมันเองหรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องด้วย เช่น Terminals, modem, port I/O และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต่อเข้ากับเคเบิลที่ใช้ในการอินเตอร์เฟสแบบ RS-232-C

1.9 **คุณสมบัติทางกลของการอินเตอร์เฟส**

รายละเอียดของขาต่างๆ ของ Connector ตามมาตรฐาน RS-232-C ได้แสดงไว้ในตาราง 1.10 ขอให้สังเกตด้วยว่าตามมาตรฐานนั้นไม่ได้กล่าวถึงปลั๊กตัวผู้หรือปลั๊กตัวเมีย (socket) ของ connector เลยว่าต้องมีรูปร่างลักษณะอย่างไร ในปัจจุบันเรามักจะใช้ connector แบบ DB-25 ในการอินเตอร์เฟส connector แบบนี้เทียบเท่ากับแบบ ISO 2113 ซึ่งเป็นมาตราฐานที่ใช้โดย ISO สำหรับรายละเอียดเพิ่มเติมของ connector แบบนี้หาได้จาก

ISO Draft International Standard 2110, "Data Communication: 25-Pin DTE/DCE Interface Connector and Pin Assignments" (Revison of ISO 2110-1972), February 1979.

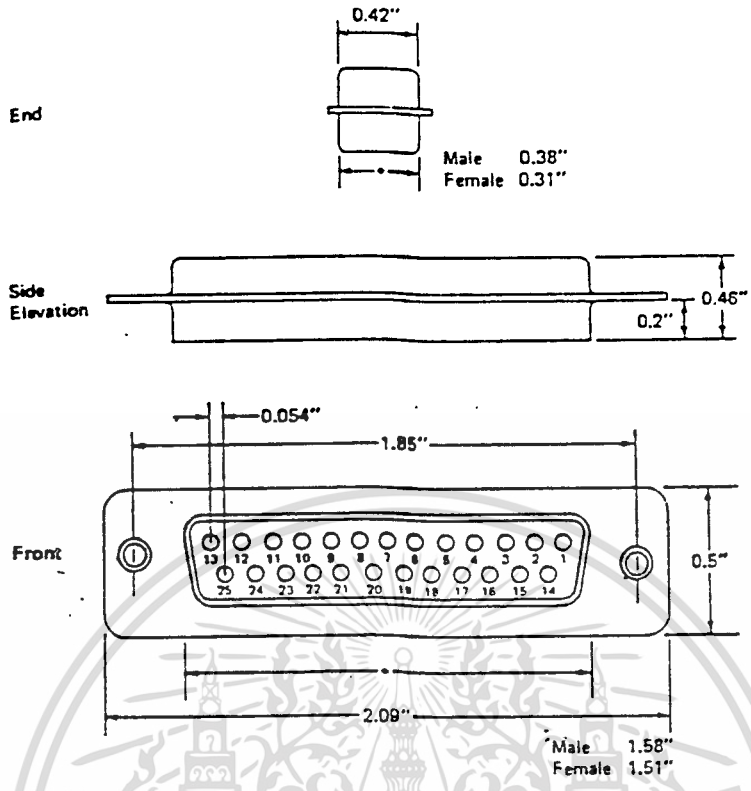
สำหรับรายละเอียดทางกลของปลั๊กตัวผู้ (DB-25-P) และปลั๊กตัวเมีย(DB-25-S) แสดงไว้ในรูปที่ 1.11 ขอให้สังเกตด้วยว่า?ตัวผู้จะใช้กับ DTE ส่วน?ตัวเมียใช้กับ DCE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา	เซอร์กิต	ความหมายของเซอร์กิต
1	AA	Protective Ground
2	BA	Transmitted Data
3	BB	Received Data
4	CA	Request to Send
5	CB	Clear to Send
6	CC	Data Set Ready
7	AB	Signal Ground
8	CF	Received Line Signal Detector
9/10	-	(Reserved for Data Set Testing)
11	-	Unassigned
12	SCF	Secondary Received Line Signal Detector
13	SCB	Secondary Clear to Send
14	SBA	Secondary Transmitted Data
15	DB	Transmit Signal Element Timing (DCE Source)
16	SBB	Secondary Received Data
17	DD	Receive Signal Element Timing
18	-	Unassigned
19	SCA	Secondary Request to Send
20	CD	Data Terminal Ready
21	CG	Signal Quality Detector
22	CE	Ring Indicator
23	CH/CI	Data Signal Rate Select (DTE/DCE Source)
24	DA	Transmit Signal Element Timing (DTE Source)
25	-	Unassigned

ตารางที่ 1.10 รายละเอียดของขาต่างๆ พร้อมด้วยสัญญาณกำกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.11 ลักษณะทางกลของ connector

<u>ลักษณะการทำงานของ circuit ต่างๆ</u>

circuit ต่างๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1.12 ซึ่งสามารถแยกออกเป็นประเภทต่างๆ ได้ 5 ประเภทคือ

1. กราวนด์ หรือ common return (A)
2. circuit ข้อมูล (B)
3. circuit ควบคุม (C)
4. circuit ของสัญญาณฐานเวลา (timing circuit) (D)
5. circuit ของแชนแนลที่สอง (S)

จากตารางที่ 1.12 จะเห็นว่า ตัวอักษรใน column แรกจะแทนcircuit ประเภทต่างๆ จะเป็นตัวอักษรตัวแรกของกลุ่มตัวอักษร (ประกอบด้วยตัวอักษรสองหรือสามตัว) ซึ่งใช้กันทั่วไปในการอธิบายสัญญาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งาน

จากตารางที่ 1.12 circuit ต่างๆ ของ RS-232-C ถูกแบ่งออกเป็นประเภทๆ โดยใช้กลุ่มของตัวอักษรไว้ข้างต้น นอกจากนี้ในตารางยังแสดงการเคลื่อนที่ของข้อมูล, สัญญาณเวลาว่าส่งจาก DCE หรือส่งจาก DTE รวมทั้งมีการกำหนดขาสัญญาณที่ใช้กำกับ circuit ต่างๆ สำหรับลักษณะการทำงานของ circuit ต่างๆ มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Interchange circuit	Connector pin assignment	Description	Gnd	Data		Control		Timing	
				From DCE	to DCE	From DCE	to DCE	From DCE	to DCE
AA	1	Protective Ground	X						
AB	7	Signal Ground/Common Return	X						
BA	2	Transmitted Data			X				
BB	3	Received Data		X					
	4	Request to Send					X		
	5	Clear to Send				X			
	6	Data Set Ready				X			
	20	Data Terminal Ready					X		
	22	Ring Indicator				X			
	8	Received Line Signal Detector				X			
	21	Signal Quality Detector				X			
	23	Data Signal Rate Selector (DTE)					X		
	23	Data Signal Rate Selector (DCE)				X			
DA	24	Transmitter Signal Element Timing (DTE)							X
DB	15	Transmitter Signal Element Timing (DCE)						X	
DD	17	Receiver Signal Element Timing (DCE)						X	
SBA	14	Secondary Transmitted Data			X				
SBB	16	Secondary Received Data		X					
SCA	19	Secondary Request to Send					X		
SCB	13	Secondary Clear to Send				X			
SCF	12	Secondary Received Line Signal Detector				X			

ตารางที่ 1.12 RS-232-C Interchange Circuits

circuit AA : Protective Ground

ลวดตัวนำของ circuit นี้จะถูกต่อเข้ากับตัวถังของอุปกรณ์เพื่อใช้เป็นสายดิน เมื่อเปรียบเทียบ Protective Ground กับ Signal Ground จะเห็นได้ว่า Signal Ground มีความสำคัญกว่ามาก ดังนั้น Protective Ground จึงมักไม่ถูกต่อ การกระทำเช่นนี้ไม่เป็นการทำผิดข้อกำหนดในมาตรฐาน RS-232-C เนื่องจากว่า RS-232-C ได้กำหนดให้กรณีนี้เป็นกรณีเลือกใช้งาน

circuit AB : Signal Ground or Common Return

circuit นี้ถูกใช้เป็นจุดอ้างอิงของสัญญาณที่ใช้ใน circuit ต่างๆ ยกเว้น circuit AA circuitนี้เป็น circuit เดียวที่ต้องถูกต่อไว้เสมอไม่ว่าเป็นการประยุกต์ใช้งานแบบใด

circuit BA : Transmitted Data

สัญญาณของ circuit นี้จะถูกส่งจาก DTE ไปยัง DCE , DTE จะทำให้ circuit BA มีสถานะ Logic เป็น "1" (Mark) ตลอดเวลาที่ไม่มีการส่งข้อมูล (แสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1.12)

ในระบบทุกระบบที่ใช้มาตรฐาน RS-232-C DTE จะไม่ทำการส่งข้อมูลนอกจากว่า circuit ต่อไปนี้มีสถานะ Logic เป็น "Ø" (ON)

1. circuit CA (Request to send)
2. circuit CE (Clear to send)
3. circuit CC (Data Set Ready)
4. circuit CD (Data Terminal Ready)

สำหรับการทำงานร่วมกันของ circuit เหล่านี้จะอธิบายในบทต่อไป

circuit BB : Receiver Data

สัญญาณของ circuit นี้จะถูกส่งจาก DCE ไปยัง DTE circuit นี้จะอยู่ในสถานะ MARK (Logic "1") ตลอดเวลาที่ไม่มีการส่งข้อมูล

ในการส่งข้อมูลแบบ Half duplex เมื่อ Request to send (circuit CA) อยู่ในสภาวะ ON (Logic "Ø") Received Data (circuit BB) จะมีสภาวะเป็น OFF (Logic "1") นอกจากนี้ Received Data จะคง อยู่ในสภาวะ OFF อีกช่วงระยะเวลาสั้นๆ ระยะเวลาหนึ่งหลังจากที่ Request to send เปลี่ยนสภาวะจาก ON ไปเป็น OFF เมื่อการส่งข้อมูลเกิดขึ้นเรียบร้อยแล้ว

circuit CA : Request to send

สัญญาณ Request to send นี้ถูกส่งจาก DTE ไปยัง DCE ซึ่ง สัญญาณ RTS และสัญญาณ CTS ซึ่งเกิดขึ้นในการส่งข้อมูลระหว่าง DTE และ DCE แสดงไว้ในรูปที่ 1.13 และ 1.14

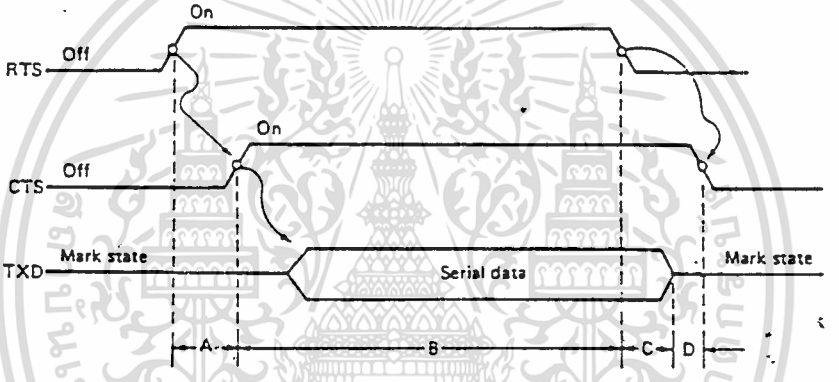
ในการส่งข้อมูลแบบ Simplex และ full duplex เมื่อ RTS มีสถานะของ Logic เป็น "Ø" (ON) จะทำให้ DCE อยู่ใน Mode การส่งข้อมูล(transmit mode) ในที่นี้การที่ DCE อยู่ใน Mode การส่งข้อมูลหมายความว่า DCE จะรับข้อมูลจาก DTE และส่งข้อมูลนี้ออกไปยังตัวกลางในการสื่อสารข้อมูล (communication link) ตัวอย่างเช่น ถ้า DCE ของเราเป็นโมเด็ม เมื่อ DCE อยู่ใน Mode การส่งข้อมูล โมเด็มจะส่งข้อมูลที่ได้รับมาจาก DTE ไปยังเครือข่ายโทรศัพท์ แต่ในกรณีของ simplex และ half duplex ถ้า RTSมีค่าเป็น Logic "1" (OFF) DCE จะไม่อยู่ใน Mode การส่งข้อมูล (คือ DCE จะไม่ส่งข้อมูลที่ได้รับจาก DTE ออกไปยังตัวกลางในการสื่อสารข้อมูล)

ในกรณี half duplex เมื่อ RTS อยู่ในสถานะ ON, DCE จะอยู่ใน Mode การส่งข้อมูล แต่ถ้า RTS อยู่ในสภาวะ OFF, DCE จะอยู่ใน Mode การรับข้อมูล (คือ DCE จะรับข้อมูลจากเครือข่ายการสื่อสารและส่งข้อมูลเหล่านี้ไปยัง DTE)

จากรูปที่ 1.13 ขอให้ดูที่สภาวะที่การเปลี่ยนแปลงจาก ON ไปยัง OFF และ OFF ไปเป็น ON ของสัญญาณ RTS การเปลี่ยนสภาวะของสัญญาณ RTS จาก OFF ไปเป็น ON จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทริกก์ (trigger) DCE ให้อยู่ใน Mode การส่งข้อมูลและทำขั้นตอนต่างๆ ที่ทำให้การสื่อสารข้อมูลเกิดขึ้นได้ เช่น การต่อโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์หลัก (host computer) (ถ้า DCE ตัวนั้นสามารถต่อโทรศัพท์โดยอัตโนมัติได้) ในระบบไมโครคอมพิวเตอร์ทั่วๆ ไปสาย RTS จะถูกต่อกับสาย CTS โดยตรง ดังนั้นเมื่อไรก็ตามที่ DTE ป้อนสัญญาณ RTS DTE ก็จะได้รับสัญญาณตัวนี้กลับมา โดยส่งมาทางสาย clear to send (รายละเอียดเพิ่มเติมของเรื่องนี้จะกล่าวในการทดลอง) เมื่อการทำขั้นตอนต่างๆ ที่ทำให้เกิดการสื่อสารข้อมูลได้เกิดขึ้นเรียบร้อยแล้ว DTE จะทำให้ clear to send (circuit CB) มีค่า Logic เป็น "ø" (ON) ซึ่งเป็นการบอกให้ DTE ทราบว่าสามารถส่งข้อมูลทาง circuit TRANSMITTED DATA ข้ามจุดเชื่อมต่อ (INTERFACE POINT) ได้แล้ว

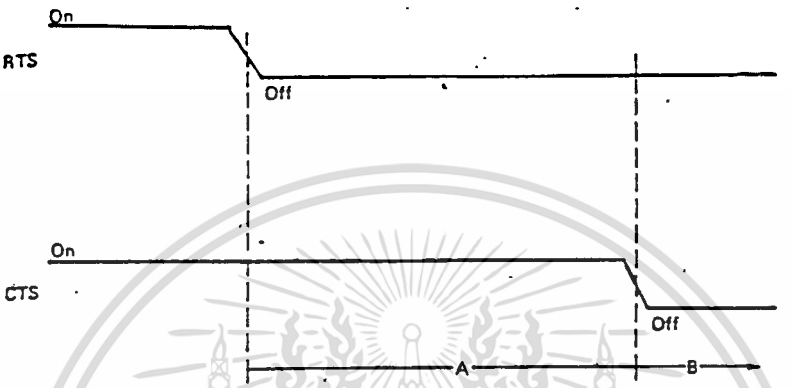


รูป 1.13 การทำ handshake ของสัญญาณ RTS และ CTS ใน ช่วง A, DTE จะป้อนสัญญาณ RTS แสดงให้ DCE ทราบว่า DTE ต้องการส่งข้อมูลซึ่งจะเกิดขึ้นตอนเหล่านี้คือ DCE จะจัดตั้งช่องทางการสื่อสารและป้อนสัญญาณ CTS (เป็น ON) ซึ่งแสดงให้ DTE ทราบว่าสามารถเริ่มต้นส่งข้อมูลได้แล้ว แต่ TXD จะยังอยู่ในสภาวะ MARK อยู่ในช่วง B ข้อมูลจะถูกส่งผ่านทาง circuit Transmitted data เมื่อข้อมูลถูกส่งออกไปจนหมดแล้ว DTE จะ OFF สัญญาณ RTS เพื่อบอกให้ DCE ทราบว่า DTE ไม่ต้องการส่งข้อมูลอีกต่อไปในช่วง C เมื่อ DCE ส่งข้อมูลทั้งหมดออกไปยัง Communication Link เสร็จแล้ว circuit TXD จะกลับสู่สภาวะ MARK ในช่วง D DCE แจ้งให้ DTE ทราบว่า DCE พร้อมที่จะรับข้อมูลชุดใหม่เพื่อส่งออกไปโดยการ OFF สัญญาณ CTS

การเปลี่ยนสถานะจาก ON ไปเป็น OFF ของสัญญาณ RTS เป็นการสั่งให้ DCE ส่งข้อมูลที่ยังเหลืออยู่ที่จุดเชื่อมต่อ (INTERFACE POINT) ของcircuit TRANSMITTED DATA ออกไปยังช่องทางการสื่อสารและออกจาก Mode การส่งข้อมูล (ในกรณีของ Half duplex หรือ Simplex หรือเข้าสู่ Mode การรับข้อมูล (ในกรณี Half duplex) DCE จะตอบสนองต่อสัญญาณนี้โดยทำให้สัญญาณ clear to send มี Logic เป็น "1" (OFF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 1.13 เมื่อใดก็ตามที่ Request to send เปลี่ยนสถานะจาก ON เป็น OFF Request to send จะ ON ใหม่ได้อีกครั้งหนึ่งก็ต่อเมื่อ DCE สั่งให้ Clear to send เปลี่ยนสถานะจาก ON เป็น OFF แล้ว การทำเช่นนี้เป็นการป้องกันไม่ให้เกิด OVERRUN ERROR ขึ้น ซึ่งก็คือ DTE ทำการส่งข้อมูลชุดใหม่มาอีกในขณะที่ DCE ยังส่งข้อมูลชุดเก่าไม่เรียบร้อย



รูปที่ 1.14 ในช่วง (A) DTE ไม่สามารถ ON สัญญาณ RTS ใหม่อีกครั้งได้ DTE ต้องรอจนกระทั่ง DCE ส่งข้อมูลที่เหลือออกไปจนหมด โดย DCE จะ OFF สัญญาณ CTS เพื่อแสดงให้ DTE ทราบว่ามันพร้อมที่จะรับข้อมูลชุดใหม่แล้ว ในช่วง (B) DTE สามารถ ON สัญญาณ RTS ใหม่เมื่อใดก็ได้ เนื่องจาก CTS มีสภาวะเป็น OFF

การทำ Handshake โดยใช้ Request to send กับ Clear to send ที่อธิบายไปนั้นใช้ได้ทั้งในการส่งข้อมูลทีละ charactor หรือทีละ Block (เราใช้ Protocol ที่มีระดับสูงกว่า Physical - level protocol ในการกำหนดลักษณะของ character หรือ Block) ตัวอย่างเช่น สมมุติให้หนึ่ง character ประกอบด้วยบิทต่างๆ 10 บิท เมื่อทำการส่งข้อมูลจะต้องทำ Handshake ระหว่างข้อมูลแต่ละ character ดังนี้ เมื่อส่งข้อมูลครบ 10 บิท DTE จะป้อนสัญญาณลงในสาย clear to send และคอยรับสัญญาณจาก DTE ทางสาย clear to send สำหรับการทำ Handshake ในการส่งข้อมูลทีละ Block นั้น DTE จะส่ง character พิเศษที่บอกจุดสิ้นสุดของ Block (End of transmission character) เพิ่มเข้าไปด้วย เมื่อถึงจุดสิ้นสุดของ Block ข้อมูล DTE จะ OFF สัญญาณ Request to send ในการตอบสนองต่อเหตุการณ์เหล่านี้ DCE จะ OFF สัญญาณ Clear to send เมื่อcharacter พิเศษที่บอกจุดสิ้นสุดของข้อมูลได้ถูกส่งจาก DCE ออกไปยังเครือข่ายการสื่อสาร (Communication Network) เรียบร้อยแล้ว

จากที่อธิบายไว้ใน circuit BA, DTE จะส่งข้อมูลได้ก็ต่อเมื่อ Request to send, Clear to send, Data Set Ready และ Data Terminal Ready เหล่านี้ ON หมดทุกตัวก่อน (ในกรณีที่ระบบของเราต้องใช้สัญญาณนี้ทุกตัว) เมื่อสัญญาณ Data Terminal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ready และ DCE จะตอบสนองต่อสัญญาณนี้ โดยการส่งสัญญาณ Clear to send เป็น ON กลับมายัง DTE, DTE จะส่งข้อมูลออกทาง circuit Transmitted Data ได้ (เราสามารถ ON สัญญาณ Request to send เมื่อไรก็ตามที่ Clear to send เป็น OFF โดยไม่ต้องสนใจสภาวะของ circuit อื่นๆ)

circuit CB : Clear to send

สัญญาณนี้เป็นสัญญาณควบคุมซึ่ง DCE ส่งไปยัง DTE บนสาย Transmitted Data แล้วเมื่อสัญญาณ Clear to send อยู่ในสภาวะ ON รวมทั้งสัญญาณ Request to send, Data set ready หรือ Data Terminal Ready มีสภาวะเป็น ON ด้วยการ ON ของสัญญาณเหล่านี้จะบอกให้ DTE ทราบว่าข้อมูลที่ส่งไปยัง DCE จะถูก DCE รับไว้และส่งต่อไปยัง Communication Channel เมื่อสัญญาณ Clear to send อยู่ในสภาวะ OFF จะยังไม่ส่งข้อมูลออกมา (ต้องเป็นสัญญาณ RTS ใหม่)

Clear to send จะอยู่ในสภาวะ ON ก็ต่อเมื่อสัญญาณ Request to send (circuit CA) และ Data Set Ready (circuit CC) จะอยู่ในสภาวะ ON ทั้งคู่ ถ้าไม่ใช้ขา Request to send ให้ถือว่าสัญญาณ Request to send เป็น ON ตลอดเวลา ดังนั้นสภาพสัญญาณ Clear to send จะเป็นอย่างไรจึงขึ้นอยู่กับสถานะของสัญญาณ Dats Set Ready ว่าเป็น ON หรือ OFF

ในการอินเตอร์เฟสตามมาตรฐานของ RS-232-C ซึ่งทำการอินเตอร์เฟสระหว่าง DTE และ DCE ในกรณีที่มีเครือข่ายสวิตช์ซึ่งโทรศัพท์เข้าไปเกี่ยวพันด้วย เราจะต้องใช้ circuit ต่อไปนี้เพิ่มเข้าไปด้วย

1. **circuit CC : Data Set Ready**
2. **circuit CD : Data Terminal Ready**
3. **circuit CE : Ring Indicator**
4. **circuit CF : Received Line Signal Detector**

เนื่องจากการทำงานของ circuit ต่อไปนี้เกี่ยวพันกับเครือข่ายโทรศัพท์ ดังนั้นถ้าเราทำการติดต่อในระยะสั้นๆ (ไม่ผ่านเครือข่ายโทรศัพท์) โดยใช้ RS-232-C เพียงอย่างเดียวเราสามารถตัด circuit เหล่านี้ออกไปได้การประยุกต์ใช้งานที่น่าสนใจมากที่สุดของ circuit เหล่านี้คือ การใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ที่สามารถต่อโทรศัพท์ได้โดยอัตโนมัติ (Auto Dial) และอุปกรณ์ที่สามารถมารถตอบรับต่อการเรียก (โทรศัพท์ที่มีเข้ามา) โดยอัตโนมัติ (Auto Answer)

หน้าที่สำคัญของสัญญาณ Data Set Ready และ Data Terminal Ready คือมันเป็นตัวแสดงให้เราทราบว่าอุปกรณ์ของเราพร้อมที่จะทำการสื่อสารข้อมูล (Eqiupment Readings) หรือไม่ สำหรับรายละเอียดของเรื่องนี้จะอธิบายให้หัวข้อ "การส่งข้อมูลแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Full duplex" ถ้า Data Set Ready อยู่ในสภาวะ ON จะบอกให้ DTE ทราบว่า DTE พร้อมที่จะส่งข้อมูลที่รับจาก DTE ออกไปยังเครือข่ายการสื่อสารแล้ว(เช่น เครือข่ายโทรศัพท์, ไมโครเวฟ) ในลักษณะเดียวกันถ้า Data Terminal Ready อยู่ในสภาวะ ON แสดงว่า DTE พร้อมที่จะส่งข้อมูลไปให้ DCE โดยส่งข้อมูลออกทาง Transmitted Data ดังที่ได้อธิบายไว้แล้วใน "Circuit BA : Transmitted Data" ทั้ง Data Set Ready และ Data Terminal Ready จะต้องอยู่ในสภาวะ ON ก่อนที่จะมีการส่งข้อมูลเกิดขึ้น แต่เนื่องจากสัญญาณเหล่านี้ไม่ค่อยถูกใช้ในกรณีที่ทำการอินเตอร์เฟสกับระบบไมโครคอมพิวเตอร์ ดังนั้นข้อมูลจะถูกส่งเมื่อใดจึงขึ้นอยู่กับสภาวะของสัญญาณ Request to Send

Circuit CC : Data Set Ready .

สัญญาณนี้เป็นสัญญาณควบคุมที่ส่งจาก DCE ไปยัง DTE ในกรณีที่ Data Set Ready อยู่ในสภาวะ ON แสดงว่า DCE ได้ถูกต่อกับ Communication Channel เรียบร้อยแล้วในกรณีที่ DCE ของเราสามารถต่อโทรศัพท์ได้โดยอัตโนมัติ การที่ Data Set Ready เป็น ON หมายความว่า DCE ของเรา (local) ได้ต่อโทรศัพท์เรียก DCE ของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เราต้องการต่อเชื่อมกันของ Communication Channel ขึ้นระหว่าง DCE ทั้งสองด้าน ทำให้สามารถทำการสื่อสารข้อมูลระหว่างกันได้เมื่อ Communication Channel ถูกเชื่อมต่อแล้ว ระบบจะเข้าสู่ mode การส่งข้อมูล (ไม่ใช่ mode การส่งสัญญาณเสียง คือเราพูดสายไม่ได้)

Circuit CD : Data Terminal Ready

สัญญาณควบคุมตัวนี้จะถูกส่งจาก DTE ไปยัง DCE สัญญาณ Data Terminal Ready ต้องอยู่ในสภาวะ ON ก่อนที่ DCE จะ ON สัญญาณ Data Set Ready ซึ่งบอกว่า DCE ถูกเชื่อมต่อเข้ากับช่องทางการสื่อสารแล้ว และสามารถส่งข้อมูลได้ ขณะใดก็ตามที่ DCE ต่อกับช่องทางการสื่อสารแล้ว Data Terminal Ready เปลี่ยนสภาวะจาก ON เป็น OFF, DCE จะตัดการเชื่อมต่อระหว่าง DCE กับ Communication channel ทิ้งในทันที

Circuit CE : Ring Indicator

สัญญาณนี้เป็นสัญญาณควบคุมที่ถูกส่งจาก DCE ไปยัง DTE เมื่อสัญญาณนี้มีสภาวะเป็น ON แสดงว่า DCE กำลังได้รับสัญญาณกริ่ง (Ringing Signal) ที่มีเข้ามา สำหรับช่วงเงียบระหว่างเสียงกริ่ง (เงียบและดังเป็นช่วงๆ) และในกรณีที่ DCE ไม่ได้รับสัญญาณเสียงกริ่ง สัญญาณ Ring Indicator นั้นจะมีสภาวะเป็น OFF เราใช้สัญญาณควบคุมตัวนี้ในกรณีที่ใช้โมเด็มที่สามารถตอบรับการเรียกได้โดยอัตโนมัติ (Auto Answer)

Circuit CF : Received Line Signal Detector

สัญญาณนี้ส่งจาก DCE ไปยัง DTE เมื่อ DCE ได้รับสัญญาณ Carrier (ซึ่งต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของบริษัทผู้ผลิต DCE ด้วย) ที่ส่งมาจาก DCE อีกด้านหนึ่ง (Remote side) สัญญาณ Received Line Signal Detector จะมีสภาวะเป็น ON แสดงว่า DCE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จับสัญญาณใน Communication Channel ซึ่งจะถูกนำไป Demodulate ได้แล้ว ในโมเด็มแบบต่างๆ สายเส้นนี้จะถูกต่อกับ LED เพื่อแสดงให้รู้ว่าขณะนี้มีสัญญาณ Carrier เข้ามาหรือไม่

หมายเหตุ สัญญาณนี้มีชื่อหนึ่งว่า Data Carrier Detector ในการใช้งาน Terminal ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ส่วนมากเราต้องให้สภาวะเป็น High ตลอดเวลาก่อนที่จะรับหรือส่งข้อมูล ตัวอย่างของ Terminal ที่เราต้องทำเช่นนี้ได้แก่ Texas Instrument TISilent 700 Series ซึ่งมี Acoustic-coupled Modem ติดตั้งไว้ภายในและมี port RS-232-C ให้ใช้ในการต่อกับโมเด็มภายนอก Received Line Signal Detector จะมีสภาวะเป็น ON เมื่อโมเด็มภายในตรวจจับ Carrier ที่ส่งมาจากโมเด็มอีกด้านหนึ่ง (Remote) ได้ (โมเด็มตัวนี้ต้องสามารถตอบรับต่อการเรียกได้โดยอัตโนมัติ) ในอีกกรณีหนึ่งถ้าเราต้องการอินเตอร์เฟส Silent 700 เข้ากับไมโครคอมพิวเตอร์โดยตรง (ไม่ผ่านโมเด็ม) เรายังต้องทำให้สาย Received Line Signal Detector มีสภาวะเป็น ON เสมอ โดยทั่วๆ ไปมักจะต่อขาสัญญาณนี้เข้ากับขาสัญญาณตัวอื่นที่มีอยู่บน Connector เช่นขา Data Terminal Ready เทคนิคนี้เรียกว่า "Jumping" สำหรับ circuitที่เหลือคือ

Circuit CG Signal Quality Detector

Circuit CH Data Signal Rate Selector [DTE Source]

Circuit CI Data Signal Rate Selector [DCE Source]

Circuit DA Transmit Signal Timing [DTE Source]

Circuit DB Transmit Signal Timing [DCE Source]

Circuit DD Receiver Signal Timing [DCE Source]

Circuit SBA Secondary Transmitted Data

Circuit SBB Secondary Received Data

Circuit SCA Secondary Request to Send

Circuit SCB Secondary Clear to Send

Circuit SCF Secondary Receive Signal Detector

จะไม่ขอกล่าวถึงในหนังสือเล่มนี้ เพราะในการใช้งาน RS-232-C ร่วมกับระบบไมโครคอมพิวเตอร์ เราไม่จำเป็นต้องใช้ circuit เหล่านี้ ถ้าท่านผู้อ่านท่านใดสนใจ ขอให้อ่านจาก RS-232-C STANDARD

1.10 โครงสร้างทั่วๆ ไปของมาตรฐาน

ดังที่กล่าวมาแล้วมาตรฐาน RS-232-C ไม่ได้กำหนดลักษณะโครงสร้างของ Connector ไว้เลย ดังนั้นเราสามารถเลือกใช้ Connector แบบใดก็ได้ อย่างไรก็ตาม EIA ได้ระบุไว้ว่า Connector ที่เข้ามาตรฐานของทหารแบบ MIL-C-24308 (MS-18275)สามารถใช้ในการอินเตอร์เฟสตามมาตรฐาน RS-232-C ได้เป็นอย่างดี (แต่ EIA ได้กล่าวย้ำไว้ด้วยว่ามาตรฐาน MIL นี้ไม่ได้เป็นส่วนใดส่วนหนึ่งในมาตรฐาน RS-232-C) การขาดมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ Connector นี้ได้ก่อให้เกิดปัญหาบางประการขึ้น ดังจะอธิบายในตอนท้ายของบทนี้

จากมาตรฐาน RS-232-C เราจะเห็นว่ามีการใช้สัญญาณต่างๆ อยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้นในการใช้งานเราอาจสงสัยว่า ควรจะใช้สัญญาณเส้นใดบ้างจึงเหมาะสมกับระบบของเรา (จากทั้งหมด 12 circuit) ข้อสงสัยข้อนี้ตอบได้ยาก เนื่องจากรูปแบบของกลุ่มสัญญาณที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลมีแตกต่างออกไปมากมายขึ้นอยู่กับลักษณะของระบบที่ต้องการใช้ โครงสร้างของระบบอาจเป็นไปได้หลายแบบตั้งแต่การต่อ Terminal เข้ากับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นการอินเตอร์เฟสแบบง่ายๆ ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ของเราร่วมกับเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นโดยอาศัยการ Multiplex, ใช้ส่งและรับข้อมูลแบบ Synchronous หรือใช้กับสาย Dedicated Line (สายที่ใช้ในการส่งข้อมูลเพียงอย่างเดียว ใช้ส่งสัญญาณเสียงไม่ได้) ซึ่งเป็นการใช้ร่วมกับ Terminal ปลายทางเครื่องอื่นๆ อย่างไรก็ตาม EIA ได้แบ่งมาตรฐานของการใช้สายสัญญาณออกเป็นกลุ่มตามสภาพของระบบต่างๆ กลุ่มของสัญญาณที่ใช้ร่วมกับระบบไมโครคอมพิวเตอร์ถูกแบ่งออกเป็น 7 กลุ่มดังนี้

- ใช้ในการส่งข้อมูลอย่างเดียว (Transmit only)
- ใช้ในการส่งข้อมูลอย่างแต่ใช้สัญญาณ RTS ด้วย
- ใช้ในการรับข้อมูลอย่างเดียว (Receive only)
- ใช้ส่งและรับข้อมูลแบบ Half Duplex
- ใช้ส่งและรับข้อมูลแบบ Full Duplex
- ใช้ส่งและรับข้อมูลแบบ Full Duplex แต่ใช้สัญญาณ RTS ด้วย
- แบบพิเศษ (Special)

การอินเตอร์เฟสแบบต่างๆ ที่กล่าวมานี้ได้แสดงไว้ในตาราง 1.15 ซึ่งได้ระบุสายสัญญาณใดบ้างที่ต้องต่อในการอินเตอร์เฟสแต่ละแบบ (เราได้ตัดสัญญาณที่ใช้ในการส่งข้อมูลแบบ Synchronous ทิ้งไปเนื่องจากว่าในระบบไมโครคอมพิวเตอร์มักจะไม่ใช้การส่งข้อมูลแบบนี้)

	RS-232-C interchange circuit	Transmit only	Transmit only with RTS	Receive only	Half duplex	Full duplex	Full duplex with RTS	Special
1	Protective Ground	-	-	-	-	-	-	0
7	Signal Ground	X	X	X	X	X	X	X
2	Transmitted Data	X	X		X	X	X	0
3	Received Data			X	X	X	X	0
4	Request to Send		X		X		X	0
5	Clear to Send	X	X		X	X	X	0
6	Data Set Ready	X	X	X	X	X	X	0
20	Data Terminal Ready	S	S	S	S	S	S	0
22	Ring Indicator	S	S	S	S	S	S	0
8	Received Line Signal Detector			X	X	X	X	0

ตารางที่ 1.15 RS-232-C Standard Configurations

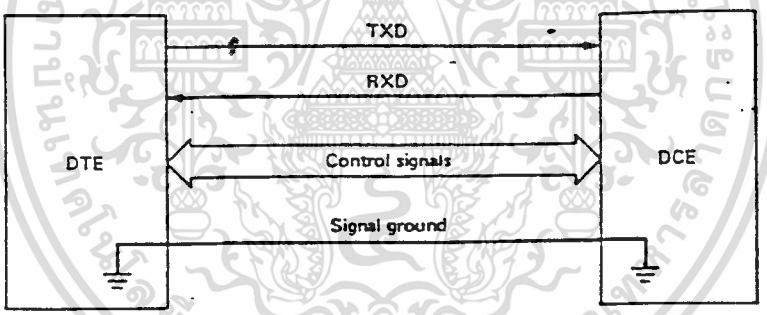
จากตารางที่ 1.15 จะเห็นได้ว่ามี circuit อยู่ circuit หนึ่งที่ต้องต่ออยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสมอคือ circuit Signal Ground (ขา 7) ส่วน circuit อื่นจะต่อหรือไม่ขึ้นอยู่กับการประยุกต์ใช้งานของเรา ให้เลือกจากวิธีการส่งข้อมูลของเราว่าเป็นแบบใดและต้องดูด้วยว่าเข้ากับระบบของเราได้หรือไม่ ในการส่งข้อมูลแบบ Full duplex นั้น ระบบไมโครคอมพิวเตอร์บางระบบบอาจจะ circuit แตกต่างออกไปจากที่แสดงไว้ในตารางที่ 1.5

การประยุกต์ใช้งานของการส่งข้อมูลแบบ Full duplex ที่ใช้กันมากในระบบไมโครคอมพิวเตอร์คือ ใช้กับ Terminal ที่ทำหน้าที่ส่งและรับข้อมูลซึ่งมีลักษณะการทำงานดังนี้คือ character จะถูกส่งจาก keyboard ไปยังคอมพิวเตอร์และถูกสะท้อน (echo) ไปแสดงบนจอภาพหรือพิมพ์ออกที่เครื่องพิมพ์ ในกรณีเช่นนี้ข้อมูลจะเคลื่อนที่ในสองทิศทางพร้อมกันโดยถูกส่งและรับจาก DTE (keyboard และจอภาพ) กับ DCE (port I/O) ดังแสดงในรูป 1.16

ส่วนตารางที่ 1.15 นั้นได้แสดงการอินเตอร์เฟสแบบ Full duplex ไว้สองแบบ คือ แบบที่ใช้และไม่ใช้สาย Request To Send ซึ่งตามที่กำหนดไว้โดย EIA สายสัญญาณ Request To Send นั้นสามารถเลือกใช้ได้ แต่ถ้า port I/O ของเราเป็นแบบ USART เราต้องใช้สัญญาณ Request To Send นี้เสมอ ดังนั้นในการประกอบสายเคเบิลเราควรต่อสายสัญญาณนี้เผื่อไว้ด้วย



รูป 1.16 ลักษณะพื้นฐานของการส่งข้อมูลแบบ Full duplex

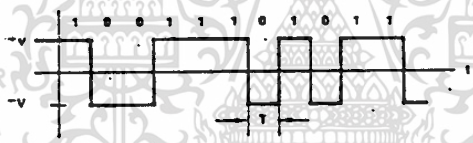
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

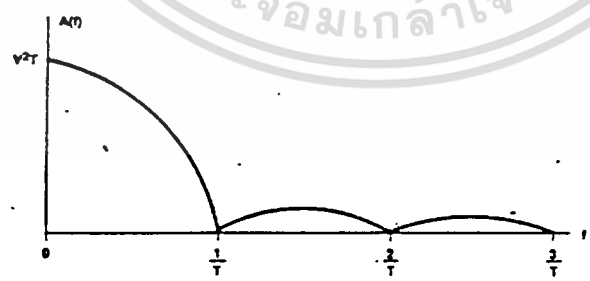
ทฤษฎีและหลักการของโมเด็ม

2.1 โมเด็มคืออะไร

โมเด็มเป็นคำย่อที่มาจาก MODULATE/DEMODULATE ซึ่งการ modulate จะเป็นการแปลงข้อมูล digital ซึ่งอยู่ในรูปแบบอนุกรม ไปเป็นสัญญาณพาหะความถี่ analog เพื่อส่งไปในสายโทรศัพท์ ส่วน demodulate จะรับสัญญาณที่ modulate เป็นพาหะความถี่ analog แล้วเข้ามาเพื่อแปลงสัญญาณ analog ให้เป็นข้อมูล digital ซึ่งลักษณะที่เป็นตัวแทนของสัญญาณข้อมูล digital (รูปที่ 2.1) จะเป็นลำดับการสุ่มของ pulse และมีความต่อเนื่องของ power spectrum (รูปที่ 2.2) และ spectrum เหล่านี้ก็ถูกขยายเวลาออกไปจนมีความถี่ที่ศูนย์ ดังนี้เองจึงเป็นสาเหตุให้เราไม่สามารถส่งข้อมูล digital ผ่านไปทางสายโทรศัพท์ได้ เพราะความถี่ที่ใช้ในการสื่อสารผ่านเครือข่ายสายโทรศัพท์จะต้องมีความถี่อยู่ระหว่าง 300 ถึง 3400 Hz



รูป 2.1 RS-232-C Serial Digital Input Data.



รูปที่ 2.2 Power Spectrum of Digital Data

2.2 โมเด็มแถบความถี่เสียง (VOICEBAND MODEMS)

ทั่วๆ ไปแล้วเราสามารถแยกประเภทของโมเด็มโดย แบ่งตามความเร็ว และตามวิธีการ modulate โดยโมเด็มความเร็วต่ำ (ไม่เกิน 1200 bps) จะอาศัยเทคนิคการ modlate แบบ FSK โมเด็มความเร็วปานกลาง (1200 ถึง 2400 bps) อาศัยเทคนิคการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

modulate แบบ PSK หรือบางทีอาจใช้แบบ QAM ส่วนโมเด็มความเร็วสูงจะทำการ modulate แบบ QAM วิธีการ modulate แต่ละแบบจะแตกต่างที่ การเข้ารหัสข้อมูลเพื่อเปลี่ยนเป็นสัญญาณ analog (FSK, PSK, ASK), ประสิทธิภาพของการส่ง, ขอบเขตของความถี่ที่ใช้, ความสลับซับซ้อนของวงจร ซึ่งทั้งหมดนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการเพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ความกว้างของแถบความถี่จะขึ้นอยู่กับการเข้ารหัสข้อมูลและอัตราที่สัญญาณพาหะที่ถูก modulate เปลี่ยนแปลง ซึ่งอัตราการเปลี่ยนแปลงนี้คือ การเปลี่ยนแปลงแต่ละช่วงของตัวอักษร(symbol interval) หรือ baud rate สำหรับความหมายของตัวอักษรอาจจะเป็นหนึ่งหรือหลายๆ บิตก็ได้

ตัวอย่างง่ายๆ ประกอบไปด้วยขบวนรถที่มีคนนั่งวิ่งไปตามทาง ทางที่วิ่งไปนั้นเปรียบได้กับสายโทรศัพท์ ส่วนรถแสดงถึงอัตราบรอด(baud) และคนแสดงถึงบิต ดังนั้นอัตราบิต (bit rate) จะหมายถึงการคูณกันระหว่าง อัตราบรอด (จำนวนรถต่อวินาที) กับจำนวนของบิตในหนึ่งบรอด (คนที่นั่งในรถหนึ่งคัน)

2.3 <u>ชนิดของโมเด็ม</u> แบ่งออกได้ดังนี้

2.3.1 **แบ่งตามการต่อเข้ากับสายโทรศัพท์**

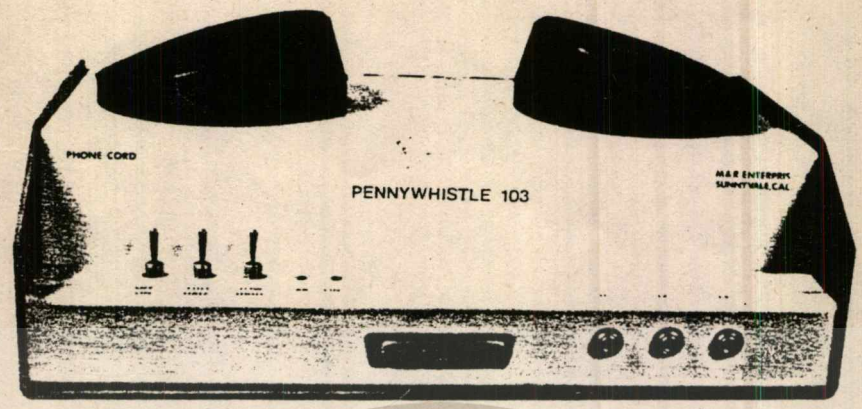
1. โมเด็มแบบคัปปลิ้งทางเสียง (Accustic Coupled)

โมเด็มชนิดนี้จะต่อเข้ากับเครื่องโทรศัพท์โดยการคัปปลิ้งทางเสียง สามารถตอบรับต่อเรียกและทำการเรียกโดยอัตโนมัติ (Auto Dial/Auto answer) ได้ในรูปที่ 2.3 (a) และ รูปที่ 2.3 (b) จะเห็นได้ว่ามีลูกถ้วยที่ทำด้วยยาง (foam cup) ส่วนนี้จะเป็นช่องทางรับเสียงเข้ามาและทำหน้าที่กั้นสัญญาณรบกวนที่มากับสัญญาณเสียงด้วย

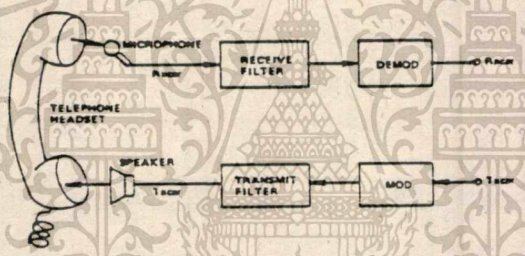
ข้อดีของโมเด็มแบบนี้คือ มีราคาถูก และสามารถต่อเข้ากับสายโทรศัพท์ในกรณีที่ไม่สามารถต่อสายโทรศัพท์เข้ากับโมเด็มแบบต่อโดยตรง (Direct Connect) ได้ ระบบที่ใช้งานโมเด็มแบบนี้ส่วนใหญ่จะเป็นระบบที่เรียกว่า Tele-Conferenceing หรือการประชุมในลักษณะที่องค์ประชุมแต่ละคนอยู่ต่างสถานที่กัน เช่น อยู่คนละประเทศหรือคนละจังหวัด เป็นต้น หรือบางทีอาจจะใช้กับงานทางด้านใช้ข้อมูลในฐานข้อมูล เมื่อคอมพิวเตอร์หลักกับเทอร์มินัลอยู่ห่างกัน สำหรับระบบที่มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันอยู่ตลอดเวลาและมีการสั่งงานโปรแกรมอยู่บ่อยๆ มักจะไม่นิยมใช้โมเด็มแบบนี้

ในการเชื่อมต่อแบบนี้ชุดมือถือโทรศัพท์เองจะทำหน้าที่เป็น duplexor หรือตัวแปลงจากสาย 4 เส้น เป็น 2 เส้น จะใช้ได้กับโมเด็มแบบ FSK เท่านั้น ด้วยอัตราการส่งไม่เกิน 1200 bps ที่เป็นดังนี้เพราะ คาร์บอนไมโครโฟนในโทรศัพท์มีคุณภาพต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 (a) โมเด็มชนิด ACOUSTIC COUPLED

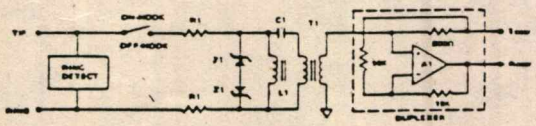


รูปที่ 2.3 (b) แสดงการเชื่อมต่อแบบ Acoustical Coupling

2. โมเด็มแบบต่อโดยตรง (Direct Connect)

โมเด็มชนิดนี้ยังถูกแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ Internal และ External ซึ่ง Internal จะเป็นลักษณะของการ์ดเสียบเข้าใน slot ภายในเครื่อง ส่วน External จะต่อออกจาก serie port ภายนอก (เป็นแบบที่เรากล่าวถึงใน project นี้)

โมเด็มทั้งสองแบบนี้ต่อเข้ากับสายโทรศัพท์โดยตรงด้วยการออกแบบวงจร DATA ACCESS ARRANGEMENTS (DAA) ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 วงจร DATA ACCESS ARRANGEMENTS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจร DAA นี้จะให้บริการเกี่ยวกับหัวข้อดังนี้

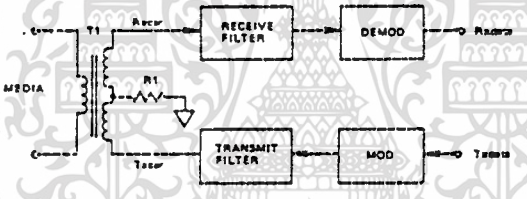
1. ให้ DC Isolation ระหว่างโมเด็มกับโทรศัพท์ (T1)

2. ให้วงจรตรวจจับสัญญาณเรียก เพื่อทำการควบคุมการ ON/OFF สวิตช์ฮุก (Hook switch) ซึ่งอาจจะเป็นแบบ manual ก็ได้

3. กำหนดให้ไฟกระแสตรงไหลผ่านขณะ off hook เพื่อ HOLD สายด้วย L1 กระแสนี้จะถูกรับรู้โดยทางองค์การโทรศัพท์เพื่อรับทราบว่ามีใครคนหนึ่งต่อโทรศัพท์เข้ากับสายแล้ว โดยไม่ต้องยกหูโทรศัพท์จริงๆ

4. กำหนดให้มีการป้องกัน Transient ด้วย R1 และ E1

ส่วนวงจรออฟแอมป์ที่ทำหน้าที่ดูเพล็กเซอร์ บ่อยครั้งที่จะถูกใช้แทนด้วยหม้อแปลง Hybrid ดังรูปที่ 2.5 หม้อแปลง Hybrid (T1) จะให้การบั่นทอนสัญญาณ TXcar ที่ดีกว่า (ปกติ 20 dB) แต่ราคาจะสูงกว่าการใช้ออฟแอมป์



รูปที่ 2.5 หม้อแปลง Hybrid

2.3.2 แบ่งตามวิธีการส่งผ่านข้อมูล

ในกรณีนี้เราจะกล่าวถึงโครงสร้างของระบบ ที่จะนำเอาโมเด็มไปต่อเข้ากับตัวกลางการส่งผ่านข้อมูล (COMONUNICATION LINES) แบ่งออกได้ดังนี้

1. แบบซิมเพล็กซ์ (Simplex)
2. แบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Halfduplex)
3. แบบฟูลดูเพล็กซ์ (Fullduplex)

2.3.3 แบ่งชนิดของอัตราการส่งข้อมูล

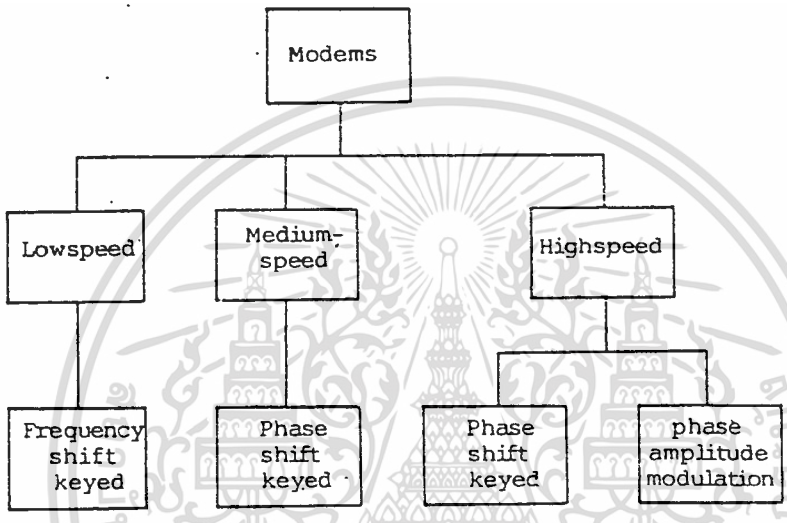
1. อัตราการส่งข้อมูลต่ำ (Low-speed) มีอัตราการส่งข้อมูลไม่เกิน 600 bps
2. อัตราการส่งข้อมูลปานกลาง (Medium-speed) มีอัตราการส่งข้อมูลระหว่าง 1,200 ถึง 9,600 bps
3. อัตราการส่งข้อมูลสูง (High-speed) มีอัตราการส่งข้อมูลมากกว่า 9,600 bps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 แบ่งตามเทคนิคการ modulate

1. Phase Shift Keying : PSK
2. Frequency Shift Keying : FSK
3. Phase Amplitude Modulation : PAM

สำหรับวิธีการ modulate ยังมีเทคนิคอื่นๆ อีกหลายแบบ แต่ก็ค่อนข้างจะใช้กันน้อย สามารถจะแบ่งตามลักษณะต่างๆ เป็นไดอะแกรมได้ดังรูป 2.6



รูปที่ 2.6 การแบ่งชนิดของโมเด็ม

2.3.5 โมเด็มชนิด 2 สายและ 4 สาย

หัวข้อนี้ก็เป็นวิธีหนึ่งในการแบ่งชนิดของโมเด็มนอกเหนือจากหัวข้ออื่นๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว วิธีการที่จะใช้ในการเลือกว่าควรจะใช้ชนิด 2 สายและ 4 สาย นั้นขึ้นกับว่า ในการปฏิบัติงานต้องการจะใช้กับการส่งแบบฟูลดูเพล็กซ์หรือฮาล์ฟดูเพล็กซ์ ในโมเด็มชนิดความเร็วต่ำแถบความถี่ของสัญญาณซึ่งอยู่ในช่วงแคบๆ ไม่เกิน 3,000 Hz สามารถใช้ได้กับ PSTN (Public Switch Telephone Network) หรือเครือข่ายสายโทรศัพท์สาธารณะได้ แต่ในกรณีของโมเด็มชนิดเร็วปานกลางและความเร็วสูง ซึ่งใช้เทคนิคการ modulate แบบอื่นๆ นั้นต้องการแถบความถี่ขนาด 3,000 Hz เต็มเพื่อที่จะทำให้การส่งผ่านข้อมูลทำได้เร็วขึ้น ดังนั้นในการใช้งานส่วนใหญ่ถ้าต้องการความรวดเร็วและเป็นการส่งผ่านข้อมูลในลักษณะของฟูลดูเพล็กซ์แล้วมักจะใช้โมเด็มความเร็วสูงแบบ 4 สาย

การทำงานของโมเด็มชนิด 2 สาย นั้นโครงสร้างของแชนแนลการส่งผ่านข้อมูลจะแบ่งออกเป็น 2 แชนแนล คือในแชนแนลที่ 1 จะถูกใช้เป็นแชนแนลในการส่งผ่านข้อมูลในทิศทางใดทิศทางหนึ่งในขณะหนึ่งๆ ส่วนแชนแนลที่ 2 จะถูกใช้เป็นแชนแนลที่มีไว้สำหรับส่งสัญญาณควบคุมหรือสัญญาณแฮนด์เชค (hand- shaking) ซึ่งจะส่งสัญญาณมาให้ทางด้านส่งทราบว่า ทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านรับได้รับข้อมูลที่ส่งมาเรียบร้อยแล้ว บางครั้งอาจจะเรียกแชนแนลที่ 2 นี้ว่า รีเวิร์ส แชนแนล (Reverse Channel) ส่วนใหญ่โมเด็มชนิด 2 สายนี้ จะใช้ในงานที่การส่งข้อมูลส่งออกไปในทิศทางเดียวกันในขณะหนึ่งๆ สลับกันหรืออาจจะเรียกว่าใช้ในการส่งแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ก็ได้

สำหรับในการใช้งานที่การส่งผ่านข้อมูลต้องกระทำในลักษณะเป็นฟูลดูเพล็กซ์แล้ว ควรจะเลือกใช้โมเด็มชนิด 4 สาย จึงจะเกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยปกติเครือข่ายการต่อโมเด็มชนิดนี้อาจจะต้องต่อเข้ากับสายเช่า (private-line) ซึ่งเป็นการติดต่อเป็นเอกเทศโดยไม่ต้องผ่านสวิตช์ซึ่งที่ชุมสายโทรศัพท์ แต่บางโอกาสก็ไม่จำเป็นต้องต่อโครงข่ายในลักษณะดังกล่าวก็ได้ ถ้าพิจารณาถึงสายเช่านั้น คุณสมบัติพิเศษอย่างหนึ่งที่ไม่มีในสายโทรศัพท์สาธารณะทั่วๆ ไปก็คือ สามารถที่จะป้องกันสัญญาณรบกวนได้ดี

2.3.6 โมเด็มสำหรับระยะใกล้ (Short haul Modem)

โมเด็มชนิดต่างๆ ที่ได้กล่าวถึงในหัวข้อที่ผ่านมานั้นเป็นโมเด็มชนิดที่ลักษณะการอินเตอร์เฟส จะต้องต่อผ่านสายโทรศัพท์และชุมสายโทรศัพท์ ซึ่งเป็นโครงข่ายที่ใช้ติดต่อได้ในระยะไกลเรียกว่าเป็นโมเด็มใช้สำหรับระยะไกล (Longhaul Modem) แต่ในกรณีของโมเด็มใช้สำหรับระยะใกล้นี้มีลักษณะการอินเตอร์เฟสขอลโมเด็มจะเป็นการติดต่อกันโดยส่งข้อมูลผ่านสายเคเบิลโดยตรง ซึ่งมีข้อจำกัดอยู่ที่ระยะการติดต่อจะกระทำได้ไม่เกิน 10 ไมล์หรือ 16 กิโลเมตร โครงข่ายการติดต่อที่จะใช้งานโมเด็มชนิดนี้ส่วนใหญ่จะเป็นการติดต่อแบบจุดต่อจุด (Point to Point) ซึ่งอัตราการส่งผ่านข้อมูลในลักษณะเช่นนี้จะแปรเป็นสัดส่วนผกผันกับระยะทางระหว่างจุดส่งกับจุดรับ แต่ถ้าในระยะทางติดต่อที่ใกล้กันอัตราการส่งผ่านข้อมูลอาจจะสูงถึง 1 เมกะบิทต่อวินาที

เทคนิคการ modulate ที่ใช้ในโมเด็มระยะใกล้นี้จะใช้วิธีต่างๆ กันอาจจะใช้การ modulate แบบที่กล่าวถึงข้างต้น หรืออาจจะใช้วิธีการส่งสัญญาณดิจิตอลโดยตรงโดยไม่ต้องผ่าน D/A ซึ่งจะเห็นว่ามีความสะดวกมากขึ้น โดยขบวนการดังกล่าวนี้จะนำเอา Diff-Amp ใช้ ในทางปฏิบัติจะพบว่าโมเด็มใช้งานระยะใกล้นี้จะใช้ในระบบควบคุมการปฏิบัติงานของเครื่องจักรในโรงงานอุต-สาหกรรม และการอินเตอร์เฟสเข้าด้วยกันเพื่อสร้างโครงข่ายคอมพิวเตอร์ เป็นต้น โดยมีระยะทางการติดต่อระหว่างเทอร์มินัลหรือจุด (node) ไม่เกิน 100 ฟุต ซึ่งทำให้การส่งผ่านข้อมูลกระทำด้วยความเร็วเต็มที่

2.3.7 โมเด็มแบบบัสคอมแพทิเบิล (Bus-Compatible Modem)

โมเด็มชนิดนี้จะมีลักษณะที่แตกต่างไปจากโมเด็มชนิดที่กล่าวผ่านมา เพราะมีลักษณะเป็นซิงเกิลบอร์ด บัสคอมแพทิเบิลการใช้งานโมเด็มแบบซิงเกิลบอร์ดนี้ส่วนใหญ่จะพบในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ และการอินเตอร์เฟสเพื่อใช้งานร่วมกับระบบบัสชนิด S-100 เพื่อต่อร่วมกับระบบโครงข่ายโทรศัพท์ให้สามารถตอบโทรศัพท์โดยอัตโนมัติ (Autoanswer), เรียกโทรศัพท์โดยอัตโนมัติ (Auto dial) ได้

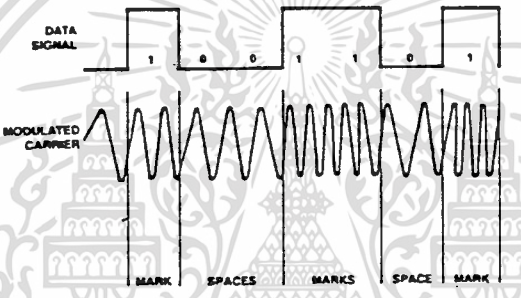
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การทำงานของโมเด็ม

2.4.1 เทคนิคการผสมสัญญาณ (MODULATION)

FREQUENCY SHIFT KEYING (FSK)

แรกเริ่มทีเดียวการแปลงสัญญาณ logic ให้เหมาะสมกับการส่งผ่านไปในสายโทรศัพท์ใช้วิธีการ FSK นี้ คือใช้ความถี่ของเสียงสองความถี่สำหรับแทนสัญญาณ logic "1" และ logic "Ø" ฝ่ายรับก็พยายามจับเอาสองความถี่ที่ว่านี้มาแปลงเป็นสัญญาณ logic กลับคืน ความถี่ของเสียงทั้งสองเสียงต้องห่างกันพอที่จะแยกออกจากกันได้โดยวงจรอีเล็กทรอนิกส์ และก็จะต้องไม่ห่างเกินจนตกขอบของความสามารถของสายโทรศัพท์ที่จะนำพาไปได้ รูปที่ 2.7 แสดงหลักการทำงานของ FSK

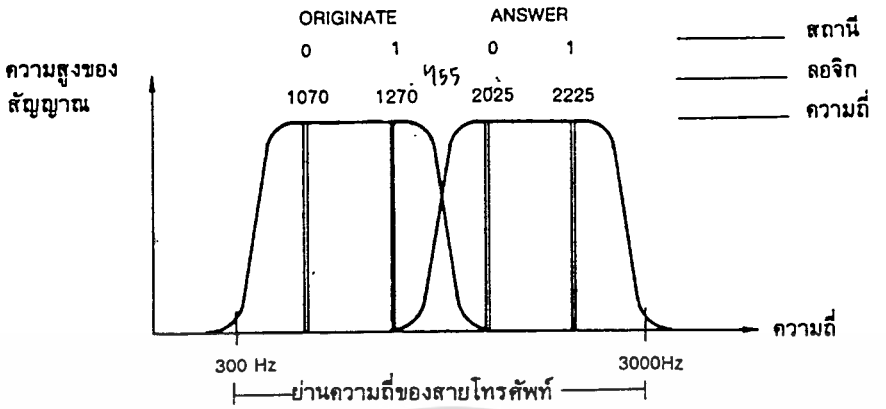


รูปที่ 2.7 การแปลงสัญญาณของโมเด็ม

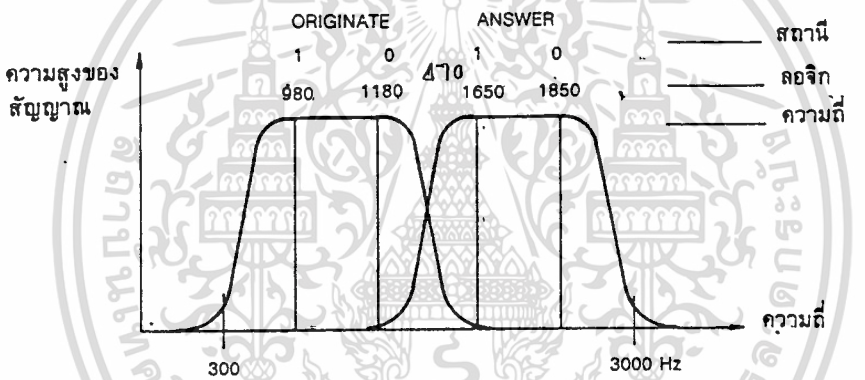
เนื่องจากแถบความถี่คลื่นที่สายโทรศัพท์ยอมให้ผ่านไปได้อยู่ในช่วง 300 Hz ถึง 3400 Hz เราสามารถแบ่งความถี่ในย่านนั้นออกเป็น 4 คลื่นเสียงที่สำคัญ สำหรับสถานีส่งสองเสียงสถานีรับสองเสียง เนื่องจากเราต้องการให้การติดต่อเป็นแบบ full duplex คือทั้งรับและส่งได้ในเวลาเดียวกันจำเป็นจะต้องแยกสถานีออกเป็นสองฝ่าย ฝ่ายหนึ่งเรียกว่า originate หรือฝ่ายเริ่มการติดต่อ และอีกฝ่ายเรียกว่า answer หรือฝ่ายรอรับ ฝ่าย originate จะให้ความถี่ส่งสองความถี่สำหรับสัญญาณ logic "Ø" และ "1" ฝ่าย answer จะต้องใช้ความอีกสองความถี่ที่แตกต่างไปจากฝ่ายส่ง(เพื่อป้องกันการรบกวนกันเอง) สำหรับแทนสัญญาณ logic "Ø" และ "1" เช่นเดียวกันจะได้รับและส่งในเวลาเดียวกันเป็น full duplex ได้

มาตรฐานความถี่ที่ใช้กันอยู่กรณีความเร็วไม่เกิน 300 baud ของ BELL 103 ส่วน CCITT V.21 แสดงในรูป 2.8 และ 2.9 ส่วนกรณีอื่นๆ ดูได้จาก ตารางที่ 3.3 ในบทที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ความถี่มาตรฐานของ BELL 103 full duplex



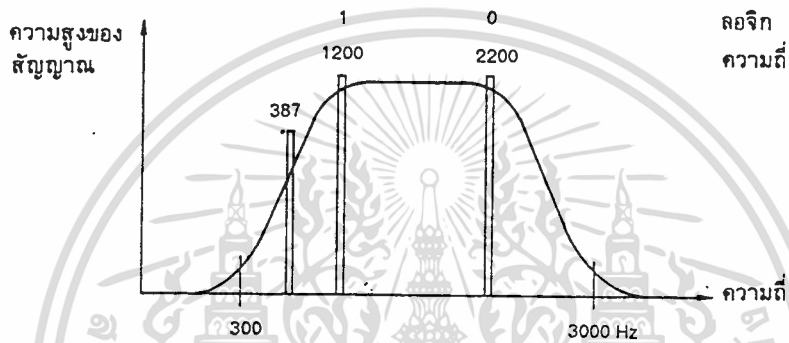
รูปที่ 2.9 ความถี่มาตรฐานของ CCITT V.21

จากรูป 2.8 และ 2.9 จะพบว่า สถานีรับและสถานีส่งใช้ความถี่ต่างกันในการ modulate สัญญาณ logic "0" และ "1" การ demodulate ก็ต้องให้ตรงกับความถี่ของฝ่ายตรงข้ามที่ส่งมา ยกตัวอย่างเช่น โมเด็มชนิด BELL 103 ถ้าหากใช้เป็นฝ่าย originate จะส่งสัญญาณ logic "1" ด้วยความถี่ 1270 Hz และ logic "0" ด้วยความถี่ 1070 Hz ขณะเดียวกันก็จะต้องรับด้วยความถี่ 2025 Hz และ 2225 Hz ทั้งการรับและส่งของโมเด็มจะต้องมีตัวกรองความถี่เพื่อป้องกันความถี่อื่นหลงเข้ามารบกวนเครื่องรับ วงจรกรองความถี่ที่ว่าจะต้องแยกความถี่ของฝ่ายรับและส่งออกจากกัน

เนื่องจากความถี่ของเสียงที่ใช้มีความถี่ต่ำ การ modulate แบบ FSK ย่อมทำให้การถ่ายโอนข้อมูลเร็วกว่าความถี่นั้นไม่ได้แน่นอน เนื่องจากวงจรรับจะต้องดีเทกให้ได้ว่ามีความถี่เปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น อย่างน้อยความถี่จะต้องปรากฏให้เห็น 2 ถึง 3 ไซเกิล ลองคำนวณดูง่ายๆ ความถี่ต่ำสุดที่ใช้ในโมเด็มชนิด 103 คือ 1070 Hz ต้องใช้อย่างน้อย 2 ไซเกิลต่อการ modulate 1 บิท จะเห็นว่าการถ่ายโอนข้อมูลจะเร็วกว่า 600 bps ได้ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเราใช้เทคนิค FSK เหมือนเดิมแต่แยกความถี่ของสองเสียงที่ใช้แทน "0" และ "1" ให้ห่างกัน จำนวนไซเกิลที่ใช้ modulate ก็จะน้อยลง เราจะแยกความถี่ให้ห่างกันได้ก็ต้องส่งได้ทีละข้างหรือเป็น half duplex ระบบ BELL 202 ใช้เทคนิคอันนี้ในการส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 1200 baud โดยใช้ความถี่ 1200 Hz แทน mark และ 2200 แทน space และเพื่อเป็นการประกันว่าฝ่ายรับยังรับอยู่ ฝ่ายรับจะส่งความถี่ 387 Hz ควบกลับมาให้รู้ว่า "ขณะนี้กำลังฟังอยู่" บางครั้งความถี่ 387 Hz นี้อาจใช้ในการบอกฝ่ายส่งว่า ข้อความที่ส่งมามีข้อผิดพลาดอยู่กรุณาส่งมาใหม่ รูป 2.10 แสดงสเปกตรัมของโมเด็มชนิด 202



รูปที่ 2.10 ความถี่มาตรฐานของ BELL 202 half duplex

กรณี CCITT ที่ตรงกับ BELL 202 จะเป็น V.23 ต่างกันที่มี mode ให้เลือก 2 mode คือ 600 baud และ 1200 baud โดยทั้งสอง mode ใช้ความถี่ต่างกันคือ

mode 1 (600 baud) 1300 Hz (mark) 1700 Hz (space)

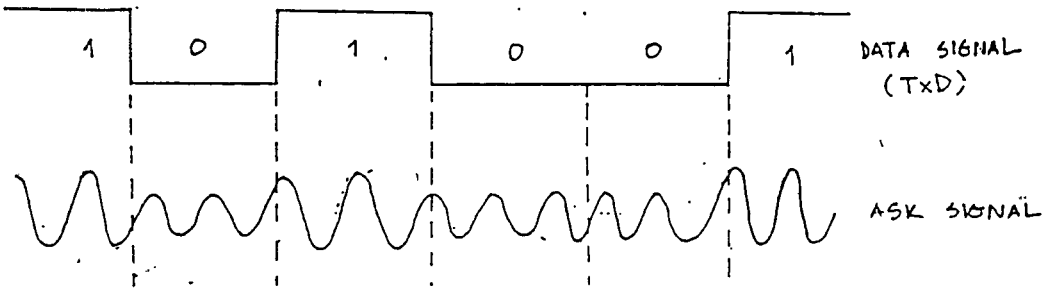
mode 2 (1200 baud) 1300 Hz (mark) 2100 Hz (space)

นอกเหนือไปจากนั้น V.23 ยังสามารถให้ฝ่ายรับทำการส่งข้อมูลกลับมาได้ด้วยความเร็ว 75 baud โดยใช้ FSK 390 Hz แทน mark 450 Hz แทน space ในกรณีเช่นนี้เหมาะสำหรับการติดต่อกับ terminal ที่ผู้ใช้ป้อนข้อมูลทาง keyboard เนื่องจากความเร็วของการพิมพ์ของมนุษย์คงไม่มีใครทำได้เกิน 100 คำต่อนาทีเป็นแน่ (ค่าเฉลี่ย 1 คำมี 4 ตัวอักษร และ 1 ตัวอักษรใช้ 8 บิท บวก start bit อีก 2 บิท)

AMPLITUDE SHIFT KEYING (ASK)

เป็นเทคนิคอีกอย่างหนึ่งของการ modulate สัญญาณเสียงเข้ากับสัญญาณพาหะ ซึ่งเป็นสัญญานรูป sine ที่มีความถี่สูงทำให้สัญญาณที่ผ่านการ modulate แล้วมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณพาหะตามแอมปลิจูด (ความสูงของคลื่น) ของสัญญาณเสียงแต่ความถี่ของสัญญาณพาหะยังคงที่ดังรูป 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดง Amplitude modulation

จุดสำคัญของการ modulate แบบนี้ก็อยู่ที่ " แอมปลิจูดเปลี่ยนแปลง แต่ความถี่คงที่" ในกรณีนี้จะไม่กล่าวถึงสมการคณิตศาสตร์

นอกจากนี้รายละเอียดอื่นๆ ของ amplitude modulate ยังมีอีกมากมายซึ่งไม่อาจจะกล่าวได้หมดในที่นี้ เช่น การใช้เทคนิคของการตัดสัญญาณพาหะออกไปที่เรียกว่า Suppress Carrier เช่นในการส่งกระจายคลื่นแบบ Double Sideband Supperss Carrier (DSB-SC) และ Single Sideband Suppress Carrier (SSB-SC)

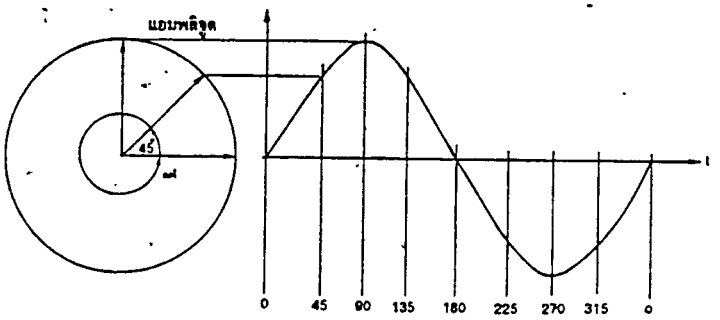
สำหรับหลักการทำงานของโมเด็มที่ใช้เทคนิคการ modulate แบบ ASK นั้น ในส่วนของวงจรทางด้านส่งจะต้องทำการแปลงสัญญาณ digital ไปเป็นสัญญาณ analog ก่อนโดยใช้ D/A converter แล้วผ่านขบวนการ modulate ส่งออกไป ส่วนในโมเด็มทางด้านรับเมื่อรับสัญญาณเข้ามาก็จะก็จะผ่านขบวนการ demodulate แยกเอาสัญญาณพาหะออกแล้วจึงส่งผ่านวงจร A/D Converter เพื่อแปลงสัญญาณ analog ไปเป็นสัญญาณ digital แล้วส่งเข้า terminal ใช้งานต่อไป

PHASE SHIFT KEYING (PSK)

ในการถ่ายโอนข้อมูลที่ต้องใช้ความเร็วสูง การ modulate โดย FSK เห็นจะไปไม่ไหวเลยเปลี่ยนมาใช้วิธีการที่เรียกว่า PSK แทนที่จะใช้ความถี่ในการแทนสัญญาณ logic กลับใช้สัญญาณเสียงความถี่เดียว แต่ใช้เฟสที่ต่างกันออกไปสำหรับแทนสัญญาณ logic

การใช้เฟสในการ modulate เป็นอย่างไร มาลองดูรูปร่างของสัญญาณอย่างง่ายๆ ตามรูปที่ 2.12

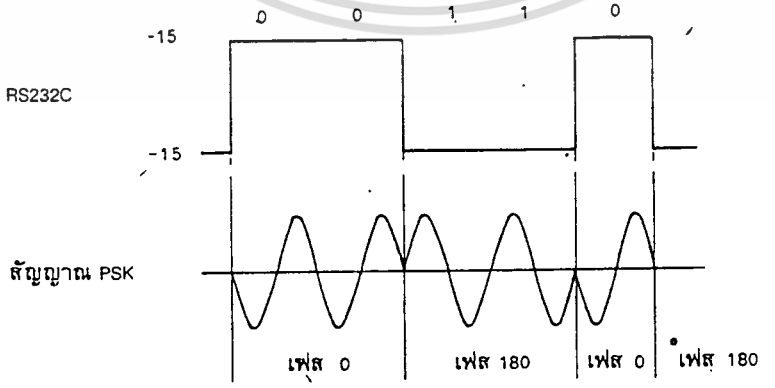
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 การกำหนดคลื่นรูปซายน์และเฟสต่างๆ

การกำเหนิดคลื่นรูปซายน์ก็เหมือนกับการหมุนของเข็มนาฬิกาไปเป็นเส้นรอบวง ถ้าเราวัดความสูงของเข็มนาฬิกาเทียบกับแนวนอนขณะใดขณะหนึ่ง แล้วนำมา plot เทียบกับแกนเวลา เราจะได้รูปร่างของคลื่นรูปซายน์ เข็มที่เราใช้หมุนเรียกว่าเวกเตอร์ มุมที่หมุนไปเรียกว่า เฟส ฉะนั้นเฟสของสัญญาณรูปคลื่นซายน์จะมีตั้งแต่ ø ถึง 360 องศา ถ้าหากเราจะเลือกใช้เฟสในการ modulate สัญญาณ logic เราก็แบ่งเฟสที่เราจะใช้ออกเป็น 2 เฟส ในการ modulate สัญญาณ logic "ø" และ "1" คือใช้เฟส ø แทน "ø" และเฟส 180 แทน "1" ลักษณะของสัญญาณจากโมเด็มก็จะเป็นดังรูปที่ 2.13

ถ้าหากเราแปลงสัญญาณ PSK ออกเป็น 4 เฟส คือ ø, 90, 180, 270 องศา โดยเราแทนเฟสทั้ง 4 ด้วยเลขฐานสอง 2 หลักหรือ 2 บิท ในกรณีเช่นนี้การเปลี่ยนเฟสครั้งหนึ่งเท่ากับว่าเราได้ข้อมูล 2 บิทเข้าไปแล้ว ในลักษณะเช่นนี้อัตราบิทจะเป็นสองเท่าของอัตรา baud เพราะอัตรา baud คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงสัญญาณใน 1 วินาที แต่การเปลี่ยนแปลงสัญญาณ 1 ครั้ง ข้อมูลเปลี่ยนแปลง 2 บิท ความเร็วในการโอนถ่ายข้อมูลจึงเป็น สองเท่าของอัตรา baud



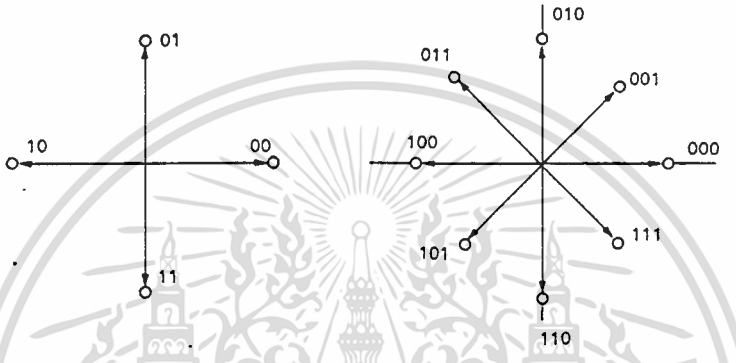
รูปที่ 2.13 สัญญาณ PSK

โมเด็มชนิด 210 B ของ BELL ใช้ PSK โดยการแบ่งเฟสเป็น 4 เฟส ดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราในการส่ง 1200 baud เท่ากับได้ความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูล 2400 bps

ถ้าเราแบ่งสัญญาณออกเป็น 8 คือ 0,45,90,125,180,225,270 และ 315 องศา โดยแต่ละเฟสแทนด้วยข้อมูล 3 บิท จะเห็นว่าความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลจะกลายเป็น 3 เท่าของอัตรา baud ถ้าใช้อัตรา baud 1600 ก็จะได้ความเร็วของการถ่ายโอนข้อมูล 4800 baud/sec โมเด็มชนิด 210C ของ BELL ใช้เทคนิคทำการถ่ายโอนข้อมูลทำได้เร็วถึง 4800 bps



รูปที่ 2.14 การ modulate โดยวิธี PSK ของ Bell 201

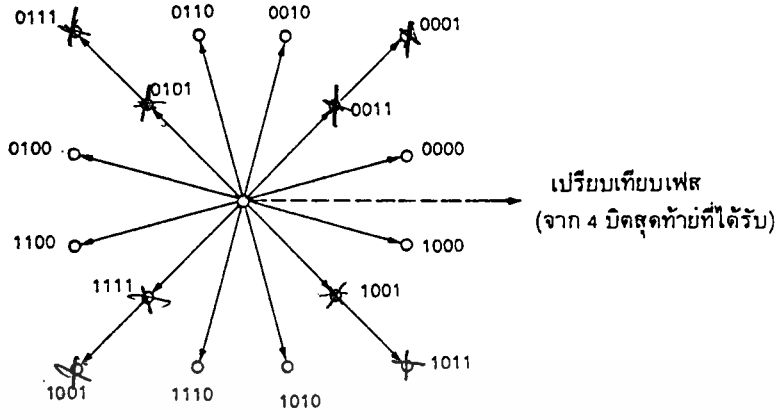
คิดดูง่ายๆ ก็จะเห็นว่าถ้าเราแบ่งเฟสของสัญญาณออกเป็น 2^N เฟสเราจะได้ความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลเป็น N เท่าของอัตรา baud ความจริงไม่ง่ายอย่างนั้นเนื่องจากถ้าเฟสเข้ามาใกล้กันมาก การแยกสัญญาณออกจะทำได้ยากมาก กรณี N=3 หรือ 8 เฟส ก็นับว่ายากแล้ว ถ้า N=4 ก็จะเป็น 16 เฟส โอกาสที่จะแยกสัญญาณอย่างผิดพลาดคงจะมีแน่ๆ

PHASE AMPLITUDE MODULATION (PAM)

วิธีการที่จะเพิ่มความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลให้สูงขึ้นโดยการเอาความสูงหรือ amplitude ของสัญญาณเข้ามา modulate ด้วยเรียกว่า Phase Amplitude Modulation หรือบางทีเรียกว่า **Guardrature Modulation** โมเด็มที่ส่งด้วยความเร็ว 9,600 บิทต่อวินาที เขาแบ่งเฟสออกเป็น 12 เฟส มีอยู่ 4 เฟส ที่มีโอกาสมี amplitude ได้สองค่ารวมแล้วทั้งหมดสามารถใช้เลขฐานสอง 4 บิทแทนเฟสและ amplitude ทั้ง 16 สถานภาพสัญญาณในสายใช้ความเร็ว 2,400 บอด ก็จะสามารถให้ความเร็วในการถ่ายโอนได้ถึง 9,600 บิทต่อวินาที รูปที่ 2.15 แสดงไดอะแกรมของสัญญาณ

นอกจากมาตรฐานของโมเด็มดังที่กล่าวมายังมีมาตรฐานออกมา ใหม่ๆ อีกหลายอย่าง หากท่านต้องการจะซื้อโมเด็มใช้ อย่าลืมถามฝ่ายตรงข้ามที่ท่านจะติดต่อสื่อสารข้อมูลก่อนว่าเขาใช้โมเด็มชนิดใด ท่านจะไม่สามารถติดต่อกับเขาได้อย่างแน่นอน ถ้าหากเป็นโมเด็มชนิดที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 เฟสของสัญญาณในการส่งสัญญาณด้วยความเร็ว 9,600 บิทต่อวินาที

ตารางที่ 2.1 จะบอกถึงแบบของการ modulate ตามมาตรฐาน BELL และ CCITT

ชนิด	ความเร็ว	วิธีการมอดูเลต	อัตราบอด	ดูเพล็กซ์
103	300 bps	FSK	300 baud	Full/FDM
202	1200 bps	FSK	300 baud	HALF
212	1200 bps	DPSK	600 baud	Full/FDM
V.22	1200 bps	DPSK	600 baud	Full/FDM
201	2400 bps	DPSK	1200 baud	Half
V.22bis	2400 bps	QAM	600 baud	Full/FDM
V.26ter	2400 bps	DPSK	1200 baud	Full/ECT
208	4800 bps	DPM	1600 baud	Half
209	9600 bps	QAM	2400 baud	Half
V.29	9600 bps	MQAM	2400 baud	Half
V.32	4800 bps	QAM	2400 baud	Full/ECT
V.32	9600 bps	MQAM	2400 baud	Full/ECT

DPM = Differential Phase Modulation

FSK = Frequency Shift Keying

FDM = Frequency Division Multiplex

DPSK = Different Phase Shift Keying

QAM = Quadrature Amplitude Modulation

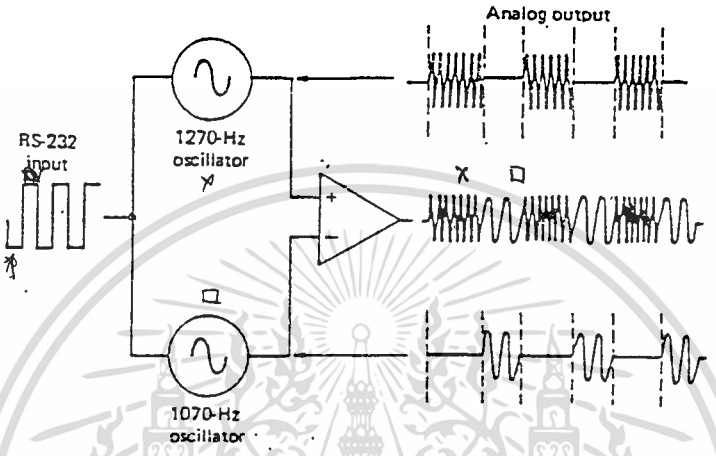
ECT = Echo Cancellation Techique

ตารางที่ 2.1 ชนิดของโมเด็มและวิธีการ modulate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการในการ modulate สัญญาณ

เมื่อเราได้ทราบเทคนิคการทำงานและลักษณะอย่างคร่าวๆ ของวิธีการ modulate แบบต่างๆ แล้ว ต่อไปเราจะกล่าวถึงหลักการในการสร้างสัญญาณเหล่านี้โดยจะกล่าวถึงแต่เฉพาะวิธีการของ FSK เท่านั้นว่าโมเด็มสร้างสัญญาณเหล่านี้ขึ้นมาได้อย่างไร



รูปที่ 2.16 โครงสร้างในการกำเนิดสัญญาณ FSK

จากรูปจะเห็นว่าในโมเด็มจะประกอบไปด้วยออสซิลเลเตอร์ที่กำเนิดสัญญาพาหะ (carrier) ด้วยความถี่ 1270 Hz และ 1070 Hz โดยที่ ออสซิลเลเตอร์ตัวบนจะทำงานเมื่อสัญญาณที่เข้ามามีระดับโวลเตจเกิน-5 โวลต์ ส่วนออสซิลเลเตอร์ตัวล่างจะทำงาน และตัวบนจะหยุดทำงานเมื่อระดับโวลเตจของสัญญาณที่เข้ามาเกินกว่า +5 โวลต์ เมื่อรับเอาท์พุทที่ออกจากพอร์ท RS-232-C เข้ามายังอินพุทของออสซิลเลเตอร์ ก็จะสามารถทำให้ออสซิลเลเตอร์ทั้งสองตัวทำงานได้ดังนี้

เมื่อสัญญาณที่ผ่านพอร์ท RS-232-C เข้ามามีระดับโวลเตจเท่ากับ -12 โวลต์ ออสซิลเลเตอร์ที่ผลิตสัญญาณพาหะความถี่ 1270 Hz ก็จะทำงาน แต่ออสซิลเลเตอร์ที่ผลิตสัญญาณพาหะความถี่ 1070 Hz หยุดทำงาน เราทราบแล้วว่าระดับโวลเตจ -12 V จะแทน logic "1" และเมื่อผ่านการ modulate แล้วความถี่ 1270 Hz ทางด้านโมเด็มทรานมิตเตอร์ก็จะแทน logic "1" นั่นเอง ดังนั้นจากรูป 2.16 จะแสดงถึงการแปลงสัญญาณจากพอร์ท RS-232-C ที่แทน logic "1" ไปเป็นสัญญาณข้อมูลที่แทน logic "1" เช่นกัน

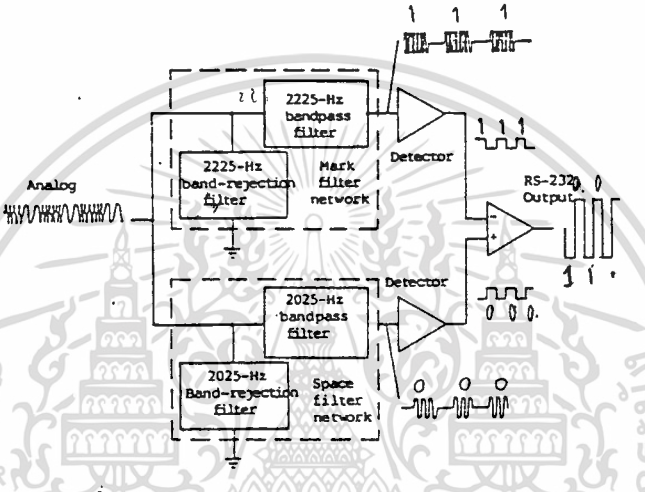
สำหรับในกรณีที่สัญญาณข้อมูลที่จะส่งมีระดับโวลเตจเป็น +12 โวลต์ ออสซิลเลเตอร์ที่ผลิตความถี่ 1070 Hz ก็จะทำงานแทน และทำการผลิตสัญญาณที่แทน logic "0" ออกมา หลังจากนั้นจึงทำการรวมสัญญาณ output จากออสซิลเลเตอร์ทั้งสองตัวเข้าด้วยกัน โดยผ่านเข้าไปยัง input ออฟแอมป์ ก็จะทำให้ได้สัญญาณที่ output เป็นสัญญาณ modulate ทันที จากรูปจะเห็นว่าสัญญาณข้อมูลก็ยังมี logic เป็น "1" หรือ "0" เช่นเดิม แต่เปลี่ยนรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจากระดับโวลเตจไปอยู่ในรูปของความถี่แทน คือถ้าเป็น logic "1" ก็จะมีความถี่ของสัญญาณเป็น 1270 Hz และถ้าเป็น logic "0" จะมีความถี่เป็น 1070 Hz

2.4.2 เทคนิคการแยกสัญญาณ (DEMODULATION)

เมื่อสัญญาณที่ส่งออกมาจากโมเด็มทางด้านส่งผ่านขบวนการ modulate แล้ว เมื่อมาถึงโมเด็มทางด้านรับ สัญญาณเหล่านี้ก็จะผ่านขบวนการดีโมดูเลทแยกเอาสัญญาณพาหะออกจากสัญญาณข้อมูลแล้วผ่านสัญญาณข้อมูลไปใช้งานต่อไป



รูปที่ 2.17 โครงสร้างการทำงานของวงจร demodulate

จากรูปจะแสดงถึงวิธีการในการแปลงสัญญาณอนาล็อก (ที่ส่งผ่านสายโทรศัพท์เข้ามา) กลับไปเป็นสัญญาณที่จะส่งต่อผ่านเข้าไปยังพอร์ท RS-232-C ต่อไป เราทราบแล้วว่าโมเด็มทางด้านรับจะแทนสัญญาณ logic "1" ด้วยความถี่ 2225 Hz และแทนสัญญาณ logic "0" ด้วยความถี่ 2025 Hz ดังนั้นในรูป 2.17 ข้างต้น จึงได้แสดงถึงบล็อกไดอะแกรมของวงจรในโมเด็มทางด้านรับจะเห็นว่าสัญญาณที่ส่งผ่านสายโทรศัพท์แล้วต่อเข้าที่อินพุทของโมเด็มนั้นเป็นสัญญาณที่ประกอบด้วยความถี่ต่างกัน ดังนั้นจึงต้องทำการแยกความถี่ของสัญญาณนี้ออกจากกันก่อน โดยผ่านวงจรฟิลเตอร์ (Filter) สองวงจร ซึ่งหน้าที่ของวงจรฟิลเตอร์หรือวงจรกรองความถี่นี้ก็คือ ทำการแยกสัญญาณที่ประกอบด้วยความถี่หลายๆ ค่าออกจากกัน แล้วส่งต่อไปยังส่วนของวงจรที่ทำงานตอบสนองต่อสัญญาณความถี่นั้นเพียงค่าเดียวต่อไป

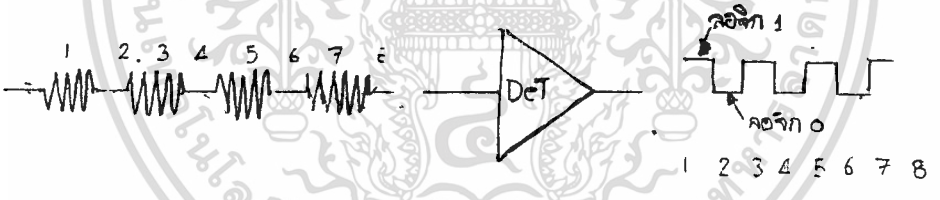
จากรูป 2.17 วงจรส่วนบนประกอบด้วยวงจรฟิลเตอร์สองวงจรแยกกัน โดยทำการกรองเอาความถี่ค่าอื่นๆ ออกไป ยกเว้นสัญญาณความถี่ 2225 Hz และแถบความถี่แคบๆ ที่ใกล้เคียงกับ 2225 Hz ไว้ ซึ่งหน้าที่ของแบนด์รีเจคชั่นฟิลเตอร์ก็คือมีลักษณะเป็นตัวต้านทานต่อสัญญาณความถี่ 2225 Hz ซึ่งหมายความว่าสัญญาณที่รับเข้ามานั้นถ้ามีความถี่เป็นค่าอื่นๆ นอกจาก 2225 Hz แล้ว ก็จะผ่านฟิลเตอร์ส่วนนี้แล้วไหลลงจุดกราวด์ไป (เอาท์พุทของแบนด์รีเจค-ชั่นฟิลเตอร์ จะต่อลงจุดกราวด์ บางทีจึงเรียกว่า Notch Filter) ส่วนสัญญาณความถี่ 2225

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hz ซึ่งผ่านฟิลเตอร์ส่วนนี้ไม่ได้ ก็จะผ่านเข้าไปยังแบนด์พาสฟิลเตอร์ (Bandpass Filter) ต่อไป ซึ่งการทำงานของแบนด์พาสฟิลเตอร์นี้ก็คือ จะยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ 2225 Hz เท่านั้นที่ผ่านไปได้ ส่วนสัญญาณความถี่อื่นก็จะถูกกรองเอาไว้ ดังนั้นวงจรฟิลเตอร์ส่วนบนก็มีการทำงานเพื่อต้องการกรองเอาสัญญาณความถี่ 2225 Hz ไปผ่านออกที่เอาท์พุทของแบนด์พาสฟิลเตอร์นั่นเอง

ส่วนในกลุ่มวงจรฟิลเตอร์ส่วนล่างนั้นก็มีการทำงานในลักษณะที่คล้ายคลึงกัน แต่ต่างกันที่มีการทำงานตอบสนองต่อสัญญาณความถี่เป็น 2025 Hz คือการทำงานผลสุดท้ายก็เพื่อต้องการกรองเอาความถี่อื่นๆ ที่ไม่ใช่ 2025 Hz ไว้แล้วปล่อยให้สัญญาณความถี่ 2025 Hz ไปผ่านออกที่เอาท์พุทของแบนด์พาสฟิลเตอร์

เมื่อได้กรองเอาความถี่ที่ต้องการคือ ความถี่ 2225 Hz (ซึ่งแทน logic "1") และความถี่ 2025 Hz (แทน logic "0") ได้แล้ว ก็จะต่อเอาท์พุทของฟิลเตอร์แบนด์พาสแต่ละตัวเข้ากับวงจรอีกส่วนหนึ่งซึ่งเรียกว่า ดีเทคเตอร์ (Detector) หน้าที่ของวงจรดีเทคเตอร์ก็คือ การทำ Demodulate สัญญาณ (หลักการ Demodulate ได้กล่าวถึงแล้วตอนต้นบท) เพื่อแยกเอาสัญญาณพาหะและสัญญาณข้อมูลออกจากกัน แล้วจึงผ่านเอาสัญญาณข้อมูลไปใช้ จากในวงจรรูป 2.18 เมื่อมีสัญญาณรูปไซน์ (Sine wave) ผ่านเข้าไปยังวงจรดีเทคเตอร์ ก็จะสร้างระดับแรงดันเอาท์พุทเป็นบวกออกมา แต่ในขณะที่ไม่มีสัญญาณไซน์ป้อนเข้ามา ระดับแรงดันเอาท์พุทของดีเทคเตอร์ก็จะมีค่าเป็นศูนย์ นั่นคือการทำงานดังในรูป



รูปที่ 2.18 การทำงานของดีเทคเตอร์

ซึ่งจะหมายความว่าที่ช่วงสัญญาณ 1,3,5 และ 7 ซึ่งมีความถี่ของสัญญาณไซน์เป็น 2225 Hz เมื่อผ่านวงจรดีเทคเตอร์ออกมาก็จะมีระดับ logic "1" ส่วนในช่วงสัญญาณ 2,4,6 และ 8 เมื่อผ่านดีเทคเตอร์ออกมาจะมีระดับ logic เป็น "0" จากรูปที่ 2.17 เราจะสังเกตเห็นว่าดีเทคเตอร์แต่ละตัวมีการทำงานเพื่อสร้างสัญญาณดิจิตอลโดยมีเฟสของสัญญาณต่างกันคือวงจรดีเทคเตอร์ ตัวบนจะสร้างสัญญาณ logic "1" ออกมาก็เมื่อสัญญาณไซน์ที่อินพุทแทนสถานะ Mark หรือ logic "1" ออกมาก็ต่อเมื่อสัญญาณไซน์ที่อินพุทแทนสถานะ Space หรือ logic "0" หรือความถี่ 2023 Hz เป็นต้น

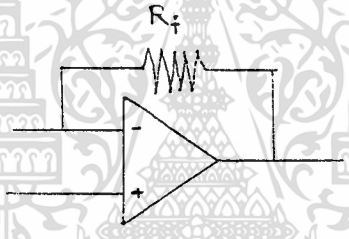
ในส่วนของวงจรภาคต่อไปก็จะเป็นการรวมเอาสัญญาณดิจิตอลจากเอาท์พุทของดีเทคเตอร์เข้าด้วยกันโดยใช้ออฟแอมป์ (Operational Amplifier) ซึ่งหน้าที่ของออฟ-แอมป์หรือ OpAmp นี้ก็คือทำการรวมสัญญาณดิจิตอลจากสองแหล่งเข้าด้วยกัน แล้วเปลี่ยนสัญญาณให้อยู่ในรูปของสัญญาณมาตรฐานที่สามารถส่งผ่านพอร์ท RS-232-C (+12 v) ซึ่งวิธีการในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนสัญญาณดังกล่าวนี้ก็โดยการต่อเอาท์พุทของสเปส (Space) ดีเทคเตอร์ (หรือดีเทคเตอร์ตัวล่าง) เข้ากับขา + หรือขานอนอินเวิทติ้ง (Non inverting) ของ Op-Amp และต่อเอาท์พุทของ Mark ดีเทคเตอร์ (ดีเทคเตอร์ตัวบน) เข้ากับขาอินเวอร์ทติ้ง หรือขาลบของ Op-Amp ซึ่ง Op-Amp จะสร้างสัญญาณเอาท์พุทขึ้นมาโดย

- เมื่อเอาท์พุทของสเปสดีเทคเตอร์ แอคทีฟ. Op-Amp จะสร้างระดับแรงดันค่า (+) ขึ้นที่เอาท์พุท
- เมื่อเอาท์พุทของมาร์กดีเทคเตอร์ แอคทีฟ. Op-Amp จะสร้างระดับแรงดันค่า (-) ขึ้นที่เอาท์พุท

นอกจากนี้อาจจะมีการใช้เทคนิคการฟีดแบ็ค (Feedback) โดยต่อตัวต้านทานฟีดแบ็คเข้าขานอนอินเวอร์ทติ้งของ Op-Amp เพื่อทำให้การปรับเกน (Gain) ของระบบดีขึ้น สามารถสร้างสัญญาณระดับแรงดันจากยอดถึงยอด (peak to peak) เท่ากับ 24 v. (จาก -12 ถึง +12 v.) ได้ดังรูป 2.19



รูปที่ 2.19 การต่อตัวต้านทาน FEED BACK

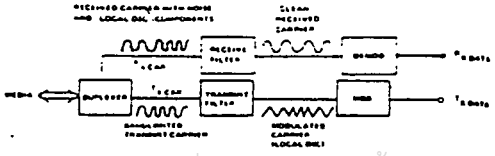
ซึ่งมีผลถึงการต่อสัญญาณข้อมูลไปใช้ส่งผ่านพอร์ท RS-232-C ได้ดีขึ้น

จากหัวข้อต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วคงพอจะทำให้ผู้อ่านได้เข้าใจถึงหลักการทำงานของโมเด็มชนิด Bell 103 ได้ดีพอควร และในหัวข้อต่อไปจะได้กล่าวถึงหลักการทำงานของโมเด็มชนิดความเร็วปานกลางและความเร็วสูงต่อไป

2.4.3 ลักษณะของตัวกรองสัญญาณที่ต้องการ (filter requirment)

ตัวกรองในโมเด็มให้บริการ 2 หน้าที่ (ดังรูปที่ 2.20) คือ

1. ทำการกรองความถี่ของ output ที่ modulate แล้วให้อยู่ในย่านจำกัด
2. ทำการกรองความถี่ของคลื่นพาหะที่เข้ามาก่อนที่จะทำการแยกสัญญาณ

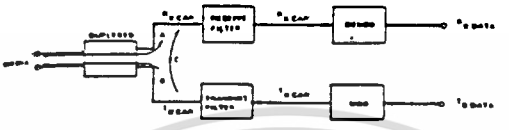


รูปที่ 2.20 Transmit/Receive Filtering

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวกรองทางด้านส่งจะใช้กำจัดความถี่ในการ modulate ในแบบอันดับต่ำๆ ฉะนั้น ตัวกรองทางด้านส่งจะเป็นแบบ LOW PASS หรือ BAND PASS

ส่วนตัวกรองทางด้านรับมีหน้าที่บริการสองหน้าที่คือ กำจัด noise จากสัญญาณที่รับ และอีกหน้าที่หนึ่งที่สำคัญมากคือ การกำจัดการผสมสัญญาณระยะใกล้ซึ่งเข้ามาผสมกับสัญญาณพาหะด้านรับ



รูปที่ 2.21 Modem Signal Paths

จากรูปที่ 2.21 ในการเพิ่มภาค duplexor จะต้องพิจารณาเกี่ยวกับคุณสมบัติของตัวกรองภาครับโดยที่ duplexor จะทำหน้าที่แยกสัญญาณพาหะรับจากสื่อกลางข้อมูลไปยังตัวแยกสัญญาณ (A) และแยกพาหะส่งให้ผ่านไปทางสื่อกลางข้อมูล (B) ส่วนที่ไม่สมบูรณ์ก็คือ duplexor จะยอมให้สัญญาณพาหะจาก TX (TX carrier) บางส่วนผ่านเข้าไปทาง RX (RX carrier) (C) ได้ ซึ่งกรณีนี้จะป้องกันไว้ได้โดย Signal To nois ratio (S/N) โดยตัวกรองทางภาครับจะต้องกำจัดส่วนที่ไม่ต้องการที่มาจาก TX

2.4.4 การกำจัดสัญญาณสะท้อน (Echo Suppressor)

ในการส่งข้อมูลเป็นสัญญาณ analog ไปตามสายโทรศัพท์ ย่อมเป็นการแน่นอนว่าจะต้องเกิดสัญญาณสะท้อน (echo) ขึ้นอย่างแน่นอน แต่จะเกิดมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของระบบว่าดีเพียงใด ดังนั้นเมื่อเกิดสัญญาณชนิดนี้ขึ้นมา ประสิทธิภาพการรับฟัง, ความถูกต้องของข้อมูลจะต้องลดลงอย่างแน่นอน ฉะนั้นจึงจะต้องเพิ่มระบบที่สามารถกำจัดสัญญาณสะท้อนนี้ให้หมดไป หลักการของอุปกรณ์กำจัดสัญญาณสะท้อนนี้ก็คือ "เป็นระบบที่ยอมให้สัญญาณเดินผ่านไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งเพียงอย่างเดียวในขณะหนึ่งๆ เท่านั้น" เช่น A ส่งสัญญาณเรียกไปยัง B วงจรกำจัดสัญญาณสะท้อนก็จะยอมให้สัญญาณจาก A ส่งผ่านไปยัง B ได้ จนกระทั่ง A หยุดพูด แล้วหลังจากนั้น B ก็เริ่มพูดตอบ ในขณะนี้วงจรกำจัดสัญญาณสะท้อนก็จะเปลี่ยนทิศทางการทำงานโดยอัตโนมัติ โดยยอมให้สัญญาณ B ผ่านไปได้แต่สัญญาณ A ผ่านไม่ได้ เป็นต้น ซึ่งเวลาที่วงจรกำจัดสัญญาณสะท้อนนี้จะเปลี่ยนทิศทางการยอมให้สัญญาณผ่านได้จะใช้เวลาประมาณ 300 ms ซึ่งช่วงเวลานี้จะมีความสำคัญมากในระบบ half dulpex สำหรับในระบบ full duplex นั้น การใช้งานอุปกรณ์กำจัดสัญญาณเสียงสะท้อนจะใช้ในช่วงเวลาสั้นๆ เพราะการสื่อสารเป็นการสื่อสารแบบสองทาง ดังนั้นสัญญาณจากทางด้านเรียกและด้านตอบรับจะต้องผ่านได้ตลอดเวลา นั้นคือถ้าไม่ต้องการใช้งานอุปกรณ์กำจัดสัญญาณเสียงสะท้อนก็ทำได้โดยการบ้อนสัญญาณความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2100 Hz เป็นเวลา 400 ms เข้าไปในวงจรในขณะที่มีการติดต่อกันอยู่ จนกระทั่งสัญญาณข่าวสารที่ส่งมาสิ้นสุดลง อุปกรณ์กำจัดเสียงสะท้อนก็จะเริ่มทำงานทันที ดังนั้นวิธีการอย่างหนึ่งที่จะเลี่ยงเพื่อไม่ใช้อุปกรณ์ดังกล่าวนี้ก็สามารถทำได้โดยออกแบบระบบให้เป็นการสื่อสารแบบ full duplex 4 wire

2.4.5 การบิดเบือนของสัญญาณ

ในการสื่อสารเราไม่สามารถที่จะส่งพลังงานข้อมูลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้เต็ม 100 % เนื่องจากพลังงานของสัญญาณจะต้องถูกลดทอน, ถูกบิดเบือนไป และถูกรบกวนจากสัญญาณรบกวนจากสภาพแวดล้อมนานาชนิด ดังนั้นสัญญาณที่จะรับได้ทางด้านรับจึงอาจผิดเพี้ยนไปหรือรับได้ไม่ชัดเจน เป็นต้น ยิ่งถ้าเป็นการสื่อสารในระยะทางไกลๆ การสูญเสียก็จะยิ่งเกิดขึ้นมากตามลำดับ

หน่วยที่ใช้ในการวัดการบิดเบือนของสัญญาณ

เดซิเบล (dB :Decible)

หน่วยเดซิเบลนี้เป็นหน่วยการวัดที่ใช้งานกันมากในงานด้านสื่อสารทุกประเภท โดยลักษณะของหน่วยเดซิเบลจะแสดงถึงระดับของสัญญาณ การหาความแรงของสัญญาณจะหาได้จาก $10\log_{10}$ (อัตราส่วนของพลังงานทางด้าน output ต่อพลังงานทางด้าน input)

$$\text{ระดับสัญญาณ (dB)} = 10 \log_{10} \times (P_{output} / P_{input})$$

สมการนี้แสดงถึงอัตราขยาย (gain) หรืออัตราการสูญเสียของวงจรนั้นๆ เช่นถ้าป้อนสัญญาณขนาด 0.1 W (watt) เข้าไปในวงจรใดๆ แล้ววัดสัญญาณทางด้าน output ของวงจรปรากฏว่าได้สัญญาณขนาด 1 W เพราะฉะนั้นจะคำนวณได้ว่า

$$10 \log_{10} \times (1/0.1) = 10 \text{ dB}$$

วงจรนี้มีอัตราขยายพลังงาน (Power gain) = 10 dB

แต่ถ้าในกรณีที่วัดพลังงานของสัญญาณทางด้านออกได้ 0.01 W ในกรณีนี้จะคำนวณได้ว่าพลังงานเกิดการสูญเสียในวงจรเท่ากับ

$$10 \log_{10} \times (0.01/0.1) = -10 \text{ dB}$$

นั่นคือถ้าอัตราขยายของวงจรมีค่าติดลบ ก็แสดงว่าเมื่อสัญญาณผ่านวงจรนี้จะถูกลดทอนพลังงานไป 10dB หน่วยเดซิเบลบางครั้งจะเห็นการเขียนในรูปของ dBm, dBw ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

dBm หมายถึงการวัดพลังงานอันเดียวกันโดยเทียบระดับพลังงานอ้างอิงที่ 1 mW ดังสมการ

ระดับสัญญาณ dBm = $10 \log_{10} \times (Power/1mW)$

จากสูตรที่ผ่านมาทำให้เราทราบได้ว่า พลังงานจะเพิ่มเป็นสองเท่าทุกๆ +3dB และพลังงานจะลดลงเป็นสองเท่าทุกๆ -3dB โดยคำนวณได้จาก

ระดับพลังงาน (dB) = $10 \log_{10} \times (2/1)$

$= 10(0.3010)$

$= 3.01$ dB

นอกจากนี้ในการวัดอัตราขยาย (gain) หรือการลดทอนพลังงานของวงจรโดยเกิดจากระดับ voltage หรือ ระดับกระแส สูตรคำนวณ gain หรือการลดทอนจะหาได้จาก

ระดับ voltage (dB) = $10 \log_{10} \times (V_{output} / V_{input})$

$= 20 \log_{10} \times (I_{output} / I_{input})$

ในกรณีระดับ voltage หรือกระแสของวงจรจะเพิ่มเป็นสองเท่าทุกๆ 6 dB โดยคิดจาก

ระดับ voltage หรือ กระแส = $20 \log_{10} \times (2/1)$

$= 6.0$ dB

สัญญาณที่ส่งผ่านไปในสายส่งของเครือข่ายโทรศัพท์นั้นจะถูกลดทอนอย่างแน่นอน และเป็นผลทำให้เกิดการบิดเบือนของสัญญาณตามมานั้นคือ รูปร่างของสัญญาณที่ส่งมาจะผิดเพี้ยนไปจากสัญญาณต้นทาง ซึ่งเป็นผลทำให้ข่างสารที่รับได้ขาดความถูกต้องไป การบิดเบือนของสัญญาณจะเกิดได้สองลักษณะคือ

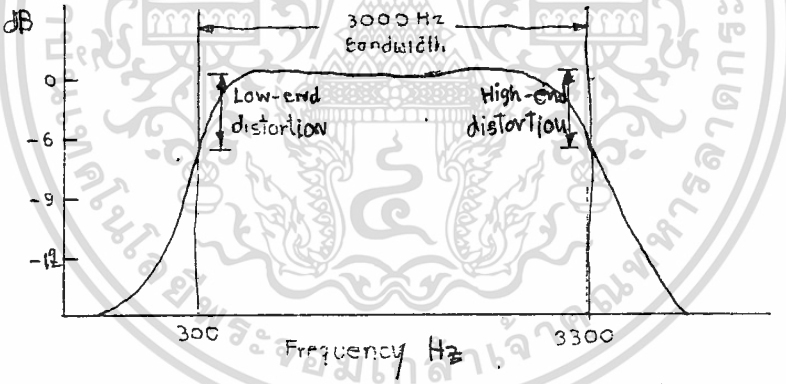
1. **การบิดเบือนของ AMPLITUDE (Amplitude Distortion) หรือการลดทอน (Attennuation)**

2. **การบิดเบือนเนื่องจากสัญญาณถูกหน่วงเวลา** (Envelope delay Diatortion)

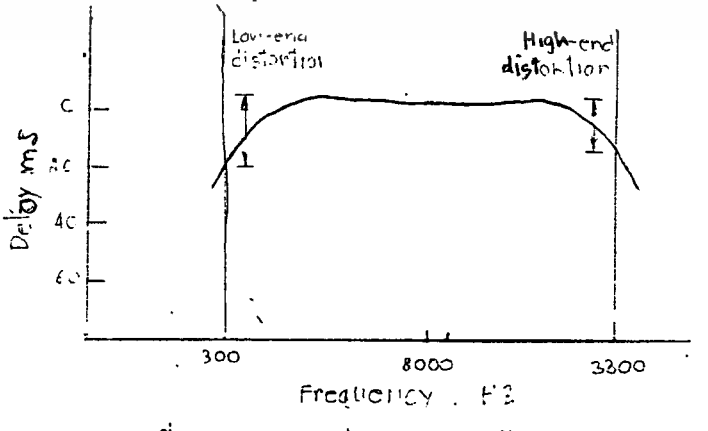
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีแรก amplitude หรือขนาดของสัญญาณจะต่ำกว่าสัญญาณจากต้นทาง ซึ่งแสดงว่าสัญญาณถูกลดทอนลงไป กรณีที่สอง การบิดเบือนของสัญญาณเกิดขึ้นเนื่องจาก เกิดการหน่วงเวลาของการเดินทางของคลื่นจากจุดส่งไปยังจุดรับ นั้นคือในช่วงความถี่หนึ่งๆ ความเร็วของสัญญาณที่เดินทางจะมีค่าไม่คงที่ ช้าบ้าง เร็วบ้าง ซึ่งก็มีผลทำให้ข้อมูลที่ได้รับผิดพลาดไปได้

ในการสื่อสารที่มีการใช้โครงข่ายโทรศัพท์ร่วมกับระบบการสื่อสารไมโครเวฟเพื่อสื่อสารในระยะทางไกลๆ การผิดพลาดทั้งสองกรณีข้างต้นจะเกิดขึ้นอย่างแน่นอน สำหรับวิธีการส่งสัญญาณในระบบไมโครเวฟจะส่งในลักษณะของแนวเส้นสายตา หรือแนวเส้นตรง เพราะมิฉะนั้นจะเกิดการสูญเสียเนื่องจากถูกส่วนโค้งของผิวโลกบดบัง ดังนั้นการติดตั้งสถานีรับและส่งจึงต้องหาตำแหน่งของจุดส่งและจุดรับให้อยู่ในแนวเส้นตรงให้ได้ และจะต้องอาศัยสถานีทวนสัญญาณ (Repeater) เป็นตัวขยายระดับของสัญญาณเพื่อไม่ให้พลังงานของสัญญาณอ่อนลงมากเกินไป แต่ข้อเสียของระบบดังกล่าวก็คือ ทำให้แถบความถี่แต่ละแชนแนลลดลงไปเล็กน้อย เนื่องจากการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ บางครั้งแถบความถี่ที่ใช้จะอยู่ระหว่าง 500 Hz ถึง 2900 Hz เท่านั้น เหตุผลที่ต้องลดแถบความถี่ลงก็เพื่อเป็นการจำกัดการเกิดการบิดเบือนของ amplitude ให้น้อยลง ซึ่งแสดงดังรูป 2.22



รูปที่ 2.22 การบิดเบือนของสัญญาณในแถบความถี่



รูปที่ 2.23 การหน่วงเวลาของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกเหนือจากการบิดเบือนของ amplitude แล้ว การบิดเบือนด้านความถี่ต่ำและความถี่สูงก็ยังเกิดขึ้นได้เช่นกัน ดังรูปที่ 2.23 แสดงถึงการบิดเบือนของสัญญาณในแถบความถี่ 300 Hz ถึง 3300 Hz ซึ่งเป็นความถี่ที่ใช้ในระบบโทรศัพท์

ผลเสียที่เกิดจากการบิดเบือนของสัญญาณทั้งสองกรณีต่างก็มีผลทำให้แถบความถี่ที่ใช้งานลดลง ซึ่งทำให้จำนวนแชนแนลใช้งานลดลงตามไปด้วย แต่ข้อบกพร่องดังกล่าวก็สามารถแก้ไขได้โดยใช้เทคนิคของ **EQUALIZATION** โดยวิธีการดังกล่าวนี้ก็คือทำการขยาย amplitude ของสัญญาณให้มีขนาดสูงขึ้นมากกว่าปกติก่อนที่จะส่งผ่านสายส่งออกไป ดังนั้นขนาดของ amplitude ที่จะขยาย ถ้าเลือกให้เหมาะสมแล้ว amplitude ของสัญญาณทางด้านรับหลังจากถูกบิดเบือนแล้วก็จะมีขนาดเท่ากับทางด้านส่งพอดี ทำให้คุณภาพของข่าวสารยังใช้ได้ นอกจากนี้เทคนิคของ equalization ยังสามารถทำได้โดยใช้วิธีลดขนาดของ amplitude ของสัญญาณที่ความถี่ศูนย์กลางของแถบความถี่ที่ใช้งานลงก่อนที่จะส่งผ่านสายส่งออกไป นอกจากนี้ยังสามารถช่วยปรับให้สัญญาณที่ถูกหน่วงเวลามีค่าหน่วงเวลาที่คงที่ตลอด

ตามคุณสมบัติของ BELL สายโทรศัพท์สื่อกลางจะมีอยู่ 5 ชนิด แต่ละชนิดจะยอมให้มีการบิดเบือนของสัญญาณอยู่ในช่วงที่แตกต่างกันดังตารางที่ 2.2

BELL SCHEDULE	3002	C1	C2	C4	DCS-S#
Attenuation Characterisuc (referenced to 1000 Hz)	300 to 3000 Hz −3 to +12 dB	300 to 2700 Hz −2 to +6 dB	300 to 3000 Hz −2 to +6 dB	300 to 3200 Hz −2 to +6 dB	300 to 3000 Hz −1 to +3 dB
Envelope Delay Distortion (max. μsec)	800 to 2600 Hz 1750 μsec	1000 to 2400 Hz 1000 μsec	1000 to 2600 Hz 500 μsec	1000 to 2600 Hz 300 μsec	1000 to 2600 Hz 100 μsec
		800 to 2600 Hz 1750 μsec	600 to 2600 Hz 1500 μsec	800 to 2800 Hz 500 μsec	600 to 2600 Hz 300 μsec
			500 to 2800 Hz 3000 μsec	600 to 3000 Hz 1500 μsec	500 to 2800 Hz 600 μsec
				500 to 3000 Hz 3000 μsec	

ตารางที่ 2.2 Bell Dial-up Line Characteristics

2.4.6 สัญญาณรบกวน (NOISE)

ปัญหาใหญ่อีกอย่างที่เกิดขึ้นในการสื่อสารก็คือ สัญญาณข้อมูลถูกรบกวนจากสัญญาณรบกวนต่างๆ ซึ่งอาจจะแบ่งออกได้เป็น 2 พวกคือ Random noise และ Impulse noise โดย random noise จะมีค่าสูงขึ้นถ้าระยะทางของสายส่งเพิ่มมากขึ้น แต่ impulse noise เกิดขึ้นจากอุปกรณ์ควบคุม line switching ที่ใช้ในระบบโทรศัพท์ ซึ่งในทางปฏิบัติการที่จะกำจัดสัญญาณรบกวนให้หมดไปเลยนั้นไม่สามารถทำได้ เพียงแต่อาจจะลดให้มีขนาดน้อยลงเท่านั้นเอง นอกจากนี้ปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการทำงานของโมเด็มก็คือ Phase jitter, harmonic distortion และ Crosstalk เป็นต้น

Phase jitter คือการที่เฟสหรือสัญญาณเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเรื่อยๆ อย่างต่อเนื่องโดยจะเกิดการเลื่อนเฟสไปเป็นค่าอื่นๆ อย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Harmonic Distortion หรือการบิดเบือนฮาร์โมนิค จะเกิดขึ้นหลังจากที่สัญญาณผ่านส่วนของวงจรขยายออกมาแล้ว โดยฮาร์โมนิคอื่นที่เป็นจำนวนเท่าของความถี่พื้นฐาน (fundamental frequency) เช่น ฮาร์โมนิคที่ 2 ,ที่ 3 และอื่นๆ มีรูปร่างของสัญญาณเปลี่ยนไป ทำให้สัญญาณข้อมูลที่รับได้ผิดพลาดไป

Crosstalk เป็นปรากฏการที่เกิดขึ้นเนื่องจากเกิดการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเข้าไปรบกวนสัญญาณข้อมูลที่ส่งผ่านเข้าไปในสายส่ง เช่น จะสังเกตได้จากการพูดโทรศัพท์สาธารณะ ผู้พูดมักจะได้ยินเสียงเพลงที่ส่งกระจายเสียงมาจากสถานีวิทยุ หรืออาจจะได้ยินเสียงของวิทยุตำรวจ เป็นต้น ซึ่งสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำเข้ามานี้จะส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการรับฟังเสียงด้อยลงไป สำหรับวิธีการแก้ปัญหาข้อบกพร่องนี้ สามารถทำได้โดยใช้อุปกรณ์ switching ที่เป็นอิเลคทรอนิคส์ หรือใช้เส้นใยนำแสง (Fiber obtics) ซึ่งสามารถจะลดผลของการรบกวนเหล่านี้ลงได้อย่างมาก

2.5 การเชื่อมต่อเข้ากับสายโทรศัพท์

การออกแบบระบบและการใช้ระบบสื่อสารข้อมูลที่จะต้องใช้โมเด็มเป็นส่วนประกอบของระบบ ข้อสำคัญที่จะต้องใช้ให้ถูกต้องก็คือ ในระบบที่มีการต่อพวงเข้ากับเครือข่ายสายโทรศัพท์ผู้ใช้และผู้ออกแบบจะต้องปฏิบัติตามกฎข้อบังคับของ FCC (Federal Communication Commission) ที่ได้วางไว้เป็นมาตรฐาน นอกจากนี้ยังรวมถึงลายละเอียดเกี่ยวกับว่าในการเชื่อมต่อโมเด็มเข้ากับเครือข่ายโทรศัพท์ ระดับของสัญญาณที่จะเหนี่ยวนำเข้าไปรบกวนสัญญาณในสายโทรศัพท์จะต้องมีระดับที่อยู่ในมาตรฐานที่กำหนดโดย FCC ด้วยเช่นกัน

ตามข้อกำหนดของ FCC ได้มีการกำหนดระดับกำลังงานในย่านความถี่ที่สูงกว่าช่วง 300 Hz ถึง 3300 Hz ไว้ดังรูปที่ 2.24

Frequency (KHz)	3.995 to 4.005	4 to 10	10 to 25	25 to 40	Above 50
Maximum Power Level (dBm)	−18	−16	−24	−36	−50

รูปที่ 2.24 FCC Phone line Restrictions

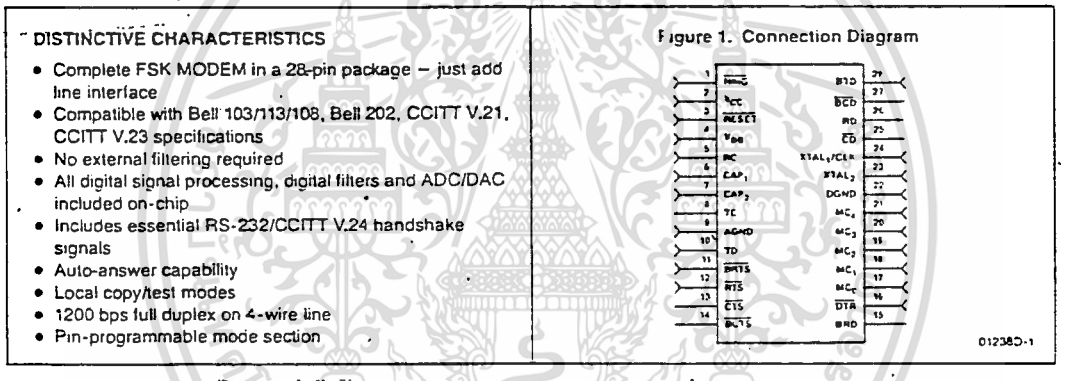
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

Am 7910 FSK MODEM

3.1 Am 7910 DESCRIPTION

Am 7910 เป็นชิพโมเด็มแถบความถี่เสียงโดยผสมคลื่นแบบ FSK ใช้มาตรฐานของ BELL และ CCITT สำหรับมาตรฐาน BELL ที่ใช้คือ 103, 202 ส่วน CCITT คือ V.21 กับ V.23 มีสายเลือก mode อยู่ 5 เส้นใช้ในการเลือกพิธีการส่งแบบต่างๆ ภายในชิพของ Am 7910 อาศัยเทคนิคของ DIGITAL SIGNAL PROCESSING ในการ Modulate Demodulate Filter รวมทั้ง Analog To Digital (ADC) และ Digital To Analog (DAC) ด้วย จึงทำให้ลดจำนวนอุปกรณ์ภายนอกลงไปได้มาก และก็ยังมีชาสัญญาณที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับ RS-232-C/CCITT V.24 ด้วยในระดับ TTLซึ่งคุณสมบัติและ block diagram แสดงดังรูป 3.1 และ รูป 3.2



รูป 3.1 Am 7910 Characteristic

3.2 Am 7910 SPECIFICATIONS

ลายละเอียดคุณสมบัติของชิพ Am 7910 ตัวนี้โดยสมบูรณ์ สามารถหาอ่านได้ใน Am 7910 DATA SHEET ซึ่งพิมพ์โดย ADVANCE MICRO DEVICES,INC. สำหรับข้อมูลโดยสมบูรณ์ที่อ้างอิงถึงมีอยู่ในหนังสือ:-

" DATA TRANSMISSION ANALYSIS,DESING AND APPLICATIONS" By Tugal Andtugal (MCRAW-HILL)

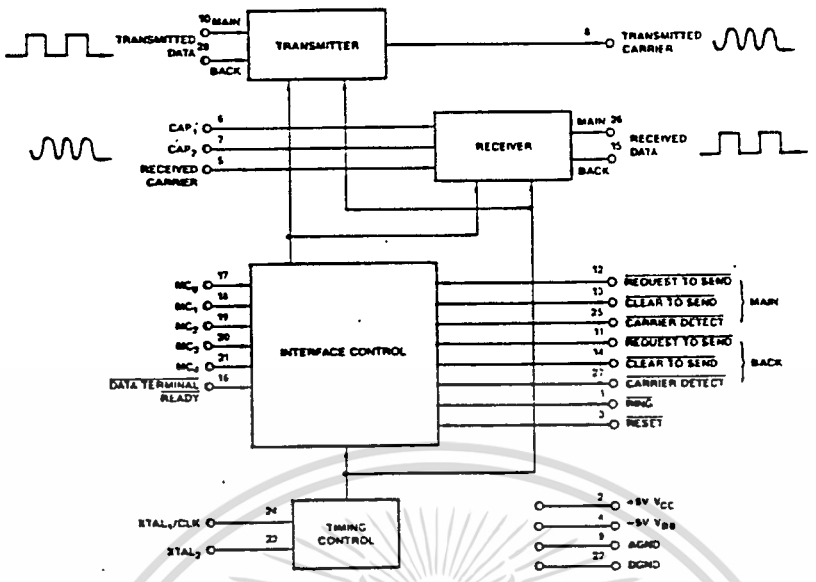
"TECHNICAL ASPECTS OF DATA COMMUNICATION,volume 2"By John E.mcnamara (DIGITAL EQUIPMENT CORPORATION)

3.3 INTERFACE SIGNAL DESCRIPTION

MC_0–MC_4 (CONTROL INPUTS)

มีขา 5 ขาสำหรับเลือก mode จากทั้งหมด 32 mode ซึ่งประกอบไปด้วย BELL หรือ CCITT ตามตารางที่ 3.1 แต่จะมีเพียง 19 mode เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.2 Am 7910 BLock Diagram

MC_4	MC_3	MC_2	MC_1	MC_0	
0	0	0	0	0	Bell 103 Originate 300bps full duplex
0	0	0	0	1	Bell 103 Answer 300bps full duplex
0	0	0	1	0	Bell 202 1200bps half duplex
0	0	0	1	1	Bell 202 with equalizer 1200bps half duplex
0	0	1	0	0	CCITT V.21 Orig 300bps full duplex
0	0	1	0	1	CCITT V.21 Ans 300bps full duplex
0	0	1	1	0	CCITT V.23 Mode 2 1200bps half duplex
0	0	1	1	1	CCITT V.23 Mode 2 with equalizer 1200bps half duplex
0	1	0	0	0	CCITT V.23 Mode 1 600bps half duplex
0	1	0	0	1	
0	1	0	1	0	
0	1	0	1	1	
0	1	1	0	0	Reserved
0	1	1	0	1	
0	1	1	1	0	
0	1	1	1	1	
1	0	0	0	0	Bell 103 Orig loopback
1	0	0	0	1	Bell 103 Ans loopback
1	0	0	1	0	Bell 202 Main loopback
1	0	0	1	1	Bell 202 with equalizer loopback
1	0	1	0	0	CCITT V.21 Orig loopback
1	0	1	0	1	CCITT V.21 Ans loopack
1	0	1	1	0	CCITT V.23 Mode 2 main loopback
1	0	1	1	1	CCITT V.23 Mode 2 with equalizer loopback
1	1	0	0	0	CCITT V.23 Mode 1 main loopback
1	1	0	0	1	CCITT V.23 Back loopback
1	1	0	1	0	
1	1	0	1	1	
1	1	1	0	0	Reserved
1	1	1	0	1	
1	1	1	1	0	
1	1	1	1	1	

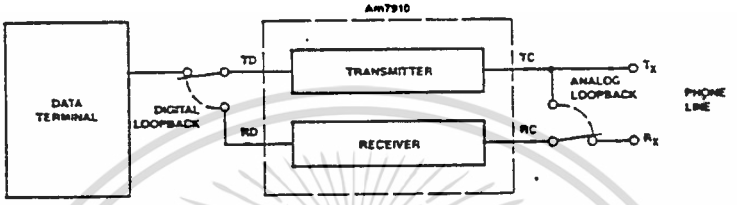
ตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นที่สามารถเลือกใช้งานได้ อธิบายได้ดังนี้

Modes ø - 8 เป็น mode ใช้งานปกติ สำหรับที่ 1200 baud นั้นสามารถเลือกได้ว่าจะให้ใช้หรือไม่ใช้ร่วมกับ equalizer

Modes 16 - 25 ยอมให้มีการ loopback ทั้งกรณีเป็นตัวส่งและตัวรับ ผู้ใช้ต้องทำการต่อใช้เองภายนอกโดยต่อขา TC เข้ากับขา RC (ดูรูป 3.3) เมื่อต้องการทำ analog loopback และต่อขา RD กับ TD เข้าด้วยกันถ้าต้องการทำ digital loopback



รูปที่ 3.3 LOOPBACK CONFIGURATIONS

เมื่อไรก็ตามที่ mode นี้ถูกเลือกใช้งานจะมีการปรับแถบความถี่ของ filters ทั้งตัวรับและตัวส่งให้อยู่ในแถบความถี่เดียวกัน

Modes 9 - 15 และ 26 - 31 ถูกสงวนเอา(reserved)ไม่มีการนำมาใช้งาน

DATA TERMINAL READY ($\overline{DTR}$)

ระดับ "low" ที่ป้อนให้กับขา $\overline{DTR}$ นี้ แสดงว่า Terminal ต้องการจะส่งข้อมูลหรือรับข้อมูลผ่านโมเด็ม จะเห็นว่าต้องใช้สัญญาณระดับ "low" เพื่อใช้ในการทำงาน

REQUEST TO SEND ($\overline{RTS}$)

ระดับ "low" ที่ป้อนให้กับขา $\overline{RTS}$ นี้ เป็นการแสดงว่าให้โมเด็มเริ่มทำการถ่ายทอดข้อมูล ขานี้จะต้องมีระดับ "low" ตลอดช่วงระยะเวลาการรับส่งข้อมูล สัญญาณนี้จะไม่มีผล (disable)ถ้า $\overline{DTR}$ เป็น "high" และถ้าสัญญาณที่ขา $\overline{RTS}$ นี้เป็น "high" แสดงว่าเป็นการหยุดการรับส่งข้อมูล

CLEAR TO SEND ($\overline{CTS}$)

เป็นขา output ที่มีการทำงานที่ระดับ "low" และจะทำงานหลังจากที่ $\overline{RTS}$ เป็น "low" แล้วช่วงเวลาหนึ่ง (delay) การส่งข้อมูลจะสามารถเริ่มได้ก็ต่อเมื่อขา $\overline{CTS}$ เป็น "low" เสียก่อน

CARRIER DETECT ($\overline{CD}$)

เป็นขา output จะให้สัญญาณออกมาเพื่อแสดงว่ามีข้อมูลเข้ามาทาง RC ซึ่งสัญญาณนี้จะเกิดขึ้นหรือ $t_{cd(on)}$ ในเวลาสั้นๆขึ้นอยู่กับการเลือกในตาราง 3.1 ขาสัญญาณนี้จะทำงานที่ระดับ "low" แต่ถ้าเป็น "high" แสดงว่ามีการหายไปของสัญญาณ RC มีระยะเวลานานถึง $t_{cd(off)}$ สัญญาณ $\overline{CD}$ นี้จะยังคงเป็น "high" ตลอดเมื่อ $\overline{DTR}$ เป็น "high"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับค่าเวลา $t_{cd(on)}$ และ $t_{cd(off)}$ ดูได้จากตาราง 3.2

Symbol	Description	Bell 103 Orig	Bell 103 Ans	CCITT V.21 Orig	CCITT V.21 Ans	CCITT V.23 Mode 1	CCITT V.23 Mode 2	CCITT V.23 Mode 2 EQ	Bell 202	Bell 202 EQ	CCITT V.23 Back	Bell 202 Back	Units
$t_{RC(On)}$	Request-to-Send to Clear-to-Send ON Delay	208.3	208.3	400	400	208.3	208.3	208.3	183.3	183.3	–	–	msec ±0.3%
$t_{RC(Off)}$	Request-to-Send to Clear-to-Send OFF Delay	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	–	–	msec ±25.%
$t_{BRC(On)}$	Back Channel Request-to-Send to Clear-to-Send ON Delay	–	–	–	–	–	–	–	–	–	82.3	–	msec ±0.64%
$t_{BRC(Off)}$	Back Channel Request-to-Send to Clear-to-Send OFF Delay	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.5	–	msec ±25%
$t_{CD(On)}$	Carrier Detect ON Delay	94-106	94-106	301-312	301-312	11.4-15.4	11.4-15.4	11.4-15.4	18-22	18-22	–	–	msec
$t_{CD(Off)}$	Carrier Detect OFF Delay	21-40	21-40	21-40	21-40	5.4-13.3	5.4-13.3	5.4-13.3	12.4-23.4	12.4-23.4			msec
$t_{BCD(On)}$	Back Channel Carrier Detect ON Delay	–	–	–	–	–	–	–	–	–	17-25	17-25	msec
$t_{BCD(Off)}$	Back Channel Carrier Detect OFF Delay	–	–	–	–	–	–	–	–	–	21-38	21-38	msec
t_{AT}	Answer Tone Duration	–	1.9	–	3.0	3.0	3.0	3.0	1.9	1.9	–	–	sec ±0.44%
t_{SIL}	Silence Interval before Transmission	1.3	1.3	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.3	1.3	–	–	sec ±0.64%
t_{SQ}	Receiver Squelch Duration	–	–	–	–	156.3	156.3	156.3	156.3	156.3	–	–	msec ±3.3%
t_{STO}	Transmitter Soft Turn-Off Duration	–	–	–	–	–	–	–	24	24	–	–	msec ±2.3%
t_{RI}	Minimum $\overline{RI}$ Low Duration	–	25	–	25	25	25	25	25	25	–	–	μs

ตารางที่ 3.2 TIMING PARAMETERS

TRANSMITTED DATA (TD)

ข้อมูลที่ส่งผ่านขานี้จะเป็นแบบอนุกรม [สถานะ "high" (mark) คือ logic "1" ส่วนสถานะ "low" (space) คือ logic "Ø"] และข้อมูลเหล่านี้จะถูกกำหนดเป็นความถี่ที่แน่นอนส่งออกไปยังขา TC แต่จะไม่มีสัญญาณออกที่ขา TC จนกว่า $\overline{DTR}$ และ $\overline{RTS}$ จะเป็น "low"

RECEIVED DATA (RD)

ข้อมูลที่ได้จากขานี้ได้รับมาจากขา RD ที่ผ่านการ modulation แล้ว ตามสภาวะที่ไม่มีการรับส่งข้อมูลขานี้จะถูก clamp อยู่ที่ระดับ logic "1" เพื่อกันการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณซึ่งจะทำให้เกิดการเข้าใจผิดว่าเป็นข้อมูลเข้ามา การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นที่จะทำให้เกิดการเข้าใจผิดได้มีดังนี้

1. เมื่อ $\overline{CD}$ เป็น "high"
2. ในขณะเกิด squelch delay ระหว่างการกลับไปมาของการส่งแบบ half duplex (เฉพาะกรณี BELL 202 กับ V.23)
3. เมื่อ $\overline{DTR}$ เป็น "high"
4. เมื่อ $\overline{RTS}$ on และ $\overline{BRTS}$ off (เฉพาะกรณี BELL 202 กับ V.23)
5. ระหว่างอยู่ในระดับขั้นตอนการทำงานแบบ auto-answer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BACK REQUEST TO SEND ($\overline{BRTS}$)

BELL 202 และ V.23 ยินยอมให้การส่งข้อมูลขนาด 1200 bps แบบ half duplex และทำงานบน 2 สายเท่านั้นโดยการส่งข้อมูลอัตราต่ำๆนี้ "backward" channel จะถูกจัดให้ถ่ายทอดจากตัวรับ (main channel receiver) กลับไปยังตัวส่ง (main channel transmitter) ขานี้จะคล้ายกับขา $\overline{RTS}$ ซึ่งใช้กับ main channel (ส่วน $\overline{BRTS}$ ใช้กับ back channel) ในขณะที่ Am 7910 อยู่ในลักษณะของการส่ง $\overline{RTS}$ กับ $\overline{BRTS}$ จะไม่เกิดขึ้นพร้อมกัน

ขาสัญญาณนี้จะถูกใช้ในกรณี BELL 202 หรือ V.23 เท่านั้น ซึ่ง mode นี้สามารถเลือกได้จาก MC_0 - MC_4

BACK CLEAR TO SEND ($\overline{BCTS}$)

สายสัญญาณนี้คล้ายกันกับ $\overline{CTS}$ ซึ่งใช้กับ main channel ส่วนสัญญาณ $\overline{BCTS}$ จะถูกใช้ในกรณี back channel สัญญาณนี้จะถูกใช้เมื่อเลือก mode เป็น V.23 แต่จะไม่ถูกใช้เมื่อเลือกเป็น BELL 202

BACK CARRIER DETECT ($\overline{BCD}$)

ขาสัญญาณนี้คล้ายกับ $\overline{CD}$ ที่ใช้ใน main channel แต่สัญญาณ $\overline{BCD}$ จะถูกใช้ในกรณี back channel เท่านั้น และจะถูาใช้เมื่ออยู่ใน mode ของ BELL 202 และ V.23 เท่านั้น

กรณี V.23 back channel mode $\overline{BCD}$ จะ turn on เมื่อมีความถี่สถานะ mark หรือ space ปรากฏที่ RC

BACK TRANSMITTED DATA (BTD)

ขานี้คล้ายกับขา TD ที่ส่งใน main channel แต่ BTD จะส่งใน back channel และใช้กับ V.23 กับ BELL 202 เท่านั้น

BACK RECEIVER DATA (BRD)

ขานี้คล้ายกับขา RD ที่ใช้ใน main channel แต่ BRD ใช้ในกรณี back channel ที่เป็น V.23 เท่านั้น และจะเป็น "high" เมื่อเกิดสภาพดังต่อไปนี้

1. เมื่อ $\overline{BCD}$ เป็น "high"
2. เมื่อ $\overline{DTR}$ เป็น "high"
3. เมื่ออยู่ใน mode BELL 103 หรือ V.21
4. อยู่ในช่วงระหว่างการทำ auto answer
5. เมื่อ $\overline{BRTS}$ "on" และ $\overline{RTS}$ "off" (กรณี V.23)

TRANSMITTED CARRIER (TC)

ขานี้จะให้สัญญาณข้อมูลที่ถูก modulate ให้อยู่ในรูปของสัญญาณพาหะแล้ว เพื่อส่งไปบนสายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RECEIVED CARRIER (RC)

ขานี้รับสัญญาณข้อมูลที่อยู่ในรูปของสัญญาณพาหะจากสายโทรศัพท์ และจะทำการ demodulate ก่อนที่จะส่งออกไปให้กับขา RD หรือ BRD

$\overline{\text{RING}}$ ($\overline{\text{RI}}$)

ขานี้เป็นขา input ใช้ในกรณีการทำ auto answer ซึ่งขานี้จะตอบสนองต่อสัญญาณ ring ที่มาจากวงจร DAA (Data Access Arrangement) ซึ่งจะทำให้ขา $\overline{\text{RI}}$ เป็น "low" $\overline{\text{DTR}}$ ก็จะเป็น "low" ด้วย โมเด็มจะเริ่มเข้าสู่ลำดับขั้นการทำงาน และจะกำเนิด answer tone ออกไปทางขา TC

XTAL_1 , XTAL_2

วงจรสัญญาณนาฬิกาหลักของชิพโมเด็มตัวนี้กำหนดโดยการต่อ crystal เข้ากับขา input ทั้ง 2 ขานี้ หรือจะใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอกโดยต่อเข้าที่ขา XTAL_1 ก็ได้ ค่าของ crystal หรือสัญญาณนาฬิกาภายนอกควรจะมีค่า 2.4567 MHz (+/- .01%)

VCC

+5 volt power supply (+/- 5%)

VBB

-5 volt power supply (+/- 5%)

DGND

ขากราวน์ของสัญญาณ digital

AGND

ขากราวน์ของสัญญาณ analog

CAP_1 , CAP_2

เป็นจุดต่อ capacitor/resistor ภายนอก เพื่อให้เกิดความเหมาะสมในการทำงานของวงจร analog-to-digial ภายในชิพโมเด็ม ค่าที่ได้แนะนำมาให้คือ: C = 2000pF (+/-10%) ,R = 100 ohm (+/-10%)

$\overline{\text{RESET}}$

ขานี้ใช้ในการ reset ชิพโมเด็ม Am7910 โดยตัวเองขณะทำการเปิดเครื่อง

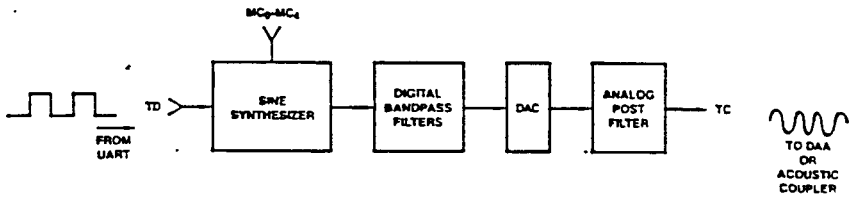
3.4 THEORY OF OPERATION

Am 7910 MODEM ประกอบด้วยส่วนของการทำงาน 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

- TRANSMITTER
- RECEIVER
- INTERFACE CONTROL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 TRANSMITTER (Modution)



รูป 3.4 TRANSMITTER BLOCK DIAGRAM

จากรูป 3.4 ก่อนที่จะมีการส่งข้อมูลออกไปทาง TC นั้น จะต้องมีการรับสัญญาณข้อมูลที่เป็น digital จาก UART จากนั้นก็จะทำการแปลงเป็นสัญญาณ analog โดยการใช้การ modulate แบบ FSK สัญญาณ analog นี้จะไปผ่านวงจร DAA หรือ Acoustic coupler ก่อนที่จะถูาส่งเข้าสายโทรศัพท์ หลักการของ FSK จะ encoder หนึ่งบิทต่อหนึ่ง baud ฉะนั้นเมื่อ logic "1" ปรากฏที่ TD จะทำให้มีความถี่ค่าหนึ่งปรากฏที่ TC และถ้า logic "ø" ปรากฏที่ TD ก็จะทำให้มีความถี่อีกค่าหนึ่งปรากฏที่ขา TC เช่นกัน ซึ่งความถี่ที่แตกต่างกัน 2 ความถี่นี้จะเป็นค่า sine ที่ต่อเนื่องกันไป ค่าความถี่ที่กล่าวถึงนี้สร้างโดย DIGITAL SYNTHESIZER SINE FUNCTION ค่าความถี่ที่เกิดขึ้นในแต่ละ mode แสดงในตารางที่ 3.3

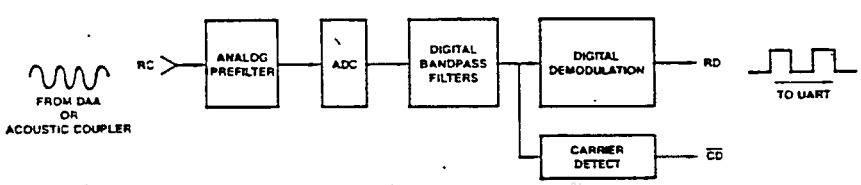
Modem	Baud Rate (BPS)	Duplex	Transmit Frequency		Receive Frequency		Answer Tone Freq Hz	Soft Turn Off Tone Hz
			Space Hz	Mark Hz	Space Hz	Mark Hz		
Bell 103 Orig	300	Full	1070	1270	2025	2225	–	–
Bell 103 Ans	300	Full	2025	2225	1070	1270	2225	–
CCITT V.21 Orig	300	Full	1180	980	1850	1650	–	–
CCITT V.21 Ans	300	Full	1850	1650	1180	980	2100	–
CCITT V.23 Mode 1	600	Half	1700	1300	1700	1300	2100	–
CCITT V.23 Mode 2	1200	Half	2100	1300	2100	1300	2100	–
CCITT V.23 Mode 2 Equalized	1200	Half	2100	1300	2100	1300	2100	–
Bell 202	1200	Half	2200	1200	2200	1200	2025	900
Bell 202 Equalized	1200	Half	2200	1200	2200	1200	2025	900
CCITT V.23 Back	75	–	450	390	450	390	–	–
Bell 202 Back	5	–	*	*	**	**	–	–

*(BRTS LOW) and (BTD HIGH): 387Hz at TC
*(BRTS HIGH) or (BTD LOW): 0 volts at TC
*Meets new CCITT R20 frequency tolerance.
**387Hz at RC: BCD LOW
**No 387Hz at RC: BCD HIGH

Frequency tolerance is less than ±0.4Hz with 2.4576MHz Crystal. Except Bell 202 which is +1Hz (1200 Hz. mark)

ตารางที่ 3.3 FREQUENCY PARAMETERS

3.4.2 RECEIVER (DEMODULATE)



รูปที่ 3.5 RECEIVER BLOCK DIAGRAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.5 เมื่อชุด receiver ได้รับสัญญาณ carrier ที่ส่งมาตามสายโทรศัพท์ผ่านวงจร DAA แล้ว ก็จะทำขั้นตอนของการ demodulation อันดับแรกคือการกรองสัญญาณ analog โดยผ่านวงจร Analog low pass anti-alias filter ต่อจากนั้นก็ทำการแปลงสัญญาณให้อยู่ในรูปของ digital โดยผ่านวงจร analog to digital (ADC) แล้วทำการกรองสัญญาณ digital โดยวงจร Digital bandpass filters เพื่อให้ได้ signal to noise ratio ดีขึ้นและตัดความถี่ที่ไม่ต้องการทิ้งไป ซึ่งมีมาทางสายโทรศัพท์ในกรณีส่งแบบ full duplex ต่อจากนั้นก็จะผ่านไปทำการ demodulation เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการ และมีส่วนที่แยกสัญญาณ $\overline{CD}$ ออกมาเพื่อให้วงจรทราบว่ายังมีการรับส่งข้อมูลกันอยู่หรือไม่

3.4.3 INTERFACE CONTROL

ส่วนนี้จะเป็นส่วนสำหรับ hand shaking ระหว่างโมเด็มกับ terminal ระยะใกล้โดยประกอบด้วย Two state machine ในการควบคุมการส่งและรับ, Delay connter, mode ที่ใช้ในการเลือกซึ่งจะส่งความถี่ที่เหมาะสมออกไปและทำการกรองความถี่ทั้งในการส่งและรับตามแต่การเลือกชนิดของ mode นั้น

รูป 3.7 และ 3.8 บรรยายลำดับขั้นตอนของ Two state machine โดย state machine ที่ 1 หมายความว่า "การส่งสัญญาณในกรณี main channel หรือ back channel" state machine ที่ 2 หมายความว่า "การรับสัญญาณในกรณี main channel หรือ back channel"

สภาวะของระบบก่อนที่จะทำการเริ่มติอต่อ(INITIAL CONDITION)จะมีสัญญาณควบคุมตามตาราง 3.4 นี้จนกว่า $\overline{DTR}$ จะ "on" และเมื่อ $\overline{DTR}$ กลับจากสภาวะ "on" สู่สภาวะ "off" เมื่อไร ขาต่างๆ ก็จะกลับเข้าสู่ภาวะ initial condition ตามเดิมใน 25 msec

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

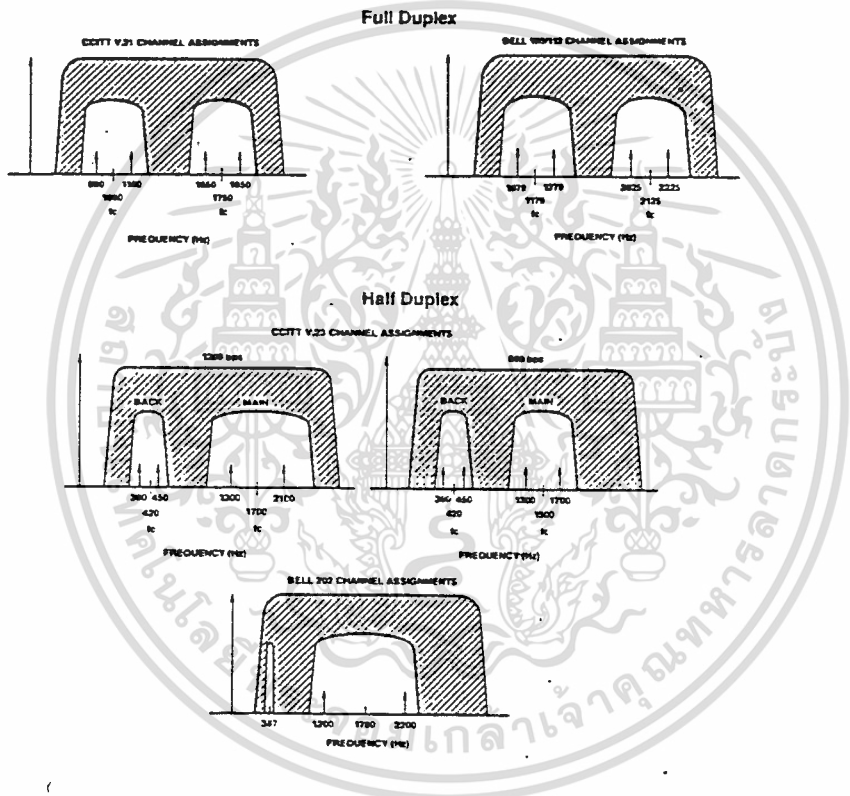
ตาราง 3.4 INTITIAL CONDITION

full duplex และ half duplex ที่ใช้ดังรูป 3.6 คือ full duplex จะเป็น mode ของ BELL 103/113 และ V.21 สำหรับ half duplex จะเป็น mode Bell 202 และ V.23 ซึ่งมีทั้ง forward และ backward channel.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FULL DUPLEX สามารถส่งและรับพร้อมกันด้วยอัตรา 300 baud ทั้งสองสัญญาณจะมีการ multiplex ในย่านความถี่ 300 - 3000 Hz ของสายโทรศัพท์ Am 7910 นั้นมีการทำงานแบบ full duplex ใน mode BELL 103/113 กับ V.21

HALF DUPLEX สำหรับกรณีการทำ half duplex กับ back channel นั้น โมเด็มอาจจะส่งโดยใช้อัตราส่งที่ 1200/600 baud ส่วนทางด้านรับจะรับที่ 5/75 baud และในทางกลับกันอาจจะส่งที่ 5/75 baud และรับที่ 1200/600 baud ตัวอย่างคือ BELL 202 และ V.23



รูปที่ 3.6

3.5 CALL ESTABLISMENT

ก่อนที่โมเด็มทั้งสองจะทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันนั้นจะต้องทำการเชื่อมต่อเข้ากับสายโทรศัพท์เสียก่อนซึ่งต้องมีการช่วยในการโทรและรับสาย โดยฝ่ายโทรนั้นอาจจะเป็นแบบ originate manual หรือ originate automatic ก็ได้ส่วนทางฝ่ายรับก็อาจจะเป็นแบบ answer manual หรือ answer automatic ก็ได้เช่นเดียวกัน

MANUAL CALLING วิธีการนี้ทำโดย ผู้ทำการเรียกต้องหมุนเลขหมายที่ต้องการโทรและรอฟังการตอบรับ เมื่อมีการตอบรับแล้วผู้เรียกก็จะทำการสับสวิตช์ให้กับโมเด็มเพื่อทำการรับส่งข้อมูลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC CALLING วิธีนี้จะทำการโทรโดยส่วนของวงจรที่เรียกว่า **Automatic Calling Unit (ACU)** ซึ่งสามารถกำหนดชนิดของสัญญาณโทรศัพท์ว่าให้เป็นแบบ dial tone หรือ dial pulse ขึ้นอยู่กับชนิดของโทรศัพท์ที่ติดตั้งอยู่ ส่วนของวงจร ACU นี้ยังมีความสามารถที่จะทำการตรวจจับการตอบรับจากโมเด็มปลายทาง (Remote modem หรือ Called modem) และยังสามารถเปลี่ยนจาก mode การโทรไปเป็น mode การรับส่งข้อมูลได้โดย automatic

MANUAL ANSWER วิธีนี้เป็นการทำการตรวจจับการเรียกของอีกฝ่ายหนึ่งโดยทำการสับสวิตช์เมื่อได้ยินเสียงเรียกเข้ามา ซึ่งจะทำให้โมเด็มที่ถูกเรียก (called modem) กำเนิดสัญญาณเสียงตอบกับไปยังโมเด็มที่ทำการเรียก (calling modem) ได้ แล้วก็จะทำการเปลี่ยน mode จาก called ไปเป็น mode การรับส่งข้อมูลตามปกติ

AUTOMATIC ANSWER มีการตรวจจับการเรียกโดยอาศัยวงจร **Data Access Arrangement (DAA)** เมื่อมีสัญญาณ Ring เข้ามา DAA จะส่งสัญญาณ $\overline{RI}$ ออกมาให้กับระบบ ระบบจะทำการยกหูโทรศัพท์ (off hook) ให้โดย automatic แล้วก็จะเข้าสู่ auto answer squence คือ ทางฝ่าย called จะส่งสัญญาณว่างให้สายและตามด้วย answer toneเมื่อทางฝ่าย calling ตรวจจับสัญญาณนี้ได้ก็จะทำการเชื่อมต่อเข้าด้วยกันเพื่อรับส่งข้อมูล

Am 7910 จะทำการ automatic answer จากสัญญาณ ring ที่เข้ามา ดูจากรูป 3.7 (a) ทางด้านขวา สมมุติว่า $\overline{DTR}$ ยังอยู่ในสภาวะ initial นั่นคือ $\overline{DTR}$ เป็น off" $\overline{RI}$ จะถูกมองข้ามไป แต่ถ้าสมมุติว่า $\overline{RTS}$ และ $\overline{BRTS}$ เป็น "off" รวมทั้ง MCØ-MC4 ถูกเลือกให้อยู่ใน mode ปกติคือ ไม่อยู่ใน loopback mode จะทำให้ระดับสัญญาณ "low" เข้ามาที่ขา $\overline{RI}$ ขบวนการ auto answer จึงเริ่มขึ้นตาม sequence ในรูปที่ 3.7 (c)

ตามตาราง 3.2 ขา output ที่ TC ของ Am 7910 จะยังไม่เกิดสัญญาณขึ้น (Ø.Ø volt) เป็นเวลา $T_{s;L}$ หลังจากเวลา $T_{s;L}$ ผ่านไปก็จะเกิดสัญญาณ answer tone ขึ้นเป็นเวลา T_{T} และระหว่างการทำงานตามลำดับของ auto answer ขา $\overline{CD}$ จะเป็น "off" และสัญญาณ RD ที่รับมาได้จะอยู่ในสภาวะ mark

ถ้าเราเลือกค่า MCØ-MC4 ให้อยู่ใน mode BELL 202 หรือ V.23 ไว้ในการระหว่างการทำ auto answer จะทำให้ตัวกรองทางด้านส่งทำงานในลักษณะ forward channel ส่วนตัวกรองทางด้านรับทำงานใน back channel

เมื่อจบขั้นตอนการทำ auto answer ตามรูป 3.7 (c) ก็จะกระโดดกลับมายังจุด A ของรูป 3.7 (a) อีก จะสังเกตุเห็นว่าขั้นตอนของ auto answer จะไม่สามารถเริ่มใหม่ได้ถ้า $\overline{DTR}$ ยังเป็น "off" อยู่ ดังนั้น $\overline{DTR}$ จะต้องเป็น "on" เพื่อให้จุดนี้เป็นการแสดงว่าเป็นการเชื่อมต่อสายโทรศัพท์ไว้สำหรับการรับส่งข้อมูลซึ่งอาจจะมีการเริ่มต้นขบวนการนี้ขึ้นมาอีก

สัญญาณ $\overline{RING}$ อาจจะถูกส่งมาจากวงจร DAA ในกรณีของ auto answer หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจถูกส่งมาโดยการสวิตช์ในกรณีของ manual answer ซึ่งสถานะของสัญญาณ $\overline{\text{RING}}$ จะต้องเป็น "low" ถึงจะมีผลต่อการทำงานของ Am 7910

3.6 DATA TRANSMISSION

FULL DUPLEX

ในระบบ full duplex หลังจากที่มีการเชื่อมต่อกันเรียบร้อยแล้วจะทำการส่งข้อมูลโดยเริ่มจากฝ่ายไหนก่อนก็ได้ (called หรือ calling modem) การส่งข้อมูลจะเริ่มจากทำการส่งสัญญาณ $\overline{\text{RTS}}$ ก่อนเพื่อแสดงว่าคอมพิวเตอร์ต้องการเริ่มส่งข้อมูล หลังจากนั้นจะตามด้วยช่วงระยะเวลา t_{RCON} , $\overline{\text{CTS}}$ "on" แล้วขา TD ถึงจะทำการรับข้อมูลทำการ modulate เป็นสัญญาณพาหะส่งออกมาที่ขา TC ได้ แต่ส่วนมากโปรโตรคอลที่ใช้จะทำขา TD ให้อยู่ในสภาวะ mark ไว้ก่อนที่ $\overline{\text{RTS}}$ จะปรากฏและอยู่ในระหว่างเวลา t_{RCON}

การรับส่งข้อมูลจะต่อเนื่องจนกว่า $\overline{\text{RTS}}$ จะ "off" และตามด้วยช่วงระยะเวลา t_{RCOFF} ที่จะทำให้ $\overline{\text{CTS}}$ "off" ตาม

HALF DUPLEX

เมื่อ half duplex ถูกเลือก (202 หรือ V.23) ข้อมูลสามารถส่งได้ด้วยอัตรา 1200 หรือ 600 buad ที่ main channel และจะส่ด้วยอัตรา 5 หรือ 75 baud ในกรณี back channel ภายใน Am 7910 จะมีการควบคุมตัวกรองทางด้านส่งและตัวกรองทางด้านรับให้อยู่ในค่าที่เหมาะสมโดย $\overline{\text{RTS}}$ คือเมื่อ $\overline{\text{RTS}}$ อยู่ในสภาพการส่งตัวกรองทางด้านส่งจะถูก set ให้มำการส่งในรูปแบบของ main channel ส่วนตัวกรองทางด้านรับก็จะรับสัญญาณในรูปแบบของ back channel ดังนั้นเมื่อไรก็ตามที่ $\overline{\text{RTS}}$ เป็น "on" $\overline{\text{BRTS}}$ ไม่ควรจะอยู่ในสภาพของการเป็นตัวส่งเพราะไม่สามารถอยู่ในรูปแบบของ back channel ได้ แต่เมื่อ $\overline{\text{RTS}}$ "off" และอยู่ใน mode ของ half duplex แล้ว ตัวกรองทางด้านส่งจะถูก set ให้อยู่ในรูปแบบ back channel และตัวกรองทางด้านรับจะถูก set ให้อยู่ในแบบ main channel

ถ้าเกิดกรณีที่คาดว่า $\overline{\text{RTS}}$ และ $\overline{\text{BRTS}}$ จะเกิดขึ้นพร้อมกัน $\overline{\text{RTS}}$ จะต้องเกิดขึ้นก่อน $\overline{\text{BRTS}}$ เสมอ แต่อย่างไรก็ตามถ้า $\overline{\text{BRTS}}$ มันเกิดก่อน $\overline{\text{RTS}}$ แล้วรูปแบบ sequenceของ back channel ก็จะเป็นดังรูป 3.7 (b) และ $\overline{\text{RTS}}$ จะถูามองข้ามไปจนกว่า $\overline{\text{BRTS}}$ จะกลับเป็น "off"

sequence ของการส่งข้อมูลในรูปแบบ back channel และ main channel จะแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยดังแสดงในรูป 3.7

MAIN CHANNEL

sequence ของการส่งสัญญาณนี้จะเกิดขึ้นจากการเลือก mode ของ 202 กับ V.23 และ $\overline{\text{RTS}}$ ต้องอยู่ในสภาวะการใช้งานด้วย ส่วนทางตัวreceiver ขณะนี้จะอยู่ในแบบ back channel ซึ่งสัญญาณ RD จะอยู่ในสภาวะ mark และสัญญาณ $\overline{\text{CD}}$ ถูกทำให้อยู่ในสภาวะ "off" ด้วย ข้อมูลจะถูกส่งเข้ามาทาง TD และสัญญาณพาหะจะไปปรากฏที่ขา TC ซึ่งจะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะ mark/space ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่เข้ามาทาง TD หลังจากที่ $\overline{RTS}$ "on" เป็นเวลา t_{RCON} แล้ว $\overline{CTS}$ จึงจะเป็น "low" การส่งข้อมูลจะทำไปจนกว่า $\overline{RTS}$ จะ "off" ซึ่งเหตุการณ์ทั่วๆ ไปก็คล้ายกับตอนเริ่มต้นคือ เริ่มจากหลังช่วงเวลา t_{RCOFF} แล้ว $\overline{CTS}$ ก็จะ "off" ตาม ส่วน TD จะถูกตัดออกจากการรับข้อมูลและ $\overline{RTS}$ ก็จะ "off"

BACK CHANNEL

ขั้นตอนการส่ง (ตามรูป 3.7 b) จะเริ่มถ้า 202 หรือ V.23 ถูกเลือกและ $\overline{RTS}$ "off" ซึ่งตอนนี้ $\overline{BRTS}$ จะอยู่ในสภาพการใช้งาน $\overline{BCD}$ จะ"off" BRD จะถูกทำให้อยู่ในสภาวะ mark ขา BTD จะรับสัญญาณเข้ามาและจะส่งสัญญาณพาหะออกมาทีขา TC ซึ่งจะเป็น mark/space ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่เข้ามาที่ขา BTD

3.7 DATA RECEPTION

ในขั้นตอนการรับข้อมูลนั้นจะถูกควบคุมโดย STATE MACHINE 2 ที่บรรยายในรูปที่ 3.8 เมื่อเริ่มทำการเปิดเครื่องจะเริ่มขึ้นที่สภาวะ initial และจะคงสภาพนั้นมี $\overline{DTR}$ เกิดขึ้นก็จะทำการวน loop การทำงานไปจนกว่าสัญญาณ $\overline{CD}$ หรือ $\overline{BCD}$ จะปรากฏ

FULL DUPLEX

การรับข้อมูลแบบ full duplex สัญญาณ $\overline{CD}$ จะปรากฏหลังจากทำการเชื่อมต่อสายโทรศัพท์กันเรียบร้อยแล้ว เมื่อภาครับสามารถตรวจจับสัญญาณพาหะในช่วงเวลา t_{CDON} (ดูตาราง 3.2) ได้ ข้อมูลก็จะเข้ามาที่ขา RD จนกระทั่งไม่มีสัญญาณ $\overline{CD}$ ปรากฏหรือ t_{CDOFF} ที่จุดนี้ $\overline{CD}$ "off" และ RD ก็จะถูกทำให้อยู่ในสภาวะ mark loop ของ state machine ก็กลับไปที่จุด E

HALF DUPLEX

ได้กล่าวไปแล้วว่าในขณะทำการส่งข้อมูลเมื่ออยู่ในแบบ half duplex สัญญาณ $\overline{RTS}$ จะเป็นตัวควบคุมการเลือก main channel หรือ back channel ในการส่งหรือรับซึ่งจะอยู่ในสภาวะตรงกันข้ามกันเสมอ

$\overline{CD}$ จะคอยตรวจจับสัญญาณในขณะ RTS "off" เพื่อเข้าสู่ขบวนการรับเช่นเดียวกับระบบ full duplex และในช่วงเวลาที่ $\overline{RTS}$ "off" $\overline{BCD}$ จะไม่สามารถทำงานได้ในทางตรงข้าม ที่ $\overline{RTS}$ "on" $\overline{CD}$ ก็ไม่สามารถทำงานได้เช่นกัน ในแถบความถี่ back channel สำหรับขบวนการรับจะทำการตรวจจับสัญญาณพาหะ ถ้าปรากฏมีช่วงเวลา t_{CDON} $\overline{BCD}$ จะ"on" และข้อมูลจะรับเข้ามาทาง BRD และจะรับได้ต่อเนื่องไปจนกระทั่งสูญเสียสัญญาณ back channel นานเป็นเวลา t_{CDOFF} ที่จุดนี้ $\overline{BCD}$ จะ "off" และจะถูกคงสภาวะไว้ที่ mark

LOOP BACK

มี 10 mode ที่ Am 7910 ยอมให้ทำการ loop back ซึ่งรวมทั้ง digital และ analog loop back เมื่อเลือก mode ของการ loop back ทั้งตัวกรองทางด้านส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และด้านรับจะถูก set ไปยังขบวนการที่มีช่องทางหรือความถี่เหมือนกันเพื่อที่จะสามารถทำการต่อขา TC และ RC ในการส่งและรับสัญญาณ analog กรณีทำ analog loop back ในทางกลับกันจะทำการต่อขา TD เข้ากับ RD ในการทำ digital loop back (ดูรูปที่ 3.3)

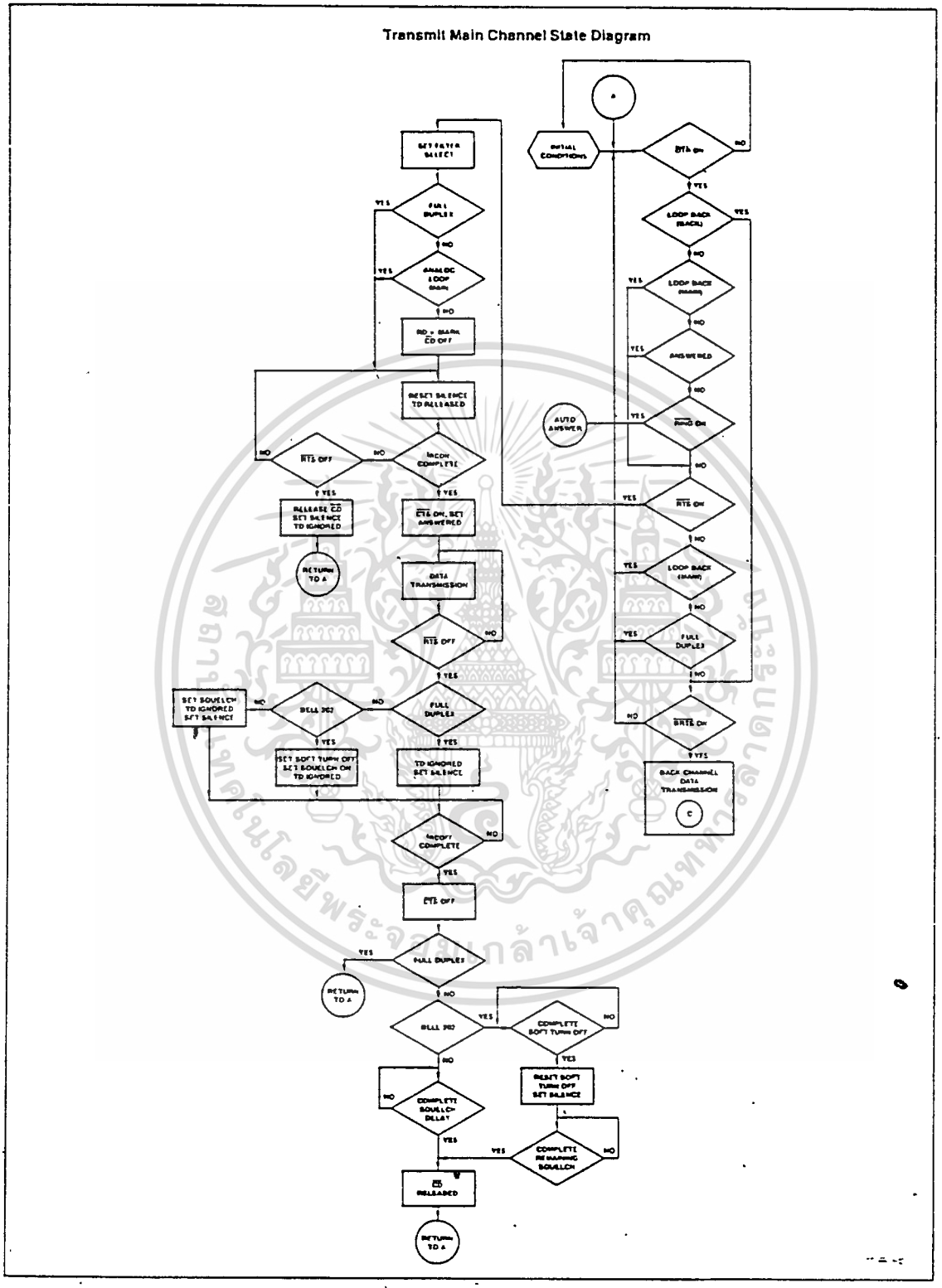
Analog Loop Back (ALB) เป็นขบวนการที่ทำเพื่อใช้ทดสอบโมเด็มว่าสามารถรับข้อมูลที่ส่งออกไปได้ด้วยตัวเองคือ ข้อมูลที่ส่งออกไปและรับเข้ามาจะเป็นข้อมูลเดียวกัน

Digital Loop Back (DLB) เป็นขบวนการที่ทำเพื่อใช้ทดสอบโมเด็มว่าสามารถรับข้อมูลที่ส่งมาจากที่อื่นได้หรือไม่ ส่วนมากทำจะเพื่อเช็คสายสื่อสารข้อมูล ขบวนการทำ loop back ทั้งหมดนี้ทำได้โดยการต่อเข้าด้วยกันภายนอก

รูปที่ 3.9 ถึง รูปที่ 3.11 แสดง Timing ของการเลือก mode แบบต่างๆ

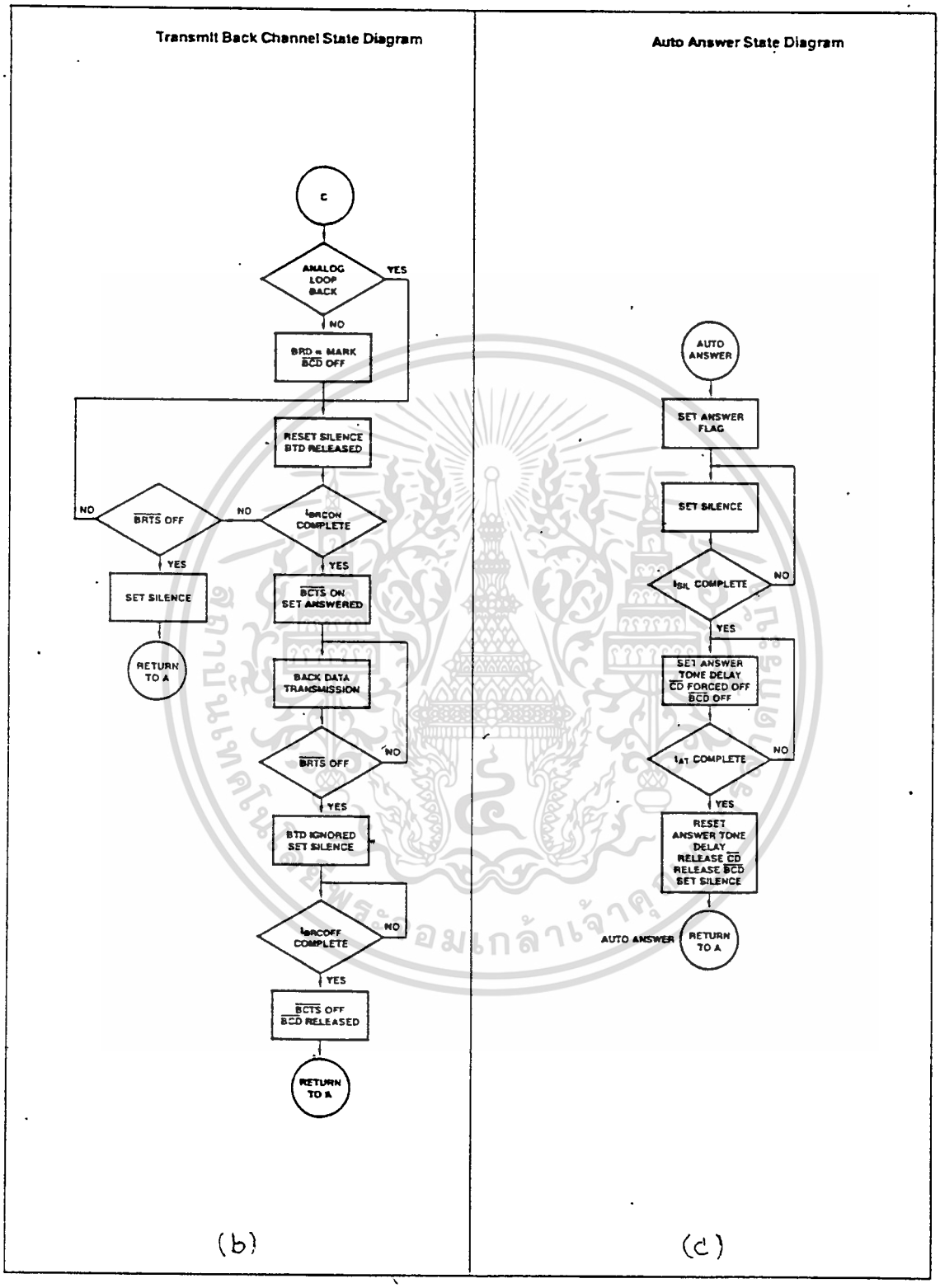
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.7 (a) Transmit Main Channel Diagram

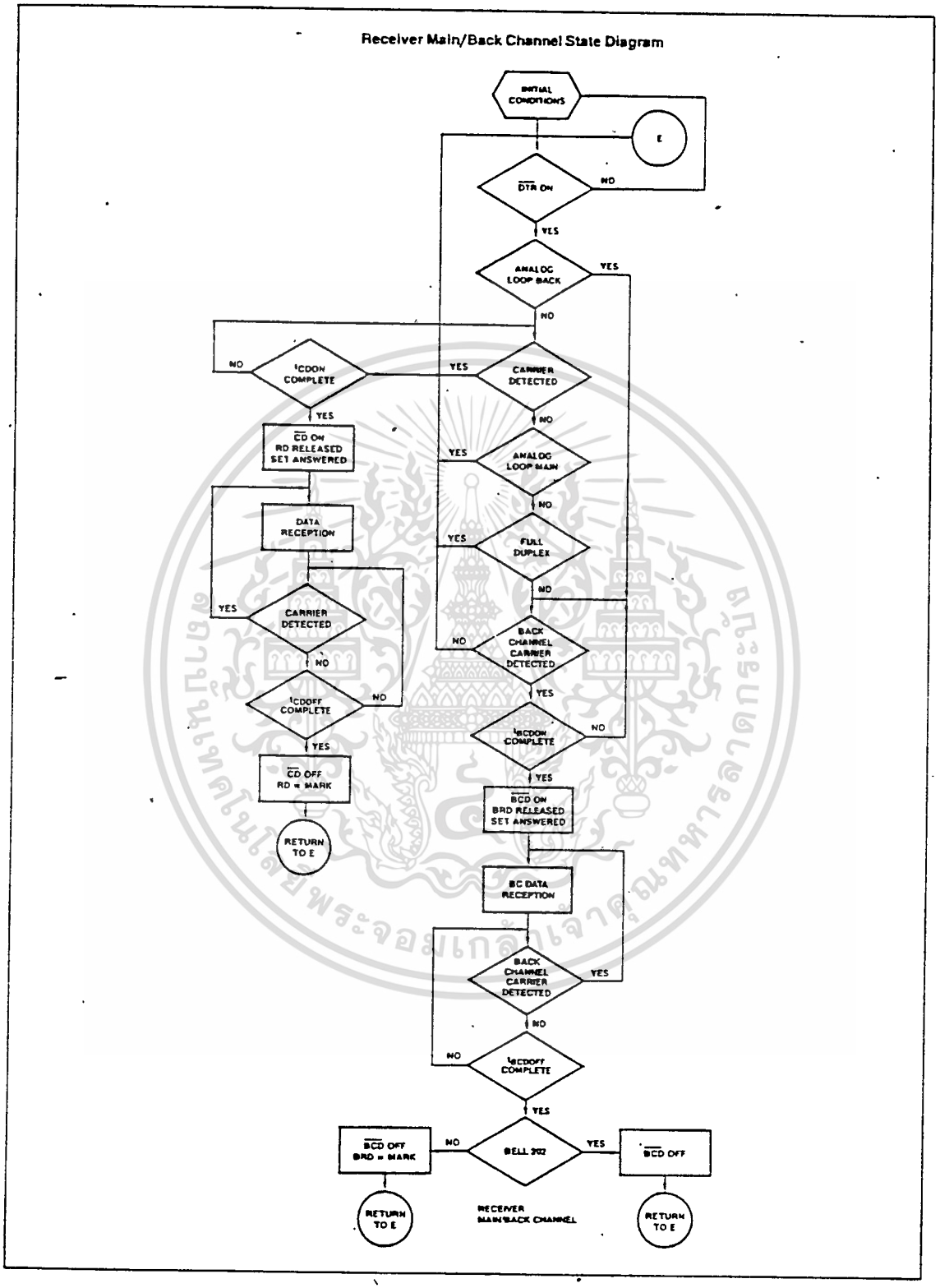
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.7 (b) Transmit Back Channel State Diagram

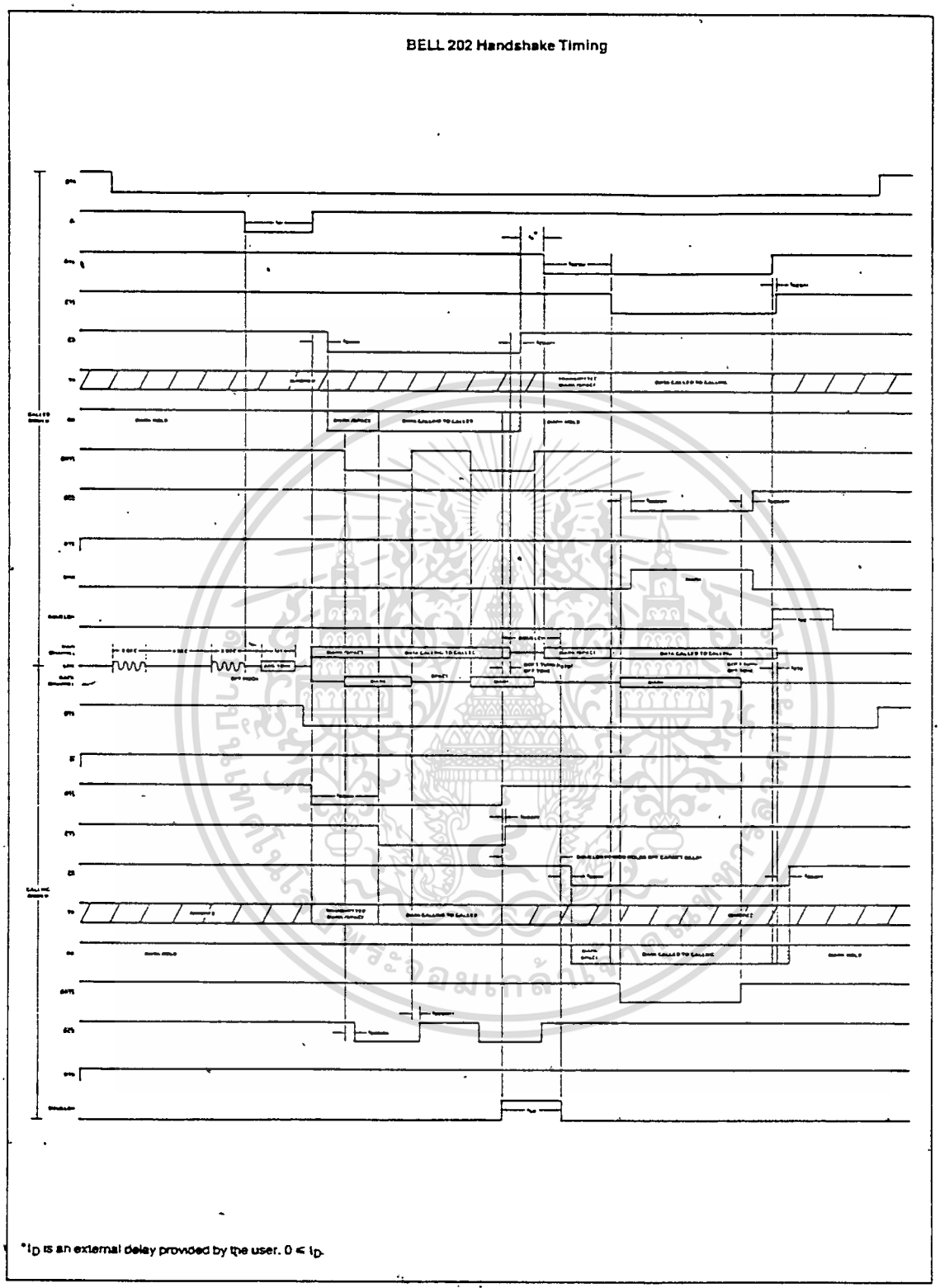
รูป 3.7 (c) Auto Answer State Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



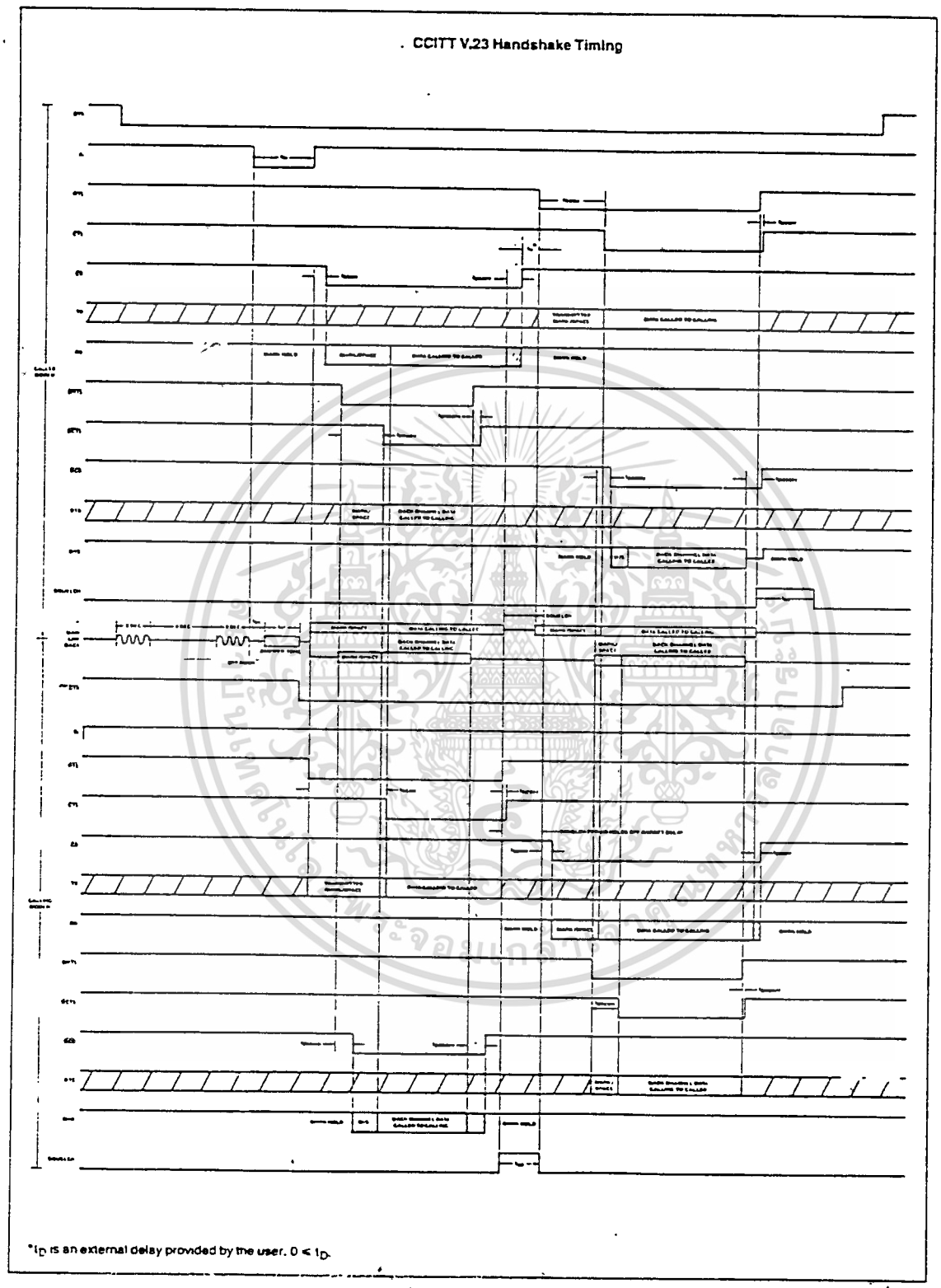
รูป 3.8 Rceiver Main/Back Channel State Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



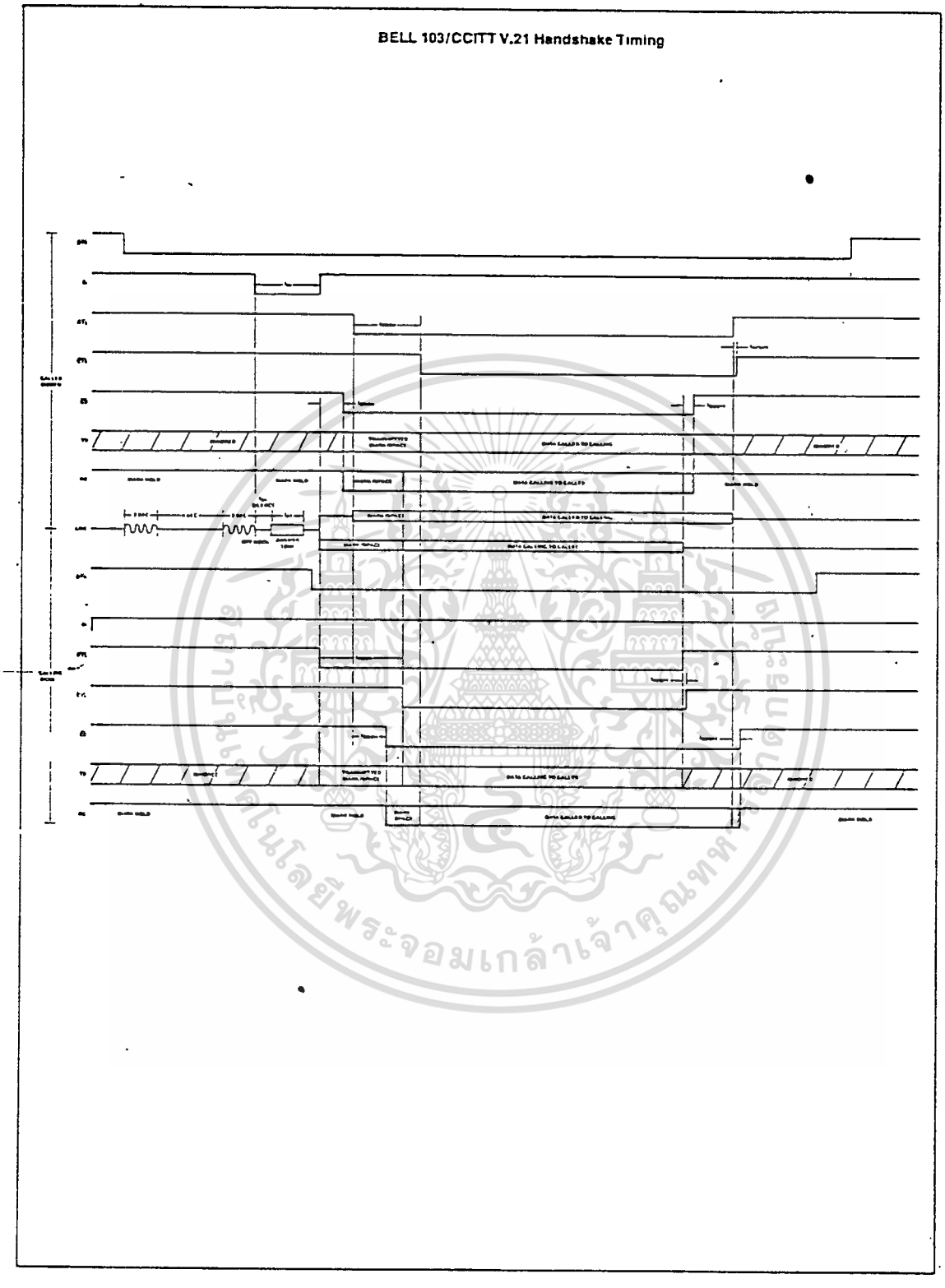
รูป 3.9 Bell 202 Handshake Timing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.10 CCITT V.23 Handshake Timing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



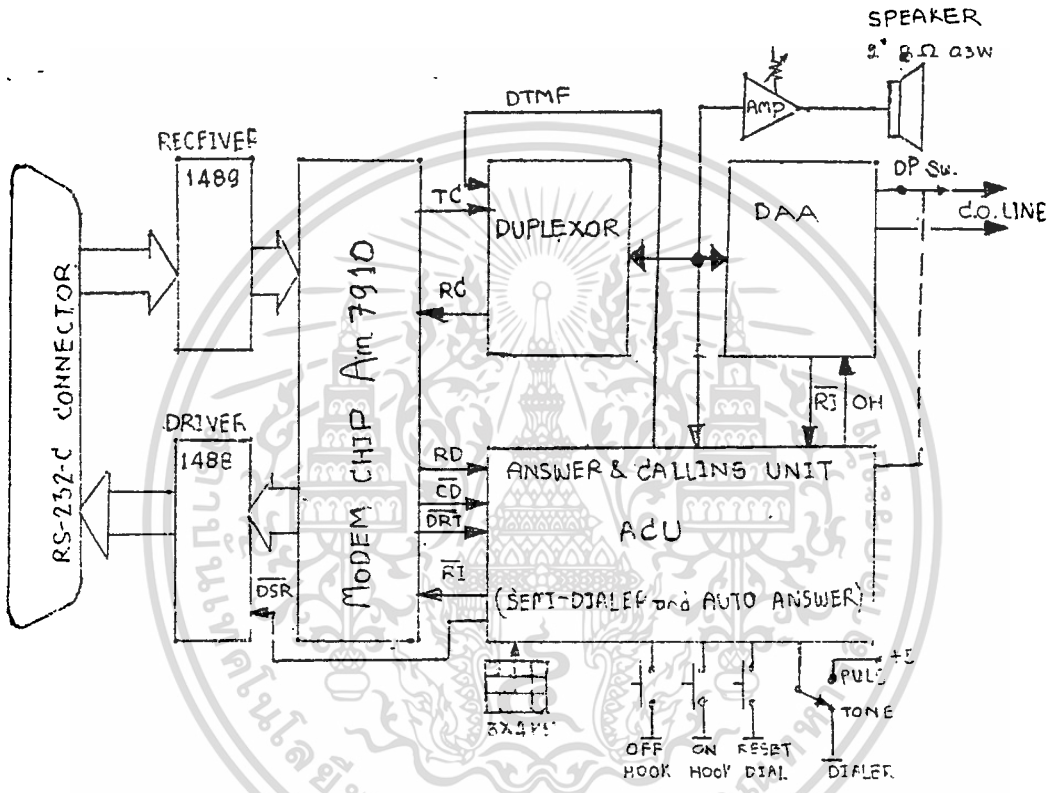
รูป 3.11 BELL 103/CCITT V.21 Handshake Timing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

วงจรและหลักการทำงาน

4.1 ส่วนต่างๆ ของวงจรโมเด็ม ได้แสดงเป็น block diagram ดังรูปที่ 4.1 สามารถแบ่งอธิบายเป็นส่วนต่างๆ ได้ดังนี้



รูปที่ 4.1 MODEM Am7910 block diagram

วงจรโมเด็มชิพ Am 7910

เราใช้ IC เบอร์ Am 7910 เป็นชุดผสมคลื่นและแยกคลื่นสัญญาณ และ IC เบอร์นี้สามารถควบคุมการส่งเป็นมาตรฐาน BELL หรือ CCITT ได้โดยมี BELL 103, BELL 202, V.21, V.23 (เลือกจากขา MC0-MC4) สำหรับการทำงานเป็นแบบ FSK ทั้งที่ 300 bps และ 1200 bps ซึ่งการประมวลผลภายในใช้ Digital Signal Processor (DSP) ทำหน้าที่ filter, modulate, demodulate, ควบคุมสัญญาณมาตรฐาน RS-232-C, ตรวจจับสัญญาณพาหะที่ $\overline{CD}$,และกำเหนิดสัญญาณ answer tone (ควบคุมโดยสัญญาณ $\overline{RI}$) (ดูรูปที่ 4.2 ประกอบ)

วงจรขับและรับสัญญาณ RS-232-C (DRIVER & RECEIVER)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรชับสัญญาณจะทำการแปลงระดับสัญญาณ ø ถึง 5 volt ของ TTL ให้เป็น -12 ถึง +12 volt เพื่อส่งไปตามสาย RS-232-C โดยใช้ IC เบอร์ 1488

ส่วนวงจรรับสัญญาณก็จะทำในลักษณะตรงกันข้ามกันคือแปลงสัญญาณจากระดับ -12 ถึง +12 voltของ RS-232-C ให้เป็นสัญญาณระดับ TTL หรือ ø ถึง 5 volt ซึ่งมีค่าเทียบเท่ากับ logic "ø" หรือ "1" เพื่อส่งให้กับ IC โมเด็มที่ใช้ระดับสัญญาณ TTL ตัวรับสัญญาณนี้ใช้ IC เบอร์ 1489

วงจรแยกและรวมสัญญาณ (DUPLEXOR OR HYBRIDS)

วงจร duplexor (ดูรูป 4.2 ประกอบ) จะทำทั้งหน้าที่รวมสัญญาณและแยกสัญญาณในวงจรเดียวกัน กรณีทำหน้าที่รวมสัญญาณก็คือเป็นการแปลงสัญญาณ 4 สาย(รวมสาย ground)ให้เป็น 2 สายเพื่อจะได้ใช้สายสัญญาณคู่เดียวในการส่งเข้าสายโทรศัพท์ ส่วนทางด้านรับก็จะทำหน้าที่ในทางกลับกัน พูดง่ายๆ ก็คือวงจร duplexor นี้มีไว้เพื่อที่จะสามารถส่งและรับสัญญาณได้จากสายคู่เดียวโดยต้องมีการ MATCHING IMPEDANCE เข้ากับสายด้วย

ออฟแอมป์ตัวแรกจะทำหน้าที่ในการปรับระดับการสังสัญญาณ สัญญาณส่งจะผ่าน R 600 ohm และผ่านออกไปยังภาค DAA เข้าหม้อแปลง MATCHING IMPEDANCE ที่ 600 ohm และส่วนหนึ่งสามารถขยายผ่านไปยังขา RC แต่ในตัว Am 7910 จะมี BAND PASS FILTER กรองเฉพาะให้สัญญาณ RC ผ่าน ดังนั้นสัญญาณที่ผ่านเข้ามาจาก TX ของ IC Am 7910 เอง จะไม่สามารถผ่านสายมาในขณะเดียวกับที่เราส่ง TC ออกไปนั้น จะผ่านเข้ามาที่ขาบวกของออฟแอมป์ จะทำให้สามารถถูกขยายผ่านเข้ามาที่ RC ได้ และมีระดับมากกว่าสัญญาณ TC ที่แทรกเข้ามาวงจร filter ภายใน Am7910 จะให้สัญญาณผ่านไปได้และแปลงเป็นสัญญาณ RD ต่อไป

วงจรหมุนหมายเลขโทรศัพท์กึ่งอัตโนมัติ (SEMI-DIALER or ACU)

วงจร SEMI-DIALER (ดูรูป 4.3 ประกอบ) มีหลักการทำงานในการที่จะเป็นฝ่ายเริ่มติดต่อโดยการทำการเบิด DIAL TONE [DTMF] หรือ DIAL PULSE ติดต่อกับ CENTRAL OFFICE ให้ต่อสายให้และสามารถรับรู้ answer tone มาเพื่อรับรู้ว่าต่อได้แล้วและกลับไปสู่ mode รับส่งธรรมดาทั่วไป ส่วนประกอบหลักมีดังนี้

- ส่วนสวิตช์เปลี่ยน mode และ OFF HOOK ใช้ 74LS74 และ 74221
- ส่วนกำเนิด DIAL TONE [DTMF] หรือ DIAL PULSE ใช้ IC UM91210C
- ส่วน DETECT answer tone ใช้ IC 567

การทำงานในสวิตช์เปลี่ยน mode และการ OFF HOOK ทำงานโดยขั้นแรกต้องปรับสวิตช์ให้อยู่ตำแหน่ง ORIGINATE คือที่ขา MCO และขา D ของ 74LS74 จะเป็น "ø" เมื่อกดสวิตช์ DIALER จะทำให้ขา 6 (Q̄) ของ 74LS74 เป็น "HIGH" ทำให้รีเลย์ทำการปรับสวิตช์ใน mode รับส่งธรรมดามาเป็น mode ส่ง DTMF หรือ DIAL PULSE แทนโดยสัญญาณส่วนหนึ่งจะไปควบคุมวงจร answer ให้ทำการ OFF HOOK ให้ และที่ขา 5(Q) จะเป็น "ø" นั้นจะไปควบคุมสัญญาณ $\overline{HS}$ ที่ IC เบอร์ UM 91210C เพื่อจะทำหน้าที่ RESET เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

74LS74 ให้ขา $\overline{Q}$ เป็น "ø" เมื่อรับ answer tone ได้เพื่อกลับไปยัง mode รับส่งธรรมดา

ในวงจรกำเนิด DIAL SIGNAL นั้นใช้ IC UM 91210C สามารถเลือกว่าจะใช้ระบบ PULSE หรือ DTMF โดยสัญญาณควบคุมที่ขา 7 ถ้าเป็น PLUSE ก็จะมีสัญญาณ $\overline{DP}$ ไปควบคุม RELAY DIAL PLUSE ที่วงจร DAA หรือถ้าใช้ระบบ TONE DTMF ก็ส่งออกผ่านวงจร HYBRID ออกไปทางสายโทรศัพท์สัญญาณ $\overline{HS}$ ขา 5 เพื่อบอกว่าต่อวงจรเข้ากับเครือข่ายโทรศัพท์แล้วและสามารถส่งสัญญาณ DIAL ออกได้

ในวงจร TONE DETTECT IC 567 จะตรวจว่ามีสัญญาณความถี่ตั้งแต่ 2 KHz-2.3 KHz เข้ามาหรือไม่ ถ้ามีก็จะทำการ reset วงจรสวิตช์เปลี่ยน mode ให้กลับมาอยู่ใน mode รับส่งธรรมดาโดยผ่านสัญญาณ "ø" ขอบลบ ให้กับ monostable การ reset นี้สามารถควบคุมโดยสวิตช์ RESET DIALER และสัญญาณจากการ reset ของวงจร answer tone

วงจรตอบรับอัตโนมัติ (AUTO ANSWER)

วงจร AUTO ANSWER (ดูรูป 4.4 ประกอบ) มีหลักการทำงานในการที่จะตอบรับอัตโนมัติคือจะสามารถรับสัญญาณ $\overline{RING}$ จาก DAA แล้วจะทำการ OFF HOOK ต่อจากนั้นก็จะให้โมเด็มส่ง answer tone กลับไปยังผู้ส่งและสามารถทำการ ON HOOK ได้เมื่อ $\overline{CD}$ หายไป $\overline{DTR}$ ไม่ทำงานหรือส่งอักษร "ø" จำนวนแปดตัวอักษร ก็จะทำให้วงจรทำการตัดสาย ON HOOK

ตามวงจรปกติสัญญาณ OH ที่ขา 5 ของ 74LS74 จะเป็น "ø" เนื่องจากการ clear ที่ขา 1 จากสวิตช์ ON HOOK หรือการ clear จากการส่งครั้งก่อน เมื่อเริ่มต้นจะได้สัญญาณ $\overline{RI}$ จากวงจร DAA เข้ามาทางลบของออฟแอมป์ ซึ่งเปรียบเทียบแล้วจะให้ output เป็น "1" จะผ่าน NOR และ OR gate ได้ logic "1" ที่ขา 1,2 ของ 7408 จะเป็น 1 ทำให้ขา 2 ของ 74LS74 เป็น "1" แต่ยังไม่มีการ trig วงจร monostable 74LS74 จะหน่วงเวลาตามค่า R/C ที่ขา 15 และ 14 แล้วจะทำการ trig 74LS74 จะทำให้ขา 4 (ขา 5) เป็น "1" ในขณะนี้สวิตช์ OH จะทำงานคือต่อวงจรโมเด็มเข้ากับสายโทรศัพท์ สัญญาณ $\overline{RI}$ ที่ขา 6 ของ 74LS74 จะส่งไปให้ Am 7910 เพื่อกำเนิด answer tone ส่งออกไปตามสาย สัญญาณส่วนหนึ่งของ OH จะส่งไปให้ IC 555 monostable เพื่อกำเนิดสัญญาณ $\overline{DTR}$ ให้ terminal ซึ่งถ้า MC 4 อยู่ใน mode LOOP BACK $\overline{DSR}$ จะไม่ทำงานส่วนสัญญาณ RD และ $\overline{CD}$ และสัญญาณ $\overline{DTR}$ ที่ผ่านออฟแอมป์นั้น จะใช้สำหรับควบคุมการ ON HOOK เมื่อยกเลิกการติดต่อด้วยการหายไปของ $\overline{DTR}$ และ $\overline{CD}$ และการส่งอักษร "ø" มาจำนวนแปดอักษร คือถ้าสัญญาณเหล่านี้หายไป จะทำให้มีการ reset สวิตช์ OH ให้ทำการตัดสายโทรศัพท์ออกจากโมเด็ม การใช้ monostable มาช่วยก็เพื่อที่จะให้ทำงาน clear 74LS74 ด้วยขอบลบ เท่านั้น

วงจรขยายสัญญาณ (AMPLIFIER)

วงจรขยายสัญญาณ (ดูรูป 4.5 ประกอบ) จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณของสายโทรศัพท์ที่ผ่านเข้าออกระหว่างโมเด็มให้เรารับรู้ว่ามีการรับส่งอยู่มีสัญญาณจากองค์การโทรศัพท์ เช่น DIAL TONE, BUSY TONE สัญญาณ RING BACK เป็นต้น โดยใช้ IC เบอร์ LM386

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรเชื่อมต่อตรง (DATA ACCESS ARRANGMENT:DAA)

การทำงาน (ดูรูป 4.5 ประกอบ) นั้นก็เพื่อที่จะเชื่อมต่อโมเด็มเข้ากับสายโทรศัพท์หรือเครือข่ายโดยตรง ซึ่งจะต้องมีวงจรแปลงสัญญาณจาก 4 สาย มาเป็นสองสายด้วย นั่นคือวงจร DUPLEXOR โดยที่วงจร DAA จะต้องมีหน้าที่อยู่ 4 อย่างที่สำคัญคือ

- วงจร RING DETECT เพื่อตรวจการเรียก
- วงจรต่อสาย OFF HOOK (OH)
- วงจรต่อสาย HOLD โดยใช้วิธีใช้ L หรือใช้วงจร CURRENT SINK
- วงจรป้องกันฟ้าผ่า (SURGE)

ในวงจร RING DETECT เมื่อมีการเรียกจะมีคลื่นเรงดันประมาณ 40-150 V ปรากฏที่สายทำให้มีแรงดันไปทำให้ OP-TO COUPLE ทำงานส่งสัญญาณ $\overline{RI}$ ไปให้วงจร AUTO ANSWER เพื่อทำการต่อสายและส่ง answer tone และส่งข้อมูลกันต่อไปโดยที่ R 8.5Kohm, C 0.47 uF, diode, Zener diode และ OP TO-COUPLE 4N27 จะทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณเรียก

ในวงจรต่อสาย OFF HOOK จะมีรีเลย์และถูกควบคุมสัญญาณจากวงจร AUTO ANSWER

ในส่วนของของวงจร HOLD สายนั้น เนื่องจากเราต้องการลดขนาดหม้อแปลงลงและใช้ cap เพื่อกันแรงดันไฟตรงผ่านหม้อแปลง ดังนั้นเพื่อลดขนาดอีกเราจึงใช้วงจรผ่านกระแส [CURRENT SINK] โดยเมื่อมีแรงดันตกคร่อมหลังจากทำการ OFF HOOK แล้วนั้น วงจรซึ่งต่อกันในลักษณะ FEED BACK ในช่วงแรก Q3 [เบอร์ 2N6426] จะทำงานก่อนทำให้มีแรงดันตกคร่อม R22 ทำให้ Q2 2N222 ON จะส่งผลให้ IB ของ 2N6426 ลดลง ทำให้แรงดันที่ R22 ลดลง Q2 จะมีน้อยลงเช่นกัน ทำให้ 2N6426 สามารถให้ IC มากขึ้น ทำให้แรงดันที่ R22 มีค่ามากขึ้นอีกครั้ง วนรอบอย่างนี้ ในช่วงภาวะอยู่ตัว STEADY STATE จะทำให้วงจรคงที่กระแสที่ค่าหนึ่ง โดยจะ HOLD กระแสที่ประมาณ 28 mA ซึ่งอยู่ในช่วงกำหนดตามมาตรฐาน BELL PART 68 คือ 20-80 mA สำหรับ BRIDGE DIODE มีไว้เพื่อกรณีสาย R และ T กลับกันวงจรก็ยังทำงานได้ ในส่วนป้องกันฟ้าผ่า ตามข้อกำหนดให้ Limit ไว้ที่ 1,500 volt แต่กรณีที่สร้างขึ้นจะใช้ 820 volt โดยใช้ SENAMIC 821 ต่อคร่อมกับสายโทรศัพท์เอาไว้

ค่า C 4.7 uF ต่อไว้เพื่อป้องกันไฟกระแสตรงซึ่งจะเป็นอันตรายต่อหม้อแปลง สำหรับ Zener diode 3.9 V ต่อกลับหัวเพื่อป้องกันสัญญาณไม่ให้มีขนาดเกิน ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อชุดโมเด็ม

ภาคจ่ายไฟ (POWER SUPPLY)

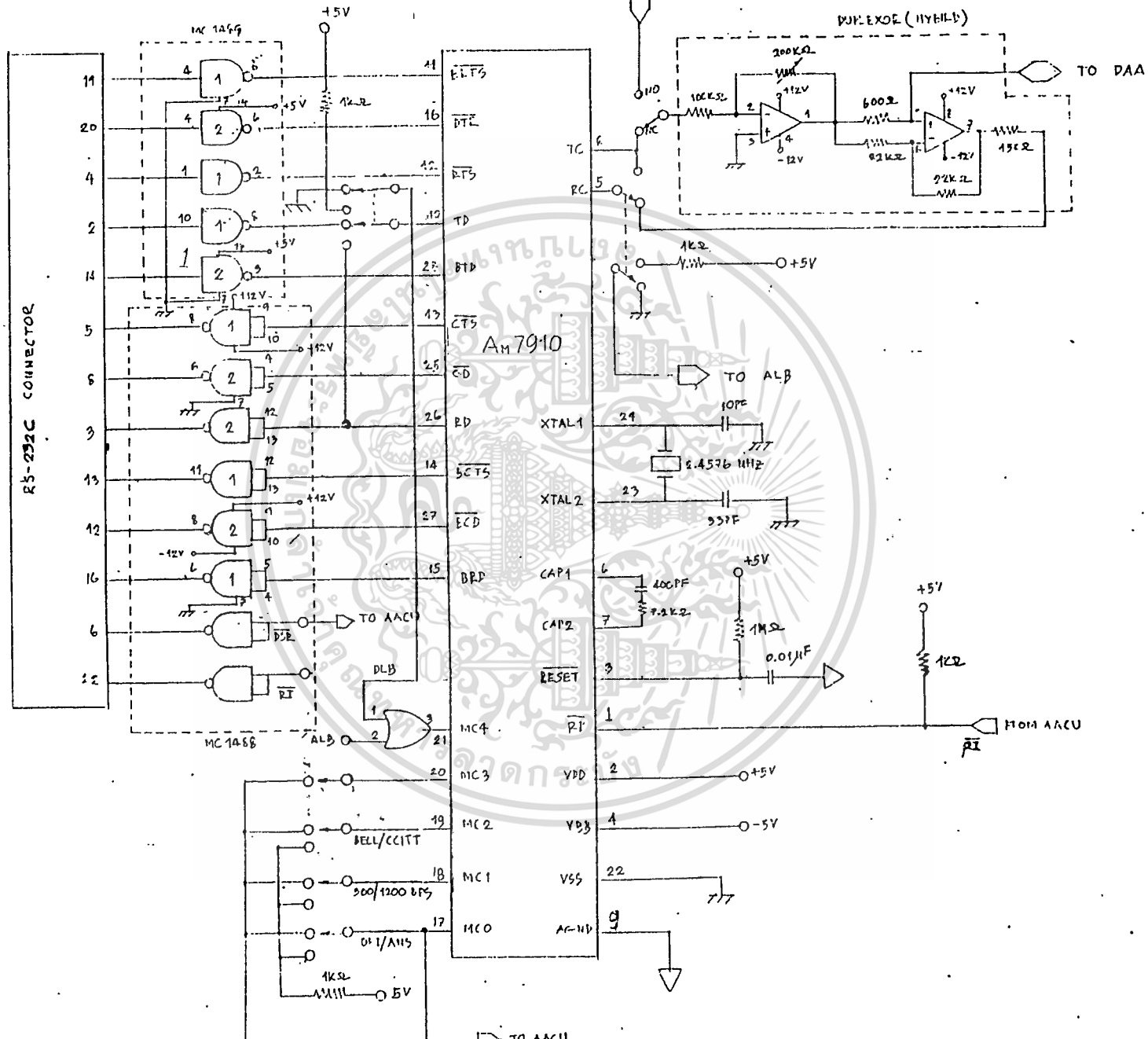
ระบบจะใช้ไฟเลี้ยง +12, +5, -5, -12 volt โดยที่กระแสอยู่ประมาณ 1 A. ดังนั้นจึงสามารถใช้หม้อแปลง 12-0-12 เพื่อแปลงไฟแล้วจะได้ค่า square root 2x(+/-12) volt แล้วผ่าน IC REQULATOR เพื่อรักษาระดับให้มี ripple น้อยที่สุด และคงที่มากที่สุด

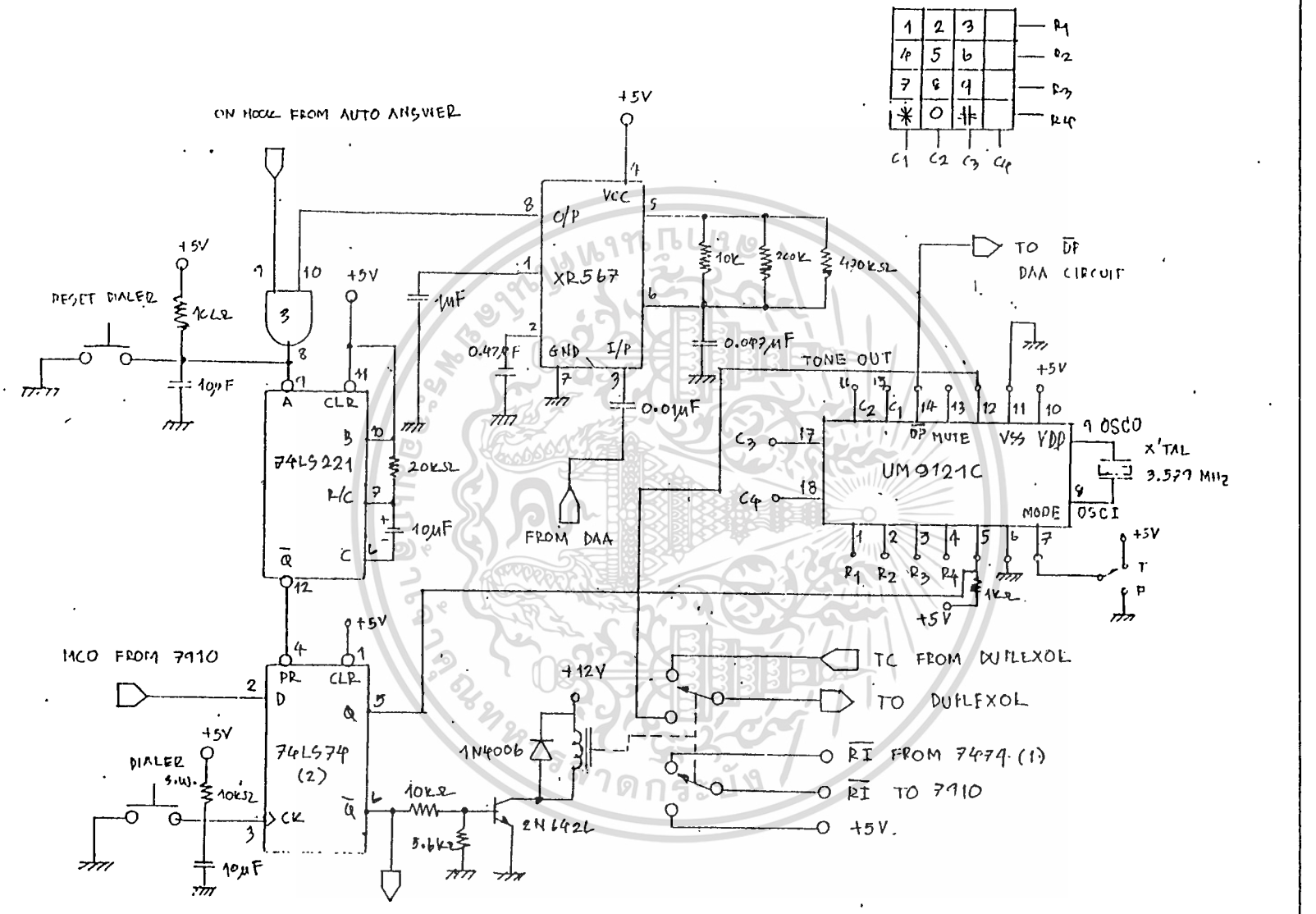
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย IC 7912 รักษาระดับที่ -12 volt, IC 7905 รักษาระดับที่ -5 volt, IC 7812 รักษาระดับที่ +12 volt และ IC 7805 รักษาระดับที่ +5 volt ส่วน cap ค่า 0.33 uF และ 0.1 uF จะเป็น cap FILTER ให้มีการรบกวนสัญญาณที่ IC น้อยที่สุด ส่วน cap 2,200 uF และ DIODE BRIDGE นั้นเป็นชุด RECTIFIER และ FILTER ซึ่งต้องใช้ปกติเพื่อให้เป็น DC ที่มี ripple น้อย เมื่อค่า cap มีค่ามาก ripple ก็ยิ่งลดลง (ดูรูป 4.6 ประกอบ)

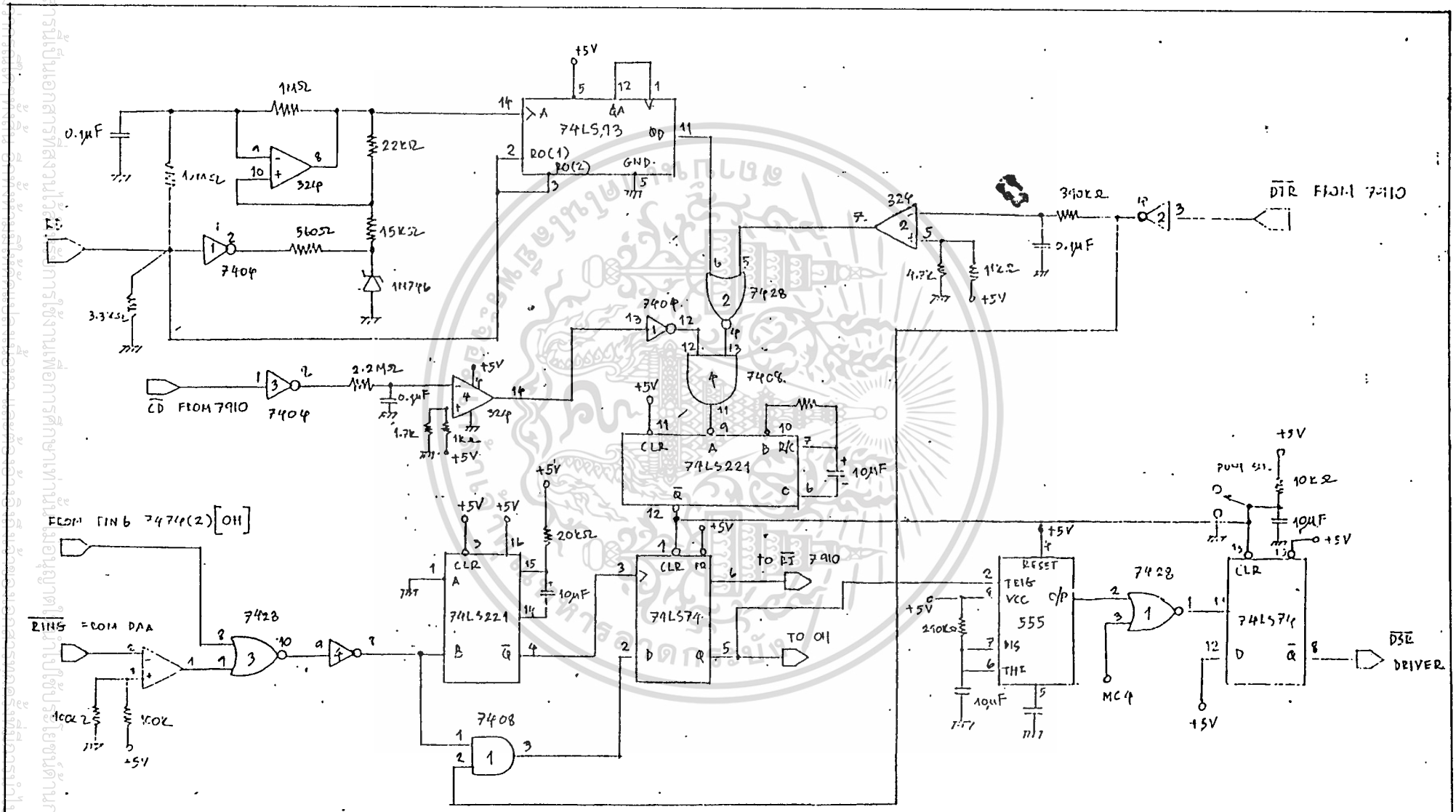
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.8 MODEM Am 7910

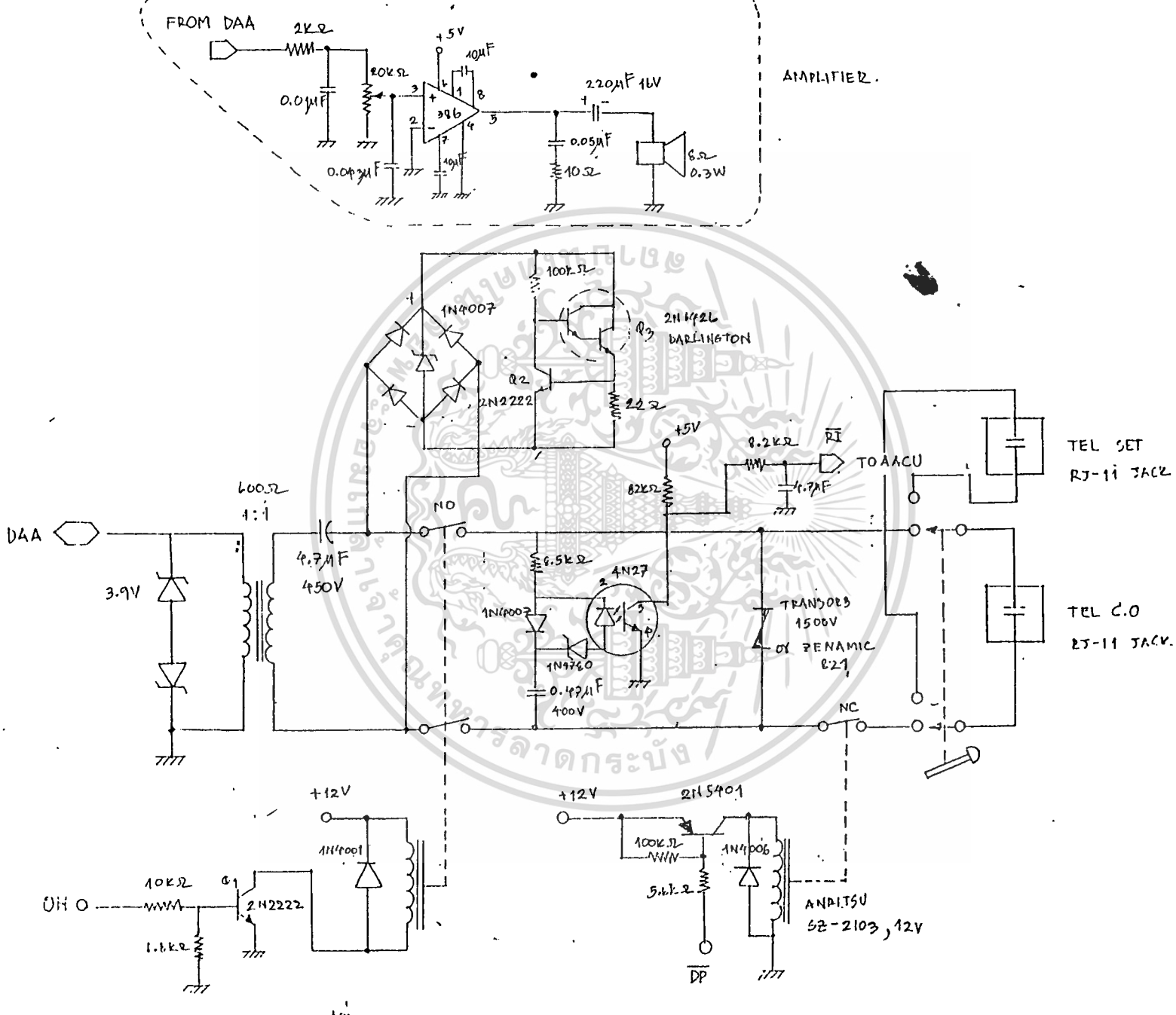


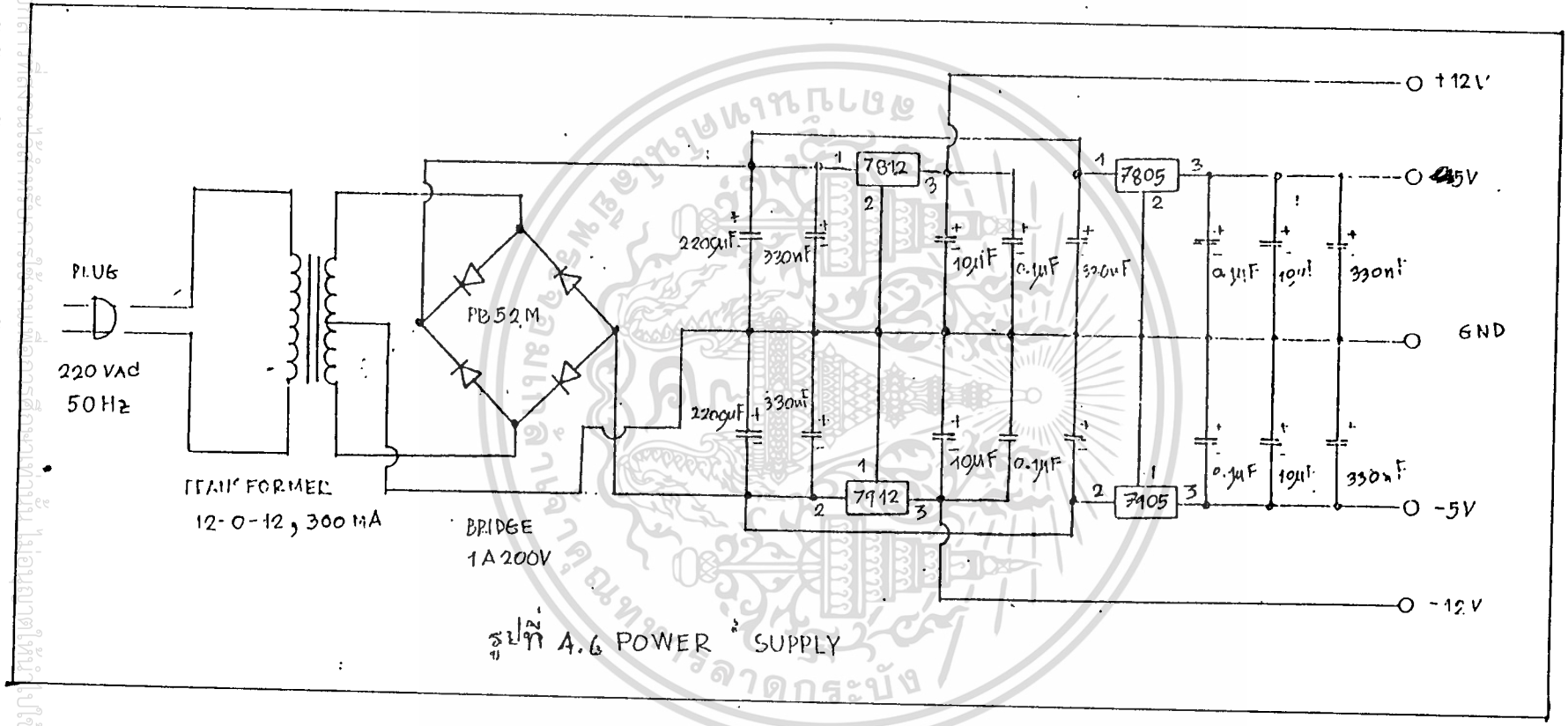


รูปที่ 4.3 SEMI- DIALER



รูปที่ 4.4 AUTO AUSWER


FROM DAA
2KΩ
0.01μF
20KΩ
+5V
10μF
386
0.047μF
10μF
220μF 16V
0.05μF
10Ω
8Ω
0.3W
AMPLIFIER.
1N4007
100KΩ
Q3
2N1424
DARLINGTON
Q2
2N2222
22Ω
+5V
8.2KΩ
RI
TO AACU
82KΩ
1μF
TEL SET
RJ-11 JACK
600Ω
1:1
DAA
NO
4.7μF
450V
3.9V
6.5KΩ
4N27
1N4007
1N4760
0.47μF
400V
TRANSORB
1500W
OR ZENAMIC
R21
TEL C.O
RJ-11 JACK.
NC
+12V
1N4001
10KΩ
Q1
2N2222
OH
1.1KΩ
+12V
2N5401
100KΩ
1N4006
5.1KΩ
ANRITSU
SZ-2103, 12V
DP



รูปที่ 4.6 POWER SUPPLY

4.2 โปรแกรมในการสื่อสารข้อมูล

โปรแกรมควบคุมการสื่อสารที่เรานำมาใช้เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่มีชื่อว่า PROCOMM ส่วนโปรแกรมอื่นที่มีใช้กันก็มีเช่น PC TALK , SMARTCOM II , CROSS TALK , LOTUS Symphony , FIDO ,OPUS, RBBS เป็นต้น แต่สำหรับผู้ที่ต้องการเขียนโปรแกรมขึ้นใช้เองนั้นจะต้องรู้คุณสมบัติและความสามารถของโปรแกรมซึ่งเราจะขอกล่าวแต่เพียงคุณสมบัติของโปรแกรมการสื่อสาร ส่วนวิธีการเขียนโปรแกรมขอให้ศึกษาจากหนังสือเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมในการสื่อสารข้อมูลทั่วไป

4.2.1 คุณสมบัติและความสามารถที่ต้องการสำหรับโปรแกรมการสื่อสาร

โปรแกรมสำหรับการสื่อสารข้อมูลก็เหมือนกับโปรแกรมอื่นที่ไม่สามารถจะเป็นที่พอใจของผู้ใช้ไปเสียทุกอย่าง แต่ส่วนใหญ่ควรจะมีคุณสมบัติที่กล่าวข้างล่างนี้ไว้ในตัวเอง

1. ความสามารถในการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์

เนื่องจากการสื่อสารกับเครื่องคอมพิวเตอร์ใหญ่ หรือระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์ด้วยกันเองอาจจะมีพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน พารามิเตอร์เหล่านั้นได้แก่

- baud rate
- จำนวนบิตข้อมูล
- พาริตี้
- จำนวนสต็อบบิต

โปรแกรมสำเร็จรูปในงานสื่อสารข้อมูลที่ดีจะยอมให้ผู้ใช้เปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์เหล่านี้ได้ บางครั้งพารามิเตอร์เหล่านี้จะถูกนำไปเก็บไว้ในแฟ้มที่มีชื่อว่าพารามิเตอร์ไฟล์ เพื่อความสะดวกของผู้ใช้จะได้ไม่ต้องตั้งค่าใหม่ทุกครั้ง ในกรณีที่ต้องการจะติดต่อกับคอมพิวเตอร์แม่หลายตัว โดยที่แต่ละตัวมีพารามิเตอร์ไม่เหมือนกันเพื่อความสะดวกของผู้ใช้ ก่อนจะเริ่มการสื่อสารก็แสดงรายการออกมาให้ดูเลยว่าจะติดต่อกับคอมพิวเตอร์แม่เครื่องไหน พารามิเตอร์การสื่อสารที่สัมพันธ์กับเครื่องนั้นๆ ก็จะถูกนำออกมาใช้งานทันที

โปรแกรมสำเร็จรูปบางตัว ออกแบบให้ใช้โมเด็มที่สามารถหมุนโทรศัพท์ได้โดยตรง พารามิเตอร์ที่จะเกี่ยวข้องก็คือหมายเลขโทรศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์แม่ ก็จะถูกเก็บไว้ในพารามิเตอร์ไฟล์เหมือนกัน ผู้ใช้เพียงแต่เลือกคอมพิวเตอร์แม่ที่จะติดต่อ หมายเลขโทรศัพท์ที่จะต้องหมุนไปจะถูกเรียกออกมาให้โมเด็มจัดการหมุนให้ นับว่าผู้ใช้สะดวกสบายมาก

2. ความสามารถในการเลือกโหมดดูเพล็กซ์

โปรแกรมสำเร็จรูปที่ดีจะต้องให้ผู้ใช้เลือกโหมดของโมเด็มได้ ว่าจะเป็นฮาล์ฟดูเพล็กซ์หรือฟูลดูเพล็กซ์ดังกล่าวไว้ในบทที่ 4 การใช้ฮาล์ฟดูเพล็กซ์จะทำให้การส่งถ่ายไฟล์ทำได้เร็วขึ้น ระบบบริการข่าวสารที่มีในอเมริกาบางระบบใช้ฮาล์ฟดูเพล็กซ์ สำหรับบ้านเราระบบบริการข่าวสารคงจะยังอีกหลายปีจึงจะมีคงจะเป็นแค่การสื่อสารระหว่างจุดต่อจุดเท่านั้นเอง

3. ความสามารถในการเลือกระหว่างโหมดคำสั่งและโหมดสนทนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่เราใช้โปรแกรมสำหรับการสื่อสารข้อมูลจะมีโหมดอยู่สองโหมดคือ โหมดคำสั่ง (command mode) ในโหมดนี้จะระงับการสื่อสารไว้ชั่วคราวให้ผู้ใช้ติดต่อโดยตรงกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะเป็นการเลือกพารามิเตอร์ตัวใหม่ขอดูไดเรกทอรี่ของไฟล์ที่อยู่ในดิสเกตต์หรือคำสั่งอื่นที่เกี่ยวข้อง อีกโหมดหนึ่งก็คือ โหมดสนทนา (conversation mode) คือ โหมดที่คอมพิวเตอร์กำลังสื่อสารอยู่กับเครื่องอื่น

4. ความสามารถในการจัดการกับความผิดพลาดที่เกิดขึ้น

โปรแกรมสำเร็จที่ดีจะต้องเตือนผู้ใช้ล่วงหน้าก่อนที่จะเกิดข้อผิดพลาดเกิดขึ้น โดยมีข้อความเตือนผู้ใช้อย่างชัดเจน และยอมให้ทำงานต่อถ้าหากข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นไม่สำคัญอะไร ปฏิบัติการที่อาจจะทำให้เกิดข้อผิดพลาดอย่างใหญ่หลวงจะต้องมีหนทางให้ผู้ใช้หลีกเลี่ยงคำสั่งนั้นเสีย เป็นต้นว่า เตือนผู้ใช้ว่าข้อมูลที่รับเข้ามายังไม่ได้เก็บไว้ในแฟ้มเลย ถ้าหากผู้ใช้ต้องการจะออกเข้าสู่โปรแกรมจัดระบบ (OS) ผู้ใช้ต้องมีโอกาสเข้าไปเก็บข้อมูลไว้ในแฟ้มก่อนที่จะเลิกใช้งานโปรแกรม

5. ความสามารถในการเก็บข้อมูล

นอกจากจะสื่อสารอย่างเดียวแล้วผู้ใช้ยังมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลที่ได้รับลงแฟ้มไว้อีกด้วย วิธีการนี้เรียกว่า Data Capture หรือบางทีก็เรียกว่าดาวน์โหลด (Down Loading) โปรแกรมสำเร็จรูปบางตัวรับข้อมูลแล้วเก็บบันทึกลงแฟ้มในดิสเกตต์ทันที ขณะที่บางตัวเก็บไว้ในหน่วยความจำรอคำสั่งบันทึกลงแฟ้มผู้ใช้อีกทีหนึ่ง

สำหรับการสื่อสารที่ความเร็วไม่เกิน 300 bps ซีพียูมีเวลาพอที่จะบันทึกลงแฟ้มในดิสเกตต์ได้ทันที แต่ถ้าหากความเร็วเกินกว่า 1,200 bps การให้ซีพียูทำงานหลายอย่างขณะรับข้อมูล จะทำให้มีเวลาพอที่จะจัดการดึงเอาข้อมูลออกจากบัฟเฟอร์สื่อสารก่อนที่บัฟเฟอร์จะล้น

เก็บข้อมูลไว้ในหน่วยความจำก่อนมีข้อดีหลายประการ เมื่อเทียบกับการเก็บบันทึกลงในแฟ้มเลย เป็นต้นว่า สามารถทำงานได้เร็วกว่าถึง 10 เท่าตัว สามารถใช้คีย์ตัวใดตัวหนึ่งสำหรับกดให้เริ่มบันทึกข้อความช่วงไหนของข้อมูลก็ได้ สามารถที่จะลบข้อมูลส่วนที่ไม่ต้องการออกก่อนที่จะบันทึกลงในดิสเกตต์จริงๆ

6. ความสามารถในการส่งข้อมูล

ขบวนการที่ส่งแฟ้มที่อยู่ในดิสเกตต์ไปยังระบบแม่ที่อยู่ห่างไกลเรียกว่า "การ Upload" ความสามารถอันนี้จะทำให้ผู้ใช้สามารถส่งบันทึกข้อความ รายงานหรือแม้กระทั่งโปรแกรมไปยังระบบคอมพิวเตอร์ที่อยู่ห่างไกล

7. ความสามารถในการพิมพ์ข้อมูลที่รับเข้ามา

ในบางครั้งผู้ใช้อาจจะต้องการบันทึกข้อความที่ได้รับ หรือส่งออกไว้เป็นลายลักษณ์อักษรที่ออกมาจากเครื่องพิมพ์ โปรแกรมสื่อสารที่ดีย่อมเปิดโอกาสให้ผู้ใช้ส่งข้อความที่พิมพ์บนจอพิมพ์บอกที่เครื่องพิมพ์ในเวลาเดียวกัน โดยการกดแป้นพิมพ์แป้นเดียว

ผู้ใช้จะต้องระวังว่ารหัสที่ใช้ควบคุมในการสื่อสารไม่ทำให้เครื่องพิมพ์ตีความหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผิดไป

8. ความสามารถในการใช้ XON/XOFF

สำหรับการถ่ายโอนแฟ้มด้วยความเร็วสูงกว่า 300 bps จำเป็นต้องมีกลไกในการควบคุมการส่งจากฝ่ายรับ เมื่อฝ่ายรับเห็นว่าบัฟเฟอร์สื่อสารใกล้จะเต็มจะต้องส่ง XOFF มาบอกให้ฝ่ายส่งหยุดส่งชั่วขณะรอให้ฝ่ายรับนำข้อมูลออกจากบัฟเฟอร์สื่อสารออกหมดเสียก่อนฝ่ายรับจึงเป็นฝ่ายส่ง XON มาบอกให้ฝ่ายส่งส่งต่อไปได้

9. ความสามารถในการเปลี่ยนโหมดริเริ่มการติดต่อและโหมดตอบ

ดังได้กล่าวไว้ในเรื่องของโปรแกรมฝ่ายริเริ่มการติดต่อ คือฝ่าย originate ใช้ความถี่ของโมเด็ม แตกต่างไปจากฝ่าย answer ในการสื่อสารแบบฟูลดูเพล็กซ์โดยโมเด็มชนิด 103 หรือ V.12 ความสามารถอันนี้จะทำให้ไมโครคอมพิวเตอร์เป็นได้ทั้งฝ่ายริเริ่มและฝ่ายตอบโดยอัตโนมัติ

10. ความสามารถในการส่งข้อมูลที่เป็นไบนารี

เนื่องจากข้อมูลบางประเภทอยู่ในรูปของไบนารีไม่ได้เป็นรหัส ASCII ดังนั้นโอกาสที่ข้อมูลไบนารีจะไปตรงกับรหัสควบคุมของ ASCII ย่อมมีมาก (เรียกว่าทุกครั้ง) โปรแกรมสื่อสารที่ดีต้องมีหนทางในการถ่ายโอนข้อมูลที่เป็นไบนารี่ไว้ให้

11. ความสามารถในการกรองอักขระ

อักขระที่ใช้ในการควบคุมการสื่อสารจะต้องถูกกรองออกก่อนที่ข้อความจะถูกนำไปแสดงผลบนจอหรือพิมพ์ออกที่เครื่องพิมพ์ เพื่อป้องกันไม่ให้หน่วยแสดงผลหรือเครื่องพิมพ์อักขระที่เราไม่ต้องการ

12. ความสามารถในการเปลี่ยนรหัส

บางครั้งเราอาจจะต้องสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ที่ใช้รหัสแตกต่างไปจาก ASCII ซึ่งอาจจะเป็น EBCDIC ความสามารถในการแปลงรหัสย่อมจะเป็นการขยายขีดความสามารถในการติดต่อของโปรแกรมสำเร็จรูป

นอกเหนือจากคุณลักษณะ ของโปรแกรมสื่อสารอันที่ต้องการของผู้ใช้ดังกล่าวมายังมีคุณลักษณะอื่นๆ ที่ต้องการอีกเป็นต้นว่า

- ความสามารถในการควบคุมการหมุนโทรศัพท์อัตโนมัติ
- ความสามารถในการตอบสัญญาณโทรศัพท์อัตโนมัติ
- ความสามารถในการแสดงไดเรกตอรีของแฟ้ม
- ฯลฯ

4.2.2 การใช้โปรแกรมการสื่อสารข้อมูลสำเร็จรูป PROCOMM

โปรแกรมที่เรานำมาใช้กับโมเด็ม (ที่สร้างขึ้นมานี้) ในการสื่อสารข้อมูลชื่อว่า "PROCOMM" แต่ก็ยังมีโปรแกรมชนิดอื่นๆ อีกที่นำมาใช้ได้เช่น CROSSTALK, SMARTCOM II, PCTALK II เป็นต้น แต่ในที่นี้เราจะขอนำโปรแกรมที่ชื่อว่า PROCOMM มาใช้เพียงเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งที่ต้องการในการใช้โปรแกรม PROCOMM

- เครื่องคอมพิวเตอร์ IBM PC XT/AT หน่วยความจำอย่างต่ำ 128k
- โมเด็มที่มีค่า baud rate 300 bps ถึง 9600 bps
- ลักษณะของโมเด็มควรจะ compatible HAYES
- เครือข่ายสายโทรศัพท์เพื่อการเชื่อมต่อ

คำสั่งในการใช้งาน (command)

เข้าสู่การทำงานของโปรแกรมด้วยการพิมพ์ A>PROCOMM แล้วกด key enter หลังจากนั้นกด key ใดๆ โปรแกรมจะเข้าสู่การทำงาน ให้กด Alt-F10 ซึ่งเป็นคำสั่ง HELP จากนั้นโปรแกรมจะเข้าสู่ MAIN MENU และจะแสดงคำสั่งต่างๆ เช่น คำสั่งในการโทรศัพท์อัตโนมัติ, คำสั่งในการส่งและรับ file, คำสั่งในการเซ็ทค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ซึ่งเราจะอธิบายคำสั่งที่สำคัญๆ ได้ดังนี้

Alt-P ใช้ในการตั้งอัตราความเร็วในการส่งข้อมูล 300, 1200, 2400, 9600 bps รวมทั้งการกำหนดจำนวนของ start bit, stop. bit, data bit และค่าของ parity bit

Alt-S ใช้ในการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ สำหรับติดตั้งโมเด็มรวมทั้งเป็นการเซ็ทค่าเวลาที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร

Alt-E ใช้สำหรับเลือกรูปแบบของการติดต่อสื่อสารเป็นแบบ full duplex หรือ half duplex

Alt-D ใช้เกี่ยวกับการโทรศัพท์เช่น เก็บเบอร์โทรศัพท์และเลือกโทรเบอร์ที่ต้องการโดยเป็นการโทรแบบอัตโนมัติ เมื่อใช้คำสั่งนี้จะเป็นการแสดงรายชื่อ, เบอร์โทรศัพท์ที่เก็บไว้ออกมาด้วย

Alt-R เป็นคำสั่งที่ใช้งานเช่นเดียวกับ Alt-D แต่เมื่อโทรแล้วไม่มีสัญญาณจะทำการโทรอีกโดยอัตโนมัติ

Alt-O เป็นคำสั่ง Chart mode ใช้ในการสนทนาระหว่างกัน

Alt-Q เป็นคำสั่ง Host mode ใช้ในกรณีที่เราเป็นฝ่ายรอรับการเรียก

Alt-C ใช้สำหรับ clear จอภาพ

Alt-H เมื่อใช้คำสั่งนี้เป็นการเลิกติดต่อโดยตัดสัญญาณ และจะเห็นคำว่า DISCONNECT หรือว่า CONNECT เมื่อต้องการติดต่อ

PgUp ใช้ในกรณีส่งข้อมูลเป็น file (Up load)

PgDn ใช้ในกรณีรับข้อมูลเป็น file (Down load)

Alt-X ใช้สำหรับออกจากโปรแกรมเข้าสู่ DOS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 วิธีการใช้งานโมเด็ม Am 7910

แบ่งเป็นลำดับขั้นตอนวิธีการทำงานได้ดังนี้

1. ดูการเชื่อมต่อเข้ากับสายโทรศัพท์ และการเชื่อมต่อ port RS-232 ให้เรียบร้อย ควรจะไขสกรูช่วยยึดการเชื่อมต่อให้แน่นด้วย เพื่อป้องกันการผิดพลาดของการรับส่งข้อมูล

2. ON เครื่องคอมพิวเตอร์และโมเด็ม จะเห็นหลอด led สว่างที่ สัญญาณ TD และ RD หลังจากนั้นให้ run โปรแกรมโดยพิมพ์ A> **PROCOMM** เมื่อเข้าสู่โปรแกรมแล้ว หลอด led จะสว่างที่ DTR และ RTS ด้วย

3. ปรับสวิตช์ให้อยู่ใน mode BELL, 300bps, originate และ normal (หมายถึงไม่มีการใช้ analog loop back หรือ digital loop back)

สาเหตุที่ปรับให้อยู่ใน mode ดังกล่าวก็เพราะว่า เราจะทำการติดต่อกับ BBS (Bulletin Board System Thailand ซึ่งเป็นศูนย์ข่าวสาร) แต่ศูนย์ BBS ทุกๆ ที่ในประเทศไทยจะใช้มาตรฐาน BELL 103 กับ CCITT V.22 เท่านั้น โดยส่งที่ความเร็ว 300 ถ้าเป็น BELL และส่งที่ 1200 หรือ 2400 bps เป็น CCITT ฉะนั้นเราจึงปรับ mode การส่งข้อมูลไปที่ BELL 103 300 bps ได้เพราะมาตรฐานในการส่งตรงกัน ส่วน V.21 และ V.23 เป็นคนละมาตรฐานกันไม่สามารถติอต่อลื่อสารกันได้

4. กดสวิตช์ OH จะมีสัญญาณไฟปรากฏที่หลอด led OH ด้วยรอจนกว่าจะมีสัญญาณว่าง (สามารถโทรได้) กดเบอร์ที่ต้องการโทรติดต่อกับ BBS ซึ่งเบอร์โทรของศูนย์ BBS แห่งประเทศไทยสามารถดูได้จากตารางหลังรายงานฉบับนี้ จากนั้นเมื่อโทรติด (เราจะสามารถรับฟังสัญญาณเหล่านี้ได้จากลำโพงของวงจรขยาย โดยมี volume ปรับความดังของสัญญาณ) และโมเด็มทางด้านรับ (answer) สามารถรับสัญญาณได้โมเด็มทางด้านรับจะส่ง carrier กลับมาทำให้ปรากลัญญาณ CD แสดงให้เห็นที่หลอด led CD จะสว่าง และจะมีข้อมูลปรากฏที่จอภาพซึ่งเป็นข้อมูลจาก BBS แต่ละแห่งออกแบบไม่เหมือนกัน จะมีการให้ใส่ชื่อ นามสกุล password จากนั้นก็จะเข้าสู่ข้อมูลบริการข่าวสาร ให้เลือกเช่น อัตราแลกเปลี่ยนเงินตรา , ตารางเวลารถไฟ , ลักษณะอากาศ เป็นต้น

เมื่อต้องการเลิกติดต่อจะเลือกจาก menu จะกด Alt-H หรือ ทำการกดสวิตช์ on hook ก็ได้

5. ถ้าต้องการติดต่อกันระหว่างโมเด็ม Am 7910 สองตัวก็สามารถทำได้โดยปรับสวิตช์ให้ตัวหนึ่งอยู่ใน mode originate อีกตัวหนึ่งอยู่ใน mode answer ส่วนมาตรฐานการส่งต้องปรับให้เหมือนกัน ที่โปรแกรมกด Alt-O ให้อยู่ใน chart mode เพื่อที่จะสามารถคุยโต้ตอบกันได้ เริ่มต้นด้วยฝ่าย originate โทรติดต่อไปที่เบอร์ที่ฝ่าย answer ติดตั้งอยู่ เมื่อโทรติดให้กดสวิตช์ reset dial ก็สามารถติดต่อคุยกันหรือส่ง file รับ file กันได้ด้วยการใช้ PgUp หรือ PgDn

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการทำ ALB (analog loop back) และ DLB (digital loop back) ก็สามารถทำได้โดยการปรับสวิตช์ไปที่ ALB หรือ DLB ซึ่งวิธีการใช้งานให้ดูจากบทที่ 3

ส่วนสวิตช์เลือก Tel.set / Modem มีไว้ให้เลือกใช้ในกรณีจะโทร์ศัพท์คุยกันหรือว่าจะใช้ โมเด็ม สื่อสารข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Computer Bulletin Board Systems (CBBS's) in Thailand

Name of BBS	Tel.No	Operating hours	Speed	SYSOPS	Type
BYBBS	390-1026	24 hours	3/12	Palachai Meesook	RBBS
StarNet	278-5790	1800-0900 hours	3/24	Pat Sadavongvivad Nathan Victor Parivat Tharincharoen	RBBS
BUG BOARD (Bangkok User's Group)	~~252-4300~~ 255 3094	24 hours	3/12	Woody Khoman [illegible] Nikorn Viravatanadej	OPUS
TISTR-BBS (Thailand Institute of Scientific and Technological Research)	579-5244	800-2400 hours	3/12	Prapat Uthayopas	RBBS
TOA BBS (Thai Orthopedic Association)	411-3740	900-1500 hours	3/24	Dr. Preecha Rugpolmuang	RBBS
C & C BBS	215-0823	24 hours	3/24	Phoom Sanguanhong (Poomi) Musorn Potpipat Preecha Chomrattanasuwan	OPUS
Hacker BBS	314-7379	1800-0830 hours	3/12	Pat Sadavongvivad Phaisal Hanbuntrong Piroon Chamreonlert Monchai Anantaniti	RBBS
Falcon	381-2632	2100-2400 hours	3/12	Pat Sadavongvivad Phaisal Hanbuntrong	RBBS
CK-BBS	374-3384	1800-0600 hours	3/12	Chanachai Kankaew	RBBS
BBS ONE	254-8342	24 hours	3/24	Woody Khoman	Fido
LINK	561-1618	1200-1500 Mon,Wed,Fri		Anchalle	RBBS
KIIDYCOMP	260-1126	1800-2400 hours	3/24	Saowarat Snidvongs	RBBS

3/12 = 300/1200 BPS, 3/24 = 300/1200/2400 BPS

(If there is any new BBS'S in town, please contact the BBS SYSOPS so that they can be added to the list.) (Updated June 18, 1988: TISTR BBS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง ปัญหา และวิจารณ์

ในการใช้งานโมเด็มที่สร้างขึ้นมานี้เราได้ทดลองกับเครื่อง IBM PC XT โดยนำ soft ware ที่ชื่อ PROCOMM มาใช้ร่วมในการสื่อสารข้อมูลกันเองระหว่างโมเด็มที่สร้างขึ้นสองตัว โดยเลือกโปรแกรมให้อยู่ใน chart mode และ host mode ซึ่งก็สามารถติดต่อกันได้โดยไม่มีข้อผิดพลาดใดๆ ของข้อมูล รวมทั้ง รับ และ ส่ง ข้อมูลเป็นแฟ้ม (data file) ก็สามารถทำได้ ในการทดลองสื่อสารข้อมูลระหว่างโมเด็มทั้งสองที่กล่าวมานี้เราได้ทำการทดลอง mode BELL 103 (300 bps) เท่านั้นที่ได้ผล แต่สำหรับ mode V.23 หรือ BELL 202 นั้น ระหว่างการทดลองยังมีปัญหาคือส่วนของสัญญาณ carrier detect ซึ่งติดตั้งไว้แบบ normal ซึ่งทำให้มีการ on hook ตลอดเวลาในขณะเริ่มทำการติดต่อจึงไม่สามารถติดต่อกันได้

สำหรับการทดลองใช้โมเด็มที่สร้างขึ้นมา อีกอย่างก็คือ การติดต่อเข้าไปยังศูนย์ข้อมูล BBS (Buletin Board Service) ซึ่งศูนย์ BBS แห่งประเทศไทยที่มีอยู่เราได้แนบมาให้ จะมีประมาณ 3 หรือ 4 ศูนย์ ที่ stand by ตลอด 24 ชม. เช่น TISTA, BBS ONE, BUGBOARD เป็นต้น และศูนย์เหล่านี้จะใช้มาตรฐานการอินเตอร์เฟสเป็น BELL 103 กับ V.22 เท่านั้น ดังนั้นเราจึงสามารถทดลองได้ที่มาตรฐาน BELL 103 เท่านั้น ดังสาเหตุที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 จากการทดลองไม่พบว่ามีข้อมูลผิดพลาดแม้แต่ตัวอักษรเดียว ซึ่งจะเห็นว่าการนำเอา DSP (Digital Signal Processor) มาใช้ในการควบคุมสัญญาณ analog เช่น การ filter , การ modulate , การ demodulate ,การ detect และอื่นๆ นั้น จะมีความแม่นยำสูงมาก

ในด้านของวงจรโมเด็มในวรสารต่างประเทศจะมีมากมาย เราจะต้องนำมาวิเคราะห์ว่า เราสามารถทำได้หรือไม่ โดยเฉพาะเรื่องเกี่ยวกับอุปกรณ์หาซื้อได้ที่ไหน ซึ่งส่วนใหญ่ในประเทศไทยจะยังไม่มีขาย สำหรับตัวไอซี Am 7910 ได้สั่งซื้อมาจากอเมริกาของบริษัท Advance micro ซึ่งสำหรับโมเด็มนั้นไม่ใช้เพียงแต่ว่าสามารถทำการ modulate กับ demodulate ได้เท่านั้น แต่ในการที่จะทำให้ใช้งานได้อย่างสมบูรณ์ก็ยังจะต้องมี

- ความสามารถในการโทรออกได้โดยอัตโนมัติ
- ความสามารถในการตอบรับได้โดยอัตโนมัติ
- ต้องมีมาตรฐานในการส่งและรับที่เหมือนกับแบบทั่วๆ ไป
- สามารถเลือกได้ว่าจะอยู่ในฝ่ายส่งหรือฝ่ายรับ

ที่กล่าวมาเป็นเพียงไม่กี่หัวข้อที่ต้องพิจราณา ในการใช้งานจริงนั้นยังมีข้อปลีกย่อยอีกมาก ซึ่งในตอนนี้จะอาศัยมาตรฐานของ HAYES เป็นมาตรฐานในการสร้างโมเด็มขึ้นมาใช้งาน จะเห็นว่าโมเด็มที่ขายตามท้องตลาดจะต้องมีเขียนไว้ว่า compatible HAYES อยู่ด้วยเสมอ และ soft ware ที่ใช้ก็จะต้องมีฟังก์ชั่นท์การทำงานที่ใช้ได้กับมาตรฐานของ HAYES อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วย ทางด้านของวงจรเราจะแบ่งออกเป็นภาคๆ เพื่อให้ง่ายต่อการแก้ไขวงจรแต่จะมีปัญหาในการทำแผ่นวงจรซึ่งถ้าทำแยกส่วนก็จะต้องมีการเชื่อมต่อสายกันทำให้ยุ่งยาก แต่ถ้าทำรวมเป็นแผ่นวงจรแผ่นเดียวเมื่อเกิดวงจรมีปัญหาก็จะแก้ไขยาก อันนี้ก็ขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบเองว่าสะดวกแบบไหน ในการหาซื้ออุปกรณ์ถ้าเป็นไปได้ควรหาอุปกรณ์ที่ตัวเล็กกว่าในขณะที่มีประสิทธิภาพการใช้งานเท่ากัน หรือว่ามีการออกแบบแล้วจ้างทำเช่น หม้อแปลง (matching) หรือ แผ่นวงจร P.C.B.

ส่วนของวงจรโมเด็ม Am 7910 นั้น ทำขึ้นมาพร้อมกับวงจร drive และ receive การทดลองช่วงนี้โดยการป้อนสัญญาณให้กับตัว Am 7910 แล้ววัดความถี่ที่ modulate กับสัญญาณ logic ที่ ผ่านการ demodulate ว่าผลที่ออกมาถูกต้องหรือไม่ ซึ่งจากการทำการวัดให้ผลออกมาถูกต้อง

ส่วนของวงจร DAA ออกแบบจากมาตรฐานของ BELL PART 68 และได้นำวงจรตัวอย่างนั้นมาปรับปรุง โดยหาวิธีว่าเมื่อมีสัญญาณ $\overline{\text{RING}}$ เข้ามาแล้วจะมีสัญญาณ $\overline{\text{RI}}$ ออกไปได้อย่างไร เป็น "low" หรือเปล่า ด้านการ hold กระแส ทำการทดลองกลับสายโทรศัพท์ดูจะต้องสามารถทำงานได้เช่นกันโดย hold กระแสให้อยู่ในช่วง 20-80 mA สำหรับที่ออกแบบมานั้นให้อยู่ที่ประมาณ 28 mA ส่วนหม้อแปลง (matching impedance) จะต้องมีค่า impedance ที่ 600 ohm สามารถสั่งพันได้ ที่สั่งพันมานั้นใช้เป็นแกน E I เฟอร์ไรท์ ขนาดประมาณ 1 x 1.5 cm ส่วน Relay นั้นใช้ขนาด 12 V. ขนาดตัวเล็กที่สุด (ทั้งนี้เพื่อลดขนาดของวงจรให้เล็กลง) และใช้ทรานซิสเตอร์แบบดาลิงตัน ทำการขับ

ส่วนของวงจรควบคุมการตอบอัตโนมัติ และโทรออกอัตโนมัติ การออกแบบต้องให้เป็นไปตามขั้นตอนการทำงาน ปัญหาของการออกแบบจะใช้หลักการอย่างไรเพื่อให้ขั้นตอนต่างๆ ทำงานได้อย่างเหมาะสมตามหน้าที่ ที่ได้บรรยายมาแล้ว ด้านของการตอบรับอัตโนมัติถ้ามาตรฐานไม่ตรงกันก็จะทำให้ขบวนการทำงานผิดพลาดไป

เพื่อที่จะเป็นการแนะนำสำหรับการประยุกต์พัฒนาต่อไปก็คือ โมเด็มที่สร้างขึ้นมาจะใช้ได้เฉพาะกับมาตรฐาน BELL 103 กับ 202 ,V.21 กับ V.23 ซึ่งอาจไม่เป็นมาตรฐานกับโมเด็มที่ใช้กันทั่วๆ ไป ควรจะสามารถเลือกมาตรฐานในการสื่อสารได้หลายๆ มาตรฐาน เช่น อาจจะมี V.22 หรือ BELL 212A (ซึ่งในประเทศไทยส่วนใหญ่จะใช้กัน) ไว้ให้เลือกใช้ได้ อีกอย่างโมเด็มที่สร้างขึ้นมานี้ไม่มาตรฐานกับ HAYES (หรือ AT command) ซึ่งถ้าต้องการจะทำให้ได้มาตรฐานก็ขอแนะนำว่า ควรจะนำเอา CONTROLLER CHIP ที่มี serial port มาประยุกต์เป็นตัวควบคุม คือ ต้องมีโปรแกรมที่จะรับรู้คำสั่งต่างๆ โดยให้การควบคุมทุกอย่างผ่านจาก terminal การหาโปรแกรมข้อมูลทางด้านนี้หาได้ยากมากเพราะข้อมูลเหล่านี้เป็นการวิจัยของแต่ละบริษัทซึ่งปิดเป็นความลับ ดังนั้นถ้าต้องการจะทราบข้อมูลก็ต้องปรึกษากับผู้ผลิตรายใหญ่ๆ ส่วนมากก็เป็นบริษัทผู้ผลิต modem chip โดยตรง ส่วนอัตราความเร็วที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดต่อสื่อสารข้อมูลในขณะนี้ที่ใช้กันส่วนมากคือที่ 300, 1200, 2400 bps สำหรับระหว่าง personal computer และความเร็ว 9600 bps ใช้ใน FAX เป็นต้น ต่อไปเราจะแสดงข้อเปรียบเทียบระหว่าง คุณสมบัติของโมเด็มตามมาตรฐานกับโมเด็มที่เราสร้างขึ้นมาที่ BELL 103 เพื่อนำไปเปรียบเทียบข้อแตกต่าง และนำไปพัฒนาต่อไปได้

คุณสมบัติของ BELL 103

1. สามารถทำหน้าที่ทั้ง originating และ answering หรือว่า CY lead-controlled (คือทำหน้าที่ทั้ง originating และ answering ได้โดยอัตโนมัติ)
2. ยกเลิกการติดต่อเมื่อกรณีสัญญาณ $\overline{CD}$ หายไป (ถูกตัดขาดนั่นเอง)
3. ปรับระดับความแรงของสัญญาณตามต้องการได้
4. สามารถทำการเรียกโดยอัตโนมัติได้ (auto dial)
5. สามารถทำการตอบรับโดยอัตโนมัติได้ (auto answer)

ผลจากการทดลองโมเด็มที่สร้างขึ้น

1. ทำได้โดยเป็นแบบ manual กับ semi auto ทั้งกรณี answer และ originate
2. ยกเลิกการติดต่อก็ต่อเมื่อ
   - สัญญาณ $\overline{CD}$ ขาดหายไป
   - ส่งเลข "0" เป็นจำนวน 8 ตัว
   - ยกเลิก $\overline{DTR}$
3. สามารถปรับระดับความแรงของสัญญาณได้เช่นกัน โดยปรับ gain ที่ ออฟแอมป์
4. ทำได้แต่เป็นแค่เพียง semi dial คือ จะต้องกดเบอร์โทรเองแต่จะทำการโทรศัพท์โดยอัตโนมัติ
5. สามารถทำ auto answer ได้เช่นกัน

ในการพัฒนาขั้นสูงของโมเด็มขณะนี้ส่วนใหญ่จะอยู่บนพื้นฐานของ digital signal processor ดังนั้นถ้าต้องการจะพัฒนาโมเด็มให้มีประสิทธิภาพสมบูรณ์แบบยิ่งขึ้นก็ควรจะหันมาศึกษาทางด้าน digital signal processor (DSP) นี้ด้วยว่า วิธีการที่จะเขียนโปรแกรมให้กับ DSP ทำงานตามที่เราต้องการนั้นจะเขียนอย่างไร ซึ่งถ้าเราสามารถที่จะเขียนได้ก็จะการลดขนาดของอุปกรณ์ให้ลดน้อยลงในขณะที่ประสิทธิภาพสูงขึ้น

จากการที่ได้ศึกษาและทำการสร้างโมเด็มขึ้นมาทำให้เราทราบว่า ประเทศไทยยังไม่เจริญเท่าที่ควรทางด้านเทคโนโลยีอิเลคทรอนิคส์ ข้อมูลที่สามารถจะทำให้เข้าใจจนสามารถออกแบบได้นั้นไม่มี ต้องพึ่งพาจากต่างประเทศ ทำให้ต้องใช้เวลาพอสมควรในการสร้าง project นี้ขึ้นมา และชิ้นงานที่สร้างขึ้นมาได้นี้ก็ยังไม่สมบูรณ์แบบตามที่ต้องการอีกด้วย ฉะนั้นผู้ที่จะทำการศึกษาต่อขอให้ศึกษาข้อมูลโดยละเอียด จากหนังสืออ้างอิงที่มีรายชื่อให้ไว้ หรือจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสือที่เกี่ยวกับ data communication ซึ่งก็ไม่ค่อยจะให้ความรู้ถึงกับออกแบบได้ แต่ก็จะทำให้มีความเข้าใจได้ดีพอที่จะกำหนด แบบที่เราต้องการจะทำ, คุณสมบัติของระบบ, และอื่นๆ ที่มีประโยชน์ต่อการออกแบบได้ดี หลังจากนั้นจึงค่อยทำการสั่งซื้ออุปกรณ์ที่ต้องการ เพื่อจะได้ไม่เกิดความผิดพลาดขึ้นเมื่อซื้ออุปกรณ์ชิ้นนั้นมาแล้วเพราะราคาแพงพอสมควร และการสั่งซื้อจากต่างประเทศก็ต้องใช้เวลานานมากดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

เราขอสรุปรายงานการสร้าง modem และปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นไว้เพียงเท่านี้ โดยหวังว่ารายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่จะทำการศึกษาโครงงานนี้ต่อได้ไม่มากก็น้อย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโมเด็มขึ้นนี้ ได้ข้อมูลเกี่ยวกับรายละเอียดของโมเด็มจากบริษัท ADVANCE MICRO DEVICE , บริษัท ROCK WELL , และบริษัท EXAR ที่ได้กรุณาจัดส่งหนังสือ DATA BOOK มา ตลอดจนห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ เทคโนฯ ลาดกระบัง และห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งให้ความอนุเคราะห์ในการค้นคว้าข้อมูลบางส่วน และผู้ซึ่งได้สนทนาด้วยอีกหลายท่าน จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. " **การสื่อสารข้อมูล** " โดย ทินกร ดุ๊ก , ชูชัย ชนสารตั้งเจริญ สำนักพิมพ์ พิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์

2. " **ระบบสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์** " โดย สุริยัน ศรีสวัสดิ์กุล สำนักพิมพ์ พิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์

3. " **การสื่อสารข้อมูลและไมโครคอมพิวเตอร์เนตเวอร์ค** " โดย น.ต.ดร.ไพศาล สงวนหมู่ , รศ.ยืน ภู่วรวรรณ สำนักพิมพ์ ซีเอ็ดยูเคชั่น

4. " MODEM PRODUCTS DATA BOOK " BY ROCKWELL INTERNATIONAL

5. " EXAR DATA BOOK 1987 " BY EXAR CORPORATION

6. " UNDERSTANDING DATA COMMUNICATION " BY GEORGE E. FRIEND

7. " TECHNICAL REFERRENCE PC XT 1983 " BY IBM CORPORATION

8. " COMPUTER COMMUNICATION TECHNIQUES " BY E.G.BROONER and PHIL WELLS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้