



เครื่องพักข้อมูลไร้สาย

WIRELESS PRINTER SPOOLER



โดย
นาย ชนาคม ชานิช
นาย ชัชพงศ์ กัตัญญกุล
นาย มรกต จารุงษ์พัฒน์กุล

วัน เดือน ปี..... 1 10 2560
เลขทะเบียน..... 027136
เลขเรียกหนังสือ..... T 3829 2310

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องทักข้อมูลไร้สาย

WIRELESS PRINTER SPOOLER

โดย

นาย ธนาคม ชานัย เลขประจำตัวนักศึกษา 35104171
นาย รัชพงศ์ กัตัญญกุล เลขประจำตัวนักศึกษา 35104186
นาย มรกต จารุงษ์มีพัฒนกุล เลขประจำตัวนักศึกษา 35104329

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ขนิษฐา แซ่ตั้ง

ปริญญาานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโท ปีการศึกษา 2538

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง เครื่องหักข้อมูลไร้สาย

ผู้จัดทำ

- | | |
|-----------------------------|----------|
| 1. นาย ชนาคม ชานัย | 35104171 |
| 2. นาย ชัชพงศ์ กัตัญญกุล | 35104186 |
| 3. นาย มรกต จารุงษ์พัฒน์กุล | 35104329 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องพักข้อมูลไร้สาย (WIRELESS PRINTER SPOOLER)

นาย ธนาคม ชานัย 35104171
นาย รัชพงศ์ กัตัญญกุล 35104186
นาย มรกต จารุรังษีพัฒนกุล 35104329
อาจารย์ ขนิษฐา แซ่ตั้ง อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2538

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองเรื่อง เครื่องพักข้อมูลไร้สายของเครื่องพิมพ์ ซึ่งเป็นการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ ไปยังเครื่องพักข้อมูล โดยทดลองใช้ทั้งระบบคลื่นวิทยุ ซึ่งสามารถส่งข้อมูลได้เร็วกว่าการส่งข้อมูลระหว่าง คอมพิวเตอร์ไปยังเครื่องพิมพ์โดยทั่วไป มีหลักการพื้นฐานคือ ทำการแปลงสัญญาณ ดิจิตอล ที่ส่งจากคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นสัญญาณ ดิจิตอลแบบอนุกรม และทำการผสมกับคลื่นวิทยุความถี่สูง เพื่อส่งข้อมูลโดยใช้อากาศเป็นตัวกลาง และมีภาครับคลื่นวิทยุที่เครื่องพักข้อมูล เพื่อทำการแยกสัญญาณวิทยุออกจากสัญญาณข้างสารแล้วแปลง ข่าวดสารที่อยู่ในรูปอนาล็อก ให้กลับเป็นสัญญาณดิจิตอล และแปลงกลับให้เป็นสัญญาณดิจิตอลแบบขนาน เพื่อเป็นข้อมูลในการพิมพ์จากนั้นเครื่องพักข้อมูล จะส่งข้อมูลการพิมพ์ต่อไปยังเครื่องพิมพ์ทำให้ข้อมูลส่งได้ระยะไกล

WIRELESS PRINTER SPOOLER

Tanakom Chanai

Tatpong Katanyukul

Morakot Jarurangsipattanakul

Kanitta Seangtang Advisor

1994

ABSTRACT

The project is an experimental study of a wireless printer spooler, which means sending data from computer to the printer spooler using both radio wave and infrared. This method can send data faster than others. The digital signal will be modulated with a high frequency radio signal to deliver the data. The receiver will convert the data from analog to parallel digital signal, then printer spooler sent data to instruct the printer

สารบัญ

บทคัดย่อ

บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 โครงสร้างโดยทั่วไปของโครงการเครื่องพักข้อมูลไร้สาย	2
2.1 ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์	2
2.2 ส่วนสื่อสารไร้สาย	4
บทที่ 3 ทฤษฎีและการใช้งาน	6
3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031	6
3.1.1 คุณสมบัติของ 8031	6
3.1.2 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8031	7
3.2 การเชื่อมต่อเครื่องพิมพ์แบบขนาน	14
3.2.1 ส่วนติดต่อแบบขนาน	14
3.2.2 สายกราวด์และข้อมูล	15
3.2.3 สายควบคุม	16
3.2.4 สาย BUSY	16
3.2.5 โหมดในการเปิด/เลือก	16
3.2.6 การรีเซ็ตเครื่องพิมพ์	17
3.2.7 ขาดัญญาณเวลา	17
3.2.8 การจำลองเครื่องพิมพ์	17
3.2.9 บัฟเฟอร์	18
3.2.10 สวิตช์ ABC	19
3.2.11 การต่อแบบขนานแบบ IBM	19
3.2.12 การติดต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ	22
3.2.13 สัญญาณควบคุม	22
3.2.14 ความเร็วในการรับส่ง	22
3.3 เครื่องรับส่งวิทยุและการติดต่อสื่อสาร	23
3.3.1 ข้อจำกัดในการสื่อสาร	23
3.3.2 เครื่องรับชนิดซูเปอร์เฮตเทอร์โรคาชน	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 การออกแบบ	24
4.1 การออกแบบภาคส่ง RF	24
4.2 การออกแบบภาครับ RF	31
บทที่ 5 การออกแบบซอฟต์แวร์	33
5.1 แนวความคิดในการออกแบบ	33
5.2 ต้นแบบในโครงสร้างซอฟต์แวร์	33
5.3 โครงสร้างซอฟต์แวร์ของโครงการนี้	34
บทที่ 6 ผลการทดลอง	48
6.1 ผลการทดลองในส่วน of เครื่องพักข้อมูล	48
6.1.1 การทดลองส่งพิมพ์แบบขนาน	48
6.1.2 การทดลองส่งพิมพ์แบบอนุกรม	49
6.2 ผลการทดลองเกี่ยวกับการเลื่อนความถี่และการรับส่งโดยใช้คลื่นวิทยุ	50
บทที่ 7 สรุปและวิจารณ์	52
บรรณานุกรม	53
ภาคผนวก ก. การมอดูเลต	54
ภาคผนวก ข. การใช้งาน XR-2206	71
ภาคผนวก ค. การใช้งาน XR-2211	76
ภาคผนวก ง. โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องพักข้อมูล	81
กิตติกรรมประกาศ	95

สารบัญภาพ

รูปที่ 2.1	แผนภาพแสดงโครงสร้างของระบบทั้งหมด	3
รูปที่ 2.2	แสดงบล็อกไดอะแกรมของภาคส่ง RF	5
รูปที่ 2.3	แสดงบล็อกไดอะแกรมของภาครับ RF	5
รูปที่ 3.1	แสดงตำแหน่งขาของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031	7
รูปที่ 3.2	แสดงวงจรสำหรับรีเซตชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031 เมื่อเริ่มจ่ายพลังงานโดยอัตโนมัติ	9
รูปที่ 3.3	แสดงโครงสร้างภายในของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031	10
รูปที่ 3.4	แสดงโครงสร้างหน่วยความจำทั้งหมดของ 8031	11
รูปที่ 3.5	แสดงการใช้หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอกชิป	12
รูปที่ 3.6	แสดงโครงสร้างและตำแหน่งของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะใน 8031	13
รูปที่ 3.7	แสดงตารางเวลาของการติดต่อแบบขนาน	17
รูปที่ 3.8	แสดงขาของพอร์ตแบบขนานของ IBM	20
รูปที่ 3.9	แผนผังของเครื่องรับ FM	24
รูปที่ 3.10	วงจรควอดราเจอร์	25
รูปที่ 4.1	แสดงวงจรส่วนเครื่องพักข้อมูล	27
รูปที่ 4.2	แสดงวงจรต่อขยายหน่วยความจำ	28
รูปที่ 4.3	แสดงการต่อพอร์ต 8255	29
รูปที่ 4.4	แสดงวงจรในส่วนเครื่องรับ	30
รูปที่ 4.5	แสดงวงจร FSK มอดูเลเตอร์	31
รูปที่ 4.6	แสดงวงจร FSK ดีมอดูเลเตอร์	32
รูปที่ 5.1	โปรแกรมหลัก	36
รูปที่ 5.2	โปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์	37
รูปที่ 5.3	แสดงการจัดการหน่วยความจำ	38
รูปที่ 5.4	แสดงการจัดการหน่วยความจำ	39
รูปที่ 5.5	แสดงแผนภูมิการไหลของโปรแกรมหลัก	40
รูปที่ 5.6	แสดงแผนภูมิการไหลของโปรแกรมย่อยการใส่ลำดับข้อมูล	41
รูปที่ 5.7	แสดงแผนภูมิการไหลของโปรแกรมย่อยการใส่ค่าแอดเดรสการจบไฟล์	42

รูปที่ 5.8 แสดงแผนภูมิการไหลของโปรแกรมย่อยการส่งพิมพ์	43
รูปที่ 5.9 แสดงแผนภูมิการไหลของโปรแกรมย่อยการบริการการส่งพิมพ์	44
รูปที่ 5.10 แสดงแผนภูมิการไหลของโปรแกรมย่อยการรับข้อมูล	45
รูปที่ 5.11 แสดงแผนภูมิการไหลของโปรแกรมย่อยการบริการอินเทอร์เน็ตการรับข้อมูล	46
รูปที่ 5.12 แสดงวิธีการส่งข้อมูลอนุกรม	47
รูปที่ 6.1 ก. การส่งพิมพ์แบบธรรมดาไม่ผ่านเครื่องพักข้อมูล	48
รูปที่ 6.1 ข. การทดสอบเครื่องพักข้อมูลแบบขนานออกขนาน	49
รูปที่ 6.2 การทดสอบเครื่องพิมพ์โดยการส่งข้อมูลแบบอนุกรมแบบมีสาย	50



สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1	ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของระบบคลื่นวิทยุ-แสงอินฟราเรด	4
ตารางที่ 3.1	แสดงสายของกราวด์และข้อมูลในแต่ละบิต	15
ตารางที่ 3.2	แสดงการติดต่อแบบขนาน	18
ตารางที่ 3.3	แสดงขาของพอร์ตแบบขนานของ IBM	20
ตารางที่ 3.4	แสดงการปรับต่อขาของ DB-25 และ แอมฟินอล (Amphenol)	21
ตารางที่ 6.1	ผลการทดลองส่งพิมพ์ข้อมูล ขนาด 10,000 อักขระ โดยผ่านเครื่องพักข้อมูล	49
ตารางที่ 6.2	ผลการทดลองส่งพิมพ์ข้อมูล ขนาด 10,000 อักขระ โดยผ่านเครื่องพักข้อมูล และส่งข้อมูลแบบอนุกรม	50



บทที่ 1

บทนำ

เครื่องพักข้อมูลไร้สายของเครื่องพิมพ์ (WIRELESS PRINTER SPOOLER) เป็นเครื่องที่ทำหน้าที่พักข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ (COMPUTER) กับ เครื่องพิมพ์ (PRINTER) สาเหตุที่ต้องมีเครื่องนี้เนื่องจากเครื่องพิมพ์เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานช้ากว่า คอมพิวเตอร์มาก ในการสั่งพิมพ์แต่ละครั้ง ถ้าข้อมูลที่จะพิมพ์ ยังถูกส่งไปไม่หมด คอมพิวเตอร์จะต้องส่งข้อมูลให้หมดเสียก่อนจึงจะสามารถไปทำงานอื่นได้ ซึ่งถ้าหากว่าข้อมูลมีขนาดใหญ่ คอมพิวเตอร์จะต้องเสียเวลาในการรอ การส่งข้อมูลนี้มาน คั้งนั้นเครื่องพักข้อมูลนี้จะช่วยแก้ปัญหานี้ได้โดย เครื่องพักข้อมูลจะทำหน้าที่รับข้อมูล มาจากคอมพิวเตอร์ก่อน โดยที่เครื่องพักข้อมูลจะสามารถรับข้อมูลได้รวดเร็ว เท่ากับความเร็วที่คอมพิวเตอร์ส่งมาให้ ทำให้คอมพิวเตอร์ไม่ต้องเสียเวลาในการรอส่งข้อมูล และเมื่อคอมพิวเตอร์ทำการส่งข้อมูลครบเรียบร้อยแล้ว มันก็สามารถไปทำงานอื่นต่อไปอีกได้ ซึ่งหน้าที่ต่อไปก็จะเป็นของเครื่องพักข้อมูล ที่จะทำการส่งข้อมูลต่อไปยัง เครื่องพิมพ์ในอัตราเร็วที่เหมาะสมกับเครื่องพิมพ์นั้น ๆ

เครื่องพักข้อมูลนี้ ยังมีความสามารถยิ่งกว่านั้น คือ สามารถส่งข้อมูลแบบไร้สายออกทางอากาศโดยไม่ต้องต่อสายให้ยุ่งยาก นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้โดยสามารถพักข้อมูลจากคอมพิวเตอร์หลาย ๆ เครื่องโดยใช้ เครื่องพิมพ์เครื่องเดียวกัน เหมาะสำหรับการใช้ในสำนักงานที่ต้องใช้คอมพิวเตอร์หลายเครื่อง แต่มีเครื่องพิมพ์จำนวนจำกัด ทำให้การพิมพ์สะดวก รวดเร็วยิ่งขึ้น คือเมื่อต้องการพิมพ์ข้อมูลก็สามารถส่งงานการพิมพ์ข้อมูลก็สามารถส่งงานการพิมพ์ได้ทันที จากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานอยู่ แม้ว่า เครื่องพิมพ์ยังทำงานให้กับ คอมพิวเตอร์เครื่องอื่นอยู่ก็ตาม

บทที่ 2

โครงสร้างโดยทั่วไปของโครงการเครื่องพักข้อมูลไร้สาย

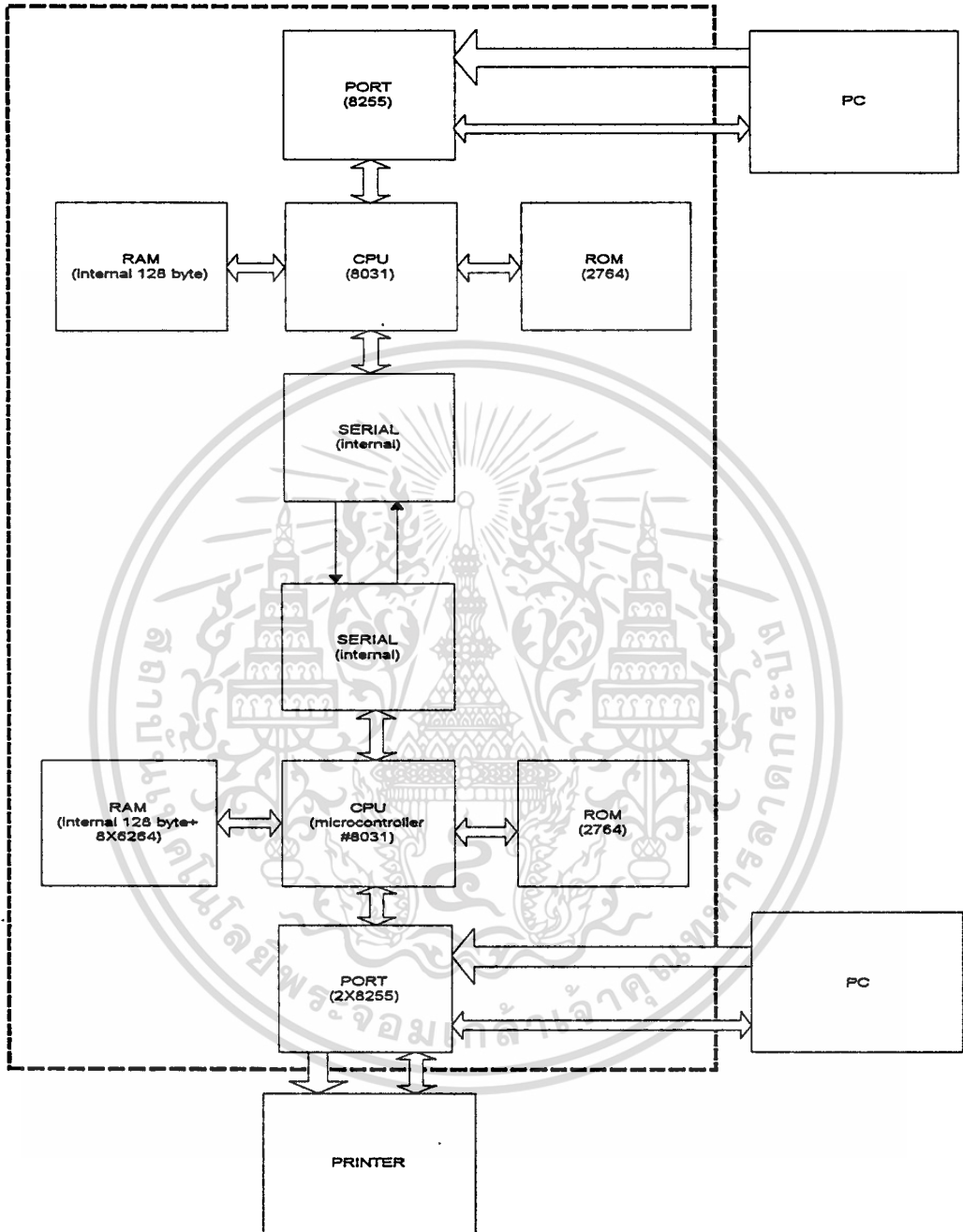
เครื่องพักข้อมูลนี้มีหน้าที่คือ รับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ 2 ตัวแล้วเก็บข้อมูลลงในหน่วยความจำพร้อมทั้งจัดลำดับการพิมพ์เพื่อส่งออกพิมพ์ เครื่องพักข้อมูลนี้ประกอบด้วยส่วนหลักๆ 2 ส่วนคือ ส่วนเครื่องพักข้อมูล และ ส่วนเครื่องรับข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ซึ่งเกี่ยวข้องกับงาน 2 อย่างคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และ การสื่อสารไร้สาย สิ่งที่ทำในโครงการนี้คือส่วนที่แสดงอยู่ภายในบริเวณเส้นประ

ในส่วนของเครื่องรับข้อมูลประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8031 หน่วยความจำเก็บโปรแกรมขนาด 8 กิโลไบต์, หน่วยความจำเก็บข้อมูลภายในขนาด 128 ไบต์, พอร์ตขนาน 8255 ที่ใช้ติดต่อกับคอมพิวเตอร์ และพอร์ตอนุกรมภายในของ 8031 ซึ่งทำหน้าที่ส่งข้อมูลไปให้อีกส่วนคือส่วนพักข้อมูลซึ่งแสดงอยู่ตอนล่างของรูป

ในส่วนเครื่องพักข้อมูลนี้ประกอบไปด้วย พอร์ตอนุกรมภายในของ 8031 ที่มีหน้าที่รับข้อมูลจากส่วนเครื่องรับข้อมูล แล้วส่งไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์จัดเก็บในหน่วยความจำ (ภายใน 128 ไบต์ , ภายนอก 64 กิโลไบต์) พร้อมทั้งจัดลำดับการพิมพ์ เพื่อส่งออกพิมพ์ที่เครื่องพิมพ์โดยผ่านพอร์ตขนาน 8255

2.1 ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์

โครงการนี้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8031 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นิยมใช้เนื่องจากมีราคาไม่แพง , การต่ออุปกรณ์ไม่ยุ่งยาก , หาซื้ออุปกรณ์ที่ใช้งานด้วยได้ง่าย ซึ่งจากโครงการนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งหมด 2 ชุด โดยชุดแรกจะทำหน้าที่รับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์และส่งข้อมูลแบบอนุกรมไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดที่ 2 ซึ่งจะทำหน้าที่ทั้งรับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดแรก , รับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ (ตัวที่ 2) โดยตรงแล้วจัดลำดับให้เพื่อส่งไปเครื่องพิมพ์



รูปที่ 2.1 แผนภาพแสดงโครงสร้างของระบบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากโครงการนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งหมด 2 ชุด ชุดแรกทำหน้าที่รับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์และส่งข้อมูลแบบอนุกรมไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดที่ 2 ซึ่งจะทำหน้าที่รับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดแรก,รับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์(ตัวที่ 2)โดยตรงแล้วจัดลำดับให้เพื่อส่งไปเครื่องพิมพ์

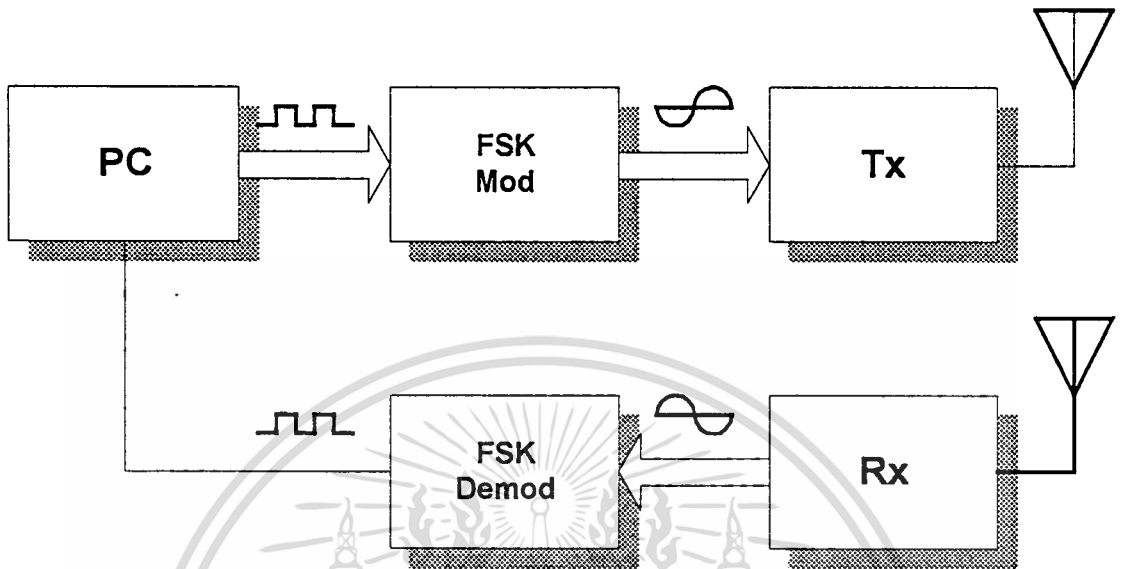
2.2 ส่วนสื่อสารไร้สาย

การสื่อสารไร้สายทั่วไปจะนิยมใช้กัน 3 ระบบ คือ คลื่นวิทยุ, แสงอินฟราเรด, ใยแก้วนำแสง ซึ่งในโครงการนี้ได้ทดลองใช้คลื่นวิทยุ เท่านั้นเนื่องจากว่ามีคุณสมบัติส่วนใหญ่เป็นที่น่าพอใจกว่าระบบอื่น ซึ่งสามารถเปรียบเทียบคุณสมบัติบางประการระหว่างการเลือกใช้ระบบคลื่นวิทยุ และระบบแสงอินฟราเรด ได้ดังตารางที่ 2.1

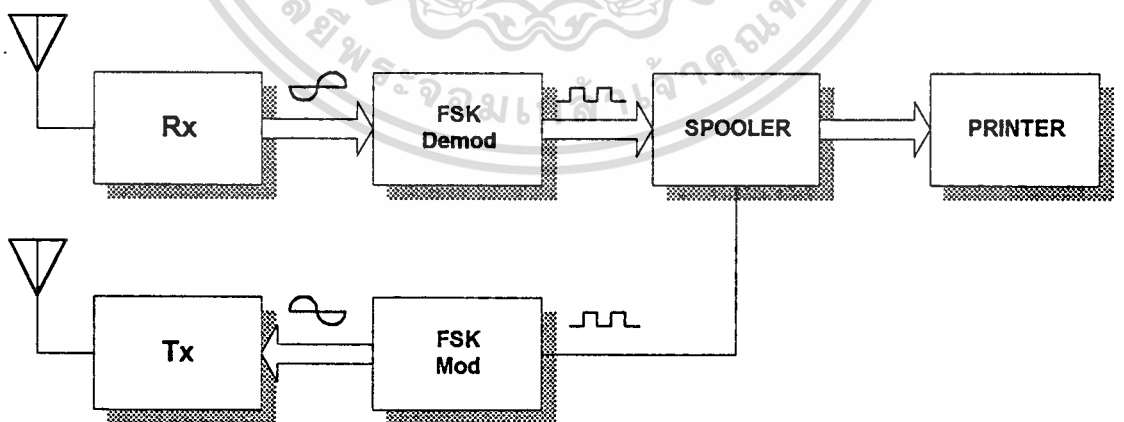
ตารางที่ 2.1 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของระบบคลื่นวิทยุ-แสงอินฟราเรด

	แสงอินฟราเรด	คลื่นวิทยุ
ราคา	ไม่แพง	แพงกว่าอินฟราเรด
ความซับซ้อนของระบบ	ไม่ซับซ้อน	ค่อนข้างซับซ้อน
ระยะทางในการส่ง	ไม่ไกล โดยมากมักใช้ภายในห้อง	ไกล
การรบกวนกัน	ไม่มาก มักถูกรบกวนจากแสงรอบข้าง เช่น แสงไฟ	มี ปัญหาความถี่รบกวนกันง่าย และต้องมีการขออนุญาตใช้ความถี่

ในส่วนของเครื่องส่งวิทยุจะต้องมีการแปลงสัญญาณดิจิตอลอนุกรมไปเป็นสัญญาณอนาล็อกแบบ FSK เพื่อลดความกว้างช่องสัญญาณ ก่อนที่จะทำการผสมสัญญาณและส่งออกอากาศ ดังนั้นในเครื่องรับวิทยุหลังจากกำจัดความถี่คลื่นพาหะแล้วยังต้องแปลงสัญญาณอนาล็อกแบบ FSK ให้กลับมาเป็นสัญญาณดิจิตอลอนุกรมด้วย ซึ่งสามารถเขียนบล็อกไดอะแกรมการทำงานของภาคส่งและภาครับวิทยุดังแสดงในรูปที่ 2.2 และ 2.3 ตามลำดับ



รูปที่ 2.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมของภาคส่ง RF



รูปที่ 2.3 แสดงบล็อกไดอะแกรมของภาครับ RF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ทฤษฎีและการใช้งาน

3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031

3.1.1 คุณสมบัติของ 8031

คุณสมบัติที่สำคัญๆของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031 มีดังนี้

- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ เพียงชุดเดียว
- ไม่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงาน (ROM) อยู่ภายในชิป
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไป (RAM) อยู่ภายในชิปจำนวน 128 ไบต์
- สามารถใช้หน่วยความจำสำหรับ โปรแกรมและข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิปได้อย่างละ 64

กิโลไบต์ แยกจากกัน

- คำสั่งส่วนใหญ่ใช้เวลาทำงานเพียง 1 ไมโครวินาที เมื่อใช้คริสตอลความถี่ 12 เมกะ

เฮิรตซ์

- มีพอร์ตที่สามารถรับหรือส่งข้อมูลได้ทั้ง 2 ทิศทาง จำนวน 4 พอร์ต ๆ ละ 8 บิต หรือสามารถใช้งานเป็นพอร์ตขนาด 1 บิต แยกจากกันทำให้เสมือนมีพอร์ตขนาด 1 บิต ใช้งานรวมทั้งสิ้น 32 พอร์ต

- รับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้ในตัว โดยสามารถกำหนดอัตราเร็วในการรับและส่งข้อมูล (baud rate) ได้ตั้งแต่ 300-375 กิโลบิต ต่อ วินาที

- จัดลำดับความสำคัญของสัญญาณอินเทอร์รัปต์ได้ 2 ระดับ

- มีรีจิสเตอร์สำหรับใช้งานเป็น ไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์เพื่อนับจำนวนสัญญาณนาฬิกาภายในชิป หรือนับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสัญญาณภายนอกขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว เพื่อใช้สำหรับนับจำนวนพัลส์, วัดความกว้างของพัลส์หรือใช้วัดช่วงเวลา

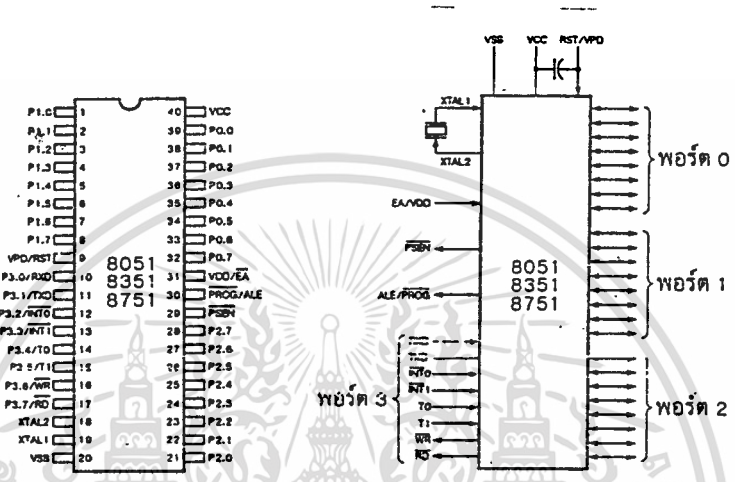
- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในบางส่วนสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทั้งระดับ ไบต์และระดับบิตเพื่อให้การออกแบบ โปรแกรมและการควบคุมระบบทำได้ง่ายขึ้น

- มีคำสั่งคูณและหารเลขขนาด 8 บิต ในตัวเอง
- สามารถประมวลผลแบบบูลีนเพื่อใช้ในงานควบคุม โดยเฉพาะ
- ใช้โปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-48 ได้

3.1.2 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031

1) ตำแหน่งขาของ 8031

8031 ทุกเบอร์จะมีขาพื้นฐานเหมือนกันดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงตำแหน่งขาของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031

หน้าที่การใช้งานแต่ละขาของ 8031 มีดังนี้

- ขา Vss (ขา 20) สำหรับต่อลงกราวด์
- ขา Vcc (ขา 40) สำหรับต่อแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรง 5 โวลต์

- ขาพอร์ต 0 (ขา 32-39) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 0 ขนาด 8 บิต (P0.0-P0.7) พอร์ตนี้สามารถใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปได้ โดยหากใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้ เพื่อบังคับให้ขาอยู่ในสถานะถูกปล่อยลอย (มีสถานะ high-impedance) โดยมีวงจรพูลอัพภายใน นอกจากนี้ยังใช้งานพอร์ต 0 ในการติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลภายนอกชิป โดยการส่งค่าแอดเดรสไบต์ต่ำ (A0-A7) และรับส่งข้อมูล (D0-D7) จากหน่วยความจำภายนอก

- ขาพอร์ต 1 (ขา 1-8) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 1 ขนาด 8 บิต (P1.0-P1.7) พอร์ตนี้สามารถใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปได้ โดยหากใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้ เพื่อบังคับให้ขาอยู่ในสถานะถูกปล่อยลอย (มีสถานะ high-impedance) โดยมีวงจรพูลอัพภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขาพอร์ต 2 (ขา 21-28) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 2 ขนาด 8 บิต (2.0-P2.7) พอร์ตนี้สามารถใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปได้ โดยหากใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้ เพื่อบังคับให้ขาอยู่ในสถานะถูกปล่อยลอย (มีสถานะ high-impedance) โดยมีวงจรพูลอัพภายใน นอกจากนี้ใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปแล้ว พอร์ต 2 ยังใช้ในการติดต่อ ROM และ RAM ภายนอกด้วย โดยใช้สำหรับส่งค่าแอดเดรสไบต์สูง (A8-15)

- ขาพอร์ต 3 (ขา 10-17) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 3 ขนาด 8 บิต (P3.0-P3.7) พอร์ตนี้สามารถใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปได้ โดยหากใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้ เพื่อบังคับให้ขาอยู่ในสถานะถูกปล่อยลอย (มีสถานะ high - impedance) โดยมีวงจรพูลอัพภายใน นอกจากนี้ยังใช้งานในหน้าที่พิเศษต่างๆดังนี้

ขา P3.0 ใช้รับข้อมูลจากภายนอกแบบอนุกรม

ขา P3.1 ใช้ส่งข้อมูลออกไปภายนอกแบบอนุกรม

ขา P3.2 ใช้เป็นอินพุตเพื่อรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ชนิดที่ 0

ขา P3.3 ใช้เป็นอินพุตเพื่อรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ชนิดที่ 1

ขา P3.4 ใช้เป็นสัญญาณอินพุตให้เคาต์เตอร์ของไทม์เมอร์ 0

ขา P3.5 ใช้เป็นสัญญาณอินพุตให้เคาต์เตอร์ของไทม์เมอร์ 1

ขา P3.6 ใช้เป็นสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป

ขา P3.7 ใช้เป็นสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป

การใช้งานพอร์ต 3 ในหน้าที่พิเศษนี้จะต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตที่ต้องการใช้ก่อนทุก

ครั้ง

- ขา RST (ขา 9) ใช้สำหรับการรีเซ็ตวงจรทุกอย่างภายในชิปเพื่อเริ่มต้นทำงานใหม่โดยมีการต่อวงจรดังรูปที่ 3.2

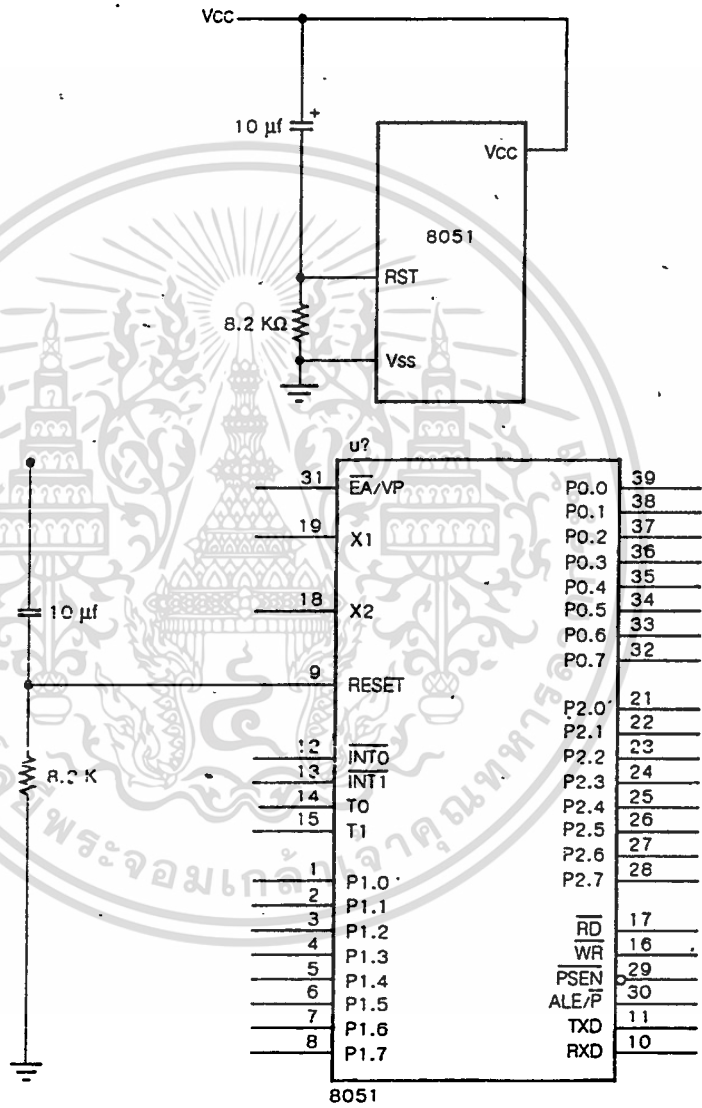
- ขา ALE / PROG (ขา 30) ใช้สำหรับส่งสัญญาณออกไปภายนอก เพื่อควบคุมการแลตช์ค่าแอดเดรสไบต์ค่า (Address Latch Enable) จากพอร์ต 0 ในระหว่างการติดต่อ ROM หรือ RAM ภายนอก

- ขา PSEN (ขา 29) ใช้ส่งสัญญาณสโตรบเพื่ออ่านคำสั่งจากโปรแกรมที่เก็บไว้ใน ROM ภายนอก

- ขา EA / Vpp (ขา 31) เป็นขาสำหรับใช้เลือกให้ 8031 ทำงานจากโปรแกรมที่อยู่ภายในหรือภายนอกชิป โดยหากขานี้มีสถานะเป็น 0 ให้ใช้โปรแกรมจาก ROM ภายนอก ถ้าขานี้มีสถานะเป็น 1 หมายถึงบังคับให้ 8031 ใช้โปรแกรมจาก RAM ภายในชิป ส่วนใน 8031 ที่ไม่มี ROM ภายในให้ต่อขานี้ลงกราวด์เสมอ

- ขา XTAL 1 (ขา 19) ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรออสซิลเลเตอร์
- ขา XTAL 2 (ขา 18) ใช้ต่อคริสตอลภายนอกโดยเป็นเอาต์พุตออกจากวงจรออสซิลเล-

เตอร์



รูปที่ 3.2 แสดงวงจรสำหรับรีเซ็ตชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 เมื่อเริ่มจ่ายพลังงานโดยอัตโนมัติ

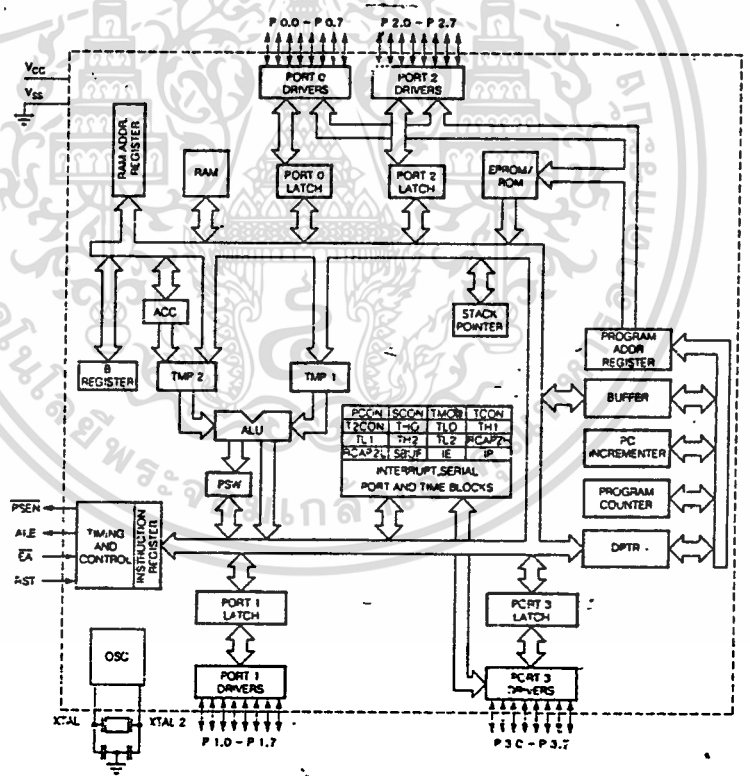
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขา PSEN (ขา 29) ใช้ส่งสัญญาณสตrobe เพื่ออ่านคำสั่งจากโปรแกรมที่เก็บไว้ใน ROM ภายนอก

- ขา EA / Vpp (ขา 31) เป็นขาสำหรับใช้เลือกให้ 8031 ทำงานจากโปรแกรมที่อยู่ภายใน หรือภายนอกชิป โดยหากขานี้มีสถานะเป็น 0 ให้ใช้โปรแกรมจาก ROM ภายนอก ถ้าขานี้มีสถานะเป็น 1 หมายถึงบังคับให้ 8031 ใช้โปรแกรมจาก RAM ภายในชิป ส่วนใน 8031 ที่ไม่มี ROM ภายในให้ต่อขานี้ลงกราวด์เสมอ

2) โครงสร้างภายในของ 8031

โครงสร้างภายในของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8031 แสดงดังในรูปที่ 3.3

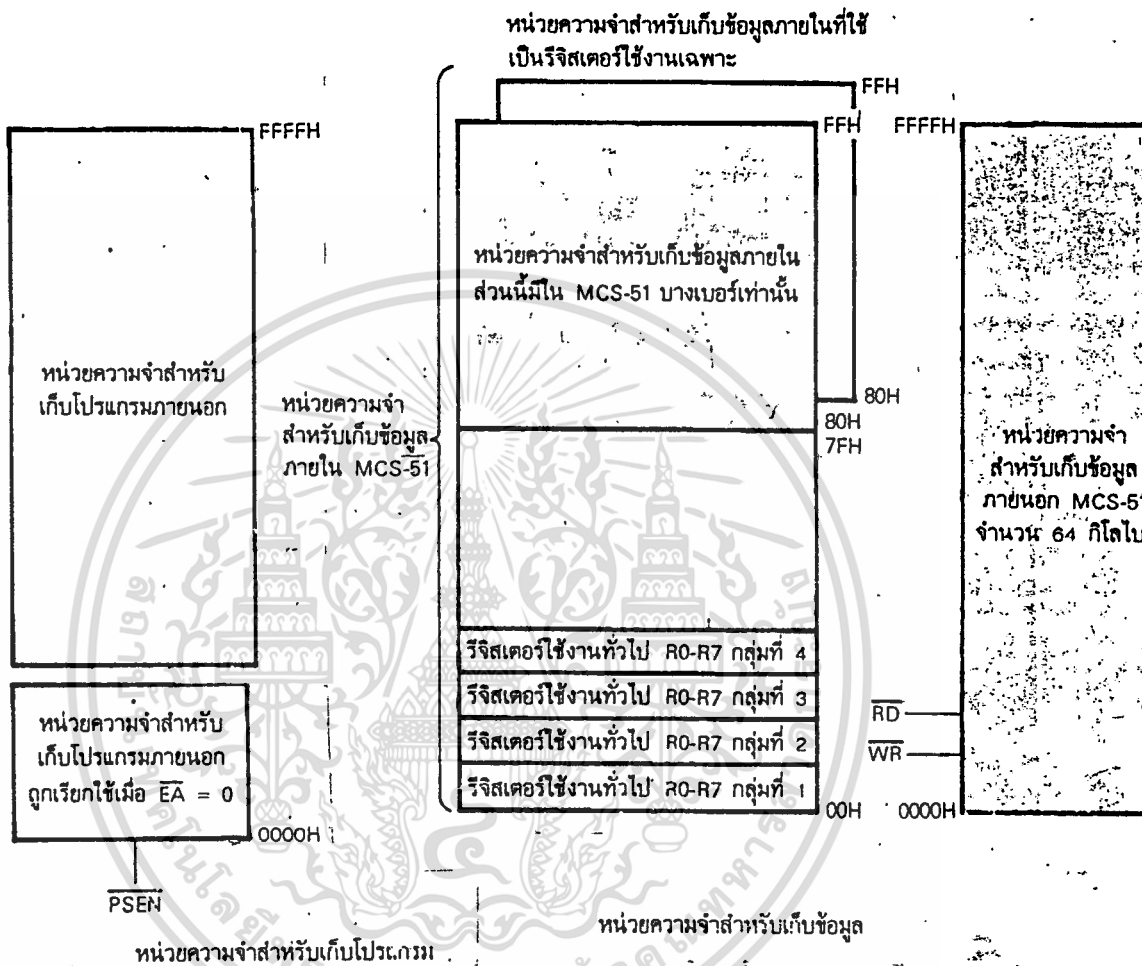


รูปที่ 3.3 แสดงโครงสร้างภายในของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) โครงสร้างหน่วยความจำภายในของ 8031

โครงสร้างหน่วยความจำทั้งหมดของ 8031 แสดงดังในรูปที่ 3.4



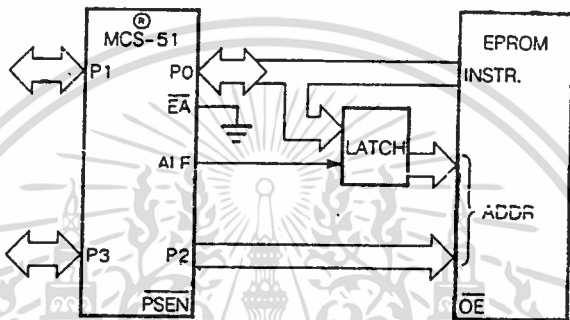
รูปที่ 3.4 แสดงโครงสร้างหน่วยความจำทั้งหมดของ 8031

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8031 ทุกเบอร์จะแบ่งหน่วยความจำออกเป็น 2 ส่วน คือ

- หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (program memory)

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมจะใช้เก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานของชิป MCS-51 บางเบอร์จะมีหน่วยความจำนี้อยู่ภายในชิป (internal program memory) ซึ่งมีขนาดได้ตั้งแต่ 0, 4, 8, 16 กิโลไบต์ แต่บางเบอร์จะไม่มี ทำให้ต้องเก็บโปรแกรมไว้ในหน่วยความจำภายนอก (external program memory) ทั้งหมดทั้งงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณควบคุมการเฟลซ์คำสั่งกับ โปรแกรมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป(read strobe) คือสัญญาณ PSEN (Program Strobe Enable) จากขา 29 ซึ่งจะนำไปใช้ต่อกับขา RD ของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอกแต่สัญญาณ PSEN จะไม่ถูกใช้งานเมื่อ 8031 ทำงานจากโปรแกรมซึ่งอยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมที่อยู่ภายในชิป การใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำภายนอกชิปแสดงดังในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงการใช้หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอกชิป

- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (data memory)

หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล ซึ่งใช้สำหรับเก็บข้อมูลระหว่างการทำงาน 8031 ทุกเบอร์ จะมีหน่วยความจำนี้อยู่ภายในชิปจำนวนหนึ่ง แต่จะมากหรือน้อยเท่าไรขึ้นอยู่กับเบอร์ของชิป แผนภาพแสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปแสดงดังในรูปที่ 3.4 โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปยังแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนย่อย คือ

- ส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไป (internal ram) อยู่ภายในชิปบริเวณ 128 ไบต์ แรก

- ส่วนที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (special function register : SFR) อยู่ภายในชิป

บริเวณ 128 ไบต์ หลังซึ่งเป็นส่วนที่มีเพิ่มขึ้นมาใน 8031 บางเบอร์ดังแสดงในรูปที่ 3.6

เข้าถึงได้ในระดับบิต

8 บิต

FB										FF
FO	8									F7
E8										EF
E0	ACC									E7
D8										DF
D0	PSW									D7
C8	T2CON		RCAP2L	RCAP2H	TL2	TH2				CF
C0										C7
B8	IP									BF
B0	P3									B7
A8	IE									AF
A0	P2									A7
98	SCON	SBUF								9F
90	P1									97
88	TCON	TMOD	TLO	TL1	TH0	TH1				8F
80	PO	SP	DPL	DPH					PCON	87

รูปที่ 3.6 แสดงโครงสร้างและตำแหน่งของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะใน 8031

4) รีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุม 8031

1. รีจิสเตอร์ที่ใช้งานเฉพาะ PSW (Program Status Word) เข้าถึงข้อมูลได้ระดับบิต
2. รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PCON (Power Control Register) ไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลในระดับบิตได้

5) รีจิสเตอร์สำหรับใช้ควบคุมการทำงานเกี่ยวกับอินเตอร์รัปต์

1. รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IE (Interrupt Enable Register) เข้าถึงข้อมูลได้ระดับบิต
2. รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IP (Interrupt Priority Register) เข้าถึงข้อมูลได้ระดับบิต

6) รีจิสเตอร์ที่ควบคุมการทำงานของไทม์เมอร์ / เคาท์เตอร์

1. รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TCON (Timer/Counter Control Register) เข้าถึงข้อมูลได้ในระดับบิต

2. รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TMOD (Timer/Counter Mode Control Register) ไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลในระดับบิตได้
3. รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ SCON (Serial Port Control Register) เข้าถึงข้อมูลระดับบิต

3.2 การเชื่อมต่อเครื่องพิมพ์แบบขนาน

ปัจจุบัน ในระบบการเรียนการสอนส่วนใหญ่ ได้หันมาใช้ RS 232 กันมากขึ้น ซึ่งเกิดจากการเพิ่มจำนวนคอมพิวเตอร์ในสำนักงาน ทำให้การเชื่อมต่อแบบอนุกรมมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว แต่การต่อแบบขนานก็มีความจำเป็นไม่แพ้กัน โดยจะใช้ในการติดต่อระหว่างอุปกรณ์พิมพ์กับคอมพิวเตอร์ หรือโครงข่าย (Network) ในช่วงแรกเครื่องพิมพ์ก็ใช้การติดต่อแบบ RS 232 หรือแบบอนุกรมนั่นเอง แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนามากขึ้น การต่อกับเครื่องพิมพ์จึงเปลี่ยนไปเป็นการต่อแบบขนาน แทนที่การต่อแบบอื่น

การต่อแบบขนานได้มีการพัฒนาขึ้นมาหลายปีแล้ว แต่เริ่มจริงจังเมื่อเครื่องพีซีเริ่มเป็นที่นิยมโดยผู้ขายคอมพิวเตอร์แต่ละรายก็จะเสนอรูปแบบการเชื่อมต่อแบบขนานที่เป็นของตัวเอง ถ้าเครื่องพิมพ์ใช้ได้กับคอมพิวเตอร์ของบริษัทเดียวกันเท่านั้น ก็คงไม่มีใครซื้อเครื่องพิมพ์ ซึ่งหลักการนี้ก็ได้ใช้ได้ดีกับเทอร์มินัลที่จะนำมาต่อกับ RS 232 ด้วย สภาวะเช่นนี้เป็นผลดีต่อบริษัท ผู้ผลิต / ขายคอมพิวเตอร์ แต่ไม่ค่อยดีนักสำหรับผู้ซื้อ เพราะจะทำให้ผู้ซื้อถูกจำกัดการเลือกเครื่องพิมพ์ที่ผู้ขายเป็นคนเสนอเท่านั้น

บริษัทที่ผลิตเครื่องพิมพ์ที่ชื่อ “เซ็นทรอนิก”(Centronic) ได้เสนอเครื่องพิมพ์ที่สามารถใช้ได้กับส่วนติดต่อแบบขนานทุกชนิด ทำให้บริษัทผู้ผลิตคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์เชื่อมต่อต่างๆ เริ่มผลิตพอร์ตที่สามารถใช้ได้กับเครื่องพิมพ์ของ เซ็นทรอนิก ทำให้การเชื่อมต่อแบบขนานในปัจจุบันก็ต้องสร้างขึ้นเพื่อให้เข้ากันได้กับ เซ็นทรอนิก เสมอ

3.2.1 ส่วนติดต่อแบบขนาน

ส่วนติดต่อแบบขนานของ เซ็นทรอนิก มี 36 ขา โดยใช้ตัวเชื่อมแบบอนุกรมที่เรียกว่า “แอมฟินอล” (Amphenol) ความยาวสายจะยาว 6 และ 9 ฟุต แต่ความยาวนี้ไม่ได้กำหนดตายตัวแต่จากการทดลองปรากฏว่ายังคงได้ผลดีแม้สายระหว่าง พีซี กับ เครื่องพิมพ์จะมีความยาวถึง 15 ฟุต ซึ่งสามารถสอบถามจากผู้ขายได้เมื่อเราจะซื้อ

สายที่ใช้เชื่อมต่อกับส่วนติดต่อแบบ เซ็นทรอนิก ก็จะเป็นประเภทเดียวกับ RS-232 คือ จะประกอบด้วยสัญญาณกราวด์ (ground), ข้อมูล (data), ควบคุม (control) และ เวลา(time) แต่จะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีส่วนที่แตกต่างกันบ้างก็คือ แบบ เซ็นทรอนิก ข้อมูลจะถูกส่งไปทางเดียวจากคอมพิวเตอร์ไปสู่อุปกรณ์ภายนอก แต่การติดต่อแบบอนุกรมจะส่งข้อมูลได้ 2 ทาง ซึ่งการติดต่อแบบอนุกรมและขนาน จะมีส่วนที่เหมือนกันอยู่มาก

3.2.2 สายกราวด์และข้อมูล

ในการส่งแบบอนุกรม ข้อมูลจะถูกส่งไปครั้งละ 1 บิต เครื่องรับต้องรู้ความยาวของตัวอักษร บิตเริ่มต้น/สิ้นสุด (start/stop bit) และความเร็ว เพื่อจะได้ถอดรหัสถูกต้อง ในการต่อแบบขนานจะตรงข้ามกับแบบอนุกรม โดยในการส่งเครื่องคอมพิวเตอร์จะส่งบิตทั้งหมดของตัวอักษรในเวลาเดียวกันแทนที่จะส่งทีละครั้งไปให้เครื่องพิมพ์ ในการส่งทั้ง 2 แบบถ้าเริ่มที่เวลาเดียวกันก็จะไปถึงในเวลาใกล้เคียงกัน บิตข้อมูลจะถูกส่งในรูปแบบเดียวกันโดย RS 232 จะส่งแบบทีละบิตจนครบ 8 บิต ส่วนในการส่งแบบขนานจะต้องใช้ขา 2-9 สำหรับส่งข้อมูล โดยข้อมูลแต่ละเส้นจะต้องมีระดับสายกราวด์ที่สัมพันธ์กัน แต่ RS 232 จะใช้ขาที่ขา 7 ขาเดียว ส่วนแบบขนานจะมีขา 20-27 เป็นขากราวด์อ้างอิงสำหรับข้อมูลแต่ละเส้น จากตารางที่ 3.1 เป็นสายที่คู่กันของกราวด์และข้อมูลในแต่ละบิต แต่ใน RS 232 สายกราวด์จะไม่มีกำหนดเหมือนแบบขนาน โดยสายกราวด์จะมีระดับเป็น 0 โวลต์

เนื่องจากมีสายข้อมูล 9 เส้น บิตของข้อมูลทั้งหมดของตัวอักษรจะถูกส่งจากคอมพิวเตอร์ไปยังเครื่องพิมพ์ในเวลาเดียวกัน ซึ่งในการส่งแบบนี้จะรวดเร็วมาก ดังนั้นหน่วยความเร็วจะไม่แสดงในรูปจำนวนบิตต่อวินาที แต่จะมีหน่วยเป็นจำนวนตัวอักษรต่อวินาที (CPS) โดยมีความเร็วปกติที่ 500 CPS ความเร็วในการส่งแบบนี้ไม่ช้ากว่าแบบอนุกรม ความเร็วของเครื่องพิมพ์จะเป็นตัวชี้ที่แท้จริงว่าจะสามารถพิมพ์ข้อมูลออกมาได้มากแค่ไหน

สายกราวด์เส้นอื่น จะมีที่ขา 14, 16 และ 17 โดยขา 14 หรือขา 16 จะเป็นสายกราวด์อ้างอิงของสายควบคุม ส่วนขา 17 จะเป็นสายกราวด์ของโครงเครื่อง

ตารางที่ 3.1 แสดงสายของกราวด์และข้อมูลในแต่ละบิต

ข้อมูลบิตที่	คู่สายของข้อมูลและกราวด์
1	2, 20
2	3, 21
3	4, 22
4	5, 23

5	6, 24
6	7, 25
7	8, 26
8	9, 27

3.2.3 สายควบคุม

ส่วนอินเตอร์เฟสจะมีสายควบคุมสำหรับเครื่องพิมพ์เพื่อคอยแจ้งให้คอมพิวเตอร์ทราบว่าได้รับตัวอักษรจากคอมพิวเตอร์แล้ว ซึ่งขา 10 จะเป็นขาสำหรับการรับรู้(Acknowledge) และเป็นขาออกของสัญญาณจากเครื่องพิมพ์ไปยังคอมพิวเตอร์ โดยครั้งแรกจะมีรหัสที่ส่งไปยังเครื่องพิมพ์และคอมพิวเตอร์จะได้รับสัญญาณพัลส์ก่อนที่รหัสใหม่จะถูกส่งไป ขา 28 (return) จะเป็นขาที่ติดต่อกับขาสำหรับการรับรู้

3.2.4 สัญญาณ BUSY

ถ้าเครื่องพิมพ์ไม่สามารถรับข้อมูลได้อีกแล้ว สัญญาณนี้ก็จะถูกส่งไปให้ยังคอมพิวเตอร์ โดยสายควบคุมในการติดต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ นั้นจะเหมือนกับในการติดต่อแบบอนุกรม RS-232 ซึ่งจะถูกรับควบคุมจากทางฮาร์ดแวร์หรือทางซอฟต์แวร์ก็ได้ โดยถ้ารับข้อมูลจนเต็มแล้วจะต้องใช้การควบคุมโดยซอฟต์แวร์

สายสัญญาณ BUSY ก็จะเหมือนสายควบคุมทางฮาร์ดแวร์ของ RS-232 ความแตกต่างก็คือสภาวะของสายสัญญาณและสภาวะในการตอบรับ ขา 11 ,19 หรือ 20 ใน RS-232 จะเป็นตัวชี้ของคอมพิวเตอร์ว่าขณะนี้ข้อมูลสามารถส่งออกไปได้หรือยัง ขาสัญญาณการทำงานของแบบขนานถ้าเปิดอยู่จะเป็นการบอกว่ายังสามารถส่งข้อมูลต่อไปได้

3.2.5 โหมดในการเปิด/เลือก

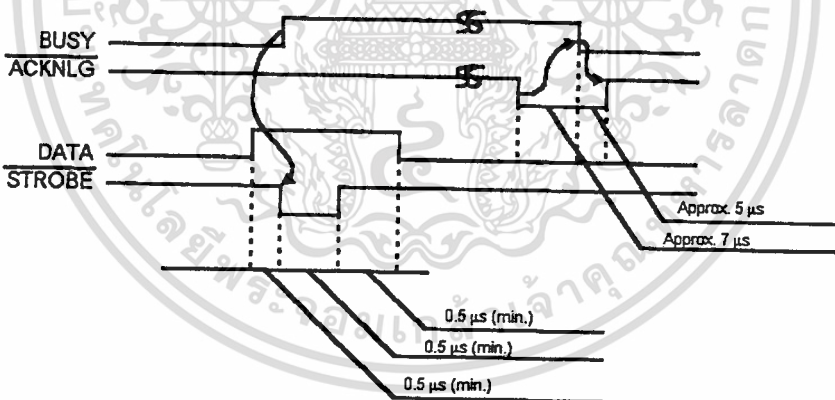
การติดต่อแบบขนานของเครื่องพิมพ์ จะมีสัญญาณที่ใช้บอกคอมพิวเตอร์ว่า ขณะนี้เปิดเครื่องและอยู่ในสภาวะที่พร้อมจะทำงานแล้ว ถ้าขา 13 เปิดคอมพิวเตอร์จะรู้ว่าเครื่องพิมพ์พร้อมทำงานแล้ว โดยขาสัญญาณนี้ก็คือขา Select โดยรหัสการเลือกจะส่งให้เครื่องพิมพ์ ถ้าเครื่องพิมพ์พร้อมขานี้จะเปิด แต่ถ้าเครื่องพิมพ์ปิดขานี้จะเปิด และสัญญาณการทำงานจะเปิด คอมพิวเตอร์จะรับรู้โดยส่งสายสัญญาณควบคุมและหยุดการส่งข้อมูล

3.2.6 เซ็ตเครื่องพิมพ์

ถ้าคอมพิวเตอร์ต้องการรีเซ็ตเครื่องพิมพ์ และ เคลียร์ บัฟเฟอร์(Buffer) สัญญาณการติดต่อสำหรับหน้าที่นี้คือ ขา 31 โดยขา 31 จะเปิดอยู่นอกจากเกิดการรีเซ็ต ถ้าขานี้เป็น “0” จะทำให้เครื่องพิมพ์ปิดและกลับมาเปิดใหม่ ขาสัญญาณนี้จะส่งจากคอมพิวเตอร์ไปยังเครื่องพิมพ์ โดยขาราวด์ของขาสัญญาณนี้จะอยู่ที่ขา 30

3.2.7 ขาสัญญาณเวลา

RS-232 จะมีสัญญาณเวลาในการส่งและการรับสำหรับการส่งแบบนี้พร้อมกัน ส่วนการส่งแบบขนานจะมีสัญญาณการส่งอย่างเดียว ขา 1 หรือขารับรู้การส่งข้อมูลจะต้องได้จังหวะพอดีกัน การรับข้อมูลโดยสัญญาณนาฬิกาจะส่งให้กับเครื่องพิมพ์ และการอ่านข้อมูลของบิตต่างๆ ในการรับรู้จะอยู่ในช่วงเวลาสั้น ๆ ประมาณ 1×10^{-6} วินาที โดยเมื่อตัวอักษรถูกอ่านเข้าไป ขาการรับรู้จะปิดในระยะเวลาสั้น ๆ จากนั้นจะเป็น “0” อีกครั้งเมื่อได้รับอักษรตัวต่อไปเข้ามา จากรูปเป็นตารางเวลาของการติดต่อแบบขนาน โดยดูจากขาสัญญาณ acknowledge และ busy



รูปที่ 3.7 แสดงตารางเวลาของการติดต่อแบบขนาน

3.2.8 การจำลองเครื่องพิมพ์

การที่จะต้องจำลองเครื่องพิมพ์นั้นเป็นเพราะมีการใช้เครื่องพิมพ์แบบต่างๆ มากมาย และการใช้รหัสควบคุมและขนาดของเครื่องพิมพ์ต่างๆ โดยการติดต่อแบบขนานนี้ แสดงในตาราง

ที่ 3.2 เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดงการติดต่อแบบขนาน

Pin	Signal	Pin	Signal
1	DATASTROBE	19	Twisted Pair Ground
2	Data Bit 1	20	Twisted Pair Ground
3	Data Bit 2	21	Twisted Pair Ground
4	Data Bit 3	22	Twisted Pair Ground
5	Data Bit 4	23	Twisted Pair Ground
6	Data Bit 5	24	Twisted Pair Ground
7	Data Bit 6	25	Twisted Pair Ground
8	Data Bit 7	26	Twisted Pair Ground
9	Data Bit 8	27	Twisted Pair Ground
10	ACKNOWLEDGE	28	Twisted Pair Ground
11	BUSY	29	Twisted Pair Ground
12	PAPER OUT	30	INPUT PRIME RETURN
13	SELECT	31	INPUT PRIME
14	GROUND	32	FAULT
15	Not Use	33	GROUND
16	GROUND	34	Not Use
17	CHASSIS GROUND	35	Not Use
18	+ 5 V	36	Not Use

3.2.9 บัฟเฟอร์ (BUFFER)

เป็นที่รู้กันว่าเครื่องพิมพ์ทำงานช้ากว่าคอมพิวเตอร์มาก ดังนั้นถ้าต้องการพิมพ์งานจำนวนมากผู้ใช้จำเป็นต้องเก็บข้อมูลเร็ว ๆ และส่งออกไปทำงาน โดยส่งออกไปที่เครื่องพิมพ์และพิมพ์งานออกมา และบัฟเฟอร์ก็เป็นตัวที่ทำหน้าที่นี้

บัฟเฟอร์จะมีขนาดของหน่วยความจำขนาดต่าง ๆ และแบบต่าง ๆ บัฟเฟอร์สามารถรับข้อมูลแบบขนานหรืออนุกรมก็ได้ โดยจะมีความซับซ้อนมาก เช่นในกรณีที่คอมพิวเตอร์เป็นการติดต่ออนุกรม ส่วนเครื่องพิมพ์เป็นแบบขนาน บัฟเฟอร์จะถูกนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาในการติดต่อของอุปกรณ์ทั้งสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



คอมพิวเตอร์สามารถส่งข้อมูลแบบอนุกรมไปยังบัพเฟอร์และส่งสัญญาณควบคุมไปด้วย บัพเฟอร์จะส่งข้อมูลออกไปยังเครื่องพิมพ์เป็นแบบขนาน ซึ่งเครื่องพิมพ์ที่ต่อกับบัพเฟอร์ก็จะเหมือนต่ออยู่กับคอมพิวเตอร์ ส่วนสัญญาณควบคุมและการเกิดความผิดพลาด บัพเฟอร์จะเป็นตัวจัดการ ในทางกลับกันถ้าคอมพิวเตอร์จะส่งข้อมูลแบบขนานและเครื่องพิมพ์เป็นแบบอนุกรม บัพเฟอร์ก็จะสามารถทำงานให้คอมพิวเตอร์กับเครื่องพิมพ์ติดต่อกันได้ ซึ่งจะทำให้การติดต่อกับอุปกรณ์มีความเหมาะสม แต่ต้องระวังไว้ว่า ถ้าคอมพิวเตอร์กับเครื่องพิมพ์ส่งหรือรับข้อมูลแบบขนานอยู่ก่อนแล้วไม่จำเป็นต้องใส่บัพเฟอร์

3.2.10 สวิตช์ ABC

สวิตช์ ABC เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเชื่อมอุปกรณ์หลาย ๆ ตัวโดยใช้สวิตช์ เช่น คอมพิวเตอร์หนึ่งเครื่องเชื่อมกับสวิตช์ไปยังเครื่องพิมพ์ 2 ตัว หรือเครื่องพิมพ์ 1 เครื่องไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์หลาย ๆ เครื่องโดยอุปกรณ์ต่าง ๆ จะถูกต่อกับสวิตช์ เช่น ในกรณีที่อุปกรณ์ของพอร์ต A, B ต่อกับพอร์ต C เมื่อสวิตช์เปิดของพอร์ต A จะได้ว่าพอร์ต A และพอร์ต C ต่อกันอยู่แต่ถ้าพอร์ต B เปิดจะได้ว่าพอร์ต B และพอร์ต C ติดต่อกันอยู่ ซึ่งสวิตช์แบบนี้สามารถต่อกับอุปกรณ์อื่น ๆ ได้มากกว่า 2 ตัว เข้ากับอุปกรณ์ภายใน 1 ตัว

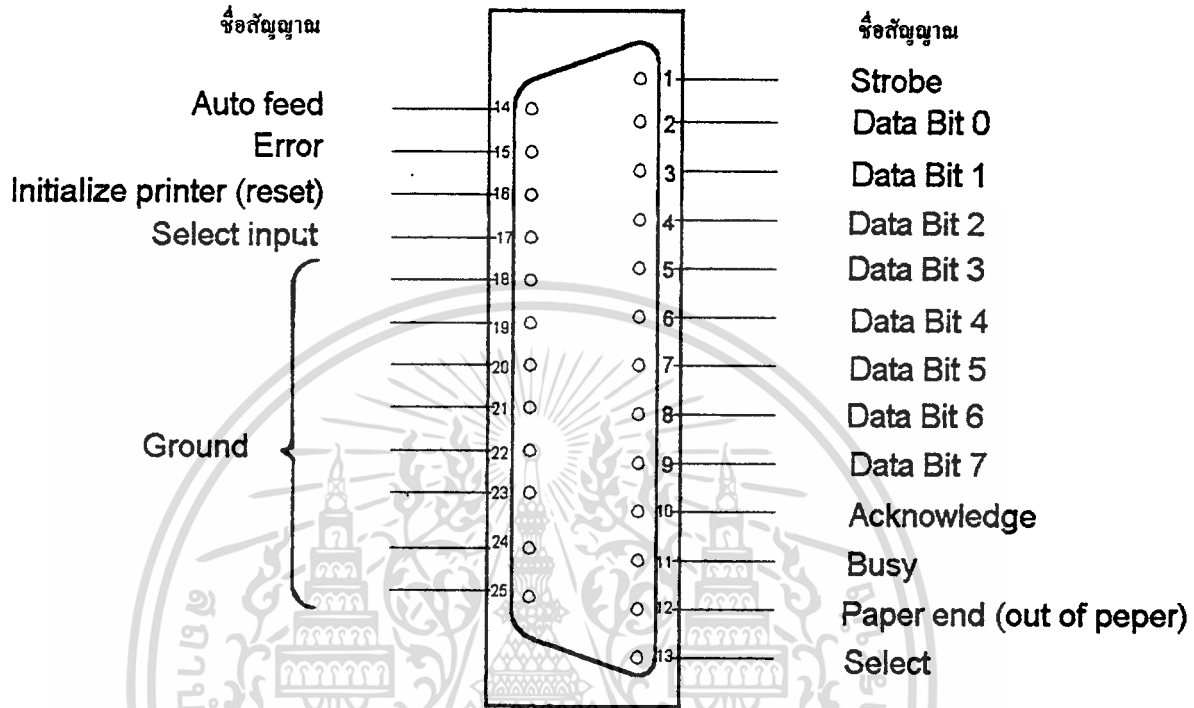
ชี้ให้เห็นว่าสวิตช์เป็นอุปกรณ์ที่เป็นเส้นทางไว้ส่งผ่าน และห้ามมีสายสัญญาณมาตัดผ่าน โดยการต่อของ A-C และ B-C ถือว่าเป็นเส้นทางตรงที่ผ่านได้ ถ้าสวิตช์ ABC เป็นแบบขนาน ขาทั้ง 36 ขา จะแยกกว่าขาใดไปที่พอร์ตใด

3.2.11 การติดต่อแบบขนานแบบ IBM

เวลานี้เราใช้การส่งข้อมูลแบบขนานเป็นมาตรฐาน โดย IBM ได้เป็นผู้ออกแบบไว้ซึ่งใช้การเชื่อมต่อโดย DB-25 มี 25 ขาสำหรับการติดต่อแบบขนาน หมายความว่า ขา 36 ขานั้นไม่ได้ใช้ทั้งหมด เครื่องพิมพ์ส่วนใหญ่ที่ติดต่อแบบขนานจะใช้ แอมฟินอล เพราะ DB-25 ไม่สามารถใช้แทน แอมฟินอล ได้

การต่อขาของ DB-25 จะเป็นตัวผู้ และพอร์ตของคอมพิวเตอร์จะเป็นตัวเมีย ดังนั้นในการออกจากคอมพิวเตอร์จะต้องดูด้วยว่าจะต่อแบบใด ฉะนั้นตัวเมียจะเป็นพอร์ตแบบขนานส่วน

ตัวผู้เป็นพอร์ตอนุกรมโดยขาของ DB-25 แสดงไว้ในรูปที่ 3.15 และ ตารางที่ 3.3 ส่วนตารางที่ 3.4 เป็นตัวปรับให้การต่อของ DB-25 กับ แอมป์นอล เหมือนกัน



รูปที่ 3.8 แสดงขาของพอร์ตแบบขนานของ IBM

ตารางที่ 3.3 แสดงขาพอร์ตแบบขนานของ IBM

DB25 Pin	Function
1	Strobe
2	Data bit 0
3	Data bit 1
4	Data bit 2
5	Data bit 3
6	Data bit 4
7	Data bit 5
8	Data bit 6
9	Data bit 7
10	Acknowledge

11	Busy
12	Paper end (out of paper)
13	Select
14	Auto feed
15	Error
16	Initialize printer (reset)
17	Select input
18-25	Ground

ตารางที่ 3.4 แสดงการปรับต่อขาของ DB-25 และ แอมฟินอล (Amphenol)

DB25	Amphenol
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	32
16	31
17	36
18	33
19	19
20	
21	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DB25	Amphenon
22	25
23	27
24	29
25	30

3.2.12 การติดต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ

ได้เกิดขึ้นเพราะเครื่องพิมพ์จะมีหลายพอร์ตไว้เพื่อประโยชน์ในการติดต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ เมื่อจะเลือกใช้พอร์ตไหนก็สามารถใช้งานได้

3.2.13 สัญญาณควบคุม

การเลือกแบบนี้จะไม่สัมพันธ์กันเมื่อใช้การติดต่อแบบขนาน โดยสายสัญญาณจะใช้ทางฮาร์ดแวร์ มาตรฐานนี้จะใช้กับแบบอนุกรม

3.2.14 ความเร็วในการรับส่งข้อมูล

เมื่อใช้การติดต่อแบบขนานจะเกิดการไม่สัมพันธ์กัน แต่ถ้าเป็นแบบอนุกรมความเร็วจะได้จังหวะกันพอดี สัญญาณการรับรู้ในการติดต่อแบบขนานจะขึ้นอยู่กับ การส่งข้อมูล โดยถ้าเป็นการส่งแบบขนานจะไม่นำความเร็วมาคิด

3.3 เครื่องรับส่งวิทยุและการติดต่อสื่อสาร

3.3.1 ข้อจำกัดในการสื่อสาร

การติดต่อสื่อสารพื้นฐานของมนุษย์นั้นเป็นการสื่อสารความหมายโดยเสียงพูด และการเขียน การสื่อสารโดยการเขียนพัฒนาจากการนำสารและกลายเป็นหนังสือพิมพ์ แล้วกลายเป็นระบบไปรษณีย์เป็นการส่งโทรเลข จนถึงปัจจุบันเป็นการส่งข่าวสารทางอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Mail)

ความก้าวหน้าทางการสื่อสารด้านวิทยุช่วยให้เราติดต่อสื่อสารกันได้ไกลมากขึ้น โดยวิธีการเปลี่ยนเสียงพูดให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า ขยายให้เป็นคลื่นเสียงแล้วทำการเกาะผสมกับคลื่นพาหะแล้วส่งไปยังเครื่องรับที่อยู่ห่างออกไป อย่างไรก็ตามหากเราส่งเสียงพูดออกไปในรูปของคลื่นเสียงจะมีปัญหาเกิดขึ้นดังนี้

ประการแรก การที่จะส่งที่มีประสิทธิภาพต้องใช้สายอากาศที่มีความยาวอย่างน้อย $\lambda/4$ ของความยาวคลื่น 3000 เฮิร์ตซ์ จะต้องใช้สายอากาศยาวอย่างน้อย 25 กิโลเมตร

ประการที่สอง แม้ว่าแก้ปัญหาสายอากาศได้แต่ก็เกิดปัญหามากกว่า เราส่งได้เพียงที่ละสถานี เพราะทุกสถานีก็ใช้ความถี่เสียงเท่ากัน

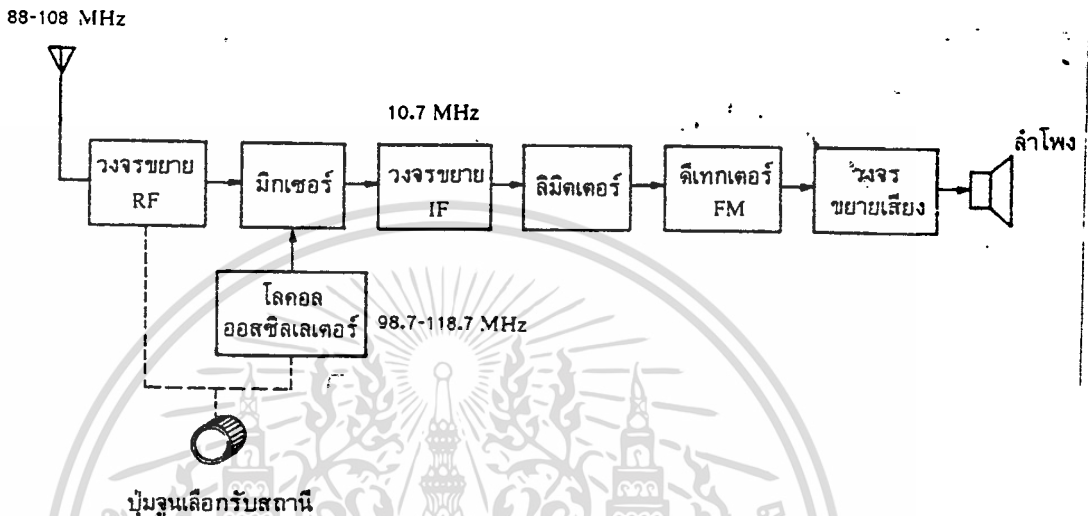
ประการที่สาม ในการส่งโดยใช้ความถี่ใกล้เคียงกันกับความถี่เสียงนั้น ยังไม่มีประสิทธิภาพเพราะยังส่งไปได้ไม่ไกล

ปัญหาดังกล่าวเราสามารถแก้ไขได้โดยการใช้สัญญาณความถี่สูงเป็นพาหะให้สัญญาณเสียงพูดเกาะไปเมื่อส่งไปถึงเครื่องรับ พาหะที่มีสัญญาณเสียงพูดมาเกาะด้วยก็จะถูกแยกและกลับคืนตัวเป็นเสียงพูดตามเดิม วิธีแรกเรียกว่า การมอดูเลต (modulation) หมายถึงสัญญาณเสียงเข้าไปมอดูเลตบนคลื่นพาหะ วิธีการหลังนี้เราเรียกว่า การดีมอดูเลต (demodulation) นิยมเรียกสั้นๆ ว่า ดีมอด หรือ ดีเทก (detect) หมายถึงการแยกสัญญาณเสียงที่มอดูเลตบนคลื่นพาหะกลับคืนมา

3.3.2 เครื่องรับชนิดซูเปอร์เฮตเทอโรไดน์

เครื่องรับชนิดซูเปอร์เฮตเทอโรไดน์ อาศัยหลักการแปลงความถี่ของสัญญาณ FM ให้กลายเป็นความถี่คงที่ค่าหนึ่ง (Intermediate Frequency) ซึ่งช่วยในการออกแบบวงจรเครื่องรับทำได้สะดวกขึ้น วงจรที่สำคัญในเครื่องรับชนิดนี้คือ วงจรโลคอล

ออสซิลเลเตอร์ (local oscillator) และวงจรมิกเซอร์ (Mixer) สัญญาณ RF จากสายอากาศ ถูกแปลงความถี่ลงปานกลาง (Intermediate frequency) ซึ่งมีค่าระหว่างความถี่ RF กับความถี่เสียง (AF)



รูปที่ 3.9 แผนผังของเครื่องรับ FM

วิธีการแปลงความถี่ในวงจรมิกเซอร์ เกิดขึ้นเนื่องจาก การผสมคลื่นจากโลคอล ออสซิลเลเตอร์ ซึ่งมีความถี่ห่างจากความถี่ RF เท่ากับ 10.7 เมกกะเฮิร์ตซ์พอดี ความถี่ของ ออสซิลเลเตอร์อาจจะสูงกว่าหรือต่ำกว่า ความถี่ RF การป้อนแบบนี้เรียกว่า ป้อนด้านสูง (High side rejection) สมมติว่าเราต้องการรับสัญญาณความถี่ 100 เมกกะเฮิร์ตซ์ วงจรขยาย RF จะถูกจูนไว้ที่ความถี่ 100 เมกกะเฮิร์ตซ์ และยอมให้ความถี่แคบๆบริเวณ 100 เมกกะ เฮิร์ตซ์ ผ่านเข้ามาแล้วป้อนให้มิกเซอร์ การหมุนบิดหน้าปัดนั้นนอกจากจะจูนวงจรขยาย RF แล้วยังต้องจูนวงจรโลคอลออสซิลเลเตอร์ไปพร้อมๆกันด้วย การจูนพร้อมกันนี้เรียกว่า แทร็ก (track) ตามกัน ความถี่ของออสซิลเลเตอร์ต้องเท่ากับ $100 + 10.7$ เมกกะเฮิร์ตซ์พอดี

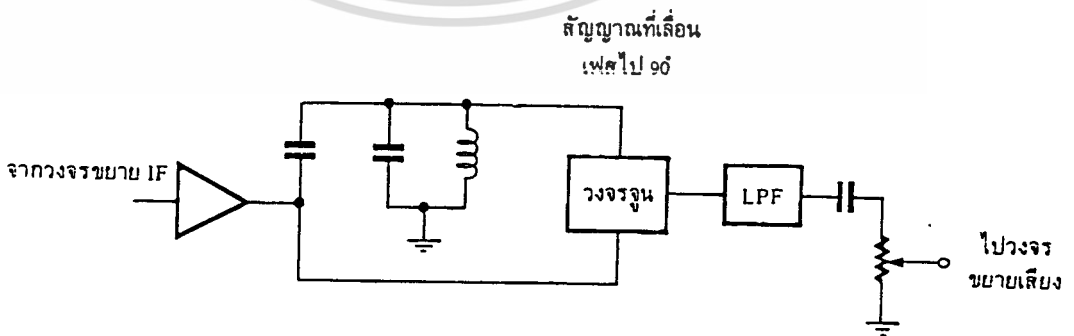
เมื่อสัญญาณทั้งสองป้อนให้กับ วงจรมิกเซอร์ ซึ่งเป็นวงจรที่ทำงานแบบไม่เชิงเส้น เอาต์พุตที่ได้จากมิกเซอร์จะประกอบด้วยความถี่ผลรวมและผลต่าง เมื่อป้อนให้

สัญญาณดังกล่าวให้กับวงจร IF ซึ่งจูนไว้ที่ความถี่ 10.7 เมกะเฮิร์ตซ์ ดังนั้นสัญญาณผลรวมจะถูกกำจัดทิ้งไป คงเหลือแต่ความถี่ผลต่างเท่านั้นที่สามารถผ่านวงจรขยาย IF ไปได้

วงจรขยาย IF ก็คือวงจรขยาย RF ที่จูนไว้ที่ความถี่ที่กำหนด (10.7 เมกะเฮิร์ตซ์) วงจรนี้จะมีวงจรเทงค์ทั้งทางด้านอินพุทและเอาต์พุทและมักมีหลาย stage ทั้งนี้เพื่อให้มีอัตราขยายสัญญาณที่รับได้สูงๆและ Selectivity เนื่องจากวงจรขยาย IF จูนไว้คงที่ ความถี่คงที่ไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นการออกแบบวงจรจึงค่อนข้างสะดวกและไม่ต้องการปรับจูนยุ่งยากในวงจรภาค IF

ถ้าพาหะ FM ที่ส่งจากเครื่องส่งมีความถี่เบี่ยงเบนเท่ากับ 50 กิโลเฮิร์ตซ์ (โดยความถี่ FM เท่ากับ 100 เมกะเฮิร์ตซ์ คงเดิม โคลออลออสซอลเลเตอร์คงเดิม และ IF คงเดิม) สัญญาณ IF จะมีความถี่เบี่ยงเบนเท่ากับ 50 กิโลเฮิร์ตซ์ ด้วย ฉะนั้นสัญญาณที่มอดูเลตมาบนพาหะจะยังอยู่ในสัญญาณ IF โดยไม่มีความเพี้ยน แม้ว่าสัญญาณ FM จะลดทอนจากความถี่ 100 เมกะเฮิร์ตซ์ เหลือเพียง 10.7 เมกะเฮิร์ตซ์

สัญญาณที่ได้จากวงจรขยาย IF จะถูกทำการดีเท็คโดยใช้วงจรควอดราเจอร์ (Quadrature detector) ตามรูปที่ 3.10 ซึ่งวงจรนี้อาศัยหลักการคูณสัญญาณ FM กับสัญญาณ FM ตัวเดิม ที่มีกรเลือนเฟสไป 90 องศา ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นสัญญาณมอดูเลต(สัญญาณเสียง)รูปที่ 9.2 กระแสที่ไหลในคอยด์จะมีเฟสต่างจากแรงดันอยู่ 90 องศา กระแสนี้จะป้อนให้วงจรโซแนนซ์ขนาน Z ซึ่งจูนไว้ที่ความถี่กลางของสัญญาณ FM ที่ผ่านวงจร เรโซแนนซ์จะกลายเป็นสัญญาณ PM หลังจากสัญญาณคูณกันแล้วจะได้สัญญาณที่อยู่ในรูปสัญญาณความถี่สูงและสัญญาณความถี่ต่ำ ความถี่สูงจะถูกกรองทิ้งไปโดย LPF เหลือเพียงแต่ความถี่ต่ำซึ่งก็เป็นข้อมูล



รูปที่ 3.10 วงจรควอดราเจอร์ดีเทคเตอร์

บทที่ 4

การออกแบบ

ในการออกแบบโครงงานเครื่องพักข้อมูลไร้สายนี้จะแบ่งงานออกเป็น 3 ส่วน คือ เครื่องพักข้อมูล, เครื่องรับข้อมูล และส่วนสื่อสารข้อมูลไร้สาย

- ส่วนเครื่องพักข้อมูล

ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8031 เป็นตัวควบคุมการทำงานของส่วนนี้ทั้งหมด โดยมีการต่อขยายพอร์ตเพิ่มขึ้นด้วย ไอซีเบอร์ 8255 สองตัวโดยทำงานติดต่อกับคอมพิวเตอร์ตัวหนึ่ง อีกตัวหนึ่งติดต่อกับเครื่องพิมพ์ และขยายหน่วยความจำอีก 64 กิโลไบต์ โดยแบ่งออกเป็น 8 แบ็งก์ (bank) แบ็งก์ละ 8 กิโลไบต์ และอาศัยพอร์ตขนานภายในของ 8031 เป็นตัวเลือกแบ็งก์ ดังแสดงตามรูปที่ 4.1, 4.2 และ 4.3

- ส่วนเครื่องรับข้อมูล

ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8031 เป็นตัวควบคุมการทำงานเช่นเดียวกันแต่มีการขยายพอร์ตด้วย 8255 เพียงตัวเดียวเพื่อรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์เท่านั้นและไม่มี การขยายหน่วยความจำเพิ่ม ใช้เพียงหน่วยความจำภายใน 128 ไบต์ สามารถติดต่อกับส่วนเครื่องพักข้อมูลได้โดยผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรมภายใน รูปที่ 4.4 แสดงวงจรในส่วนเครื่องรับ

- ส่วนสื่อสารข้อมูลไร้สาย

ในการส่งข้อมูลด้วยสัญญาณวิทยุจำเป็นต้องแปลงสัญญาณข้อมูลให้มีความถี่สูงขึ้นเพื่อให้สามารถส่งได้ระยะทางไกลขึ้นซึ่งทำได้โดยผสมสัญญาณข้อมูลเข้ากับสัญญาณพาหะความถี่สูงซึ่งประกอบด้วย ภาคส่งและภาครับสัญญาณ

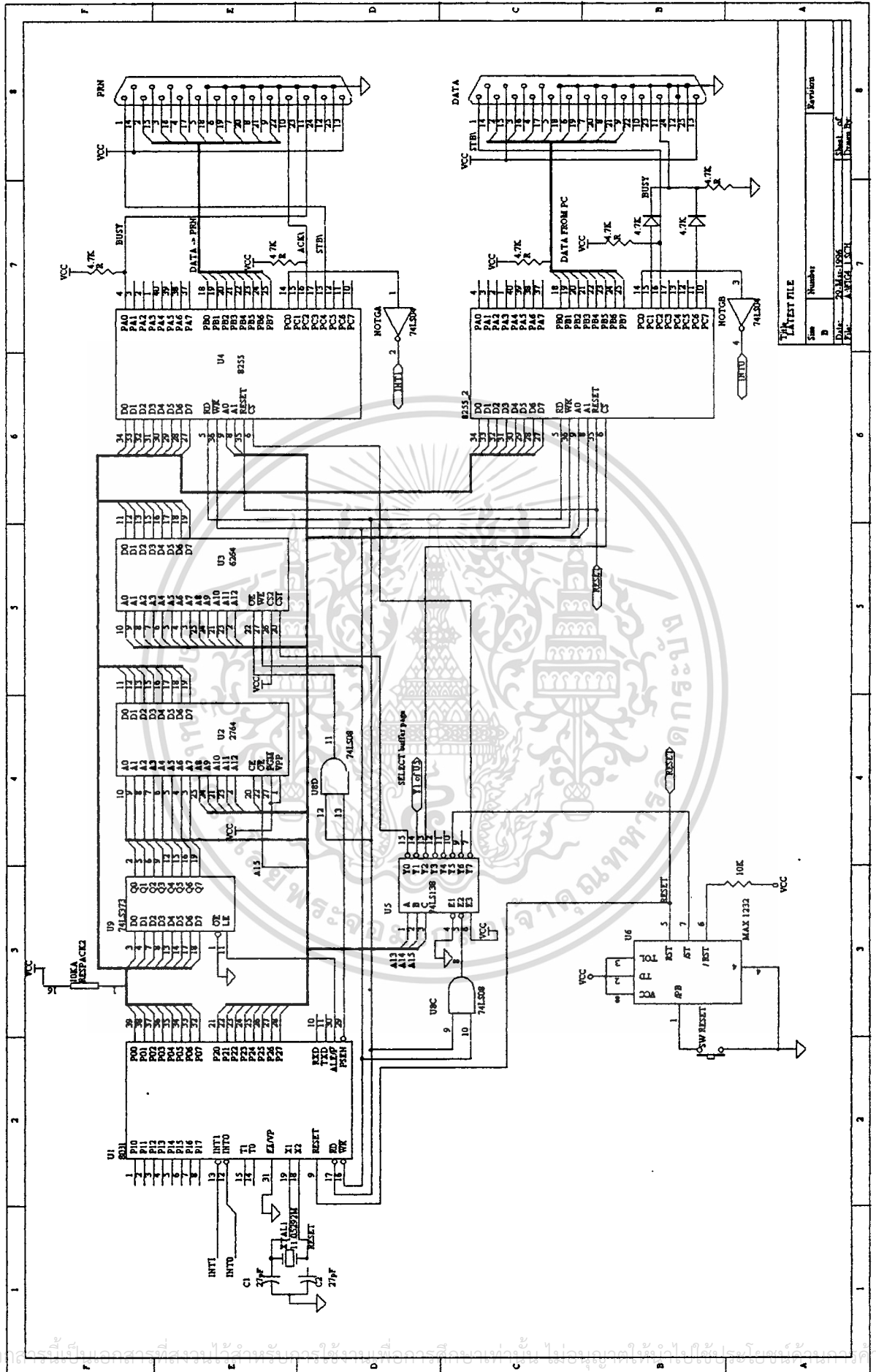
4.1 การออกแบบภาคส่ง RF

ประกอบด้วยส่วนแปลงสัญญาณจากคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัล ให้เป็นสัญญาณอนาลอก และส่วนของเครื่องส่งวิทยุ ในส่วนของการแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณ

อนาลอก ใช้ไอซีเบอร์ XR 2206 เป็น FSK มอดูเลเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.5 โดยมีวิธีการคำนวณเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ค่าตัวแปรต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในภาคผนวก-ข

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TEST FILE

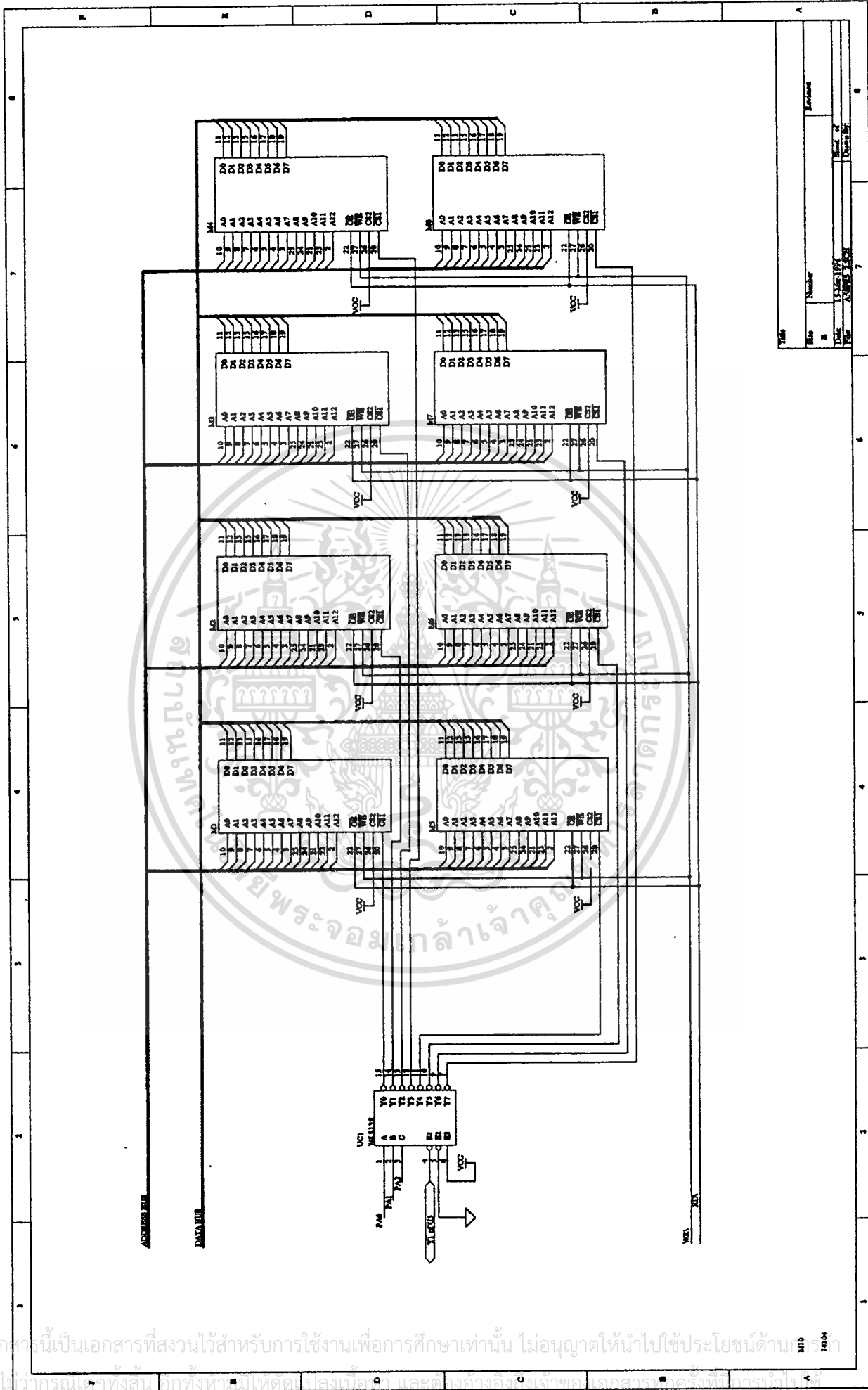
Sim	Number	Version
D	20 Mar 1996	Sheet of
	DATE: 13 OCT 1996	Drawn By

รูปที่ 4.1 วงจรส่วนเครื่องพิมพ์ดีด

RESPACKS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์นอกห้องเรียน

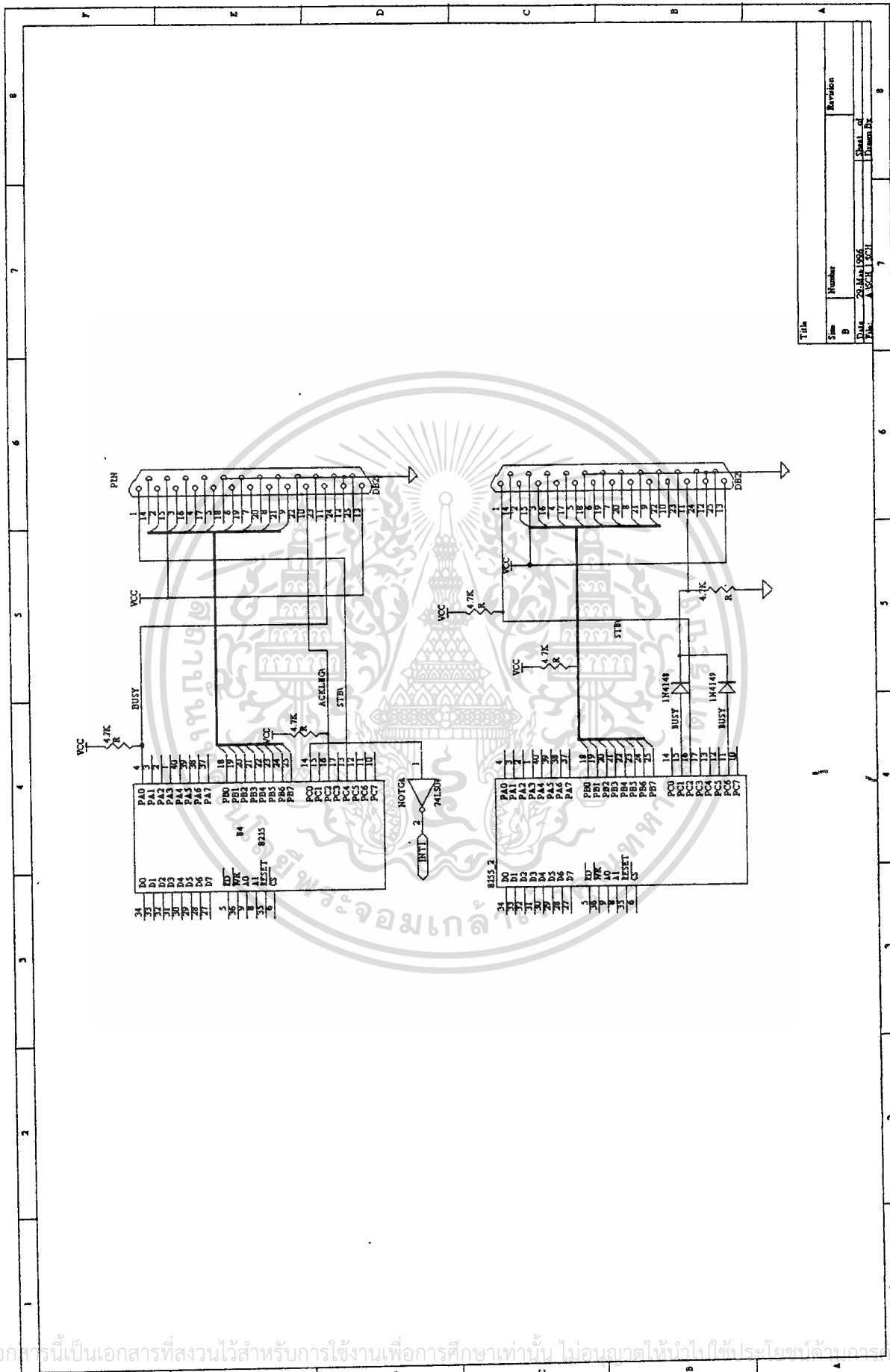
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Yield	
Size	Number
B	
Date	15-Mar-1994
Doc	ASAP15.FASCH
Proj	
Revision	7

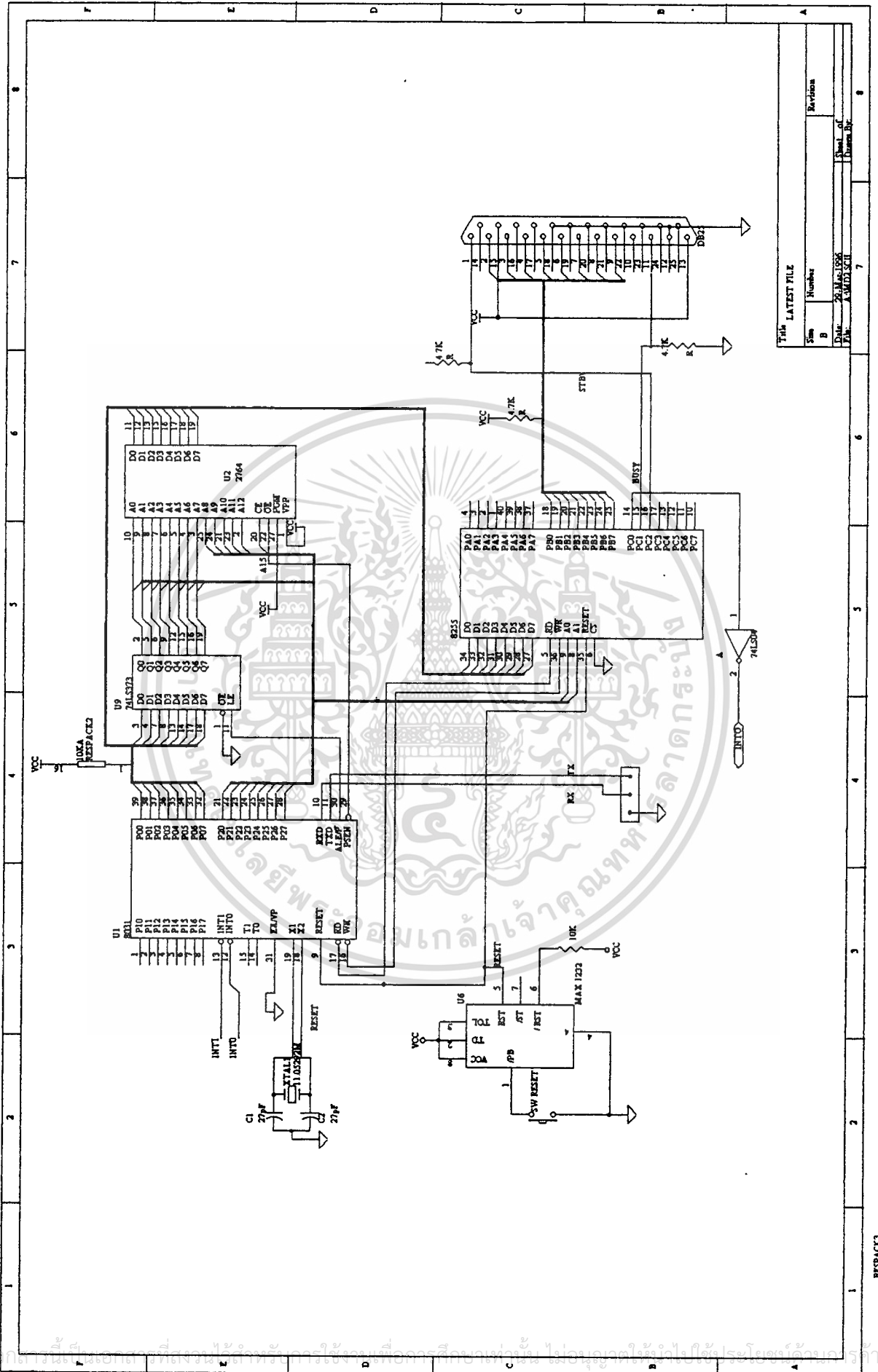
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านธุรกิจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านธุรกิจ



Title		Revision	
Sim	Number		
DATE		Sheet of	
FILE		Pages	
29-Mar-2006		1	
A:SCIL.SCH		8	

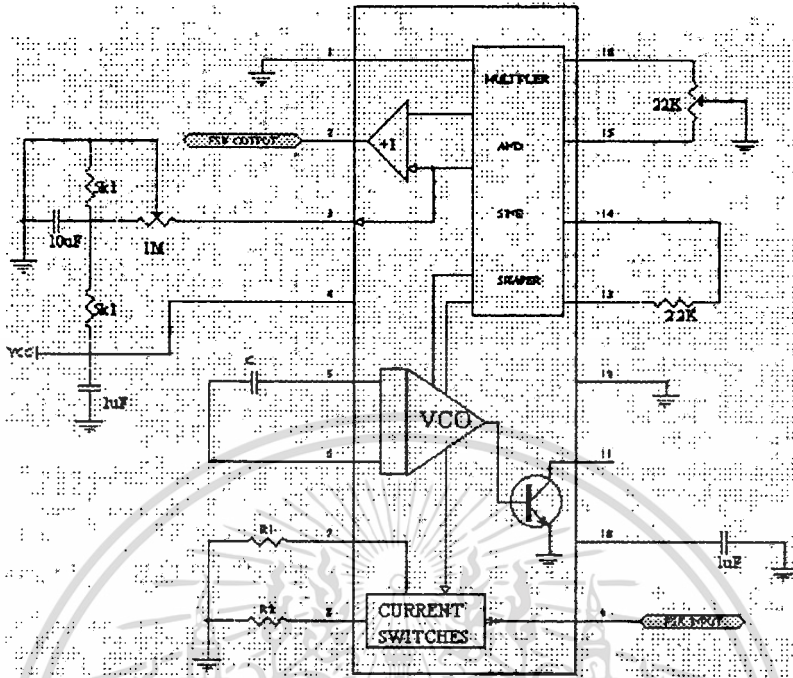
รูปที่ 4.3 แสดงการต่อพอร์ตรับ



Title		LATEST FILE	
Sim	Number	Sheet of	Revision
B		7	
Date	20.11.2024	Drawn by	
File	3.VMD13.C11	Checked by	

รูปที่ 4.4 แสดงวงจรในส่วนเครื่องรับ

RESPACK3



รูปที่ 4.5 แสดงวงจร FSK มอดูเลเตอร์

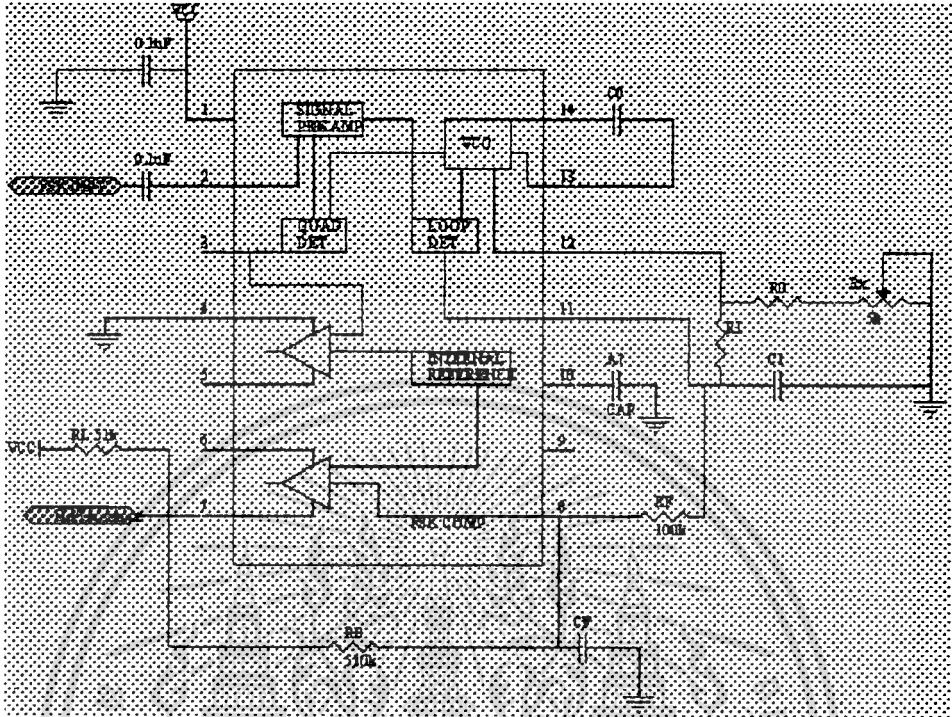
ในส่วนของเครื่องส่งวิทยุ ใช้เครื่องส่งแบบ FM ชนิด ฮาล์ฟ-ดูเพล็กซ์ (Half duplex) โดยมีความถี่ในการส่งประมาณ 27 เมกกะเฮิร์ตซ์ ทำการส่งสัญญาณอนาลอกจาก FSK ออกอากาศ

4.2 การออกแบบภาครับ RF

ประกอบด้วยส่วนของเครื่องรับวิทยุ และส่วนแปลงสัญญาณอนาลอกจากเครื่องรับวิทยุ กลับเป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่อส่งต่อไปยังส่วนพักข้อมูล

ในส่วนของเครื่องรับวิทยุ Rx เป็นเครื่องรับแบบ FM ชนิด Half- duplex ความถี่ประมาณ 27 เมกกะเฮิร์ตซ์

ในส่วนของการแปลงสัญญาณจากอนาลอกกลับมาเป็นสัญญาณดิจิทัล ใช้ไอซีเบอร์ XR 2211 มาตรฐานวงจร FSK ดีมอดูเลเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.6 โดยมีวิธีการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ดังแสดงไว้ในภาคผนวก-ค.



รูปที่ 4.6 แสดงวงจร FSK คีมอดูเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การออกแบบซอฟต์แวร์

5.1 แนวความคิดในการออกแบบ

ในโครงการนี้สามารถแบ่งการออกแบบซอฟต์แวร์ได้เป็น 2 ส่วนคือส่วนเครื่องพักข้อมูล และส่วนเครื่องรับข้อมูลจากเครื่องพิมพ์แต่หลักการออกแบบจะคล้ายกันจึงขอล่าวอย่างละเอียดเฉพาะส่วนเครื่องพักข้อมูล เครื่องพักข้อมูลนี้มีแนวทางการออกแบบได้หลายทางแต่วิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพก็คือการใช้อินเตอร์รัปเป็นหลักทั้งในการรับข้อมูลและการส่งข้อมูล

5.2 ต้นแบบในโครงสร้างซอฟต์แวร์

ต้นแบบของซอฟต์แวร์การพักข้อมูลจะแสดงตามแผนภูมิการไหลรูปที่ 5.1 โปรแกรมหลัก, รูปที่ 5.2 โปรแกรมบริการอินเตอร์รัป, รูปที่ 5.3 แสดงการจัดการหน่วยความจำ ตามโครงสร้างวิธีนี้การรับข้อมูล และการส่งข้อมูลจะอาศัยการอินเตอร์รัปเป็นหลักโดยในโปรแกรมหลักจะทำเพียงการตรวจสอบเงื่อนไขพิเศษที่ทำให้กระบวนการอินเตอร์รัปไม่สามารถดำเนินได้อย่างถูกต้องเช่นเงื่อนไขหน่วยความจำเต็มไม่สามารถถูกอินเตอร์รัปการรับข้อมูลอินเตอร์รัปได้ , เงื่อนไขการส่งข้อมูลครั้งแรก เป็นต้น

พิจารณาจากรูปที่ 5.1 สิ่งที่โปรแกรมหลักจะต้องทำคือ การใส่ค่าเริ่มต้นต่าง ๆ รวมถึงค่าเริ่มต้นของแฟลทบอกระบบสถานะที่ถูกนำไปใช้ในการตรวจสอบเงื่อนไขในโปรแกรมหลักเช่นแฟลทบอกระบบการอินเตอร์รัปรับข้อมูลถูกห้ามไว้ให้เป็น "0" เพราะที่สถานะเริ่มต้นอินเตอร์รัปรับข้อมูลจะต้องได้รับอนุญาต, แฟลทบอกระบบต้องส่งข้อมูลออกเพื่อนำร่องอินเตอร์รัปให้เป็น "1" เพราะเมื่อเริ่มต้นจะยังไม่มีข้อมูลถูกส่งออกไปเลยจึงยังไม่มีอินเตอร์รัปกลับมาแน่นอนจึงต้องมีแฟลทนี้เพื่อทำให้เกิดการส่งครั้งแรกออกไปเพื่อเข้าสู่กระบวนการอินเตอร์รัปต่อไป หลังจากที่ทำการใส่ค่าเริ่มต้นเสร็จเรียบร้อยแล้วก็จะเข้าสู่การตรวจสอบเงื่อนไขพิเศษต่าง ๆ เช่น เงื่อนไขของการยกเลิกการอินเตอร์รัปรับข้อมูล เงื่อนไขของการส่งข้อมูลนำร่อง เป็นต้น ซึ่งโปรแกรมหลักก็จะวนตรวจสอบเงื่อนไขต่าง ๆ เหล่านี้ เพื่อรอกระบวนการอินเตอร์รัป การตรวจสอบการยกเลิกการอินเตอร์รัปรับข้อมูลก็จะตรวจสอบค่าในหน่วยความจำก่อนว่ายังเต็มอยู่หรือไม่ ถ้ายังเต็มอยู่ก็ยังไม่สามารถรับข้อมูลได้จึงไม่สามารถอนุญาตการอินเตอร์รัปรับข้อมูลได้ แต่ถ้าหน่วยความจำว่างแล้วก็สามารถรับข้อมูลได้ พร้อมทั้งให้แฟลทบอกระบบการอินเตอร์รัปรับข้อมูลถูกห้ามไว้เท่ากับ "0" แล้วจึงออกไปตรวจสอบเงื่อนไขอื่นต่อไป การตรวจสอบการส่งข้อมูลออกเพื่อนำร่องอินเตอร์รัปในกรณีนี้ แฟลทบอกระบบนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำร่องนี้เป็น “1” ให้ตรวจสอบว่ามีข้อมูลที่จะส่งออกหรือไม่ ถ้ามีก็ส่งข้อมูลออกไปพร้อมทั้งเคลียร์แฟลคนำร่องอินเตอร์รัปนี้ แต่ถ้าไม่มีข้อมูลที่จะส่งออกก็ให้กลับสู่โปรแกรมหลักจนตรวจสอบเงื่อนไขต่อไปเพื่อรออินเตอร์รัป

รูปที่ 5.2 แสดงให้เห็นถึงแผนภูมิการไหลของการบริการอินเตอร์รัปทั้งรับและส่งข้อมูล ในกรณีการรับข้อมูลจะรับข้อมูลเข้ามาก่อนแล้วตรวจสอบว่าหน่วยความจำเต็มอยู่หรือไม่ ถ้าหน่วยความจำเต็มก็ไม่สามารถรับข้อมูลได้จึงกำหนดแฟลคบอกการอินเตอร์รัปรับข้อมูลถูกห้ามไว้เท่ากับ “1” แล้วจึงออกจากการบริการอินเตอร์รัป ส่วนในกรณีของการส่งข้อมูลจะตรวจสอบว่ามีข้อมูลจะพิมพ์หรือไม่ก่อน ถ้ามีก็จะส่งข้อมูลออกพิมพ์ ถ้าไม่มีก็กำหนดแฟลคส่งข้อมูลเพื่อนำร่องเท่ากับ “1”

5.3 โครงสร้างซอฟต์แวร์ของโครงการนี้

การออกแบบโครงสร้างซอฟต์แวร์นี้แสดงไว้ตามรูปที่ 5.4 - 5.11

รูปที่ 5.4 แสดงการจัดการหน่วยความจำ โครงการนี้จัดสรรหน่วยความจำสำหรับคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องไว้ที่ตำแหน่งที่แน่นอนแยกจากกัน และยังต้องมีการจัดสรรหน่วยความจำบางส่วนเพื่อเก็บตารางแสดงลำดับการพิมพ์ และ ตารางค่าแอดเดรสจบไฟล์

รูปที่ 5.5 แสดงแผนภูมิการไหลของโปรแกรมหลัก ในแผนภูมินี้จะมีงานหลักที่ต้องทำก็คือ การตรวจสอบเงื่อนไขของอินเตอร์รัปรับข้อมูลถูกห้ามไว้ เงื่อนไขของการส่งข้อมูลเพื่อนำร่องอินเตอร์รัป การตรวจสอบตัวนับเพื่อหาแอดเดรสจบไฟล์ นอกจากนี้ยังมีการตรวจสอบเงื่อนไขพิเศษอีกบ้าง คือ การตรวจสอบการใส่ลำดับพิเศษซึ่งทำขึ้นมาเมื่อไฟล์ข้อมูลมีขนาดเกินหน่วยความจำที่กำหนดไว้

รูปที่ 5.6 แสดงแผนภูมิการไหลของ โปรแกรมย่อยการใส่ลำดับข้อมูล ซึ่งถ้าข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ก็จะทำการใส่ลำดับให้ ถ้าไม่มีข้อมูลจากคอมพิวเตอร์แล้วลำดับของข้อมูลจะเป็น “0”

รูปที่ 5.7 แสดงแผนภูมิการไหลของ โปรแกรมย่อยการใส่ค่าแอดเดรสการจบไฟล์

รูปที่ 5.8 แสดงแผนภูมิการไหลของ โปรแกรมย่อยการส่งพิมพ์ เมื่อโปรแกรมทำการส่งพิมพ์ข้อมูลแล้วจะทำการตรวจสอบว่าจบไฟล์แล้วหรือไม่ ถ้าจบไฟล์แล้วจะทำการเคลียร์ลำดับการพิมพ์ ถ้ายังไม่จบไฟล์จะกลับไปรออินเตอร์รัปเพื่อทำการพิมพ์ครั้งต่อไป

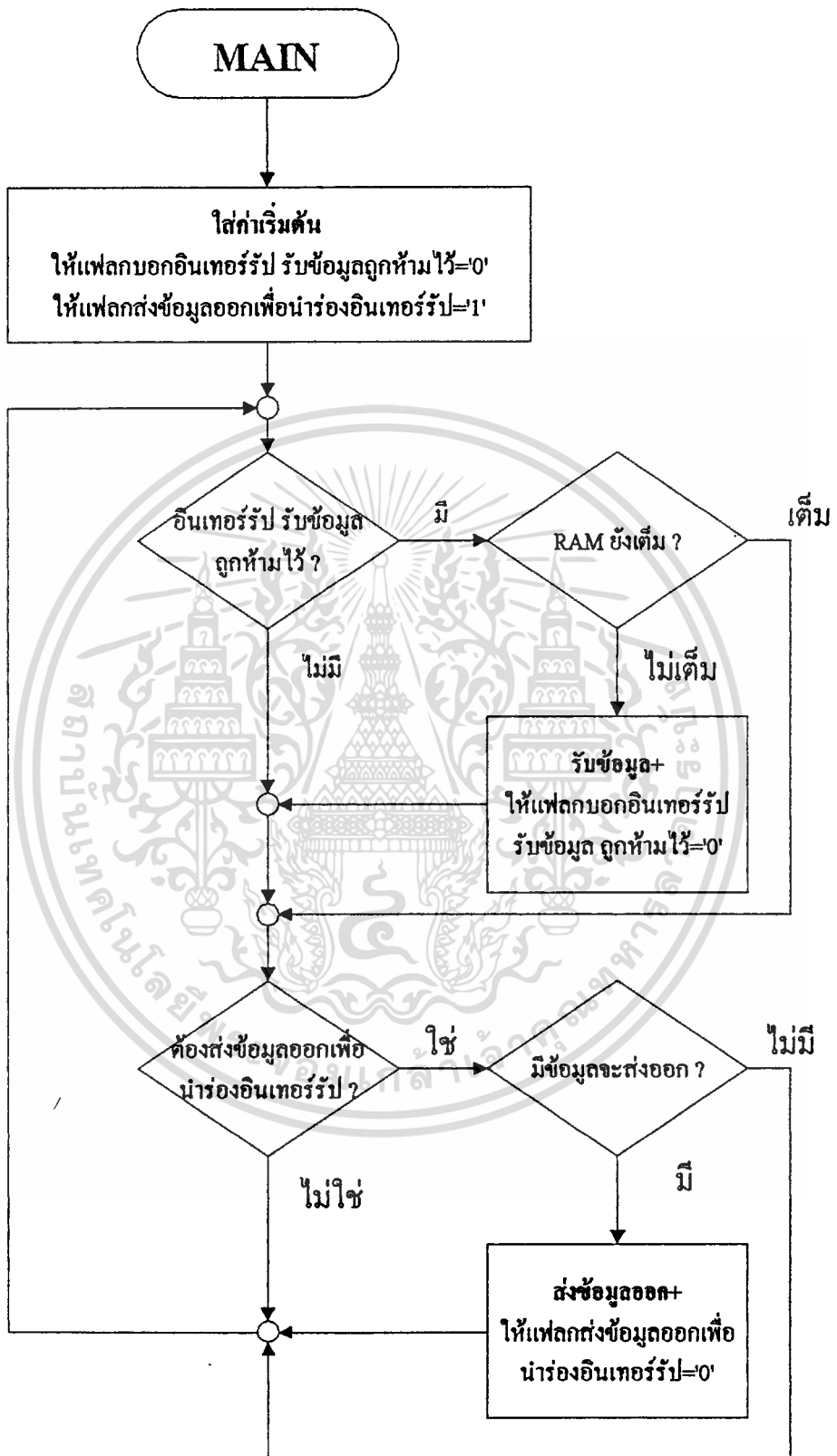
รูปที่ 5.9 แสดงแผนภูมิการไหลของ โปรแกรมย่อยการบริการการส่งพิมพ์ โดยจะตรวจสอบว่ามีข้อมูลที่จะพิมพ์หรือไม่ ถ้ามีจะทำการเรียกโปรแกรมย่อยในรูปที่ 5.8 ถ้าไม่มีจะไปทำการกำหนดแฟลคนำร่องอินเตอร์รัป

รูปที่ 5.10 แสดงแผนภูมิการไหลของโปรแกรมย่อยการรับข้อมูล โปรแกรมนี้จะทำการรับข้อมูลก่อนที่จะทำการเลื่อนค่าตัวชี้ตำแหน่งของหน่วยความจำที่เก็บข้อมูลและ เปรียบเทียบค่าหน่วยความจำเต็มหรือไม่ ถ้าเต็มก็ให้มากำหนดแฟลคหน่วยความจำเต็ม

รูปที่ 5.11 แสดงแผนภูมิการไหลของโปรแกรมย่อยการบริการอินเตอร์รัปการรับข้อมูล โดยจะตรวจสอบว่าหน่วยความจำเต็มหรือไม่ ถ้าไม่เต็มก็รับข้อมูลเข้ามา ถ้าเต็มแล้วจะทำการกำหนดค่าแฟลคอินเตอร์รัปรับข้อมูลถูกห้ามไว้ แล้วจึงออกจากโปรแกรม

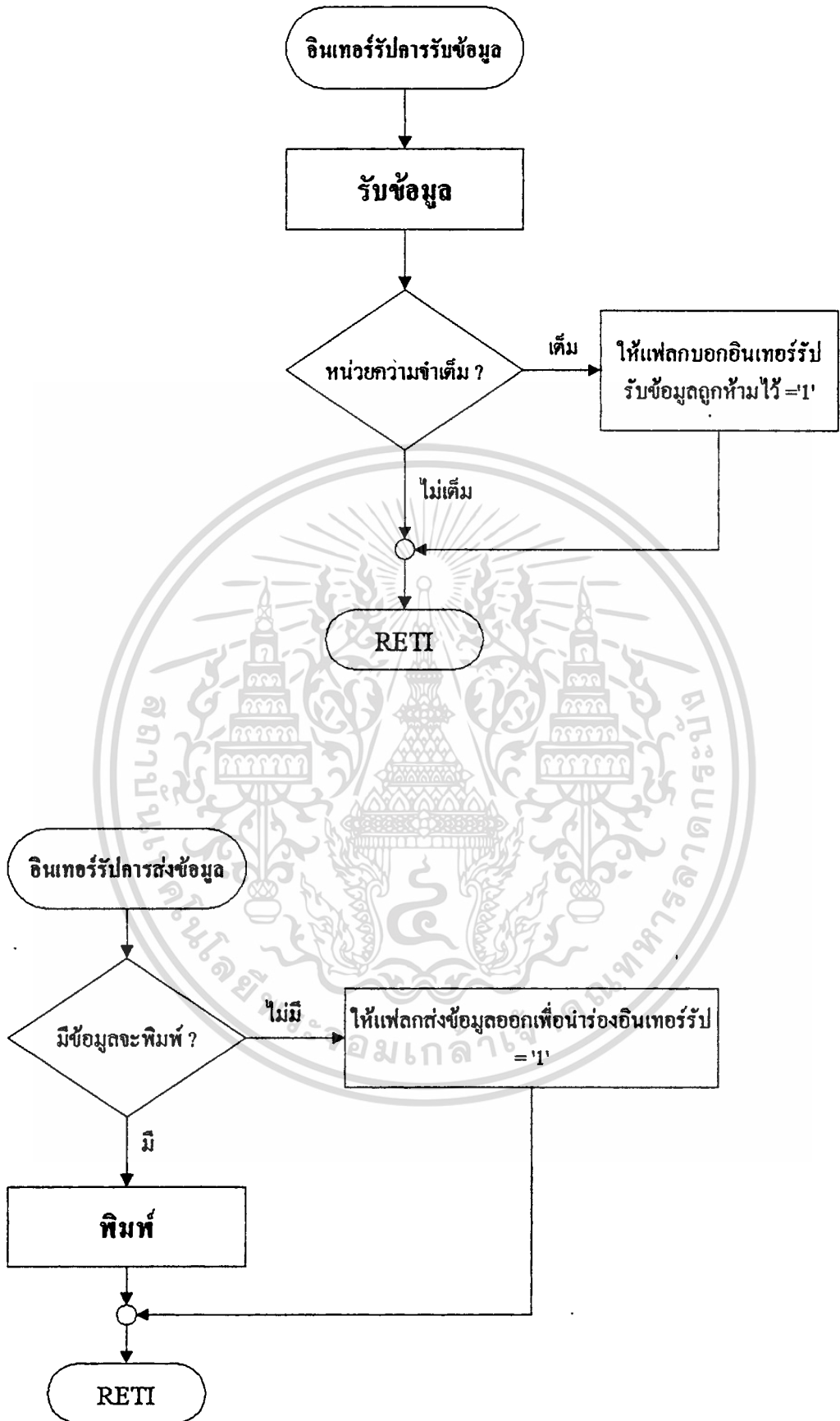
รูปที่ 5.12 แสดงวิธีการส่งข้อมูลอนุกรมโดยจะให้มีแฮนเช็คโดยมีรหัส 2 อย่างคือ รหัสส่งข้อมูลไบต์ใหม่ และรหัสส่งข้อมูลไบต์เก่า เครื่องพักข้อมูลจะเป็นตัวส่งรหัสแฮนเช็คนี้ออกไปให้ส่วนรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์โดย ส่วนรับข้อมูลเมื่อได้รับรหัสนี้แล้วจะตรวจสอบว่าเป็นรหัสอะไรถ้าตรวจพบว่าเป็นรหัสส่งข้อมูลเก่าก็จะส่งข้อมูลไบต์เก่าออกไปแต่ถ้าเป็นรหัสส่งข้อมูลใหม่ก็จะส่งข้อมูลไบต์ใหม่ออกไป เครื่องพักข้อมูลครั้งแรกจะส่งรหัสข้อมูลใหม่ออกไปก่อนเมื่อได้รับข้อมูลจากส่วนรับแล้วจะตรวจสอบพาริตีบิตคิดว่าถูกต้องหรือไม่ ถ้าถูกต้องก็รับข้อมูลเข้าไปแล้วส่งรหัสข้อมูลใหม่ไปให้ส่วนรับในกรณีที่พาริตีบิตผิดเครื่องพักข้อมูลจะยังไม่รับข้อมูลแต่จะส่งรหัสข้อมูลเก่าออกไปแทน

แต่ในการทำโครงการจริงได้ประสบปัญหาอยู่บ้างคือ 1. การส่งสัญญาณ BUSY ให้กับคอมพิวเตอร์นานเกินไปเกินค่าหนึ่งที่คอมพิวเตอร์กำหนดไว้คอมพิวเตอร์จะหยุดส่งข้อมูลแล้วแจ้งข้อความทำงานองว่า "not ready device prm" 2. คอมพิวเตอร์จะตรวจสอบสัญญาณแฮนเช็คแค่บางอย่างเท่านั้นเช่น ไม่ตรวจสอบสัญญาณ ACKNOWLEDGE ในบางครั้งพบว่าแค่กำหนดขา BUSY ให้เป็น "0" ขา ERROR ให้เป็น "1" ตลอดคอมพิวเตอร์ก็สามารถส่งไฟล์ออกพิมพ์ได้เหมือนปกติโดยไม่สนใจแฮนเช็คอื่นๆเลยทั้งที่ไม่มีมารับไฟล์จริงๆ 3. ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้คือเบอร์ 8031 สามารถใช้งานนี้ได้มีพอร์ตให้เลือกใช้งานสะดวกแต่คำสั่งในการอ้างข้อมูล 16 บิตมีให้ใช้น้อยเพราะฉะนั้นในการอ้างหน่วยความจำภายนอกก็จะต้องแยกอ้างไบต์ค่าที่หนึ่งไบต์สูงที่หนึ่งทำให้โปรแกรมค่อนข้างยาว 4. การทำแฮนเช็คกับเครื่องพิมพ์ซึ่งในโครงการนี้ใช้ไอซี 8255 ในการติดต่อกับเครื่องพิมพ์ ซึ่งถ้าดูตาม timing diagram แล้วเวลาที่กำหนดสำหรับสัญญาณ STROBE จะนานอย่างน้อย 1 ไมโครวินาที แต่เมื่อลองใช้งานจริงพบว่าต้องยึดเวลานี้ให้นานออกไปราว 300 ไมโครวินาที



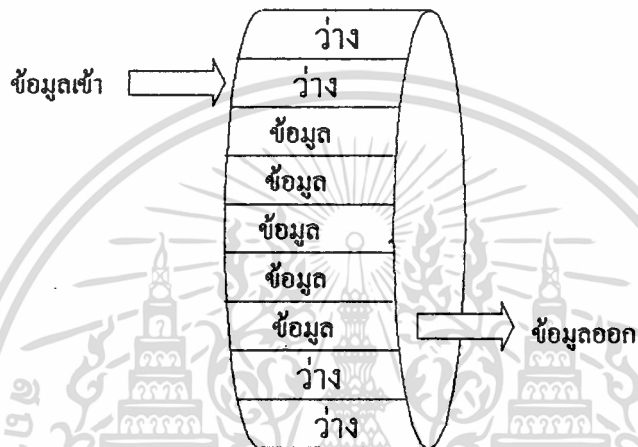
รูปที่ 5.1 โปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



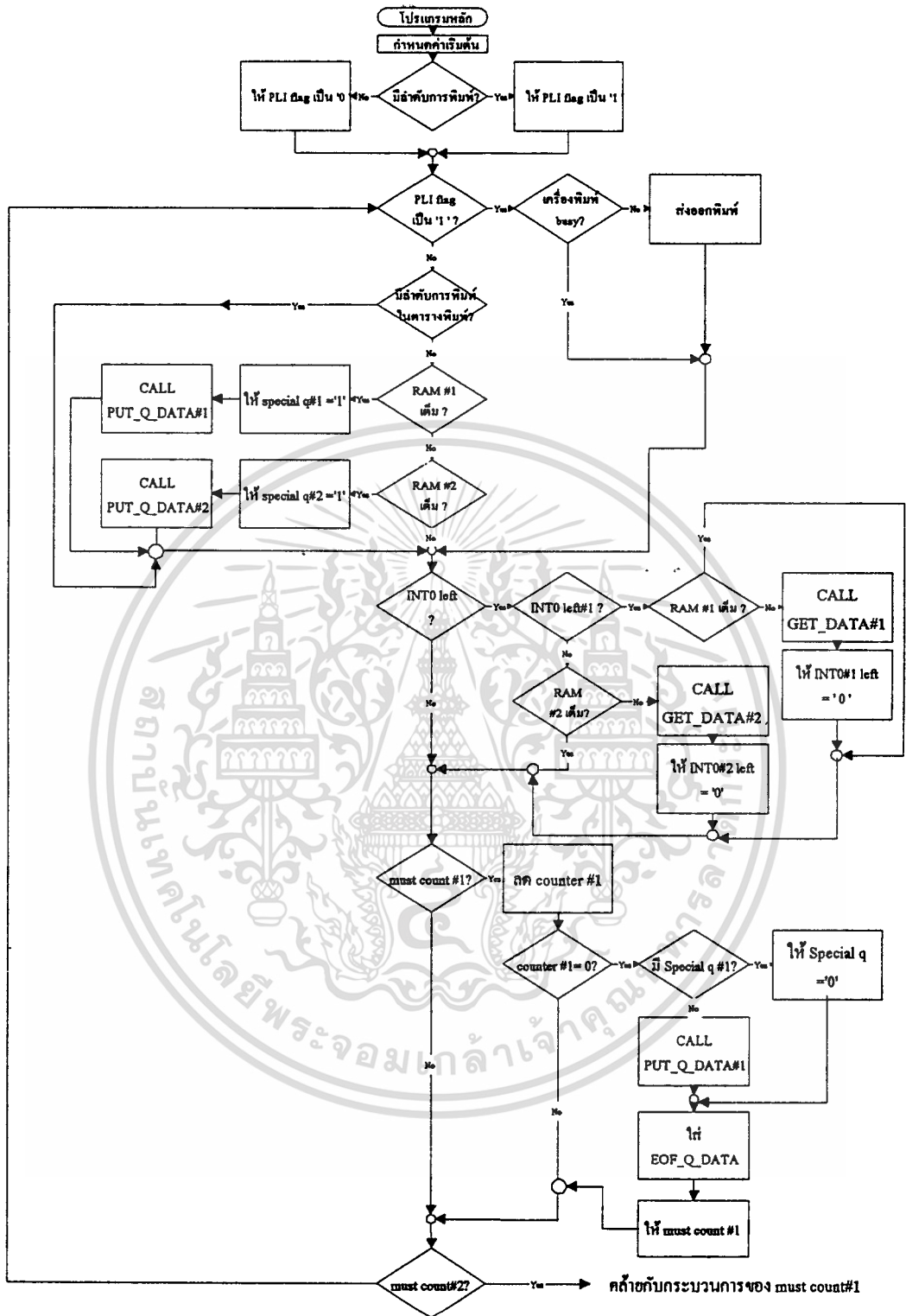
รูปที่ 5.2 โปรแกรมบริการอินเทอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



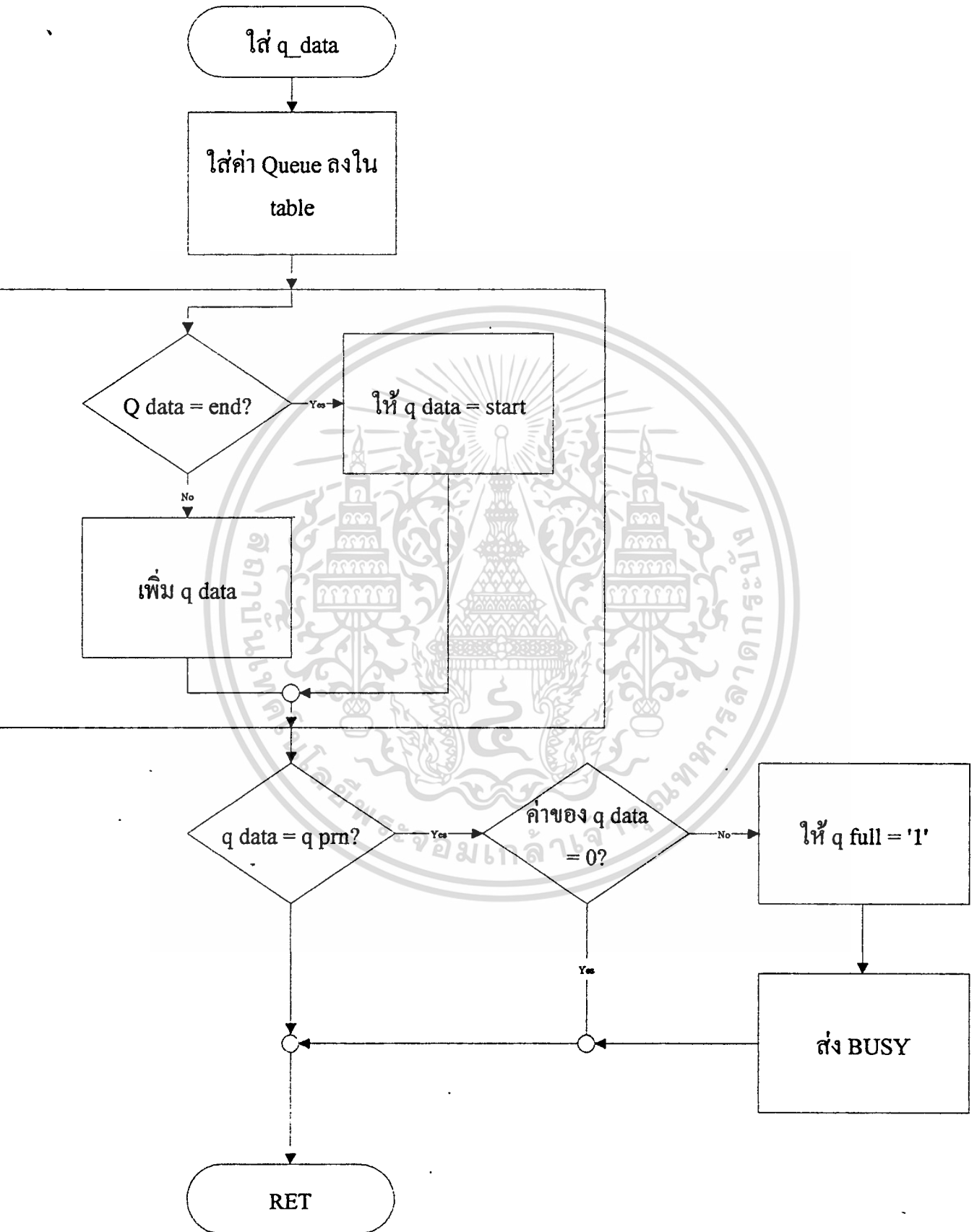
รูปที่ 5.3 แสดงการจัดการหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

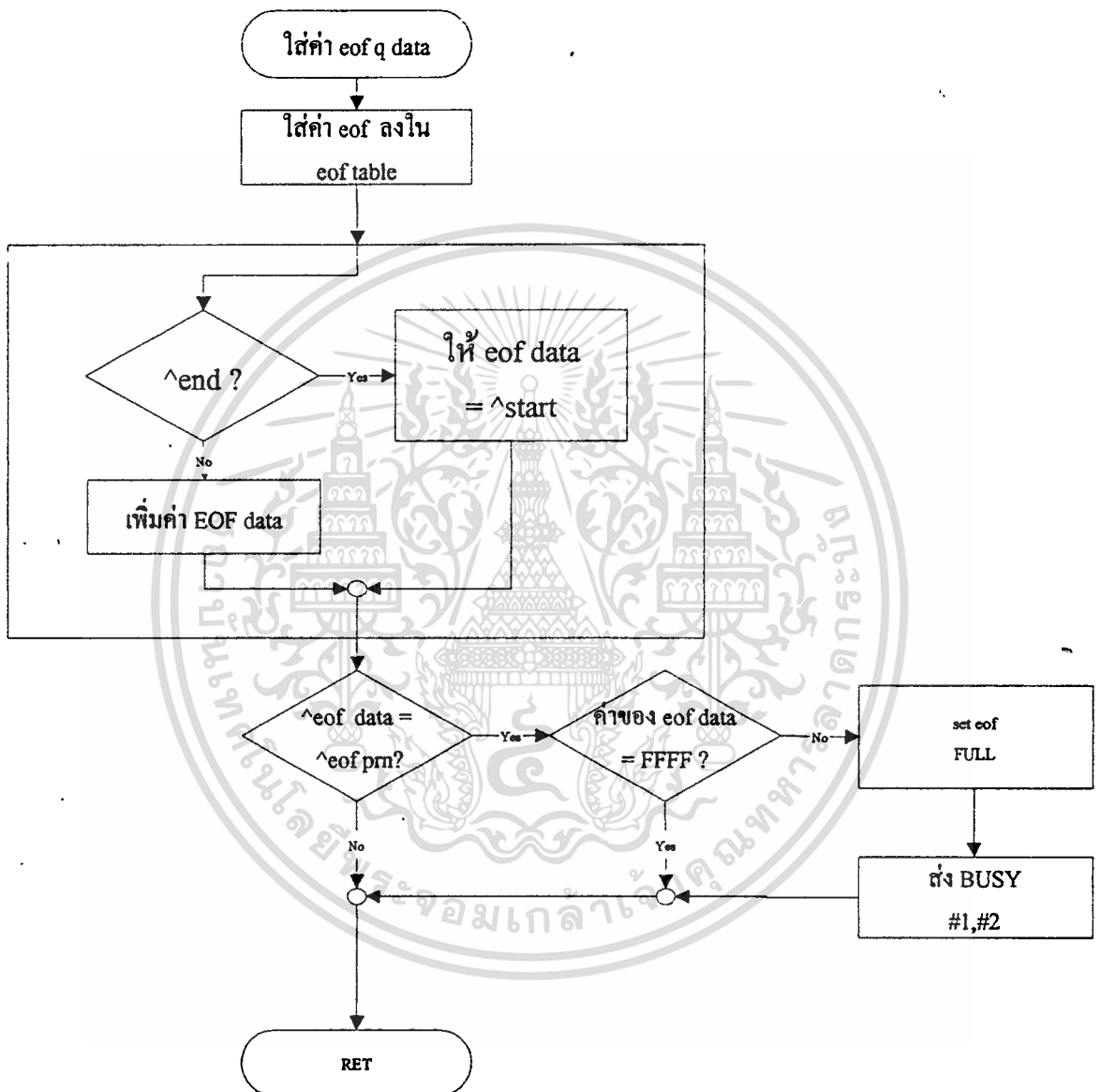


รูปที่ 5.5 แสดงแผนภูมิการไหลของโปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

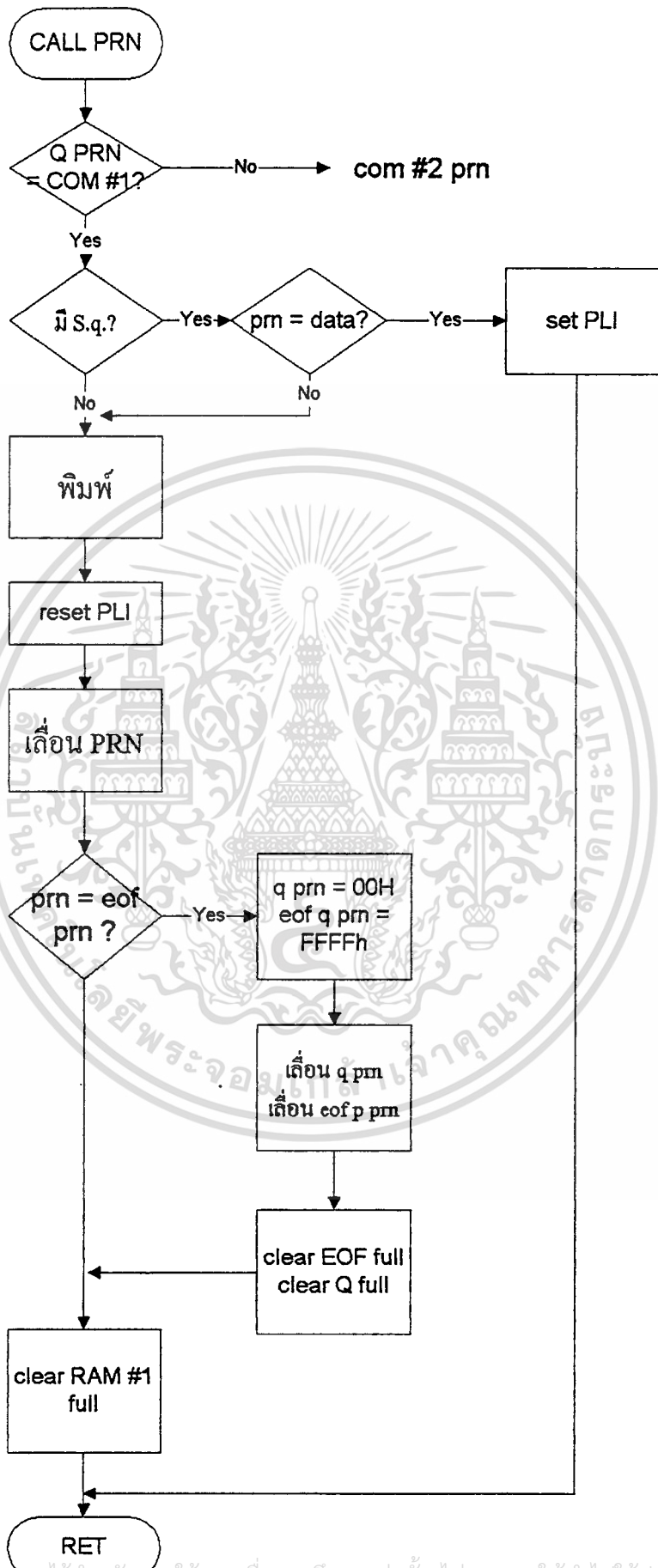


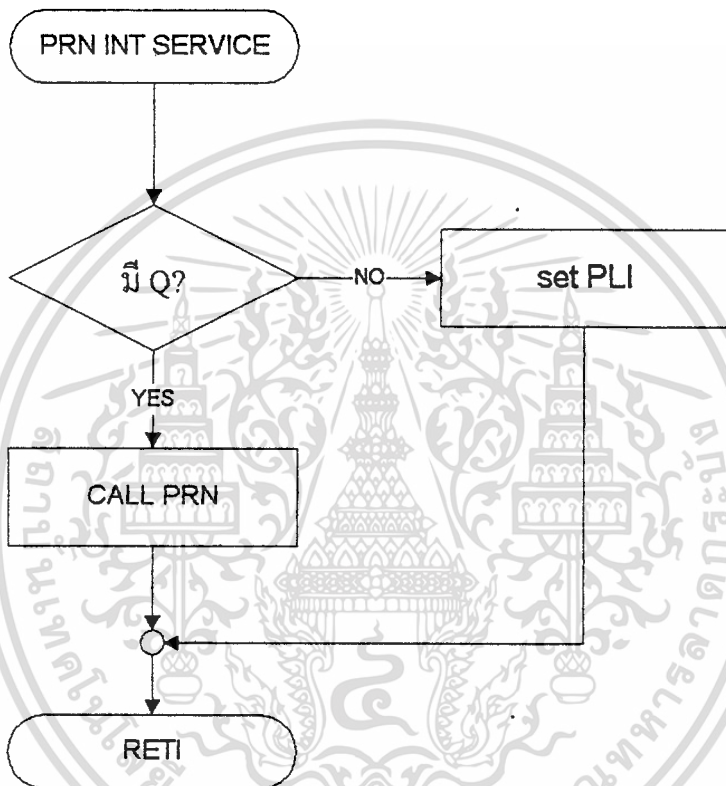
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 5.6 แสดงแผนภูมิการไหลของโปรแกรมย่อยการใส่ลำดับ
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



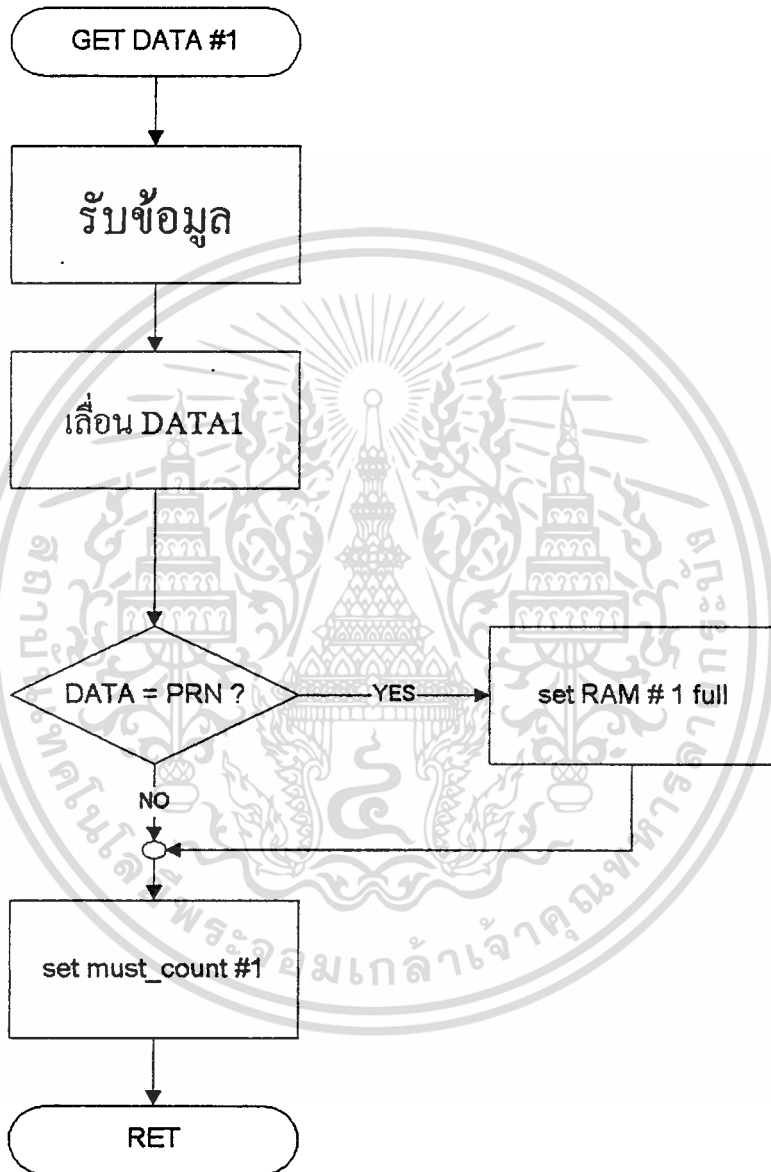
รูปที่ 5.7 แสดงแผนภูมิการไหลของโปรแกรมย่อยการใส่ค่าแอดเดรสการจบไฟล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

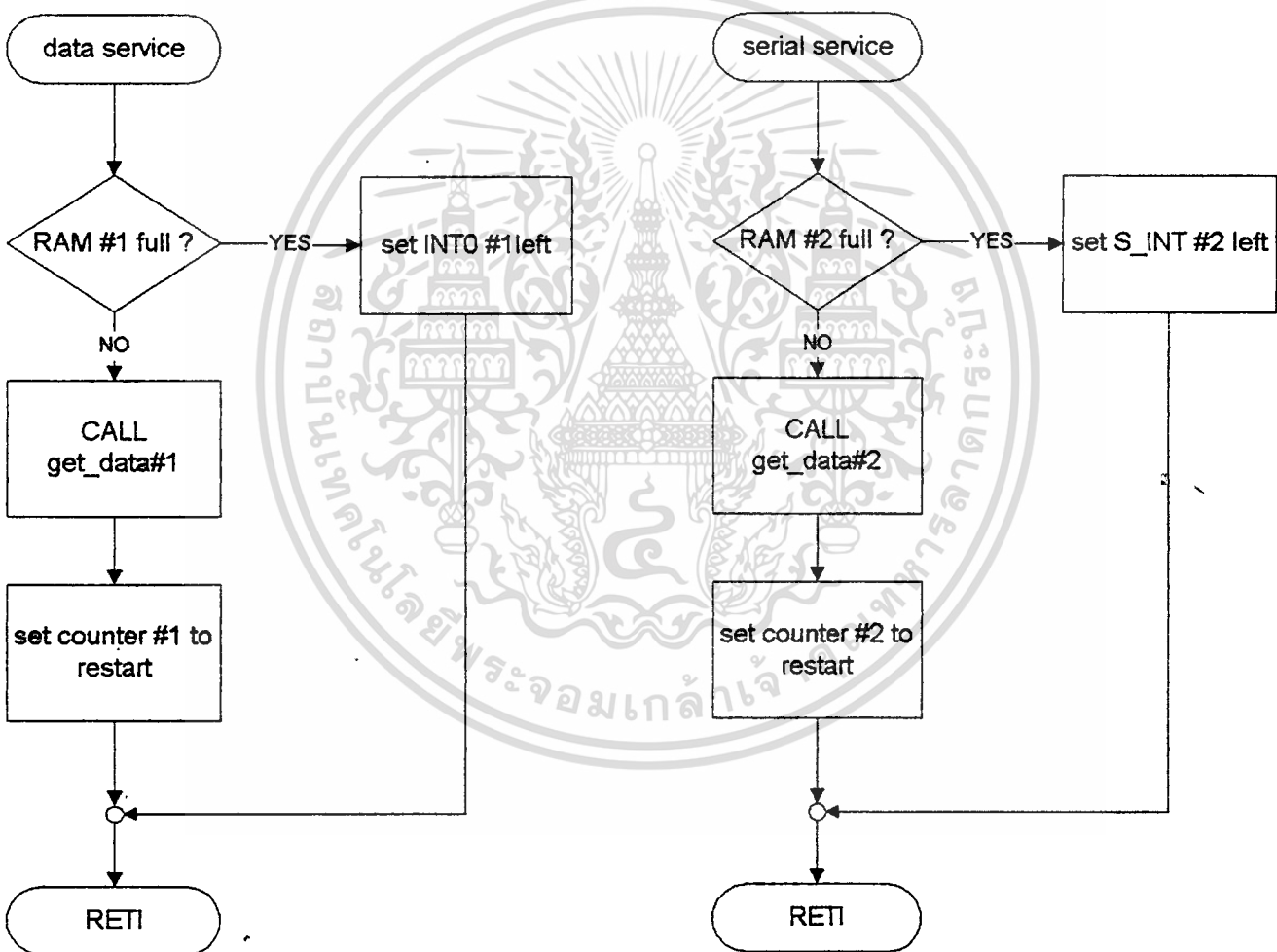




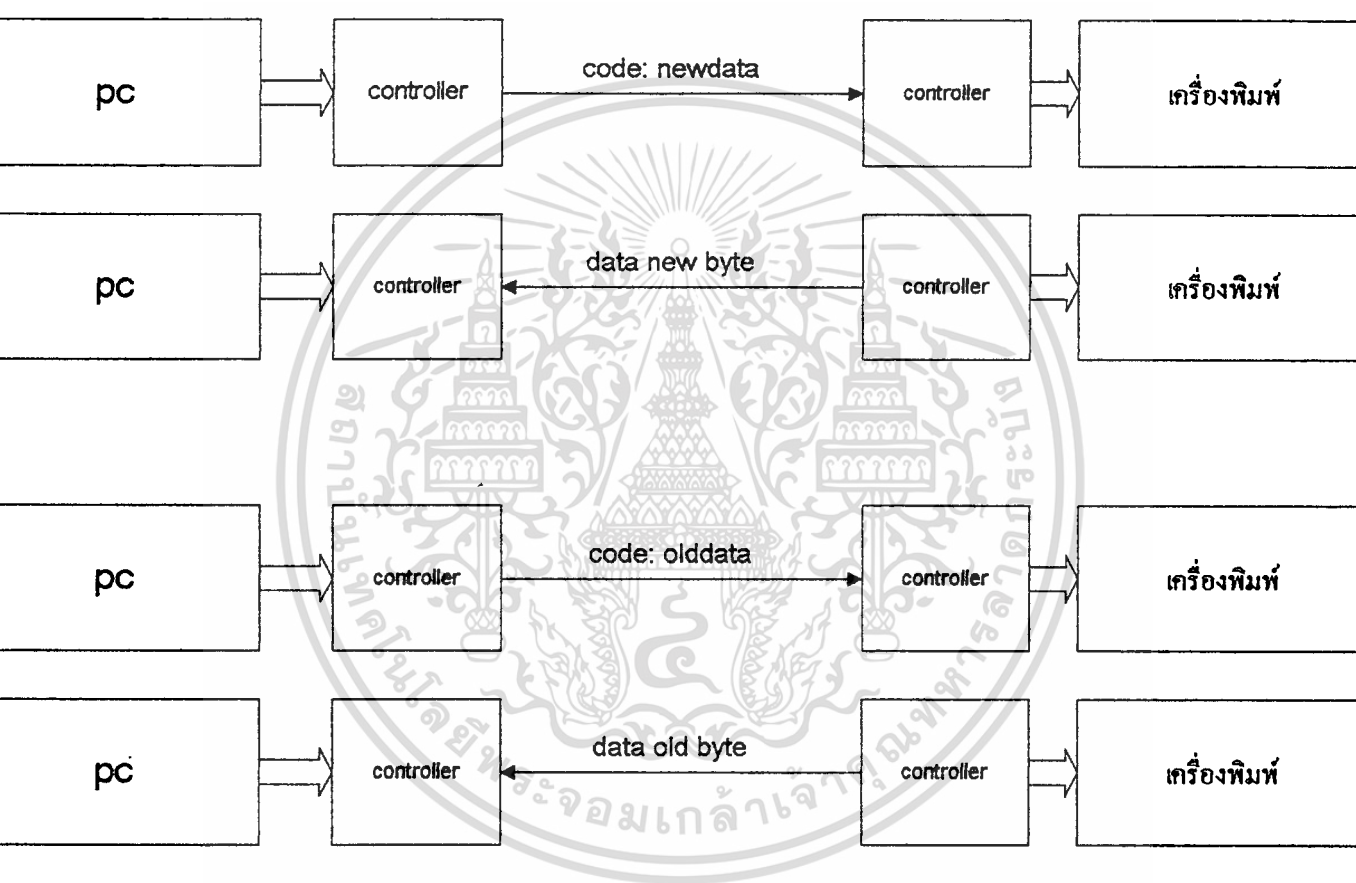
รูปที่ 5.9 แสดงแผนภูมิการไหลของโปรแกรมย่อยการบริการการส่งพิมพ์



รูปที่ 5.10 แสดงแผนภูมิการไหลของโปรแกรมย่อยการรับข้อมูล



รูปที่ 5.11 แสดงแผนภูมิการไหลของโปรแกรมย่อยการบริการอินเตอร์รัปต์การรับข้อมูล



รูปที่ 5.12 แสดงวิธีการส่งข้อมูลอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

ผลการทดลอง

6.1 ผลการทดลองในส่วนของเครื่องพักข้อมูล

เพื่อเปรียบเทียบเวลาที่คอมพิวเตอร์ใช้ในการส่งข้อมูลออกพิมพ์ระหว่างการส่งออกพิมพ์โดยตรง, การส่งออกพิมพ์แบบขนาน และ การส่งออกพิมพ์แบบอนุกรม

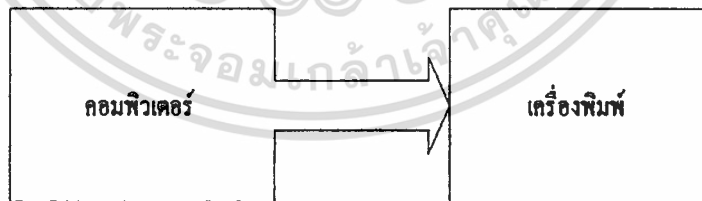
การทดลองในส่วนนี้จะเปรียบเทียบการส่งข้อมูลออกพิมพ์ 2 แบบ ได้แก่

1. การทดลองส่งพิมพ์แบบขนาน
2. การทดลองส่งพิมพ์แบบอนุกรม

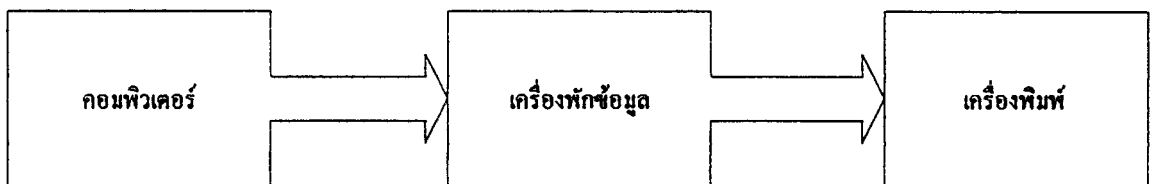
โดยการทดลองนี้จะใช้เครื่องพิมพ์แบบ dot matrix ยี่ห้อ EPSON รุ่น LQ-150 ซึ่งมีหน่วยความจำภายใน 256 ไบต์เป็นเครื่องพิมพ์ทดสอบ และทำการทดสอบพิมพ์ข้อมูลแบบอักขระขนาด 10,000 อักขระ (10 กิโล ไบต์) โดยมีผลการทดลองดังต่อไปนี้

6.1.1 การทดลองส่งพิมพ์แบบขนาน

เพื่อเปรียบเทียบเวลาที่คอมพิวเตอร์ใช้ในการส่งข้อมูลออกพิมพ์ทางเครื่องพิมพ์ซึ่งมีขั้นตอนการส่งพิมพ์โดยมีแผนผังดังรูป 6.1 (ก) และผ่านทางเครื่องพักข้อมูลดังรูป 6.1 (ข)



รูปที่ 6.1 ก. การส่งพิมพ์แบบธรรมดาไม่ผ่านเครื่องพักข้อมูล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 6.1 ขกับการทดสอบเครื่องพักข้อมูลแบบขนานออกขนาน โยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

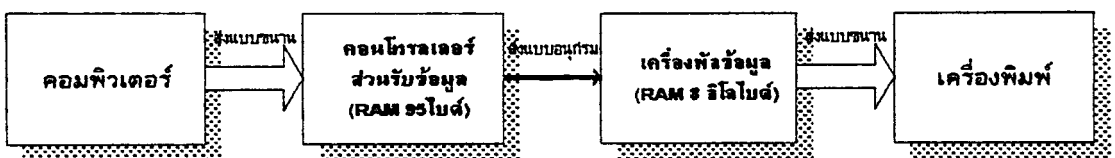
ในกรณีที่เกิดทดสอบส่งพิมพ์ข้อมูลอักขระ (TEXT FILE) ขนาด 10,000 ตัว จะต้องใช้เวลาในการพิมพ์โดยประมาณ 3.53 นาที สำหรับการพิมพ์จากคอมพิวเตอร์ไปเครื่องพิมพ์โดยตรงตามรูป 6.1(ก) แต่เมื่อทำการส่งข้อมูลโดยผ่านเครื่องพักข้อมูลนี้โดยเป็นการรับจากพอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์ 1 เครื่องแล้วเก็บเข้าหน่วยความจำแล้วจึงส่งออกพิมพ์ดังรูปที่ 6.2 (ข) จะได้ผลการทดลองดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 ผลการทดลองส่งพิมพ์ข้อมูลขนาด 10,000 อักขระโดยผ่านเครื่องพักข้อมูล (ความถูกต้อง 100%)

การทดลองครั้งที่	เวลาโดยประมาณที่คอมพิวเตอร์ใช้ในการส่งพิมพ์ (วินาที)
1	1
2	1
3	1
4	1
5	1

6.1.2 การทดลองส่งพิมพ์แบบอนุกรม

การทดลองนี้เป็นการทดลองส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปที่คอนโทรลเลอร์ส่วนรับข้อมูลแล้วส่งข้อมูลแบบอนุกรมโดยมีอัตราบอด (buad rate) เท่ากับ 1,200 ต่อไปให้ส่วนของเครื่องพักข้อมูลเพื่อจัดเก็บและส่งพิมพ์ต่อไปดังรูปที่ 6.2



รูปที่ 6.2 การทดสอบเครื่องพิมพ์โดยการส่งข้อมูลแบบอนุกรมแบบมีสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองส่งพิมพ์งานด้วยข้อมูลขนาด 10,000 อักขระด้วยระบบข้างต้นจะได้ผลการทดลองดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 ผลการทดลองส่งพิมพ์ข้อมูล ขนาด 10,000 อักขระ โดยผ่านเครื่องพักข้อมูลและส่งข้อมูลแบบอนุกรม (ความถูกต้อง 100%)

การทดลองครั้งที่	เวลาโดยประมาณที่คอมพิวเตอร์ใช้ในการส่งพิมพ์ (วินาที)
1	47
2	52
3	55
4	55
5	53

จากการทดลองกับไฟล์ข้อมูลขนาด 10 กิโลไบต์ พบว่าเมื่อเราใช้เครื่องพักข้อมูลนี้แล้ว จะทำให้คอมพิวเตอร์ใช้เวลาในการส่งข้อมูลน้อยลงอย่างมากทั้งการส่งแบบขนานหรืออนุกรม เมื่อเปรียบเทียบกับแบบที่ไม่มีเครื่องพักข้อมูล

6.2 ผลการทดลองเกี่ยวกับการเลื่อนความถี่ (Frequency Shift Keying) และ การรับส่งโดยใช้คลื่นวิทยุ

เมื่อทำการทดลองโดยใช้เครื่องจ่ายไฟ (Power Supply) ป้อนสัญญาณให้กับวงจรเลื่อนความถี่ในภาคมอดูเลต ซึ่งใช้ไอซีเบอร์ XR-2206 ผลปรากฏว่าเมื่อวัดสัญญาณที่เอาต์พุตแล้วจะได้ผลคือเมื่อเราใส่สัญญาณที่มีแอมพลิจูด 5 โวลต์ เราจะได้ความถี่ออกมา 2,400 เฮิรตซ์ และเมื่อเราไม่ได้จ่ายไฟให้กับวงจร เราจะได้ค่าความถี่ออกมา 4,800 เฮิรตซ์ ส่วนของวงจรเลื่อนความถี่ในภาคคิโมดูลเลต ซึ่งเราใช้ไอซีเบอร์ XR-2211 เป็นตัวคิโมดูลเลตสัญญาณให้กลับคืนมา เมื่อเราทดลองโดยการต่อสายตรงระหว่างวงจรมอดูเลต และวงจรคิโมดูลเลต โดยเราจะใช้เครื่องกำเนิดความถี่ (Function Generator) มาเป็นตัวกำเนิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม โดยเราจะใช้สัญญาณที่มีความถี่ 600 เฮิรตซ์ ซึ่งอ้างอิงมาจากอัตราบอด ซึ่งเราใช้ค่า 1,200 มาป้อนให้กับวงจรในภาคมอดูเลต แล้วทำการเชื่อมสายตรงระหว่างภาคมอดูเลตและภาคคิโมดูลเลต แล้วทำการวัดสัญญาณที่ออกมาจากเอาต์พุตของวงจรใน

แม้ว่าการณ์ใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคีมอดูเลต แล้วผลปรากฏว่าเราวัดค่าสัญญาณได้ความถี่ประมาณ 560 เฮิรตซ์ และในส่วนของเครื่องรับส่งวิทยุ เราได้ทดลองวัดระยะทางในการส่งและรับสัญญาณโดยการต่อลำโพงเข้ากับวงจร และทดลองฟังเสียงแล้ววัดระยะทางในการส่งออกอากาศ ปรากฏว่าเมื่อเครื่องรับและเครื่องส่งอยู่ห่างกันเกินระยะ 1 เมตร ก็จะทำให้เกิดสัญญาณรบกวนขึ้นทำให้ไม่สามารถได้ยินเสียงที่ส่งออกไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

สรุปและวิจารณ์

จากการศึกษาและปฏิบัติตามขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปผลของโครงการนี้ได้คือ สามารถประคิษฐ์อุปกรณ์ในแต่ละส่วนของโครงการได้ตรงตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ คือ ได้ผลการทดลองสำหรับอุปกรณ์แต่ละส่วนตรงตามที่ต้องการ แม้จะมีข้อผิดพลาดไปบ้าง เช่น มีการลดทอนของสัญญาณจากวงจรเลื่อนความถี่และจากเครื่องรับและเครื่องส่ง ส่วนของเครื่องพักข้อมูลนั้น จากการทดลองพบว่า ในส่วนของตัวโปรแกรมยังมีข้อผิดพลาดอยู่บ้างเล็กน้อยซึ่งจะต้องทำการแก้ไขกันต่อไป และเมื่อนำอุปกรณ์แต่ละส่วนจากการทดลองทั้งหมดมาประกอบกันพบว่าจะเกิดปัญหาในการส่งออกอากาศซึ่งจะทำให้ไม่สามารถส่งข้อมูลออกอากาศได้เนื่องจากการเลือกใช้ความถี่ในการส่งไม่เหมาะสมกับอัตราบอดที่ใช้ แต่เมื่อเราทดลองแบบใช้สายแทนก็จะได้ผลเป็นที่น่าพอใจ

อนึ่งสิ่งที่สำคัญที่สุดที่พบในการปฏิบัติงานก็คือ ได้นำความรู้ที่เรียนทางทฤษฎีในห้องเรียน มาใช้งานจริง ทำให้ได้ความรู้และความเข้าใจระบบการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ มากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของคอนโทรลเลอร์ การเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาแอสเซมบลี วงจรเลื่อนความถี่ และอื่น ๆ

จึงสรุปได้ว่าแม้ว่าผลงานที่ได้จะยังไม่สมบูรณ์ดีนัก แต่สิ่งที่ได้อย่างมาก จากการปฏิบัติงานโครงการนี้ ก็คือ ประสบการณ์ที่ดีในการทำงานภาคปฏิบัติทั้งทางด้าน ฮาร์ดแวร์ และ ซอร์ฟแวร์และเข้าใจสิ่งที่ได้ศึกษาจากทางทฤษฎีมากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

1. ยืน ภู่วรรณ , “ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้งานไมโครโปรเซสเซอร์ Z80” , บริษัท ซีเอ็ด
ยูเคชั่น จำกัด , พิมพ์ครั้งที่ 1 , พ.ศ. 2532
2. ประเมษฐ์ ประณขันธ์ และ ปิยพงศ์ เผ่าวิช , “คู่มือและการประยุกต์ใช้งานไมโครคอน
โทรลเลอร์ MCS-51” , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด , พิมพ์ครั้งที่ 1 , พ.ศ. 2536
3. STEVE CIARCIA , “CIARCIA’S CIRCUIT CELLAR VOLUME VII ”, McGraw-Hill , inc ,
1st EDITION , 1990
4. DOUGLAS V. HALL , “ MICROPROCESSORS AND INTERFACING programming and
hardware” , McGraw-Hill, inc , 2nd EDITION
5. DAVE HYDER , “ motorola cmos application-specific digital-analog integrated circuit” ,

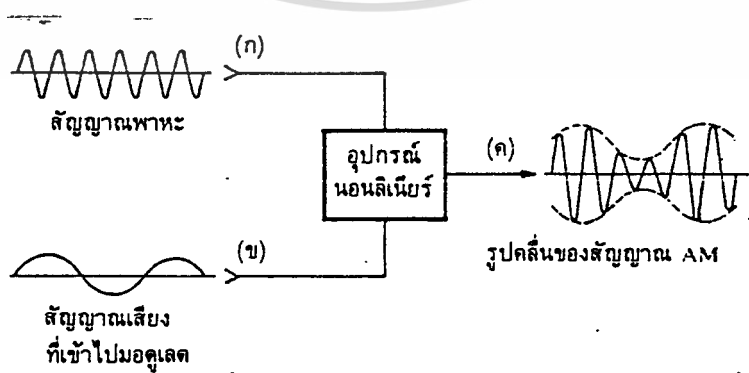
ภาคผนวก ก.

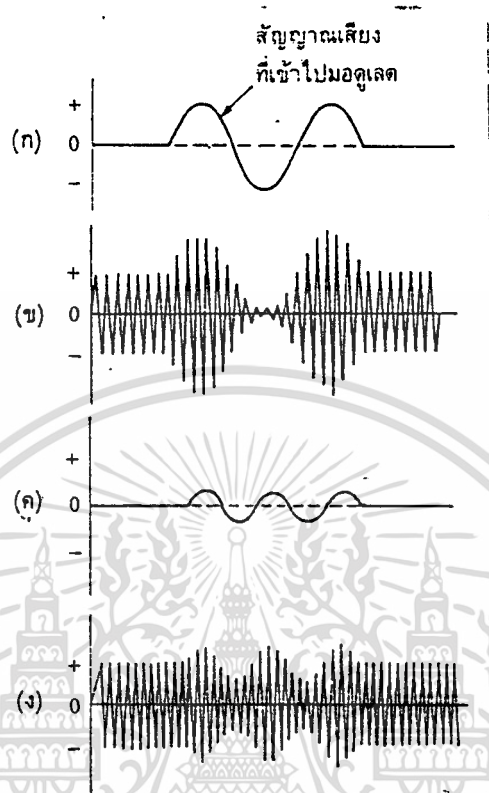
การมอดูเลต

การมอดูเลต (Modulation) คือ การผสมคลื่นสัญญาณข่าวสารเข้ากับสัญญาณคลื่นพาหะ
ทำได้ 2 วิธีคือ

ก-1 การมอดูเลตทางแอมพลิจูด (Amplitude Modulation หรือ AM)

การมอดูเลตแบบ AM นั้น เราใช้สัญญาณข่าวสาร สมมติว่าให้สัญญาณเสียงมอดูเลตลงบนสัญญาณพาหะเพื่อเปลี่ยนคุณสมบัติทางแอมพลิจูด (หรือขนาด) ของพาหะ ในรูปที่ ก.1 เราใช้สัญญาณพาหะ (ก) ผสมกับสัญญาณเสียง (ข) ลงในวงจรนอนลิเนียร์ (nonlinear) เช่น ใช้ไดโอดหรือทรานซิสเตอร์ โดยให้มีจุดทำงานอยู่ในบริเวณที่ไม่เป็นลิเนียร์ ในอุปกรณ์แบบนอนลิเนียร์จะทำให้เกิดสัญญาณ AM ดังรูปที่ ก.1(ค) ขึ้น จะสังเกตว่าสัญญาณพาหะซึ่งถูกมอดูเลตแล้วจะมีแอมพลิจูด (ขนาด) เปลี่ยนแปลงตามสัญญาณเสียง สัญญาณเสียงที่ป้อนอยู่ในสัญญาณ AM จะปรากฏเป็นกรอบคลื่น (envelope) บนและล่างดังเช่นรูปที่ ก.2 (ก) เป็นสัญญาณเสียงที่มีแอมพลิจูดขนาดหนึ่ง โดยรูปที่ ก.2 (ข) คือ สัญญาณ AM ที่มีสัญญาณเสียงในรูปที่ ก.2 (ก) มอดูเลต ในทางตรงข้ามถ้าสัญญาณเสียงมีแอมพลิจูดเล็กดังรูปที่ ก.2 (ค) สัญญาณ AM ที่เกิดขึ้นก็จะมีกรอบ (การเปลี่ยนแปลงทางแอมพลิจูด) เล็กดังด้วย ดังรูปที่ ก.2 (ง)





รูปที่ ก.2 การใช้สัญญาณเสียงที่มีขนาดมากและน้อย เพื่อมอดูเลตบนคลื่นพาหะ

1.1 เปอร์เซนต์ของการมอดูเลต

ในรูปที่ ก.2 จะเห็นว่าปริมาณการมอดูเลตของสัญญาณเสียงลงบนพาหะไม่เท่ากันและจะสังเกตเห็นว่าแอมพลิจูดของพาหะเปลี่ยนแปลงมากในรูปที่ ก.2 (ข) และเปลี่ยนแปลงน้อยในรูปที่ ก.2 (ง) ปริมาณการมอดูเลตนี้นิยามว่าเป็นเปอร์เซ็นต์ (บางทีเรียก **แฟกเตอร์การมอดูเลต** มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1)

รูปที่ ก.3 พาหะที่ยังไม่มีการมอดูเลตเรียกว่า มีเปอร์เซ็นต์การมอดูเลตเท่ากับศูนย์ (0 เปอร์เซนต์) ในรูปที่ ก.3 (ก) สมมติว่าพาหะมีแอมพลิจูดจากขอดบวกถึงขอดลบเท่ากับ $40 V_{pp}$

ในรูปที่ ก.3 (ข) พาหะถูกมอดูเลตด้วยสัญญาณเสียงเต็มที่ 100 เปอร์เซนต์ แอมพลิจูดของพาหะจะตกลงมาถึงศูนย์ และแอมพลิจูดขอดบวกถึงขอดลบของพาหะจะให้ได้สูงสุด $80V_{pp}$

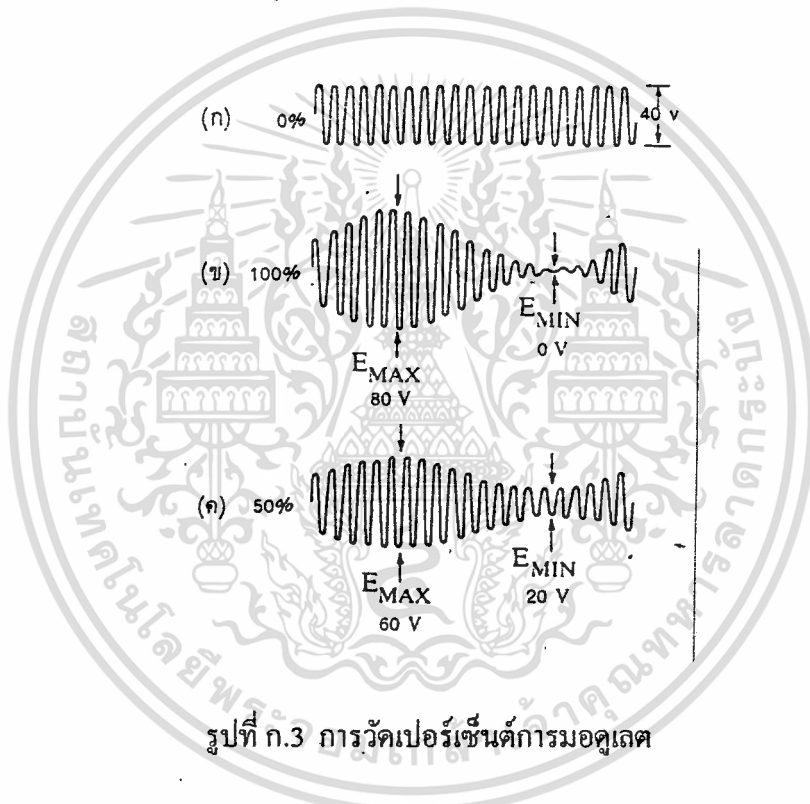
อย่างไรก็ตามค่าแอมพลิจูดโดยเฉลี่ยของพาหะยังคงเป็น $40 V_{pp}$ เท่าเดิมให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ ก.3 (ค) พหุคูณมอดูเลตเพียง 50 เปอร์เซ็นต์ แอมพลิจูดของคลื่นพาหะสูงสุด $60 V_{pp}$ และต่ำสุด $20 V_{pp}$ แอมพลิจูดเฉลี่ยของพาหะเท่ากับ $40 V_{pp}$ (จาก $\frac{60+20}{2} = 40 V_{pp}$) เช่นเดิม เราสามารถใช้สูตรคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การมอดูเลต} = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max} + E_{\min}} * 100 \%$$

ดูตัวอย่างการคำนวณของรูปที่ ก.3 (ค)



รูปที่ ก.3 การวัดเปอร์เซ็นต์การมอดูเลต

$$\text{เปอร์เซ็นต์การมอดูเลต} = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max} + E_{\min}} * 100 \%$$

$$= \frac{60V - 20V}{60V + 20V} * 100 \%$$

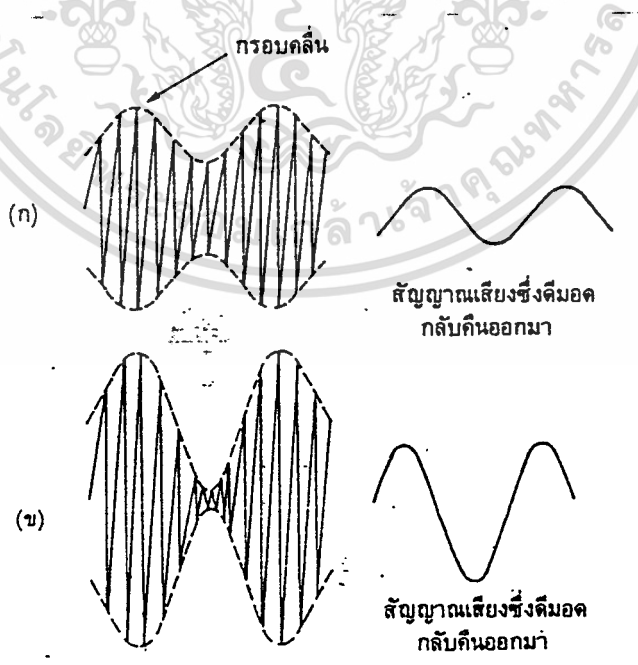
$$= \frac{40V}{80V} * 100 \%$$

$$= 0.5 * 100 \%$$

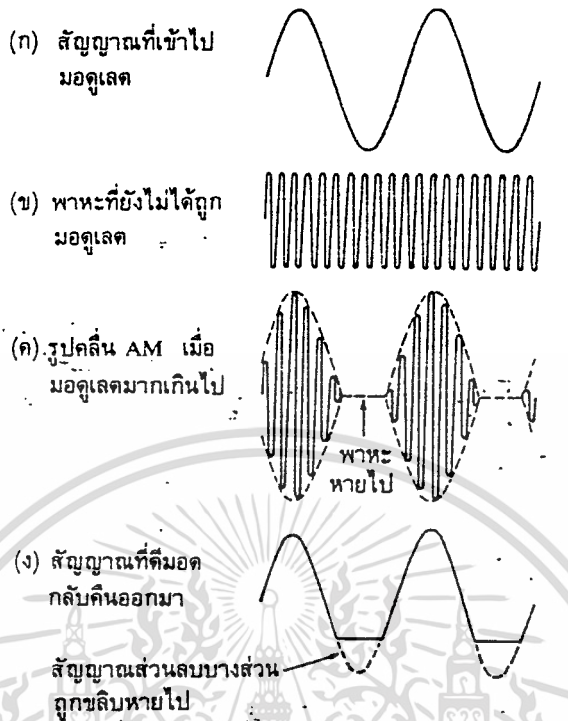
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 = 50 %
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปกติเราต้องการให้เปอร์เซ็นต์การมอดูเลตมีค่าสูงสุด เพื่อว่าสัญญาณเสียงที่รับได้ที่เครื่องรับจะมีกำลังแรง (เสียงดัง) จากรูปที่ ก.4 เนื่องจากเครื่องรับ AM จะเปลี่ยนคลื่น AM เป็นสัญญาณเสียง โดยการแยกเอาแต่เฉพาะสัญญาณที่เข้าไปมอดูเลตลงบนพาหะกลับคืนจากคลื่น AM (คือคีมอดนั้นเอง) ฉะนั้นสัญญาณเสียงที่ที่รับได้ในกรณีที่ว่ามีมอดูเลตมาแรง (เปอร์เซ็นต์การมอดูเลตมีค่าสูง) จะได้เสียงดังกว่า นั่นคือในที่นี้รูปที่ ก.4 (ข) จะให้สัญญาณเสียงดังกว่ารูปที่ ก.4 (ก) เพราะเปอร์เซ็นต์การมอดูเลตมากกว่า

อย่างไรก็ตามการมอดูเลตต้องไม่สูงเกินไป (ไม่เกิน 100 เปอร์เซ็นต์) เพราะจะทำให้สัญญาณเสียงที่รับได้ที่เครื่องรับเกิดความเพี้ยน การมอดูเลตมากเกินไปนี้เรียกว่า **การมอดูเลตเกิน (overmodulation)** หรือเรียกย่อ ๆ ว่า **โอเวอร์มอด** จะเห็นว่าแอมพลิจูดสัญญาณ AM ลดลงได้ไม่ต่ำกว่าศูนย์ ไม่ว่าจะมอดูเลตแรงเท่าใดก็ตาม ยิ่งถ้าสัญญาณที่มอดูเลตมีค่ามากกว่าคลื่นพาหะจะหายไป (cut off) บางส่วนเสียด้วยซ้ำ ดังนั้นกรอบคลื่นของสัญญาณ AM จึงมีรูปร่างผิดไปจากสัญญาณเสียงที่เข้าไปมอดูเลต ดังในรูปที่ ก.5 (ก) เป็นสัญญาณที่เข้าไปมอดูเลต (คือสัญญาณเสียง) รูปที่ ก.5 (ข) เป็นพาหะที่ยังไม่มีการมอดูเลต รูปที่ ก.5 (ค) เป็นพาหะที่มอดูเลตด้วยสัญญาณเสียงที่มีความแรงมากเกินไปทำให้พาหะบางช่วงหายไป เมื่อเครื่องรับคีมอดสัญญาณเสียงกลับมาจะมีลักษณะเหมือนกับกรอบคลื่นซึ่งเพี้ยนไปจากเดิม ดังรูปที่ ก.5 (ง)



รูปที่ ก.4 แอมพลิจูดของสัญญาณเสียงที่คีมอดคืนมาได้ที่เครื่องรับจะมีความแรงมากขึ้น
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 กับเปอร์เซ็นต์ของมอดูเลต
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.5 การโอเวอร์มอดจะทำให้สัญญาณที่ได้จากการดีมอด (หรือดีเทก) ที่เครื่องรับมีความเพี้ยน

1.2 ไซด์แบนด์ AM

เราลองวิเคราะห์สัญญาณ AM (รูปที่ ก.6) ในเชิงความถี่ดูว่าเป็นอย่างไรและมีองค์ประกอบอะไรบ้าง ในที่นี้สัญญาณ AM เกิดจากสัญญาณพาหะรูปไซน์ความถี่ 1 เมกะเฮิร์ตซ์ มอดูเลตด้วยสัญญาณเสียงรูปไซน์ความถี่ 10 กิโลเฮิร์ตซ์ ดูเผินๆ อาจจะพบว่าผลของการมอดูเลตแบบ AM ของสัญญาณ 1 เมกะเฮิร์ตซ์ กับ 10 กิโลเฮิร์ตซ์ น่าจะได้เป็นพาหะ 1 เมกะเฮิร์ตซ์ กับสัญญาณเสียง 10 กิโลเฮิร์ตซ์ เท่านั้น อย่างไรก็ตามถ้าเราป้อนสัญญาณทั้งคู่ให้แก่วงจรฟิลเตอร์ชนิดแบนด์พาส (bandpass filter) ความถี่ 10 กิโลเฮิร์ตซ์ กับความถี่ 1 เมกะเฮิร์ตซ์ เราจะพบว่าเอาต์พุตจากวงจรฟิลเตอร์ชนิดแบนด์พาสความถี่ 10 กิโลเฮิร์ตซ์เป็นศูนย์ดังรูปที่ ก.6 (ข) แต่เอาต์พุตจากวงจรแบนด์พาสความถี่ 1 เมกะเฮิร์ตซ์จะไม่เป็นศูนย์ สรุปได้ว่าสัญญาณพาหะ 1 เมกะเฮิร์ตซ์เมื่อถูกมอดูเลตด้วยสัญญาณเสียง 10 กิโลเฮิร์ตซ์แล้ว ผลปรากฏว่าสัญญาณ 10 กิโลเฮิร์ตซ์จะไม่มีอยู่ในคลื่นพาหะที่มอดูเลตแล้ว (คลื่น AM) เลยแต่ไปปรากฏเป็นกรอบคลื่นแทน อย่างไรก็ตามเราทราบดีว่าคลื่น AM จะต้องมีส่วนประกอบของสัญญาณเสียงป้อนอยู่อย่างแน่นอน เพราะกรอบของรูปคลื่นเป็นสิ่งที่ขึ้นกันอย่างชัดเจนเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเราใช้วงจรฟิลเตอร์ชนิดแบนด์พาสแบบพิเศษที่สามารถจูนความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ 1 เมกะเฮิร์ตซ์ หรือใช้สเปกตรัมอนาไลเซอร์ เพื่อค้นหาสัญญาณที่เข้าไปมอดูเลตบนพาหะว่าไปหลบซ่อนอยู่ในส่วนใดของพาหะ (วิเคราะห์ในเชิงความถี่) ด้วยวิธีนี้เราจะพบว่าสัญญาณ AM นี้ นอกจากจะมีพาหะตัวเดิม 1 เมกะเฮิร์ตซ์แล้ว ยังมีคลื่นข้างเคียงเกิดขึ้นอีก 2 ข้าง คือ ที่ความถี่ 1.01 เมกะเฮิร์ตซ์ กับ 0.99 เมกะเฮิร์ตซ์ คลื่นข้างเคียงทั้ง 2 ข้างนี้เรียกว่า **ไซด์แบนด์ (sideband)** ซึ่งเราจะตรวจพบได้โดยใช้ฟิลเตอร์ที่มีความคมหรือความละเอียดในการจูนตรวจค้นหาสัญญาณ ดังรูปที่ ก.13 (ค)

ไซด์แบนด์ที่มีความถี่สูงกว่าเรียกว่า **ไซด์แบนด์ด้านบน (upper sideband หรือ USB)** ความถี่ของ USB เท่ากับผลรวมความถี่พาหะกับความถี่สัญญาณมอดูเลต

$$\text{ความถี่ USB} = f_c + f_m$$

ในที่นี้ f_c คือ ความถี่พาหะ
 f_m คือ ความถี่ของสัญญาณที่เข้าไปมอดูเลต

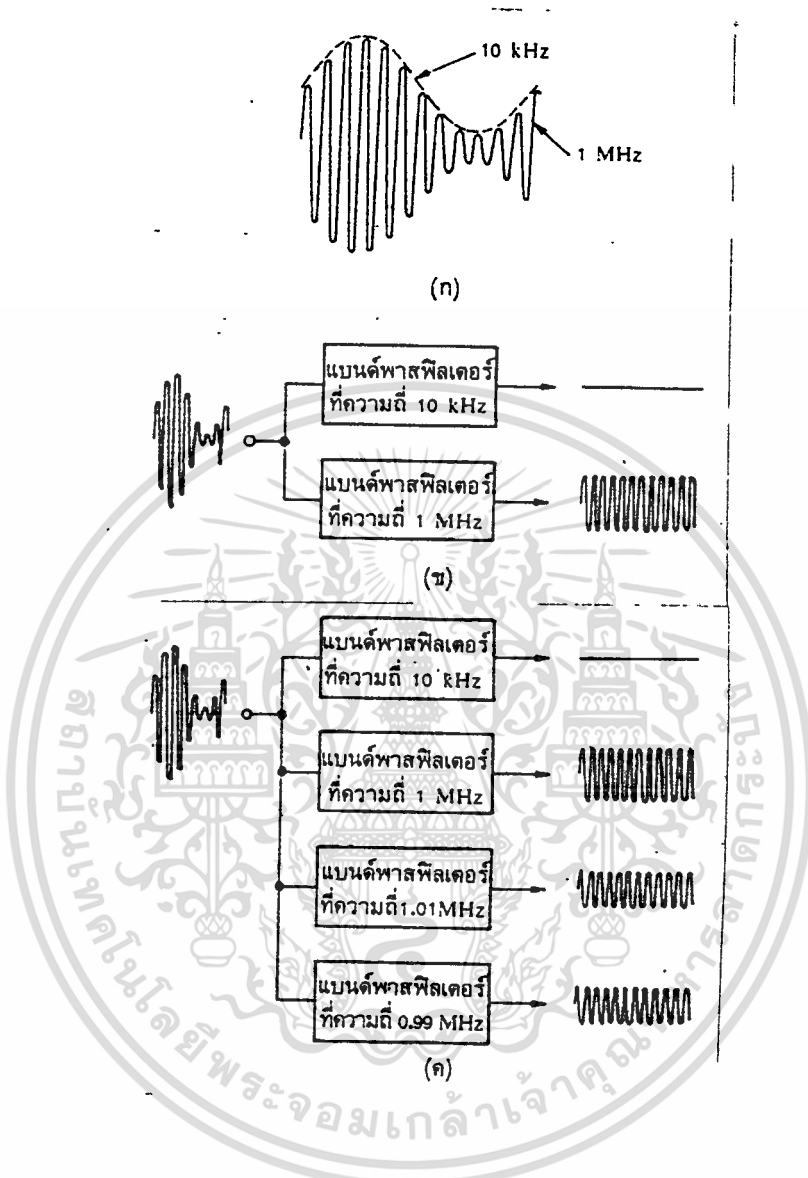
ตามตัวอย่าง $f_c = 1$ เมกะเฮิร์ตซ์
 $f_m = 10$ กิโลเฮิร์ตซ์

ฉะนั้นความถี่ของ USB จะเท่ากับ

$$\begin{aligned} \text{ความถี่ USB} &= 1 \text{ เมกะเฮิร์ตซ์} + 10 \text{ กิโลเฮิร์ตซ์} \\ &= 1.01 \text{ เมกะเฮิร์ตซ์} \end{aligned}$$

สำหรับไซด์แบนด์ที่มีความถี่ต่ำกว่าเรียกว่า **ไซด์แบนด์ด้านล่าง (lower sideband หรือ LSB)** ความถี่ของ LSB เท่ากับผลต่างของความถี่พาหะลบด้วยความถี่ของสัญญาณที่เข้าไปมอดูเลต ในกรณีนี้จะได้

$$\begin{aligned} \text{ความถี่ LSB} &= f_c - f_m \\ &= 1 \text{ เมกะเฮิร์ตซ์} - 10 \text{ กิโลเฮิร์ตซ์} \\ &= 0.99 \text{ เมกะเฮิร์ตซ์} \end{aligned}$$



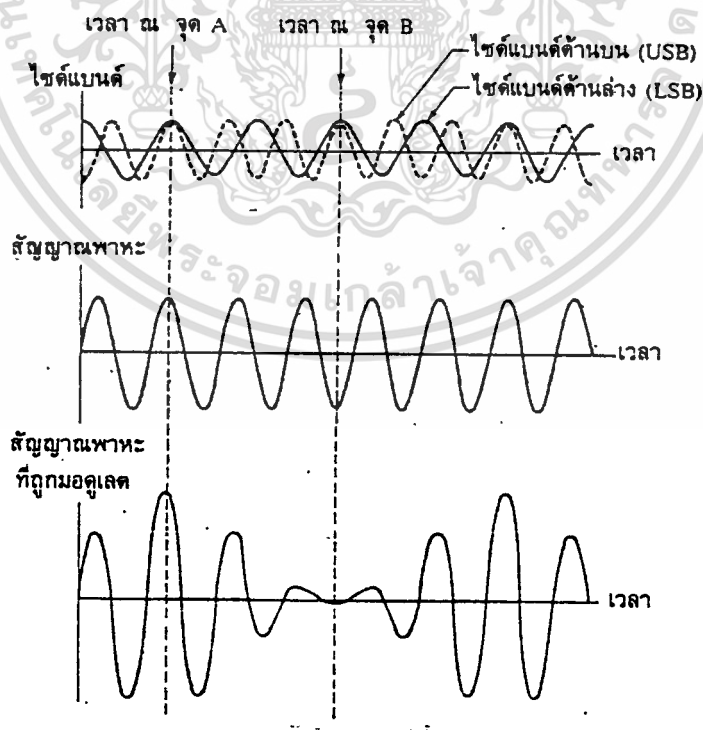
รูปที่ ก.6 วิเคราะห์คลื่น AM ในเชิงความถี่

กล่าวโดยสรุปได้ว่า คลื่น AM ประกอบด้วยคลื่นพาหะ และคลื่นไซด์แบนด์ 2 ข้างคือ USB กับ LSB ถ้าเราลองพิจารณาแอมพลิจูดจากฟิลเตอร์ต่างๆ ในรูปที่ ก.6 (ค) จะพบว่าแอมพลิจูดของสัญญาณพาหะและไซด์แบนด์มีค่าคงที่ ซึ่งเราทราบมาในตอนต้นแล้วว่าพาหะจะมีแอมพลิจูดคงเดิมเสมอจนกว่าจะมีสัญญาณเข้าไปมอดูเลต แต่แอมพลิจูดเฉลี่ยของพาหะยังมีค่าคงเดิมตลอดไปไม่ว่าจะมีสัญญาณเข้าไปมอดูเลตหรือไม่ก็ตาม อาจจะมีข้อสงสัยว่าแอมพลิจูดของสัญญาณแต่ละตัวที่ประกอบขึ้นเป็น AM คือ คลื่นพาหะกับไซด์แบนด์นั้นมีแอมพลิจูดคงที่ได้ อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าแอมพลิจูดหรือขนาดของสัญญาณ AM ก็เปลี่ยนแปลงตามสัญญาณที่เข้าไปมอดูเลต เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอให้พิจารณารูปที่ ก.7 ซึ่งแสดงให้เห็นคลื่นไซด์แบนด์ทั้งคู่และคลื่นพาหะ สังเกตว่าพาหะมีแอมพลิจูดคงที่ และไซด์แบนด์ก็มีแอมพลิจูดเท่ากันทั้งคู่และคงที่ด้วย (อย่าลืมว่าความถี่ของพาหะต้องอยู่ระหว่างกลางของความถี่ไซด์แบนด์ทั้งสอง) สมมติพิจารณาที่จุด A ซึ่งสัญญาณทั้งสามมีเฟสตรงกัน แต่ละสัญญาณอยู่ตรงขอบควกพอดี้ ทำให้ผลรวมได้แอมพลิจูดของสัญญาณ AM ค่าสูง พิจารณาที่จุด B ซึ่งไซด์แบนด์มีเฟสตรงกัน แต่พาหะมีเฟสต่างจากไซด์แบนด์ 180 องศา ผลรวมจะได้แอมพลิจูดค่าต่ำของสัญญาณ AM

จากการวิเคราะห์ในรูปที่ ก.7 สรุปได้ว่ารูปร่างของกรอบคลื่นไม่ได้ขึ้นอยู่กับแอมพลิจูดของสัญญาณไซด์แบนด์ แต่ความถี่ของสัญญาณไซด์แบนด์ทั้งคู่จะเป็นตัวกำหนดเฟสของสัญญาณไซด์แบนด์ว่าจะตรงเฟสหรือต่างเฟสกับพาหะ ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแอมพลิจูดของสัญญาณ AM หรือ กรอบคลื่นแอมพลิจูดของไซด์แบนด์จะขึ้นอยู่กับแอมพลิจูดของกรอบคลื่น นั่นคือเป็นตัวกำหนดเปอร์เซ็นต์การมอดูเลต ทั้งนี้เนื่องจากไซด์แบนด์อาจมาเสริมหรือหักล้างกับแอมพลิจูดของพาหะก็ได้

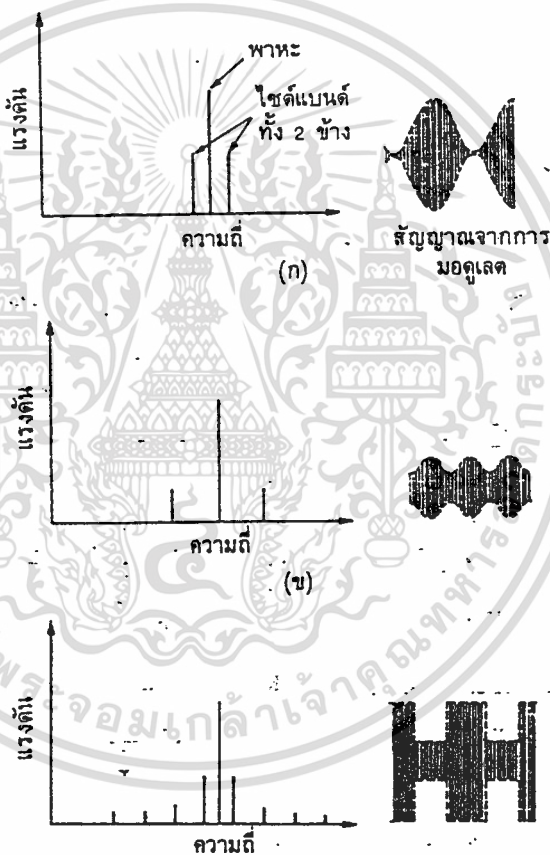
กล่าวโดยสรุปอีกครั้งเกี่ยวกับสัญญาณ AM นั่นคือ สัญญาณ AM เกิดจาก สัญญาณข่าวสารเข้าไปมอดูเลตบนพาหะแล้วปรากฏเป็นสัญญาณไซด์แบนด์ทั้งสองข้าง (คือ USB กับ LSB)



รูปที่ ก.7 ความสัมพันธ์ทางเฟสระหว่างไซด์แบนด์กับพาหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ ก.8 แสดงการวิเคราะห์สัญญาณ AM ซึ่งมอดูเลตด้วยสัญญาณที่มีรูปคลื่นชนิดต่างๆ ถ้าตรวจสอบด้วยออสซิลโลสโคป จะเห็นว่าไซด์แบนด์จะผสมเสริมหรือหักล้างกับพาหะ ทำให้แอมพลิจูดของสัญญาณเปลี่ยนแปลง สังเกตว่าในรูปที่ ก.8 (ก) แอมพลิจูดของไซด์แบนด์จะเท่ากับครึ่งหนึ่งของพาหะสถานะเช่นนี้เป็นสถานะของการมอดูเลตเต็มทึหรือเปอร์เซ็นต์การมอดูเลตเท่ากับ 100 % ฉะนั้นเมื่อสัญญาณทั้งพาหะและไซด์แบนด์มีเฟสตรงกัน แอมพลิจูดของไซด์แบนด์รวมกับพาหะจะได้ 2 เท่าของพาหะ และเมื่อสัญญาณไซด์แบนด์ (ทั้งคู่) และพาหะมีเฟสตรงข้ามกัน แอมพลิจูดรวมจะได้ศูนย์



รูปที่ ก.8 เปรียบเทียบคลื่น AM ในเชิงความถี่และเชิงเวลา

รูปที่ ก.8 (ข) แสดงการมอดูเลตบนพาหะดังกล่าวด้วยเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงเหลือเพียง 50 % สังเกตว่าแอมพลิจูดของพาหะคงเดิมแต่ไซด์แบนด์มีแอมพลิจูดลดลง และ นอกจากนี้ถ้าหากเรามอดูเลตด้วยสัญญาณเสียงที่มีความถี่สูงขึ้น ความถี่ของไซด์แบนด์ก็ยิ่งห่างออกไปจากพาหะมากขึ้น รูปที่ ก.8 (ค) เราใช้สัญญาณรูปสี่เหลี่ยมเข้าไปมอดูเลตลงบนพาหะ สังเกตได้ว่าคราวนี้จะเกิดเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณไซน์แบนด์ขึ้นมากมาย เพราะว่าสัญญาณสี่เหลี่ยมประกอบด้วย ความถี่พินคาเมนคัล และความถี่ฮาร์โมนิกที่จำนวนมาก ฉะนั้นไซน์แบนด์ของสัญญาณก็จะมีไซน์แบนด์ 1 คู่สำหรับพินคาเมนคัล ไซน์แบนด์อีก 1 คู่สำหรับฮาร์โมนิกที่ 3 อีก 1 คู่สำหรับฮาร์โมนิกที่ 5, ฯลฯ

1.3 แบนด์วิดท์ของสัญญาณ AM

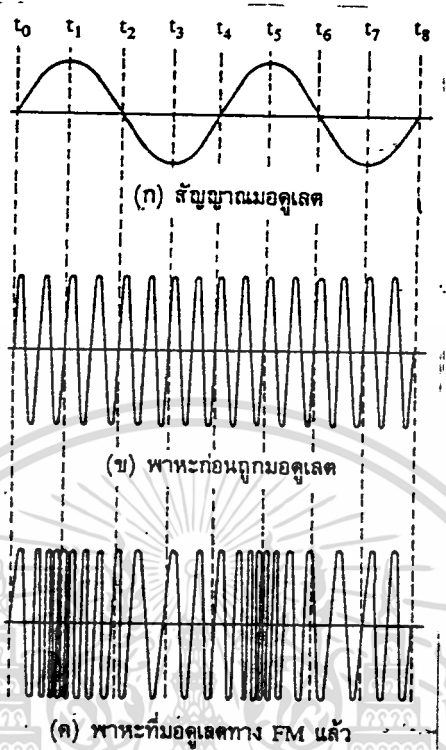
เราสังเกตจากรูปที่ ก.8 ได้ว่า การส่งสัญญาณ AM มีใช่เป็นการส่งสัญญาณเพียงความถี่พาหะความถี่เดียว แต่เป็นการส่งหลายๆ ความถี่หรือเป็นแถบความถี่ และความจริงข่าวสารก็ไม่ได้อยู่ในคลื่นพาหะแต่ปนอยู่ในไซน์แบนด์ทั้ง 2 ข้าง ถ้าส่งแต่พาหะไปอย่างเดียว ข่าวสารก็ไปไม่ถึงเครื่องรับ ฉะนั้นในระบบ AM ทั้งพาหะและไซน์แบนด์จะถูกส่งไปให้เครื่องรับช่วงความถี่หรือแถบความถี่ของสัญญาณ AM จะเริ่มจากความถี่จาก LSB ไปยัง USB ฉะนั้นแถบความถี่หรือ แบนด์วิดท์ (Bandwidth) ของสัญญาณ AM จะเท่ากับ 2 เท่าของความถี่สูงสุดของสัญญาณมอดูเลต เช่น สมมติว่า ความถี่สูงสุดของสัญญาณเสียงที่มอดูเลตเท่ากับ 15 กิโลเฮิร์ตซ์ แบนด์วิดท์ของสัญญาณ AM จะเท่ากับ 30 กิโลเฮิร์ตซ์ ในกรณีที่เรามอดูเลตด้วยสัญญาณที่มีรูปคลื่นซับซ้อน เช่น สัญญาณรูปสี่เหลี่ยม แบนด์วิดท์ของสัญญาณ AM ข้อมเท่ากับ 2 เท่าของความถี่ฮาร์โมนิกสูงสุดของสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม (อย่างไรก็ตามเครื่องส่งจะถูกออกแบบให้ใช้งานในแบนด์วิดท์จำกัด ฉะนั้นตัวเครื่องส่งจึงจำกัดแบนด์วิดท์ของสัญญาณ AM เอง)

ก-2 การมอดูเลตทางความถี่ (Frequency Modulation หรือ FM)

รูปคลื่นของสัญญาณ FM เกิดจากสัญญาณมอดูเลต ดังรูปที่ ก.9 (ก) เช่น สัญญาณเสียงซึ่งเป็นข่าวสารเข้าไปมอดูเลตลงบนสัญญาณพาหะดังรูปที่ ก.9 (ข) สัญญาณพาหะหลังจากมอดูเลตแล้วในรูปที่ ก.9 (ค) เป็นสัญญาณ FM จะเห็นว่าที่เวลา t_0 สัญญาณ FM อยู่ที่ความถี่กลาง เมื่อสัญญาณที่เข้ามามอดูเลตมีค่าทางบวกสูงสุด ความถี่ของพาหะจะเพิ่มขึ้นสูงสุด นั่นคือสัญญาณมอดูเลตถึงจุดยอดสุด (สัญญาณมอดูเลตมีขนาดสูงสุดนั่นเอง) ที่เวลา t_1

ที่เวลา t_2 สัญญาณมอดูเลตลดลงเป็นศูนย์ ความถี่ของพาหะก็จะลดลงมาที่ความถี่กลางดั้งเดิม หลังจากเวลาที่สัญญาณมอดูเลตมีค่ากลางต่ำกว่าศูนย์กลายเป็นลบ พาหะจะมีความถี่ลดลงต่ำกว่าความถี่กลาง และเมื่อเวลาสัญญาณมอดูเลตกลับเป็นศูนย์อีกครั้งหนึ่ง ความถี่ของพาหะก็จะกลับมาถึงความถี่กลางดั้งเดิมเช่นกัน ในช่วงเวลา t_3 ถึง t_4 ก็จะซ้ำแบบเดิมเรื่อยๆ ไป สรุปแล้วความถี่ของพาหะจะเปลี่ยนไปตามแอมพลิจูดของสัญญาณมอดูเลต และพาหะยังคงอยู่ที่ความถี่

กลางเมื่อสัญญาณมอดูเลตเป็นศูนย์ งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.9 การมอดูเลตทางความถี่

ช่วงความถี่ที่พาหะเบี่ยงเบนไปจากความถี่กลางเรียกว่า **ความถี่เบี่ยงเบน (Frequency deviation) หรือ คิวเฮิร์ตซ์** ตัวอย่างเช่น พาหะมีความถี่ 100 เมกะเฮิร์ตซ์ ลดลงต่ำสุดเป็น 99.9 เมกะเฮิร์ตซ์ และเพิ่มขึ้นสูงสุดเป็น 100.1 เมกะเฮิร์ตซ์ สลับไปมาเช่นนี้ หมายความว่าช่วงความถี่เบี่ยงเบนเท่ากับ ± 0.1 เมกะเฮิร์ตซ์ หรือ ± 100 กิโลเฮิร์ตซ์

อัตราการเบี่ยงเบนความถี่ของสัญญาณ FM ขึ้นอยู่กับความถี่ของสัญญาณที่เข้ามอดูเลต ตัวอย่างเช่น ถ้าสัญญาณที่เข้ามอดูเลตเป็น โทน (สัญญาณเสียง) ความถี่ 1,000 เฮิร์ตซ์ อัตราการเบี่ยงเบนความถี่ของสัญญาณ FM จะเท่ากับ 1,000 ครั้งต่อวินาทีถ้าสัญญาณที่เข้ามอดูเลตเพิ่มความถี่เป็น 10 กิโลเฮิร์ตซ์โดยคงค่าแอมพลิจูดเท่าเดิม ช่วงความถี่เบี่ยงเบนก็ยังคงเท่าเดิม คือเท่ากับ ± 100 กิโลเฮิร์ตซ์ แต่อัตราการเบี่ยงเบนจะเพิ่มเป็น 10,000 ครั้งต่อวินาที นั่นคือ ความถี่ของสัญญาณที่เข้ามอดูเลตเป็นตัวกำหนดอัตราการเบี่ยงเบนความถี่

สำหรับแอมพลิจูดของสัญญาณมอดูเลตจะเป็นตัวกำหนดช่วงความถี่เบี่ยงเบน ตัวอย่างเช่น สัญญาณโทนที่มีแอมพลิจูดสูงจะทำให้ความถี่เบี่ยงเบนไป ± 100 กิโลเฮิร์ตซ์ สัญญาณโทนที่มีแอมพลิจูดน้อยลงจะทำให้ความถี่เบี่ยงเบนไป ± 50 กิโลเฮิร์ตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่าวโดยสรุป สัญญาณ FM มีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้

1. มีแอมพลิจูดคงที่ตลอด แต่ความถี่เปลี่ยนแปลงตามสัญญาณที่เข้ามามอดูเลต
2. อัตราการเบี่ยงเบนความถี่ของสัญญาณพาหะ มีค่าเท่ากับความถี่ของ สัญญาณที่เข้ามามอดูเลต
3. ช่วงความถี่เบี่ยงเบน (หรือดีวีเอช) เป็นสัดส่วนกับแอมพลิจูดของ สัญญาณที่เข้ามามอดูเลต

2.1 ดัชนีการมอดูเลต

ในระบบ AM ปริมาณการมอดูเลต เรานิยามวัดเป็นเปอร์เซ็นต์การมอดูเลต ซึ่งดูได้จากการเปลี่ยนแปลงของแอมพลิจูดหรือรอบคลื่น AM ทั้งด้านต่ำสุดและสูงสุด แต่ในระบบ FM เราวัดเปอร์เซ็นต์การมอดูเลตจากการเปลี่ยนแปลงความถี่ ซึ่งเรานิยามเรียกชื่อเสียใหม่ว่า **ดัชนีการมอดูเลต** ลองพิจารณาความหมายของดัชนีการมอดูเลตต่อไปนี้

$$m = f_d / f_m \quad (\text{ของระบบ FM})$$

ในที่นี้ f_d คือช่วงความถี่เบี่ยงเบน
 f_m คือความถี่ของสัญญาณที่เข้ามามอดูเลต

ค่าตัวเลขของดัชนีการมอดูเลตจะมีค่าสูง (แตกต่างจากเปอร์เซ็นต์การมอดูเลต ซึ่งเมื่อคิดเป็นอัตราส่วนจะได้อยู่ระหว่าง 0 ถึง 1) ตัวอย่างเช่น ในระบบวิทยุกระจายเสียง FM เรากำหนดให้ความถี่เบี่ยงเบนของระบบสูงสุดที่วัดไว้เท่ากับ 75 กิโลเฮิร์ตซ์ สมมติว่าเราให้สัญญาณเสียง 1 กิโลเฮิร์ตซ์ มอดูเลตให้เกิดความเบี่ยงเบนเต็มที่ ค่าดัชนีการมอดูเลตจะเป็น

$$m = \frac{75\text{kHz}}{1\text{kHz}} = 75$$

สังเกตว่า ค่าดัชนีการมอดูเลตในระบบ FM ขึ้นอยู่กับความถี่ของสัญญาณเสียงที่เข้ามามอดูเลต ในทางปฏิบัติเรานิยามวัดเป็น **อัตราส่วนเบี่ยงเบน (deviation ratio)** ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างความถี่เบี่ยงเบน (ของระบบ) สูงสุด ($f_{d,max}$) ต่อความถี่สูงสุดของสัญญาณที่เข้ามามอดูเลต ($f_{m,max}$)

ในระบบกระจายเสียง FM ค่าอัตราเบี่ยงเบน (Δ) จะเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}\Delta &= f_{d\max} / f_{m\max} \\ &= 75 \text{ กิโลเฮิร์ตซ์} / 15 \text{ กิโลเฮิร์ตซ์} \\ &= 5\end{aligned}$$

ในระบบ AM เมื่อเพิ่มแอมพลิจูดของสัญญาณที่เข้ามอดูเลตเพื่อให้เปอร์เซ็นต์สูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงแอมพลิจูด (กรอบคลื่น) ของพาหะจะเปลี่ยนแปลงมากขึ้น แต่ในระบบ FM เมื่อเพิ่มแอมพลิจูดของสัญญาณที่เข้ามอดูเลตสูงขึ้น การเบี่ยงเบนความถี่ของพาหะจะเบี่ยงเบนได้มากขึ้น ในระบบวิทยุกระจายเสียง FM กำหนดให้ความถี่เบี่ยงเบนของระบบเต็มที่ไม่เกิน 75 กิโลเฮิร์ตซ์ ถ้าเรามอดูเลตทำให้ความถี่ของพาหะเบี่ยงเบนไปเท่ากับ 75 กิโลเฮิร์ตซ์ แสดงว่าเรามอดูเลตเต็มที 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเราเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การมอดูเลต} = f_d / f_{d\max} \times (100)$$

ในที่นี้ f_d คือความถี่เบี่ยงเบน เนื่องจากสัญญาณที่เข้ามอดูเลต
 $f_{d\max}$ คือความถี่เบี่ยงเบนสูงสุดของระบบ

2.2 ไซด์แบนด์ FM

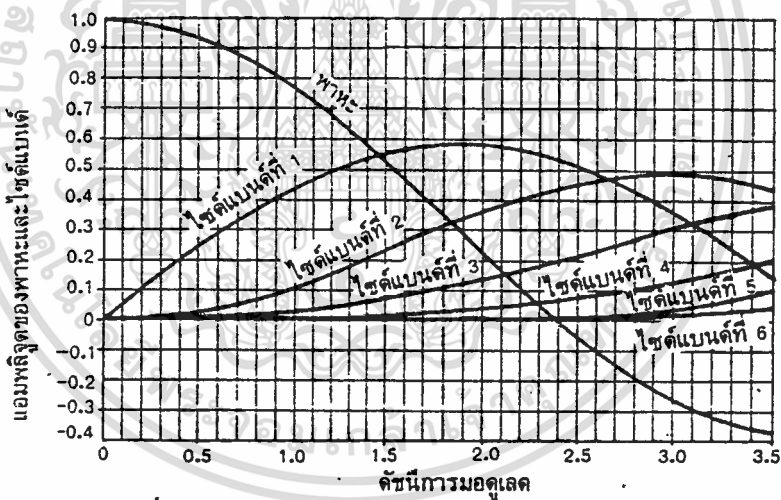
ความแตกต่างระหว่างระบบ AM กับ FM ที่เห็นได้ชัดก็คือ ไซด์แบนด์ ในระบบ AM ถ้าเรามอดูเลตด้วยสัญญาณรูปไซน์จะเกิดไซด์แบนด์จำนวน 2 ตัว คือ USB กับ LSB แต่ในระบบ FM ถ้าเรามอดูเลตด้วยสัญญาณรูปไซน์จะเกิดไซด์แบนด์จำนวนนับอนันต์ เนื่องจากการเบี่ยงเบนความถี่ของพาหะ ทำให้เกิดความถี่เพิ่มขึ้นอีกมากมาย ความจริงแล้วไซด์แบนด์ที่อยู่ห่างจากความถี่กลางมากๆ ก็มีแอมพลิจูดเล็กมากๆ จนไม่ต้องคำนึงถึง

ในระบบ AM ไซด์แบนด์อาจเสริมหรือหักล้างจากพาหะที่มีแอมพลิจูดคงที่ ซึ่งมีผลให้กรอบคลื่นของพาหะเปลี่ยนแปลง แต่ในระบบ FM สัญญาณ FM จะรักษาแอมพลิจูดไว้คงที่เสมอ ซึ่งหมายความว่า กำลังของคลื่นพาหะย่อมกระจายไปอยู่ในไซด์แบนด์ ความสัมพันธ์ของพาหะกับไซด์แบนด์ในระบบ FM ขึ้นอยู่กับดัชนีการมอดูเลต เนื่องจากดัชนีการมอดูเลตเป็นตัวกำหนดจำนวนไซด์แบนด์ที่สำคัญ และแอมพลิจูดของพาหะกับไซด์แบนด์ต่างๆ

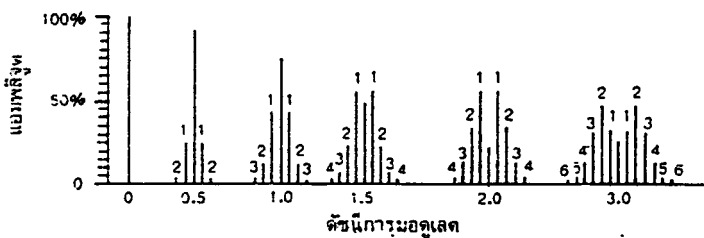
ในรูปที่ ก.10 แสดงกราฟแอมพลิจูดของคลื่นพาหะกับไซด์แบนด์ที่ดัชนีการมอดูเลตค่าต่างๆ จะเห็นว่าเมื่อดัชนีการมอดูเลตเป็นศูนย์จะมีแค่คลื่นพาหะอย่างเดียว (เท่ากับ 1 หน่วย) คลื่นการค้ำ
 ไม่ว่าจะถี่ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไซด์แบนด์เป็นศูนย์ เมื่อดัชนีการมอดูเลตเพิ่มขึ้น จำนวนไซด์แบนด์จะเพิ่มขึ้น แอมพลิจูดของไซด์แบนด์ก็จะใหญ่ขึ้น แต่แอมพลิจูดของพาหะกลับเล็กลงจนกระทั่งดัชนีการมอดูเลตเท่ากับ 2.4 คลื่นพาหะจะเป็นศูนย์ ตอนนี้อยู่ในไซด์แบนด์ทั้งสิ้น เมื่อดัชนีการมอดูเลตเพิ่มขึ้นอีก คลื่นพาหะก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นอีก (เป็นค่าลบ แสดงว่าเฟสตรงกันข้ามกับตอนแรก เช่น เมื่อดัชนีการมอดูเลตเป็น 3.1 แอมพลิจูดของพาหะจะเท่ากับ -0.3 หน่วย) สังเกตว่าจุดที่คลื่นพาหะเป็นศูนย์นั้นมีอยู่หลายจุด

กราฟในรูปที่ ก.10 เขียนได้เป็นตารางที่ ก.1 เพื่อให้ดูง่ายขึ้น ในที่นี้เราตัดไซด์แบนด์ที่มีแอมพลิจูดน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ของพาหะเดิม (ก่อนมอดูเลต) ออกไปโดยไม่คำนึงถึง เช่นเมื่อดัชนีการมอดูเลตเท่ากับ 0.5 แอมพลิจูดของคลื่นพาหะจะเท่ากับ 0.94 หน่วย ไซด์แบนด์คู่แรกมีแอมพลิจูดเท่ากับ 0.24 หน่วย ไซด์แบนด์คู่ที่สองถัดไปมีแอมพลิจูดเท่ากับ 0.03 หน่วย ไซด์แบนด์อื่นนอกจากนี้มีแอมพลิจูดน้อยจนสามารถตัดทิ้งไปได้ เมื่อดัชนีการมอดูเลตสูงขึ้น การกระจายคลื่นไซด์แบนด์จะเป็นดังรูปที่ ก.11



รูปที่ ก.10 กราฟแสดงแอมพลิจูดของพาหะและไซด์แบนด์ในระบบ FM



รูปที่ ก.11 รูปคลื่น FM ในเชิงความถี่ ที่ค่าดัชนีการมอดูเลตเท่ากับ 0, 0.5, 1, 1.5, 2.0, 3.0 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดัชนีการ มอดูเลต	พหุหะ	ไซด์แบนด์คู่ที่															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.25	0.98	0.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.5	0.94	0.24	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.0	0.77	0.44	0.11	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.5	0.51	0.56	0.23	0.06	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.0	0.22	0.58	0.35	0.13	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.5	-0.05	0.50	0.45	0.22	0.07	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.0	-0.26	0.34	0.49	0.31	0.13	0.04	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.0	-0.40	-0.07	0.36	0.43	0.28	0.13	0.05	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-0.18	-0.33	0.05	0.36	0.39	0.26	0.13	0.05	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-
6.0	0.15	0.28	-0.24	0.11	0.36	0.36	0.25	0.13	0.06	0.02	-	-	-	-	-	-	-
7.0	0.30	0.00	-0.30	-0.17	0.16	0.35	0.34	0.23	0.13	0.06	0.02	-	-	-	-	-	-
8.0	0.17	0.23	-0.11	-0.29	-0.10	0.19	0.34	0.32	0.22	0.13	0.06	0.03	-	-	-	-	-
9.0	-0.09	0.24	0.14	-0.18	-0.27	-0.06	0.20	0.33	0.30	0.21	0.12	0.06	0.03	0.01	-	-	-
10.0	-0.25	0.04	0.25	0.06	-0.22	-0.23	-0.01	0.22	0.31	0.29	0.20	0.12	0.06	0.03	0.01	-	-
12.0	-0.05	-0.22	-0.08	0.20	0.18	-0.07	-0.24	-0.17	0.05	0.23	0.30	0.27	0.20	0.12	0.07	0.03	0.01
15.0	-0.01	0.21	0.04	0.19	-0.12	0.13	0.21	0.03	-0.17	-0.22	-0.09	0.10	0.24	0.28	0.25	0.18	0.12

ตารางที่ ก.1 แสดงการกระจายคลื่นพหุหะและไซด์แบนด์ที่ดัชนีการมอดูเลตค่าต่าง ๆ

2.3 แบนด์วิดท์ของสัญญาณ FM

ในระบบ FM จำนวนไซด์แบนด์และแอมพลิจูดของไซด์แบนด์ขึ้นอยู่กับค่าดัชนีการมอดูเลต โดยความถี่ของไซด์แบนด์มีค่าสัมพันธ์กับค่าความถี่ของสัญญาณที่เข้ามอดูเลต กล่าวคือไซด์แบนด์คู่แรกมีความถี่เท่ากับ $f_c \pm f_m$ ไซด์แบนด์คู่ที่สองมีความถี่เท่ากับ $f_c \pm 2f_m$, ฯลฯ ฉะนั้นแบนด์วิดท์ของคลื่น FM ต้องครอบคลุมจำนวนไซด์แบนด์ที่สำคัญทุกตัว นั่นคือ แบนด์วิดท์ขึ้นอยู่กับดัชนีการมอดูเลต แต่ดัชนีการมอดูเลตเท่ากับ f_d / f_m ดังนั้นถ้าเราทราบความถี่เบี่ยงเบนและความถี่ของสัญญาณมอดูเลต เราก็สามารถคำนวณหาแบนด์วิดท์ได้

ตัวอย่างเช่น ความถี่ของสัญญาณที่เข้ามอดูเลต เท่ากับ 3 กิโลเฮิร์ตซ์ ความถี่เบี่ยงเบนเท่ากับ 18 กิโลเฮิร์ตซ์ เราคำนวณค่าดัชนีการมอดูเลตได้ดังนี้

นำค่า $m = 6$ ไปหาไซด์แบนด์สำคัญที่พิจารณาได้จากตารางที่ ก.1 จะเห็นว่าเมื่อดัชนีการมอดูเลตเท่ากับ 6 จำนวนไซด์แบนด์จะมีอยู่ 9 คู่ เราจึงคำนวณหาแบนด์วิดท์ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 BW &= f_m \times \text{จำนวนไซด์แบนด์} \times 2 \\
 &= 3 \text{ กิโลเฮิร์ตซ์} \times 9 \times 2 \\
 &= 54 \text{ กิโลเฮิร์ตซ์}
 \end{aligned}$$

ความจริงแล้วในทางปฏิบัตินิยมใช้สูตรคำนวณแบนด์วิดท์แบบประมาณจากค่า $f_d \max$

และ $f_m \max$ เลข ไม่ต้องเสียเวลานับจำนวนไซด์แบนด์ ดังนี้
 เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสำนักงานกสทช. ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} BW &= 2(m+1)f_{m\max} \\ \text{หรือ } BW &= 2(f_{d\max} + f_{m\max}) \quad ; \text{ เมื่อ } m = f_{d\max} / f_{m\max} \end{aligned}$$

จากตัวอย่างดังกล่าวเรากำหนดได้ว่า

$$\begin{aligned} BW &= 2 \times (6+1) \times 3 \\ &= 42 \text{ กิโลเฮิรตซ์} \\ \text{หรือ } BW &= 2 \times (18 + 3) \\ &= 42 \text{ กิโลเฮิรตซ์} \end{aligned}$$

เสมือนกับที่เราพิจารณาใช้ไซด์แบนด์เพียง 7 คู่ เมื่อเทียบกับการคำนวณในตอนต้น

2.4 วิธีการมอดูเลตทางความถี่

1) รีแอกแตนซ์มอดูเลเตอร์

หลักการของวงจรรีแอกแตนซ์มอดูเลเตอร์ ก็คือ ใช้ออสซิลเลเตอร์ หรือทรานซิสเตอร์ เป็นตัวที่กำหนดหน้าที่เป็นรีแอกแตนซ์ (ความจุหรือความเหนี่ยวนำ) ในวงจรเทงก์ของออสซิลเลเตอร์ ฉะนั้นเมื่อป้อนสัญญาณเสียงมาอมอดูเลต ค่ารีแอกแตนซ์จะแปรเปลี่ยนไป ทำให้ความถี่ของออสซิลเลเตอร์เปลี่ยนแปลงด้วย

วงจรรีแอกแตนซ์มอดูเลเตอร์ ในรูปที่ ก.12 ใช้ C_1 และ R_1 ต่อक्रमวงจรเทงก์ของออสซิลเลเตอร์ ค่ารีแอกแตนซ์ของ C_1 มีค่าประมาณ 6 เท่าของ R_1 ฉะนั้นเมื่อมองการต่อ R_1 กับ C_1 จึงเสมือนเป็นความจุล้วนๆ ฉะนั้นสัญญาณที่ป้อนให้แก่เทคของ Q_1 จะมีเฟสหน้าหน้าแรงดันออสซิลเลเตอร์อยู่ 90 องศา เนื่องจากวงจร C_1R_1 กระแสครนใน Q_1 ก็จะมีเฟสหน้าหน้า 90 องศา เทียบกับแรงดันออสซิลเลเตอร์ด้วยเช่นเดียวกัน ฉะนั้นวงจรโดยรวมจึงปรากฏเป็นความจุต่อขานวงจรเทงก์ของออสซิลเลเตอร์

เนื่องจากวงจร FET ทำหน้าที่เสมือนตัวเก็บประจุ จึงสามารถควบคุมความถี่ออสซิลเลเตอร์ได้ ถ้าสัญญาณเสียงเป็นศูนย์ ค่าความจุจะอยู่ความถี่กลาง ถ้าสัญญาณเสียงเป็นบวก กระแสครนจะเพิ่ม และค่าความจุจะเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้ความถี่ออสซิลเลเตอร์ต่ำลง ในทำนองเดียวกันเมื่อสัญญาณเสียงเป็นลบ กระแส FET จะลด และความจุจะลดลงตามด้วย ความถี่ของออสซิลเลเตอร์จึงเพิ่มขึ้น

ถ้าเราสามารถใช้ออสซิลเลเตอร์หรือหลอดสูญญากาศแทน FET เป็นวงจรรีแอกแตนซ์ได้นอกจากนี้เราสามารถใช้ออสซิลเลเตอร์โดยรวมเสมือนเป็นความเหนี่ยวนำได้โดยการสลับตำแหน่ง

เอกสาร R_1C_1 เอกสารที่ส่งจนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสัญญาณเสียงแฉ่ง (swing) หรือเปลี่ยนค่าไปทางบวก แรงดันไบอัสแบบกลับทางที่คร่อมวาระกเตอร์ก็จะเพิ่มขึ้น ความจุลดลง ทำให้ความถี่ออสซิลเลเตอร์สูงขึ้น เมื่อสัญญาณเสียงแฉ่งไปทางลบไฟไบอัสกลับทางคร่อม วาระกเตอร์ก็จะลดลง ความจุของวาระกเตอร์จะมากขึ้น ทำให้ความถี่ของออสซิลเลเตอร์ลดลง จะได้ว่าถ้าสัญญาณเสียงเป็นโทน (เสียง) 1,000 เฮิรตซ์ ความถี่ของออสซิลเลเตอร์จะแฉ่ง ไปมาระหว่างความถี่กลางด้วยอัตรา 1,000 ครั้งต่อวินาที (อัตราเบี่ยงเบน) อัตราการเบี่ยงเบนจะเท่ากับของสัญญาณเสียงนั่นเอง ถ้าแอมพลิจูดของสัญญาณเสียงเพิ่มขึ้น ช่วงเปลี่ยนแปลงความจุของวาระกเตอร์จะกว้างมากขึ้น นั่นคือช่วงความถี่เบี่ยงเบนกว้างขึ้น



ภาคผนวก ข

การใช้งาน XR-2206

ข-1 รายละเอียดทั่วไป

XR-2206 เป็นไอซีกำเนิดสัญญาณ (monolithic function generator) ใช้งานสำหรับสร้างสัญญาณไซน์(sine), สี่เหลี่ยม(square), สามเหลี่ยม(triangle), แรมป์(ramp), พัลส์(pulse) ที่มีคุณภาพเสถียรภาพและความเที่ยงตรงสูง รูปคลื่นเอาต์พุตสามารถมอดูเลตได้ทั้งขนาด (amplitude) และทางความถี่ (frequency) ได้ด้วยค่าศักดาภายนอก ความถี่ใช้งานตั้งแต่ 0.01 เฮิรตซ์ ถึง 1 เมกกะเฮิรตซ์

ไอซีเบอร์นี้เหมาะสำหรับการใช้งาน ในระบบสื่อสาร (communication) ในระบบเครื่องมือวัด (instrumentation) และระบบที่ต้องการแหล่งกำเนิดสัญญาณ ไซน์, AM, FM หรือ วงจรเลื่อนความถี่ (FSK) ไอซีมีค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนของอุณหภูมิเป็น 20 ppm / °C ความถี่ออสซิลเลเตอร์ (oscillator) สามารถกวาดเป็นเชิงเส้นสูงกว่า 2,000 : 1 ช่วงความถี่โดยการควบคุมของศักดาภายนอก ในขณะที่มีความเพี้ยนต่ำ

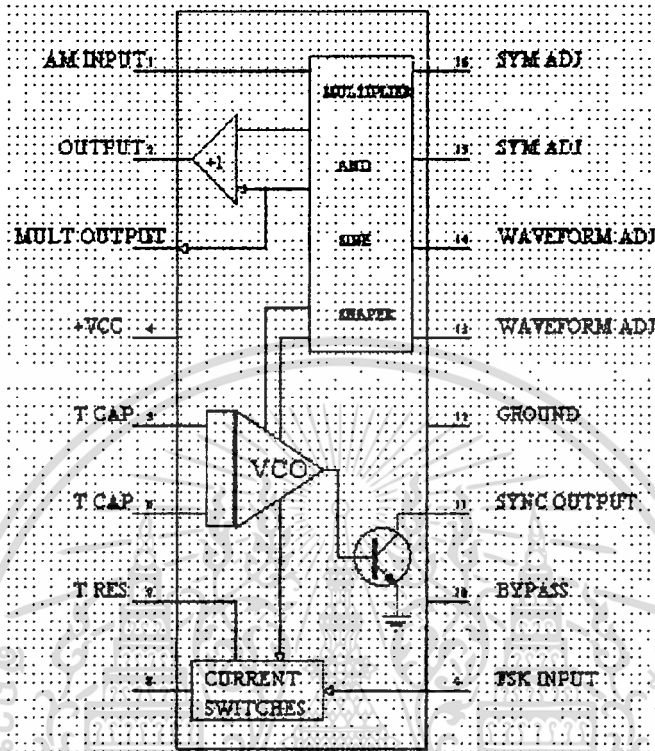
1.1 ลักษณะสำคัญ

-ความเพี้ยนของ sine wave ต่ำ	0.5% , Typical
-เสถียรภาพทางอุณหภูมิสูง	20 ppm / °C , Typical
-ช่องกวาดของความถี่กว้าง	2000 : 1 , Typical
-sensitivity ของไฟเลี้ยงต่ำ	0.01% V , Typical
-การมอดูเลตเชิงขนาดเป็นเชิงเส้น	
-TTL compatible FSK control	
-ช่องกว้างของไฟเลี้ยง	10 V ถึง 26 V
-Duty Cycle สามารถปรับได้	1% ถึง 99%

เอกสารนี้ 1.2 บล็อกไดอะแกรมหน้าที่ (FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM) เป็นด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 บล็อกไดอะแกรมหน้าที่ (FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM)



รูปที่ ข.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมหน้าที่ (functional block diagram) ของ XR-2206

1.3 การใช้งาน

- กำเนิดรูปคลื่น (Waveform Generation)
- กำเนิดสัญญาณกวาด (Sweep Generation)
- กำเนิดสัญญาณ AM/FM (AM/FM Generation)
- เปลี่ยนแรงดันเป็นความถี่ (V/F Conversion)
- แปลงสัญญาณ เป็นความถี่ (FSK conversion)
- ล็อกความถี่ (Phase-Locked Loop (VCO))

1.4 ค่าสูงสุดในการใช้งาน (ABSOLUTE MAXIMUM RATING)

- แหล่งกำเนิดไฟฟ้า (Power Supply) 26 V
- กำลังงานที่สูญเสีย (Power Disipation) 750 mW

เอกสารนี้เป็นเอกสารหลวงส่วนหนึ่งหรือบางส่วนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-กำลังที่ลดลงต่ออุณหภูมิ (Derate Above 25°C)	5 mW/°C
-กระแสรวม (Total Timing Current)	6 mA
-อุณหภูมิสะสม (Storage Temperature)	-65°C ถึง +150°C

ข-2 รายละเอียดของระบบ

XR-2206 ประกอบด้วย 4 ภาค ได้แก่ ออสซิลเลเตอร์ควบคุมแรงดัน (voltage controlled oscillator หรือ VCO) ,ตัวคูณสัญญาณ(analog multiplier และ sine-shaper), แอมป์ขยาย(unity gain buffer amplifier) และ สวิตช์เลือกกระแส(current switches) VCO จะผลิตเอาต์พุต ความถี่ที่เป็นสัดส่วนกับกระแส อินพุต ซึ่งสามารถกำหนดได้โดย ตัวต้านทานที่ต่อเข้าขาที่เกี่ยวข้องกับเวลาลงกราวด์ เนื่องจากมี 2 ขาที่เกี่ยวข้องกับเวลา ดังนั้นจึงสามารถสร้างความถี่ได้ 2 ความถี่ สำหรับการกำเนิดสัญญาณ FSK โดยใช้ขา FSK input control ค่า FSK input นี้จะไปควบคุมวงจรภายในส่วน สวิตช์เลือกกระแส เพื่อให้เกิดการเลือกขาที่ต่อตัวต้านทานสำหรับวงจร VCO

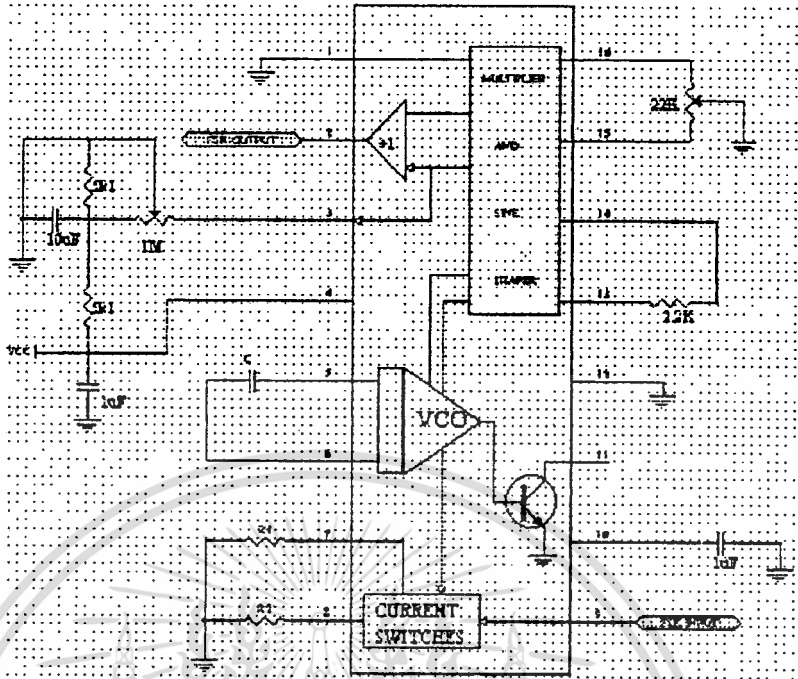
ข-3 รายละเอียดการใช้งาน

3.1 Frequency-Shift Keying

XR-2206 สามารถใช้งานโดยต่อ ตัวต้านทานเวลา (Timing Resistor) 2 ตัวแยกกัน (R_1, R_2) ที่ขา 7 และขา 8 ของไอซี ดังรูปที่ ข.2 โดยตัวต้านทานแต่ละตัวจะถูกใช้นั้นขึ้นอยู่กับสัญญาณตรรก (logic) ที่เข้าที่ขา 9 ของไอซี หากขา 9 เปิดวงจร (open circuit) หรือต่ออยู่กับ สัญญาณที่ศักดาสูงกว่าหรือเท่ากับ 2 โวลต์ แล้ว R_1 จะเป็นตัวต้านทานกำหนดเวลาทำนองเดียวกัน หาก ขา 9 ต่ออยู่กับสัญญาณที่ศักดาต่ำกว่าหรือเท่ากับ 1 โวลต์ แล้ว R_2 จะเป็นตัวต้านทานกำหนดเวลา ดังนั้น ความถี่ของสัญญาณ เอาต์พุตสามารถเข้ารหัสเป็น 2 ระดับที่มีความถี่เป็น f_1 และ f_2 โดยที่

$$f_1 = 1/(R_1C) \text{ และ } f_2 = 1/(R_2C)$$

สำหรับการใช้งานที่แยกไฟเลี้ยง ค่าศักดาเข้ารหัสที่ขา 9 จะเทียบกับ ศักดาลบ



รูปที่ ข.2 แสดงวงจร Simusoidal FSK Generator

3.2 การควบคุมระดับศักดาไฟตรงของเอาต์พุต

ระดับศักดาไฟตรงของเอาต์พุต ที่ขา 2 ประมาณเท่ากับ ศักดาไฟตรงที่จ่าย เข้าที่ขา 3 ของ ไอซี ซึ่งจากรูปที่ ข.2 ขา 3 ถูก จ่ายด้วยครึ่งหนึ่งของค่าศักดาบวก ($V+$) เทียบกับ กราวด์ ดังนั้นจะได้ ค่าศักดาไฟตรงเอาต์พุต = $(V+)/2$

3.3 การปรับละเอียดสัญญาณเอาต์พุต (output waveform)

ฮาร์โมนิกที่เกิดขึ้นของคลื่นรูปไซน์ (sine wave) สามารถลดลงเหลือ 0.5% โดยการเพิ่ม ตัวต้านทานค่าประมาณ 200 โอห์ม ที่ขา 13 และขา 14 ของ ไอซี ดังรูปที่ ข.2 และสามารถปรับ ความสมมาตรของรูปแบบของคลื่น (wave form) ได้โดย ต่อตัวต้านทานปรับค่าได้ ที่ขา 15 และ ขา 16 ของ ไอซี โดย tap ตรงกลางของตัวต้านทานปรับค่าได้ต่อลง ground การจะให้ได้รูปคลื่นที่มีความเพี้ยนต่ำสุดนั้น ที่ขา 13,14 ควรใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ค่าประมาณ 500 โอห์ม แล้วทำการ ปรับสมมาตร (symmetry) ที่ขา 15,16 ก่อน จากนั้นจึงปรับความเพี้ยน (distortion) ที่ขา 13,14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข-4 แนวทางการออกแบบ

สำหรับการทดสอบช่วงแรกนั้น ใช้ค่าความถี่ mark = 10 กิโลเฮิร์ตซ์ และความถี่ space = 20 กิโลเฮิร์ตซ์ ฉะนั้นจะได้ค่าอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

$$R_1 = 1 / (f_1 * C) \quad ; \quad f_1 = 10 \text{ กิโลเฮิร์ตซ์}$$

$$R_2 = 1 / (f_2 * C) \quad ; \quad f_2 = 20 \text{ กิโลเฮิร์ตซ์}$$

$$R_1 / R_2 = 2$$

เลือก $R_1 = 20$ กิโลโอห์ม ดังนั้น $R_2 = 10$ กิโลโอห์ม

ดังนั้น C มีค่า = $1 / (20k * 10k) = 5$ นาโนฟารัด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การใช้งาน XR-2211

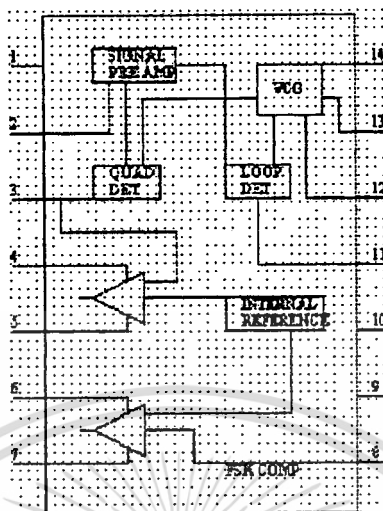
ก-1 ลักษณะทั่วไป

XR-2211 เป็นวงจรมอดูเลตเฟสล็อก (phase-locked loop หรือ PLL) แบบ โมโนลิทิก (monolithic) ซึ่งออกแบบมาสำหรับใช้งานทางการสื่อสารข้อมูลโดยเฉพาะ ลักษณะพิเศษของไอซีเบอร์นี้ เหมาะสมสำหรับใช้งานเป็น FSK modem ไอซีจะทำงานในช่วงกว้างของแรงดันแหล่งจ่ายไฟ (supply voltage) คือ 4.5 โวลต์ ถึง 20 โวลต์ และมีช่วงความถี่ที่กว้างโดยอยู่ในช่วง 0.01 เฮิรตซ์ ถึง 300 กิโลเฮิรตซ์ สามารถใช้สัญญาณอนาล็อก ได้ในช่วง 2 มิลลิโวลต์ ถึง 3 มิลลิโวลต์ อีกทั้งยังสามารถติดต่อ (interface) ได้กับวงจรตรรก (logic) ตระกูล DTL, TTL, ECL วงจรภายในไอซี ประกอบไปด้วยวงจรมอดูเลตเฟสล็อก สำหรับติดตามสัญญาณอินพุตในช่วงแถบผ่าน, วงจรควอดราเจอร์ทีเทคเตอร์ (quadrature phase detector) ใช้สำหรับตรวจสอบสัญญาณพาหะ และ FSK voltage comparator ใช้สำหรับ คีมอดูเลตสัญญาณ FSK อุปกรณ์ที่ต่อภายนอกใช้สำหรับกำหนดความถี่ ศูนย์กลาง (center frequency), แบนด์วิดท์ (bandwidth) และ เอดีพุดดีเลย์ (output delay) โดยกำหนดได้อย่างอิสระ สักดาอ้างอิงภายในเป็นสัดส่วนกับไฟเลี้ยงวงจร ดังนั้นเหมาะกับระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงสมรรถภาพต่ำเมื่อไฟเลี้ยงวงจรเปลี่ยนแปลง

1.1 ลักษณะสำคัญ

-ช่วงกว้างของความถี่	0.01 เฮิรตซ์ ถึง 300 กิโลเฮิรตซ์
-ช่วงกว้างของไฟเลี้ยงวงจร	4.5 โวลต์ ถึง 20 โวลต์
-HCMOS / TTL / Logic Compatibility	
-FSK demodulation , with Carrier Detection	
-ช่วงกว้างของ dynamic	2 มิลลิโวลต์ ถึง 3 โวลต์ (V _{rms})
-ช่วงของ tracking สามารถปรับได้	1% ถึง 80%
-เสถียรภาพอุณหภูมิสูง	20 ppm / °C

1.2 บล็อกไดอะแกรมหน้าที่ (FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM)



รูปที่ ค.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมหน้าที่ (functional block diagram) ของ XR-2211

1.3 การใช้งาน

- ดีเทกสัญญาณ(FSK Demodulation)
- ซิงโครไนซ์ข้อมูล(Data Synchronization)
- ถอดสัญญาณเสียง(Tone Decoding)
- แยกสัญญาณ FM (FM Detection)
- แยกสัญญาณพาหะ (Carrier Detection)

1.4 ค่าสูงสุดในการใช้งาน (ABSOLUTE MAXIMUM RATING)

-แหล่งจ่ายไฟ (Power supply)	20 โวลต์
-ระดับสัญญาณอินพุต (Input signal Level)	3 โวลต์ (V rms)
-กำลังงานที่สูญเสีย (Power Dissipation)	900 มิลลิวัตต์
-Ceramic Package	750 มิลลิวัตต์
-Derate Above Ta = +25 เซลเซียส	8 มิลลิวัตต์ / เซลเซียส
-plastic package	800 มิลลิวัตต์
-Derate Above Ta = +25 เซลเซียส	60 มิลลิวัตต์ / เซลเซียส
-JEDEC SO and Japanese SO	390 มิลลิวัตต์
-Derate Above Ta = +25 เซลเซียส	5 มิลลิวัตต์ / เซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 รายละเอียดของระบบ

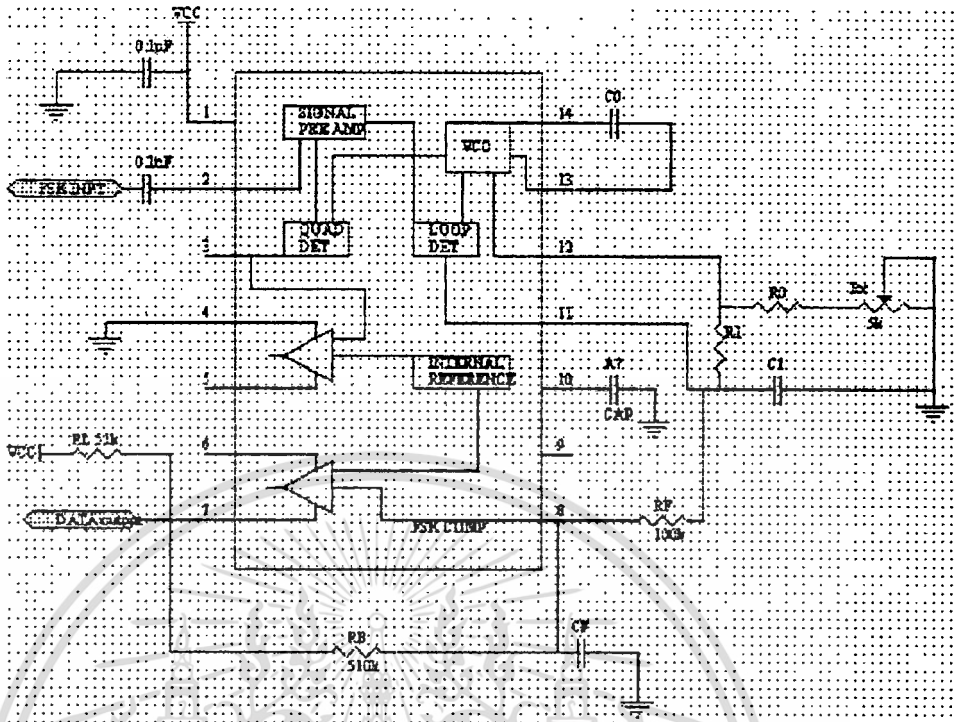
เอาต์พุตของวงจรแยกเฟส (phase detector) ให้สัญญาณผลบวกและผลต่างความถี่ของสัญญาณอินพุต กับสัญญาณจาก VCO นั่นคือ เอาต์พุต จะเป็น $(f_n + f_{vco})$ และ $(f_n - f_{vco})$ ดังนั้น ในขณะล็อก (lock) ความถี่ของสัญญาณเอาต์พุต จะเป็น $2 f_n$ และ 0 เฮิรตซ์ โดยการต่อตัวเก็บประจุคร่อมสัญญาณเอาต์พุตของวงจรแยกเฟส คือ ใส่วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (lowpass filter) นั้นเอง จะทำให้สัญญาณความถี่สูง $(f_n + f_{vco})$ ถูกลดทอนหายไป ทำให้เหลือเพียง ศักดาไฟตรง (DC) ซึ่งเกิดจากความต่างเฟสของความถี่ทั้งสอง เกิดเช่นนี้ขึ้นเรื่อยๆ ทำให้ VCO ติดตามความถี่ของอินพุตได้

ส่วนที่เหลือของ XR 2211 ทำงานดังนี้ คือ หาก VCO ถูกขับด้วย ความถี่ที่เหนือกว่าหรือต่ำกว่าความถี่ศูนย์กลาง FSK comparator จะสร้าง active high output และ active low output เมื่อ PLL หลักร อยู่ในช่วงล็อก (quadrature phase detector และ lock detector comparator)

ก-3 รายละเอียดการใช้งาน FSK DECODING

รูปที่ ก.2 แสดงการต่อพื้นฐานของวงจร FSK decoding โดยอ้างอิงจากรูปที่ ก.1 และรูปที่ ก.2 หน้าที่ของอุปกรณ์ภายนอกแต่ละตัวเป็นดังนี้

R_0, C_0	กำหนดความถี่ศูนย์กลางของเฟสล็อกคูลูป
R_1	กำหนดแถบความถี่ของระบบ
C_1	กำหนดรูปฟิลเตอร์ สำหรับ FSK data output
R_b	ตัวต้านทาน (= 510K) จากขา 7 ไปขา 8 มีไว้เพื่อเป็นการป้องกันแบบบวกสำหรับ FSK comparator เพื่อให้เกิดความรวดเร็วในการเปลี่ยนสถานะ ลอจิก



รูปที่ ก.2 แสดงการต่อใช้งานเป็น FSK decoder

ก-4 แนวทางการออกแบบ

วงจรตามรูปที่ ก.2 สามารถใช้ได้กับ วงจร FSK decoding ทั่วไป โดยการเลือกค่าอุปกรณ์ 5 ตัวที่ต่ออยู่นอก สำหรับการกำหนดความถี่ FSK space (f_1, f_2) ค่าพารามิเตอร์ สามารถคำนวณได้ดังนี้

- 1) คำนวณความถี่ศูนย์กลางของเฟสสี่เหลี่ยม (f_0)

$$f_0 = (f_1 + f_2) / 2$$

- 2) เลือกค่าของ ตัวต้านทานกำหนดเวลา (timing resistor) R_0 ให้อยู่ในช่วง 100 กิโลโอห์ม โดยสามารถเลือกได้ตามใจชอบ สำหรับค่าอ้างอิงของ R_0 เป็น 20 กิโลโอห์ม ซึ่งจะต้องต่อความต้านทานค่าปรับได้ ไว้สำหรับปรับค่าละเอียด R_x

- 3) คำนวณค่า C_0 จากสมการ

$$C_0 = 1 / (R_0 f_0)$$

- 4) คำนวณค่า R_1 เพื่อกำหนด ความเบี่ยงเบนของความถี่ mark และ space

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) คำนวณค่า C_1 เพื่อกำหนด loop damping โดยค่า loop damping ค่าอ้างอิงเท่ากับ (1/2) ดังนั้นจะ
ได้

$$C_1 = C_0/4$$

6) คำนวณตัวเก็บประจุกรองข้อมูล, C_f สำหรับ $R_f = 100$ กิโลโอห์ม , $R_0 = 510$ กิโลโอห์ม ค่า
อ้างอิงของ C_f คือ

$$C_f = 3/(\text{Baud Rate}) \text{ ไมโครฟารัด}$$

***หมายเหตุ : ค่าอุปกรณ์ที่เกิดจากการคำนวณ ทุกตัวสามารถใช้ค่ามาตรฐานที่มีค่าใกล้เคียงกันได้
ยกเว้น ค่า R_0 ต้องมีความต้านทานปรับค่าได้ (potentiometer) ต่ออยู่ด้วย เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง

จากแนวทางการออกแบบข้างต้น ทำให้ได้ค่าอุปกรณ์แต่ละตัวสำหรับ FSK Decoding
circuit ซึ่งมี อัตราบอด (Baud Rate) เท่ากับ 9,600 โดยมี ความถี่ mark = 10 กิโลเฮิร์ตซ์ และความถี่
space = 20 กิโลเฮิร์ตซ์ ดังนี้

- 1) คำนวณ f_0 ได้ $f_0 = (10k+20k)/2 = 15$ กิโลเฮิร์ตซ์
- 2) เลือก R_0 20k (18k อนุกรมกับ pot 5k) ดังนั้นได้ค่า $C_0 = 1/(15k*20k) = 3.33$ นาโนฟารัด
- 3) คำนวณหาค่า $R_1 = 20k(15k/(20k-10k)) = 60$ กิโลโอห์ม
- 4) คำนวณหาค่า C_1 ได้ค่า $C_1 = (3.33nF)/4 = 833$ พิโคฟารัด
- 5) คำนวณหาค่า C_0 ได้ค่า $C_0 = 3/9600$ ไมโครฟารัด = 312.5 พิโคฟารัด

โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องพักข้อมูล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

----- 6.1 parallel buffer module

```

PORTA EQU 0E000H
PORTB EQU 0E001H
PORTC EQU 0E002H ;USE 1 (->PRN)
PORTWC EQU 0E003H
PCA EQU 04000H
PCB EQU 04001H ;USE 2 (->PC)
PCC EQU 04002H
PCWC EQU 04003H
prml equ 1ch
prmh equ 1dh
datal equ 1eh
datah equ 1fh

```

```

int0_left EQU 00H
PLI_flag equ 01h
RAM_full equ 02h

```

```

RAMENDL EQU 0FFH
RAMENDH EQU 1FH
RAMSTL EQU 00H
RAMSTH EQU 00H

```

```
ORG 0000H
```

```

sjmp RES
DS 8
DS 24

```

```

ORG 0013h ;/ interrupt printer service routine INT1
LCALL PRN_INT_service
RETI

```

```

ORG 0003H ;/ interrupt data service INT0
LCALL receivedata
RETI

```

```
ORG 0050H
```

```

RES: MOV R2,#0h
RES1: MOV R3,#0h
      DJNZ R3,$
      DJNZ R2,RES1
mov sp,#37h

```

```

MOV P1,#00H
MOV DPTR,#PORTWC
MOV A,#10000100B
MOVX @DPTR,A
lcall delay
MOV DPTR,#PORTWC
MOV A,#00001001B
MOVX @DPTR,A
lcall delay

```

```
MOV DPTR,#PORTWC
```

```

MOV A,#00000101B
MOVX @DPTR,A
lcall delay

MOV DPTR,#PcWC
MOV A,#10000110B
MOVX @DPTR,A
lcall delay

MOV DPTR,#PcWC
MOV A,#00000101B
MOVX @DPTR,A
lcall delay

MOV DPTR,#PcWC
MOV A,#00001100B
MOVX @DPTR,A
lcall delay

mov data,#RAMSTL
mov datah,#RAMSTH
mov pml,#RAMSTL
mov pmh,#RAMSTH
clr INTO_left
setb PLI_flag

MOV IE,#10000101B
;-----
main: nop
JB INTO_left,chkRAMfull
n1: nop
JB PLI_flag,chkWantPm
n2: nop
SJMP main
;-----
chkRAMfull: jb RAM_full,n1
clr int0_left
LCALL receivedata
ajmp n1
;-----
chkWantPm: mov a,pmh
cjne a,datah,wantPm
mov a,pml
cjne a,data,wantPm
ajmp n2
wantPm: clr PLI_flag
lcall PRN_INT_service
ajmp n2
;-----
receivedata: MOV DPTR,#PCB
MOVX A,@DPTR

mov dpl,datah
mov dph,datah
movx @dptr,a
lcall postphonedata
mov A,datah

```

```

        cjne a,pmh,ramNOTfull
        mov  A,datal
        cjne a,pml,ramNOTfull
        setb RAM_full
        SETB int0_left
        CLR  EX0
ramNOTfull:      nop
                 ret
;-----
noDataToPRN:    setb  PLI_flag
                 ret
;-----
PRN_INT_service: nop
                 mov  a,pmh
                 cjne a,datah,wait
                 mov  a,pml
                 cjne a,datal,wait
                 ajmp noDataToPRN

wait:  LCALL check_PRN_busy
        JNZ  wait
        mov  dpl,pml
        mov  dph,pmh
        movx a,@dptr
        MOV  DPTR,#PORTB
        MOVX @DPTR,A
        lcall DELAY

        MOV  DPTR,#PORTWC
        MOV  A,#00001000B
        MOVX @DPTR,A
        lcall DELAY
        MOV  A,#00001001B
        MOVX @DPTR,A
        LCALL DELAY
        lcall postphonepml
        clr  RAM_full

        ret
;-----
check_PRN_busy:  lcall DELAY
                 MOV  DPTR,#PORTA      ;use port A (8255PRN)
                 MOVX A,@DPTR          ;portf A -> ACC
                 JB   ACC.0,PRN_busy
                 MOV  A,#00H
                 RET
PRN_busy:       MOV  A,#0FFH
                 RET
;-----postphonedatal-----
postphonedatal:
                 MOV  A,DATAL
                 CJNE A,#RAMENDL,n_ppDATA1
                 MOV  A,DATAH

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CJNE A,#RAMENDH,n_ppDATA1 ;check DATA1 reach it end?

MOV DPH,RAMSTH ;yes
mov dpl,RAMSTL
SJMP beforeRETppDATA1
n_ppDATA1: ;no
MOV DPL,DATAL
MOV DPH,DATAH
INC DPTR

beforeRETppDATA1: MOV DATAL,DPL
MOV DATAH,DPH
RET

;-----
;-----postphonePRN1-----
postphonePRN1: MOV A,PRNL
CJNE A,#RAMENDL,n_ppPRN1
MOV A,PRNH
CJNE A,#RAMENDH,n_ppPRN1 ;check pml reach it end?

MOV DPL,#RAMSTL ;yes
MOV DPH,#RAMSTH
SJMP beforeRETppPRN1
n_ppPRN1: ;no
MOV DPL,PRNL
MOV DPH,PRNH
INC DPTR

beforeRETppPRN1: MOV PRNL,DPL
MOV PRNH,DPH
RET

;-----

DELAY: MOV R2,#10h
RES1a: MOV R3,#10h
DJNZ R3,$
DJNZ R2,RES1a
RET

```

END

```

;----- 6.2 receive data module
PCA EQU 0000H
PCB EQU 0001H ;USE 2 (->PC)
PCC EQU 0002H
PCWC EQU 0003h
SLI equ 00h ; similar to PLI flag
INT0_left equ 01h
RAMFULL equ 02h
T1buad1200 EQU 0E8H ;
r0st equ 21h
r0end equ 7fh
;-----

ORG 0000H

sjmp RES
DS 8
DS 24

ORG 0003H ;/ interrupt data service INT0
LCALL receivedata
RETI

ORG 0023H ;vector address serial interrupt
LCALL serial_service
RETI
;-----

ORG 0050H
db 'gigs'
RES: MOV R2,#0h
RES1: MOV R3,#0h
DJNZ R3,$
DJNZ R2,RES1

MOV DPTR,#PcWC
MOV A,#10000110B
MOVX @DPTR,A
lcall delay

MOV DPTR,#PcWC
MOV A,#00000101B
MOVX @DPTR,A
lcall delay

MOV DPTR,#PcWC
MOV A,#00001100B
MOVX @DPTR,A
lcall delay

mov sp,#07h
MOV TL1,#T1buad1200
MOV TH1,#T1buad1200

ORL SCON,#11010000B ;mode 3,ren=1
ANL SCON,#11011111B

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ ANL SCON,#00101111B ;timer1->timer mode 2 (auto-reload) โยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ORL TMOD,#00100000B
```

```
SETB TR1
ORL IP,#00010000B ;hi piority->serial,ext0
ORL IE,#10010001B ;enable serial,ext0
clr ren
setb SLI
clr INTO_left
mov r0,#r0st
mov r1,#r0st
```

```
main:    nop
        jb  SLI,sendserial
n1:      nop
        jb  INTO_left,ramstillfull
n2:      nop
        SJMP main
```

```
;-----
ramstillfull:  jb  ramfull,ramret
               clr INTO_left
               lcall receivedata
ramret:        ret
```

```
;-----
sendserial:   mov  a,r0
               mov  b,r1
               cjne a,b,havedata
               sjmp n1
havedata:     clr  ren
               clr  SLI
               mov  a,@r0
               mov  sbuf,a
               inc  r0
               cjne r0,#r0end,norm
               mov  r0,#r0st
```

```
norm:
        sjmp n1
```

```
;-----parallel interrupt-----
```

```
receivedata:
        MOV  DPTR,#PCB
        MOVX A,@DPTR
        mov  @r1,a
        inc  r1
        cjne r1,#r0end,normr1
        mov  r1,#r0st
```

```
normr1:    nop
           mov  a,r1
           mov  b,r0
           cjne a,b,axr1
           setb ramfull
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                setb INTO_left
                clr  ex0
axr1:           nop
                ret
;-----
;----- serial service -----
serial_service: JB  RI,Rx_serial ;RI = scon.0
                CLR TI           ;TI = scon.1

                mov  a,r1
                mov  b,r0
                cjne a,b,go_send
                setb SLI          ;ram empty
                RET
go_send:        mov  a,@r0
                mov  sbuf,a
                clr  ramfull
                setb ex0
                inc  r0
                cjne r0,#r0end,serial_ret
                mov  r0,#r0st
serial_ret:     RET
;----- Rx_serial -----
Rx_serial:     ret

DELAY: MOV  R2,#10h
RES1a: MOV  R3,#10h
        DJNZ R3,$
        DJNZ R2,RES1a
        RET

```

----- 6.2 serial buffer module

```
PORTA EQU 0E000H
PORTB EQU 0E001H
PORTC EQU 0E002H ;USE 1 (->PRN)
PORTWC EQU 0E003H
```

```
T1buad1200 EQU 0E3H
```

```
prml equ lch
prmh equ ldh
datal equ leh
datah equ lfh
```

```
int0_left EQU 00H
PLI_flag equ 01h
RAM_full equ 02h
```

```
RAMENDL EQU 0FFH
RAMENDH EQU 1FH
RAMSTL EQU 00H
RAMSTH EQU 00H
```

```
ORG 0000H
sjmp RES
DS 8
DS 24
```

```
ORG 0013h ;/ interrupt printer service routine INT1
LCALL PRN_INT_service
RETI
```

```
ORG 0023H ;vector address serial interrupt
LCALL serial_service
RETI
```

```
ORG 0050H
RES: MOV R2,#0h
RES1: MOV R3,#0h
      DJNZ R3,$
      DJNZ R2,RES1
mov sp,#37h
```

```
MOV DATAL,#00
MOV DATAH,#00
```

```
MOV DPTR,#PORTWC
MOV A,#10000100B
MOVX @DPTR,A
lcall delay
MOV DPTR,#PORTWC
MOV A,#00001001B
MOVX @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับใช้ทำงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
lcall delay
```

```
MOV DPTR,#PORTWC
```

```
MOV A,#00000101B
```

```
MOVX @DPTR,A
```

```
lcall delay
```

```
MOV TL1,#T1buad1200
```

```
MOV TH1,#T1buad1200
```

```
ORL SCON,#11010000B ;mode 3,ren=1
```

```
ANL SCON,#11011111B
```

```
ANL TMOD,#00101111B ;timer1->timer mode 2 (auto-reload)
```

```
ORL TMOD,#00100000B
```

```
mov datal,#RAMSTL
```

```
mov datah,#RAMSTH
```

```
mov prnl,#RAMSTL
```

```
mov prnh,#RAMSTH
```

```
clr INT0_left
```

```
setb PLI_flag
```

```
ORL IP,#00010000B ;hi priority->serial,ext0
```

```
setb tr1
```

```
ORL IE,#10010100B ;enable serial,ext0
```

```
;
```

```
main: nop
```

```
JB INT0_left,chkRAMfull
```

```
n1: nop
```

```
JB PLI_flag,chkWantPrn
```

```
n2: nop
```

```
SJMP main
```

```

;-----
chkRAMfull:  jb  RAM_full,n1
              clr  int0_left
              setb es
              ajmp n1
;-----

chkWantPrn:  MOV  P1,#0AAH
              mov  a,prnh
              cjne a,datah,wantPrn
              mov  a,prnl
              cjne a,datal,wantPrn
              ajmp n2
wantPrn:     clr  PLI_flag
              lcall PRN_INT_service
              ajmp n2
;----- serial service -----
serial_service:  JB  RI,Rx_serial ;RI = scon.0
                  CLR  TI          ;TI = scon.1
                  SETB REN        ;REN= scon.4
                                      ;let it can Rx data

serial_RET:     RET
;----- Rx_serial -----
Rx_serial:     MOV  A,SBUF
              mov  dpl,datal
              mov  dph,datah
              movx @dptr,a
              lcall postphonedata1
              mov  A,datah
              cjne a,prnh,ramNOTfull
              mov  A,datal
              cjne a,prnl,ramNOTfull

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

setb RAM_full
SETB int0_left
clr es
ramNOTfull:    nop
CLR RI

ret

```

```

;-----
noDataToPRN:  setb  PLI_flag
              ret
;-----

```

```

PRN_INT_service: nop
mov  a,prnh
cjne a,datah,wait
mov  a,prnl
cjne a,datal,wait
ajmp noDataToPRN

```

```

wait: LCALL check_PRN_busy

```

```

JNZ  wait
mov  dpl,prnl
mov  dph,prnh
movx a,@dptr
MOV  DPTR,#PORTB
MOVX @DPTR,A
lcall DELAY

```

```

MOV  DPTR,#PORTWC
MOV  A,#00001000B
MOVX @DPTR,A
lcall DELAY
MOV  A,#00001001B

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOVX @DPTR,A
LCALL DELAY
lcall postponeprn1
clr RAM_full

ret

;-----
check_PRN_busy:    lcall DELAY
                   MOV   DPTR,#PORTA      ;use port A (8255PRN)
                   MOVX  A,@DPTR          ;portf A -> ACC
                   JB    ACC.0,PRN_busy
                   MOV   A,#00H
                   RET
PRN_busy:          MOV   A,#0FFH
                   RET
;-----postphonedata1-----
postphonedata1:
                   MOV   A,DATAL
                   CJNE  A,#RAMENDL,n_ppDATA1
                   MOV   A,DATAH
                   CJNE  A,#RAMENDH,n_ppDATA1 ;check DATA1 reach it end?

                   MOV   DPH,RAMSTH      ;yes
                   mov   dpl,RAMSTL
                   SJMP  beforeRETppDATA1
n_ppDATA1:         ;no
                   MOV   DPL,DATAL
                   MOV   DPH,DATAH
                   INC   DPTR

beforeRETppDATA1: MOV   DATAL,DPL

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV DATAH,DPH
RET
;-----
;=====--postphonePRN1=====
postphonePRN1:  MOV  A,PRNL
                CJNE A,#RAMENDL,n_ppPRN1
                MOV  A,PRNH
                CJNE A,#RAMENDH,n_ppPRN1 ;check prn1 reach it end?

                MOV  DPL,#RAMSTL ;yes
                MOV  DPH,#RAMSTH
                SJMP beforeRETppPRN1
n_ppPRN1:      ;no
                MOV  DPL,PRNL
                MOV  DPH,PRNH
                INC  DPTR
beforeRETppPRN1:  MOV  PRNL,DPL
                MOV  PRNH,DPH
                RET

DELAY:  MOV  R2,#10h
RES1a:  MOV  R3,#10h
        DJNZ R3,$
        DJNZ R2,RES1a
        RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ทั้งนี้เป็นเพราะความช่วยเหลือสนับสนุนและให้คำปรึกษาจากหลายๆท่าน ขอขอบคุณอาจารย์ ขนิษฐา แซ่ตั้ง ที่ช่วยเหลือให้คำปรึกษาเป็นอย่างดีและให้ความเป็นกันเองมาโดยตลอด ขอขอบคุณพี่ลิ่ง พี่บอม พี่นัค ที่ช่วยแนะนำและแก้ปัญหาดังกล่าว คุณปรีชา ที่ช่วยแนะนำทางด้านซอฟต์แวร์และอดหลับอดนอนคิดบั๊กโปรแกรมจนสำเร็จรวมทั้งเอื้อเฟื้อยานพาหนะพาไปกินข้าวรอบดึกทำให้มีแรงทำงาน คุณเป๊ ช่วยแนะนำเทคนิคการติดต่อเครื่องพิมพ์และแนวทางการเขียนซอฟต์แวร์ คุณโธ้ง คุณนพ ให้คำแนะนำด้านฮาร์ดแวร์ คุณป๋วยที่ให้ชมอีพროมอิมูเดเตอร์คุณภาพเยี่ยม คุณนัค คุณบอย ที่ช่วยแนะนำเทคนิคต่างๆ คุณโอ คุณป๊อป คุณปราช ช่วยชี้แนะด้านรายงาน คุณจัน คุณแป๊ะที่ให้ชมเอกสาร คุณพีจรินทร์ ที่ช่วยเหลือในด้านเอกสาร ขอขอบคุณเพื่อนๆ-น้องๆที่ช่วยซื้อของให้ และขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆน้องๆทุกคนและอาจารย์ทุกท่านที่ให้การสนับสนุน, ให้ความรู้, ให้กำลังใจและ บางครั้งให้กำลังใจกาย ในการทำโครงการนี้ และขอขอบคุณที่สุดสำหรับสถาบันที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ให้แก่ทีมงานของเรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้