พรินเตอร์ไร้สาย

WIRELESS PRINTER

โดย

นางสาว ดลวิภา แก้วนุช

วัน เดือน ปี 14 ธ.ค 2540
เลขทะเบียน 039205
เลขเรียกหนังสือ TJ8398 ด 141 พ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พรินเตอร์ไร้สาย
WIRELESS PRINTER

โดย

นางสาว ดลวิภา แก้วนุช

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. ปราโมทย์ วาดเขียน

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2538

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง พรินเตอร์ไร้สาย

WIRELESS PRINTER

ผู้จัดทำ

1. นางสาว ดลวิภา แก้วนุช รหัสประจำตัว 35104146

ปราโมทย์ วาดเขียน อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. ปราโมทย์ วาดเขียน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	หน้า
1. บทนำ	1
2. ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 การสื่อสารข้อมูลกับพรินเตอร์	2
2.2 ดิจิตัลมอดูเลชั่น	16
2.3 วงจรออสซิลเลเตอร์	19
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	22
2.5 การใช้งานไทม์เมอร์ / เคาน์เตอร์	29
2.6 การใช้งาน 8255 พอร์ตข้อมูลขนาน	32
3. วงจรการทำงานของคีย์บอร์ดไร้สาย	35
3.1 ภาคส่ง	35
3.2 ภาครับ	36
3.3 ส่วนเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์และพรินเตอร์	39
4. ผลการทดลอง	43
4.1 ภาคส่งและภาครับ	43
4.2 ส่วนเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์และพรินเตอร์	47
5. สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน	49
แนวทางการพัฒนา	50
ภาคผนวก	51
กิตติกรรมประกาศ	67
เอกสารอ้างอิง	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 การติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และพรินเตอร์แบบขนาน	2
2.2 การติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และพรินเตอร์แบบอนุกรม	3
2.3 ขาของคอนเนคเตอร์แบบแอมฟีนอล	5
2.4 ช่วงเวลาของสัญญาณที่จะส่งข้อมูลไปยังพรินเตอร์	8
2.5 แสดงขาของคอนเนคเตอร์แบบ DB-25	9
2.6 ส่งอักขระ "M" ในรูปแบบ RS-232	12
2.7 การอินเตอร์เฟสแบบ RS-232	13
2.8 อักขระในการสื่อสารแบบอะซิงโครนัส	15
2.9 รูปแบบอักขระในการส่งสัญญาณแบบอะซิงโครนัส	15
2.10 โหมดของการสื่อสารข้อมูล	16
2.11 รูปคลื่นของดิจิตัลโมดูเลชั่น	17
2.12 วงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้การป้อนกลับแบบบวก	19
2.13 วงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ทเลย์	21
2.14 เฟสของแรงดันไฟฟ้าในการแท็ปคอยล์	22
2.15 แสดงความหมายของบิทต่าง ๆ ในรหัสควบคุม	32
2.16 แสดงโครงสร้างของพอร์ต Aและ Bเมื่อทำงานในโหมด1	34
3.1 บล็อคไดอะแกรมของภาคส่ง	35
3.2 วงจรเครื่องส่ง	36
3.3 บล็อคไดอะแกรมของภาครับ	36
3.4 วงจรเครื่องรับ	38
3.5 แสดงการเชื่อมต่อแบบDB-25กับส่วนเชื่อมต่อ	39
3.6 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมภาคส่ง	40
3.7 แส่ดงการเชื่อมต่อแบบแอมฟีนอลกับส่วนเชื่อมต่อ	41
3.8 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมภาครับ	42
4.1 ลักษณะของสัญญาณที่ผลิตออกมาจากเครื่องส่ง	43
4.2 รูปสัญญาณที่สแปนออกมาแสดงความถี่ของเครื่องส่ง	44
4.3 รูปสัญญาณของเครื่องส่งเมื่อป้อนความถี่ 5 kHz	44
4.4 แสดงความถี่ของเครื่องส่งเมื่อป้อนความถี่ 5 kHz	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
4.5 รูปสัญญาณเมื่อป้อนความถี่ 2.5 kHz	45
4.6 รูปสัญญาณเมื่อป้อนความถี่ 5 kHz	46
4.7 แสดงสัญญาณ BUSY และสัญญาณ STROBE	47
4.8 แสดงสัญญาณข้อมูลที่ขา Tx เมื่อส่งพิมพ์ตัวอักษร A	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
4.5 รูปสัญญาณเมื่อป้อนความถี่ 2.5 kHz	45
4.6 รูปสัญญาณเมื่อป้อนความถี่ 5 kHz	46
4.7 แสดงสัญญาณ BUSY และสัญญาณ STROBE	47
4.8 แสดงสัญญาณข้อมูลที่ขา Tx เมื่อส่งพิมพ์ตัวอักษร A	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 รายละเอียดการเชื่อมต่อขาแบบเซนโทรนิคส์ขนาน	5
2.2 รายละเอียดการเชื่อมต่อขาแบบDB-25	9
2.3 แสดงการปรับต่อขาของDB-25 กับ แอมฟีนอล	10
2.4 โหมดการทำงานของพอร์ทอนุกรม	26
2.5 การเลือกใช้อัตราบอด และ ค่ากำหนดเริ่มต้น	27
2.6 โหมดการทำงานของไทม์เมอร์	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พรินเตอร์ไร้สาย
(WIRELESS PRINTER)

โดย นางสาว ดลวิภา แก้วนุช 35104146

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. ปราโมทย์ วาดเขียน

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอการออกแบบ และ การทำงานของพรินเตอร์ไร้สาย ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น การสั่งพิมพ์เอกสารในกรณีที่เครื่องคอมพิวเตอร์อยู่ห่างไกลจากพรินเตอร์ โดยประกอบด้วยส่วนสำคัญสองส่วน ได้แก่ ส่วนฮาร์ดแวร์ และ ส่วนซอฟท์แวร์ โดยส่วนฮาร์ดแวร์นั้นประกอบด้วย ส่วนอินเตอร์เฟสกับเครื่องคอมพิวเตอร์ และ ส่วนที่ทำการ ส่ง - รับ สัญญาณความถี่วิทยุย่าน ยูเฮชเอฟ (UHF) ที่ความถี่ประมาณ 500 MHz ซึ่งมีการรบกวนจากภายนอกค่อนข้างน้อย และเป็นการมอดูเลทแบบ เอเอสเค (Amplitude Shift Keying ; ASK) ส่วนในภาครับก็จะเป็นแบบเอเอสเคเช่นเดียวกัน และ ผ่านวงจรปรับแต่งสัญญาณให้ได้รูปสัญญาณที่ต้องการ ส่วนซอฟท์แวร์จะจัดการเกี่ยวกับการรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ และ การส่งข้อมูลไปยังพรินเตอร์ โดยการตรวจจับสัญญาณแฮนด์เช็ค (Handshake) ต่าง ๆ ระหว่างคอมพิวเตอร์ และ พรินเตอร์

ABSTRACT

This thesis is a construction of a wireless printer that it is available in many applications such as printing document from any computer. It consists of two important parts ; hardware and software. The hardware consists of an interface which is used to connect between computer and wireless printer , it transmits the data by using 500 MHz UHF radio frequency. The ASK modulation with the signal adjustable for the operating signal is used. The software consists of the receiving data part from computer and sending data to printer which uses the technique of handshaking signal between computer and printer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการสื่อสาร และ การประมวลผลคอมพิวเตอร์ได้ก้าวหน้าไปอย่างมาก ดังนั้นแนวความคิดในการเชื่อมโยงคอมพิวเตอร์กับพรินเตอร์แบบไร้สายจึงเป็นแนวความคิดใหม่ที่ท้าทาย ผลประโยชน์ที่ได้รับจากการเชื่อมโยงแบบนี้ คือ ความสะดวกในการใช้งานซึ่งสามารถส่งข้อมูลมาที่พรินเตอร์จากระยะไกล ๆ ได้ และ ไม่เปลืองสายในการส่ง รวมทั้งความสะดวกในการเคลื่อนย้ายคอมพิวเตอร์

ในการติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ และ พรินเตอร์ นั้น อาศัยการส่งข้อมูลแบบขนาน ซึ่งเมื่อจะทำการส่งข้อมูลแบบไร้สายโดยอาศัยตัวกลางของคลื่นวิทยุนั้นจะต้องทำการแปลงสัญญาณแบบขนานจากคอมพิวเตอร์ให้เป็นสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) ก่อน โดยมีซีพียู 8031 เป็นหัวใจหลักในการจัดการส่วนนี้ เมื่อได้รับสัญญาณพร้อมที่จะรับข้อมูลแล้วก็จะส่งสัญญาณผ่านวงจรมอดูเลท ส่งออกอากาศในย่านยูเฮชเอฟ ช่วง 300 - 550 MHz โดยใช้เทคนิคการส่งแบบเอเอสเค (Amplitude Shift Keying) ผ่านออกอากาศไปยังภาครับ แล้วนั้นภาครับจะแปลงสัญญาณที่รับเข้ามาให้เป็นสัญญาณแบบขนานตามเดิมโดยใช้ ซีพียู 8031 เป็นตัวจัดการในส่วนนี้ จากนั้นก็ต่อเข้ากับพรินเตอร์เพื่อทำงานต่อไป แต่การทำงานระหว่างคอมพิวเตอร์ และ พรินเตอร์นั้นจะต้องมีการส่งสัญญาณตอบกลับเพื่อให้คอมพิวเตอร์ทราบว่า ขณะนี้พรินเตอร์พร้อมจะรับข้อมูลแล้ว หรือ ข้อมูลถูกพิมพ์แล้วพร้อมจะรับข้อมูลถัดไป ดังนั้นซีพียู 8031 จะต้องทำการจำลองสัญญาณแฮนด์เช็คต่าง ๆ ให้เหมือนกับการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ และ พรินเตอร์ จริง ๆ และเนื้อหาในบทต่าง ๆ จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องคือ เรื่องของพรินเตอร์ การสื่อสารข้อมูล ดิจิตอลมอดูเลชัน ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการส่งสัญญาณแบบดิจิตอล ต่อมาจะเป็นเรื่องของวงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) หลักการคำนวณ และ ออกแบบวงจร สุดท้ายจะเป็นวงจรการทดลอง ผลการทดลอง และ สรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

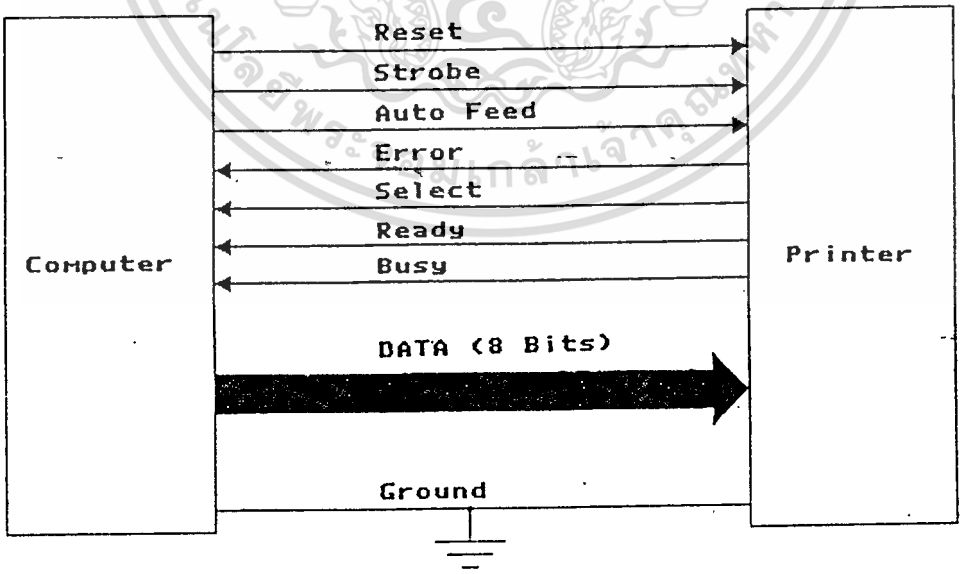
2.1 การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับพรินเตอร์

การสื่อสารข้อมูลกับพรินเตอร์นั้น คอมพิวเตอร์สามารถส่งข้อมูล 3 ชนิด ไปที่พรินเตอร์ คือ ข้อมูลตัวอักขระ รหัสควบคุม และ ข้อมูลกราฟฟิก ข้อมูลอักขระแสดงได้ในรูปของตัวอักษร ตัวเลข เครื่องหมายวรรคตอน สัญลักษณ์ต่าง ๆ รหัสควบคุมจะถูกใช้เพื่อส่งคำสั่งไปยังพรินเตอร์ รหัสเหล่านี้จะกำหนดโหมดการทำงาน เช่น รูปแบบตัวพิมพ์ (Font Style) ขนาดตัวอักษร หรือ การควบคุมที่สามารถกระทำได้โดยตรง เช่น การเลื่อนกระดาษทีละบรรทัด หรือ ทีละหน้า การใช้รหัสควบคุมแยกแยะมีความจำเป็นต่อการทำงานขณะที่พิมพ์เอกสาร ซึ่งรหัสควบคุมอื่น ๆ จะทำให้พรินเตอร์ทำงานในโหมดกราฟฟิกต่าง ๆ ได้

2.1.1 ลักษณะของการสื่อสารข้อมูล

ข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบไบนารี (Binary) ที่จะใช้ถ่ายเทระหว่างคอมพิวเตอร์ และ พรินเตอร์ ต้องใช้ตัวกลางในการสื่อสารคือ สายเคเบิล การผลิตและออกแบบคุณสมบัติของสายเคเบิลจะต้องขึ้นอยู่กับวิธีที่เราใช้ติดต่อ ซึ่งมักนิยมใช้อยู่ 2 แบบ คือ แบบอนุกรม และ แบบขนาน

การติดต่อแบบขนาน (Parallel) เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด เนื่องจาก เราส่งข้อมูลตรง ๆ เลย ดังแสดงในรูปที่ 2.1



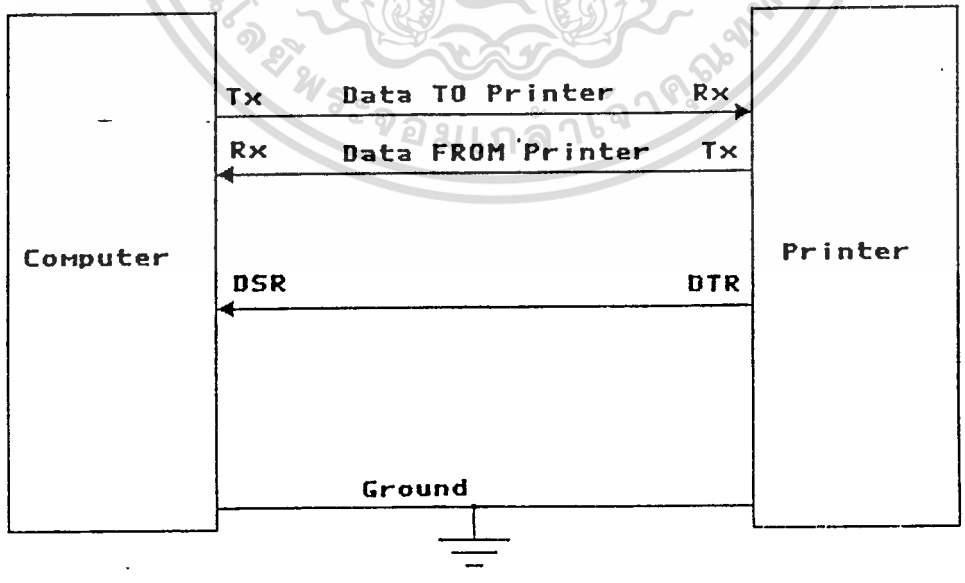
รูปที่ 2.1 แสดงการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และพรินเตอร์แบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สังเกตได้ว่า ข้อมูล 8 บิท ส่งแยก บิท D_0 ถึง บิท D_7 พร้อม ๆ กัน แต่ถ้าจะให้ส่งได้อย่างถูกต้อง คอมพิวเตอร์ และ พรินเตอร์ต้องซิงโครนัส (Synchronous) กัน คือ พรินเตอร์จะรับข้อมูลเมื่อมันขอ หรือ พรินเตอร์สั่งให้คอมพิวเตอร์รอจนกว่าพรินเตอร์จะพร้อมรับข้อมูล ดังนั้นการซิงโครนัสของการสื่อสารข้อมูลแบบขนานจำเป็นต้องมีสายควบคุมจำนวนมากสำหรับ สัญญาณพรินเตอร์ และ สัญญาณคอมพิวเตอร์ การทำงานอย่างสัมพันธ์กันดังกล่าวจะเรียกว่า การแฮนด์เชค (Handshaking)

การส่งแบบขนานมีความเร็วพอใช้ได้ โดยพรินเตอร์จะรับข้อมูลเร็วเท่า ๆ กับที่คอมพิวเตอร์ส่งไป ซึ่งมีความเร็วประมาณ 1,000 cps. เมื่อข้อมูลหนึ่งตัวอักขระมี 8 บิท ความเร็วจะมากกว่า 8,000 บิท ต่อวินาที บัส (Bus) ข้อมูลภายในพรินเตอร์มี 8 บิท จะสามารถรับข้อมูลในบัฟเฟอร์ (Buffer) ได้โดยเพิ่มวงจรเพียงเล็กน้อย การส่งข้อมูลแบบขนานเป็นการติดต่ออย่างง่าย แต่มีข้อเสียจุดใหญ่คือ ใช้สายเคเบิลมากแต่จะมีความเร็วในการส่งสูง และมีสัญญาณรบกวนทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งทำให้เกิดความผิดเพี้ยนของข้อมูลได้

การติดต่อแบบอนุกรม สามารถต่อได้ง่าย เพราะ มีจำนวนสายน้อยลง ดังรูปที่ 2.2 แต่การทำงานจะยุ่งยากกว่า เราจะพบว่าจากรูปที่ 2.2 มีสายสองเส้นที่ใช้ในการส่งข่าวสาร หนึ่งเส้นสำหรับส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังพรินเตอร์ และ อีกหนึ่งเส้นสำหรับส่งข้อมูลจากพรินเตอร์ไปยังคอมพิวเตอร์ เพราะว่าข้อมูลสามารถส่งไปมาได้ทั้งสองทิศทาง จึงเรียก การติดต่อสื่อสารแบบนี้ว่า การสื่อสารข้อมูลแบบสองทาง (Bidirectional Data Link) ถ้ามีสายเส้นเดียวจะสามารถส่งหรือรับข้อมูลได้เพียงอย่างใดอย่างหนึ่งในเวลาหนึ่งเท่านั้น ข้อมูลแบบอนุกรมต้องซิงโครนัสกันระหว่างคอมพิวเตอร์ และ พรินเตอร์ ดังนั้นเราต้องเพิ่มซิงโครไนซ์บิท ที่จุดเริ่มต้น และ จุดสิ้นสุด ของแต่ละข้อมูลอักขระที่ส่ง และ ยังมีพาริตี้บิท (Parity Bit) ที่ต้องรวมอยู่ด้วยสำหรับตรวจสอบบิทผิดพลาด



รูปที่ 2.2 แสดงการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และพรินเตอร์แบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำการแฮนด์เชคแบบอนุกรมนั้น แบ่งเป็นทั้ง ซอฟท์แวร์ และ ฮาร์ดแวร์ โดยซอฟท์แวร์ใช้ในการติดต่ออนุกรมแบบสองทิศทาง เช่น ใช้สั่งพรินเตอร์ให้ส่งรหัสควบคุมไปยังคอมพิวเตอร์ เช่น รหัสสำหรับการแฮนด์เชค " XON " และ " XOFF " ในส่วนของฮาร์ดแวร์ของการแฮนด์เชคนั้นไม่ได้ใช้ในการส่งข้อมูลจากพรินเตอร์ไปยังคอมพิวเตอร์ สัญญาณแฮนด์เชคที่แจ้งให้คอมพิวเตอร์ที่เพิ่มขึ้นคือสัญญาณพรินเตอร์ไม่ว่าง ดังนั้นการติดต่อจึงจะมีมากกว่าหนึ่งสายแฮนด์เชค โดยทั่วไปเรามักจะให้มีการแฮนด์เชคระหว่างพรินเตอร์ค่อนข้างมาก แม้ว่าการทำงานของการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมจะยุ่งยากแต่การติดต่อแบบอนุกรมก็เป็นที่นิยมกันมาก เนื่องจากความสามารถในการติดต่อแบบสองทิศทาง และ สามารถใช้งานในระยะไกล

2.1.2 การอินเตอร์เฟสกับพรินเตอร์แบบขนานและขาการเชื่อมต่อแบบเซ็นโทรนิกส์

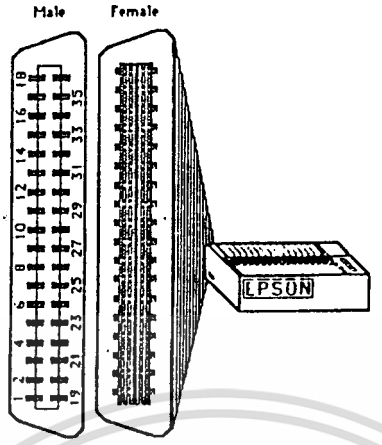
ข้อมูลที่จะส่งไปพิมพ์ที่พรินเตอร์จะส่งในลักษณะของรหัสแอสกี (ASCII) ผ่านสายแบบขนาน 8 สาย พรินเตอร์รับตัวอักษรเพื่อจะพิมพ์ และ เก็บข้อมูลไว้ในบัฟเฟอร์แรมภายใน เมื่อพรินเตอร์ตรวจพบอักขระแคริเอจ รีเทิร์น (Carriage Return ; ODH) มันจะพิมพ์อักขระแถวแรกจากบัฟเฟอร์ เมื่อพรินเตอร์ตรวจพบแคริเอจ รีเทิร์น ตัวที่สอง มันจะพิมพ์อักขระแถวที่สอง ออกมา ขบวนการต่าง ๆ จะดำเนินต่อไปจนกระทั่งตัวอักษรที่ต้องการทั้งหมดถูกพิมพ์

การแปลงรหัสแอสกีจากไมโครคอมพิวเตอร์ส่งไปยังพรินเตอร์จะต้องทำบนพื้นฐานการแฮนด์เชค เพราะ ไมโครคอมพิวเตอร์สามารถส่งตัวอักษรเร็วกว่าความสามารถในการพิมพ์ของพรินเตอร์มาก พรินเตอร์จะต้องมีแนวทางเพื่อที่จะบอกให้ไมโครพิวเตอร์รู้ว่าบัฟเฟอร์ของมันเต็มแล้ว และ ไม่สามารถรับข้อมูลอักขระได้อีกจนกระทั่งมันพิมพ์ออกมาแล้ว มาตรฐานสำหรับการอินเตอร์เฟสกับพอร์ทขนานของพรินเตอร์เป็นมาตรฐานของ เซ็นโทรนิกส์ (Centronics Parallel Standard)

พรินเตอร์ชนิดเซ็นโทรนิกส์ โดยปกติแล้วจะมี 36 ขา ในการอินเตอร์เฟส (Interface) ตารางที่ 2.1 แสดงการกำหนดขา และ คำอธิบายสำหรับสำหรับขาคอนเนคเตอร์ (Connector) การที่มีขาสำหรับการเชื่อมต่อกับพรินเตอร์มากถึง 36 ขา นั้นเนื่องจากสายของแต่ละสัญญาณข้อมูลจะมีสายกราวนด์ (Ground) ของมันแยกออกจากกัน เช่น จากตารางที่ 2.1 ขา 2 คือ บิทข้อมูลที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (LSB) ของข้อมูลที่จะส่งไปยังพรินเตอร์ และ ขา 20 จะเป็นกราวนด์สำหรับสายสัญญาณนี้ เหตุผลสำหรับการแยกสัญญาณกราวนด์นี้ เพื่อลดสัญญาณรบกวนในสาย ถ้าจะทำการต่อสายเคเบิลแบบขนานกับพรินเตอร์ สายกราวนด์ทั้งหมดจะต้องถูกต่อเข้าด้วยกันเพื่อต่อกับกราวนด์ของไมโครคอมพิวเตอร์ที่ปลายของสายเคเบิล โดยขา 16 เรียกว่า ลอจิกกราวนด์ (Logic Ground) และ ขา 17 เรียกว่า แชสสิสกราวนด์ (Chassis Ground) เพื่อที่จะป้องกันกระแสสัญญาณรบกวนที่มาจากสายของลอจิกกราวนด์ เราจึงต้องเชื่อมต่อสายเหล่านี้เข้าด้วยกันกับไมโครคอมพิวเตอร์ ส่วนขาอื่น ๆ ในจำนวน 36 ขา ของคอนเนคเตอร์นั้น แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ สัญญาณที่ส่งไปยังพรินเตอร์ เพื่อที่จะบอกว่าอะไรกำลังทำงาน และ สัญญาณจากพรินเตอร์เพื่อที่จะแสดงสถานะของมัน สัญญาณควบคุมหลักไปยังพรินเตอร์ คือ $\overline{INIT}$ ที่ขา 31 ซึ่งจะบอกพรินเตอร์เพื่อให้ทำการกำหนดค่าเริ่มต้นภายในของลำดับ และ $\overline{STROBE}$ ที่ขา 1 ซึ่งจะบอกพรินเตอร์ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะนี้มีข้อมูลส่งมาแล้ว ส่วนอีก 2 ขาอินพุท (Input) คือ ขา 14 และ ขา 36 โดยปกติจะใช้สำหรับดูแลภายในพรินเตอร์ โดยตัวคอนเน็กเตอร์จะมีลักษณะดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงขาของคอนเน็คเตอร์แบบแอมฟีนอล (Amphenol)

ตารางที่ 2.1 แสดงการเชื่อมต่อขาและคำอธิบายสำหรับการเชื่อมต่อแบบเซนโทรนิคส์ขนาน

ขาสัญญาณที่	ขาสัญญาณตอบกลับ	สัญญาณ	ทิศทาง	คำอธิบาย
1	19	$\overline{STROBE}$	เข้า	พัลซ์ (PULSE) STROBE เพื่อจะอ่านข้อมูลเข้ามา ความกว้างของพัลซ์จะต้องมากกว่า 0.5 μs ที่เทอร์มินัลด้านรับ ระดับสัญญาณปกติจะอยู่ในสภาวะ " สูง " การอ่านข้อมูลเข้ามากระทำที่ระดับสัญญาณ " ต่ำ "
2	20	DATA 1	เข้า	สัญญาณเหล่านี้ จะแสดงข่าวสารข้อมูลของบิทที่ 1- 8 ของข้อมูลขนานตามลำดับ แต่ละสัญญาณจะมีระดับ " สูง " เมื่อมีข้อมูลเป็นลอจิก " 1 " และมีระดับ " ต่ำ " เมื่อมีข้อมูลเป็นลอจิก " 0 "
3	21	DATA 2	เข้า	
4	22	DATA 3	เข้า	
5	23	DATA 4	เข้า	
6	24	DATA 5	เข้า	
7	25	DATA 6	เข้า	
8	26	DATA 7	เข้า	
9	27	DATA 8	เข้า	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา สัญญาณ ที่	ขา สัญญาณ ตอบกลับ	สัญญาณ	ทิศทาง	คำอธิบาย
10	28	$\overline{ACKNLG}$	ออก	พัลซ์ประมาณ 5 µs สถานะ " ต่ำ " แสดงว่าข้อมูลนั้นถูกรับโดยพรินเตอร์แล้วและพร้อมที่จะรับข้อมูลอื่นต่อไป
11	29	BUSY	ออก	สัญญาณ " สูง " แสดงว่าพรินเตอร์ไม่สามารถรับข้อมูล ถ้าสัญญาณกลายเป็นสถานะ " สูง " จะมีกรณีต่าง ๆ ดังนี้ 1. อยู่ในระหว่างข้อมูลเข้า 2. อยู่ในระหว่างกระทำการพิมพ์ 3. อยู่ในสถานะออฟไลน์ (offline) 4. อยู่ในสภาวะเกิดเหตุผิดพลาดที่พรินเตอร์
12	30	PE	ออก	สัญญาณ " สูง " แสดงว่าพรินเตอร์อยู่ในสภาวะไม่มีกระดาษ
13	-	SLCT	ออก	สัญญาณนี้แสดงว่าพรินเตอร์อยู่ในสภาวะถูกเลือก
14	-	$\overline{AUTO}$ $\overline{FEEDXT}$	เข้า	ถ้าสัญญาณนี้อยู่ที่ระดับ " ต่ำ " กระดาษจะถูกเลื่อนโดยอัตโนมัติ 1 บรรทัด หลังจากการพิมพ์ (ระดับสัญญาณสามารถกำหนดที่ระดับ " ต่ำ " กับดิฟสวิทช์ ขา 2 - 3 เตรียมไว้สำหรับควบคุมแผงวงจร)
15	-	NC		ไม่ใช้
16	-	OV		ระดับลอจิกกราวน์
17	-	CHASSIS - GND	-	พรินเตอร์ แชสสิสกราวน์ ในพรินเตอร์ แชสสิสกราวน์และลอจิกกราวน์จะแยกออกจากกันและกัน
18	-	NC	-	ไม่ใช้
19 - 30	-	GND	-	สัญญาณทวิสท์แพรรีเทิร์น (Twisted Pair Return) ระดับกราวน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาสัญญาณที่	ขาสัญญาณตอบกลับ	สัญญาณ	ทิศทาง	คำอธิบาย
31	-	$\overline{INIT}$	เข้า	เมื่อระดับของสัญญาณนี้กลายเป็นสถานะ " ต่ำ " ส่วนควบคุมพรินเตอร์จะถูกรีเซตเพื่อไปที่ค่าสถานะเริ่มต้นของมัน (Initial State) และพรินท์บัฟเฟอร์ (Print Buffer) จะถูกเคลียร์ สัญญาณปกติจะ อยู่ที่ระดับ " สูง " และ ความกว้างของพัลซ์จะต้องมากกว่า 50 µs ที่เทอร์มินอลด้านรับ
32	-	$\overline{ERROR}$	ออก	ระดับของสัญญาณนี้จะกลายเป็นสถานะ " ต่ำ " เมื่อพรินเตอร์อยู่ในสถานะเปเปอร์เอนด์ (Paper End) ออฟไลน์ หรือ เออเรอร์ (Error)
33	-	GND	-	เหมือนกับขาที่ 19 - 30
34	-	NC	-	ไม่ใช้
35	-			ต่อกับ 5 VDC ผ่านตัวต้านทาน 4.7 K-ohms
36	-	$\overline{SLCTIN}$	เข้า	ข้อมูลเข้ามาที่พรินเตอร์อาจเป็นไปได้เมื่อระดับของสัญญาณนี้อยู่ในสถานะ " ต่ำ " (การกำหนดภายในสามารถทำได้ที่ดิพสวิทช์ 1 - 8 เงื่อนไขที่เวลาของการส่งจะถูกกำหนดให้อยู่ในสถานะ " ต่ำ " สำหรับสัญญาณนี้)

หมายเหตุ

1. ทิศทาง หมายถึง ทิศทางการไหลของสัญญาณที่มองจากพรินเตอร์

2. สัญญาณตอบกลับ หรือ ทวิสท์แพรรีเทิร์น จะถูกต่อกับสัญญาณที่ระดับกราวน์ เมื่อมีการอินเตอร์เฟส ต้องแน่ใจว่าใช้สายเคเบิลแบบทวิสท์แพร์ สำหรับแต่ละสัญญาณ และ ต้องเชื่อมต่ออย่างสมบูรณ์ที่ด้านตอบกลับ

3. เงื่อนไขทั้งหมดของการอินเตอร์เฟสมีพื้นฐานบนระดับของ TTL ทั้งเวลาขาขึ้น และ ขาลงของแต่ละสัญญาณต้องน้อยกว่า 0.2 µs

4. ข้อมูลที่ส่งต้องมีสัญญาณ $\overline{ACKNLG}$ หรือ สัญญาณ BUSY ด้วย (ข้อมูลที่จะส่งไปที่พรินเตอร์นี้สามารถส่งเดี่ยว ๆ หลังจากมีการยืนยันสัญญาณ $\overline{ACKNLG}$ หรือ เมื่อระดับของสัญญาณ BUSY เป็นสถานะ " ต่ำ "

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณแสดงสถานะเอาท์พุท (Output) จากพรินเตอร์มีดังนี้

1. สัญญาณ $\overline{ACKNLG}$ ที่ขา 10 ซึ่งเมื่อมีสถานะ " ต่ำ " (Low) จะแสดงว่า ข้อมูลอักขระได้ถูกรับโดยพรินเตอร์แล้ว และพร้อมที่จะรับตัวอักขระต่อไป

2. สัญญาณ BUSY ที่ขา 11 ซึ่งจะมีสถานะ " สูง " (High) ในกรณีที่ไม่มีกระดาษ หรือพรินเตอร์ยังไม่พร้อมที่จะรับข้อมูลอักขระ

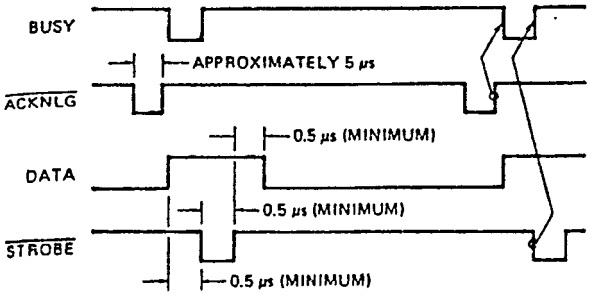
3. สัญญาณ PE ที่ขา 12 ซึ่งจะมีสถานะ " สูง " ถ้าสวิทช์ของการไม่มีกระดาษในพรินเตอร์ถูกกระตุ้น

4. สัญญาณ SLCT ที่ขา 13 ซึ่งจะมีสถานะ " สูง " ถ้าพรินเตอร์ถูกเลือกสำหรับการรับข้อมูล

5. สัญญาณ $\overline{ERROR}$ ที่ขา 32 ซึ่งจะมีสถานะ " ต่ำ " เมื่อเกิดปัญหาในเงื่อนไขต่าง ๆ ของพรินเตอร์

รูปที่ 2.4 แสดงช่วงเวลาของรูปคลื่นสัญญาณสำหรับการส่งข้อมูลตัวอักขระไปที่พรินเตอร์โดยใช้พื้นฐานของสัญญาณแฮนด์เชค (Handshake Signals) สมมติว่าพรินเตอร์ได้ถูกกำหนดค่าเริ่มต้นแล้ว ขั้นแรกต้องทำการตรวจสอบสัญญาณที่ขา BUSY เพื่อจะดูว่าพรินเตอร์พร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่ ถ้าสัญญาณอยู่ในสถานะ " ต่ำ " แสดงว่าพรินเตอร์พร้อมจะรับข้อมูล เราจะสามารถส่งรหัสแอสกีบนสายข้อมูลขนานทั้ง 8 สายได้ หลังจากอย่างน้อย 0.5 µs เราแสดงสัญญาณ $\overline{STROBE}$ ที่สถานะ " ต่ำ " เพื่อจะบอกพรินเตอร์ว่าข้อมูลตัวอักษรถูกส่งไปแล้ว สัญญาณ $\overline{STROBE}$ จะเป็นสถานะ " ต่ำ " เพราะพรินเตอร์แสดงสัญญาณ BUSY ของมันเป็นสถานะ " สูง " หลังจากเวลาอย่างน้อยที่สุด 0.5 µs แล้วสัญญาณ $\overline{STROBE}$ สามารถขึ้นเป็นสถานะ " สูง " ได้อีกครั้งหนึ่ง โดยข้อมูลข่าวสารต้องคงสภาพการใช้งานได้บนสายข้อมูลอย่างน้อย 0.5 µs หลังจากสัญญาณ $\overline{STROBE}$ ถูกทำให้อยู่ในสถานะ " สูง "

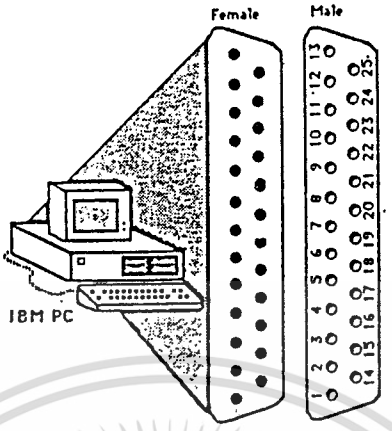
เมื่อพรินเตอร์พร้อมจะรับข้อมูลอักขระถัดไป มันจะแสดงสัญญาณ $\overline{ACKNLG}$ ในสถานะ " ต่ำ " เป็นเวลา 5 µs ขอบขาขึ้นของสัญญาณ $\overline{ACKNLG}$ จะบอกไมโครคอมพิวเตอร์ว่ามันสามารถส่งข้อมูลอักขระถัดไปได้แล้ว ขอบขาขึ้นของสัญญาณ $\overline{ACKNLG}$ จะทำการรีเซ็ทสัญญาณ BUSY จากพรินเตอร์ สัญญาณ BUSY จะเป็นสถานะ " ต่ำ " เพื่อจะแสดงว่าพรินเตอร์พร้อมจะรับข้อมูลอักขระถัดไป บางระบบจะใช้สัญญาณ $\overline{ACKNLG}$ สำหรับการแฮนด์เชค และ ระบบจะใช้สัญญาณ BUSY



รูปที่ 2.4 แสดงช่วงเวลาของรูปคลื่นสัญญาณที่จะส่งข้อมูลอักขระไปยังพรินเตอร์แบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนทางฝั่งคอมพิวเตอร์ โดยปกติแล้วจะใช้คอนเนคเตอร์ของการต่อขาแบบ DB-25 ซึ่งเป็นตัวผู้และพอร์ตของคอมพิวเตอร์จะเป็นตัวเมีย ดังนั้นในการต่อออกจากคอมพิวเตอร์จะต้องดูด้วยว่าจะต่อแบบใด ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงขาของคอนเนคเตอร์แบบ DB-25

โดยรายละเอียดของขาของ DB-25 แสดงไว้ในตารางที่ 2.2 และ ตารางที่ 2.3 แสดงการปรับให้การต่อของ DB-25 กับ แอมฟีนอล สัมพันธ์กัน

ตารางที่ 2.2 แสดงการเชื่อมขาสำหรับการต่อขาแบบ DB-25

ขา DB-25	หน้าที่
1	$\overline{STROBE}$
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	$\overline{ACKNLG}$
11	BUSY
12	PAPER END (OUT OF PAPER)
13	SELECT
14	$\overline{AUTOFEED}$
15	$\overline{ERROR}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงการปรับต่อขาของ DB-25 และ แอมฟีนอล

DB-25	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
22	25
23	27
24	29
25	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 การอินเตอร์เฟสแบบอนุกรม S-232

เทคนิคที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งของการเชื่อมต่อ คือ การอินเตอร์เฟสแบบอนุกรม RS-232 โดยมีมาตรฐานที่ปรับปรุงใหม่เป็น RS-232-C

2.1.3.1 การจัดวางตัวอักขระในรูปแบบอนุกรม

ตัวอักขระจะถูกเก็บในคอมพิวเตอร์ในลักษณะของรูปแบบขนานขนาด 8 บิท ถูกกำหนดโดยแต่ละด้าน แต่ในการส่งแบบอนุกรมมันจะถูกแบ่งเป็นบิท 8 ส่วนที่แยกจากกัน (ส่วนมากมักจะเป็น 7 บิท) .ซึ่งแต่ละตัวจะส่งแยกจากกัน วงจรพิเศษทางอิเล็กทรอนิกส์ที่เรียกว่า UART (ใช้สำหรับการส่งและรับแบบอะซิงโครนัส) ใช้สำหรับการทำงานนี้ UART จะถูกสร้างในคอมพิวเตอร์หรือรวมเข้ากับส่วนของการอินเตอร์เฟสแบบอนุกรม UART รุ่นใหม่จะประกอบด้วยไอซีตัวเดียว และสามารถทำงานในหน้าที่ที่ซับซ้อน UART ของคอมพิวเตอร์จะรับข้อมูลอักขระ 8 บิท นำมาแยกส่วนและส่งแต่ละบิทออกด้วยอัตราที่กำหนดไว้ก่อน พรินท์เตอร์ส่วนมากจะมี UART ที่สร้างภายในซึ่งจะรับสตรีม (Stream) ของบิทข้อมูลแต่ละบิท และจะรวบรวมมันใหม่เป็นตัวอักขระ ในการส่งข้อมูล 7 บิท UART จะส่ง 8 บิท ซึ่งมีพาริตี้บิท (parity bit) และอีก 2 บิทพิเศษคือ บิทเริ่มต้น (Start bit) และบิทสิ้นสุด (Stop bit)

พาริตี้บิท

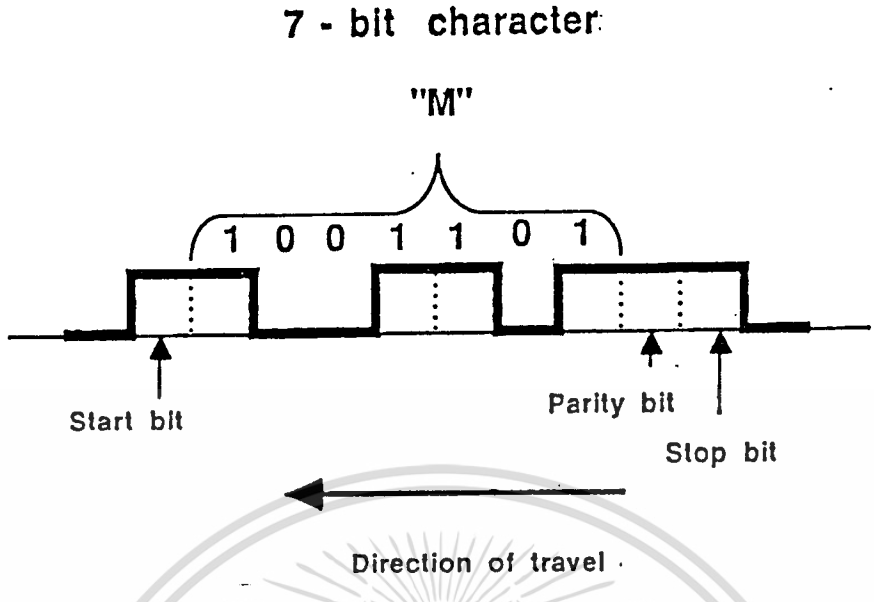
บิทที่ 8 ที่ส่งโดย UART ตามหลังข้อมูล 7 บิทที่ถูกสร้างจากตัวอักขระ โดยปกติมักจะเป็นพาริตี้บิท .ซึ่งคือการตรวจสอบความผิดพลาด โดยจะมีการใช้บิทพาริตี้ 2 ทางคือ พาริตี้คี่ หรือพาริตี้คู่ สมมติว่าพาริตี้คี่จะมีขบวนการทำงานดังนี้ ถ้ามีจำนวนบิท 1 เป็นจำนวนคู่ตัวในข้อมูลอักขระ 7 บิท ดังนั้นบิทพาริตี้จะต้องเป็น “1” ซึ่งจะมีผลให้มีจำนวนบิท “1” เป็นคี่ตัว ถ้ามีจำนวนบิท “1” เป็นจำนวนคี่ตัว ดังนั้นพาริตี้บิทจะถูกกำหนดเป็น “0” ซึ่งผลจะทำให้มีจำนวนบิทที่เป็น “1” คี่ตัว ดังนั้นข้อมูลที่ถูกส่งไปจะมีจำนวนบิท “1” เป็นจำนวนคี่ตัว UART ในพรินเตอร์จะตรวจดูข้อมูลอักขระแต่ละตัวจะประกอบด้วยบิท “1” จำนวนคี่ตัว ถ้าในระหว่างการส่งมีบิทใดบิทหนึ่งในรูปแบบของตัวอักษรถูกเปลี่ยนแปลง บิทพาริตี้จะไม่ตรงกับข้อมูล และ UART จะลดความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น ส่วนระบบของพาริตี้คู่ก็เหมือนกัน เพียงแต่บิทนี้จะทำการส่งบิท “1” เป็นจำนวนคู่ตัว

ในระบบอื่น ๆ บิทที่ 8 จะไม่ใช้สำหรับการตรวจสอบพาริตี้ แต่จะใช้บิทนี้เพื่อแสดงว่าพรินเตอร์สามารถใช้รูปแบบของตัวอักขระได้ ซึ่งจะมียอมให้ใช้ตัวอักขระได้ถึง 256 ตัวซึ่งมากกว่าแบบ 7 บิทถึง 128 ตัว

บิทเริ่มต้นและบิทสิ้นสุด

UART ในพรินเตอร์จะต้องมีเวลาในการเตรียมตัวสำหรับการรับข้อมูลโดยเมื่อบิทเริ่มต้นถูกส่งมาก่อนที่จะส่งข้อมูลอักขระจริงมาตามสายสัญญาณ เมื่อตัวอักขระถูกส่งหมดแล้วบิทสิ้นสุดจะถูกส่งมา ซึ่งจะทำให้ UART ในพรินเตอร์สามารถแน่ใจได้ว่าการส่งสิ้นสุดลงแล้ว การใช้บิทเริ่มต้นและบิทสิ้นสุดนี้มีความจำเป็นมากเพราะการส่งข้อมูลเป็นแบบอะซิงโครนัสไม่ใช่แบบซิงโครนัส (Asynchronous) ซึ่งทั้งคอมพิวเตอร์และพรินเตอร์จะรู้แน่นอนว่าเมื่อใดข้อมูลอักขระจึงจะมาถึง รูปที่ 2.6 แสดงขบวนของพัลซ์ที่แทนตัวอักษร “M” ซึ่งถูกส่งผ่านสาย RS-232 แบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ตัวอักษร "M" ในรูปแบบของ RS-232

2.1.3.2 สายสัญญาณต่าง ๆ

1) สายส่งข้อมูล

จากการอธิบายบิทข้อมูลต่าง ๆ ข้อมูล 7 บิท พาริตี้บิท บิทเริ่มต้นและบิทสิ้นสุดจะถูกส่งผ่านสาย 1 สายที่เรียกว่า สายส่งข้อมูลปกติเรียก TX DATA โดยที่ปลายสายด้านคอมพิวเตอร์จะเรียกว่า สายส่งข้อมูล ในขณะที่ปลายสายด้านพรินเตอร์จะเรียกว่า สายรับข้อมูล (RX data) โดยปกติขา 3 ของคอนเนคเตอร์จะใช้สำหรับทั้งคอมพิวเตอร์และพรินเตอร์สำหรับสายนี้ โดยการอินเตอร์เฟสแบบอนุกรมนั้นจะคล้ายกับการเชื่อมต่อแบบขนาน โดยจะต้องมีสายสัญญาณอื่น นอกจากสัญญาณข้อมูล รูปที่ 2.7 แสดงสายสัญญาณสำหรับมาตรฐาน RS-232

2) สายสัญญาณกราวนด์

สายนี้เป็นหนึ่งในมาตรฐาน RS-232 ซึ่งโดยปกติจะต่อกับขา 7 ทั้งพรินเตอร์และคอมพิวเตอร์โดยปกติจะเรียกว่า เซอร์กิตคอมมอน (Circuit common) เหมือนกับการอินเตอร์เฟสแบบขนานกราวนด์ชนิดต่าง ๆ จะถูกใช้เป็นกราวนด์เพื่อป้องกัน (Protective ground) ซึ่งจะมีจุดประสงค์เดียวกันกับแชสสิสกราวนด์

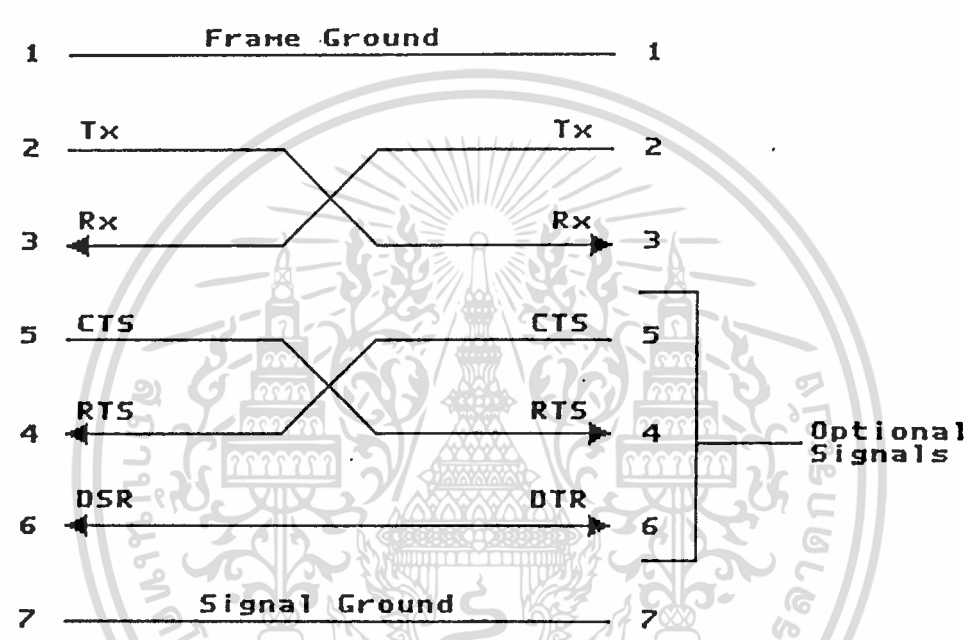
3) ข้อมูลพร้อม (Data set ready line)

สายนี้จะถูกเรียกว่า "ดาต้าเซทเร็ดดี้" (หรือ DSR) ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ และเรียกว่า "ดาต้าเทอร์มินัลเร็ดดี้ (DTR) ที่ด้านพรินเตอร์ โดยปกติสายนี้มักจะเป็นสายของการแฮนด์เชค เทียบได้กับสัญญาณไม่ว่างในการเชื่อมต่อแบบขนาน ดังนั้นเมื่อบัฟเฟอร์เต็ม พรินเตอร์จะใช้สายนี้เพื่อส่งสัญญาณไปที่คอมพิวเตอร์เพื่อไม่ให้ส่งข้อมูลมาอีก มันจะใช้ที่ขา 6 จากคอมพิวเตอร์และขา 20 ที่พรินเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) สายรับข้อมูล (Receive data line)

สายนี้ถูกเรียกว่า "สายรับข้อมูล" ที่ด้านคอมพิวเตอร์ และ "สายส่งข้อมูล" ที่ด้านพรินเตอร์ แต่คอมพิวเตอร์มักจะส่งข้อมูลไปที่พรินเตอร์ โดยปกติสายนี้จะไม่ใช้สำหรับส่งข้อมูลชนิดต่าง ๆ เมื่อต่อเชื่อมระหว่างคอมพิวเตอร์และพรินเตอร์ แม้ว่ามันจะถูกกำหนดใช้เมื่อต่อกับอุปกรณ์สองทาง เช่น โมเด็ม ถูกต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ แม้ว่ามันจะไม่ได้ใช้สำหรับการส่งข้อมูล แต่สายนี้โดยปกติแล้วจำเป็นจะต้องถูกต่อโดยมีไว้เพื่อจุดประสงค์เดียวกัน สายการเลือกในการอินเตอร์เฟสแบบขนาน มันจะทำให้คอมพิวเตอร์รู้ว่าพรินเตอร์ถูกต่อ เปิดเครื่องและพร้อมจะรับข้อมูล



รูปที่ 2.7 แสดงการอินเตอร์เฟสแบบ RS-232

5) เคลียร์ทูเซนด์และดาต้าเทอร์มินอลเร็ดดี้

สายเหล่านี้มีความจำเป็นในการอินเตอร์เฟสบางอย่างบางครั้งมันจะมีข้อมูลเหมือนกับการแฮนด์เชค ซึ่งโดยปกติจะอยู่บนสายดาต้าเซนตเร็ดดี้ ในการอินเตอร์เฟสอื่น ๆ UART ที่พรินเตอร์หรือคอมพิวเตอร์ จะต้องทำการตรวจสอบว่าสายนี้ได้ถูกเชื่อมต่อแล้ว แต่มันไม่ได้ถูกใช้สำหรับการแฮนด์เชค แต่สายนี้ต้องถูกต่อเพื่อให้การอินเตอร์เฟสทำงาน

เคลียร์ทูเซนด์ (CTS) โดยปกติจะมาจากขา 4 ของคอมพิวเตอร์ต่อเข้ากับขา 5 ของพรินเตอร์ (ซึ่งจะเรียกว่า RTS) RTS โดยปกติจะมาจากขา 5 ของคอมพิวเตอร์และต่อกับขา 4 ของพรินเตอร์ (ที่นี้จะเรียกว่า CTS) สายนี้จะกลับซึ่งกันและกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.3 ความเร็วในระบบ RS-232

ในการอินเตอร์เฟสแบบขนาน เราไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงอัตราข้อมูลที่แต่ละบิทจะถูกส่ง เพราะบิทต่าง ๆ จะถูกส่งผ่านเพียงครั้งเดียว แต่ในการอินเตอร์เฟสแบบอนุกรมนั้นมีความจำเป็นที่จะต้องพิจารณาถึงความเร็วในการสื่อสารข้อมูลที่ตรงกันระหว่างคอมพิวเตอร์และพรินเตอร์ โดยพรินเตอร์จะต้องรู้ว่าเมื่อใดบิทข้อมูลจะมาถึง โดยปกติจะมีความเป็นไปได้ที่จะปรับความเร็วในการส่งที่เรียกว่า "บอดเรท" (Baud rate) ทั้งที่พรินเตอร์และคอมพิวเตอร์

บอดเรท คือ จำนวนของบิทต่อวินาทีที่จะถูกส่งโดย UART เพราะว่าแต่ละตัวอักขระจะต้องการประมาณ 10 บิท (7 บิทข้อมูล และอย่างละ 1 บิทสำหรับพาริตี้บิท บิทเริ่มต้น บิทสิ้นสุด) การหารบอดเรทด้วย 10 จะได้จำนวนของตัวอักขระใน 1 วินาที ดังนั้น 300 บอดเรท จะสามารถส่งตัวอักขระได้ 30 ตัวต่อวินาที โดยปกติบอดเรทที่ถูกใช้ระหว่างคอมพิวเตอร์และพรินเตอร์จะเป็น 300 , 1200 , 2400 , 4800 และ 9600 โดยดิฟสวิทช์จะถูกใช้เพื่อกำหนดอัตราที่พรินเตอร์ขณะที่ซอฟท์แวร์ (Software) จะกำหนดอัตราที่คอมพิวเตอร์ บางครั้งบอดเรทอาจถูกเปลี่ยนจากระบบการทำงาน ในบางกรณีถ้ามีปัญหาในการทำงานที่เชื่อมต่อแบบอนุกรม ก็ให้ตรวจสอบดูที่บอดเรทเพื่อกำหนดให้เหมาะสมกัน บางครั้งการเชื่อมต่อแบบอนุกรมโพรซีเยอร์ (Procedure) ของการแฮนด์เชคจะไม่ทำงานด้วยเหตุผลบางประการ

2.1.4 การส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส กับแบบซิงโครนัส

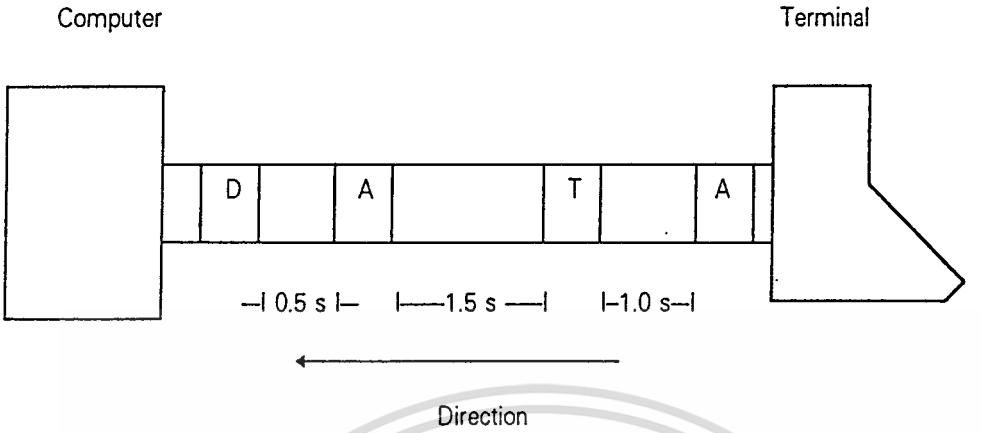
การส่งสัญญาณแบบอนุกรมนั้นแบ่งออกเป็นสองวิธีคือการส่งสัญญาณแบบอะซิงโครนัสและการส่งแบบซิงโครนัส เพื่อให้ตัวส่งและตัวรับสามารถทำงานสอดคล้องกันได้ทั้งคู่ต้องใช้วิธีการส่งสัญญาณแบบเดียวกัน ตัวรับต้องสามารถตรวจจับการเริ่มต้นและการสิ้นสุดของอักขระ (Character) 1 ตัวให้ได้สำหรับการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสและการเริ่มต้นการสิ้นสุดของบล็อคของอักขระสำหรับการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส

2.1.4.1 การส่งสัญญาณแบบอะซิงโครนัส

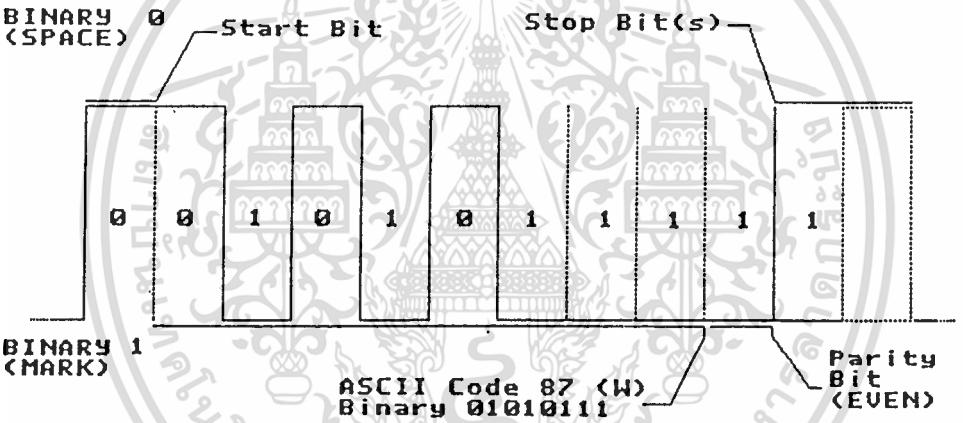
การส่งสัญญาณแบบอะซิงโครนัส หมายความว่า ที่เวลาหนึ่งอักขระ 1 ตัวสามารถถูกส่งออกไปได้ การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสจะใช้กับการส่งข้อมูลที่มีความเร็วต่ำ (น้อยกว่า 19,200 bit per second [bps]) และใช้กับอุปกรณ์ราคาไม่แพงนัก เช่น CRT เทอร์มินัล, เครื่องพิมพ์ และพล๊อตเตอร์นั้นเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมในการส่งข้อมูลแบบนี้เพราะว่าวงจรจะถูกออกแบบง่าย ซึ่งสามารถลดต้นทุนในการผลิตได้ วิธีนี้ยังอนุญาตให้การต่อเนื่องข้อมูล (bursts of data) ได้กล่าว คือเวลาระหว่างอักขระไม่จำเป็นต้องเท่ากันเปรียบเทียบได้กับการพิมพ์หนังสือ คือเวลาระหว่างการกดแป้นพิมพ์ของอักขระแต่ละตัวไม่จำเป็นต้องเท่ากันอันอาจเนื่องมาจากคำที่กำลังพิมพ์ ตำแหน่งของอักขระบนแป้นพิมพ์หรือการกดปุ่มยกแคร่พิมพ์หรือการสัมผัสแป้นพิมพ์หนักเบาของผู้พิมพ์เป็นต้น รูปที่ 2.8 แสดงตัวอย่างการ ส่งคำว่า "DATA" จากเทอร์มินัล ไปยังคอมพิวเตอร์ด้วยช่วงเวลา (time intervals) ที่แตกต่างกันระหว่างแต่ละอักขระ อะซิงโครนัสเป็นเทอมที่ทำให้เข้าใจผิดได้ง่าย เพราะว่าความหมายของมันแสดงให้เห็นความไม่สัมพันธ์กันระหว่างตัวส่งและตัวรับแต่ละจริง ๆ แล้วตัวรับจะสัมพันธ์กันสำหรับแต่ละอักขระที่รับเข้ามา โดยการใช้บิทเริ่มต้น (start bit) ของแต่ละอักขระ รูปที่ 2.9 แสดงรูปแบบของการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส จะเห็นว่า ในการส่งอักขระ 1 ตัวแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือ บิทเริ่มต้น (start bit) , บิทข้อมูล (data bit) , บิทพาริตี้ (parity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

bit) และ บิทหยุด (stop bit [อาจมีได้ 1,1.5 หรือ 2 บิต]) แม้ว่าบิทพาริตี้จะเป็นตัวเลือกคือมีหรือไม่มีก็ได้ แต่ระบบส่วนใหญ่จะใช้มันดังเราจะดูจากตัวอย่าง โดยมีทั้งการใช้และไม่ใช้บิทพาริตี้



รูปที่ 2.8 อักขระในการสื่อสาร แบบอะซิงโครนัสสามารถส่งที่เวลาใด ๆ



รูปที่ 2.9 รูปแบบอักขระ สำหรับการส่งสัญญาณ แบบอะซิงโครนัส

แม้ว่าระบบการสื่อสารแบบอะซิงโครนัสง่ายต่อการออกแบบสร้างและใช้แต่เป็นแบบวิธีการส่งข้อมูลที่ไม่ค่อยมีประสิทธิภาพ เนื่องจากในการส่งข้อมูลแต่ละอักขระอย่างน้อยที่สุด จะต้องประกอบด้วยบิทเริ่มต้น 1 บิท และบิทหยุด 1 บิทซึ่งผลอันนี้เราเรียกว่า เป็นค่าโสหุ้ย (overhead factor) โดยสามารถแสดงเป็นเปอร์เซนต์ของค่าโอเวอร์เฮด (overhead) หรือจำนวนบิทที่ต้องลิ้นเปลืองเสมอไปในการส่งข้อมูลทุกอักขระ

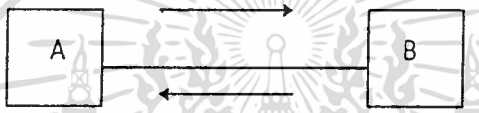
2.1.5 โหมดการสื่อสาร

การสื่อสารแบ่งออกได้เป็น 3 แบบคือ การส่งข้อมูลแบบทางเดียว (simplex) แบบกึ่งสองทาง (half-duplex) และแบบสองทาง (full-duplex) รูปที่ 2.10 แสดงตัวอย่างของแต่ละแบบที่กล่าวมาในการส่งข้อมูล แบบทางเดียว ข้อมูลจะถูกส่งไปในทิศทางเดียวเสมอ รูปที่ 2.10 ก. แสดงการส่งข้อมูลจากจุด A ไปยังจุด B เนื่องจากไม่มีทางย้อนกลับ (nonreturn path) ไม่มีทางที่อุปกรณ์ที่จุด B จะส่งสัญญาณมาที่จุด A ตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของการส่งแบบทางเดียว (simplex) ที่เห็นได้ง่าย ๆ คือ การส่งโทรทัศน์และวิทยุกระจายเสียงข่าวสารจะถูกส่งไปในทิศทางเดียวไม่มีทางที่จะส่งข่าวสารจากผู้รับกลับไปยังสถานีส่งได้ การสื่อสารแบบกึ่งสองทาง (Half-Duplex) ยอมให้การส่งจากจุด A ไปยังจุด B ไปยังจุด A ได้ แต่คนละเวลากันตัวอย่างการใช้งานการส่งข้อมูลแบบกึ่งสองทางนั้น ช่องสัญญาณต้องกันใช้หรือเป็นแบบ "TURNED AROUND" นี้คือข้อเสียของการนำไปใช้งาน เพราะว่าอุปกรณ์ที่จุด A ต้องหยุดการส่งเสียก่อน จุด B จึงจะสามารถส่งได้ การส่งวิทยุแบบสองทาง (two-way radio) เป็นตัวอย่างของช่องสัญญาณแบบกึ่งสองทาง (Half-Duplex) เพราะว่าคนหนึ่งต้องบอก "ยกเลิก" ช่องสัญญาณเสียก่อนคนที่สองถึงจะสามารถส่งได้

(ก) ทางเดียว (Simplex)



(ข) กึ่งสองทาง (Half-Duplex)

(ค) สองทาง (Full-Duplex)

รูปที่ 2.10 โหมดของการสื่อสารข้อมูล

การสื่อสารแบบสองทาง (Full-Duplex) สามารถส่งข้อมูลจาก A ไป B และ จาก B ไป A ได้ในขณะเดียวกันเครือข่ายโทรศัพท์เป็นแบบสองทาง (Full-Duplex) แม้ว่าจะเป็นการไม่สุภาพแต่คู่สนทนาสามารถพูดสวนกันได้ในเวลาเดียวกัน

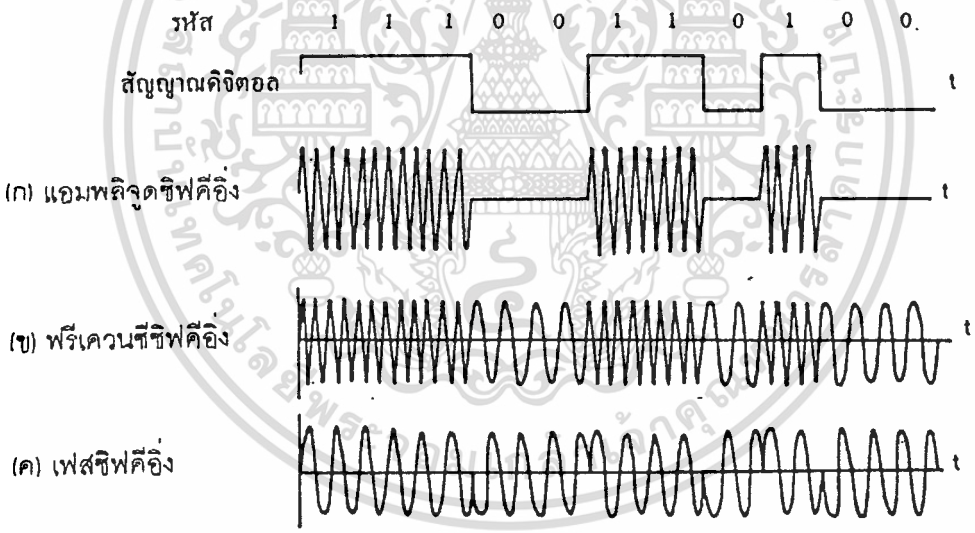
2.2 ดิจิตัลมอดูเลชั่น

ปัจจุบันการสื่อสารนิยมใช้ดิจิตัลมอดูเลชั่นมากขึ้น เพราะระบบดิจิตัลมอดูเลชั่นมีความเชื่อถือสูงและมีราคาถูกลงเนื่องจากได้มีการพัฒนาทางดิจิตัลอิเล็กทรอนิกส์และไอซีอย่างรวดเร็วทำให้ต้นทุนการผลิตถูกลง นอกจากนี้ดิจิตัลมอดูเลชั่นยังสามารถใช้วิธีการลงรหัสพัลส์ก่อนโมดูเลชั่นเพื่อลดพรอบบะบิวลิตี้ความผิดพลาดให้ต่ำลงการมอดูเลทตัวพาด้วยข่าวสารดิจิตัลนี้ทำได้หลายวิธีด้วยกันในที่นี้เราจะศึกษาเทคนิคการมอดูเลทที่ข่าวสารดิจิตัลเปลี่ยนแปลงขนานความถี่และเฟสของตัวพาห์ รูปที่ 2.11 แสดงรูปคลื่นของดิจิตัลมอดูเลชั่นวิธีต่าง ๆ ที่ใช้ในการส่งข่าวสารไบนารี่ผ่านช่องสื่อสาร (Communication Channel) ซึ่งโดยมากจะมีการตอบสนองไม่ดี บริเวณความถี่ใกล้ศูนย์จึงคำนึงได้ว่าเป็นช่องความถี่ผ่านแคบ (Bandpass Channel) ใน รูปที่ 2.11 ก. สัญญาณดิจิตัล 1 และ 0 จะสวิทช์ขนาดของตัวพาห์ให้มีค่าสองค่าคือ เปิดและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.ปิดรูปคลื่นที่ประกอบด้วยพัลส์เปิดหรือมาร์ค(Mark)จะแทนเลขไบนารี่ "1" และ พัลส์ปิดหรือสเปส(Space) จะแทนเลขไบนารี่ "0" ดิจิตัลมอดูเลชั่นนี้เรียกว่า แอมปลิจูดชิพคีอิ่ง (Amplitude Shift Keying หรือ ASK) รูปที่ 2.11 ข. แสดงรูปคลื่นของฟรีเคว้นซี่ชิพคีอิ่ง (Frequency Shift Keying หรือ FSK) ที่มีการเปลี่ยนความถี่ของตัวพาห์ระหว่างสองความถี่ตามสัญญาณดิจิตัล 1 และ 0 แต่สัญญาณมาร์คที่มีความถี่สูงจะแทนพัลส์ 1 และ สัญญาณสเปสที่มีความถี่ต่ำ จะแทนด้วยพัลส์ 0 ส่วนรูปที่ 2.11 ค. แสดงรูปคลื่นของเฟสชิพคีอิ่ง (Phase Shift Keying หรือ PSK) ที่มีการเปลี่ยนเฟสของตัวพาห์ระหว่างสองเฟสคือ 0 องศา และ 180 องศา ตามสัญญาณดิจิตัล 1 และ 0 เฟสชิพคีอิ่งชนิดนี้เรียกว่า สองเฟสพีเอสเค (2 PSK) มีข้อสังเกตว่าในกรณีของเอฟเอสเค และ พีเอสเค ขนาดของตัวพาห์ จะมีค่าคงที่เสมอ และรูปคลื่นที่ถูกมอดูเลทแล้วของดิจิตัลมอดูเลชั่นทั้งสามวิธีมีค่าต่อเนื่องทุกเวลา

ในบทนี้เราจะศึกษาวิสัยความสามาถของระบบดิจิตัลมอดูเลชั่นทั้งสามระบบ ในขณะที่มีเสียงรบกวน วิสัยความสามารถของระบบดิจิตัลมอดูเลชั่นมักจะวัดในรูปของ พรอบบะบัวลิตี้ความผิดพลาด เพื่อให้เกิดความเข้าใจง่ายขึ้นเราจะศึกษาเครื่องกรองความถี่แบบออฟติมัม (Optimum Filter) ซึ่งเป็นเครื่องกรองความถี่แบบแม็ช (Matched Filter) หรือเครื่องรับแบบคอร์รีเลชั่น (Correlation Receiver) ที่ใช้ในการดีโมดูเลทเอเอสเค เอฟเอสเค และพีเอสเค



รูปที่ 2.11 รูปคลื่นของดิจิตัลโมดูเลชั่นที่ใช้ในการส่งข้อมูลไบนารี่

2.2.1 เอเอสเค (ASK)

2.2.1.1 การจัดสัญญาณเอเอสเค (ASK Signalling)

สัญญาณเอเอสเคเป็นสัญญาณดิจิตัลมอดูเลชั่นที่ค้นพบก่อนระบบดิจิตัลมอดูเลชั่นอื่น โดยอาศัยหลักการของแอมพลิจูดโมดูเลชั่นสัญญาณเอเอสเคนี้ เวลามีสัญญาณมาร์ค หรือ สัญญาณเปิดจะส่งสัญญาณพัลส์ เวลามีสัญญาณสเปสหรือสัญญาณปิดจะไม่ส่งสัญญาณ ซึ่งมีรูปคลื่นดังนี้

$$S1(t) = A \cos wct \quad \text{สำหรับสัญญาณมาร์ค}$$

$$S2(t) = 0 \quad \text{สำหรับสัญญาณสเปส} \qquad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณมาร์คส่งไม่จำเป็นต้องเป็นพัลส์สี่เหลี่ยมเสมอไปอาจเป็นพัลส์ที่ผ่านเครื่องกรองความถี่ต่ำผ่านแล้วเป็นพัลส์ที่จัดรูปร่าง (Shaped pulse) ก็ได้สัญญาณเอเอสเค อาจใช้เป็นสัญญาณโทรเลขหรือเป็นสัญญาณดิจิตัลมอดูเลชั่นแบบต่าง ๆ ที่ไม่ต้องการความเร็วในการส่ง (bit rate) สูง สัญญาณเอเอสเคเมื่อส่งผ่านช่องสื่อสารจะถูกรบกวนโดยเสียงรบกวนเกาส์เซียนจะได้สัญญาณรวมเป็น

$$V_i(t) = \begin{cases} A \cos wct + n(t) & \text{สำหรับสัญญาณมาร์ค} \\ n(t) & \text{สำหรับสัญญาณสเปส} \end{cases} \quad \text{.....(2.2)}$$

2.2.2 การเปรียบเทียบระบบดิจิตัลมอดูเลชั่น

ในการเปรียบเทียบวิสัยความสามารถของระบบดิจิตัลมอดูเลชั่น เราต้องพิจารณาในแง่ทฤษฎีหัวข้อต่อไปนี้

1. แถบความถี่ (bandwidth)
2. พรอบบะบิวลิตี้ความผิดพลาด (Probability of Error)

แต่ในแง่ปฏิบัติเวลาเราเลือกระบบดิจิตัลมอดูเลชั่นเพื่อใช้งานนั้น เราควรคำนึงถึงหัวข้ออื่นนอกเหนือจากหัวข้อ ที่ได้กล่าวข้างต้นด้วย เช่น อัตราความเร็วในการส่งข้อมูล ราคา ความยากง่าย ของอุปกรณ์ในการใช้ และ การซ่อมบำรุงรักษา ความเข้ากันได้ของอุปกรณ์ที่จะจัดซื้อกับระบบเก่าที่มีอยู่ ภูมิต้านทาน (Immunity) ของระบบดิจิตัลมอดูเลชั่นที่มีต่อเสียงรบกวน และความเสื่อมโทรมของช่องสัญญาณ (Channel Impairment) เช่น ความไม่เป็นเชิงเส้นการสั่นของเฟส (Phase Jitter) เฟดดิ่ง (Fading) และความเสถียรภาพของความถี่ (Frequency Stability)

หัวข้อเหล่านี้ มีความสำคัญต่อการเลือกซื้อระบบดิจิตัลมอดูเลชั่นมาก เช่น ถ้าช่องสัญญาณ (Channel) เกิดเฟดดิ่งอยู่เสมอ ถ้าเราเลือกส่งข้อมูลด้วยสัญญาณพีเอสเคจะได้ค่าพรอบบะบิวลิตี้ความผิดพลาดมากกว่าการเลือกส่งข้อมูลด้วยสัญญาณนอนโคฮีเร็นท์เอฟเอสเค เพราะในขณะที่เกิดเฟดดิ่งสัญญาณอ้างอิงโคฮีเร็นท์สำหรับพีเอสเคจะเพี้ยนไป ทำให้เกิดความผิดพลาดมาก เป็นต้น ในกรณีที่มีข้อจำกัดทางด้านกำลังของสัญญาณ (Power Limitation) เช่น การรับส่งสัญญาณดาวเทียมควรเลือกแบบโคฮีเร็นท์ เพราะแบบโคฮีเร็นท์ที่ใช้กำลังของสัญญาณน้อยกว่าแบบนอนโคฮีเร็นท์ที่อัตราการส่ง และ ค่าพรอบบะบิวลิตี้ความผิดพลาดเดียวกัน

ความต้องการแถบความถี่ (Bandwidth Requirements) สัญญาณเอเอสเค ดี พีเอสเค และพีเอสเคจะมีความต้องการความถี่ประมาณ 2 เท่าของอัตราความเร็วในการส่งข้อมูล (Data Rated) สัญญาณเอฟเอสเคต้องการแถบความถี่มากกว่า 2 เท่า ของอัตราความเร็วในการส่งข้อมูล ส่วนสัญญาณดิจิตัลเอฟเอ็มที่นิยมใช้กันส่วนมากเป็นแบบแถบความถี่แคบ (Narrowband) นั้น ต้องการแถบความถี่อยู่ระหว่าง 2-3 เท่าของอัตราความเร็วในการส่งข้อมูล ฉะนั้นถ้าต้องการเลือกใช้ระบบดิจิตัลโมดูเลชั่นในงานที่มีข้อจำกัดทางด้านแถบความถี่ (Bandwidth Limitation) ก็ไม่ควรเลือกระบบเอฟเอสเค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 วงจรออสซิลเลเตอร์

ระบบการสื่อสารโดยทั่ว ๆ ไปมีความจำเป็นต้องใช้คลื่นรูปไซน์ในการทำงานเป็นอย่างมาก หรืออาจพูดอีกนัยหนึ่งได้ว่าระบบการสื่อสารจะทำงานไม่ได้ถ้าขาดแหล่งคลื่นรูปไซน์ มีวงจรหลายชนิดที่ใช้ผลิตคลื่นรูปไซน์เหล่านี้ เช่น วงจรออสซิลเลเตอร์แบบป้อนกลับ (Feedback Oscilator) วงจร RC และวงจร LC ความถี่ที่ผลิตนี้เริ่มตั้งแต่ความถี่เสียงถึงความถี่วีเฮชเอฟ (VHF)

2.3.1 วงจรออสซิลเลเตอร์ป้อนกลับแบบบวก

การป้อนกลับแบบบวก (Positive Feedback) เป็นพื้นฐานของวงจรออสซิลเลเตอร์ โดยทั่วไปที่ใช้กันอยู่ดังรูปที่ 2.12 แสดงวงจรขยายแบบป้อนกลับ (Feedback Amplifier) ภายใต้สถานะอันหนึ่งสามารถทำให้วงจรนี้ มีการป้อนกลับแบบบวกและกลายเป็นวงจนผลิตความถี่ (Osicilator Circuit) ขึ้นมา ข้อแม้ของวงจรที่จะทำให้เกิดการออสซิลเลทได้นั้นจะต้องมีอัตราการขยายในลูปป้อนกลับจะต้องมากกว่า1 เฟสที่เปลี่ยน 90 องศา (Phase Shift) ในลูปนี้จะต้องเป็นเฟสบวก คูณด้วย 2 เรเดียน หรือ 360 องศา จะต้องเกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน จึงจะทำให้เกิดการออสซิลเลทได้

อัตราการขยายในลูป (Loop Gain) = $|GH|\theta$ .....(2.3)

กำหนดให้

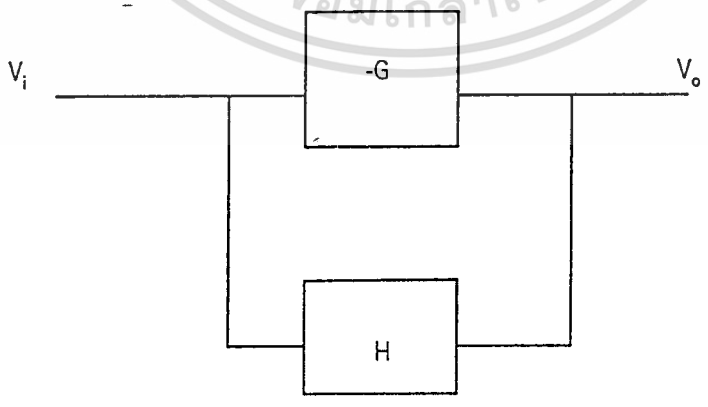
$n = 0,1,2,3,.....$

$\theta = n360$ องศา

และ $|GH| \geq 1$

วงจรขยายโดยทั่ว ๆ ไปจะมีเฟสของสัญญาณเอาท์พุตตรงข้ามกับสัญญาณอินพุท 180 องศา และมีอัตราขยายมากกว่า 1 สมมติให้ G ตามรูปที่ 2.12 คือการขยายวงจร และ H คือการป้อนกลับของลูป ดังนั้น อัตราการขยายของวงจรภายในลูปนี้ คือ ผลคูณของ G และ H และ การขยายทั้งหมดของวงจร (Overall Gain) ที่มีการป้อนกลับคือ

$Av = G / (1-GH)$ .....(2.4)



รูปที่ 2.12 วงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้การป้อนกลับแบบบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
037205

กำหนดให้

Av = การขยายทั้งหมดของวงจร

G = ส่วนการขยายของวงจร

H = ส่วนการขยายของการป้อนกลับ

GH = การขยายของลูป

ค่าที่กำหนดทั้งหมดนี้เป็นค่าคอมเพล็กซ์ (Complex) ซึ่งหมายถึง ขนาด และ เฟส (Magnitude and Phase Angle) รวมอยู่ด้วย

ความถี่ของออสซิลเลเตอร์นี้ถูกกำหนดโดยส่วนประกอบของ H ซึ่งทำให้เฟสเปลี่ยนไป 180 องศา การเลือกค่าขององค์ประกอบเหล่านี้ต้องเลือกด้วยความระมัดระวัง เพื่อให้เกิดเฟสชิฟ 180 องศา ที่ความถี่เดียวกันนี้ และ ความถี่นี้ คือ ความถี่ของออสซิลเลเตอร์ที่นำไปใช้ วงจรออสซิลเลเตอร์แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. วงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้ LC
2. วงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้ RC
3. วงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้ก้อนผลึก (Crystal)

2.3.2 วงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ทเล่ย์

จุดสังเกตของวงจรแบบนี้อยู่ที่วงจรจูน LC ที่มีการแท็ปคอยล์สำหรับเป็น วงจรคอยล์ป้อนกลับ (inductive feedback) แทนที่จะเป็นคอยล์ทริกเกอร์แบบแยก จากรูป C_1 และ L_1 ประกอบกันเป็นวงจรจูน การแท็ปสัญญาณจากคอยล์ L_1 ที่จุด G ก็เพื่อเป็นการจ่ายแรงดันคอลเลคเตอร์ L_2 ในวงจรคือ RF โช้ค (Choke) จุดแท็ปสัญญาณ G จะต่ออยู่กับกราวด์โดยมี C_4 เป็นบายพาสคาปาซิเตอร์อยู่ สัญญาณเอาท์พุทของออสซิลเลเตอร์จะจ่ายออกที่ขาคอลเลคเตอร์ซึ่งมีระดับแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ V_{AG} ซึ่งเป็นความต่างศักย์ระหว่างจุด A บนคอยล์ L_1 เทียบกับจุด G ส่วนในด้านตรงข้ามกับจุดแท็ปแรงดันไฟสลับป้อนกลับเท่ากับ V_{BG} ซึ่งถูกคัปปลิ้งโดย C_2 ไปยังขาเบสของ Q_1 การป้อนกลับสัญญาณในลักษณะนี้เป็นแบบบวก เพราะ จะมีความต่างเฟส 180 องศา เมื่อเทียบกับ V_{AG} ซึ่งผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจะก่อให้เกิดการออสซิลเลทผลิตสัญญาณไฟสลับจ่ายออกมาที่เอาท์พุทด้วยความถี่รีโซแนนท์ของวงจร LC

พิจารณาที่ระดับแรงดันไฟตรง V_C มีค่าเท่ากับ 28 V เพราะความต้านทานไฟตรงของคอยล์ RFL_1 และ L_2 มีค่าน้อยมากไม่นำมาคำนวณก็ได้ ขาอิมิเตอร์มีแรงดันไฟไบอัสตนเองเท่ากับ 1 V จาก R_E โดยมี C_E เป็นตัวรักษาเสถียรภาพของการไบอัสแรงดันไฟฟ้าฟอร์เวิร์ดที่ขาเบสจ่ายผ่าน R_1 , R_2 ซึ่งแบ่งมาจากแหล่งจ่ายไฟ +28 V ดังนั้นค่า V_{BE} = 1.4 - 1.0 = 0.4 V ซึ่งน้อยกว่าค่าแรงดันไฟฟ้าคัทออฟ 0.5 V แต่ค่าแรงดันยอดด้านบวกของแรงดันไฟฟ้าป้อนกลับจะขับให้ขาเบสมีระดับแรงดันไฟฟ้าเป็นบวกซึ่งสามารถทำให้ Q_1 นำกระแสไฟฟ้า และเกิดการออสซิลเลทได้ หน้าที่ของอุปกรณ์แต่ละตัวในวงจรรูปที่ 2.12 สามารถสรุปได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L_1 : อินดัคแตนซ์สำหรับวงจรจูน มีการแท็ปเพื่อป้อนสัญญาณกลับ

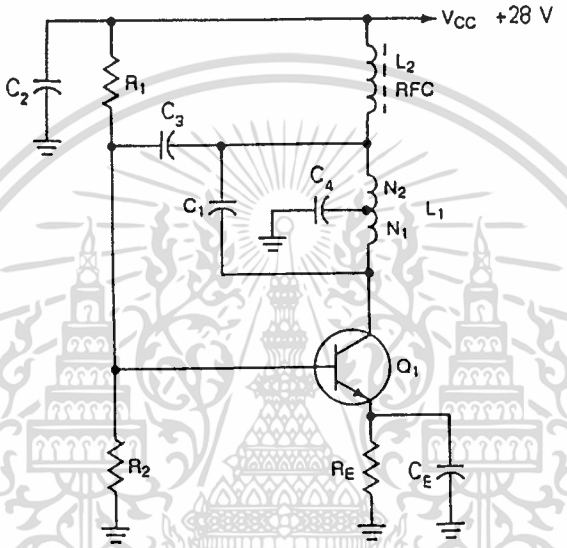
C_1 : คาปาซิเตอร์สำหรับวงจรจูน เปลี่ยนแปลงค่าได้

L_2 : RF โช้คทำหน้าที่แยกสัญญาณออสซิลเลเตอร์ออกจากแหล่งจ่ายไฟ

C_4 : บายพาสสำหรับต่อจุดแท็ปจาก L_1 เพื่อดึงสัญญาณไฟสลับลงกราวนด์

R_1 : ร่วมกับ R_2 ป้อนแรงดันไบอัสตรงให้กับขาเบส

C_2 : คับปลิ้งสัญญาณป้อนกลับเข้าไปยังขาเบสร่วมกับ C_2 เป็นวงจร RC คับปลิ้งสัญญาณร่วมกับ R_1 เป็นวงจรแบ่งแรงดันสำหรับไบอัสขาเบสร่วมกับ C_2 เป็นวงจรกรองแบบ RC สำหรับแปลงไฟของสัญญาณไบอัส



รูปที่ 2.13 วงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ทเลย์

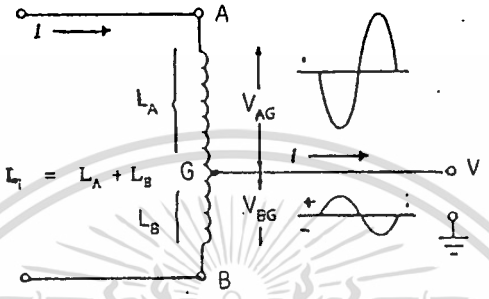
2.3.3 การกลับเฟสของสัญญาณแท็ปคอยล์

เหตุผลที่ใช้อธิบายว่าเพราะอะไรการแท็ปสัญญาณของ L_1 จึงช่วยให้เกิดการป้อนกลับแบบบวก ก่อนอื่น พิจารณาส่วนของคอยล์ L_1 ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ L_A และ L_B วิเคราะห์การไหลของกระแสอิเล็คตรอนเข้าไปยังจุด A จะเห็นว่าทิศทางการไหลผ่านคอยล์ L_A ระหว่างจุด A กับจุด G แล้วไหลไปสู่แหล่งจ่ายไฟ V+ ซึ่งในกรณีนี้คอยล์ L_B จะไม่มีส่วนเกี่ยวข้องใด ๆ กับทิศทางการไหลของกระแส แต่อย่างไรก็ตามคอยล์ทั้งสองส่วนก็ต่อเนื่องกันอยู่ ดังนั้น L_B จึงเป็นตัวหม้อแปลงคับปลิ้งสัญญาณไปสู่ L_A ได้ ในการแปรผันของแรงดันไฟสลับ สมมติให้ I มีค่าเพิ่มขึ้นของเลนซ์ (Lenz Law) จะได้ว่าเกิดการเหนี่ยวนำด้วยตัวเองขึ้น (Self Induced) เกิดแรงดันไฟฟ้า V_{AG} ซึ่งมีขั้วเป็นลบที่จุด A เพื่อต่อต้านการเพิ่มขึ้นของ I ยิ่งกว่านั้นแรงดันที่เหนี่ยวนำขึ้นมานี้จะส่งผลให้คอยล์ทั้งหมดมีแรงดันไฟฟ้าเป็นลบ และเนื่องจากลักษณะของการพันคอยล์เป็นแบบในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นจึงมีสนามแม่เหล็กเหมือนกันตลอดทั้งคอยล์ จุด A ถือว่าเป็นจุดปลายสุดของแรงดันไฟลบที่เหนี่ยวนำขึ้นมาเมื่อเปรียบเทียบกับจุดอื่น ๆ หรือขดลวดถัดมาด้านล่างตามรูป ส่วนจุด B เมื่อพิจารณาตามแรงดันไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำขึ้นมา จุด B จะมีแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นบวกเมื่อเทียบกับขดถัดไปที่อยู่เหนือขึ้นไปตามรูปดังนั้นทั้งจุด A และจุด B จึงมีขั้วตรงกันข้ามเสมอเมื่อเทียบกับแท็ป นั่นคือ V_{AG}และ V_{BG} จะมีเฟสของสัญญาณต่างกัน 180 องศาเสมอ ในขณะที่จุดหนึ่งเป็นลบมากที่สุดอีกจุดหนึ่งก็จะมีเฟสเป็นบวกมากที่สุด เนื่องจากจุดแท็ป G ต่ออยู่กับกราวนด์ เพราะฉะนั้น V_{AG} และ V_{BG} จึงเป็นสัญญาณสลับที่มีขั้วตรงกันข้ามกันเสมอเมื่อเทียบกับจุดกราวนด์

อ้างถึงวงจรรูปที่ 2.14 V_{AG} จะถูกป้อนกลับแบบบวกไปเข้ายังอินพุทของขาเบส โดยทั่ว ๆ ไปจุดแท็ปจะป้อนกลับแรงดันไฟฟ้าประมาณ 1 ใน 3 ของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมคอยล์ทั้งหมด



รูปที่ 2.14 เฟสของแรงดันไฟฟ้าในการแท็ปคอยล์ L_B จะต่างเฟส 180 องศา เทียบกับแรงดันไฟฟ้าในคอยล์ L_A

2.4 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2.4.1 ทฤษฎี MCS-8051

โดยปกติแล้ว เอ็มซีเอส-8051 ก็คือระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งมีข้อมูลจากภายนอก และนำมาประมวลผล พร้อมทั้งสามารถส่งสัญญาณเพื่อทำการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างดี แล้วในส่วนของการติดต่อสื่อสารข้อมูล (Data Communication) กับระบบภายนอกอื่น ๆ ก็สามารถกระทำโดยผ่านพอร์ตอนุกรม (Serial Port) ซึ่งพอร์ตอนุกรมนี้เป็นส่วนที่เหมาะสมในการรับหรือส่งข้อมูลในระยะทางไกลได้ดีกว่าพอร์ตขนาน ซึ่งในการทำโครงงานนี้จะเน้นเฉพาะการใช้โปรแกรมใช้งานพอร์ตอนุกรมของเอ็มซีเอส-8051

2.4.2 รีจิสเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการใช้งานพอร์ตอนุกรม

1. รีจิสเตอร์ควบคุมไทม์เมอร์ เนื่องจากการใช้งานพอร์ตอนุกรมนั้นจะมีสิ่งที่ต้องคำนึงถึง คือ อัตราการรับส่งข้อมูล หรือที่เรียกว่าอัตราบอด (Baud Rate) จริง ๆ แล้วก็คือจังหวะการเลื่อนเข้าหรือออกจากเอ็มซีเอส-8051 นั่นเอง โดยอัตราบอดนี้จะสามารถสร้างได้ภายในของเอ็มซีเอส-8051 ได้จากไทม์เมอร์แชนแนล 1 โดยทำงานในโหมด 2 คือโหลดข้อมูลกลับอัตโนมัติ ดังนั้นรีจิสเตอร์ที่จะต้องทำการโปรแกรมจะมีดังนี้

- TMOD ตำแหน่ง 89 H .ทำหน้าที่เลือกโหมดของไทม์เมอร์
- TCON ตำแหน่ง 88 H ทำหน้าที่เริ่มต้นการสร้างอัตราบอด
- TH1 ตำแหน่ง 8C H ทำหน้าที่ใส่ข้อมูลการนับของไทม์เมอร์ 1 เพื่อสร้างอัตราบอดตามต้องการ .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. รีจิสเตอร์ควบคุมการลดกำลัง เนื่องจากการสร้างอัตราบอดนั้นจะต้องนำบิทในรีจิสเตอร์ PCON มาใช้ในการคำนวณข้อมูลของ TH1 ดังนั้น รีจิสเตอร์ที่ใช้คือ

7	6	5	4	3	2	1	0
SMOD	–	–	–	GF1	GF0	PD	IDL

บิท	สัญลักษณ์	รายละเอียด
7	SMOD	บิทที่สำหรับเปลี่ยนแปลง แก้ไขอัตราการส่งข้อมูลแบบอนุกรม โดยใช้โปรแกรมเซ็ตให้เป็น 1 จะเป็นการเพิ่มอัตราการส่งขึ้นเท่าตัวเมื่อใช้ไทม์เมอร์ 1 เข้าช่วย ถ้าเลือกใช้การรับส่งข้อมูลในโหม 1 , 2 และ 3 แต่ถ้าเคลียร์เป็น 0 จะใช้ไทม์เมอร์ 1 ตามปกติที่เป็นอยู่ตามการกำหนดในช่วงเริ่มต้นของโปรแกรม
6-4	-	ไม่ได้ใช้งาน
3	GF1	แฟล็กใช้งานทั่วไป กำหนดโดยผู้ใช้ ไม่เกี่ยวข้องกับการควบคุมใด ๆ ทั้งสิ้น เซ็ตหรือเคลียร์โดยโปรแกรม
2	GF0	แฟล็กใช้งานทั่วไปกำหนดโดยผู้ใช้เช่นกัน
1	PD	บิทที่แสดงการลดลงของกำลังไฟ (Power Down) เซ็ตเป็น 1 โดยโปรแกรมเพื่อเข้าสู่โหมดของการลดลงของกำลังไฟ ใช้ในไมโครโปรเซสเซอร์ที่เป็นแบบซีมอสเท่านั้น
0	IDL	บิตที่แสดงโหมดไอเดิล (Idle) เซ็ตเป็น 1 โดยโปรแกรมเพื่อเข้าไอเดิลในไมโครโปรเซสเซอร์ที่เป็นแบบซีมอสเท่านั้น

3. รีจิสเตอร์ควบคุมอินเทอร์รัพต์ เนื่องจากว่าเอ็มซีเอส-8051 สามารถใช้งานพอร์ตอนุกรมในลักษณะของการอินเทอร์รัพต์ได้ จึงมีรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังนี้

- IE ตำแหน่ง A8H ทำหน้าที่ยอมให้เกิดการอินเทอร์รัพต์จากพอร์ตอนุกรมได้หรือไม่ซึ่งมีรายละเอียดของบิทต่าง ๆ ดังนี้

7	6	5	4	3	2	1	0
$\overline{EA}$	X	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิท	สัญลักษณ์	รายละเอียด
7	$\overline{EA}$	บิทนี้จะควบคุมทั้ง 6 บิท ถ้าข้อมูลในบิทนี้เป็น 0 จะเป็นการดิสเอเบิลทุกบิททำให้ไม่เกิดการขัดจังหวะ ถ้าบิทนี้เป็น 1 การอีนาเบิล หรือ ดิสเอเบิล ใน 6 บิทจะขึ้นกับข้อมูลในแต่ละบิทนั้น
6	-	บิทที่ผู้ใช้กำหนดการใช้งานเอง
5	ET2	บิทนี้จะใช้อีนาเบิล หรือ ดิสเอเบิล สัญญาณขัดจังหวะที่มาจากวงจรไทม์เมอร์ 2
4	ES	บิทนี้จะใช้อีนาเบิล หรือ ดิสเอเบิล สัญญาณขัดจังหวะที่มาจากพอร์ตอนุกรม เมื่อมีข้อมูลเข้ามายัง SBUF หรือ ข้อมูลจาก SBUF ได้ถูกส่งออกไปทาง พอร์ตอนุกรม หมดแล้ว
3	ET1	บิทนี้จะใช้อีนาเบิล หรือ ดิสเอเบิล สัญญาณขัดจังหวะที่มาจากวงจรไทม์เมอร์ 1
2	EX1	บิทนี้ใช้สำหรับการอีนาเบิลสัญญาณที่เข้ามาทางขา INT1 ให้เกิดการขัดจังหวะ
1	ET0	บิทนี้จะใช้อีนาเบิล หรือ ดิสเอเบิล สัญญาณขัดจังหวะที่มาจากวงจรไทม์เมอร์ 0
0	EX0	บิทนี้ใช้สำหรับการอีนาเบิลสัญญาณที่เข้ามาทางขา INT0 ให้เกิดการขัดจังหวะ

- IP ตำแหน่ง B8 H ทำหน้าที่จัดลำดับความสำคัญของการอินเทอร์รัพต์ ซึ่งมีรายละเอียดของบิทต่าง ๆ ดังนี้

7	6	5	4	3	2	1	0
X	X	PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0

บิท	สัญลักษณ์	รายละเอียด
7	PCT	PCT = 1 จะมีเพียงหนึ่งระดับ
6	-	บิทที่ผู้ใช้กำหนดการใช้งานเอง
5	PT2	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิท	สัญลักษณ์	รายละเอียด
4	PS	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของพอร์ตอนุกรม
3	PT1	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 1
2	PX1	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกที่ 1
1	PT0	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 2
0	PX0	กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกที่ 0

4. รีจิสเตอร์ควบคุมพอร์ตอนุกรม การใช้งานพอร์ตอนุกรมจะขึ้นอยู่กับรีจิสเตอร์นี้โดยตรง คือ

-SBUF ตำแหน่ง 99 H ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์การรับหรือการส่ง

-SCON ตำแหน่ง 98 H ทำหน้าที่ควบคุมและกำหนดโหมดการใช้งานพอร์ตอนุกรมทั้งหมดซึ่งมีรายละเอียดของบิทต่าง ๆ ดังนี้

7	6	5	4	3	2	1	0
SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

บิท	สัญลักษณ์	รายละเอียด
7	SM0	โหมดของพอร์ตอนุกรมบิท 0 ทำการเซ็ตหรือเคลียร์โดยใช้โปรแกรมสั่งงาน
6	SM1	โหมดของพอร์ตอนุกรมบิท 1 ทำการเซ็ต หรือ เคลียร์ โดยใช้โปรแกรมสั่งงานเช่นกัน รายละเอียดดังตาราง 2.4
5	SM2	ใช้เป็นการติดต่อระหว่างไมโครโปรเซสเซอร์หลายตัวด้วย (Multiprocessor Communication) เซ็ตและเคลียร์ โดยการใช้โปรแกรมควบคุมในกรณีนี้ควรจะใช้เฉพาะโหมด 2 และ 3 เมื่อบิตนี้ถูกเซ็ตเป็น 1 การอินเทอร์รัพต์ก็จะเกิดขึ้น ถ้าข้อมูลที่รับเข้ามาเป็นบิท 9 เป็น 1 ในทำนองกลับกัน ถ้าข้อมูลที่จะทำการรับเข้ามาเป็น 0 การอินเทอร์รัพต์จะไม่เกิดขึ้นเมื่อใช้งานในโหมด 1 สัญญาณอินเทอร์รัพต์จะเกิดขึ้นเมื่อได้รับบิตหยุดที่ถูกต้องแล้วเท่านั้น แต่ถ้าใช้ในโหมด 0 บิตนี้จะถูกเคลียร์ให้เป็น 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิท	สัญลักษณ์	รายละเอียด
4	REN	บิทอีนาเบิล การรับบิทนี้จะถูกเซ็ตเป็น 1 เมื่อต้องการรับสัญญาณอนุกรมและจะต้องถูกเคลียร์ให้เป็น 0 เมื่อไม่ต้องการรับสัญญาณอนุกรม
3	TB8	ใช้เลือกว่า จะให้ส่งบิท 8 หรือไม่ และจะถูกเซ็ตหรือเคลียร์โดยโปรแกรมโหมด 2 หรือ 3
2	RB8	ใช้เลือกว่าจะรับบิท 8 หรือไม่ใช้สำหรับกรณีรับข้อมูลโหมด 2 หรือ 3 หยุดในโหมด 1 ส่วนในโหมด 0 จะไม่ใช้งานบิทนี้
1	TI	แฟลกอินเทอร์รัพต์ เมื่อส่งข้อมูลในโหมด 0 จะถูกเซ็ตให้เป็น 1 หลังจากที่ส่งบิท 7 ออกไปแล้วในโหมดอื่น ๆ จะถูกเซ็ตให้เป็น 1 เมื่อบิตหยุด เริ่มส่งออกไป การเคลียร์บิตนี้ จะทำได้โดยใช้โปรแกรม
0	RI	แฟลกอินเทอร์รัพต์เมื่อรับข้อมูลในโหมด 0 จะถูกเซ็ตให้เป็น 1 หลักจากรับบิต 7 เรียบร้อยแล้วในโหมดอื่น ๆ จะถูกเซ็ตเป็น 1 เมื่อรับบิตหยุดได้ครึ่งหนึ่ง การเคลียร์บิทนี้ จะทำได้โดยใช้โปรแกรม

การอ้างอิงแบบบิทแอดเดรสของรีจิสเตอร์นี้คือ SCON.0 ถึง SCON.7

ตารางที่ 2.4 แสดงโหมดการทำงานของพอร์ทอนุกรม

SM0	SM1	โหมด	รายละเอียด
0	0	0	รีจิสเตอร์แบบเลื่อนบิท อัตราการส่ง = f / 12
0	1	1	UART ชนิด 8 บิท อัตราการส่ง = เปลี่ยนแปลงได้
1	0	2	UART ชนิด 9 บิท อัตราการส่ง = f / 32 หรือ f / 64
1	1	3	UART ชนิด 9 บิท อัตราการส่ง = เปลี่ยนแปลงได้

2.4.3 การคำนวณอัตราการบอดโหมด 1

ไทม์เมอร์ 1 จะถูกใช้เป็นตัวสร้างอัตราการบอด เมื่อกำหนดการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมในโหมด 1 โดยไทม์เมอร์จะถูกใช้ให้ทำงานในโหมด 2 ซึ่งจะโหลดค่าเข้าไปโดยอัตโนมัติ การคำนวณจะเป็นดังนี้

$$f_{buad} = \frac{2^{SMOD} * \text{Oscilator frequency}}{32d \quad 12d*[256d - (TH1)]} = \text{ความถี่ของออสซิลเลเตอร์} \quad \text{.....(2.5)}$$

เมื่อ SMOD จะเป็นบิตควบคุมอยู่ในรีจิสเตอร์ PCON ซึ่งจะเป็น 0 หรือ 1 ก็ได้ ถ้าเป็น 0 จะเป็นความถี่ปกติ ถ้าเป็น 1 ความถี่จะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ดังได้กล่าวมาแล้วในรีจิสเตอร์ PCON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าไทม์เมอร์ 1 ไม่ถูกใช้งานในโหมด 2 ค่าอัตราบอดจะเป็น

$$f_{buad} = \frac{2^{SMOD} * (\text{ timer 1 overflow frequency })}{32d} \quad \text{.....(2.6)}$$

ถ้าเลือกใช้อัตราบอดมาตรฐาน ควรจะเลือกความถี่ของคริสตอลให้ถูกต้องคือ 11.0592 เมกกะเฮิรตซ์ สมมติว่าต้องการอัตราบอดเป็น 9600 เฮิรตซ์ ค่าที่จะต้องกำหนดลงไปใน TH1 คือ

$$TH1 = \frac{256d - 2^{0} * 11.0592*10^{6}}{32d \qquad 12 * 9600d} = 0FDH \quad \text{.....(2.7)}$$

เมื่อกำหนดให้ SMOD ในสมการนี้เป็น 0 ตารางที่ 2.5 แสดงการกำหนดค่าข้อมูล และความผิดพลาดของอัตราบอดที่สร้างขึ้นจากคริสตอล

ตารางที่ 2.5 ตารางการเลือกใช้อัตราบอดและค่ากำหนดเริ่มต้น

Buad rate	Crystal frequency	SMOD	TH 1 Reload value	Actual Baud rate	Error
9600	12.000MHz	1	- 7 (F9H)	8923	7 %
2400	12.000MHz	0	- 13 (F3H)	1202	0.16 %
1200	12.000MHz	0	- 26 (E6H)	1202	0.16 %
19200	11.059MHz	1	- 3 (FDH)	19200	0
9600	11.059MHz	0	- 3 (FDH)	9600	0
2400	11.059MHz	0	- 12 (F4H)	2400	0
1200	11.059MHz	0	- 24 (E8H)	1200	0

2.4.4 การกำหนดเริ่มต้นและการใช้งานรีจิสเตอร์ของพอร์ทอนุกรม

2.4.5.1 บิตต่าง ๆ ของ SCON

- บิต SMO (บิตที่ 7) และ บิต SM1 (บิตที่ 6)

เป็นการเลือกโหมด การทำงานพอร์ทอนุกรมสามารถเลือกได้ 4 โหมด ในการทดลองนี้จะเลือกใช้โหมด 1 ซึ่งสามารถเขียนโปรแกรม ได้ดังนี้

```
MOV  SCON,#11XXXXXXB        ; ให้ค่าบิตที่ 7 และ บิตที่ 6 เป็น " 11 "
                            X - ค่า " 0 " หรือ " 1 " ก็ได้
```

- บิต SM2 (บิตที่ 5)

บิตนี้ถ้าเซตเป็น " 1 " จะใช้งานในโหมดโปรเซสเซอร์หลายตัว (Multiprocessor) ดังนั้นการใช้งานโหมด 1 มิใช้เป็นการติดต่อโปรเซสเซอร์หลายตัว จึงให้บิตนี้เป็น " 0 " ซึ่งสามารถเขียนโปรแกรมได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV  SCON,#XX0XXXXXB          ; ให้ค่าบิตที่ 5 เป็น " 0 "
                              X - ค่า " 0 " หรือ " 1 " ก็ได้
```

- บิต REN (บิตที่ 4)

ถ้าเซตเป็น " 1 " หมายถึงเอ็มซีเอส-51 สามารถรับข้อมูลจากพอร์ทอนุกรมได้

ถ้าเคลียร์เป็น " 0 " หมายถึงเอ็มซีเอส-51 ไม่สามารถรับข้อมูลจากพอร์ทอนุกรมได้

สามารถเขียนเป็นโปรแกรมได้ 2 แบบ คือ

```
SETB  REN                     ; บิตแอดเดรส ( ควรมีการ equate ตำแหน่งของ REN
                              ก่อน )
MOV  SCON,#XXX1XXXXB          ; ไบท์แอดเดรส ( ให้ค่าบิทที่ 4 เป็น " 1 ")
                              X - ค่า " 0 " หรือ " 1 " ก็ได้
```

- บิต TB8 (บิตที่ 3) จะใช้งานในการติดต่อข้อมูลโหมด 2 และโหมด 3

- บิต RB8 (บิตที่ 2) จะใช้งานในการติดต่อข้อมูลโหมด 2 และโหมด 3

- บิต TI (บิตที่ 1) จะเซตเมื่อทุกบิตของข้อมูลส่งออกไปแล้ว เพื่อเป็นการแสดงว่าบัฟเฟอร์ของการส่งข้อมูลว่าง ถ้าซอฟต์แวร์ต้องการส่งข้อมูลออกไปยังอุปกรณ์ที่ต่อยู่กับพอร์ทอนุกรมโปรแกรมจะต้องตรวจสอบว่าพอร์ทอนุกรมว่างหรือไม่ (ซึ่งก็คือตรวจสอบว่าตัวอักษรที่แล้วส่งออกไปแล้วหรือยัง) ถ้าว่างก็ส่งข้อมูลต่อไป สมมติว่าต้องการส่งข้อมูลออกจากแอกคิวมูเลเตอร์ โปรแกรมจะเป็นดังนี้

```
WAIT: JNB TI,WAIT       ; ตรวจสอบ TI จนกว่าจะเป็นเซ็ต
      CLR TI            ; เคลียร์บิต TI
      MOV A,SBUF        ; อ่านตัวอักษรจาก SBUF
```

- บิต RI (บิตที่ 0) จะเซ็ตเมื่อเสร็จสิ้นการรับข้อมูลแล้ว เพื่อเป็นการแสดงว่าบัฟเฟอร์ของการรับข้อมูลเต็มข้อกำหนดนี้จะตรวจสอบโดยซอฟต์แวร์ หรือโปรแกรมให้เกิดการอินเทอร์รัพต์ก็ได้ ถ้าซอฟต์แวร์ต้องการรับข้อมูลจากอุปกรณ์ ที่ต่ออยู่กับพอร์ตอนุกรมเช่น เทอร์มินอล ตัวโปรแกรมจะรอจนกระทั่งบิต RI เซ็ตแล้วเคลียร์ด้วยโปรแกรมพร้อมทั้งอ่านข้อมูลจาก SBUF ดังนี้

```
WAIT: JNB RI,WAIT       ; ตรวจสอบ RI จนกว่าจะเป็นเซ็ต
      CLR RI            ; เคลียร์บิต RI
      MOV A,SBUF        ; อ่านตัวอักษรจาก SBUF
```

ดังนั้นถ้าสมมติว่าต้องการให้พอร์ตอนุกรมสามารถรับและส่งข้อมูลได้และทำงานในโหมด 3 เราจะกำหนดค่าของ SCON เป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI
1	1	0	1	0	0	0	0

สามารถเขียนโปรแกรมได้ดังนี้

MOV SCON,#11010000B

2.5 การใช้งาน ไทม์เมอร์ / เคาน์เตอร์

2.5.1 ทฤษฎีโดยย่อ

การใช้งานไทม์เมอร์ / เคาน์เตอร์ภายในของ เอ็มซีเอส-8051 จะต้องมีการกำหนดรูปแบบการใช้งานต่างๆ เสียก่อนจึงจะทำงานได้ถูกต้อง การกำหนดค่าเริ่มต้นและการอ่านค่าจากไทม์เมอร์รีจิสเตอร์ เพราะฉะนั้นการจะเริ่มต้นใช้งานไทม์เมอร์ได้จะต้องมีการกำหนดค่าในรีจิสเตอร์ ซึ่งรีจิสเตอร์ที่จะกำหนดจะมีดังนี้

1. รีจิสเตอร์ TMOD เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต อยู่ตำแหน่งที่ 89H ไม่สามารถอ้างตำแหน่งแบบบิตได้รายละเอียดของการกำหนดค่าบิตต่าง ๆ จะเป็นดังนี้

7	6	5	4	3	2	1	0
Gate	C/T	M 1	M 0	Gate	C/T	M 1	M 0
Timer 1				Timer 0			

บิท	สัญลักษณ์	รายละเอียด
7/3	Gate	การอีนาเบิล OR เกท เพื่อควบคุมการทำงานของไทม์เมอร์ GATE = 1 ไทม์เมอร์จะทำงาน ถ้าสัญญาณขา INTn เป็นลอจิก 1 และ บิต Trn ในรีจิสเตอร์ TCON เป็น 1 ด้วย
6/2	C/T	ถ้าบิต C/T = 0 เป็นการเลือกการทำงานแบบนับพัลส์จากภายในตัวเอ็มซีเอส-51 ถ้าบิต C/T = 0 เป็นการเลือกการทำงานแบบนับพัลส์จากภายนอกที่ป้อนเข้าทางขา P3.5 (T1) หรือ P3.4 (T0) (COUNTER)
5/1	M1	ใช้ในการเลือกโหมดการทำงานดังตารางที่ 2.6
4/0	M0	ใช้ในการเลือกโหมดการทำงานดังตารางที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 แสดงโหมดการทำงานของไทม์เมอร์

M1	M0	โหมดที่ใช้งาน	ลักษณะการทำงาน
0	0	0	ไทม์เมอร์ขนาด 13 บิต
0	1	1	ไทม์เมอร์ขนาด 16 บิต
1	0	2	ไทม์เมอร์ขนาด 8 บิต แบบโหลดค่ากลับอัตโนมัติ
1	1	3	ไทม์เมอร์แบบใช้งานอิสระ

ตัวอย่างการให้ไทม์เมอร์ 1 ทำงานในโหมด 1 (16 บิท ไทม์เมอร์) รับสัญญาณนาฬิกาจากภายในเอ็มซีเอส-51 คำสั่งจะเป็นดังนี้

```
MOV  TMOD,#00010000B
```

จากคำสั่งนี้เซ็ทให้ M1 = 0 เป็นการเลือกโหมด 1 ให้ C/T และ GATE = 0 เพื่อเลือกใช้สัญญาณนาฬิกาจากวงจรออสซิลเลเตอร์ภายในชิพ และอีนาเบิลไทม์เมอร์ให้ทำงาน เมื่อบิต TR1 ในรีจิสเตอร์ TCON เซ็ทเป็น 1 (ในขณะนี้ ถือว่า TR1 = 0)

2. รีจิสเตอร์ TH0 , TL0 และ TH1 , TL1 รีจิสเตอร์เหล่านี้เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ใช้กำหนดค่าการนับของไทม์เมอร์ ตำแหน่งของ TH0 , TL0 จะอยู่ที่ 8CH , 8AH และตำแหน่งของ TH1 , TL1 จะอยู่ที่ 8DH , 8BH และ เนื่องจากว่า ไทม์เมอร์ภายในนี้เป็นไทม์เมอร์แบบนับขึ้นจนถึงค่าสูงสุด คือ FFH (ในกรณีที่เลือกการทำงานแบบ 8 บิต), FFFFH (ในกรณีที่เลือกการทำงานแบบ 16 บิต) แล้วจะเกิดโอเวอร์โฟลว์ (เปลี่ยนจาก FFH หรือ FFFFH เป็นค่า 0) ดังนั้นการกำหนดค่าการนับจะต้องนำค่าสูงสุดของโหมดการทำงานนั้น ๆ มาลบออกด้วยค่าที่ต้องการ

ตัวอย่าง ถ้าต้องการนับให้ไทม์เมอร์ 1 นับ 100 พัลส์ ในการทำงานโหมด 1 (ไทม์เมอร์ 16 บิต)

- ค่าสูงสุดของการนับคือ FFFFH
- ค่าที่จะนำมาลบคือ 100D = 64H
- ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็น FFFFH - 64H = FF9CH
- นำข้อมูลไบต์บนของผลลัพธ์ (FFH) ใส่ใน TH1
- นำข้อมูลไบต์บนของผลลัพธ์ (9CH) ใส่ใน TL1

```
MOV  TL1,#9CH
MOV  TH1,#0FFH
```

3. รีจิสเตอร์ TCON เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิท อยู่ที่ตำแหน่งที่ 88H สามารถอ้างอิงตำแหน่งแบบบิทได้ ใช้งานในการควบคุมการทำงานของไทม์เมอร์ และ ควบคุมการทำงานอินเตอร์รัพต์ด้วยรายละเอียดที่เกี่ยวกับบิทต่าง ๆ เป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7	6	5	4	3	2	1	0
TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

บิท	สัญลักษณ์	รายละเอียด
7	TF1	บิตโอเวอร์โฟลว์ของไทม์เมอร์ 1 เมื่อไทม์เมอร์ 1 นับค่าจนเปลี่ยนจากค่าสูงสุด (FFH , FFFFH) เป็น 0 บิทนี้จะถูกเซ็ทค่าเป็น 1 และบิทนี้จะเป็น 0 เมื่อกลับจากการทำงานในโปรแกรมบริการอินเทอร์รัพต์ (Interrupt Service Routine) หรือ จะใช้การเคลียร์ค่าจากซอฟท์แวร์
6	TR1	บิตควบคุมการเริ่มทำงาน หรือ หยุดการทำงาน ไทม์เมอร์ 1 กล่าวคือ ถ้า บิต TR1 = 1 หมายถึง เริ่มต้นการทำงานไทม์เมอร์ 1 TR1 = 0 หมายถึง หยุดการทำงานไทม์เมอร์ 1 การหยุดการทำงานนี้ไม่ได้หมายความว่าค่าภายในจะถูกเคลียร์
5	TF0	ความหมาย และ การใช้งานเหมือนกับ TF1 แต่เป็นไทม์เมอร์ 0
4	TR0	ความหมาย และ การใช้งานเหมือนกับ TR1 แต่เป็นไทม์เมอร์ 0
3	IE1	บิทของแฟล็กจากการอินเทอร์รัพต์ภายนอกจากขา P 3.3 ($\overline{INT1}$)
2	IT1	บิทนี้ใช้สำหรับ เลือกวิธีการอินเทอร์รัพต์ภายนอกจาก ขา P 3.3 ($\overline{INT1}$) ถ้าบิท IT1 = 0 เป็นการเลือกการเกิดอินเทอร์รัพต์จากระดับล็อจิก 0 IT1 = 1 เป็นการเลือกการเกิดอินเทอร์รัพต์จากขอบขาลง
1	IE0	การใช้งานเหมือนกับ IE1 แต่เป็นอินเทอร์รัพต์ภายนอกจากขา P 3.2 ($\overline{INT0}$)
0	IT0	การใช้งานเหมือนกับ IT1 แต่เป็นอินเทอร์รัพต์ภายนอกจากขา P 3.2 ($\overline{INT0}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

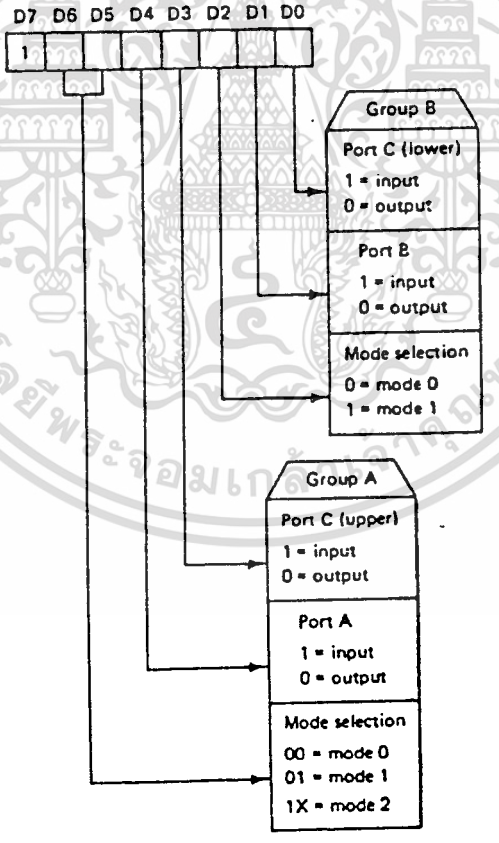
2.6 การใช้งาน 8255 พอร์ตข้อมูลแบบขนาน

8255 เป็นไอซีที่มี 40 ขา สามารถที่จะต่อเป็นพอร์ตให้ไมโครโปรเซสเซอร์ได้ 3 พอร์ต โดยการเรียกพอร์ตของ 8255 จะเรียกพอร์ตต่าง ๆ ว่า พอร์ต A พอร์ต B และ พอร์ต C โดย พอร์ต C แยกเป็น 2 ส่วน คือ พอร์ตC ล่าง หรือ ตั้งแต่ PC_0PC_3 มีจำนวน 4 บิท และ พอร์ตC บน หรือ ตั้งแต่ PC_4PC_7 ที่พิเศษคือพอร์ตทุกพอร์ตเป็นได้ทั้งพอร์ตอินพุท และ พอร์ตเอาท์พุท

การทำงานของวงจรจะใช้สัญญาณควบคุมจากไมโครโปรเซสเซอร์มาควบคุมการทำงานโดยไมโครโปรเซสเซอร์จะส่งคำสั่งมาโปรแกรมการทำงาน หรือ กำหนดรูปแบบของพอร์ตให้เป็นอินพุท หรือเอาท์พุทได้

2.6.1 การทำงานของ 8255 โหมด 0 (อินพุท-เอาท์พุท มาตรฐาน)

การกำหนดโหมดการทำงานจะต้องส่งข้อมูลคำสั่งเข้าไปโปรแกรมในพอร์ตควบคุมของ 8255 แต่ละบิทของข้อมูลที่ส่งไปจะมีความหมายในตัวเอง ลักษณะความหมายของแต่ละบิทในรหัสควบคุมแสดงได้ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 แสดงความหมายของบิทต่าง ๆ ในรหัสควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การโปรแกรม 8255 คือ การให้ค่ารหัสบิทต่าง ๆ เข้าไปในรหัสควบคุมแล้วส่งไปยังรีจีสเตอร์ของพอร์ตควบคุม ความหมายของบิทต่าง ๆ มีดังนี้

บิท D_7 เป็นบิทที่แสดงรหัสคำสั่งควบคุม ถ้าบิทนี้เป็น "1" หมายถึงรหัสควบคุมนี้จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเซตโหมดต่าง ๆ ของ 8255

บิท D_6 และ D_5 เป็นการเลือกโหมดของพอร์ต A ซึ่งมี 3 โหมด คือ โหมด 0 , โหมด 1 และ โหมด 2 ดังแสดงในรูปที่ 2.15

บิท D_4 ถ้ามีค่าเป็น "0" หมายถึงการกำหนดพอร์ต A เป็นเอาท์พุท ถ้ามีค่าเป็น "1" จะหมายถึงการกำหนดให้พอร์ต A เป็นอินพุท

บิท D_3 เป็นบิทที่บอกถึง การเซตของพอร์ต C ถ้าเป็น "0" จะทำให้พอร์ต C บน เป็นเอาท์พุท

บิท D_2 เป็นบิทที่บอกถึง การเซตโหมดของพอร์ต B ถ้าเป็น "0" หมายถึงการกำหนดพอร์ต B เป็นโหมด 0.ถ้ามีค่าเป็น "1" จะหมายถึงการกำหนดให้เป็นโหมด 1

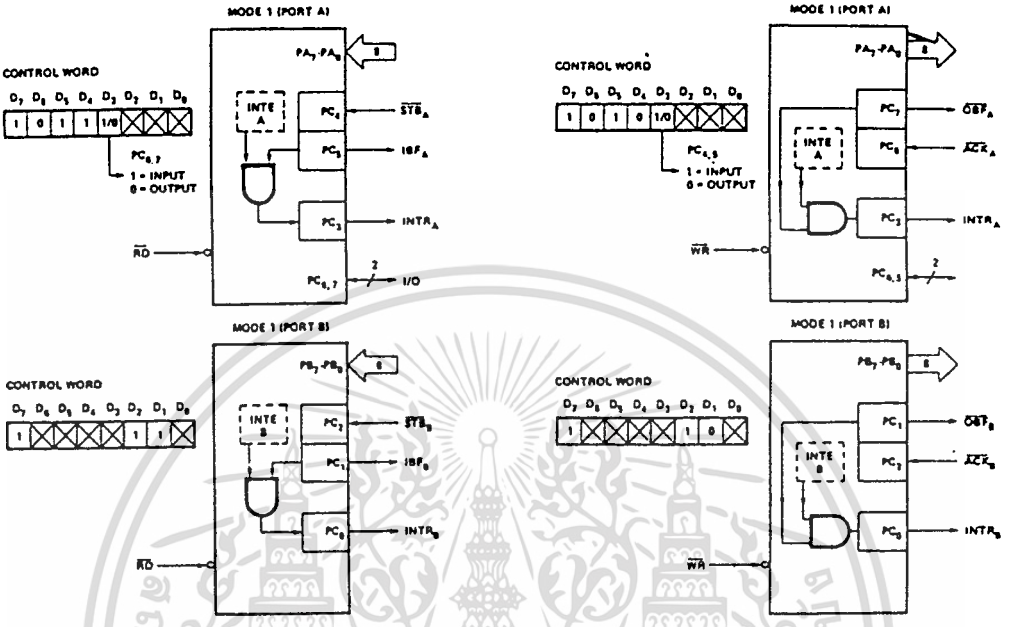
บิท D_1 เป็นการกำหนดอินพุท เอาท์พุท ของพอร์ต B ถ้าเป็น "0" หมายถึง เอาท์พุท ถ้าเป็น "1" หมายถึงอินพุท

บิท D_0 เป็นการกำหนดอินพุท เอาท์พุท ของพอร์ต Cล่าง ถ้าเป็น "0" หมายถึง เอาท์พุท ถ้าเป็น "1"หมายถึงอินพุท

2.6.2 การทำงานของ 8255 โหมด1 (สโตรบอินพุท-เอาท์พุท)

การทำงานของ 8255 ในโหมด 1 เป็นโหมดที่ทำให้อินพุท และ เอาท์พุท มีการตรวจสอบสัญญาณแฮนด์เชค โดยใช้อินพุท และ เอาท์พุทของพอร์ต A และ พอร์ต B เป็นหลัก และใช้พอร์ต Cบน เป็นตัวตรวจสอบสัญญาณแฮนด์เชคของพอร์ตA ส่วนพอร์ตCล่างเป็นตัวตรวจสอบสัญญาณแฮนด์เชคของพอร์ตB การจัดการสัญญาณต่าง ๆ เหล่านี้ แสดงได้ดังรูปที่ 2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) โหมด1 พอร์ตอินพุท (ข) โหมด1 พอร์ตเอาท์พุท

รูปที่ 2.16 แสดงโครงสร้างของพอร์ต A และ เพอร์ต B เมื่อทำงานในโหมด1

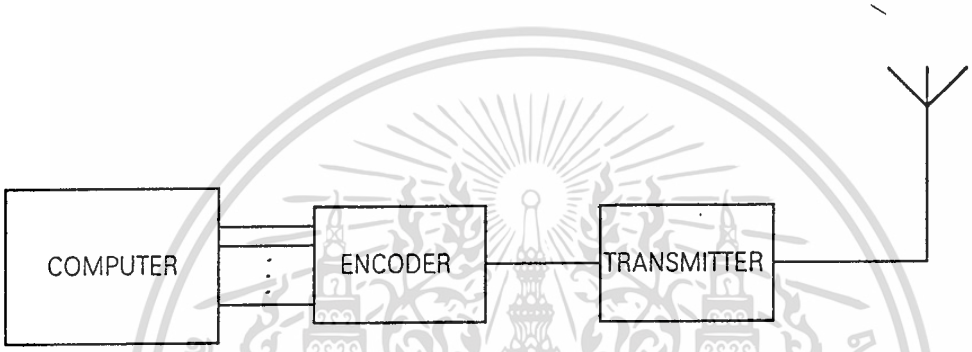
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วงจรการทำงานของพรินเตอร์ไร้สาย

3.1 ภาคส่ง

3.1.1 รายละเอียดของบล็อกไดอะแกรมทางภาคส่ง

จากรูปที่ 3.1 จะเป็นบล็อกไดอะแกรมของทางภาคส่ง ซึ่งส่วนแรกเป็นบล็อกของสัญญาณข้อมูลแบบขนาน ซึ่งส่งออกมาจากตัวคอมพิวเตอร์ ส่วนที่สองจะเป็นส่วนการเข้ารหัสซึ่งแปลงจากสัญญาณแบบขนานเป็นสัญญาณแบบอนุกรมออกมาให้เป็นแบบอะซิงโครนัส โดยใช้ซีพียู 8031 เป็นหัวใจหลักในการจัดการส่วนนี้



รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของภาคส่ง

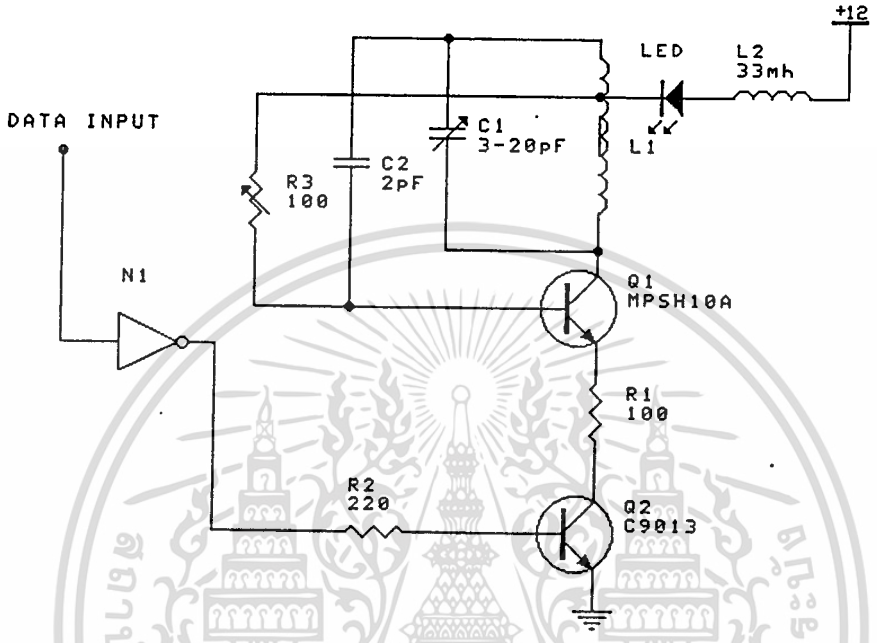
3.1.2 การทำงานของเครื่องส่ง

ในขณะที่วงจรเข้ารหัสส่งสถานะที่เป็นลอจิก 0 แล้วผ่านวงจรอินเวอร์เตอร์ เป็นลอจิก 1 มาก็จะทำให้ทรานซิสเตอร์เบอร์ C9013 ทำงาน เนื่องจากมีระดับแรงดันไบอัสสูงพอ ซึ่งทำหน้าที่เสมือนเป็น สวิทช์เปิดให้ทรานซิสเตอร์เบอร์ MPSH 10 ทำงานเกิดการออสซิลเลทขึ้น เนื่องจากการเกิดการครบวงจรขึ้นเพราะเปรียบเสมือนขาอีมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์เบอร์ MPSH 10 ถูกต่อลงกราวด์ ดังนั้นจึงเกิดการออสซิลเลทขึ้นได้ที่ย่านความถี่เรโซแนนท์ ย่านยูเฮชเอฟ ประมาณ 500 MHz และมีขนาด (Amplitude) สูงสุดที่ความถี่ 549 MHz โดยการจูนที่ C_1 แล้วแพร่กระจายคลื่นออกไปจาก C_1 ดูจาก รูปที่ 3.2 การออกแบบวงจรในภาคส่งนี้จะใช้หลักการจากวงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ทเลย์ จุดสังเกตของวงจรแบบนี้จะอยู่ที่วงจรจูน LC ซึ่งการแท็ปคอยล์ เป็น วงจรคอยล์ป้อนกลับ (Inductive Feedback) จากรูปวงจรจะเห็นว่าที่แท็ปคอยล์ที่จุด G ก็เพื่อจ่ายแรงดันคอลเลคเตอร์ L_2 ในวงจร เป็น RF โช้ค ทำหน้าที่แยกสัญญาณออสซิลเลเตอร์ออกจากแหล่งจ่ายไฟ สัญญาณเอาท์พุทของออสซิลเลเตอร์ จะจ่ายออกที่ขาคอลเลคเตอร์ ซึ่งมีระดับแรงดันไฟฟ้า เท่ากับ V_{AG} ซึ่งเป็นความต่างศักย์ระหว่างจุด A บนคอยล์ L_1 เทียบกับ จุด G ส่วนในด้านตรงกันข้ามกับจุดแท็ป แรงดันไฟสลับป้อนกลับ เท่ากับ V_{BG} ซึ่งถูกคัปปลิ้งโดย C_2 ไปยังขาเบสของ Q_1 การป้อนกลับสัญญาณนี้เป็นบวก เพราะมีความต่างเฟส 180 องศา เมื่อเทียบกับ V_{AG} ซึ่งผลลัพธ์ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดขึ้นก่อให้เกิดการออสซิลเลทผลิตสัญญาณไฟสลับจ่ายออกมาที่เอาท์พุท ด้วยความถี่รีโซแนนท์ของวงจร LC ซึ่งคำนวณได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \text{.....(3.1)}$$



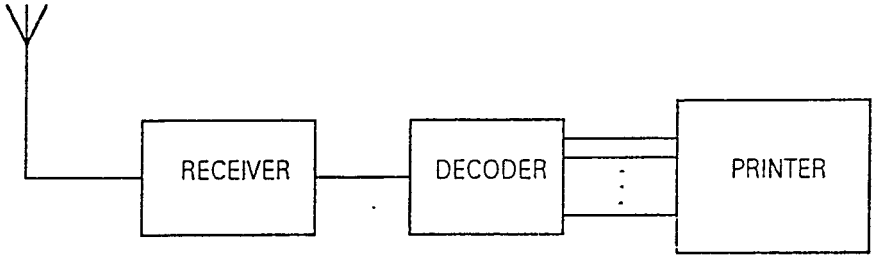
รูปที่ 3.2 วงจรเครื่องส่ง

จากการออกแบบจะเห็นว่าค่า L น้อยมาก ดังนั้นเราจึงใช้ลายทองแดงบนแผ่นปริ้นซ์ทำให้เป็นค่า L ตัวนี้ แล้วใช้ C ปรับค่าได้จูนเพื่อให้ได้ความถี่ที่ต้องการ

ความถี่ที่ใช้งาน จะเห็นว่า เราใช้กำลังส่งไม่มากนัก เราจึงเลือกใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ MPSH 10 .ซึ่งมีความถี่ที่ใช้งานที่ 650 MHz ซึ่งเหมาะสมที่จะใช้งานมากที่สุด

3.2 ภาครับ

3.2.1 รายละเอียดของบล็อกไดอะแกรมทางด้านรับ



รูปที่ 3.3 แสดงบล็อกไดอะแกรมทางภาครับ

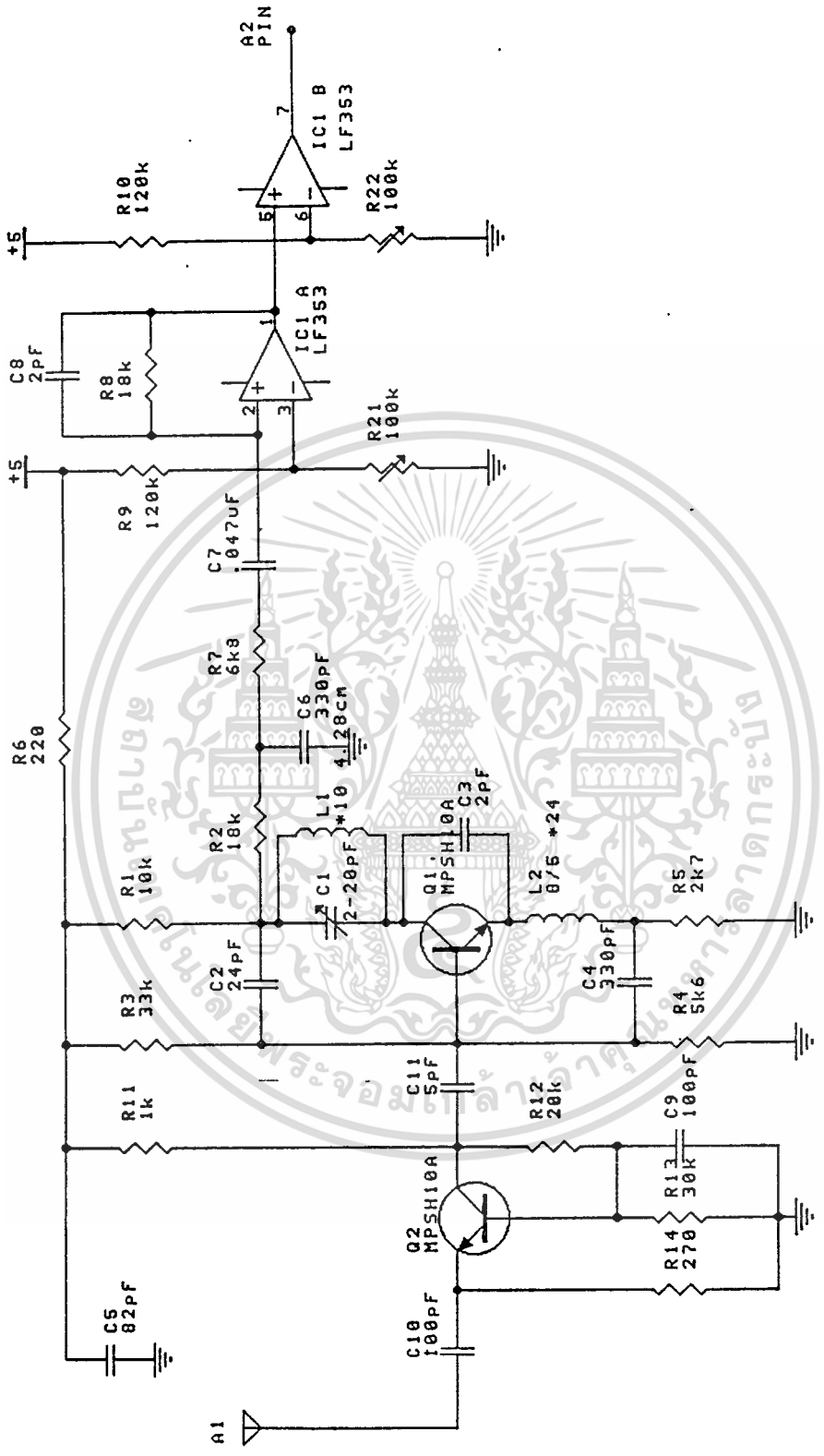
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณความถี่สูง ย่านยูเฮชเอฟ ที่ส่งแพร่กระจายมาในอากาศจากทางภาคส่งนั้น ทางภาครับจะสามารถรับสัญญาณความถี่นี้ได้ เนื่องจากภาครับมีวงจรจูนที่ตั้งความถี่ที่ส่งมา โดยที่ ทรานซิสเตอร์ Q_2 จะเป็นภาคฟร้อนเอนด์ (Front End) เพื่อขยายสัญญาณให้แรงขึ้น จากนั้นก็ส่งต่อไปให้ทรานซิสเตอร์ Q_1 ขยายความถี่ที่จูนเอาไว้ โดยวงจรแท้งค์จะขยายเฉพาะความถี่ที่จูนไว้เท่านั้น

จากนั้นก็จะผ่านวงจร ดิฟเฟอเรนเชียล คอมพาราเตอร์ และที่วงจรคอมพาราเตอร์ จาก ออปแอมป์ เบอร์ LF 353 จะได้เอาท์พุทลอจิก 1 ที่แรงดัน 12 โวลท์ และ ลอจิก 0 ที่ แรงดัน 1.3 โวลท์ ที่สัญญาณตรงนี้ยังไม่สามารถนำไปต่อกับภาคถอดรหัส (Decoder)ได้ จึงต้องผ่านวงจรปรับระดับแรงดันให้ได้ลอจิก 1 ที่ 5 โวลท์ และ ที่ลอจิก 0 ที่ 0 โวลท์ และ เป็นวงจรอินเวอร์เตอร์ เพื่อปรับสัญญาณให้อยู่ในรูปแบบเดิม ดังวงจร รูปที่ 3.4 วงจรเครื่องรับ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



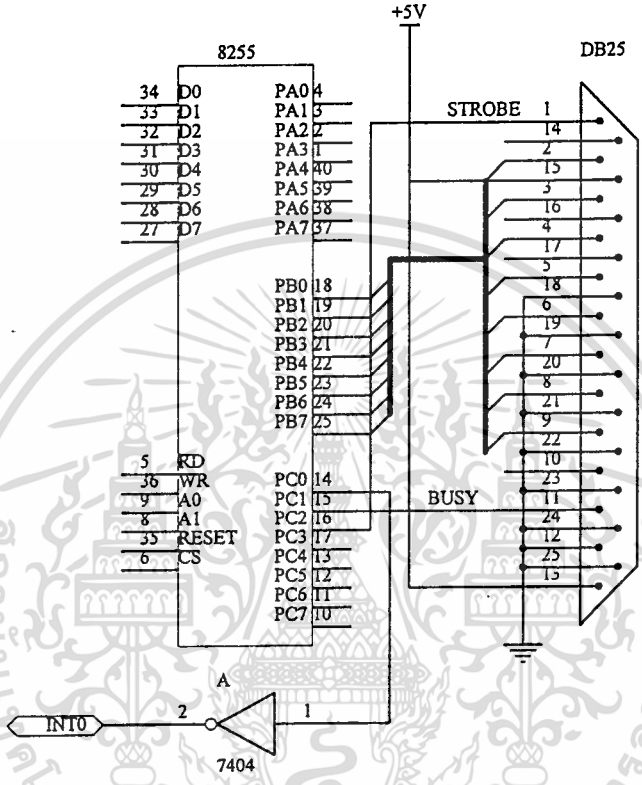
รูปที่ 3.4 วงจรเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ส่วนเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์และพรินเตอร์

3.3.1 ส่วนเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

จากบล็อกไดอะแกรมส่วนที่ 2 ของรูปที่ 3.1 จะเป็นส่วนของการแปลงสัญญาณข้อมูลแบบขนานที่รับมาจากคอมพิวเตอร์ เพื่อส่งออกเป็นแบบอนุกรมอะซิงโครนัส เพื่อจะได้ลดจำนวนช่องสัญญาณในการส่งข้อมูลให้เหลือเพียงช่องเดียว



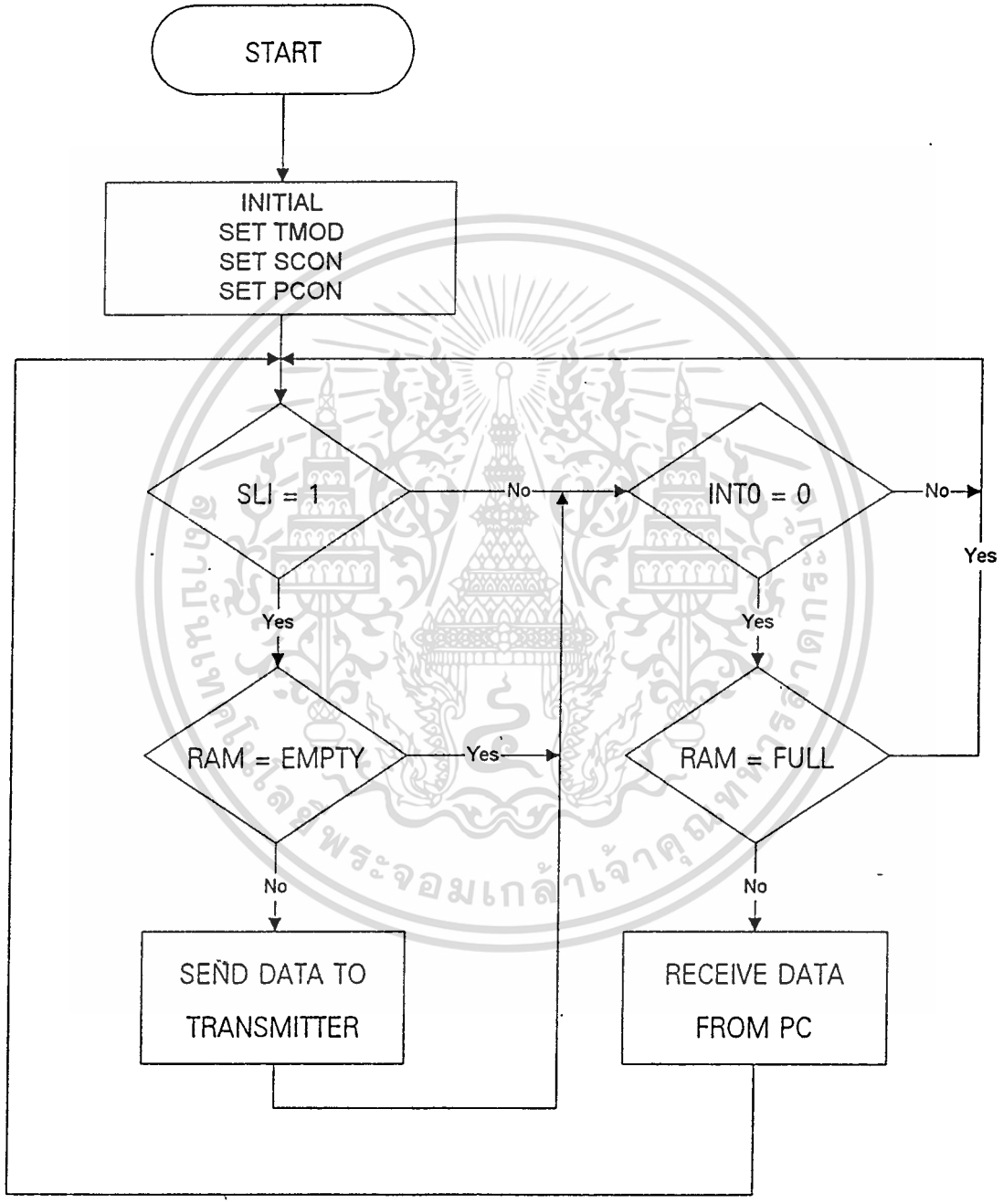
รูปที่ 3.5 แสดงการเชื่อมต่อแบบ DB-25 กับส่วนเชื่อมต่อ

จากรูปที่ 3.5 เป็นส่วนแปลงสัญญาณขนานให้เป็นแบบอนุกรมโดยรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์เข้ามาทางพอร์ต B ของ 8255 ในโหมด1 โดยจะมีสัญญาณ $\overline{STROBE}$ เข้ามาเป็นอินเตอร์รัปต์ที่ขา PC_2 ของพอร์ต 8255 เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนสัญญาณ BUSY ไปบอกคอมพิวเตอร์ถึงการพร้อมรับข้อมูล จากนั้นจะมีสัญญาณอินเตอร์รัปจากขา PC_0 ของพอร์ต 8255 ผ่านอินเวอร์ตเตอร์เข้าที่ขา $\overline{INT0}$ ของ ซีพียู 8031 ให้เก็บข้อมูลไว้ในหน่วยความจำ และ ข้อมูลในหน่วยความจำนี้จะถูกแปลงไปเป็นข้อมูลแบบอนุกรม โดยกำหนดให้ส่งที่บอดเรท 1200 ซึ่งส่งออกมาทางพอร์ตอนุกรม Tx

จากรูปที่ 3.6 เป็นโฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมภาคส่งสัญญาณข้อมูลอนุกรมออกทางขา Tx โดยส่วนแรกจะเป็นการกำหนดค่าเริ่มต้นของโปรแกรมให้ส่งข้อมูลในโหมด 3 เลือกโหมดของไทม์เมอร์เพื่อใช้กำหนดค่าบอดเรทในการส่งข้อมูล จากนั้นจะตรวจสอบแฟลก SLI ว่าเป็นลอจิก 1 หรือไม่ เมื่อไม่เป็นจะทำการตรวจสอบที่แฟลก INT0 ที่แสดงการรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ว่าเป็นลอจิก 0 หรือ ยัง ถ้าเป็นจะทำการตรวจสอบว่าแรมเต็มหรือไม่ ถ้าไม่จะรับข้อมูลเข้ามาแล้วไปตรวจสอบแฟลก SLI ใหม่ โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แฟลก SLI จะถูกกำหนดขึ้นมาเพื่อตรวจสอบการส่งข้อมูลอนุกรม ถ้าแฟลก SLI เป็นลอจิก 1 จะตรวจสอบว่าแรมว่างหรือไม่ ถ้าแรมไม่ว่างหมายถึงมีข้อมูลอยู่พร้อมจะส่ง ก็จะทำการส่งข้อมูลแบบอนุกรมออกทางขา Tx

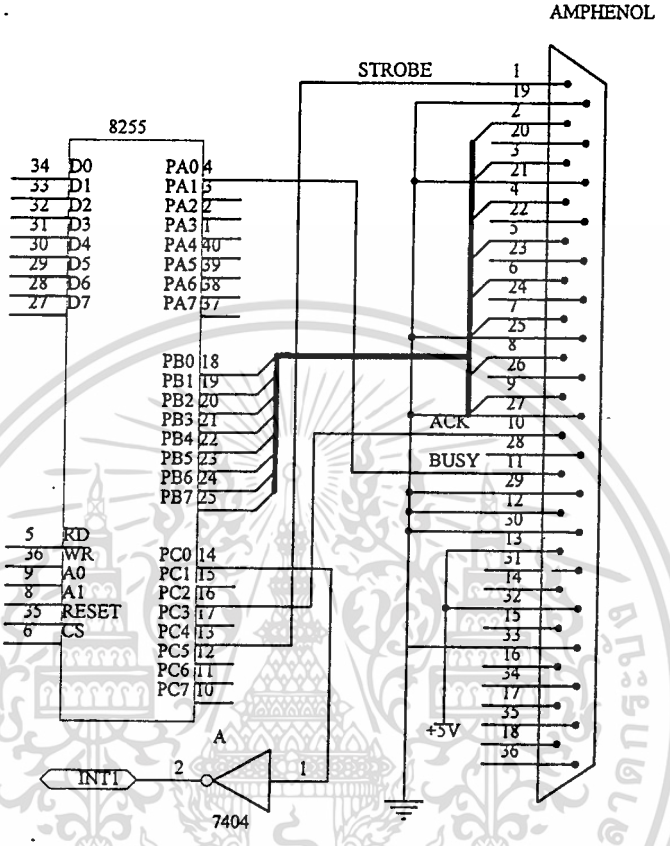


รูปที่ 3.6 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 ส่วนเชื่อมต่อกับพรินเตอร์

จากบล็อกไดอะแกรมส่วนที่ 2 ของรูปที่ 3.3 จะเป็นส่วนของการแปลงสัญญาณข้อมูลแบบอนุกรม ให้เป็นสัญญาณข้อมูลแบบขนาน เพื่อส่งออกพิมพ์ที่พรินเตอร์ต่อไป



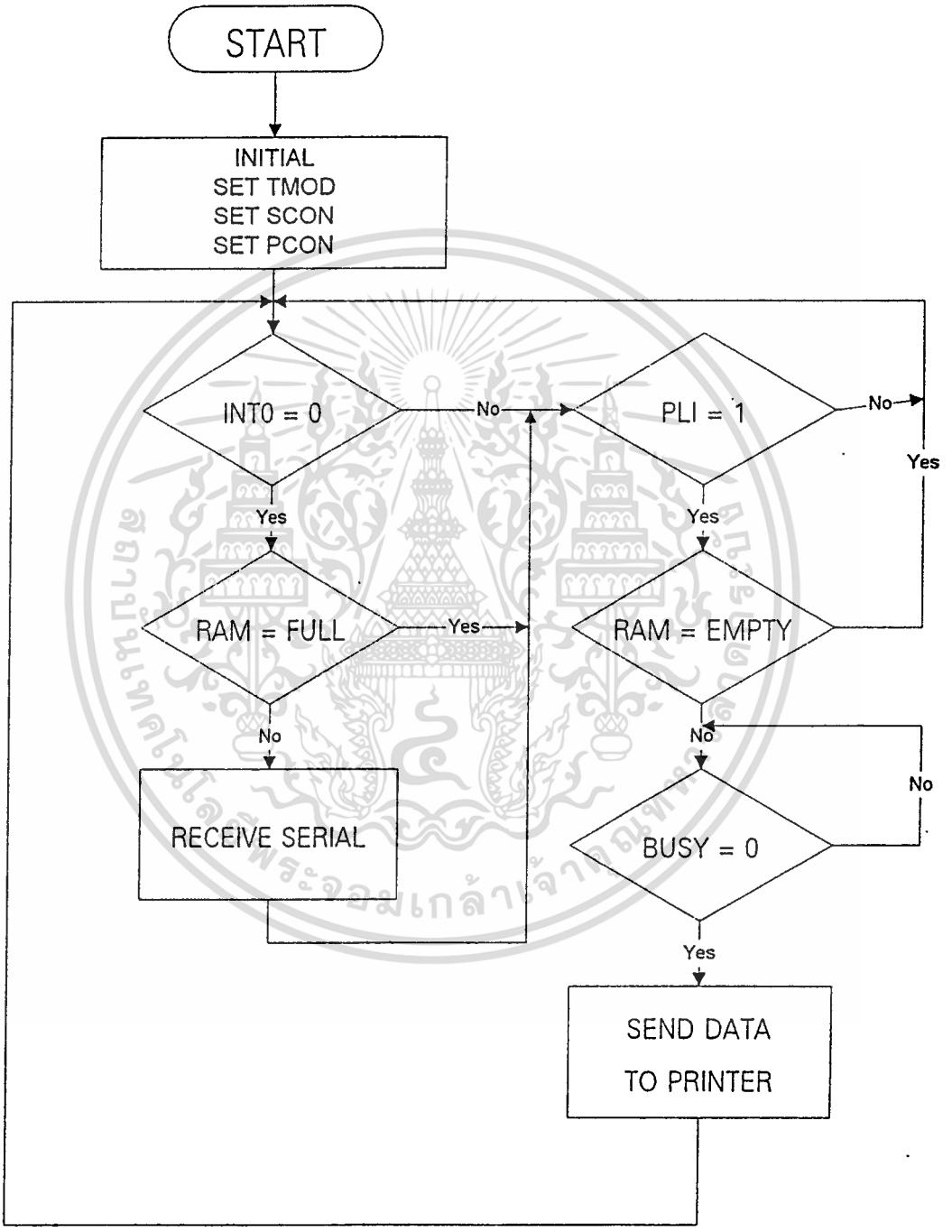
รูปที่ 3.7 แสดงการเชื่อมต่อแบบแอมฟีนอลกับส่วนเชื่อมต่อ

จากรูปที่ 3.7 เป็นส่วนแปลงสัญญาณอนุกรมจากขา Rx ให้เป็นแบบขนาน โดยรับข้อมูลอนุกรมเข้ามาทางขา Rx ที่บอดเรท 1200 จากนั้น ซีพียู 8031 ก็จะเก็บข้อมูลไว้ในหน่วยความจำ และข้อมูลในหน่วยความจำจะถูกแปลงไปเป็นข้อมูลแบบขนานส่งออกทางพอร์ต B ของ 8255 ในโหมด 1 เพื่อส่งพิมพ์ที่พรินเตอร์ โดยจะทำการตรวจสอบสัญญาณ BUSY ที่เข้ามาทางขา PA0 ของพอร์ต 8255 ว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่ และ สัญญาณ $\overline{ACKNLG}$ จากพรินเตอร์ จะต่อเข้ากับขา PC_2 เพื่อให้เกิดสัญญาณอินเตอร์รัปออกจากขา PC_0 ผ่านอินเวอร์ตเตอร์เข้าที่ขา $\overline{INT1}$ ของ ซีพียู 8031 ให้ทำการส่งข้อมูลไปให้พรินเตอร์

จากรูปที่ 3.8 เป็นโฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมภาครับสัญญาณอนุกรม โดยส่วนแรกจะเป็นการกำหนดค่าเริ่มต้นของโปรแกรม เลือกโหมดไทม์เมอร์เพื่อใช้กำหนดค่าบอดเรท ในการรับข้อมูลเป็น 1200 บอด จากนั้นจะตรวจสอบที่แฟลก INT0 ซึ่งแสดงการรับข้อมูลแบบอนุกรม ว่าเป็นลอจิก 0 หรือไม่ ถ้าไม่จะทำการตรวจสอบแฟลก PLI ซึ่งแสดงการส่งข้อมูลไปยังพรินเตอร์ว่าเป็นลอจิก 1 หรือไม่ ถ้าเป็นจะทำการตรวจสอบว่ามีข้อมูลอยู่ในแรมหรือไม่ ถ้ามีจะตรวจสอบสัญญาณ BUSY จากพรินเตอร์ เมื่อสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BUSY เป็นลอจิก 0 จะทำการส่งข้อมูลออกไปยังพรินเตอร์ โดยถ้าแฟลก INT0 ไม่เป็นลอจิก 0 จะทำการตรวจสอบว่าแรมเต็มหรือไม่ ถ้าไม่จะทำการรับข้อมูลแบบอนุกรมเข้ามาทางขา Rx



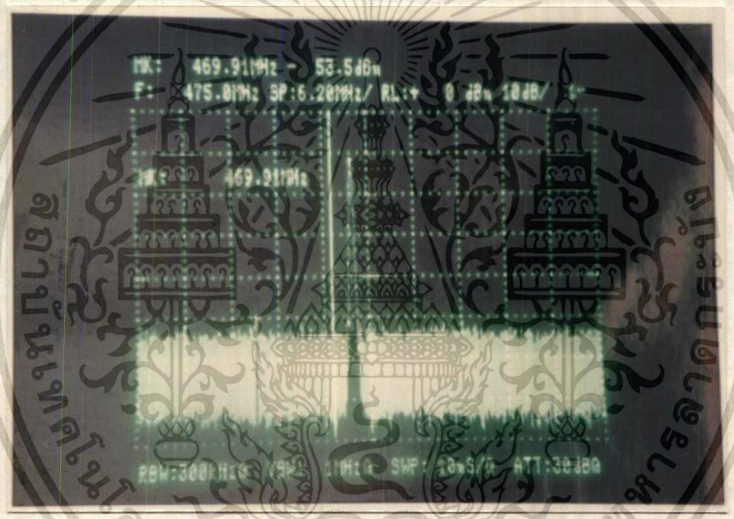
รูปที่ 3.8 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 ภาคส่งและภาครับ

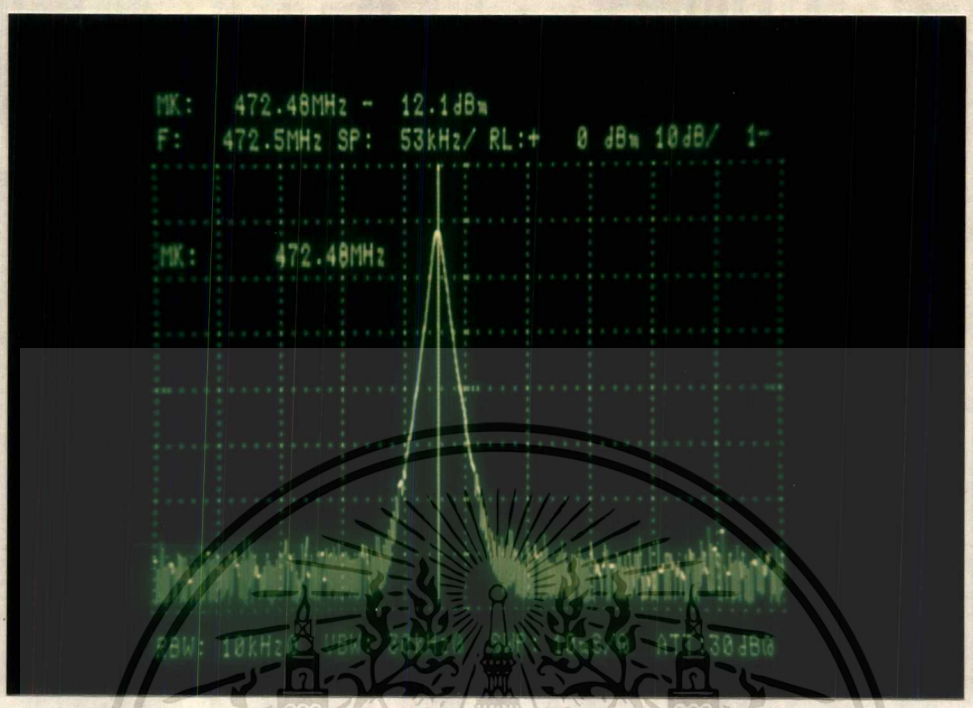
เมื่อทดลองเครื่องส่ง โดยป้อนไฟกระแสตรง 5 V เข้าที่อินพุท (โดยไม่ผ่านอินเวอร์ตเตอร์) แล้วนำเครื่องส่งไปวัดความถี่ที่ผลิตออกมา โดยใช้สเปคตรัมอานาไลเซอร์ จะวัดสัญญาณได้ดังใน รูปที่ 4.1 และมีขนาดสูงสุดที่ ความถี่ 472.5 MHz ดังในรูปที่ 4.2



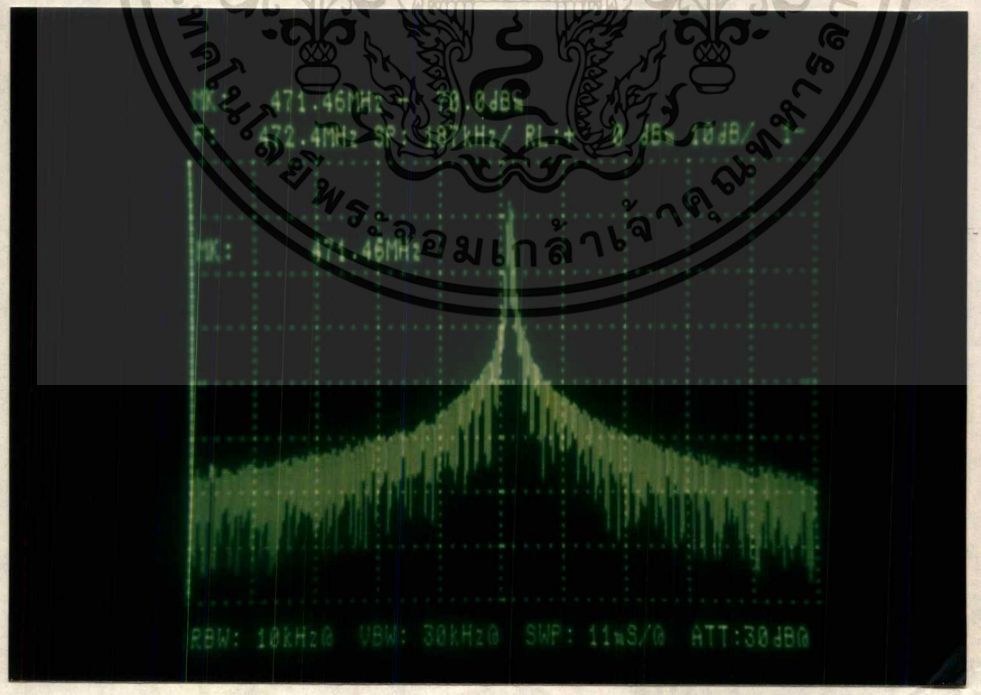
รูปที่ 4.1 ลักษณะของสัญญาณที่ผลิตออกมาจากเครื่องส่ง

เมื่อป้อนสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมความถี่ 5 กิโลเฮิรตซ์ เข้าที่เครื่องส่ง แล้วนำเครื่องส่งไปวัดสัญญาณที่ผลิตออกมา โดยใช้สเปคตรัมอานาไลเซอร์ จะได้สัญญาณในลักษณะ ดังรูปที่ 4.3 และมีขนาดสูงสุดที่ความถี่ประมาณ 472.5 MHz ดังรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

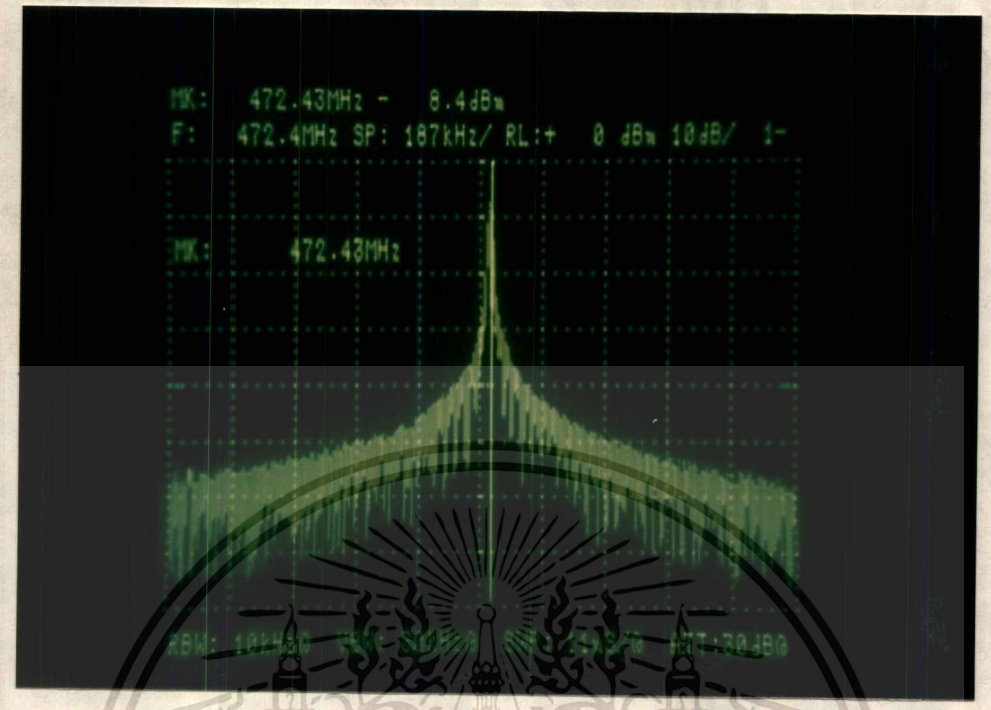


รูปที่ 4.2 รูปสัญญาณที่สแปนออกมา มีความถี่ของเครื่องส่งที่ 472.5 MHz

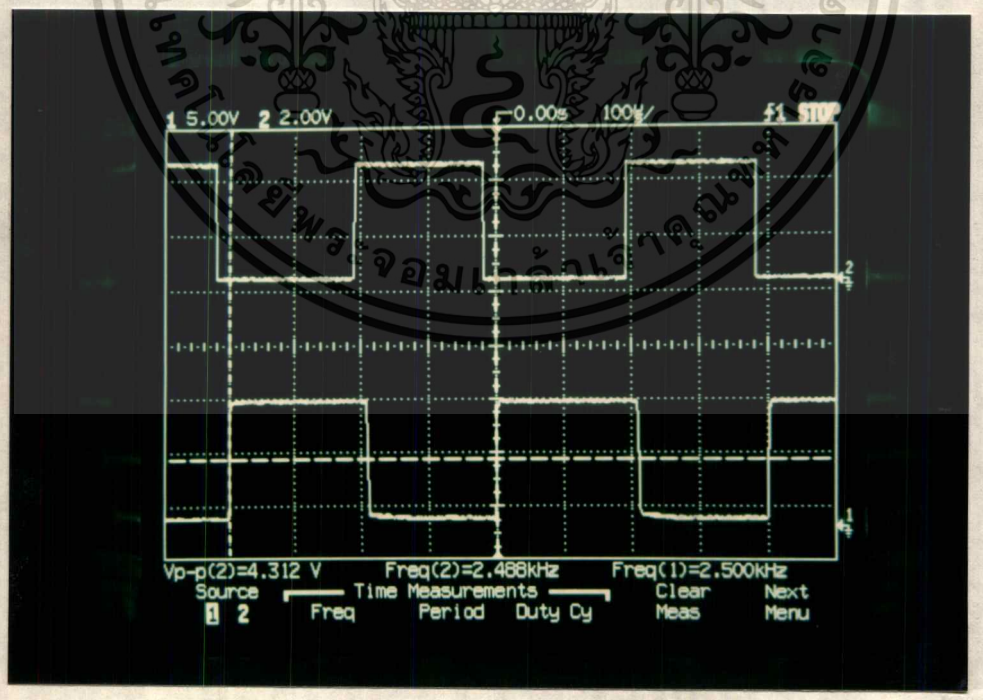


รูปที่ 4.3 รูปสัญญาณของเครื่องส่งเมื่อป้อนสัญญาณความถี่ 5 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงความถี่ของเครื่องส่งเมื่อป้อนสัญญาณความถี่ 5 kHz



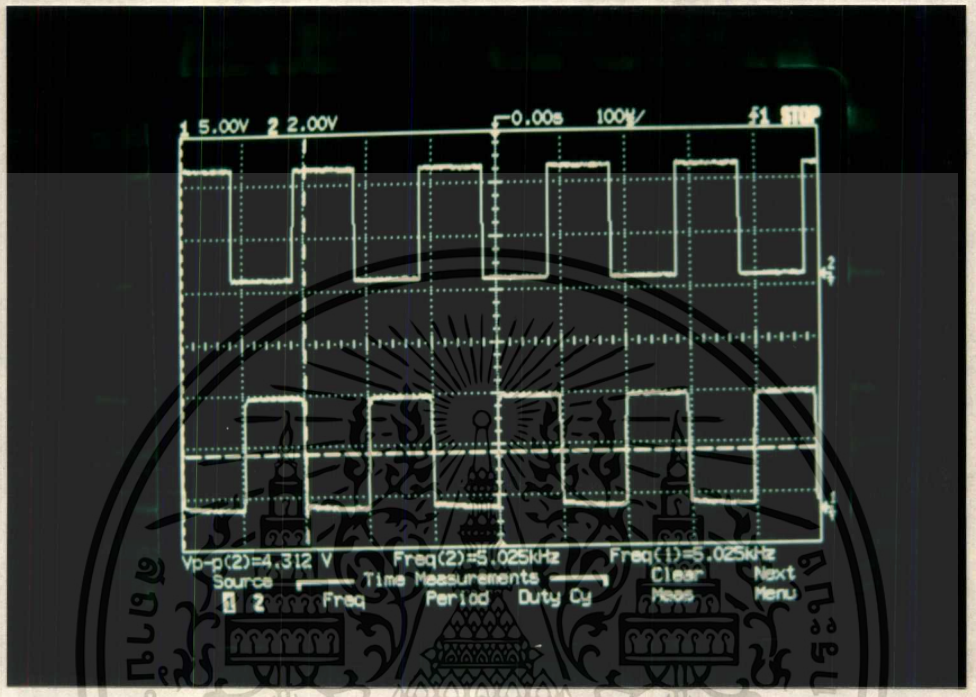
รูปที่ 4.5 รูปสัญญาณเมื่อป้อนความถี่ 2.5 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการปรับแต่งเครื่องรับนั้นเราจะป้อนสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมเข้าที่เครื่องส่ง แล้วทำการปรับค่าตัวเก็บประจุที่ปรับค่าได้ (C_1) จนเครื่องรับสามารถรับสัญญาณจากเครื่องส่งได้ เมื่อทำการป้อนสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่ความถี่ 2.5 kHz และ 5 kHz เข้าที่เครื่องส่ง แล้วรับสัญญาณมายังเครื่องรับ จะได้ลักษณะของสัญญาณอินพุท และ เอาท์พุท ดังรูปที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ

INPUT

OUTPUT

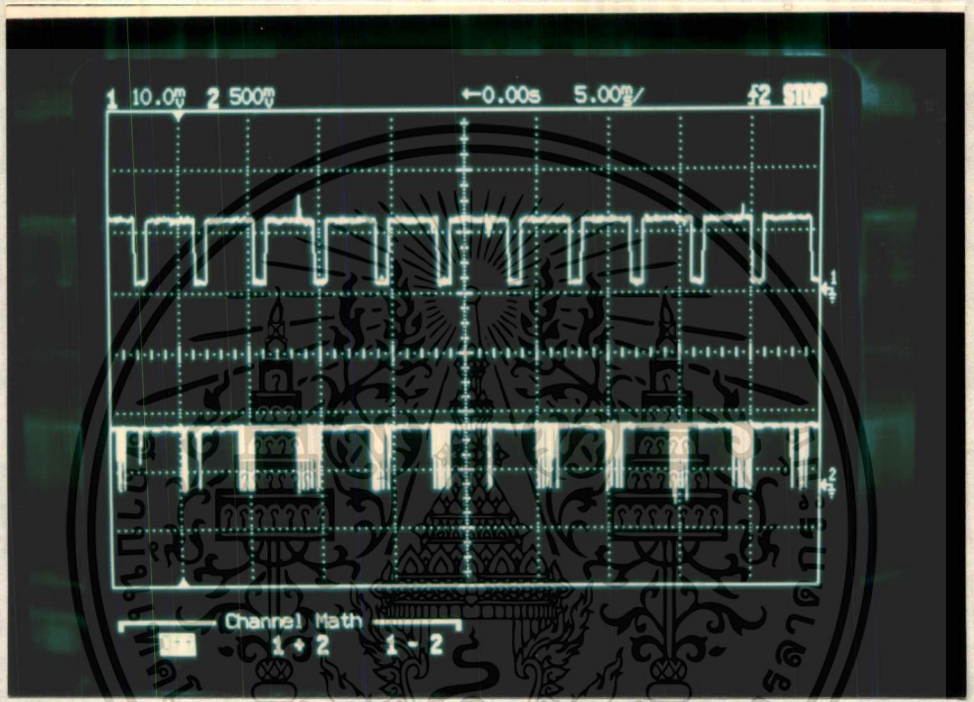


รูปที่ 4.6 รูปสัญญาณเมื่อป้อนความถี่ 5 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ส่วนเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์และพรินเตอร์

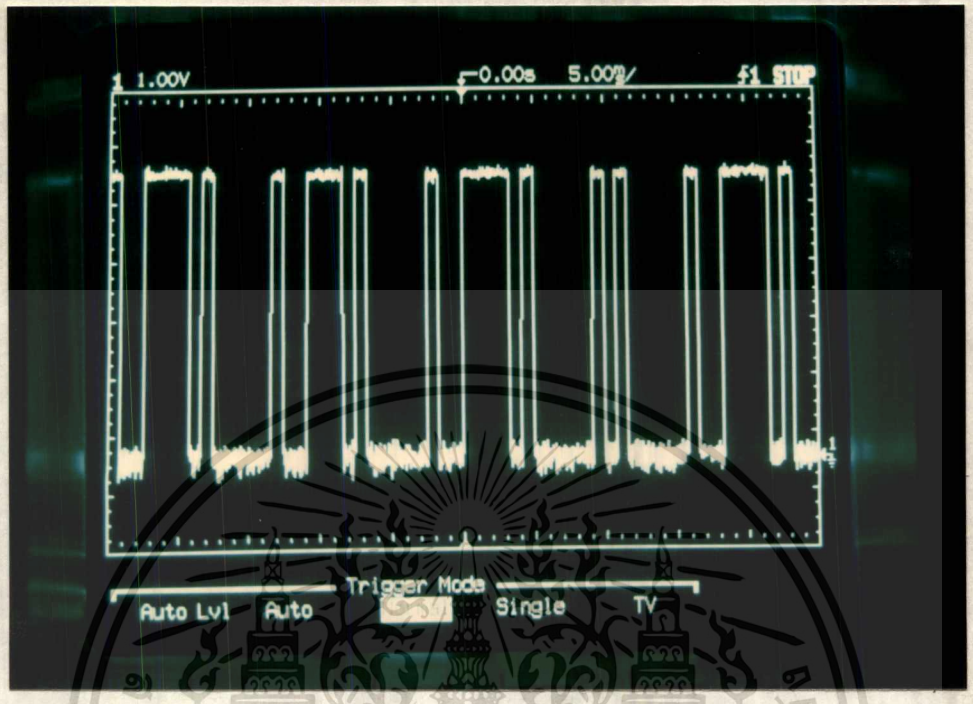
เมื่อทดลองป้อนสัญญาณ รูปสี่เหลี่ยมที่ความถี่ 235 Hz ผ่านอินเวอร์ตเตอร์ 74LS04 เพื่อจำลองสัญญาณ BUSY จากพรินเตอร์ เข้าที่ขา 11 ของคอนเนคเตอร์แบบ DB-25 ของคอมพิวเตอร์ แล้วทำการส่งพิมพ์ข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะสามารถส่งข้อมูลออกมาได้โดยไม่แสดงข้อความ " DEVICE ERROR " และทำการตรวจวัดสัญญาณ $\overline{STROBE}$ จากคอมพิวเตอร์ เมื่อมีการส่งพิมพ์ข้อมูลจะปรากฏสัญญาณดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงสัญญาณ BUSY ที่จำลองขึ้นและสัญญาณ $\overline{STROBE}$ จากคอมพิวเตอร์

เมื่อทำการส่งพิมพ์ไฟล์ข้อมูลที่มีแต่ตัวอักษร "A" จากคอมพิวเตอร์ผ่านเข้าส่วนของวงจรเข้ารหัส แล้วใช้ออสซิลโลสโคบทำการตรวจสอบลักษณะสัญญาณที่ขา Tx จะได้ลักษณะสัญญาณของข้อมูลดังรูปที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงสัญญาณข้อมูลที่ขา Tx เมื่อทำการส่งพิมพ์ตัวอักษร A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

จากการทำโครงงานที่ผ่านมาทำให้ได้รับความรู้เพิ่มมากขึ้นในด้านการส่งข้อมูลแบบดิจิตัล ตลอดจนการปรับแต่งสัญญาณของเครื่องรับและเครื่องส่ง การปรับแต่งเครื่องรับ เครื่องส่งให้รับส่งกันได้ โดยการปรับค่าตัวเก็บประจุที่ปรับค่าได้ที่วงจรจูนของทั้งเครื่องรับ และ เครื่องส่ง ซึ่งจะต้องปรับค่าตัวเก็บประจุที่เครื่องส่งให้ได้ความถี่ที่ต้องการก่อน

โดยเครื่องส่งที่จะออสซิลเลทย่านความถี่ยูเฮชเอฟออกมานั้น จะต้องระวังในการต่อตัวคาปาซิเตอร์ที่ขนานกับ L ซึ่งใช้ไลน์ทองแดงบนแผ่นปริ้นซ์แทน เพราะถ้าตำแหน่งการวางตัวคาปาซิเตอร์คลาดเคลื่อนจะทำให้ความถี่ที่ผลิตออกมาได้มีค่าผิดพลาดไปจากที่ต้องการมาก

ในส่วนของเครื่องรับ เราจะปรับจูนให้รับสัญญาณจากเครื่องส่งได้ โดยทำการป้อนสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมเข้าที่เครื่องส่ง แล้ว ปรับค่าตัวเก็บประจุที่ปรับค่าได้ที่วงจรจูน ซึ่งอยู่ต่อจากวงจรฟร้อนเอน (Front End) ของเครื่องรับ

ในส่วนของส่วนเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์และพรินเตอร์นั้นควรกำหนดค่าบอดเรทในการรับส่งข้อมูลต่ำ ๆ เพื่อจะได้เกิดความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูลน้อย และส่วนของการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ควรเลือกโหมดการทำงานของพอร์ต 8255 ในโหมด 1 เนื่องจากจะสะดวกในการใช้งาน เพราะมีสัญญาณแฮนด์เชคซึ่งสามารถต่อเข้ากับสัญญาณแฮนด์เชคที่ต้องการระหว่างคอมพิวเตอร์และพรินเตอร์ได้

การใช้แรมในการเก็บข้อมูลควรใช้แรมภายนอก เพราะสามารถเก็บข้อมูลได้มากกว่าและจะทำให้รับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ได้เร็วขึ้น โดยขณะรับข้อมูลแบบขนานจากคอมพิวเตอร์ก็ต้องทำการส่งข้อมูลแบบอนุกรมออกไปด้วย เพราะถ้าให้สัญญาณ BUSY ที่จำลองขึ้นมาจากซีพียู 8031 ค้างที่ระดับลอจิก 1 นานเกินไปจะทำให้คอมพิวเตอร์เห็นว่าอุปกรณ์ผิดพลาด แสดงข้อความ " DEVICE ERROR "

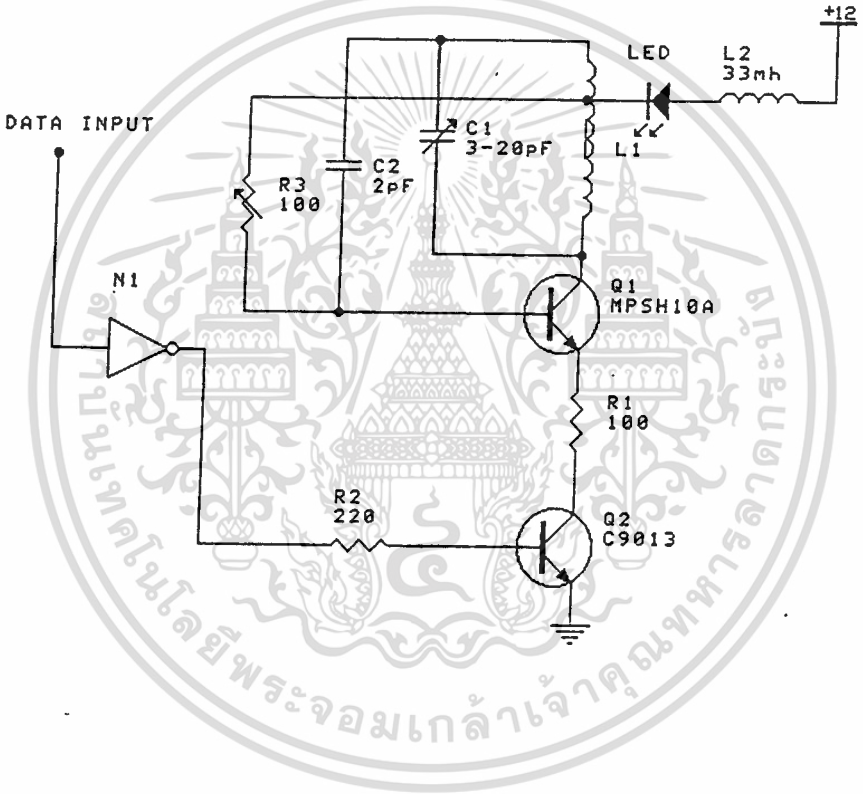
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวทางการพัฒนา

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานควรทำเป็นเครื่องพักข้อมูลโดยให้สามารถรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์หลายเครื่องและส่งพิมพ์ที่พรินเตอร์เครื่องเดียว โดยจัดลำดับการทำงานของคอมพิวเตอร์ให้เหมาะสม

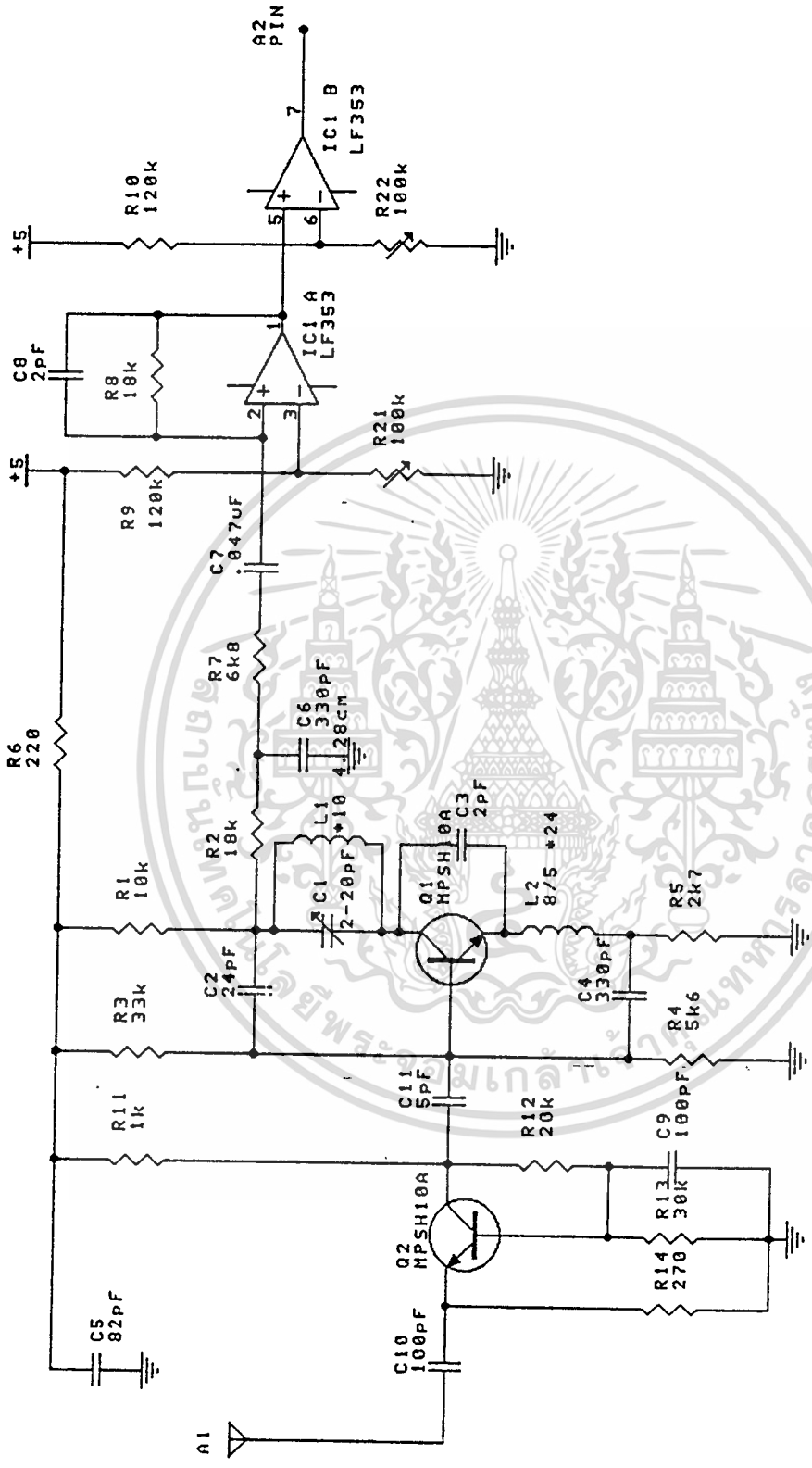
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก



TRANSMITTER CIRCUIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



RECEIVER CIRCUIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ; RECEIVE DATA FROM PC MODE 1 AND SEND SERIAL DATA TO Tx
PCA     EQU     0F800H
PCB     EQU     0F801H          ; Port B get data from PC
PCC     EQU     0F802H
PCWC    EQU     0F803H
SLI             EQU     00H     ; Flag for send serial
INT0_LEFT       EQU     01H     ; Fllag for receive data
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
RES:    MOV     R2,#00H         ; Delay for use 8255 port
RES1:   MOV     R3,#00H
        DJNZ    R3,$
        DJNZ    R2,RES1
        MOV     DPTR,#PCWC      ; Mode1 B=input  CI=output
        MOV     A,#10000110B
        MOVX    @DPTR,A
        LCALL   DELAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     DPTR,#PCWC      ; Set INTB
        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
        ANL     TMOD,#00101111B     ; Timer1 -> Timer mode 2 ( auto reload )
        ORL     TMOD,#00100000B
        SETB    TR1
        ORL     IP,#00010000B       ; Set priority serial int.
        ORL     IE,#10010001B       ; Enable serial int.
        SETB    SLI
        CLR     INT0_LEFT
        MOV     R0,#R0st
        MOV     R1,#R0st
MAIN:   NOP
        JB      SLI,Sendserial
N1:     NOP
        JB      INT0_LEFT,Ramstillfull
N2:     NOP
        SJMP    MAIN
;-------------------------------------------------------------------------
Ramstillfull:   JB      Ramfull,Ramret
                CLR     INT0_LEFT
                LCALL   Receivedata
Ramret:         RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;
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
              SETB  INT0_LEFT
              CLR   EX0
Axr1:         NOP
              RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;------------------------------ Serial Service ------------------------------
Serial_service:  JB    RI,Rx_serial     ; RI = SCON.0
                 CLR   TI               ; TI = SCON.1
                 MOV   A,R1
                 MOV   B,R2
                 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
Serial_ret:      RET
;------------------------------ Rx_serial -----------------------------------
Rx_serial:       RET
DELAY:           MOV   R2,#10H
RES1A:           MOV   R3,#10H
                 DJNZ  R3,$
                 DJNZ  R2,RES1A
                 RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ; GET SEND SERIAL DATA AND SEND DATA TO PRINTER
PORTA           EQU     0F800H
PORTB           EQU     0F801H          ; Port B send data to printer
PORTC           EQU     0F802H
PORTWC          EQU     0F803H
T1buad1200      EQU     0E8H            ; Set buadrate = 1200
PRNL            EQU     1CH
PRNH            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     0023H           ; Vector address serial interrupt
        LCALL   Serial_service
        RETI
;-------------------------------------------------------------------------
        ORG     0050H
RES:    MOV     R2,#00H         ; Delay for use 8255 port
RES1:   MOV     R3,#00H
        DJNZ    R3,$
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DJNZ    R2,RES1
MOV     SP,#37H
MOV     DATAL,#00H
MOV     DATAH,#00H
MOV     DPTR,#PORTWC        ; Mode1 B=output  Cl=output
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     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
SETB    TR1
ORL     IP,#00010000B       ; Set priority serial int.
ORL     IE,#10010001B       ; Enable serial int.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;-------------------------------------------------------------------------
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     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
Serial_RET:     RET
;-------------------------------- Rx_serial --------------------------------
Rx_serial:      MOV     A,SBUF
                MOV     DPL,DATAL
                MOV     DPH,DATAH
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   Postdata1
                MOV     A,DATAH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CJNE    A,PRNH,RamNOTfull
                MOV     A,DATAI
                CJNE    A,PRNI,RamNOTfull
                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,PRNI
                CJNE    A,DATAI,Wait
                AJMP    NoDataToPRN
Wait:           LCALL   Check_PRN_busy
                JNZ     Wait
                MOV     DPL,PRNL
                MOV     DPH,PRNH
                MOVX    A,@DPTR
                MOV     DPTR,#PORTB         ; Send data to printer
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   DELAY
                MOV     DPTR,#PORTWC        ; Set strobe low
                MOV     A,#00001000B
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   DELAY
                MOV     DPTR,#PORTWC        ; Set strobe high
                MOV     A,#00001001B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   DELAY
                LCALL   Postprn1
                CLR     RAM_full
                RET
;-------------------------------------------------------------------------
Check_PRN_busy:LCALL    DELAY
                MOV     DPTR,#PORTA
                MOVX    A,@DPTR
                JB      ACC.0,PRN_busy
                MOV     A,#00H
                RET
PRN_busy:       MOV     A,#0FFH
                RET
;------------------------------ Postdata1 ------------------------------
Postdata1:      MOV     A,DATAL
                CJNE    A,#RAMENDL,N_ppDATA1
                MOV     A,DATAH
                CJNE    A,#RAMENDH,N_ppDATA1    ; Check DATA1 reach to end
                MOV     DPH,RAMSTH              ; Yes
                MOV     DPL,RAMSTL
                SJMP    BeforeRETppDATA1
N_ppDATA1:      MOV     DPL,DATAL               ; No
                MOV     DPH,DATAH
                INC     DPTR
BeforeRETppDATA1:       MOV     DATAL,DPL
                        MOV     DATAH,DPH
                        RET
;------------------------------ PostPRN1 ------------------------------
PostPRN1:       MOV     A,PRNL
                CJNE    A,#RAMENDL,N_ppPRN1
                MOV     A,PRNH
                CJNE    A,#RAMENDH,N_ppPRN1 ; Check PRN1 reach to end
```

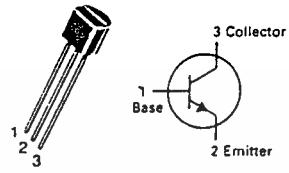
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     DPL,RAMSTL              ; Yes
                MOV     DPH,RAMSTH
                SJMP    BeforeRETppPRN1
N_ppPRN1:       MOV     DPL,PRNL                ; No
                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

MPSH10★
MPSH11★

CASE 29-04, STYLE 2
TO-92 (TO-226AA)



VHF/UHF TRANSISTORS

NPN SILICON

★These are Motorola designated preferred devices.

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	25	Vdc
Collector-Base Voltage	V_{CBO}	30	Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EBO}	3.0	Vdc
Total Device Dissipation @ T_A = 25°C Derate above 25°C	P_D	350 2.8	mW mW/°C
Total Device Dissipation @ T_C = 25°C Derate above 25°C	P_D	1.0 8.0	Watt mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	−55 to +150	°C

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	357	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	125	°C/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C unless otherwise noted.)

Characteristic		Symbol	Min	Max	Unit
OFF CHARACTERISTICS					
Collector-Emitter Breakdown Voltage (I_C = 1.0 mAdc, I_B = 0)		$V_{(BR)CEO}$	25	—	Vdc
Collector-Base Breakdown Voltage (I_C = 100 μAdc, I_E = 0)		$V_{(BR)CBO}$	30	—	Vdc
Emitter-Base Breakdown Voltage (I_E = 10 μAdc, I_C = 0)		$V_{(BR)EBO}$	3.0	—	Vdc
Collector Cutoff Current (V_{CB} = 25 Vdc, I_E = 0)		I_{CBO}	—	100	nAdc
Emitter Cutoff Current (V_{EB} = 2.0 Vdc, I_C = 0)		I_{EBO}	—	100	nAdc
ON CHARACTERISTICS					
DC Current Gain (I_C = 4.0 mAdc, V_{CE} = 10 Vdc)		h_{FE}	60	—	—
Collector-Emitter Saturation Voltage (I_C = 4.0 mAdc, I_B = 0.4 mAdc)		$V_{CE(sat)}$	—	0.5	Vdc
Base-Emitter On Voltage (I_C = 4.0 mAdc, V_{CE} = 10 Vdc)		V_{BE}	—	0.95	Vdc
SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS					
Current-Gain — Bandwidth Product (I_C = 4.0 mAdc, V_{CE} = 10 Vdc, f = 100 MHz)		f_T	650	—	MHz
Collector-Base Capacitance (V_{CB} = 10 Vdc, I_E = 0, f = 1.0 MHz)		C_{cb}	—	0.7	pF
Common-Base Feedback Capacitance (V_{CB} = 10 Vdc, I_E = 0, f = 1.0 MHz)	MPS-H10 MPS-H11	C_{rb}	 0.35 0.6	 0.65 0.9	pF
Collector Base Time Constant (I_C = 4.0 mAdc, V_{CB} = 10 Vdc, f = 31.8 MHz)		$r_b'C_c$	—	9.0	ps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MPSH10 MPSH11

COMMON-BASE y PARAMETERS versus FREQUENCY
(V_{CB} = 10 Vdc, I_C = 4.0 mAdc, T_A = 25°C)

y_{ib}, INPUT ADMITTANCE

FIGURE 1 – RECTANGULAR FORM

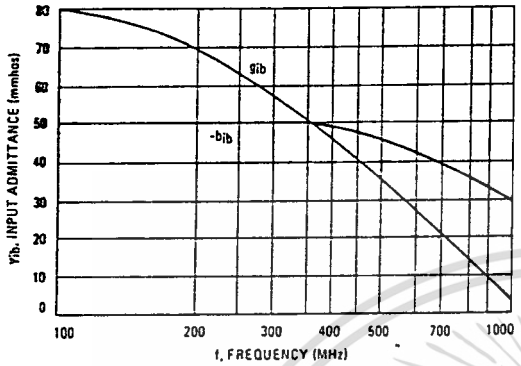
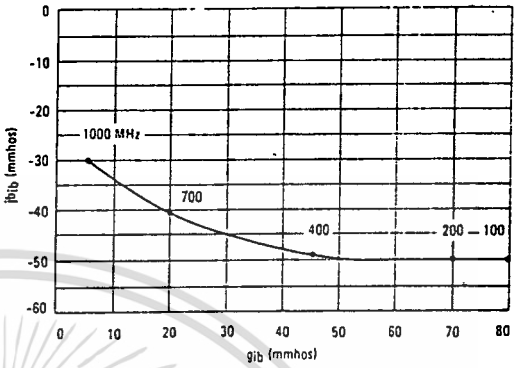


FIGURE 2 – POLAR FORM



COMMON-BASE y PARAMETERS versus FREQUENCY
(V_{CB} = 10 Vdc, I_C = 4.0 mAdc, T_A = 25°C)

y_{fb}, FORWARD TRANSFER ADMITTANCE

FIGURE 3 – RECTANGULAR FORM

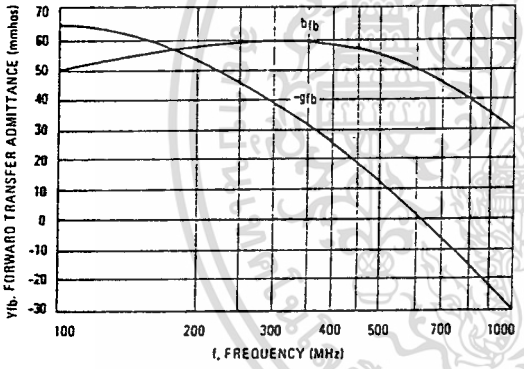
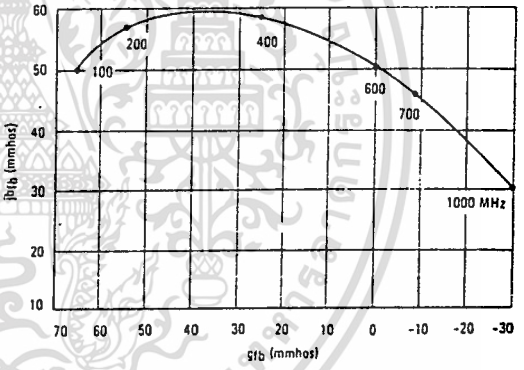


FIGURE 4 – POLAR FORM



y_{rb}, REVERSE TRANSFER ADMITTANCE

FIGURE 5 – RECTANGULAR FORM

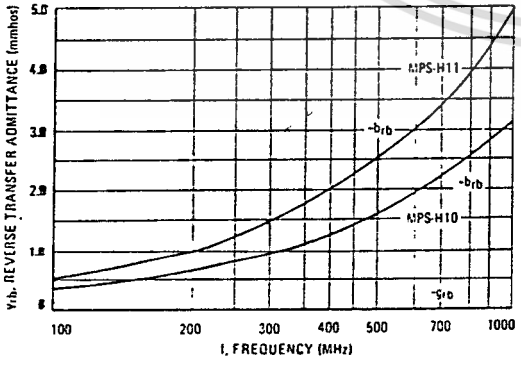
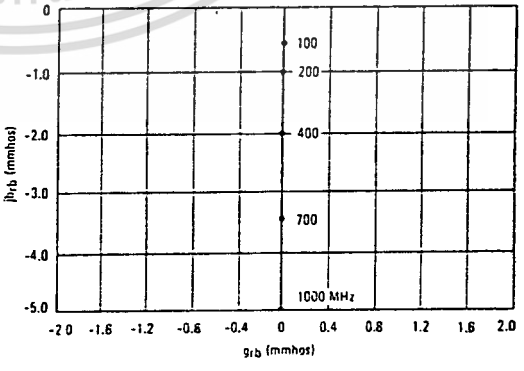


FIGURE 6 – POLAR FORM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Y_{ob}, OUTPUT ADMITTANCE

FIGURE 7 – RECTANGULAR FORM

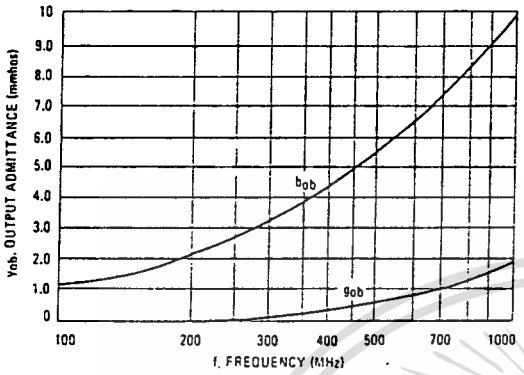
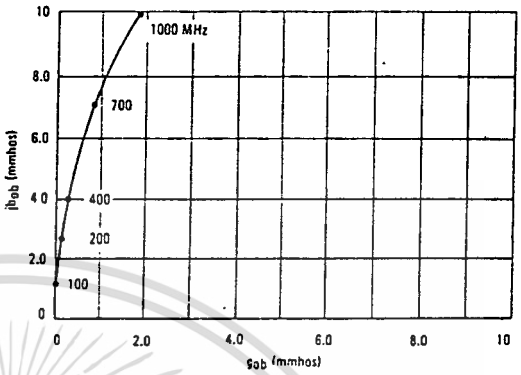


FIGURE 8 – POLAR FORM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA

LF347
LF351
LF353

JFET INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

These low cost JFET input operational amplifiers combine two state-of-the-art linear technologies on a single monolithic integrated circuit. Each internally compensated operational amplifier has well matched high voltage JFET input devices for low input offset voltage. The BIFET technology provides wide bandwidths and fast slew rates with low input bias currents, input offset currents, and supply currents.

These devices are available in single, dual and quad operational amplifiers which are pin-compatible with the industry standard MC1741, MC1458, and the MC3403/LM324 bipolar devices.

- Input Offset Voltage of 5.0 mV Max (LF347B)
- Low Input Bias Current – 50 pA
- Low Input Noise Voltage – 18 nV/$\sqrt{Hz}$
- Wide Gain Bandwidth – 4.0 MHz
- High Slew Rate – 13 V/μs
- Low Supply Current – 1.8 mA per Amplifier
- High Input Impedance – 10^{12} Ω
- High Common-Mode and Supply Voltage Rejection Ratios – 100 dB

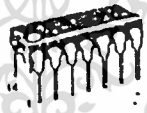
FAMILY OF BIFET OPERATIONAL AMPLIFIERS
SILICON MONOLITHIC INTEGRATED CIRCUITS

N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 626-05
(LF351, LF353 Only)

D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751-02
SO-8
(LF351, LF353 Only)

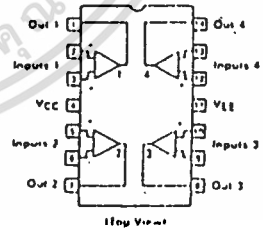
LF351
(Top View)

LF353
(Top View)



N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 646-06
(LF347 Only)

D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751A-02
SO-14



(Top View)

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	V_{CC} V_{EE}	+ 18 – 18	V
Differential Input Voltage	V_{ID}	± 30	V
Input Voltage Range (Note 1)	V_{IDR}	± 15	V
Output Short Circuit Duration (Note 2)	t_S	Continuous	
Power Dissipation at T_A = + 25°C	P_D	900	mW
Derate above T_A = + 25°C	$1/\theta_{JA}$	10	mW/°C
Operating Ambient Temperature Range	T_A	0 to + 70	°C
Operating Junction Temperature Range	T_J	115	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	– 65 to + 150	°C

NOTES:

1. Unless otherwise specified, the absolute maximum negative input voltage is limited to the negative power supply.

2. Any amplifier output can be shorted to ground indefinitely. However, if more than one amplifier output is shorted simultaneously, maximum junction temperature ratings may be exceeded.

ORDERING INFORMATION

Function	Device	Package
Single	LF351D	SO-8
Single	LF351N	Plastic DIP
Dual	LF353D	SO-8
Dual	LF353N	Plastic DIP
Quad	LF347D	SO-14
Quad	LF347DN	Plastic DIP
Quad	LF347N	Plastic DIP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ปราโมทย์ วาดเขียน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาในการแก้ปัญหาต่าง ๆ สนับสนุนการทำโครงงานนี้

ขอขอบคุณ คุณธัชพงศ์ กตัญญูกุล และ คุณ ปรีชา ตรีรัตนพงษ์ ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับเทคนิคต่าง ๆ ในการทำโครงงานนี้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ชูชัย ธนสารตั้งเจริญ , ทินกร ดุ๊ก , " การสื่อสารข้อมูล " , สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์

[2] ถวิล พึ่งมา รศ. , " การออกแบบวงจรโทรคมนาคมความถี่สูง " , ลาดกระบัง , พ.ศ. 2534.

[3] ประสิทธิ์ ประพิฒมงคลการ ดร. , " หลักการระบบสื่อสาร " , ซีเอ็ดยูเคชั่น , พ.ศ. 2521.

[4] สุเจตน์ จันทรังษ์, " ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 " , วิทยาลัยมหานคร , พ.ศ. 2535.

[5] Charles M. Gilmore , " Microprocessors Principles and Application " , McGraw-Hill ,1989.

[6] Douglas V. Hall , " Microprocessors and Interfacing " , McGraw-Hill , 1986.

[7] Fredick F. Driscoll, " Data Communication " , Saunders College Publishing , 1992.

[8] John Uffenbeck , " Microcomputer and Microprocessors " , Prentice Hall , 1992.

[9] Kim G. House , " Printer Connection Bible " , Howard W. Sam , 1989.

[10] Stephen J. Bigelow , " Computer Printers " , McGraw-Hill , 1992.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้