การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ

นาย พงษ์เทพ จันตรี รหัสประจำตัว 35-103278
นาย พิทักษ์ เอี๊ยสูงเนิน รหัสประจำตัว 35-103281

วัน เดือน ปี 19 พ.ค 2539
เลขทะเบียน 034433
เลขเรียกหนังสือ T 34033 พ 2

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาเทคโนโลยี การวัดคุมทางอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

256 Channel's Remote controlled with using Communication in single phase AC Line

Mr. Pongthep Jantre Code 35-103278

Mr. Pitak Aubsungnon Code 35-103281

Project Report Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements

for the Bachelor's Degree

Department of Industrail Instrumentation Technology

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1994

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2557

ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

จัดทำโดย

1. นาย พงษ์เทพ จันตรี 55.103278

2. นาย พิทักษ์ เอี่ยมจุงเนิน 55.103281

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์)

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมคุมอุปกรณ์ผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ

นายพงษ์เทพ จันตรี ผู้จัดทำ
นายพิทักษ์ เอับสูงเนิน ผู้จัดทำ
อาจารย์สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2537

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ เป็นการออกแบบ และการทดลองที่ใช้ คอมพิวเตอร์ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในตึกทำงานทั่วๆ ไป โดยอาศัยหลักการการมอดดูเลทสัญญาณที่จะนำไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าเข้าไปในสายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวล์ท การมอดดูเลทสัญญาณจะใช้แบบ FSK อุปกรณ์ที่ทำการส่งและรับสัญญาณที่จะนำไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า จะประกอบด้วย ชุดส่งสัญญาณควบคุม ชุดมอดดูเลทสัญญาณ ซึ่งจะอยู่ระหว่างคอมพิวเตอร์กับสายกระแสสลับ จะทำการผสมสัญญาณควบคุมแล้วส่งเข้าไปในสายไฟฟ้ากระแสสลับ ชุดรับสัญญาณจะรับสัญญาณควบคุมจากสายไฟฟ้ากระแสสลับ และทำการเปลี่ยน สัญญาณที่ได้เป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อนำไปใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

" 256 Channel's Remote Controlled with using Communication in single phase AC line".

Mr.Pongthep Jantre Product
Mr.Pitak Aebsungnon Product
Mr.Singthong Pattanasedthanon Advisor
Education 1994

Abstact

This thesis concerns the use of a PC computer to control the electricale quipment in a smart building. The principle we followed was to modulated the control signal into an AC. 220 v line with FSK Modulation. The hardware we used consisted of transmitter which transmits the control signal, a signal modulated between the digital signal from the PC computer and the carrier , and then transmits it into the AC. line which has a , or many receivers connected to it. The receiver receives the control signal from the transmitter and then changes it back to a digital signal, therefore making it possible to control the ON/OFF switch of the electrical equipment in the building.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดีก็เพราะได้รับความร่วมมือ และความช่วยเหลืออย่างดีจาก อาจารย์ สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และอาจารย์ในภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรมทุกท่าน รวมถึงเจ้าหน้าที่อำนวยความสะดวกในการใช้งานอุปกรณ์ทดลอง วัสดุ เครื่องมือวัดต่างๆ และเพื่อนๆ ที่ให้คำแนะนำต่างๆ ในการทำโครงงานปริญญานิพนธ์

ทุกท่านที่ได้กล่าวถึงทั้งหมดนี้ ทางผู้จัดทำโครงการปริญญานิพนธ์ ขอแสดงความขอบคุณด้วยความจริงใจอย่างสูงที่ช่วยเป็นแรงผลักดัน ให้โครงงานปรัญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นายพงษ์เทพ จันตรี

นายพิทักษ์ เอ๊บสูงเนิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาคไทย	ง
บทคัดย่อภาคอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
บทที่ 1 ความมุ่งหมายของปริญญานิพนธ์	1
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำปริญญานิพนธ์	1
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	2
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทำปริญญานิพนธ์	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	5
2.1 การสื่อสารข้อมูลเบื้องต้น	5
2.1.1 การสื่อสารคืออะไร	5
2.1.2 การสื่อสารข้อมูลมีประโยชน์อย่างไร	6
2.2 การรับส่งข้อมูลคอมพิวเตอร์	7
2.2.1 ลักษณะของข้อมูลคอมพิวเตอร์	7
2.2.2 การรับส่งข้อมูลแบบ Parallel และ Serial	9
2.2.3 การรับส่งข้อมูลวิธีอื่นๆ	11
2.3 วิธีของการโอนถ่ายข้อมูล	13
2.3.1 การโอนถ่ายข้อมูลแบบขนาน	13
2.3.2 การโอนถ่ายข้อมูลแบบอนุกรม	14
2.3.3 รูปแบบของการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม	15
2.3.4 ความเร็วในการส่งโอนข้อมูลแบบอนุกรม	15
2.3.5 การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส	16
2.3.6 มาตรฐาน RS 232C	17
2.3.6.1 ลักษณะของสัญญาณ RS 232C	18
2.3.6.2 การกำหนดจุดข้อต่อของ RS 232C	20
2.3.6.3 การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับคอมพิวเตอร์โดยตรง	22
2.4 การเขียนโปรแกรมบนไมโครซอฟวินโดวส์	24
2.4.1 จุดเด่นของโปรแกรมไมโครซอฟวินโดวส์	24
2.4.1.1 GUI ที่ใช้ง่าย	25
2.4.1.2 อิสระจากอุปกรณ์	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.3 มัลติทาสกิง 26
2.4.1.4 DDE - Dynamic Data Exchange 27
2.4.1.5 การจัดการหน่วยความจำ 27
2.4.2 การเขียนโปรแกรมประยุกต์บนไมโครซอฟวินโดวส์ 27
2.4.2.1 แนวความคิดเบื้องต้น 28
2.4.2.2 สถาปัตยกรรมและการทำงานของวินโดวส์ 28
2.4.2.3 เครื่องมือพัฒนาโปรแกรมบนวินโดวส์ 30

2.5 คาต้าแอคค้าแคคิวชั่นและคอนโทล 31

2.5.1 DA & C คืออะไร 32
2.5.2 ขอบเขตในงานของ DA & C 33
2.5.3 ส่วนประกอบย่อยใน DA & C 35
2.5.4 การตรวจจับและปรับสภาพสัญญาณ 37
2.5.5 ฮาร์ดแวร์ของ DA & C 38
2.5.6 ซอฟแวร์ของ DA & C 40

2.6 การถอดรหัสและการเข้ารหัส 41

2.6.1 ตัวถอดรหัส 41
2.6.2 ตัวเข้ารหัส 42

2.7 มาตรฐานการสื่อสารสากล 43

2.7.1 Bit Rate and Baud Rate 44
2.7.2 การผสมสัญญาณแบบ FSK และ PSK 44

บทที่ 3 การออกแบบ

3.1 ซอฟแวร์ควบคุม และการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ 48

3.1.1 ซอฟแวร์ควบคุม 48
3.1.2 การติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก 49
3.1.2.1 การแปลงสัญญาณจากข้อมูลอนุกรมเป็นแบบขนาน 50
3.1.2.2 การแปลงสัญญาณจากข้อมูลขนานเป็นแบบอนุกรม 56

3.2 ชุดมอดูเลทสัญญาณ ตัวส่งและตัวรับข้อมูล 62

3.2.1 ภาคส่ง 62
3.2.1.1 การทำงานของเอ็นโคดเดอร์ 63
3.2.1.2 การทำงานของภาค มอดูเลท 67
3.2.1.3 การทำงานของวงจรฐาน 72
3.2.2 ภาครับ 77
3.2.2.1 การทำงานของดีโคดเดอร์ 78
3.2.2.2 การทำงานของภาคควบคุมอุปกรณ์ 82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

ความมุ่งหมายของปริญญานิพนธ์

1.1 บทนำ

ในปัจจุบันได้มีการนำเอาไมโครคอมพิวเตอร์ ไปดัดแปลงเพื่อใช้ประโยชน์อย่างมากยิ่งขึ้นนอกจากงานทางบัญชี และงานสำนักงานทั่วไปแล้ว ในงานด้านอุตสาหกรรม การใช้งานของคอมพิวเตอร์มักใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักร และสั่งงานอุปกรณ์ให้ปฏิบัติตามความต้องการ โดยสั่งงานจากคนโดยตรงตามโปรแกรมที่ออกแบบ ซึ่งในทางปฏิบัติสามารถใช้งานกับอุปกรณ์ได้หลายๆตัว เพื่อขยายประโยชน์ของคอมพิวเตอร์เราสามารถที่จะทำการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ คอมพิวเตอร์ โดยสั่งงานจากศูนย์กลางคอมพิวเตอร์เพื่อที่จะทำการควบคุมอุปกรณ์หรือเครื่องจักร นอกจากนี้แล้วยังสามารถตรวจสอบสภาวะการทำงานของอุปกรณีต่างๆ โดยสั่งงานจากคอมพิวเตอร์เพื่อรับทราบผลการทำงานของอุปกรณ์

การควบคุมระบบไฟฟ้าภายในอาคารถือว่าเป็นเรื่องที่สำคัญและจำเป็นอย่างหนึ่ง ซึ่งภายในทุก ๆ อาคารจำเป็นที่จะต้องมี เพราะในอาคารที่มีการควบคุมระบบไฟฟ้าที่ดีมีประสิทธิภาพ ก็จะทำให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างประหยัดคุ้มค่า มีความสะดวกง่ายต่อการควบคุม และยังเป็นการป้องกันภัยอันตรายต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นจากการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับ ระบบควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร ซึ่งใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC computer) เป็นตัวควบคุมระบบ โดยใช้หลักการผสมสัญญาณควบคุมที่ได้จากเครื่องคอมพิวเตอร์ลงไปในความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับ (AC line) ซึ่งจะต่อร่วมอยู่กับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชิ้นที่มีอยู่ภายในอาคาร จึงทำให้เกิดความสะดวกและง่ายต่อการควบคุมเป็นอย่างยิ่ง เพราะอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคารที่มีการเดินสายใช้ไฟฟ้าจากสายไฟ AC ที่เป็น line เดียวกัน สามารถจะทำการควบคุมได้ทุกจุด โดยผ่านทางเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต่ออยู่ในระบบไฟฟ้า เดียวกันเพียงจุดเดียวเท่านั้น และยังสามารถที่จะสั่งการให้การควบคุมเป็นไปโดยอัตโนมัติจากเครื่องคอมพิวเตอร์ จึงไม่เกิดปัญหาการผิดพลาดในการควบคุม นอกจากนี้ยังเป็นการประหยัดงบประมาณในการติดตั้งและเดินสายสวิทช์ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละจุดภายในอาคารได้อีกด้วย จึงเรียกได้ว่า เป็นระบบควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคารที่ดีและมีประสิทธิภาพสูงระบบหนึ่ง

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะแบ่งออกเป็นบทย่อย ๆ 5 บท เพื่อความสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ซึ่งในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1 "ความมุ่งหมายของปริญญานิพนธ์" ในบทนี้จะกล่าวถึงลักษณะโดยทั่วไปของปริญญานิพนธ์อย่างกว้าง ๆ เพื่อให้ผู้ศึกษาได้ทราบถึงลักษณะโดยทั่ว ๆ ไปและส่วนประกอบของเนื้อหาสาระสำคัญภายในปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 "ทฤษฎี หลักการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง" ในบทนี้จะประกอบด้วยเนื้อหาทางทฤษฎีและหลักการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและนำมาใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ ตลอดจนผลงานวิจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำปริญญานิพนธ์

บทที่ 3 "การออกแบบ" ในบทนี้จะเป็นการอธิบายหลักการทำงานของวงจรใน แต่ละส่วนที่นำมาใช้ประกอบในการออกแบบจัดทำปริญญานิพนธ์ ซึ่งจะประกอบด้วยรูปวงจรที่ออกแบบในแต่ละส่วน และหลักการทำงานของวงจรอย่างละเอียด

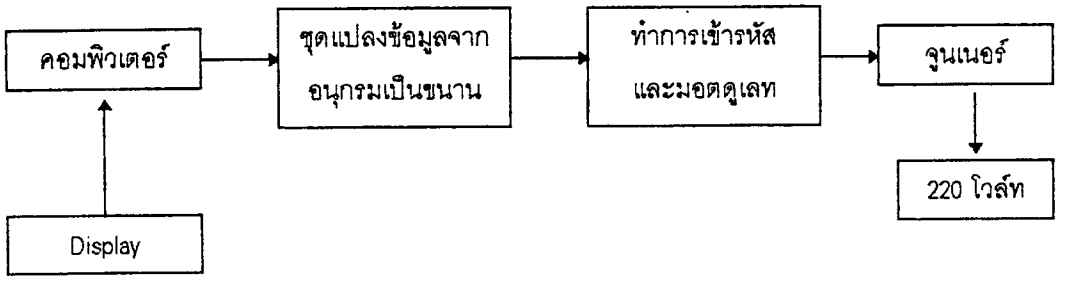
บทที่ 4 "การทดลองและผลของการทดลอง" ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองนำวงจรในแต่ละส่วนของปริญญานิพนธ์ที่ได้จัดทำขึ้นเรียบร้อยแล้วมาทำการวัดผลในแต่ละขั้นตอนอย่างละเอียดเพื่อที่จะนำค่าต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองไปตรวจสอบอ้างอิงกับทางทฤษฎีที่ได้ออกแบบไว้

บทที่ 5 "บทวิจารณ์ และ สรุป" ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงผลโดยสรุปของการทำปริญญานิพนธ์ เพื่อเปรียบเทียบผลของการทำงานของปริญญานิพนธ์ที่ทำได้กับประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำปริญญานิพนธ์ที่ตั้งเป้าหมายเอาไว้ อีกทั้งยังได้กล่าวถึงปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในการทำ ปริญญานิพนธ์ รวมไปถึงแนวการในการที่จะพัฒนาปริญญานิพนธ์นี้ต่อไป

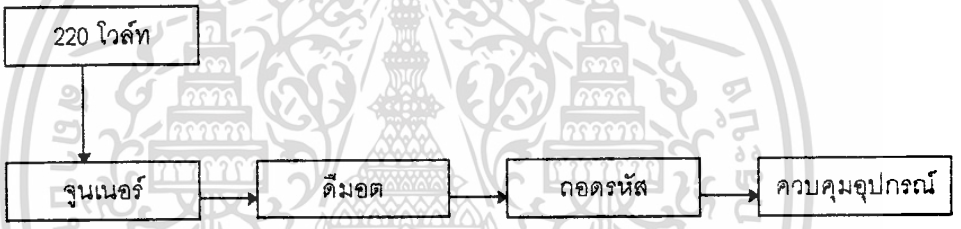
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

สำหรับโครงงานนี้จะนำหลักการของระบบดาต้าแอคคิวซิชัน มาใช้ทำชุดควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยผ่านทางสายไฟฟ้ากระแสสลับ โดยจะมีคอมพิวเตอร์ เป็นศูนย์กลางการควบคุม ส่งและรับ Data และ Adress ของอุปกรณ์ที่จะทำการควบคุมผ่านทางพอร์ทสื่อสารอนุกรม RS - 232 C ซึ่งในคอมพิวเตอร์นี้จะมีพอร์ทสื่อสารอนุกรมอยู่แล้ว เมื่อออกจากพอร์ทสื่อสารแล้วจะมี วงจรแปลงข้อมูลจากอนุกรมเป็นข้อมูลแบบขนานเพื่อที่จะทำการเข้ารหัส,ชุดมอดดูเลเตอร์ และชุดจูนเนอร์ เพื่อทำการส่งข้อมูลที่ได้ทำการ มอดดูเลท แล้วส่งเข้าไปในสายกระแสสลับ 220 โวล์ท และที่ด้านรับก็จะมีชุดจูนเนอร์เพื่อที่จะทำการแยกเอาสัญญาณที่ต้องการออกมา แล้วทำการ ดีมอด และถอดรหัส เมื่อได้สัญญาณควบคุมตาม Adress และ Data ตามที่ต้องการแล้วก็นำไปทำการควบคุมอุปกรณ์ตามที่ต้องการสามารถแสดงได้ตามรูปที่ 1.1 และ 1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 บล็อคไดอะแกรมของภาคส่งข้อมูล



รูปที่ 1 2 บล็อคไดอะแกรมของทางด้านภาครับข้อมูล

ในการที่จะทำการตรวจเช็คข้อมูลที่ได้ทำการส่งออกไปควบคุมอุปกรณ์ว่า อุปกรณ์สามารถทำงานตรงตามที่ต้องการหรือไม่นั้น ก็สามารถทำได้โดย การส่งข้อมูลที่ได้จากการทำงานของอุปกรณ์ที่ทำการควบคุมกลับมาที่ คอมพิวเตอร์เพื่อเป็นการควบคุมแบบ Close loop control ต่อไป หลักการทำงานก็เช่นเดียวกันกับที่ได้กล่าวมาแล้วแต่จะแตกต่างกันตรงที่ ชุดแปลงข้อมูลจะเปลี่ยนเป็นการเปลี่ยนจากข้อมูลแบบขนานเป็น ข้อมูลแบบอนุกรมเพื่อส่งเข้าทางพอร์ทสื่อสารของคอมพิวเตอร์ และทางด้านส่งข้อมูลจากอุปกรณ์จะทำการตั้งรหัสโดยใช้ สวิทช์เป็นตัวกำหนดสำหรับรายละเอียดในส่วนต่างๆจะได้กล่าวโดยละเอียดต่อไป

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานการทำปริญญานิพนธ์

1.4.1 ศึกษาระบบการสื่อสารแบบอนุกรมกับไมโครคอมพิวเตอร์

1.4.2 ศึกษาการแปลงสัญญาณจากข้อมูลแบบขนานเป็นข้อมูลแบบอนุกรม และแบบอนุกรมเป็นแบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.3 ศึกษาการเข้ารหัสและการถอดรหัส

1.4.4 ศึกษาการมอดดูเลท และดีมอดดูเลท

1.4.5 ศึกษาการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

1.4.6 ศึกษาการเขียนโปรแกรมแอพพลิเคชั่นบนไมโครซอฟท์วินโดวส์

1.4.7 ทดลองและออกแบบการทำงานของชุดรับและส่งข้อมูล

1.4.8 ประกอบวงจรทั้งหมดพร้อมทดลองโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 87

4.1 ผลการทดลองทางด้านส่ง 87

4.1.1 การทดลองส่ง Address และ Data ออกทางพอร์ทสื่อสาร 87
4.1.2 การทดลองเปลี่ยนสัญญาณจากข้อมูลที่เป็นอนุกรมเป็นข้อมูลแบบขนาน 87
4.1.3 การทดลองการเข้ารหัสโดใช้ไอซีเบอร์ MC 145026 88
4.1.4 การทดลองชุดมอดูเลท และ วงจรจูน 88

4.2 ผลการทดลองทางด้านรับ 89

4.2.1 การทดลองวงจรจูน 89
4.2.2 การทดลองชุดดีโมดูเลท 90
4.2.3 การทดลองการถอดรหัส 90
4.2.4 การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า 90

4.3 วิธีการใช้งาน 91

บทที่ 5 บทวิจารณ์ และสรุป 93

5.1 ปัญหาและอุปสรรคในการทำปริญญานิพนธ์ 93
5.2 สรุปผลการทดลองตามโครงงานปริญญานิพนธ์ 93

บรรณานุกรม 96
ภาคผนวก ก. โปรแกรมวิชวนเบสิกบนไมโครซอฟวินโดวส์ 97
ภาคผนวก ข. Data Sheet ของ LM1893N Carrier - Current Transceiver 116
ภาคผนวก ค. คู่มือการใช้งานชุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายกระแสสลับ 139
ภาคผนวก ง. วงจรรวมของชุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายกระแสสลับ 147

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี และหลักการ

2.1 การสื่อสารข้อมูลเบื้องต้น

คอมพิวเตอร์เริ่มมีบทบาทต่อการทำธุรกิจของบริษัทต่าง ๆ อย่างมาก ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมานี้ ไม่ว่าจะเข้าไปติดต่องานที่ใด เราก็จะพบคอมพิวเตอร์อย่างน้อยหนึ่งเครื่องเสมอ โดยอาจใช้ในการพิมพ์จดหมาย เก็บข้อมูล ทำบัญชี และสินค้าคงคลัง เป็นต้น ยิ่งคอมพิวเตอร์มีราคาถูกลง การใช้งานก็มากขึ้นเป็นเงาตามตัว จำนวนข้อมูลที่ใช้ก็เพิ่มตามไปด้วย แต่ก่อนเราคงไม่จำเป็นต้องส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่งบ่อยนัก พอมาระยะหลัง ๆ ความต้องการข้อมูลจากที่อื่นเริ่มมากขึ้น เพราะคอมพิวเตอร์ไม่ได้ทำงานตามลำพังเพียงเครื่องเดียวอีกต่อไปแล้ว ปัญหาจึงเกิดขึ้นว่า ทำอย่างไรจึงจะดึงข้อมูลจากที่อื่น ๆ มาได้อย่างสะดวก และลงทุนไม่สูงเกินไป อันเป็นที่มาของการสื่อสารข้อมูลระหว่างกัน

2.1.1 การสื่อสารข้อมูลคืออะไร

สมัยก่อนการติดต่อระหว่างกัน เรามักใช้จดหมายหรือเอกสารส่งไปให้ปลายทาง ต่อมาก็พัฒนาขึ้นมาโดยใช้โทรสารรับส่งแทน ซึ่งรวดเร็วขึ้นและสะดวกกว่าแต่ก่อน การรับส่งเอกสารทำได้จากสำนักงานของเราไปยังผู้รับโดยตรงไม่จำเป็นต้องไปส่งเอกสารที่ไปรษณีย์ ทำให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย แต่การรับส่งแฟ็กซ์ก็ยังไม่ทำให้คอมพิวเตอร์ของเรารับส่งข้อมูลกับที่ต่าง ๆ ได้โดยตรง ถ้าผู้รับต้องนำข้อมูลนี้ไปใช้งานในเครื่องคอมพิวเตอร์ ก็ต้องนั่งป้อนเข้าเครื่องอีกทีหนึ่ง นอกจากจะชักช้าเสียเวลาแล้ว ยังอาจเกิดข้อผิดพลาดได้อีกด้วย บางทีเราต้องการข้อมูลจากสถานที่อื่นซึ่งอาจเป็นต่างประเทศ การส่งเอกสารหรือโทรสารมาให้เราก็ยังไม่ทำให้งานเร็วขึ้นเท่าไรนัก เนื่องจากข้อมูลของเราอยู่ในคอมพิวเตอร์ ดังนั้นจะวิเคราะห์อะไรก็ต้องเอาข้อมูลที่ได้รับมาป้อนเข้าคอมพิวเตอร์อยู่นั่นเอง ข้อจำกัดอันนี้ทำให้การสื่อสารข้อมูลมีความสำคัญขึ้นมาทันที

ปัจจุบันเครื่องคอมพิวเตอร์ในสำนักงานของเราช่วยงานแทบทุกอย่าง เช่น จัดทำบัญชี ใบสั่งซื้อสินค้า ควบคุมสินค้าคงคลัง คำนวณโครงการและจัดพิมพ์เอกสารต่าง ๆ ข้อมูลทั้งหลายก็อยู่ในคอมพิวเตอร์มากขึ้น เมื่อเราต้องการติดต่อกับบริษัทอื่นหรือสาขาของเรา ถ้าสามารถส่งข้อมูลในรูปอิเล็กทรอนิกส์ที่คอมพิวเตอร์รับไปใช้งานต่อได้เลย ก็จะทำให้งานรวดเร็วขึ้น และลดข้อผิดพลาดลงมาก จุดเริ่มต้นของการสื่อสารข้อมูลจึงเกิดขึ้น โดยทั่วไปการสื่อสารข้อมูล หมายถึง การเชื่อมต่อรับส่งข้อมูลกัน ระหว่างคอมพิวเตอร์กับคอมพิวเตอร์ ไม่ว่าจะรับส่งข้อมูลผ่านสายไฟฟ้า คลื่นวิทยุ ดาวเทียม หรืออื่น ๆ ก็ใช้ได้ทั้งนั้น ส่วนการส่งข้อความเอกสารถึงกัน เช่น เทเล็กซ์ โทรสาร หรือจดหมาย เพื่อใช้ในการทำงานตามปกติ โดยไม่มีเครื่องคอมพิวเตอร์เข้าร่วมรบวนการด้วย เราไม่ถือว่าเป็นการสื่อสารข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าคอมพิวเตอร์มีบทบาทอย่างมากคู่กับการสื่อสารข้อมูล แยกออกจากกันไม่ได้ ถ้าขาดคอมพิวเตอร์ไปการสื่อสารข้อมูลจะไม่เกิดขึ้น สิ่งสำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ การสื่อสารข้อมูลที่เรากล่าวถึงนี้ ระยะทางในการส่งข้อมูลไม่เข้ามาเกี่ยวข้องเลย คือถ้าคอมพิวเตอร์รับส่งข้อมูลกับคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นได้ก็เรียกว่ามีการสื่อสารข้อมูลเกิดขึ้นแล้ว ถึงจะเป็นคอมพิวเตอร์ที่วางอยู่ติดกันตั้งอยู่ในตึกเดียวกัน จนถึงห่างกันคนละประเทศหรือคนละทวีปก็นับทั้งนั้น แต่คนส่วนมากมักคิดเอาเองว่าการสื่อสารข้อมูล จะต้องอยู่ใกล้กันมาก ๆ ซึ่งที่จริงแล้วเรื่องของระยะทางเราไม่นับเป็นปัจจัยสำคัญในการสื่อสารข้อมูลเลย เมื่อมาถึงจุดนี้คงพอทราบกันแล้วนะครับว่าการสื่อสารข้อมูลคืออะไร

คอมพิวเตอร์อาจรับส่งข้อมูลได้หลายวิธี เช่น รับส่งข้อมูลผ่านสายเคเบิลโดยตรงถ้าระยะทางไม่ห่างกันมากนัก ซึ่งวิธีนี้จัดเป็นแบบที่ง่ายที่สุด หรือรับส่งข้อมูลระหว่างกันผ่านโมเด็มไปตามสายโทรศัพท์ แบบนี้สามารถส่งข้อมูลไปได้ใกล้ทั่วโลกที่ระบบโทรศัพท์เข้าไปถึง หรืออาจรับส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายของคอมพิวเตอร์เอง เช่น ผ่าน Local Area Network (LAN) ผ่าน (Public Data Network (PDN) ก็ได้ แต่ละแบบก็มีข้อดีข้อเสียและความเร็วในการรับส่งข้อมูลแตกต่างกัน รวมทั้งมีรีดจำกัดเฉพาะตัวไม่เหมือนกันด้วย

2.1.2 <u>การสื่อสารข้อมูลมีประโยชน์อย่างไร</u>

ต่อไปก็เป็นการพูดถึงประโยชน์ของมันบ้าง การสื่อสารข้อมูลนอกจากจะช่วยให้เราทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และลดข้อผิดพลาดลงแล้ว การสื่อสารข้อมูลยังช่วยให้เราใช้คอมพิวเตอร์ได้เต็มที่อีกด้วย เพราะเมื่อคอมพิวเตอร์ของเราติดต่อรับส่งข้อมูลกับคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นได้ เราก็สามารถดึงข้อมูลที่เราไม่มีมาจากที่ต่าง ๆ ได้ตามความต้องการใช้งานทางธุรกิจ อันนี้เป็นประโยชน์มหาศาลทีเดียว เพราะเทคโนโลยีทุกวันนี้มีการเปลี่ยนแปลงเร็วมาก การตัดสินใจต่าง ๆ ถ้ามีข้อมูลครบถ้วนและข้อมูลถูกต้องรวดเร็วกว่า ทำให้ได้เปรียบคนอื่น โอกาสตัดสินใจถูกก็มากขึ้นตามไปด้วย การบริหารงานและการดำเนินงานในธุรกิจจึงขึ้นอยู่กับข้อมูลที่นำมาตัดสินใจเป็นหลัก ถ้าข้อมูลล่าช้าหรือเชื่อถือไม่ค่อยได้ก็จะมีผลเสียหายต่อธุรกิจมาก

สิ่งที่ตามมาหลังจากการสื่อสารข้อมูลเกิดขึ้นแล้วก็คือ เกิดบริการใหม่ ๆ ที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการส่งข่าวสาร เรียกได้ว่าเป็นการพัฒนารูปแบบของการสื่อสารข้อมูลนั่นเอง คือแทนที่จะให้คอมพิวเตอร์รับส่งข้อมูลกันตามปกติธรรมดาอย่างแต่ก่อน เราก็เพิ่มความสามารถต่าง ๆ เข้าไปหรือเปลี่ยนรูปแบบให้กลายเป็นบริการไปเพื่อให้การใช้งานสะดวกมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น อิเล็กทรอนิกส์เมล์ ซึ่งเมื่อก่อนเราใช้วิธีส่งจดหมายถึงกัน พอมาเป็นอิเล็กทรอนิกส์เมล์ ก็ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ส่งข้อความถึงกันแทนศูนย์บริการข้อมูล (DATABASE SERVICE) ก็ใช้คอมพิวเตอร์เรียกไปยังศูนย์เพื่อค้นหาหรือตรวจสอบข้อมูลที่ต้องการ เช่น เบอร์โทรศัพท์ อัตราแลกเปลี่ยน ข้อมูลทางธุรกิจ ตารางเวลารถไฟหรือเครื่องบิน บริการซื้อขายอัตโนมัติ (TELESHOPPING) หมายถึงการจับจ่ายซื้อสิ่งของโดยนั่งอยู่กับบ้าน แล้วใช้คอมพิวเตอร์เรียกแคตาล็อกสินค้ามาดูบนจอภาพ อยากได้อะไรก็สั่งซื้อผ่านคอมพิวเตอร์เข้าไป บริษัทจะเอาของมาส่งให้ตามต้องการ วิธีนี้น่าจะเหมาะกับคนกรุงเทพฯ เพราะรถติดมาก บางทีไม่อยากออกจากบ้านไปซื้อของถ้ามีบริการนี้ออกมาคงมีลูกค้าไม่น้อย

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อันนี้ก็เป็นตัวอย่างพอให้เราเห็นภาพว่า จากการสื่อสารข้อมูลที่ดูแล้วค่อนข้างห่างไกลชีวิตประจำวัน พอเริ่มพัฒนาออกมาเป็นบริการต่าง ๆ ทุกคนก็อยากใช้มันทั้งนั้น ถ้ามีให้ใช้ บางอย่างเราใช้งานตรง ๆ บางอย่างเราใช้งานทางอ้อม เช่น ตู้เบิกเงิน ATM เป็นต้น ธนาคารทั้งหลายคงจะลำบากมาก ถ้าให้บริการ ATM โดยไม่มีการส่งข้อมูลระหว่างตัวตู้ ATM กับคอมพิวเตอร์ที่มีบัญชีของเราอยู่

นี่ก็เป็นการแนะนำคร่าว ๆ ว่าการสื่อสารข้อมูลคืออะไร มีประโยชน์อย่างไรและเกี่ยวข้องกับธุรกิจของเรามากน้อยขนาดไหน บทต่อไปก็จะเป็นเรื่องของ การรับส่งข้อมูลคอมพิวเตอร์ซึ่งจะพูดถึงรายละเอียดการรับส่งข้อมูลแบบต่าง ๆ

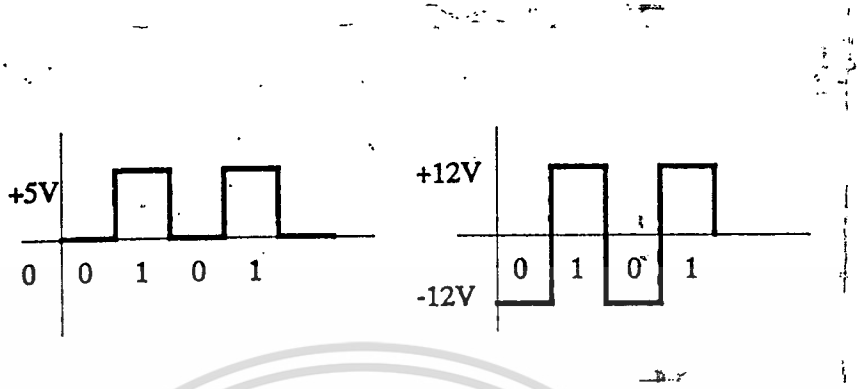
2.2 การรับส่งข้อมูลคอมพิวเตอร์

เมื่อเราต้องการรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งกับคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่ง ปัญหาคือว่าข้อมูลคอมพิวเตอร์คืออะไร มีรูปร่างหน้าตาอย่างไร คอมพิวเตอร์ทุกวันนี้มีการทำงานโดยเก็บข้อมูลอยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้า แล้วนำสัญญาณไฟฟ้านั้นมาทำการประมวลผลในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การเก็บตัวอักษรรวมกันในรูปของจดหมายหรือเอกสาร หรือ ทำการคำนวณตัวเลข ดังนั้น ข้อมูลของคอมพิวเตอร์ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลอะไร (เช่น ข้อมูลตัวอักษร ข้อมูลที่เป็นรูปภาพและตัวเลข) จะถูกเก็บอยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้าทั้งสิ้น โดยลักษณะของสัญญาณไฟฟ้าที่เก็บจะมีอยู่สองสภาวะ คือ สภาวะ '0'และ'1' เราเรียกสภาวะของข้อมูลนี้ว่าหนึ่งบิต (Bit) ข้อมูลหนึ่งบิตที่มีสภาวะ '0' หรือ '1' นี้ อาจอยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้า 0 โวลต์ และ +5 โวลต์ หรือ -12 โวลต์ กับ +12 โวลต์ก็ได้ ขอให้มีความแตกต่างกันจนคอมพิวเตอร์แยกออกได้ว่าสัญญาณนี้คือ สภาวะ '0' หรือ '1' ก็พอ

2.2.1 ลักษณะของข้อมูลคอมพิวเตอร์

คอมพิวเตอร์ที่เราใช้อยู่ในปัจจุบันจะใช้สัญญาณไฟฟ้าในการทำงาน โดยส่วนมากใช้แรงดันไฟฟ้า 0 โวลต์ แทนสภาวะ ' 0 ' ของข้อมูล และใช้แรงดันไฟฟ้า +5 โวลต์ แทนสภาวะ ' 1 ' ของข้อมูล ส่วนการเก็บข้อมูลลงในแผ่นฟลอปปีดิสก์หรือฮาร์ดดิสก์ คอมพิวเตอร์จะใช้เส้นแรงแม่เหล็กแทนข้อมูล ' 0 ' และ ' 1 ' โดยใช้สัญญาณไฟฟ้าควบคุมอีกทีหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.1 สัญญาณไฟฟ้าแทนสภาวะ '0' และ '1' ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์อาจใช้แรงดันไฟฟ้าต่างกันได้

เมื่อเรานำข้อมูลหนึ่งบิตมาเรียงต่อเข้าด้วยกันหลาย ๆ บิต ก็จะกลายเป็นข้อมูลคอมพิวเตอร์ขึ้นมาทันที ตามมาตรฐานนั้นข้อมูล 8 บิต เรียงต่อกันเราเรียกว่า หนึ่งไบต์ (Byte) ซึ่งคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทั่วไป จะใช้ข้อมูลหนึ่งไบต์นี้เก็บตัวอักษรได้หนึ่งตัว ดดยมีการกำหนดรหัสเอาไว้ว่าตัวอักษร A, B, C หรือ ก, ข, ค จะมีค่า '0' และ '1' เรียงกันอย่างไรใน 8 บิตนี้ รหัสมาตรฐานดังกล่าวเรียกว่ารหัส ASCII คอมพิวเตอร์ที่ใช้รหัส ASCII เหมือนกันจะสามารถรับส่งข้อมูลกันได้เหมือนคนที่พูดภาษาเดียวกันนั่นเอง คำว่า ASCII (อ่านออกเสียงว่า 'แอสกี้') เป็นตัวย่อมาจากคำเต็มภาษาอังกฤษว่า American Standard code for Information Interchange ส่วนรหัสข้อมูลคอมพิวเตอร์อีกแบบหนึ่งซึ่งมักใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่แบบเมนเฟรม จะกำหนดรหัสตัวอักษร A, B, C และ ก, ข, ค แตกต่างจากรหัสแบบ ASCII เราเรียกรหัสนี้ว่า รหัส EBCDIC (อ่านว่า 'เอ็บซีดิก') มาตรฐานของคอมพิวเตอร์ปกติจะใช้รหัสแบบ ASCII หรือไม่ก็แบบ EBCDIC นี้ พวกคอมพิวเตอร์ที่ใช้รหัสต่างไปจากสองแบบนี้มีน้อยมาก และที่สำคัญก็คือคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กมักจะใช้รหัสแบบ ASCII ทั้งนั้น

ไม่ว่าเครื่องคอมพิวเตอร์จะมีโครงสร้างแบบ 8 บิต 16 บิตหรือ 32 บิตก็ตาม มันจะเก็บข้อมูลโดยใช้ 8 บิตหรือหนึ่งไบต์แทนตัวอักษรหนึ่งตัวเสมอ เมื่อคอมพิวเตอร์รับส่งข้อมูลก็คือ การรับส่งสัญญาณไฟฟ้าทีละหนึ่งตัวอักษรติดต่อกัน จนกลายเป็นข้อมูลที่เครื่องคอมพิวเตอร์นำไปใช้งานต่างๆ ได้นั่นเอง ข้อสังเกตในการรับส่งข้อมูลคือ เราต้องใช้รหัสเดียวกันระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ คือถ้าใช้รหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Decimal	Binary	Character and/or key	Communications control character/function		Decimal	Binary	Character and/or key	Communications control character/function
0	00000	^@	NUL	(Nothing)	47	101111	/	
1	00001	^A	SOH	(Start Of Heading)	48	110000	0	
2	00010	^B	STX	(Start Of Text)	49	110001	1	
3	00011	^C	EXT	(End Of Text)	50	110010	2	
4	00100	^D	EDT	(End Of Transmission)	51	110011	3	
5	00101	^E	ENQ	(Enquiry)	52	110100	4	
6	00110	^F	ACK	(Acknowledge)	53	110101	5	
7	00111	^G	BEL	(Bell)	54	110110	6	
8	01000	^H	BS	(Backspace)	55	110111	7	
9	01001	^I	HT	(Horizontal Tab)	56	111000	8	
10	01010	^J	LF	(Line Feed)	57	111001	9	
11	01011	^K	VT	(Vertical Tab)	58	111010	:	
12	01100	^L	FF	(Form Feed)	59	111011	;	
13	01101	^M	CR	(Carriage Return)	60	111100	<	
14	01110	^N	SO	(Shift Out)	61	111101	=	
15	01111	^O	SI	(Shift In)	62	111110	>	
16	10000	^P	DLE	(Data Link Escape)	63	111111	?	
17	10001	^Q	DC1	(Device Control 1)	64	1000000	@	
18	10010	^R	DC2	(Device Control 2)	65	1000001	A	
19	10011	^S	DC3	(Device Control 3)	66	1000010	B	
20	10100	^T	DC4	(Device Control 4)	67	1000011	C	
21	10101	^U	NAK	(Negative Acknowledge)	68	1000100	D	
22	10110	^V	SYN	(Synchronous Idle)	69	1000101	E	
23	10111	^W	ETB	(End of Transmission Block)	70	1000110	F	
24	11000	^X	CAN	(Cancel)	71	1000111	G	
25	11001	^Y	EM	(End of Medium)	72	1001000	H	
26	11010	^Z	SUB	(Substitute)	73	1001001	I	
27	11011	^[	ESC	(Escape)	74	1001010	J	
28	11100	^\	FS	(File Separator)	75	1001011	K	
29	11101	^]	GS	(Group Separator)	76	1001100	L	
30	11110	^^	RS	(Record Separator)	77	1001101	M	
31	11111	^_	US	(Unit Separator)	78	1001110	N	
32	100000	space			79	1001111	O	
33	100001	!			80	1010000	P	
34	100010	"			81	1010001	Q	
35	100011	#			82	1010010	R	
36	100100	$			83	1010011	S	
37	100101	%			84	1010100	T	
38	100110	&			85	1010101	U	
39	100111	'			86	1010110	V	
40	101000	(			87	1001011	W	
41	101001	)			88	1011000	X	
42	101010	*			89	1011001	Y	
43	101011	+			90	1011010	Z	
44	101100	,			91	1011011	[	
45	101101	-			92	1011100	\	
46	101110	.			93	1011101	]	

รูป 2.2 ตารางรหัส ASCII ที่ใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์

EBCDIC ก็ต้องเป็นรหัส EBCDIC ตรงกัน การส่งข้อมูลรหัส ASCII ไปให้คอมพิวเตอร์ซึ่งใช้รหัส EBCDIC เราต้องมีซอฟต์แวร์ช่วยเปลี่ยนรหัส เปรียบเสมือนมีล่ามคอยแปลภาษา มิฉะนั้นคอมพิวเตอร์ที่รับข้อมูลจะนำไปใช้งานไม่ได้ เพราะว่ารหัสไม่ตรงกัน ปัญหานี้จะเกิดขึ้นในกรณีที่เราต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่เท่านั้น ส่วนการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลจะใช้รหัส ASCII เหมือนกันจึงไม่มีปัญหา

2.2.2 การรับส่งข้อมูลแบบ Parallel และ Serial

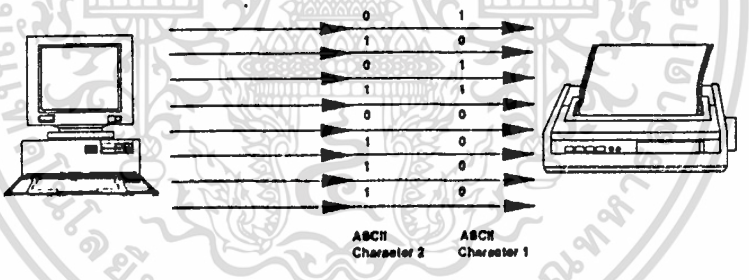
อย่างไรก็ตามเราต้องกำหนดมาตรฐานวิธีรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ขึ้นด้วย จะมีเพียงรหัสตรงกันเท่านั้นไม่ได้ เพราะเราทราบดีแล้วว่า ข้อมูลคอมพิวเตอร์จริง ๆ แล้วก็คือสัญญาณไฟฟ้า ถ้าแต่ละคนกำหนดสัญญาณไฟฟ้าแทนสถานะ '0' และ '1' ไม่เท่ากัน คอมพิวเตอร์จะแยกไม่ออกว่าสัญญาณที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

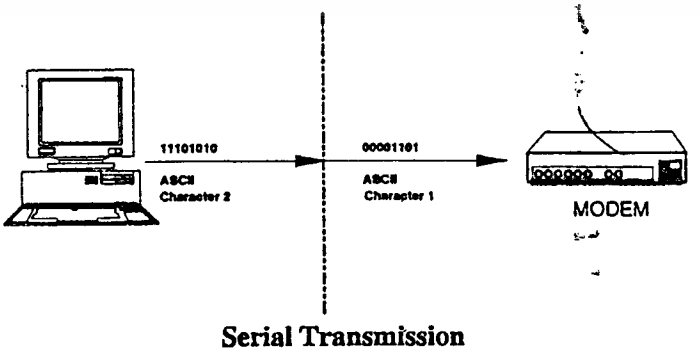
034733

รับนั้นเป็น '0' หรือ '1' เนื่องจากใช้ระดับสัญญาณไม่ตรงกัน โดยทั่วไป เครื่องคอมพิวเตอร์มีมาตรฐานการรับส่งข้อมูลแบ่งออกเป็นสองแบบ คือการรับส่งข้อมูลแบบขนานกับการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

การรับส่งข้อมูลแบบขนาน เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Parallel Interface ปกติจะใช้สำหรับส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปให้เครื่องพิมพ์ การรับส่งข้อมูลแบบขนานนี้ คอมพิวเตอร์จะส่งข้อมูลออกไปครั้งละ 8 บิตหรือหนึ่งไบต์เลยทีเดียว ดังนั้นสายเคเบิลที่ใช้ส่งข้อมูลจึงมีจำนวนเส้นค่อนข้างมาก คือต้องใช้ 8 เส้น สำหรับสัญญาณแต่ละบิต พร้อมกับมีสัญญาณควบคุมอีกหลายเส้น ข้อดีของการรับส่งข้อมูลแบบนี้ก็คือสามารถส่งข้อมูลได้รวดเร็ว เพราะส่งครั้งหนึ่งเท่ากับข้อมูล 8 บิต นอกจากนี้วงจรทางด้านฮาร์ดแวร์ของตัวรับและตัวส่งยังมีขนาดเล็กและราคาถูกอีกด้วย เครื่องพิมพ์เกือบทุกยี่ห้อมักจะต่อแบบขนานนี้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ ข้อจำกัดของการรับส่งข้อมูลแบบขนานก็คือ มันส่งได้ไม่ไกล เนื่องจากว่าสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้ในการส่งมีค่าเพียง 0 ถึง +5 โวลต์เท่านั้น เมื่อต่อสายยาวมาก ๆ ความต้านทานภายใน สายไฟจะทำให้สัญญาณอ่อนลงจนรับไม่ได้ในที่สุด ระยะทางระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องพิมพ์จึงไม่ควรจะเกิน 3 เมตร ในกรณีที่สายส่งข้อมูลมีคุณภาพดีมากอาจต่อได้ไกลถึง 5 เมตร การรับส่งข้อมูลแบบขนานถึงมันจะส่งได้ไกลกว่านี้ ก็คงไม่ค่อยมีใครอยากใช้ส่งข้อมูล เพราะว่าต้องใช้สายจำนวน 18 ถึง 20 เส้น ทำให้ค่าใช้จ่ายเรื่องสายสำหรับส่งข้อมูลมีราคาแพงเกินไป ไม่เหมาะที่จะใช้ส่งข้อมูลเป็นระยะทางไกล ๆ



Parallel Transmission

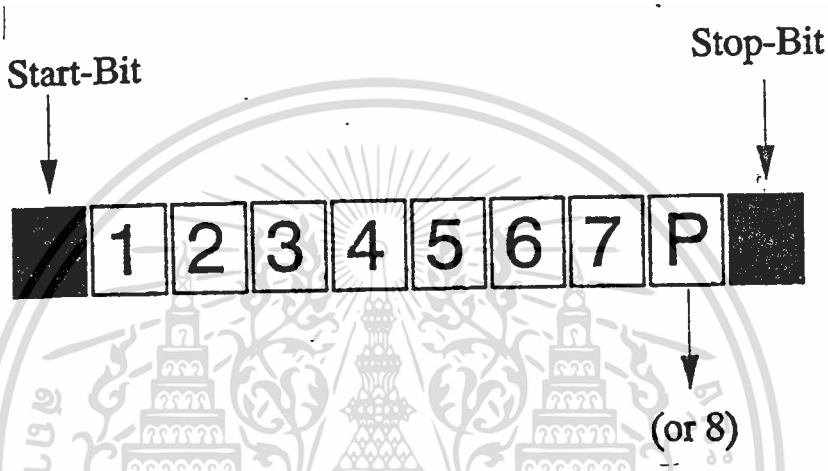


Serial Transmission

รูป 2.3 การส่งข้อมูลแบบขนานและแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมนั้นมีชื่อเรียกว่า Serial Interface หรือ RS-232C การรับส่งข้อมูลแบบนี้ซับซ้อนกว่าแบบแรกมาก วิธีการส่งข้อมูลจะนำข้อมูลหนึ่งไบต์มาส่งออกไปทางสายทีละหนึ่งบิตเรียงกันไปจนครบ 8 บิต จากการที่ส่งข้อมูลเรียงกันไปนี้ จำนวนสายที่ใช้ส่งข้อมูลจึงลดลงเหลือเพียง 3 ถึง 5 เส้นเท่านั้น ความซับซ้อนอยู่ตรงที่ทำอย่างไรทางด้านรับจึงจะรู้ว่า ข้อมูลมาถึงเมื่อไร ตรงไหน คือข้อมูลบิตแรก บิตที่สอง ไปจนถึงบิตสุดท้าย เราจึงต้องเพิ่มส่วนเริ่มต้นข้อมูลและส่วนปิดท้ายข้อมูลเข้าไปด้วยเรียกว่า Start Bit และ Stop Bit



รูป 2.4 Start Bit และ Stop Bit จะช่วยให้คอมพิวเตอร์แยกข้อมูลแต่ละตัวออกมาได้อย่างถูกต้อง

ดังนี้ผู้รับหรือคอมพิวเตอร์ที่รับข้อมูลก็จะสามารถแยกแยกสัญญาณที่ได้รับออกมาเป็นข้อมูลได้ถูกต้อง ข้อดีของการส่งข้อมูลแบบอนุกรมก็คือ เหมาะสำหรับส่งข้อมูลระยะทางไกล มากกว่าการส่งข้อมูลแบบขนาน เพราะใช้จำนวนสายน้อยกว่าและระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการส่งมีค่า +12 โวลต์ กับ -12 โวลต์ ทำให้เราสามารถส่งข้อมูลได้ไกลถึง 35 เมตร โดยไม่ต้องมีอุปกรณ์เพิ่มเติมเข้าช่วยเลย ข้อเสียของการส่งข้อมูลแบบอนุกรมคือ ความเร็วในการส่งข้อมูลจำกัดอยู่ที่ 19,200 บิตต่อวินาทีสูงสุด นับว่าช้ากว่าการส่งข้อมูลแบบขนานอยู่มากทีเดียว นอกจากนี้วงจรฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมยังมีราคาแพงกว่าอีกด้วย

การส่งข้อมูลแบบอนุกรมนี้ เราต้องคำนึงถึงรายละเอียดในการส่งข้อมูลมากกว่าการส่งแบบขนานหลายอย่าง เช่น ความเร็วในการรับส่งข้อมูล การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล จำนวนบิตของข้อมูล ฯลฯ ทั้งหมดนี้ถ้ามีอะไรไม่ตรงกันระหว่างผู้รับและผู้ส่ง การส่งข้อมูลแบบอนุกรมก็จะผิดพลาดหรือรับส่งกันไม่ได้

2.2.3 การรับส่งข้อมูลวิธีอื่น ๆ

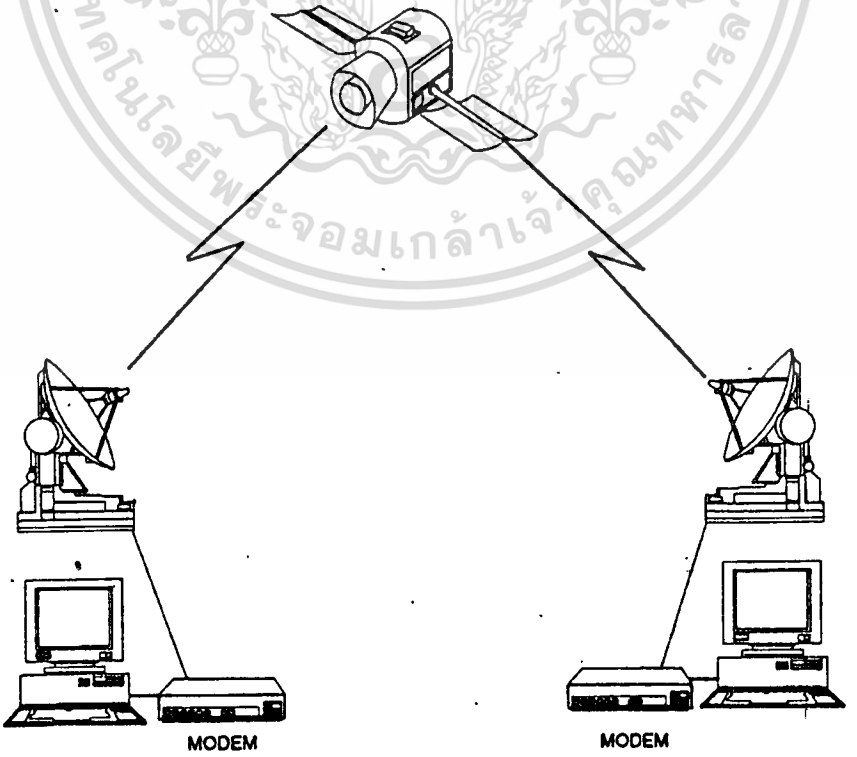
นอกเหนือจากการรับส่งข้อมูลแบบขนานกับแบบอนุกรมแล้ว ยังมีการรับส่งข้อมูลอย่างอื่นที่ใช้กันอีกหลายแบบ เช่น การรับส่งข้อมูลผ่านสาย Coaxial Cable และสาย Twisted Pair ของคอมพิวเตอร์เน็ตเวิร์ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาผลประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Local Area Network) ซึ่งค่อนข้างเน้นหนักไปทางการใช้ข้อมูลร่วมกันมากกว่าการรับส่งข้อมูลธรรมดา ความเร็วในการส่งข้อมูลผ่านเน็ตเวิร์กมีตั้งแต่ 1 ล้านบิตต่อวินาทีถึง 10 ล้านบิตต่อวินาที ระยะทางไกลที่สุดอยู่ในช่วง 300 ถึง 500 เมตร มาตรฐานการเชื่อมต่อของเน็ตเวิร์กมี 3 พวกใหญ่ ๆ คือ Ethernet, Token Ring และ Token Bus แต่ละแบบใช้สายเคเบิล ความเร็วในการรับส่งข้อมูล และเทคนิคในการเชื่อมต่อแตกต่างกัน พร้อมกับมีซอฟต์แวร์ควบคุมโดยเฉพาะ ทำให้คอมพิวเตอร์เน็ตเวิร์กมีความซับซ้อนเกินกว่าที่จะนำมาใช้รับส่งข้อมูลตามธรรมดา

เรายังอาจรับส่งข้อมูลคอมพิวเตอร์ผ่านสื่อ (Media) ต่าง ๆ ได้อีกหลายวิธี เช่น ส่งข้อมูลผ่านเส้นใยนำแสง (Optical Fiber) ซึ่งนับเป็นเทคโนโลยีใหม่มีความเร็วในการส่งข้อมูลสูงมากวิธีหนึ่ง ความเร็วในการส่งข้อมูลผ่านเส้นใยนำแสงมีค่าตั้งแต่ 1 ล้านบิตต่อวินาที จนถึงสูงกว่า 100 ล้านบิตต่อวินาที ผ่านระยะทางไกลหลายกิโลเมตรได้ การใช้งานส่วนใหญ่จะเป็นการเชื่อมต่อส่งข้อมูลระหว่างจุดถึงจุดของคอมพิวเตอร์สองเครื่อง ซึ่งเป็นการใช้เฉพาะงานเท่านั้น ยังไม่ค่อยแพร่หลายใช้กับงานทั่วไป แต่ระบบคอมพิวเตอร์เน็ตเวิร์กแบบ Ethernet ได้นำเอาเส้นใยนำแสงมาใช้ส่งข้อมูลแทนสาย Coaxial Cable กันบ้างแล้ว คาดว่าเส้นใยนำแสงจะเป็นที่นิยมใช้เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในอนาคตอันใกล้นี้

อีกวิธีหนึ่งคือ การรับส่งข้อมูลผ่านดาวเทียม โดยใช้จานรับสัญญาณขนาดเล็กที่เรียกว่า Very Small Aperture Terminal (VSAT) คอมพิวเตอร์จะรับส่งข้อมูลผ่านดาวเทียมโดยตรง ทำให้ไม่จำเป็นต้องเดินสายเคเบิลสำหรับส่งข้อมูล ดังรูป 2.5



รูป 2.5 VSAT เป็นการส่งข้อมูลผ่านดาวเทียมโดยตรงไม่ต้องใช้สายเคเบิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

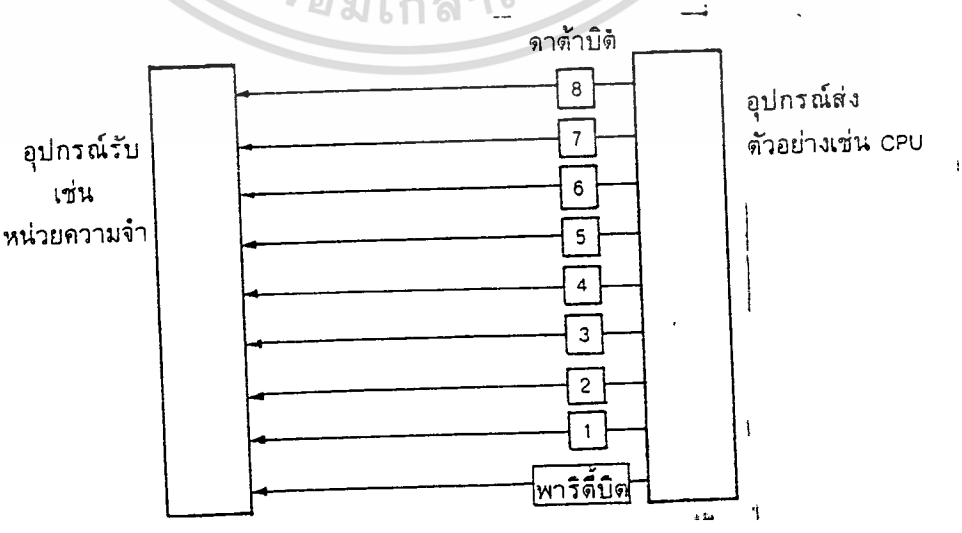
เหมาะสำหรับสถานที่ที่อยู่ห่างไกลไม่คุ้มกับการเดินสายเคเบิลเข้าไป แต่ก็มีค่าใช้จ่ายสูงในการติดตั้งจานรับสัญญาณดาวเทียม และการรับส่งข้อมูลคอมพิวเตอร์ที่แพร่หลายมากที่สุด ใกล้ตัวเรามากที่สุดก็คือ การรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายโทรศัพท์โดยใช้โมเด้ม (MODEM) ซึ่งจะกล่าวถึงโดยละเอียดต่อไป

2.3 วิธีของการถ่ายโอนข้อมูล

เพื่อให้เข้าใจระบบการถ่ายโอนข้อมูล เราจะมามองดูก่อนว่าสัญญาณที่ส่งออกมาจากเครื่องและรับเข้าไปในเครื่องไปอย่างไร

2.3.1 การถ่ายโอนข้อมูลแบบขนาน

ลักษณะของการส่งข้อมูลแบบขนานทำได้โดยการส่งข้อมูลออกมาทีละ 1 ไบท์ คือ 8 บิท จากอุปกรณ์ส่งไปยังอุปกรณ์รับตัวกลางระหว่าง 2 เครื่อง จะต้องมีช่องทางให้ข้อมูลเดินทางน้อย 8 ช่องทาง โดยมากจะเป็นสายขนานให้กระแสไฟฟ้าวิ่งมากกว่าจะเป็นตัวกลางอื่นเนื่องจากสัญญาณสูญหายไปกับความต้านทานของสายระยะทางระหว่าง 2 เครื่องไม่ควรจะเกิน 100 ฟุต ปัญหาที่เกิดขึ้นหากระยะทางสายมากกว่านี้ก็คือ ระดับของกราวนด์ทางไฟฟ้าที่จุดรับผิดไปจากจุดส่งทำให้เกิดการผิดพลาด ในการรับสัญญาณลอจิกทางฝ่ายรับ นอกจากสายที่เป็นทางเดินข้อมูลแล้ว อาจจะมีทางเดินของสัญญาณควบคุมอื่น ๆ อีก เป็นต้นว่าบิทที่บอกพาริตี้ของสัญญาณ เพื่อเป็นการตรวจสอบความผิดพลาดของการรับสัญญาณที่ปลายทาง หรือสายที่ควบคุมการโต้ตอบ (Hand-Shake) จะเห็นว่าการส่งแบบขนานส่วนมากจะทำในระยะใกล้ ๆ เนื่องจากจะต้องมีช่องทางเดินของสัญญาณมากกว่า 8 สาย



รูปที่ 2.6 การถ่ายโอนข้อมูลแบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

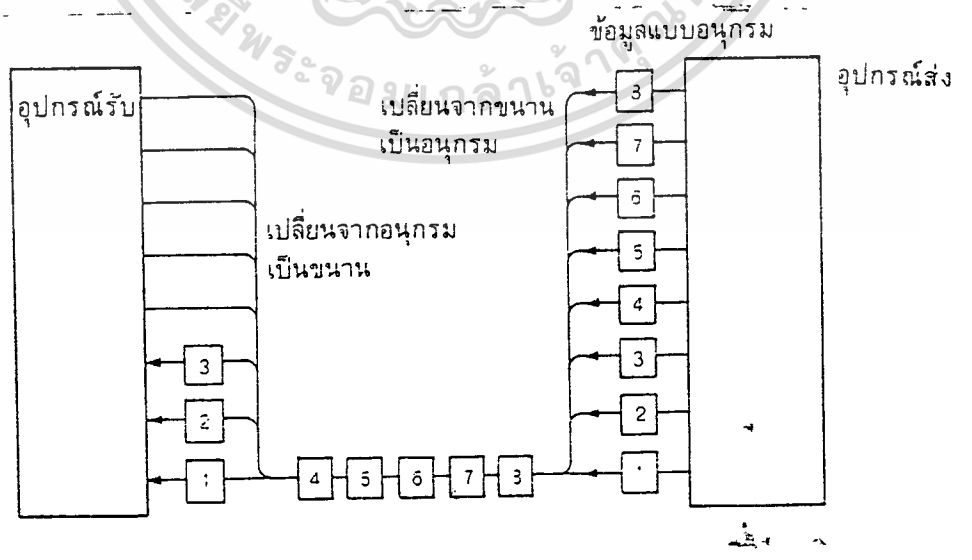
2.3.2 การถ่ายโอนข้อมูลแบบอนุกรม

ในการถ่ายโอนข้อมูลแบบอนุกรมข้อมูลถูกส่งออกมาทีละบิท ระหว่างจุดส่งและจุดรับ จะเห็นว่าการส่งข้อมูลแบบนี้จะช้ากว่าแบบขนานที่กล่าวมาแล้วแน่นอน แต่จุดเด่นของการส่งข้อมูลแบบอนุกรมก็คือตัวกลางการสื่อสารต้องการเพียงช่องเดียว หรือ สายเพียงคู่เดียว ค่าใช้จ่ายในการสื่อสารจะต้องถูกกว่าแบบขนานแน่นอน สำหรับการส่งระยะทางไกล ๆ โดยเฉพาะเมื่อเรามีระบบสื่อสารทางโทรศัพท์ไว้ใช้งานอยู่แล้ว ย่อมจะเป็นการประหยัดกว่าที่จะทำการติดต่อสื่อสารทีละ 8 ช่อง เพื่อการถ่ายโอนข้อมูลแบบขนานอย่างแน่นอน รูปที่ 2.7 แสดงให้เห็นการส่งข้อมูลแบบอนุกรมข้อมูลจากจุดส่งจะถูกเปลี่ยนให้เป็นแบบอนุกรมเสียก่อน แล้วค่อยทยอยส่งออกทีละบิทไปยังจุดรับ ณ ที่จุดรับจะต้องมีกลไกในการเปลี่ยนข้อมูลมาทีละบิทให้เป็นสัญญาณแบบขนานซึ่งลงตัวพอดี นั่นคือ บิท 1 ลงที่บัสข้อมูลเส้นที่ 1 พอดี การที่จะทำให้การแปลงสัญญาณจากอนุกรมทีละบิทให้ลงพอดีนั้น จำเป็นจะต้องมีกลไกที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการผิดพลาดในการรับ กลไกที่ว่านี้ 2 แบบคือ

(1) การสื่อสารแบบซิงโครนัส

(2) การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส

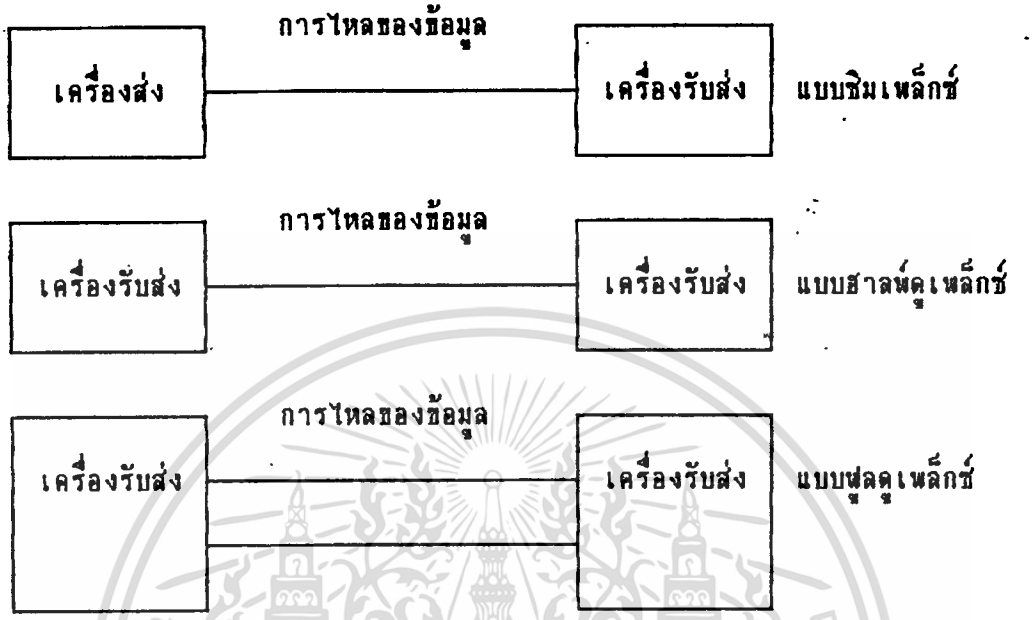
ในบทนี้จะกล่าวถึงเฉพาะการสื่อสารแบบอะซิงโครนัสเท่านั้น เนื่องจากไมโครคอมพิวเตอร์ส่วนมากใช้การสื่อสารแบบนี้ เพราะว่าไม่ต้องใช้สัญญาณ Clock มาเกี่ยวข้อง สำหรับรายละเอียดของการสื่อสารแบบอะซิงโครนัสจะได้กล่าวต่อไป



รูปที่ 2.7 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 รูปแบบของการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม



รูปที่ 2.8 รูปแบบของการติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

การติดต่อแบบอนุกรมอาจจะแบ่งตามรูปลักษณะได้ 3 แบบตามรูปที่ 2.8

1. แบบซิมเพล็กซ์ (Simplex) ข้อมูลส่งได้ในทางเดียวเท่านั้นบางครั้งก็เรียกว่าการส่งทิศทางเดียว (Unidirectional Data Bus)

2. แบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Half Duplex) ข้อมูลสามารถส่งได้ทั้งสองสถานี แต่จะต้องผลัดกันส่งและผลัดกันรับ จะส่งและรับพร้อมกันไม่ได้

3. แบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) ทั้งสองสถานีสามารถรับส่งและส่งได้ในเวลาเดียวกัน การส่งแบบฟูลดูเพล็กซ์ และฮาร์ฟดูเพล็กซ์ไม่ขึ้นอยู่กับจำนวนของสายในการติดต่อบางครั้งคำว่าทูไวร์ (Two Wire) หรือสองเส้น และโฟร์ไวร์ (Four Wire) หรือ 4 เส้น ใช้ในการบรรยายถึงลักษณะการสื่อสารข้อมูลซึ่งอาจจะทำให้เข้าใจ และฮาล์ฟดูเพล็กซ์ สายโทรศัพท์โดยทั่วไปเป็นแบบ 2 เส้น ส่วนในสายที่เป็นแบบเช่า (Lease Line) ส่วนมากจะเป็น 4 เส้น

2.3.4 ความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลแบบอนุกรม

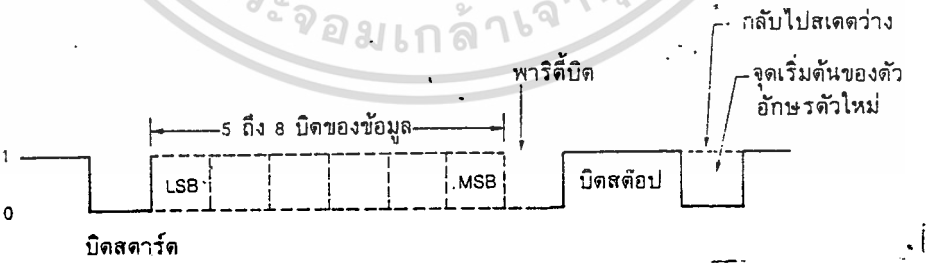
ความเร็วของการถ่ายโอนข้อมูลแบบอนุกรม หน่วยวัดเป็นบิทต่อวินาที (BPS) หน่วยที่บรรยายถึงการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณใน 1 วินาที เรียกว่า บอดเรต (Baud Rate) หรืออัตราบอดหลายคนยังเข้าใจสับสนระหว่างอัตราบอดและอัตราบิท (Bit Rate) การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ 1 ครั้ง อาจจะแสดงถึงการส่งข้อมูลแบบอนุกรมมากกว่า 1 บิท ถ้าเรียนในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์เราก็จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราบิท (Bit Rate) = อัตราบอด (Baud Rate) * (บิทใน 1 บอด)

2.3.5 การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Transmission)

การส่งแบบอะซิงโครนัสนี้ ลักษณะของสัญญาณแสดงไว้ในรูปที่ ๒.๙ เพื่อเพิ่มกลไกในการรับส่งอย่างถูกต้อง สัญญาณอะซิงโครนัส จะประกอบด้วยบิทเริ่มต้นหรือบิทสตาร์ท (Start Bit) และสิ้นสุดหรือบิทสตอป (Stop Bit) ขณะที่สถานะของการส่งเป็นแบบว่าง (Idle) คือยังไม่มีสัญญาณส่งออกมา จะมีสัญญาณหรือมีแรงดัน (หรือกระแส) ตลอดเวลา เพื่อความแน่ใจว่าฝ่ายรับยังติดต่ออยู่กับฝ่ายส่งเมื่อเริ่มจะส่งข้อมูล สัญญาณของอะซิงโครนัสจะเป็น 0 หนึ่งช่วงสัญญาณนาฬิกา บิทนี้เรียกว่าสตาร์ทบิทตามหลังของสตาร์ทบิทก็จะเป็นข้อมูลสำหรับ 1 ตัวอักษร ซึ่งอาจจะมี ขนาด 5 บิท จนถึง 8 บิท โดยบิทที่มีค่าน้อยที่สุด LSB จะถูกส่งออกมาก่อนไล่ไปจนถึงบิทที่มีค่ามากที่สุด (MSB) (การเข้ารหัสอักขระนี้ส่วนมากจะนิยมใช้รหัส ASCII) ตามหลังข้อมูลก็จะเป็นพาริตี้บิทอาจจะเป็นแบบคู่ (Even) หรือแบบคี่ (Odd) หมายความว่าหากเป็นพาริตี้คู่ จำนวนบิทที่เป็น 1 ในช่วงบิทข้อมูลกับบิทพาริตี้ รวมกันแล้วจะต้องเป็นจำนวนคู่ ผู้ส่งจะต้องทำหน้าที่ตรวจสอบข้อมูลแล้วใส่พาริตี้บิทเองฝ่ายรับเมื่อรับแล้วก็จะต้องตรวจสอบว่าเป็นจริงดังสถานการณ์ที่ต้องเอาไว้หรือไม่ หากผิดพลาดความว่า สัญญาณที่รับนั้นผิดพลาดไปจากสถานีส่งส่งออกมา ทั้งนี้ทั้งนั้นจะต้องผิดเป็นจำนวนคี่เท่านั้นคือผิดไป 1 บิท 3 บิท หรือ 5 บิท พร้อมกันจึงจะตรวจสอบได้ว่าผิด ส่วนพาริตี้คี่ (Odd Parity) จะตรวจสอบความผิดพลาดได้เหมือนกับพาริตี้คู่ (Even Parity) แต่แทนที่จะตรวจสอบดูว่าสัญญาณที่รับเข้ามีจำนวนคู่ก็จะตรวจสอบดูว่ามีจำนวนคี่หรือเปล่า อย่างไรก็ตามโอกาสที่จะผิดพลาด 2 บิทพร้อมกันมีพร้อมมาก



รูปที่ 2.9 ฟอร์แมตการสื่อสารแบบอะซิงโครนัส

ย้อนกลับมาดูสัญญาณอะซิงโครนัสใหม่ หลังจากบิทพาริตี้แล้วก็จะต้องมีสตอปบิทซึ่งเป็น 1 ความกว้างของสตอปบิทอาจจะเป็น 1, 1.5 หรือ 2 พัลส์ ของสัญญาณนาฬิกา แล้วแต่ผู้รับและผู้ส่งจะตกลงใช้กันเอง การเร่มใช้พอร์ทอนุกรม (ทางออกอนุกรม) จึงจำเป็นจะต้องตั้งค่าต่าง ๆ สำหรับเป็นการส่งแบบอนุกรม อันได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ความเร็วในการส่ง
2. ความยาวรหัส 1 อักระ
3. บิทตรวจสอบ
4. จำนวนสต๊อปบิท

ในการส่งโทรพิมพ์หรือโทรเลขเมื่อก่อนนี้ ใช้ความเร็วแต่ 70 บอด และ 110 บอด สำหรับคอมพิวเตอร์ความเร็วในการส่งมีให้เลือกตั้งแต่ 110, 200, 300, 1200, 2400, 4600, 9600 บอด และสูงไปกว่านั้นเนื่องจากมี IC หลายเบอร์ทำหน้าที่รับส่งแบบอะซิงโครนัสให้ใช้การส่งแบบอนุกรม สำหรับมาตรฐานพอร์ทอนุกรมจะได้กล่าวถึงในหัวข้อต่อไป จะเห็นว่ากลไกในการซิงโครนัสของการสื่อสารแบบอะซิงโครนัสมีลักษณะเป็นไปทีละตัวอักระ จำนวนพัลส์ของสัญญาณที่ส่งออก ยังมีบางส่วนใช้ในการควบคุมการส่งอยู่อันได้แก่ บิตสตาร์ท บิทสต๊อป และบิทพาริตี้ ทำให้ความเร็วการส่งอักระต่อวินาทีน้อยลงไป

2.3.6 <u>มาตรฐาน RS-232C</u>

มาตรฐานการส่งข้อมูลมีด้วยกันหลายระบบหลายรูปแบบเช่น มาตรฐาน RS-232C, RS-423 หรือ RS-449 เป็นต้น แต่ที่นิยมมากในปัจจุบัน คือ มาตรฐาน RS-232C แนวโน้มที่ทำให้มาตรฐาน RS-232C ได้รับความนิยมอย่างมากมาย ซึ่งพอจะรวมตามจุดเด่นเป็นข้อ ๆ ได้ ดังนี้

1. ความเรียบง่าย ซึ่งหมายถึงการใช้จำนวนสายเพียง 3 เส้นเท่านั้น ก็สามารถสื่อสารแบบ full Duplex ได้ถึงแม้จะกล่าวกันว่าการส่งแบบอนุกรมช้ากว่าการส่งแบบขนานซึ่งก็เป็นจริง ตามหลักการแต่ความช้าของการส่งแบบอนุกรมก็ยังเร็วมากในแง่การใช้งานจริง ความเรียบง่ายของจำนวนสายของ RS-232C นับว่าเป็นจุดเด่นซึ่งจะทำให้ทุกอย่างที่ตามมาเรียบง่ายไปด้วย ไม่ว่าจะเป็นขั้วต่อ ราคาของสายและยังต่อได้ไกลอย่างเพียงพออีกด้วย

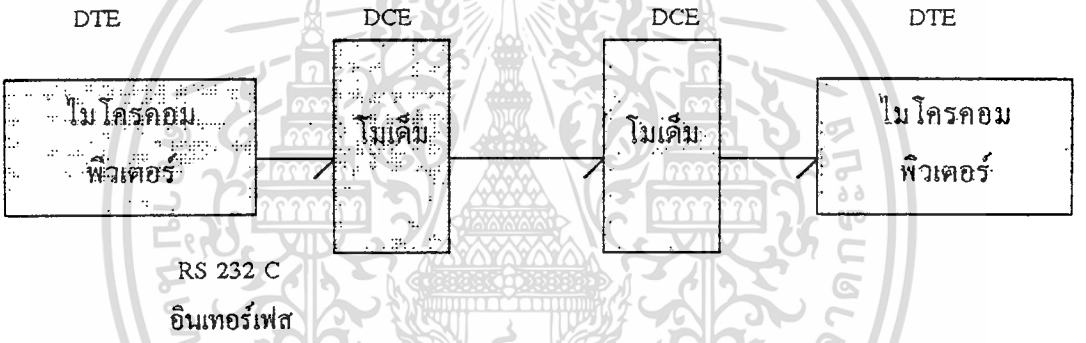
2. การสื่อสารแบบ full Duplex คือความสามารถในการสื่อสารแบบโต้ตอบกันได้ในเวลาเดียวกัน ซึ่งลักษณะนี้จะตอบสนองการทำงานในแบบที่เรียกกันว่า Interactive (เช่นการใช้ภาษา Basic-52 ของ 8052 นั่นเอง) อีกทั้งยังรองรับการใช้งานอื่น ๆ ในทำนองเดียวกัน และเนื่องจากความเป็นอนุกรมนี่เอง ที่ทำให้การสื่อสารเกิดช่วงเวลาว่างระหว่าง Byte ซึ่งเวลาว่างนี้จุดนี้เป็นจุดที่ทำให้เราสามารถใช้ CPU ได้เต็มประสิทธิภาพมากขึ้นเพื่อให้เกิดการทำงานอย่างอื่นได้

3. ความยืดหยุ่นสูง เนื่องจาก RS-232 สามารถกำหนด Parameter ต่าง ๆ ในการสื่อสารได้ เช่น Buad Rate, Parity, Data Bit และตัวอื่น ๆ อีก จึงทำให้เกิดความยืดหยุ่นสูง เช่นสมมุติเกิดปัญหาเรื่องความยาวของสายเราสามารถลด Buad Rate ลงได้เพื่อให้ได้ความมากขึ้น หรือถ้าข้อมูลที่ส่งเป็นข้อมูลระบบ 7 บิท เราก็สามารถลด Data bit ให้เป็น 7 บิท เพื่อประหยัดเวลาได้

โดยปกติไมโครคอมพิวเตอร์จะมีพอร์ทที่เป็นแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 C อยู่ในตัวเองอยู่แล้ว แต่ถ้าไม่มีมากับเครื่องอย่างเช่น IBM PC จำเป็นจะต้องมีการ์ด ที่เรียกว่าอะซิงโครนัสอะแดปเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Asynchronous communication Adapter) มาเสียบใส่ RS-232C เป็นมาตรฐานเผยแพร่โดยสมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิคส์ (Electronics Industry Association, EIA) ซึ่ง RS ย่อมาจาก Recommend Standard และชื่อที่เป็นทางการของมาตรฐานคือ "Interface Between Data Terminal Equipment and Data communication Equipment Employing Serial Binary Data Interchange" หรือเรียกสั้น ๆ ว่า RS-232C จุดประสงค์ของมาตรฐานตัวนี้ก็เพื่อบรรยายคุณลักษณะของการเชื่อมต่ออุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง (Data Terminal Equipment DTE) กับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล (Data Communication Equipment DCE) สำหรับผู้ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ DTE ก็หมายถึงตัวไมโครคอมพิวเตอร์ DCE ก็หมายถึง โมเด็มหรืออุปกรณ์อื่น ๆ เช่น เครื่องพิมพ์ที่รับสัญญาณแบบอนุกรม ซึ่งอาจเป็นได้ทั้ง DTE และ DCE ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต ข้อแตกต่างของ DTE และ DCE จะเห็นได้จากรูปที่ 6.5 การรับส่งข้อมูลตามมาตรฐาน RS-232 C จะเป็นการรับส่งข้อมูลอนุกรมแบบ Asychronous ดังที่ได้อธิบายมาแล้วในตอนต้น



รูปที่ 2.10 การใช้ RS-232C เชื่อมต่ออุปกรณ์

ความจริงอีกประการหนึ่งของ RS-232C ก็คือ ความเร็วและระยะทางของการเชื่อมต่อ RS-232C สามารถเชื่อมต่อการถ่ายโอนข้อมูลได้จาก 0-20,000 บิทต่อวินาที ซึ่งเพียงพอสำหรับไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดอัตราบอด 110 ถึง 9600 ความยาวของสายเชื่อมต่อโดยสัญญาณตามมาตรฐานของ RS-232C จำกัดอยู่แค่ 50 ฟุต ซึ่งเพียงพอสำหรับการสื่อสารไมโครคอมพิวเตอร์

2.3.6.1 <u>ลักษณะของสัญญาณ RS-232C</u>

เพื่อเป็นหลักประกันว่าข้อมูลถูกส่งออกไปอย่างถูกต้อง และอุปกรณ์ถูกควบคุมอย่างถูกต้อง จำเป็นจะต้องมีข้อตกลงกันในเรื่องของสัญญาณที่ใช้ มาตรฐาน RS-232C กำหนดย่านของแรงดันไฟฟ้าในสัญญาณดังแสดงในตารางที่ 2.1 และรูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันไฟฟ้า	สถานะทางลอจิก	สถานะการของสัญญาณ	ฟังก์ชันในการควบคุม
บวก	0	สเปซ	ออน
ลบ	1	มาร์ค	ออฟ

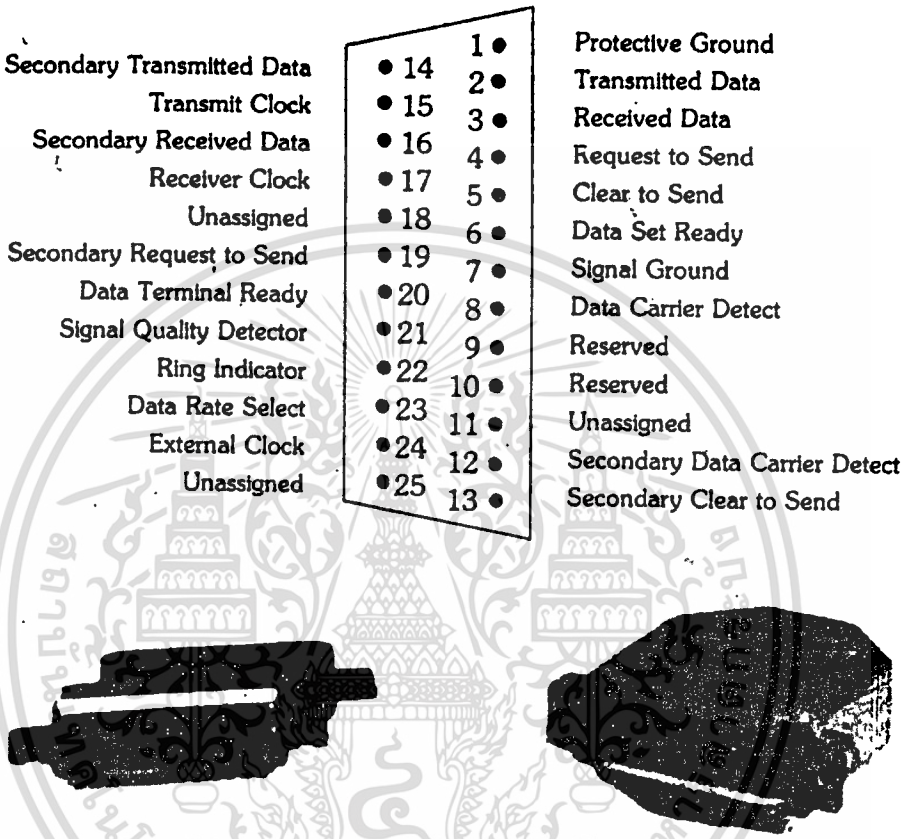
ตารางที่ 2.1 แสดงมาตรฐานการใช้แรงดันไฟฟ้าใน RS-232

สำหรับไมโครคอมพิวเตอร์บางเครื่องใช้แต่สัญญาณลอจิกออกมาเป็นสัญญาณของ RS-232C เลย อย่างเช่น อะซิงโครนัสอะแดปเตอร์ของ IBM PC ในกรณีเช่นนี้ระยะทางของสายที่เชื่อมต่ออาจจะไปได้สั้นกว่า 50 ฟุต ดังที่กล่าวเอาไว้เนื่องจากระดับของกราวด์เปลี่ยนแปลง อันเนื่องจากสูญเสียไปในความต้านทานของสาย ผู้ที่เคยใช้ IBM PC อาจจะเคยประสบกับปัญหานี้มา แล้วว่าทำไมต่อสัญญาณ RS-232C เกินกว่า 10 ฟุต แล้วใช้งานไม่ได้ แต่อย่างไรก็ตาม RS-232C ของ IBM PC ยังมีโอกาสให้เลือกใช้ 20 มิลลิแอมแปร์กระแสวนกลับแทนแรงดันไฟฟ้า (20 mA Loop)

รูปที่ 2.11 ย่านของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในสัญญาณ RS-232C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6.2 การกำหนดจุดข้อต่อของ RS-232C



รูปที่ 2.12 การกำหนดของข้อต่อ RS-232C

ในทางฟิสิกส์แล้ว มาตรฐานของ RS-232C กำหนดข้อต่อแบบ DB-25 แต่ละขาของข้อต่อกำหนดไว้ดังรูปที่ 2.12 ตัวเมียของข้อต่อควรจะอยู่ที่ตัวโมเด้มขณะที่ตัวผู้ควรจะอยู่ที่อะซิงโครนัสอะแดปเตอร์ หรือที่ตัวไมโครคอมพิวเตอร์เอง อย่างไรก็ตามผู้ผลิตหลายรายไม่ได้ทำตามกฎเกณฑ์ที่ว่านี้

สัญญาณต่าง ๆ ถูกมอบหมายให้ทำหน้าที่ดังนี้

Transmit Data (TD ขาที่ 2)

เป็นสัญญาณที่ส่งออกจาก DTE (หรือตัวไมโครคอมพิวเตอร์) ไปยังโมเด้ม หรือต่อเข้าโดยตรงกับไมโครคอมพิวเตอร์ตัวอื่น หรือ เครื่องพิมพ์ เมื่อไม่มีสัญญาณส่งออก สถานภาพของลอจิกที่ขานี้จะมีค่าเท่ากับ '1' หรือเทียบเท่ากับสต๊อปบิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Receive Data (RD ขาที่ 3)

เป็นทางของสัญญาณเข้าไปยัง DTE หรือไมโครคอมพิวเตอร์ เมื่อไม่มีสัญญาณรับเข้ามา ขานี้จะมีสถานภาพทางลอจิกเป็น "1"

Request To Send (RTS ขาที่ 4)

ใช้สำหรับส่งสัญญาณไปยังโมเด้ม หรือ เครื่องพิมพ์ เป็นการเรียกร้องที่จะส่งสัญญาณมาทางขา 2 สัญญาณนี้ใช้คู่กับ CTS หรือ Clear To Send อุปกรณ์รับหากได้รับสัญญาณ RTS จะตรวจสอบตัวเองว่าพร้อมจะรับสัญญาณได้หรือยัง หากพร้อมที่จะรับก็ส่งสัญญาณออกไปที่สาย

CTS Clear To Send (CTS ขาที่ 5)

ดังอธิบายไว้ใน RTS เมื่อสัญญาณนี้อยู่ในสถานะออก (NEGATIVE VOLTAGE หรือลอจิก "1") หมายความว่าอุปกรณ์รับกำลังบอกว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลแล้ว

Data Set Ready (DSR ขาที่ 6)

เมื่อสัญญาณนี้อยู่ในสถานะออน (หรือลอจิก "0") เป็นการบอกไมโครคอมพิวเตอร์หรือฝ่ายส่งว่าโมเด้มต่อเข้ากับสายโทรศัพท์เรียบร้อยแล้ว และพร้อมที่จะส่งได้แล้ว

Signal Ground (SG ขาที่ 7)

SG ทำหน้าที่เป็นระดับแรงดันอ้างอิงสำหรับทุก ๆ สายของสัญญาณ จะมีแรงดันเป็น "0" เมื่อเทียบกับสัญญาณตัวอื่น

Carrier Detect (CD ขาที่ 8)

โมเด้มจะส่งสัญญาณที่อยู่ในสถานะออน (ลอจิก "0") ไปบอกไมโครคอมพิวเตอร์เมื่อได้รับสัญญาณจากโมเด้มของอีกฝ่ายหนึ่ง สัญญาณนี้จะนำไปจุด LED บอกว่าได้รับสัญญาณจากโมเด้มอีกฝ่ายหนึ่งแล้ว ไฟ LED จะอยู่บนหน้าปัดของโมเด้มเอง

Data Terminal Ready (DTR ขาที่ 20)

คอมพิวเตอร์เปิดสัญญาณนี้ให้ออน (ลอจิก "0") เมื่อพร้อมที่จะติดต่อกับโมเด้ม โมเด้มส่วนมากจะไม่รายงานสถานภาพของตัวเอง (CD, DSR และ CTS) ให้คอมพิวเตอร์ หากคอมพิวเตอร์ไม่เปิดสัญญาณ DTR

Ring Indicator (RI ขาที่ 22)

สัญญาณนี้ใช้ในโมเด้มที่เป็นระบบตอบได้อัตโนมัติ (AUTO-ANSWER) สัญญาณนี้จะออนเมื่อสัญญาณกระดิ่งมา และออฟระหว่างเสียงดังของกระดิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

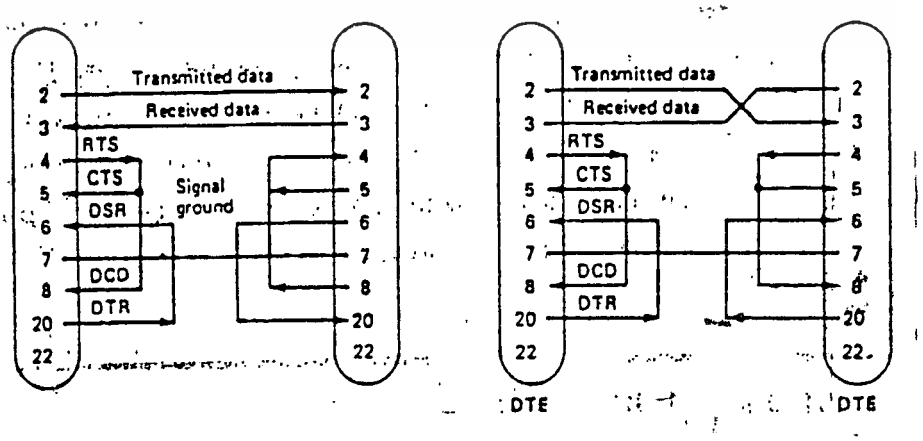
บางทีอาจจะสับสนระหว่างสถานภาพของลอจิกกับสถานภาพของสัญญาณโดยปกติ เราจะคุ้นเคยอยู่กับความรู้สึกที่ว่า เมื่อแรงดันเป็นบวก หรือสัญญาณออน ลอจิกน่าจะเป็น '1' สำหรับสัญญาณต่าง ๆ ที่กล่าวมานี้จะมีลักษณะตรงกันข้าม ที่ต้องกำหนดกฎเกณฑ์ออกมาอย่างนี้ ก็เพราะว่าแต่เดิมนั้นการติดต่อกันทางโทรเลข การทำงานของสัญญาณจะต้องครบวงจรทั้งฝ่ายส่งและฝ่ายรับ เมื่อลอจิกเป็น '0' หรือขณะที่ไม่มีอะไรส่งควรจะมีสัญญาณทางไฟฟ้าครบวงจรอยู่ตลอดเวลา จะได้รู้ว่าวงจรไม่ขาดระหว่างทางตรงไหน การที่จะรู้ว่าวงจรครบอยู่ตลอดเวลาก็โดยการให้ค่าแรงดันที่ฝ่ายส่ง ดังนั้นจึงถือกันว่าสัญญาณไฟบวกใช้เป็นลอจิก '0'

2.3.6.3 <u>การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับคอมพิวเตอร์โดยตรง</u>

ในบางครั้งเราอาจจะต้องการย้ายข้อมูล จากคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่ง แน่นอนถ้าหากว่าไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้มีดิสค์เก็ตต์ และเป็นชนิดเดียวกันเราก็เพียงแต่ก๊อปปี้ลงบนดิสค์เก็ตต์แล้วก็นำไปใช้อีกเครื่องหนึ่ง ถ้าหากว่าเป็นคนละยี่ห้อ คนละ OS วิธีดังกล่าวจะใช้ไม่ได้ผล เพราะการบันทึกลงบนดิสค์ของคอมพิวเตอร์แต่ละยี่ห้อ หรือ OS แต่ละชนิด ส่วนมากจะไปด้วยกันไม่ได้ คือ อีกเครื่องหนึ่งจะอ่านไม่ออก

หนทางที่จะแก้ปัญหา ก็คือการต่อเครื่องคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกัน โดยใช้ RS-232C แล้วถ่ายโอนข้อมูลจากเครื่องหนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่ง วิการต่อแบบนี้เรียกว่า NULL MODEM คือ ไม่ใช้โมเด็มนั่นเอง (กรณีที่ระยะทางไม่เกิน 60 ฟุต)

วิธีการต่อ RS-232C เข้าระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์โดยตรงมีอยู่หลายวิธีตามแบบของการที่จะใช้ ถ้าไม่ต้องการให้มีการตรวจสอบสัญญาณกัน ก็ต่อ RD เข้า TX ของอีกเครื่องหนึ่ง สายกราวด์ต่อถึงกันดังรูปที่ 2.13 ก็สามารถใช้งานถ่ายโอนข้อมูลได้แล้ว ปกติ OS ที่ให้บริการเกี่ยวกับพอร์ท RS-232C จะส่งสัญญาณ RTS หรือ Request To Sent ออกมาที่ขา 4 ก่อน เมื่อ CTS หรือ Clear To Sent ที่ขา 5 เป็นลอจิก '1' (หรือไฟลบ) จึงจะเริ่มทำการส่งข้อมูลที่โอเปอเรเตอร์บอกให้ส่งออกไปที่ขา 2 ในกรณีที่เป็นการต่อแบบง่าย ๆ

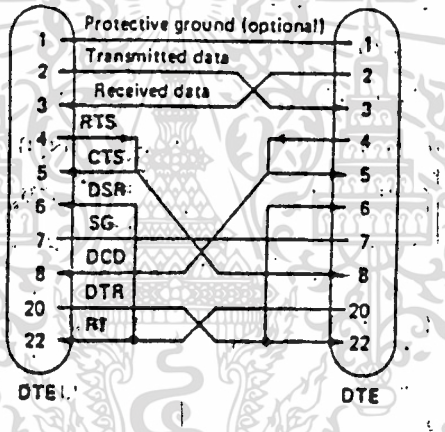


รูปที่ 2.13 การต่อ RS-232C ระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์อย่างง่าย ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.13 เพื่อให้คอมพิวเตอร์ส่งข้อมูลได้ทันที โดยไม่ต้องการความเรียบร้อยของฝ่ายรับ สำหรับขา 6 Data Set Ready ต่อเข้ากับขาที่ 20 Data Terminal Ready ก็ทำนองเดียวกัน โดยปกติคอมพิวเตอร์จะถามอุปกรณ์ที่ต่อพ่วงกับ RS-232C ว่าพร้อมที่จะส่งแล้วหรือยัง โดยส่งสัญญาณถามที่ขา 20 และรอคำตอบที่ขา 6 ซึ่งเป็นการหลอกคอมพิวเตอร์เหมือนกันคือ ถามที่ขา 20 ก็ได้รับคำตอบกลับที่ขา 6 ทันที

ในการต่อแบบนี้ฝ่ายรับจะต้องรอรับอยู่ก่อนแล้ว ก่อนที่ฝ่ายส่งจะเป็นผู้ส่ง ไม่เช่นนั้นข้อมูลที่ส่งออกมาจะหายแน่นอน เพราะฝ่ายส่งไม่ได้ตรวจสอบความเรียบร้อยของฝ่ายรับก่อน เราอาจจะต่อสายให้มีการตรวจสอบสัญญาณโต้ตอบ (HAND SHAKE) ที่ดีกว่านี้ ดังรูปที่ 2.14

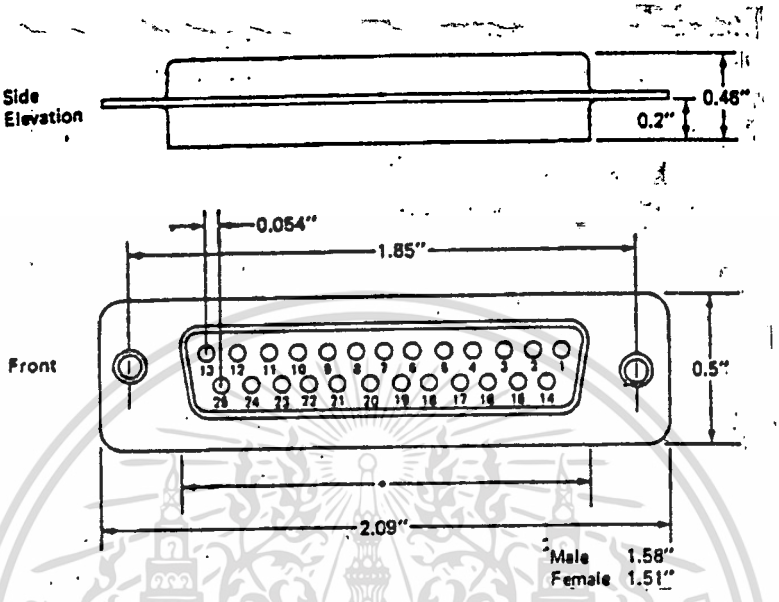


รูปที่ 2.14 การต่อไมโครคอมพิวเตอร์ผ่าน RS-232C แบบมี HAND SHAKE

ในกรณีเช่นนี้ มีการโต้ตอบที่ดีขึ้น เมื่อฝ่ายรับยังไม่พร้อมที่จะรับ ก็จะยังไม่มีสัญญาณ RTS ออกมา (พอร์ทอนุกรมยังไม่เปิด หรือ OPEN "COM1" ในภาษาเบสิก ยังไม่ถูกเอ็กซิคิวท์) ฝ่ายส่งซึ่งถือเอา rts ของฝ่ายรับเป็น CTS ก็จะยังไม่ส่ง

สำหรับรายละเอียดทางกลของปลั๊กตัวผู้ (DB-25-P) และปลั๊กตัวเมีย (DB-25-C) แสดงไว้ในรูปที่ 6.10 ให้สังเกตว่าคอนเนคเตอร์ตัวผู้จะใช้กับ DTE ส่วนคอนเนคเตอร์ตัวเมียจะใช้กับ DCE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 ลักษณะทางกลของคอนเนคเตอร์แบบ DB-25

2.4 การเขียนโปรแกรมบนไมโครซอฟท์วินโดวส์

ในปัจจุบันโปรแกรมไมโครซอฟท์วินโดวส์ เป็นโปรแกรมที่ถูกนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ใช้งานง่าย มีความสวยงาม อีกทั้งยังมีโปรแกรมแอพพลีเคชั่นต่าง ๆ ที่สามารถทำงานสนับสนุนบนวินโดวส์ ให้เลือกใช้อย่างมากมาย

บริษัทไมโครซอฟท์ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมวินโดวส์ มาตั้งแต่ปี 2528 วินโดวส์ในรุ่นแรกได้ออกแบบขึ้นมา เพื่อไล่ตามฮาร์ดแวร์ที่พัฒนาไปไกลแล้ว วินโดวส์ในสมัยรุ่น 2.0 นั้นมีราคาถูกมาก อย่างไรก็ตาม วินดดวส์รุ่น 2.0 ใช้ทรัพยากรสูง ต้องใช้หน่วยความจำมาก และทำงานได้ช้า ประจวบกับโปรแกรมประยุกต์มีจำกัด คงมีเฉพาะของบริษัทไมโครซอฟท์เอง เช่น ไมโครซอฟท์เวิร์ด เอ็กซ์เซล ต่อมาก็มีเพจเมคเกอร์ และโปรแกรมที่ประยุกต์เฉพาะเพิ่มเติมขึ้น

ไมโครซอฟท์ได้พัฒนาเพิ่มเติมจนได้วินโดวส์ 3.0 ในปี พ.ศ. 2533 และพัฒนาก้าวขึ้นมาเป็นวินโดวส์รุ่น 3.1 ณ จุดนี้เองที่ไมโครซอฟท์ได้ปรับปรุงจนสามารถทำให้ผู้ใช้นิยมชมชอบและแพร่หลายเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

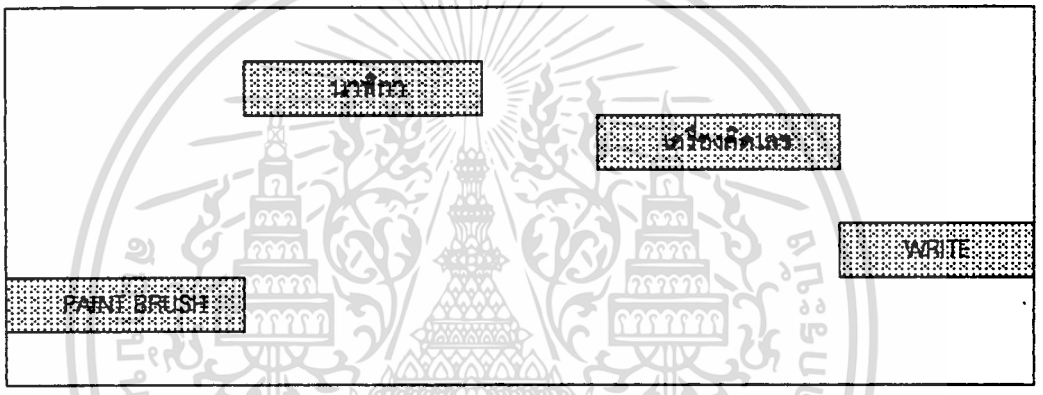
2.4.1 จุดเด่นของโปรแกรมไมโครซอฟท์วินโดวส์

โปรแกรมไมโครซอฟท์วินโดวส์ รุ่น 3.1 มีจุดเด่นอยู่มากมายหลายประการคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.1 GUI ที่ใช้ง่าย

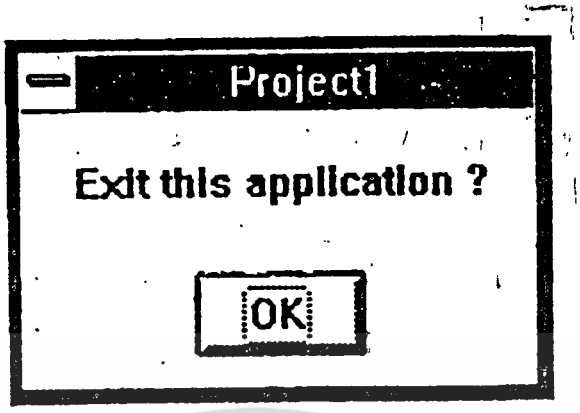
GUI ย่อมาจาก Graphical User Interface ซึ่งเป็นการติดต่อกับผู้ใช้คอมพิวเตอร์โดยใช้รูปภาพ, รูปกราฟฟิก หรือรูปสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่แสดงออกทางจอภาพแทนข้อความต่างๆ เมื่อฮาร์ดแวร์ได้รับการพัฒนาให้ก้าวหน้าขึ้น ทั้งทางด้านความเร็วของซีพียู และการแสดงผลซอฟต์แวร์จึงต้องพัฒนาให้อยู่ในรูปของการใช้งานได้ง่าย วินโดวส์จึงเป็นยูสเซอร์อินเตอร์เฟสที่ดีวิธีหนึ่ง การกำหนดรูปแบบของการใช้เม้าส์และรูปภาพที่อยู่บนจอเป็นวิธีการที่สร้างความรู้สึกได้ดี ดังแสดงในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 ตัวอย่างโปรแกรมประยุกต์ระดับพื้นฐานบนวินโดวส์

อุปกรณ์ที่เป็นอินพุตที่ใช้ในการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ในแบบ GUI โดยปกติจะใช้เม้าส์และคีย์บอร์ด แต่ถ้าใช้เม้าส์จะเกิดความคล่องตัว และใช้งานง่ายกว่าการใช้คีย์บอร์ดมาก ตัวอย่างที่เห็นได้ทั่วไปก็เช่น เมื่อผู้ใช้ต้องการจบโปรแกรม โดยทั่วไปจะมีข้อความแสดงออกมาทางจอภาพ เช่น EXIT (Y/N)? เพื่อถามความแน่ใจ ผู้ใช้ก็กดปุ่ม Y หรือ N เป็นการตอบรับ แต่ในรูปแบบของ GUI จะเกิดบล็อกสี่เหลี่ยมหน้าตาคล้าย ๆ รูปที่ 2.17 ปรากฏขึ้นมาบนจอภาพแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 MESSAGE BOX ของไมโครซอฟท์วินโดวส์

การตอบรับด้วยวิธีนี้ผู้ใช้เพียงแค่เลื่อนเคอร์เซอร์ของเมาส์ไปที่ปุ่ม OK หรือ Cancel แล้วคลิกปุ่มของเม้าส์เพื่อตอบรับ จะเห็นได้ว่าวิธีนี้จะสามารถเข้าใจได้ง่ายกว่า

2.4.1.2 อิสระจากอุปกรณ์

ผู้ใช้โปรแกรมประยุกต์หลาย ๆ โปรแกรมคงจะประสบกับปัญหาต่าง ๆ เช่น เมื่อใช้โลตัสกับจอภาพสี จะต้องติดตั้งให้ใช้กับจอภาพสีโดยเฉพาะ เมื่อเปลี่ยนไปใช้กับจอภาพโมโนโครมก็ต้องติดตั้งระบบใหม่ การที่โปรแกรมประยุกต์ติดพันกับอุปกรณ์ทำให้ยุ่งยาก โดยเฉพาะเมื่อใช้กับเครื่องพิมพ์ เครื่องพิมพ์ก็มีหลายเทคโนโลยี หลายรุ่น หลายแบบ

ครั้นเมื่อใช้โปรแกรมประยุกต์บนวินโดวส์ ไมโครซอฟท์วินโดวส์ มีคุณสมบัติพิเศษ คือ โปรแกรมมีอิสระจากอุปกรณ์โดยส่วนของอุปกรณ์สามารถแสดงผลแบบเท็กซ์ หรือกราฟฟิกบนจอภาพเครื่องพิมพ์ พล็อตเตอร์ หรืออุปกรณ์พิเศษอื่น ๆ ได้

การเขียนหรือพัฒนาโปรแกรมบนวินโดวส์ จึงผลักภาระการจัดการเกี่ยวกับอุปกรณ์ไปไว้บนวินโดวส์ ผู้พัฒนาจึงไม่ต้องพะวงว่าจะมีอุปกรณ์อะไรอยู่บ้าง มีเครื่องพิมพ์กี่แบบ ลักษณะการใช้โปรแกรมประยุกต์ จึงเหมาะสมที่จะใช้กับอุปกรณ์ได้ทุกชนิดที่วินโดวส์มีไว้ให้ และผู้พัฒนาสามารถเพิ่มดีไวซ์ไดรเวอร์ได้ เช่น สามารถเพิ่มฟอนต์ เพิ่มไดรเวอร์ให้เหมาะสมกับฮาร์ดแวร์

2.4.1.3 มัลติทาสกิง

การสร้างวินโดวส์เป็นวิธีการสร้างวิวของการติดต่อ ระหว่างโปรแกรมประยุกต์กับผู้ใช้การเปิดช่องหน้าต่างจึงเปิดได้หลายช่อง แต่จะแอคทีฟเพื่อติดต่อกับผู้ใช้เพียงช่องหน้าต่างเดียว การที่เป็นมัลติทาสกิงทำให้การใช้งานสะดวกขึ้น เช่น รถะพิมพ์งานด้วยเวิร์ดโปรเซสเซอร์ แต่ต้องการใช้โปรแกรมอื่นเพื่อคิดคำนวณตัวเลขก็สามารถใช้เม้าส์เลือกช่องหน้าต่างเพื่อใช้โปรแกรมอื่นก่อน โดยงานที่ทำค้างไว้ไม่มีปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.4 DDE - Dynamic Data Exchange

โปรแกรมประยุกต์ที่ได้รับการพัฒนามา เพื่อใช้งานบนวินโดวส์สามารถส่งผ่านข้อมูล หรือแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างโปรแกรมกันได้ โดยผ่านทางคลิปบอร์ดของวินโดวส์ โปรโตคอลที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนนี้ชื่อว่า DDE เช่น รูปกราฟิคบนฮาร์วาร์ดกราฟิคจะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อ ข้อมูลบนสเปรดชีตของโปรแกรมเอ็กซ์เซลเปลี่ยนแปลงไป

การเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างโปรแกรมนี้เป็นเรื่องที่มีประโยชน์มาก เพราะเป็นการขยายขีดความสามารถของโปรแกรม โปรแกรมแต่ละโปรแกรมที่มีความสำคัญ หรือทำงานเฉพาะด้าน สามารถนำมารวมกันโดยมีวินโดวส์เป็นตัวช่วยจัดการให้ได้

2.4.1.5 การจัดการหน่วยความจำ

โปรแกรมประยุกต์ในดอสเดิม จะได้รับการโหลดลงหน่วยความจำทั้งชุด การจัดการหน่วยความจำทั้งในโหมดจริง (real mode) ในโหมดของดอสนั้น ผู้เขียนโปรแกรมจะสิงคิโลบรารี่เข้ามาไว้ในโปรแกรมของตนเอง แต่ผู้พัฒนาโปรแกรมบนวินโดวส์สามารถให้การจัดสรรหน่วยความจำอยู่ที่วินโดวส์เองได้ วินโดวส์จะดำเนินการกับหน่วยความจำเทียมหรือที่เรียกว่า Virtual mode ให้ได้ และที่สำคัญคือวินโดวส์ใช้หลักการของไดนามิกลิงค์ หลักการนี้ทำให้การใช้งานดอปเจ็กต์โมดูลรวมกันในหลายโปรแกรม ทำให้ขนาดของโปรแกรมประยุกต์โดยรวมมีขนาดเล็กลง และใช้หน่วยความจำได้ประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้คือจุดเด่นของโปรแกรม ไมโครซอฟท์วินโดวส์ ซึ่งทำให้มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย และเป็นแรงสนับสนุนให้มีโปรแกรมบนวินโดวส์ออกมาได้มากและรวดเร็ว ซึ่งการเรียนโปรแกรมประยุกต์บนไมโครซอฟท์วินโดวส์ จะได้กล่าวในหัวข้อต่อไป

2.4.2 การเขียนโปรแกรมประยุกต์บนไมโครซอฟท์วินโดวส์

การเขียนโปรแกรมที่ทำงานบนไมโครซอฟท์วินโดวส์ หรือ ที่เรียกกันว่าโปรแกรมแอพพลิเคชั่นนั้น จะมีลักษณะแตกต่างกับการเขียนโปรแกรมที่ทำงานทั่ว ๆ ไปซึ่งก่อนที่จะลงมือเขียนโปรแกรมวินโดวส์ได้ ผู้เขียนจะต้องมีความคุ้นเคยกับการใช้ซอฟท์แวร์ไมโครซอฟท์วินโดวส์พอสมควร เช่น อาจจะเคยใช้ Painbrush หรือ write เป็นต้น ระบบวินโดวส์ประกอบด้วยอุปกรณ์พื้นฐาน 4 อย่างที่เรียกว่า WIMP ได้แก่ วินโดวส์ (Window), ไอคอน (Icon), เมนู (Menu) และอุปกรณ์ชี้ (Pointing device)

2.4.2.1 แนวความคิดเบื้องต้น

ไมโครซอฟท์วินโดวส์เป็นระบบวินโดว์ ซึ่งสามารถรันได้หลายงานพร้อมกันแต่เป็นระบบหลายงานในลักษณะที่เรียกว่า Non-preemetive นั่นคือ ความสามารถในการรันหลายงานต้องได้จากความร่วมมือของทุก ๆ แอพพลิเคชั่นที่รันในขณะนั้น

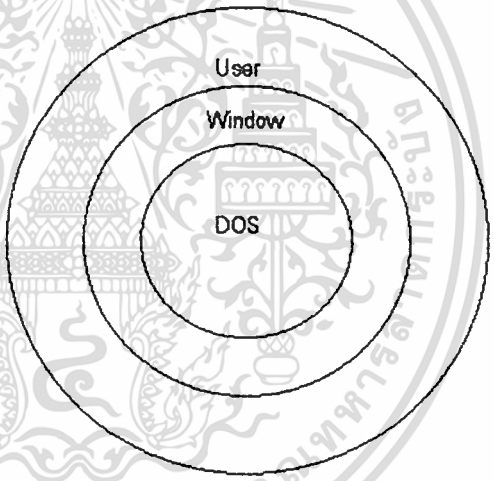
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเขียนโปรแกรมบนวินโดวส์หรือบน GUI อื่น ๆ ต่างจากการเขียนโปรแกรมบนดอสตรงที่ดอสมีลักษณะเป็นงานเดียว โปรแกรมที่รันอยู่จะครอบครองทรัพยากรแต่เพียงผู้เดียว แต่โปรแกรมบนวินโดวส์จะต้องแชร์ทรัพยากรเหล่านี้ร่วมกัน คือเมื่อโปรแกรมใช้ทรัพยากรจนเสร็จเรียบร้อยแล้ว ต้องคืนทรัพยากรให้ระบบกลับคืนไป ซึ่งการที่จะเริ่มใช้เมื่อไหร่ จะคืนให้ระบบตอนไหน คำตอบอยู่ที่ Message ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

2.4.2.2 <u>สถาปัตยกรรมและการทำงานของวินโดวส์</u>

(1) ลักษณะทั่วไป

โปรแกรมไมโครซอฟท์วินโดวส์ เป็นโปรแกรมที่ช่วยให้การใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ วินโดวส์จะอยู่ในตำแหน่งที่ห่อหุ้มดอส และคั่นอยู่ระหว่างดอส กับผู้ใช้ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 แสดงลำดับชั้นของดอส, วินโดวส์และผู้ใช้

(2) Message

Message คือข้อมูลข่าวสารที่บอกว่าเกิดอะไรขึ้นกับโปรแกรม โปรแกรมทำเพียงแค่คอยแมสเสจเหล่านั้น และเมื่อแมสเสจเข้ามา โปรแกรมก็จะตอบสนองต่อแมสเสจเหล่านั้นตามชนิดของแมสเสจ ที่มาของแมสเสจนั้นอาจจะมาจากวินโดวส์หรือมาจากโปรแกรมอื่น ๆ มาได้ โดยโปรแกรมสามารถส่งแมสเสจไปยังโปรแกรมอื่นได้

ตัวอย่างแมสเสจที่เห็นได้ชัดคือ แมสเสจจากอุปกรณ์อินพุต เมื่อมีการคลิกเม้าส์หรือกดคีย์บอร์ด ขณะที่โปรแกรมกำลังรัน วินโดวส์จะจัดการข้อมูลที่มาจากเม้าส์หรือคีย์บอร์ด และสร้างเป็นแมสเสจส่งมาให้โปรแกรมของเรา โปรแกรมก็จะตอบสนองตามชนิดของแมสเสจ เมื่อตอบสนองแล้วก็จะต้องกลับไปคอยแมสเสจอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การที่โปรแกรมจะร่วมมือกันอย่างไร เพื่อให้เกิดระบบหลายงาน และเริ่มใช้ทรัพยากรเมื่อไรและคืนค่าตอนไหน คำตอบอยู่ที่การคอยแมสเสจนี้เอง วินโดวส์จะเอาช่วงเวลาที่โปรแกรมคอยเมสเสจนี้ไปทำอย่างอื่น เช่น ส่งเมสเสจไปยังโปรแกรมอื่น เมื่อโปรแกรมนั้นตอบสนองแมสเสจเสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็จะคอยแมสเสจต่อไปอีก ถึงเวลานี้อาจจะเกิดแมสเสจของโปรแกรม อีกโปรแกรมก็จะตอบสนองต่อแมสเสจนั้น แล้วกลับไปคอยอีก เป็นอย่างนี้เรื่อยไป ซึ่งจะทำให้เป็นระบบหลายงานได้

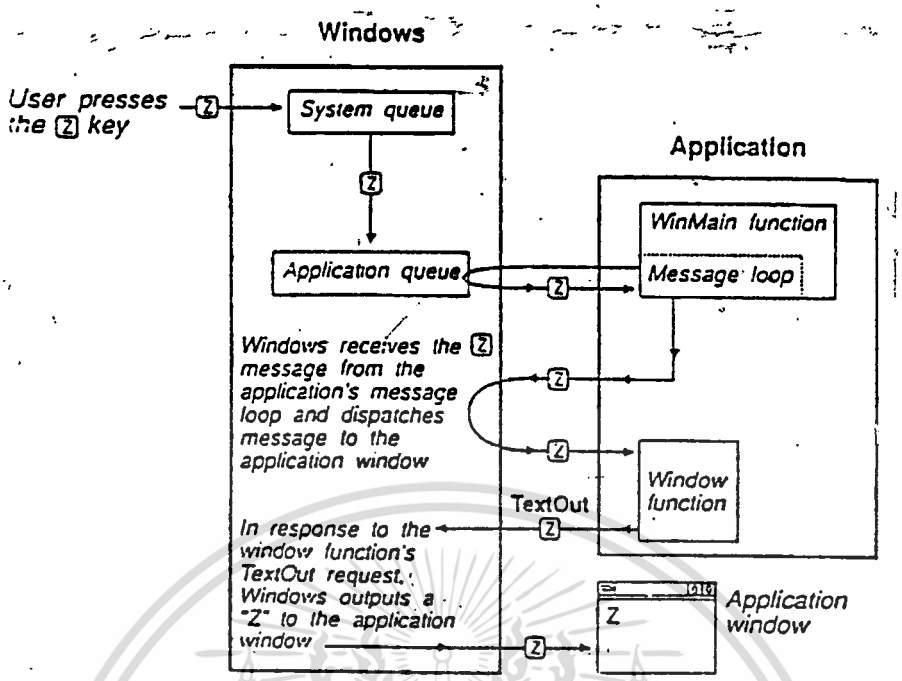
จากการคอยแมสเสจนี้เอง คำถามที่ว่าโปรแกรมจะเริ่มทำงานเมื่อใด คำตอบคือเมื่อมีแมสเสจส่งเข้ามา เมื่อโปรแกรมได้รับแมสเสจก็จะทำการขอใช้ทรัพยากรจากระบบ และเมื่อทำงานเสร็จก็จะคืนทรัพยากรให้ระบบแล้วกลับอยู่ในสภาวะรอคอยแมสเสจ

(3) Message Queue

แอพพลิเคชั่นทุกตัวจะมีสิ่งที่เรียกว่า message queue ซึ่งจะเป็นที่เก็บแมสเสจต่าง ๆ ที่ส่งมาให้แอพพลิเคชั่นนั้น ตามปกติแล้วแอพพลิเคชั่นจะได้รับแมสเสจจาก message queue ของตัวมันเองตามลำดับก่อนหลัง แต่จะมีบางกรณีที่แอพพลิเคชั่นจะได้รับแมสเสจโดยไม่ผ่าน queue

ในมุมของโปรแกรมเมอร์แล้ววินโดว์ (ไม่ใช่ 'วินโดวส์' ซึ่งหมายถึง ไมโครซอฟท์วินโดวส์) คือพื้นที่สี่เหลี่ยมบนจอที่แสดงข้อความต่าง ๆ และใช้รับอินพุตแอพพลิเคชั่นโดยส่วนใหญ่จะมีวินโดวส์หลัก และอาจจะมีวินโดว์ย่อย ๆ อีกก็ได้ วินโดว์ทุก ๆ วินโดว์จะมีวินโดว์ฟังก์ชั่น (window function) ซึ่งจะเป็นฟังก์ชั่นที่คอยรับแมสเสจ และตอบสนองต่อแมสเสจที่ส่งมาให้วินโดว์นั้น จากรูปที่ 7.4 เมื่อผู้ใช้กดคีย์บอร์ด แมสเสจจะเข้าไปที่ใน system queue และวินโดวส์จะนำแมสเสจไปวางไว้ที่ message queue ของแอพพลิเคชั่น แอพพลิเคชั่นซึ่งกำลังคอยแมสเสจ (ใน message loop) ก็จะนำแมสเสจจาก queue ทำการส่งไปให้วินโดว์ฟังก์ชั่นเพื่อประมวลผลต่อไปดังรูปที่ 2.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 แสดงผลการประมวลผลแมสเสจ

2.4.2.3 <u>เครื่องมือพัฒนาโปรแกรมบนวินโดวส์</u>

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาซอฟท์แวร์ที่รู้จักกันดีคือ ภาษาคอมพิวเตอร์ เช่น ภาษาเบสิก, ซี, ปาสคาล เป็นต้น ภาษาคอมพิวเตอร์เหล่านี้เป็นเครื่องมือให้ผู้พัฒนาเขียนโปรแกรมประยุกต์ใช้งานบนวินโดวส์นั่นเอง

บริษัทบอร์แลนด์ได้พัฒนาเทอร์โบปาสคาล และเทอร์โบซีจนเป็นที่แพร่หลายโด่งดังมาก ครั้นถึงยุควินโดวส์ บอร์แลนด์ก็ได้พัฒนาคอมพายเลอร์เทอร์โบปาสคาลสำหรับวินโดวส์ขึ้นทำให้ผู้เขียนโปรแกรมเขียนโปรแกรมประยุกต์บนวินโดวส์ได้ง่าย

สำหรับ บริษัทไมโครซอฟท์ซึ่งเป็นเจ้าของวินโดวส์เอง ได้พัฒนา SDK (Software Development Kit) โดยให้ผู้ใช้เขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี หรือ C++ เพื่อเรียกใช้ไลบรารีใน SDK และ DDK เพื่อเป็นโปรแกรมประยุกต์ในวินโดวส์

นอกจากภาษาปาสคาลและซีแล้ว ยังมีภาษาคอมพิวเตอร์อื่นที่นำมาใช้บนวินโดวส์ได้อีกหลายภาษา เช่น COBOL, FORTRAN, Small Talk และ Visual Basic เป็นต้น และสำหรับในโครงงานปริญญานิพนธ์นี้ จะเลือกใช้ภาษา Visual Basic หรือ VB ของบริษัทไมโครซอฟท์ซึ่งสามารถใช้งานได้ง่าย เพราะมีโครงสร้างภาษาเหมือน Quick Basic ผู้ใช้ที่เคยใช้ภาษา BASIC มาก่อนก็แทบจะเขียนโปรแกรมบนวินโดวส์ได้ทันที เพียงแต่เรียนรู้คำสั่งเพิ่มเติมซึ่งเป็นคำสั่งที่ช่วยให้การใช้ประโยชน์ในสภาพแวดล้อมของวินโดวส์ได้อย่างเต็มที่

คุณสมบัติอย่างหนึ่งของ VB ที่เข้าท่ามาก ก็คือสามารถต่อเติมเพิ่มขยายขีดความสามารถออกไปได้อีก สนับสนุนการเรียกใช้โปรแกรมย่อยร่วมกับ Application ตัวอื่นขณะที่ทำงานได้ คือไม่ได้รวมโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ แสวงหาผลประโยชน์เชิงการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ย่อยนั้นเข้าไปในโปรแกรมหลักขณะคอมไพล์ หรือที่จักกันในนาม DLL (dynamic Link Library) ทำให้โปรแกรมที่ใช้งานไม่กินที่ในหน่วยความจำมากนัก

ข้อดีอันนี้ ทำให้มีการสร้างโปรแกรมเพื่อเพิ่มขีดความสามารถของ VB ได้ และขณะนี้ก็มีอยู่หลายโปรแกรม เช่น โปรแกรม Button Tool, โปรแกรม Custom control Factory เป็นต้น จะเห็นว่า Visual Basic นอกจากใช้งานง่ายแล้ว ยังมีคุณสมบัติพิเศษ คือขยายขีดความสามารถของตัวเองได้ โดยนำโปรแกรมที่บริษัทอื่นสร้างขึ้นเพื่อการนี้มาใช้ร่วมกัน

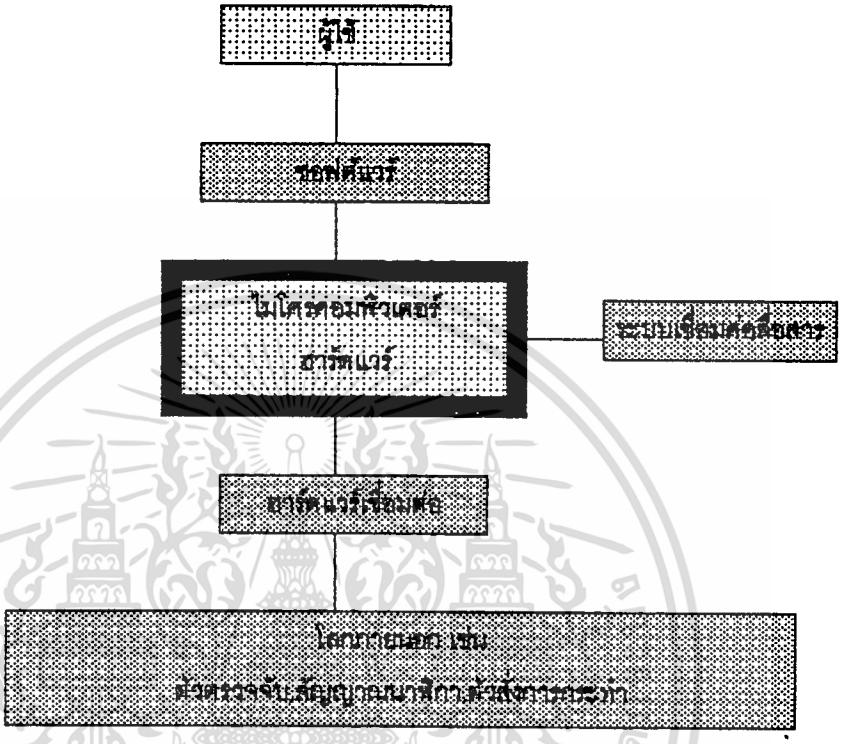
2.5 ดาต้าแอคคิวซิชั่นและคอนโทล

ผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์โดยปกติทั่วไป คงจะเห็นประโยชน์ของคอมพิวเตอร์เพียงแค่งานด้าน เวิร์ดโปรเซสซิ่ง (words processing) งานด้านฐานข้อมูล (data base) งานด้านสเปรดชีต (spreadsheet) หรืองานช่วยออกแบบอย่าง COD และอีกไม่มากงานนัก หากแต่เทคโนโลยีก้าวไปอย่างรวดเร็วซึ่งนับวัน การนำคอมพิวเตอร์พีซีมาประยุกต์ใช้งานในลักษณะเชิงระบบมีมากขึ้นทุกขณะ ไม่ว่าจะเป็นการนำคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้งาน เพื่อเป็นระบบเก็บข้อมูลและควบคุมงานของเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม ห้องแลปทางวิทยาศาสตร์และการแพทย์การประยุกต์ เพื่อใช้เป็นระบบทดสอบคุณภาพเชิงอัตโนมัติ และอีกหลาย ๆ ระบบงาน ซึ่งในประเทศที่เป็นผู้นำแห่งเทคโนโลยีนั้น ได้มีการพัฒนาใช้งานกันอย่างแพร่หลายทีเดียว โดยที่ระบบงานดังกล่าวนี้มีหัวใจหลักอยู่ 2 ประเด็นคือ

- การเก็บข้อมูลจากสัญญาณภายนอกของระบบงานมาไว้ในส่วนเก็บข้อมูลสำรอง
- ส่งสัญญาณออกไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกต่าง ๆ ในระบบงานตามโปรแกรมและข้อมูลที่ได้ประมวลไว้และในลักษณะนี้เองที่เรียกว่า 'DA & C'

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 DA & C คืออะไร?



รูปที่ 2.20 แสดงองค์ประกอบของระบบ DA & C ในคอมพิวเตอร์

DA & C หรือชื่อเต็ม ๆ ว่า data acquisition & control เป็นกระบวนการที่เน้นในการเก็บข้อมูล และควบคุมการทำงานของระบบด้วยเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์ โดยมีโครงสร้างดังในรูปที่ 2.1 กล่าวคือ ในองค์ประกอบหลักของ DA & C จะประกอบไปด้วย ซอฟต์แวร์ประยุกต์ใช้งานที่เขียนขึ้นเพื่องานทางด้าน DA & C โดยเฉพาะซึ่งจะเชื่อมโยงกับระบบฮาร์ดแวร์ของคอมพิวเตอร์ ด้วยทิศทางการไหลของข้อมูลที่เกิดขึ้น และจะมีส่วนฮาร์ดแวร์อีกส่วนเพื่อเชื่อมต่อกับโลกภายนอกไม่ว่าจะเป็นตัวเซนเซอร์ (sensor) ตัวสั่งการกระทำ (actuator) สัญญาณนาฬิกา (clock) เพื่อนำสัญญาณที่เกิดขึ้นเข้า-ออกระบบ ด้วยสล็อตของบัสข้อมูลและในส่วนสื่อสารข้อมูล (communication link) ที่ต้องมีไว้เพื่อสามารถที่จะติดต่อสื่อสารกับระบบ DA & C อื่นได้โดยทั่วไป มักจะใช้ระบบการสื่อสารข้อมูลในมาตรฐาน RS-232C, RS-422 หรือ IEEE-488 อันเป็นมาตรฐานการสื่อสารที่มีผู้ใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วไป

ในประเภทของ DA & C บนระบบคอมพิวเตอร์นั้น สามารถแบ่งได้ใน 3 ลักษณะคือ

- ระบบเอกเทศ (stand-alone systems) ในระบบนี้จะเน้นในลักษณะแผงเฟรมคอมพิวเตอร์และมีส่วนเชื่อมต่อ I/O สำหรับสัญญาณโดยปกติจะเป็นบัสมาตรฐานตามแต่ผู้ผลิต อาทิเช่น VME, STD, Multi-Bus, Q-Bus เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระบบเชื่อมต่อจากภายนอก (external boxes) สำหรับในลักษณะนี้จะเป็นระบบ DA & C ที่มีส่วนเชื่อมต่อ I/O ในตัวเอง ซึ่งมีชื่อเรียกที่คุ้นหูทางการตลาดคือ ฟรอนต์เอนด์คอมพิวเตอร์ (frontend computer) มีการส่งข้อมูลที่เก็บได้ผ่านระบบสื่อสารข้อมูล ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย จำพวกมาตรฐาน RS-422, RS-232C, IEEE-488 ซึ่งในโครงงานนี้ก็จะใช้ระบบเชื่อมต่อจากภายนอกนี้

- แบบเสียบใช้งานบนเครื่องพีซี (PC plug-in boards) จุดสำคัญคือการนำเอาพีซีมาใช้งาน DA & C นั่นเอง และถ้าหากจะเปรียบเทียบคุณสมบัติสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างระบบ DA & C ต่าง ๆ

	ระบบแอกเทค	ระบบเชื่อมต่อจากภายนอก	แบบเสียบใช้งานบนพีซี
ราคา	สูง	สูง	ต่ำ
ซอฟท์แวร์ที่รองรับ	มีจำกัด	มีจำกัด	มีให้เลือกมาก
ความง่ายในการใช้	ขึ้นอยู่กับงาน	ง่าย	ง่าย
อัตราการส่งข้อมูล	เร็ว	ช้า	เร็ว
สภาพรองสัญญาณ	ขึ้นอยู่กับงาน	ดี	ขึ้นอยู่กับสัญญาณ
การขยายจำนวน I/O	ดี	ดีมาก	จำกัด

2.5.2 <u>ขอบเขตในงานของ DA & C</u>

2.5.2.1 เป็นเครื่องข้อมูล (data logging) เช่นในสถานีวัดสภาพอากาศจำเป็นที่จะต้องให้ค่าอุณหภูมิ, ความชื้น, ความเร็วลม และทิศทางลม มาแสดงบนหน้าจอแสดงผล และมีการบันทึกไว้เป็นตารางเวลา คอมพิวเตอร์จะสรุปข้อมูลเป็นผลรวม ค่าสูงสุด-ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยในข้อมูลแต่ละตัว และแสดงการพล็อตออกมาทางเครื่องพิมพ์ ซึ่งในลักษณะนี้ DA & C จะเป็นข้อมูลอย่างเดียว แล้วนำข้อมูลเหล่านั้นไปสรุปและรายงานออกมา

2.3.2 กระทำจัดการข้อมูล (data management) ยกตัวอย่างเช่นในห้องแลปแห่งหนึ่ง แต่ละการทดสอบตามข้อกำหนดชนิดของการวิเคราะห์ด้วยอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ซึ่งในลักษณะนี้เราอาจให้ DA & C ทำหน้าที่พิจารณาในเรื่องของการแซมเปิลสัญญาณ ตารางการวิเคราะห์ในด้านการวัด และเทคนิครายงาน และแสดงผลลัพธ์ที่ได้นั่นคือ ให้ DA & C ดำเนินการในเรื่องข้อมูลทั้งหมดที่จะต้องใช้ในแต่ละวันนั่นเอง

2.3.3 การสื่อสารทางข้อมูล (data communication) เช่น ในบริษัทขุดเจาะน้ำมันแห่งหนึ่งซึ่งมีระบบขุดเจาะที่อยู่กระจายตามส่วนต่าง ๆ ของพื้นที่ในทุกวันจำเป็นที่จะต้องนำข้อมูลเหล่านี้มาพิจารณา และแสดงค่าให้ทราบ แต่จำเป็นต้องกระทำการเปลี่ยนแปลงค่าจากหน่วยขุดเจาะกลางอย่างทันทีทันใด จึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระทำการเชื่อมระบบชุดเจาะทั้งหมดผ่านโมเด็ม ดังนั้นข้อมูลของระบบทั้งหมดสามารถเชื่อมโยงกันได้ด้วยการผ่านระบบสื่อสาร

2.3.4 การผลิตเชิดอัตโนมัติ (manufacturing automation) เครื่องมือเครื่องจักรในการผลิตต่าง ๆ มักจำเป็นต้องการการทำงานในเชิงอัตโนมัติกันทั้งสิ้นอย่างเช่น ในงานเจาะเหล็กแผ่นประกอบชิ้นส่วน ซึ่งจะมีการทำงานที่ต้องใช้ความแม่นยำสูง จึงใช้คอมพิวเตอร์มาใช้ในการควบคุมประสิทธิภาพ เพราะคอมพิวเตอร์สามารถกระทำรูเจาะได้ตามแบบที่กำหนดไว้ได้ อย่างรวดเร็ว และแม่นยำสำหรับชิ้นงานจำนวนเป็นพัน ๆ ชิ้นทีเดียว

2.3.5 การทดลองและปฏิบัติงานเชิงอัตโนมัติ (laboratory automation) ในการทดลองวิเคราะห์ปฏิกิริยาของสารเคมี เพื่อวิเคราะห์ค่าทางเคมีที่เกิดขึ้นโดยการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยตัวตรวจจับค่า pH แล้วนำค่าสัญญาณไฟฟ้าที่ได้เข้าสู่คอมพิวเตอร์ เพื่อนำค่าดังกล่าวให้แสดงออกมาในรูปเชิงเวลา และสุดท้ายจะนำข้อมูลเหล่านั้นมาพิจารณาวิเคราะห์ในสิ่งที่เกิดขึ้น

2.3.6 ระบบแสดงค่าและแจ้งเตือนในสายงานผลิต (process monitoring and alarm) ยกตัวอย่างเช่น ในโรงงานผลิตยาซึ่งจำเป็นที่จะต้องกระทำตลอด 24 ชั่วโมง และจุดสำคัญที่สุดคือ การควบคุมอุณหภูมและความเป็นกรดที่เกิดขึ้นในถังผสมตัวยานั้น จะต้องให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นที่เสียหายต่อการผลิต ดังนั้นจึงนำค่าอุณหภูมิ และค่าความเป็นกรดที่วัดด้วยตัวตรวจจับจากส่วนต่าง ๆ ของถังผลิตยามายังส่วนคอมพิวเตอร์เพื่อนำค่าต่าง ๆ มาแสดงผลต่อผู้ควบคุม และเสริมระบบแจ้งเตือนเมื่อสภาวะในถังผลิตมีความผิดปกติอย่างฉับพลัน

พอสรุปได้เป็นประเด็นคร่าว ๆ สำหรับหน้าที่ของ DA & C ในระบบทำงาน ดังนี้

- อ่านข้อมูลจากตัวตรวจจับและตัวส่งสัญญาณ
- เก็บข้อมูลในรูปแบบที่สามารถเรียกกลับมาใช้งานได้อีก
- แสดงข้อมูลที่เก็บเข้ามา
- วิเคราะห์และจัดการข้อมูล
- สื่อสารข้อมูลกับระบบ DA & C อื่น
- พิมพ์แสดงรายงานและแจ้งเตือน
- ดำเนินการจัดการข้อมูลในลักษณะฐานข้อมูล (database)

ที่กล่าวมาเป็นเพียงลักษณะหน้าที่เบื้องต้นทั่วไป ที่นำคอมพิวเตอร์พีซีมาประยุกต์ใช้งานสำหรับความต้องการในระบบ DA & C สักระบบนั้น จำเป็นต้องวิเคราะห์ถึงความต้องการอย่างละเอียดโดยสิ่งเหล่านี้จะนำไปสู่ระบบ DA & C ที่ถูกออกแบบและสร้างขึ้นมาได้อย่างเหมาะสมกับความต้องการของผู้ใช้เอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 ส่วนประกอบย่อยใน DA & C

จากรูปที่ 2.20 นั้นสามารถแยกย่อยออกมาได้ดังในรูปที่ 2.2 ซึ่งจะเห็นว่าในส่วนของซอฟต์แวร์ที่ใช้งานใน DA & C มีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนคือ

1. ส่วนควบคุม DA & C
2. ส่วนการโปรแกรมทำงานในเวลาจริง
3. ส่วนวิเคราะห์และจัดการข้อมูล

ในส่วนควบคุม DA & C นั้นจะเป็นไปในลักษณะที่พิจารณาถึงกระบวนการทางด้านสายการผลิตที่เกี่ยวข้องกับงานควบคุมในอุตสาหกรรม (process control) โดยตรง เช่นการควบคุมแบบปิด-เปิด (on/off control) การควบคุมแบบ PID การควบคุมแบบหลายรูป (cascade control) เป็นต้น

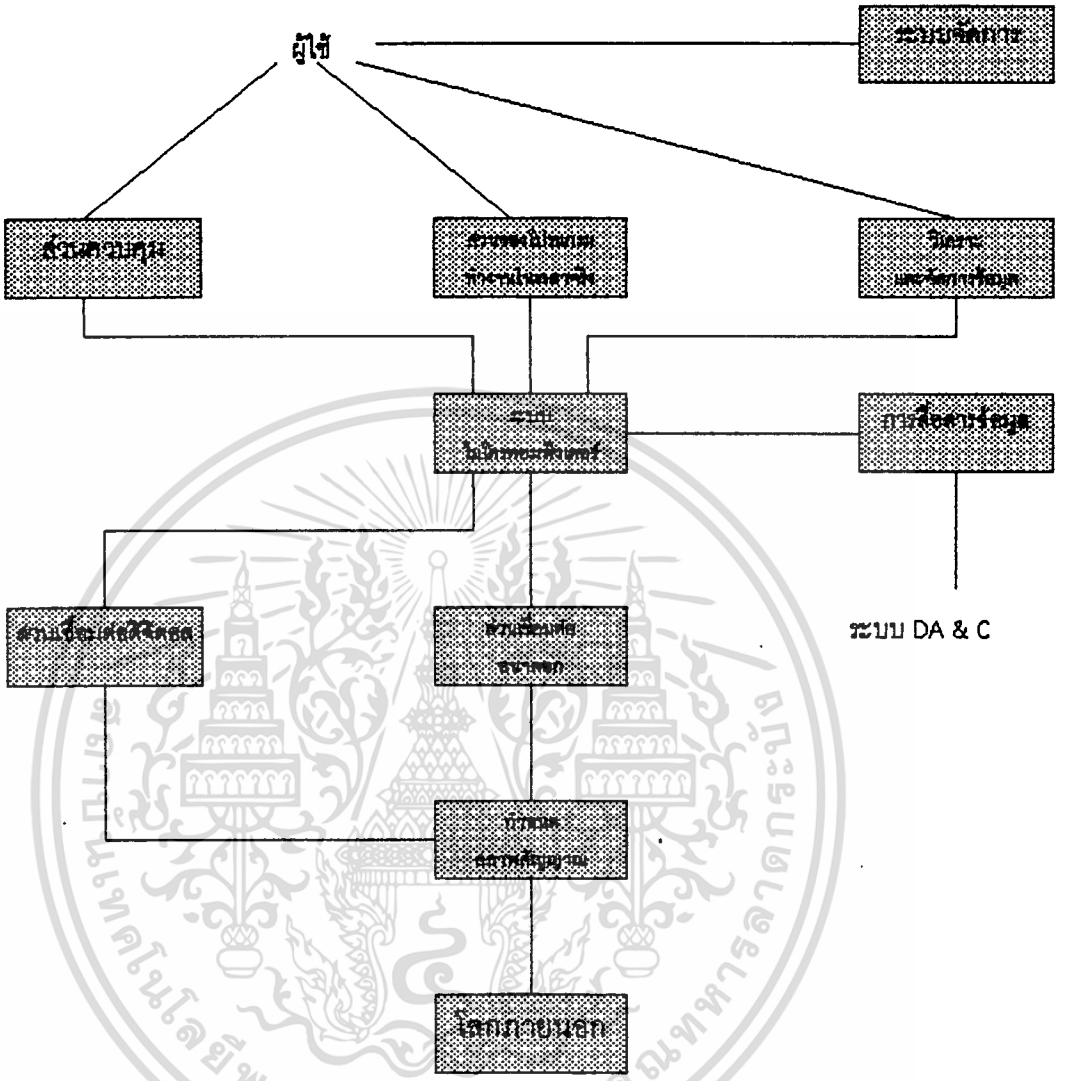
ในส่วนการทำงานเชิงเวลาจริง (real-time programming) มีลักษณะที่สำคัญอยู่สองประการคือ

1. โปรแกรมต้องให้ คอมพิวเตอร์สามารถตอบสนองเหตุการณ์จากภายนอกในขณะนั้นได้อย่างทันทีทันใด

2. การคำนวณ หรือการควบคุมการกระทำต่าง ๆ ต้องมีความสัมพันธ์กับเหตุการณ์ ในส่วนการทำงานเชิงเวลาจริงนับเป็นจุดสำคัญหลัก ของซอฟต์แวร์ประเภท DA & C เลยทีเดียว

ในส่วนวิเคราะห์และเก็บข้อมูลที่จัดการในลักษณะฐานข้อมูล และสเปรดชีต แล้วแต่กรณีโดยปกติข้อมูลที่เก็บนี้ยังต้องสามารถนำไปใช้งาน ในโปรแกรมที่มีลักษณะจัดการที่คล้ายกันได้อีกด้วย เช่น dBASE, Lotus 1-2-3 เป็นต้น และอาจยังมีส่วนประกอบในการวิเคราะห์ หรือข้อมูลในรูปเชิงกราฟ เชิงการคำนวณ เชิงฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์ และเชิงสถิติ เพื่อให้ผู้ใช้มีความสะดวกต่อการใช้งานที่ค่อนข้างมากนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 แสดงส่วนประกอบย่อยใน DA & C บนคอมพิวเตอร์

ในส่วนถัดมา DA & C จะพยายามนำความสามารถของคอมพิวเตอร์พีซีที่มีอยู่มาใช้ให้ได้มากที่สุด ไม่ว่าจะเป็นการใช้กรรมวิธีทางอินเตอร์รัพต์และดีเอ็มเอ (DMA) ที่ทำให้เกิดระบบงานเชิงเวลาจริง (real-time) หน่วยความจำสำหรับการเก็บข้อมูลที่มากพอ ความเร็วที่เหลือเฟือในการกระทำโปรแกรมเชิงมัลติทาสกิ้ง (multitasking) ระบบการคำนวณที่แม่นยำสำหรับฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ และในส่วนท้ายเป็นส่วนประกอบต่าง ๆ ที่เชื่อมต่อกับสัญญาณภายนอกโดยได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนเชื่อมต่อสัญญาณอะนาลอก และดิจิตอล (analog & digital interface) และส่วนปรับสภาพสัญญาณ (signal conditioning) จะกล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

โดยสรุปแล้วในระบบ DA & C บนพีซีนี้ นับได้ว่ามีส่วนประกอบหลายจุดที่น่าสนใจ เพราะผู้ใช้งานทางระบบ DA & C เองจะต้องมีความจำเป็นในการยุ่งเกี่ยวกับสิ่งที่เป็นจริงในโลกภายนอกโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงตัวอย่างตัวตรวจจับบางชนิดและคุณสมบัติบางประการ

	ใช้ในการวัด	คุณสมบัติ
เทอร์โมคัปเปิล	อุณหภูมิ	ใช้หลักการของ ค่าแรงดันแตกต่างที่เกิดขึ้นจากรอยต่อของโลหะสองชนิด เป็นอุปกรณ์พาสซีฟ(PASSIVE) สัญญาณที่ได้จะไม่เป็นเชิงเส้น
เทอร์มิสเตอร์และ RTD	อุณหภูมิ	ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน กับอุณหภูมิและมักใช้กรรมวิธีการต่อแบบบริดจ์ (WHEATSTONE BRIDGE) ซึ่งใน RTD นั้น ให้ค่าสัญญาณเอาท์พุทที่เชิงเส้น และมีย่านการวัดที่กว้าง
ตัววัดความเครียด	ความดัน, น้ำหนัก ระดับของเหลว	ใช้หลักการ เปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานบนแรงกดในต่อหน่วยพื้นที่
สารกึ่งตัวนำ	อุณหภูมิ	ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของสารกึ่งตัวนำตามค่าอุณหภูมิ จำเป็นต้องมีการกระตุ้นทางแรงดันหรือกระแส ส่วนใหญ่จะมีย่านการวัดจำกัด

2.5.4 <u>การตรวจจับและปรับสภาพสัญญาณ</u>

ในระบบ DA & C นั้น จะมีส่วนที่ต้องสัมผัสกับโลกภายนอกที่ค่อนข้างใกล้ชิดที่สุด ซึ่งคงไม่พ้นสิ่งที่เรียกว่าตัวตรวจจับ (sensor) ตัวตรวจจับจะให้ค่าสัญญาไฟฟ้าในลักษณะต่าง ๆ ตามแต่ชนิด ลักษณะ และมาตรฐานของผู้ผลิตในแต่ละราย อาทิเช่น หากต้องการวัดอุณหภูมิก็จำเป็นต้องใช้ตัวเทอร์โมคัปเปิล, เทอร์มิสเตอร์ หรือ RTD สำหรับในตารางที่ 2.2 เป็นตัวอย่างของตัวตรวจจับที่มีใช้กันอยู่ สัญญาณที่ได้จากตัวตรวจจับ อาจจะยังไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานร่วมกับระบบ เนื่องจากลักษณะของสัญญาณอาจจะยังมีสัญญาณรบกวนปะปนอยู่ด้วย ขนาดของสัญญาณที่มีขนาดเล็กเกินไป หรือค่าสัญญาณที่ได้เป็นกระแส แต่ระบบสามารถรับรู้สัญญาณได้ เป็นแบบแรงดัน เป็นต้น ดังนั้น จึงต้องนำมาเข้าสู่กระบวนการที่เรียกว่าปรับสภาพสัญญาณ (signal conditioning) เสียก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการปรับสภาพสัญญาณมีหลักใหญ่หรือจุดประสงค์คือ

- ปรับขนาดสัญญาณให้เหมาะสมกับระบบ โดยส่วนใหญ่จำเป็นต้องทำการขยาย (amplification) เพราะสัญญาณที่ได้มักมีขนาดเล็ก

- กรองสัญญาณ (filtering) เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนใด ๆ ที่ไม่ต้องการออกไป

- ยกระดับสัญญาณ (level shifting) บางครั้งจำเป็นต้องเพิ่มระดับของสัญญาณเพื่อความเหมาะสม

- เพิ่มความเป็นเชิงเส้น (linearing) สัญญาณของตัวตรวจจับบางชนิดมีค่าเอาต์พุตที่ไม่เป็นเชิงเส้นนัก จึงจำเป็นต้องแก้ไข

- เปลี่ยนแปลงรูปแบบสัญญาณ (signal conversion) ในบางครั้งอาจจะจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณจากแรงดัน ให้เป็นกระแสหรือกระแสเป็นแรงดัน หรือความถี่เป็นแรงดันเพื่อให้ระบบสามารถประมวลค่าสัญญาณได้

นอกเหนือไปกว่านั้นในส่วนนี้ยังเสริมลูกเล่นบางประการในการใช้งาน เพื่อความสะดวกและความปลอดภัยของระบบเช่น เพิ่มส่วนเชื่อมต่อสัญญาณแบบแยกส่วน (isolate) ส่วนมัลติเพล็กซ์ (multiplexor) หรือจะเป็นการกำหนดอัตราการขยายสัญญาณโดยผ่านโปรแกรม (programmable gain amplifiers) เป็นต้น

2.5.5 <u>ฮาร์ดแวร์ของ DA & C</u>

เมื่อผ่านกระบวนการจากที่กล่าวมา จนได้รูปร่างของสัญญาณที่ระบบสามารถรับรู้ได้ แล้วก็จะมาเข้าสู่ส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์เชื่อมต่อสัญญาณ หรือการ์ดอินเตอร์เฟส (Interface cards) เพราะทั่วไปจะเป็นลักษณะการ์ดเสียบลงบนเครื่องซึ่งสามารถแบ่งประเภทการ์ด ที่จะรับสัญญาณได้ 4 ลักษณะคือ

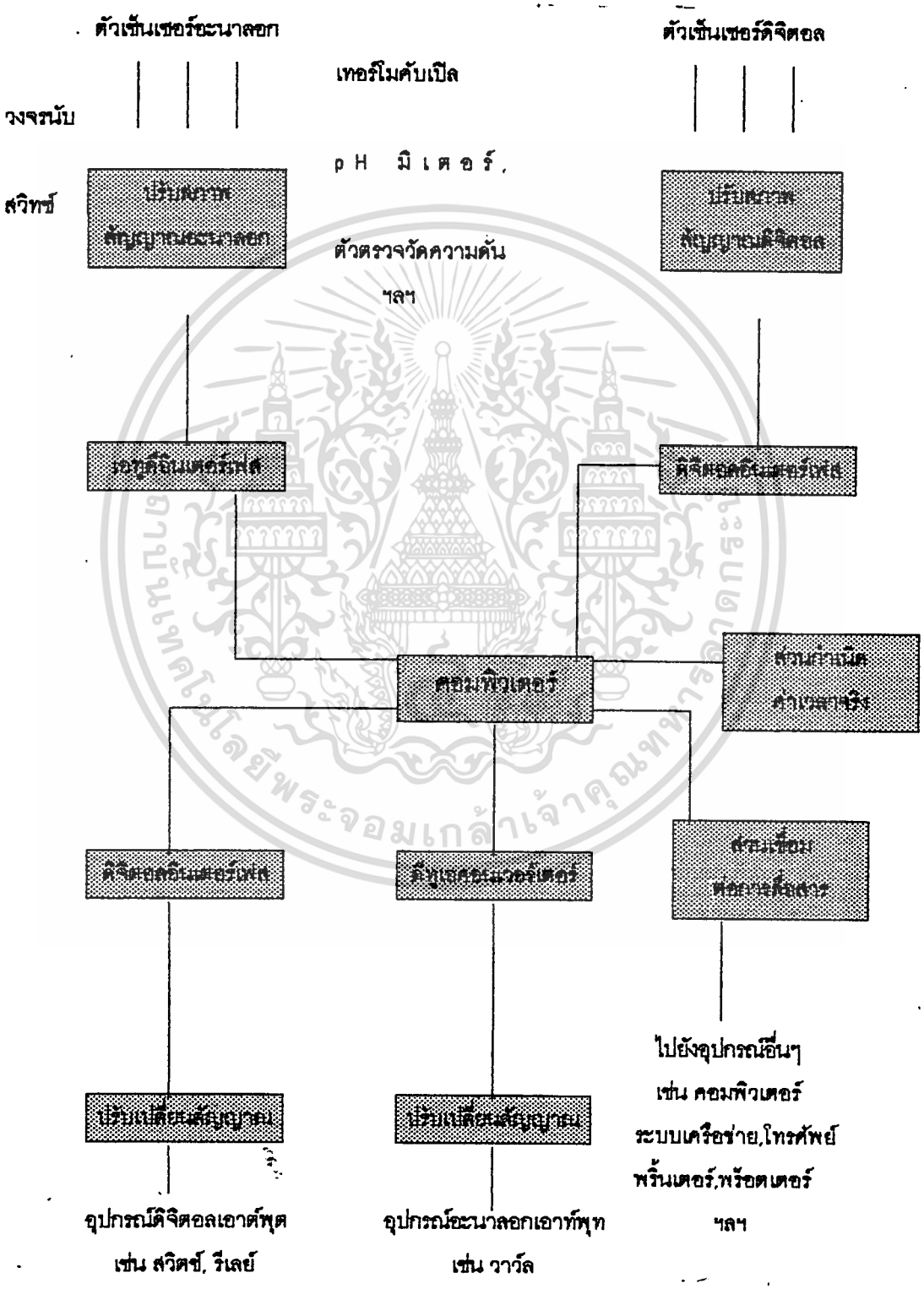
1. การ์ดเชื่อมต่อสัญญาณทางอะนาลอก ในรูปแบบของสัญญาณของระบบ DA & C ส่วนใหญ่จะเป็นสัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาการนำสัญญาณเหล่านี้เข้าสู่ระบบต้องเปลี่ยนสัญญาณอะนาลอกให้เป็นดิจิตอลเสียก่อนและในทางกลับกัน สำหรับด้านเอาต์พุตที่เป็นอะนาลอกก็จะต้องเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลให้เป็นอะนาลอกเช่นกันในการเลือกใช้งาน จะต้องพิจารณาจากส่วนสัญญาณที่มีและต้องการเป็นหลัก ซึ่งจำเป็นต้องพิจารณาจากความละเอียดในการแปลง ช่วงค่าสัญญาณทางอินพุต อัตราการขยาย ความเที่ยงตรง และค่าผิดพลาด ในการวัดอัตราการแซมเปิลและความสามารถในการกระทำ DMA และอินเตอรัพต์ เป็นต้น

2. การ์ดเชื่อมต่อสัญญาณทางดิจิตอล อุปกรณ์ที่ให้ค่าในลักษณะดิจิตอล เช่น สวิตช์ปิด-เปิด ตัวนับ/จับเวลา สัญญาณการแสดงผลของเครื่องมือวัดเป็นต้น เหล่านี้จะมีสัญญาณเป็นดิจิตอลเรียบร้อยแล้วอยู่แต่เพียงจะต้องลดหรือเพิ่มขนาดของสัญญาณปกติ การเลือกใช้จะพิจารณาจากส่วนบัฟเฟอร์ว่าสามารถที่จะรับหรือขับจ่ายสัญญาณได้หรือไม่แค่ไหนอย่างไร

3. การ์ดสื่อสารข้อมูล ในบางกรณีจำเป็นที่จะต้องมีการเชื่อมต่อกับส่วนอื่น เพื่อสื่อสารในด้านข้อมูลต่าง ๆ เช่น การแลกเปลี่ยนข้อมูลกับระบบอื่น การติดต่อที่เป็นลักษณะเครือข่ายการสื่อสารทางเมเต้ม การสื่อสารด้วยระบบมาตรฐาน RS-422, IEEE-4888 ต่าง ๆ เหล่านี้ จะขึ้นอยู่กับรูปแบบในการสื่อสารนั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ในส่วนการ์ดเชื่อมต่อนี้ปกติจะพิจารณาจากจำนวน และรูปแบบของข้อมูลที่มีและความต้องการของระบบเป็นหลัก จึงไม่จำเป็นว่าทุกระบบจะต้องมีส่วนประกอบเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ ที่กล่าวมาทั้งหมด ซึ่งสามารถเรียนเป็นบล๊อคไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 2.22



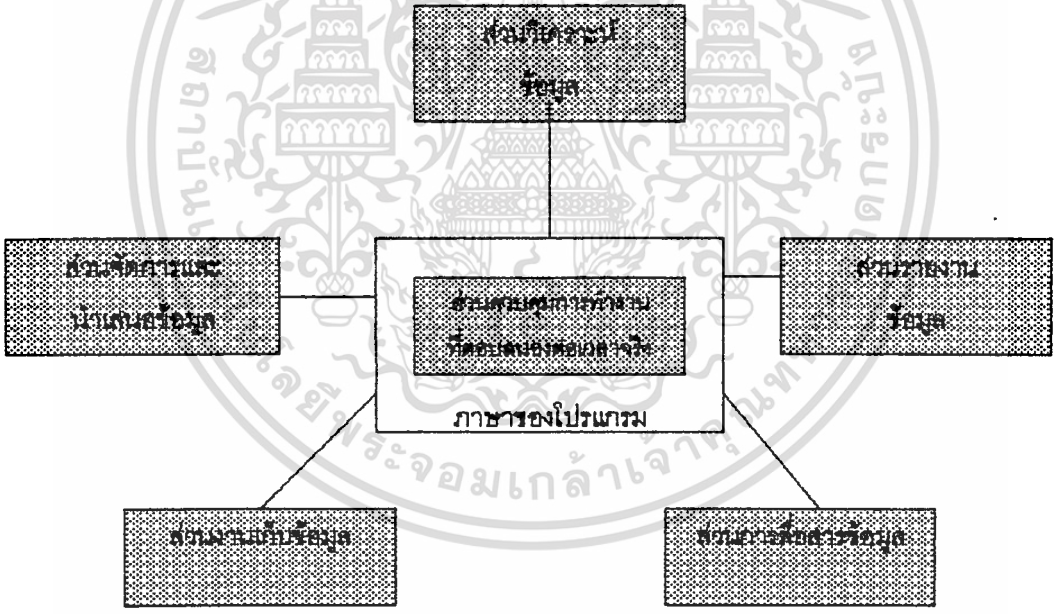
รูปที่ 2.22 บล๊อกไดอะแกรมของส่วนประกอบในส่วนรองฮาร์ดแวร์รอง DA & C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.6 **ซอฟต์แวร์ของ DA & C**

เมื่อพิจารณาตามส่วนประกอบของซอฟต์แวร์ ในระบบ DA & C แล้ว สามารถเขียนเป็นบล๊อกไดอะแกรม ได้ดังรูปที่ 2.4 จะเห็นได้ว่าในระบบจัดการ จะเป็นส่วนควบคุมการทำงานพื้นฐานของระบบทั้งหมด ในลักษณะที่ตอบสนองเวลาจริง (Real Time Operating System : RTOS) โปรแกรมซอฟต์แวร์สามารถจะพัฒนาด้วยโปรแกรมภาษาทั่วไปอย่าง เบสิก ปาสคาล ซี หรือ แอสเซมบลี้ โดย แบ่งฟังก์ชั่นในการทำงานของโปรแกรมได้เป็น 5 ลักษณะคือ

1. ส่วนเก็บข้อมูล ในส่วนนี้โปรแกรมจะเกี่ยวข้องกับระบบฮาร์ดแวร์ของการ์ดเชื่อมต่อโดยตรง ซึ่งจะมีรูปแบบการพัฒนาตั้งแต่การเขียนโดยผ่านภาษาเครื่อง การเรียกใช้งานจากภาษาชั้นสูง และเรียกผ่านทางไดร์เวอร์ซอฟต์แวร์ ที่ทางผู้ผลิตการ์ดมีไว้ให้โดยมุ่งเน้นการเก็บข้อมูลและส่งสัญญาณควบคุมเป็นหลัก จึงจำเป็นต้องให้โปรแกรมในส่วนนี้มีระดับความสำคัญในการเรียกใช้สูง



รูปที่ 2.23 แสดงส่วนประกอบของซอฟต์แวร์ในระบบ DA & C

2. ส่วนวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลต่าง ๆ ที่ถูกเก็บเข้าไว้ในระบบแล้ว ผู้ใช้จะสามารถกระทำการวิเคราะห์ในค่าของข้อมูล ซึ่งมักจะเน้นการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสถิติ ในส่วนนี้จะมีฟังก์ชั่นในการวิเคราะห์ ที่มากน้อยแตกต่างกันไปตามจุดประสงค์ และหน้าที่ของแต่ละแพคเกจซอฟต์แวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ส่วนจัดการและนำเสนอข้อมูล ข้อมูลจำนวนมากที่เก็บเข้ามานั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีส่วนจัดการข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ และสามารถทำให้ข้อมูลมีการเรียกใช้ได้อย่างเหมาะสมกับทุก ๆ ส่วน โดยเฉพาะการเรียกข้อมูลมาใช้งานอีกครั้ง ซึ่งอาจจำเป็นที่จะต้องให้สามารถเรียกใช้งานได้จากโปรแกรมอื่น ๆ ได้ด้วย เช่น โปรแกรม dBASE, Lotus 1-2-3 เป็นต้น

4. ส่วนรายงานข้อมูล เป็นส่วนโปรแกรมที่ดำเนินการรายงานและนำเสนอข้อมูลที่กระทำได้ไปสู่ผู้ใช้งานทั้งในรูปแบบที่เป็น กราฟ ตาราง รูปภาพ โดยสามารถกระทำการรายงานผ่านหน้าจอ เครื่องพิมพ์ ระบบแจ้งเตือน และอื่น ๆ

5. ส่วนสื่อสารข้อมูล เป็นส่วนโปรแกรมที่ต้องมีไว้ เพื่อกระทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับระบบอื่น ซึ่งทำให้การใช้งานของระบบเป็นไปในวงกว้างมากขึ้น ในส่วนโปรแกรมส่วนนี้จะขึ้นอยู่กับระบบสื่อสารที่ต้องการว่าเป็นอย่างไร มีลักษณะขนาดของระบบอย่างไร

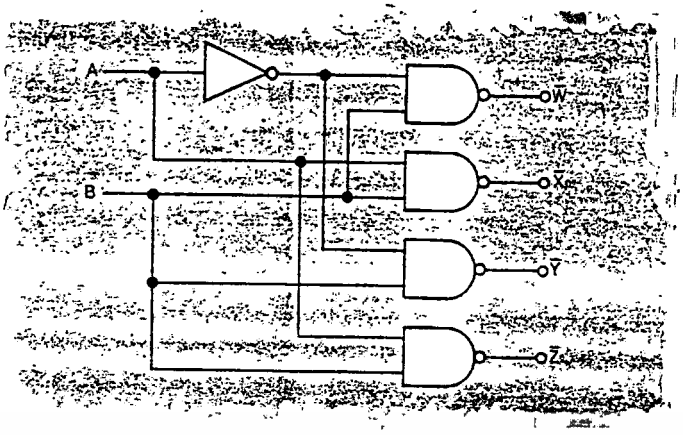
2.6 การถอดรหัสและการเข้ารหัส (DECODER & ENCODER)

2.6.1 ตัวถอดรหัส (decoder)

ในวงจรดิจิตอลทั่วไป การที่จะป้อนข้อมูลให้วงจรทำงานหรือรับผลลัพธ์จากวงจรต้องอยู่ในลักษณะที่ตีความหมายได้โดยง่ายเช่น แป้นกดของเครื่องคิดเลขหรือตัวเลขแสดงผลของนาฬิกา เป็นต้น แต่โดยทั่วไปข้อมูลต่าง ๆ ที่วงจรจะรับรู้และทำงานได้ตามต้องการนั้นจะต้องเป็นเลขไบนารี่ หรือ '0' และ '1' เท่านั้น สภาวะ'0' (LOW) คือระดับแรงดัน มีค่าอยู่ในสภาวะต่ำนั่นเอง ส่วนสภาวะ '1'(HI) ก็คือระดับแรงดันอยู่ในสภาวะสูง เนื่องจากข้อมูลทางดิจิตอลที่เป็นเลขไบนารี่ยากต่อการเข้าใจหรือตีความหมาย ดังนั้นเราจำต้องมีวงจรเปลี่ยนข้อมูลเลขไบนารี่ให้เป็นข้อมูลอย่าง อื่นที่เราทราบความหมายได้ง่าย ลักษณะของวงจรที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงข้อมูลนี้เราเรียกว่า **ตัวถอดรหัส**

นอกจากนี้ตัวถอดรหัส ยังรวมความหมายของวงจรที่ประกอบด้วยอินพุทเป็นค่าทางไบนารี่ที่ประกอบด้วยตัวเลขไบนารี่ N ตัว ซึ่งย่อมจะให้ค่าได้ถึง 2^N ค่า ถ้าเราต้องการทราบว่าอินพุทนั้นเป็นลักษณะของค่าใด เช่นเราต้องการทราบว่าอินพุทที่เข้ามา 1 ค่าที่มี 2 อินพุทนั้น ค่าต่าง ๆ ทางดิจิตอลจะปรากฏออกมาที่เป็นไปได้ คือ 00,01,10 และ 11 รวมทั้งหมด 2^2 หรือ 4 ค่า ดังนั้นเราต้องการจะถอดรหัสว่า อินพุทที่เข้ามานั้นเป็นอะไร เราก็สามารถสร้างวงจรให้แยกรหัสของอินพุทในแต่ละค่าของวงจรที่ทำหน้าที่เช่นนี้แสดงให้เห็น ดังรูปที่ 2.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



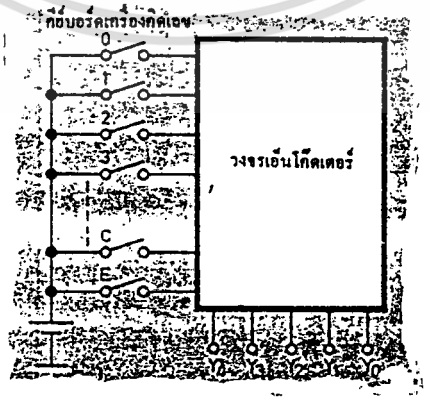
รูปที่ 2.24 วงจรถอดรหัสแบบเบื้องต้น

จากรูปที่ 2.24 เป็นวงจรถอดรหัสของสองอินพุท A,B เช่นถ้า A เป็น '0' B เป็น '0' จะได้เอาท์พุทที่ W เป็น '0' โดยที่เอาท์พุทอื่นเป็น '1' หมด และถ้า A เป็น '0' B เป็น '1' เอาท์พุทจะได้ '0' ที่ X และที่อื่น ๆ จะเป็น '1' หมด ในทำนองเดียวกัน ถ้า A และ B เป็น 10 เอาท์พุทก็จะเป็น '0' ที่ Y และถ้า AB เป็น 11 เอาท์พุทก็จะเป็น '0' ที่ Z โดยที่ค่าอื่น ๆ นอกจากนี้เป็น '0' หมด

วงจรที่แสดงนี้เป็นการแสดงเพียงส่วนเดียวคือ ส่วนของวงจรที่แสดงผล A > B แต่ในปัจจุบันถ้าเราต้องการเปรียบเทียบค่าทางดิจิตอล เรามีไอซีตระกูลทีทีแอลที่สามารถให้ผลลัพธ์ได้ดังกล่าวแล้ว ไอซีที่กล่าวถึงนี้คือ ไอซีเบอร์ 7485 ซึ่งทำหน้าที่เปรียบเทียบข้อมูลสี่บิต

2.6.2 <u>เอ็นโค้ดเดอร์ (encoder)</u>

วงจรดีโค้ดเดอร์เป็นวงจรถอดรหัสที่เป็นรหัส '0' หรือ '1' ของอินพุทหลาย ๆ อินพุทโดยให้เอาท์พุทตามรหัสของอินพุท ส่วนวงจรเอ็นโค้ดเดอร์มีลักษณะการทำงานตรงกันข้ามกับวงจร ถอดรหัส



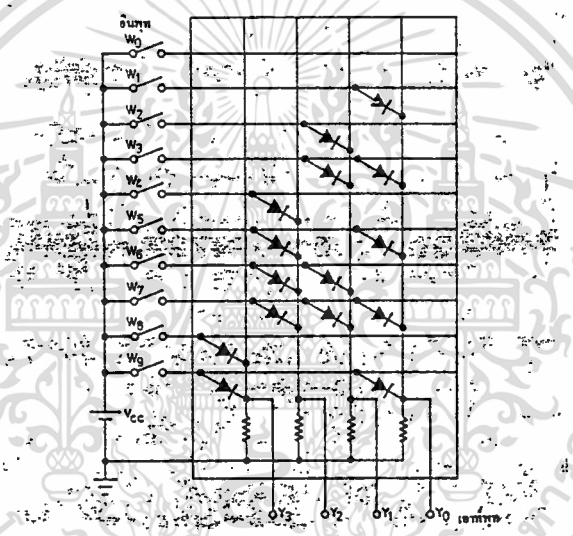
รูปที่ 2.25 แสดงบล๊อกการทำงานของวงจรเอ็นโค้ดเดอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาตัวอย่างวงจรเข้นโค๊ดเดอร์แป้นกดเครื่องคิดเลข เมื่อเรากดแป้นตามหมายเลข ก็จะมีการสร้างตัวเลขตามรหัสที่กด หรือในขณะที่เรากดแป้นคีย์บอร์ดตามตัวอักษรบนเครื่องพิมพ์ข้อมูลสำหรับคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะรับรหัสไบนารี่ที่สร้างด้วยวงจรเข้นโค๊ดเดอร์

เพื่อให้เข้าใจได้ดียิ่งขึ้นขอยกตัวอย่างลักษณะของวงจรเข้นโค๊ดเดอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.25

เมื่อกดสวิทช์ตามแป้นที่กำหนด เอาท์พุท Y^0-Y^4 ก็จะได้รหัสเลขไบนารี่ที่แตกต่างกันตามการกดที่แป้นนั้น วงจรเข้นโค๊ดเดอร์ในแบบที่ง่ายที่สุดคือ วงจรที่ใช้ไดโอดต่อเรียงกันเพื่อโปรแกรมรหัสตามสวิทช์ที่กด จากในรูปที่ 2.26 เป็นวงจรเข้นโค๊ดเดอร์ที่เปลี่ยนรหัสเลขฐานสิบตามสวิทช์ที่กดให้เป็นเลขไบนารี่สี่หลัก



รูปที่ 2.26 วงจรเข้นโค๊ดเดอร์ที่ใช้ไดโอด

เมื่อสวิทช์ตัวหนึ่งตัวใดสัมผัสลง เช่น สวิทช์ W^3 สัมผัสลง กระแสจากแบตเตอรี่จะไหลผ่านสวิทช์ W^3 และผ่านไดโอด สองตัวที่ต่อเอาท์พุทมายัง Y^0 และ Y^1 ดังนั้นที่ Y^0 และ Y^1 จึงมีแรงดัน V^{CC} . V^D ส่วนเอาท์พุท และ จะไม่มีค่าคือเป็นลอจิก '0'

2.7 มาตรฐานการสื่อสารสากล

องค์การมาตรฐานสื่อสารสากลหรือ CCITT (International Telephone and Telegraph Consultative Committee) ซึ่งมาตรฐานนี้จะครอบคุมเกี่ยวกับความเร็วในการรับส่งข้อมูล ความถี่ที่ใช้และเทคนิคการผสมสัญญาณในสาย ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 Bit Rate and Baud Rate

ความเร็วในการรับส่งข้อมูลในโมเด็มนั้นกำหนดเป็นบิตต่อวินาที (Bit Per Second : BPS) หรือ Bit Rate ซึ่งแตกต่างจากอัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณไฟฟ้าในสายส่งหรือที่เรียกกันว่า Baud Rate

ในสมัยก่อนการรับส่งข้อมูลใช้เทคนิคการผสมสัญญาณแบบง่ายๆ เช่นการเปลี่ยนแปลงความถี่ตามข้อมูล " 0 " และ " 1 " ที่ได้รับ อัตราการส่งข้อมูลและอัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณในสายส่งมีค่าเท่ากัน เราจึงถือว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณในสายส่ง (Baud Rate) คือ อัตราการส่งข้อมูลนั่นเองต่อมาเทคนิคการผสมสัญญาณซับซ้อนมากขึ้น ทำให้เราสามารถส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูง โดยอัตราการเปลี่ยนแปลงในสายยังคงเท่าเดิม ดังนั้นเมื่อเราพูดว่า โมเด็มรับส่งข้อมูลที่ความเร็ว 1200 Baud เราจะไม่ทราบเลยว่าโมเด็มนั้นรับส่งข้อมูลได้กี่บิตต่อวินาที เนื่องจากว่าถ้าโมเด็มผสมสัญญาณ 1 บิตต่อหนึ่งลูกคลื่น โมเด็มนั้นจะรับส่งข้อมูลที่ความเร็ว 1200 บิตต่อวินาที หรือถ้าโมเด็มผสมสัญญาณ 2 บิตต่อหนึ่งลูกคลื่นที่เปลี่ยนแปลงในสายส่ง โมเด็มจะรับส่งข้อมูลได้เร็วถึง 2400 บิตต่อวินาที โดยยังคงมีอัตราการเปลี่ยนแปลงในสายส่งเท่ากับ 1200 Baud เหมือนเดิม เพราะฉะนั้น เราจึงเลิกใช้คำว่า Baud Rate สำหรับบอกความเร็วการรับส่งข้อมูลของโมเด็มมาใช้คำว่า Bit Rate หรืออัตราการส่งข้อมูลเป็นบิตต่อวินาทีแทน ซึ่งสื่อความหมายได้เข้าใจตรงกันมากกว่า

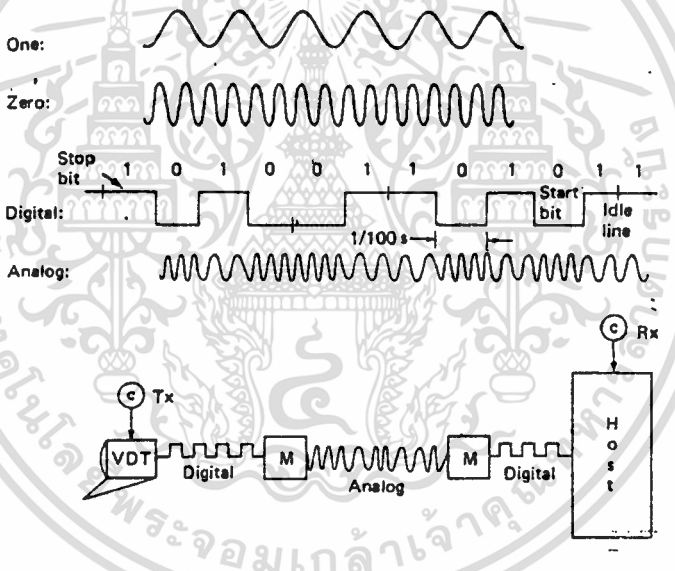
รูปที่ 2.27 การผสมสัญญาณ 2 บิตต่อหนึ่งลูกคลื่นทำให้ Bit Rate มีค่าสูงกว่า Baud Rate

2.7.2 การผสมสัญญาณแบบ FSK และ PSK

นอกจากมาตรฐานจะกำหนดความเร็วในการรับส่งข้อมูลให้ตรงกันแล้ว ยังกำหนดความถี่ของคลื่นพาหะที่ใช้ว่าผู้ส่งและผู้รับใช้ความถี่เท่าไร รวมทั้งมาตรฐานของการผสมสัญญาณอีกด้วย มาตรฐานการผสมสัญญาณที่ใช้กันมากในปัจจุบัน คือ Frequency Shift Keying (FSK), Phase Shift Keying (PSK) และ Quadrature Amplitude Modulation (QAM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

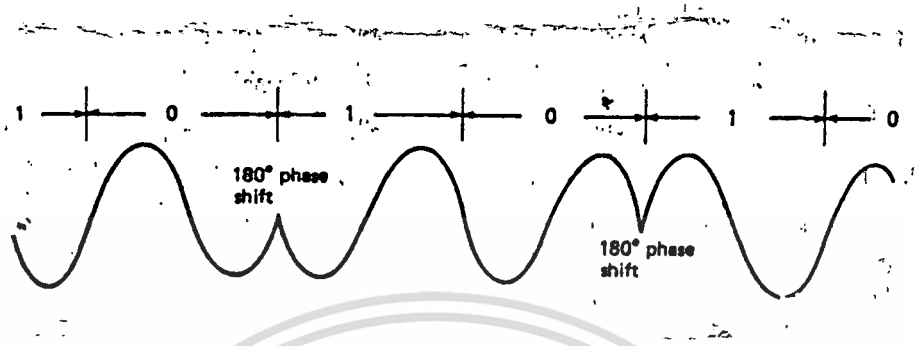
Frequency Shift Keying นั้น เราทราบกันดีแล้วว่าใช้ในโมเด็มความเร็วต่ำ โดยแทน "0" และ "1" ด้วยความถี่ต่างกัน ผู้ส่งจะใช้ความถี่สองความถี่แทน "0" และ "1" ของด้านส่ง ส่วนผู้รับก็ใช้ความถี่อีกสองความถี่แทน "0" กับ "1" ของทางด้านรับเช่นกัน ทั้งหมดจึงใช้ความถี่รวม 4 ความถี่ การผสมสัญญาณแบบ FSK มักใช้กับโมเด็มความเร็วประมาณ 300 ถึง 600 บิตต่อวินาที รวมทั้งใช้กับโมเด็มแบบ Acoustic Coupler ด้วย ความเร็วสูงสุดของโมเด็มที่ใช้เทคนิคการผสมสัญญาณแบบนี้อยู่ที่ 1200 บิตต่อวินาที แต่ตามปกติแล้วโมเด็มในท้องตลาดสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ใช้การผสมสัญญาณแบบ FSK จะรับส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 300 บิตต่อวินาที การผสมสัญญาณแบบ FSK นี้ อัตราการส่งข้อสูล (Bit Rate) จะเท่ากับ Baud Rate เสมอดังรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.28 แสดงการส่งข้อมูลโดยใช้ FSK

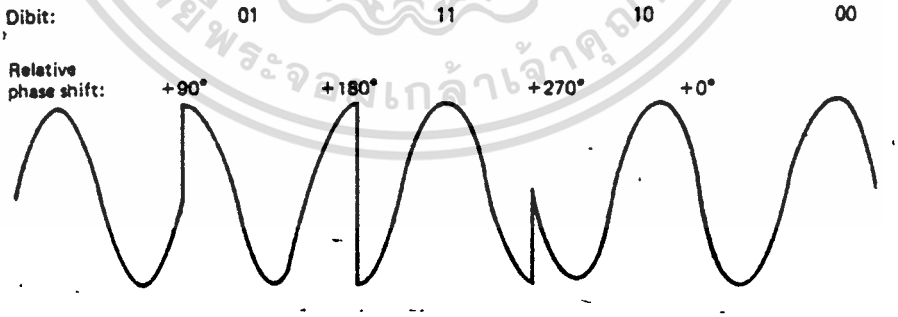
สำหรับการผสมสัญญาณแบบ Phase Shift Keying (PSK) นั้น ใช้หลักการที่ว่าแทนข้อมูล "0" และ "1" ด้วยการเปลี่ยนแปลงมุมของช่วงสัญญาณในสายส่ง (Phase) เช่น โดยเราอาจกำหนดว่า "0" แทนด้วยมุมต่อเนื่องกันไป และ "1" แทนด้วยมุมที่เปลี่ยนไปจากเดิม 180 องศา ถ้าเราส่งข้อมูล 01010 รูปร่างคลื่นในสายส่งจะเป็นดังในรูปที่ 2.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.29 การใช้ PSK ผสมสัญญาณแบบหนึ่งบิต

จากหลักการที่เราเปลี่ยน Phase ในสัญญาณส่งนี้ ด้วยมุมทั้ง 360 องศาของคลื่นพาหะทำให้เราสามารถแบ่งการเปลี่ยนแปลงของ Phase ให้เล็กลงไปได้อีก เช่น เปลี่ยน Phase ทีละ 90 องศา ซึ่งในหนึ่งลูกคลื่นจะเปลี่ยนได้ถึง 4 สภาวะ แบะกำหนดให้แต่ละสภาวะแทนด้วยข้อมูลสองบิตได้ จากตารางเราสามารถกำหนด 00 ,01 ,10 และ 11 ให้มีการเปลี่ยน Phase ได้ครั้งละ 90 องศาเมื่อเราส่งข้อมูลเช่น 01 11 10 00 รูปร่างของคลื่นในสายส่งจะเป็นดังรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.30 การใช้ PSK ผสมสัญญาณแบบ 2 บิต

ถ้าคลื่นพาหะมีความถี่ 600 Hz ข้อมูลที่ส่งออกไปจะมีค่าเท่ากับ 1200 บิตต่อวินาที เนื่องจากการเปลี่ยนแปลง Phase หนึ่งครั้งเท่ากับข้อมูลสองบิต

เราจะเห็นว่าการผสมสัญญาณแบบ PSK นี้ อัตราการส่งข้อมูล (Bit Rate) จะมีค่าสูงกว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณในสายส่ง (Baud Rate) ได้ การผสมสัญญาณที่เราใช้กันมาก คือ ใช้ข้อมูล 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต 3 บิต และ 4 บิต ในการเปลี่ยน Phase โดยแบ่งมุมของคลื่นพาหะให้มีการเปลี่ยนแปลง เท่ากับ 90 องศา 45 องศา และ 22.5 องศา ตามลำดับ ความเร็วสูงสุดที่ใช้ PSK คือ 9600 บิตต่อวินาที ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงของมุมครั้งละ 22.5 องศา การเปลี่ยนแปลงมุม 22.5 องศานี้ นับว่าน้อยมาก ทำให้ข้อมูลมักจะผิดพลาดอยู่เสมอ ส่วนมากจึงใช้งาน PSK ที่ความเร็ว 4800 บิตต่อวินาทีแทน และที่ความเร็วสูงกว่านี้เราจะใช้เทคนิคการผสมสัญญาณที่ซับซ้อนขึ้นไปอีก

Quadrature Amplitude Modulation (QAM) เป็นการผสมสัญญาณที่ใช้ทั้งการเปลี่ยน Phase และขนาดของสัญญาณควบคู่กันไป สำหรับใช้กับโมเด็มความเร็วสูง ซึ่งถ้าใช้การเปลี่ยน Phase เพียงอย่างเดียว มุมที่เปลี่ยนไปจะมีค่าน้อยเกินไปทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้ง่าย ถ้าเราใช้การเปลี่ยน Phase และขนาดของสัญญาณ ค่าของมุมก็จะอยู่ห่างกันมากขึ้น ปกติที่มีใช้กันอยู่จะมี Phase ต่างกัน 8 Phase และขนาดของสัญญาณต่างกัน 4 ระดับ ใช้แทนข้อมูล 16 สถานะ ซึ่งในหนึ่งลูกคลื่นจะสามารถส่งข้อมูลได้คราวละ 4 บิต การผสมสัญญาณของ QAM บางแบบจะใช้ Phase ต่างไปจากนี้ เช่น ใช้ Phase ต่างกัน 12 Phase และขนาดของสัญญาณ 3 ระดับ หรืออาจใช้ Phase ต่างกัน 8 Phase และขนาดของสัญญาณต่างกัน 2 ระดับก็ได้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบ แต่ว่าในมาตรฐานเดียวกัน โมเด็มจะต้องใช้การแบ่ง Phase และระดับสัญญาณเท่ากันเสมอ ความเร็วในการรับส่งข้อมูลของ QAM อยู่ที่ 9600 บิตต่อวินาที โดยใช้ความถี่พาหะ 2400 Hz และในหนึ่งลูกคลื่นแทนข้อมูลได้คราวละ 4 บิต เทคนิคการผสมสัญญาณแบบ QAM นี้อาจจะถูกนำไปใช้กับโมเด็มความเร็วปานกลางก็ได้ เช่น ที่ความเร็ว 2400 บิตต่อวินาที เป็นต้น

นอกจากนี้ยังมีการผสมสัญญาณสำหรับโมเด็มความเร็วสูงอีกหลายแบบ แต่ส่วนมากยังไม่ได้รับการยอมรับให้เป็นมาตรฐานในปัจจุบัน จึงไม่นำมากล่าวในที่นี้ การผสมสัญญาณในแบบ QAM มีความซับซ้อนมาก ดังนั้นวงจรทางด้านฮาร์ดแวร์ ไม่ว่าจะเป็นวงจรด้านส่ง วงจรด้านรับ และการแยกสัญญาณต่างๆ ยุ่งยากกว่าที่ใช้กับวงจรเปลี่ยน Phase อย่างเดียว ราคาของโมเด็มที่ใช้เทคนิคแบบ QAM จึงสูงกว่าโมเด็มที่ใช้เทคนิค PSK อยู่มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ

ในการออกแบบชุด AC TWO WIRE CONTROL ได้แบ่งการออกแบบออกเป็น 3 ส่วน ใหญ่ ดังนี้

1. SOFTWARE ควบคุม และ การติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์
2. ชุด MODULATOR สัญญาน ตัวส่งและตัวรับข้อมูล
3. ชุดควบคุมอุปกรณ์
   - ชุดควบคุมการเปิด-ปิด (ON-OFF) อุปกรณ์
   - ชุดควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง

3.1 SOFTWARE ควบคุม และการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์

3.1.1 SOFTWARE ควบคุม

ในส่วนของ Software ที่ใช้ในการควบคุม การประมวลผลต่างๆ การติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก ได้เลือกใช้ โปรแกรม Visual Basic

- **Visual Basic**

แอพพิเคชันบน Windows ให้ความตื่นตาตื่นใจและความง่ายกับผู้ใช้ ภาษาที่ผู้สนใจเรียนโปรแกรมมักจะเรียนกันก็คือ ภาษา BASIC เพราะมีจุดเด่นตรงความง่าย และสดวกในการเรียนทางไมโครซอฟท์จึงได้พัฒนาโปรแกรม Basic ขึ้นสำหรับพัฒนาแอพพลิเคชันบน Windows โดยให้ชื่อว่า Visual Basic ซึ่งทำงานบน Windows ที่ให้ความง่ายต่อการใช้งาน ขณะเดียวกันก็ง่ายต่อการเรียนโปรแกรมตามแบบฉบับของ BASIC ด้วย และที่สำคัญคือไม่ต้องใช้ Software Develoment Kit (SDK)

ด้วยความสามารถของภาษา Visual Basic ผู้ใช้จะได้ความสามารถต่างๆ ที่มีใน Software Devolopment Kit (SDK) เพื่อใช้สร้างแอพพลิเคชันขึ้นมาคือ

- มี object ครบชุดให้ไม่ว่าจะเป็นปุ่ม (button) หลายแบบ,heck boc,list box, combo box และอื่นๆ
- สามารถสร้างแอพพลิเคชันแบบหลายวินโดว์ได้
- ให้ความยืดหยุ่นต่อเหตุการณ์รวมทั้งยอมให้เคลื่อนย้าย object ได้
- แสดงหรือซ่อน object
- ทำงานกับคลิปบอร์ดของ Windows
- เรียกใช้ฟังก์ชันของ Windows ได้โดยตรง
- ติดต่อกับแอพพลิเคชันอื่นผ่านทาง Dynamic Data Exchange (DDE)

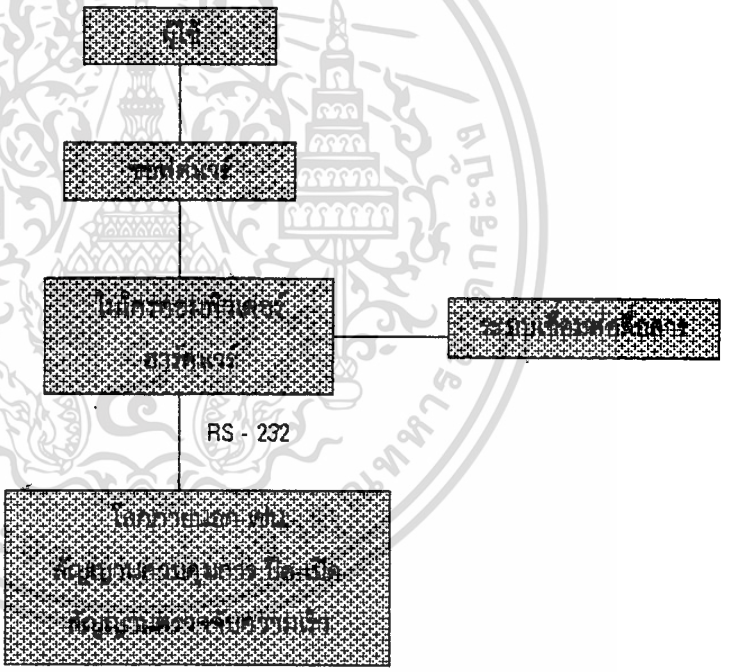
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยใช้รูปแบบคำสั่งง่ายๆ ของ BASECA และ GW-BASEC แต่เพิ่มความมีโครงสร้างของภาษาเหมือนกับใน Quick Basic ที่มีโครงสร้างไม่ยิ่งหย่อนกว่า C หรือ Pascal เข้าไปด้วยและสำหรับเหตุการณ์ที่สนับสนุนเหตุการณ์ทุกๆ แบบที่จะเกิดขึ้น

ในหลักการของ Visual Basic นั้นโปรแกรมเมอร์ไม่ต้องเขียนโปรแกรมส่วนของ ยูเซอร์อินเทอร์เฟซหรือส่วนติดต่อกับผู้ใช้เอง แต่จะใช้วิธี "ระบาย" หรือวาดส่วนติดต่อผู้ใช้บนจอภาพและเขียนโปรแกรม "ปะ" เข้ากับส่วนต่างๆ บนจอภาพเพื่อสั่งงานเมื่อมีเหตุการณ์ตามที่กำหนดเกิดขึ้นกับแต่ละส่วน

3.1.2 การติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก

การติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกสามาเขียนเป็น Bolck Diagram ได้ดังนี้



รูปที่ 3.1 แสดงองค์ประกอบของระบบการติดต่อของคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก

การติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกนั้นจะติดต่อ โดยส่งข้อมูลแบบขนานกรม ซึ่งมีจำนวนข้อมูลจำนวน 8 บิต และสัญญาน Transmittion Enable ผ่าน ทางพอร์ตขนานกรมของคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำการติดต่อแบบอะซิงโครนัส และใช้มาตรฐาน RS-232

วิธีการต่อ RS-232 เข้าระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์โดยตรง โดยไม่มีการตรวจสอบสัญญาน โดยต่อตามรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 แสดงการต่อ RS-232C ระหว่างคอมพิวเตอร์กับชุดควบคุม

ในส่วนของ output จากคอมพิวเตอร์เราจะได้ ข้อมูลออกมาเป็นข้อมูลอนุกรม จำนวน 8 บิต และสัญญาน TE จากข้อมูลที่ได้จากคอมพิวเตอร์สามารถแบ่งได้เป็น Address จำนวน 4 บิต และ Data จำนวน 4 บิต

ข้อมูลที่ส่งออก และรับเข้าคอมพิวเตอร์นั้นเป็นแบบอนุกรม แต่อุปกรณ์ติดต่อภายนอก ตัดเข้า และถอดรหัสจะทำงาน ระบบข้อมูลที่เป็นแบบขนาน ดังนั้นจึงต้องมีชุด แปลงสัญญานจาก ข้อมูลชนิดอนุกรม เป็นข้อมูลแบบขนานในการที่จะนำเอาข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปใช้งาน และต้องมีชุดแปลงสัญญานข้อมูลจากแบบขนานเป็นข้อมูลแบบอนุกรม ในการที่จะส่งข้อมูลกลับเข้าคอมพิวเตอร์

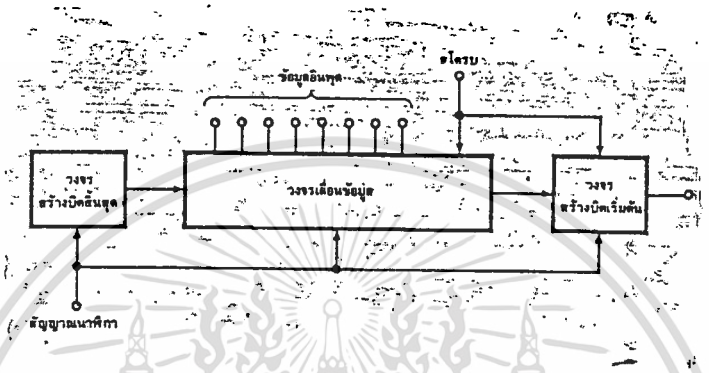
3.1.2.1 <u>การแปลงสัญญานจากข้อมูลอนุกรมเป็นข้อมูลแบบขนาน</u>

เราสามารถนำหลักการทางทฤษฎีมาออกแบบเป็นวงจรได้ โดยก่อนอื่นจะต้องแยกหน้าที่การทำงานของวงจรออกเป็นส่วน ๆ และกำหนดความสัมพันธ์ในแต่ละส่วนออกมาและสามารถแยกการทำงานออกมาเป็นส่วน ๆ ได้ดังนี้

1. สร้างบิตเริ่มต้น (start)
2. ส่งข้อมูลทั้ง 8 บิตออกไปหลังจากส่งบิตเริ่มต้นออกไปแล้ว
3. สร้างบิตสิ้นสุด (stop) หลังจาส่งข้อมูลครบทั้ง 8 บิตแล้ว

จากการทำงานทั้ง 3 ข้อ สามารถแบ่งเป็นส่วนต่าง ๆ ได้ดังนี้คือ วงจรสร้างบิตเริ่มต้น, วงจรรับข้อมูลแล้วเลื่อนออกไป และวงจรสร้างบิตสิ้นสุด, ทั้งหมดนี้จะต่อกันแบบอนุกรม เรียงตามลำดับก่อนหลัง แล้วใช้หลักการของวงจรเลื่อนข้อมูล (shift register) เลื่อนทีละบิตออกไป เมื่อนำมาเขียนเป็นบล๊อกไดอะแกรมจะได้ดังรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 บล็อคไดอะแกรมของวงจรส่งข้อมูลแบบอนุกรม

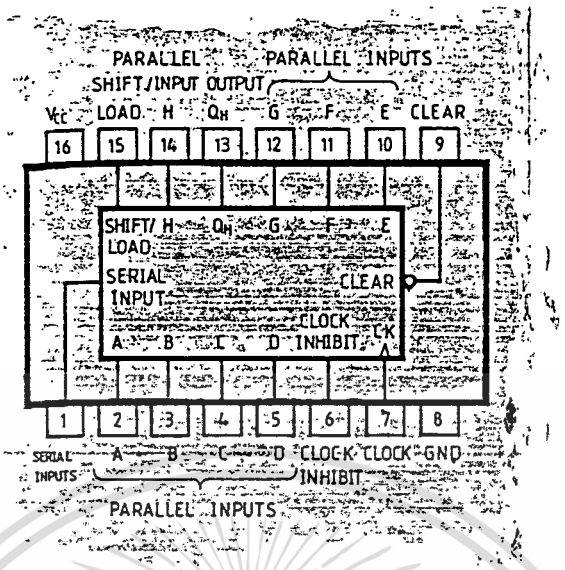
จากรูปที่ 3.3 ขาสัญญาณสโตรบใช้สำหรับเป็นตัวบอกว่าข้อมูลพร้อมแล้ว และให้วงจรส่งข้อมูลออกไปได้ทันที

เมื่อแบ่งเป็นบล็อคไดอะแกรมและกำหนดหน้าที่และความสัมพันธ์ของแต่ละบล็อคแล้ว ต่อไปจะเข้าไปในรายละเอียดของแต่ละบล็อคดังต่อไปนี้

1. <u>วงจรเลื่อนข้อมูล</u>

วงจรนี้ชื่อก็บอกหน้าที่การทำงานของมันอยู่แล้วคือ การเลื่อนข้อมูล ดังนั้นหน้าที่ของเราก็คือการหาไอซีเลื่อนข้อมูลที่เหมาะสมมาแทนวงจรนี้ โดยก่อนอื่นต้องดูคุณสมบัติของวงจรก่อน แล้วจึงนำเอาไอซีที่มีคุณสมบัติตรงมาใช้ คุณสมบัติของวงจรนี้คือ มีอินพุต 8 อินพุตเข้าแบบขนาน และมีเอาต์พุต 1 เอาต์พุตแบบอนุกรม เมื่อเปิดคู่มือไอซีทีทีแอลก็ได้เบอร์ 74166 เป็นไอซีชิฟต์รีจิสเตอร์ขนาน 8 บิต รูปร่างการจัดขาแสดงดังรูปที่ 3.4 และมีการทำงานแสดงดังตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงการจัดขาของไอซีเบอร์ 74166

อินพุท						เอาต์พุตภายใน	เอาต์พุต
เคลียร์	ชิฟต์/โหลด	ขับยั้งคล็อก	คล็อก	อนุกรม	ขนาน	QA QB	QH
L	X	X	X	X	X	L L	L
H	X	L	L	X	X	QAO QBO	QHO
H	L	L	l	X	a...h	a b	h
H	H	L	l	H	X	H QAN	QGN
H	H	L	l	L	X	L QAN	QGN
H	X	H	l	X	X	QAO QBO	QHO

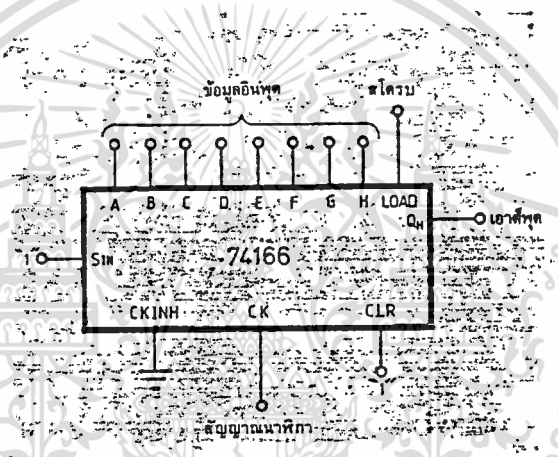
ตารางที่ 1 แสดงการทำงานของไอซีเบอร์ 74166

จากตารางที่ 1 ขาเคลียร์ (clear) จะต้องต่อเข้าลอจิก '1' ตลอดเพราะในวงจรนี้ไม่ได้ใช้ และขายับยั้งสัญญาณนาฬิกา (clock inhibit) ก็ไม่ได้ใช้อีกเหมือนกัน ให้ต่อเข้ากับลอจิก '0' หรือกราวด์ ที่ขาเข้าอนุกรม (serial input) ต่อเข้ากับวงจรสร้างบิตสิ้นสุด เราได้กำหนดบิตสิ้นสุดให้เป็นลอจิก '1' ดังนั้นจึงต้องนำ

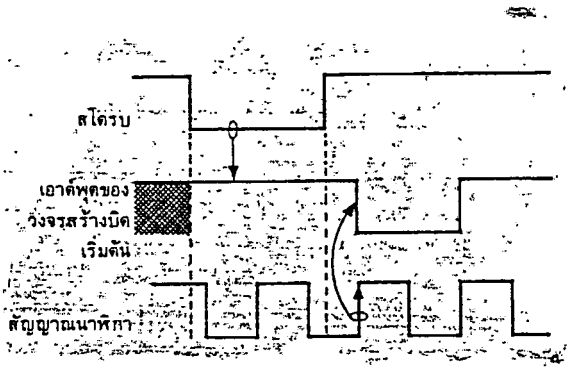
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขานี้ต่อเข้ากับลอจิก '1' แทนวงจรสร้างบิตสิ้นสุด ที่ขาเข้าขนาน (parallel input) ทั้ง 8 ขาต่อเข้ากับข้อมูลที่ต้องการส่ง

ส่วนขาเลื่อน/โหลด (shift/load) เป็นขากำหนดโหมดการเลื่อนข้อมูลหรือโหมดการโหลดข้อมูล ในตารางที่ 1 แถวที่ 3 จะเป็นโหมดการโหลดข้อมูลเข้าไปเก็บในตัวเลื่อนข้อมูล (ปกติขานี้เป็น "0") ส่วนแถวที่ 4 และ 5 จะเป็นโหมดการเลื่อนข้อมูล ดังนั้นเราจะต่อขานี้เข้ากับสัญญาณสโตรบ เมื่อมีสัญญาณสโตรบเข้ามา ไอซี 74166 ก็จะโหลดข้อมูลเข้าไป หลังจากนั้นก็ให้ข้อมูลเลื่อนออกไปได้ทันที สำหรับเอาต์พุตภายใน ในตารางที่ 1 เขียนไว้เพื่อบอกสถานะการทำงานของเอาต์พุต Q_A และ Q_B ภายในไอซี เพื่อช่วยให้การทำงานของไอซีได้ง่ายขึ้น ขาที่เหลือคือ ขาสัญญาณนาฬิกา (clock) ให้ต่อเข้ากับสัญญาณนาฬิกาของระบบ ส่วนขาเอาต์พุต (Q_H) ก็ต่อออกเป็นเอาต์พุตของวงจร วงจรนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.5

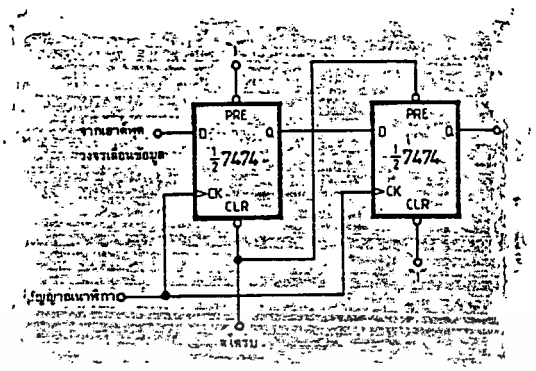


รูปที่ 3.5 วงจรเลื่อนข้อมูลแบบอนุกรมขนาด 8 บิต โดยใช้ไอซีเบอร์ 74166



รูปที่ 3.6 แสดงไดอะแกรมเวลาการทำงานของวงจรสร้างบิตเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงวงจรกำหนดบิตเริ่มต้น

2. <u>วงจรสร้างบิตเริ่มต้น</u>

วงจรนี้จะทำหน้าที่กำหนดบิตเริ่มต้น (สร้างพัลส์ที่มีระดับลอจิก "0" เมื่อมีสัญญาณสโตรบเข้ามา โดยพัลส์ที่สร้างขึ้นนี้ต้องมีช่วงความกว้างของพัลส์เท่ากับสัญญาณนาฬิกา 1 ลูกพอดี ดังนั้นเราไม่สามารถใช้วงจรโมโนสเตเบิลทั่วไปได้ เนื่องจากวงจรดังกล่าวใช้ค่าตัวเก็บประจุและค่าตัวต้านทานกำหนดทำให้เกิดความยุ่งยาก

วงจรที่ทำงานตามสถานะของสัญญาณนาฬิกาจึงเป็นวงจรพวกที่ใช้ฟลิปฟลอปเป็นส่วนประกอบ เนื่องจากสัญญาณสโตรบนี้เราไม่รู้ว่ามีช่วงกว้างเท่าไร ซึ่งอาจได้มาจากการดีโค้ดพอร์ตของไมโครโปรเซสเซอร์ หรือจากวงจรดิจิตอลอื่น ๆ ที่นำไปประยุกต์ใช้งาน ดังนั้นจะต้องให้วงจรสร้างบิตเริ่มต้นทำงานหลังจากสัญญาณสโตรบสิ้นสุดลง ดูได้จากไดอะแกรมในรูปที่ 3.6

เราจะใช้ดี-ฟลิปฟลอปเบอร์ 7474 ต่อกันในลักษณะวงจรชิฟต์รีจิสเตอร์ เพื่อให้ข้อมูลผ่านออกมาได้ แต่จะใช้กี่ตัวก็ต้องมาพิจารณาอีกทีหนึ่ง

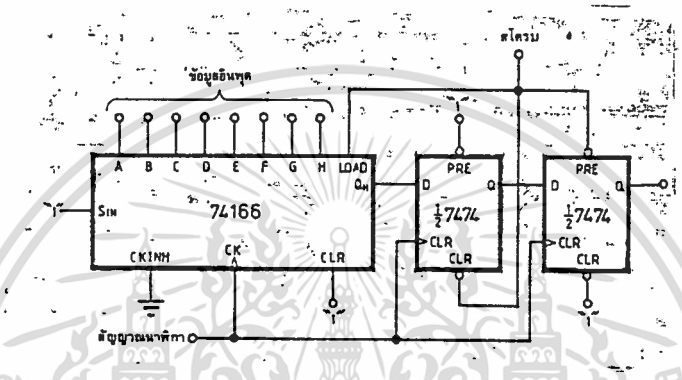
ก่อนอื่นต้องมาดูว่าเราจะสร้างบิตเริ่มต้นได้อย่างไร การจะทำให้เอาต์พุต Q กลายเป็นลอจิก '0' ได้นั้นทำได้ 2 วิธีคือ ให้สัญญาณเข้าไปที่ขาเคลียร์ และอีกวิธีคือ ให้ขา D เป็นลอจิก '0' แล้วให้มีสัญญาณนาฬิกาเข้า 1 ลูก เมื่อพิจารณาทั้ง 2 วิธีแล้ว พบว่าวิธีแรกคือการให้สัญญาเข้ามาที่ขาเคลียร์นั้น ทำได้ง่ายที่สุด แต่หากเราให้สัญญาณเข้าไปที่ขาเคลียร์ตลอดตลอดเวลาจะทำให้เอาต์พุต Q เป็นลอจิก '0' ยาวนานเกินไป (ในกรณีที่สัญญาณที่ให้กับขาเคลียร์นั้นมีช่วงยาวนานเกินกว่าสัญญาณนาฬิกา) ทำให้บิตเริ่มต้นผิดไปได้ ทางที่ถูกต้องคือให้ลอจิก '0' ออกมาหลังจากการเคลียร์แล้ว หากต่อวงจรเพียงแค่นี้คงเป็นไปไม่ได้

ดังนั้นจึงต้องเพิ่มอุปกรณ์ที่จะมากั้นไม่ให้ลอจิก '0' ออกไปในระหว่างการเคลียร์ บังเอิญที่ไอซี 7474 ที่ใช้มีฟลิปฟลอปภายในอยู่ 2 วงจร ใช้ไปแล้ว 1 วงจร เหลืออีก 1 วงจร เราจึงนำตัวที่เหลือมาเป็นตัวกั้น เพื่อให้ข้อมูลที่จะส่งออกไปผ่านไปได้ จึงต้องต่อวงจรในลักษณะวิฟต์รีจิสเตอร์

ส่วนการบังคับให้เอาต์พุตของฟลิปฟลอปตัวหลังนี้เป็นลอจิก '1' ในขณะที่เอาต์พุตของฟลิปฟลอปตัวแรกถูกเคลียร์เป็นลอจิก '0' ทำได้ในทำนองเดียวกันกับการให้เอาต์พุตของฟลิปฟลอปตัวแรกเป็นลอจิก '0' คือ การให้สัญญาณเข้าไปที่ขาปรีเซตก็จะทำให้เอาต์พุต Q ของฟลิปฟลอปเป็นลอจิก '1' ได้ ดังนั้นจึง

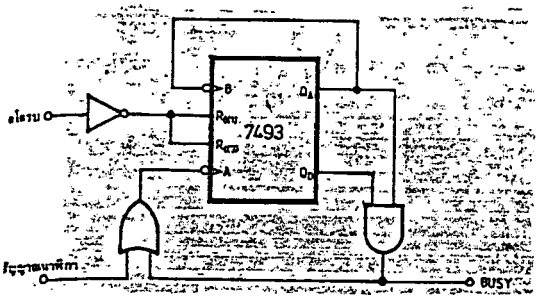
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องนำสัญญาณที่ต่อกับขาเคลียร์ของฟลิปฟลอปตัวแรกมาต่อเข้ากับขาปรีเซตของฟลิปฟลอปตัวที่ 2 สัญญาณที่นำไปต่อกับขาดังกล่าวนี้สามารถใช้สัญญาณสโตรบต่อเข้าได้โดยตรง วงจรนี้ เมื่อออกแบบเสร็จแล้วแสดงได้ดังรูปที่ 3.7



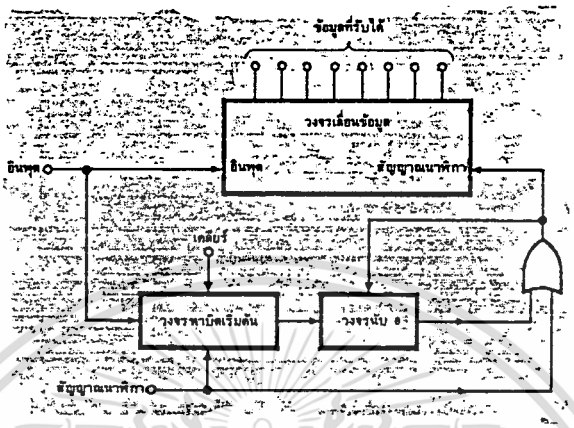
รูปที่ 3.8 วงจรสมบูรณ์ของวงจรส่งข้อมูลแบบอนุกรม

เมื่อนำเอาวงจรทั้งหมดมาประกอบเข้าด้วยกัน จะได้ดังรูปที่ 3.8 หากนำวงจรนี้ไปต่อกับระบบไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งมีการทำงานที่รวดเร็วอาจก่อให้เกิดปัญหาได้ ในกรณีที่ไมโครโปรเซสเซอร์ส่งข้อมูลมาให้วงจรส่งเร็วเกินไป ในขณะที่วงจรส่งนี้ยังส่งข้อมูลไม่เสร็จ ดังนั้นหากผู้ใช้นำวงจรนี้ไปใช้กับระบบไมโครโปรเซสเซอร์จะต้องเพิ่มวงจรนับเข้าไป เพื่อเป็นการบอกให้ทราบว่าในขณะนี้วงจรส่งข้อมูลกำลังส่งข้อมูลอยู่ ในที่นี้เรียกว่า สัญญาณบิวซี่ (busy) วงจรนับนี้กำหนดให้เป็นวงจรนับ 9 (ข้อมูล 8 บิต + บิตสิ้นสุด 1 บิต) ใช้ไอซีนับเบอร์ 7493



รูปที่ 3.9 แสดงวงจรนับส่วนเพิ่มเติม เพื่อบอกว่าวงจรส่งข้อมูลกำลังส่งข้อมูลอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 บล็อกไดอะแกรมของวงจรรับข้อมูลแบบขนานกรม

3.1.2.2 <u>การออกแบบวงจรการแปลงสัญญาณข้อมูลแบบขนานเป็นข้อมูลแบบอนุกรม</u>

วงจรนี้จะซับซ้อนกว่าวงจรแปลงสัญญาณจากอนุกรมเป็นขนานเล็กน้อย เนื่องจากต้องมีวงจรหาบิตเริ่มต้น เมื่อพบบิตเริ่มต้น แล้วก็จะต้องมีวงจรนับ เพื่อให้รับข้อมูลเข้ามาเพียง 8 บิตเท่านั้น เมื่อนำมาเรียนเป็นบล็อกไดอะแกรมแล้วจะได้ดังรูปที่ 3.10

เมื่อรับข้อมูลเข้ามาทางอินพุต วงจรหาบิตเริ่มต้นจะหาข้อมูลที่มีระดับลอจิกเป็น '0' ซึ่งเป็นบิตเริ่มต้น และเมื่อพบมันจะบอกไปที่วงจรนับว่าตอนนี้มีข้อมูลเข้ามาแล้ว วงจรนับก็จะเริ่มนับสัญญาณนาฬิกา (ซึ่งสัญญาณนาฬิกานี้จะต้องมีความถี่ตรงกันกับทางด้านส่ง) และจะไปเปิดเกตให้สัญญาณนาฬิกาผ่านเข้ามาได้ ทำให้มีสัญญาณนาฬิกาเข้าไปป้อนให้วงจรเลื่อนข้อมูลด้วย วงจรเลื่อนข้อมูลก็จะเลื่อนข้อมูลที่ได้จากอินพุตเข้ามาเก็บทีละบิต จนวงจรนับสัญญาณนาฬิกาครบ 8 ลูก มันจะไปปิดเกตไม่ให้สัญญาณนาฬิกาผ่านเข้าไปที่วงจรเลื่อนข้อมูลได้ วงจรเลื่อนข้อมูลจึงหยุดเลื่อน ผลลัพธ์ที่ได้จะออกมาที่เอาต์พุตทั้ง 8 ขา ส่วนสัญญาณเคลียร์นั้น เมื่อเราอ่านข้อมูลที่รับได้แล้ว จะต้องส่งสัญญาณมาเคลียร์ให้วงจรหาบิตเริ่มต้นเริ่มต้นทำงานใหม่ได้

เมื่อได้บล็อกไดอะแกรมมาแล้ว ก็มาถึงขั้นออกแบบในรายละเอียดซึ่งแบ่งอธิบายออกเป็นบล็อก ๆ ได้ดังนี้

1. <u>วงจรเลื่อนข้อมูล</u>

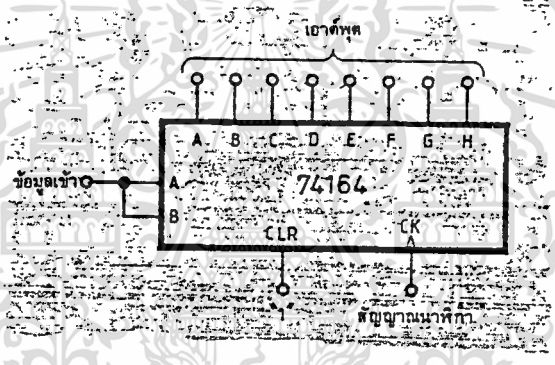
วงจรนี้ทำหน้าที่เลื่อนข้อมูลเข้าแบบอนุกรมแล้วให้เอาต์พุตออกมาในแบบขนาน เราสามารถใช้ไอซีชิฟต์รีนิจเตอร์แทนวงจรนี้ได้ โดยเปิดดูในคู่มือไอซีที่ทีทีแอลได้ไอซีเบอร์ 74164 ซึ่งมีคุณสมบัติตรงตามความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

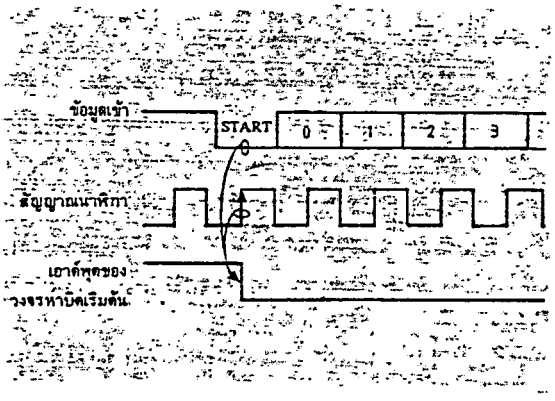
ต้องการ ไอซีตัวนี้มีขาที่จะต้องควบคุมเพียงขาเดียวคือ ขาเคลียร์ ใช้สำหรับเคลียร์เอาต์พุตทั้ง 8 ขา เราไม่ได้ใช้จึงต่อเข้ากับลอจิก '1' การต่อขาอื่น ๆ ก็ไม่มีอะไรยาก ดูการต่อใช้งานในรูปที่ 3.11

2.<u>วงจรหาบิตเริ่มต้น</u>

ปกติสายสัญญาณที่รับข้อมูลเข้ามา หากยังไม่มีการส่งข้อมูลจะมีระดับเป็นลอจิก '1' และหากมีการส่งข้อมูลเข้ามา จะถูกนำด้วยบิตเริ่มต้น ซึ่งมีระดับลอจิกเป็น '0' ดังนั้นวงจรหาบิตเริ่มต้นนี้ก็คือ วงจรตรวจจับข้อมูลที่เป็นลอจิก '0' แต่เมื่อตรวจพบข้อมูลที่เป็นลอกจิก '0' แล้วจะส่งสัญญาณออกไปที่เอาต์พุตเลยไม่ได้ จะต้องทำงานตามสัญญาณนาฬิกาของระบบ เพื่อให้เข้าใจยิ่งขึ้น ขอให้ดูไดอะแกรมเวลาในรูปที่ 3.12



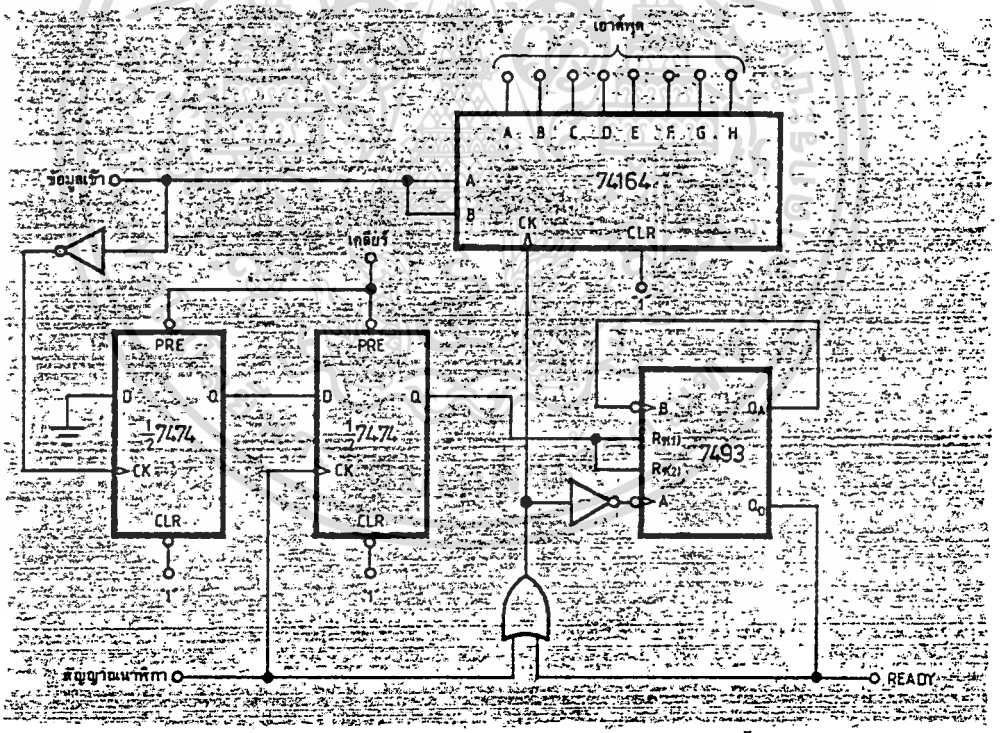
รูปที่ 3.11 วงจรเลื่อนข้อมูลของวงจรรับข้อมูล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.12 แสดงไดอะแกรมเวลาของวงจรหาบิตเริ่มต้น

เราใช้ไอซีเบอร์ 7474 เป็นดี-ฟลิปฟลอป ขาสัญญาณนาฬิกาของไอซีเบอร์นี้จะทำงานที่รอบขาขึ้น ดังนั้นจึงต้องใส่ NOT เกตที่ขาสัญญาณนาฬิกาของฟลิปฟลอปตัวแรก เพื่อให้มันทำงานที่รอบขาลง ส่วนฟลิปฟลอปตัวที่ 2 จะใช้สัญญาณนาฬิกาของระบบมาต่อ เพื่อให้ทำงานพร้อมสัญญาณนาฬิกาของระบบ การทำงานจะเริ่มจากมีสัญญาณเคลียร์เข้ามาที่ขาปรีเซตของทั้ง 2 ตัว ทำให้ขา Q ของมันกลายเป็นลอจิก '1' ถ้าหากมีข้อมูลเข้ามา ที่เอาต์พุตของมันจะเปลี่ยนแปลงจากลอจิก '1' มาเป็นลอจิก '0' และหากมีสัญญาณนาฬิการอบขาขึ้นเข้ามา ลอจิก '0' ก็จะไปปรากฏที่เอาต์พุตของฟลิปฟลอปตัวที่ 2 ซึ่งจะตรงกับไดอะแกรมเวลาในรูปที่ 3.12 พอดี

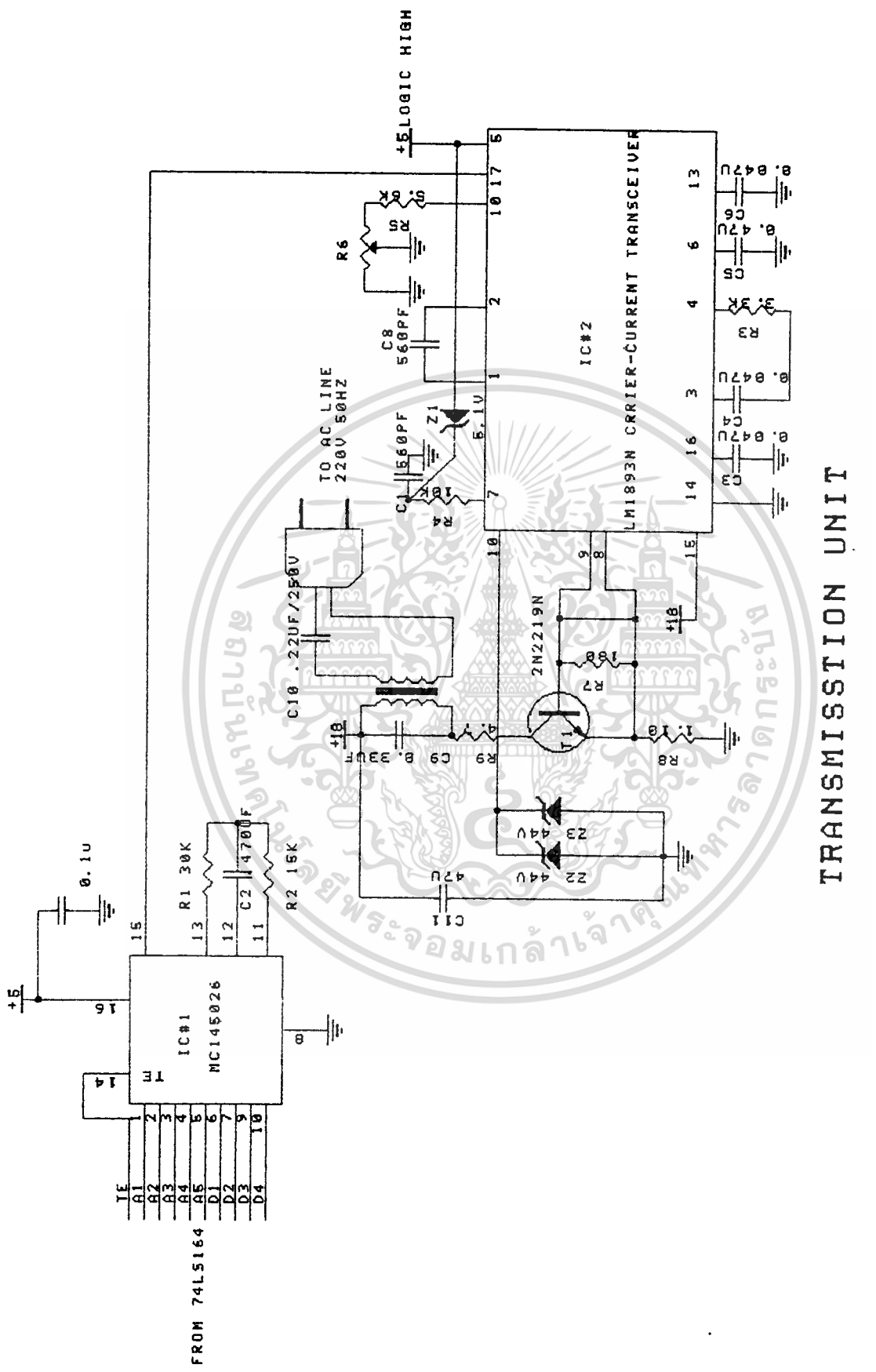


รูปที่ 3.15 วงจรสมบูรณ์ของวงจรรับข้อมูลแบบขนานกรม

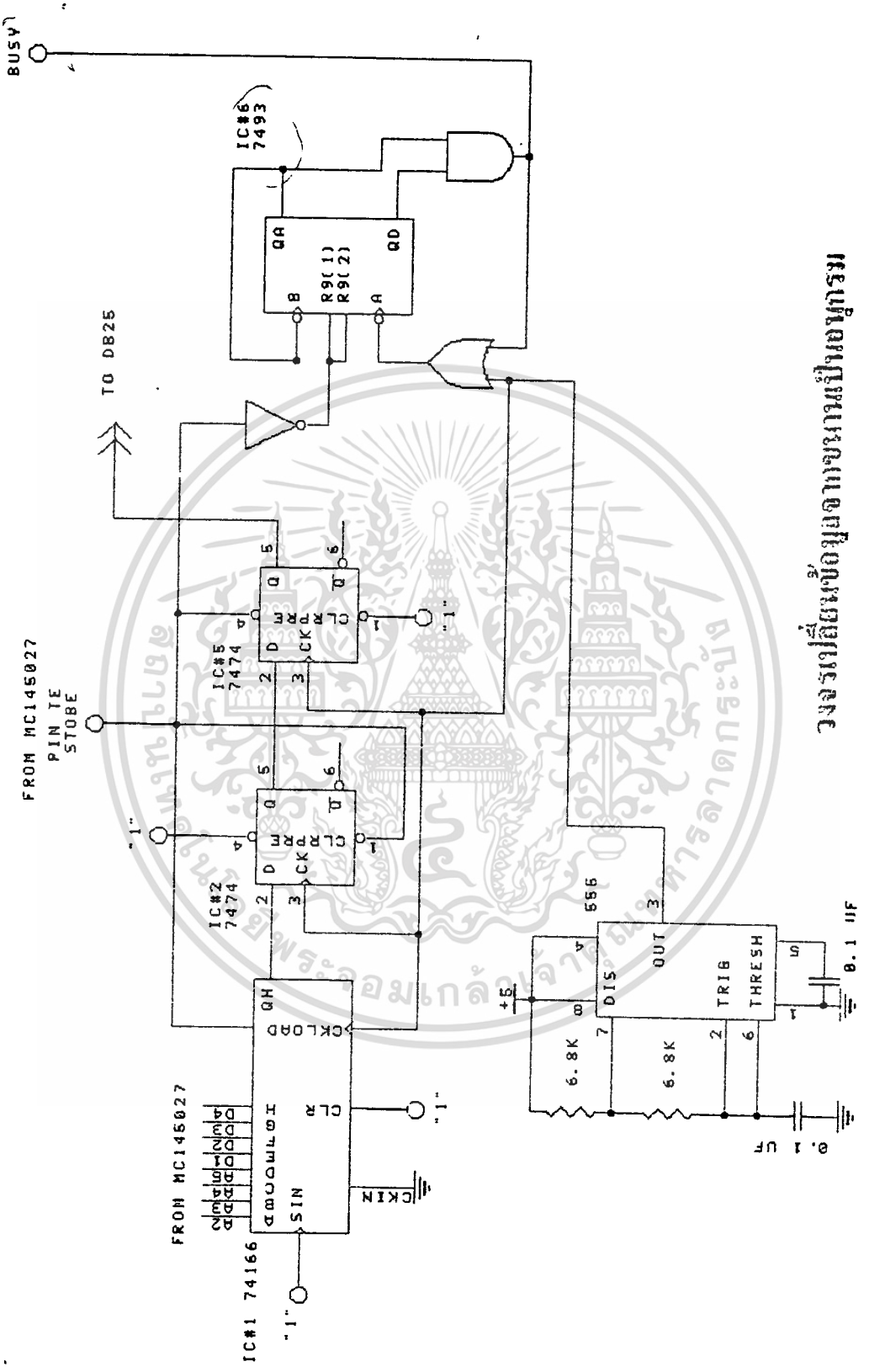
3. <u>วงจรนับ</u>

วงจรนี้ทำหน้าที่รับคำสั่งจากวงจรหาบิตเริ่มต้น แล้วเริ่มนับสัญญาณนาฬิกาจนครบ 8 ลูก จากนั้นส่งสัญญาณไปปิดเกตเพื่อหยุดสัญญาณนาฬิกาไม่ให้เข้าไปที่วงจรเลื่อนข้อมูลได้ วงจรนี้จะทำงานคล้ายกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 วงจรส่วนติดต่อกับเครื่องพิมพ์ขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรในรูปที่ 3.9 เพียงแต่วงจรนี้นับ '8' แต่วงจรในรูปที่ 3.9 นับ 9 ในที่นี้จะใช้เบอร์เดียวกันคือ เบอร์ 7493 การนำเอาเอาต์พุตที่จะไปปิดเกตสำหรับวงจรนี้ ใช้เฉพาะเอาต์พุต D เท่านั้น ไอซีเบอร์นี้ที่ขาสัญญาณนาฬิกาจะทำงานที่พัลส์ขอบขาลง แต่ไอซีที่ใช้เป็นวงจรนับคือ เบอร์ 74164 ที่ขาสัญญาณนาฬิกา ทำงานที่พัลส์ของขาขึ้น ดังนั้นสัญญาณนาฬิกาที่ผ่านเกตไปเข้าไอซีวงจรนับจะต้องผ่านเนอตเกต 1 ตัว เพื่อให้ไอซีทั้งสองทำงานที่ขอบขาขึ้นเหมือนกัน วงจรที่ออกแบบเสร็จแล้วแสดงดังรูปที่ 3.14

จากรูปที่ 3.14 ที่ขาเอาต์พุตของวงจรนับที่เรียนว่า READY ใช้สำหรับให้ไมโครโปรเซสเซอร์อ่านเข้าไปเพื่อบอกว่าการรับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว หากสัญญาณนี้มีลอจิกเป็น '1' แสดงว่ารับข้อมูลมาเรียบร้อยแล้ว ไมโครโปรเซสเซอร์ก็จะสามารถอ่านข้อมูลที่เอาต์พุตของวงจรเลื่อนข้อมูลไปใช้ได้ทันที

เมื่อนำวงจรรับข้อมูลทั้งหมดมาประกอบเข้าด้วยกันแสดงได้ดังรูปที่ 3.15

3.2 ชุด MODULATOR สัญญาณ ตัวส่งและตัวรับข้อมูล

ในชุด Modulator สัญญาณ เราได้แบ่งเป็นภาคส่งสัญญาณและภาครับสัญญาณ ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้

3.2.1 ภาคส่ง (Transmission Unit)

-หลักการทำงานและการออกแบบ

ภาคส่งจะแบ่งการทำงานออกเป็นส่วนใหญ่ ๆ ได้ 4 ส่วน คือ

1 ENCODER

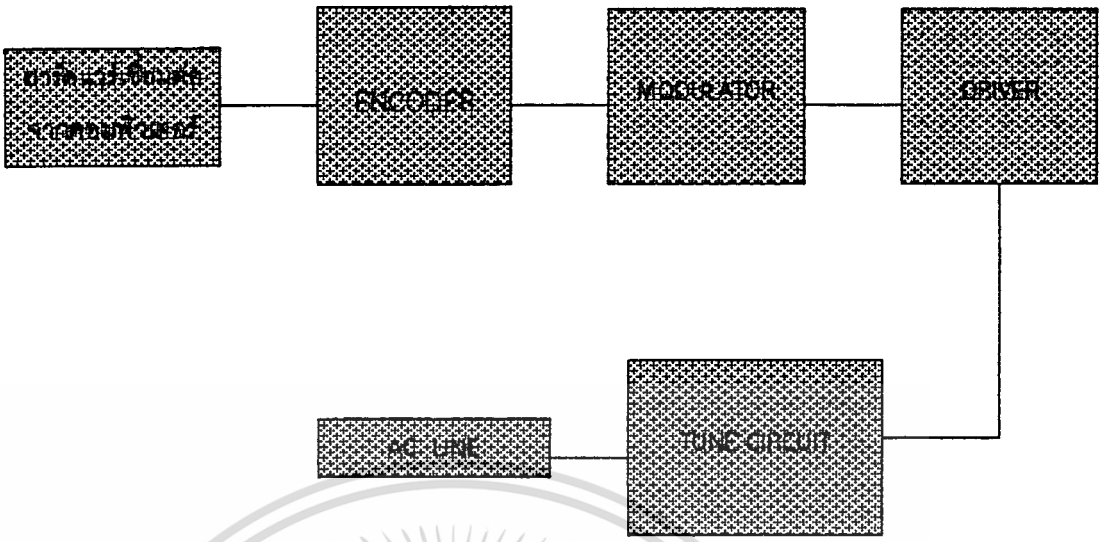
2 MODULATOR

3 DRIVER

4 TRUN CIRCUIT

ซึ่งหลักการทำงานของแต่ละส่วนสามารถออกแบบได้ดังนี้

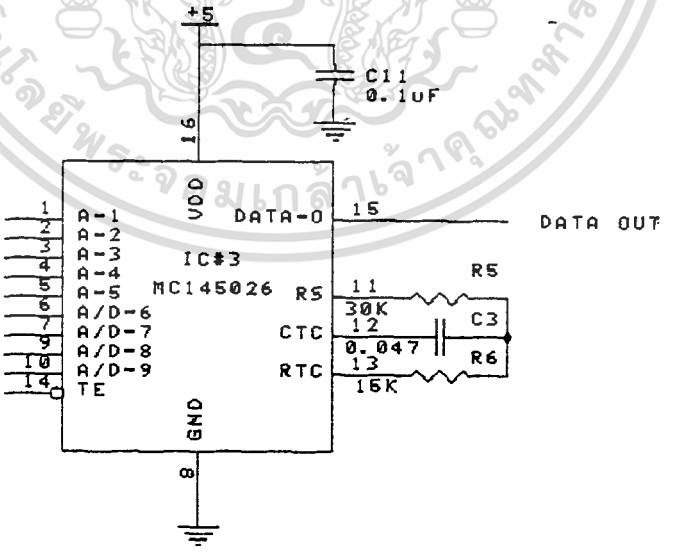
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 BLOCK DIAGRAM

3.2.1.1 การทำงานของENCODER

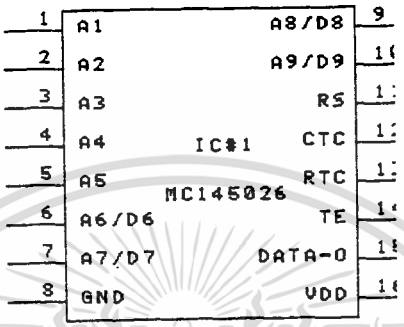
INPUT ของภาคส่งนั้นจะรับ สัญญาณจาก ADDRESS BUS ของ CARD INTERFACE จาก IBM PC COMPUTER เข้ามา 9 ADDRESS CODES ไปยังภาค ENCODER ซึ่งจะทำหน้าที่เข้ารหัส โดยจะมี IC เบอร์ MC145026 เป็นหัวใจสำคัญของภาคนี้



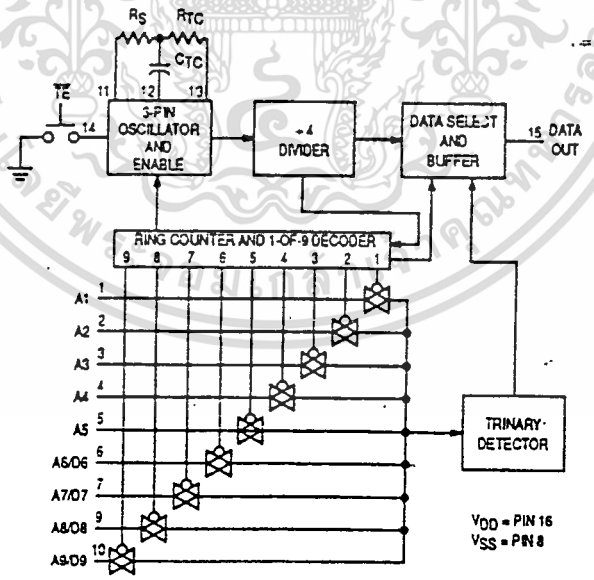
รูปที่ 3.17 วงจรภาค ENCODER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IC เบอร์ MC145026 จะเข้ารหัสแบบ 9 บิท ของข่าวสาร และจะส่งข่าวสารนี้ เป็นแบบอนุกรม (SERIAL)โดยข่าวสารจะสามารถส่งออกไปได้ทันทีที่ SWITCH TRANSMIT ENABLE (TE) ถูกกด ซึ่งมันจะทำงานที่สภาวะ 'LOW' เท่านั้น



รูปที่ 3.18 แสดงขาต่าง ๆ ของ IC เบอร์ MC145026



รูปที่ 3.19 MC145026 ENCODER BLOCK DIAGRAM

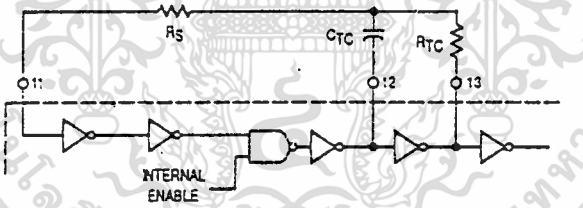
คุณสมบัติ ของ IC เบอร์ MC145026

- ADDRESS สามารถเป็นไปได้ทั้ง BINARY หรือ TRINARY
- CODE ของ ADDRESS ที่สูงที่สุด คือ TRINARY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ใช้ในการ INTERFACE กับ RF,ULTRASONIC
- จะส่ง 2 DATA เพื่อสำหรับ ERROR CHECKING
- จะใช้ไฟตั้งแต่ 4.5 ถึง 18 VOLTS
- ใน CHIP นั้นจะมี R/C OSCILLATOR
- INPUT และ OUTPUT เป็นแบบอนุกรมมาตราฐาน

ภาค ENCODER นี้สามารถทำการเข้ารหัสได้มาก โดยขึ้นอยู่กับขา INPUT ทั้ง 9 บิทดังนั้นเราจะกำหนดสถานะขา INPUT ของ A1/D1 - A9/D9 ขาเหล่านี้สามารถเป็นไปได้ทั้ง 3 สถานะ คือ TRINARY จึงอาจจะเป็น (0,1,OPEN)สถานะใดสถานะหนึ่งก็ได้โดย CODES ที่สามารถทำการเข้ารหัสที่เป็นไปได้ซึ่งมีความแตกต่างกันสูงสุดถึง 3^9 = 19,683 ซึ่งลำดับในการส่งนั้น จะเริ่มต้นที่ "LOW LEVEL" ของขา INPUT TE และ VDD ส่วนมากจะใช้เป็น "POSITIVE SUPPLY" และ VSS ส่วนมากจะใช้เป็น "NEGATIVE SUPPLY" (GND) แล้วภาค ENCODER นี้ยังมี R_S , R_{TC} , C_{TC} จะ"LEFTOPEN" ซึ่งจะเห็นได้ว่า OSCILLATOR นี้ทำงานที่ความถี่กำหนดโดย RC NETWORK ภายนอก



รูปที่ 3.20 ENCODER OSCILLATOR INFORMATION

RC NETWORK ภายนอก โดยสามารถคำนวนได้จากสูตร

$f = 1 / (2.3 * R_{TC} * C_{TC}')$ (Hz)

FOR 1 KHz <= f <= 400 KHz

AT $C_{TC}' = C_{TC} + C_{LAYOUT} + 12PF$

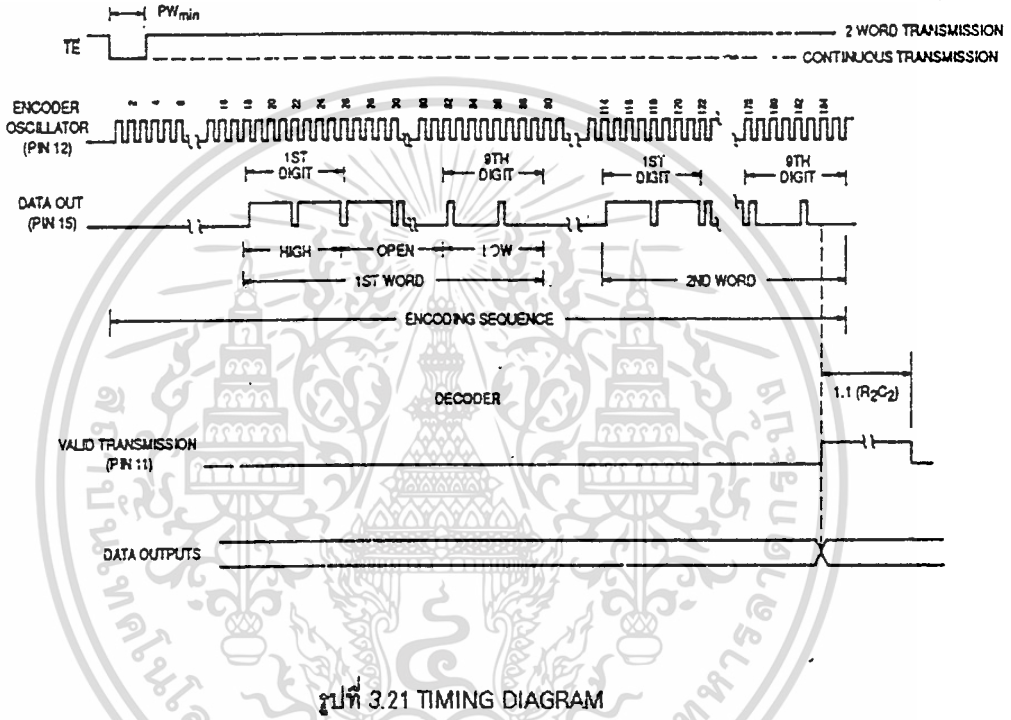
$R_S = 2R_{TC}$

RS >= 20 KOHMS

R_{TC} >= 10 KOHMS

400PF < C_{TC} < 15 F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



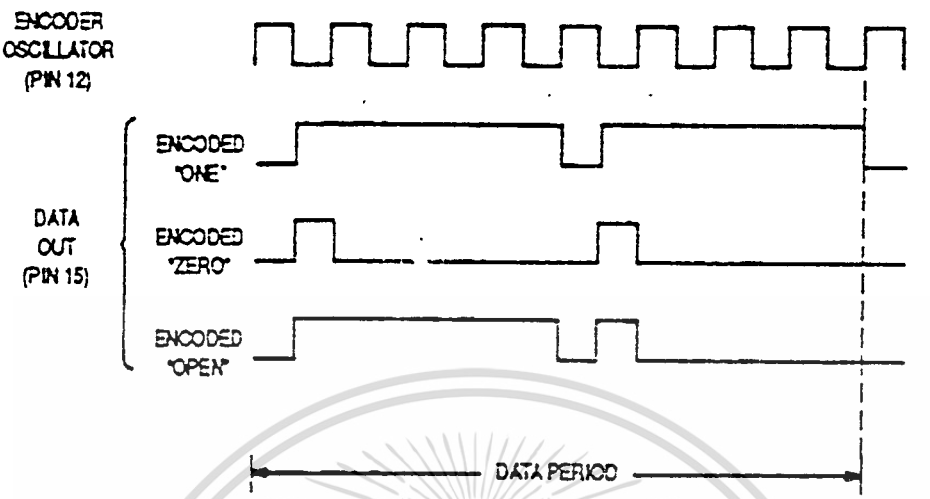
รูปที่ 3.21 TIMING DIAGRAM

ดังนั้น DATA OUT ที่ขา 15 ของ IC เบอร์ MC145026 ที่ส่งออกไปจะส่งไปในลักษณะอนุกรมต่อกันไปขนาด 9 บิท ซึ่งในแต่ละบิทของ DATA ที่ส่งออกไปจะมีสภาวะเป็น 0 , 1 , OPEN สภาวะใดก็ได้ ซึ่งจะมีสัญญาณเป็นลักษณะ PULSE ที่เข้ารหัสเป็นแบบอนุกรมแล้วดังรูปที่ 3.21 และส่งไปยังภาค MODULATOR โดยใช้ IC เบอร์ LM1893N ซึ่งเป็น CARRIER-CURRENT TRANCEIVER

ข้อมูลต่าง ๆ จะเริ่มมีการส่งอนุกรมต่อเนื่องกันไป ก็ต่อเมื่อทันทีที่ SWITCH TE ถูกกด (ที่ขา TE ได้รับ ACTIVE LOW) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งออกไปมีลักษณะเป็น WORDS โดยจะถูกส่งออกไปเป็นจำนวน 2 DATA WORDS ด้วยกัน ซึ่งหากทางรับๆ DATA WORDS ทั้งสองนี้ได้เหมือนกันแสดงว่าการส่งและการรับ ข้อมูลเป็นไปอย่างถูกต้องสมบูรณ์ที่สุด จะทำให้ทางภาครับทำการ ผลิตสัญญาณ VT(VALID TRANSMISSION) ออกมา

ในการส่งแต่ละครั้ง DATA BIT จะถูกเข้ารหัสแบบ 3 DATA PULSE โดยที่ลอจิก '0' จะมีลักษณะเป็น PULSE สั้นๆ 2 PULSE ต่อเนื่องกันไป และลอจิก '1' จะมีลักษณะเป็น PULSE ยาวๆ 2 PULSE ต่อเนื่องกัน ส่วนสำหรับสภาวะ 'OPEN' จะมีลักษณะการเข้ารหัส เป็นแบบ PULSE ยาว 1 ครั้งแล้วตามด้วย PULSE สั้น ๆ อีก 1 PULSE ดังแสดงการเข้ารหัสของสภาวะต่าง ๆ ดังกล่าว (0 , 1 , OPEN) ดังรูปที่ 3.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 แสดงลักษณะการเข้ารหัสของ DATA BIT

ดังนั้น DATA OUT ที่ขา 15 ของ MC145026 ขนาด 9 บิท ซึ่งในแต่ละบิทของ DATA ที่ส่งออกไปจะมีสภาวะเป็น 0 , 1 , OPEN สภาวะใดก็ได้ซึ่งจะมีสัญญาณเป็นลักษณะ PULSE ที่ส่งไปยังภาค MODULATORโดยใช้ IC เบอร์ LM 1893N ซึ่งเป็น IC CARRIER-CURRENT TRANSCEIVER

3.2.1.2 การทำงานของภาค MODULATOR

ภาค MODULATOR นั้นจะมีไอซีเบอร์ LM1893N เป็นหัวใจหลักซึ่งจะมีการทำงานดังนี้

LM1893N ทำหน้าที่เป็นตัวอินเตอร์เฟสกับสายไฟฟ้ากำลัง(POWER LINE INTERFACE) โดยสามารถทำหน้าที่เป็นได้ทั้งตัวรับและตัวส่ง โดยใช้กระแสในการส่งข้อมูล

การส่งข้อมูลของ LM1893N (t=TX MODE)

การทำงานในโหมด TX ทำหน้าที่ 2 อย่างคือ

1. เปลี่ยนสัญญาณอินพุทที่เป็นสัญญาณแบบดิจิตอลให้เป็น เอฟ.เอส.เค
2. ทำหน้าที่รับสัญญาณ เอฟ.เอส.เค ให้เข้าไปในสายไฟฟ้ากำลัง

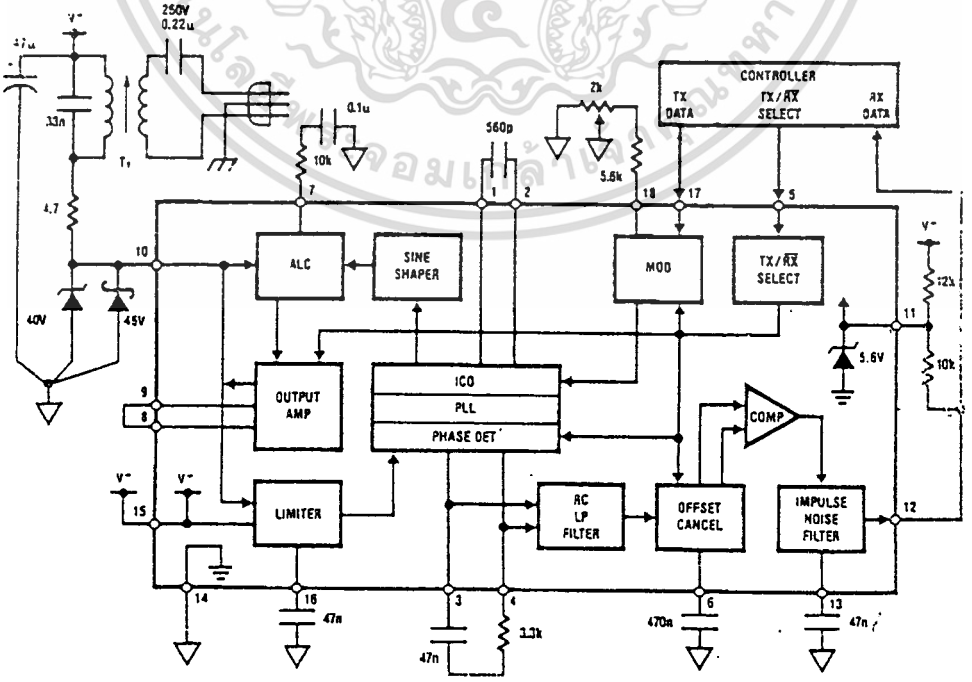
จากรูป 3.23 การเลือกโหมดการทำงานในโหมดส่ง สามารถทำได้โดยขา(TX/RX (PIN5)) ให้อยู่ในสภาวะลอจิก 'สูง' เมื่อสัญญาณอินพุทที่เป็นดิจิตอลซึ่งมีระดับเทรชโฮลด์(THERSHOLD) ประมาณ 2 โวลท์เข้ามาที่ PIN 17 สัญญาณอินพุทนี้จะไปกระตุ้นมอดูเลเตอร์ ซึ่งเป็นการมอดูเลเตอร์แบบ เอฟ.เอส.เค มอดูเลเตอร์ จะไปทำให้ความถี่ของ CURRENT-CONTROL OSCILLATOR (CCO) เบี่ยงเบนไป 2.5% ของความถี่ fo

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(CENTER FREQUENCY) โดยความถี่ของ CCO จะถูกตั้งให้อยู่ในช่วง 50-300 KHz. ซึ่งสามารถกำหนดค่าโดย RO,CO (ใช้ปรับค่า RO) หลังจากนั้นเอ้าท์พุทจาก CCO ซึ่งเป็นรูปสามเหลี่ยมจะถูกเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณซายน์ที่มีความเพี้ยนรวมน้อยกว่า 2 เปอร์เซนต์ โดยวงจรตบแต่งรูปซายน์ (SINE SHAPPER) ซึ่งสัญญาณที่ได้จะผ่านเข้าวงจรควบคุมแรงดันอัตโนมัติ (AUTOMATIC LEVEL CONTROL (ALC)) ก่อนที่จะเข้าสู่วงจรขยายกำลัง (POWER AMPLIFIER) เพื่อขับกระแส ค่าโวลท์เตจเอ้าท์พุทสวิง จะถูกกำหนดโดยกระแสคงที่ 60 มิลลิแอมป์ จากเอ้าท์พุทและค่าอิมพีแดนซ์ของโหลด ดังนั้นถ้าอิมพีแดนซ์ของโหลดมีค่าสูงจะทำให้เอ้าท์พุทสวิงขึ้นไป สูงกว่าค่าที่วงจรขยายกำลังสามารถทำงานได้. ซึ่งวงจรควบคุมแรงดันอัตโนมัติจะช่วยลดเอ้าท์พุทลงมา แต่ถ้าโหลดอิมพีแดนซ์มีค่าต่ำก็จะทำให้เอ้าท์พุทโวลท์เตจ มีค่าต่ำมากเกินไป วงจรควบคุมระดับแรงดันอัตโนมัติก็จะทำงานอย่างเต็มที่ (FULL DRIVER)

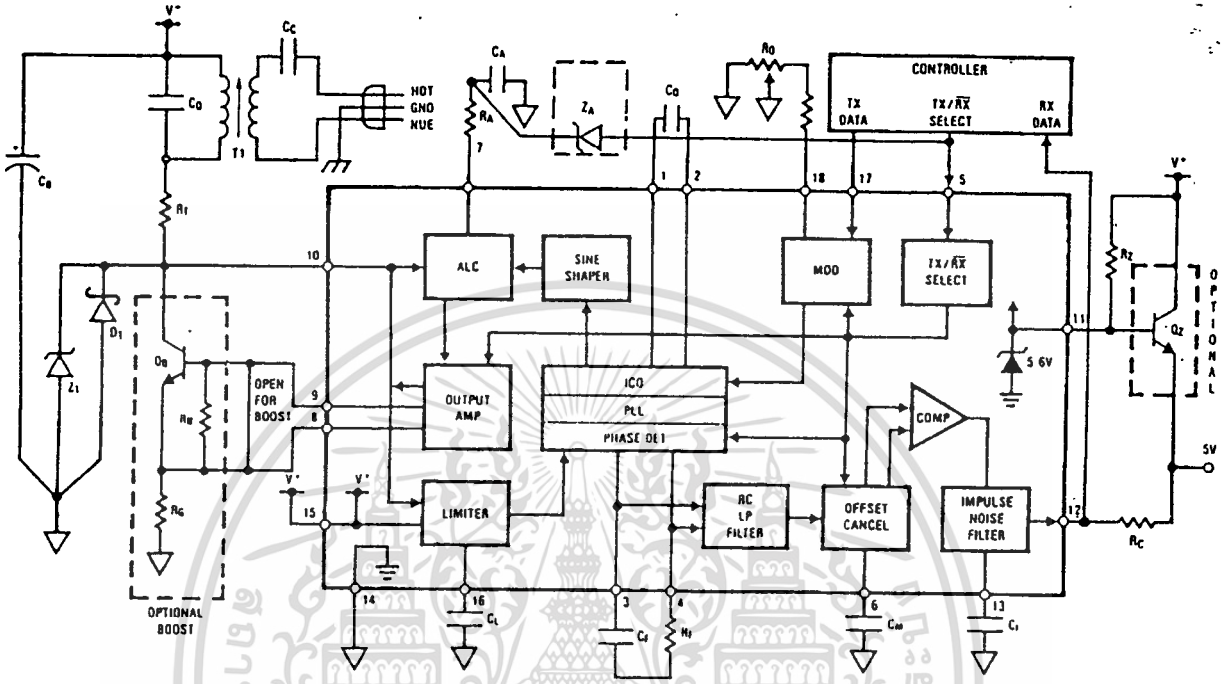
และเพื่อป้องกันการรบกวนของคลื่น ผ่านความถี่วิทยุในย่าน เอ.เอ็ม ซึ่งเกิดจากฮาร์โมนิค ค่าต่างๆ ที่เป็นสาเหตุทำให้เอ้าท์พุทของสัญญาณที่ได้ไม่เป็นรูปซายน์คัปปลิ้งคอยล์ที่เอ้าท์พุท (OUTPUT COUPLINGCOIL) ซึ่งมีหน้าที่คัปปลิ้งสัญญาณเข้าสู่สายส่งไฟฟ้ากำลังต้องมีค่า Q ต่ำๆ และต้องออกไม่ให้ฮาร์โมนิคส์ขยายวงจรรับ คลาสบี หรือคลาสซีผ่านเข้ามาได้ ดังนั้นวงจรที่ใช้จะต้องเป็นวงจรขับคลาสเอ

ในกรณีที่สายส่งไฟฟ้ากำลังมีอิมพีแดนซ์ต่ำ จึงจำเป็นต้องเพิ่มกระแสที่เอ้าท์พุทเพื่อให้ได้ขนาดของแอมพลิจูดของสัญญาณตามต้องการ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องต่อทรานซิสเตอร์ 1 ตัวและตัวต้านทาน 2 ตัว ดังรูปที่ 3.9 ซึ่งจะทำให้กระแสเอ้าท์พุทถึง 600 mA.P.P (ใช้ค่าตัวต้านทานค่าเท่ากับ 1.1 โอห์ม) โดยกระแสเอ้าท์พุทจะเป็นส่วนกลับกับค่าความต้านทานนี้



รูปที่ 3.23 แสดงวงจรภายในของ CARRIER-CURRENT TRANSCEIVER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 แสดงวงจร BOOST ของ POWER AMP

ในโหมดส่ง LM1893N จะรับข้อมูลจาก MC145026 (ซึ่งเป็นตัว ENCODER) เพื่อกำหนดรหัสของเครื่องที่ต้องการติดต่อด้วย และจะรับข้อมูลจาก IBM COMPUTER PC แปลงเป็นสัญญาณ เอฟ.เอส.เค ส่งผ่านคัปปลิ้งคอยล์ซึ่งทำหน้าที่เป็น แบนด์พาสฟิลเตอร์ (BAND-PASS FILTER) ที่ความถี่ fo เพื่อส่งเข้าสายไฟฟ้ากำลัง

ในโหมดรับ สัญญาณที่มาจากสายไฟฟ้ากำลังซึ่งอยู่ในรูปของสัญญาณ เอฟ.เอส.เค ผ่านคัปปลิ้งคอยล์เข้าสู่ LM1893N ซึ่ง LM1893N จะทำการดีมอดูเลทสัญญาณ เอฟ.เอส.เค ให้กลับคืนเป็นสัญญาณดิจิตอล แล้วส่งให้ MC145027 (ตัว DECODER) เพื่อเช็ครหัสว่าตรงกับเครื่องหรือไม่ ถ้าตรงก็จะปล่อยสัญญาณควบคุมออกไป

ในการออกแบบ ผู้ออกแบบต้องคำนวนค่าสำหรับ CENTER FREQUENCY (fo),DATA RATE(FDATA),SUPPLY VOLTAGE (V+),POWER LINE VOLTAGE (VI) และ FREQUENCY (FI) ถ้าหากมีพารามิเตอร์ตัวใดตัวหนึ่งหรือมากกว่าหาไม่ได้ในการออกแบบก็จะต้องเอาข้อมูลจาก DATA SHEET แล้วทำการทดลองใช้ค่าอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้ได้วงจรที่ดีที่สุด

อย่างไรก็ตาม ในการพิจารณาค่าอุปกรณ์ต่างๆ ต้องอยู่บนพื้นฐานดังนี้คือ

1. CENTER FREQUENCY (fo) ยิ่งมีค่าสูงยิ่งดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ค่าที่มากสุดของ DATA RATE (MAXIMUM DATA RATE) ยิ่งมีค่าน้อยยิ่งดี

3. เวลาและความถี่ที่ใช้ในฟิลเตอร์ (TIME AND FREQUENCY FILTER) ยิ่งมีค่ามากยิ่งดี

สำหรับในปริญญานิพนธ์นี้ เลือกใช้ความถี่กลางของคลื่นพาห์เท่ากับ.....,อัตราการส่งข้อมูลเท่ากับ.....บอด และใช้ระบบสายไฟฟ้ากำลัง 220 โวลท์ 50 Hz

ค่า Fo, ค่าความเร็วรองอัตราการส่งข้อมูล และค่าความถี่ 50 Hz จะนำไปใช้ในการคำนวนค่า อินดักแตนท์ ที่ใช้กับ LM1893N โดยใช้ร่วมกับการอ่านค่าจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ในดาต้าชีท (DATA SHEET) ซึ่งสามารถกำหนดค่าอุปกรณ์ต่างๆ ได้ดังนี้

1. CO และ RO เป็นตัวกำหนดค่า CENTER FREQUENCY (Fo) ในการเลือก Co ควรเลือกให้มีค่ามากกว่า 10 PF ในที่นี้จะเลือกค่า Co ค่า 560 PF สำหรับการเลือกค่า Ro ไม่ควรเลือกให้
RO ต่ำกว่า 5.6 กิโลโอห์มหรือสูงกว่า 7.6 กิโลโอห์ม เพราะฉะนั้นในที่นี้จะใช้ความต้านทาน 5.6 กิโลโอห์มต่อชนุกรมกับตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ 2 กิโลโอห์ม

2. Ca และ Ra เป็นตัวกำหนดปรับค่าโพล (POLE) และ ซีโร่ (ZERO) ของวงจรควบคุมระดับ (ALC) โดยใช้ค่า 0.1^{+}F และ 10 กิโลโอห์มตามลำดับ

3. Cf และ Rf ใช้ในการปรับค่า POLE และ ZERO ของวงจรส่วนเฟสล็อคลูป (PHASE LOCK LOOP) ของ LM1893N การออกแบบไม่ควรให้มีค่า Cf มากและค่า Rf น้อยเกินไป ในที่นี้ใช้ค่า Cf และ Rf เท่ากับ 0.047^{+}F และ 3.3 กิโลโอห์ม ตามลำดับ

4. CL ใช้ปรับค่าโพลค่าต่ำ (LOWER POLE) ของวงจรแบนด์พาสลิมิตเตอร์เพื่อที่จะจัดความถี่รองไฟฟ้ากำลัง (50 Hz) โดยเลือกค่า 0.047^{+}F

5. Cm มีผลต่อเวลาที่ LM1893N ใช้เปลี่ยนจาก TX เป็น RX การเลือกค่าทำจากการทดลอง ในที่นี้เลือกค่า 20 nF

6.CIเพื่อกำจัดIMPULSENOISE เลือกค่า 2 nF

7. Rc เป็นความต้านทาน (PULL UP) ใช้ค่า 10 กิโลโอห์ม

8. Rz ใช้ไบอัสไดโอดในตัว LM1893N ใช้ค่า 12 กิโลโอห์ม

9. Cb ใช้ลดสัญญาณรบกวนในส่วนจ่ายไฟเลี้ยง (SUPPLY BYPASS) ใช้ค่า 100 PF

10.Zt เป็นทรานเซี้ยนแคลมป์ (TRANSIENT CLAMP) ใช้ค่าเบรคดาวน์โวลท์เตจมากกว่า 44 โวลท์ และทนพีดแบคโวลเตจน้อยกว่า 66 โวลท์

11. Rt ใช้กำจัดทรานเซี้ยน ใช้ค่า 4.7 โอห์ม

การออกแบบวงจรในส่วนคัปปลิ้งกับสายไฟฟ้ากำลัง

1. Cq และ T1 ต่อกันเป็นลักษณะของวงจรแท้งค์ (TANK CIRCUIT) ต้องมีความถี่เรโซแนนท์ (fq) ตรงกับความถี่รองคลื่นพาห์ (Fo) นั้นคือ fq = FO ทำหน้าที่เป็นแบนด์พาสฟิลเตอร์ที่ความถี่ FO

2. Cc ทำหน้าที่กันโวลท์เตจจากสายส่งไฟฟ้ากำลัง และ Cc และ T1 ด้านที่ต่อกับสายไฟฟ้ากำลังต้องเป็นวงจรกรองความถี่สูง (LC HIGH-PASS FILTER) และที่คงามถี่ FO ค่าอิมพีแดนซ์ของ Cc ต้องน้อยกว่าอิมพีแดนซ์ของสายส่งไฟฟ้ากำลัง เพื่อให้ T1 สามารถรับพลังงานให้เต็มที่ แต่ต้องระวังไม่ให้ Cc,T1 และค่าอิมพีแดนซ์สะท้อนของวงจรจากแทงค์กลายเป็นวงจรอนุกรมรีโซแนนท์เพราะจะโหลดสายส่งไฟฟ้ากำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการออกแบบ

1. กำหนดอิมพีแดนซ์ของสายส่งไฟฟ้ากำลังให้เป็นค่าต่ำสุดเท่ากับ Zln จากค่า Zln สามารถประมาณค่า TURN RATIO ของ T1 ได้โดยอ่านจากกราฟความสัมพันธ์ในดาต้าชีท

2. หาค่า L1 จากสูตร

$$L1 = (Rq//ZLn)/2.fo.QL$$

และ $Rq//ZLn = (VCC-V_{ALC})2/Io$

เมื่อ Zln คือ อิมพีแดนซ์สะท้อนของสายส่งไฟฟ้ากำลัง (Reflected Zln)

Ql คือ ค่า Q ของ T1 ตอนมีโหลด

Rq คือ ค่า Q ของ T1 ตอนมีโหลด

VCC คือ ไฟเลี้ยง LM1893N เท่ากับ 18 โวลท์

IO คือ กระแสเอ้าท์พุทของ LM1893N เท่ากับ 60 mA

และ

$$Q1 = 1/(BW(\%of\ FO)$$

แทนค่าต่าง ๆ ดังนี้

Zln = 7 โอห์ม

ดังนั้นจะได้ค่า N (TURN RATIO) = 10

ให้ BW (% ของ FO) = 8.7 %

$$Q1 = 1/(8.7*100)$$

$$= 11.5$$

ดังนั้นแทนค่าได้ L1 = 49 μH

ถ้าพัน L1 ค่า 49 μH ด้วนจำนวน 80 รอบ

ดังนั้นจะได้จำนวนรอบ L2 = 80 / 10

= 8 รอบ

พัน L2 ด้วยขนาดเท่าเดิมแล้วัดค่า L2 ได้เท่ากับ 1.2 μH

3. หาค่า Cq ได้จาก

$$Cq = 1 / (2Fo)^2\ L1$$

แทนค่าได้ Cq = 1 / (2*125khz) ^{2} 49 μ H

4. เลือก Cc = 0.22 μF

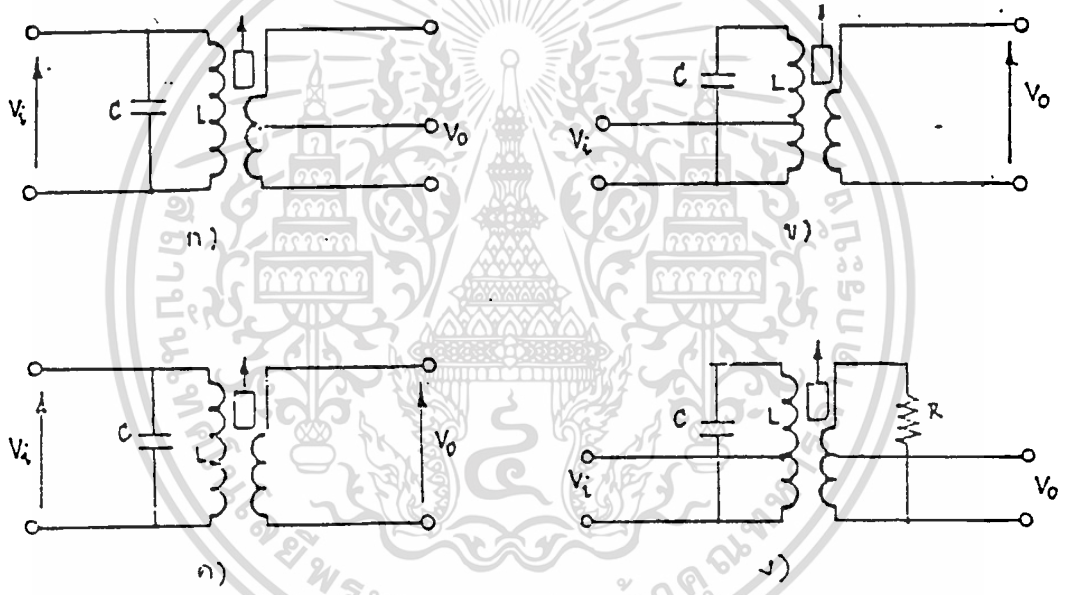
ซึ่งควบคุมการรับหรือส่งข้อมูลจะใช้ระดับสัญญาณ 'สูง' และ 'ต่ำ' ควบคุมขา TX/RX ของ 1893N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

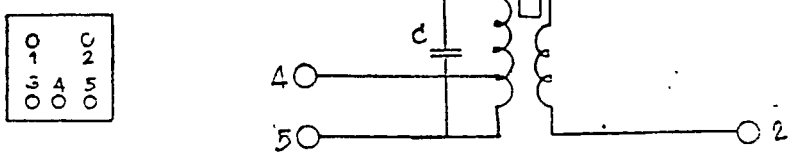
3.2.1.3 การทำงานของวงจรรูน

วงจรรูนของเครื่องส่งนี้เป็น LC ใช้หลักการ RESONANT ในการเลือกความถี่ที่เหมาะสมผ่านตัวมัน วงจรนี้ปกติจะเรียกว่า วงจรแทงค์ (TANK CIRCUIT) มีคุณสมบัติเป็นฟิลเตอร์เช่นเดียวกับ RC FILTER กล่าวคือตัวมันจะเป็น แบนด์พาสฟิลเตอร์ (BAND PASS FILTER) จะยอมให้ความถี่ที่ต้องการผ่านเท่านั้น วงจรแทงค์สามารถจะต่อใช้งานได้หลายลักษณะตามความต้องการ

วงจรรูนของเครื่องส่งจะใช้หม้อแปลง ไอ เอฟ รองวิทยุดัดแปลงใหม่ใหม่เพื่อให้เหมาะสมกับความถี่ใช้งาน ซึ่งหม้อแปลงนี้มีขายทั่วไป ซึ่งมีขนาดความถี่เรโซแนนท์ 455 KHz บางแบบมีขนาดความถี่เรโซแนนท์ 10.7 MHz ที่ใช้ในวิทยุ เอฟ.เอ็ม แต่ที่เราใช้ในเครื่องส่งนี้จะใช้หม้อแปลง ไอ.เอฟ ที่มีขนาดความถี่เรโซแนนท์ 455 KHz กระป๋องสีดำซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับที่ใช้ในปริญญานิพนธ์ มาทำการดัดแปลง



รูปที่ 3.25 วงจรแทงค์ลักษณะต่าง ๆ



รูปที่ 3.26 ลักษณะการพันของ YMC 6649

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หม้อแปลงไอ.เอฟ เดิมนั้นจะมีขดลวดเดิมของมันพันอยู่และมีคาปาซิเตอร์ติดมาด้วยซึ่งคาปาซิเตอร์นี้จะมีค่าความจุประมาณ 280 PF และเรโซแนนท์ ที่ความถี่ 455 KHz เพราะฉะนั้นความถี่เรโซแนนท์ ที่ความถี่ 455 KHz เพราะฉนั้นความถี่เรโซแนนท์ (f^o) จะได้

$$W^oL = 1/(W^o*C)$$

$$L = 1/(W^{o2}*C)$$

ดังนั้น เราสามารถคำนวนค่าเหนี่ยวนำได้ เมื่อเราทราบจำนวนรอบที่พันระหว่างขั้ว 1-3

ค่าความเหนี่ยวนำต่อรอบ = $1/(w^{o2}*C*N)$

เมื่อ N = จำนวนรอบของขดลวดที่ 3-5

เมื่อเราใช้ลวดเบอร์เดิม จะต้องการเปลี่ยนจำนวนรอบ ค่าคาปาซิเตอร์ และความถี่เรโซแนนท์ เราจะสามารถคำนวนได้ เช่น เราหาค่าเหนี่ยวนำต่อรอบได้ $1*10^{-5}$ H และค่า ค่าปาซิเตอร์(C) = 820 pF และต้องการความถี่เรโซแนนท์ที่ 166.7 KHz เราก็จะหาจำนวนรอบได้

$$1*10^{-5} = 1/(W^{o2}*C*N)$$

$$N = 1/(W^{o2}*820\ pF*10^{-5})$$

$$N = 1/(W^{o2}*8.2*10^{-15})$$

เมื่อ $f = 2*3.14*LC$

$$W^{o2} = 1/LC = (2f)^2$$

$$W^{o2} = (2*3.14*166.7*10^3)^2 = 1.097*10^{12}\ rad$$

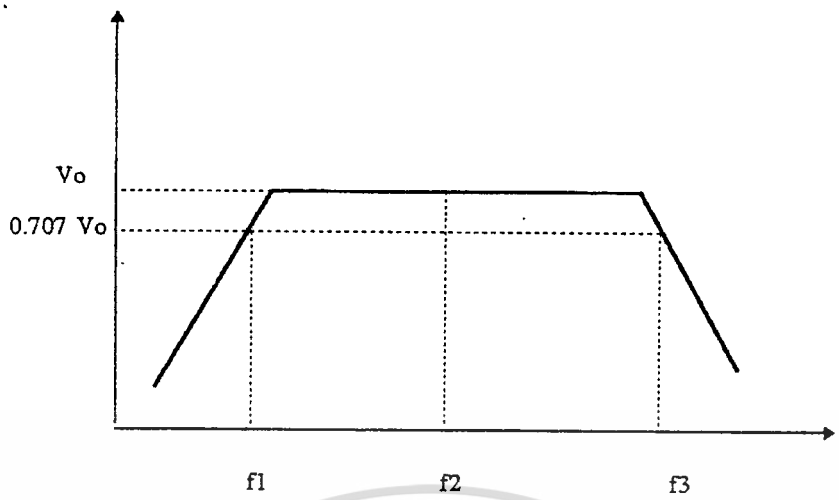
$$N = 1/(1.097*10^{12}*8.2*10^{-5})$$

$$N = 1/(9*10^{-3})$$

$$N = 111.2\ รอบ$$

ข้อควรคำนึงอีกอย่างหนึ่งคือ ค่าแฟกเตอร์คุณภาพ (QUALITY FACTOR) ควรจะต้องมีค่าสูงๆ และต้องอยู่ในเกณฑ์ที่พอเหมาะ ซึ่งค่าแฟกเตอร์นี้หาได้ดังรูป 3.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.27 แสดงคุณลักษณะของ Band Pass Filter

จากรูปจะเห็นได้ว่า Band Width (BW) คือช่วงระหว่าง F^1 ถ้า BW แคบจะทำให้ Q^0 มีค่ามาก เรา สามารถหาค่า QUALITY FACTOR (Q^0) ได้จากสูตร

$$Q^0 = F^0/BW$$

การออกแบบวงจร Tank มีหลักการดังนี้

-การเลือกค่า Q ของวงจร Tank

-การเลือกค่าความจุของ Capacitor

-การเลือกค่า Henry ของ Coil

1. การเลือกค่า Q ของวงจร Tank

การสร้างวงจรขยายสัญญาน นั้นนอกจากจะกำหนด class ของวงจรขยายเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพ ของวงจรด้วย โดยยึดหลักว่า ถ้า Q ของวงจร Tank มีค่าน้อย ประสิทธิภาพของวงจรขยายจะต่ำ และ output จะให้ Harmonic ออกมามาก แต่ถ้า Q ของวงจร Tank มีค่าสูง ก็จะทำให้มีกระแสไหลภายในวงจร Tank สูง มาก การสูญเสียภายในวงจร Tank มีค่ามากขึ้นและ Band Width แคบลง ฉนั้นค่าที่พอเหมาะที่นิยมใช้กันทั่ว ๆ ไป คือค่า Q ของวงจร Tank จะใช้ประมาณ 10 ถึง 20

ในวงจร Tank นั้น ณ Resonant Frequency ค่า X^L จะเท่ากับ X^C และ Impedance ของวงจรจะมีค่าสูง สุด ส่วนค่า Q ของวงจรจะมีค่าเท่ากับ X^L/X^S เรียนเป็นสูตรได้ดังนี้

ณ. Resonant Frequency

$Q = X^L/R^S$ (ไม่มีหน่วย)

$X^L = 2*3.14*F*L$ (Ohm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

X^C = 1/2*3.14*F*C (Ohm)

Z = X^L*Q (Ohm)

เมื่อ Q = Quality Factor.

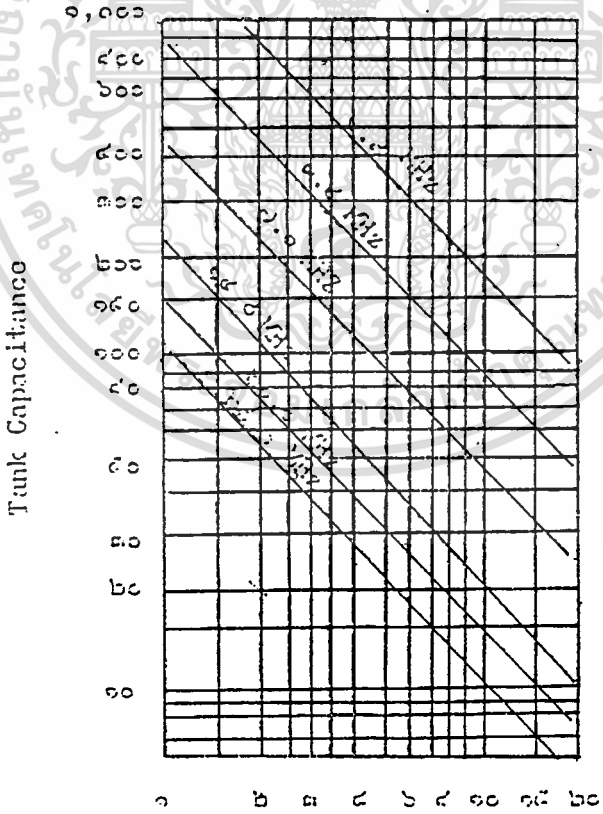
X^L = Reactance of Tank Coil in Ohms.

X^S = Series Resistance in Ohms.

2. **การเลือกค่าความจุของ Capacitor**

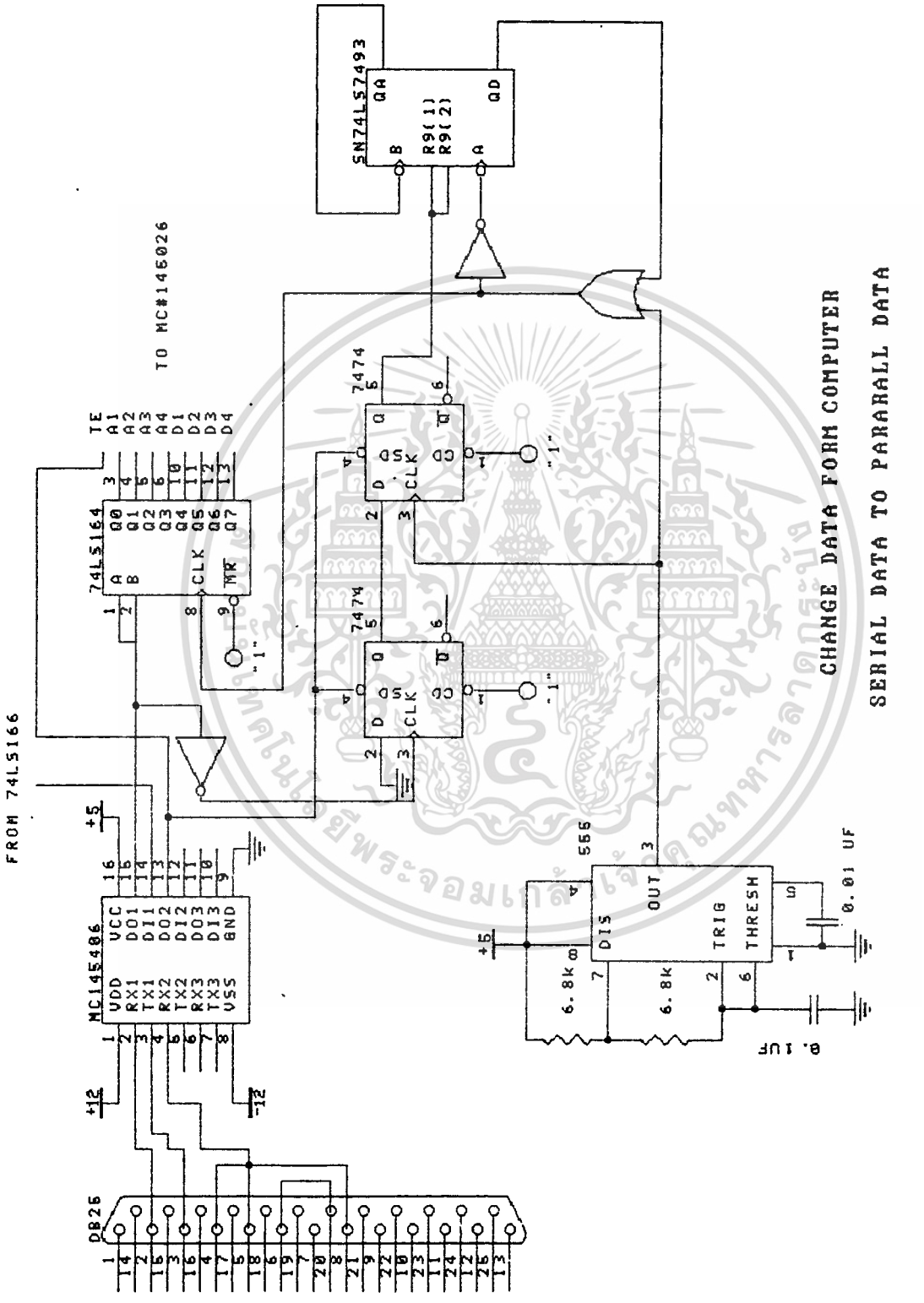
การเลือกค่าความจุของ Capacitor ของวงจร Tank ที่ใช้กับวงจรขยายนั้น ในทางปฏิบัติ จะใช้สูตรหาอัตราส่วนระหว่าง Collector Voltage กับ Collector Current แล้วเอาค่าที่ได้ไปปรุงหาค่า Capacetor จาก Chart อีกต่อหนึ่งดังนี้

Ratio ของ Collector Voltage / Collector Current



ตารางที่ 2 สำหรับเทียบค่าความจุของ Capacitor ในวงจร Tank

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การเลือกค่า Henry ของ Coil

เมื่อได้ค่าของ Capacitor สำหรับวงจร Tank แล้วจากนั้นก็สามารถหาค่าของ Coil ออกมาได้ดังนี้

จากสูตร Resonant Frequency

$$F^r = 1/2*3.14^6LC$$

หรือเปลี่ยนเป็น

$$L = 1/[C(2*3.14*F^r)]^2$$

สำหรับความถี่ที่เป็น KHz ใช้สูตร

$$L = 10^6/ [C(2*3.114*F^r)]^2$$

เมื่อ

L = Inductance in uH

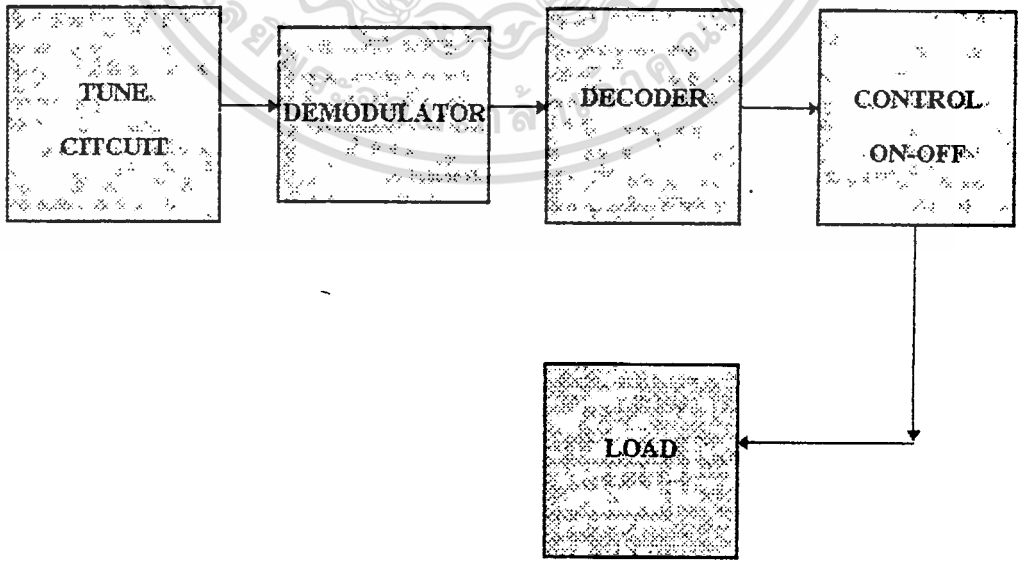
C = Capacitance in uF

F^r = Frequency in KHz

3.2.2 ภาครับ

หลักการทำงานของวงจรภาครับ

ภาครับสามารถเขียนเป็น BLOCK DIAGRAM ได้ดังนี้



รูปที่ 3.28 BLOCK DIAGRAM

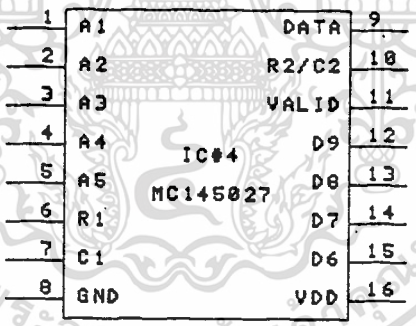
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานของภาครับ

ทางด้านตัวรับจะมีภาค DEMODULATOR โดยใช้ IC เบอร์ LM1893N เป็นตัว DEMODULATOR สำหรับวงจรของตัวรับได้แสดงดังรูปที่ 3.28 สัญญาณที่อยู่ในสายไฟ 220 โวลท์(AC LINE จะ Coupling ผ่าน C^1 เข้าไปยังวงจรรูน ซึ่ง C^1 จะเป็นตัวกั้นไฟ 220 โวลท์ เข้ามาในวงจร หลังจากสัญญาณเข้ามาแล้ว IFT(BLACK) จะทำการรูนเอาความถี่ที่ต้องการออกมาซึ่งจะมีความถี่ Resonance ที่ความถี่ 166 KHz หลังจากรูนความถี่พาร์ที่ต้องการออกมาแล้ว ความถี่ดังกล่าวนี้จะถูกป้อนเข้าไปยังภาคขยายซึ่งประกอบด้วย

3.2.2.1 การทำงานของดีโคดเดอร์ (Decoder)

ภาค DECODER นี้จะทำหน้าที่รับสัญญาณที่ส่งเข้ามาแล้ว ทำการถอดรหัสดูว่าตรงกลับค่า ADDRESS ที่ตั้งไว้หรือเปล่า ถ้าตรงก็จะให้ OutPut ออกมาเพื่อนำไป Control load อีกที ในภาคนี้มี IC MC145027 เป็นหัวใจสำคัญในการ decode ซึ่งในรูปที่ 3.29 แสดงสัญลักษณ์ขาของ IC MC145027



รูปที่ 3.29 แสดงขาของ IC MC145027

-ขา A1-A5

ขาเหล่านี้เป็น Address input ที่เรา Set ไว้ให้ตรงกับค่า Address ของตัวส่งเพื่อที่จะได้ OutPut ออกมา

-ขา D6-D9

ขาเหล่านี้เป็น Data ที่เราส่งไปควบคุมอุปกรณ์ ซึ่งจะได้สัญญาณ output ออกมาก็ต่อเมื่อมี Address ของทาง เครื่องรับและเครื่องส่งตรงกัน และทางด้านเครื่องส่งได้ทำการ ส่ง Data (ON-OFF) พร้อมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ขา R^1,C^1

ขาทั้งสองนี้ต่อกับค่าความต้านทาน และค่าความเหนี่ยวนำ เพื่อใช้เป็นตัวกำหนดความแคบหรือความกว้างของ Pulse ที่เป็นรหัส ค่า Time constant R^1*C^1 จะถูกตั้งไว้ 1.72 ของ Transmit clock periode ดังนั้น $R^1*C^1 = 3.95\ R^{TC}*C^{Tc}$

-ขา R^2/C^2

ขานี้จะมี ค่าความต้านทาน และค่าความเหนี่ยวนำ ต่อขนานกันอยู่ และต่อเข้ากับ V^{SS} เพื่อเป็นการแยกการส่งครั้งสุดท้ายกับครั้งใหม่ ซึ่งค่า Time constant จะเท่ากับ R^2*C^2 จะเป็น 33.5 เท่าของคาบเวลาการส่ง(4 data bit periods) โดย $R^2*C^2 == 77*R^{TC}*C^{TC}$

-ขา Valid Transmission (VT)

เป็นขา OutPut จะเป็นระดับสูง(High) เมื่อ

1. การส่ง Address ตรงกับ Address ของตัวรับ
2. การส่ง DATA WORD แรกและสอง ต้องตรงกัน

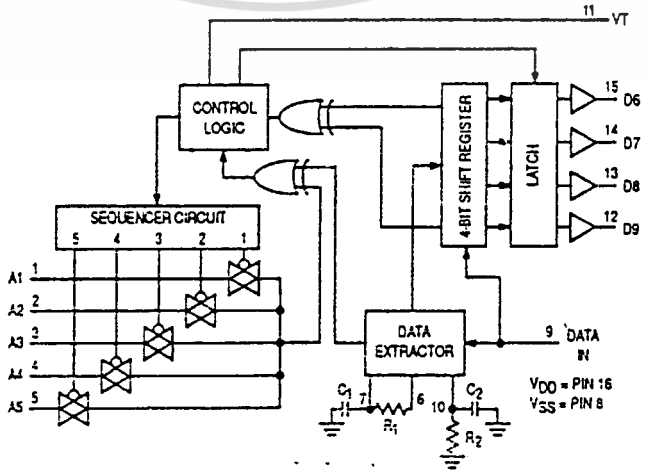
ขา VT จะเป็น 'high' จนกระทั่งการรับไม่ตรงตามเงื่อนไข หรือไม่มีสัญญาณเข้ามา เป็นเวลา 4 Data bit

-ขา V^{DD}

เป็นขาแหล่งจ่ายไฟบวก

-ขา V^{SS}

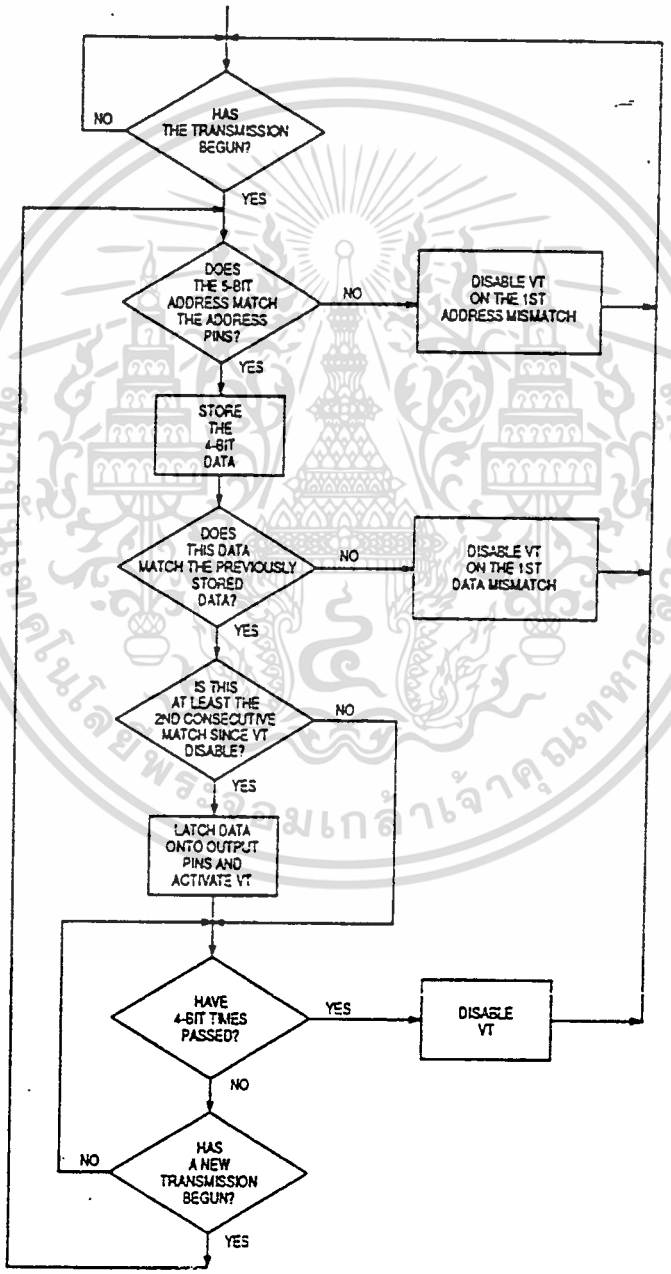
เป็นขาแหล่งจ่ายไฟลบ (ส่วนใหญ่ใช้เป็น กราวด์)



รูปที่ 3.30 DECODER BLOCK DIAGRAM MC145027

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานของ IC MC145027 เป็นไปตาม Flowchart ของรูปที่ 3.31 ดังนี้

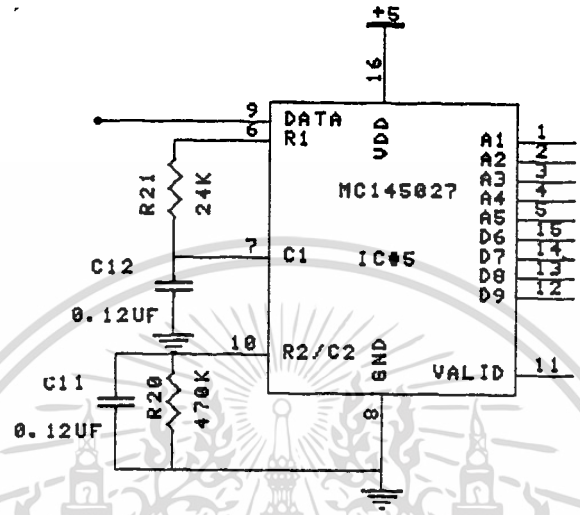


รูปที่ 3.31 FLOWCHART ของ MC145027

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบวงจร DECODER

เราสามารถออกแบบวงจร DECODER ได้ดังแสดงในรูปที่ 3.32 โดยคำนวนหาค่า R_{11},C_2,R_{12},C_9



รูปที่ 3.32 วงจร DECODER

จากสูตร $f_{osc} = 1/(2.3*R_{TC}*C_{TC})$

$R_{11}*C_9 = 3.95*R_{TC}*C_{TC}$

$R_{12}*C_9 = 77*R_{TC}*C_{TC}$

ซึ่งค่า $R_{TC} >= 10K$

$100pF <= C_{TC} >= 15uF$

$R_{11} >= 10\ K$

$C_9 >= 400\ pF$

$R_{12} >= 100\ K$

$C_9 >= 700\ pF$

เราใช้ความถี่ $f_{osc} = 616$ Hz และใช้ $C_{CT} = 0.047$ uF

ดังนั้น $R_{TC} = 1/(616 * 2.3 * 0.047 * 10^{-6})$

$= 15\ K$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก $R_{11}C_9 = 3.95\ R_{TC}C_{TC}$ ให้ $C_9 = 0.12$ uF

ดังนั้น $R_{11} = (3.59*15*10^{3}*0.047*10^{-6})/(0.12*10^{-6})$

$= 23.2$ K ใช้ 24 K

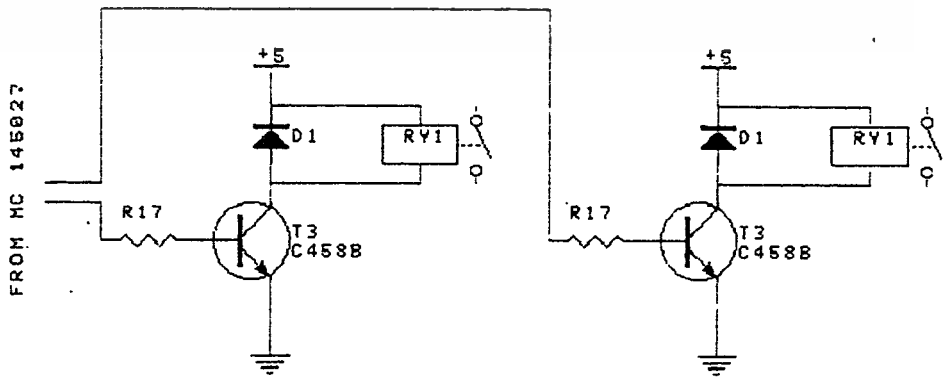
จาก $R_{12}C_9 = 77*R_{TC}*C_{TC}$ ให้ $C_9 = 0.12$ uF

ดังนั้น $R_{12} = (77*15*10^{3}*0.047*10^{-6})/(0.12*10^{-6})$

$= 452.4$ K ใช้ 470 K

3.2.2.2 การทำงานของภาคควบคุมอุปกรณ์ (ON-OFF)

ภาคนี้จะประกอบด้วย วงจรรับ Relay และวงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ โดยผ่านทาง Relay ซึ่งสามารถรับภาระได้ อยู่ในช่วง แรงดัน 220 โวล์ท กระแส 5 แอมแปร์ จำนวน 4 ชุด สามารถแสดงได้ตามรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 ตัวอย่างวงจร CONTROL ON-OFF สำหรับควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า 2 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

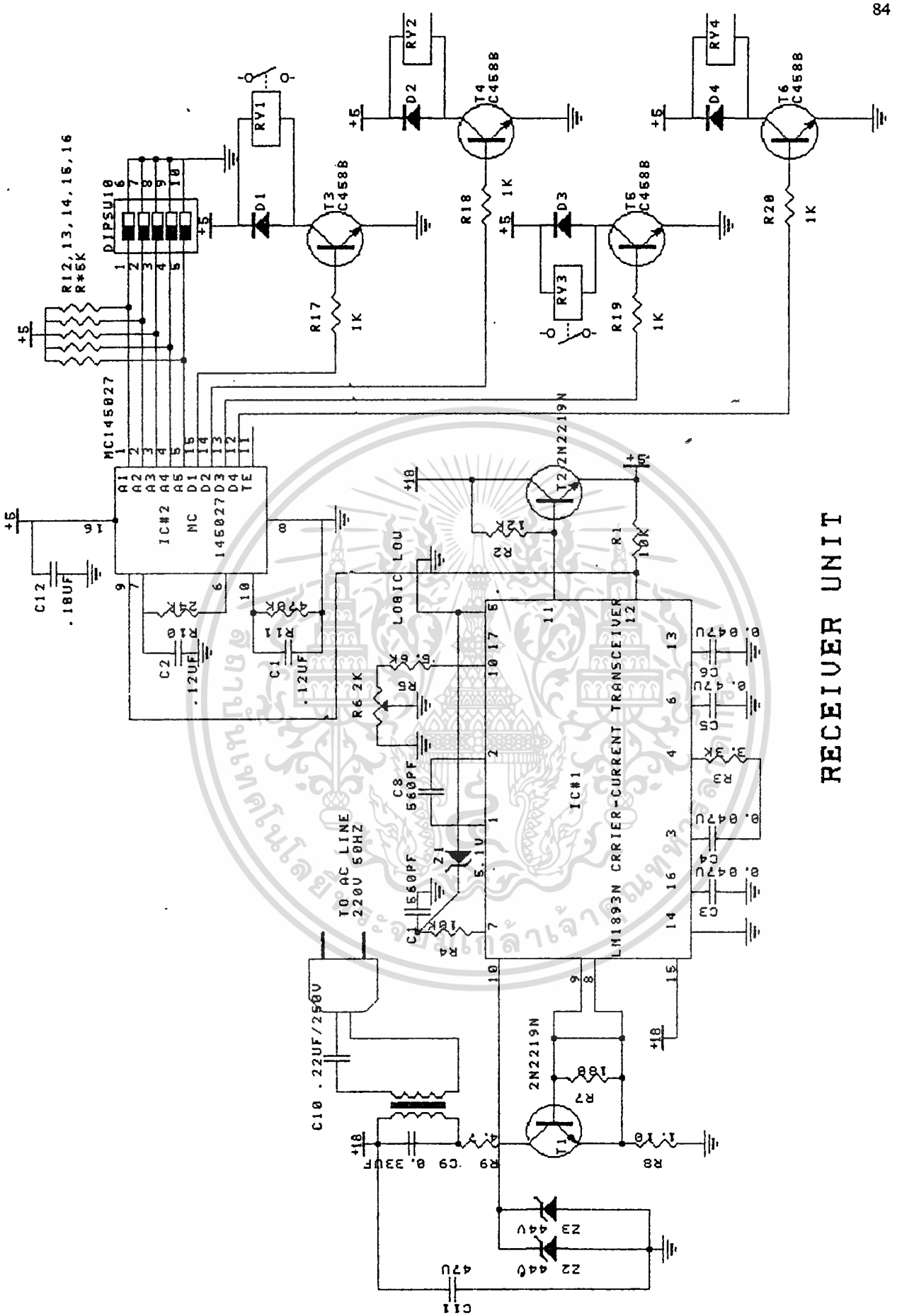
การทำงานของวงจรควบคุม เปิด - ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า

การทำงานจะเริ่มจากที่ผู้ใช้งานได้ใส่ข้อมูลในคอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบด้วย Address เป็นแบบ binary จำนวน 4 บิตแรก และ 4 บิตหลังเป็น บิตข้อมูล ยกตัวอย่างเช่น "0 0 0 0 0 0 0 0" จะเห็นว่า Adress ของข้อมูลในที่นี้คือ 0 0 0 0 และข้อมูลที่ส่งออกมาจากคอมพิวเตอร์คือ 0 0 0 0 ถ้าเราตั้ง Adress ทางด้านตัวรับให้เหมือนกันกับทางด้านส่ง MC 145027 จะทำการถอดรหัสออกมา และส่งสัญญาณ VT ออกมาทางขา 11 และข้อมูล ที่ขา 14 , 13 , 12 ,11 จะเท่ากับ " 0 " (LOW) ดังนั้นจะยังไม่มีสัญญาณที่จะไปทำการทริก ทรานซิสเตอร์ รีเลย์ยังคงไม่ทำงาน และโหลดยังคงปิดอยู่ แต่เมื่อผู้ใช้งานได้ทำการส่งข้อมูลมาใหม่เป็น " 0 0 0 0 0 0 0 1" Adress ของข้อมูลยังคงเหมือนเดิม แต่ข้อมูลที่บิตที่ 1 เท่ากับ hight ทางด้านตัวรับที่มี Adress ตรงกันกับ "0 0 0 0" จะทำการถอดรหัส และจะมีสัญญาณออกจาก MC145027 ออกมา 2 ขาคือขา 11 ซึ่งคือขา VT สัญญาณที่ออกมาจากขานี้จะออกมาในรูปของ Pluse เป็น Hight และ หายไป และอีกขาหนึ่งก็คือ ขา 15 ซึ่งเป็นขาสัญญาณบิตที่หนึ่งของ MC 145027 จะเปลี่ยนสถานะจาก Low เปลี่ยนเป็น Hight สัญญาณที่ได้จากขานี้จะไปทำการทริก ทรานซิสเตอร์ที่ขา Base ทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานนำกระแสจากขา Collector ไป ขา Emitter ซึ่งได้ทำการต่อขดลวดของ รีเลย์อนุกรมเอาไว้ ทำให้ รีเลย์ ทำงานหน้าคอนแทคของรีเลย์เปลี่ยนสภาวะ จาก OFF มาเป็น ON เป็นผลให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานได้

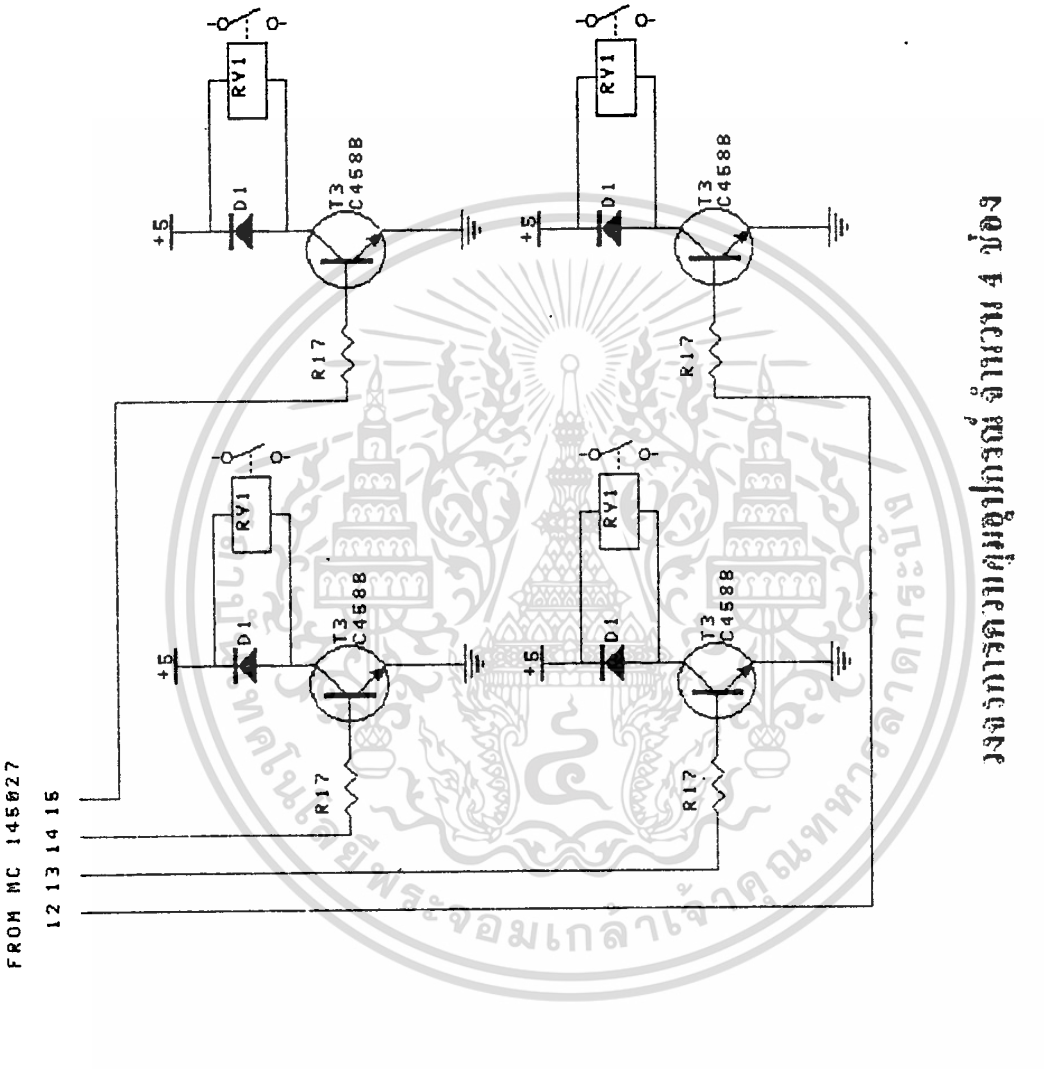
เมื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานแล้วในการที่จะทำการปิดไม่ให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานก็สามารถทำได้ในลักษณะเดียวกัน นั้นก็คือผู้ใช้งานทำการป้อนข้อมูลเข้าที่ คอมพิวเตอร์ เป็น " 0 0 0 0 0 0 0 0" ซึ่งข้อมูลบิตสุดท้ายจะเท่ากับ " 0 " และมี Adress เหมือนกับชุดทางด้านรับที่ต้องการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า เมื่อส่งข้อมูลออกมาแล้ว MC 145027 จะทำการถอดรหัสและขา 15 จะเปลี่ยนสภาวะเป็น Low ทำให้ไม่มีสัญญาณไปทริกทรานซิสเตอร์และทำให้รีเลย์หยุดการทำงาน อุปกรณ์ที่ต่ออยู่กับรีเลย์ก็จะหยุดการทำงานไป

สำหรับการส่งข้อมูลเพื่อไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ บิตอื่นๆ ก็สามารถทำได้เช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

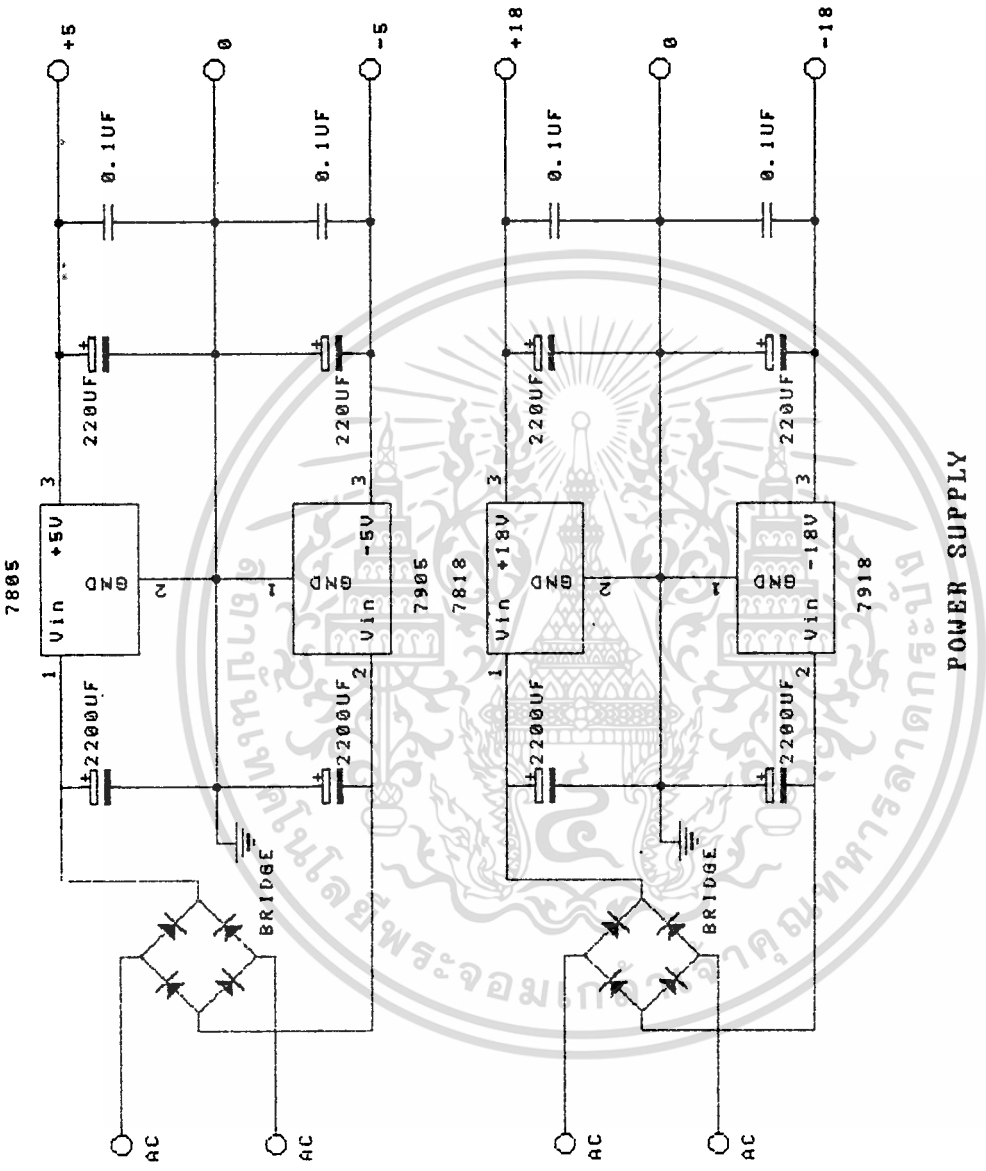


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วงจรการควบคุมอุปกรณ์ จำนวน 4 ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

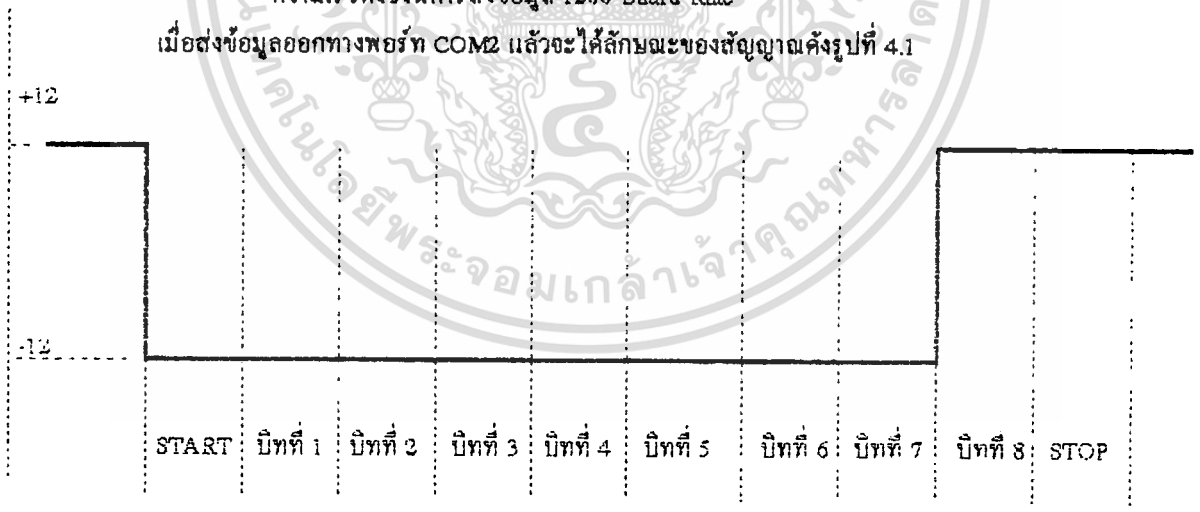
4.1 ผลการทดลองทางด้านส่ง

4.1.1 การทดลองส่ง Address และ Data ออกทางพอร์ทสื่อสาร

ในการทดลองส่งข้อมูลออกทางพอร์ทสื่อสาร RS 232C ได้ทำการส่งข้อมูลที่จำเป็นต่อการทดลอง คือAddress ของอุปกรณ์ที่จะทำการควบคุม ในที่นี้ให้เป็น " 0 0 0 0 " และส่ง Data ที่จะให้อุปกรณ์ตัวใดทำงานในการทดลองจะให้ อุปกรณ์ตัวที่ 1 ทำงาน ดังนั้น Data ที่จะต้องส่งออกก็คือ " 0 0 0 1" ดังนั้นจึงป้อนข้อมูลที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในโปรแกรม Visual Basic โดยเลือกส่งข้อมูลออกที่ COM2 โดยกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ ในรายละเอียดของสัญญาณสามารถกำหนดได้ในโปรแกรม Visaual Basic ดังนี้

- ให้สัญญาณออกทางพอร์ท COM2
- ไม่มี Parity Bit
- จำนวน ข้อมูลที่จะส่งออก จำนวน 8 บิต ในที่นี้ ลองส่ง " 0 0 0 0 0 0 0 1 "
- จำนวน บิต Stop ใช้จำนวน 1 บิต
- ความเร็วที่ใช้ในการส่งข้อมูล 1200 Baurd Rate

เมื่อส่งข้อมูลออกทางพอร์ท COM2 แล้วจะได้ลักษณะของสัญญาณดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 สัญญาณที่ส่งออกทางพอร์ท COM2

4.1.2 การทดลองเปลี่ยนสัญญาณจากข้อมูลที่เป็นอนุกรมเป็นข้อมูลแบบขนาน

เมื่อได้รับข้อมูลจากพอร์ทสื่อสาร RS232C ตามรูปที่ 4.1 แล้วก็ทำการเปลี่ยนข้อมูลจากอนุกรมเป็นข้อมูลแบบขนานโดยใช้วงจรตามที่ได้ออกแบบไว้แล้วในบทที่ 3 ซึ่งผลที่ได้เป็นไปตามทฤษฎี คือ แปลงข้อมูลจาก " 0 0 0 0 0 0 0 1 " จะได้ข้อมูลที่ออกจากขาของ ไอซี เบอร์ 74164 ดังนี้

ขา 3 Q0 = 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา 4 Q1 = 0

ขา 5 Q2 = 0

ขา 6 Q3 = 0

ขา 10 Q4 = 0

ขา 11 Q5 = 0

ขา 12 Q6 = 0

ขา 13 Q7 = 1

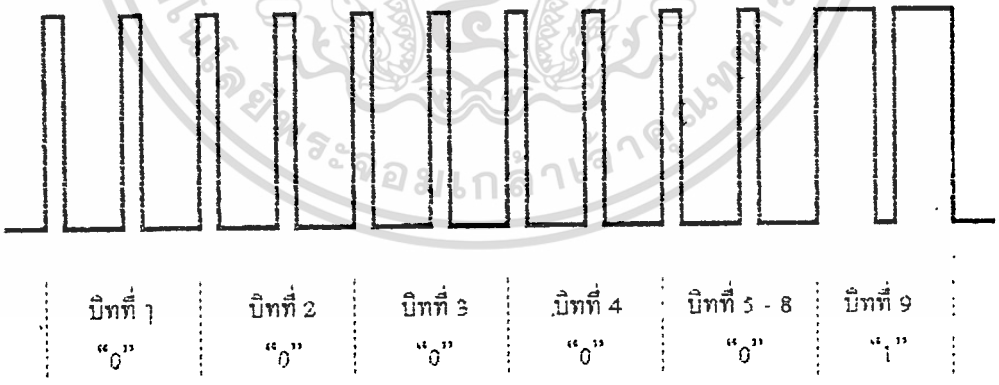
*หมายเหตุ "0" หมายถึงแรงดัน 0 โวล์ท

"1" หมายถึงแรงดัน 5 โวล์ท

4.1.3 การทดลองการเข้ารหัสโดยใช้ไอซี MC 145026

เมื่อได้สัญญาณที่ออกจากวงจรแปลงข้อมูลแล้ว ก็นำมาป้อนเข้าที่ชุดเข้ารหัส แต่ชุดเข้ารหัสหัวใจสำคัญจะมีไอซีเบอร์ MC 145026 เป็นหลัก ซึ่งจะสามารถเข้ารหัสได้ 9 บิต แต่จากสัญญาณที่ได้จาก วงจรแปลงข้อมูลจะได้ข้อมูลเพียง 8 บิต ดังนั้นอีก 1 บิตที่เหลือที่จะทำการเข้ารหัสจะใช้เป็น แบบ Manual โดยใช้ Switch เป็นตัวช่วยโดยจะใช้สวิทช์เป็นตัวกำหนดรหัสบิตที่ 1 ของ MC 145026 โดยทดลองให้บิตที่ 1 ของการเข้ารหัสเป็น 0 เพราะฉะนั้นข้อมูลที่จะทำการเข้ารหัสจะได้ " 0 0 0 0 0 0 0 0 1 "

เราจะได้สัญญาณที่ออกจากไอซีเบอร์ MC 145026 ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 สัญญาณเอาท์พุทจากขา 15 ของ IC เบอร์ MC 145026

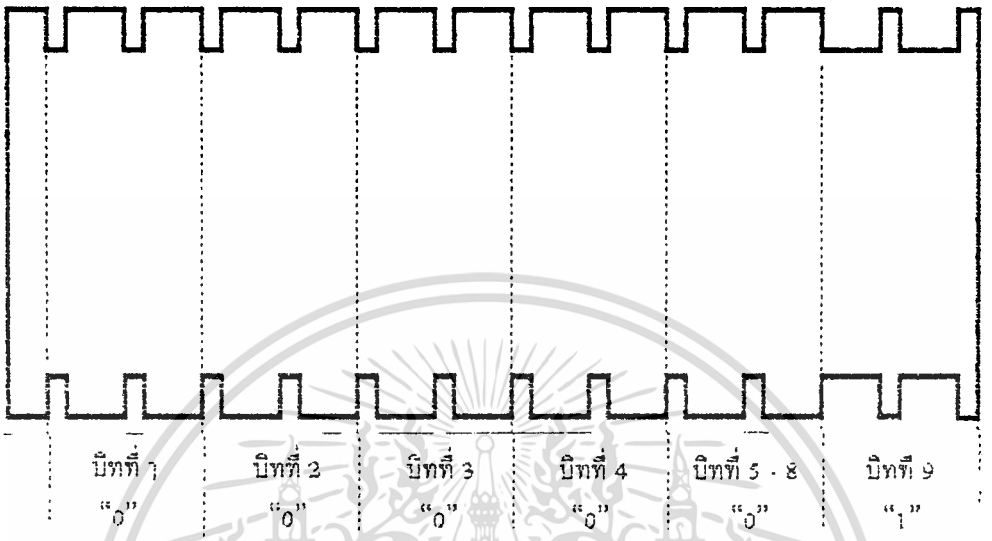
จากรูปข้างบนเป็นสัญญาณเอาท์พุทจากวงจร ENCODER โดย IC เบอร์ MC 145026 จะเห็นได้ถึงความแตกต่างของสัญญาณระหว่าง สถานะ "0" (บิตที่ 1 ถึง บิทที่ 8 จะได้สัญญาณออกเป็นพลัส์ ที่มีช่วงแคบติดกัน 2 ลูก) และสถานะ "1" (บิตที่ 9 จะได้สัญญาณออกเป็นพลัส์ ที่มีช่วงกว้างติดกัน 2 ลูก)

4.1.4 การทดลองชุด Modulator และ Tuner

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราเอาสัญญาณจาก MC 145026 ไปเข้าวงจร Modulation ซึ่งประกอบไปด้วย IC เบอร์ LM 1893 N และวงจรจูนเนอร์ เพื่อผสมสัญญาณพาร์ สำหรับส่งออกไปตามสาย ไฟฟ้ากระแสสลับ

ผลการทดลองได้สัญญาณดังรูปที่ 4.3



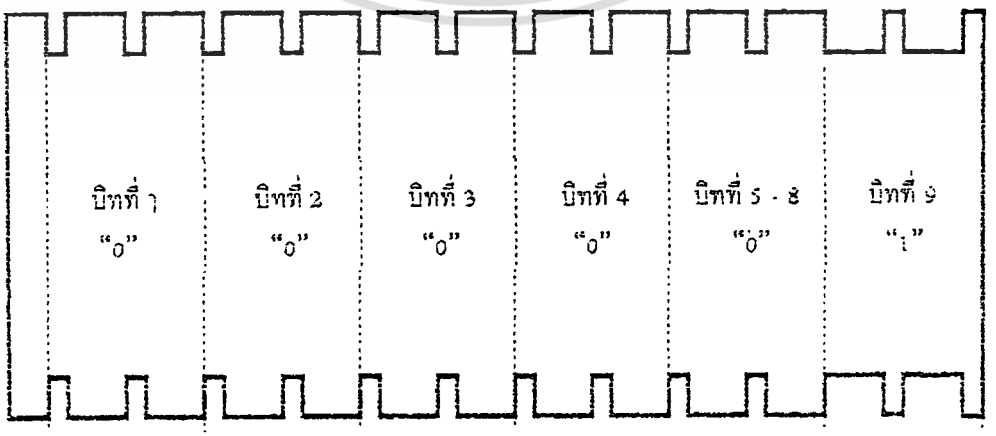
รูปที่ 4.3 สัญญาณเอาท์พุทจากเครื่องที่พร้อมจะส่งออกผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ

4.2 ผลการทดลองทางด้านรับ

4.2.1 การทดลองวงจร Tuner

ทางด้านรับก็จะมีวงจร Tune ซึ่งด้านหนึ่งต่ออยู่กับสายไฟฟ้ากระแสสลับ และจะทำหน้าที่จูนเอาเฉพาะสัญญาณที่เราต้องการเท่านั้น

ผลการทดลองจะได้สัญญาณที่ผ่านจากวงจรจูนดังรูปที่ 4.4



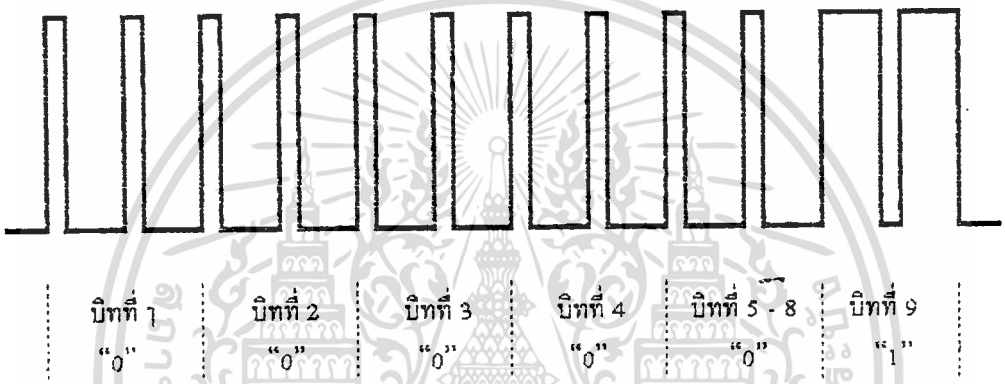
รูปที่ 4.4 รูปสัญญาณเอาท์พุทที่ได้จากวงจรจูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 <u>การทดลองชุด Demodulator</u>

สัญญาณที่ได้จากวงจรฐาน ในขณะนี้มีความแรงพอของสัญญาณเพียงพอแล้ว แต่สัญญาณจะประกอบไปด้วยสัญญาณข่าวสาร และสัญญาณพาร์ เราจะต้องทำการแยกสัญญาณพาหะ ออกไป โดยการนำเอาสัญญาณนี้ไปผ่านเข้าวงจร Demodulator ซึ่งก็คือ IC เบอร์ LM 1893N

ผลที่ได้ สัญญาณที่ผ่าน IC LM 1893N จะได้สัญญาณของข่าวสาร ที่เราส่งออกมาในลักษณะเหมือนกันกับสัญญาณที่ยังไม่ได้ทำการ Modulation ซึ่งสามารถแสดงรูปร่างของสัญญาณได้ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 รูปสัญญาณที่ออกมาจากที่ออกมาจากวงจร IC เบอร์ LM 1893N

จากรูปสัญญาณที่ออกจากวงจร Demodulation จะเห็นได้ว่ามีรูปร่างเหมือนกันกับ สัญญาณที่ออกมาจาก IC เบอร์ MC 145026 ทางด้านเครื่องส่งทุกประการ

4.2.3 <u>การทดลองการการถอดรหัส</u>

สัญญาณที่ได้จาก LM 1893N นี้จะถูกส่งเข้าชุด Decoder เพื่อทำการถอดรหัส คือส่งเข้าไอซีเบอร์ MC 145027 ซึ่งจะทำการตั้ง Address ที่ MC 145027 โดยใช้ สวิทช์เป็นตัวกำหนด โดยตั้ง Address ที่ "0 0 0 0 0 " แล้วนำสัญญาณที่ได้จากการ Demodulation ป้อนเข้าที่ขา 9 ของ MC 145027

ผลการทดลองจะได้สัญญาณที่ออกจากขา 11 ของ MC 145027 ซึ่งจะเปลี่ยนจาก LOW เป็น HIGHT ตามที่เราต้องการที่จะทำการควบคุมอุปกรณ์ ใน Address " 0 0 0 0 0 " และต้องการให้อุปกรณ์ตัวที่ 1 ทำงาน ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในการส่งข้อมูล

4.2.4 <u>การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า</u>

เมื่อได้สัญญาณจากขา 11 ของไอซี MC 145027 แล้วเราก็นำสัญญาณที่ได้นี้ไปป้อนให้ ชุดควบคุมอุปกรณ์ซึ่งจะมี ทรานซิสเตอร์เป็นตัวควบคุมการทำงาน เมื่อสัญญาณจากขา 11 เปลี่ยนสถานะจาก LOW

เอกสารนี้ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็น HIGHT ทำให้ทรานซิสเตอร์นำกระแสมี กระแสไหลผ่านขดลวดของ รีเลย์ เป็นผลทำให้ รีเลย์ทำงาน เราสามารถที่จะนำเอาหน้าสัมผัสของรีเลย์นี้ ไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ ทั้ง กระแสตรงและกระแสสลับ

เมื่อทำการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแล้ว ต่อมาก็ได้ทำการทดลองส่งข้อมูลเพื่อทำการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยส่งข้อมูล " 0 0 0 0 0 0 0 0 " ออกจากคอมพิวเตอร์ ทางพอร์ทสื่อสาร และดำเนินการดังที่ได้กล่าวมาแล้วในเบื้องต้น และเมื่อสัญญาณมาถึงตัวถอดรหัส ที่ขา 11 ของ MC 145027 จะเปลี่ยนสถานะจาก HIGHT เป็น LOW เป็นผลทำให้ไม่มี Bias ให้กับทรานซิสเตอร์ ส่งให้ทรานซิสเตอร์หยุดนำกระแส รีเลย์ก็จะหยุดการทำงานไป

4.3 วิธีการใช้งาน

เครื่องควบคุมการส่งข้อมูลไปในสายกระแสไฟฟ้ากระแสสลับนี้มีวิธีการใช้งานที่สามารถทำความเข้าใจได้ไม่ยากนัก จะอธิบายได้เป็นข้อๆ ดังนี้

1. ต่อสายอินเตอร์เฟสจากคอมพิวเตอร์เข้าชุดแปลงสัญญาณ ก่อนที่จะทำการเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ให้เริ่มทำงาน
2. เสียบชุดส่ง และชุดรับเข้าที่สายไฟฟ้ากระแสสลับแล้วเปิดสวิทช์ โดยต้องเป็นสายไฟฟ้าที่มีเฟสเดียวกันทั้งเครื่องส่ง และเครื่องรับ
3. กำหนด Address ที่ทางด้านเครื่องส่งที่ สวิทช์บิตแรกของการเข้ารหัส เป็น "0" หรือ "1"
4. กำหนด Address ที่ทางด้านเครื่องรับตามที่ต้องการควบคุม ตามตารางที่ 4.1
5. เรียกโปรแกรม Visual Basic และรันโปรแกรม INSS
6. ต้องการควบคุมเปิด-ปิด อุปกรณ์ตัวใด ก็สามารถใช้ MOUSE เลือกได้เลย

ตารางที่ 4.1 การกำหนด Address ของทางภาครับ

CH	S1	S2	S3	S4	S5
0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0
3	1	1	0	0	0
4	0	0	1	0	0
5	1	0	1	0	0
6	0	1	1	0	0
7	1	1	1	0	0
8	0	0	0	1	0

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9	1	0	0	1	0
10	0	1	0	1	0
11	1	1	0	1	0
12	0	0	1	1	0
13	1	0	1	1	0
14	0	1	1	1	0
15	1	1	1	1	0
16	0	0	0	0	1
17	1	0	0	0	1
18	0	1	0	0	1
19	1	1	0	0	1
20	0	0	1	0	1
21	1	0	1	0	1
22	0	1	1	0	1
23	1	1	1	0	1
24	0	0	0	1	1
25	1	0	0	1	1
26	0	1	0	1	1
27	1	1	0	1	1
28	0	0	1	1	1
29	1	0	1	1	1
30	0	1	1	1	1
31	1	1	1	1	1

หมายเหตุ : การกำหนดในตารางที่ 4.1 "0" หมายถึง OFF

"1" หมายถึง ON

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าการเข้ารหัส Address สามารถเข้ารหัสได้ 32 Address และแต่ใน Address ก็สามารถที่จะ ส่งข้อมูลออกไปด้วยได้อีก 4 บิท บิทละ 2 ค่า ดังนั้นเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายกระแสสลับนี้สามารถเข้ารหัสได้ถึง 256 รหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์ และสรุป

5.1 ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย

จากการศึกษาและทำการทดลองในโครงงานปริญญานิพนธ์ตลอดโครงงาน พบว่ามีปัญหาบ้างแต่ก็เป็นปัญหาที่สามารถแก้ไขได้ ปัญหาหลักของภาคส่งเห็นจะได้แก่ปัญหาด้าน ความแรงของสัญญาณที่ส่งออกไป เพราะว่าความแรงของสัญญาณที่ส่งออกไปไม่เพียงพอ จะทำให้ระยะส่งระหว่างเครื่องรับและเครื่องส่งลดลงนั่นคือจะทำให้ส่งและรับกันได้แต่ในระยะใกล้ๆ เท่านั้น นอกจากนี้สัญญาณที่รับได้ทางภาครับก็จะมีความแตกต่างจากทางด้านที่ส่งมาเป็นผลทำให้การถอดรหัสไม่สามารถทำได้

และปัญหาที่พบอีกอย่างก็คือ มีอุปกรณ์บางตัวที่เราไม่เข้าใจการทำงานที่ดีพอ จึงมีอุปสรรคในการเลือกใช้งาน เช่นการ Modulation และ Demodulation ในการทดลองในครั้งแรกได้ใช้ IC# 555 ในการทำงานแต่ก็มีปัญหาในบางครั้งที่ทำการ Demodulation ดังนั้นจึงเปลี่ยนมาใช้ LM 1893 N ซึ่งเป็นไอซี Carrier Current Transciever ปัญหาดังกล่างจึงน้อยลง และการใช้งานไม่ยุ่งยากด้วย

ในการเขียนโปรแกรมควบคุม ซึ่งใช้ ภาษา Visual Basic จะเป็นไปได้ช้ามากในช่วงแรกๆ เพราะ ข้อมูลที่ใช้ศึกษาเป็นภาษาอังกฤษและข้อมูลมีไม่มากนัก แต่ปัญหาดังกล่าวก็ผ่านไปได้ด้วยดีจากการช่วยเหลือจากอาจารย์ และเพื่อนๆ ที่ให้คำปรึกษาตลอดจนเอื้อเฟื้อข้อมูลต่างๆ จึงทำให้งานสำเร็จได้ด้วยดี

5.2 สรุปผลการทดลองตามโครงงานปริญญานิพนธ์

จากการทดลองและสร้างโครงงานนี้ขึ้นมา ทำให้ได้รับความรู้และความเข้าใจ ในเรื่องต่างๆ ที่เกี่ยวกับโครงงานตลอดจนทำให้ได้พบกับปัญหาซึ่งจะต้องหาทางแก้ไขปัญหาต่างๆ เพื่อให้สำเร็จลุล่วงไปได้ บางปัญหาอาจต้องใช้เวลาและการค้นคว้าที่ค่อนข้างมาก แต่บางปัญหาก็สามารถแก้ไขได้ด้วยความรู้ที่เรามีอยู่ ซึ่งเป็นประโยชน์อันหนึ่งทำให้เราได้รู้ความรู้และความสามารถเพิ่มเติม จากการค้นคว้าประโยชน์ข้ออื่นๆ จากการทดลองและสร้างโครงงานนี้ก็คือ ทำให้เราได้เรียนรู้ถึงการติดต่อสื่อสารข้อมูลโดยผ่านทางคอมพิวเตอร์ และการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์

สำหรับการทดลองโครงงานนี้สามารถสรุปผลได้ดังนี้ เครื่องควบคุมระบบไฟฟ้าโดยผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับเพียง 2 เส้นนั้น สามารถนำไปควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร ได้ด้วยการมอดดูเลทสัญญาณควบคุมซึ่งเกิดจาก ไอซีเบอร์ MC 145026 อันทำหน้าที่กำหนดว่าจะให้เครื่องใดทำงานแล้วส่งสัญญาณที่ได้รับการมอดดูเลทแล้วนี้ผ่านไปตามสายไฟฟ้ากระแสสลับ เมื่อถึงทางด้านรับก็จะทำการขยายสัญญาณและปรับแต่งสัญญาณที่รับได้ ที่ไอซี LM 1893 N ทำให้ได้สัญญาณควบคุมที่มาจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอซี MC 145026 นำไปป้อนให้กับ ไอซีเบอร์ MC 145027 เพื่อทำการถอดรหัสและตรวจสอบว่าสัญญาณควบคุมที่ได้รับเข้ามานี้จะมีค่า Adress ตรงกันกับที่ได้ตั้งไว้หรือไม่ ถ้าตรงกับที่ตั้งไว้ก็จะได้สัญญาณของข้อมูลที่ส่งมาเพื่อที่จะนำไปควบคุมอปกรณ์ต่อไป จะเห็นว่าการควบคุมแบบนี้จะมีผลดีคือ ไม่ต้องมีการเดินสายไฟจากเครื่องรับไปยังเครื่องส่ง และสามารถควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าหลายๆตัวภายในอาคารได้จากคอมพิวเตอร์เพียงจุดเดียว ด้วยคุณสมบัติดังกล่าวนี้เมื่อนำเอาอุปกรณ์ที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นมาต่อรวมกันและใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุม ก็จะทำให้การควบคุมระบบไฟฟ้าภายในอาคารเป็นไปอย่างอัตโนมัติ

5.3 ข้อดีข้อเสียเมื่อใช้ความถี่ควบคุมหลายๆชุด

ในการทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้ การส่งข้อมูลจากด้านส่งคือจากคอมพิวเตอร์ สัญญาณที่ออกจากคอมพิวเตอร์จะทำการมอดดูเลชันเพื่อผสมสัญญาณเข้ากับสัญญาณพาร์ สัญญาณพาร์ที่ใช้ในการทดลองส่งข้อมูลและรับข้อมูลในครั้งนี้คือ

- ด้านส่งข้อมูลเพื่อไปควบคุมอุปกรณ์ใช้ความถี่ของคลื่นพาร์ 125 กิโลเฮิตร์
- ด้านส่งข้อมูลเกี่ยวกับสถานะของอุปกรณ์ว่า ทำงานหรือไม่ทำงานกลับไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผล ใช้ความถี่ของคลื่นพาร์ 95 กิโลเฮิตร์

การปรับความถี่ของคลื่นพาร์นี้สามารถที่จะปรับได้จาก ไอซี เบอร์ LM 1893 N ซึ่งเป็นไอซีที่ใช้ทำหน้าที่ มอดดูเลท โดยการเปลี่ยนค่า คาปาซิเตอร์ที่ขา 1 และขา 2 ตามที่ได้อธิบายในการออกแบบแล้ว ขีดความสามารถของไอซี เบอร์ LM 1893 N นั้น สามารถที่จะผสมสัญญาณ ข้อมูลกับสัญญาณพาร์ ที่สัญญาณพาร์ที่อยู่ในช่วงระหว่าง 50 ถึง 300 กิโลเฮิตร์

การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียเมื่อใช้การส่งความถี่หลายๆชุด

ข้อดี	ข้อเสีย
- ทำให้ส่งและรับสัญญาณการควบคุมได้ในเวลาเดียวกัน	- การใช้ความถี่หลายๆค่า ในการควบคุมถ้ามากเกินไปก็ก่อให้เกิดสัญญาณรบกวนกันทำให้ไม่สามารถที่จะทำการถอดระหัสให้ถูกต้องได้
- ทำให้ช่องการส่งสัญญาณในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆมีมากขึ้น	- การคำนวนหาระยะห่างของย่านความถี่ที่จะใช้หลายๆชุดทำได้ยาก
- ทำให้การควบคุมอุปกรณ์ต่างๆมีความแน่นอนขึ้นเพราะทำให้สามารถทำการควบคุมอุปกรณ์แบบ Closed Loop Control ได้	
- ถ้ามีการจัดการแบ่งแยกความถี่ที่ใช้ส่งและรับได้ดีก็จะทำให้สัญญาณไมกวนกัน	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้ได้ทำการทดลองส่งข้อมูลโดยใช้ความถี่พาร์ หลายๆค่าคือ

- 125 KHz
- 95 KHz
- 200 KHz

การทดลองที่ทำจะทำการส่งสัญญาณข้อมูลแล้วนำสัญญาณข้อมูลไปผสมกับสัญญาณคลื่นพาร์ ตามความถี่ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นผลปรากฏว่า สัญญาณที่ส่งด้วย ความถี่พาร์ 125 และ 95 Khz นั้น สามารถที่จะทำการดีมอดสัญญาณ และสัญญาณที่ได้ก็มีลักษณะเหมือนกันกับ สัญญาณก่อนที่จะทำการผสมเข้ากับสัญญาณพาร์ ส่วนข้อมูลที่ทำการผสมสัญญาณคลื่นพาร์ 200 Khz นั้น สัญญาณที่ได้จากการดีมอดจะมีสัญญาณรบกวนมากวน ไม่สามารถที่จะทำการนำเอาข้อมูลนี้ไปถอดรหัสได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. Robert F. Coughlin, Frederick F. Driscool, "Operation Amplifiers & Linear Integrated circuits", Englewood Cliffs,N.J. : Prentice - Hall,1991

2. ธีรบูลย์ หล่อวิเชียรรุ่ง,"DA & C โลกใหม่ที่น่ามองของพีซี" ,เซมิคอนดัเตอร์อิเลคทรอนิคส์ หน้า 93-117, ฉบับที่ 117,มิถุนายน 2535

3. กองบรรณาธิการ,"ถึงเวลาแล้วที่จะใช้งานโปรแกรมประยุกต์บนวินโดวส์",ไมโครคอมพิวเตอร์,หน้า 240-245, ฉบับที่ 84, กรกฎาคม 2535

4. ศิวัฒน์ ศิวะบวร, "ปฐมบทการเขียนโปรแกรมบน MICROSOFT WINDOWS ", คอมพิวเตอร์รีวิว, หน้า 147-158,ฉบับที่ 94, มิถุนายน 2535

5. ซีเอ็ด, "คู่มือเทียบขาไอซี TTL", พ.ศ. 2531

6. ทินกร ดุ๊ก,ธานินทร์ ถาวรศาสนวงศ์,"การอินเทอร์เฟส IBM PC ",กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ การพิมพ์

7. ทรงชัย วีระทวีมาศ, " เทคนิคการออกแบบวงจรดิจิตอล ตอน วงจรรับ-ส่งข้อมูลแบบอนุกรม",อิเล็คทรอนิคส์,หน้า 118-126,ฉบับที่ 111,พฤศจิกายน 2534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

โปรแกรมภาษาวิชวนเบสิกบนไมโครซอฟท์วินโดวส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABOUT_PROGRAM

```
Defint A-Z

Sub Command3D1_Click ()
        '---return to main program
        About_program.Hide
        Unload About_program
End Sub

Sub Command3D2_Click ()
        '---Load Resume program.
        Losd Resume1_program
        Resume1_program.Show 1
End Sub

Sub Command3D3_Click ()
        '---Load Resume program.
        Load Resume2_program
        Resume2_program.Show 1
End Sub

Sub Form_Load ()
        '---Place the from on center  of the screen.
        Move (Screen.Width - Width) \  2, (Screen.Height - Height) \ 2
        '---Check language thai or english.
        If check_thai = True And check_english = False Then
                Panel3D1.Caption = "การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ"
                Panel3D2.Caption = "โดย"
                Command3D2.Caption = "นาย พงษ์เทพ  จันตรี"
                Command3D3.Caption = "นาย พิทักษ์  เอี่ยมสูงเนิน"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Panel3D7.Caption = "โปรแกรมนี้เป็นลิขสิทธิ์ของ"
            Panel3D6.Caption = "สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระ
                               บัง"
            Command3D1.Caption = "ตกลง"
            About_program.Caption = "เกี่ยวกับ"
        EsleIf check_thai = False And check_english = True Then
            Panel3D1.Caption = "AC TWO WIRE CONTROL"
            Panel3D2.Caption = "BY"
            Command3D2.Caption = "Mr. Pongthep  Jantre "
            Command3D3.Caption = "Mr. Pitak  Aubsungnon"
            Panel3D7.Caption = "This porgram is licensed to : "
            Panel3D6.Caption = "KING MONGKUT'S INSTITUTE OF
                               TECHNOLOGY LADKRABANG"
            Command3D1.Caption = "OK"
            About_program.Caption = "ABOUT"
        End If
End Sub

CONTROL PROGRAM

DefInt A-Z
Dim I As Integer

Sub Calculate_main ()
        If check_on1 = False And check_on2 = False And check_on3 = False And
        check_on4 =   False Then
            Ans = 0
        ElseIf check_on1 = True And check_on2 = False And check_on3 = False And
        check_on4 =   False Then
            Ans = 16
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ElseIf check_on1 = False And check_on2 = True And check_on3 = False And
check_on4 =  False Then
        Ans = 32
ElseIf check_on1 = True And check_on2 = True And check_on3 = False And
check_on4 =  False Then
        Ans = 48
ElseIf check_on1 = False And check_on2 = False And check_on3 = True And
check_on4 =  False Then
        Ans = 64
ElseIf check_on1 = True And check_on2 = False And check_on3 = True And
check_on4 =  False Then
        Ans = 80
ElseIf check_on1 = False And check_on2 = True And check_on3 = True
check_on4 =  False Then
        Ans = 96
ElseIf check_on1 = True And check_on2 = True And check_on3 = True And
check_on4 =  False Then
        Ans = 112
ElseIf check_on1 = False And check_on2 = False And check_on3 = False And
check_on4 =  True Then
        Ans = 128
ElseIf check_on1 = True And check_on2 = False And check_on3 = False And
check_on4 =  True Then
        Ans = 144
ElseIf check_on1 = False And check_on2 = True And check_on3 = False And
check_on4 =  True Then
        Ans = 160
ElseIf check_on1 = True And check_on2 = True And check_on3 = False And
check_on4 =  True Then
        Ans = 176
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ElseIf check_on1 = False And check_on2 = False And check_on3 = True And
check_on4 =  True Then
        Ans = 192
ElseIf check_on1 = True And check_on2 = False And check_on3 = True And
check_on4 =  True Then
        Ans = 208
ElseIf check_on1 = False And check_on2 = True And check_on3 = True And
check_on4 =  True Then
        Ans = 224
ElseIf check_on1 = True And check_on2 = True And check_on3 = True And
check_on4 =  True Then
        Ans = 240
End If

        panel3D3.Caption = Ans
For I = 1 to 2
        '---Use Com2
        Comm1.CommPort = 2
        '---1200 baud, No pariti, 8 data and 1 stop bit
        Comm1.Settings = "1200,N,8,1"
        '---Tell the control to read entire buffer when Input is used
        Comm1.InputLen = 0
        '---Open the port
        Comm1.PortOpen = True
        '---Send data to modem
        Comm1.Output = Chr(Ans)
        '---Closed the port
        Comm1.PortOpen = False
Next I
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub Control_main ()
        If check_on1 = True Then
                off_s1.Caption = "ON"
                off_s1.BackColor = &HFF&
        ElseIf check_on1 = False Then
                off_s1.Caption = "OFF"
                off_s1.BackColor = &H174018
        End If

        If check_on2 = True Then
                off_s2.Caption = "ON"
                off_s2.BackColor = &HFF&
        ElseIf check_on2 = False Then
                off_s2.Caption = "OFF"
                off_s2.BackColor = &H174018
        End If

        If check_on3 = True Then
                off_s3.Caption = "ON"
                off_s3.BackColor = &HFF&
        ElseIf check_on3 = False Then
                off_s3.Caption = "OFF"
                off_s3.BackColor = &H174018
        End If

        If check_on4 = True Then
                off_s4.Caption = "ON"
                off_s4.BackColor = &HFF&
        ElseIf check_on4 = False Then
                off_s4.Caption = "OFF"
                off_s4.BackColor = &H174018
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        End If
        Caloulate_main
End Sub

Sub Commd3D1_Click ()
        control_lamp.Hide
        Unload contol_lamp
End Sub

Sub Form_Load ()
        '---Center the form on the screen
        Move (screen.Width - Width) \ 2, (screen.Height - Height) \ 2
        control_main
End Sub

Sub Off_1_Click ()
        check_on1 = False
        control_main
End Sub

Sub Off_2_Click ()
        check_on2 = false
        control_main
End Sub

Sub Off_3_Click ()
        check_on3 = False
        control_main
End Sub

Sub Off_4_Click ()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        check_on4 = False
        control_main
End Sub

Sub On_1_Click ()
        check_on1 = True
        control_main
End Sub

Sub On_2_Click ()
        check_on2 = True
        control_main
End Sub

Sub On_3_Click ()
        check_on3 = True
        control_main
End Sub

Sub On_4_Click ()
        check_on4 = True
        control_main
End Sub
```

RESUME1 PROGRAM

```
DefInt A-Z

Sub Command1_Click ()
        resume1_program.Hide
        Unload resume1_program
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Sub Form_Load
        '---move the form to center of the screen
        Move (screen.Width - Width) \ 2, (screen.Height - Height) \ 2
        '---check language thai or englist
        If check_thai = True And check_english = False Then
                panel3D2.Caption = "นาย พงษ์เทพ  จันตรี"
                panel3D3.Caption = "รหัส 35-103278"
                panel3D4.Caption = "วิศวกรรมการวัดคุม"
                panel3D5.Caption = "สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาด
                                    กระบัง"
                resume1.program.Caption = "ประวัติ"
                command3D1.Caption = "ตกลง"
        ElseIf check_thai = False And check_english = True Then
                panel3D2.Caption = "Mr. Pongthep  Jantre"
                panel3D3.Caption = "Code 35-103278"
                panel3D4.Caption = "Instrumentation Engineering"
                panel3D5.Caption = "KING MONKUT'S INSTITUTE OF
                                    TECHNOLOGY LADKRABANG"
                resume1.program.Caption = "RESUME"
                command3D1.Caption = "OK"
        End If
End Sub
```

RESUME2 PROGRAM

```
DefInt A-Z

Sub Command1_Click ()
        Resume2_Program.Hide
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Unload Resume2_Program
End Sub

Sub Command3D1_Click ()
        Resume2_Program.Hide
        Unload Resume2_Program
End Sub

Sub Form_Load ()
        '---move the form to center of the screen
        Move (screen.Width - Width) \ 2 ,(screen.Height - Height) \ 2
        '---check language thai or english
        If check_thai = True And check_english = False Then
                Panel3D2.Caption = "นาย พิทักษ์ เอื้อสุงเนิน"
                Panel3D3.Caption = "รหัส 35-103280"
                Panel3D4.Caption = "วิศวกรรมการวัดคุมทางอุตสาหกรรม"
                Panel3D5.Caption = "สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาด
                                    กระบัง"
                Command3D1.Caption = "ตกลง"
                Resume2_Program.Caption = "ประวัติ"
        ElseIf check_thai = False And check_english = True Then
                Panel3D2.Caption = "Mr. Pituk  Aubsungnon"
                Panel3D3.Caption = "Code 35-103280"
                Panel3D4.Caption = "Instrumentation Engineering"
                Panel3D5.Caption = "KING MONGKUT'S INSTITUTE OF
                                    TECHNOLOGY LADKRABANG"
                Command3D1.Caption = "OK"
                Resume2_Program.Caption = "RESUME"
        End If
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONTROL LAMP PROGRAM

```
DefInt A-Z
Dim X,Y,Z As Integer

Sub About_main ()
        '---check stop before run about
        If check_start = True And check_stop = False Then
        '---check language thai or englist
        If check_english = True Then
                MsgBox "Stop operating before display about. ", 48, "ERROR"
        Else check_thai = True Then
                MsgBox " กรุณาหยุดการทำงานของโปรแกรมก่อนดูรายละเอียดโปรแกรม
                ",48 ," "ข้อผิดพลาด"
        End If
        Exit Sub
        End If

        '---load about program
        Load about_program
        about_program.Show 1
End Sub

Sub Exit_main ()
        '---check stop begore exit
        If check_start = True And check_Stop = False Then
        '---check language thai or english
        If check_english = True Then
                MsgBox "Please stop operating begore exit", 48, "ERROR"
        ElseIf check_thai = True Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            MsgBox "กรุณาหยุดการทำงานของโปรแกรมก่อนที่จะออกจากโปรแกรม
                ", 48, "ข้อผิดพลาด"
        End If
        '---exit program
        Exit Sub
        End If
End Sub

Sub Lamp_On_Off ()
        '---check_start program before run control lamp
        If check_start = False And check_stop = True Then
        '---check language thai or english
        If check_english = True Then
            MsgBox "Prease press start bottom before operated." ,48 , "ERROR"
        ElseIf check_thai = True Then
            MsgBox "กรุณากดปุ่มเริ่มการทำงานก่อนที่จะเข้าสู่การควบคุมอุปกรณ์"
                ,48 , "ข้อผิดพลาด"
        End If
        '---exit Sub
        Exit Sub
        End If
        '---load control lamp program
        Load control_Lamp
        control_Lamp.Show 1
End Sub

Sub Option3D1_Click (Value As Integer)

End Sub

Sub Option3D2_Click (Value As Integer)
```

เอกสารนี้มีไว้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'---Close port
        Comm1.PortOpen = False

End Sub

Sub start_main ()
        '---Check lamp color
        StartLamp.BackColor = &HC000&
        StopLamp.BackColor = &H40&
        ResetLamp.BackColor = &H4040&
        '---Set start
        check_start = True
        check_stop = False
End Sub

Sub Stop_main ()
        '---check lamp color
        StartLamp.BackColor = &H174018
        StopLamp.BackColor = &HFF&
        '---Set stop
        check_start = False
        check_stop = True
End Sub

Sub about_menu_Click ()
        About_main
End Sub

Sub aboutButton_Click()
        About_main
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub thai_menu_Click ()
        speed_program.Caption = "การควบคุมอุปรกรณ์ผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ"
        StartButton.Caption = "เริ่มทำงาน"
        StopButton.Caption = "หยุด"
        ResetButton.Caption = "ทำใหม่"
        AboutButton.Caption = "เกี่ยวกับ"
        ExitButton.Caption = "ออกจากโปรแกรม"
        Run_menu.Caption = "ทำงาน"
        Start_menu.Caption = "เริ่มทำงาน"
        Stop_menu.Caption = "หยุด"
        Reset_menu.Caption = "ทำใหม่"
        Exit_menu.Capton = "ออกจากโปรแกรม"
        Language_menu.Caption = "ภาษา"
        englist_menu.Caption = "อังกฤษ"
        thai_menu.Caption = "ไทย"
        about_menu.Caption = "เกี่ยวกับ"
        clockpanel.Caption = "เวลา-วันที่"
        Lamp.Caption = "ควบคุมหลอดไฟ"
        Speed.Caption = "ควบคุมความเร็วมอเตอร์"

        '---check language thai or english
        check_thai = False
        check_english = True
End Sub

Sub exit_menu_Click ()
        exit_main
End Sub

Sub exitButton_Click ()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        exit_main
End Sub
Sub Form_Load ()
        '---move form to center of the screen
        Move (screen.Width - Width ) \ 2 ,(screen.Height - Height) \ 2
        '---Reset integer in program
        check_thai = False
        check_englisg = True
        check_start = False
        check_stop = True
        X = 0
        Timer_image_icon.Enabled = True
        '---Clock operated
        desplay_Clock.FontName = "MS Sans Serif"
End Sub

Sub Lamp_Click ()
        Lamp_On_Off
End Sub

Sub language_menu_Click ()
        If check_thai = True And check_english = False Then
                english_menu.Enabled = True
                thai_menu.Enabled = False
        ElseIf check_thai  = False And check_english = True Then
                english_menu.Enabled = False
                thai_menu.Enabled = True
        End If
End Sub

Sub reset_menu_Click ()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        reset_main
End Sub

Sub resetButton_Click ()
        reset_main
End Sub

Sub start_menu_Click ()
        start_main
End Sub

Sub startButton_Click ()
        start_main
End Sub

Sub stop_menu_Click ()
        stop_main
End Sub

Sub stopButton_Click ()
        stop_main
End Sub

Sub english_menu_Click ()
        speed_program.Caption = "AC LINE CONTROL"
        StartButton.Caption = "START"
        StopButton.Caption = "STOP"
        ResetButton.Caption = "RESET"
        AboutButton.Caption = "ABOUT"
        ExitButton.Caption = "EXIT"
        Run_menu.Caption = "&RUN"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Start_menu.Caption = "&Start"
        Stop_menu.Caption = "&Stop"
        Reset_menu.Caption = "&Reset"
        Exit_menu.Capton = "&Exit"
        Language_menu.Caption = "&Language"
        englist_menu.Caption = "&English"
        thai_menu.Caption = "&Thai"
        about_menu.Caption = "&About"
        clockpanel.Caption = "Time-Date"
        Control.Caption = "Control"
        Lamp.Caption = "Lamp_ON_OFF"
        Speed.Caption = "Speed of Motor"

        '---check language thai or english
        check_thai = True
        check_english = False
End Sub
Sub Timer_image_icon_Timer ()
        '---set clock
        display_clock.Caption = Format$ (Now, "hh:mm:ss AM?PM")
        display_date.Caption = Format$ (Now, "ddd,dd-mm-yyyy")
        '---set image bmp
        For delay = 1 to 30000
        Next delay
        For delay = 1 to 30000
        Next delay
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROJECT GLB

DefInt A-Z

Global Ans As Integer

Global check_thai As Integer

Global check_englisg As Integer

Global check_start As Integer

Global check_stop As Integer

Global check_reset As Integer

Global check_on1 As Integer

Global check_on2 As Integer

Global check_on3 As Integer

Global check_on4 As Integer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

Data Sheet ของ LM 1893N Carrier-Currente Trarsceiver

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

BI-LINE™

LM1893/LM2893 Carrier-Current Transceiver†

General Description

Carrier-current systems use the power mains to transfer information between remote locations. This bipolar carrier-current chip performs as a power line interface for half-duplex (bi-directional) communication of serial bit streams of virtually any coding. In transmission, a sinusoidal carrier is FSK modulated and impressed on most any power line via a rugged on-chip driver. In reception, a PLL-based demodulator and impulse noise filter combine to give maximum range. A complete system may consist of the LM1893, a COPS™ controller, and discrete components.

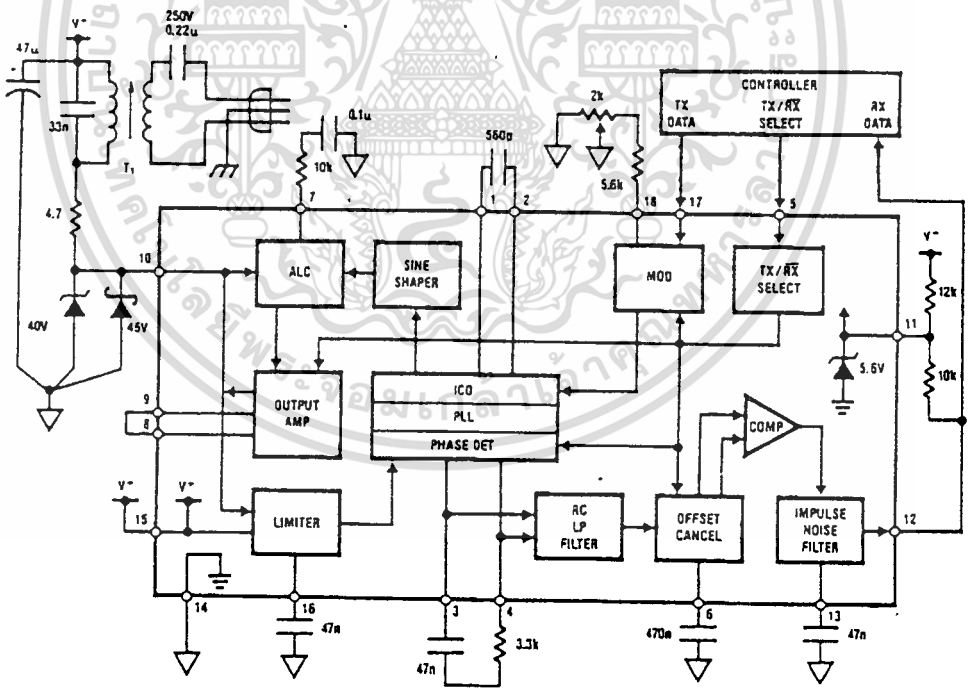
Features

- Noise resistant FSK modulation
- User-selected impulse noise filtering
- Up to 4.8 kBaud data transmission rate
- Strings of 0's or 1's in data allowed
- Sinusoidal line drive for low RFI
- Output power easily boosted 10-fold
- 50 to 300 kHz carrier frequency choice
- TTL and MOS compatible digital levels
- Regulated voltage to power logic
- Drives all conventional power lines

Applications

- Energy management systems
- Home convenience control
- Inter-office communication
- Appliance control
- Fire alarm systems
- Security systems
- Telemetry
- Computer terminal interface

Typical Application



TL/H/6750–1

FIGURE 1. Block diagram of carrier—current chip with a complement of discrete components making a complete F_O = 125 kHz, f_{DATA} = 360 Baud transceiver. Use caution with this circuit—dangerous line voltage is present.

†Carrier-Current Transceivers are also called Power Line Carrier (PLC) transceivers.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply voltage	30 V
Voltage on pin 12	55 V
Voltage on pin 10 (Note 1)	41 V
Voltage on pins 5 and 17	40 V
5.6 V DC zener current	100 mA
Junction temperature: transmit mode	150°C
receive mode	125°C
Electro-Static Discharge (120 pF, 1500Ω)	1KV
Maximum continuous dissipation, $T_A = 25°C$, plastic DIP N (Note 2): transmit mode	1.66 W
receive mode	1.33 W
Operating ambient temp. range	−40 to 85°C
Storage temperature range	−65 to 150°C
Lead temp., soldering, 7 seconds	260°C

Note: *Absolute maximum ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Electrical specifications are not ensured when operating the device above guaranteed limits but below absolute maximum limits, but there will be no device degradation.*

General Electrical Characteristics

(Note 3). The test conditions are: $V^+ = 18V$ and $F_O = 125$ kHz, unless otherwise noted.

#	Parameter	Conditions	Typical	Test Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Limit Units
1	5.6 V Zener voltage, V_Z	Pin 11, $I_Z = 2$ mA	5.6	5.2 5.9		V min. V max.
2	5.6 V Zener resistance, R_Z	Pin 11, $R_Z = (V_Z@10\text{ mA} - V_Z@1\text{ mA})/(10\text{ mA} - 1\text{ mA})$	5			Ω
3	Carrier I/O peak survivable transient voltage, V_{OT}	Pin 10, discharge 1 μF cap. charged to V_{OT} thru < 1Ω	80	60		V max.
4	Carrier I/O clamp voltage, V_{OC}	Pin 10, $I_{OC} = 10$ mA, RX mode 2N2222 diode pin 8 to 9	44	41 50		V min. V max.
5	Carrier I/O clamp resistance, R_{10}	Pin 10, $I_{OC} = 10$ mA	20			Ω
6	TX/$\overline{RX}$ low input voltage, V_{IL}	Pin 5	1.8	0.8		V max.
7	TX/$\overline{RX}$ high input voltage, V_{IH}	Pin 5 (Note 9)	2.2	2.8		V min.
8	TX/$\overline{RX}$ low input current, I_{IL}	Pin 5 at 0.8 V	−2	−20 1		μA min. μA max.
9	TX/$\overline{RX}$ high input current, I_{IH}	Pin 5 at 40 V	10^{-4}	−1 10	0	μA min. μA max.
10	RX - TX switch-over time, T_{RT}	Time to develop 63% of full current drive thru pin 10	10			μs
11	TX − RX switch-over time, T_{TR}	1 bit time, $T_S = 1/(2F_{DATA})$. Time T_{TR} is user controlled with C_M, see Apps. Info.	2			bit
12	ICO initial accuracy of F_O	TX mode, $R_O = 6.65$ kΩ, $C_O = 560$ pF $F_O = (F_1 + F_2)/2$	125	113 137		kHz min. kHz max.
13	ICO temperature coefficient of F_O	TX or RX mode, $(F_{OMAX} - F_{OMIN})/(T_{JMAX} - T_{JMIN})$	−100			PPM/°C
14	Temperature drift of F_O	TX or RX mode, $-40 \le T_J \le T_{JMAX}$	±2.0		±5.0	% max.

Transmitter Electrical Characteristics

(Note 3). The test conditions are: $V^+ = 18$ V and $F_O = 125$ kHz unless otherwise noted. The transmit center frequency is F_O, FSK low is F_1, and FSK high is F_2.

#	Parameter	Conditions	Typical	Test Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Limit Units
15	Supply voltage, V^+, range	Meets test 17 spec. at $T_J = 25°C$ and: $\lvert(F_1[14V] - F_1[18V])/F_1[18V]\rvert < 0.01$ $\lvert(F_1[24V] - F_1[18V])/F_1[18V]\rvert < 0.01$	13 40	14 24	15 23	V min. V max.
16	Total supply current, I_{OT}	Pin 15. Pin 12 high. I_{OT} is I_O through pin 15 and the average current I_{OOC} of the Carrier I/O through pin 10	52	79		mA max.
17	Carrier I/O output current, I_O	100Ω load on pin 10	70	45		mApp min.
18	Carrier I/O lower swing limit, V_{ALC}	Pin 10. Set internally be ALC. 2N2222 diode pin 8 to 9	4.7	4.0 5.7		V min. V max.
19	THD of I_O (Note 6)	Q of 10 tank driving 10Ω line 100Ω load, no tank	0.6 5.5		5.0 9	% max. % max.
20	FSK deviation, $F_2 - F_1$	$(F_2 - F_1)/([F_2 + F_1]/2)$	4.4	3.7 5.2		% min. % max.
21	Data In, low input voltage, V_{IL}	Pin 17	1.7	0.8		V max.
22	Data In, high input voltage, V_{IH}	Pin 17 (Note 9)	2.1	2.8		V min.
23	Data In, low input current, I_{IL}	Pin 17 at 0.8 V	−1	−10 1		μA min. μA max.
24	Data In, high input current, I_{IH}	Pin 17 at 40 V	10^{-4}	−1 10	0	μA min. μA max.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Receiver Electrical Characteristics (Note 3). The test conditions are: $V^+ = 18$ V, $F_O = 125$ kHz, ±2.2% deviation FSK, $F_{DATA} = 2.4$ kHz, $V_{IN} = 100$ mVpp, in the receive mode, unless otherwise noted.

#	Parameter	Conditions	Typical	Test Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Limit Units
25	Supply voltage, V^-, range	Functional receiver (Note 7)	**12** **37**	13 30	**13.5** **28**	V min. V max.
26	Supply current, I_{OT}	I_{OT} is pin 15 (V^+) plus pin 10 (Carrier I/O) current, 2.4 kΩ Pin 13 to GND.	11	5 14		mA min. mA max.
27	Carrier I/O input resistance, R_{10}	Pin 10	19.5	14 30		kΩ min. kΩ max.
28	Max. data rate, F_{MD}	Functional receiver (Note 7), C_F = 100 pF, R_F = 0Ω, no tank, 2.4 kHz = 4.8 kBaud	10	4.8	**2.4**	kBaud
29	PLL capture range, F_C	C_F = 100 pF, R_F = 0 Ω	±40	±15	±10	% min.
30	PLL lock range, F_L	C_F = 100 pF, R_F = 0 Ω	±45	±15		% min.
31	Receiver input sensitivity, S_{IN}	For a functional receiver (Note 8) Referred to chip side (pin 10) of the line-coupling XFMR: F_O = 50 kHz F_O = 300 kHz Referred to line side of XFMR: (assuming a 7.07:1 XFMR) F_O = 50 kHz F_O = 300 kHz	1.8 2.0 1.4 0.26 0.29 0.20	10	**12**	mV_{RMS} mV_{RMS} mV_{RMS} mV_{RMS} mV_{RMS} mV_{RMS}
32	Tolerable input dc voltage offset range, V_{INDC}	Pin 10 lower than pin 15 by V_{INDC}	2	0.1		V max.
33	Data Out, breakdown voltage	Pin 12, leakage I ≤ 20 μA	70	55		V min.
34	Data Out, low output, V_{OL}	Pin 12, sat. voltage at I_{OL} = 2 mA	0.15	0.4		V max.
35	Impulse noise filter current, I_I	Pin 13 charge and discharge current	±55	±45 ±85		μA min. μA max.
36	Offset hold cap. bias voltage, V_{CM}	Pin 6	2.0	1.3 3.5		V min. V max.
37	Offset hold capacitor max. drive current, I_{MCM}	Pin 6, V(pin 3) − V(pin 4) = ±250 mV	±55	±25 ±80		μA min. μA max.
38	Offset hold bias current, I_{OH6}	Pin 6, TX mode. Bias pin 6 as it self-biased during test 31.	−0.5	−20	−40 40	nA min. nA max.
39	Phase comparator current, I_{PC}	Bias pins 3 and 4 at 8.5 V I_{PC} = I(pin 3) − I(pin 4), TX mode	100	50 200		μA min. μA max.
40	Phase detector output resistance, R_{PD}	Pins 3 and 4. R_{PD} = (V@100μA − V@50μA)/(50μA)	10	6 18		kΩ min. kΩ max.
41	Phase detector demodulated output voltage, V_{PD}	Pin 3 to 4, measured after filtering out the $2F_O$ component	100	60 180		mVpp min. mVpp max.
42	Fast offset cancel voltage "window" -to-V_{PD} ratio, V_W/V_{PD}	$V_{PIN3} - V_{PIN4} = \pm V_{WINDOW}$ + DC offset Drive for ± 1 μA pin 6 current	0.95	0.70 1.20		V/V min. V/V max.
43	Power supply rejection, PSRR	C_L = 0.1 μF, PSRR = CMRR, 120 Hz	80			dB min.

Note 1: More accurately, the maximum voltage allowed on pin 10 is V_{OC}, and V_{OC} ranges from 41 to 50V. Also, transients may reach above 60V; see the transient peak voltage characteristic curve.

Note 2: The maximum power dissipation rating should be derated for device operation above 25°C to insure that the junction temperature remains below the maximum rating. Use a θ_{JA} of 75°C/W for the N package using a socket in still air (which is the worst case). Consult the Application Information section for more detail.

Note 3: The boldface values apply over the full junction temperature range for the specified supply voltage range. All other numbers apply at $T_A = T_J = 25°C$. Pin numbers refer to LM1893. LM2893 tested by shorting Carrier In to Carrier Out and testing it as an LM1893.

Note 4: Guaranteed and 100% production tested.

Note 5: Guaranteed (but not 100% production tested) over the temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

Note 6: Total harmonic distortion is measured using THD = [I_{RMS} (all components at or above $2F_O$)]/[I_{RMS} (fundamental)].

Note 7: Receiver function is defined as the error-free passage of 1 cycle of 50% duty-cycle 2.4 kHz square-wave data (2 sequential 208 μS bits), with the first bit being a "1." All of the data transitions (edges) must fall within ±10% (±20.8 μs) of their noise-free positions. RX time delay is minimized by using no impulse noise filter cap, C_I for this test.

Note 8: During the sensitivity check, note 7 requirements are followed with these exceptions: (1) data rate F_{DATA} = 1.2 kHz, (2) all of the data transitions must fall within ±20% (±41.6 μs) of their noise-free positions, and (3), a time-domain filter capacitor (C_I) is used. The time delay of C_I is ½ bit, or 208 μs. (C_I is approximately 6200 pF).

Note 9: For TTL compatibility use a pull-up resistor to increase min. V_{OH} to above 2.8 V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Information (Continued)

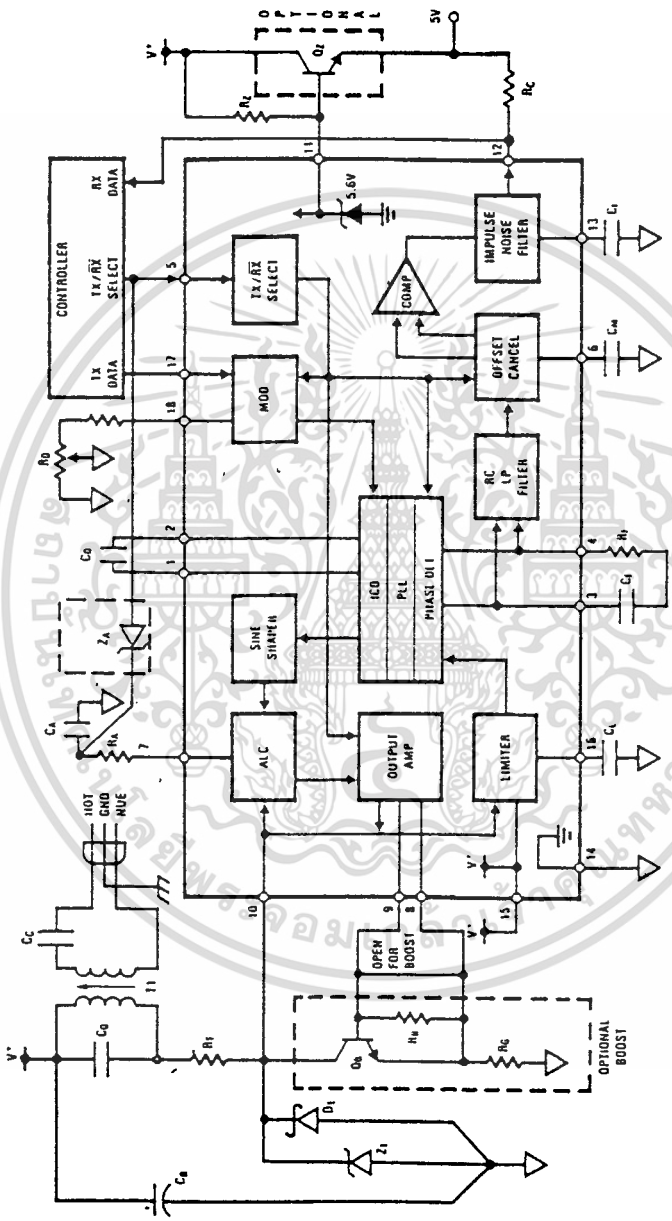
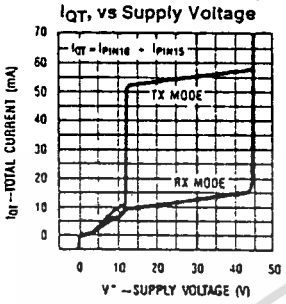


FIGURE 4. Block diagram of a CCT system with the boost and 5V supply options shown in dashed boxes

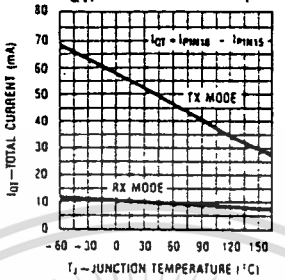
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics (V^+ = 18V, F_O = 125 kHz, circuit of *Figure 1*, pin numbers for LM1893)

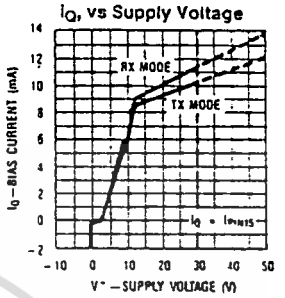
Total Current Consumption, I_{QT}, vs Supply Voltage



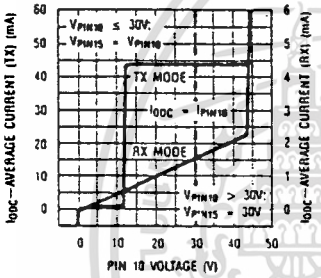
Total Current Consumption, I_{QT}, vs Junction Temperature



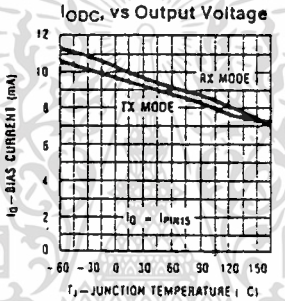
Chip Bias Current, I_Q, vs Supply Voltage



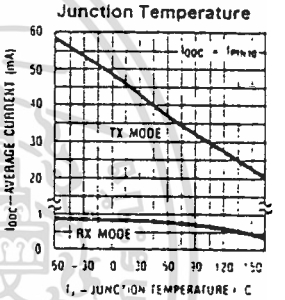
Chip Bias Current, I_Q, vs Junction Tempurature



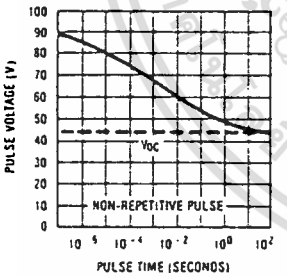
Output Stage DC Current, I_{OOC}, vs Output Voltage



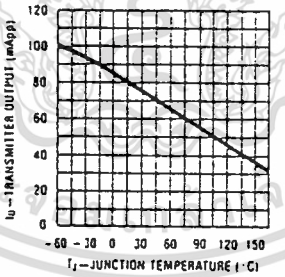
Output Stage DC Current, I_{OOC}, vs Junction Temperature



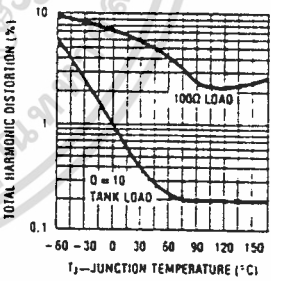
Transient Voltage Survival vs Pulse Time



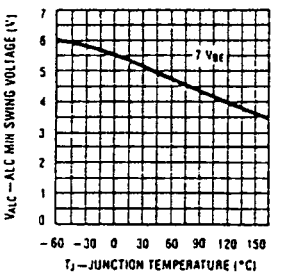
Transmitter AC Output Current vs Junction Temperature



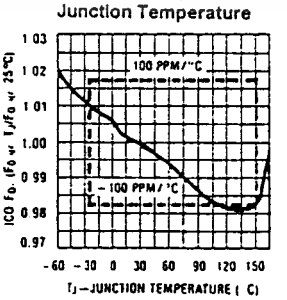
Transmitter Sinusoid THD vs Junction Temperature



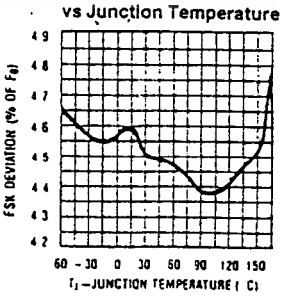
ALC Voltage vs Junction Temperature



ICO Frequency vs Junction Temperature



Transmitter FSK Deviation vs Junction Temperature

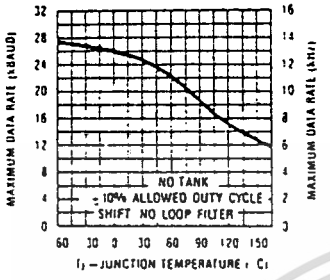


TL/H/6750–38

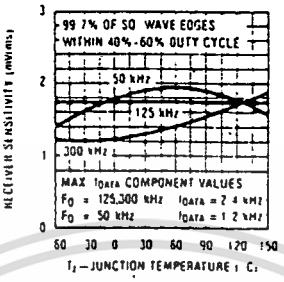
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics (Continued)

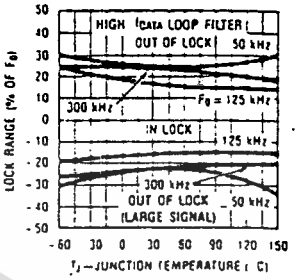
Maximum Data Rate vs Junction Temperature



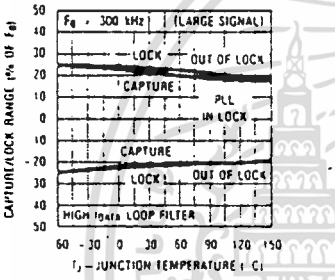
Receiver Sensitivity vs Junction Temperature



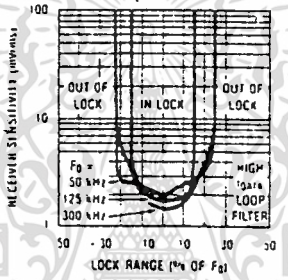
PLL Lock Range vs Junction Temperature and F_O



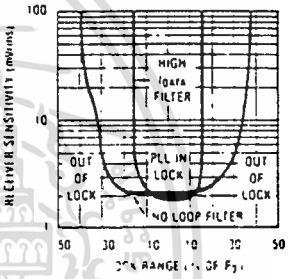
PLL Capture & Lock Range vs Junction Temperature



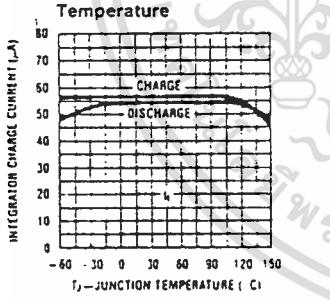
Receiver Sensitivity vs PLL Lock Range and F_O



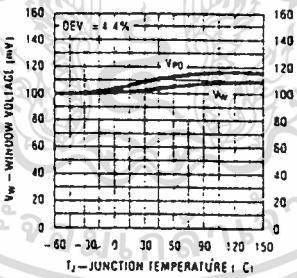
Receiver Sensitivity vs PLL Lock Range and Loop Filter



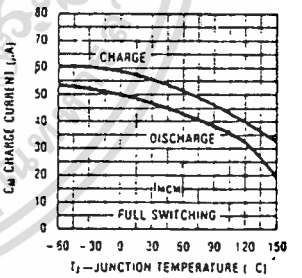
Impulse Noise Filter Current vs Junction Temperature



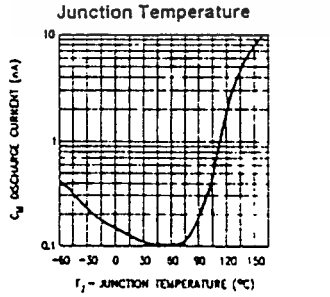
Phase Detector Output Voltage vs Junction Temperature



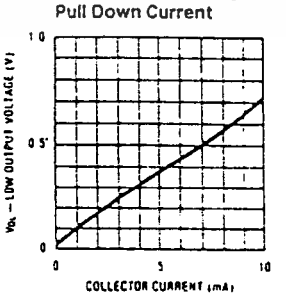
Offset Hold Cap. Charge Currents vs Junction Temperature



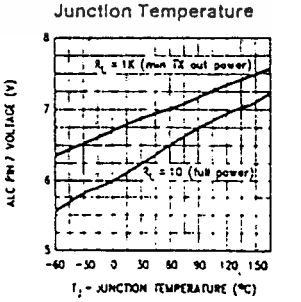
Offset Hold Cap. Bias Current vs Junction Temperature



Data Out. Low Voltage vs Pull Down Current



Pin 7 Bias Voltage vs Junction Temperature



TL/H/6750-39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Information (Continued)

#	Recommended Value	Purpose	Effect of making the component value:		Notes
			Smaller	Larger	
C_O	560 pF	Together, C_O and R_O	Increases F_O	Decreases F_O	±5% NPO ceramic. Use low TC
R_O	6.2 kΩ	set ICO F_O.	Increases F_O	Decreases F_O	2 k pot and 5.6 k fixed R.
			<5.6 k not recommended	>7.6 k not recommended	Poor F_O TC with <5.6 k R_O.

Application Information*

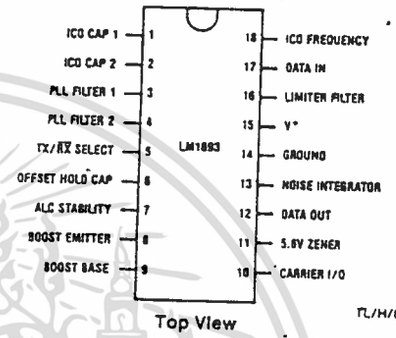
THE DATA PATH

The BI-LINE™ chip serves as a power line interface in the carrier-current transceiver (CCT) system of *Figure 3*. *Figure 4* shows the interface circuit now discussed. The controller may select either the transmit (TX) or receive (RX) mode. Serial data from the controller is used to generate a FSK-modulated 50 to 300 kHz carrier on the line in the TX mode. In the RX mode line signal passes through the coupling transformer into the PLL-based receiver. The recreated serial bit stream drives the controller.

With the IC in the TX mode (pin 5 a logic high), baseband data to 5 kHz drive the modulator's Data In pin to generate a switched 0.978I/1.022I control current to drive the low TC, triangle-wave, current-controlled oscillator to ±2.2% deviation. The tri-wave passes through a differential attenuator and sine shaper which deliver a current sinusoid through an automatic level control (ALC) circuit to the gain of 200 current output amplifier. Drive current from the Carrier I/O develops a voltage swing on T_1's (*Figure 4*) resonant tank proportional to line impedance, then passes through the step-down transformer and coupling capacitor C_C onto the line. Progressively smaller line impedances cause reduced signal swing, but never clipping-thus avoiding potential radio frequency interference. When large line impedances threaten to allow excessive output swing on pin 10, the ALC shunts current away from the output amplifier, holding the voltage swing constant and within the amp's compliance limit. The amplifier is stable with a load of any magnitude or phase angle.

In the RX mode (pin 5 a logic low), the TX sections on the chip are disabled. Carrier signal, broad-band noise, transient spikes, and power line component impinge of the receiver's input highpass filter, made up of C_C and T_1, and the tank bandpass filter. In-band carrier signal, band-limited noise, heavily attenuated line frequency component, and attenuated transient energy pass through to produce voltage swing on the tank, swinging about the positive supply to drive the Carrier I/O receiver input. The balanced Norton-input limiter amplifier removes DC offsets, attenuates line frequency, performs as a bandpass filter, and limits the signal to drive the PLL phase detector differentially. The differential demodulated output signal from the phase detector, containing AC and DC data signal, noise, system DC offsets, and a large twice-the-carrier-frequency component, passes through a 3-stage RC lowpass filter to drive the offset cancel circuit differentially. The offset cancelling circuit works by insuring that the (fixed) ±50 mV signal delivered to the data squaring ("slicing") comparator is centered around the 0 mV comparator switch point. Whenever the comparator signal plus DC offset and noise moves outside the carefully matched ±50 mV voltage "window" of the offset cancel circuit, it adjusts its DC correction voltage in series with the differential signal to force the signal back into the window. While the signal is within the ±50 mV window, the DC offset is stored on capacitor C_M. By grace of the highly non-linear offset hold capacitor charging during offset cancelling, the DC cancellation is done much more quickly than with an AC coupling capacitor normally used in place of the offset cancel circuit. Since impulse noise spikes normally ring the signal symmetrically around 0 V, the fully bilateral offset cancel topology affords excellent noise rejection. The switched current output of the comparator drives the impulse noise filter integrator capacitor that rejects all data pulses of less than the integrator charge time. Noise appears as duty-cycle jitter at the open collector serial data output.

Dual-In-Line Package

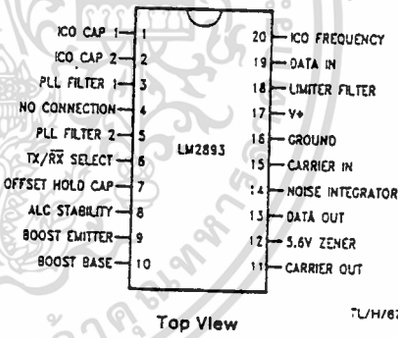


TL/H/6750-2

Top View

Order Number LM1893N
See NS Package Number N18A

Small Outline & Dual-In-Line Package

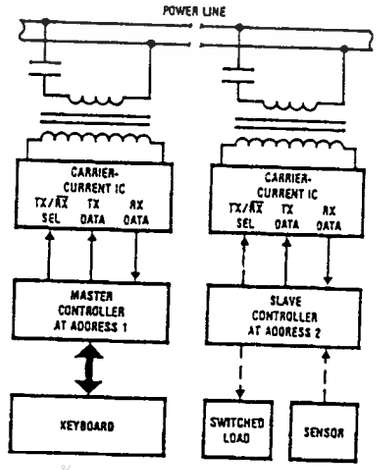


TL/H/6750-41

Top View

Order Number LM2893M or LM2893N
See NS Package Number M20B or N20A

FIGURE 2. Connection Diagrams



TL/H/6750-3

FIGURE 3. The block diagram of a carrier-current system using the BI-Line chip to interface digital controllers via the power line

*Unless otherwise noted, all pin references refer to LM1893, but hold true for equivalent LM2893 pin.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Component Selection (Continued)

be made above 10 pF so that parasitic capacitance is not dominant. Excessive or unbalanced common-mode-to-ground capacitance should be avoided. A low temperature coefficient (TC) of capacitance (<100 PPM/°C), such as a monolithic NPO ceramic multilayer type, preserves low TC of F_O. *Figure 6* finds a C_O value given F_O.

R_O

Resistor R_O is used by the IC to generate a V_{BE}/R related current that is multiplied by 2 to produce the 200 μA ICO control current that sets F_O. The control current TC "bucks" the V_{BE} related tri-wave amplitude across C_O to effect a low TC of F_O. Vary R_O to trim F_O, within limits. Raising F_O more than 20% above its untrimmed value by means of decreasing R_O more than 20% is not recommended. Low R_O, and so high control current, risks ICO saturation and poor TC under worst-case conditions. Raising R_O reduces the demodulated signal amplitude from the phase detector; raising R_O by more than a factor of 2 (1 octave) is not recommended.

Since lower TC pots are relatively costly, it is recommended that R_O be made up of a 5.6 k fixed (<100 PPM/°C) resistor with a 2 kΩ (<250 PPM/°C) series pot.

C_A and R_A

Components C_A and R_A control the dynamic characteristics of the transmitter output envelope. Their values are not critical. Use the values given in *Figure 5*. C_A and R_A are functions of loaded T_1 tank Q, R_O, f_{DATA}, and line impulse noise. Any changes made in C_A and R_A should be made based on empirical measurements of a CCT on the line. Roughly, C_A acts as an ALC pole and R_A an ALC zero.

T_1

At this point, the CCT system designer may choose to use one of the recommended transformers or to design custom T_1. Consult "The Coupling Transformer" section to help with the design of T_1 if a new or boost-capable transformer is needed. The recommended 125 kHz transformer functions with an I_O of up to 600 mApp.

It is recommended that CCT systems use the recommended transformers, described in *Figure 7*, for T_1. The 3 transformers are optimized for use in the ranges of 50–100 kHz, 100–200 kHz, and 200–400 kHz with unloaded Q's (Q_U) of about 35, and loaded Q's (Q_L) of about 12. Three secondary taps are supplied with nominal 7.07, 10, and 14.1 turns ratios (N) to drive industrial and residential power line impedances of 3.5, 7, and 14Ω respectively. All are inexpensive, all have the same pin-outs for easy exchange in a PC board, and all are small - on the order of 10 mm diameter at the base.

C_O

Tank resonant frequency F_O must be correct to allow passage of transmitter signal to the line. Use *Figure 8* to find C_O's value. Trimming F_O to equal F_O is done with T_1's trimming slug. The inductance of T_1 has a TC of + 150 PPM/°C which may be cancelled by using a − 150 PPM/°C cap such as polystyrene. Since circulating current in the tank is ¼ A_{RMS}, C_O should have a low series resistance (a 1 Ω series resistance is too much). Polypropelene caps are excellent, "orange drop" mylars are adequate, while many other mylars are inadequate. A 100V rating is needed for transient protection.

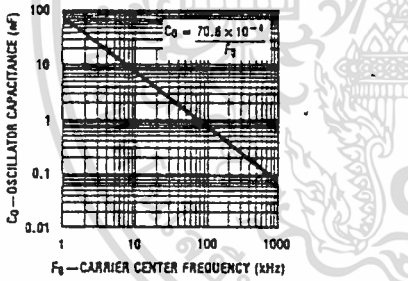


FIGURE 6. Find C_O's value knowing F_O

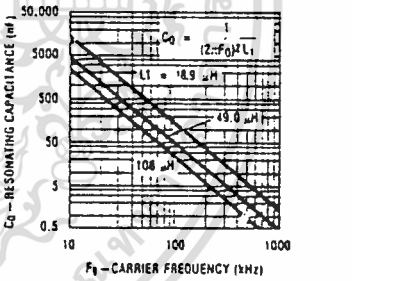
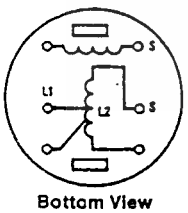
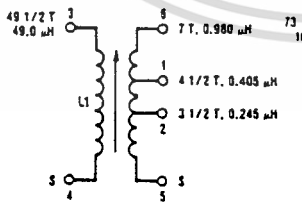
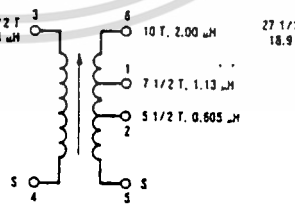


FIGURE 8. Find C_O's value given F_O

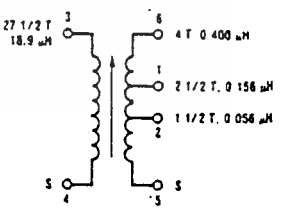




125 kHz
Toko 707VX-A042YUK



50 kHz
Toko 707VX-A043YUK



300 kHz
Toko 161XN-A207YUK

FIGURE 7. The recommended T_1 transformers, available through:
Toko America, 1250 Feehanville Drive, Mount Prospect, IL, 60056, (312) 297-0070

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Component Selection (Continued)

C_C

Capacitor C_C's primary function is to block the power line voltage from T_1's line-side winding. Also, C_C and T_1's line-side winding comprise a LC highpass filter. The self-inductance of T_1 is far too low to support a direct line connection. C_C must have a low enough impedance at F_O to allow T_1 to drive transmitted energy onto the line. To drive a 14Ω power line, the impedance of C_C should be below 14Ω.

Use *Figure 9* to find the reactive impedance of C_C to check that it is less than the line impedance. Then check *Figure 10* to see that the power line current is small enough to keep T_1 well out of saturation; the recommended transformers can withstand a 10 Amp-turn magnetizing force (1 Amp through the worst-case 10 turn line-side winding).

Caution is required when choosing C_C to avoid series resonance of the series combination of C_C, the transformer inductance, and the reflected tank impedance. The low resistance of the network under series resonance will load the line, possibly decreasing range. For your particular line coupling circuit, measure for series resonance using some expected line impedance load.

R_B

This base-bleed resistor turns Q_B off quickly - important since the amplifier output swing is about 200V/μs. An R_B below about 24Ω will conduct excessive current and overload the chip amplifier and is not recommended.

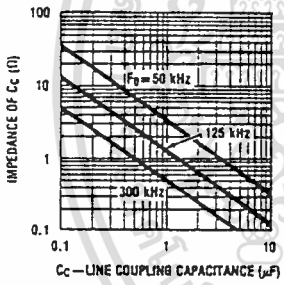


FIGURE 9. C_C's Impedance should be, as a rule-of-thumb, smaller than the lowest expected line impedance

R_G

This resistor, in parallel with the internal 10Ω resistor, fixes the current gain of the output amplifier, and so the output current amplitude. *Figure 11* gives output current and minimum AC current gain h_{fe} for Q_B when R_G is used to boost output current.

Q_B

The boost gain transistor Q_B must be fast. Double-diffused devices with 50 MHz F_T's work, slower transistors (epi-base types) do not preserve a sinusoidal waveform when F_O is high or will cause the output amp. to oscillate. Q_B must have a certain minimum h_{fe} for given boost levels, as shown in *Figure 11*. *Figure 12* shows the power Q_B must dissipate continuously operating with a shorted output. BV_{CER} ($R = R_B$) must be 60V or greater and Q_B must have adequate SOA for transient survival.

Z_T

Unfortunately, potentially damaging transient energy passes through transformer T_1 onto the Carrier I/O pin (instantaneous power of greater than 1 kW has been measured using the recommended transformers). For self protection, the Carrier I/O has an internal 44V voltage clamp with a 20Ω series resistance. A parallel low impedance 44V external transient suppression diode will then conduct the lion's share of any current when transients force the Carrier I/O to a high voltage.

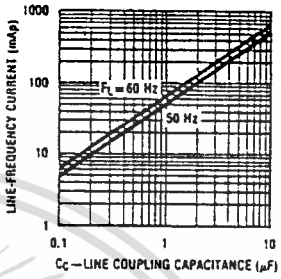


FIGURE 10. The AC line-induced current passed by C_C

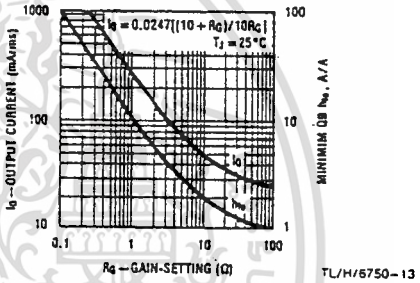


FIGURE 11. Output amplifier current and required min. Q_B h_{fe} versus gain-setting resistor R_G

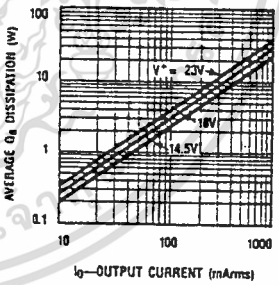


FIGURE 12. Boost transistor power dissipation versus amplifier output current

Z_T must be used unless some precaution is taken to protect the Carrier I/O pin from line transients or transients caused when stored line energy in C_C is discharged by the random phase of power line connection and disconnection. Worst case, C_C may discharge a full peak-to-peak line voltage into the tuned circuit. Another way to reduce the need for Z_T is by placing another magnetic circuit in the signal path that relies on a high, but easily saturated, permeability to couple a primary and secondary winding - a toroidal transformer for example. Toroids cost more than Z_T.

Use an avalanche diode designed specifically for transient suppression — they have orders of magnitude higher pulse

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Component Selection (Continued)

power capability than standard avalanche diodes rated for equal DC dissipation. Metal oxide varistors have not proven useful because of their inferior clamping coefficient and are not recommended. Specifications for an example minimum diode are given in *Figure 13*.

Breakdown Voltage	44–49V @ 1 mA
Maximum Leakage	1 μA @ 40V
Capacitance	300 pF @ 8V
Maximum Clamp Voltage	64.5V @ 7.8A
Peak Non-Repetitive Pulse Power (REA Standard Exponential Pulse)	10 kW for 1 μs
Surge Current	70A for 1/120s

FIGURE 13. Key specifications for a recommended transient suppressor Z_T available from General Semiconductor, 2001 West Tenth Place, Tempe, AZ 85281, 602–968-3101, part no. SA40A

R_T

R_T acts as a voltage divider with Z_T, absorbing transient energy that attempts to pull the Carrier Input pin above 44V. Make the resistor a carbon composition 1/4W. When experiments discharging C_C charged to the peak-to-peak 620V AC thru a 1Ω power line were carried out, film resistors blew open-circuit.

D_T

This Schottky diode is placed in parallel with the CCT chip's substrate diode to pass the majority of the current drawn from ground when the Carrier Input or Carrier Output is pulled below ground by a larger-than-twice-the supply-swing on the tank. Note that Z_T is in parallel with the substrate diode, but is ineffective due to its high forward voltage drop and high diffusion capacitance caused by its low forward speed. Tests proved that a 1N5818 kept a receive-path functional with a 20X boost transmitter with a 7:1 transformer attempted to swing the receiver's Carrier I/O to ±100V (300 mA peak ground current in the receiver). Without D_T, the receiver momentarily stops functioning at a 100 times lower ground current.

This diode is not needed if the Carrier I/O never swings below ground. If your CCT systems all run on the same regulated voltage with all matched transformers and turns ratios, it is not needed. Otherwise, it is.

THE RECEIVER

The receiver and transmitter share components C_C, T_1, C_O, R_T, Z_T, C_O, R_O, and peripheral supply and bias components that are not in need of change for RX mode operation. Values for the balance of the components are now found.

Line-Frequency Rejection

To use the ultimate sensitivity of the device, fully 110 dB of 115 V, 60 Hz attenuation is required between the line and the limiter amplifier output. Using the circuit topology of *Figure 4*, the combined attenuation of the C_C/T_1 highpass, the tuned transformer, and the bandpass filter attenuation of the limiter amplifier give far more line rejection than the above-stated minimum. However, if some other CCT line coupling circuit is used, line rejection will become important to the system designer.

Receiver input power supply rejection (PSRR) and common-mode rejection (CMRR) are one-in-the-same using the supply-referenced signal input of *Figure 4*. Ripple swings both differential inputs of the Norton amp. equally, while the single-ended input signal swings only the positive input. Overall PSRR consists of the input CMRR (set by the input stage component matching) and the ripple-frequency attenuation of the input amplifier bandpass response that passes carrier frequency but stops low frequencies. A typical 1% resistor and 1 mV n-p-n mirror offsets give 26 dB of attenuation, the bandpass gives 54 dB 120 Hz attenuation, for an overall 80 dB PSRR to allow tens of volts of ripple before impacting ultimate sensitivity.

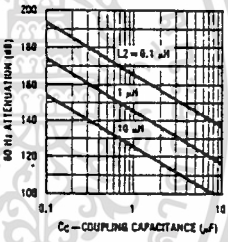
C_C

A value was chosen earlier. Knowing T_1's secondary inductance allows a check of LC line attenuation using *Figure 14*.

C_L

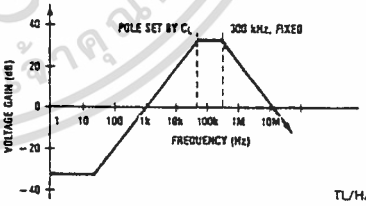
The Norton input limiter amplifier has a bandpass filter for enhanced receiver selectivity, noise immunity, and line frequency rejection. The nominal response curve for F_O = 50 kHz is shown in *Figure 15*. The 300 kHz pole is fixed. The 50 kHz pole is set by C_L's value. After C_L is found, the resulting line frequency attenuation is found for the bandpass filter.

Use *Figure 15* to find a C_L value given for F_O. The approximate line frequency attenuation of the bandpass filter may then be found in *Figure 16*. *Figure 15* returns a value for C_L 33% larger than nominal, giving a low frequency pole 33% low to allow for component tolerances.

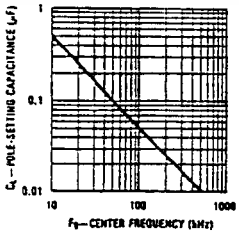


TL/H/6750–15

FIGURE 14. The 60 Hz line rejection of the highpass filter made up of C_C and T_1's line-side winding (neglecting capacitive coupling)



TL/H/6750–16



TL/H/6750–17

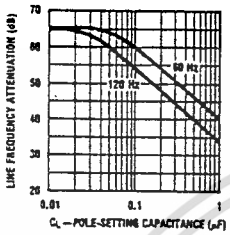
FIGURE 15. Given F_O, C_L is found. Also shown is the input amplifier's small signal amplitude response

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Component Selection (Continued)

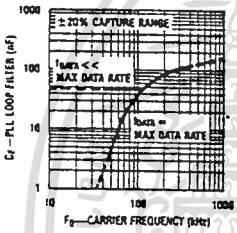
C_F and R_F

These phase-locked loop (PLL) loop filter components remove some of the noise and most of the $2F_O$ components present in the demodulated differential output voltage signal from the phase detector. They affect the PLL capture range, loop bandwidth, damping, and capture time. Because the PLL has an inherent loop pole due to the integrator action of the ICO (via C_O), the loop pole set by C_F and the zero set by R_F gives the loop filter a classical 2nd-order response.



TL/H/6750–18

FIGURE 16. The Norton-input limiter amplifier bandpass filter line-frequency signal attenuation given C_L



TL/H/6750–19

FIGURE 17. Find C_F given F_O. *Figure 19* gives the maximum data rate

No C_F and R_F give the most stable PLL with the fastest response. Large C_F's with a too-small R_F cause PLL loop instability leading to poor capture range and poor step response or oscillation.

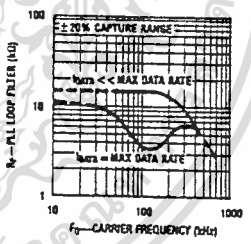
Calculation of C_F and R_F is quite difficult, involving not only the 2nd-order loop step response, but also the PLL non-dominant poles, the tuned transformer stepped-frequency response, and the RC lowpass step response (for data rates approaching 1 kHz). C_F and R_F values are best found empirically. Tolerance is not critical. Component values are selected to give the best possible impulse noise rejection while preserving a ±20% capture range and wide stability margin. *Figures 17* and *18* give C_F and R_F values versus F_O, where "f_{DATA} << MAX DATA RATE" means that f_{DATA} should be less than the maximum data rate, in kHz, from *Figure 19* divided by 10.

Note that C_F and R_F are a function of data rate only for high data rates and are not plotted against data rate - as one might expect. The reason for this is important to understand if the CCT system designer wishes to find C_F and R_F empirically. Data signal is, loosely speaking, passed through the PLL loop and is therefore potentially attenuated if the loop bandwidth is on the order of the 3rd harmonic of the data rate, or less. Overall loop bandwidth is held as low as possible for maximum noise rejection while passing the data. Loop bandwidth is roughly proportional to the geometric mean of the unfiltered loop bandwidth and the filter pole set by C_F. Therefore, C_F is related to data rate. Unfortunately, the loop capture range falls to critically low values when large enough values of C_F are used to reduce loop bandwidth down to the 100's of Hz range, for low data rates. The obvious way out is to then reduce the unfiltered loop bandwidth. That bandwidth is approximately proportional to the value of C_O. For a fixed F_O, unfiltered loop bandwidth reduction requires a larger C_O and larger control current. With this chip, changing the control current is not allowed. So one is forced to choose a C_F/R_F combination with some minimum capture range, say ±20%, that is within some guardband from the point of loop instability. Happily, impulse noise tends to last only fractions of a millisecond so that the lack of low bandwidth loop response with low data rates is not a heavy penalty. As long as there is adequate capture range, the impulse noise filter performs admirably. Note that reducing F_O will reduce the no-filter loop bandwidth, and indeed the maximum data rate falls below the limit set by the RC lowpass filter as F_O falls below 100 kHz (*Figure 19*).

The tuned transformer characteristics will affect the demodulated data waveform more than C_F and R_F at low data rates. Tank Q and off-tuning will affect overshoot during the FSK frequency steps. This is a property of tuned circuits. The maximum data rate of *Figure 19* is measured from the receiver input to the Data Out and does not include the data bandwidth reducing effects of T_I.

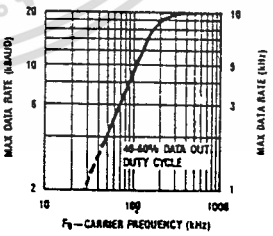
C_M

Capacitor C_M stores a voltage corresponding to a correction factor required to cancel the phase detector differential output DC offsets. The stored voltage is 5/8 of the DC offset plus some bias level of about 2.2 V. A large C_M value increases the time required to bias-up the receive path at the beginning of transmission. A large C_M does filter well and store its bias voltage long. Because of the initial random charge of C_M, the receiver must be given a data transition to charge to the proper bias voltage. Therefore, reducing C_M's value to one that may be charged in less than 2 bit-times will not save biasing time and is not recommended.



TL/H/6750–20

FIGURE 18. Find R_F given F_O with F_{DATA} a parameter



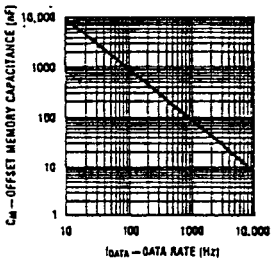
TL/H/6750–21

FIGURE 19. The maximum data rate versus F_O using loop filter components optimized for max. noise performance while retaining a min. ±20% capture range (large signal)

Use *Figure 20* to find C_M's value knowing f_{DATA}, assuming the standard 2 bit receive charge time is desired. The cap. value and TC are not critical, but the capacitor should have low leakage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Component Selection (Continued)



TL/H/6750–22

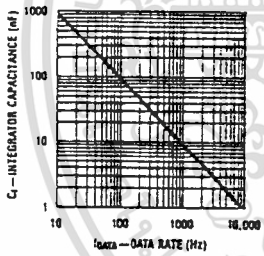
FIGURE 20. Size C_M assuming a 2 bit-time receive bias time

C_I

The impulse noise filter integrator capacitor C_I is used to disallow the passage of any pulse shorter than the integrator charge time. That charge time, set to a nominal ½ bit time, is the time required for a ±50 µA charge current to swing C_I over a 2 V_{BE} range. Charge time under worst case conditions must never be greater than a bit time since no signal could then pass. Using a ±10% capacitor, full junction temperature range, and full specified current range, a maximum nominal charge time of ½ bit is recommended. *Figure 21* gives C_I versus data rate under those conditions.

R_C

The collector pull-up resistor is sized to supply adequate pull-up current drive and speed while preserving adequate output low current drive.



TL/H/6750–24

FIGURE 21. Impulse noise filter cap. C_I versus F_{DATA} where the charge time is ½ bit time

Z_A

The 5.1V silicon zener diode Z_A is required when a short RX-to-TX switch-over time is needed at the same time that the chip is operating in the RX mode with a pin 10 input signal swing approaching or exceeding twice the supply voltage. Predominant causes of these large swings impinging on the RX input are: 1) a transmitter's supply voltage higher than the receiver's supply voltage, 2) a TX and RX pair that are electrically close, or, 3) a higher RX T_1 step-up turns ratio than the TX T_1 step-down ratio.

Normally, when in the RX mode with small incoming signal on pin 10, the ALC remains off with pin 7 at a 6V ($V_Z - 2V_{BE}$) bias voltage. C_A is then charged to 6V. TX mode may then be selected with 6V on C_A allowing 100% TX power to pump T_1's tuned circuit, and so the AC line, quickly for fast RX-to-TX switch time. As TX output swing increases so that pin 10 swings below V_{ALC} (4.7V typically), that ALC activates to charge C_A to about 6.6V to reduce TX output drive. However, if in the RX mode pin 10 ever swings below V_{ALC}, C_A will charge to above 6.6V. Now, when the TX mode is selected with C_A at 6.6V, somewhere from 0 to 100% TX output drive is available to pump T_1's tuned circuit resulting in a slower rising line signal - effectively reducing the RX-to-TX switch time.

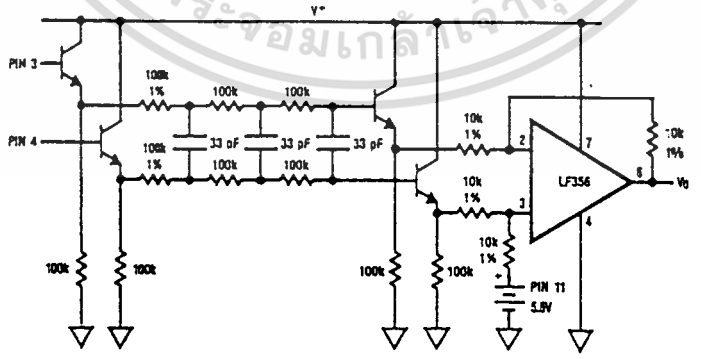
Use a 5.1V Z_A driven by a 0 to 0.8V logic low signal to guarantee over-temp. operation. R_A must be in series with Z_A to limit current flow and should never fall below 1 kΩ. If R_A is less than 1 kΩ, then put a 2 kΩ resistor in series with Z_A. Logic high voltages above 10V will cause current flow into pin 7 that must be limited to 1 mA (with R_A or a series R).

Breadboarding Tips

During CCT system evaluation, some techniques listed below will simplify certain measurements.

— Use caution when working on this circuit - dangerous line voltages may be present.

— When evaluating PLL operation, offset cancel circuit operation, and loop filter values, use the filter of *Figure 22* to view the demodulated signal minus the $2F_O$ and noise components. This filter models the RC lowpass filter on chip.



TL/H/6750–25

FIGURE 22. Circuit to view the differential demodulated data signal, minus the noise and $2F_O$ components, conveniently with a single-ended gain-of-one output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Breadboarding Tips (Continued)

— When evaluating CCT system noise performance on a real power line, it is desirable to vary the signal amplitude to the receiver. This is not easy. An in-line line-proof L-pad is fine except that the line impedance is unknown and variable and so the L-pad will rarely match. Instead, the power output of a chip transmitter may be controlled using the circuit of *Figure 23*. This circuit controls the ALC.

— It is sometimes desirable to place impulse noise on the line. A simple light dimmer with a 100 W light bulb load produces representative impulse noise.

— Do not allow peak currents of over 1 A through the 5.6 V Zener. In other words, don't short charged capacitors into this low-impedance device. Take care not to momentarily short pins 10 and 11 - chip damage may result.

— *Figure 24* shows some typical signals beginning with serial data transmitted to received signal.

Tuning Procedure

This procedure applies to circuits similar to *Figure 4* LM1893 or LM2893 circuit.

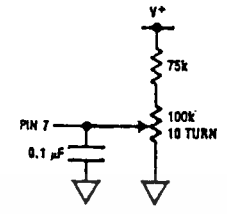
First, trim F_O by putting the chip in the TX mode, setting a logical high data input, and measuring the TX high frequency, 1.022 F_O, on the Carrier I/O using these steps:

1. Take pin 17 to a logic low.
2. Take pin 5 to a logic high.
3. Place a counter on pin 10.
4. Adjust R_O on pin 18 for $F = 1.022F_O$.

Second, the line transformer is tuned. The chip is placed in the TX mode, a resistive line load is connected to disable the ALC by reducing tank voltage swing below its limit. FSK data is then passed through the tank so that the tank envelope may be adjusted for equal amplitude for high and low data frequency.

1. Take pin 5 to a logic high.
2. Place a logic-level square wave at or below the receiver's maximum data rate on pin 17.
3. Temporarily place a 330 Ω resistor across the tank.
4. Place a scope on pin 10.
5. Adjust the transformer slug for the least envelope modulation.

In lieu of the 330 Ω resistive load, T_1 may be coupled to the power line to better simulate actual load and tank pull conditions during tank tuning. Alternatively, a passive network representing an average line impedance may be connected to the line side of T_1. The circuit of *Figure 23* should then be used to defeat the leveling effect of the ALC.



TL/H/6750–26

FIGURE 23. A means of transmitter output amplitude control is shown

Thermal Considerations

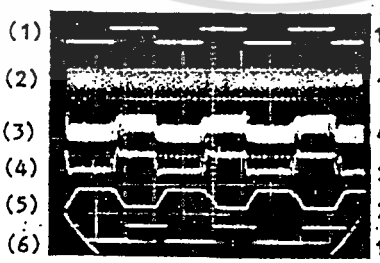
It is desirable to place the largest possible signal on the power line for maximum range, limited only by the chip power dissipation and maximum junction temperature T_J. The falling output power at elevated T_J allows a more optimal power output - high power at low T_J and lower power at high T_J for chip self-protection. However, it is still possible to exceed the maximum T_J within the specified ambient temperature limit (T_A = 85°C) under worst case conditions of 100% TX duty cyle, high supply, shorted load, poor PC board layout (with small copper foil area), and an above nominal current part. Under those conditions, a part may dissipate 2140 mW, reaching a T_J = 170°C worst-case (admittedly a rare occurrence). Proper system design includes the measurement or calculation of T_J max. to guarantee function under worst-case operation. Like all devices with failure modes modeled by the Arrhenius model, the high chip reliability is further enhanced by keeping the die temperature mercifully below the absolute maximum rating.

A direct method of measuring operating junction temperature is to measure the V_{BE} voltage on pin 18, which is always available under all operating modes. The graph of *Figure 25* may be used to find T_J, knowing V_{BE} at the operating point in question and V_{BE} at $T_A = T_J = 25°C$. V_{BE} is found by powering up a chip (in RX mode) that has been dissipating zero power at some T_A for some time and measuring V_{BE} in less than 1 s (for better than 5°C accuracy).

Alternately, T_J may be calculated using:

$$T_J = T_A + \theta_{JA}P_D \qquad (1)$$

where θ_{JA} is 75°C/W for the plastic (N) package using a socket. That θ_{JA} value is for a high confidence level; nomi-



TL/H/6750–23

FIGURE 24. Oscillogram revealing signals at several important nodes under weak signal (0.5 mV_{RMS}) conditions with SCR spikes on an otherwise quiet 115 V, 60 Hz power line. The signals are: 1) transmitted data, 2) RX carrier on the tuned transformer, 3) demodulated signal from the PLL after passing thru circuit of *Figure 22*, 4) signal after RC lowpass, 5) data at impulse noise filter integrator, and 6) received data. Horizontal scale is 10 ms per div.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thermal Considerations (Continued)

nal θ_{JA} for an N package is 60°C/W, lower with good PC board layout. Since P_D is a relatively strong function of T_J, an iterative solution process starting with an initial guess for T_J is used. With the estimated T_J, find the total supply current found in the typical performance characteristics.

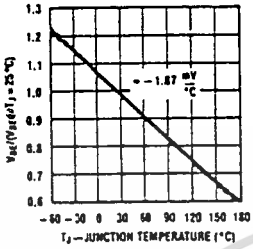


FIGURE 25. T_J may be found by using the temperature coefficient of pin 18 V_{BE} if V_{BE} is known at 25°C

Transmit-To-Receive Switch-Over Time

An important figure-of-merit for a half-duplex CCT link, affecting effective data rate, is the TX-to-RX switch time T_{TR}. Using the recommended component values gives this part a nominal 2 bit-time (1 bit time = $1/(2f_{DATA})$) over a wide range of operating conditions, where the receiver requires 1 data transition. T_{TR} cannot be decreased significantly but does increase as noise filtering, especially via C_M, is increased. Impulse noise at switch, signals near the limiting sensitivity, poor F_O match between receiver and transmitter because of poor trim or worst-case conditions, and the statistical nature of PLL signal acquisition may all contribute to increase T_{TR} to possibly 4 bit-times.

T_{TR} is lower when a pair of LM1893's handshake rapidly. The receiver was designed to "remember" the RX-mode DC operating points on C_M and C_F while in the TX mode. Under noisy worst case conditions, C_M will discharge to the point of false operation after 35 bit-times in the TX mode (1400 bit times with no noise and a nominal part, f_{DATA} = 180 Hz). T_{TR} is about 0.8 ms (proportional to the selected F_O) plus ½ bit-time.

The major components of T_{TR} are described below for a nominal 125 kHz F_O, 180 Hz f_{DATA}, lightly-loaded tank with a Q of 20, and the circuit of *Figure 4*. The remote CCT has been operating in the TX mode with a 26.6 V_{PP} tank swing and is now selected as a receiver. An incoming signal requiring the ultimate receiver sensitivity immediately is placed on the line.

First, the tank stored energy at the transmit frequency must decay to a level below the 2.8 mV_{PP} swing caused by the 0.14 mV_{RMS} incoming line signal containing the information to be received.

$$\text{decay time} = \frac{Q}{\pi F_O} \ln\left(\frac{V_1}{V_O}\right) =$$

$$\frac{20}{\pi \times 125\,000} \ln\left(\frac{26.6}{0.0028}\right) = 0.466 \text{ ms} \qquad (2)$$

That is 0.47 ms of delay (proportional to $1/F_O$ and Q).

Second, the PLL must acquire the signal; it must lock and settle. Acquisition time is statistical and may take any length of time, but average acquisition time depends on the loop filter components C_F and R_F and the difference in center frequencies, ΔF_O, of the TX/RX pair. Using the recommended C_F and R_F (47 nF and 6.2 kΩ) with a ±4.4% ΔF_O (a ± 100 mV DC offset on C_F and R_F), lock was measured to take less than 50 cycles of F_O. That is a 0.40 ms delay (proportional to $1/F_O$).

Acquisition is incomplete until the second order PLL loop settles. For the above-mentioned C_F and R_F, the loop natural frequency F_N and damping factor are found to be 2.3 kHz and 1.0 respectively. Settling to within ±25 mV of the ±100 mV DC offset change requires 2.7 periods of F_N, or 1.2 ms (a function of C_F and R_F).

Third, the RC lowpass filter introduces a 0.12 ms delay.

Fourth, C_M must charge up to ±(5/6)100 = 83 mV depending on the polarity of F_O. Borderline data squaring with zero noise immunity is possible with only ±(5/6) 50 mV of charging. C_M charge current is an asymptotic function approximated by assuming a 50 μA charge current and the full 83 mV charge voltage. C_M charge time is then 1.7 ms (proportional to $1/f_{DATA}$).

Fifth, the impulse noise filter adds a ½ bit-time delay. Total T_{TR} is 3.9 ms plus ½ bit-time for a total of 1.9 bit-times at 360 Baud.

Receive-To-Transmit Switch-Over Time

Assume the chip has been in the RX mode and the TX mode is now selected. In less than 10 μs, full output current is exponentially building tank swing. 50% of full swing is achieved in less than 10 cycles - or under 80 μs at 125 kHz. In the same 10 μs that the output amp went on, the phase detector and loop filter are disconnected and the modulator input is enabled. FSK modulation is produced in 10 μs after switching to TX mode.

Power Line Impedance

Irrespective of how wide the limits on power line impedance Z_L are placed, there are no guarantees. However, since the CCT design requires an estimate of the lowest expected line impedance Z_{LN} encountered for the most efficient transmitter-to-line coupling, line impedance should be measured and Z_L limits fixed to a given confidence level. Reasonable values for T_1 turns ratio, loaded Q, and tank resonant frequency pull F_O may be found to enable a CCT system design that functions with the overwhelming majority of power lines.

A limited sampling of Z_L was made, during the LM1893 design, of residential and commercial 115V 60 Hz power line. Data was also drawn from the research of Nicholson and Malack (reference 1), among others, to produce *Figures 26* and *27*. All measured impedances are contained within the shaded portions of *Figure 27*. A nominal 3.5, 7.0 and 14 Ω Z_{LN} is used throughout the application information with a nominal 45° phase angle (0° is sometimes used for simplicity).

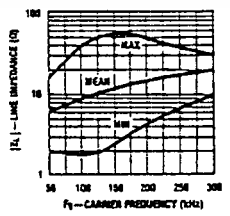


FIGURE 26. Measured line impedance range for residential and commercial 115V, 60 Hz lines

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Power Line Impedance (Continued)

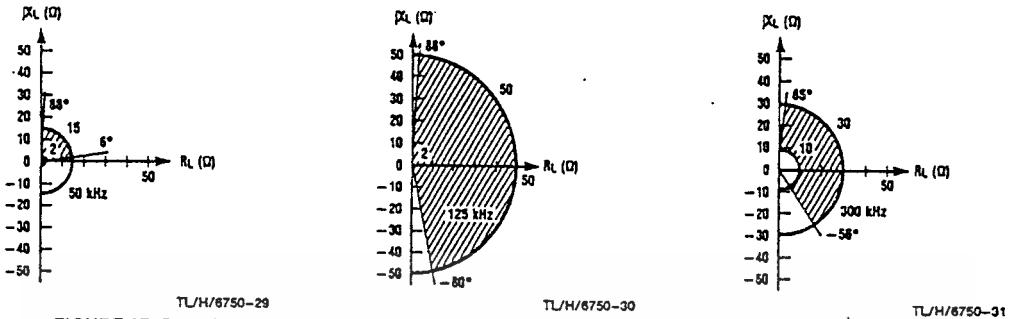


FIGURE 27. Complex-plane plots of measured 115V, 60 Hz line impedance where $Z_L = R_L + jX_L$

Power Line Attenuation

The wiring in most US buildings is a flat 3 conductor cable called Amerflex, BX, or Romex. All referenced line impedances refer to hot-to-neutral impedances with a grounded center conductor. The cable has a 100 Ω characteristic impedance, a 125 kHz quarter-wavelength of 600 m (250 m at 300 kHz), and a measured 7 dB attenuation for a 50 m run with a 10 Ω termination. Generally, line loads may be treated as lumped impedances. Instrument line cords exhibit about 0.7 μH and 30 pF per meter.

Limited tests of CCT link range using this chip show extensive coverage while remaining on one phase of a distribution transformer (100's of m), with link failure often occuring across transformer phases or through transformers unless coupling networks are utilized. Total line attenuation allowed from full signal to limiting sensitivity is more than 70 dB. Typically, signal is coupled across transformer phases by parasitic winding capacitance, typically giving 40 dB attenuation between phased 115 V windings. Coupling capacitors may be installed for improved link operation across phases. Power factor correcting capacitor banks on industrial lines or filter capacitors across the power lines of some electronic gear short carrier signal and should be isolated with inductors. Increasing range is sometimes accomplished by electing to install the isolating inductors (*Figure 28*) and coupling capacitors, as well as by electing to use the boost option. Frequency translating or time division multiplexed repeaters will also increase range.

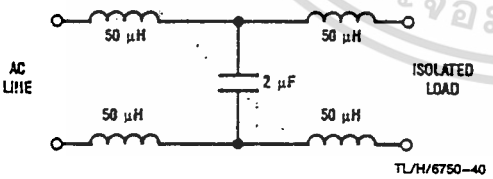


FIGURE 28. An isolation network to prevent: 1) noise from some device from polluting the AC line, and 2) to stop some low impedance device (measured at F_O) from shorting carrier signal. Component values given as an example for F_O = 125 kHz on residential power lines

The Coupling Transformer

The design arrived at for T_1 is the result of an unhappy compromise - but a workable one. The goals of 1) building T_1 with a stable resonant frequency, F_O, that is little affected by the de-tuning effect of the line impedance Z_L, and of 2) building a tightly line-coupled transformer for transmitted carrier with loose coupling for transients, are somewhat mutually exclusive. The tradeoffs are exposed in the following example for the CCT designer attempting a new boost-capable, or different core, transformer design.

The compromises are eased by separating the TX output and RX input in the LM2893. An untuned TX coupling transformer with only core coupling (not air-coupled solenoid windings) would employ a high permeability, high magnetic field, low loss, square saturating, toroidal core. The resonant RX path would be isolated from line-pull problems by a unilateral amplifier that operates at fine voltages with much more than 110 dB of dynamic range, or by a capacitively coupled pulse transformer driving a unilateral amplifier and filter, for increased selectivity. See the LM2893-specific applications section.

For a LM1893-style transformer application, first, choose the turns ratio N based on an estimated lowest Z_L likely encountered, Z_{LN}. *Figure 29* shows graphically how N affects line signal. N should be as large as possible to drive Z_{LN} with full signal. If T_1 has an unloaded Q, Q_U, of well less than 35, a guess of N somewhat high should be used and later checked for accuracy. The recommended transformers have secondary taps giving a choice of N = 7.07, 10, and 14.1 (nominally) for driving Z_{LN}'s of 14, 7.0, and 3.5 Ω respectively (at T_J = 25°C, V+ = 18V, and Q_U = 35).

The resonating inductance of the tuned primary, L_1, is sought. Note that, while standard transformer design gives a transformer self-inductance with an impedance at operating frequency well above load impedance, the tuned transformer requires a low L_1 for adequate Q_U and minimum line-pull. Result: relatively poor mutual coupling.

$$L_1 = \frac{R}{2\pi F_O Q} \qquad (3)$$

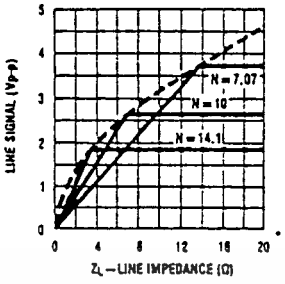
It is known that resonant frequency $F_Q = F_O$ and some minimum bandwidth, or maximum Q, will be required to pass signal under full load conditions.

$$L_1 = \frac{R_Q \,\|\, |Z_{LN}|'}{2\pi F_O Q_L} \qquad (4)$$

$|Z_{LN}|'$ is the reflected Z_{LN}, Q_L is the loaded Q, and parallel resistance R_Q models all transformer losses and sets Q_O. $R_Q \,\|\, |Z_{LN}|'$ is found knowing that it absorbs full rated power.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Coupling Transformer (Continued)



TL/H/6750–32

FIGURE 29. Impressed line voltage for a given Z_L for each of the 3 taps available on the recommended transformers

$$P_O = I_O V_O = \frac{I_{OPP}}{2\sqrt{2}}\left[\frac{2(-V_{ALC}+V_+)}{2\sqrt{2}}\right] = \frac{(-4.7+V_+)I_O}{4} \quad (5)$$

where I_O is in amps peak-to-peak at an elevated T_J

$$P_O = \frac{(18-4.7)\,0.06}{4} = 0.200\ W \quad (6)$$

$$R_O \| |Z_{LN}|' = \frac{V_O^2}{P_O} = \frac{(-V_{ALC}+V_-)\sqrt{2}}{I_O} = 442\ \Omega \quad (7)$$

R_O is found using Z_{LN} and the value for N found when assuming $Q_U = 35$.

$$|Z_{LN}|' = N^2 Z_{LN} = (7.07)^2\,13.9 = 695\ \Omega \quad (8)$$

$$R_O = \frac{1}{\frac{1}{R_O \| |Z_{LN}|'} - \frac{1}{|Z_{LN}|'}} = \frac{1}{\frac{1}{442} - \frac{1}{695}} = 1210\ \Omega \quad (9)$$

$$R_{OS} = \frac{R_O}{1+Q_U^2} = \frac{1210}{1+35^2} = 1\ \Omega \quad (10)$$

Only Q_L remains to be found to calculate L_1. Q_L is related to the −3 dB (half-power) bandwidth by

$$Q_L = \frac{1}{BW\ (\%\ of\ F_O)} \quad (11)$$

An iterative solution is forced where line pull, ΔF_O, must be guessed to find Q_L and L_1. L_1 is then used to check the line pull guess; a large error requires a new guess. Try a BW of 8.7% - that is 4.4% for deviation, 1% for TC of F_O, and 3.3% for ΔF_O - giving $Q_L = 11.5$.

$$L_1 = \frac{442}{2\pi \times 125\,000 \times 11.5} = 49.0\ \mu H \quad (12)$$

Knowing the core inductance per turn, L, and L_1, the number of turns is found.

$$T_1 = \sqrt{\frac{L_1}{L}} = \sqrt{\frac{49.0\ \mu H}{20\ nH/T}} = 49\ \tfrac{1}{2}\ turns \quad (13)$$

T is normally an integer, but these transformers require so few turns that half-turns are specified, remembering that the remaining ½ turn is completed on the P.C. board and is loosely coupled. The secondary turns are calculated

$$T_2 = \frac{T_1}{N} = \frac{49.5}{7.07} = 7.00 = 7\ turns \quad (15)$$

giving an L_2 of 0.98 μH. Note that the recommended 125 kHz transformer mirrors these specifications. The resonating capacitor is

$$C_O = \frac{1}{(2\pi F_O)^2 L_1} = 33.1 \times 10^{-9} = 33\ nF \quad (16)$$

Line pull ΔF_O was calculated (reference 3) for a Z_L magnitude of 14Ω and up with any phase angle from −90° to 90°. ΔF_O was 6.4% - well above the 3.3% estimate. Referring to (11), an 11.8% bandwidth is required, forcing L_1 to be reduced to reduce Q. That fix was not implemented; some signal attenuation under worst-case drift and ΔF_O is allowed. L_1 is already so small that the 31 gauge winding conducts a ¼ A_{RMS} circulating current.

Line Carrier Detection

While the addition of a carrier detection circuit (for a mute or squelch function) will only decrease receiver ultimate sensitivity, there is sometimes good reason to employ it to free the controller from watching for RX signal when no carrier is incoming, or to employ it to reduce the probability of line collisions (when multiple transmitters operate simultaneously to cause one or more transmissions to fail). Unless the detector is heavily filtered or uses a high carrier amplitude threshold, there will be false outputs that force the controller to have Data Out data checking capability just as is required when using no carrier detector. If false triggering is minimized, the probability of line collisions is increased due to the inability to sense low carrier amplitudes and because of sense delay. The property of the LM1893 to change output state infrequently (although the polarity is undefined) when in the RX mode, with no incoming carrier, reduces the desire to implement carrier detection and preserves the full ultimate sensitivity. Also, many impulse-noise insensitive transmission schemes, like handshaking, are easily modified to recover from line collisions.

Regarding this, it should be stated that for very complicated industrial systems with long signal runs and high line noise levels, it is probably wise to use a protocol which is inherently collision free so that no carrier detect hardware or software is needed. A token passing protocol is an example of such a system.

Figure 30 shows a low cost carrier amplitude detection circuit.

Audio Transmission

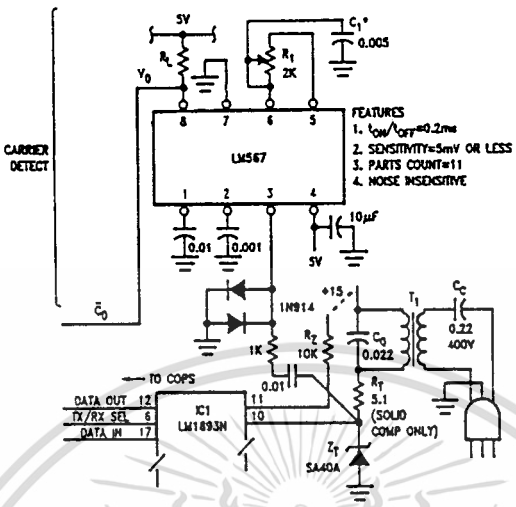
The LM1893 is designed to allow analog data transmission and reception. Base-band audio-bandwidth signals FM modulate the carrier passing through the tuned transformer (placing a limit on the usable percent modulation) onto the power line to be linearly demodulated by the receiver PLL. Because the receiver data path beyond the phase detector will pass only digital signal, external audio filtering and amplification is required. *Figure 31* shows a simple audio transmitter and receiver circuit utilizing a carrier detection mute circuit. A single LM339 quad. comparator may be used to build the carrier detect and mute. Filter bandwidth is held to a minimum to minimize noise, especially line-related correlated noise.

Communication and System Protocols

The development of communication and system protocols has historically been the single most time consuming element in design of carrier current systems. The protocols are defined as the following:

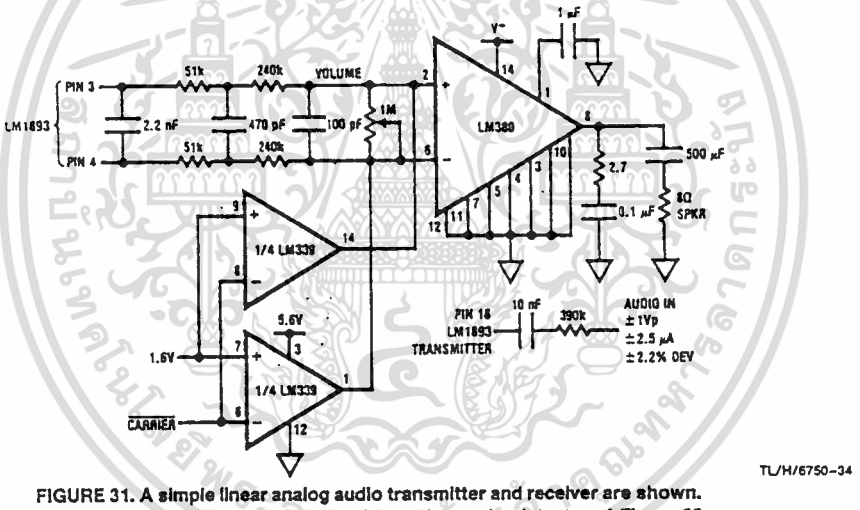
1. *Communication protocol*: a software method of encoding and decoding data that remains constant for every transmis-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TL/H/6750–33

FIGURE 30. A simple carrier amplitude detector with output low when carrier is detected



TL/H/6750–34

FIGURE 31. A simple linear analog audio transmitter and receiver are shown. The carrier and 1.6V inputs are derived from the carrier detector of *Figure 30*. The remaining 2 LM339 comparators may be used to build the carrier detector circuit.

Communication and System Protocols (Continued)

sion in a system. Its first purpose is to put data in a baseband digital form that is more easily recognized as a real message at the receive end. Secondly, it incorporates encoding techniques to ensure that noise induced errors do not easily occur; and when they do, they can always be detected. Lastly, the software algorithms that are used on the receive end to decode incoming data prevent the reception of noise induced "phantom" messages, and insure the recovery of real messages from an incoming bit stream that has been altered by noise.

2. *System protocol*: the manner in which messages are coordinated between nodes in a system. Its first purpose is to ensure message retransmission to correct errors (handshake). Secondly it coordinates messages for maximum utilization and efficiency on the network. Lastly, it ensures that messages do not collide on the network. Common system protocols include master-slave, carrier detect multiple access, and token passing. Token passing and master slave have been found to be the most useful since they are inherently collision free.

Both protocols usually reside as software in a single microcontroller that is connected to the LM1893/2893 I/O. In any case, some sort of intelligence is needed to process incoming and outgoing messages. UARTs have no usefulness in

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Communication and System Protocols (Continued)

carrier current applications since they do not have the intelligence needed to distinguish between real messages and noise induced phantoms.

The difficulty in designing special protocols arises out of the special nature of the AC line, an environment laden with the worst imaginable noise conditions. The relatively low data rates possible over the AC line (typically less than 9600 baud) make it even more imperative that systems utilize the most sophisticated means available to ensure network efficiency.

With these facts in mind, the designer is referred to a publication intended to aid in the development of carrier current systems. This is literature #570075 The Bi-Line Carrier Current Networking System, a 200 pp. book that functions as the "bible" of Bi-Line system design. It has sections on LM1893 circuit optimization, protocol design, evaluation kit usage, critical component selection, and the Datachecker/DTS case study.

Basic Data Encoding (please refer to the previously mentioned publications for advanced techniques)

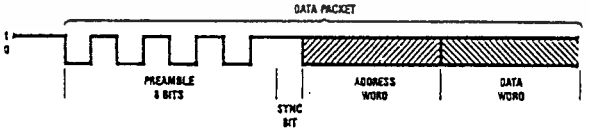
At the beginning of a received transmission, the first 0 to 2 bits may be lost while the chip's receiver settles to the DC bias point required for the given transmitter/receiver pair carrier frequency offset. With proper data encoding, dropped start bits can be tolerated and correct communication can take place. One simple data encoding scheme is now discussed.

Generally, a CCT system consists of many transceivers that normally listen to the line at all times (or during predetermined time windows), waiting for a transmission that directs one or more of the receivers to operate. If any receiver finds its address in the transmitted data packet, further action such as handshaking with the transmitter is initiated. The receiver might tell the transmitter, via retransmission, that it received this data, waiting for acknowledgement before acting on the received command. Error detecting and correcting codes may be employed throughout. The transmitter must have the capability to retransmit after a time if no response from the receiver is heard - under the assumption that the receiver didn't detect its address because of noise, or that the response was missed because of noise or a line collision. (A line collision happens when more than 1 transmitter operates at one time - causing one or more of the communications to fail). After many re-transmissions the transmitter might choose to give up. Collision recovery is achieved by waiting some variable amount of time before retransmission, using a random number of bits delay or a delay based on each transmitter's address, since each transceiver has a unique address.

An example of a simple transmission data packet is shown in *Figure 32*. The 8 bit 50% duty-cycle preamble is long enough to allow receiver biasing with enough bits left over to allow the receiver controller to detect the square-wave that signals the start of a transmission. If there had been no transmission for some time, the receiver would simply need to note that a data transition had occurred and begin its watch for a square-wave. If the receive controller detected the alternating-polarity data square-wave it would then use the sync. bit to signal that the address and data were immediately following. The address data would then be loaded, assuming the fixed format, and tested against its own. If the address was correct, the receiver would then load and store the data. If the address was not correct, either the transmission was not meant for this receiver or noise has fooled the receiver. In the former case, when the transmission was not meant for the receiver, the controller should immediately return to watching the incoming data for its address. If the later case were true, then the receive controller would continue to detect edges, tieing itself up by loading false data and being forced to handshake. The square-wave detection and address load and check routines should be fast to minimize the time spent in loops after being false-triggered by noise. If the controller detects an error (a received data bit that does not conform to the pre-defined encoding format) it should immediately resume watching the LM1893's Data Out for transmissions, the next bit would be shifted in and the process repeated.

A line-synchronous CCT system passing 3 bits per half-cycle may replace the long 8 bit preamble and sync pulse with a 2 bit start-of-transmission bias preamble. The receive controller might then assume that preamble always starts after bit 1 (the first bit after zero-crossing) so that any data transition at a zero crossing must be the start of the address bits and is tested as such. The line synchronous receiver operates with a simpler controller than an asynchronous system.

Discussion has assumed that the controller has always known when the Data Out is high or low. The controller must sample at the proper time to check the Data Out state. Since noise shows itself as pulse width jitter, symmetrically placed about the no-noise switch-points, optimum Data Out sampling is done in the center of the received data pulse. The receive data path has a time delay that, at low data rates, is dominated by the impulse noise filter integrator and is nominally ½ bit. At a 2 kHz data rate, an additional delay of approximately $1/_{10}$ bit is added because of the cumulative delay of the remainder of the receiver. *Figure 33* shows that Data Out sampling occurs conveniently at the transmitted

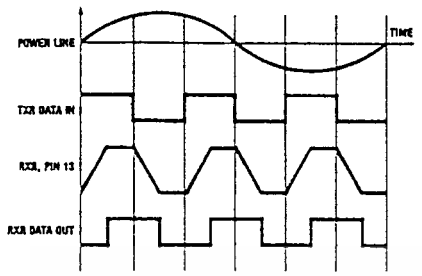


TL/H/6750–35

FIGURE 32. A simple encoded data packet, generated by the transmit controller is shown. The horizontal axis is time where 1 bit time is $1/(2f_{DATA})$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Basic Data Encoding (Continued)



TL/H/6750–36

FIGURE 33. Operating waveforms of a line-synchronized transceiver pair are shown. The diagram shows how the transmitted data transitions may be used as received data sampling points

data edges for the line synchronous data transmission scheme mentioned in the previous paragraph. With the asynchronous system suggested, the receive controller must sample the Data Out pin often to determine, with several bits of accuracy, where the square-wave data transitions take place, average their positions assuming a known data rate, and calculate where the center of the data bits are and will continue to be as the address and data are read. A long preamble is helpful. Software that continuously updates the center-of-bit time estimate, as address and data are received, works even better. Alternatively, a coding scheme employing an embedded clock can be used.

LM2893 Application Hints

The LM2893 is intended for advanced applications where special circuitry is used in the transmit and receive paths. The LM2893 makes this possible by featuring separate transmit output and receive input pins.

Examples of enhancements that can be added to the basic LM1893/2893 circuit include separate transmit and receive windings on the coupling transformer, high quality ceramic or LC filters in the receive path, and simple impulse noise blanking circuits.

In many applications, the additional performance to be gained outweighs the extra cost of the additional circuitry. More than likely, high performance industrial applications such as building energy management will fit into this category, since they require the utmost in reliability.

Because of the specialized nature of individual LM2893 applications, it is not possible to give one circuit that will satisfy all requirements for performance and cost effectiveness. Therefore no specific application examples will be given. Instead the subsequent text describes in general terms the types of circuits that can be used to increase performance along with their advantages and disadvantages. It is intended to be a springboard for ideas.

LM2893 COUPLING NETWORKS

The main disadvantages of the typical LM1893 coupling network are that it functions as the bandpass filter, has loose coupling between primary and secondary, and has a single secondary. The LM1893 coupling network was designed this way mainly because of the restraint that the carrier input and output are tied together.

Because the coupling transformer is used as a filter, the LM1893 circuit is susceptible to pulling of the center frequency under conditions of changing line impedances or when several LM1893 circuits are close in proximity on the AC line. Because the tuned transformer has a high value of "Q", ringing also occurs in the presence of impulsive noise. This ringing occurs at the center frequency and increases the error rate of transmissions, especially at relatively high data rates (>2000 baud). Because it is the only tuned circuit in the system, the selectivity characteristics leave a lot to be desired.

The LM2893, having separate receive input and transmit output pins, removes the limitations on coupling transformer design, allowing the design of circuits devoid of the previous limitations.

The first enhancement that can be made with the LM2893 circuit is the use of a high permeability ferrite toroid for line coupling along with a separate filter. The transformer would be of broadband design (untuned) with two secondaries, one for coupling to the transmit output and one for coupling to the receive input. This allows impedance matching of both the transmitter and receiver, with the result of quite a bit more receive sensitivity.

Because of the increased signal and separate receive signal path, a 3 or 6 db pad can be used before the selective stages to eliminate pulling of the center frequency due to changes in line impedance.

Another advantage of the toroidal transformer is that it can be designed for use at very low line impedances due to its inherent tight coupling.

SEPARATE FILTER

Because of the separate receive path of the LM2893, a relatively high quality bandpass filter can be used for selectivity. Inexpensive ceramic filters are available that have bandpass and center frequency characteristics compatible with carrier current operation. Futhermore, the use of these filters allows multichannel operation, previously made difficult by the single tuned network of the LM1893. These filters are easily cascaded for even more off-frequency rejection. If the pad is added before the filter, there will be negligible pulling due to changes in line impedance reflected through the coupling transformer.

Alternatively, a Butterworth/Chebyshev bandpass LC filter or an active filter can be used in place of the ceramic filter.

IMPULSE NOISE BLANKER

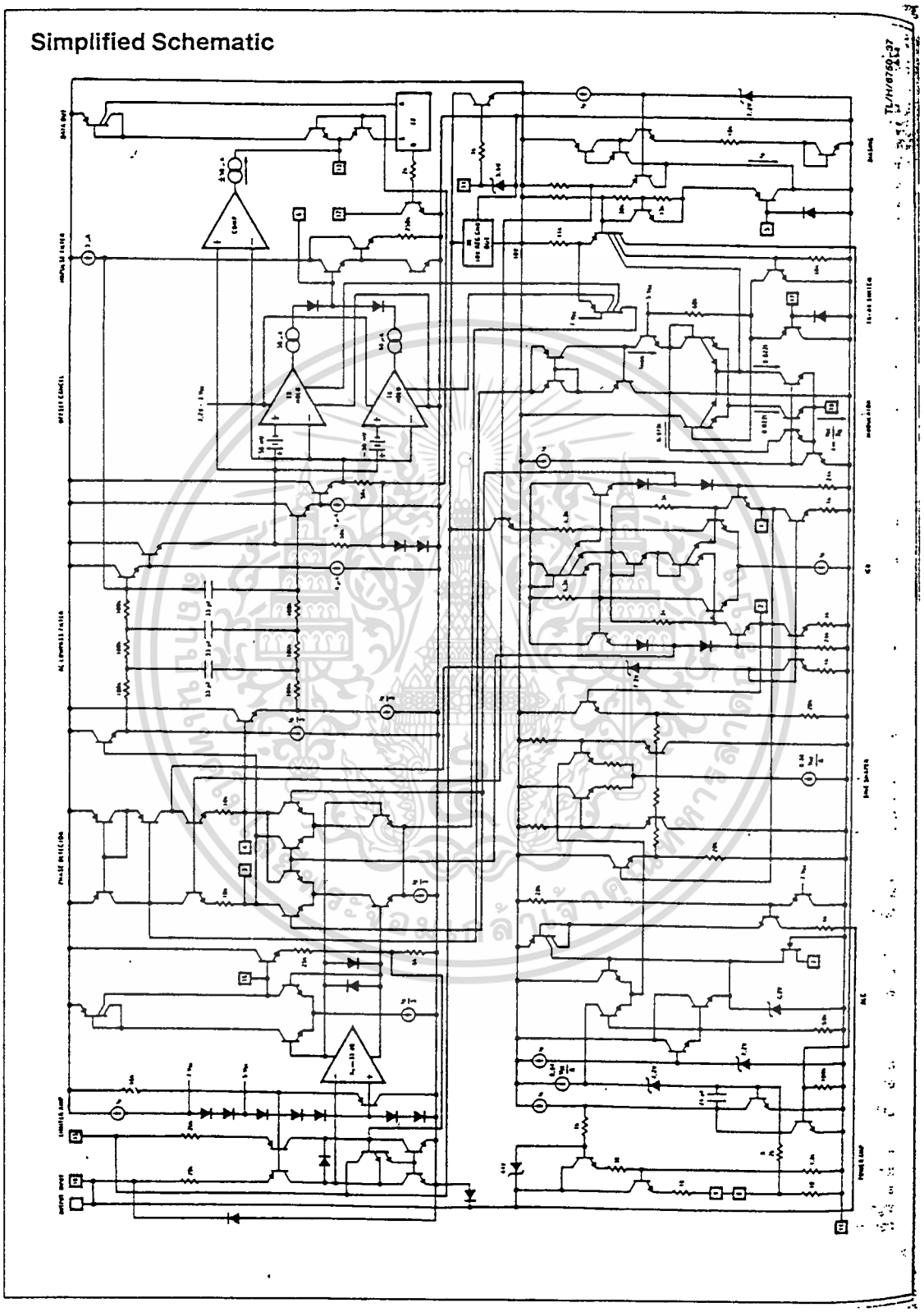
Although the LM2893 has adequate impulse noise rejection for most applications, there is reason to employ impulse blanking to improve error rates in severe AC line environments. Typically, errors occur due to pulse jitter in the LM1893/2893 data output that originates when the internal time domain filter smooths out an incoming noise pulse.

The solution involves removing the impulse completely and not simply trying to filter it. Moreover, the pulse should be removed in the receive signal path before the selective portions of the circuit to eliminate ringing. This also allows the receiver filter to smooth out the blanks that also occur in the desired incoming carrier signal.

If a carrier detect circuit is desired in conjunction with the LM2893 it can be located after the filter and impulse blanker. Because impulse noise is removed, the false triggering that plagues these circuits will be greatly reduced.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Simplified Schematic



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

References

1. Nicholson, J.R. and J.A. Malack; "RF Impedance of Power Lines and Line Impedance Stabilization Network in Conducted Interference Measurements;" IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility; May 1973; (line impedance data)
2. Southwick, R.A.; "Impedance Characteristics of Single-Phase Power Lines;" Conference Rec.; 1973 IEEE Int. Symp. on Electromagnetic Compatibility; (line impedance data)
3. Hayt, William H. Jr. and Jack E. Kemmerly; "Engineering Circuit Analysis;" McGraw-Hill Books; 1971; pp. 447–453; (linear transformer reflected impedance)
4. FCC, "Notice of Proposed Rule Making," Docket 20780, adopted Apr. 14, 1976, (Proposed regulation)
5. Monticelli, Dennis M. and Michael E. Wright; "A Carrier Current Transceiver IC for Data Transmission Over the AC Power Lines;" IEEE J. Solid-State Circuits; vol. SC-17; Dec. 1982; pp. 1158-1165; (LM1893 circuit description)
6. Lee, Mitchell; "A New Carrier Current Transceiver IC;" IEEE Trans. on Consumer Electronics; vol. CE-28; Aug. 1982; pp. 409–414; (Application of LM1893)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

คู่มือการใช้งานชุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายกระแสสลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากโครงงานที่ได้จัดทำขึ้นนี้ มีอุปกรณ์ที่ใช้งานร่วมกันอยู่หลายอย่าง ดังนั้นในการใช้งานจริงจึงต้องจัดเตียมฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ดังต่อไปนี้

1. ฮาร์ดแวร์บน IBM PC ที่ต้องการ

- EGA/VGA Card RAM 256 K ขึ้นไป
- EGA/VGA Color Monitor หรือ IBM 8351 ขึ้นไป
- CPU 80286 ขึ้นไป หรือ PS / 2 Model 50 ขึ้นไป
- Disk Drive อย่างน้อย 1 ตัว
- หน่วยความจำบนบอร์ดอย่างน้อย 1 Mbyte ขึ้นไป
- พอร์ตสื่อสารอนุกรม RS - 232 C

2. ฮาร์ดแวร์ภายนอก

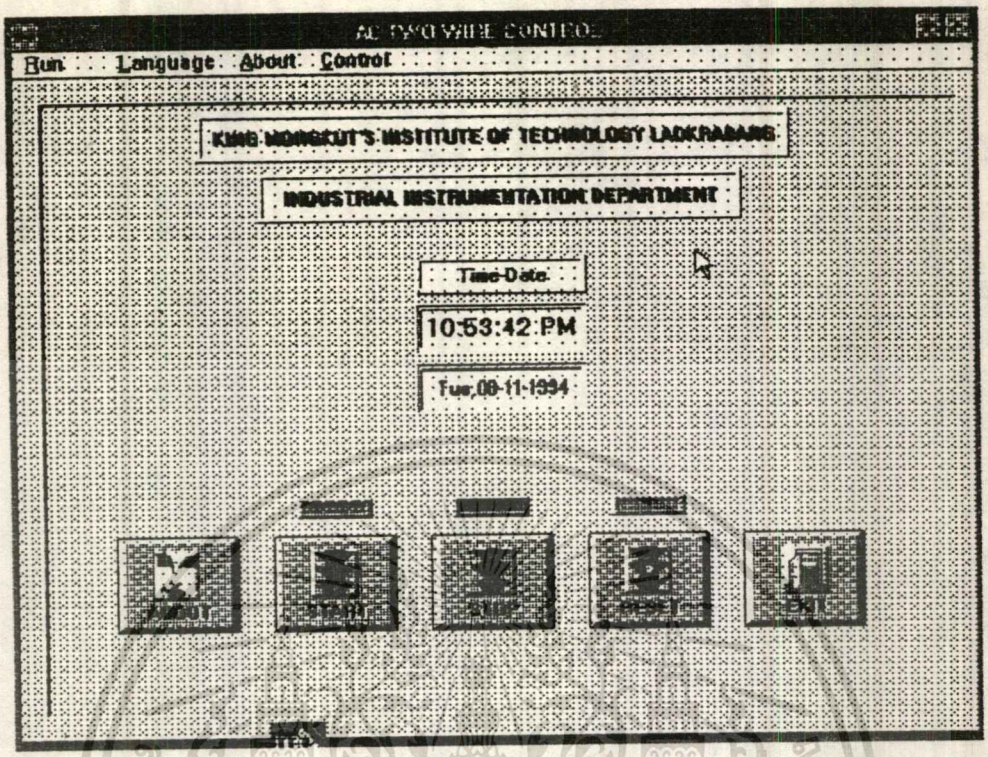
- ชุดแปลงสัญญาณขนานเป็นสัญญาณอนุกรม
- ชุดส่งสัญญาณ
- ชุดรับสัญญาณ
- ชุดควบคุมอุปกรณ์
- สายสัญญาณ RS - 232 C ระหว่าง คอมพิวเตอร์ กับ ฮาร์ดแวร์ภายนอก
- POWER SUPPLY

3. ซอฟท์แวร์บนเครื่อง IBM PC

- MICROSOFT WINDOWS 3.1 (MICROSOFT WINDOWS 3. 1 THAI EDITION If you want to run program in Thai language)
- ชื่อ File ที่ต้องใช้
  - INS5.EXE
  - VBRUN200.DLL
  - GAUGE.VBX
  - THREED.VBX
  - PI0 - PI4.ICO

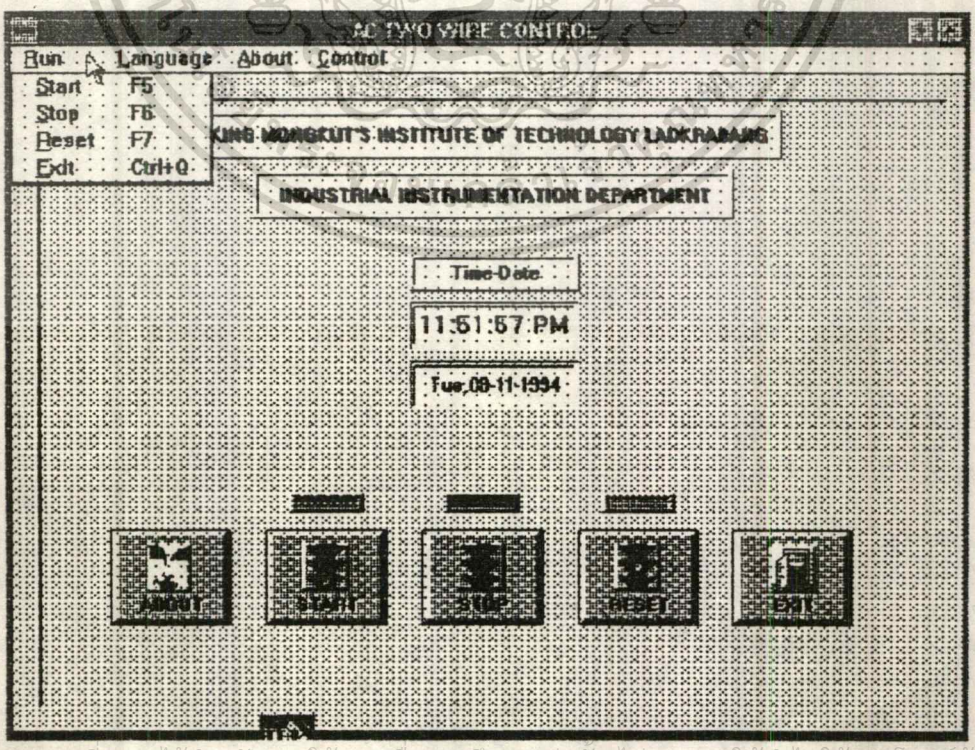
4. การใช้ SOFTWARE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 หน้าตาของโปรแกรม AC TWO WIRE CONTROL

เมื่อทำการ Load Program ขึ้นมา Software จะพร้อมทำงานดังรูปที่ 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2 หน้าตาของโปรแกรมเมื่อเลือก "Run" ที่ Menu

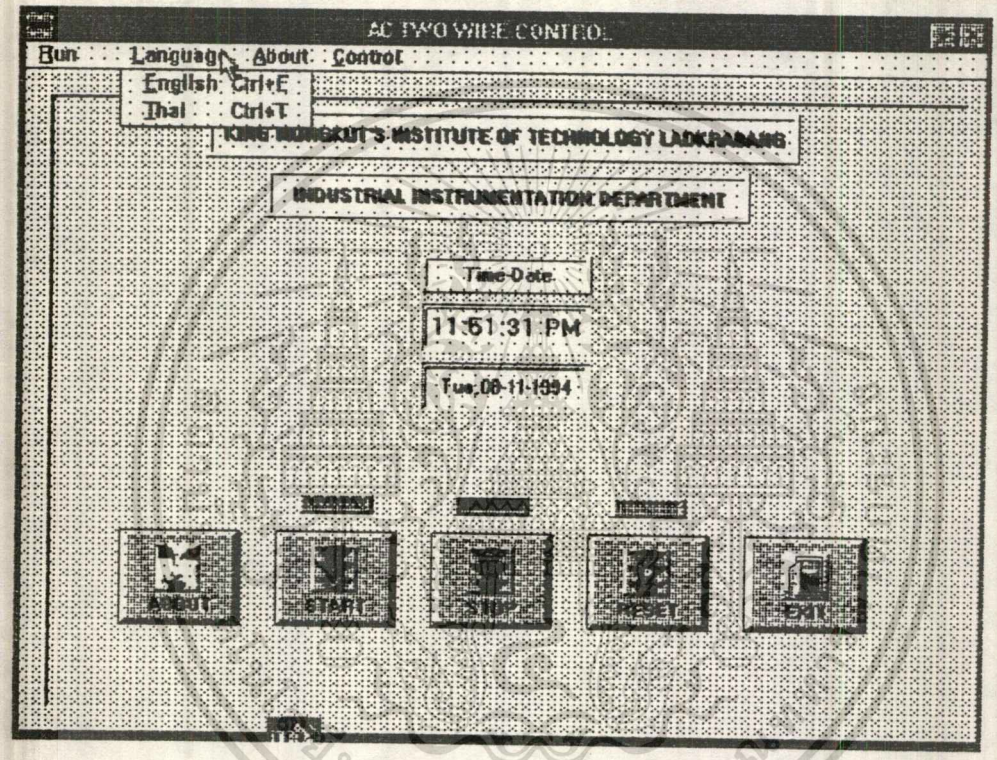
เมื่อเลือก "RUN" ที่ Menu จะปรากฏ Pull Down Menu ดังรูปที่ 2

Start หมายถึง เริ่มทำงานของโปรแกรม

Stop หมายถึง หยุดการทำงานของโปรแกรม

Reset หมายถึง การสั่งให้ Software เริ่มทำงานใหม่ เมื่อเกิดการผิดพลาด

Exit หมายถึง ออกจากโปรแกรม



รูปที่ 3 หน้าตาของโปรแกรมเมื่อเลือก "Language" ที่ Menu (Engjlish)

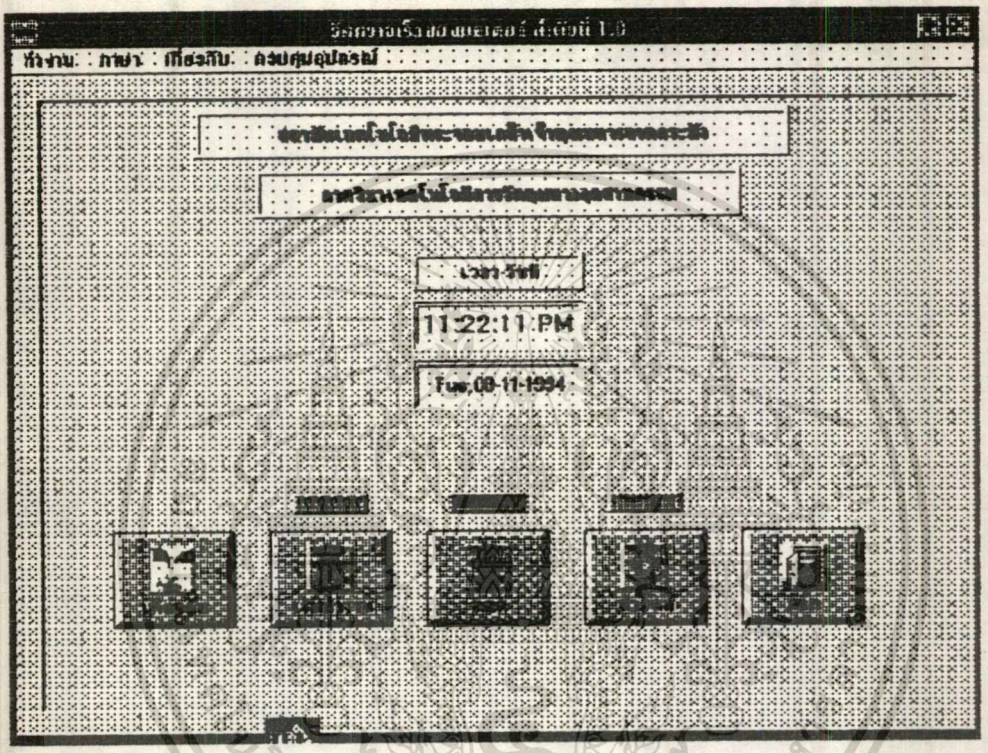
เมื่อเลือก " Language" ที่ Menu จะปรากฏ Pull down Menu ดังรูปที่ 3 และ รูปที่ 4

English หมายถึง ต้องการให้โปรแกรมแสดงข้อความเป็นภาษาอังกฤษ ดังแสดงในรูปที่ 3

Thai หมายถึง ต้องการให้โปรแกรมแสดงข้อความเป็นภาษาไทย ดังแสดงในรูปที่ 4

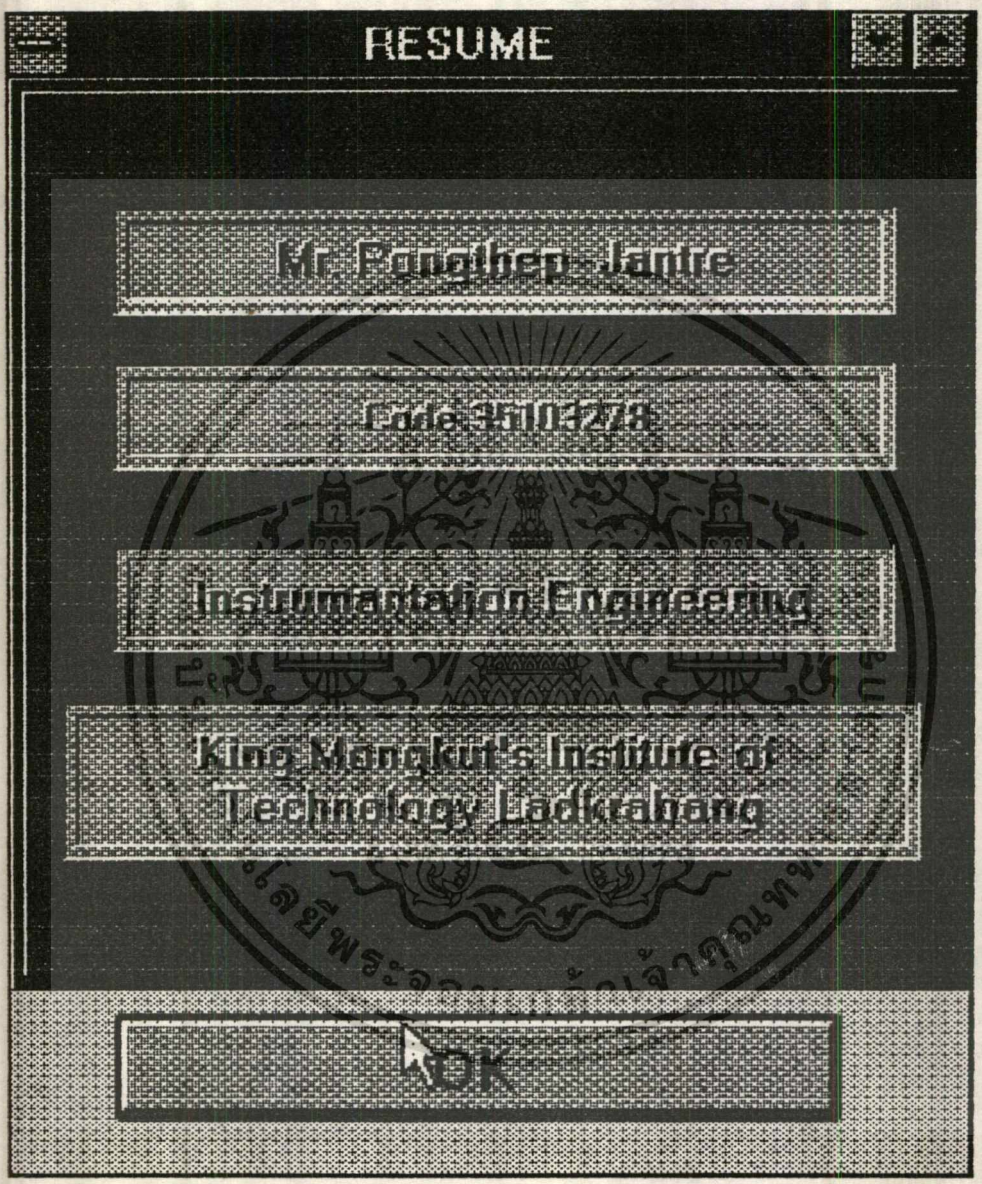
โดยปกติโปรแกรมจะแสดงข้อความเป็นภาษาอังกฤษ โปรแกรมจะแสดงเป็นภาษาไทยก็ต่อเมื่อผู้ใช้เลือกให้แสดงข้อความเป็นภาษาไทยที่ Menu เท่านั้น การที่จะให้โปรแกรมแสดงข้อความเป็นภาษาไทยนั้น Microsoft Windows จะต้องมีระบบภาษาไทยติดตั้งอยู่ด้วย (โปรแกรมนี้ออกแบบด้วย Microsoft Windows Thai Edition 3.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



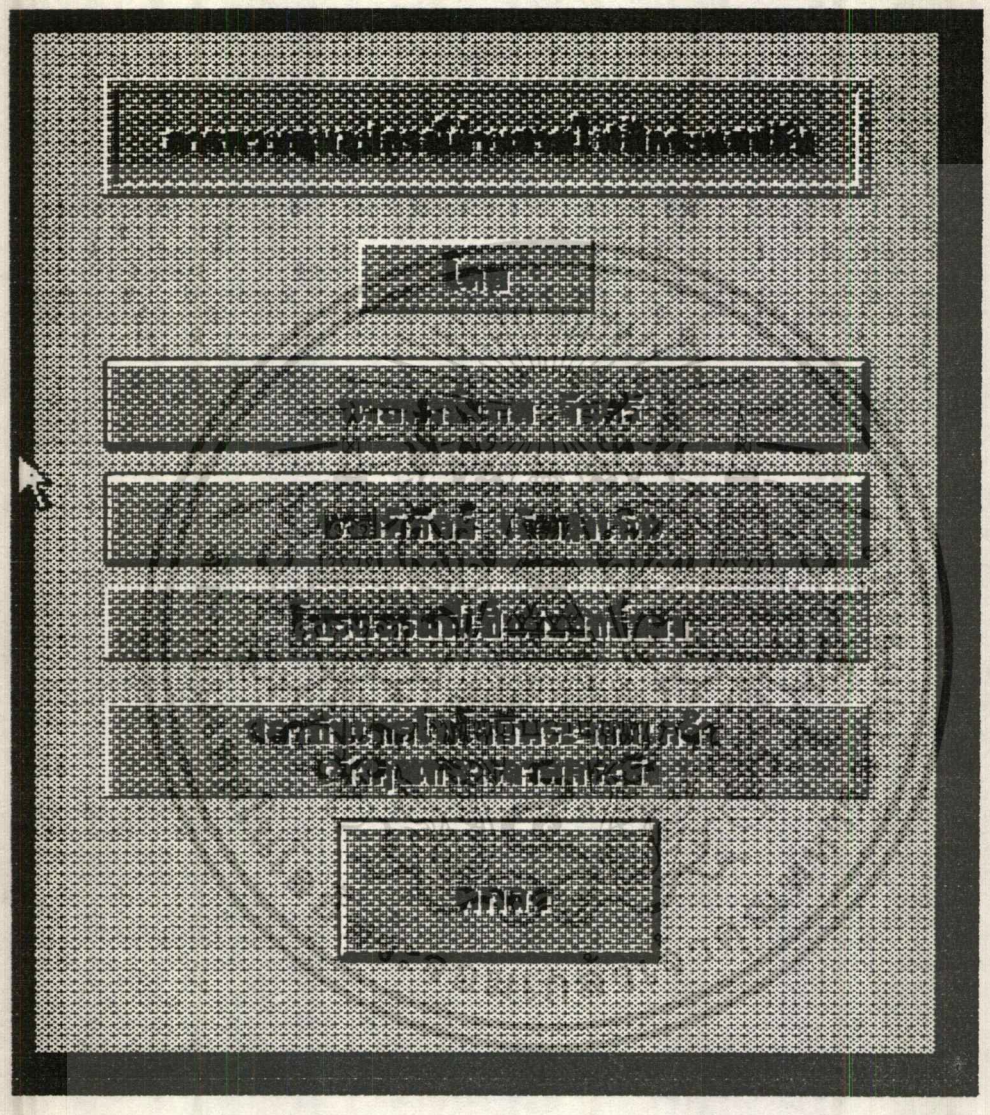
รูปที่ 4 หน้าตาของโปรแกรมเมื่อเลือก "Language" ที่ Menu (ไทย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 หน้าตาของโปรแกรมเมื่อเลือก "About" ที่ Menu (English)

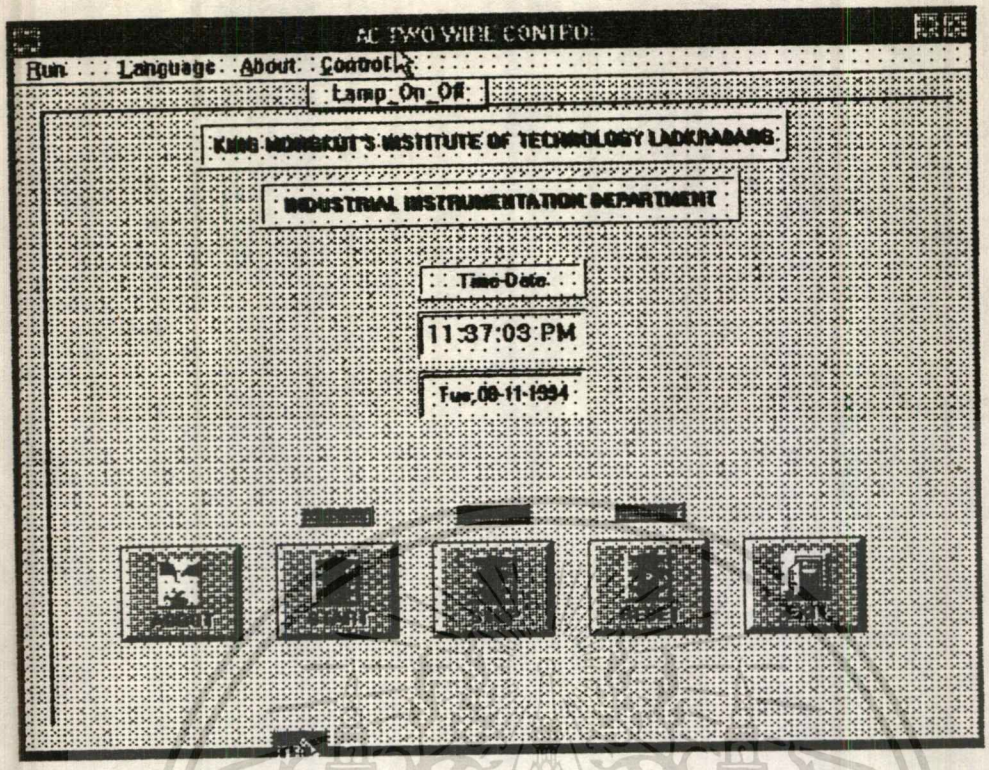
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



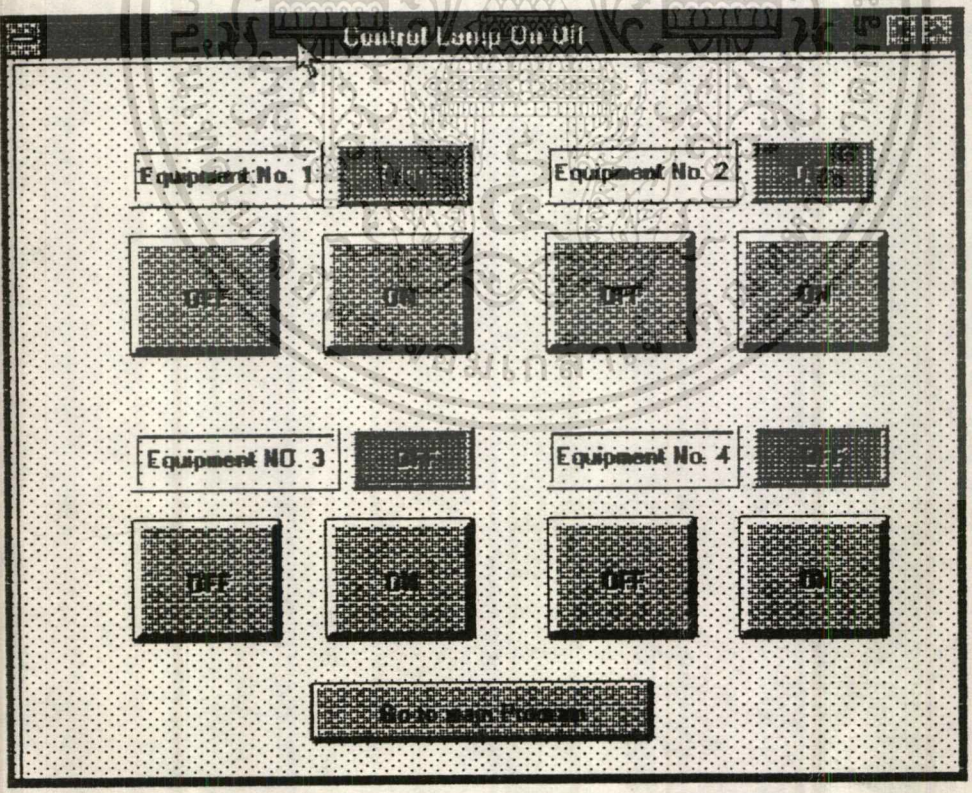
รูปที่ 6 หน้าตาของโปรแกรมเมื่อเลือก "About" ที่ Menu (ไทย)

เมื่อเลือก "About" ที่ Menu จะปรากฏภาพแสดงรายละเอียดของโปรแกรม ดังรูปที่ 5 และรูปที่ 6 ข้อความรายละเอียดของโปรแกรมที่แสดงจะเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษขึ้นอยู่กับตัวเลือกที่ Language Menu ถ้าเลือกให้แสดงข้อความเป็นข้อความภาษาอังกฤษก็จะได้รายละเอียดของโปรแกรมเป็นภาษาอังกฤษ ดังรูปที่ 5 ถ้าเลือกให้แสดงข้อความเป็นภาษาไทย ก็จะได้รายละเอียดของโปรแกรมเป็นภาษาไทย ดังรูปที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 หน้าตาของโปรแกรมเมื่อเลือก "Control" ที่ Menu



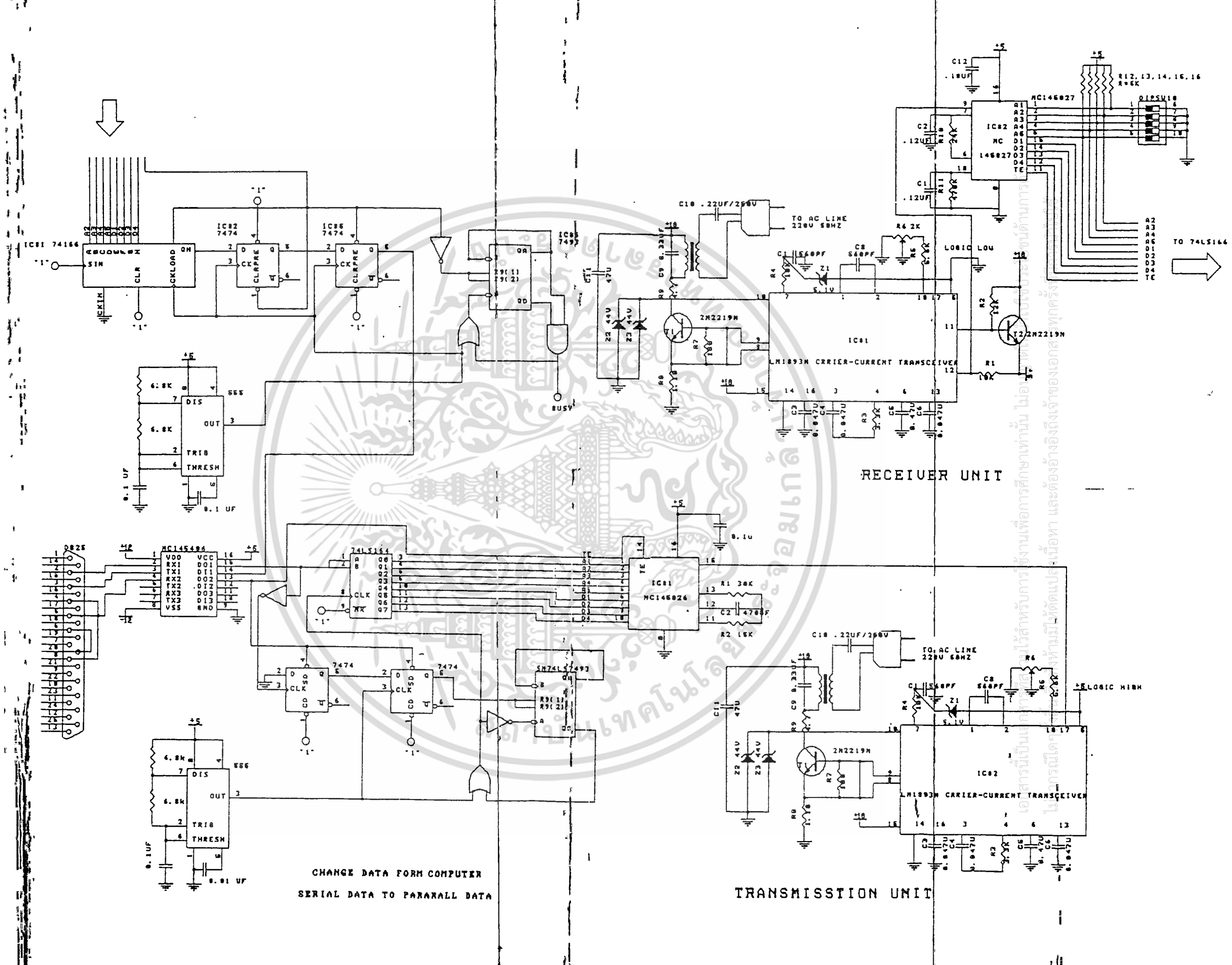
รูปที่ 8 หน้าตาของโปรแกรมเมื่อเลือก " Lamp_On_Off" ที่ Control Menu bar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

วงจรรวมของชุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายกระแสสลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


IC81 74166
SIN
CLR
CKLOAD
QH
CKIN
IC82 7474
IC85 7474
CLRPRE
IC83 7495
QA
QD
BUSY
555
DIS
OUT
TRIG
THRESH
6.8K
0.1 UF
0.01 UF
DB25
MC145484
VDD
VSS
VCC
RX1
TX1
RX2
TX2
RX3
TX3
74LS164
CLK
IC81
MC145026
TE
R1 30K
R2 15K
C2 4700PF
SN74LS273
IC82
MC 145027
C1 .12UF
C2 .12UF
R10 24K
R11 24K
RC145027
DIPSV18
R12,13,14,16,16 R=5K
TO 74LS164
C10 .22UF/250V
TO AC LINE 220V 50HZ
C7 .47U
C9 0.33UF
R9 2K
R4 18
C1 560PF
C8 560PF
R6 2K
R5 5.1K
Z1 5.1V
LOGIC LOW
LOGIC HIGH
Z2 44V
Z3 44V
2N2219N
T2
R7 180
R8 1K
R2 1K
R1 10K
IC81
LM1893N CARRIER-CURRENT TRANSCEIVER
C3 0.047U
C4 0.047U
R3 3K
C5 0.47U
C6 0.047U
0.1u
RECEIVER UNIT
CHANGE DATA FORM COMPUTER
SERIAL DATA TO PARARALL DATA
TRANSMISSTION UNIT

RECEIVER UNIT

TRANSMISSION UNIT

RECEIVER UNIT

TRANSMISSION UNIT