สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบเก็บข้อมูลรหัสแถบ

BARCODE DATA COLLECTING SYSTEM

หนังสืออ้างอิง
ห้ามนำออกนอกห้องสมุด

นายไพบูลย์ ศิระพัฒน์

MR. PHAIBOON SIRAPHAT

T021074

วพ.
เลขหมู่ พ9797 2536
เลขทะเบียน 21074
วัน, เดือน, ปี 29 ส.ย. 2537

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2536

ISBN 974-621-116-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน...ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

BARCODE DATA COLLECTING SYSTEM

PHAIBOON SIRAPHAT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
GRADUATE SCHOOL
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
1993

ISBN 974-621-116-1

าสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบเก็บข้อมูลรหัสแถบ
นักศึกษา	นายไพบูลย์ ศิระพัฒน์
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.พลผดุง ผดุงกุล
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	อิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2536

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการออกแบบสร้างและพัฒนาระบบการเก็บข้อมูลด้วยรหัสแถบโดยมีเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ IBM PC/AT หรือเทียบเท่า เป็นศูนย์กลางของระบบเก็บข้อมูล ซึ่งจะเชื่อมต่อข้อมูลในลักษณะโครงข่ายแบบบัส (Bus Network) โดยใช้การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-485 กับ ส่วนเวิร์กสเตชั่น(Workstation Terminal, WT)ที่ควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ Z80180 ซึ่งสามารถอ้างตำแหน่งหน่วยความจำข้อมูลได้ถึง 1 เมกกะไบท์ มีภาคแสดงผลแบบ LCD เพื่อใช้ในการตรวจสอบและแก้ไขข้อมูล สามารถเชื่อมต่อกับเครื่องพิมพ์และตัวอ่านรหัสแถบได้โดยตรง และมีส่วนการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232C ที่ใช้เชื่อมต่อ กับ ส่วนพอร์ทเทเบิล (Portable Terminal, PT) ที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ 80C31 ที่มีหน่วยความจำข้อมูลขนาด 32 กิโลไบท์ ภาคแสดงผลแบบ LCD ใช้แหล่งจ่ายไฟตรงขนาด 9 โวลท์ มีขนาดเล็ก พกพาไปใช้งานในที่ต่าง ๆ ได้สะดวก และสามารถเชื่อมต่อกับตัวอ่านรหัสแถบได้โดยตรง สำหรับที่ศูนย์กลางของระบบเก็บข้อมูลสามารถเชื่อมต่อกับตัวอ่านรหัสแถบได้โดยผ่านส่วนอ่านรหัสแถบแบบเชื่อมต่อข้อมูลผ่านขั้วต่อแป้นพิมพ์ หรือ เวดจ์ (Wedge) ที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ 80C31 ซึ่งข้อมูลจะถูกจำลองและส่งเข้าไปที่ขั้วต่อแป้นพิมพ์เสมือนการกดแป้นพิมพ์ ทำให้ไม่ต้องดัดแปลงแก้ไขโปรแกรมและวงจรภายในของไมโครคอมพิวเตอร์ที่เป็นศูนย์กลางของระบบและยังใช้แหล่งจ่ายไฟจากขั้วต่อแป้นพิมพ์ ทำให้การใช้งานง่ายและสะดวกโดยโปรแกรมควบคุมการทำงานของโครงข่ายข้อมูลจะพัฒนาบนไมโครซอฟท์วินโดว์ (Microsoft Windows) สำหรับในวิทยานิพนธ์นี้ใช้ตัวอ่านรหัสแถบชนิดปากกา หรือ แวน (Wand) และใช้งานได้กับรหัส 3 แบบ คือ รหัสยูพีซี (UPC, Universal Produc Code) รหัส 39 (code 39) และรหัสเอียน (EAN, European Article Numbering) ที่ใช้เป็นมาตรฐานในการกำหนดรหัสแถบสำหรับสินค้าในประเทศไทย จากผลการทดสอบเครื่องอ่านรหัสแถบแต่ละแบบที่ได้พัฒนาขึ้นมานี้ได้ค่าอัตราการอ่านสำเร็จในครั้งแรก (First-pass Read Rate, FRR) เฉลี่ยสูงกว่า 95 % และค่าอัตราความผิดพลาดในการอ่าน (Substitution Error Rate, SER) เป็น 0 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Barcode Data Collecting System
Student	Phaiboon Siraphat
Thesis Advisor	Asst.Prof.Polphadung Phadungkul
Level of Study	Master of Engineering in Electrical Engineering
Department	Electronics
Academic Year	1993

Abstract

This thesis presents a design and development of the barcode data collecting system which is applicable to UPC(Universal Product Code), EAN (European Article Numbering), and 39 Code. The system consists of an IBM PC/AT or compatible, a Workstation Terminal (WT), a Portable Terminal (PT), and a barcode reader (wedge type). The IBM PC acts as a central data storage and supports two terminal types; the first type is a serial bus network of RS-485 standard used to communicate with the WT, the second is connected to the wedge. A barcode reader that able to simulate data via a normal keyboard terminal as usual keypad typing, is controlled by 80C31 microcontroller. This makes modification of the internal circuit and program of the central computer unnecessary. The WT employs a Z80180 microprocessor of a expandable to 1 Megabytes data memory, with an LCD for easy data verification and able to communicate directly with the printer and the barcode reader. The PT is connected with the WT through an RS-232C serial data communication. The PT using a 8031 microcontroller of 32 Kilobytes data memory, LCD display unit, and a 9 volts battery supply. The wand or a pen-type barcode reader is used in this thesis. In conclusion, all of barcode reader in this thesis have a FRR(First-pass Read Rate) more than 95 % and SER (Substitution Error Rate) 0 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พลผดุง ผดุงกุล เป็นอย่างสูง ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ชี้แนะแนวทาง ให้คำปรึกษา และกำลังใจ ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา ค้นคว้า และทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญภาพ	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 กล่าวนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์	2
บทที่ 2 หลักการและโครงสร้างของรหัสแถบ	4
2.1 หลักการและโครงสร้างของรหัสแถบ	4
2.2 หลักการอ่านและประมวลผลรหัสยูพีซี	5
2.2.1 รหัสยูพีซี-เอ (UPC-A)	5
2.2.2 รหัสยูพีซี-อี (UPC-E)	7
2.2.3 รหัสยูพีซีอื่น ๆ	8
2.2.3.1 รหัสยูพีซี-บี (UPC-B)	8
2.2.3.2 รหัสยูพีซี-ซี (UPC-C)	8
2.2.3.3 รหัสยูพีซี-ดี (UPC-D)	8
2.3 หลักการอ่านและประมวลผลรหัสเอียน	9
2.3.1 รหัสเอียน-13	9
2.3.2 รหัสเอียน-8	13
2.4 หลักการอ่านและประมวลผลรหัส 39	13
2.5 ชนิดของส่วนหัวอ่านรหัสแถบ	15
2.5.1 หัวอ่านชนิดสัมผัสโดยตรง (contact scanner)	15
2.5.2 หัวอ่านชนิดไม่สัมผัส (contact scanner)	17
2.5.2.1 หัวอ่านชนิดไม่สัมผัสแบบแอกทีฟ (active non-contact scanner)	17
2.5.2.2 หัวอ่านชนิดไม่สัมผัสแบบพาสสีฟ (passive non-contact scanner)	18
บทที่ 3 หลักการและโครงสร้างการเชื่อมต่อและการสื่อสารข้อมูล	19
3.1 หลักการและโครงสร้างการสื่อสารข้อมูลแบบขนาน	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

3.2 หลักการและโครงสร้างการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม 19
3.2.1 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232C 21
3.2.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-422A 21
3.2.3 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-485 22
3.3 หลักการและโครงสร้างการสื่อสารข้อมูลเป็นโครงข่าย 23
3.3.1 การสื่อสารข้อมูลเป็นโครงข่ายแบบบัส 24
3.3.2 การสื่อสารข้อมูลเป็นโครงข่ายแบบทรี 24
3.3.3 การสื่อสารข้อมูลเป็นโครงข่ายแบบสตาร์ 25
3.3.4 การสื่อสารข้อมูลเป็นโครงข่ายแบบริง 26
3.3.5 การสื่อสารข้อมูลเป็นโครงข่ายแบบเมช 27
3.4 โปรโตคอล (protocols) 28
3.4.1 ไบท์โอเรียนท์โปรโตคอล (byte-oriented protocols) 28
3.4.2 บิทโอเรียนท์โปรโตคอล (Bit-oriented protocols) 29
3.4.3 โปรโตคอลสำหรับโครงข่ายการเก็บข้อมูลด้วยรหัสแถบ 29
3.5 โครงสร้างการเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูลภายในระบบ 32
3.5.1 การเชื่อมต่อข้อมูลของเวดจ์ 32
3.5.2 การเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูลของส่วนพอร์ทเทเบิล 33
3.5.3 การเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูลของส่วนเวิร์กสเตชั่น 33
บทที่ 4 โครงสร้างและการออกแบบวงจรของระบบ 35
4.1 เครื่องอ่านรหัสแถบแบบเวดจ์ 35
4.1.1 โครงสร้างและการออกแบบวงจรการอ่านรหัสแถบ 36
4.1.2 โครงสร้างและการออกแบบวงจรจำลองข้อมูลการกดแป้นพิมพ์ 38
4.1.3 โครงสร้างและการออกแบบวงจร watch dog 40
4.1.4 โครงสร้างและการออกแบบวงจรกำเนิดเสียง 41
4.2 เครื่องอ่านรหัสแถบแบบพอร์ทเทเบิล 42
4.2.1 โครงสร้างและการออกแบบวงจรภาคแสดงผล 42
4.2.2 โครงสร้างและการออกแบบวงจรของแป้นกด 43
4.2.3 โครงสร้างและการออกแบบวงจรการเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูล 44
4.3 เครื่องอ่านรหัสแถบแบบเวิร์กสเตชั่น 45
4.3.1 โครงสร้างและการออกแบบวงจรภาคแสดงผล 46
4.3.2 โครงสร้างและการออกแบบวงจรแป้นพิมพ์ 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

4.3.3 โครงสร้างและการออกแบบวงจรนาฬิกา 49
4.3.4 โครงสร้างและการออกแบบวงจรการพิมพ์ข้อมูลออกทางเครื่องพิมพ์ 49
4.3.5 โครงสร้างและการออกแบบวงจรการเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูลกับส่วนพอร์ทเทเบิล 50
4.3.6 โครงสร้างและการออกแบบวงจรการสื่อสารข้อมูลเป็นโครงข่าย 50
4.4 ศูนย์กลางข้อมูลของระบบ 51
4.5 ลักษณะโครงสร้างข้อมูลและการใช้งานระบบ 52
บทที่ 5 โปรแกรมควบคุมระบบ 54
5.1 หลักการและโครงสร้างของโปรแกรมควบคุมการอ่านรหัสแถบ 54
5.1.1 ส่วนการอ่านรหัสแถบยูพีซี 57
5.1.2 ส่วนการอ่านรหัสแถบเอียน 59
5.1.3 ส่วนการอ่านรหัสแถบ 39 61
5.2 หลักการและโครงสร้างของโปรแกรมควบคุมการเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูล 62
5.2.1 โครงสร้างของโปรแกรมควบคุมการสื่อสารข้อมูลจุดต่อจุด 62
5.2.2 โครงสร้างของโปรแกรมควบคุมการสื่อสารข้อมูลเป็นโครงข่าย 65
5.2.3 โครงสร้างของโปรแกรมควบคุมการเชื่อมต่อกับเครื่องพิมพ์ 68
บทที่ 6 การทดสอบระบบ 70
6.1 การทดสอบการควบคุมและการทำงานของเครื่องอ่านรหัสแถบ 70
6.1.1 การทดสอบการทำงานของเวดจ์ 70
6.1.2 การทดสอบการทำงานของส่วนพอร์ทเทเบิล 73
6.1.3 การทดสอบการทำงานของส่วนเวิร์กสเตชั่น 75
6.2 การทดสอบส่วนการสื่อสารข้อมูล 77
6.2.1 การทดสอบส่วนการสื่อสารข้อมูลแบบจุดต่อจุด 77
6.2.2 การทดสอบส่วนการสื่อสารข้อมูลแบบโครงข่าย 78
6.3 การทดสอบการจัดการและประมวลผลข้อมูล 83
บทที่ 7 บทสรุป 85
เอกสารอ้างอิง 88
ภาคผนวก 90
ภาคผนวก ก. วงจรรวมของระบบเก็บข้อมูลด้วยรหัสแถบ 90
ก.1 วงจรรวมของเวดจ์ 91
ก.2 วงจรรวมของส่วนพอร์ทเทเบิล 92
ก.3 วงจรรวมของส่วนเวิร์กสเตชั่น 93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
ภาคผนวก ข. ภาพถ่ายของเครื่องต้นแบบ	94
ข.1 ภาพถ่ายของหัวอ่านแบบแวน	95
ข.2 ภาพถ่ายของเครื่องต้นแบบของส่วนเวดจ์	95
ข.3 ภาพถ่ายของเครื่องต้นแบบของส่วนพอร์ทเทเบิล	96
ข.4 ภาพถ่ายของเครื่องต้นแบบของส่วนเวิร์กสเตชั่น	96
ข.5 ภาพถ่ายรวมของระบบ	97
ภาคผนวก ค. แผ่นพิมพ์ลายวงจรของระบบเก็บข้อมูลด้วยรหัสแถบ	98
ค.1 แผ่นพิมพ์ลายวงจรของเวดจ์	99
ค.2 แผ่นพิมพ์ลายวงจรของส่วนพอร์ทเทเบิล	100
ค.3 แผ่นพิมพ์ลายวงจรของส่วนเวิร์กสเตชั่น	102
ภาคผนวก ง. โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบเก็บข้อมูลด้วยรหัสแถบ	104
ง.1 โปรแกรมควบคุมการทำงานของเวดจ์	105
ง.2 โปรแกรมควบคุมการทำงานของส่วนพอร์ทเทเบิล	106
ง.3 โปรแกรมควบคุมการทำงานของส่วนเวิร์กสเตชั่น	107
ง.4 โปรแกรมควบคุมการทำงานของโครงข่ายข้อมูล	108
ภาคผนวก จ. โปรแกรมพิมพ์รหัสแถบ	109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงการแทนรหัสแถบยูพีซี 7
ตารางที่ 2.2 แสดงการแทนตัวเลขบอกลักษณะงาน 7
ตารางที่ 2.3 แสดงการจัดเรียงรหัสของรหัสยูพีซีแบบต่าง ๆ 9
ตารางที่ 2.4 แสดงการแทนตารางที่ รหัสเอียน 11
ตารางที่ 2.5 แสดงการจัดเรียงของข้อมูลเพื่อหาค่ารหัสเติมหน้า 11
ตารางที่ 2.6 แสดงรหัสประเทศตามมาตรฐานรหัสเอียน 12
ตารางที่ 2.7 แสดงการแทนรหัสและค่าตัวเลขประจำตัวของรหัส 39 14
ตารางที่ 3.1 แสดงค่าเปรียบเทียบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ RS-232C, RS-422A และ RS-485 23
ตารางที่ 4.1 แสดงสภาวะที่ขาสัญญาณต่าง ๆ ของส่วนอ่านรหัสแถบ 38
ตารางที่ 6.1 แสดงผลการอ่านรหัสแถบของส่วนเวดจ์ 71
ตารางที่ 6.2 แสดงผลการอ่านรหัสแถบของส่วนพอร์ทเทเบิล 74
ตารางที่ 6.3 แสดงผลการอ่านรหัสแถบของส่วนเวิร์กสเตชั่น 76
ตารางที่ 6.4 แสดงตัวอย่างไฟล์ข้อมูลที่ได้จากการรับข้อมูลจากโครงข่าย 84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

		หน้า
รูปที่ 2.1	แสดงตัวอย่างรหัสแถบ(รหัส 39)	4
รูปที่ 2.2	ตัวอย่างรหัสยูพีซี-เอ	6
รูปที่ 2.3	แสดงตัวอย่างรหัสยูพีซี-อี	8
รูปที่ 2.4	แสดงตัวอย่างรหัสเอียน-13	10
รูปที่ 2.5	แสดงตัวอย่างรหัสเอียน-8	13
รูปที่ 2.6	แสดงตัวอย่างรหัส 39	15
รูปที่ 2.7	แสดงโครงสร้างของหัวอ่านรหัสแบบ bifurcated optical fiber wand	16
รูปที่ 2.8	แสดงโครงสร้างของหัวอ่านแบบที่มีใช้งานอยู่ในปัจจุบัน	16
รูปที่ 3.1	แสดงโครงสร้างการสื่อสารข้อมูลแบบขนาน	19
รูปที่ 3.2	แสดงโครงสร้างการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม	20
รูปที่ 3.3	แสดงโครงสร้างของการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232C	21
รูปที่ 3.4	แสดงโครงสร้างของการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-422A	22
รูปที่ 3.5	แสดงโครงสร้างของการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-485	22
รูปที่ 3.6	แสดงโครงสร้างของโครงข่ายแบบบัส	24
รูปที่ 3.7	แสดงโครงสร้างของโครงข่ายแบบทรี	25
รูปที่ 3.8	แสดงโครงสร้างของโครงข่ายแบบสตาร์	26
รูปที่ 3.9	แสดงโครงสร้างของโครงข่ายแบบริง	26
รูปที่ 3.10	แสดงโครงสร้างของโครงข่ายแบบเมซ	27
รูปที่ 3.11	แสดงรูปแบบของข้อมูลของโปรโตคอลแบบ BSC	29
รูปที่ 3.12	แสดงลำดับขั้นตอนการสื่อสารของโปรโตคอลแบบ BSC	32
รูปที่ 3.13	แสดงโครงสร้างของข้อมูลที่ได้จากการกดแป้นพิมพ์	32
รูปที่ 3.14	แสดงโครงสร้างของเวดจ์	33
รูปที่ 3.15	แสดงโครงสร้างของส่วนพอร์ทเทเบิล	33
รูปที่ 3.16	แสดงโครงสร้างของส่วนเวิร์กสเตชั่น	34
รูปที่ 4.1	โครงสร้างรวมของระบบเก็บข้อมูลด้วยรหัสแถบ	35
รูปที่ 4.2	โครงสร้างของเวดจ์	36
รูปที่ 4.3	สัญญาณที่ได้จากหัวอ่านรหัสแถบ	37
รูปที่ 4.4	โครงสร้างของส่วนอ่านรหัสแถบ	37
รูปที่ 4.5	วงจรส่วนอ่านรหัสแถบ	38
รูปที่ 4.6	แสดงตำแหน่งขาของขั้วต่อแป้นพิมพ์และโครงสร้างข้อมูลที่ได้จากการกดแป้นพิมพ์ IBM PC/AT	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
รูปที่ 4.7 โครงสร้างของส่วนจำลองข้อมูลการกดแป้นพิมพ์	39
รูปที่ 4.8 วงจรส่วนจำลองข้อมูลการกดแป้นพิมพ์	40
รูปที่ 4.9 วงจร watch dog	41
รูปที่ 4.10 วงจรกำเนิดเสียงโดยใช้ลำโพงแบบเปียโซอิเล็กทริก	41
รูปที่ 4.11 โครงสร้างของเครื่องอ่านรหัสแถบแบบพอร์ทเทเบิล	42
รูปที่ 4.12 วงจรภาคแสดงผลแบบ LCD ของเครื่องอ่านรหัสแบบพอร์ทเทเบิล	43
รูปที่ 4.13 แสดงสัญญาณข้อมูลที่แทนด้วยรหัสแมนเชสเตอร์และตัวอย่างรหัสข้อมูล	44
รูปที่ 4.14 วงจรของส่วนแป้นกดของเครื่องอ่านรหัสแถบแบบพอร์ทเทเบิล	44
รูปที่ 4.15 วงจรการเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูลของเครื่องอ่านรหัสแถบแบบพอร์ทเทเบิล	45
รูปที่ 4.16 โครงสร้างของเครื่องอ่านรหัสแถบแบบเวิร์กสเตชั่น	46
รูปที่ 4.17 วงจรส่วนการแสดงผลแบบ LCD ของเครื่องอ่านรหัสแบบเวิร์กสเตชั่น	47
รูปที่ 4.18 สัญญาณคล็อกและสัญญาณข้อมูลที่ได้การกดแป้นพิมพ์	48
รูปที่ 4.19 วงจรส่วนรับข้อมูลจากแป้นพิมพ์	48
รูปที่ 4.20 วงจรนาฬิกาของเครื่องอ่านรหัสแถบแบบเวิร์กสเตชั่น	49
รูปที่ 4.21 วงจรการส่งข้อมูลไปยังเครื่องพิมพ์	50
รูปที่ 4.22 วงจรการสื่อสารข้อมูลเป็นโครงข่ายของเครื่องอ่านรหัสแถบแบบเวิร์กสเตชั่น	51
รูปที่ 4.23 วงจรแปลงสัญญาณ RS-232C ไปเป็น RS-485 ของศูนย์กลางข้อมูลของระบบ	52
รูปที่ 4.24 แสดงลักษณะโครงสร้างของข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสารในระบบโครงข่ายข้อมูล	52
รูปที่ 5.1 โฟล์วชาร์ทแสดงโครงสร้างการหาค่ารหัสแถบ	55
รูปที่ 5.1 (ต่อ) โฟล์วชาร์ทแสดงโครงสร้างการหาค่ารหัสแถบ	56
รูปที่ 5.2 โฟล์วชาร์ทแสดงโครงสร้างการประมวลผลของรหัสยูพีซี	57
รูปที่ 5.2 (ต่อ) โฟล์วชาร์ทแสดงโครงสร้างการประมวลผลของรหัสยูพีซี	58
รูปที่ 5.3 โฟล์วชาร์ทแสดงโครงสร้างการประมวลผลของรหัสเอียน	59
รูปที่ 5.3 (ต่อ) โฟล์วชาร์ทแสดงโครงสร้างการประมวลผลของรหัสเอียน	60
รูปที่ 5.4 โฟล์วชาร์ทแสดงโครงสร้างการประมวลผลของรหัส 39	61
รูปที่ 5.4 (ต่อ) โฟล์วชาร์ทแสดงโครงสร้างการประมวลผลของรหัส 39	62
รูปที่ 5.5 โฟล์วชาร์ทแสดงโครงสร้างการทำงานของส่วนพอร์ทเทเบิล	63
รูปที่ 5.6 โฟล์วชาร์ทแสดงโครงสร้างการทำงานของส่วนเวิร์กสเตชั่น	64
รูปที่ 5.7 แสดงขั้นตอนของโปรโตคอลในการสื่อสารข้อมูลระหว่างส่วนพอร์ทเทเบิลและส่วนเวิร์กสเตชั่น	65
รูปที่ 5.8 โฟล์วชาร์ทแสดงโครงสร้างการทำงานเป็นโครงข่ายข้อมูล	66
รูปที่ 5.9 แสดงขั้นตอนของโปรโตคอลในการ search node	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		หน้า
รูปที่ 5.10	แสดงลำดับขั้นตอนของในการ poll node	68
รูปที่ 5.11	โฟล์วชาร์ทแสดงลำดับขั้นตอนการเชื่อมต่อกับเครื่องพิมพ์	69
รูปที่ 6.1	แสดงสัญญาณที่ได้จากการอ่านรหัสเอียน '9780132028547'	70
รูปที่ 6.2	แสดงสัญญาณที่ได้จากแป้นพิมพ์ (ในรูปเป็นตัวอักษร 'A')	71
รูปที่ 6.3	แสดงสัญญาณที่ได้จากการจำลอง (ในรูปเป็นตัวอักษร 'A')	72
รูปที่ 6.4	แสดงสัญญาณที่ได้จากแป้นพิมพ์ (ในรูปที่เป็นตัวเลข '1')	72
รูปที่ 6.5	แสดงสัญญาณที่ได้จากการจำลอง (ในรูปเป็นตัวเลข '1')	73
รูปที่ 6.6	แสดงสัญญาณที่ได้จากการอ่านรหัสยูพีซี '001002000003'	74
รูปที่ 6.7	แสดงสัญญาณที่ได้จากการกดแป้นกดของส่วนพอร์ทเทเบิล (ในรูปที่เป็นการกดแป้นกดเบอร์ 1)	75
รูปที่ 6.8	แสดงสัญญาณที่ได้จากการอ่านรหัส 39 'ABCDEFGH'	76
รูปที่ 6.9	แสดงสัญญาณการส่งข้อมูลไปพิมพ์ทางเครื่องพิมพ์	77
รูปที่ 6.10	แสดงสัญญาณที่การรับและส่งข้อมูลระหว่างส่วนพอร์ทเทเบิลกับส่วนเวิร์กสเตชั่น	78
รูปที่ 6.11	แสดงสัญญาณการ search node (รูปรวม)	79
รูปที่ 6.12	แสดงสัญญาณการ search node (รูปขยายเฉพาะส่วนการส่งสัญญาณ node address)	79
รูปที่ 6.13	แสดงสัญญาณการ search node (รูปขยายเฉพาะส่วนการส่งสัญญาณ ACK)	80
รูปที่ 6.14	แสดงสัญญาณการ poll node หมายเลข 6	80
รูปที่ 6.15	แสดงสัญญาณการ poll node หมายเลข 9	81
รูปที่ 6.16	แสดงสัญญาณการ poll node หมายเลข 21	81
รูปที่ 6.17	แสดงสัญญาณของข้อมูลด้านส่ง	82
รูปที่ 6.18	แสดงสัญญาณของข้อมูลด้านรับ	82
รูปที่ 6.19	แสดงสัญญาณของข้อมูลด้านรับ (เมื่อต่อตัวต้านทานเสมือน 32 ตัว)	83
รูปที่ 6.20	แสดงหน้าจอของโปรแกรมในการสื่อสารข้อมูลเป็นโครงข่าย	84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 กล่าวนำ

เทคโนโลยีในการเก็บและบันทึกข้อมูลได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจากอดีตมาจนถึงปัจจุบันเริ่มจากการเก็บและบันทึกข้อมูลโดยการแทนข้อมูลด้วยรหัสตัวเลขและตัวอักษร เพื่อทำให้การจัดเก็บบันทึกข้อมูลและการนำกลับมาใช้ทำได้ง่ายขึ้น แต่เมื่อปริมาณข้อมูลมีจำนวนมากขึ้นการเก็บข้อมูลก็จะมีโอกาสเกิดความผิดพลาดมากขึ้น และการค้นหาเพื่อนำข้อมูลกลับมาใช้ก็ทำได้ช้า จึงได้มีการพัฒนานำระบบคอมพิวเตอร์เข้าช่วยในการเก็บและบันทึกข้อมูล โดยในระยะเริ่มแรกที่ใช้การป้อนข้อมูลผ่านทางแป้นพิมพ์นั้น สามารถทำให้การค้นหาและการนำข้อมูลกลับมาใช้งานทำได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น แต่ความผิดพลาดจากการป้อนข้อมูลด้วยคนก็ยังไม่อยู่ในขั้นที่น่าพอใจ จึงมีการคิดค้นและพัฒนาการป้อนข้อมูลด้วยวิธีการต่าง ๆ อย่างมากมาย ซึ่งหนึ่งในวิธีเหล่านี้ที่ได้รับการยอมรับและนำมาใช้อย่างแพร่หลาย คือการใช้รหัสแถบซึ่งวิธีการนี้จะใช้รหัสแถบแทนรหัสตัวเลขและตัวอักษร ทำให้การเก็บข้อมูลสามารถทำได้ด้วยอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถลดความผิดพลาดในการเก็บและบันทึกข้อมูลได้ เครื่องมือที่ใช้ในการอ่านและการแปลงรหัสแถบไปเป็นรหัสตัวเลขและตัวอักษรจะเรียกว่า เครื่องอ่านรหัสแถบ (barcode reader)

นับตั้งแต่เครื่องอ่านรหัสแถบได้ถูกสร้างขึ้นมาก็ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้การใช้งานทำได้สะดวกรวดเร็วและเหมาะสมกับลักษณะงานที่ใช้มากขึ้น จึงมีเครื่องอ่านรหัสแถบที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันหลายแบบด้วยกัน เช่น เครื่องอ่านที่เคลื่อนย้ายไม่ได้และหัวอ่านอยู่กับที่แล้วให้รหัสแถบเคลื่อนผ่านหัวอ่าน (นิยมใช้ในแผนกซุปเปอร์มาเก็ตของห้างสรรพสินค้า), เครื่องอ่านที่เคลื่อนย้ายไม่ได้แต่หัวอ่านเคลื่อนได้ (นิยมใช้ในห้องสมุดและแผนกสินค้าอื่น ๆ ในห้างสรรพสินค้า) และเครื่องอ่านแบบที่สามารถเคลื่อนย้ายหรือพกพาได้ ซึ่งนี้มีใช้อยู่ในโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องมีการตรวจสอบปริมาณสินค้าที่มีจำนวนมาก (โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ใช้กับสินค้าคงคลังและสินค้าเข้า-ออก)หรือใช้กับสินค้าที่ไม่สะดวกในการเคลื่อนย้าย โดยเครื่องชนิดนี้เรียกว่าเครื่องอ่านรหัสแถบแบบพอร์ทเทเบิล (Portable Barcode Reader)

สำหรับในการเก็บและประมวลผลข้อมูลรหัสแถบซึ่งเดิมสามารถทำการอ่าน บันทึก และประมวลผลข้อมูล ณ ตำแหน่งที่ทำการอ่านนั้น ๆ ก็จะไม่สามารถทำได้เมื่อข้อมูลมีจำนวนมากขึ้นและระบบการเก็บข้อมูลจำเป็นต้องมีการขยายขึ้นทั้งขนาดและจำนวนอุปกรณ์ ซึ่งเมื่อจำนวนเครื่องอ่านรหัสแถบมีมากขึ้น การเก็บและประมวลผลข้อมูลของเครื่องแต่ละตัวที่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลเดียวกันจะไม่สามารถเปลี่ยนแปลง หรือ แก้ไขได้ในทันที และตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องอ่านรหัสแถบก็อาจไม่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกัน จึงได้มีการพัฒนาระบบการเก็บข้อมูลในลักษณะโครงข่ายข้อมูลโดยมีศูนย์กลางที่เป็นตัวเก็บฐานข้อมูลของระบบที่เชื่อมต่อกับส่วนเวิร์กสเตชั่นซึ่งข้อมูลจากส่วนเวิร์กสเตชั่นแต่ละตัวจะถูกส่งไปยังศูนย์กลางเมื่อข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลง ทำให้ที่ศูนย์กลางจะเก็บฐานข้อมูลล่าสุดตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

ในวิทยานิพนธ์นี้จะเป็นการนำเสนอการสร้างและพัฒนาระบบการเก็บข้อมูลโดยใช้การแทนข้อมูลด้วยรหัสแถบ โดยเน้นการใช้งานกับข้อมูลที่เป็นจำนวนคงคลังเพื่อใช้ในการตรวจสอบและแสดงปริมาณจำนวนที่คงเหลือ และแสดงจำนวนการเข้าและออก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับข้อมูลที่เป็นสินค้าในโรงงานอุตสาหกรรม และห้างสรรพสินค้า สำหรับในระบบนี้มีโครงสร้างที่สามารถแบ่งออกได้เป็นส่วนสำคัญ 4 ส่วน ซึ่งแต่ละส่วนจะมีลักษณะและจุดมุ่งหมายในการใช้งานที่ต่างกันแต่เมื่อนำมาใช้งานรวมกันเป็นระบบแล้วจะเป็นการเสริมซึ่งกันและกันทำให้สามารถรองรับการใช้งานในลักษณะต่าง ๆ กันได้ดังแสดงคุณสมบัติพื้นฐาน ดังนี้

1. ส่วนการเชื่อมต่อข้อมูลผ่านขั้วต่อแป้นพิมพ์ หรือ เวดจ์ (Wedge) ในส่วนนี้จะเป็นเครื่องอ่านรหัสแถบที่เมื่อประมวลผลจนได้ข้อมูลแล้วจะจำลองข้อมูลให้เสมือนกับการกดแป้นพิมพ์ โดยการทำงานของส่วนนี้สามารถใช้งานร่วมกับส่วนศูนย์กลางการเก็บข้อมูล เพื่อทำให้ศูนย์กลางการเก็บข้อมูล(ที่ใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์)สามารถอ่านรหัสแถบได้

2. ส่วนเครื่องอ่านแบบพอร์ทเทเบิล ในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่สามารถพกพานำไปใช้ในสถานที่ต่าง ๆ ที่เครื่องอ่านรหัสแถบทั่วไปไม่สามารถนำไปใช้งานได้ และสามารถส่งข้อมูลที่ได้จากการอ่านรหัสแถบทั้งหมดไปยังส่วนเวิร์กสเตชั่นและศูนย์กลางการเก็บข้อมูลของระบบโดยใช้การสื่อสารข้อมูลตามมาตรฐาน RS-232C

3. ส่วนเครื่องอ่านแบบเวิร์กสเตชั่น ในส่วนนี้จะเป็นเครื่องอ่านรหัสแถบที่ทำหน้าที่เสมือนเป็นโหนดหรือเทอร์มินัลของโครงข่ายข้อมูลที่จะเชื่อมต่อกับศูนย์กลางข้อมูลที่เป็นส่วนเก็บข้อมูลของระบบทั้งหมด โดยส่วนเวิร์กสเตชั่นจะรับข้อมูลที่ได้จากการอ่านรหัสแถบและที่ได้จากส่วนพอร์ทเทเบิล

4. ส่วนศูนย์กลางการเก็บข้อมูล ในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่เก็บข้อมูลซึ่งจะเป็นฐานข้อมูลของระบบทั้งหมด เนื่องจากข้อมูลที่ได้จะแต่ละส่วนจะต้องถูกส่งผ่านมาจนสิ้นสุดที่ศูนย์กลางข้อมูลเพื่อทำการแก้ไขและเปลี่ยนแปลงให้ข้อมูลถูกต้องใกล้เคียงความจริงมากที่สุดซึ่งฐานข้อมูลนี้จะนำไปใช้เป็นค่าอ้างอิงเพื่อแสดงถึงจำนวนหรือปริมาณคงคลัง โดยศูนย์กลางการเก็บข้อมูลนี้จะต่อกับส่วนเวิร์กสเตชั่นในลักษณะของโครงข่ายข้อมูลแบบบัสที่ใช้การสื่อสารข้อมูลตามมาตรฐาน RS-485 เพื่อทำการรับข้อมูลจากส่วนเวิร์กสเตชั่น โดยใช้โปรโตคอลแบบ BSC (Binary Synchronous Control) ทำให้ส่วนเวิร์กสเตชั่นแต่ละตัวสามารถวางอยู่ในตำแหน่งที่ห่างไกลได้ และยังสามารถที่จะต่อกับส่วนเชื่อมต่อข้อมูลผ่านขั้วต่อแป้นพิมพ์เพื่อทำการอ่านรหัสแถบได้โดยตรงด้วย

1.3 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้แบ่งรายละเอียดของออกเป็น 7 บท และภาคผนวก 4 ภาค โดยในแต่ละบทจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1 เป็นการกล่าวนำถึงวัตถุประสงค์และรายละเอียดของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 เป็นการอธิบายถึงหลักการและโครงสร้างพื้นฐานของรหัสแถบ ในแง่ของการอ่านและการประมวลผลรหัสแถบแต่ละชนิด รวมถึงการอธิบายชนิดและรายละเอียดของตัวอ่านรหัสแถบ

บทที่ 3 เป็นการอธิบายถึงหลักการและโครงสร้างในการเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูลที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ โดยอธิบายถึงการออกแบบการสื่อสารในลักษณะจุดต่อจุดและในลักษณะโครงข่ายข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ รวมถึงโปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูล

บทที่ 4 เป็นการอธิบายโครงสร้างและการออกแบบวงจรที่ใช้ในส่วนต่าง ๆ แต่ละส่วนของวิทยานิพนธ์

บทที่ 5 เป็นการอธิบายโครงสร้างและขั้นตอนในการทำงานของโปรแกรมที่ใช้ในแต่ละส่วน

บทที่ 6 เป็นการอธิบายและแสดงผลการทดสอบการทำงานของวงจรแต่ละส่วน

บทที่ 7 เป็นบทสรุปผลและวิจารณ์ผลการทดสอบ รวมถึงข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา

ในส่วนท้ายของวิทยานิพนธ์นี้จะเป็นภาคผนวก ซึ่งจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ภาคผนวก ก แสดงวงจรรวมทั้งหมดของส่วนต่าง ๆ แต่ละส่วน

ภาคผนวก ข แสดงภาพถ่ายของเครื่องต้นแบบ

ภาคผนวก ค แสดงรูปแผ่นพิมพ์ลายวงจรทั้งหมดของแต่ละส่วน

ภาคผนวก ง แสดงโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด

ภาคผนวก จ แสดงโปรแกรมที่ใช้ในการพิมพ์รหัสแถบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการและโครงสร้างของรหัสแถบ

2.1 หลักการและโครงสร้างของรหัสแถบ

รหัสแถบ (barcode) เป็นรหัสที่ได้มีการสร้าง และ พัฒนาขึ้นมาเป็นเวลานานพอสมควรแล้วโดยการพัฒนาของรหัสแถบจะเป็นในรูปที่มีชนิดของรหัสมากขึ้น ประสงค์ของรหัสแถบที่พัฒนาขึ้นใหม่นั้นมีอยู่หลายประการด้วยกัน เช่น

1. เพื่อให้สามารถแทนรหัสได้มากขึ้น เช่น รหัสยูพีซี/เอียน จะแทนรหัสข้อมูลได้ 10 ตัว แต่รหัส 39 จะแทนรหัสข้อมูลได้ 44 ตัว

2. เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในงานเฉพาะด้าน เช่น รหัสโคดาบาร์ สร้างขึ้นมาเพื่อใช้ใน ธนาคารเลือดของประเทศสหรัฐอเมริกา หรือ รหัส 2 of 5 สร้างขึ้นมาเพื่อใช้งานด้านการทหาร ของประเทศสหรัฐอเมริกา

3. เพื่อให้มีความหนาแน่นของรหัสต่อพื้นที่มากขึ้น เช่น รหัส 25 แบบสอดแทรก พัฒนามาจากรหัส 25 โดยทำให้ความหนาแน่นสูงกว่าเดิม 50 เปอร์เซนต์

แม้ว่าการสร้างและพัฒนารหัสแถบได้มีการทำมาเป็นเวลานานแล้วก็ตาม แต่สิ่งหนึ่งที่ยังคงเป็นเอกลักษณ์ หรือโครงสร้างของรหัสแถบที่ยังไม่เคยเปลี่ยน คือ รหัสแถบจะประกอบด้วยแถบดำสลับกับแถบขาว(หรือช่องว่าง) ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งในการอ่านและประมวลผลรหัสแถบจะใช้หลักการอ่านความกว้างของรหัสแถบทั้งแถบดำและแถบขาวเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าความกว้างของรหัสแถบในตารางการแทนรหัสแถบโดยความกว้างของรหัสแถบแต่ละแบบจะมีค่าไม่เหมือนกัน เช่น รหัสยูพีซี/เอียนจะมีค่าความกว้างทั้งหมด 4 ขนาด แต่รหัส 39 มีเพียง 2 ขนาด

BARCODE

รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างรหัสแถบ(รหัส 39)

ในการอ่านและประมวลผลรหัสแถบนั้นจะมีค่าที่ใช้ในการแสดงถึงประสิทธิภาพของรหัสแถบและประสิทธิภาพของเครื่องอ่านรหัสแถบ อยู่หลายค่าด้วยกัน แต่ที่ได้รับความนิยมนำมาใช้อ้างอิงมี2 ค่า คือ ค่าอัตราการอ่านสำเร็จในครั้งแรก (Fisrt-pass Read Rate, FRR)และค่าอัตราความผิดพลาดในการอ่าน (Substitution Error Rate, SER) [1,5] ซึ่งค่า FRR เป็นค่าที่แสดงถึงอัตราในการอ่านค่าครั้งแรกแล้วประสบผลสำเร็จ ดังสมการ

FRR = จำนวนครั้งที่การอ่านครั้งแรกแล้วสำเร็จ/จำนวนครั้งที่อ่านทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนค่า SER เป็นค่าที่แสดงถึงอัตราความผิดพลาดของข้อมูลภายหลังจากการถอดรหัสและประมวลผลจนได้ค่าข้อมูลที่แท้จริงแล้ว ดังสมการ

SER = จำนวนครั้งที่อ่านค่าผิดพลาด/จำนวนครั้งที่อ่านทั้งหมด

ในอุดมคติแล้วจะพยายามทำให้ FRR มีค่าเป็น 1 หรือ 100 % ส่วน SER มีค่า 0 หรือ 0 % แต่ในความเป็นจริงแล้วค่าทั้ง 2 ตัวจะมีค่าที่แปรผันตามกันจึงไม่สามารถเป็นตามอุดมคติได้ดังนั้นในการเลือกรหัสแถบและเครื่องอ่านรหัสแถบมาใช้จึงต้องเลือกให้ได้ช่วงใช้งานที่ทำให้มีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีที่สุด หรือ ยอมให้มีความผิดพลาดเกิดขึ้นในระดับที่ยอมรับได้ โดยทั่วไปค่า FRR ของรหัสแถบควรจะมีค่ามากกว่า 85 % ส่วนค่า SER ควรจะมีค่าน้อยกว่า 1/300 (ซึ่งเป็นค่าความผิดพลาดเฉลี่ยที่เกิดขึ้นจากการป้อนข้อมูลด้วยคน) [1] และองค์ประกอบอีกตัวหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการอ่านและประมวลผลรหัสแถบ คือ ตัวรหัสแถบเอง ซึ่งรหัสแถบที่พิมพ์ออกมาได้ดีคือ มีความคมชัด, ความเข้ม, สัดส่วนความกว้าง และอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างถูกต้อง รวมทั้งยังต้องไม่มีจุดผิดปกติในรหัสแถบ(จุดดำในแถบขาวหรือจุดขาวในแถบดำ) ก็จะทำให้ค่าความผิดพลาดลดลงด้วย โดยทั่วไปรหัสแถบที่ดีควรมีอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของรหัสแถบทั้งหมดเป็น 1 : 4 โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับตัวอ่านรหัสแถบแบบสัมผัสโดยตรง (contact scanner) หรือ แวน (Wand) แล้ว ในการอ่านรหัสแถบจะใช้คนเป็นผู้รูดผ่านรหัสแถบ ซึ่งการรูดตัวอ่านรหัสแถบเป็นเส้นตรงและสม่ำเสมอตลอดรหัสแถบนั้นทำได้ยากและถ้ายิ่งมีความกว้างมากขึ้นก็จะยิ่งทำให้มีโอกาสผิดพลาดมากขึ้นด้วย

2.2 หลักการอ่านและประมวลผลรหัสยูพีซี

รหัสแถบยูพีซี (Universal Product Code, UPC) เป็นรหัสที่ได้พัฒนาและนำมาใช้งานครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1949 โดย Mr. Norm Woodland และ Mr. Barnard Silvers และได้มีการทดสอบและปรับปรุงให้ใช้งานได้อย่างสมบูรณ์ในปี ค.ศ. 1973 โดย Uniform Code Council (UCC) เพื่อใช้ในสินค้าอุปโภคและบริโภคในประเทศสหรัฐอเมริกาและเป็นรหัสที่ได้รับความนิยมใช้งานอย่างมากใน 2 ประเทศเท่านั้น คือ ประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดา ซึ่งจนกระทั่งปัจจุบันได้มีการพัฒนาไปในอีกหลายรูปแบบตามความต้องการของผู้ใช้งาน เช่น รหัสยูพีซี-เอ (เป็นรหัสพื้นฐานของรหัสยูพีซี), รหัสยูพีซี-บี, รหัสยูพีซี-ซี, รหัสยูพีซี-ดี และรหัสยูพีซี-อี เป็นต้น

2.2.1 รหัสยูพีซี-เอ (UPC-A)

รหัสยูพีซี-เอ เป็น รหัสพื้นฐานของรหัสยูพีซีที่ได้ถูกสร้างขึ้นเป็นแบบแรก จึงมีโครงสร้างที่เป็นพื้นฐานของรหัสยูพีซีแบบอื่น ๆ โดยโครงสร้างพื้นฐานของรหัสยูพีซีจะมีส่วนประกอบที่สำคัญ ดังนี้

1. ส่วนของแถบข้อมูล (character bar) ประกอบด้วย แถบข้อมูลซ้าย และแถบข้อมูลขวา
2. ส่วนของแถบคุม (guard bar)ประกอบด้วย แถบกั้นซ้าย แถบกั้นขวา และแถบกั้นกลาง
3. บริเวณขอบเผื่อ (quiet zone) เป็นบริเวณที่มีไว้เพื่อเป็นพื้นที่ให้หัวอ่านวางเพื่อเริ่มต้น หรือ สิ้นสุดการอ่าน ซึ่งบางกรณีรหัสแถบจะละส่วนนี้ไว้ไม่แสดงให้เห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากส่วนประกอบของรหัสยูพีซีนี้แล้ว ในการแทนรหัสยูพีซียังมีข้อกำหนดสำคัญที่ใช้เป็นมาตรฐานของรหัสยูพีซี ดังนี้

1. สามารถแทนข้อมูลตัวเลข 0 - 9 เท่านั้น โดยที่ข้อมูลด้านซ้ายและด้านขวาจะต้องมีจำนวนเท่ากัน และข้อมูลแต่ละตัวจะแทนด้วยแถบ 4 แถบ คือ แถบดำและแถบขาวอย่างละ 2 แถบ

2. ความกว้างของแถบแต่ละแถบจะมีทั้งหมด 4 ขนาดที่เป็นสัดส่วนกัน คือขนาดเล็กสุดจะมีขนาดเป็น 1 และที่เหลือจะมีขนาดเป็น 2, 3 และ 4 เท่าของขนาดเล็กสุด ซึ่งค่าขนาดเล็กที่สุดนี้จะเป็นค่ามาตรฐานที่กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1 ส่วนย่อย (module)

3. ความกว้างของแถบที่ใช้แทนรหัสข้อมูล(ตัวเลข)แต่ละตัวจะมีความกว้างเท่ากันทุกตัว คือ 7 ส่วนย่อย ซึ่งแต่ละส่วนย่อยจะแทนด้วยเลขฐานสอง 1 บิท โดยเลขฐานสอง '0' แทนแถบขาว ส่วนเลขฐานสอง '1' แทนแถบดำ

4. แถบข้อมูลด้านซ้ายและด้านขวา จะมีลักษณะการแทนด้วยรหัสเลขฐานสองที่เป็นตรงข้าม หรือ คอมพลีเมนต์ (complement) สำหรับข้อมูลตัวเดียวกัน แต่ขนาดความกว้างยังคงเหมือนกัน

5. แถบคุมซ้ายและแถบคุมขวา จะมีความกว้าง 3 ส่วนย่อย คือ แถบดำ 2 แถบและแถบขาว 1 แถบ โดยแต่ละแถบกว้าง 1 ส่วนย่อย และจัดเรียงเป็น ดำ-ขาว-ดำ สำหรับแถบคุมกลางจะมีความกว้าง 5 ส่วนย่อย คือ แถบดำ 3 แถบ และแถบขาว 2 แถบ ซึ่งจัดเรียงเป็น ดำ-ขาว-ดำ-ขาว-ดำ

รหัสยูพีซี-เอ มีจำนวนของรหัสที่แน่นอนคือ 12 ตัว คือ รหัสข้อมูลซ้าย 6 ตัว รหัสข้อมูลขวา 5 ตัว และรหัสตรวจสอบอีก 1 ตัว โดยการแทนรหัสของรหัสยูพีซีจะใช้ค่าดังแสดงในตารางที่ 2.1 และตัวอย่างรหัสยูพีซี-เอในรูปที่ 2.2 ซึ่งนอกจากส่วนประกอบและข้อกำหนดที่กล่าวมาแล้วยังมีข้อกำหนดพิเศษที่ไม่ได้กำหนดเป็นมาตรฐานแต่มีการกำหนดขึ้นมาใช้งานดังนี้คือ

1. ข้อมูลด้านซ้ายตัวแรกจะเป็นตัวเลขที่บอกถึงลักษณะงานที่นำรหัสแถบยูพีซีนี้ไปใช้จะเรียกข้อมูล หรือตัวเลขนี้ว่า ตัวเลขบอกชนิดของสินค้า (product code) โดยจะแสดงการแทนค่าในตารางที่ 2.2

2. ข้อมูลด้านขวาตัวสุดท้ายจะเป็นตัวเลขรหัสตรวจสอบ (check digit) ซึ่งไม่ได้มีการกำหนดวิธีการหาค่ารหัสตรวจสอบนี้ว่าเป็นอย่างไร แต่ที่มีใช้งานอยู่ คือ นำค่าผลรวมของตัวเลขรหัสข้อมูลทุกตัวมาบวกกับรหัสตรวจสอบแล้วจะต้องได้ผลลัพธ์ของตัวเลขหลักหน่วยเป็นศูนย์ เช่น ถ้าค่าผลรวมของตัวเลขรหัสข้อมูลเป็น 35 รหัสตรวจสอบจะต้องเป็นตัวเลข 5 เพื่อให้ได้ผลลัพธ์เป็น 40 ซึ่งเลขหลักหน่วยเป็น 0

รหัสตรวจสอบ
การ์ดซ้าย การ์ดกลาง การ์ดขวา
ข้อมูลด้านซ้าย ข้อมูลด้านขวา
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างรหัสยูพีซี-เอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงการแทนรหัสแถบยูพีซี [9]

รหัส	ขนาดความกว้างแถบ	ข้อมูลด้านซ้าย	ข้อมูลด้านขวา
0	3-2-1-1	0001101	1110010
1	2-2-2-1	0011001	1100110
2	2-1-2-2	0010011	1101100
3	1-4-1-1	0111101	1000010
4	1-1-3-2	0100011	1011100
5	1-2-3-1	0110001	1001110
6	1-1-1-4	0101111	1010000
7	1-3-1-2	0111011	1000100
8	1-2-1-3	0110111	1001000
9	3-1-1-2	0001011	1110100
การ์ดซ้าย	1-1-1	101	----
การ์ดขวา	1-1-1	-----	101
การ์ดกลาง	1-1-1-1-1	----	----

ตารางที่ 2.2 แสดงการแทนตัวเลขบอกลักษณะงาน [9]

รหัสตัวเลข	ลักษณะการใช้งาน
0	รหัสยูพีซีทั่วไป
2	อาหารหรือสิ่งของที่มีน้ำหนักไม่แน่นอน
3	ยาและสิ่งที่เกี่ยวข้องกับสาธารณสุข
4	รายการที่ไม่เกี่ยวข้องกับอาหาร
5	สำหรับคูปอง
อื่น ๆ	เตรียมไว้สำหรับอนาคต

2.2.2 รหัสยูพีซี-อี (UPC-E)

รหัสยูพีซี-อี เป็นรหัสที่ใช้การแทนค่ารหัสเหมือนกับรหัสยูพีซี-เอ แต่โครงสร้างจะต่างกันเล็กน้อย คือ รหัสยูพีซี-อี จะมีจำนวนข้อมูลเพียง 6 ตัว ซึ่งเสมือนการตัดเอาเฉพาะข้อมูลด้านซ้ายของรหัสยูพีซี-เอ มาใช้ คือ มีเฉพาะแถบคุมซ้าย แถบข้อมูล และแถบคุมกลาง ดังแสดงตัวอย่างรหัสยูพีซี-อี ในรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการใช้งานแล้วรหัสยูพีซี-อีเป็นรหัสที่ได้รับความนิยมไม่น้อยไปกว่ารหัสยูพีซี-เอเลยเพราะความจริงข้อมูลก็ยังคงมีเท่าเดิมแต่รหัสยูพีซี-อี นี้เป็นแบบที่ตัดตัวเลข 0 ออกเพื่อให้สามารถใช้ในสินค้าที่มีพื้นที่ในการติดรหัสแถบน้อย เช่น ซองบุหรี่ ซึ่งโดยโครงสร้างของข้อมูลจะประกอบด้วยรหัสตัวเลขบอกชนิดของสินค้า 1 ตัวและรหัสข้อมูลอีก 5 ตัว ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้มาจากข้อมูลจริง 10 ตัวที่ตัดเลข 0 ออก ดังตัวอย่าง เช่น ข้อมูล 56800-00021 ก็ได้เป็น 56821 เป็นต้น

56821

รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างรหัสยูพีซี-อี (56821)

2.2.3 รหัสยูพีซีอื่น ๆ

รหัสยูพีซีนั้นนอกจากที่ได้กล่าวมาแล้ว คือ รหัสยูพีซี-เอ และรหัสยูพีซี-อี ยังมีรหัสยูพีซีแบบอื่น ๆ ที่ได้กำหนดขึ้นมาโดยเหมาะที่จะใช้งานเฉพาะอย่างจึงไม่ค่อยได้รับความนิยมและไม่ค่อยจะมีให้เห็นบ่อยนัก ดังมีรายละเอียดของรหัสยูพีซีแบบต่าง ๆ ดังนี้

2.2.3.1 รหัสยูพีซี-บี (UPC-B)

รหัสยูพีซี-บี เป็นรหัสยูพีซีแบบที่พัฒนามาจากรหัสยูพีซี-เอ เพื่อใช้ในงานด้านยาและสาธารณสุขแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยโครงสร้างของรหัสที่แตกต่างก็เพียงแต่รหัสยูพีซี-บี จะไม่มีรหัสตรวจสอบ คือ รหัสตัวสุดท้ายของข้อมูลด้านขวามือจะไม่ใช่รหัสตรวจสอบแต่จะเป็นรหัสข้อมูล

2.2.3.2 รหัสยูพีซี-ซี (UPC-C)

รหัสยูพีซี-ซี เป็นรหัสยูพีซีแบบที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากเดิมโรงงานอุตสาหกรรมยังมิได้มีการนำรหัสแถบไปใช้งาน(ใช้รหัสตัวเลขธรรมดา)จึงได้มีการพัฒนารหัสยูพีซี-ซีขึ้นมารองรับความต้องการ โดยโครงสร้างของรหัสที่แตกต่างจากรหัสยูพีซีแบบมาตรฐานคือ จะมีรหัสข้อมูล 12 ตัว กับรหัสตรวจสอบและรหัสบอกชนิดสินค้า รวมทั้งหมดเป็น 14 ตัว โดยการเรียงลำดับของรหัสจะแสดงในตารางที่ 2.3

2.2.3.3 รหัสยูพีซี-ดี (UPC-D)

รหัสยูพีซี-ดี เป็นรหัสยูพีซีแบบที่มีจำนวนข้อมูลไม่แน่นอน โดยโครงสร้างแล้วจะมีการจัดเรียงรหัสและจำนวนข้อมูลในส่วนแรกเหมือนหรือเท่ากับรหัสยูพีซี-เอแต่จะมีรหัสข้อมูลที่ตามหลังเพิ่มขึ้นมา ซึ่งจำนวนของรหัสข้อมูลที่ตามหลังนี้ไม่ได้มีการกำหนดจำนวนที่แน่นอนไว้จึงทำให้มีจำนวนเท่าใดก็ได้ตามความต้องการของงานที่จะนำรหัสนี้ไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงการจัดเรียงรหัสของรหัสยูพีซีแบบต่าง ๆ [1]

รหัสยูพีซีแบบ	รูปแบบการจัดเรียงข้อมูล
A	PXXXXXXXXXXC
B	PXXXXXXXXXXX
C	XPXXXXXXXXXXCX
D	PXXXXXXXXXXCXX...
E	XXXXX

<u>หมายเหตุ</u> X หมายถึง รหัสข้อมูล

P หมายถึง รหัสบอกชนิดของสินค้า

C หมายถึง รหัสตรวจสอบ

2.3 หลักการอ่านและประมวลผลรหัสเอียน

รหัสเอียน (European Article Numbering, EAN) เป็นรหัสที่พัฒนามาจากพื้นฐานของรหัสยูพีซี โดยพัฒนาขึ้นมาเมื่อปี ค.ศ. 1976 เพื่อให้เป็นมาตรฐานของรหัสแถบสำหรับสินค้าที่ใช้ในประเทศแถบยุโรป แต่ต่อมามีการนำมาใช้งานอย่างกว้างขวางและได้มีการกำหนดมาตรฐานที่ทำให้สามารถใช้รหัสแถบได้ทั่วโลกยกเว้นประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดาที่ใช้รหัสยูพีซี โดยรหัสเอียนจะมีการกำหนดรหัสประจำประเทศต่าง ๆ ที่ไม่ซ้ำกัน ทำให้สามารถระบุได้ว่าสินค้าที่ติดรหัสแถบนั้นเป็นสินค้าของประเทศใด ซึ่งรหัสเอียนได้มีการกำหนดจำนวนข้อมูลที่แน่นอนไว้เป็น2 แบบ โดยมีรายละเอียดและโครงสร้างเป็น ดังนี้

2.3.1 รหัสเอียน-13

รหัสเอียนเป็นรหัสที่มีพื้นฐานการแทนรหัสคล้ายกับรหัสยูพีซีแต่มีข้อกำหนดพิเศษที่เพิ่มขึ้นมา โดยโครงสร้างการแทนรหัสนั้นจะแทนเช่นเดียวกับรหัสยูพีซี แต่ที่พิเศษคือข้อมูลด้านซ้ายจะสามารถแทนได้ 2 ลักษณะคือ แบบคู่ (even) และแบบคี่ (odd) ดังแสดงตารางการแทนรหัสของรหัสเอียนในตารางที่ 2.4 ซึ่งรหัสข้อมูลที่แทนในรหัสเอียนแบบนี้จะมีเพียง 12 ตัวและรหัสตรวจสอบอีก 1 ตัว โดยในรหัสข้อมูลจะแทนเป็นรหัสแถบเพียง 11 ตัว ส่วนรหัสตัวที่เหลือจะเป็นรหัสเติมหน้า (flag digit) ที่กำหนดขึ้นมาจากการจัดเรียงลักษณะการแทนข้อมูลในส่วนข้อมูลด้านซ้าย ซึ่งเดิมถ้าเป็นรหัสยูพีซีแล้วข้อมูลด้านซ้ายจะแทนในลักษณะเป็นมีพาริตี้เป็นแบบคู่เท่านั้น แต่สำหรับรหัสเอียนข้อมูลด้านซ้ายจะมีการแทนในลักษณะพิเศษที่จัดเรียงตามตารางที่ 2.5 เพื่อใช้กำหนดค่ารหัสเติมหน้า

รหัสเอียน-13 เป็นรหัสที่แทนตัวเลข 13 ตัว ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.4 ได้แบ่งรหัสข้อมูลออกเป็น 4 ส่วน ดังมีรายละเอียดแต่ละส่วน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. รหัส 3 ตัวแรก คือ รหัสประเทศของผู้จดทะเบียน หรือผู้ผลิตสินค้า (country code) ดังแสดงการแทนรหัสของประเทศต่าง ๆ ในตารางที่ 2.6 จากตัวอย่างรหัสเอียนในรูปที่ 2.4 เป็น รหัส 885 หมายถึงประเทศไทย

2. รหัส 4 ตัวต่อมา คือ รหัสทะเบียนของโรงงานผู้ผลิตสินค้า (manufacture identify code) ซึ่งจะเป็นรหัสที่ใช้บอกว่าสินค้าที่ติดรหัสแถบนั้นเป็นสินค้าที่ผลิตมาจากโรงงานใด ซึ่งหมายเลขทะเบียนนี้ในแต่ละประเทศจะต้องมีการไปขอจดทะเบียนหรือขอเป็นสมาชิกขององค์กรที่จัดการรหัสแถบภายในประเทศนั้นๆ สำหรับรหัสแถบของประเทศไทย สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยเป็นนายทะเบียนที่ทำหน้าที่ผู้ควบคุมและดูแล จากรูปที่ 2.4 คือ รหัส 2047

3. รหัส 5 ตัวถัดมา คือ รหัสของสินค้า (product code) เป็น รหัสที่ใช้บอกรายละเอียดของสินค้า เช่น วัน เดือน ปีที่ผลิต สี ชนิด รุ่น ฯลฯ โดยรหัสนี้ทางโรงงานผู้ผลิตจะเป็นผู้กำหนดเอง แต่จะต้องแจ้งให้นายทะเบียนของแต่ละประเทศทราบ จากรูปที่ 2.4 คือ รหัส 313467

4. รหัส ตัวสุดท้าย คือ รหัสตรวจสอบ (check code) เป็นรหัสที่ใช้ในการตรวจสอบเพื่อให้เกิดความถูกต้องในการอ่านรหัสแถบ ซึ่งค่านี้จะใช้เป็นตัวตรวจสอบรหัส 12 ตัวก่อนหน้านี้ เพราะถ้ารหัสตรวจสอบที่อ่านได้ผิดพลาดก็แสดงว่ารหัสที่อ่านได้ทั้งหมดผิดไม่สามารถนำมาใช้สื่อความหมายได้ จากรูปที่ 2.4 คือ รหัส 7 โดยรหัสตรวจสอบนั้นมีวิธีในการหาค่าที่ ดังนี้ คือ

1. หาผลรวมของรหัสข้อมูลหลักคี่
2. หาผลรวมของรหัสข้อมูลหลักคู่คูณด้วย 3
3. หาผลรวมจาก 1. และ 2.
4. ค่ารหัสตรวจสอบได้จากการนำค่าตัวเลขที่น้อยที่สุดไปบวกกับผลลัพธ์ในข้อ 3. แล้วได้ค่าหลักหน่วยเป็นเลข 0

8 852047313467

รูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างรหัสเอียน-13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงการแทนรหัสเอียน [15,20]

รหัสข้อมูล	ข้อมูลด้านซ้าย พาริตี้คี่	ข้อมูลด้านซ้าย พาริตี้คู่	ข้อมูลด้านขวา
0	0001101	0100111	1110010
1	0011001	0110011	1100110
2	0010011	0011011	1101100
3	0111101	0100001	1000010
4	0100011	0011101	1011100
5	0110001	0111001	1001110
6	0101111	0000101	1010000
7	0111011	0010001	1000100
8	0110111	0001001	1001000
9	0001011	0010111	1110100
การ์ดซ้าย	111	----	----
การ์ดขวา	----	----	111
การ์ดกลาง	----	----	----

ตารางที่ 2.5 แสดงการจัดเรียงของข้อมูลเพื่อหาค่ารหัสเติมหน้า [15,20]

รหัสเติมหน้า	การจัดเรียงรหัสข้อมูล
0	O O O O O O
1	O O E O E E
2	O O E E O E
3	O O E E E O
4	O E O O E E
5	O E E O O E
6	O E E E O O
7	O E O E O E
8	O E O E E O
9	O E E O E O

<u>หมายเหตุ</u> O หมายถึง รหัสข้อมูลที่มีพาริตี้เป็นคี่

E หมายถึง รหัสข้อมูลที่มีพาริตี้เป็นคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 แสดงรหัสประเทศตามมาตรฐานรหัสเอียน [22]

รหัส	ประเทศ	รหัส	ประเทศ
00 - 09	สหรัฐอเมริกาและแคนาดา	76	สวิทเซอร์แลนด์
20 - 29	เก็บไว้ใช้ในอนาคต	770	โคลัมเบีย
30 - 37	ฝรั่งเศส	773	อุรุกวัย
40 - 43	เยอรมันตะวันตก	775	เปรู
440	เยอรมันตะวันออก	779	อาเจนตินา
460 - 469	โซเวียต	780	ชิลี
471	ไต้หวัน	789	บราซิล
489	ฮ่องกง	80 - 83	อิตาลี
49	ญี่ปุ่น	84	สเปน
50	อังกฤษและไอร์แลนด์	859	เชคโกสโลวาเกีย
520	กรีซ	860	ยูโกสลาเวีย
529	ไซปรัส	869	ตุรกี
54	เบลเยี่ยมและลักเซมเบิร์ก	87	เนเธอแลนด์
560	โปรตุเกส	880	เกาหลีใต้
569	ไอซแลนด์	885	ไทย
57	เดนมาร์ก	888	สิงคโปร์
599	ฮังการี	90 - 91	ออสเตรีย
600 - 601	แอฟริกาใต้	93	ออสเตรเลีย
64	ฟินแลนด์	94	นิวซีแลนด์
70	นอรเวย์	955	มาเลเซีย
729	อิสราเอล	959	ปาปัว นิวกินี
73	สวีเดน	977	รหัสสำหรับวารสาร
750	เม็กซิโก	978 - 979	รหัสสำหรับหนังสือ
759	เวเนซุเอลา	98 - 99	คูปอง

<u>หมายเหตุ</u> ข้อมูลนี้เป็นข้อมูลที่สิ้นสุดเมื่อวันที่ 11 กรกฎาคม 2532

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 รหัสเอียน-8

สำหรับรหัสเอียน-8 จะมีลักษณะการแทนรหัสเหมือนกับรหัสเอียน-13 แต่ที่ต่างจากรหัสเอียน-13 คือ รหัสเอียน-8 จะไม่มีรหัสเติมหน้า โดยรหัสเอียน-8 เป็นรหัสที่มีจำนวนข้อมูล 8 ตัว เป็นข้อมูลด้านซ้ายและขวาอย่างละ 4 ตัว ซึ่งรหัสเอียน-8 เป็นรหัสที่เหมาะสำหรับใช้ในธุรกิจขนาดเล็กหรือใช้ในสินค้าที่มีพื้นที่ในการติดรหัสแถบน้อย ซึ่งในรหัสเอียน-8 จะยังคงมีการกำหนดรหัสประเทศไว้ในรหัสแถบ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.5

88512345

รูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่างรหัสเอียน-8

2.4 หลักการอ่านและประมวลผลรหัส 39

รหัสแถบที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น คือ รหัสยูพีซีและรหัสเอียน ยังมีข้อเสียที่สำคัญอยู่ประการหนึ่ง คือ สามารถแทนรหัสได้เฉพาะตัวเลขเท่านั้น จึงได้มีการพัฒนารหัสแถบชนิดใหม่ที่สามารถแทนได้ทั้งตัวเลขและตัวอักษร ซึ่งรหัสแถบชนิดแรกที่สามารถทำได้ คือ รหัส 39 ซึ่งพัฒนาขึ้นมาในปี ค.ศ.1974 โดย Dr. David C. Allas และ Mr. Ray Stevens ชาวสหรัฐอเมริกาโดยรหัส 39 นี้เป็นรหัสที่ได้รับความนิยมอย่างมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรม

รหัส 39 เป็นรหัสที่มีโครงสร้างและการแทนที่แตกต่างจากรหัสยูพีซีและรหัสเอียนโดยสิ้นเชิงคือจะมีส่วนประกอบที่สำคัญเพียง 3 ส่วนคือ รหัสเริ่มต้นและสิ้นสุด, รหัสข้อมูล และรหัสตรวจสอบโดยมีข้อกำหนดต่าง ๆ ในการแทนรหัส ดังนี้

1. สามารถแทนรหัสได้ทั้งหมด 44 ตัว ตัวเลข 0-9, พยัญชนะ A-Z, และอักขระพิเศษอีก8 ตัวคือ *,-.,$,/,+,% และช่องว่าง(space) โดย * นั้นจะใช้เป็นรหัสเริ่มต้นและสิ้นสุดเท่านั้น

2. ขนาดความกว้างของรหัสจะมีเพียง 2 ขนาด คือ แถบกว้าง(wide bar)และแถบแคบ(narrow bar) และการแทนแถบจะใช้เลขฐานสอง 1 บิท โดยให้เลขฐานสอง '1' แทนแถบกว้าง และเลขฐานสอง '0' แทนแถบแคบ

3. ในการแทนรหัสหนึ่งตัวจะใช้แถบดำ 5 แถบ สลับกับแถบขาว 4 แถบ รวมเป็น 9 แถบซึ่งประกอบด้วยแถบกว้าง 3 แถบ และแถบแคบ 6 แถบ โดยไม่สนใจว่าจะเป็นแถบดำหรือแถบขาว

4. การจัดเรียงรหัสแถบ 39 จะเริ่มต้นด้วยรหัสเริ่มต้น แล้วตามด้วยรหัสข้อมูลและปิดท้ายด้วยรหัสสิ้นสุด โดยรหัสข้อมูลแต่ละตัวจะถูกแยกด้วยแถบขาวแคบ 1 แถบ และรหัส 39 นี้ก็ไม่ได้มีการกำหนดจำนวนข้อมูลไว้เป็นมาตรฐาน จึงสามารถมีข้อมูลได้มากน้อยตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อกำหนดที่กล่าวมานั้นยังมีข้อกำหนดพิเศษที่รหัส 39 สามารถจะเลือกได้ว่าจะใช้หรือไม่ใช้ก็ได้คือการกำหนดค่ารหัสตรวจสอบ (check character) ซึ่งจะวางไว้ที่ตำแหน่งก่อนที่จะถึงรหัสสิ้นสุด โดยวิธีการหาค่ารหัสตรวจสอบทำได้ ดังนี้

1. นำค่าตัวเลขประจำตัวของรหัสแต่ละตัวมาบวกกัน
2. นำผลบวกที่ได้ไปหารด้วย 43
3. นำค่าตัวเลขเศษของผลหารที่ได้ไปเทียบหารหัสตรวจสอบจากตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 แสดงการแทนรหัสและค่าตัวเลขประจำตัวของรหัส 39 [16,17]

รหัส	การแทนรหัส	ค่าประจำตัว	รหัส	การแทนรหัส	ค่าประจำตัว
0	000110100	0	M	101000010	22
1	100100001	1	N	000010011	23
2	001100001	2	O	100010010	24
3	101100000	3	P	001010010	25
4	000110001	4	Q	000000111	26
5	100110000	5	R	100000110	27
6	001110000	6	S	001000110	28
7	000100101	7	T	000010110	29
8	100100100	8	U	110000001	30
9	001100100	9	V	011000001	31
A	100001001	10	W	111000000	32
B	001001001	11	X	010010001	33
C	101001000	12	Y	110010000	34
D	000011001	13	Z	011010000	35
E	100011000	14	-	010000101	36
F	001011000	15	.	110000100	37
G	000001101	16	[SPACE]	011000100	38
H	100001100	17	*	010010100	--
I	001001100	18	$	010101000	39
J	000011100	19	/	010100010	40
K	100000011	20	+	010001010	41
L	001000011	21	%	000101010	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสเริ่มต้น รหัสข้อมูล รหัสสิ้นสุด

KMITL ช่องว่าง

รูปที่ 2.6 แสดงตัวอย่างรหัส 39

จากส่วนประกอบและข้อกำหนดที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนั้นจะเห็นได้ว่าชื่อ รหัส 39 ได้มาจากการที่มีแถบกว้าง 3 แถบจากแถบข้อมูลทั้งหมด 9 แถบนั่นเอง และรหัสนี้ยังมีส่วนที่เหมือนกับรหัสยูพีซี/เอียน คือ ในการแทนรหัสจะแยกความแตกต่างจากความกว้างของแถบ ถึงแม้ว่าในการแทนแถบด้วยเลขฐานสองนั้นจะใช้การแทนที่ต่างกันก็ตาม ดังแสดงตัวอย่างรหัส และการแทนรหัส 39 ในรูปที่ 2.6 และตารางที่ 2.7

2.5 ชนิดของส่วนหัวอ่านรหัสแถบ

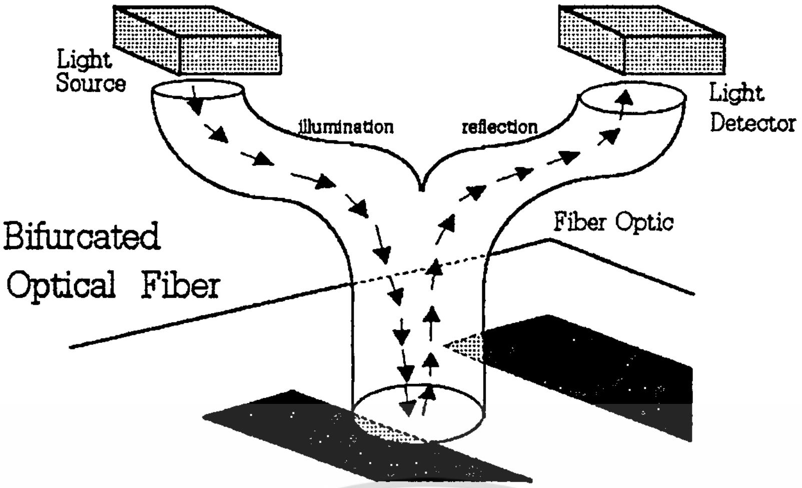
ในการใช้งานเพื่อที่จะอ่านรหัสแถบนั้นส่วนประกอบที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งที่ขาดไม่ได้ คือ ส่วนหัวอ่านรหัสแถบ ซึ่งส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการอ่านรหัสแถบแล้วแปลงสัญญาณที่ได้ไปเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเพื่อที่จะนำไปแปลงหรือถอดรหัสให้เป็นข้อมูลที่แท้จริง โดยพื้นฐานโครงสร้างของส่วนหัวอ่านรหัสแถบนี้ สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ หัวอ่านชนิดสัมผัสกับรหัสแถบโดยตรง กับ หัวอ่านชนิดไม่สัมผัสกับรหัสแถบ

2.5.1 หัวอ่านชนิดสัมผัสโดยตรง (contact scanner)

หัวอ่านชนิดสัมผัสโดยตรงนั้นโดยทั่วไป หมายถึง หัวอ่านแบบแวน (wand scanner) ซึ่งเป็นหัวอ่านแบบมือถือที่มีรูปร่างคล้ายกับปากกา มีขนาดเล็ก พกพาสะดวก และสามารถนำไปใช้ในที่ต่าง ๆ ได้ ในการอ่านรหัสแถบนั้นหัวอ่านแบบนี้จะต้องสัมผัสกับรหัสแถบโดยตรง โดยรูดหัวอ่านด้วยมือ

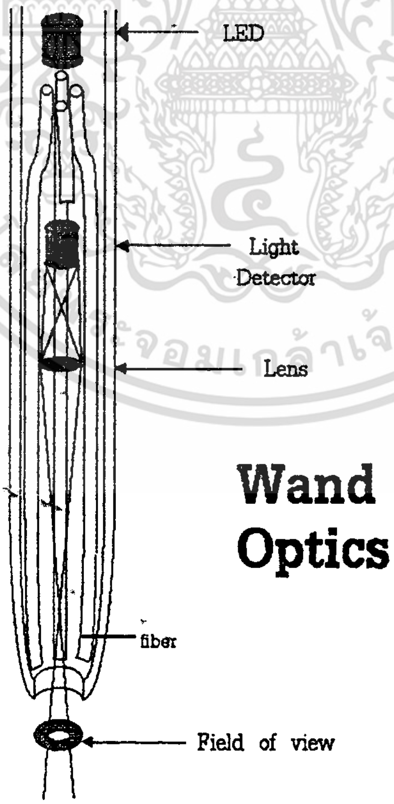
โครงสร้างของหัวอ่านแบบนี้จากลักษณะภายนอกจะมีรูปร่างคล้ายปากกา ส่วนภายในจะประกอบด้วยตัวกำเนิดแสงและตัวรับแสง ซึ่งหลักการทำงานคือตัวกำเนิดแสงจะให้แสงผ่านรูขนาดเล็กที่เปิดไว้ที่ปลายหัวอ่าน เมื่อแสงนี้ตกกระทบบนรหัสแถบก็จะเกิดสะท้อนและดูดกลืนตามคุณสมบัติของแสงที่มีต่อแถบขาวและแถบดำตามลำดับแสงที่สะท้อนกลับก็จะผ่านรูเปิดเดียวกันกลับมายังตัวรับแสงซึ่งทำหน้าที่ในการแปลงความเข้มของแสงที่สะท้อนกลับให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าที่จะเป็นค่าที่บ่งชี้ให้ทราบว่าขณะนั้นกำลังอ่านรหัสแถบส่วนที่เป็นแถบดำหรือแถบขาว ซึ่งโดยทั่วไปมักจะถูกแปลงให้อยู่ในลักษณะสัญญาณทางลอจิก คือ '0' หรือ '1' จากสัญญาณนี้ก็จะถูกส่งไปยังส่วนถอดรหัสให้ได้เป็นข้อมูลที่แท้จริง ซึ่งวงจรในส่วนของการถอดรหัสนั้นอาจจะมีอยู่ในตัวหัวอ่านหรือไม่ก็ได้ขึ้นกับความต้องการของผู้ใช้งานและผู้สร้างหัวอ่าน โครงสร้างของส่วนหัวอ่านนั้นในความจริงจะมีหลายลักษณะ แต่ที่เป็นพื้นฐานนั้นจะมีโครงสร้างเป็นดังรูปที่ 2.7 ซึ่งเป็นโครงสร้างของหัวอ่านแบบ bifurcated optical fiber wand แม้ว่าความจริงหัวอ่านที่นำมาใช้งานจะมีการเพิ่มเม็ดพลาสติกหรือแก้วที่ส่วนของหัวอ่านเพื่อใช้ในการโฟกัสให้ลำแสงมีขนาดเล็กและแม่นยำในการอ่านรหัสแถบที่มีขนาดเล็ก ๆ แต่หลักการพื้นฐานต่าง ๆ ก็จะคล้ายกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างของหัวอ่านรหัสแบบ bifurcated optical fiber wand

นอกจากนี้ยังมีหัวอ่านอีกชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมใช้งานอย่างมากในปัจจุบัน คือ หัวอ่านแบบที่ลำแสงจากตัวแหล่งกำเนิดแสงกับลำแสงที่มายังตัวรับแยกกันโดยลำแสงที่มาจากแหล่งกำเนิดแสงนั้นจะมีการแยกเป็นหลายลำแสงเพื่อให้ความเข้มแสงที่ตกกระทบรหัสแถบมีค่ามากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างของหัวอ่านแบบแวนที่มีใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวอ่านแบบสัมผัสโดยตรงนี้มีสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงอย่างมาก คือ ระยะห่างระหว่างหัวอ่านกับรหัสแถบ เพราะถ้าระยะห่างมีความผิดพลาดคลาดเคลื่อนไปจะมีผลทำให้ความถูกต้องและแม่นยำในการอ่านรหัสแถบลดลงซึ่งค่าระยะห่างนี้โดยทั่วไปจะเป็นระยะโฟกัสของตัวหัวอ่านและยังมีข้อควรระวังที่สำคัญ คือ รหัสแถบที่นำมาใช้งานมักจะมีการเคลือบพลาสติกเพื่อปกป้องรหัสแถบจากสิ่งสกปรกและป้องกันรอยขีดข่วนจากการใช้งาน ซึ่งความหนาของชั้นพลาสติกที่ใช้จะต้องไม่มากเกินไปจนทำให้รหัสแถบหลุดออกจากโฟกัสของตัวหัวอ่านรหัส สำหรับค่าตัวแปรที่สำคัญในการเลือกใช้งานหัวอ่านอีกค่าหนึ่ง คือ ความกว้างของรูเปิดของหัวอ่าน ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความคลาดเคลื่อนมากที่สุดของความกว้างของรหัสแถบที่หัวอ่านยังสามารถแยกได้ โดยในการใช้งานหัวอ่านแบบนี้เนื่องจากการอ่านรหัสแถบจะทำโดยการรูดหัวอ่านด้วยมือ จึงทำให้มีโอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนของความกว้างจากผลของความเร็วในการรูดที่ไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นในการถอดรหัสจะต้องมีการชดเชยผลที่เกิดจากความเร็วในการรูดหัวอ่านที่ไม่สม่ำเสมอ

สำหรับชนิดของแหล่งกำเนิดแสงภายในตัวหัวอ่านแบบแวนมีด้วยกันหลายชนิด แต่โดยทั่วไปจะใช้ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode, LED) ในช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 630-720 nm (แสงในช่วงสีแดงถึงแดงเข้ม) หรือ ในช่วง 720 - 900 nm (ในย่านของอินฟราเรดที่มองไม่เห็น)

2.5.2 หัวอ่านชนิดไม่สัมผัส (non-contact scanner)

หัวอ่านชนิดไม่สัมผัสมีข้อดีที่เหนือกว่าหัวอ่านแบบสัมผัสโดยตรง คือ หัวอ่านที่ใช้ในการอ่านรหัสแถบไม่จำเป็นต้องสัมผัสกับรหัสแถบโดยตรง โดยสามารถอ่านรหัสได้โดยหัวอ่านอยู่ห่างจากรหัสแถบ และยังเป็นการลดความผิดพลาดจากผลของระยะโฟกัสของลำแสงอีกด้วย ซึ่งหัวอ่านแบบไม่สัมผัสนี้ยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ

2.5.2.1 หัวอ่านชนิดไม่สัมผัสแบบแอกทีฟ (active non-contact scanner)

หัวอ่านรหัสแบบแอกทีฟนี้จะอาศัยหลักการของแสงเลเซอร์ (laser) ที่ลำแสงจะไม่กระจายออกเมื่อระยะทางของลำแสงมากขึ้น ทำให้การอ่านรหัสแถบสามารถทำได้ดีขึ้น และการประมวลผลสัญญาณมีความถูกต้องแม่นยำ ยิ่งไปกว่านั้นจากผลของระยะทางที่มีต่อการกระจายของลำแสงน้อย ทำให้หัวอ่านแบบนี้สามารถอ่านรหัสแถบที่อยู่บนผิวโค้งหรือผิวไม่เรียบได้อีกด้วย

หัวอ่านแบบไม่สัมผัสแบบที่ใช้เลเซอร์นั้นโดยทั่วไปมักจะพบในลักษณะที่เป็นแบบมือถือและแบบติดตั้งอยู่กับที่และลักษณะการอ่านของหัวอ่านแบบนี้จะมี 2 ลักษณะคือ แบบที่กวาดลำแสงผ่านรหัสแถบด้วยตัวเอง (self scanning)และแบบลำแสงอยู่กับที่แล้วให้รหัสแถบวิ่งผ่าน โดยแบบแรกจะเป็นแบบที่นิยมใช้งานมากกว่าเพราะให้ความถูกต้องแม่นยำในการอ่านสูงกว่า เพราะแบบที่ให้ลำแสงอยู่กับที่นั้นจะมีการกวาดลำแสงผ่านรหัสเพียงครั้งเดียวจึงมีโอกาสที่ข้อมูลจะผิดพลาดได้ แต่หัวอ่านแบบที่มีตัวกวาดลำแสงนั้นจะมีการกวาดลำแสงหลาย ๆ ครั้งจนกว่าจะได้ข้อมูลที่ถูกต้อง โดยจะมีอัตราในการกวาดลำแสงผ่านรหัสแถบระหว่าง 40-800 ครั้ง/วินาที ขึ้นกับลักษณะของหัวอ่านสำหรับหัวอ่านแบบพอร์ทเทเบิลจะมีอัตราการกวาดค่อนข้างต่ำเพราะหัวอ่านแบบนี้มักจะใช้อ่านรหัสแถบแบบที่ติดอยู่กับที่ แต่ถ้าเป็นการอ่านรหัสแถบบนสิ่งของที่มีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลาจะต้องมีอัตราในการกวาดที่สูง เช่น ในสายพานการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมและจากผลที่ต้องมีการอ่านรหัสแถบที่เคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลานอกจากทำให้ต้องมีอัตราการกวาดที่สูงมากแล้ว ยังต้องมีลักษณะในการกวาดในหลาย ๆ ทิศทางเพื่อให้สามารถอ่านรหัสแถบซึ่งอาจจะวางหรือติดอยู่ในลักษณะที่ไม่ได้เป็นเส้นตรง ซึ่งลักษณะการกวาดที่นิยมใช้ คือ การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กวาดเป็นรูปตัวเลข 8 และรูปดาว สำหรับหัวอ่านแบบพอร์ทเทเบิลจะนิยมใช้ในลักษณะที่เป็นเส้นตรงเท่านั้น เนื่องจากสามารถที่จะหมุนหรือปรับให้การกวาดของลำแสงอยู่ในแนวที่ถูกต้องได้

โดยปกติจะเห็นได้ว่าในขณะที่กำลังอ่านรหัสแถบจะมีลำแสงกวาดผ่านรหัสแถบซึ่งที่จริงแล้วในสมัยแรก ๆ ลำแสงนี้จะไม่ใช่แสงเลเซอร์ที่ใช้ในการอ่านรหัสแถบแต่เป็นแสงที่ใช้ในการบอกให้ทราบว่ากำลังกวาดลำแสงอยู่ที่ตำแหน่งใด (มักจะนิยมใช้แสงจาก LED ในย่านที่สามารถมองเห็นได้ เช่น LED สีแดง) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากในระยะเริ่มแรกแสงเลเซอร์ที่นำมาใช้งานจะอยู่ในย่านอินฟราเรด หรือ (Infrared,IR) แต่ปัจจุบันได้มีการสร้างแสงเลเซอร์ในย่านความถี่ที่สามารถมองเห็นได้ เรียกว่า Visible-light laser diode (VLD)

2.5.2.2 หัวอ่านชนิดไม่สัมผัสแบบพาสสีฟ (passive non-contact scanner)

การทำงานของหัวอ่านแบบนี้จะอาศัยหลักการคล้ายกับการถ่ายภาพ คือ การใช้แสงแฟลชฉายลงบนรหัสแถบ โดยจากคุณสมบัติของแสงที่มีต่อแถบขาวและแถบดำจะทำให้เกิดการสะท้อนและไม่สะท้อนแสงกลับไปยังส่วนรับแสงซึ่งถูกจัดเรียงในลักษณะที่เป็นแนวเส้นตรง หรือเป็นอาเรย์ (array) ที่ปกติจะใช้อุปกรณ์รับแสงที่เรียกว่า charge couple device (CCD) ซึ่งแสงตกลงบนอาเรย์รับแสงแต่ละตัวจะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าและสัญญาณนี้จะถูกส่งออกไปในลักษณะอนุกรมเพื่อนำไปประมวลผลหรือถอดรหัสให้ได้เป็นข้อมูลที่แท้จริงต่อไป

การที่หัวอ่านแบบนี้ใช้แสงแฟลชเป็นตัวกำเนิดแสงก็เพื่อต้องการเพิ่มความชัดลึกของภาพ(หรือระยะโฟกัส)ให้มีช่วงกว้างมากขึ้น หรือเป็นการเพิ่มระยะห่างในการอ่านรหัสแถบให้มีช่วงกว้างมากขึ้น ซึ่งจากคุณสมบัตินี้ทำให้สามารถอ่านรหัสแถบที่ระยะความห่างระหว่างหัวอ่านกับรหัสแถบได้เป็นระยะหลายนิ้ว อย่างไรก็ตามหัวอ่านแบบนี้จะมีข้อจำกัดที่ความกว้างของรหัสแถบที่สามารถอ่านได้จะขึ้นกับความกว้างของอาเรย์รับแสงของหัวอ่าน และความละเอียดในการอ่านก็ขึ้นกับขนาดและจำนวนของตัวอาเรย์รับแสง จากข้อจำกัดนี้ทำให้นิยมใช้หัวอ่านแบบนี้กับรหัสแถบที่มีขนาดหรือจำนวนข้อมูลแน่นอน เช่น รหัสยูพีซี/เอียน โดยในการใช้งานจริงแล้วจะต้องให้หัวอ่านอยู่ใกล้รหัสแถบมากที่สุดเพื่อให้ผลการอ่านที่ถูกต้องแม่นยำ ซึ่งข้อดีของหัวอ่านแบบนี้ที่เหนือกว่าแบบแวน คือ ในการอ่านรหัสแถบนั้นไม่ต้องมีการเคลื่อนที่ของตัวหัวอ่าน ซึ่งเมื่อเทียบกับแบบแวนแล้วจะทำให้ลดความผิดพลาดจากการรูดหัวอ่านด้วยมือและข้อดีที่เหนือกว่าหัวอ่านชนิดไม่สัมผัส แบบแอกทีฟหรือแบบที่ใช้เลเซอร์ คือ มีราคาที่ถูกกว่าในขณะที่มีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกันสำหรับหัวอ่านชนิดไม่สัมผัสแบบพาสสีฟจะมีใช้งานอยู่ 2 แบบ คือ แบบติดตั้งอยู่กับที่กับ แบบมือถือและเช่นเดียวกับหัวอ่านชนิดไม่สัมผัสแบบแอกทีฟ คือ ในการอ่านนั้นหัวอ่านแบบนี้จะกวาดเพื่ออ่านรหัสแถบจำนวนหลาย ๆ ครั้งเพื่อให้ได้ผลที่ถูกต้อง โดยปกติหัวอ่านแบบมือถือจะกวาดด้วยอัตรา 3-5 ครั้ง/วินาทีและสำหรับหัวอ่านแบบติดตั้งอยู่กับที่จะกวาดด้วยอัตรา 7-10 ครั้ง/วินาที

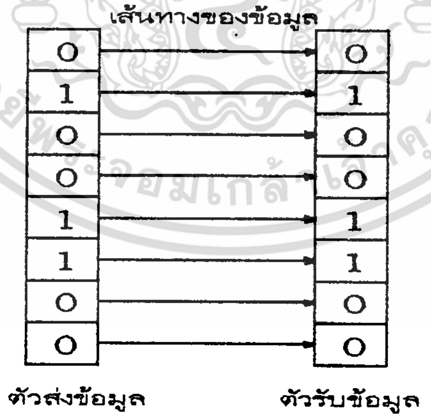
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
หลักการและโครงสร้างการเชื่อมต่อและการสื่อสารข้อมูล

จากโครงสร้างของระบบเก็บข้อมูลด้วยรหัสแถบนี้ได้ออกแบบให้มีลักษณะเป็นโครงข่ายข้อมูลดังนั้นจึงต้องมีส่วนการเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูลเพื่อใช้ในการติดต่อระหว่างอุปกรณ์แต่ละส่วนของระบบ ซึ่งโดยหลักการแล้วการเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถแบ่งออกได้เป็น ดังนี้

3.1 หลักการและโครงสร้างการสื่อสารข้อมูลแบบขนาน

การสื่อสารข้อมูลแบบขนานเป็นการสื่อสารที่ข้อมูลจะรับ-ส่งผ่านสายหรือช่องสัญญาณพร้อมกันหลายเส้น ดังในรูปที่ 3.1 ซึ่งจำนวนของสายหรือจำนวนของสัญญาณจะมีจำนวนที่ไม่แน่นอนขึ้นกับโครงสร้างการประมวลผลข้อมูลของระบบนั้น ๆ โดยข้อดีของการสื่อสารข้อมูลแบบนี้ คือ สามารถสื่อสารข้อมูลกันได้รวดเร็วในระยะเวลาสั้น ๆ แต่ข้อเสียก็คือจะสิ้นเปลืองสายสัญญาณเป็นจำนวนมากและถ้ายิ่งใช้ในการสื่อสารในระยะทางไกลๆ นอกจากจะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากยิ่งขึ้นแล้วยังทำให้สัญญาณจะถูกลดทอนลงไปด้วย ดังนั้นโดยทั่วไปแล้วการสื่อสารข้อมูลแบบขนานจึงนิยมนำไปใช้กับการสื่อสารข้อมูลในระยะทางสั้น ๆ ที่ต้องการสื่อสารข้อมูลด้วยอัตราที่สูง เช่น การเชื่อมต่อของสัญญาณระหว่างหน่วยประมวลผลกลางกับอุปกรณ์รอบข้าง หรือ การสื่อสารข้อมูลของเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ต่าง ๆ กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ในปัจจุบันนิยมใช้การสื่อสารตามมาตรฐาน IEEE-488 [14] ซึ่งเป็นการสื่อสารข้อมูลแบบขนานเช่นเดียวกัน



รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างการสื่อสารข้อมูลแบบขนาน

3.2 หลักการและโครงสร้างการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

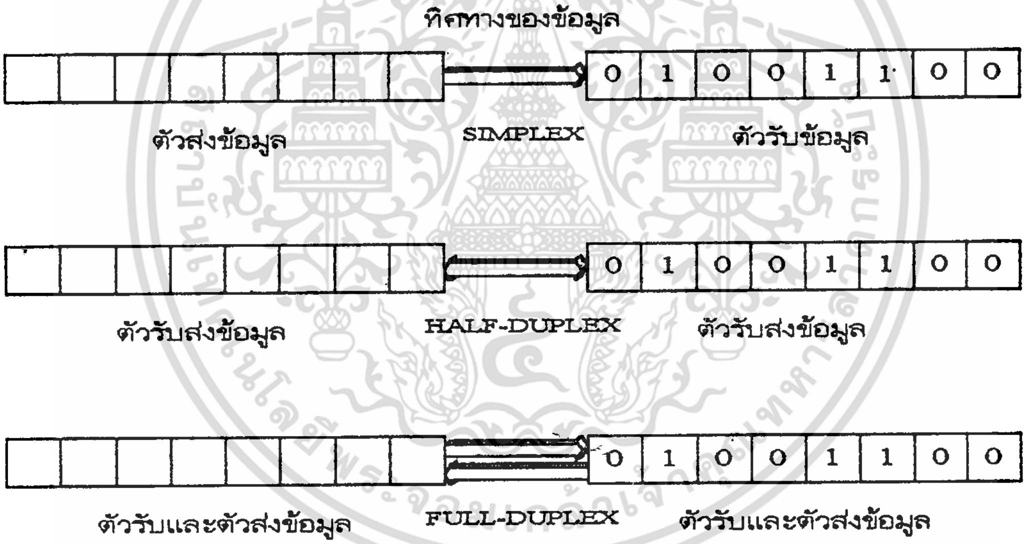
การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมเป็นการสื่อสารที่การรับหรือส่งข้อมูลจะใช้สายสัญญาณจำนวนน้อยซึ่งปกติจะใช้เพียง 1 คู่ คือ สายสัญญาณที่เป็นข้อมูลและสายกราวด์เปรียบเทียบ โดยข้อมูลจะส่งออกหรือรับเข้าในลักษณะที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่... ...การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นบิทต่อบิท ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการสื่อสารข้อมูลแบบขนานที่จำนวนข้อมูลและอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลเท่ากันแล้ว การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมจะต้องใช้เวลาในการรับ-ส่งข้อมูลมากกว่าอย่างแน่นอน แต่ข้อดีของการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมนี้ คือ การใช้สายสัญญาณน้อยกว่า และสามารถส่งสัญญาณได้ระยะทางไกลกว่าแม้ว่าอัตราการลดทอนหรือผิดเพี้ยนของสัญญาณที่มีผลจากความยาวของสายสัญญาณจะมีค่าเท่ากับการสื่อสารข้อมูลแบบขนานแต่การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมมีวิธีในการที่จะลดผลจากการลดทอนของสัญญาณนี้โดยอาศัยหลักการรับ-ส่งสัญญาณแบบดิฟเฟอเรนเชียลที่จะได้กล่าวถึงต่อไป ดังนั้นการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมจึงเหมาะสำหรับใช้กับการสื่อสารข้อมูลระยะไกล หรือ การสื่อสารที่ต้องการใช้สายหรือช่องสัญญาณในการรับส่งข้อมูลจำนวนน้อย เช่น การสื่อสารข้อมูลโครงข่ายแบบท้องถิ่น (Local Area Network,LAN)

จากที่ได้กล่าวไปแล้วการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมยังสามารถที่จะแบ่งตามลักษณะของทิศทางในการสื่อสารข้อมูล ตามโครงสร้างและความต้องการของระบบ ได้ดังนี้คือ

1. การสื่อสารในทิศทางเดียวตลอดเวลา หรือ simplex
2. การสื่อสารใน 2 ทิศทางแต่สลับเวลา หรือ half-duplex
3. การสื่อสารใน 2 ทิศทางตลอดเวลา หรือ full-duplex



รูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

simplex เป็นการสื่อสารข้อมูลในทิศทางใดก็จะใช้ทิศทางนั้นตลอดเวลาไม่มีการเปลี่ยนทิศทาง เช่น การส่งสัญญาณภาพจากสถานีไปยังเครื่องรับ หรือ การส่งข้อมูลไปยังวิทยุติดตามตัวหรือเพจเจอร์

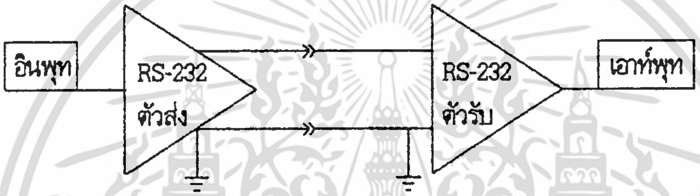
half-duplex เป็นการสื่อสารข้อมูลใน 2 ทิศทาง แต่ในขณะเวลาหนึ่งนั้นสัญญาณจะไปในทิศทางเดียวเท่านั้น ดังนั้นอุปกรณ์แต่ละตัวที่จะเชื่อมต่อหรือสื่อสารข้อมูลในลักษณะนี้จะต้องเป็นได้ทั้งตัวรับและตัวส่ง ซึ่งมีชื่อเรียกว่า ทรานซิฟเวอร์ (tranceiver) และจะต้องมีวงจรที่จะเลือกว่า ณ เวลานั้นจะการทำงานเป็นตัวรับหรือตัวส่ง

full-duplex เป็นการสื่อสารข้อมูลที่คล้ายกับ half-duplex แต่เป็นการสื่อสารข้อมูลใน 2 ทิศทางตลอดเวลา ดังแสดงลักษณะการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมในแบบต่าง ๆ ในรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232C

การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันนั้นได้มีการกำหนดมาตรฐานการรับ-ส่งข้อมูลไว้หลายแบบด้วยกัน แต่ที่ได้รับความนิยมนำมาใช้งานอย่างมาก คือ การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232C [14] และที่มาตรฐานนี้เป็นที่นิยมเนื่องจากเป็นระบบการสื่อสารข้อมูลที่ใช้ในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ IBM PC ซึ่งเป็นคอมพิวเตอร์ที่มีใช้อย่างแพร่หลายมากจากอดีตจนถึงปัจจุบัน มาตรฐานการสื่อสารนี้ในการออกแบบเบื้องต้นได้ออกแบบมาเพื่อสำหรับการเชื่อมต่อกับเครื่องโมเด็ม (MODEM, Modulator/Demodulator) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้การสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ผ่านทางสายโทรศัพท์ซึ่งทำให้อัตราการรับส่งข้อมูลถูกจำกัดให้มีค่าที่ค่อนข้างต่ำ และมาตรฐาน RS-232C นี้ได้ออกแบบให้มีโครงสร้างการสื่อสารเป็นแบบจุดต่อจุดเท่านั้น โดยมีลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าและทางกายภาพ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.3

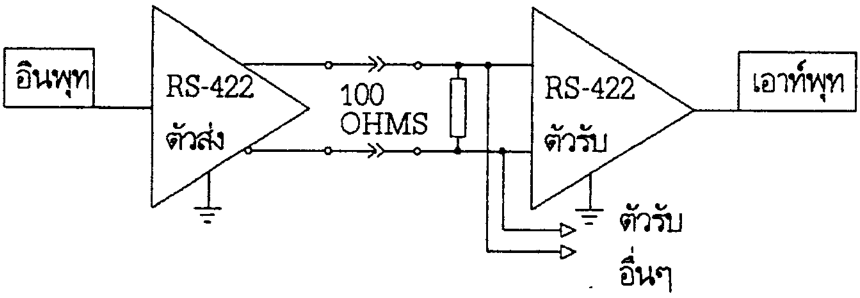


รูปที่ 3.3 แสดงโครงสร้างของการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232C

3.2.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-422A

ในการออกแบบระบบการสื่อสารข้อมูลจากที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบันได้มีการพยายามที่จะออกแบบให้การสื่อสารข้อมูลได้รวดเร็วยิ่งขึ้นและมีระยะในการสื่อสารที่มากขึ้นด้วย ซึ่งที่ผ่านมาการสื่อสารข้อมูลตามมาตรฐาน RS-232C ได้ออกแบบเพื่อใช้เชื่อมต่อกับโมเด็มเท่านั้นจึงไม่ได้คำนึงถึงความเร็วและระยะทางในการสื่อสาร แต่ในปัจจุบันได้มีมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลใหม่ที่ได้ออกแบบมาเพื่อรองรับความต้องการของผู้ใช้งานที่ต้องการให้การรับ-ส่งข้อมูลได้ระยะทางไกลและรวดเร็วขึ้น มาตรฐานนี้คือ RS-422A [14] ซึ่งการที่มาตรฐานการสื่อสารนี้สามารถรับ-ส่งข้อมูลได้ไกลและรวดเร็วขึ้นมาจากหลักการที่ใช้สัญญาณเป็นแบบดิฟเฟอเรนเชียล ดังแสดงในรูปที่ 3.4 ซึ่งหลักการก็คือสัญญาณที่รับ-ส่งจะเป็นการเปรียบเทียบระหว่างสายสัญญาณ 2 เส้น เทียบกับมาตรฐาน RS-232C ที่สัญญาณทุกสัญญาณจะเทียบกับกราวด์ ซึ่งในการสื่อสารในระยะทางไกล ๆ แล้วสัญญาณจะถูกลดทอนไปและเมื่อสัญญาณถูกลดทอนถึงจุด ๆ จุดหนึ่งสัญญาณนั้นก็จะผิดพลาดไปจากความเป็นจริงก็ทำให้การรับ-ส่งข้อมูลเกิดความผิดพลาดขึ้น แต่สำหรับสัญญาณแบบดิฟเฟอเรนเชียลแล้วการลดทอนของสัญญาณก็จะไปลดทอนทั้งสองสายด้วยค่าที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกัน และความแตกต่างของสัญญาณระยะสัญญาณทั้ง 2 เส้น จากตัวส่งไปยังตัวรับก็ยังคงมีค่าเท่าเดิมหรือเปลี่ยนแปลงน้อย จึงทำให้ผลของการลดทอนต่อสัญญาณที่ระยะการสื่อสารที่ไกลมีผลต่อสัญญาณดิฟเฟอเรนเชียลมีค่าน้อยกว่า การสื่อสารข้อมูลแบบนี้จึงสามารถส่งข้อมูลได้ไกลกว่าและอัตราการสื่อสารข้อมูลสูงกว่า ดังแสดงตารางเปรียบเทียบการมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลในตารางที่ 3.1

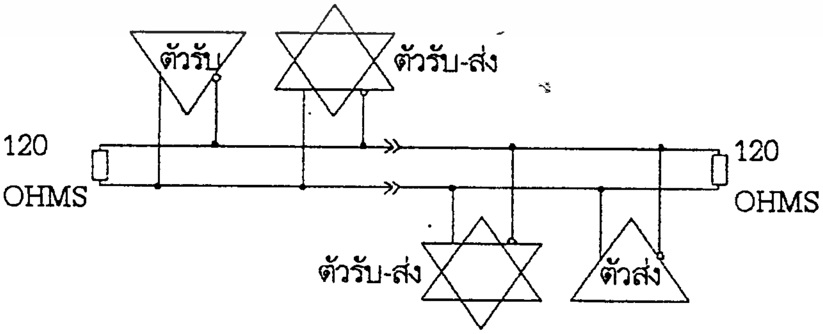
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงโครงสร้างของการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-422A

3.2.3 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-485

การสื่อสารข้อมูลตามมาตรฐานที่กล่าวมาข้างต้นคือ RS-232C นั้นเป็นมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลในแบบที่ใช้สื่อสารระหว่างอุปกรณ์ต่ออุปกรณ์ หรือ จุดต่อจุด (point-to-point) ส่วน RS-422A นั้นเป็นมาตรฐานที่พัฒนามาจาก RS-232C ให้ได้ระยะทางไกลขึ้นและอัตราการสื่อสารเพิ่มขึ้น แต่ก็ยังเป็นการสื่อสารข้อมูลจากอุปกรณ์หนึ่งตัวไปยังอุปกรณ์อื่น ๆ ได้สูงสุด 32 ตัวเท่านั้น ไม่สามารถส่งย้อนกลับจากอุปกรณ์ 32 ตัวได้ หรือ กล่าวได้ว่าการสื่อสารข้อมูลตามมาตรฐาน RS-422A นั้นเป็นการสื่อสารข้อมูลแบบ simplex คือ ทิศทางของข้อมูลเป็นแบบทางเดียวตลอดเวลา ดังนั้นถ้าต้องการออกแบบระบบให้เป็นลักษณะโครงข่ายข้อมูลก็จะไม่สามารถทำได้จึงมีการพัฒนามาตรฐานการสื่อสารข้อมูลขึ้นใหม่เพื่อรองรับความต้องการนี้ คือ มาตรฐาน RS-485 [14] ซึ่งเป็นมาตรฐานที่อาศัยหลักการของสัญญาณแบบดิฟเฟอเรนเชียลเช่นเดียวกับมาตรฐาน RS-422A แต่สามารถสื่อสารข้อมูลได้ทั้ง 2 ทิศทางในสายสัญญาณเพียงคู่เดียว ซึ่งก็คือการสื่อสารข้อมูลแบบ half-duplex จากผลของการใช้สัญญาณในลักษณะดิฟเฟอเรนเชียลนี้ทำให้ระยะทางและความเร็วในการสื่อสารข้อมูลมีค่าสูงเช่นเดียวกับมาตรฐานการสื่อสารข้อมูล RS-422A แต่มาตรฐาน RS-485 สามารถที่จะสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ทั้งการรับและการส่งของอุปกรณ์ได้สูงสุด 32 ตัว หรือ อาจกล่าวได้ว่า การสื่อสารตามมาตรฐาน RS-485 เป็น การสื่อสารแบบหลายจุด (multipoint communication) ดังแสดงค่าเปรียบเทียบในตารางที่ 3.1 และแสดงโครงสร้างในรูปที่ 3.5 ดังนั้นจึงได้เลือกใช้การสื่อสารข้อมูลอนุกรมตามมาตรฐาน RS-485 เป็นมาตรฐานสำหรับใช้ในวิทยานิพนธ์นี้



รูปที่ 3.5 แสดงโครงสร้างของการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-485

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าเปรียบเทียบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ RS-232C, RS-422A และ RS-485 [14]

พารามิเตอร์	RS-232-C	RS-422-A	RS-485
โหมดการทำงาน	Single-ended	Diferrential	Diferrential
จำนวนของตัวรับและตัวส่งที่ยอมรับได้	1 ตัวส่ง 1 ตัวรับ	1 ตัวส่ง 10 ตัวรับ	32 ตัวส่ง 32 ตัวรับ
ความยาวของคู่สายสัญญาณรับส่งข้อมูล	50 ฟุต	4000 ฟุต	4000 ฟุต
อัตราการส่งข้อมูลสูงสุด (บิทต่อวินาที)	20 k	10 M	10 M
maximum common mode voltage	± 2.5 V	6 V - 2.5 V	12 V -7 V
Driver output	± 5 V ต่ำสุด ± 15 V สูงสุด	± 2 V ต่ำสุด	± 1.5 V ต่ำสุด
Driver load Ω	3 k ถึง 7 k	100 ต่ำสุด	60 ต่ำสุด
Driver slew rate	30 V/μs สูงสุด	NA	NA
กระแสลิมิตเมื่อเอาท์พุทลัดวงจร	500 mA ลัดวงจรกับ VCC หรือ GND	150 mA ลัดวงจร กับ GND	150 mA ลัดกับ GND 250 mA ลัดกับ 8 V หรือ 12 V
ค่าความต้านทานเอาท์พุทของตัวส่ง Ω	NA (power on) 300 (power off)	NA (power on) 60 k (power off)	120 k (power on) 120 k (power off)
ค่าความต้านทานอินพุทของตัวรับ Ω	3 k ถึง 7 k	4 k	12 k
ความไวของตัวรับ	± 3 V	± 200 mV	± 200 mV

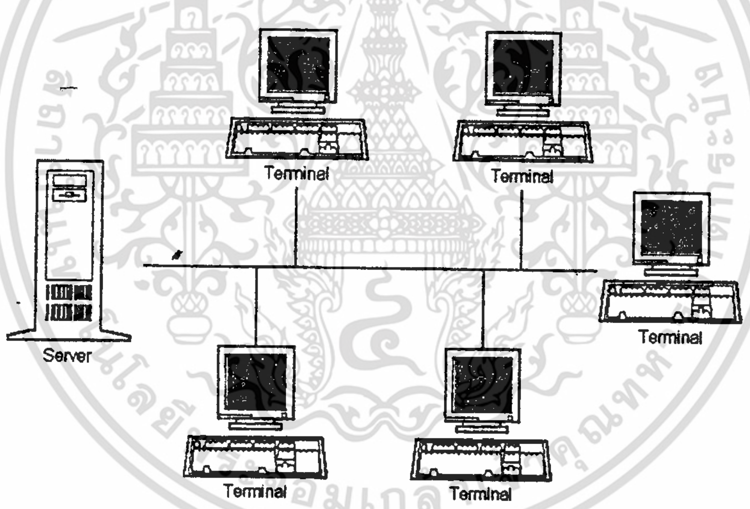
3.3 หลักการและโครงสร้างการสื่อสารข้อมูลเป็นโครงข่าย

ในการสื่อสารข้อมูลที่ต้องการให้อุปกรณ์หลาย ๆ ตัวสามารถติดต่อและสื่อสารกันได้จะเป็นลักษณะโครงสร้างที่มีชื่อเรียกเฉพาะว่า โครงข่าย (network) โดยอุปกรณ์ที่ต่ออยู่ภายในโครงข่ายนั้นจะมีชื่อเรียกว่า โหนด (node) และเนื่องจากการที่มีโหนดหลายตัวอยู่ในโครงข่ายจึงต้องมีการจัดวางตำแหน่งโหนดเพื่อให้เหมาะกับการนำไปใช้งานตามความต้องการของระบบ ซึ่งก็คือ การจัดโครงสร้างของโครงข่าย (network configuration) หรือ โทโปโลยี (topology) โดยโทโปโลยีหรือโครงสร้างของโครงข่ายนั้นสามารถจัดได้หลายแบบ ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียที่ต่างกัน ดังจะได้กล่าวต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 การสื่อสารข้อมูลเป็นโครงข่ายแบบบัส

โครงสร้างการโครงข่ายในการสื่อสารข้อมูลแบบบัส (bus network) นี้เป็นโครงสร้างของโครงข่ายข้อมูลที่ได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบันโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับโครงข่ายข้อมูลแบบท้องถิ่น เนื่องจากความสะดวกและง่ายในการควบคุมการทำงานของระบบ เพราะจากโครงสร้างของโครงข่ายข้อมูลแบบนี้จะใช้สายสัญญาณเพียงชุดเดียวในการรองรับการสื่อสารข้อมูลของระบบ ดังในรูปที่ 3.6 ซึ่งจากคุณสมบัติที่กล่าวนี้ยังทำให้การส่งข้อมูลจากศูนย์กลางข้อมูลสามารถที่จะกระจายไปยังอุปกรณ์ที่ต่ออยู่กับโครงข่ายได้พร้อมกันด้วยการส่งเพียงครั้งเดียว ทำให้สิ้นเปลืองสายสัญญาณน้อยกว่า และสามารถสื่อสารข้อมูลใน 2 ทิศทางแบบสลับเวลา หรือ half-duplex และในกรณีที่ต้องการให้การสื่อสารข้อมูลรวดเร็วขึ้นยังสามารถจะขยายระบบให้การสื่อสารข้อมูลพร้อมกันได้ใน 2 ทิศทางแบบตลอดเวลา หรือ full-duplex โดยการเพิ่มสายหรือช่องสัญญาณที่ขนานไปกับสายหรือช่องสัญญาณเดิมอีก 1 ชุด จากที่กล่าวจะแสดงให้เห็นถึงข้อดีของโครงสร้างของโครงข่ายแบบนี้แต่โครงข่ายแบบนี้ก็มีข้อเสียที่สำคัญ คือในกรณีระบบเกิดทำงานผิดปกติการตรวจหาจุดที่เกิดปัญหานั้นทำได้ยากและอาจทำให้โครงข่ายทั้งระบบทำงานไม่ได้เพราะสายหรือช่องสัญญาณในการสื่อสารข้อมูลมีเพียงชุดเดียว ซึ่งในการพัฒนาต่อมาได้ทำให้โหนดที่เกิดทำงานผิดปกติสามารถตัดออกจากโครงข่ายได้โดยไม่รบกวนต่อระบบ



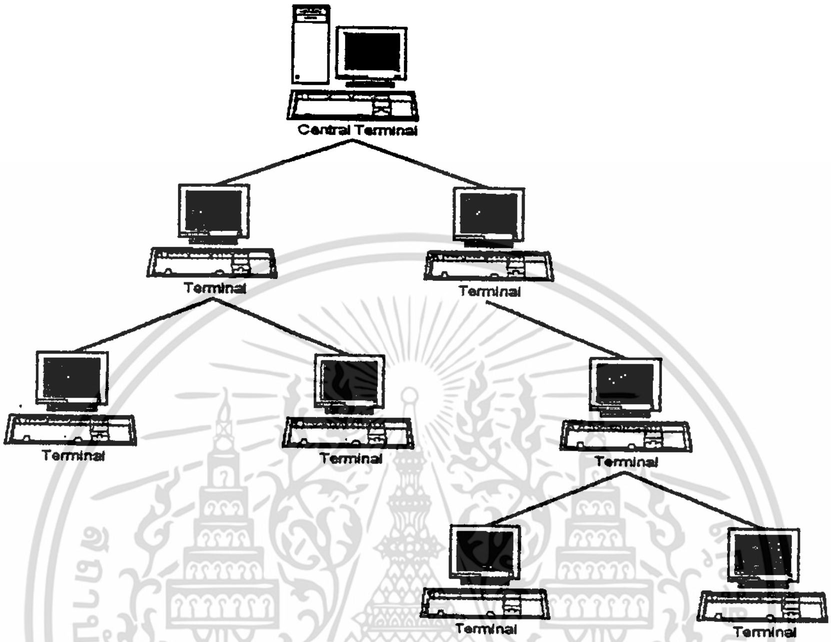
รูปที่ 3.6 แสดงโครงสร้างของโครงข่ายแบบบัส

3.3.2 การสื่อสารข้อมูลเป็นโครงข่ายแบบทรี

โครงข่ายการสื่อสารข้อมูลแบบทรี (tree network) เป็นโครงสร้างของโครงข่ายข้อมูลที่สามารถควบคุมระบบได้ง่าย โดยโครงสร้างของโครงข่ายข้อมูลแบบนี้มีการกระจายศูนย์กลางควบคุมออกไปอย่างเป็นลำดับชั้นคล้ายกับการแผ่กิ่งก้านของต้นไม้ ดังในรูปที่ 3.7 ซึ่งที่ทุกจุดแยกจะมีศูนย์กลางย่อยเพื่อทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของโหนดย่อยที่แยกออกไปจากจุดนี้ ทำให้การควบคุม,การหาจุดผิดปกติและการแก้ไขสามารถทำได้สะดวกรวดเร็วกว่าและยังเป็นการลดความหนาแน่นของงานที่ศูนย์กลางหลักของระบบ อย่างไรก็ตามโครงสร้างของโครงข่ายแบบนี้ก็ยังข้อเสียที่มีโอกาสที่ข้อมูลจะกระจุกเป็นคอขวดอยู่ที่ตำแหน่งศูนย์กลางได้ และถ้าโหนดที่มีลำดับชั้นที่สูงกว่าเกิดมีปัญหาขึ้นมาจะมีผลต่อโหนดที่ลำดับชั้นต่ำกว่าด้วยและจะมีผลกระทบมากยิ่งขึ้นถ้าโหนดที่ทำงานผิดปกติเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลางย่อย ผลจากการเกิดเหตุการณ์นี้อาจมีผลให้ข้อมูลเกิดความการสูญหายหรือผิดพลาดและเป็นการลดความเชื่อถือได้ของระบบอีกด้วย ยิ่งไปกว่านั้นในการที่จะสื่อสารกันระหว่างโหนดที่มีลำดับชั้นต่างกันจะทำได้ยาก เพราะจะต้องผ่านข้อมูลหลายขั้นตอนตามลำดับชั้นของโครงข่าย แต่อย่างไรก็ตามโครงสร้างการสื่อสารแบบนี้ก็ยังได้รับความนิยมนำไปใช้งาน เนื่องจากการที่สามารถเพิ่มจำนวนโหนดทำได้ง่าย

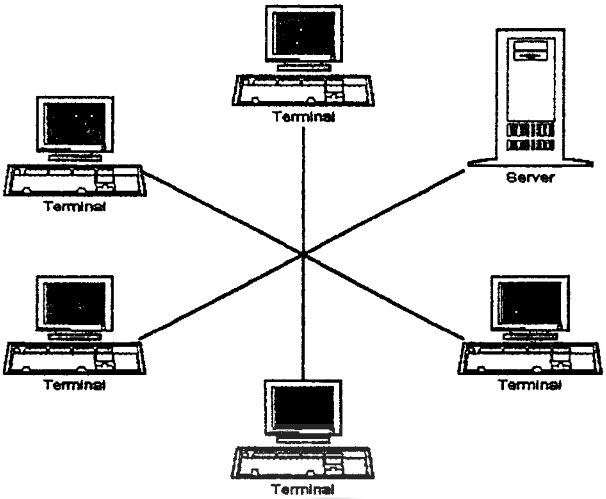


รูปที่ 3.7 แสดงโครงสร้างของโครงข่ายแบบทรี

3.3.3 การสื่อสารข้อมูลเป็นโครงข่ายแบบสตาร์

โครงสร้างของโครงข่ายการสื่อสารข้อมูลแบบสตาร์ (star network) เป็นโครงสร้างที่ได้รับความนิยมนำมาใช้อย่างมากทั้งในอดีตจนปัจจุบัน เนื่องจากความง่ายและความสะดวกในการควบคุม รวมทั้งโปรแกรมควบคุมก็ไม่ซับซ้อน โดยโครงสร้างของโครงข่ายการสื่อสารข้อมูลแบบนี้จะต้องเป็นการสื่อสารกันผ่านศูนย์กลางหลักของระบบเท่านั้น และสายสัญญาณของแต่ละโหนดจะกระจายออกไปจากศูนย์กลางข้อมูลเพียงจุดเดียว ดังในรูปที่ 3.8 ซึ่งจากโครงข่ายแบบที่กล่าวมาจะคล้ายกับโครงสร้างของโครงข่ายแบบทรี แต่โครงข่ายแบบสตาร์จะมีข้อจำกัดในแง่ของจำนวนโหนดที่มาต่อเข้ากับระบบ และยังมีข้อเสียที่คล้ายกับโครงข่ายแบบทรี คือ มีโอกาสที่จะเกิดการกระจุกของข้อมูลรวมทั้งการเสียหายหรือการทำงานผิดปกติของศูนย์กลางของระบบจะมีผลให้โครงข่ายทำงานไม่ได้หรือทำให้เกิดความผิดพลาดของข้อมูลขึ้นได้ จึงเป็นการลดความน่าเชื่อถือของข้อมูลภายในระบบซึ่งในปัจจุบันได้มีการพยายามเพิ่มความน่าเชื่อถือโดยเพิ่มศูนย์กลางสำรองที่จะทำงานแทนศูนย์กลางข้อมูลหลักในกรณีที่ไม่สามารถทำงานได้ อย่างไรก็ตามโครงข่ายแบบนี้ก็มีข้อดีที่สามารถแยกโหนดที่ทำงานผิดปกติได้ง่ายกว่าและเส้นทางในการสื่อสารของแต่ละโหนดจะแยกจากกันเป็นอิสระทำให้โหนดแต่ละตัวภายในโครงข่ายแบบนี้สามารถสื่อสารข้อมูลกันได้แม้ว่าจะมีอัตราการสื่อสารข้อมูล, มาตรฐานการสื่อสารข้อมูล และโครงสร้างของข้อมูลที่ต่างกัน

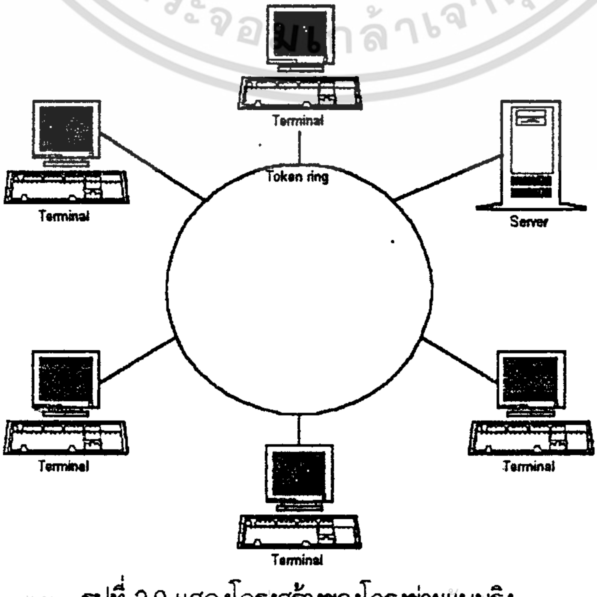
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แสดงโครงสร้างของโครงข่ายแบบสตาร์

3.3.4 การสื่อสารข้อมูลเป็นโครงข่ายแบบริง

โครงสร้างของโครงข่ายข้อมูลแบบริง (ring network) นี้ก็เป็นโครงข่ายอีกแบบหนึ่งที่ได้รับความนิยมนำไปใช้งาน โดยสาเหตุที่เรียกโครงข่ายแบบนี้ว่าเป็นริง เนื่องจากโครงสร้างทางกายภาพของระบบที่การไหลเวียนของข้อมูลจะวนอยู่ในลักษณะเป็นวงกลมและข้อมูลจะไหลไปในทิศทางเดียว ดังแสดงในรูปที่ 3.9 โดยการทำงานเริ่มจากเมื่อข้อมูลเข้ามาที่โหนดก็จะทำการตรวจสอบว่าเป็นข้อมูลของโหนดที่กำลังติดต่อสื่อสารกันอยู่หรือไม่ ถ้าใช่ก็จะรับข้อมูลนี้เข้าไปแต่ถ้าไม่ใช่ก็จะทำการส่งข้อมูลไปยังโหนดถัดไปและทำในลักษณะเดียวกันต่อไปภายในโครงข่าย โดยข้อดีของโครงข่ายแบบนี้ คือ จะไม่เกิดการกระจุกกันของข้อมูล และมีโครงสร้างที่ง่ายต่อการควบคุมเพราะโหนดทุกโหนดจะทำงานในลักษณะเหมือนกัน แต่ก็มีข้อเสียที่สำคัญ คือ ถ้าสายสัญญาณภายในโครงข่ายเกิดเสียหรือขาดก็จะทำให้โครงข่ายของระบบหยุดทำงาน และมีโอกาสที่ข้อมูลซึ่งไม่ต้องการหรือไม่ใช้งานแล้วยังคงวิ่งวนอยู่ภายในโครงข่ายทำให้ความสามารถในการสื่อสารข้อมูลของระบบลดลง

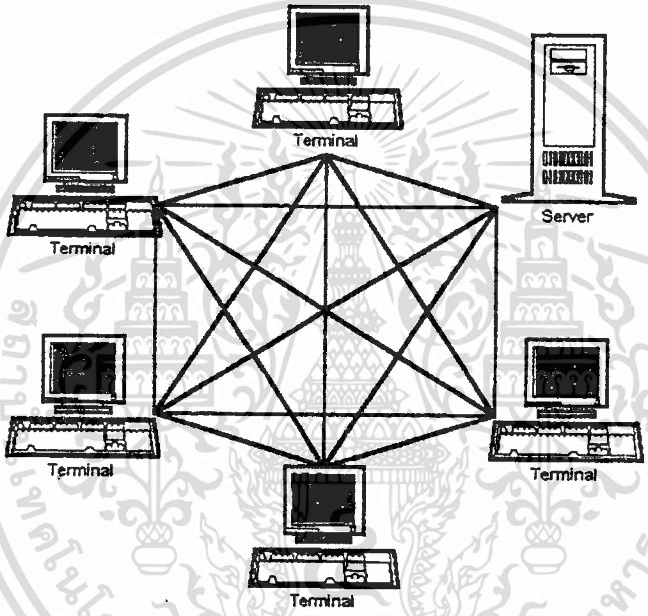


รูปที่ 3.9 แสดงโครงสร้างของโครงข่ายแบบริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 การสื่อสารข้อมูลเป็นโครงข่ายแบบเมช

โครงสร้างของโครงข่ายข้อมูลแบบเมช (mesh network) เป็นโครงข่ายที่จะมีช่องสัญญาณที่จะให้โหนดแต่ละตัวสามารถจะสื่อสารข้อมูลไปยังโหนดอื่นทุกตัวได้โดยไม่ผ่านโหนดอื่น ๆ ดังในรูปที่ 3.10 โดยโครงข่ายแบบนี้มีข้อดีที่สำคัญ คือสามารถแก้ปัญหาการกระจุกของข้อมูลและปัญหาการที่อุปกรณ์และช่องสัญญาณเกิดเสียหรือผิดปกติ อย่างไรก็ตามโครงข่ายแบบนี้ก็มีข้อเสียที่การวางโครงข่ายจะมีความสลับซับซ้อน, การควบคุมระบบทำได้ยาก, มีช่องสัญญาณที่ไม่ได้ใช้งาน(ใช้งานช่องสัญญาณไม่คุ้มค่า) และความสิ้นเปลืองสายสัญญาณเป็นจำนวนมากถ้ามีจำนวนโหนดมากขึ้นจึงทำให้ไม่ค่อยได้รับความนิยมนำไปใช้งาน แต่ถึงกระนั้นก็ตามถ้าผู้ใช้งานโครงข่ายที่ต้องการความเชื่อถือได้ของข้อมูลสูงแล้วก็ควรจะเลือกใช้โครงข่ายแบบเมช



รูปที่ 3.10 แสดงโครงสร้างของโครงข่ายแบบเมช

ในวิทยานิพนธ์ได้ใช้โครงสร้างของโครงข่ายข้อมูลแบบบัสในการสื่อสารข้อมูล เนื่องจากโครงสร้างพื้นฐานของวิทยานิพนธ์นั้นจะมีศูนย์กลางข้อมูลเพียงจุดเดียวจึงไม่เหมาะที่จะใช้โครงข่ายแบบทรีและแบบเมช สำหรับโครงข่ายแบบริงนั้นจะมีขั้นตอนและวิธีการควบคุมที่ยุ่งยากและสลับซับซ้อนมาก และสำหรับโครงข่ายแบบสตาร์จะมีข้อจำกัดที่จำนวนของโหนดที่จะมาต่อ, สายสัญญาณที่ใช้ก็จะต้องใช้มากกว่า(เทียบกันเมื่อจำนวนโหนดเท่ากัน), มีการกระจุกของข้อมูลที่ศูนย์กลางและในการสื่อสารแต่ละครั้งจะสามารถติดต่อกับโหนดได้เพียงครั้งละโหนดเท่านั้นและเมื่อนำมาเทียบกับโครงข่ายแบบบัสซึ่งจะใช้สายสัญญาณน้อย, การควบคุมระบบทำได้ง่ายกว่า, สามารถสื่อสารข้อมูลกับโหนดได้หลายตัวพร้อมกันด้วยส่งสัญญาณเพียงครั้งเดียวโดยใช้สายสัญญาณเพียงชุดเดียวและเป็นโครงข่ายที่เหมาะสำหรับการที่จะมีศูนย์กลางข้อมูลเพียงจุดเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 โปรโตคอล

องค์ประกอบสำคัญสำหรับการเป็นโครงข่ายข้อมูลนอกจากหลักการและโครงสร้างของโครงข่ายที่ได้กล่าวถึงแล้ว ยังมีองค์ประกอบที่สำคัญและขาดไม่ได้สำหรับการเป็นโครงข่าย คือ กฎหรือข้อกำหนดในการสื่อสารข้อมูล หรือที่นิยมเรียกว่า โปรโตคอล (protocols) ซึ่งเป็นส่วนที่จะกำหนดมาตรฐานของในการควบคุมและจัดการระบบการสื่อสารข้อมูลในส่วนต่าง ๆ ซึ่งสามารถแบ่งโปรโตคอลได้เป็นหลายลำดับชั้น (layer) ซึ่งมาตรฐานการแบ่งระดับนั้นได้มีองค์กรต่าง ๆแบ่งไว้หลายแบบ แต่ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด คือ การแบ่งลำดับชั้นตามมาตรฐาน OSI (open system interconnection) ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 7 ลำดับชั้น ดังนี้

1. physical layer
2. data-link layer
3. network layer
4. transport layer
5. session layer
6. presentation layer
7. application layer

โดยในลำดับชั้นที่ 1-3 จะเป็นการควบคุมและจัดการการสื่อสารข้อมูลทางกายภาพ ส่วนในลำดับชั้น 5-7 เป็นลำดับชั้นที่ควบคุมและจัดการในส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน และสำหรับลำดับชั้นที่ 4 เป็นส่วนที่เชื่อมโยงระหว่าง 3 ลำดับชั้นล่าง(ชั้น 1-3) กับ 3 ลำดับชั้นบน(ชั้น 5-7)

สำหรับรายละเอียดที่กล่าวในที่นี้จะเกี่ยวข้องเฉพาะในส่วนของโปรโตคอลการควบคุมการเชื่อมโยงข้อมูล(data link control protocols หรือ DLCP) ซึ่งจัดการในส่วนของขั้นตอนและหลักการต่าง ๆ คือ โครงสร้างและรายละเอียดของข้อมูล, วิธีในการสื่อสารข้อมูล, การตรวจสอบและแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูล, และขบวนการในการควบคุมการติดต่อสื่อสาร โดย DLCP แบ่งได้ตามโครงสร้างของข้อมูล 2 แบบ คือ Byte-oriented protocols และ Bit-oriented protocols

3.4.1 ไบท์โอเรียนท์โปรโตคอล (Byte-oriented protocols)

โปรโตคอลแบบนี้เป็นโปรโตคอลที่การสื่อสารข้อมูลและการควบคุมการทำงานจะทำโดยใช้ลักษณะข้อมูลที่เป็นตัว(character) หรือ ไบท์(byte)

1. อะซิงโครนัสโปรโตคอล (Asynchronous protocols)

โปรโตคอลในการสื่อสารข้อมูลนี้จะใช้การสื่อสารข้อมูลแบบ half-duplex ที่มีลักษณะการสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส ซึ่งเป็นการสื่อสารข้อมูลแบบพื้นฐานที่ใช้งานมาเป็นเวลานานแล้ว จึงมีรายละเอียดและขั้นตอนในการสื่อสารข้อมูลที่ทำให้มีโอกาสเกิดความผิดพลาดได้ง่ายแต่อย่างไรก็ตามการสื่อสารข้อมูลแบบนี้ก็มีข้อดีที่มีโครงสร้างการทำงานที่ง่าย และอุปกรณ์ที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลก็ไม่สลับซับซ้อนและมีราคาถูก โปรโตคอลแบบนี้จึงเหมาะสำหรับใช้ในระบบขนาดเล็ก และระบบที่มีการสื่อสารข้อมูลด้วยความเร็วไม่สูงมากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ไบนารี่ซิงโครนัสโปรโตคอล (Binary synchronous protocol)

โปรโตคอลแบบนี้จะมีลักษณะการทำงานที่ใช้งานข้อมูลเป็นในลักษณะไบท์ และยังคงใช้การสื่อสารข้อมูลแบบ half-duplex ซึ่งจะคล้ายกับอะซิงโครนัสโปรโตคอล แต่ที่ต่างกันคือ จะใช้การสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส และรายละเอียดและขั้นตอนในการสื่อสารข้อมูลที่ให้ความน่าเชื่อถือมากกว่า อีกทั้งยังสามารถใช้อัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลที่สูงกว่า โดยตัวอย่างของการสื่อสารข้อมูลแบบนี้ที่ได้มีการกำหนดเป็นมาตรฐานแล้ว คือ การสื่อสารข้อมูลตามมาตรฐาน BSC (binary synchronous communications) ซึ่งเป็นโปรโตคอลที่มีลักษณะของข้อมูลแบบไบท์ที่ได้รับความนิยมนำไปใช้งาน

3.4.2 บิทโอเรียนท์โปรโตคอล (Bit-oriented protocols)

โปรโตคอลแบบนี้เป็นโปรโตคอลที่การสื่อสารข้อมูลและการควบคุมการทำงานจะทำโดยใช้ลักษณะข้อมูลที่เป็นบิท (bit) โดยมีตัวอย่างของการสื่อสารข้อมูลในลักษณะนี้ที่มีการกำหนดขึ้นเป็นมาตรฐานแล้ว คือ HDLC (high-level data link control) โดยมีโครงสร้างของข้อมูลแบบซิงโครนัสเช่นเดียวกับ BSC แต่ต่างกันที่มีลักษณะของข้อมูลเป็นแบบบิท ซึ่งโปรโตคอลแบบนี้มีข้อดีที่สามารถสื่อสารข้อมูลแบบ full-duplex ได้ ทำให้การสื่อสารข้อมูลได้รวดเร็วกว่า แต่โปรโตคอลแบบนี้ก็มีรายละเอียดและโครงสร้างในการสื่อสารข้อมูลที่สลับซับซ้อนมาก ทำให้การควบคุมการทำงานทำได้ยากและต้องใช้อุปกรณ์ที่มีราคาสูง จึงไม่เหมาะที่จะนำไปใช้งานกับระบบขนาดเล็ก

3.4.3 โปรโตคอลสำหรับโครงข่ายการเก็บข้อมูลด้วยรหัสแถบ

เนื่องจากในวิทยานิพนธ์นี้เป็นโครงข่ายการสื่อสารข้อมูลแบบบัสที่ใช้การสื่อสารข้อมูลแบบหลายจุดตามมาตรฐาน RS-485 ซึ่งมีลักษณะการสื่อสารข้อมูลแบบ half-duplex ดังนั้นโปรโตคอลที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งานคืออะซิงโครนัสโปรโตคอล (เนื่องจากโครงสร้างการสื่อสารข้อมูลแบบหลายจุดตามมาตรฐาน RS-485 ไม่เหมาะสมที่จะใช้งานกับการสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส) แต่โดยโครงสร้างของโปรโตคอลแบบนี้ยังมีรายละเอียดและขั้นตอนในการสื่อสารข้อมูลที่น้อย ทำให้อาจมีโอกาสผิดพลาดเกิดขึ้นได้ง่าย จึงได้นำเอาลักษณะของรายละเอียดและขั้นตอนการสื่อสารข้อมูลของโปรโตคอลแบบ BSC มาใช้งานแทน ดังนั้นโปรโตคอลที่นำมาใช้งานจริงจึงเป็นโปรโตคอลที่เกิดจากการรวมระหว่างอะซิงโครนัสโปรโตคอล กับ โปรโตคอลแบบ BSC หรือ อาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า คือ โปรโตคอลแบบ BSC ที่ใช้รูปแบบการสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส ดังแสดงในรายละเอียด ดังนี้

โปรโตคอลแบบ BSC มีรูปแบบของเฟรม (frame format) เป็นดังรูปที่ 3.11 ซึ่งภายในเฟรมจะมีส่วนประกอบแต่ละส่วนที่มีหน้าที่ต่างกัน โดยมีสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนของข้อมูลและส่วนรหัสควบคุมของเฟรม (frame-format control code) ซึ่งเป็นส่วนที่มีไว้เพื่อให้การติดต่อสื่อสารได้ถูกต้องและเป็นมาตรฐานที่สามารถสื่อความหมายระหว่างกันได้ และยังมีรหัสพิเศษที่ไม่ได้อยู่ในเฟรม คือ ส่วนรหัสควบคุมการสื่อสาร เป็นรหัสที่ไม่ได้อยู่ในเฟรมแต่จะเกิดขึ้นในช่วงขณะที่ทำการติดต่อสื่อสาร ซึ่งเป็นรหัสที่แสดงให้ทราบถึงสภาวะต่าง ๆ ในการสื่อสารขณะนั้น

PAD	PAD	SYN	SYN	STX	MESSAGE TEXT	ETX	BCC	PAD	PAD

รูปที่ 3.11 แสดงรูปแบบของข้อมูลของโปรโตคอลแบบ BSC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสควบคุมของเฟรม และรหัสควบคุมการสื่อสาร จะประกอบด้วยรหัสต่าง ๆ ดังนี้

<u>รหัสควบคุมของเฟรม</u>

SYN : synchrounous idle

สัญญาณซิงค์

PAD : frame pad

เฟรม(frame)เพื่อให้เว้นช่วงเวลาก่อนการสื่อสาร

DLE : data link escape

รหัสที่ใช้เติมหน้ารหัสควบคุม เพื่อทำให้รหัสควบคุมไม่ไปซ้ำกับข้อมูล

ENQ : enquiry (ENQ = 05h)

รหัสร้องขอเพื่อตรวจสอบ

SOH : start of heading (SOH = 01h)

รหัสบอกการเริ่มต้นของส่วนหัว

STX : start of text (STX = 02h)

รหัสแบบการเริ่มต้นของข้อมูล

ITB : end of intermediate block (US = 1Fh)

รหัสบอกการสิ้นสุดชุดของข้อมูล

ETB : end of transmission block (ETB = 17h)

รหัสบอกการสิ้นสุดชุดของข้อมูลชุดสุดท้าย

ETX : end of text (ETX = 03h)

รหัสบอกการสิ้นสุดของข้อมูล

EOT : end of transmission (EOT = 04h)

รหัสบอกการสิ้นสุดการสื่อสาร

BCC : block check character

รหัสตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

<u>รหัสควบคุมการสื่อสาร</u>

ACK0 : even positive acknowledgement (DLE 0 = 10h,30h)

รหัสตอบเพื่อแสดงความถูกต้องลำดับคู่

ACK1 : odd positive acknowledgement (DLE 1 = 10h,31h)

รหัสตอบเพื่อแสดงความถูกต้องลำดับคี่

NAK : negative acknowledgement (NAK = 15h)

รหัสตอบเพื่อแสดงความผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WACK : wait before transmit-positive acknowledge (DLE ; = 10h,3bh)

รหัสตอบเพื่อแสดงความถูกต้องแต่ให้หยุดรอการรับ-ส่งชั่วคราว

DISC : disconnection (DLE EOT = 10h,04h)

รหัสเพื่อหยุดการติดต่อสื่อสาร

TTD : temporary text delay (STX ENQ = 02h,05h)

รหัสเพื่อขอหยุดการรับ-ส่งข้อมูลชั่วคราว

RVI : reverse interrupt (DLE < = 10h,30h)

รหัสการขัดจังหวะเพื่อร้องขอให้สลับหน้าที่การรับ-ส่งข้อมูล

โดยพื้นฐานการติดต่อสื่อสารข้อมูลนั้นจะใช้ข้อมูลในลักษณะของเฟรมตามรูปแบบในรูปที่ 3.11 ซึ่งตามมาตรฐานจริงนั้นจะใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัสจึงต้องมี SYN และ PAD แต่เมื่อเราเปลี่ยนมาใช้การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัสจึงไม่จำเป็นต้องมีรหัสทั้งสองตัวนี้ รหัสควบคุมต่าง ๆ ที่กล่าวนั้นการใช้งานจะถูกแทนด้วยรหัสตัวเลข ซึ่งการแทนนั้นสามารถแทนได้หลายแบบแต่ที่มีการใช้งานเป็นอย่างมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะใช้แทนด้วยรหัสแอสกี้(ได้แสดงรหัสแอสกี้ที่ไว้ในวงเล็บที่ด้านท้ายของรหัสแต่ละตัวแล้ว) โดยจะเห็นได้ว่ารหัสควบคุมบางตัว(โดยเฉพาะรหัสควบคุมการสื่อสาร)จะต้องใช้รหัสแอสกี้ถึง 2 ตัว เนื่องจาก รหัสแอสกี้เป็นรหัสที่ได้มีการกำหนดขึ้นมาใช้งานก่อนหน้าที่จะมีโปรโตคอลแบบ BSC จึงไม่ได้มีการกำหนดค่าที่จะใช้แทนรหัสควบคุมนี้ไว้

เนื่องจากโดยโครงสร้างของระบบโครงข่ายที่ได้เลือกใช้งานเป็นแบบที่มีศูนย์กลางข้อมูลทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางควบคุมของโครงข่าย และมีเทอร์มินัลที่ทำหน้าที่เสมือนโหนดของโครงข่าย โดยการทำงานของโครงข่ายจะทำในลักษณะที่โหนดแต่ละตัวจะติดต่อกับศูนย์กลางเท่านั้นและการสื่อสารข้อมูลจะเกิดได้ก็ต่อเมื่อศูนย์กลางของโครงข่ายเป็นผู้กำหนด ดังนั้นโครงสร้างการควบคุมที่เหมาะสำหรับโครงข่ายที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ คือ โครงสร้างแบบ poll/selection หรือ ที่นิยมเรียกว่า polling โดยสำหรับโปรโตคอลแบบ BSC ที่ใช้โครงสร้างการควบคุมแบบนี้จะมีลำดับขั้นตอนพื้นฐานในการสื่อสารเป็นดังรูปที่ 3.12 ดังรายละเอียดลำดับขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

1.เป็นขั้นตอนจากศูนย์กลางเพื่อร้องขอให้โหนดทุกตัวทำการตรวจสอบว่าเป็นแอดเดรสที่ศูนย์กลางต้องการติดต่อหรือไม่

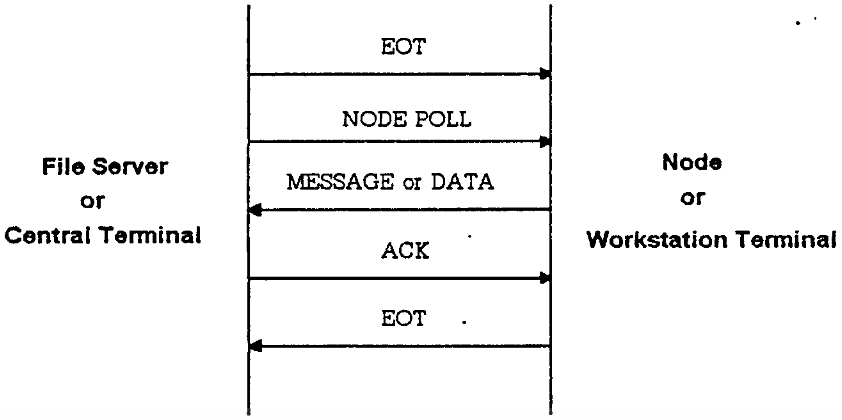
2. เป็นขั้นตอนจากศูนย์กลางส่งคำสั่งเพื่อถามว่ามีข้อมูลต้องการส่งหรือไม่

3.เป็นขั้นตอนจากเทอร์มินัลหรือโหนดจะตรวจสอบตัวเองว่าเป็นโหนดที่ศูนย์กลางต้องการติดต่อด้วยหรือไม่ ถ้าใช่ก็ตรวจสอบตัวเองว่ามีข้อมูลต้องการส่งหรือไม่ ถ้ามีก็จะทำการส่งข้อมูล แต่ถ้าไม่ใช่แอดเดรสที่ศูนย์กลางข้อมูลต้องการติดต่อก็ไม่ต้องสนองตอบ

4. เป็นขั้นตอนจากศูนย์กลางที่จะส่งรหัสตอบกลับไปเพื่อบอกว่าข้อมูลที่ได้รับเข้ามานั้นถูกต้องหรือไม่

5. เป็นขั้นตอนจากโหนดที่จะส่งรหัสสิ้นสุดการสื่อสารข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 ลำดับขั้นตอนการสื่อสารของโปรโตคอลแบบ BSC

ในการสื่อสารข้อมูลโดยใช้โปรโตคอลแบบ BSC นั้นในการใช้งานจริงไม่ได้มีลำดับขั้นตอนการสื่อสารที่เหมือนกับพื้นฐาน(ดังในรูปที่ 3.12)เสมอไป แต่จะมีลำดับขั้นตอนที่เพิ่มขึ้นมาเพื่อทำให้การสื่อสารข้อมูลได้ข้อมูลที่ผิดพลาดน้อยที่สุด ซึ่งลำดับขั้นตอนที่เพิ่มขึ้นนี้จะมีรหัสควบคุมต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้นเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย เช่นในกรณีที่การรับข้อมูลเข้ามาแล้วนำไปตรวจสอบกับรหัสตรวจสอบแล้วได้ข้อมูลที่ผิดพลาดในลำดับขั้นตอนที่จะส่งรหัสตอบกลับก็จะส่งรหัสที่แสดงความผิดพลาดกลับไป คือ รหัส NAK เพื่อให้ส่วนที่เป็นตัวส่งข้อมูลทำการส่งข้อมูลมาใหม่ ซึ่งในรายละเอียดของลำดับขั้นตอนต่าง ๆ จะได้กล่าวถึงในส่วนของการออกแบบโปรแกรม

3.5 โครงสร้างการเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูลภายในระบบ

ในวิทยานิพนธ์นี้มีส่วนของอุปกรณ์ที่สำคัญอยู่ 3 ส่วน โดยแต่ละส่วนจะสามารถเชื่อมต่อและสื่อสารกันได้ในลักษณะที่แตกต่างกันตามลักษณะการใช้งาน ซึ่งการสื่อสารของอุปกรณ์ทุกตัวของระบบนี้ได้ออกแบบให้ใช้การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมทั้งหมด เนื่องจากเหตุผลดังที่กล่าวมาแล้ว

3.5.1 การเชื่อมต่อข้อมูลของเวดจ์

การเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูลของเครื่องอ่านรหัสแถบแบบเวดจ์ มีส่วนสำคัญ คือ การเชื่อมต่อข้อมูลผ่านขั้วต่อแป้นพิมพ์ โดยการทำงานของส่วนนี้ คือ การจำลองการทำงานเสมือนแป้นพิมพ์ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ IBM PC/AT ซึ่งข้อมูลตัวเลขหรือตัวอักษรที่ได้จากการอ่านรหัสแถบจะถูกส่งต่อไปยังส่วนจำลองการทำงานของแป้นพิมพ์ (keyboard emulator) นำไปแปลงให้เป็นสัญญาณเสมือนสัญญาณที่ได้จากการกดแป้นพิมพ์แล้วส่งสัญญาณนี้เข้าไปทางขั้วต่อแป้นพิมพ์ โดยสัญญาณที่ได้จากการกดแป้นพิมพ์จะมีโครงสร้างเป็นดังรูปที่ 3.13

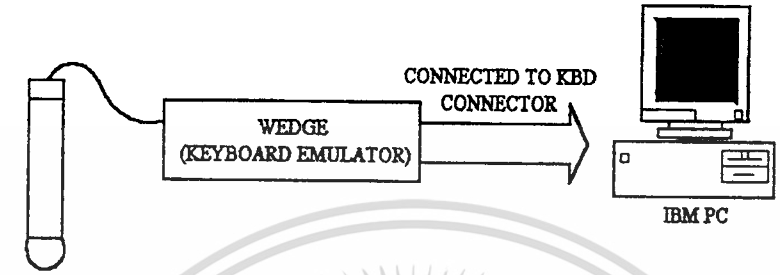
START BIT	DATA 8 BITS	PARITY 'ODD	STOP BIT
1 BIT	BIT 0 -----> BIT 7	1 BIT	1 BIT

รูปที่ 3.13 แสดงโครงสร้างของข้อมูลที่ได้จากการกดแป้นพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่ได้จากการกดแป้นพิมพ์จะมีลักษณะข้อมูลเป็นแบบอนุกรมจำนวน 11 บิท คือ บิทเริ่มต้น 1บิท, บิทข้อมูล 8 บิท, บิทพาริตี้ 1 บิท และบิทสิ้นสุด 1 บิท โดยในส่วนของข้อมูลจะส่งบิทที่มีนัยสำคัญต่ำสุดออกก่อน ส่วนพาริตี้บิทจะเป็นแบบ พาริตี้คี่ หรือ odd parity

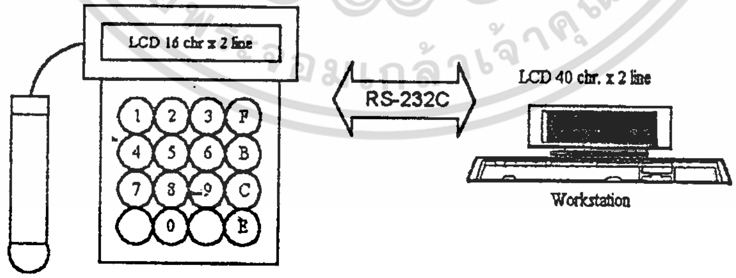
สำหรับการเชื่อมต่อของเครื่องคอมพิวเตอร์กับเวดจ์จะแสดงในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 แสดงโครงสร้างของเวดจ์

3.5.2 การเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูลของส่วนพอร์ทเทเบิล

ในการเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูลของเครื่องอ่านรหัสแถบแบบพอร์ทเทเบิล (portable barcode reader terminal, PT) มีส่วนสำคัญ คือ ส่วนการเชื่อมต่อและสื่อสารแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232C ซึ่งใช้สำหรับการส่งถ่ายข้อมูลไปยังส่วนเวิร์กสเตชั่น โดยการเชื่อมต่อกับส่วนเวิร์กสเตชั่นจะทำเฉพาะเมื่อต้องการส่งข้อมูลเท่านั้นในเวลาปกติจะไม่มีการเชื่อมต่อกันเพื่อให้ส่วนพกพานี้สามารถนำไปใช้งานในที่ต่าง ๆ ได้สะดวก ดังแสดงโครงสร้างการเชื่อมต่อในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 แสดงโครงสร้างของส่วนพอร์ทเทเบิล

3.5.3 การเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูลของส่วนเวิร์กสเตชั่น

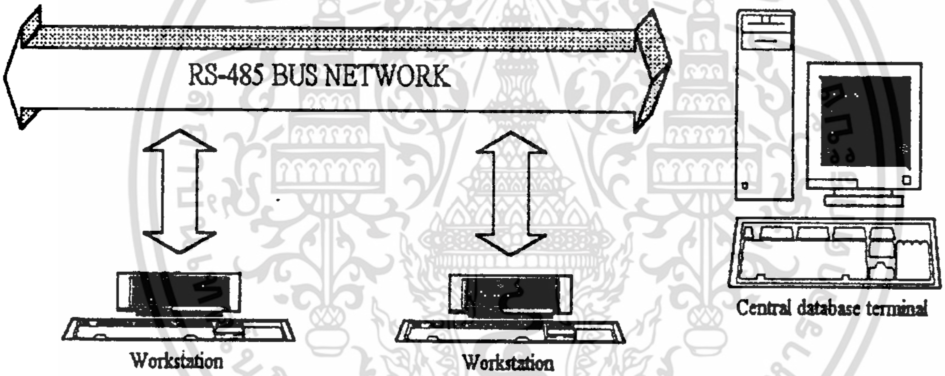
ในการเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูลของส่วนเวิร์กสเตชั่น (workstation terminal,WT) จะมีส่วนสำคัญอยู่ 2 ส่วน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ส่วนที่ใช้ในการเชื่อมต่อและเพื่อรับข้อมูลจากส่วนพอร์ทเทเบิล

2. ส่วนที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

ในส่วนที่ใช้ในการเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูลกับส่วนพอร์ทเทเบิลนั้นจะใช้การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232C โดยส่วนนี้เวิร์กสเตชั่นจะมีหน้าที่รับข้อมูลเพียงเดียว และเชื่อมต่อกันก็เมื่อส่วนพกพาต้องการส่งข้อมูลเท่านั้น สำหรับในส่วนที่ 2 ที่เป็นการสื่อสารข้อมูลกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เป็นโครงข่ายแบบหลายจุดในลักษณะบัส(multipoint bus network)ตามมาตรฐาน RS-485 ซึ่งในส่วนนี้เป็นการเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูลกันตลอดเวลา ดังนั้นการออกแบบจึงต้องแยกส่วนการสื่อสารข้อมูลของแต่ละส่วนออกจากกันโดยสิ้นเชิง จึงทำให้ส่วนเวิร์กสเตชั่นต้องมีส่วนการสื่อสารข้อมูล 2 ชุดที่ทำงานเป็นอิสระต่อกัน สำหรับในส่วนของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้ได้เลือกใช้ IBM PC/AT โดยภายในตัวเครื่องจะมีส่วนการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232C อยู่แล้ว แต่เนื่องจากเป็นการสื่อสารในลักษณะโครงข่ายข้อมูลจึงต้องมีส่วนการแปลงสัญญาณให้เปลี่ยนไปเป็นสัญญาณตามมาตรฐาน RS-485 โดยส่วนเวิร์กสเตชั่นนี้จะมีลักษณะโครงสร้างเป็นดังในรูปที่ 3.16

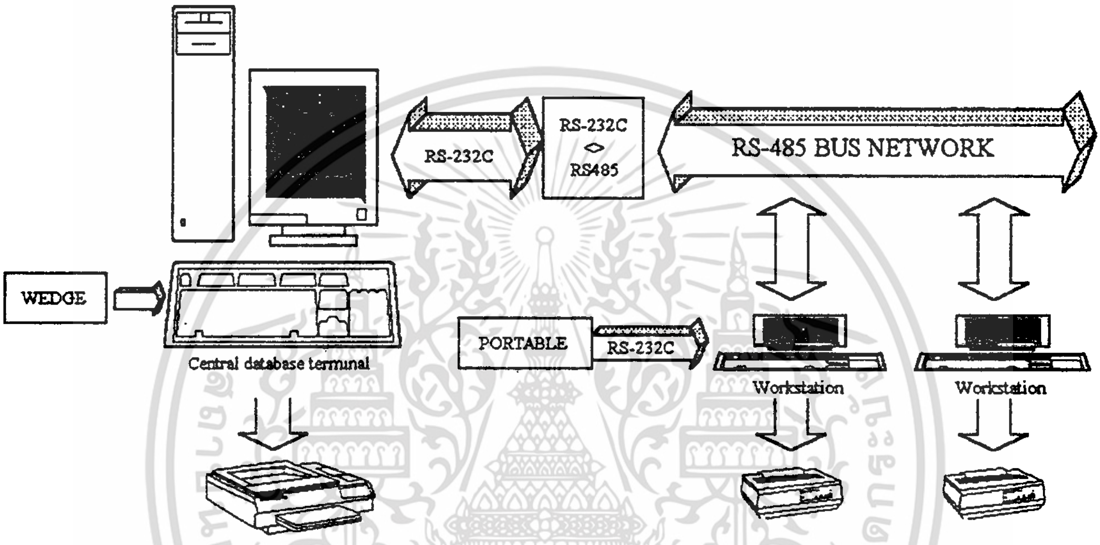


รูปที่ 3.16 แสดงโครงสร้างของส่วนเวิร์กสเตชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
โครงสร้างและการออกแบบวงจรของระบบ

ในระบบการเก็บข้อมูลด้วยรหัสแถบนั้นโดยโครงสร้างที่ได้ออกแบบไว้จะสามารถแบ่งเป็นส่วนสำคัญได้ 4 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ซึ่งแม้ว่าแต่ละส่วนจะมีการทำงานหลักที่เหมือนกัน คือสามารถอ่านรหัสแถบได้ แต่โดยโครงสร้างของแต่ละส่วนแล้วได้ออกแบบให้มีการทำงานที่รองรับความต้องการในการใช้งานที่ต่างกัน

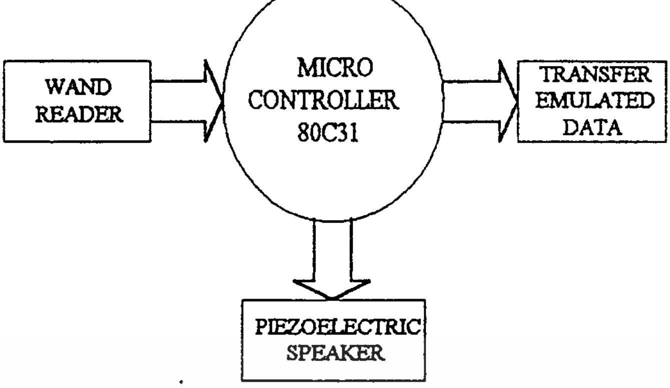


รูปที่ 4.1 โครงสร้างรวมของระบบเก็บข้อมูลด้วยรหัสแถบ

4.1 เครื่องอ่านรหัสแถบแบบเวดจ์

สำหรับโครงสร้างของเครื่องอ่านรหัสแถบแบบเวดจ์ หรือ แบบเชื่อมต่อข้อมูลผ่านขั้วต่อแป้นพิมพ์นั้นได้ออกแบบให้ใช้งานร่วมกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ IBM PC ได้โดยตรง ในลักษณะที่ไม่ต้องแก้ไขวงจร หรือเพิ่มอุปกรณ์อื่น ๆ ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เลย ซึ่งเครื่องอ่านรหัสแถบนี้จะต่อกั้นอยู่ระหว่างเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์กับแป้นพิมพ์ โดยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์นั้นยังสามารถทำงานได้เป็นปกติ สำหรับการทำงานของเครื่องอ่านรหัสแถบ คือ เมื่ออ่านรหัสแถบและประมวลผลจนได้ข้อมูลที่ถูกต้องแล้ว ก็จะทำการแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณที่เสมือนกับสัญญาณที่ได้จากการกดแป้นพิมพ์ข้อมูลนั้น ดังนั้นเมื่อสิ้นสุดการอ่านรหัสแถบแต่ละครั้ง(ที่ผลการอ่านถูกต้อง)จะมีข้อมูลของรหัสแถบแสดงผลอยู่ที่หน้าจอแสดงผลของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เสมือนกับการป้อนข้อมูลผ่านทางแป้นพิมพ์ โดยโครงสร้างของเครื่องอ่านรหัสแถบแบบนี้จะแสดงในรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



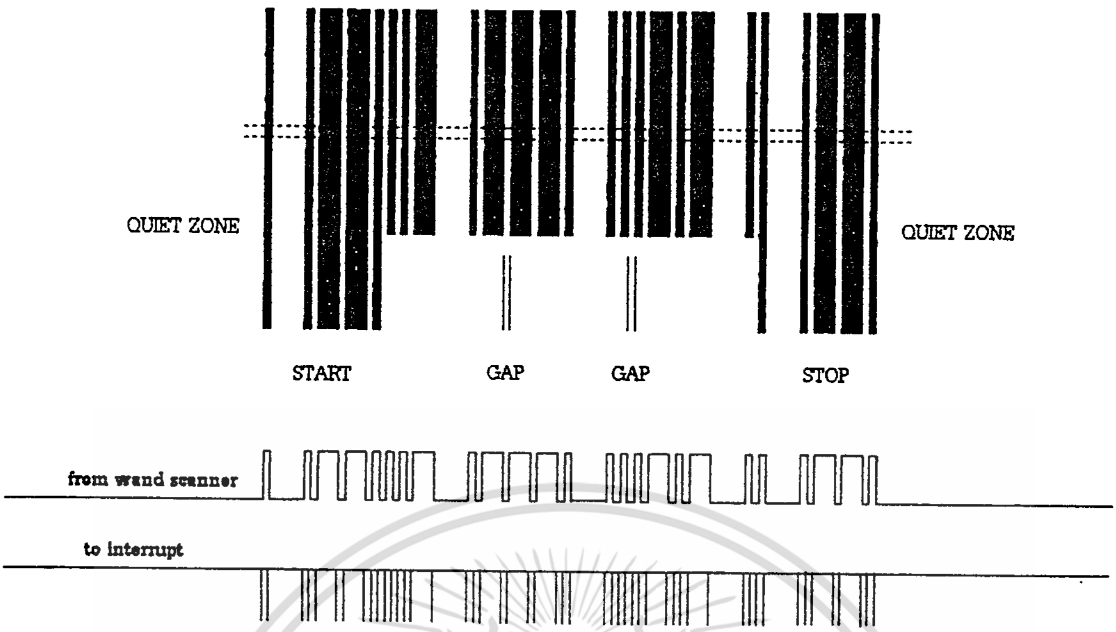
รูปที่ 4.2 โครงสร้างของเวดจ์

4.1.1 โครงสร้างและการออกแบบวงจรการอ่านรหัสแถบ

ในการอ่านรหัสแถบนั้นสัญญาณที่ได้จากตัวหัวอ่าน(ในที่นี้คือแวน)นั้น เป็นสัญญาณในรูปของพัลส์ที่แปรผันตามขนาดความกว้างของรหัสแถบ ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ซึ่งเห็นได้ว่าสัญญาณที่ได้จะมี 2 สภาวะ หรือ เป็นลอจิก คือ '0' และ '1' โดยเมื่อรูดหัวอ่านผ่านแถบดำก็จะได้ลอจิก '0' ส่วนแถบขาวจะได้เป็นลอจิก '1'

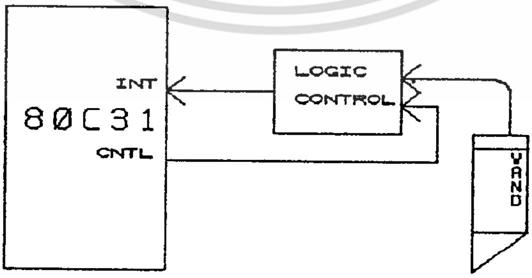
จากที่ได้ทราบแล้วว่าในการแยกหรือการแทนค่ารหัสแถบจะอาศัยความแตกต่างของความกว้างของแถบ ดังนั้นในการอ่านรหัสแถบจึงต้องมีส่วนที่จะทำหน้าที่ในการหาขนาดความกว้างของแถบแต่ละแถบ โดยหลักการที่ใช้ทั่วไปจะใช้การจับเวลาหรือตัวไทม์เมอร์ (timer) ทำหน้าที่นี้ ซึ่งค่าที่ได้จะเป็นค่าตัวเลขจำนวนนับที่บอกถึงค่าความกว้างของแถบที่จะนำไปใช้หาขนาดของแถบในการเริ่มต้นหรือสิ้นสุดการนับค่าความกว้างของแถบนั้นจะมีสัญญาณที่ไปทริก(trig)ให้ตัวไทม์เมอร์ทำการเก็บค่าและเริ่มต้นนับค่าความกว้างของแถบถัดไป สำหรับการหาค่าความกว้างของเวดจ์นี้เนื่องจากหน่วยประมวลกลางที่เลือกใช้ในการควบคุมการทำงาน คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ 80C31 ซึ่งจะมีตัวไทม์เมอร์อยู่ภายในตัวแล้วจึงทำให้การหาความกว้างทำได้ง่ายและสัญญาณทริกที่จะใช้ในการเริ่มต้นหรือสิ้นสุดการนับค่าความกว้างจะใช้การทริกที่ขาอินเทอร์รัพท์ (interrupt, INT) ซึ่งจะเกิดการอินเทอร์รัพท์เมื่อมีสภาวะลอจิกเป็น '0' เท่านั้น แต่จากสัญญาณที่ได้จากหัวอ่านรหัสแถบในรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าจะเกิดการอินเทอร์รัพท์เมื่อรูดหัวอ่านผ่านแถบดำเท่านั้นและจะเกิดอินเทอร์รัพท์ตลอดช่วงที่รูดผ่านแถบดำ แต่สิ่งที่ต้องการในการออกแบบคือที่สภาวะปกติมีลอจิกที่ขาอินเทอร์รัพท์เป็น '1' และให้เกิดอินเทอร์รัพท์เมื่อรูดหัวอ่านจากแถบดำเป็นแถบขาว หรือ จากแถบขาวเป็นแถบดำ โดยการอินเทอร์รัพท์ที่เกิดขึ้นข้างต้นจะต้องเกิดจากสัญญาณพัลส์เพียง 1 ลูกเท่านั้น (หลังจากนั้นต้องกลับสู่สภาวะปกติเพื่อเตรียมสำหรับการอินเทอร์รัพท์ครั้งต่อไป)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 สัญญาณที่ได้จากหัวอ่านรหัสแถบ

ดังนั้นจึงต้องมีการเพิ่มวงจรลอจิกขึ้นมาและ ให้ขาอินพุทข้างหนึ่งต่อกับขาสัญญาณที่ได้จากหัวอ่าน ส่วนขาอินพุทอีกด้านหนึ่งต่อกับขาควบคุมดังแสดงในรูปที่ 4.4 โดยจากการออกแบบเพื่อให้ได้สภาวะตามที่ต้องการจึงได้เลือกใช้ลอจิกเกทแบบเอกซ์คลูซีฟออร์ (exclusive-OR,XOR) ดังแสดงสภาวะต่างๆ ที่เกิดขึ้นในตารางที่ 4.1 ซึ่งจะเกิดการอินเทอร์รัพท์เพื่อให้นำค่าความกว้างของแถบมาเก็บไว้และเริ่มต้นนับค่าความกว้างของแถบต่อไป ก็ต่อเมื่อมีการรูดหัวอ่านผ่านจากแถบดำไปยังแถบหรือจากแถบขาวไปแถบดำเท่านั้น โดยสภาวะในตารางจะเป็นลักษณะที่เกิดจากการรูดหัวอ่านและจะเกิดขึ้นวนเวียนกันไปจนสิ้นสุดการอ่านรหัสแถบ สำหรับวงจรที่ได้ออกแบบไปใช้งานจริงจะแสดงในรูปที่ 4.5 ซึ่งลอจิกเกท XOR นั้นได้เลือกใช้ IC TLL 74HCT86 ซึ่งเป็น XOR แบบ 2 อินพุท

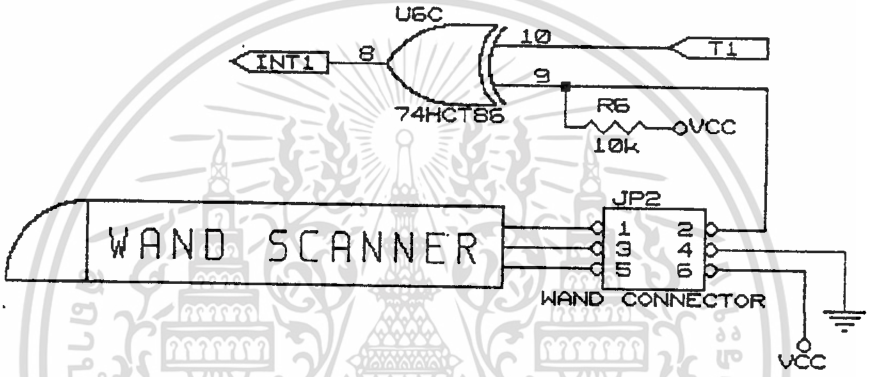


รูปที่ 4.4 โครงสร้างของส่วนอ่านรหัสแถบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงสภาวะที่ขาสัญญาณต่าง ๆ ของส่วนอ่านรหัสแถบ

สภาวะ	ลอจิกที่ได้จากหัวอ่าน	ลอจิกที่ขาควบคุม	ลอจิกที่ขาอินเทอร์รัพท์
เริ่มต้น	0	1	1 (ไม่เกิด INT)
แถบขาว->แถบดำ	1	1	0 (เกิด INT)
กลับสภาวะที่ขาควบคุม	1	0	1 (ไม่เกิด INT)
แถบดำ->แถบขาว	0	0	0 (เกิด INT)

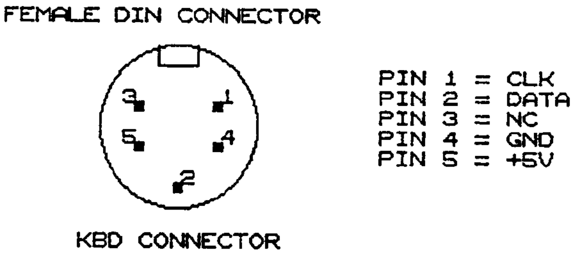


รูปที่ 4.5 วงจรส่วนอ่านรหัสแถบ

4.1.2 โครงสร้างและการออกแบบวงจรจำลองข้อมูลการกดแป้นพิมพ์

ในส่วนนี้จะหน้าที่ในการจำลองสัญญาณให้เหมือนกับสัญญาณที่ได้จากแป้นพิมพ์ โดยที่ขั้วต่อของแป้นพิมพ์นั้นจะมีทั้งหมด 5 ขา คือ ขาไฟเลี้ยง ขากราวด์ ขาสัญญาณข้อมูล ขาสัญญาณณที่ได้จากคล๊อก และขาที่ไม่ใช้งานอีก 1 ขาดังแสดงในรูปที่ 4.6 ซึ่งขาที่ทำการจำลองการทำงาน คือ สัญญาณข้อมูล และสัญญาณคล๊อก(clock, CLK) โดยสัญญาณข้อมูลที่ต้องทำการจำลองจะเป็นในลักษณะข้อมูลแบบอนุกรมที่มีขนาด 11 บิท (สำหรับ IBM PC/AT) โดยที่บิทแรกซึ่งเป็นบิทเริ่มต้นจะมีสภาวะลอจิกเป็น '0' และบิทสุดท้ายซึ่งเป็นบิทสิ้นสุดข้อมูลจะมีสภาวะลอจิกเป็น '1' โดยจะมีบิทพาริตี้(parity) ซึ่งบิทนี้จะต้องมีสภาวะลอจิกที่ทำให้ได้เป็นพาริตี้คี่ (odd parity) ดังแสดงโครงสร้างของข้อมูลที่ได้จากการกดแป้นพิมพ์ในรูปที่ 4.6 สำหรับสัญญาณคล๊อกซึ่งเป็นสัญญาณที่ใช้กำหนดตำแหน่งที่จะทำการอ่านสัญญาณข้อมูลนั้นในการจำลองจะใช้การสร้างสัญญาณพัลส์ที่มีจำนวนเท่ากับจำนวนบิทของสัญญาณข้อมูล โดยการจำลองการทำงานจะต้องทำทั้ง 2 สัญญาณพร้อม ๆ กัน

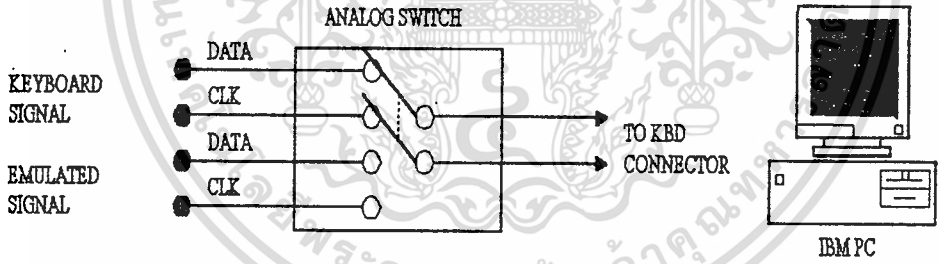
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



START BIT	DATA 8 BITS	PARITY 'ODD	STOP BIT
1 BIT	BIT 0 -----> BIT 7	1 BIT	1 BIT

รูปที่ 4.6 แสดงตำแหน่งขาของขั้วต่อแป้นพิมพ์และโครงสร้างของข้อมูลที่ได้จากการกดแป้นพิมพ์ IBM PC/AT

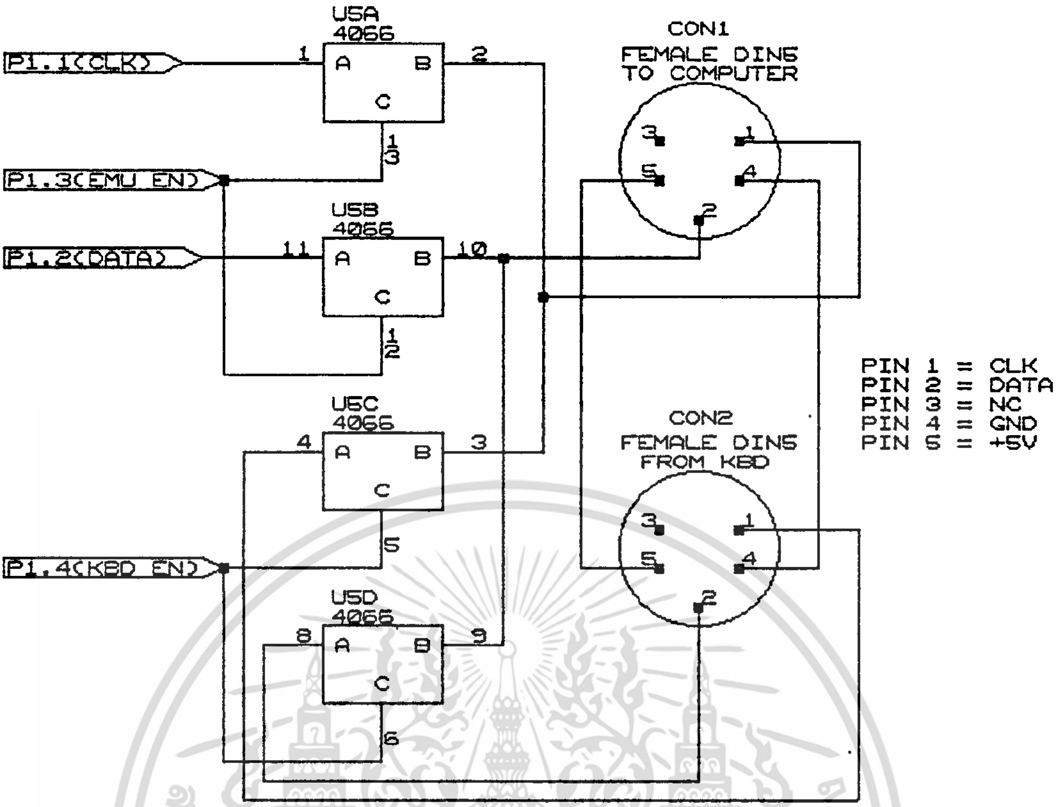
ในการออกแบบวงจรเพื่อจำลองข้อมูลการกดแป้นพิมพ์นั้นจะต้องทำให้แป้นพิมพ์ยังคงสามารถทำงานได้ปกติ และในสภาวะที่ต้องการจำลองข้อมูลนั้นจะต้องทำได้ทันทีโดยไม่ต้องมีการปรับสวิทช์ใด ๆ ซึ่งโครงสร้างของการทำงานจะแสดงในรูปที่ 4.7 โดยจะเห็นได้ว่าจะมีส่วนที่จะทำงานเสมือนกับสวิทช์เพื่อเลือกว่าจะเป็นสัญญาณจากการกดแป้นพิมพ์จริง ๆ หรือ เป็นสัญญาณที่ได้จากการจำลอง ซึ่งการควบคุมสวิทช์นี้จะต้องสามารถควบคุมได้ด้วยโปรแกรม



รูปที่ 4.7 โครงสร้างของส่วนจำลองข้อมูลการกดแป้นพิมพ์

สำหรับในการออกแบบวงจรได้เลือกใช้ IC CMOS 4066 ซึ่งเป็น อนาลอกสวิทช์ (analog switch) เป็นตัวที่ใช้ในการเลือกสัญญาณ ซึ่งในการใช้งานจริงจะต้องใช้อนาลอกสวิทช์ 4 ตัว และใช้ขาสัญญาณทั้งหมด 4 ขา ดังแสดงในรูปที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



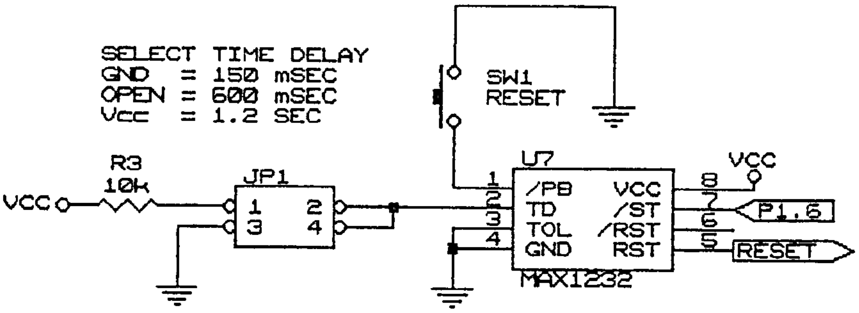
รูปที่ 4.8 วงจรส่วนจำลองข้อมูลการกดแป้นพิมพ์

4.1.3 โครงสร้างและการออกแบบวงจร watch dog

ในปัจจุบันอุปกรณ์ที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ หรือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นตัวหน่วยประมวลผลและควบคุมการทำงานจะต้องมีส่วนที่ทำหน้าที่ในการตรวจสอบการทำงานเข้าเกี่ยวข้องด้วยเสมอ ซึ่งส่วนวงจรนี้จะเรียกว่า วงจร watch dog โดยการทำงานของส่วนวงจรนี้คือจะทำการตรวจสอบทำงานจากสัญญาณพัลส์ที่หน่วยประมวลผลกลางจะต้องส่งมายังวงจร watch dog ในช่วงเวลาที่กำหนดว่ายังมาเป็นปกติหรือไม่ ซึ่งถ้าไม่มีสัญญาณพัลส์มายังวงจร watch dog ก็จะมีสัญญาณไปการรีเซทระบบ และวงจรนี้ยังสามารถตรวจสอบระดับของแรงดันไฟเลี้ยงของวงจรว่ายังอยู่ช่วงที่สามารถทำงานได้หรือไม่

ในการออกแบบใช้งานวงจร watch dog นี้ได้เลือกใช้งาน IC MAX1232 ซึ่งเป็นIC watch dog ที่สามารถกำหนดช่วงเวลาในการตรวจสอบการทำงานของหน่วยประมวลผลกลางได้ 3 ค่า คือ 150 ms, 600 ms และ 1.2 sec. ส่วนการตรวจสอบระดับแรงดันสามารถเลือกได้ 2 ค่า คือตรวจจับที่ระดับแรงดันลดลงจากระดับปกติ 5% หรือ 10% และการรีเซทระบบยังสามารถเลือกได้ว่าจะเป็นสัญญาณรีเซทที่สภาวะลอจิก '0' หรือ '1' รวมทั้งมีวงจร power on reset ซึ่งจะทำหน้าที่ในการสร้างสัญญาณรีเซทระบบในช่วงเริ่มต้นการทำงาน และมีขาสำหรับต่อกับปุ่มรีเซทได้โดยตรง ดังแสดงวงจรในรูปที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

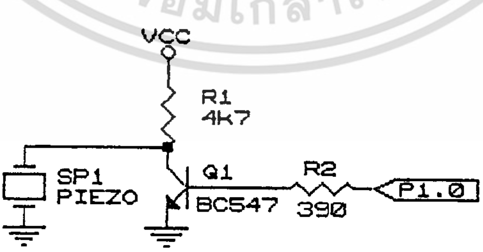


รูปที่ 4.9 วงจร watch dog

4.1.4 โครงสร้างและการออกแบบวงจรกำเนิดเสียง

ในการอ่านรหัสแถบของเครื่องอ่านรหัสแบบเชื่อมต่อข้อมูลผ่านขั้วต่อแป้นพิมพ์นี้จะไม่มีภาคแสดงผลทำให้ไม่สามารถทราบว่าการอ่านรหัสแถบถูกต้องหรือไม่ จึงได้มีการเพิ่มส่วนที่ใช้ในการบอกให้ทราบว่าการอ่านรหัสแถบนั้น ๆ ถูกต้องหรือไม่อย่างไร ซึ่งวิธีที่นิยมใช้มากที่สุดคือการใช้สัญญาณเสียง

วงจรในการกำเนิดเสียงที่ได้ออกแบบใช้งานได้เลือกใช้ลำโพงแบบเปียโซอิเล็กทริก (piezoelectric speaker) ซึ่งมีขนาดค่อนข้างเล็กและวงจรที่ใช้ขับลำโพงก็ไม่สลับซับซ้อนและใช้อุปกรณ์น้อยเนื่องจากการลำโพงแบบนี้จะตอบสนองความถี่ได้ดีในช่วงที่ค่อนข้างแคบ ดังนั้นการขับลำโพงจึงได้เลือกใช้การกำเนิดสัญญาณพัลส์หรือสัญญาณซายน์ (sine wave) ในย่านความถี่ที่ลำโพงนี้ตอบสนองดีที่สุด ก็จะได้เสียงที่ชัดเจนเพียงพอที่จะใช้ในการแสดงความถูกต้องในการอ่านรหัสแถบดังแสดงวงจรในรูปที่ 4.10



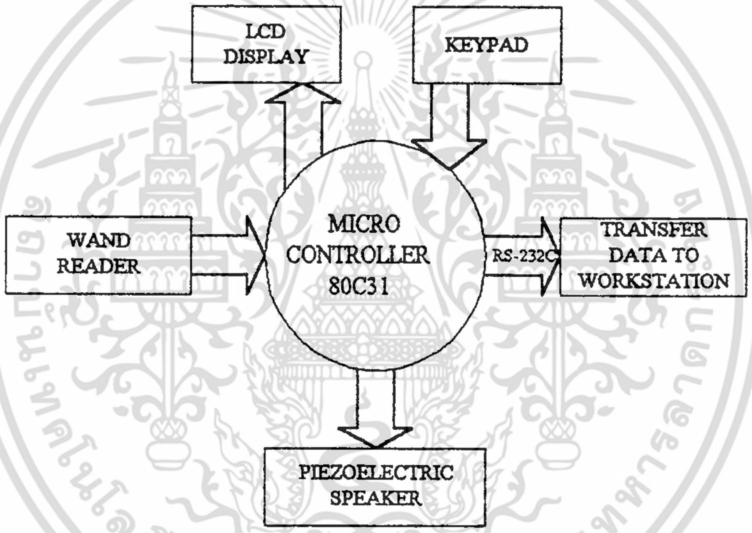
รูปที่ 4.10 วงจรกำเนิดเสียงโดยใช้ลำโพงแบบเปียโซอิเล็กทริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 เครื่องอ่านรหัสแถบแบบพอร์ทเทเบิล

เครื่องอ่านรหัสแบบพอร์ทเทเบิลนั้นในการออกแบบจะมีข้อที่ต้องพิจารณาที่มากขึ้น คือ เครื่องอ่านรหัสแบบนี้จะต้องมีขนาดเล็กในขณะที่ต้องมีคุณสมบัติที่ครบถ้วนตามความต้องการ และต้องสามารถทำงานได้ด้วยพลังงานจากแบตเตอรี่ ดังนั้นในการออกแบบวงจรจะต้องใช้อุปกรณ์ที่ใช้กระแสไฟต่ำและใช้อุปกรณ์เท่าที่จำเป็นให้มีอุปกรณ์น้อยที่สุด

การทำงานของเครื่องอ่านรหัสแบบนี้ คือ จะทำการอ่านรหัสแถบแล้วนำค่าที่ประมวลผลถูกต้องแล้วไปแสดงผลและเก็บค่าไว้ในหน่วยความจำ จากนั้นจึงกำเนิดเสียงเพื่อบอกให้ทราบว่าการอ่านรหัสถูกต้อง แต่ถ้าเกิดความผิดพลาดขึ้นก็สามารถที่แก้ไขให้ถูกต้องได้และยังสามารถค้นหาข้อมูลที่บันทึกไว้ในหน่วยความจำได้อีกด้วย โดยเมื่ออ่านรหัสแถบข้อมูลที่ต้องการหมดแล้วก็สามารถที่จะส่งถ่ายข้อมูลไปยังศูนย์กลางการเก็บข้อมูลของระบบ ดังแสดงโครงสร้างของเครื่องอ่านรหัสแถบแบบพอร์ทเทเบิลในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 โครงสร้างของเครื่องอ่านรหัสแถบแบบพอร์ทเทเบิล

โดยวงจรการอ่านรหัสแถบ, วงจร watch dog และวงจรกำเนิดเสียง จะใช้หลักการและโครงสร้างในการออกแบบวงจรเช่นเดียวกับที่ใช้ในเครื่องอ่านรหัสแถบแบบเวดจ์ จึงไม่นำมาอธิบายการทำงานในที่นี้

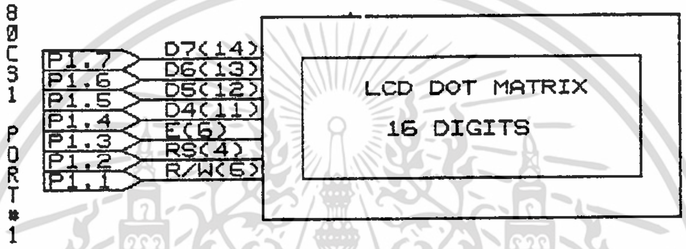
4.2.1 โครงสร้างและการออกแบบวงจรภาคแสดงผล

ในส่วนของเครื่องอ่านแถบแบบพอร์ทเทบิลจะมีส่วนที่ต่างจากเครื่องอ่านรหัสแถบแบบเชื่อมต่อข้อมูลผ่านขั้วต่อแป้นพิมพ์ คือ จะมีภาคแสดงผลเพื่อใช้สำหรับการแสดงข้อมูลที่ได้จากการอ่านรหัสแถบ, ใช้ในการตรวจสอบและค้นหาข้อมูล และแสดงผลความถูกต้องในการส่งข้อมูลผ่าน RS-232C

สำหรับการออกแบบภาคแสดงผลได้เลือกใช้ภาคแสดงผลแบบผลึกเหลว หรือ LCD(liquid crystal display)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากใช้พลังงานน้อยกว่าภาคแสดงผลอื่น ๆ โดยได้เลือกใช้ภาคแสงผล LCD รุ่น DV16116H ขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด ที่มีลักษณะการเชื่อมต่อของข้อมูลเป็นแบบขนาน ซึ่งมีขาสัญญาณที่เกี่ยวข้องในการติดต่อกับภาคแสดงผล 14 ขาสัญญาณ โดยเป็นขาสัญญาณที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการทำงาน 11 ขา คือ สัญญาณควบคุม 3 ขา และ ข้อมูล 8 ขา ส่วนอีก 3 ขาสัญญาณ คือ ไฟเลี้ยง กราวด์ และปรับความเข้ม โดยสามารถเลือกใช้ขนาดของข้อมูลได้ 2 ขนาด คือขนาด 4 บิท และ 8 บิท (แต่เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการนำไปแสดงผลจะมีขนาด 8 บิทต่อตัวอักษร 1 ตัว ดังนั้นถ้าเลือกใช้ข้อมูลขนาด 4 บิทจึงต้องรับ-ส่งข้อมูล 2 ครั้งเพื่อให้ได้ข้อมูลครบ) สำหรับในการนำมาใช้ได้ออกแบบใช้ข้อมูลแบบ 4 บิท ซึ่งแม้ว่าจะทำให้มีขั้นตอนในการทำงานที่มากขึ้นแต่ก็ทำให้ใช้ขาสัญญาณน้อยลงและไม่ต้องเพิ่มอุปกรณ์ ดังแสดงวงจรที่ใช้งานในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 วงจรภาคแสดงผลแบบ LCD ของเครื่องอ่านรหัสแบบพอร์ทเทเบิล

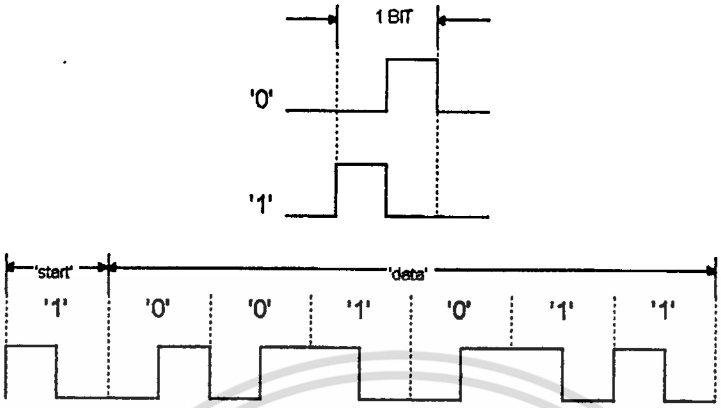
4.2.2 โครงสร้างและการออกแบบวงจรของแป้นกด

เครื่องอ่านรหัสแถบแบบพอร์ทเทเบิลนอกจากจะมีส่วนแสดงผลเพื่อใช้ในการแสดงข้อมูลแล้วยังมีส่วนแป้นกดเพื่อใช้งานควบคู่กับส่วนแสดงผล ในการตรวจสอบและค้นหาข้อมูล และการส่งข้อมูลผ่าน RS-232C ซึ่งโครงสร้างตามความต้องการจะต้องมีแป้นกดไม่น้อยกว่า 10 แป้นกด เพื่อเป็นแป้นกดของตัวเลข แต่ในการใช้งานจริงแล้วควรจะมีแป้นกดที่มีหน้าที่พิเศษเพิ่มเติม เช่น แป้นที่ใช้เป็นตัวเลือกฟังก์ชั่นการทำงาน แป้นสำหรับลบหรือแก้ไข และแป้น enter เป็นต้น

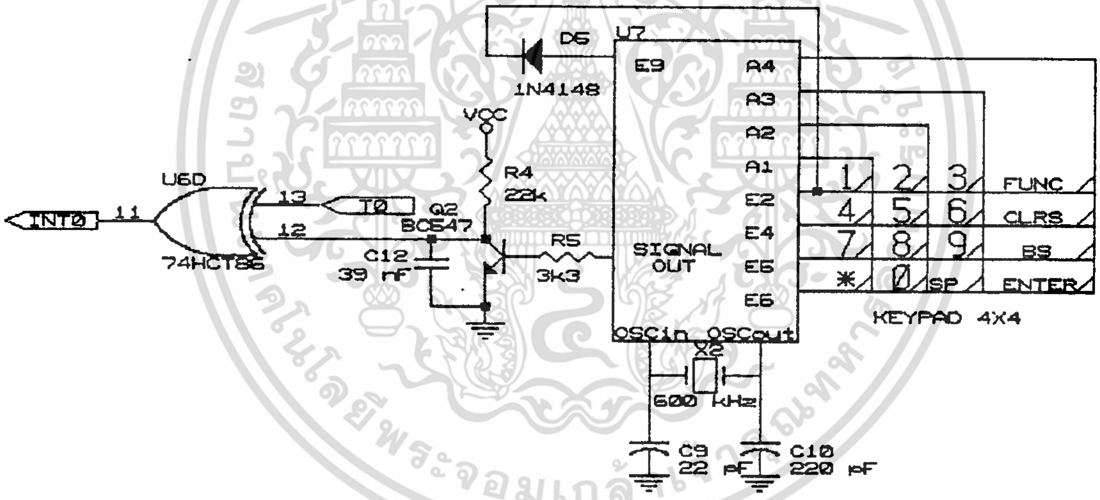
การออกแบบแป้นกดสำหรับเครื่องอ่านรหัสแถบแบบพอร์ทเทเบิลได้เลือกให้มีขนาด 16 แป้นกด ซึ่งจะเป็นแป้นตัวเลข และแป้นพิเศษอีก 6 แป้น แต่เนื่องจากความต้องการพื้นฐานของเครื่องอ่านรหัสแถบแบบนี้ที่ต้องการให้ใช้อุปกรณ์น้อย ทำให้การออกแบบได้เลือกใช้ลักษณะของข้อมูลแบบอนุกรมขนาด 1 บิท ทำให้ลดการใช้ขาสัญญาณเหลือเพียง 1 ขาเท่านั้น (เมื่อเทียบกับแบบปกติสำหรับแป้นกด 16 แป้นแบบเมทริกซ์ 4 x 4 จะใช้ขาสัญญาณ 8 ขา) โดยใช้ IC MC14497 ซึ่งสามารถต่อกับแป้นกดได้สูงสุดถึง 64 แป้นกด สำหรับหลักการทำงาน คือ เมื่อมีการกดแป้นกดแล้วก็จะมีสัญญาณข้อมูลซึ่งอยู่ในรูปของ รหัสแมนเชสเตอร์ (manchester code) ซึ่งจะมีลักษณะของข้อมูลที่ต่างจากปกติ โดยปกติข้อมูล 1 บิทจะมีสภาวะที่เป็นได้เพียงสภาวะเดียว แต่สำหรับรหัสแมนเชสเตอร์แล้วข้อมูล 1 บิทจะมี 2 สภาวะ ดังแสดงในรูปที่ 4.13 ซึ่งในข้อมูล 1 ตัวจะประกอบด้วย 7 บิท คือ บิทเริ่มต้น และบิทข้อมูล 6 บิท และได้แสดงวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนแป้นกดในรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.13 แสดงสัญญาณข้อมูลที่แทนด้วยรหัสแมนเชสเตอร์และตัวอย่างรหัสข้อมูล



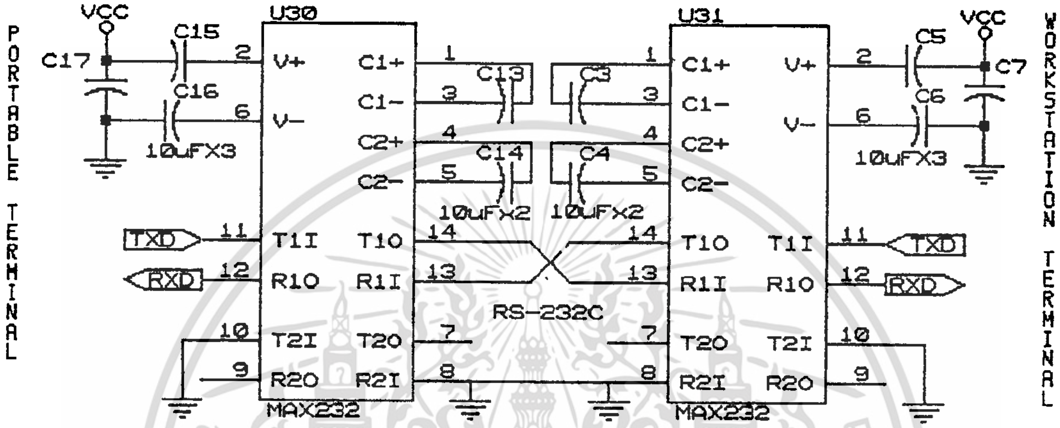
รูปที่ 4.14 วงจรของส่วนแป้นกดของเครื่องอ่านรหัสแถบแบบพอร์ทเทเบิล

4.2.3 โครงสร้างและการออกแบบวงจรการเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูล

ในการเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูลสำหรับเครื่องอ่านรหัสแถบแบบพอร์ทเทเบิลนั้นเนื่องมาจากจุดมุ่งหมายหลักที่ต้องสามารถนำไปใช้งานในการอ่านรหัสแถบในที่ต่าง ๆ ได้ ดังนั้นการถ่ายโอนข้อมูลไปยังศูนย์กลางข้อมูลของระบบจึงทำเมื่อสิ้นสุดการอ่านรหัสแถบ หรือ เมื่อหน่วยความจำในการเก็บข้อมูลใกล้จะเต็ม ซึ่งการทำในลักษณะนี้เป็นโครงสร้างการเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูลในแบบจุดต่อจุด โดยได้เลือกใช้การสื่อสารตามมาตรฐาน RS-232C เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูลได้ทั้งกับศูนย์กลางข้อมูล (ที่ใช้ IBM PC/AT) และกับส่วนเวิร์กสเตชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการออกแบบวงจรนั้น จากโครงสร้างที่กำหนดให้มีลักษณะการเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูลแบบจุดต่อจุด โดยใช้การสื่อสารตามมาตรฐาน RS-232C ซึ่งมาตรฐานนี้แพร่หลายในการใช้งานมากจนในปัจจุบันได้มีการผลิต IC ที่สื่อสารตามมาตรฐานแบบนี้อยู่หลายตัว ในที่นี้ได้เลือกใช้ IC MAX232 โดยโครงสร้างภายในของ IC นี้จะหน้าที่ในการแปลงระดับแรงดันจากแรงดันปกติที่เป็น TTL ให้เป็นแรงดันตามมาตรฐาน RS-232C ซึ่งภายในตัวจะประกอบด้วยขาสัญญาณสำหรับการรับ-ส่งอย่างละ 2 ชุด ดังแสดงวงจรในรูปที่ 4.15



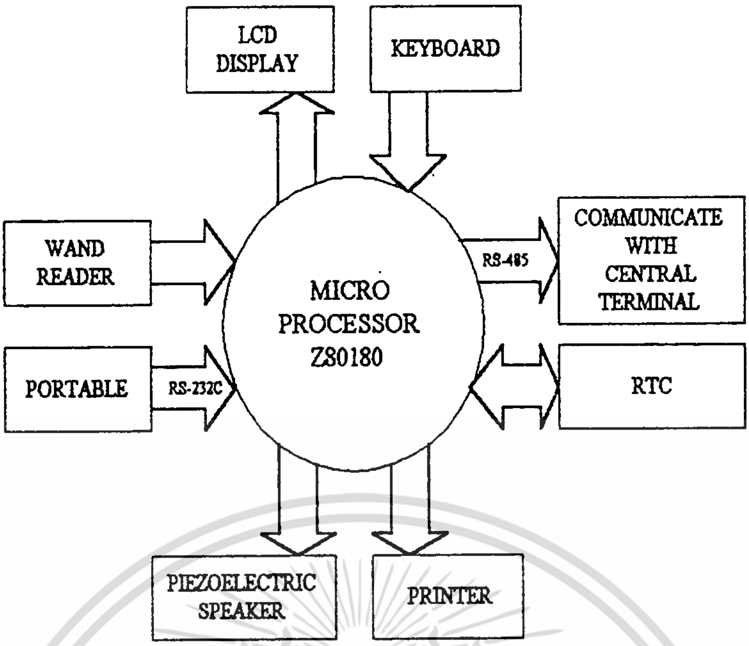
รูปที่ 4.15 วงจรการเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูลของเครื่องอ่านรหัสแถบแบบพอร์ทเทเบิล

4.3 เครื่องอ่านรหัสแถบแบบเวิร์กสเตชั่น

เครื่องอ่านรหัสแถบแบบเวิร์กสเตชั่นมีจุดประสงค์ในการออกแบบเพื่อนำใช้งานเป็นส่วนหนึ่งของโครงข่ายในการทำหน้าที่อ่านรหัสแถบจากจุดที่อยู่ห่างจากศูนย์กลางข้อมูล ซึ่งจะกระจายไปอยู่ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ เพื่อให้สามารถอ่านและเก็บข้อมูลได้ทั่วถึง และทำให้ข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงไปตามข้อมูลที่แท้จริงได้รวดเร็วและถูกต้องมากที่สุด

การทำงานของเครื่องอ่านรหัสแถบแบบนี้จะมีการทำงานที่เหมือนกับเครื่องอ่านรหัสแถบที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นแต่จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างและดีกว่า คือ จะมีหน่วยความจำในการเก็บข้อมูลมากกว่า, มีแป้นพิมพ์ที่มีใหญ่และใช้งานได้คล่องตัวกว่า, มีภาคแสดงผลที่สามารถแสดงข้อมูลได้มากกว่า, สามารถส่งข้อมูลไปพิมพ์ทางเครื่องพิมพ์ได้, และที่สำคัญสามารถเชื่อมต่อข้อมูลกับศูนย์กลางการเก็บข้อมูลในลักษณะของโครงข่ายได้ ดังแสดงโครงสร้างของเครื่องอ่านรหัสแถบในรูป 4.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 โครงสร้างของเครื่องอ่านรหัสแถบแบบเวิร์กสเตชั่น

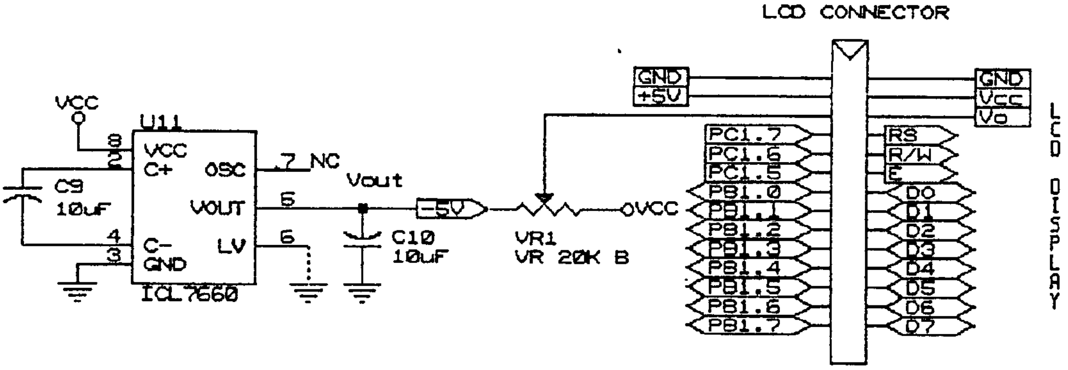
เช่นเดียวกับที่ได้กล่าวมาแล้วสำหรับวงจรส่วนการอ่านรหัสแถบ, วงจร watch dog และวงจรกำเนิดเสียง ถึงแม้ว่าวงจรที่ใช้งานจริงจะมีขาสัญญาณที่แตกต่างกันเล็กน้อยแต่โดยหลักการและโครงสร้างในการออกแบบวงจรก็จะเป็นเช่นเดียวกับเครื่องอ่านรหัสแถบแบบพอร์ทเทเบิล และเครื่องอ่านรหัสแบบเวลจ์ ดังนั้นจึงไม่นำมาอธิบายอีกในที่นี้

4.3.1 โครงสร้างและการออกแบบวงจรภาคแสดงผล

สำหรับภาคแสดงผลแล้วถ้าเป็นภาคแสดงผลแบบ LCD นั้นจะมีลักษณะการเชื่อมต่อข้อมูลแบบอนุกรมและแบบขนาน ซึ่งการแสดงผลสามารถแสดงได้ทั้งตัวเลข, ตัวอักษร และภาพกราฟิก แต่ที่นิยมใช้งานคือแบบขนานที่แสดงข้อมูลได้ทั้งตัวเลขและตัวอักษรเนื่องจากการควบคุมการทำงานทำได้ง่ายกว่า ซึ่งลักษณะโครงสร้างของภาคแสดงผลแบบนี้แม้ว่าจะมีขนาดต่างกันแต่ก็ยังมีโครงสร้างที่เหมือนกัน

สำหรับในการออกแบบภาคแสดงผลสำหรับเครื่องอ่านรหัสแถบแบบเวิร์กสเตชั่นนั้นได้เลือกใช้ภาคแสดงผลแบบ LCD รุ่น DV40216H ขนาด 40 อักษร 2 บรรทัด ซึ่งมีโครงสร้างและการควบคุมการทำงานเหมือนกับภาคแสดงผลของเครื่องอ่านรหัสแถบแบบพอร์ทเทเบิล แต่ในกรณีนี้ใช้ขนาดของข้อมูลแบบ 8 บิท ดังแสดงวงจรในรูปที่ 4.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 วงจรส่วนการแสดงผลแบบ LCD ของเครื่องอ่านรหัสแบบเวิร์กสเตชั่น

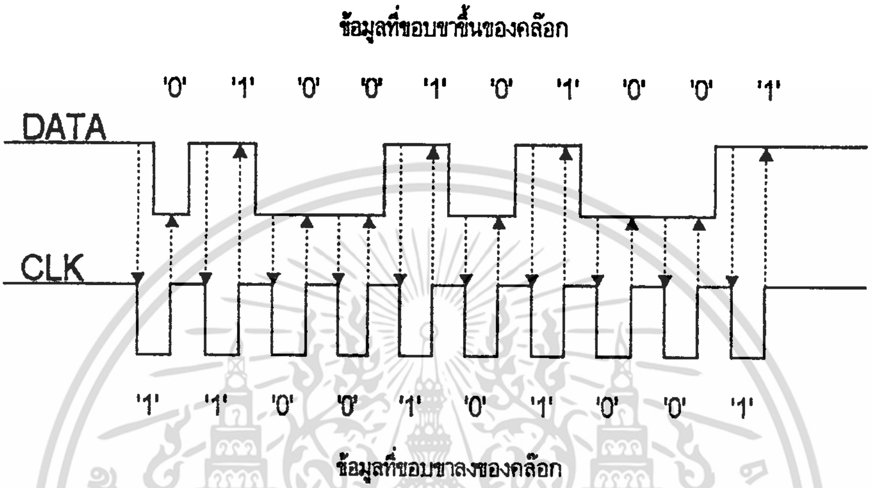
4.3.2 โครงสร้างและการออกแบบวงจรแป้นพิมพ์

จากส่วนของภาคแสดงผลนั้นที่ได้ออกแบบให้สามารถแสดงผลได้ทั้งตัวเลขและตัวอักษรซึ่งสำหรับเครื่องอ่านรหัสแถบแบบเวิร์กสเตชั่นแล้วจะมีความจำเป็นในการป้อนข้อมูลและแสดงผลเป็นตัวอักษรที่มากกว่า ดังนั้นแป้นพิมพ์ที่จะนำมาใช้งานจึงต้องสามารถป้อนข้อมูลทั้งตัวเลขและตัวอักษรได้ง่ายและรวดเร็วจึงได้เลือกใช้แป้นพิมพ์ IBM PC/XT ซึ่งเป็นแป้นพิมพ์ที่นิยมนำใช้งานมากเนื่องจากมีแป้นต่าง ๆ ที่ครบตามต้องการและใช้งานได้คล่อง โดยแป้นพิมพ์แบบนี้จะมีขั้วต่อและโครงสร้างของข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 4.6 และ 4.7 ตามลำดับ ซึ่งสัญญาณที่จะนำมาใช้งานจะมีเพียง 2 สัญญาณ คือ สัญญาณข้อมูล และสัญญาณคล๊อก และสัญญาณทั้งสองนี้จะมีลักษณะเป็นแบบอนุกรม แต่เพื่อความคล่องตัวในการใช้งานจึงได้เพิ่มส่วนที่ทำหน้าที่ในการแปลงข้อมูลจากอนุกรมไปเป็นแบบขนาน ทำให้การอ่านข้อมูลเข้าไปเพื่อประมวลผลทำได้ง่ายกว่า

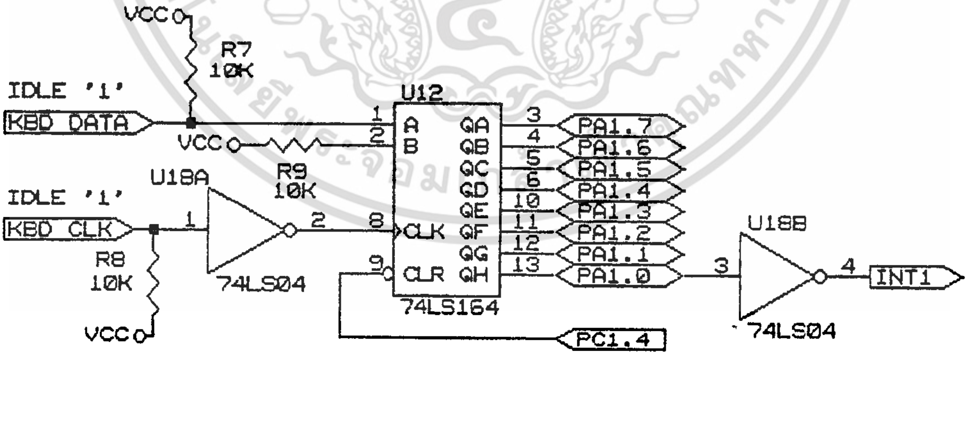
ในการออกแบบวงจรจากที่กล่าวมาได้เลือกใช้ IC 74LS164 เป็นตัวแปลงข้อมูลอนุกรมเป็นแบบขนาน ดังแสดงวงจรในรูปที่ 4.19 โดยจะป้อนขาสัญญาณข้อมูลที่มาจากแป้นพิมพ์เข้าที่ขาอินพุทของตัวแปลงข้อมูลนี้ และให้สัญญาณคล๊อกป้อนเข้าที่ขาคล๊อกของตัวแปลงข้อมูลซึ่งจะทำหน้าที่เป็นสัญญาณเลื่อนข้อมูลด้านอินพุทไปที่ขาด้านเอาท์พุทและเลื่อนข้อมูลที่ด้านเอาท์พุทไป 1 บิททุกครั้งที่มีสัญญาณคล๊อก โดยในการเลื่อนบิทนั้นบิทแรกที่เป็นบิทเริ่มต้นจะเข้าไปที่เอาท์พุทที่ ขา Q_A ก่อน แต่เมื่อถูกเลื่อนเข้าไปจนทำให้บิทแรกนี้ถูกเลื่อนไปอยู่ที่ ขา Q_H แล้ว ซึ่งโดยความต้องการแล้วจะต้องให้เกิดสัญญาณไปอินเทอร์รัพท์ขึ้นเพื่อให้หน่วยประมวลกลางของเครื่องอ่านนี้ทำการอ่านข้อมูลไปประมวลผลว่าเป็นการกดแป้นตัวใดต่อไป ซึ่งโดยปกติแล้วที่ขานี้จะทำให้เกิดอินเทอร์รัพท์เมื่อมีสภาวะลอจิกเป็น '0' ซึ่งก็ตรงกับสภาวะลอจิกของบิทเริ่มต้น แต่ในการใช้งานจริงนั้นไม่สามารถทำในลักษณะนี้ได้ เพราะโดยปกติแล้วก่อนที่จะเริ่มต้นการแปลงข้อมูลนั้นจะมีการเคลียร์สภาวะลอจิกที่ขาเอาท์พุททั้งหมดโดยการป้อนสัญญาณเข้าที่ขาเคลียร์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อเช่นนี้แล้วทุกครั้งที่มีการเคลียร์ข้อมูลและตลอดเวลาที่ขาสัญญาณนั้นยังคงมีสภาวะลอจิกเป็น '0' ก็จะเกิดการอินเทอร์รัพท์ตลอดเวลา ดังนั้นในการออกแบบจึงได้แก้ไขโดยเพิ่มตัวอินเวิร์ทเตอร์ให้กั้นระหว่างขา Q_H กับ ขาอินเทอร์รัพท์ซึ่งสามารถทำได้ไม่เกิดการอินเทอร์รัพท์ทุกครั้งที่ทำการเคลียร์ข้อมูล แต่จากการที่บิทเริ่มต้นนั้นก็มีสภาวะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

'0' เช่นกันทำให้บิทนี้ไม่สามารถไปทำให้เกิดการอินเทอร์รัพท์ได้ ในการแก้ไขได้ทำการเปลี่ยนการตำแหน่งของเลื่อนข้อมูลเข้าโดยจากเดิมนั้นจะทำการรับข้อมูลเข้ามาในตัวแปลงข้อมูลที่ขอบขาขึ้นของสัญญาณคล๊อกไปเป็นขอบขาลง โดยการเพิ่มตัวอินเวิร์สเตอร์กั้นระหว่างสัญญาณคล๊อกจากแป้นพิมพ์กับขาคล๊อกของตัวแปลงข้อมูลซึ่งการที่ทำในลักษณะนี้เป็นผลให้บิทเริ่มต้นมีสภาวะเป็น '1' แต่ไม่มีผลต่อบิทข้อมูล ดังแสดงลักษณะตัวอย่างของสัญญาณคล๊อกและข้อมูล รวมทั้งสภาวะลอจิกที่ขอบขาขึ้นและขาลงของสัญญาณคล๊อกในรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 สัญญาณคล๊อกและสัญญาณข้อมูลที่ได้การกดแป้นพิมพ์



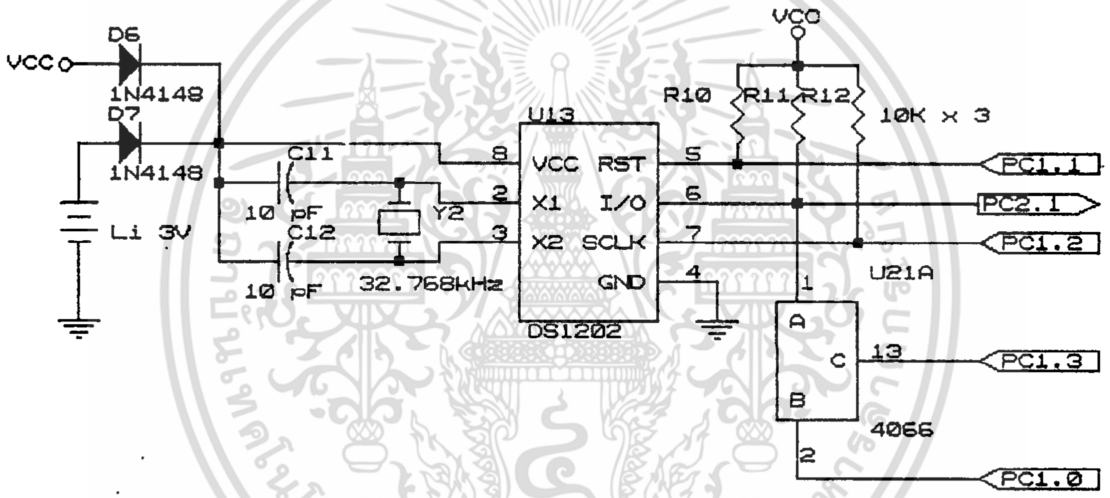
รูปที่ 4.19 วงจรส่วนรับข้อมูลจากแป้นพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 โครงสร้างและการออกแบบวงจรนาฬิกา

โดยหลักการแล้วส่วนของวงจรนาฬิกาจะใช้สำหรับการกำหนดว่าข้อมูลนั้น ๆ มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นที่เวลาใดและข้อมูลเวลานี้จะไปข้อมูลที่เครื่องอ่านรหัสแถบแบบเวิร์กสเตชั่นจะต้องส่งไปยังศูนย์กลางข้อมูลเพื่อให้ศูนย์กลางข้อมูลของระบบทราบเวลาที่รับข้อมูลนั้น

วงจรนาฬิกาที่นำมาใช้งานจะใช้ IC DS1202 ซึ่งเป็น IC นาฬิกาที่ใช้การเชื่อมต่อข้อมูลแบบอนุกรม โดยมีขาสัญญาณสำคัญในการเชื่อมต่อข้อมูล คือ สัญญาณ I/O ที่ใช้สำหรับขาสัญญาณข้อมูล สัญญาณ SCLK เป็นขาสัญญาณที่ใช้สำหรับการควบคุมการรับ-ส่งข้อมูล (ทำงานที่ขอบขาขึ้นของสัญญาณ) และสัญญาณ RESET เป็นขาสัญญาณที่ใช้เลือกการทำงานว่าจะอยู่ในสภาวะปกติ (สภาวะลอจิก '0') หรือ สภาวะที่พร้อมในการทำงาน (สภาวะลอจิก '1') ดังแสดงวงจรในรูปที่ 4.20



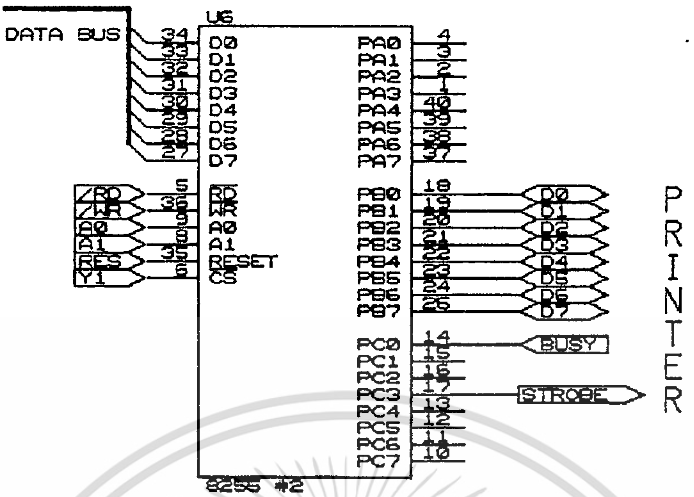
รูปที่ 4.20 วงจรนาฬิกาของเครื่องอ่านรหัสแถบแบบเวิร์กสเตชั่น

4.3.4 โครงสร้างและการออกแบบวงจรการพิมพ์ข้อมูลออกทางเครื่องพิมพ์

ในส่วนของโครงสร้างการส่งข้อมูลออกไปยังเครื่องพิมพ์นั้นจะอาศัยหลักการจำลองให้เหมือนกับสัญญาณที่เครื่องพิมพ์ต้องการ โดยในที่นี้ได้เลือกใช้งานกับเครื่องพิมพ์ชนิดดอทเมทริกซ์(dot matrix printer) แบบที่ใช้การเชื่อมต่อข้อมูลแบบขนาน โดยมีสัญญาณที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน คือ สัญญาณข้อมูล สัญญาณ BUSY และสัญญาณ STROBE โดยสัญญาณ STROBE ใช้สำหรับเป็นสัญญาณเอาท์พุทที่ส่งไปยังเครื่องพิมพ์เพื่อบอกให้เครื่องพิมพ์ทำการรับข้อมูลที่ต้องการพิมพ์เข้าไปส่วนสัญญาณ BUSY เป็นสัญญาณที่เครื่องพิมพ์ส่งออกมาเพื่อบอกให้ทราบว่าเครื่องพิมพ์ยังไม่พร้อมที่จะติดต่อหรือรับข้อมูล

วงจรสำหรับการจำลองสัญญาณเพื่อส่งข้อมูลไปยังเครื่องพิมพ์จะแสดงในรูปที่ 4.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 วงจรการส่งข้อมูลไปยังเครื่องพิมพ์

4.3.5 โครงสร้างและการออกแบบวงจรการเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูลกับส่วนพอร์ทเทเบิล

โครงสร้างสำหรับการสื่อสารข้อมูลเพื่อใช้สำหรับเชื่อมต่อกับเครื่องอ่านรหัสแถบแบบพอร์ทเทเบิลจะใช้การสื่อสารข้อมูลตามมาตรฐาน RS-232C ซึ่งต่อกันในลักษณะจุดต่อจุด

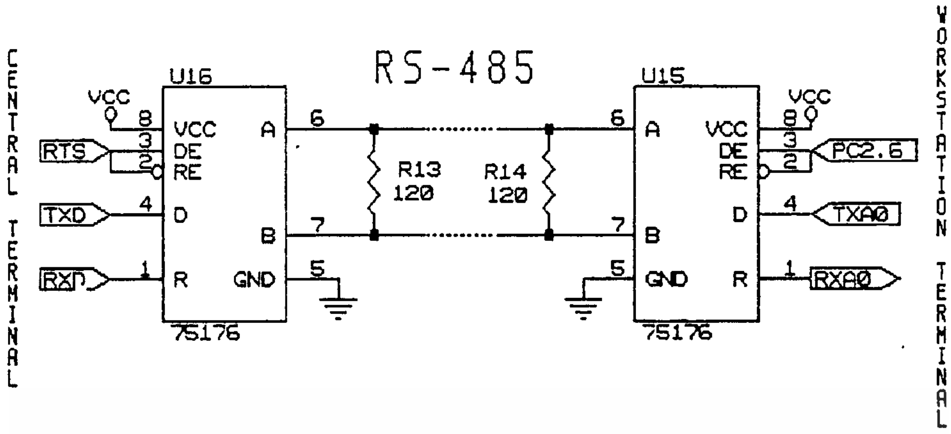
การออกแบบวงจรของส่วนนี้ได้เลือกใช้ IC MAX232 ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณระหว่างสัญญาณลอจิก TTL กับ สัญญาณตามมาตรฐาน RS-232C โดยการต่อวงจรจะเป็นดังในรูปที่ 4.15

4.3.6 โครงสร้างและการออกแบบวงจรการสื่อสารข้อมูลเป็นโครงข่าย

ส่วนการเชื่อมต่อและสื่อสารเป็นโครงข่ายข้อมูลสำหรับเครื่องอ่านรหัสแถบแบบเวิร์กสเตชั่นนั้นมีโครงสร้างที่สำคัญ คือ จะต่อกันเป็นโครงข่ายข้อมูลแบบบัสตามมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบหลายจุด RS-485 โดยในส่วนเวิร์กสเตชั่นนี้จะทำหน้าที่ในลักษณะของโหนดภายในโครงข่ายที่จะสื่อสารข้อมูลกับศูนย์กลางข้อมูล

ในการออกแบบวงจรได้เลือกใช้ IC SN75176 ที่ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณระหว่างสัญญาณลอจิก TTL กับ สัญญาณตามมาตรฐาน RS-485 เพื่อใช้ในการรับ-ส่งข้อมูล แต่เนื่องจากการสื่อสารตามมาตรฐาน RS-485 จะเป็นการสื่อสารแบบ half-duplex โดยใช้สายสัญญาณเพียงคู่เดียว ทำให้ในขณะเวลาหนึ่งจะมีข้อมูลในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ดังนั้น IC นี้จึงต้องมีขาสัญญาณ enable ที่จะเลือกให้ตัวรับหรือตัวส่งทำงาน ดังแสดงวงจรที่ใช้ในรูปที่ 4.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



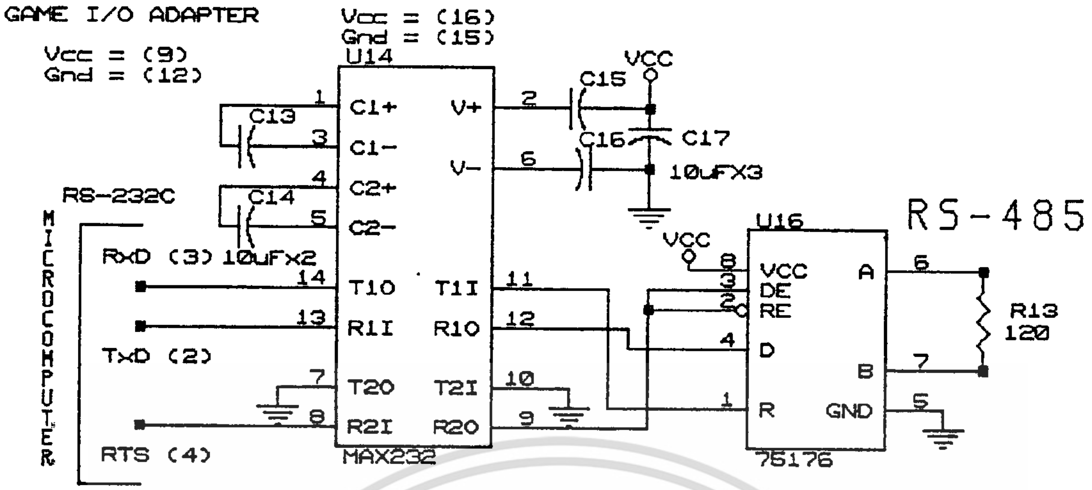
รูปที่ 4.22 วงจรการสื่อสารข้อมูลเป็นโครงข่ายของเครื่องอ่านรหัสแถบแบบเวิร์กสเตชั่น

4.4 ศูนย์กลางข้อมูลของระบบ

โดยโครงสร้างและหลักการของของระบบการเก็บข้อมูลรหัสแถบนั้นจะมีส่วนที่ทำหน้าที่ในการเป็นศูนย์กลางในการเก็บข้อมูลของระบบทั้งหมด ซึ่งจะต่อกันเป็นโครงข่ายเพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลจากจุดต่าง ๆ ที่กระจายออกไปจากศูนย์กลางข้อมูลได้สะดวกรวดเร็ว โดยใช้ IBM PC/AT เป็นศูนย์กลางข้อมูล และใช้มาตรฐานการสื่อสารข้อมูลแบบหลายจุด RS-485 ที่ต่อกันเป็นโครงข่ายข้อมูลแบบบัส ซึ่งการควบคุมและจัดการโครงข่ายจะทำโดยศูนย์กลางข้อมูลทั้งหมด โดยที่โหนด(ในที่นี้คือเครื่องอ่านรหัสแถบแบบเวิร์กสเตชั่น)แต่ละตัวจะเป็นตัวที่ทำหน้าที่ในการอ่านรหัสแถบแล้วทำการประมวลผลจนได้ข้อมูลที่ถูกต้องจากนั้นจะรอจนกว่าศูนย์กลางข้อมูลจะทำการร้องถาม จึงจะสามารถส่งข้อมูลเข้าไปในโครงข่ายไปยังศูนย์กลางข้อมูลของระบบได้

ในการออกแบบวงจรสำหรับส่วนนี้เนื่องจาก IBM PC/AT นั้นจะมีพอร์ทสำหรับการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232C อยู่แล้ว จึงได้สร้างวงจรแปลงสัญญาณให้เป็นไปตามมาตรฐาน RS-485 เพื่อที่จะได้สามารถต่อเป็นโครงข่ายข้อมูล วงจรที่ใช้งานจะใช้ IC 2 ตัวคือ IC MAX232 ที่จะทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณที่ได้จากพอร์ทการสื่อสารของ IBM PC/AT ให้เป็นสัญญาณ TTL ตามปกติ จากนั้นจะใช้ IC SN75176 ทำการแปลงให้เป็นสัญญาณตามมาตรฐานRS-485 ดังแสดงวงจรในรูปที่ 4.23 แต่เนื่องจาก RS-485 เป็นการสื่อสารแบบ half-duplex ที่ใช้สายสัญญาณเพียงคู่เดียวทำให้ในขณะเวลาหนึ่ง ๆ จะมีข้อมูลไปในทิศทางเดียวเท่านั้นจึงต้องมีการควบคุมทิศทางของข้อมูล ซึ่งได้เลือกใช้ขาสัญญาณ RTS ที่มีอยู่ในพอร์ทการสื่อสารข้อมูลอนุกรมของ IBM PC/AT ไปต่อกับขา enable ของ IC SN75176 ดังในรูป 4.23 ที่เป็นการเลือกให้ตัวรับหรือตัวส่งเป็นตัวที่ทำงาน เนื่องจากการตัวรับและตัวส่งจะใช้ enable ที่สภาวะลอจิกที่ตรงข้ามกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 วงจรแปลงสัญญาณ RS-232C ไปเป็น RS-485 ของศูนย์กลางข้อมูลของระบบ

4.5 ลักษณะโครงสร้างข้อมูลและการใช้งานระบบ

ในการใช้งานของระบบในลักษณะของโครงข่ายข้อมูลระหว่างศูนย์กลางข้อมูลกับส่วนเวิร์กสเตชั่นนั้นข้อมูลที่ใช้จะมีโครงสร้างเป็นดังรูปที่ 4.24 ซึ่งข้อมูลแต่ละชุดประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

1. รหัสบอกลำดับของชุดข้อมูล ขนาด 8 ไบท์
2. รหัสข้อมูล ขนาดสูงสุดไม่เกิน 16 ไบท์
3. รหัสบอกจำนวน ขนาดสูงสุดไม่เกิน 7 ไบท์
4. รหัสแสดงการเข้าหรือออก ขนาด 1 ไบท์

โดยข้อมูลในส่วนที่ 2, 3, และ 4 เป็นข้อมูลที่ส่งมาจากส่วนเวิร์กสเตชั่น แต่สำหรับส่วนที่ 1 จะเป็นข้อมูลที่ศูนย์กลางข้อมูลสร้างขึ้นเพื่อใช้แสดงถึงลำดับและเวลาที่ได้รับข้อมูล ซึ่งข้อมูลทั้งหมดจะแทนด้วยรหัสตามมาตรฐานของรหัสแอสกี้ (ASCII) และข้อมูลแต่ละส่วนจะถูกแยกด้วยตัวกั้นขนาด 1 ไบท์ ที่แทนด้วย รหัสแคเรียร์รีเทิร์น (carriage return:CR = '0DH')

รหัสบอกลำดับของชุดข้อมูล	รหัสข้อมูล	รหัสบอกจำนวน	รหัสบอกการเข้าหรือออก
LOT_NO	DATA	QUANTITY	IN_OUT

รูปที่ 4.24 แสดงลักษณะโครงสร้างของข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสารในระบบโครงข่ายข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการนำข้อมูลไปใช้งานนั้นเนื่องจากได้ออกแบบให้การจัดเก็บข้อมูลในลักษณะข้อมูลที่เหมือนกับข้อมูลของดาต้าเบสไฟล์ (database file) ซึ่งไฟล์ในลักษณะนี้สามารถที่จะนำไปใช้งานกับโปรแกรมต่าง ๆ ได้มากมาย โดยในระบบนี้ได้เลือกใช้งานกับโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft Excel) ซึ่งเป็นโปรแกรมจัดการข้อมูลที่ได้รับความนิยมอย่างมาก และสามารถใช้งานกับดาต้าเบสไฟล์ได้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

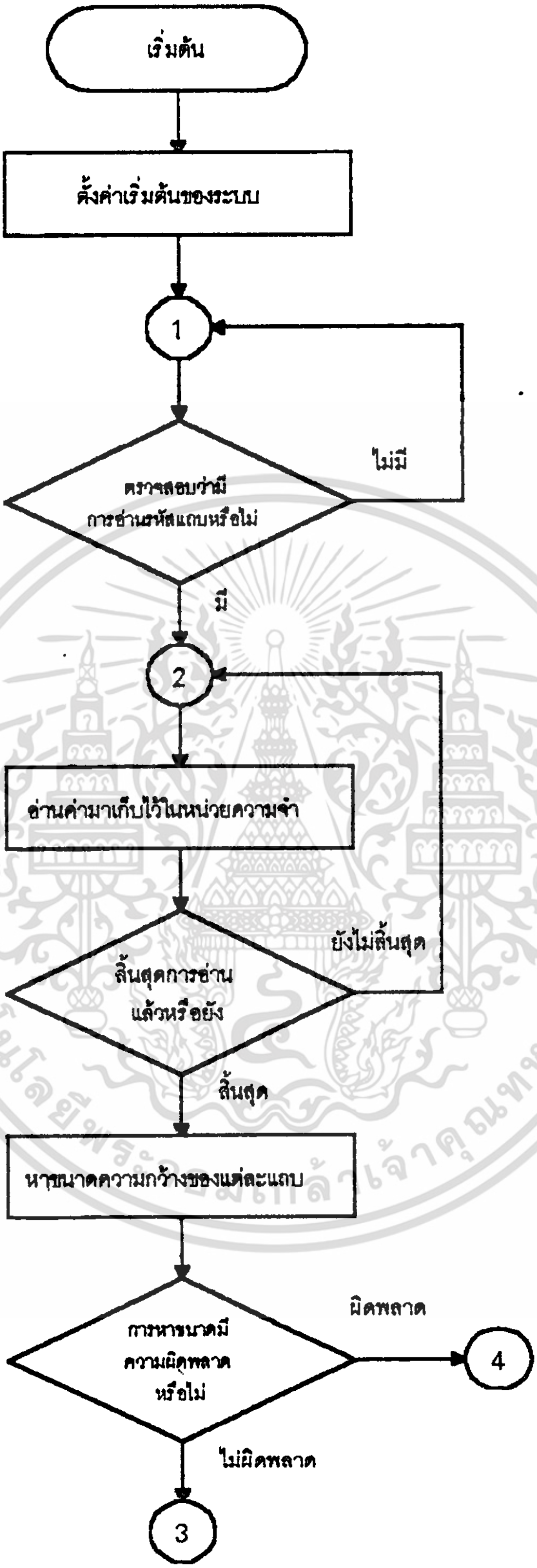
บทที่ 5
โปรแกรมควบคุมระบบ

ในส่วนของโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมดนั้น เนื่องจากโครงสร้างของระบบจะมีส่วนประกอบหลายส่วน ซึ่งในแต่ละส่วนจะมีทั้งส่วนการทำงานเหมือนและต่างกัน ดังนั้นในส่วนการทำงานที่เหมือนกันก็จะกล่าวถึงโครงสร้างการทำงานของโปรแกรมเพียงครั้งเดียว แต่ในส่วนที่ต่างกันก็จะกล่าวถึงรายละเอียดโครงสร้างของโปรแกรมของแต่ละส่วนทั้งหมด ดังแสดงรายละเอียดและโครงสร้างการทำงานของโปรแกรม ดังนี้

5.1 หลักการและโครงสร้างของโปรแกรมควบคุมการอ่านรหัสแถบ

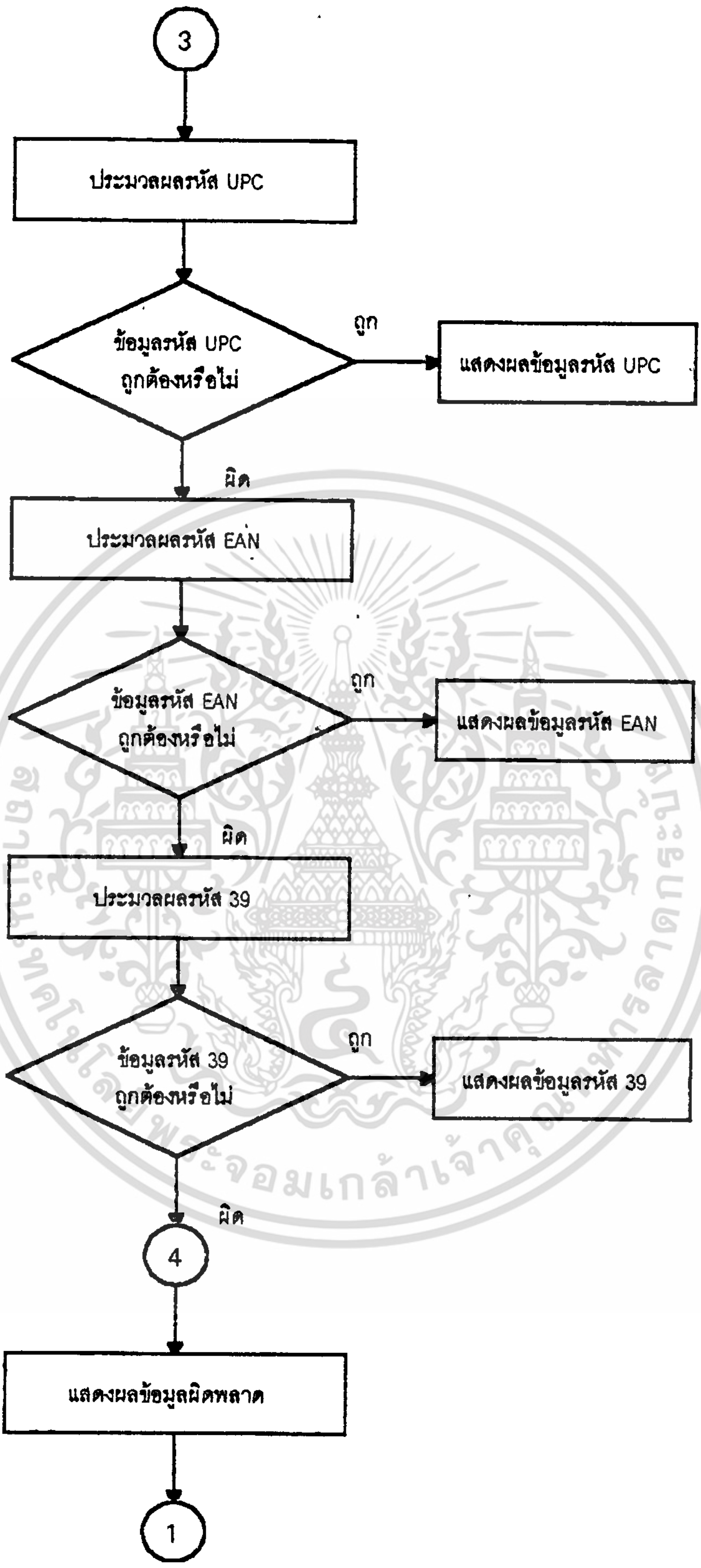
โดยหลักการแล้วในการอ่านและการแทนรหัสจะอาศัยการแยกจากความแตกต่างของลักษณะความกว้างของข้อมูล ซึ่งรหัสแต่ละรหัสก็จะมีโครงสร้างและลักษณะการจัดเรียงของความกว้างข้อมูลที่แตกต่างกัน ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 สำหรับในส่วนของโปรแกรมในการอ่านรหัสแถบนั้น ในส่วนแรกที่เป็นการหาค่าความกว้างของรหัสแถบจะมีลักษณะที่เหมือนกัน แต่ในส่วนที่เป็นการเปรียบเทียบเพื่อหาข้อมูลที่แท้จริงนั้น รหัสแต่ละรหัสจะมีโครงสร้างของโปรแกรมที่แตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 5.1 ซึ่งเป็นโฟล์วชาร์ทของโครงสร้างหลักในการหาขนาดความกว้างของรหัสแถบแต่ละแถบและการเปรียบเทียบเพื่อหาค่าที่เป็นข้อมูลจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 โฟล์วชาร์ทแสดงโครงสร้างการหาค่ารหัสแถบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

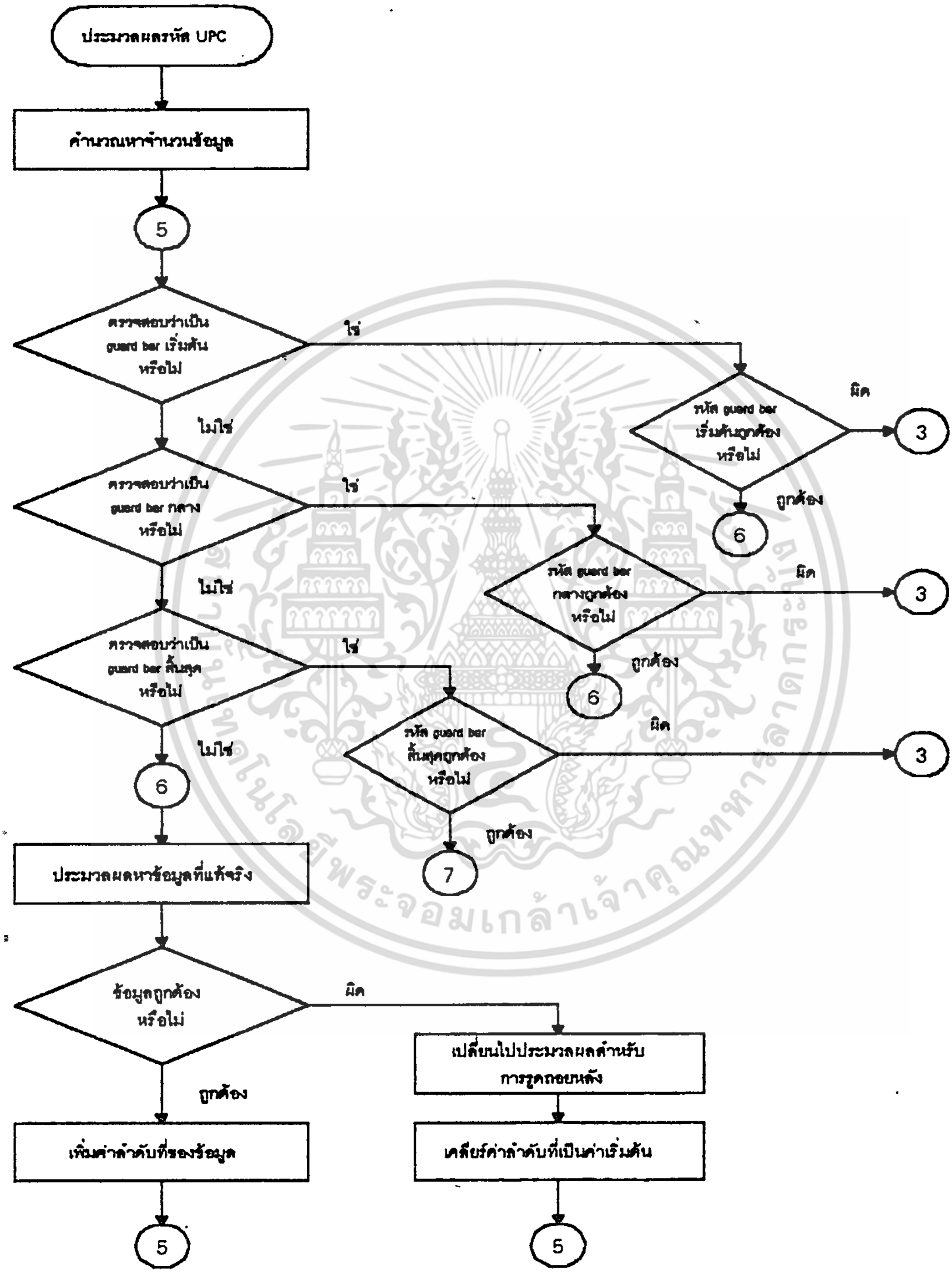


รูปที่ 5.1 (ต่อ) โฟล์วชาร์ทแสดงโครงสร้างการหาค่ารหัสแถบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

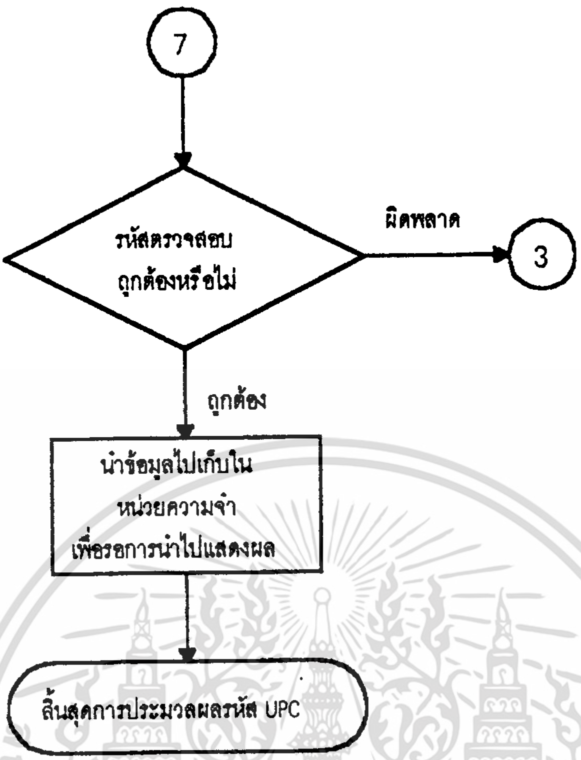
5.1.1 ส่วนการอ่านรหัสแถบยูพีซี

ในส่วนของโครงสร้างการประมวลผลเพื่อหาข้อมูลรหัสยูพีซีจะมีโครงสร้างและลำดับขั้นตอนการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 โฟล์วชาร์ทแสดงโครงสร้างการประมวลผลของรหัสยูพีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

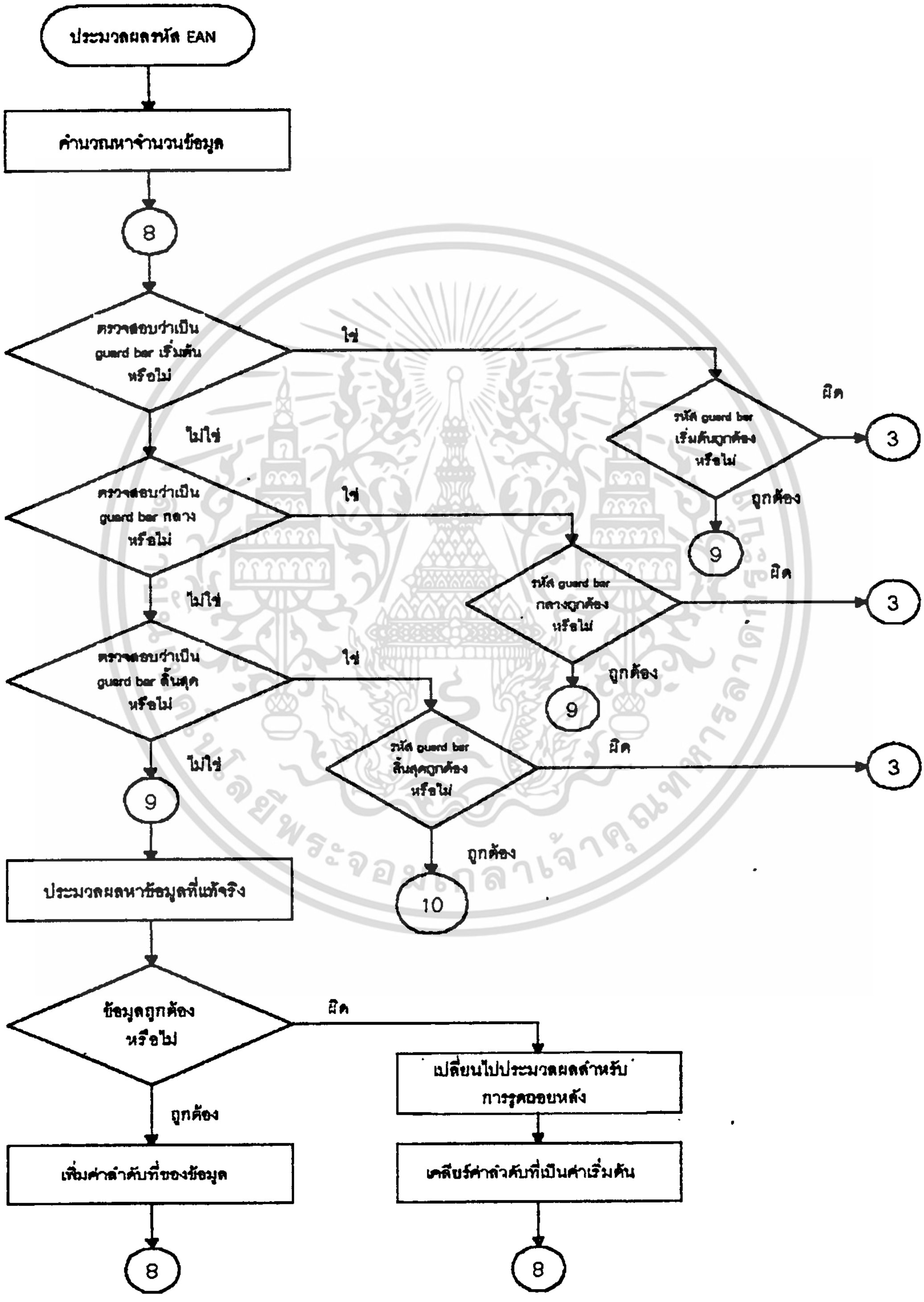


รูปที่ 5.2 (ต่อ) โฟล์วชาร์ทแสดงโครงสร้างการประมวลผลของรหัสยูพีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

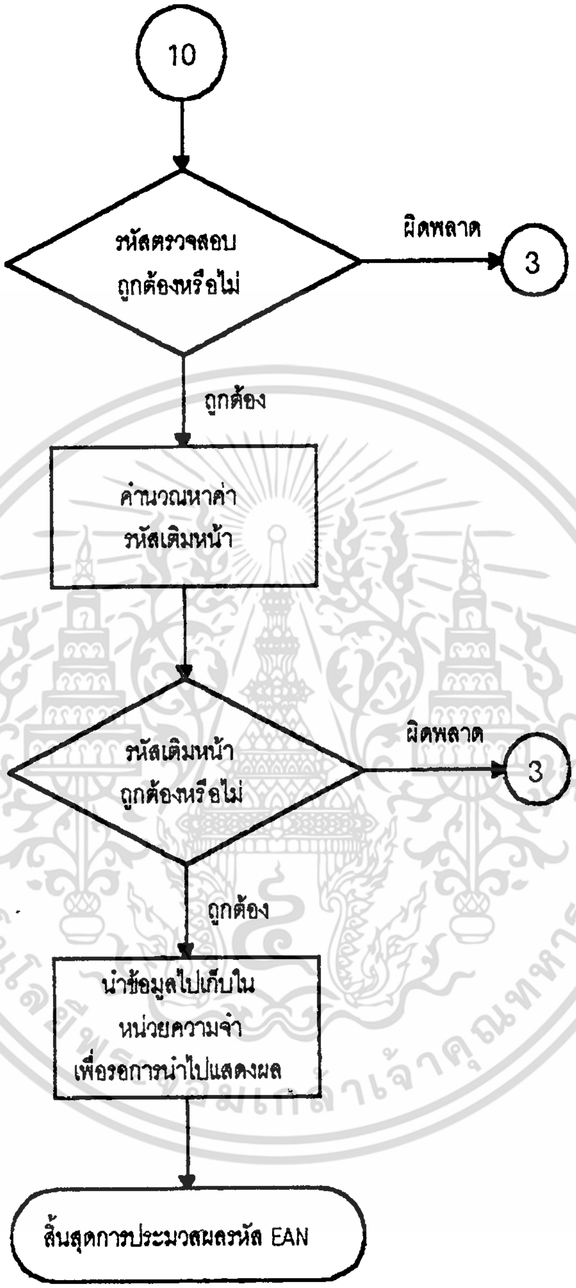
5.1.2 ส่วนการอ่านรหัสแถบเอียน

สำหรับในส่วนโครงสร้างและลำดับขั้นตอนในการประมวลผลของรหัสเอียน จะแสดงในรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 โฟล์วชาร์ทแสดงโครงสร้างการประมวลผลของรหัสเอียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

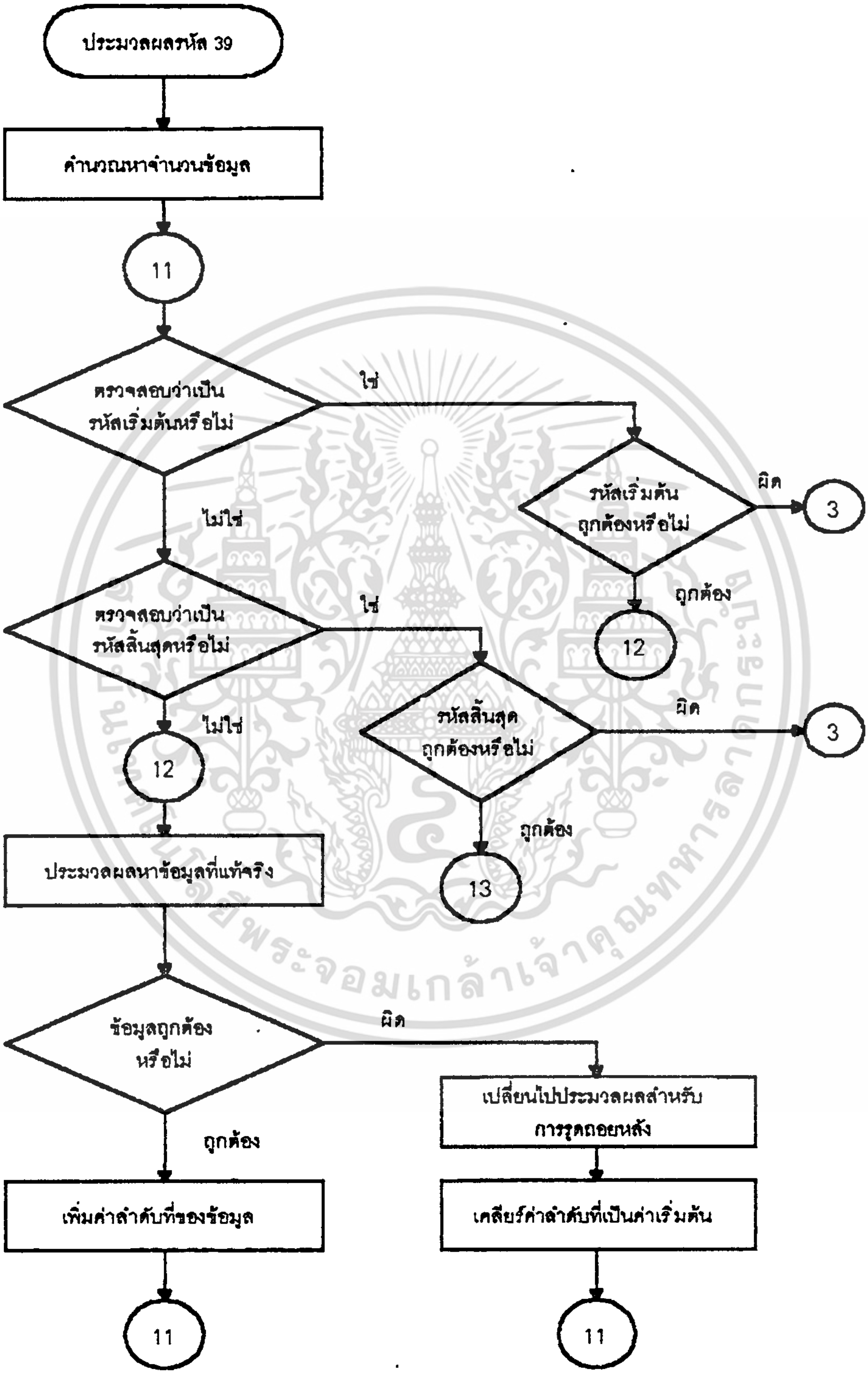


รูปที่ 5.3 (ต่อ) โฟล์วชาร์ทแสดงโครงสร้างการประมวลผลของรหัสเอียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

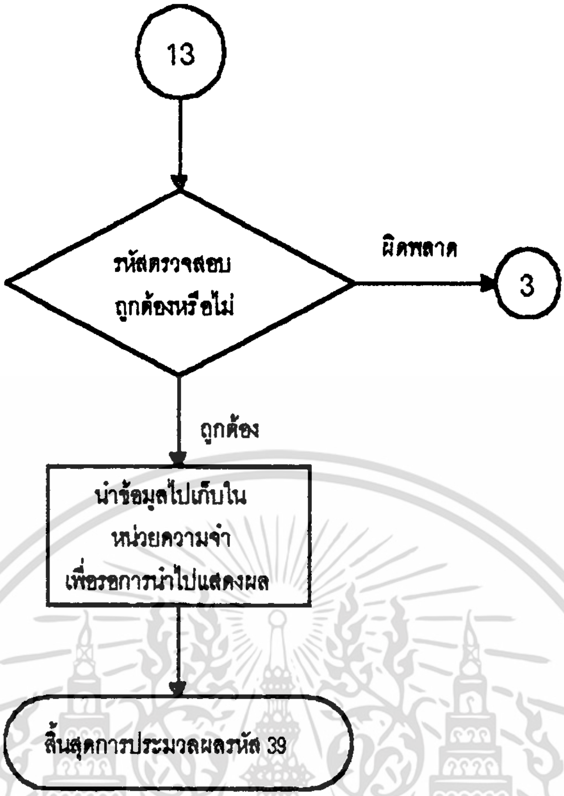
5.1.3 ส่วนการอ่านรหัสแถบ 39

ในส่วนของการประมวลผลรหัส 39 จะมีโครงสร้างและลำดับขั้นตอนในการทำงานดังแสดงในรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 โฟล์วชาร์ทแสดงโครงสร้างการประมวลผลของรหัส 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 (ต่อ) โฟล์วชาร์ทแสดงโครงสร้างการประมวลผลของรหัส 39

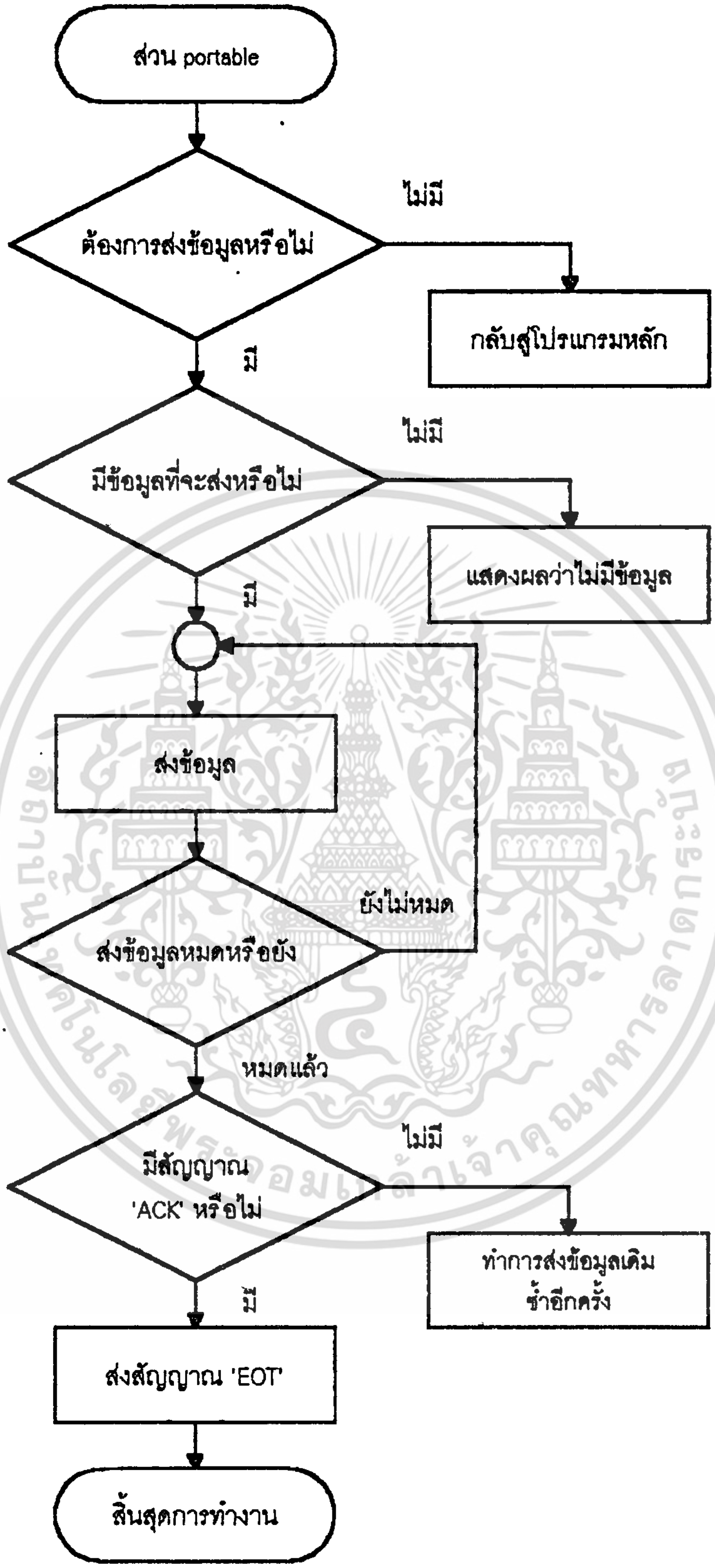
5.2 หลักการและโครงสร้างของโปรแกรมควบคุมการเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูล

สำหรับหลักการในส่วนของการเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูลนั้น ถ้าเป็นการสื่อสารข้อมูลที่ใช้มาตรฐานเดียวกันจะมีโครงสร้างและโปรแกรมควบคุมการทำงานที่เหมือนกัน โดยในระบบนี้จะมีส่วนที่สำคัญ ดังนี้

5.2.1 โครงสร้างของโปรแกรมควบคุมการสื่อสารข้อมูลจุดต่อจุด

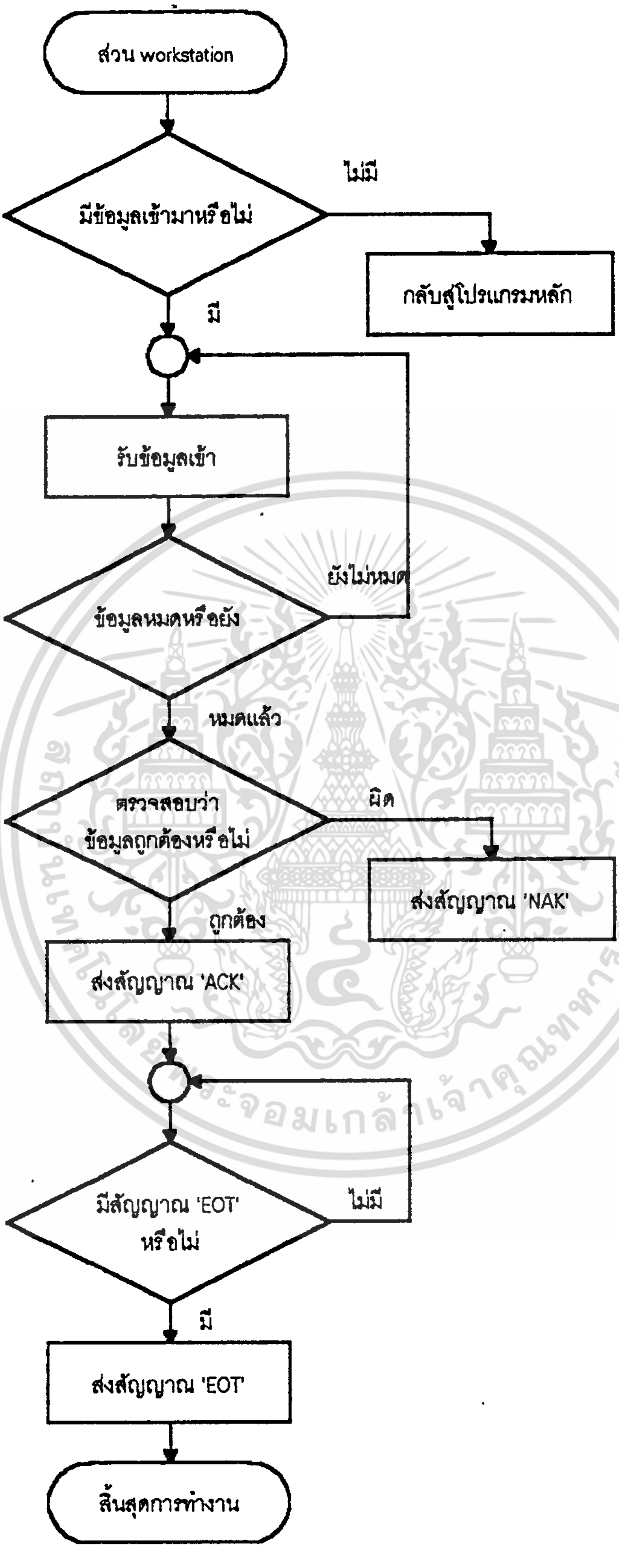
ในส่วนของการสื่อสารข้อมูลแบบจุดต่อจุดสำหรับระบบนี้จะเป็นการสื่อสารข้อมูลตามมาตรฐาน RS-232C ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อระหว่างส่วนพอร์ทเทเบิล กับ ส่วนเวิร์กสเตชั่น โดยที่ทั้งสองส่วนนี้จะต้องมีโครงสร้างและลำดับขั้นในการเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูลที่สอดคล้องกัน ดังแสดงโครงสร้างการทำงานของแต่ละส่วนในรูปที่ 5.5 และ 5.6 และยังมีการกำหนดโปรโตคอลในการสื่อสารข้อมูลระหว่างกันไว้ด้วย ดังแสดงในรูปที่ 5.7 ซึ่งโปรโตคอลนี้เป็นโปรโตคอลพื้นฐานที่จะมีเพียงการตรวจสอบว่ารหัสตรวจสอบข้อมูล(ซึ่งเป็นรหัสที่ได้จากการนำข้อมูลทั้งหมดไปทำการประมวลผลด้วยวิธีที่กำหนดไว้)ถูกต้องหรือไม่ ถ้าถูกต้องให้ส่งรหัส 'ACK' แต่ถ้าไม่ถูกต้องก็ให้ส่งรหัส 'NAK' ซึ่งจะทำให้ส่วนพอร์ทเทเบิลต้องทำการส่งข้อมูลชุดเดิมซ้ำอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



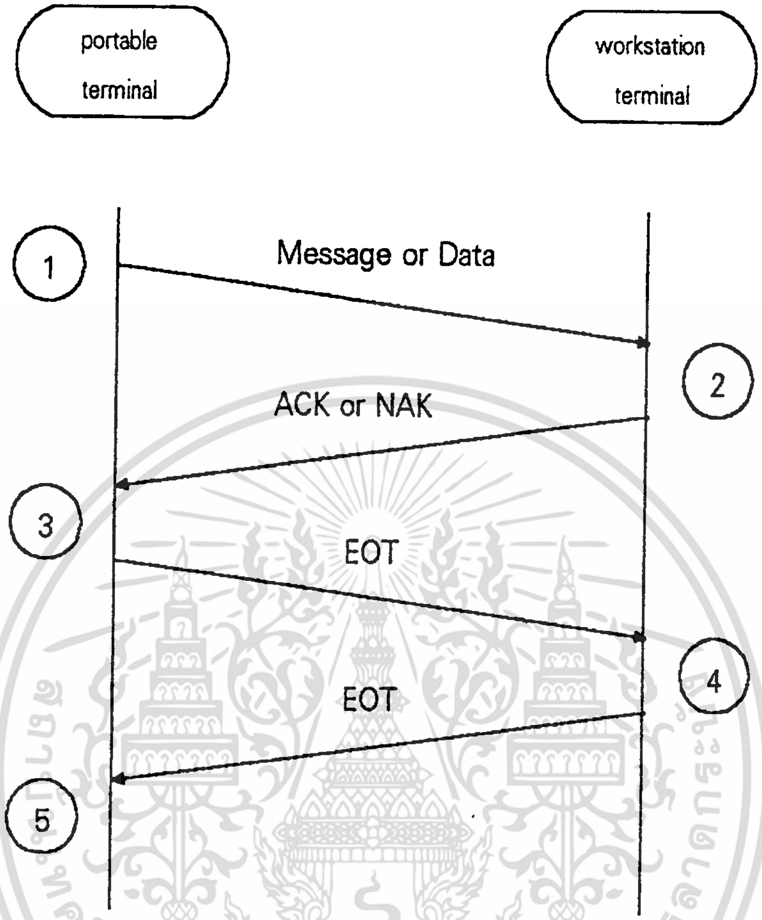
รูปที่ 5.5 โฟล์วชาร์ทแสดงโครงสร้างการทำงานของส่วนพอร์ทเทเบิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.6 โฟล์วชาร์ทแสดงโครงสร้างการทำงานของส่วนเวิร์กสเตชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

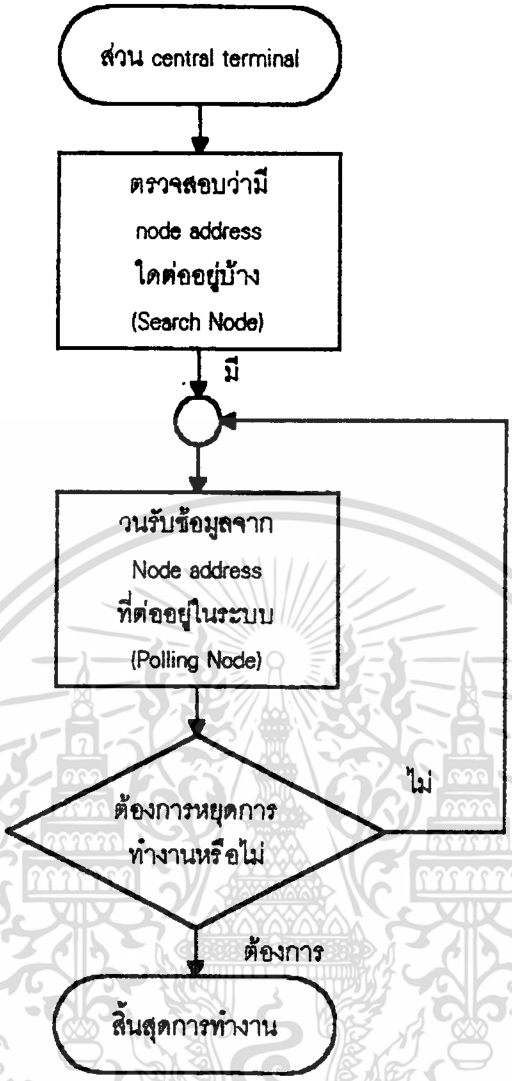


รูปที่ 5.7 แสดงขั้นตอนของโปรโตคอลในการเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูลระหว่างส่วนพอร์ทเทเบิลและส่วนเวิร์กสเตชั่น

5.2.2 โครงสร้างของโปรแกรมควบคุมการสื่อสารข้อมูลเป็นโครงข่าย

ในส่วนของการสื่อสารข้อมูลแบบเป็นโครงข่ายที่ใช้ในระบบนี้จะเป็นการสื่อสารข้อมูลตามมาตรฐาน RS-485 ซึ่งเป็นการสื่อสารข้อมูลในลักษณะโครงข่ายข้อมูลระหว่างส่วนศูนย์กลางการเก็บข้อมูลกับส่วนเวิร์กสเตชั่น โดยโครงสร้างและลำดับขั้นตอนการทำงาน จะแสดงดังในรูปที่ 5.8 ซึ่งเป็นการทำงานของส่วนศูนย์กลางการเก็บข้อมูล และได้มีการกำหนดโปรโตคอลในการสื่อสารข้อมูลระหว่างกัน โดยจะมี 2 ส่วน คือ ส่วนของการค้นหาว่ามีโหนดหรือเวิร์กสเตชั่นต่ออยู่กี่ตัวและที่แอดเดรสใดบ้าง ดังแสดงในรูปที่ 5.9 สำหรับในส่วนถัดไปจะเป็นการวนเพื่อรับข้อมูลจากโหนดที่ต่ออยู่ ดังแสดงในรูปที่ 5.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8 โฟล์วชาร์ทแสดงโครงสร้างการทำงานเป็นโครงข่ายข้อมูล

โดยลำดับการทำงานในการค้นหาว่ามีโหนดต่ออยู่เท่าใดและอยู่ที่แอดเดรสใด หรือ การ search node ดังในรูปที่ 5.9

ในขั้นตอนที่ 1 เป็นการส่งรหัสเพื่อไปตรวจสอบโหนดแต่ละตัว

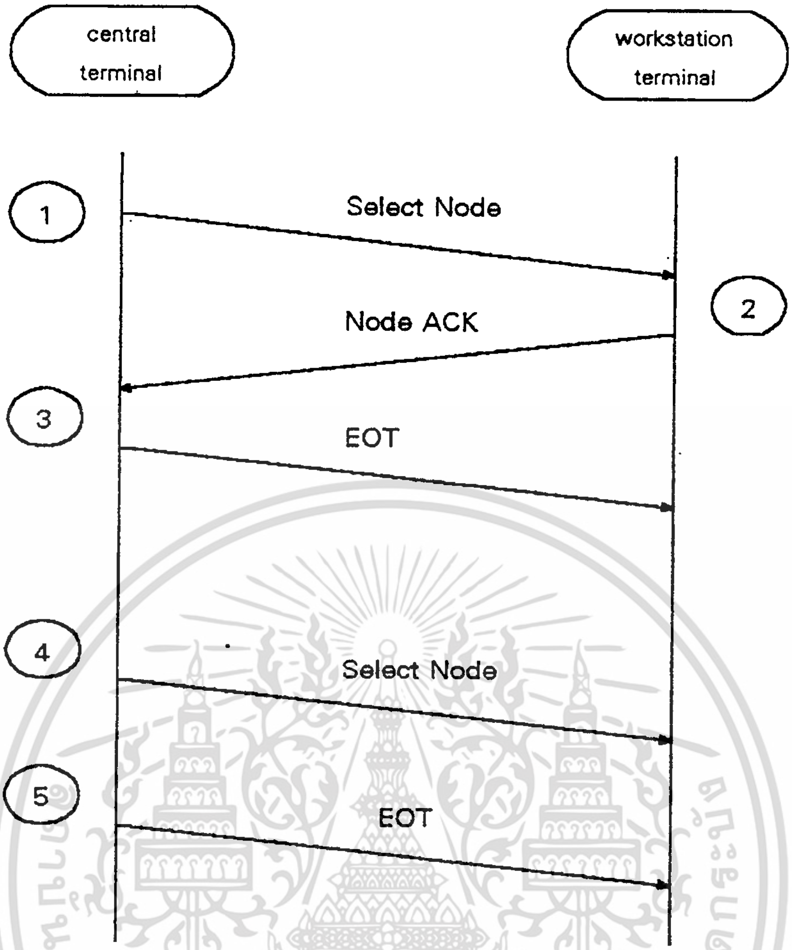
ในขั้นตอนที่ 2 ถ้ามีโหนดต่ออยู่ที่แอดเดรสใดก็จะมีรหัสตอบจากโหนดนั้น

ในขั้นตอนที่ 3 เมื่อได้รับสัญญาณตอบสนองก็จะส่งรหัส 'EOT' เพื่อเป็นการสิ้นสุดการติดต่อ และนำค่าแอดเดรสที่ตอบสนองนี้ไปเก็บในตารางที่แสดงว่ามีโหนดแอดเดรสใดต่ออยู่เพื่อใช้ในการวนรับข้อมูลในส่วนต่อไป

ในขั้นตอนที่ 4 เป็นการส่งรหัสเพื่อตรวจสอบโหนดถัดไป

ในขั้นตอนที่ 5 เป็นกรณีที่แอดเดรสที่กำลังทำการตรวจสอบอยู่แล้วไม่มีการตอบสนองกลับภายในระยะเวลาที่กำหนด (หรือ timeout) ก็จะส่งรหัส 'EOT' เพื่อเป็นการสิ้นสุดการติดต่อ และไปตรวจสอบโหนดแอดเดรสถัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 แสดงขั้นตอนของโปรโตคอลในการ search node

สำหรับในส่วนของลำดับขั้นตอนการตรวจสอบเพื่อรับข้อมูล หรือ poll node จะแสดงในรูปที่ 5.10

ในขั้นตอนที่ 1 เป็นการเลือกโหนดแอดเดรสที่จะทำการรับข้อมูล

ในขั้นตอนที่ 2 เป็นการส่งรหัสตอบกลับจากโหนดแอดเดรสที่ถูกเลือก

ในขั้นตอนที่ 3 เป็นการส่งรหัสตอบกลับจากศูนย์กลางการเก็บข้อมูลเพื่อให้เริ่มการรับ-ส่งข้อมูลได้

ในขั้นตอนที่ 4 เป็นการส่งข้อมูลจากส่วนเวิร์กสเตชั่น

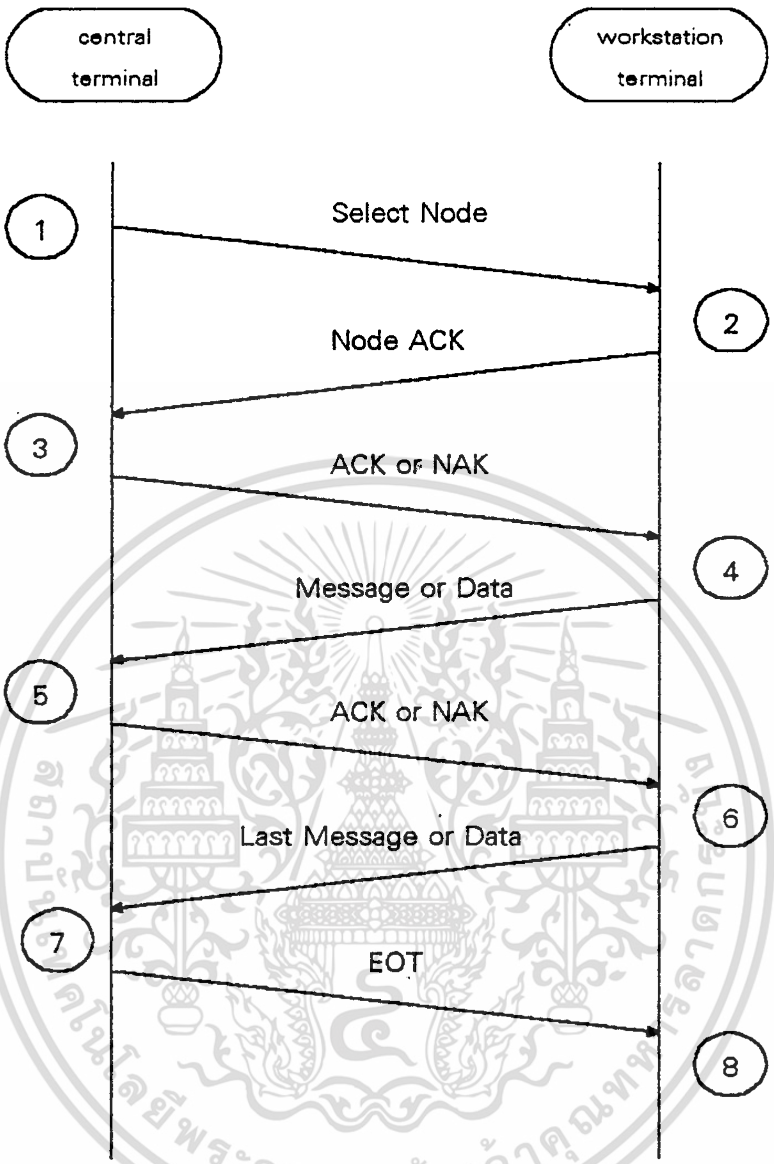
ในขั้นตอนที่ 5 เป็นการส่งรหัสตอบกลับเพื่อให้ทราบว่าข้อมูลที่ส่งมานั้นถูกต้องหรือไม่ ถ้าข้อมูลถูกต้องจะส่ง 'ACK' แต่ถ้ากรณีข้อมูลผิดพลาดก็จะส่งรหัส 'NAK' เพื่อให้ทำการส่งข้อมูลเดิมมาอีกครั้ง

ในขั้นตอนที่ 6 เป็นการส่งข้อมูลชุดสุดท้าย

ในขั้นตอนที่ 7 เป็นการส่งสัญญาณเพื่อให้ทราบว่าสิ้นสุดการรับ-ส่งข้อมูล

ในขั้นตอนที่ 8 สิ้นสุดการรับ-ส่งสำหรับโหนดแอดเดรสนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

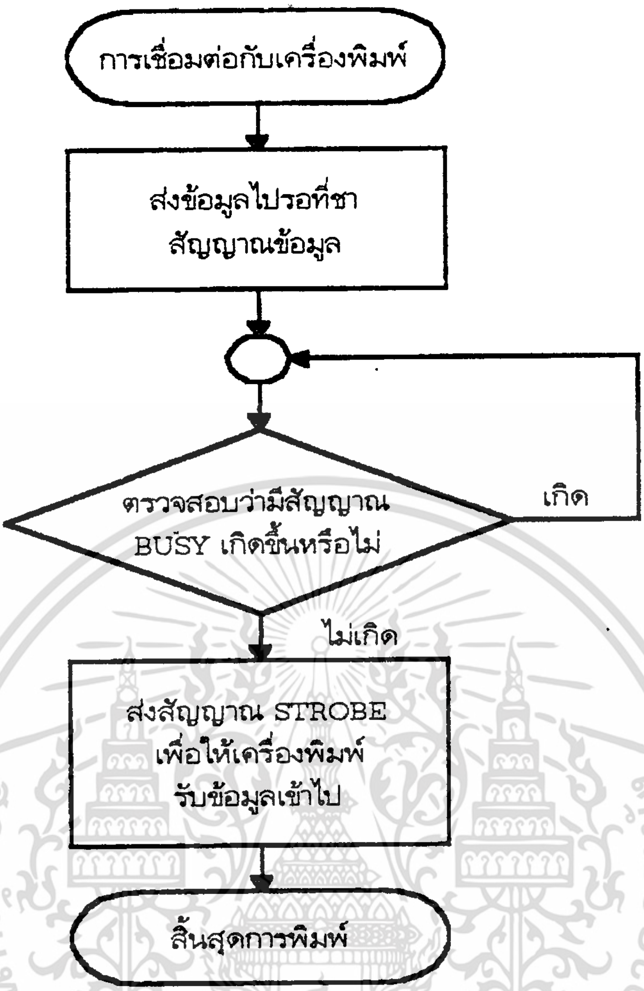


รูปที่ 5.10 แสดงลำดับขั้นตอนของในการ poll node

5.2.3 โครงสร้างของโปรแกรมควบคุมการเชื่อมต่อกับเครื่องพิมพ์

ในส่วนของการส่งข้อมูลออกพิมพ์ทางเครื่องพิมพ์ซึ่งในระบบนี้ใช้เครื่องพิมพ์ชนิดดอทแมทริกซ์ จะมีลำดับขั้นตอนการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 5.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.11 โฟล์วชาร์ทแสดงลำดับขั้นตอนการเชื่อมต่อกับเครื่องพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

การทดสอบระบบ

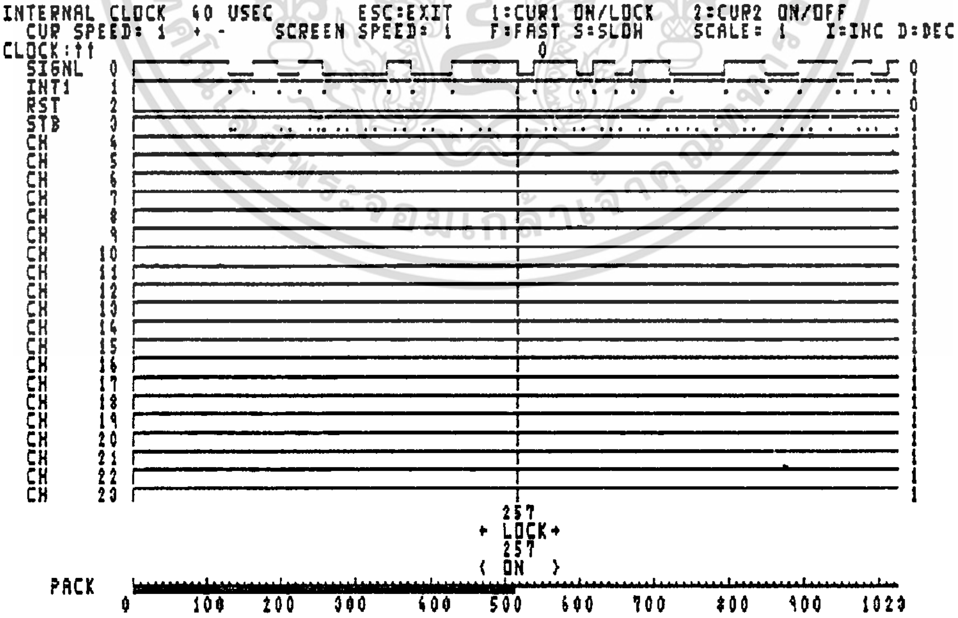
ในการทดสอบการทำงานของระบบนี้เนื่องจากได้แบ่งส่วนต่าง ๆ ในระบบออกเป็นส่วนสำคัญ ๆ ได้ 4 ส่วน คือ ส่วนของเวดจ์ ส่วนพอร์ทเทเบิล ส่วนเวิร์กสเตชั่น และส่วนศูนย์กลางข้อมูล ดังนั้นจึงทดสอบการทำงานแยกเป็นส่วน ๆ แต่เนื่องจากส่วนการทดสอบการสื่อสารข้อมูลจะมีการเกี่ยวเนื่องกับหลายส่วนจึงได้แยกการทดสอบออกมา ดังแสดงรายละเอียดการทดสอบและผลการทดสอบ ดังนี้

6.1 การทดสอบการควบคุมและการทำงานของเครื่องอ่านรหัสแถบ

ในส่วนนี้เป็นการทดสอบการทำงานของส่วนที่ทำงานในลักษณะเครื่องอ่านรหัสแถบ ดังนี้

6.1.1 การทดสอบการทำงานของเวดจ์

เวดจ์เป็นเครื่องอ่านรหัสแถบแบบที่จะทำการส่งข้อมูลที่ได้หลังจากการประมวลผลข้อมูลรหัสแถบจนเรียบร้อยแล้วเข้าไปทางขั้วต่อแป้นพิมพ์ หรือ ทำหน้าที่ในลักษณะเลียนแบบการทำงานของแป้นพิมพ์ จะมีส่วนที่ต้องแสดงผลการทดสอบ คือ ส่วนการอ่านรหัสแถบ ดังในรูปที่ 6.1 เป็นรูปสัญญาณที่ได้จากการอ่านรหัสแถบเอียน และผลการทดสอบรูดหัวอ่านด้วยหัวอ่านแบบแวนในตารางที่ 6.1



รูปที่ 6.1 แสดงสัญญาณที่ได้จากการอ่านรหัสเอียน '9780132028547'

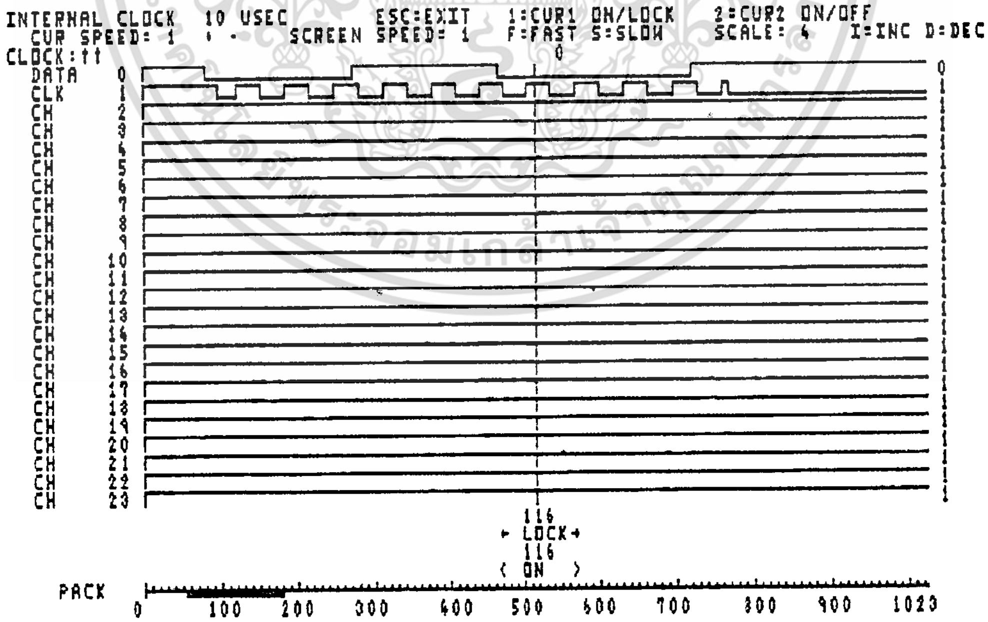
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปสัญญาณจะเห็นได้ว่าจะมีสัญญาณอินเทอร์รัพท์เกิดขึ้นที่ทุกตำแหน่งที่สัญญาณจากหัวอ่านรหัสแถบมีการเปลี่ยนสภาวะ ซึ่งเป็นตามหลักการที่ออกแบบไว้ (ในหัวข้อ 4.1.1 และรูปที่ 4.3)

ตารางที่ 6.1 แสดงผลการอ่านรหัสแถบของส่วนเวดจ์

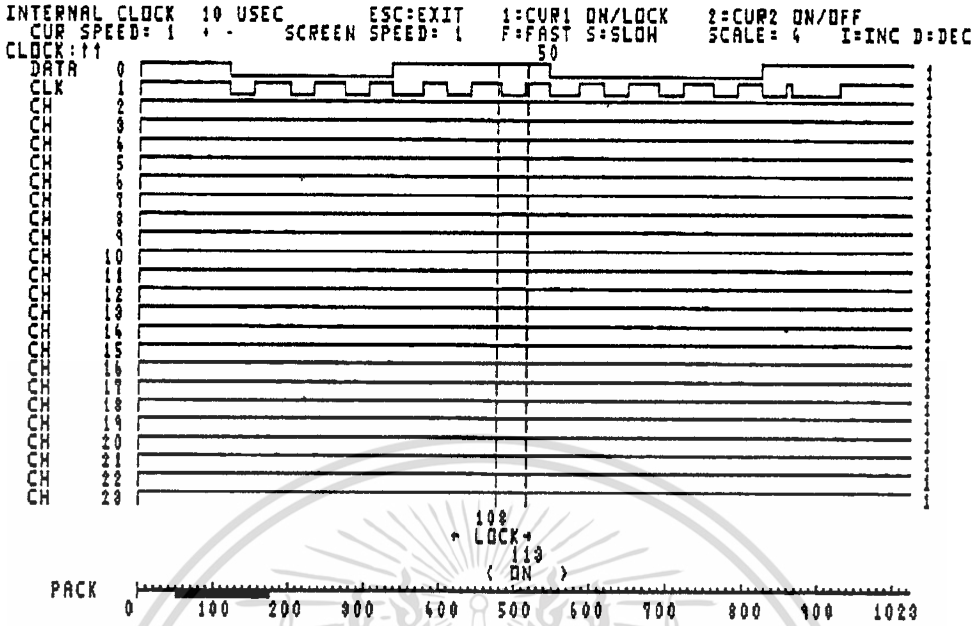
บุคคลที่	จำนวนครั้งที่รูด	จำนวนครั้งที่ได้ข้อมูลถูกต้อง	จำนวนครั้งที่เกิด substitution error	ค่า SER (%)	ค่า FRR (%)
1	100	95	0	0	95
2	100	97	0	0	97
3	100	96	0	0	96
4	100	97	0	0	97
5	100	98	0	0	98

สำหรับในส่วนการทดสอบการจำลองข้อมูลของแป้นพิมพ์ ดังในรูปที่ 6.2 ถึง 6.5 จะเป็นการเปรียบเทียบสัญญาณระหว่างสัญญาณที่ได้จากแป้นพิมพ์จริง ๆ กับ สัญญาณที่จำลองขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าสัญญาณที่จำลองมีลักษณะของสัญญาณที่ใกล้เคียงกับสัญญาณการกดแป้นพิมพ์

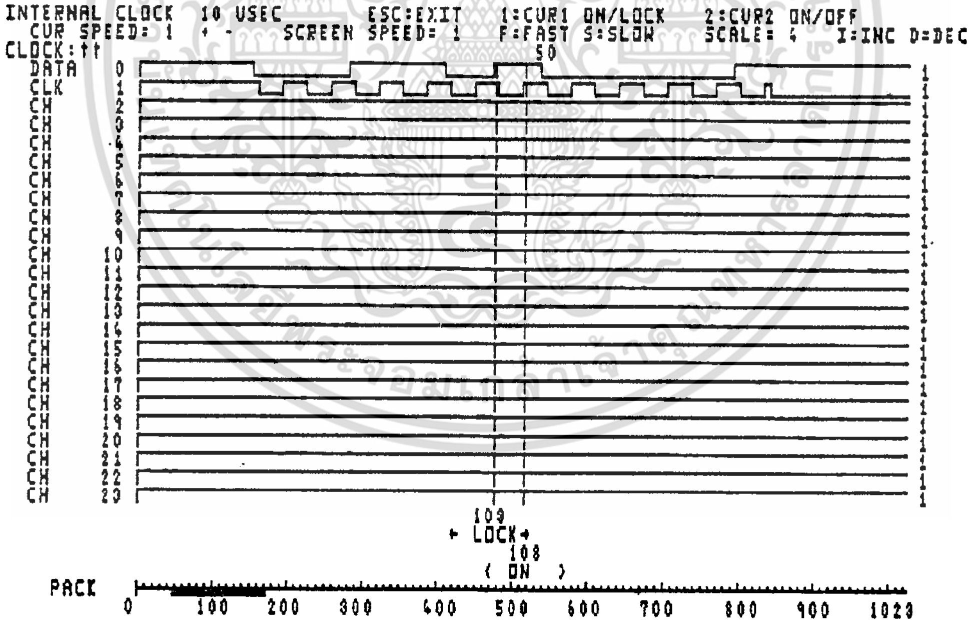


รูปที่ 6.2 แสดงสัญญาณที่ได้จากแป้นพิมพ์ (ในรูปเป็นตัวอักษร 'A')

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

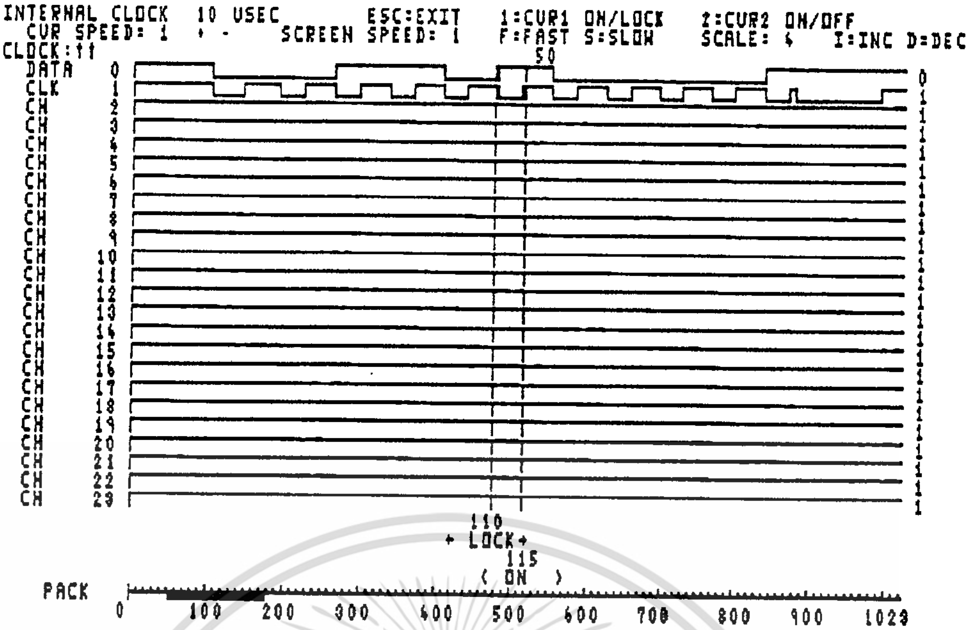


รูปที่ 6.3 แสดงสัญญาณที่ได้จากการจำลอง (ในรูปเป็นตัวอักษร 'A')



รูปที่ 6.4 แสดงสัญญาณที่ได้จากแป้นพิมพ์ (ในรูปที่เป็นตัวเลข '1')

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



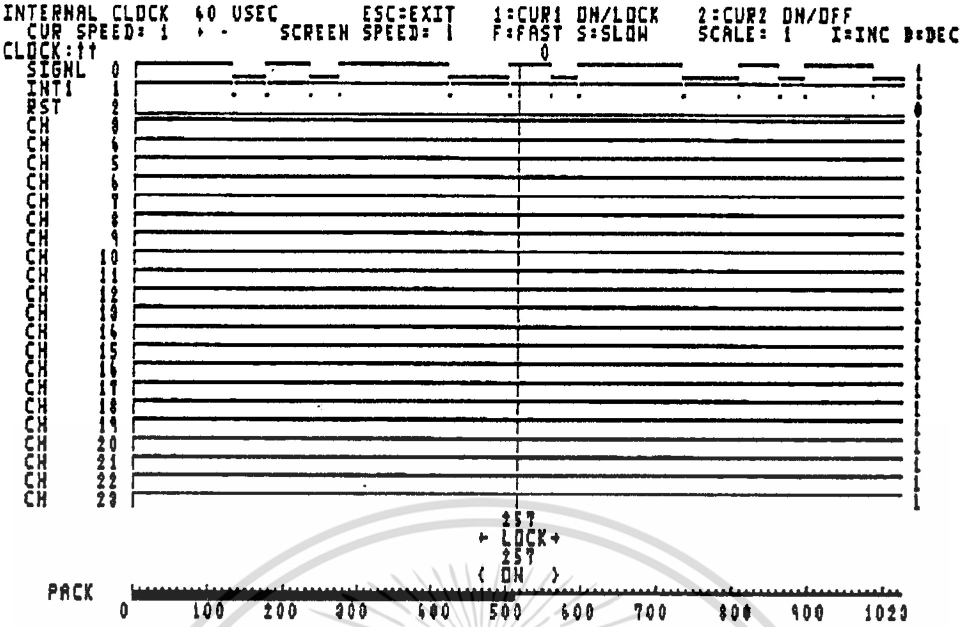
รูปที่ 6.5 แสดงสัญญาณที่ได้จากการจำลอง (ในรูปเป็นตัวเลข '1')

จากผลการทดสอบการเปรียบเทียบสัญญาณระหว่างสัญญาณที่ได้จากการกดแป้นพิมพ์กับสัญญาณที่จำลองขึ้น แสดงให้เห็นว่าสัญญาณที่จำลองขึ้นมาลักษณะที่ใกล้เคียงกันมาก และจากการทดลองนำสัญญาณนี้ไปใช้งานจริงปรากฏว่าให้ผลถูกต้อง

6.1.2 การทดสอบการทำงานของส่วนพอร์ทเทเบิล

สำหรับส่วนพอร์ทเทเบิลจะเป็นเครื่องอ่านรหัสแถบแบบที่สามารถเก็บข้อมูลที่ได้จากการอ่านรหัสไว้ แล้วจะนำมาเชื่อมต่อและโอนถ่ายข้อมูลในภายหลัง เนื่องจากลักษณะการใช้งานของเครื่องอ่านนี้ที่จะสามารถพกพาและนำไปใช้ในการอ่านรหัสแถบที่อยู่ในที่ซึ่งเข้าถึงได้ยาก หรือ ในกรณีที่สินค้าหรือวัสดุไม่สามารถที่เคลื่อนย้ายมาได้ และที่สำคัญคือ เครื่องอ่านแบบนี้จะต้องมีส่วนการแสดงผลเพื่อใช้ในการแสดงผลการทำงานและการติดต่อสื่อสารข้อมูล โดยเครื่องอ่านแบบนี้มีส่วนที่ทำการทดสอบการทำงานหลายส่วน โดยในส่วนแรกจะเป็นส่วนการอ่านรหัสแถบ ดังในรูปที่ 6.6 จะเป็นสัญญาณในลักษณะที่คล้ายกับในรูปที่ 6.1 คือจะเป็นสัญญาณที่ได้การหัวอ่านรหัสแถบเทียบกับสัญญาณอินเทอร์รัพท์ แต่กรณีนี้จะทำการทดสอบกับรหัสยูพีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.6 แสดงสัญญาณที่ได้จากการอ่านรหัสยูพีซี '001002000003'

จากผลการทดสอบการอ่านรหัสแถบปรากฏว่าให้รูปสัญญาณเป็นไปตามหลักการที่ได้ออกแบบและเมื่อนำไปทดสอบจะได้ค่าดังในตารางที่ 6.2

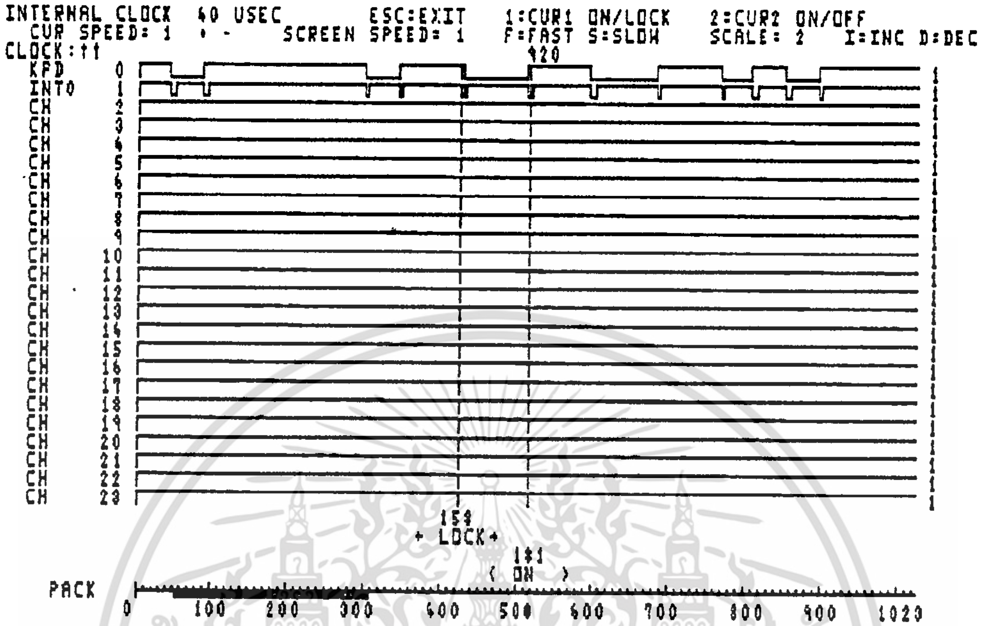
ตารางที่ 6.2 แสดงผลการอ่านรหัสแถบของส่วนพอร์ทเทเบิล

บุคคลที่	จำนวนครั้งที่รูด	จำนวนครั้งที่ได้ข้อมูลถูกต้อง	จำนวนครั้งที่เกิด substitution error	ค่า SER (%)	ค่า FRR (%)
1	100	98	0	0	98
2	100	98	0	0	98
3	100	96	0	0	96
4	100	97	0	0	97
5	100	99	0	0	99

สำหรับในการทดสอบอีกส่วนหนึ่งที่สำคัญสำหรับเครื่องอ่านรหัสแถบแบบพอร์ทเทเบิลคือส่วนของแป้นกด เนื่องจากข้อจำกัดที่ต้องใช้อุปกรณ์ให้น้อยที่สุด ทำให้การออกแบบวงจรได้เลือกใช้แป้นกดแบบที่จะส่งข้อมูลในลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลอนุกรม โดยการทดสอบการทำงานของส่วนนี้จะได้ผลการทดสอบดังแสดงรูปสัญญาณที่ได้จากการกดแป้นกดใน รูปที่ 6.7



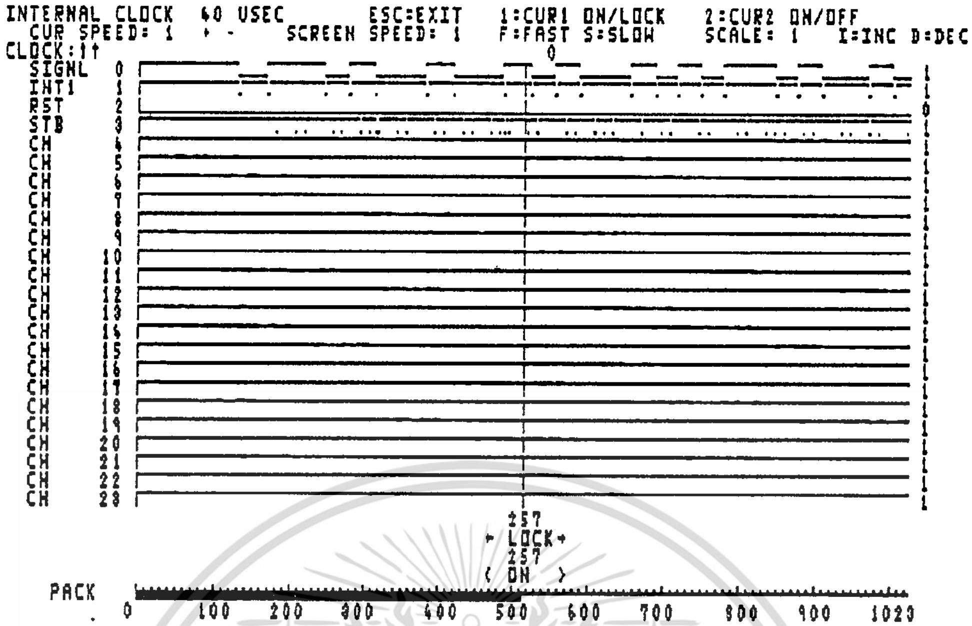
รูปที่ 6.7 แสดงสัญญาณที่ได้จากการกดแป้นกดของส่วนพอร์ทเทเบิล (ในรูปที่เป็นการกดแป้นกดเบอร์ 1)

จากผลการทดสอบปรากฏว่าให้รูปสัญญาณที่เป็นไปตามหลักการที่ได้ออกแบบไว้และเมื่อนำไปใช้งานก็ให้ผลที่ถูกต้อง

6.1.3 การทดสอบการทำงานของส่วนเวิร์กสเตชั่น

สำหรับในส่วนของเวิร์กสเตชั่น ซึ่งเป็นเครื่องอ่านรหัสที่มีคุณสมบัติที่มากกว่าแบบอื่น ๆ คือ นอกจากจะมีส่วนการอ่านรหัสแถบ ส่วนแป้นพิมพ์และส่วนแสดงผลแล้ว ยังสามารถส่งข้อมูลออกพิมพ์ได้อีกด้วย และสามารถที่โอนถ่ายข้อมูลไปยังศูนย์กลางการเก็บข้อมูลในลักษณะของโครงข่ายข้อมูลได้อีกด้วย โดยสำหรับเครื่องอ่านรหัสแถบแบบนี้จะมีส่วนที่ต้องมีการทดสอบหลายส่วนด้วยกัน โดยที่ส่วนแรกการทดสอบการอ่านรหัสแถบโดยในกรณีนี้จะเป็นทดสอบกับรหัส 39 ดังแสดงในรูปที่ 6.8 และผลการทดสอบในตารางที่ 6.3 และได้แสดงสัญญาณจากการส่งข้อมูลออกไปยังเครื่องพิมพ์ ดังในรูปที่ 6.9 ซึ่งเป็นการพิมพ์ข้อมูล " *** SUMMARY DATA OF EACH SERIAL NUMBER *** โดยจากรูปสัญญาณนี้จะมีสัญญาณ STB (active low) ซึ่งเป็นสัญญาณที่จะเป็นตัวบอกให้เครื่องพิมพ์รับข้อมูลเข้าไป ส่วนสัญญาณ BUSY (active high) เป็นสัญญาณที่เครื่องพิมพ์จะส่งออกมาเพื่อบอกให้ทราบว่าขณะนั้นไม่พร้อมที่จะรับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

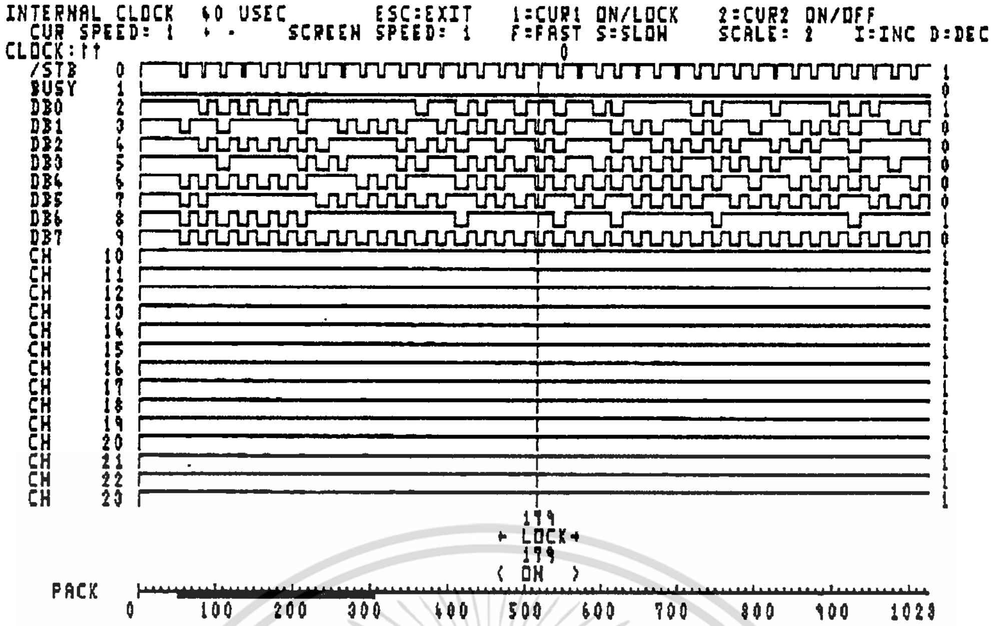


รูปที่ 6.8 แสดงสัญญาณที่ได้จากการอ่านรหัส 39 'ABCDEFGH'

ตารางที่ 6.3 แสดงผลการอ่านรหัสแถบของส่วนเวิร์กสเตชั่น

บุคคลที่	จำนวนครั้งที่รูด	จำนวนครั้งที่ได้ข้อมูลถูกต้อง	จำนวนครั้งที่เกิด substitution error	ค่า SER (%)	ค่า FRR (%)
1	100	96	0	0	96
2	100	99	0	0	99
3	100	96	0	0	96
4	100	97	0	0	97
5	100	95	0	0	95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.9 แสดงสัญญาณการส่งข้อมูลไปพิมพ์ทางเครื่องพิมพ์

จากผลการทดสอบอ่านรหัส 39 ปรากฏว่าให้รูปสัญญาณที่ไปตามหลักการที่ได้ออกแบบและเมื่อนำไปทดสอบอ่านรหัสแถบก็จะได้ผลเป็นดังตารางที่ 6.3 สำหรับการทดสอบการส่งข้อมูลออกทางเครื่องพิมพ์นั้นก็ให้ผลสัญญาณเป็นไปตามหลักการ คือ ข้อมูลที่อยู่ในลักษณะข้อมูลแบบขนานจะถูกส่งออกไปรอก่อนจะส่งสัญญาณ STB และจากทดลองทำการพิมพ์ข้อมูลก็ให้ผลถูกต้อง

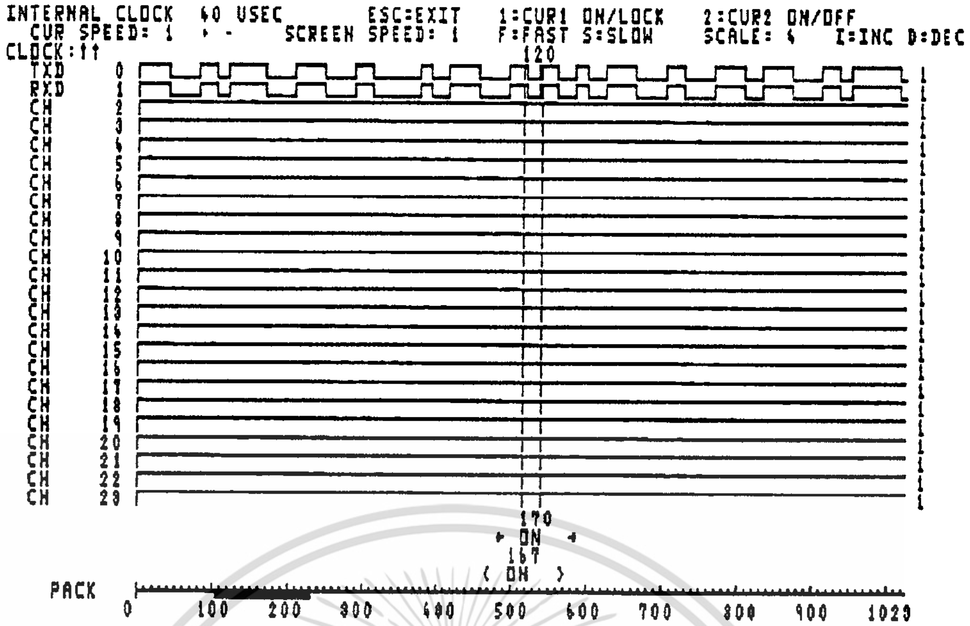
6.2 การทดสอบส่วนการสื่อสารข้อมูล

การสื่อสารข้อมูลสำหรับระบบนี้จะมีที่ใช้งานอยู่ 2 แบบด้วยกันคือ การสื่อสารตามมาตรฐาน RS-232C และ RS485 ดังมีรายละเอียด ดังนี้

6.2.1 การทดสอบส่วนการสื่อสารข้อมูลแบบจุดต่อจุด

สำหรับการสื่อสารข้อมูลแบบจุดต่อจุดที่ใช้ในระบบนี้จะใช้ตามมาตรฐาน RS-232C ซึ่งใช้ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างส่วนพอร์ทเทเบิล กับ ส่วนเวิร์กสเตชั่น ดังแสดงรูปสัญญาณที่ได้จากการทดสอบการรับส่งข้อมูล ในรูปที่ 6.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



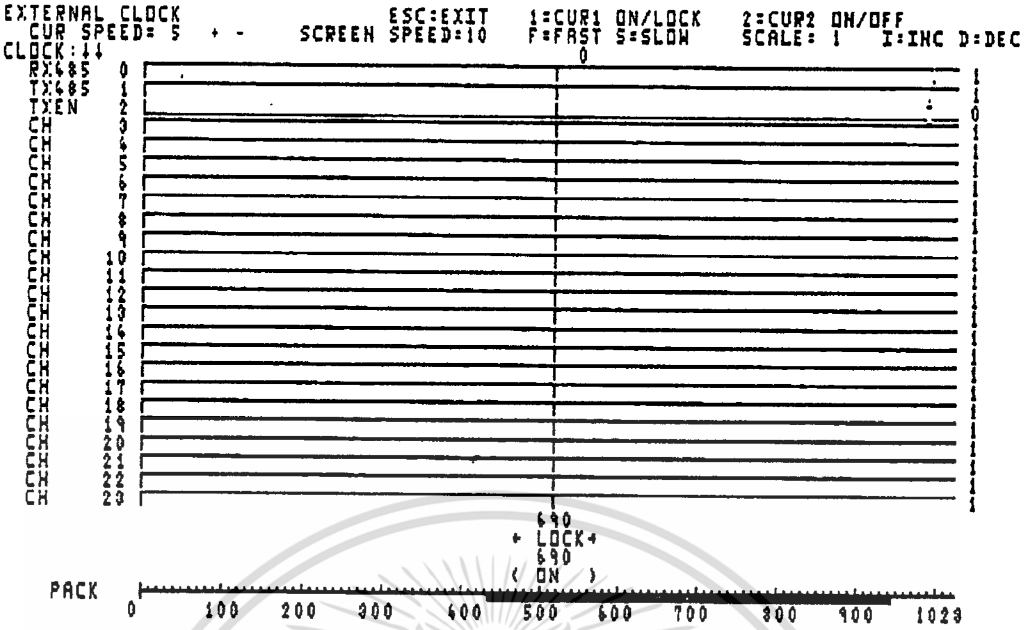
รูปที่ 6.10 แสดงสัญญาณที่การรับและส่งข้อมูลระหว่างส่วนพอร์ทเทเบิลกับส่วนเวิร์กสเตชั่น

จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าสัญญาณการสื่อสารข้อมูลระหว่างส่วนพอร์ทเทเบิลกับส่วนเวิร์กสเตชั่นทั้งการรับและการส่งข้อมูลให้รูปสัญญาณที่ไม่แตกต่างกัน โดยจากการทดสอบการรับ-ส่งนี้ได้ผลของข้อมูลถูกต้อง แสดงให้เห็นได้ว่าวงจรใช้งานได้ตามที่ได้ออกแบบ

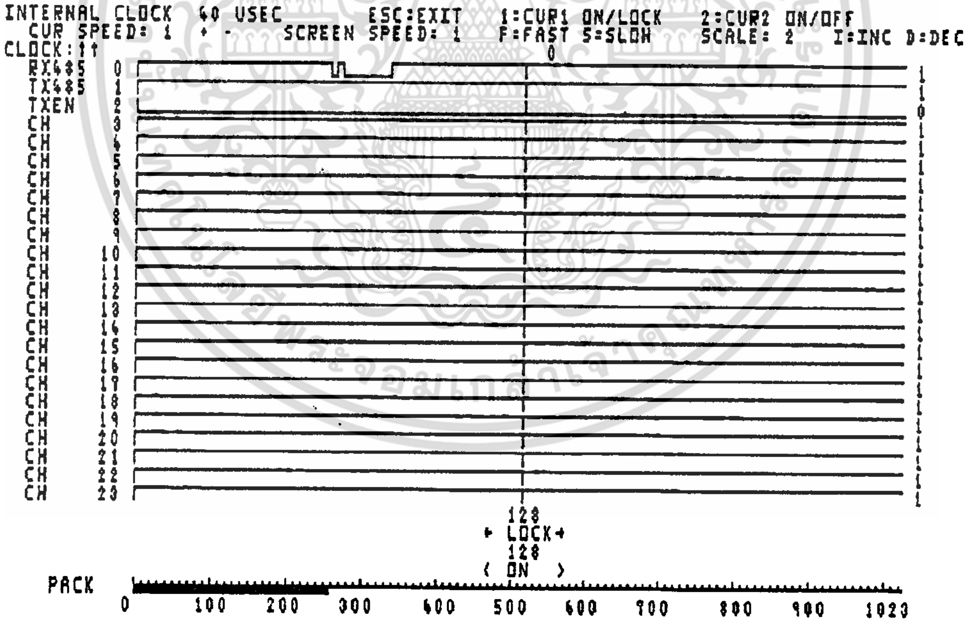
6.2.2 การทดสอบส่วนการสื่อสารข้อมูลแบบโครงข่าย

สำหรับการสื่อสารข้อมูลในลักษณะที่เป็นโครงข่ายข้อมูล ในระบบนี้ใช้การสื่อสารตามมาตรฐาน RS-485 ที่ใช้การสื่อสารข้อมูลในลักษณะของบัส โดยในการทดสอบจะเป็นการทดสอบการรับ-ส่งข้อมูลตามโปรโตคอลที่ได้กำหนดไว้ดังแสดงรูปสัญญาณในการ search node ในรูปที่ 6.11 ถึง 6.13 ซึ่งในรูปที่ 6.11 เป็นสัญญาณรวมที่ไม่สามารถเห็นรายละเอียดได้เนื่องจากช่วงเวลาในการรอก่อนการส่งสัญญาณตอบกลับ(จากส่วนเวิร์กสเตชั่น)นั้นจะค่ามากกว่าเวลาในการรับหรือส่งข้อมูล จึงได้ขยายรูปให้เห็นถึงรายละเอียดของแต่ละส่วน ดังในรูปที่ 6.12 และ 6.13 ส่วนการ poll node จะแสดงสัญญาณให้เห็นถึงการ poll node 6 , 9 และ 21 ดังในรูปที่ 6.14 ถึง 6.16 และสำหรับส่วนการรับ-ส่งข้อมูล จะแสดงสัญญาณดังในรูปที่ 6.17 ถึง 6.19 โดยในรูปที่ 6.19 จะเป็นการทดสอบโดยมีการต่อตัวต้านทาน 12 กิโลโอห์ม ที่มีค่าเท่ากับค่าความต้านทานของตัวรับของ IC SN75176 เพื่อเป็นการจำลองให้เสมือนกับกรณีที่มีการต่อตัวรับจริง ซึ่งในการจำลองได้ใช้ค่าต้านทานเสมือนจำนวน 32 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

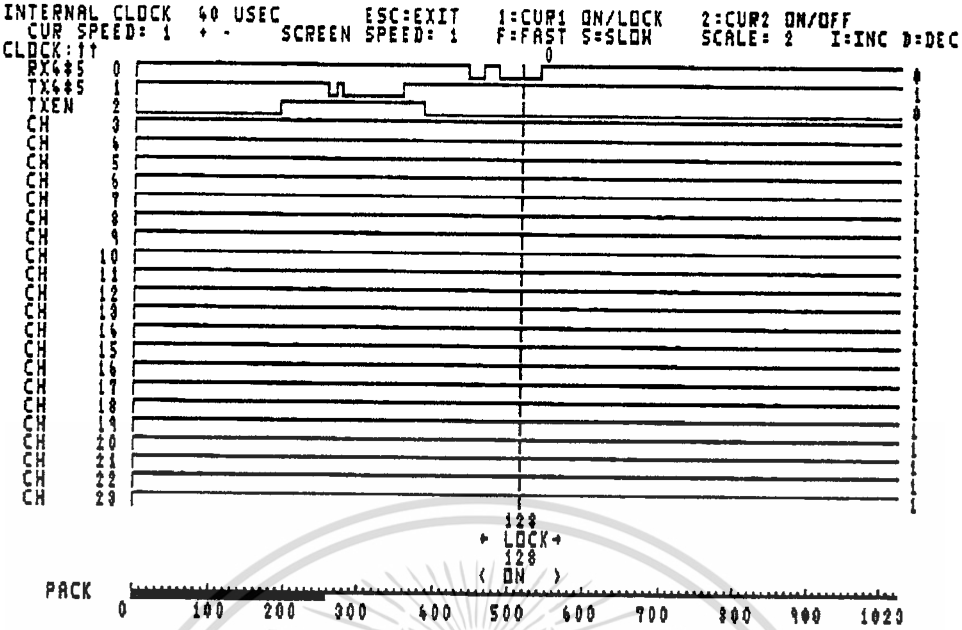


รูปที่ 6.11 แสดงสัญญาณการ search node (รูปรวม)

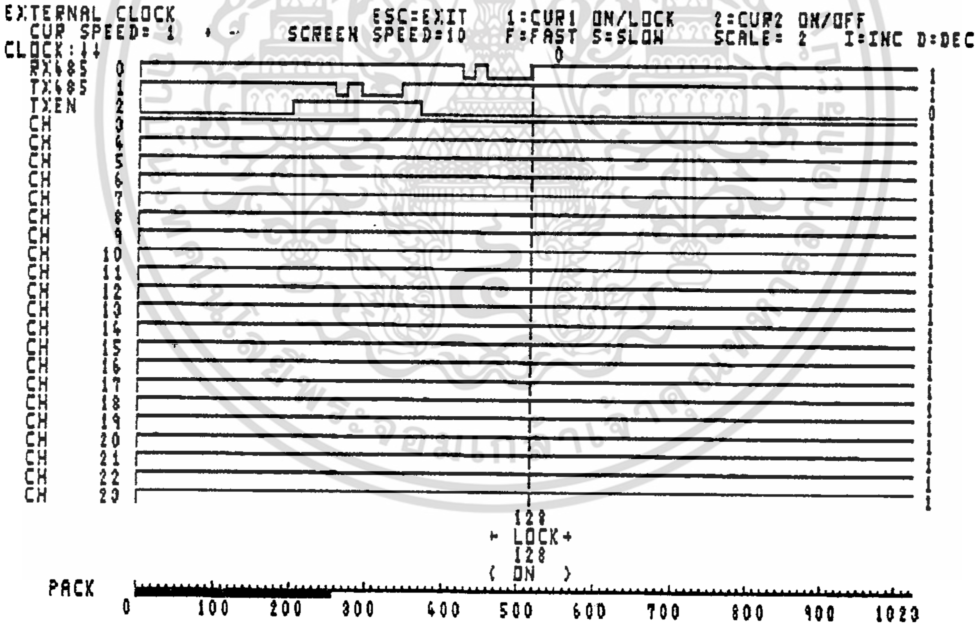


รูปที่ 6.12 แสดงสัญญาณการ search node (รูปขยายเฉพาะส่วนการส่งสัญญาณ node address)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

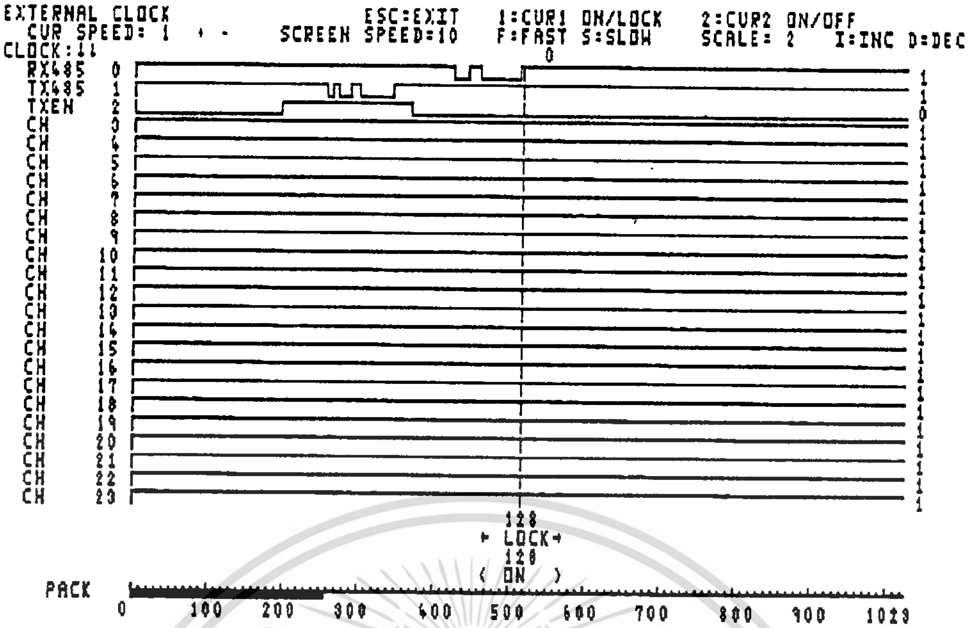


รูปที่ 6.13 แสดงสัญญาณการ search node (รูปขยายเฉพาะส่วนการส่งสัญญาณ ACK)

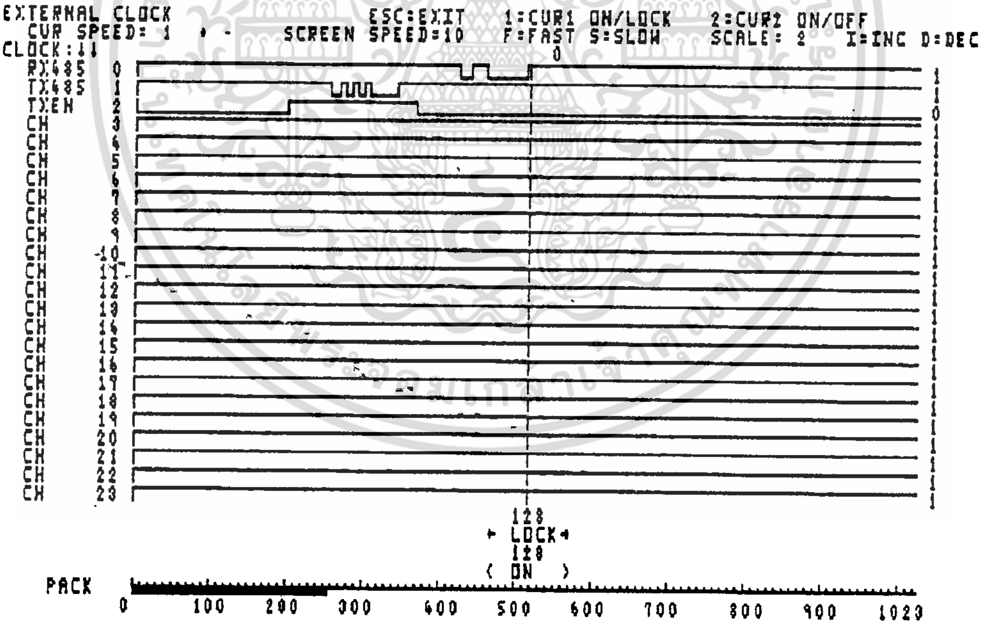


รูปที่ 6.14 แสดงสัญญาณการ poll node หมายเลข 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

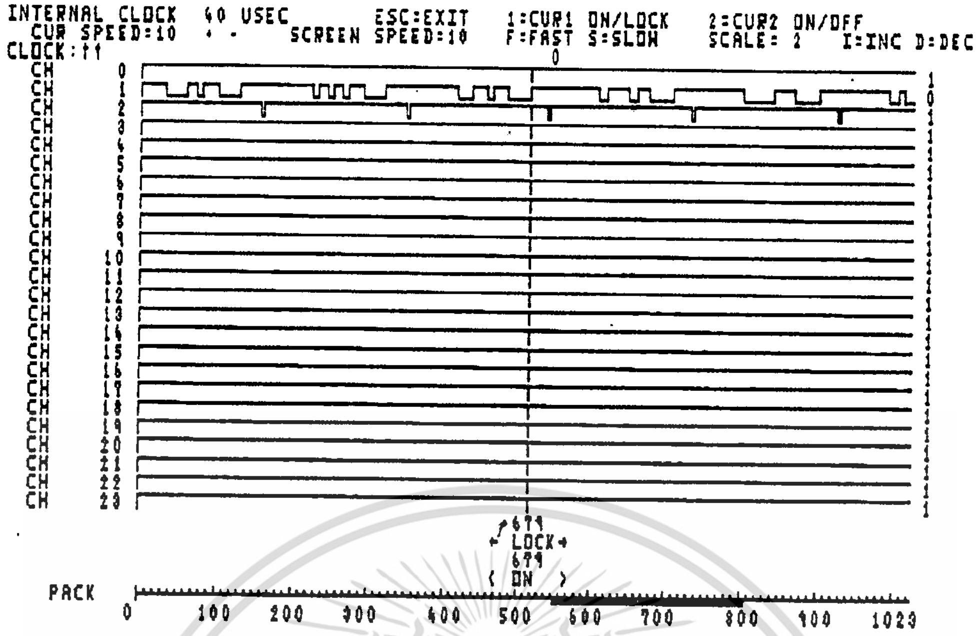


รูปที่ 6.15 แสดงสัญญาณการ poll node หมายเลข 9

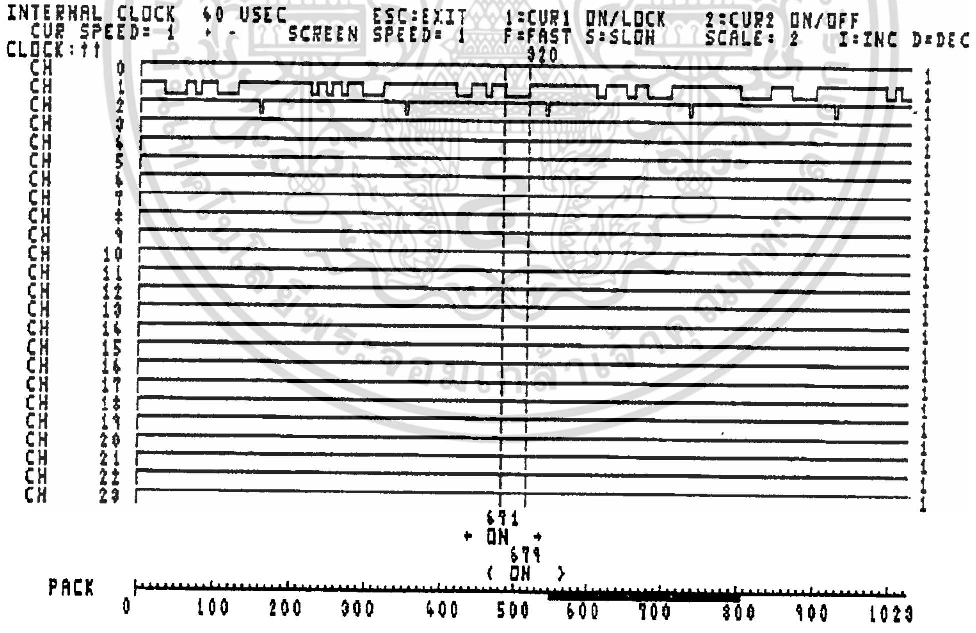


รูปที่ 6.16 แสดงสัญญาณการ poll node หมายเลข 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

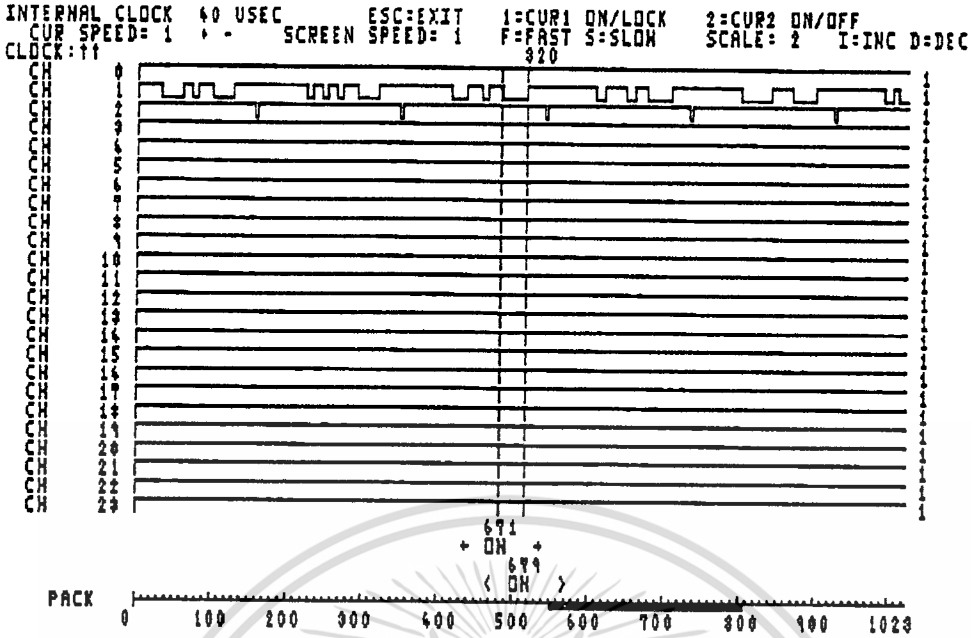


รูปที่ 6.17 แสดงสัญญาณของข้อมูลด้านส่ง



รูปที่ 6.18 แสดงสัญญาณของข้อมูลด้านรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



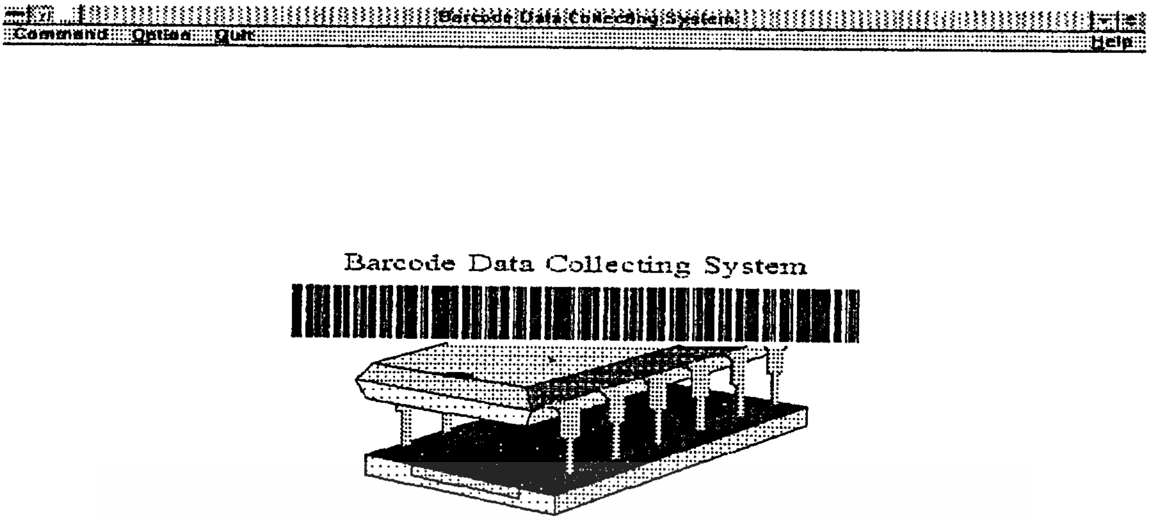
รูปที่ 6.19 แสดงสัญญาณของข้อมูลด้านรับ (เมื่อต่อตัวต้านทานเสมือน 32 ตัว)

จากผลการทดสอบการ search node และ การ poll node จะแสดงให้เห็นว่ารูปสัญญาณที่เป็นไปตามลำดับและขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้ ส่วนผลการทดสอบการรับ-ส่งข้อมูลนั้นจะแสดงให้เห็นว่าได้ผลการถูกต้องแม้ว่าจะมีการต่อตัวต้านทาน (เป็นตัวต้านทานเสมือนที่มีค่าเท่ากับความต้านทานของตัวรับ) แล้ว รูปสัญญาณก็ยังไม่ต่างจากสัญญาณที่ตัวส่ง ซึ่งเป็นตามหลักการที่ได้ออกแบบไว้

6.3 การทดสอบการจัดการและประมวลผลข้อมูล

สำหรับการเก็บข้อมูลที่ส่วนศูนย์กลางการเก็บข้อมูลนั้นได้ออกแบบโปรแกรมในการสื่อสารข้อมูลในลักษณะของโครงข่ายข้อมูล โดยใช้โปรแกรม บอร์แลนด์ซี (Borland C) ดังแสดงหน้าจอของโปรแกรมที่ได้ออกแบบขึ้นในรูปที่ 6.20 สำหรับข้อมูลที่ได้รับเข้ามาได้จัดในอยู่ในรูปของไฟล์ข้อมูลของโปรแกรมดีเบส (dbase) ซึ่งจะมีชื่อไฟล์ที่มีนามสกุลเป็น .dbf เช่น data.dbf โดยในการทดสอบได้ใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft Excel) ทำการทดสอบการรับข้อมูลเข้าไปทำการประมวลผลและจัดเก็บ ปรากฎว่าได้ผลตรงตามที่ได้ออกแบบ ดังแสดงตัวอย่างตารางของข้อมูลที่ได้จากการรับข้อมูลจากโครงข่ายในตารางที่ 6.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.20 แสดงหน้าจอของโปรแกรมในการสื่อสารข้อมูลเป็นโครงข่าย

ตารางที่ 6.4 แสดงตัวอย่างไฟล์ข้อมูลที่ได้จากการรับข้อมูลจากโครงข่าย

LOT_NO	DATA	QUANTITY	IN_OUT
17052101	9780132028547	100	1
17052101	9787459612599	200	1
17052101	9784596325409	100	1
17052101	9785479624567	300	1
17052101	9785418762547	100	1
17052101	9782456971596	400	1
17052101	9784759651472	100	1
17052101	9785798426310	500	1
17052101	8854759652140	100	1
17052101	9785476912356	600	1
17052101	8857495681243	200	0
17052101	9787547652143	100	0
17052101	4408987642475	200	0
17052101	9785478214852	300	0
17052101	8857465879521	200	0
17052101	9780132028547	400	0
17052101	4752654752149	200	0
17052101	7548479685412	500	0
17052101	5214563256287	200	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
บทสรุป

บทสรุป

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้ออกแบบสร้างและพัฒนาระบบการเก็บข้อมูลรหัสแถบที่มีส่วนประกอบหลายส่วน ซึ่งในแต่ละส่วนจะมีลักษณะการใช้งานที่เสริมรับกันตามลักษณะการใช้งานที่ได้ออกแบบไว้ ดังนี้

- ส่วนเครื่องอ่านรหัสแบบเวดจ์

ในส่วนเครื่องอ่านแบบเวดจ์มีจุดมุ่งหมายในการออกแบบที่ต้องการให้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์สามารถอ่านรหัสแถบได้โดยที่ไม่ต้องมีการแก้ไขทั้งวงจรและโปรแกรม ซึ่งจากรูปสัญญาณที่ได้จากการอ่านรหัสแถบแสดงให้เห็นว่าการอ่านรหัสและการจำลองข้อมูลแป้นพิมพ์สามารถทำได้ถูกต้อง โดยจากการทดสอบแล้วได้ค่า FRR เฉลี่ย มากกว่า 95 เปอร์เซนต์ แสดงให้เห็นว่าเครื่องอ่านรหัสแถบนี้สามารถใช้งานได้ โดยการที่ผลการทดสอบให้ค่าที่ต่างกันในแต่ละครั้งเนื่องจากลักษณะการรูดของแต่ละบุคคลจะแตกต่างกัน และ SER เท่ากับ 0 แสดงให้เห็นว่าจะไม่มีการส่งข้อมูลที่ผิดพลาดไปยังขั้วต่อแป้นพิมพ์

- ส่วนเครื่องอ่านรหัสแบบพอร์ทเทเบิล

ในส่วนเครื่องอ่านรหัสแบบพอร์ทเทเบิลมีจุดมุ่งหมายในการออกแบบที่ต้องการให้สามารถนำไปใช้ในการอ่านรหัสแถบที่ติดอยู่บนสิ่งเคลื่อนย้ายได้ยาก หรือ ในที่ซึ่งไกลจากเครื่องอ่านรหัสอื่น ๆ ที่ติดตั้งอยู่กับที่ โดยรูปสัญญาณที่ได้จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการอ่านรหัสแถบ การสื่อสารข้อมูล และการประมวลผลการกดแป้นพิมพ์ สามารถทำได้ถูกต้อง ซึ่งในส่วนของการอ่านรหัสแถบก็ได้ค่าในลักษณะที่คล้ายเครื่องอ่านรหัสแบบเวดจ์ คือ มีค่า FRR มากกว่า 95 เปอร์เซนต์ และค่า SER เท่ากับ 0

- ส่วนเครื่องอ่านรหัสแบบเวิร์กสเตชั่น

ในส่วนเครื่องอ่านรหัสแถบแบบเวิร์กสเตชั่นมีจุดมุ่งหมายในการออกแบบให้ทำหน้าที่เป็นโหนดของโครงข่ายข้อมูลที่เชื่อมต่อและส่งข้อมูลไปยังส่วนศูนย์กลางข้อมูล นอกจากนี้ยังสามารถตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลผ่านทางภาคแสดงผลและแป้นพิมพ์ ส่งข้อมูลไปพิมพ์ยังเครื่องพิมพ์ และสามารถเชื่อมต่อเพื่อรับข้อมูลจากส่วนพอร์ทเทเบิลได้อีกด้วย โดยจากรูปสัญญาณที่ได้จากผลการทดสอบการทำงานของแต่ละส่วนจะแสดงให้เห็นได้ว่าการทำงานของแต่ละส่วนทำงานได้ดีตามจุดมุ่งหมาย และเช่นเดียวกับส่วนเวดจ์และส่วนพอร์ทเทเบิล การอ่านรหัสแถบของส่วนเวิร์กสเตชั่นจะมีค่า FRR มากกว่า 95 เปอร์เซนต์ และ SER เท่ากับ 0

- ส่วนศูนย์กลางการเก็บข้อมูลของระบบ

ในส่วนศูนย์กลางการเก็บข้อมูลมีจุดมุ่งหมายในการออกแบบที่ต้องการให้ข้อมูลที่อยู่ที่ศูนย์กลางนี้เป็นฐานข้อมูลที่มีความใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุด โดยศูนย์กลางข้อมูลจะทำการสื่อสารข้อมูลในลักษณะโครงข่ายแบบบัสกับส่วนเวิร์กสเตชั่นที่ต่ออยู่ในโครงข่ายตลอดเวลา ซึ่งจากรูปสัญญาณที่ได้จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการ search node

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ poll node และการรับ-ส่งข้อมูลมีความถูกต้อง และข้อมูลที่ได้รับข้อมูลเข้ามาก็ได้ข้อมูลที่เป็นไปตามโครงสร้างที่ได้ออกแบบไว้

จากการทดสอบการทำงานของระบบทั้งหมดแล้วนั้น จากค่า FRR และค่า SER นั้นทำให้สามารถสรุปได้ว่าระบบเก็บข้อมูลรหัสแถบนี้สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ ซึ่งเหตุที่ค่า FRR มีค่าความผิดพลาดเกิดขึ้น เนื่องมาจากเหตุผลหลายประการ ดังนี้

1. ลักษณะการรูดของผู้ทำการทดสอบแต่ละคน
2. ความสมบูรณ์ของรหัสแถบที่ใช้ทำการทดสอบ
3. ความเรียบของพื้นที่ใช้วางรหัสแถบ

ซึ่งในการที่ลดผลของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นสามารถทำได้หลายวิธี คือ เปลี่ยนหัวอ่านรหัสแถบไปใช้หัวอ่านแบบไม่สัมผัสแบบที่มีตัวกวาดในตัว ซึ่งจะเป็นการลดผลความผิดพลาดจากลักษณะการรูดของแต่ละคน หรือ เปลี่ยนรหัสแถบจากที่ใช้พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ชนิดดอทแมทริกซ์ไปเป็นเครื่องพิมพ์แบบเลเซอร์ที่ให้ความคมชัดและความละเอียดที่ดีกว่า

สำหรับระบบการเก็บข้อมูลรหัสแถบที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นมานี้สามารถใช้งานกับรหัสแถบได้ 3 รหัส คือ รหัสยูพีซี รหัสเอียน และรหัส 39 แต่รหัสเอียนเป็นรหัสที่ได้กำหนดเป็นมาตรฐานที่สามารถใช้ร่วมกันทั่วโลก และประเทศไทยโดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ก็ได้นำรหัสเอียนนี้มาใช้กำหนดเป็นมาตรฐานสำหรับใช้กับสินค้า จึงเป็นรหัสที่เน้นการใช้งานในวิทยานิพนธ์นี้

ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา

ในระบบเก็บข้อมูลรหัสแถบที่ได้ออกแบบสร้างและพัฒนาขึ้นนี้ ถึงแม้ว่าจะสามารถนำใช้งานได้ดีตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้แล้วก็ตาม แต่ยังมีรายละเอียดในแต่ละส่วนที่สามารถพัฒนาต่อไป ดังนี้

- ส่วนของหัวอ่านรหัสแถบ

ในการใช้งานของระบบเก็บข้อมูลนี้ในส่วนของการอ่านรหัสแถบที่ใช้หัวอ่านแบบแวนนั้นถึงแม้ว่าจะให้ผลการทดสอบอยู่ในขั้นที่น่าพอใจ แต่ในการใช้งานจริงแล้วตัวหัวอ่านรหัสแถบควรจะเปลี่ยนไปใช้ตัวหัวอ่านชนิดไม่สัมผัสแบบซีซีดี หรือ แบบเลเซอร์ เพื่อให้ผลที่ถูกต้องและสามารถอ่านรหัสแถบที่มีความละเอียดสูงได้ และสามารถอ่านรหัสแถบได้โดยไม่ต้องสัมผัสกับรหัสแถบ ทำให้รหัสแถบไม่เสียหายหรือหลุดลอกและสามารถใช้งานรหัสแถบได้นาน ๆ

- ส่วนของภาคแสดงผล

ในส่วนของภาคแสดงผลของเครื่องอ่านรหัสแถบแบบเวดจ์และเวิร์กสเตชั่นนั้นได้ออกแบบให้ใช้งานกับภาคแสดงผลแบบ LCD ซึ่งในส่วนของเวดจ์นั้นเหมาะสมในการใช้งานแล้ว แต่สำหรับเวิร์กสเตชั่นแล้วในการพัฒนาขั้นต่อไปควรจะเปลี่ยนไปใช้ภาคแสดงผลที่มีขนาด 20 ตัวอักษร 4 บรรทัด จะเหมาะสมกว่า เพราะข้อมูลที่ได้จากการอ่านรหัสแถบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปจะมีขนาดไม่เกิน 20 ตัวอักษร และที่ต้องการให้มีจำนวนบรรทัดมากขึ้นก็เพื่อให้สามารถแสดงรายละเอียดได้มากขึ้น

- ส่วนของวงจรการเชื่อมต่อข้อมูล

ในส่วนการเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูลตามมาตรฐาน RS-232C ระหว่าง ส่วนพอร์ทเทเบิล กับ ส่วนเวิร์กสเตชั่นที่ให้ผลการทดสอบที่ถูกต้องนั้น ในการใช้งานจริงแล้วการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างกันจะต่อกันในระยะห่างที่ไม่ไกลเกินไปนัก ดังนั้นในการพัฒนาขั้นต่อไปควรจะมีส่วนการเชื่อมต่อที่เป็นใช้ระดับสัญญาณปกติ (ระดับแรงดัน 0 ถึง 5 โวลต์) แต่อย่างไรก็ตามส่วนการสื่อสารข้อมูลตามมาตรฐาน RS-232C ก็ควรจะยังคงไว้เพื่อให้สามารถที่จะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์หรือเครื่องที่ใช้การสื่อสารข้อมูลแบบนี้ เช่น การสื่อสารกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

- ส่วนของโปรแกรมควบคุมการทำงาน

ในส่วนการสื่อสารข้อมูลเป็นโครงข่ายข้อมูลแบบบัสที่ใช้การสื่อสารตามมาตรฐาน RS-485 แม้ว่าจะยังเป็นระบบที่พัฒนาในขั้นพื้นฐานที่รองรับการใช้งานทั่วไปเท่านั้น แต่ในระบบนี้ก็ได้ออกแบบในส่วนของวงจรไว้สมบูรณ์อยู่ในตัวแล้ว ดังนั้นในการพัฒนาขั้นต่อไปที่ควรจะเพิ่มคือการพัฒนาในส่วนการทำงานของโปรแกรม ที่เดิมจะพัฒนาโปรแกรมภายใต้การทำงานของไมโครซอฟท์วินโดว์ (Microsoft windows) ซึ่งการออกแบบโครงสร้างโปรแกรมต้องมีข้อที่พิจารณามากมาย เช่น ช่วงเวลาหน่วงในการรับ-ส่งข้อมูล การกำหนดค่า timeout การจัดโครงสร้างข้อมูล การจัดเก็บข้อมูล การประมวลผลข้อมูล การสร้างรายงานจากฐานข้อมูล เป็นต้น

- ส่วนของการประมวลผลข้อมูล

ในส่วนของการประมวลผลข้อมูลนั้นเนื่องจากในวิทยานิพนธ์จะเป็นการจัดเก็บข้อมูลเท่านั้น จึงไม่ได้มีการพัฒนาในส่วนนี้ แต่ในการพัฒนาขั้นต่อไปแล้วส่วนนี้จะเป็นส่วนที่สำคัญ เนื่องจากโครงสร้างของข้อมูลที่ได้ออกแบบไว้นั้นยังสามารถพัฒนาไปใช้งานร่วมกับการจัดการบัญชีเงินเดือนของพนักงานได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Adams, Russell E., "Source Book of Automatic Identification and Data Collection", Van Nostrand Reinhold, NY., 1990.

[2] Ayala, Kenneth J., "The 8051 Microcontroller Architecture, Programming, and Application", West Publishing Company, 1991.

[3] Black, Uyless D., "Computer Networks Protocols, Standards, and Interfaces", Prentice-Hall, Inc., NJ., 1987.

[4] Black, Uyless D., "Data Communication and Distributed Networks", 2nd ed., Prentice-Hall, Inc., NJ., 1987.

[5] Burke, Harry E., "Automating Management Information Systems", Van Nostrand Reinhold, NY., 1990.

[6] Conger, Jame L., "Windows API Bible", The Waite Group Press, 1992.

[7] Conger, Jame L., "Windows Programming Primer Plus", The Waite Group Press, 1992.

[8] Driscoll, Frederick F., "Data Communications", Saunders College Publishing, 1992.

[9] Galbiati, Louis J., "Machine Vision and Digital Image Processing Fundamentals",Prentice-Hall, Inc., NJ., 1990.

[10] Housley, Trevor, "Data Communication and Teleprocessing Systems", 2nd ed., Prentice-Hall, Inc., NJ., 1987.

[11] Leventhal, Lance A.,and Saville, Winthrop, "Z80 assembly language subroutines".

[12] Monk, Timothy S., "Windows Programming Guide to Serial Communications",Sam Publishing, 1992.

[13] Peterson, Mark C., "Borland C++ Developer's Bible", The Waite Group Press, 1992.

[14] Pippenger, Dale E., "Linear and Interface Circuits Applications", 2nd ed., Texas Instrument Inc., 1988.

[15] "Bar Code Symbol for Uniform Commodity Code", JIS X 0501-1985.

[16] "Bar Code Symbol for Dispatch Unit Code", JIS X 0502-1987.

[17] "American National Standard for Materials Handling Bar Code Symbols on Unit Loads and Tramsport Package", ANSI MH10.8-1983.

[18] "IBM PC/AT Technical Reference", IBM Corp., 1984.

[19] "Interface Data Book", National Semiconductor, 1990.

[20] "สัญลักษณ์รหัสแท่งสำหรับแสดงข้อมูลสินค้า",สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2532.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[21] วรวุฒิ วิบูลเจริญกิจจา. "รู้และเข้าใจบาร์โค้ด", วารสารเซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์, ฉบับที่ 120, กันยายน 2530.

[22] "บาร์โค้ด ความจำเป็นสำหรับสินค้าส่งออก",วารสารผู้ส่งออก, ปักษ์แรก มีนาคม 2536.

[23] ไพบูลย์ ศิระพัฒน์ และพลผดุง ผดุงกุล, "เครื่องอ่านรหัสแถบแบบมือถือ", การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 16, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, พ.ศ. 2536.

[24] ไพบูลย์ ศิระพัฒน์ และพลผดุง ผดุงกุล, "โครงข่ายการเก็บข้อมูลด้วยรหัสแถบ", การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 16, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, พ.ศ. 2536.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

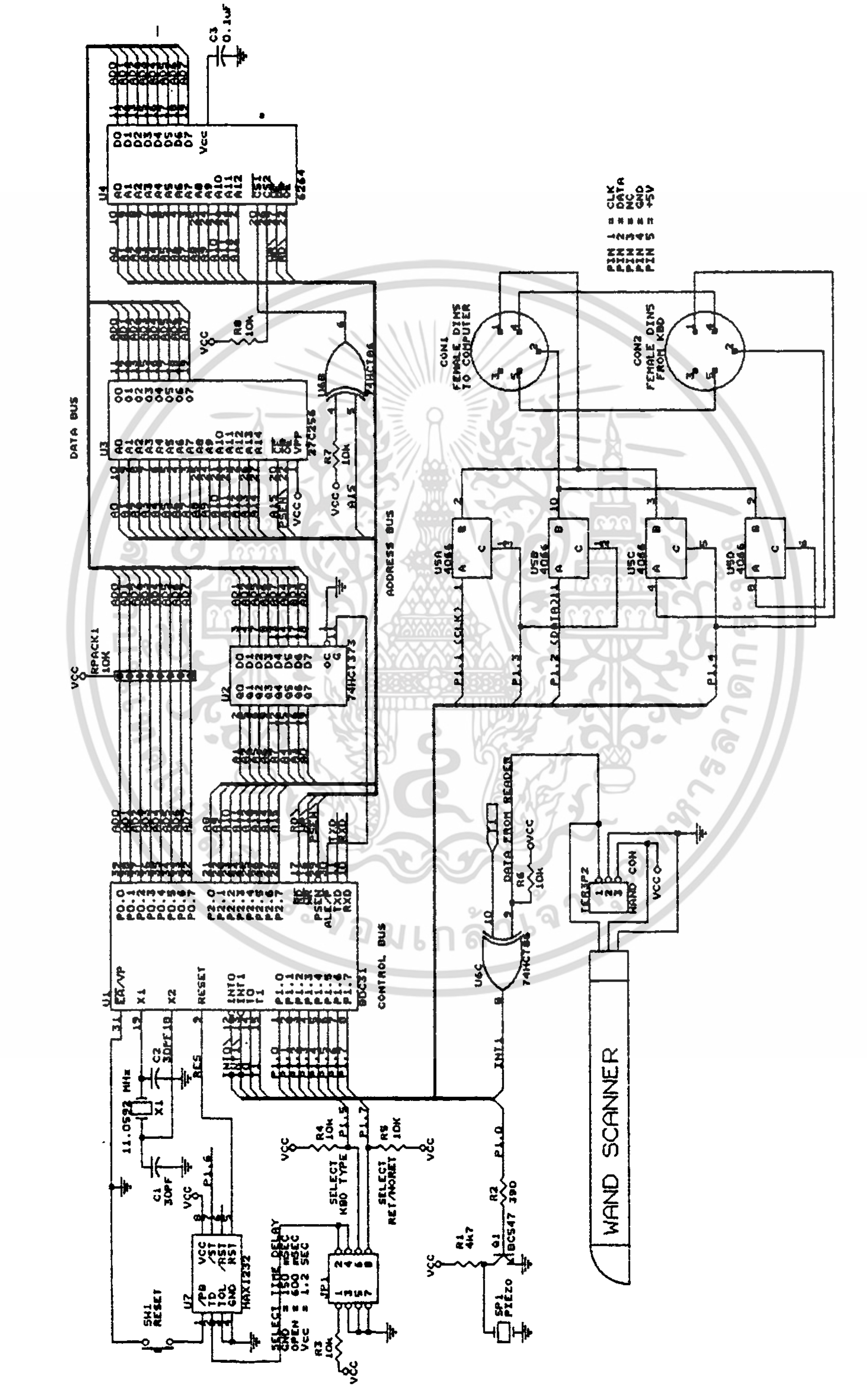
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

วงจรรวมของระบบเก็บข้อมูลด้วยรหัสแถบ

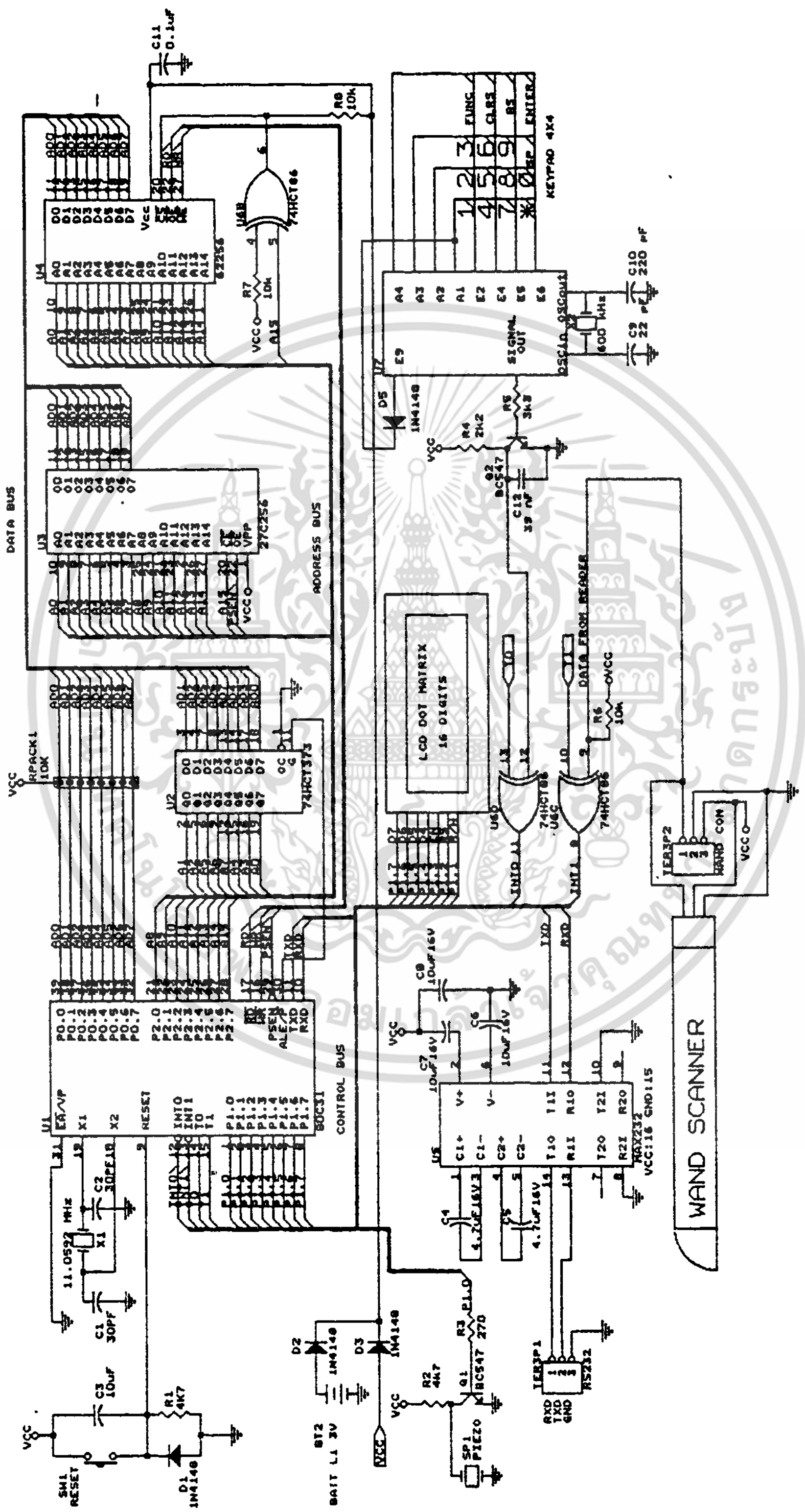
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1 วงจรรวมของเวดจ์



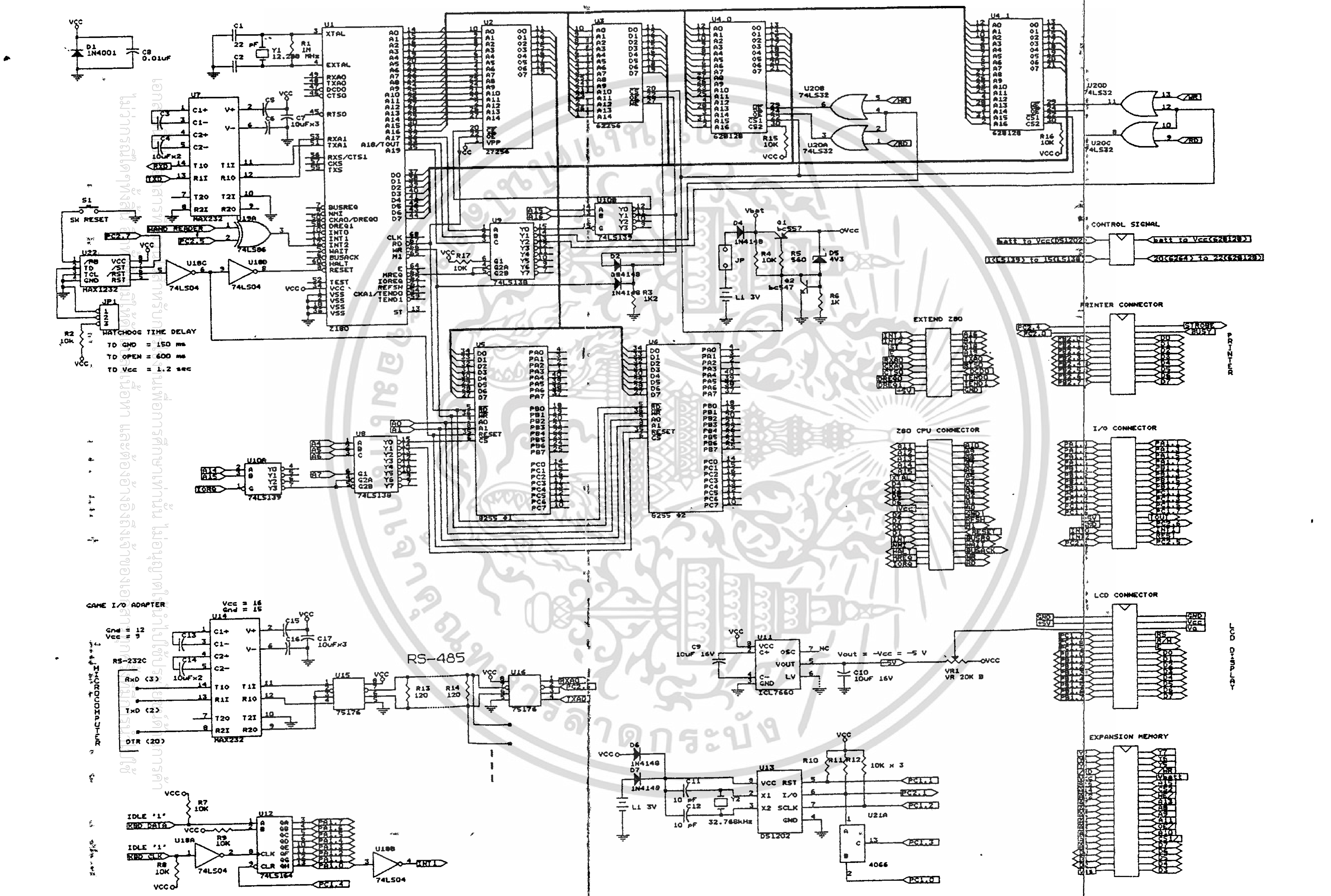
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 วงจรรวมของส่วนพอร์ทเทเบิล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 วงจรรวมของส่วนเวิร์กสเตชั่น

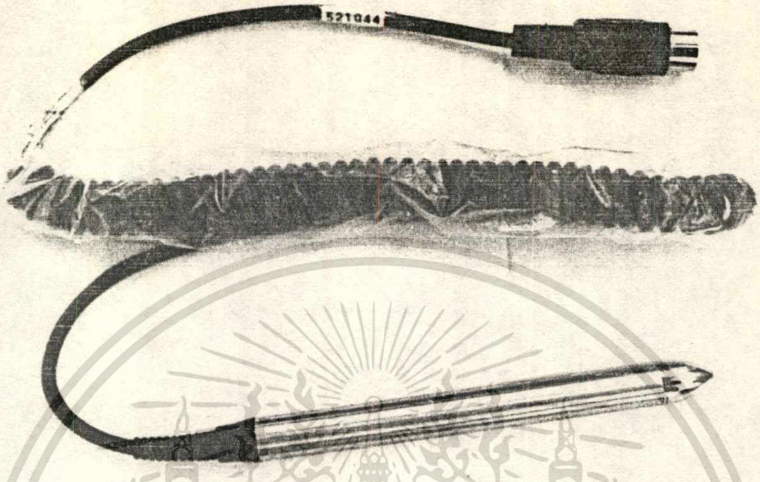


ภาคผนวก ข.

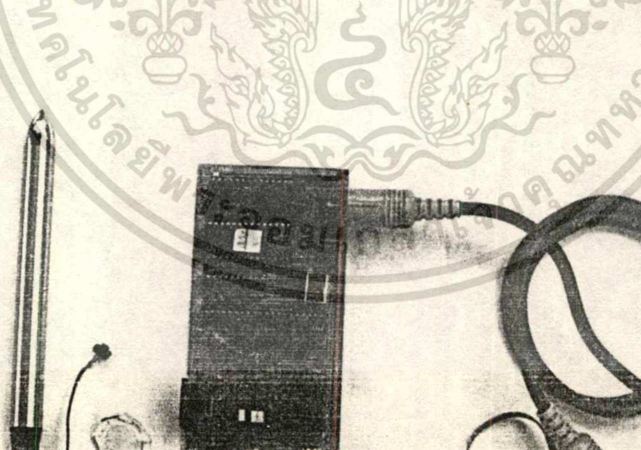
รูปภาพของเครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.1 รูปภาพของหัวอ่านแบบแวน

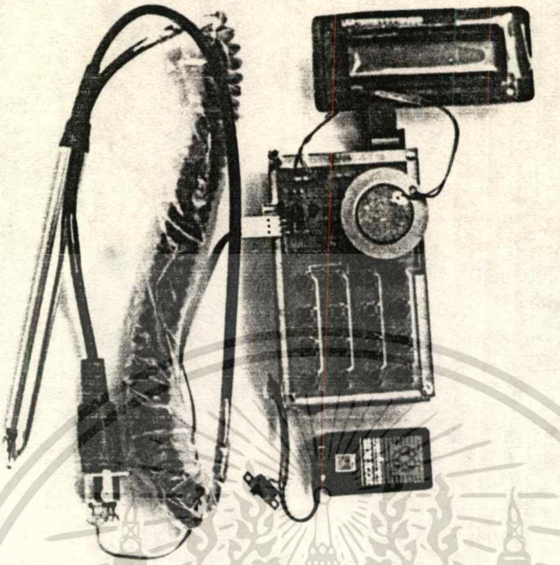


ข.2 รูปภาพของเครื่องต้นแบบของส่วนเวดจ์

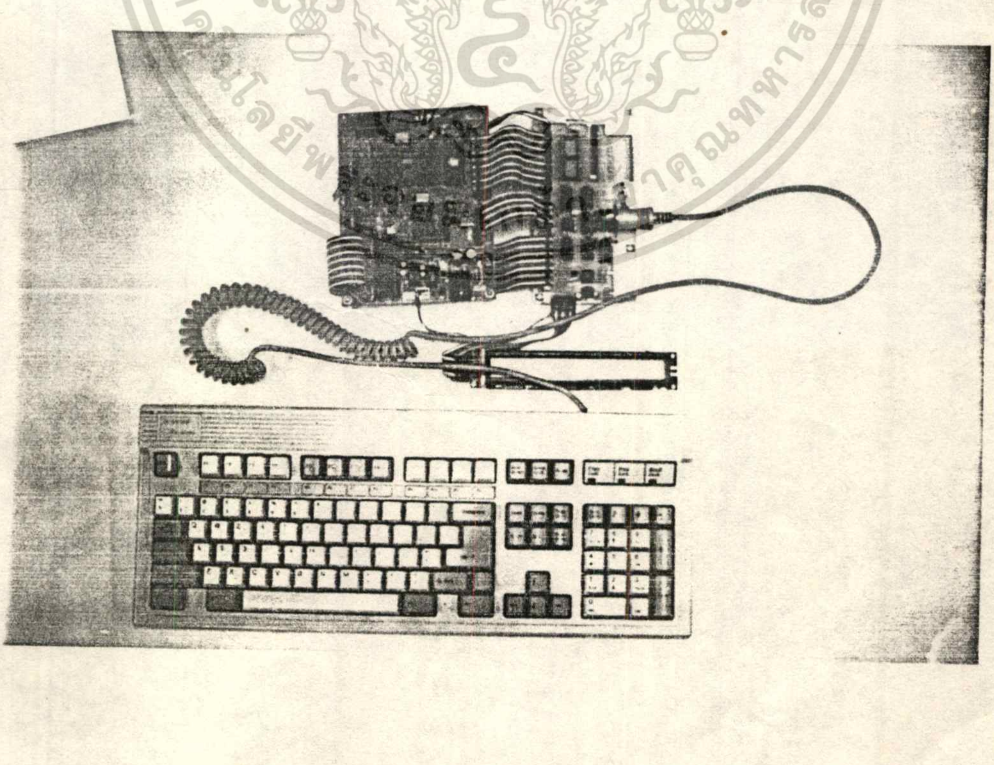


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3 รูปภาพของเครื่องต้นแบบของส่วนพอร์ทเทเบิล

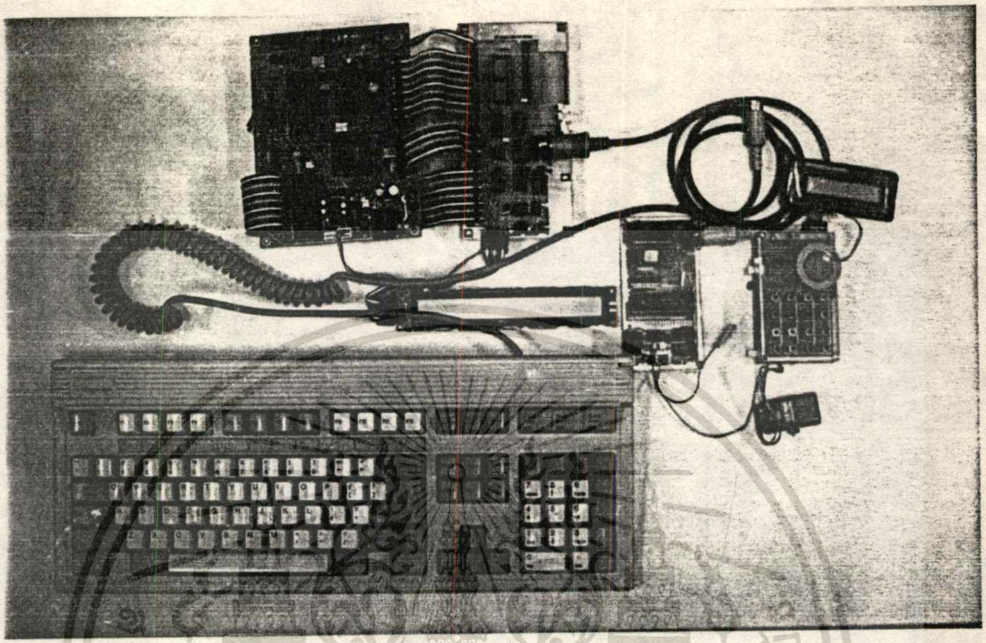


ข.4 รูปภาพของเครื่องต้นแบบของส่วนเวิร์กสเตชั่น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.5 รูปภาพรวมของระบบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

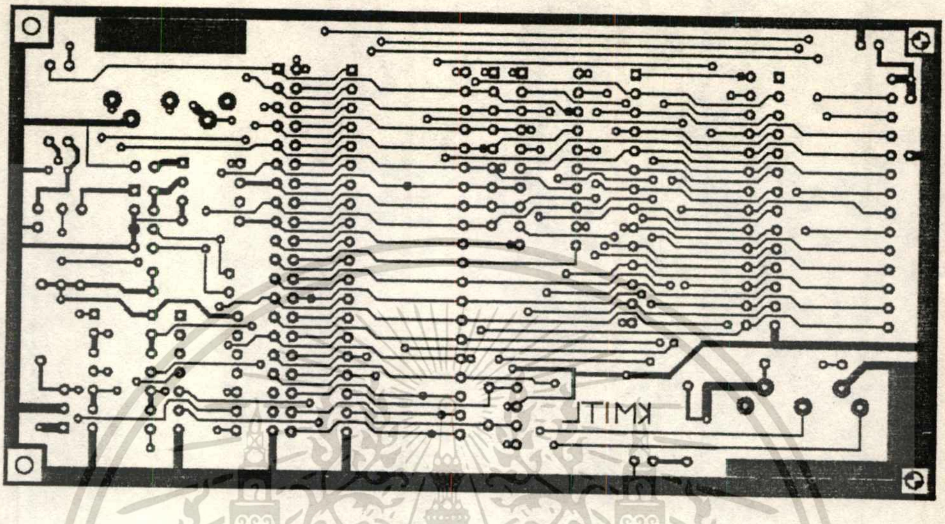
ภาคผนวก ค.

แผ่นพิมพ์ลายวงจรของระบบเก็บข้อมูลด้วยรหัสแถบ

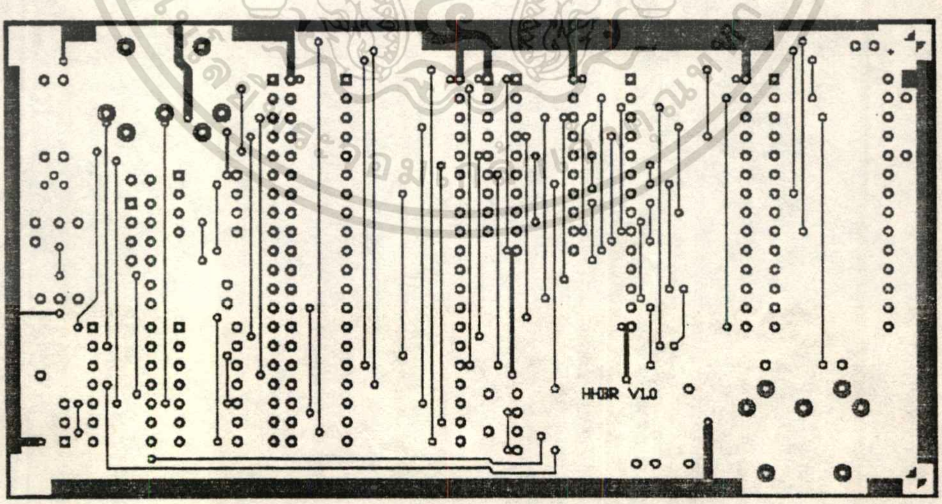
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.1 แผ่นพิมพ์ลายวงจรของเวคจ์



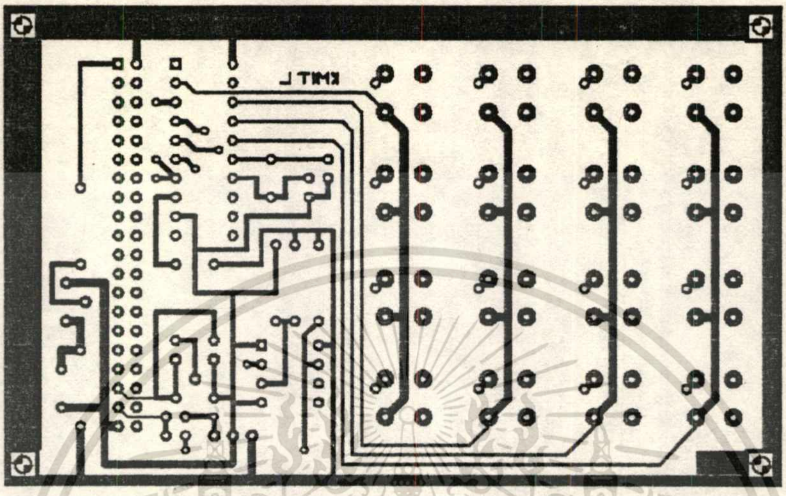
แสดงแผ่นพิมพ์ลายวงจรด้าน bottom layer



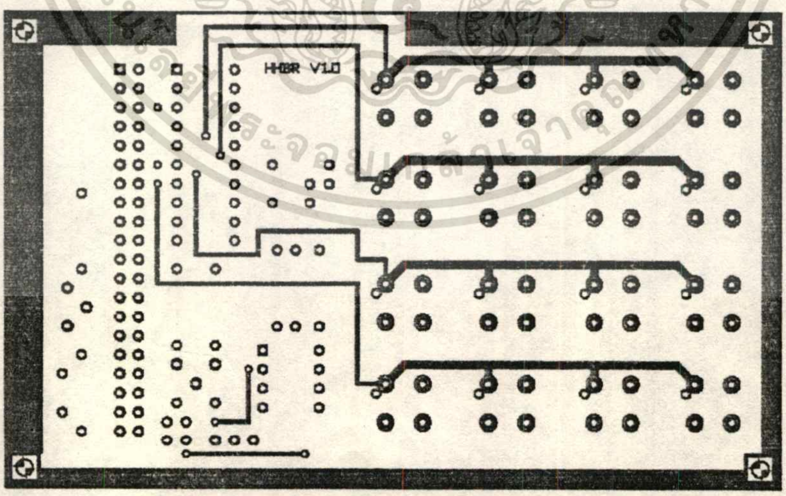
แสดงแผ่นพิมพ์ลายวงจรด้าน top layer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.2 แผ่นพิมพ์ลายวงจรของส่วนพอร์ทเทเบิล

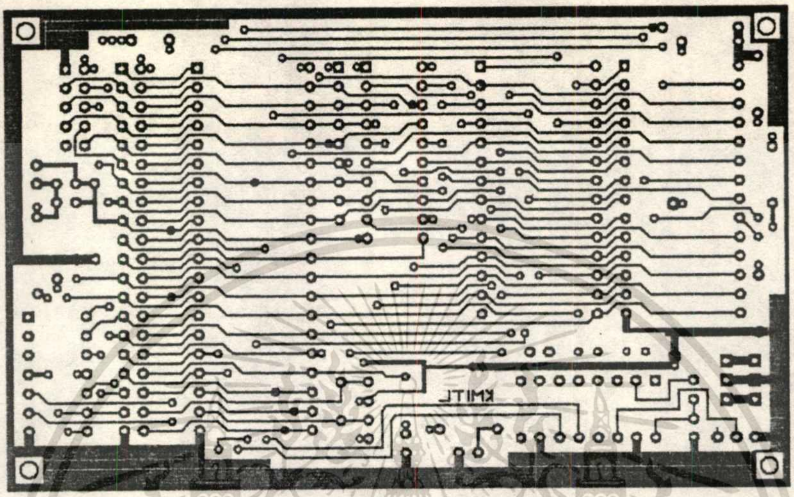


แสดงแผ่นพิมพ์ลายวงจรด้าน bottom layer (แผ่นบน)

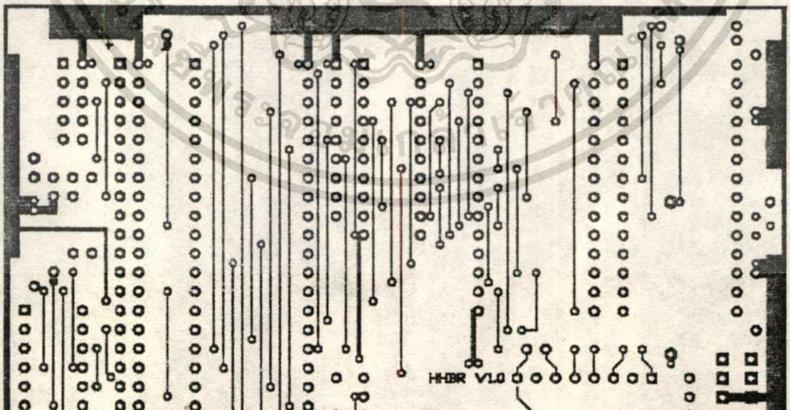


แสดงแผ่นพิมพ์ลายวงจรด้าน top layer (แผ่นบน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



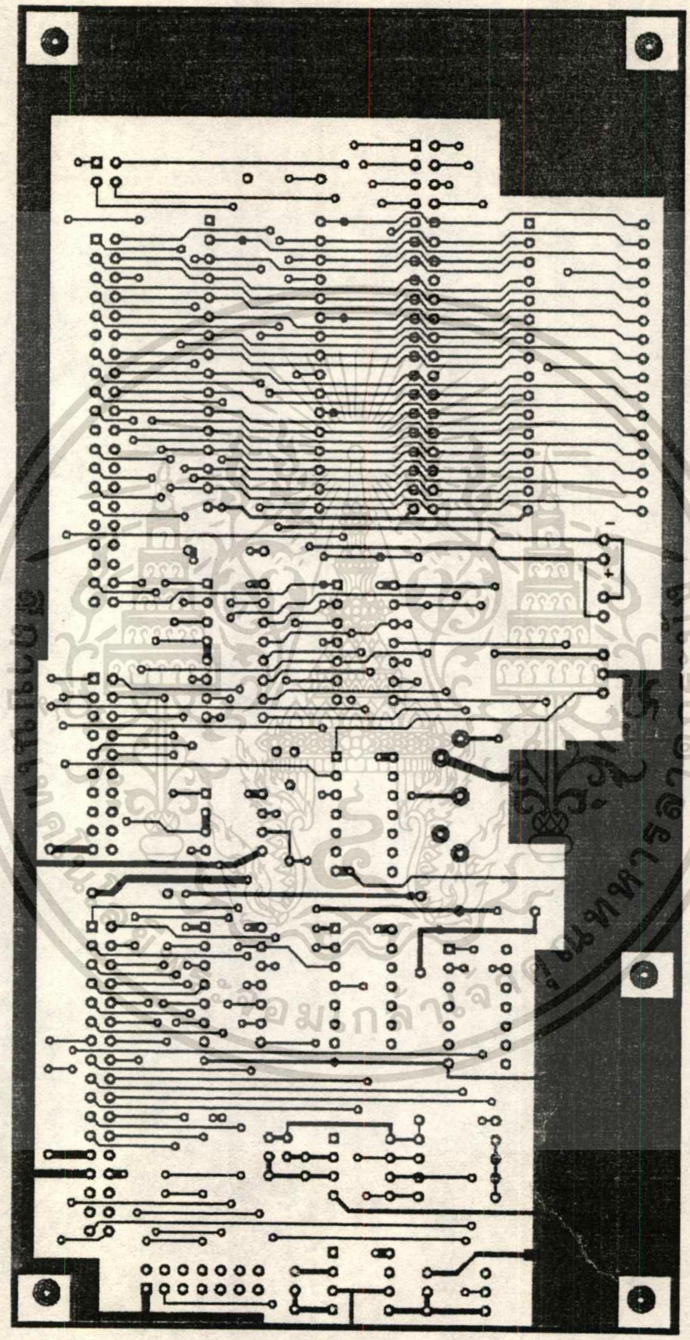
แสดงแผ่นพิมพ์ลายวงจรด้าน bottom layer (แผ่นล่าง)



แสดงแผ่นพิมพ์ลายวงจรด้าน top layer (แผ่นล่าง)

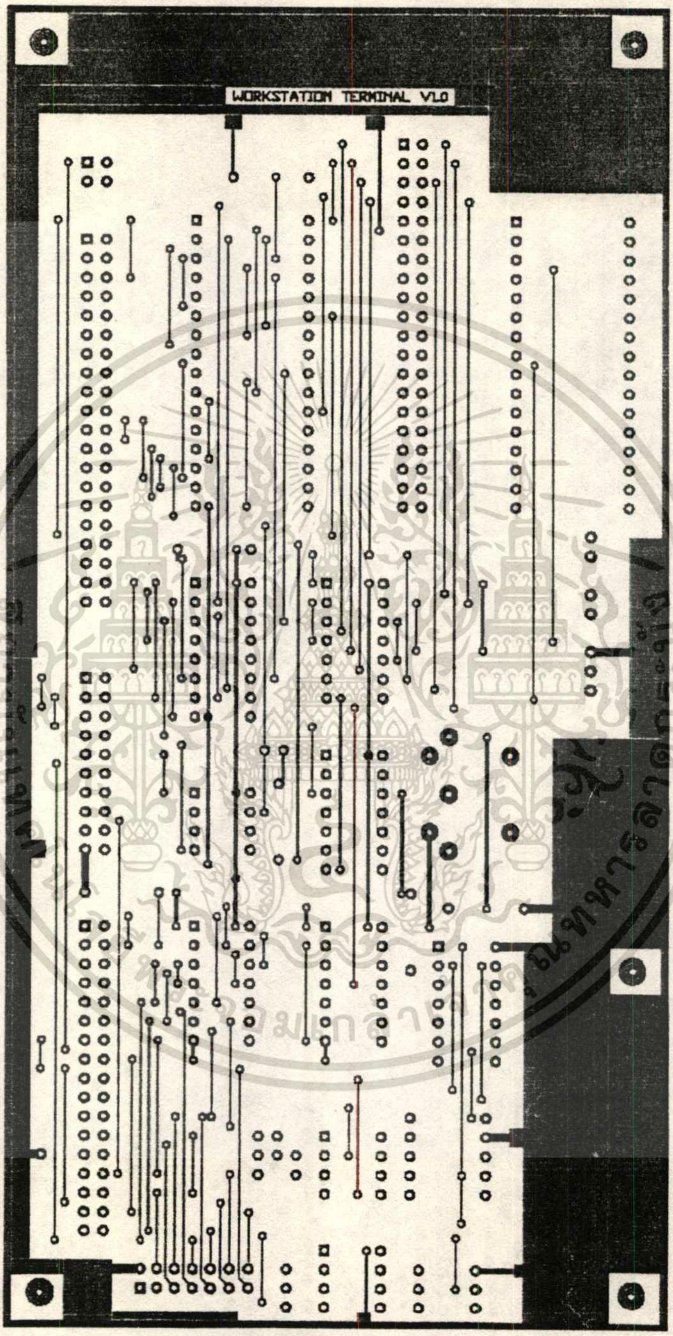
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.3 แผ่นพิมพ์ลายวงจรของส่วนเวิร์กสเตชั่น



แสดงแผ่นพิมพ์ลายวงจรด้าน bottom layer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงแผ่นพิมพ์ลายวงจรด้าน top layer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบเก็บข้อมูลด้วยรหัสแถบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.1 โปรแกรมควบคุมการทำงานของเวดจ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.2 โปรแกรมควบคุมการทำงานของส่วนพอร์ทเทเบิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.3 โปรแกรมควบคุมการทำงานของส่วนเวิร์กสเตชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.4 โปรแกรมควบคุมการทำงานของโครงข่ายข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ภาคผนวก จ.

โปรแกรมพิมพ์รหัสแถบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้